



中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T 6143.2—2026

航空油料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

Test method for compatibility of aviation oil with materials—
Part 2: Fire resistant phosphate ester hydraulic fluid for aircraft with non-metallic
materials

2026-09-17 发布

2026-10-01 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 恒温装置 2

6 浸泡条件与程序 2

 6.1 浸泡条件与试验项目 2

 6.2 浸泡程序 3

7 试验报告 3

附录 A（规范性） 液压油与橡胶相容性试验 4

 A.1 仪器设备 4

 A.2 试验件 5

 A.3 浸泡条件与程序 5

 A.4 试验步骤 5

 A.5 试验报告 7

附录 B（规范性） 液压油与非金属涂层相容性试验 8

 B.1 仪器设备 8

 B.2 试验件 8

 B.3 浸泡条件与程序 8

 B.4 试验步骤 8

 B.5 试验报告 10

附录 C（规范性） 液压油与胶粘剂相容性试验 11

 C.1 试验机 11

 C.2 试验件 11

 C.3 浸泡条件与程序 12

 C.4 试验步骤 12

 C.5 试验报告 13

附录 D（规范性） 液压油与复合材料相容性试验 14

 D.1 试验机 14

 D.2 试验件 14

 D.3 浸泡条件和程序 14

 D.4 试验步骤 14

D.5 试验报告..... 15

参考文献..... 16

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 6143《航空油料材料相容性试验方法》的第2部分。MH/T 6143已经发布了以下部分：

- 第1部分：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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

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、中国民航科学技术研究院、中国航发商用航空发动机有限责任公司。

本文件主要起草人：杜澜、曾萍、何子欣、黄致尧、王海保、雷庆柯、刘建刚、夏祖西、沈洋、陈翹楚、李黎、王春晓、王露晨、郭福水、廖孟周、冯信鑫、张自舟。



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 6143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：航空喷气燃料与非金属材料。目的在于规定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：航空喷气燃料与金属材料。目的在于规定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 6143.2的制定，聚焦于航空抗燃磷酸酯液压油与非金属材料相容性的试验方法，使开展航空抗燃磷酸酯液压油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2部分：航空抗燃磷酸酯液压油与非金属材料

1 范围

本文件描述了航空抗燃磷酸酯液压油（以下简称“液压油”）对非金属材料性能影响的试验方法，包括仪器设备、试验件、浸泡条件与程序、试验步骤和试验报告。

本文件适用于液压油与非金属材料相容性的试验，非金属材料包括橡胶、非金属涂层、胶粘剂和复合材料等。

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 1690 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐液体试验方法
GB/T 3356 定向纤维增强聚合物基复合材料弯曲性能试验方法
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 7122 高强度胶粘剂剥离强度的测定 浮辊法
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 7758 硫化橡胶 低温性能的测定 温度回缩法（TR试验）
GB/T 9279.1 色漆和清漆 耐划痕性的测定 第1部分：负荷恒定法
GB/T 9286 色漆和清漆 划格试验
GB/T 39693.4 硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定 第4部分：用邵氏硬度计法（邵尔硬度）测定压入硬度
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）
ISO 14130 纤维增强塑料复合材料—用短梁法测定表观层间剪切强度（Fibre-reinforced plastic composites—Determination of apparent interlaminar shear strength by short-beam method）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

航空抗燃磷酸酯液压油 fire resistant phosphate ester hydraulic fluid for aircraft

主要以磷酸酯类化合物为基础油，添加多种添加剂调和而成的用于航空液压系统的液压油。

3.2

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

液压油与非金属材料相容性试验，通过将不同的非金属材料制得的试验件浸泡在液压油中，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、低温回缩性能、压缩永久变形、铅笔硬度、耐划痕性、附着力、剪切强度、剥离强度、弯曲性能和层间剪切强度。

5 仪器设备

5.1 浸泡装置

应使用带盖的玻璃容器保证密闭性。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液压油，液压油的体积至少为试验件总体积的十五倍。

