

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T XXXX.1—XXXX

航空油料材料相容性试验方法
第1部分：民用航空喷气燃料与非金属材料

Test method for compatibility of aviation oil with materials—
Part 1: Civil aviation jet fuel with non-metallic materials

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国民用航空局 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 方法概述	1
5 仪器设备	2
5.1 浸泡装置	2
5.2 恒温箱	2
6 试验浸泡条件与程序	2
6.1 浸泡条件	2
6.2 浸泡程序	2
7 试验项目	3
8 试验报告	3
附录 A（规范性） 喷气燃料与胶粘剂相容性试验	4
A.1 试验机	4
A.2 剪切强度试验件	4
A.3 试验浸泡条件与程序	4
A.4 试验步骤	4
A.5 试验报告	5
附录 B（规范性） 喷气燃料与涂层相容性试验	6
B.1 仪器设备	6
B.2 试验件	6
B.3 试验浸泡条件与程序	6
B.4 试验步骤	6
B.5 试验报告	7
附录 C（规范性） 喷气燃料与密封胶相容性试验	8
C.1 仪器设备	8
C.2 试验件	8
C.3 试验浸泡条件与程序	9
C.4 试验步骤	9
C.5 试验报告	11
附录 D（规范性） 喷气燃料与橡胶相容性试验	12
D.1 仪器设备	12
D.2 试验件	13
D.3 试验浸泡条件与程序	13

D. 4 试验步骤.....	13
D. 5 试验报告.....	15
附录 E（规范性） 喷气燃料与塑料相容性试验.....	16
E. 1 试验机.....	16
E. 2 试验件.....	16
E. 3 试验浸泡条件与程序.....	17
E. 4 试验步骤.....	17
E. 5 试验报告.....	18
附录 F（规范性） 喷气燃料与纤维相容性试验.....	19
F. 1 试验机.....	19
F. 2 试验件.....	19
F. 3 试验浸泡条件与程序.....	19
F. 4 试验步骤.....	19
F. 5 试验报告.....	20
附录 G（规范性） 喷气燃料与复合材料相容性试验.....	21
G. 1 试验机.....	21
G. 2 试验件.....	21
G. 3 试验浸泡条件与程序.....	21
G. 4 试验步骤.....	21
G. 5 试验报告.....	22
参考文献.....	23

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是MH/T XXXX《航空油料材料相容性试验方法》的第1部分。MH/T XXXX已经发布了以下部分：

- 第1部分：民用航空喷气燃料与非金属材料；
- 第2部分：航空抗燃磷酸酯液压油与非金属材料；
- 第3部分：航空涡轮发动机润滑油与非金属材料。

本文件由中国民用航空局航空器适航审定司提出。

本文件由中国民航科学技术研究院归口。

本文件起草单位：中国民用航空总局第二研究所。

本文件主要起草人：曾萍等。

引 言

航空油料材料相容性试验方法是评价航空油料材料相容性的科学方法，MH/T XXXX旨在为评估航空油料的材料相容性提供统一的试验方法，拟由六个部分构成。

——第1部分：民用航空喷气燃料与非金属材料。目的在于规定民用航空喷气燃料与非金属材料相容性试验方法。

——第2部分：航空抗燃磷酸酯液压油与非金属材料。目的在于规定航空抗燃磷酸酯液压油与非金属材料相容性试验方法。

——第3部分：航空涡轮发动机润滑油与非金属材料。目的在于规定航空涡轮发动机润滑油与非金属材料相容性试验方法。

——第4部分：民用航空喷气燃料与金属材料。目的在于规定民用航空喷气燃料与金属材料相容性试验方法。

——第5部分：航空抗燃磷酸酯液压油与金属材料。目的在于规定航空抗燃磷酸酯液压油与金属材料相容性试验方法。

——第6部分：航空涡轮发动机润滑油与金属材料。目的在于规定航空涡轮发动机润滑油与金属材料相容性试验方法。

本次对MH/T XXXX. 1的制定，聚焦于民用航空喷气燃料与非金属材料相容性的试验方法，使开展航空民用航空喷气燃料与非金属材料相容性试验评价有据可依。

航空油料材料相容性试验方法

第 1 部分：民用航空喷气燃料与非金属材料

1 范围

本文件描述了民用航空喷气燃料（以下简称“喷气燃料”）对非金属材料性能影响的试验方法，包括仪器设备、试验件、试验浸泡条件与程序、试验项目和试验报告。

本文件适用于喷气燃料与非金属材料相容性的试验，非金属材料包括胶粘剂、涂层、密封胶、橡胶、塑料、纤维和复合材料。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 528—2009 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定
- GB/T 531.1 硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第1部分：邵氏硬度计法（邵尔硬度）
- GB/T 1040.2 塑料 拉伸性能的测定 第2部分：模塑和挤塑塑料的试验条件
- GB/T 1040.3 塑料 拉伸性能的测定 第3部分：薄膜和薄片的试验条件
- GB/T 1447 纤维增强塑料拉伸性能试验方法
- GB/T 1683 硫化橡胶 恒定形变压缩永久变形的测定方法
- GB/T 1690—2010 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐液体试验方法
- GB/T 3923.1 纺织品 织物拉伸性能 第1部分：断裂强力 and 断裂伸长率的测定 条样法
- GB/T 5720 O形橡胶密封圈试验方法
- GB/T 6739 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度
- GB/T 7124 胶粘剂 拉伸剪切强度的测定（刚性材料对刚性材料）
- GB/T 7759.1 硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定 第1部分：在常温及高温条件下
- GB/T 9341 塑料 弯曲性能的测定
- GB/T 30969 聚合物基复合材料短梁剪切强度试验方法
- GB/T 31586.2 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 涂层附着力/内聚力（破坏强度）的评定和验收准则 第2部分：划格试验和划叉试验
- ISO 5893 橡胶和塑料试验设备—拉伸弯曲和压缩类型（恒定速率）—规格[Rubber and plastics test equipment—Tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse)—Specification]

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

相容性 compatibility

油品与材料之间的相互作用和影响的特性。

4 方法概述

喷气燃料与非金属材料相容性试验是指将不同的非金属材料浸泡在喷气燃料中，在特定温度下浸泡一定时间后，测量非金属材料的体积变化、硬度变化、拉伸性能、压缩永久变形、剪切强度、铅笔硬度变化、附着力变化、剥离强度、弯曲应力和短梁剪切强度。

