



中华人民共和国国家标准

GB/T 20936.2—2024

代替 GB/T 20936.2—2017

爆炸性环境用气体探测器 第2部分：可燃气体和氧气探测器的 选型、安装、使用和维护

Gas detectors for explosive atmospheres—Part 2: Selection, installation,
use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen

(IEC 60079-29-2:2015, Explosive atmospheres—Part 29-2: Gas detectors—Selection,
installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen, MOD)

2024-03-15 发布

2024-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 气体和蒸气特性、特征的基本信息以及气体探测的具体应用	10
4.1 探测气体或蒸气	10
4.2 气体和蒸气的一些共同特性	11
4.3 探测气体和探测蒸气的差异	12
4.4 贫氧	15
4.5 气体探测具体应用	17
4.6 开放路径探测的具体注意事项	19
5 测量原理	21
6 设备选型	21
6.1 通则	21
6.2 选型准则	21
6.3 设备选型的各种影响因素	26
7 气体释放方式	26
7.1 自然释放	26
7.2 建筑物和围墙	28
7.3 环境因素	29
8 固定式气体探测系统的设计和安装	30
8.1 通则	30
8.2 固定式探测系统的基本安装要素	30
8.3 探测点位置	31
8.4 校准和维护	34
8.5 采样管的附加注意事项	34
8.6 开放式路径探测器的附加注意事项	35
8.7 测量点和开放路径位置的注意事项	35
8.8 测量点或开放路径探测器的安装	36
8.9 固定系统的完整性与安全	36
8.10 安装施工作业时间	37
8.11 试运行	37

8.12	操作说明、方案和记录	38
9	便携式和移动式可燃气体探测器的使用	38
9.1	通则	38
9.2	便携式和移动式仪表的初始检查和定期检查程序	39
9.3	便携式和移动式探测器使用指南	41
10	对操作人员的培训	43
10.1	通则	43
10.2	总体培训——基本限制条件和安全	43
10.3	操作者培训	44
10.4	维护培训	44
11	维护、例行程序和总体管理控制	44
11.1	通则	44
11.2	操作检查	45
11.3	维护	47
11.4	传感器	48
11.5	采样系统	48
11.6	显示装置	49
11.7	报警	49
11.8	校准	49
附录 A (规范性)	测量原理	52
附录 B (资料性)	环境参数	67
附录 C (资料性)	可燃气体探测器典型环境及应用检查表(I类和II类设备都适用)	68
附录 D (资料性)	大气能见度(适用于开放路径探测器)	70
附录 E (资料性)	可燃气体探测器典型维护记录	71
	参考文献	72

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。

本文件是 GB/T 20936《爆炸性环境用气体探测器》的第 2 部分。GB/T 20936 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：可燃气体探测器性能要求；
- 第 2 部分：可燃气体和氧气探测器的选型、安装、使用和维护；
- 第 3 部分：固定式气体探测系统功能安全指南；
- 第 4 部分：开放路径可燃气体探测器性能要求。

本文件代替 GB/T 20936.2—2017《爆炸性环境用气体探测器 第 2 部分：可燃气体和氧气探测器的选型、安装、使用和维护》，与 GB/T 20936.2—2017 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 范围增加了 I 类设备(见第 1 章)；
- 增加了开放路径探测器的内容(见第 3 章、4.6、6.2.3.5、8.2、8.6、8.7、8.8、第 11 章、A.4)；
- 增加了气体探测器的具体应用(见 4.5)；
- 增加了采样系统的内容(见 6.2.3.4、8.2.3、8.5、11.2.2)。

本文件修改采用 IEC 60079-29-2:2015《爆炸性环境 第 29-2 部分：气体探测器 可燃气体和氧气探测器的选型、安装、使用和维护》。

本文件与 IEC 60079-29-2:2015 相比做了下述结构调整：

- 附录 D 对应 IEC 60079-29-2:2015 的附录 E；
- 附录 E 对应 IEC 60079-29-2:2015 的附录 D。

本文件与 IEC 60079-29-2:2015 的技术差异及其原因如下：

- 用规范性引用的 GB/T 3836.1 替换了 IEC 60079-0(见第 3 章、6.2.2、8.11.1)，以适应我国的技术条件、增加可操作性；
- 用规范性引用的 GB/T 3836.13 替换了 IEC 60079-19(见 11.1)，以适应我国的技术条件、增加可操作性；
- 用规范性引用的 GB 3836.14 替换了 IEC 60079-10-1:2008(见 6.3.2)，以适应我国的技术条件、增加可操作性；
- 用规范性引用的 GB/T 3836.16 替换了 IEC 60079-17(见 11.1)，以适应我国的技术条件、增加可操作性；
- 用规范性引用的 GB/T 3836.17 替换了 IEC 60079-13(见 4.5.3)，以适应我国的技术条件、增加可操作性；
- 用规范性引用的 GB/T 3836.35 替换了 IEC 60079-10-2(见 6.3.2)，以适应我国的技术条件、增加可操作性；
- 用规范性引用的 GB/T 29812 替换了 IEC 61285(见 4.5.3)，以适应我国的技术条件、增加可操作性；
- 删除了第 5 章中关于测量原理的具体内容，因已包含在附录 A 中。

本文件做了下列编辑性改动：

- 为与现有标准系列一致，将文件名称改为《爆炸性环境用气体探测器 第 2 部分：可燃气体和

氧气探测器的选型、安装、使用和维护》；

- 术语和定义中增加了关于 ISO 和 IEC 术语数据库地址的信息；
- 用 GB/T 20936.1 和 GB/T 20936.4 分别替换了资料性引用的 IEC 60079-29-1:2007 和 IEC 60079-29-4:2009；
- 删除了 4.1.2 注中关于美国和欧洲相关文件的信息；
- 删除了 10.1 中关于培训的注；
- 更改了表 B.1 中的环境参数值；
- 用我国文件替换了资料性引用的国际文件。

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。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国防爆电气设备标准化技术委员会(SAC/TC 9)归口。

本文件起草单位：南阳防爆电气研究所有限公司、河南省计量科学研究所、深圳市特安电子有限公司、汉威科技集团股份有限公司、中煤科工集团常州研究院有限公司、上海仪器仪表自控系统检验测试所有限公司、南阳市产品质量检验检测中心、重庆川仪分析仪器有限公司、深圳万讯自控股份有限公司、上海宝临防爆电器有限公司、河南省科研平台服务中心。

本文件主要起草人：王军、李淑香、王军锋、仲丽云、郦杭川、吕晓冬、柳介、张丽晓、黄云彪、张刚、陈泽文、翁振克、任伟。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2017 年首次发布为 GB/T 20936.2—2017；
- 本次为第一次修订。

引 言

GB/T 20936《爆炸性环境用气体探测器》旨在确立各类可燃气体探测器性能方面的基本要求,并提供应用方面的指南,采用分部分标准的形式,包括以下部分:

- 第1部分:可燃气体探测器性能要求;
- 第2部分:可燃气体和氧气探测器的选型、安装、使用和维护;
- 第3部分:固定式气体探测系统功能安全指南;
- 第4部分:开放路径可燃气体探测器性能要求。

我国于2007年~2009年采用IEC 61779系列制定了GB 20936《可燃性气体探测用电气设备》系列,分四个部分,分别规定了通用要求和试验方法以及不同测量范围的Ⅰ类和Ⅱ类探测器的性能要求。随后采用IEC 60079-29系列进行了制修订,形成了新的GB/T 20936《爆炸性环境用气体探测器》系列,其中的GB/T 20936.1以原第1部分为主整合了原第2部分~第4部分,而GB/T 20936.2、GB/T 20936.3、GB/T 20936.4则为新制定部分(仅沿用原标准代号)。

本次修订在采用IEC 60079-29-2:2015《爆炸性环境 第29-2部分:气体探测器 可燃气体和氧气探测器的选型、安装、使用和维护》主要技术内容的基础上,进行了适当的修改。

使用本文件宜了解下述情况。

当可燃性气体与空气的混合物集聚导致可能对生命或财产造成危害时,可使用可燃气体探测器。探测器通过探测可燃性气体的存在并发出适当的声光报警降低危险。气体探测器也可以用于启动预防措施(例如,设备停机、人员疏散及启动灭火程序)。

探测器也可用于监测低于燃烧下限的气体环境,低于燃烧下限的气体积聚也会使气体/空气混合物的浓度达到潜在爆炸水平。用于此目的的气体探测器性能要求在GB/T 20936.1和GB/T 20936.4中规定。固定式气体探测系统功能安全指南见GB/T 20936.3。

然而,在可能出现可燃性气体的地方,仅靠探测器性能不能确保生命和财产安全。探测器的正确选型、安装、校准和定期维护,以及对探测技术所受限制的了解,对需要达到的安全水平都有极大影响。只有通过全面可靠的管理,才能达到安全的目的。

一些气体和所有液体(水除外)的蒸气都具有毒性,也会对生命造成危害。所有可燃性蒸气,即便浓度只是燃烧下限的很小一部分都可能有毒。GB/T 20936.1和GB/T 20936.4涉及的探测器不是专用防毒设备,如果人员可能暴露于有毒蒸气中,则通常需要附加个人保护措施。

GB/T 20936.1和GB/T 20936.2所涉及的便携式探测器通常附加有特定有毒气体和贫氧气体探测器。用户需注意,一些其他气体或蒸气的有毒成分会造成轻微贫氧,使用的探测器可能探测不到,或者不能充分探测到该情况。

GB/T 20936.1和GB/T 20936.4规定了特定可燃气体探测器的通用要求。这些部分针对上述内容提供必要的背景知识。

本文件涵盖了气体探测从选型到持续维护全过程所需的所有功能。不同章条的要求适用范围不同,每一章尽可能独立。一些章条的内容虽有重复,但侧重点不同。

表1给出了执行典型任务的相关条款要求。

表 1 执行典型任务的相关条款要求

适用对象	定义	气体和蒸气基本特性信息	测量原理	设备选型	气体释放方式	固定式气体探测系统的设计和安装	便携式和移动式可燃气体探测器的使用	对操作人员的培训	维护、例行程序、总体管理控制	测量原理(全部细节)(规范性)	环境参数(资料性)
功能(章节)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	附录 A	附录 B
授权	+	+++	+++	+	+	-	-	-	+	-	-
综合管理	+	+++	+++	+	+	-	-	+	+	-	+
选型	+++	+++	+	+++	+++	+	++	-	+	+++	+++
设计工程/管理	+++	+++	+	+++	+++	+++	-	-	-	+++	+++
安装工程/管理	+++	+++	+	++	+++	+++	-	-	-	+++	+++
安装、技术的	++	+++	++	++	++	++	-	-	-	+	++
试运行	+++	+++	++	+	++	+++	-	++	+	-	-
运行管理	++	+++	++	+	+	++	++	+++	+++	+	+++
操作培训	+++	+++	+	+	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++
使用/校准	+++	+++	-	-	-	++	++	+	+++	++	++
修理	++	+++	++	-	-	+	+	+	+++	++	-

注：“+++”表示最合适；“++”表示建议；“+”表示有用；“-”表示不适用。

本文件提出如何确定维护和校准周期的建议。如果有通用或行业专用强制性规程,则这些规程作为最低要求。

爆炸性环境用气体探测器

第2部分:可燃气体和氧气探测器的 选型、安装、使用和维护

1 范围

本文件提供了符合 GB/T 20936.1 或 GB/T 20936.4 要求、用于工业和商业安全应用的 II 类可燃气体探测器以及地下煤矿用 I 类可燃气体探测器的选型、安装、安全使用及维护的指南和操作规程建议。

本文件适用于通过惰化排除氧气而不是排除可燃性气体或蒸气实现防爆要求的氧气探测器。一个类似的应用是在地下煤矿采空区惰化时测量氧气。

本文件是实践知识的汇总,适用于利用气体传感器的电子信号形成仪表读数,同时启动预设声光报警,或启动其他装置,或上述动作的组合,显示出可燃性或潜在爆炸性气体或蒸气/空气混合物的设备、仪器和系统。由于可燃性气体/空气混合物的集聚可能对生命和财产造成危害,可用这样的设备发出警告,作为降低危险的方式。也可用于启动特定的安全措施(例如设备停机、疏散、启动灭火程序)。

本文件适用于固定式装置和移动式设备,本文件也适用于便携式探测器的安全使用。由于大部分这种类型的现代设备还包括贫氧探测和/或特定有毒气体传感器,对于这些设备,也给出了附加指南。

本文件中可燃性气体包括可燃性蒸气,有特殊说明的除外。

由于目前使用的测量技术,本文件不包括薄雾。

本文件适用于 II 类探测器(用于工业和商业安全应用,在按照 GB 3836.14 划分区域的场所使用的设备)和 I 类探测器。

本文件的设备包括:

- a) 固定式探测器,包括安装在车辆上的设备;
- b) 移动式探测器;
- c) 便携式探测器。

本文件不包括下列设备,但可以提供有用信息:

- a) 仅探测不燃性有毒气体的探测器;
- b) 仅用于分析或测量的实验或科研设备;
- c) 仅用于过程控制的探测器;
- d) 用于炸药制造和加工的探测器;
- e) 用于探测由粉尘或薄雾在空气中形成爆炸性环境的探测器。

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 3836.1 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求(GB/T 3836.1—2021, IEC 60079-0:2017, MOD)

GB/T 20936.2—2024

GB/T 3836.13 爆炸性环境 第 13 部分:电气设备的修理、大修、修复和改造(GB/T 3836.13—2021,IEC 60079-19:2019,MOD)

GB 3836.14 爆炸性环境 第 14 部分:场所分类 爆炸性气体环境(GB/T 3836.14—2014,IEC 60079-10-1:2008,MOD)

GB/T 3836.16 爆炸性环境 第 16 部分:电气装置的检查与维护(GB/T 3836.16—2022,IEC 60079-17:2013,MOD)

GB/T 3836.17 爆炸性环境 第 17 部分:由正压房间“p”和人工通风房间“v”保护的设
(GB/T 3836.17—2019,IEC 60079-13:2017,MOD)

GB/T 3836.35 爆炸性环境 第 35 部分:爆炸性粉尘环境场所分类(GB/T 3836.35—2021,IEC 60079-10-2:2015,MOD)

GB/T 29812 工业过程控制 分析小屋的安全(GB/T 29812—2013,IEC 61285:2004,IDT)

3 术语和定义

GB/T 3836.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 在以下地址维护用于标准化的术语数据库:

——IEC:<http://www.electropedia.org/>;

——ISO:<http://www.iso.org/obp>。

注:适用于爆炸性环境的其他术语和定义见 GB/T 2900.35。

3.1 气体性质

3.1.1

环境空气 ambient air

设备周围的正常大气。

3.1.2

洁净空气 clean air

无传感器敏感或影响传感器性能的气体或蒸气的空气。

3.1.3

浓度 concentration

在规定数量的背景气体或空气中,相关气体或蒸气所占的数量,用适当的量表示。

注:典型的量包括体积分数(见 3.1.19)、摩尔比、特定物质的燃烧下限百分比、体积的百万分比、体积的十亿分比。

3.1.4

剂量 dose

吸收或聚集的物质总量,与浓度和暴露时间成正比。

3.1.5

爆炸性气体环境 explosive gas atmosphere

在大气条件下,可燃性物质以气体或蒸气的形式与空气形成的混合物,被点燃后,能够保持燃烧自行传播的环境。

3.1.6

燃烧范围 flammable range

气体或蒸气与空气混合物的浓度在燃烧(爆炸)上限和下限之间的范围。

3.1.7

瓦斯 firedamp

煤矿中自然产生的可燃性气体混合物,主要成分为甲烷。

3.1.8

可燃性气体 flammable gas

以一定比例与空气混合后,将会形成爆炸性环境的气体或蒸气。

注:本文件使用的术语“可燃性气体”包括可燃性蒸气。

3.1.9

闪点 flashpoint

在规定的试验条件下,使液体释放出大量的蒸气而形成能被点燃的蒸气与空气混合物的最低液体温度。

3.1.10

燃烧下限 lower flammable limit; LFL

空气中的可燃性气体或蒸气的浓度,低于该浓度就不能形成爆炸性气体环境。

注 1: 见 GB/T 3836.11。

注 2: 也被称作“爆炸下限(LEL)”。

3.1.11

光辐射 optical radiation

电磁波谱的紫外、可见或红外区域。

3.1.12

相对密度 relative density

在同样压力和温度下气体或蒸气的密度相对于空气的密度的比。

注: 空气的相对密度等于 1.0。

3.1.13

释放速率 release rate

单位时间内从释放源中散发出可燃性气体或蒸气的量。

3.1.14

释放源 source of release

可向大气释放可燃性气体、蒸气或液体而形成爆炸性气体环境的地点或部位。

3.1.15

有毒气体 toxic gas

因其物理或理化特性可能会对人体健康和/或人体功能有害的气体。

3.1.16

燃烧上限 upper flammable limit; UFL

空气中的可燃性气体或蒸气的浓度,高于该浓度就不能形成爆炸性气体环境。

注 1: 见 GB/T 3836.11。

注 2: 也被称作“爆炸上限(UEL)”。

3.1.17

蒸气 vapour

在相关的温度和压力范围内能与其液态或固态达到平衡的气态的物质。

注: 这是科学定义的简化,本文件仅要求物质在环境温度和压力下在其沸点或升华点之下。

3.1.18

通风 ventilation

由于风力、温度梯度或人工方式(如风扇或排气扇)作用造成的空气运动及新鲜空气置换。

3.1.19

体积分数 volume fraction

在特定的温度和压力条件下,气体混合物在混合之前,规定组分的体积与所有组分总体积之比。

注:如果在相同状态下,混合前组分的总体积和混合物的体积相等,体积分数和体积浓度取同一个值。但是,由于两种气体或多种气体在相同状态下通常伴有轻微收缩或不常见的轻微膨胀,通常不视为上述情况。

3.2 设备类型

3.2.1

报警式探测器 alarm only equipment

有报警但没有测量值显示的探测器。

3.2.2

吸气式探测器 aspirated equipment

通过将气体吸至传感器进行采样的探测器。

注:通常用手动操作或电子泵将气体吸至传感器。

3.2.3

连续工作式探测器 continuous duty equipment

长期供电,但可连续或间歇传感的探测器。

3.2.4

扩散式探测器 diffusion equipment

在不吸入气流的条件下,将气体从大气中输送到传感器的探测器。

3.2.5

防爆设备 explosion protected equipment

采用 GB(T) 3836(所有部分)中定义的防爆型式的设备。

3.2.6

防爆 explosion protection

为防止设备点燃周围爆炸性环境而对设备结构采取的措施。

3.2.7

固定式探测器 fixed equipment

通电时,固定在支架上或其他固定在特定位置的探测器。

3.2.8

I类探测器 group I equipment

煤矿瓦斯气体环境用探测器。

3.2.9

II类探测器 group II equipment

除煤矿瓦斯气体环境之外的其他所有爆炸性气体环境用探测器。

3.2.10

便携式探测器 portable equipment

运行时由人员携带的探测器。

注:便携式探测器由电池供电,包括但不限于:

- a) 手持式气体探测器通常小于 1 kg,只需要单手操作;
- b) 当与用户连接时连续工作(但不必连续传感),尺寸和质量与手持设备相似的个人监视器;
- c) 当用手、肩带或背带携带时,能够由用户操作的大型设备(可能配备或不配备手持探头)。

3.2.11

采样系统 **sample(sampling) system**

通常抽取多个样品,必要时对样品进行处理,并将样品提供给吸气式探测器中的传感器的设备。

注:这通常指固定式设备,其中来自不同探测点的多个样品依次提供给一个或多个传感器。

3.2.12

点读式探测器 **spot reading equipment**

按需要用于短时、间歇或不规则时间段的探测器(通常 5 min 或更少)。

3.2.13

移动式探测器 **transportable equipment**

运行时不是由人携带,也不是用于固定安装的探测器。

3.3 传感器和探测器

3.3.1

催化式传感器 **catalytic sensor**

依靠电加热催化元件氧化气体而运行的传感器。

3.3.2

电化学传感器 **electrochemical sensor**

依靠气体在电极表面的氧化还原反应引起电解液中电极电气参数变化而运行的传感器。

3.3.3

火焰离子探测器 **flame ionisation detector; FID**

依靠被探测气体在氢火焰中电离而运行的探测器。

3.3.4

火焰温度分析仪 **flame temperature analyser; FTA**

依靠被探测气体引起的火焰温度变化而运行的探测器。

3.3.5

红外吸收传感器 **infrared absorption sensor**

依靠被探测气体吸收红外辐射而运行的传感器。

3.3.6

顺磁氧探测器 **paramagnetic oxygen detector**

依靠氧气的磁特性而运行的探测器。

3.3.7

光离子探测器 **photo ionisation detector; PID**

依靠紫外(UV)辐射电离气态化合物而运行的探测器。

3.3.8

分体式传感器 **remote sensor**

与探测器本体分离,并连接到气体探测控制单元或气体探测变送器的传感器。

3.3.9

半导体传感器 **semiconductor sensor**

依靠被探测气体吸附在半导体表面引起的电导变化而运行的传感器。

3.3.10

传感器 sensor

内装传感元件并可能包含相关电路元件的组件。

3.3.11

传感元件 sensing element

对要测量的气体或蒸气敏感的传感器部件。

3.3.12

单一位置传感器 single point sensor

能够在单一位置探测气体的传感器。

3.3.13

热导式传感器 thermal conductivity sensor

依靠位于被探测气体内的电加热元件的热损失与位于基准气室内类似元件的热损失比较而运行的传感器。

3.4 气体供给

3.4.1

测量点 measuring point; measurement point

通过扩散或探头吸入的单个传感器的位置。

3.4.2

点式探测器 point detection equipment

位于测量点的探测器。

注：这通常是指一个完整的单一位置传感器而不是采样点，并与开放路径设备形成对比。

3.4.3

采样管 sample line

将采样气体输送到传感器的部件。

注：采样管中经常包括如过滤器、气液分离器等附件。

3.4.4

采样点 sampling point

在吸气式探测器中获取样品的点。

注 1：术语“采样点”通常用于固定式吸气系统。

注 2：采样点处的设备通常包含一个过滤器，但也可以有其他样品处理设备。

3.4.5

采样探头 sampling probe

可选择地连接到探测器上的独立附件采样管。

注：通常较短（例如 1 m 左右），比较坚硬（尽管也可能伸缩），在一些情况下，通过软管连接到设备上。

3.5 信号和报警

3.5.1

报警设定值 alarm set point

探测器的设定值，在该设定值，测得的浓度将使探测器启动显示、报警或其他输出功能。

3.5.2

报警信号 alarm signal

当探测到气体积分浓度超过预设值时,设备产生的声音、视觉、电子或其他信号。

3.5.3

连续或准连续传感 continuous or quasi-continuous sensing

连续为传感元件供电、连续读取读数或定期频繁读取读数的运行模式。

3.5.4

故障信号 fault signal

不同于报警信号,允许直接或间接警告或显示设备处于异常工作状态的聲音、视觉或其他类型输出信号。

3.5.5

指示装置 indicating device

以模拟或数字形式显示数值或者状态的方式。

3.5.6

抑制信号 inhibition signal

声音、视觉或其他类型的输出信号,该信号直接或间接提供已暂停正常运行警告或显示。

3.5.7

间歇传感 intermittent sensing

按照预定周期对传感器施加电源或气流并读取读数的运行模式。

3.5.8

报警锁定 latching alarm

一旦发生需要特意的行为来解除的报警。

3.5.9

安全功能 safety function

使整个系统达到安全状态的功能。

注:包括从气体采样到气体探测器信号输出。

3.6 定时、检查和设备特性

3.6.1

漂移 drift

在恒定的环境条件下,在任意确定的气体体积分数下(包括洁净空气),探测器显示值随着时间而发生的变化。

3.6.2

功能检查 functional check

使用试验气体或其他方法从传感器获得响应以检查其功能。

注1:可能包含产生报警。该检查通常不进行灵敏度调节。

注2:也被称为“响应检查”。

3.6.3

初始校准 initial calibration

发货前或在现场启用前,由制造商对特定介质、测量范围和应用进行的第一次校准。

3.6.4

(传感元件)中毒剂 poisons(for sensing elements)

