

ICS 27.020

CCS J 92

团 体 标 准

T/CSICE 057-2025

发动机缸内压力变送器技术要求

Technical specification for engine cylinder pressure transmitters

2025-12-26 发布

2025-12-26 实施

中国内燃机学会 发布

目 次

前言	III
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本参数	1
4.1 测量范围	1
4.2 被测介质	1
4.3 工作环境温度范围	1
4.4 壳体密封	2
4.5 安装要求	2
4.5.1 密封	2
4.5.2 传感器安装	2
4.5.3 信号调理器安装	2
4.6 激励电源	2
5 要求	2
5.1 总则	2
5.2 外观	2
5.3 外形及安装尺寸	2
5.4 电气连接方式	2
5.5 绝缘电阻	3
5.6 绝缘强度	3
5.7 静态性能	3
5.7.1 准确度	3
5.7.2 非线性误差	3
5.7.3 迟滞误差	3
5.7.4 重复性误差	3
5.7.5 零点输出	3
5.7.6 满量程输出	3
5.7.7 灵敏度	3
5.7.8 零点漂移	3
5.7.9 热零点漂移	4
5.7.10 灵敏度温度系数	4
5.8 动态性能	4
5.8.1 固有频率	4
5.8.2 频率响应	4
5.8.3 上升时间	4
5.9 过载	4

5.10	环境影响特性	4
6	试验方法	4
6.1	环境条件	4
6.2	外观	4
6.3	尺寸	4
6.4	绝缘电阻	4
6.5	绝缘强度	5
6.6	过载	5
6.7	静态性能指标的检测	5
6.7.1	试验装置	5
6.7.2	试验程序	5
6.7.3	零点输出	5
6.7.4	满量程输出	5
6.7.5	灵敏度	6
6.7.6	准确度	6
6.7.7	非线性误差	6
6.7.8	迟滞误差	6
6.7.9	重复性误差	6
6.7.10	零点漂移	6
6.8	动态指标试验	6
6.9	温度试验	6
6.9.1	试验方法	6
6.9.2	灵敏度温度系数	6
6.9.3	热零点漂移	6
6.9.4	工作环境温度范围	7
6.10	壳体防护	7
6.11	环境试验	7
7	检验规则	7
7.1	检验分类	7
7.2	型式检验	8
7.3	出厂检验	8
7.4	定期校验	8
8	标志、包装、运输和贮存	8
8.1	产品标志	8
8.2	包装	8
8.3	贮存	8
8.4	运输	8

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专利的责任。

本文件由中国内燃机学会标准管理部提出。

本文件由中国内燃机学会归口。

本文件起草单位：中国船舶集团有限公司第七一一研究所、江苏东华测试技术股份有限公司、哈尔滨工程大学

本文件主要起草人：谷峰、张慧、李婷婷、焦亮、林琳、苗玉松、赵洋洋、陆慧慧、余函彬、乔彦宇

本文件于2025年首次发布。

发动机缸内压力变送器技术要求

警告：本标准的应用可能涉及到某些有危险性的材料、操作和设备，但未对与此有关的所有安全问题都提出建议。因此，用户在使用本标准之前有责任制定相应的安全和防护措施，并确定相关规则限制的适用性。

1 适用范围

本文件规定了发动机缸内压力变送器（以下简称变送器，含传感器和信号调理器）的基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等。

本文件适用于缸内压力变送器（包括但不限于压电式、压阻式、光纤式等测量原理）的生产、使用、验收和质量管理等。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性应用而构成本文件必不可少的条款。其中，注明日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 2423-2008 电工电子产品环境试验
- JB/T 6170-2006 压力传感器
- JJG 624-2005 动态压力传感器检定规程
- JJG 860-2015 压力传感器（静态）检定规程
- JJG 882-2019 压力变送器检定规程

3 术语和定义

JB/T 6170-2006、JJG 882-2019界定的术语和定义适用于本文件。

4 基本参数

4.1 测量范围

变送器的测量范围应符合产品详细规范的规定。除另有规定外，变送器的测量上限推荐从下列范围中选取：20 MPa、25 MPa、30 MPa、35 MPa、40 MPa。

4.2 被测介质

与压力腔接触的介质类型，例如由汽油、柴油或不同燃料燃烧所形成的高温气体介质。

4.3 工作环境温度范围

传感器的工作环境温度范围应符合产品详细规范的规定，建议其工作环境温度上限不低于 300 °C 以上，如不满足安装环境温度要求，可采用冷却方式降温满足使用要求。

4.4 壳体密封

变送器的壳体密封应符合产品详细规范的规定，建议传感器的防护等级为 IP67，信号调理器的防护等级为 IP65。

4.5 安装要求

4.5.1 密封

所有密封面（包括发动机上的以及传感器上的）都应干净且无任何毛刺。

4.5.2 传感器安装

将所有部件擦拭干净，并在螺纹和密封面涂抹一层薄薄的油脂（使用高温二氧化钼或铜质润滑脂）。将传感器插入安装孔内，加载符合产品详细规定的扭矩。安装完成后，启动发动机并以怠速运行，检查是否有泄漏现象。

