

第1章 总的说明

1.1 引言

已经公认，把以统计为基础的力学性能数据库、其使用的程序以及对复合材料体系表征与应用的全部指导原则等加以标准化，这对制造厂商和政府机构都是有利的。同时也认识到，对于任何工程材料体系的性能进行全面的表征，将取决于材料本身的物理与化学构成，而这将领先于具体的应用，并与具体的应用无关。因此，在材料体系表征的层次上，这个手册所包括的数据和指南适用于军用和民用的产品，并对建立为认证或采购部门认可的统计有效的设计值，提供了技术基础。

这个标准化手册的编制与维护，已是美国国防部（DoD）和美国联邦航空局（FAA）的一项联合计划项目。其目标是，对于现有和新出现复合材料，使得其建立和分析力学性能数据所用的方法朝着标准化的方向发展。

1.2 第二卷的目标和范围

本手册的主要关注点，是选择和使用复合材料的指导原则。本卷所收集、提供的数据库，使得人们能够对某个具体应用中的材料适用性作出初步估计。卷中提供了一个公共的数据库，在将这些数据用于设计目的时，该数据库将能够显著减少所需证实的数据总量。不得援引本手册作为对国防部（DoD）承包合同方的要求。

本卷对于现有和新出现的聚合物基复合材料，提供了一个以统计为基础的力学性能数据的标准来源。适用时，还提供了复合材料各组分——纤维、基体材料和预浸料——的物理、化学和力学性能值。随后的各章包括了不同复合材料体系的数据汇总。个别章专注于特定类型的增强纤维。强度和破坏应变性能按照平均值和 A 基准值和/或 B 基准值给出。A 和 B 统计许用值是按照第一卷中的方法确定的，对刚度只给出平均值，对所有的数据项都给出了最大和最小数据点，并给出了变异系数。

确认能达到与所需危险水准（概率与置信度）相应的统计性能，这应当是使用者本身的责任。应该按照第一卷第 2 章所述，确认制造商能够达到同样统计性能的能力。关于利用本卷数据的具体程序，见第一卷 2.3.7 节。

历史上，这个手册中的多数数据赋值来源于航空航天飞行关键结构的经验，然而，所有（无论军用或民用的）运输工业（航空航天、地面、铁路、与海运），以及其他应用情况（包括民用基础设施和一般的工业产品）都将发现这本手册是有用的。加入与更加广泛应用情况有关补充信息的工作正在进行之中。初步的输入信息主要是预浸带和织物的单层力学性能。材料的范围已经扩展到包含树脂转移模塑和修理用材料，覆盖的性能范围扩展到包含了层压板制品。预期这种性能和材料形式的扩展趋势还将继续下去。

给出了每种复合材料体系以统计为基础，在使用环境范围内的强度性能。其意图是提供在环境范围上限和下限时具体材料的数据。如果有中间环境条件的数据，则将其包括进来，以帮助确定在这个环境范围内的变化关系。当分析的能力允许进行单层级和层压板级

的安全裕度校核时,可以把这个以统计为基础的强度性能作为建立结构设计许用值的起点。有时必须要用较高级别(元件、组合件、全尺寸件)的试验来经验地确定某些结构的设计许用值,因为它们可能与设计的几何形状及设计原理有关,这取决于具体的应用。当有额外的信息和性能,并证明其满足本手册的标准后,将被增补到本手册之中。

这里所包括的统计数据都是只由试件试验得出的,除非另外说明,试件的尺寸符合所用具体试验方法的规定。在第一卷中推荐了标准的试验方法。在第二卷中,仅限于用第一卷所推荐试验方法得出的那些数据,在这卷中的数据可能是由多个来源提供的,若所列出的性能取自多个来源时,已经按照第一卷第2章和第8章的方法对各个来源之间的变异性,进行了统计评估。如果变异性足够小,并可以把数据视为来自同一母体时,则将这些数据赋值联合,作为一个数据赋值进行处理。当数据赋值之间的差异合理时,则将两个数据赋值都提供出来(例如,第二卷4.2.8节)。

当把这里所包括的数据转换用于与这个文件规定不同的其他生产场所、试件尺寸、温度、湿度或其他环境时,设计师、制造商及所有的用户均要自负其责。这个文件中还未涉及的问题有尺寸效应,以及所选试验方法对性能的影响。一般而言,选用哪个性能用于一个具体应用或设计的决定,是用户的责任,已经超出了这个手册的范围。MIL-HDBK-17第3卷中阐述了有关本卷数据的某些设计应用问题,但要满足最终用户、客户以及适航条例要求,这是本手册使用者的责任。

在第4章到第10章各节的开头,对材料、材料使用指南、以及数据统计分析和技术分析的细节提供了概述。在1.4节中详细介绍了每个数据赋值中所有信息的格式。可在第2章和第3章中找到有关纤维和/或基体材料的更详细说明。

1.3 手册的数据组织

在第二卷中的数据按照纤维性能、树脂性能以及复合材料性能分章,按先纤维后树脂的顺序排列。

1.3.1 纤维性能

在第二卷第2章中提供了纤维的性能。其中包括不同纤维类型,如玻璃纤维和碳纤维的章节。纤维性能及性能数据的获取方法在第一卷第3章中进行了讨论。

1.3.2 基体性能

在第3章中将包括基体或树脂的性能,按照树脂的类型分节。例如,在3.2节将给出环氧树脂的数据,而3.3节将提供聚酯树脂的数据。在第一卷第4章中介绍了树脂性能及性能数据的获取方法。

1.3.3 复合材料的性能

第二卷的其余各章将提供预浸料、单层、层压板和连接的性能。关于材料的表征在第一卷第5章作了讨论;而有关单层和层压板的性能与定义则见第一卷第6章;有关结构元件的性能在第一卷第7章给出;第一卷第8章中讨论了确定这些性能所用的统计方法。还将有些单独的章用于按纤维进行分类的复合材料,例如第4章介绍了碳纤维复合材料。

1.4 数据的表示

本节提供信息说明在本卷中数据是如何表示的，一方面帮助正确理解所提出的数据，一方面保证数据表达是一致的。被括在{}中的信息，表示数据应当包括在给定域内。不适用的或尚未得到的数据则被省略。

根据以下信息确定每节的标题：

{纤维商业名称}{纤维数}/{基体商业名称}{单向带/织物类型/织物形式}{关键工艺信息}

带/织物类型的例子包括单向带、平纹织物以及五综缎织物。织物形式是一些说明性的编码，最通常用于玻璃纤维织物，例如 7781。当有必要区别不同数据赋值时，就显示附加的信息。这包括材料信息如玻璃纤维表面处理剂，或关键的处理信息如渗漏或无渗漏。如果在数据赋值中包括了一个有关数据文件的警告信息，则在这个节的标题后带一个星号。

每节包含 3 类信息（图 1.4）。由数据赋值描述识别出具体的材料体系，提供所选供应商信息，并讨论在数据赋值中出现的任何异常。由汇总数据表给出该节性能类型和数据分类概述。一些单独数据表则提供数据分析的详细内容。对该数据赋值的每种试验类型、加载方向和铺层，包括在一个分离的单独数据表中。以下部分说明每种子节的内容与格式。



图 1.4 各节数据的信息类型

1.4.1 数据赋值的描述

每节的首页提供总的信息。

材料描述：

材料——所试验材料的{纤维商业名称}{纤维数}/{基体商业名称}

形式——所试验材料的说明，包括单向带或织物类型、纤维面积名义重量、固化后典型的树脂含量、固化后典型的单层厚度、浸润剂、增黏剂或粘接剂（类型、形式、制造商及普通名称）和/或稀纱布纤维种类和相应稀纱布织物形式。这个信息是其随后的数据赋值特有的。

工艺——工艺的说明，包括在第一卷表 2.5.6 中工艺描述栏下所列的信息。

一般供应商的信息：这部分给出通常由材料供应商所提供的信息，不要求查实。

纤维：通常包括前驱体、表面处理、加捻、纤维数、典型拉伸模量或模量族以及典型的拉伸强度。

基体：通常包括树脂类型、固化温度族、特征描述。

最大使用温度：干态和湿态情况的最大使用温度。

典型应用：对应用的简要描述。可以一般化为“通常结构应用”，或按照关键特性更具体化。

数据分析概要：这部分包括由数据的统计分析得到的有关信息。如果在这部分没有包括其他信息，则无数据分析。

异常：通常包括观察到的异常数据信息（特别在将多批数据集合之后）及其分布（参看一卷 2.5.8 节和 2.4.4 节）。

各批之间变异性和数据赋值集合：通常包括对基于批次变异性是否进行集合作出决定的有关信息，还可能包括有关批次性能的信息，例如某批的结果一贯不同于其他的批次。

补充说明：有关秘书处或数据评估工作组在分析和评估该数据时对特别关注的其他问题的注释或注解。

工艺路线：可能时给出工艺路线，包括的内容是基于规范的工艺历程，即各种工艺参数施加的坡度和相对时间。

数据部分的其余各页用于提供数据，这些数据经过秘书处分析，由数据评估工作组评估然后由协调组批准，它们用表格给出，这将在下面详细说明。各节中表格的顺序与汇总表中性能的排序相同。

概要信息第 1 页的格式见表 1.4.2(a)。对图中不同部分进行了编号,在正文带圆圈编号的条目中说明其详细情况。

① 数据部分的头一组信息是概要表，包含了材料和工艺等信息。用右上角处的粗黑边方框识别第 1 个概要表。

{纤维类型}/{基体类型} {名义 FAW}-{带/织物类型}
 {纤维}/{基体}
 概要

这个方框包含了材料的纤维/基体种类（例如碳/环氧树脂），用 1.5.1 节中的材料体系编码加以识别。和纤维/基体种类一起的是名义的纤维面积重量，以及缩写的带/织物类型。带和织物的缩写包括 UT（单向带）、PW（平纹）或 n HS（ n -综缎），由纤维和基体名称的结合进行材料的识别。

② 按复合材料、固化前形式、纤维和基体给出材料的信息。(由材料窗口给出的) 复合材料标识与标题部分相同。

{制造厂商}{商业名称}{机织样式}{带/织物类型}预浸料

对于预浸织物，如果有，将包括经向和纬向纤维的间隔。对于 RTM 和湿织物铺贴情况，固化前形式的描述包括

{织物的浸润剂标识} {织物的浸润剂含量}, {增黏剂} 增黏剂 + {液态/薄膜} 树脂

纤维的标识包括: {制造厂商} {商业名称} {纤维数} {浸润剂} {浸润剂数量} {捻度}

{[未] 表面处理/表面处理类型}。树脂的标识为{制造厂商}{商业名称}。

③ 按表 1.4.2(b)，用增强体应用过程（如何把纤维/预成形件合成一体的）再加上固化工艺的类型（部件是如何固化/模压成形的），给出全部工艺处理信息。对一个或多个工艺步骤，提供基本的工艺信息，包括工艺步骤的类型（按表 1.4.2(b)）、温度、压力、持续时间以及其他任何的关键参数。可以用图形作为这概要信息的一部分，提供更完整的描述（参见 1.4.1 节）。

④ 给出干态和湿态的玻璃化转变温度，以及得到这些数据所用的方法（参见第一卷第 6.6.3 节）。由基体供应商处得到的可能是名义值。

⑤ 对有限数据文件的任何警告在数据陈述的各页给出。在数据部分首页，警告显示在材料标识框下方。

⑥ 在材料标识框下方的方框内，介绍与材料制造与试验有关的各种日期。数据提交的日期决定了这个数据赋值适用的数据文件要求（第一卷 2.5.6 节）；而分析的日期则决定了所使用的统计分析技术（第一卷 8.3 节）。适当时，例如对持续数月的试验，给出日期的范围。

⑦ 单层的性能是按每个性能所提供的数据类型加以汇总的。单层的性能汇总表的各列定义了环境条件。第 1 列包含室温大气环境或干态的数据，干态数据只在用了干燥过程时使用，大气环境是指制造后随即置于实验室大气条件下。其他列按照吸湿量从低到高排列，而在给定的吸湿量内则从低温排到高温。如果有足够空间，则用空列将室温大气/干态列和其他列隔开，并把每种湿度条件彼此隔开。

单层性能汇总表的各行则区分试验的类型与方向。每个汇总表包含了基本的力学性能。如果有数据，按照以下顺序增添额外的性能：

SB 强度, 31 平面	G_{IC}	CTE 1 轴
SB 强度, 23 平面	G_{IIC}	CTE 2 轴
		CTE 3 轴

⑧ 对每一种试验类型和方向，给出了强度、模量、泊松比和破坏应变各类数据的符号。这些符号列在表 1.4.2(c)中。例如，如果在 RTA 和拉伸 1 轴条目下的符号是 BI-S，则有室温大气下的拉伸强度、模量和破坏应变的数据。其中的破折号表示没有泊松比的数据。其强度数据为 B30（充分取样），模量数据为临时值，而破坏应变要筛选。在第一卷 2.5.1 节定义了数据的种类，并汇总在表 1.4.2(c)中。某些试验方法，例如短梁强度，只得出筛选数据。

表1.4.2(a) 概要表的格式，首页

材料:	{纤维} {纤维数}/{基体} {织物样式} {带/织物}	②	①
形式:	{输入取决于预压实形式的类型与工艺处理}		
纤维:	{制造商} {商业名} {纤维数} {浸润剂} {捻度}	基体: {制造商} {商业名}	
固化工艺:	{增强物施用}, {模压类型}	{工艺步骤类型}: {温度}, {持续时间}, {压力}	③
T_g (干态):	XXX°C	T_g (湿态): XXX°C	T_g 测量方法: {方法} ④

*{警告} ⑤

纤维制造日期	MM/YY	试验日期	MM/YY
树脂制造日期	MM/YY	数据提交日期	MM/YY
预浸料制造日期	MM/YY	分析日期	MM/YY
复合材料制造日期	MM/YY	⑥	

单向板性能汇总⑦

	{RTA}	{大气/干态, 最冷到最热}				{湿态, 最冷到最热}			
1 轴拉伸									
2 轴拉伸									
3 轴拉伸									
1 轴压缩		数据类型按每种试验类型/方向/环境的情况组合来注明							
2 轴压缩									
3 轴压缩									
12 面剪切									
23 面剪切									
31 面剪切									
{附加类型试验/方向}									

数据的分类按照强度/模量/泊松比/破坏应变的顺序: ⑧

A = A75, a = A55, B = B30, b = B18, M = 平均值, I = 临时值, S = 筛选, - = 无数据 (参见表 1.4.2(c))。

表1.4.2(b) 复合材料的增强体施加、固化工艺类型和工艺步骤的描述

增强体施加过程	固化工艺类型	工艺步骤的类型
自动纤维铺放 — 带	压缩模型	老化致硬
自动纤维铺放 — 预浸丝束	扩散结合	退火
自动纤维铺放 — 湿	注射模型	压实[预固化]
自动纤维铺放 — 预浸料	注射模型 — 真空辅助	冷却
自动纤维铺放 — 湿	注射模型 — 反应	固化 — 渗漏
手工铺贴 — 预浸料	注射模型 — 液体	固化 — 无渗漏
手工铺贴 — 湿	烘箱	压实 (debulk)
预成形 — 编织	热压罐	压实致密 (densify)
预成形 — 机织	水压热压罐	注射
喷涂	trapped rubber	等温驻留
缠绕 — 干	拉挤成型	局部插入
缠绕 — 湿	树脂传递模塑	局部移动
缠绕 — 预浸料	VARTM [真空辅助树脂传递模塑]	后固化
	真空渗透	预成形件插入
	气相沉积	预热
	电子束	
	感应	

表1.4.2(c) MIL-HDBK-17数据种类与最低取样要求

名称	符号	说明	最低要求	
			批数	试件数
A75	A	A-基准 -充分取样	10	75
A55	a	A-基准 -简化取样	5	55
B30	B	B-基准 -充分取样	5	30
B18	b	B-基准 -简化取样	3	18
M	M	平均值	3	18
I	I	临时值	3	15
S	S	筛选值	1	5

关于汇总信息第2页（表1.4.2(d)）的说明：

① 任何警告都安排在此页的顶部。

② 汇总信息第2页顶部的方框，给出了这个数据赋值的基本物理参数。在第1个数据列内包含了名义值和典型的规范信息。这个信息可能与该数据赋值中直接使用的信息不匹配，例如按预浸料制造商所提供的名义纤维体积含量可能是某个值，而在本手册内，将按照第一卷2.5.7节将该值归一化为一个不同的值以满足一致性要求。如果不能够得到名义值，可以由其他信息计算出一个或多个名义值。例如如果得不到名义的复合材料密度值，则可由名义的纤维密度、基体密度和纤维体积，来算出这个名义复合材料密度值。在这个情况下，用注来说明这个计算。如果数据源没有提供名义纤维体积含量，则假定空隙含量为0%，并根据树脂含量、纤维密度和复合材料密度来计算该值。

③ 第2列数据给出了所提供数据赋值的系列数值。这些数据可能彼此并不直接相关。例如，纤维体积含量和纤维面积重量可能是批次的平均测量值，而固化后的层厚则通常是以各单独试件的测量值为基础的。

④ 最后一列给出获得这些数据所使用的试验方法，在早期版本的数据文件要求中没有包括这个信息。

⑤ 层压板的性能数据汇总在较下的方框内，采用与前页单层性能数据汇总相同的方式。在每个层压板族的下面列出各层压板族的性能。采用以方括号包围、逗号隔开的一列铺层取向来识别一个层压板族。只在需要仔细区别各个铺层情况时，才在层压板汇总表内包括更明细的铺层信息。具体的铺层信息在其随后的一些详表中。只在能够得到数据时，才按表1.4.2(e)包括试验类型与方向的信息。

除非另外说明， x 轴相应于层压板铺层的 $+0^\circ$ 方向。这个材料所包括的数据，采用数据分类符号，用脚注加以标明。

表1.4.2(d) 概要表格式，第2页

{警告} ①

		名义值②	提交值③	试验方法④
纤维密度	(g/cm ³)	X.XX	{最小} - {最大}	{方法}
树脂密度	(g/cm ³)	X.XX	{最小} - {最大}	{方法}
复合材料密度	(g/cm ³)	X.XX	{最小} - {最大}	{方法}
纤维面积重量	(g/m ²)	XXX	{最小} - {最大}	{方法}
纤维体积	(%)	XX	{最小} - {最大}	{方法}
单层厚度	(in)	0.0 XXX	{最小} - {最大}	{方法}

层压板性能汇总 ⑤

	{RTA}		{大气/干态, 最冷到最热}					{湿态, 最冷到最热}		
{层压板族}										
{试验类型/方向}			数据分类是按照每种试验类型/方向/环境的情况组合来注明的							
•										
•										
{层压板族}										
{试验类型/方向}										
•										
•										

数据的分类按照强度/模量/泊松比/破坏应变的顺序:

A = A75, a = A55, B = B30, b = B18, M = 平均, l = 临时, S = 筛选, - = 无数据 (参见表 1.4.2 (c))。

表1.4.2(e) 层压板试验类型与方向

试验类型 (按顺序)		方 向	
拉伸	充填孔拉伸 (FHT)	x 轴	xy-平面
压缩	充填孔压缩 (FHC)	y 轴	yz-平面
煎切	冲击后压缩 (CAI)	z 轴	zx-平面
开孔拉伸 (OHT)	挤压		
开孔压缩 (OHC)	挤压/旁路		
CTE			

1.4.3 单独的数据表——归一化数据

包含归一化材料性能信息的数据表, 其格式如表 1.4.3(a)所示。归一化的要求和程序见第一卷 2.5.7 和 2.4.3 节。

- ① 对每页不满足数据文件要求的数据赋值加以警告, 很多数据赋值是在建立数据文件要求以前提交的。不满足第 1 版本数据文件要求的数据赋值, 或者当提交时数据文件要求正在草拟之中, 对这些数据赋值不考虑 B 或 A 数据种类。
- ② 在每页的右上角是一个黑边的方框。这个方框包含了该数据赋值的识别信息、所显示结果的试验类型、试件的取向、试验条件和数据的类别。带/织物类型的缩写用于概要表首页右上角黑边方框 (圆圈 1) 的描述; 试件的取向则用作为铺层码, 以载荷方向作为参照轴。例如, 一个单向试件, 对 1 轴性能描述为[0]_n, 对 2 轴性能则描述为[90]_n。铺层码的描述见 1.6 节。

{表号}
{纤维类别} / {基体类别} {FAW} - {带/织物类型}
{纤维名} / {基体名}
{试验类型}, {方向}
{铺层}
{试验温度} / {吸湿量}
{数据类别}

-FAW, 纤维面积重量

-对每个数据列重复 -

-包括本页中所有数据种类的符号, 按照降序排列 (从 A75 到 S)。

③ 对复合材料提供的材料标识为

{纤维} {纤维数}/{基体} {带/织物类型} {关键工艺参数}

这个信息应和此部分的标题以及概要表首页的材料标识相同。在这个特定页的数据中要给出固化后材料的物理参数、树脂含量、纤维体积、单层厚度、复合材料密度和空隙含量的范围。这些范围最终可能不直接匹配，因为纤维体积、树脂含量等通常是以批次或板的平均值得到，而固化后的单层厚度值则通常以单独试件的测量值为基础。

④ 试验的方法用机构、编号和日期来识别。对于冲击后压缩，因为常常使用不同的能量水平，在试验方法后附上了试验中采用的名义冲击能量水平。关于说明带缺口层压板、挤压、和挤压/旁路试验参数的补充信息，参见表 1.4.5 -1.4.7。

⑤ 对力学性能数据，给出了计算模量的方法。这包括计算方法、以及用于该计算的测量位置或范围。除非（用脚注）另外说明，在泊松比计算时采用同样的方法和范围。

⑥ 对已经归一化的数据介绍归一化的方法（参见第一卷 2.4.3 节），还包括数据进行归一化时用的纤维体积含量。对于碳纤维增强的单向材料（带），这个体积含量通常为 60%，而对于碳纤维增强的织物，这个体积含量通常为 57%。对于所有的玻璃纤维增强材料，这个归一化的纤维体积含量为 50%。所登录的归一化类型是：

- 按纤维体积含量对 XX%（固化后单层厚度 0.0XXX in）进行归一化
- 按试件厚度和批次纤维体积含量对 XX%（固化后单层厚度 0.0XXX in）进行归一化
- 按试件厚度和批次纤维面积重量，对纤维体积含量 XX%（固化后单层厚度 0.0XXX in）进行归一化

作为参考，每个方法中包括了对应名义纤维面积重量的固化后单层厚度。

⑦ 在每个数据列的顶部是试验条件。在控制条件下制造和存储的材料要注出为名义干态。没有吸湿到平衡状态的湿态也要注明。来源码提供了一个手段，以识别同一来源的数据赋值。没有提供其他别的来源标识。

⑧ 在表中，用符号来识别具体的性能。这些符号是词首字母和适当增加的下标与上标的组合。性能符号的组成见表 1.4.3(b)。

将试验类型上标放在性能描述符上标前面，把这些成分组合而建立各种性能符号。这样，沿 1 方向拉伸极限强度的符号就是 F_1^u 。性能描述符上标只用于强度和应变。这个规则中的例外情况是应变能释放率（例如， G_{IC} ）和挤压/旁路数据（其中，“byp”被用作为旁路强度的下标）。

表1.4.3 归一化性能表的格式

{警告}①

材料: {纤维}{纤维数}/{基体} {带/织物类型} ③		②							
树脂含量: XX.X-XX.X 重量% 复合材料密度: X.XX-X.XX g/cm ³									
纤维体积: XX.X-XX.X 体积% 空隙含量: 0.X 到 X.X %									
单层厚度: 0.0XXX-0.0XXX in									
试验方法: ④ 模量计算: ⑤									
{机构} {编号} {日期}		{方法}, XXXX-XXXX _							
归一化手段: {方法} ⑥									
温度 (°F)		⑦							
平衡吸湿量(%), (T, RH)									
来源编码									
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的		
F_1^m ⑧ (ksi)	平均值	⑨							
	最小值								
	最大值								
	C.V.(%)								
	B基准值								
	分布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批数								
	数据种类								
E_1^t (Msi)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V.(%)								
	试样数量								
	批数								
	数据种类								
ν_{12}^t	平均值								
	试样数量								
	批数								
	数据种类								
ϵ_1^m ($\mu\epsilon$)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V.(%)								
	B基准值								
	分布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批数								
	数据种类								

注意, 所提供的应变值是“实测值”, 可能不等于应变除以模量值 (线性分析)。

①

表1.4.3(b) 构成性能符号的成分

词首字母	试验类型的上标	性能描述符上标	试验方向下标
<i>F</i> - 强度	<i>t</i> - 拉伸	<i>u</i> - 极限	1, 2, 3
<i>c</i> - 应变	<i>c</i> - 压缩		12, 23, 31
<i>E</i> - 模量	<i>s</i> - 剪切		<i>x, y, z</i>
<i>G</i> - 剪切模量, 应变能释放率	<i>sbs</i> - 短梁强度	<i>y</i> - 屈服	<i>xy, yz, zx</i>
<i>v</i> - 泊松比	<i>oht</i> - 开孔拉伸		
CTE - 热膨胀系数	<i>ohc</i> - 开孔压缩		
	<i>fht</i> - 充填孔拉伸		
	<i>cai</i> - 冲击后压缩		
	<i>br</i> - 挤压		
	<i>byp</i> - 旁路		

- ⑨ 在这个手册中提供了强度数据和破坏应变数据, 以及全套的统计参数。对于归一化的强度数据和实测数据, 提供了所有统计参数。对实测的破坏应变数据, 提供了所有统计参数。注意, 给出的应变值是“实测”的, 因而, 可能不等于应力除以模量(线性分析)。先给出归一化的数据列, 然后是测量数据列。对每个性能/条件组合指出其数据种类, 采用表 1.4.2(c)的规定来标示数据种类。只对 B 和 A 类数据给出 B 基准值, 只对 A 类数据给出 A-基准值, 并给出统计分布或统计分析方法。在表 1.4.3(c)中列出了分布情况对应的常数 C_1 和 C_2 。

Weibull 分布的 C_1 和正态分布的 C_1 与 C_2 , 和性能有相同的单位(例如, 对强度为 ksi, 对应变为 $\mu\epsilon$)。Weibull 分布的 C_2 和非参数分布的 C_1 与 C_2 是无因次的。对于对数正态分布, C_1 与 C_2 的单位是 $\log$ (性能单位)。对于 ANOVA 方法, C_1 与 C_2 取为性能单位的平方。

表1.4.3(c) 分布及相关的常数

	C_1	C_2
Weibull	尺度参数	形状参量
正态	平均值	标准偏差
对数正态	数据自然对数的平均值	数据自然对数的标准偏差
非参数	秩	数据点(秩)
ANOVA	容限系数*	母体标准偏差的估计值*

对模量数据只给出平均值、最小值、最大值、变异系数、批的规模、样本大小以及数据种类, 同时给出归一化的数据和实测数据。在可能之处, 将和批的规模、样本大小以及数据种类一起, 给出泊松比数据。

- ⑩ 在涉及附加信息的所有地方给出脚注。常常在脚注中给出的信息, 包括状态吸湿参数、不提供 B 基准值的原因以及与标准试验方法的偏差等。

1.4.4 单个的数据表——未归一化数据

表 1.4.4 显示了一个未归一化的材料性能表(例子)。这表的基本格式和信息, 与归一化数据表的格式及信息是一样的。在每列信息中只给出实测的数据。统计参数的提供与归一化数据相同。

* 译者注: 原文可能有误, 引用时须注意。

表1.4.4 实测性能表的格式

①警告

材料: {纤维}{纤维数}/{基体}{带/织物类型} ③
树脂含量: XX.X-XX.X 重量% 复合材料密度: X.XX-X.XX g/cm³
纤维体积: XX.X-XX.X 体积% 空隙含量: 0.X-X.X %
单层厚度: 0.0XXX-0.0XXX 英寸
试验方法: ④ 模量计算: ⑤
{机构}{编号}{日期} {方法}, XXXX-XXXX με
归一化手段: 未归一化 ⑥

②

温度 (°F) 平衡吸湿量 (%), (T, RH) 来源编码		⑦				
F_2^{tu} ⑧ (ksi)	平均值 最小值 最大值 C.V.(%) B 基准值 分布 C ₁ C ₂ 试样数量 批数 数据种类	⑨				
E_2^t (Msi)	平均值 最小值 最大值 C.V.(%) 试样数量 批数 数据种类					
ν_{21}^t	平均值 试样数量 批数 数据种类					
ϵ_2^{tu} (με)	平均值 最小值 最大值 C.V.(%) B 基准值 分布 C ₁ C ₂ 试样数量 批数 数据种类		注意, 所提供的应变值是“实测值”, 可能不等于应变除以模量值(线性分析)。			

1.4.5 单个的数据表——带缺口层压板数据

表 1.4.5 显示了带缺口层压板数据（包括由开孔试验和充填孔试验所得数据）的格式，其带圆圈的编号参见表 1.4.3(a)的注释，不过还有以下附加的信息。其（右上角的）索引框中有缩写 OHT（开孔拉伸）、OHC（开孔压缩）、FHT（充填孔拉伸）和 FHC（充填孔压缩）。关于紧固件头部和紧固件类型、扭矩、孔间隙和埋头孔角度及深度的数据，只在充填孔试验时才出现。表中的数据是按照第一卷 2.5.7 节以及在表 1.4.3(a)中的说明进行归一化处理的，在表 1.4.3(b)中说明了符号。作为举例，显示了沿 x 轴的开孔拉伸情况。

表1.4.5 带缺口层压板强度性能表的格式

警告①

材料: {纤维}{纤维数}/{基体}{带/织物类型}③

树脂含量: XXX.X-XXX.X 重量% 复合材料密度: 0.0XX-0.0XX lb/in³②

纤维体积: XXX.X-XXX.X% 空隙含量: 0.X-XXX.X%

单层厚度: 0.0XXX-0.0XXX lb

试验方法: {机构.方法-日期}④

试件几何尺寸: t ={厚度} in., w ={宽度} in., d ={直径} in.

紧固件类型: {} 孔间隙: {} {如果适用}

拧紧力矩: {} 埋头角度和深度: {} {如果适用}

归一化手段: {方法}⑥

温度 (°F)		⑦					
平衡吸湿量(%), (T, RH)							
来源编码		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
⑧ F_x^{ohc} (ksi)	平均值	⑨					
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	B 基准值						
	分布						
C ₁							
C ₂							
	试样数量						
	批数						
	数据种类						
F_x^{ohc} (ksi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	B 基准值						
	分布						
C ₁							
C ₂							
	试样数量						
	批数						
	数据种类						

⑩

1.4.6 单个的数据表——挤压数据

表 1.4.6 给出了挤压数据的格式。带圆圈的编号参见表 1.4.3(a)的注释，但还有以下附加的信息。其（右上角的）索引框中的性能为挤压。表中的数据没有按照第一卷 2.5.7 节进行归一化处理，符号的说明见表 1.4.3(b)。作为举例，显示了沿 *x* 轴的拉伸旁路和挤压情况。如果适用和可能，把孔间隙和埋头孔角度及深度的数据作为脚注给出。

表1.4.6 挤压强度性能表的格式

{警告}①							
材料: {纤维}{纤维数}/{基体}{带/织物类型}				③		②	
树脂含量: XX.X-XX.X 重量%		复合材料密度: 0.0XX-0.0XX lb/in ³					
纤维体积: XX.X-XX.X %		空隙含量: 0.X-XX.X %					
单层厚度: 0.0XXX-0.0XXX lb							
试验方法: {机构.方法.日期}				④			
挤压试验类型: {单剪或双剪}							
接头构型							
元件 1 (<i>r,w</i> 和铺层): {厚度, 宽度和铺层}							
元件 2 (<i>r,w</i> 和铺层): {厚度, 宽度和铺层}							
紧固件类型: {}		厚度/直径:		{}			
拧紧力矩: {}		边距比:		{}			
		间距比:		{}			
归一化手段: 未归一化		屈服应变偏移:		{}			
温度 (°F)		⑦					
平衡吸湿量 (%), (T, RH)							
来源编码							
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
⑧ F_x^{bu} (ksi)	平均值	⑨					
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	B 基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批数						
数据种类							
F_t^{bu} (ksi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	B 基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批数						
数据种类							

⑩

1.4.7 单个的数据表——挤压/旁路数据

表 1.4.7 给出了挤压/旁路数据的格式。带圆圈的编号参见表 1.4.3(a)的注释，但还有以下附加的信息。其（右上角的）索引框中的性能为挤压/旁路。表中的数据没有按照第一卷 2.5.7 节进行归一化处理。如果有多个挤压/旁路比的数据，则按环境条件把各数据列从比值最低到最高依次给出。符号的说明见表 1.4.3(b)。如果适用和可能，则用脚注给出孔的间隙以及埋头孔角度与深度的数据。

表1.4.7 挤压/旁路性能表的格式

{警告}①				
材料: {纤维}{纤维数}/{基体}{带/织物类型} ③			②	
树脂含量: XX.X - XX.X 重量%		复合材料密度: 0.0XX-0.0XX lb/in ³		
纤维体积: XX.X - XX.X %		空隙含量: 0.X-XX.X %		
单层厚度: 0.0XXX - 0.0XXX lb				
试验方法: {机构.方法-日期} ④				
接头构型				
元件 1 (t,w 和铺层): {厚度, 宽度和铺层}				
元件 2 (t,w 和铺层): {厚度, 宽度和铺层}				
紧固件类型: {}		厚度/直径:	{}	
拧紧力矩: {}		边距比:	{}	
⑥		间距比:	{}	
归一化手段: 未归一化				
温度 (°F)		⑦		
平衡吸湿量 (%), (T, RH)				
来源编码				
挤压/旁路比				
⑧ F_x^{br-tu} (ksi)	平均值 最小值 最大值 C.V.(%)	⑨		
F_x^{br} (ksi)	平均值			
	最小值			
	最大值			
	C.V.(%)			
	B 基准值			
	分布			
	C ₁			
	C ₂			
	试样数量			
	批数			
	数据种类			

⑩

1.5 材料体系

1.5.1 材料体系编码

在本手册内，材料体系的编码由纤维体系编码和基体材料编码组成，二者之间用斜线 (/) 隔开。纤维体系编码和基体材料编码见表 1.5.1(a)和(b)。

表1.5.1(a) 纤维体系编码

AIO	氧化铝
Ar	芳纶
B	硼
C	碳
DGI	D-玻璃
EGI	E-玻璃
GI	玻璃
Gr	石墨
Li	锂
PAN	聚丙烯腈
PBT	聚苯丙噻唑
Q	石英
Si	硅
SiC	碳化硅
SGI	S-玻璃
Ti	钛
W	钨

表1.5.1(b) 基体材料编码

BMI	双马来酰亚胺
CE	氰酸脂
EP	环氧树脂
FC	碳氟化合物
P	酚的
PAI	聚酰胺酰亚胺
PBI	聚苯并咪唑
PEEK	聚醚醚酮
PEI	聚醚酰亚胺
PES	聚醚砜
PI	聚酰亚胺
PPS	聚亚苯基硫氧化物
PSU	聚砜
SI	硅树脂
TPES	热塑性聚酯

1.5.2 材料索引

此节留待以后补充。

1.6 材料取向编码

1.6.1 层压板取向编码

层压板取向编码的目的是提供一个简单明了的方法来描述层压板的铺层情况。层压板取向编码主要以先进复合材料设计指南（文献 1.6.1(a)）的编码为基础。图 1.6.1 中的信息和例子描述了 MIL-HDBK-17 中所用的层压板取向编码。

1. 用纤维方向和 x 轴之间的夹角，来说明每个单层相对于 x 轴的取向。把目光朝向铺层面时从 x 轴逆时针测量的角度定义为正角（右手准则）。
2. 当指示织物的铺层时，所测量的是经向与 x 轴之间的角度。
3. 在具有不同绝对值的相继单层取向之间，用斜线 (/) 隔开。
4. 对于具有相同取向的两个或多个单层，在其第一层的角度后用附加的下标来表示，

该下标等于在这个取向向下重复的单层数。

5. 各单层按照铺贴的先后列出，从第 1 层到最后一层，用括号来表示编码的起止。
6. 如果指出了铺层的头一半，而后一半又对称于头一半，则用一个下标“s”加以说明。如果该铺层的单层数为奇数，则在未重复单层的角度上面加一横线予以说明。
7. 将一组重复的单层用括号标出，将重复的层数用一个下标注明。
8. 表明材料所用的约定是，对于单向带的单层没有下标，对于织物则用下标“f”。
9. 混杂层压板，其层压板编码用单层的下标来标明其中不同的材料。
10. 由于大多数计算机程序不允许使用上标和下标，按照 ASTM E-49 委员会的指导原则（文献 1.6.1(b)），推荐进行以下修改。
 - 在下标信息前面用一个冒号（:），例如，[90/0:2/45]:s。
 - 用单层后面的反斜线符号（\），来标明一个单层上面的横线（表示对称层压板中的未重复单层），例如，[0/45/90\]:s。

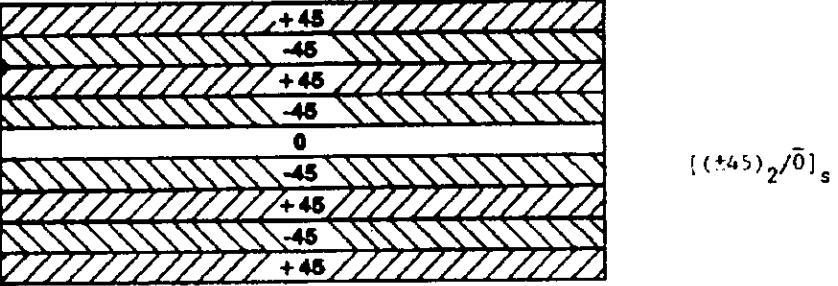


图 1.6.1 层压板取向编码举例

1.6.2 编织物取向编码

此节留待以后补充。

1.7 符号、缩写，及单位制

本节定义 MIL-HDBK-17 中采用的符号和缩写，并说明了所沿用的单位制。只要可能，都保留了通常的用法。这些资料主要来源于文献 1.7(a)-(c)。

1.7.1 符号及缩写

本节定义本手册中采用（除了统计学的符号以外）的所有符号和缩写；关于统计学的符号在第一卷第 8 章进行定义。单层/层压板的坐标轴适用于所有的性能；力学性能的符号则汇总在图 1.7.1 中。

- 当用作为上标或下标时，符号 f 和 m 分别表示纤维和基体。
- 表示应力类型的符号（如 cy——压缩屈服）总在上标位置。
- 方向标示符（如 x, y, z, 1, 2, 3 等）总是用于下标位置。
- 铺层序号的顺序标示符（如 1, 2, 3 等）用于上标位置，且必须用括号括起来，以区别于数学的幂指数。
- 其他标示符，只要明确清楚，可用于下标位置，也可用于上标位置。
- 由上述规则导出的复合符号（例如基本符号加标示符），如下面列出的特定形式所示。

在使用 MIL-HDBK-17 时，认为下列通用符号和缩写是标准的。当有例外时，将在正文或表格中予以注明。

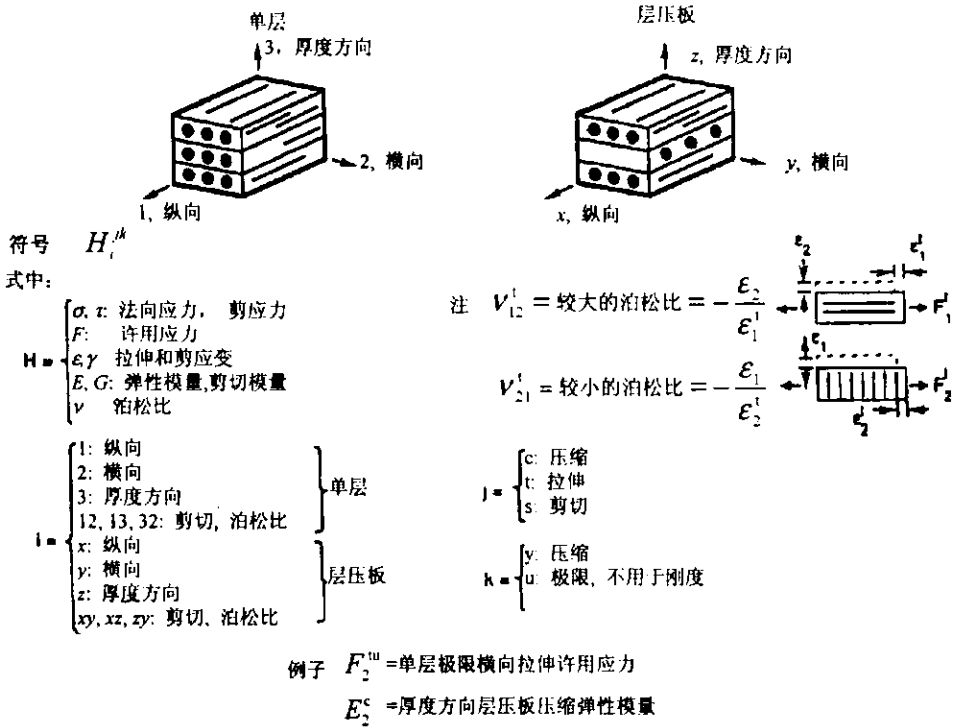


图 1.7.1 力学性能的符号

A	(1)面积 (m^2 , in^2) (2)交变应力与平均应力之比 (3)力学性能的 A-基准值
a	(1)长度 (mm, in) (2)加速度 (m/sec^2 , ft/sec^2) (3)振幅 (4)裂纹或缺陷的尺寸 (mm, in)
B	(1)力学性能的 B 基准值 (2)双轴比率
Btu	英制热单位
b	宽度(mm, in), 例如与载荷垂直的挤压面或受压板宽度, 或梁截面宽度
C	(1)比热 ($\text{kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$, $\text{Btu}/\text{lb}^\circ\text{F}$) (2)摄氏的
CF	地心引力 (N, lbf)
CPF	正交铺层系数
CPT	固化的单层厚度 (mm, in.)
CG	(1)质心; “重心”; (2)面积或体积质心
$\bar{C}$	中心线
c	柱屈曲的根部固定系数
$\bar{c}$	蜂窝夹芯高度 (mm, in)
cpm	每分钟周数
D	(1)直径 (mm, in) (2)孔或紧固件的直径 (mm, in) (3)板的刚度 (N-m, lbf-in)
d	表示微分的算子
E	拉伸弹性模量, 应力低于比例极限时应力与应变的平均比值 (GPa, Msi)
E'	储能模量 (GPa, Msi)
E''	损耗模量 (GPa, Msi)
E_c	压缩弹性模量, 应力低于比例极限时应力与应变的平均比值 (GPa, Msi)
E'_c	垂直于夹层平面的蜂窝芯弹性模量 (GPa, Msi)
E^{ecc}	割线模量 (GPa, Msi)
E^{tan}	切线模量 (GPa, Msi)
e	端距, 从孔中心到板边的最小距离 (mm, in)
e/D	端距与孔直径之比 (挤压强度)
F	(1)应力 (MPa, ksi) (2)华氏温度计 (的)
F^b	弯曲应力 (MPa, ksi)
F^{ctr}	压损应力或折损应力 (破坏时柱应力的上限) (MPa, ksi)

F^{su}	纯剪极限应力（此值表示该横截面的平均剪应力）（MPa, ksi）
FAW	纤维的面积重量（g/m ² , lb/in ² ）
FV	纤维的体积（%）
f	(1)内（或计算）应力（MPa, ksi） (2)在有裂纹的毛截面上作用的应力（MPa, ksi） (3)蠕变应力（MPa, ksi）
f^c	压缩内应力（或计算压缩应力）（MPa, ksi）
f_c	(1)断裂时的最大应力（MPa, ksi） (2)毛应力限（筛选弹性断裂数据用）（MPa, ksi）
ft	英尺
G	刚性模量、剪切模量（MPa, Msi）
GPa	千兆帕斯卡（gigapascal）
g	(1)克 (2)重力加速度（m/s ² , ft/s ² ）
H/C	蜂窝（夹芯）
h	高度（mm, in），如梁截面高度。
hr	小时
I	面积惯性矩（mm ⁴ , in ⁴ ）
i	梁的中性面（由于弯曲）斜度，弧度
in	英寸
J	(1)扭转常数（= I_p 对圆管）（m ⁴ , in ⁴ ） (2)焦耳
K	(1)绝对温标，开氏温标 (2)应力强度因子（MPa/m, ksi/in） (3)导热性系数（W/m°C, Btu/ft ² /hr/in/°F） (4)修正系数 (5)介电常数，电容率
K_{app}	表观平面应变断裂韧性或剩余强度（MPa/m, ksi/in）
K_c	平面应变断裂韧性，对裂纹扩展失稳点断裂韧性的度量（MPa/m, ksi/in）
K_{Ic}	平面应变断裂韧性（MPa/m, ksi/in）
K_N	按经验计算的疲劳缺口因子
K_s	板或圆筒的剪切屈曲系数
K_t	(1)理论的弹性应力集中因子 (2)蜂窝夹芯板的 t_w/c 比
K_v	电介质强度，绝缘强度（KV/mm, V/mil）
K_x, K_y	板或圆筒的压缩屈曲系数
k	单位应力的应变
L	圆筒、梁、或柱的长度（mm, in）
L'	柱的有效长度（mm, in）

lb	磅
M	外力矩或力偶 (N-m, in-lbf)
Mg	百万克 (兆克)
MPa	兆帕斯卡 (s)
MS	军用标准
M.S.	安全裕度、安全系数
MW	分子量
MWD	分子量分布
m	(1)质量 (kg, lb) (2)半波数 (3)米 (4)斜率
N	(1)破坏时的疲劳循环数 (2)层压板中的单层数 (3)板的面内分布力 (lbf/in) (4)牛顿 (5)归一化
NA	中性轴
n	(1)在一个集内的次数 (2)半波数或全波数 (3)经受的疲劳循环数
P	(1)作用的载荷 (N, lbf) (2)曝露参数 (3)概率 (4)比电阻、电阻系数 (Ω)
P^u	试验的极限载荷, (N, lb/每个紧固件)
P^y	试验屈服限载荷, (N, lb/每个紧固件)
p	法向压力 (Pa, psi)
psi	磅/平方英寸
Q	横截面的静面积矩 (mm^3 , in^3)
q	剪流 (N/m, lbf/in)
R	(1)循环载荷中最小与最大载荷之代数比 (2)减缩比
RA	面积的减缩
RH	相对湿度
RMS	均方根
RT	室温
r	(1)半径 (mm, in) (2)根部半径 (mm, in)

	(3)减缩比 (回归分析)
S	(1)剪力 (N, lbf) (2)疲劳中的名义应力 (MPa, ksi) (3)力学性能的 S-基准值
S_a	疲劳中的应力幅值 (MPa, ksi)
S_e	疲劳限 (MPa, ksi)
S_m	疲劳中的平均应力 (MPa, ksi)
$S_{\max}$	应力循环中应力的最大代数值 (MPa, ksi)
$S_{\min}$	应力循环中应力的最小代数值 (MPa, ksi)
S_R	应力循环中最小与最大应力的代数差值 (MPa, ksi)
S.F.	安全系数
s	(1)弧长 (mm, in) (2)蜂窝夹层芯格尺寸 (mm, in)
T	(1)温度 (°C, °F) (2)作用的扭矩 (N-m, in-lbf)
T_d	热解温度 (°C, °F)
T_F	曝露的温度 (°C, °F)
T_g	玻璃化转变温度 (°C, °F)
T_m	熔融温度 (°C, °F)
t	(1)厚度 (mm, in) (2)曝露时间 (s) (3)持续时间 (s)
V	(1)体积 (mm ³ , in ³) (2)剪力 (N, lbf)
W	(1)重量 (N, lbf) (2)宽度 (mm, in) (3)瓦特
x	沿一个坐标轴的距离
Y	关联构件几何学特性与裂纹尺寸的无因次系数
y	(1)受弯梁弹性变形曲线的挠度 (mm, in) (2)由中性轴到给定点的距离 (3)沿一个坐标轴的距离
Z	截面模量, I/y (mm ³ , in ³)
α	热膨胀系数 (m/m/°C, in/in/°F)
γ	剪应变 (m/m, in/in)
Δ	差分 (用于数量符号之前)
δ	伸长量或挠度 (mm, in)
ε	应变 (m/m, in/in)
ε^e	弹性应变 (m/m, in/in)

ϵ^p	塑性应变 (m/m, in/in)
μ	渗透性
η	塑性折减因子
$[\eta]$	本征黏度
$\dot{\eta}$	动态复黏度
ν	泊松比
ρ	(1)密度 (kg/m^3 , lb/in^3) (2)回转半径 (mm, in)
ρ_c	蜂窝夹芯密度 (kg/m^3 , lb/in^3) ($i, j=1, 2, 3$ 或 x, y, z)
Σ	总计、总和
σ	标准差
σ_{ij}, τ_{ij}	外法线朝 i 的平面上沿 j 方向的应力
T	作用剪应力 (MPa, ksi)
ω	角速度 (弧度/s)
∞	无限大

1.7.1.1 组分的性能

下列符号专用于典型复合材料组分的性能:

E^f	纤维材料弹性模量 (MPa, ksi)
E^m	基体材料弹性模量 (MPa, ksi)
E_x^s	预浸玻璃稀纱布沿纤维方向或沿织物经向的弹性模量 (MPa, ksi)
E_y^s	预浸玻璃稀纱布在垂直于纤维方向或织物经向的弹性模量 (MPa, ksi)
G^f	纤维材料剪切模量 (MPa, ksi)
G^m	基体材料剪切模量 (MPa, ksi)
G_{xy}^s	预浸玻璃稀纱布剪切模量 (MPa, ksi)
G_{cx}^s	夹芯沿 x 轴的剪切模量 (MPa, ksi)
G_{cy}^s	夹芯沿 y 轴的剪切模量 (MPa, ksi)
l	纤维长度 (mm, in)
α^f	纤维材料热膨胀系数 ($\text{m/m}^\circ\text{C}$, $\text{in/in}^\circ\text{F}$)
α^m	基体材料热膨胀系数 ($\text{m/m}^\circ\text{C}$, $\text{in/in}^\circ\text{F}$)
α_x^s	预浸玻璃稀纱布沿纤维方向或织物经向的热膨胀系数 ($\text{m/m}^\circ\text{C}$, $\text{in/in}^\circ\text{F}$)
α_y^s	预浸玻璃稀纱布垂直纤维方向或织物经向的热膨胀系数 ($\text{m/m}^\circ\text{C}$, $\text{in/in}^\circ\text{F}$)
ν^f	纤维材料泊松比
ν^m	基体材料泊松比
ν_{xy}^s	由纵向 (经向) 伸长引起横向 (纬向) 收缩时玻璃稀纱布的泊松比
ν_{yx}^s	由横向 (经向) 伸长引起纵向 (纬向) 收缩时玻璃稀纱布的泊松比
σ	作用于某点的轴向应力, 用于细观力学分析 (MPa, ksi)
τ	作用于某点的剪切应力, 用于细观力学分析 (MPa, ksi)

1.7.1.2 单层与层压板

下列符号、缩写及记号适用于复合材料单层及层压板。目前，MIL-HDBK-17 的重点放在单层性能上，但这里给出了适用于单层及层压板的常用符号表，以避免可能的混淆。

$A_{ij} (i, j=1, 2, 6)$	(面内) 拉伸刚度 (N/m, lbf/in)
$B_{ij} (i, j=1, 2, 6)$	耦合矩阵 (N, lbf)
$C_{ij} (i, j=1, 2, 6)$	刚度矩阵元素 (Pa, psi)
D_x, D_y	弯曲刚度 (N-m, lbf-in)
D_{xy}	扭转刚度 (N-m, lbf-in)
$D_{ij} (i, j=1, 2, 6)$	弯曲刚度 (N-m, lbf-in)
E_1	平行于纤维或经向的单层弹性模量 (MPa, Msi)
E_2	垂直于纤维或经向的单层弹性模量 (MPa, Msi)
E_x	沿参考轴 X 的层压板弹性模量 (MPa, Msi)
E_y	沿参考轴 Y 的层压板弹性模量 (MPa, Msi)
G_{12}	在 12 平面内的单层剪切模量 (MPa, Msi)
G_{xy}	在参考平面 xy 内的层压板剪切模量 (MPa, Msi)
h_i	第 i 铺层或单层的厚度 (mm, in)
M_x, M_y, M_{xy}	(板壳分析中的) 弯矩及扭矩分量 (N-m/m, in-lbf/in)
n_f	每个单层在单位长度上的纤维数
Q_x, Q_y	分别垂直于 x 及 y 轴的板截面上, 与 z 平行的剪力 (N/m, lbf/in)
$Q_{ij} (i, j=1, 2, 6)$	折算刚度矩阵 (Pa, psi)
u_x, u_y, u_z	位移向量的分量 (mm, in)
u_x^0, u_y^0, u_z^0	层压板中面的位移向量分量 (mm, in)
V_v	空隙含量 (用体积百分数表示)
V_f	纤维含量或纤维体积 (用体积百分数表示)
V_g	玻璃稀纱布含量 (用体积百分数表示)
V_m	基体含量 (用体积百分数表示)
V_x, V_y	边缘剪力或支承剪力 (N/m, lbf/in)
W_f	纤维含量 (用重量百分数表示)
W_g	玻璃稀纱布含量 (用重量百分数表示)
W_m	基体含量 (用重量百分数表示)
W_s	单位表面积(layer)的层压板重量 (N/m ² , lbf/in ²)
α_1	沿 1 轴的单层热膨胀系数 (m/m°C, in/in°F)
α_2	沿 2 轴的单层热膨胀系数 (m/m°C, in/in°F)
α_x	层压板沿广义参考轴 x 的热膨胀系数 (m/m°C, in/in°F)
α_y	层压板沿广义参考轴 y 的热膨胀系数 (m/m°C, in/in°F)
α_{xy}	层压板的热膨胀剪切畸变系数 (m/m°C, in/in°F)
θ	单层在层压板中的方位角, 即 1 轴与 x 轴间的夹角 (°)
λ_{xy}	等于 ν_{xy} 与 ν_{yx} 之积

ν_{12}	由 1 方向伸长引起 2 方向收缩的泊松比*
ν_{21}	由 2 方向伸长引起 1 方向收缩的泊松比*
ν_{xy}	由 x 方向伸长引起 y 方向收缩的泊松比*
ν_{yx}	由 y 方向伸长引起 x 方向收缩的泊松比*
ρ_c	单层的密度 (kg/m^3 , lbf/in^3)
$\bar{\rho}_c$	层压板的密度 (kg/m^3 , lbf/in^3)
ϕ	(1)广义角坐标 ($^\circ$) (2)偏轴加载中, x 轴与载荷方向之间的夹角 ($^\circ$)

1.7.1.3 下标

认为下列下标记号是 MIL-HDBK-17 的标准记号:

1, 2, 3	单层的自然直角坐标 (1 是纤维方向或经向)
A	轴
a	(1)胶粘的 (2)交变的
app	表观的
byp	旁路的
c	(1)复合材料体系, 特定的纤维/基体组合。复合材料作为一个整体, 区别于单一的组分, 当与上标撇号(')连用时, 指夹层芯子 (2)临界的
cf	离心力
e	疲劳或耐久性
eff	有效的
eq	等效的
f	纤维
g	玻璃稀纱布
H	圈
i	顺序中的第 i 位置
L	横向
m	(1)基体 (2)平均
max	最大
min	最小
n	(1)序列中的第 n 个 (最后) 位置 (2)标准的、法向的
p	极的、极性的
s	对称
st	加筋条
T	横向

* 因为使用了不同的定义, 在对比不同来源的泊松比以前, 应当检查其定义。

- t 在 t 时刻的参量值
- x, y, z 广义坐标系
- Σ 总和, 或求和
- o 初始点数据或参考数据
- () 表示括号内的项相应于特定温度的格式。RT—室温 (21°C, 70°F); 除非另有说明, 所有温度以华氏温度 (°F) 表示。

1.7.1.4 上标

在 MIL-HDBK-17 中, 认为下列上标记号是标准的。

- b 弯曲
- br 挤压
- c (1) 压缩
(2) 蠕变
- cc 压缩折曲
- cr 压缩屈曲
- e 弹性
- f 纤维
- flex 弯曲
- g 玻璃稀纱布
- is 层间剪切
- (i) 第 i 铺层或单层
- lim 限制, 用指限制载荷
- m 基体
- ohc 开孔压缩
- oht 开孔拉伸
- p 塑性
- pl 比例极限
- rup 断裂
- s 剪切
- scr 剪切屈曲
- sec 割线 (模量)
- so 偏轴剪切
- T 温度或热
- t 拉伸
- tan 切线 (模量)
- u 极限的
- y 屈服
- ' 二次 (模量), 与下标 c 连用时指蜂窝夹芯的性能。
- CAI 冲击后压缩

1.7.1.5 缩写词

在 MIL-HDBK-17 中, 使用下列缩写词。

AA	atomic absorption (原子吸收)
AES	Auger electron spectroscopy (Auger 电子能谱术)
AIA	Aerospace Industries Association (航空工业协会)
AIO	alumina 铝
ANOVA	analysis of variance (变异分析)
Ar	aramid 芳纶
ARL	US Army Research Laboratory (美国陆军研究所)
ASTM	American Society for Testing and Materials (美国材料试验学会)
B	boron (硼)
BMI	bismaleimide (双马来酰亚胺)
BVID	barely visible impact damage (目视勉强可见冲击损伤)
C	carbon (碳)
CAI	compression after impact (冲击后压缩)
CCA	composite cylinder assemblage (复合材料圆柱组合)
CE	cyanate ester (氰酸酯)
CFRP	carbon fiber reinforced plastic (碳纤维增强复合材料)
CLS	crack lap shear (裂纹搭接剪切)
CMCS	Composite Motorcase Subcommittee (JANNAF) (复合材料发动机箱小组委员会 (JANNAF))
CPT	cured ply thickness (固化后单层厚度)
CTA	cold temperature ambient (低温环境)
CTD	cold temperature dry (低温干态)
CTE	coefficient of thermal expansion (热膨胀系数)
CV	coefficient of variation (变异系数)
CVD	chemical vapor deposition (化学气相沉积)
DCB	double cantilever beam (双悬臂梁)
DDA	dynamic dielectric analysis (动态电介质分析)
DGI	D-glass (D-玻璃)
DLL	design limit load (设计限制载荷)
DMA	dynamic mechanical analysis (动态力学分析)
DoD	Department of Defense (国防部)
DSC	differential scanning calorimetry (示差扫描量热法)
DTA	differential thermal analysis (示差热分析)
DTRC	David Taylor Research Center (David Taylor 研究中心)
EGl	E-glass (E-玻璃)
ENF	end notched flexure (端部缺口弯曲)
EOL	end-of-life (寿命结束)

EP	epoxy (环氧树脂)
ESCA	electron spectroscopy for chemical analysis (化学分析的电子能谱术)
ESR	electron spin resonance (顺磁共振、电子自旋共振)
ETW	elevated temperature wet (高温湿热)
FAA	Federal Aviation Administration (联邦航空管理局)
FC	fluorocarbon (碳氟化合物)
FFF	field flow fractionation (场流分馏法)
FGRP	fiberglass reinforced plastic (玻璃纤维增强塑料)
FMECA	Failure Modes Effects Criticality Analysis (破坏模式影响的危险度分析)
FOD	foreign object damage (外来物损伤)
FTIR	Fourier transform infrared spectroscopy (傅里叶变换红外光谱法)
FWC	finite width correction factor (有限宽修正系数)
GC	gas chromatography (气相色谱分析)
Gl	glass (玻璃)
Gr	graphite (石墨)
GSCS	Generalized Self Consistent Scheme (广义自相容方案)
HDT	heat distortion temperature (热扭曲温度)
HPLC	high performance liquid chromatography (高精度液相色谱分离法)
ICAP	inductively coupled plasma emission (感应耦合等离子体发射)
IITRI	Illinois Institute of Technology Research Institute (伊利诺斯理工研究所)
IR	infrared spectroscopy (红外光谱学)
ISS	ion scattering spectroscopy (离子散射光谱学)
JANNAF	Joint Army, Navy, NASA and Air Force (陆、海军、NASA 及空军联合 体)
LC	liquid chromatography (液相色谱分离法)
Li	lithium (锂)
LPT	laminar plate theory (层压板理论)
LSS	laminar stacking sequence (层压板铺层顺序)
MMB	mixed mode bending (混合型弯曲)
MOL	material operational limit (材料工作极限)
MS	mass spectroscopy (质谱(分析)法)
MSDS	material safety data sheet (材料安全数据单)
MTBF	Mean Time Between Failure (破坏间的平均时间)
NAS	National Aerospace Standard (国家航空航天标准)
NASA	National Aeronautics and Space Administration (国家航空航天局)
NDI	nondestructive inspection (无损检测)
NMR	nuclear magnetic resonance (核磁共振)
P	phenolic (酚的)
PAI	polyamide-imide (聚酰胺酰亚胺)

PAN	polyacrylonitrile (聚丙烯腈)
PBI	polybenzimidazole (聚苯并咪唑)
PBT	polybenzothiazole (聚苯并噻唑)
PEEK	polyether ether ketone (聚醚醚酮)
PEI	polyetherimide (聚醚酰亚胺)
PES	polyethersulfone (聚醚砒)
PI	polyimide (聚酰亚胺)
PPS	polyphenylene sulfide (聚亚苯硫)
PSU	polysulfone (聚砒)
Q	quartz (石英)
RDS	rheological dynamic spectroscopy (流变动态波谱学)
RH	relative humidity (相对湿度)
RT	room temperature (室温)
RTA	room temperature ambient (室温环境)
RTD	room temperature dry (室温干态)
RTM	resin transfer molding (树脂转移模塑)
SACMA	Suppliers of Advanced Composite Materials Association (先进复合材料供应商协会)
SAE	Society of Automotive Engineers (汽车工程师协会)
SANS	small-angle neutron scattering spectroscopy (小角度中子散射光谱学)
SEC	size-exclusion chromatography (尺度筛析色谱法)
SEM	scanning electron microscopy (扫描电子显微镜)
SFC	supercritical fluid chromatography (超临界流体色谱法)
Si	silicon (硅)
SI	International System of Units (Le Système International d'Unités) (国际单位制)
SiC	silicon carbide (碳化硅)
SGL	S-glass (S-玻璃)
SIMS	secondary ion mass spectroscopy (次级离子质谱(法))
TBA	torsional braid analysis (扭转编织分析)
TEM	transmission electron microscopy (发射电子显微镜)
TGA	thermogravimetric analysis (热解重量分析)
Ti	titanium (钛)
TLC	thin-layer chromatography (薄层色谱法)
TMA	thermal mechanical analysis (热量力学分析)
TOS	thermal oxidative stability (热氧化稳定性)
TPES	thermoplastic polyester (热塑性聚酯)
TVM	transverse microcrack (横向微裂纹)
UDC	unidirectional fiber composite (单向纤维复合材料)

VNB	V-notched beam (V 缺口梁)
W	tungsten (钨)
XPS	X-ray photoelectron spectroscopy (X-射线光电光谱学)

1.7.2 单位制

遵照 1991 年 2 月 23 日的国防部指示 5000.2, Part 6, Section M“使用公制系统”的规定，通常，MIL-HDBK-17 中的数据同时使用国际单位制（SI 制）和美国习惯单位制（英制）。ASTME-380《度量制实施标准》则提供了准备作为世界标准度量单位的 SI 制(文献 1.7.2(a))的应用指南。下列出版物（文献 1.7.2(b)-(e)）提供了使用 SI 制及换算因子的进一步指南：

- (1) DARCOM P 706-470, *Engineering Design Handbook: Metric Conversion Guide*, July 1976.
- (2) NBS Special Publication 330, "The International System of Units (SI)," National Bureau of Standards, 1986 edition.
- (3) NBS Letter Circular LC 1035, "Units and Systems of Weights and Measures, Their Origin, Development, and Present Status," National Bureau of Standards, November 1985.
- (4) NASA Special Publication 7012, "The International System of Units Physical Constants and Conversion Factors", 1964.

表 1.7.2 列出了与 MIL-HDBK-17 数据有关的、由英制向 SI 制换算的因子。

表 1.7.2 英制与 SI 制换算因子

由	换算为	乘以
Btu/in ² ·s	W/m ²	1.634246E+06
Btu·in (s·ft ² ·°F)	W/(mK)	5.192204E+02
华氏度 (°F)	摄氏度 (°C)	$T_c=(T_f-32)/1.8$
华氏度 (°F)	开氏度 (K)	$T_K=(T_F+459.67)/1.8$
ft	m	3.048000E-01
ft ²	m ²	9.290304E-02
ft/sec	m/s	3.048000E-01
ft/s ²	m/s ²	3.048000E-01
In	m	2.540000E-02
in ²	m ²	6.451600E-04
in ³	m ³	1.638706E-05
Kgf	牛顿 (N)	9.806650E+00
kgf/m ²	帕斯卡 (Pa)	9.806650E+00
kip (1000 lbf)	牛顿 (N)	4.448222E+03
ksi (kip/in ²)	MPa	6.894757E+00
lbf·in	N·m	1.129848E-01
lbf·ft	N·m	1.355818E+00
lbf/in ² (psi)	帕斯卡 (Pa)	6.894757E+03
lb/in ³	kg/m ³	2.767990E+04
Msi (106 psi)	GPa	6.894757E+00
磅力 (lbf)	牛顿 (N)	4.48222E+00
磅质量 (lb 重)	千克 (kg)	4.535924E-01
Torr (托)	帕斯卡 (Pa)	1.33322E+02

• 换算因子中的字母“E”表示幂指数，字母“E”之后的二位数表示以 10 为底的幂次方。

1.8 定义

在MIL-HDBK-17中使用下列的定义。这个术语表还不很完备，但它给出了几乎所有的常用术语。当术语有其他意义时，将在正文和表格中予以说明。为了便于查找，这些定义按照英文术语的字母顺序排列。

A 基准值 (A-basis) 或 A 值 (A-Value) ——建立在统计基础上的材料性能。指定测量值母体的第一百分位数上的 95% 下置信限，也是对指定母体中 99% 较高值的 95% 下容许限。

A 阶段 (A-Stage) ——热固性树脂反应的早期阶段，在该阶段中，树脂仍可溶于一定液体，并可能为液态，或受热时能变成液态。（有时也称之为甲阶段 **resol**）。

吸收 (Absorption) ——某种材料（吸收剂）吸收另一种材料（被吸收物质）的过程。

促进剂 (Accelerator) ——一种材料，当其与某种催化的树脂相混合时，将加速催化剂与树脂之间的化学反应。

准确度 (Accuracy) ——指测量值或计算值与已被认可的一些标准或规定值之间的吻合程度。准确度中包括了操作的系统误差。

加成聚合反应 (Addition Polymerization) ——用重复添加的方法，使单体链接起来形成聚合物的聚合反应；反应中不脱除水分子或其他简单分子。

粘合 (Adhesion) ——通过加力或联锁作用，或者通过二者同时作用，使得两个表面在界面处结合在一起的状态。

胶粘剂 (Adhesive) ——能通过表面粘合，把两种材料结合在一起的物质。在本手册里，专指所生成的连接部位能传递大结构载荷的那些结构胶粘剂。

ADK ——表示 k 样本 Anderson-Darling 统计量，用于检验 k 批数据具有相同分布的假设。

代表性样本 (Aliquot) ——较大样本中一个小的代表性样本。

老化 (Aging) ——在大气环境下暴露一段时间对材料产生的影响；将材料在某个环境下暴露一段时间间隔的处理过程

大气环境 (Ambient) ——周围的环境情况，例如压力与温度。

滞弹性 (Anelasticity) ——某些材料所显示的一种特性，其应变是应力与时间二者的函数。这样，虽然没有永久变形存在，在载荷增加以及载荷减少的过程中，都需要有一定的时间，才达到应力与应变之间的平衡。

角铺层 (Angleply) ——任何由正、负 θ 铺层构成的均衡层压板，其中 θ 与某个参考方向成锐角。

各向异性 (Anisotropic) ——非各向同性；即随着（相对于材料固有自然参考轴系的）取向的变化，材料的力学及/或物理性能不同。

芳纶 (Aramid) ——一种人造纤维，其纤维的构成物质是一种长链的合成芳族聚酰胺，其中至少有 85% 的酰胺基 (-CONH-) 是直接和两个芳基环链接的。

纤维面积重量 (Areal Weight of Fiber) ——单位面积预浸料中的纤维重量，常用 g/m^2 表示，换算因子见表 1.3.2。

人工老化 (Artificial Weathering) ——指暴露在某些实验室条件下；这些条件可能是循环改变的，包括在各种地理区域内的温度、相对湿度、辐照能的变化，以及其大气环境

中其他任何因素的变化。

纵横比、长径比 (Aspect Ratio) ——对于基本上为二维矩形形状的结构 (如壁板), 指其长向尺寸与短向尺寸之比。但在压缩加载下, 有时是指其沿载荷方向的尺寸与横向尺寸之比。另外, 在纤维的细观力学里, 则指纤维长度与其直径之比。

热压罐 (Autoclave) ——一种封闭的容器, 用于对在容器内进行化学反应或其他作业的物体, 提供一个加热的或不加热的流体压力环境。

热压罐模压 (Autoclave Molding) ——一种类似袋压成形的工艺技术。将压力袋覆盖在铺贴件上, 然后, 把整个组合放入一个可提供热量和压力以进行零件固化的热压罐中。这个压力袋通常与外界相通。

编织轴 (Axis of Braiding) ——编织的构型沿其伸展的方向。

B 基准值 (B-basis) 或 B 值 (B-Value) ——建立在统计基础上的材料性能。指定测量值母体的第十百分位数上的 95% 下置信限, 也是对指定母体中 90% 较高值的 95% 下容许限。(见第一卷, 8.1.4 节。)

B 阶段 (B-Stage) ——热固性树脂反应过程的一个中间阶段; 在该阶段, 当材料受热时变软, 同时, 当与某些液体接触时, 材料会出现溶胀但并不完全熔化或溶解。在最后固化前, 为了操作和处理方便, 通常将材料预固化至这一阶段。(有时, 也称为乙阶段 (resitol))。

袋压成形 (Bag Molding) ——一种模压或层压成形的办法; 通过对一种柔性材料施加流体压力, 将压力传到被模压或胶接的材料上。通常使用空气、蒸汽、水, 或者用抽真空的手段, 来提供流体压力。

均衡层压板 (Balanced Laminate) ——一种复合材料层压板, 其所有非 0° 和非 90° 的其他相同角度单层, 均只正、负成对出现 (但未必相邻)。

批、批料 (Batch) 或批、组 (Lot) ——对于纤维和树脂, 指在同一加工过程中形成、并具有同一特性的一些材料。对于预浸料、单层和层压板, 则指用同一批纤维和同一批树脂制成的材料。

挤压面积 (Bearing Area) ——销子直径与试件厚度之积。

挤压载荷 (Bearing Load) ——作用于接触表面上的压缩载荷。

挤压屈服强度 (Bearing Yield Strength) ——指当材料中挤压应力与挤压应变的比例关系出现偏离并到某一规定限值时, 其所对应的挤压应力值。

弯曲试验 (Bend Test) ——用弯曲或折叠来测量材料延性的一种试验方法; 通常是用持续加力的办法。在某些情况下, 试验中可能包括对试件进行敲击; 这个试件的截面沿一定长度是基本均匀的, 而该长度则是截面最大尺寸的几倍。

粘接剂 (Binder) ——在制造模压制件过程中, 为使毡子或预成形件中的纱束粘在一起而使用的一种胶接树脂。

二项随机变量 (Binomial Random Variable) ——指一些独立试验中的成功次数, 其中每次试验的成功概率是相同的。

双折射率 (Birefringence) ——指 (纤维的) 两个主折射率之差, 或指在材料给定点上其光程差与厚度之比。

吸胶布 (Bleeder Cloth) ——一层非结构的材料, 以便在复合材料零件制造时, 排出

固化过程中的多余气体和树脂。吸胶布在完成固化后被除去，因而并不构成复合材料制件的一部分。

筒子架 (Bobb in) —— 一种圆筒状或略带锥形的桶体，带突缘或无突缘，用于缠绕无捻纱、粗纱或有捻纱。

胶接 (Bond) —— 用胶作粘结剂或不用胶，把一个表面粘着到另一个表面上。

编织物 (Braid) —— 由三根或多根纱线所构成的体系，其中的纱彼此交织，但没有任何两根纱线是相互缠绕的。

编织角 (Braid Angle) —— 与编织轴之间的真实角度。

双轴编织 (Braid, Biaxial) —— 具有两个纱线系统的编织织物，其中一个纱线系统沿着 $+\theta$ 方向，而另一个纱线系统沿着 $-\theta$ 方向，角度由编织轴开始计量。

编织数 (Braid Count) —— 沿编织织物轴线计算，每英寸上的编织纱数量。

菱形编织物 (Braid, Diamond) —— 织物图案为一上一下 (1×1) 的编织织物。

窄幅织物 (Braid, Flat) —— 一种窄的斜纹机织带；其每根纱线都是连续的，并与这个机织带的其他各纱相捻，但自身无捻。

Hercules 编织物 (Braid, Hercules) —— 图案为三上三下 (3×3) 的编织织物。

提花编织物 (Braid, Jacquard) —— 借助于提花机进行的编织图案设计；提花机是个脱落机构，可用它独立地控制大量纱束，产生复杂的图案。

规则编织物 (Braid, Regular) —— 织物图案为二上二下 (2×2) 的编织织物。

正方形编织物 (Braid, Square) —— 其纱线构成一个正方形图案的编织织物。

两维编织物 (Braid, Two-Dimensional) —— 沿厚度方向没有编织纱的编织织物。

三维编织物 (Braid, Three-Dimensional) —— 沿厚度方向有一或多根编织纱的编织织物。

三轴编织物 (Braid, Triaxial) —— 在编织轴方向上设置有衬垫纱的双轴编织织物。

编织 (Braiding) —— 一种纺织的工艺方法；它将两个或多个纱束、有捻纱或带子沿斜向缠绕，形成一个整体的结构。

宽幅 (Broadgoods) —— 一个不太严格的术语，指宽度大于约 305mm (12 in) 的预浸料，它们通常由供货商以连续卷提供。这个术语通常用于指经过校准的单向带预浸料及织物预浸料。

(复合材料) 屈曲 (Buckling (Composite)) —— 一种结构响应的模式，其特征是，由于对结构元件的压缩作用，导致材料的面外挠曲变形。在先进复合材料里，屈曲不仅可能采取常规的总体或局部失稳形式，同时也可能采取一些单独纤维的细观失稳形式。

(无捻) 纤维束 (Bundle) —— 一个普通术语，指一束基本平行的长丝或纤维。

C 阶段 (C-Stage) —— 热固性树脂固化反应的最后阶段，在该阶段，材料成为几乎既不可溶解又不可熔化的固态。（通常认为已充分固化，有时称为丙阶段 (resite)）

绞盘 (Capstan) —— 一种摩擦型提取装置，用以将编织物由折缝移开，其移动速度决定了编织角。

碳纤维 (Carbon Fibers) —— 将有机先驱体纤维（如人造纤维、聚丙烯腈 (PAN)）进行高温分解，再置于一种惰性气体内，从而生产出的纤维。这个术语通常可与“石墨”纤维 (graphite) 互相通用；然而，碳纤维与石墨纤维的差别在于，其纤维制造和热处理

温度不同, 以及所形成纤维的碳含量不同。典型情况是, 碳纤维在大约 $1\,300^{\circ}\text{C}$ ($2\,400^{\circ}\text{F}$) 时进行碳化, 经检验含有 93%-95% 的碳; 而石墨纤维则在 $1\,900\text{--}3\,000^{\circ}\text{C}$ ($3\,450\text{--}5\,450^{\circ}\text{F}$) 进行石墨化, 经检验含有 99% 以上的元素碳。

载体 (Carrier) ——通过编织物的编织动作来输送有捻纱的机械装置, 典型的载体包括筒子架纺锤、迹径跟随器和拉紧装置。

均压板 (Caul Plates) ——一种无表面缺陷的平滑金属板, 与复合材料铺层具有相同尺寸和形状。在固化过程中, 均压板与铺贴层直接接触, 以传递垂直压力, 并使层压板制件的表面平滑。

检查 (Censoring) ——如果每当观测值小于或等于 M (大于或等于 M) 时, 记录其实际观测值, 则称数据在 M 处是右 (左) 检查的。若观测值超过 (小于) M , 则观测值记为 M 。

链增长聚合反应 (Chain-Growth Polymerization) ——两种主要聚合反应机制之一。在这种链锁聚合反应中, 这些反应基在增长过程中不断地重建。一旦反应开始, 通过由某个特殊反应引发源 (可以是游离基、阳离子或阴离子) 所开始的反应链, 使聚合物的分子迅速增长。

层析图 (Chromatogram) ——混合物溶液体系中的洗出溶液 (洗出液) 经色谱仪分离后, 各组分峰值的色谱仪响应图。

缠绕循环 (Circuit) ——缠绕机中纤维给进机构的一个完整往返运动。缠绕段的一个完整往返运动, 是从任意一点开始, 到缠绕路径中、通过该起点并到与轴相垂直的平面上的另外一点为止。

共固化 (Cocuring) ——指在同一固化周期中, 在将一个复合材料层压板固化的同时, 将其胶接到其他已经准备的表面上。(见二次胶接 Secondary Bonding)。

线性热膨胀系数 (Coefficient of Linear Thermal Expansion) ——温度升高一度, 每单位长度上所产生的长度改变。

变异系数 (Coefficient of Variation) ——母体 (或样本) 标准差与母体 (或样本) 平均值之比。

准直 (Collimated) ——使平行。

相容 (Compatible) ——指不同树脂体系能够彼此在一起处理, 且不致使最终产品性能下降的能力。

复合材料分类 (Composite Class) ——本手册中指复合材料的一种主要分类方式, 其分类按纤维体系和基体类型定义, 如有机基纤维复合材料层压板。

复合材料 (Composite Material) ——复合材料是由成分或形式在宏观尺度都不同的材料构成的复合物。各组分在复合材料中保持原有的特性, 即各组分尽管变形一致, 但它们彼此完全不溶解或者相互不合并。通常, 各组分能够从物理上区别, 并且相互间存在界面。

混合料 (Compound) ——具有最终成品所需各种材料的一种或多种聚合物的混合物。

缩聚反应 (Condensation Polymerization) ——一种特殊形式的逐步聚合反应, 其特点是, 在反应基的逐级加成过程中, 有水或其他简单分子的生成。

置信系数 (Confidence Coefficient) ——见置信区间 Confidence Interval。

置信区间 (Confidence Interval) ——置信区间按下列三者之一进行定义:

$$(1) P\{a < \theta\} \leq 1 - \alpha$$

$$(2) P\{\theta < b\} \leq 1 - \alpha$$

$$(3) P\{a < \theta < b\} \leq 1 - \alpha$$

式中 $1 - \alpha$ 称为置信系数。称类型(1)或(2)的描述为单侧置信区间, 而称类型(3)的描述为双侧置信区间。对于式(1), α 为下置信限; 对于式(2), b 为上置信限。置信区间内包含参数 θ 的概率, 至少为 $1 - \alpha$ 。

组分 (Constituent) ——通常指一个大组合的元素。在先进复合材料中, 主要的组分是纤维和基体。

长丝 (Continuous Filament) ——指其纱线与纱束的长度基本相同的纱束。

耦联剂 (Coupling Agent) ——一种与复合材料的增强体或基体发生作用的化学物质, 用以形成或提供较强的界面胶接。耦联剂通过水溶液或有机溶液或由气体相加到增强体中, 或作为添加剂加到基体中。

覆盖率 (Coverage) ——对表面上被编织物所覆盖部分的量度。

龟裂 (Crazing) ——在有机基体表面或表面下的可见细裂纹。

筒子架 (Creel) ——一个用来支持无捻纱、粗纱或纱线的构架, 以便能平稳而均匀地拉动很多丝束, 而不会搞乱。

蠕变 (Creep) ——外加应力所引起应变中与时间有关的那部分应变。

蠕变率 (Creep, Ratio of) ——蠕变(应变)-时间曲线上, 在给定时刻处的曲线斜率。

卷曲 (Crimp) ——编织过程中在编织织物内产生的波纹。

卷曲角 (Crimp Angle) ——从丝束的平均轴量起、单个编织纱的最大锐角。

卷曲转换 (Crimp Exchange) ——使编织纱体系在受拉或压时达到平衡的工艺。

临界值 (Critical Values) ——当检验单侧统计假设时, 其临界值是指, 如果该检验的统计大于(小于)此临界值时, 这个假设将被拒绝。当检验双侧统计假设时, 要决定两个临界值, 如果该检验的统计小于较小的临界值时, 或大于较大的临界值时, 这个假设将被拒绝。在以上这两种情况下, 所选取的临界值取决于所希望的风险, 即当此假设为真实但却被拒绝的风险, (通常取 0.05)。

正交铺层 (Crossply) ——指任何非单向的长纤维层压板, 与角铺层的意义相同。在某些文献中, 术语“正交铺层”只指各铺层间彼此成直角的层压板, 而“角铺层”则指除此之外的所有其他铺层方式。在本手册中, 这两个术语被作为同义词使用。由于使用了层压板铺层方向代码, 因而没有必要只为其中某种基本铺层方向而保留单独的术语。

累积分布函数 (Cumulative Distribution Function) ——见第一卷, 8.1.4 节。

固化 (Cure) ——指通过化学反应, 即缩合反应、闭环反应或加成反应等, 使热固性树脂的性能发生不可逆的变化。可以在添加或不加催化剂、在加热或者不加热的情况下, 通过添加固化(交联)剂来实现固化。同时, 也可通过加成反应实现固化, 如环氧树脂体系的酐固化过程。

固化周期 (Cure Cycle) ——指为了达到规定的性能, 将反应的热固性材料置于规定的条件下进行处理的时间进程。

固化应力 (Cure Stress) ——复合材料结构在固化过程中所产生的残余内应力。一般

情况下，当不同的铺层具有不同的热膨胀系数时，会产生固化应力。

脱胶 (Debond) ——指有意将胶接接头或胶接界面剥离^{*}，通常用于修理或重新加工情况。（见脱粘 Disbond，未粘住 Unbond）。

变形 (Deformation) ——由于施加载荷或外力所引起的试件形状变化。

退化 (Degradation) ——指在化学结构、物理特性或外观等方面出现的有害变化。

分层 (Delamination) ——指层压板中铺层之间的材料分离。分层可能出现在层压板中的局部区域，也可能覆盖很大的区域。在层压板固化过程或在随后使用过程的任何时刻，都可能因各种原因出现分层。

旦 (Denier) ——一种表示线性密度的直接计量体系，等于 9 000 m 长的纱、长丝、纤维或其他纺织纱线所具有的质量（克）。

密度 (Density) ——单位体积的质量。

解吸 (Desorption) ——指从另一种材料中释放出所吸收或所吸附材料的过程。解吸是吸收、吸附的逆过程，或者，是这二者的逆过程。

偏差 (Deviation) ——相对于规定尺度或要求的差异，通常规定其上限或下限。

介电常数 (Dielectric Constant) ——板极之间具有某一介电常数的电容器，当以真空取代电解质时，二者电容之比即其介电常数，这是对单位电压下每单位体积所储存电荷的一个度量。

介电强度、抗电强度、绝缘强度 (Dielectric strength) ——当电解质材料破坏时，单位厚度的平均电压。

脱胶 (Disbond) ——在两个被胶接体间的胶接界面内出现胶接破坏或分离情况的区域。在结构寿命的任何时间，都可能由于各种原因发生脱胶。另外，用通俗的话来说，脱胶还指在层压板制品两个铺层间的分离区域，（这时，通常更多使用“分层”一词。）（见脱胶 Debond，未粘住 Unbond，分层 Delamination）。

分布 (Distribution) ——一个公式，给出某个数值落入指定范围内的概率。（见正态分布，Weibull 分布和对数正态分布。）

干态 (Dry) ——在相对湿度为 5%或更低的周围环境下，材料达到湿度平衡的一种状态。

干纤维区 (Dry Fiber Area) ——指纤维未完全被树脂包覆的纤维区域。

延展性 (Ductility) ——材料在出现断裂之前的塑性变形能力。

弹性 (Elasticity) ——在卸除引起变形的作用力之后，材料能立即恢复到其初始尺寸及形状的特性。

伸长 (率) (Elongation) ——在拉伸试验中，试件标距长度的增加或伸长，通常用初始标距的百分数来表示。

洗出液 (Eluate) ——（液相层析分析中）由分离塔析出的液体。

洗提剂 (Eluent) ——对进入、通过以及流出分离塔的标本（溶质）成分，进行净化或洗提所使用的液体（流动相）。

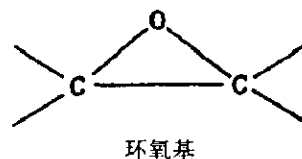
丝束 (End) ——指正被织入或已被织入到产品中的单根纤维、纱束、无捻纱或有捻纱，丝束可以是机织织物中的一支经纱或细线。对于芳纶和玻璃纤维，丝束通常是未加捻

^{*} 译者注：原文为 A deliberate separation of a bonded joint or interface。

的连续长丝纱束。

环氧当量 (Epoxy Equivalent Weight) ——含有一个化学当量环氧基树脂所相应的重量，用克数表示。

环氧树脂 (Epoxy Resin) ——指具有如右图所示环氧基特征的一些树脂，但其结构形式可能是多样的。(环氧基或环氧化物基通常表现为环氧丙基醚、环氧丙基胺、或作为脂环族系的一部分。通常复合材料应用芳族型环氧树脂。)



引伸计 (Extensometer) ——用于测量线性应变的一种装置。

F-分布 (F-Distribution) ——见第一卷，8.1.4 节。

织物 (非机织) (Fabric, Nonwoven) ——通过机械、化学、加热或溶解的手段、以及这些手段的组合，实现纤维的胶接、联锁或胶接加联锁，从而形成的一种纺织结构。

织物 (机织) (Fabric, Woven) ——由交织的纱或纤维所构成的一种普通材料结构，通常为平面结构。在本手册中，专指用先进纤维纱按规定的编织花纹所织成的布，用作先进复合材料单层中的纤维组分。在这个织物单层中，其经向被取为纵向，类似于长丝单层中的长丝纤维方向。

折缝 (Fell) ——在编织形式中的某种点，其定义为编织体系的纱线终止彼此相对运动的点。

纤维 (Fiber) ——长丝材料的一般术语。通常把纤维用作长丝的同义词，把纤维作为一般术语，表示有限长度的长丝。天然或人造材料的一个单元，它构成了织物或其他纺织结构的基本要素。

纤维含量 (Fiber Content) ——复合材料中含有的纤维数量。通常，用复合材料的体积百分数或重量百分数来表示。

纤维支数 (Fiber Count) ——复合材料的规定截面上，单位铺层宽度上的纤维数目。

纤维方向 (Fiber Direction) ——纤维纵轴在给定参考轴系中的取向或排列方向。

纤维体系 (Fiber System) ——构成先进复合材料的纤维组分中，纤维材料的类型及排列方式。纤维体系的例子有，校准平行的长纤维或纤维纱、机织织物、随机取向的短纤维带、随机纤维毡、晶须等。

纤维体积含量 (Fiber Volume Fraction) ——见纤维含量 (Fiber Content)。

单丝、长丝 (Filament) ——纤维材料的最小单元。这是在抽丝过程中形成的基本单元，把它们聚集构成纤维束 (以用于复合材料)。通常长丝的长度很长直径很小，长丝一般不单独使用。当某些纺织长丝具有足够的强度和韧性时，可以用作纱线。

长丝复合材料 (Filamentary Composites) ——用连续纤维进行增强的一种复合材料。

纤维缠绕 (Filament Winding) ——见缠绕 (Winding)

纤维缠绕的 (Filament Wound) ——指与用纤维缠绕加工方法所制成产品有关的。

纬纱 (Fill) ——机织织物中与经纱成直角、从布的织边到织边布置的纱线。

填料 (Filler) ——添加到材料中的一种相对惰性的物质，用以改变材料的物理、力学、热力学、电学性能以及其他的性能，或用以降低材料的成本。有时，这个术语专指颗粒状添加剂。

表面处理剂 (Finish) 或浸润材料 (Size System) —— 一种用于处理纤维 (表面) 的材料, 其中含有偶联剂, 以改善复合材料中纤维表面与树脂基体之间的结合。此外, 在表面处理剂中还经常含有一些成分, 它们可对纤维表面提供润滑, 防止操作过程中的纤维表面擦伤; 同时, 还含有粘合剂, 以增进纱束的整体性, 及便于纤维的包装。

确定性影响 (Fixed Effect) —— 由于处理或条件有一特定改变, 使测定量出现的某个系统移位。(见第一卷, 8.1.4 节。)

溢料 (Flash) —— 指从模具或模子分离面溢出的, 或从封闭模具中挤出的多余材料。

仿型样板 (Former Plate) —— 附着在编织机上, 用于帮助进行折缝定位的一种硬模。

断裂延性 (Fracture Ductility) —— 断裂时的真实塑性应变。

标距 (Gage Length) —— 在试件上需要确定应变或长度变化的某一段初始长度。

凝胶 (Gel) —— 树脂固化过程中, 由液态逐步发展成的初始胶冻状固态。另外, 也指由含有液体的固体聚集物所组成的半固态体系。

凝胶涂层 (Gel Coat) —— 一种快速固化的树脂, 用于模压成形过程中改善复合材料的表面状态, 它是在脱模剂之后, 最先涂在模具上的树脂。

凝胶点 (Gel Point) —— 指液体开始呈现准弹性性能的阶段。(可由黏度-时间曲线上的拐点发现这个凝胶点。)

凝胶时间 (Gel Time) —— 指从预定的起始点到凝胶开始 (凝胶点) 的时间周期, 由具体的试验方法确定。

玻璃 (Glass) —— 一种熔融物的无机产品, 它在冷却成固体状态时没有产生结晶。在本手册中, 凡说到玻璃, 均指其 (用作为长丝、机织织物、纱、毡以及短切纤维等情况的) 纤维形态。

玻璃布 (Glass Cloth) —— 按照常规机织的玻璃纤维材料 (见稀纱布 Scrim)。

玻璃纤维 (Glass Fibers) —— 一种由熔融物抽丝、冷却后成为非晶刚性体的无机纤维。

玻璃化转变 (Glass Transition) —— 指非晶态聚合物、或处于无定形阶段的部分晶态聚合物的可逆变化过程; 或者由其黏性状态或橡胶状态转变成硬而相对脆性的状态, 或由其硬而相对脆性的状态转变为黏性状态或橡胶状态。

玻璃化转变温度 (Glass Transition Temperature) —— 在发生玻璃化转变的温度范围内, 其近似的中点温度值。

石墨纤维 (Graphite Fibers) —— 见碳纤维 (Carbon Fibers)。

坯布 (Greige) —— 指未经表面处理的织物。

手工铺贴 (Hand Lay-up) —— 一种工艺过程, 即把构件放到模具上或工作台面上, 然后用手将随后的铺层铺叠起来。

硬度 (Hardness) —— 抵抗变形的能力; 通常通过压痕来测定硬度。标准试验形式有布氏 (Brinell) 试验、洛氏 (Rockwell) 试验、努普 (Knoop) 试验以及维克 (Vickers) 试验。

热清洁 (纤维) (Heat Cleaned) —— 指将玻璃纤维或其他纤维暴露在高温中, 以除去其表面上与所用树脂体系不相容的浸润剂或粘接剂。

多相性 (Heterogeneous) —— 说明性术语, 表示材料是由各自单独可辨的各种不相似

成分组成；也指由内部边界分开且性能不同的区域所组成的介质。（注意，非均质材料不一定是多相的。）

均质性 (Homogeneous)——说明性术语，指其成分处处均匀的材料；也指无内部物理边界的介质；还指其性能在内部每一点处均相同的材料，即材料性能相对于空间坐标为常数（但是，对方向坐标则不一定）。

水平剪切 (Horizontal Shear)——有时用于指层间剪切。在本手册中这是一个未经认可的术语。

相对湿度 (Humidity, Relative)——指当前水蒸汽压与相同温度下标准水蒸汽压之比。

混杂 (Hybrid)——指由两种或两种以上复合材料体系的单层所构成的复合材料层压板，或指由两种或两种以上不同的纤维（如碳纤维与玻璃纤维，或碳纤维与芳纶纤维）相组合而构成的结构（单向带、织物及其他可能组合成的结构形式）。

吸湿的 (Hygroscopic)——指能够吸纳并保存大气的湿气。

滞后 (Hysteresis)——指在一个完整的加载及卸载循环中所吸收的能量。

夹杂 (Inclusion)——在材料或部件内部中出现的物理的或机械的不连续体，一般由夹带的外来固态材料构成。夹杂物通常可以传递一些结构应力和能量场，但其传递方式明显不同于母体材料。

整体复合材料结构 (Integral Composite Structure)——指把本身包含几个结构元件的结构，作为一个单一、复杂、连续的整体进行铺贴和固化后所得的复合材料结构。例如，把翼梁、翼肋以及机翼盒段的加筋蒙皮，制成一个单一的整体件，而不是分别去制造这些结构元件，再按常规方式、用胶接或机械紧固件将其装配起来的结构。有时，也不太严格地用该术语泛指任何不用机械连接件进行装配的复合材料结构。

界面 (Interface)——指复合材料中物理上可区别的不同组分之间的边界。

层间的 (Interlaminar)——指在层压板单层之间的。

讨论：用于说明相邻单层之间存在或出现的物体（如空隙）、事件（如断裂）或势场（如应力）。

层间剪切 (Interlaminar Shear)——使层压板中两个铺层沿其界面产生相对位移的剪切力。

中间挤压应力 (Intermediate Bearing Stress)——指挤压的载荷-变形曲线上某点所对应的挤压应力，在该点处的切线斜率等于挤压应力除以初始孔径后的某个给定百分数（通常为4%）。

层内的 (Intralaminar)——指在层压板的单层之内的。

讨论：用于说明存在或出现的物体（如空隙）、事件（如断裂）或势场（如应力）。

各向同性 (Isotropic)——指所有方向均具有一致的性能。各向同性材料中，性能的测量值与测试轴的方向无关。

挤卡状态 (Jammed State)——编织织物在受拉伸或压缩时，其织物变形情况取决于纱的变形性能的一种状态。

针织 (Knitting)——将单根或多根纱的一系列线圈相互联锁以形成织物的一种方法。

转折区域 (Knuckle Area)——在纤维缠绕部件不同几何形状截面之间的过渡区域。

k 样本数据 (k-Sample Data)——从 k 批样本中取样时，由这些观测值所构成的数据集。

衬垫纱 (Laid-In Yarns)——在三轴编织物中, 夹在斜纱之间的一个纵向纱体系。

单层 (Lamina)——指层压板中一个单一的铺层或层片。

讨论: 在缠绕时, 一个单层就是一个层片。

单层 (laminae)——单层 (**Lamina**) 的复数形式。

层压板 (Laminate)——对于纤维增强的复合材料, 指经过压实的一组单层 (铺层), 这些单层关于某一参考轴取同一方向角或多个方向角。

层压板取向 (Laminate Orientation)——复合材料交叉铺设层压板的结构形态, 包括交叉铺层的角度、每个角度的单层数目、以及准确的单层铺设顺序。

格子花纹 (Lattice Pattern)——纤维缠绕的一种花纹, 具有固定的开孔排列方式。

铺贴 (Lay-up) (动词)——按照规定的顺序和取向, 将材料的单层进行逐层叠合。

铺层 (Lay-up) (名词)——(1)在固化或压实前, 按照规定的顺序和取向铺层后的叠合件。(2)在固化或压实前, 包括铺层叠合件、装袋材料、透气材料等的完整叠合体。(3)对层压板组分材料、几何特性等情况的描述。

对数正态分布 (Log 正态 Distribution)——一种概率分布。在该分布中, 从母体中随机选取的观测值落入 a 和 b ($0 < a < b < B$) 之间的概率, 由正态分布曲线下在 $\log a$ 和 $\log b$ 之间的面积给出。可以采用常用对数 (底数 10) 或自然对数 (底数 e) (见第一卷, 8.1.4 节)。

下置信限 (Lower Confidence Bound)——见置信区间 (**Confidence Interval**)。

宏观 (性能) (Macro)——当涉及复合材料时, 表示复合材料作为结构元素的总体特性, 而不考虑其个体的特性 (即组分的特性)。

宏观应变 (Macro Strain)——指任何有限测量标距范围内的平均应变; 与材料的原子间距相比, 这个标距是个大值。

芯模 (Mandrel)——在用铺贴、纤维缠绕或编织方法生产零件的过程中, 用作基准的一种成形装置或阳模。

毡子 (Mat)——用粘接剂把随机取向的短切纤维或卷曲纤维松散地粘合在一起所构成的纤维材料。

材料验收 (Material Acceptance)——对来料进行测试, 以保证其满足要求。

材料取证 (Material Qualification)——公司或机构在验收生产用材料时用的程序。

材料体系 (Material System)——指一种特定的复合材料, 它由按规定几何比例和排列方式的特定组分构成, 并具有用数值定义的材料性能。

材料体系类别 (Material System Class)——用于本手册时, 指具有相同类型组分材料、但并不唯一定义其具体组分的一组材料体系; 如石墨/环氧类材料。

材料变异性 (Material Variability)——由于材料本身在空间与一致性方面的变化以及材料处理上的差异, 而形成的一种变异源。(见第一卷, 8.1.4 节)。

基体 (Matrix)——基本上是均质的材料; 复合材料的纤维体系被嵌入其中。

基体含量 (Matrix Content)——复合材料中的基体数量, 用重量百分比或体积百分比来表示。

平均值 (Mean)——见样本平均值 (**Sample Mean**) 和母体平均值 (**Population Mean**)。

力学性能 (Mechanical Properties)——材料在受力作用时与其弹性和非弹性反应相

关的材料性能，或者关于其应力与应变之间关系的性能。

中位数 (Median) —— 见样本中位数 (Sample Median) 和母体中位数 (Population Median)。

细观 (性能) (Micro) —— 当涉及复合材料时，仅指组分 (即基体与增强材料) 和界面的性能，以及这些性能对复合材料性能的影响。

微应变 (Microstrain) —— 在标距的长度可与材料的原子间距相比时的应变。

弦线模量 (Modulus, Chord) —— 应力应变曲线任意两点之间所引弦线的斜率。

初始模量 (Modulus, Initial) —— 应力应变曲线初始直线段的斜率。

割线模量 (Modulus, Secant) —— 从原点到应力应变曲线任何特定点所引割线的斜率。

切线模量 (Modulus, Tangent) —— 由应力应变曲线上任一点切线所导出的应力差与应变差之比。

弹性模量 (Modulus, Young's) —— 在材料弹性极限以内其应力差与应变差之比。(适用于拉伸与压缩情况)。

刚性模量 (Modulus of Rigidity), 剪切模量或扭转模量 (Shear Modulus or Torsional Modulus) —— 剪切应力或扭转应力低于比例极限时，其应力与应变之比值。

弯曲破断模量 (Modulus of Rupture, in Bending) —— 指梁受载到弯曲破坏时，该梁最外层纤维 (导致破坏的) 最大拉伸或压缩应力值。该值由弯曲公式计算：

$$F^b = \frac{Mc}{I} \quad 1.7(a)$$

式中： M = 由最大载荷与初始力臂计算得到的最大弯矩，

c = 从中性轴到破坏的最外层纤维之间的初始距离，

I = 梁截面关于其中性轴的初始惯性矩。

扭转破断模量 (Modulus of Rupture, in Torsion) —— 圆形截面构件受扭转载荷到达破坏时，其最外层纤维的最大剪切应力；最大剪切应力由下列公式计算：

$$F^s = \frac{Tr}{J} \quad 1.7(b)$$

式中： T = 最大扭矩，

r = 初始外径，

J = 初始截面的极惯性矩。

吸湿量 (Moisture Content) —— 在规定条件下测定的材料含水量，用潮湿试件质量 (即干物件质量加水分质量) 的百分数来表示。

吸湿平衡 (Moisture Equilibrium) —— 当试件不再从周围环境吸收水分，或向周围环境释放水分时，试件所达到的状态。

脱模剂 (Mold Release Agent) —— 涂在模具表面上、有助于从模具中取出模制件的润滑剂。

模制边 (Molded Edge) —— 在模压后实际不再改变而用于最终成形工件的边沿，特别是沿其长向没有纤维丝束的边沿。

模压 (Molding) —— 通过加压和加热，使聚合物或复合材料成形为具有规定形状和尺寸的实体。

单层 (Monolayer) —— 基本的层压板单元，由它构成交叉铺设或其他形式的层压板。

单体 (Monomer) —— 一种由分子组成的化合物, 其中每个分子能提供一个或更多构成的单元。

NDE (Nondestructive Evaluation) —— 无损评定, 一般认为是 NDI (无损检测) 的同义词。

NDI (Nondestructive Inspection) —— 无损检测。用以确定材料、零件或组合件的质量和特性, 而又不致永久改变对象或其性能的一种技术或方法。

NDT (Nondestructive Testing) —— 无损试验, 一般当作 NDI (无损检测) 的同义词。

颈缩 (Necking) —— 一种局部的横截面面积减缩, 这现象可能出现在材料受拉伸应力作用下的情况下。

负向偏斜 (Negatively Skewed) —— 如果一个分布不对称且其最长的尾端位于左侧, 则称该分布是负向偏斜的。

试件名义厚度 (Nominal Specimen Thickness) —— 铺层的名义厚度乘以铺层数所得的厚度。

名义值 (Nominal Value) —— 为方便设计而规定的值, 名义值仅在名义上存在。

正态分布 (正态 Distribution) —— 一种双参数 (μ, σ) 的概率分布族, 观测值落入 a 和 b 之间的概率, 由下列分布曲线在 a 和 b 之间所围面积给出:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

(见第一卷, 8.1.4 节)。

归一化 (正态 ization) —— 将纤维控制性能的原始测试值, 按某个单一 (规定) 的纤维体积含量进行修正的一种数学方法。

归一化应力 (正态 ized Stress) —— 相对于一个规定的纤维体积含量修正后的应力值, 办法是, 把测量的应力值乘以试件纤维体积与规定纤维体积之比。可以用实验的方法直接测量纤维体积而得出这个比值; 或者用试件厚度与纤维面积重量直接计算这个比值。

观测显著性水平 (OSL, Observed Significance Level) —— 当零假设 (null hypotheses) 成立时, 观测到一个较极端的试验统计量的概率。

偏移剪切强度 (Offset Shear Strength) —— (由正确实施的材料性能剪切响应试验), 弦线剪切弹性模量的平行线与剪切应力/应变曲线交点对应的剪切应力值, 在该点, 这个平行线已经从原点沿剪切应变轴偏移了一个规定的应变偏置值。

低聚物 (Oligomer) —— 只由几种单体单元构成的聚合物, 如二聚物、三聚物等, 或者是它们的混合物。

单侧容限系数 (One-Side Tolerance Limit Factor) —— 见容限系数 (Tolerance Limit Factor)。

正交各向异性 (Orthotropic) —— 具有三个相互垂直的弹性对称面 (的材料)。

烘干 (Oven Dry) —— 材料在规定的温度和湿度条件下加热, 直到其质量不再有明显变化时的状态。

PAN 纤维 (PAN Fibers) —— 由聚 (丙烯腈) 纤维经过受控高温分解而得到的增强纤维。

平行层压板 (Parallel Laminate) —— 由机织织物制成的层压板, 其铺层均沿织物卷中原先排向的位置铺设。

平行缠绕 (Parallel Wound) ——描述将纱或其他材料绕到带突缘绕轴上的术语。

剥离层 (Peel Ply) ——一种不含树脂的材料层，用于保护层压板，供稍后进行二次胶接。

pH 值 (pH) ——对于溶液酸碱度的度量，中性时数值为 7，其值随酸度增加而逐渐减小，随碱度增加而逐渐提高。

纬纱密度 (Pick Count) ——机织织物每单位英寸或每公分长度的纬纱数目。

沥青纤维 (Pitch Fibers) ——由石油沥青或煤焦油沥青所制成的增强纤维。

塑料 (Plastic) ——一种含有一种或多种高分子量有机聚合物的材料，其成品为固态，但在其生产或加工为成品的某阶段，可以流动成形。

增塑剂 (Plasticizer) ——一种低分子量材料，加到聚合物中以使分子链分离，其结果是，降低了玻璃化转变温度，减小了刚度和脆性，同时改善工艺性。（注意，许多聚合物材料不需要使用增塑剂。）

合股纱 (Plied Yarn) ——由两股或两股以上的单支纱经一次操作加捻而成的纱。

层数 (Ply Count) ——在层压复合材料中，指用于构成该复合材料的铺层数或单层数。

泊松比 (Poisson's Ratio) ——在材料的比例极限以内，均布轴向应力所引起横向应变与其相应轴向应变的比值（绝对值）。

聚合物 (Polymer) ——一种有机材料，其分子的构成特征是，重复一种或多种类型的单体单元。

聚合反应 (Polymerization) ——通过两个主要的反应机制，使单体分子链接一起而构成聚合物的化学反应。增聚是通过链增进行，而大多数缩聚合则通过跃增来实现。

母体 (Population) ——指要对其进行推论的一组测量值，或者，指在规定的试验条件下有可能得到的测量值全体。例如，“在相对湿度 95% 和室温条件下，碳/环氧树脂体系 A 所有可能的极限拉伸强度测量值”。为了对母体进行推论，通常有必要对其分布形式作假设，所假设的分布形式也可称为母体。（见第一卷，8.1.4 节）。

母体平均值 (Population Mean) ——在按母体内出现的相对频率对测量值进行加权后，给定母体内所有可能测量值的平均值。

母体中位数 (Population Median) ——指母体中测量值大于和小于它的概率均为 0.5 的值。（见第一卷，8.1.4 节）。

母体方差 (Population Variance) ——母体离差的一种度量。

孔隙率 (Porosity) ——指实体材料中截留多团空气、气体或空腔的一种状态，通常，用单位材料中全部空洞体积所占总体积（实体加空洞）的百分比来表示。

正向偏斜 (Positively Skewed) ——如果是一个不对称分布，且最长的尾端位于右侧，则称该分布是正向偏斜。

后固化 (Postcure) ——补充的高温固化，通常不再加压，用以提高玻璃化温度、改善最终性能或完善固化过程。

适用期 (Pot Life) ——在与反应引发剂混合以后，起反应的热固性合成物仍然适合预期加工处理的时间周期。

精度 (Precision) ——所得一组观测值或试验结果相一致的程度，精度包括了重复性

和再现性。

(碳或石墨纤维的)前驱体 (Precursor)——用以制备碳纤维和石墨纤维的 PAN (聚丙烯腈) 纤维或沥青纤维。

预成形件 (Preform)——干织物与纤维的组合物, 准备提供某一种湿树脂注射工艺方法使用。可以对预成形件缝合, 或者用其他方法加以稳定, 以保持其 A 形态。一个混合的预成形件可以包含热塑性的纤维, 并可用高温和加压来压实, 而无需注射树脂。

预铺层 (Preply)——预浸材料的铺层, 它已经按照客户规定的铺层顺序进行了铺贴。

预浸料 (Prepreg)——准备好可供模压或固化的片状材料, 它可能是用树脂浸渍过的丝束、单向带、布或毡子, 它可存放待用。

压力 (Pressure)——单位面积上的力或载荷。

概率密度函数 (Probability Density Function)——见第一卷, 8.1.4 节。

比例极限 (Proportional Limit)——与应力应变的比例关系不存在任何偏离的情况 (所谓虎克定律) 下, 材料所能承受的最大应力。

准各向同性层压板 (Quasi-Isotropic Laminate)——一种均衡而对称的层压板, 在这层压板的某个给定点上, 所关心的本构关系特性在层压板平面内呈现各向同性。

讨论: 通常的准各向同性层压板为 $[0/\pm 60]_s$ 及 $[0/\pm 45/90]_s$ 。

随机影响 (Random Effect)——由于某个外部 (通常不可控) 因素有特定量级的改变, 测量值出现的变化。(见第一卷, 8.1.4 节)。

随机误差 (Random Error)——数据变异中, 由未知或不可控的因素造成, 并且独立而不可预见地影响着每一观察值的那一部分。(见第一卷, 8.1.4 节)。

断面收缩 (率) (Reduction of Area)——拉伸试验试件的初始截面积与其最小横截面积之差, 通常表示为初始面积的百分数。

折射率 (Refractive Index)——空气中的光速 (具有确定波长) 与在被检物质中的光速之比, 也可定义成, 当光线由空气穿入该物质时其入射角正弦与反射角正弦之比。

增强塑料 (Reinforced Plastic)——其中埋置了大刚度或高强度纤维的一种塑料, 这样可以改善基本树脂的某些力学性能。

脱模剂 (Release Agent)——见脱模剂 (Mold Release Agent)。

回弹 (Resilience)——从变形状态恢复的过程中, 材料能抵抗约束力而作功的性能。

树脂 (Resin)——一种有机聚合物或有机预聚合物, 用作为复合材料的基体以包容纤维增强物, 或用作为一种胶粘剂。这种有机基体可以是热固性或热塑性的, 同时, 可能含有多种成分或添加剂, 以影响其可控性、工艺性能和最终的性能。

