

T/CSOE

中国光学工程学会团体标准

T/CSOE 0001—2023

本质安全型多通道光纤甲烷传感器

Intrinsically Safe Multi-channel Optical Fiber Methane Sensors

2023 - 07 - 17 发布

2023 - 07 - 31 实施

中国光学工程学会 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 系统结构 2

5 系统功能 3

 5.1 基本功能 3

 5.2 输出信号制式 3

6 技术要求 3

 6.1 外观及结构 3

 6.2 分辨力 3

 6.3 测量值的重复性和测量误差 3

 6.4 工作电压范围 4

 6.5 光纤传输距离对测量误差的影响 4

 6.6 工作稳定性 4

 6.7 响应时间（T90） 4

 6.8 报警功能 4

 6.9 绝缘电阻 4

 6.10 工频耐压 4

 6.11 环境适应性 4

 6.12 防爆要求 6

 6.13 电磁兼容性 6

7 试验方法 6

 7.1 试验条件 6

 7.2 测试方法 7

8 检验规则 12

 8.1 概述 12

 8.2 出厂检验 13

 8.3 型式检验 13

9 标志、包装、使用说明书、运输和贮存 14

 9.1 标志 14

 9.2 包装 14

 9.3 使用说明书 14

 9.4 运输 14

 9.5 贮存 15

附录 A（资料性） 甲烷气体爆炸下限与体积浓度的换算关系 16

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。

本文件由中国光学工程学会提出。

本文件由中国光学工程学会归口。

本文件起草单位：山东微感光电子有限公司、国家石油天然气管网集团有限公司科学技术研究总院分公司、山东省科学院激光研究所、天地（常州）自动化股份有限公司、中国科学院合肥物质科学研究院、南方科技大学、重庆大学、华中科技大学、厦门大学、山东星冉信息科技有限公司、光力科技股份有限公司。

本文件主要起草人：刘统玉、陈朋超、李艳芳、蒋泽、张志荣、魏玉宾、邵理阳、朱涛、金光贤、鲁平、董小鹏、马云宾、霍佃恒、赵彤宇、王璐、孙鹏帅、尹国路、廖媛媛、司马朝坦、张婷婷、霍佃星、赵静涛、孟辉。

本质安全型多通道光纤甲烷传感器

1 范围

本文件规定了本质安全型多通道光纤甲烷传感器的术语和定义、系统结构、系统功能、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、使用说明书、运输和贮存。

本文件适用于煤矿、天然气、电力、化工、农业等行业测定环境中甲烷浓度的本质安全型多通道光纤甲烷传感器。

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 191-2008 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.4-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h+12h循环）
- GB/T 2423.5-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击
- GB/T 2423.8-1995 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ed：自由跌落
- GB/T 2423.10-2019 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 3836.1-2021 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- GB/T 3836.4-2021 爆炸性环境 第4部分：由本质安全型“i”保护的设备
- GB/T 3836.22-2017 爆炸性环境 第22部分：光辐射设备和传输系统的保护措施
- GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 9969-2008 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 10111-2008 随机数的产生及其在产品质量抽样检验中的应用程序
- GB/T 15322.1-2019 可燃气体探测器 第1部分：工业及商业用途点型可燃气体探测器
- GB/T 17626.2-2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3-2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4-2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5-2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6-2017 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 18901.1-2002 光纤传感器 第1部分：总规范
- GB/T 25476-2010 可调谐激光气体分析仪
- GB 12358-2006 作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求
- AQ 6211-2008 煤矿用非色散红外甲烷传感器
- AQ 6201-2019 煤矿安全监控系统通用技术要求
- MT 210-1990 煤矿通信、检测、控制用电工电子产品基本试验方法
- JJG 693-2011 可燃气体检测报警器检定规程
- T/CGAS 013-2021 地下井室可燃气体监测装置

3 术语和定义

GB/T 3836.4-2021、AQ6211-2008、T/CGAS 013-2021界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

本质安全型多通道光纤甲烷传感器 Intrinsically Safe Multi-channel Optical Fiber Methane Sensors

利用可调谐半导体激光吸收光谱技术实现多点环境甲烷气体浓度检测的光纤式传感器。
注：本质安全型多通道光纤甲烷传感器简称传感器

3.2

重复性 Repeatability

同一装置在相同条件下，对同一检测对象在短时间内重复测定，各显示值间的一致程度。采用标准偏差。

3.3

上限报警值 Upper Limit Alarm Value

触发传感器发出声光报警信号的上限测量值。

3.4

下限报警值 Lower Limit Alarm Value

触发传感器发出声光报警信号的下限测量值。

3.5

测量范围 Measurement Range

检测设备所能够测量的最小浓度与最大浓度之间的范围。

注：传感器通常按照测量范围的不同分为0%~10%和0%~100%两类，其中测量范围在0%~100%的传感器会在0%~10%和10%~100%两个范围内采用不同浓度的样气来进行某些单项性能试验。

