ICS 11.060.20
CCS Y 89

团 体 标 准

T/CEATEC XXXX-2026

航空发动机用压力扫描阀特性要求与测试规范

Performance requirements and test specifications for aero-engine pressure scanners

（征求意见稿）

2026-XX-XX 发布 2026-XX-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发 布

目　　次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 产品分类 1
4.1 通道数分类 1
4.2 感受压力类型分类 1
4.3 量程分类 1
5 技术要求 2
5.1 基本要求 2
5.2 航空发动机测试环境特殊要求 2
6 功能要求 3
6.1 反吹与管路防护功能 3
6.2 数据接口与通信协议 3
7 测试方法 4
7.1 试验条件 4
7.2 基本试验 4
7.3 航空发动机测试环境特殊试验 5

前　言

本文件按照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》的规定起草。

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这些专利的责任。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件首次发布。

航空发动机用压力扫描阀特性要求与测试规范

1 范围

本文件规定了航空发动机用压力扫描阀的术语和定义、产品分类、技术要求、功能要求及测试方法。

本文件适用于以气体为测量介质、测量范围为（-0.1～10）MPa及更宽量程，新制造、在用及修理后的航空发动机用压力扫描阀。

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。

HB 6167.2—2014 民用飞机机载设备环境条件和试验方法 第2部分：温度和高度试验

HB 6167.5—2014 民用飞机机载设备环境条件和试验方法 第5部分：飞行冲击和坠撞安全试验

HB 6167.6—2014 民用飞机机载设备环境条件和试验方法 第6部分：振动试验

HB 6167.19—2014 民用飞机机载设备环境条件和试验方法 第19部分：电压尖峰试验

HB 6167.22—2014 民用飞机机载设备环境条件和试验方法 第22部分：射频敏感度试验

HB 6167.26—2014 民用飞机机载设备环境条件和试验方法 第26部分：静电放电试验

JJG 860—2015 压力扫描阀（静态）检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 压力扫描阀 pressure scanners

能够借助切换机构，按顺序或有选择地将多路压力输入通道与单路或多路压力测量通道相连，实现多路压力自动测量的装置。

3.2 测量通道数 number of measurement channels

单个压力扫描阀阀体所能连接并测量的独立压力端口的最大数量。

4 产品分类

4.1 通道数分类

压力扫描阀按通道数量可分为16通道、32通道、64通道压力扫描阀，且不限于上述类型。

4.2 感受压力类型分类

压力扫描阀按被测压力类型划分，分为绝压型、表压型、差压型压力扫描阀。

4.3 量程分类

压力扫描阀按各通道量程形式，分为单量程型与复合量程型。

5 技术要求

5.1 基本要求

5.1.1 外观与结构

扫描阀外观与结构应满足下列要求。

a) 外观表面无明显缺陷、划痕。
b) 连接螺纹无毛刺、锈蚀及机械损伤。
c) 焊接部位连接牢固，无松动、老化、开裂现象。
d) 接插件插接顺畅、接触可靠。
e) 产品标识清晰完整、内容准确。

5.1.2 测量范围

除另有规定外，压力扫描阀测量范围上下限的公称值宜从下列数值中选取。

a) 下限：-100 kPa、-80 kPa、-70 kPa、-35 kPa、-17.5 kPa、-7 kPa（其中-100 kPa 对应海平面高度负压）。
b) 上限：7 kPa、17.5 kPa、35 kPa、70 kPa、100 kPa、350 kPa、700 kPa、1 MPa、2 MPa、7 MPa、10 MPa。

