

ICS 23.100.40

CCS J 20



团体标准

T/CSTM 00820—2022

民用飞机液压导管及连接件旋转弯曲疲劳 试验方法

Rotary flexure test method of hydraulic tubing joints and fittings for civil
aircraft

2022-01-25 发布

2022-04-25 实施

中关村材料试验技术联盟

发布

全国标准信息公共服务平台
CSTM标准发布使用

前 言

本文件参照 GB/T1.1—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》和 GB/T 20001.4《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》给出的规则起草。

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。

本文件由中国材料与试验团体标准委员会民机材料领域委员会（CSTM/FC66）提出。

本文件由中国材料与试验团体标准委员会民机材料领域委员会（CSTM/FC66）归口。

全国团体标准发布使用

民用飞机液压导管及连接件旋转弯曲疲劳试验方法

重要提示——使用本文件的人员应有正规实验室工作的实践经验。本文件并未指出所有可能的安全问题。使用者有责任采取适当的安全和健康措施，并保证符合国家有关法规规定的条件。

1 范围

本文件规定了民用飞机液压导管及连接件旋转弯曲疲劳试验方法。
本文件适用于各类可拆卸式和不可拆卸式的液压导管及连接件旋转弯曲疲劳试验。

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 17446 流体传动系统及元件：词汇

3 术语和定义

GB/T 17446 界定的术语和定义适用于本文件。

4 原理

4.1 试验应力

4.1.1 试验组件的最大许可弯曲疲劳应力决定于组合应力，组合应力由拉伸应力和弯曲应力组成。组合应力按照管接头技术规范中的参数执行。若无相关参数，需按照导管及连接件弯曲强度设计要求取导管 $\delta_b/4$ 。组合应力应按公式（1）计算：

$$S = (e_{\max})(E) + \frac{Pd_i^2}{d_o^2 - d_i^2} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- S——组合应力，单位为帕（Pa）；
- e_{\max} ——测量获得的最大弯曲应变；
- E——导管弹性模量，单位为帕（Pa）；
- P——内压，单位为帕（Pa）；
- d_o ——导管外径，单位为毫米（mm）；
- d_i ——导管内径，单位为毫米（mm）。

4.1.2 轴向拉伸应力是因内压而产生的，其大小与内压和导管的内外径有关，通常采用算法求出。弯曲应力是由运动端施加的径向载荷以及旋转过程中由于转接头和管端之间的滑动摩擦导致的周向载荷

而产生的。轴向拉伸应力也可以通过公式 (2) 计算得出：

$$S_p = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_x + \mu\varepsilon_\theta) \dots\dots\dots(2)$$