5.2 恒温装置

恒温装置运行时应能控制浸泡温度满足表1要求。

6 浸泡条件与程序

6.1 浸泡条件与试验项目

根据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，浸泡条件与试验项目宜按照表1进行选择。

典型材料种类和材料类别见表1，其他材料可参照执行。

表1 材料种类、材料类别、试验项目、试验件类型、浸泡条件和试验步骤

材料种类	材料类别	试验项目	试验件类型	浸泡条件		试验步骤
				浸泡温度 ℃	浸泡周期 h	
橡胶	三元乙丙橡胶	硬度变化	I型橡胶试验件	71±2	70±2	按附录A的规定进行
				107±2	670±2	
				107±2	1 000±2	
				107±2	1 440±2	
				121±2	22±2	
				121±2	70±2	
		体积变化	I型橡胶试验件	71±2	70±2	
				107±2	334±2	
				107±2	670±2	
				107±2	1 000±2	
				107±2	1 440±2	
				121±2	22±2	
				121±2	70±2	
			II型橡胶试验件	71±2	70±2	
				121±2	22±2	
		拉伸性能	I型橡胶试验件	107±2	334±2	
				121±2	22±2	
				121±2	70±2	
		低温回缩性能	I型橡胶试验件	71±2	70±2	
		压缩永久变形	III型橡胶试验件	71±2	70±2	
				121±2	22±2	
非金属涂层	聚氨酯类、环氧类	铅笔硬度	—	室温	720±2	按附录B的规定进行
		耐划痕性、附着力		70±2	1 000±2	
胶粘剂	环氧类	剪切强度、剥离强度	—	70±2	1 000±2	按附录C的规定进行
复合材料	纤维增强类	弯曲性能、层间剪切强度	—	70±2	1 000±2	按附录D的规定进行

6.2 浸泡程序

浸泡程序如下：

- a) 将试验件浸没于液压油中，确保试验件与试验件之间、试验件与浸泡装置内壁不接触；
- b) 浸泡装置放入恒温装置中，当液压油温度达到表 1 规定的浸泡温度开始计时；
- c) 浸泡结束后，取出浸泡装置，将试验件快速放入新的液压油中，在室温下冷却；
- d) 冷却结束后，将试验件短暂浸入挥发性液体中，迅速取出擦干，按照表 1 试验项目开展性能试验。

7 试验报告

试验报告应至少包含以下内容：

- a) 试验油信息；
- b) 试验件信息；
- c) 浸泡条件；
- d) 试验项目；
- e) 试验数据；
- f) 试验异常情况；
- g) 试验日期。

MH

附 录 A
(规范性)
液压油与橡胶相容性试验

A.1 仪器设备

A.1.1 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500 mm/min±50 mm/min移动速度下运行。

A.1.2 天平

感量不应低于0.1 mg。

A.1.3 厚度计

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

A.1.4 硬度计

应符合GB/T 39693.4中邵氏AM型硬度计的相关规定。

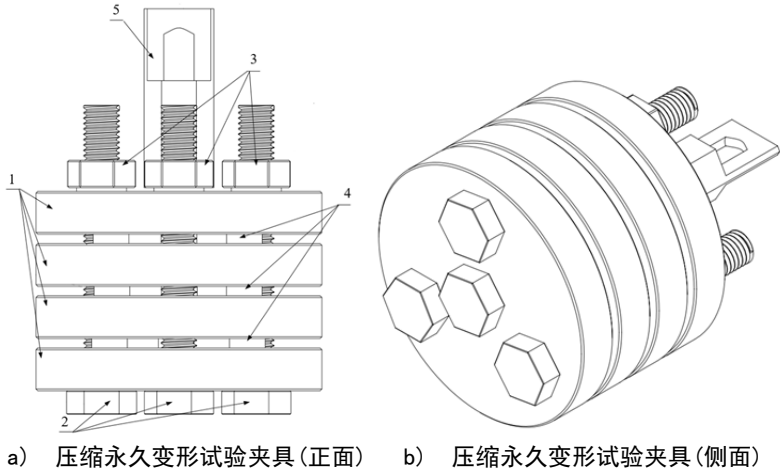
A.1.5 低温回缩试验机

应符合GB/T 7758的规定。

A.1.6 压缩永久变形夹具

A.1.6.1 压缩永久变形夹具见图 A.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：

- 刚度确保压缩板受压时不产生变形；
- 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，尺寸直径宜为 80 mm±5 mm，厚度宜为 12 mm±1 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A.1 压缩永久变形试验夹具

- A. 1. 6. 2 当试验件国际硬度不大于 80 时，所用限制块高度为试验件厚度的 75%±2%；当试验件国际硬度在 81~89 时，所用限制块高度为试验件厚度的 85%±2%；当试验件国际硬度不小于 90 时，所用限制块高度为试验件厚度的 90%±1%。
- A. 1. 6. 3 限制块的高度公差应满足±0.05 mm。