3.6

体积百分浓度 Volume Percentage Concentration

在一定温度下，溶液中所含溶质体积与溶液体积的百分比。

注：简称体积浓度。

3.7

分辨力 Resolution

分辨力是指传感器能检出被测信号的最小变化量。

4 系统结构

传感器包括多个光纤甲烷探测器和一个多通道光纤甲烷检测主机，光纤甲烷探测器通过光缆与多通道光纤甲烷检测主机连接，对环境中的甲烷气体浓度进行多点同时检测。其结构示意图见图1。

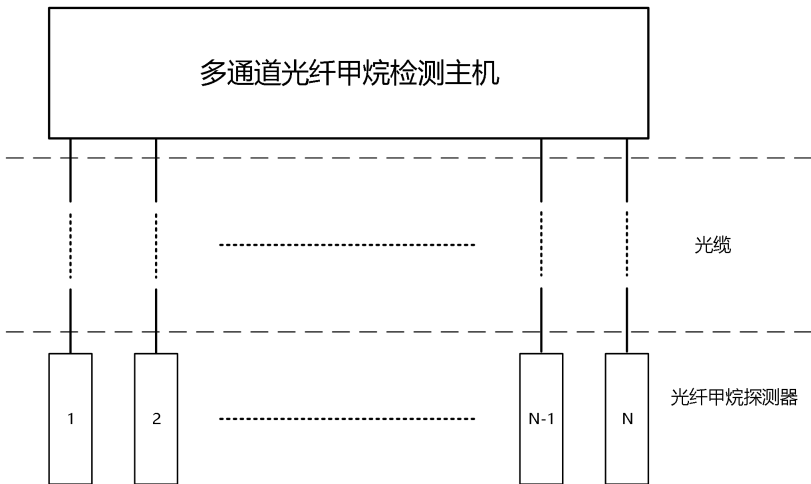


图 1 本质安全型多通道光纤甲烷传感器结构示意图

光纤甲烷探测器是由光纤/光缆和光机器件构成,用于实现对被测甲烷气体现场取样、激光能量与被测气体相互作用以及激光能量传输功能。

注1：光纤甲烷探测器简称探测器。

多通道光纤甲烷检测主机提供光纤甲烷探测器所需的光能,并接收受到被测甲烷气体影响的光信号,将其转换为电参量并实现甲烷气体浓度测量的仪器。包含光源、光纤分路器件、光电探测器、电子信号处理单元,数据显示、报警、通信接口等。

注2:多通道光纤甲烷监测主机简称主机。

传感器中的主机、光缆、探测器及其激光辐射能量都需满足本质安全的要求。

5 系统功能

5.1 基本功能

传感器应具备以下功能:

- a) 探测器应采用扩散式取样方式。
- b) 应具有显示及声光报警功能。
- c) 对光缆、探测器及主机自身核心功能器件工作状态正常与否应具有自诊断功能。

5.2 输出信号制式

传感器应能够输出与测量甲烷体积浓度相对应的信号。信号的类型参数等信息应在使用说明书中有明确说明。宜选用数字信号制式。

6 技术要求

6.1 外观及结构

传感器外观及结构应符合以下要求:

- a) 显示窗应透光良好,数字、符号均应清晰完好。
- b) 表面、镀层或涂层不应有气泡、裂痕、明显剥落和斑点。
- c) 宜采用金属外壳,结构合理、坚固耐用;应有适于现场安装的悬挂或支撑结构。
- d) 外壳、接插件和零件应采取防腐措施,涂、镀层应均匀、牢固、颜色一致。
- e) 探测器与主机分离时,应有足够强度、防尘、防水保护外壳。

6.2 分辨力

传感器分辨力应满足下列要求:

- a) 测量范围在 0%~10%时,分辨力应不低于 0.01%。
- b) 测量范围在 10%~100%时,分辨力应不低于 0.1%。

6.3 测量值的重复性和测量误差

6.3.1 测量值的重复性

测量范围在0%~10%内,当甲烷体积浓度保持恒定时,传感器测量值或输出的信号值(换算为甲烷体积浓度值)的标准偏差应不超过0.02。

测量范围在10%~100%内,当甲烷体积浓度保持恒定时,传感器测量值或输出的信号值(换算为甲烷体积浓度值)的标准偏差应不超过0.2。

6.3.2 测量误差

依据甲烷气体检测特点,传感器的测量误差应符合表1的规定。

表 1 传感器测量误差

测量范围 (%)	测量误差 (%)
0.00~1.00	±0.06
1.00~100	真值的±6%

6.4 工作电压范围

供电电压应不大于36VDC，具体数值由厂家自行确定。

6.5 光纤传输距离对测量误差的影响

探测器与主机之间的最大传输距离不小于6km时，测量误差应符合6.3.2的规定。

6.6 工作稳定性

在连续工作180d时间内，测量误差应符合6.3.2的规定。

6.7 响应时间（T90）

响应时间应不大于15s。

6.8 报警功能

6.8.1 超上限报警

在甲烷体积浓度为0%~5%的范围内可任意设置上限报警值，测量值与设定报警值的差值应不超过±0.05%。

注：附录A给出了甲烷气体爆炸下限与体积浓度的换算关系。

6.8.2 超下限报警

在甲烷体积浓度为25%~35%的范围内可任意设置下限报警值，测量值与设定报警值的差值应不超过±0.5%。

6.8.3 报警声级强度

在距传感器1m远处的报警声响信号的声级应不小于80dB(A)。

注：80dB(A)括号里面的A代表等效连续A计权声压级。

6.8.4 报警光信号

报警光信号应在黑暗环境中20m处清晰可见。

6.9 绝缘电阻

主机在常态下的绝缘电阻应不小于50MΩ，交变湿热试验后绝缘电阻应不小于1.5MΩ。

6.10 工频耐压

主机在电压500V、频率50Hz下，历时1min的耐压试验，无闪络现象且漏电电流应不大于5mA。

6.11 环境适应性

6.11.1 工作环境

在下列环境条件下，传感器应能正常工作：

- a) 环境温度：-10℃~55℃。
- b) 相对湿度：≤98%(非冷凝)。
- c) 大气压力：80kPa~116kPa。
- d) 环境风速：≤8m/s。

6.11.2 贮运环境

按下列贮运条件，传感器应能正常工作：

- a) 高温：+70℃。
- b) 低温：-40℃。
- c) 相对湿度：≤98%(非冷凝)。

6.11.3 气候环境耐受性

传感器按表2规定的气候环境条件进行试验。试验期间，不应发出报警信号或故障信号；试验后，应符合6.3.2的规定。

表 2 气候环境试验参数

试验名称	试验参数	试验条件	工作状态
压力影响试验	压力上限值 (kPa)	105~110	正常监视状态
	压力下限值 (kPa)	80~85	
风速影响试验	风速 (m/s)	$8_0^{+0.5}$	正常监视状态
粉尘浓度影响试验	粉尘浓度 (mg/m ³)	30~70	正常监视状态
	持续时间 (d)	15	
湿度影响试验	相对湿度 (%)	98	正常监视状态
低温工作试验	温度	-10℃±2℃	正常监视状态
	持续时间 (h)	5	
高温工作试验	温度	55℃±2℃	正常监视状态
	持续时间 (h)	5	
低温贮存试验	温度	-40℃±2℃	不通电状态
	持续时间 (h)	24	
	恢复时间 (h)	2	
高温贮存试验	温度	70℃±2℃	不通电状态
	持续时间 (h)	24	
	恢复时间 (h)	2	
交变湿热试验	温度	40℃±2℃	不通电状态
	相对湿度	93%±3%	
	持续时间 (d)	12	

6.11.4 机械环境耐受性

传感器按表3规定的机械环境试验条件进行各项试验。试验期间，不应发出报警信号或故障信号；试验后，传感器应符合6.3.2的规定。

表 3 机械环境试验参数

试验名称	试验参数	试验条件	工作状态
振动（正弦）试验	频率范围 (Hz)	10~150	不通电状态
	加速度 (m/s ²)	50	
	振动次数 (次)	5	

表 3（续）

冲击试验	加速度（m/s ² ）	500	不通电状态
	持续时间	11ms±1ms	
	轴线数	3	
	每个方向冲击次数（次）	3	
跌落试验	跌落高度（m）	0.5	不通电状态
	跌落次数（次）	2	

6.12 防爆要求

- 6.12.1 防爆要求应符合 GB/T 3836.1-2021、GB/T 3836.4-2021 的规定，并应经国家指定的防爆检验部门审查检验合格，取得防爆部门发放的“防爆合格证”。
- 6.12.2 主机外壳防护性能应符合 GB/T 4208-2017 中防护等级 IP65 的规定。
- 6.12.3 主机应能通过 GB/T 3836.4-2021 第 10.1 规定的火花点燃试验。
- 6.12.4 外壳结构、电气间隙、爬电距离、涂层下爬电距离应符合 GB/T 3836.4-2021 的规定。
- 6.12.5 与本质安全性能有关的元件应符合 GB/T 3836.4-2021 的规定。

