

ICS 13.320
A 91

团 体 标 准

T/CCSAS 008—2020

工业园区危险气体 TDLAS 开放光路监测系统技术规范

Technical Specifications for Industry Park Dangerous Gas TDLAS Open-path
Monitoring system

(报批稿)

2020-10-10 发布

2021-01-01 实施

中国化学品安全协会 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 监测系统功能和组成结构.....	1
5 监测系统一般要求.....	2
6 监测系统性能指标.....	4
7 监测系统安装要求.....	4
8 监测系统技术验收要求.....	5
9 监测系统日常运行管理要求.....	7
10 监测系统日常运行质量保证.....	8
附 录 A（资料性附录） 典型危险气体监测量程与最低检测限.....	10

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。

本标准由中国化学品安全协会提出。

本标准由中国化学品安全协会归口。

本标准起草单位：中国科学院合肥物质科学研究院、中国安全生产科学研究院

本标准主要起草人：关磊、阚瑞峰、杨晨光、许学瑞、武海丽、夏晖晖、姚路、赵欣然、许振宇、张旭旭、范雪丽、孙营军、雷鸣。

工业园区危险气体 TDLAS 开放光路监测系统技术规范

1 范围

本标准规定了工业园区危险气体TDLAS开放光路监测系统（以下简称“监测系统”）的组成结构要求、性能指标、安装要求、验收要求、日常管理要求与质量保证。

本标准适用于工业园区甲烷（CH₄）、一氧化碳（CO）、氨（NH₃）、硫化氢（H₂S）、乙烯（C₂H₄）TDLAS开放光路监测系统，主要面向园区危险气体泄漏监测预警、突发事件应急监测、安全生产隐患排查监测等，也可用于环境污染气体影响评价监测。其他种类的危险气体可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 3836.4 爆炸性环境第4部分：由本质安全型“i”保护的设备

GB 3836.15 爆炸性环境第15部分：电气装置的设计、选型和安装

GB/T 14093.4 机械产品环境技术要求工业腐蚀环境

GB/T 20936.4 爆炸性环境用气体探测器 第4部分：开放路径可燃气体探测器性能要求

GB/T 31162 地面气象场（室）防雷技术规范

3 术语和定义

GB/T 20936.4 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

TDLAS开放光路监测系统 tunable diode laser absorption spectroscopy open-path monitoring system

