

591121

透明材料手册



中国标准出版社

航空工业部航空材料研究所

透明材料专业组 译

透明材料手册

中国标准出版社

透明材料手册

航空工业部航空材料研究所

透明材料专业组 译

中国标准出版社出版
(北京复外三里河)

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

开本 850×1168 $1/32$ 印张 $9\frac{3}{4}$ 字数 216,000

1986年4月第一版 1986年4月第一次印刷

印数 1—6,000

书号: 15169·3-318 定价 3.05 元

标目 33—4

内 容 简 介

本书译自美国军用标准MIL—HDBK—17A《航空和航天飞行器用塑料》的第二分册。全书共分十一章，比较详细的介绍了有机透明塑料、玻璃、层合透明件、胶粘剂、涂层以及和透明件匹配使用的边缘连接材料的特性，在不同温度、载荷和环境条件下的各种性能变化关系。还介绍了透明件的设计依据和环境因素。涉及专业面较广，内容比较丰富。可供我国从事航空航天、化工、建材、轻工的科技人员及高等院校有关专业师生参考。

译 者 的 话

本书系美国军用标准MIL—HDBK—17A《航空和航天飞行器用塑料》的第二分册，原名《透明件材料》。手册共分十一章，内容包括航空和航天飞行器驾驶舱和舷窗等透明件现用的和可能采用的各种有机和无机透明材料、层合制件、涂层、胶粘剂和边缘连接材料，它们的特性和性能数据，设计依据和环境因素影响等。全书还附有大量的关系曲线和图表。

本手册是1977年的新版本，它的翻译出版，不仅对航空航天而且对化工、建材等其他工业，都有一定的参考价值。

手册的翻译工作由航空工业部航空材料研究所组织，参加翻译的有林敦仪、李钊、史伟琪、张云阁、沈曼英、左逢兴、张菊珍和林万义。全文由沈嗣唐、毛镇夷审校。由于译校者水平所限，错误之处在所难免，欢迎读者批评指正。

目 录

第一章 概论	(1)
1.1 目的和范围	(1)
1.1.1 引言	(1)
1.1.2 范围	(1)
1.1.2.1 专利商品	(3)
1.2 适用的规范和标准	(3)
1.3 定义	(5)
第二章 透明材料和来源	(15)
2.1 概述	(15)
2.2 刚性材料	(19)
2.2.1 概述	(19)
2.2.2 列于军用规范的热塑性塑料	(20)
2.2.2.1 耐热的浇铸聚甲基丙烯酸甲酯板材 (MIL—P—5425)	(20)
2.2.2.2 改性丙烯酸酯板材 (MIL—P—8184)	(20)
2.2.2.3 拉伸的改性丙烯酸酯板材 (MIL—P—25690)	(21)
2.2.2.4 透明的聚碳酸酯塑料板材 (MIL—P—83310)	(21)
2.2.3 列于军用规范的热固性塑料	(21)
2.2.3.1 透明的热固性塑料板材 (MIL—P—8257)	(21)
2.2.4 列于联邦规范的热固性塑料	(22)
2.2.4.1 浇铸热固性塑料板材和棒材 (L—P—516)	(22)
2.2.5 列于军用规范的玻璃	(22)
2.2.5.1 单层的飞机窗玻璃 (MIL—G—25667)	(22)
2.2.6 工业用透明塑料板	(23)

2.2.6.1	改性丙烯腈-丁二烯-苯乙烯 (ABS)	(23)
2.2.6.2	聚甲基戊烯	(23)
2.2.6.3	聚砒	(23)
2.2.6.4	聚对苯二甲酸酯	(23)
2.2.6.5	聚氨酯	(23)
2.2.6.6	其他材料	(24)
2.3	柔性中间层材料	(24)
2.3.1	概述	(24)
2.3.2	中间层薄板	(25)
2.3.2.1	聚乙烯醇缩丁醛	(25)
2.3.2.2	含乙烯的三元共聚物	(25)
2.3.3	可灌注的中间层材料	(25)
2.3.3.1	聚酯	(25)
2.3.3.2	有机硅	(25)
2.3.3.3	聚氨酯	(26)
2.4	边缘连接件材料	(26)
2.4.1	概述	(26)
2.4.2	增强材料	(26)
2.4.3	浸渍树脂	(27)
2.5	胶粘剂	(27)
2.5.1	概述	(27)
2.6	涂层	(27)
2.6.1	概述	(27)
2.6.2	耐磨蚀涂层	(28)
2.6.3	防雾和防冰涂层	(28)
2.6.4	雷达反射涂层	(29)
2.6.5	防辐射涂层	(29)
2.6.6	防阳光涂层	(29)
2.6.7	防反射涂层	(30)
2.6.8	防静电涂层	(31)