4.5.3 信号调理器安装

信号调理器应该远离热源，固定在环境温度不超过其工作温度上限的位置，不可与高频振动部件硬接触。将传感器与信号调理器之间的线缆连接固定好，使其免受机械损伤。

4.6 激励电源

- a) 采用电压源激励的变送器，其激励电压应优先从下列数值中选取：5、9、12、18、24V。
- b) 采用电流源激励的变送器，其激励电流应优先从下列数值中选取：2、4、8、10、12mA。

5 要求

5.1 总则

变送器应符合本文件和相关产品详细规范的规定，当本文件的要求与产品详细规范的要求不一致时，应以产品详细规范为准。

5.2 外观

- a) 变送器外观应无明显的瑕疵、划痕、锈蚀和损伤。
- b) 螺纹部分应无毛刺。
- c) 标志应清晰完整、准确无误。

5.3 外形及安装尺寸

变送器的外形及安装尺寸应符合产品详细规范的规定，由制造商在产品使用说明书中给出适用的安装方式。

5.4 电气连接方式

变送器的电气连接方式应符合产品详细规范的规定，由制造商在产品使用说明书中给出变送器的

输入输出信号要求、电气连接图及必要的说明。

5.5 绝缘电阻

压力变送器各组端子（包括外壳）之间的绝缘电阻应大于 20 M Ω 。

5.6 绝缘强度

测量绝缘强度，用频率为 50 Hz、电压为 500 V 的正弦交流电压测试，变送器应无击穿及飞弧现象，试验后绝缘电阻应符合 4.4 的规定。

5.7 静态性能

5.7.1 准确度

缸内压力变送器分成 6 个准确度等级，如表 1 所示。

表 1 准确度等级、准确度及允许基本误差

准确度等级	准确度/%FS	允许基本误差/%FS
0.2	± 0.2	± 0.2
0.5	± 0.5	± 0.5
1.0	± 1.0	± 1.0
1.5	± 1.5	± 1.5
2.0	± 2.0	± 2.0
2.5	± 2.5	± 2.5

5.7.2 非线性误差

变送器的非线性误差应不超过表 1 中相应等级允许的基本误差。

5.7.3 迟滞误差

变送器的迟滞误差应不超过表 1 中相应等级允许的基本误差。

5.7.4 重复性误差

变送器的重复性误差应不超过表 1 中相应等级允许的基本误差。

5.7.5 零点输出

变送器的零点输出应符合产品详细规范的规定。

5.7.6 满量程输出

变送器的满量程输出应符合产品详细规范的规定。

5.7.7 灵敏度

变送器的灵敏度应符合产品详细规范的规定。针对测量原理为压电式的缸内压力变送器，建议传感器灵敏度不低于 100 pc/MPa。

5.7.8 零点漂移

变送器的零点漂移应符合产品详细规范的规定，建议不超过表 1 中相应等级允许的基本误差 1/2。

5.7.9 热零点漂移

变送器的热零点漂移应符合产品详细规范的规定，建议不超过 $\pm 0.2\%FS/^\circ C$ 。

5.7.10 灵敏度温度系数

变送器的灵敏度温度系数应符合产品详细规范的规定，建议不超过 $0.05\%/^\circ C$ 。

5.8 动态性能

5.8.1 固有频率

传感器的固有频率应符合产品详细规范的规定，建议不低于 30 kHz 。

5.8.2 频率响应

信号调理器的频率响应应符合产品详细规范的规定，建议低截止频率（ -3 dB ）不高于 0.02 Hz ，高截止频率（ -3 dB ）不低于 10000 Hz 。

5.8.3 上升时间

变送器的上升时间应符合产品详细规范的规定，建议不大于 20 ms 。

5.9 过载

变送器的过载应符合产品详细规范的规定，建议变送器应至少能承受测量范围上限 120% 的过载，过载恢复后应符合 4.7 的规定。

5.10 环境影响特性

高温、低温、振动、冲击、湿热、盐雾、噪声等环境影响特性，应根据变送器的应用条件由产品详细规范规定。

6 试验方法

6.1 环境条件

非特殊试验环境要求时，试验的标准大气条件为：

- a) 温度： $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ ；
- b) 相对湿度： $60\% \pm 30\%$ ；
- c) 气压： $90\text{ kPa} \pm 10\text{ kPa}$ 。