式中：

S_p ——测量得到的最大拉伸应力，单位为帕 (Pa)；

ε_x ——测量得到的轴向应变；

ε_θ ——测量得到的周向应变；

E ——导管弹性模量，单位为帕 (Pa)；

M ——导管材料的泊松比。

4.2 试验方法

4.2.1 标准旋转弯曲疲劳试验

试验组件应能在产品规范中规定的最小弯曲应力下承受住 10^7 次循环。

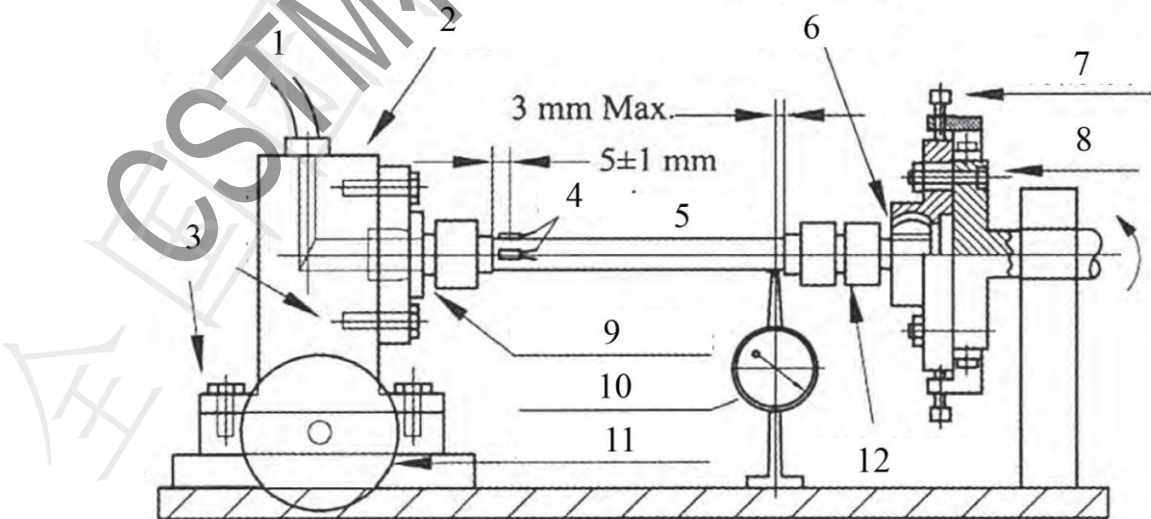
4.2.2 S/N 曲线试验

通过测量试验组件在不同应力水平下失效时的循环次数来表征试验组件抵抗不同弯曲载荷的疲劳性能。具体要求见 8.2。

5 仪器和设备

5.1 旋转弯曲试验台

旋转弯曲试验台应能对导管和直通接头、过隔框接头以及其他接头如弯通、三通等试验组件进行试验，示意图见图 1。旋转轴可以水平，也可以与地面垂直。



标引序号说明：

1-液压接头；

- 2-尾座；
- 3-尾座对准螺栓；
- 4-应变片；
- 5-试验件；
- 6-自调心轴承；
- 7-调偏螺栓；
- 8-头座；
- 9-可拆卸管接头；
- 10-百分表；
- 11-尾座移动手柄；
- 12-变径管接头。

图 1 旋转弯曲试验台示意图

如有专门的规定和要求，试验台应能够在受控制的恒温下进行试验。试验台尾座应设计成能在初始安装和试验组件安装后调整其轴线位置，且可以作为歧管显示管内压力。试验台旋转头座应具有一套低摩擦、自动定心轴承，并应设计得能使试验组件最大偏移 25mm，且能在 1500 r/min -3600 r/min 的转速范围内保持恒定转速转动。

试验装置应具备一套含有自动切断装置的增压系统，使得设备既可以在测试过程中稳定提供至少 8000psi 的恒定压力，也可以在出现压力降低时自动补充压力；试验组件无法保压时，启动切断装置暂停试验。

5.2 测量仪器

试验时应有一套完整的调试、检查和监测仪器。试验时应在导管最大应力处的导管外表面周向相距 90° 的位置各贴至少一个平行于导管轴线的应变片。应变片尺寸公制要求见表 1，英制要求见附录 A。应变片位置要求见图 1。

表 1 应变片尺寸

导管公称外径 D_N mm	应变片最大宽度 mm	应变片最大长度 mm
-6	1.32	3.18
-8 到-15	3.18	6.35
-20 及以上	4.78	6.35