树脂含量 (Resin Content)——见基体含量 (Matrix content)。

贫脂区 (Resin Starve Area)——指复合材料构件中其树脂未能连续平滑地包覆纤维的区域。

树脂体系 (Resin System)——指树脂与一些成分的混合物, 这些成分是为满足预定工艺和最终成品的要求所需要的, 例如催化剂、引发剂、稀释剂等成分。

室温大气环境 (RTA)——(1)在实验室大气相对湿度下, $23\pm 3^\circ\text{C}$ ($73\pm 5^\circ\text{F}$) 的环境条件; (2)一种材料调节状态, 即在紧随其压实/固化后, 将材料储存在 $23\pm 3^\circ\text{C}$ ($73\pm 5^\circ\text{F}$) 和最大相对湿度 60% 条件下。

粗纱 (Roving) —— 由略微加捻或不经加捻的若干原丝、丝束或纱束所汇成的平行纤维束。在细纱生产中, 指处于梳条和纱之间的一种中间状态。

S 基准值 (S-Basis) 或 S 值 (S-Value) —— 力学性能值, 通常为有关的政府规范或 SAE (美国汽车工程师学会) 宇航材料规范中对此材料所规定的最小力学性能值。

样本 (Sample) —— 准备用来代表所有全部材料或产品的一小部分材料或产品。从统计学上讲, 一个样本就是取自指定母体的一组测量值。(见第一卷, 8.1.4 节)。

样本平均值 (Sample Mean) —— 样本中所有测量值的算术平均值。样本平均值是对母体均值的一个估计量。(见第一卷, 8.1.4 节)。

样本中位数 (Sample Median) —— 将观测值从小到大排序, 当样本大小为奇数时, 居中的观测值为样本中位数; 当样本大小 n 为偶数时, 中间两个观测值的平均值为样本中位数。如果母体关于其平均值是对称的, 则样本中位数也就是母体平均值的一个估计量。(见第一卷, 8.1.4 节)。

样本标准差 (Sample Standard Deviation) —— 即样本方差的平方根 (见第一卷, 8.1.4 节)。

样本方差 (Sample Variance) —— 等于样本中观测值与样本平均值之差的平方和除以 $n-1$ 。(见第一卷, 8.1.4 节)。

夹层结构 (Sandwich Construction) —— 一种结构壁板的概念, 其最简单的形式是, 在两块较薄而且相互平行的结构板材中间, 胶接一块较厚的轻型芯子。

饱和 (状态) (Saturation) —— 一种平衡状态, 此时, 在所指定条件下的吸收率基本上降为零。

稀纱布 (Scrim), 亦称玻璃布、载体 (Glass Cloth, Carrier) —— 一种低成本、织成网状结构的机织织物, 用于单向带或其他 B 阶段的材料的加工处理, 以便操作。

二次胶接 (Secondary Bonding) —— 通过胶粘剂胶接工艺, 将两件或多件已固化的复合材料零件结合在一起, 这个过程中发生的唯一化学反应或热反应, 是胶粘剂自身的固化。

织边 (Selvage 或 Selvedge) —— 织物中与经纱平行的织物边缘部分。

残留应变 (Set) —— 当完全卸除产生变形的作用力后, 物体中仍然残留的应变。

剪切断裂 (Shear Fracture) —— 沿滑移面平移所导致的断裂模式, 滑移面的取向主要沿剪切应力的方向。

储存期 (Shelf Life) —— 材料、物质、产品或试剂在规定的环境条件下储存, 并能够继续满足全部有关的规范要求/或保持其适用性的情况下, 其能够存放的时间长度。

短梁剪切强度 (Short Beam Strength (SBS)) —— 正确执行 ASTM 试验方法 D 2344 所得的试验结果。

显著性 (Significant) —— 如果某检验统计值的概率最大值小于或等于某个被称为检验显著性水平的预定值, 则从统计意义上讲该检验统计值是显著的。

有效位数 (Significant Digit) —— 定义一个数值或数量所必须的位数。

浸润材料 (Size System) —— 见表面处理剂 (Finish)。

浸润剂 (sizing) —— 一个专业术语, 指用于处理纱的一些化合物, 使得纤维能粘结在一起, 并使纱变硬, 防止其在机织过程被磨损。浆粉、凝胶、油脂、腊、以及一些人造聚合物如聚乙烯醇、聚苯乙烯、聚丙烯酸和多醋酸盐等都可用作为浸润剂。

偏斜(Skewness)——见正向偏斜(Positively Skewed)、负向偏斜(Negatively Skewed)。

管状织物(sleeving)——管状编织织物的一般名称。

长细比(Slenderness Ratio)——均匀柱的有效自由长度与柱截面最小回旋半径之比。

梳条(Sliver)——由松散纤维组合而成的连续纱束，其截面近似均匀、未经过加捻。

溶质(Solute)——被溶解的材料。

比重(Specific Gravity)——在一个恒温或给定的温度下，任何体积的某种物质的重量，与同样体积的另一种物质的重量之比。固体与流体通常是在 4°C (39°F) 情况下与水进行比较。

比热(Specific Heat)——在规定条件下，使单位质量的某种物质升高温度一度所需要的热量。

试件(Specimen)——从待测试的样品或其他材料上取下的一片或一部分。试件通常按有关的试验方法要求进行准备。

纺锤(Spindle)——纺纱机、三道粗纺机、缠绕机或相似机器上的一种细长而垂直转动的杆件。

标准差(Standard Deviation)——见样本标准差(Sample Standard Deviation)。

短切纤维(Staple)——指自然形成的纤维，或指由长纤维上剪切成的短纤维段。

逐步聚合(Step-Growth Polymerization)——两种主要聚合机制之一。在逐步聚合中，是通过单体、低聚物、或聚合物分子的联合，由消耗反应基而进行反应。因为平均分子量随着单体的消耗而增大，只有在高度转化时，才会形成高分子量的聚合物。

应变(Strain)——由于力的作用，物体尺寸或形状相对于其初始尺寸或形状每单位尺寸的变化量，应变是无量纲量，但经常用 in/in, m/m 或百分数来表示。

原丝(Strand)——一般指作为一个单位使用的单束未加捻连续长纤维，包括梳条、丝束、纱束、纱等。有时，也称单根纤维或长丝为原丝。

强度(Strength)——材料能够承受的最大应力。

应力(Stress)——物体内某点处，在通过该点的给定平面上作用的内力或内力分量的烈度。应力用单位面积上的力(lbf/in², MPa 等)来表示。

应力松弛(Stress Relaxation)——指在规定约束条件下固体中应力随时间的衰减。

应力-应变曲线(Stress-Strain Curve (Diagram))——一种图形表示方法，表示应力作用方向上试件的尺寸变化与作用应力的幅值之间的相互关系。一般取应力值作为纵坐标(垂直方向)，而取应变值为横坐标(水平方向)。

结构元件(Structural Element)——一个专业术语，用于较复杂的结构成分(如蒙皮、长桁、剪力板、夹层板、连接件或接头)。

结构型数据(Structured Data)——(见第一卷, 8.1.4 节)。

覆面毡片(Surfacing Mat)——由细纤维制成的薄毡，主要用于形成有机基复合材料的光滑表面。

对称层压板(Symmetrical Laminate)——一种复合材料层压板，其中在中面下部的铺层顺序与中面上部者呈镜面对称。

加强片(Tab)——用于在试验夹头或夹具中抓住层压板试件的一片材料，以免层压板受损坏，并使其得到适当的支承。

黏性 (Tack)——预浸料的粘附性。

(单向) 带 (Tape)——指制成的预浸料, 对碳纤维可宽达 305 mm (12 in), 对硼纤维宽达 76 mm (3 in)。在某些场合, 也有宽达 1 524 mm (60 in) 的横向缝合碳纤维带的商品。

韧度 (Tenacity)——用无应变试件上每单位线密度的力来表示的拉伸应力, 即, 克(力)/旦尼尔, 或克(力)/特克斯。

特克斯 (Tex)——表示线密度的单位, 等于每 1 000 m 长丝、纤维、纱或其他纺织纱的质量或重量(用克表示)。

导热性 (系数) (Thermal Conductivity)——材料传导热的能力, 物理常数, 表示当物体两个表面的温度差为一度时, 在单位时间内通过单位立方体物质的热量。

热塑性 (塑料) (Thermoplastic)——一种塑料, 在该材料特定的一个温度范围内, 可以将其重复加热软化、冷却固化; 而在其软化的阶段, 可以通过将其流入物体并通过模压或挤压而成形。

热固性 (塑料) (Thermoset)——一种聚合物, 经过加热、化学或其他的方式进行固化以后, 就变成成为一种基本不熔和不溶的材料。

容限 (Tolerance)——允许一个参量变化的总量。

容许限 (Tolerance Limit)——对某一分布所规定百分位的下(上)置信限。例如, B 基值是对分布的百分数 10 取 95% 的下置信限。

容限系数 (Tolerance Limit Factor)——指在计算容许限时, 与变异性估计量相乘的系数值。

韧性 (Toughness)——对材料吸功能力的一种度量, 或为使材料断裂, 对每单位体积或单位质量的材料实际需要作的功。韧性正比于原点 to 断裂点间载荷——伸长量曲线下所包围的面积。

丝束 (Tow)——未经加捻的连续长纤维束。在复合材料行业, 通常指人造纤维, 特别是碳纤维和石墨纤维。

变换 (Transformation)——数值变换, 是把一个数学函数用于所有数值而实现的计量单位变换。例如, 给定数据 x , 则 $y = x + 1$, x^2 , $1/x$, $\log x$ 以及 $\cos x$ 都是 x 的变换。

一级转变 (Transition, First Order)——聚合物中与结晶或熔融有关的一种状态变化。

横观各向同性 (Transversely Isotropic)——说明性术语, 指一种呈现特殊的正交各向异性的材料, 其中在两个正交维里, 性能是相同的, 而在第三个维里性能就不相同; 在两个横向具有相同的性能, 而在纵向则非如此。

随炉件 (Traveller)——同一产品(板、管等)的一小片, 作为试件, 用于测量含湿量, 了解吸湿处理的结果。

捻度 (Twist)——纱或其他纺织原丝在单位长度上沿其轴线扭转的圈数, 可表示为每英寸的圈数 (tpi), 或每厘米的圈数 (tpcm)。

加捻方向 (Twist, Direction of)——对纱或其他纺织原丝加捻的方向, 用大写字母 S 和 Z 表示。当把纱吊置起来后, 如果纱围绕其中心轴的可见螺旋纹与字母 S 中段的偏斜方向一致, 则称其为 S 加捻, 如果方向相反, 则之为 Z 加捻。

加捻增量 (Twist multiplier)——每英寸的加捻圈数与纱线支数平方根之比值。

典型基准值 (Typical Basis)——典型性能值是一种样本平均值, 注意, 典型值定义为简单的算术平均值, 其统计含义是, 在 50% 置信水平下可靠性为 50%。

未粘住 (Unbond)——指两胶接件的界面间准备胶接而未被胶接的区域。也用来指一些为模拟胶接缺陷,而有意防止其胶接的区域,例如在质量标准试件制备中的未胶接区。(参见**脱粘 Disbond**、**脱胶 Debond**)。

单向纤维增强复合材料 (Unidirectional Fiber-Re inforced Composite)——其所有纤维均沿相同方向排列的任何纤维增强复合材料。

单胞 (Unit Cell)——这个术语用于编织织物的纱线轨迹,表示其重复几何图案的一个格子单元。

非结构型数据 (Unstructured Data)——(见第一卷,8.1.4 节)。

上置信限 (Upper Confidence Limit)——见**置信区间 (Confidence Interval)**。

真空袋模压 (Vacuum Bag Molding)——对铺贴层进行固化的一种工艺,即用软质布盖在铺贴层上且沿四周密封,然后在铺贴层与软布之间抽真空,使其在压力下进行固化。

均方差 (Variance)——见**样本方差 (Sample Variance)**。

黏度 (Viscosity)——材料体内抵抗流动的一种性能。

空隙 (Void)——复合材料内部所包容的任何小气泡或或接近真空的空穴。

空隙含量 (Void Content)——复合材料内部所含空隙的体积百分比。

经纱 (Warp)——机织织物中,沿纵向的纱(见**纬纱 (Fill)**),本身很长并近似平行。

经纱面 (Warp Surface)——与纬纱相比,其经纱面积较大的这个层的表面。

讨论:对于两个表面的经纱与纬纱均相等的织物,不存在经纱面。

(双参数) Weibull 分布 (Weibull Distribution (Two-Parameter))——一种概率分布,随机取自该母体的一个观测值,落入值 a 和 b ($0 < a < b < \infty$) 之间的概率由式 1.7(d) 给出,式中: α 称为尺度参数, β 称为形状参数。(见第一卷,8.1.4 节)。

$$\exp \left[- \left(\frac{a}{\alpha} \right)^\beta \right] - \exp \left[- \left(\frac{b}{\alpha} \right)^\beta \right] \quad 1.7(d)$$

湿铺贴 (Wet Lay-up)——在把增强材料铺放就位的同时,加入液态树脂体系的一种增强制品制作方法。

湿强度 (Wet Strength)——在其基体树脂吸湿饱和时有机基复合材料的强度。(见**饱和 (Saturation)**)。

湿法缠绕 (Wet Winding)——一种纤维缠绕方法,这种方法是,在刚要将纤维增强材料缠到芯模上的时候,才用液体树脂对其浸渍。

晶须 (Whisker)——一种短的单晶纤维或细丝。晶须的直径范围是 $1-25 \mu\text{m}$,其长径比在 $100-15\,000$ 之间。

缠绕 (Winding)——一种工艺过程,指在受控的张力下,把连续材料绕到有预定几何关系的外形上,以制作结构。

讨论:可以在缠绕之前、在缠绕过程中、以及在缠绕之后,加上粘结纤维用的树脂材料。纤维缠绕是最普通的一种形式。

使用寿命 (Work Life)——在与催化剂、溶剂或其他组合成分混合以后,一个化合物仍然适合于其预期用途的时间周期。

机织织物复合材料 (Woven Fabric Composite)——先进复合材料的一种主要形式,其纤维组分由机织织物构成。机织织物复合材料一般是由若干单层组成的层压板,而每个单层则由埋置于所选基体材料中的一层织物构成。单个的织物单层是有方向取向性的,由

其组合成特定的多向层压板，以满足规定的强度和刚度要求包线。

纱 (Yarn) ——表示连续长丝束或纤维束的专业术语；它们通常是加捻的因而适于制成纺织物。

合股纱 (Yarn, Plied) ——由两股或多股有捻纱合成的纱束。通常，将这几股纱加捻合到一起，有时不用加捻。

屈服强度 (Yield Strength) ——指当某材料偏离应力-应变比例关系达到某规定限值时，其所对应的应力值。（这个偏移用应变表示，如在偏量法中为 0.2%，在受载总伸长法中为 0.5%）。

X 轴 (X-Axis) ——复合材料层压板中，在层压板面内作为 0°基准，用以标明铺层角度的轴。

X-Y 平面 (X-Y Plane) ——复合材料层压板中，与层压板平面相平行的基准面。

Y 轴 (Y-Axis) ——复合材料层压板中，位于层压板平面内与 X 轴相垂直的轴。

Z 轴 (Z-Axis) ——复合材料层压板中，与层压板平面相垂直的基准轴。

参考文献

- 1.6.1(a) DoD/NASA Advanced Composites Design Guide, Vol. 4, Section 4.0.5, Air Force Wright Aeronautical Laboratories, Dayton, OH, prepared by Rockwell International Corporation, 1983 (distribution limited).
- 1.6.1(b) ASTM Guide E1309, "Identification of Composite Materials in Computerized Material Property Databases," Annual Book of ASTM Standards, Vol. 15.03, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- 1.7(a) Military Standardization Handbook, Metallic Materials and Elements for Aerospace Vehicle Structures, MIL-HDBK-5D, Change Notice 2, May, 1985.
- 1.7(b) DoD/NASA Advanced Composites Design Guide, Air Force Wright Aeronautical Laboratories, Dayton, OH, prepared by Rockwell International Corporation, 1983 (distribution limited).
- 1.7(c) ASTM Terminology E206, "Definitions of Terms Relating to Fatigue Testing and the Statistical Analysis of Fatigue Data," Annual Book of ASTM Standards, Vol. 03.01, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA. (canceled March 27, 1987; replaced by ASTM E 1150).
- 1.7.2(a) ASTM Practice E380, "Metric Practice," Annual Book of ASTM Standards, Vol. 14.01, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA. (canceled April 28, 1997; now sold in book form called "Metric 97").
- 1.7.2(b) Engineering Design Handbook: Metric Conversion Guide, DARCOM P 706-470, July 1976.
- 1.7.2(c) The International System of Units (SI), NBS Special Publication 330, National Bureau of Standards, 1986 edition.
- 1.7.2(d) Units and Systems of Weights and Measures, Their Origin, Development, and Present Status, NBS Letter Circular LC 1035, National Bureau of Standards, November 1985.
- 1.7.2(e) The International System of Units Physical Constants and Conversion Factors, NASA Special Publication 7012, 1964.

第 2 章 纤维性能

2.1 引言

2.2 碳纤维

2.3 芳纶纤维

2.4 玻璃纤维

2.5 硼纤维

2.6 氧化铝纤维

2.7 碳化硅纤维

2.8 石英纤维

第3章 基体性能

3.1 引言

3.2 环氧

3.2.1 基本特性

3.2.2 供应商、名称及缩略语索引

3.3 聚酯 (polyesters)

3.4 酚醛 (phenolics)

3.5 硅烷 (silicones)

3.6 双马来酰亚胺 (bismaleimides)

3.7 聚苯并咪唑 (polybenzimidazoles)

3.8 聚酰亚胺 (polyimide), 热固性

3.9 聚醚醚酮 (polyetheretherketones)

3.10 聚苯硫醚 (polyphenylene sulfides)

3.11 聚醚酰亚胺 (polyetherimides)

3.12 聚砜 (polysulfones)

3.13 聚酰胺-酰亚胺 (polyamide-imides)

3.14 聚酰亚胺 (polyimide), 热塑性

第 4 章 碳纤维复合材料

4.1 引言

4.2 碳/环氧复合材料

4.2.1 T-500 12k/976 单向带*

材料描述:

材 料: T-500 12k/976
形 式: 单向带, 纤维面积重量为 142 g/m², 固化后树脂含量为 28%-34%, 固化后单层厚度为 0.135 mm (0.0053 in)
固化工艺: 热压罐固化; 116°C (240°F), 0.586 MPa (85 psi), 1 小时; 177°C (350°F), 0.690 MPa (100 psi), 2 小时

供应商提供的数据:

纤 维: T-500 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 12 000 根碳丝。拉伸模量为 245 GPa (35.5×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 965 MPa (575 000 psi)。
树 脂: 976 是为了满足 NASA 真空排气要求而研制的具有高流动性的改性环氧树脂, 在 22°C (72°F) 环境下存放 10 天。
最大短期使用温度: 177°C (350°F) (干态), 121°C (250°F) (湿态)
应 用: 商业和军用结构, 具有良好的湿热性能。

材 料:	T-500 12k/976 单向带		
形 式:	Fiberite Hy-E 3076P 单向预浸带		
纤 维:	Union Carbide Thornel T-500 12k	树 脂:	Fiberite 976
T _g (干态):	183°C (361°F)	T _g (湿态):	T _g 测量方法:
固化工艺:	116°C(240°F), 0.586 MPa(85 psi), 1 小时; 177°C(350°F), 0.690 MPa(100 psi), 2 小时		

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 6/88
预浸料制造日期: 12/83	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: 该数据是在数据文档要求建立 (1989年6月) 以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A		121°C/A			
1 轴拉伸	II-I		II-I		II-I			
2 轴拉伸	II-I		II-I		II-I			
3 轴拉伸								
1 轴压缩								
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，-——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.79		
树脂密度 (g/cm ³)	1.28		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.59	1.57-1.61	
纤维面积重量 (g/m ²)	142	142-146	
纤维体积含量 (%)			
单层厚度 (mm)	0.135	0.127-0.145	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，-——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.1(a) I轴拉伸性能 ([0]_s)

材 料		T-500 12k/976 单向带					
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.57-1.61g/cm ³	
纤维体积含量		59-64%		空 隙 含 量		0.3-1.7%	
单层厚度		0.127-0.145 mm(0.0050-0.0057 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		弦线, 20%-40%极限载荷	
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.132 mm)					
温 度		24°C		-54°C		121°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		13		13		13	
		归一化的		归一化的		归一化的	
		测量的		测量的		测量的	
F ₁ ^m MPa (ksi)	平均值	2034 (295)	2055 (298)	1469 (213)	1469 (213)	1883 (273)	1903 (276)
	最小值	1772 (257)	1862 (270)	1124 (163)	1352 (196)	1628 (236)	1779 (258)
	最大值	2669 (329)	2262 (328)	1676 (243)	1621 (235)	2083 (302)	2138 (310)
	C.V. (%)	6.41	5.74	9.78	5.02	7.39	6.05
	B基准值	(1)		(1)		(1)	
	分 布	ANOVA		Weibull		Weibull	
	C ₁	975 (20.5)		1524 (221)		1945 (282)	
	C ₂	221 (4.64)		13.1		15.7	
	试样数量	15		15		15	
	批 数	3		3		3	
数据种类		临时		临时		临时	
E ₁ ^t GPa (Msi)	平均值	151 (21.9)	152 (22)	131 (19.0)	132 (19.1)	153 (22.2)	154 (22.4)
	最小值	144 (20.9)	141 (20.5)	110 (15.9)	122 (17.7)	128 (18.6)	145 (21.0)
	最大值	170 (24.7)	166 (24)	148 (21.5)	148 (21.5)	173 (25.1)	164 (23.8)
	C.V. (%)	4.42	4.15	8.11	5.76	6.91	4.17
	试样数量	15		15		15	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	临时		临时		临时	
ν ₁₂ ^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ε ₁ ^m (με)	平均值		13000		10700		11800
	最小值		11700		9300		10800
	最大值		13900		12000		12900
	C.V. (%)		4.98		5.98		5.32
	B基准值		(1)		(1)		(1)
	分 布		ANOVA		Weibull		Weibull
	C ₁		706		11000		12100
	C ₂		4.75		18.8		21.6
	试样数量	15		15		15	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	临时		临时		临时	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.1(b) 2轴拉伸性能 ([90]₂)

材 料		T-500 12k/976 单向带					
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.57-1.61g/cm ³	
纤维体积含量		59-64%		空 隙 含 量		0.3-1.7%	
单层厚度		0.127-0.145 mm (0.0050-0.0057 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		弦线, 20%-40%极限载荷	
归一化		无					
温 度		24°C	-54°C	121°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	大气环境			
来源编码		13	13	13			
F_2^u MPa (ksi)	平均值	70.3 (10.2)	71.0 (10.3)	54.5 (7.90)			
	最小值	64.8 (9.40)	64.8 (9.40)	48.3 (7.00)			
	最大值	77.9 (11.3)	83.4 (12.1)	60.7 (8.80)			
	C.V. (%)	5.59	6.61	5.35			
	B基准值	(1)	(1)	(1)			
	分布	ANOVA	对数正态	Weibull			
	C ₁	28.2 (0.594)	3.17 (2.33)	55.8 (8.09)			
	C ₂	166 (3.48)	0.85(0.0636)	19.7			
	试样数量	15	15	15			
	批 数	3	3	3			
数据种类	临时	临时	临时				
E_2^t GPa (Msi)	平均值	9.0 (1.3)	10.3 (1.5)	8.3 (1.2)			
	最小值	9.0 (1.3)	9.7 (1.4)	7.6 (1.1)			
	最大值	11.7 (1.7)	11.0 (1.6)	9.0 (1.3)			
	C.V. (%)	7.8	4.8	7.0			
	试样数量	15	15	15			
	批 数	3	3	3			
	数据种类	临时	临时	临时			
ν_{21}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^u ($\mu\epsilon$)	平均值	7750	7110	6930			
	最小值	5800	6200	5900			
	最大值	8900	8600	8000			
	C.V. (%)	10.3	8.28	8.32			
	B基准值	(1)	(1)	(1)			
	分布	Weibull	Weibull	Weibull			
	C ₁	8080	7390	7180			
	C ₂	12.4	11.5	13.7			
	试样数量	15	15	15			
	批 数	3	3	3			
	数据种类	临时	临时	临时			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.2 HITEX 33 6k/E7K8 单向带*

材料描述:

材 料: HITEX 33 6k/E7K8
形 式: 单向带, 纤维面积重量为 145 g/m², 固化后树脂含量为 34%, 固化后单层厚度为 0.145 mm (0.0057 in)
固化工艺: 热压罐固化; 149-154°C (300-310°F), 0.379 MPa (55 psi), 2 小时; 对厚零件的固化采用低放热曲线

供应商提供的数据:

纤 维: HITEX 33 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 每一个丝束包含有 6 000 根碳丝。拉伸模量为 228 GPa (33×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 862 MPa (560 000 psi)。有好的铺覆性。
树 脂: E7K8 是具有中等流动性、低放热的环氧树脂, 有良好的黏性, 在大气环境温度下存放 20 天。
最大短期使用温度: 149°C (300°F) (干态), 88°C (190°F) (湿态)
应 用: 商业和军用飞机的主承力和次承力结构及喷气式发动机, 如固定翼面和反推力装置的阻流门。

材 料:	HITEX 33 6k/E7K8 单向带			
形 式:	U.S.Polymeric HITEX 33 6k/E7K8 单向带, 145 级预浸带			
纤 维:	Hitco HITEX 33 6k, 不加捻		树 脂:	U.S.Polymeric E7K8
T _g (干态):		T _g (湿态):		T _g 测量方法:
固化工艺:	热压罐固化; 149-154°C (300-310°F), 0.379 MPa (55 psi), 120-130 分钟			

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 1/83
预浸料制造日期:	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: *该数据是在数据文档要求建立 (1989年6月) 以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A	82°C/A		24°C/W	82°C/W	
1 轴拉伸	SSSS		SS-S			SSS-	SSS-	
2 轴拉伸	SS--							
3 轴拉伸								
1 轴压缩	SS-S		SS-S			SS--	SS--	
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切	S--			S---		S--	S---	
23 面剪切								
31 面剪切								

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c））。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.80		
树脂密度 (g/cm ³)	1.27		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.59	1.56-1.61	
纤维面积重量 (g/m ²)	145		
纤维体积含量 (%)	58.0	57-64	
单层厚度 (mm)	0.145	0.135-0.147	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c））。

表4.2.2(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_{10}$)

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 单向带					
树脂含量		34%(重量)		复合材料密度		1.58g/cm ³	
纤维体积含量		58%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.145 mm (0.0057 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.145 mm)					
温 度		24°C		-54°C		24°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.5 (1)	
来源编码		20		20		20	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^m MPa (ksi)	平均值	2159 (313)	2096 (304)	2041 (296)	1986 (288)	2193 (318)	2138 (310)
	最小值	2014 (292)	1952 (283)	1841 (267)	1786 (259)	1931 (280)	1876 (272)
	最大值	2338 (339)	2276 (330)	2055 (327)	2200 (319)	2379 (345)	2310 (335)
	C.V. (%)	4.80	4.84	9.19	9.20	7.63	7.65
	B基准值	(2)		(2)		(2)	
	分 布	Weibull		正态		正态	
	C ₁	2207 (320)	2145 (311)	2041 (296)	1986 (288)	2193 (318)	2138 (310)
	C ₂	22.2	21.9	188 (27.2)	183 (26.5)	168 (24.3)	163 (23.7)
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
数据种类		筛选		筛选		筛选	
E_1' GPa (Msi)	平均值	126 (18.2)	122 (17.7)	128 (18.5)	124 (18.0)	128 (18.5)	124 (18.0)
	最小值	121 (17.5)	117 (17.0)	125 (18.1)	122 (17.7)	126 (18.3)	123 (17.8)
	最大值	131 (19.0)	128 (18.5)	128 (18.6)	125 (18.1)	129 (18.7)	126 (18.2)
	C.V. (%)	2.58	2.60	1.06	1.07	0.79	0.79
	试样数量	18		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类		筛选		筛选		筛选
ν_{12}'	平均值		0.310				0.310
	试样数量	5				5	
	批 数	1				1	
	数据种类		筛选				筛选
ϵ_1^m ($\mu\epsilon$)	平均值		15900		16100		
	最小值		15200		15500		
	最大值		17100		17000		
	C.V. (%)		4.81		3.61		
	B基准值		(2)		(2)		
	分 布		正态		正态		
	C ₁		15900		16200		
	C ₂		765		582		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
数据种类		筛选		筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C, 85%RH环境中放置14天;
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.2(b) I轴拉伸性能 (σ_{I10})

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 单向带					
树脂含量		34%(重量)		复合材料密度		1.58g/cm ³	
纤维体积含量		58%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.145 mm (0.0057 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.145 mm)					
温 度		82°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		1.5 (1)					
来源编码		20					
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^w MPa (ksi)	平均值	2124 (308)	2069 (300)				
	最小值	2041 (296)	1986 (288)				
	最大值	2193 (318)	2131 (309)				
	C.V. (%)	2.65	2.65				
	B基准值	(2)					
	分 布	正态					
	C ₁	2124 (308)	2069 (300)				
	C ₂	56.3 (8.17)	54.8 (7.95)				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
E_1^t GPa (Msi)	平均值	129 (18.7)	126 (18.2)				
	最小值	123 (17.8)	119 (17.3)				
	最大值	134 (19.5)	131 (19.0)				
	C.V. (%)	3.64	3.65				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ν_{12}^t	平均值		0.300				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ϵ_1^w ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C, 85%RH环境中放置14天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.2(c) 2轴拉伸性能 ([90]₂₀)

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 单向带					
树脂含量	34%(重量)		复合材料密度		1.58g/cm ³		
纤维体积含量	58%		空 隙 含 量		0.39%		
单层厚度	0.147 mm (0.0058 in)						
试验方法	ASTM D 3039-76		模 量 计 算				
归一化	无						
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		20					
F_2^m MPa (ksi)	平均值	47.6 (6.90)					
	最小值	38.5 (5.58)					
	最大值	55.7 (8.07)					
	C.V. (%)	11.2					
	B基准值	(1)					
	分布	Weibull					
	C ₁	49.9 (7.23)					
	C ₂	10.9					
	试样数量	20					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
E_2^t GPa (Msi)	平均值	8.62 (1.25)					
	最小值	8.48 (1.23)					
	最大值	8.76 (1.27)					
	C.V. (%)	0.977					
	试样数量	20					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ν_{21}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^m ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.2(d) 1轴压缩性能 ([0]₁₀)

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 单向带					
树脂含量		34-35%(重量)		复合材料密度		1.57-1.58g/cm ³	
纤维体积含量		57-58%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.145 mm (0.0057 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.145 mm)					
温 度		24°C		-54°C		24°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.5 (1)	
来源编码		20		20		20	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	1441 (209)	1409 (204)	1586 (230)	1545 (224)	1365 (198)	1331 (193)
	最小值	1159 (168)	1131 (164)	1441 (209)	1407 (204)	1228 (178)	1200 (174)
	最大值	1614 (234)	1572 (228)	1752 (254)	1710 (248)	1496 (217)	1455 (211)
	C.V. (%)	9.41	9.41	7.98	8.04	8.13	8.03
	B基准值	(2)		(2)		(2)	
	分 布	Weibull		正态		正态	
	C ₁	1503 (218)	1462 (212)	1586 (230)	1545 (824)	1365 (198)	1331 (193)
	C ₂	13.7	13.7	126 (18.3)	123 (17.9)	111 (16.1)	108 (15.7)
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
E_1^c GPa (Msi)	平均值	118 (17.1)	112 (16.2)	123 (17.9)	117 (16.9)	124 (18.0)	117 (17.0)
	最小值	111 (16.1)	105 (15.2)	121 (17.5)	114 (16.5)	121 (17.5)	114 (16.06)
	最大值	123 (17.8)	116 (16.8)	125 (18.1)	118 (17.1)	130 (18.8)	123 (17.8)
	C.V. (%)	2.89	2.94	1.23	1.35	3.04	5.59
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		12600		13600		
	最小值		12000		13600		
	最大值		13400		13700		
	C.V. (%)		2.92		0.48		
	B基准值		(2)		(2)		
	分 布		Weibull		正态		
	C ₁		12800		13600		
	C ₂		35.7		65.7		
	试样数量	20		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C, 85%RH环境中放置14天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.2(e) 1轴压缩性能 ([0]₁₀)

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 单向带					
树脂含量		34-35%(重量)		复合材料密度		1.57-1.58g/cm ³	
纤维体积含量		57-58%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.145 mm (0.0057 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.145 mm)					
温 度		82°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		1.5 (1)					
来源编码		20					
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	938 (136)	910 (132)				
	最小值	765 (111)	745 (108)				
	最大值	1110 (161)	1082 (157)				
	C.V. (%)	13.4	13.6				
	B基准值	(2)					
	分 布	正态					
	C ₁	938 (136)	910 (132)				
	C ₂	126 (18.3)	123 (17.8)				
	试样数量	5					
	批 数	1					
数据种类	筛选						
E_1^c GPa (Msi)	平均值	121 (17.6)	114 (16.6)				
	最小值	117 (17.0)	111 (16.1)				
	最大值	124 (18.0)	117 (17.0)				
	C.V. (%)	2.47	2.47				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C，85%RH环境中放置14天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.2(f) 12面剪切性能 ($[(\pm 45)_2/45]_s$)

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 单向带					
树脂含量		29-30%(重量)		复合材料密度		1.59-1.61g/cm ³	
纤维体积含量		62-64%		空 隙 含 量		0.05-0.91%	
单层厚度		0.135 mm (0.0053 in)					
试验方法		ASTM D 3518-76		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C	82°C	24°C	82°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.5 (1)	1.5 (1)		
来源编码		20	20	20	20		
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	103 (15.0)	91.0 (13.2)	112 (16.3)	80.7 (11.7)		
	最小值	93.1 (13.5)	90.3 (13.1)	109 (15.8)	79.3 (11.5)		
	最大值	109 (15.8)	91.7 (13.3)	115 (16.7)	82.1 (11.9)		
	C.V. (%)	3.52	0.655	2.20	1.27		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分布	Weibull	正态	正态	正态		
	C ₁	105 (15.2)	91.0 (13.2)	112 (16.3)	80.7 (11.7)		
	C ₂	34.8	0.6 (0.0865)	2.5 (0.357)	1.02 (0.148)		
	试样数量	20	5	5	5		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		
γ_{12}^{su} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
G_s^I GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C, 85%RH环境中放置14天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.3 AS4 12k/E7K8 单向带*

材料描述:

- 材 料: AS4 12k/E7K8
- 形 式: 单向带, 纤维面积重量为 145 g/m², 固化后树脂含量为 32%-37%, 固化后单层厚度为 0.137 mm (0.0054 in)
- 固化工艺: 热压罐固化: 149-154°C (300-310°F), 0.586 MPa (85 psi), 2 小时; 对厚部件的固化采用低放热曲线.

供应商提供的数据:

- 纤 维: AS4 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 12 000 根碳丝。拉伸模量为 228 GPa (34×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 862 MPa (550 000 psi)。有好的铺覆性。
- 树 脂: E7K8 是具有中等流动性、低放热的环氧树脂, 有良好的黏性, 在大气环境温度下存放 20 天。
- 最大短期使用温度: 149°C (300°F) (干态), 88°C (190°F) (湿态)
- 应 用: 商业和军用飞机的主承力和次承力结构及喷气式发动机, 如固定翼面和反推力装置的阻流门。

材 料:	AS4 12k/E7K8 单向带		
形 式:	U.S.Polymeric AS4 12k/E7K8 单向预浸带		
纤 维:	Hercules AS4 12k	树 脂:	U.S.Polymeric E7K8
T _g (干态):		T _g (湿态):	
固化工艺:	热压罐固化: 149-154°C, 0.379 MPa, 120-130 分钟		

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 1/88
预浸料制造日期:	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: *该数据是在数据文档要求建立 (1989年6月) 以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A	82°C/A		24°C/W	82°C/W	
1 轴拉伸	SSSS		SS-S			SSSS	SSSS	
2 轴拉伸	SS--							
3 轴拉伸								
1 轴压缩	SS-S		SS-S			SS--	SS--	
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切	S---			S---		S---	S---	
23 面剪切								
31 面剪切								

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.80		
树脂密度 (g/cm ³)	1.28		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.59	1.52-1.59	
纤维面积重量 (g/m ²)	145		
纤维体积含量 (%)	59.6	53-60	
单层厚度 (mm)	0.137	0.137-0.145	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.3(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_{10}$)

材 料		AS4 12k/E7K8 单向带							
树脂含量		32-37%(重量)		复合材料密度		1.53-1.59g/cm ³			
纤维体积含量		53-60%		空 隙 含 量		0.64-2.2%			
单层厚度		0.137 mm (0.0054 in)							
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		载荷-位移曲线初始线性段的斜率			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.137 mm)							
温 度		24°C		-54°C		24°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		0.77 (1)			
来源编码		20		20		20			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^u MPa (ksi)	平均值	2090 (303)	2021 (293)	2007 (291)	1883 (273)	2096 (304)	2028 (294)		
	最小值	1745 (253)	1738 (252)	1759 (255)	1648 (239)	1972 (286)	1903 (276)		
	最大值	2379 (345)	2393 (347)	2255 (327)	2110 (306)	2186 (317)	2110 (306)		
	C.V. (%)	8.26	8.94	8.93	8.90	4.16	4.22		
	B基准值	(2)		(2)		(2)			
	分 布	ANOVA		正态		正态			
	C ₁	1270 (26.7)	223 (32.4)	2007 (291)	1883 (273)	2096 (304)	2028 (294)		
	C ₂	209 (4.40)	51.7 (7.49)	179 (26.0)	168 (24.4)	87.6 (12.7)	84.1 (12.2)		
	试样数量	20		5		5			
	批 数	2		1		1			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
E_1' GPa (Msi)	平均值	133 (19.3)	129 (18.7)	139 (20.1)	130 (18.8)	135 (19.6)	130 (18.9)		
	最小值	128 (18.5)	120 (17.4)	136 (19.7)	127 (18.4)	131 (19.0)	127 (18.4)		
	最大值	147 (21.3)	148 (21.4)	142 (20.6)	133 (19.3)	139 (20.1)	134 (19.4)		
	C.V. (%)	3.79	6.10	1.67	1.79	2.04	1.96		
	试样数量	20		5		5			
	批 数	2		1		1			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
ν_{12}'	平均值		0.320				0.288		
	试样数量	5				5			
	批 数	1				1			
	数据种类	筛选				筛选			
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值		13900		13500		14600		
	最小值		12500		12000		13700		
	最大值		16000		14800		15000		
	C.V. (%)		11.0		8.24		3.83		
	B基准值		(2)		(2)		(2)		
	分 布		正态		正态		正态		
	C ₁		13900		13500		14600		
	C ₂		1530		1110		561		
	试样数量	5		5		5			
	批 数	1		1		1			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在71°C, 85%RH环境中放置14天；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

(2) 表4.2.3(b) 1轴拉伸性能 ($[0]_{10}$)

材 料		AS4 12k/E7K8 单向带					
树脂含量		32-37%(重量)		复合材料密度		1.53-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		53-60%		空 隙 含 量		0.64-2.2%	
单层厚度		0.137 mm (0.0054 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		载荷-位移曲线初始线性段的斜率	
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.137 mm)					
温 度		82°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		0.77 (1)					
来源编码		20					
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^m MPa (ksi)	平均值	2138 (310)	2041 (296)				
	最小值	1959 (284)	1890 (274)				
	最大值	2248 (326)	2110 (306)				
	C.V. (%)	5.87	4.76				
	B基准值	(2)					
	分 布	正态					
	C_1	2138 (310)	2041 (296)				
	C_2	126 (18.2)	95.8 (13.9)				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
E_1^l GPa (Msi)	平均值	139 (20.1)	132 (19.2)				
	最小值	132 (19.1)	128 (18.5)				
	最大值	150 (21.8)	141 (20.4)				
	C.V. (%)	5.65	4.01				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ν_{12}^l	平均值		0.288				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ϵ_1^{tu} ($\mu\epsilon$)	平均值		14600				
	最小值		13900				
	最大值		15400				
	C.V. (%)		4.21				
	B基准值	(2)					
	分 布	正态					
	C_1		14600				
	C_2		616				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C, 85%RH环境中放置14天；
 (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.3(c) 2轴拉伸性能 ([90]₂₀)

材 料	AS4 12k/E7K8 单向带					
树脂含量	32-38%(重量)	复合材料密度	1.54-1.59g/cm ³			
纤维体积含量	53-60%	空 隙 含 量	0.64-0.75%			
单层厚度	0.145 mm (0.0057 in)					
试验方法	ASTM D 3039-76	模 量 计 算	载荷-位移曲线初始线性段的斜率			
归一化	无					
温 度	24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境					
来源编码	20					
F_2^{tu} MPa (ksi)	平均值	37.7 (5.47)				
	最小值	28.3 (4.10)				
	最大值	48.4 (7.01)				
	C.V. (%)	13.2				
	B基准值	(1)				
	分布	Weibull				
	C ₁	39.9 (5.79)				
	C ₂	8.04				
	试样数量	20				
	批 数	1				
	数据种类	筛选				
E_2^{I} GPa (Msi)	平均值	8.48 (1.23)				
	最小值	8.00 (1.16)				
	最大值	9.10 (1.32)				
	C.V. (%)	3.76				
	试样数量	20				
	批 数	1				
	数据种类	筛选				
ν_{21}^{I}	平均值					
	试样数量					
	批 数					
	数据种类					
ϵ_2^{tu} ($\mu\epsilon$)	平均值					
	最小值					
	最大值					
	C.V. (%)					
	B基准值					
	分布					
	C ₁					
	C ₂					
	试样数量					
	批 数					
	数据种类					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.3(d) 1轴压缩性能 ([0]₁₀)

材 料		AS4 12k/E7K8 单向带					
树脂含量		35-40%(重量)		复合材料密度		1.52-1.58g/cm ³	
纤维体积含量		51-57%		空 隙 含 量		1.4-2.3%	
单层厚度		0.137 mm (0.0054 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算		载荷-位移曲线初始线性段的斜率	
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.137 mm)					
温 度		24°C		-54°C		24°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		0.77 (1)	
来源编码		20		20		20	
		归一化的		测量的		归一化的	
		测量的		测量的		测量的	
F ₁ ^{cu} MPa (ksi)	平均值	1690 (245)	1441 (209)	1903 (276)	1621 (235)	1483 (215)	1255 (182)
	最小值	1428 (207)	1214 (176)	1731 (251)	1469 (213)	1352 (196)	1148 (166)
	最大值	1855 (269)	1579 (229)	2062 (299)	1752 (254)	1641 (238)	1393 (202)
	C.V. (%)	8.00	7.80	6.57	6.60	7.78	7.75
	B基准值	(2)		(2)		(2)	
	分 布	Weibull		正态		正态	
	C ₁	1752 (254)	1490 (216)	1903 (276)	1621 (235)	1483 (215)	1262 (183)
	C ₂	16.3	16.3	125 (18.1)	106 (15.4)	115 (16.7)	98 (14.2)
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
E ₁ ^c GPa (Msi)	平均值	131 (19.0)	123 (17.9)	121 (17.6)	114 (16.5)	128 (18.5)	120 (17.4)
	最小值	119 (17.3)	112 (16.3)	114 (16.6)	108 (15.7)	122 (17.7)	115 (16.7)
	最大值	141 (20.4)	132 (19.2)	124 (18.0)	117 (17.0)	131 (19.0)	123 (17.9)
	C.V. (%)	4.58	4.54	3.16	3.14	2.95	2.86
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ν ₁₂ ^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ε ₁ ^{cu} (με)	平均值		11700		14400		
	最小值		10800		13900		
	最大值		13100		15100		
	C.V. (%)		4.81		3.89		
	B基准值		(2)		(2)		
	分 布		正态		正态		
	C ₁		11700		14400		
	C ₂		564		559		
	试样数量	20		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C, 85%RH环境中放置14天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.3(e) 1轴压缩性能 ($[0]_{10}$)

材 料		AS4 12k/E7K8 单向带					
树脂含量		35-40%(重量)		复合材料密度		1.52-1.58g/cm ³	
纤维体积含量		51-57%		空隙含量		1.4-2.3%	
单层厚度		0.137 mm (0.0054 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模量计算		载荷-位移曲线初始线性段的斜率	
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.137 mm)					
温 度		82°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		0.77 (1)					
来源编码		20					
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	1034 (150)	876 (127)				
	最小值	862 (125)	731 (106)				
	最大值	1214 (176)	1034 (150)				
	C.V. (%)	14.8	15.0				
	B基准值	(2)					
	分 布	正态					
	C ₁	1034 (150)	876 (127)				
	C ₂	153 (22.2)	130 (18.9)				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
E_1^c GPa (Msi)	平均值	124 (18.0)	117 (17.0)				
	最小值	120 (17.4)	113 (16.4)				
	最大值	127 (18.4)	119 (17.3)				
	C.V. (%)	2.46	2.41				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C, 85%RH环境中放置14天；
(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.3(f) 12面剪切性能 ($[(\pm 45)_2/45]_s$)

材 料		AS4 12k/E7K8 单向带					
树脂含量		33-36%(重量)		复合材料密度		1.54-1.55g/cm ³	
纤维体积含量		55-57%		空 隙 含 量		1.9-2.3%	
单层厚度		0.140 mm (0.0055 in)					
试验方法		ASTM D 3518-76		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C	82°C	24°C	82°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	0.77 (1)	0.77 (1)		
来源编码		20	20	20	20		
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	114 (16.5)	101 (14.6)	104 (15.1)	92.4 (13.4)		
	最小值	95.2 (13.8)	97.9 (14.2)	93.1 (13.5)	89.7 (13.0)		
	最大值	117 (17.0)	103 (14.9)	109 (15.8)	95.2 (13.8)		
	C.V. (%)	6.41	1.90	6.04	2.44		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分布	ANOVA	正态	正态	正态		
	C ₁	117 (2.46)	101 (14.6)	104 (15.1)	92.4 (13.4)		
	C ₂	360 (7.58)	1.91 (0.277)	6.24 (0.905)	2.26 (0.328)		
	试样数量	20	5	5	5		
	批 数	2	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		
γ_{12}^{su} (μE)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
G_{12}^i GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C, 85%RH环境中放置14天；
 (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.4 Celion 12k/E7K8 单向带*

材料描述:

- 材 料: Celion 12k/E7K8
- 形 式: 单向带, 纤维面积重量为 280 g/m², 固化后树脂含量为 29%-33%, 固化后单层厚度为 0.279 mm (0.011 in)
- 固化工艺: 热压罐固化; 149-154°C (300-310°F), 0.379 MPa (55 psi), 2 小时; 对厚部件的固化采用低放热曲线

供应商提供的数据:

- 纤 维: Celion 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 12 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa(34×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 552 MPa(515 000 psi)。有好的铺覆性。
- 树 脂: E7K8 是具有中等流动性、低放热的环氧树脂, 有良好的黏性, 在大气环境温度下存放 20 天。
- 最大短期使用温度: 149°C (300°F) (干态), 88°C (190°F) (湿态)
- 应 用: 商业和军用飞机的主承力和次承力结构。

材 料:	Celion 12k/E7K8 单向带		
形 式:	U.S.Polymeric Celion 12k/E7K8 单向带, 280 级预浸带		
纤 维:	Celanese Celion 12k, 不加捻	树 脂:	U.S.Polymeric E7K8
T _g (干态):		T _g (湿态):	
固化工艺:	热压罐固化; 149-154°C, 0.379 MPa, 120-130 分钟		

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 1/88
预浸料制造日期:	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: *该数据是在数据文档要求建立 (1989年6月) 以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A	82°C/A		24°C/W	82°C/W	
1 轴拉伸	SSSS		SS-S			SSS-	SSSS	
2 轴拉伸	SS-							
3 轴拉伸								
1 轴压缩	SS-S		SS-S			SS-	SS-	
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切	S—			S—		S—	S—	
23 面剪切								
31 面剪切								

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.80		
树脂密度 (g/cm ³)	1.28		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.59	1.59-1.61	
纤维面积重量 (g/m ²)	280		
纤维体积含量 (%)	59.6	59-64	
单层厚度 (mm)	0.279	0.254-0.279	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.4(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_s$)

材 料		Celion 12k/E7K8 单向带							
树脂含量		29%(重量)		复合材料密度		1.61g/cm ³			
纤维体积含量		63-64%		空 隙 含 量		0.53-1.0%			
单层厚度		0.279 mm (0.011 in)							
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算					
归 一 化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.279 mm)							
温 度		24°C		-54°C		24°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		0.77 (1)			
来源编码		20		20		20			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^w MPa (ksi)	平均值	2021 (293)	2131 (309)	1938 (281)	2083 (302)	2069 (300)	2165 (314)		
	最小值	1828 (265)	1965 (285)	1848 (268)	1979 (287)	2014 (292)	2110 (306)		
	最大值	2186 (317)	2290 (332)	2117 (307)	2276 (330)	2172 (315)	2276 (330)		
	C.V. (%)	4.52	4.52	5.44	5.44	3.22	3.60		
	B基准值	(2)		(2)		(2)			
	分 布	Weibull		正态		正态			
	C_1	2062 (299)	2179 (316)	1938 (281)	2083 (302)	2069 (300)	2165 (314)		
	C_2	25.6	25.9	106 (15.3)	113 (16.4)	66.7 (9.67)	69.7 (10.1)		
	试样数量	20		5		5			
	批 数	1		1		1			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
E_1^t GPa (Msi)	平均值	138 (20.0)	146 (21.1)	132 (19.2)	142 (20.6)	131 (19.0)	137 (19.9)		
	最小值	129 (18.7)	139 (20.1)	128 (18.6)	138 (20.0)	128 (18.5)	134 (19.4)		
	最大值	151 (21.9)	159 (23.0)	140 (20.3)	150 (21.8)	138 (20.0)	145 (21.0)		
	C.V. (%)	4.48	4.25	3.40	3.80	3.22	3.60		
	试样数量	20		5		5			
	批 数	1		1		1			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
ν_{12}^t	平均值		0.286				0.292		
	试样数量	5				5			
	批 数	1				1			
	数据种类	筛选				筛选			
ϵ_1^w ($\mu\epsilon$)	平均值		14300		14800				
	最小值		13500		14200				
	最大值		14700		15800				
	C.V. (%)		3.34		3.87				
	B基准值		(2)		(2)				
	分 布		正态		正态				
	C_1		14300		14800				
	C_2		478		573				
	试样数量	5		5					
	批 数	1		1					
	数据种类	筛选		筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在71°C, 85%RH环境中放置14天；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.4(b) 1轴拉伸性能 ([0]_s)

材 料		Celion 12k/E7K8 单向带					
树脂含量		29%(重量)		复合材料密度		1.61g/cm ³	
纤维体积含量		63-64%		空 隙 含 量		0.53-1.0%	
单层厚度		0.279 mm (0.011 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.279 mm)					
温 度		82°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		0.77 (1)					
来源编码		20					
		归 一 化 的	测 量 的	归 一 化 的	测 量 的	归 一 化 的	测 量 的
F_1^{tu} MPa (ksi)	平均值	2021 (293)	2145 (311)				
	最小值	1855 (269)	1972 (286)				
	最大值	2179 (316)	2310 (335)				
	C.V. (%)	6.43	7.19				
	B基准值	(2)					
	分 布	正态					
	C ₁	2021 (293)	2145 (311)				
	C ₂	130 (18.9)	138 (20.0)				
	试样数量	5					
	批 数	1					
数据种类		筛选					
E_1' GPa (Msi)	平均值	136 (19.8)	145 (21.0)				
	最小值	134 (19.4)	142 (20.6)				
	最大值	139 (20.1)	148 (21.4)				
	C.V. (%)	1.61	1.81				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ν_{12}'	平均值		0.322				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ϵ_1^m ($\mu\epsilon$)	平均值		13800				
	最小值		12300				
	最大值		15400				
	C.V. (%)		10.4				
	B基准值		(2)				
	分 布		正态				
	C ₁		13800				
	C ₂		1440				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C, 85%RH环境中放置14天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.4(c) 2轴拉伸性能 ([90]₁₂)

材 料		Celion 12k/E7K8 单向带					
树脂含量		31-33%(重量)		复合材料密度		1.59-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		59-61%		空 隙 含 量		0.68-0.74%	
单层厚度		0.279 mm (0.011 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		20					
F_2^{tu} MPa (ksi)	平均值	41.4 (6.00)					
	最小值	35.9 (5.21)					
	最大值	47.5 (6.89)					
	C.V.(%)	8.79					
	B基准值	(1)					
	分布	Weibull					
	C ₁	43.0 (6.24)					
	C ₂	12.6					
	试样数量	20					
	批 数	1					
数据种类	筛选						
E_2^t GPa (Msi)	平均值	8.83 (1.28)					
	最小值	8.21 (1.19)					
	最大值	9.38 (1.36)					
	C.V.(%)	4.52					
	试样数量	20					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ν_{21}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^{tu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.4(d) 1轴压缩性能 ([0]_s)

材 料		Celion 12k/E7K8 单向带							
树脂含量		29-30%(重量)		复合材料密度		1.60-1.61g/cm ³			
纤维体积含量		62-64%		空 隙 含 量		0.78-0.79%			
单层厚度		0.254 mm (0.010 in)							
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算					
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.254 mm)							
温 度		24°C		-54°C		24°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		0.77 (1)			
来源编码		20		20		20			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	1421 (206)	1469 (213)	1524 (221)	1579 (229)	1428 (207)	1476 (214)		
	最小值	1179 (171)	1221 (177)	1365 (198)	1414 (205)	1365 (198)	1414 (205)		
	最大值	1703 (247)	1759 (255)	1841 (267)	1903 (276)	1510 (219)	1565 (227)		
	C.V. (%)	8.62	8.62	12.2	12.2	5.06	5.06		
	B基准值	(2)		(2)		(2)			
	分 布	Weibull		正态		正态			
	C_1	1476 (214)	1524 (221)	1524 (221)	1572 (228)	1428 (207)	1476 (214)		
	C_2	12.1	12.1	186 (27.0)	193 (28.0)	72.4 (10.5)	74.5 (10.8)		
	试样数量	20		5		5			
	批 数	1		1		1			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
E_1^c GPa (Msi)	平均值	137 (19.9)	146 (21.1)	158 (22.9)	168 (24.3)	149 (21.6)	154 (22.3)		
	最小值	125 (18.1)	132 (19.2)	143 (20.8)	152 (22.0)	139 (20.2)	145 (21.0)		
	最大值	150 (21.7)	154 (22.3)	164 (23.8)	173 (25.1)	157 (22.8)	163 (23.6)		
	C.V. (%)	4.95	5.08	5.28	5.90	5.25	5.86		
	试样数量	20		5		5			
	批 数	1		1		1			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
ν_{12}^c	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		11200		9870				
	最小值		10800		9210				
	最大值		11800		10600				
	C.V. (%)		3.59		5.32				
	B基准值		(2)		(2)				
	分 布		正态		正态				
	C_1		11200		9870				
	C_2		401		526				
	试样数量	5		5					
	批 数	1		1					
	数据种类	筛选		筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C, 85%RH环境中放置14天；
 (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.4(e) 1轴压缩性能 ([0]₅)

材 料		Celion 12K/E7K8 单向带					
树脂含量		29-30%(重量)		复合材料密度		1.60-1.61g/cm ³	
纤维体积含量		62-64%		空 隙 含 量		0.78-0.79%	
单层厚度		0.254 mm (0.010 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.254 mm)					
温 度		82°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		0.77 (1)					
来源编码		20					
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	1276 (185)	1324 (192)				
	最小值	1090 (158)	1131 (164)				
	最大值	1517 (220)	1572 (228)				
	C.V.(%)	12.9	12.9				
	B基准值	(2)					
	分 布	正态					
	C ₁	1276 (185)	1324 (192)				
	C ₂	166 (24.0)	171 (24.8)				
	试样数量	5					
	批 数	1					
数据种类	筛选						
E_1^c GPa (Msi)	平均值	146 (21.1)	154 (22.3)				
	最小值	134 (19.5)	142 (20.6)				
	最大值	159 (23.1)	169 (24.5)				
	C.V.(%)	6.80	7.63				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C，85%RH环境中放置14天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.4(f) 12面剪切性能 ($\pm 45/45$)₁

材 料		Celion 12k/E7K8 单向带					
树脂含量		30-31%(重量)		复合材料密度		1.60g/cm ³	
纤维体积含量		61-62%		空 隙 含 量		0.41-0.61%	
单层厚度		0.279 mm (0.011 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C	82°C	24°C	82°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	0.77 (1)	0.77 (1)		
来源编码		20	20	20	20		
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	68.3 (9.9)	69.0 (10.0)	82.8 (12.0)	69.0 (10.0)		
	最小值	64.1 (9.3)	55.9 (8.1)	77.9 (11.3)	56.5 (8.2)		
	最大值	76.5 (11.1)	76.5 (11.1)	84.8 (12.3)	78.6 (11.4)		
	C.V. (%)	4.16	11.7	3.41	11.7		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分布	非参数	正态	正态	正态		
	C ₁	10	69.0 (10.0)	82.8 (12.0)	69.0 (10.0)		
	C ₂	1.25	8.07 (1.17)	2.81 (0.407)	8.07 (1.17)		
	试样数量	20	5	5	5		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		
γ_{12}^{su} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C, 85%RH环境中放置14天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.5 AS4 12k/938 单向带*

材料描述:

材 料: AS4-12k/938
形 式: 单向带, 纤维面积重量为 145 g/m², 固化后树脂含量为 35%-49%,
固化后单层厚度为 0.140 mm (0.0055 in)
固化工艺: 热压罐固化; 177°C (350°F), 0.586 MPa (85 psi), 2 小时

供应商提供的数据:

纤 维: AS4 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 12 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa (34×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 793 MPa (550 000 psi)。
树 脂: 938 是一种环氧树脂, 在 22°C (72°F) 环境下存放 10 天。
最大短期使用温度: 177°C (350°F) (干态), 93°C (200°F) (湿态)
应 用: 商业和军用飞机结构。

材 料:	AS-4 12k/938 单向带			
形 式:	Fiberite Hy-E 1338H 单向带, 145 级预浸带			
纤 维:	Hercules AS4 12k, 不加捻		树 脂:	Fiberite 938
T _g (干态):		T _g (湿态):	127°C	T _g 测量方法:
固化工艺:	热压罐固化; 171-182°C, 0.586-0.793 MPa, 120-135 分钟			

纤维制造日期:	试验日期:	8/85
树脂制造日期:	数据提交日期:	4/89
预浸料制造日期:	7/85	分析日期:
复合材料制造日期:		1/93

注: *该数据是在数据文档要求建立 (1989年6月) 以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A	93°C/A		93°C/W		
1 轴拉伸	II--		II--	II--				
2 轴拉伸	II--			II--				
3 轴拉伸								
1 轴压缩	II--					II--		
2 轴压缩	S---							
3 轴压缩								
12 面剪切	S---			I---				
23 面剪切								
31 面剪切								

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.80	1.77-1.79	
树脂密度 (g/cm ³)	1.30	1.30	
复合材料密度 (g/cm ³)	1.60	1.55-1.58	
纤维面积重量 (g/m ²)	145	144-146	
纤维体积含量 (%)	60	52-60	
单层厚度 (mm)	0.140	0.122-0.165	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.5(a) 1轴拉伸性能 ([0]_s)

材 料		AS4 12k/938 单向带					
树脂含量		35-41%(重量)		复合材料密度		1.55-1.57g/cm ³	
纤维体积含量		52-57%		空 隙 含 量		0.0-<1.0%	
单层厚度		0.107-0.132 mm (0.0042-0.0052 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76(1)		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)					
温 度		24°C		-54°C		93°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		12		12		12	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{tu} MPa (ksi)	平均值	2165 (314)	1876 (272)	2041 (296)	1641 (238)	2214 (321)	1890 (274)
	最小值	1862 (270)	1586 (230)	1365 (198)	1200 (174)	1814 (263)	1579 (229)
	最大值	2421 (351)	2276 (330)	2503 (363)	1979 (287)	2455 (356)	2221 (322)
	C.V. (%)	7.45	8.79	14.4	11.0	7.79	8.10
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	分 布	Weibull	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	Weibull
	C ₁	2234 (324)	1251 (26.3)	2335 (49.1)	11842 (249)	1279 (26.9)	1959 (284)
	C ₂	16.5	196 (4.12)	221 (4.64)	528 (11.1)	180 (3.78)	13.3
	试样数量	22		22		20	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	临时		临时		临时	
E_1^t GPa (Msi)	平均值	154 (22.4)	134 (19.4)	134 (19.5)	131 (19.0)	141 (20.4)	143 (20.8)
	最小值	130 (18.8)	118 (17.1)	128 (18.5)	117 (16.9)	127 (18.4)	127 (18.4)
	最大值	186 (26.9)	145 (21.0)	148 (21.5)	152 (22.0)	166 (24.0)	154 (22.4)
	C.V. (%)	9.88	4.66	4.07	5.13	7.23	6.06
	试样数量	22		22		20	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	临时		临时		临时	
ν_{12}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{tu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 工作段长度为50.8 mm(2 in);

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.5(b) 2轴拉伸性能 ([90]₁₆)

材 料	AS4 12k/938 单向带					
树脂含量	35-41%(重量)		复合材料密度		1.55-1.57g/cm ³	
纤维体积含量	52-57%		空 隙 含 量		0.0-<1.0%	
单层厚度	0.135-0.160 mm (0.0053-0.0063 in)					
试验方法	ASTM D 3039-76(1)		模 量 计 算			
归一化	无					
温 度	24°C	93°C				
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境	大气环境				
来源编码	12	12				
F_2^u MPa (ksi)	平均值	61.8 (8.96)	61.0 (8.84)			
	最小值	44.8 (6.50)	47.2 (6.85)			
	最大值	82.8 (12.0)	71.0 (10.3)			
	C.V.(%)	15.2	12.2			
	B基准值	(1)	(2)			
	分布	Weibull	ANOVA			
	C ₁	65.8 (9.54)	56.1 (1.18)			
	C ₂	7.10	188 (3.96)			
	试样数量	19	17			
	批 数	3	3			
E_2^t GPa (Msi)	数据种类	临时	临时			
	平均值	8.90 (1.29)	8.48 (1.23)			
	最小值	6.69 (0.97)	7.24 (1.05)			
	最大值	11.9 (1.72)	9.65 (1.40)			
	C.V.(%)	7.89	7.81			
	试样数量	19	17			
	批 数	3	3			
ν_{21}^t	数据种类	临时	临时			
	平均值					
	试样数量					
	批 数					
ϵ_2^u ($\mu\epsilon$)	数据种类					
	平均值					
	最小值					
	最大值					
	C.V.(%)					
	B基准值					
	分布					
	C ₁					
	C ₂					
	试样数量					
批 数						
数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 工作段长度为50.8 mm(2 in)；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.5(c) 1轴压缩性能 ([0]_g)

材 料		AS4 12k/938 单向带					
树脂含量		33-38%(重量)		复合材料密度		1.55-1.58g/cm ³	
纤维体积含量		54-60%		空 隙 含 量		0.0-<1.0%	
单层厚度		0.122-0.152 mm (0.0048-0.0060 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)					
温 度		24°C		93°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		(1) 60°C, 95%			
来源编码		12		12			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	1572 (228)	1455 (211)	1310 (190)	1159 (168)		
	最小值	1283 (186)	1186 (172)	1090 (158)	952 (138)		
	最大值	1828 (265)	1731 (251)	1538 (223)	1338 (194)		
	C.V. (%)	9.31	10.2	8.96	9.29		
	B基准值	(2)	(2)	(2)			
	分 布	Weibull	ANOVA	ANOVA			
	C_1	1545 (224)	1065 (22.4)	903 (19.0)	837 (17.6)		
	C_2	12.5	157 (3.31)	209 (4.40)	217 (4.57)		
	试样数量	25		24			
	批 数	3		3			
	数据种类	临时		临时			
E_1^c GPa (Msi)	平均值	126 (18.2)	127 (18.4)	132 (19.1)	127 (18.4)		
	最小值	108 (15.7)	110 (15.9)	117 (16.9)	114 (16.6)		
	最大值	145 (21.0)	155 (22.5)	166 (24.0)	145 (21.0)		
	C.V. (%)	9.13	12.4	12.8	9.10		
	试样数量	15		13			
	批 数	2		2			
	数据种类	临时		筛选			
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 试样在该环境条件下放置一个月；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.5(d) 2轴压缩性能 ([90]₀)

材 料		AS4 12k/938 单向带					
树脂含量		36%(重量)		复合材料密度		1.56g/cm ³	
纤维体积含量		56%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.147 mm (0.0058 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		12					
F_2^{cu} MPa (ksi)	平均值	209 (30.4)					
	最小值	181 (26.2)					
	最大值	274 (39.7)					
	C.V.(%)	16.4					
	B基准值	(1)					
	分 布	非参数					
	C ₁	6					
	C ₂	2.14					
	试样数量	10					
	批 数	1					
E_2^c GPa (Msi)	数据种类	筛选					
	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	试样数量						
	批 数						
ν_{21}^c	数据种类						
	平均值						
	试样数量						
	批 数						
ϵ_2^{cu} ($\mu\epsilon$)	数据种类						
	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.5(e) 12面剪切性能 ($[\pm 45]_{2S}$)

材 料		AS4 12k/938 单向带					
树脂含量		35-37%(重量)		复合材料密度		1.56-1.58g/cm ³	
纤维体积含量		54-57%		空 隙 含 量		0.0-<1.0%	
单层厚度		0.130-0.160 mm (0.0051-0.0063 in)					
试验方法		ASTM D 3518-76		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C	93°C				
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境				
来源编码		12	12				
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	89.7 (13.0)	95.9 (13.9)				
	最小值	74.5 (10.8)	82.1 (11.9)				
	最大值	95.9 (13.9)	110 (16.0)				
	C.V. (%)	6.36	7.63				
	B基准值	(1)	(1)				
	分布	Weibull	ANOVA				
	C ₁	92.4 (13.4)	59.9 (1.26)				
	C ₂	25.4	236 (4.96)				
	试样数量	13	18				
	批 数	3	3				
	数据种类	筛选	筛选				
γ_{12}^{su} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.6 T-300 3k/934 平纹机织物*

材料描述:

- 材 料: T-300 3k/934
- 形 式: 平纹机织物, 纤维面积重量为 196 g/m², 固化后树脂含量为 34%, 固化后单层厚度为 0.198 mm (0.0078 in)
- 固化工艺: 热压罐固化: 179°C (355°F), 0.586-0.690 MPa (85-100 psi), 2 小时

供应商提供的数据:

- 纤 维: T-300 纤维是由 PAN 的前驱体制造的不加捻的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 3 000 根碳纤维。拉伸模量为 228 GPa (33×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 655 MPa (530 000 psi)。
- 树 脂: 934 是具有高流动性和良好湿热性能的环氧树脂, 满足 NASA 真空排气要求。
- 最大短期使用温度: 177°C (350°F) (干态), 93°C (200°F) (湿态)
- 应 用: 飞机主承力和次承力结构和关键的空间结构。

材 料:	T-300 3k/934 平纹机织物				
形 式:	Fiberite HMF-322/34 平纹机织物				
纤 维:	Toray T-300 3k			树 脂:	Fiberite 934
T _g (干态):	210°C	T _g (湿态):		T _g 测量方法:	DSC
固化工艺:	热压罐固化: 174-185°C, 0.586-0.690 MPa, 120-135 分钟				

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 6/88
预浸料制造日期: 2/84	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: *该数据是在数据文档要求建立 (1989年6月) 以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A	121°C/A		71°C/W	121°C/W	
1 轴拉伸	IS-I		IS-I	SS-S		II--	II--	
2 轴拉伸	II-I		II-I	SS-S		II--	II--	
3 轴拉伸								
1 轴压缩	II--		II--	SI--		I---	I---	
2 轴压缩	II--		II--	SI--		I---	I---	
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面 SB 强度	S---		S---	S---				

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)		1.73-1.74	
树脂密度 (g/cm ³)	1.30		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.55	1.54-1.57	
纤维面积重量 (g/m ²)	194	1.92-2.00	
纤维体积含量 (%)		58-60	
单层厚度 (mm)		0.185-0.213	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.6(a) 1轴拉伸性能 (σ_{112})

材 料		T-300 3k/934平纹机织物					
树脂含量		33-35%(重量)		复合材料密度		1.54-1.57g/cm ³	
纤维体积含量		58-60%		空 隙 含 量		<0.5-1.2%	
单层厚度		0.188-0.208 mm (0.0074-0.0082 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76 (2)		模 量 计 算		在20%-40%极限载荷之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.196 mm)					
温 度		24°C		-54°C		121°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		12		12		12	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^m MPa (ksi)	平均值	628 (91)	648 (94)	572 (83)	586 (85)	752 (109)	779 (113)
	最小值	565 (82)	586 (85)	538 (78)	545 (79)	717 (104)	752 (109)
	最大值	683 (99)	690 (100)	600 (87)	621 (90)	786 (114)	814 (118)
	C.V. (%)	4.1	4.0	3.2	3.3	3.54	3.42
	B基准值	(1)		(1)		(1)	
	分 布	Weibull		Weibull		正态	
	C_1	641 (93.0)	662 (96)	577 (83.7)	593 (86)	593 (86)	779 (113)
	C_2	28.2	31	35.8	36	19.7 (2.86)	26.7 (3.87)
	试样数量	20		20		5	
	批 数	4		4		1	
	数据种类	临时		临时		筛选	
E_1' GPa (Msi)	平均值	62.8 (9.1)	64.8 (9.4)	69.0 (10)	69.0 (10)	64.1 (9.3)	66.9 (9.7)
	最小值	57.9 (8.4)	60.0 (8.7)	59.3 (8.6)	62.1 (9.0)	62.8 (9.1)	64.8 (9.4)
	最大值	65.5 (9.5)	68.3 (9.9)	82.8 (12)	82.8 (12)	69.0 (10)	73.8 (10.7)
	C.V. (%)	3.3	3.6	11	10	4.6	5.6
	试样数量	20		20		5	
	批 数	4		4		1	
	数据种类	临时		临时		筛选	
ν_{12}'	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^m ($\mu\epsilon$)	平均值		9780		8990		11300
	最小值		8880		7990		10900
	最大值		11200		9800		11800
	C.V. (%)		5.61		6.07		3.11
	B基准值		(1)		(1)		(1)
	分 布		ANOVA		ANOVA		正态
	C_1		577		592		11300
	C_2		3.12		3.61		351
	试样数量	20		20		5	
	批 数	4		4		1	
	数据种类	临时		临时		筛选	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 基准值仅适用于A类和B类数据；

(2) 宽度为12.7 mm (0.5 in)，加载速度为0.05 mm/mm/min (0.05 in/in/min)，工作段长度小于推荐值。

表4.2.6(b) 1轴拉伸性能 (10_{112})

材 料		T-300 3K/934平纹机织物							
树脂含量		33-35%(重量)		复合材料密度		1.54-1.57g/cm ³			
纤维体积含量		58-60%		空 隙 含 量		<0.5-1.2%			
单层厚度		0.188-0.208 mm (0.0074-0.0082 in)							
试验方法		ASTM D 3039-76 (2)		模 量 计 算		在20%-40%极限载荷之间的弦线			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%							
温 度		71°C		121°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		(1)		(1)					
来源编码		12		12					
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F ₁ ^m MPa (ksi)	平均值	662 (96)	676 (98)	545 (79)	565 (82)				
	最小值	579 (84)	607 (88)	421 (61)	455 (66)				
	最大值	717 (104)	731 (106)	655 (95)	669 (97)				
	C.V. (%)	5.7	5.11	14	11				
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)				
	分 布	ANOVA	Weibull	ANOVA	Weibull				
	C ₁	285 (6.0)	697 (101)	571 (12)	593 (86)				
	C ₂	228 (4.8)	24	252 (5.3)	11				
	试样数量	15		15					
	批 数	3		3					
	数据种类	临时		临时					
E ₁ ^t GPa (Msi)	平均值	67.6 (9.8)	69.0 (10.0)	64.8 (9.4)	66.9 (9.7)				
	最小值	55.9 (8.1)	59.3 (8.6)	46.9 (6.8)	49.0 (7.1)				
	最大值	75.9 (11.0)	80.7 (11.7)	82.8 (12.0)	89.7 (13.0)				
	C.V. (%)	8.7	8.7	17	18				
	试样数量	15		15					
	批 数	3		3					
	数据种类	临时		临时					
ν ₁₂ ^t	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ε ₁ ^m (με)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在71°C (160°F) 水中浸泡14天；

(2) 基准值仅适用于A类和B类数据；

(3) 宽度为12.7 mm (0.5 in)，加载速度为0.05 mm/mm/min (0.05 in/in/min)，工作段长度小于推荐值。

表4.2.6(c) 2轴拉伸性能 (90_{112})

材 料		T-300 3K/934平纹机织物					
树脂含量		33-35%(重量)		复合材料密度		1.54-1.57g/cm ³	
纤维体积含量		58-60%		空 隙 含 量		<0.5-1.2%	
单层厚度		0.188-0.208 mm (0.0074-0.0082 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		在20%-40%极限载荷之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.196 mm)					
温 度		24°C		-54°C		121°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		12		12		12	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_2^w MPa (ksi)	平均值	607 (88)	628 (91)	552 (80)	565 (82)	648 (94)	676 (98)
	最小值	552 (80)	565 (82)	483 (70)	497 (72)	621 (90)	648 (94)
	最大值	669 (97)	683 (99)	628 (91)	655 (95)	669 (97)	697 (101)
	C.V. (%)	5.7	5.5	6.2	6.5	2.6	2.7
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
	分布	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	正态	正态
	C ₁	257 (5.4)	257 (5.4)	247 (5.2)	271 (5.7)	646 (93.7)	674 (97.8)
	C ₂	166 (3.5)	162 (3.4)	157 (3.3)	162 (3.4)	17.0 (2.47)	17.9 (2.59)
	试样数量	20		20		5	
	批 数	4		4		1	
数据种类	临时		临时		筛选		
E_2' GPa (Msi)	平均值	62.1 (9.0)	64.1 (9.3)	62.8 (9.1)	65.5 (9.5)	55.9 (8.1)	58.6 (8.5)
	最小值	57.2 (8.3)	60.0 (8.7)	55.9 (8.1)	57.2 (8.3)	55.2 (8.0)	57.2 (8.3)
	最大值	68.3 (9.9)	71.0 (10.3)	74.5 (10.8)	76.5 (11.1)	56.5 (8.2)	59.3 (8.6)
	C.V. (%)	5.0	4.8	9.3	9.2	1.1	1.5
	试样数量	20		20		5	
	批 数	4		4		1	
	数据种类	临时		临时		筛选	
V_{21}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^w ($\mu\epsilon$)	平均值		9630		9100		11400
	最小值		8680		7750		10400
	最大值		11100		10700		12400
	C.V. (%)		6.18		7.44		8.59
	B基准值		(1)		(1)		(1)
	分布		ANOVA		ANOVA		正态
	C ₁		616		710		11400
	C ₂		2.82		3.08		981
	试样数量	20		20		5	
	批 数	4		4		1	
	数据种类	临时		临时		筛选	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.6(d) 2轴拉伸性能 ($[90]_{12}$)

材 料		T-300 3k/934平纹机织物							
树脂含量		33-35%(重量)		复合材料密度		1.54-1.57g/cm ³			
纤维体积含量		58-60%		空 隙 含 量		<0.5-1.2%			
单层厚度		0.188-0.208 mm (0.0074-0.0082 in)							
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		在20%-40%极限载荷之间的弦线			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.196 mm)							
温 度		71°C		121°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		(1)		(1)					
来源编码		12		12					
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_2^u MPa (ksi)	平均值	669 (97)	690 (100)	559 (81)	572 (83)				
	最小值	621 (90)	634 (92)	503 (73)	517 (75)				
	最大值	765 (111)	779 (113)	614 (89)	628 (91)				
	C.V.(%)	6.8	6.3	5.1	4.8				
	B基准值	(2)		(2)					
	分 布	ANOVA		ANOVA					
	C ₁	347 (7.3)	323 (6.8)	209 (4.4)	200 (4.2)				
	C ₂	228 (4.8)	214 (4.5)	214 (4.5)	200 (4.2)				
	试样数量	15		15					
	批 数	3		3					
	数据种类	临时		临时					
E_2' GPa (Msi)	平均值	69.0 (10.0)	69.0 (10.0)	68.3 (9.9)	69.0 (10.0)				
	最小值	55.2 (8.0)	56.5 (8.2)	56.5 (8.2)	58.6 (8.5)				
	最大值	81.4 (11.8)	83.4 (12.1)	82.1 (11.9)	83.4 (12.1)				
	C.V.(%)	11	11	11	11				
	试样数量	15		15					
	批 数	3		3					
	数据种类	临时		临时					
ν_{21}^I	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_2^u ($\mu\epsilon$)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V.(%)								
	B基准值								
	分 布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在71°C (160°F) 水中浸泡14天；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.6(e) 1轴压缩性能 ($[0]_{d12}$)

材 料		T-300 3k/934平纹机织物					
树脂含量		33-35%(重量)		复合材料密度		1.54-1.57g/cm ³	
纤维体积含量		58-60%		空 隙 含 量		<0.5-1.2%	
单层厚度		0.188-0.208 mm (0.0074-0.0082 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算		在20%-40%极限载荷之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.196 mm)					
温 度		24°C		-54°C		121°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		12		12		12	
		归 一 化 的 测 量 的		归 一 化 的 测 量 的		归 一 化 的 测 量 的	
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	655 (95)	676 (98)	717 (104)	745 (108)	690 (100)	724 (105)
	最小值	572 (83)	600 (87)	600 (87)	621 (90)	648 (94)	676 (98)
	最大值	828 (120)	862 (125)	917 (133)	959 (139)	738 (107)	765 (111)
	C.V. (%)	10	10	13	14	5.6	5.1
	B基准值	(1)		(1)		(1)	
	分 布	ANOVA		ANOVA		正态	
	C_1	476 (10)	523 (11)	713 (15)	761 (16)	690 (100)	724 (105)
	C_2	185 (3.9)	185 (3.9)	176 (3.7)	181 (3.8)	38.9 (5.64)	37.2 (5.4)
	试样数量	20		20		5	
	批 数	4		4		1	
	数据种类	临时		临时		筛选	
E_1^c GPa (Msi)	平均值	57.9 (8.4)	60.7 (8.8)	56.5 (8.2)	59.3 (8.6)	57.9 (8.4)	61.4 (8.9)
	最小值	53.1 (7.7)	55.2 (8.0)	51.0 (7.4)	53.8 (7.8)	54.5 (7.9)	55.9 (8.1)
	最大值	62.1 (9.0)	64.8 (9.4)	61.4 (8.9)	66.9 (9.7)	69.0 (10.0)	69.7 (10.1)
	C.V. (%)	5.1	5.3	5.1	5.7	6.3	6.4
	试样数量	20		20		19	
	批 数	4		4		4	
	数据种类	临时		临时		临时	
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 基准值仅适用于A类和B类数据。

表4.2.6(f) 1轴压缩性能 (10_{d12})

材 料		T-300 3k/934平纹机织物					
树脂含量		33-35%(重量)		复合材料密度		1.54-1.57g/cm ³	
纤维体积含量		58-60%		空 隙 含 量		<0.5-1.2%	
单层厚度		0.188-0.208 mm (0.0074-0.0082 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算		在20%-40%极限载荷之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.196 mm)					
温 度		71°C		121°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		(1)		(1)			
来源编码		12		12			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} (3) MPa (ksi)	平均值	510 (74)	524 (76)	303 (44)	317 (46)		
	最小值	462 (67)	469 (68)	276 (40)	283 (41)		
	最大值	559 (81)	579 (84)	338 (49)	352 (51)		
	C.V.(%)	6.9	5.6	6.2	6.2		
	B基准值	(2)		(2)			
	分 布	ANOVA		Weibull			
	C_1	266 (5.6)	294 (6.2)	313 (45.4)	323 (46.8)		
	C_2	233 (4.9)	238 (5.0)	17.4	16.9		
	试样数量	15		15			
	批 数	3		3			
	数据种类	临时		临时			
E_1^c GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
V_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在71°C (160°F) 水中浸泡14天；

(2) 基准值仅适用于A类和B类数据；

(3) 加强片厚度为2.85-3.05 mm (0.112-0.120 in)，大于试验方法规定的名义厚度值1.78 mm (0.070 in)。

表4.2.6(g) 2轴压缩性能 ([90]₁₂)

材 料		T-300 3k/934平纹机织物							
树脂含量		33-35%(重量)		复合材料密度		1.54-1.57g/cm ³			
纤维体积含量		58-60%		空 隙 含 量		<0.5-1.2%			
单层厚度		0.188-0.208 mm (0.0074-0.0082 in)							
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算		在20%-40%极限载荷之间的弦线			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.196 mm)							
温 度		24°C		-54°C		121°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境			
来源编码		12		12		12			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F ₂ ^{cu} (2) MPa (ksi)	平均值	621 (90)	641 (93)	710 (103)	731 (106)	565 (82)	586 (85)		
	最小值	559 (81)	586 (85)	648 (94)	676 (98)	531 (77)	559 (81)		
	最大值	690 (100)	717 (104)	800 (116)	834 (121)	579 (84)	607 (88)		
	C.V. (%)	5.9	6.0	6.2	6.1	3.4	3.4		
	B基准值	(4)		(1)		(1)			
	分 布	ANOVA		正态		正态			
	C ₁	266 (5.6)	281 (5.9)	710 (103)	731 (106)	563 (81.7)	588 (85.3)		
	C ₂	152 (3.2)	152 (3.2)	42.6 (6.18)	44.1 (6.4)	18.9 (2.74)	19.7 (2.86)		
	试样数量	20		20		5			
	批 数	4		4		1			
	数据种类	临时		临时		筛选			
E ₂ ^c (3) GPa (Msi)	平均值	57.2 (8.3)	59.3 (8.6)	57.9 (8.4)	60.7 (8.8)	60.7 (8.8)	62.1 (9.0)		
	最小值	51.0 (7.4)	53.1 (7.7)	51.7 (7.5)	53.1 (7.7)	54.5 (7.9)	55.9 (8.1)		
	最大值	64.1 (9.3)	65.5 (9.5)	62.1 (9.0)	64.8 (9.4)	70.3 (10.2)	73.1 (10.6)		
	C.V. (%)	7.0	6.6	5.1	5.5	8.4	8.9		
	试样数量	20		20		20			
	批 数	4		4		4			
	数据种类	临时		临时		临时			
V ₂₁ ^c	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ε ₂ ^{cu} (με)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 基准值仅适用于A类和B类数据；

(2) 加强片厚度为2.85-3.05 mm (0.112-0.120 in)，大于试验方法规定的名义厚度值1.78 mm (0.070 in)；

(3) 试样厚度为2.29-2.54 mm (0.09-0.10 in)，小于试验方法规定的名义厚度值3.05 mm (0.120 in)

(4) 没有给出由少于5批试验数据用ANOVA方法计算得到的B基准值。

表4.2.6(h) 2轴压缩性能 ($[90]_{12}$)

材 料		T-300 3k/934平纹机织物					
树脂含量		33-35%(重量)		复合材料密度		1.54-1.57g/cm ³	
纤维体积含量		58-60%		空 隙 含 量		<0.5-1.2%	
单层厚度		0.188-0.208 mm (0.0074-0.0082 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算		在20%-40%极限载荷之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.196 mm)					
温 度		71°C		121°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		湿 (1)		湿 (1)			
来源编码		12		12			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_2^{cu} (3) MPa (ksi)	平均值	517 (75)	531 (77)	317 (46)	324 (47)		
	最小值	434 (63)	455 (66)	262 (38)	269 (39)		
	最大值	559 (81)	572 (83)	407 (59)	414 (60)		
	C.V. (%)	7.2	6.5	11	11		
	B基准值	(2)		(2)			
	分 布	ANOVA		ANOVA			
	C_1	285 (6.0)	257 (5.4)	281 (5.9)	276 (5.8)		
	C_2	238 (5.0)	224 (4.7)	243 (5.1)	238 (5.0)		
	试样数量	15		15			
	批 数	3		3			
	数据种类	临时		临时			
E_2^c GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ν_{21}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在71°C (160°F) 水中浸泡14天；

(2) 基准值仅适用于A类和B类数据；

(3) 加强片厚度为2.85-3.05 mm (0.112-0.120 in)，大于试验方法规定的名义厚度值1.78 mm (0.070 in)。

表4.2.6(i) 31面剪切性能 (I_{0d12})

材 料		T-300 3k/934平纹机织物					
树脂含量		33-35%(重量)		复合材料密度		1.54-1.57g/cm ³	
纤维体积含量		58-60%		空 隙 含 量		<0.5-1.2%	
单层厚度		0.188-0.208 mm (0.0074-0.0082 in)					
试验方法		ASTM D-2344-68(1)		模 量 计 算		在20%-40%极限载荷之间的弦线	
归一化		无					
温 度		24°C	-54°C	121°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	大气环境			
来源编码		12	12	12			
F_{31}^{sts} MPa (ksi)	平均值	82.8 (12.0)	82.1 (11.9)	63.4 (9.2)			
	最小值	72.4 (10.5)	69.0 (10.0)	62.8 (9.1)			
	最大值	92.4 (13.4)	95.9 (13.9)	65.5 (9.5)			
	C.V. (%)	6.89	8.38	2.1			
	B基准值	(2)	(2)	(2)			
	分布	ANOVA	ANOVA	正态			
	C ₁	50.9 (1.07)	42.8 (0.90)	63.4 (9.2)			
	C ₂	162 (3.41)	176 (3.71)	1.38 (0.20)			
	试样数量	20	20	5			
	批 数	4	4	1			
	数据种类	筛选	筛选	筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 长度/厚度比约为11；
- (2) 只批准了用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

4.2.7 Celion 12k/938 单向带*

材料描述:

材 料: Celion 12k/938

形 式: 单向带, 纤维面积重量为 145 g/m^2 , 固化后树脂含量为 28%-40%, 固化后单层厚度为 0.102-0.185 mm (0.0040-0.0073 in)

固化工艺: 热压罐固化; 179°C (355°F), 0.586-0.690 MPa (85-100 psi), 2 小时

供应商提供的数据:

纤 维: Celion 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 每一个丝束包含有 12 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa ($34 \times 10^6 \text{ psi}$), 拉伸强度为 $3\,552 \text{ MPa}$ ($515\,000 \text{ psi}$)。

树 脂: 938 是一种环氧树脂, 在 22°C (72°F) 环境下存放 10 天。

最大短期使用温度: 177°C (350°F) (干态), 93°C (200°F) (湿态)

应 用: 商业和军用结构。

材 料:	Celion 12k/938 单向带		
形 式:	Fiberite Hy-E 1638N 单向预浸带		
纤 维:	Celanese Celion 12k, EP06, 不加捻		树 脂: Fiberite 938
T_g (干态):		T_g (湿态):	T_g 测量方法:
固化工艺:	热压罐固化: $174\text{-}185^\circ\text{C}$, 0.586-0.690 MPa, 120-130 分钟		

纤维制造日期:	5/85	试验日期:	7/85
树脂制造日期:		数据提交日期:	6/88
预浸料制造日期:		分析日期:	1/93
复合材料制造日期:			

注: *该数据是在数据文档要求建立 (1989年6月) 以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		-55°C/A	121°C/A		82°C/W		
1 轴拉伸	III		SSSS	IIS		IIS		
2 轴拉伸	II-I		II-I	SS-S		II-I		
3 轴拉伸								
1 轴压缩	II--		II--	II--		II--		
2 轴压缩	II--		II--	SI--		I--		
3 轴压缩								
12 面剪切	I--		S--	S--		I--		
23 面剪切								
31 面 SB 强度	I--							

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，--——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名 义 值	提 交 值	试 验 方 法
纤维密度 (g/cm ³)	1.78		
树脂密度 (g/cm ³)	1.30		
复合材料密度 (g/cm ³)		1.54-1.61	
纤维面积重量 (g/m ²)	145	144-147	
纤维体积含量 (%)		52-65	
单层厚度 (mm)		0.102-0.185	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，--——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.7(a) 1轴拉伸性能 ([0]₇)

材 料		Celion 12k/938 单向带					
树脂含量		28-36%(重量)		复合材料密度		1.55-1.61g/cm ³	
纤维体积含量		56-65%		空 隙 含 量		<1.1%	
单层厚度		0.102-0.160 mm (0.0040-0.0063 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		25%极限载荷处的割线	
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)					
温 度		24°C		-55°C		121°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		12		12		12	
		归一化的		测量的		归一化的	
		测量的		归一化的		测量的	
		归一化的		测量的		归一化的	
		测量的		归一化的		测量的	
F_1^m MPa (ksi)	平均值	1883 (273)	1869 (271)	1807 (262)	1917 (278)	2131 (309)	2200 (319)
	最小值	1538 (223)	1428 (207)	1621 (235)	1752 (254)	2034 (295)	2110 (306)
	最大值	2234 (324)	2200 (319)	2000 (290)	2090 (303)	2262 (328)	2324 (337)
	C.V. (%)	7.56	9.76	7.67	6.25	3.00	2.82
	B基准值	(1)		(1)		(1)	
	分 布	ANOVA		ANOVA		Weibull	
	C ₁	999 (21.0)	1393 (29.3)	1193 (25.1)	994 (20.9)	2165 (314)	2227 (323)
	C ₂	115 (2.42)	207 (4.36)	856 (18.0)	770 (16.2)	34.5	36.1
	试样数量	102		10		15	
	批 数	3		2		3	
	数据种类	临时		筛选		临时	
E_1^t GPa (Msi)	平均值	136 (19.7)	134 (19.5)	131 (19)	139 (20.2)	139 (20.1)	143 (20.7)
	最小值	117 (16.9)	114 (16.5)	119 (17.3)	125 (18.1)	117 (16.9)	123 (17.9)
	最大值	159 (23.1)	150 (21.8)	140 (20.3)	152 (22.0)	161 (23.4)	161 (23.4)
	C.V. (%)	5.22	5.59	4.94	5.94	9.12	7.49
	试样数量	102		10		15	
	批 数	3		2		3	
	数据种类	临时		筛选		临时	
V_{12}^t (2)	平均值		0.317		0.279		0.280
	试样数量	102		10		10	
	批 数	3		2		2	
	数据种类	临时		筛选		临时	
ϵ_1^m ($\mu\epsilon$)	平均值		13100		12800		14800
	最小值		10600		11500		12900
	最大值		14800		14000		16100
	C.V. (%)		6.95		6.72		5.81
	B基准值		(1)		(1)		(1)
	分 布		ANOVA		ANOVA		Weibull
	C ₁		946		1060		15100
	C ₂		3.14		17.2		21.4
	试样数量	102		10		15	
	批 数	3		2		3	
	数据种类	临时		筛选		临时	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 基准值仅适用于A类和B类数据；

(2) 在25%极限载荷下测量泊松比。

表4.2.7(b) 1轴拉伸性能 ($[0]_7$)

材 料		Celion 12k/938 单向带					
树脂含量		28-36%(重量)		复合材料密度		1.55-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		56-64%		空 隙 含 量		<1.4%	
单层厚度		0.102-0.160 mm (0.0044-0.0063 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		25%极限载荷处的割线	
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)					
温 度		82°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		1.1 (1)					
来源编码		12					
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^u MPa (ksi)	平均值	1910 (277)	1945 (282)				
	最小值	1628 (236)	1510 (219)				
	最大值	2117 (307)	2262 (328)				
	C.V. (%)	8.89	14.3				
	B基准值	(3)					
	分 布	ANOVA					
	C ₁	1317 (27.7)	2221 (46.7)				
	C ₂	255 (5.36)	281 (5.89)				
	试样数量	15					
	批 数	3					
数据种类	临时						
E_1' GPa (Msi)	平均值	130 (18.9)	132 (19.2)				
	最小值	122 (17.7)	113 (16.4)				
	最大值	141 (20.5)	151 (21.9)				
	C.V. (%)	4.81	9.74				
	试样数量	15					
	批 数	3					
	数据种类	临时					
V_{12}' (2)	平均值		0.345				
	试样数量	14					
	批 数	3					
	数据种类	筛选					
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值		14000				
	最小值		11800				
	最大值		15700				
	C.V. (%)		8.13				
	B基准值		(3)				
	分 布		ANOVA				
	C ₁		1180				
	C ₂		3.36				
	试样数量	15					
	批 数	3					
数据种类	临时						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 放置于71°C (160°F)，88%RH环境中直到重量的增加在1.0%-1.2%之间；
- (2) 在25%极限载荷下测量泊松比；
- (3) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.7(c) 2轴拉伸性能 ([90]₂₀)

材 料		Celion 12k/938 单向带					
树脂含量		32-37%(重量)		复合材料密度		1.55-1.58g/cm ³	
纤维体积含量		55-60%		空 隙 含 量		<1.3%	
单层厚度		0.135-0.163 mm (0.0053-0.0064 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		25%极限载荷处的割线	
归一化		无					
温 度		24°C	-55°C	121°C	82°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	大气环境	1.1 (1)		
来源编码		12	12	12	12		
F_2^{tu} MPa (ksi)	平均值	66.2 (9.6)	65.5 (9.5)	60.7 (8.8)	40.0 (5.8)		
	最小值	51.7 (7.5)	58.6 (8.5)	49.0 (7.1)	34.5 (5.0)		
	最大值	95.9 (13.9)	71.7 (10.4)	73.8 (10.7)	45.5 (6.6)		
	C.V. (%)	13	6.6	11	8.4		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分布	ANOVA	Weibull	Weibull	ANOVA		
	C ₁	61.8 (1.3)	67.6 (9.8)	63.4 (9.2)	25.7 (0.54)		
	C ₂	128 (2.7)	18	10	243 (5.1)		
	试样数量	101	15	10	15		
	批 数	3	3	2	3		
	数据种类	临时	临时	筛选	临时		
E_2^{I} GPa (Msi)	平均值	9.31 (1.35)	9.31 (1.35)	8.41 (1.22)	8.21 (1.19)		
	最小值	7.86 (1.14)	8.62 (1.25)	6.48 (0.94)	7.10 (1.03)		
	最大值	12.6 (1.82)	10.4 (1.51)	10.5 (1.52)	9.38 (1.36)		
	C.V. (%)	9.29	4.96	12.5	8.65		
	试样数量	101	15	10	15		
	批 数	3	3	2	3		
	数据种类	临时	临时	筛选	临时		
V_{21}^{I}	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^{tu} ($\mu\epsilon$)	平均值	7200	6700	7600	4900		
	最小值	1300	5500	6900	4200		
	最大值	9500	7900	9300	5800		
	C.V. (%)	15	9.2	9.5	8.6		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分布	非参数	Weibull	正态	Weibull		
	C ₁	5	7000	7600	5100		
	C ₂		12	720	12		
	试样数量	97	15	10	15		
	批 数	3	3	2	3		
	数据种类	临时	临时	筛选	临时		

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 放置于71°C (160°F)，88%RH环境中直到重量的增加在1.0%-1.2%之间；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.7(d) 1轴压缩性能 ([0]_T)

材 料		Celion 12k/938 单向带							
树脂含量		26-35%(重量)		复合材料密度		1.56-1.61g/cm ³			
纤维体积含量		57-67%		空 隙 含 量		<1.5%			
单层厚度		0.117-0.185 mm (0.0046-0.0073 in)							
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算		20-40%极限载荷之间的弦线模量			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)							
温 度		24°C		-55°C		121°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境			
来源编码		12		12		12			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	1386 (201)	1365 (198)	1655 (240)	1655 (240)	1345 (195)	1386 (201)		
	最小值	1145 (166)	1186 (172)	1407 (204)	1490 (216)	1241 (180)	1234 (179)		
	最大值	1759 (255)	1696 (246)	1972 (286)	1903 (276)	1476 (214)	1579 (229)		
	C.V. (%)	9.88	8.99	11.3	8.25	5.48	7.26		
	B基准值	(1)		(1)		(1)			
	分 布	ANOVA		ANOVA		ANOVA			
	C ₁	1018 (21.4)	889 (18.7)	1479 (31.1)	1041 (21.9)	566 (11.9)	794 (16.7)		
	C ₂	187 (3.93)	159 (3.35)	266 (5.59)	236 (4.97)	241 (5.07)	266 (5.59)		
	试样数量	102		15		15			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	临时		临时		临时			
E_1^c GPa (Msi)	平均值	119 (17.2)	126 (18.2)	130 (18.8)	132 (19.1)	125 (18.1)	125 (18.1)		
	最小值	101 (14.7)	103 (15.0)	114 (16.6)	114 (16.6)	118 (17.1)	112 (16.3)		
	最大值	145 (21.0)	148 (21.5)	150 (21.7)	155 (22.5)	132 (19.1)	140 (20.3)		
	C.V. (%)	6.87	7.64	7.14	9.74	3.73	7.07		
	试样数量	97		15		15			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	临时		临时		临时			
ν_{12}^c	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.7(e) 1轴压缩性能 ([0]₇)

材 料		Celion 12k/938 单向带					
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.58-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		58-65%		空 隙 含 量		<1.0%	
单层厚度		0.112-0.185 mm (0.0044-0.0073 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算		20-40%极限载荷之间的弦线模量	
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)					
温 度		82°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		1.1 (1)					
来源编码		12					
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	1276 (185)	1296 (188)				
	最小值	1083 (157)	1103 (160)				
	最大值	1421 (206)	1496 (217)				
	C.V.(%)	7.40	7.55				
	B基准值	(2)					
	分 布	Weibull					
	C_1	1317 (191)	1338 (194)				
	C_2	16.3	14.4				
	试样数量	15					
	批 数	3					
数据种类		临时					
E_1^c GPa (Msi)	平均值	126 (18.2)	132 (19.2)				
	最小值	108 (15.7)	109 (15.8)				
	最大值	154 (22.3)	163 (23.7)				
	C.V.(%)	8.88	10.5				
	试样数量	15					
	批 数	3					
	数据种类	临时					
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 放置于71°C (160°F)，88%RH环境中直到重量的增加在1.0%-1.2%之间；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.7(f) 12面剪切性能 ($[\pm 45]_{2S}$)

材 料		Celion 12k/938 单向带					
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.57-1.61g/cm ³	
纤维体积含量		58-65%		空 隙 含 量		<1.4%	
单层厚度		0.112-0.163 mm (0.0044-0.0064 in)					
试验方法		ASTM D 3518-76		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C	-55°C	121°C	82°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	大气环境	1.1 (1)		
来源编码		12	12	12	12		
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	96.5 (14)	110 (16)	96.5 (14)	96.5 (14)		
	最小值	75.9 (11)	96.5 (14)	89.7 (13)	89.7 (13)		
	最大值	110 (16)	124 (18)	103 (15)	96.5 (14)		
	C.V. (%)	7.3	10.0	6.1	3.6		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分布	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA		
	C ₁	52.3 (1.1)	85.6 (1.8)	666 (14)	25.2 (0.53)		
	C ₂	209 (4.4)	276 (5.8)	904 (19)	219 (4.6)		
	试样数量	102	14	14	15		
	批 数	3	3	3	3		
	数据种类	临时	筛选	筛选	临时		
γ_{12}^{su} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 放置于71°C (160°F)，88%RH环境中直到重量的增加在1.0%-1.2%之间；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.7(g) 31面剪切性能 ($[0]_{14}$)

材 料	Celion 12k/938 单向带					
树脂含量	31-40%(重量)	复合材料密度	1.54-1.59g/cm ³			
纤维体积含量	52-62%	空 隙 含 量	<1.0%			
单层厚度	0.130-0.163 mm (0.0051-0.0064 in)					
试验方法	ASTM D 2344-67	模 量 计 算				
归一化	无					
温 度	24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境					
来源编码	12					
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	126 (18.3)				
	最小值	114 (16.6)				
	最大值	136 (19.7)				
	C.V. (%)	3.29				
	B基准值	(1)				
	分布	ANOVA				
	C_1	29.5 (0.62)				
	C_2	131 (2.76)				
	试样数量	102				
	批 数	3				
数据种类	筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只批准了用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

4.2.8 AS4 12k/3502 单向带

材料描述:

材 料: AS4 12k/3502

形 式: 单向带, 纤维面积重量为 150 g/m^2 , 固化后树脂含量为 32%-45%, 固化后单层厚度为 0.132 mm (0.0052 in)

固化工艺: 热压罐固化: 135°C (275°F), 0.586 MPa (85 psi), 45 分钟; 177°C (350°F), 0.586 MPa (85 psi), 2 小时。在 204°C (400°F) 下进行后固化处理以得到 177°C (350°F) 的最佳性能。

供应商提供的数据:

纤 维: AS4 纤维是由 PAN 的前驱体制造的具有高强度、高应变、普通模量的连续碳丝, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能, 有好的铺覆性。每一个丝束包含有 12 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa ($34 \times 10^6 \text{ psi}$), 拉伸强度为 3793 MPa ($550\,000 \text{ psi}$)。

树 脂: 3502 是一种环氧树脂, 在大气环境温度下存放 10 天。

最大短期使用温度: 177°C (350°F) (干态), 82°C (185°F) (湿态)

应 用: 商业和军用飞机的主承力和次承力结构。

数据分析:

1. 没有特别说明处, 只用归一化数据进行分析。

材 料:	AS4 12k/3502 单向带			
形 式:	Hercules AS4/3502 单向预浸带			
纤 维:	Hercules AS4 12k, 表面处理, 不加捻		树 脂:	Hercules 3502
T_g (干态):	208°C	T_g (湿态):	T_g 测量方法:	TMA
固化工艺:	热压罐固化: $135\text{--}141^\circ\text{C}$, $0.586\text{--}0.690 \text{ MPa}$, 90 分钟; 177°C , 120 分钟			

纤维制造日期:	4/83-6/83	试验日期:	11/83-7/84
树脂制造日期:	6/83	数据提交日期:	12/93, 5/94
预浸料制造日期:	6/83-7/83	分析日期:	8/94
复合材料制造日期:	8/83-5/84		

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A		82°C/W	121°C/W		
1 轴拉伸	BM-		BM-		BM-	BM-		
2 轴拉伸	BM-		BM-		BM-	BM-		
3 轴拉伸								
1 轴压缩	BM-		II-		BM-	BM-		
2 轴压缩	BM-		II-		BM-	BM-		
3 轴压缩								
12 面剪切	BM-		bM-		BM-	II-		
23 面剪切								
31 面剪切								

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

	名 义 值	提 交 值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.79	1.77-1.80	
树脂密度 (g/cm ³)	1.26	1.24-1.29	
复合材料密度 (g/cm ³)	1.57	1.56-1.59	
纤维面积重量 (g/m ²)	147	146-150	
纤维体积含量 (%)	58	55-60	
单层厚度 (mm)	0.140	0.124-0.155	

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.8(a) 1轴拉伸性能 ([0]_g)

材 料		AS4 12k/3502 单向带					
树脂含量		30-33%(重量)		复合材料密度		1.56-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		59-61%		空 隙 含 量		0.0-1.0%	
单层厚度		0.124-0.155 mm (0.0049-0.0061 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm)					
温 度		24°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.1-1.3 (1)	
来源编码		49		49		49	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{tu} MPa (ksi)	平均值	1779 (258)		1593 (231)		1800 (261)	
	最小值	1317 (191)		1117 (162)		965 (140)	
	最大值	2186 (317)		1276 (285)		2186 (317)	
	C.V.(%)	9.83		13.4		14.8	
	B基准值	1414 (205)		1193 (173)		1379 (200)	
	分 布	Weibull	(2)	Weibull	(2)	Weibull	(2)
	C_1	1855 (269)		1683 (244)		1903 (276)	
	C_2	11.2		8.82		9.39	
	试样数量	36		38		40	
	批 数	5		5		5	
	数据种类	B30		B30		B30	
E_1^{I} GPa (Msi)	平均值	133 (19.3)	(2)	132 (19.2)	(2)	136 (19.7)	(2)
	最小值	108 (15.6)		116 (16.8)		104 (15.1)	
	最大值	145 (21.0)		160 (23.2)		161 (23.3)	
	C.V.(%)	5.74		6.31		6.87	
	试样数量	36		38		40	
	批 数	5		5		5	
	数据种类	平均值		平均值		平均值	
ν_{12}^{I}	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{tu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

注: (1) 放置于71°C (160°F), 95%-100%RH的环境中直到吸湿量达到1.1%-1.3%之间;

(2) 只用归一化数据进行分析。

表4.2.8(b) 1轴拉伸性能 ($[0]_s$)

材 料		AS4 12k/3502 单向带					
树脂含量		30-33%(重量)		复合材料密度		1.56-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		59-61%		空 隙 含 量		0.0-1.0%	
单层厚度		0.140-0.150 mm (0.0055-0.0059 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm)					
温 度		121°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		1.1-1.3 (1)					
来源编码		49					
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^u MPa (ksi)	平均值	1765 (256)					
	最小值	1379 (200)					
	最大值	2076 (301)					
	C.V. (%)	9.39					
	B基准值	1317 (191)					
	分 布	ANOVA	(2)				
	C_1	1189 (25.0)					
	C_2	124 (2.61)					
	试样数量	30					
	批 数	5					
	数据种类	B30					
E_1' GPa (Msi)	平均值	139 (20.1)	(2)				
	最小值	123 (17.8)					
	最大值	165 (23.9)					
	C.V. (%)	7.32					
	试样数量	30					
	批 数	5					
	数据种类	平均值					
ν_{12}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注: (1) 放置于71°C (160°F), 95%-100%RH的环境中直到吸湿量达到1.1%-1.3%之间;

(2) 只用归一化数据进行分析。

表4.2.8(c) 2轴拉伸性能 ([90]₂₄)

材 料		AS4 12k/3502 单向带					
树脂含量	31-33%(重量)		复合材料密度		1.56-1.59g/cm ³		
纤维体积含量	59-60%		空 隙 含 量		0.0-1.0%		
单层厚度	0.132-0.150 mm (0.0052-0.0059 in)						
试验方法	ASTM D 3039-76		模 量 计 算		曲线的线性段		
归一化	无						
温 度		24°C	-54°C	82°C	121°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.1-1.3 (1)	1.1-1.3 (1)		
来源编码		49	49	49	49		
F_2^u MPa (ksi)	平均值	53.5 (7.76)	45.9 (6.65)	30.3 (4.39)	18.5 (2.68)		
	最小值	43.2 (6.26)	17.1 (2.48)	24.3 (3.52)	14.7 (2.13)		
	最大值	70.3 (10.2)	61.6 (8.93)	35.9 (5.20)	23.4 (3.40)		
	C.V. (%)	10.7	18.0	8.44	12.3		
	B基准值	43.3 (6.28)	31.5 (4.57)	23.9 (3.46)	11.4 (1.65)		
	分布	iE态	Weibull	ANOVA	ANOVA		
	C ₁	53.5 (7.76)	48.9 (7.09)	18.1 (0.38)	16.6(0.348)		
	C ₂	5.7 (0.832)	7.20	116 (2.43)	40 (2.94)		
	试样数量	30	30	30	30		
	批 数	5	5	5	5		
	数据种类	B30	B30	B30	B30		
E_2^t GPa (Msi)	平均值	9.31 (1.35)	9.93 (1.44)	8.34 (1.21)	6.61(0.958)		
	最小值	8.83 (1.28)	9.10 (1.32)	7.86 (1.14)	6.29(0.912)		
	最大值	10.3 (1.49)	10.9 (1.58)	9.31 (1.35)	7.31 (1.06)		
	C.V. (%)	4.26	4.16	4.02	3.61		
	试样数量	30	30	30	30		
	批 数	5	5	5	5		
	数据种类	平均值	平均值	平均值	平均值		
ν_{21}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^u ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注: (1) 放置于71°C (160°F), 95%-100%RH的环境中直到吸湿量达到1.1%-1.3%之间。

表4.2.8(d) 1轴压缩性能 ([0]₁₉)

材 料		AS4 12k/3502 单向带					
树脂含量		33-37%(重量)		复合材料密度		1.56-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		55-59%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.137-0.152 mm (0.0054-0.0060 in)					
试验方法		ASTM D 3410A-75		模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm)					
温 度		24°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.1-1.3 (1)	
来源编码		49		49		49	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	1407 (204)		1609 (233)		1214 (176)	
	最小值	1159 (168)		1428 (207)		1007 (146)	
	最大值	1559 (226)		1738 (252)		1379 (200)	
	C.V. (%)	6.45		5063		6.31	
	B基准值	1179 (171)		(2)		1000 (145)	
	分 布	ANOVA	(3)	Weibull	(3)	ANOVA	(3)
	C ₁	642 (13.5)		1641 (238)		547 (11.5)	
	C ₂	116 (2.44)		23.0		126 (2.65)	
	试样数量	30		15		30	
	批 数	5		5		5	
	数据种类	B30		临时		B30	
E_1^c GPa (Msi)	平均值	124 (18.0)	(3)	130 (18.8)	(3)	128 (18.6)	(3)
	最小值	117 (16.9)		118 (17.1)		121 (17.5)	
	最大值	134 (19.4)		141 (20.5)		138 (20.0)	
	C.V. (%)	3.19		5.43		3.36	
	试样数量	30		16		30	
	批 数	5		5		5	
	数据种类	平均值		临时		平均值	
	ν_{12}^c	平均值					
试样数量							
批 数							
数据种类							
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值		(2)		(2)		
	分 布		Weibull		正态		
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量	20		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			