5 仪器设备

5.1 浸泡装置

浸泡装置应使用带盖的玻璃容器，应保证浸泡装置的密闭性。浸泡装置尺寸应保证试验件在不发生任何形变的情况下完全浸入喷气燃料，喷气燃料的体积至少为试验件总体积的15倍。

5.2 恒温箱

恒温箱运行时应能控制其温度在要求范围内。

6 试验浸泡条件与程序

6.1 浸泡条件

试验件的浸泡条件宜按照表1进行选择，也可依据实际情况进行调整。浸泡条件主要参考国际通行做法以及飞机、发动机的设计要求、运行工况、非金属材料的使用情况和材料规范要求。

表 1 试验浸泡条件

序号	试验件种类	试验件材料	浸泡温度/℃	浸泡周期/h
1	胶粘剂	乙烯基酚醛类、环氧树脂类、丁腈酚醛类、甲基丙烯酸酯类	93±2	672±2 (浸泡336 h±1 h 后应更换新鲜喷气 燃料)
2	涂层	环氧-聚酰胺类	49±2	
		丁腈类、聚氨酯类、环氧类	93±2	
3	密封胶	聚硫化物类、聚硫醚类、氟硅类、聚氨酯类	93±2	
4	橡胶	丁腈类	71±2	
		氟硅类	107±2	
		氟碳类	153±2	
		低温氟碳类	163±2	
5	塑料	特氟龙类、尼龙类、聚乙烯类	71±2	
		聚酰亚胺类	93±2	
6	纤维	化学纤维类	依据实际情况定义	
7	复合材料	纤维增强类、填充增强类	依据实际情况定义	

6.2 浸泡程序

浸泡程序如下。

- 每组试验应不少于 3 个试验件。将试验件浸没于喷气燃料中，确保试验件与试验件之间不接触，且试验件与浸泡装置内壁不接触。
- 将浸泡装置放入已达到浸泡温度的恒温箱中。浸泡结束后，取出浸泡装置，将试验件快速放入新鲜喷气燃料中，在室温下冷却 30 min~60 min。
- 开展试验件性能试验前，应将试验件短暂浸入无水乙醇等挥发性液体中，迅速取出并擦干。
- 将试验件从新鲜喷气燃料中取出至开展性能试验前，不应超过以下时间：
 - 体积变化：1 min；
 - 硬度变化：1 min；
 - 拉伸性能：3 min；
 - 剪切强度：3 min；
 - 铅笔硬度：5 min；
 - 附着力：5 min；
 - 剥离强度：5 min；

- 弯曲应力：5 min；
- 短梁剪切强度：5 min。

7 试验项目

试验件浸泡后的试验项目宜按表2进行，也可结合材料的实际工作场景和功能性需求进行试验项目调整。试验项目主要参考国际通行做法以及飞机、发动机的设计要求、运行工况、非金属材料的使用情况和材料规范要求。

表 2 试验项目

序号	试验件种类	试验项目	试验程序
1	胶粘剂	剪切强度	按附录A的规定进行
2	涂层	铅笔硬度、附着力	按附录B的规定进行
3	密封胶	体积变化、硬度变化、拉伸性能、剥离强度	按附录C的规定进行
4	橡胶	体积变化、硬度变化、拉伸性能、压缩永久变形	按附录D的规定进行
5	塑料	拉伸性能	按附录E的规定进行
6	纤维	拉伸性能	按附录F的规定进行
7	复合材料	拉伸性能、弯曲应力、短梁剪切强度	按附录G的规定进行