导致传感元件性能暂时或永久改变,尤其是灵敏度丧失的物质

3.6.5

再校准 recalibration

在不改变初始校准确定的参数、气体类型、测量范围、具体应用的情况下,利用已知的校准气体混合物,进行周期校准以检查和调节传感器的零点及灵敏度。

3.6.6

恢复时间 recovery time

传感器入口气体浓度瞬间下降至达到稳定显示之间的时间间隔。

3.6.7

选择性 selectivity

设备对目标气体的响应与对其他气体的响应的比较。

注:如果对目标气体的选择性高,则结果会清晰,且与其他气体的交叉灵敏度会低。

3.6.8

灵敏度 sensitivity

已知浓度的气体或蒸气在设备中产生的变化比率。

注1:根据上下文,可能指设备将探测到的气体或蒸气浓度的最小变化。

注2:灵敏度高意味着可以测量较低浓度。

3.6.9

量程 span

设备测量正常试验气体的读数。

3.6.10

响应时间 time of response

$t_{(x)}$

探测器预热后,其进气口从洁净空气瞬间变为标准试验气体(或相反),与响应达到标准试验气体最终显示值百分比(x)的时间间隔。

注:不适用于点读式探测器。

3.6.11

零气体 zero gas

制造商建议的不含可燃性气体、干扰气体和污染物质,用于校准/调整设备零点的气体。

3.7 开放路径探测器的专用术语

3.7.1

反照率 albedo

某表面散射光与入射光的比率。

3.7.2

光束阻塞信号 beam blocked signal

声音、视觉或其他类型的输出信号,该信号直接或间接提供光路不清或探测信号太弱无法使设备正常运行的警告或显示。

3.7.3

气体校准室 gas calibration cell

能够充入试验气体的端部透明的密封外壳。

3.7.4

积分浓度 integral concentration

沿光路的气体浓度数学积分值。

注 1: 单位用浓度乘路径距离。例如,可燃性气体的积分浓度单位用 LFL·m 表示。

注 2: $100\% \text{LFL} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ LFL} \cdot \text{m}$;

$10\% \text{LFL} \times 10 \text{ m} = 1 \text{ LFL} \cdot \text{m}$ 。

3.7.5

气象光学视程 meteorological optical range; MOR

白炽灯发出色温为 2 700 K 的准直光束的光通量在大气中削弱至初始值的 5% 所通过的路径长度。

3.7.6

开放路径 open path

穿越被检测大气区域、且气体在其中自由移动的光路。

3.7.7

光轴 optical axis

光路的正中线。

3.7.8

光路 optical path

从光发射器到光接收器的光辐射所途经的路径。

注: 根据仪器的形式不同,光辐射可能穿越路径一次、两次或多次。

3.7.9

接收器 receiver

封装光探测元件且可能包含相关光学元件和电子元件的组件。

3.7.10

逆反射器 retroreflector

立体光反射角的单个或多重排列,使光平行于入射路径反射回来。

3.7.11

气体探测变送器 gas detection transmitter

提供经过调节的符合公认工业标准的电子信号或输出指示(如 4 mA~20 mA),预期与独立气体探测控制单元或信号处理数据采集、中央监控和类似系统(通常处理来自不同位置和来源,包括但不限于气体探测设备的信息)一起使用的固定式气体探测设备。

3.7.12

收发器 transceiver

封装光探测元件和光发射元件并可能包含相关光学元件和电子元件的组件。

3.7.13

透射率 transmittance

穿过大气中给定长度的光路后,单个光束中的光通量分数。

3.7.14

发射器 transmitter

封装光发射元件并可能包含相关光学元件和电子元件的组件。

4 气体和蒸气特性、特征的基本信息以及气体探测的具体应用

4.1 探测气体或蒸气

4.1.1 通则

本章区别了在典型的环境压力和温度下保持气态的气体和相应压力或温度下存在液体的蒸气。

可燃气体探测器的有效运行,不仅取决于其性能,而且也取决于其正确使用。

设备的性能、预期应用的适用性、用户对传感器通用技术和特殊设计有关的限制条件的了解,不能确保使用传感器就能保证人员、区域或出现或可能出现可燃性气体或蒸气的场所的安全。达到的安全水平也取决于用户是否了解气体和蒸气的特性和现象的基本知识。

这些知识能使用户确定气体比空气重还是轻,如果蒸气比空气重或具有类似的密度,则气体可能沉积。如果已知空气流动的方向和速度,则能了解它们如何传播。另外也可能有物理或化学因素对特定应用(如校准)产生影响。

不仅需要考虑需要探测的气体和蒸气,而且不需要探测、但可能出现的气体和蒸气也需要考虑。

尤其更加重要的是,当使用采样管时,如果除水之外还有蒸气出现,则可能需要对湿度和温度变化的影响进行评价。

环境的细微变化,如温度上升或下降,大多数情况会被忽略,但尤其是有液体出现产生大量蒸气时,或蒸气冷凝成雾或进入设备内时,会明显改变条件,影响更大。

如果在设备选型、安装、试运行、培训和持续维护阶段不考虑气体和蒸气的这些特性,即使最简单的设备也会产生错误读数。这样,一方面会导致错误报警或不正确的动作,另一方面会导致不报警或未能采取适当的动作。这些因素都会给生命和财产带来更大危害。

一些气体或蒸气会导致某些类型的传感器腐蚀或产生其他影响。某些类型的传感器有特定的寿命,灵敏度会随时间而变化。某些类型的有毒气体传感器和贫氧传感器,以及可燃气体和蒸气探测器,也会出现这些情况。因此,需要频繁对一些较常见类型的可燃气体探测器进行功能检查。通常采用规定的方法,用试验气体或校准气体进行检查。用于一种类型的气体探测器的试验/校准设备,可能不适用于其他类型的探测器,因此通常需要进行培训。

尽管浓度高于燃烧上限的混合物不具有爆炸性,但宜认识到,当与空气稀释时,将成为爆炸性混合物,因此宜将其视为爆炸性混合物。还宜注意,在浓度低得多的情况下通常也是有毒的。

4.1.2 可能有人员出现的可燃性气体环境监测安全要求

当进入潜在危险场所时,人员宜频繁观察任何气体探测器的读数。区域内可能已含有窒息或可燃气体,人员可能需要该危险的有效的警告。

设备仅能给出所在采样点的读数,或者,使用采样管时,给出采样管端部的读数,但是在采样点周围几米范围内都可能形成危险环境。因此应在预定工作区域周围进行多次气体探测,以确保工作区域不会集聚危险气体或蒸气。

如果可能出现蒸气,宜在地面上方 1 cm 或 2 cm 处进行一些试验,这样可能在早期阶段探测到一些小的问题(如少量的液体泄漏)。附近所有较低的地点也宜进行试验。

读数仅在采集时有效。情况不断变化,宜频繁采集读数,当可能出现蒸气(见 4.3.3)且温度上升时尤其如此。

如果在工作区域出现的气体或蒸气浓度范围很大,则会出现一系列潜在灵敏点,因此需要最低“报警点”或“动作点”。

如果有可能出现传感器“中毒剂”(例如硅树脂、含铅汽油、酸等),则对于使用催化或半导体传感器的设备,宜频繁检查其灵敏度。

在监测环境中可燃性气体和蒸气浓度的同时,也宜考虑这样的事实,即除了水蒸气之外许多气体和蒸气对人有毒性。因此,对特定的气体和蒸气可能需要附加探测器及附加预防措施。

如果可燃气体或蒸气探测器同时还配有高灵敏度的特定有毒气体传感器,则宜注意探测器仅会探测这些特定的有毒气体,通常不会探测其他有毒物质。

与探测可燃性气体紧密相关的是贫氧探测,在 4.4.1 中详述。探测器通常增加这样的功能。有几种可能的原因会出现贫氧,有一些是由于有毒物质导致贫氧,这种情况要特别予以重视。因此可能需要附加探测器及附加预防措施。

因此,开始在危险场所工作之前,宜由工厂的安全员、职业卫生专家或类似人员对环境的潜在毒性进行专项检查,且宜选择覆盖该区域内可能的可燃和有毒物质范围的气体探测器。

注:不同的国家有不同的系统,可能使用不同的值来描述潜在有毒物质的最高安全水平。

4.2 气体和蒸气的一些共同特性

所有气体和蒸气通过扩散或者搅动能与其他气体和蒸气完全混合,不能分开。但一些气体和蒸气在混合时,会相互发生化学反应。

一个区域内气体或蒸气浓度增加是因为更多的物质释放造成的,并不是由于气体或蒸气沉积增加了浓度。

气体和蒸气一旦混合就不易分开,除非用化学方式或者吸附掉(例如,吸附到活性炭过滤器上)去掉一种成分。另外,对于蒸气,可通过增压和/或降温冷凝去除。

纯气体和蒸气的有效密度与其分子质量成正比。混合气体和蒸气的体积没有明显变化。气体和蒸气混合物的密度可以通过体积分数及各种成分的分子量计算得到。如果气体和蒸气的相对密度数据可以得到,那么可以通过各组分的体积分数和相对密度计算得出气体和蒸气混合物的相对密度。

空气的相对分子质量约为 29,相对密度为 1。假如气体的相对分子质量小于 29,其相对密度就小于 1,则比空气轻。

例如,相对分子质量为 16 的甲烷比空气轻,相对分子质量为 44 的二氧化碳比空气重。这两种气体的混合物,例如填埋气或矿井煤层气,含有大约 53% 的甲烷和 47% 的二氧化碳,其密度与空气相似。

比空气轻的气体或蒸气与洁净空气混合后,其混合物仍然比空气轻,但接近空气,与体积分数成比例。它们往往会上升,直至它们对洁净空气的稀释效果变得微不足道。

比空气重的气体或蒸气与洁净空气混合后,其混合物仍然比空气重,但接近空气。它们往往会沉积在凹坑、沟槽处,直至它们对洁净空气的稀释效果变得微不足道。

如果释放源及释放源周围的空气比环境空气温度高,即使其在环境温度的相对密度大于 1,释放形成的混合物还是会上升。由经验可知,对于相对密度比空气大 10% 的气体,受热温升达到 30 K 时,其相对密度就会与空气相同。反过来也适用于释放比环境温度低的情况。

由于释放时温度不同以及受正常湍流的影响,相对密度在 0.8~1.2 之间的气体混合物一般可视为与空气的相对密度相同,因此能在所有方向扩散。

所有可燃性气体和蒸气都有 LFL 和 UFL。LFL 和 UFL 由试验确定,多数气体和蒸气的特性参数可以在 GB/T 3836.11 中查到。这些值不能准确预测。

注 1: 由于 LFL 和 UFL 值是实验性的,不同的国家为 LFL 和 UFL 规定了不同的值,两个示例如下:

——NFPA 30 是美国境内使用的出版物;

——GESTIS 是德国境内使用的公开数据库。

水蒸气之外的所有蒸气,都不同程度有毒性。所有可燃性蒸气浓度远低于 LFL 的 25% 都是有毒

的,大部分浓度低于 LFL 的 1%就有毒。气体(空气或氧气除外)会造成窒息(仅仅由于它们稀释了空气中的氧气含量,对人员造成影响)。其他气体的毒性从轻微到严重有所不同。

当探测特定气体或蒸气时,需要注意那些可能存在但没有被探测到的气体或蒸气的潜在毒性。

注 2: 窒息剂是一种无毒或毒性很轻的气体(主要是惰性气体),通过置换肺部的氧气起作用。即使在低浓度下,有毒气体也可能导致严重的急性健康影响。

4.3 探测气体和探测蒸气的差异

4.3.1 概述

4.3.2 和 4.3.3 中概括了探测气体和探测蒸气的主要差异。

4.3.2 气体探测

4.3.2.1 通则

在一定温度和压力条件下保持气态的气体,使用的探测方法通常遵循盖斯定律和可预见的规律。基本上简单的培训就足够。

气体可以是纯净气体,或者也可以形成气体混合物,前提是它们不发生化学反应。不发生反应的气体混合物成分不会随温度或压力的变化而变化。

4.3.2.2 校准

准确校准需要制造商推荐的用于校准/调整目的校准气体,通常包含已知浓度的目标气体,相对公差小于 5%。对于功能检查,可使用降低精度的测试气体。宜遵循制造商关于传感器功能检查的建议。

用于单一位置传感器、便携式和移动式探测器的常规校准和功能检查的工具,通常包括一个便携式压缩气体气瓶、某些形式的流量控制装置和一个用于安装到气体探测器的适配器。在多点采样系统的情况下,可以在靠近中央探测器的地方使用更大的气瓶,甚至永久连接以进行自动校准。

用于气体探测的校准和其他测试的气体混合物,可以在高压条件下制备和储存。许多混合物能通过使用干燥或合成的空气作为平衡气制备。这对于催化式传感器和其他需要空气作为平衡气才能正常运行的传感器至关重要。但是,对体积分数超过 50% LFL 的压缩气体混合物有安全限制。

如果平衡气体是特别干燥的氮气,则容易反应的气体趋于具有更长的储存期。除非与传感器不匹配,一般都采用这种方法。

为了校准开放路径探测器,应在光路径中插入两端具有光学窗口且含有校准气体的气室。为了获得这些气体校准室的实际尺寸,如果使用空气作为平衡气体,则可燃气体的浓度(体积分数)需要远超过 LFL 浓度(另见 4.5)。幸运的是,红外探测原理允许氮气作为平衡气体,因此校准气体可以安全地压缩。

如果需要探测多种可燃性气体(或蒸气),通常采用一种校准或测试气体及其对应的响应数据,详见 4.3.3.2。

对于校准气瓶,应遵循校准气体制造商规定的最低储存温度以避免冷凝。

4.3.2.3 扩散和采集

有些气体的密度比空气轻,如氢气和甲烷;有些气体的密度和空气大致相同,如一氧化碳、硫化氢、氰化氢、乙烷、乙烯和乙炔;有些气体的密度比空气重,如氯气、二氧化碳、二氧化硫、液化石油气、丙烷、环丙烷和丁烷。

采样时,至少宜知道这些气体密度的一些测试结果或数据,这有助于探测释放源。

4.3.2.4 毒性

一些可燃性气体(特别是氨气、硫化氢、氰化氢、一氧化碳、甲胺和甲醛),即使浓度低于常规可燃气体探测器探测不到的水平,仍有很强的毒性。GB/T 3836.11 中列出了这些气体在浓度达到燃烧下限范围时,可以用常规可燃气体探测器探测到。如果这些气体可能存在,并且区域可能有人员出现,则另外需要使用单独的特定有毒气体传感器,并尽可能采取其他预防措施。

同时需要注意,有些不燃气体的毒性很强,如氯气、二氧化硫、一氧化氮和二氧化氮。如果这些气体可能存在,则需要使用单独的有毒气体传感器,并尽可能采取其他预防措施。

丙烷、丁烷、液化石油气等可燃性气体,在浓度远低于 LFL 时具有中度的毒性和麻醉性。同样,一些不燃气体,如二氧化碳和一氧化二氮,在可能不会导致明显贫氧的浓度时,也具有潜在毒性(见 4.4.4)。

4.3.2.5 水蒸气

虽然本条只涉及气体探测,但通常不能忽略水蒸气的影响。低温设备突然暴露在温度较高且潮湿的环境中时就会出现。例如,在低温储存放的设备带到常温环境中,或者从设有空调的环境中带到潮湿的热带或亚热带环境。水在传感器内部或者外部凝结,造成灵敏度暂时失效或者引起其他问题,直到传感器温度升高并且水气蒸发。下面是电化学传感器的典型情况:当低温传感器薄膜出现冷凝水后,氧气读数从正常的 20.8%或 20.9%迅速降低到 16%或更低。经过一段时间,传感器温度升高达到环境温度并且传感器薄膜冷凝水蒸发后,灵敏度才会恢复。

有几种类型的传感器,水蒸气也能导致其读数出现较大偏差(见第 5 章和附录 A)。

4.3.3 蒸气探测

4.3.3.1 通则

蒸气比气体更复杂。在正常或轻微异常的温度和压力下,与液体或固体共存的气态物质,被认为是蒸气。蒸气与气体的特性不同,会出现更多的问题。在蒸气可能出现时,需要针对蒸气的特性进行培训。

液体的蒸发率和蒸气(饱和蒸气)最大体积分数会随着温度的升高和压力的降低而增大。蒸发率与液体表面的大小有关,但与液体的量无关。如果背景气的温度和压力相同,并且不溶于液体,则蒸气的最大体积分数与背景气无关。

任何温度下蒸气的体积分数与绝对压力成反比。因此,压力增加会导致冷凝。

在常压下,通常液体温度每上升 10 K 时,蒸气的最大(饱和)体积分数增加 1.5~2.0;液体温度每下降 10 K 时,蒸气的最大(饱和)体积分数将下降 1.5~2.0。

绝对压力值增加 1 倍相当于常压下温度降低 10 K~17 K。如果绝对压力降低一半,相当于温度上升 10 K~17 K。

在正常压力下,蒸气饱和体积分数达到 100%时的温度称为沸点。

在大气压力下,只有达到或高于沸点,蒸气饱和体积分数才能达到 100%。低于沸点的液体,在空气中或其他气体中蒸气饱和体积一定低于 100%。

如果洁净空气持续通过液体表面,或者没有足够的时间达到平衡,那么实际蒸气量会低于预测蒸气量。但是在密闭的空间内蒸气数量会达到最大值,特别是在密闭空间内存在缓慢的对流或者通过机械方式产生对流。

可燃性液体存在闪点,确定闪点的方式与确定燃烧下限的方式不同。在蒸气不被空气流动连续稀

释的情况下,液体表面产生的蒸气与空气混合达到燃烧下限时的温度就是闪点。

所有这些问题都是对蒸气与气体混合物的限制。对于特定浓度的蒸气和气体混合物,在温度下降或压力增大到某一个阶段时,达到饱和点。而在低于饱和点后会开始凝结成薄雾或液体。对于水蒸气,则称为“露点”。“露点”这一术语经常也用于其他气体。低于露点,任何蒸气和气体混合物的组成会发生变化。如果这种情况发生在气体探测系统内或气体传感器上,则可能导致冷凝中样品错误的低读数。此外,在发生这种冷凝后,当返回到更洁净的空气时将再次蒸发,从而产生错误的高读数。

4.3.3.2 校准

除 4.3.2.1 对气体混合物的限制外,现场校准或测试用蒸气的实际限制条件,主要是现场的最低温度、校准气体或测试气瓶需要的压力。

储存压力在 2 MPa~3 MPa 的测试工具能有效限制浓度,正戊烷(沸点 36 °C)的浓度能限制在 50%LFL,正己烷(沸点 68 °C)的浓度能限制在 10%LFL,低于类似沸点的其他物质,也低于沸点更高的其他物质。

一般来说,戊烷和己烷测试气体可直接适用于石油行业,这也是该行业蒸气的主要成分。然而,对其他工业领域来说,使用便携式或移动式的校准或探测组件在实验室之外准确探测蒸气,这几乎是不可能的。

要避开此问题,参考某一特定的实际测试气体和蒸气,在实验室确定探测器对不同气体或蒸气的响应。获得这些数据需要时间且费用很高,一般仅对某一特定模式的探测器确定响应,而不是所有单元。因此,不同的单元会存在差异。

常规校准有两种不同的方式:

- a) 使用校准气体或蒸气正确燃烧下限读数,直接生成被测气体或蒸气的相对响应数据(或通过软件生成相对响应);
- b) 给出一个虚拟的校准气体或蒸气燃烧下限读数,当暴露在 被测气体或蒸气中,或者暴露在特定浓度范围的气体或蒸气中,能读出近似正确的读数。

传感器的相对响应也会随时间的推移而发生变化,特别是对于有限使用寿命的传感器,或者容易“中毒”(由于化学作用失去灵敏度)的传感器,如电化学和催化传感器,更是如此。

例如,对于催化传感器,探测过其他气体或蒸气后,对甲烷的响应会发生变化。在这种情况下,如果该探测器使用甲烷重新进行了校准,就会修正其他物质对传感器的影响,进而保证探测的准确。

因此,在所有可能使用甲烷的催化燃烧应用中,即使目标气体是其他一些气体或蒸气,也宜使用甲烷气体作为功能检查和校准程序的试验气体。否则,丙烷、丁烷、戊烷或己烷也可作为宜使用的校准混合物,因为相比于其他物质它们的灵敏度反应更敏感。

还宜指出的是,催化传感器对甲烷的敏感性一般高于除氢气之外的其他物质。因此,如果采用上述 a)描述的方式,报警器宜设置在较低点上,如果采用上述 b)所描述的方式,校准读数设置点宜比甲烷测试气体的燃烧下限高。

对氢气作为唯一目标气体的应用,应使用氢气作为校准气体。

当使用的测试气体或校准气体不是目标气体或蒸气时,宜增加附加安全裕量,采用较低的报警设点等,弥补上述因素导致的相对响应数据的不确定性。

4.3.3.3 扩散和采样

只有水蒸气比空气轻。有四种蒸气与空气的密度相似,其中三种是可燃的(甲醇,羟胺,肼和过氧化氢,后面三种非常少见)。

所有其他的蒸气比空气的密度大,大多数蒸气比空气的密度大很多。在释放点,除非加热,这类蒸气将首先向下流动或聚集在表面,直至和空气完全混合之前,它们都将贴近地面,高度可能只有几厘米,但却最易出现可燃性问题。这种情况在如凹坑、沟槽和地下管道这些地方危害性最大,蒸气会从底部向上积聚,甚至传播范围超过几百米,这种情况对进入凹坑和地下管道的工作人员造成严重毒害。

当在相对不受干扰的环境中对可燃性蒸气采样时,一些测试宜在非常低的高度进行,最好是离地板或地面 1 cm 处。

与过量的空气混合后,所有高度都能发现蒸气,其浓度可能远远低于燃烧下限,但是毒性仍然很大。

如果环境温度低于闪点,则闪点高的可燃性液体蒸气可能无法被探测到。以 4.3.2 为例,如果环境温度低于闪点 60 K,并且蒸气不被吹走,可以预计到蒸气最高只能达到燃烧下限的 1% 到 8%,随后仅会慢慢接近液体。

相反,如果温度升高,尤其是在封闭区域,浓度会明显发生变化。根据经验,在封闭空间内温度上升 30 K,蒸气浓度可能会增加到 8 倍,原因可能是太阳照射贮存容器造成的。在密闭装置温度很低时探测不到的蒸气,被加热后,会非常明显地探测出来。因此在温度上升时,需要频繁探测蒸气。

高分子质量的物质可能出现其他问题。分子质量越高,扩散速率越低。非泵吸式探测器就是这种情况,非泵吸式探测器用扩散筛防止设备外部和传感器内部点火。特别是,这可能对催化传感器的响应速度和灵敏度产生不利影响。

进行蒸气探测时,由于采样气体可能在探测器及其配件内部凝结,也会产生严重问题;气体探测器只能探测到现有的气体或蒸气,而探测不到由于设备、或者采样管的温度明显低于被探测环境的温度产生的薄雾或冷凝液体。

如果这种情况发生在气体探测系统内或气体传感器上,则可能导致冷凝中样品错误的低读数。此外,在发生这种冷凝后,当返回到更洁净的空气时将再次蒸发,从而产生错误的高读数(见 4.3.3.1)。

