

美国军用手册 MIL-HDBK-17F

复合材料手册

第一卷 聚合物基复合材料

结构材料表征指南

中国飞机强度研究所
西北工业大学
国防科技工业标准化研究中心

TB 33

1014-A

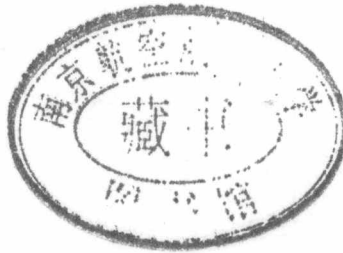


MIL-HDBK-17-1F Vol.1
2002年6月17日

代替
MIL-HDBK-17-1E
1997年1月23日

复合材料手册

第一卷 聚合物基复合材料
结构材料表征指南



本书承《复合材料手册》译校工作组惠赠
特此致谢
南航图书馆 2005年3月28日



200537198

二〇〇四年九月

200537198

**NOT MEASUREMENT
SENSITIVE**

MIL-HDBK-17-1F
Volume 1 of 5
17 JUNE 2002

Superseding
MIL-HDBK-17-1E
23 JANUARY 1997

**DEPARTMENT OF DEFENSE
HANDBOOK**

COMPOSITE MATERIALS HANDBOOK

**VOLUME 1. POLYMER MATRIX COMPOSITES
GUIDELINES FOR CHARACTERIZATION
OF STRUCTURAL MATERIALS**



This handbook is for guidance only. Do not cite this document as a requirement.

AMSC N/A

AREA CMPS

DISTRIBUTION STATEMENT A. Approved for public release; distribution unlimited.

译者序

MIL-HDBK-17《复合材料手册》是由美国国防部下属的MIL-HDBK-17协调委员会编制，有关复合材料性能表征、性能数据和在结构中应用指南的军用手册，它是对美国和欧洲过去30余年复合材料研究、设计和使用经验的全面总结，同时也是美国陆海空三军、NASA（美国国家航空和宇宙航行局），FAA（美国民航管理局）及工业界应用复合材料及其结构的最具权威的指导文件。该委员会成立于1970年代初期（MIL-HDBK-17A于1971年1月颁布），美国数百位复合材料专家参与了手册的编写和改版。该手册原名《聚合物基复合材料手册》分为三卷，迄今已进行过6次改版，内容得到了不断的更新和补充。它们是：

第一卷《结构材料表征用聚合物基复合材料指南》

第二卷《聚合物基复合材料性能》

第三卷《聚合物基复合材料的使用、设计和分析》

最新版本是2002年6月17日颁布的MIL-HDBK-17F版本，此次改版不仅对聚合物基复合材料增添了大量内容，体现了近年来技术和应用的飞跃发展，而且增加了金属基复合材料和陶瓷基复合材料（包括碳-碳复合材料）的内容，书名改为《复合材料手册》，并增加了两卷，即：

第四卷《金属基复合材料》

第五卷《陶瓷基复合材料》

鉴于该手册对我国复合材料研究及其应用有着重要的意义，中国飞机强度研究所新结构研究中心、西北工业大学超高温复合材料重点实验室和国防科技工业标准化研究中心联合组织了本手册的翻译出版，为了保证翻译质量，参与这项工作的多数人员都是长期从事复合材料研究和应用工作的专家，全书由沈真统校。

本书的翻译出版还得到了中国航空工业第一集团公司科技发展部宋国珍、德国萨太平洋有限公司胡培、北京航空航天大学杨乃宾和中国飞机强度研究所102组刘俊石、孙坚石、沈薇和徐国栋的大力支持，在此一并表示感谢。

译校工作组

2004年7月

美国军用手册 MIL-HDBK-17F “复合材料手册”