8 试验报告

试验报告应至少包含以下内容：

- 试验油信息；
- 试验件信息；
- 浸泡条件；
- 试验项目；
- 试验结果；
- 试验异常情况；
- 试验日期。

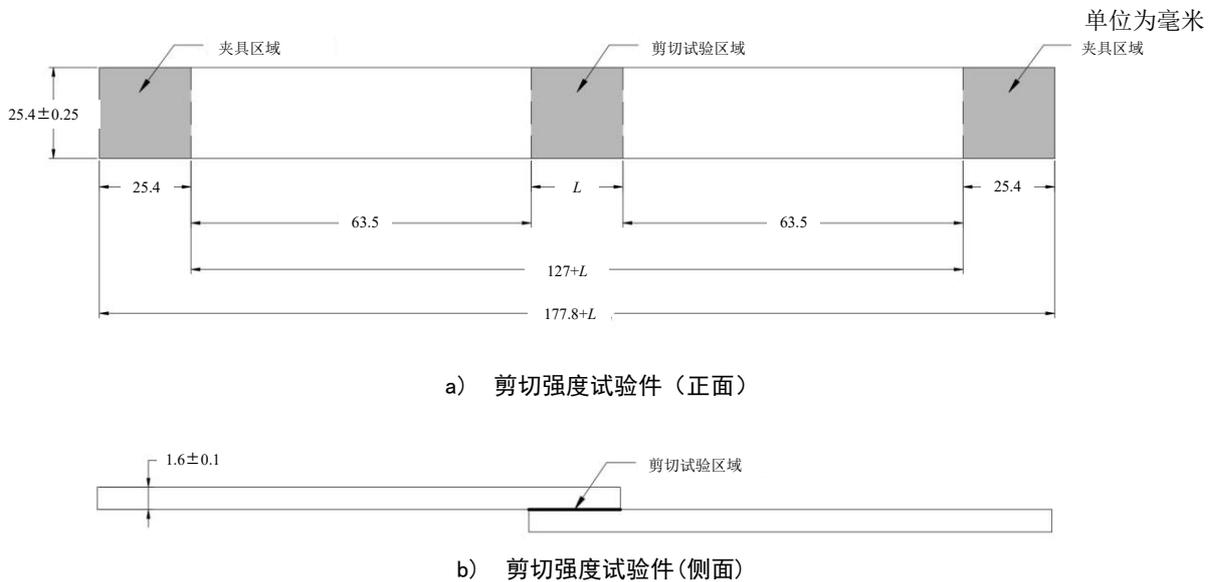
附录 A
(规范性)
喷气燃料与胶粘剂相容性试验

A.1 试验机

应符合ISO 5893的规定，至少具有2级测力精度，使用的引伸计的精度至少为D级，且应能在1 mm/min±0.2 mm/min移动速度下运行。

A.2 剪切强度试验件

可参考制造厂商或材料标准要求进行制备。尺寸和形状应符合图A.1要求，试验件粘接面长度为12.5 mm±0.25 mm，主轴方向应与金属胶接件的切割方向一致。



标引序号说明：

L——试验件的粘接面长度。

图A.1 剪切强度试验件尺寸和形状

A.3 试验浸泡条件与程序

每组试验应不少于5个试验件，试验浸泡条件与程序按第6章进行选择。

A.4 试验步骤

A.4.1 按GB/T 7124的规定，测定胶粘剂试验件浸泡后的剪切强度。

A.4.2 将试验件对称地夹在夹具上，夹具夹持距离为25.4 mm±1 mm，试验机移动速度为1.0 mm/min±0.2 mm/min。

A.4.3 剪切强度按照公式 (A.1) 计算：

$$\tau = \frac{F}{B} \dots \dots \dots (A.1)$$

式中：

τ ——剪切强度，单位为兆帕 (MPa)；

F ——破坏载荷，单位为牛顿 (N)；

B ——试验件的粘接面面积，单位为平方毫米 (mm²)。

A.4.3.1 试验结果取 5 个试验件按公式 (A.1) 计算结果的平均值，保留一位小数。

A.5 试验报告

试验报告应包含第7章的全部内容。

附录 B
(规范性)
喷气燃料与涂层相容性试验

B.1 仪器设备**B.1.1 铅笔硬度试验仪器**

铅笔硬度试验仪器应符合GB/T 6739的规定，建议试验铅笔硬度范围为6B~6H。

B.1.2 附着力试验仪器

模板、透明压敏胶带和单刃切割工具应符合GB/T 31586.2的规定。

B.2 试验件**B.2.1 试验件分类**

按试验项目，涂层试验件分为铅笔硬度变化试验件和附着力变化试验件。

B.2.2 铅笔硬度试验件

B.2.2.1 宜符合GB/T 6739的规定。

B.2.2.2 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时，可使用其他尺寸试验件。

B.2.3 附着力试验件

B.2.3.1 宜符合GB/T 31586.2的规定。

B.2.3.2 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时，可使用其他尺寸试验件。

B.3 试验浸泡条件与程序

试验浸泡条件与程序按第6章进行选择。

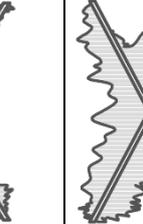
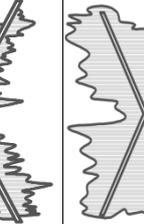
B.4 试验步骤**B.4.1 铅笔硬度**

按GB/T 6739的规定测定每个试验件浸泡前后的铅笔硬度。平行测定两次，如果两次测定结果不一致，应重新试验。试验结果取3个试验件浸泡前后铅笔硬度的中位值。

B.4.2 附着力

按GB/T 31586.2的规定，测定试验件浸泡前后的附着力。试验结果取按附着力评级标准（见表B.1）比较后的等级。

表B.1 附着力评级标准

等级	5A	4A	3A	2A	1A	0A
等级图例 （“X”表面剥落的区域）						
描述	没有剥离或分离	在切割线或交叉点有少量涂层的剥离或分离	在切割线或交叉点有锯齿状脱落，最高达1.5 mm宽	大部分在切割线或交叉点有锯齿状脱落，任意处脱落最高达3.0 mm宽	大部分“X字切割线”区域脱落	“X字切割线”区域外脱落

B.5 试验报告

试验报告应包含第7章的全部内容。

附 录 C
(规范性)
喷气燃料与密封胶相容性试验

C.1 仪器设备

C.1.1 试验机

应符合ISO 5893中的规定，至少具有2级测力精度，使用的引伸计的精度至少为D级，且能在50 mm/min±2.5 mm/min及500 mm/min±50 mm/min移动速度下运行。

C.1.2 哑铃型裁刀

应符合GB/T 528—2009中I型哑铃型试验件用裁刀的相关规定。

C.1.3 厚度计

精度应不低于0.01 mm，对于国际硬度（IRHD）大于或等于35的橡胶施加压力应为22 kPa±5 kPa，对于IRHD小于35的施加压力应为10 kPa±2 kPa。

C.1.4 硬度计

应符合GB/T 531.1中邵氏A型硬度计的相关规定。

C.1.5 天平

感量不应低于0.1 mg。

C.2 试验件

C.2.1 试验件分类

按试验项目，密封胶分为体积变化试验件、硬度变化试验件、拉伸性能试验件和剥离强度试验件。

C.2.2 体积变化试验件

应符合GB/T 1690—2010中I型的规定。

C.2.3 硬度变化试验件

厚度宜至少为6 mm。对于厚度小于6 mm的试验件，可由不多于3层叠加进行试验。

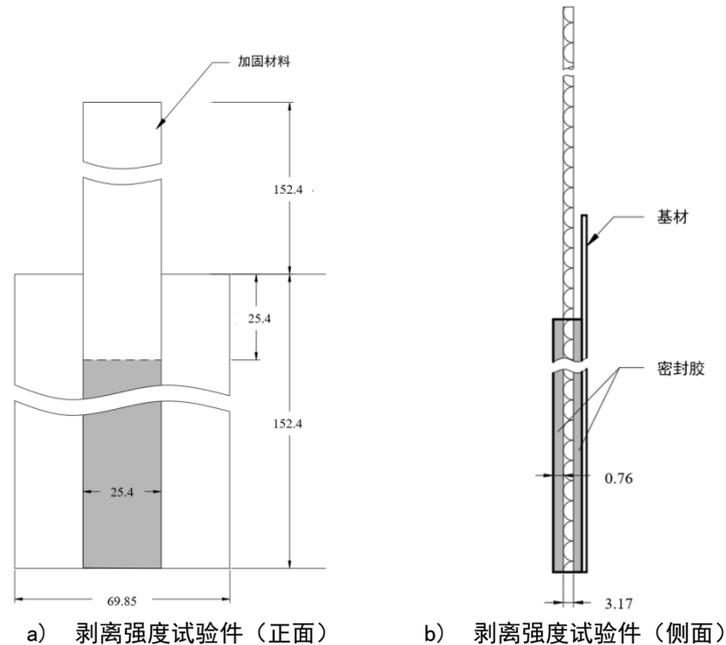
C.2.4 拉伸性能试验件

厚度宜为2.0 mm±0.2 mm，其他尺寸符合GB/T 528—2009中1型裁刀所给出的要求。当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时，可使用其他厚度和尺寸试验件。

