

团体标准

《复合结构透明件中间层胶片粘接强度试验方法》

编制说明书

2023 年 3 月

《复合结构透明件中间层胶片粘接强度试验方法》

编制说明

一、工作简况

1. 任务来源

根据《中国国际科技促进会标准化工作委员会团体标准管理办法》的有关规定，本项目经过中国国际科技促进会标准化工作委员会及相关专家技术审核，批准《复合结构透明件中间层胶片粘接强度试验方法》团体标准制定计划，项目计划编号为CI2022206。

2. 必要性

光学聚氨酯中间层胶片是直升机/运输机/大型客机和新型歼击机等层合结构透明件中间层用关键材料，起着粘接两层或多层透明结构材料的作用，在透明件受到外界撞击产生破裂时起到分散应力集中产生的冲击能量和缓冲作用，同时中间层胶片能够将破碎的玻璃碎片粘接在一起防止碎片溅射，保护飞行员的安全。因此，中间层胶片与基体材料的粘接性能异常重要。如果粘接可靠性差，一容易造成脱层、气泡等问题，造成制件报废；二在外界环境变化时，如高低温交变、高温高湿、长期疲劳等，容易造成分层失效，严重影响制件的使用寿命。因此，复合结构透明件中间层胶片粘接强度测试与评价是复合结构透明件的重要性能指标。

目前，直升机用复合结构风挡透明件中间层胶片粘接强度没有十分客观且适用的测试方法，一般用90°剥离强度进行表征，90°剥离强度测试参考“GJB446-1988胶粘剂90°剥离强度试验方法（金属与金属）”。该方法在以下几个方面存在不适用的地方：（1）该方法是基于双面金属基底对胶粘接的粘接强度进行评价，而不是非金属有机/无机透明材料；（2）试样制备方法，用大板切割的方法不适用于无机玻璃；而且复合结构透明件剥离强度试样要采用与实际制件相同的工艺制备，否则不能真实反映其与基底材料的粘接强度。

另外，经与航空领域主机设计所沟通，认定仅仅用90°剥离强度不能够全面表征复合结构透明件中间层材料与双侧基底材料的粘接强度，还应评价其界面剪切强度，根据“GB/T 7124-2008 胶粘剂 拉伸剪切强度的测定（刚性材料对刚性材料）”，标准提出单位北京航空材料研究院股份有限公司人员参考该方法均制备了相应的复合结构透明件试样并进行了剪切强度测试，有机复合结构透明件材质/结构的特殊性，这些方法都无法得到

稳定可靠的试验数据。不能真实的评价复合结构透明件的界面剪切强度。

针对这种专用领域的透明结构材料与中间层胶片的粘接强度测试方法，并未有完全适用的标准。因此，建立相应的复合结构风挡透明件中间层胶片粘接强度测试标准，客观真实的表征复合结构透明件多层结构的界面粘接强度，对于获得复合结构透明件界面安全可靠数据进而设计方案提升界面粘接可靠性，是十分必要的。

3. 起草单位

本标准的主要起草单位是北京航空材料研究院股份有限公司、中国直升机设计研究所、航空工业沈阳飞机设计研究所、中国商飞上海飞机设计研究院、中国航发北京航空材料研究院。

本标准的主要起草人有郑梦瑶、张晓雯、颜悦、杨木泉、相宁。

表1 编制单位及人员分工

单位	姓名	分工
北京航空材料研究院股份有限公司	郑梦瑶	负责标准起草
北京航空材料研究院股份有限公司	张晓雯、杨木泉、相宁	技术资料收集分析、技术内容验证
中国航发北京航空材料研究院	颜悦	负责技术内容把关

4. 主要工作过程

4.1 起草阶段

项目立项前，标准编制小组查阅、研读相关国内外文献，广泛搜集与复合结构透明件中间层胶片粘接强度试验方法相关的资料。同时，标准编制小组安排相关人员，多次与复合结构透明件中间层胶片材料评价行业人员进行交流，广泛征求标准制订方面的意见和建议。

团体标准立项通知公示后，标准编制小组首先组织了标准制订工作会议，各编写人员根据工作计划分工和编写要求开展工作。标准起草期间，编制小组主编单位及参编单位组织了数次内部研讨会和专家咨询会，经过多次修改，于2023年3月完成了标准初稿及编制说明的撰写工作。