4.3.3.4 毒性注意事项

除水蒸气之外的所有其他蒸气,包括所有非可燃的气体,都有一定的毒性。所有可燃性蒸气即使浓度远低于燃烧下限也有毒。大多数蒸气,包括工业领域普遍存在的蒸气,即使浓度远低于燃烧下限的 1% 也有毒。因此,如果用常规 LFL 范围的可燃气体探测器,即使蒸气已到达有毒的浓度,也可能探测不到,这就需要采取附加预防措施。

4.4 贫氧

4.4.1 通则

固定式或便携式氧气探测器对在如受限空间和地下煤矿等场所工作时是必不可少的。便携式探测器通常将氧气与可燃气体传感器结合在一起,也经常与有毒传感器结合在一起。

有些氧气传感器对压力变化有反应,因此,每次使用之前或者海拔高度明显变化时,例如上升到高建筑物或下降到矿井,都需要在洁净空气中进行检验并进行必要的调整。

在干燥的空气中,氧气的含量约为 20.9%(体积分数)。典型的贫氧报警值设在 17.0%~19.5%(体积分数)之间。

如果报警点设为 19.0%(体积分数),那么氧气含量下降 1.9%(体积分数)时,报警器宜报警;或者用另一种方式,氧气含量减少初始值的 10%时,报警器宜报警。在某些情况下(存在有毒气体),上述措施不能对人身安全提供足够的保护。

同样地,如果报警点为 19.5%(体积分数),那么氧气含量下降 1.4%(体积分数)时,报警器宜报警;或者用另一种方式,氧气含量减少初始值的 7%时,报警器宜报警。在某些情况下,上述措施不能对人

身安全提供足够的保护。

在许多应用中,使用可燃气体和贫氧的组合探测设备可能不能为使用者提供足够的信息。贫氧可能是由于有毒气体的存在。在这种情况下,要求附加的有毒气体探测。

产生贫氧有三种基本的物理和化学机理,以 19.5%(体积分数)报警设置点为例在 4.4.2~4.4.4 中加以说明。

4.4.2 氧气和固体物质的化学反应

常见的例子是钢铁腐蚀或其他金属生锈。在这种化学反应中,氧气仅是简单地从空气中消耗掉,并生成固体氧化物。在受限的金属空间内通常发生这种反应。

当报警器在氧气含量为 19.5%(体积分数)的空气中工作时,等同于在海拔高度比现有环境高约 650 m 的环境中工作,这种环境通常不会对人体健康产生影响。

4.4.3 氧气和气态物质的化学反应

最简单的例子是呼吸、需氧细菌的活动(不是无氧活动)或清洁燃烧。触发报警需要氧气含量下降 1.4%(体积分数),此时二氧化碳含量升高约 0.8%(体积分数),这种情况短期内是安全的,也不会对正常人的健康有短期或长期影响。

然而,如果木材、纸张、煤炭、石油等燃烧导致贫氧,那么,即使在烟雾消失后,由于一氧化碳和二氧化碳的含量可能已经超过 0.2%(体积分数),氧气含量为 19.5%(体积分数)的大气仍是剧毒的。

如果同时有聚氯乙烯(PVC)、聚氨酯等塑料燃烧,由于如氯化氢和氰化氢等其他燃烧产物,大气将有剧毒。

4.4.4 其他气体或蒸气对空气的稀释

只有在严格控制的环境下才宜通过消耗氧气探测气体,否则不宜用这种方法。

触发报警需要贫氧量达到 1.4%(体积分数),此时其他气体或蒸气增加 7%(体积分数)。所以,需要了解是什么气体或蒸气导致贫氧。有以下几种情况。

a) 惰性气体,无毒。

以下段落进一步描述了这些气体:如果造成贫氧的原因是氮气、氩气、氦气或氖气等惰性气体之一(或水蒸气)的稀释,那么环境中加入 7%(体积分数)或限量的这种惰性气体是非常安全的。这种情况与 4.4.2 的情况类似。

注:在某些场所,氧气的体积分数通过这种方法的稀释控制在 12%(体积分数)和 15%(体积分数)之间,以将火灾风险降至最低。在一些情况下,这些场所将有人进入。如果使用便携式氧气探测器来保护人员,则需要根据这些场所的氧气水平专门调整警报水平。在这种情况下,对于含氧量低的场所,人员在被允许进入此类场所前需要按照国家规定通过医学检查。

b) 可燃气体,无毒。

如果造成贫氧的气体是氢气、甲烷(天然气)或乙烷,那么在短时间呼吸这种大气没有问题,但是如果浓度高于燃烧下限,将会发生爆炸。如果现场有可燃气体探测器和氧气探测器,在达到这种危险状况之前,报警器宜已经发出报警信号。

c) 可燃气体,有毒。

如果造成贫氧的气体是乙炔、乙烯、丙烷、液化石油气或丁烷,呼吸这种大气在最快几秒内就会致命。但浓度也会超过燃烧下限。所以如果安装有可燃气体报警器,此时就会先报警。

d) 不可燃气体,有毒。

不宜将贫氧测量用于有毒气体探测。

警告：氧气探测器决不应用 CO₂ 含量指示代替氧气含量指示。

依靠氧气探测器监测二氧化碳的存在已导致了死亡。

4.5 气体探测具体应用

4.5.1 气体探测作为降低爆炸风险的方法

4.5.1.1 通则

各种组合运行的可燃气体探测器可通过消除点燃源(例如位于可能出现爆炸性气体环境的场所内的非防爆设备),或通过激活安全功能以保持可燃性气体浓度低于 25%LFL,从而降低爆炸可能性。

在重大事故性气体泄漏中,爆炸性气体环境可能会超出场所分类的范围,宜采取措施消除此类场所内的点燃源。

通过气体探测和后续行动的方式来行使的安全功能包括:

- a) 如果超过设定的报警值,断开任何非防爆设备;
- b) 提高通风速率,以防止设备位置的气体浓度增加到 25%LFL 以上;
- c) 在可燃气体探测指示失去控制时,向安全系统提供关闭信号;
- d) 对于正压保护的房间,关闭通风风闸以防止气体进入,关于房间内非防爆设备的隔离见 GB/T 3836.17;
- e) 对于分析小屋,见 GB/T 29812 中的规定,其中气体探测器是重要的组成部分。

主报警级别宜在 20%LFL 或以下。

在所有探测到 20%LFL 或以上的可燃气体的情况下,宜启动声音或视觉报警。

低可燃气体浓度指示(有或无预警)宜用于:

- 启动故障排除和维修活动;
- 启动通风系统运行,提高现有通风速率以避免非防爆设备断开;和
- 由于可能导致超过主报警级别的更严重的气体泄漏引起的停机过程。

可燃气体探测设备宜符合 GB/T 20936.1 或 GB/T 20936.4 对于通风场所内可能存在的气体或蒸气的性能要求。

4.5.1.2 通风速率

通风和空气流动有两个基本功能:

- a) 提高稀释速率并促进扩散,以限制气体危险场所的范围;
- b) 避免可能影响区域类型的爆炸性环境的持续存在。

如果通风速率的计算使浓度超过 25%LFL 的气体-空气混合物不会出现,则该高通风速率是相关的保护措施。气体探测不是强制性的,但是宜采用以在通风系统出现故障时确保高安全水平。

如果通风速率被视为低级通风,则通风和气体探测的结合是一种保护方法,宜遵循提供的建议。

在各种运行条件下,将所有通风速率与预期可燃气体泄漏速率进行比较。通风速率与可燃气体泄漏速率的相对比较将决定可燃气体探测器与通风相结合的运行方式。

通风效率和有效性评定指南见 GB 3836.14。

4.5.1.3 高级通风场所气体探测

在这类应用中,防止可燃气体浓度积聚的主要保护措施是通过高通风。通风速率的计算应确保除稀释区域外,不会出现浓度超过 25%LFL 的大量蒸气-空气或气体-空气混合物。

宜根据预期最大泄漏速率计算通风速率。

如果通风系统发生故障,可燃气体的探测是一种附加保护方法。

如果通风失效(一种故障条件),宜断开具有点燃能力的非防爆设备。

4.5.1.4 中级通风场所气体探测

如果无法预测最大泄漏速率,则可通过假设预期泄漏速率为现实值来计算适当的通风速率。对于这些泄漏速率,在确定的通风速率,浓度超过 25%LFL 的蒸气-空气或气体-空气混合物受到控制,形成稳定的区域边界。但是,这不能排除可能出现更高的泄漏速率,因此通风作为唯一的保护方法将是不够的。

考虑的最小通风速率和通风布置应足以防止可燃气体在角落或设备后面积聚。

当与中级通风速率结合使用时,用于探测可燃气体的设备在一个场所内提供了附加的保护水平,并构成主要安全理念的一部分。气体探测宜提供在等于或低于 20%LFL 的气体浓度下引起通风速率增加的方法。如果增加的通风不能减少蒸气-空气或气体-空气混合物,则主警报应激活安全功能以断开所有非防爆设备。

根据当地条件,宜在 5%LFL 和 20%LFL 之间的预警水平下开始增加通风。

如果其中一种方法失效(气体探测或通风),应指示故障。如果立即断电或自动停机会导致更危险的情况,只要启动维修且其他方法工作正常,可能允许有点燃能力的设备短时间运行。

4.5.1.5 低级通风场所气体探测

通风速率很低以至于无法防止超过 25%LFL 的可燃气体积聚,被视为“低级”通风。在“低级”通风的情况下,稀释度可能非常低,以至于该场所分类的区域号比对应于释放等级的区域号低(即来自二级释放源的 1 区危险场所)。使用固定式气体探测器对气体浓度进行永久和持续的监测,可以确保使用设备保护级别(EPL)低于正常要求的设备是合理的。

对于这种应用,通风和气体探测都被用作保护方法。报警级别和动作(增加通风和断开非防爆设备)宜与 4.5.1.4 相同。

4.5.1.6 在使用再循环的通风场所进行气体探测

如果遵守以下所有准则,在采用内部空气再循环的情况下可使用减少的外部空气交换(低于确定的适当通风速率):

- a) 该场所由可燃气体探测系统连续监测;
- b) 通风系统回风处有可燃气体探测;
- c) 当进气流量减少时,内部空气分布由再循环维持;
- d) 当超过最低报警级别(低于 20%LFL)时,气体探测系统将停止再循环,并增加外部空气的通风速率;
- e) 提供的外部空气交换速率将使可燃气体保持在 25%LFL 以下;
- f) 在主报警级别等于或低于 20%LFL 时,应断开非防爆设备;
- g) 如果通风失效,只要启动通风系统的维修且气体探测系统工作正常,应指示故障但不必断开设备。

4.5.2 无气体条件的工作许可

4.5.2.1 通则

在危险场所,使用可接受的保护措施,需要临时绕过该保护措施以进行维护或故障排除的设备,可

在无气体条件的工作许可下运行。如果使用了附加的可燃气体探测设备,并由受过培训的人员进行监测,则可在无气体条件的工作许可下绕过保护措施,在危险场所内进行工作。

注:可燃气体探测设备可能是便携式、移动式或定点探测。

对于在危险场所进行的维护或维修工作,可按照工作许可说明,且同时在由经过培训的人员使用和监测可燃气体探测设备的情况下,操作任何有点燃能力的便携式装置或设备(例如不适用于危险位置电弧焊接设备)。

探测可燃气体的附加设备宜适合在将要进行工作的危险场所内使用(符合 GB/T 3836.1 和其他相关部分),并宜符合 GB/T 20936.1 中对于工作场所内可能存在的气体或蒸气的性能要求。

4.5.2.2 操作

附加可燃气体探测设备,作为执行许可工作的地点和时间内可燃气体是否存在的一般指示,用于监测局部条件,宜能够并经校准以探测执行许可工作期间工作场所内可能存在的可燃气体。

对于在绕过保护措施的场所进行的设备维护和/或修理工作,宜采取以下措施:

- a) 所有便携式/移动式气体探测系统宜在与无气体许可一起使用前宜用已知浓度可燃气体进行功能检查(通气测试);
- b) 宜进行初始测量以确认整个工作场所内不存在任何可燃气体;
- c) 宜使用连续监测以确认不存在可燃气体或蒸气;
- d) 宜由经过适当培训的人员使用和监测探测设备;
- e) 在任何维护活动期间,宜制定附加和适当的操作程序,以确保负责探测到气体存在时应急响应和采取措施的人员能够正确履行其职责。

在发放无气体工作许可证之前,宜进行 a) 和 b),以证明在绕过保护措施之前,以及在允许将点燃源引入该工作场所之前,工作场所是无可燃气体的。

4.5.3 进气口监测

如果需要不含可点燃浓度的可燃气体或蒸气的通风空气(例如,位于危险场所内的正压房间或内燃机内的进气),进气口位于可能含有爆炸性气体环境的场所附近,则宜安装监测进气口的气体探测装置。如果探测到气体浓度,宜考虑以下措施:

- a) 关闭进气(关闭挡板和/或根据情况切断风扇电源);
- b) 关闭工艺(以停止释放可燃气体并为断电作准备);
- c) 切断非防爆电源系统或仪表的电源。

当可燃气体传感器安装在通风管道或其他湍流应用中时宜注意。该设备和传感器宜专门设计、试验和批准用于湍流空气中的低浓度可燃气体探测,以确保当通风系统中存在可燃气体或蒸气时,上述建议的措施将起作用。

如果正压房间或小屋位于危险场所 1 区或 2 区,则它们的电气防爆应符合 GB/T 3836.17 和/或 GB/T 29812。宜使用可燃气体探测器监测用于正压的清洁空气供应。

4.6 开放路径探测的具体注意事项

在第 4 章中,气体和蒸气的浓度表示为:

- a) 体积分数(%);
- b) 燃烧下限,LFL,表示为特定可燃性物质在空气中的体积分数(%);

注:例如,甲烷的 LFL 在空气中为 4.4%(体积分数)(见 GB/T 3836.11)。

- c) 燃烧下限百分比,%LFL,本质上是安全系数倒数的表达式;

d) 体积分数($\times 10^{-6}$),主要用于低浓度的有毒气体和蒸气以及可燃气体和蒸气。

这些单位通常在用于贫氧、可燃和有毒气体和蒸气的传感器和采样设备中使用。在任何时候,传感器都使用一个小的、基本上均匀的样品,该样品可在一个小体积气室中。因此,浓度单位是合适的。

开放路径探测器的情况则不同,开放路径探测器基本上由一个发射器和接收器组成,发射器和接收器位于长度从1 m~200 m不等的光路端部。样品基本上是这些器件之间路径中的所有气体,因此不能假定其浓度均匀。无法判断是否有高浓度的小云团,或低浓度的大云团,或不止一个云团。测量的是路径长度上的积分浓度(例如单位为 LFL · m),如图 1 所示,或者从另一个角度看,是路径长度上的平均浓度(例如单位为 %LFL),如图 2 所示。

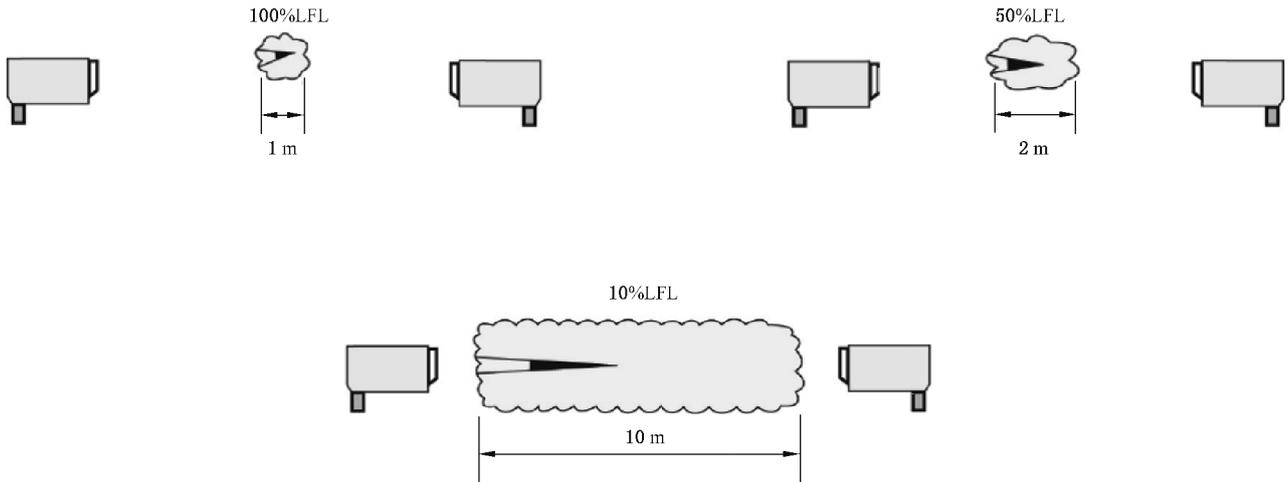


图 1 路径长度上的积分浓度

图 1 所示的三个开放路径监测器详细说明了三个大小和浓度不同的气体云如何产生相同的 1 LFL · m 读数。

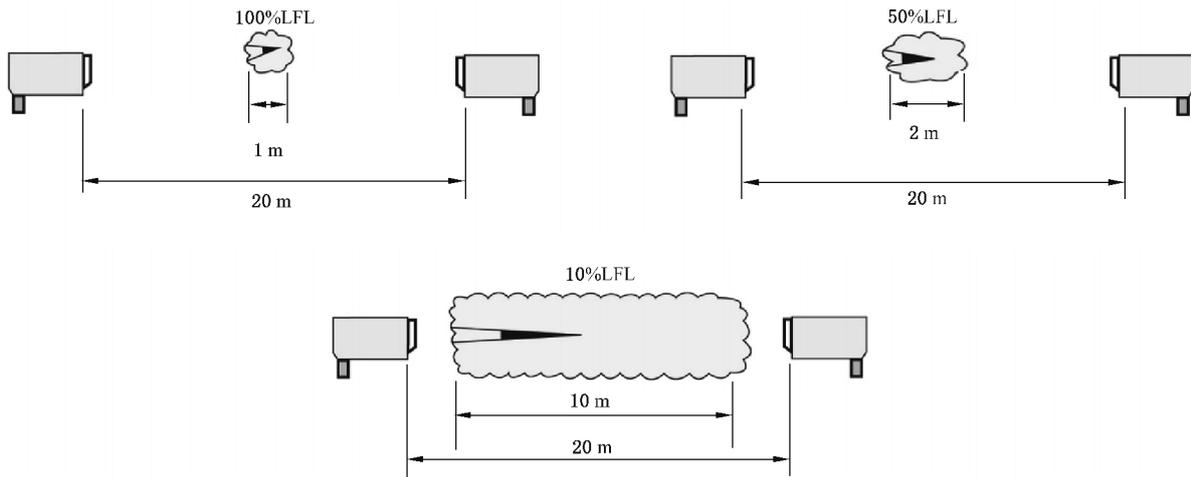


图 2 路径长度上的平均浓度

图 2 所示的三个开放路径监视器详细说明了 3 个大小和浓度不同的气体云如何产生相同的 5% LFL 读数(路径平均浓度)。

5 测量原理

各类传感器的测量原理包括常见应用、限制、干扰、中毒等应符合附录 A 的规定。

6 设备选型

6.1 通则

本章、第 8 章和第 9 章中,需要包含工厂信息、现场信息和决定的文档。尤其是对于大型的固定系统,文档内容宜全面,且便于查询。重要的是,这些文档随着设备的更新、维修和校准的变化而不断更新。附录 C 给出了许多最初决定的典型核对清单。

注 1: 性能标准 GB/T 20936.1 和 GB/T 20936.4 包括某些基本的环境试验。这些试验中环境限制条件在附录 B 中。

对于满足 GB/T 20936.1 和 GB/T 20936.4 要求的设备,试验条件可能已超出最低限制条件。对于这种情况,详细信息见取证资料或试验报告。

在选择可燃气体探测器时,宜考虑环境因素、使用条件的相关要求以及预期应用情况。宜注意有关人员的安全,有蒸气存在时,宜特别注意。有关指南见第 4 章。然后,宜考虑探测器的特点,特别是注意探测器的使用要求和输出说明。每种类型的传感器都有不同的使用限制条件,详见第 5 章或附录 A。

注 2: 本文件不妨碍使用附录 A 规定的探测原理之外的其他探测技术,也不影响开发新的探测原理。但是,最重要的是探测原理对预期应用是足够且安全的。

对探测可燃性气体的探测器以及关联设备,有两种独立的试验类别。

——性能试验:确保设备及量程适用于被探测气体。

注 3: 按照 GB/T 20936.1 或 GB/T 20936.4(适用时)规定的性能要求对可燃气体探测器进行评定,是判断探测器是否适用于环境的基础。然而,这种性能测试不一定包括设备的所有功能。

——防爆试验:防止设备自身点燃周围爆炸性环境。

GB(/ T) 3836(所有部分)中规定了防爆设备的要求,适用于探测器的所有部件,包括探测其他气体的传感器。测试、取证和标志宜符合有关国家规范。

警告:正常分区及相应的探测器防爆措施不适用于富氧环境,例如焊接用气体混合物。

6.2 选型准则

6.2.1 通用准则

6.2.1.1 气体探测器选型准则

选择合适的气体探测器宜考虑下列因素:

- a) 测量气体的种类、每种气体的浓度范围、设备的量程和要求的精度;
- b) 是否存在潜在干扰气体;
- c) 探测器的预期应用,例如监控、人员安全、泄漏探测或其他用途;
- d) 探测器类型:固定式、移动式或便携式,关于这三种类型的具体要求、优点和限制见第 8 章和第 9 章;
- e) 样品的获取方法:扩散式、吸入式或开放路径,关于这三种类型的具体要求和限制见 6.2.3 和 8.2;
- f) 国家标准规定的预期使用区域划分;
- g) GB/T 3836.15 中给出的与防爆措施相关的选型指南;

- h) 使用区域的环境条件,以及其与拟用设备技术条件的比较;
 - i) 传感器和壳体的材料,以及其在预期工作环境(腐蚀性、风、雨、冲刷等)的适用性,铜部件不宜暴露在乙炔可能出现的环境,因为会形成爆炸性乙炔化合物;
 - j) 特定设备在使用时需要注意的特征或输出说明;
 - k) 时间依赖性以及与安全装置和警报器的相互作用(见 6.2.1.2);
 - l) 包括零点检查的校准要求;
 - m) 安装人员、操作人员、校准人员、维修人员和保护区域内其他人员的职业健康和安全要求。
- 无论使用什么类型的传感器,如果出现下列情况,可能导致错误的结果:
- 探测器用于探测未对其校准的气体;
 - 被测气体没有去除水蒸气或其他干扰蒸气或气体,可能导致负响应;
 - 特定传感器类型的响应受到环境条件(没有补偿)变化影响。

6.2.1.2 延时

气体探测和测量系统的设计应使整个系统的延迟时间小于预期应用要求最大允许的延迟时间。至少要考虑以下因素:

- a) 潜在可燃性气体的释放速率;
- b) 采样系统的延迟时间;
- c) 传感器的响应时间;
- d) 数据传输的延迟时间;
- e) 报警装置和开关电路的延迟时间;
- f) 动作执行装置(如关闭阀)的运行时间;
- g) 采取任何决定和人为干预需要的时间;
- h) 人员培训程度。

6.2.2 探测的气体

气体探测器应对探测的每种气体敏感,并且量程要适合于所有可能遇到的被测气体浓度范围。宜根据制造商提供的信息,确定特定探测器的适用性。

警告:导热系数、红外线、电化学、光离子及半导体传感器除了对被探测可燃性气体敏感,也可能对某些非可燃性气体敏感,而某些探测技术对一些可燃性气体并不敏感。例如,半导体传感器除了对可燃性气体敏感外,还对水蒸气或可燃性气体燃烧的生成物敏感。宜从制造商处获得干扰气体对特定传感器影响的信息。

使用本文件规定的探测器,通常不能确定可燃性气体混合物中某种单独气体的浓度。一般来说,附录 A 规定的传感器会对混合物中多数或所有可燃成分做出响应,但不能确定是哪种气体。