译校工作组

顾 问：张立同 孙侠生

组 长：沈 真

副组长：成来飞 杨胜春 萧雪梅 柴亚南

成 员：（按姓氏笔划排列）

丁惠梁 马祖康 王宝生 王 炜 王 俭 王 林 石定杜
孙曼林 羊 姝 华云峰 李 野 李新祥 李武铨 杨文彬
陈普会 陈 晋 陈照峰 张开达 郑锡涛 武文明 顾志芬
高列义 徐继南 陶梅贞 崔德渝 童贤鑫 谢鸣九

编 辑：王 俭 杨胜春

美国军用手册 MIL-HDBK-17F “复合材料手册” 第一卷译校名单

章 号	翻 译	校 对
第 1 章	丁惠梁	沈真
第 2 章	丁惠梁、沈真	沈真、丁惠梁
第 3 章	石定杜	沈真、孙曼林
第 4 章	石定杜	沈真、孙曼林
第 5 章	石定杜	沈真、孙曼林
第 6 章	崔德渝、顾志芬	崔德渝、李武铨、沈真
第 7 章	谢鸣九	丁惠梁、沈真
第 8 章	李新祥	陈普会

前 言

1. 经批准，本复合材料手册系列，MIL-HDBK-17，适用于国防部的所有部门与机构。
2. 本手册仅作为指南使用。不得将此手册作为要求引用。如果用作要求，承包商不必强制遵守。这个指令仅只是国防部的要求；并不适用于联邦航空局（FAA）或其他政府机构。
3. 手册力求反映聚合物（有机物），金属及陶瓷基复合材料的最新信息。为了保持手册的完整性和先进性，将不断对这手册进行审阅和修订。给秘书处的文件应当直接送到：Materials Sciences Corporation, MIL-HDBK-17 Secretariat, 500 Office Center Drive, Suite 250, Fort Washington, PA 19034。
4. MIL-HDBK-17提供了聚合物（有机）、金属、和陶瓷基复合材料的指南和材料性能。目前，这个手册的前三卷专注于飞机和宇航飞行器应用的聚合物基复合材料，但并不仅限于此。关于金属基复合材料（MMC）和陶瓷基复合材料（CMC），包括碳-碳复合材料（C-C），则分别收入第四和第五卷。
5. 这个标准化的手册由国防部和联邦航空管理局共同开发和维护，并将其作为双方共同努力的成果。
6. 本手册所包含的信息来源于材料生产商、工业界、政府资助的研究、公开文献、与研究研究工作实验室以及所有参与MIL-HDBK-17协调工作部门的交流。
7. 本手册中包含的信息和数据在出版前已与工业界、美国陆军、美国海军、美国空军、NASA、以及美国联邦航空局的代表一起，进行了整理与评定。
8. 可以由文献自动处理与成果服务部门得到这个文件的副本与修订本：The Document Automation and Production Service (DAPS), Bldg. 4D, (DODSSP/ASSIST), 700 Robbins Avenue, Philadelphia, PA 19111-5094。
9. 有益的评论（建议、增加、删节），以及可以用来完善本文件的任何相关数据，应当使用此文件结尾处提供的标准文件改进建议（DD Form 1426）或信函，提交：U.S. Army Research Laboratory, Weapons and Materials Research Directorate, Attn: AMSRL-WM-MA, Aberdeen Proving Ground, MD 21005-5069。

目 录

第 1 章 目 的

1.1 引言.....	1
1.2 目标.....	1
1.3 范围.....	2
1.3.1 强度性能与许用值数据.....	2
1.3.2 第一卷：结构材料表征指南.....	3
1.3.3 第二卷：材料性能.....	3
1.3.4 第三卷：材料使用、设计、分析指南.....	4
1.4 文件的使用与限制.....	4
1.4.1 使用第一卷~第三卷的路线图.....	4
1.4.2 信息的来源.....	15
1.4.3 数据的使用及应用指南.....	15
1.4.4 强度性能及许用值的术语.....	15
1.4.5 参考文献的应用.....	15
1.4.6 商标及产品名的使用.....	16
1.4.7 毒性、健康危害和安全.....	16
1.4.8 消耗臭氧的化学物质.....	16
1.5 批准步骤.....	16
1.6 符号、缩写，及单位制.....	17
1.6.1 符号及缩写.....	17
1.6.1.1 组分的性能.....	22
1.6.1.2 单层与层压板.....	23
1.6.1.3 下标.....	24
1.6.1.4 上标.....	25
1.6.1.5 缩写词.....	26
1.6.2 单位制.....	28
1.7 定义.....	29
参考文献.....	48