2.6.9 静态放电涂层·····	(31)
2.6.10 防雨涂层·····	(32)
2.6.11 偏振片·····	(32)
第三章 设计依据·····	(33)
3.1 概述 ·····	(33)
3.2 设计许用强度值·····	(33)
3.3 透明塑料的关键性能·····	(33)
3.3.1 概述·····	(33)
3.3.2 缺口敏感性·····	(34)
3.3.3 银纹·····	(34)
3.4 影响单层材料物理-力学性能的条件·····	(36)
3.4.1 工艺影响·····	(36)
3.4.2 温度影响·····	(36)
3.4.3 加载速率的影响·····	(37)
3.4.4 持久加载的影响·····	(37)
3.5 辅助涂层和覆面层·····	(39)
3.5.1 膨胀系数·····	(39)
3.5.2 中间层的考虑因素·····	(39)
3.5.3 热传导性·····	(40)
3.5.4 耐磨蚀性·····	(40)
3.5.5 薄膜涂层·····	(41)
3.5.6 光学可靠性·····	(41)
3.6 形状·····	(42)
第四章 单层透明塑料的性能·····	(43)
4.1 概述·····	(43)
4.1.1 选材·····	(43)
4.2 比较性能·····	(44)
4.2.1 拉伸性能·····	(44)
4.2.2 抗裂纹扩展性能·····	(45)
4.2.3 弯曲疲劳·····	(45)

4.2.4	线性热膨胀系数·····	(45)
4.2.5	冲击强度与划伤深度的关系·····	(45)
4.2.6	拉伸和浇铸材料的透光度和雾度·····	(45)
4.2.7	性能·····	(45)
4.3	飞机用材料的性能·····	(55)
4.3.1	性能·····	(55)
4.3.2	MIL—P—5425·····	(55)
4.3.2.1	概述·····	(55)
4.3.2.2	性能·····	(55)
4.3.2.2.1	夹头速度的影响·····	(55)
4.3.2.2.2	拉伸数据·····	(56)
4.3.2.2.3	弯曲数据·····	(62)
4.3.2.2.4	压缩—蠕变数据·····	(62)
4.3.2.2.5	相对湿度的影响·····	(63)
4.3.2.2.6	定向拉伸对拉伸性能和抗银纹性的影响·····	(63)
4.3.2.2.7	温度对拉伸材料性能的影响·····	(63)
4.3.2.2.8	退火的作用·····	(63)
4.3.3	MIL—P—8184·····	(71)
4.3.3.1	概述·····	(71)
4.3.3.2	性能·····	(71)
4.3.3.2.1	温度对拉伸性能的影响·····	(72)
4.3.3.2.2	弯曲数据·····	(72)
4.3.3.2.3	退火的作用·····	(72)
4.3.3.2.4	透光度·····	(73)
4.3.4	MIL—P—25690·····	(80)
4.3.4.1	概述·····	(80)
4.3.4.2	性能·····	(80)
4.3.4.2.1	拉伸数据·····	(80)
4.3.4.2.2	压缩数据·····	(81)
4.3.4.2.3	弯曲数据·····	(81)

4.3.4.2.4 支承数据.....	(81)
4.3.4.2.5 抗裂纹扩展性.....	(93)
4.3.4.2.6 热膨胀.....	(93)
4.3.4.2.7 热松弛.....	(94)
4.3.5 MIL—P—83310.....	(101)
4.3.5.1 概述.....	(101)
4.3.5.2 性能.....	(102)
4.3.5.2.1 拉伸数据(夹头速度的影响).....	(102)
4.3.5.2.2 拉伸数据(温度影响).....	(102)
4.3.5.2.3 拉伸数据(蠕变影响).....	(103)
4.3.5.2.4 压缩数据.....	(103)
4.3.5.2.5 弯曲数据.....	(103)
4.3.5.2.6 支承强度数据.....	(115)
4.3.5.2.7 剪切数据.....	(115)
4.3.5.2.8 冲击数据.....	(115)
4.3.5.2.9 热膨胀系数.....	(115)
4.3.5.2.10 透光度和雾度.....	(115)
4.4 其他透明材料的性能.....	(121)
4.4.1 聚甲基戊烯.....	(121)
4.4.2 聚砒.....	(121)
4.4.2.1 概述.....	(121)
4.4.2.2 聚砒.....	(122)
4.4.2.3 聚芳砒.....	(122)
4.4.3 聚对苯二甲酸酯.....	(122)
4.4.4 聚氨酯.....	(123)
4.4.4.1 概述.....	(123)
4.4.4.2 热塑性聚氨酯.....	(123)
4.4.4.3 热固性聚氨酯.....	(123)
4.4.5 改性ABS(丙烯腈—丁二烯—苯乙烯).....	(124)
4.4.6 改性丙烯酸酯(橡胶).....	(124)