注: (1) 放置于71°C (160°F), 95%-100%RH的环境中直到吸湿量达到1.1%-1.3%之间;

(2) 基准值仅适用于A类和B类数据;

(3) 只用归一化数据进行分析。

表4.2.8(e) 1轴压缩性能 ([0]₁₉)

材 料		AS4 12k/3502 单向带					
树脂含量		33-37%(重量)		复合材料密度		1.56-1.57g/cm ³	
纤维体积含量		55-59%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.137-0.152 mm (0.0054-0.0060 in)					
试验方法		ASTM D 3410A-75		模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm)					
温 度		121°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		1.1-1.3 (1)					
来源编码		49					
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	1014 (147)					
	最小值	814 (118)					
	最大值	1172 (170)					
	C.V. (%)	9.42					
	B基准值	821 (119)					
	分 布	Weibull	(2)				
	C ₁	1055 (153)					
	C ₂	12.5					
	试样数量	30					
	批 数	5					
数据种类		B30					
E_1^c GPa (Msi)	平均值	129 (18.7)	(2)				
	最小值	119 (17.3)					
	最大值	142 (20.6)					
	C.V. (%)	3.99					
	试样数量	30					
	批 数	5					
	数据种类		平均值				
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

注: (1) 放置于71°C (160°F), 95%-100%RH的环境中直到吸湿量达到1.1%-1.3%之间;

(2) 只用归一化数据进行分析。

表4.2.8(f) 2轴压缩性能 ([90]₂₄)

材 料		AS4 12k/3502 单向带					
树脂含量	31-33%(重量)			复合材料密度		1.56-1.59g/cm ³	
纤维体积含量	59-60%			空 隙 含 量		0.0-1.0%	
单层厚度	0.137-0.147 mm (0.0054-0.0058 in)						
试验方法	ASTM D 695M (1)(4)			模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化	无						
温 度		24°C	-54°C	82°C	121°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.1-1.3 (2)	1.1-1.3 (2)		
来源编码		49	49	49	49		
F ₂ ^{cu} MPa (ksi)	平均值	239 (34.6)	343 (49.8)	170 (24.7)	127 (18.4)		
	最小值	190 (27.5)	293 (42.5)	159 (23.0)	117 (17.0)		
	最大值	279 (40.4)	394 (57.2)	184 (26.7)	137 (19.9)		
	C.V. (%)	9.53	10.4	3.23	4.99		
	B基准值	183 (26.6)	(3)	154 (22.3)	106 (15.3)		
	分布	ANOVA	Weibull	ANOVA	ANOVA		
	C ₁	160 (3.37)	359 (52.1)	39.8(0.836)	47.1(0.990)		
	C ₂	113 (2.38)	11.3	133 (2.80)	151 (3.18)		
	试样数量	30	15	30	30		
	批 数	5	5	5	5		
	数据种类	B30	临时	B30	B30		
E ₂ ^c GPa (Msi)	平均值	9.72 (1.41)	11.6 (1.68)	8.55 (1.24)	7.52 (1.09)		
	最小值	8.90 (1.29)	10.8 (1.57)	7.86 (1.14)	6.71(0.973)		
	最大值	11.0 (1.60)	13.4 (1.95)	9.72 (1.41)	9.72 (1.41)		
	C.V. (%)	4.86	6.07	4.90	9.44		
	试样数量	30	15	30	30		
	批 数	5	5	5	5		
	数据种类	B30	临时	B30	B30		
ν ₂₁ ^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ε ₂ ^{cu} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注: (1) 加强片长度79.3 mm (3.12 in), 宽度12.7 mm (0.50 in), 工作段长度12.7 mm (0.50 in);

(2) 放置于71°C (160°F), 95%-100%RH的环境中直到吸湿量达到1.1%-1.3%之间;

(3) 基准值仅适用于A类和B类数据;

(4) 试验标准 ASTM D 695M-96 于1996年7月10日取消。

表4.2.8(g) 12面剪切性能 ($\pm 45^\circ$)₄₅

材 料		AS4 12k/3502 单向带					
树脂含量		31-33%(重量)		复合材料密度		1.56-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		59-60%		空 隙 含 量		0.0-1.0%	
单层厚度		0.135-0.150 mm (0.0053-0.0059 in)					
试验方法		ASTM D 3518-76		模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化		无					
温 度		24°C	-54°C	82°C	121°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.1-1.3 (1)	1.1-1.3 (1)		
来源编码		49	49	49	49		
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	102 (14.8)	106 (15.3)	93.1 (13.5)	79.3 (11.5)		
	最小值	94.5 (13.7)	91.7 (13.3)	86.2 (12.5)	72.4 (10.5)		
	最大值	109 (15.8)	112 (16.2)	97.2 (14.1)	85.5 (12.4)		
	C.V. (%)	3.18	4.58	3.39	4.27		
	B基准值	92.4 (13.4)	95.9 (13.9)	81.4 (11.8)	71.0 (10.3)		
	分布	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA		
	C ₁	23.9 (0.503)	33.6 (0.706)	23.9 (0.502)	23.9 (0.503)		
	C ₂	138 (2.91)	97.0 (2.04)	154 (3.24)	110 (2.32)		
	试样数量	36	23	37	42		
	批 数	5	5	5	5		
	数据种类	B30	B18	B30	B30		
γ_{12}^{su} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值	3.74 (0.543)	5.30 (0.769)	1.50 (0.217)	0.97 (0.141)		
	最小值	3.42 (0.496)	5.09 (0.738)	1.17 (0.169)	0.71 (0.103)		
	最大值	4.09 (0.593)	5.95 (0.863)	1.79 (0.260)	1.41 (0.205)		
	C.V. (%)	5.16	3.69	9.25	17.9		
	试样数量	33	23	33	41		
	批 数	5	5	5	5		
	数据种类	平均值	平均值	平均值	平均值		

注: (1) 放置于71°C (160°F), 95%-100%RH的环境中直到吸湿量达到1.1%-1.3%之间。

材 料:	AS4 12k/3502 单向带*			
形 式:	Hercules AS4/3502 单向预浸带			
纤 维:	Hercules AS4 12k, 表面处理		树 脂:	Hercules 3502
T_g (干态):	238°C(460°F)	T_g (湿态):	T_g 测量方法:	TMA
固化工艺:	热压罐固化: 135°C(275°F), 45 分钟; 177°C(350°F), 0.586 MPa, 2 小时; 后固化处理: 204°C(400°F), 4 小时			

*注: 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

纤维制造日期:	12/80-2/82	试验日期:	
树脂制造日期:		数据提交日期:	6/90
预浸料制造日期:	12/80-2/82	分析日期:	1/93
复合材料制造日期:			

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A	129°C/A		24°C/W	129°C/W	
1 轴拉伸	III			III			III	
2 轴拉伸	II-I					II-I	II-I	
3 轴拉伸								
1 轴压缩			II-I	II-I			II-I	
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								

注: 强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为: A——A75, a——A55, B——B30, b——B18, M——平均值, I——临时, S——筛选, ———无数据 (见表1.4.2(c))。

	名 义 值	提 交 值	试 验 方 法
纤维密度 (g/cm ³)	1.79	1.78-1.81	
树脂密度 (g/cm ³)	1.26		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.58		
纤维面积重量 (g/m ²)			
纤维体积含量 (%)	60	63-68	
单层厚度 (mm)		0.119-0.157	

注: 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注: 强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为: A——A75, a——A55, B——B30, b——B18, M——平均值, I——临时, S——筛选, ———无数据 (见表1.4.2(c))。

表4.2.8(h) 1轴拉伸性能 ($[0]_6$)

材 料		AS4 12k/3502 单向带					
树脂含量		25-29%(重量)		复合材料密度		1.59-1.62g/cm ³	
纤维体积含量		63-68%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.140-0.147 mm (0.0055-0.0058 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.142 mm)					
温 度		24°C		129°C		129°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境(1)		大气环境(1)		湿(2)	
来源编码		26		26		26	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{tu} MPa (ksi)	平均值	1745 (253)	1896 (275)	1855 (269)	2014 (292)	1731 (251)	1883 (273)
	最小值	1462 (212)	1559 (226)	1021 (148)	1138 (165)	1262 (183)	1352 (196)
	最大值	2028 (294)	2227 (323)	2165 (314)	2469 (358)	1979 (287)	2172 (315)
	C.V. (%)	8.35	9.49	15.2	16.5	9.09	10.4
	B基准值	(3)		(3)		(3)	
	分 布	ANOVA		ANOVA		ANOVA	
	C_1	1023 (21.5)	1294 (27.2)	1141 (24.0)	1436 (30.2)	1141 (24.0)	1436 (30.2)
	C_2	105 (2.20)	124 (2.60)	135 (2.83)	143 (3.01)	135 (2.83)	143 (3.01)
	试样数量	30		20		25	
	批 数	5		4		5	
	数据种类	临时		临时		临时	
E_1^t GPa (Msi)	平均值	129 (18.7)	141 (20.4)	127 (18.4)	138 (20.0)	131 (19.0)	142 (20.6)
	最小值	119 (17.3)	130 (18.9)	120 (17.4)	132 (19.1)	124 (18.0)	132 (19.2)
	最大值	139 (20.2)	153 (22.2)	136 (19.7)	143 (20.8)	136 (19.7)	152 (22.1)
	C.V. (%)	3.88	3.37	3.52	2.59	3.53	3.22
	试样数量	29		20		25	
	批 数	5		4		5	
	数据种类	临时		临时		临时	
ν_{12}^t	平均值		0.340		0.356		0.280
	试样数量	30		20		25	
	批 数	5		4		5	
	数据种类	临时		临时		临时	
ϵ_1^{tu} ($\mu\epsilon$)	平均值		12400		13900		12400
	最小值		10200		10400		9220
	最大值		14400		15700		13900
	C.V. (%)		8.65		12.0		8.95
	B基准值		(3)		(3)		(3)
	分 布		ANOVA		ANOVA		ANOVA
	C_1		1120		1850		1170
	C_2		2.62		3.92		2.87
	试样数量	30		20		25	
	批 数	5		4		5	
	数据种类	临时		临时		临时	

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在82°C (180°F)，大气环境相对湿度中放置2天；
- (2) 在82°C (180°F)，75%RH环境中放置10天；
- (3) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.8(i) 2轴拉伸性能 ([90]₁₅)

材 料		AS4 12k/3502 单向带					
树脂含量		25-29%(重量)		复合材料密度		1.59-1.62g/cm ³	
纤维体积含量		63-68%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.140-0.147 mm (0.0055-0.0059 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C	24°C	129°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境(1)	湿 (2)	湿 (2)			
来源编码		26	26	26			
F_2^m MPa (ksi)	平均值	55.4 (8.04)	22.6 (3.27)	22.7 (3.29)			
	最小值	40.9 (5.93)	17.5 (2.54)	18.1 (2.62)			
	最大值	73.1 (10.6)	28.6 (4.15)	28.6 (4.15)			
	C.V. (%)	13.5	16.3	13.0			
	B基准值	(3)	(3)	(3)			
	分布	ANOVA	ANOVA	ANOVA			
	C ₁	52.8 (1.11)	26.6 (0.560)	21.5 (0.452)			
	C ₂	112 (2.36)	180 (3.79)	150 (3.16)			
	试样数量	30	15	20			
	批 数	5	3	4			
数据种类	临时	临时	临时				
E_2^1 GPa (Msi)	平均值	10.3 (1.50)	7.17 (1.04)	7.17 (1.04)			
	最小值	9.86 (1.43)	6.55 (0.95)	6.55 (0.95)			
	最大值	10.9 (1.58)	7.59 (1.10)	7.59 (1.10)			
	C.V. (%)	2.76	5.1	4.3			
	试样数量	30	15	20			
	批 数	5	3	4			
	数据种类	临时	临时	临时			
ν_{21}^1	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^m (με)	平均值	5500	3320	3440			
	最小值	4000	2750	2840			
	最大值	7390	4200	4200			
	C.V. (%)	13.7	13.3	12.1			
	B基准值	(3)	(3)	(3)			
	分布	Weibull	ANOVA	ANOVA			
	C ₁	5820	506	456			
	C ₂	7.67	5.66	3.79			
	试样数量	30	15	20			
	批 数	5	3	4			
	数据种类	临时	临时	临时			

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在82°C (180°F)，大气环境相对湿度中放置2天；
- (2) 在82°C (180°F)，75%RH环境中放置63天；
- (3) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.8(j) 1轴压缩性能 ($[0]_c$)

材 料		AS4 12k/3502 单向带					
树脂含量		25-29%(重量)		复合材料密度		1.59-1.62g/cm ³	
纤维体积含量		63-68%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.119-0.157 mm (0.0047-0.0062 in)					
试验方法		ASTM D 3410C		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm)					
温 度		-54°C		129°C		129°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境(1)		大气环境(1)		湿 (2)	
来源编码		26		26		26	
		归一化的		测量的		归一化的	
		测量的		测量的		测量的	
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	1559 (226)	1775 (253)	1572 (228)	1717 (249)	1214 (176)	1324 (192)
	最小值	1193 (173)	1421 (206)	979 (142)	1034 (150)	959 (139)	1007 (146)
	最大值	2117 (307)	2241 (325)	1896 (275)	2014 (292)	1434 (208)	1572 (228)
	C.V. (%)	16.8	14.1	15.0	15.1	11.5	13.3
	B基准值	(3)		(3)		(3)	
	分 布	Weibull		Weibull		Weibull	
	C_1	1669 (242)	1855 (269)	1662 (241)	1821 (264)	1269 (184)	1400 (203)
	C_2	6.23	7.45	8.66	9.19	10.6	9.32
	试样数量	15		15		15	
	批 数	3		3		3	
数据种类		临时		临时		临时	
E_1^c GPa (Msi)	平均值	133 (19.3)	146 (21.1)	146 (21.2)	160 (23.2)	135 (19.6)	148 (21.4)
	最小值	118 (17.1)	133 (19.3)	118 (17.1)	133 (19.3)	128 (18.5)	141 (20.5)
	最大值	150 (21.8)	163 (23.7)	159 (23.1)	181 (26.3)	142 (20.6)	155 (22.5)
	C.V. (%)	6.63	7.30	9.53	9.70	3.85	3.70
	试样数量	15		15		15	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	临时		临时		临时	
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		16200		13400		10500
	最小值		11100		7370		7770
	最大值		21200		16000		12800
	C.V. (%)		17.4		16.2		14.1
	B基准值		(3)		(3)		(3)
	分 布		Weibull		Weibull		Weibull
	C_1		17400		14200		11100
	C_2		6.39		8.53		8.71
	试样数量	15		15		15	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	临时		临时		临时	

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在82°C (180°F)，大气环境相对湿度中放置2天；
- (2) 在66°C (150°F)，98%RH环境中放置14天；
- (3) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.9 Celion 3000/E7K8 平纹机织物*

材料描述:

材 料: Celion 3000/E7K8
 形 式: 平纹机织物, 纤维面积重量为 195 g/m^2 , 固化后树脂含量为 37%-44%, 固化后单层厚度为 0.191-0.213 mm (0.0075-0.0084 in)。
 固化工艺: 热压罐固化; 154°C (310°F), 0.586 MPa (85 psi), 2 小时。对厚部件的固化采用低放热曲线。

供应商提供的数据:

纤 维: Celion 3 000 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 每一个丝束包含有 3 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa ($34 \times 10^6 \text{ psi}$), 拉伸强度为 $3 552 \text{ MPa}$ ($515 000 \text{ psi}$)。好的铺覆性。

树 脂: E7K8 是具有中等流动性、低放热的环氧树脂, 有良好的黏性, 在大气环境温度下存放 20 天。

最大短期使用温度: 149°C (300°F) (干态), 88°C (190°F) (湿态)

应 用: 商业和军用飞机的主承力和次承力结构, 喷气式发动机如固定翼面和反推力装置的阻流门。

材 料:	Celion 3000/E7K8 平纹机织物			
形 式:	U.S. Polymeric Celion 3000/E7K8 平纹机织物, 195 级预浸带			
纤 维:	Celanese Celion 3000		树 脂:	U.S. Polymeric E7K8
T_g (干态):		T_g (湿态):		T_g 测量方法:
固化工艺:	热压罐固化; 154°C , 0.586 MPa, 2 小时			

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 1/88
预浸料制造日期: 2/86-3/86	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: *该数据是在数据文档要求建立 (1989年6月) 以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A	82°C/A		24°C/W	82°C/W	
1 轴拉伸	SS-S		SS-			SSSS	SSS-	
2 轴拉伸	SS-S		SS-S			SS-S	SS-S	
3 轴拉伸								
1 轴压缩	SS-S		SS-S	SS-S		SS-S	SS-S	
2 轴压缩	SS-S		SS-	SS-		SS-S	SS-	
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S—		S—	S—		S—	S—	

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.80		
树脂密度 (g/cm ³)	1.28		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.54	1.37-1.55	
纤维面积重量 (g/m ²)	195		
纤维体积含量 (%)	50	51-56	
单层厚度 (mm)	0.191	0.198-0.279	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.9(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_{110}$)

材 料		Celion 3000/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		37-38%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		55-56%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.198-0.216 mm (0.0078-0.0085 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.191 mm)					
温 度		24°C		-54°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境			
来源编码		20		20			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^u MPa (ksi)	平均值	910 (132)	883 (128)	759 (110)	731 (106)		
	最小值	828 (120)	793 (115)	697 (101)	679 (98.4)		
	最大值	986 (143)	965 (140)	814 (118)	779 (113)		
	C.V. (%)	4.7	5.8	6.2	5.4		
	B基准值	(1)		(1)			
	分 布	Weibull		正态			
	C_1	931 (135)	910 (132)	759 (110)	731 (106)		
	C_2	25.7	21.4	47.4 (6.88)	39.6 (5.74)		
	试样数量	20		5			
	批 数	1		1			
数据种类		筛选		筛选			
E_1^t GPa (Msi)	平均值	66.7 (9.67)	64.7 (9.38)	68.8 (9.98)	66.6 (9.66)		
	最小值	65.4 (9.49)	61.0 (8.85)	67.7 (9.82)	65.2 (9.46)		
	最大值	68.8 (9.98)	67.2 (9.74)	69.0 (10.0)	68.3 (9.90)		
	C.V. (%)	1.2	2.5	1.0	1.8		
	试样数量	20		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
ν_{12}^t	平均值		0.0580				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值		13700		11000		
	最小值		12300		10200		
	最大值		14800		11600		
	C.V. (%)		4.5		5.4		
	B基准值		(1)		(1)		
	分 布		Weibull		正态		
	C_1		14000		11000		
	C_2		26.8		592		
	试样数量	20		5			
	批 数	1		1			
数据种类		筛选		筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.9(b) 1轴拉伸性能 ($[\sigma]_{10}$)

材 料		Celion 3000/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		37%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		55%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.198-0.206 mm (0.0078-0.0081 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.191 mm)					
温 度		24°C		82°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		湿 (1)		湿 (1)			
来源编码		20		20			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^w MPa (ksi)	平均值	862 (125)	841 (122)	848 (123)	828 (120)		
	最小值	765 (111)	724 (105)	786 (114)	772 (112)		
	最大值	897 (130)	890 (129)	903 (131)	876 (127)		
	C.V. (%)	6.3	8.1	6.5	6.3		
	B基准值	(2)		(2)			
	分 布	正态		正态			
	C_1	862 (125)	841 (122)	848 (123)	828 (120)		
	C_2	54.7 (7.93)	68.5 (9.93)	5.1 (7.99)	51.9 (7.52)		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
E_1^t GPa (Msi)	数据种类	筛选		筛选			
	平均值	63.7 (9.23)	62.1 (9.01)	65.9 (9.55)	64.3 (9.33)		
	最小值	61.6 (8.93)	60.8 (8.81)	64.6 (9.37)	63.1 (9.15)		
	最大值	65.7 (9.53)	63.4 (9.20)	67.9 (9.84)	66.4 (9.63)		
	C.V. (%)	2.5	1.7	1.9	2.0		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
ν_{12}^t	数据种类	筛选		筛选			
	平均值		0.0620		0.0560		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
ϵ_1^w ($\mu\epsilon$)	数据种类	筛选		筛选			
	平均值		13700		12800		
	最小值		12100		11200		
	最大值		14300		14100		
	C.V. (%)		6.9		9.6		
	B基准值		(2)		(2)		
	分 布		正态		正态		
	C_1		13700		12800		
	C_2		939		1230		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C (160°F)，85%RH环境中放置7天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.9(c) 1轴拉伸性能 ($[0]_{12}$)

材 料		Celion 3000/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		39-44%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		51-54%		空 隙 含 量		0.04-0.5%	
单层厚度		0.198-0.216 mm (0.0079-0.0084 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.191 mm)					
温 度		24°C		-54°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境			
来源编码		20		20			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{tu} MPa (ksi)	平均值	910 (132)	841 (122)	841 (122)	793 (115)		
	最小值	731 (106)	690 (100)	807 (117)	765 (111)		
	最大值	1014 (147)	938 (136)	869 (126)	848 (123)		
	C.V. (%)	7.5	7.5	2.8	4.3		
	B基准值	(1)		(1)			
	分 布	Weibull		正态			
	C ₁	938 (136)	869 (126)	841 (122)	800 (116)		
	C ₂	16.4	17.3	23.7 (3.44)	34.3 (4.97)		
	试样数量	20		5			
	批 数	1		1			
数据种类	筛选		筛选				
E_1^t GPa (Msi)	平均值	68.7 (9.96)	63.5 (9.21)	64.1 (9.29)	60.8 (8.82)		
	最小值	64.1 (9.30)	60.3 (8.74)	61.7 (8.95)	58.7 (8.51)		
	最大值	68.8 (9.98)	67.4 (9.78)	66.6 (9.66)	64.9 (9.41)		
	C.V. (%)	1.2	2.5	2.8	4.0		
	试样数量	20		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
V_{12}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{tu} ($\mu\epsilon$)	平均值		14100				
	最小值		13600				
	最大值		14600				
	C.V. (%)		2.6				
	B基准值		(1)				
	分 布		正态				
	C ₁		14100				
	C ₂		371				
	试样数量	5					
	批 数	1					
数据种类	筛选						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.9(d) 1轴拉伸性能 ($\{0_d\}_{12}$)

材 料		Celion 3000/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		42%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		51%		空 隙 含 量		0.48%	
单层厚度		0.206-0.211 mm (0.0081-0.0083 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.191 mm)					
温 度		24°C		82°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		湿 (1)		湿 (1)			
来源编码		20		20			
		归一化的		测量的		归一化的	
		测量的		归一化的		测量的	
F_1^{tu} MPa (ksi)	平均值	1000 (145)	890 (129)	1021 (148)	917 (133)		
	最小值	986 (143)	862 (125)	959 (139)	855 (124)		
	最大值	1021 (148)	903 (131)	1062 (154)	979 (142)		
	C.V. (%)	1.6	1.8	4.0	5.6		
	B基准值	(2)		(2)			
	分 布	正态		正态			
	C_1	1000 (145)	890 (129)	1021 (148)	917 (133)		
	C_2	15.4 (2.23)	16.3 (2.37)	41.0 (5.94)	51.7 (7.50)		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
E_1^t GPa (Msi)	数据种类	筛选		筛选			
	平均值	73.1 (10.6)	65.0 (9.42)	71.0 (10.3)	63.5 (9.21)		
	最小值	69.7 (10.1)	60.6 (8.79)	69.6 (10.1)	61.4 (8.91)		
	最大值	78.6 (11.4)	69.0 (10.0)	72.4 (10.5)	65.7 (9.53)		
	C.V. (%)	4.9	5.0	1.3	2.7		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
ν_{12}^t	数据种类	筛选		筛选			
	平均值		0.0560		0.0560		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
ϵ_1^{tu} ($\mu\epsilon$)	数据种类	筛选		筛选			
	平均值		13400				
	最小值		12300				
	最大值		14300				
	C.V. (%)		5.30				
	B基准值		(2)				
	分 布		正态				
	C_1		13400				
	C_2		713				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C (160°F)，85%RH环境中放置7天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.9(e) 2轴拉伸性能 ([90]₁₀)

材 料		Celion 3000/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		36%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		56%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.198-0.213 mm (0.0078-0.0084 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.191 mm)					
温 度		24°C		-54°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境			
来源编码		20		20			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_2^m MPa (ksi)	平均值	883 (128)	876 (127)	779 (113)	765 (111)		
	最小值	828 (120)	793 (115)	697 (101)	690 (100)		
	最大值	945 (137)	924 (134)	862 (125)	841 (122)		
	C.V. (%)	3.6	3.7	9.1	8.9		
	B基准值	(1)		(1)			
	分 布	正态		正态			
	C ₁	883 (128)	876 (127)	779 (113)	765 (111)		
	C ₂	32.0 (4.64)	32.3 (4.69)	71.0 (10.3)	68.2 (9.89)		
	试样数量	20		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
E_2' GPa (Msi)	平均值	65.5 (9.50)	64.6 (9.37)	65.6 (9.51)	64.4 (9.34)		
	最小值	64.5 (9.36)	62.3 (9.04)	64.1 (9.29)	63.4 (9.20)		
	最大值	66.8 (9.69)	67.0 (9.71)	66.5 (9.65)	66.8 (9.68)		
	C.V. (%)	0.98	1.8	1.6	2.1		
	试样数量	20		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
ν_{21}^I	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^m ($\mu\epsilon$)	平均值		13400		11700		
	最小值		12600		10700		
	最大值		14200		12700		
	C.V. (%)		3.5		7.7		
	B基准值		(1)		(1)		
	分 布		Weibull		正态		
	C ₁		13600		11700		
	C ₂		32.5		902		
	试样数量	20		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.9(f) 2轴拉伸性能 (90°)

材 料		Celion 3000/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		36%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		56%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.198-0.213 mm (0.0078-0.0084 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.191 mm)					
温 度		24°C		82°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		湿 (1)		湿 (1)			
来源编码		20		20			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_2^u MPa (ksi)	平均值	821 (119)	807 (117)	897 (130)	883 (128)		
	最小值	724 (105)	717 (104)	890 (129)	862 (125)		
	最大值	897 (130)	869 (126)	910 (132)	903 (131)		
	C.V. (%)	7.8	7.3	0.89	1.8		
	B基准值	(2)		(2)			
	分 布	正态		正态			
	C ₁	821 (119)	807 (117)	897 (130)	883 (128)		
	C ₂	64.5 (9.35)	58.7 (8.51)	8.00 (1.16)	16.2 (2.35)		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
数据种类		筛选		筛选			
E_2^t GPa (Msi)	平均值	62.6 (9.08)	61.5 (8.92)	64.5 (9.35)	63.3 (9.18)		
	最小值	61.9 (8.98)	60.2 (8.73)	63.9 (9.26)	61.8 (8.96)		
	最大值	63.5 (9.21)	63.0 (9.14)	65.4 (9.48)	64.7 (9.38)		
	C.V. (%)	1.2	1.6	1.2	1.8		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
V_{21}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^u ($\mu\epsilon$)	平均值		13100		14200		
	最小值		11400		13700		
	最大值		14400		14800		
	C.V. (%)		8.7		3.5		
	B基准值		(2)		(2)		
	分 布		正态		正态		
	C ₁		13100		14200		
	C ₂		1135		490		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在71°C (160°F)，85%RH环境中放置7天；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.9(g) 1轴压缩性能 ($[0]_{110}$)

材 料		Celion 3000/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		36-40%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		53-55%		空 隙 含 量		0.0-0.75%	
单层厚度		0.201-0.213 mm (0.0079-0.0084 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.191 mm)					
温 度		24°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		20		20		20	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	717 (104)	697 (101)	834 (121)	814 (118)	672 (97.4)	652 (94.5)
	最小值	624 (90.5)	605 (87.7)	779 (113)	765 (111)	603 (87.5)	587 (85.1)
	最大值	841 (122)	828 (120)	910 (132)	869 (126)	724 (105)	690 (100)
	C.V. (%)	8.3	8.7	5.9	4.7	7.2	7.1
	B基准值	(1)		(1)		(1)	
	分 布	Weibull		正态		正态	
	C_1	745 (108)	724 (105)	834 (121)	814 (118)	672 (97.4)	652 (94.5)
	C_2	13.0	12.1	49.6 (7.19)	38.5 (5.58)	48.3 (7.00)	46.3 (6.72)
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
E_1^c GPa (Msi)	平均值	68.1 (9.88)	62.2 (9.02)	67.8 (9.83)	64.3 (9.33)	65.2 (9.45)	63.2 (9.16)
	最小值	65.9 (9.56)	59.7 (8.65)	67.2 (9.75)	63.4 (9.20)	63.0 (9.14)	61.3 (8.89)
	最大值	71.0 (10.3)	64.1 (9.29)	68.6 (9.95)	65.4 (9.48)	66.6 (9.66)	64.6 (9.37)
	C.V. (%)	2.3	2.0	1.0	1.1	2.3	2.0
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		10900		12200		10400
	最小值		10500		12000		10200
	最大值		11200		12300		10800
	C.V. (%)		2.2		1.0		2.3
	B基准值		(1)		(1)		(1)
	分 布		Weibull		正态		正态
	C_1		11000		12200		10400
	C_2		54.2		122		239
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.9(h) 1轴压缩性能 ($[0]_{10}$)

材 料		Celion 3000/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		36-37%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		54-56%		空 隙 含 量		0.0-0.70%	
单层厚度		0.185-0.218 mm (0.0073-0.0086 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.191 mm)					
温 度		24°C		82°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		湿 (1)		湿 (1)			
来源编码		20		20			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	585 (94.9)	639 (92.6)	544 (78.9)	535 (77.6)		
	最小值	619 (89.7)	608 (88.2)	501 (72.7)	486 (70.5)		
	最大值	703 (102)	681 (98.8)	574 (83.2)	568 (82.3)		
	C.V. (%)	5.5	4.9	5.7	6.0		
	B基准值	(2)		(2)			
	分 布	正态		正态			
	C_1	585 (94.9)	639 (92.6)	544 (78.9)	535 (77.6)		
	C_2	37.7 (5.47)	31.5 (4.57)	31.2 (4.53)	32.1 (4.65)		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
E_1^c GPa (Msi)	平均值	64.8 (9.39)	61.5 (8.92)	61.9 (8.97)	58.8 (8.52)		
	最小值	60.7 (8.80)	56.0 (8.12)	58.3 (8.45)	56.4 (8.18)		
	最大值	70.3 (10.2)	67.5 (9.79)	65.8 (9.54)	60.7 (8.80)		
	C.V. (%)	6.3	6.8	4.4	3.5		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
V_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
E_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		9800		8130		
	最小值		8970		7620		
	最大值		10400		8600		
	C.V. (%)		6.0		4.4		
	B基准值		(2)		(2)		
	分 布		正态		正态		
	C_1		9800		8130		
	C_2		590		356		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C (160°F)，85%RH环境中放置7天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.9(i) 1轴压缩性能 ($\{0_d\}_{12}$)

材 料		Celion 3000/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		38-40%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		52-54%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.198-0.213 mm (0.0078-0.0084 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.191 mm)					
温 度		24°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,R,H)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		20		20		20	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	786 (114)	738 (107)	917 (133)	841 (122)	710 (103)	673 (97.6)
	最小值	596 (86.4)	582 (84.4)	876 (127)	800 (116)	662 (96.0)	615 (89.2)
	最大值	883 (128)	834 (121)	959 (139)	890 (129)	786 (114)	738 (107)
	C.V.(%)	9.5	9.1	3.9	4.6	6.8	7.2
	B基准值	(1)		(1)		(1)	
	分 布	Weibull		正态		正态	
	C ₁	814 (118)	765 (111)	917 (133)	841 (122)	710 (103)	673 (97.6)
	C ₂	13.8	14.0	36.0 (5.22)	38.6 (5.60)	48.2 (6.99)	48.5 (7.04)
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
E_1^c GPa (Msi)	平均值	56.7 (8.22)	53.8 (7.80)	58.3 (8.45)	53.2 (7.71)	57.9 (8.40)	52.9 (7.67)
	最小值	55.7 (8.07)	51.8 (7.51)	57.0 (8.27)	51.2 (7.43)	56.5 (8.20)	52.3 (7.58)
	最大值	58.6 (8.50)	55.5 (8.05)	60.2 (8.73)	55.8 (8.09)	58.9 (8.54)	54.1 (7.84)
	C.V.(%)	1.6	2.2	2.3	3.4	1.5	1.4
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
E_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		13500				
	最小值		13000				
	最大值		13700				
	C.V.(%)		1.6				
	B基准值		(1)				
	分 布		非参数				
	C ₁		10				
	C ₂		1.25				
	试样数量	20					
	批 数	1					
数据种类	筛选						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.9(j) 1轴压缩性能 ($[0]_{12}$)

材 料		Celon 3000/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		38-40%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		52-54%		空隙含量		0.0-0.04%	
单层厚度		0.203-0.213 mm (0.0080-0.0084 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模量计算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.191 mm)					
温 度		24°C		82°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		湿 (1)		湿 (1)			
来源编码		20		20			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	663 (96.1)	625 (90.7)	553 (80.2)	522 (75.7)		
	最小值	579 (83.9)	541 (78.4)	513 (74.4)	498 (72.2)		
	最大值	738 (107)	697 (101)	574 (83.3)	551 (79.9)		
	C.V. (%)	9.3	9.4	4.7	4.4		
	B基准值	(2)		(2)			
	分 布	正态		正态			
	C_1	663 (96.1)	625 (90.7)	553 (80.2)	522 (75.7)		
	C_2	61.4 (8.91)	59.0 (8.55)	25.7 (3.73)	22.8 (3.31)		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
数据种类		筛选		筛选			
E_1^c GPa (Msi)	平均值	62.6 (9.08)	57.2 (8.30)	64.5 (9.36)	58.9 (8.54)		
	最小值	61.0 (8.84)	54.5 (7.91)	63.0 (9.14)	56.5 (8.20)		
	最大值	63.2 (9.17)	59.4 (8.62)	66.0 (9.57)	61.0 (8.84)		
	C.V. (%)	1.5	3.2	2.0	2.9		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		10700				
	最小值		10600				
	最大值		11000				
	C.V. (%)		1.5				
	B基准值		(2)				
	分 布		正态				
	C_1		10700				
	C_2		164				
	试样数量	5					
	批 数	1					
数据种类		筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在71°C (160°F)，85%RH环境中放置7天；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.9(k) 31面剪切性能 ($[0]_{14}$)

材 料		Celion 3000/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		36-39%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		54-56%		空 隙 含 量		0.0-0.75%	
单层厚度		0.201-0.206 mm (0.0079-0.0081 in)					
试验方法		ASTM D 2344-68		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C	-54°C	82°C	24°C	82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	大气环境	湿 (1)	湿 (1)	
来源编码		20	20	20	20	20	
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	71.0 (10.3)	80.0 (11.6)	66.9 (9.70)	67.7 (9.81)	47.7 (6.92)	
	最小值	65.0 (9.43)	73.8 (10.7)	64.4 (9.34)	63.7 (9.24)	45.5 (6.60)	
	最大值	78.6 (11.4)	93.8 (13.6)	68.5 (9.94)	71.7 (10.4)	49.8 (7.22)	
	C.V. (%)	5.7	10.8	3.0	7.0	3.4	
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	
	分布	正态	正态	正态	正态	正态	
	C ₁	71.0 (10.3)	80.0 (11.6)	66.9 (9.70)	67.7 (9.81)	47.7 (6.92)	
	C ₂	3.08 (0.446)	8.62 (1.25)	2.02 (0.293)	3.48 (0.505)	1.63 (0.237)	
	试样数量	20	5	5	5	5	
	批 数	1	1	1	1	1	
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选	筛选	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C (160°F)，85%RH环境中放置7天；
- (2) 只批准了用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

表4.2.9(I) 31面剪切性能 ($[0]_{12}$)

材 料	Celion 3000/E7K8 平纹机织物					
树脂含量	39%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量	54%		空 隙 含 量		0.29%	
单层厚度	0.203 mm (0.0080 in)					
试验方法	ASTM D 2344-68		模 量 计 算			
归一化	无					
温 度	24°C	-54°C	82°C	24°C	82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境	大气环境	大气环境	湿 (1)	湿 (1)	
来源编码	20	20	20	20	20	
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	67.3 (9.76)	70.3 (10.2)	67.0 (9.72)	67.0 (9.72)	60.1 (8.72)
	最小值	62.1 (9.00)	65.8 (9.54)	60.4 (8.76)	60.4 (8.76)	57.6 (8.35)
	最大值	73.8 (10.7)	72.4 (10.5)	71.0 (10.3)	71.0 (10.3)	62.1 (9.00)
	C.V.(%)	4.8	3.9	6.1	6.1	2.8
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	分布	正态	正态	正态	正态	正态
	C ₁	67.3 (9.76)	70.3 (10.2)	67.0 (9.72)	67.0 (9.72)	60.1 (8.72)
	C ₂	3.24 (0.470)	2.72 (0.395)	4.08 (0.591)	4.08 (0.591)	1.70 (0.247)
	试样数量	20	5	5	5	5
	批 数	1	1	1	1	1
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选	筛选

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C (160°F)，85%RH环境中放置7天；
- (2) 只批准了用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

4.2.10 HITEX 33 6k/E7K8 平纹机织物*

材料描述:

材 料: HITEX 33 6k/E7K8
形 式: 平纹机织物,纤维面积重量为 195 g/m²,固化后树脂含量为 37%-41%,
固化后单层厚度为 0.216 mm (0.0085 in)。
固化工艺: 热压罐固化; 154°C (310°F), 0.586 MPa (85 psi), 2 小时。对厚
部件的固化采用低放热曲线。

供应商提供的数据:

纤 维: HITEX 33 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳丝, 每一个丝束包
含有 6 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa (33×10⁶ psi), 拉伸强度
为 3862 MPa (560 000 psi)。好的铺覆性。
树 脂: E7K8 是具有中等流动性、低放热的环氧树脂, 有良好的黏性, 在大
气环境温度下存放 20 天。
最大短期使用温度: 149°C (300°F) (干态), 88°C (190°F) (湿态)
应 用: 商业和军用飞机的主承力和次承力结构及喷气式发动机, 如固定翼
面和反推力装置的阻流门。

材 料:	HITEX 33 6k/E7K8 平纹机织物				
形 式:	U.S. Polymeric Hitex 33 6k/E7K8 平纹机织物预浸带				
纤 维:	Hitco HITEX 33 6kg			树 脂:	U.S. Polymeric E7K8
T _g (干态):		T _g (湿态):		T _g 测量方法:	
固化工艺:	热压罐固化: 154°C, 0.586 MPa, 2 小时				

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 1/88
预浸料制造日期:	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: *该数据是在数据文档要求建立 (1989年6月) 以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A	82°C/A		24°C/W	82°C/W	
1 轴拉伸								
2 轴拉伸	SSSS		SS-S			SSSS	SSSS	
3 轴拉伸								
1 轴压缩	SS-S		SS-	SS--		SS-S	SS--	
2 轴压缩	SS-S		SS-	SS--		SS-S	SS-	
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
SB 强度 31 面	S---		S---			S---	S---	

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，-——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.77		
树脂密度 (g/cm ³)	1.27		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.56		
纤维面积重量 (g/m ²)	195		
纤维体积含量 (%)	58	47-55	
单层厚度 (mm)	0.216	0.196-0.251	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，-——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.10(a) 2轴拉伸性能 ($[90]_{12}$)

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 平纹机织物							
树脂含量		37-41%(重量)		复合材料密度		1.53-1.55g/cm ³			
纤维体积含量		51-55%		空 隙 含 量		0.0%			
单层厚度		0.221-0.251 mm (0.0087-0.0098 in)							
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算					
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.193 mm)							
温 度		24°C		-54°C		24°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		湿 (1)			
来源编码		20		20		20			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_2^u MPa (ksi)	平均值	903 (131)	855 (124)	869 (126)	841 (122)	924 (134)	821 (119)		
	最小值	828 (120)	710 (103)	841 (122)	765 (111)	897 (130)	786 (114)		
	最大值	959 (139)	938 (136)	903 (131)	903 (131)	945 (137)	862 (125)		
	C.V. (%)	4.3	6.8	3.1	6.7	2.8	3.8		
	B基准值	(2)		(2)		(2)			
	分 布	Weibull		正态		正态			
	C_1	924 (134)	883 (128)	869 (126)	841 (122)	924 (134)	828 (120)		
	C_2	28.2	17.8	26.8 (3.88)	56.3 (8.16)	25.4 (3.69)	31.4 (4.55)		
	试样数量	20		5		5			
	批 数	1		1		1			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
E_2^t GPa (Msi)	平均值	59.7 (8.65)	56.1 (8.14)	55.9 (8.10)	53.9 (7.82)	66.3 (9.61)	59.0 (8.55)		
	最小值	55.2 (8.01)	51.9 (7.52)	53.3 (7.73)	52.0 (7.54)	63.9 (9.26)	56.5 (8.20)		
	最大值	66.5 (9.65)	59.4 (8.62)	57.2 (8.29)	57.0 (8.26)	68.5 (9.94)	63.0 (9.13)		
	C.V. (%)	6.2	3.1	2.7	3.4	2.8	4.1		
	试样数量	20		5		5			
	批 数	1		1		1			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
ν_{21}^t	平均值		0.0460				0.0540		
	试样数量	5				5			
	批 数	1				1			
	数据种类	筛选				筛选			
ϵ_2^u ($\mu\epsilon$)	平均值		14300		15600		10500		
	最小值		13700		14600		9930		
	最大值		14900		16500		10800		
	C.V. (%)		3.8		4.4		3.2		
	B基准值		(2)		(2)		(2)		
	分 布		正态		正态		正态		
	C_1		14300		15600		10500		
	C_2		541		687		335		
	试样数量	5		5		5			
	批 数	1		1		1			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在71°C (160°F)，85%RH环境中放置14天；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.10(b) 2轴拉伸性能 ([90]₁₂)

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		41%(重量)		复合材料密度		1.53g/cm ³	
纤维体积含量		51%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.226-0.239 mm (0.0089-0.0094 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.193 mm)					
温 度		82°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		湿 (1)					
来源编码		20					
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_2^u MPa (ksi)	平均值	952 (138)	841 (122)				
	最小值	828 (120)	738 (107)				
	最大值	1069 (155)	931 (135)				
	C.V. (%)	10.2	9.1				
	B基准值	(2)					
	分 布	正态					
	C ₁	952 (138)	848 (123)				
	C ₂	97.2 (14.1)	76.5 (11.1)				
	试样数量	5					
	批 数	1					
数据种类		筛选					
E_2^t GPa (Msi)	平均值	68.3 (9.91)	60.7 (8.80)				
	最小值	62.8 (9.11)	56.8 (8.23)				
	最大值	73.8 (10.7)	63.7 (9.23)				
	C.V. (%)	7.2	5.3				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ν_{21}^t	平均值		0.0700				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ϵ_2^u ($\mu\epsilon$)	平均值		10400				
	最小值		9840				
	最大值		10800				
	C.V. (%)		3.6				
	B基准值	(2)					
	分 布	正态					
	C ₁		10400				
	C ₂		372				
	试样数量	5					
	批 数	1					
数据种类		筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在71°C (160°F)，85%RH环境中放置14天；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.10(c) 1轴压缩性能 ($[0]_{12}$)

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		45%(重量)		复合材料密度		1.51g/cm ³	
纤维体积含量		47%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.201-0.251 mm (0.0079-0.0099 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.193 mm)					
温 度		24°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		20		20		20	
		归一化的		测量的		归一化的	
		测量的		测量的		测量的	
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	938 (136)	772 (112)	1069 (155)	883 (128)	897 (130)	738 (107)
	最小值	765 (111)	679 (98.4)	1014 (147)	814 (118)	814 (118)	654 (94.9)
	最大值	1090 (158)	883 (128)	1131 (164)	959 (139)	959 (139)	807 (117)
	C.V. (%)	8.4	7.5	5.5	7.5	6.3	7.8
	B基准值	(1)		(1)		(1)	
	分 布	Weibull		正态		正态	
	C_1	972 (141)	800 (116)	1069 (155)	883 (128)	897 (130)	738 (107)
	C_2	13.3	14.5	58.7 (8.51)	66.0 (9.57)	56.6 (8.21)	56.7 (8.22)
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
数据种类	筛选		筛选		筛选		
E_1^c GPa (Msi)	平均值	62.8 (9.11)	51.9 (7.53)	69.7 (10.1)	57.2 (8.30)	64.6 (9.37)	53.4 (7.75)
	最小值	59.6 (8.64)	47.1 (6.83)	67.0 (9.72)	53.4 (7.74)	63.1 (9.15)	50.9 (7.38)
	最大值	66.4 (9.63)	56.3 (8.17)	74.5 (10.8)	60.4 (8.76)	66.6 (9.66)	59.7 (8.66)
	C.V. (%)	3.0	5.2	4.0	5.1	2.4	7.1
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
V_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		14400				
	最小值		13700				
	最大值		15200				
	C.V. (%)		3.1				
	B基准值		(1)				
	分 布		Weibull				
	C_1		14600				
	C_2		34.7				
	试样数量	20					
	批 数	1					
数据种类	筛选						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.10(d) 1轴压缩性能 (σ_{d12})

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		45%(重量)		复合材料密度		1.51g/cm ³	
纤维体积含量		47%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.206-0.249 mm (0.0081-0.0098 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.193 mm)					
温 度		24°C		82°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		湿 (1)		湿 (1)			
来源编码		20		20			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	917 (133)	759 (110)	472 (68.5)	389 (56.4)		
	最小值	897 (130)	690 (100)	374 (54.2)	322 (46.7)		
	最大值	959 (139)	800 (116)	523 (75.8)	429 (62.2)		
	C.V. (%)	2.8	5.8	13.6	12.0		
	B基准值	(2)		(2)			
	分 布	正态		正态			
	C ₁	917 (133)	759 (110)	472 (68.5)	389 (56.4)		
	C ₂	25.6 (3.71)	43.9 (6.36)	64.2 (9.31)	46.8 (6.79)		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
E_1^c GPa (Msi)	平均值	60.5 (8.78)	49.9 (7.24)	65.0 (9.43)	53.7 (7.78)		
	最小值	58.0 (8.41)	48.5 (7.04)	64.3 (9.32)	53.0 (7.69)		
	最大值	62.5 (9.07)	51.8 (7.51)	66.5 (9.64)	54.4 (7.89)		
	C.V. (%)	3.2	2.5	1.4	9.5		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		14600				
	最小值		14000				
	最大值		15400				
	C.V. (%)		3.6				
	B基准值		(2)				
	分 布		正态				
	C ₁		14600				
	C ₂		525				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在71°C (160°F)，85%RH环境中放置14天；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.10(e) 2轴压缩性能 ($[90]_d$)

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		39-41%(重量)		复合材料密度		1.53g/cm ³	
纤维体积含量		51-52%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.211-0.221 mm (0.0083-0.0087 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.193 mm)					
温 度		24°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		20		20		20	
		归一化的		测量的		归一化的	
		测量的		测量的		测量的	
F_2^{cu} MPa (ksi)	平均值	717 (104)	637 (92.4)	883 (128)	786 (114)	685 (99.4)	611 (88.6)
	最小值	537 (77.9)	485 (70.4)	765 (111)	681 (98.8)	596 (86.4)	531 (77.0)
	最大值	862 (125)	752 (109)	952 (138)	848 (123)	779 (113)	697 (101)
	C.V. (%)	13.1	12.6	8.0	8.1	12.0	12.0
	B基准值	(1)		(1)		(1)	
	分 布	Weibull		正态		正态	
	C_1	759 (110)	672 (97.4)	883 (128)	786 (114)	685 (99.4)	611 (88.6)
	C_2	9.70	10.5	71.0 (10.3)	63.3 (9.18)	82.1 (11.9)	73.1 (10.6)
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
数据种类	筛选		筛选		筛选		
E_2^c GPa (Msi)	平均值	61.5 (8.92)	56.6 (8.21)	65.4 (9.49)	60.3 (8.74)	62.5 (9.07)	57.6 (8.35)
	最小值	58.6 (8.50)	53.7 (7.78)	64.5 (9.36)	59.7 (8.65)	61.7 (8.95)	56.5 (8.20)
	最大值	64.8 (9.40)	60.5 (8.77)	66.1 (9.58)	61.6 (8.93)	63.3 (9.18)	58.8 (8.52)
	C.V. (%)	2.5	3.4	0.9	1.3	1.3	1.7
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
	V_{21}^c	平均值					
试样数量							
批 数							
数据种类							
E_2^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		10900				
	最小值		10400				
	最大值		11400				
	C.V. (%)		2.4				
	B基准值		(1)				
	分 布		Weibull				
	C_1		11100				
	C_2		46.5				
	试样数量	20					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.10(f) 2轴压缩性能 (190°F)

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		39-41%(重量)		复合材料密度		1.53g/cm ³	
纤维体积含量		51-52%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.203-0.211 mm (0.0080-0.0083 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.193 mm)					
温 度		24°C		82°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		湿 (1)		湿 (1)			
来源编码		20		20			
		归一化的		测量的		归一化的	
		测量的		测量的		测量的	
F_2^{cu} MPa (ksi)	平均值	684 (99.2)	610 (88.5)	579 (84.0)	517 (74.9)		
	最小值	558 (80.9)	498 (72.2)	512 (74.2)	456 (66.1)		
	最大值	772 (112)	690 (100)	612 (88.8)	546 (79.2)		
	C.V. (%)	12.1	12.1	7.0	6.9		
	B基准值	(2)		(2)			
	分 布	正态		正态			
	C ₁	684 (99.2)	610 (88.5)	579 (84.0)	517 (74.9)		
	C ₂	82.8 (12.0)	73.8 (10.7)	40.0 (5.80)	35.9 (5.20)		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
E_2^c GPa (Msi)	平均值	64.1 (9.30)	59.0 (8.56)	61.8 (8.96)	56.9 (8.25)		
	最小值	60.3 (8.74)	55.0 (7.98)	59.9 (8.69)	55.4 (8.03)		
	最大值	65.9 (9.56)	60.5 (8.78)	64.2 (9.31)	58.1 (8.43)		
	C.V. (%)	3.5	3.9	2.9	2.0		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
ν_{21}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		10200				
	最小值		9910				
	最大值		10900				
	C.V. (%)		3.7				
	B基准值		(2)				
	分 布		正态				
	C ₁		10200				
	C ₂		381				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C (160°F)，85%RH环境中放置14天；
 (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.10(g) 2轴压缩性能 (90₁₁₂)

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		45%(重量)		复合材料密度		1.51g/cm ³	
纤维体积含量		47%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.203-0.246 mm (0.0080-0.0097 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.193 mm)					
温 度		24°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		20		20		20	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_2^{cu} MPa (ksi)	平均值	910 (132)	759 (110)	1014 (147)	841 (122)	910 (132)	759 (110)
	最小值	786 (114)	675 (97.9)	952 (138)	793 (115)	883 (128)	731 (106)
	最大值	1000 (145)	814 (118)	1110 (161)	876 (127)	1007 (146)	807 (117)
	C.V. (%)	5.7	5.3	6.0	4.1	5.9	4.7
	B基准值	(1)		(1)		(1)	
	分 布	Weibull		正态		正态	
	C ₁	938 (136)	779 (113)	1014 (147)	841 (122)	910 (132)	759 (110)
	C ₂	21.6	23.4	60.5 (8.78)	34.6 (5.02)	53.3 (7.73)	35.3 (5.12)
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
E_2^c GPa (Msi)	平均值	60.3 (8.74)	50.1 (7.27)	62.7 (9.09)	52.0 (7.54)	62.8 (9.11)	52.2 (7.57)
	最小值	58.0 (8.41)	46.2 (6.70)	56.0 (8.12)	48.8 (7.07)	59.4 (8.61)	51.1 (7.41)
	最大值	63.4 (9.20)	55.6 (8.06)	69.7 (10.1)	54.5 (7.90)	65.4 (9.49)	53.2 (7.71)
	C.V. (%)	2.6	4.7	9.1	5.6	3.8	1.5
	试样数量	20		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ν_{21}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		14100				
	最小值		13400				
	最大值		14700				
	C.V. (%)		2.6				
	B基准值		(1)				
	分 布		Weibull				
	C ₁		14300				
	C ₂		46.4				
	试样数量	20					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.10(h) 2轴压缩性能 ($[90]_{12}$)

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		45%(重量)		复合材料密度		1.51g/cm ³	
纤维体积含量		47%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.203-0.246 mm (0.0080-0.0097 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.193 mm)					
温 度		24°C		82°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		湿 (1)		湿 (1)			
来源编码		20		20			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_2^{cu} MPa (ksi)	平均值	807 (117)	672 (97.4)	421 (61.1)	350 (50.8)		
	最小值	738 (107)	610 (88.4)	360 (52.2)	304 (44.1)		
	最大值	910 (132)	724 (105)	458 (66.4)	394 (57.2)		
	C.V. (%)	9.1	6.9	9.9	9.9		
	B基准值	(2)		(2)			
	分 布	正态		正态			
	C_1	807 (117)	672 (97.4)	421 (61.1)	350 (50.8)		
	C_2	73.1 (10.6)	46.5 (6.74)	41.7 (6.04)	34.6 (5.01)		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
E_2^c GPa (Msi)	平均值	62.0 (8.99)	51.6 (7.48)	63.9 (9.26)	53.2 (7.71)		
	最小值	58.5 (8.48)	48.8 (7.08)	60.4 (8.76)	50.5 (7.32)		
	最大值	65.8 (9.54)	53.8 (7.80)	66.8 (9.69)	57.9 (8.39)		
	C.V. (%)	4.5	4.0	4.0	6.2		
	试样数量	5		5			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
V_{21}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		13500				
	最小值		12700				
	最大值		14200				
	C.V. (%)		4.2				
	B基准值		(2)				
	分 布		正态				
	C_1		13500				
	C_2		564				
	试样数量	5					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C (160°F)，85%RH环境中放置14天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.10(i) 31面短梁剪切性能 ($[90]_6$)

材 料		HITEX 33 6k/E7K8 平纹机织物					
树脂含量		44%(重量)		复合材料密度		1.51g/cm ³	
纤维体积含量		48%		空 隙 含 量		0.18%	
单层厚度		0.196-0.236 mm (0.0077-0.0093 in)					
试验方法		ASTM D 2344-76		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C	-54°C	24°C	82°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	湿 (1)	湿 (1)		
来源编码		20	20	20	20		
F_{31}^{abs} MPa (ksi)	平均值	59.8 (8.67)	60.9 (8.83)	64.8 (9.40)	57.6 (8.35)		
	最小值	53.6 (7.77)	56.1 (8.14)	63.4 (9.20)	54.0 (7.83)		
	最大值	64.8 (9.40)	64.6 (9.37)	67.1 (9.73)	60.7 (8.80)		
	C.V. (%)	5.0	6.3	2.1	4.5		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分布	Weibull	正态	正态	正态		
	C ₁	61.1 (8.86)	60.9 (8.83)	64.8 (9.40)	57.6 (8.35)		
	C ₂	23.6	3.82 (0.554)	1.39 (0.202)	2.61 (0.379)		
	试样数量	20	5	5	5		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C (160°F)，85%RH环境中放置14天；
- (2) 只批准用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

4.2.11 AS4 3k/E7K8 平纹机织物*

材料描述:

材 料: AS4 3k/E7K8
形 式: 平纹机织物, 纤维面积重量为 195 g/m², 固化后树脂含量为 37%-48%, 固化后单层厚度为 0.221 mm (0.0087 in)。
固化工艺: 热压罐固化; 143°C (290°F), 0.586 MPa (85 psi), 2 小时。对厚部件的固化采用低放热曲线。

供应商提供的数据:

纤 维: AS4 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每个丝束包含有 3 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa (34×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 793 MPa (550 000 psi)。有好的铺覆性。
树 脂: E7K8 是具有中等流动性、低放热的环氧树脂, 有良好的黏性, 在大气环境温度下存放 20 天。
最大短期使用温度: >149°C (300°F) (干态), >88°C (190°F) (湿态)
应 用: 商业和军用飞机的主承力和次承力结构, 喷气式发动机如固定翼面和反推力装置的阻流门。

材 料:	AS4 3k/E7K8 平纹机织物			
形 式:	U.S. Polymeric AS4 3k/E7K8 平纹机织物预浸带			
纤 维:	Hercules AS4 3k		树 脂:	U.S. Polymeric E7K8
T _g (干态):		T _g (湿态):		T _g 测量方法:
固化工艺:	热压罐固化: 143°C, 0.586 MPa, 2 小时			

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 1/88, 6-90
预浸料制造日期: 2/86-7/89	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: *该数据是在数据文档要求建立 (1989年6月) 以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A							
1 轴拉伸								
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩	II-I							
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S---							

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名 义 值	提 交 值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.77		
树脂密度 (g/cm ³)	1.28		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.56		
纤维面积重量 (g/m ²)	195		
纤维体积含量 (%)	58	48-55	
单层厚度 (mm)	0.221	0.188-0.224	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.11(a) 1轴压缩性能 ($[0]_{12}$)

材 料		AS4 3k/E7K8 平纹机织物			
树脂含量		37-48%(重量)		复合材料密度	1.52-1.54g/cm ³
纤维体积含量		48-55%		空隙含量	0.0-1.9%
单层厚度		0.188-0.216 mm (0.0074-0.0085 in)			
试验方法		SACMA SRM 1-88		模量计算	
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.193 mm)			
温 度		24°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境			
来源编码		20, 27			
		归一化的	测量的		
F_1^c MPa (ksi)	平均值	765 (111)	681 (98.8)		
	最小值	444 (64.4)	400 (58.0)		
	最大值	952 (138)	841 (122)		
	C.V. (%)	11.7	11.3		
	B基准值	(1)			
	分 布	ANOVA			
	C_1	633 (13.3)	537 (11.3)		
	C_2	86.1 (1.81)	85.6 (1.80)		
	试样数量	206			
	批 数	18			
	数据种类	临时			
E_1^c GPa (Msi)	平均值	62.2 (9.02)	55.7 (8.07)		
	最小值	54.3 (7.87)	48.8 (7.07)		
	最大值	72.4 (10.5)	62.3 (9.04)		
	C.V. (%)	5.24	4.28		
	试样数量	210			
	批 数	18			
	数据种类	临时			
ν_{12}^c	平均值				
	试样数量				
	批 数				
	数据种类				
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		11600		
	最小值		8820		
	最大值		15000		
	C.V. (%)		14.5		
	B基准值		(1)		
	分 布		ANOVA		
	C_1		1730		
	C_2		1.97		
	试样数量	190			
	批 数	17			
	数据种类	临时			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.11(b) 31面短梁剪切性能 ($[0]_{12}$)

材 料	AS4 3k/E7K8 平纹机织物						
树脂含量	38-48%(重量)	复合材料密度	1.52-1.54g/cm ³				
纤维体积含量	48-55%	空 隙 含 量	0.0-1.9%				
单层厚度	0.188-0.216 mm (0.0074-0.0085 in)						
试验方法	ASTM D 2344-84	模 量 计 算					
归一化	无						
温 度	24°C						
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境						
来源编码	20, 27						
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	66.8 (9.68)					
	最小值	51.9 (7.53)					
	最大值	97.9 (14.2)					
	C.V. (%)	12.0					
	B基准值	(1)					
	分布	ANOVA					
	C ₁	57.0 (1.20)					
	C ₂	92.7 (1.95)					
	试样数量	170					
	批 数	16					
	数据种类	筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只批准用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

4.2.12 AS4/3501-6 (吸胶) 单向带*

材料描述:

材 料: AS4/3501-6

形 式: 单向带, 纤维面积重量为 145 g/m^2 , 固化后树脂含量为 28%-34%, 固化后单层厚度为 0.104-0.157 mm(0.0041-0.0062 in)

固化工艺: 热压罐固化: $116^\circ\text{C}(240^\circ\text{F})$, 0.586 MPa(85 psi), 1 小时; $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$, 0.690 MPa(100 psi), 2 小时, 吸胶

供应商提供的数据:

纤 维: AS4 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 12 000 根碳丝。拉伸模量为 $234 \text{ GPa}(34 \times 10^6 \text{ psi})$, 拉伸强度为 $3793 \text{ MPa}(550\,000 \text{ psi})$ 。

树 脂: 3501-6 是一种胺固化的环氧树脂, 在大气环境温度下存放最少 10 天还能保持轻微的黏性。

最大短期使用温度: $149^\circ\text{C}(300^\circ\text{F})$ (干态), $82^\circ\text{C}(180^\circ\text{F})$ (湿态)

应 用: 应用于普通用途的结构。

材 料:	AS4/3501-6 单向带				
形 式:	Hercules AS4/3501-6 单向预浸带				
纤 维:	Hercules AS4			树 脂:	Hercules 3501-6
T_g (干态):	199°C	T_g (湿态):		T_g 测量方法:	TMA
固化工艺:	热压罐固化: $110\text{--}121^\circ\text{C}$, 0.586 MPa, 60 分钟; $171\text{--}182^\circ\text{C}$, 0.621-0.759 MPa, 110-130 分钟; 吸胶				

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 6-90
预浸料制造日期:	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		93°C/A		24°C/W	93°C/W		
1 轴拉伸	II--							
2 轴拉伸	SS--							
3 轴拉伸								
1 轴压缩	IS--		II--		SS--	SS--		
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S---		S---		S---	S---		

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.80		
树脂密度 (g/cm ³)	1.27		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.59		
纤维面积重量 (g/m ²)	145		
纤维体积含量 (%)	60	58-65	
单层厚度 (mm)		0.104-0.150	

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.12(a) I轴拉伸性能 ($[0]_s$)

材 料		AS4/3501-6 (吸胶) 单向带					
树脂含量		34-38%(重量)		复合材料密度		1.56g/cm ³	
纤维体积含量		58-65%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.122-0.145 mm (0.048-0.0057 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		26					
		归一化的	测量的				
F_1^u MPa (ksi)	平均值	2007 (291)	2034 (295)				
	最小值	1814 (263)	1869 (271)				
	最大值	2248 (326)	2248 (326)				
	C.V. (%)	6.09	5.05				
	B基准值	(1)					
	分 布	Weibull					
	C_1	2069 (300)	2083 (302)				
	C_2	18.4	20.3				
	试样数量	21					
	批 数	7					
数据种类		临时					
E_1^t GPa (Msi)	平均值	135 (19.6)	137 (19.9)				
	最小值	124 (18.0)	126 (18.3)				
	最大值	146 (21.1)	156 (22.6)				
	C.V. (%)	3.73	6.48				
	试样数量	21					
	批 数	7					
	数据种类	临时					
ν_{12}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.12(b) 2轴拉伸性能 ($[90]_s$)

材 料		AS4/3501-6 (吸胶) 单向带					
树脂含量		28-29%(重量)		复合材料密度		1.60-1.61g/cm ³	
纤维体积含量		63-64%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.122-0.145 mm (0.048-0.0057 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		26					
F ₂ ^{tu} MPa (ksi)	平均值	53.7 (7.78)					
	最小值	48.3 (7.00)					
	最大值	65.5 (9.50)					
	C.V.(%)	12.1					
	B基准值	(1)					
	分布	正态					
	C ₁	53.7 (7.78)					
	C ₂	6.49 (0.941)					
	试样数量	6					
	批 数	2					
	数据种类	筛选					
E ₂ ^t GPa (Msi)	平均值	10.2 (1.48)					
	最小值	9.65 (1.40)					
	最大值	10.3 (1.50)					
	C.V.(%)	2.75					
	试样数量	6					
	批 数	2					
	数据种类	筛选					
ν ₂₁ ^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ε ₂ ^{tu} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.12(c) 1轴压缩性能 (σ_1)

材 料		AS4/3501-6 (吸胶) 单向带							
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.58-1.61g/cm ³			
纤维体积含量		58-65%		空 隙 含 量					
单层厚度		0.104-0.140 mm (0.041-0.0055 in)							
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算					
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)							
温 度		24°C		93°C		24°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		湿 (I)			
来源编码		26		26		26			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	1448 (210)	1476 (214)	1352 (196)	1386 (201)	1393 (202)	1469 (213)		
	最小值	993 (144)	1110 (161)	1021 (148)	1138 (165)	1138 (165)	1234 (179)		
	最大值	1855 (269)	1793 (260)	1669 (242)	1634 (237)	1890 (274)	1834 (266)		
	C.V. (%)	16.0	13.5	13.6	10.7	18.0	14.1		
	B基准值	(2)		(2)		(2)			
	分 布	ANOVA		ANOVA		Weibull			
	C ₁	1650 (34.7)	1317 (27.7)	1317 (27.7)	1061 (22.3)	1496 (217)	1559 (226)		
	C ₂	114 (2.39)	120 (2.52)	120 (2.52)	112 (2.35)	5.89	7.82		
	试样数量	26		27		10			
	批 数	7		7		2			
数据种类		临时		临时		筛选			
E_1^c GPa (Msi)	平均值	123 (17.8)	130 (18.8)	112 (16.3)	120 (17.4)	120 (17.4)	128 (18.5)		
	最小值	104 (15.1)	113 (16.4)	89.7 (13.0)	98.6 (14.3)	108 (15.6)	118 (17.1)		
	最大值	140 (20.3)	138 (20.0)	129 (18.7)	135 (19.6)	140 (20.3)	142 (20.6)		
	C.V. (%)	7.50	7.18	10.7	10.1	9.14	5.84		
	试样数量	14		15		10			
	批 数	3		3		2			
	数据种类	筛选		临时		筛选			
ν_{12}^c	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批 数								
数据种类									

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在60°C, 95%RH环境中放置30天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.12(d) 1轴压缩性能 ([0]_s)

材 料		AS4/3501-6 (吸胶) 单向带					
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.58-1.61g/cm ³	
纤维体积含量		58-65%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.104-0.140 mm (0.041-0.0055 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)					
温 度		93°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		湿					
来源编码		26					
		归一化的	测量的				
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	1165 (169)	1234 (179)				
	最小值	690 (100)	738 (107)				
	最大值	1462 (212)	1559 (226)				
	C.V. (%)	22.2	22.9				
	B基准值	(1)					
	分 布	ANOVA					
	C ₁	1983 (41.7)	2216 (46.6)				
	C ₂	251 (5.28)	272 (5.72)				
	试样数量	10					
	批 数	3					
	数据种类	筛选					
E_1^c GPa (Msi)	平均值	122 (17.7)	129 (18.7)				
	最小值	83.4 (12.1)	92.4 (13.4)				
	最大值	188 (27.2)	176 (25.5)				
	C.V. (%)	21.6	15.8				
	试样数量	10					
	批 数	3					
	数据种类	筛选					
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.12(e) 31面短梁剪切性能 ($[0]_s$)

材 料		AS4/3501-6 (吸胶) 单向带					
树脂含量		30-34%(重量)		复合材料密度		1.58-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		58-62%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.119-0.140 mm (0.047-0.0055 in)					
试验方法		ASTM D 2344		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C	93°C	24°C	93°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	湿 (1)	湿 (1)		
来源编码		26	26	26	26		
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	119 (17.3)	89.7 (13.0)	95.9 (13.9)	62.1 (9.0)		
	最小值	97.2 (14.1)	76.5 (11.1)	90.3 (13.1)	57.2 (8.3)		
	最大值	134 (19.4)	103 (14.9)	107 (15.5)	69.7 (10.1)		
	C.V. (%)	7.63	11.6	6.13	6.4		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分布	ANOVA	ANOVA	正态	正态		
	C ₁	65.6 (1.38)	75.6 (1.59)	95.9 (13.9)	62.1 (9.0)		
	C ₂	125 (2.62)	132 (2.77)	5.88 (0.852)	4.00 (0.580)		
	试样数量	21	21	6	9		
	批 数	7	7	2	3		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在60°C, 95%RH环境中放置30天；
 (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.12(f) x轴拉伸性能 ([0/45/90/-45]_s)

材 料		AS4/3501-6 (吸胶) 单向带					
树脂含量		29-32%(重量)		复合材料密度		1.59-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		60-63%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.140-0.157 mm (0.0055-0.0062 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.150 mm)					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		26					
		归一化的	测量的				
F_r^{tu} MPa (ksi)	平均值	738 (107)	661 (95.8)				
	最小值	697 (101)	625 (90.6)				
	最大值	814 (118)	731 (106)				
	C.V. (%)	6.03	5.95				
	B基准值	(1)					
	分 布	ANOVA					
	C ₁	357 (7.51)	1422 (29.9)				
	C ₂	737 (15.5)	690 (14.5)				
	试样数量	6					
	批 数	2					
	数据种类	筛选					
E_x^{I} GPa (Msi)	平均值	55.7 (8.08)	49.8 (7.22)				
	最小值	51.0 (7.39)	45.5 (6.60)				
	最大值	64.9 (9.41)	57.9 (8.40)				
	C.V. (%)	9.75	9.74				
	试样数量	6					
	批 数	2					
	数据种类	筛选					
ν_{xy}^{I}	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_x^{tu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.12(g) x轴开孔拉伸性能 ([0/45/90/-45]_s)

材 料		AS4/3501-6 (吸胶) 单向带					
树脂含量		29-32%(重量)		复合材料密度		1.59-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		60-63%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.140-0.145 mm (0.0055-0.0057 in)					
试验方法		SACMA SRM 5-88(1)		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.142 mm)					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		26					
		归一化的	测量的				
F_x^{oh} MPa (ksi)	平均值	452 (65.6)	428 (62.0)				
	最小值	429 (62.2)	408 (59.2)				
	最大值	476 (69.0)	449 (65.1)				
	C.V. (%)	3.42	3.13				
	B基准值	(2)	(2)				
	分 布	ANOVA	正态				
	C ₁	119 (2.50)	428 (62.0)				
	C ₂	609 (12.8)	13.4 (1.94)				
	试样数量	6					
	批 数	2					
	数据种类	筛选					
E_x^{oh} GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_x^{oh} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) SACMA SRM 5-88 采用的铺层形式为[45/0/-45/90]_{2S};
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.13 AS4/3501-6（零吸胶）单向带*

材料描述:

材 料: AS4/3501-6
形 式: 单向带, 纤维面积重量为 145 g/m², 固化后树脂含量为 36%-39%,
固化后单层厚度为 0.140-0.160 mm(0.0055-0.0063 in)
固化工艺: 热压罐固化; 116°C(240°F), 0.586 MPa(85 psi), 1 小时; 177°C(350°F),
0.690 MPa(100 psi), 2 小时, 零吸胶

供应商提供的数据:

纤 维: AS4 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理
以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 12 000 根碳丝。拉伸
模量为 234 GPa(34×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 793 MPa(550 000 psi)。
树 脂: 3501-6 是一种胺固化的环氧树脂, 在大气环境温度下存放最少 10 天
还能保持轻微的黏性。

最大短期使用温度: 149°C(300°F) (干态), 82°C(180°F) (湿态)

应 用: 普通用途的结构。

材 料:	AS4/3501-6 单向带				
形 式:	Hercules AS4/3501-6 单向预浸带				
纤 维:	Hercules AS4, 无浆(胶)			树 脂:	Hercules 3501-6
T _g (干态):	199°C	T _g (湿态):		T _g 测量方法:	TMA
固化工艺:	热压罐固化; 110-121°C, 0.586 MPa, 60 分钟; 171-182°C, 0.621-0.759 MPa, 110-130 分钟; 零吸胶				

纤维制造日期:	-12/82-8/89	试验日期:	-6/83 - 4/91
树脂制造日期:		数据提交日期:	6-90
预浸料制造日期:	1/83-11/89	分析日期:	1/93
复合材料制造日期:			

注: 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A	93°C/A		93°C/W		
1 轴拉伸	II--		SS--	SS--				
2 轴拉伸	SS--							
3 轴拉伸								
1 轴压缩	II--			I—		II--		
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S---			S---				

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.80		
树脂密度 (g/cm ³)	1.27		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.59		
纤维面积重量 (g/m ²)	145	142-149	
纤维体积含量 (%)	60	52-60	
单层厚度 (mm)		0.140-0.160	

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

[0/45/90/-45]	24°C/A							
X 轴拉伸	S---							
X 轴开孔拉伸	S---							

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.13(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_s$)

材 料		AS4/3501-6 (零吸胶)单向带					
树脂含量		36-39%(重量)		复合材料密度		1.55-1.57g/cm ³	
纤维体积含量		52-56%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.140-0.152 mm (0.0055-0.0060 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		初始切线	
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)					
温 度		24°C		-54°C		93°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		26		26		26	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^u MPa (ksi)	平均值	2000 (290)	1807 (262)	1800 (261)	1634 (237)	2172 (315)	1972 (286)
	最小值	1807 (262)	1621 (235)	1428 (207)	1290 (187)	1917 (278)	1703 (247)
	最大值	2221 (322)	1972 (286)	2069 (300)	1890 (274)	2276 (330)	2048 (297)
	C.V. (%)	5.62	5.38	12.4	12.8	4.89	5.59
	B基准值	(1)		(1)		(1)	
	分 布	ANOVA		ANOVA		非参数	
	C ₁	785 (16.5)	680 (14.3)	1660 (34.9)	1574 (33.1)	6	6
	C ₂	97.5 (2.05)	95.6 (2.01)	223 (4.69)	240 (5.05)	2.25	2.25
	试样数量	30		9		9	
	批 数	10		3		3	
	数据种类	临时		筛选		筛选	
E_1' GPa (Msi)	平均值	130 (18.9)	118 (17.1)	146 (21.1)	132 (19.2)	143 (20.8)	130 (18.9)
	最小值	117 (17.0)	107 (15.5)	136 (19.7)	122 (17.7)	134 (19.4)	120 (17.4)
	最大值	140 (20.3)	123 (17.9)	154 (22.3)	148 (21.4)	152 (22.0)	139 (20.2)
	C.V. (%)	4.0	3.20	4.60	5.78	4.72	4.70
	试样数量	30		9		9	
	批 数	10		3		3	
	数据种类	临时		筛选		筛选	
ν_{12}'	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.13(b) 2轴拉伸性能 ([90]_g)

材 料		AS4/3501-6 (零吸胶)单向带					
树脂含量		37%(重量)		复合材料密度		1.56g/cm ³	
纤维体积含量		54-55%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.152-0.158 mm (0.0060-0.0062 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		初始切线	
归一化		无					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		26					
F_2^m MPa (ksi)	平均值	55.2 (8.0)					
	最小值	46.9 (6.8)					
	最大值	64.1 (9.3)					
	C.V. (%)	10					
	B基准值	(1)					
	分布	正态					
	C ₁	55.2 (8.0)					
	C ₂	5.59 (0.81)					
	试样数量	9					
	批 数	3					
	数据种类	筛选					
E_2^t GPa (Msi)	平均值	8.28 (1.2)					
	最小值	7.59 (1.1)					
	最大值	9.65 (1.4)					
	C.V. (%)	8.9					
	试样数量	9					
	批 数	3					
	数据种类	筛选					
ν_{21}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^m ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.13(c) 1轴压缩性能 ($[0]_s$)

材 料		AS4/3501-6 (零吸胶)单向带							
树脂含量		36-39%(重量)		复合材料密度		1.55-1.57g/cm ³			
纤维体积含量		52-56%		空 隙 含 量					
单层厚度		0.142-0.152 mm (0.0056-0.0060 in)							
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算		初始切线			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)							
温 度		24°C		93°C		93°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		湿 (1)			
来源编码		26		26		26			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F ₁ ^{cu} MPa (ksi)	平均值	1607 (233)	1455 (211)	1469 (213)	1331 (193)	1317 (191)	1193 (173)		
	最小值	1379 (200)	1283 (186)	1200 (174)	1083 (157)	979 (142)	883 (128)		
	最大值	1793 (260)	1614 (234)	1841 (267)	1676 (243)	1517 (220)	1386 (201)		
	C.V. (%)	6.39	6.16	9.74	10.0	11.0	11.4		
	B基准值	(2)		(2)		(2)			
	分 布	ANOVA		ANOVA		ANOVA			
	C ₁	723 (15.2)	637 (13.4)	999 (21.0)	932 (19.6)	1065 (22.4)	1003 (21.1)		
	C ₂	105 (2.21)	106 (2.23)	95.1 (2.00)	96.5 (2.03)	198 (4.17)	202 (4.25)		
	试样数量	30		30		15			
	批 数	8		10		3			
	数据种类	临时		临时		临时			
E ₁ ^c GPa (Msi)	平均值	130 (18.8)	117 (17.0)			126 (18.3)	114 (16.6)		
	最小值	123 (17.9)	112 (16.2)			121 (17.5)	108 (15.7)		
	最大值	136 (19.7)	123 (17.8)			132 (19.1)	119 (17.3)		
	C.V. (%)	3.21	3.53			2.62	3.16		
	试样数量	15				15			
	批 数	3				3			
	数据种类	临时				临时			
ν ₁₂ ^c	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ε ₁ ^{cu} (με)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在60°C, 95%RH环境中放置30天；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.13(d) 31面剪切性能 ($[0]_s$)

材 料		AS4/3501-6 (零吸胶)单向带					
树脂含量		36-39%(重量)		复合材料密度		1.55-1.57g/cm ³	
纤维体积含量		52-56%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.145-0.160 mm (0.0057-0.0063 in)					
试验方法		ASTM D 2344-76		模 量 计 算		初始切线	
归一化		无					
温 度		24°C	93°C				
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境				
来源编码		26	26				
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	123 (17.9)	96.5 (14.0)				
	最小值	114 (16.5)	89.0 (12.9)				
	最大值	131 (19.0)	106 (15.4)				
	C.V. (%)	4.46	4.73				
	B基准值	(1)	(1)				
	分布	ANOVA	ANOVA				
	C_1	39.2 (0.824)	32.5 (0.683)				
	C_2	112 (2.36)	111 (2.34)				
	试样数量	30	30				
	批 数	8	10				
	数据种类	筛选	筛选				

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只批准用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

表4.2.13(e) x轴拉伸性能 ([0/45/90/-45]_S)

材 料		AS4/3501-6 (零吸胶)单向带					
树脂含量		36-37%(重量)		复合材料密度		1.56-1.57g/cm ³	
纤维体积含量		54-56%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.145-0.157 mm (0.0057-0.0062 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		26					
F_x^{tu} MPa (ksi)	平均值	603 (87.4)					
	最小值	574 (83.2)					
	最大值	640 (92.8)					
	C.V. (%)	3.43					
	B基准值	(1)					
	分 布	正态					
	C ₁	603 (87.4)					
	C ₂	20.7 (3.00)					
	试样数量	9					
	批 数	3					
	数据种类	筛选					
E_x^I GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
V_v^I	数据种类						
	平均值						
	试样数量						
	批 数						
ϵ_x^{tu} ($\mu\epsilon$)	数据种类						
	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.13(f) x轴开孔拉伸性能 ([0/45/90/-45]_S)

材 料		AS4/3501-6 (零吸胶)单向带					
树脂含量		36-37%(重量)		复合材料密度		1.56-1.57g/cm ³	
纤维体积含量		54-56%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.152-0.163 mm (0.0060-0.0064 in)					
试验方法		SACMA SRM 5-88 (1)		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		26					
F_x^{ohr} MPa (ksi)	平均值	392 (56.8)					
	最小值	375 (54.4)					
	最大值	419 (60.8)					
	C.V. (%)	3.75					
	B基准值	(2)					
	分 布	正态					
	C ₁	392 (56.8)					
	C ₂	14.7 (2.13)					
	试样数量	9					
	批 数	3					
E_x^{ohr} GPa (Msi)	数据种类	筛选					
	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
ϵ_x^{ohr} ($\mu\epsilon$)	批 数						
	数据种类						
	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) SACMA SRM 5-88 采用的铺层形式为[45/0/-45/90]_{2S};

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.14 AS4 3k/3501-6 平纹机织物*

材料描述:

材 料: AS4 3k/3501-6
形 式: 平纹机织物, 纤维面积重量为 193 g/m², 固化后树脂含量为 37%-41%, 固化后单层厚度为 0.188-0.218 mm(0.0074-0.0086 in)
固化工艺: 热压罐固化: 116°C(240°F), 0.586 MPa(85 psi), 1 小时; 177°C(350°F), 0.690 MPa(100 psi), 2 小时, 零吸胶

供应商提供的数据:

纤 维: AS4 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 3 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa(34×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 793 MPa(550 000 psi)。
树 脂: 3501-6 是一种胺固化的环氧树脂, 在大气环境温度下存放最少 10 天还能保持轻微的黏性。

最大短期使用温度: 149°C(300°F) (干态), 82°C(180°F) (湿态)

应 用: 普通用途的结构。

材 料:	AS4 3k/3501-6 平纹机织物			
形 式:	Hercules AW 193P 平纹机织物预浸带			
纤 维:	Hercules AS4 3k W		树 脂:	Hercules 3501-6
T_g (干态):		T_g (湿态):		T_g 测量方法:
固化工艺:	热压罐固化: 110-121°C, 0.586 MPa, 60 分钟; 171-182°C, 0.621-0.759 MPa, 110-130 分钟; 零吸胶			

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 6/88
预浸料制造日期:	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A	93°C/A		24°C/W	93°C/W	
1 轴拉伸	SS--		SS--	SS--				
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩	II--			II--		II--	II--	
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S---			S---		S---	S---	

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.80		
树脂密度 (g/cm ³)	1.28		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.58	1.54-1.56	
纤维面积重量 (g/m ²)	193	193	
纤维体积含量 (%)	58	51-54	
单层厚度 (mm)	0.178	0.188-0.218	

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

	24°C/A							
[0 _f /90 _f /±45 _f] X 轴拉伸	SS--							
[±45 _f /0 _f /90 _f] X 轴开孔拉伸	S---							

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.14(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_s$)

材 料		AS4 3k/3501-6 平纹机织物							
树脂含量		38%(重量)		复合材料密度		1.56g/cm ³			
纤维体积含量		53-54%		空 隙 含 量					
单层厚度		0.188-0.203 mm (0.0074-0.0080 in)							
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算					
归一化		纤维体积含量达到57%(单层厚度0.188 mm)							
温 度		24°C		-54°C		93°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境			
来源编码		26		26		26			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^m MPa (ksi)	平均值	855 (124)	807 (117)	772 (112)	724 (105)	869 (126)	821 (119)		
	最小值	807 (117)	765 (111)	710 (103)	677 (98.1)	800 (116)	745 (108)		
	最大值	917 (133)	855 (124)	828 (120)	772 (112)	917 (133)	869 (126)		
	C.V. (%)	4.18	3.56	4.63	4.00	4.79	5.88		
	B基准值	(2)		(2)		(2)			
	分 布	正态		正态		正态			
	C_1	855 (124)	807 (117)	772 (112)	724 (105)	869 (126)	821 (119)		
	C_2	35.7 (5.17)	28.6 (4.15)	35.7 (5.17)	29.0 (4.21)	41.7 (6.05)	48.3 (7.00)		
	试样数量	9		9		9			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
E_1^t GPa (Msi)	平均值	67.6 (9.8)	63.4 (9.2)	72.4 (10.5)	68.3 (9.9)	69.7 (10.1)	65.5 (9.5)		
	最小值	64.8 (9.4)	60.7 (8.8)	66.9 (9.7)	62.8 (9.1)	49.0 (7.1)	46.2 (6.7)		
	最大值	70.3 (10.2)	65.5 (9.5)	76.5 (11.1)	71.7 (10.4)	73.8 (10.7)	69.7 (10.1)		
	C.V. (%)	3.0	2.5	4.6	4.2	11	11		
	试样数量	9		9		9			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
ν_{12}^t	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_1^m ($\mu\epsilon$)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C_1								
	C_2								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.14(b) 1轴压缩性能 ($[0]_{14}$)

材 料		AS4 3k/3501-6 平纹机织物							
树脂含量		39-41%(重量)		复合材料密度		1.54-1.55g/cm ³			
纤维体积含量		51-52%		空 隙 含 量					
单层厚度		0.206-0.218 mm (0.0081-0.0086 in)							
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算					
归一化		纤维体积含量达到57%(单层厚度0.188 mm)							
温 度		24°C		93°C		24°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		湿 (1)			
来源编码		26		26		26			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
E_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	897 (130)	807 (117)	745 (108)	671 (97.3)	772 (112)	697 (101)		
	最小值	793 (115)	717 (104)	640 (92.8)	572 (83.0)	689 (99.6)	607 (88.0)		
	最大值	965 (140)	876 (127)	834 (121)	752 (109)	841 (122)	752 (109)		
	C.V. (%)	6.45	6.49	7.44	7.71	5.56	5.65		
	B基准值	(2)		(2)	(2)	(2)			
	分 布	非参数		Weibull	正态	ANOVA			
	C ₁	8	8	772 (112)	671 (97.3)	325 (6.83)	301 (6.32)		
	C ₂	1.54	1.54	15.1	51.8 (7.51)	231 (4.85)	242 (5.09)		
	试样数量	15		15		15			
	批 数	3		3		3			
数据种类		临时		临时		临时			
E_1^c GPa (Msi)	平均值	63.4 (9.2)	57.2 (8.3)	67.6 (9.8)	60.7 (8.8)	64.8 (9.4)	57.9 (8.4)		
	最小值	58.6 (8.5)	53.1 (7.7)	63.4 (9.2)	57.9 (8.4)	60.7 (8.8)	55.9 (8.1)		
	最大值	67.6 (9.8)	60.7 (8.8)	70.3 (10.2)	62.8 (9.1)	68.3 (9.9)	60.7 (8.8)		
	C.V. (%)	3.4	4.3	3.5	2.5	3.0	2.4		
	试样数量	15		15		15			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	临时		临时		临时			
ν_{12}^c	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批 数								
数据种类									

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在60°C, 95%RH环境中放置30天;
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.14(c) 1轴压缩性能 ($[0]_{14}$)

材 料		AS4 3k/3501-6 平纹机织物					
树脂含量		39-41%(重量)		复合材料密度		1.54-1.55g/cm ³	
纤维体积含量		51-52%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.206-0.218 mm (0.0081-0.0086 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到57%(单层厚度0.188 mm)					
温 度		93°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		湿 (1)					
来源编码		26					
		归一化的	测量的				
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	405 (58.7)	363 (52.7)				
	最小值	357 (51.7)	319 (46.2)				
	最大值	451 (65.4)	412 (59.7)				
	C.V. (%)	7.27	7.58				
	B基准值	(2)					
	分 布	Weibull					
	C_1	418 (60.6)	376 (54.5)				
	C_2	15.6	15.2				
	试样数量	15					
	批 数	3					
	数据种类	临时					
E_1^c GPa (Msi)	平均值	62.8 (9.1)	55.9 (8.1)				
	最小值	60.0 (8.7)	53.8 (7.8)				
	最大值	64.8 (9.4)	58.6 (8.5)				
	C.V. (%)	2.4	2.9				
	试样数量	15					
	批 数	3					
	数据种类	临时					
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在60°C, 95%RH环境中放置30天；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.14(d) 31面剪切性能 ($[0_d]_d$)

材 料		AS4 3k/3501-6 平纹机织物					
树脂含量		39-41%(重量)		复合材料密度		1.54-1.55g/cm ³	
纤维体积含量		51-52%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.196-0.208 mm (0.0077-0.0082 in)					
试验方法		ASTM D 2344		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C	93°C	24°C	93°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	湿 (1)	湿 (1)		
来源编码		26	26	26	26		
F_{31}^{sts} MPa (ksi)	平均值	75.2 (10.9)	57.9 (8.4)	75.2 (10.9)	36.6 (5.3)		
	最小值	66.9 (9.7)	55.9 (8.1)	69.0 (10.0)	35.9 (5.2)		
	最大值	82.1 (11.9)	60.7 (8.8)	78.6 (11.4)	37.9 (5.5)		
	C.V. (%)	6.09	2.5	3.47	2.3		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分布	Weibull	正态	Weibull	非参数		
	C ₁	77.2 (11.2)	57.9 (8.4)	75.9 (11.0)	7		
	C ₂	20.1	1.45 (0.21)	35.4	1.81		
	试样数量	15	9	15	12		
	批 数	3	3	3	3		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在60°C, 95%RH环境中放置30天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.14(e) x轴拉伸性能 ($[0/90]_{\pm 45}^{\pm 25}$)

材 料		AS4 3k/3501-6 平纹机织物					
树脂含量		37-38%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³ (0.056lb/in ³)	
纤维体积含量		53-54%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.203-0.216 mm (0.0080-0.0085 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.211 mm)					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		26					
		归一化的	测量的				
F_x^m MPa (ksi)	平均值	524 (76.0)	472 (68.5)				
	最小值	474 (68.8)	428 (62.0)				
	最大值	575 (83.4)	518 (75.1)				
	C.V. (%)	7.6	7.60				
	B基准值	(1)					
	分 布	正态					
	C ₁	524 (76.0)	472 (68.5)				
	C ₂	39.9 (5.78)	35.9 (5.21)				
	试样数量	9					
	批 数	3					
数据种类		筛选					
E_x^t GPa (Msi)	平均值	46.2 (6.7)	41.4 (6.0)				
	最小值	42.8 (6.2)	38.6 (5.6)				
	最大值	47.6 (6.9)	43.4 (6.3)				
	C.V. (%)	3.5	3.6				
	试样数量	9					
	批 数	3					
	数据种类	筛选					
ν_{xy}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_x^m ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表 1.2.14(f) x轴开孔拉伸性能 ($[\pm 45/0/90]_{25}$)

材 料		AS4 3k/3501-6 平纹机织物					
树脂含量		37.8%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		3-54%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.203-0.216 mm (0.0080-0.0085 in)					
试验方法		SACMA SRM 5-88 (1)		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.211 mm)					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		20					
		归一化的		测量的			
F_x^{oh} MPa (ksi)	平均值	393 (57.0)	354 (51.4)				
	最小值	372 (54.0)	335 (48.6)				
	最大值	412 (59.7)	371 (53.8)				
	C.V. (%)	3.1	3.40				
	B基准值	(2)					
	分 布	ANOVA					
	C ₁	101 (1.12)	117 (2.46)				
	C ₂	245 (1.15)	57.1 (1.20)				
	试样数量	9					
	批 数	3					
数据种类		筛选					
E_x^{oh} GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_x^{oh} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注: (1) SACMA SRM 5-88 采用的铺层形式为 $[\pm 45/0/-45/90]_s$;

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.15 AS4 3k/3501-6S 5 综缎机织物*

材料描述:

材 料: AS4 3k/3501-6S
 形 式: 5 综缎机织物, 纤维面积重量为 280 g/m², 固化后树脂含量为 33%-35%, 固化后单层厚度为 0.269-0.272 mm(0.0106-0.0107 in)
 固化工艺: 热压罐固化; 116°C(240°F), 0.586 MPa(85 psi), 1 小时; 177°C(350°F), 0.690 MPa(100 psi), 2 小时, 零吸胶

供应商提供的数据:

纤 维: AS4 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 3 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa(34×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 793 MPa(550 000 psi)。
 树 脂: 3501-6S 是一种胺固化的环氧树脂, 该树脂是一种可溶解的材料, 对于很复杂的部件, 能提供更好铺覆性的预浸带, 该树脂也适合于共固化工艺。其湿热强度比不可溶解的树脂略低, 在大气环境温度下存放最少 10 天还能保持轻微的黏性。

最大短期使用温度: 149°C(300°F) (干态), 82°C(180°F) (湿态)

应 用: 普通用途的结构。

材 料:	AS4 3k/3501-6S 5 综缎机织物			
形 式:	Hercules AW280 5 综缎机织物预浸带			
纤 维:	Hercules AS4 3k W		树 脂:	Hercules 3501-6S
T_g (干态):		T_g (湿态):		T_g 测量方法:
固化工艺:	热压罐固化: 110-121°C, 0.586 MPa, 60 分钟; 171-182°C, 0.621-0.759 MPa, 110-130 分钟; 零吸胶			

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 6/88
预浸料制造日期:	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		93°C/A					
1 轴拉伸	II--							
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩	I--		I--					
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S---		S---					

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.80		
树脂密度 (g/cm ³)	1.28		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.58	1.58-1.59	
纤维面积重量 (g/m ²)	280	279-284	
纤维体积含量 (%)	58	57-60	
单层厚度 (mm)		0.269-0.272	

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.15(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_6$)

材 料		AS4 3k/3501-6S 5综缎机织物					
树脂含量		33-35%(重量)		复合材料密度		1.58-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		57-60%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.269-0.272 mm (0.0106-0.0107 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到57%(单层厚度0.272 mm)					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		26					
		归一化的	测量的				
F_1^m MPa (ksi)	平均值	772 (112)	793 (115)				
	最小值	673 (97.6)	690 (100)				
	最大值	848 (123)	869 (126)				
	C.V. (%)	5.78	5.55				
	B基准值	(1)					
	分 布	ANOVA					
	C ₁	315 (6.63)	312 (6.55)				
	C ₂	107 (2.26)	107 (2.25)				
	试样数量	30					
	批 数	10					
数据种类	临时						
E_1^t GPa (Msi)	平均值	67.1 (9.73)	69.0 (10.0)				
	最小值	61.6 (8.93)	63.4 (9.20)				
	最大值	69.7 (10.1)	71.0 (10.3)				
	C.V. (%)	2.48	2.31				
	试样数量	30					
	批 数	10					
	数据种类	临时					
ν_{12}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^m ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.15(b) 1轴压缩性能 (σ_{1c})

材 料		AS4 3k/3501-6S 5综缎机织物					
树脂含量		33-35%(重量)		复合材料密度		1.58-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		57-60%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.269-0.272 mm (0.0106-0.0107 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到57%(单层厚度0.272 mm)					
温 度		24°C		93°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境			
来源编码		26		26			
		归一化的		测量的			
F ₁ ^{cu} MPa (ksi)	平均值	855 (124)	883 (128)	759 (110)	779 (113)		
	最小值	745 (108)	765 (111)	663 (96.1)	683 (99.0)		
	最大值	993 (144)	1021 (148)	841 (122)	862 (125)		
	C.V. (%)	6.73	6.74	6.31	6.24		
	B基准值	(1)		(1)			
	分 布	Weibull		ANOVA			
	C ₁	883 (128)	910 (132)	335 (7.04)	340 (7.15)		
	C ₂	15.4	15.3	99.9 (2.10)	99.4 (2.09)		
	试样数量	30		30			
	批 数	10		10			
	数据种类	临时		临时			
E ₁ ^c GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ν ₁₂ ^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ε ₁ ^{cu} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.15(c) 31面剪切性能 ($[0]_6$)

材 料	AS4 3k/3501-6S 5综缎机织物						
树脂含量	33-35%(重量)	复合材料密度	1.58-1.59g/cm ³				
纤维体积含量	57-60%	空 隙 含 量					
单层厚度	0.269-0.272 mm (0.0106-0.0107 in)						
试验方法	ASTM D 2344	模 量 计 算					
归一化	无						
温 度	24°C	93°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境	大气环境					
来源编码	26	26					
F_{31}^{abs} MPa (ksi)	平均值	75.9 (11.0)	65.7 (9.53)				
	最小值	62.1 (9.00)	57.9 (8.40)				
	最大值	91.0 (13.2)	74.5 (10.8)				
	C.V. (%)	10.8	6.70				
	B基准值	(1)	(1)				
	分布	ANOVA	ANOVA				
	C ₁	58.0 (1.22)	31.4 (0.66)				
	C ₂	104 (2.18)	110 (2.32)				
	试样数量	30	30				
	批 数	10	10				
	数据种类	筛选	筛选				

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只批准用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

4.2.16 AS4 6k/3502-6S 5 综绀机织物*

材料描述:

材 料: AS4 6k/3502-6S

形 式: 5 综绀机织物, 纤维面积重量为 365 g/m^2 , 固化后树脂含量为 56%-57%, 固化后单层厚度为 0.361-0.399 mm(0.0142-0.157 in)

固化工艺: 热压罐固化; 135°C(275°F), 0.586 MPa(85 psi), 45 分钟; 177°C(350°F), 0.586 MPa(85 psi), 2 小时; 在 204°C(400°F)进行后处理得到 177°C(350°F)下的最佳性能。

供应商提供的数据:

纤 维: AS4 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 6 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa(34×10^6 psi), 拉伸强度为 3 793 MPa(550 000 psi)。

树 脂: 3502-6S 是一种环氧树脂, 该树脂是一种可溶解的材料, 可以改进对复杂构型部件的铺覆性。其湿热强度比不可溶解的树脂略低, 在大气环境温度下存放最少 10 天还能保持良好的黏性。

最大短期使用温度: 177°C(350°F)(干态), 82°C(180°F)(湿态)

应 用: 商用和军用飞机的主承力和次承力结构。

数据分析:

1. 只有归一化数据可以用于分析。

材 料:	AS4 6k/3502-6S 5 综绀机织物				
形 式:	Hercules A370-5H/3502 5 综绀机织物, 0.433×0.433 丝束/mm (11×11 丝束/in), 预浸带				
纤 维:	Hercules AS4 6k, 表面处理, W*, 不加捻			树 脂:	Hercules 3502
T_g (干态):	207°C	T_g (湿态):	156°C	T_g 测量方法:	TMA
固化工艺:	热压罐固化: 135-141°C, 0.586-0.690 MPa, 90 分钟; 177°C, 120 分钟				

注: *现在改为“G”。

纤维制造日期:	10/82-3/83	试验日期:	9/83-1/84
树脂制造日期:	5/83	数据提交日期:	12/93, 5/94
预浸料制造日期:	5/83	分析日期:	8/94
复合材料制造日期:	8/83-9/83		

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A		82°C/W	121°C/W		
1 轴拉伸	BM--		BM--		BM--	BM--		
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩	BM--		IS--		BM--	BM--		
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切	BM--		BM--		BS--	BS--		
23 面剪切								
31 面剪切								

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.79		
树脂密度 (g/cm ³)	1.26		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.57	1.55-1.60	
纤维面积重量 (g/m ²)	365	361-372	
纤维体积含量 (%)	58	56-57	
单层厚度 (mm)	0.368	0.361-0.401	

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.16(a) 1轴拉伸性能 ([0/90/0/90/90/0]_n)

材 料		AS4 6k/3502 5综绉机织物					
树脂含量		36-37%(重量)		复合材料密度		1.55-1.56g/cm ³	
纤维体积含量		56-57%		空 隙 含 量		0.0-0.2%	
单层厚度		0.371-0.399 mm (0.0146-0.0157 in)					
试验方法		BMS 8-168D		模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化		纤维体积含量达到57%(单层厚度0.368 mm)					
温 度		24°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.1-1.3 (1)	
来源编码		49		49		49	
		归 一 化 的	测 量 的	归 一 化 的	测 量 的	归 一 化 的	测 量 的
F_1^u MPa (ksi)	平均值	786 (114)		724 (105)		807 (117)	
	最小值	670 (97.1)		606 (87.9)		703 (102)	
	最大值	869 (126)		800 (116)		883 (128)	
	C.V.(%)	6.87		5.33		5.29	
	B基准值	634 (91.9)	(2)	655 (95.0)	(2)	703 (102)	(2)
	分 布	ANOVA		正态		ANOVA	
	C ₁	388 (8.15)		724 (105)		300 (6.31)	
	C ₂	128 (2.70)		38.6 (5.59)		111 (2.33)	
	试样数量	30		30		30	
	批 数	5		5		5	
	数据种类	B30		B30		B30	
E_1^t GPa (Msi)	平均值	66.3 (9.61)		66.7 (9.67)		72.4 (10.5)	
	最小值	64.1 (9.29)		62.7 (9.09)		67.2 (9.74)	
	最大值	71.7 (10.4)	(2)	69.7 (10.1)	(2)	75.2 (10.9)	(2)
	C.V.(%)	3.08		2.35		2.75	
	试样数量	30		30		30	
	批 数	5		5		5	
	数据种类	平均		平均		平均	
ν_{12}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注: (1) 放置于71°C, 95%-100%RH直到吸湿量达到1.1%-1.3%;

(2) 只有归一化的数据可用于分析。

表4.2.16(b) 1轴拉伸性能 ([0/90/0/90/90/0]₁)

材 料		AS4 6k/3502-6S 5综缎机织物					
树脂含量		36-37%(重量)		复合材料密度		1.55-1.56g/cm ³	
纤维体积含量		56-57%		空 隙 含 量		0.0-0.2%	
单层厚度		0.381-0.399 mm (0.0150-0.0157 in)					
试验方法		BMS 8-168D		模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化		纤维体积含量达到57%(单层厚度0.368 mm)					
温 度		121°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		1.1-1.3 (1)					
来源编码		49					
		归一化的		测量的			
F_1^u MPa (ksi)	平均值	745 (108)					
	最小值	668 (96.8)					
	最大值	821 (119)					
	C.V. (%)	4.62					
	B基准值	666 (96.6)		(2)			
	分 布	Weibull					
	C ₁	765 (111)					
	C ₂	23.1					
	试样数量	30					
	批 数	5					
数据种类		B30					
E_1' GPa (Msi)	平均值	69.7 (10.1)					
	最小值	64.1 (9.29)					
	最大值	73.8 (10.7)		(2)			
	C.V. (%)	3.65					
	试样数量	30					
	批 数	5					
数据种类		平均					
ν_{12}'	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

注: (1) 放置于71°C, 95%-100%RH直到吸湿量达到1.1%-1.3%;

(2) 只有归一化的数据可用于分析。

表4.2.16(c) 1轴压缩性能 ([0/90/0/90/90/0]₁)

材 料		AS4 6k/3502 5综级机织物					
树脂含量		36-37%(重量)		复合材料密度		1.55-1.56g/cm ³	
纤维体积含量		56-57%		空 隙 含 量		0.0-0.2%	
单层厚度		0.361-0.399 mm (0.0142-0.0157 in)					
试验方法		ASTM D 695M (1) (4)		模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化		纤维体积含量达到57%(单层厚度0.368 mm)					
温 度		24°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.1-1.3 (1)	
来源编码		49		49		49	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^c MPa (ksi)	平均值	717 (104)		745 (108)		454 (65.9)	
	最小值	550 (79.7)		586 (85.0)		359 (52.1)	
	最大值	841 (122)		814 (118)		529 (76.7)	
	C.V. (%)	10.1		8.62		9.81	
	B基准值	577 (83.7)	(5)	(3)	(5)	361 (52.4)	(5)
	分 布	Weibull		Weibull		Weibull	
	C ₁	752 (109)		765 (111)		474 (68.7)	
	C ₂	12.1		16.4		11.7	
	试样数量	30		15		30	
	批 数	5		5		5	
数据种类	B30		临时		B30		
E_1^c GPa (Msi)	平均值	58.5 (8.49)		61.4 (8.90)		63.5 (9.21)	
	最小值	56.2 (8.15)		53.1 (7.70)		43.1 (6.25)	
	最大值	61.1 (8.86)	(5)	75.9 (11.0)	(5)	86.2 (12.5)	(5)
	C.V. (%)	2.13		10.3		18.2	
	试样数量	30		14		30	
	批 数	5		5		5	
	数据种类	平均		临时		平均	
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^c ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注: (1) 粘贴加强片的试样长度为79.2 mm, 宽度为1.27 mm, 工作段长度为12.7 mm;

(2) 放置于71°C, 95%-100%RH直到吸湿量达到1.1%-1.3%;

(3) 基准值仅适用于A类和B类数据;

(4) 试验方法ASTM D 695M-96 于1996年7月10日取消;

(5) 只有归一化数据可以用于分析。

表4.2.16(d) 1轴压缩性能 ($[0_2/90_2/0_2/90_2/90_2/0_2]$)

材 料		AS4 6k/3502 5综缎机织物			
树脂含量		36-37%(重量)		复合材料密度	1.55-1.56g/cm ³
纤维体积含量		56-57%		空 隙 含 量	0.0-0.2%
单层厚度		0.361-0.399 mm (0.0142-0.0157 in)			
试验方法		ASTM D 695M (1) (3)		模 量 计 算	曲线的线性段
归一化		纤维体积含量达到57%(单层厚度0.368 mm)			
温 度		121°C			
平衡吸湿量(%), (T.RH)		1.1-1.3 (2)			
来源编码		49			
		归一化的	测量的		
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	388 (56.3)			
	最小值	314 (45.5)			
	最大值	519 (75.2)			
	C.V. (%)	16.0			
	B基准值	210 (30.5)	(4)		
	分 布	ANOVA			
	C ₁	448 (9.41)			
	C ₂	131 (2.75)			
	试样数量	30			
	批 数	5			
	数据种类	B30			
E_1^c GPa (Msi)	平均值	71.0 (10.3)			
	最小值	61.2 (8.88)			
	最大值	85.5 (12.4)	(4)		
	C.V. (%)	6.60			
	试样数量	30			
	批 数	5			
	数据种类	平均			
ν_{12}^c	平均值				
	试样数量				
	批 数				
	数据种类				
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值				
	最小值				
	最大值				
	C.V. (%)				
	B基准值				
	分 布				
	C ₁				
	C ₂				
	试样数量				
	批 数				
	数据种类				

注: (1) 粘贴加强片的试样长度为79.2 mm, 厚度为1.27 mm, 工作段长度为12.7 mm;

(2) 放置于71°C, 95%-100%RH直到吸湿量达到1.1%-1.3%;

(3) 试验方法ASTM D 695M-96 于1996年7月10日取消;

(4) 只有归一化数据可以用于分析。

表4.2.16(e) 12面剪切性能 ($[\pm 45/\pm 45/\pm 45]$)

材 料		AS4 6k/3502 5综般机织物					
树脂含量		36-37%(重量)		复合材料密度		1.55-1.56g/cm ³	
纤维体积含量		56-57%		空 隙 含 量		0.0-0.2%	
单层厚度		0.368-0.401 mm (0.0145-0.0158 in)					
试验方法		ASTM D 3518-76		模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化		无					
温 度		24°C	-54°C	82°C	121°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.1-1.3 (1)	1.1-1.3 (1)		
来源编码		49	49	49	49		
F_{12}^u MPa (ksi)	平均值	86.9 (12.6)	96.5 (14.0)	80.7 (11.7)	64.1 (9.30)		
	最小值	78.6 (11.4)	83.4 (12.1)	73.8 (10.7)	57.0 (8.27)		
	最大值	94.5 (13.7)	106 (15.4)	89.0 (12.9)	72.4 (10.5)		
	C.V. (%)	5.61	7.47	5.24	6.76		
	B基准值	69.7 (10.1)	69.7 (10.1)	65.7 (9.53)	47.9 (6.95)		
	分布	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA		
	C ₁	36.9 (0.775)	55.2 (1.16)	31.8 (0.669)	33.2 (0.698)		
	C ₂	153 (3.21)	160 (3.36)	152 (3.20)	160 (3.37)		
	试样数量	36	36	36	36		
	批 数	5	5	5	5		
	数据种类	B30	B30	B30	B30		
G_{12}^S GPa (Msi)	平均值	3.54 (0.514)	4.70 (0.682)	1.41 (0.204)	1.20 (0.174)		
	最小值	3.34 (0.485)	4.40 (0.638)	1.35 (0.196)	1.01 (0.147)		
	最大值	3.81 (0.553)	5.04 (0.731)	1.46 (0.212)	1.40 (0.203)		
	C.V. (%)	3.68	3.40	2.82	11.8		
	试样数量	36	36	6	6		
	批 数	5	5	1	1		
	数据种类	平均	平均	筛选	筛选		
γ_{12}^u ($\mu\epsilon$)							

注: (1) 放置于71°C, 95%-100%RH直到吸湿量达到1.1%-1.3%。

4.2.17 T300 15k/976 单向带*

材料描述:

材 料: T300 15k/976
 形 式: 单向带, 纤维面积重量为 152 g/m^2 , 固化后树脂含量为 25%-35%, 固化后单层厚度为 $0.130 \text{ mm}(0.0051 \text{ in})$
 固化工艺: 热压罐固化; $121^\circ\text{C}(250^\circ\text{F})$, $0.690 \text{ MPa}(100 \text{ psi})$, 45 分钟; $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$, 2 小时

供应商提供的数据:

纤 维: T300 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 15 000 根碳丝。拉伸模量为 $227 \text{ GPa}(33 \times 10^6 \text{ psi})$, 拉伸强度为 $3\,655 \text{ MPa}(530\,000 \text{ psi})$ 。
 树 脂: 976 是满足 NASA 真空排气要求的高流动性改性环氧树脂, 在 $22^\circ\text{C}(72^\circ\text{F})$ 环境下存放 10 天。

最大短期使用温度: $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$ (干态), $121^\circ\text{C}(250^\circ\text{F})$ (湿态)

应 用: 商业和军用结构, 具有良好的湿热性能。

材 料:	T300 15k/976 单向带			
形 式:	Fiberite T300/976 单向预浸带			
纤 维:	Union Carbide T300 15k		树 脂:	Fiberite 976
T_g (干态):	270°C	T_g (湿态):	256°C	T_g 测量方法: DMA
固化工艺:	热压罐固化: 121°C , 0.690 MPa , 45 分钟; 177°C , 2 小时			

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 2/82
预浸料制造日期: 7/80	分析日期: 9/94
复合材料制造日期:	