第 2 章 复合材料性能测试指南

2.1 引言.....	49
2.1.1 证实复合材料结构的积木式方法.....	49
2.1.2 试验级别与数据的使用.....	50
2.1.2.1 结构复杂性等级.....	50
2.1.2.2 数据应用分类.....	51

2.1.2.3 试验计划的详细说明.....	52
2.2 试验计划的编制.....	53
2.2.1 概述.....	53
2.2.2 用于以统计为基础性能的基准方法与可选方法.....	53
2.2.3 数据等价性问题.....	54
2.2.4 试验方法的选取.....	54
2.2.5 母体的采样和大小.....	57
2.2.5.1 样本大小的选取.....	58
2.2.5.2 批次数量对 ANOVA 的影响.....	59
2.2.6 材料与工艺差异、试件准备和 NDE.....	59
2.2.6.1 材料和材料成形.....	60
2.2.6.2 试件准备和无损评定 (NDE)	60
2.2.7 吸湿和浸润处理因素.....	62
2.2.7.1 湿扩散率.....	63
2.2.7.2 平衡吸湿量.....	64
2.2.7.3 浸润处理与试验环境.....	64
2.2.8 材料工作极限 (MOL)	66
2.2.8.1 蒸气压力分层.....	68
2.2.8.2 高温复合材料体系的 MOL 考虑.....	69
2.2.8.3 湿热试验——报告破坏时的吸湿量.....	70
2.2.9 非大气条件的试验.....	71
2.2.10 由层压板获得单向层的性能.....	71
2.2.11 数据归一化.....	71
2.2.12 数据文件的编制.....	72
2.2.13 针对应用情况的特殊的试验要求.....	73
2.3 推荐的试验矩阵.....	73
2.3.1 筛选材料的试验矩阵.....	73
2.3.1.1 力学性能筛选.....	74
2.3.1.2 对高温材料体系的力学性能筛选.....	74
2.3.1.3 液体敏感性的筛选.....	75
2.3.2 材料取证试验矩阵.....	79
2.3.2.1 组分试验矩阵.....	79
2.3.2.2 预浸料试验矩阵.....	79
2.3.2.3 单层试验矩阵.....	80
2.3.2.4 纤维缠绕材料试验矩阵.....	81
2.3.3 材料验收试验矩阵.....	82
2.3.4 替代材料等效性试验矩阵.....	82
2.3.4.1 替代的复合材料供应商的取证.....	82
2.3.4.2 对已获认证材料所作变化的评定.....	86

2.3.5	一般层压板/结构元件的试验矩阵.....	91
2.3.5.1	引言.....	91
2.3.5.2	总结.....	92
2.3.6	对基准值的替代方法.....	97
2.3.6.1	用于回归分析的单层级力学性能试验矩阵.....	97
2.3.7	对于使用 MIL-HDBK-17 基准值情况的数据验证.....	98
2.4	数据处理与文件编制.....	98
2.4.1	引言.....	98
2.4.2	由层压板得到单层的性能.....	99
2.4.2.1	方法.....	99
2.4.2.2	拉伸强度试验.....	101
2.4.2.3	压缩强度试验.....	101
2.4.2.4	其他性能.....	102
2.4.3	数据归一化.....	102
2.4.3.1	归一化理论.....	102
2.4.3.2	归一化方法.....	102
2.4.3.3	归一化的实际应用.....	105
2.4.4	异常数据的处理.....	106
2.4.5	数据文件编制.....	109
2.5	为向 MIL-HDBK-17 提交数据的材料试验.....	109
2.5.1	引言.....	109
2.5.2	材料和工艺规范的要求.....	111
2.5.3	采样要求.....	111
2.5.3.1	关于数据类型 B 和 A 的附加要求.....	111
2.5.3.2	数据汇集.....	111
2.5.4	浸润处理要求.....	112
2.5.5	试验方法的要求.....	112
2.5.6	数据文件编制要求.....	113
2.5.7	数据归一化.....	117
2.5.8	统计分析.....	117
2.5.9	单层和层压板的力学性能.....	117
2.5.9.1	得自层压板的单向性能.....	118
2.5.9.2	强度和破坏应变.....	118
2.5.9.3	弹性模量, 泊松比和应力/应变曲线.....	118
2.5.10	化学性能.....	118
2.5.11	单层和层压板的物理性能.....	118
2.5.11.1	密度.....	118
2.5.11.2	组分.....	118
2.5.11.3	平衡吸湿量.....	118

