

团体标准

T/CSTM XXXXX-201X

民用飞机结构在役无损检测对比试块 第4部分 红外检测试块

**Civilian Aircraft Structures Reference Blocks for In-situ Non-destructive
Testing
Part3: Reference Blocks for Infrared Thermography testing**

201X-XX-XX 发布

201X-XX-XX 实施

中关村材料试验技术联盟

发布

前 言

本标准的附录 A 为资料性附录。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国飞机强度研究所提出。

本标准由 归口。

本标准起草单位：中国飞机强度研究所。

本标准主要起草人：王丹、宁宁、詹绍正、杨鹏飞、王竹林、曲亚林、何潇……

民用飞机结构在役无损检测对比试块

第 4 部分 红外检测试块

1 范围

本标准规定了民用飞机结构在役红外检测对比试块的设计、测试及质量控制要求。

本标准适用于民用飞机板-板胶接结构、复合材料层压板结构及夹芯结构的检测，检测缺陷类型包括分层、脱粘、冲击损伤和蜂窝芯积液等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 12604.9 无损检测 术语 红外检测

GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义

GB/T36439 无损检测 航空无损检测人员资格鉴定与认证

GB/T 26643 无损检测 闪光灯激励红外热像法

GJB 5304 军用复合材料术语

GJB 2895 碳纤维复合材料层合板和层合件通用规范

GJB5106 碳纤维复合材料/芳纶纸蜂窝夹层板和夹层件通用规范

GJB 1038.1A 纤维增强复合材料无损检测方法 第1部分：超声波检验

HB 8428 航空复合材料闪光灯激励红外热成像检测方法

MH/T 3022 航空器复合材料构件红外热像检测

MH/T3001 航空器无损检测人员资格鉴定与认证

HB 7825 复合材料制件无损检测对比试块制作与要求

HB 5461 金属蜂窝胶接结构缺陷类型及试块

HB 5342 复合材料航空制件工艺质量控制

HB7224 复合材料构件通用技术条件

3 术语与定义

GB/T 12604.9、GB/T 20737和GJB5304界定的术语与定义适用于本文件。

3.1 在役无损检测

在较少的拆卸和不分解被检测零部件的情况下实施的无损检测。

3.2 对比试块

采用与被检测制件相同或相近材料制作的，具有相同的表面状态、结构特征并对所采用检测方法具

有一致的响应特性，用于检测灵敏度调整 and 比较、评价制件质量。

3.3 分层

复合材料结构件中层与层之间的分离。

3.4 脱粘

层板与层板或者层板与芯体粘接结构的粘合层的分离。

3.5 冲击损伤

由外来物撞击引起的结构上的异常。

3.6 蜂窝积液

蜂窝芯格内有液体（水或油）浸入，并在蜂窝芯内积聚成一定高度的液体柱。

4 对比试块的设计要求

4.1 材料

用于制作对比试块的材料一般应与被检测制件的材料相同，并符合相关标准或技术条件要求。

用于制作人工缺陷的材料应选用能够最大程度模拟相关损伤的性质或特征的材料。

当使用与制件的材料不同但对于所实施的无损检测方法具有相同或相近响应性能的材料制作对比试块时，应获得制件委托检验方的同意；若材料的个别性能无相应标准或规范时，应征得委托方的认可后进行订购。

4.2 工艺

制作对比试块所采用的工艺应与被检测材料或制件的生产工艺相同（制作或产生人工缺陷有特殊要求时除外）。

4.3 外观

对比试块表面状态、结构特征应与被检测制件相同或相近，曲率半径大于125mm的制件，其对比试块可做成平面。

人工缺陷

人工缺陷形式应最大程度模拟相关损伤自然性质或特征，人工缺陷的尺寸用于测试红外热像方法的检测能力。

4.4.1 人工缺陷形式

4.4.1.1 分层

复合材料层压板结构的分层损伤可以采用在探测面的背面加工平底孔的方式模拟。对于结构边缘部位的分层可以采用在结构中预埋入表面涂脱模剂的金属箔片（如厚度为 20 μm ~25 μm 的不锈钢片或黄铜片），固化后将金属箔片抽出，最终形成的空气隙来模拟。此外，对于层板铺层数不多时，可以采用不同铺层数的厚度模拟不同铺层处的分层损伤，参考附录 A.1。