A. 2 试验件

- A. 2. 1 橡胶试验件材质为三元乙丙橡胶。
- A. 2. 2 橡胶试验件宜为完整 O 形圈或其片段，分为 I 型橡胶试验件、II 型橡胶试验件和 III 型橡胶试验件，具体试验件尺寸见表 A. 1。

表 A. 1 试验件尺寸

单位为毫米

橡胶试验件类型	内 径		横截面直径	
	尺寸	公差	尺寸	公差
I 型橡胶试验件	25.00	±0.15	3.53	±0.10
II 型橡胶试验件	不限	不限	2.62	±0.08
III 型橡胶试验件	从内径为53.34±0.25、横截面直径为5.33±0.13的O形圈中切取52±1片段			

- A. 2. 3 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时，可使用其他规格的试验件。

A. 3 浸泡条件与程序

浸泡条件与程序应符合第6章要求，每组试验应不少于三个试验件。

A. 4 试验步骤

A. 4. 1 体积变化

- A. 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。
- A. 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（A. 1）计算：

$$\Delta V = \frac{(m_3 - m_4) - (m_1 - m_2)}{m_1 - m_2} \times 100 \dots\dots\dots (A. 1)$$

式中：

ΔV ——试验件浸泡前后的体积变化，%；

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）。

- A. 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，试验件浸泡前后的体积变化按公式（A. 2）计算。

$$\Delta V = \frac{(m_3 - m_6 + m_7) - (m_1 - m_5 + m_7)}{m_1 - m_5 + m_7} \times 100 \dots\dots\dots (A. 2)$$

式中：

ΔV ——试验件浸泡前后的体积变化，%；

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）。

- A. 4. 1. 4 试验结果取三个试验件按公式（A. 1）或公式（A. 2）计算结果的算术平均数，保留一位小数。

A. 4. 2 硬度变化

- A. 4. 2. 1 试验前应对试验件进行前处理。将试验件放置在温度 23℃±2℃和相对湿度 50%±10%环境中放置至少 24 h。

A.4.2.2 按 GB/T 39693.4 的规定, 选用邵氏 AM 型硬度计测定试验件浸泡前后的硬度。

A.4.2.3 硬度变化值按公式 (A.3) 计算:

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

式中:

ΔH ——试验件浸泡前后的硬度变化;

H_0 ——浸泡前试验件的硬度;

H_1 ——浸泡后试验件的硬度。

A.4.2.4 试验结果取三个试验件按公式 (A.3) 计算结果的中位数, 保留整数位。

A.4.3 拉伸性能

A.4.3.1 按 GB/T 5720 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 $\pm$ 50 mm/min, 试验结果包括拉伸强度、拉断伸长率和 100%定伸应力。

A.4.3.2 拉伸强度按公式 (A.4) 计算:

$$T = \frac{F}{2A} = \frac{F}{1.57d^2} \dots\dots\dots (A.4)$$

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)。

A.4.3.3 拉断伸长率按公式 (A.5) 计算:

$$E = \frac{2S_1 + G - C_0}{C_0} \times 100 \dots\dots\dots (A.5)$$

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)。

A.4.3.4 100%定伸应力按公式 (A.6) 计算:

$$T_{100\%} = \frac{F_{100\%}}{2A} = \frac{F_{100\%}}{1.57d^2} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

$T_{100\%}$ ——100%定伸应力, 单位为兆帕 (MPa);

$F_{100\%}$ ——试验件伸长率为100%时所受的负荷, 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)。

A.4.3.5 试验结果取三个试验件按公式 (A.4)、公式 (A.5) 和公式 (A.6) 计算结果的中位数, 拉断伸长率保留整数位, 拉伸强度和 100%定伸应力保留一位小数。

A.4.4 低温回缩性能

A.4.4.1 按 GB/T 7758 的规定, 测定试验件的低温回缩性能。试验前将试验件拉伸至初始长度的 175%。

A.4.4.2 回缩率按公式 (A.7) 计算:

$$r = \frac{L_s - L_r}{L_s - L_0} \times 100 \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

r ——回缩率, %;

L_s ——锁定状态下的拉伸长度, 单位为毫米 (mm);

L_r ——相关温度下的回缩长度, 单位为毫米 (mm);