当对已知相对浓度的多种气体混合物进行监控时,如果可行,宜尽可能用这种气体混合物进行校准。如果混合物的组成未知,或者在被探测区域可能出现多种气体,则宜用最不敏感的气体对传感器进行校准。但是,宜注意确保这样校准过的传感器对其他可能出现的气体也足够灵敏。如果这样不可行,也可选择对可能出现的不同气体分别校准过的多个传感器。

警告:确定最不利情况下校准的正确物质并不简单,需要对传感元件有很多经验。宜征求制造商的建议。

注:最不利情况下的校准基于测量范围内灵敏度最低的气体。

警告:催化探测器对不同的可燃性气体具有不同程度的灵敏度。探测不同气体的响应比率会随时

间变化,尤其是对于甲烷或天然气。如果在被探测区域可能出现多种气体,咨询制造商取最合适的校准气体。如果探测气体中包括甲烷气体,使用含甲烷的空气对设备进行检查或校准(见 11.2)。

探测器安装在危险场所或可能被带到危险场所的部分,应按照 GB/T 3836.1 的要求取得与该场所和可能遇到的可燃性气体相适应的防爆合格证,适用于 I 类、II A、II B 或 II C 类气体,具有相应的温度组别。气体类别的数据在 GB/T 3836.11 中给出。

警告:本文件所涉及的气体探测器通常不是为用于富氧或贫氧的气体环境而设计的,宜避免在这样的气体环境中使用。例如,在使用气体探测器保护的区域进行乙炔焊接作业时,宜特别注意,如果气体传感器探测到未点燃的富氧乙炔喷射流,就有可能发生不可控的点燃;富氧乙炔是特别危险的气体混合物。

一些技术(尤其是催化探测器)不适合在高度贫氧环境或者惰化的环境中探测可燃性气体。然而,一些技术,特别是红外探测器,并不依赖于氧气浓度。

在氧气浓度有明显变化的防爆场所使用时,需要测量氧气,目的是:

- 在探测可燃性气体或蒸气时,确保设备正常运行的最小氧气浓度;
- 确保不超过允许的氧气浓度上限;
- 监测氧气浓度的任何增加情况,这可能会提高燃烧上限,也可能降低点燃需要的能量;
- 人员保护。

可燃性气体的燃烧上限和下限会随温度、压力和氧气浓度的变化而变化。这些环境条件的正常变化不宜明显影响探测器的性能。然而,如果温度、压力或氧气含量预期变化较大,宜咨询设备制造商,正常条件见 GB/T 20936.1 和 GB/T 20936.4。

6.2.3 固定式探测器的应用

6.2.3.1 通则

在设备和其他装置需要进行永久气体检测的区域,宜采用固定式探测器和固定式系统。这些区域可以是工厂内的静态区域,也可以是运输系统或采矿生产系统中的动态区域。

一般而言,固定式探测器包括位于危险场所的传感器、开放路径探测器或采样点,以及可能位于危险场所或非危险场所(如控制室)的关联设备。设备或系统的所有部件永久安装。

根据具体应用情况,需要对整个系统的适用性进行评定,包括传感器、开放路径探测器或采样点(见 8.3)的选择及其大致数量和位置,以及警报级别和响应时间。可从设备制造商或受过适当培训的人员处获得适当的建议。

固定安装的探测器可以从电网供电。但是同时采用备用电池系统会提高设备的有效性。

固定式气体探测器可设计制成具有以下某些或全部功能:

- a) 显示气体浓度;
 - b) 声音和/或视觉警报;
 - c) 输出动作信号,触发关闭进程和自动保护动作等,例如用于过程控制、通风、消除点燃源等。
- c)项的功能可能需要附加硬件来实现。

每项安装都需要考虑到相关要求,宜咨询制造商和安全部门,保证符合安全法规。

常用的 4 种主要类型固定式探测如下:

- 单一位置传感器;
- 带有集中控制设备的分体式传感器;
- 带有集中传感器包的采样系统;
- 开放路径系统。

6.2.3.2~6.2.3.5 列出了每种探测器的主要特性。

6.2.3.2 点式探测器(单一位置传感器)

这种类型的设备有一个扩散或吸气传感器,且其信号处理控制单元位于危险场所内。在这种情况下,传感器和控制单元通常组合在一起,但可以作为单独的部件提供,通过短电缆连接。这种类型的传感器通常需要一个外部电源(例如直流 12 V~28 V)并可具有标准化模拟输出(例如 4 mA~20 mA),根据电源要求,可以是 2 线、3 线或 4 线配置。如果有报警功能,通常由无电压触点组成,然而可有与其危险场所防爆措施一致的声音或视觉输出。

在考虑防爆措施(例如隔爆或通过安全栅)的情况下,电源和输出连接到安全场所内未定义的电气设备。通常,系统这一部分的符合性设计取决于系统设计者和安装者。

应完全在单一位置传感器上施加校准气体,以及调整信号和任何一体式报警。

6.2.3.3 带有集中控制设备的分体式传感器

分体式传感器通常构成系统的一部分,系统在危险场所内有一个或多个独立传感器,与安全场所内的专用电源和控制设备分开。

由于所有设备都设计成一个集成系统,制造商有更多设计控制。诊断、中央报警和预设计防爆措施(例如专用本安电源)等特征都是可能的选项,简化了安装设计。

尽管施加校准气体仍应在每个分体式传感器上进行,但是一些调整,特别是报警,甚至是信号,可以在控制设备上进行。

注:这是最适合大多数工业应用的类型,尤其是需要快速响应时,因为它完全专用于一项任务。

6.2.3.4 带集中传感器包的采样系统

这种类型的设备通常由危险场所内的 1 个~20 个或更多个采样点组成,通过由与样品相容的材料制成的吸气采样管(见 8.5)连接到传感器包(包含一个或多个传感器的吸气式探测器)。

采样管通常按顺序选择,使每组采样管工作时间正好够传感器包获得结果并启动任何自动动作(例如警报、故障信号)。带泵和自动选择功能的预包装传感器单元可作为标准件提供。

在估计采样造成的延迟时,应在最不利的情况下考虑分析所有当前未采样管路所花费的时间。除传感器依次获得每个新鲜样品的合理结果的时间外,还需要考虑新鲜样品置换管路中气体的过渡时间。根据采样管内径选择,短管路中的典型样品传输速度在 3 m/s~10 m/s 范围内。

对于几十米以上的采样管,可能需要更先进的系统。这可以是一个系统,在分析当前管路中样品的同时,系统中由第二个泵吸取之后采样的下一条或两条管路。这样,当选择每一条新管路进行分析时,传感器包中就已经有了新的样品。

实际在技术上更简单且工作距离更远的方式是,通过一个更大的旁路泵吸取除当前分析的管路外所有的管路。在最后这种情况下,如果延迟是可以接受的,那么只要管道的内径与泵的特性相匹配,就没有对样品管路长度的实际限制。

注 1: 此类设备的设计是一项专业工作,但采样管路长达 7 km,延迟约 95 min 的多点系统已成功用于煤矿趋势探测。

在采用相对静态工艺条件的地方和测量点条件(环境或可接近性)不利于传感器的地方,这种类型的系统可能比前两种类型更适用。例如,对温度、振动、化学品等的耐受性可能更宽。

传感器包可能包含并行运行的用于多个气体或蒸气的传感器。因此,除了很少进行的采样管路完整性验证(例如使用测试气体)外,所有常规校准仅在传感器包进行。实际上,也可能包括自动校准等功能。

具有一个安全场所中央传感器包还允许系统的所有电气部件位于危险场所之外。在这种情况下,除了在采样管路从危险场所进入非危险场所时使用阻火器外,可不需要特定的危险场所防爆措施。这使附录 A 中不易采取防爆措施的探测技术,尤其是需要外部气体供应(例如 FID 和 FTA)的探测技术得以应用。

多采样系统也允许使用其他高灵敏度探测设备,这些设备可能过于昂贵或笨重,无法用作点式传感器。

宜对阻火器进行检查或认证以确认符合其应用要求。阻火器可包括烧结金属、毛细管或其他细小间隙。这些装置可能增加响应时间,可能受到腐蚀的影响,也可能易被灰尘或冷凝物堵塞。这意味着需要进行特定的检查和维护,但可以通过定期维护的采样点过滤器和合理的采样管路安装(见 8.5)来缓解这一问题。

在可能使用采样系统的地方,它们可能比前两种类型更经济,维护强度也更低,特别是在需要多个采样点和多传感器类型的情况下。

注 2: 上文所述类型的设备和系统不视为本文件范围外的过程控制应用。

6.2.3.5 开放路径探测器

开放路径探测器监测穿过大气的直线路径,其长度可达 200 m。该路径端部有一个发射器和一个接收器。最常见的形式是分光光度开放路径探测器,它取决于在光谱紫外、可见光或红外部分吸收光束能量。大多数现有设备在红外(IR)光谱范围内工作(见 A.4)。

在开放路径探测器中,发射器和接收器可组合为收发器,然后使用反射器(通常是逆反射器)沿平行路径返回光束。对于较短的距离,光束可以多次穿过平行路径。

典型的应用是监测石油平台和其他装置的周界、工艺区、维修期间飞机下方的空间、跨越烟囱和跨越通风管道以及在屋顶空间。

这类设备的响应不同于上述前三种,它测量的不是气体或蒸气的浓度,而是沿发射器和接收器之间的路径的积分浓度(见 A.4)。

这项技术有三个优势:在扩展的区域监测气体,很大程度上独立于风向,信号更能代表任何释放的程度,无论释放是集成的还是扩散的,并且由于样品的长度,它实际上非常敏感,并且设备可设置在远低于典型的点式探测器的报警级别。

除了信号外,该技术的特点是需要精确对准。提供了特殊的调整装置,并且在许多情况下,需要额外的设备(例如望远镜)来实现光轴的精确对准。应没有可能导致错位的振动(尤其是对于长路径),这通常将需要特殊的基脚和安装结构。它要求有一条不可能被人类活动或其他移动物体遮挡的清晰视线,并且需要特殊的校准方法(见 8.11.1 和 8.11.2)。

它对自然光和人造光、灰尘、薄雾、雾、雨和雪具有高度的耐受性(见 A.4),但可能因过多的雾或降水而失效。符合 GB/T 20936.4 的设备在这种情况下会产生光束阻塞信号。附录 D 为评估可能的大气影响提供了一些帮助。

6.2.4 移动式和便携式探测器的应用

6.2.4.1 概述

探测器的大小、重量、坚固性、供电要求、显示类别、声光报警功能是选择移动式或便携式探测器的重要因素。

6.2.4.2 移动式探测器

移动式探测器通常用于监测临时工作区域(动火工作),或者输送可燃性液体、气体或蒸气的区域。

通常这是基于传感器的,但可以使用简单的采样设备。

有可能有移动式开放路径探测器,但基本上对固定探测器的所有注意事项都对其适用。

6.2.4.3 便携式探测器

便携式探测器通常用于探测泄漏,检查和监测不含可燃性气体环境的条件,以及安全检查和类似应用。

在许多情况下,小型便携式单元可能附着在人员工作服或设备上工作,并成为个人报警器。

便携式探测器通常使用简单的扩散模式。在这种情况下,当设备用于泄漏探测或者也用于探测使用者一般无法到达的受限空间内的气体,需要配备静态采样探头,或者手持式或机械式吸气采样探头。

其他便携式探测器可带有持续运行的小型电子泵,通常用于采集设备附近的样气,但是为了上述目的可通过采样管或采样探头采集样气。

与移动式和便携式探测器连接的采样探头,通常很短(大约 1 m)且是刚性材质,但是它们可以伸缩,也可以通过挠性管连接到探测器上。

便携式探测器可能需要不时暴露在浓度高于燃烧下限的气体中,宜注意选择适合该目的的设备。

宜注意避免水或者样气蒸气凝结在设备或采样管上,尤其是将温度低的探测器带到环境温度较高的地方时。

当设备从一个场所移动到另一个场所时,可能经历湿度和压力的突然变化。这可能会给出瞬态显示,例如来自电化学氧传感器的显示。当在“读数和撤离”模式下使用时,可特别寻求制造商对此类瞬态显示大小的建议,以提供指导(见 9.3.9)。

对于便携式吸气探测器,应确保采样管线正确连接。注意将采样管连接到泵入口而非出口。

可使用由收发器组成的便携式开路探测器。通常,该技术使用表面反照率来反射红外能量,并可限制开放路径长度。

6.3 设备选型的各种影响因素

6.3.1 抗电磁干扰

某些类型的可燃性气体探测器易受到外部射频的干扰,导致故障,例如明显的校准错误、零点漂移和出现误报警信号。如果预期会出现这些问题,宜选择能够抗电磁干扰的探测器(见 GB/T 18268.1)。

6.3.2 预期使用区域

在按照 GB 3836.14 和 GB/T 3836.35 完成场所分类后,应根据具体场所分类正确选择气体探测器。

7 气体释放方式

7.1 自然释放

7.1.1 概述

形成可燃性气体环境的范围和等级主要受释放源的化学和物理特性参数的影响,其中一些是可燃物质的固有特性,其他取决于工艺过程和位置。为便于分析,下面列出的每一参数的影响都是假定其他工艺参数不变。

7.1.2 气体或蒸气的释放速率

释放率越大,形成的可燃性气体环境的范围就越大和/或等级就越高。

释放速率取决于以下参数。

a) 释放源的几何形状

与释放源的物理特性有关,例如敞开的液面、泄漏的法兰等。

b) 释放速度

对于一个给定的释放源,释放速率随着释放速度的增加而增大。如果产品在工艺设备内部,释放速度与释放源的工艺压力和几何形状有关。

以较大释放速率高速释放时会产生动量喷射流,影响释放源周围气体的特性。

气体高速释放(例如压力管道或容器的泄漏)最初产生的动量喷射流直接从释放源处释放。在气流远离释放源的过程中,通过空气流动、浮力效应和气体扩散对气体的释放的控制作用,喷射流的动量最终得以释放。

c) 浓度

可燃性蒸气或气体在释放混合物中的浓度影响着释放率。

d) 可燃性液体的挥发性

主要与蒸气压力和汽化热有关。如果蒸气压力未知,可用液体的沸点和闪点作为指南。

如果闪点比可燃性液体可能达到的最高温度高出很多,则不会形成爆炸性环境。闪点越低,爆炸性环境的范围就越大和/或等级就越高。

一些液体(如某些卤化烃)没有闪点,但是仍能形成爆炸性环境。在这种情况下,宜比较饱和浓度液体达到燃烧下限时的温度与液体能达到的最高温度。

需要考虑液体温度高于 $(TF-x)K$ 时的情况, TF 表示液体的闪点, x 是安全裕度。对于纯化学物质安全裕度约为 $5K$,对于混合物安全裕度宜增加至约 $15K$ 。

注:在一定条件下,可燃性液体在温度低于闪点时能释放产生薄雾,也能形成爆炸性环境。

e) 液体温度

随着温度升高,蒸气压力增大,由于蒸发作用释放速率增大。

例如,由于热表面或较高环境温度的影响,释放后液体的温度会升高。

7.1.3 燃烧极限

燃烧下限(即可燃性气体或蒸气在空气中的体积分数)越低,形成的爆炸性环境范围越大和/或等级就越高。如果释放速率相同,燃烧下限低的气体会比燃烧下限高的气体率先达到点燃浓度。

燃烧下限和燃烧上限都随温度和压力的变化而变化,但通常这些参数的变化不会对燃烧极限产生显著的影响。可参考 GB/T 3836.11。

注:由于 LFL 和 UFL 值是实验性的,不同的国家为 LFL 和 UFL 规定了不同的值,两个示例如下:

——NFPA 30 是美国境内使用的出版物;

——GESTIS 是德国境内使用的公开数据库。

7.1.4 通风

增加通风效率会降低爆炸性环境的范围和/或等级。阻碍通风可能会扩大爆炸性环境的范围和/或等级。另一方面,一些障碍物,例如围堤、墙墙或天花板,可能会限制爆炸性环境的范围和/或等级。

7.1.5 释放气体或蒸气的相对密度

气体释放的初始速度(例如,由液体溢出产生蒸气)忽略不计时,气体的特性取决于受到的浮力和气

体对空气的相对密度。

如果气体明显比空气轻,它会向上飘逸。如果气体或蒸气明显比空气重,则会沉积在地面附近。相对密度增加时,地面上形成爆炸性环境的水平方向范围和/或等级会增加,相对密度降低时,释放源上方形成爆炸性环境的垂直方向范围和/或等级会增加。

注 1: 为了方便实际应用,气体混合物相对密度低于 0.8,认为比空气轻(如甲烷、氢气或氨气)。如果气体混合物相对密度超过 1.2,认为比空气重。

注 2: 相对密度高低不一的混合物与空气混合后,密度变化不大,混合之后,它们就不会再分离,只会被稀释。

7.1.6 温度和/或压力

如果气体或蒸气释放前的温度和/或压力与环境的压力和温度明显不同,至少释放源附近释放的绝对密度及其释放方式会受到影响。

释放到空气中的高压气体随着绝热膨胀会急剧冷却。同样压缩液化气体(例如,液化石油气、氨气)释放时会冷却到沸点温度,远低于 0℃。

任何热流(例如,来自冷热物体表面、装置或设备的对流),特别是临近释放源的位置,可能影响气体/空气混和物的传播和分布。

7.1.7 其他考虑的参数

气候条件和地形等因素也需要考虑。

如果在封闭空间内有明显的环境空气流动或释放,上述特性则不同,见 7.2 和 7.3。

7.1.8 户外场所和敞开式建筑物

在户外场所和敞开式建筑物中,风速和风向都会影响释放气体的扩散。在敞开区域,横向扩散释放的气体在上风向释放减少,在下风向释放增加。风速增大时这种效应会更加明显。在建筑物和其他构筑物周围空气流动模式更加复杂。在这种情况下,风向会产生重大影响,宜考虑在部分封闭空间内气体积聚的可能性,或者在受限空间内空气的流动。在主厂区安装气体探测器时,可在设计阶段利用气体扩散的数学模型或进行风洞试验。

局部热效应可显著控制空气流动模式,因而影响气体扩散。例如,接近热表面处会产生较大的热梯度。此外,气体的相对密度会同时受到气体本身温度和周围空气温度的影响。

7.2 建筑物和围墙

7.2.1 通则

一般来说,建筑物和围墙内气体释放后产生危险积聚的可能性要比室外大。气体在封闭的空间内释放后,与内部空气混合,形成气体/空气混合物。这种混合气体形成的方式取决于气体释放的速度、释放的位置、气体浓度、通风状况以及任何叠加的热流。在决定传感器位置时宜考虑这些因素。

7.2.2 不通风的建筑物和围墙

从理论上讲,如果没有任何通风和/或热效应,比空气轻的气体释放形成的气体/空气混合物气层,将会从释放源处飘至天花板。而比空气重的气体释放后形成的气体/空气混合物气层,将会从释放源处扩散至地面。

如果释放形成动量喷射流,情况可能会不同。例如,如果比空气轻的气体喷射流直接从释放源向下喷射,然后气体/气体混合物就会从天花板扩散到低于释放源的位置。同样情况,如果重于空气的气体

喷射流直接从释放源向上喷射,然后气体/气体混合物就会从地面扩散到高于气体释放源的位置。

如果建筑物或围墙内存在潜在气体释放源,则宜提供充足的通风。

7.2.3 通风的建筑物和围墙

7.2.3.1 概述

建筑物内部的通风是通过“自然通风”“机械通风”或两者的结合而实现的。

注:当释放气体的浓度降低到远低于燃烧下限时,由于混合气体和无污染的空气密度上的差别很小,它将会与常规气流一起流动。

7.2.3.2 自然通风

自然通风是指空气通过建筑物或围墙上专用通孔或其他通孔的自然流动。自然通风由两种情况作用而成:首先,建筑物内部由气压差引起的空气流动;其次,室内外空气温差产生的气流升降。对于后者因室内温度高于室外温度而引起的自然通风,会产生向上的气流。反之如果室内温度低于外面的空气,则会产生向下的气流。

在自然通风的建筑物或围墙内气体或蒸气释放会以类似 7.2 描述的方式形成气体/空气混合物。然而,在这种情况下,由于通风气流的稀释,混合物的气体浓度会低于给定的释放速率的气体浓度。

如果比空气重的气体或蒸气在有自然通风的建筑物内释放,则会产生向上的气流,然后气体/空气混合物会扩散到气体释放源的上方或者下方。相反,如果比空气轻的气体或蒸气在有自然通风的建筑物内释放,则会产生向下的气流,然后气体/空气混合物会扩散到气体释放源的下方或者上方。

注:有关自然通风的详细信息见 GB 3836.14。

7.2.3.3 机械通风

机械通风是指采用机械方式(如风扇)使建筑物内部的空气流动。机械通风产生的气流较大(例如,每小时的流量变化会大于 12 倍容积)。

注 1:机械通风是用于控制煤矿甲烷水平和提供可呼吸空气的技术。

一般来说,类似的气体释放,在机械通风的建筑物内,浓度一般会远低于自然通风的建筑物内的浓度。

注 2:如果气体浓度超过燃烧下限很多,或者在闪点较低的液体上部区域,增加通风量可能会导致爆炸性气体环境扩大。

良好的通风系统会使建筑物内部被通风气流吹扫干净。建筑物的几何形状会使空气流通变差,或出现“死角”,导致气体/空气混合物集聚。因此,气体探测器宜设置在这些地方。

注 3:用产生烟雾或薄雾的装置目测检查气流,可能有助于识别建筑物内的空气运动和集聚气体/空气混合物的任何死角。

如果在机械通风系统的进气孔或排气孔处安装气体传感器(取决于气体泄漏点的位置),那么探测器设置的报警设定值宜为符合实际情况的最低值。

如果有些传感器使用类似阻火器的烧结材料,那么在空气流速很高的管道内,空气/气体混合物从烧结元件到传感元件的扩散能力就会减弱。如果出现这种情况,传感器另加一层护罩会有帮助。

7.3 环境因素

设备的使用说明书中宜包含环境运行参数。

如果环境条件超出规定值,宜联系制造商确认探测器是否适合该环境。

8 固定式气体探测系统的设计和安装

8.1 通则

固定式气体探测系统宜能提早警示可燃性气体的存在和大致方位,以便以自动或手动的方式采取下列一项或多项措施:

- a) 现场安全疏散;
- b) 适当的消防和其他应急程序;
- c) 排除危险;
- d) 工艺或装置停机;
- e) 加强通风。

如果一开始没有探测到气体泄漏,随后对人身安全造成危害并造成经济损失,这种情况特别危险。因此从一开始就宜考虑系统的完整性、冗余、供电的完整性以及故障安全运行等。

因此,最重要的是由获得授权有资格的人员安装和使用气体探测器。

传感器、采样点或开放路径探测器的数量和安装位置的选择都至关重要。实际操作时需要考虑各种因素的影响,包括行业规范和监督管理机构的要求、当地环境和安全,因此通常需要安装人员具备广泛的专业知识。

8.2 固定式探测系统的基本安装要素

8.2.1 通则

如果探测器或辅助元件安装在危险场所内,则应与区域类型相适应。

常用的4种主要类型固定式探测系统如下:

- a) 由单点探测器(单一位置传感器)组成的系统,除电源外独立,具有模拟输出和/或无电压触点,用于通过电缆连接到报警和控制设备;
- b) 由分体式传感器组成的系统,通常通过电缆连接到专用报警和控制设备;
- c) 采样系统,通常有多个采样点,通过管道将采样气送入带有报警和控制设备的集中传感器包;
- d) 开放路径探测器,在其光路中感应气体。

这种类型的系统的安装方式宜能使其持续监控工厂或其他场所内可燃性气体可能意外集聚的所有部分,并在气体泄漏或积聚达到系统实际限值(例如,与传感器数量和位置或开放路径线路有关)的时候尽早报警。