4.4.1.2 脱粘

复合材料板-板胶接和夹层结构的脱粘损伤可以在探测面的背面加工平底孔的方式模拟；也可以直接不加胶膜，但要防止周围的胶溢进无胶膜区；对于夹层结构的脱粘损伤也可以采用切除一定高度（推荐 2mm~5mm）夹芯的方法模拟，此外，夹层结构边缘部位的脱粘也可以采用厚度小于 1mm 的锋利小刀或其他类似工具在靠近蒙皮的芯子处切割出具有一定深度并符合设计规定尺寸的缺口模拟，参考附录 A.2 和 A.3。

4.4.1.3 冲击损伤

复合材料结构的冲击损伤可以通过冲击试验引入损伤来模拟；对于层压板的冲击损伤，也可以采用不同铺层数的厚度模拟不同铺层处的冲击分层损伤，参考附录 A 图 A.2；对于夹层结构冲击损伤也可以分别进行分层、脱粘和芯子损伤的模拟。分层和脱粘的形式参考 4.4.1.1 和 4.4.1.2，蜂窝结构的芯子损伤可以采用对蜂窝芯进行冲击试验来模拟芯子冲击褶皱，参考附录 A 图 A.5。

4.4.1.4 蜂窝积液

采用在对比试块的蜂窝芯格中注入液体的方式模拟真实损伤。通常蜂窝芯一侧与层板粘接，另一侧暴露在空气中，参考附录 A 图 A.6。

4.4.2 人工缺陷尺寸

人工缺陷尺寸应至少包含要求检出的特定深度下的最小损伤尺寸。

4.4.3 人工缺陷分布位置

人工缺陷分布位置包括平面位置和深度位置。

平面位置主要是指缺陷间距和缺陷距试块边缘的距离，缺陷间距要保证红外检测可以分辨相邻的缺陷。缺陷距试块边缘的距离要考虑侧壁对缺陷检测的干扰（模拟边界缺陷除外）。深度位置根据结构不同，有以下不同形式。

4.4.3.1 层压板类结构

具体位置示意参考附录 A 图 A.1 和 A.2。

4.4.3.2 板-板胶接类结构

板-板胶接结构对比试块中模拟分层损伤的人工缺陷深度方向放置位置参考附录 A 图 A.1。
模拟脱粘损伤的人工缺陷应放置在板与板之间，具体位置示意参考附录 A 图 A.2。

4.4.3.3 夹层类结构

夹层结构对比试块中模拟面板分层损伤的人工缺陷深度方向位置参考附录 A 图 A.1。

模拟脱粘损伤的人工缺陷应放置在面板和胶膜或胶膜与芯子之间，具体位置示意参考附录 A 图 A.4。

模拟冲击损伤的人工缺陷包括分层、脱粘和芯子损伤，具体位置示意参考附录 A 图 A.5。
模拟蜂窝积液损伤的深度位置由注入液体的高度决定。

5 测试与评价

5.1 测试设备

用于对比试块质量检验的工具或仪器设备，应经检定合格或校准。

5.2 测试人员

从事对比试块质量检测和评价的技术人员应具备一定的相关材料及制作工艺方面的知识，并按照 GB/T36439或MH/T3001要求取得相关无损检测方法专业的II级及以上技术资格证书。

5.3 测试方法

5.3.1 外观质量

用钢制卷尺、直尺、游标卡尺、螺旋测微器等量具对试块的长度、厚度、直径等外形尺寸进行测试。复合材料翘曲使用检验样板检验或按膜胎和塞尺进行测试。用目视法或低倍放大镜，对试块的表面缺陷进行测试。