5.1.3 静态性能与准确度等级

压力扫描阀静态性能采用准确度等级进行划分。在标准大气条件下，其系统精度、零点偏差、满量程输出偏差、非线性、迟滞及重复性指标，均应符合表1内对应准确度等级的规定。

表 1 压力扫描阀静态性能及准确度等级（最大允许误差，%FS）

准确度等级	系统精度（总误差）	非线性	迟滞	重复性	零点输出偏差	满量程输出相对偏差
0.025 级	≤0.025	≤0.015	≤0.01	≤0.01	≤0.005	≤0.05
0.05 级	≤0.05	≤0.03	≤0.02	≤0.02	≤0.01	≤0.10
0.1 级	≤0.10	≤0.06	≤0.04	≤0.04	≤0.02	≤0.20
0.25 级	≤0.25	≤0.15	≤0.10	≤0.10	≤0.05	≤0.50
0.5 级	≤0.50	≤0.30	≤0.20	≤0.20	≤0.10	≤1.00
注：准确度等级由制造单位在详细规范中明确。						

5.2 航空发动机测试环境特殊要求

5.2.1 温度适应性

航空发动机用压力扫描阀的高低温工作、高低温贮存环境条件，应符合表 2 规定。

表 2 温度适应性试验要求

项目	试验条件	持续时间	性能要求
低温工作	-25 ℃（或按详细规范）	温度稳定后持续 2 h	试验期间工作功能正常，温度恢复至常温后，外观、系统精度均满足常温技术指标
高温工作	+80 ℃（或按详细规范）	温度稳定后持续 2 h	试验期间工作功能正常，温度恢复至常温后，外观、系统精度均满足常温技术指标
低温贮存	-25 ℃（或按详细规范）	24 h	环境恢复常温后，外观、系统精度满足常温技术指标
高温贮存	+80 ℃（或按详细规范）	48 h	环境恢复常温后，外观、系统精度满足常温技术指标

5.2.2 振动与冲击耐受性

航空发动机用压力扫描阀的振动、冲击耐受性能应符合表 3 规定。

表 3　振动与冲击耐受性试验要求

项目	试验条件	性能要求
振动	频率：1 Hz～2000 Hz；最大加速度：≤1470 m/s²（约 150 g）；峰峰值位移：≤100 mm	试验期间零点输出符合专用规范；试验结束后产品外观、系统精度均满足专用规范要求
冲击	波形：后峰锯齿波；加速度：6 g～20 g；脉冲持续时间：11 ms～20 ms	试验期间零点输出符合专用规范；试验结束后产品外观、系统精度均满足专用规范要求

5.2.3　电磁兼容性（EMC）

航空发动机用压力扫描阀电磁兼容性能应符合表 4 规定。

表 4　电磁兼容性试验要求

项目	等级与试验条件	性能要求
电压尖峰	分为 A、B 类，对应±600 V、±2000 V 等试验电平	试验期间零点输出符合专用规范；试验后外观、系统精度满足专用规范要求
射频敏感度	包含辐射敏感度、传导敏感度；适用等级 B、D、F、G、R、S、T、W、Y，对应 1 V/m、10 V/m 等场强等级	试验期间零点输出符合专用规范；试验后外观、系统精度满足专用规范要求
静电放电	支持接触放电、空气放电，产品应可承受不低于±15000 V 静电放电脉冲	试验期间零点输出符合专用规范；试验后外观、系统精度满足专用规范要求