C.2.5 剥离强度试验件

加固材料可选用帆布或20~40目数的铝、不锈钢或蒙乃尔合金，尺寸和形状应符合图C.1要求。

单位为毫米



图C.1 剥离强度试验件尺寸和形状

C.3 试验浸泡条件与程序

试验浸泡条件与程序按第6章进行选择。

C.4 试验步骤

C.4.1 体积变化

C.4.1.1 按 GB/T 1690 规定的方法，测定试验件浸泡前后的体积变化。

C.4.1.2 若试验件密度大于水的密度，试验件浸泡前后体积变化按公式 (C.1) 计算：

$$\Delta V = \frac{(m_3 - m_4) - (m_1 - m_2)}{(m_1 - m_2)} \times 100\% \quad \text{(C.1)}$$

式中：

ΔV —— 试验件的体积变化，%；

m_1 —— 浸泡前试验件在空气中的质量，单位为克 (g)；

m_2 —— 浸泡前试验件在水中的质量，单位为克 (g)；

m_3 —— 浸泡后试验件在空气中的质量，单位为克 (g)；

m_4 —— 浸泡后试验件在水中的质量，单位为克 (g)。

C.4.1.3 若试验件密度小于水的密度，则应加入坠子保证试验件浸没于水中，试验件体积变化按公式 (C.2) 计算。

$$\Delta V = \frac{(m_3 - m_6 + m_7) - (m_1 - m_5 + m_7)}{(m_1 - m_5 + m_7)} \times 100\% \quad \text{(C.2)}$$

式中：

ΔV —— 试验件的体积变化，%；

m_1 —— 浸泡前试验件在空气中的质量，单位为克 (g)；

m_3 —— 浸泡后试验件在空气中的质量，单位为克 (g)；

m_5 —— 浸泡前试验件和坠子在水中的质量，单位为克 (g)；

m_6 —— 浸泡后试验件和坠子在水中的质量，单位为克 (g)；

m_7 —— 坠子在水中的质量，单位为克 (g)。

C.4.1.4 试验结果取 3 个试验件按公式 (C.1) 或公式 (C.2) 计算结果的算术平均数，保留一位小数。

C.4.2 硬度变化

C.4.2.1 浸泡前应对试验件进行前处理。将试验件放置在温度 23℃±2℃和湿度 50%RH±10%RH 环境中放置至少 24 h。

C.4.2.2 按 GB/T 531.1 的规定，选用邵氏 A 型硬度计测定试验件浸泡前后的硬度。

C.4.2.3 硬度变化按公式 (C.3) 计算：

$$\Delta H = H_1 - H_0 \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

- ΔH ——试验件的硬度变化；
- H_0 ——浸泡前试验件的硬度；
- H_1 ——浸泡后试验件的硬度。

C.4.2.4 试验结果取 3 个试验件按公式 (C.3) 计算结果的中位数，保留整数位。

C.4.3 拉伸性能

C.4.3.1 按 GB/T 528 的规定，测定试验件浸泡后的拉伸性能。试验机移动速度为 500 mm/min±50 mm/min，试验结果包括拉伸强度和拉断伸长率。

C.4.3.2 拉伸强度按照公式 (C.4) 计算：

$$T = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (C.4)$$

式中：

- T ——拉伸强度，单位为兆帕 (MPa)；
- F ——试验件拉断时，所受的最大负荷，单位为牛顿 (N)；
- A ——试验件的横截面积，单位为平方毫米 (mm²)。

C.4.3.3 拉断伸长率按照公式 (C.5) 计算：

$$E = \frac{(L_b - L_0)}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (C.5)$$

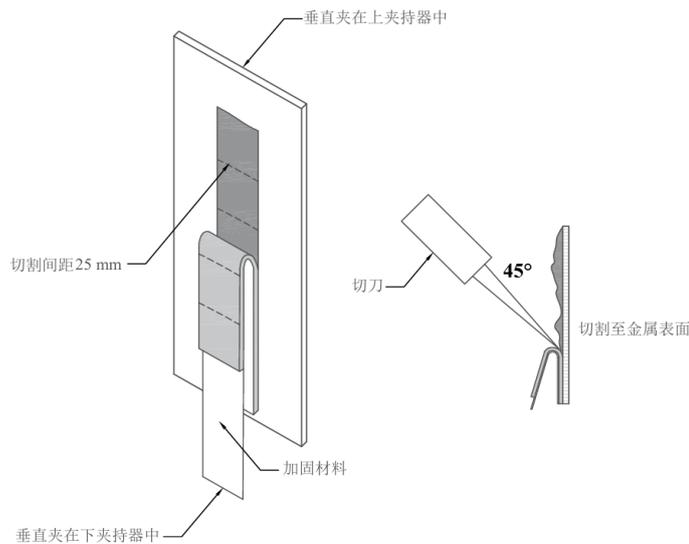
式中：

- E ——拉断伸长率，%；
- L_b ——试验件拉断时试验长度，单位为毫米 (mm)；
- L_0 ——试验件初始试验长度，单位为毫米 (mm)。

C.4.3.4 试验结果取 3 个试验件按公式 (C.4) 和公式 (C.5) 计算结果的中位数，拉伸强度保留一位小数，拉断伸长率保留整数位。

C.4.4 剥离强度

C.4.4.1 测定剥离强度试验示意图见图 C.2。



图C.2 剥离强度试验示意图

C.4.4.2 试验步骤如下:

- 测量剥离强度试验件的粘接面宽度，应在不少于 3 个不同位置进行测量。取平均值，精确到 0.1 mm。
- 将试验件垂直夹在上夹持器中，翻下未涂密封胶端的加固材料并垂直夹持于下夹持器中，使剥离面朝向操作者。确保夹持状态下，剥离受力均匀分布于粘接宽度，且剥离方向与试验机拉力线保持一致。
- 在加固材料与密封胶层间切割，启动试验机，以 $50 \text{ mm/min} \pm 2.5 \text{ mm/min}$ 的速度进行剥离。每剥离 25 mm，用切刀沿 45° 方向切割密封胶直至金属基材，切割应不少于 3 次。记录剥离负荷峰值不少于 10 个。
- 剥离强度按照公式 (C.6) 计算：