8.2.2 点式探测器和分体式传感器

按照电气设备安装国家标准的规定,分体式传感器和点式传感器宜连接到与之相关的控制和报警设备上。安装在危险场所的传感器和系统的其他部分通常采用GB(T) 3836(所有部分)中规定的防爆型式,并适用于预期使用区域。宜注意的是,这对于分体式传感器来说可能更容易实现。在这种情况下,安全场所控制设备针对GB(T) 3836(所有部分)的有关部分进行专门设计,以在电源和输出方面与远程传感器兼容。

注:在过高和过低温度情况下,传感器可能在超出制造商规定的温度范围内工作,可能不再符合防爆和/或性能认证。

8.2.3 含采样探测器的系统

这些系统适用于对响应速度要求不高相对静态的工艺条件。例如,监测逐步泄漏的早期阶段。这

种系统有几个技术优势：

- 能将探测器的所有电气部件安装在危险区域之外,危险场所内只有采样管和探头,通过管道内部合适的阻火器与外部连接;
- 能用在在测量点相对难以接近或处于极端环境条件的地方;
- 中央传感器包能使用高度敏感或庞大的探测原理,以及需要外部气体的探测原理,例如 FID 或 FTA(见 A.7 和 A.8);
- 中央传感器包能便利地配备自动校准和一些自动维护;
- 一个传感器包能用于从大量测量点顺序采样,并能包含多种气体传感器。

在最后这种情况下,系统包括单独的探测器按照设定的时间间隔在几个采样点采样,同一个采样点两次连续采样之间的时间间隔宜足够短,以保证不会形成危险环境。采样管的长度和样品的流速也宜引起注意,以保证样品从采样管传送到传感器的过程中不会形成危险环境。为达到这个目的,采样管的长度在合理可行的情况下宜尽可能的短。

对于长度超过几十米的系统,从采样点到传感器包的样品传输时间可能很长。在这种情况下,宜在当前未采样的所有管线上,或至少在下一条或两条将要采样的管线上使用第二个泵吸取。前者需要的设备更简单,但需要的泵更大。

8.2.4 开放路径(光路)系统

这些系统通常使用红外技术,发射器和接收器安装在穿过区域的“光路”两端。在测量区域的一端可以安装一个逆反射器,这样发射器和接收器可以相邻地安装在另一端组成收发器,也可采用其他安装布局。

安装需要一条清晰的视线,视线不会被中断,并且两端没有振动。这通常需要牢固的基脚和底座。响应速度快,并在一定程度上与气流方向无关。例如,只要有空气流动,位于装置周围的 3 个或更多这种探测器单元宜捕获其周围任何地方的释放。多个单元的位置宜避免反射相互干扰,尤其是在雾天或雨天。

8.3 探测点位置

8.3.1 通则

传感器、开放路径探测器和采样点设置位置的主要目标是在产生重大危害之前探测到危险气体的聚积。不适当的位置可能使气体探测系统的效果和完整性完全无效。

此外,传感器、开放路径探测器和采样点的位置宜与那些熟悉气体扩散常识、工艺系统和设备的人员,或者所涉及的安全及工程人员协商决定。

做此决定宜考虑到:

- a) 释放源与传播影响的组合(见第 7 章);
- b) 释放源位于受限结构、建筑物等的内部还是外部;
- c) 在一些交界位置可能发生的情况,例如门口、窗户、隧道、沟槽等;
- d) 当地的环境条件;
- e) 职业健康和安全;
- f) 方便后期维护,包括校准、验证,以及系统的保护。

传感器和采样点的位置若已确定,宜在装置的安全档案内予以记录(也见 8.12)。

注:气体扩散分析可能有助于确定安装传感器的适当位置和数量。

8.3.2 场所总体考虑

如果在给定区域内仅需探测气体泄漏,那么传感器或采样点可设置在主要位置的四周。或者,可以使用一系列开放路径单元。然而,这样的布局可能无法对气体泄漏提供早期预警。因此如果气体泄漏会导致对区域内人员或财产的重大危害,则不宜单独使用这种布局。

传感器或采样点宜靠近主要潜在气体释放源的位置。为了避免干扰警报,测量点一般不宜设在正常运行时会产生轻微泄漏的设备附近。

气体可能形成危险集聚的所有地方也宜安装传感器或采样点,在这样的区域安装传感器不必靠近潜在释放源,但可以是诸如空气流动受限的地方。比空气重的气体会像液体一样流动并积聚在地沟凹槽或人井内。同样地,比空气轻的气体可积聚在高处的空间。

如果有明显的空气运动,或者如果气体释放到封闭的空间,那么气体的泄漏情况会发生改变。气体泄漏之后的情况很复杂,取决于多项参数。但是,用这些参数的影响在实践中预测可燃性环境的范围和/或形成速度还不够充分。可能采取以下措施改进预测:

- a) 利用专家基于过去的经验形成的普遍接受的经验法则;
- b) 通过实验模拟精确描述现场的气体情况,这包括使用烟道试验、风速计读数或更详细的技术,如气体分析仪;
- c) 气体分布的数学模型。

一般来说,探测比空气轻的气体时,气体探测器宜放置在排气通风口上方靠近天花板。探测比空气重于的气体时,传感器要放在排气通风口下方靠近地板或地面。

需要探测从外部进入建筑物或围墙内的气体或蒸气时,传感器或采样点宜放置在邻近通风口处。除了这些传感器或采样点,建筑物或围墙内也宜有释放探测传感器。

如果天花板或地板由于设备或其他障碍物形成了分区,在每个分区内都宜安装传感器或采样点。

8.3.3 环境条件

8.3.3.1 通则

固定式探测器,尤其是其传感器,可能长时间暴露在变化较大的环境条件下,选择和安装探测器时,宜特别注意正常和不正常应用相关的环境条件。

8.3.3.2 不利的气候条件

安装在露天环境或敞开式结构中的传感器或开放路径探测器会受到恶劣环境条件的影响,因此宜时刻关注环境条件。例如,狂风可能造成零点漂移,如果使用制造商的正常校准设备,甚至能稀释校准气的浓度,使校准中的传感器的灵敏度出现明显的瞬间失灵。对于强风造成的影响,宜咨询制造商。

安装在露天环境中的传感器宜格外注意,宜有充足的气候防护措施。蒸汽、暴雨、雪、冰和尘土等诸多因素也可能对传感器造成不利影响。某些特殊材料,尽管适合用于采样管或有气候保护罩,但是也可能由于受到阳光和其他环境因素影响而劣化。

在开放路径探测器中,可能会对探测器自身产生如上所述的影响,例如由于窗上的水滴而导致的去焦。然而,在符合 GB/T 20936.4 要求的探测器中,开放路径自身空气中的灰尘、薄雾和小雨或雪的影响将是最小的。

安装在建筑物内或围墙内的气体探测器通常不会受到不利气候的影响。

在地下矿井中,宜考虑气压变化对气体释放的影响。

8.3.3.3 环境温度过高

所有的气体探测器都宜确保安装在符合制造商规定的工作温度的环境里。

一旦环境温度过高或过低,探测器可能在超出制造商规定的温度范围动作,可出现探测错误,甚至会减少传感器寿命。另外,不管温度过高还是过低,探测器可能不再符合防爆合格证规定的使用条件。

例如,电化学传感器的电解质在远低于 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境里可能会冻结。便携式探测器在不用的时候放置在较温暖的地方或许能避免这个不利限制。

总之,宜尽量避免把探测器直接放置在诸如烤箱和锅炉等热源上方,宜选择放在距离热源足够高的地方安装探测器。

在热带和亚热带地区,暴露在外部的传感器和探测器宜避免阳光直射,因为即使环境温度只有 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,设备的温度却能超过 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。危险场所用设备允许的正常最高环境温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,GB/T 20936.1或GB/T 20936.4执行的最高环境温度为 $55\text{ }^{\circ}\text{C}$,防爆合格证中另有规定时除外。

如果预计测量点的温度超过传感器的规定,则宜考虑采样系统。

8.3.3.4 振动

如果有振动,尤其是安装在机器上的探测器宜注意确保传感器要有抗震设计,或提供可靠的震动隔离装置。开放路径探测器将需要特殊的防振装置。

如果预计测量点处存在过度振动或抖振,则宜考虑采样系统。

8.3.3.5 腐蚀性环境中传感器的应用

暴露在腐蚀性环境(例如氨气、酸雾、硫化氢等)中的传感器宜采取保护措施,避免受到损坏。如果有氨气,由于氨气会造成严重的腐蚀和电气故障,因此宜特别注意保护接线部分(和其他青铜或黄铜元件)。

在采样点对腐蚀性大气进行过滤的采样系统是一种可能的选择。

8.3.3.6 电偶腐蚀

宜采取预防措施,防止传感器因接触其他材料而暴露于电偶腐蚀造成损害。

8.3.3.7 机械保护

若传感器安装在易受机械损伤(例如,受设备正常操作或受叉车等移动设施影响)的位置,传感器宜有充足的保护,但不妨碍周围空气自由流动。如有必要,宜从制造商处获取建议。

8.3.3.8 抗电磁干扰

宜采取适当的保护措施,例如在安装整个电缆系统(包括通风控制等)时采用屏蔽电缆,确保整个系统能得到充分保护,不受电磁干扰的影响。

注:可能有必要参考关于电磁兼容性的相关国家法规的规定。

8.3.3.9 冲洗

装置用水“冲洗”(使用高压软管)时会导致传感器严重损伤并且污染采样管,因此宜尽可能避免用水冲洗。如果不能避免,宜对传感器采取保护措施,同时不影响周围空气的自由流动。这种情况比较复杂。

8.3.3.10 空气传播的污染物及其他污染物

传感器不宜暴露在空气污染物中,以免影响其正常工作。

例如,在安装催化或半导体传感器的场所不宜使用含聚硅酮或其他中毒剂的材料。

粉尘、潮湿、油污、胶黏剂和薄雾或浓缩微滴是影响正常使用的关键。例如,它能导致传感器的显示错误,或者使采样管和过滤器的灵敏度或功能丧失。如果液体和固体同时出现且形成糊状,造成的结果可能更坏。为了避免出现这种污染情况,可能需要对其进行定期清洁或维护。极端情况下,可能需要对气样净化或特殊过滤。

有很多存在油漆残余物或蓄意涂画导致传感器失效的例子,这就需要经过专业培训的人员来维护。

宜小心避免在显示屏和采样管处产生凝露。如果采样管处湿度高,则可能需要在主要部件处放置加热装置,或者谨慎地去除收集器或聚结过滤器中的冷凝水。

蒸气在显示屏、过滤器、采样管或开放路径发射器和接收器的窗口处凝露(或者液体与它们接触)会产生严重问题。这种类型的污物会导致给出不正确或错误的信号,直至消除污物的所有痕迹。这种情况极其危险,唯一的解决办法就是在接触试样的部件处放置加热装置。

8.4 校准和维护

测点设备宜易于接触,方便进行定期校准、维护以及电路安全检查。应能够接近测点并在测点处安装上述操作所需的配件或测试设备。

如果由于传感器的位置难以实现上述要求(例如,在高处或在机器上方),就需要用一个滑轮装置或摆动臂使传感器降低。显然,采样管的电缆应是挠性管或能转动,方能实现这种操作。宜将传感器的方向设置在适合校准的方位。

如果无法直接接触到传感器,至少也宜提供能够进行远程气体校准操作的装置。

8.5 采样管的附加注意事项

采样管一般都是永久性的安装在固定装置上。即使它们由软塑料制成,通常也不太柔软,比电缆难于安装。安装的时候宜考虑到以后的更换问题,例如当其受到严重污染或损坏时,需要更换。可考虑使用连接器。

采样管宜尽可能短,因为响应时间由总长度决定。

可用过滤器保护装置免受灰尘、干扰物质或有毒物质的影响。一般来说,每个采样点需要配一个微粒过滤器,这样采样管的内部就能保持清洁。为达到这个目的,如果采集的试样中含有薄雾,还需要配其他装置。传感器装置要定期更换过滤器。

过滤器会延长响应时间。

过滤器的寿命受剂量的影响(灰尘或干扰物)。这可能缩短装置的维修周期。详细信息宜参考使用说明书。

宜监测采样管内的流量。

选取采样管的材料宜能避免被测气体的吸附和化学反应。另外,宜注意避免采样气被进入采样管泄漏或扩散的稀释空气或气体稀释,或被从采样管逸出的可燃性气体稀释。

产生冷凝水的地方可能阻塞采样管。如果采样管所经区域比采样点温度低(例如,在湿热气候条件下安装空调的区域),这种情况尤其可能发生。如果穿过凉爽的区域,采样管宜尽可能从采样点向传感器略微向下倾斜。在沿采样管长度的任何低点都可能需要脱水器。由于长或高速采样管可能在高局部真空下工作,因此需要注意。这意味着,自动排空只能使用足够长的测压腿,或某种带有止回阀的回吹

系统。或者,可加热采样管,如下面所述。

采样系统中高闪点液体蒸气冷凝的影响也宜考虑,冷凝会降低采样气的浓度并影响读数。蒸气浓度低了,会再度蒸发,给出不正确的高显示值。为了尽量减少这种情况产生的影响,就需要对采样管加热。在危险场所,如果使用电加热系统,需要符合相关的规范和标准的要求。也可选用蒸汽或热水加热器。

8.6 开放式路径探测器的附加注意事项

开放式路径探测器具有暴露在环境条件下的光学窗口和反射镜。可通过一体式短管或顶罩进行局部保护。

冷凝薄雾和露水可能是一个问题,除非光学部件有某种加热器将其提高到露点以上。

开放路径探测器无法防止阳光、反射阳光(尤其是来自水的)或高强度自然光从光轴以窄角度进入接收器。设备的可视范围需要考虑一年中不同时间日出和日落的方向、夜间的车辆路径以及可能使用的屏蔽或与建筑物有关的视野。

在浓雾、大雨或大雪中,或在周围防护的情况下,由于非常静止的空气,开放路径探测器可能无法运行,因此宜将开放路径探测器系统与传感器或采样系统结合起来。

8.7 测量点和开放路径位置的注意事项

测量点和开放路径位置的选择宜正式记录在验证档案里(见 8.2 和 8.12)。

注:有关区域划分和气体扩散的进一步的信息可参考 GB 3836.14。

a)~p)是一个基本的检查单,其中列出了确定测量点或开放路径位置宜考虑的因素,无特定优先顺序,包括但不限于下列各项:

- a) 位于室内或室外;
- b) 潜在释放源——应对潜在蒸气/气体释放源的位置和特性(例如密度、压力、数量、释放源温度和距离等)进行评定;
- c) 潜在气体/蒸气的化学和物理数据;
- d) 低挥发性液体需要将传感器安装在潜在释放源附近(低报警点或动作点);
- e) 可能释放气体的特性和浓度(例如高压喷射、缓慢泄漏、液体溢出等);
- f) 存在空腔和喷射流;
- g) 现场地形;
- h) 空气运动;
 - 1) 室内:自然通风、强制通风、对流;
 - 2) 室外:风速和风向。
- i) 温度影响;
- j) 装置的环境条件;
- k) 区域内人员所处位置和数量;
- l) 潜在点燃源的位置;
- m) 会集聚蒸气/气体的结构布局(例如墙、水槽、隔板);
- n) 规定的位置;
- o) 探头宜安装在操作中不易受机械或水损害的地方;
- p) 所处位置宜便于传感器的维护和校准。

8.8 测量点或开放路径探测器的安装

为了保证固定探测系统的可靠操作,每个传感器、采样点或开放路径探测器的元件宜根据其具体应用和 8.7 的决定安装在合适的位置。

然而,传感器的检查和维护,包括用气体再校准或采样点过滤器更换,应由受过专业培训的人员定期进行。因此,在安装时也需要考虑到这些细节。

阅读并遵守使用说明很重要。

在许多情况下,制造商可规定传感器的安装方位。

宜在系统中加入充分的排水和/或加热装置,尽量减少探测器、探头和连接电缆/导管系统或采样管的湿度和凝露。

采样系统中吸入的任何潜在可燃性气体宜以安全的方式排出。

所有的螺纹连接部件需要润滑,但要确保润滑剂中不含可能造成传感器中毒的物质(例如硅树脂)。

应按照制造商的规定(注意最大回路电阻、最小导线尺寸、隔离、建议等)将传感器连接到各自的控制单元。传感设备和控制单元之间的互连系统,包括布线和导管系统宜适合于目的、场所分类和机械保护并经批准。

如果用户不能解决这些问题,这些工作宜由制造商或其他有资质的人员完成。

8.9 固定系统的完整性与安全

8.9.1 通则

如果气体探测系统或传输系统出错或失效,使装置区无法被充分监控,可能需要附加措施保证安全。宜在安装之前对这些可能发生的不可预测的事情做好应对准备。

气体探测系统或其他部分在常规校准过程中失效时,同样需要保证安全。

保障安全的附加措施可包括:

- a) 气体探测器失效时发出信号;
- b) 使用便携式或移动式气体探测器;
- c) 加大通风量;
- d) 消除点燃源;
- e) 切断可燃性气体或液体供应;
- f) 全部或部分切断设备;
- g) 对必不可少的探测提供多个传感器。

8.9.2 固定系统冗余

通常情况下,固定系统的安装方式,宜使其在系统个别元件失效,或者临时去掉进行维护时不会降低人员和现场的安全保护。在绝对需要连续监控的区域,宜使用两倍或三倍数量的传感器和控制设备。为了获得最大的安全完整性,能够通过使用不同制造的传感器或不同的探测原理来消除共同的失效模式,使这种冗余更加有效。例如,开放路径系统和点式探测器一起使用可能是一个重要的安全措施。如果可能宜尽可能使用“故障安全”型设备。

8.9.3 供电电源断电保护

电网电源断电保护宜包括以下方面。

- a) 供电电源

供电电源宜设计成保证气体探测器操作和报警功能不受限制的结构。

供电电源损坏或故障宜能被探测到。应有适当措施保证监控区域的安全。

供电电源电路宜有一个独立电路,配有特别标志的保险丝,专用于气体探测器。

b) 应急电源

如果要求使用应急电源来保持气体探测器的功能,宜维持该功能直至供电恢复正常,或者监控区域不再需要监控。任何周边外接电源应适合该区域的使用要求(包括环境条件和场所分类)。

应急电源出现故障时宜发出明确的预警信号。

强烈建议,为了在电源或设备故障时发出指示信号,采用的触点闭合在非激活状态(故障安全)。

8.10 安装施工作业时间

气体探测器宜在施工建设(即新建装置、改建或维护)后、系统产生气体或蒸气前安装,以避免焊接或喷涂时损坏传感器、采样管或其他部件。

如果已安装,传感器宜有气密措施保护以避免施工中受到污染,并宜注明不可使用传感器。

8.11 试运行

8.11.1 检查

在使用前宜对完整的气体探测系统包括所有辅助设备进行检查,确保设计和安装符合规定要求。适用时,使用的方法、材料和部件应符合 GB/T 3836.1 的要求。

注:危险场所安装指南见 GB/T 3836.15。

检查项目如下:

- a) 确认电气连接正确、牢固;
- b) 检查采样管是否泄漏、流量是否合适;
- c) 检查阻火系统是否堵塞或弄脏;
- d) 检查蓄电池电压和/或电池状态,以及进行必要的调整或更换电池(根据说明书要求);
- e) 进行电路故障检测。

此时,宜检查确认是否提供了整个系统的操作说明、方案和记录等档案文件。宜给出所有采样测量点和开放路径的详细细节(见 8.2)。说明书宜包括使用、检测、校准和操作的详细规定,以及所有制造商的说明书(见 8.12)。

8.11.2 初始气体校准

在现场每个安装好的传感器都宜按照制造商的说明进行校准,除非传感器已经由制造商按照要测量的气体进行了有效的出厂校准。校准仅宜由经过适当培训的有资质人员进行。

对于传感器系统,校准已安装的气体探测器通常通过施加调零气体或通过验证该区域无气体,然后对探测器的信号进行调零。然后施加量程气并将设备的灵敏度调整到适当的值(通常按照 11.8.1、11.8.2.4 和 11.8.2.5)。

对于开放路径探测器,应对该程序进行较大修改。为了执行真正的检零,需要验证整个路径长度是否无气体。通常,这需要一个便携式气体探测器,在较长路径的情况下具有极高的灵敏度,例如 PID(见 A.9)。为了进行量程检查或调整,应将密封在具有透明端的气室中的校准气体样品放入光束路径中。

注:一般不使用预先校准的滤光器进行校准,尽管它适用于功能检查。

气体初始校准后,固定探测系统在预定时间间隔后宜自动进入探测模式而不需要在进行调整。或者,在校准期间,设备宜给出一个特殊信号,防止正常测试时输出错误信号。

如果可能有多种气体存在,宜参考 4.3.2.2 和 6.2.2 给出的附加预防措施。
为确保正确操作,应定期进行检查和校准。

8.11.3 报警设定值调整

如果探测器仅显示低于燃烧下限的浓度值,为了避免出现误报警信号,报警设定值(或最低设定值,有两个或两个以上)宜尽可能低。报警设定值应记录在系统档案中(见 8.12)。

在前期使用阶段,新建装置或新的气体探测系统需经常检查报警设定值设置。
报警设定值的调整宜按制造商的说明书进行。

8.12 操作说明、方案和记录

固定气体探测系统宜提供使用、测试、操作说明,并存入系统档案里。

为便于维护和记录,宜提供安装方案并存档。安装方案宜显示系统所有部件(控制单元、传感器和采样点、接线盒等)的位置,以及所有电缆、电线或采样管的路径和规格。方案中也宜包括接线盒和电缆分布图。

认真阅读设备制造商的安装说明书,并完全按照说明书的规定进行操作,这一点极其重要。记录档案中宜存有说明书的副本。

安装有任何变化,都应及时更新相关记录。

可燃性气体探测系统常规检验对独立单元的可靠性有极其重要的影响。只有按照规定程序进行综合测试,才能保证系统的最佳性能和可靠运行。

所有类型的气体探测器都需要用适当的标准气体定期进行校准。明确规定使用寿命和/或易于中毒的(如催化、电化学、半导体)传感器,应定期进行常规再校准,或者至少应进行功能检查。主管部门可规定校准的频度。多数情况下,可从制造商处获得建议。校准频度最终取决于使用的严重程度,最好由定期频繁检查开始,并在档案中记录校准频度(要求调整的数量等)。定期复查有助于发现最合适的校准时间和/或功能检查周期。如果规定的周期不同,宜按最短的周期进行。

探测系统宜由有资质的人员经常进行检查。检查宜按照制造商的使用说明书和特定应用的要求进行。气体探测系统的所有单元都宜进行目视检查和测试,并宜检查报警功能。宜特别注意检查采样管和传感器是否受到灰尘或土壤的污染以及水或溶剂冷凝的影响。

如果使用采样系统,则宜检查采样气路是否堵塞或漏气。通过气囊采集校准气体进行校准,或者在大气压下,在采样点(不使用压力)查看是否和正常校准结果一致,可查出是否漏气。

宜按照制造商的操作说明进行下列操作:

- 定期清洗过滤器、传感器视窗等;
- 装配所需的材料,例如一些装置的辅助气体;
- 系统安全运行。

所有的检验结果宜记录在档案中。

9 便携式和移动式可燃气体探测器的使用

9.1 通则

每次使用便携式或移动式气体探测器时,用户本质上也是在执行很多与第 8 章对固定装置描述相同的重要功能,但是用户可能不具备所有要求的技能。

用户租用或借用这种类型的便携式或移动式探测器时,还会有其他问题。第 6 章的相关部分不一

定都适用。设备的维护和校准历史可能也不太了解,用户特定的设备可能也不熟悉。

对使用便携式或移动式探测器的用户负责的人一般有下列两种选择。

- a) 对要求使用便携式或移动式气体探测器的人员进行适当的培训,培训的内容包括第4章、第5章、第9章和附录A的相关部分,以及特定设备的操作说明的要求,并且易于得到特定设备操作说明书。
- b) 采用9.3.9描述的最简化的“读数和撤离”方法,对人员进行有关特定设备的要求、特定应用和毒性有关的人员安全事项进行培训。检查、校准等宜由其他人员进行。