5.2.4　通道数与采样特性

5.2.4.1　通道数

航空发动机用压力扫描阀通道数，除另有规定外，宜从 16 通道、32 通道、64 通道系列规格中选取。

5.2.4.2　扫描速率

满通道同步工作工况下，压力扫描阀扫描速率不应低于 200 通道/秒。

5.2.4.3　通道一致性

同一稳定标准压力输入条件下，各测量通道测量示值极差，不应大于产品标称准确度等级对应系统精度限值（见表 1）的 1.5 倍。

5.2.4.4　通道隔离能力

对单一通道施加测量上限额定压力时，其余未施压通道相较于零压初始读数的示值变动量，不应大于其标称准确度等级对应系统精度限值（见表 1）。

5.2.4.5　上升时间

向测量通道施加从零压至满量程上限（或50%量程）的阶跃压力信号时，通道压力响应上升时间不应大于100 ms。

6　功能要求

6.1　反吹与管路防护功能

压力扫描阀应具备反吹清洁及管路防护功能。

6.2　数据接口与通信协议

6.2.1　接口配置

6.2.1.1　压力扫描阀外部接口为产品与外界设备、环境实现互联的物理及逻辑连接端口，应包含压力测量接口、通信接口、电源接口。
6.2.1.2　可按需配置扩展接口，含压力参考接口、吹扫接口、驱动气源接口、校准接口、同步触发接口等。
6.2.1.3　产品外观宜设置关键接口辨识标识。

6.2.2　通信方式与协议

6.2.2.1　压力扫描阀通过既定通信方式实现与外部测控系统、上位机及数据采集系统的数据交互。
6.2.2.2　依托标准通信协议，设备可向上位机上传实测压力数据，同时可接收上位机下发控制指令。
6.2.2.3　设备通信方式及所用通信协议应作出明确标识。
6.2.2.4　标识示例如下。

a)　通信方式：自适应 10/100 M 以太网。
b)　通信协议：TCP/IP、UDP。

7　测试方法

7.1　试验条件

除另有规定外，各项试验均应在标准大气试验条件下开展。

a)　温度环境：15 ℃～35 ℃。
b)　相对湿度：20%～80%。
c)　大气压力：86 kPa～106 kPa。

7.2　基本试验

7.2.1　外观与结构检查

在标准大气环境下，采用自然光或常规照明条件，以目视结合手感方式，检查压力扫描阀外观质量与整体结构。

7.2.2　测量范围试验

试验步骤如下。

a)　将受试压力扫描阀置于 7.1 规定试验条件下，依据使用说明书完成气路、电气连接，通电预热时长不少于 30 min。
b)　确定试验压力点：选取产品标称测量下限、测量上限，以及至少 1 个中间量程点（优选 50%量程附近）作为试验测点。
c)　上下限量程验证：
    1)　采用标准压力源及压力标准装置，向扫描阀典型测量通道平稳施加标称测量下限压力，压力稳定时长不少于 10 s，同步记录压力标准器示值p_s与被测通道示值p_d；
    2)　泄压回零并稳定后，施加标称测量上限压力，稳定不少于 10 s，分别记录标准示值与被测示值。
d)　中间量程点验证（推荐必做）：在选定中间压力点，重复本条 c 项加压、稳压及数据记录流程。
e)　结果判定：
    1)　采用 7.2.3.1 规定的示值误差计算公式，逐一计算各试验点示值误差；
    2)　全部测点示值误差（Δp）均满足产品标称准确度等级对应的系统精度限值（见表 1），判定测量范围合格；
    3)　任意测点示值误差超出允许范围，即判定不合格。

7.2.3　静态性能与准确度等级

7.2.3.1　系统精度试验

试验步骤应符合下列要求。

a)　将受试压力扫描阀置于规定试验环境内，完成气路、电气线路连接，通电预热不少于 30 min。

b） 确定校准压力点：在全测量量程范围内合理选取校准点，0.1 级及更低准确度等级产品不少于 6 个校准点，0.1 级以上高准确度等级产品不少于 9 个校准点，校准点须包含量程下限、量程上限。