注: 该数据是在数据文档要求建立 (1989年6月) 以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		-55°C/A	127°C/A	177°C/A			
1 轴拉伸	SSSS		SSSS	SSSS	SSSS			
2 轴拉伸	SS-S		SS-S	SS-S	SS-S			
3 轴拉伸								
1 轴压缩	SS-S		SS-S	SS-S	SS-S			
2 轴压缩	SS-S		SS-S	SS-S	SS-S			
3 轴压缩								
12 面剪切	SS--		SS--	SS--	SS--			
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S---		S---	S---	S---			

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，-——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.78		
树脂密度 (g/cm ³)	1.28		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.62	1.58-1.65	
纤维面积重量 (g/m ²)	152		
纤维体积含量 (%)	68	60-70	
单层厚度 (mm)		0.124-0.135	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，-——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.17(a) 1轴拉伸性能 (I016)

材 料		T300 15k/976 单向带					
树脂含量		35%(重量)		复合材料密度		1.60g/cm ³	
纤维体积含量		59%		空 隙 含 量		约0.0%	
单层厚度		0.135 mm (0.0053 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)					
温 度		22°C		-55°C		127°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		48		48		48	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^u MPa (ksi)	平均值	1455 (211)	1428 (207)	1372 (199)	1359 (197)	1628 (236)	1600 (232)
	最小值	1276 (185)	1317 (191)	1290 (187)	1193 (173)	1414 (205)	1462 (212)
	最大值	1621 (235)	1510 (219)	1517 (220)	1476 (214)	1765 (256)	1759 (255)
	C.V. (%)	11.2	6.47	6.83	7.67	9.88	6.84
	B基准值	(1)		(1)		(1)	
	分 布	正态		正态		正态	
	C ₁	1455 (211)	1428 (207)	1372 (199)	1359 (197)	1628 (236)	1600 (232)
	C ₂	163 (23.6)	92.4 (13.4)	93.8 (13.6)	104 (15.1)	161 (23.3)	110 (15.9)
	试样数量	5		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
E_1' GPa (Msi)	平均值	135 (19.6)	133 (19.3)	143 (20.8)	141 (20.4)	156 (22.6)	154 (22.4)
	最小值	123 (17.8)	126 (18.2)	134 (19.5)	135 (19.6)	141 (20.5)	146 (21.2)
	最大值	146 (21.2)	141 (20.4)	156 (22.6)	145 (21.0)	172 (24.9)	158 (22.9)
	C.V. (%)	6.09	5.18	5.88	2.74	8.97	2.19
	试样数量	5		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ν_{12}^1	平均值		0.318		0.318		0.312
	试样数量	5		5		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值		10400		8600		9900
	最小值		10000		8000		9500
	最大值		10800		9000		10500
	C.V. (%)		3.42		5.29		4.46
	B基准值		(1)		(1)		(1)
	分 布		正态		正态		正态
	C ₁		10400		8600		9900
	C ₂		356		454		442
	试样数量	5		4		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.17(b) 1轴拉伸性能 ([0]₆)

材 料		T300 15k/976 单向带			
树脂含量	35%(重量)		复合材料密度	1.60g/cm ³	
纤维体积含量	59%		空 隙 含 量	约0.0%	
单层厚度	0.135 mm (0.0053 in)				
试验方法	ASTM D 3039-76		模 量 计 算	曲线的线性段	
归 一 化	纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)				
温 度		177°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境			
来源编码		48			
		归 一 化 的	测 量 的		
F_1^u MPa (ksi)	平均值	1600 (232)	1572 (228)		
	最小值	1462 (212)	1510 (219)		
	最大值	1710 (248)	1669 (242)		
	C.V. (%)	7.11	3.77		
	B基准值	(1)			
	分 布	正态			
	C ₁	1600 (232)	1572 (228)		
	C ₂	114 (16.5)	59.5 (8.63)		
	试样数量	5			
	批 数	1			
数据种类		筛选			
E_1^t GPa (Msi)	平均值	154 (22.4)	152 (22.1)		
	最小值	145 (21.0)	139 (20.2)		
	最大值	167 (24.2)	165 (23.9)		
	C.V. (%)	5.59	6.19		
	试样数量	5			
	批 数	1			
	数据种类	筛选			
V_{12}^t	平均值		0.348		
	试样数量	5			
	批 数	1			
	数据种类	筛选			
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值		9930		
	最小值		9600		
	最大值		10700		
	C.V. (%)		5.29		
	B基准值		(1)		
	分 布		正态		
	C ₁		9930		
	C ₂		525		
	试样数量	4			
	批 数	1			
	数据种类	筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.17(c) 2轴拉伸性能 ([90]₁₅)

材 料		T300 15k/976 单向带					
树脂含量		25%(重量)		复合材料密度		1.64g/cm ³	
纤维体积含量		69%		空 隙 含 量		约0.0%	
单层厚度		0.124 mm (0.0049 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化		无					
温 度		22°C	-55°C	127°C	177°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	大气环境	大气环境		
来源编码		48	48	48	48		
F_2^m MPa (ksi)	平均值	39.0 (5.66)	32.6 (4.73)	26.3 (3.81)	23.9 (3.47)		
	最小值	31.2 (4.53)	22.3 (3.23)	19.8 (2.87)	18.4 (2.67)		
	最大值	45.0 (6.52)	43.4 (6.29)	32.3 (4.68)	26.4 (3.83)		
	C.V. (%)	15.4	25.1	17.4	13.2		
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)		
	分布	正态	正态	正态	正态		
	C ₁	39.0 (5.66)	32.6 (4.73)	26.3 (3.81)	23.9 (3.47)		
	C ₂	6.00(0.870)	8.21 (1.19)	4.58(0.664)	3.16(0.458)		
	试样数量	5	5	5	5		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		
E_2^t GPa (Msi)	平均值	9.24 (1.34)	11.7 (1.69)	9.45 (1.37)	8.97 (1.30)		
	最小值	8.83 (1.28)	10.3 (1.49)	8.00 (1.16)	8.62 (1.25)		
	最大值	9.59 (1.39)	13.0 (1.88)	10.7 (1.55)	9.85 (1.43)		
	C.V. (%)	3.13	9.01	10.1	5.83		
	试样数量	5	5	5	5		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		
V_{21}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
E_2^m ($\mu\epsilon$)	平均值	3900	2760	2640	2620		
	最小值	3200	1900	2100	2200		
	最大值	4600	3300	3400	3000		
	C.V. (%)	14.6	20.4	19.1	13.3		
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)		
	分布	正态	正态	正态	正态		
	C ₁	3900	2760	2640	2620		
	C ₂	570	564	503	349		
	试样数量	5	5	5	5		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.17(d) 1轴压缩性能 ($[0]_{20}$)

材 料		T300 15k/976 单向带							
树脂含量		24%(重量)		复合材料密度		1.63g/cm ³			
纤维体积含量		70%		空 隙 含 量		约0.0%			
单层厚度		0.127 mm (0.0050 in)							
试验方法		ASTM D 3410A-75		模 量 计 算		曲线的线性段			
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)							
温 度		22°C		-55°C		127°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境			
来源编码		48		48		48			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^w MPa (ksi)	平均值	1296 (188)	1503 (218)	1324 (192)	1538 (223)	1014 (147)	1179 (171)		
	最小值	959 (139)	1117 (162)	1165 (169)	1352 (196)	659 (95.6)	765 (111)		
	最大值	1476 (214)	1710 (248)	1503 (218)	1752 (254)	1221 (177)	1414 (205)		
	C.V. (%)	15.9	15.9	9.76	9.76	21.7	21.7		
	B基准值	(1)		(1)		(1)			
	分 布	正态		正态		正态			
	C ₁	1296 (188)	1503 (218)	1324 (192)	1538 (223)	1014 (147)	1179 (171)		
	C ₂	206 (29.9)	239 (34.7)	130 (18.8)	150 (21.8)	220 (31.9)	256 (37.1)		
	试样数量	5		5		5			
	批 数	1		1		1			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
E_1^c GPa (Msi)	平均值	129 (18.7)	150 (21.8)	130 (18.8)	151 (21.9)	127 (18.4)	148 (21.4)		
	最小值	103 (14.9)	119 (17.3)	112 (16.2)	130 (18.8)	74.5 (10.8)	86.9 (12.6)		
	最大值	151 (21.9)	176 (25.5)	176 (25.5)	204 (29.6)	156 (22.6)	181 (26.2)		
	C.V. (%)	13.4	13.4	20.1	20.1	26.5	26.5		
	试样数量	5		5		5			
	批 数	1		1		1			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
ν_{12}^c	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_1^w ($\mu\epsilon$)	平均值		12500		14500		8860		
	最小值		9500		9900		6300		
	最大值		19600		20000		12600		
	C.V. (%)		32.2		31.5		30.2		
	B基准值		(1)		(1)		(1)		
	分 布		正态		正态		正态		
	C ₁		12500		14500		8860		
	C ₂		404		4560		2670		
	试样数量	5		5		5			
	批 数	1		1		1			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.17(e) I轴压缩性能 ([0]₂₀)

材 料		T300 15k/976 单向带			
树脂含量		24%(重量)		复合材料密度	
纤维体积含量		70%		空 隙 含 量	
单层厚度		0.127 mm (0.0050 in)			
试验方法		ASTM D 3410A-75		模 量 计 算	
归一化		纤维体积含量达到60%(单层厚度0.135 mm)			
温 度		177°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境			
来源编码		48			
		归一化的	测量的		
F_1^c MPa (ksi)	平均值	938 (136)	1097 (159)		
	最小值	738 (107)	855 (124)		
	最大值	1103 (160)	1283 (186)		
	C.V. (%)	18.5	18.5		
	B基准值	(1)			
	分 布	正态			
	C ₁	938 (136)	1097 (159)		
	C ₂	174 (25.2)	202 (29.3)		
	试样数量	5			
	批 数	1			
数据种类	筛选				
E_1^c GPa (Msi)	平均值	136 (19.7)	158 (22.9)		
	最小值	114 (16.5)	132 (19.1)		
	最大值	159 (23.0)	184 (26.7)		
	C.V. (%)	13.2	13.2		
	试样数量	5			
	批 数	1			
	数据种类	筛选			
ν_{12}^c	平均值				
	试样数量				
	批 数				
	数据种类				
ϵ_1^c ($\mu\epsilon$)	平均值		9400		
	最小值		5000		
	最大值		14000		
	C.V. (%)		39.7		
	B基准值		(2)		
	分 布		正态		
	C ₁		9400		
	C ₂		3730		
	试样数量	5			
	批 数	1			
数据种类	筛选				

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.17(f) 2轴压缩性能 ([90]₂₀)

材 料		T300 15k/976 单向带					
树脂含量	24%(重量)		复合材料密度		1.63g/cm ³		
纤维体积含量	70%		空 隙 含 量		约0.0%		
单层厚度	0.127 mm (0.0050 in)						
试验方法	ASTM D 3410A-75		模 量 计 算		曲线的线性段		
归一化	纤维体积含量达到60%(单层厚度0.145 mm)						
温 度		22°C	-55°C	127°C	177°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	大气环境	大气环境		
来源编码		48	48	48	48		
F_2^{cu} MPa (ksi)	平均值	207 (30.0)	242 (35.1)	156 (22.6)	132 (19.1)		
	最小值	184 (26.7)	184 (26.7)	134 (19.4)	119 (17.3)		
	最大值	220 (31.9)	310 (44.9)	177 (25.7)	157 (22.8)		
	C.V. (%)	7.10	18.9	10.7	11.7		
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)		
	分 布	正态	正态	正态	正态		
	C ₁	207 (30.0)	242 (35.1)	156 (22.6)	132 (19.1)		
	C ₂	14.7 (2.13)	45.7 (6.62)	16.7 (2.42)	15.4 (2.24)		
	试样数量	5	5	5	5		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		
E_2^{c} GPa (Msi)	平均值	10.1 (1.46)	12.7 (1.84)	12.7 (1.84)	11.3 (1.64)		
	最小值	9.10 (1.32)	10.1 (1.46)	9.45 (1.37)	8.62 (1.25)		
	最大值	11.9 (1.73)	15.0 (2.18)	20.9 (3.03)	13.9 (2.02)		
	C.V. (%)	11.1	17.0	36.7	19.6		
	试样数量	5	5	5	5		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		
ν_{21}^{c}	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值	32300	22100	14900	14200		
	最小值	7900	13000	9600	6900		
	最大值	46300	27700	21400	21300		
	C.V. (%)	44.7	31.1	40.1	47.2		
	B基准值	(1)	(1)	(2)	(1)		
	分 布	正态	正态		正态		
	C ₁	32300	22100		14200		
	C ₂	14400	6880		6720		
	试样数量	5	5	3	5		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 基准值仅适用于A类和B类数据；

(2) 少于4个试样，无法进行统计分析。

表4.2.17(g) 12面剪切性能 ($[\pm 45]_{2S}$)

材 料	T300 15k/976 单向带					
树脂含量	25%(重量)		复合材料密度		1.63g/cm ³	
纤维体积含量	69%		空 隙 含 量		约0.1%	
单层厚度	0.132 mm (0.0052 in)					
试验方法	ASTM D 3518-76		模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化	无					
温 度	22°C	-55°C	127°C	177°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境	大气环境	大气环境	大气环境		
来源编码	48	48	48	48		
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	76.5 (11.1)	94.5 (13.7)	56.9 (8.25)	57.2 (8.30)	
	最小值	75.9 (11.0)	91.0 (13.2)	53.7 (7.78)	52.9 (7.67)	
	最大值	78.6 (11.4)	107 (15.5)	60.1 (8.72)	64.5 (9.36)	
	C.V.(%)	1.23	6.99	4.78	7.80	
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	
	分布	正态	非参数	正态	正态	
	C ₁	76.5 (11.1)	4	56.9 (8.25)	57.2 (8.30)	
	C ₂	0.94 (0.137)	4.10	2.72 (0.394)	4.46 (0.647)	
	试样数量	5	5	5	5	
	批 数	1	1	1	1	
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选	
γ_{12}^{su} (μE)	平均值					
	最小值					
	最大值					
	C.V.(%)					
	B基准值					
	分布					
	C ₁					
	C ₂					
	试样数量					
	批 数					
	数据种类					
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值	6.28 (0.91)	6.90 (1.00)	6.14 (0.89)	5.31 (0.77)	
	最小值	5.79 (0.84)	6.14 (0.89)	5.65 (0.82)	4.83 (0.70)	
	最大值	6.62 (0.96)	7.45 (1.08)	6.48 (0.94)	5.65 (0.82)	
	C.V.(%)	5.1	7.1	5.3	7.4	
	试样数量	5	5	5	5	
	批 数	1	1	1	1	
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.17(h) 31面剪切性能 ($[0]_{15}$)

材 料		T300 15k/976 单向带					
树脂含量		25%(重量)		复合材料密度		1.63g/cm ³	
纤维体积含量		69%		空 隙 含 量		约0.1%	
单层厚度		0.132 mm (0.0052 in)					
试验方法		ASTM D 2344-76		模 量 计 算		曲线的线性段	
归一化		无					
温 度		22°C	-55°C	127°C	177°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	大气环境	大气环境		
来源编码		48	48	48	48		
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	89.0 (12.9)	114 (16.6)	64.5 (9.36)	59.3 (8.60)		
	最小值	65.0 (9.42)	97.9 (14.2)	59.2 (8.59)	53.2 (7.71)		
	最大值	118 (17.1)	135 (19.6)	74.5 (10.8)	65.9 (9.56)		
	C.V. (%)	18.4	12.8	10.1	8.06		
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)		
	分布	Weibull	正态	正态	正态		
	C ₁	95.2 (13.8)	114 (16.6)	64.5 (9.36)	59.3 (8.60)		
	C ₂	6.17	14.6 (2.12)	6.54 (0.949)	4.78 (0.693)		
	试样数量	10	5	5	5		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.18 IM7 12k/8551-7A 单向带

数据见MIL-HDBK-17-2F 附录A。

4.2.19 AS4 3k/3501-6 5 综缎机织物（吸胶）*

材料描述:

材 料: AS4 3k/3501-6

形 式: 5 综缎机织物, 纤维面积重量为 280 g/m^2 , 固化后树脂含量为 28%-30%, 固化后单层厚度为 0.251-0.277 mm(0.0099-0.0109 in)

固化工艺: 热压罐固化: 116°C(240°F), 0.586 MPa(85 psi), 1 小时; 177°C(350°F), 0.690 MPa(100 psi), 2 小时; 吸胶

供应商提供的数据:

纤 维: AS4 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 3 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa(34×10^6 psi), 拉伸强度为 3 793 MPa(550 000 psi)。

树 脂: 3501-6 是一种胺固化的环氧树脂, 在室温下存放最少 10 天还能保持轻微的黏性。

最大短期使用温度: 149°C(300°F) (干态), 82°C(180°F) (湿态)

应 用: 普通用途的结构。

材 料:	AS4 3k/3501-6 5 综缎机织物(吸胶)		
形 式:	Hercules AW280-5H/3501-6 5 综缎机织物预浸带		
纤 维:	Hercules AS4 3k, 不加捻	树 脂:	Hercules 3501-6
T_g (干态):		T_g (湿态):	
固化工艺:	热压罐固化: 110-121°C, 0.586 MPa, 60 分钟; 171-182°C, 0.621-0.759 MPa, 110-130 分钟		

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 6/90
预浸料制造日期:	分析日期: 2/95
复合材料制造日期:	

注: 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		93°C/A		24°C/W	93°C/W		
1 轴拉伸	SS--							
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩	SS--		SS--		SS--	II--		
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S--		S--		S--			

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.80		
树脂密度 (g/cm ³)	1.26		
复合材料密度 (g/cm ³)		1.59-1.60	
纤维面积重量 (g/m ²)	280		
纤维体积含量 (%)		60-62	
单层厚度 (mm)		0.251-0.434	

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

[0/±45/90]	24°C/A							
x 轴拉伸	SS--							
x 轴开孔拉伸	S--							

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.19(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_8$, 吸胶)

材 料		AS4 3k/3501-6 (吸胶) 5综缎机织物					
树脂含量		29%(重量)		复合材料密度		1.61g/cm ³	
纤维体积含量		61%(体积)		空 隙 含 量			
单层厚度		0.254-0.269 mm (0.0100-0.0106 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.483 mm)					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		43					
		归 一 化 的	测 量 的				
F_1^u MPa (ksi)	平均值	745 (108)	793 (115)				
	最小值	643 (93.3)	681 (98.8)				
	最大值	883 (128)	945 (137)				
	C.V. (%)	12.2	12.2				
	B基准值	(1)					
	分 布	ANOVA					
	C_1	709 (14.9)	751 (15.8)				
	C_2	273 (5.74)	272 (5.72)				
	试样数量	9					
	批 数	3					
	数据种类	筛选					
E_1^t GPa (Msi)	平均值	67.8 (9.83)	71.7 (10.4)				
	最小值	56.9 (8.25)	60.7 (8.80)				
	最大值	82.8 (12.0)	90.3 (13.1)				
	C.V. (%)	9.88	10.8				
	试样数量	9					
	批 数	3					
	数据种类	筛选					
ν_{12}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.19(b) 1轴压缩性能 (σ_{1s} , 吸胶)

材 料		AS4 3k/3501-6 (吸胶) S综经机织物							
树脂含量		29%(重量)		复合材料密度		1.61g/cm ³			
纤维体积含量		61%(体积)		空 隙 含 量					
单层厚度		0.251-0.264 mm (0.0099-0.0104 in)							
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算					
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.483 mm)							
温 度		24°C		93°C		24°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		湿 (1)			
来源编码		43		43		43			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	731 (106)	779 (113)	557 (80.8)	594 (86.1)	661 (95.8)	703 (102)		
	最小值	628 (91.0)	674 (97.7)	466 (67.6)	508 (73.7)	547 (79.3)	584 (84.7)		
	最大值	793 (115)	848 (123)	642 (93.1)	689 (99.9)	731 (106)	779 (113)		
	C.V. (%)	6.52	6.65	8.84	8.69	9.43	9.42		
	B基准值	(2)	(2)	(2)		(2)			
	分 布	ANOVA	Weibull	Weibull		正态			
	C_1	343 (7.21)	800 (116)	579 (83.9)	617 (89.4)	661 (95.8)	703 (102)		
	C_2	177 (3.73)	18.4	13.6	13.4	62.3 (9.03)	66.5 (9.64)		
	试样数量	13		13		9			
	批 数	3		3		2			
数据种类		筛选		筛选		筛选			
E_1^{c} GPa (Msi)	平均值	60.0 (8.7)	64.1 (9.3)	58.5 (8.48)	62.3 (9.04)	63.4 (9.23)	68.1 (9.87)		
	最小值	52.4 (7.6)	56.5 (8.2)	44.3 (6.42)	48.3 (7.00)	62.5 (9.07)	66.9 (9.70)		
	最大值	64.8 (9.4)	68.3 (9.9)	65.0 (9.43)	69.0 (10.0)	65.1 (9.44)	70.3 (10.2)		
	C.V. (%)	8.2	8.4	10.6	10.4	1.55	1.68		
	试样数量	13		13		9			
	批 数	3		3		2			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
ν_{12}^{c}	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C_1								
	C_2								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在60°C(140°F), 95%RH环境下放置30天;
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.19(c) 1轴压缩性能 (σ_{1a})

材 料		AS4 3k/3501-6 (吸胶) 5综缎机织物					
树脂含量		29%(重量)		复合材料密度		1.59g/cm ³	
纤维体积含量		61%(体积)		空 隙 含 量			
单层厚度		0.282-0.434 mm (0.0111-0.0171 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.483 mm)					
温 度		93°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		湿 (1)					
来源编码		43					
		归一化的	测量的				
F_1^c MPa (ksi)	平均值	393 (57.0)	419 (60.8)				
	最小值	343 (49.8)	371 (53.8)				
	最大值	468 (67.8)	498 (72.2)				
	C.V. (%)	8.85	8.82				
	B基准值	(2)					
	分 布	ANOVA					
	C ₁	260 (5.46)	274 (5.76)				
	C ₂	217 (4.57)	208 (4.38)				
	试样数量	15					
	批 数	3					
数据种类	临时						
E_1^c GPa (Msi)	平均值	55.9 (8.1)	59.3 (8.6)				
	最小值	44.8 (6.5)	48.3 (7.0)				
	最大值	62.1 (9.0)	64.8 (9.4)				
	C.V. (%)	10	10				
	试样数量	15					
	批 数	3					
	数据种类	临时					
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^c ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在60°C(140°F)，95%RH环境中放置30天；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.19(d) 31面剪切性能 ($[0]_s$)

材 料		AS4 3k/3501-6 (吸胶) 5综缎机织物					
树脂含量		28-30%(重量)		复合材料密度		1.59-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		60-62%(体积)		空 隙 含 量			
单层厚度		0.251-0.264 mm (0.0099-0.0104 in)					
试验方法		ASTM D 2344-84		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C	93°C	24°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	湿 (1)			
来源编码		43	43	43			
F_{31}^{sts} MPa (ksi)	平均值	68.5 (9.93)	54.8 (7.94)	64.5 (9.35)			
	最小值	58.6 (8.50)	52.4 (7.60)	62.1 (9.00)			
	最大值	73.8 (10.7)	57.9 (8.40)	66.2 (9.60)			
	C.V. (%)	7.38	3.89	2.22			
	B基准值	(2)	(2)	(2)			
	分布	正态	ANOVA	正态			
	C_1	68.5 (9.93)	16.8 (0.353)	64.5 (9.35)			
	C_2	5.05 (0.733)	286 (6.02)	1.43 (0.207)			
	试样数量	9	9	6			
	批 数	3	3	2			
	数据种类	筛选	筛选	筛选			

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在60°C(140°F)，95%RH环境中放置30天；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.19(e) x轴拉伸性能 ($[0(\pm 45/90)]_s$)

材 料		AS4 3k/3501-6 (吸胶) 5综缎机织物					
树脂含量		29%(重量)		复合材料密度		1.59g/cm ³	
纤维体积含量		61%(体积)		空隙含量			
单层厚度		0.267-0.269 mm (0.0105-0.0106 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模量计算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.483 mm)					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		43					
		归一化的	测量的				
F_x^u MPa (ksi)	平均值	575 (83.4)	611 (88.6)				
	最小值	522 (75.7)	561 (81.3)				
	最大值	608 (88.2)	650 (94.2)				
	C.V. (%)	5.28	4.86				
	B基准值	(1)					
	分 布	正态					
	C ₁	575 (83.4)	611 (88.6)				
	C ₂	30.4 (4.41)	29.7 (4.30)				
	试样数量	6					
	批 数	2					
数据种类		筛选					
E_x^t GPa (Msi)	平均值	47.6 (6.9)	50.3 (7.3)				
	最小值	45.5 (6.6)	48.3 (7)				
	最大值	48.3 (7.0)	51.7 (7.5)				
	C.V. (%)	2.8	2.9				
	试样数量	6					
	批 数	2					
	数据种类	筛选					
ν_{xy}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_x^u ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.19(f) 开孔拉伸性能 ($[(0/\pm 45/90)_2]_S$)

材 料		AS4 3k/3501-6 (吸胶) 5综缎机织物					
树脂含量		29-30%(重量)		复合材料密度		1.59-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		61-62%(体积)		空 隙 含 量			
单层厚度		0.267-0.277 mm (0.0105-0.0109 in)					
试验方法		SACMA SRM 5-88		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.483 mm)					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		43					
		归一化的	测量的				
F_x^{oh} MPa.(ksi)	平均值	403 (58.4)	434 (63.0)				
	最小值	393 (57.0)	420 (60.9)				
	最大值	421 (61.0)	445 (64.5)				
	C.V. (%)	2.57	2.43				
	B基准值	(1)					
	分 布	正态					
	C ₁	403 (58.4)	434 (63.0)				
	C ₂	10.3 (1.50)	10.6 (1.53)				
	试样数量	6					
	批 数	2					
	数据种类	筛选					
E_x^{oh} GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_x^{oh} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.20 AS4 3k/3501-6 5 综缎机织物*

材料描述:

材 料: AS4 3k/3501-6
形 式: 5 综缎机织物, 纤维面积重量为 280 g/m², 固化后树脂含量为 36%-39%, 固化后单层厚度为 0.279-0.307 mm(0.0110-0.0121 in)
固化工艺: 热压罐固化; 116°C(240°F), 0.586 MPa(85 psi), 1 小时; 177°C(350°F), 0.690 MPa(100 psi), 2 小时; 零吸胶

供应商提供的数据:

纤 维: AS4 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 3 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa(34×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 793 MPa(550 000 psi)。
树 脂: 3501-6 是一种胺固化的环氧树脂, 在室温下存放最少 10 天还能保持轻微的黏性。

最大短期使用温度: 149°C(300°F) (干态), 82°C(180°F) (湿态)

应 用: 应用于普通用途的结构。

材 料:	AS4 3k/3501-6 5 综缎机织物 (零吸胶)			
形 式:	Hercules AW280-5H/3501-6 5 综缎机织物预浸带			
纤 维:	Hercules AS4 3k, 不加捻		树 脂:	Hercules 3501-6
T _g (干态):		T _g (湿态):		T _g 测量方法:
固化工艺:	热压罐固化: 110-121°C, 0.586 MPa, 60 分钟; 171-182°C, 0.621-0.759 MPa, 110-130 分钟			

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 6/90
预浸料制造日期:	分析日期: 2/95-3/95
复合材料制造日期:	

注: 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A	93°C/A				
1 轴拉伸	SS--		SS--	SS--				
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩	SS--							
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S---							

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.80		
树脂密度 (g/cm ³)	1.27		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.55	1.55-1.56	
纤维面积重量 (g/m ²)	280		
纤维体积含量 (%)	53	52-55	
单层厚度 (mm)	0.279	0.279-0.432	

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

0/±45/90	24°C/A							
x 轴拉伸	SS--							
x 轴开孔拉伸	S---							

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.20(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_{\text{ns}}$, 零吸胶)

材 料		AS4 3k/3501-6 5综缎机织物 (零吸胶)							
树脂含量		36-39%(重量)		复合材料密度		1.55-1.56g/cm ³			
纤维体积含量		52-55%		空 隙 含 量					
单层厚度		0.282-0.434 mm (0.0111-0.0171 in)							
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算					
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.279 mm)							
温 度		24°C		-54°C		93°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境			
来源编码		43		43		43			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^m MPa (ksi)	平均值	924 (134)	862 (125)	862 (125)	807 (117)	897 (130)	834 (121)		
	最小值	890 (129)	807 (117)	828 (120)	752 (109)	855 (124)	800 (116)		
	最大值	1007 (146)	938 (136)	938 (136)	876 (127)	972 (141)	938 (136)		
	C.V. (%)	3.79	4.85	3.85	4.89	4.49	5.11		
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)		
	分 布	正态	ANOVA	正态	ANOVA	对数正态	非参数		
	C_1	924 (134)	312 (6.56)	862 (125)	289 (6.07)	5.70 (4.86)	6		
	C_2	35.0 (5.07)	227 (4.77)	33.2 (4.81)	209 (4.40)	0.88 (0.044)	2.25		
	试样数量	9		9		9			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
E_1' GPa (Msi)	平均值	66.7 (9.67)	62.5 (9.06)	70.3 (10.2)	66.0 (9.57)	74.5 (10.8)	69.7 (10.1)		
	最小值	64.8 (9.39)	59.3 (8.60)	66.4 (9.63)	60.7 (8.80)	68.1 (9.88)	62.1 (9.00)		
	最大值	68.1 (9.88)	65.5 (9.50)	75.9 (11.0)	71.0 (10.3)	81.4 (11.8)	77.9 (11.3)		
	C.V. (%)	1.65	3.63	4.26	5.68	6.74	8.23		
	试样数量	9		9		9			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
ν_{12}'	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_1^m ($\mu\epsilon$)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C_1								
	C_2								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.20(b) 1轴压缩性能 (σ_{ds} , 零吸胶)

材 料		AS4 3k/3501-6 5综缎机织物 (零吸胶)					
树脂含量		36-39%(重量)		复合材料密度		1.55-1.56g/cm ³	
纤维体积含量		52-55%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.290-0.307 mm (0.0114-0.0121 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.279 mm)					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		43					
		归一化的	测量的				
F_1^c MPa (ksi)	平均值	890 (129)	834 (121)				
	最小值	834 (121)	765 (111)				
	最大值	1000 (145)	945 (137)				
	C.V. (%)	5.02	6.03				
	B基准值	(1)	(1)				
	分 布	Weibull	ANOVA				
	C_1	917 (133)	373 (7.84)				
	C_2	18.9	209 (4.39)				
	试样数量	15					
	批 数	3					
	数据种类	临时					
E_1^c GPa (Msi)	平均值	65.0 (9.42)	60.8 (8.81)				
	最小值	60.1 (8.71)	57.2 (8.30)				
	最大值	69.0 (10.0)	65.5 (9.50)				
	C.V. (%)	4.25	5.35				
	试样数量	15					
	批 数	3					
	数据种类	临时					
V_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.20(c) 31面剪切性能 ($[0]_s$, 零吸胶)

材 料		AS4 3k/3501-6 5综织机织物（零吸胶）					
树脂含量		36-39%(重量)		复合材料密度		1.55-1.56g/cm ³	
纤维体积含量		52-55%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.279-0.290 mm (0.0110-0.0114 in)					
试验方法		ASTM D 2344-84		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		43					
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	77.9 (11.3)					
	最小值	69.7 (10.1)					
	最大值	83.4 (12.1)					
	C.V. (%)	5.05					
	B基准值	(1)					
	分布	ANOVA					
	C ₁	29.1 (0.611)					
	C ₂	207 (4.35)					
	试样数量	15					
	批 数	3					
	数据种类	筛选					

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只批准用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

表4.2.20(d) x轴拉伸性能 $([(0/45/90/-45)]_S, \text{零吸胶})$

材 料		AS4 3k/3501-6 5综缎机织物 (零吸胶)					
树脂含量		36-39%(重量)		复合材料密度		1.55-1.56g/cm ³	
纤维体积含量		52-55%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.287-0.295 mm (0.0113-0.0116 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.279 mm)					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		43					
		归一化的	测量的				
F_x^u MPa (ksi)	平均值	554 (80.4)	519 (75.3)				
	最小值	532 (77.1)	474 (68.8)				
	最大值	596 (86.4)	565 (82.0)				
	C.V. (%)	3.85	5.41				
	B基准值	(1)	(1)				
	分 布	正态	ANOVA				
	C ₁	554 (80.4)	212 (4.45)				
	C ₂	21.3 (3.09)	241 (5.07)				
	试样数量	9					
	批 数	3					
数据种类		筛选					
E_x^I GPa (Msi)	平均值	47.9 (6.94)	44.8 (6.50)				
	最小值	46.4 (6.73)	43.4 (6.30)				
	最大值	49.2 (7.13)	45.5 (6.60)				
	C.V. (%)	1.87	2.04				
	试样数量	9					
	批 数	3					
	数据种类	筛选					
V_{xy}^I	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_x^u ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.20(e) 开孔拉伸性能 ($[(0/\pm 45/90)]_S$, 零吸胶)

材 料		AS4 3k/3501-6 5综缎机织物 (零吸胶)					
树脂含量		36-39%(重量)		复合材料密度		1.55-1.56g/cm ³	
纤维体积含量		52-55%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.287-0.295 mm (0.0113-0.0116 in)					
试验方法		SACMA SRM 5-88		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到57%(单层厚度0.279 mm)					
温 度		24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		43					
		归一化的	测量的				
F_x^{oh} MPa (ksi)	平均值	375 (54.4)	383 (55.5)				
	最小值	354 (51.4)	365 (52.9)				
	最大值	398 (57.7)	405 (58.7)				
	C.V. (%)	4.58	3.72				
	B基准值	(1)	(1)				
	分 布	ANOVA	正态				
	C ₁	133 (2.80)	383 (55.5)				
	C ₂	268 (5.64)	14.2 (2.06)				
	试样数量	9					
	批 数	3					
数据种类		筛选					
E_x^{oh} GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_x^{oh} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.21 IM6/3501-6 单向带

数据见MIL-HDBK-17-2F 附录A。

4.2.22 IM7 12k/8552 单向带

数据见MIL-HDBK-17-2F 附录A。

4.2.23 T300 3k/977-2 平纹机织物

数据见MIL-HDBK-17-2F 附录A。

4.2.24 T300 3k/977-2 8 综缎机织物

数据见MIL-HDBK-17-2F 附录A。

4.2.25 IM7 12k/977-2 单向带

数据见MIL-HDBK-17-2F 附录A。

4.2.26 AS4 6k/PR500 5 综绺机织物*

材料描述:

材 料: AS4 6k/ PR500

形 式: 含有 4%PT500 增粘剂树脂的 5 综绺机织物, 纤维面积重量 370 g/m^2 , 通过树脂转移模塑工艺(RTM)注入 PR500 树脂。固化后树脂含量为 28%-34%, 固化后单层厚度为 0.330-0.368 mm(0.013-0.0145 in)

固化工艺: $>160^\circ\text{C}(320^\circ\text{F})$ 时 RTM 注射树脂; $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$ 固化 2 小时

供应商提供的数据:

纤 维: Hercules/Hexcel AS4 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维并通过机织成为 5 综绺织物。拉伸模量为 $234 \text{ GPa}(34 \times 10^6 \text{ psi})$, 拉伸强度为 $3793 \text{ MPa}(550\,000 \text{ psi})$ 。

树 脂: 3M PR 500 是一种特别适合于 RTM 工艺并在 $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$ 固化的环氧树脂体系, 具有以下的特点: 良好的韧性和湿热 ($149^\circ\text{C}(300^\circ\text{F})$ /湿) 力学性能, 室温稳定性可维持数周, 在推荐的注射温度下具有低黏性。

最大短期使用温度: $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$ (干态), $149^\circ\text{C}(300^\circ\text{F})$ (湿态)

应 用: 主承力和次承力飞机(商用和军用)结构, 和其他对湿热性能及冲击阻抗有特殊要求的结构, 在这些结构中需要先进 RTM 工艺的优点, 如精确的尺寸公差、零件压实、复杂铺层以及多次表面精密加工。

材 料:	AS4 6k/PR500 5 综绺机织物				
形 式:	Fiberite 5 综绺机织物预浸带, 4.72 束/cm (12 束/in), 4%PT-500				
纤 维:	Hercules AS4 6k, GP 浸润剂, 不加捻			树 脂:	3M PR 500 RTM
T_g (干态):	$192^\circ\text{C}(378^\circ\text{F})$	T_g (湿态):	$171^\circ\text{C}(340^\circ\text{F})$	T_g 测量方法:	SRM 18-94,RDA GN 拐点
固化工艺:	RTM: $171\text{--}188^\circ\text{C}(360 \pm 10^\circ\text{F})$, 120 分钟, 加压 $1.21 \text{ MPa}(175 \text{ psi})$, 内部固化压力为 $0.552 \text{ MPa}(80 \text{ psi})$, 注射时模压温度 $160^\circ\text{C}(320^\circ\text{F})$, 泵板温度为 $60^\circ\text{C}(140\text{--}5^\circ\text{F})$, 泵管温度为 $71^\circ\text{C}(160\text{--}5^\circ\text{F})$				

纤维制造日期:	12-93-5/94	试验日期:	5/95-11/95
树脂制造日期:	8/94-9/94	数据提交日期:	6/96
预浸料制造日期:	11/94-12/94	分析日期:	8/96
复合材料制造日期:	1/95-10/95		

注: 包含有除水以外四种液体浸泡后的12面剪切数据。

单向板性能

	22°C/A	-59°C/A	82°C/A	149°C/A	177°C/A	82°C/W	116°C/W	149°C/W
1 轴拉伸	II-I		II-I	SS-S	IS-S	II-S	II-S	II-I
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩	II--	-I--	II--	I---	S---	I---	S---	S---
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切	II--	II--	SS--	II--	SS--	II--	SS--	SS--
23 面剪切								
31 面剪切	I---		I---	I---		I---		I---
31 面 SB 强度	S---		S---	S---		S---		S---

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.787		ASTM C 693
树脂密度 (g/cm ³)	1.25		ASTM D 792
复合材料密度 (g/cm ³)		1.55-1.60*	
纤维面积重量 (g/m ²)	370	375	SRM 23-94
纤维体积含量 (%)		55.5-64.8	
单层厚度 (mm)	0.356	0.325-0.378	

注：本节树脂含量和复合材料密度的计算时假设空隙率为零。

层压板性能

0/45/90/-45	22°C/A	-59°C/A	82°C/A	149°C/A	177°C/A	82°C/W	116°C/W	149°C/W
x 轴开孔拉伸	IS-S	IS-S	IS-S	IS-S	IS-S	IS-S	IS-S	BI-b
x 轴开孔压缩	BS-S		IS-S	II-I		IS-S	II-I	bi-I
x 轴 CAI	I---							
G _{IC}	S---							
G _{IIc}	b---							

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

数据包含116°C(240°F)/W环境和5种冲击能量的CAI值。

表4.2.26(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_{35}$)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5综纺织物							
树脂含量		30-34%(重量)		复合材料密度		1.56-1.58g/cm ³			
纤维体积含量		57.6-62.0%(体积)		空 隙 含 量		NA			
单层厚度		0.338-0.361 mm (0.0133-0.0142 in)							
试验方法		SRM 4R-94		模 量 计 算		在1000-3000με之间的弦线			
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%的纤维体积(单层厚度0.368 mm)							
温 度		22°C		82°C		116°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境			
来源编码		61		61		61			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^u MPa (ksi)	平均值	793 (115)	828 (120)	793 (115)	814 (118)	807 (117)	841 (122)		
	最小值	724 (105)	765 (111)	703 (102)	724 (105)	710 (103)	731 (106)		
	最大值	855 (124)	890 (129)	869 (126)	883 (128)	862 (125)	917 (133)		
	C.V. (%)	4.50	4.74	5.48	4.94	4.79	5.15		
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)		
	分 布	ANOVA	ANOVA	ANOVA	Weibull	ANOVA	ANOVA		
	C_1	272 (5.71)	306 (6.44)	333 (7.01)	834 (121)	287 (6.03)	317 (6.67)		
	C_2	211 (4.43)	230 (4.83)	221 (4.65)	23.5	210 (4.42)	193 (4.06)		
	试样数量	17		16		15			
	批 数	3		3		3			
数据种类	临时		临时		临时				
E_1^t GPa (Msi)	平均值	65.8 (9.54)	68.8 (9.97)	65.1 (9.44)	67.1 (9.73)	65.7 (9.53)	68.5 (9.94)		
	最小值	63.1 (9.15)	65.2 (9.46)	62.1 (9.01)	62.7 (9.09)	63.9 (9.26)	65.2 (9.46)		
	最大值	68.0 (9.86)	724 (10.5)	67.6 (9.80)	70.3 (10.2)	68.1 (9.88)	70.3 (10.2)		
	C.V. (%)	1.78	3.64	2.62	3.35	2.13	2.43		
	试样数量	15		16		15			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	临时		临时		临时			
ν_{12}^t	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_1^u (με)	平均值		11900		11800		11600		
	最小值		10800		10200		10000		
	最大值		13700		16400		13100		
	C.V. (%)		6.17		12.4		7.68		
	B基准值		(1)		(1)		(1)		
	分 布		非参数		ANOVA		Weibull		
	C_1		8		1510		12000		
	C_2		1.54		3.294		16.2		
	试样数量	15		15		13			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	临时		临时		筛选			

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.26(b) 1轴拉伸性能 (10^6)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5预浸机织物					
树脂含量		30-34%(重量)		复合材料密度		1.56-1.58g/cm ³	
纤维体积含量		57.6-62.0%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度		0.338-0.361 mm (0.0133-0.0142 in)					
试验方法		SRM 4R-94		模 量 计 算		在1000-3000με之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%的纤维体积(单层厚度0.368 mm)					
温 度		149°C		177°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		(2) 71°C水	
来源编码		61		61		61	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^m MPa (ksi)	平均值	765 (111)	807 (117)	724 (105)	786 (114)	772 (112)	786 (114)
	最小值	717 (104)	765 (111)	652 (94.6)	710 (103)	710 (103)	752 (109)
	最大值	814 (118)	841 (122)	772 (112)	848 (123)	821 (119)	821 (119)
	C.V. (%)	3.97	2.82	4.39	4.75	4.66	2.57
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
	分 布	ANOVA	Weibull	ANOVA	Weibull	ANOVA	ANOVA
	C_1	234 (4.91)	821 (119)	247 (5.19)	807 (117)	280 (5.89)	155 (3.25)
	C_2	244 (5.14)	49.5	254 (5.34)	25.9	261 (5.48)	239 (5.03)
	试样数量	14		15		15	
	批 数	3		3		3	
数据种类	筛选		临时		临时		
E_1' GPa (Msi)	平均值	65.6 (9.51)	69.0 (10.0)	62.5 (9.07)	68.1 (9.88)	66.9 (9.70)	68.4 (9.92)
	最小值	63.0 (9.14)	67.5 (9.79)	58.3 (8.46)	64.0 (9.28)	64.8 (9.40)	65.3 (9.47)
	最大值	67.5 (9.79)	72.4 (10.5)	67.3 (9.76)	72.4 (10.5)	70.3 (10.2)	71.7 (10.4)
	C.V. (%)	2.16	2.21	4.50	3.76	2.25	2.78
	试样数量	14		12		15	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	筛选		筛选		临时	
ν_{12}'	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^m (με)	平均值		11500		11800		11000
	最小值		10900		10900		9700
	最大值		12800		12400		11900
	C.V. (%)		4.78		3.88		5.88
	B基准值		(1)		(1)		(1)
	分 布		正态		Weibull		ANOVA
	C_1		11500		12000		691
	C_2		550		34.4		4.32
	试样数量	13		12		14	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	

注: (1) 基准值仅适用于A类和B类数据;

(2) 在71°C水中浸泡直到饱和或95%RH下达到饱和。

表4.2.26(c) 1轴拉伸性能 ($[0]_B$)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5综绉机织物					
树脂含量		30-34%(重量)		复合材料密度		1.56-1.58g/cm ³	
纤维体积含量		57.6-62.0%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度		0.338-0.361 mm (0.0133-0.0142 in)					
试验方法		SRM 4R-94		模 量 计 算		在1000-3000με之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%的纤维体积(单层厚度0.368 mm)					
温 度		116°C		149°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		(2) 71°C水		(2) 71°C水			
来源编码		61		61			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^w MPa (ksi)	平均值	752 (109)	786 (114)	703 (102)	759 (110)		
	最小值	676 (98.0)	717 (104)	677 (98.1)	703 (102)		
	最大值	814 (118)	828 (120)	759 (110)	800 (116)		
	C.V.(%)	5.65	4.13	2.81	3.46		
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)		
	分 布	ANOVA	ANOVA	非参数	Weibull		
	C_1	324 (6.82)	240 (5.05)	8	772 (112)		
	C_2	237 (4.98)	205 (4.32)	1.43	35.4		
	试样数量	15		17			
	批 数	3		3			
	数据种类	临时		临时			
E_1^t GPa (Msi)	平均值	65.0 (9.42)	67.9 (9.84)	63.7 (9.24)	68.7 (9.96)		
	最小值	62.3 (9.04)	65.2 (9.45)	59.9 (8.69)	63.4 (9.20)		
	最大值	67.7 (9.82)	72.4 (10.5)	66.2 (9.60)	72.4 (10.5)		
	C.V.(%)	2.47	3.11	2.60	3.62		
	试样数量	15		15			
	批 数	3		3			
	数据种类	临时		临时			
ν_{12}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^w (με)	平均值		11200		11000		
	最小值		10400		10100		
	最大值		13500		12000		
	C.V.(%)		7.43		4.38		
	B基准值		(1)		(1)		
	分 布		非参数		Weibull		
	C_1		7		11300		
	C_2		1.81		23.7		
	试样数量	12		15			
	批 数	3		3			
	数据种类	筛选		临时			

注: (1) 基准值仅适用于A类和B类数据;

(2) 在71°C水中浸泡直到饱和或95%RH下达到平衡。

表4.2.26(d) 1轴压缩性能 ($\{0_d\}_{35}$)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5综绾机织物					
树脂含量		30-35%(重量)		复合材料密度		1.55-1.58g/cm ³	
纤维体积含量		56.5-61.8%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度		0.340-0.371 mm (0.0134-0.0146 in)					
试验方法		SRM 1R-94		模 量 计 算		在1000-3000μE之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%的纤维体积(单层厚度0.368 mm)					
温 度		22°C		-59°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		61		61		61	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^u MPa (ksi)	平均值	814 (118)	876 (127)			724 (105)	759 (110)
	最小值	710 (103)	759 (110)			635 (92.1)	651 (94.4)
	最大值	938 (136)	972 (141)			800 (116)	867 (126)
	C.V. (%)	7.91	7.41			5.86	7.02
	B基准值	(1)	(1)			(1)	
	分 布	ANOVA	Weibull			Weibull	
	C_1	475 (9.99)	903 (131)			745 (108)	786 (114)
	C_2	181 (3.81)	16.1			19.8	15.8
	试样数量	17				15	
	批 数	3				3	
数据种类		临时				临时	
E_1^c GPa (Msi)	平均值	61.2 (8.88)	61.7 (8.95)	61.0 (8.85)	61.4 (8.90)	62.0 (8.99)	62.1 (9.00)
	最小值	57.2 (8.30)	57.1 (8.28)	56.5 (8.19)	55.9 (8.10)	59.9 (8.69)	55.1 (7.99)
	最大值	64.9 (9.41)	68.0 (9.86)	64.1 (9.30)	67.3 (9.72)	64.1 (9.30)	65.4 (9.48)
	C.V. (%)	3.16	5.41	3.09	4.71	2.16	5.08
	试样数量	17		15		15	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	临时		临时		临时	
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^u (μE)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.26(e) 1轴压缩性能 ($[0]_{35}$)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5综绉机织物					
树脂含量		30-35%(重量)		复合材料密度		1.55-1.58g/cm ³	
纤维体积含量		56.5-61.8%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度		0.340-0.371 mm (0.0134-0.0146 in)					
试验方法		SRM 1R-94		模 量 计 算		在1000-3000μe之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%的纤维体积(单层厚度0.368 mm)					
温 度		116°C		149°C		177°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		61		61		61	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	710 (103)	731 (106)	552 (80.1)	581 (84.2)	352 (51.0)	369 (53.5)
	最小值	677 (98.2)	686 (99.5)	479 (69.5)	491 (71.2)	291 (42.2)	306 (44.4)
	最大值	759 (110)	786 (114)	603 (87.5)	641 (93.0)	425 (61.1)	447 (64.8)
	C.V. (%)	3.36	4.37	6.69	7.31	9.72	10.6
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
	分 布	Weibull	ANOVA	Weibull	ANOVA	Weibull	ANOVA
	C_1	717 (104)	235 (4.94)	569 (82.5)	318 (6.68)	368 (53.3)	290 (6.10)
	C_2	29.3	197 (4.14)	18.0	199 (4.18)	10.7	205 (4.30)
	试样数量	15		16		12	
	批 数	3		3		3	
数据种类	临时		临时		筛选		
E_1^{c} GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
V_{12}^{c}	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} (μe)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.26(f) 1轴压缩性能 ($[0]_{35}$)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5综织机织物					
树脂含量		30-35%(重量)		复合材料密度		1.55-1.58g/cm ³	
纤维体积含量		56.5-61.8%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度		0.340-0.371 mm (0.0134-0.0146 in)					
试验方法		SRM 1R-94		模 量 计 算		在1000-3000με之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%的纤维体积(单层厚度0.368 mm)					
温 度		82°C		116°C		149°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		(2) 71°C水		(2) 71°C水		(2) 71°C水	
来源编码		61		61		61	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F ₁ ^{cu} MPa (ksi)	平均值	690 (100)	731 (106)	534 (77.5)	547 (79.3)	462 (67.0)	494 (71.7)
	最小值	606 (87.9)	605 (87.7)	465 (67.4)	456 (66.1)	429 (62.2)	452 (65.5)
	最大值	786 (114)	869 (126)	601 (87.1)	644 (93.4)	494 (71.6)	539 (78.2)
	C.V. (%)	7.08	10.2	8.97	12.3	4.43	6.05
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
	分 布	ANOVA	ANOVA	正态	ANOVA	ANOVA	ANOVA
	C ₁	358 (7.53)	585 (12.3)	534 (77.5)	566 (11.9)	158 (3.33)	253 (5.33)
	C ₂	175 (3.67)	233 (4.89)	47.9 (6.95)	799 (16.8)	556 (11.7)	770 (16.2)
	试样数量	17		9		11	
	批 数	3		2		2	
	数据种类	临时		筛选		筛选	
E ₁ ^c GPa (Msi)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ν ₁₂ ^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ε ₁ ^{cu} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注: (1) 基准值仅适用于A类和B类数据;

(2) 在71°C水中浸泡直到饱和或95%RH下达到平衡。

表4.2.26(g) 12面剪切性能 ($[45]_{12s}$)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5综纺织物					
树脂含量		29-35%(重量)		复合材料密度		1.55-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		56.0-63.6%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度		0.330-0.376 mm (0.0130-0.0148 in)					
试验方法		SRM 7R-94		模 量 计 算		在1000-4000μE之间的弦线	
归一化		无					
温 度		22°C	-59°C	82°C	116°C	149°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	大气环境	大气环境	大气环境	
来源编码		61	61	61	61	61	
F ₁₂ ^s MPa (ksi)	平均值	102 (14.8)	106 (15.4)	93.1 (13.5)	79.3 (11.5)	63.8 (9.25)	
	最小值	89.7 (13)	100 (14.5)	86.9 (12.6)	73.8 (10.7)	55.0 (7.97)	
	最大值	126 (18.2)	124 (18.0)	99.3 (14.4)	90.3 (13.1)	71.0 (10.3)	
	C.V. (%)	8.63	5.5	4.15	5.37	7.28	
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	
	分布	正态	非参数	ANOVA	正态	Weibull	
	C ₁	102 (14.8)	8	30.1 (0.632)	79.3 (11.5)	65.9 (9.55)	
	C ₂	8.83 (1.28)	1.54	255 (5.37)	4.26 (0.618)	15.6	
	试样数量	16	15	14	15	16	
	批 数	3	3	3	3	3	
数据种类		临时	临时	筛选	临时	临时	
G ₁₂ ^s GPa (Msi)	平均值	4.41 (0.639)	5.78 (0.838)	3.54 (0.513)	2.98 (0.432)	2.49 (0.361)	
	最小值	4.03 (0.585)	5.48 (0.795)	3.11 (0.451)	2.68 (0.388)	2.28 (0.331)	
	最大值	4.85 (0.703)	6.16 (0.893)	4.09 (0.593)	3.48 (0.505)	2.63 (0.381)	
	C.V. (%)	6.56	4.28	7.17	7.56	3.92	
	试样数量	16	15	14	15	16	
	批 数	3	3	3	3	3	
	数据种类	临时	临时	筛选	临时	临时	

注：(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.26(h) 12面剪切性能 ($I_{45^\circ_{12S}}$)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5综织机织物							
树脂含量		29-35%(重量)		复合材料密度		1.55-1.59g/cm ³			
纤维体积含量		56.0-63.6%(体积)		空 隙 含 量		NA			
单层厚度		0.330-0.376 mm (0.0130-0.0148 in)							
试验方法		SRM 7R-94		模 量 计 算		在1000-4000μe之间的弦线			
归一化		无							
温 度		177°C		82°C		116°C		149°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		71°C 水 (2)		71°C 水 (2)		71°C 水 (2)	
来源编码		61		61		61		61	
F ₁₂ ^s MPa (ksi)	平均值	53.4 (7.75)		84.1 (12.2)	70.3 (10.2)	53.9 (7.82)			
	最小值	50.8 (7.37)		77.9 (11.3)	66.3 (9.61)	48.5 (7.03)			
	最大值	56.2 (8.15)		89.7 (13.0)	78.6 (11.4)	58.3 (8.45)			
	C.V. (%)	4.36		4.76	4.78	6.35			
	B基准值	(1)		(1)	(1)	(1)			
	分布	正态		ANOVA	ANOVA	Weibull			
	C ₁	53.4 (7.75)		31.2 (0.656)	25.2 (0.529)	55.4 (8.04)			
	C ₂	2.33 (0.338)		255 (5.36)	220 (4.62)	19.6			
	试样数量	8		15	14	11			
	批 数	2		3	3	3			
数据种类	筛选		临时	筛选	筛选				
G ₁₂ ^s GPa (Msi)	平均值	1.74 (0.252)		3.49 (0.506)	2.76 (0.400)	1.62 (0.235)			
	最小值	1.49 (0.216)		3.10 (0.450)	2.43 (0.352)	1.31 (0.190)			
	最大值	1.82 (0.264)		3.98 (0.577)	3.10 (0.450)	1.89 (0.274)			
	C.V. (%)	6.02		5.80	6.95	12.0			
	试样数量	8		15	14	11			
	批 数	2		3	3	3			
	数据种类	筛选		临时	筛选	筛选			

注：(1) 基准值仅适用于A类和B类数据；

(2) 在71°C水中浸泡直到饱和或95%RH下达到平衡。

表4.2.26(i) 12面剪切性能 ($[45]_{12s}$)

材 料	AS4 6k/PR500 RTM 5预织机织物					
树脂含量	29-35%(重量)		复合材料密度		1.55-1.59g/cm ³	
纤维体积含量	56.0-63.6%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度	0.330-0.376 mm (0.0130-0.0148 in)					
试验方法	SRM 7R-94		模 量 计 算		在1000-3000μe之间的弦线	
归一化	无					
温 度	22°C	22°C	22°C	22°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)	(2)	(3)	(4)	(5)		
来源编码	61	61	61	61		
F_{12}^s MPa (ksi)	平均值	93.1 (13.5)	101 (14.6)	103 (15.0)	102 (14.8)	
	最小值	85.5 (12.4)	92.4 (13.4)	93.1 (13.5)	94.5 (13.7)	
	最大值	103 (14.9)	115 (16.7)	115 (16.7)	109 (15.8)	
	C.V.(%)	6.46	8.44	8.41	6.88	
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	
	分布	正态	正态	正态	正态	
	C_1	93.1 (13.5)	101 (14.6)	103 (15.0)	102 (14.8)	
	C_2	6.01 (0.872)	8.48 (1.23)	8.69 (1.26)	7.03 (1.02)	
	试样数量	7	7	6	6	
	批 数	1	1	1	1	
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选	
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值	4.14 (0.601)	4.68 (0.678)	4.49 (0.651)	4.59 (0.666)	
	最小值	3.86 (0.560)	4.41 (0.639)	4.37 (0.633)	4.48 (0.650)	
	最大值	4.40 (0.638)	4.94 (0.716)	4.67 (0.677)	4.83 (0.701)	
	C.V.(%)	5.65	4.45	2.64	2.77	
	试样数量	7	7	6	6	
	批 数	1	1	1	1	
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选	

- 注: (1) 基准值仅适用于A类和B类数据;
 (2) 在室温MEK清洗剂中浸泡6天;
 (3) 在71°C(160°F)Skydrol液压油中浸泡6天;
 (4) 在室温JP-4燃油中浸泡6天;
 (5) 在室温防冻液中浸泡6天。

表4.2.26(j) 31面剪切性能 ($[0]_{35}$)

材 料	AS4 6k/PR500 RTM 5综级机织物					
树脂含量	30-34%(重量)		复合材料密度		1.56-1.58g/cm ³	
纤维体积含量	57.6-62.0%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度	0.338-0.361 mm (0.0133-0.0142 in)					
试验方法	SRM 8R-94		模 量 计 算		在1000-3000μe之间的弦线	
归一化	无					
温 度	22°C	82°C	149°C	82°C	149°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境	大气环境	大气环境	71°C 水 (2)	71°C 水 (2)	
来源编码	61	61	61	61	61	
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	80.0 (11.6)	66.2 (9.6)	46.9 (6.8)	55.2 (8.0)	37.7 (5.47)
	最小值	71.7 (10.4)	62.1 (9.0)	44.8 (6.5)	49.7 (7.2)	35.9 (5.2)
	最大值	87.6 (12.7)	70.3 (10.2)	50.3 (7.3)	57.9 (8.4)	39.3 (5.7)
	C.V. (%)	5.36	3.4	3.2	4.6	3.3
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
	分布	Weibull	ANOVA	正态	Weibull	正态
	C ₁	82.1 (11.9)	16.6 (0.35)	46.9 (6.8)	55.9 (8.1)	37.9 (5.5)
	C ₂	22.2	166 (3.5)	1.52 (0.22)	30	1.24 (0.18)
	试样数量	19	19	19	12	7
	批 数	3	3	3	2	1
数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选	筛选	

注: (1) 只批准用于筛选数据种类的短梁强度试验数据;

(2) 在71°C水中浸泡直到饱和或95%RH下达到平衡。

表4.2.26(k) 开孔拉伸性能 ($[0_2/45_2/90_2/-45_2]_S$)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5综裁机织物					
树脂含量		28-36%(重量)		复合材料密度		1.55-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		55.5-64.8%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度		0.325-0.378 mm (0.0128-0.0149 in)					
试验方法		SRM 5R-94		模 量 计 算		在1000-3000μE之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%体积含量(单层厚度0.368 mm)					
温 度		22°C		-59°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		61		61		61	
		归一化的		测量的		归一化的	
		测量的		测量的		测量的	
F_x^{ohu} MPa (ksi)	平均值	328 (47.5)	341 (49.4)	32.9 (47.7)	344 (49.9)	323 (46.9)	333 (48.3)
	最小值	293 (42.5)	288 (41.7)	288 (41.7)	280 (40.6)	302 (43.8)	310 (44.9)
	最大值	355 (51.5)	372 (54.0)	356 (51.6)	378 (54.8)	337 (48.8)	355 (51.5)
	C.V. (%)	5.49	7.03	5.73	7.82	3.46	4.66
	B基准值	(1)		(1)		(1)	
	分 布	Weibull		Weibull		ANOVA	
	C ₁	336 (48.7)	352 (51.0)	337 (48.8)	355 (51.5)	80.4 (1.69)	105 (2.20)
	C ₂	21.8	17.6	22.6	17.6	172 (3.61)	181 (3.81)
	试样数量	15		15		15	
	批 数	3		3		3	
数据种类	临时		临时		临时		
E_x^{ohu} GPa (Msi)	平均值	47.3 (6.86)	49.9 (7.24)	50.0 (7.25)	53.6 (7.77)	46.5 (6.75)	48.5 (7.04)
	最小值	46.3 (6.72)	48.9 (7.09)	48.8 (7.08)	52.6 (7.63)	45.2 (6.55)	46.3 (6.71)
	最大值	48.8 (7.07)	51.1 (7.41)	50.6 (7.34)	54.8 (7.94)	49.2 (7.14)	51.4 (7.45)
	C.V. (%)	1.94	1.59	1.42	1.90	3.26	3.48
	试样数量	5		5		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ϵ_x^{ohu} (μE)	平均值		7100		6700		7100
	最小值		6500		6600		6800
	最大值		7500		7000		7400
	C.V. (%)		5.7		2.5		3.8
	B基准值		(1)		(1)		(1)
	分 布		正态		正态		正态
	C ₁		7100		6700		7100
	C ₂		400		170		270
	试样数量	5		5		5	
	批 数	1		1		1	
数据种类	筛选		筛选		筛选		

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.26(l) 开孔拉伸性能 ($[0/45/90/-45]_s$)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5综缎机织物					
树脂含量		28-36%(重量)		复合材料密度		1.55-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		55.5-64.8%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度		0.325-0.378 mm (0.0128-0.0149 in)					
试验方法		SRM 5R-94		模 量 计 算		在1000-3000μe之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%体积含量(单层厚度0.368 mm)					
温 度		116°C		149°C		177°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		61		61		61	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_x^{oh} MPa (ksi)	平均值	335 (48.6)	353 (51.2)	328 (47.5)	343 (49.7)	304 (44.1)	313 (45.4)
	最小值	313 (45.4)	330 (47.8)	317 (45.9)	321 (46.6)	287 (41.6)	286 (41.4)
	最大值	364 (52.8)	387 (56.1)	353 (51.2)	368 (53.3)	322 (46.7)	334 (48.4)
	C.V. (%)	3.89	4.96	3.20	4.11	3.61	3.86
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
	分 布	Weibull	正态	非参数	Weibull	ANOVA	Weibull
	C_1	341 (49.5)	353 (51.2)	8	350 (50.7)	80.8 (1.70)	319 (46.3)
	C_2	25.6	17.5 (2.54)	1.49	26.1	183 (3.84)	29.3
	试样数量	16		16		16	
	批 数	3		3		3	
数据种类	临时		临时		临时		
E_x^{oh} GPa (Msi)	平均值	45.4 (6.58)	48.0 (6.96)	45.8 (6.64)	48.4 (7.02)	41.4 (6.01)	43.3 (6.28)
	最小值	44.3 (6.42)	46.2 (6.70)	45.0 (6.52)	46.5 (6.74)	40.3 (5.85)	41.9 (6.08)
	最大值	46.8 (6.78)	49.7 (7.20)	47.4 (6.87)	49.1 (7.12)	43.7 (6.33)	45.0 (6.52)
	C.V. (%)	2.10	2.82	1.84	2.03	3.14	2.56
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ϵ_x^{oh} (μe)	平均值		7500		7200		7300
	最小值		7000		7000		7000
	最大值		7800		7300		7700
	C.V. (%)		3.7		1.8		3.6
	B基准值		(1)		(1)		(1)
	分 布		正态		正态		正态
	C_1		7500		7200		7300
	C_2		270		130		260
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
数据种类	筛选		筛选		筛选		

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.26(m) 开孔拉伸性能 ([0/45/90/-45]_s)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5预织机织物							
树脂含量		28-36%(重量)		复合材料密度		1.55-1.60g/cm ³			
纤维体积含量		55.5-64.8%(体积)		空隙含量		NA			
单层厚度		0.325-0.378 mm (0.0128-0.0149 in)							
试验方法		SRM 5R-94		模量计算		在1000-3000μe之间的弦线			
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%体积含量(单层厚度0.368 mm)							
温 度		82°C		116°C		149°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		71°C 水 (2)		71°C 水 (2)		71°C 水 (2)			
来源编码		61		61		61			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_x^{oh} MPa (ksi)	平均值	330 (47.1)	340 (49.3)	320 (46.4)	335 (48.6)	321 (46.5)	335 (48.6)		
	最小值	297 (43.1)	305 (44.2)	301 (43.7)	317 (46.0)	306 (44.4)	315 (45.7)		
	最大值	345 (50.0)	370 (53.6)	341 (49.4)	368 (53.4)	346 (50.1)	361 (52.3)		
	C.V. (%)	3.81	5.13	3.57	4.44	3.57	6.05		
	B基准值	(1)		(1)	(1)	289 (41.9)	301 (43.6)		
	分 布	Weibull		Weibull	非参数	Weibull			
	C ₁	330 (47.9)	348 (50.4)	326 (47.2)	8	194 (28.1)	185 (26.8)		
	C ₂	29.6	22.0	31.0	1.49	47.3	49.6		
	试样数量	16		16		21			
	批 数	3		3		3			
数据种类		临时		临时		B18			
E_x^{oh} GPa (Msi)	平均值	46.1 (6.69)	48.8 (7.08)	48.3 (7.00)	51.4 (7.46)	45.8 (6.64)	48.0 (6.96)		
	最小值	45.4 (6.58)	46.7 (6.77)	46.8 (6.78)	48.8 (7.07)	41.0 (5.95)	42.4 (6.15)		
	最大值	46.9 (6.80)	51.2 (7.43)	49.9 (7.24)	53.1 (7.70)	48.3 (7.01)	52.0 (7.54)		
	C.V. (%)	1.63	3.44	2.96	3.74	4.92	5.93		
	试样数量	6		6		16			
	批 数	1		1		3			
	数据种类	筛选		筛选		临时			
ϵ_x^{oh} (μe)	平均值		7100		6600		6900		
	最小值		6800		6100		6000		
	最大值		7200		7100		7800		
	C.V. (%)		2.2		6.5		6.1		
	B基准值		(1)		(1)		5800		
	分 布		正态		正态		Weibull		
	C ₁		7100		6600		7100		
	C ₂		150		430		17		
	试样数量	6		6		18			
	批 数	1		1		3			
数据种类		筛选		筛选		B18			

注: (1) 基准值仅适用于A类和B类数据;
(2) 在71°C水中浸泡直到饱和或95%RH下达到平衡。

表4.2.26(n) 开孔压缩性能 ($[0_r/45_r/90_r/45_r]_S$)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5预浸机织物					
树脂含量		28-36%(重量)		复合材料密度		1.55-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		55.5-64.8%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度		0.325-0.378 mm (0.0128-0.0149 in)					
试验方法		SRM 5R-94		模 量 计 算		在1000-3000μe之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%体积含量(单层厚度0.368 mm)					
温 度		22°C		82°C		116°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		61		61		61	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_x^{ohcu} MPa (ksi)	平均值	312 (45.3)	326 (47.2)	263 (38.2)	279 (40.4)	246 (35.6)	261 (37.9)
	最小值	294 (42.7)	308 (44.7)	240 (34.8)	255 (37.0)	222 (32.2)	234 (33.9)
	最大值	332 (48.2)	354 (51.4)	304 (44.1)	326 (47.3)	261 (37.9)	283 (41.0)
	C.V. (%)	3.57	4.17	6.32	6.93	4.22	4.38
	B基准值	283 (41.0)	286 (41.5)	(1)	(1)	(1)	
	分 布	Weibull		Weibull	正态	Weibull	
	C_1	318 (46.1)	332 (48.1)	272 (39.4)	279 (40.4)	250 (36.2)	266 (38.6)
	C_2	30.7	24.0	15.1	19.3 (2.80)	29.6	26.7
	试样数量	18		16		16	
	批 数	3		3		3	
数据种类	B18		临时		临时		
E_x^{ohc} GPa (Msi)	平均值	46.0 (6.67)	49.0 (7.10)	44.7 (6.48)	47.9 (6.94)	44.3 (6.43)	47.2 (6.85)
	最小值	43.3 (6.28)	46.0 (6.67)	44.4 (6.44)	46.8 (6.78)	43.0 (6.24)	43.7 (6.34)
	最大值	48.8 (7.08)	52.3 (7.59)	45.0 (6.52)	48.6 (7.05)	46.2 (6.70)	50.5 (7.32)
	C.V. (%)	4.47	5.02	0.549	1.44	1.87	4.35
	试样数量	8		5		15	
	批 数	1		1		3	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
E_x^{ohcu} (μe)	平均值	6900		6100		5500	
	最小值	6500		5400		5100	
	最大值	7500		6800		6000	
	C.V. (%)	5.7		9.7		4.6	
	B基准值	(1)		(1)		(1)	
	分 布	正态		正态		Weibull	
	C_1	6900		6100		5700	
	C_2	390		590		24	
	试样数量	5		5		15	
	批 数	1		1		3	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.26(a) 开孔压缩性能 ($[0/45/90/-45]_s$)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5综缎机织物					
树脂含量		28-36%(重量)		复合材料密度		1.55-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		55.5-64.8%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度		0.325-0.378 mm (0.0128-0.0149 in)					
试验方法		SRM 5R-94		模 量 计 算		在1000-3000μE之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%体积含量(单层厚度0.368 mm)					
温 度		149°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		61					
		归一化的	测量的				
F_x^{ohcu} MPa (ksi)	平均值	221 (32.1)	234 (34.0)				
	最小值	181 (26.2)	199 (28.9)				
	最大值	252 (36.6)	266 (38.6)				
	C.V. (%)	7.92	7.41				
	B基准值	(1)					
	分 布	Weibull					
	C_1	229 (33.2)	242 (35.1)				
	C_2	15.7	14.9				
	试样数量	17					
	批 数	3					
数据种类		临时					
E_x^{ohc} GPa (Msi)	平均值	43.0 (6.24)	45.5 (6.60)				
	最小值	41.5 (6.02)	42.7 (6.19)				
	最大值	44.0 (6.38)	49.9 (7.24)				
	C.V. (%)	1.73	4.13				
	试样数量	17					
	批 数	3					
	数据种类	临时					
ϵ_x^{ohcu} (μE)	平均值		5100				
	最小值		4300				
	最大值		5700				
	C.V. (%)		7.6				
	B基准值		(1)				
	分 布		Weibull				
	C_1		5300				
	C_2		17				
	试样数量	17					
	批 数	3					
	数据种类	临时					

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.26(p) 开孔压缩性能 ($[0/45/90/-45]_s$)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5预浸机织物					
树脂含量		28-36%(重量)		复合材料密度		1.55-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		55.5-64.8%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度		0.325-0.378 mm (0.0128-0.0149 in)					
试验方法		SRM 5R-94		模 量 计 算		在1000-3000με之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%体积含量(单层厚度0.368 mm)					
温 度		82°C		116°C		149°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		71°C 水 (2)		71°C 水 (2)		71°C 水 (2)	
来源编码		61		61		61	
		归一化的		测量的		归一化的	
F_x^{ohcu} MPa (ksi)	平均值	250 (36.3)	266 (38.5)	226 (32.8)	239 (34.6)	187 (27.1)	196 (28.4)
	最小值	222 (32.2)	238 (34.5)	209 (30.3)	219 (31.8)	172 (25.0)	180 (26.1)
	最大值	282 (40.9)	305 (44.2)	252 (36.5)	265 (38.4)	208 (30.2)	221 (32.1)
	C.V. (%)	7.01	7.02	5.76	6.39	6.35	6.52
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	175 (25.4)	162 (23.5)
	分 布	Weibull	ANOVA	Weibull	Weibull	非参数	Weibull
	C_1	259 (37.5)	138 (2.90)	232 (33.7)	246 (35.7)	9	202 (29.3)
	C_2	16.1	189 (3.97)	18.2	17.2	1.35	16.4
	试样数量	16		17		18	
	批 数	3		3		3	
数据种类	临时		临时		B18		
E_x^{ohc} GPa (Msi)	平均值	44.1 (6.39)	47.6 (6.90)	44.5 (6.45)	47.1 (6.83)	42.1 (6.10)	44.1 (6.40)
	最小值	43.4 (6.29)	45.2 (6.56)	42.9 (6.22)	44.8 (6.49)	40.3 (5.84)	39.9 (5.78)
	最大值	45.0 (6.53)	49.2 (7.13)	48.6 (7.05)	51.4 (7.46)	44.5 (6.45)	47.4 (6.87)
	C.V. (%)	1.69	2.89	3.54	4.03	2.64	4.57
	试样数量	6		15		15	
	批 数	1		3		3	
	数据种类	筛选		临时		临时	
ϵ_x^{ohcu} (με)	平均值		5800		5100		4500
	最小值		5400		4500		4100
	最大值		6500		5800		4900
	C.V. (%)		7.0		7.2		5.4
	B基准值		(1)		(1)		(1)
	分 布		正态		正态		正态
	C_1		5800		5300		4600
	C_2		410		15		20
	试样数量	6		15		15	
	批 数	1		3		3	
数据种类	筛选		临时		临时		

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.26(g) 冲击后压缩 (CAI) 性能 ($[0/45/90/-45]_{12s}$)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5 综绀机织物					
树脂含量		30-33%(重量)		复合材料密度		1.56-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		58.5-62.4%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度		0.338-0.358 mm (0.0133-0.0141 in)					
试验方法		SRM 2-94 (冲击能量见表注)		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%体积含量(单层厚度0.368 mm)					
温 度		22°C		22°C		22°C	
平衡吸湿量(%), (T.RH)		大气环境 (2)		大气环境 (3)		大气环境 (4)	
来源编码		61		61		61	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_x^{ca} MPa (ksi)	平均值	417 (60.5)	443 (64.3)	297 (43.1)	316 (45.8)	272 (39.5)	289 (41.9)
	最小值	383 (55.6)	408 (59.1)	280 (40.6)	292 (42.4)	245 (35.5)	269 (39.0)
	最大值	463 (67.2)	494 (71.7)	312 (45.3)	335 (48.6)	315 (45.7)	328 (47.6)
	C.V. (%)	5.33	5.42	3.31	4.23	6.32	5.47
	B基准值	(1)		(1)		(1)	
	分 布	Weibull		ANOVA		ANOVA	
	C_1	428 (62.0)	455 (66.0)	75.4 (1.58)	103 (2.17)	126 (2.64)	117 (2.45)
	C_2	19.6	18.9	237 (4.98)	250 (5.26)	190 (3.99)	199 (4.18)
	试样数量	15		15		15	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	临时		临时		临时	

注: (1) 基准值仅适用于A类和B类数据;

(2) 冲击能量: 15.3J (135 in-lbs);

(3) 冲击能量: 30.5J (270 in-lbs);

(4) 冲击能量: 40.7J (360 in-lbs)。

表4.2.26(r) 冲击后压缩 (CAI) 性能 ($[0_2/45_2/90_2/-45_2]_{2s}$)

材 料		AS4 6k/PR500 RTM 5综绂机织物					
树脂含量		30-33%(重量)		复合材料密度		1.56-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		58.5-62.4%(体积)		空 隙 含 量		NA	
单层厚度		0.338-0.358 mm (0.0133-0.0141 in)					
试验方法		SRM 2R-94 (冲击能量见表注)		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%体积含量(单层厚度0.368 mm)					
温 度		22°C		22°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境 (2)		大气环境 (3)			
来源编码		61		61			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的		
F_x^{cai} MPa (ksi)	平均值	257 (37.2)	272 (39.4)	242 (35.1)	258 (37.4)		
	最小值	240 (34.8)	249 (36.1)	228 (33.0)	238 (34.5)		
	最大值	282 (40.9)	301 (43.7)	259 (37.5)	274 (39.8)		
	C.V. (%)	4.61	4.91	4.15	4.26		
	B基准值	(1)		(1)			
	分 布	ANOVA		ANOVA			
	C ₁	90.8 (1.91)	100 (2.11)	75.6 (1.59)	82.8 (1.74)		
	C ₂	243 (5.12)	225 (4.73)	221 (4.65)	226 (4.75)		
	试样数量	15		15			
	批 数	3		3			
数据种类		临时		临时			

注: (1) 基准值仅适用于A类和B类数据;

(2) 冲击能量: 50.9J (450 in-lbs);

(3) 冲击能量: 61.6J (545 in-lbs)。

表4.2.26(s) x轴 G_{IC} 性能 ($[0]_{6S}$)

材 料	AS4 6k/PR500 RTM 5 预浸机织物						
树脂含量	33-34%(重量)	复合材料密度	1.56g/cm ³				
纤维体积含量	57.3-58.3%(体积)	空 隙 含 量	NA				
单层厚度	0.361-0.366 mm (0.0142-0.0144 in)						
试验方法	BMS 8-276, 8.5.7节, 双悬臂梁 (2)	模 量 计 算					
归一化	无						
温 度	22°C						
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境						
来源编码	61						
G_{IC} kJ/m ² (in-lbs/in ²)	平均值	0.461 (2.63)					
	最小值	0.287 (1.64)					
	最大值	0.680 (3.88)					
	C.V. (%)	20.1					
	B基准值	(1)					
	分布	ANOVA					
	C ₁	30.5 (0.642)					
	C ₂	395 (8.30)					
	试样数量	56					
	批 数	2					
	数据种类	筛选					

注: (1) 基准值仅适用于A类和B类数据;

(2) 等效于试样宽度为12.7 mm (0.50 in) 的ASTM D 5528-94试验方法。

表4.2.26(t) x轴 G_{IIC} 性能 ($[0]_{I6S}$)

材 料	AS4 6k/PR500 RTM 5综缎机织物						
树脂含量	33-34%(重量)		复合材料密度		1.56g/cm ³		
纤维体积含量	57.3-58.3%(体积)		空 隙 含 量		NA		
单层厚度	0.361-0.366 mm (0.0142-0.0144 in)						
试验方法	BMS 8-276, 8.5.9节, 端部缺口弯曲		模 量 计 算				
归一化	无						
温 度	22°C						
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境						
来源编码	61						
G_{IIC} kJ/m ² (in-lbs/in ²)	平均值	1.38 (7.88)					
	最小值	1.09 (6.21)					
	最大值	1.89 (10.8)					
	C.V. (%)	13.1					
	B基准值	(1)					
	分布	ANOVA					
	C ₁	57.1 (1.20)					
	C ₂	239 (5.02)					
	试样数量	47					
	批 数	3					
	数据种类	B18					

注: (1) 采用ANOVA方法无法计算少于5批数据的B基准值。

4.2.27 T300 3k/EA9396 8 综缎机织物*

材料描述:

材 料: T300 3k/EA9396
形 式: 采用 24×23 束/英寸的 3k 丝束的 Hexcel 织物 W133 的 8 综缎机织物, 纤维面积重量为 366 g/m², 湿铺层, 固化后树脂含量为 31.9%-37.1%, 固化后单层厚度为 0.381 mm(0.015 in)
固化工艺: 真空袋固化; 91°C(195°F), 126 mm Hg, 45 分钟

供应商提供的数据:

纤 维: T300 3k 纤维是由 PAN 的前驱体制造的不加捻的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 3 000 根碳丝。拉伸模量为 228 GPa(33×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 655 MPa (530 000 psi)。
树 脂: EA9396 是一种 93°C(200°F)固化并对湿/热性能进行改进后的环氧树脂, 对于 0.454kg(1 lb)的批料, 其罐装寿命为 75 分钟,
最大短期使用温度: 149°C(300°F) (干态), 82°C(180°F) (湿态)
应 用: 普通用途的结构。

数据分析:

- 1. 材料试验时, 纤维体积含量大于修理时所采用的纤维含量。用于较低纤维体积含量时, 试验数据应该得到证实;
- 2. 对于压缩和剪切的高温和湿态性能的变异性增大, 因为试验温度已接近材料的玻
璃化转变温度;
- 3. 给出的纤维体积含量和树脂含量与实际测量的单层厚度不一致;
- 4. 数据来源于公开出版的报告, 参考文献 4.2.27。

材 料:	T300 3k/EA9396 8 综缎机织物			
形 式:	在湿铺层浸渍工艺中用环氧树脂浸渍的干碳织物预浸料			
纤 维:	Toray T300, 3K, UC 309 浸剂剂		树 脂:	Dexter-Hysol EA 9396
T _g (干态):	176°C(349°F)	T _g (湿态):	107°C(225°F)	T _g 测量方法: DMA
固化工艺:	真空袋固化: 91-93°C, 635 mm Hg, 45 分钟			

纤维制造日期:		试验日期:	11/88-5/91
树脂制造日期:	8/88-10/88	数据提交日期:	3/98
预浸料制造日期:	NA	分析日期:	8/98
复合材料制造日期:	11/88-5/91		

注: 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	22°C/A		-54°C/A	93°C/A		-54°C/W	24°C/W	93°C/W
1 轴拉伸	IISI						IISI	
2 轴拉伸	SSSS		IISI	IISI		IISI	IISI	IISI
3 轴拉伸								
1 轴压缩	SS-S						II-I	
2 轴压缩	SS-S		IS-S	II-I		II-I	II-I	SS-S
3 轴压缩								
12 面剪切	II--		II--	II--		II--	IS--	II--
23 面剪切								
31 面剪切								

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，-——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.78	1.78	D792
树脂密度 (g/cm ³)	1.14		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.45	1.46-1.48	D792
纤维面积重量 (g/m ²)	366	366	
纤维体积含量 (%)	54	53.7-57.3	D3171A
单层厚度 (mm)	0.361	0.356-0.406	

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，-——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.27(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_s$)

材 料		T300 3k/EA9396 8综缎机织物							
树脂含量		32.7-34.2%(重量)		复合材料密度		1.48g/cm ³			
纤维体积含量		56.3-57.3%		空 隙 含 量		4.0-4.8%			
单层厚度		0.376-0.389 mm (0.0148-0.0153 in)							
试验方法		ASTM D 3039		模 量 计 算		在1000-3000με之间的弦线			
归一化		试样厚度和面积重量达到57%(单层厚度0.361 mm)							
温 度		22°C		22°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		140, 95-100 (1)					
来源编码		31		31					
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F ₁ ^m MPa (ksi)	平均值	609 (88.3)	556 (80.6)	640 (92.8)	585 (84.9)				
	最小值	553 (80.2)	504 (73.1)	580 (84.1)	512 (74.3)				
	最大值	651 (94.4)	593 (86.0)	703 (102)	630 (91.4)				
	C.V. (%)	5.79	6.39	5.49	6.00				
	B基准值	(2)	(2)	(2)					
	分 布	Weibull	非参数	Weibull					
	C ₁	625 (90.6)	8	656 (95.1)	601 (87.2)				
	C ₂	22.5	1.54	20.7	21.1				
	试样数量	15		15					
	批 数	3		3					
数据种类		临时		临时					
E ₁ ⁱ GPa (Msi)	平均值	63.2 (9.17)	57.8 (8.38)	66.8 (9.68)	61.0 (8.85)				
	最小值	59.9 (8.68)	53.0 (7.69)	64.7 (9.38)	58.2 (8.44)				
	最大值	69.7 (10.1)	63.6 (9.22)	71.0 (103)	64.4 (9.34)				
	C.V. (%)	3.96	4.60	2.43	2.71				
	试样数量	15		15					
	批 数	3		3					
	数据种类	临时		临时					
ν ₁₂ ⁱ	平均值	0.0587		0.0372					
	试样数量	7		6					
	批 数	3		3					
	数据种类	筛选		筛选					
ε ₁ ^m (με)	平均值		7830		9570				
	最小值		5500		8800				
	最大值		9480		10400				
	C.V. (%)		14.3		5.34				
	B基准值		(2)		(2)				
	分 布		ANOVA		Weibull				
	C ₁		4.64		9800				
	C ₂		1220		22.7				
	试样数量	15		15					
	批 数	3		3					
数据种类		临时		临时					

注: (1) 重量未知;

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.27(b) 2轴拉伸性能 (σ_{1s})

材 料		T300 3k/EA9396 8综缎机织物							
树脂含量		32.7-34.2%(重量)		复合材料密度		1.48g/cm ³			
纤维体积含量		56.3-57.3%		空 隙 含 量		4.0-4.8%			
单层厚度		0.376-0.389 mm (0.0148-0.0153 in)							
试验方法		ASTM D 3039		模 量 计 算		在1000-3000με之间的弦线			
归一化		试样厚度和面积重量达到57%(单层厚度0.361 mm)							
温 度		22°C		-54°C		93°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境			
来源编码		31		31		31			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_2^u MPa (ksi)	平均值	690 (100)	641 (93.0)	645 (93.6)	625 (90.6)	544 (78.9)	521 (75.5)		
	最小值	554 (80.4)	518 (75.1)	600 (87.0)	572 (82.9)	412 (59.7)	395 (57.3)		
	最大值	759 (110)	697 (101)	710 (103)	738 (107)	652 (94.6)	632 (91.7)		
	C.V. (%)	9.39	9.11	5.19	6.89	12.4	13.1		
	B基准值	(1)		(1)		(1)			
	分 布	Weibull		Weibull	对数正态	ANOVA			
	C_1	717 (104)	665 (96.4)	661 (95.9)	5.34 (4.50)	219 (4.61)	219 (4.61)		
	C_2	15.2	16.0	19.7	0.95(0.0663)	504 (10.6)	509 (10.7)		
	试样数量	14		15		15			
	批 数	3		3		3			
数据种类	筛选		临时		临时				
E_2' GPa (Msi)	平均值	62.8 (9.10)	58.7 (8.51)	66.2 (9.60)	64.1 (9.29)	62.4 (9.05)	59.6 (8.64)		
	最小值	55.9 (8.11)	50.4 (7.31)	61.9 (8.97)	57.4 (8.33)	57.7 (8.37)	53.4 (7.75)		
	最大值	66.8 (9.68)	65.1 (9.44)	69.7 (10.1)	70.3 (10.2)	66.7 (9.67)	63.7 (9.23)		
	C.V. (%)	5.12	6.58	3.27	4.66	4.92	5.14		
	试样数量	14		15		15			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	筛选		临时		临时			
ν_{21}'	平均值	0.0509		0.0543		0.0575			
	试样数量	9		7		6			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
ϵ_2^u (με)	平均值	10500		9580		8590			
	最小值	8520		8850		6460			
	最大值	11700		10600		10000			
	C.V. (%)	10.3		6.71		10.7			
	B基准值	(1)		(1)		(1)			
	分 布	Weibull		ANOVA		Weibull			
	C_1	10900		4.81		8980			
	C_2	13.0		704		11.3			
	试样数量	14		15		15			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	筛选		临时		临时			

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.27(c) 2轴拉伸性能 (σ_{T2})

材 料		T300 3k/EA9396 8综缎机织物							
树脂含量		32.7-34.2%(重量)		复合材料密度		1.48g/cm ³			
纤维体积含量		56.3-57.3%		空 隙 含 量		4.0-4.8%			
单层厚度		0.376-0.389 mm (0.0148-0.0153 in)							
试验方法		ASTM D 3039		模 量 计 算		在1000-3000μe之间的弦线			
归一化		试样厚度和面积重量达到57%(单层厚度0.361 mm)							
温 度		-54°C		22°C		93°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		140, 95-100 (1)		140, 95-100 (1)		140, 95-100 (1)			
来源编码		31		31		31			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_2^w MPa (ksi)	平均值	690 (100)	667 (96.7)	643 (93.3)	603 (87.5)	460 (66.7)	443 (64.3)		
	最小值	548 (79.4)	556 (80.6)	554 (80.4)	497 (72.0)	415 (60.2)	391 (56.7)		
	最大值	759 (110)	724 (105)	697 (101)	697 (101)	496 (71.9)	497 (72.1)		
	C.V. (%)	7.40	6.88	5.94	9.29	5.51	6.51		
	B基准值	(2)		(2)		(2)	(2)		
	分 布	Weibull		Weibull		Weibull	正态		
	C_1	710 (103)	685 (99.4)	660 (95.7)	629 (91.2)	472 (68.4)	443 (64.3)		
	C_2	19.1	20.2	21.2	12.1	22.0	28.8 (4.18)		
	试样数量	15		15		16			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	临时		临时		临时			
E_2^t GPa (Msi)	平均值	67.9 (9.84)	65.7 (9.52)	64.3 (9.32)	60.2 (8.73)	57.2 (8.29)	55.0 (7.98)		
	最小值	65.6 (9.51)	61.4 (8.91)	61.3 (8.89)	56.7 (8.22)	50.3 (7.29)	48.3 (7.01)		
	最大值	69.7 (10.1)	71.7 (10.4)	67.7 (9.81)	66.4 (9.63)	64.0 (9.28)	63.4 (9.20)		
	C.V. (%)	1.95	3.69	2.83	4.21	7.49	7.73		
	试样数量	15		15		16			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	临时		临时		临时			
V_{21}^t	平均值	0.0535		0.0460		0.0497			
	试样数量	6		6		10			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
ϵ_2^w (μe)	平均值		9830		10000		7370		
	最小值		7210		8390		3070		
	最大值		11000		11700		9520		
	C.V. (%)		10.5		8.61		23.5		
	B基准值		(2)		(2)		(2)		
	分 布		Weibull		Weibull		Weibull		
	C_1		10200		10400		8000		
	C_2		14.4		12.5		5.72		
	试样数量	15		15		16			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	临时		临时		临时			

注: (1) 重量未知;

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.27(d) 1轴压缩性能 (σ_{12})

材 料		T300 3k/EA9396 8综缎机织物					
树脂含量		34.7-37.1%(重量)		复合材料密度		1.48g/cm ³	
纤维体积含量		53.7-55.5%		空 隙 含 量		2.8-4.8%	
单层厚度		0.373-0.386 mm (0.0147-0.0152 in)					
试验方法		ASTM D 3410B		模 量 计 算		在1000-3000με之间的弦线	
归 一 化		试样厚度和面积重量达到57%(单层厚度0.361 mm)					
温 度		22°C		22°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		2.18-2.43 (1)			
来源编码		31		31			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的		
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	517 (75.0)	482 (69.9)	400 (58.0)	372 (53.9)		
	最小值	414 (60.1)	389 (56.4)	327 (47.4)	292 (42.3)		
	最大值	580 (84.1)	541 (78.5)	503 (72.9)	451 (65.4)		
	C.V. (%)	8.48	8.22	11.9	11.1		
	B基准值	(2)		(2)	(2)		
	分 布	Weibull		Weibull	ANOVA		
	C_1	535 (77.6)	499 (72.3)	421 (61.1)	146 (3.06)		
	C_2	15.1	15.7	8.65	291 (6.12)		
	试样数量	12		15			
	批 数	3		3			
	数据种类	筛选		临时			
E_1^c GPa (Msi)	平均值	61.5 (8.92)	57.7 (8.37)	57.2 (8.29)	53.1 (7.70)		
	最小值	45.2 (6.56)	42.4 (6.15)	44.8 (6.49)	41.7 (6.05)		
	最大值	76.5 (11.1)	71.0 (10.3)	68.1 (9.88)	63.5 (9.21)		
	C.V. (%)	15.0	15.8	13.0	13.5		
	试样数量	12		15			
	批 数	3		3			
	数据种类	筛选		临时			
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} (με)	平均值		8940		7840		
	最小值		6670		5410		
	最大值		143000		12300		
	C.V. (%)		27.3		26.4		
	B基准值		(2)		(2)		
	分 布		对数正态		Weibull		
	C_1		9.07		8630		
	C_2		0.248		4.10		
	试样数量	12		15			
	批 数	3		3			
	数据种类	筛选		临时			

注: (1) 在60°C(140°F), 95%-100%RH环境下放置99天;

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.27(e) 2轴压缩性能 ($[0]_{12}$)

材 料		T300 3k/EA9396 8综缎机织物							
树脂含量		34.7-37.1%(重量)		复合材料密度		1.48g/cm ³			
纤维体积分量		53.7-55.5%		空 隙 含 量		2.8-4.8%			
单层厚度		0.373-0.389 mm (0.0147-0.0153 in)							
试验方法		ASTM D 3410B		模 量 计 算		在1000-3000μe之间的弦线			
归一化		试样厚度和面积重量达到57%(单层厚度0.361 mm)							
温 度		22°C		-54°C		93°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境			
来源编码		31		31		31			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F ₂ ^{cu} MPa (ksi)	平均值	439 (63.7)	420 (60.9)	596 (86.4)	574 (83.2)	290 (42.1)	279 (40.4)		
	最小值	362 (52.5)	361 (52.3)	499 (72.3)	487 (70.6)	241 (35.0)	243 (35.2)		
	最大值	477 (69.1)	452 (65.6)	668 (96.8)	629 (91.2)	341 (49.4)	316 (45.8)		
	C.V. (%)	7.50	7.03	10.2	8.38	9.61	7.86		
	B基准值	(1)		(1)		(1)			
	分 布	Weibull		Weibull		ANOVA			
	C ₁	453 (65.7)	432 (62.7)	622 (90.2)	594 (86.1)	213 (4.48)	251 (5.27)		
	C ₂	18.7	19.1	12.7	15.8	240 (5.05)	169 (3.56)		
	试样数量	14		15		15			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	筛选		临时		临时			
E ₂ ^c GPa (Msi)	平均值	56.6 (8.21)	54.2 (7.86)	60.6 (8.79)	58.3 (8.46)	57.0 (8.26)	54.8 (7.95)		
	最小值	44.2 (6.41)	41.0 (5.94)	53.6 (7.77)	50.9 (7.38)	46.5 (6.75)	44.5 (6.46)		
	最大值	65.4 (9.48)	63.5 (9.21)	82.8 (12.0)	77.2 (11.2)	68.5 (9.93)	65.9 (9.56)		
	C.V. (%)	9.69	10.6	12.5	11.6	11.1	11.0		
	试样数量	14		13		15			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	筛选		筛选		临时			
V ₂₁ ^c	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ε ₂ ^{cu} (μe)	平均值		8260		11700		5360		
	最小值		5580		8230		3590		
	最大值		13900		14000		7610		
	C.V. (%)		26.1		17.1		21.4		
	B基准值		(1)		(1)		(1)		
	分 布		正态		Weibull		ANOVA		
	C ₁		8260		12400		3.97		
	C ₂		2150		8.15		1210		
	试样数量	14		13		15			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	筛选		筛选		临时			

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.27(f) 2轴压缩性能 ($[0]_{12}$)

材 料		T300 3k/EA9396 8综缎机织物							
树脂含量		34.7-37.1%(重量)		复合材料密度		1.48g/cm ³			
纤维体积含量		53.7-55.5%		空 隙 含 量		2.8-4.8%			
单层厚度		0.373-0.386 mm (0.0147-0.0152 in)							
试验方法		ASTM D 3410B		模 量 计 算		在1000-3000 μ E之间的弦线			
归一化		试样厚度和面积重量达到57%(单层厚度0.361 mm)							
温 度		22°C		-54°C		93°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		1.91-2.30 (1)		1.91-2.30 (1)		1.91-2.30 (1)			
来源编码		31		31		31			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_2^{cu} MPa (ksi)	平均值	364 (52.8)	350 (50.7)	548 (79.5)	527 (76.4)	202 (29.3)	193 (28.0)		
	最小值	316 (45.8)	306 (44.4)	47.6 (69.0)	466 (67.6)	142 (20.6)	137 (19.8)		
	最大值	450 (65.3)	413 (59.9)	64.0 (92.8)	593 (86.0)	271 (39.3)	256 (37.1)		
	C.V. (%)	9.49	8.02	8.94	7.54	17.8	17.4		
	B基准值	(2)		(2)		(2)			
	分 布	Weibull		Weibull		Weibull			
	C_1	380 (55.1)	363 (52.6)	570 (82.7)	545 (79.1)	217 (31.4)	207 (30.0)		
	C_2	10.2	12.7	12.2	14.7	6.42	6.58		
	试样数量	15		15		13			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	临时		临时		筛选			
E_2^c GPa (Msi)	平均值	59.1 (8.57)	56.8 (8.24)	63.0 (9.14)	60.7 (8.80)	62.9 (9.12)	60.2 (8.73)		
	最小值	47.7 (6.91)	45.2 (6.56)	58.5 (8.48)	56.5 (8.19)	51.8 (7.51)	50.8 (7.36)		
	最大值	66.2 (9.60)	64.4 (9.34)	58.5 (10.5)	70.3 (10.2)	77.2 (11.2)	73.8 (10.7)		
	C.V. (%)	10.1	10.3	6.29	6.01	11.9	11.5		
	试样数量	15		15		13			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	临时		临时		筛选			
V_{21}^c	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_2^{cu} (μ E)	平均值		6490		9850		3440		
	最小值		3690		7460		1930		
	最大值		12900		14100		5130		
	C.V. (%)		32.6		19.6		28.9		
	B基准值		(2)		(2)		(2)		
	分 布		对数正态		Weibull		Weibull		
	C_1		8.74		10600		3800		
	C_2		0.283		5.42		4.07		
	试样数量	15		15		13			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	临时		临时		筛选			

注: (1) 在60°C(140°F), 95%-100%RH环境下放置62-99天;

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.27(g) 12面剪切性能 ($\pm 45^\circ$)

材 料		T300 3k/EA9396 8综缎机织物					
树脂含量		31.9-35.4%(重量)		复合材料密度		1.49g/cm ³	
纤维体积含量		53.9-57.0%		空 隙 含 量		4.6-5.6%	
单层厚度		0.381-0.406 mm (0.0150-0.0160 in)					
试验方法		ASTM D 3518		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		22°C	-54°C	93°C	22°C	-54°C	93°C
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	大气环境	2.08-2.34 (1)	2.08-2.34 (1)	2.08-2.34 (1)
来源编码		31	31	31	31	31	31
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	88.3 (12.8)	127 (18.4)	53.9 (7.82)	72.4 (10.5)	116 (16.8)	31.0 (4.49)
	最小值	78.6 (11.4)	108 (15.7)	47.9 (6.94)	60.6 (8.79)	94.5 (13.7)	26.3 (3.82)
	最大值	106 (15.4)	150 (21.8)	64.1 (9.30)	86.9 (12.6)	143 (20.8)	37.7 (5.46)
	C.V. (%)	9.95	9.53	9.51	12.2	11.9	11.2
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	分布	正态	Weibull	Weibull	正态	Weibull	正态
	C ₁	88.3 (12.8)	132 (19.2)	56.3 (8.16)	72.4 (10.5)	122 (17.7)	31.0 (4.49)
	C ₂	8.83 (1.28)	11.7	11.1	8.76 (1.27)	8.95	3.46 (0.502)
	试样数量	15	15	15	15	15	15
	批 数	3	3	3	3	3	3
数据种类		临时	临时	临时	临时	临时	临时
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值	4.37 (0.634)	5.72 (0.829)	2.85 (0.413)	3.74 (0.542)	5.68 (0.824)	1.72 (0.249)
	最小值	3.51 (0.510)	4.96 (0.719)	2.39 (0.347)	3.12 (0.452)	4.30 (0.623)	1.06 (0.153)
	最大值	5.87 (0.851)	6.67 (0.967)	3.87 (0.561)	5.22 (0.757)	7.45 (1.08)	3.23 (0.468)
	C.V. (%)	13.9	9.07	16.5	17.5	15.3	32.5
	试样数量	15	15	15	15	13	14
	批 数	3	3	3	3	3	3
	数据种类	临时	临时	临时	临时	筛选	筛选
γ_{12}^{su} (μϵ)	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注: (1) 在60°C(140°F), 95%-100%RH环境中放置91天;

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.28 AS4 12k/997 单向带

材料描述:

材 料: AS4/997

形 式: 单向带, 每一根丝束含有 12 000 根碳丝, 纤维面积重量为 145 g/m², 固化后树脂含量为 35%, 固化后单层厚度为 0.142 mm(0.0056 in)

固化工艺: 热压罐固化; 177°C(350°F), 0.586 MPa(85 psi), 2 小时

供应商提供的数据:

纤 维: AS4 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 12 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa(34×10^6 psi), 拉伸强度为 3 793 MPa(550 000 psi)。

树 脂: 997 是一种 177°C(350°F)固化的环氧树脂。

最大短期使用温度: 177°C(350°F)(干态), 121°C(250°F)(湿态)

应 用: 飞机主承力和次承力结构, 高温装置。

材 料:	AS4 12k/997 单向带				
形 式:	Fiberite HyE 997/AS4 不上胶 12k 预浸带				
纤 维:	Hercules AS4 12k, 不加捻			树 脂:	Fiberite 997
T_g (干态):	210°C(410°F)	T_g (湿态):	160°C(320°F)	T_g 测量方法:	DMA E'
固化工艺:	热压罐固化: 177°C, 0.586 MPa, 2 小时				

纤维制造日期:	7/96-3/97	试验日期:	5/97-10/97
树脂制造日期:	4/97	数据提交日期:	7/97
预浸料制造日期:	4/97	分析日期:	2/99
复合材料制造日期:	4/97		

单向板性能

	23°C/A		-54°C/A		82°C/A			
1 轴拉伸	BM-B		BM-B		BM-B			
2 轴拉伸	BM-B		BM-B		BM-B			
3 轴拉伸								
1 轴压缩	BM-B		BM-B		BM-B			
2 轴压缩	BM-B		BM-B		BM-B			
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S---		S---		S---			

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.79	1.77-1.80	SACMA SRM-15
树脂密度 (g/cm ³)	1.30		ASTM D 792
复合材料密度 (g/cm ³)	1.60	1.58-1.60	
纤维面积重量 (g/m ²)	145		改进的 ASTM 3529-90
纤维体积含量 (%)	57	54.4-62.6	
单层厚度 (mm)	0.142	0.135-1.50	

层压板性能

[0/±45/90]	23°C/A		-54°C/A		82°C/A			
挤压	SS--		SS--		SS--			
开孔拉伸	S---		S---		S---			
开孔压缩	S---		S---		S---			

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.28(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_g$)

材 料		AS4 12k/997 单向带					
树脂含量		27.4-31.1%(重量)		复合材料密度		1.58-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		55.5-64.8%		空 隙 含 量		0.0-0.32%	
单层厚度		0.140-0.147 mm (0.0055-0.0058 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		线性区的弦线模量	
归一化		试样厚度和纤维面积重量达到60%体积含量(单层厚度0.142 mm)					
温 度		23°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.10 (1)	
来源编码		85		85		85	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^{tu} MPa (ksi)	平均值	2255 (327)	2241 (325)	2110 (306)	2090 (303)	2255 (327)	2221 (322)
	最小值	1965 (285)	1869 (271)	1228 (178)	1186 (172)	2076 (301)	2055 (298)
	最大值	2476 (359)	2496 (362)	2372 (344)	2303 (334)	2421 (351)	2372 (344)
	C.V. (%)	4.52	5.93	9.59	9.80	3.79	3.98
	B基准值	2014 (292)	2007 (291)	1814 (263)	1807 (262)	2055 (298)	2055 (298)
	分 布	Weibull	正态	Weibull	Weibull	Weibull	非参数
	C_1	2303 (334)	2241 (325)	2186 (317)	2158 (313)	2290 (332)	
	C_2	24.1	133 (19.3)	17.0	17.6	29.4	
	试样数量	30		30		30	
	批 数	5		5		5	
	数据种类	B30		B30		B30	
E_1^t GPa (Msi)	平均值	137 (19.9)	137 (19.8)	138 (20.0)	137 (19.8)	139 (20.1)	137 (19.8)
	最小值	127 (18.4)	131 (19.0)	133 (19.3)	128 (18.6)	127 (18.4)	129 (18.7)
	最大值	146 (21.1)	141 (20.5)	143 (20.8)	143 (20.8)	150 (21.8)	153 (22.2)
	C.V. (%)	3.30	2.19	2.23	2.44	3.78	3.55
	试样数量	30		30		30	
	批 数	5		5		5	
	数据种类	平均		平均		平均	
ν_{12}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{tu} ($\mu\epsilon$)	平均值		15300		14300		15000
	最小值		13500		8330		13700
	最大值		16500		15500		16100
	C.V. (%)		4.23		9.09		3.78
	B基准值		13700		12600		13800
	分 布		ANOVA		Weibull		Weibull
	C_1		666		14700		15290
	C_2		2.45		20.5		29.9
	试样数量	30		30		30	
	批 数	5		5		5	
	数据种类	B30		B30		B30	

注: (1) 放置于71°C(160°F), 85%RH条件下。

表4.2.28(b) 2轴拉伸性能 ([90]₂₄)

材 料		AS4 12k/997 单向带					
树脂含量		29.4-32.7%(重量)		复合材料密度		1.58-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		55.5-64.8%		空 隙 含 量		0.0-1.24%	
单层厚度		0.142-0.150 mm (0.0056-0.0059 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		线性区的弦线模量	
归一化		无					
温 度		23°C	-54°C	82°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.10 (1)			
来源编码		85	85	85			
F_2^{tu} MPa (ksi)	平均值	77.9 (11.3)	87.6 (12.7)	38.9 (5.64)			
	最小值	66.9 (9.70)	77.2 (11.2)	29.7 (4.30)			
	最大值	91.7 (13.3)	99.3 (14.4)	45.5 (6.60)			
	C.V. (%)	6.06	6.58	8.64			
	B基准值	69.7 (10.1)	74.5 (10.8)	28.6 (4.15)			
	分布	正态	Weibull	ANOVA			
	C_1	77.9 (11.3)	90.3 (13.1)	24.5 (0.515)			
	C_2	4.71 (0.683)	16.3	138 (2.90)			
	试样数量	30	30	30			
	批 数	5	5	5			
E_2' GPa (Msi)	数据种类	B30	B30	B30			
	平均值	9.38 (1.36)	10.6 (1.53)	8.34 (1.21)			
	最小值	8.76 (1.27)	9.86 (1.43)	8.00 (1.16)			
	最大值	10.3 (1.50)	11.1 (1.61)	9.10 (1.32)			
	C.V. (%)	3.19	2.63	3.38			
	试样数量	30	30	30			
	批 数	5	5	5			
ν_{21}^t	数据种类	平均	平均	平均			
	平均值						
	试样数量						
	批 数						
ϵ_2^{tu} ($\mu\epsilon$)	数据种类						
	平均值	8820	8700	4940			
	最小值	7390	7470	3710			
	最大值	11200	10100	5980			
	C.V. (%)	8.07	7.25	9.17			
	B基准值	7640	7390	3650			
	分布	对数正态	ANOVA	ANOVA			
	C_1	9.08	637	472			
	C_2	0.079	2.06	2.72			
	试样数量	30	30	30			
	批 数	5	5	5			
	数据种类	B30	B30	B30			

注: (1) 放置于71°C(160°F), 85%RH条件下。

表4.2.28(c) 1轴压缩性能 ([0]₁₉)

材 料		AS4 12k/997 单向带					
树脂含量		30.6-32.5%(重量)		复合材料密度		1.58-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		54.4-62.6%		空 隙 含 量		0.34-0.74%	
单层厚度		0.140-0.145 mm (0.0055-0.0057 in)					
试验方法		ASTM D 3410A-94		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和纤维面积重量达到60%体积含量(单层厚度0.142 mm)					
温 度		23°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.10 (1)	
来源编码		85		85		85	
		归一化的 测量的		归一化的 测量的		归一化的 测量的	
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	1579 (229)	1524 (221)	1607 (233)	1565 (227)	1097 (159)	1048 (152)
	最小值	1165 (169)	1200 (174)	1255 (182)	1255 (182)	910 (132)	897 (130)
	最大值	1814 (263)	1731 (251)	1883 (273)	1800 (261)	1234 (179)	1228 (178)
	C.V. (%)	7.88	7.14	8.76	8.89	6.43	6.71
	B基准值	1345 (195)	1283 (186)	1317 (191)	1283 (186)	931 (135)	862 (125)
	分 布	Weibull	ANOVA	Weibull	Weibull	ANOVA	ANOVA
	C_1	1628 (236)	761 (16.0)	1669 (242)	1628 (236)	495 (10.4)	504 (10.6)
	C_2	16.5	104 (2.19)	13.3	13.2	109 (2.29)	123 (2.58)
	试样数量	30		30		30	
	批 数	5		5		5	
	数据种类	B30		B30		B30	
E_1^c GPa (Msi)	平均值	123 (17.8)	119 (17.2)	125 (18.1)	121 (17.6)	128 (18.6)	123 (17.8)
	最小值	114 (16.6)	114 (16.5)	118 (17.1)	116 (16.8)	119 (17.2)	118 (17.1)
	最大值	129 (18.7)	124 (18.0)	139 (20.1)	134 (19.5)	141 (20.5)	132 (19.2)
	C.V. (%)	2.86	1.96	4.11	3.26	4.23	2.50
	试样数量	30		30		30	
	批 数	5		5		5	
	数据种类	平均		平均		平均	
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		15400		15600		9550
	最小值		10700		11300		7830
	最大值		17900		19200		11500
	C.V. (%)		9.82		12.9		10.1
	B基准值		11900		11500		6900
	分 布		ANOVA		Weibull		ANOVA
	C_1		1544		16500		998
	C_2		2.26		8.72		2.66
	试样数量	30		30		30	
	批 数	5		5		5	
	数据种类	B30		B30		B30	

注: (1) 放置于71°C(160°F), 85%RH条件下。

表4.2.28(d) 2轴压缩性能 ([90]₂₄)

