

ICS 00.000.00

CCS X 00



团体标准

T/CEATEC XXX—2025

激光气体传感器技术规范

Technical specification for laser gas sensors

(设计草案)

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

目 次

前言 III

1 范围 4

2 规范性引用文件 4

3 术语和定义 4

4 产品要求 4

 4.1 基本性能指标 4

 4.2 环境适应性 5

 4.3 电气性能 5

 4.4 通信与输出要求 5

5 试验方法 5

 5.1 检测限测试 5

 5.2 响应时间测试 5

 5.3 重复性误差测试 5

 5.4 线性误差测试 6

 5.5 长期稳定性测试 6

 5.6 交叉敏感性测试 6

 5.7 湿度适应性测试 6

 5.8 抗冲击能力测试 7

 5.9 振动抗扰度测试 7

 5.10 绝缘电压测试 7

 5.11 浪涌抗扰度测试 7

 5.12 通信协议兼容性测试 7

 5.13 信号隔离测试 7

6 生产要求 8

 6.1 人员要求 8

 6.2 环境要求 8

 6.3 生产工艺要求 8

 6.4 安全要求 8

7 检验规则 8

 7.1 检验分类 8

 7.2 检验方法 8

 7.3 记录与报告 9

8 标志、包装、运输和贮存 9

 8.1 标志 9

 8.2 包装 9

8.3 运输	9
8.4 贮存	9

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。

本文件由牵头或起草单位提出。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

激光气体传感器技术规范

1 范围

本文件规定了激光气体传感器的产品要求、试验方法、生产要求、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于工业过程控制、环境监测、安全防护等领域中使用的可调谐二极管激光吸收光谱（TDLAS）气体传感器，其他类型激光气体传感器可参照执行。

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 4208 外壳防护等级 (IP代码)
- GB/T 5275.1 气体分析 动态法制备校准用混合气体 第1部分：通用要求
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 26790.1 工业无线网络WIA规范 第1部分：用于过程自动化的WIA系统结构与通信规范
- GB/T 34041.1 气体分析器 第1部分：通用技术条件
- JJF 1366 气体传感器校准规范
- IEC 60068-2-6 环境试验 振动测试方法
- IEC 60068-2-27 环境试验 冲击试验
- IEC 61000-4-5 电磁兼容 浪涌抗扰度试验
- ISA 61010-031 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 (ISA 61010-031: Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, & Laboratory Use)
- ISO 6142 气体分析 校准用混合气体的制备
- ISO 14644-1 《洁净室及相关受控环境 第1部分：空气洁净度等级》 (Cleanrooms and associated controlled environments—Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration)