6.13 电磁兼容性

- 6.13.1 传感器应能通过 GB/T 17626.2 规定的严酷等级为 3 级的静电放电抗扰度试验，评价等级为 A。
- 6.13.2 传感器应能通过 GB/T 17626.3 规定的严酷等级为 2 级的射频电磁场辐射抗扰度试验，评价等级为 A。
- 6.13.3 传感器应能通过 GB/T 17626.4 规定的严酷等级为 2 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验，评价等级为 A。
- 6.13.4 传感器交流电源端口应能通过 GB/T 17626.5 规定的严酷等级为 3 级的浪涌（冲击）抗扰度试验，评价等级为 B。传感器直流电源端口和信号端口应能通过 GB/T 17626.5 规定的严酷等级为 2 级的浪涌（冲击）抗扰度试验，评价等级为 B。
- 6.13.5 传感器应能通过 GB/T 17626.6 规定的严酷等级为 3 级的射频场感应的传导骚扰抗扰度试验，评价等级为 A。
- 6.13.6 试验后，传感器应符合 6.3.2 的规定。

7 试验方法

7.1 试验条件

7.1.1 试验环境

除环境试验或另有规定外，试验应在下列环境条件中进行：

- a) 温度：15℃～35℃。
- b) 平均相对湿度：25%～75%。
- c) 大气压力：80kPa～116kPa。

7.1.2 试验用气样

标准气样为氮气中的甲烷气样，应采用有证气体标准物质，其不确定度应不大于2%。各项试验用气样应符合表4和表5要求。

表 4 测量范围在 0%~10%试验用气样

试验项目	所需气样(%)
测量误差试验	0.50; 2.00; 8.50
响应时间试验	2.00
报警误差试验	2.00
注：标准气样标称值与所需气样值的允许偏离不超过±10%。	

表 5 测量范围在 0%~100%试验用气样

试验项目	所需气样(%)
测量误差试验	0.50; 8.50; 20.0; 35.0; 60.0; 85.0
响应时间试验	20.0
报警误差试验	2.00; 35.0
注：标准气样标称值与所需气样值的允许偏离不超过±10%。	

7.1.3 试验用主要仪器

7.1.3.1 气体流量计

气体流量计的测量范围为30mL/min~1000mL/min，准确度为2.5级。

7.1.3.2 电子秒表

电子秒表的测量范围为1s~1h，分度值为0.01s。

7.1.3.3 直流稳压电源

直流稳压电源的最大电压应不小于40VDC，输出电流为2A。

7.1.3.4 电压表及电流表

采用四位半的数字万用表，其准确度应不小于0.5级。

7.1.3.5 气体在线分析仪

气体在线分析仪的测量范围为0.00%~100%，测量误差≤真值的2%。

7.1.3.6 声级计

声级计的测量范围为25dB(A)~140dB(A)，频率范围为10Hz~20kHz，声压级不确定度为0.4dB~1.0dB。

7.2 测试方法

7.2.1 外观及结构检查

用目测方法观察外观及结构。

7.2.2 分辨力检查

通入体积浓度2.00%的标准气样，检查测量范围在0%~10%内时主机上传浓度数据的小数点后有效数字的位数。

通入体积浓度20.0%的标准气样，检查测量范围在10%~100%内时主机上传浓度数据的小数点后有效数字的位数。

7.2.3 测量值的重复性和测量误差试验

7.2.3.1 传感器的校准

在以下需通标准气样的试验中，除报警误差试验外，其余试验的通气流量应保持为产品说明书中规定的传感器校准时的流量。不同测量范围，分别校准，校准3次后，在该项试验后续的技术指标测试中不应再次校准。

注：产品说明书中规定的传感器校准时的流量简称规定流量。

校准步骤如下：

- a) 将稳压电源的输出调至规定的工作电压，连接被测主机，传感器处于正常工作状态。
- b) 待传感器零点在洁净空气中稳定后进行校准：
 - 按规定流量对探测器通入体积浓度 2.00%的标准气样（测量范围 0%~10%），通气 5min 后将传感器的测量值调至与标准气样值一致；
 - 按规定流量对探测器通入体积浓度 20.0%的标准气样（测量范围 10%~100%），通气 5min 后将传感器的测量值调至与标准气样值一致。