基于可调谐半导体激光吸收光谱原理，监测开放路径中气体浓度的系统。

3.2

零光程 zero optical path

监测系统处于校准状态下，光程远小于时间测量光程，被称为零光程。

3.3

等效浓度 equivalent concentration

在仪器测量光路中放置校准池，通入标准气体，根据测量光程与校准池长度比例，将标准气体浓度值转化为实际校准浓度值，该浓度为等效浓度。

4 监测系统功能和组成结构

4.1 功能

监测系统应具有能通过测量危险气体的区域浓度，计算并追踪气体泄漏的区域位置，显示和打印各种参数，并通过数据、图文等方式传输至管理部门的功能。

4.2 组成结构

4.2.1 通用要求

监测系统应由激光收发光机结构、分析仪器、数据采集与传输设备、校准单元和有线或无线通讯方式组成。组成结构示意图如图1所示。

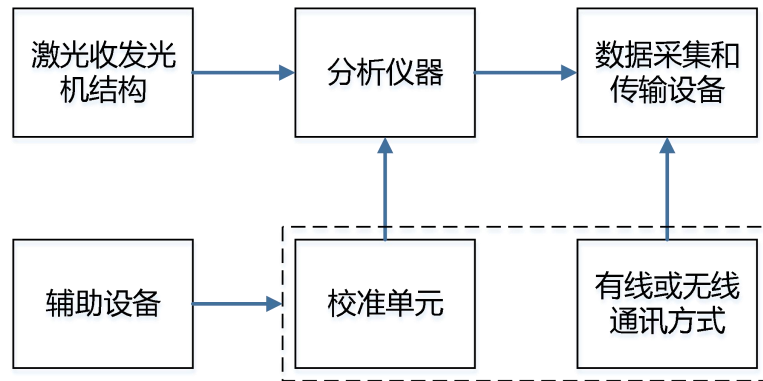


图1 工业园区危险气体 TDLAS 开放光路监测系统组成结构示意图

4.2.2 激光收发光机结构

激光收发光机结构应包括激光远距离发射系统、光束反射单元、吸收信号探测模块，该结构一般用于长光程区域气体浓度探测领域。

4.2.3 分析仪器

分析仪器应具有对采集到的吸收光谱信号进行电子学信号放大检测的功能。

4.2.4 数据采集和传输设备

数据采集和传输设备应能采集、处理和存储监测数据，并按中心计算机指令传输监测数据和设备工作状态信息。数据传输方式以485全双工通讯或4-20mA双线传输。

4.2.5 辅助设备

辅助设备应包括校准单元和有线或无线通讯单元。其校准单元应包括可见指示光、反射单元清洁防护装置、信号接收电子学调试设备等。有线或无线通讯单元应包括在线监测数据的串口传输设备和无线网络传输设备。

5 监测系统一般要求

5.1 外观要求

5.1.1 产品应具有产品铭牌，铭牌上应标有仪器名称、型号、生产单位、出厂编号、制造日期以及防爆等级、防护等级及防爆合格证编号等信息。

5.1.2 产品表面应完好无损，无明显缺陷，外壳或外罩应耐腐蚀、密封性能良好、防尘、防雨。各零部件连接可靠，各操作键、按钮使用灵活，定位准确。

5.1.3 主机面板应显示清晰，涂色牢固，字符、标识易于识别，不应有影响读数的缺陷。

5.2 工作条件要求

在以下条件中监测系统应能正常工作：

环境温度：（0~45）℃；

相对湿度：≤85%；

大气压：（80~106）kPa；

供电电压：AC（220±22）V，（50±1）Hz。

注：低温、低压等特殊环境条件下，仪器设备的配置应满足当地环境条件的使用要求。

5.3 安全要求

5.3.1 绝缘电阻

在环境温度为（0~45）℃，相对湿度≤85%条件下，监测系统电源端子对地或机壳的绝缘电阻不应小于 20MΩ。

5.3.2 绝缘强度

在环境温度为（0~45）℃，相对湿度≤85%条件下，监测系统在1500V（有效值）、50Hz 正弦波试验电压下持续1min，不应出现击穿或飞弧现象。

5.3.3 接地保护

监测系统应具有漏电保护装置，具备良好的接地措施，防止累计等对系统造成损坏。

5.3.4 防爆要求

监测系统防爆性能应符合GB 3836.4的有关规定。

5.3.5 防雷要求

监测系统防雷性能应符合GB/T31162的有关规定。

5.3.6 防腐蚀要求

监测系统防腐蚀性能应符合GB/T 14093.4中对于户内型轻腐蚀环境产品的有关规定。

5.4 功能要求

监测系统应具有下列功能：

- a) 24 h 连续在线监测；
- b) 能够显示和设置系统时间；
- c) 能够显示仪器内部工作状态的参数信息；
- d) 能够显示实时数据，并具有记录存储 30d 以上的有效数据，和备查询历史数据的功能；
- e) 能够进行温度调节；
- f) 具有中文数据采集和控制软件；
- g) 数据自动存储，断电后自动恢复；
- h) 能够对监测数据实时采集、存储、计算，并可通过有线或无线方式传输到控制室。

5.5 测量校准

5.5.1 监测系统应能用手动或自动方式进行零点和量程校准。

5.5.2 监测系统，应具备在实验室短光程下进行标准气体全系统校准的功能，即能够完成从激光收发、数据采集和分析仪器的全系统校准。

6 监测系统性能指标

6.1 量程

6.1.1 监测系统监测主要危险气体浓度可设置可选测量范围，测量范围的选择依据现场待测气体的典型浓度值设置，测量范围的表示方式可有：（1）LEL；（2）ppm；（3）mg/m³。