L_0 ——初始长度, 单位为毫米 (mm)。

A.4.4.3 试验结果读取回缩率为 10%和 70%时的温度, 计作 TR10 和 TR70。取三个试验件试验结果的中

位数，保留一位小数。

A. 4. 5 压缩永久变形

- A. 4. 5. 1 试验前应将试验件放置在温度 23 ℃±2 ℃和相对湿度 50%±10%环境中放置至少 24 h。
- A. 4. 5. 2 用厚度计测量试验件径向和轴向沿圆周均匀分布的四个点，取平均值作为初始厚度，精确至 0. 02 mm。
- A. 4. 5. 3 根据 A. 1. 6. 2 的要求选择适当的限制块。测量限制块厚度，保留两位小数，取平均值作为限制块厚度。
- A. 4. 5. 4 将装配好的夹具在室温放置不少于 30 min，然后浸没于液压油中。将浸泡装置放入已达到浸泡温度的恒温装置中，待达到规定的浸泡周期后，从恒温装置中取出浸泡装置，取出试验件置于新的液压油中，恢复不少于 30 min 后测量试验件厚度。
- A. 4. 5. 5 根据 GB/T 5720 的规定，测定试验件浸泡后的厚度。
- A. 4. 5. 6 压缩永久变形按公式（A. 8）计算：

$$C = \frac{d_1 - d_2}{d_1 - h_s} \times 100 \dots\dots\dots (A. 8)$$

式中：
C ——压缩永久变形，%；
d₁ ——试验件初始厚度，单位为毫米（mm）；
d₂ ——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）。

- A. 4. 5. 7 试验结果取三个试验件按公式（A. 8）计算结果的中位数，保留整数位。

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)
液压油与非金属涂层相容性试验

B.1 仪器设备

B.1.1 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 耐划痕性试验仪器

应符合GB/T 9279.1的规定。

B.1.3 附着力试验仪器

应符合GB/T 9286的规定。

B.2 试验件

B.2.1 试验件分类

按试验项目，非金属涂层试验件分为铅笔硬度试验件、附着力试验件和耐划痕性试验件。

B.2.2 铅笔硬度试验件

B.2.2.1 应符合 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，可使用其他规格的试验件。

B.2.3 耐划痕性试验件

B.2.3.1 应符合 GB/T 9279.1 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，可使用其他规格的试验件。

B.2.4 附着力试验件

B.2.4.1 应符合 GB/T 9286 的要求。

B.2.4.2 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时，可使用其他规格的试验件。

B.3 浸泡条件与程序

浸泡条件与程序应符合第6章要求，每组试验应不少于三个试验件。

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。每个试验件平行测定两次，如果两次测定结果不一致，应重新试验。试验结果取三个试验件浸泡前后铅笔硬度的中位值。

B.4.2 耐划痕性

按GB/T 9279.1的规定测定每个试验件浸泡前后的耐划痕性，每个试验件上进行三次试验操作。如果任何一次涂层都没有被划透至超出规定的程度，记录结果为“通过”。如果出现一次或多次涂层被划透至超出规定的程度，则记录结果为“不通过”。