$$\sigma_{180^\circ} = \frac{F}{B} \dots\dots\dots (C.6)$$

式中：

σ_{180° ——剥离强度，单位为牛顿每毫米 (N/mm)；

F ——剥离负荷峰值平均值，单位为牛顿 (N)；

B ——试验件的粘接面宽度，单位为毫米 (mm)。

- 试验结果取 3 个试验件按公式 (C.6) 计算结果的算术平均值，保留一位小数。

C.5 试验报告

试验报告应包含第7章的全部内容。

附 录 D
(规范性)
喷气燃料与橡胶相容性试验

D.1 仪器设备

D.1.1 试验机

应符合ISO 5893中的规定，至少具有2级测力精度，使用的引伸计的精度至少为D级，且能在500 mm/min±50 mm/min移动速度下运行。

D.1.2 哑铃型裁刀

应符合GB/T 528—2009中I型哑铃型试验件用裁刀的相关规定。

D.1.3 厚度计

精度应不低于0.01 mm，对于IRHD大于或等于35的橡胶施加压力应为22 kPa±5 kPa，对于IRHD小于35的施加压力应为10 kPa±2 kPa。

D.1.4 硬度计

应符合GB/T 531.1中邵氏A型和AM型硬度计的相关规定。

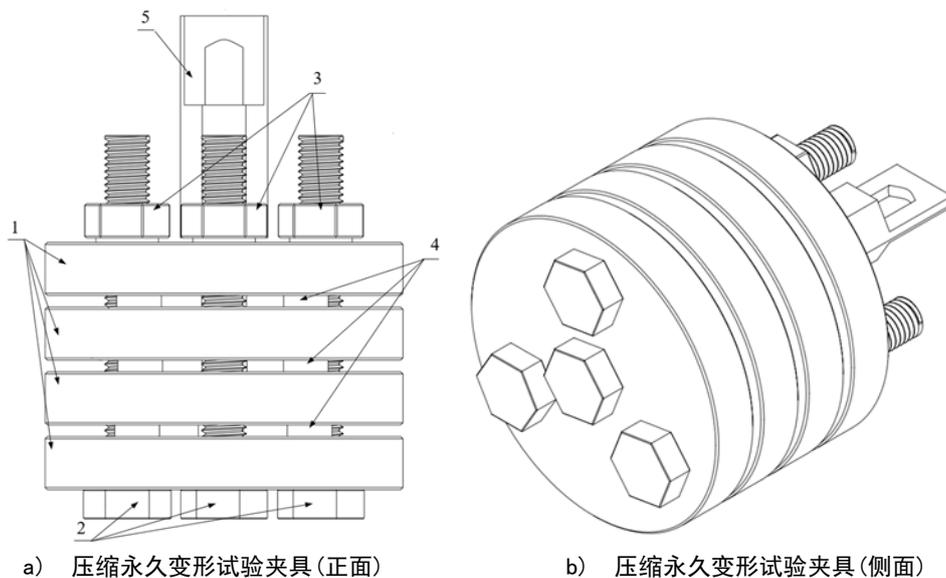
D.1.5 压缩永久变形夹具

D.1.5.1 压缩永久变形夹具见图D.1。夹具压缩板由若干个平行、平整、高磨光的镀铬不锈钢板组成，表面粗糙度应不大于0.25 μm。压缩板应具备：

- 足够的刚度，以确保压缩板受压时不产生变形；
- 足够的尺寸，确保试验件在两压缩板之间受压时，整个试验件能够位于压缩板区域内部，试验件与限制块不互相接触，推荐尺寸为80 mm±5 mm的直径，12 mm±1 mm的厚度。

D.1.5.2 当试验件 IRHD 不大于 80 时，所用限制块高度为试验件厚度的 75%±2%；当试验件 IRHD 在 81~89 时，所用限制块高度为试验件厚度的 85%±2%；当试验件 IRHD 不小于 90 时，所用限制块高度为试验件厚度的 90%±1%。

D.1.5.3 限制块的高度公差应不大于±0.05 mm。



标引序号说明：

- 1——压缩板；
- 2——螺栓；
- 3——紧固螺母；
- 4——限制块；
- 5——挂钩螺栓。

图D.1 压缩永久变形试验夹具

D.1.6 天平

感量不应低于0.1 mg。

D.2 试验件

D.2.1 试验件分类

D.2.1.1 按材料形态，橡胶分为橡胶（片材）和橡胶（O形圈）。

D.2.1.2 按试验项目，橡胶分为体积变化试验件、硬度变化试验件、拉伸性能试验件和压缩永久变形试验件。

D.2.2 体积变化试验件

D.2.2.1 橡胶（片材）应符合 GB/T 1690—2010 中 I 型的规定。

D.2.2.2 橡胶（O形圈）应为完整 O形圈或其片段，质量宜不少于 0.5 g；如不足 0.5 g 时，允许用质量总和达到 0.5 g 以上的几个 O形圈或片段作为试验件。

D.2.3 硬度变化试验件

D.2.3.1 橡胶（片材）厚度宜至少 6 mm。对于厚度小于 6 mm 的试验件，可由不多于 3 层叠加进行试验。

D.2.3.2 橡胶（O形圈）单个试验件横截面直径应至少为 1.25 mm。

D.2.4 拉伸性能试验件

D.2.4.1 橡胶（片材）厚度宜为 2.0 mm±0.2 mm，其他尺寸应符合 GB/T 528—2009 中 1 型裁刀所给出的要求。

D.2.4.2 橡胶（O形圈）宜为完整 O形圈。当出现以下情况时，可裁取片段作为试验件：

- 内径太大以至于不能在拉力试验机的最大行程内拉断时；
- 内径太小无法用拉力试验机试验时；
- 试验件事先裁断时。

D.2.4.3 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时，可使用其他厚度和尺寸试验件。

D.2.5 压缩永久变形试验件

D.2.5.1 橡胶（片材）应符合 GB/T 1683 或 GB/T 7759.1 的规定。

D.2.5.2 橡胶（O形圈）应按如下方式切取 O形圈片段：

- 内径不大于 17 mm 时，切除约 3 mm 片段，剩余片段作为试验件；
- 内径大于 17 mm 时，切取约 52 mm 片段作为试验件。

D.3 试验浸泡条件与程序

试验浸泡条件与程序按第6章进行选择。

D.4 试验步骤

D.4.1 体积变化

按 C.4.1 测定试验件浸泡前后的体积变化。

D.4.2 硬度变化

D.4.2.1 浸泡前应对试验件进行前处理。将试验件放置在温度 23 °C ± 2 °C 和湿度 50%RH ± 10%RH 环境中放置至少 24 h。

D.4.2.2 按 GB/T 531.1 的规定，选用邵氏 A 型硬度计测定橡胶（片材）试验件浸泡前后的硬度，选用邵氏 AM 型硬度计测定橡胶（O 形圈）试验件浸泡前后的硬度。