各种类型的便携式和移动式气体探测器根据不同设计及规格可用作各种应用。重要的是,如果实际上已知有大量气体出现,尤其是按照b)项执行时,如果没有附加预防措施和培训,不宜使用这类探测器。宜先采取必要措施清除气体。

注: 在一些应用场所,有一定气体存在总是在所难免,对于这种情况下的使用需进行特殊培训。

小型手持式探测器可用于泄漏探测或采样点检查,而一些带有可视和/或声音报警功能的较大便携式探测器,根据用户的特定需求,可使用多种功能模式,包括泄漏探测、现场检查 and 局部区域监测等功能。

移动式探测器主要用于临时监测区域可能存在的可燃性气体或蒸气混合物,例如,储罐装卸燃料或化工原料时,或者在已按照气体释放类型划分好区域等级的地方,在授权确认无气体时临时进行“紧迫工作”(与维护活动有关)。移动式设备并不适合长时间手持携带,但可以在探测区域使用几小时或更长时间。

由于其本身的特性,便携式和移动式气体探测器会受到不同气候、操作或多种环境条件的影响。因此,用户宜特别注意探测器的实际使用条件,并进行评定确保其设计或保护措施满足这些条件的要求。不仅在使用时需要注意,在不使用时也需要注意这些影响,例如,移动过程造成的机械损伤、振动或放置在阳光照射下的汽车后备箱中导致的过高温度的影响。

可燃性气体探测器的常规测试是影响可靠性的重要因素。通过测试程序才能实现系统的最佳性能和可靠运行。测试的频率取决于可能产生的中毒影响和不同类型传感器老化情况(见附录A),否则只能根据特定使用经验确定。

9.2 便携式和移动式仪表的初始检查和定期检查程序

9.2.1 通则

由于便携式和移动式仪表通常不会连续使用,初始检查和定期检查程序对于确保设备处于正常工作状态至关重要。虽然用户使用类似的设备,但是功能检查和再校准是有区别的,功能检查不需要用户调整,再校准则有时需要调整。宜严格按照制造商说明书中的规定进行这些检查。

为了安全可靠的使用气体探测器,探测器的校准、检查和维护宜由专业人员进行。可由用户、制造商或者分包服务工程师进行这些工作。

9.2.2 检验和功能检查

检验和功能检查旨在验证探测器处于工作状态。宜由设备实际操作人员在每天使用前进行,特别是对于有催化、电化学或半导体传感器且在恶劣条件下使用的设备。

注1: 符合GB/T 20936.1要求的便携式探测器的使用说明书中提供了每天使用前进行功能检查的方法。

在危急情况下,如果气体探测后就允许工作,宜探测后即进行功能检查,并记录气体探测和功能检查的结果。

简单的检查顺序可包括下列内容:

- a) 检查电池电压和/或电池状态；
 - b) 允许充足的预热时间；
 - c) 检查采样管是否泄漏以及吸气式设备流量是否合适；
 - d) 检查在洁净空气中操作时显示的零读数(见注 2)；
 - e) 功能检查。
- d)和 e)可按照下列方法进行：

把探测器或包含传感器的探测器部件或采样管终端放置在无可燃性气体的大气中,吸入大量足以净化采样管的气体(只适用于带有采样气路的探测器)。如果观察到零点有重大偏差(见注 2),探测器宜被再校准(见 9.2.3)。一些有自动零点检查的设备会自动进行调整。

注 2: 由于不能测量洁净空气中的可燃性气体含量,因此可燃性气体传感器的读数通常为 0,对于可能安装在同一设备上的其他传感器并不一定准确,在这种情况下氧气传感器的读数通常为 20.8%(体积分数)或 20.9%(体积分数)。有大约 380×10^{-6} (体积分数)的二氧化碳(在严重聚集区域含量更高)通常给出大约读数,例如 0.03%或 0.04%(体积分数)的 CO_2 。在严重聚集区域,也可能探测出 CO 的含量。

宜使用制造商建议的现场校准工具,用已知的能对所有传感器都响应的气体浓度检查探测器的灵敏度。用户宜知道或被告知需要得到哪些读数。若测试结果不在预期结果的 $\pm 10\%$ 以内,则探测器宜由有资格的人员进一步研究。

对于催化式传感器,混合气体宜包含至少 10%(体积分数)的氧气。

注 3: 极为活跃的气体,如氟、氯化氢或臭氧不适合作为功能检查用校准气体混合物。在这种情况下,用户最好咨询制造商是否可以使用具有规定交叉敏感性响应的替代气体。

对于报警式探测器,测试气体的浓度宜为燃烧下限的 5%,高于探测器的最高报警设定值。在测试过程中宜启动所有报警。如果设备不能通过该程序,并且建议的纠正措施不能解决问题,则该探测器宜再校准(见 9.2.3)。

9.2.3 例行试验及再校准

手持式或便携式探测器宜由有资质的专业人员在合适的场所进行定期再校准。然而,对于使用频率较低的探测器也宜定期检查和校准,以便在需要时可以立即使用。例行检查及再校准宜按照制造商的使用说明进行,通常可包括下列内容:

- a) 重新设定模拟仪表的机械调零；
- b) 检查所有电气连接的可靠程度(远距离探头、电源等)；
- c) 允许充足的预热时间；
- d) 检查采样管是否泄漏以及流量是否合适；
- e) 检查阻火器(见 11.4.2)或呼吸装置是否受到阻塞或污染；
- f) 检查电池电压和/或电池状态并进行必要的调整或更换电池；
- g) 测试故障电路；
- h) 测试报警电路；
- i) 在洁净空气中通过校准零点读数再校准,或在已知的校准气体里给出正确读数,可进行以下操作。

把探测器或包含传感器的探测器部件或采样管终端放置在无可燃性气体的大气中,吸入大量足以净化这些气路的气体(只适用于带有采样气路的探测器)。如果观察到有零点偏差,宜记录偏差并调整到零。一些有自动零点检查的设备会自动进行调整。

宜使用制造商建议的现场校准工具,用已知的能对所有传感器都响应的气体浓度检查探测器的灵敏度。选择的气体浓度宜使读数位于满量程的 25%~75%。这个读数也可能由制造商规定。若观察

到和正确结果有偏差,则宜记录并调整正确。一些探测器有灵敏度自动调整功能,但是仅用特定的气体才能调整正确。

对于催化式传感器,混合物宜包含至少 10%(体积分数)的氧气。对于一些先进的多气体探测器,制造商规定的气体中已知氧气含量可能高于这个值,以及一些有毒气体的已知浓度。这些气体同时也可用于其他传感器的校准。

注:极为活跃的气体,如氟、氯化氢或臭氧不适合作为功能检查用校准气体混合物。在这种情况下,用户最好咨询制造商是否可以使用具有规定交叉敏感性响应的替代种类。

对于报警式探测器,测试气体的浓度宜为燃烧下限的 5%,高于探测器的最高报警设定值。在测试过程中宜启动所有报警。如果设备不能通过该程序,并且建议的纠正措施不能解决问题,则该探测器宜再校准。

这些检查的记录可用于长期分析,以确定最佳的再校准频率。

9.2.4 维护和再校准

维护程序仅宜由经过培训的有资质人员操作,人员培训内容包括可燃气体探测器的操作、维护和修理知识。如果没有配置充分的维护设备,或者没有专业人员按照制造商推荐的方式执行检查和维护程序,用户宜将探测器返回制造商或其他有资质的修理单位维修。对防爆设备,宜向制造商咨询配件更换情况。

对便携式和移动式气体探测器,检查和维修时宜将整个探测器转移到非危险场所,这一点非常重要。

在任何功能缺陷被纠正后(严格按照制造商的使用说明修理或更换),宜进行一次全面的维护和校准程序。

有缺陷的设备宜:

- 退回给制造商;或
- 退回给制造商指定的维修点进行维修;或
- 送到用户设立的气体探测器专职维护部门进行维修。

这些维护和再校准的结果宜记录在档案中。

9.3 便携式和移动式探测器使用指南

9.3.1 危险环境中的电气安全

便携式和移动式探测器应具有与其预期使用场所相适应的防爆型式。在使用过程中,便携式和移动式探测器不宜从低危险区转移到高危险区,在高危险区有适当保护的情况除外。另外,设备类别和温度组别应与探测器使用场所的所有气体和蒸气相适应(见 GB/T 3836.11)。

9.3.2 人员安全

在危险场所工作尤其是受限空间工作开始之前,安全人员、企业健康专员或同等人员需要检查环境的潜在毒性以及可能造成贫氧的原因(见第 4 章)。

一些其他物质达到有毒剂量可能会导致贫氧。

一些可燃性气体(如氨气、硫化氢)和几乎所有的蒸气,即使浓度远低于燃烧下限,也都是有毒甚至是致命的剧毒。

如果可燃气体探测器也装配有对特定有毒气体高灵敏度的传感器,这些传感器通常不能用于探测其他有毒物质。

当有毒物质可能存在时,气体探测器本身可能没有足够的防护能力,在某些情况下可能需要配备合适的防毒罩和/或其他装置。

打开探测器后根据需要进行预热,在安全场所的洁净空气中进行设备检查(见 9.2.2),但尽可能接近监控区域的环境条件。

进入潜在的危险场所后,用户宜经常观察探测器上的读数。用户一旦进入已形成危险环境的场所,可能就需要能获得的所有报警信号。

9.3.3 现场测试和采样

设备将仅提供采样点或采样管(如果使用)终端的探测读数。在采样点周围数米范围内都可能形成危险环境。因此,应在工作区域范围内进行多次气体探测,确保工作区域没有集聚危险气体或蒸气。

如果可能出现蒸气,一些测试宜在地板上方几毫米处进行,包括附近的所有低点,必要时可使用外置探头或采样管。进行这些测试可以探测到早期的一些小问题(如微小的液体泄漏)。

仅宜使用制造商推荐的采样管(见 8.4 中的吸附和化学反应)。

同样,如果可能出现较轻的气体(如氢气、甲烷、氨气),一些测试宜在天花板附近或者合适的高度进行。

这些读数仅在探测时段有效。随着环境的变化,宜随时注意读数,尤其是有液体且温度上升的时候。

如果有可能接触到电源供电设备,则采样探头宜用不导电材料制成,探头和采样管宜保持干燥。

9.3.4 在液体上采样

当在液体上方采集蒸气试样时,宜注意避免采样管或传感器和液体接触,因为这可能堵塞探测器的进气口,损坏采样系统或传感器,导致错误的读数。如果探测器可能因吸入水造成危险,则应使用疏水滤膜过滤器或等效装置。使用有侧面进口且尖端封闭的探头可以避免液体进入。

一旦探测器或配件被液体污染,就不能继续使用,直到污染彻底被清除为止。

9.3.5 避免凝露

当把便携式探测器从温度较低的环境移到温度较高的环境后,要有足够的时间使设备的温度上升,避免凝露带来的污染和/或读数错误。

饱和水蒸气可能阻塞某些类型气体传感器的阻火器,使它们不起作用,因此宜特别注意。

9.3.6 传感器中毒

如果便携式探测器有多种类型气体传感器能探测低浓度的有毒气体,用某些有毒气体进行校准时,特别是用硫化氢、氨气和氯气进行校准,可能抑制一些可燃气体传感元件,尤其是催化设备。因此只能用制造商规定的探测气体和校准程序来操作。在正常使用中如果需要对这些气体报警,可燃气体传感器在再次使用前宜先进行检查。

若在使用环境中可能有传感器“中毒剂”(如硅树脂、含铅汽油、酸类等),催化式、电化学式或半导体式传感器灵敏度应频繁进行检查(见 9.2.2)。

9.3.7 温度变化

当温度上升使探测的液体产生蒸气时,由于温度每上升 10 K,蒸气浓度可能会成倍增加,因此需要频繁进行气体探测。

9.3.8 意外损坏

如果便携式和移动式气体探测器跌落或损坏,则可能影响其防爆结构或性能。宜立即停止使用进行检测,及再次使用之前必需的维修和再校准。

9.3.9 “读数和撤离”概念

如果观察到读数有细微变化,应提高安全裕度,而不是仅仅依靠总是设置在显著高于零报警。

只有经过全方位的培训,用户才能进入有或预期有大量气体或蒸气的环境中进行气体检测。

在对设备进行功能检查时,只要响应即可,精度并不是最重要的:用户不是为了进行准确测试,仅是为了探测有气体出现。

在危险场所工作的用户可能并不完全熟悉气体测试工作或环境的有毒特性。对于这种情况,用户宜根据现场的实际情况,采用“读数和撤离”的原则。

基于这种概念的的基本操作如下。

a) 观察洁净空气中的读数,尽可能接近将要采样地点的环境条件,尤其是大气温度和湿度。

注:高度同样重要,高度相差 100 m 氧气读数就有差别。

b) 将设备调整至在其相对的洁净空气中的读数。或者,如果不允许这样或不切合实际,则记录得到的洁净空气中的读数。

c) 当进入需要测试的区域时,如果读数与洁净空气中的读数不同,这就是“正读数”。

d) 如果测出这样的正读数,马上撤离检测区域,这就是“读数和撤离”。

e) 然后通知负责人员,负责人员可能派有相关经验的人员进行适当探测,并采取适当预防措施。

10 对操作人员的培训

10.1 通则

对气体探测器的使用、维护或读数分析人员宜进行培训。对便携式或固定式探测器的“操作者”培训和“维护”培训是有区别的,设备使用人员通常不负责维护工作。宜尽早确定其职责,这一点非常重要。

但是,对有可能进行危险场所或者负责派遣其他人员进入危险场所的人员,仍需进行环境和设备的基本限制条件培训和基本的安全培训。

可由专业人士进行内部培训,也可由供应商协助进行培训。

供应商文件是基本的资料,宜提供给使用人员。

培训也宜考虑实际工作环境及有关人员的职责。

强烈建议定期进行反复培训。

所有的培训记录宜保存一定期限。

10.2 总体培训——基本限制条件和安全

总体培训要求以第 4 章现场和使用为基础,并结合供应商文件中与人员使用有关的材料来进行。限制条件的必要信息宜包括下列内容。

a) 可燃气体探测器仅探测其附近的气体 and 蒸气(或者开放路径探测器在光路探测)。

b) 只能探测在探测器或采样设备(适用时)允许温度内不会凝露的蒸气。

c) 如果液体闪点高出环境温度很多,蒸气的浓度仅占燃烧下限很少的比例。

- d) 可燃气体探测器不能探测可燃性液体、可燃性薄雾、粉尘或纤维。
- e) 许多类型可燃性气体探测器对不同浓度的气体有不同的灵敏度。如果探测的气体不是校准探测器的气体,读数可能不准确(即比实际值高或低)。
- f) 不稳定的读数可能表明探测器有故障或受到大气干扰。如果有疑问,宜用另一台探测器进行检查和/或在继续使用之前在受控的环境中重新检查。
- g) 偶然的或持续的低浓度气体存在会导致零点漂移。若有怀疑,探测器宜用洁净空气重新检查。
- h) 若观察到读数在任一方向上有偏移,宜假设出现了潜在爆炸性环境,直到证明没有出现潜在爆炸性为止(例如,用另一台探测器检查,在洁净空气中测试然后重新检查等)。
- i) 一些可燃性气体和所有的蒸气(除了水)在低浓度时也有毒。宜了解其潜在毒性,并采取必要的预防措施。
- j) 在受限空间内可能因为毒性物质存在而造成贫氧。进入受限空间内操作专业性很强,需要进行专业培训。
- k) 若通过采样管从受限空间采样,严重贫氧可能导致常见类型的可燃气体探测器给出错误读数。

10.3 操作者培训

对于便携式探测器的使用者来说,最简单的就是“读数和撤离”培训(见 9.1 和 9.3.9)。但是,要求对指导操作者的人员进行详细培训,以便对工作场所特定环境下操作者的安全负责。

对于便携式探测器的高级使用者及固定系统的操作者,培训内容宜确保这些人员理解并熟悉这些设备、工作环境和系统。宜向操作者建议和展示如何进行目视检查和功能的检查,以及怀疑探测器有故障时应该联络的负责人。

操作者应有一份报警后如何处理的说明,这点尤其重要。

宜定期进行反复培训(如每年)。对于不常发生报警的情况或应用,这一点更为重要。

在固定系统安装前宜先制定操作说明,或便携式探测器报警后采取何种措施的说明,其他安全注意事项,以及探测器可能出现故障时宜通知的人员。

10.4 维护培训

负责检查、维护和校准的人员宜进行维护培训。除了获得完成这些工作需要的信息,还宜包含一些探测器功能等的介绍。制造商的文件也非常重要。

11 维护、例行程序和总体管理控制

11.1 通则

任何可燃气体探测系统的例行维护对其可靠性来说都是非常重要的因素。只有通过有效地管理,制定可靠实用的程序,以及进行高水平全面专业的维护,才能保证系统的最佳性能和可靠运行。

这样的程序管理取决于多方面责任的设定(例如,谁负责进行功能检查、谁负责检验和再校准、谁负责维护),这样才能保证有关人员经过充分的培训和定期的再培训。设定操作限制条件(例如,决定再校准前功能检查能接受的测量误差、定期再校准的频率、维护的频率等)是管理责任的组成部分。

所有的检查、核对、测试及对探测系统进行的工作都宜有记录并存档。采用好的方法保存系统记录有助于了解维护任务(如校准)需求的最新情况,采用特定计算机程序保存档案是很不错的方法。对于较简单的情况,可用附录 E 的典型维护记录。

气体探测器宜单独标示。便携式和移动式探测器宜标记校准日期,及根据控制系统的类型确定的

下次再校准时间。

可燃气体探测器或系统既有可带到可能出现气体环境场所的便携式探测器,也有在工作期间很少探测到气体/空气混和物的固定式系统。

不适当的维护、不正确的零点校准及便携式设备的电池老化都会引起气体探测错误。牢记这些气体探测器或系统的错误和失效可能不明显,这点非常重要,因此,气体探测仅宜作为工厂和个人防护整体策略的一部分。

测量的可靠性取决于测试气体(校准)的使用。所有类型的设备,无论是便携式、移动式还是固定式(包括点型和开放路径型)探测器,都宜按制造商的建议定期使用测试气体进行检查。

当需要探测多种气体混合气时,宜用合适的探测气体定期检查传感器对这些气体的灵敏度。

所有便携式探测器和固定式传感器(探头)宜由工厂仪表维护人员或相关人员进行再校准。所有维护记录都宜保存。

进行这些程序的时间间隔由多种因素决定,包括探测器种类(便携式、移动式或固定式)、采用的探测技术、设备现场占主导的环境条件、之前的使用历史、有关的使用可靠性。

关于校准,气体探测器宜做到以下方面。

- a) 定期检查可能的故障、损坏或其他劣化情况。
- b) 根据制造商的使用说明,使用推荐的测试设备进行校准(见 8.11)。
- c) 如果是固定式探测器,在试运行中进行校准,并在随后根据规定的时间间隔进行测试/再校准。对于新安装的设备,在最初阶段可谨慎地频繁进行测试和校准(可以每周进行),随着相关使用经验和信心的增加且根据基本的维护记录,可以延长测试和校准的时间间隔(可以每月进行)。
- d) 如果是便携式探测器,经常进行 9.2.2 的功能检查或 9.2.3 的再校准。在恶劣的、未知的条件下或不经常使用的情况下,每次现场使用前都宜进行现场检查或再校准。在需要出具“不含气体”或“允许工作”证书时,使用前宜进行功能检查,结果宜记录在证书上。强烈建议使用后至少要进行功能检查,并在证书中记录检查结果。在要求不高的情况下,宜按照上述 c) 项指南执行。

注 1: 符合 GB/T 20936.1 要求的便携式探测器的使用说明书中提供了每天使用前进行功能检查的方法。

- e) 如果可能同时有几种气体存在,用最不敏感的气体进行校准。

可以使用与监控气体不同的、但经过校正的校准气体,使探测器校准时对监测的气体有正确反应。但是,如果需要探测的气体中有甲烷,则用甲烷作为校准气体。

为了确保危险场所划分有效,宜根据证书持有人的完整使用说明和图纸,对探测器的防爆性能进行修理或维护。最好是将探测器退给证书持有者进行修理。应符合 GB/T 3836.16 和 GB/T 3836.13 中的要求。

注 2: 设备维护是所有用户/用户的法定责任。

等待再校准或维护的探测器宜与已经进行过校准或维护的设备分开放置。

零部件在储存过程中由于处理不当或老化可能会出现问題,在使用之前宜进行测试。对光学表面宜特别注意。

如果工艺改动导致不同浓度可燃性物质和/或使用不同可燃性物质,可能导致危险情况。在进行此类改动之前,有必要重新评价正在使用的设备的适用性及其校准。

11.2 操作检查

11.2.1 通则

宜定期进行下列规定的检查和测试,以维护气体探测系统的可靠运行。

如果探测器状态未知,在运行之前宜进行检查。

11.2.2 固定系统

对固定系统宜进行下列检查。

a) 定期外观检查

宜定期检查控制面板。每次检查都宜做记录,包括问题、签字、日期和归档。发现问题宜马上纠正。

b) 定期功能验证

宜定期通过测试开关验证控制及报警面板,确保灯、报警和电路工作正常。该功能验证取决于使用的单元。发现问题宜马上纠正。

c) 定期再校准

该测试对于系统的运行可靠性至关重要。如果是传感器系统,系统包含的每个传感器都需进行校准气测试,检查整个回路中电子元器件及传感器。通过准确记录系统模式、特殊性、元件寿命等信息,可以避免出现潜在问题。

对于开放路径探测器,需要验证整个路径长度是否无气体,以进行有效的检零。通常,这需要一个高灵敏度的便携式气体探测器。然后,使用密封在具有透明端的气室的校准气体样品进行量距检查,或者使用预先校准的滤光器进行功能检查。

d) 系统运行试验

对于系统运行试验,宜检查从气体入口或测量点开始直至执行安全动作的最终元件的整个安全功能是否正确。探测器或测量点(包括气体输送)的响应时间宜与原始规定进行比较。在系统使用采样管时,定期再校准中央分析仪及关联的报警电路。在大气压力下,宜定期把测试气体或校准气体直接连接到采样点,对采样系统的完整性和每个采样管路进行测试,并通过分析仪验证相同的气体,得到的结果相同。测试时气体不应加压,最简单的方法,使用薄塑胶袋或气囊,可以使用某些流量调节器使气体达到比采样率更高的流量,为获得额外的流量可向大气吹气或使用调节器。

注 1: 这是对系统最重要的测试,在安装时对全部的测试点进行,并定期进行再次测试。可能从制造商处得到指导。

注 2: 整个安全功能的系统运行试验与符合功能安全标准(如 GB/T 20438)的安全系统要求的验证试验相同。

e) 完成维护记录。典型的维护记录见附录 E。

11.2.3 便携式和移动式气体探测器

对便携式和移动式气体探测器宜进行下列检查。

a) 外观检查

1) 检查设备异常状况,如故障、报警和非零读数等。

2) 确保探测器探头组件不受能干扰气体或蒸气到达传感元件的障碍物或喷涂的影响。确保采样气体对于采样系统是正确的。

3) 对于采样系统,检查采样管路和配件。破裂的、有凹痕的、弯曲的或其他损坏或变质的采样管路和配件宜使用制造商推荐的配件更换。

b) 灵敏度检查

宜至少进行功能检查或再校准,包括:

1) 确保探测器用调零气体探测时指示为零;如果需要,可以暂时隔离传感器元件。

2) 依据制造商的使用说明,对探头施加已知的校准气体。

功能检查和再校准的不同在于,进行现场校准时,管理气体探测器的人员给出一些读数容差,虽然允许调零,但在施加校准气体时不进行调整。该检查宜由操作员进行。

宜有计划定期进行再校准,如果在允许范围之外进行功能检查,则检查后也宜进行再校准。可以由设备维护人员进行这些检查。

- c) 完成维护记录。典型的维护记录见附录 E。

11.3 维护

11.3.1 通则

维护操作不宜影响被受保护区的安全。

只有经过可燃气体探测器的操作、维护修理培训的人员才能执行维护程序。

如果没有足够的维护设备和/或有资质的人员按照制造商推荐的校验和检查程序进行维护,则用户宜将设备送到制造商或其他符合要求的修理单位进行维修。

设备可更换部件的测试和检查说明书可由制造商提供。配件清单在说明书中列出。

任何有缺陷的操作得到纠正后(严格按照制造商说明书修理或更换),宜进行 11.8 规定的完整的工厂校准测试。

11.3.2 固定式探测器

固定式探测器(无论是否含有单一位置传感器、开路传感器及其组合或采样系统),宜按照受控程序进行修理或维护。有缺陷的设备宜从被保护区移到外面的车间进行修理。如果不能立即提供可供更换的设备,宜使用便携式探测器作为临时替代品。

11.3.3 便携式和移动式气体探测器

对于便携式和移动式气体探测器,重要的是将整个设备移到非危险场所进行修理和测试。

11.3.4 离线常规维护

有缺陷的设备宜:

- a) 退回到制造商;或
- b) 退回到制造商授权的修理机构进行修理;或
- c) 送到用户设立的气体探测器维护车间进行修理;或
- d) 永久停止使用。

11.3.5 维护程序

11.3.5.1 概述

由于可用探测器种类较多,在本文件中把所有维护、修理和校准的步骤制成表也不合实际。11.3.5.2~11.3.5.5 列出了所有维护程序宜考虑的主要项目清单。

11.3.5.2 程序

如果在车间对探测器进行定期维护,宜执行全面维护程序。如果退回的原因是特定的设备故障,宜记录出现的问题,并仅进行需要的测试。但是,在重新投入使用之前,所有设备宜进行全面的校准测试。

11.3.5.3 记录

宜查看探测器维护记录核对以前的使用历史。可燃气体探测器典型的维护记录见附录 E。

11.3.5.4 失效

当收到失效的探测器时,在进行修理之前宜先确定是否是电源(包括调压阶段和/或电池充电器问题)造成的问题。

11.3.5.5 更换/修理

检查电源之后,修理人员宜检测传感器、流量系统读数装置和报警装置——识别和纠正所有的问题。宜遵循制造商使用说明书的要求,决定是否更换设备或更换某个部件进行修理。如果更换部件,更换的部件宜符合原部件的规格和公差。

11.4 传感器

11.4.1 通则

根据上次更换传感器的时间间隔、预计的现场使用情况、在校准过程中对气体混合物的响应、良好的维护实践,按照制造商的建议确定评价/更换传感器的时间间隔。另外,如果传感器暴露于高浓度的可燃性气体,或者受到剧烈冲击或机械振动后,宜对传感器进行评价。

11.4.2 阻火器

如果阻火器是传感器组件的一部分,宜检查装配是否合适,是否有腐蚀、污垢或潮湿的迹象。任何必要的清洗或更换宜按照制造商的使用说明书进行。

11.5 采样系统

11.5.1 概述

本条款只适用于利用吸气式采样的设备。

11.5.2 检查

应检查采样系统的泄漏情况、限制条件、抽吸球或电泵运行情况。任何必要的清洗,修理或更换宜按照制造商的使用说明书进行。破裂、泵隔膜或活塞环损坏都可能是造成泄漏的原因。

11.5.3 过滤器、分离器和阻火器

所有过滤器、分离器和阻火器组件宜按照制造商的使用说明书排空、清洗或更换。

11.5.4 采样系统和采样室

宜检查采样系统和采样室查看是否有外来异物沉积,并采取措施防止以后发生沉积。

11.5.5 采样连接件

宜按照制造商的使用说明书要求,拧紧所有的采样系统的连接件。

11.5.6 活动部件

所有的阀门和泵的活动部件仅宜按制造商的说明润滑。

通常不宜采用有机硅化合物用于润滑；宜与制造商协商使用有机硅化合物或其他材料是否有问题。

11.5.7 自动采样系统

自动采样系统宜使用建议的测试设备调整到正确的流量值。

11.5.8 流量故障信号

为保证正常工作，宜检查流量故障信号。

11.6 显示装置

11.6.1 通则

如果设备具有显示仪表，执行以下程序：

- a) 检查仪表是否有断裂、破碎的透明件；
- b) 检查模拟仪表缺损——例如指针弯曲、刻度盘松动、终端止动装置松动等；
- c) 检查数字仪表缺损——例如缺位、褪色等；
- d) 进行设备制造商认为保证性能所需要的其他电气的和机械的仪表测试。

11.6.2 其他读数

可能包含的其他读数（如固态）和输出（如报警输出）宜根据制造商的使用说明在规定的测试点测试（电气上的）。

11.7 报警

如果有报警功能，通过设置电气零点（或通过制造商建议的其他方法）检查报警装置是否运行正常，直至启动警报。通过切断电路元件（或制造商建议的其他方式）检查故障电路，观察故障报警是否运行。

11.8 校准

11.8.1 校准工具和测试设备

所有的校准混合物和相关校准设备宜具有适合的特性以确保得到可靠的结果。校准装置的主要组成部分如下。

- a) 混合好的校准气体，存放在压力气瓶内。正常情况下，在气体探测器满量程范围的 25% 到 90% 之间可以得到响应。通常情况下精确到至少为 ±5% 的实际标记浓度。如果需要同时校准可燃性气体传感器和校准毒性气体传感器，气瓶内部需经过特殊处理。
- b) 在某些情况下，用于校准可燃性蒸气的设备，不能校准高压容器或者低压容器内的稳定可燃性气体混合物。在这种情况下，制造商宜提供对应的响应数据，允许使用更常用的气体混合物进行校准。
- c) 要求使用合适的调节器组件降低压力气瓶的压力。这样可以预先设定的输出压力或调低压力来校准气体探测器。然而，在许多情况下，提供给传感器的校准气体不加压力，所以可能需要调节器和其他设备将流量调节到设备制造商的指定值。
- d) 对于吸气式探测器，传统的方法是在大气压力下模拟正常采样，使用气囊存放校准气体。或者，选择压力调节器提供比采样设备吸入流量更大的流量，并由排气管路释放多余的流量。现在许多新型设备上配有上述 c) 中的压力调节器，以便出现轻微负压时提供符合要求的

气体。

- e) 对于扩散式探测器和某些吸气式探测器,无论是预先设置显示或无流量指示,或可调并配有流量计,使用上述 c)中的压力调节器均可作为一个流量调节器。
- f) 吸气式探测器通常需要配备连接管,但扩散式探测器则需要特殊的校准适配器。这些都由气体探测器制造商设计用于保证校准气体充满传感器并隔绝周围空气。但更重要的是,通过它们的组合设计和指定流量控制,使对试验气体产生的响应与通常的扩散模式下对相同气体产生的响应相同。
- g) 对于开放路径探测器,能在现场使用测试气室确认校准。该测试单元充满由氮气和相关气体组成的校准气体。校准气体浓度乘以单元长度得到所需的积分浓度。更常见的是,通常使用制造商提供的预校准滤光器进行功能检查。在任何一种情况下,置于发射器和接收器之间,或收发器和逆反射器之间。
宜始终注意避免损坏预校准滤光器。即使是轻微的褶皱、折痕、刮痕或灰尘、指纹或其他污染物也会使读数严重失真。不宜使用多个串联的预校准滤光器。
- h) 校准系统不宜吸收校准混合物,并且耐腐蚀。这可能需要使用特殊的材料,特别是既可探测有毒气体如硫化氢或氯气,又可探测可燃性气体的探测器。
- i) 一些先进的有内部微处理器和数据连接的便携式气体探测器,有专用的气体校准装置,能够将产生的测试数据传输给运行供应商软件的关联计算机上。也能根据相对响应数据生成规定的读数。
- j) 在其他情况下,尤其是固定式探测器,有手持控制器和能够与探测器进行通信的数据连接功能,能够进行调整。
- k) 多数 h)和 i)的情况,程序要求施加具体校准气体混合物的方式独特,特别是流量。

针对所有这些变量,对复杂气体探测器校准时,确定气体和需要的设备时,唯一也是最重要的,就是应选择供应商推荐的针对特定模式的气体探测器的设备。

11.8.2 校准程序

11.8.2.1 通则

校准设备或工具宜按照 11.8.1 选择。

11.8.2.2 气体混合物

所有测试宜确保校准气体以安全的方式排出。

11.8.2.3 稳定

宜允许探测器在工作温度下稳定,然后宜按照使用说明书的要求调整操作控制。

11.8.2.4 检零

通常使用洁净空气进行检零,或者,如果不能保证空气没有污染,应使用气瓶里的零气体(通常是干燥的空气),其余的校准设备见 11.8.1。

11.8.2.5 量程校准

校准系统宜连接到探测器并注意最终量程读数。需要时宜调整校准,使输出的读数等于校准混合物浓度或预定读数的浓度。在某些情况下这些可以全自动进行。校准混合物被移除后,宜确定探测

器归零。如果探测器零点和量程调整互相影响,可能需要重复进行该程序。

当目标气体不能用于气体传感器校准时,可以使用替代气体。替代气体校准可能不太准确,可能无法提供所期望的响应率。宜按照制造商的建议使用替代气体校准。

11.8.2.6 报警验证

确认达到设定值时启动任何/所有报警功能。宜按照制造商的建议选择探测器报警校准混合物,所需的浓度通常比标称的报警设置略高(保证及时启动报警)。

11.8.2.7 维护记录

此处所述的校准测试应在探测器返回使用前进行。建议校准数据记录在探测器维护纪录中。探测器维护记录(或比较文件)宜在探测器重新投入使用前进行更新。可燃气体探测器的典型维护记录见附录 E。

附录 A
(规范性)
测量原理

A.1 通则

下面详细介绍各类传感器的测量原理,供工程师和管理人员选型、设计、安装以及培训。本附录给出了 9 种气体传感器的优点、典型应用及局限性。局限性包括干扰和物质造成的灵敏度降低(中毒)。

当工程师和管理人员与制造商或销售方沟通后,确定适合预期应用的气体探测器时,了解气体传感器和/或气体传感元件的测量原理是很有用的。然而,气体探测器的性能和功能不仅取决于气体传感器或气体传感元件。因此,宜注意,气体探测器的选择宜考虑到由外围硬件和软件辅助的整体性能和功能。

就其属性而言,A.2 的催化式传感器和 A.8 的火焰温度分析仪(FTA)通过燃烧直接探测可燃性气体,因此无法探测非可燃性气体和蒸气。本附录后面描述的其他类型的传感器,通过对被测气体中其他气体特性的响应,间接推断出可燃性气体和其他气体存在。

为方便使用,表 A.1 汇总了不同的测量原理。

表 A.1 不同测量原理的气体探测器概览

属性概览	测量原理								
	催化式传感器	热导式传感器	红外吸收传感器	半导体传感器	电化学传感器	火焰离子探测器	火焰温度分析仪	光离子探测器	顺磁氧探测器
条款	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	A.8	A.9	A.10
样气中是否需要 O ₂	是	否	否	(否)	(否)	(否)	是	否	不适用
可燃性气体的典型测量范围	≤LFL	(0)~100%FS	0~(100)%FS	≤LFL	≤LFL	≤LFL	<LFL	<LFL	不适用
开放路径的典型测量范围	不适用	不适用	0 LFL·m ~ 5 LFL·m	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用
O ₂ 的典型测量范围	不适用	不适用	0~(100)%FS(带特殊传感元件)	不适用	0~25% (0~100)%FS	不适用	不适用	不适用	0~100%FS
不能探测的可燃性气体	大分子	(见 A.3)	H ₂	(见 A.5)	烷烃	H ₂ 、CO	(见 A.8)	H ₂ 、CO、CH ₄ 、IP > X° 的物质	可燃性气体
相对响应时间 ^a	取决于物质	中等	(低)	取决于物质	中等	低	低	低	低至中

表 A.1 不同测量原理的气体探测器概览 (续)

属性概览	测量原理								
	催化式 传感器	热导式 传感器	红外吸收 传感器	半导体 传感器	电化学 传感器	火焰离子 探测器	火焰温度 分析仪	光离子 探测器	顺磁氧 探测器
非可燃性气体的干扰 ^b	否	CO ₂ 、氯 氟烃	(是)	SO ₂ 、 NO _x 、 H ₂ O	SO ₂ 、 NO _x	ClHCs ^c 卤代烷	(卤代烷)	IP < X ^e 的物质	NO、 NO ₂
中毒 ^b	Si、 (Hal ^d)、 (H ₂ S)、 Pb	否	否	Si、 Hal ^d 、 SO ₂	(否)	(Si)	否	否	否
是否需要外部气体	否	否	否	否	否	是	是	否	(是/否)
括号内表述是有条件的,宜参考相应条款。 注:术语“满量程”表示为“FS”。									
^a 不同原理间的对比。数值不包括吸气采样管的时间。 ^b 表中列出了常见的例子。 ^c 氯代烃。 ^d 有机卤化或无机卤素化合物。 ^e IP 是物质的电离势;X 是探测器紫外灯的能量。									

可考虑采用替代探测技术。但是,这些替代技术的局限性应就其测定气体浓度的能力进行评估。因此,在安全系统中宜清楚地了解潜在的危险。因此,不符合气体测量性能标准(例如 GB/T 20936.1 或 GB/T 20936.4)的替代技术宜仅视为补充探测方法。例如,超声波探测器可用于探测是否存在泄漏,尤其是来自高压源的泄漏。但是,它们的特点是,泄漏的早期阶段可能产生比更高的流速的更严重泄漏强烈的信号。因此,此类超声波探测器宜视为地气体探测器的有用补充,但不宜视为其替代。另一个例子是使用红外摄像机,它显示位置和粗略范围,而不是气体测量浓度

A.2 催化式传感器

A.2.1 通则

催化式传感器的原理主要是在电加热催化剂的表面发生的可燃性气体的氧化反应,电加热催化剂的工作温度通常在 250 °C~550 °C 之间。催化剂通常是长丝状的催化材料(例如铂),或者是灌满催化材料的多孔陶瓷珠,围绕在加热丝周围。后者通常被称为“催化燃烧”或“珠型催化剂”,是近年来最常用的设备类型。

氧化导致传感元件的温度上升,可测量到的温度上升与被探测的可燃性气体浓度成正比。传感电路由两个相同的加热丝或邻近安装的电珠状元件半桥电路组成,一个有源,另一个无源。同时,通常非催化元素作为基准,可使压力、温度和湿度得到补偿,使其在特定范围内不产生影响。

有源传感器的电阻产生变化,然后根据惠斯通电桥原理产生不平衡,或者通过电桥布局,转换成输出电信号。

发生氧化反应的事实意味着,探测过程中不断消耗可燃样品和氧气,无论是通过扩散过程或使用吸入采样,不断提供样品和氧气并取出燃烧产物。

在陶瓷“珠型催化剂”的情况下,在高浓度下,反应物向珠内和产物向珠外的扩散成为速率决定因素,导致饱和略高于 LFL 的异常特性。

催化式传感器工作时需要周围大气中有足够的氧气,至少浓度为 10%(体积分数)。

由于这些原因,使用此类传感器的探测器宜只用于探测气体浓度低于燃烧下限的浓度。

催化式传感器很容易受到永久抑制或暂时抑制,某些催化剂污染物导致传感器最终可能会产生低响应或零响应。永久抑制通常被称为“催化剂中毒”,可能由于暴露在某些物质中,如有机硅、四乙基铅、硫化物及有机磷化合物等,由于燃烧的固体产物附着在催化剂表面,或者由于改变了表面产生抑制。在某些情况下抑制是暂时的,例如,一些卤化烃抑制。

所谓的“抗毒”传感器是指传感器受到抑制之前能够承受较大剂量的污染物。

催化式传感器,尤其是电珠型传感器,在不发生重大中毒的情况下能够连续运行几年,但是使用过程中由于老化和中毒影响,会逐渐出现漂移、失去灵敏度,因此,需要进行定期检查和校准,检查和校准频率取决于应用的严重程度。

在大多数情况下,传感器外壳采用金属透气部件,使气体能够接触到传感元件,并确保气体浓度超过燃烧下限并被热传感元件点燃时,不会点燃外壳外部的环境气体。这种保护也可以防尘或防止机械损伤,同时也可以防止空气流速过大对传感器造成影响。

催化式传感器可使用

- a) 扩散模式;或
- b) 吸气(电动或手动泵)模式。

A.2.2 常见应用

催化式传感器适用于探测浓度低于燃烧下限的气体和空气的混合物。原则上,它们将探测所有可燃气体,但灵敏度不同。

响应时间和灵敏度取决于目标气体。分子量和分子体积越大,响应时间越长,通常灵敏度越低。

A.2.3 限制

催化式传感器取决于催化氧化反应,而且只能当氧气含量充足时才能工作。当可燃性气体浓度远高于燃烧下限时或由于惰性气体,氧气浓度可能不足。因此,此类传感器只能用于探测气体/空气混合物在燃烧下限以下的浓度。

警告:可燃性气体浓度高于燃烧下限时,催化式传感器可能会错误显示,显示可燃性气体浓度低于燃烧下限。

因此,完全符合 GB/T 20936.1 的探测器,若使用催化式传感器,应有超范围的锁定功能,以防止显示错误读数。然而,气体探测变送器(如 4 mA~20 mA 变送器)和老式探测器可能无法提供这样的保护功能。

注:如果气体探测变送器有提供超量程信号的锁定功能,则需要由中央单元提供锁定以符合 GB/T 20936.1 的要求。

通常通过探测器的机械构造及使用渗透性烧结金属元件,来降低空气速度对扩散系统的影响。

在规定的范围内,压力、温度和湿度的变化对传感器仅有有限的影响。然而,报警点设置得越低,温度和其他环境因素的影响就会越大。

为了防止误报,甲烷的报警点不宜低于燃烧下限的 5%,丙烷和丁烷不高于燃烧下限的 10%,汽油蒸气不高于燃烧下限的 20%,前提是针对之前的中毒已经采取了适当的措施。

如果气体浓度超过测量范围,或者长时间暴露于气体环境,传感器可能需要数个小时的恢复时间,甚至可能需要归零操作和灵敏度调整操作。

由于上述原因,催化式传感器不适用于需要高灵敏度的应用(例如测量范围远低于燃烧下限的10%)。

A.2.4 干扰

测量原理通常不具有选择性,因为空气中的所有可燃性气体都有一个诱导信号。不同气体的灵敏度有很大的差异,但是与燃烧下限没有直接关联。然而,可以用已知的气体相对灵敏度(制造商提供)来校准设备。

如果被监测的环境中含能稀释或能取代空气的气体,例如氮气或二氧化碳,催化式传感器可能会反应不灵敏或者不反应。充满水蒸气的环境中,由于凝露导致烧结阻火器阻塞可能出现类似的问题。高浓度的惰性气体(例如氩气或氦气)也会改变传感器的热平衡,进而影响可燃性气体的读数。

A.2.5 中毒

受其他物质的影响,催化式传感器容易中毒,这类物质大部分不常出现,但却有广泛的应用,所以传感器需要经常进行响应检查和校准。

由于干扰物质的特性不同,造成的抑制可能是暂时的,也可能是长期的。

长期抑制,通常叫做催化剂中毒,可能是传感器暴露于下列物质造成的:

- 硅(例如防水材料、胶黏剂、脱模剂、特殊的润滑油和润滑脂、某些医疗产品);
- 四乙基铅(例如含铅汽油,尤其是航空汽油、航空煤油);
- 硫化物(例如二氧化硫、硫化氢);
- 卤代化合物(例如某些卤化烃);
- 有机磷化合物(例如除草剂、杀虫剂、防火液压油磷酸酯)。

在某些情况下,卤代烃和硫的化合物可能仅会造成暂时抑制。

所谓的“抗毒”传感器,相比传统传感器,在抑制之前,能够承受高剂量污染物的干扰。要达到这个目的,传感器的其他性能会受到影响(例如,反应速度较慢或者灵敏度降低)。

没有“抗毒”功能的传感器,若使用活性炭或其他过滤器,在多数情况下可以免受干扰。然而,过滤器的使用宜非常谨慎,因为虽然它们能提供很好的防护,但过滤器尤其是活性炭过滤器会导致灵敏度降低,甚至会使传感器探测不到高浓度碳氢化合物。它们也会大大延长甲烷和氢气以外的其他气体的响应时间,实际上限制了传感器在这些气体方面的应用。过滤器寿命有限并需要定期更换。它们的性能也可能会受到大气湿度的影响。

有时传感器以间歇模式进行电气操作,也是减少中毒影响的一项替代技术。这一技术也可用于降低电池的消耗。然而,在某些情况下这样的传感器会给出错误的响应,例如,当开关周期处于“断电”期间,它们突然被暴露在高浓度气体中。当使用便携式探测器以泄漏模式或类似模式操作时尤其需要注意。

中毒的影响取决于毒性物质、目标气体,特别是传感器的设计。关于哪些中毒剂对传感器灵敏度有影响以及如何保护传感器,宜寻求制造商的指导。

A.3 热导式传感器

A.3.1 通则

热导式传感器的操作原理取决于电加热电阻元件(即灯丝电阻、磁珠电阻或薄膜电阻)在传导(有时也对流或质量传递)过程中的热损失,该元件表面有恒速的采样气流通过,或者放置于气室内。

此类传感器和催化式传感器相比要求的温度相当低。因此在没有腐蚀或污染的情况下传感器寿命

基本上是无期限的。

传感器不会消耗和改变采样气体,也不需要氧气。

确定电阻大小的电阻丝的温度由周围气体热损失决定,而且依赖于分子质量和分子的其他物理性质。当气体成分变化时,电阻丝的温度也变化,电阻也会发生变化,电阻的变化方式和催化式传感器的方式类似(见 A.2)。通常情况下,参考气流或参考密封气体有一个补偿元件,以消除外界温度波动的影响。

此类传感器适用于在探测范围内热传导性与参照环境(通常是空气)的热传导性差异很大的气体。然而,已公布的热传导性能统计表可能会误导使用者,因为像对流或流量激增等其他因素,也会影响传感器的灵敏度。

这些情况限制了该技术的应用,只能用于探测浓度较高的气体,通常高于燃烧下限。配置热导式传感器的探测器不宜用于测量低于燃烧下限的气体浓度,除非是传感器特别敏感的气体,如氢气。

对气体混合物的响应是不确定的,除非气体混合物中所有成分的比例已知且稳定,包括不要求被探测的气体。在最坏的情况下,对于由导热性高和导热性低的气体形成的混合物,如在预期背景下由背景气体的变化造成的,测量时可能无法得到被测气体的响应。

A.3.2 常见应用

这种传感器工作时不需要氧气,可以测量高达 100%(体积分数)的气体。

这种传感器可以在 100%以内任何合适的浓度环境中,在指定的背景气体中进行校准。

这些传感器适合于探测相对空气热导率较高或较低的气体,空气是参考环境。通常情况下,高热导性气体如氢气、氦气和氖气在空气中有良好的灵敏度,对甲烷的灵敏度通常也可以接受。