材 料		AS4 12k/997 单向带				
树脂含量		24.9-32.7%(重量)		复合材料密度	1.58-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		54.4-62.6%		空 隙 含 量	0-1.24%	
单层厚度		0.142-0.150 mm (0.0056-0.0059 in)				
试验方法		SRM 1-94		模 量 计 算	在1000-3000μe之间的弦线模量	
归一化		无				
温 度		23°C	-54°C	82°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.10 (1)		
来源编码		85	85	85		
F_2^{cu} MPa (ksi)	平均值	255 (37.0)	269 (39.0)	175 (25.4)		
	最小值	203 (29.5)	143 (20.7)	166 (24.0)		
	最大值	281 (40.8)	372 (53.9)	192 (27.9)		
	C.V. (%)	8.43	24.3	3.26		
	B基准值	199 (28.9)	46.8 (6.79)	161 (23.4)		
	分 布	ANOVA	ANOVA	ANOVA		
	C ₁	153 (3.22)	485 (10.2)	40.3 (0.848)		
	C ₂	120 (2.52)	150 (3.16)	113 (2.37)		
	试样数量	30	30	30		
	批 数	5	5	5		
数据种类		B30	B30	B30		
E_2^c GPa (Msi)	平均值	10.0 (1.45)	10.7 (1.55)	9.24 (1.34)		
	最小值	7.72 (1.12)	9.17 (1.33)	8.28 (1.20)		
	最大值	11.7 (1.70)	13.2 (1.92)	10.3 (1.50)		
	C.V. (%)	9.93	7.63	5.93		
	试样数量	30	30	30		
	批 数	5	5	5		
	数据种类	平均	平均	平均		
ν_{21}^c	平均值					
	试样数量					
	批 数					
	数据种类					
ϵ_2^{cu} (μe)	平均值	30600	24700	34800		
	最小值	24200	12200	28900		
	最大值	37900	41400	39500		
	C.V. (%)	11.9	26.7	6.97		
	B基准值	22700	2670	29100		
	分 布	Weibull	ANOVA	ANOVA		
	C ₁	32200	7371	2473		
	C ₂	9.05	3.13	2.30		
	试样数量	30	30	30		
	批 数	5	5	5		
	数据种类		B30	B30	B30	

注: (1) 放置于71°C(160°F), 85%RH条件下。

表4.2.28(e) 12面剪切性能 ($\pm 45^\circ$)_{4S}

材 料		AS4 12k/997 单向带				
树脂含量	28.2-32%(重量)	复合材料密度		1.58-1.60g/cm ³		
纤维体积含量	54.4-62.6%	空 隙 含 量		0.0-0.95%		
单层厚度	0.135-0.147 mm (0.0053-0.0058 in)					
试验方法	ASTM D 3518-94	模 量 计 算				
归一化	无					
温 度		23°C	-54°C	82°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	湿 (I)		
来源编码		85	85	85		
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值					
	最小值					
	最大值					
	C.V. (%)					
	B基准值					
	分布					
	C ₁					
	C ₂					
	试样数量					
	批 数					
	数据种类					
γ_{12}^{su} ($\mu\epsilon$)	平均值					
	最小值					
	最大值					
	C.V. (%)					
	B基准值					
	分布					
	C ₁					
	C ₂					
	试样数量					
	批 数					
	数据种类					
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值					
	最小值					
	最大值					
	C.V. (%)					
	试样数量					
	批 数					
	数据种类					

注: (1) 放置于71°C(160°F), 85%RH条件下。

表4.2.28(f) 31面短梁剪切性能 ($[0]_{16}$)

材 料		AS4 12k/997 单向带				
树脂含量		28.9-33.8%(重量)		复合材料密度	1.58-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		54.4-62.6%		空隙含量	0.0-0.95%	
单层厚度		0.135-0.147 mm (0.0053-0.0058 in)				
试验方法		ASTM D 2344-84		模 量 计 算		
归一化		无				
温 度		23°C	-54°C	82°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.10 (1)		
来源编码		85	85	85		
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	126 (18.3)	159 (23.1)	78.6 (11.4)		
	最小值	121 (17.6)	146 (21.1)	64.3 (9.33)		
	最大值	135 (19.6)	174 (25.3)	82.8 (12.0)		
	C.V.(%)	2.35	4.91	7.44		
	B基准值	(2)	(2)	(2)		
	分布	ANOVA	ANOVA	ANOVA		
	C_1	20.8 (0.438)	56.1 (1.18)	43.5 (0.914)		
	C_2	107 (2.25)	125 (2.62)	160 (3.37)		
	试样数量	30	28	30		
	批 数	5	5	5		
数据种类		筛选	筛选	筛选		

注: (1) 放置在71°C(160°F), 85%RH下:

(2) 只批准用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

表4.2.28(g) x轴挤压性能 ($[0 \pm 45/90]_{35}$)

材 料		AS4 12K/997 单向带					
树脂含量		34.6%(重量)		复合材料密度		1.57g/cm ³	
纤维体积含量		57.7%		空 隙 含 量		0.54%	
单层厚度		0.147 mm (0.0058 in)					
试验方法		ASTM D 953-93					
挤压试验		双搭接剪切					
接头构型		连接元件1		r=64.5 mm, w=23.4 mm, d=6.35 mm, e=19.1 mm (e/d=3.0)			
		连接元件2					
紧固件类型		6.35 mm淬火钢		孔间隙		0.025 mm	
拧紧力矩		无		埋头角度和深度		无	
归一化		无					
温 度		23°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.10 (1)	
来源编码		85		85		85	
F^{bu} MPa (ksi)	平均值	639 (92.7)	634 (92.0)	485 (70.3)			
	最小值	606 (87.9)	572 (82.9)	463 (67.2)			
	最大值	697 (101)	731 (106)	522 (75.7)			
	C.V. (%)	4.78	8.44	5.18			
	B基准值	(3)	(3)	(3)			
	分布	正态	正态	正态			
	C_1	639 (92.7)	634 (92.0)	485 (70.3)			
	C_2	30.6 (4.43)	53.6 (7.77)	25.2 (3.65)			
	试样数量	6	6	6			
	批 数	1	1	1			
	数据种类	筛选	筛选	筛选			
$F^{bry} (2)$ (μE)	平均值	237 (34.4)	235 (34.1)	214 (31.0)			
	最小值	159 (23.0)	205 (29.7)	198 (28.7)			
	最大值	270 (39.2)	272 (39.4)	232 (33.7)			
	C.V. (%)	17.9	11.2	7.20			
	B基准值	(3)	(3)	(3)			
	分布	正态	正态	正态			
	C_1	237 (34.4)	235 (34.1)	214 (31.0)			
	C_2	42.6 (6.17)	26.3 (3.81)	15.4 (2.23)			
	试样数量	6	6	6			
	批 数	1	1	1			
	数据种类	筛选	筛选	筛选			

注: (1) 放置于71°C(160°F), 85%RH条件下;

(2) 对应4%孔径;

(3) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.28(h) 开孔拉伸性能 ([0/±45/90]_{3S})

材 料		AS4 12k/997 单向带					
树脂含量		28.8-29.0%(重量)		复合材料密度		1.59-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		56.6-59.5%		空 隙 含 量		0.75-1.11%	
单层厚度		0.145-0.147 mm (0.0057-0.0058 in)					
试验方法		SRM 5-94					
试样尺寸		r=2.54 mm, w=38.1 mm, d=6.35 mm					
紧固件类型		无		孔间隙			
拧紧力矩				埋头角度和深度			
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到60%(单层厚度0.142 mm)					
温 度		23°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.10 (1)	
来源编码		85		85		85	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_x^{oh} MPa (ksi)	平均值	373 (54.1)	354 (51.4)	339 (49.2)	323 (46.8)	379 (54.9)	363 (52.6)
	最小值	354 (51.3)	337 (48.9)	317 (45.9)	306 (44.3)	369 (53.5)	355 (51.5)
	最大值	403 (58.4)	380 (55.1)	361 (52.4)	345 (50.0)	386 (56.0)	373 (54.1)
	C.V. (%)	4.76	4.48	5.51	4.74	1.67	1.77
	B基准值	(2)		(2)		(2)	
	分 布	正态		正态		正态	
	C ₁	373 (54.1)	354 (46.8)	339 (49.2)	323 (46.8)	379 (54.9)	363 (52.6)
	C ₂	17.8 (2.58)	15.3 (2.22)	18.7 (2.71)	15.3 (2.22)	6.32 (0.916)	6.41 (0.929)
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
数据种类		筛选		筛选		筛选	

注: (1) 放置于71°C(160°F), 85%RH条件下;

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.28(i) 开孔压缩性能 ($[0/\pm 45/90]_{3S}$)

材 料		AS4 12k/997 单向带					
树脂含量		28.8-29.0%(重量)		复合材料密度		1.59-1.60g/cm ³	
纤维体积含量		56.3-56.9%		空 隙 含 量		0.75-1.11%	
单层厚度		0.145-0.147 mm (0.0057-0.0058 in)					
试验方法		SRM 3-94					
试样尺寸		t=2.54 mm, w=38.1 mm, d=6.35 mm					
紧固件类型		无		孔间隙			
拧紧力矩				埋头角度和深度			
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到60%(单层厚度0.142 mm(0.0056 in))					
温 度		23°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.10 (1)	
来源编码		85		85		85	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_x^{ohc} MPa (ksi)	平均值	366 (53.0)	348 (50.5)	412 (59.8)	393 (57.0)	312 (45.3)	296 (42.9)
	最小值	361 (52.3)	345 (50.0)	403 (58.4)	384 (55.7)	298 (43.2)	283 (41.0)
	最大值	374 (54.2)	355 (51.5)	421 (61.0)	402 (58.3)	321 (46.5)	304 (44.1)
	C.V. (%)	1.33	1.15	1.77	1.96	2.76	2.60
	B基准值	(2)		(2)		(2)	
	分 布	正态		正态		正态	
	C ₁	366 (53.0)	348 (50.5)	412 (59.8)	393 (57.0)	312 (45.4)	296 (42.9)
	C ₂	4.85 (0.704)	4.01 (0.582)	7.31 (1.06)	7.72 (1.12)	8.62 (1.25)	7.72 (1.12)
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
数据种类		筛选		筛选		筛选	

注: (1) 放置于71°C(160°F), 85%RH条件下;

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.29 T650-35 12k/976 单向带

材料描述:

材 料: T650-35 12k/976
形 式: 单向带预浸料, 纤维面积重量为 145 g/m², 固化后树脂含量为 39%-45%, 固化后单层厚度为 0.124-0.147 mm(0.0049-0.0058 in)
固化工艺: 热压罐固化; 177°C(350°F), 0.655 MPa(95 psi), 90 分钟

供应商提供的数据:

纤 维: T650-35 纤维是由 PAN 的前驱体制造的不加捻的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 12 000 根碳丝。拉伸模量为 241 GPa (35×10⁶ psi), 拉伸强度为 4 483 MPa (650 000 psi)。
树 脂: 976 是满足 NASA 真空排气要求的高流动性改性环氧树脂, 在 22°C(72°F)环境下存放 10 天。
最大短期使用温度: 177°C(350°F) (干态), 121°C(250°F) (湿态)
应 用: 商用和军用结构。

数据分析:

- 1. 环氧具有高的玻璃化转变温度;
- 2. 由于试验时出现了较低的试验数据和未解决的问题, 因此没有列出较低的纵向拉伸强度值;
- 3. 对于 22°C(72°F)大气环境下的压缩模量值, 高端异常数据没有舍弃, 因为两者之间不产生矛盾;
- 4. -55°C(-67°F)大气环境和 121°C(250°F)湿态条件下的横向拉伸强度的分散性太大, 而没有给出基准值。

材 料:	T650-35 12k/976			
形 式:	ICI Fiberite T650-35 12k/976 单向预浸带			
纤 维:	Amoco T650-35 12k/976, UC 309 上胶, 不加捻		树 脂:	ICI Fiberite 976
T _g (干态):	252°C(480°F)	T _g (湿态):	210°C(410°F)	T _g 测量方法: DMA E'
固化工艺:	热压罐固化; 171-182°C, 0.621-0.690 MPa, 80-100 分钟			

纤维制造日期:	3/93-1/94	试验日期:	7/93-1/96
树脂制造日期:	7/93-10/94	数据提交日期:	12/97
预浸料制造日期:	8/93-11/94	分析日期:	5/00
复合材料制造日期:	10/94-6/95		

单向板性能

	22°C/A		-55°C/A	121°C/A				
1 轴拉伸	BM--		BM--	BM--				
2 轴拉伸	bS--		IS--	IS--				
3 轴拉伸								
1 轴压缩	IM--		bM--	bM--				
2 轴压缩	bS--		IS--	bS--				
3 轴压缩								
12 面剪切	BM--		BM--	BM--				
23 面剪切								
31 面剪切								

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.77	1.77-1.78	SRM15
树脂密度 (g/cm ³)	1.28	1.28	ASTM D 792
复合材料密度 (g/cm ³)		1.55-1.61	
纤维面积重量 (g/m ²)	145	144-147	溶剂提取
纤维体积含量 (%)	61	55.3-65.3	
单层厚度 (mm)	0.132	0.124-0.147	

层压板性能

[90/0]	22°C/A		-55°C/A	121°C/A				
x 轴压缩	bM--		bM--	bM--				

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.29(a) 1轴拉伸性能 (I0I9)

材 料		T650-35 12k/976							
树脂含量		39-45%(重量)		复合材料密度		1.57-1.61g/cm ³			
纤维体积含量		56.9-64.5%		空 隙 含 量		0-1.0%			
单层厚度		0.127-0.145 mm (0.0050-0.0057 in)							
试验方法		ASTM D 3039-89		模 量 计 算		在1000-6000με之间的弦线			
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到60%纤维体积含量(单层厚度0.132 mm(0.0052 in))							
温 度		22°C		-55°C		121°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.11-1.21, (160, 85)			
来源编码		80		80		80			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^{10} MPa (ksi)	平均值	1593 (231)	1628 (236)	1172 (170)	1200 (174)	1779 (258)	1793 (260)		
	最小值	1207 (175)	1193 (173)	828 (120)	848 (123)	1538 (223)	1517 (220)		
	最大值	1765 (256)	1821 (264)	1448 (210)	1434 (208)	1972 (286)	2034 (295)		
	C.V. (%)	7.37	8.27	14.5	13.7	5.89	7.58		
	B基准值	1393 (202)	1379 (200)	855 (124)	910 (132)	1462 (212)	1359 (197)		
	分 布	Weibull	Weibull	Weibull	Weibull	ANOVA	ANOVA		
	C ₁	1641 (238)	1863 (244)	1241 (180)	1269 (184)	761 (16.0)	999 (21.0)		
	C ₂	19.1	15.8	8.55	9.56	137 (2.87)	143 (3.01)		
	试样数量	32		30		30			
	批 数	5		5		5			
数据种类		B30		B30		B30			
E_1' GPa (Msi)	平均值	152 (22.0)	155 (22.5)	143 (20.7)	146 (21.2)	144 (20.9)	145 (21.0)		
	最小值	144 (20.9)	139 (20.2)	134 (19.4)	137 (19.9)	135 (19.6)	133 (19.3)		
	最大值	162 (23.5)	171 (24.8)	154 (22.4)	154 (22.4)	153 (22.2)	155 (22.5)		
	C.V. (%)	3.00	4.64	2.89	3.60	2.72	3.66		
	试样数量	32		30		30			
	批 数	5		5		5			
	数据种类	平均		平均		平均			
V_{12}'	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_1^m (με)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批 数								
数据种类									

表4.2.29(b) 2轴拉伸性能 ([90]₂₄)

材 料		T650-35 12k/976		
树脂含量	39-45%(重量)	复合材料密度	1.57-1.61g/cm ³	
纤维体积含量	55.3-62.4%	空 隙 含 量	0-1.0%	
单层厚度	0.132-0.147 mm (0.0052-0.0058 in)			
试验方法	ASTM D 3039-89	模 量 计 算	在1000-6000μe之间的弦线	
归一化	无			
温 度		22°C	-55°C	121°C
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	0.97-1.03, (71°C, 85%)
来源编码		80	80	80
F ₂ ^u MPa (ksi)	平均值	39.4 (5.71)	32.8 (4.76)	16.6 (2.40)
	最小值	32.1 (4.66)	18.0 (2.61)	9.10 (1.32)
	最大值	46.5 (6.74)	48.8 (7.07)	23.9 (3.46)
	C.V. (%)	9.23	22.6	26.7
	B基准值	30.5 (4.42)	(1)	(1)
	分 布	Weibull	ANOVA	ANOVA
	C ₁	41.0 (5.95)	54.2 (1.14)	34.2 (0.720)
	C ₂	12.0	170 (3.57)	228 (4.80)
	试样数量	18	18	18
	批 数	3	3	3
	数据种类	B18	B18	B18
E ₂ ^t GPa (Msi)	平均值	8.97 (1.30)	9.45 (1.37)	6.44 (0.934)
	最小值	8.14 (1.18)	8.55 (1.24)	5.65 (0.820)
	最大值	9.79 (1.42)	11.1 (1.61)	7.38 (1.07)
	C.V. (%)	4.97	8.38	10.2
	试样数量	9	9	9
	批 数	3	3	3
	数据种类	筛选	筛选	筛选
V ₂₁ ^t	平均值			
	试样数量			
	批 数			
	数据种类			
ε ₂ ^u (μe)	平均值			
	最小值			
	最大值			
	C.V. (%)			
	B基准值			
	分 布			
	C ₁			
	C ₂			
	试样数量			
	批 数			
	数据种类			

注: (1) 少于5批的试验数据时, 无法用ANOVA方法计算B基准值。

表4.2.29(c) 2轴压缩性能 ([90]₂₂)

材 料		T650-35 12k/976		
树脂含量		39-45%(重量)	复合材料密度	1.57-1.60g/cm ³
纤维体积含量		60.0-62.2%	空 隙 含 量	0-1.0%
单层厚度		0.127-0.137 mm (0.0050-0.0054 in)		
试验方法		ASTM D 3410-87	模 量 计 算	在1000-3000με之间的弦线
归一化		无		
温 度		22°C	-55°C	121°C
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	(1) (71°C, 85%)
来源编码		80	80	80
F_2^{cu} MPa (ksi)	平均值	232 (33.6)	272 (39.5)	128 (18.6)
	最小值	212 (30.7)	234 (33.9)	106 (15.3)
	最大值	258 (37.4)	308 (44.6)	138 (20.0)
	C.V. (%)	6.40	6.84	5.68
	B基准值	194 (28.1)	(2)	114 (16.4)
	分 布	Weibull	Weibull	Weibull
	C ₁	239 (34.6)	281 (40.7)	131 (19.0)
	C ₂	17.1	16.4	24.6
	试样数量	18	17	18
	批 数	3	3	3
E_2^c GPa (Msi)	数据种类	B18	B18	B18
	平均值	9.52 (1.38)	10.7 (1.55)	7.45 (1.08)
	最小值	8.48 (1.23)	10.0 (1.45)	6.48 (0.94)
	最大值	9.93 (1.44)	11.4 (1.66)	8.34 (1.21)
	C.V. (%)	5.48	4.11	8.38
	试样数量	9	8	10
	批 数	3	3	3
ν_{21}^c	数据种类	筛选	筛选	筛选
	平均值			
	试样数量			
	批 数			
ϵ_2^{cu} (με)	数据种类			
	平均值			
	最小值			
	最大值			
	C.V. (%)			
	B基准值			
	分 布			
	C ₁			
	C ₂			
	试样数量			
	批 数			
	数据种类			

注：(1) 吸湿量未知；
(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.29(d) 12面剪切性能 ($[\pm 45]_{45}$)

材 料	T650-35 12k/976					
树脂含量	39-45%(重量)		复合材料密度		1.58-1.59g/cm ³	
纤维体积含量	58.6-62.2%		空 隙 含 量		0-1.0%	
单层厚度	0.132-0.140 mm (0.0052-0.0055 in)					
试验方法	ASTM D 3518-82		模 量 计 算		在1000-3000μe之间的弦线	
归一化	无					
温 度		22°C	-55°C	121°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.16-1.22 (71°C, 85%)		
来源编码		80	80	80		
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	103 (14.9)	120 (17.4)	81.4 (11.8)		
	最小值	90.3 (13.1)	111 (16.1)	75.2 (10.9)		
	最大值	125 (18.1)	132 (19.2)	85.5 (12.4)		
	C.V. (%)	11.4	4.85	3.54		
	B基准值	59.1 (8.57)	101 (14.7)	71.7 (10.4)		
	分布	ANOVA	ANOVA	ANOVA		
	C ₁	88.5 (1.86)	42.5 (0.893)	21.6 (0.455)		
	C ₂	161 (3.39)	142 (2.98)	155 (3.25)		
	试样数量	30	30	30		
	批 数	5	5	5		
γ_{12}^{su} (μe)	数据种类	B30	B30	B30		
	平均值					
	最小值					
	最大值					
	C.V. (%)					
	试样数量					
	批 数					
G_{12}^s GPa (Msi)	数据种类					
	平均值	5.14 (0.745)	6.34 (0.919)	3.74 (0.542)		
	最小值	4.69 (0.680)	4.83 (0.700)	3.52 (0.510)		
	最大值	5.72 (0.830)	7.24 (1.05)	4.00 (0.580)		
	C.V. (%)	4.82	10.4	3.91		
	试样数量	30	30	30		
	批 数	5	5	5		
数据种类	平均	平均	平均			

表4.2.29(e) x 轴压缩性能 ($[90/0]_8$)

材 料		T650-35 12k/976							
树脂含量		39-45%(重量)		复合材料密度		1.57-1.60g/cm ³			
纤维体积含量		57.3-65.3%		空 隙 含 量		0-1.0%			
单层厚度		0.124-0.142 mm (0.0049-0.0056 in)							
试验方法		ASTM D 3410-87		模 量 计 算		在1000-3000μE之间的弦线			
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到60%纤维体积含量(单层厚度0.132 mm(0.0052 in))							
温 度		22°C		-55°C		121°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.21-1.33 (71°C, 85%)			
来源编码		80		80		80			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_x^{cu} MPa (ksi)	平均值	903 (131)	903 (131)	1007 (146)	1000 (145)	661 (95.9)	677 (98.2)		
	最小值	807 (117)	793 (115)	903 (131)	890 (129)	578 (83.8)	606 (87.9)		
	最大值	993 (144)	1021 (148)	1110 (161)	1124 (163)	759 (110)	765 (111)		
	C.V. (%)	6.34	6.54	5.50	6.22	6.76	5.74		
	B基准值	(1)	(1)	876 (127)	(1)	532 (77.2)	575 (83.4)		
	分 布	ANOVA	ANOVA	Weibull	ANOVA	ANOVA	ANOVA		
	C_1	411 (8.64)	433 (9.11)	1034 (150)	453 (9.53)	323 (6.79)	277 (5.82)		
	C_2	139 (2.93)	155 (3.25)	19.6	148 (3.12)	132 (2.77)	120 (2.53)		
	试样数量	23		24		29			
	批 数	4		4		5			
数据种类	B18		B18		B18				
E_x^c GPa (Msi)	平均值	67.0 (9.72)	67.3 (9.76)	70.3 (10.2)	69.7 (10.1)	69.0 (10.0)	71.0 (10.3)		
	最小值	59.7 (8.65)	61.1 (8.86)	65.4 (9.48)	64.6 (9.37)	66.0 (9.57)	63.1 (9.15)		
	最大值	74.5 (10.8)	74.5 (10.8)	75.9 (11.0)	73.8 (10.7)	75.2 (10.9)	77.2 (11.2)		
	C.V. (%)	4.41	4.58	3.99	4.28	3.71	5.08		
	试样数量	23		24		29			
	批 数	4		4		5			
	数据种类	平均		平均		平均			
ν_x^c	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
E_x^{cu} (μE)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C_1								
	C_2								
	试样数量								
	批 数								
数据种类									

注: (1) 少于5批的试验数据时, 无法用ANOVA方法计算B基准值。

4.2.30 IM7 12k/PR381 单向带

数据见MIL-HDBK-17-2F 附录A。

4.2.31 IM7 6k/PR500 4 综缎机织物

数据见MIL-HDBK-17-2F 附录A。

4.2.32 T650-35 3k/976 8 综缎机织物

材料描述:

材 料: T650-35 3k/976

形 式: 8 综缎机织物预浸料, 纤维面积重量为 374 g/m^2 , 固化后树脂含量为 40%, 固化后单层厚度为 0.279-0.356 mm(0.011-0.014 in)

固化工艺: 热压罐固化; $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$, 0.621 MPa(95 psi), 90 分钟

供应商提供的数据:

纤 维: T650-35 纤维是由 PAN 的前驱体制造的不加捻的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 3 000 根碳丝。拉伸模量为 241 GPa ($35 \times 10^6 \text{ psi}$), 拉伸强度为 4 483 MPa (650 000 psi)。

树 脂: 976 是满足 NASA 真空排气要求的高流动性改性环氧树脂, 在 $22^\circ\text{C}(72^\circ\text{F})$ 环境下存放 10 天。

最大短期使用温度: $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$ (干态), $121^\circ\text{C}(250^\circ\text{F})$ (湿态)

应 用: 应用于商用和军用结构。

数据分析:

1. 对于横向拉伸, bowtie 试样与使用的试验方法不一致;
2. 对于 $-55^\circ\text{C}(-67^\circ\text{F})$ 大气环境下的横向压缩模量值, 两低端异常数据没有舍弃, 因为两者之间不产生矛盾。

材 料:	T650-35 3k/976 8 综缎机织物			
形 式:	Cytec Fiberite 8 综缎机织物预浸带			
纤 维:	Amoco T650-35 3k, UC 309, 不加捻		树 脂:	Cytec Fiberite 976
T_g (干态):	$221^\circ\text{C}(443^\circ\text{F})$	T_g (湿态):	$193^\circ\text{C}(380^\circ\text{F})$	T_g 测量方法: DMA E'
固化工艺:	热压罐固化; $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$, 0.655 MPa(95 psi), 90 分钟			

纤维制造日期:	9/90-9/95	试验日期:	6/93-1/96
树脂制造日期:	6/92-6/94	数据提交日期:	12/97
预浸料制造日期:	6/92-10/94	分析日期:	1/01
复合材料制造日期:	1/93-4/95		

单向板性能

	22°C/A		-55°C/A	121°C/A				
1 轴拉伸	BM--		BM--	bSS-				
2 轴拉伸	bS--		BI--	bSS-				
3 轴拉伸								
1 轴压缩	bS--		BM--	bM--				
2 轴压缩	bS--		BM--	bS--				
3 轴压缩								
12 面剪切	BM--		bM--	BM--				
23 面剪切								
31 面剪切								

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.77	1.76-1.78	SRM15
树脂密度 (g/cm ³)	1.28		ASTM D 792
复合材料密度 (g/cm ³)	1.57	1.56-1.59	
纤维面积重量 (g/m ²)	374		
纤维体积含量 (%)	59	58-61	
单层厚度 (mm)	0.330	0.287-0.371	

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.32(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_7$)

材 料		T650-35 3k/976 8综锻机织物					
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.56-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		59-64%		空 隙 含 量		0%	
单层厚度		0.330-0.356 mm (0.013-0.014 in)					
试验方法		Bowtie 试样 ASTM D 3039-76		模 量 计 算		在1000-6000με之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%纤维体积含量(单层厚度0.371 mm)					
温 度		22°C		-55°C		121°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		112-1.21, (71°C, 85%)	
来源编码		80		80		80	
		归一化的 测量的		归一化的 测量的		归一化的 测量的	
F_1^{tu} MPa (ksi)	平均值	684 (99.2)	738 (107)	565 (82.0)	599 (86.8)	717 (104)	793 (115)
	最小值	546 (79.2)	589 (85.4)	472 (68.4)	488 (70.8)	622 (90.2)	685 (99.3)
	最大值	765 (111)	855 (124)	638 (92.5)	686 (99.5)	814 (118)	897 (130)
	C.V. (%)	7.03	7.16	8.24	8.65	7.85	7.62
	B基准值	569 (82.5)	615 (89.2)	448 (64.9)	465 (67.5)	612 (88.8)	657 (95.2)
	分 布	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	Weibull	Weibull
	C ₁	376 (7.91)	376 (7.91)	332 (6.98)	370 (7.78)	745 (108)	821 (119)
	C ₂	111 (2.33)	109 (2.29)	116 (2.44)	118 (2.48)	16.0	16.2
	试样数量	36		36		18	
	批 数	6		6		3	
数据种类	B30		B30		B18		
E_1^t GPa (Msi)	平均值	71.0 (10.3)	76.5 (11.1)	71.0 (10.3)	78.6 (11.4)	75.9 (11.0)	83.4 (12.1)
	最小值	63.7 (9.23)	71.7 (10.4)	69.7 (10.1)	73.1 (10.6)	71.0 (10.3)	78.6 (11.4)
	最大值	74.5 (10.8)	79.3 (11.5)	73.8 (10.7)	89.7 (13.0)	82.1 (11.9)	90.3 (13.1)
	C.V. (%)	3.62	2.81	2.28	4.71	5.38	5.4
	试样数量	27		18		9	
	批 数	6		6		3	
	数据种类	平均		平均		筛选	
ν_{12}^t	平均值					0.033	
	试样数量					9	
	批 数					3	
	数据种类					筛选	
ϵ_1^{tu} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.32(b) 2轴拉伸性能 ($[90]_T$)

材 料		T650-35 3k/976 8综缎机织物					
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.56-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		59-64%		空 隙 含 量		0%	
单层厚度		0.330-0.356 mm (0.013-0.014 in)					
试验方法		Bowtie 试样 ASTM D 3039-76 (2)		模 量 计 算		在1000-6000με之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%纤维体积含量(单层厚度0.371 mm)					
温 度		22°C		-55°C		121°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.11-1.21 (71°C, 85%)	
来源编码		80		80		80	
F_2^{tu} MPa (ksi)	平均值	731 (106)	800 (116)	567 (82.2)	615 (89.2)	765 (111)	841 (122)
	最小值	657 (95.2)	724 (105)	426 (61.7)	440 (63.8)	643 (93.3)	710 (103)
	最大值	793 (115)	869 (126)	672 (97.4)	745 (108)	862 (125)	945 (137)
	C.V. (%)	4.62	4.59	10.6	11.4	6.15	6.22
	B基准值	648 (94.0)	703 (102)	428 (62.0)	433 (62.8)	674 (97.8)	717 (104)
	分 布	Weibull		ANOVA		正态	Weibull
	C_1	745 (108)	814 (118)	424 (8.91)	499 (10.5)	765 (111)	869 (126)
	C_2	26.0	23.9	107 (2.26)	120 (2.52)	47.2 (6.85)	18.4
	试样数量	18		30		18	
	批 数	3		5		3	
	数据种类	B18		B30		B18	
E_2^t GPa (Msi)	平均值	73.8 (10.7)	80.7 (11.7)	71.7 (10.4)	76.5 (11.1)	74.5 (10.8)	81.4 (11.8)
	最小值	67.8 (9.83)	75.2 (10.9)	67.2 (9.74)	70.3 (10.2)	66.7 (9.67)	75.2 (10.9)
	最大值	80.0 (11.6)	86.9 (12.6)	76.5 (11.1)	82.8 (12.0)	77.2 (11.2)	84.8 (12.3)
	C.V. (%)	5.81	4.55	3.01	4.07	5.29	4.15
	试样数量	9		15		9	
	批 数	3		5		3	
	数据种类	筛选		临时		筛选	
ν_{21}^t	平均值						0.030
	试样数量						3
	批 数						1
	数据种类						筛选
ϵ_2^{tu} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注: (1) 基准值仅适用于A类和B类数据;

(2) 采用该方法的Bowtie试样是非标准试样。

表4.2.32(c) 1轴压缩性能 ($[0]_T$)

材 料		T650-35 3k/976 8综缎机织物					
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.56-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		59-64%		空 隙 含 量		0%	
单层厚度		0.330-0.356 mm (0.013-0.014 in)					
试验方法		ASTM D 3410-87 B		模 量 计 算		在1000-3000μE之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%纤维体积含量(单层厚度0.371 mm)					
温 度		22°C		-55°C		121°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.00-1.30 (71°C, 85%)	
来源编码		80		80		80	
		归一化的		测量的		归一化的	
		测量的		测量的		测量的	
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	594 (86.2)	659 (95.5)	639 (92.6)	703 (102)	380 (55.1)	394 (57.1)
	最小值	438 (62.9)	494 (71.6)	503 (72.9)	543 (78.7)	292 (42.4)	317 (46.0)
	最大值	690 (100)	745 (108)	793 (115)	903 (131)	473 (68.6)	472 (68.4)
	C.V. (%)	10.3	9.82	12.7	13.7	15.1	11.9
	B基准值	485 (70.3)	531 (77.0)	379 (55.0)	392 (56.8)	177 (25.6)	236 (34.2)
	分 布	Weibull	Weibull	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA
	C ₁	619 (89.8)	685 (99.4)	594 (12.5)	732 (15.4)	430 (9.05)	348 (7.32)
	C ₂	13.2	14.0	143 (3.00)	148 (3.12)	155 (3.25)	148 (3.12)
	试样数量	18		30		21	
	批 数	3		5		5	
数据种类		B18		B30		B18	
E_1^c GPa (Msi)	平均值	60.8 (8.81)	67.7 (9.81)	64.7 (9.38)	69.0 (10.0)	64.5 (9.35)	67.3 (9.76)
	最小值	58.3 (8.45)	63.9 (9.26)	60.8 (8.82)	65.6 (9.51)	58.8 (8.53)	64.0 (9.28)
	最大值	62.9 (9.12)	71.0 (10.3)	68.9 (9.99)	71.7 (10.4)	68.8 (9.98)	71.7 (10.4)
	C.V. (%)	2.19	4.03	4.21	2.40	5.22	4.03
	试样数量	9		20		21	
	批 数	3		5		5	
	数据种类	筛选		B18		B18	
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} (μE)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

表4.2.32(d) 2轴压缩性能 (90°_{17})

材 料		T650-35 3k/976 8综缎机织物					
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.56-1.59g/cm ³	
纤维体积含量		59-64%		空 隙 含 量		0%	
单层厚度		0.330-0.356 mm (0.013-0.014 in)					
试验方法		ASTM D 3410-87 B		模 量 计 算		在1000-3000με之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%纤维体积含量(单层厚度0.371 mm)					
温 度		22°C		-55°C		121°C	
平衡吸湿量(%), (T.RH)		大气环境		大气环境		1.00-1.30 (71°C, 85%)	
来源编码		80		80		80	
		归一化的 测量的		归一化的 测量的		归一化的 测量的	
F_2^{cu} MPa (ksi)	平均值	621 (90.1)	672 (97.5)	672 (97.4)	731 (106)	377 (54.7)	413 (59.9)
	最小值	566 (82.1)	610 (88.5)	514 (74.5)	559 (81.0)	347 (50.3)	370 (53.6)
	最大值	687 (99.6)	772 (112)	779 (113)	876 (127)	434 (63.0)	489 (70.9)
	C.V. (%)	6.75	6.62	9.90	9.95	6.74	8.21
	B基准值	(1)	(1)	499 (72.3)	493 (71.5)	327 (47.4)	(1)
	分 布	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	正态	ANOVA
	C_1	305 (6.41)	319 (6.70)	480 (10.1)	533 (11.2)	377 (54.7)	248 (5.22)
	C_2	168 (3.54)	152 (3.20)	118 (2.49)	145 (3.05)	25.4 (3.69)	177 (3.72)
	试样数量	18		30		18	
	批 数	3		6		3	
数据种类	B18		B30		B18		
E_2^c GPa (Msi)	平均值	61.9 (8.98)	67.1 (9.73)	63.5 (9.21)	67.7 (9.82)	65.0 (9.43)	71.0 (10.3)
	最小值	55.4 (8.04)	59.2 (8.58)	56.5 (8.20)	62.3 (9.03)	61.9 (8.98)	68.9 (9.99)
	最大值	65.6 (9.51)	73.1 (10.6)	69.0 (10.0)	73.8 (10.7)	67.2 (9.75)	73.1 (10.6)
	C.V. (%)	6.01	6.54	4.05	4.22	3.32	2.46
	试样数量	9		26		9	
	批 数	3		6		3	
	数据种类	筛选		平均		筛选	
ν_{21}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^{cu} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

注: (1) 少于5批的试验数据时, 无法用ANOVA方法计算B基准值。

表4.2.32(e) 12面剪切性能 ($\pm 45^\circ$)_s)

材 料		T650-35 3k/976 8综缎机织物				
树脂含量	28-34%(重量)		复合材料密度		1.56-1.59g/cm ³	
纤维体积含量	59-64%		空 隙 含 量		0%	
单层厚度	0.330-0.356 mm (0.013-0.014 in)					
试验方法	ASTM D 3518-82 (1)		模 量 计 算		0-3000µε之间的弦线	
归一化	无					
温 度		22°C	-55°C	121°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.22 (71°C, 85%)		
来源编码		80	80	80		
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	88.3 (12.8)	100 (14.5)	62.0 (8.99)		
	最小值	82.8 (12.0)	93.8 (13.6)	58.0 (8.41)		
	最大值	95.9 (13.9)	105 (15.2)	71.7 (10.4)		
	C.V. (%)	3.81	2.58	5.6		
	B基准值	75.9 (11.0)	91.7 (13.3)	58.0 (8.41)		
	分布	ANOVA	ANOVA	非参数		
	C ₁	25.2 (0.53)	18.5 (0.39)	1		
	C ₂	166 (3.49)	122 (2.57)	1.22		
	试样数量	30	29	30		
	批 数	5	5	5		
	数据种类	B30	B18	B30		
γ_{12}^{su} (µε)	平均值					
	最小值					
	最大值					
	C.V. (%)					
	试样数量					
	批 数					
	数据种类					
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值	5.86 (0.85)	7.24 (1.05)	3.24 (0.47)		
	最小值	5.03 (0.73)	6.41 (0.93)	2.55 (0.37)		
	最大值	6.76 (0.98)	7.79 (1.13)	3.59 (0.52)		
	C.V. (%)	7.10	5.07	9.63		
	试样数量	26	30	21		
	批 数	5	5	5		
	数据种类	平均	平均	平均		

注：(1) 试验方法采用到破坏的极限强度。

4.2.33 T700S 12k/3900-2 平纹机织物

材料描述:

材料: T700S 12k/3900-2
形式: 平纹机织物预浸料, 3 根丝束/英寸, 纤维面积重量为 193 g/m^2 , 固化后树脂含量为 35%-36%, 固化后单层厚度为 0.185-0.201 mm (0.0073-0.0079 in)
固化工艺: 热压罐固化; $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$, 0.586 MPa(85 psi), 120 分钟, 升温速率为 $1.7^\circ\text{C}/\text{分钟}(3^\circ\text{F}/\text{分钟})$

供应商提供的数据:

纤维: T700 纤维是由 PAN 的前驱体制造的具有普通模量的不加捻的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 12000 根碳丝。拉伸模量为 $234 \text{ GPa}(34 \times 10^6 \text{ psi})$, 拉伸强度为 $4\,827 \text{ MPa}(700\,000 \text{ psi})$ 。
树脂: 3900-2 是一种增韧环氧树脂。
最大短期使用温度: $149^\circ\text{C}(300^\circ\text{F})$ (干态), $82^\circ\text{C}(180^\circ\text{F})$ (湿态)
应用: 商用和军用空间结构。

材 料:	T700S 12k/3900-2 平纹机织物			
形 式:	Toray F6273C-30H 平纹机织物预浸带			
纤 维:	Toray T700SC-12000-50C, UD 309 浸润剂, 不加捻		树 脂:	Toray 3900-2
T_g (干态):	$166^\circ\text{C}(330^\circ\text{F})$	T_g (湿态):	$110^\circ\text{C}(230^\circ\text{F})$	T_g 测量方法: ASTM E 1545(TMA)
固化工艺:	热压罐固化; $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$, 0.586 MPa(85 psi), 120 分钟, 升温速率为 $1.7^\circ\text{C}/\text{分钟}(3^\circ\text{F}/\text{分钟})$			

纤维制造日期:	1/98	试验日期:	1/99-3/99
树脂制造日期:	1/98	数据提交日期:	12/99
预浸料制造日期:	1/98	分析日期:	1/00
复合材料制造日期:	3/99		

单向板性能

	24°C/A		-55°C/A	82°C/W				
1 轴拉伸								
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩								
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切	SS-		SS-	SS-				
31 面剪切	SS--		SS-	SS-				
31 面 SB 强度	S--		S--	S--				

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，-——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名 义 值	提 交 值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.80	1.80	ASTM D 3800
树脂密度 (g/cm ³)	1.22		ASTM D 791
复合材料密度 (g/cm ³)	1.53	1.54	
纤维面积重量 (g/m ²)	193	192.1	ASTM D 5300
纤维体积含量 (%)	54	54.6-55.4	ASTM D 3171
单层厚度 (mm)	0.201	0.198-0.201	

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，-——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.33(a) 31面剪切性能 ($[0]_{31}$)

材 料	T700S 12k/3900-2 平纹机织物						
树脂含量	35.3%(重量)			复合材料密度	1.54g/cm ³		
纤维体积含量	55%			空 隙 含 量	0%		
单层厚度	0.185-0.188 mm (0.0073-0.0074 in)						
试验方法	ASTM D 2344-84			模 量 计 算			
归一化	无						
温 度	24°C	-55°C	82°C				
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境	大气环境	1.0 (1)				
来源编码	90	90	90				
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	71.0 (10.3)	85.5 (12.4)	52.9 (7.67)			
	最小值	70.3 (10.2)	80.7 (11.7)	51.4 (7.45)			
	最大值	73.8 (10.7)	89.0 (12.9)	54.5 (7.91)			
	C.V. (%)	1.94	4.41	2.13			
	B基准值	(2)	(2)	(2)			
	分布	非参数	正态	正态			
	C_1		85.5 (12.4)	52.9 (7.67)			
	C_2		3.77 (0.546)	1.13 (0.164)			
	试样数量	6	6	6			
	批 数	1	1	1			
	数据种类	筛选	筛选	筛选			

注：(1) 放置在71°C，95±2%RH环境下直到吸湿量达到1.0%；

(2) 只批准用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

表4.2.33(b) 13面剪切性能 ($[0]_{95}$)

材 料		T700S 12k/3900-2 平纹机织物					
树脂含量		36.1%(重量)		复合材料密度		1.54g/cm ³	
纤维体积含量		54.6%		空 隙 含 量		0%	
单层厚度		0.198-0.201 mm (0.0078-0.0079 in)					
试验方法		ASTM D 5379-93		模 量 计 算		在1000-3000μe之间的弦线	
归一化		无					
温 度		24°C	-55°C	82°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.0 (1)			
来源编码		90	90	90			
F_{13}^{su} MPa (ksi)	平均值	71.7 (10.4)	91.7 (13.3)	48.1 (6.97)			
	最小值	70.3 (10.2)	86.9 (12.6)	46.9 (6.80)			
	最大值	73.1 (10.6)	93.8 (13.6)	49.0 (7.10)			
	C.V. (%)	1.28	3.08	1.48			
	B基准值	(2)	(2)	(2)			
	分布	正态	正态	正态			
	C ₁	71.7 (10.4)	91.7 (13.3)	48.1 (6.97)			
	C ₂	0.92(0.133)	2.83(0.410)	0.71(0.103)			
	试样数量	6	6	6			
	批 数	1	1	1			
	数据种类	筛选	筛选	筛选			
γ_{13}^{su} (μe)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
G_{13}^s GPa (Msi)	平均值	2.88(0.418)	3.43(0.498)	2.58(0.374)			
	最小值	2.72(0.394)	3.22(0.467)	2.52(0.366)			
	最大值	3.01(0.436)	3.59(0.520)	2.63(0.381)			
	C.V. (%)	3.58	23.72	1.58			
	试样数量	6	6	6			
	批 数	1	1	1			
	数据种类	筛选	筛选	筛选			

注: (1) 放置在71°C, 95 $\pm$ 2%RH环境下直到吸湿量达到1.0%;

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.33(c) 23面剪切性能 ($[0]_{95}$)

材 料		T700S 12k/3900-2 平纹机织物				
树脂含量	36.1%(重量)	复合材料密度		1.54g/cm ³		
纤维体积含量	54.6%	空 隙 含 量		0%		
单层厚度	0.198-0.201 mm (0.0078-0.0079 in)					
试验方法	ASTM D 5379-93		模 量 计 算		在1000-3000μE之间的弦线	
归一化	无					
温 度		24°C	-55°C	82°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.0 (1)		
来源编码		90	90	90		
F_{23}^{su} MPa (ksi)	平均值	71.0 (10.3)	91.0 (13.2)	48.8 (7.08)		
	最小值	69.0 (10.0)	87.6 (12.7)	48.2 (6.99)		
	最大值	75.2 (10.9)	94.5 (13.7)	49.2 (7.14)		
	C.V. (%)	3.29	2.56	0.870		
	B基准值	(2)	(2)	(2)		
	分布	正态	正态	正态		
	C ₁	71.0 (10.3)	91.0 (13.2)	48.8 (7.08)		
	C ₂	2.34 (0.339)	2.32 (0.337)	0.43 (0.062)		
	试样数量	5	6	6		
	批 数	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选		
	γ_{23}^{su} (μE)	平均值				
最小值						
最大值						
C.V. (%)						
B基准值						
分布						
C ₁						
C ₂						
试样数量						
批 数						
数据种类						
G_{23}^I GPa (Msi)		平均值	2.77 (0.401)	3.45 (0.500)	2.41 (0.349)	
	最小值	2.59 (0.375)	3.30 (0.478)	2.30 (0.333)		
	最大值	3.07 (0.445)	3.62 (0.525)	2.59 (0.376)		
	C.V. (%)	6.60	3.76	4.15		
	试样数量	6	6	6		
	批 数	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选		

注: (1) 放置在71°C, 95 $\pm$ 2%RH环境下直到吸湿量达到1.0%;

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.34 800HB 12k/3900-2 单向带

材料描述:

材 料: 800HB 12k/3900-2

形 式: 单向预浸带, 纤维面积重量为 190 g/m^2 , 固化后树脂含量为 36%-37%, 固化后单层厚度为 0.191-0.208 mm(0.0075-0.0082 in)

固化工艺: 热压罐固化: $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$, 0.586 MPa(85 psi), 2 小时, 升温速率为 $1.7^\circ\text{C}/\text{分钟}(3^\circ\text{F}/\text{分钟})$

供应商提供的数据:

纤 维: 800HB 纤维是由 PAN 的前驱体制造的具有普通模量的不加捻的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 12 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa(34×10^6 psi), 拉伸强度为 4 827 MPa (700 000 psi)。

树 脂: 3900-2 是一种增韧环氧树脂。

最大短期使用温度: $149^\circ\text{C}(300^\circ\text{F})$ (干态), $82^\circ\text{C}(180^\circ\text{F})$ (湿态)

应 用: 应用于商用和军用空间结构。

材 料:	800H 12k/3900-2 单向带			
形 式:	Toray P2302-19 单向预浸带			
纤 维:	Toray T800HB 12k, 3 束/in, 上胶, 不加捻		树 脂:	Toray 3900-2
T_g (干态):	$166^\circ\text{C}(330^\circ\text{F})$	T_g (湿态):	$110^\circ\text{C}(230^\circ\text{F})$	T_g 测量方法: ASTM E 1545(TMA)
固化工艺:	热压罐固化: 177°C , 0.586 MPa, 120 分钟, 升温速率为 $1.7^\circ\text{C}/\text{分钟}(3^\circ\text{F}/\text{分钟})$			

纤维制造日期:	7/97	试验日期:	1/99-7/99
树脂制造日期:	7/97	数据提交日期:	12/99
预浸料制造日期:	12/97	分析日期:	1/00
复合材料制造日期:	12/97		

单向板性能

	24°C/A		-55°C/A	82°C/W				
1 轴拉伸								
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩								
2 轴压缩								
3 轴压缩								
2 面剪切								
23 面剪切	SS--		SS--	SS--				
31 面剪切	SS--		SS--	SS--				
31 面 SB 强度	S---		S---	S---				

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，--——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名 义 值	提 交 值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.81	1.80	ASTM D 3800
树脂密度 (g/cm ³)	1.22		ASTM D 891
复合材料密度 (g/cm ³)	1.55	1.56	
纤维面积重量 (g/m ²)	190	191.1	ASTM D 5300
纤维体积含量 (%)	55.5	54.0-55.5	ASTM D 3171
单层厚度 (mm)	0.191	0.191-0.208	

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，--——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.34(a) 31面剪切性能 ($[0]_{34}$)

材 料		00H 12K/3900-2 单向带					
树脂含量		36.3%(重量)		复合材料密度		1.56g/cm ³	
纤维体积含量		55.5%		空 隙 含 量		0-1.10%	
单层厚度		0.185-0.188 mm (0.0073-0.0074 in)					
试验方法		ASTM D 2344-84		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C	-55°C	82°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.0 (1)			
来源编码		90	90	90			
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	87.6 (12.7)	115 (16.7)	52.6 (7.63)			
	最小值	86.9 (12.6)	112 (16.3)	52.1 (7.55)			
	最大值	90.3 (13.1)	117 (17.0)	53.2 (7.71)			
	C.V. (%)	1.47	1.34	0.772			
	B基准值	(2)	(2)	(2)			
	分布	正态	正态	正态			
	C ₁	87.6 (12.8)	115 (16.7)	52.6 (7.63)			
	C ₂	1.29 (0.187)	1.54 (0.223)	0.41 (0.059)			
	试样数量	6	6	6			
	批 数	1	1	1			
	数据种类	筛选	筛选	筛选			

注: (1) 放置在71°C, 95±2%RH环境下直到吸湿量达到1.0%;

(2) 只批准用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

表4.2.34(b) 13面剪切性能 ($[0]_{100}$)

材 料		800H 12k/3900-2 单向带					
树脂含量		37.3%(重量)		复合材料密度		1.56g/cm ³	
纤维体积含量		54.0%		空隙含量		0-1.10%	
单层厚度		0.191-0.201 mm (0.0075-0.0079 in)					
试验方法		ASTM D 5379-93		模量计算		在1000-3000με之间的弦线	
归一化		无					
温 度		24°C	-55°C	82°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.0 (1)			
来源编码		90	90	90			
F_{13}^{su} MPa (ksi)	平均值	88.3 (12.8)	128 (18.6)	49.7 (7.20)			
	最小值	86.2 (12.5)	126 (18.2)	47.6 (6.90)			
	最大值	89.0 (12.9)	133 (19.3)	51.7 (7.50)			
	C.V. (%)	1.21	2.24	3.11			
	B基准值	(2)	(2)	(2)			
	分布	正态	正态	正态			
	C ₁	88.3 (12.8)	128 (18.6)	49.7 (7.20)			
	C ₂	1.07 (0.155)	2.88 (0.417)	1.54 (0.224)			
	试样数量	6	6	5			
	批 数	1	1	1			
	数据种类	筛选	筛选	筛选			
γ_{13}^{su} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
G_{13}^s GPa (Msi)	平均值	3.30 (0.478)	4.12 (0.598)	2.77 (0.401)			
	最小值	3.20 (0.464)	3.86 (0.560)	2.73 (0.396)			
	最大值	3.37 (0.489)	4.34 (0.630)	2.79 (0.405)			
	C.V. (%)	2.34	3.87	0.872			
	试样数量	6	6	5			
	批 数	1	1	1			
	数据种类	筛选	筛选	筛选			

注：(1) 放置在71°C，95±2%RH环境下直到吸湿量达到1.0%；
(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.2.34(c) 23面剪切性能 ($[0]_{100}$)

材 料		800H 12k/3900-2 单向带					
树脂含量		37.3%(重量)		复合材料密度		1.56g/cm ³	
纤维体积含量		54.0%		空 隙 含 量		0-1.10%	
单层厚度		0.198-0.208 mm (0.0078-0.0082 in)					
试验方法		ASTM D 5379-93		模 量 计 算		在1000-3000με之间的弦线	
归一化		无					
温 度		24°C	-55°C	82°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.0 (1)			
来源编码		90	90	90			
F_{23}^{su} MPa (ksi)	平均值	42.1 (6.10)	44.5 (6.45)	29.1 (4.22)			
	最小值	33.0 (4.79)	32.3 (4.68)	27.0 (3.91)			
	最大值	46.3 (6.72)	50.1 (7.27)	30.0 (4.35)			
	C.V. (%)	13.1	13.7	4.24			
	B基准值	(2)	(2)	(2)			
	分布	正态	正态	正态			
	C ₁	42.1 (6.10)	44.5 (6.45)	29.1 (4.22)			
	C ₂	5.52 (0.801)	6.11 (0.886)	1.23 (0.179)			
	试样数量	6	7	6			
	批 数	1	1	1			
	数据种类	筛选	筛选	筛选			
γ_{23}^{su} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
G_{23}^a GPa (Msi)	平均值	2.19 (0.317)	2.60 (0.377)	1.94 (0.281)			
	最小值	2.11 (0.306)	2.48 (0.360)	1.78 (0.258)			
	最大值	2.28 (0.330)	2.75 (0.399)	2.02 (0.293)			
	C.V. (%)	2.94	3.36	4.45			
	试样数量	6	7	6			
	批 数	1	1	1			
	数据种类	筛选	筛选	筛选			

注: (1) 放置在71°C, 95 $\pm$ 2%RH环境下直到吸湿量达到1.0%;

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.2.35 T650-35 3k/976 平纹机织物

材料描述:

材 料: T650-35 3k/976
形 式: 平纹机织物预浸料, 纤维面积重量为 194 g/m^2 , 固化后树脂含量为 40%, 固化后单层厚度为 $0.170\text{-}0.175 \text{ mm}(0.0067\text{-}0.0069 \text{ in})$
固化工艺: 热压罐固化; $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$, $0.621 \text{ MPa}(95 \text{ psi})$, 90 分钟

供应商提供的数据:

纤 维: T650-35 纤维是由 PAN 的前驱体制造的不加捻的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 3 000 根碳丝。拉伸模量为 $241 \text{ GPa}(35 \times 10^6 \text{ psi})$, 拉伸强度为 $4\,483 \text{ MPa}(650\,000 \text{ psi})$ 。

树 脂: 976 是满足 NASA 真空排气要求的高流动性改性环氧树脂, 在 $22^\circ\text{C}(72^\circ\text{F})$ 环境下存放 10 天。

最大短期使用温度: $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$ (干态), $121^\circ\text{C}(250^\circ\text{F})$ (湿态)

应 用: 应用于商用和军用结构。

数据分析:

1. 对于横向拉伸, bowtie 试样是该试验方法的一个例外。

材 料:	T650-35 3k/976 平纹机织物			
形 式:	Cytec Fiberite 976/T650-35 平纹机织物预浸带			
纤 维:	Amoco T650-35 3k, UC 309, 不加捻		树 脂:	ICI Fiberite 976
T_g (干态):	$238^\circ\text{C}(461^\circ\text{F})$	T_g (湿态):	$201^\circ\text{C}(393^\circ\text{F})$	T_g 测量方法: DMA E
固化工艺:	热压罐固化: $171\text{-}182^\circ\text{C}(350 \pm 10^\circ\text{F})$, $0.620\text{-}0.690 \text{ MPa}(95 \pm 5 \text{ psi})$, $80\text{-}100 \text{ m in}(90 \pm 10 \text{ m in})$			

纤维制造日期:	9/90-5/95	试验日期:	7/93-10/96
树脂制造日期:	9/90-7/94	数据提交日期:	12/97
预浸料制造日期:	6/92-8/94	分析日期:	1/01
复合材料制造日期:	7/93-10/96		

单向板性能

	22°C/A		-55°C/A	121°C/W				
1 轴拉伸	bS--		bS--	BM--				
2 轴拉伸	BM--		BM--	BM--				
3 轴拉伸								
1 轴压缩	BM--		BM--	BM--				
2 轴压缩								
3 轴压缩	bS--		bS--	BM--				
12 面剪切	BM--		bM--	BM--				
23 面剪切								
31 面剪切								

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.77	1.76-1.78	SRM15
树脂密度 (g/cm ³)	1.28	1.28	ASTM D 792
复合材料密度 (g/cm ³)	1.57	1.55-1.58	
纤维面积重量 (g/m ²)	194		
纤维体积含量 (%)	59	58-61	
单层厚度 (mm)	0.175	0.168-0.201	

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.2.35(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_{12}$)

材 料		T650-35 3k/976 平纹机织物							
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.56-1.58g/cm ³			
纤维体积含量		59-64%		空 隙 含 量		0-1%			
单层厚度		0.157-0.201 mm (0.0062-0.0079 in)							
试验方法		Bowtie 试样 ASTM D 3039-76		模 量 计 算		在1000-6000μe之间的弦线			
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%纤维体积含量(单层厚度0.193 mm(0.0076 in))							
温 度		22°C		-55°C		121°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.09-1.20 (71°C, 85%)			
来源编码		80		80		80			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^w MPa (ksi)	平均值	651 (94.4)	710 (103)	520 (75.4)	570 (82.6)	731 (106)	779 (113)		
	最小值	574 (83.3)	619 (89.7)	454 (65.9)	505 (73.3)	645 (93.6)	703 (102)		
	最大值	710 (103)	800 (116)	558 (80.9)	612 (88.7)	800 (116)	862 (125)		
	C.V. (%)	7.05	7.10	6.03	5.70	6.38	5.75		
	B基准值	551 (79.9)	(1)	(1)	503 (72.9)	613 (88.9)	677 (98.1)		
	分 布	Weibull	ANOVA	ANOVA	Weibull	ANOVA	Weibull		
	C ₁	672 (97.4)	374 (7.87)	225 (4.74)	581 (84.2)	332 (6.99)	800 (116)		
	C ₂	18.1	194 (4.08)	156 (3.27)	6.35	119 (2.50)	18.9		
	试样数量	18		18		30			
	批 数	3		3		5			
	数据种类	B18		B18		B30			
E_1^t GPa (Msi)	平均值	71.7 (10.4)	77.2 (11.2)	72.4 (10.5)	79.3 (11.5)	73.8 (10.7)	77.2 (11.2)		
	最小值	68.3 (9.91)	72.4 (10.5)	69.0 (10.0)	73.8 (10.7)	67.7 (9.81)	69.0 (10.0)		
	最大值	78.6 (11.4)	81.4 (11.8)	73.8 (10.7)	82.1 (11.9)	77.9 (11.3)	85.5 (12.4)		
	C.V. (%)	4.54	4.32	2.43	3.40	2.82	5.48		
	试样数量	9		9		21			
	批 数	3		3		5			
	数据种类	筛选		筛选		平均			
ν_{12}^t	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_1^w (μE)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								

注: (1) 少于5批的试验数据时, 无法用ANOVA方法计算B基准值。

表4.2.35(h) 2轴拉伸性能 ($[90]_{12}$)

材 料		T650-35 3k/976 平纹机织物					
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.56-1.58g/cm ³	
纤维体积含量		59-64%		空 隙 含 量		0-1%	
单层厚度		0.157-0.201 mm (0.0062-0.0079 in)					
试验方法		Bowtie 试样 ASTM D 3039-76		模 量 计 算		在1000-6000μ ϵ 之间的弦线	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%纤维体积含量(单层厚度0.193 mm(0.0076 in))					
温 度		22°C		-55°C		121°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.14-1.22 (71°C, 85%)	
来源编码		80		80		80	
F_2^u MPa (ksi)	平均值	646 (93.7)	697 (101)	510 (74.0)	557 (80.8)	678 (98.3)	724 (105)
	最小值	541 (78.5)	575 (83.4)	428 (62.1)	442 (64.1)	610 (88.5)	650 (94.3)
	最大值	731 (106)	814 (118)	603 (87.4)	745 (108)	765 (111)	841 (122)
	C.V. (%)	7.07	8.48	8.22	11.7	6.02	6.98
	B基准值	527 (76.4)	517 (74.9)	396 (57.4)	354 (51.4)	563 (81.6)	569 (69.8)
	分 布	ANOVA		ANOVA		ANOVA	
	C ₁	329 (6.91)	427 (8.98)	300 (6.31)	476 (10.0)	293 (6.17)	369 (7.75)
	C ₂	119 (2.51)	136 (2.87)	126 (2.64)	139 (2.93)	128 (2.70)	138 (2.90)
	试样数量	30		30		30	
	批 数	5		5		5	
数据种类		B30		B30		B30	
E_2^t GPa (Msi)	平均值	69.0 (10.0)	73.1 (10.6)	68.3 (9.91)	73.1 (10.6)	68.5 (9.93)	72.4 (10.5)
	最小值	66.1 (9.59)	66.3 (9.61)	65.2 (9.46)	68.5 (9.93)	63.2 (9.16)	66.0 (9.57)
	最大值	75.2 (10.9)	82.1 (11.9)	72.4 (10.5)	79.3 (11.5)	75.9 (11.0)	84.1 (12.2)
	C.V. (%)	3.40	5.17	3.28	5.32	4.87	7.31
	试样数量	21		21		21	
	批 数	5		5		5	
	数据种类	平均		平均		平均	
ν_{21}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^u (μ ϵ)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

表4.2.35(c) 1轴压缩性能 ($\{0\}_{12}$)

材 料		T650-35 3k/976 平纹机织物							
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.56-1.58g/cm ³			
纤维体积含量		59-64%		空 隙 含 量		0-1%			
单层厚度		0.157-0.201 mm (0.0062-0.0079 in)							
试验方法		ASTM D 3410-87 B		模 量 计 算		在1000-3000μe之间的弦线			
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%纤维体积含量(单层厚度0.193 mm(0.0076 in))							
温 度		22°C		-55°C		121°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.02-1.33 (71°C, 85%)			
来源编码		80		80		80			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F ₁ ^{cu} MPa (ksi)	平均值	667 (96.7)	690 (100)	647 (93.8)	687 (99.6)	386 (55.9)	408 (59.1)		
	最小值	512 (74.3)	492 (71.3)	432 (62.6)	452 (65.5)	297 (43.0)	314 (45.5)		
	最大值	745 (108)	786 (114)	800 (116)	834 (121)	518 (75.1)	534 (77.5)		
	C.V. (%)	8.41	10.6	14.3	14.0	14.5	13.4		
	B基准值	539 (78.1)	516 (74.8)	385 (55.8)	415 (60.2)	206 (29.8)	236 (34.2)		
	分 布	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA		
	C ₁	395 (8.30)	518 (10.9)	671 (14.1)	699 (14.7)	412 (8.66)	399 (8.38)		
	C ₂	106 (2.23)	110 (2.31)	128 (2.69)	128 (2.69)	144 (3.02)	141 (2.97)		
	试样数量	36		36		30			
	批 数	6		6		5			
	数据种类	B30		B30		B30			
E ₁ ^c GPa (Msi)	平均值	60.9 (8.83)	65.7 (9.53)	64.5 (9.36)	68.2 (9.89)	63.1 (9.15)	66.7 (9.67)		
	最小值	55.7 (8.07)	59.5 (8.63)	53.7 (7.78)	59.0 (8.55)	59.5 (8.63)	62.6 (9.08)		
	最大值	65.7 (9.52)	69.7 (10.1)	70.3 (10.2)	73.1 (10.6)	66.3 (9.62)	70.3 (10.2)		
	C.V. (%)	4.52	4.11	4.98	4.45	2.77	2.67		
	试样数量	30		27		21			
	批 数	6		6		5			
	数据种类	平均		平均		平均			
ν ₁₂ ^c	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
E ₁ ^{cu} (μE)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批 数								
数据种类									

表4.2.35(d) 2轴压缩性能 ($[90]_{12}$)

材 料		T650-35 3k/976 平纹机织物							
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.56-1.58g/cm ³			
纤维体积含量		59-64%		空 隙 含 量		0-1%			
单层厚度		0.157-0.201 mm (0.0062-0.0079 in)							
试验方法		ASTM D 3410-87 B		模 量 计 算		在1000-3000μe之间的弦线			
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到57%纤维体积含量(单层厚度0.193 mm(0.0076 in))							
温 度		22°C		-55°C		121°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		1.03-1.33 (71°C, 85%)			
来源编码		80		80		80			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_2^{cu} MPa (ksi)	平均值	639 (92.6)	683 (99.1)	607 (88.0)	650 (94.2)	362 (52.5)	387 (56.3)		
	最小值	550 (79.7)	611 (88.6)	486 (70.5)	541 (78.4)	263 (38.1)	278 (40.3)		
	最大值	724 (105)		682 (98.9)	745 (108)	421 (61.0)	443 (64.3)		
	C.V. (%)	9.23	8.28	10.3	9.77	10.9	10.5		
	B基准值	(1)	550 (79.7)	477 (69.2)	508 (73.6)	259 (37.5)	288 (41.8)		
	分 布	ANOVA	Weibull	Weibull	Weibull	ANOVA	ANOVA		
	C_1	425 (8.93)	710 (103)	634 (91.9)	677 (98.2)	282 (5.92)	288 (6.05)		
	C_2	594 (12.5)	14.0	12.6	12.3	120 (2.53)	113 (2.37)		
	试样数量	18		18		30			
	批 数	3		3		5			
数据种类	B18		B18		B30				
E_2^{c} GPa (Msi)	平均值	60.8 (8.82)	64.8 (9.39)	61.7 (8.95)	66.3 (9.62)	61.3 (8.89)	65.7 (9.52)		
	最小值	57.0 (8.26)	60.9 (8.83)	56.1 (8.13)	61.6 (8.93)	58.2 (8.44)	60.8 (8.81)		
	最大值	63.3 (9.19)	67.9 (9.84)	64.4 (9.34)	68.7 (9.96)	64.8 (9.40)	68.7 (9.96)		
	C.V. (%)	3.25	3.87	4.11	3.40	2.68	2.78		
	试样数量	9		9		21			
	批 数	3		3		5			
	数据种类	筛选		筛选		平均			
V_{21}^{c}	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_2^{cu} (μe)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C_1								
	C_2								
	试样数量								
	批 数								
数据种类									

注: (1) 少于5批的试验数据时, 无法用ANOVA方法计算B基准值。

表4.2.35(e) 12面剪切性能 ($\pm 45^\circ_{135}$)

材 料		T650-35 3k/976 平纹机织物					
树脂含量		28-34%(重量)		复合材料密度		1.56-1.58g/cm ³	
纤维体积含量		59-64%		空 隙 含 量		0-1%	
单层厚度		0.157-0.201 mm (0.0062-0.0079 in)					
试验方法		ASTM D 3518-82 (1)		模 量 计 算		在0-3000με之间的弦线	
归一化		无					
温 度		22°C	-55°C	121°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	1.15-1.25 (71°C, 85%)			
来源编码		80	80	80			
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	103 (15.0)	119 (17.2)	74.5 (10.8)			
	最小值	93.8 (13.6)	106 (15.3)	68.6 (9.95)			
	最大值	112 (16.3)	122 (17.7)	78.6 (11.4)			
	C.V. (%)	4.93	3.04	3.56			
	B基准值	89.7 (13.0)	112 (16.3)	67.0 (9.72)			
	分布	ANOVA	Weibull	ANOVA			
	C ₁	36.6 (0.77)	119 (17.3)	19.0 (0.40)			
	C ₂	123 (2.58)	58.2	128 (2.69)			
	试样数量	34	18	30			
	批 数	5	3	5			
	数据种类	B30	B18	B30			
γ_{12}^{su} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值	5.52 (0.80)	6.97 (1.01)	3.52 (0.51)			
	最小值	5.03 (0.73)	6.55 (0.95)	3.24 (0.47)			
	最大值	6.07 (0.88)	7.45 (1.08)	3.72 (0.54)			
	C.V. (%)	4.90	3.82	5.73			
	试样数量	24	18	22			
	批 数	5	3	5			
	数据种类	平均	平均	平均			

注：(1) 试验方法采用到破坏的极限强度。

4.3 碳-聚酯复合材料

4.4 碳-双马复合材料

4.4.1 T300 3k/F650 单向带*

材料描述:

材 料: T300 3k/F650

形 式: 单向带, 纤维面积重量为 189 g/m^2 , 固化后树脂含量为 32%, 固化后单层厚度为 $0.178 \text{ mm}(0.0070 \text{ in})$

固化工艺: 热压罐固化: $191^\circ\text{C}(375^\circ\text{F})$, $0.586 \text{ MPa}(85 \text{ psi})$, 4 小时; 后处理: $246^\circ\text{C}(475^\circ\text{F})$, 4 小时

供应商提供的数据:

纤 维: T-300 纤维是由 PAN 的前驱体制造的不加捻的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 3 000 根碳丝。拉伸模量为 $228 \text{ GPa}(33 \times 10^6 \text{ psi})$, 拉伸强度为 $3\,655 \text{ MPa}(530\,000 \text{ psi})$ 。

树 脂: F650 是一种 $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$ 固化的双马树脂, 在 $21^\circ\text{C}(70^\circ\text{F})$ 下存放数周仍可维持一定的黏性

最大短期使用温度: $260^\circ\text{C}(500^\circ\text{F})$ (干态), $177^\circ\text{C}(350^\circ\text{F})$ (湿态)

应 用: 主承力和次承力结构

材 料:	T-300 3k/F650 单向带				
形 式:	Hexcel T3T190/F652 单向预浸带				
纤 维:	Toray T-300, 3k			树 脂:	Hexcel F650
T_g (干态):	$316^\circ\text{C}(600^\circ\text{F})$	T_g (湿态):		T_g 测量方法:	
固化工艺:	热压罐固化: $191^\circ\text{C}(375^\circ\text{F})$, $0.586 \text{ MPa}(85 \text{ psi})$, 4 小时; 后处理: $246^\circ\text{C}(475^\circ\text{F})$, 4 小时				

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 4/89
预浸料制造日期:	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: 该数据是在数据文档要求建立 (1989年6月) 以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		-55°C/A	204°C/A				
1 轴拉伸	SS—		S—	SS—				
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩								
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
3I 面 SB 强度	S—			S—				

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

	名 义 值	提 交 值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.76		
树脂密度 (g/cm ³)	1.27		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.56	1.57	
纤维面积重量 (g/m ²)	189		
纤维体积含量 (%)	59	61	
单层厚度 (mm)	0.178		

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.4.1(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_6$)

材 料		T-300 3k/F650 单向带							
树脂含量		32%(重量)		复合材料密度		1.57g/cm ³			
纤维体积含量		61%		空 隙 含 量					
单层厚度		0.178 mm (0.0070 in)							
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算					
归一化		纤维体积含量到60%(单层厚度0.178 mm (0.0070 in))							
温 度		24°C		-55°C		204°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境			
来源编码		21		21		21			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^u MPa (ksi)	平均值	1710 (248)	1738 (252)	1338 (194)	1359 (197)	1579 (229)	1607 (233)		
	最小值	1490 (216)	1517 (220)	1152 (167)	1172 (170)	1490 (216)	1517 (220)		
	最大值	2021 (293)	2055 (298)	1462 (212)	1490 (216)	1676 (243)	1703 (247)		
	C.V.(%)	7.14	7.15	8.68	8.68	3.97	3.97		
	B基准值	(1)		(1)		(1)			
	分 布	正态		正态		正态			
	C ₁	1710 (248)	1738 (252)	1338 (194)	1359 (197)	1579 (229)	1607 (233)		
	C ₂	122 (17.7)	124 (18.0)	116 (16.8)	118 (17.1)	76.5 (11.1)	63.7 (9.24)		
	试样数量	15		15		7			
	批 数	1		1		1			
数据种类		筛选		筛选		筛选			
E_1^t GPa (Msi)	平均值	130 (18.9)	132 (19.2)			132 (19.1)	134 (19.4)		
	最小值	114 (16.5)	116 (16.8)			116 (16.8)	118 (17.1)		
	最大值	140 (20.3)	142 (20.6)			145 (21.0)	148 (21.4)		
	C.V.(%)	5.58	5.49			7.26	7.23		
	试样数量	15				9			
	批 数	1				1			
	数据种类	筛选				筛选			
ν_{12}^t	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V.(%)								
	B基准值								
	分 布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批 数								
数据种类									

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.4.1(b) 31面剪切性能 ([0]₃₄)

材 料		T-300 3k/F650 单向带					
树脂含量		32%(重量)		复合材料密度		1.57g/cm ³	
纤维体积含量		61%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.178 mm (0.0070 in)					
试验方法		ASTM D 2344		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C	204°C				
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境				
来源编码		21	21				
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	97.2 (14.1)	64.8 (9.39)				
	最小值	93.1 (13.5)	60.5 (8.77)				
	最大值	103 (15.0)	69.7 (10.1)				
	C.V. (%)	3.04	4.25				
	B基准值	(1)	(1)				
	分布	Weibull	Weibull				
	C ₁	98.6 (14.3)	66.1 (9.59)				
	C ₂	32.3	24.6				
	试样数量	15	15				
	批 数	1	1				
	数据种类	筛选	筛选				

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.4.2 T-300 3k/F650 8 综缎机织物*

材料描述:

- 材 料: T300 3k/F650
- 形 式: 8 综缎机织物, 纤维面积重量为 370 g/m², 固化后树脂含量为 40%, 固化后单层厚度为 0.381 mm(0.015 in)
- 固化工艺: 热压罐固化: 191°C(375°F), 0.586 MPa(85 psi), 4 小时; 后处理: 246°C(475°F), 4 小时

供应商提供的数据:

- 纤 维: T-300 纤维是由 PAN 的前驱体制造的不加捻的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 3 000 根碳丝。拉伸模量 228 GPa(33×10⁶ psi), 拉伸强度 3 655 MPa(530 000 psi)。
- 树 脂: F650 是一种 177°C(350°F)固化的双马树脂, 在 21°C(70°F)下存放数周仍可维持一定的黏性
- 最大短期使用温度: 260°C(500°F) (干态), 177°C(350°F) (湿态)
- 应 用: 主承力和次承力结构

材 料:	T-300 3k/F650 8 综缎机织物				
形 式:	Hexcel F3T584/F650 8 综缎机织物预浸带				
纤 维:	Toray T-300, 3k			树 脂:	Hexcel F650
T _g (干态):	316°C(600°F)	T _g (湿态):		T _g 测量方法:	
固化工艺:	热压罐固化: 191°C(375°F), 0.586 MPa(85 psi), 4 小时; 后处理: 246°C(475°F), 4 小时, 自立的烘箱				

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 4/89
预浸料制造日期:	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: 该数据是在数据文档要求建立 (1989年6月) 以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		177°C/A	232°C/A				
1 轴拉伸								
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩								
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切	SS--							
23 面剪切								
31 面剪切								
3I 面 SB 强度	S—		S—	S---				

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，--——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.75		
树脂密度 (g/cm ³)	1.27		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.54		
纤维面积重量 (g/m ²)	370		
纤维体积含量 (%)	56	52	
单层厚度 (mm)	0.381		

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，--——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.4.2(a) 12面剪切性能 ($\pm 45^\circ_{45}$)

材 料		T-300 3k/F650 8综缎机织物				
树脂含量	40%(重量)		复合材料密度	1.51g/cm ³		
纤维体积含量	52%		空 隙 含 量			
单层厚度	0.381 mm (0.015 in)					
试验方法	ASTM D 3518-76		模 量 计 算			
归一化	无					
温 度	24°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境					
来源编码	21					
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	67.4 (9.77)				
	最小值	59.1 (8.57)				
	最大值	76.5 (11.1)				
	C.V. (%)	8.78				
	B基准值	(1)				
	分布	Weibull				
	C ₁	70.3 (10.2)				
	C ₂	12.9				
	试样数量	15				
	批 数	1				
数据种类	筛选					
γ_{12}^{su} (μE)	平均值					
	最小值					
	最大值					
	C.V. (%)					
	试样数量					
	批 数					
	数据种类					
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值	4.76 (0.69)				
	最小值	4.07 (0.59)				
	最大值	5.59 (0.81)				
	C.V. (%)	10				
	试样数量	14				
	批 数	1				
	数据种类	筛选				

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.4.2(b) 31面剪切性能 ($[0]_s$)

材 料	T-300 3k/F650 8综缎机织物					
树脂含量	40%(重量)		复合材料密度		1.51g/cm ³	
纤维体积含量	52%		空 隙 含 量			
单层厚度	0.381 mm (0.015 in)					
试验方法	ASTM D 2344		模 量 计 算			
归一化	无					
温 度	24°C	177°C	232°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境	大气环境	大气环境			
来源编码	21	21	21			
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	40.2 (5.83)	38.6 (5.59)	40.0 (5.80)		
	最小值	32.8 (4.75)	34.0 (4.93)	36.1 (5.23)		
	最大值	55.6 (8.06)	44.4 (6.44)	45.3 (6.57)		
	C.V. (%)	15.0	10.9	6.81		
	B基准值	(1)	(1)	(1)		
	分布	非参数	Weibull	Weibull		
	C ₁	8	40.4 (5.86)	41.2 (5.98)		
	C ₂	1.54	11.0	15.5		
	试样数量	15	10	10		
	批 数	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选		

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只批准用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

4.4.3 T-300 3k/F652 8 综缎机织物*

材料描述:

材 料: T300 3k/F652
形 式: 8 综缎机织物, 纤维面积重量为 367 g/m², 固化后树脂含量为 27%, 固化后单层厚度为 0.315 mm(0.0124 in)
固化工艺: 压机固化; 204°C(400°F), 0.862 MPa(125 psi), 2.5 小时; 后处理: 288°C (550°F), 4 小时

供应商提供的数据:

纤 维: T-300 纤维是由 PAN 的前驱体制造的不加捻的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 3 000 根碳丝。拉伸模量为 228 GPa(33×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 655 MPa(530 000 psi)。
树 脂: F652 是一种降低树脂流动性的 F650 的改性双马树脂, 低流动性可以用于压力成形及高温蜂窝结构, 其性能与 F650 相当。
最大短期使用温度: 260°C(500°F) (干态), 177°C(350°F) (湿态)
应 用: 主承力和次承力结构

材 料:	T-300 3k/F652 8 综缎机织物		
形 式:	Hexcel F3G584/F652 8 综缎机织物预浸带		
纤 维:	Amoco Thornel T-300	树 脂:	Hexcel F652
T _g (干态):	316°C(600°F)	T _g (湿态):	T _g 测量方法:
固化工艺:	压机固化; 204°C(400°F), 0.862 MPa(125 psi), 2.5 小时; 后处理: 288°C(550°F), 4 小时		

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 4/89
预浸料制造日期:	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: 该数据是在数据文档要求建立(1989年6月)以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	21°C/A		316°C/A					
1 轴拉伸	SS--							
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩								
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S---		S---					

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，-——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名 义 值	提 交 值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.76		
树脂密度 (g/cm ³)	1.26		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.55	1.57	
纤维面积重量 (g/m ²)	367		
纤维体积含量 (%)	58	64.8	
单层厚度 (mm)	0.315		

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，-——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.4.3(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_{10}$)

材 料		T-300 3k/F652 8综缎机织物					
树脂含量		27.2%(重量)		复合材料密度		1.57g/cm ³	
纤维体积含量		64.8%		空 隙 含 量			
单层厚度		0.305 mm (0.012 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		批内纤维体积含量到57%(单层厚度0.305 mm(0.012 in))					
温 度		21°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		21					
		归一化的	测量的				
F_1^w MPa (ksi)	平均值	508 (73.6)	579 (84.0)				
	最小值	406 (58.8)	463 (67.1)				
	最大值	581 (84.3)	663 (96.1)				
	C.V.(%)	10.1	10.0				
	B基准值	(1)					
	分 布	Weibull					
	C_1	530 (76.8)	604 (87.6)				
	C_2	12.3	12.4				
	试样数量	15					
	批 数	1					
数据种类		筛选					
E_1^t GPa (Msi)	平均值	67.0 (9.71)	76.5 (11.1)				
	最小值	61.7 (8.94)	70.3 (10.2)				
	最大值	70.3 (10.2)	80.0 (11.6)				
	C.V.(%)	4.36	4.28				
	试样数量	15					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ν_{12}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^w ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.4.3(b) 31面剪切性能 ($[0]_{10}$)

材 料	T-300 3k/F652 8综缎机织物						
树脂含量	27.2%(重量)		复合材料密度		1.57g/cm ³		
纤维体积含量	64.8%		空 隙 含 量				
单层厚度	0.305 mm (0.012 in)						
试验方法	ASTM D 2344		模 量 计 算				
归一化	无						
温 度	24°C	316°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境	大气环境					
来源编码	21	21					
F_{31}^{abs} MPa (ksi)	平均值	41.2 (5.97)	31.7 (4.59)				
	最小值	35.4 (5.13)	29.6 (4.29)				
	最大值	45.8 (6.64)	33.2 (4.82)				
	C.V. (%)	8.17	3.60				
	B基准值	(1)	(1)				
	分布	Weibull	Weibull				
	C ₁	42.6 (6.18)	32.1 (4.66)				
	C ₂	14.8	36.8				
	试样数量	15	15				
	批 数	1	1				
	数据种类	筛选	筛选				

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.4.4 AS4/5250-3 单向带*

材料描述:

材 料: AS4/5250-3
 形 式: 单向带, 纤维面积重量为 147 g/m^2 , 固化后树脂含量为 26-38%, 固化后单层厚度为 0.140 mm (0.0055 in)
 固化工艺: 热压罐固化: 121°C (250°F), 0.586 MPa (85 psi), 1 小时; 177°C (350°F), 0.586 MPa (85 psi), 6 小时; 后固化 246°C (475°F), 6 小时;

供应商提供的数据:

纤 维: AS4 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。拉伸模量为 234 GPa ($34 \times 10^6 \text{ psi}$), 拉伸强度为 3793 MPa ($550\,000 \text{ psi}$)。
 树 脂: 5250-3 是一种改进的双马树脂, 有好的湿热强度, 相对于普通双马树脂具有较好的韧性, 有良好的高温性能。
 最大短期使用温度: 232°C (450°F) (干态), 177°C (350°F) (湿态)
 应 用: 商用和军用飞机的主承力和次承力结构

数据分析:

1. 数据来源于公开出版的报告, 参考文献 4.4.4。

材 料:	AS4/5250-3 单向带				
形 式:	Narmco AS4/5250-3 单向带, 147 级预浸带				
纤 维:	Hercules AS4			树 脂:	Narmco 5250-3
T_g (干态):	339°C (642°F)	T_g (湿态):	294°C	T_g 测量方法:	DMA
固化工艺:	热压罐固化: 121°C (250°F), 0.586 MPa , 1 小时; 177°C (350°F), 0.586 MPa (85 psi), 6 小时; 后固化: 246°C (475°F), 6 小时				

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 12/88
预浸料制造日期:	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: 该数据是在数据文档要求建立(1989年6月)以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	22°C/A		-55°C/A	177°C/A	232°C/A		23°C/W	177°C/W
1 轴拉伸	SSSS		SSSS	SSSS	SSSS		SSSS	SSSS
2 轴拉伸	SS-S		SS-S	SS-S	SS-S			
3 轴拉伸								
1 轴压缩	SS-S		SS-S	SS-S	SS-S		SS-S	SS-S
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切	SS-		SS-	SS-	SS-		SS-	SS-
23 面剪切								
31 面剪切								

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，-——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.80		
树脂密度 (g/cm ³)	1.25		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.58	1.52-1.63	
纤维面积重量 (g/m ²)	147	132-165	ASTM D 3529
纤维体积含量 (%)	60	51-66	
单层厚度 (mm)	0.130-0.150	0.127-0.157	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，-——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.4.4(a) 1轴拉伸性能 ([0]_g)

材 料		AS4/5250-3 单向带					
树脂含量		26-28%(重量)		复合材料密度		1.58-1.61g/cm ³	
纤维体积含量		63-66%		空 隙 含 量		0.1-0.9%	
单层厚度		0.127-0.135 mm (0.0050-0.0053 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm (0.0055 in))					
温 度		22°C		-55°C		177°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		(1)		(1)		(1)	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^u MPa (ksi)	平均值	1738 (252)	2007 (291)	1862 (270)	2145 (311)	1834 (266)	2124 (308)
	最小值	1538 (223)	1759 (255)	1717 (249)	1965 (285)	1662 (241)	1903 (276)
	最大值	1896 (275)	2221 (322)	1986 (288)	2290 (332)	1952 (283)	2241 (325)
	C.V. (%)	7.63	8.48	6.12	6.48	6.87	7.54
	B基准值	(2)		(2)		(2)	(2)
	分 布	正态		正态		正态	非参数
	C_1	1738 (252)	2007 (291)	1862 (270)	2145 (312)	1834 (266)	5
	C_2	132 (19.2)	170 (24.7)	114 (16.5)	139 (20.2)	126 (18.3)	3.06
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
数据种类		筛选		筛选		筛选	
E_1^t GPa (Msi)	平均值	110 (15.9)	126 (18.3)	113 (16.4)	130 (18.9)	113 (16.4)	131 (19.0)
	最小值	106 (15.3)	122 (17.7)	110 (15.9)	128 (18.5)	109 (15.8)	126 (18.2)
	最大值	113 (16.4)	130 (18.9)	116 (16.8)	134 (19.4)	115 (16.7)	134 (19.5)
	C.V. (%)	3.04	2.51	2.23	1.91	2.07	2.85
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ν_{12}^t	平均值		0.300		0.295		0.302
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值		17100		15800		15900
	最小值		14900		14100		14800
	最大值		20000		18000		17100
	C.V. (%)		13.3		9.6		4.98
	B基准值		(2)		(2)		(2)
	分 布		正态		正态		正态
	C_1		17100		15800		15900
	C_2		2270		1520		789
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 参考文献4.4.4;

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.4.4(b) 1轴拉伸性能 ($[0]_s$)

材 料		AS4/5250-3 单向带					
树脂含量		26-28%(重量)		复合材料密度		1.61-1.63g/cm ³	
纤维体积含量		63-67%		空 隙 含 量		0.0-0.9%	
单层厚度		0.127-0.135 mm (0.0050-0.0053 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm (0.0055 in))					
温 度		232°C		23°C		232°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		0.70 (71°C, 95%)		0.73 (1)	
来源编码		(2)		(2)		(2)	
		归一化的		测量的		归一化的	
		测量的		测量的		测量的	
F_1^u MPa (ksi)	平均值	1745 (253)	2014 (292)	1848 (268)	2152 (312)	1717 (249)	1979 (287)
	最小值	1434 (208)	1634 (237)	1621 (235)	1848 (268)	1600 (232)	1821 (264)
	最大值	1855 (269)	2165 (314)	2021 (293)	2393 (347)	1800 (261)	2103 (305)
	C.V. (%)	8.87	9.64	7.74	8.99	4.50	5.42
	B基准值	(3)	(3)	(3)		(3)	
	分 布	非参数	正态	正态		正态	
	C_1	5	2014 (292)	1848 (268)	2152 (312)	1717 (249)	1986 (288)
	C_2	3.06	194 (28.1)	143 (20.7)	194 (28.1)	77.2 (11.2)	108 (15.6)
	试样数量	6		6		5	
	批 数	1		1		1	
数据种类		筛选		筛选		筛选	
E_1^t GPa (Msi)	平均值	114 (16.5)	131 (19.0)	114 (16.6)	133 (19.3)	110 (15.9)	127 (18.4)
	最小值	108 (15.7)	125 (18.1)	112 (16.2)	130 (18.9)	106 (15.4)	123 (17.8)
	最大值	117 (16.9)	136 (19.7)	119 (17.3)	137 (19.9)	113 (16.4)	132 (19.1)
	C.V. (%)	3.43	3.56	2.36	1.82	2.41	2.71
	试样数量	6		6		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
V_{12}^t	平均值		0.295		0.335		0.368
	试样数量	6		6		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值		13900		15200		14900
	最小值		11700		13500		13200
	最大值		15000		16600		15500
	C.V. (%)		8.14		7.14		6.46
	B基准值		(3)		(3)		(3)
	分 布		正态		正态		正态
	C_1		13900		15200		14900
	C_2		1130		1080		961
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在71°C, 95%RH环境中放置29天(75%饱和);

(2) 参考文献4.4.4;

(3) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.4.4(c) 1轴拉伸性能 ($[0]_8$)

材 料		AS4/5250-3 单向带			
树脂含量		26-28%(重量)		复合材料密度	1.61g/cm ³
纤维体积含量		63-66%		空 隙 含 量	0.1-0.9%
单层厚度		0.127-0.135 mm (0.0050-0.0053 in)			
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算	
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm (0.0055 in))			
温 度		177°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		1.0 (71°C, 95%)			
来源编码		(1)			
		归一化的	测量的		
F_1^m MPa (ksi)	平均值	1621 (235)	1862 (270)		
	最小值	1214 (176)	1393 (202)		
	最大值	1786 (259)	2041 (296)		
	C.V.(%)	12.8	13.0		
	B基准值	(2)			
	分 布	正态			
	C ₁	1621 (235)	1862 (270)		
	C ₂	206 (29.9)	242 (35.1)		
	试样数量	6			
	批 数	1			
数据种类		筛选			
E_1' GPa (Msi)	平均值	115 (16.7)	132 (19.2)		
	最小值	107 (15.5)	122 (17.7)		
	最大值	127 (18.4)	146 (21.2)		
	C.V.(%)	6.43	6.26		
	试样数量	6			
	批 数	1			
	数据种类	筛选			
ν_{12}'	平均值		0.363		
	试样数量	4			
	批 数	1			
	数据种类	筛选			
ϵ_1^m ($\mu\epsilon$)	平均值		14400		
	最小值		9950		
	最大值		16200		
	C.V.(%)		16.0		
	B基准值		(2)		
	分 布		正态		
	C ₁		14400		
	C ₂		2300		
	试样数量	6			
	批 数	1			
	数据种类	筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 参考文献4.4.4:

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.4.4(d) 2轴拉伸性能 (I90)_g)

材 料	AS4/5250-3 单向带				
树脂含量	27-40%(重量)		复合材料密度	1.52-1.61g/cm ³	
纤维体积含量	51-65%		空 隙 含 量	0.1-0.8%	
单层厚度	0.130-0.150 mm (0.0051-0.0059 in)				
试验方法	ASTM D 3039-76		模 量 计 算		
归一化	无				
温 度	22°C	-55°C	177°C	232°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境	大气环境	大气环境	大气环境	
来源编码	(2)	(2)	(2)	(2)	
F_2^u MPa (ksi)	平均值	31.8 (4.61)	34.3 (4.98)	31.9 (4.63)	31.3 (4.54)
	最小值	24.3 (3.52)	32.3 (4.68)	23.7 (3.43)	28.5 (4.13)
	最大值	39.0 (5.65)	41.0 (5.94)	36.8 (5.33)	35.8 (5.19)
	C.V. (%)	18.4	9.69	13.7	9.20
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)
	分布	正态	非参数	正态	正态
	C ₁	31.8 (4.61)	5	31.9 (4.63)	31.3 (4.54)
	C ₂	5.84 (0.847)	3.06	4.39 (0.637)	2.88 (0.417)
	试样数量	6	6	6	6
	批 数	1	1	1	1
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选
E_2^t GPa (Msi)	平均值	8.55 (1.24)	9.65 (1.40)	7.17 (1.04)	7.45 (1.08)
	最小值	8.07 (1.17)	8.69 (1.26)	6.48 (0.94)	6.41 (0.93)
	最大值	9.31 (1.35)	10.1 (1.47)	8.00 (1.16)	8.69 (1.26)
	C.V. (%)	5.90	5.50	8.50	10.3
	试样数量	6	6	5	6
	批 数	1	1	1	1
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选
ν_{21}^t	平均值				
	试样数量				
	批 数				
	数据种类				
ϵ_2^u ($\mu\epsilon$)	平均值	3540	3580	4680	4330
	最小值	2000	3180	3300	3600
	最大值	4900	4740	6000	5600
	C.V. (%)	26.9	16.5	19.0	18.0
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)
	分布	正态	对数正态	正态	正态
	C ₁	3540	8.17	4680	4330
	C ₂	955	0.149	889	782
	试样数量	6	6	6	6
	批 数	1	1	1	1
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 参考文献4.4.4:

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.4.4(e) 1轴压缩性能 ($[0]_s$)

材 料		AS4/5250-3 单向带					
树脂含量		36-38%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		53-56%		空 隙 含 量		0.1-0.9%	
单层厚度		0.145-0.157 mm (0.0057-0.0062 in)					
试验方法		ASTM D 3410A-87		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm (0.0055 in))					
温 度		22°C		-55°C		177°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		(1)		(1)		(1)	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^w MPa (ksi)	平均值	1207 (175)	1090 (158)	1365 (198)	1234 (179)	1200 (174)	1021 (148)
	最小值	841 (122)	759 (110)	1213 (176)	1103 (160)	972 (141)	876 (127)
	最大值	1400 (203)	1269 (184)	1531 (222)	1386 (201)	1621 (235)	1276 (185)
	C.V. (%)	15.9	15.9	8.0	8.0	23.6	15.9
	B基准值	(2)		(2)		(2)	
	分 布	正态		正态		正态	
	C_1	1207 (175)	1090 (158)	1365 (198)	1234 (179)	1200 (174)	1021 (148)
	C_2	191 (27.7)	173 (25.1)	109 (15.8)	98.6 (14.3)	283 (41.1)	163 (23.6)
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
数据种类		筛选		筛选		筛选	
E_1^c GPa (Msi)	平均值	117 (17.0)	106 (15.4)	107 (15.5)	96.5 (14.0)	120 (17.4)	103 (14.9)
	最小值	97.2 (14.1)	88.3 (12.8)	95.9 (13.9)	86.9 (12.6)	105 (15.2)	95.2 (13.8)
	最大值	157 (22.7)	141 (20.5)	128 (18.5)	115 (16.7)	151 (21.9)	119 (17.2)
	C.V. (%)	20.1	20.0	10.7	10.6	14.7	8.55
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^w ($\mu\epsilon$)	平均值		12100		19800		15300
	最小值		8000		8360		10200
	最大值		22700		26700		18400
	C.V. (%)		46.2		43.9		18.1
	B基准值		(2)		(2)		(2)
	分 布		正态		正态		正态
	C_1		12100		19800		15300
	C_2		5570		8710		2770
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 参考文献4.4.4;

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.4.4(f) 1轴压缩性能 ($[0]_s$)

材 料		AS4/5250-3 单向带					
树脂含量		36-38%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		53-56%		空 隙 含 量		0.1-0.9%	
单层厚度		0.145-0.157 mm (0.0057-0.0062 in)					
试验方法		ASTM D 3410A-87		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm (0.0055 in))					
温 度		232°C		23°C		232°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		0.82 (71°C, 95%)		0.79 (1)	
来源编码		(2)		(2)		(2)	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^c MPa (ksi)	平均值	1055 (153)	903 (131)	1338 (194)	1214 (176)	1055 (153)	959 (139)
	最小值	821 (119)	745 (108)	1207 (175)	1097 (159)	779 (113)	703 (102)
	最大值	1428 (207)	1124 (163)	1490 (216)	1345 (195)	1193 (173)	1083 (157)
	C.V. (%)	21.2	15.1	8.6	8.63	15.5	15.5
	B基准值	(3)		(3)		(3)	
	分 布	正态		正态		正态	
	C ₁	1055 (153)	903 (131)	1338 (194)	1214 (176)	1055 (153)	959 (139)
	C ₂	223 (32.4)	136 (19.7)	115 (16.7)	105 (15.2)	164 (23.8)	148 (21.5)
	试样数量	6		6		5	
	批 数	1		1		1	
数据种类		筛选		筛选		筛选	
E_1^c GPa (Msi)	平均值	126 (18.2)	108 (15.6)	128 (18.5)	116 (16.8)	111 (16.1)	101 (14.6)
	最小值	96.5 (14.0)	86.9 (12.6)	113 (16.4)	103 (14.9)	98.6 (14.3)	89.0 (12.9)
	最大值	150 (21.7)	118 (17.1)	148 (21.5)	134 (19.5)	126 (18.2)	114 (16.5)
	C.V. (%)	16.0	10.4	9.42	9.39	9.78	9.75
	试样数量	6		6		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^c ($\mu\epsilon$)	平均值		8480		15900		12600
	最小值		2900		10600		6400
	最大值		14600		22900		16000
	C.V. (%)		44.7		32.5		30.2
	B基准值		(3)		(3)		(3)
	分 布		正态		正态		正态
	C ₁		8480		15900		12600
	C ₂		3790		5170		3810
	试样数量	6		6		5	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C, 95%RH环境中放置7天(75%饱和);
- (2) 参考文献4.4.4;
- (3) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.4.4(g) 1轴压缩性能 ([0]_g)

材 料		AS4/5250-3 单向带					
树脂含量		36%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		56%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.127-0.135 mm (0.0050-0.0053 in)					
试验方法		ASTM D 3410A-87		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm (0.0055 in))					
温 度		177°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		1.0 (71°C, 95%)					
来源编码		(1)					
		归一化的	测量的				
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	876 (127)	793 (115)				
	最小值	745 (108)	675 (97.9)				
	最大值	105 (152)	952 (138)				
	C.V. (%)	11.4	11.4				
	B基准值	(2)					
	分 布	正态					
	C_1	876 (127)	793 (115)				
	C_2	99.3 (14.4)	89.7 (13.0)				
	试样数量	6					
	批 数	1					
数据种类		筛选					
E_1^{c} GPa (Msi)	平均值	125 (18.1)	113 (16.4)				
	最小值	114 (16.6)	103 (15.0)				
	最大值	143 (20.7)	129 (18.7)				
	C.V. (%)	7.93	7.89				
	试样数量	6					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ν_{12}^{c}	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值		8120				
	最小值		6600				
	最大值		9180				
	C.V. (%)		11.5				
	B基准值		(2)				
	分 布		正态				
	C_1		8120				
	C_2		934				
	试样数量	6					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 参考文献4.4.4；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.4.4(h) 12面剪切性能 ($[\pm 45]_{45}$)

材 料		AS4/S250-3 单向带					
树脂含量	28-32%(重量)			复合材料密度		1.58-1.61g/cm ³	
纤维体积含量	59-63%			空 隙 含 量		0.0-1.2%	
单层厚度	0.140-0.147 mm (0.0055-0.0058 in)						
试验方法	ASTM D 3518-76			模 量 计 算			
归 一 化	无						
温 度		22°C	-55°C	177°C	232°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	大气环境	大气环境		
来源编码		(1)	(1)	(1)	(1)		
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	66.3 (9.61)	69.7 (10.1)	71.7 (10.4)	62.9 (9.01)		
	最小值	58.5 (8.49)	66.7 (9.67)	65.9 (9.55)	58.2 (8.44)		
	最大值	71.7 (10.4)	72.4 (10.5)	75.9 (11.0)	65.3 (9.47)		
	C.V. (%)	6.95	3.50	5.31	4.87		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分布	正态	正态	正态	正态		
	C ₁	66.3 (9.61)	69.7 (10.1)	71.7 (10.4)	62.9 (9.01)		
	C ₂	4.61 (0.668)	2.43 (0.352)	3.81 (0.553)	3.03 (0.439)		
	试样数量	6	6	6	6		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		
γ_{12}^{su} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值	5.31 (0.77)	5.79 (0.84)	4.55 (0.66)	4.28 (0.62)		
	最小值	4.90 (0.71)	5.38 (0.78)	4.28 (0.62)	3.45 (0.50)		
	最大值	5.72 (0.83)	5.93 (0.86)	4.97 (0.72)	4.76 (0.69)		
	C.V. (%)	5.6	3.6	5.3	12		
	试样数量	6	6	6	6		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 参考文献4.4.4;
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.4.4(i) 12面剪切性能 ($[\pm 45]_{4S}$)

材 料		AS4/5250-3 单向带				
树脂含量	28-32%(重量)		复合材料密度		1.58-1.61g/cm ³	
纤维体积含量	59-63%		空 隙 含 量		0.0-1.2%	
单层厚度	0.140-0.147 mm (0.0055-0.0058 in)					
试验方法	ASTM D 3518-76		模 量 计 算			
归 一 化	无					
温 度		23°C	177°C	177°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		0.55 (71°C, 95%)	0.55 (1)	1.1 (71°C, 95%)		
来源编码		(2)	(2)	(2)		
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	86.2 (12.5)	60.0 (8.70)	67.6 (9.81)		
	最小值	77.9 (11.3)	56.8 (8.24)	56.1 (8.13)		
	最大值	91.0 (13.2)	61.7 (8.95)	73.1 (10.6)		
	C.V. (%)	5.26	3.42	9.27		
	B基准值	(3)	(3)	(3)		
	分布	正态	正态	正态		
	C ₁	86.2 (12.5)	60.0 (8.70)	67.6 (9.81)		
	C ₂	4.52 (0.656)	2.06 (0.298)	6.27 (0.909)		
	试样数量	6	5	6		
	批 数	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选		
γ_{12}^{su} ($\mu\epsilon$)	平均值					
	最小值					
	最大值					
	C.V. (%)					
	B基准值					
	分布					
	C ₁					
	C ₂					
	试样数量					
	批 数					
	数据种类					
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值	5.45 (0.79)	3.17 (0.46)	3.38 (0.49)		
	最小值	5.31 (0.77)	2.97 (0.43)	2.76 (0.40)		
	最大值	5.59 (0.81)	3.31 (0.48)	3.86 (0.56)		
	C.V. (%)	1.9	4.0	14		
	试样数量	6	6	4		
	批 数	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选		

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C, 95%RH环境中放置3天(75%饱和);
- (2) 参考文献4.4.4;
- (3) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.4.5 IM7 6k/5250-4 RTM 4 综缎机织物

数据见 MIL-HDBK-17-2F 附录 A。

4.4.6 T650-35 3k/5250-4 8 综缎机织物

数据见 MIL-HDBK-17-2F 附录 A。

4.4.7 T650-35 3k/5250-4 平纹机织物

数据见 MIL-HDBK-17-2F 附录 A。

4.5 碳-聚酰亚胺复合材料

4.5.1 Celion 3000/F670 8 综缎机织物*

材料描述:

材 料: Celion 3000/F670
形 式: 8 综缎机织物, 纤维面积重量为 384 g/m², 固化后树脂含量为 30%-34%, 固化后单层厚度为 0.335-0.366 mm(0.0132-0.0144 in)。
固化工艺: 热压罐固化; 227°C(440°F), 2 小时; 316°C(600°F), 1.38 MPa(200 psi), 3 小时; 后固化处理以达到高温使用要求。

供应商提供的数据:

纤 维: Celion 3000 纤维是由 PAN 的前驱体制造的连续碳纤维, 每一个丝束包含有 3 000 根碳丝。拉伸模量为 234 GPa(34×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 552 MPa (515 000 psi)。好的铺覆性。
树 脂: F670 是一种具有良好高温性能的聚酰亚胺树脂(PMR 15)。
最大短期使用温度: 302°C(575°F) (干态)
应 用: 有高温要求的商业和军用飞机结构。

材 料:	Celion 3000/F670 8 综缎机织物				
形 式:	Hexcel F3L584/F670 8 综缎机织物预浸带				
纤 维:	Celanese Celion 3000			树 脂:	Hexcel F670 (PMR-15)
T _g (干态):	335°C(635°F)	T _g (湿态):		T _g 测量方法:	
固化工艺:	热压罐固化; 227°C(440°F), 2 小时; 316°C(600°F), 1.38 MPa(200 psi), 3 小时; 后固化处理				

纤维制造日期:	试验日期:	8/87	
树脂制造日期:	数据提交日期:	4/89	
预浸料制造日期:	2/87-5/87	分析日期:	1/93
复合材料制造日期:			

注: *该数据是在数据文档要求建立(1989年6月)以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	24°C/A		288°C/A					
1 轴拉伸	SS--		SS--					
2 轴拉伸	SS--		SS--					
3 轴拉伸								
1 轴压缩	SS--		SS--					
2 轴压缩	SS--		SS--					
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
23 面 SB 强度	S--							
31 面 SB 强度	S--							

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.80		
树脂密度 (g/cm ³)	1.32		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.59	1.59-1.63	
纤维面积重量 (g/m ²)	384		
纤维体积含量 (%)	56	57-64	
单层厚度 (mm)		0.335-0.366	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.5.1(a) 1轴拉伸性能 (σ_{1a})

材 料		Celion 3000/F670 8综缎机织物					
树脂含量		30-34%(重量)		复合材料密度		1.59-1.63g/cm ³	
纤维体积含量		57-64%		空 隙 含 量		0.0-0.62%	
单层厚度		0.335-0.366 mm (0.0132-0.0144 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归 一 化		纤维体积含量达到57%(单层厚度0.373 mm(0.0147 in))					
温 度		24°C		288°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境			
来源编码		22		22			
		归 一 化 的	测 量 的	归 一 化 的	测 量 的	归 一 化 的	测 量 的
F_1^u MPa (ksi)	平均值	910 (132)	938 (136)	800 (116)	828 (120)		
	最小值	876 (127)	903 (131)	658 (95.4)	681 (98.7)		
	最大值	965 (140)	993 (144)	890 (129)	924 (134)		
	C.V. (%)	2.75	2.76	7.94	7.95		
	B基准值	(1)		(1)			
	分 布	正态		正态			
	C_1	910 (132)	938 (136)	800 (116)	828 (120)		
	C_2	25.0 (3.63)	25.9 (3.76)	63.3 (9.18)	65.7 (9.52)		
	试样数量	9		9			
	批 数	3		3			
	数据种类	筛选		筛选			
E_1^t GPa (Msi)	平均值	62.3 (9.03)	64.5 (9.35)	59.8 (8.67)	61.9 (8.98)		
	最小值	59.7 (8.66)	61.8 (8.96)	58.6 (8.50)	60.7 (8.80)		
	最大值	64.5 (9.35)	66.8 (9.68)	62.5 (9.07)	64.8 (9.39)		
	C.V. (%)	3.22	3.23	2.54	2.55		
	试样数量	9		9			
	批 数	3		3			
	数据种类	筛选		筛选			
ν_{12}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C_1						
	C_2						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.5.1(b) 2轴拉伸性能 ($[90]_s$)

材 料		Celion 3000/F670 8综经机织物							
树脂含量		30-34%(重量)		复合材料密度		1.59-1.63g/cm ³			
纤维体积含量		57-64%		空 隙 含 量		0.0-0.62%			
单层厚度		0.335-0.366 mm (0.0132-0.0144 in)							
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算					
归一化		纤维体积含量达到57%(单层厚度0.373 mm(0.0147 in))							
温 度		24°C		288°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境					
来源编码		22		22					
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_2^m MPa (ksi)	平均值	738 (107)	765 (111)	623 (90.4)	645 (93.5)				
	最小值	590 (85.6)	611 (88.6)	427 (61.9)	442 (64.1)				
	最大值	890 (129)	917 (133)	848 (123)	876 (127)				
	C.V. (%)	15.7	15.7	23.8	23.8				
	B基准值	(1)		(1)					
	分 布	ANOVA		ANOVA					
	C ₁	918 (19.3)	951 (20.0)	1175 (24.7)	1212 (25.5)				
	C ₂	200 (6.09)	290 (6.09)	286 (6.02)	286 (6.02)				
	试样数量	9		9					
	批 数	3		3					
	数据种类	筛选		筛选					
E_2' GPa (Msi)	平均值	58.1 (8.43)	60.2 (8.73)	56.8 (8.23)	58.8 (8.52)				
	最小值	51.2 (7.43)	53.0 (7.69)	52.3 (7.58)	54.1 (7.85)				
	最大值	64.3 (9.33)	66.6 (9.66)	61.0 (8.84)	63.1 (9.15)				
	C.V. (%)	7.45	7.46	5.49	5.48				
	试样数量	9		9					
	批 数	3		3					
	数据种类	筛选		筛选					
ν_{21}^t	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_2^m ($\mu\epsilon$)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批 数								
数据种类									

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.5.1(c) 1轴压缩性能 (10_{18})

材 料		Celion 3000/F670 8综鞍机织物							
树脂含量		30-34%(重量)		复合材料密度		1.59-1.63g/cm ³			
纤维体积含量		57-64%		空 隙 含 量		0.0-0.62%			
单层厚度		0.335-0.366 mm (0.0132-0.0144 in)							
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算					
归一化		纤维体积含量达到57%(单层厚度0.373 mm(0.0147 in))							
温 度		24°C		288°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境					
来源编码		22		22					
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	685 (99.4)	710 (103)	455 (66.0)	471 (68.3)				
	最小值	606 (87.9)	630 (91.3)	407 (59.0)	421 (61.1)				
	最大值	814 (118)	841 (122)	494 (71.7)	512 (74.2)				
	C.V.(%)	9.33	9.33	6.60	6.59				
	B基准值	(1)		(1)					
	分 布	ANOVA		正态					
	C ₁	485 (10.2)	504 (10.6)	455 (66.0)	471 (68.3)				
	C ₂	251 (5.28)	251 (5.28)	30.1 (4.36)	31.1 (4.51)				
	试样数量	9		9					
	批 数	3		3					
数据种类	筛选		筛选						
E_1^c GPa (Msi)	平均值	59.4 (8.61)	61.5 (8.92)	55.8 (8.09)	57.8 (8.38)				
	最小值	57.9 (8.40)	59.9 (8.69)	50.1 (7.26)	51.8 (7.51)				
	最大值	62.7 (9.09)	64.9 (9.41)	60.5 (8.78)	62.7 (9.09)				
	C.V.(%)	2.54	2.54	5.19	5.21				
	试样数量	9		9					
	批 数	3		3					
	数据种类	筛选		筛选					
ν_{12}^c	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_1^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V.(%)								
	B基准值								
	分 布								
	C ₁								
	C ₂								
	试样数量								
	批 数								
数据种类									

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.5.1(d) 2轴压缩性能 ($[90]_d$)