B.4.3 附着力

按GB/T 9286的规定，测定每个试验件浸泡前后的附着力，并按照表B.1进行对照评级。

表 B.1 附着力评级标准

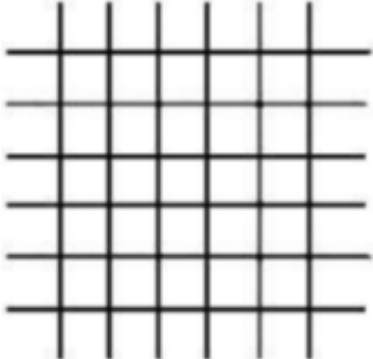
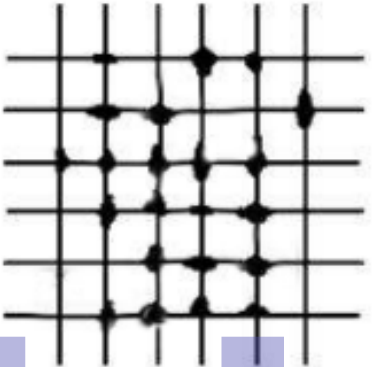
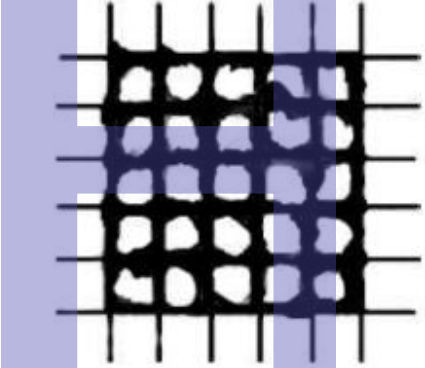
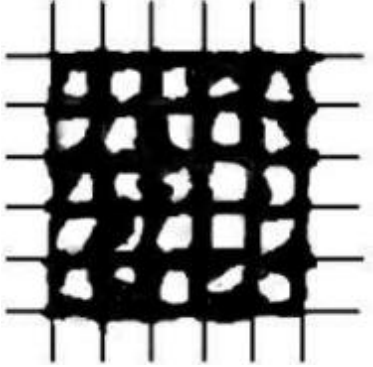
等级	说明	发生脱落的交叉切割区域的表面外观（六道平行切割线示例）
0	切割边缘完全平滑，网格内无任何脱落。	
1	切口交叉处有少许涂层脱落，但脱落面积不大于5%	
2	切口交叉处和/或沿切割边缘有涂层脱落，脱落面积大于5%，但不大于15%	
3	涂层沿切割边缘部分或全部脱落，和/或在网格不同部分有部分或全部脱落，脱落面积大于15%，但不大于35%	

表 B.1 附着力评级标准（续）

等级	说明	发生脱落的交叉切割区域的表面外观（六道平行切割线示例）
4	涂层沿切割边缘呈大碎片脱落，和/或部分格子发生部分或全部脱落，脱落面积大于35%，但不大于65%	
5	任何脱落程度超过4级的情况	——
注：附图是划格后每一个分级的示例。规定的百分比是根据图像给出的视觉印象得到的，同样的百分比不一定会与数字图像一起重现。		

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)
液压油与胶粘剂相容性试验

C.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，且应能在1 mm/min±0.2 mm/min、5 mm/min±0.5 mm/min、50 mm/min±5.0 mm/min、100 mm/min±10 mm/min、500 mm/min±50 mm/min移动速度下运行。