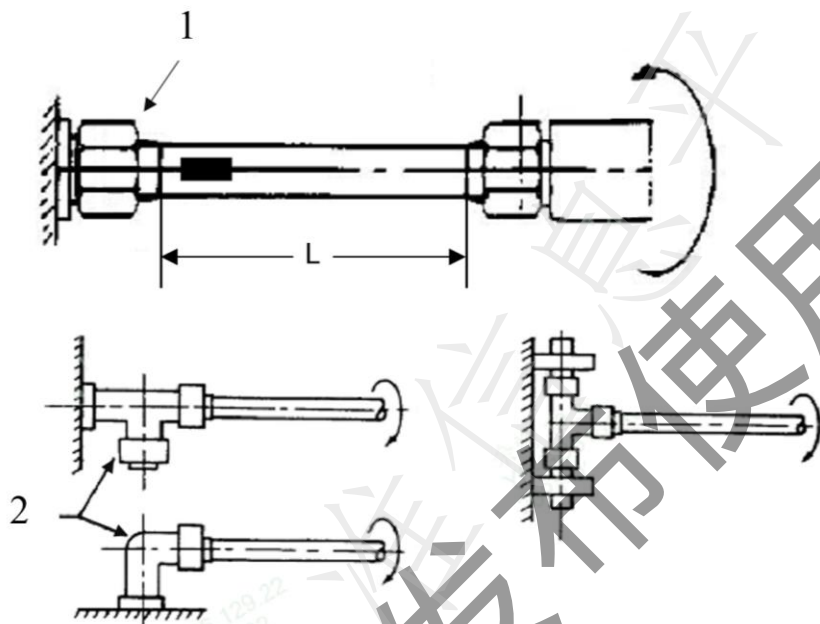
6 试验流体

试验流体采用应用于民用飞机流体系统的液压油，如 MIL-H-5606、MIL-H-83282、AS1241 或磷酸酯液压油等。

7 试验组件

试验组件应包括一个转接头（头座端），一段直导管和一个考核接头（尾座端）。典型的试验组件构型见图2。试验组件数量根据采购规范的要求确定。除非另有规定，标准旋转弯曲疲劳试验选用6套试验组件，S/N曲线试验选用8套试验组件。

试验组件导管长度公制要求见表2，英制要求见附录A。



标引序号说明：

- 1-直通接头；
- 2-异型接头。

图2 典型试验组件构型示意图

表2 试验组件导管长度

导管公称外径 D_N mm	-8	-10	-15	-20	-25	-32	-40
L (± 2.5 mm)	152.4	190.5	228.6	292.1	317.5	355.6	381.0
注：代号含义及测量要求见图2。							

8 试验步骤

8.1 标准旋转弯曲疲劳试验步骤

8.1.1 试验前准备

导管外径和壁厚应在试验开始前进行测量和记录，检查导管的直线度，如不直则在导管端偏离中心位置平面处标注记号或更换试验组件。

试验组件应先安装到尾座端，手动拧紧可拆卸接头以便于后续调整。试验组件安装调整的具体方法如下：

- a) 记录安装到尾座端的试验组件在自由状态下的微应变读数；
- b) 先对头座端的自动定心轴承进行粗略地对中，并将试验组件转接头拧入头座端，然后将尾座端接头小心地拧紧以防时间偏离中心。在拧紧后，应旋转头座一周，微应变读数相对于上述自由状态的读数偏离应不大于 ± 20 个微应变；
- c) 为便于检查，头座轴应设计成可以在轴承中前后移动，当试验组件正确地对中后，则轴将会自由地转动。

8.1.2 试验过程

试验过程规定如下：

- a) 试验应力的计算按照 4.1 确定；
- b) 完成试验前准备工作后，调整头座端试验组件的偏移，使之产生所需的力矩以达到产品规范中规定弯曲应力值，然后打开转动设备，以某一恒速开始转动进行试验，并记录应变片在恒定转速下的动态读数。该读数需在产品规范中规定的范围内浮动；
- c) 试验组件应能承受住 10^7 次循环，且考核试验组件不发生任何结构破坏及功能失效（如漏液）。试验尽量不间断进行。如试验过程中非考核部位出现失效，可暂停试验，待试验故障排除后重新恢复试验，直至累计循环次数达到 10^7 次。
- d) 试验循环次数到达 10^7 次后即可停止试验。

8.2 S/N 曲线试验步骤

8.2.1 试验前准备

同 8.1.1。

8.2.2 试验过程

除非另有规定，每个规格采用 4 组试验组件（每组包含 2 个试验组件）开展试验，并将测试结果绘制于 S/N 特征曲线网格图上，见附录 A。试验操作过程同 8.1.2。

试验应力应按照如下方法确定：

对于高强度导管（极限拉伸强度大于 100 ksi），第一套试验组件的弯曲应力为 35 ksi；对于低强度导管（铝合金），第一套试验组件的弯曲应力为 20 ksi。

如果第一套试验组件的失效点发生在 5000 到 50000 次循环之间，则第二套试验组件的弯曲应力应降低约 10 ksi。

如果第二套试验组件的失效点发生在 20 万到 100 万次循环之间，则第三套试验组件的弯曲应力应降低约 2ksi。

前两套试验组件完成试验后，通过数据分析就可以确定第三套和第四套试验组件合适的应力水平。试验合格判据为：

- a) 至少 1 套试验组件循环寿命超过 1000 万次，至少 3 套试验组件循环寿命低于 1000 万次。如 4 套试验组件无法满足要求，需要开展额外的试验来满足数据要求；
- b) 试验结果数据点均位于相应产品规范中指定的 S/N 特征曲线上方。标准 S/N 曲线见附录 A。