c） 由量程下限平稳升压至量程上限，逐点施加标准压力，每个压力点稳压不少于 10 s，分别记录标准压力示值与被测通道测量示值。

d） 升压检定完成后，由量程上限平稳降压至量程下限，逐点反向检定。

e） 降压过程各校准点同样稳压不少于 10 s，同步记录标准示值与被测通道示值。

f） 整理全部检定数据，分别按式（1）、式（2）计算示值误差与示值精度：

1） 示值误差计算公式：

$$\Delta p = p_d - p_s \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

式中：

Δp——对应压力测点示值误差；

p_d——被测通道实测输出值；

p_s ——标准装置标准输出值。

2） 示值精度计算公式：

$$E = \frac{\Delta p}{p_{FS}} \times 100\% \quad \cdots\cdots (2)$$

式中：

E ——示值精度，% FS；

p_{FS}——满量程输出值，为量程上限与0点输出值的差，如量程±2.5 psid则取p_{FS}=2.5 psid输出值与0点输出值的差，下同）。

注：压力扫描阀系统精度取所有测量通道示值精度中的最大值。

7.2.3.2 非线性、迟滞和重复性

非线性、迟滞、重复性试验按下列步骤进行。

a） 将受试压力扫描阀置于规定试验环境，完成气路与电气连接，通电预热不少于 30 min。

b） 在全量程范围内均匀或合理选取校准点，校准点应包含量程下限与量程上限。

c） 由量程下限平稳升压至量程上限，各校准点压力稳定 10 s 后，记录标准器示值与被测通道示值。

d） 升压完成后，由量程上限平稳逐级降压至量程下限。

e） 降压过程各校准点同样稳压 10 s，依次完成数据记录。

f） 连续重复本条 b）～e）试验流程 3 次。

g） 汇总试验数据，依据 JJG 860—2015 第 7.3.8.3、7.3.8.4、7.3.8.5 条款，分别计算重复性、迟滞及非线性指标。

7.2.3.3 零点输出

在标准大气试验条件下，施加额定供电电压，无压力载荷时压力扫描阀的输出数值即为零点输出。

7.2.3.4 满量程输出

扫描阀测量上限输出值与0点输出值之差的绝对值，示例：量程为±2.5 psid时，取单侧2.5 psid对应输出值与零点输出值之差作为满量程输出。

7.3 航空发动机测试环境特殊试验

7.3.1 温度适应性

7.3.1.1 低温工作试验

依据HB 6167.2—2014相关要求开展最低工作温度低温工作试验，试验步骤如下。

a） 将压力扫描阀置入高低温试验箱，调控箱内温度至专用规范规定的最高工作温度，温度稳定后持续保温 2 h。

b） 参照 7.2.3.1 中 b）～g）试验流程，测试产品在高温工作环境下的输出精度。
c） 待产品恢复至标准大气条件并静置 2 h 后，按照 7.2.1 要求开展外观质量检查。

7.3.1.2 高温工作试验

依据HB 6167.2—2014相关要求开展最高工作温度高温工作试验，试验步骤如下。

a） 将压力扫描阀置入高低温试验箱，调控箱内温度至专用规范规定的最高工作温度，温度稳定后持续保温 2 h。
b） 参照 7.2.3.1 中 b）～g）试验流程，测试产品在高温工作环境下的输出精度。
c） 待产品恢复至标准大气条件并静置 2 h 后，按照 7.2.1 要求开展外观质量检查。

7.3.1.3 低温贮存试验

开展最低贮存温度低温贮存试验，试验步骤如下。

a） 压力扫描阀处于非工作、断电状态，置入高低温试验箱；以不超过 3 ℃/min 的速率降温至相关专用规范规定的最低贮存温度，待试件温度稳定后（关键部位温差≤2 ℃且持续 30 min 不变），继续保温 24 h。
b） 将试验箱升温至 70 ℃并保温 2 h，完成除湿烘干。
c） 压力扫描阀恢复至标准大气条件并静置 2 h 后，按 7.2.1 检查外观质量，按 7.2.3.1 检测系统精度。

7.3.1.4 高温贮存试验

开展最高贮存温度高温贮存试验，试验步骤如下。

a） 压力扫描阀处于断电非工作状态，置入高低温试验箱；以不超过 3 ℃/min 的速率升温至专用规范规定的最高贮存温度，待试件温度稳定后（关键部位温差≤2 ℃且持续 30 min 不变），持续保温 48 h。
b） 压力扫描阀恢复至标准大气条件并静置 2 h 后，按 7.2.1 检查外观质量，按 7.2.3.1 检测系统精度。