6.1.2 最大量程应该根据气体吸收光谱不饱和确定（吸光度小于0.1为宜）。

6.1.3 典型危险气体1.5km光程下的量程应符合附录A的要求。

6.2 零点漂移

24 h零点漂移应不大于满量程的5%。

6.3 量程漂移

24 h量程漂移应不大于满量程的5%。

6.4 重复性

用高浓度的标准气体检查时，连续测量至少6次相对标准偏差应不大于5%。

6.5 示数误差

示数误差应不大于满量程的5%

6.6 平均无故障运行时间（最大无人值守工作时间）

平均无故障运行时间应不小于168 h。

6.7 最低检测限

典型危险气体1.5 km光程下的最低检测限应符合附录A的要求。

7 监测系统安装要求

7.1 安装位置要求

7.1.1 安装监测系统的工作区域供电负荷应为一级负荷中比较重要负荷，按照一级供电负荷进行供电，供电电源损坏或故障应能被探测到。可采取视频监控等适当措施保证监控区域的安全。

7.1.2 光束反射单元安装位置与主机之间应无阻挡；

7.1.3 室外监测系统装置应安装在掩蔽所内，以便在恶劣天气条件下不影响在线监测系统的运行和不损害工作人员的健康，能够安全地进行维护。

7.1.4 安装在高空位置的监测系统应采取措施防止发生雷击事故，做好接地，以保证人身安全和仪器的运行安全。

7.2 安装施工要求

7.2.1 监测系统安装施工应符合 GB 3836.15 的规定；

7.2.2 施工单位应熟悉监测系统的原理、结构、性能，编制施工方案、施工技术流程图、设备技术文件、设计图样、监测设备及配件货物清单交接明细表，施工安全细则等有关文件；

7.2.3 设备技术文件应包括资料清单、产品合格证、机械结构、电气、仪表安装的技术说明书、装箱清单、配套件、外购件检验合格证和使用说明书等；

7.2.4 现场端连接材料（垫片、螺母、螺栓、短管、法兰等）为焊件组对成焊时，壁（板）的错边量应符合实际要求；

7.2.5 电缆桥架安装应满足最大直径电缆的最小弯曲半径要求，电缆桥架的连接应采用连接片，配电套管应采用钢管和PVC管材质配线管，其弯曲半径应满足最小弯曲半径要求；

7.2.6 应将动力与信号电缆分开铺设，保证电缆通路及电缆保护管的密封，自控电缆铺设应符合输入和输出分开，数字信号和模拟信号分开的配线和铺设的要求；

8 监测系统技术验收要求

8.1 总体要求

8.1.1 监测系统在完成系统安装、并上电试运行后，应进行验收，包括现场测量验收和联网验收。

8.1.2 监测系统的安装位置及施工要求应符合本标准7.1和7.2的要求。

8.1.3 应提供30d内数据采集和传输自检报告。

8.1.4 根据第6章的性能指标要求，提供调试合格报告及调试结果数据。

8.1.5 应提供调试检测后至少稳定运行7d的运行记录。

8.2 现场测量要求

工业园区危险气体TDLAS开放光路监测系统技术指标验收包括零点漂移、量程漂移、示值误差、最低检测限技术指标的验收。现场验收时，逐一进行验收测试，不符合其中某项技术要求的，可不再继续开展其余项目验收。

8.2.1 零点漂移与量程漂移

使待测仪器处于零光程状态，在光路中放置校准池，待测仪器运行稳定后，通入零点标准气（高纯氮气），记录仪器零点稳定读数为Z；然后通入等效浓度为80%量程的标气，记录稳定读数M。通气结束后，连续运行24h（期间不允许任务维护和校准）后重复上述操作，并分别记录稳定后读数，分别按照公式（1）、（2）计算待测仪器的零点漂移ZD、量程漂移USD，重复测量3次取平均值，计算结果均不大于满量程的5%为合格。

$$ZD_n = (Z_n - Z_{n-1}) / R \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ZD——待测仪器的24h零点漂移；