C.2 试验件

C.2.1 试验件分类

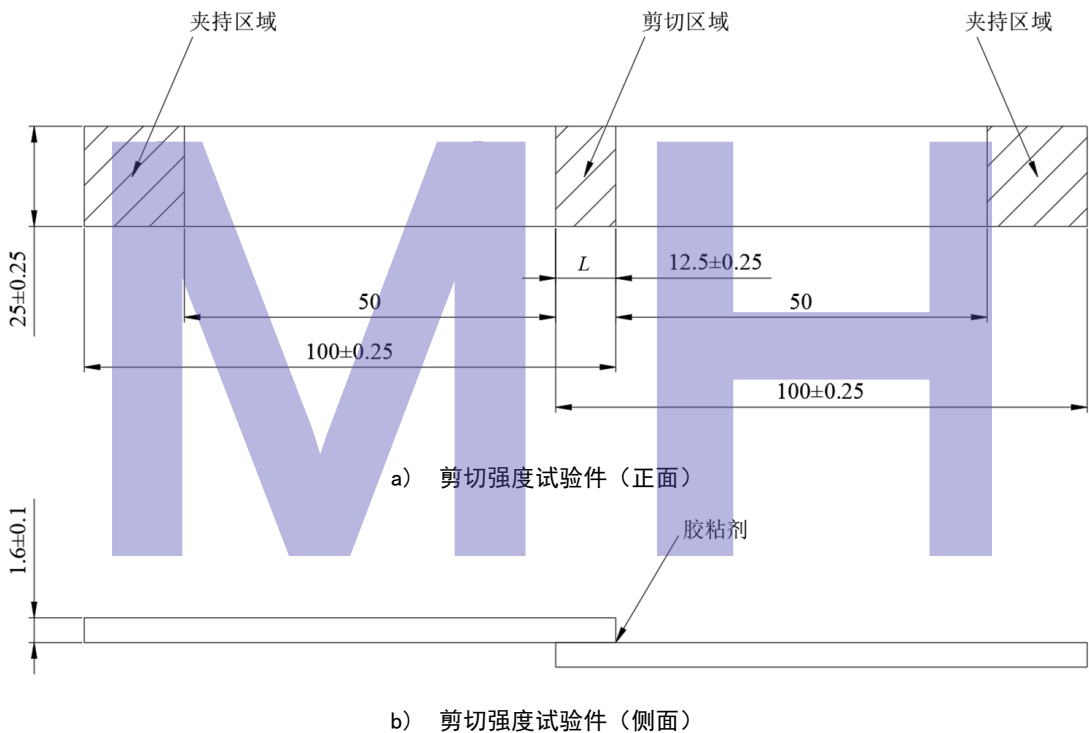
按试验项目，胶粘剂试验件分为剪切强度试验件和剥离强度试验件。

C.2.2 剪切强度试验件

C.2.2.1 尺寸和形状宜符合图 C.1 要求。

C.2.2.2 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时，可使用其他规格的试验件。

单位为毫米



标引序号说明：
L——试验件的粘接面长度。

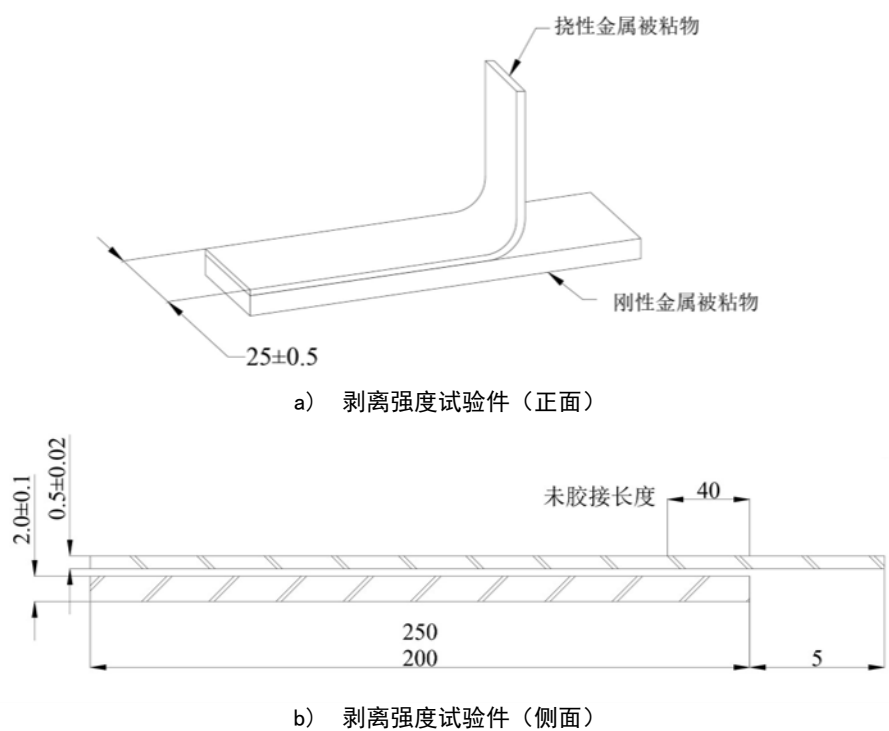
图C.1 剪切强度试验件尺寸和形状

C.2.3 剥离强度试验件

C.2.3.1 尺寸和形状宜符合图 C.2 要求。

C.2.3.2 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时，可使用其他规格的试验件。

单位为毫米



图C.2 剥离强度试验件尺寸和形状

C.3 浸泡条件与程序

浸泡条件与程序应符合第6章要求，每组试验应不少于五个试验件。

C.4 试验步骤

C.4.1 剪切强度

- C.4.1.1 按 GB/T 7124 的规定，测定试验件浸泡后的剪切强度。
- C.4.1.2 将试验件对称地夹在夹具上，夹持处至最近的粘接端距离为 50 mm±1 mm，试验机移动速度为 1.0 mm/min±0.2 mm/min。
- C.4.1.3 剪切强度按公式（C.1）计算：