5.3.2 内部质量

可采用超声C扫描检测进行评价，并用红外热像方法进行复验。

5.4 评价与验收

5.4.1 外观质量要求

对比试块外观尺寸和表面质量要求应符合设计图样或技术条件的要求。若设计图样或技术条件中没有规定，复合材料对比试块外形尺寸、翘曲和表面质量应符合 GJB2895、GJB5106 和 HB7224 的规定，否则应作为不合格对比试块。

5.4.2 内部质量要求

对比试块中除人工缺陷之外部位的质量应符合设计图样或技术条件的要求。若设计图样或技术条件中没有规定，应满足HB7224里规定的关于复合材料制件的最高质量等级要求，且不能存在影响正常使用的自然缺陷，否则应作为不合格对比试块。

人工预制缺陷的质量应符合设计图样或技术条件的要求。若设计图样或技术条件中没有规定，应同时满足以下要求：

- a) 人工预制缺陷的实测面积尺寸与理论设计面积尺寸偏差不大于 25%。
- b) 采用超声检测时，所有人工缺陷区与完好区对超声信号响应的差值绝对值的最小值应大于等于 12dB。

6 对比试块标识

应采用对对比试块表面无污染、并能够长期保留的记录介质在对比试块表面进行标识。

应优先采用利于在检测图像或影像上形成记录的标识介质，但不应对人工缺陷的记录造成不利影响。

对于不适合采用在对比试块上直接标识的方式时，应采用其他简单、有效的标识方法，如用粘贴标签或挂牌的方式加以标识。

对比试块的标识内容应便于区分和识别，并尽可能采用一致的编号原则，且编号规则涵盖的信息应尽可能全面。

7 对比试块管理

对比试块在使用和搬运过程中应注意保护，防止磕碰。

对比试块进行清洁时应用柔软的布。必要时可采用超声波清洗

对比试块应储藏在稳定、安全的环境下，远离腐蚀、潮湿，电磁场，并有防止外来物意外砸伤的保护措施。

对比试块包装应能有效防止不合理的搬运行为造成的损伤。

8 对比试块定期核查

对比试块应定期进行核查，定期核查方法的选择参照 5.3 中有关要求进行，定期核查周期一般为一年，也可根据对比试块材质（或结构）的稳定性、对比试块的使用频率和保存环境等因素合理地缩短或延长核查周期。