材 料		Celion 3000/F670 8综经机织物					
树脂含量		30-34%(重量)		复合材料密度		1.59-1.63g/cm ³	
纤维体积含量		57-64%		空 隙 含 量		0.0-0.62%	
单层厚度		0.335-0.366 mm (0.0132-0.0144 in)					
试验方法		SACMA SRM 1-88		模 量 计 算			
归一化		纤维体积含量达到57%(单层厚度0.373 mm(0.0147 in))					
温 度		24°C		288°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境			
来源编码		22		22			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_2^{cu} MPa (ksi)	平均值	544 (78.9)	563 (81.7)	374 (54.2)	387 (56.1)		
	最小值	525 (76.1)	543 (78.8)	361 (52.4)	374 (54.2)		
	最大值	557 (80.7)	576 (83.5)	390 (56.6)	404 (58.6)		
	C.V. (%)	3.10	3.10	4.02	4.03		
	B基准值	(1)					
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量	3		3			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
E_2^c GPa (Msi)	平均值	55.7 (8.08)	57.7 (8.37)	52.9 (7.67)	54.8 (7.94)		
	最小值	55.4 (8.03)	57.3 (8.31)	52.3 (7.59)	54.2 (7.86)		
	最大值	56.1 (8.14)	58.1 (8.43)	53.6 (7.77)	55.4 (8.04)		
	C.V. (%)	0.681	0.720	1.19	1.15		
	试样数量	3		3			
	批 数	1		1			
	数据种类	筛选		筛选			
ν_{21}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^{cu} ($\mu\epsilon$)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 没有足够的数据进行统计处理。

表4.5.1(e) 23面剪切性能 (I0I8)

材 料	Celion 3000/F670 8综缎机织物						
树脂含量	30-34%(重量)	复合材料密度	1.59-1.63g/cm ³				
纤维体积含量	57-64%	空 隙 含 量	0.0-0.62%				
单层厚度	0.335-0.366 mm (0.0132-0.0144 in)						
试验方法	ASTM D 2344-84	模 量 计 算					
归一化	无						
温 度	24°C						
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境						
来源编码	22						
F_{23}^{abs} MPa (ksi)	平均值	76.5 (11.1)					
	最小值	71.7 (10.4)					
	最大值	80.7 (11.7)					
	C.V. (%)	5.88					
	B基准值	(1)					
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量	3					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 没有足够的数据进行统计处理。

表4.5.1(f) 31面剪切性能 ($[0]_s$)

材 料		Celion 3000/F670 8综缎机织物					
树脂含量	30-34%(重量)		复合材料密度	1.59-1.63g/cm ³			
纤维体积含量	57-64%		空隙含量	0.0-0.62%			
单层厚度	0.335-0.366 mm (0.0132-0.0144 in)						
试验方法	ASTM D 2344-84		模量计算				
归一化			无				
温 度	24°C						
平衡吸湿量(%), (T,RH)	大气环境						
来源编码	22						
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	75.2 (10.9)					
	最小值	66.9 (9.70)					
	最大值	82.8 (12.0)					
	C.V. (%)	6.15					
	B基准值	(1)					
	分布	ANOVA					
	C_1	34.3 (0.722)					
	C_2	227 (4.78)					
	试样数量	9					
	批 数	3					
	数据种类	筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只批准用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

4.6 碳-酚醛复合材料

4.7 碳-硅树脂复合材料

4.8 碳-聚苯并咪唑复合材料

4.9 碳-PEEK 复合材料

4.9.1 IM6 12k/APC-2 单向带

材料描述:

材 料: IM6 12k/APC-2
形 式: 单向带, 纤维面积重量为 150 g/m², 固化后树脂含量为 32%, 固化后单层厚度为 0.135 mm(0.0053 in)
固化工艺: 热压罐固化; 382°C(720°F), 0.414 MPa(60 psi), 30-45 分钟

供应商提供的数据:

纤 维: IM6 纤维是由 PAN 的前驱体制造的具有中等模量的连续碳纤维, 纤维表面经过处理以改善操作性和结构性能。每一个丝束包含有 12 000 根碳丝。拉伸模量为 276 GPa(40×10⁶ psi), 拉伸强度为 4 379 MPa (635 000 psi)。
树 脂: APC-2 是一种半结晶热塑性 (PEEK) 树脂, 具有高韧性和高损伤容限, 在室温条件下可无限期储存。

最大短期使用温度: 121°C(250°F) (干态), 121°C(250°F) (湿态)

应 用: 商业和军用飞机的主承力和次承力结构, 空间结构。

数据分析:

1. 数据来源于公开出版的报告, 参考文献 4.9.1。

材 料:	IM6 12k/APC-2 单向带				
形 式:	Fiberite IM6 12k/APC-2 单向预浸带				
纤 维:	Hercules IM6 12k			树 脂:	Fiberite APC-2
T _g (干态):	144°C(291°F)	T _g (湿态):	154°C(309°F)	T _g 测量方法:	DMA
固化工艺:	热压罐固化; 382°C(720°F), 0.414 MPa(60 psi), 30-45 分钟				

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 12/88
预浸料制造日期:	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

注: 该数据是在数据文档要求建立 (1989年6月) 以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

单向板性能

	23°C/A		-55°C/A	82°C/A	121°C/A	82°C/O	24°C/W	82°C/W
1 轴拉伸	SSSS		SSSS	SSSS	SSSS	SSSS	SSSS	SSSS
2 轴拉伸	SS-S		SS-S	SS-S	SS-S			
3 轴拉伸								
1 轴压缩	SS-S		SS-S	SS-S	SS-S	SS-S	SS-S	SS-S
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切	SS-		SS-	SS-	SS-	SS-	SS-	SS-
23 面剪切								
31 面剪切								

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.73		
树脂密度 (g/cm ³)	1.28		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.55	1.54-1.58	ASTM D 792
纤维面积重量 (g/m ²)			
纤维体积含量 (%)	60	60-62	
单层厚度 (mm)	0.137	0.132-0.147	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.9.1(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_s$)

材 料		IM6 12k/APC-2 单向带					
树脂含量		32%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		61-62%		空 隙 含 量		0.0-0.2%	
单层厚度		0.135-0.137 mm (0.0053-0.0054 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm(0.0055 in))					
温 度		23°C		-55°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		(1)		(1)		(1)	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^u MPa (ksi)	平均值	2414 (350)	2552 (370)	2593 (376)	2745 (398)	2255 (327)	2372 (344)
	最小值	1834 (266)	1945 (282)	2248 (326)	2379 (345)	1614 (234)	1710 (248)
	最大值	2938 (426)	3138 (455)	2841 (412)	3027 (439)	2772 (402)	2903 (421)
	C.V. (%)	15.9	16.0	8.69	8.93	17.3	16.8
	B基准值	(2)		(2)		(2)	
	分 布	正态		正态		正态	
	C_1	2414 (350)	2552 (370)	2593 (376)	2745 (398)	2255 (327)	2372 (344)
	C_2	383 (55.5)	409 (59.3)	226 (32.7)	246 (35.6)	389 (56.4)	400 (58.0)
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
E_1' GPa (Msi)	平均值	149 (21.6)	158 (22.9)	152 (22.0)	161 (23.3)	160 (23.2)	168 (24.4)
	最小值	147 (21.3)	154 (22.4)	144 (20.9)	153 (22.2)	154 (22.3)	163 (23.6)
	最大值	152 (22.0)	161 (23.3)	160 (23.2)	169 (24.5)	163 (23.7)	172 (25.0)
	C.V. (%)	1.41	1.58	3.35	3.26	2.24	2.17
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
ν_{12}'	数据种类	筛选		筛选		筛选	
	平均值		0.342		0.357		0.355
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	数据种类	筛选		筛选		筛选	
	平均值		13600		15900		14100
	最小值		8100		13500		10400
	最大值		17500		17200		16800
	C.V. (%)		24.6		9.23		14.9
	B基准值		(2)		(2)		(2)
	分 布		正态		正态		正态
	C_1		13600		15900		14100
	C_2		3350		1470		2100
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 参考文献4.9.1；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.9.1(b) 1轴拉伸性能 ([0]_g)

材 料		IM6 12K/APC-2 单向带					
树脂含量		32%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		61-62%		空 隙 含 量		0.0-0.2%	
单层厚度		0.135-0.137 mm (0.0053-0.0054 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm(0.0055 in))					
温 度		121°C		82°C		23°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		0.11 (1)		0.13 (71°C, 95%)	
来源编码		(2)		(2)		(2)	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^u MPa (ksi)	平均值	2090 (304)	2221 (322)	2545 (369)	2690 (390)	2427 (352)	2559 (371)
	最小值	1745 (253)	1855 (269)	2090 (303)	2207 (320)	1869 (271)	1972 (286)
	最大值	2352 (341)	2503 (363)	2779 (403)	2931 (425)	2862 (415)	2993 (434)
	C.V. (%)	11.4	11.4	12.3	12.2	14.6	14.2
	B基准值	(3)		(3)		(3)	
	分 布	正态		正态		正态	
	C ₁	2090 (304)	2221 (322)	2545 (369)	2690 (390)	2427 (352)	2559 (371)
	C ₂	239 (34.7)	252 (36.6)	312 (45.3)	328 (47.6)	354 (51.4)	363 (52.6)
	试样数量	6		5		6	
	批 数	1		1		1	
数据种类		筛选		筛选		筛选	
E_1^i GPa (Msi)	平均值	148 (21.8)	157 (22.7)	150 (21.8)	159 (23.0)	146 (21.2)	154 (22.3)
	最小值	141 (20.5)	151 (21.9)	144 (20.9)	152 (22.1)	141 (20.4)	149 (21.6)
	最大值	152 (22.1)	161 (23.4)	153 (22.2)	162 (23.5)	152 (22.0)	159 (23.0)
	C.V. (%)	2.70	2.42	2.42	2.42	3.15	3.04
	试样数量	6		5		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
V_{12}^i	平均值		0.338		0.366		0.372
	试样数量	6		5		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ϵ_1^u ($\mu\epsilon$)	平均值		14800		16300		18100
	最小值		12500		14400		15700
	最大值		16400		17200		20800
	C.V. (%)		11.8		6.70		10.8
	B基准值		(3)		(3)		(3)
	分 布		正态		正态		正态
	C ₁		14800		16300		18100
	C ₂		1760		1090		1960
	试样数量	6		5		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在71°C, 96%RH环境中放置3天(75%饱和);

(2) 参考文献4.9.1;

(3) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.9.1(c) 1轴拉伸性能 ([0]_g)

材 料		IM6 12k/APC-2 单向带			
树脂含量		32%(重量)		复合材料密度	1.55g/cm ³
纤维体积含量		61-62%		空 隙 含 量	0.0-0.2%
单层厚度		0.135-0.137 mm (0.0053-0.0054 in)			
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算	
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm(0.0055 in))			
温 度		82°C			
平衡吸湿量(%), (T,RH)		0.14 (71°C, 95%)			
来源编码		(1)			
		归一化的	测量的		
F_1^w MPa (ksi)	平均值	2510 (364)	2655 (385)		
	最小值	2241 (325)	2372 (344)		
	最大值	2834 (411)	3007 (436)		
	C.V. (%)	10.2	10.1		
	B基准值	(2)			
	分 布	正态			
	C ₁	2510 (364)	2655 (385)		
	C ₂	257 (37.2)	268 (38.8)		
	试样数量	6			
	批 数	1			
	数据种类	筛选			
E_1^t GPa (Msi)	平均值	146 (21.2)	154 (22.4)		
	最小值	141 (20.5)	150 (21.8)		
	最大值	153 (22.2)	160 (23.2)		
	C.V. (%)	3.14	2.77		
	试样数量	6			
	批 数	1			
	数据种类	筛选			
ν_{12}^t	平均值		0.332		
	试样数量	6			
	批 数	1			
	数据种类	筛选			
ϵ_1^w ($\mu\epsilon$)	平均值		15400		
	最小值		13600		
	最大值		17200		
	C.V. (%)		9.24		
	B基准值	(2)			
	分 布	正态			
	C ₁		15400		
	C ₂		1420		
	试样数量	6			
	批 数	1			
	数据种类	筛选			

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 参考文献4.9.1；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.9.1(d) 2轴拉伸性能 ([90]₁₆)

材 料		IM6 12k/APC-2 单向带					
树脂含量	31-34%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³		
纤维体积含量	60-62%		空 隙 含 量		0.0%		
单层厚度	0.137-0.147 mm (0.0054-0.0058 in)						
试验方法	ASTM D 3039-76		模 量 计 算				
归一化	试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm(0.0055 in))						
温 度		23°C	-55°C	82°C	121°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	大气环境	大气环境		
来源编码		(1)	(1)	(1)	(1)		
F_2^m MPa (ksi)	平均值	64.9 (9.41)	66.7 (9.67)	76.5 (11.1)	62.5 (9.07)		
	最小值	58.8 (8.53)	60.1 (8.72)	69.0 (10.0)	50.3 (7.30)		
	最大值	73.1 (10.6)	73.8 (10.7)	84.1 (12.2)	67.0 (9.72)		
	C.V. (%)	9.35	6.52	8.87	10.1		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分布	正态	正态	正态	正态		
	C ₁	64.9 (9.41)	66.7 (9.67)	76.5 (11.1)	62.5 (9.07)		
	C ₂	6.07(0.880)	4.35(0.631)	6.79(0.985)	6.32(0.916)		
	试样数量	6	6	6	6		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		
E_2^t GPa (Msi)	平均值	8.83 (1.28)	9.72 (1.41)	8.41 (1.22)	9.10 (1.32)		
	最小值	8.55 (1.24)	9.31 (1.35)	8.07 (1.17)	8.76 (1.27)		
	最大值	9.38 (1.36)	10.1 (1.46)	8.62 (1.25)	9.52 (1.38)		
	C.V. (%)	3.33	3.32	2.13	3.44		
	试样数量	6	6	6	6		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		
ν_{21}^i	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_2^m ($\mu\epsilon$)	平均值	7610	7120	10900	12300		
	最小值	6650	6450	8850	8510		
	最大值	8830	8180	14900	23600		
	C.V. (%)	11.2	8.15	20.0	45.5		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分布	正态	正态	正态	非参数		
	C ₁	7610	7120	10900	5		
	C ₂	850	581	2180	3.06		
	试样数量	6	6	6	6		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 参考文献4.9.1；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.9.1(e) 1轴压缩性能 ($[0]_{16}$)

材 料		IM6 12k/APC-2 单向带					
树脂含量		32%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		61-62%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.137-0.147 mm (0.0054-0.0058 in)					
试验方法		ASTM D 3410A-87		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm(0.0055 in))					
温 度		23°C		-55°C		82°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		大气环境		大气环境	
来源编码		(1)		(1)		(1)	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^c MPa (ksi)	平均值	1152 (167)	1165 (169)	1076 (156)	1103 (160)	1076 (156)	1069 (155)
	最小值	959 (139)	993 (144)	793 (115)	814 (118)	710 (103)	667 (96.7)
	最大值	1359 (197)	1379 (200)	1234 (179)	1248 (181)	1345 (195)	1310 (190)
	C.V. (%)	13.3	13.3	16.0	15.6	20.2	20.4
	B基准值	(2)		(2)		(2)	
	分 布	正态		正态		正态	
	C_1	1152 (167)	1165 (169)	1076 (156)	1103 (160)	1076 (156)	1069 (155)
	C_2	152 (22.1)	154 (22.4)	172 (25.0)	172 (24.9)	217 (31.5)	217 (31.6)
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
E_1^c GPa (Msi)	平均值	134 (19.4)	136 (19.7)	141 (20.4)	144 (20.9)	148 (21.4)	146 (21.2)
	最小值	121 (17.6)	125 (18.1)	117 (16.9)	119 (17.3)	117 (17.0)	110 (16.0)
	最大值	144 (20.9)	146 (21.2)	166 (24.0)	171 (24.8)	190 (27.5)	184 (26.7)
	C.V. (%)	6.54	7.17	12.2	12.6	16.1	16.1
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^c ($\mu\epsilon$)	平均值		8790		7910		8010
	最小值		7780		4510		5950
	最大值		10500		9630		9350
	C.V. (%)		11.8		24.7		14.9
	B基准值		(2)		(2)		(2)
	分 布		正态		正态		正态
	C_1		8790		7910		8010
	C_2		1040		1950		1200
	试样数量	6		6		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 参考文献4.9.1；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.9.1(f) 1轴压缩性能 ([0]₁₆)

材 料		IM6 12k/APC-2 单向带					
树脂含量		32%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		61-62%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.137-0.147 mm (0.0054-0.0058 in)					
试验方法		ASTM D 3410A-87		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm(0.0055 in))					
温 度		121°C		82°C		23°C	
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境		0.097 (1)		0.12 (71°C, 95%)	
来源编码		(2)		(2)		(2)	
		归一化的 测量的		归一化的 测量的		归一化的 测量的	
F_1^c MPa (ksi)	平均值	890 (129)	869 (126)	1117 (162)	1103 (160)	1200 (174)	1214 (176)
	最小值	483 (70.0)	493 (71.5)	1076 (156)	1007 (146)	972 (141)	993 (144)
	最大值	1062 (154)	1000 (145)	1159 (168)	1165 (169)	1282 (186)	1324 (192)
	C.V. (%)	23.6	21.8	3.25	5.36	9.6	9.7
	B基准值	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
	分 布	正态	非参数	正态	正态	正态	正态
	C ₁	890 (129)	5	1117 (162)	1103 (160)	1200 (174)	1214 (176)
	C ₂	210 (30.5)	3.06	36.3 (5.26)	59.2 (8.59)	115 (16.7)	118 (17.1)
	试样数量	6		5		6	
	批 数	1		1		1	
数据种类	筛选		筛选		筛选		
E_1^c GPa (Msi)	平均值	146 (21.2)	143 (20.7)	134 (19.5)	133 (19.3)	148 (21.4)	149 (21.6)
	最小值	135 (19.6)	131 (19.0)	129 (18.7)	128 (18.6)	130 (18.8)	133 (19.3)
	最大值	170 (24.7)	160 (23.2)	138 (20.0)	143 (20.7)	165 (23.9)	165 (23.9)
	C.V. (%)	8.47	7.37	2.91	4.42	8.60	7.38
	试样数量	6		5		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^c ($\mu\epsilon$)	平均值		6860		8310		8690
	最小值		3380		7500		6950
	最大值		8990		9390		12100
	C.V. (%)		28.7		8.94		23.5
	B基准值		(3)		(3)		(3)
	分 布		正态		正态		正态
	C ₁		6860		8310		8690
	C ₂		1970		743		2050
	试样数量	6		5		6	
	批 数	1		1		1	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 在71°C, 96%RH环境中放置10天(75%饱和)；

(2) 参考文献4.9.1；

(3) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.9.1(g) 1轴压缩性能 ([0]₁₆)

材 料		IM6 12k/APC-2 单向带					
树脂含量		32%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		61-62%		空 隙 含 量		0.0%	
单层厚度		0.137-0.147 mm (0.0054-0.0058 in)					
试验方法		ASTM D 3410A-87		模 量 计 算			
归一化		试样厚度和批内纤维体积含量达到60%(单层厚度0.140 mm(0.0055 in))					
温 度		23°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		0.11 (71°C, 95%)					
来源编码		(1)					
		归一化的	测量的				
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	1062 (154)	1041 (151)				
	最小值	724 (105)	679 (98.5)				
	最大值	1303 (189)	1262 (183)				
	C.V. (%)	18.2	19.3				
	B基准值	(2)					
	分 布	正态					
	C ₁	1062 (154)	1041 (151)				
	C ₂	193 (28.0)	202 (29.3)				
	试样数量	6					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
E_1^c GPa (Msi)	平均值	140 (20.3)	137 (19.8)				
	最小值	108 (15.6)	108 (15.7)				
	最大值	174 (25.3)	170 (24.6)				
	C.V. (%)	18.4	17.6				
	试样数量	6					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{ϵ} ($\mu\epsilon$)	平均值		8180				
	最小值		6580				
	最大值		9500				
	C.V. (%)		13.0				
	B基准值		(2)				
	分 布		正态				
	C ₁		8180				
	C ₂		1070				
	试样数量	6					
	批 数	1					
	数据种类	筛选					

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 参考文献4.9.1:

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.9.1(h) 12面剪切性能 ($[\pm 45]_{4s}$)

材 料		IM6 12k/APC-2 单向带					
树脂含量		31-32%(重量)		复合材料密度		1.55g/cm ³	
纤维体积含量		61%		空 隙 含 量		0.0-0.2%	
单层厚度		0.132-0.142 mm (0.0052-0.0056 in)					
试验方法		ASTM D 3518-76		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		23°C	-55°C	82°C	121°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境	大气环境	大气环境	大气环境		
来源编码		(1)	(1)	(1)	(1)		
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	165 (23.9)	175 (25.4)	154 (22.4)	137 (19.8)		
	最小值	130 (18.9)	125 (18.1)	119 (17.2)	97.9 (14.2)		
	最大值	192 (27.8)	200 (29.0)	174 (25.3)	159 (23.1)		
	C.V. (%)	14.8	14.8	15.6	15.1		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分布	正态	正态	正态	正态		
	C ₁	165 (23.9)	175 (25.4)	154 (22.4)	137 (19.8)		
	C ₂	24.3 (3.53)	26.0 (3.77)	24.1 (3.49)	20.6 (2.98)		
	试样数量	6	6	6	6		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		
γ_{12}^{su} (με)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值	5.38 (0.78)	6.28 (0.91)	5.38 (0.78)	4.90 (0.71)		
	最小值	5.03 (0.73)	5.72 (0.83)	4.97 (0.72)	4.34 (0.63)		
	最大值	5.72 (0.83)	6.62 (0.96)	5.93 (0.86)	5.45 (0.79)		
	C.V. (%)	5.5	5.5	6.2	9.3		
	试样数量	6	6	6	6		
	批 数	1	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 参考文献4.9.1；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表4.9.1(i) 12面剪切性能 ($[\pm 45]_{4S}$)

材 料		IM6 12k/APC-2 单向带				
树脂含量	31-32%(重量)			复合材料密度	1.55g/cm ³	
纤维体积含量	61%			空 隙 含 量	0.0-0.2%	
单层厚度	0.132-0.142 mm (0.0052-0.0056 in)					
试验方法	ASTM D 3518-76			模 量 计 算		
归一化	无					
温 度		82°C	23°C	82°C		
平衡吸湿量(%), (T,RH)		0.17 (1)	0.21 (71°C, 95%)	0.20 (71°C, 95%)		
来源编码		(2)	(2)	(2)		
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	161 (23.3)	159 (23.0)	138 (20.0)		
	最小值	150 (21.8)	112 (16.2)	100 (14.5)		
	最大值	166 (24.0)	184 (26.7)	180 (26.1)		
	C.V. (%)	3.85	15.4	22.4		
	B基准值	(3)	(3)	(3)		
	分布	正态	正态	正态		
	C ₁	161 (23.3)	159 (23.0)	138 (20.0)		
	C ₂	6.19 (0.897)	24.5 (3.55)	30.9 (4.48)		
	试样数量	5	6	6		
	批 数	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选		
γ_{12}^{su} (μ e)	平均值					
	最小值					
	最大值					
	C.V. (%)					
	B基准值					
	分布					
	C ₁					
	C ₂					
	试样数量					
	批 数					
	数据种类					
G_{12}^s GPa (Msi)	平均值	5.24 (0.76)	5.45 (0.79)	4.90 (0.71)		
	最小值	5.10 (0.74)	4.48 (0.65)	4.41 (0.64)		
	最大值	5.38 (0.78)	6.14 (0.89)	5.38 (0.78)		
	C.V. (%)	2.7	10	9.0		
	试样数量	4	6	6		
	批 数	1	1	1		
	数据种类	筛选	筛选	筛选		

注：该数据是在数据文档要求建立（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 在71°C, 96%RH环境中放置27天(75%饱和);
- (2) 参考文献4.9.1;
- (3) 只对A类和B类数据给出基准值。

4.10 碳-氰酸酯复合材料

4.10.1 M55J 6k/954-3 单向带

材料描述:

材 料: M55J 6k/954
形 式: 单向带, 名义纤维面积重量为 72.9 g/m², 名义固化后树脂含量为 27%, 固化后单层厚度为 0.061 mm(0.0024 in)。
固化工艺: 热压罐固化: 177°C(350°F), 0.690 MPa(100 psi), 2 小时。

供应商提供的数据:

纤 维: M55J 6k 纤维是由 PAN 的前驱体制造的不加捻连续碳纤维, 每一个丝束包含有 6 000 根碳丝。拉伸模量为 538 GPa(78×10⁶ psi), 拉伸强度为 4 021 MPa(583 000 psi)。
树 脂: 954 是一种 177°C(350°F)固化的氰酸酯树脂。
最大短期使用温度: 177°C(350°F) (干态), 121°C(250°F) (湿态)
应 用: 要求尺寸稳定的光学设备。

材 料:	M55J 6k/954-3 单向带			
形 式:	M55J 6k/954-3 单向预浸带			
纤 维:	Toray M55J 6k, 表面处理, 不加捻		树 脂:	Hexcel 954-3
T _g (干态):	199°C(390°F)	T _g (湿态):	171°C(340°F)	T _g 测量方法: TMA, 升温速率 21°C/分钟
固化工艺:	热压罐固化: 177°C(350°F), 0.690 MPa(100 psi), 2 小时			

纤维制造日期:	1/96-2/97	试验日期:	1/96-7/97
树脂制造日期:	1/96-7/97	数据提交日期:	10/1/97
预浸料制造日期:	1/96-7/97	分析日期:	9/98
复合材料制造日期:	1/96-7/97		

单向板性能

	22°C/A							
1 轴拉伸	aM--							
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩	aM--							
2 轴压缩								
3 轴压缩								
3I 面 SB 强度	S--							

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，--——无数据（见表1.4.2(c)）。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	1.91	1.91	
树脂密度 (g/cm ³)	1.19	1.19	ASTM D 792-86
复合材料密度 (g/cm ³)	1.65	1.62-1.66	ASTM D 792-86
纤维面积重量 (g/m ²)	72.9	71.2-75.1	ASTM D 3529-90
纤维体积含量 (%)	64	53-67	
单层厚度 (mm)	0.061	0.058-0.066	

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，--——无数据（见表1.4.2(c)）。

表4.10.1(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_{1c}$)

材 料		M55J 6k/954-3 单向带					
树脂含量		22.3-24.1%(重量)		复合材料密度		1.66-1.67g/cm ³	
纤维体积含量		53.1-65.4%		空 隙 含 量		0.30-0.49%	
单层厚度		0.061-0.064 mm (0.0024-0.0025 in)					
试验方法		ASTM D 3039-95		模 量 计 算		1000-3000μe之间的弦线模量	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到60%(单层厚度0.061 mm(0.0024 in))					
温 度		22°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		72					
		归一化的	测量的				
F_1^u MPa (ksi)	平均值	2234 (324)	2207 (320)				
	最小值	1890 (274)	1910 (277)				
	最大值	2531 (367)	2669 (387)				
	C.V. (%)	5.37	7.52				
	B基准值	1724/1972 (250/286)	1490/1793 (216/260)				
	分 布	ANOVA	ANOVA				
	C ₁	847 (17.8)	1189 (25.0)				
	C ₂	704 (2.15)	115 (2.41)				
	试样数量	109					
	批 数	6					
数据种类		A55					
E_1^t GPa (Msi)	平均值	329 (47.7)	324 (47.0)				
	最小值	301 (43.6)	297 (43.1)				
	最大值	359 (52.0)	359 (52.1)				
	C.V. (%)	3.66	4.21				
	试样数量	109					
	批 数	6					
	数据种类	平均					
ν_{12}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^u (μE)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						

表4.10.1(b) 1轴压缩性能 ([0]₃₂)

材 料		M55J 6k/954-3 单向带					
树脂含量		23.5-27.4%(重量)		复合材料密度		1.63-1.67g/cm ³	
纤维体积含量		54.9-66.1%		空 隙 含 量		0.17-0.27%	
单层厚度		0.058-0.061 mm (0.0023-0.0024 in)					
试验方法		SACMA SRMI-94(1)		模 量 计 算		1000-3000μe	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到60%(单层厚度0.061 mm(0.0024 in))					
温 度		22°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		72					
		归一化的	测量的				
F ₁ ^{cu} MPa (ksi)	平均值	938 (136)	952 (138)				
	最小值	752 (109)	765 (111)				
	最大值	1124 (163)	1124 (163)				
	C.V. (%)	7.22	6.73				
	B基准值	662/752 (96/109)	710/814 (103/118)				
	分 布	ANOVA	ANOVA				
	C ₁	495 (10.4)	452 (9.50)				
	C ₂	125 (2.62)	102 (2.14)				
	试样数量	102					
	批 数	6					
	数据种类	A55					
E ₁ ^c GPa (Msi)	平均值	309 (44.8)	314 (45.6)				
	最小值	274 (39.8)	292 (42.3)				
	最大值	340 (49.3)	345 (50.0)				
	C.V. (%)	4.70	3.78				
	试样数量	102					
	批 数	6					
	数据种类	平均					
ν ₁₂ ^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ε ₁ ^{cu} (μe)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V. (%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

注：(1) 螺栓用手指拧紧，没有特定的拧紧力矩0.57-1.13N.m。

表4.10.1(c) 31面剪切性能 ($[0]_{32}$)

材 料		M55J 6k/954-3 单向带					
树脂含量		23.5-27.4%(重量)		复合材料密度		1.63-1.67g/cm ³	
纤维体积含量		57.3-66.7%		空 隙 含 量		0.17-0.27%	
单层厚度		0.058-0.061 mm (0.0023-0.0024 in)					
试验方法		ASTM D 2344-95		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		22°C					
平衡吸湿量(%), (T,RH)		大气环境					
来源编码		72					
F_{31}^{sts} MPa (ksi)	平均值	76.5 (11.1)					
	最小值	68.3 (9.90)					
	最大值	84.1 (12.2)					
	C.V. (%)	5.31					
	B基准值	(1)					
	分布	ANOVA					
	C_1	29.6 (0.623)					
	C_2	127 (2.68)					
	试样数量	113					
	批 数	6					
	数据种类	筛选					

注: (1) 只批准用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

参考文献

- 4.2.27 Ask ins, Robert, "Characterization of EA9396 Epoxy Resin for Composite Repair Applications," University of Dayton Research Center, UDR-TR-91-77, WL-TR-92-4060, October 1991.
- 4.4.4 Rondeau, R.A., Ask ins, D. R., and Sjoblom, P., "Development of Engineering Data on New Aerospace Materials," University of Dayton Research Institute, UDR-TR-88-88, AFWALTR-88-4217, December 1988, Distribution authorized to DoD and DoD contractors only; critical technology, September 1988. Other requests for this document should be referred to AFWAL/MLSE, OH 45433-6533.
- 4.9.1 Rondeau, R.A., Ask ins, D. R., and Sjoblom, P., "Development of Engineering Data on New Aerospace Materials," University of Dayton Research Institute, UDR-TR-88-88, AFWALTR-88-4217, December 1988, Distribution authorized to DoD and DoD contractors only; critical technology, September 1988. Other requests for this document should be referred to AFWAL/MLSE, OH 45433-6533.

第 5 章 芳纶纤维复合材料

5.1 引言

5.2 芳纶-环氧复合材料

5.3 芳纶-聚酯复合材料

5.4 芳纶-双马复合材料

5.5 芳纶-聚酰亚胺复合材料

5.6 芳纶-酚醛复合材料

5.7 芳纶-硅复合材料

5.8 芳纶-聚苯并咪唑复合材料

5.9 芳纶-PEEK 复合材料

第 6 章 玻璃纤维复合材料

6.1 引言

6.2 玻璃/环氧复合材料

6.2.1 S2-449 43k/SP381 单向带

材料描述:

材 料: S2-449 43.5k/SP381
形 式: 单向带, 纤维面积重量为 284g/m², 固化后树脂含量为 28-33%, 固化后单层厚度为 0.206-0.229 mm(0.0081-0.009 in)
固化工艺: 热压罐固化; 127°C(260°F), 0.345MPa(50psi), 2 小时;

供应商提供的数据:

纤 维: S2 与常用的 E 玻璃粗纱相比, 其强度、模量、冲击阻抗和疲劳性能得到了增强, 采用与 449 涂料相容的环氧对该纤维上胶。每一个粗纱包含有 43 500 根丝。拉伸模量为 86.2-89.7 GPa(12.5-13.0 Msi), 拉伸强度为 4586 MPa(665 000 psi)。
树 脂: PR381 是一种 121°C (250°F)固化环氧树脂, 其性能与常用的 177°C (350°F)固化树脂体系相近, 在 24°C(75°F)条件下放置 30 天仍能保持轻微的黏性。

最大短期使用温度: 104°C(220°F) (干态), 71°C(160°F) (湿态)
应 用: 应用于对疲劳和强度有较高要求的主承力和次承力结构, 如直升机和普通航空结构。

材 料:	S2-449 43.5k/SP381 单向带				
形 式:	3M Scotchply SP 381 Uni S29 284 BW 33RC 预浸带				
纤 维:	Owens Corning S2-449, 不加捻, 表面未处理, 通常用 449 浸润剂			树 脂:	3M PR 381
T _g (干态):	138°C(280°F)	T _g (湿态):	112°C(234°F)	T _g 测量方法:	SRM 18-94 RDA G'起始
固化工艺:	热压罐固化: 121-132°C, 0.345 MPa, 100-140 分钟				

纤维制造日期:	5/92-12/94	试验日期:	5/93-4/95
树脂制造日期:	1/93-12/94	数据提交日期:	6/96
预浸料制造日期:	4/93-3/95	分析日期:	2/97
复合材料制造日期:	12/91-3/96		

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A	82°C/A		71°C/A		
1 轴拉伸	BM-B		SS-S	SS-S		SS-S		
2 轴拉伸	SS-S		SS-S	SS-S		SS-S		
3 轴拉伸								
1 轴压缩	SS-S		SS-S	SS-S		SS-S		
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切	SS--		SS--	SS--		SS--		
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S—		S—	S—		S—		

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

包括8种液体浸泡的 F^{abs} 数据。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	2.49		ASTM C 693
树脂密度 (g/cm ³)	1.216		ASTM D 792
复合材料密度 (g/cm ³)	1.85	1.84-1.97	
纤维面积重量 (g/m ²)	284	283-291	SRM 23B
纤维体积含量 (%)	50	47.3-56.1	
单层厚度 (mm)	0.229	0.178-0.246	

层压板性能

[±45/0/-45/45]	23°C							
x 轴拉伸	SS-S							
y 轴拉伸	SS-S							

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表6.2.1(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_s$)

材 料		S2-449 43.5k/SP381 单向带					
树脂含量		29-34%(重量)		复合材料密度		1.84-1.97g/cm ³	
纤维体积含量		47.3-54.7%		空 隙 率		0.0-0.07%	
单层厚度		0.203-0.244 mm (0.0080-0.0096 in)					
试验方法		SRM 4-88		模 量 计 算		1000-6000μe之间	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%(单层厚度0.229 mm)					
温 度		23°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%)(T,RH)		环境湿度		环境湿度		环境湿度	
来源编码		69		69		69	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^u MPa (ksi)	平均值	1696 (246)	1676 (243)	1628 (236)	1696 (246)	1434 (208)	1455 (211)
	最小值	1496 (217)	1572 (228)	1407 (204)	1503 (218)	1379 (200)	1379 (200)
	最大值	1979 (287)	1841 (267)	1772 (257)	1800 (261)	1517 (220)	1572 (228)
	C.V. (%)	6.45	3.89	7.44	5.19	3.62	4.79
	B基准值	1365 (198)	1510 (219)	(1)	(1)	(1)	
	分 布	ANOVA	ANOVA	ANOVA	Weibull	ANOVA	
	C ₁	799 (16.8)	465 (9.78)	1018 (21.4)	1738 (252)	388 (8.15)	556 (11.7)
	C ₂	134 (2.82)	117 (2.45)	789 (16.6)	28.3	461 (9.69)	671 (14.1)
	试样数量	32		11		11	
	批 数	6		2		2	
数据种类	B30		筛选		筛选		
E_1^t GPa (Msi)	平均值	47.7 (6.91)	47.1 (6.83)	47.8 (6.93)	49.9 (7.24)	45.7 (6.62)	46.2 (6.70)
	最小值	43.6 (6.32)	44.6 (6.47)	44.2 (6.41)	47.7 (6.91)	44.3 (6.42)	45.2 (6.55)
	最大值	52.0 (7.54)	49.8 (7.22)	49.9 (7.24)	51.9 (7.53)	46.8 (6.78)	48.9 (7.09)
	C.V. (%)	4.34	2.68	3.03	3.26	1.62	2.48
	试样数量	32		11		11	
	批 数	6		2		2	
	数据种类	临时		筛选		筛选	
ν_{12}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^u (μe)	平均值		35600		34100		31500
	最小值		33400		29500		30000
	最大值		38300		36700		33800
	C.V. (%)		3.83		6.23		4.21
	B基准值		32400		(1)		(1)
	分 布		ANOVA		ANOVA		ANOVA
	C ₁		1400		2440		1390
	C ₂		2.28		13.9		7.11
	试样数量	32		11		11	
	批 数	6		2		2	
	数据种类	B30		筛选		筛选	

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表6.2.1(b) 1轴拉伸性能 ([0]₅)

材 料		S2-449 43.5k/SP381 单向带					
树脂含量		32-33%(重量)		复合材料密度		1.89-1.97g/cm ³	
纤维体积含量		49.3-51.1%		空 隙 率		0.0-0.07%	
单层厚度		0.203-0.234 mm (0.0088-0.0092 in)					
试验方法		SRM 4-88		模 量 计 算		1000-6000μe之间	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%(单层厚度0.229 mm)					
温 度		71°C					
平衡吸湿量(%),(T,RH)		湿 (2)					
来源编码		69					
		归一化的	测量的				
F_1^m MPa (ksi)	平均值	779 (113)	793 (115)				
	最小值	724 (105)	731 (106)				
	最大值	821 (119)	828 (120)				
	C.V. (%)	3.90	3.22				
	B基准值	(1)					
	分 布	Weibull					
	C ₁	793 (115)	800 (116)				
	C ₂	32.6	40.5				
	试样数量	13					
	批 数	2					
数据种类		筛选					
E_1^t GPa (Msi)	平均值	47.3 (6.86)	47.9 (6.95)				
	最小值	45.0 (6.52)	46.3 (6.71)				
	最大值	50.0 (7.25)	49.4 (7.16)				
	C.V. (%)	3.19	2.06				
	试样数量	13					
	批 数	2					
	数据种类	筛选					
ν_{12}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^m (μe)	平均值		16500				
	最小值		15600				
	最大值		17100				
	C.V. (%)		2.76				
	B基准值		(1)				
	分 布		Weibull				
	C ₁		16700				
	C ₂		45.9				
	试样数量	13					
	批 数	2					
	数据种类	筛选					

注：(1) 基准值仅适用于A类和B类数据；

(2) 浸泡于71°C水中14天。

表6.2.1(c) 2轴拉伸性能 ([90]₁₀)

材 料		S2-449 43.5k/SP381 单向带				
树脂含量	31-32%(重量)		复合材料密度		1.84-1.86g/cm ³	
纤维体积含量	51.0-53.2%		空 隙 率		0.0-0.99%	
单层厚度	0.206-0.234 mm (0.0081-0.0092 in)					
试验方法	SRM 4-88		模 量 计 算		1000-3000μe之间 (2)	
归一化	无					
温 度	23°C	-54°C	82°C	71°C		
平衡吸湿量(%),(T,RH)	环境湿度	环境湿度	环境湿度	湿 (3)		
来源编码	69	69	69	69		
F_2^m MPa (ksi)	平均值	62.1 (9.0)	62.8 (9.1)	51.7 (7.5)	29.0 (4.2)	
	最小值	60.0 (8.7)	57.2 (8.3)	49.0 (7.1)	26.2 (3.8)	
	最大值	64.1 (9.3)	67.6 (9.8)	52.4 (7.6)	32.4 (4.7)	
	C.V. (%)	2.3	4.7	2.7	7.5	
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	
	分布	Weibull	Weibull	正态	Weibull	
	C ₁	62.8 (9.1)	64.1 (9.3)	51.7 (7.5)	29.7 (4.3)	
	C ₂	49	24	1.38 (0.20)	14	
	试样数量	10	11	6	10	
	批 数	2	2	1	2	
数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		
E_2^t GPa (Msi)	平均值	13.3 (1.93)	14.5 (2.10)	10.6 (1.53)	7.38 (1.07)	
	最小值	12.8 (1.85)	13.0 (1.88)	10.1 (1.47)	6.90 (1.00)	
	最大值	14.3 (2.07)	15.9 (2.31)	11.0 (1.59)	7.72 (1.12)	
	C.V. (%)	3.31	5.57	2.58	3.23	
	试样数量	10	11	6	10	
	批 数	2	2	1	2	
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选	
V_{21}^t	平均值					
	试样数量					
	批 数					
	数据种类					
ϵ_2^m (μe)	平均值	4700	4300	4900	3900	
	最小值	4200	3800	4600	3400	
	最大值	5100	4800	5100	4300	
	C.V. (%)	4.6	7.2	4.6	6.7	
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	
	分布	非参数	Weibull	正态	Weibull	
	C ₁	6	4500	4900	4000	
	C ₂	2.1	16	220	17	
	试样数量	10	11	6	10	
	批 数	2	2	1	2	
数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：(1) 基准值仅适用于A类和B类数据；

(2) SRM 4-88的例外：

(3) 浸泡于71°C水中14天。

表6.2.1(d) 1轴压缩性能 ([0]_s)

材 料		S2-449 43.5k/SP381 单向带					
树脂含量		28-33%(重量)		复合材料密度		1.90-1.94g/cm ³	
纤维体积含量		49.3-56.1%		空 隙 率		0.12-0.50%	
单层厚度		0.203-0.239 mm (0.0080-0.0094 in)					
试验方法		SRM 1-88		模 量 计 算		1000-3000μe之间	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%(单层厚度0.229 mm)					
温 度		23°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%),(T,RH)		环境湿度		环境湿度		环境湿度	
来源编码		69		69		69	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_1^c MPa (ksi)	平均值	1159 (168)	1255 (182)	1172 (170)	1221 (177)	1034 (150)	1145 (166)
	最小值	972 (141)	1028 (149)	1055 (153)	1117 (162)	945 (137)	1062 (154)
	最大值	1372 (199)	1483 (215)	1269 (184)	1352 (196)	1145 (166)	1234 (179)
	C.V.(%)	10.4	10.8	5.20	5.59	6.70	4.93
	B基准值	(1)		(1)	(1)	(1)	(1)
	分 布	Weibull		Weibull	ANOVA	ANOVA	Weibull
	C ₁	1214 (176)	1317 (191)	1200 (174)	518 (10.9)	585 (12.3)	1172 (170)
	C ₂	10.6	10.5	22.0	537 (11.3)	789 (16.6)	22.2
	试样数量	20		14		12	
	批 数	2		2		2	
数据种类		筛选		筛选		筛选	
E_1^c GPa (Msi)	平均值	48.0 (6.96)	48.7 (7.06)	47.4 (6.87)	49.7 (7.20)	46.6 (6.76)	47.9 (6.95)
	最小值	46.3 (6.71)	46.0 (6.67)	46.5 (6.75)	46.5 (6.75)	45.1 (6.54)	46.5 (6.75)
	最大值	49.7 (7.20)	50.6 (7.34)	48.3 (7.01)	53.0 (7.68)	47.9 (6.94)	49.4 (7.16)
	C.V.(%)	2.43	2.68	1.40	4.16	1.74	2.22
	试样数量	10		10		10	
	批 数	2		2		2	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ν_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^c (μe)	平均值						
	最小值						
	最大值						
	C.V.(%)						
	B基准值						
	分 布						
	C ₁						
	C ₂						
	试样数量						
	批 数						
数据种类							

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表6.2.1(e) 1轴压缩性能 ([0]_s)

材 料		S2-449 43.5k/SP381 单向带			
树脂含量		28-33%(重量)		复合材料密度	1.90-1.94g/cm ³
纤维体积含量		49.3-56.1%		空 隙 率	0.12-0.50%
单层厚度		0.208-0.229 mm (0.0082-0.0090 in)			
试验方法		SRM 1-88		模 量 计 算	1000-3000μe之间
归 化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%(单层厚度0.229 mm)			
温 度		71°C			
平衡吸湿量(%),(T,RH)		湿 (2)			
来源编码		69			
		归一化的	测量的		
F ₁ ^{cu} MPa (ksi)	平均值	959 (139)	1007 (146)		
	最小值	897 (130)	903 (131)		
	最大值	1007 (146)	1083 (157)		
	C.V. (%)	3.48	5.27		
	B基准值	(1)			
	分 布	Weibull			
	C ₁	972 (141)	1028 (149)		
	C ₂	37.4	22.6		
	试样数量	10			
	批 数	2			
数据种类		筛选			
E ₁ ^c GPa (Msi)	平均值	47.7 (6.92)	49.4 (7.16)		
	最小值	46.1 (6.69)	47.2 (6.85)		
	最大值	48.8 (7.08)	51.2 (7.43)		
	C.V. (%)	2.11	2.83		
	试样数量	10			
	批 数	2			
	数据种类	筛选			
V ₁₂ ^c	平均值				
	试样数量				
	批 数				
	数据种类				
ε ₁ ^{cu} (μe)	平均值				
	最小值				
	最大值				
	C.V. (%)				
	B基准值				
	分 布				
	C ₁				
	C ₂				
	试样数量				
	批 数				
	数据种类				

注：(1) 基准值仅适用于A类和B类数据；

(2) 浸泡于71°C水中14天。

表6.2.1(f) 12面剪切性能 ($\pm 45^\circ$)_{2S})

材 料		S2-449 43.5k/SP381 单向带					
树脂含量		29-32%(重量)		复合材料密度		1.88-1.94g/cm ³	
纤维体积含量		51.1-54.5%		空 隙 率		0.21-0.60%	
单层厚度		0.206-0.229 mm (0.0081-0.0090 in)					
试验方法		SRM 7-88		模 量 计 算		500-3000με之间	
归一化		无					
温 度		23°C	-54°C	82°C	71°C		
平衡吸湿量(%),(T,RH)		环境湿度	环境湿度	环境湿度	湿 (2)		
来源编码		69	69	69	69		
F_{12}^B MPa (ksi)	平均值	98.6 (14.3)	93.8 (13.6)	81.4 (11.8)	65.5 (9.5)		
	最小值	91.0 (13.2)	89.0 (12.9)	74.5 (10.8)	62.1 (9.0)		
	最大值	101 (14.7)	100 (14.5)	84.8 (12.3)	67.6 (9.8)		
	C.V. (%)	3.52	3.77	3.66	2.9		
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)		
	分布	非参数	正态	Weibull	Weibull		
	C ₁	6	93.8 (13.6)	82.8 (12.0)	66.2 (9.6)		
	C ₂	2.14	3.55 (0.515)	38.4	44		
	试样数量	10	9	10	12		
	批 数	2	2	2	2		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		
G_{12} GPa (Msi)	平均值	4.75 (0.689)	6.08 (0.881)	3.83 (0.555)	3.24 (0.470)		
	最小值	4.47 (0.648)	5.77 (0.837)	3.73 (0.541)	3.14 (0.455)		
	最大值	5.03 (0.729)	6.57 (0.952)	3.99 (0.578)	3.31 (0.480)		
	C.V. (%)	3.62	5.06	2.26	1.76		
	试样数量	9	6	10	10		
	批 数	2	2	2	2		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：(1) 基准值仅适用于A类和B类数据；

(2) 浸泡于71°C水中14天。

表6.2.1(g) 3I面剪切性能 ($[0]_{12}$)

材 料	S2-449 43.5k/SP381 单向带					
树脂含量	30-34%(重量)		复合材料密度		1.84-1.94g/cm ³	
纤维体积含量	47.6-53.1%		空 隙 率		0.0-0.64%	
单层厚度	0.178-0.234 mm (0.0070-0.0092 in)					
试验方法	SRM 8-88		模 量 计 算			
归一化	无					
温 度	23°C	-54°C	82°C	71°C		
平衡吸湿量(%)(T,RH)	环境湿度	环境湿度	环境湿度	湿 (2)		
来源编码	69	69	69	69		
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	85.5 (12.4)	101 (14.6)	60.0 (8.7)	49.7 (7.2)	
	最小值	80.0 (11.6)	95.9 (13.9)	56.5 (8.2)	48.3 (7.0)	
	最大值	91.0 (13.2)	108 (15.6)	62.1 (9.0)	51.0 (7.4)	
	C.V. (%)	4.16	3.32	2.9	1.7	
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	
	分布	ANOVA	正态	ANOVA	Weibull	
	C ₁	27.3 (0.573)	101 (14.6)	14.7 (0.310)	50.3 (7.3)	
	C ₂	183 (3.85)	3.34 (0.485)	856 (18)	67	
	试样数量	25	14	14	13	
	批 数	4	2	2	2	
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选	

注：(1) 只批准了用于筛选数据种类的短梁强度试验数据；

(2) 浸泡于71°C水中14天。

表6.2.1(h) 31面剪切性能 ($[0]_{12}$)

材 料		S2-449 43.5k/SP381 单向带					
树脂含量		30%(重量)		复合材料密度		1.93-1.94g/cm ³	
纤维体积含量		52.9-53.1%		空 隙 率		0.0-0.64%	
单层厚度		0.201-0.235 mm (0.00792-0.00925 in)					
试验方法		SRM 8-88		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		23°C	23°C	23°C	23°C		
平衡吸湿量(%)(T,RH)		(2)	(3)	(4)	(5)		
来源编码		69	69	69	69		
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	81.4 (11.8)	84.8 (12.3)	80.0 (11.6)	82.1 (11.9)		
	最小值	75.9 (11.0)	81.4 (11.8)	64.8 (9.40)	78.6 (11.4)		
	最大值	84.8 (12.3)	89.7 (13.0)	88.3 (12.8)	86.9 (12.6)		
	C.V. (%)	3.49	2.87	8.23	3.17		
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)		
	分布	Weibull	正态	ANOVA	正态		
	C ₁	82.1 (11.9)	85.5 (12.4)	50.9 (1.07)	82.1 (11.9)		
	C ₂	34.7	2.45 (0.355)	580 (12.2)	2.59 (0.376)		
	试样数量	14	14	14	14		
	批 数	2	2	2	2		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：(1) 只批准了用于筛选数据种类的短梁强度试验数据；

(2) 浸泡于0°C MIL-A-8243 防冻液中30天；

(3) 浸泡于71°C MIL-H-83282 液压油中90天，MIL-H-83282于1997年9月30日更改为MIL-PRF-83282；

(4) 浸泡于71°C MIL-H-5606 液压油中90天；

(5) 浸泡于24°C MIL-T-5624 燃油中90天，MIL-T-5624于1996年11月22日更改为MIL-PRF-5624。

表6.2.1(i) 31面剪切性能 ([0]₁₂)

材 料		S2-449 43.5k/SP381 单向带					
树脂含量		30%(重量)		复合材料密度		1.93-1.94g/cm ³	
纤维体积含量		52.9-53.1%		空 隙 率		0.0-0.64%	
单层厚度		0.193-0.237 mm (0.00758-0.00933 in)					
试验方法		SRM 8-88		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		23°C	23°C	23°C	23°C		
平衡吸湿量(%),(T,RH)		(2)	(3)	(4)	(5)		
来源编码		69	69	69	69		
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	81.4 (11.8)	83.4 (12.1)	80.7 (11.7)	81.4 (11.8)		
	最小值	76.5 (11.1)	75.2 (10.9)	73.1 (10.6)	77.9 (11.3)		
	最大值	86.9 (12.6)	86.9 (12.6)	84.8 (12.3)	84.8 (12.3)		
	C.V. (%)	3.47	3.84	4.02	2.91		
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)		
	分布	Weibull	Weibull	Weibull	ANOVA		
	C ₁	82.8 (12.0)	84.8 (12.3)	82.1 (11.9)	18.4 (0.386)		
	C ₂	30.7	39.5	37.2	599 (12.6)		
	试样数量	14	14	13	14		
	批 数	2	2	2	2		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：(1) 只批准了用于筛选数据种类的短梁强度试验数据；
 (2) 浸泡于71°C MIL-L-23699 润滑油中90天，MIL-L-23699于1997年5月21日更改为MIL-PRF-23699；
 (3) 浸泡于71°C MIL-L-7808 润滑油中90天，MIL-L-7808于1997年5月2日更改为MIL-PRF-7808；
 (4) 浸泡于24°C MIL-C-87936 清洗液中7天，MIL-C-87936于1995年3月1日取消被MIL-C-87937替代。MIL-C-87937 于1997年8月14日更改为MIL-PRF-87937；
 (5) 浸泡于24°C ASTM D 740 丁酮 (MEK) 中7天。

表6.2.1(j) x轴拉伸性能 ($\pm 45/0/\pm 45$)_S)

材 料		S2-449 43.5k/SP381 单向带					
树脂含量		30-31%(重量)		复合材料密度		1.92-1.94g/cm ³	
纤维体积含量		51.6-53.5%		空 隙 率		0.0-0.50%	
单层厚度		0.218-0.226 mm (0.0086-0.0089 in)					
试验方法		SRM 4-88		模 量 计 算		1000-3000μE之间	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%(单层厚度0.229 mm)					
温 度		23°C					
平衡吸湿量(%),(T,RH)		环境湿度					
来源编码		69					
		归一化的	测量的				
F_x^w MPa (ksi)	平均值	479 (69.5)	503 (72.9)				
	最小值	460 (66.7)	492 (71.4)				
	最大值	492 (71.3)	521 (75.6)				
	C.V. (%)	2.18	1.67				
	B基准值	(1)	(1)				
	分 布	ANOVA	正态				
	C ₁	82.8 (1.74)	503 (72.9)				
	C ₂	652 (13.7)	8.41 (1.22)				
	试样数量	10					
	批 数	2					
数据种类		筛选					
E_x^t GPa (Msi)	平均值	19.8 (2.87)	20.8 (3.01)				
	最小值	19.2 (2.78)	20.3 (2.94)				
	最大值	20.4 (2.96)	21.4 (3.11)				
	C.V. (%)	2.21	1.58				
	试样数量	10					
	批 数	2					
	数据种类		筛选				
ν_{xy}^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_x^w (μE)	平均值		24200				
	最小值		23600				
	最大值		24900				
	C.V. (%)		1.69				
	B基准值		(1)				
	分 布		Weibull				
	C ₁		24400				
	C ₂		65.4				
	试样数量	10					
	批 数	2					
	数据种类		筛选				

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表6.2.1(k) y 轴拉伸性能 ($\pm 45/90/\pm 45$)_S)

材 料		S2-449 43.5k/SP381 单向带			
树脂含量		30-31%(重量)		复合材料密度	1.92-1.94g/cm ³
纤维体积含量		51.6-53.5%		空 隙 率	0.0-0.50%
单层厚度		0.211-0.229 mm (0.0083-0.0090 in)			
试验方法		SRM 4-88		模 量 计 算	1000-3000 $\mu\epsilon$ 之间
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%(单层厚度0.229 mm)			
温 度		23°C			
平衡吸湿量(%)(T,RH)		环境湿度			
来源编码		69			
		归一化的	测量的		
F_y^{10} MPa (ksi)	平均值	172 (24.9)	181 (26.2)		
	最小值	165 (23.9)	170 (24.7)		
	最大值	179 (25.9)	188 (27.3)		
	C.V. (%)	2.29	2.94		
	B基准值	(1)	(1)		
	分 布	Weibull	Weibull		
	C_1	173 (25.1)	183 (26.5)		
	C_2	47.1	42.2		
	试样数量	10			
	批 数	2			
	数据种类	筛选			
E_y^t GPa (Msi)	平均值	14.8 (2.15)	15.6 (2.26)		
	最小值	14.5 (2.10)	15.0 (2.18)		
	最大值	15.2 (2.20)	16.5 (2.39)		
	C.V. (%)	1.33	3.50		
	试样数量	10			
	批 数	2			
	数据种类	筛选			
V_{jx}^t	平均值				
	试样数量				
	批 数				
	数据种类				
ϵ_y^{10} ($\mu\epsilon$)	平均值		11600		
	最小值		10900		
	最大值		12000		
	C.V. (%)		2.65		
	B基准值		(1)		
	分 布		Weibull		
	C_1		11700		
	C_2		49.8		
	试样数量	10			
	批 数	2			
	数据种类	筛选			

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

6.2.2 S2-449 17k/SP381 单向带

材料描述:

材 料: S2-449 17k/3M PR381
形 式: 单向带, 纤维面积重量为 111g/m², 固化后树脂含量为 28%-33%, 固化后单层厚度为 0.084-0.094 mm(0.0033-0.0037 in)
固化工艺: 热压罐固化: 127°C(260°F), 0.345 MPa(50 psi), 2 小时

供应商提供的数据:

纤 维: S2 与常用的 E 玻璃粗纱相比, 其强度、模量、冲击阻抗和疲劳性能得到了增强, 采用与 449 涂料相容的环氧对该纤维上胶。每一个粗纱包含有 17 000 根丝。拉伸模量为 82.8-90.0 GPa(12.5-13.0 Msi), 拉伸强度为 4586 MPa(665 000 psi)。

树 脂: PR381 是一种 121°C (250°F) 固化环氧树脂, 其性能与常用的 177°C(350°F) 固化树脂体系相近, 在 24°C(75°F) 条件下放置 30 天仍能保持轻微的黏性。

最大短期使用温度: 104°C(220°F) (干态), 71°C(160°F) (湿态)

应 用: 应用于对疲劳和强度有较高要求的主承力和次承力结构, 如直升机和普通航空结构。

材 料:	S2-449 17k/SP381 单向带			
形 式:	3M Scotchply SP 381 Uni S29 111 BW 33RC			
纤 维:	Owens Corning S2-449, 不加捻, 表面未处理, 通常用 449 浸润剂		树 脂:	3M PR 381
T _g (干态):	144°C	T _g (湿态):	112°C	T _g 测量方法: SRM 18 RDA G' 峰值
固化工艺:	热压罐固化: 121-132°C, 0.345 MPa, 100-140 分钟			

纤维制造日期:	8/91-12/94	试验日期:	6/93-4/96
树脂制造日期:	11/91-5/95	数据提交日期:	6/96
预浸料制造日期:	11/91-2/96	分析日期:	2/97
复合材料制造日期:	12/91-3/96		

单向板性能

	24°C/A		-54°C/A	82°C/A		71°C/A		
1 轴拉伸	bM-b		SS-S	SS-S		SS-S		
2 轴拉伸	SS-S		SS-S	SS-S		SS-S		
3 轴拉伸								
1 轴压缩	SS-S		SS-S	SS-S		SS-S		
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切	IS-		IS-	IS-		SS-		
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S-		S-	S-		S-		

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。
包括8种液体浸泡的 F^{sh} 数据。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm3)	2.49		ASTM C 693
树脂密度 (g/cm3)	1.216		ASTM D 792
复合材料密度 (g/cm3)	1.85	1.82-1.94	
纤维面积重量 (g/m2)	111	111-113	SRM 23B
纤维体积含量 (%)	50	47.6-55.2	
单层厚度 (mm)	0.0889	0.077-0.095	

层压板性能

[±45/0/-45/45]	23°C							
x 轴拉伸	SS-S							
y 轴拉伸	SS-S							

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，——无数据（见表1.4.2(c)）。

表6.2.2(a) 1轴拉伸性能 ([0]₁₂)

材 料		S2-449 17k/SP381 单向带					
树脂含量		29-36%(重量)		复合材料密度		1.85-1.93g/cm ³	
纤维体积含量		47.6-54.0%		空 隙 率		0.0-0.17%	
单层厚度		0.081-0.097 mm (0.0032-0.0038 in)					
试验方法		SRM 4-88		模 量 计 算		1000-6000μe之间	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%(单层厚度0.089 mm)					
温 度		23°C		-54°C		82°C	
平衡吸湿量(%)(T,RH)		环境湿度		环境湿度		环境湿度	
来源编码		70		70		70	
		归一化的		归一化的		归一化的	
		测量的		测量的		测量的	
F_1^m MPa (ksi)	平均值	1759 (255)	1710 (248)	1841 (267)	1890 (274)	1552 (225)	1552 (225)
	最小值	1676 (243)	1572 (228)	1607 (233)	1731 (251)	1503 (218)	1490 (216)
	最大值	1910 (277)	1890 (274)	1979 (287)	2083 (302)	1634 (237)	1614 (234)
	C.V. (%)	3.40	5.07	6.52	5.96	3.13	2.59
	B基准值	1641 (238)	(2)	(1)	(1)	(1)	
	分 布	正态	ANOVA	Weibull	Weibull	Weibull	
	C ₁	1759 (255)	647 (13.6)	1890 (274)	1938 (281)	1572 (228)	1572 (228)
	C ₂	59.7 (8.65)	168 (3.53)	21.3	18.1	32.9	43.2
	试样数量	21		11		11	
	批 数	4		2		2	
数据种类		B18		筛选		筛选	
E_1' GPa (Msi)	平均值	47.8 (6.93)	46.5 (6.75)	48.3 (7.01)	49.6 (7.19)	46.4 (6.73)	46.4 (6.73)
	最小值	45.6 (6.61)	43.2 (6.26)	46.2 (6.70)	48.1 (6.98)	44.8 (6.50)	44.8 (6.50)
	最大值	49.5 (7.18)	49.4 (7.16)	50.4 (7.31)	51.7 (7.49)	48.9 (7.09)	48.9 (7.09)
	C.V. (%)	2.29	4.37	2.98	2.19	2.80	2.95
	试样数量	21		11		11	
	批 数	4		2		2	
	数据种类	平均		筛选		筛选	
ν_{12}'	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^m (μe)	平均值		36800		38000		33400
	最小值		34600		33500		31000
	最大值		38600		40900		35100
	C.V. (%)		3.09		5.85		3.84
	B基准值		34100		(1)		(1)
	分 布		Weibull		Weibull		Weibull
	C ₁		37300		39000		34000
	C ₂		37.9		22.5		34.9
	试样数量	21		11		11	
	批 数	4		2		2	
	数据种类	B18		筛选		筛选	

注: (1) 基准值仅适用于A类和B类数据;

(2) 少于5批的试验数据时, 无法用ANOVA方法计算B基准值。

表6.2.2(b) 1轴拉伸性能 ($[0]_{12}$)

材 料		S2-449 17k/SP381 单向带					
树脂含量		29-31%(重量)		复合材料密度		1.90-1.93g/cm ³	
纤维体积含量		49.0-50.1%		空 隙 率		0.00%	
单层厚度		0.086-0.097 mm (0.0034-0.0038 in)					
试验方法		SRM 4-88		模 量 计 算		1000-6000μe之间	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%(单层厚度0.089 mm)					
温 度		71°C					
平衡吸湿量(%)(T,RH)		湿 (2)					
来源编码		70					
		归一化的	测量的				
F ₁ ^{tu} MPa (ksi)	平均值	800 (116)	779 (113)				
	最小值	738 (107)	745 (108)				
	最大值	848 (123)	848 (123)				
	C.V. (%)	4.34	3.54				
	B基准值	(1)	(1)				
	分 布	Weibull	正态				
	C ₁	814 (118)	779 (113)				
	C ₂	26.8	27.7 (4.01)				
	试样数量	13					
	批 数	2					
数据种类		筛选					
E ₁ ^t GPa (Msi)	平均值	47.2 (6.84)	46.3 (6.71)				
	最小值	44.8 (6.50)	44.8 (6.49)				
	最大值	49.1 (7.12)	48.1 (6.97)				
	C.V. (%)	2.57	1.99				
	试样数量	13					
	批 数	2					
	数据种类	筛选					
ν ₁₂ ^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ε ₁ ^{tu} (μe)	平均值		16900				
	最小值		15800				
	最大值		18100				
	C.V. (%)		3.90				
	B基准值		(1)				
	分 布		Weibull				
	C ₁		17200				
	C ₂		28.7				
	试样数量	13					
	批 数	2					
	数据种类	筛选					

注: (1) 基准值仅适用于A类和B类数据;

(2) 浸泡于71°C水中14天。

表6.2.2(c) 2轴拉伸性能 ([90]₂₀)

材 料		S2-449 17k/SP381 单向带											
树脂含量		29-31%(重量)		复合材料密度		1.88-1.92g/cm ³							
纤维体积含量		48.8-50.1%		空 隙 率		0.0%							
单层厚度		0.084-0.091 mm (0.0033-0.0036 in)											
试验方法		SRM 4-88		模 量 计 算		1000-3000μE之间的弦线 (2)							
归一化		无											
温 度		23°C		-54°C		82°C		71°C					
平衡吸湿量(%)(T,RH)		环境湿度		环境湿度		环境湿度		湿 (3)					
来源编码		70		70		70		70					
F ₂ ^w MPa (ksi)	平均值	60.0 (8.7)	69.0 (10.0)	44.1 (6.4)	24.8 (3.6)								
	最小值	55.9 (8.1)	66.2 (9.6)	40.7 (5.9)	21.4 (3.1)								
	最大值	62.1 (9.0)	71.0 (10.3)	46.2 (6.7)	26.9 (3.9)								
	C.V.(%)	3.9	3.6	4.0	9.0								
	B基准值	(1)	(4)	(1)	(1)								
	分布	正态		正态	正态								
	C ₁	60.0 (8.7)		44.1 (6.4)	24.8 (3.6)								
	C ₂	2.34 (0.34)		1.79 (0.26)	2.21 (0.32)								
	试样数量	5	3	8	5								
	批 数	1	1	2	1								
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选								
E ₂ ^t GPa (Msi)	平均值	12.7 (1.84)	14.6 (2.11)	9.79 (1.42)	7.59 (1.10)								
	最小值	12.6 (1.82)	14.2 (2.06)	9.24 (1.34)	7.24 (1.05)								
	最大值	13.2 (1.91)	14.8 (2.15)	10.7 (1.55)	8.00 (1.16)								
	C.V.(%)	2.05	2.14	6.43	4.59								
	试样数量	5	3	4	5								
	批 数	1	1	1	1								
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选								
V ₂₁ ^t	平均值												
	试样数量												
	批 数												
	数据种类												
E ₂ ^w (μE)	平均值	4700	4730	4450	3280								
	最小值	4400	4500	4200	3000								
	最大值	4900	5000	4800	3600								
	C.V.(%)	4.26	5.32	5.95	8.18								
	B基准值	(1)	(4)	(1)	(1)								
	分布	正态		正态	正态								
	C ₁	4700		4450	3280								
	C ₂	200		265	268								
	试样数量	5	3	4	5								
	批 数	1	1	1	1								
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选								

注: (1) 基准值仅适用于A类和B类数据;

(2) SRM4-88的例外;

(3) 浸泡于71°C水中14天;

(4) 少于4个试样无法进行统计分析。

表6.2.2(d) 1轴压缩性能 ($[0]_{12}$)

材 料		S2-449 17k/SP381 单向带							
树脂含量		28-29%(重量)		复合材料密度		1.85-1.92g/cm ³			
纤维体积含量		50.1-54.0%		空 隙 率		0.22-1.53%			
单层厚度		0.081-0.089 mm (0.0032-0.0035 in)							
试验方法		SRM 1-88		模 量 计 算		1000-3000μe之间			
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%(单层厚度0.089 mm)							
温 度		23°C		-54°C		82°C			
平衡吸湿量(%),(T,RH)		环境湿度		环境湿度		环境湿度			
来源编码		70		70		70			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_1^c MPa (ksi)	平均值	1186 (172)	1228 (178)	1145 (166)	1221 (177)	1138 (165)	1207 (175)		
	最小值	1000 (145)	979 (142)	1014 (147)	1048 (152)	1007 (146)	1069 (155)		
	最大值	1331 (193)	1365 (198)	1269 (184)	1365 (198)	1276 (185)	1352 (196)		
	C.V. (%)	8.09	9.35	6.62	7.46	6.81	7.28		
	B基准值	(1)		(1)	(1)	(1)	(1)		
	分 布	Weibull		Weibull	Weibull	Weibull	Weibull		
	C_1	1228 (178)	1276 (185)	1179 (171)	1262 (183)	1172 (170)	1248 (181)		
	C_2	15.2	14.7	17.7	16.0	16.6	16.4		
	试样数量	13		13		12			
	批 数	2		2		2			
数据种类	筛选		筛选		筛选				
E_1^c GPa (Msi)	平均值	47.3 (6.86)	49.2 (7.14)	47.7 (6.91)	49.6 (7.19)	48.1 (6.97)	51.5 (7.47)		
	最小值	44.3 (6.43)	47.0 (6.81)	45.7 (6.63)	48.0 (6.96)	45.7 (6.63)	49.6 (7.19)		
	最大值	49.9 (7.24)	51.9 (7.52)	49.0 (7.10)	51.7 (7.49)	49.9 (7.24)	52.3 (7.59)		
	C.V. (%)	3.79	3.39	2.35	2.2	3.18	1.85		
	试样数量	10		10		10			
	批 数	2		2		2			
	数据种类	筛选		筛选		筛选			
ν_{12}^c	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_1^c (μe)	平均值								
	最小值								
	最大值								
	C.V. (%)								
	B基准值								
	分 布								
	C_1								
	C_2								
	试样数量								
	批 数								
数据种类									

注：(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表6.2.2(e) 1轴压缩性能 ($[0]_2$)

材 料		S2-449 17k/SP381 单向带			
树脂含量		28-29%(重量)		复合材料密度	1.85-1.92g/cm ³
纤维体积含量		50.1-54.0%		空 隙 率	0.0-1.15%
单层厚度		0.084-0.094 mm (0.0033-0.0037 in)			
试验方法		SRM 1-88		模 量 计 算	1000-3000με之间
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%(单层厚度0.089 mm)			
温 度		71°C			
平衡吸湿量(%),(T,RH)		湿 (2)			
来源编码		70			
		归一化的	测量的		
F ₁ ^{cu} MPa (ksi)	平均值	931 (135)	945 (137)		
	最小值	855 (124)	848 (123)		
	最大值	986 (143)	1007 (146)		
	C.V. (%)	3.51	4.83		
	B基准值	(1)	(1)		
	分 布	非参数	ANOVA		
	C ₁	6	381 (8.02)		
	C ₂	2.14	794 (16.7)		
	试样数量	10			
	批 数	2			
数据种类		筛选			
E ₁ ^c GPa (Msi)	平均值	48.0 (6.96)	48.1 (6.97)		
	最小值	46.1 (6.69)	46.5 (6.75)		
	最大值	49.9 (7.24)	49.9 (7.23)		
	C.V. (%)	2.44	2.16		
	试样数量	10			
	批 数	2			
	数据种类	筛选			
V ₁₂ ^c	平均值				
	试样数量				
	批 数				
	数据种类				
ε ₁ ^{cu} (με)	平均值				
	最小值				
	最大值				
	C.V. (%)				
	B基准值				
	分 布				
	C ₁				
	C ₂				
	试样数量				
	批 数				
数据种类					

注: (1) 基准值仅适用于A类和B类数据;

(2) 浸泡于71°C水中14天。

表6.2.2(f) 12面剪切性能 ($[\pm 45]_{ss}$)

材 料		S2-449 17k/SP381 单向带					
树脂含量		29-32%(重量)		复合材料密度		1.85-1.89g/cm ³	
纤维体积含量		48.8-51.6%		空 隙 率		0-0.74%	
单层厚度		0.081-0.094 mm (0.0032-0.0037 in)					
试验方法		SRM 7-88		模 量 计 算		1000-3000μE之间	
归一化		无					
温 度		23°C	-54°C	82°C	71°C		
平衡吸湿量(%),(T,RH)		环境湿度	环境湿度	环境湿度	湿 (2)		
来源编码		70	70	70	70		
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	136 (19.7)	177 (25.7)	103 (15.0)	76.5 (11.1)		
	最小值	130 (18.9)	170 (24.7)	96.5 (14.0)	73.8 (10.7)		
	最大值	140 (20.3)	181 (26.2)	107 (15.5)	82.1 (11.9)		
	C.V. (%)	2.18	1.85	2.67	3.43		
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)		
	分布	Weibull	Weibull	ANOVA	ANOVA		
	C_1	138 (20.0)	179 (25.9)	21.5 (0.452)	21.0 (0.442)		
	C_2	61.1	73.2	232 (4.88)	277 (5.83)		
	试样数量	16	16	16	14		
	批 数	3	3	3	3		
	数据种类	临时	临时	临时	筛选		
G_{12} GPa (Msi)	平均值	4.70 (0.681)	5.57 (0.808)	3.72 (0.539)	3.22 (0.467)		
	最小值	4.32 (0.627)	5.32 (0.772)	3.54 (0.513)	3.03 (0.440)		
	最大值	5.14 (0.745)	5.86 (0.850)	4.02 (0.583)	3.38 (0.490)		
	C.V. (%)	5.29	3.32	4.06	2.96		
	试样数量	9	9	10	10		
	批 数	2	2	2	2		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：(1) 基准值仅适用于A类和B类数据：

(2) 浸泡于71°C水中14天。

表6.2.2(g) 31面剪切性能 ($[0]_{30}$)

材 料	S2-449 17k/SP381 单向带					
树脂含量	27-35%(重量)		复合材料密度		1.85-1.94g/cm ³	
纤维体积含量	48.3-55.2%		空 隙 率		0.0-0.12%	
单层厚度	0.074-0.089 mm (0.0029-0.0035 in)					
试验方法	SRM 8-88		模 量 计 算			
归一化	无					
温 度	23°C	-54°C	82°C	71°C		
平衡吸湿量(%),(T,RH)	环境湿度	环境湿度	环境湿度	湿 (2)		
来源编码	70	70	70	70		
F_{31}^{abs} MPa (ksi)	平均值	86.9 (12.6)	103 (14.9)	65.5 (9.5)	52.4 (7.6)	
	最小值	80.0 (11.6)	90.3 (13.1)	62.8 (9.1)	48.3 (7.0)	
	最大值	94.5 (13.7)	116 (16.8)	67.6 (9.8)	60.0 (8.7)	
	C.V. (%)	4.64	6.89	2.2	7.1	
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	
	分布	ANOVA	Weibull	正态	ANOVA	
	C ₁	29.2 (0.613)	106 (15.4)	65.5 (9.5)	30.0 (0.63)	
	C ₂	132 (2.77)	17.1	1.45 (0.21)	247 (5.2)	
	试样数量	32	14	17	18	
	批 数	5	2	3	3	
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选	

注: (1) 只批准了用于筛选数据种类的短架强度试验数据;

(2) 浸泡于71°C水中14天。

表6.2.2(h) 31面剪切性能 (I0I30)

材 料		S2-449 17k/SP381 单向带					
树脂含量		27-30%(重量)		复合材料密度		1.92-1.94g/cm ³	
纤维体积含量		50.1-51.6%		空 隙 率		0.0-0.12%	
单层厚度		0.084-0.094 mm (0.0033-0.0037 in)					
试验方法		SRM 8-88		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		23°C	23°C	23°C	23°C		
平衡吸湿量(%).(T,RH)		(2)	(3)	(4)	(5)		
来源编码		70	70	70	70		
F_{31}^{sbs} MPa (ksi)	平均值	82.8 (12.0)	85.5 (12.4)	86.9 (12.6)	83.4 (12.1)		
	最小值	73.8 (10.7)	75.2 (10.9)	77.9 (11.3)	72.4 (10.5)		
	最大值	89.7 (13.0)	92.4 (13.4)	93.1 (13.5)	88.3 (12.8)		
	C.V. (%)	5.20	5.81	4.44	5.22		
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)		
	分布	Weibull	Weibull	Weibull	ANOVA		
	C ₁	84.8 (12.3)	87.6 (12.7)	89.0 (12.9)	32.5 (0.683)		
	C ₂	24.0	21.9	27.8	465 (9.78)		
	试样数量	12	14	14	14		
	批 数	2	2	2	2		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：(1) 只批准了用于筛选数据种类的短梁强度试验数据；
(2) 浸泡于0°C MIL-A-8243 防冻液中30天；
(3) 浸泡于71°C MIL-H-83282 液压油中90天，MIL-H-83282于1997年9月30日更改为MIL-PRF-83282；
(4) 浸泡于71°C MIL-H-5606 液压油中90天；
(5) 浸泡于24°C MIL-T-5624 燃油中90天，MIL-T-5624于1996年11月22日更改为MIL-PRF-5624。

表6.2.2(i) 31面剪切性能 ($[0]_{30}$)

材 料		S2-449 17k/SP381 单向带					
树脂含量		27-30%(重量)		复合材料密度		1.92-1.94g/cm ³	
纤维体积含量		50.1-51.6%		空 隙 率		0.0-0.12%	
单层厚度		0.084-0.094 mm (0.0033-0.0037 in)					
试验方法		SRM 8-88		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		23°C	23°C	23°C	23°C		
平衡吸湿量(%),(T,RH)		(2)	(3)	(4)	(5)		
来源编码		70	70	70	70		
F_{31}^{sts} MPa (ksi)	平均值	86.9 (12.6)	86.9 (12.6)	81.4 (11.8)	82.1 (11.9)		
	最小值	71.0 (10.3)	80.0 (11.6)	76.5 (11.1)	70.3 (10.2)		
	最大值	93.1 (13.5)	93.8 (13.6)	85.5 (12.4)	89.0 (12.9)		
	C.V. (%)	6.49	3.86	3.79	6.19		
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)		
	分布	Weibull	Weibull	Weibull	Weibull		
	C ₁	89.0 (12.9)	88.3 (12.8)	82.8 (12.0)	84.1 (12.2)		
	C ₂	23.1	26.6	32.8	21.5		
	试样数量	14	14	13	13		
	批 数	2	2	2	2		
	数据种类	筛选	筛选	筛选	筛选		

注：(1) 只批准了用于筛选数据种类的矩架强度试验数据：

- (2) 浸泡于71°C MIL-L-23699 润滑油中90天，MIL-L-23699于1997年5月21日更改为MIL-PRF-23699；
- (3) 浸泡于71°C MIL-L-7808 润滑油中90天，MIL-L-7808于1997年5月2日更改为MIL-PRF-7808；
- (4) 浸泡于24°C MIL-C-87936 清洗液中7天，MIL-C-87936于1995年3月1日取消被MIL-C-87937替代。MIL-C-87937于1997年8月14日更改为MIL-PRF-87937；
- (5) 浸泡于24°C ASTM D 740 丁酮 (MEK) 中7天。

表6.2.2(j) x轴拉伸性能 ([±45/0/±45]_{2S})

材 料		S2-449 17k/SP381 单向带					
树脂含量		29-32%(重量)		复合材料密度		1.88-1.89g/cm ³	
纤维体积含量		50.1-51.6%		空 隙 率		0.0-0.74%	
单层厚度		0.086-0.091 mm (0.0034-0.0036 in)					
试验方法		SRM 4-88		模 量 计 算		1000-3000μe之间	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%(单层厚度0.089 mm)					
温 度		23°C					
平衡吸湿量(%)(T,RH)		环境湿度					
来源编码		70					
		归一化的	测量的				
F_x^m MPa (ksi)	平均值	481 (69.7)	492 (71.4)				
	最小值	470 (68.1)	481 (69.8)				
	最大值	500 (72.5)	510 (73.9)				
	C.V. (%)	1.78	1.92				
	B基准值	(1)	(1)				
	分 布	正态	Weibull				
	C ₁	481 (69.7)	497 (72.1)				
	C ₂	8.55 (1.24)	55.0				
	试样数量	10					
	批 数	2					
数据种类		筛选					
E_x^I GPa (Msi)	平均值	20.0 (2.90)	20.5 (2.97)				
	最小值	19.3 (2.80)	19.7 (2.85)				
	最大值	20.4 (2.96)	21.2 (3.08)				
	C.V. (%)	1.86	2.30				
	试样数量	10					
	批 数	2					
	数据种类	筛选					
V_{xy}^I	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_x^m (μe)	平均值		24100				
	最小值		23300				
	最大值		25200				
	C.V. (%)		2.49				
	B基准值		(1)				
	分 布		Weibull				
	C ₁		24400				
	C ₂		40.9				
	试样数量	10					
	批 数	2					
数据种类		筛选					

注：(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表6.2.2(k) y轴拉伸性能 ($[\pm 45/90/\pm 45]_{25}$)

材 料		S2-449 17K/SP381 单向带			
树脂含量	30-32%(重量)		复合材料密度	1.87-1.88g/cm ³	
纤维体积含量	50.1%		空 隙 率	0.0-0.60%	
单层厚度	0.089-0.091 mm (0.0035-0.0036 in)				
试验方法	SRM 4-88		模 量 计 算	1000-3000με之间	
归一化	试样厚度和批内纤维面积重量达到50%(单层厚度0.089 mm)				
温 度		23°C			
平衡吸湿量(%)(T,RH)		环境湿度			
来源编码		70			
		归一化的	测量的		
F_y^{tu} MPa (ksi)	平均值	250 (36.2)	252 (36.6)		
	最小值	243 (35.3)	247 (35.8)		
	最大值	256 (37.1)	259 (37.6)		
	C.V. (%)	1.77	1.77		
	B基准值	(1)	(1)		
	分 布	ANOVA	ANOVA		
	C ₁	38.7 (0.813)	35.9 (0.755)		
	C ₂	885 (18.6)	704 (14.8)		
	试样数量	10			
	批 数	2			
数据种类		筛选			
E_y^t GPa (Msi)	平均值	15.2 (2.21)	15.4 (2.24)		
	最小值	14.8 (2.14)	15.0 (2.17)		
	最大值	15.7 (2.28)	15.9 (2.31)		
	C.V. (%)	1.88	2.01		
	试样数量	10			
	批 数	2			
	数据种类	筛选			
ν_{yx}^t	平均值				
	试样数量				
	批 数				
	数据种类				
ϵ_y^{tu} (με)	平均值		16400		
	最小值		15600		
	最大值		16800		
	C.V. (%)		2.40		
	B基准值		(1)		
	分 布		Weibull		
	C ₁		16500		
	C ₂		58.7		
	试样数量	10			
	批 数	2			
数据种类		筛选			

注: (1) 只对A类和B类数据给出基准值。

6.2.3 7781G 816/PR381 平纹机织物

材料描述:

- 材 料: 7781 E-玻璃纤维/3M PR381
- 形 式: 纤维面积重量为 300g/m², 固化后树脂含量为 32%-38%, 固化后
单层厚度为 0.229-0.267 mm(0.009-0.0105)
- 固化工艺: 热压罐固化: 127°C(260°F), 0.345 MPa(50 psi), 2 小时

供应商提供的数据:

- 纤 维: 连续 E 玻璃纤维, 拉伸模量为 69.0 GPa(10×10⁶ psi), 拉伸强度为
3448 MPa (500 000 psi)。
- 树 脂: PR381 是一种 121°C(250°F)固化环氧树脂, 其性能与常用的 177°C
(350°F)固化树脂体系相近, 在 24°C(75°F)条件下放置 30 天仍能保持
轻微的黏性。
- 最大短期使用温度: 104°C(220°F) (干态), 71°C(160°F) (湿态)
- 应 用: 应用于对疲劳和强度有较高要求的主承力和次承力结构, 如直升机
和普通航空结构。

材 料:	7781G 816/PR381 平纹机织物				
形 式:	3M SP 381/7781 E-玻璃纤维织物预浸带, 2.24 支纱/mm(57 支纱/in)(经向), 2.13 支纱/mm(54 支纱/in)(纬向)				
纤 维:	Clark-Schwebel 7781 E 玻璃纤维织物, MIL-C-9084 类 VIII B, DE-75 纱 1/0.0 加捻, 无表面处理, 558 涂料		树 脂:	3M PR 381	
T _g (干态):	139°C	T _g (湿态):	107°C	T _g 测量方法:	SRM 18 DMA E'拐点
固化工艺:	热压罐固化: 127°C, 0.345 MPa, 100 分钟				

纤维制造日期:	11/92-7/95	试验日期:	3/93-4/96
树脂制造日期:	12/92-3/96	数据提交日期:	6/96
预浸料制造日期:	12/92-3/96	分析日期:	8/97
复合材料制造日期:	3/93-4/96		

单向板性能

	23°C/A		104°C/A					
1 轴拉伸	II-I		SS-S					
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩								
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S—							
弯曲	I—		S—					

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

包括8种液体浸泡的 F_{max} 数据。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	2.60		ASTM C 693
树脂密度 (g/cm ³)			ASTM D 792
复合材料密度 (g/cm ³)	1.85	1.75-2.04	ASTM D 792
纤维面积重量 (g/m ²)	300	288-297	SRM 23B
纤维体积含量 (%)	48	43.0-50.9	SRM 10
单层厚度 (mm)	0.251	0.221-0.264	

层压板性能

注：强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为：A——A75，a——A55，B——B30，b——B18，M——平均值，I——临时，S——筛选，———无数据（见表1.4.2(c)）。

表6.2.3(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_s$)

材 料		7781G 816/PR381平纹机织物					
树脂含量		34-36%(重量)		复合材料密度		1.75-1.97g/cm ³	
纤维体积含量		43.0-48.4%		空 隙 率			
单层厚度		0.231-0.264 mm (0.0091-0.0104 in)					
试验方法		SRM 4-88 (1)		模 量 计 算		1000-6000μe之间	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%(单层厚度0.231 mm)					
温 度		23°C		104°C			
平衡吸湿量(%)(T,RH)		环境湿度		环境湿度			
来源编码		72		72			
		归一化的		测量的			
		测量的		归一化的			
F ₁ ^u MPa (ksi)	平均值	517 (74.9)	489 (70.9)	492 (71.3)	465 (67.5)		
	最小值	485 (70.4)	434 (62.9)	462 (67.0)	417 (60.5)		
	最大值	549 (79.6)	537 (77.8)	534 (77.4)	513 (74.4)		
	C.V. (%)	3.66	7.07	4.02	5.89		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分 布	ANOVA	ANOVA	Weibull	ANOVA		
	C ₁	138 (2.90)	255 (5.37)	501 (72.7)	201 (4.22)		
	C ₂	147 (3.10)	155 (3.26)	24.9	164 (3.45)		
	试样数量	16		13			
	批 数	5		4			
数据种类		临时		筛选			
E ₁ ^t GPa (Msi)	平均值	26.4 (3.83)	25.1 (3.64)	25.1 (3.64)	23.7 (3.44)		
	最小值	25.5 (3.70)	23.2 (3.37)	23.8 (3.45)	22.3 (3.24)		
	最大值	27.4 (3.97)	27.3 (3.96)	25.9 (3.75)	26.0 (3.77)		
	C.V. (%)	2.63	4.51	2.78	5.40		
	试样数量	15		13			
	批 数	5		4			
	数据种类	临时		筛选			
V ₁₂ ^t	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ε ₁ ^u (μe)	平均值		17800		19600		
	最小值		15200		18400		
	最大值		19600		21100		
	C.V. (%)		6.23		4.01		
	B基准值		(2)		(2)		
	分 布		ANOVA		Weibull		
	C ₁		1310		20000		
	C ₂		3.32		25.7		
	试样数量	15		13			
	批 数	5		4			
数据种类		临时		筛选			

注：(1) 根据SRM 4R-94 对3批试验数据进行模量计算；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表6.2.3(b) 13面剪切性能 ($[0]_{ss}$)

材 料		7781G 816/PR381平纹机织物					
树脂含量	34-36%(重量)	复合材料密度	1.76-2.04g/cm ³				
纤维体积含量	43.0-50.9%	空 隙 率					
单层厚度	0.224-0.262 mm (0.0088-0.0103 in)						
试验方法	SRM 8-88 (1)	模 量 计 算					
归一化	无						
温 度	23°C						
平衡吸湿量(%),(T,RH)	环境湿度						
来源编码	72						
F_{13}^{ss} MPa (ksi)	平均值	71.7 (10.4)					
	最小值	66.2 (9.6)					
	最大值	79.3 (11.5)					
	C.V. (%)	4.8					
	B基准值	(2)					
	分布	ANOVA					
	C ₁	25.2 (0.53)					
	C ₂	152 (3.2)					
	试样数量	22					
	批 数	5					
数据种类	筛选						

注：(1) 根据SRM 8R-94 进行了3批试验；

(2) 只批准了用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

表6.2.3(c) 弯曲性能 ([0]_{ss})

材 料	7781G 816/PR381平纹机织物						
树脂含量	34-36%(重量)		复合材料密度		1.76-1.97g/cm ³		
纤维体积含量	43.4-48.7%		空 隙 率				
单层厚度	0.231-0.262 mm (0.0091-0.0103 in)						
试验方法	ASTM D 790 方法1		模 量 计 算				
归一化	无						
温 度	23°C	104°C					
平衡吸湿量(%),(T,RH)	环境湿度	环境湿度					
来源编码	72	72					
F_{13}^{sb} MPa (ksi)	平均值	752 (109)	643 (93.2)				
	最小值	650 (94.2)	575 (83.4)				
	最大值	834 (121)	717 (104)				
	C.V. (%)	7.52	8.15				
	B基准值	(1)	(1)				
	分布	ANOVA	ANOVA				
	C ₁	424 (8.92)	402 (8.45)				
	C ₂	158 (3.33)	196 (4.13)				
	试样数量	21	14				
	批 数	5	4				
数据种类	临时	筛选					

注：(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

6.2.4 E-玻璃 7781/EA9396 8 综缎机织物*

材料描述:

材 料: E7781/EA9396

形 式: 7781 类 8 综缎机织物, 纤维面积重量为 295g/m^2 , 干织物在湿铺贴过程中浸渍, 固化后树脂含量为 25.9%-30.4%, 固化后单层厚度为 0.203 mm(0.008 in)

固化工艺: 真空袋固化: $93^\circ\text{C}(200^\circ\text{F})$, 635 mm Hg, 45 分钟

供应商提供的数据:

纤 维: 采用 Hexcel F-16(Volan-A)浸润剂的连续 E-玻璃纤维织物, 拉伸模量为 $69.0\text{ GPa}(10\times 10^6\text{ psi})$, 拉伸强度为 $3\,448\text{ MPa}(500\,000\text{ psi})$ 。

树 脂: EA9396 是一种 $93^\circ\text{C}(200^\circ\text{F})$ 固化的增韧环氧树脂, 其湿热性能得到改进, 对 $0.454\text{kg}(1\text{ lb})$ 重批料, 其罐装寿命为 75 分钟。该树脂是含有两组分, 不充填的 EA9394。

最大短期使用温度: 从现有的数据无法确定, 但至少 $66^\circ\text{C}(150^\circ\text{F})$

应 用: 应用于飞机修理。

数据分析概要:

1. 材料试验时, 纤维体积含量高于修理时所采用的纤维含量。用于较低纤维体积含量时, 试验数据应该得到证实;
2. 玻没有给出璃化转变温度 (T_g) 值, 因为对纯树脂试验测定采用了非标准方法;
3. 玻璃纤维和涂料的组合使得湿态性能很低;
4. 与预期的相反, 经向拉伸强度和刚度均大于纬向性能;
5. 大多数的拉伸破坏发生于加强端部, 但是, 由于强度值与正确破坏模式相一致, 因此, 强度值也包含在本节中;
6. 各批之间的变异性很大, 但文档中没有说明原因;
7. 对下列性能的高端异常值被舍弃了:
 - 22°C 大气环境下的横向拉伸应变;
 - -54°C 大气环境和 22°C 湿态下的横向拉伸模量;
 - 22°C 湿态下的横向压缩模量。
8. 数据来源于公开出版的报告, 参考文献 4.2.27;
9. 试验方法日期的获得假设来源于试验日期, 而不是从其他日期来源得到。

表6.2.4(a) 1轴拉伸性能 ($[0]_s$)

材 料		E-玻璃 7781/EA9396 8综纺织物					
树脂含量		25.9-27.7%(重量)		复合材料密度		1.89-1.93g/cm ³	
纤维体积含量		54.1-55.8%		空 隙 率		3.7-5.4%	
单层厚度		0.216-0.218 mm (0.0085-0.0086 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		1000-3000μe之间	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%纤维体积含量(单层厚度0.216 mm)					
温 度		22°C		22°C			
平衡吸湿量(%)(T,RH)		环境湿度		(1) 60°C, 95%-100%RH			
来源编码		30		30			
		归一化的		测量的			
F ₁ ^u MPa (ksi)	平均值	333 (48.3)	357 (51.8)	108 (15.7)	113 (16.4)		
	最小值	314 (45.5)	331 (48.0)	92.4 (13.4)	93.8 (13.6)		
	最大值	373 (54.1)	399 (57.9)	117 (17.0)	126 (18.3)		
	C.V.(%)	4.77	5.17	6.44	7.74		
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)		
	分 布	非参数	正态	Weibull	Weibull		
	C ₁	8	357 (51.8)	111 (16.1)	117 (16.9)		
	C ₂	1.54	18.5 (2.68)	17.8	15.8		
	试样数量	15		15			
	批 数	3		3			
	数据种类	临时		临时			
E ₁ ^t GPa (Msi)	平均值	23.4 (3.39)	25.0 (3.62)	21.8 (3.16)	22.8 (3.30)		
	最小值	22.4 (3.25)	23.8 (3.45)	20.5 (2.97)	21.2 (3.07)		
	最大值	24.0 (3.48)	26.0 (3.77)	22.8 (3.30)	24.3 (3.52)		
	C.V.(%)	2.18	2.51	2.64	3.93		
	试样数量	15		15			
	批 数	3		3			
	数据种类	临时		临时			
ν ₁₂ ^t	平均值	0.115		0.084			
	试样数量	6		7			
	批 数	3		3			
	数据种类	筛选		筛选			
ε ₁ ^u (με)	平均值		17700		5100		
	最小值		16400		4260		
	最大值		21800		5850		
	C.V.(%)		7.72		8.83		
	B基准值		(2)		(2)		
	分 布		非参数		Weibull		
	C ₁		8		5290		
	C ₂		1.54		13.8		
	试样数量	15		15			
	批 数	3		3			
	数据种类	临时		临时			

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 重量未知；
- (2) 基准值仅适用于A类和B类数据；
- (3) 大部分破坏发生加强段，但是因为破坏模式是正确的，因此数据列入表中。

表6.2.4(b) 2轴拉伸性能 ($[0]_B$)

材 料		E-玻璃 7781/EA9396 8综缎机织物					
树脂含量		25.9-27.7%(重量)		复合材料密度		1.89-1.94g/cm ³	
纤维体积含量		54.0-56.5%		空 隙 率		3.7-5.4%	
单层厚度		0.216-0.218 mm (0.0085-0.0086 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		1000-3000μe之间	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%纤维体积含量(单层厚度0.216 mm)					
温 度		22°C		-54°C		93°C	
平衡吸湿量(%)(T,RH)		环境湿度		环境湿度		环境湿度	
来源编码		30		30		30	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_2^w MPa (ksi)	平均值	348 (50.5)	374 (54.3)	463 (67.2)	496 (71.9)	292 (42.4)	312 (45.2)
	最小值	311 (45.1)	334 (48.5)	391 (56.7)	408 (59.2)	244 (35.4)	255 (37.0)
	最大值	373 (54.1)	407 (59.0)	543 (78.7)	574 (83.2)	330 (47.9)	348 (50.5)
	C.V. (%)	5.96	6.14	8.62	9.03	6.42	6.80
	B基准值	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
	分 布	Weibull	Weibull	Weibull	ANOVA	Weibull	Weibull
	C ₁	357 (51.8)	384 (55.7)	481 (69.7)	3553 (74.7)	301 (43.6)	321 (46.5)
	C ₂	19.5	20.5	11.2	1750 (36.8)	15.4	18.3
	试样数量	15		15		15	
	批 数	3		3		3	
数据种类	临时		临时		临时		
E_2^t GPa (Msi)	平均值	23.5 (3.41)	25.3 (3.67)	26.8 (3.89)	28.6 (4.15)	22.8 (3.31)	24.3 (3.53)
	最小值	22.4 (3.25)	23.3 (3.38)	25.8 (3.74)	27.4 (3.97)	22.0 (3.19)	23.2 (3.36)
	最大值	26.3 (3.82)	28.6 (4.15)	27.3 (3.96)	29.7 (4.30)	24.0 (3.48)	25.4 (3.68)
	C.V. (%)	5.39	6.11	1.63	2.68	2.50	2.79
	试样数量	15		14		15	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	临时		临时		临时	
V_{21}^t	平均值	0.127		0.157		0.101	
	试样数量	6		7		6	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ϵ_2^w (μe)	平均值		18200		24000		14400
	最小值		15400		20500		9750
	最大值		20300		26200		16500
	C.V. (%)		8.37		7.76		11.6
	B基准值		(1)		(1)		(1)
	分 布		Weibull		正态		Weibull
	C ₁		18900		24000		15000
	C ₂		15.7		1870		13.0
	试样数量	14		7		15	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表6.2.4(c) 2轴拉伸性能 ($[0]_B$)

材 料		E-玻璃 7781/EA9396 8综缎机织物					
树脂含量		25.9-27.7%(重量)		复合材料密度		1.89-1.94g/cm ³	
纤维体积含量		54.0-56.5%		空 隙 率		3.7-5.4%	
单层厚度		0.216-0.218 mm (0.0085-0.0086 in)					
试验方法		ASTM D 3039-76		模 量 计 算		1000-3000μe之间	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%纤维体积含量(单层厚度0.216 mm)					
温 度		-54°C		22°C		93°C	
平衡吸湿量(%)(T,RH)		(1) 60°C, 95%-100%RH		(1) 60°C, 95%-100%RH		(1) 60°C, 95%-100%RH	
来源编码		30		30		30	
		归一化的	测量的	归一化的	测量的	归一化的	测量的
F_2^w MPa (ksi)	平均值	136 (19.7)	146 (21.2)	112 (16.3)	121 (17.5)	86.9 (12.6)	93.1 (13.5)
	最小值	993 (14.4)	107 (15.5)	101 (14.6)	108 (15.7)	77.2 (11.2)	82.1 (11.9)
	最大值	159 (23.0)	174 (25.2)	130 (18.8)	141 (20.4)	98.6 (14.3)	110 (15.9)
	C.V. (%)	10.9	12.3	8.11	8.42	6.17	7.04
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	分 布	Weibull	Weibull	ANOVA	ANOVA	Weibull	Weibull
	C ₁	141 (20.5)	154 (22.3)	68.5 (1.44)	75.6 (1.59)	89.7 (13.0)	93.1 (13.5)
	C ₂	10.5	10.1	193 (4.06)	208 (4.37)	14.3	0.953
	试样数量	15		15		15	
	批 数	3		3		3	
数据种类	临时		临时		临时		
E_2^t GPa (Msi)	平均值	24.4 (3.54)	26.3 (3.81)	20.8 (3.01)	22.2 (3.22)	19.4 (2.81)	20.8 (3.01)
	最小值	22.9 (3.32)	23.9 (3.47)	19.9 (2.89)	21.3 (3.09)	16.8 (2.44)	17.8 (2.58)
	最大值	25.8 (3.74)	27.8 (4.03)	21.4 (3.11)	23.2 (3.36)	24.3 (3.52)	25.3 (3.67)
	C.V. (%)	2.97	3.65	1.96	2.47	11.7	11.5
	试样数量	15		13		15	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	临时		临时		临时	
V_{21}^t	平均值	0.135		0.066		0.079	
	试样数量	6		6		6	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	筛选		筛选		筛选	
ϵ_2^w (μe)	平均值		6240		5420		4470
	最小值		4000		3040		3360
	最大值		7300		6510		4900
	C.V. (%)		14.2		19.2		10.6
	B基准值		(2)		(2)		(2)
	分 布		ANOVA		ANOVA		非参数
	C ₁		936		1120		8
	C ₂		3.88		4.58		1.54
	试样数量	15		15		15	
	批 数	3		3		3	
	数据种类	临时		临时		临时	

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 重量未知；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表6.2.4(d) 1轴压缩性能 ($[0]_{16}$)

材 料		E-玻璃 7781/EA9396 8综绉机织物					
树脂含量		27.6-30.4%(重量)		复合材料密度		1.89-1.94g/cm ³	
纤维体积含量		54.1-55.8%		空 隙 率		3.7-5.4%	
单层厚度		0.216-0.218 mm (0.0085-0.0086 in)					
试验方法		ASTM D 3410B-87		模 量 计 算		1000-3000μe之间	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%纤维体积含量(单层厚度0.216 mm)					
温 度		22°C		22°C			
平衡吸湿量(%)(T,RH)		环境湿度		1.68-2.33 (1)			
来源编码		30		30			
		归一化的	测量的	归一化的	测量的		
F_1^{cu} MPa (ksi)	平均值	320 (46.4)	342 (49.6)	140 (20.3)	145 (21.0)		
	最小值	283 (41.1)	303 (43.9)	77.2 (11.2)	75.9 (11.0)		
	最大值	353 (51.2)	383 (55.5)	181 (26.3)	186 (27.0)		
	C.V. (%)	5.96	5.84	27.6	27.8		
	B基准值	(2)		(2)	(2)		
	分 布	Weibull		Weibull	ANOVA		
	C ₁	328 (47.6)	352 (51.0)	44.1 (6.40)	2202 (6.71)		
	C ₂	17.5	18.5	4.91	270 (5.67)		
	试样数量	15		15			
	批 数	3		3			
数据种类		临时		临时			
E_1^c GPa (Msi)	平均值	23.8 (3.45)	25.4 (3.68)	21.1 (3.06)	21.9 (3.18)		
	最小值	20.4 (2.96)	21.9 (3.17)	17.7 (2.56)	17.7 (2.56)		
	最大值	26.6 (3.86)	28.3 (4.11)	26.0 (3.77)	26.6 (3.85)		
	C.V. (%)	6.24	5.98	10.1	10.1		
	试样数量	15		15			
	批 数	3		3			
	数据种类	临时		临时			
V_{12}^c	平均值						
	试样数量						
	批 数						
	数据种类						
ϵ_1^{cu} (μe)	平均值		14700		7160		
	最小值		11700		4160		
	最大值		19600		10600		
	C.V. (%)		12.8		27.3		
	B基准值		(2)		(2)		
	分 布		ANOVA		ANOVA		
	C ₁		3.25		4.72		
	C ₂		1940		2130		
	试样数量		15		15		
	批 数		3		3		
数据种类		临时		临时			

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

- (1) 放置于60°C, 95%-100%RH环境下68-180天；
- (2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表6.2.4(e) 2轴压缩性能 ($\{0_r\}_{16}$)

材 料		E-玻璃 7781/EA9396 8综缎机织物							
树脂含量		27.6-30.4%(重量)		复合材料密度		1.89-1.93g/cm ³			
纤维体积含量		51.2-53.8%		空 隙 率		4.0-5.0%			
单层厚度		0.211-0.216 mm (0.0083-0.0085 in)							
试验方法		ASTM D 3410B-87		模 量 计 算		1000-3000μE之间			
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%纤维体积含量(单层厚度0.216 mm)							
温 度		22°C		-54°C		93°C			
平衡吸湿量(%)(T,RH)		环境湿度		环境湿度		环境湿度			
来源编码		30		30		30			
		归一化的		测量的		归一化的		测量的	
F_2^{cu} MPa (ksi)	平均值	260 (37.7)	281 (40.8)	408 (59.2)	440 (63.8)	186 (26.9)	200 (29.0)		
	最小值	223 (32.4)	243 (35.3)	350 (50.8)	385 (55.8)	141 (20.4)	161 (23.4)		
	最大值	296 (42.9)	317 (46.0)	475 (68.9)	507 (73.5)	237 (34.4)	257 (37.2)		
	C.V. (%)	8.72	7.60	9.72	9.58	16.1	15.1		
	B基准值	(1)		(1)		(1)			
	分 布	Weibull		ANOVA		ANOVA			
	C ₁	270 (39.2)	292 (42.3)	311 (6.54)	1750 (5.33)	241 (5.07)	273 (5.75)		
	C ₂	11.6	15.1	229 (4.81)	327 (6.87)	238 (5.00)	245 (5.16)		
	试样数量	15		15		12			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	临时		临时		筛选			
E_2^c GPa (Msi)	平均值	23.2 (3.37)	25.2 (3.66)	26.8 (3.89)	28.8 (4.18)	22.3 (3.23)	24.1 (3.49)		
	最小值	20.3 (2.94)	21.6 (3.13)	23.3 (3.38)	25.0 (3.63)	19.4 (2.82)	20.6 (2.98)		
	最大值	24.9 (3.61)	27.1 (3.93)	28.8 (4.17)	31.4 (4.55)	24.4 (3.54)	26.4 (3.83)		
	C.V. (%)	6.04	6.70	5.79	5.84	7.64	7.23		
	试样数量	15		15		12			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	临时		临时		筛选			
V_{21}^c	平均值								
	试样数量								
	批 数								
	数据种类								
ϵ_2^{cu} (μE)	平均值		11900		16800		8650		
	最小值		9020		13400		6550		
	最大值		17800		20800		12400		
	C.V. (%)		20.1		11.8		19.5		
	B基准值		(1)		(1)		(1)		
	分 布		Weibull		ANOVA		Weibull		
	C ₁		12900		5.06		9340		
	C ₂		5.04		2200		5.42		
	试样数量	15		15		12			
	批 数	3		3		3			
	数据种类	临时		临时		筛选			

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只对A类和B类数据给出基准值。

表6.2.4(f) 2轴压缩性能 ($[0]_{16}$)

材 料		E-玻璃 7781/EA9396 8综缎机织物					
树脂含量		27.6-30.4%(重量)		复合材料密度		1.89-1.93g/cm ³	
纤维体积含量		51.2-53.8%		空 隙 率		4.0-5.0%	
单层厚度		0.211-0.216 mm (0.0083-0.0085 in)					
试验方法		ASTM D 3410B-87		模 量 计 算		1000-3000μe之间	
归一化		试样厚度和批内纤维面积重量达到50%纤维体积含量(单层厚度0.216 mm)					
温 度		-54°C		22°C		93°C	
平衡吸湿量(%)(T,RH)		1.48-2.33 (1)		1.48-2.33 (1)		1.48-2.33 (1)	
来源编码		30		30		30	
		归一化的		测量的		归一化的	
		测量的		测量的		测量的	
F ₂ ^{cu} MPa (ksi)	平均值	300 (43.5)	321 (46.5)	152 (22.0)	163 (23.6)	92.4 (13.4)	97.9 (14.2)
	最小值	251 (36.4)	266 (38.6)	116 (16.8)	130 (18.9)	77.9 (11.3)	81.4 (11.8)
	最大值	362 (52.5)	387 (56.1)	182 (26.4)	191 (27.7)	119 (17.2)	126 (18.3)
	C.V. (%)	9.58	10.0	13.3	12.8	14.8	14.8
	B基准值	(2)		(2)		13.0 (1.88)	12.7 (1.84)
	分 布	Weibull		ANOVA		ANOVA	
	C ₁	313 (45.4)	335 (48.6)	166 (3.50)	728 (15.3)	112 (2.36)	235 (4.95)
	C ₂	9.65	10.9	66.1 (1.39)	169 (3.56)	205 (4.31)	118 (2.49)
	试样数量	15		10		18	
	批 数	3		2		3	
E ₂ ^c GPa (Msi)	数据种类	临时		筛选		筛选	
	平均值	26.3 (3.81)	28.1 (4.07)	21.4 (3.11)	23.0 (3.34)	20.1 (2.91)	21.2 (3.08)
	最小值	22.9 (3.32)	23.5 (3.41)	20.4 (2.96)	22.3 (3.23)	15.5 (2.25)	16.0 (2.32)
	最大值	28.7 (4.16)	30.8 (4.46)	22.4 (3.25)	24.1 (3.49)	25.7 (3.73)	27.0 (3.92)
	C.V. (%)	6.22	6.76	3.40	2.40	13.6	13.8
	试样数量	15		9		18	
	批 数	3		2		3	
V ₂₁ ^c	数据种类	临时		筛选		筛选	
	平均值						
	试样数量						
	批 数						
ε ₂ ^{cu} (μe)	数据种类						
	平均值		12400		7800		4540
	最小值		9890		4570		2880
	最大值		15700		9310		6890
	C.V. (%)		13.3		18.8		22.9
	B基准值		(2)		(2)		(2)
	分 布		Weibull		Weibull		Weibull
	C ₁		13100		8330		4950
	C ₂		8.42		7.91		4.68
	试样数量	15		10		18	
	批 数	3		2		3	
	数据种类	临时		筛选		筛选	

注：对于该材料，目前所要求的所有文档都没有提供。

(1) 放置于60°C, 95%-100%RH环境下68-180天；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