2.5.11.4	湿扩散率.....	118
2.5.11.5	湿胀系数.....	119
2.5.11.6	玻璃化转变温度.....	119
2.5.12	热性能.....	119
2.5.12.1	热膨胀系数.....	119
2.5.12.2	比热.....	119
2.5.12.3	热传导率.....	119
2.5.12.4	热扩散.....	119
2.5.13	电性能.....	119
2.5.14	疲劳.....	119
	参考文献.....	122

第3章 增强纤维的评定

3.1	引言.....	125
3.2	化学技术.....	125
3.2.1	元素分析.....	125
3.2.2	滴定.....	126
3.2.3	纤维结构.....	126
3.2.4	纤维表面化学.....	126
3.2.5	浸润剂含量和化学组分.....	128
3.2.6	吸湿量.....	128
3.2.7	热稳定性和抗氧化能力.....	129
3.2.8	耐化学性.....	129
3.3	物理技术(固有的).....	129
3.3.1	长丝直径.....	129
3.3.2	纤维密度.....	129
3.3.2.1	概述.....	129
3.3.2.2	ASTM D 3800, 高模量纤维密度的标准试验方法.....	130
3.3.2.3	对 6.6.4.4.1 节的推荐方法修改(氦比重瓶法), 用于测量纤维密度.....	131
3.3.2.4	MIL-HDBK-17 数据提交的密度试验方法.....	131
3.3.3	电阻率.....	131
3.3.4	热膨胀系数.....	131
3.3.5	导热性.....	132
3.3.6	比热容.....	132
3.3.7	热转变温度.....	132
3.4	物理技术(非固有的).....	132
3.4.1	纱、纤维束或无捻粗纱的支数.....	132
3.4.2	纱或纤维束的横截面积.....	132
3.4.3	纱的捻度.....	132

3.4.4	织物结构.....	133
3.4.5	织物面密度.....	133
3.5	纤维的力学试验.....	133
3.5.1	拉伸性能.....	133
3.5.1.1	长丝拉伸试验.....	133
3.5.1.2	纤维束拉伸试验.....	134
3.5.1.3	用单向层压板试验测定的纤维性能.....	135
3.5.2	长丝压缩试验.....	135
3.6	试验方法.....	135
3.6.1	pH 值的测定.....	135
3.6.1.1	范围.....	135
3.6.1.2	仪器.....	135
3.6.1.3	步骤.....	136
3.6.2	碳纤维上浸润剂数量的测定.....	136
3.6.2.1	范围.....	136
3.6.2.2	仪器.....	136
3.6.2.3	材料.....	137
3.6.2.4	步骤.....	137
3.6.2.5	计算.....	137
3.6.2.6	再次使用坩埚的准备.....	137
3.6.3	吸湿量或回潮率测定.....	137
3.6.3.1	范围.....	137
3.6.3.2	仪器.....	137
3.6.3.3	试样制备.....	138
3.6.3.4	步骤.....	138
3.6.3.5	计算.....	138
3.6.4	纤维直径的测定.....	138
3.6.4.1	说明与应用.....	138
3.6.4.2	仪器.....	139
3.6.4.3	校准.....	139
3.6.4.4	制备载片.....	139
3.6.4.5	测量步骤.....	139
3.6.4.6	计算.....	140
3.6.5	电阻率的测定.....	140
3.6.5.1	范围.....	140
3.6.5.2	仪器.....	140
3.6.5.3	样品制备.....	140
3.6.5.4	步骤.....	140
3.6.5.5	计算.....	141