$$\tau = \frac{F_1}{B_1} \dots\dots\dots (C.1)$$

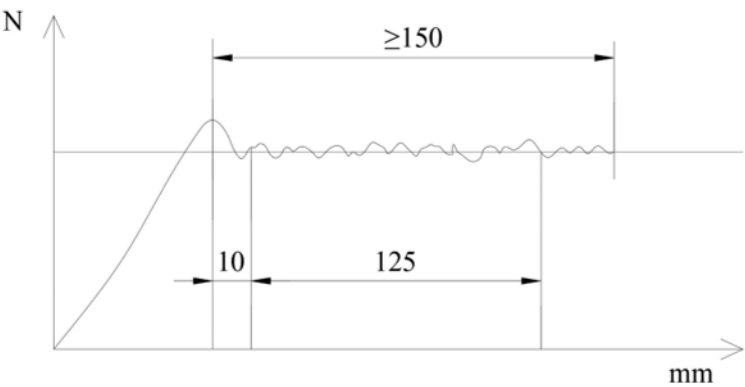
式中：

- τ ——剪切强度，单位为兆帕（MPa）；
- F_1 ——破坏载荷，单位为牛顿（N）；
- B_1 ——试验件的粘接面面积，单位为平方毫米（mm²）。

C.4.1.4 试验结果取五个试验件按公式（C.1）计算结果的平均值，保留一位小数。

C.4.2 剥离强度

- C.4.2.1 按 GB/T 7122 的规定，测定试验件浸泡后的剥离强度。
- C.4.2.2 剥离强度试验记录曲线示意图见图 C.3，在有效剥离长度至少为 125 mm 的范围（除去首先被剥开的 25 mm、末端的 20 mm 和第一次最大载荷后剥离图上前 10 mm）内，算出试验件的平均破坏载荷。



图C.3 剥离强度试验示意图

C.4.2.3 剥离强度按公式（C.2）计算：

$$\sigma_{90^{\circ}} = \frac{F_2}{W} \dots\dots\dots (C.2)$$

- 式中：
- $\sigma_{90^{\circ}}$ ——剥离强度，单位为牛顿每毫米（N/mm）；
 - F_2 ——破坏载荷，单位为牛顿（N）；
 - W ——试验件的粘接面宽度，单位为毫米（mm）。

C.4.2.4 试验结果取五个试验件按公式（C.2）计算结果的平均值，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) 液压油与复合材料相容性试验

D.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,且应能在1 mm/min±0.2 mm/min、5 mm/min±0.5 mm/min、50 mm/min±5.0 mm/min、100 mm/min±10 mm/min、500 mm/min±50 mm/min移动速度下运行。

D.2 试验件

D.2.1 试验件分类

按试验项目,复合材料试验件分为弯曲性能试验件和层间剪切强度试验件。

D.2.2 弯曲性能试验件

D.2.2.1 宜符合GB/T 3356中的规定,推荐试验件尺寸厚度为4.0 mm±0.2 mm、长度为80 mm±2 mm、宽度为10.0 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%,试验件截面应是矩形且无倒角。

D.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。

D.2.3 层间剪切强度试验件

D.2.3.1 宜符合ISO 14130的规定。

D.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。

D.3 浸泡条件和程序

浸泡条件和程序应符合第6章要求,每组试验应不少于五个试验件。

D.4 试验步骤

D.4.1 弯曲性能

D.4.1.1 按GB/T 3356的规定,测定试验件浸泡后的弯曲强度和弯曲弹性模量。

D.4.1.2 弯曲强度按公式(D.1)计算:

$$\sigma_f = \frac{3P_{\max}L}{2wh^2} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

- σ_f ——弯曲强度,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);
- L ——跨距,单位为毫米(mm);
- w ——试验件宽度,单位为毫米(mm);
- h ——试验件厚度,单位为毫米(mm)。

D.4.1.3 弯曲弹性模量按公式(D.2)计算:

$$E_{fc} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

- E_{fc} ——弯曲弹性模量,单位为兆帕(MPa);
 - $\Delta\sigma$ ——两个所选应变点之间弯曲应力之差,单位为兆帕(MPa);
 - $\Delta\varepsilon$ ——两个所选应变点之间应变之差,单位为毫米每毫米(mm/mm);
- 计算弯曲弹性模量时,推荐的应变范围为0.001~0.003。

D.4.1.4 试验结果取五个试验件按公式(D.1)和公式(D.2)计算结果的平均值,保留三位有效数字。

D.4.2 层间剪切强度

D.4.2.1 按 ISO 14130 的规定，测定试验件浸泡后的层间剪切强度。

D.4.2.2 层间剪切强度按公式 (D.3) 计算：

$$r_{sbs} = \frac{3P_{max}}{4wh} \dots\dots\dots (D.3)$$

式中：

- r_{sbs} ——层间剪切强度，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）；
- w ——试验件宽度，单位为毫米（mm）；
- h ——试验件厚度，单位为毫米（mm）。

D.4.2.3 试验结果取五个试验件按公式 (D.3) 计算结果的平均值，保留一位小数。

D.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] CTS0-2C706 航空抗燃磷酸酯液压油
-