表6.2.4(g) 12面剪切性能 $([(\pm 45)]_s)$

材 料		E-玻璃 7781/EA9396 8综缎机织物					
树脂含量		25.0-27.7%(重量)		复合材料密度		1.92g/cm ³	
纤维体积含量		54.2-56.9%		空 隙 率		3.6-5.7%	
单层厚度		0.211-0.216 mm (0.0083-0.0085 in)					
试验方法		ASTM D 3518-76		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		22°C	-54°C	93°C	-54°C	22°C	93°C
平衡吸湿量(%),(T,RH)		环境湿度	环境湿度	环境湿度	1.52-2.32 (1)	1.52-2.32 (1)	1.52-2.32 (1)
来源编码		30	30	30	30	30	30
F_{12}^{su} MPa (ksi)	平均值	79.3 (11.5)	117 (16.9)	49.0 (7.11)	58.8 (8.52)	37.9 (5.49)	18.8 (2.73)
	最小值	65.2 (9.45)	90.3 (13.1)	31.7 (4.59)	46.5 (6.74)	28.7 (4.16)	15.0 (2.17)
	最大值	93.1 (13.5)	140 (20.3)	65.9 (9.56)	73.8 (10.7)	44.4 (6.44)	23.6 (3.42)
	C.V. (%)	9.20	14.1	15.8	13.3	11.9	12.9
	B基准值	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	分布	Weibull	Weibull	Weibull	Weibull	Weibull	Weibull
	C ₁	82.8 (12.0)	123 (17.9)	52.3 (7.59)	62.1 (9.01)	39.7 (5.76)	19.9 (2.89)
	C ₂	11.8	8.15	6.77	8.08	11.0	8.60
	试样数量	23	18	19	18	18	17
	批 数	3	3	3	3	3	3
	数据种类	临时	临时	临时	临时	临时	临时
G_{12} GPa (Msi)	平均值	5.23 (0.758)	7.10 (1.03)	3.16 (0.458)	5.93 (0.860)	3.38 (0.490)	1.67 (0.242)
	最小值	4.31 (0.625)	6.21 (0.901)	1.99 (0.289)	4.30 (0.624)	2.32 (0.336)	1.01 (0.146)
	最大值	6.40 (0.928)	8.90 (1.29)	3.79 (0.549)	6.73 (0.976)	4.59 (0.666)	3.01 (0.436)
	C.V. (%)	11.3	10.5	12.9	11.6	16.7	33.0
	试样数量	22	18	19	16	18	17
	批 数	3	3	3	3	3	3
	数据种类	临时	临时	临时	临时	临时	临时

注：对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 放置于60°C, 95%-100%RH环境下111-117天；

(2) 只对A类和B类数据给出基准值。

- 6.3 玻璃/聚酯复合材料
- 6.4 玻璃/双马复合材料
- 6.5 玻璃/聚酰亚胺复合材料
- 6.6 玻璃/酚醛复合材料
- 6.7 玻璃/硅复合材料
- 6.8 玻璃/聚苯并咪唑复合材料
- 6.9 玻璃/PEEK 复合材料

第 7 章 硼纤维复合材料

7.1 引言

7.2 硼-环氧复合材料

7.3 硼-聚酯复合材料

7.4 硼-双马复合材料

7.5 硼-聚酰亚胺复合材料

7.6 硼-酚醛复合材料

7.7 硼-硅复合材料

7.8 硼-聚苯并咪唑复合材料

7.9 硼-PEEK 复合材料

第 8 章 氧化铝纤维复合材料

- 8.1 引言
- 8.2 氧化铝-环氧复合材料
- 8.3 氧化铝-聚酯复合材料
- 8.4 氧化铝-双马复合材料
- 8.5 氧化铝-聚酰亚胺复合材料
- 8.6 氧化铝-酚醛复合材料
- 8.7 氧化铝-硅复合材料
- 8.8 氧化铝-聚苯并咪唑复合材料
- 8.9 氧化铝-PEEK 复合材料

第9章 碳化硅纤维复合材料

9.1 引言

9.2 碳化硅-环氧复合材料

9.3 碳化硅-聚酯复合材料

9.4 碳化硅-双马复合材料

9.5 碳化硅-聚酰亚胺复合材料

9.6 碳化硅-酚醛复合材料

9.7 碳化硅-硅复合材料

9.8 碳化硅-聚苯并咪唑复合材料

9.9 碳化硅-PEEK 复合材料

第 10 章 石英纤维复合材料

10.1 引言

10.2 石英-环氧复合材料

10.3 石英-聚酯复合材料

10.4 石英-双马复合材料

10.4.1 航天石英-II/F650 8 综缎机织物*

材料描述:

- 材 料: 航天石英-II/F650
- 形 式: 8 综缎机织物, 纤维面积重量为 285g/m², 固化后树脂含量为 37%, 固化后单层厚度为 0.254 mm(0.010 in)
- 固化工艺: 热压罐固化; 191°C(375°F), 0.586 MPa(85 psi), 4 小时; 后处理: 246°C (475°F), 4 小时

供应商提供的数据:

- 纤 维: 航天石英 II 是一种连续的高强度、低模量陶瓷纤维(由纯的熔合硅土制成), 拉伸模量为 69.0 GPa(10×10⁶ psi), 拉伸强度为 3 448MPa (550 000 psi)。
- 树 脂: F650 是一种 177°C(350°F)固化的双马树脂, 在 21°C(70°F)下存放数周仍可维持一定的黏性。
- 最大短期使用温度: 260°C(500°F)(干态), 177°C(350°F)(湿态)
- 应 用: 主承力和次承力结构, 防火结构, 雷达罩或其他要求高强度和/或电性能的结构。

材 料:	航天石英-II/F650 8 综缎机织物				
形 式:	Hexcel AQII581/ F650 8 综缎机织物预浸带				
纤 维:	J.P. Stevens 航天石英-II			树 脂:	Hexcel F650
T _g (干态):	316°C(600°F)	T _g (湿态):		T _g 测量方法:	
固化工艺:	真空袋固化; 191°C(375°F), 0.586 MPa(85 psi), 4 小时; 后处理: 246°C(475°F), 4 小时				

注: 该数据是在数据文档要求确定(1989年6月)以前提供的, 对于该材料, 目前所要求的所有文档均没有提供。

纤维制造日期:	试验日期:
树脂制造日期:	数据提交日期: 4/89
预浸料制造日期:	分析日期: 1/93
复合材料制造日期:	

单向板性能

	24°C/A		232°C/A					
1 轴拉伸								
2 轴拉伸								
3 轴拉伸								
1 轴压缩								
2 轴压缩								
3 轴压缩								
12 面剪切								
23 面剪切								
31 面剪切								
31 面 SB 强度	S—		S—					

注: 强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为: A——A75, a——A55, B——B30, b——B18, M——平均值, I——临时, S——筛选, ————无数据 (见表1.4.2(c))。

	名义值	提交值	试验方法
纤维密度 (g/cm ³)	2.17		
树脂密度 (g/cm ³)	1.27		
复合材料密度 (g/cm ³)	1.78	1.73	
纤维面积重量 (g/m ²)	285		
纤维体积含量 (%)	57	51	
单层厚度 (mm)	0.254	0.254	

层压板性能

注: 强度/模量/泊松比/破坏应变的数据种类为: A——A75, a——A55, B——B30, b——B18, M——平均值, I——临时, S——筛选, ————无数据 (见表1.4.2(c))。

表10.4.1(a) 31面剪切性能 ($[0]_{12}$)

材 料		航天石英-II/F650 8 综缎机织物					
树脂含量		37%(重量)		复合材料密度		1.73g/cm ³	
纤维体积含量		51%		空 隙 率			
单层厚度		0.254 mm (0.010 in)					
试验方法		ASTM D2344		模 量 计 算			
归一化		无					
温 度		24°C	232°C				
平衡吸湿量(%)(T,RH)		环境湿度	环境湿度				
来源编码		21	21				
F_{31}^{abs} MPa (ksi)	平均值	44.2 (6.41)	45.2 (6.56)				
	最小值	43.5 (6.31)	44.3 (6.43)				
	最大值	44.8 (6.50)	46.3 (6.72)				
	C.V. (%)	1.06	1.69				
	B基准值	(1)	(1)				
	分布	正态	正态				
	C ₁	44.2 (6.41)	45.2 (6.56)				
	C ₂	0.47 (0.068)	0.77 (0.111)				
	试样数量	5	5				
	批 数	1	1				
	数据种类	筛选	筛选				

注：该数据是在数据文档要求确定（1989年6月）以前提供的，对于该材料，目前所要求的所有文档均没有提供。

(1) 只批准了用于筛选数据种类的短梁强度试验数据。

- 10.5 石英-聚酰亚胺复合材料
- 10.6 石英-酚醛复合材料
- 10.7 石英-硅复合材料
- 10.8 石英-聚苯并咪唑复合材料
- 10.9 石英-PEEK 复合材料

附录 A MIL-HDBK-17A 数据

A1.1 概述

本附录列出了 1971 年 1 月的 MIL-HDBK-17A 中树脂基复合材料的数据。MIL-HDBK-17A 已经被取代, 因此, 本节列出的数据可供当前版本作参考, 但是, 这些数据不符合第一卷所规定的的数据要求。表 A1 给出了 MIL-HDBK-17A 中包含的材料体系, 共有 16 种材料, 其中 6 种材料还在继续使用, 有 5 种材料不再使用, 而其他 5 种材料的可用性不能确定。本附录列出了 6 种可用的材料的试验数据, 而当确定其他材料的数据有用时, 也可以增加进来。值得注意的是, Narmco 5505 已经得到了 AVCO 的许可证, 因此, 附录中用 AVCO 5505 来给出其数据。

表A1 MIL-HDBK-17A中的材料

有用的材料	U.S. Polymeric E-720E/7781 (ECDE-1/0-550)	玻璃纤维/环氧树脂
	Hexcel F-161/7743 (550)	玻璃纤维/环氧树脂-
	Hexcel F-161/77781 (ECDE-1/0-550)	玻璃纤维/环氧树脂
	Narmco N588/7781 (ECDE-1/0-550)	玻璃纤维/环氧树脂
	Narmco 506/7781 (ECDE-1/0-A1100)	玻璃纤维/环氧树脂
	AVCO 5505	碳纤维/环氧树脂
不再使用的材料	U.S. Polymeric E-779/7743 (Volan)	玻璃纤维/环氧树脂
	3M XP251S	玻璃纤维/环氧树脂
	U.S. Polymeric S-860/1581 (ECG-1/2-112)	酸碱度中性的玻璃纤维/硅烷
	U.S. Polymeric P670A/7781 (ECDE-1/0)	玻璃纤维/改性的 DAP 聚酯
	SP272	碳纤维/环氧树脂
使用性不确定的材料	Bloomington BP915/7781 (ECDE-1/0-550)	玻璃纤维/环氧树脂
	Bloomington BP911/7781 (ECDE-1/0 Volan)	玻璃纤维/环氧树脂
	Cordo E293/7781 (ECDE-1/0-550)	玻璃纤维/环氧树脂
	苯乙烯醇酸树脂聚酯/7781 玻璃纤维	
	Cordo IFRR/7781 (ECDE-1/0)	玻璃纤维/改性的 DAP 聚酯

本附录中的表号和图号与 MIL-HDBK-17A 类似, 章的编号由第 4 章变为 A1, 但其余的图号和表号没有改变, 例如, 表 A1.40 与 MIL-HDBK-17A 中的表 4.40 相同。A1.2 到 A1.4 描述了 MIL-HDBK-17A 中所采用的试验过程和试验方法。

A1.2 引言

本章给出的层压板性能是在 U.S.Forest Products Laboratory 和其他实验室(文献 A1.2)*

* 较早得到的玻璃/聚酯层压板数据以及通过专门的合同和分别公布 (文献 A1.2)的碳/环氧树脂层压板数据除外。

通过试验得到的，列出性能值的材料包括玻璃/环氧树脂、玻璃/酚醛、玻璃/硅烷、玻璃/聚酯及硼/环氧树脂。这些材料或其他材料的附加性能值将补充或在新版的手册中给出。

A1.3 手册试验计划

A1.3.1 目的

手册试验计划的目的是为了获得目前在用材料的统计上有意义的的数据，并确定制造的再现程度。必须满足的最低要求是试验结果应包含三组板件，分别代表来自三个不同制造商的制造方法。对于每一种材料，本章在流程图和表中列出的性能值仅仅来自一组板件的试验结果，因此，没有给出最小值，而是给出了每种材料的“典型值”。当一种材料完成了最低数量的试验要求时，可以给出其 B 基准值，B 基准值是指在 95%置信水平下，母体中 90%的数值大于其值的力学性能值。

A1.3.2 预浸料

所有的试验板件均由预浸带制成，特别强调用于夹层结构的面板材料。用于面板的预浸带的成形工艺通常应与夹层结构的两种制造方法相一致，它们是用于两步法夹层结构的层压板类和用于一步法夹层结构的受控流动胶粘剂类。本章只列出了用于模拟预固化面板的层压板（适用于两步法夹层结构）的窄试样的试验结果。受控流动胶粘剂的预浸带最适合于夹层壁板试验，但目前手册的计划未包含该类试验。

预浸料制造按照每个制造商确定的规范。层压板通常采用热压罐成形，通过控制树脂的流动以使得胶的渗出量最小和层间胶接最佳。如果可能，应规定操作规程与层压板中铺层方向的校准，及铺贴和固化过程中保持纤维方向的目的相一致。

预浸带树脂重量含量的容许值依赖于增强材料类型。对双向机织宽幅织物，如 style 7781 织物，规定树脂含量与指定的除去挥发后树脂含量的变化不超过 2%；对单向机织宽幅织物，如 7743 织物，和非机织的平行纤维单向带，如 XP251S，树脂含量与指定的除去挥发后树脂含量的偏差不得超过 3%。

A1.3.3 试验板件

试验板件的最小尺寸为：平行于经纱方向为 610 mm (2 ft)，平行于机织物宽度方向为 914 mm (3 ft)。对于非机织物层压板，包括单向铺层、正交铺层和准各向同性铺层构型，平行于最外层纤维方向的最小尺寸为 914 mm (3 ft)。

希望层压板的制作能维持纤维准直性和正交各向异性，而且是对称均衡的。试验板件通常能满足这些条件，在后面的表格中罗列的数据中将这类层压板标识为均衡和平行。有一组板件（表 A1.1）是非均衡的，对这种情况，将层压板规定为平行铺层。

A1.3.4 试验程序

以固定的加载速率进行常规单向试验。对于机织物，平行于经纱的方向用 0°或 1-向表示，而垂直于 0°的方向用 90°或 2-向表示；对于非机织的单向层压板，0°代表纤维方向；对于正交铺设或准各向同性层压板，用 0°表示外层的纤维方向。

A1.3.4.1 拉伸试验

对于机织物层压板, 拉伸试验最早采用 ASTM D 638 试验标准和 I 类试样(文献 A1.3.4.1(a)) 进行, 后来则采用改进的试样(文献 A1.2), 这种方法称为 MIL-HDBK-17 拉伸试验方法。对于非机织单向板的 0°拉伸性能, 要用在两端粘贴加强片的试件(文献 A1.3.4.1(b))。

A1.3.4.2 压缩试验

压缩试验采用的两种试样和夹具, 即端部夹持和用夹具防失稳的 ASTM D 695 试样(文献 A1.3.4.2) 及对试样和夹具经过改进的 MIL-HDBK-17 压缩试样(文献 A1.2)。

A1.3.4.3 剪切试验

已经采用对角拉伸剪切方法(文献 A1.2)测量了一种材料体系和 3 种树脂含量的 0°-90° 剪切性能(图 1.6.3)。试验时假设试样承担了 88%的载荷, 其余的载荷则由夹具上的销钉承担。其他材料则采用改进的轨道剪切试验方法(文献 A1.3.4.3) 进行试验。

A1.3.4.4 层间剪切试验

层间剪切性能采用短梁剪切试验方法(文献 A1.3.4.1(b))或指明时用 ASTM D 2733-68T 方法(文献 A1.3.4.4) 来测量。

A1.3.4.5 弯曲试验

弯曲性能采用 ASTM D 790 方法(文献 A1.3.4.5) 来测量。

A1.3.4.6 挤压强度

挤压强度采用 ASTM D 953 方法(文献 A1.3.4.6) 来测量。

A1.3.5 干态处理

试样的干态处理是将试样放置在 21°C-24°C (70°F-75°F) 及 45%-55%RH 条件下放置至少 10 天以达到平衡。如果试验温度与室温不同, 在加载前应将干态试样在试验温度环境下放置至少半小时。

A1.3.6 浸润处理

试样的浸润处理是将试样放置在 52°C (125°F) 及 95%-100%RH 条件下放置 1000 小时(42 天)。如果试验温度低于 0°C, 则应将吸湿后试样从 52°C (125°F) 湿态到低于 0°C 的试验温度循环 4 次, 在每一种温度环境下放置半小时。当试验温度为 71°C (160°F) 时, 在加载前应将吸湿后试样在试验温度环境下放置半小时。有些材料在浸润处理后在 104°C (220°F) 下进行试验, 这样的试验不再进行, 因为看来试验结果没有说服力。

A1.3.7 试验程序

在 3 种参照温度条件(-54°C (-65°F), 21°C-24°C (70°F-75°F) 和 71°C (160°F)) 下测量 0°和 90°干态和湿态的拉伸与压缩性能, 对有可能在高温下使用的材料, 还要在最高使用温度下进行干态试样试验。对每种试验条件的应力-应变关系曲线, 要得到 10 个试验结果。在中等温度下进行 5 个试样的试验是为了证实性能的变化。对-54°C (-65°F)、21°C-24°C (70°F-75°F) 和 71°C (160°F) 下干态的 0°-90°剪切, 也需要得到 10 个试验结

果。为了测量 21°C-24°C (70°F-75°F) 下的泊松比, 要进行 5 个试验来得到应力-应变关系曲线。在 -54°C (-65°F)、21°C-24°C (70°F-75°F) 和 71°C (160°F) 干态环境下进行 0° 方向的弯曲、挤压和层间剪切试验, 每种温度条件各进行 5 个试样的试验。

A1.4 数据表达

在每一种温度条件下的单向拉伸、压缩和剪切试验结果以应力-应变关系来表示, 各项性能值以表格形式给出。弯曲、挤压和层间剪切性能在综述表中列出。泊松比以所加拉伸应力时 0° 方向伸长量与 90° 方向收缩量的响应关系表示。

当某种试验条件所获得的试验结果大于或等于 10 个时, 在表中给出平均值和标准差, 应力-应变关系以平均值的曲线和平均值减去 3 倍标准差的图示形式给出。当某种试验条件所获得的试验结果介于 5 个到 9 个之间时, 给出性能的平均值、最大值、最小值和曲线。

A1.4.1 环氧树脂-玻璃纤维层压板

环氧树脂-玻璃纤维体系的所有试验数据均由手册试验计划获得, 性能值在表 A1.1-表 A1.8 中给出, 图 A1.1.1(a)-图 A1.8.5 给出了详细的试验数据。(9 种材料中有 4 种材料是有用的)

A1.4.2 酚醛-玻璃纤维层压板

表 A1.40 和图 A1.40(a)-图 A1.40.5 给出了一种酚醛-玻璃纤维体系的手册试验性能数据。(这种材料是有用的)

A1.4.3 硅烷-玻璃纤维层压板

MIL-HDBK-17A 给出了一种硅烷-玻璃纤维体系的部分手册试验性能结果。(这种材料不再继续使用)

A1.4.4 聚酯-玻璃纤维层压板

MIL-HDBK-17A 给出了聚酯-玻璃纤维层压板以前的数据。(这些材料中没有一种材料可继续使用)

A1.4.5 硼-环氧树脂层压板

从文献 A1.4.5 中收集了两种硼-环氧树脂体系的数据, 并在表 A1.110 和表 A1.111 及图 A1.111.1(a)-图 A1.111.3 中给出。(这些材料中有一种材料可继续使用)

层压板的厚度由单层数量和期望的树脂含量控制。机织物层压板的厚度通常以 8 层考虑, 但对于树脂含量较低的层压板, 则以 10 层考虑。对于非机织单向层压板, 采用 6 层以降低试验过程中明显的剪切滞后现象, 而对于正交铺设和准各向同性层压板, 则采用 8 层。

表A1.1 (续)

制 造	铺层: 平行	真空: 无	压力: 0.379-0.448MPa	挤出: 边缘和垂直	固化: 177°C/2小时	后固化: 204°C/4小时	层数: 8
物理性能	树脂含量 (重量): 34.9%	平均比重: 1.78	挤出: 1.78	平均空隙百分数: 2.0%	平均厚度: 2.08mm		
试验方法	拉伸: ASTM D 638 TYPE-I	压缩: MIL-HDBK-17	剪切: 轨道剪切	弯曲: ASTM D 790	挤压: ASTM D 953	层间剪切: 短梁剪切	
温度条件	-54°C 干 态						
弯 曲	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	最小值
	24°C 干 态						
弯 曲	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	最小值
	71°C 干 态						
极限强度 (MPa)	797	823	769	632	644	623	490
比例极限 (MPa)	608	694	534	224	250	212	433
初始模量 (GPa)	19.8	20.1	18.9	22.1	23.2	20.9	19.4
挤 压							
极限强度 (MPa)	511	541	488	419	444	401	366
对应4%伸长率强度 (MPa)	221	240	201	165	236	139	148
层间剪切							
极限强度 (MPa)	48.9	50.8	46.9	40.7	41.9	39.4	42.5
							40.8

表A1.3 Hercul F-161/7743 (550) 玻璃纤维环氧树脂力学性能

制 造	铺层: 均衡		真空: 0.0965MPa		压力: 0.241MPa		排胶: 边缘		固化: 177°C/2小时		后固化: 177°C/2小时		层数: 8	
	树脂含量 (重量): 32.4%, V _r =0.496		平均比重: 1.85		平均空隙百分数: 3.0%		平均厚度: 2.18mm		平均空腔百分数: 3.0%		平均厚度: 2.18mm		层间剪切: 短梁剪切	
	拉伸: ASTM D 638 TYPE-I		压缩: MIL-HDBK-17		剪切: 轨道剪切		弯曲: ASTM D 790		挤压: ASTM D 953		层间剪切: 短梁剪切		204°C	
	-54°C		24°C		71°C		204°C							
温度条件	干 态		湿 态		干 态		湿 态		干 态		湿 态		干 态	
	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
拉 伸														
极限强度	768	7.72	740	24.8	659	52.2	602	35.9	556	27.9	494	18.8	514	40.7
(MPa)	67.9	5.38	65.0	4.07	56.2	2.76	50.1	1.93	46.8	1.24	42.5	1.45	45.4	2.83
破坏应变, %	2.10	0.31	2.11	0.10	1.88	0.10	1.72	0.17	1.56	0.15	1.35	0.12	1.64	0.09
0°	2.43	0.25	2.03	0.21	1.82	0.23	1.20	0.28	1.26	0.19	0.61	0.13	1.44	0.19
90°														
比例极限	594		605		515		562		441		451		421	
(MPa)	38.6		34.5		35.9		33.1		34.5		34.5		20.7	
初始模量	37.4		36.9		36.6		38.3		37.0		37.7		31.2	
(GPa)	11.1		11.9		11.9		9.72		7.65		8.97		5.10	
第二模量					35.5									
(GPa)					0.62									
压 缩														
极限强度	655	51.2	619	48.3	523	37.4	465	30.6	457	38.1	379	19.3	184	13.3
(MPa)	278	13.3	259	20.2	221	19.8	210	8.76	189	13.3	159	8.97	57.2	6.21
破坏应变, %	1.90	0.11	1.83	0.14	1.58	0.11	1.36	0.11	1.47	0.08	1.22	0.06	0.68	0.08
0°	2.57	0.16	2.46	0.25	2.51	0.19	2.38	1.90	2.58	0.22	2.53	0.30	1.62	0.12
90°														
比例极限	572		483		360		343		383		281		138	
(MPa)	125		103		82.1		73.1		63.4		56.5			
初始模量	34.6		34.3		34.2		35.1		31.7		32.1		28.4	
(GPa)	13.2		13.0		11.4		12.2		10.1		9.45			
剪 切														
极限强度	86.2				63.4	1.38								
(MPa)														
0°-90°														
±45°														

表A1.3 (续)

制 造	铺层: 均衡	真空: 0.096MPa	压力: 0.241MPa	排胶: 边缘	固化: 177°C/2小时	后固化: 177°C/2小时	层数: 8
物理性能	树脂含量(重量): 32.4%, $V_f=0.496$		平均比重: 1.85		平均空隙百分数: 3.0%		平均厚度: 2.18mm
试验方法	拉伸: ASTM D 638 TYPE-1	压缩: MIL-HDBK-17	剪切: 轨道剪切		弯曲: ASTM D 790		层间剪切: 短梁剪切
温度条件	-54°C 干 态		24°C 干 态		71°C 干 态		
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	最大值
弯 曲							
极限强度 (MPa)	1400	1448	1352	1103	1124	1069	952
比例极限 (MPa)	1055	1090	1014	876	959	800	814
初始模量 (GPa)	39.4	40.0	38.8	35.7	36.3	35.2	37.4
挤 压							
极限强度 (MPa)	548	622	447	406	436	363	370
对应4%伸长 率强度(MPa)	261	314	217	159	187	134	151
层间剪切							
极限强度 (MPa)	65.9	70.0	60.0	64.5	65.9	63.2	57.3
							55.3

表A1.4 (续)

制 造	铺层: 均衡	真空:	压力: 0.379-0.448MPa	排胶: 垂直和边缘	固化: 177°C/1小时	后固化: 149°C/2小时 204°C/2.5小时	层数: 8和10
物理性能	树脂含量(重量): 26.0%, $V_f=0.59$		平均比重: 2.01		平均空隙百分数: 0.5%		
试验方法	拉伸: MIL-HDBK-17	压缩: MIL-HDBK-17	剪切: 对角拉	弯曲: ASTM D 790	挤压:	平均单层厚度: 0.203mm	
温度条件	-54°C 干 态		24°C 干 态		71°C 干 态		
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
弯 曲							
极限强度 (MPa)				649	668	618	
比例极限 (MPa)							
初始模量 (GPa)							
挤 压							
极限强度 (MPa)							
对应4%伸长 率强度(MPa)							
层间剪切							
极限强度 (MPa)				38.3	39.0	37.9	

表A1.5 (续)

制 造	铺层: 均衡	真空:	压力: 0.379-0.448MPa	排胶: 垂直和边缘	固化: 177°C/1小时	后固化: 149°C/2小时 204°C/2.5小时	层数: 8和10
物理性能	树脂含量(重量): 31.0%		平均比重: 1.92		平均空隙百分数: 0.6%		平均单层厚度: 0.229mm
试验方法	拉伸: MIL-HDBK-17	压缩: MIL-HDBK-17	剪切: 对角拉		弯曲: ASTM D 790		层间剪切:
温度条件	-54°C 干 态		24°C 干 态		71°C 干 态		
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	最大值
弯 曲							
极限强度 (MPa)				622	646	602	
比例极限 (MPa)							
初始模量 (GPa)							
挤 压							
极限强度 (MPa)							
对应4%伸长 率强度(MPa)							
层间剪切							
极限强度 (MPa)				38.3	39.0	37.9	

表A1.6 Hexcel F-161/7781 (ECDE-1/0-550) 玻璃纤维环氧树脂 (36%树脂) 力学性能

表A1.0 HECCEL-F-101/1701 (ECDE-110-350) 数据引自: 表A1.0, 25.0																
制 造	铺层: 均衡	真空: 无	压力: 0.379-0.448MPa		树脂: 垂直和边缘		固化: 177°C/1小时		后固化: 149°C/2小时		204°C/2.5小时		层数: 8			
			树脂含量 (重量): 35.6%		平均比重: 1.86		平均空隙百分比: 0.9%		平均单层厚度: 0.254mm							
			拉伸: MIL-HDBK-17		压缩: MIL-HDBK-17		剪切: 对角拉		弯曲: ASTM D 790		挤压:					
			24°C		71°C		204°C									
物理性能	试验方法	温度条件	-54°C		24°C		71°C		204°C							
			干 态	湿 态	干 态	湿 态	干 态	湿 态	干 态	湿 态	干 态	湿 态	干 态	湿 态		
			平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差		
拉 伸	极限强度 (MPa)	0°	579	19.7	503	19.9	383	17.7	427	15.4	310	12.8	270	23.4		
		90°	474	28.9	441	11.1	337	18.4	358	22.4	259	6.83	221	9.93		
	破坏应变, %	0°	3.30	0.18	2.79	0.02	2.12	0.14	2.61	0.08	1.59	0.07	1.45	0.13		
		90°	2.80	0.18	2.41	0.05	1.95	0.09	2.18	0.19	1.50	0.05	1.35	0.08		
比 例 极 限 (MPa)	0°															
		90°														
	初始模量 (GPa)	0°	26.5		26.3		24.7		22.4		23.1		20.4			
		90°	25.3		26.3		22.8		21.6		21.9		17.3			
第 一 模 量 (GPa)	0°	19.4		19.0		21.0		17.2		21.0		18.9				
	90°	18.3		18.4		18.8		16.5		18.6		15.3				
压 缩 (MPa)	极限强度	0°	525	40.6	474	30.1	380	18.1	377	37.9	317	39.0	214	55.7		
		90°	386	31.4	365	43.6	324	46.8	254	10.1	243	22.8	160	22.5		
	破坏应变, %	0°	2.13	0.28	1.64	0.23	1.36	0.32	1.90	0.56	1.32		1.02	0.23		
		90°	1.75	0.48	1.58	0.57	2.00	0.89	1.29	0.09	1.27		0.91	0.14		
比 例 极 限 (MPa)	0°		193		166		166		221		152		117			
		90°	124		117		110		193		117		82.8			
	初始模量 (GPa)	0°	28.3		31.0		26.7		23.8		23.2		19.8			
		90°	27.6		28.3		25.1		19.8		19.9		18.1			
剪 切																
极限强度 (MPa)	0°-90° ±45°	135	7.17				103	4.83	87.6	4.28						

表A1.6 (续)

制 造	铺层: 均衡	真空: 无	压力: 0.379-0.448MPa	排胶: 垂直和边缘	固化: 177°C/1小时	后固化: 149°C/2小时 204°C/2.5小时	层数: 8
物理性能	树脂含量(重量): 35.6%		平均比重: 1.86	平均空隙百分数: 0.9%		平均单层厚度: 0.254mm	
试验方法	拉伸: MIL-HDBK-17	压缩: MIL-HDBK-17	剪切、对角拉	弯曲: ASTM D 790		层间剪切:	
温度条件	-54°C 干 态		24°C 十 态		71°C 干 态		
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	最小值
弯 曲							
极限强度 (MPa)				595	636	545	
比例极限 (MPa)							
初始模量 (GPa)							
挤 压							
极限强度 (MPa)							
对应4%伸长 率强度(MPa)							
层间剪切							
极限强度 (MPa)				38.3	39.0	37.9	

表A1.8 Namco N588/7781 (ECDE-1/0-550) 玻璃纤维/环氧树脂力学性能

制 造	铺层: 均衡	真空: 无	压力: 0.310-0.379MPa	持胶: 垂直	固化: 逐步加温到 177°C; 177°C/1小时	后固化: 无	层数: 8
物理性能	树脂含量 (重量): 32.8%, V=0.51	平均比重: 1.91	平均空隙百分数: 1.0%	平均空腔百分数: 1.0%	ASTM D953	平均厚度: 1.91mm	层间剪切: 短梁剪切
试验方法	拉伸: ASTM D638 TYPE-1	压缩: MIL-HDBK-17	剪切: 轨道剪切	弯曲: ASTM D 790	71°C	24°C	204°C
温度条件	-54°C	湿 态	干 态	湿 态	干 态	湿 态	干 态
拉 伸	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值
极限强度 0°	492	16.6	440	22.8	345	15.9	337
极限强度 90°	409	22.8	349	16.6	283	18.6	286
破坏应变, % 0°	2.41	0.09	2.06	0.15	1.61	0.12	1.59
破坏应变, % 90°	2.35	0.17	1.96	0.12	1.55	0.16	1.67
比例极限 0°	183	11.7	198	17.2	175	19.3	145
比例极限 90°	133	5.52	132	11.0	125	9.65	119
初始模量 0°	25.1		26.6		24.6		24.7
初始模量 90°	23.5		23.2		22.3		20.1
第二模量 0°							
第二模量 90°							
压 缩	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值
极限强度 0°	684	40.7	603	40.0	438	22.1	407
极限强度 90°	575	24.1	495	28.3	370	11.7	351
破坏应变, % 0°	2.52	0.26	2.30	0.25	1.65	0.19	1.60
破坏应变, % 90°	2.30	0.27	2.06	0.20	1.58	0.15	1.63
比例极限 0°	294	17.9	319	17.2	274	24.8	259
比例极限 90°	281	26.2	292	18.6	237	15.9	215
初始模量 0°	29.8		28.6		28.3		26.8
初始模量 90°	28.1		26.4		25.7		23.5
剪 切							
极限强度 0°-90° ±45°	156		110	7.24			95.2

表A1.8 (续)

制 造	铺层: 均衡	真空: 无	压力: 0.310-0.379MPa	排胶: 垂直	固化: 逐步升温到 177°C; 177°C/1小时	后固化: 无	层数: 8
物理性能	树脂含量(重量): 32.8%, $V_f=0.51$		平均比重: 1.91		平均厚度: 1.91mm		
试验方法	拉伸: ASTM D638 TYPE-1		压缩: MIL-HDBK-17	剪切: 轨道剪切	弯曲: ASTM D 790	挤压: ASTM D953	层间剪切: 短梁剪切
温度条件	-54°C 干 态		24°C 干 态		71°C 干 态		
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	最小值
弯 曲							
极限强度 (MPa)	724	797	659	623	708	547	605
比例极限 (MPa)	480	523	407	475	499	447	498
初始模量 (GPa)	24.0	25.0	23.6	23.2	24.8	22.0	22.6
挤 压							
极限强度 (MPa)	583	638	537	472	492	334	370
对应4%伸长 率强度(MPa)	202	213	183	181	189	150	157
层间剪切							
极限强度 (MPa)	61.0	63.2	59.0	57.6	59.0	51.0	53.2
							44.6

表A1.40 Namco N506/7781 (ECDE-1/0-A1100) 玻璃纤维/酚醛力学性能

制 造	物理性能 试验方法	铺层: 均衡	真空: 无		压力:		排胶: 垂直		固化:		后固化:		层数: 8		
			树脂含量 (重量) : 25.3-32.3%		平均比重: 1.72-1.85		平均空隙百分数: 见图4.40.5		平均厚度: 1.80-2.41mm						
			拉伸: ASTM D638 TYPE-I	压缩: MIL-HDBK-17	剪切: 轨道剪切	弯曲: ASTM D 790	挤压: ASTM D953	层间剪切: 短梁剪切							
温度条件		-54°C				24°C				71°C				204°C	
		干 态		湿 态		干 态		湿 态		干 态		湿 态			
		平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差		
拉 伸	极限强度 (MPa)	332	16.6	343	22.8	268	10.3	257	12.4	243	9.65	211	20.7	149	11.0
	90°	261	12.4	276	18.6	217	10.3	221	9.65	192	11.7	181	15.2	149	11.7
破坏应变, %	0°	1.76	0.07	1.76	0.13	1.33	0.14	1.34	0.13	1.19	0.10	1.15	0.14	0.69	0.05
	90°	1.63	0.08	1.65	0.13	1.26	0.15	1.32	0.07	1.11	0.07	1.11	0.14	0.78	0.06
比例极限 (MPa)	0°	93.8	6.21	125	8.28	93.1	4.14	117	6.90	95.9	6.90	103	4.83	66.9	7.59
	90°	68.3	2.76	86.2	6.21	63.4	5.52	88.3	4.83	71.0	5.52	80.0	4.83	59.3	3.45
初始模量 (GPa)	0°	23.4	1.45	23.1	1.38	27.2	4.76	21.7	1.79	25.8	2.83	20.8	1.31	24.6	1.66
	90°	21.2	2.00	21.0	1.52	24.4	2.83	19.4	1.66	23.0	2.55	19.2	1.45	21.9	2.07
第二模量 (GPa)	0°														
	90°														
压 缩	极限强度 (MPa)	460	42.8	454	34.5	412	32.4	376	49.0	349	15.9	339	29.0		
	90°	398	40.0	388	40.0	338	31.7	336	27.6	297	29.7	296	25.5		
破坏应变, %	0°	1.85	0.09	1.69	0.18	1.58	0.14	1.49	0.12	1.45	0.06	1.40	0.12		
	90°	1.70	0.21	1.63	0.13	1.40	0.09	1.43	0.07	1.37	0.12	1.31	0.15		
比例极限 (MPa)	0°	316	26.2	266	54.5	269	16.6	284	31.7	275	16.6	241	11.7		
	90°	243	26.2	237	34.5	225	30.3	245	20.7	223	21.4	214	22.8		
初始模量 (GPa)	0°	26.9	1.31	28.8	2.00	27.2	1.93	26.8	1.79	25.4	1.45	25.3	0.83		
	90°	25.4	1.72	25.4	1.17	25.5	1.38	24.6	1.38	22.8	1.59	23.8	1.45		
剪 切	0°/90°	95.2				84.8	6.69			78.6					
	±45°														

表A1.40 (续)

制 造	铺层: 均衡	真空: 无	压力:	排胶: 垂直	固化:	后固化:	层数: 8
物理性能	树脂含量(重量): 25.3-32.3%		平均比重: 1.72-1.85		平均空隙百分数: 见图4.40.5		平均厚度: 1.80-2.41mm
试验方法	拉伸: ASTM D638 TYPE-I	压缩: MIL-HDBK-17	剪切: 轨道剪切	弯曲: ASTM D 790	挤压: ASTM D953	层间剪切: 短梁剪切	
温度条件	-54°C 干 态		24°C 干 态		71°C 干 态		
弯 曲	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	最小值
极限强度 (MPa)	470	502	450	403	441	359	363
比例极限 (MPa)	409	456	377	337	392	293	292
初始模量 (GPa)	20.5	21.0	19.9	19.9	20.6	19.2	20.5
挤 压							21.1
极限强度 (MPa)	453	505	393	406	441	323	341
对应4%伸长 率强度(MPa)	173	179	163	169	172	164	149
层间剪切							156
极限强度 (MPa)	33.3	35.2	29.6	32.0	33.9	27.2	31.9
							33.7
							28.1

表A1.110 Nnamco 5505碳纤维/环氧树脂力学性能 (100% 0°方向) (暂定)

制 造		袋A1.110 Nnamco 5505碳纤维/环氧树脂力学性能 (100% 0°方向) (暂定)														层数: 8			
		铺层: 平行		真空: 508mm Hg		压力: 0.310-0.379MPa		排胶:		固化: 171-182°C/1.5h		后固化: 177°C/2h		平均单层厚度: 0.127mm					
		树脂含量 (重量):		拉伸: 端部加强		压缩: 夹层梁		平均比重:		弯曲: 四点弯曲		挤压:		层间剪切: 短梁剪切					
		标准差		标准差		标准差		标准差		标准差		标准差		标准差					
试验方法		-55°C														127°C		191°C	
温度条件		干 态		湿 态		干 态		湿 态		干 态		湿 态		干 态		湿 态			
		平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差		
拉 伸		极限强度	0°	1387				1436					1321				1154		
		(MPa)	90°	72.4				60.0					44.8				22.8		
破坏应变, %			0°	6390				6930					6660				6150		
			90°	3250				3710					4970				6920		
比例极限 (MPa)			0°	978				1210					965				548		
			90°										204				197		
初始模量 (GPa)			0°	221				213											
			90°																
第二模量 (GPa)			0°																
			90°																
压 缩		极限强度	0°	3326				2607					2092				992		
		(MPa)	90°										8920				4466		
破坏应变, %			0°	13670				10830											
			90°																
比例极限 (MPa)			0°	2300															
			90°																
初始模量 (GPa)			0°	246				240					239				247		
			90°																
剪 切		极限强度	0°-90°																
		(MPa)	±45°																

表A.1.110 (续)

制 造	铺层: 平行	真空: 508mm Hg	压力: 0.310-0.379MPa	排胶:	固化: 171-182°C/1.5h	后固化: 177°C/2h	层数: 8
物理性能	树脂含量 (重量):		平均比重:		平均空隙百分数:		平均单层厚度: 0.127mm
试验方法	拉伸: 端部加强	压缩: 夹层梁	剪切:	弯曲: 四点弯曲	挤压:	层间剪切: 短梁剪切	
温度条件	-54°C 干 态		24°C 干 态		71°C 干 态		
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	最大值
弯 曲							
极限强度 (MPa)							
比例极限 (MPa)							
初始模量 (GPa)							
挤 压							
极限强度 (MPa)							
对应4%伸长 率强度(MPa)							
层间剪切							
极限强度 (MPa)							

表A1.111 Namco 5505碳纤维/环氧树脂力学性能 (0°/90°) (暂定)

制 造	铺层: [(0/90) ₂]		真空: 508mm Hg		压力: 0.310-0.379MPa		排胶:		固化: 171-182°C/1.5h		后固化: 193°C/2h		层数: 6	
	树脂含量 (质量):		拉伸: 端部加强		压缩:		平均比重:		平均空隙百分数:		平均单层厚度: 0.127mm		层间剪切:	
物理性能	试验方法		-55°C		24°C		127°C		191°C					
			干 态	湿 态	干 态	湿 态	干 态	湿 态	干 态	湿 态	干 态	湿 态	干 态	湿 态
温度条件			平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
			平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
拉 伸	极限强度		689				717				679		634	
	(MPa)		163				123				78.6		55.9	
	破坏应变, %		0°				5400				5830		5780	
	90°		15850				24470							
	比例极限		0°				366				335		335	
	(MPa)		90°											
	初始模量		0°				130				121		114	
	(GPa)		90°											
	第二模量		0°											
	(GPa)		90°											
压 缩	极限强度		0°											
	(MPa)		90°											
	破坏应变, %		0°											
	90°													
	比例极限		0°											
	(MPa)		90°											
	初始模量		0°											
	(GPa)		90°											
	剪 切													
	极限强度		0°/90°				134						37.2	
	(MPa)		±45°				453						230	

表A1.111 (续)

制 造	铺层: [(0/90) ₁]		真空: 508mm Hg		压力: 0.310-0.379MPa		排胶:		固化: 171-182°C/1.5h		后固化: 193°C/2h		层数: 6			
物理性能	树脂含量(重量):				平均比重:				平均孔隙百分数:				平均单层厚度: 0.127mm			
试验方法	拉伸: 端部加强		压缩:		剪切: 对角拉		弯曲:		挤压:		层间剪切:					
温度条件	-54°C 干 态				24°C 干 态				71°C 干 态							
弯 曲	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	
极限强度 (MPa)																
比例极限 (MPa)																
初始模量 (GPa)																
挤 压																
极限强度 (MPa)																
对应4%伸长 率强度(MPa)																
层间剪切																
极限强度 (MPa)																

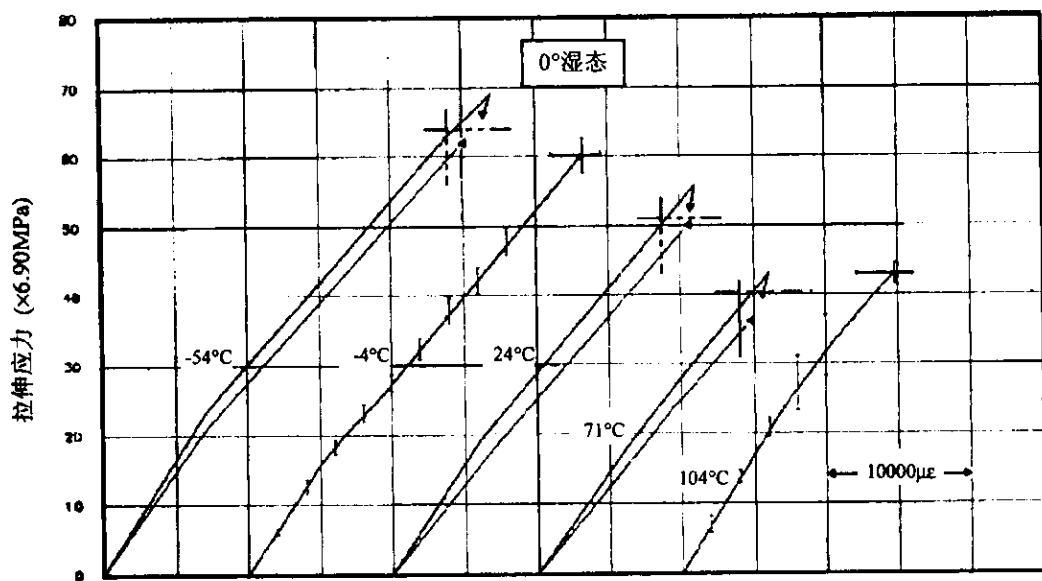
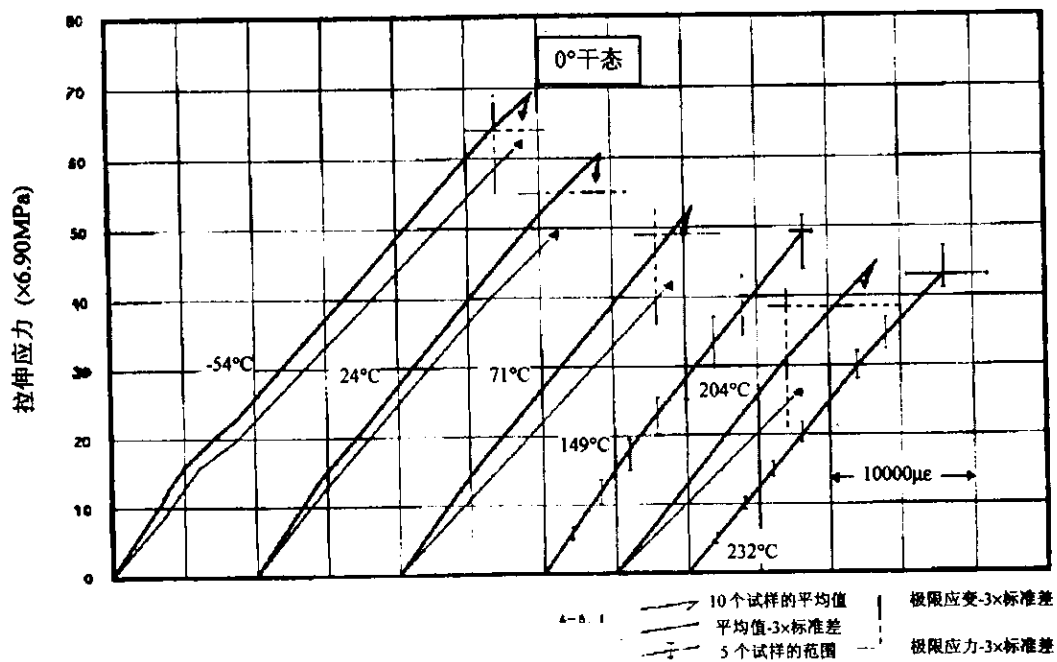


图 A1.1.1(a) E-720E/7781 环氧树脂-玻璃纤维 0°方向拉伸应力-应变曲线

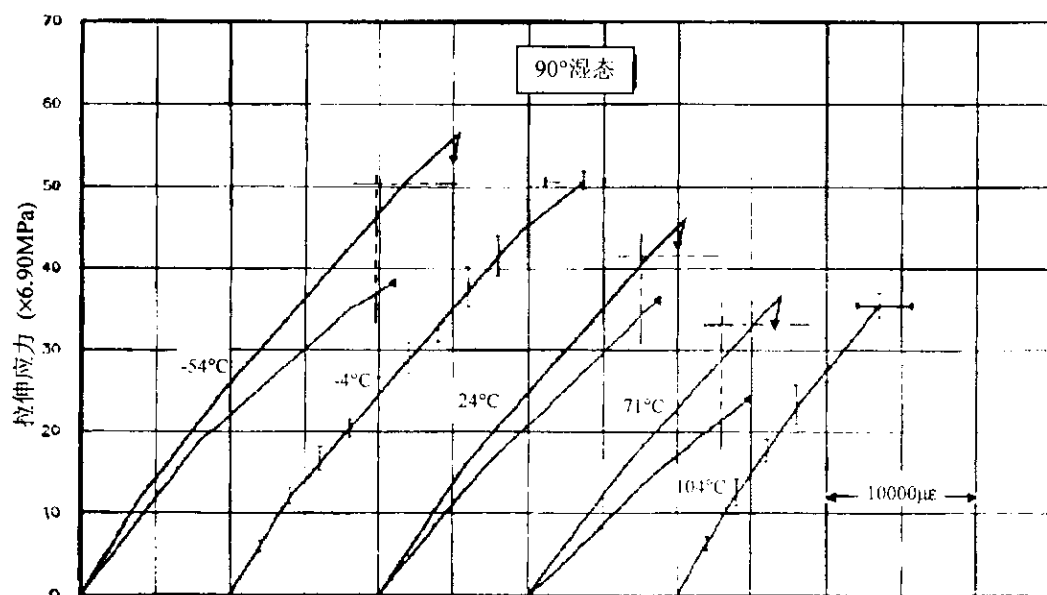
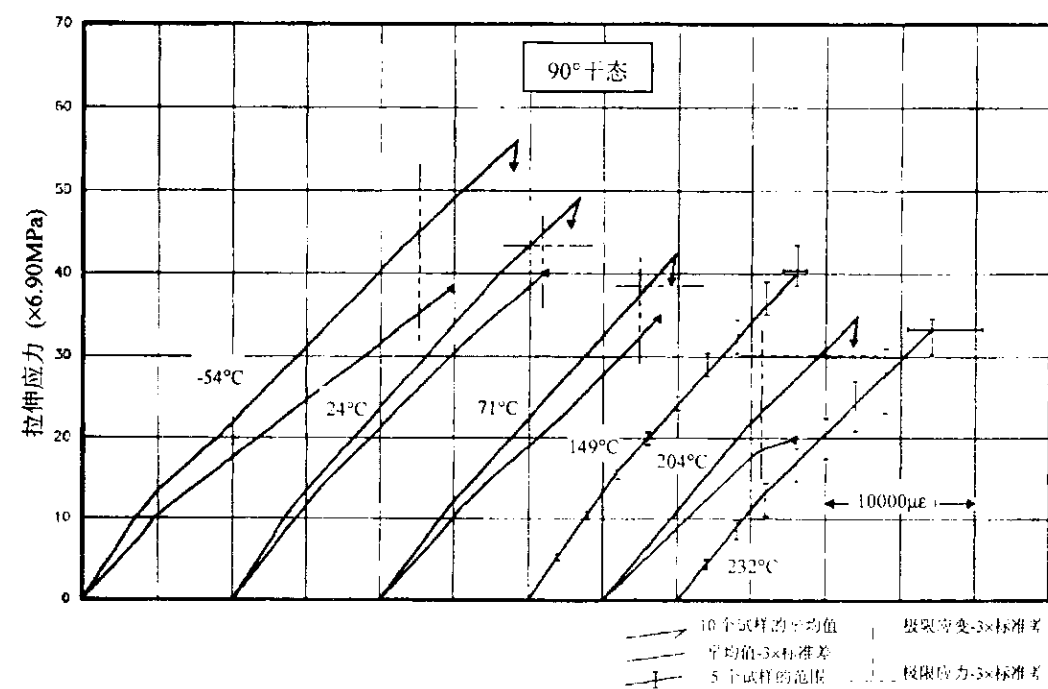


图 A1.1.1(b) E-720E/7781 环氧树脂-玻璃纤维 90°方向拉伸应力-应变曲线

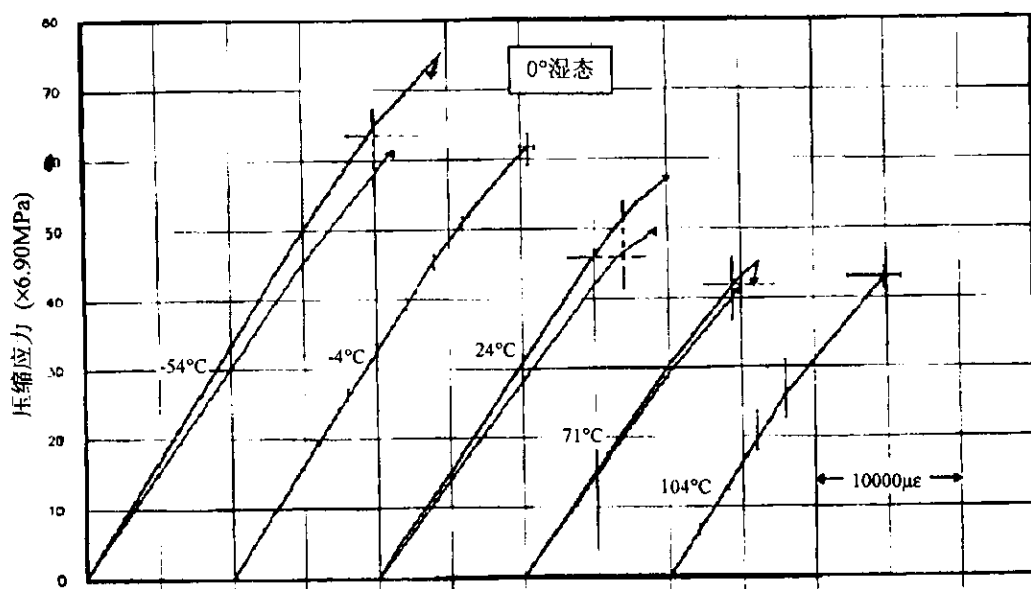
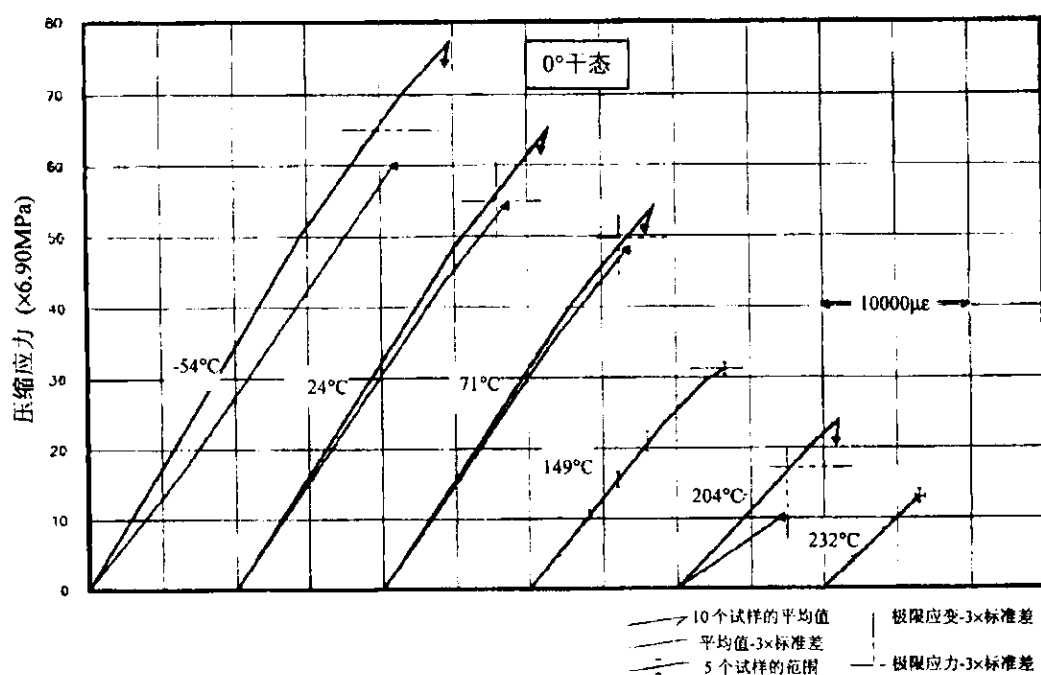


图 A1.1.2(a) E-720E/7781 环氧树脂-玻璃纤维 0°方向压缩应力-应变曲线

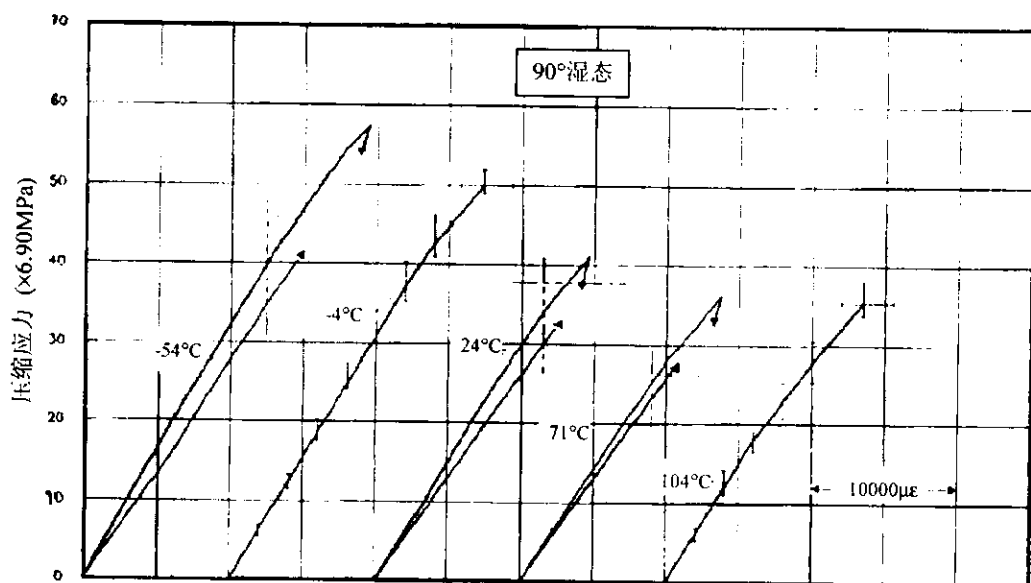
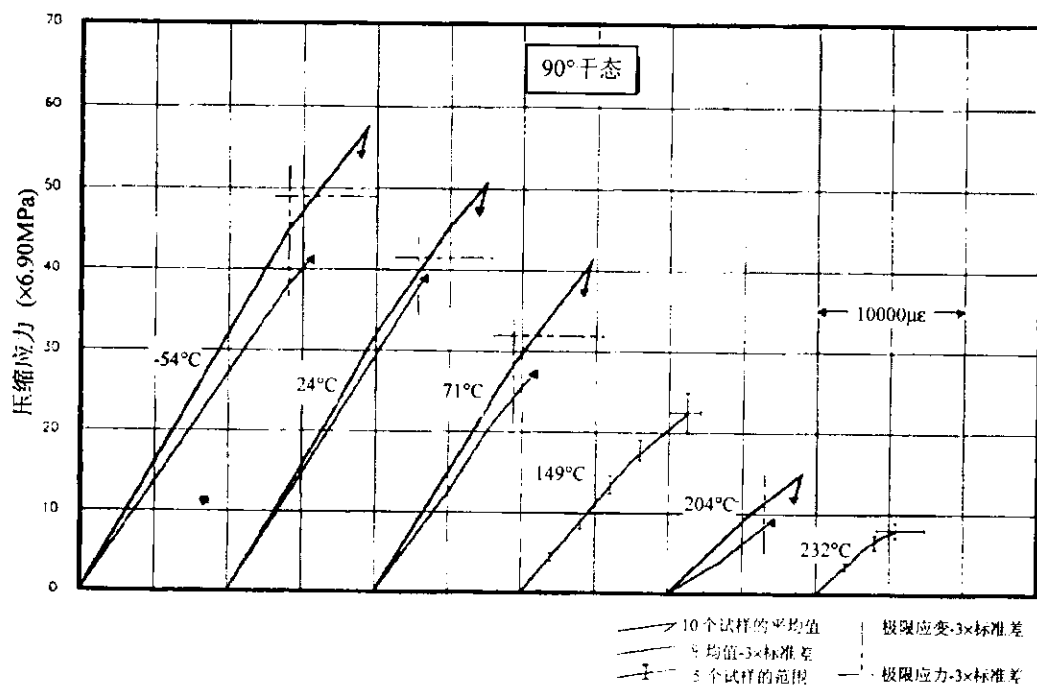


图 A1.1.2(b) E-720E/7781 环氧树脂-玻璃纤维 90°方向压缩应力-应变曲线

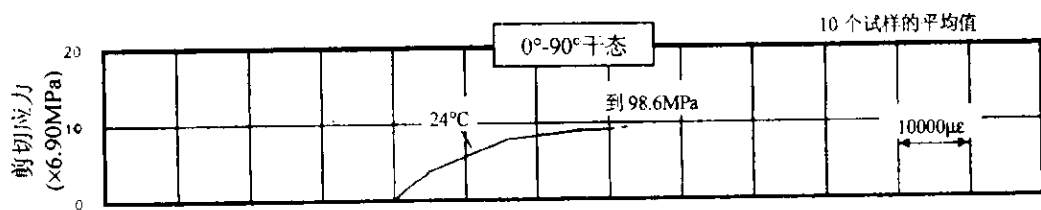
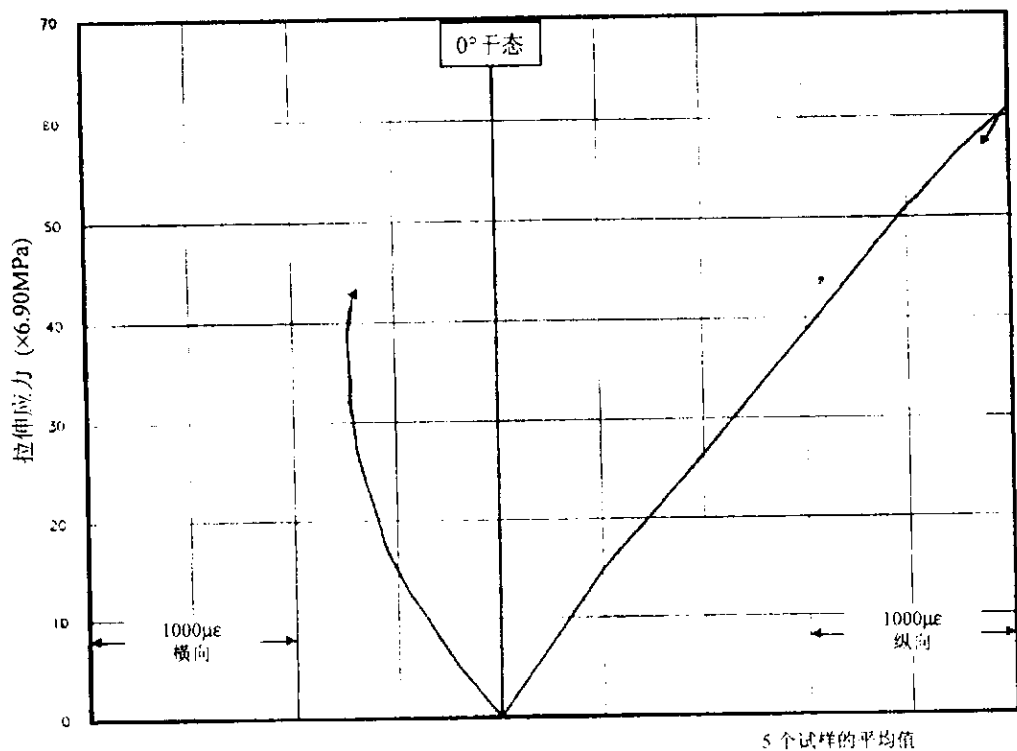


图 A1.1.3 E-720E/7781 环氧树脂-玻璃纤维 0°-90°轨道剪切应力-应变曲线



5 个试样的平均值

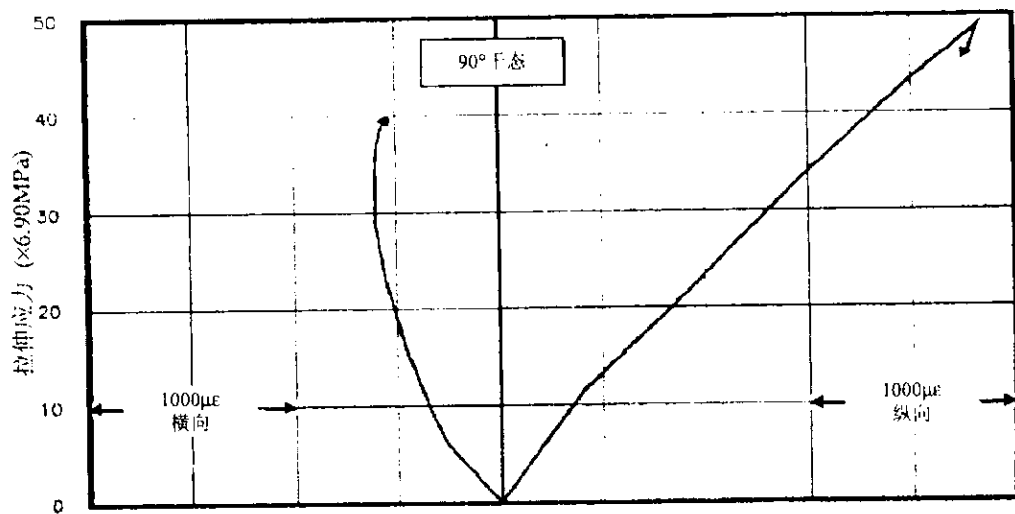


图 A1.1.4 E-720E/7781 环氧树脂-玻璃纤维的泊松效应

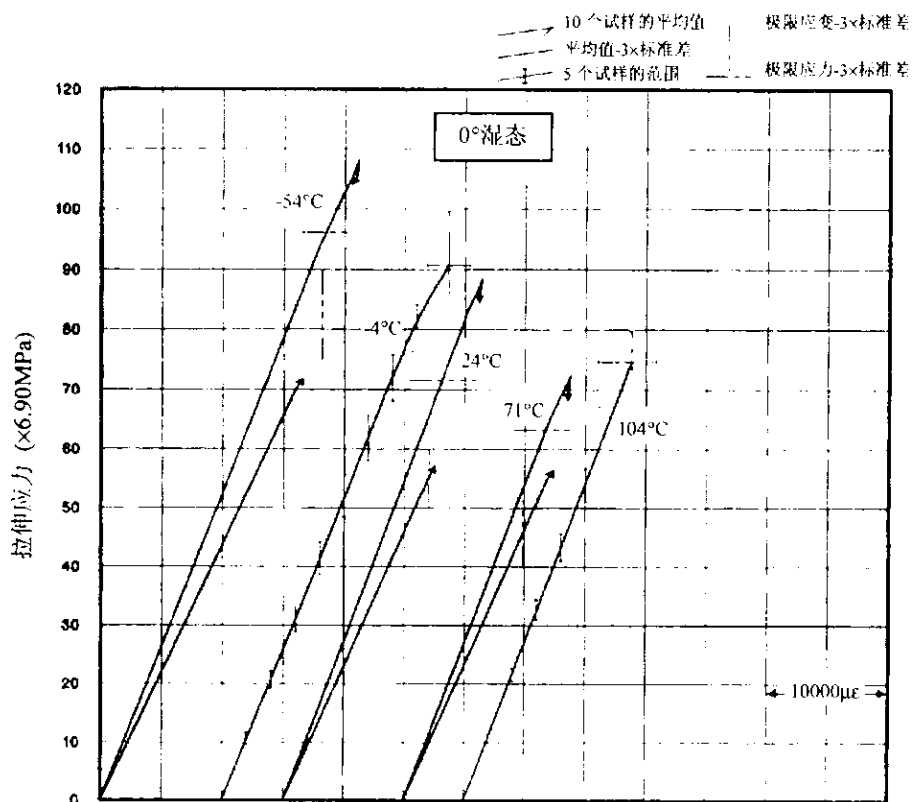


图 A1.3.1(a) F-161/7743 环氧树脂-玻璃纤维 0°方向拉伸应力-应变曲线
(原文缺 0°干态数据)

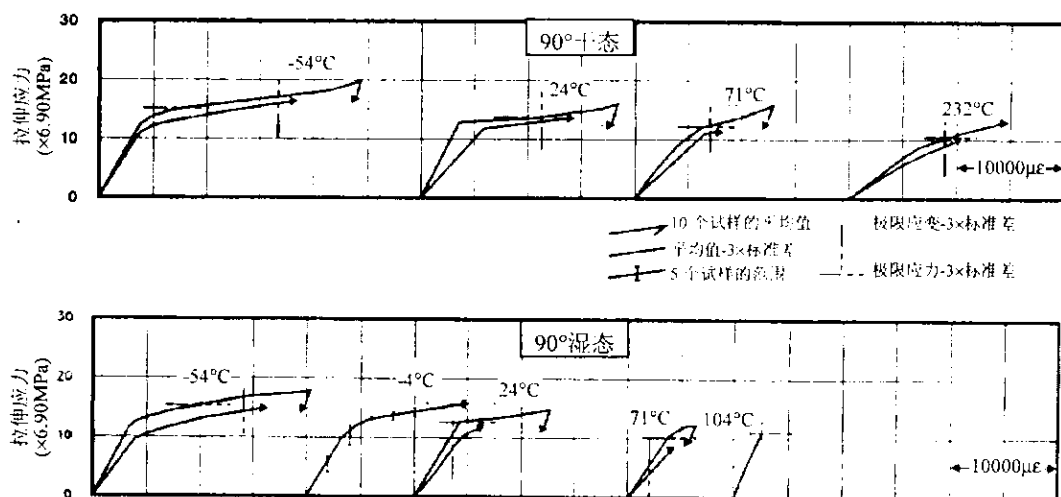


图 A1.3.1(b) F-161/7743 环氧树脂-玻璃纤维 90°方向拉伸应力-应变曲线

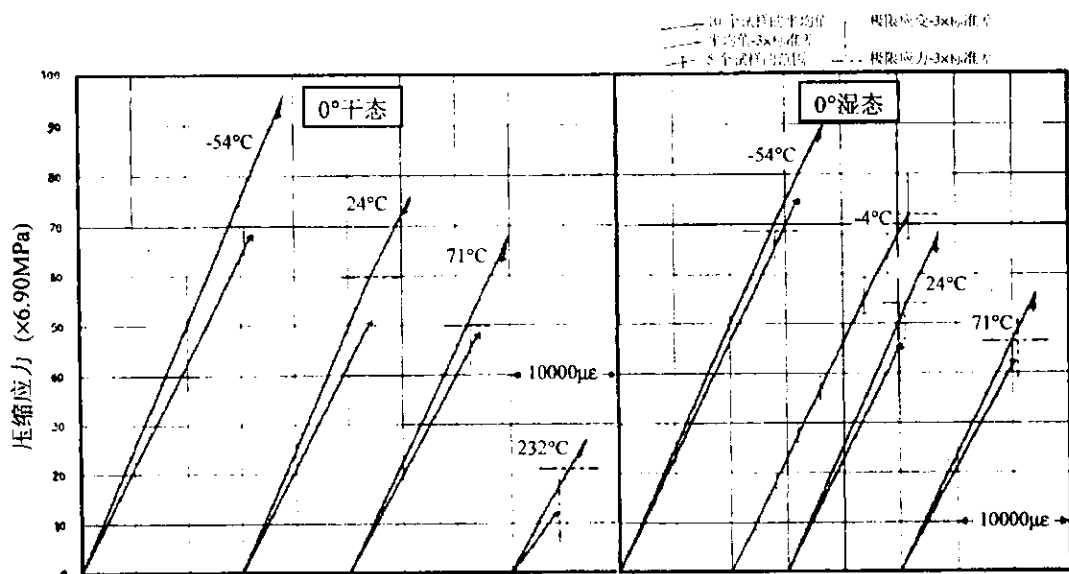


图 A1.3.2(a) F-161/7743 环氧树脂-玻璃纤维 0°方向压缩应力-应变曲线

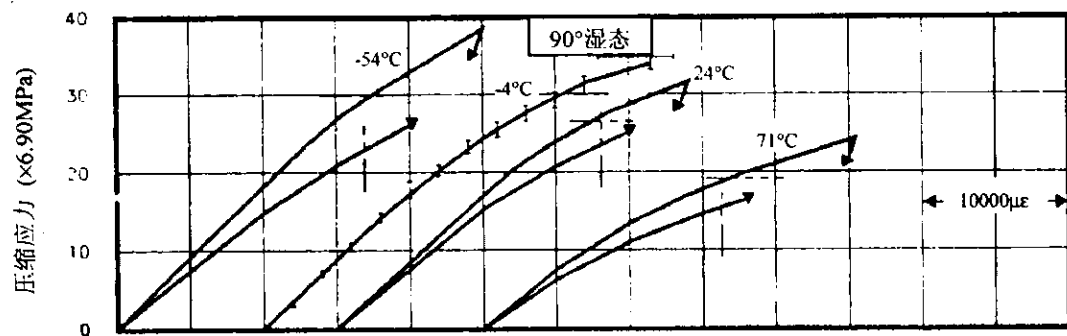
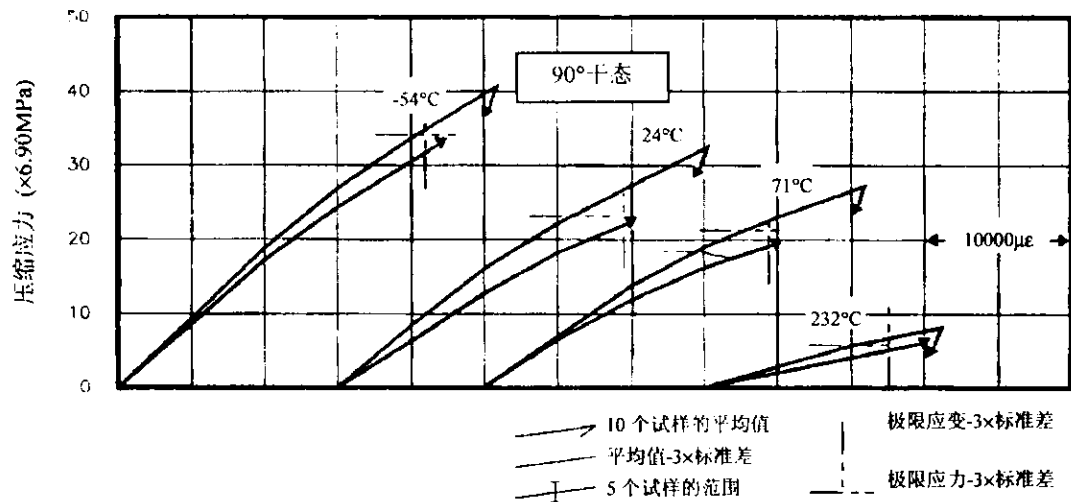


图 A1.3.2(b) F-161/7743 环氧树脂-玻璃纤维 90°方向压缩应力-应变曲线

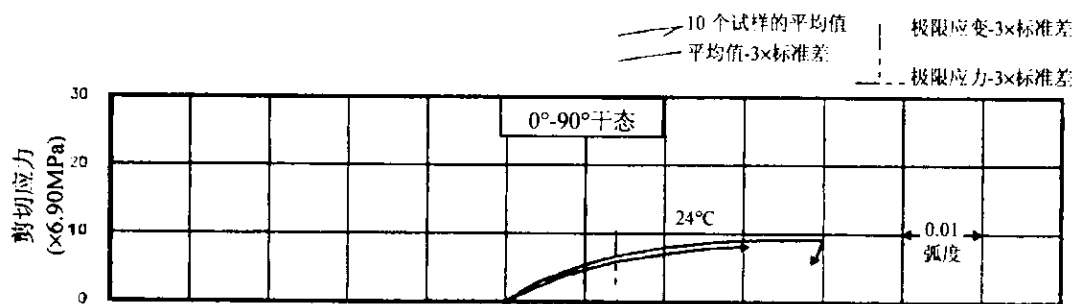
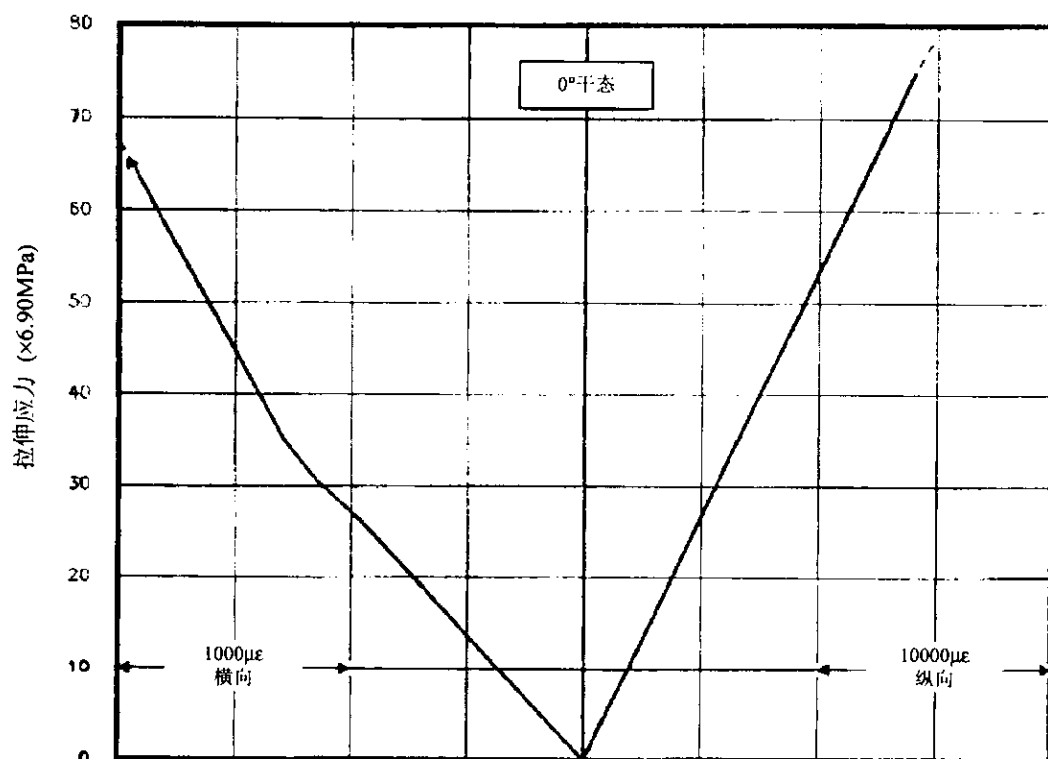


图 A1.3.3 F-161/7743 环氧树脂-玻璃纤维 0°-90°轨道剪切应力-应变曲线



5 个试样的平均值

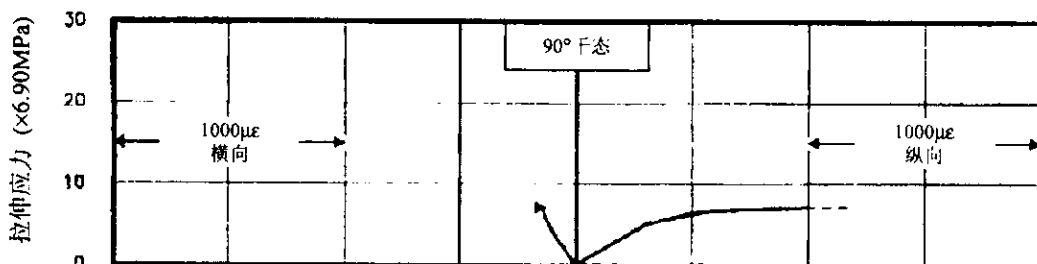


图 A1.3.4 F-161/7743 环氧树脂-玻璃纤维的泊松效应

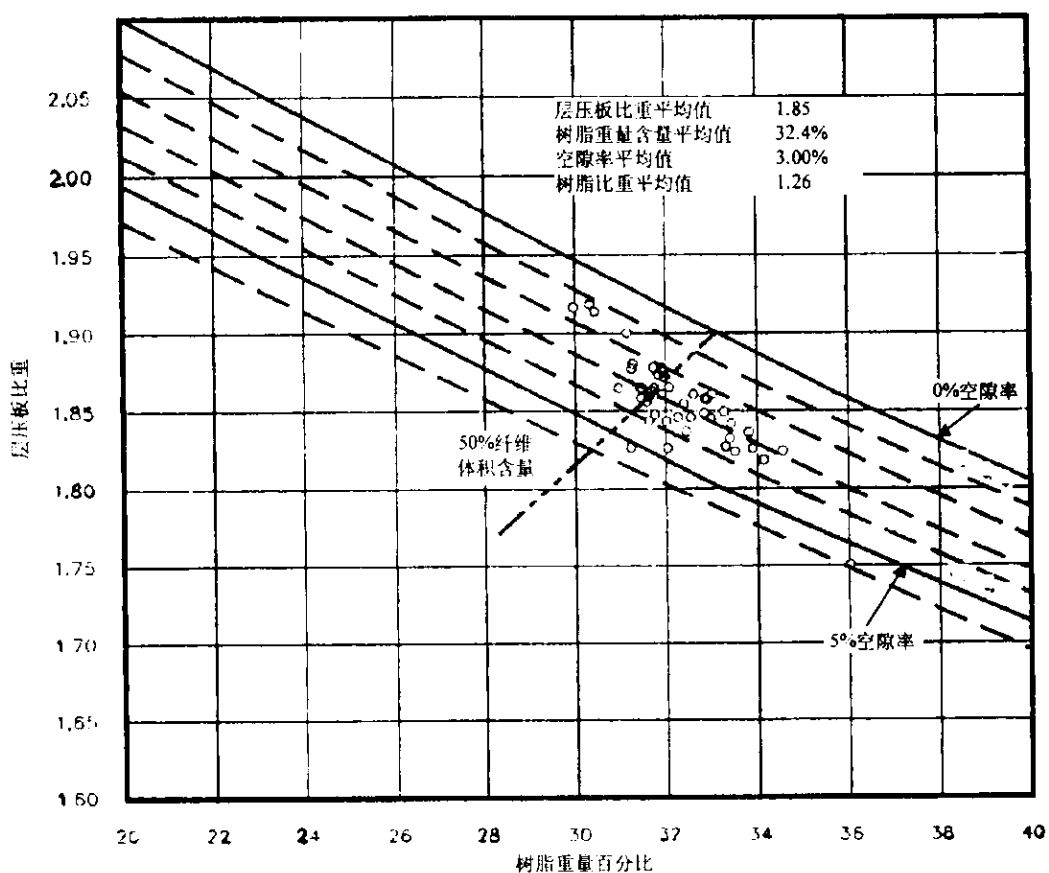


图 A1.3.5 F-161/7743 环氧树脂-玻璃纤维的空隙百分数与树脂含量和比重的关系曲线

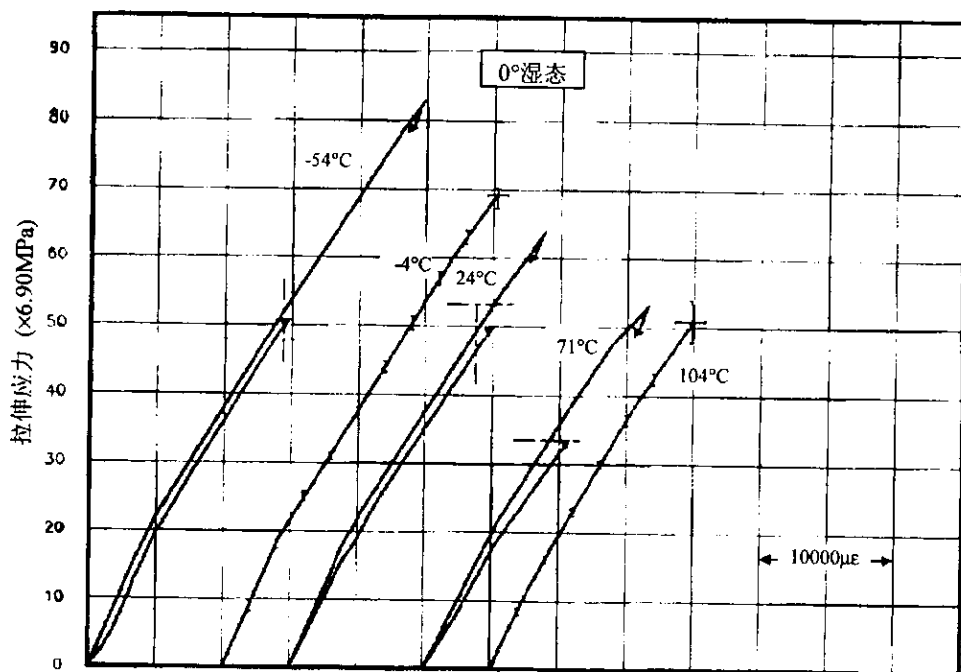
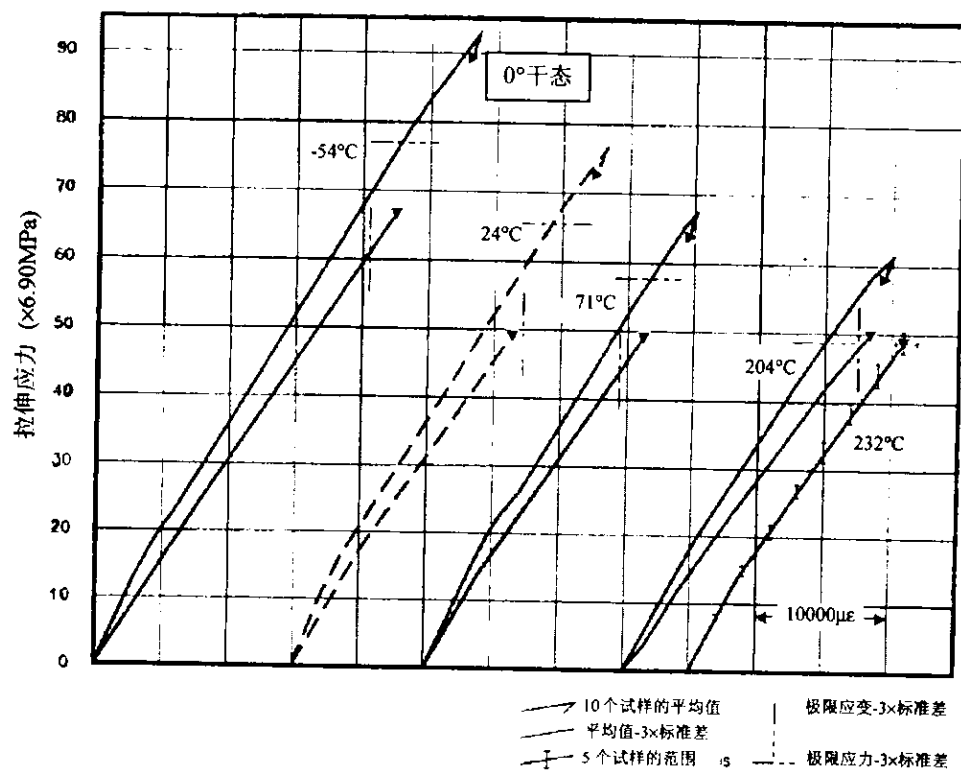


图 A1.4.1(a) F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (26%树脂) 0°方向拉伸应力-应变曲线

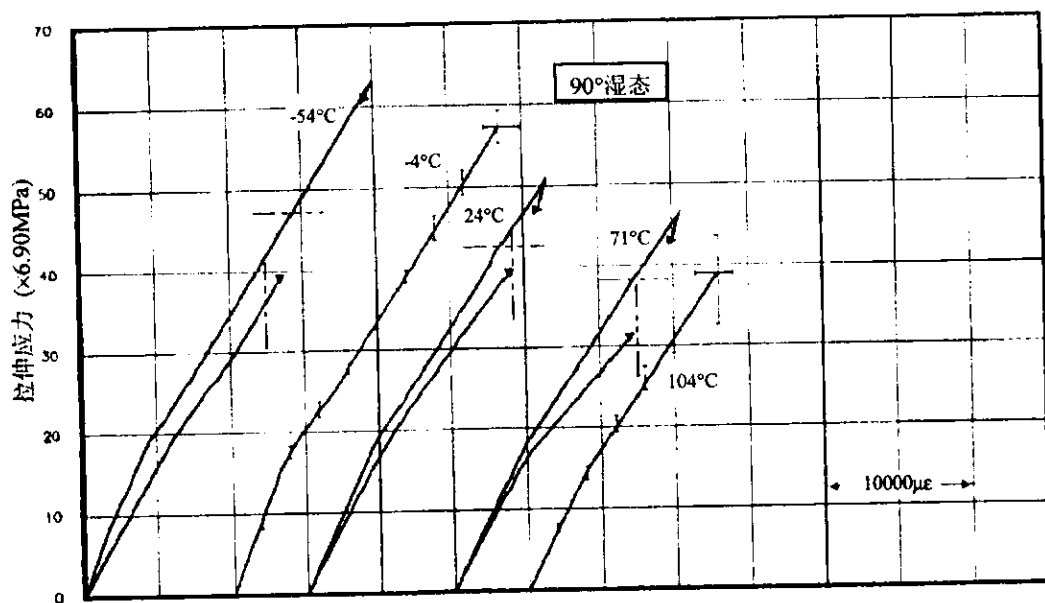
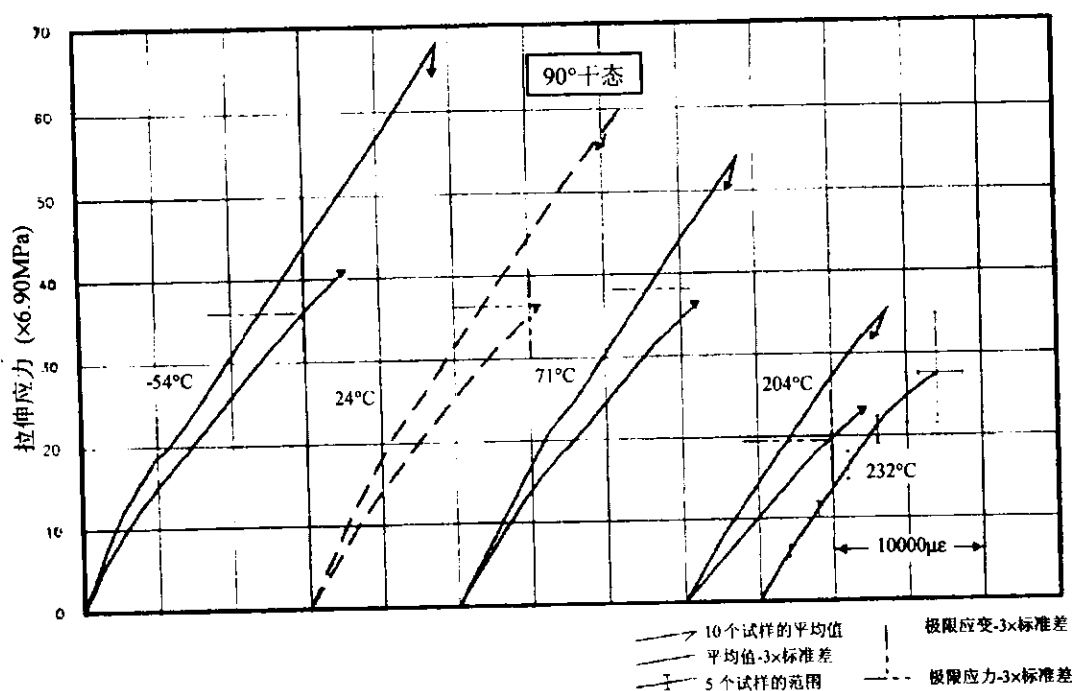


图 A1.4.1(b) F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (26%树脂) 90°方向拉伸应力-应变曲线

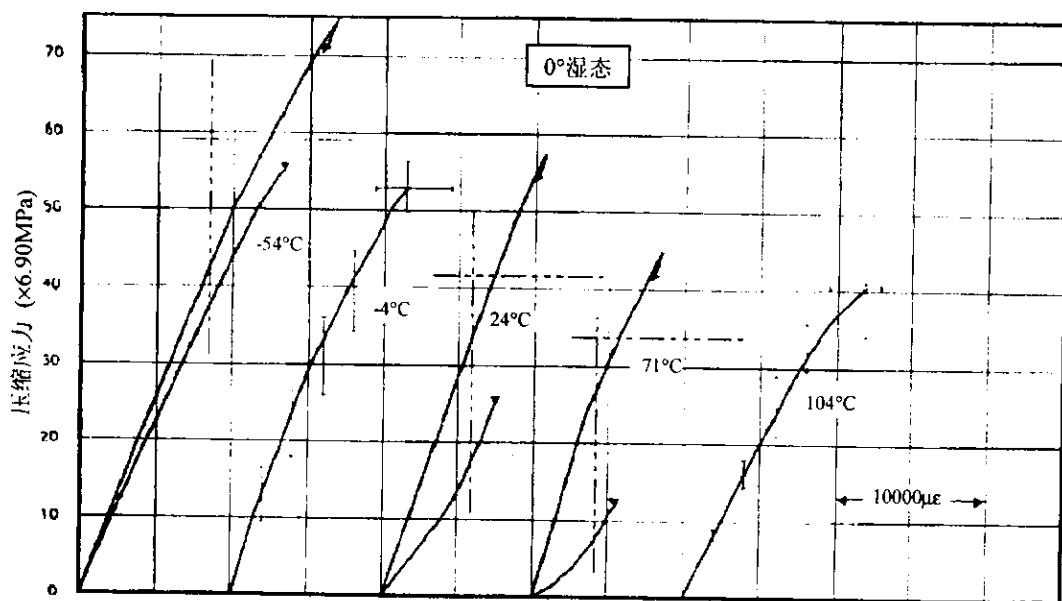
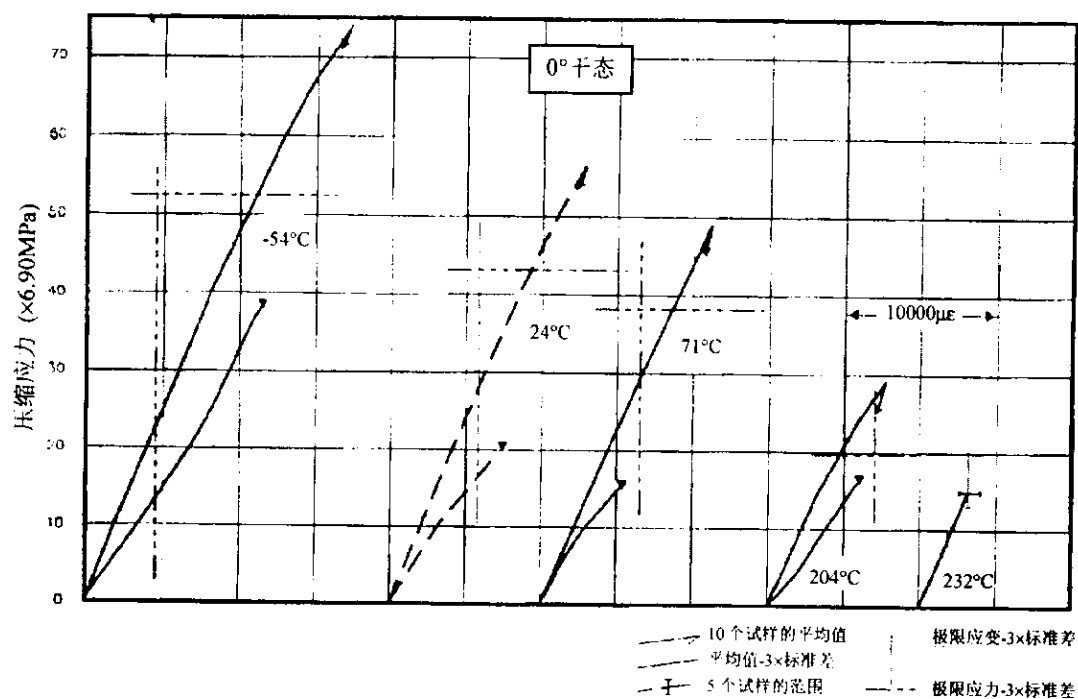


图 A1.4.2(a) F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (26%树脂) 0°方向压缩应力-应变曲线

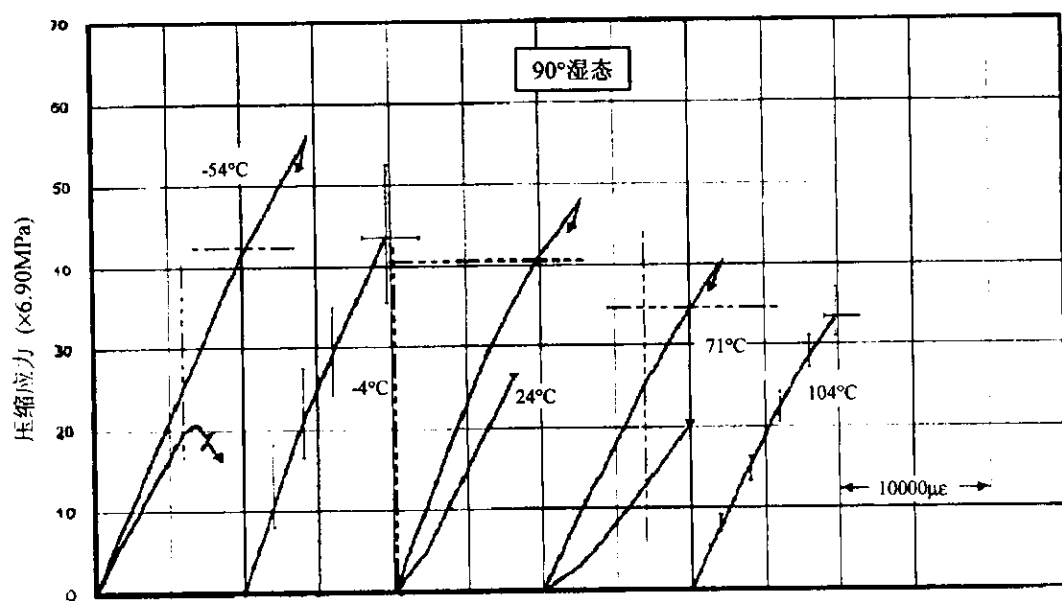
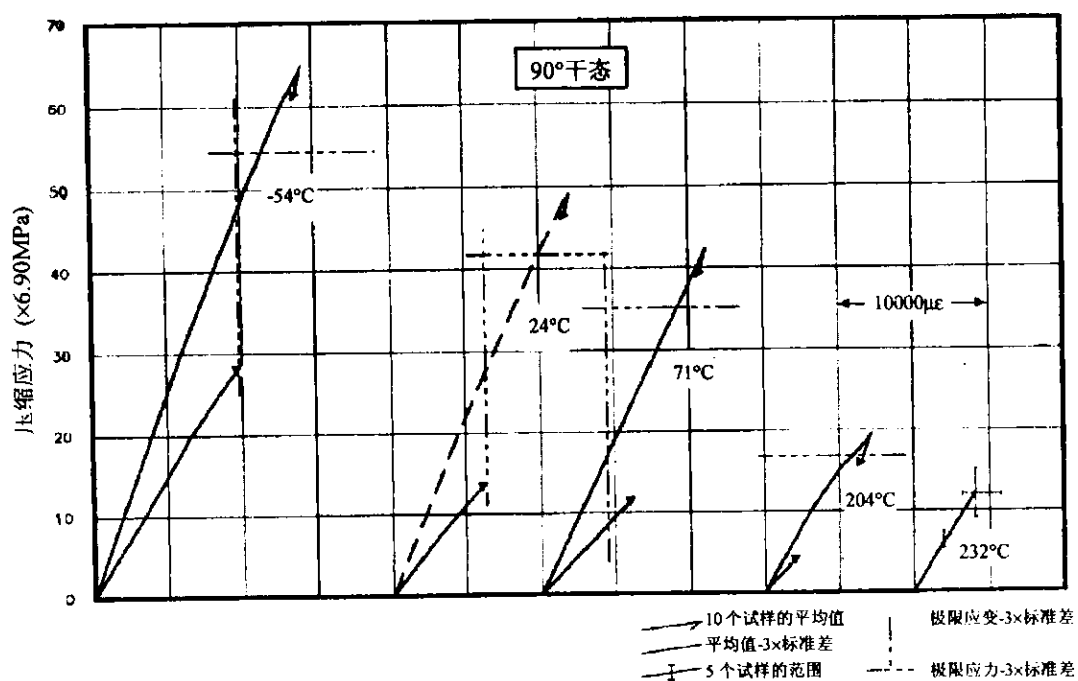
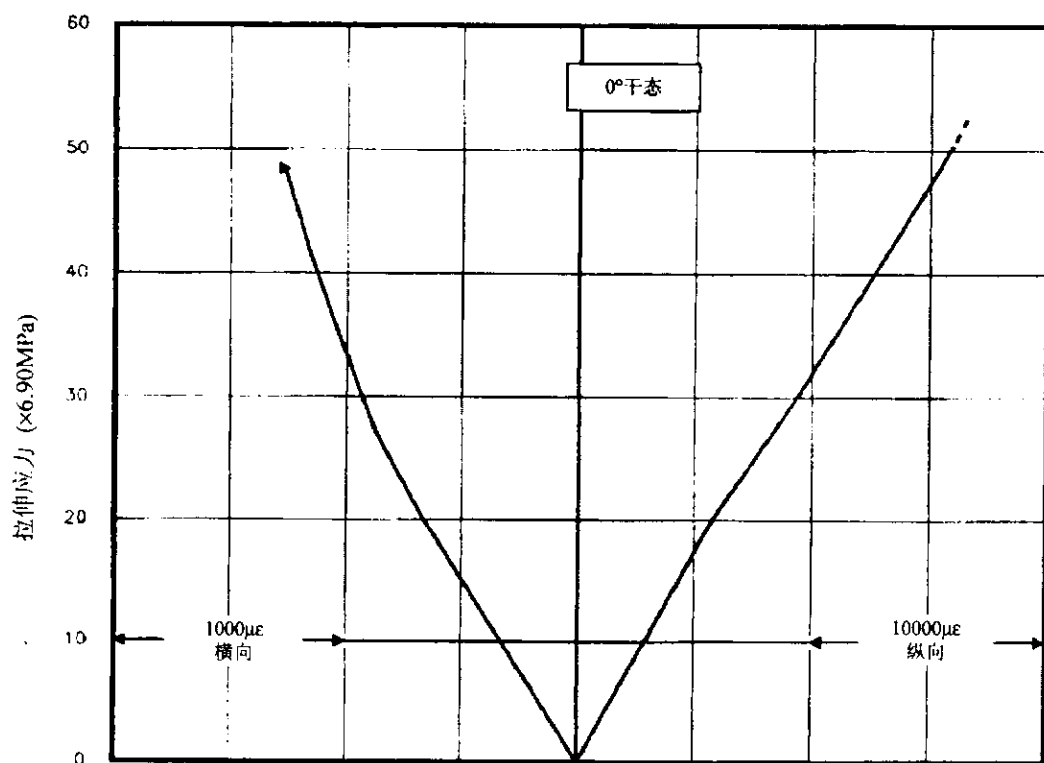


图 A1.4.2(b) F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (26%树脂) 90°方向压缩应力-应变曲线



5 个试样的平均值

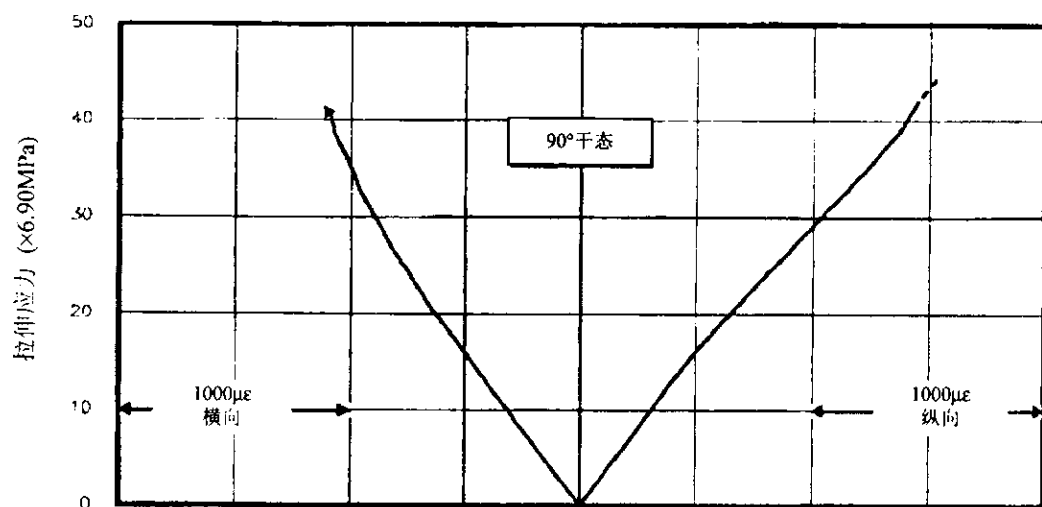


图 A1.4.4 F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (26%树脂) 的泊松效应

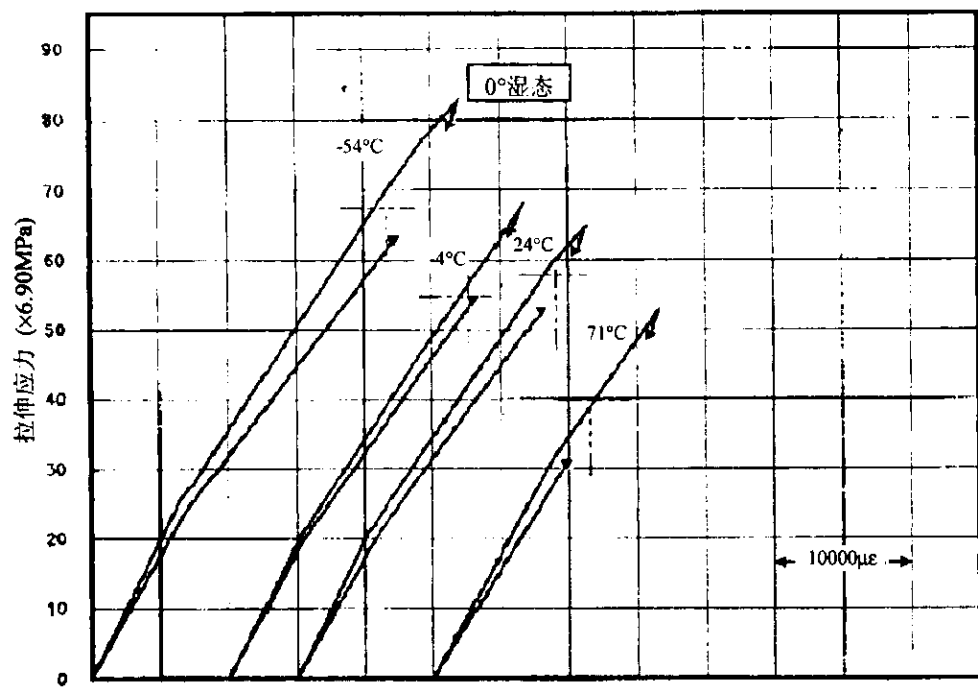
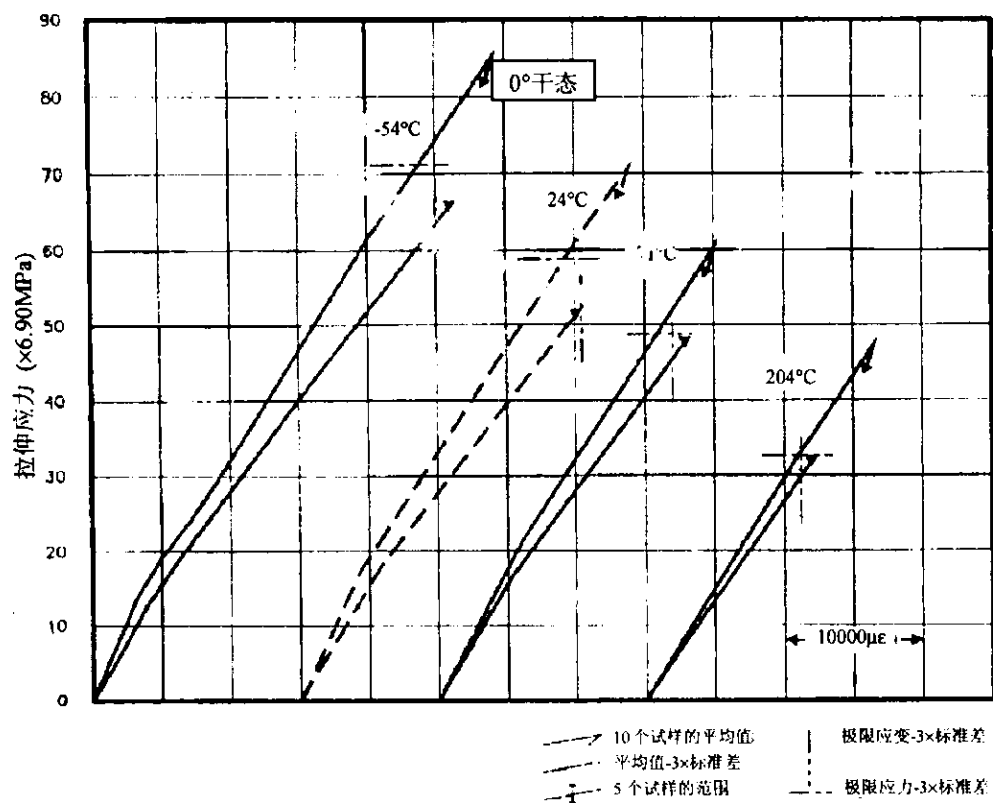


图 A1.5.1(a) F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (31%树脂) 0°方向拉伸应力-应变曲线