4.2 征求意见阶段

标准草案经规范后，形成标准征求意见稿。2023年3月，标准交由中国国际科技促进会标准化工作委员会通过全国团体标准信息平台面向全社会进行公开征求意见。同时计划由标准编制小组进行定向征求意见。

4.3 审查阶段

4.4 报批阶段

二、标准编制原则、主要内容及其确定依据

1. 标准的编写原则

- 1) 标准需要具有行业特点，指标及其对应的分析方法要积极参照采用国家标准和行业标准。
- 2) 标准能够体现出产品的具有关键共性的技术要素。
- 3) 标准能够为产品的开发、改进指出明确的方向。
- 4) 标准需要具有科学性、先进性和可操作性。
- 5) 要能够结合行业实际情况和产品特点。
- 6) 与相关标准法规协调一致。
- 7) 促进行业健康发展与技术进步。

2. 提出本标准的依据

(1) 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》要求进行编写。

(2) 参照相关法律、法规和规定，在编制过程中着重考虑了科学性、适用性和可操作性。

3. 制定本标准的基础

中国航发北京航空材料研究院股份有限公司有长达数十年的航空透明件研发、制造、检测、评价经验，也是多项航空透明材料测试评价方法相关国标、国军标、行标的标准制定单位。北京航空材料研究院航空材料检测实验室具备金属、非金属材料常见力学性能测试的CNAS资质，对常见的金属胶粘剂、复合材料相关的测试评价较为成熟，具有成套的力学测试设备以及各种类型的试验夹具，为本标准制订过程中的参数选择提供强有力的硬件支持。

本标准起草人所在团队一直从事复合结构透明件的技术研究，承担过国防“973”计划、319专项、民机科研、装备预研、国家重点研发计划等多项研究项目，在复合结构透明件以及中间层胶片考核评价方面掌握了较深厚的理论基础和系统深入的专业知识，积累了大量测试数据，这些研究成果可直接为本标准编写提供数据基础和技术参考。

4. 实验内容

本文件规定了复合结构透明件中间层胶片粘接强度试验方法。根据中复合结构透明件实际服役工况下中间层胶片的受载形式以及粘接强度试验方法的可靠性重复性，本文件规

定了90°剥离强度（方法A）以及拉伸剪切强度（方法B）的试验方法。标准主要内容包括：试验装置、试样、试验环境、试验步骤、试验结果、试验报告。

5. 实际应用效果

本标准起草旨在建立专用领域的透明结构材料与中间层胶片的粘接强度测试方法，以便客观真实的表征复合结构透明件多层结构的界面粘接强度，获得复合结构透明件界面安全可靠数据。经过试验验证以及试验数据总结，本标准规定的试验方法科学合理可操作性强，测得的粘接强度数值合理、重复性高，具有较好的应用效果。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

1. 主要试验或验证的分析

（1）试验装置

试验设备为广泛使用的万能拉伸试验机，能够自动记录载荷以及位移。对试验机的载荷测量范围的要求为破坏载荷应处于满量程的10%~80%范围内；试验机的载荷误差不超过±1%；另外，试验机应满足GB/T 1040.1第5.1.2中规定的恒定的速度。

方法A（90°剥离粘接强度）的夹具与GJB 446-1988中的夹具一致，要求夹具固定在试验机的基座上，并能保证挠性金属片能被试验机拽离，挠性金属片拉力方向与玻璃基材之间角度为90°

方法B（拉伸剪切粘接强度）的夹具为常规拉伸试验夹具，夹面为量平行面，夹持厚度可满足试样厚度要求，试样的长轴与通过夹具中心线的拉力方向重合，能防止被夹持试样相对于夹具滑动；当加载到试样上的拉力增加时，能保持或增加对试样的夹持力，且不会在夹具处引起试样过早破坏。

