



中华人民共和国航空工业标准

HB 7624—1998

碳纤维复合材料层合板 弯曲疲劳试验方法

1999—01—06 发布

1999—03—01 实施

中国航空工业总公司 批准

前 言

随着复合材料开发和应用程度的日趋深入,复合材料的应用从飞机次承力结构发展到主承力件上。用于主承力件上的复合材料应具备良好的静态、疲劳和损伤、韧性性能。在复合材料疲劳性能研究工作中,对轴向疲劳的研究较多。国内目前已先后建立了复合材料层合板拉伸和压缩疲劳试验方法的航标与国军标。但尚未有复合材料弯曲疲劳试验方法。

中国航空工业总公司航空材料研究院在“八·五”复合材料性能预研项目工作中,对复合材料弯曲疲劳的试验方法、损伤特性等方面进行了工作,取得了一批研究成果,建立了树脂基复合材料弯曲疲劳试验方法的院级标准(Q/6S 1084-94)。“碳纤维复合材料层合板弯曲疲劳试验方法”的编制工作主要依据上述研究工作的结果,并参考国外在该方面的研究成果进行。

本标准由中国航空工业总公司航空材料热工艺标准化技术归口单位提出并归口。

本标准由中国航空工业总公司航空材料研究院、北京航空航天大学负责起草。

本标准主要起草人:于志成、邵毓俊、杨乃宾、聂磊、纪艳玲、尹凯。

碳纤维复合材料层合板
弯曲疲劳试验方法

HB 7624—1998

1 范围

本标准规定了碳纤维复合材料层合板弯曲疲劳试验的试样、试验设备、试验条件、试验步骤、试验结果和试验报告。

本标准适用于测定单向(0°)和多向对称铺层碳纤维复合材料层合板的弯曲疲劳的中值疲劳寿命、中值 S-N 曲线和条件疲劳极限。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 1446—83 纤维增强塑料性能试验方法总则

GB 3356—82 单向纤维增强塑料弯曲性能试验方法

3 试样

3.1 试样的几何形状和尺寸见图 1。

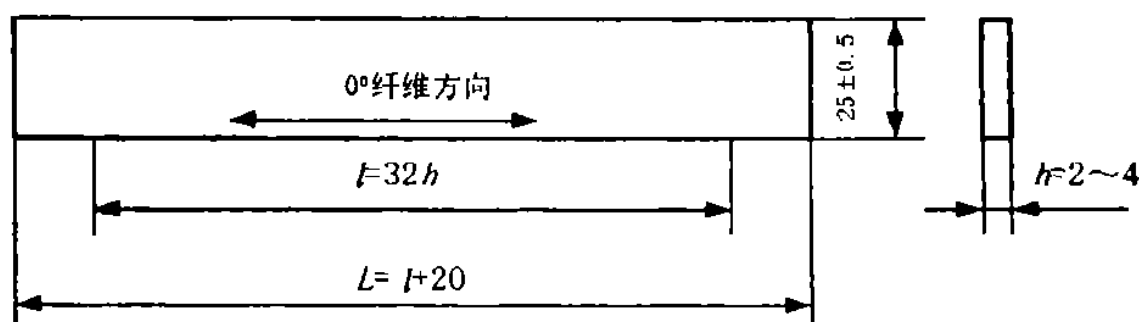


图 1 试样

3.2 试样的制备按 GB 1446 规定进行。

4 试验设备

4.1 试验机

凡载荷范围、波形和频率均能满足试验要求的试验机均可使用。试验机静态载荷精度 $\pm 1\%$, 动态载荷精度 $\pm 3\%$ 。

4.2 试验夹具

三点弯曲加载方式示意图见图 2。三点弯曲夹具加载压头圆柱面半径 R 为 $10\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$, 支座圆柱面半径 r 为 $5\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。

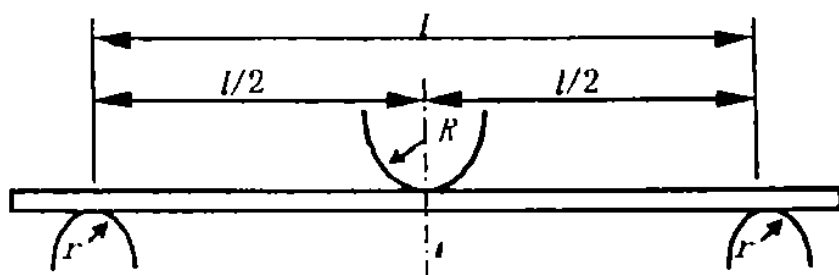


图 2 三点弯曲加载方式示意图

5 试验条件

5.1 试验标准环境条件:

温度: $23 \pm 2^\circ\text{C}$;

相对湿度: $(50 \pm 5)\%$ 。

5.2 试验采用载荷控制。

5.3 试验载荷波形为正弦波, 工作频率在 15Hz 以下或按技术要求。

6 试验步骤

6.1 试样外观检查按 GB 1446 规定进行。

6.2 试样状态调节按 GB 1446 规定进行。

6.3 试样编号, 并测量试样工作段内任意三点的宽度和厚度, 取其算术平均值。测量精度应符合 GB 1446 规定。

6.4 按跨厚比 $l/h = 32$ 调整试验夹具的跨距, 使加载压头的轴线位于支座中间且与支座相平行, $l/2$ 应准确到 0.5mm 。将试样置于试验夹具的两支座中心位置上, 并使试样长度轴线方向和支座与加载压头相垂直, 如图 2。