3.6.5.6 校准和维护	141
3.6.5.7 计量单位的定义	141
参考文献	142

第4章 基体表征

4.1 引言	144
4.2 基体试件制备	144
4.2.1 引言	144
4.2.2 热固性聚合物	145
4.2.3 热塑性聚合物	146
4.2.4 试件机械加工	146
4.3 浸润处理和环境曝露	146
4.4 化学分析技术	147
4.4.1 元素分析	147
4.4.2 官能团和湿法化学分析	147
4.4.3 光谱分析	147
4.4.4 色谱分析	148
4.4.5 相对分子质量和相对分子质量分布分析	149
4.4.6 树脂材料表征的一般程序	151
4.5 热/物理分析和性能试验方法	154
4.5.1 引言	154
4.5.2 热分析	154
4.5.3 流变分析	155
4.5.4 形态	156
4.5.5 密度/比重	156
4.5.5.1 概述	156
4.5.5.2 用于测量固化树脂密度的推荐方法对 6.6.4.2、6.6.4.3 和 6.6.4.4 节 (D 792、 D 1505 和氦测比重法) 的变化	157
4.5.5.3 提交 MIL-HDBK-17 数据用的密度试验方法	157
4.5.6 挥发分含量	157
4.5.7 吸湿量	158
4.6 静态力学性能试验方法	158
4.6.1 引言	158
4.6.2 拉伸	158
4.6.2.1 引言	158
4.6.2.2 试件制备	159
4.6.2.3 试验仪器和测试设备	159
4.6.2.4 提交 MIL-HDBK-17 数据用的拉伸试验方法	160
4.6.3 压缩	160

4.6.3.1	引言.....	160
4.6.3.2	试件制备.....	160
4.6.3.3	试验仪器和测试设备.....	161
4.6.3.4	局限性.....	161
4.6.3.5	提交 MIL-HDBK-17 数据用的压缩试验方法.....	161
4.6.4	剪切.....	162
4.6.4.1	适用的试验方法.....	162
4.6.4.2	扭转试件制备.....	162
4.6.4.3	Iosipescu 剪切试件制备.....	162
4.6.4.4	试验仪器和测试设备.....	162
4.6.4.5	局限性.....	162
4.6.4.6	提交 MIL-HDBK-17 数据用的剪切试验方法.....	163
4.6.5	弯曲.....	163
4.6.5.1	引言.....	163
4.6.5.2	试件制备.....	163
4.6.5.3	试验仪器和测试设备.....	163
4.6.5.4	提交 MIL-HDBK-17 数据用的弯曲试验方法.....	164
4.6.6	冲击.....	164
4.6.7	硬度.....	164
4.7	疲劳试验.....	164
4.8	粘弹性试验方法.....	164
	参考文献.....	165

第 5 章 预浸料材料表征

5.1	引言.....	169
5.2	表征技术——概述.....	169
5.3	取样.....	170
5.4	物理特性和性能试验.....	170
5.4.1	增强材料的物理描述.....	170
5.4.1.1	直线定位.....	170
5.4.1.2	间隙.....	170
5.4.1.3	宽度.....	171
5.4.1.4	长度.....	171
5.4.1.5	边缘.....	171
5.4.1.6	拼接.....	171
5.4.2	树脂含量.....	171
5.4.3	纤维含量.....	171
5.4.4	挥发物含量.....	171
5.4.5	吸湿量.....	171