第五章 中间层材料的性能	(125)
5.1 概述	(126)
5.2 聚乙烯醇缩丁醛	(125)
5.3 含乙烯的三元共聚物	(128)
5.4 聚酯	(128)
5.5 有机硅化合物	(128)
5.6 聚氨基甲酸酯 (聚氨酯)	(138)
5.7 中间层性能比较	(138)
第六章 涂层	(145)
6.1 概述	(145)
6.2 防冰和防雾涂层	(145)
6.2.1 防冰和防雾涂层系统的选择	(145)
6.2.2 内侧涂层	(147)
6.2.3 外侧涂层	(147)
6.2.4 要求的数据	(148)
6.2.5 电阻率的测定	(153)
6.2.6 极限因素	(154)
6.2.7 控制和装备	(155)
6.2.8 布置图	(155)
6.3 雷达反射涂层	(157)
6.3.1 目的	(157)
6.3.2 术语	(157)
6.3.3 电厚度原理	(158)
6.3.4 涂层厚度判据	(159)
6.3.5 防辐射涂层	(160)
6.4 防太阳辐射涂层	(160)
6.4.1 太阳辐射	(160)
6.4.2 红外衰减材料	(162)
6.5 防磨蚀涂层	(168)
6.6 防静电涂层	(169)

6.7	防反射涂层	(170)
6.8	防反射膜	(172)
6.9	防雨剂	(173)
第七章	边缘连接件材料	(176)
7.1	概述	(176)
7.2	增强材料	(180)
7.3	浸渍树脂	(182)
第八章	胶粘剂	(183)
8.1	概述	(183)
8.2	选胶和应用	(183)
第九章	玻璃	(185)
9.1	概述	(185)
9.2	力学性能	(188)
9.2.1	断裂模量	(188)
9.2.2	湿度的影响	(188)
9.2.3	加载速率的影响	(190)
9.2.4	尺寸的影响	(190)
9.2.5	温度的影响	(191)
9.2.6	静态疲劳(持久加载)	(197)
9.2.7	泊桑比	(201)
9.2.8	弹性模量	(202)
9.2.9	硬度	(205)
9.2.10	比重	(206)
9.3	热性能	(206)
9.3.1	膨胀系数	(206)
9.3.2	比热	(207)
9.3.3	热传导率、热扩散率和热发散率	(207)
9.3.4	稳态热梯度	(207)
9.3.5	瞬时热梯度	(209)
9.4	光学性能	(210)

第十章 边缘连接设计.....	(211)
10.1 概述.....	(211)
10.1.1 引言.....	(211)
10.1.2 边缘连接件的用途.....	(211)
10.1.3 边缘连接设计.....	(211)
10.1.3.1 安全设计的重要性.....	(211)
10.1.3.2 设计的选择.....	(212)
10.1.3.3 设计的验证.....	(212)
10.1.3.3.1 边缘连接件的试验.....	(213)
10.2 通用设计考虑.....	(214)
10.2.1 热膨胀.....	(214)
10.2.2 凹槽和截面变化.....	(216)
10.2.3 同心装配.....	(217)
10.3 单层结构的边缘连接设计.....	(217)
10.3.1 穿螺栓的设计.....	(218)
10.3.2 浸渍织物层合板.....	(218)
10.3.3 软连接.....	(219)
10.3.4 膨胀接头.....	(221)
10.4 层合结构的边缘连接设计.....	(222)
10.4.1 透明塑料层合件的设计考虑.....	(222)
10.4.2 玻璃层合件的设计考虑.....	(228)
10.4.2.1 层合玻璃的成型.....	(229)
10.4.2.2 层合玻璃的力学性能.....	(229)
10.4.2.2.1 断裂模量.....	(229)
10.4.2.2.2 压力试验.....	(230)
10.4.2.2.3 剪切强度.....	(231)
10.4.2.2.4 退火玻璃和钢化玻璃的抗冲击性.....	(231)
10.4.2.2.5 弹性模量.....	(232)
10.4.2.2.6 比重.....	(233)
10.4.2.2.7 热性能.....	(233)

10.4.2.2.8	光学性能	(234)
10.4.2.2.9	边缘加工	(234)
10.5	透明塑料层合件的典型边缘连接	(235)
10.6	玻璃层合件的典型边缘连接	(236)
10.7	极高温连接件	(240)
第十一章	环境因素	(245)
11.1	概述	(245)
11.2	热暴露	(245)
11.3	户外自然老化	(250)
11.4	鸟冲击	(263)
11.5	弹击	(267)
11.6	电磁辐射波	(268)
11.7	能引起出现银纹的工作条件	(269)
11.8	视境	(277)
参考文献		(287)