6.5 试样的静态弯曲强度按 GB 3356 规定的试验步骤测定。

6.6 按试验要求调整试验机的载荷波形和工作频率。

6.7 根据平均应力 σ_m 和应力振幅 σ_A 按式(1)计算对试样施加的平均载荷 P_m 和载荷振幅 P_A 。施加交变载荷至指定的循环次数或至试样失效, 记录载荷循环次数。试样失效是指试样断裂

或试样发生技术要求所规定的失效形式。

$$P = \frac{2\sigma b h^2}{3l} \dots\dots\dots (1)$$

式中: P —— 载荷, N;

σ —— 应力, MPa;

b —— 试样宽度, mm;

h —— 试样厚度, mm;

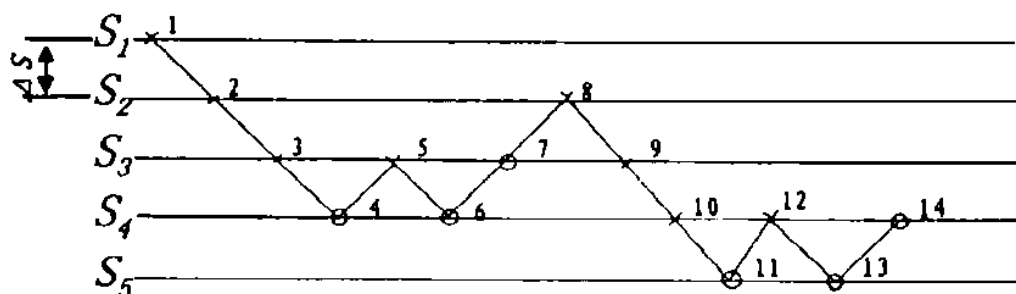
l —— 跨距, mm。

6.8 试验过程中应随时观察试样的变化并记录发生的现象。

6.9 以交变应力中的最大应力表示应力水平, 每级应力水平的有效试样数应不少于 5 个。

6.10 中值 S-N 曲线的测定采用成组试验法进行。应力水平应不少于 4 级。

6.11 条件疲劳极限可由 S-N 曲线确定, 也可采用图 3 所示的升降法测定。



注: ○ - 越出, × - 破坏, ΔS - 升降级差, 升降次数应不少于 4 次

图 3 升降法示意图

7 试验结果

7.1 中值疲劳寿命

7.1.1 每级应力水平下所有试样对数寿命 ($\lg N$) 的算术平均值, 即中值疲劳寿命的对数值按 GB 1446 规定计算。

7.1.2 每级应力水平下所有试样对数寿命的标准差和离散系数按 GB 1446 规定计算。

7.2 中值 S-N 曲线

7.2.1 按各应力水平的中值疲劳寿命对数值绘制 S-N 曲线。

7.2.2 中值 S-N 曲线也可用式(2)表述:

$$\lg N = a + b \lg S \dots\dots\dots (2)$$

式中: N —— 疲劳失效时的循环次数, 次;

S —— 最大应力, MPa;

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg N_i - \frac{b}{n} \sum_{i=1}^n S_i$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n \lg S_i \lg N_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \lg S_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \lg N_i \right)}{\sum_{i=1}^n (\lg S_i)^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \lg S_i \right)^2}$$

S_i ——第 i 个试样承受的最大应力, MPa;

N_i ——第 i 个试样疲劳失效时的循环次数, 次;

n ——试样根数。

7.3 条件疲劳极限

7.3.1 S-N 曲线法

按指定循环次数由 S-N 曲线上查得, 或由式(2)计算出条件疲劳极限。

7.3.2 升降法

7.3.2.1 舍弃首次出现相反结果之前的高应力水平数据, 如图 3 所示 1、2 两数据点, 得到升降曲线。

7.3.2.2 统计应力级数和相应的应力水平。

7.3.2.3 统计相应于每级应力水平上的有效试样个数, 并计算有效试样总数。

7.3.2.4 按式(3)计算条件疲劳极限;

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m n_i S_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: S ——以最大应力表示的条件疲劳极限, MPa;

n ——有效试样总数;

n_i ——第 i 级应力水平上的有效试样数;

S_i ——第 i 级应力水平的最大应力值, MPa;

m ——应力水平级数。

8 试验报告

试验报告内容应包括以下各项全部或部分:

- a) 试验项目名称;
- b) 试样来源、编号以及制备情况, 材料品种及规格;
- c) 试验温度、相对湿度, 试验机型号、量程;
- d) 工作频率和试样的破坏特征;
- e) 应力比、每个应力水平的最大应力、有效试样个数、中值疲劳寿命;
- f) 中值 S-N 曲线;
- g) 条件疲劳极限(注明测试方法);
- h) 试验日期、试验人员、校对者等。