Z_n——待测仪器第n次零点标准气测量值，ppb；

R——待测仪器量程范围，ppb。

$$USD_n = (M_n - M_{n-1}) / R \dots\dots\dots (2)$$

式中：

USD——待测仪器的24h量程漂移；

M_n——待测仪器第n次标准气测量值，ppb；

R——待测仪器量程范围，ppb。

8.2.2 重复性

使待测仪器处于零光程状态，在光路中放置校准池，待测仪器运行稳定后，将等效浓度为20%~80%量程的标准气体依次通入标准气体样品池，待示值稳定后，得到测量值，然后回零，上述步骤重复6次，记录各次测量数据。按式（3）计算相对标准偏差Sr即为待测仪器的重复性，Sr不大于5%为合格。

$$S_r = \frac{1}{\bar{C}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (C_i - \bar{C})^2}{5}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

S_r ——待测仪器的重复性

C_i ——待测仪器第*i*次的浓度测量值

\bar{C} ——待测仪器6次浓度测量值的算术平均值

8.2.3 示值误差

使待测仪器处于零光程状态，在光路中放置校准池，待测仪器运行稳定后，将等效浓度为20%~80%量程的标气依次通入标准气体样品池，读数稳定后记录显示值；再通入零点标准气（高纯氮气），重复测试3次，按公式（4）计算待测仪器的示数误差 L_e ， L_e 不大于满量程的5%为合格。

$$L_e = \frac{(\bar{C}_d - C_s)}{C_s} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

L_e ——待测仪器示数误差

\bar{C}_d ——待测仪器3次测量浓度平均值，ppb

C_s ——标准气体浓度标称值，ppb

8.2.4 最低检测限

使待测仪器处于零光程状态，在光路中放置校准池，待测仪器运行稳定后，将零点标准气（高纯氮气）通入标准气体样品池，每2min记录该时间段仪器显示的测量数据的平均值 r_i （记为1个数据），获得30个数据。按公式（5）计算取得数据的标准偏差 S_0 （又称待测仪器的零点噪声）， $2S_0$ 即为该仪器的最低检出限 R_{DL} ，符合附录A的要求为合格。

$$R_{DL} = 2S_0 = 2\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

R_{DL} ——待测仪器的最低检出限，ppb；

S_0 ——待测仪器的零点噪声，ppb；

r_i ——待测仪器的第*i*次测量值，ppb；

\bar{r} ——待测仪器测量的平均值，ppb；

i ——记录数据的序号；

n ——记录数据的总个数（30）。

8.2.5 测量验收测试报告格式

测量验收报告至少包括以下内容：

a) 报告的标识-编号；

- b) 检测日期和编制报告的日期；
- c) 环境条件记录情况（大气压力、环境温度、环境湿度等）；
- d) 验收引用的标准；
- e) 所用可溯源到国家标准的标准气体；
- f) 参比方法所用的主要设备，仪器等；
- g) 检测结果和结论；
- h) 测试单位；
- i) 三级审核签字；
- j) 备注。

8.3 联网验收要求

联网验收由通信及数据传输验收、现场数据比对验收和联网稳定性验收三部分组成。

8.3.1 通信及数据传输验收

8.3.1.1 数据采集和传输设备与监控中心之间的通信应稳定，不应出现经常性的通信连接中断、报文丢失、报文不完整等通信问题，1天中断次数不能大于3次，每次不能超过5分钟。