（2）试样

90°剥离试样的长度为200mm，宽度为20mm，端部留有40mm宽度的非粘接区域，玻璃基材为常见的有机透明材料如有机玻璃、聚碳酸酯或者硅酸盐玻璃，推荐厚度为8mm。挠性金属片推荐使用厚度为0.3mm的经阳极化处理的铝片。试样的复合粘接工艺应与实际的复合结构透明件的工艺一致，并保各粘接表面清洁无油污，试样平整度较好、无错位，尽量无溢胶。经过验证，阳极化的铝片与常见的中间层材料都具有较好的结合强度，在剥离试验过程中，挠性金属片能够使得中间层材料不发生伸长变形，且粘接有中间层材料挠性金属片拉力方向与玻璃基材与玻璃基材之间的角度为90°，常温条件下，中间层材料一般

能够从玻璃基底上稳定、完整地被剥离下来，得到中间层材料与玻璃基底之间的界面粘接强度有效数值。

拉伸剪切试样为单搭接形式，2片玻璃基材尺寸相同，长度均为100mm，宽度均为25mm，推荐厚度为4mm，搭接面长度为12.5mm，中间层材料的推荐厚度为1mm以内。夹持区长度为45mm，夹持区的两侧各粘接一片涤纶钢垫块，以保证作用力在搭接粘接面内。由于搭接试样在组装以及复合粘接过程中不能稳定放置，选用聚四氟垫块进行厚度补偿，放置试样出错位、不平整等影响试验结果的情况。试样的复合粘接工艺应与实际的复合结构透明件的工艺一致，并保各粘接表面清洁无油污。单搭接试样复合粘接完成后，在试样的夹持区域粘接厚度合适的涤纶刚片，对试样的夹持段进行加强并且保证试样长轴与施力方向持一致。经过验证，按照本文件制备的常见的玻璃基材与中间层材料的单搭接试样，在拉伸剪切粘接强度试验过程中，玻璃基材不发生明显变形，拉伸剪切作用力在搭接剪切面内，常温条件下，中间材料一般能够从玻璃基底上完整脱开，得到中间层材料与玻璃基底之间的界面粘接强度有效数值。

每组试样的数量不应少于5个。

除非相关技术条件中对贮存环境有特定要求，试样应在试验环境下调解不少于16h。

（3）试验环境

除非对试验环境有特定的特殊要求（如测定高温或者低温环境下的粘接强度），试验应在温度（23±2）℃、相对湿度（50±5）%的标准条件下进行。

（4）试验步骤

试验步骤主要包括：试验前试样的关键尺寸参数测量；试样装载；以恒定速度加载；记录破坏载荷值；记录破坏类型这5个步骤。

（5）试验结果

为了验证复合结构透明件中间层胶片粘接强度试验方法的有效性以及可靠性，对方法A（90°剥离）以及方法B（拉伸剪切）进行了验证，分别考察了多种透明材料基材（无机玻璃、定向有机玻璃、聚碳酸酯）与聚氨酯中间层材料的粘接强度，并进行了至少3次重复性验证。

表2 无机玻璃基材与聚氨酯胶片的粘接强度（方法A—90°剥离）

样品编号	90°剥离强度值；kN/m					平均值 kN/m	标准差
	1	2	3	4	5		
01	22.6	27.4	22.3	31.3	27.9	26.3	0.15
02	32.5	37.2	36.2	39.3	37.6	36.6	0.07

03	32.2	31.9	27.9	35.2	33.4	32.1	0.08
----	------	------	------	------	------	------	------

表3 有机玻璃基材与聚氨酯胶片的粘接强度（方法A—90° 剥离）

样品编号	90° 剥离强度值；kN/m					平均值 kN/m	标准差
	1	2	3	4	5		
01	17.3	15.3	20.3	21.6	19.6	18.8	0.13
02	15.4	15.4	18.6	14.6	13.6	15.5	0.12
03	12.9	13.4	13.8	15.9	18.4	14.9	0.15

表4 聚碳酸酯基材与聚氨酯胶片的粘接强度（方法A—90° 剥离）

样品编号	90° 剥离强度值；kN/m					平均值 kN/m	标准差
	1	2	3	4	5		
01	29.2	28.5	27.2	27.4	28.3	28.1	0.03
02	37.6	37.5	29.5	38.4	32.0	35.0	0.11
03	30.1	23.4	27.1	26.5	23.1	25.7	0.13