当核查发现对比试块的响应与初次测试与评价或上次核查的结果之间出现差异时，应予以记录，并进行有效的差异评价，给出是否可继续使用的结论和修正使用的结果。

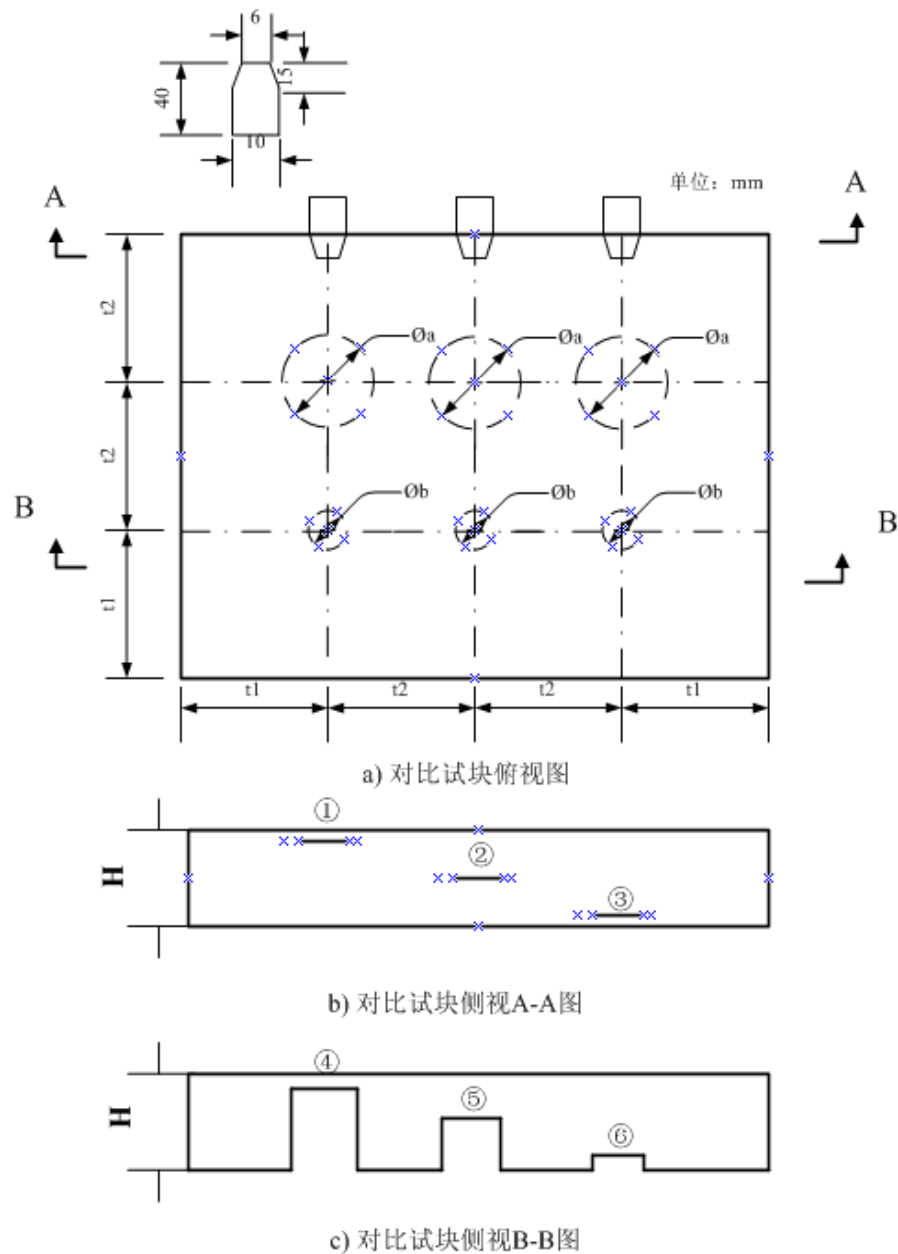
对于被确认为不能继续使用的对比试块，应采取有效的标识、隔离或其他处理方式避免错误使用。

附录 A
(资料性附录)

飞机结构在役红外检测对比试块结构图

A.1 层合板结构对比试块

模拟层合板结构分层损伤的人工缺陷的形式和分布位置参照图 A.1。模拟层合板结构冲击损伤和分层损伤的对比试块参考图 A.2。



注：①：边缘分层人工缺陷；形式：预埋不锈钢片，固化后抽出，边缘加以密封；位置：从上表面算起，位于第二层与第三层之间。

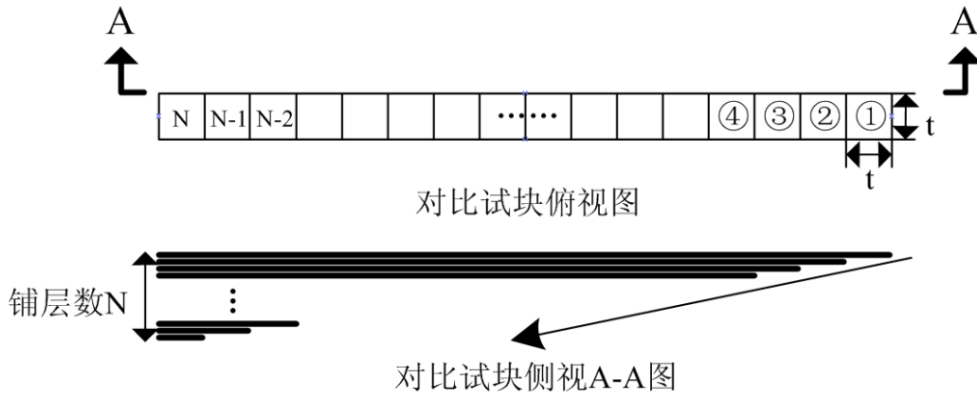
②：边缘分层人工缺陷；形式：预埋不锈钢片，固化后抽出，边缘加以密封；位置：位于两中心层之间。