7.2.3.2 测量值重复性试验

测量值重复性的测试步骤如下：

- a) 待传感器恢复至零点后，不同测量量程，按照规定流量向探测器通入不同浓度的规定试验气体：
 - 甲烷体积浓度为 2.00%的标准气样（测量范围 0%~10%）；
 - 甲烷体积浓度为 20.0%的标准气样（测量范围 10%~100%）。
- b) 将传感器的测量值调至与标准气样值一致。
- c) 保持 60s，记录传感器测量值。
- d) 重复 a)，连续进行 6 次测试，按照式（1）计算标准偏差， S_r ：

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (C_i - \bar{C})^2}{5}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- S_r ——单次测量的标准偏差；
- C_i ——第 i 次的示值；
- $\bar{C}$ ——6 次测量的平均值。

7.2.3.3 测量误差试验

测量误差的测试步骤如下：

- a) 按照 7.2.3.1 规定的方法对传感器进行校准。
- b) 待传感器零点在清洁空气中稳定后，按照规定流量通入标准气样：
 - 采用表 4 中测量误差试验项规定的标准气样（测量范围 0%~10%）；
 - 采用表 5 中测量误差试验项规定的标准气样（测量范围 0%~100%）。
- c) 通入气样 3min 后，记录显示值。
- d) 重复测定 4 次，取其 3 次的算术平均值与标准气样的差值作为该测量点的测量误差。

7.2.4 工作电压范围试验

主机连接上稳压电源，将稳压电源的输出调至厂家规定的工作电压，按7.2.3.2和7.2.3.3规定的方法对传感器进行测量值重复性和测量误差试验。

7.2.5 光缆传输距离对测量误差的影响试验

光缆传输距离影响测量误差的测试步骤如下：

- a) 将探测器与主机通过光缆连接，光缆长度不少于 6km。
- b) 通气测试方法按 7.2.3.3 规定的方法进行，记录测量值。
- c) 重复测定 4 次，取其 3 次的算术平均值与标准气样的差值作为该测量点的测量误差。

7.2.6 工作稳定性试验

工作稳定性测定步骤如下：

- a) 在试验环境条件下，对校准好的传感器按规定流量通入不同的标准气样：
 - 甲烷体积浓度为 2.00% 的标准气样（测量范围 0%~10%）；
 - 甲烷体积浓度为 35.0% 的标准气样（测量范围 10%~100%）。
- b) 依次通入清洁空气和规定的标准气样各 3min。
- c) 连续测量 3 次，记录测量值，取其算术平均值。
- d) 每天重复 b) 一次，连续运行 180d，试验期间不得调整传感器。

7.2.7 响应时间试验

响应时间测定步骤如下：

- a) 在试验环境条件下，按不同档位，规定不同的标准气样：
 - 甲烷体积浓度为 2.00% 的标准气样（测量范围 0%~10%）；
 - 甲烷体积浓度为 20.0% 的标准气样（测量范围 10%~100%）。
- b) 按规定流量通入标准气样，保持 60s，记录测量值作为基准值。
- c) 在正常环境中通电 5min，以相同流量再次通入同浓度的试验气体并开始计时，当显示值达到 90% 基准值时停止计时，记录响应时间 T_{90} 。

7.2.8 报警功能试验

7.2.8.1 报警值与设定值差值的测定

上限报警：将传感器校准好后，传感器报警点设置在 1.00%。待传感器零点稳定后，对传感器缓慢通入体积浓度 2.00% 浓度的标准气样，记录出现声、光报警信号瞬间传感器的测量值，计算设定报警值与测量值的差值。

下限报警：将传感器校准好后，传感器报警点设置在 30.0%。待传感器零点稳定后，对传感器缓慢通入体积浓度 35.0% 浓度的标准气样，待传感器测量值稳定后，缓慢降低通气流量直到为零，记录出现声、光报警信号瞬间传感器的测量值，计算设定报警值与测量值的差值。