表5 无机玻璃基材与聚氨酯胶片的粘接强度（方法B—拉伸剪切）

样品编号	拉伸剪切强度；MPa					平均值 MPa	标准差
	1	2	3	4	5		
01	8.7	13.7	13.0	9.5	12.8	11.5	0.20
02	13.9	14.1	9.7	13.2	9.0	11.9	0.22
03	10.2	13.1	8.3	11.0	10.8	10.7	0.16

表6 有机玻璃基材与聚氨酯胶片的粘接强度（方法B—拉伸剪切）

样品编号	拉伸剪切强度；MPa					平均值 MPa	标准差
	1	2	3	4	5		
01	8.1	6.5	8.6	7.1	6.8	7.4	0.12
02	11.0	8.3	8.3	9.7	6.9	8.8	0.18
03	6.2	9.1	6.8	6.8	9.3	7.6	0.19

表7 聚碳酸酯基材与聚氨酯胶片的粘接强度（方法B—拉伸剪切）

样品编号	拉伸剪切强度；MPa					平均值 MPa	标准差
	1	2	3	4	5		
01	8.2	8.1	6.4	9.3	9.5	8.3	0.15
02	9.9	7.6	6.4	7.3	7.2	7.7	0.17
03	9.3	8.6	9.2	7.3	8.1	8.5	0.10

表2~7中测试的数据所采用的方法均采用本标准使用的方法，所有试样的破坏形式均为玻璃基材与中间层胶片分离，从结果来看，性能数据较稳定，检验方法可行。

(6) 试验报告

试验报告应包括：本标准的编号、采用的测试方法（方法A或方法B）、加载速度；试验温度和相对湿度、试样编号和数量、试样的外观质量、试样的完整表述（包括玻璃基材以及中间层材料的型号、批号、规格等）、试验机的型号、每个试样的粘接强度和破坏类型、试验人员以及试验日期等。

2. 预期的经济效益

标准的制定可试有效规范国内直升机、运输机、大型客机、歼击机等领域复合结构风挡透明件中间层胶片粘接强度测试方法，客观真实的评价表征复合结构透明件多层结构的界面粘接强度，获得复合结构透明件界面安全可靠数据。该标准的制定预期为型号应用提供重要保障，具有显著的经济效益和社会效益。

3. 真实性验证。

无。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

无。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

目前国际或国内均未有关于复合结构透明件中间层胶片粘接强度通用或专用试验方法。对于其他胶粘剂和基体材料的粘接强度，有关于90°剥离强度（GJB 446-1988）和拉剪强度（GB/T 7124-2008以及ASTM D1002-2010）测试方法，但是在试样制备、试验程序、试验方法等方面存在很多不适用之处，随着各种结构和基体材料的复合结构透明件的大量应用，需要制定复合结构透明件中间层胶片粘接强度专用试验方法。经初步查询，本标准的制定没有与国际、国内相关标准冲突或重复等问题。与国内现行法律、法规和相关强制性国家标准协调一致。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

1. 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》要求进行编写。

2. 参照相关法律、法规和规定，在编制过程中着重考虑了科学性、适用性和可操作性。

3. 规范性引用文件包括：

GB/T 1040.1-2018 塑料 拉伸性能的测定 第1部分：总则

GB/T 16997 胶粘剂 主要破坏类型的表示法

七、重大分歧意见的处理经过和依据

暂无。

八、涉及专利的有关说明

无。

九、实施标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等 措施建议

1. 政策措施和宣传培训

做好宣传培训，建议由本行业主管部门组织、主要起草单位配合开展标准宣贯培训工作，使相关执行人员了解标准、熟悉标准，掌握标准的各项技术要求，加强示范效应，让标准在行业内得到广泛推广和应用，使标准的应用落到实处。

对《复合结构透明件中间层胶片粘接强度试验方法》团体标准执行情况进行跟踪调查，及时发现标准中执行的问题，不断修改完善，提高标准水平，提高标准的科学性、合理性、协调性和可操作性。

2. 试点示范

组织规范使用单位参观学习并请专业技术人员讲解标准内容，利用各种活动（如工作组活动、行业协会的管理和活动、标准化技术刊物、网上信息、产品认证等）尽可能地各相关单位和机构宣传该标准。

建议本标准发布之日起半年内实施。

十、其他应当说明的事项

无。