3 术语和定义

GB/T 41569界定的及以下术语和定义适用于本文件。

3.1

激光气体传感器 laser gas sensor

基于可调谐二极管激光吸收光谱（TDLAS）技术，通过检测特定气体分子吸收光谱实现气体浓度测量的装置。

4 产品要求

4.1 基本性能指标

项目	要求
测量范围	0—1000 ppm（以CO ₂ 为例）
检测限	≤1 ppm

响应时间	$\leq 10\text{s}$
重复性误差	$\leq \pm 2\%\text{FS}$

线性误差： $\leq$ 加减1%FS（在量程范围内，实际输出与理论值的最大偏差）。

长期稳定性：连续运行720小时后，零点漂移 $\leq \pm 1\%\text{FS}$ ，量程漂移 $\leq \pm 2\%\text{FS}$ 。

交叉敏感性：对干扰气体的响应误差 $\leq \pm 2\%\text{FS}$ （需明确主要干扰气体类型，如 CH_4 对 CO_2 测量的影响）。

4.2 环境适应性

4.2.1 工作温度： $-20^\circ\text{C}\sim+50^\circ\text{C}$ ；

4.2.2 工作湿度：10%~90% RH(非冷凝)；

4.2.3 防护等级：IP65；

4.2.4 抗冲击能力：承受半正弦波冲击（峰值加速度50g，持续时间11ms）后功能正常；

4.2.5 振动抗扰度：符合频率10~150 Hz，振幅1.5 mm。

4.3 电气性能

4.3.1 电源电压：DC 12~24 V；

4.3.2 绝缘电压：电源端子与外壳间耐压 $\geq 1500\text{ VAC}$ （持续1分钟，无击穿或闪络）；

4.3.3 功耗： $\leq 5\text{ W}$ ；

4.3.4 电磁兼容性：通过静电放电测试（接触放电 $\pm 8\text{ kV}$ ）；

4.3.5 浪涌抗扰度：通过IEC 61000-4-5规定的 $\pm 2\text{ kV}$ 浪涌测试，测试后性能偏差 $\leq \pm 1\%\text{FS}$ 。

4.4 通信与输出要求

4.4.1 输出接口：RS485/Modbus或4~20 mA模拟信号；

4.4.2 数据更新频率： $\geq 1\text{ Hz}$ ；

4.4.3 通信协议兼容性：支持Modbus RTU/TCP协议；

4.4.4 信号隔离：模拟输出与电源间需电气隔离（隔离电压 $\geq 1000\text{ V}$ ）。

5 试验方法

5.1 检测限测试

5.1.1 仪器：

标准气体发生器、高精度浓度分析仪。

5.1.2 步骤：

具体步骤如下：

a) 通入1 ppm标准气体，连续测量10次；

b) 计算标准偏差 σ ，检测限 $\text{LOD}=3\sigma$ ；

5.2 响应时间测试

5.2.1 仪器：

动态气体浓度切换装置、数据记录仪。

5.2.2 步骤：

具体步骤如下：

a) 通入浓度阶跃变化的标气（如0→500 ppm）；

b) 记录输出信号从10%升至90%所需时间；

5.3 重复性误差测试

5.3.1 步骤：

具体步骤如下：

a) 在相同条件下连续测量标气6次将凝胶与注射用水按1:10质量比混合，振荡均；

b) 计算最大值与最小值的相对误差。

5.4 线性误差测试

5.4.1 仪器：

多浓度标准气体发生器（覆盖量程0%、25%、50%、75%、100%）、高精度气体浓度分析仪、数据记录系统。

5.4.2 步骤：

具体步骤如下：

- 依次通入0 ppm、250 ppm、500 ppm、750 ppm、1000 ppm标准气体（以CO₂ 为例）；
- 记录传感器输出值，每浓度点稳定后读取10次数据取平均值；
- 计算各点实际输出与理论值的偏差：

$$\text{线性误差} = \frac{\text{实际值} - \text{理论值}}{\text{满量程值}} \times 100\%$$

- 判定标准：所有浓度点的线性误差均 $\leq \pm 1\%FS$ 。

5.5 长期稳定性测试

5.5.1 仪器：

恒温恒湿试验箱（温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ，湿度 $50 \pm 5\% RH$ ）、标准气体（量程50%浓度的CO₂ 气体）。

5.5.2 步骤：

具体步骤如下：

- 传感器在标准环境下连续运行720小时；
- 每24小时通入一次50%量程标准气体，记录零点值和量程值；
- 计算零点漂移和量程漂移：

$$\text{零点漂移} = \frac{\text{最终零点值} - \text{初始零点值}}{\text{满量程值}} \times 100\%$$

$$\text{量程漂移} = \frac{\text{最终量程值} - \text{初始量程值}}{\text{满量程值}} \times 100\%$$

- 判定标准：零点漂移 $\leq \pm 1\%FS$ ，量程漂移 $\leq \pm 2\%FS$ 。

5.6 交叉敏感性测试

5.6.1 仪器：

干扰气体发生器（如CH₄、H₂O等）、目标气体（CO₂）标准气、高精度浓度分析仪。

5.6.2 步骤：

- 通入目标气体（如500 ppm CO₂），记录传感器输出值；
- 保持目标气体浓度不变，通入干扰气体（如1000 ppm CH₄）；
- 记录传感器输出值变化；
- 计算干扰响应误差：

$$\text{交叉敏感性误差} = \frac{\text{干扰下输出值} - \text{目标气体输出值}}{\text{满量程值}} \times 100\%$$