D.4.2.3 硬度变化按公式（D.1）计算：

$$\Delta H = H_1 - H_0 \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

- ΔH —— 试验件的硬度变化；
- H_0 —— 浸泡前试验件的硬度；
- H_1 —— 浸泡后试验件的硬度。

D.4.2.4 试验结果取 3 个试验件按公式（D.1）计算结果的中位数，保留整数位。

D.4.3 拉伸性能

D.4.3.1 橡胶（片材）试验件拉伸性能

按 C.4.3 测定橡胶（片材）试验件浸泡后的拉伸性能。

D.4.3.2 橡胶（O 形圈）试验件拉伸性能

D.4.3.2.1 按 GB/T 5720 的规定，测定橡胶（O 形圈）试验件浸泡后的拉伸性能，试验机移动速度为 500 mm/min ± 50 mm/min，试验结果包括拉伸强度和拉断伸长率。

D.4.3.2.2 拉伸强度按照公式（D.2）计算：

$$T = \frac{F}{2A} = \frac{F}{1.57d^2} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

- T —— 拉伸强度，单位为兆帕（MPa）；
- F —— 试验件拉断过程中，所受的最大负荷，单位为牛顿（N）；
- A —— 试验件的横截面积，单位为平方毫米（mm²）；
- d —— 试验件的横截面直径，单位为毫米（mm）。

D.4.3.2.3 拉断伸长率按照公式（D.3）计算：

$$E = \frac{2S_1 + G - C_0}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots (D.3)$$

式中：

- E —— 拉断伸长率，%；
- S_1 —— 试验件拉断时两轴轮的中心间距，单位为毫米（mm）；
- G —— 一个轴轮的圆周长，单位为毫米（mm）；
- C_0 —— 试验件的初始内周长，单位为毫米（mm）。

D.4.3.2.4 试验结果取 3 个试验件按公式（D.2）和公式（D.3）计算结果的中位数，拉伸强度保留一位小数，拉断伸长率保留整数位。

D.4.4 压缩永久变形

D.4.4.1 浸泡前应对试验件进行前处理。将试验件放置在温度 23 °C ± 2 °C 和湿度 50%RH ± 10%RH 环境中放置至少 24 h。

D.4.4.2 用厚度计测量橡胶（片材）试验件初始厚度，精确至 0.02 mm。

D.4.4.3 用厚度计测量橡胶（O 形圈）试验件径向和轴向沿圆周均匀分布的 4 个点，取平均值作为初始厚度，精确至 0.02 mm。

D.4.4.4 根据试验件厚度及硬度选择适当的限制块。测量限制块厚度，保留两位小数，取平均值作为

限制块厚度。

D.4.4.5 将装配好的夹具在室温放置不少于 30 min，然后浸没于喷气燃料中。将浸泡装置放入已达到浸泡温度的恒温箱中，待达到规定的浸泡周期后，从恒温箱中取出浸泡装置，取出试验件置于木板等导热能力差的平面上，在温度 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和湿度 $50\%RH \pm 10\%RH$ 环境中，恢复不少于 30 min 后测量试验件厚度。

D.4.4.6 按 GB/T 7759.1 的规定，测定橡胶（片材）试验件浸泡后的厚度。

D.4.4.7 按 GB/T 5720 的规定，测定橡胶（O 形圈）试验件浸泡后的厚度。

D.4.4.8 压缩永久变形按照公式（D.4）计算：

$$C = \frac{d_1 - d_2}{d_1 - h_s} \times 100\% \dots\dots\dots (D.4)$$

式中：

C ——试验件的压缩永久变形，%；

d_1 ——试验件初始厚度，单位为毫米（mm）；

d_2 ——试验件恢复后的厚度，单位为毫米（mm）；

h_s ——限制块的高度，单位为毫米（mm）。

D.4.4.9 试验结果取 3 个试验件按公式（D.4）计算结果的中位数，保留整数位。

D.5 试验报告

试验报告应包含第7章的全部内容。

附录 E
(规范性)
喷气燃料与塑料相容性试验

E.1 试验机

应符合ISO 5893中的规定,至少具有2级测力精度,使用的引伸计的精度至少为D级,且能在5 mm/min ±0.5 mm/min、50 mm/min±2.5 mm/min、100 mm/min±10 mm/min及500 mm/min±50 mm/min移动速度下运行。

E.2 试验件

E.2.1 试验件分类

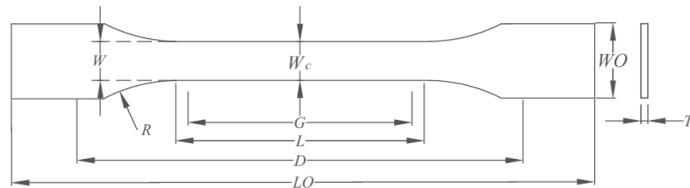
按材料厚度,塑料分为塑料(片材)和塑料(薄膜)。厚度小于1 mm时为塑料(薄膜),其他为塑料(片材)。

E.2.2 拉伸性能试验件

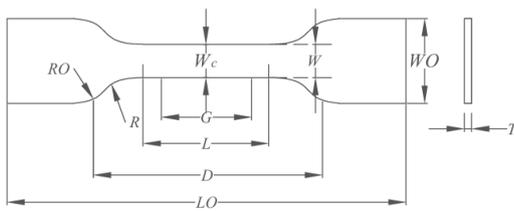
E.2.2.1 塑料(片材)宜为如图E.1所示的1A型、1B型或2型。

E.2.2.2 塑料(薄膜)宜为如图E.1所示的2型或3型。

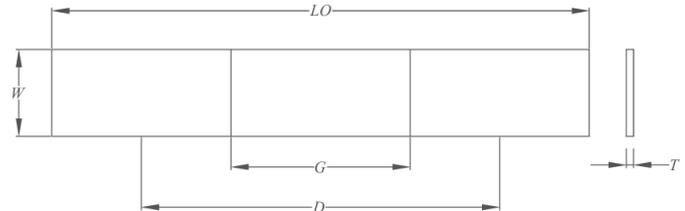
E.2.2.3 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时,可使用其他尺寸试验件。



a) 塑料试验件 1A/1B 型



b) 塑料试验件 2 型



c) 塑料(薄膜)试验件 3 型

单位为毫米

塑料试验件尺寸		1A型	1B型	2型	3型
W	窄部分宽度	10.0±0.2	10.0±0.2	6.0±0.5	10.0~25.0
L	窄平行部分的长度	80.0±2.0	60.0±0.5	33.0±0.5	—
W0	端部宽度	20.0±0.2	20.0±0.2	25.0±1.0	—
LO	总长度	170	≥150	≥115	≥150
G	标距	75.00±0.25 50.00±0.25	50.00±0.25	25.00±0.25	50.0±0.5
D	夹具间的初始距离	115±1	115±1	80±5	100±5
R	小半径	24.0±1.0	60.0±0.5	14.0±1.0	—
RO	大半径	—	—	25±1	—
T	厚度	4.0±0.2	4.0±0.2	≤4.0	≤1.0