5.4.6	无机填料和添加剂含量.....	171
5.4.7	面积重量.....	172
5.4.8	黏性和铺覆性.....	172
5.4.9	树脂流动性.....	172
5.4.10	胶凝时间.....	172
5.5	试验方法.....	172
5.5.1	环氧树脂预浸料的树脂萃取法.....	172
5.5.2	玻璃、芳纶和石墨纤维预浸料的 HPLC/HPSEC 分析方法.....	173
5.5.2.1	反相 HPLC 分析.....	174
5.5.2.2	筛析色谱法 (SEC) 分析.....	174
5.5.3	傅立叶转换红外光谱法 (FTIR).....	174
5.5.4	差示扫描量热计法 (DSC).....	175
5.5.5	动态力学分析法 (DMA).....	175
5.5.6	流变性表征法.....	175
	参考文献.....	176

第 6 章 单层、层压板和特殊形式结构的表征

6.1	引言.....	177
6.2	试件的制备.....	177
6.2.1	引言.....	177
6.2.2	可跟踪性.....	178
6.2.3	试验件的制造.....	178
6.2.4	试件制造.....	178
6.3	浸润处理和环境曝露.....	179
6.3.1	引言.....	179
6.3.2	固定时间浸润处理.....	180
6.3.3	平衡浸润处理.....	181
6.3.3.1	加速浸润处理时间.....	183
6.3.3.2	程序提示.....	183
6.4	测试仪器及标定.....	185
6.4.1	引言.....	185
6.4.2	测试用试件尺寸测量.....	185
6.4.2.1	引言.....	185
6.4.2.2	标定显微镜.....	185
6.4.2.3	千分尺.....	185
6.4.2.4	刻度卡钳.....	186
6.4.2.5	精密刻度尺.....	186
6.4.2.6	尺子和卷尺测量.....	187
6.4.2.7	专用孔径测量装置.....	187

6.4.2.8	尺寸测量仪器的标定.....	187
6.4.3	载荷测量仪器.....	187
6.4.3.1	引言.....	187
6.4.3.2	测力传感器.....	188
6.4.3.3	其他载荷测量系统.....	189
6.4.3.4	仪器和标定.....	189
6.4.3.5	预防措施.....	189
6.4.4	应变/位移测量设备.....	190
6.4.4.1	引言.....	190
6.4.4.2	LVDT (线性变量微分变换器) 挠度计.....	190
6.4.4.3	接触式引伸计.....	191
6.4.4.4	粘贴式电阻应变计.....	191
6.4.4.5	其他方法.....	194
6.4.4.6	对纺织复合材料的特殊考虑.....	194
6.4.5	温度测量设备.....	194
6.4.5.1	引言.....	194
6.4.5.2	热电偶.....	195
6.4.5.3	金属电阻测温计.....	195
6.4.5.4	热敏电阻.....	196
6.4.5.5	双金属仪.....	196
6.4.5.6	玻璃温度计.....	196
6.4.5.7	状态变化仪.....	196
6.4.5.8	红外探测仪.....	197
6.4.5.9	温度测量设备的标定.....	197
6.4.6	数据采集系统.....	199
6.5	试验环境.....	199
6.5.1	引言.....	199
6.5.2	实验室大气试验环境.....	200
6.5.3	非大气环境的试验环境.....	200
6.5.3.1	引言.....	200
6.5.3.2	低温环境试验.....	200
6.5.3.3	高温环境试验.....	201
6.6	热/物理性能试验.....	201
6.6.1	引言.....	202
6.6.2	固化度.....	202
6.6.3	玻璃化转变温度.....	202
6.6.3.1	概述.....	202
6.6.3.2	T_g 的测量.....	203
6.6.3.3	适用于 MIL-HDBK-17 数据提交的玻璃化转变试验方法.....	206