- 判定标准：误差 $\leq \pm 2\%FS$ 。

5.7 湿度适应性测试

5.4.1 仪器：

恒温恒湿试验箱（湿度范围10%~90% RH，温度 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ）。

5.4.2 步骤：

具体步骤如下：

- 传感器在10% RH环境下运行2小时，记录输出值；
- 逐步增加湿度至90% RH（非冷凝），每10% RH间隔稳定30分钟并记录数据；
- 判定标准：全程输出波动 $\leq \pm 2\%FS$ ，功能无异常。

5.8 抗冲击能力测试

5.8.1 仪器：

冲击试验台。

5.8.2 步骤：

具体步骤如下：

- a) 传感器固定在试验台上，施加半正弦波冲击（峰值加速度50g，持续时间11ms）；
- b) 三个轴向（X/Y/Z）各冲击3次；
- c) 测试后检查外观及功能，判定标准：无机械损伤，性能偏差 $\leq \pm 1\%FS$ 。

5.9 振动抗扰度测试

5.9.1 仪器：

振动试验台。

5.9.2 步骤：

具体步骤如下：

- a) 传感器固定在试验台上，施加频率10–150Hz、振幅1.5mm的正弦振动；
- b) 每轴向（X/Y/Z）持续振动2小时；
- c) 测试中及测试后记录输出值，判定标准：性能偏差 $\leq \pm 2\%FS$ ，结构无松动。

5.10 绝缘电压测试

5.10.1 仪器：

耐压测试仪（输出 ≥ 1500 VAC，精度 $\pm 5\%$ ）。

5.10.2 步骤：

具体步骤如下：

- a) 测试电压施加于电源端子与外壳间，以100 V/s速率升至1500 VAC，保持1分钟；
- b) 判定标准：无击穿或闪络现象，漏电流 ≤ 5 mA。

5.11 浪涌抗扰度测试

5.11.1 仪器：

浪涌发生器。

5.11.2 步骤：

具体步骤如下：

- a) 对电源端口施加 ± 2 kV浪涌脉冲（1.2/50 μs 波形），正负极性各5次；
- b) 测试后检查功能，判定标准：性能偏差 $\leq \pm 1\%FS$ 。

5.12 通信协议兼容性测试

5.12.1 仪器：

Modbus RTU/TCP协议测试软件、RS485通信分析仪。

5.12.2 步骤：

具体步骤如下：

- a) 通过RS485接口发送标准Modbus指令（如读取寄存器0x0001）；
- b) 验证传感器返回数据是否符合协议规范；
- c) 判定标准：协议解析正确率100%。

5.13 信号隔离测试

5.13.1 仪器：

耐压测试仪（输出 ≥ 1000 VDC）、绝缘电阻测试仪。

5.13.2 步骤：

具体步骤如下：

- a) 在模拟输出端子与电源端子间施加1000 VDC，持续1分钟；

b) 测量绝缘电阻，判定标准：电阻 $\geq 100\text{M}\Omega$ ，无击穿。

6 生产要求

6.1 人员要求

6.1.1 生产及测试人员需具备电子工程、光学或相关专业背景，并通过技术培训。

4.1.2 校准操作人员需持有计量认证资质证书。

6.2 环境要求

6.2.1 生产环境洁净度不低于ISO 8级（十万级），关键组装区需控制温度（ $20\pm 2^\circ\text{C}$ ）、湿度（ $50\pm 10\%$ ）。