8.3.1.2 为保证监测数据在公共数据网上传输的安全性，所采用的数据采集和传输设备应进行加密传输。

8.3.2 现场数据对比验收

数据采集和传输设备稳定运行7d后，对数据进行抽样检查，监控中心接收到的数据和数据采集和传输设备主机存储的数据应一致，精确0.1。

8.3.3 联网稳定验收

在连续30d，监测系统能稳定运行，不出现除通信稳定性、通信协议正确性、数据传输正确性以外的其他联网问题。

9 监测系统日常运行管理要求

9.1 总体要求

9.1.1 从事监测系统日常运行管理的单位应根据该监测系统使用说明书和本标准的要求编制仪器运行管理规程，以此确定监测系统运行操作人员和管理维护人员的工作职责。

9.1.2 运维人员应当熟练掌握监测系统的测量原理、使用规定和维护方法。

9.1.3 监测系统应具有调试、组态密码保护，能禁止无效输入。同时系统具有抗感应雷电干扰及电磁干扰性能。

9.2 日常巡查

9.2.1 仪器运营单位应根据本标准和仪器适用说明中相关要求制订巡检规程，严格按照规程开展日常巡检并做好记录。

9.2.2 日常巡检记录应包括检查项目、检查日期、被检项目的运行状态等内容，每次巡检应记录并归档，日常巡检间隔不超过7 d。

9.3 日常维护保养

9.3.1 应根据监测系统说明书的要求对保养内容、保养周期或耗材更换周期等作出明确规定，每次保养情况应记录并归档。

9.3.2 每次进行备件或材料更换时，更换的备件或材料的品名、规格、数量等应记录并归档。如更换标准物质还需记录新标准物质的来源、有效期和浓度等信息。

9.3.3 对日常巡检或维护保养中发现的故障或问题，监测系统管理维护人员应及时处理并记录。

9.4 校准和校验

应根据本标准中规定的方法制订监测系统的日常校准和校验操作规程。校准和校验记录应及时归档。

10 监测系统日常运行质量保证

10.1 总体要求

监测系统日常运行质量保证是保障监测系统正常稳定运行、持续提供有质量保证监测数据的必要手段。当监测系统不能满足技术指标而失控时，应及时采取纠正措施，并应缩短下一次校准、维护和校验的间隔时间。

10.2 定期校准

监测系统运行过程中的定期校准是质量保证中的一项重要工作，定期校准应符合下列要求：

- a) 无自动校准功能的监测系统每 15 d 至少校准一次仪器的零点和量程，同时测试并记录零点漂移和量程漂移；
- b) 具有自动校准功能的监测系统每 24 h 至少校准一次仪器的零点和量程，同时测试并记录零点漂移和量程漂移。

10.3 定期维护

监测系统运行过程中的定期维护是日常巡检的一项重要工作，定期维护应符合下列要求：

- a) 保证监测系统中发射接收端光学镜面的清洁；
- b) 清洗隔离大气与光学探头的玻璃视窗，检查仪器光路的准直情况；
- c) 对清吹空气保护装置进行维护，检查反射模块、抛面镜等部件；
- d) 检查光路的对准情况，及时调整发射接收设备。

10.4 定期校验

监测系统投入使用后，除尘效率的变化、水份的影响、安装点的振动等都会造成光路的偏移和干扰。定期校验应符合下列要求：

- a) 有自动校准功能的监测系统每 6 个月至少做一次校验；没有自动校准功能的监测系统每 3 个月至少做一次校验；
- b) 校验结果应满足本标准的相关规定，不符合标准要求的应及时更正。

10.5 常见故障分析及排除

当监测系统发生故障时，监测系统管理维护人员应及时处理并记录。维修处理工作应符合下列要求：

- a) 监测系统需要停用、拆除或者更换的，应当事先报经主管部门批准；
- b) 运行单位发现故障或接到故障通知，应在 4 h 内赶到现场进行处理；

- c) 对于一些容易诊断的故障，如电磁阀控制失灵、数据采集仪死机等，可携带工具或者备件到现场进行针对性维修，此类故障维修时间不应超过 8 h；
- d) 仪器经过维修后，在正常使用和运行前应确保维修内容全部完成，性能通过检测程序，按本标准对仪器进行校验检查。若监测仪器进行了更换，在正常使用和运行之前应对监测系统进行重新调试和验收；
- e) 若数据存储/控制仪发生故障，应在 12 h 内修复或更换，并保证已采集的数据不丢失；
- f) 监测设备因故障不能正常采集、传输数据时，应及时向主管部门报告。

附 录 A
(资料性附录)
典型危险气体监测量程与最低检测限

典型危险气体1.5km光程下监测量程和最低检测限应符合表A.1的要求。

表 A.1 典型危险气体 1.5km 光程下测量范围

危险气体	测量范围, ppm	最低检测限, ppb
氨 (NH ₃)	0~50	50
一氧化碳 (CO)	0~50	40
甲烷 (CH ₄)	0~50	150
硫化氢 (H ₂ S)	0~50	150
乙烯 (C ₂ H ₄)	0~50	20