③：边缘分层人工缺陷；形式：预埋不锈钢片，固化后抽出，边缘加以密封；位置：从下表面算起，位于第二层与

第三层之间。

- ④：分层人工缺陷；形式：背面钻铣平底孔；位置：尽可能接近上表面。
- ⑤：分层人工缺陷；形式：背面钻铣平底孔；位置：位于两中心层之间。
- ⑥：分层人工缺陷；形式：背面钻铣平底孔；位置：尽可能接近下表面。

图 A.1 层合板结构模拟分层损伤的对比试块参考图

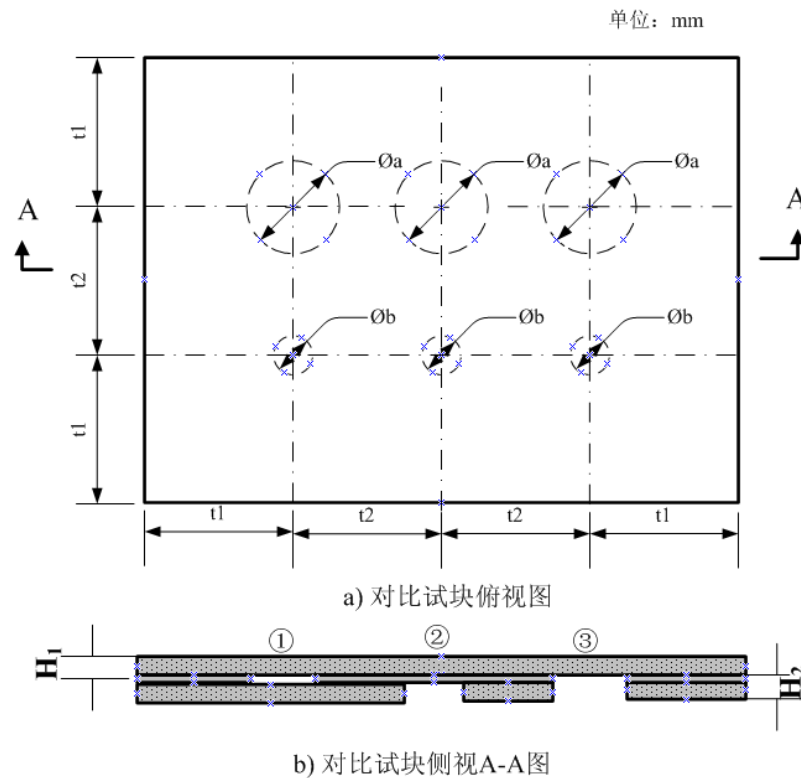


注：t 的尺寸要满足能放下检测探头并进行移动检测。

图 A.2 层合板结构模拟分层/冲击损伤的人工缺陷设计参考图

A.2 板-板胶接结构对比试块

模拟板-板胶接结构的非金属分层参照图 A.1，模拟脱粘损伤的人工缺陷的形式和分布位置参照图 A.3。



注：人工缺陷①：模拟脱粘；形式：不加胶膜；位置：板板之间。防止周围胶溢进，可以考虑加入与胶膜厚度相近的聚四氟乙烯膜。

人工缺陷②：模拟脱粘；形式：转铣平底孔；位置：保留胶膜。

人工缺陷③：模拟脱粘；形式：转铣平底孔；位置：不保留胶膜。

形式①②③任选一种模拟脱粘损伤。

图 A.3 胶接结构模拟脱粘损伤的人工缺陷设计参考图

A.3 夹层结构对比试块

模拟夹层结构的非金属分层参照图 A.1，模拟脱粘损伤的人工缺陷的形式和分布位置参照图 A.4，模拟非金属蜂窝结构冲击损伤的对比试块参考图 A.5，模拟蜂窝夹层结构蜂窝积液损伤的对比试块参考图 A.6。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/996101132025010243>