7.2.8.2 报警声级强度试验

报警声强度用声级计测量，环境噪声应小于 50dB(A)。将声级计置于传感器的报警声响器轴心正前方 1m 处，测量 3 次，取其平均值。

7.2.8.3 报警光信号

试验在黑暗环境中距传感器 20m 处观察。

7.2.9 绝缘电阻检测试验

主机绝缘电阻检测试验按 MT 210-1990 中第 7 章规定的方法进行。

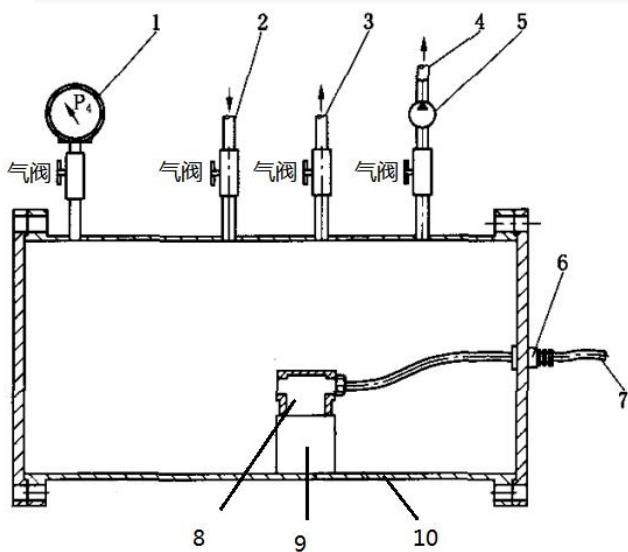
7.2.10 工频耐压试验

主机工频耐压试验按 GB/T 3836.4-2021 中第 10.3 规定的方法进行。

7.2.11 环境适应性试验

7.2.11.1 气候环境耐受性试验

7.2.11.1.1 压力影响试验



- 标引序号说明：
- 1——压力表；
 - 2——进气口；
 - 3——正压取样口；
 - 4——负压取样口；
 - 5——吸气装置；
 - 6——电缆引入装置；
 - 7——电源/通讯电缆；
 - 8——取样气室；
 - 9——传感器；
 - 10——压力影响试验装置外壳。

图2 压力影响试验装置结构示意图

压力影响试验装置结构示意图见图2，将校准好的传感器安装在试验装置上，向装置中注入氮气，用氧气检测仪测量装置取样口的气体浓度，当氧气浓度低于3.0%时，关闭取样口，再向装置注入甲烷气体，调整装置内压力及甲烷浓度值，达到以下要求：

- 做压力上限试验时，装置内压力值控制在 105kPa~110kPa；
- 做压力下限试验时，装置内压力值控制在 80kPa~85kPa；
- 装置内甲烷体积浓度控制在 1.00%~5.00%之间。

压力影响的试验步骤如下：

- a) 当装置内压力及甲烷体积浓度值达到试验要求后，静置 30min，确定压力无变化后，先记录测量值，每 30s 记录 1 次指示值，共记录 3 次，取其算术平均值。
- b) 根据装置内压力与环境大气压力的关系，采用相应的取样方法，记录装置取样口气体在线分析仪的测量值，并计算两者差值。按压力上、下限要求各试验 1 次。

7.2.11.1.2 风速影响试验

风速度影响试验步骤如下：

- a) 将校准好的探测器放入通风试验装置中，在风流为零时，将输出信号值调为甲烷体积浓度 2.00%，记录测量值为基准点值。
- b) 启动风机，调整风速为 $8^{+0.5}_0$ m/s，使系统绕悬挂轴线方向转动，寻找其受风速影响的位置。固定此位置，每 30s 记录 1 次指示值，共记录 3 次，取其算术平均值和基准点值的差值作为漂移量。

7.2.11.1.3 粉尘浓度影响试验

将校准好的探测器放入粉尘浓度试验装置中，启动试验装置，粉尘浓度设定为 $30\text{mg}/\text{m}^3 \sim 70\text{mg}/\text{m}^3$ ，粉尘粒径小于 $74\mu\text{m}$ ，调整风速为 $3.0\text{m}/\text{s}$ ，装置连续运行15d后，按7.2.3.3规定的方法进行测量误差测定。

7.2.11.2 湿度影响试验

按照GB/T 25476-2010 6.4.5.2.2实施。

7.2.11.3 工作温度试验

7.2.11.3.1 低温工作试验

按GB/T 2423.1-2008中试验Ab方法进行。试验过程中，在温度为 $(-10\pm 2)^\circ\text{C}$ 时，通电稳定2h后，测定测量误差。以后每小时测定1次测量误差，共3次。取其算术平均值作为测定值。

7.2.11.3.2 高温工作试验

按GB/T 2423.2-2008中试验Bb方法进行。试验过程中，在温度为 $(55\pm 2)^\circ\text{C}$ 时，通电稳定2h后，测定测量误差。以后每小时测定1次测量误差，共3次。取其算术平均值作为测定值。

7.2.11.4 贮存温度试验

7.2.11.4.1 低温贮存试验

按GB/T 2423.1-2008中试验Ab方法进行。试验过程中，在温度为 $(-40\pm 3)^\circ\text{C}$ 时，持续时间为24h，系统非包装，不通电，不进行中间检测。试验后，在试验箱中恢复到6.11.1规定的条件下保持2h，再测定测量误差。