单位为毫米

塑料试验件尺寸		1A型	1B型	2型	3型
<i>W_c</i>	中心部分宽度	公差应满足±0.10 mm	公差应满足±0.10 mm	公差应满足±0.10 mm	公差应满足±0.10 mm

标引序号说明:

- W* ——窄部分宽度;
L ——窄平行部分的长度;
W₀ ——端部宽度;
L₀ ——总长度;
G ——标距;
D ——夹具间的初始距离;
R ——小半径;
RO ——大半径;
T ——厚度;
W_c ——中心部分宽度。

图E.1 塑料试验件

E.3 试验浸泡条件与程序

试验浸泡条件与程序按第6章进行选择。

E.4 试验步骤

E.4.1 按GB/T 1040.2的规定,测定塑料(片材)试验件浸泡后的拉伸性能,试验结果包括拉伸强度和拉断伸长率。试验机移动速度应按如下选择:

- 根据对应材料的标准确定试验机移动速度;
- 如果缺少这方面的资料,试验机移动速度选择 5 mm/min±0.5 mm/min、50 mm/min±2.5 mm/min、100 mm/min±10 mm/min 及 500 mm/min±50 mm/min 中,保证试验件在 (0.5~5) min 断裂的最小速度。

E.4.2 按照GB/T 1040.3的规定,测定塑料(薄膜)试验件浸泡后的拉伸性能,试验结果包括拉伸强度和拉断伸长率。试验机移动速度应根据测定的塑料(薄膜)对应材料标准要求确定,若标准中无相关要求,试验机移动速度应按表E.1进行选择。

表 E.1 塑料(薄膜)试验速度

断裂伸长率/%	试验机移动速度/(mm/min)	允差/(mm/min)
≤20	5	0.5
20~100	50	2.5
≥100	500	50

E.4.3 拉伸强度按照公式(E.1)计算:

$$T = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

- T*——拉伸强度,单位为兆帕(MPa);
F——试验件拉断过程中,所受的最大负荷,单位为牛顿(N);
A——试验件的横截面积,单位为平方毫米(mm²)。

E.4.4 拉断伸长率按照公式(E.2)计算:

$$E = \frac{(L_b - L_0)}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (E.2)$$

式中:

- E* ——拉断伸长率,%;
L_b ——试验件拉断时试验长度,单位为毫米(mm);

L_0 ——试验件初始试验长度，单位为毫米（mm）。

E.4.5 试验结果取3个试验件按公式（E.1）和公式（E.2）计算结果的中位数，拉伸强度保留一位小数，拉断伸长率保留整数位。

E.5 试验报告

试验报告应包含第7章的全部内容。

附录 F
(规范性)
喷气燃料与纤维相容性试验

F.1 试验机

应符合ISO 5893中的规定，至少具有2级测力精度，使用的引伸计的精度至少为D级，且能在20 mm/min±2.5 mm/min、50 mm/min±2.5 mm/min及100±10 mm/min移动速度下运行。

F.2 试验件**F.2.1 拉伸性能试验件**

应符合GB/T 3923.1的规定。

F.2.2 夹持

F.2.2.1 试验件可采用在预张力下夹持，或者采用松式夹持，即无张力夹持。当采用预张力夹持试验件时，产生的伸长率应不大于2%。若不能保证，则采用松式夹持。

注：同一样品的两方向的试样采用相同的隔距长度、拉伸速度和夹持状态，以断裂伸长率大的一方为准。

F.2.2.2 根据试样的单位面积质量，从表F.1中采用相应的预张力：

表 F.1 预张力选择

试样的单位面积质量/(g/m ²)	预张力/N
≤200	2
>200且≤500	5
>500	10
断裂强度较低时，可按断裂强度的1%±0.25%确定预张力。	

F.2.2.3 采用松式夹持方式的情况下，在安装试验件以及闭合夹钳的整个过程中其预张力应保持低于F.2.2.2中给出的预张力，且产生的伸长率不超过2%。

计算断裂伸长率所需的初始长度应为隔距长度与试样达到预张力的伸长之和。试验件的伸长从强力-伸长曲线图上对应于F.2.2.2中给出的预张力处测得。

F.3 试验浸泡条件与程序

试验浸泡条件与程序按第6章进行选择。

F.4 试验步骤

F.4.1 按照GB/T 3923.1的规定，测定纤维试验件浸泡后的拉伸性能，试验结果包括断裂强力、断裂伸长率和断脱伸长率。分别计算经纬向（或纵横向）的断裂强力平均值，如果需要，计算断脱强力平均值。

F.4.2 预张力夹持试验件的断裂伸长率按公式（F.1）计算，断脱伸长率按公式（F.2）计算；松式夹持试验件的断裂伸长率按公式（F.3）计算，断脱伸长率按公式（F.4）计算。

预张力夹持试验件：

$$E = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (F.1)$$

$$E_r = \frac{\Delta L_t}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (F.2)$$

松式夹持试验件：

$$E = \frac{\Delta L' - L'_0}{L_0 + L'_0} \times 100\% \dots\dots\dots (F.3)$$

$$E_r = \frac{\Delta L'_t - L'_0}{L_0 + L'_0} \times 100\% \dots\dots\dots (F.4)$$

式中:

- E —— 断裂伸长率, %;
- ΔL —— 预张力夹持试验件时的断裂伸长 (见图F.1), 单位为毫米 (mm);
- L_0 —— 隔距长度, 单位为毫米;
- E_r —— 断脱伸长率, %;
- ΔL_t —— 预张力夹持试验件时的断脱伸长 (见图F.2), 单位为毫米 (mm);
- $\Delta L'$ —— 松式夹持试验件时的断裂伸长 (见图F.1), 单位为毫米 (mm);
- L'_0 —— 松式夹持试验件达到规定预张力时的伸长, 单位为毫米 (mm);
- $\Delta L'_t$ —— 松式夹持试验件时的断脱伸长 (见图F.2), 单位为毫米 (mm)。