7.3.2 振动与冲击耐受性

7.3.2.1 振动

在标准大气条件下，按照HB 6167.6—2014相关规定，选取适配的振动环境参数，设定振动试验条件（含振动频率、振幅、持续时间），将压力扫描阀置于试验台，按规定速率施加振动，每个校准点稳压30 s后读取数据，确保试验过程中设备功能正常，试验后按7.2.1相关要求检测外观及精度，试验结果需符合专用规范规定。

7.3.2.2 冲击

按照HB 6167.5—2014相关规定，将压力扫描阀置于冲击试验台，设定冲击加速度、脉冲持续时间等参数，平稳施加冲击载荷，每个校准点稳压记录数据；试验完成后，检测设备外观及系统精度，确保无异常损坏、精度符合标准要求，试验结果需满足专用规范规定。

7.3.3 电磁兼容性（EMC）

压力扫描阀需按专用规范规定的试验项目、等级开展电磁兼容试验，试验内容包括辐射发射、传导发射、静电放电、电快速瞬变脉冲群等，试验过程及结果需符合HB 6167系列相关标准及产品专用规范要求，确保设备在电磁环境中正常工作，无信号干扰、无性能衰减。

7.3.4 通道数与采样特性

7.3.4.1 通道数

压力扫描阀的通道数量需明确标注，通道标识清晰可辨，每个通道独立工作、互不干扰，通道数量需与专用规范一致，确保每个通道测量数据准确、无串扰。

7.3.4.2 扫描速率

扫描速率测试按下列步骤进行。

a) 将压力扫描阀置于标准大气试验条件下，对其待测通道平稳施加50%量程的标准压力，保持压力稳定。
b) 设定固定采样时长，统计该时长内压力扫描阀采集的数据总帧数，记录总采样数量。
c) 按式（3）计算压力扫描阀的扫描速率：

$$H = \frac{\alpha}{s} \quad \cdots\cdots (3)$$

式中：

H——扫描速率，单位为通道/秒（通道/s）；

α——压力扫描阀在设定采样时长内的总采样数量；

s——压力扫描阀的采样时长，单位为秒（s）。

7.3.4.3 通道一致性

通道一致性测试按下列步骤进行。

a) 将压力扫描阀切换至校准模式，完成气路、电气连接并通电预热，确保设备处于正常工作状态。
b) 选取量程范围内 n 个校准压力点，应包含零点、量程下限、量程上限及至少 1 个随机中间压力点。
c) 将所有测量通道连通至同一稳定标准压力源。
d) 待压力稳定不少于 1 min 后，逐一记录所有通道的测量示值。
e) 整理全部测量数据，计算各通道示值间的最大差值，作为通道一致性评价依据。

7.3.4.4 通道隔离能力

通道隔离能力测试按下列步骤进行。

a) 将压力扫描阀切换至测量模式，完成气路、电气连接并通电预热，确保设备工作正常。
b) 随机选取 1 个测量通道并连通压力源，其余所有通道保持零压状态，记录各零压通道的初始示值。
c) 向选取的通道平稳施加其测量上限额定压力。
d) 待压力稳定不少于 1 min 后，记录其余零压通道的实时示值。
e) 整理数据，计算其余通道实时示值与初始示值的最大差值，作为通道隔离能力评价依据。

7.3.4.5 上升时间

上升时间测试方法：将压力扫描阀与标准阶跃压力激励装置连接，确保连接可靠、气路密封良好；当激励装置输出一个对应量程的阶跃压力信号时，记录压力扫描阀输出值从稳定值的10%上升至稳定值的90%所经历的持续时间，该时间即为上升时间。测试过程中，阶跃压力信号应平稳无波动，记录精度应符合专用规范要求。