6.2 外观

用目测法检验变送器的外观质量，结果应符合 4.2 规定。

6.3 尺寸

用卡尺、千分尺或其他标准器件检测变送器的外形及安装尺寸，结果应符合 4.3 规定。

6.4 绝缘电阻

按 JJG 882-2019 中 7.3.6 规定的试验方法进行试验，结果应符合 4.5 规定。

6.5 绝缘强度

按 JJG 882-2019 中 7.3.7 规定的试验方法进行试验，结果应符合 4.6 规定。

6.6 过载

按 JB/T 6170-2006 中 7.14 规定的试验方法进行试验，试验后按照 5.7.6~5.7.9 进行被测变送器的准确度、非线性误差、迟滞误差、重复性的试验及计算，其结果应符合 4.9 的规定结果。

6.7 静态性能指标的检测

6.7.1 试验装置

静态性能试验装置由标准压力传感器、压力加载模块、读数记录装置、激励电源等组成。其标准压力传感器基本误差的绝对值应小于被检传感器允许基本误差绝对值的 $1/3$ 。试验装置方框图如图 1 所示。

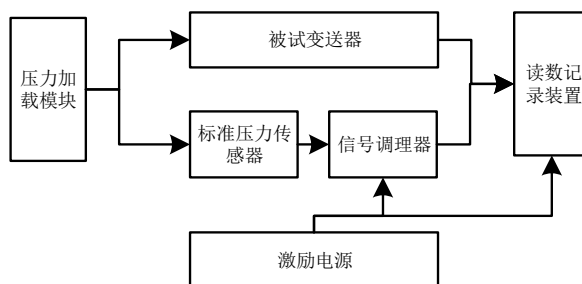


图 1 静态性能试验装置方框图

6.7.2 试验程序

试验应按照以下流程实施。

- 按图 1 组成测试系统，按仪器要求接地、预热、调零，检查压力系统无泄漏后，以满量程压力值的 110%~120% 预加载三次，每次加载后保持时间不少于 30 s。
- 在被测变送器的压力测量范围内，至少应均匀分布或合理选取六个检测点（含零点）。
- 依据试验装置的操作规程，并按照确定的检测点，从测量下限（或零点）顺次加压至检测点压力，然后逐点卸载至零点。
- 读取加压及卸载至各检测点的被检变送器和标准压力传感器的输出电流或电压信号，并记录正反行程各检定点的压力值。
- 按 5.7.2 中 c)、d) 规定的程序重复三次以上。
- 检验过程中，应平稳的升压和降压，避免出现超调或回调现象，检验过程中若出现因被检变送器和标准传感器需重新安装而使检测中断时，必须重新进行示值检定。
- 压力加载时亦可采用复零检定方法。

6.7.3 零点输出

在附加载荷为零的情况下测量变送器的输出值，结果应符合 4.7.5 的规定。

6.7.4 满量程输出

按 JJG 860-2015 中 7.3.8.2 规定的方法进行计算, 结果应符合 4.7.6 的规定。

6.7.5 灵敏度

按 JJG 860-2015 中 7.3.8.1 规定的方法进行计算, 结果应符合 4.7.7 的规定。

6.7.6 准确度

按 JJG 860-2015 中 7.3.8.1 规定的方法进行计算, 结果应符合 4.7.1 的规定。

6.7.7 非线性误差

按 JJG 860-2015 中 7.3.8.5 规定的方法进行计算, 结果应符合 4.7.2 的规定。

6.7.8 迟滞误差

按 JJG 860-2015 中 7.3.8.4 规定的方法进行计算, 结果应符合 4.7.3 的规定。

6.7.9 重复性误差

按 JJG 860-2015 中 7.3.8.3 规定的方法进行计算, 结果应符合 4.7.4 的规定。

6.7.10 零点漂移

按 JJG 860-2015 中 7.3.5 规定的方法进行计算, 结果应符合 4.7.8 的规定。

6.8 动态指标试验

动态性能指标的检测方法及计算公式按 JJG 624-2005 的规定执行。

6.9 温度试验

6.9.1 试验方法

测试系统按 4.8.1 规定联接, 将被测传感器置于温度调节装置中, 然后将压力管和信号输出线引出, 将输出线接入信号调理器, 接通系统, 通过温度调节装置调节被测传感器的工作环境温度。

6.9.2 灵敏度温度系数

将温度调节装置的温度分别控制在试验温度并稳定 1 h 以上, 按照 5.7.5 规定的灵敏度检测方法分别检测被测变送器在不同试验温度下的灵敏度。灵敏度温度系数按公式 (1) 计算。

$$k_T = \frac{(k_2 - k_1)/k_1}{t_2 - t_1} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