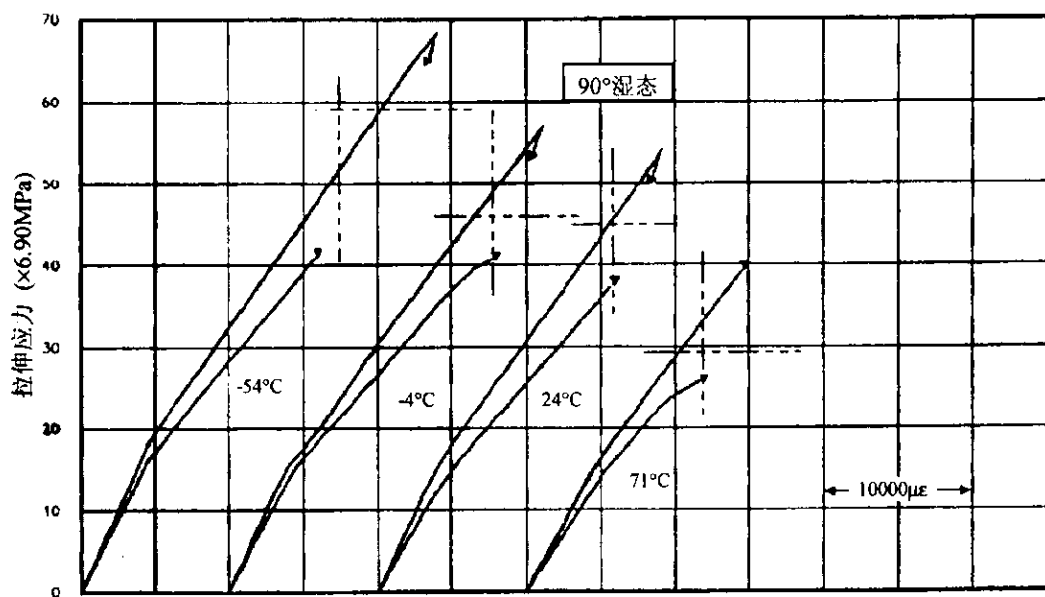
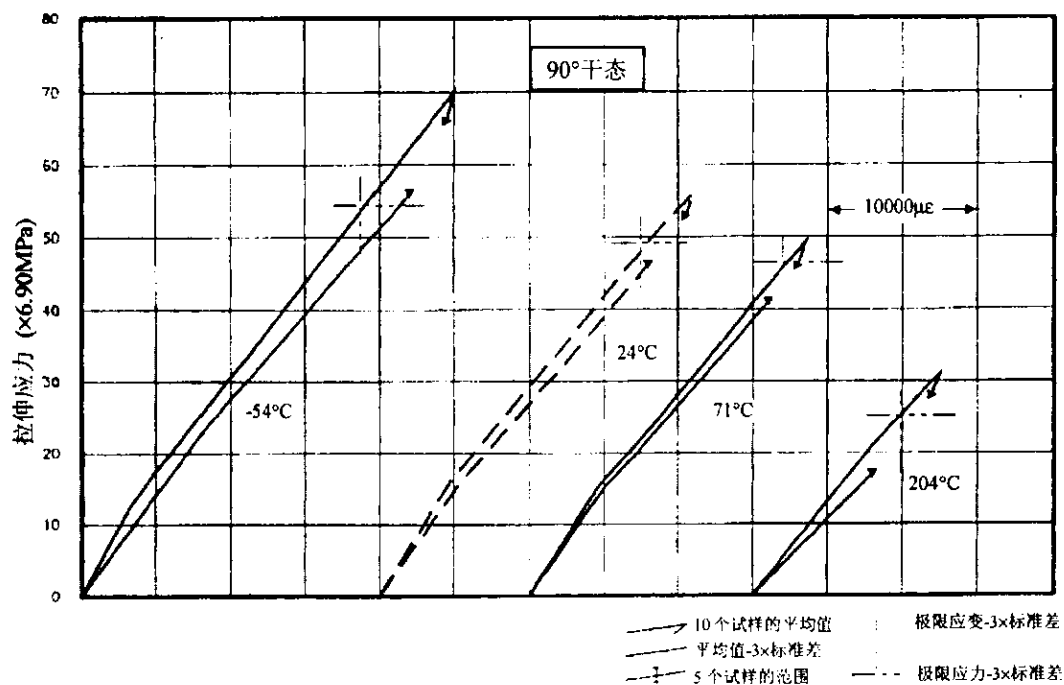


图 A1.5.1(b) F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (31%树脂) 90°方向拉伸应力-应变曲线

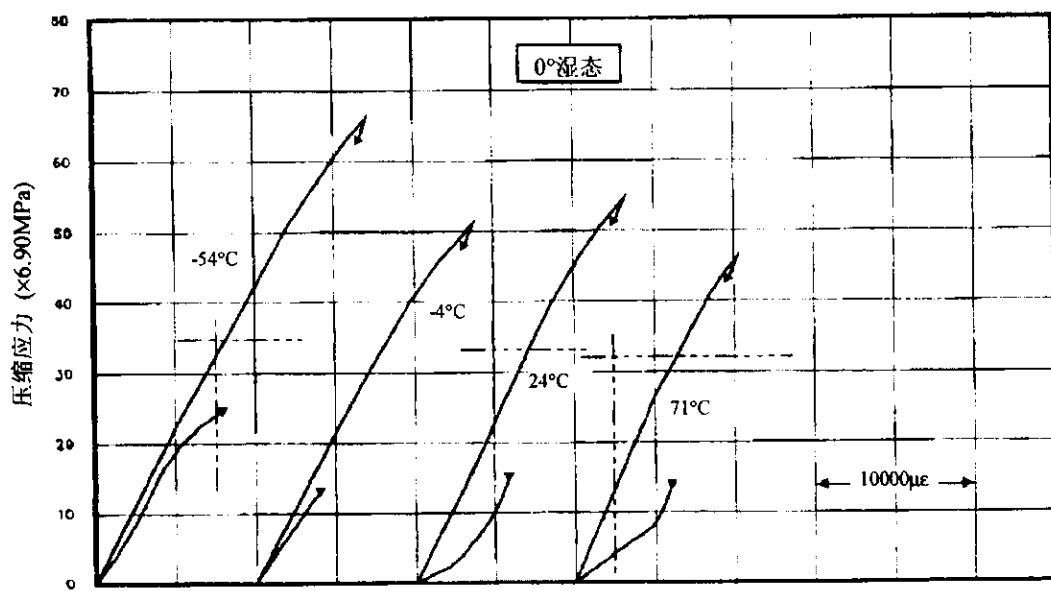
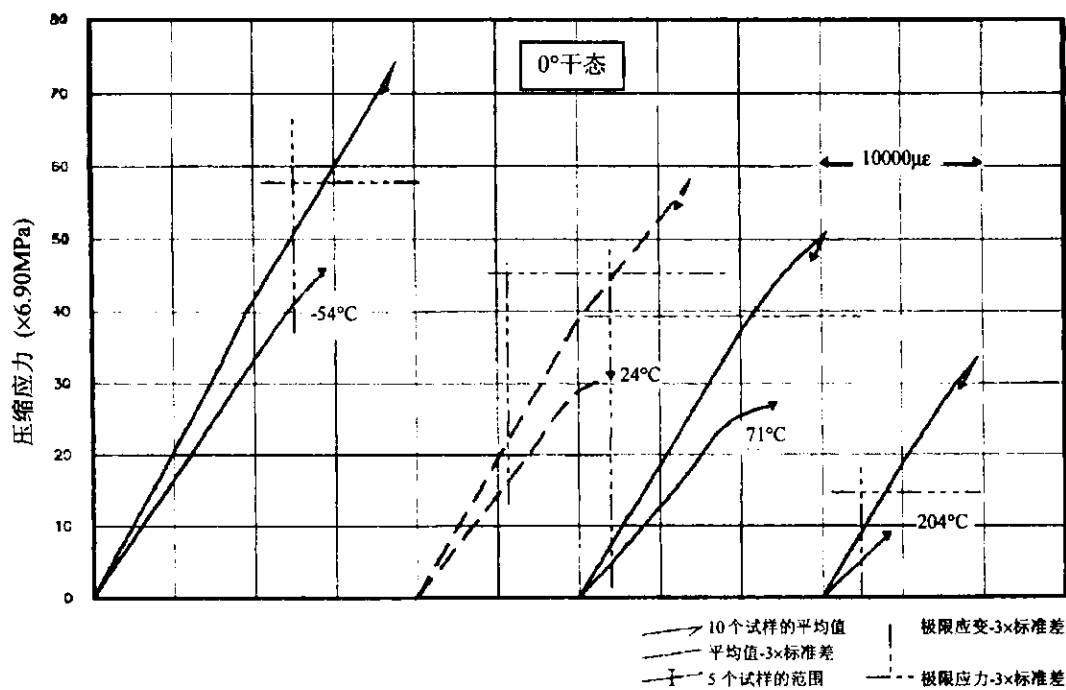


图 A1.5.2(a) F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (31%树脂) 0°方向压缩应力-应变曲线

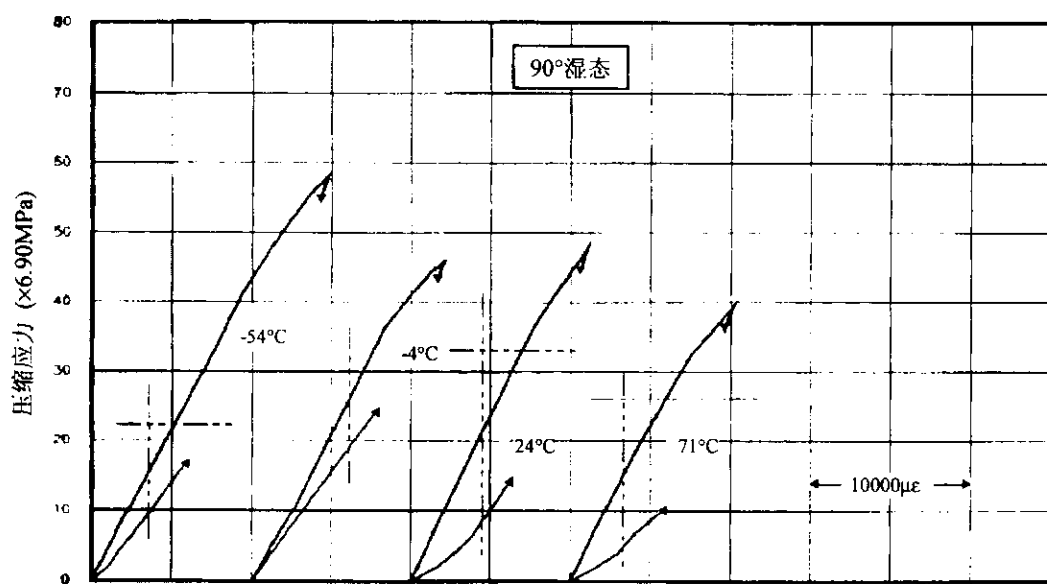
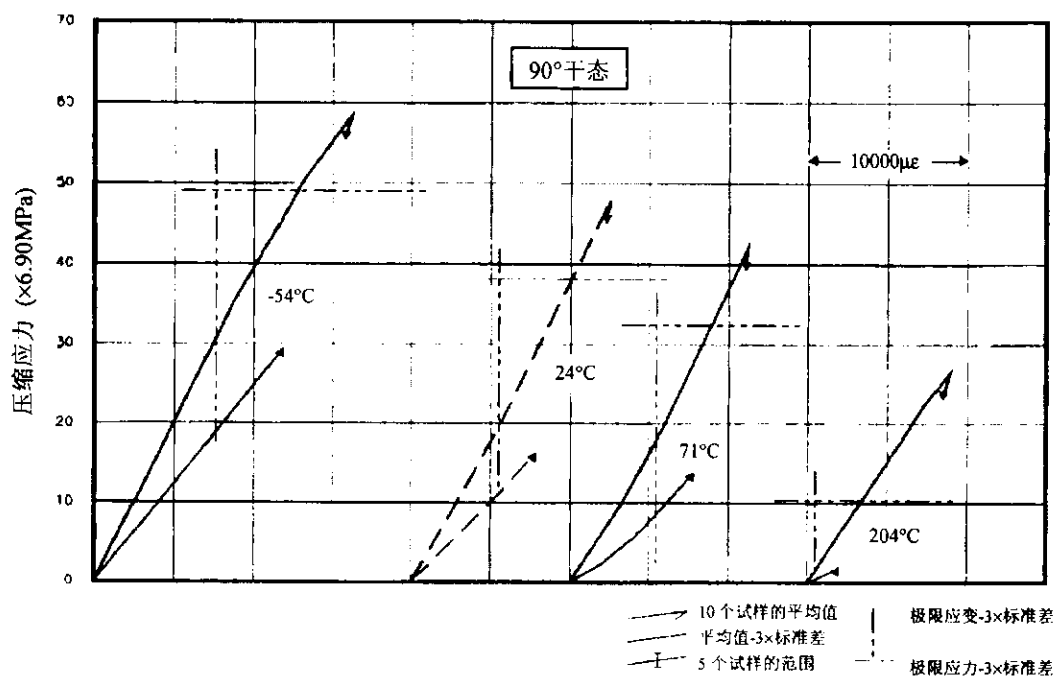
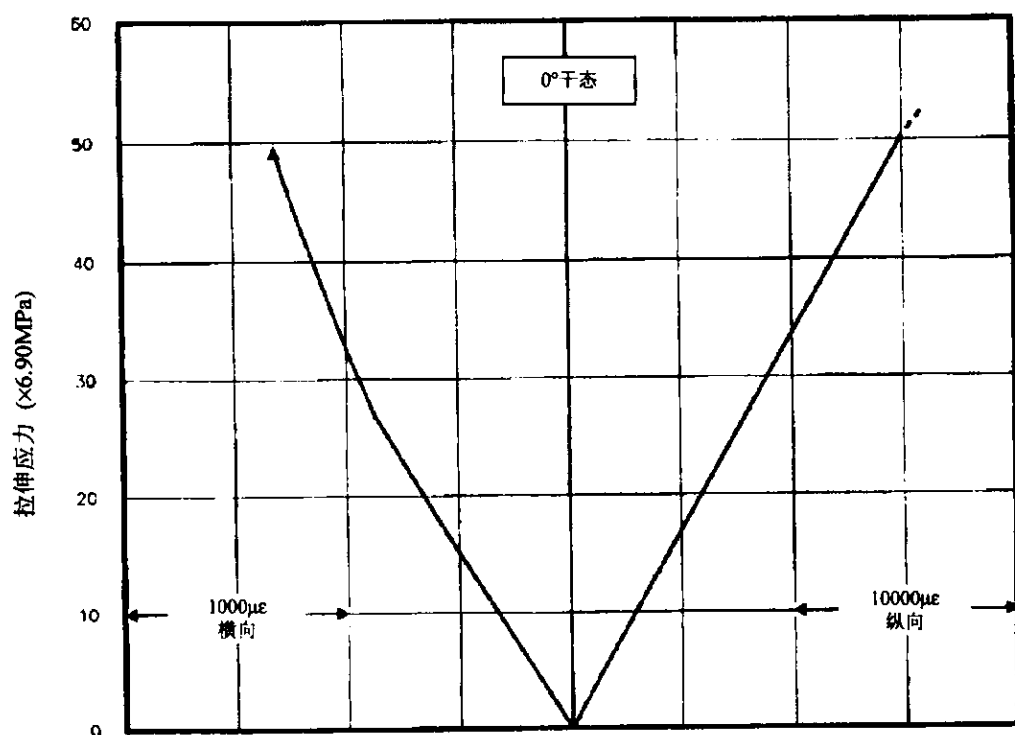


图 A1.5.2(b) F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (31%树脂) 90°方向压缩应力-应变曲线



5 个试样的平均值

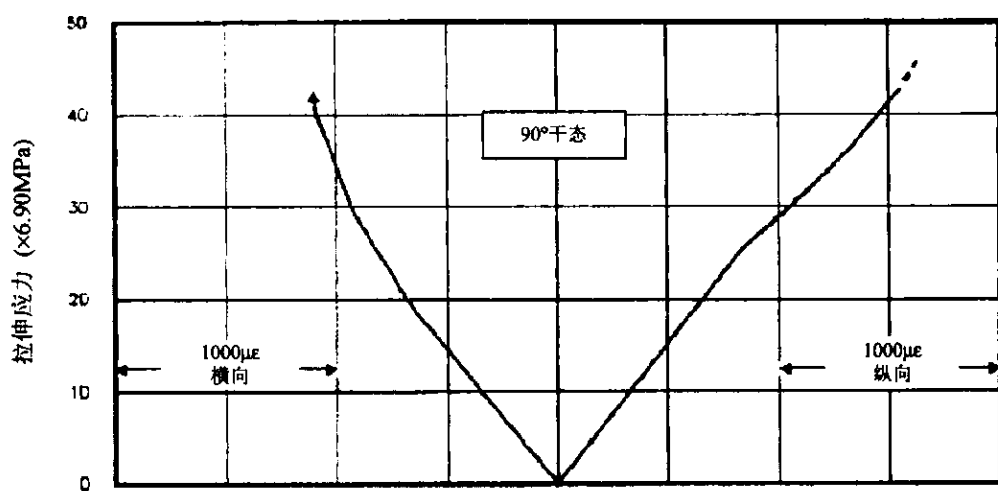


图 A1.5.4 F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (31%树脂) 的泊松效应

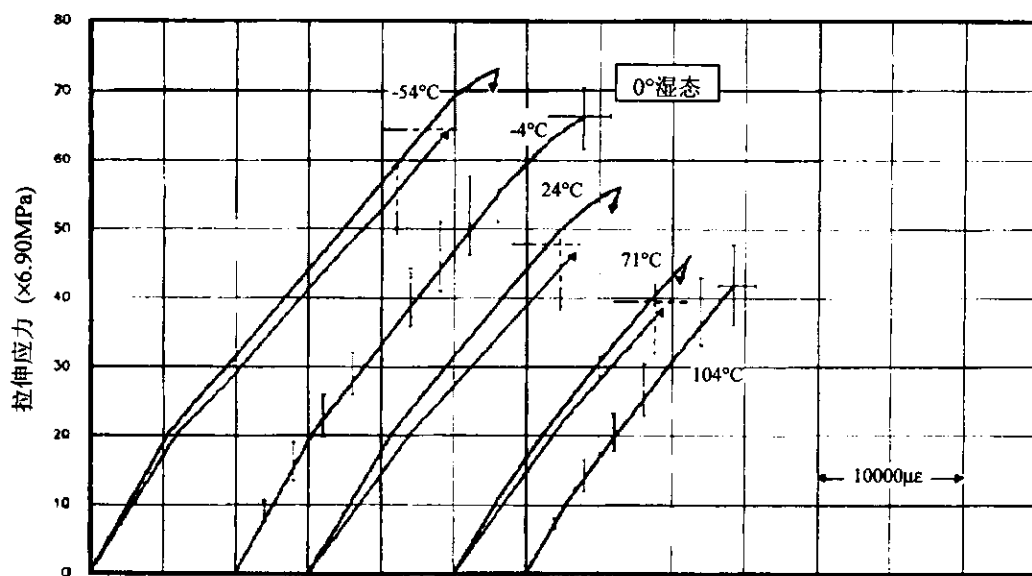
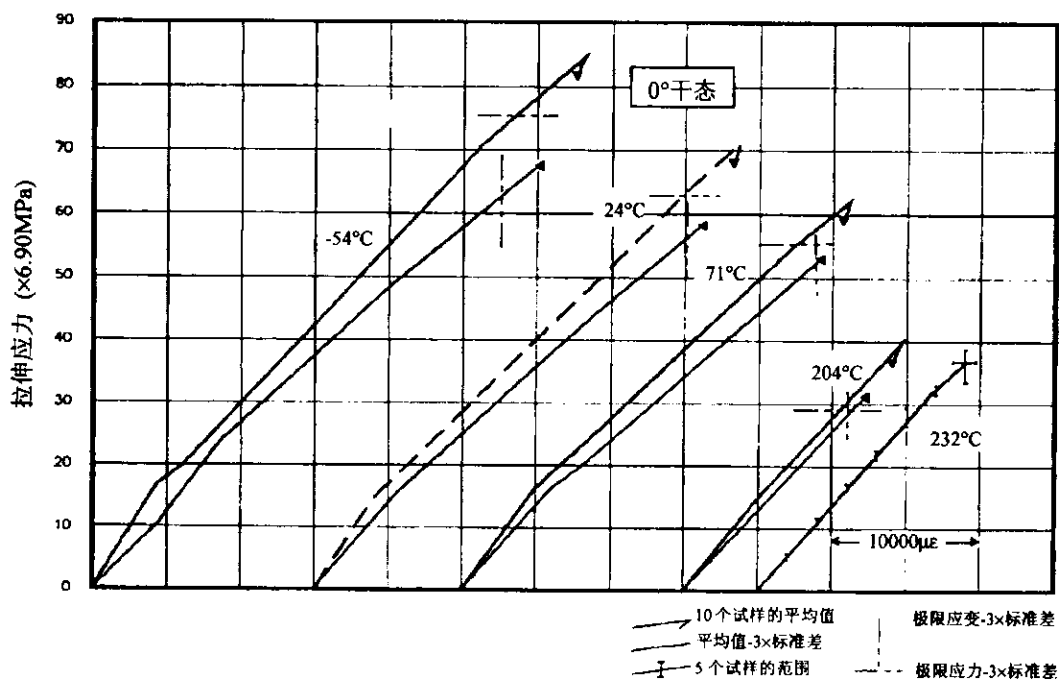


图 A1.6.1(a) F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维(36%树脂) 0°方向拉伸应力-应变曲线

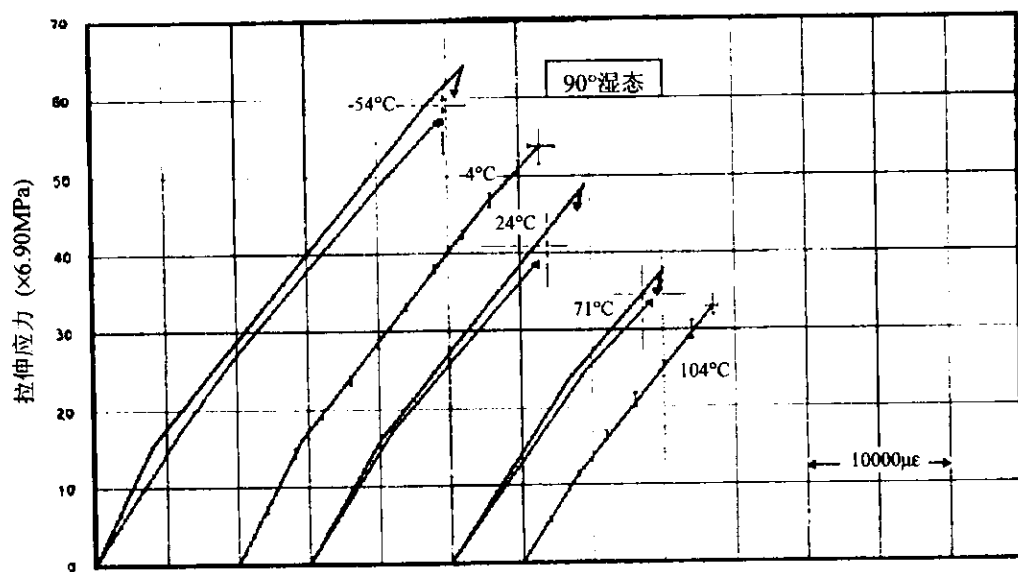
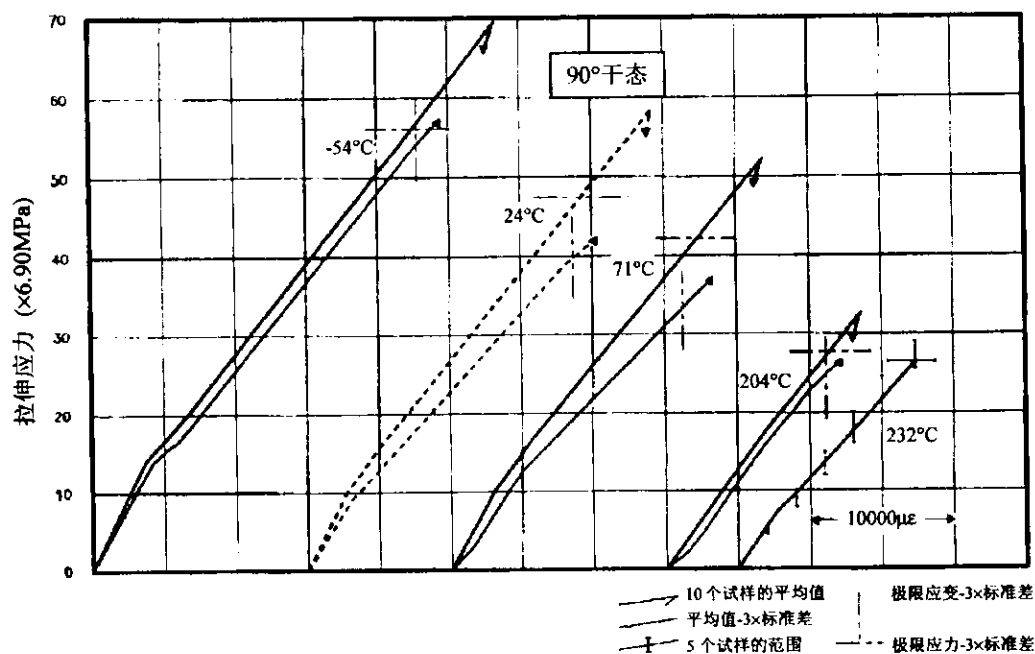


图 A1.6.1(b) F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (36%树脂) 90°方向拉伸应力-应变曲线

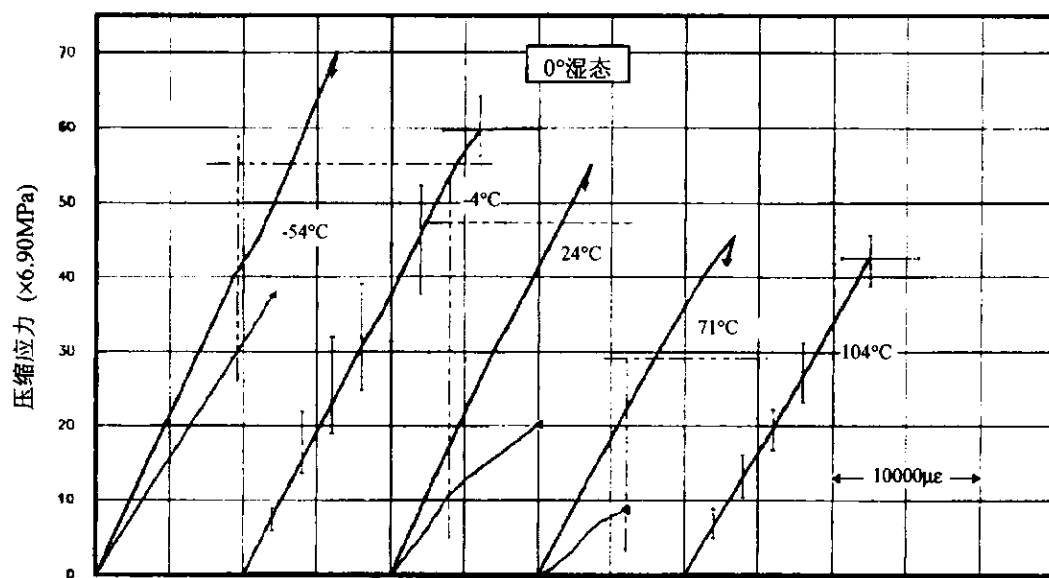
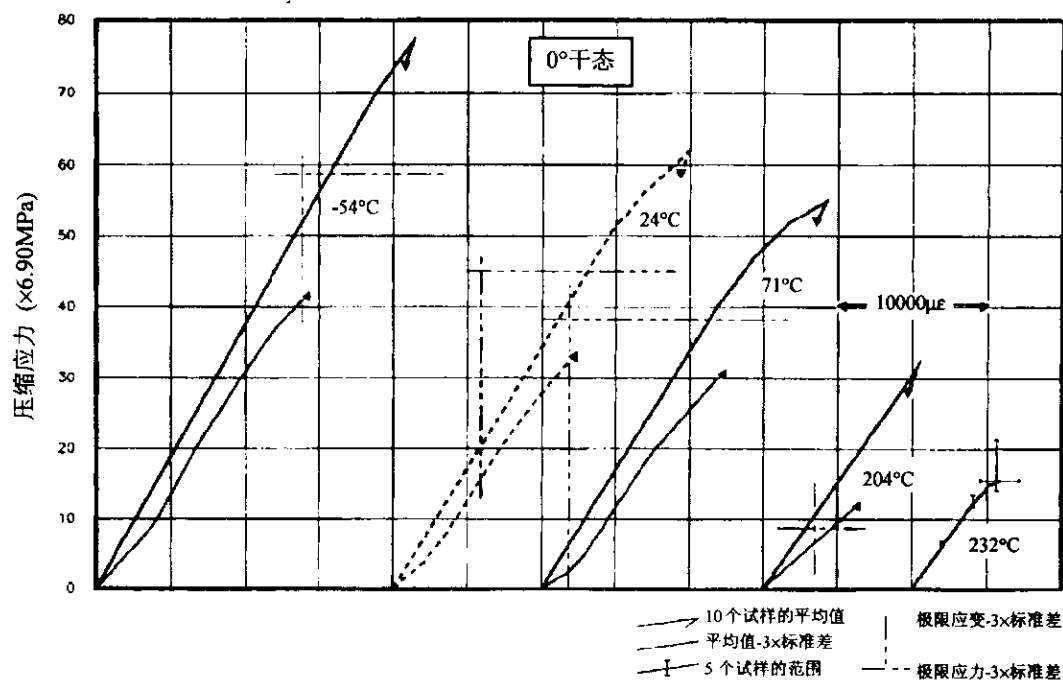


图 A1.6.2(a) F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (36%树脂) 0°方向压缩应力-应变曲线

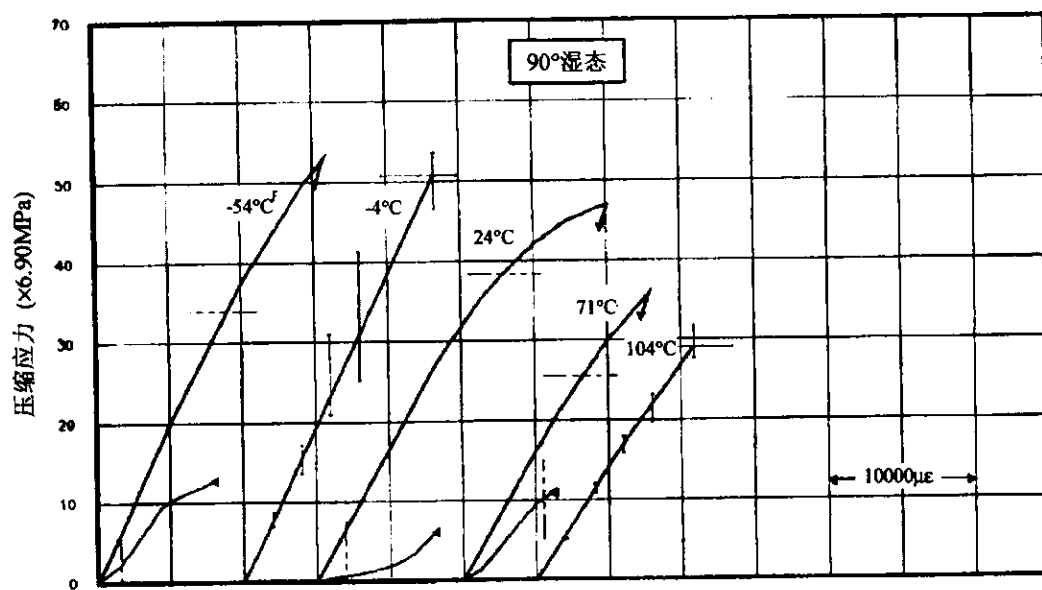
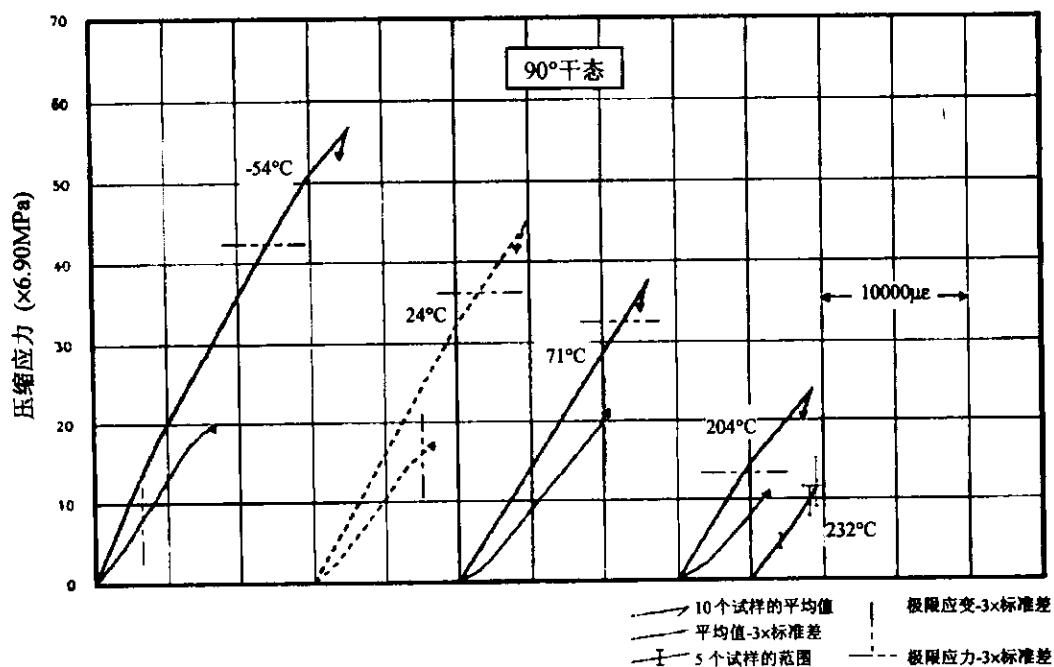


图 A1.6.2(b) F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (36%树脂) 90°方向压缩应力-应变曲线

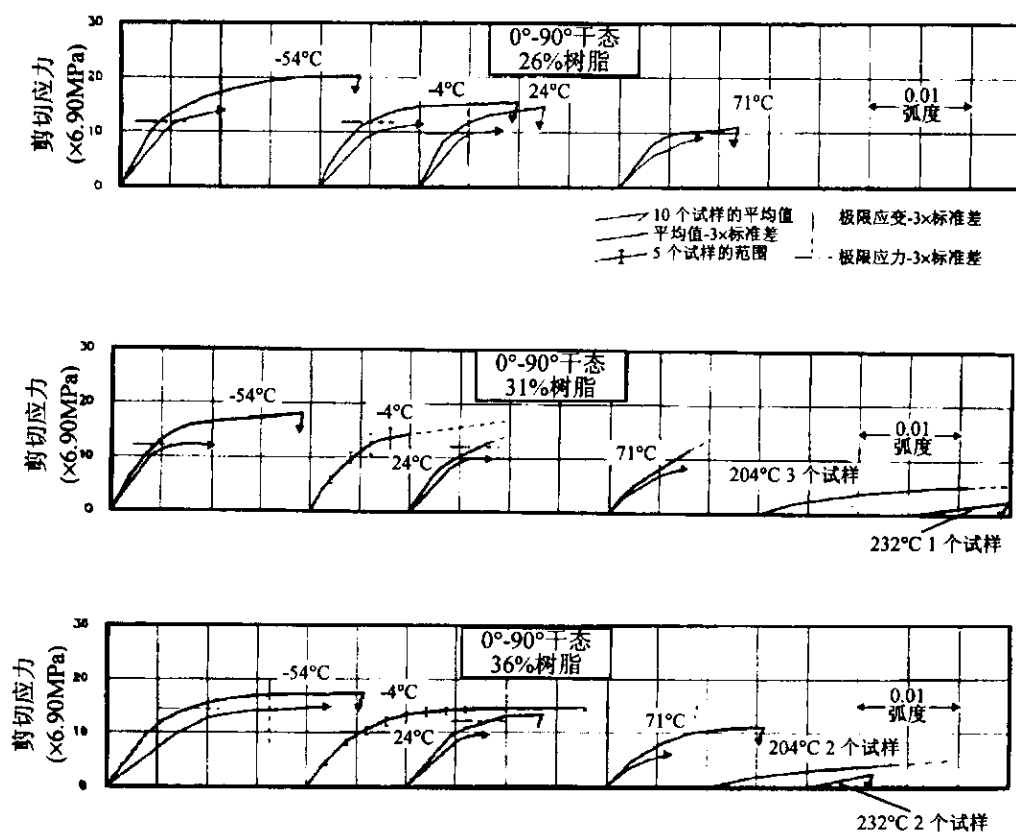
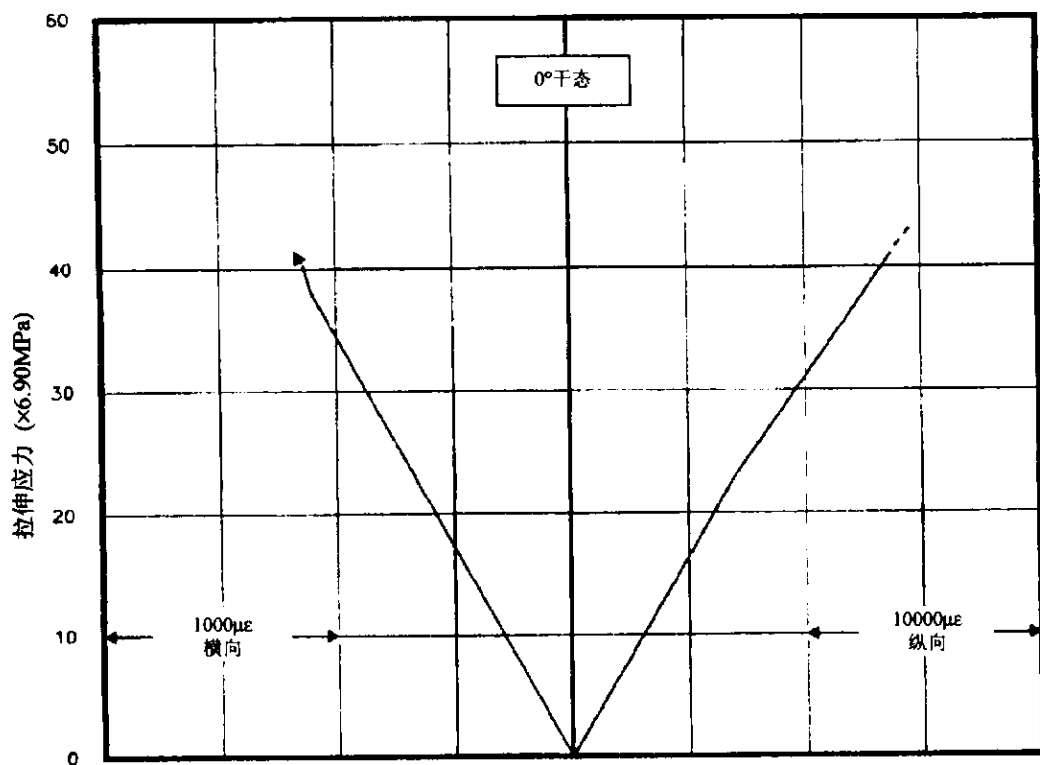


图 A1.6.3 F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (26%, 31%, 36%树脂) 对角拉伸剪切应力-应变曲线



5 个试样的平均值

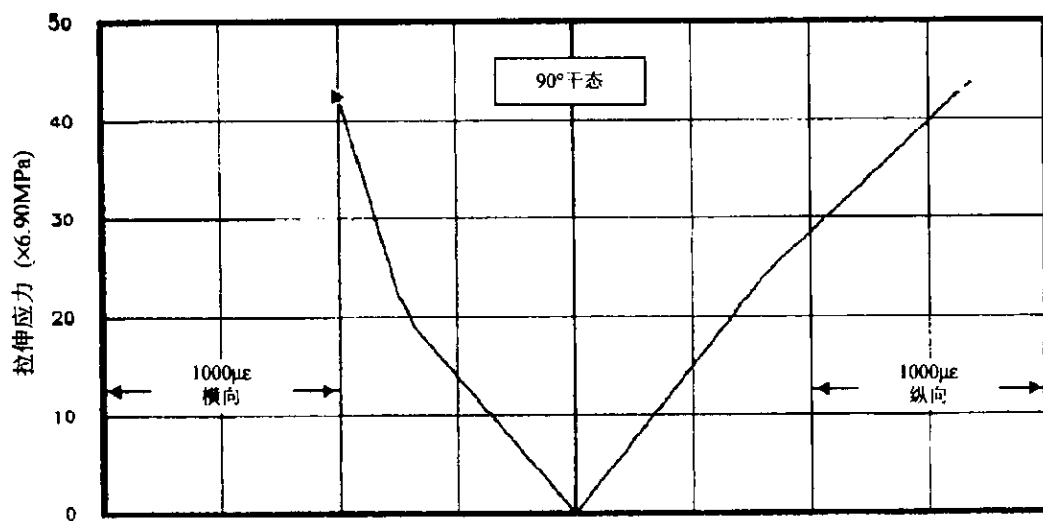


图 A1.6.4 F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维 (36%树脂) 的泊松效应

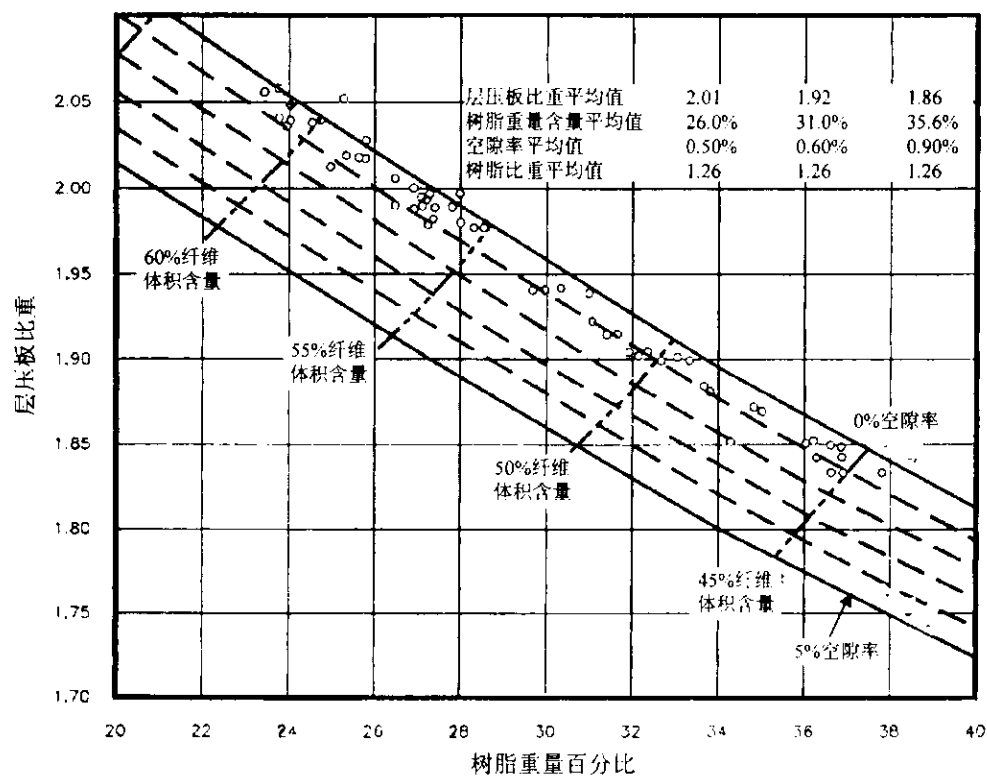


图 A1.6.5 F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维的空隙百分数与树脂含量和比重的关系曲线
(26%, 31%和 36%树脂)

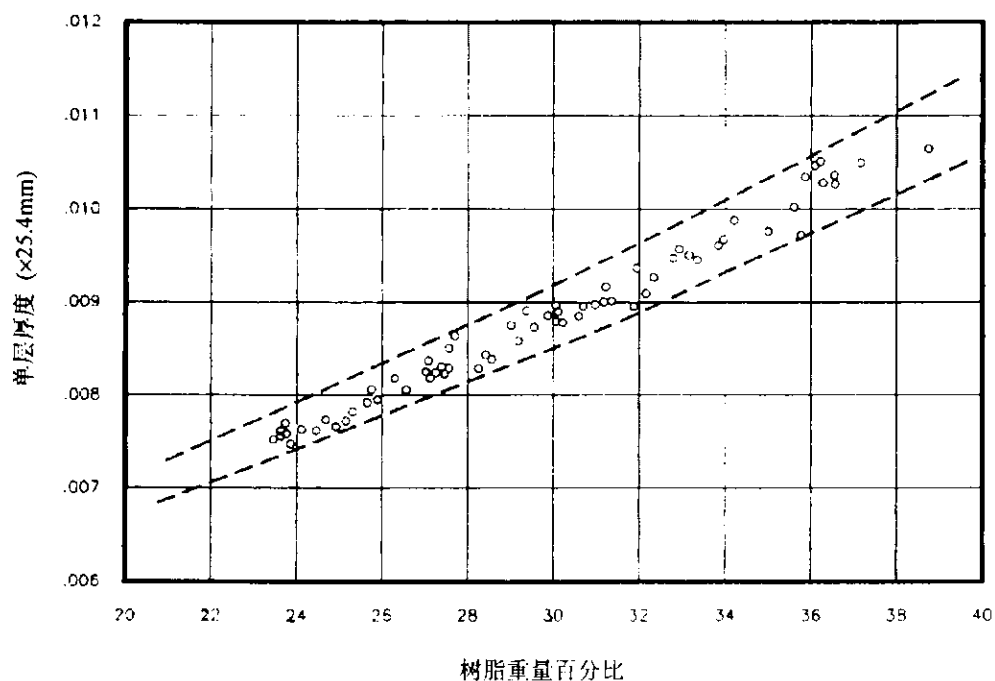


图 A1.6.6 F-161/7781 环氧树脂-玻璃纤维的厚度与树脂含量的关系曲线

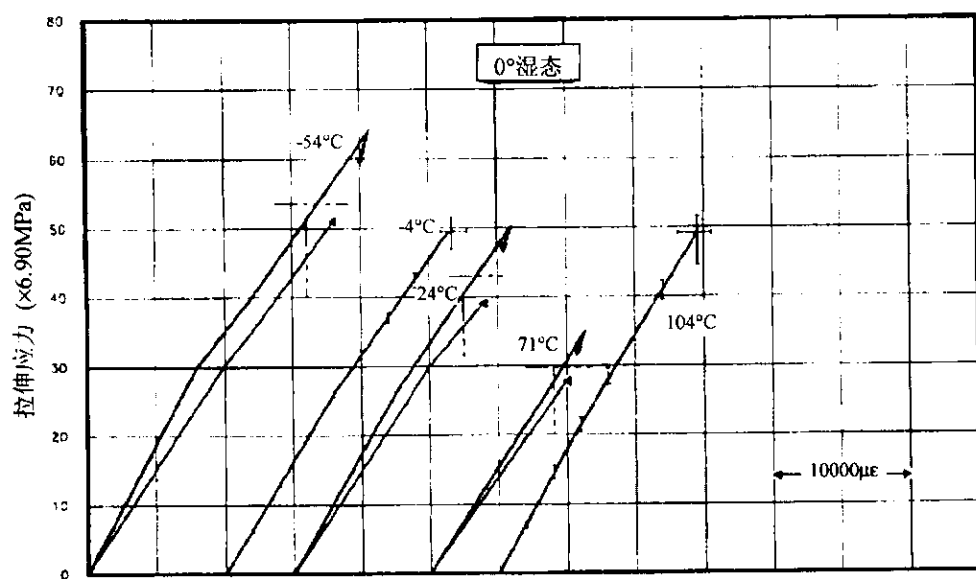
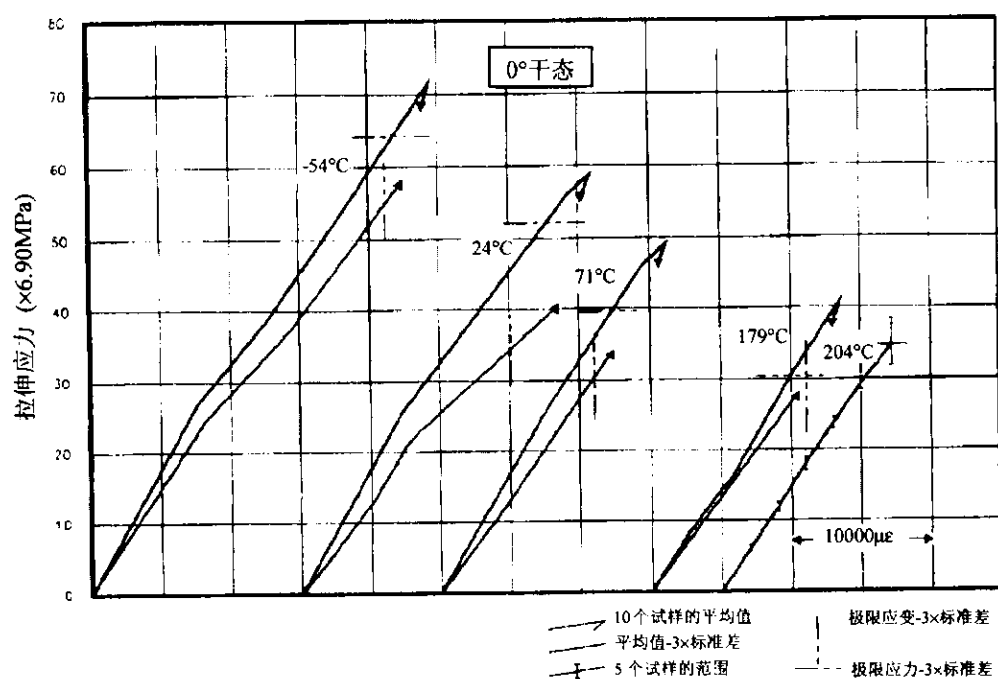


图 A1.8.1(a) N588/7781 环氧树脂-玻璃纤维 0°方向拉伸应力-应变曲线

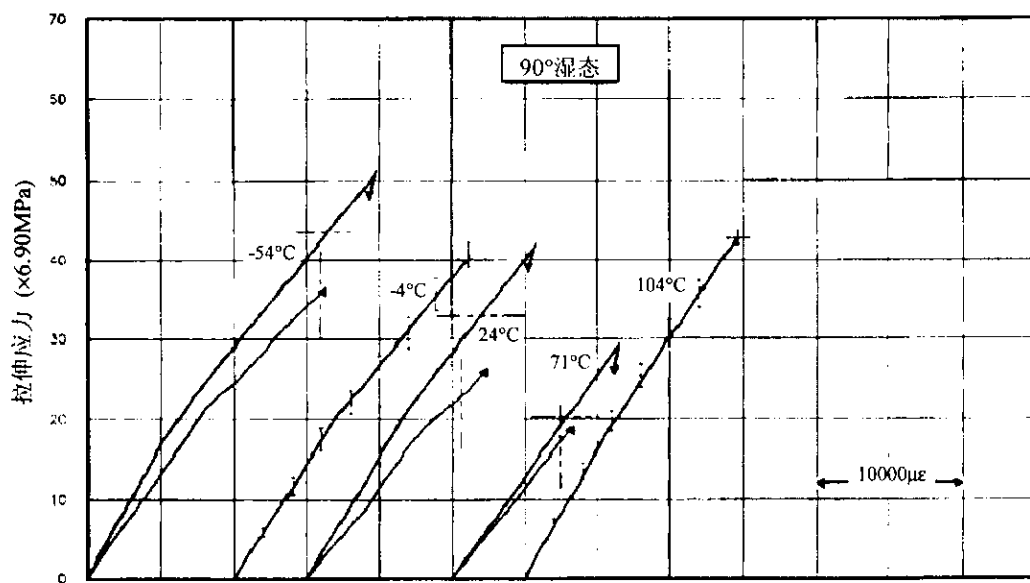
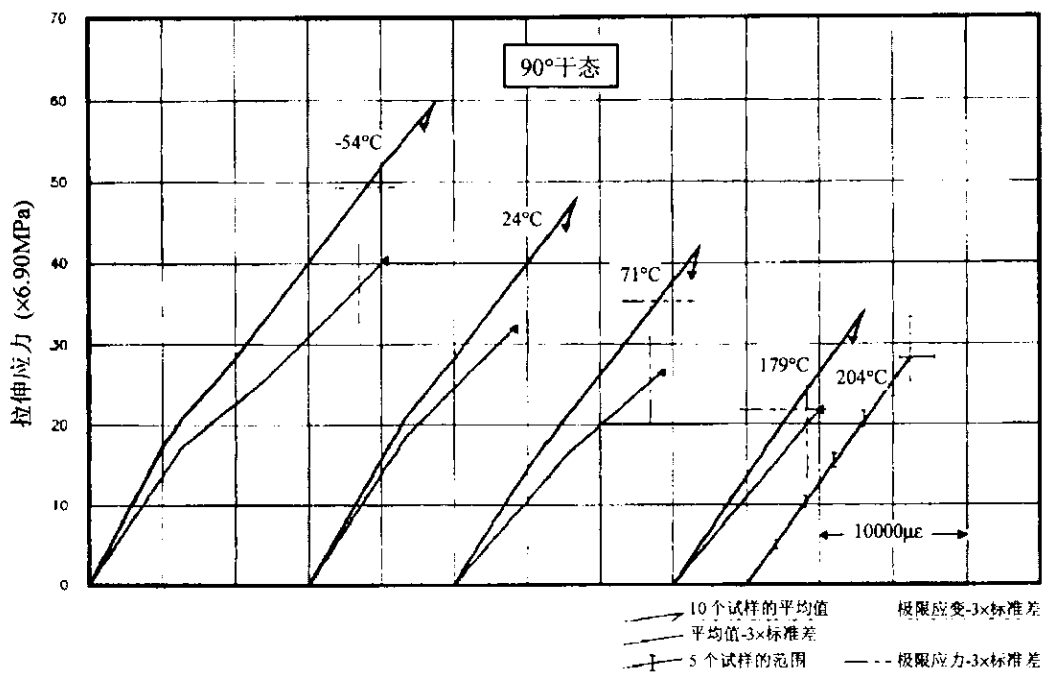


图 A1.8.1(b) N588/7781 环氧树脂-玻璃纤维 90°方向拉伸应力-应变曲线

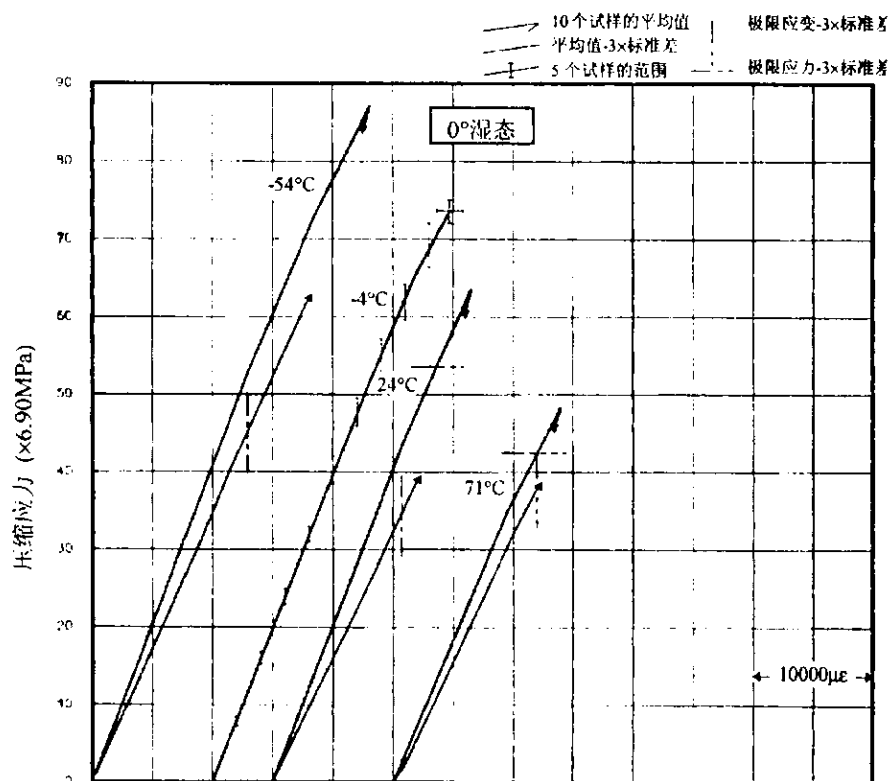
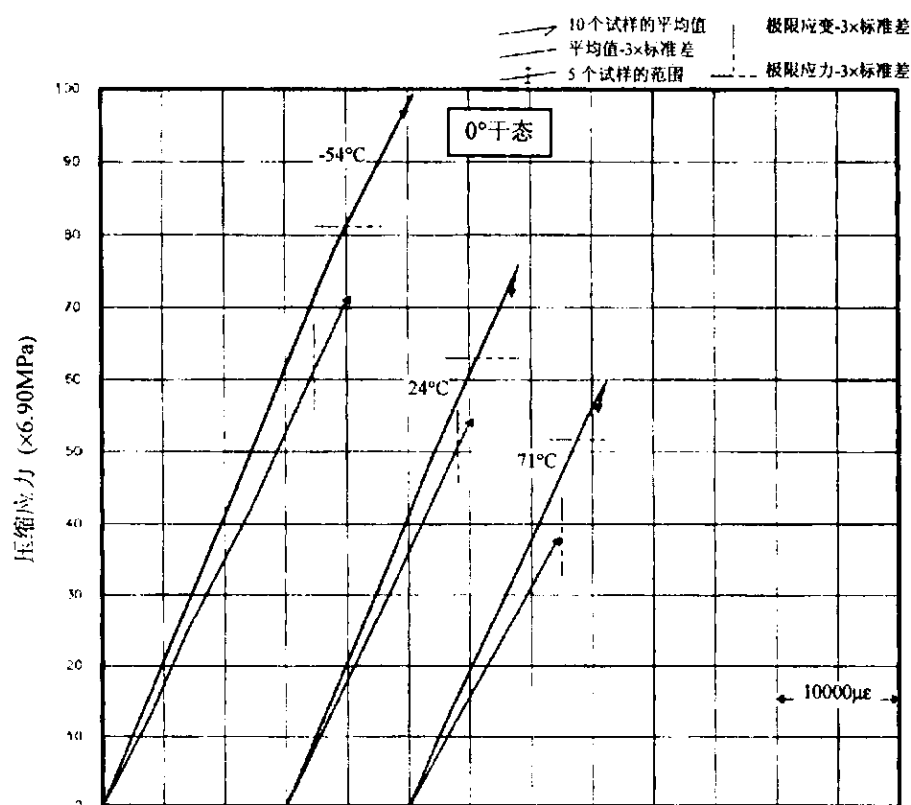


图 A1.8.2(a) N588/7781 环氧树脂-玻璃纤维 0°方向压缩应力-应变曲线

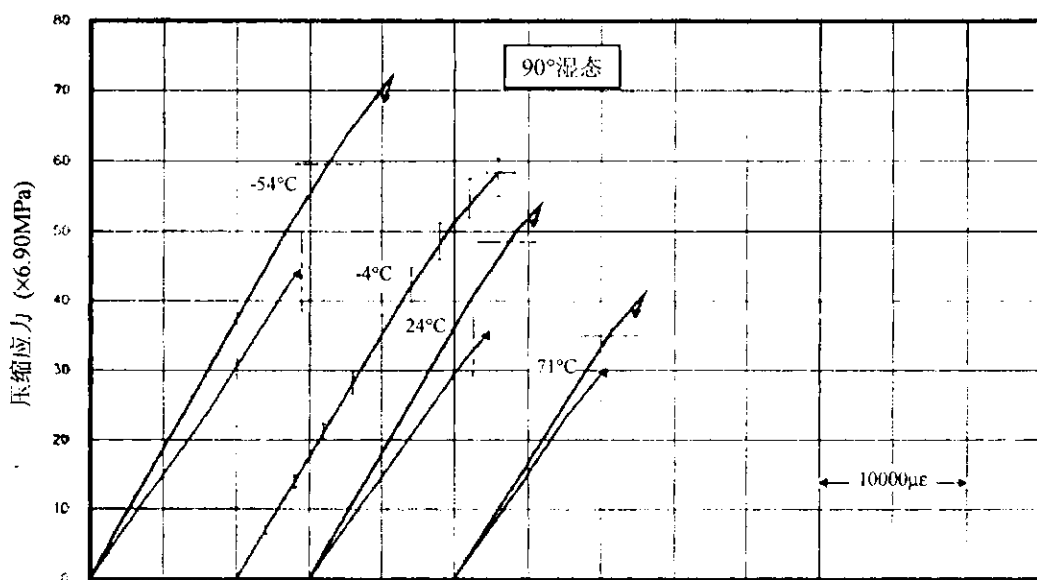
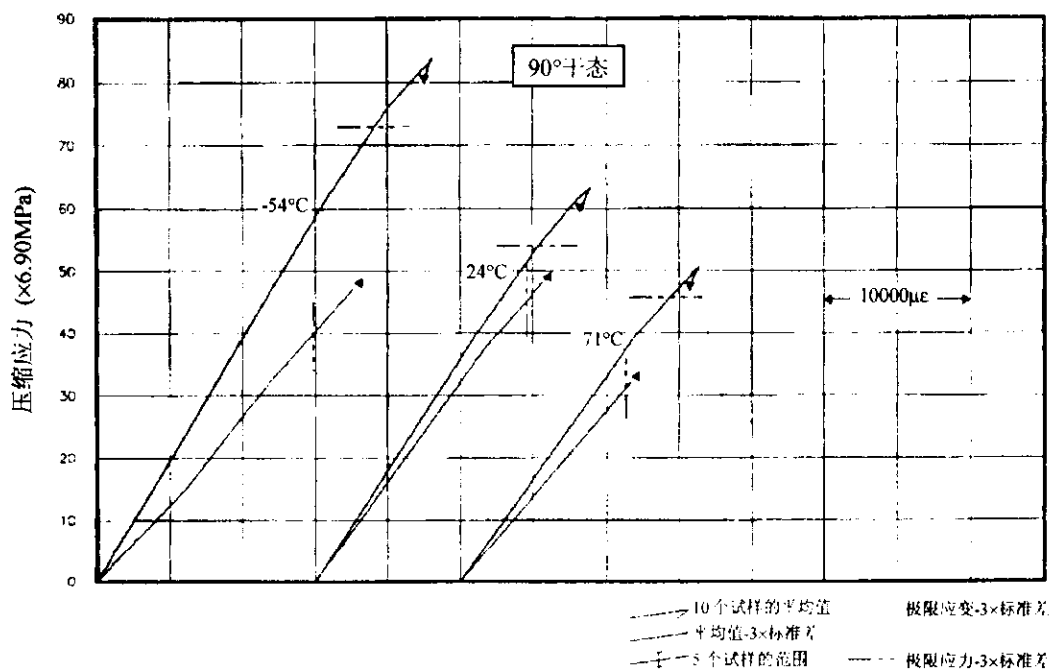


图 A1.8.2(b) N588/7781 环氧树脂-玻璃纤维 90°方向压缩应力-应变曲线

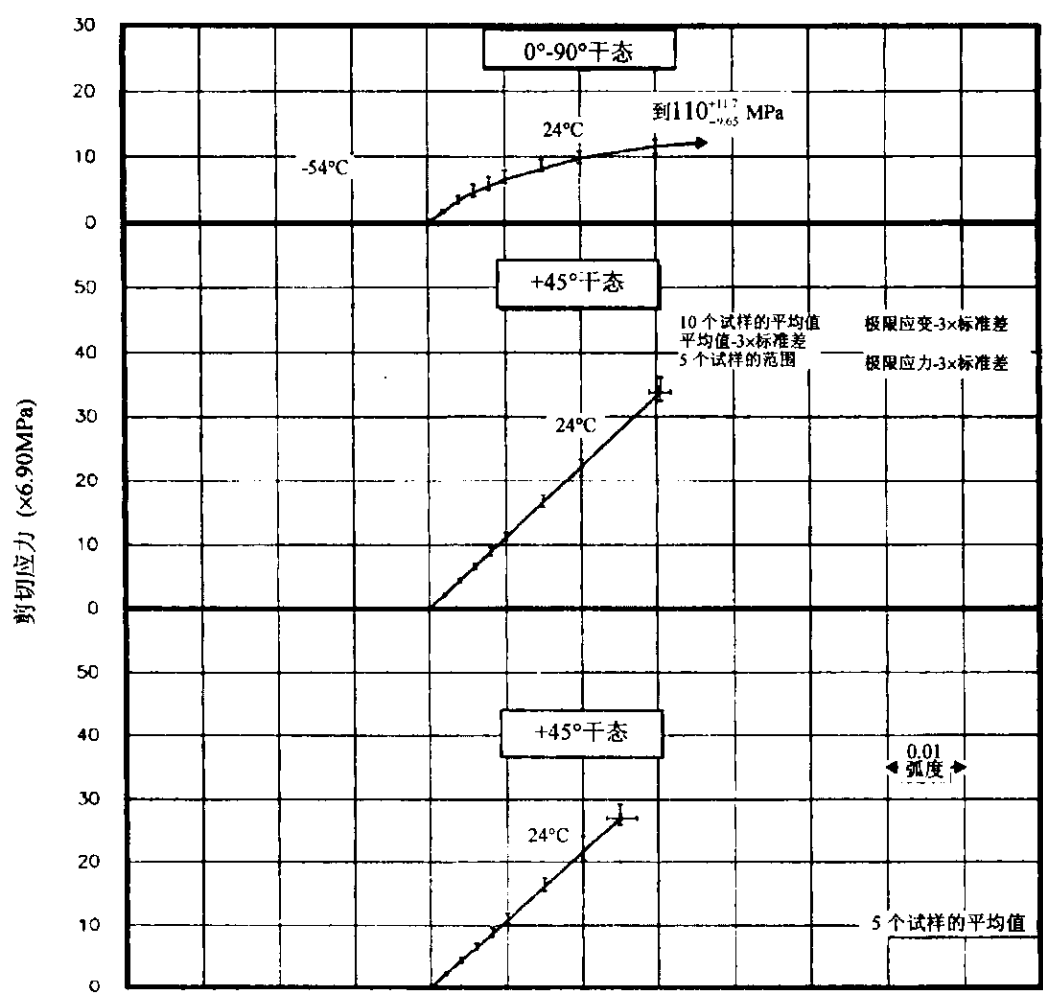


图 A1.8.3 N588/7781 环氧树脂-玻璃纤维轨道剪切应力-应变曲线

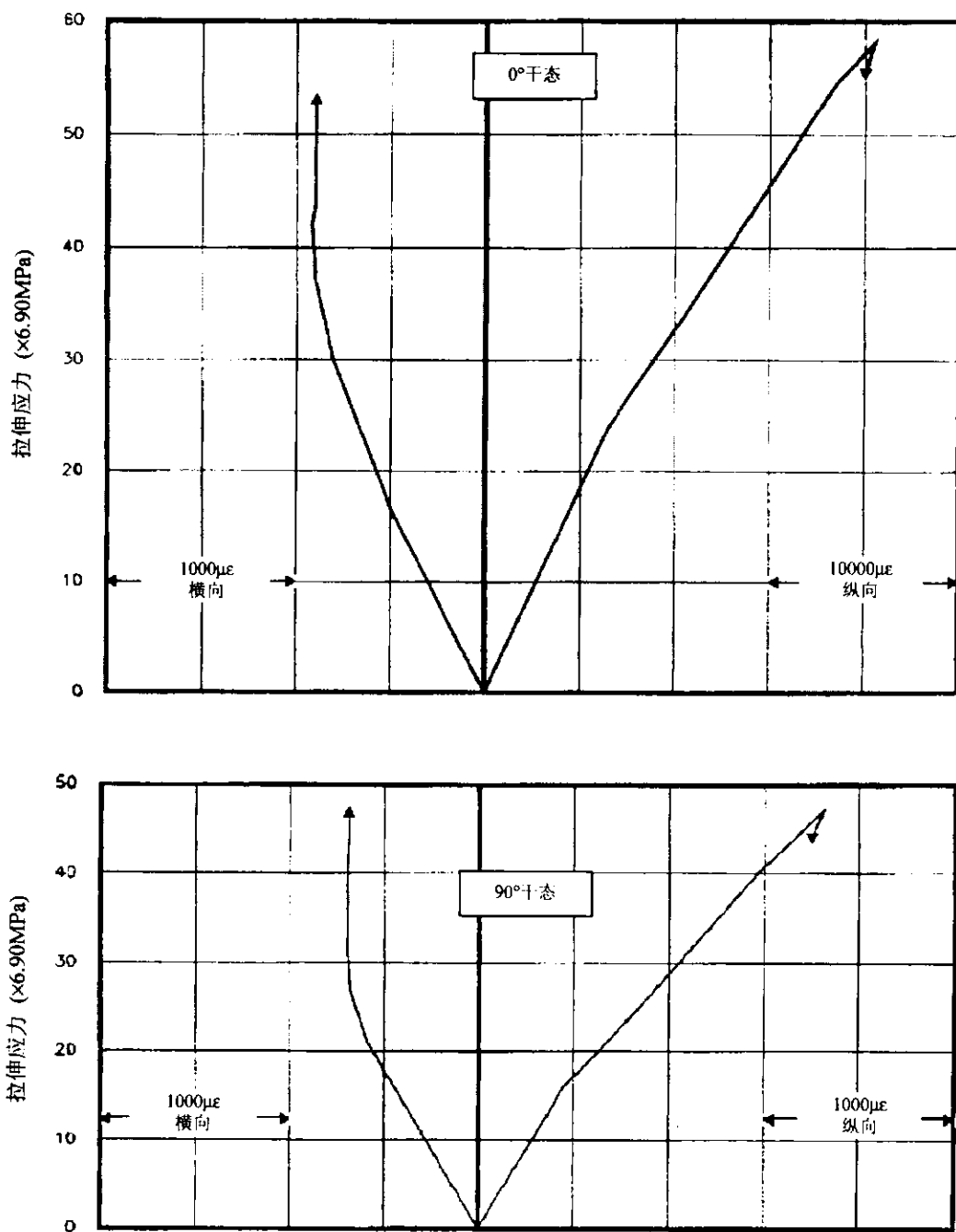


图 A1.8.4 N588/7781 环氧树脂-玻璃纤维泊松效应

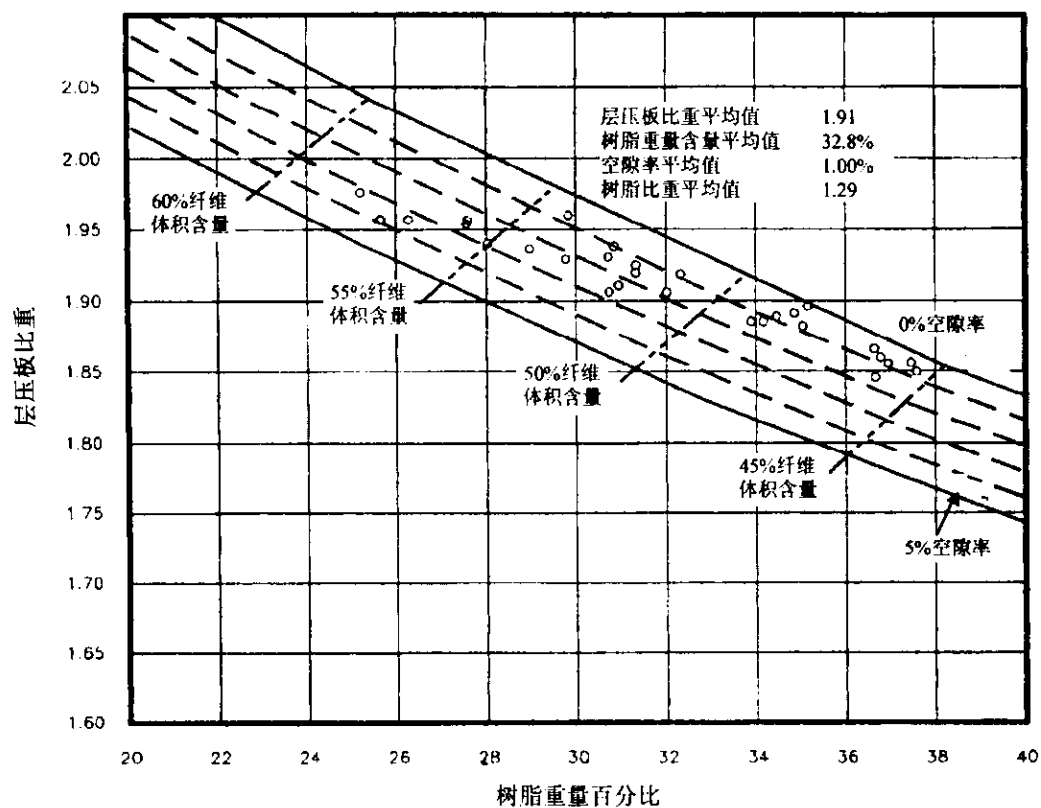


图 A1.8.5 N588/7781 环氧树脂-玻璃纤维的空隙百分数与树脂含量和比重的关系曲线

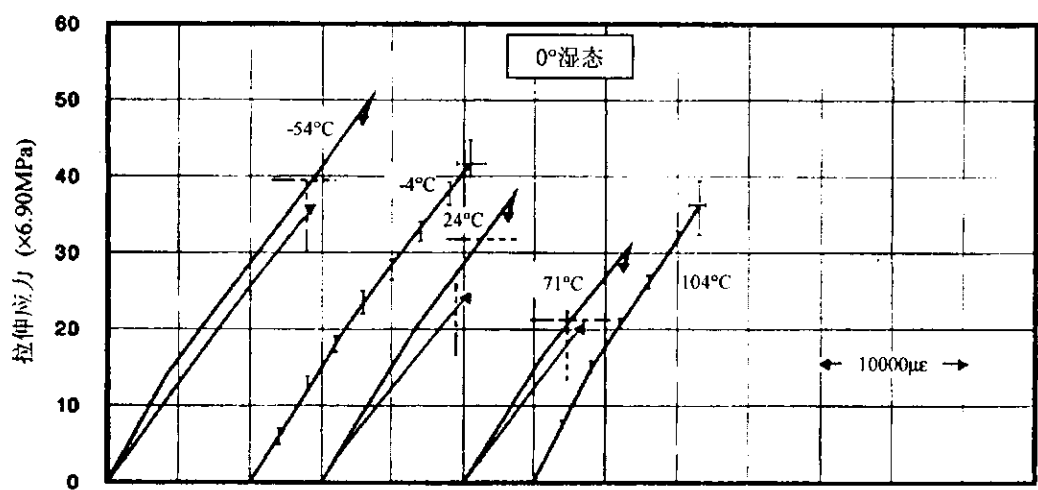
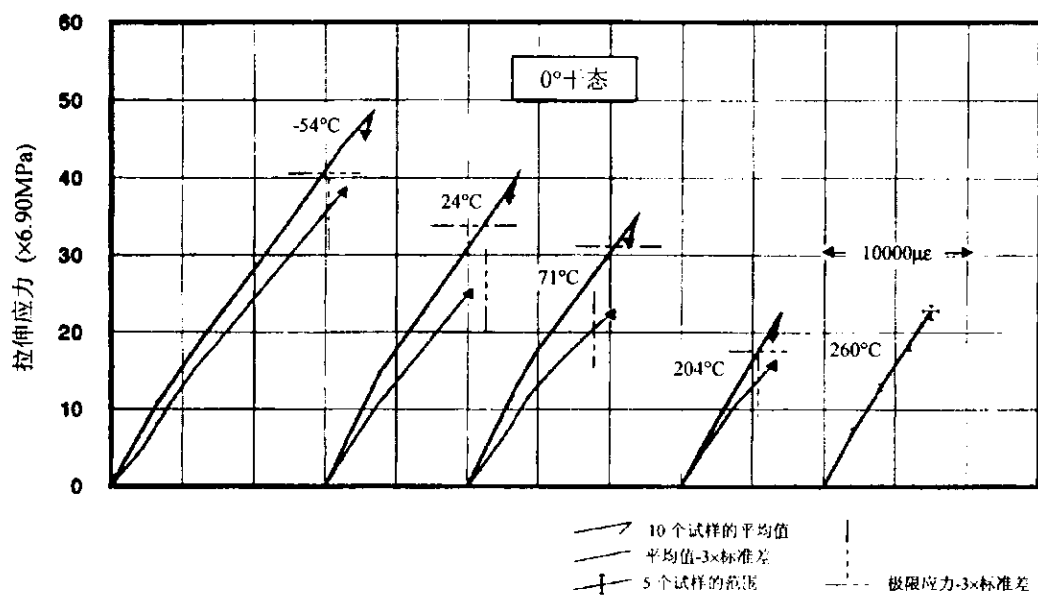


图 A1.40.1(a) N506/7781 玻璃/酚醛 0°方向拉伸应力-应变曲线

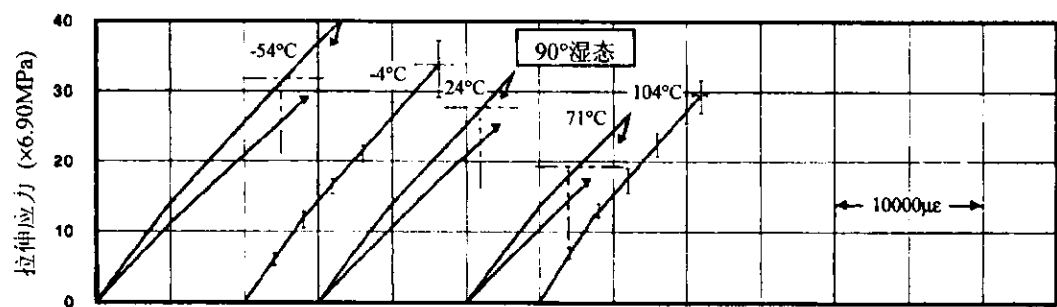
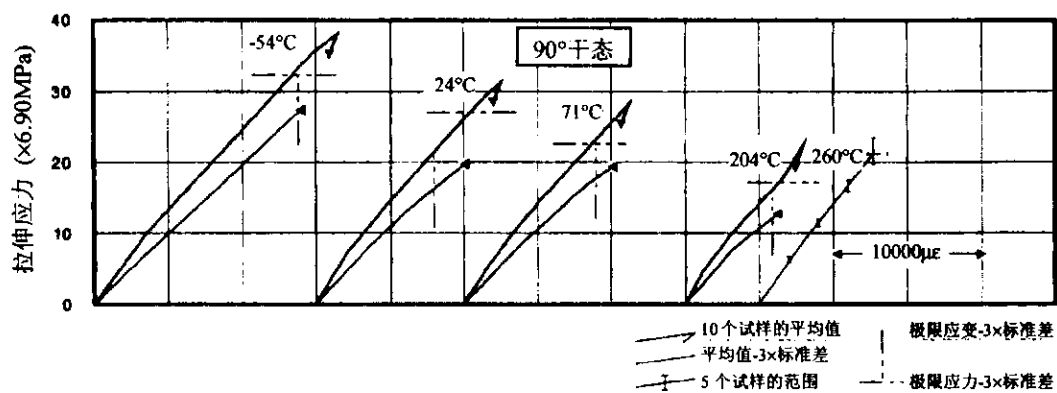


图 A1.40.1(b) N506/7781 玻璃/酚醛 90°方向拉伸应力-应变曲线

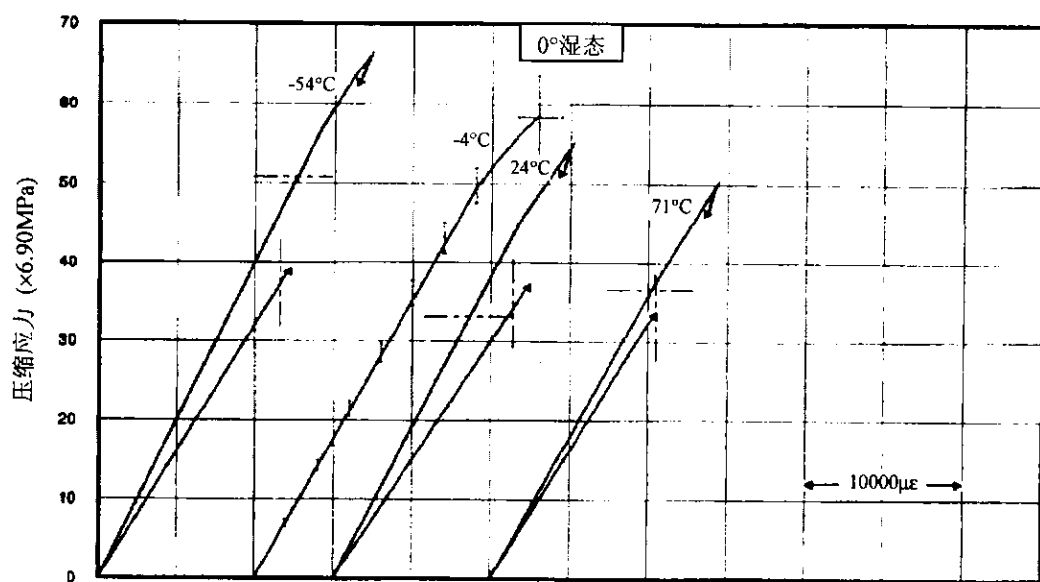
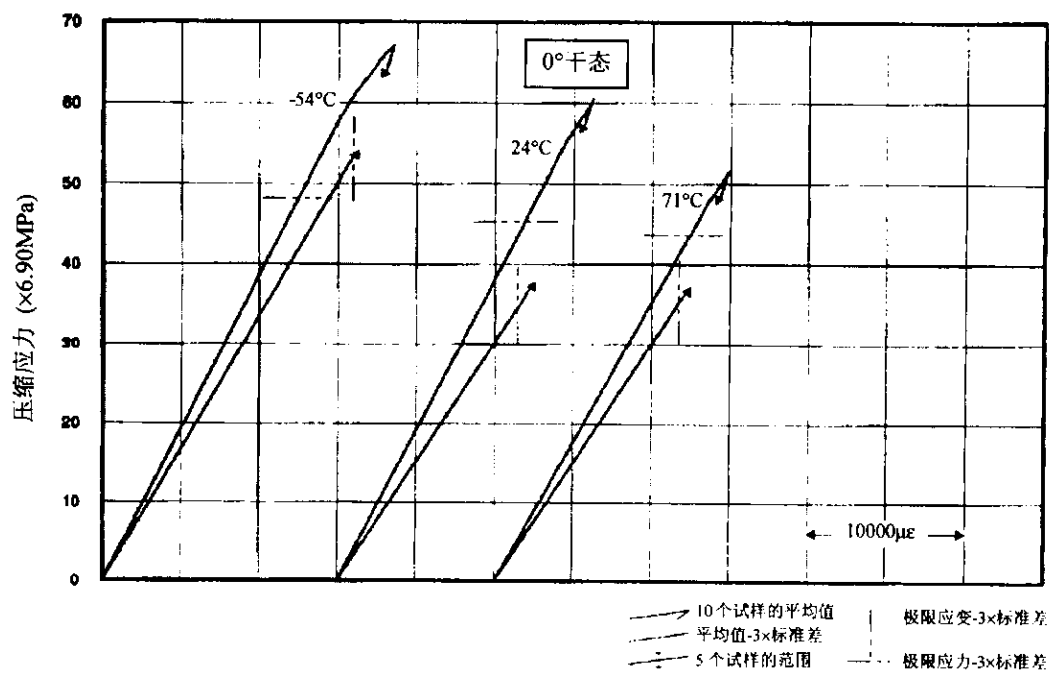


图 A1.40.2(a) N506/7781 玻璃/酚醛 0°方向压缩应力-应变曲线

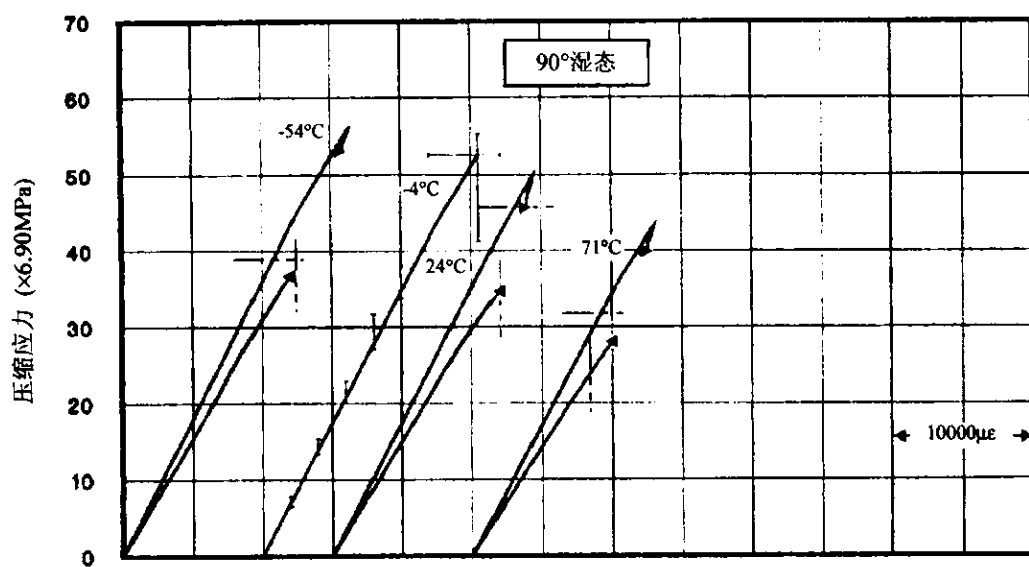
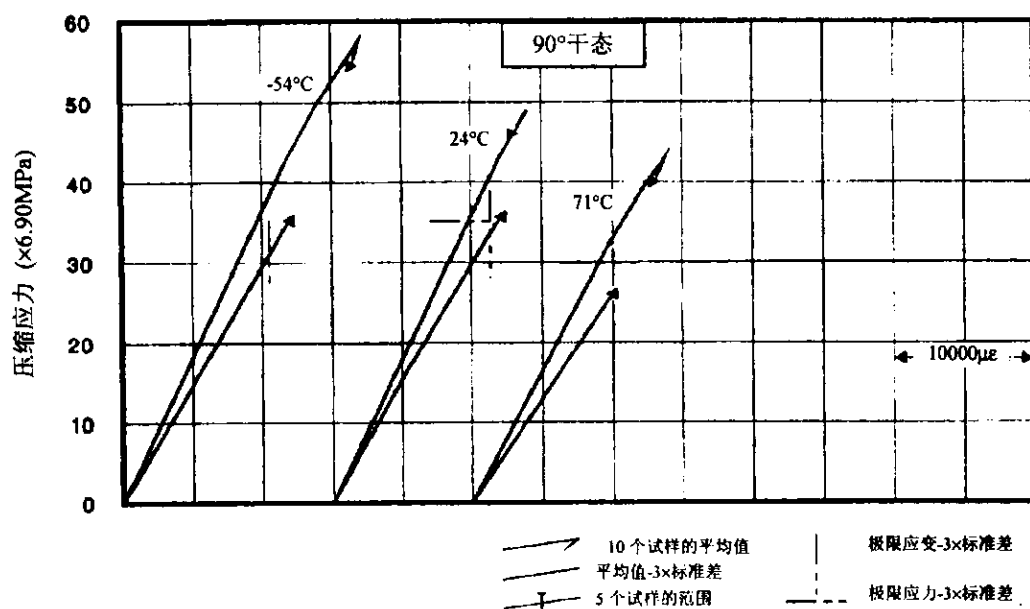


图 A1.40.2(b) N506/7781 玻璃/酚醛 90°方向压缩应力-应变曲线

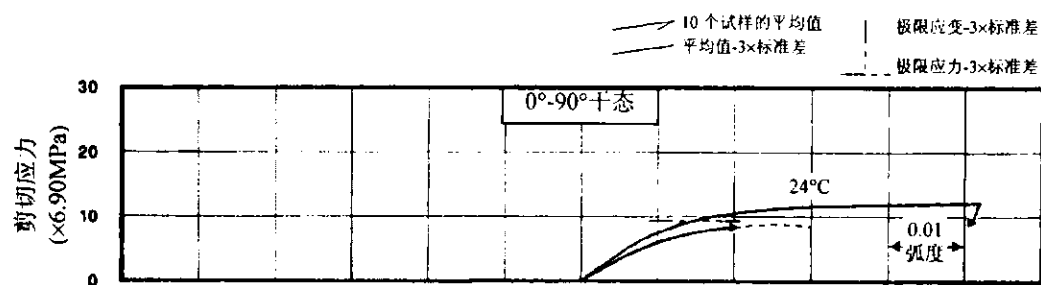
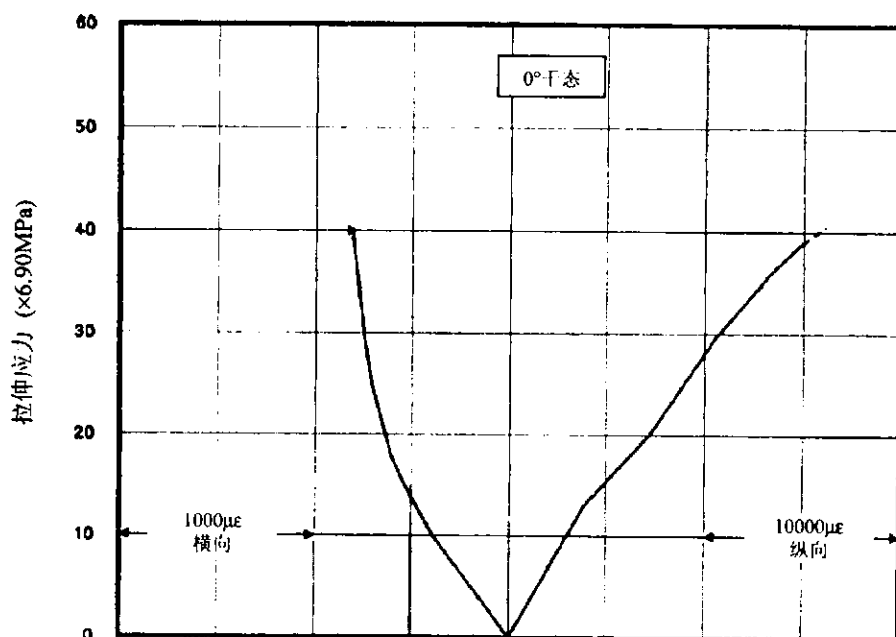


图 A1.40.3 N506/7781 玻璃/酚醛 0°-90°轨道剪切应力-应变曲线



5 个试样平均值

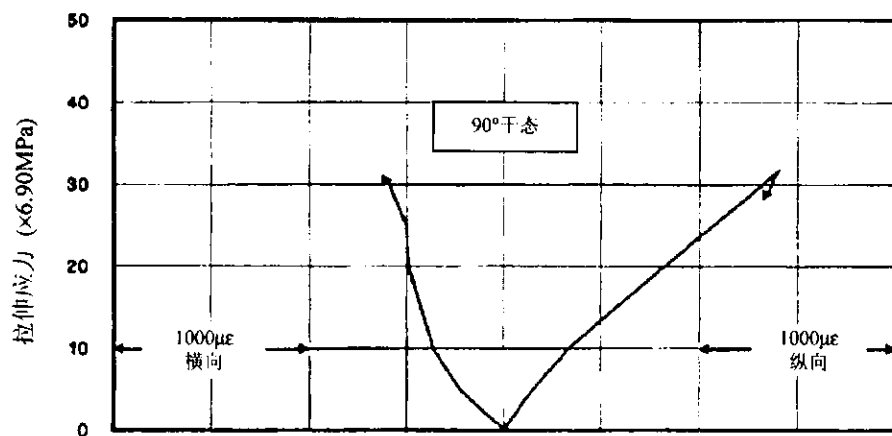


图 A1.40.4 N506/7781 玻璃/酚醛泊松效应

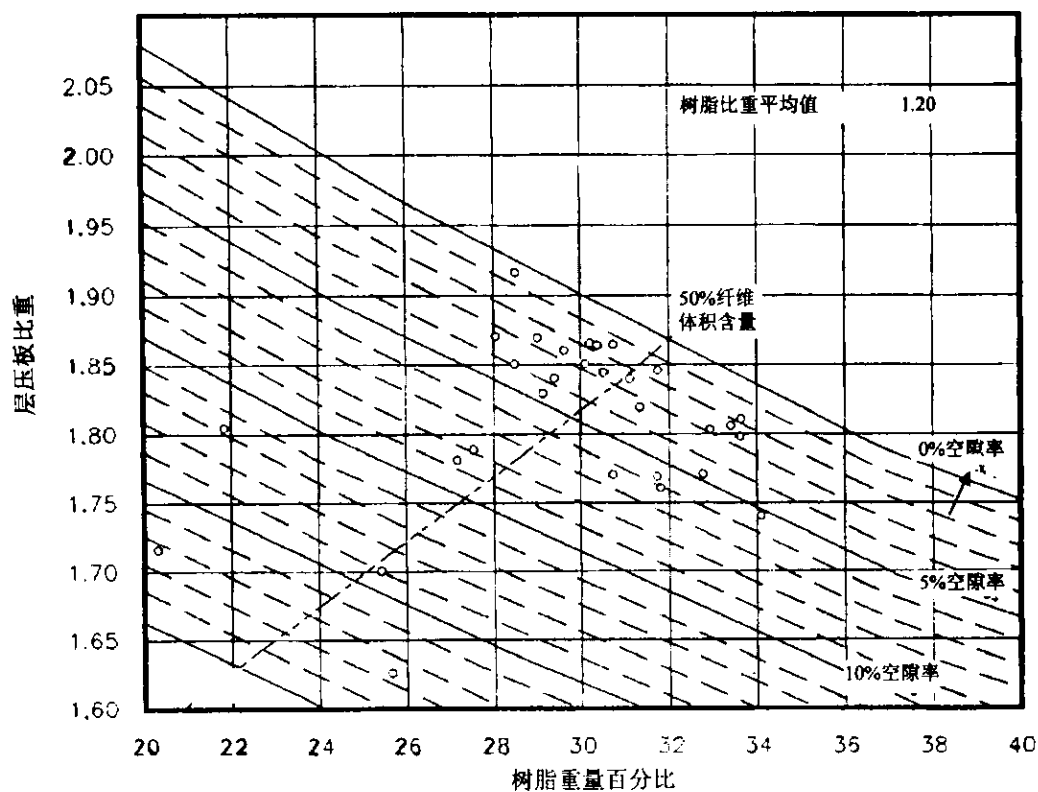


图 A1.40.5 N506/7781 环氧树脂-玻璃纤维的空隙百分数与树脂含量和比重的关系曲线

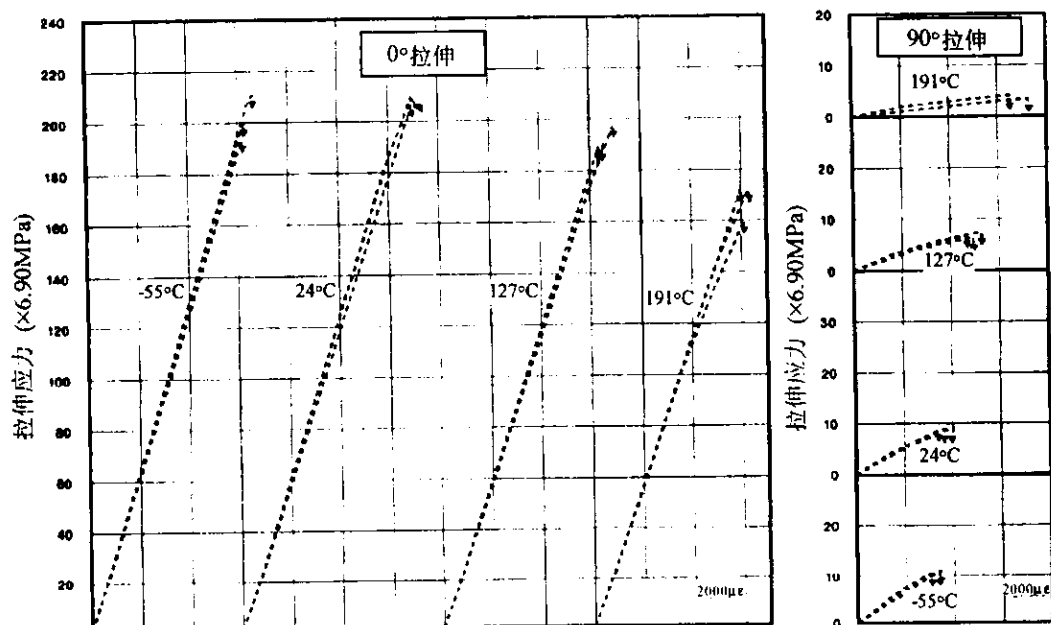


图 A1.110.1 AVCO 5505 硼/环氧树脂 (100%-0°方向/50.3%-55%纤维体积含量)

0°和 90°方向拉伸应力-应变曲线

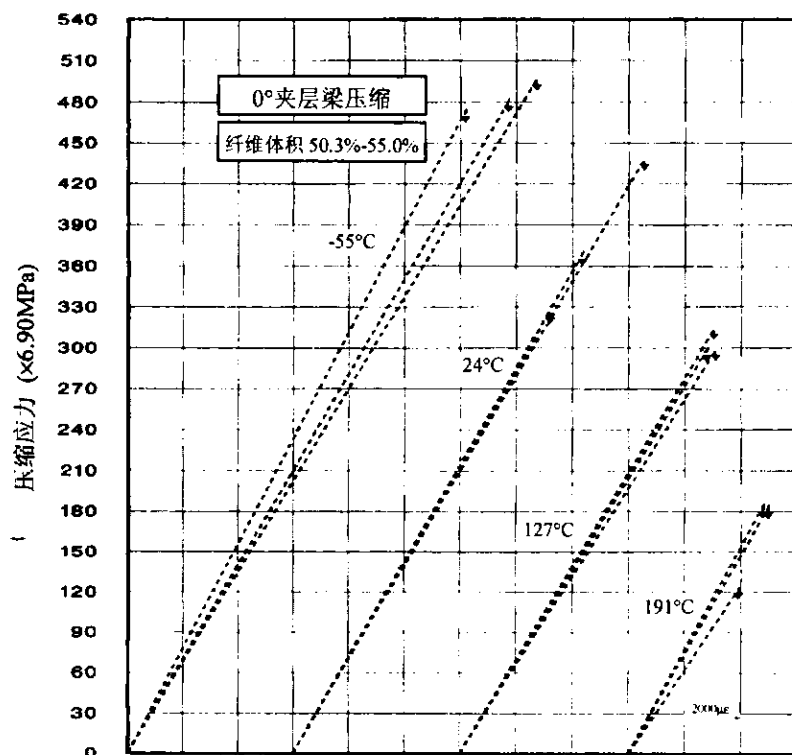


图 A1.110.2 AVCO 5505 硼/环氧树脂 (100%-0°) 0°方向压缩应力-应变曲线

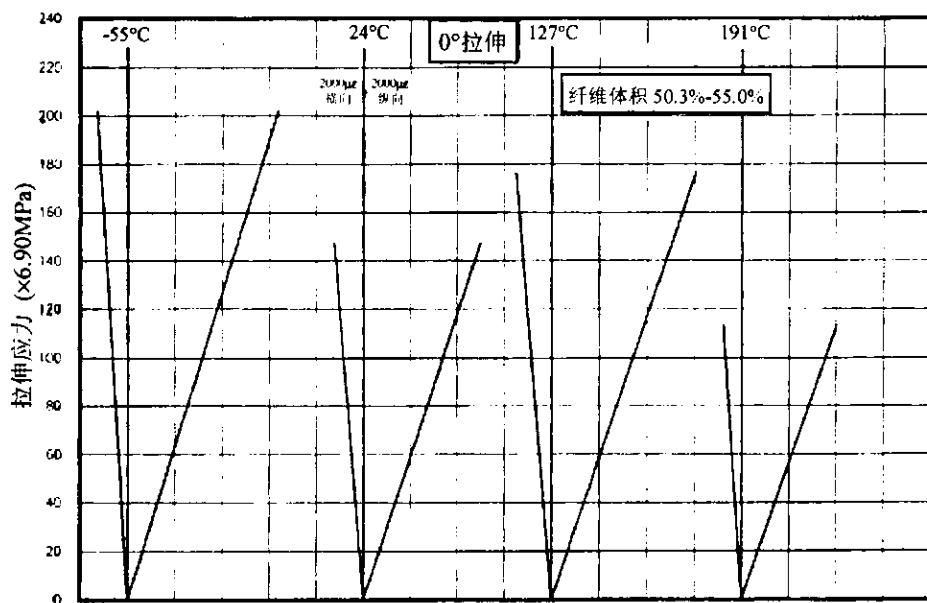


图 A1.110.3 AVCO 5505 硼/环氧树脂 (100%-0°) 的泊松效应

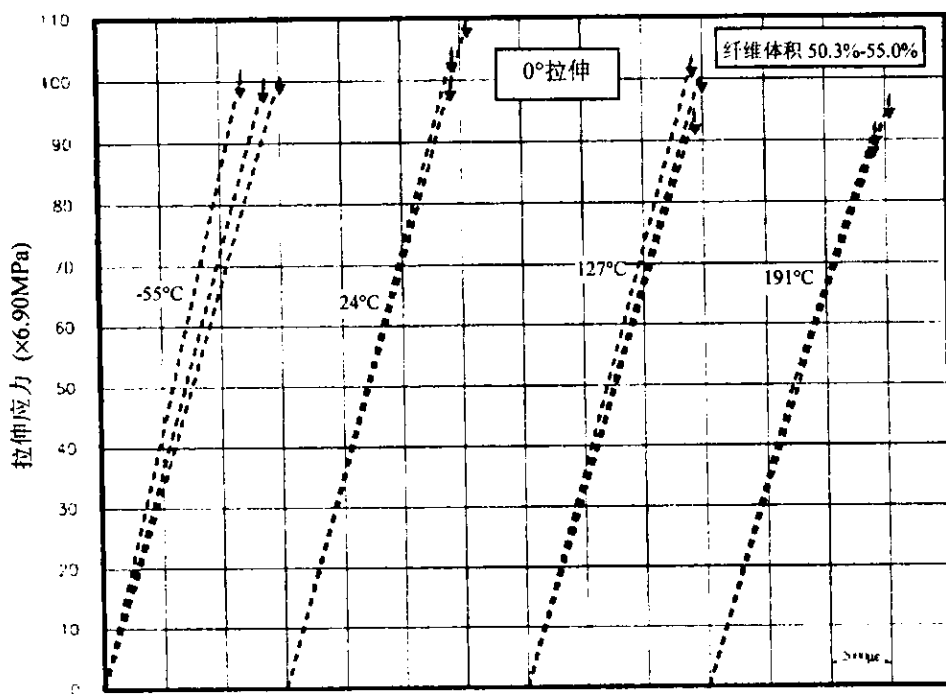


图 A1.111.1(a) AVCO 5505 硼/环氧树脂 (0°-90°正交铺层) 0°方向拉伸应力-应变曲线

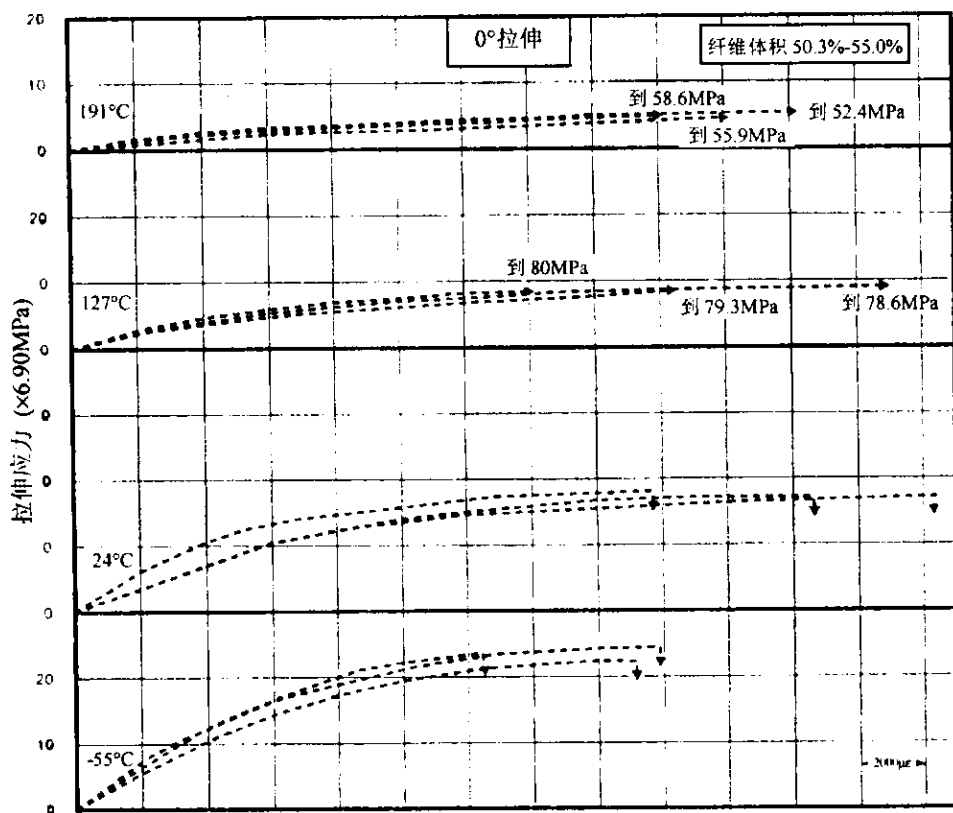


图 A1.111.1(b) AVCO 5505 硼/环氧树脂 (0°-90°正交铺层) 45°方向拉伸应力-应变曲线

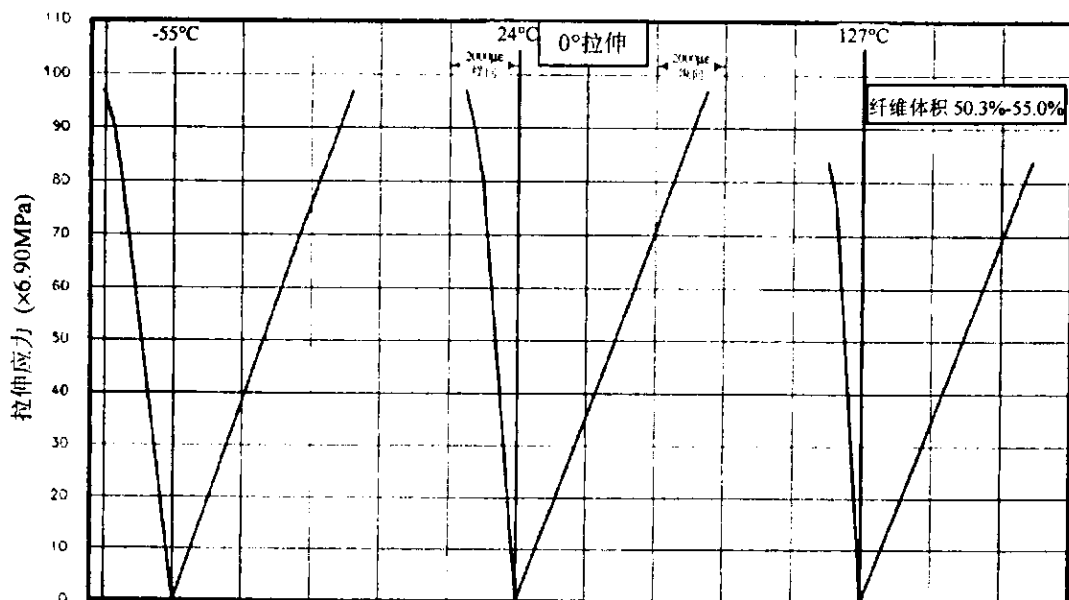


图 A1.111.3 AVCO 5505 硼/环氧树脂 (0°-90°正交铺层) 的泊松效应

参考文献

- A1.2 S. J. Dast in and others, Determination of Principal Properties of "E" Fiberglass High Temperature Epoxy Laminates for Aircraft, Grumman Aircraft Engineering Corporation, DAA21-68-C-0404, August 1969
- A1.3.4.1(a) STM D 638, "Tensile Properties of Plastics," Annual Book of ASTM Standards, ASTM, Philadelphia, PA.
- A1.3.4.1(b) D. Shockey and others, Structural Airframe Application of Advanced Composite Materials, General Dynamics, IIT Research Institute, Texaco Experiment, AFML-TR-69-01, IV, AF33(615)-5257, October 1969.
- A1.3.4.2 TM D 695, "Compressive Properties of Rigid Plastics," Annual Book of ASTM Standards, ASTM, Philadelphia, PA.
- A1.3.4.3 Boller, A Method to Measure Interlaminar Shear Properties of Composite Laminates, Forest Products Laboratory, AFML-TR-69-311, March 1970
- A1.3.4.4 STM D 2733-68T, "Interlaminar Shear Strength of Structural Reinforced Plastics at Elevated Temperatures," Annual Book of ASTM Standards, ASTM, Philadelphia, PA (canceled January 15, 1986 and replaced by ASTM D 3846).
- A1.3.4.5 ASTM D 790-70, "Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials," 1971 Annual Book of ASTM Standards, ASTM, Philadelphia, PA, 1971.
- A1.3.4.6 ASTM D 953, "Bearing Strength of Plastics," Annual Book of ASTM Standards, ASTM, Philadelphia, PA.
- A1.4.5 G. C. Grimes and G. J. Overby, Boron Fiber Reinforced/Polymer Matrix Composites - Material Properties, Southwest Research Institute, January 1970