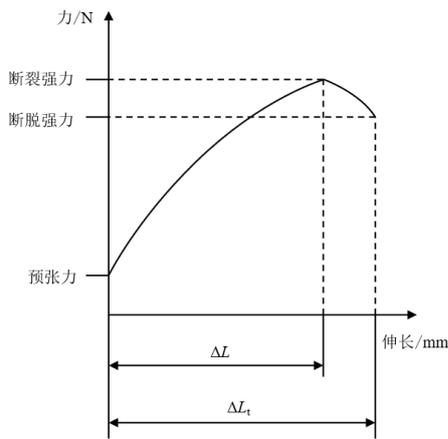


图 F.1 预张力夹持试验件的拉伸曲线

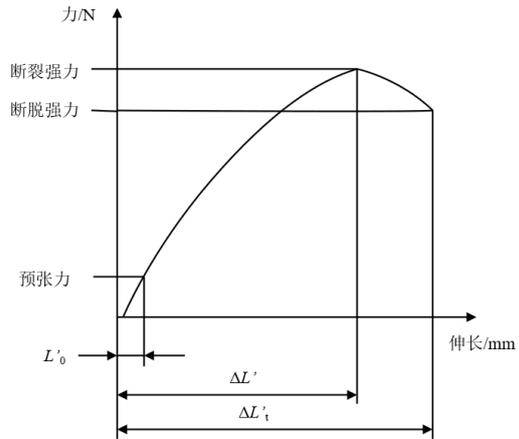


图 F.2 松式夹持试验件的拉伸曲线

F.4.3 试验结果取3个试验件按公式 (F.1)、公式 (F.2) 或公式 (F.3)、公式 (F.4) 计算结果的平均值, 断裂强力、断脱强力、断裂伸长率和断脱伸长率保留一位小数。

F.5 试验报告

试验报告应包含第7章的全部内容。

附录 G

(规范性)

喷气燃料与复合材料相容性试验

G.1 试验机

应符合 ISO 5893 中的规定,至少具有 2 级测力精度,使用的引伸计的精度至少为 D 级,且能在 1 mm/min ± 0.2 mm/min、5 mm/min ± 0.5 mm/min、50 mm/min ± 2.5 mm/min、100 ± 10 mm/min 及 500 mm/min ± 50 mm/min 移动速度下运行。

G.2 试验件

G.2.1 试验件分类

G.2.1.1 按材料种类,复合材料分为填充增强类和纤维增强类。

G.2.1.2 按试验项目,复合材料试验件分为拉伸性能试验件、弯曲应力试验件和短梁剪切强度试验件。

G.2.2 拉伸性能试验件

G.2.2.1 填充增强类宜符合 GB/T 1040.2 的规定。

G.2.2.2 纤维增强类宜符合 GB/T 1447 的规定。

G.2.2.3 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时,可使用其他尺寸试验件。

G.2.3 弯曲应力试验件

G.2.3.1 宜符合 GB/T 9341 中的规定,推荐试验件尺寸为长度 80 mm ± 2 mm、宽度 10.0 mm ± 0.2 mm、厚度 4.0 mm ± 0.2 mm。对于任一试验件,其中 1/3 部分长度内各处厚度与厚度平均值的偏差不应大于 2%,宽度与平均值的偏差不应大于 3%,试验件横截面应是矩形且无倒角。

G.2.3.2 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时,可使用其他尺寸试验件。

G.2.4 短梁剪切强度试验件

G.2.4.1 宜符合 GB/T 30969 的规定。

G.2.4.2 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时,可使用其他尺寸试验件。

G.3 试验浸泡条件与程序

每组试验应不少于 5 个试验件,试验浸泡条件与程序按第 6 章进行选择。

G.4 试验步骤

G.4.1 拉伸性能

G.4.1.1 按 GB/T 1040.2 的规定,测定填充增强类试验件浸泡后的拉伸性能,试验结果包括拉伸强度和断裂伸长率。

G.4.1.2 按 GB/T 1447 的规定,测定纤维增强类试验件浸泡后的拉伸性能,试验结果包括拉伸强度和断裂伸长率。

G.4.1.3 拉伸强度按照公式 (G.1) 计算:

$$T = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (G.1)$$

式中:

T ——拉伸强度,单位为兆帕 (MPa);

F ——试验件拉断过程中,所受的最大负荷,单位为牛顿 (N);

A ——试验件的横截面积,单位为平方毫米 (mm²)。

G.4.1.4 拉断伸长率按照公式 (G.2) 计算:

$$E = \frac{(L_b - L_0)}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (G.2)$$

式中:

- E ——拉断伸长率, %;
- L_b ——试验件拉断时试验长度, 单位为毫米 (mm);
- L_0 ——试验件初始试验长度, 单位为毫米 (mm)。

G.4.1.5 试验结果取 5 个试验件按公式 (G.1) 和公式 (G.2) 计算结果的中位数, 拉伸强度保留一位小数, 拉断伸长率保留整数位。

G.4.2 弯曲应力

G.4.2.1 按 GB/T 9341 的规定, 测定试验件浸泡后的弯曲应力。

G.4.2.2 弯曲应力按照公式 (G.3) 计算:

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2} \dots\dots\dots (G.3)$$

式中:

- σ_f ——弯曲应力, 单位为兆帕 (MPa)
- F ——施加的力, 单位为牛顿 (N);
- L ——跨度, 单位为毫米 (mm);
- b ——试验件宽度, 单位为毫米 (mm);
- h ——试验件厚度, 单位为毫米 (mm);

G.4.2.3 试验结果取 5 个试验件按公式 (G.3) 计算结果的算术平均值, 保留一位小数。

G.4.3 短梁剪切强度

G.4.3.1 按 GB/T 30969 的规定, 测定试验件浸泡后的短梁剪切强度。

G.4.3.2 短梁剪切强度按照公式 (G.4) 计算:

$$\tau_{sbs} = \frac{3P_{max}}{4\omega h} \dots\dots\dots (G.4)$$

式中:

- τ_{sbs} ——短梁剪切强度, 单位为兆帕 (MPa)
- P_{max} ——破坏前试验件承受的最大载荷, 单位为牛顿 (N);
- ω ——试验件宽度, 单位为毫米 (mm);
- h ——试验件厚度, 单位为毫米 (mm);

G.4.3.3 试验结果取 5 个试验件按公式 (G.4) 计算结果的算术平均值, 保留一位小数。

G.5 试验报告

试验报告应包含第7章的全部内容。

参 考 文 献

- [1] GB 6537 3号喷气燃料
 - [2] CTS0-2C701 含合成烃的民用航空喷气燃料
 - [3] CTS0-2C702 民用航空喷气燃料
-