式中:

- t_1 ——试验温度 1, 单位为摄氏度 (°C);
- t_2 ——试验温度 2, 单位为摄氏度 (°C);
- k_1 ——试验温度 1 下被检变送器的灵敏度;
- k_2 ——试验温度 2 下被检变送器的灵敏度;
- k_T ——灵敏度温度系数。

6.9.3 热零点漂移

将温度调节装置的温度分别控制在室温、工环境温度上限并稳定时间满足产品详细规范要求, 记录

各温度点下变送器的零点输出值，按 JB/T 6170-2006 中 7.15 规定的方法进行热零点漂移计算。

6.9.4 工作环境温度范围

将温度调节装置的温度分别控制在被试传感器的最低工作环境温度和最高工作环境温度并稳定 1h 以上，按照 5.7.6~5.7.9 进行被测变送器的准确度、非线性误差、迟滞误差、重复性的试验及计算，其结果应符合 4.7 的规定。最高、最低温度即为传感器的工作环境温度范围。

6.10 壳体防护

按 GB/T 4208-2017 的有关规定进行试验，结果应符合 3.4 的规定。

6.11 环境试验

按 GB/T 2423 中规定的试验方法进行高低温环境、振动、冲击、湿热、盐雾、噪声等试验，具体试验条件由详细规范规定，试验后进行性能试验，结果应符合 4.10 的规定。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分为型式检验、出厂检验和定期校验。检验项目分类如表 2 所示。

表 2 检验项目

序号	检验项目	技术要求章条号	检验方法章条号	型式检验	出厂检验	定期校验
1	外观	4.2	5.2	√	√	—
2	尺寸	4.3	5.3	√	√	—
3	绝缘电阻	4.5	5.4	√	√	—
4	绝缘强度	4.6	5.5	√	√	—
5	准确度	4.7.1	5.7.6	√	√	√
6	非线性误差	4.7.2	5.7.7	√	√	√
7	迟滞误差	4.7.3	5.7.8	√	√	√
8	重复性误差	4.7.4	5.7.9	√	√	√
9	零点输出	4.7.5	5.7.3	√	√	√
10	满量程输出	4.7.6	5.7.4	√	√	√
11	灵敏度	4.7.7	5.7.5	√	√	√
12	零点漂移	4.7.8	5.7.10	√	√	√
13	热零点漂移	4.7.9	5.9.3	√	—	—
14	灵敏度温度系数	4.7.10	5.9.2	√	√	√
15	动态指标	4.8	5.8	√	—	—
16	过载	4.9	5.6	√	—	—
17	工作环境温度范围	3.3	5.9.4	√	—	—
18	壳体密封	3.4	5.10	√	—	—
19	环境影响特性	4.10	5.11	√	—	—

注：“√”为检验项目；“—”为不检验项目。

7.2 型式检验

7.2.1 出现下列情况时，变送器应进行型式检验。

- a) 新产品设计定型。
- b) 当设计、工艺或材料改变可能对变送器的性能带来影响时。
- c) 长期停产后恢复生产时。

7.2.2 型式检验项目和检验顺序按表 2 规定进行。其抽样数按 1%抽样，但至少三套。

7.3 出厂检验

7.3.1 出厂检验应逐个检验，检验合格后可出厂。

7.3.2 出厂检验项目和检验顺序按表 2 规定进行。

7.3.3 返厂维修后应重新进行出厂检验。

7.4 定期校验

变送器建议每年或使用时间超过 1000 h 时开展校验，如校验后变送器的各项指标超过要求，允许通过重新标定的方式使各项指标满足要求后继续使用。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 产品标志

产品应有以下标志：

- a) 传感器应有型号及编号的标志；
- b) 信号调理器应有型号及编号的标志；
- c) 外包装应有产品型号及生产商商标的标志；
- d) 外包装应标明“小心轻放”等字样。

8.2 包装

产品包装应单件包装。包装盒内用防震材料将产品定位，包装盒应设有线缆及其他附件的固定位置，产品及附件应互不碰撞。包装盒内应置有产品出厂合格证、使用说明书和装箱单。

8.3 贮存

存放产品的仓库环境温度应为 0℃~40℃，环境湿度不大于 80%RH。室内应无酸、碱及腐蚀性气体，且无强烈的机械振动、冲击和强磁场作用。

8.4 运输

变送器运输时应有牢固的包装箱，箱外应有“怕雨”、“小心轻放”等标志。装有产品的包装箱允许用任何工具运输，运输中应避免雨、雪的直接淋袭和机械撞击。