6.2.2 校准实验室需配备恒温恒湿设备（温度 $25\pm 1^\circ\text{C}$ ，湿度 $\leq 60\%$ ）。

6.3 生产工艺要求

6.3.1 激光器封装需采用气密性焊接工艺，避免光路污染。

6.3.2 传感器出厂前需通过标准气体校准，校准数据存档至少5年。

6.4 安全要求

6.4.1 防爆型传感器需符合爆炸性环境设备通用要求。

6.4.2 高压电路部分需通过绝缘电阻测试（ $\geq 100\text{M}\Omega$ ）。

7 检验规则

7.1 检验分类

7.1.1 出厂检验：

每台传感器均需进行，检验项目包括：

a) 基本性能指标（检测限、响应时间、重复性误差）；

b) 电气性能（电源电压、绝缘电阻）；

c) 通信接口功能验证。

判定标准：所有项目符合要求方可出厂，不合格品返修或报废。

7.1.2 型式检验：

在下列情况之一时进行：

a) 新产品定型或老产品转厂生产；

b) 设计、工艺、材料重大变更；

c) 停产一年后恢复生产；

d) 国家质量监督机构提出要求。

检验项目包括：

e) 全部出厂检验项目；

f) 环境适应性（高低温、防护等级、振动抗扰度）；

g) 长期稳定性、交叉敏感性；

h) 安全要求（防爆性能、绝缘耐压）。

抽样方法：从同一批次中随机抽取3台，若1台不合格则加倍抽样复检，复检仍不合格则判定批次不合格。

7.2 检验方法

7.2.1 抽样规则：

a) 出厂检验：全检。

b) 型式检验：按抽样检验程序正常检验一次抽样方案， $\text{AQL}=1.0$ 。

判定规则：

a) 单台产品任一项目不合格即判定为不合格品；

b) 型式检验批次合格条件：所有样本均通过测试。

7.3 记录与报告

检验记录需包括：产品序列号、检验日期、检验人员；测试数据、判定结果、不合格项描述（若适用）。

型式检验报告需存档至少10年，供监管机构审查。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 产品标签：

型号、测量气体类型；生产日期、序列号；防护等级、防爆标志（如适用）；制造商名称及联系方式。

8.2 包装

8.2.1 内包装要求：

具体要求如下：

- a) 防静电袋密封，内置干燥剂；
- b) 附带校准证书及操作手册。

8.2.2 外包装要求：

具体要求如下

- a) 瓦楞纸箱需标注“易碎”“防潮”标识；
- b) 单箱承重 ≤ 20 kg。

8.3 运输

8.3.1 运输条件：

具体条件如下：

- a) 避免剧烈震动，环境温度 $-20^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 防爆型传感器需使用专用防爆运输箱。

8.3.2 运输工具：

具体工具如下：

- a) 冷链车辆：需配备温度监控装置，全程记录温度数据并生成报告；车厢内温度分布均匀性需通过验证（温差 $\leq \pm 2^{\circ}\text{C}$ ）。
- b) 普通货运车辆：应安装防震装置（如空气悬挂系统），避免运输中剧烈震动；车厢需清洁、无油污及腐蚀性物质残留。
- c) 防爆型传感器专用运输工具：车辆具备防爆认证；运输过程中禁止与其他易燃易爆物品混装。

8.3.3 装卸要求：

具体要求如下：

- a) 装卸操作需使用以下工具：叉车（额定载荷 ≥ 1 吨）或手动液压搬运车；禁止直接拖拽、抛掷包装箱。
- b) 环境条件：雨雪天气需在防雨棚下作业，避免包装受潮；装卸区域地面需平整，无尖锐凸起物。
- c) 防爆型传感器装卸附加要求：操作人员需佩戴防静电手套及腕带；装卸前需确认传感器防爆标识完整，无机械损伤。

8.4 贮存

8.4.1 环境要求：

具体要求如下：

- a) 温度： $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 湿度： $\leq 70\%$ RH；
- c) 远离强磁场及腐蚀性气体。

8.4.2 堆码要求：

具体要求如下：

- a) 堆码稳定性：包装箱需角对角对齐，层间放置防滑垫片（厚度 $\geq 5\text{ mm}$ ）；倾斜角度不得超过 3° ，防止重心偏移导致倾倒。
- b) 托盘承载能力需 $\geq 500\text{ kg}$ ，单托堆码不超过3层。
- c) 异常情况处理：若包装变形或破损，需单独存放并重新检验；长期贮存时，每季度检查堆码状态并调整。