9 试验报告

试验报告应当包括下列内容：

- a) 识别试验组件、试验室和试验日期所需的全部资料；
- b) 引用文件编号；

- c) 试验原始数据，包括应力计算过程及结果、设备参数设置结果、循环寿命等；
- d) 若采用 S/N 曲线试验方法，需提供采购规范中指定的 S/N 特征曲线；
- e) 测定中发现的异常现象；
- f) 对结果可能已产生影响的本文件中未作规定的各种操作或任选的操作。

全 国 工 业 行 业 标 准 发 布 使 用

附录 A
(规范性)
应变片尺寸、导管长度及 S/N 标准曲线

A.1 应变片英制尺寸见表 A.1。

表 A.1 应变片尺寸

导管公称外径 1/16 in	应变片最大宽度 in	应变片最大长度 in
-3	0.052	0.125
-4 到-10	0.125	0.250
-11 及以上	0.188	0.250

A.2 试验组件导管英制长度见表 A.2。

表 A.2 试验组件导管长度

导管公称外径 1/16 in	L (± 0.1 in)	导管公称外径 1/16 in	L (± 0.1 in)
-3	5.0	-11	11.0
-4	6.0	-12	11.5
-5	7.0	-13	12.0
-6	7.5	-14	12.0
-7	9.0	-15	12.5
-8	9.0	-16	12.5
-9	10.0	-20	14.0
-10	10.0	-24	15.0

注：代号含义及测量要求见图 2。

A.3 旋转弯曲疲劳测试标准 S/N 曲线见图 A.1。

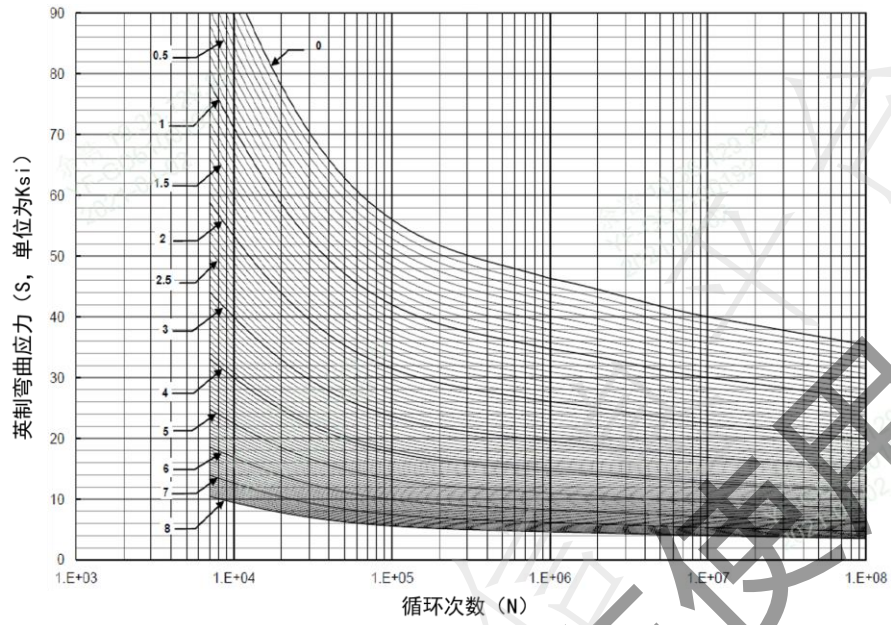


图 A.1 旋转弯曲疲劳测试标准 S/N 曲线

全国标准信息公共服务平台
CSTM标准发布使用

附录 B
(资料性)
起草单位和主要起草人

本文件起草单位：中国商用飞机有限责任公司上海飞机设计研究院、大连长之琳科技发展有限公司。
本文件主要起草人：余浩、王骏、伍妮、汪旭、陈心建、林宏伟。

全图GSTM标准发布使用

参 考 文 献

- [1] HB6442-1990 飞机液压导管及连接件弯曲疲劳试验
 - [2] SAE AS4459 B Fittings, Tube, Fluid System 3000 psig (21 000 kPa) Rated Pressure, Externally Swaged, Specification For
 - [3] SAE ARP1185 C Flexure Testing of Hydraulic Tubing Joints and Fittings
-