7.2.11.4.2 高温贮存试验

按GB/T 2423.2-2008中试验Bb方法进行。试验过程中，在温度为 $(70\pm 2)^\circ\text{C}$ 时，持续时间为24h。系统非包装，不通电，不进行中间检测。试验后，在试验箱中恢复到6.11.1规定的条件下保持2h，再测定测量误差。

7.2.11.5 交变湿热试验

按GB/T 2423.4-2008中的试验Db方法进行。试验过程中，在温度为 $(40\pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 $(93\pm 3)\%$ 条件下，持续时间为12d；绝缘电阻和工频耐压试验后按GB/T 2423.4中规定的方法进行恢复和最终检测，检查外观、主要技术指标和功能。

7.2.11.6 机械环境耐受性试验

7.2.11.6.1 概述

7.2.11.6.2~7.2.11.6.4每项试验后，检查性能前，允许重新校准传感器。该项试验的测试对象为主机和探测器。

7.2.11.6.2 振动试验

按GB/T 2423.10-2019中试验Fc方法进行。严酷等级：扫频频率范围 $10\text{Hz} \sim 150\text{Hz}$ ，加速度幅值为 $50\text{m}/\text{s}^2$ ，振动次数为5次。固定使用的系统不通电，不包装，不进行中间检测；机载移动使用的系统通电，进行中间检测。试验后再进行外观检查和测定测量误差。

7.2.11.6.3 冲击试验

按GB/T 2423.5-2008中试验Ea方法进行，严酷等级：峰值加速度为 $500\text{m}/\text{s}^2$ ，脉冲持续时间为 $(11\pm 1)\text{ms}$ ，3个轴线每个方向连续冲击3次（共18次）。固定使用的系统不通电，不包装。不进行中间检测；机载移动使用的系统通电，进行中间检测。试验后再进行外观检查和测定测量误差。

7.2.11.6.4 跌落试验

按GB/T 2423.8-1995中试验Ed方法进行。严酷等级：跌落高度为0.5m，以正常使用方向自由落向平滑、坚硬的混凝土面上共2次。系统非包装，不通电，不进行中间检测。试验后进行外观检查，再测定测量误差。

7.2.12 防爆试验

7.2.12.1 防爆性能试验方法按 GB/T 3836.1-2021、GB/T 3836.4-2021 的规定进行。

7.2.12.2 外壳防护性能试验按 GB/T 4208-2017 中规定的方法进行。

7.2.12.3 火花试验按 GB/T 3836.4-2021 中 10.1 规定的方法进行。

7.2.12.4 电气间隙和爬电距离的测量由游标卡尺进行测量。

7.2.12.5 与本安性能有关元件的检查按照 GB/T 3836.4-2021 的规定进行。

7.2.13 抗电磁干扰试验

7.2.13.1 静电放电抗扰度试验

按GB/T 17626.2-2018的规定进行试验布置，传感器处于正常监视状态。按GB/T 17626.2-2018规定的试验方法，对传感器及耦合板施加符合严酷等级为3级的静电放电干扰。条件试验结束后，按7.2.3.3规定的方法进行测量误差测定。

7.2.13.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

按GB/T 17626.3-2016的规定进行试验布置，传感器处于正常监视状态。按GB/T 17626.3-2016规定的试验方法，施加符合严酷等级为2级的射频电磁场辐射干扰。条件试验结束后，按7.2.3.3规定的方法进行测量误差测定。

7.2.13.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

按GB/T 17626.4-2018的规定进行试验布置，传感器处于正常监视状态。按GB/T 17626.4-2018规定的试验方法，施加符合严酷等级为2级的电快速瞬变脉冲群干扰。条件试验结束后，按7.2.3.3规定的方法进行测量误差测定。

7.2.13.4 浪涌(冲击)抗扰度试验

按GB/T17626.5-2018的规定进行试验布置，传感器处于正常监视状态。按GB/T 17626.5-2018规定的试验方法，对交流电源端口施加符合严酷等级为3级的浪涌（冲击）干扰，对直流电源端口和信号端口施加符合严酷等级为2级的浪涌（冲击）干扰。条件试验结束后，按7.2.3.3规定的方法进行测量误差测定。

7.2.13.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

按GB/T17626.6-2017的规定进行试验布置，传感器处于正常监视状态。按GB/T17626.6-2017规定的试验方法，施加符合严酷等级为2级的射频场感应的传导骚扰。条件试验结束后，按7.2.3.3规定的方法进行测量误差测定。

8 检验规则

8.1 概述

传感器的检验分出厂检验和型式检验，检验项目见表6。

表 6 检验项目表

序号	检验项目	试验要求	试验项目条款	出厂检验	型式检验
1	外观及结构检查	6.1	7.2.1	√	√

表 6 (续)