第一章 概 论

1.1 目的和范围

1.1.1 引言

本手册是为飞机透明件的选材及其在飞机上安装和使用中必须考虑的诸因素提供依据而编写的技术资料。

近十年来,飞机透明件结构越来越复杂,它不仅起着结构件的作用,而且还在广泛变化的情况下起着保护罩的作用。高性能飞机飞行剖面图中的结构载荷,不仅包括座舱增压和外部气动载荷之差,而且还包括短暂的超过某些透明材料变形温度的瞬时热状态。

附加的防护措施通常要增加透明件的厚度和重量,以至超过结构完整性的要求。如果透明件上要求有特殊的保护层,常常要用额外的透明涂层或透明薄板来保护敏感的外层免受损伤。在两种刚性材料之间热膨胀系数差别很大的情况下,要在其间夹一层弹性中间层更增加了问题的复杂性。任何附加的防护措施无例外地都会使光透射性和光学完整性降低。

设计工程师必须仔细地评定飞机透明件的结构和防护要求。同时要记住,最终设计必须满足一定的光学要求。对于着陆和枪炮瞄准的观察部位,光学要求是非常严格的,对一般观察部位则不太严格。

1.1.2 范围

本手册包括现用的和正在考虑使用的飞机透明材料的数据。

手册的编排格式是为今后不断修订作准备的,可以在各个标题下增加或删减内容。因为现在可用的材料很多,而且设计参数比较复杂,所以工程师多半按照以数列次序排列的数据来完成座舱透明件的设计。

透明塑料和玻璃材料的力学、热学、光学和其他性能数据,是从许多规范和报告中选出来的。不是所有材料都有充分的试验数据可以用作确定设计的许用值,因此,某些材料的性能数据只能看作是典型值,而且也应该这样来考虑。由于大多数的结构都很复杂,设计师应在确定最终设计方案时准备好试样,对所有关键的设计参数进行验证试验。

手册从座舱透明件的适用材料及其来源开始,包括设计和制造层合结构用的透明材料和辅助材料。设计方面包括强度许用值以及对于设计有影响的某些关键性能的讨论。大部分技术数据在第四章内,这一章把各种单层透明塑料单独作为一个部分,并归纳成两部分,把规定的军用材料同正在考虑用于飞机的那些材料分开。

随后是辅助材料,首先讨论透明中间层和涂层的性能。用于边缘连接件的不透明的织物层压板和胶粘剂是全塑料结构需要的列在最后的材料性能。

玻璃材料单独列为一章,因为玻璃的性能与塑料的差别很大。在阐述单层玻璃性能的章节中叙述热钢化和化学钢化玻璃。玻璃的本性很脆,而且拉伸强度相当低,所以通常用柔性中间层把它们组合成夹层结构。少数设计已采用了玻璃-塑料结构。

边缘连接件的设计随着座舱外罩的要求提高而变得越来越复杂了。由于大多数边缘连接件是为特定的飞机设计的,因此把一套给定的参数用于某一特定的设计是不切合实际的。这一章讨论了有问题的方面,并补充了许多已经使用的或建议作为指南的边缘连接件的略图。

最后一章是阐述环境因素,这些因素大都是暂时的,但如果在设计透明件时没有采取必要的措施,就会令人关切或产生实际

的物理损伤。

在手册目录中可以找到适用的、可得到的参考文献。参考文献按引用的顺序排列。有些参考文献虽然其内容不一定在正文中专门注明，却是有价值的背景材料，因此也都列入手册目录中。

1.1.2.1 专利商品

凡本手册中述及的任何商品和专利商品，都不能认为是业经政府机构批准的，也不表示该产品必定要符合政府规范要求。

1.2 适用的规范和标准

透明材料的技术要求一般都列在军用规范中。在本手册中，凡有军用规范的透明塑料均用它的规范编号来表示。用户一定要用现行的版本。

联邦规范

P—P—560 抛光塑料

TT—I—735 异丙醇

TT—N—95 脂肪族石脑油

联邦标准

联邦试验方法标准 No.175胶粘剂试验方法

联邦试验方法标准 No.406塑料试验方法

军用规范

MIL—W—80 防静电的丙烯酸酯塑料观察窗（用于指示仪器）

MIL—C—675 光学玻璃元件防反射涂层

MIL—G—1366 航空照像窗玻璃

MIL—P—5425 耐热丙烯酸酯塑料板

MIL—G—5485 防弹层合玻璃平板

MIL—T—5842 透明区域防冰、除雾和除霜系统，通用规范

MIL—P—5952 飞机透明塑料的光学检验

MIL—C—6799 可喷涂可剥性水乳液保护层