6.6.3.4	晶体熔融温度	206
6.6.4	密度	206
6.6.4.1	概述	206
6.6.4.2	ASTM D 792, 由排液量法测量塑料密度和比重(比密度)的标准试验方法	207
6.6.4.3	ASTM D 1505, 利用密度-梯度法测量塑料密度的标准试验方法	208
6.6.4.4	采用氦测比重法测定复合材料的密度	208
6.6.4.5	氦测比重法实验结果的概述	211
6.6.4.6	提交 MIL-HDBK-17 数据适用的密度试验方法	212
6.6.5	固化后单层厚度	212
6.6.5.1	概述	212
6.6.5.2	利用直接方法测量厚度	213
6.6.5.3	利用间接方法测量厚度	213
6.6.5.4	SRM 10R-94, 对铺层层压板的纤维体积、树脂体积百分比和计算的平均固化后单层厚度的 SACMA 推荐方法	213
6.6.5.5	提交 MIL-HDBK-17 数据适用的固化后单层厚度的试验方法	213
6.6.6	纤维体积(V_f)含量	214
6.6.6.1	引言	214
6.6.6.2	基体溶解	214
6.6.6.3	烧蚀	214
6.6.6.4	面积重量/厚度	215
6.6.6.5	用图像分析法确定纤维体积	216
6.6.7	空隙体积(V_v)含量	219
6.6.7.1	引言	219
6.6.7.2	溶解评估法	219
6.6.7.3	利用图像分析确定空隙体积	219
6.6.8	湿扩散系数	221
6.6.8.1	标准试验方法	222
6.6.8.2	提交 MIL-HDBK-17 数据适用的湿扩散性能试验方法	223
6.6.9	尺寸稳定性(热和吸湿)	223
6.6.9.1	尺寸稳定性(热)	224
6.6.9.2	尺寸稳定性(吸湿)	226
6.6.10	热传导性	228
6.6.10.1	引言	228
6.6.10.2	可用的方法	229
6.6.10.3	提交 MIL-HDBK-17 数据适用的热传导率试验方法	235
6.6.11	比热	235
6.6.11.1	引言	235
6.6.11.2	现有的方法	235

6.6.11.3	提交 MIL-HDBK-17 数据适用的比热测试方法.....	237
6.6.12	热扩散.....	237
6.6.12.1	引言.....	237
6.6.12.2	现有试验方法.....	237
6.6.12.3	提交 MIL-HDBK-17 数据适用的热扩散试验方法.....	241
6.6.13	出气.....	241
6.6.14	吸收率和发射率.....	242
6.6.15	热循环.....	242
6.6.16	微裂纹.....	242
6.6.16.1	引言.....	242
6.6.16.2	制造工艺引起的微裂纹.....	242
6.6.16.3	热循环所引起的微裂纹.....	242
6.6.16.4	机械加载/循环所引起的微裂纹.....	242
6.6.17	热氧化稳定性.....	242
6.6.18	阻燃性和烟雾生成.....	243
6.6.18.1	引言.....	243
6.6.18.2	火焰蔓延试验方法.....	243
6.6.18.3	烟雾和毒性试验方法.....	247
6.6.18.4	热释放试验方法.....	248
6.6.18.5	抗火灾试验方法.....	250
6.7	电性能试验.....	252
6.7.1	引言.....	252
6.7.2	电介电常数.....	252
6.7.3	电介质强度.....	252
6.7.4	磁介电常数.....	252
6.7.5	电磁干扰.....	252
6.7.6	静电放电.....	252
6.8	单轴静态力学性能试验.....	252
6.8.1	引言.....	252
6.8.2	拉伸性能.....	254
6.8.2.1	概述.....	254
6.8.2.2	面内拉伸试验方法.....	255
6.8.2.3	面外拉伸试验方法.....	259
6.8.2.4	提交 MIL-HDBK-17 数据适用的拉伸试验方法.....	264
6.8.3	压缩性能.....	264
6.8.3.1	概述.....	264
6.8.3.2	面内压缩试验.....	265
6.8.4	剪切性能.....	273
6.8.4.1	概述.....	273