2	分辨力检查	6.2	7.2.2	√	√
3	测量值重复性试验	6.3.1	7.2.3.2	√	√
4	测量误差试验	6.3.2	7.2.3.3	√	√
5	工作电压范围试验	6.4	7.2.4	√	√
6	光缆传输距离试验	6.5	7.2.5	√	√
7	工作稳定性试验	6.6	7.2.6	△	√
8	响应时间试验	6.7	7.2.7	√	√
9	报警功能试验	6.8	7.2.8	√	√
10	绝缘电阻试验	6.9	7.2.9	※	√
11	工频耐压试验	6.10	7.2.10	*	√
12	压力影响试验	6.11.3	7.2.11.1.1	×	√
13	风速影响试验	6.11.3	7.2.11.1.2	×	√
14	粉尘影响试验	6.11.3	7.2.11.1.3	×	√
15	湿度影响试验	6.11.3	7.2.11.2	×	√
16	工作温度试验	6.11.3	7.2.11.3	×	√
17	贮存温度试验	6.11.3	7.2.11.4	×	√
18	交变湿热试验	6.11.3	7.2.11.5	×	√
19	振动试验	6.11.4	7.2.11.6.2	×	√
20	冲击试验	6.11.4	7.2.11.6.3	×	√
21	跌落试验	6.11.4	7.2.11.6.4	×	√
22	外壳防护性能	6.12.2	7.2.12.2	×	√
23	火花点燃试验	6.12.3	7.2.12.3	×	√
24	电气间隙与爬电距离试验	6.12.4	7.2.12.4	√	√
25	与本安有关的元件检查	6.12.5	7.2.12.5	×	√
26	抗电磁干扰试验	6.13	7.2.13	×	√
注：表中“√”为检验项目，“×”为不检验项目，“△”工作稳定性试验出厂检验时间为“15d”，“※”绝缘电阻试验出厂检验只作常态化，“*”为抽检项目。					

8.2 出厂检验

出厂前应由制造厂质量检验部门逐台进行检验，检验合格并发给合格证后方可出厂。

8.3 型式检验

8.3.1 检验条件

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品试验鉴定或老产品转厂生产时。

- b) 正式生产后如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时。
- c) 正常生产的传感器每五年一次。
- d) 停产两年以上再次恢复生产时。
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。
- f) 国家有关机构提出要求时。

8.3.2 检验单位

型式检验应由国家授权的质量监督检验机构负责进行。

8.3.3 抽样

从出厂检验合格的传感器中按GB/T 10111-2008规定的方法进行。抽样基数不少于10台，抽样数量不少于3台。

8.3.4 判定规则

受检传感器为3台。在检验中，如有1台项及以上不合格，项目加倍复检，如仍有不合格项目，判为不合格产品，否则合格。

9 标志、包装、使用说明书、运输和贮存

9.1 标志

9.1.1 概述

外壳明显处应设有牢固的防爆标志、铭牌。铭牌材质宜选用不锈钢或铜材质，其应至少包含下列内容：

- a) 产品型号和名称。
- b) 防爆标志。
- c) 防爆合格证编号。
- d) 关联设备型号。
- e) 主要技术参数。
- f) 防护等级。
- g) 出厂编号和日期。
- h) 检验单位标志。
- i) 制造厂名称。

9.1.2 包装标志

包装标志应符合：

- a) 发货标志应符合有关运输规定。
- b) 作业标志应符合 GB/T 191 的规定。

9.2 包装

包装应采用复合防护包装类型，具有防雨、防潮、防尘、减振能力。包装箱内应有下列文件：

- a) 产品合格证。
- b) 产品使用说明书。
- c) 装箱单。

9.3 使用说明书

传感器的使用说明书按GB/T 9969-2008的规定编写。

9.4 运输

包装好的产品应避免雨雪直接淋袭的条件下应适于公路、铁路、水路、航空运输。

9.5 贮存

传感器应存放在通风良好无腐蚀性气体的库房内。

附 录 A
(资料性)

甲烷气体爆炸下限与体积浓度的换算关系

根据JJG693-2011可燃气体检测报警器检定规程附录C中表格查询,甲烷气体在空气中的爆炸下限为5% (体积浓度), 此浓度定义为100% (爆炸下限LEL), 因此根据式 (1) 可对两个浓度单位的数值进行换算:

$$X = Y \times 20 \cdots \cdots \cdots (A. 1)$$

式中:
X——甲烷爆炸下限换算值;
Y——甲烷气体体积浓度。