灵敏度通常是有限的,实际探测范围将远高于燃烧下限值,除非气体的热传导性和空气的截然不同。

用 CO₂/N₂ 气体对液化石油储罐进行“惰化”抑爆是一种特殊的应用。结合其热传导性与对流性,传感器可以很大程度上不受背景气体(如空气、氮气和某些二氧化碳/氮气“惰化”气体)的干扰。同时,对从甲烷到戊烷的碳氢化合物的反应灵敏性也是有区别的,虽然仅靠热传导数据就能证明这是不可能的。

A.3.3 限制

在所需探测范围内,与目标气体的响应相比,背景气体的预期变化对目标气体有着不可忽视的作用时,该技术不适用。

此类传感器没有选择性。它们会对所有的可燃性气体和非可燃性气体响应。

可燃性气体的热导率差别很大。较轻的气体(例如甲烷和氢气)的导热性比空气好,而较重的气体的导热性则比空气弱(例如非甲烷碳氢化合物)。因此,对气体混合物的响应是不确定的,除非气体混合物中所有成分的比例已知且稳定。最坏的情况是,强导热和弱导热混合物可以相互抵消,导致探测器没有任何反应。

可能导致故障的原因:

- a) 在使用流量敏感的热传导传感器探测时,采样气流不稳定,或者不能按照制造商建议的条件来保证气体的流量;
- b) 环境温度不断变化,传感器没有环境温度补偿控制;
- c) 设备未按预定方位使用,尤其是同时采用热传导和对流的设备。

A.3.4 干扰

如果设备被暴露于或者用于探测未被校准的气体,将导致探测器受到干扰或发生错误。特别是多余的或意外的与背景气体热传导率不同的气体,不论是否是可燃性气体,会影响在两个方向上产生的导热性,使该信号甚至可能减小到零。

在许多情况下的主要干扰是水蒸气,因为它充满变数,特别是在炎热的气候条件下。在灵敏度要求更高的应用场合,由于水蒸气变化产生的干扰信号就足以使探测器要求样品处理。

A.3.5 中毒

没有已知的中毒影响。

A.4 红外吸收传感器

A.4.1 通则

光学传感器的工作原理是探测气体分子所吸收的紫外线、可见光或红外线的频谱部分的光束的能量。现有的大多数设备采用红外线(IR)光谱。

大多数气体吸收红外能量。单原子气体(例如氦、氖和氩)和对称双原子气体(例如氢气和氮气)不吸收红外能量。氧气的不同在于它对通常不用于任何其他气体探测的波长的吸收较弱。

在它们的化学键类型特有波段内,所有其他气体或多或少都会吸收红外能量。为探测器探测选择适当的波段提供了一种实现选择性的方法。

因此,这种探测原理在探测空气中的其他大多数气体时大量使用,因为干燥空气的三个主要组成部分氮、氧和氩气对常用波段的零点和高档读数的影响可以忽略。

对于同族化合物来说,典型的波段是相似的。例如,碳氢化合物和很多其他有机物的典型波段对可燃性气体探测特别有用,因为探测器选择这些典型的波段就可以探测所有灵敏度不同的化合物。

然而,也有很多情况,非可燃物质和可能不需要探测的物质,常见的是水和二氧化碳,会存在波段吸收重叠。如果这些重叠的波长在探测器内不能充分的过滤掉就会受到来自这些物质的干扰。

红外吸收传感器不消耗样气,工作中也不需要氧气。通常不受流量的影响。在没有腐蚀、污染或者机械损伤的情况下传感器的预计寿命很长。

由于组合方式很多,几乎不可能概括可燃性气体的红外探测的光学性质。

带有红外吸收传感器的探测器可以采用多种形式,但可以分类为以下几种。

- a) 带有采样系统的专门调整的分析仪,可能具有多条采样管。
- b) 适合安装在潜在爆炸性环境中的单点或便携式独立红外探测器。它们可以有带内部泵的封闭单元,或允许样品进入的扩散屏障。或者,它们可能有基本上向大气开放的固定路径。在所有情况下,光路的长度通常小于1 m。
- c) 光“管道”,例如,将红外光源从控制单元引至远程位置的传感器单元的光缆。
- d) 开放路径探测器,在开放空气中长达数百米的可变长度光路末端有一个发射器和一个接收器。

a)、b)和c)的性能方面见GB/T 20936.1。开放路径探测器的性能见GB/T 20936.4。

在所有情况下,红外光从光源沿着光路传递穿过气体,经过光过滤后到达光学探测器。光源可是细丝[如(钨)灯泡],或者通常在近红外区域发光的发光二极管(LED)。对于开放路径探测器,可使用红外激光器。

对a)、b)和c)的情况,为了获得正确燃烧下限百分比(%LFL)的输出气体显示,光源和探测器之间

的光室需要均匀的混合物。考虑到所涉及尺寸小,这基本上可以保证。然而,在开放路径应用中,这与实际情况相差甚远,因为发射器和接收器之间的光路中的气体(如果有)很少是均匀的,并且测量被视为一个积分或平均值(见 4.6)。

宜尽量减小温度、干扰气体和蒸气等造成的不希望的影响,以及在开放路径的情况下的降水、直射和反射的阳光和人造光的影响。这通过光过滤、在许多情况下使用两个特征稍有不同的红外光束、调制或截断红外能量,以及其他获取基准的方法来实现。

在所有情况下,可以定期把过滤器带到光路中或者使用静态过滤器共享部分路径,进行光过滤。过滤器可以是光学高通、低通或者带通材料。它们也可能是带有光学窗口的密封室,含有预计样品中的高浓度气体,而且很有可能干扰被测气体,这将移除干扰波段。

光束经常被截断或脉冲化来运行带有调制信号的探测器。参考波长位于预计无传输衰减的区域。探测器可以是光电二极管、光电倍增器、光电阻、真空光电管、半导体电池、声光电探测器、光热电容系统(通常是负过滤)、热释电探测器等。光纤可插入光路的两端,以防止敏感的光学部件受到损坏或腐蚀,而且针对探测器的光学或电器部件提供防点燃保护。

对于开放路径探测器,水蒸气和二氧化碳引起干扰的可能性与光路长度成正比,因此可能比点式传感器严重几百倍。还有灰尘和如薄雾、雾、雨等液态水和雪的问题。

这些额外的问题需要特殊的技术,包括使用约 $2.2\mu\text{m}$ 的波长,其中相关气体的吸收比正常的 $3.3\mu\text{m}$ 弱,但其中对水的响应相对更弱。这需要强的高度聚焦调制光束,如激光器。一个典型的系统使用两个相近波长的差别响应,其中一个对相关气体产生的信号比另一个大,同时对水、阳光、薄雾和灰尘有相似的响应。通过将读数建立在其相对信号上,消除了这些不希望的影响引起的大部分干扰。然而,这仍需要一个合理数量的信号以到达接收器,所以对开放路径的容差有限制。

附录 D 为开放路径探测器的用户提供了大气能见度的额外信息。

所有类型红外探测器的原理允许采用自我诊断验证对气体的响应。其他优点包括:

- a) 高稳定性;
- b) 测量高于燃烧下限浓度时不会不明确;
- c) 不受中毒影响;
- d) 通过自我诊断减少维护频次。自动校准、红外源故障检查功能、补偿镜头污垢累积产生的影响,这些措施可延长使用周期。然而,自我诊断通常不能发现气路中保护过滤器堵塞的问题,这种情况宜特别注意。

A.4.2 常见应用

红外吸收传感器校准用于探测某一特定的气体,或者在某些情况下,探测多种气体。如果气体的红外吸收带宽不在传感器吸收带宽范围内,则这些气体不会被探测到。因此,采用这种传感器的探测器仅宜用于探测已校准过的气体混合物。

红外探测器不会对氢气响应。然而,它们可用于探测大多数其他可燃气体,探测浓度范围从万分之几到 100%(体积分数)。光路越长,灵敏度越高。对于氧气的红外测量,TLDAS(可调谐激光二极管吸收光谱)装置用于高达百分之几(体积分数)或 100%(体积分数)的测量范围。

通过适当选择波长和光路长度,这种探测器可用来:

——探测碳氢化合物的总量,常用与 C-H 变形振动相关的波段范围;

注:在测量碳氢化合物总量时,可不包括某些特定物质,如乙炔。

——选择性测量(混合物中的)一种单一成分;

——测量到百万分之一的级别;

——测量可燃性气体高达 100% (体积分数)；

——测量氧气高达 100% (体积分数)；

对开放路径探测器,对低烷烃、低烯烃和低醇的应用目前受到上述技术的限制。典型范围为 0 LFL·m~5 LFL·m。

由于这些复杂性,宜根据每个具体应用选择所有红外系统的测量范围和性能。

A.4.3 限制

此类传感器不能探测氢气。

光路中气体浓度达到被测环境浓度所需的时间,将限制探测器的响应时间。吸气式探测器所需时间会更短。然而,实际上气候防护罩、气体过滤器和疏水屏障(如果安装)都会限制响应时间。

压力的变化不影响零气体读数,但灵敏度通常和局部压力成正比。由于传感器对压力敏感,宜注意防止探测器气体出口压力改变,见使用说明书。

某些依靠间歇性红外光束或光声原理的传感器,易受到振动影响。

开放路径系统对如冲击和振动造成的错位很敏感。

温度的影响一般较小,但可能会使信号放大或衰减。

A.4.4 干扰

其他成分(可燃或不可燃)可能产生干扰信号。一些干扰气体如二氧化碳可能导致严重的误差。

背景气中水蒸气浓度的变化会对多种应用产生干扰,对通用红外可燃气体探测器也会产生干扰。然而,符合 GB/T 20936.1 要求的探测器可将水的干扰降至最低。

固体和液体污染物也会吸收红外能量,造成干扰或降低灵敏度。重要的是要防止污染颗粒物凝结在光学元件(如视窗和镜片)上。当使用微粒过滤器来保持光学元件的清洁时,在过脏的条件下它们可能会阻塞。

除水蒸气外,开放路径探测器的光路还暴露于降水和灰尘,以及各种可能有变化的自然光和人造光,例如水或闪电的闪光。符合 GB/T 20936.4 要求的探测器需要对这些因素干扰有高抵抗能力。

A.4.5 中毒

没有已知的中毒影响。

A.5 半导体传感器

A.5.1 通则

半导体传感器工作原理是,当空气之外的其他气体通过传感器中加热的电阻丝表面时,产生的化学吸附使电阻丝的电导发生变化,通过测量电阻变化测量气体浓度。

半导体材料通常是金属氧化物,常用锡氧化物。通过电加热达到几百摄氏度。电极采用植入或以其他方式安装在表面上。

该类传感器可用于探测任何浓度的气体,且输出信号随浓度增大。然而,随着浓度的增加,信号的增加速率趋于减小。因此,传感器往往出现非线性校准曲线。在许多情况下,半导体传感器需要氧气操作,湿度或氧的变化可能会影响它们的响应。

一些半导体还对可燃性气体和蒸气以外的物质响应。它们总体上易于受干扰,但对于干扰不明确。可燃性气体的响应因素差别很大。氢气探测灵敏度高,而一些气体(如二氧化氮)可能会产生负向信号,因此对于每一个单独应用都要研究干扰气体的影响。

响应时间取决于传感元件的制造特性、被测气体的浓度和传感器气体传输系统(主要是扩散式,但是也可吸入式)。

A.5.2 常见应用

半导体传感器可用于探测从百万分之几级别至 LFL 甚至更高范围的气体浓度。

半导体传感器适用于泄漏探测,也适用于浓度很低的泄露探测,用于报警式探测器。

A.5.3 限制

用于可燃性气体的半导体传感器一般不是专用的,容易受到湿度变化和干扰气体的影响,可能会出现零点漂移和量程变化。有些气体,例如二氧化氮,会产生负向信号。

注 1: 对传感器运行产生影响以及产生虚假指示的何种物质,制造商一般会说明。

新的传感器在校准之前可能需要较长时间老化来稳定零点和精度(老化可能需要几周时间)。该过程,通常称作预处理,宜由制造商进行。

在长时间断电后可能需要再进行预处理(大于 1 d)。

传感器暴露在浓度超过测量范围的气体后,其零气体读数和灵敏度可能需要几个小时方可恢复,甚至可能造成不可逆转的变化。

注 2: 可能通过探测器的特殊设计避免高气体浓度的影响。

氧气浓度、温度、湿度或空气速度的变化可能对灵敏度有较大影响。请参阅使用说明书。

A.5.4 干扰

测量原理通常没有选择性。然而,改进的传感元件可具有一些选择性。非可燃性气体可能会引起负向(例如 NO_2)或正向的干扰信号。

相同类型的传感器对特定气体的灵敏度差异很大。此外,不同传感器对这些气体的相对灵敏度可能会有明显的不同。通常,对于不同气体的灵敏度变化非常大,这与其燃烧下限没有直接影响,请参阅使用说明书。

A.5.5 中毒

影响催化式传感器的毒性物质浓度越高对半导体传感器灵敏度影响越大(多数情况导致灵敏度下降,但在某些情况会使灵敏度增大)。这些中毒剂有:

- 碱性或酸性化合物;
- 硅酮;
- 四乙基铅;
- 硫化物;
- 氰化物;
- 卤化物。

关于哪些中毒剂对传感器灵敏度有影响以及如何保护传感器,宜寻求制造商的指导。

A.6 电化学传感器

A.6.1 通则

电化学传感器的工作原理取决于电极电气参数的变化,特定气体出现时,与电解液接触的电极电气参数发生变化。由于电极表面目标气体的化学还原反应/氧化(氧化还原)反应引起电气参数变化。

通常电极和电解质固定在一个电池内,电池带有的半渗透膜允许所有类型的分子扩散到电极-电解质表面。多数情况下,一层贵金属或半贵金属沉积在膜的内侧,形成与目标气体分子反应的电极。电极可能被能起反应的激活层覆盖。

在电池内至少还有一组其他电极和电解质。电极和电解质材料的变化,不论极化电压是否持续施加以及电极在电路中的应用方式,用于获得对不同的气体的特异性。

一些电化学传感器可以使用一个额外的化学预反应,该反应产物引起在电极和电解液的接触表面的电化学反应。

通常被测气体被氧化还原反应消耗,反应产物一般通过电池传输到电极。由于只有少量的气体可以被电极消耗,可另外通过孔隙或毛细血管限制扩散,以防止系统过载。

电化学传感器里的电极或电解质会慢慢的被反应气体改变或消耗。在适当的时间间隔内传感器需要再校准以修复零点和灵敏度漂移,而且最终需要更换。在有利的条件下寿命一般能超过2年。

电化学传感器的响应时间和恢复时间 $t_{(90)}$ 较长(通常大于30 s),尤其是过载后或者临近寿命结束时。通常对低温和低湿度运行有限制。

A.6.2 常见应用

电化学传感器结构紧凑,耗电量低,对某些气体灵敏度高。

电化学传感器不能探测大多数碳氢化合物(如烷烃、甲烷、乙烷、丙烷等)。

然而,也有少数这种类型的传感器用于爆炸预防。这种类型的传感器适合探测浓度低于燃烧下限的氢气或一氧化碳,以及25%(体积分数)以下的氧气。也有可用于高达100%(氧气体积分数)的传感器。

此外,这些传感器通常用于测量浓度低至百万分之一级别的有毒气体。例如,在泄漏探测和个人安全监测时,监测很多特定的有毒气体(相对于蒸气),如硫化氢、一氧化碳、氰化氢、氨、磷化氢、二氧化硫、一氧化氮、二氧化氮和环氧乙烷。虽然它们可能被指定用于某一特定气体,但也能探测其他干扰气体。

采用本文件描述的其他类型的传感器,用于探测可燃性气体0%~100%燃烧下限范围的便携式探测器,通常也采用电化学有毒气体传感器和电化学氧气传感器组成多气体配置传感器。

A.6.3 限制

此类传感器从冷态移动到温暖高湿的环境下,由于冷凝水凝结在传感器薄膜上造成部分阻塞,会造成暂时性的灵敏度失效。氧传感器刚好低于21%的正常读数,由于这个原因的影响会造成几分钟的报警。非挥发性液体或胶粘剂固体污染,会造成同样的但是永久性的影响。

根据传感器的情况,可能需要氧气进行电化学反应。在这种情况下,在电解质中溶解的氧将持续很短的时间,但在无氧情况下不可能长期运行。

电解质或一个或多个电极,通常会限制传感器的使用寿命。灵敏度通常会随着时间的推移下降,需要定期校准或响应检查。

根据传感器的类型和被测气体的情况,传感器寿命可能会缩短,或者由于超负荷的气体导致响应下降。尤其是暴露在高浓度氧气中的铅电极会产生损耗,会导致这种情况。

许多传感器的寿命也取决于其他气体的剂量,因为电解质将被消耗。尤其是高浓度的二氧化碳会导致灵敏度降低,并使某些氧传感器电解质的寿命缩短。

多数情况下,温度对传感器灵敏度的影响已知,可以参考。因此,探测器可采用电子温度补偿措施。

低温或低湿会降低传感器的灵敏度,并延长响应时间。在非常低的湿度下长期运行,会导致电解质干涸。一些传感器有储液器保持湿度,以避免这种情况的发生。

电解质的性能将限制低温操作(某些情况下是高温操作),详见使用说明书。

响应时间和恢复时间 $t_{(90)}$ 较长,通常 >30 s。

A.6.4 干扰

电化学传感器对其他气体的响应,可能产生正向或负向的信号变化。

除氧气传感器之外,在某些情况下对干扰的灵敏度可能高于对被探测气体的灵敏度,参阅使用说明书。

某些类型的电化学传感器灵敏度与大气压力成正比。其他类型的传感器会受压力冲击影响或损坏的情况,参阅使用说明书。

氧气传感器使用在不含空气的混合气体或者浓度非常高的可燃性气体中会产生特定干扰效应,例如:

- 测量氧气时,被测气体的分子质量对传感器的灵敏度可能产生很大影响。因此,宜使用同一气体中确定的氧气浓度进行校准。
- 由于会与电解质发生反应,高浓度有机溶剂可能会缩短传感器的寿命。

A.6.5 中毒

电解质或电极可能会受到其他气体影响造成灵敏度降低,参阅使用说明书。

除了上面讨论的污染,反应产物可能会使传感器的进气口或薄膜逐渐减小甚至造成堵塞,例如,卤化水解的化合物,如三氟化硼(BF_3)、四氯化硅(SiCl_4)等。

如前所述,由于电解质与高浓度二氧化碳的反应,可能会导致某些氧传感器灵敏度失效。

A.7 火焰离子探测器(FID)

A.7.1 通则

火焰离子探测器的工作原理,是通过内部氢气燃烧火焰使有机化合物发生电离(电荷)实现的。产生的离子云以高达几百伏的电势梯度,在燃烧室内的电极间移动,产生非常低的电流,电流与气流中的气体/蒸气浓度成正比,然后电流被放大。

这种类型的探测器在数十年间的使用过程中都能保持很好的线性,测量范围从低(百万分之几)浓度到燃烧下限。纯净氢气(和空气)的火焰产生的可被探测到的离子可以忽略不计,产生的基准电流小于 0.1 pA。这允许有机化合物的流量测量可低至 10 pg/s~ 15 pg/s。

负极通常自身产生小规模火焰喷射。正极通常是柱形或者环形,靠近并环绕火焰。

探测器内提供一个点燃源(火花间隙或火花塞)。

氢气的流量通常被控制在仅每分钟几十毫升。氢气中不宜含有机化合物和其他的污染物,但是可以含有一定量的气体,如氮气,氧气和水蒸气等。在大多数情况下,样品被控制在每分钟几个毫升的流量,背景气体不一定非是空气不可,在喷射之前与氢气混合。

支持燃烧的空气,流量一般在 100 mL/min 或以上,通常通过环形狭缝注入燃烧室。如果样气像上面提到的混合了氢气,这种气体宜不含有有机污染物。对用于探测空气中低浓度的有机气体的便携式或移动式探测器,其本身可以保持样气流过,不需要单独的气源。

所有的气体流量宜保持稳定,维持在优化水平,燃烧室内的温度也宜稳定。

火焰离子探测器的响应时间主要取决于把样气输送到火焰上的时间,响应时间小于 1 s。

火焰中的电离过程取决于原子的类型及其氧化过程。根据经验,C-H 键、不饱和的 C-C 键和 C-卤素键是可电离和测量的。碳氢化合物反应大致与总碳量成正比。

不同碳氢化合物的相对响应用摩尔分数表示,与它们分子中的碳原子含量大致成比例。但对于含氧化合物,这个相对响应发生了变化,因为分子中的 C-O 键并不产生可探测离子。计算信号需要使用的表面碳原子的数量,对分子中每个氧原子减少一半。例如,甲酸是没有反应的(每个氧原子中,1 个碳原子减去 $1/2$ 等于 0)。如果用火焰离子探测器作为总碳量分析仪,这种效果就会降低经验响应时间。

与甲烷相比,响应系数在 1:3 到 3:1 之间,就与经验值有较大偏差。不论样气是否加入到氢气中或被作为可燃性气体和背景气,响应系数也取决于燃烧单元的结构、气体流量和电气参数。

如果样气中出现了硅分子宜十分注意,因为硅的隔离层会覆盖在电极上,这可能会限制离子的传输或导致绝缘问题,从而降低探测信号。

A.7.2 常见应用

此类传感器灵敏度高,测量范围宽,测量不确定度小,不会中毒,响应时间迅速。该传感器从百万分之一级别到燃烧下限或高于燃烧下限的浓度范围都可以测量。

几乎所有的有机化合物,大部分是可燃的,会产生信号,只有甲醛和甲酸例外,不会产生响应。

此类传感器适合在高温下测量气体。

A.7.3 限制

探测器工作原理不具有选择性,因为一般有机化合物都会产生信号。如果要在预定场所探测不同的气体,宜使用最不敏感的气体校准传感器。在限定范围内相对响应比其他测量原理易于预测。

除了已经提到的几种例外有机物外,这些传感器也不适合用于无机可燃性气体、氢气、一氧化碳、氨、二硫化碳、硫化氢和氰化氢。

此类传感器也可探测一些不可燃的有机化合物。

外部气体、氢和(通常)助燃的空气是必要的。然而在某些情况下,试样本身可用作助燃空气。信号主要取决于被测气体和氢气的流量,而较少取决于助燃空气的流动。因此,被测气体、空气和可燃气体的压力宜保持不变,但宜注意,采样管使用的阻火器会受到污染,导致被测气体的流量很难保持一致。

A.7.4 干扰

稀有惰性气体、氮氧化物、卤素、氮、氧、二氧化碳、四氯化碳、水不会响应。

当校准的设备用于探测气体混合物中含碳总量时,卤代烃会降低设备的响应。

此类传感器不能用于探测高浓度的气体,因为可能导致火焰熄灭。

A.7.5 中毒

一般情况下不会有中毒现象,但是如果燃烧的固体产物含有硅或其他物质,则可能会导致电极和绝缘产生覆层,降低灵敏度,并最终使传感器失效。

A.8 火焰温度分析仪(FTA)

A.8.1 通则

火焰温度分析仪探测器的工作原理依靠由支持火焰燃烧的空气样品中的可燃性污染物引起的恒定氢气(或其他气体)流火焰燃烧温度的上升。

探测器探测到小型气室内的火焰温度。产生的信号与探测到的气体浓度为非线性关系。

火焰温度分析仪的响应时间主要取决于把样气输送到火焰上的时间,响应时间在 5 s 以内。

燃烧气体(通常是氢气)的成分宜固定。为了确保稳定的零信号,在燃烧气体中没有出现探测的目

标气体时,所有的气体流量宜稳定在最优水平,由此保证燃烧室内温度恒定。

如果在探测气体中存在卤化烃,宜十分小心。样气中包含卤化烃但不包含可燃性气体会降低火焰温度,这些宜能被探测器探测到。在可燃物质中出现高浓度的卤化烃可能会导致误读,甚至会使火焰熄灭。

A.8.2 常见应用

此类传感器在需要响应时间很短的情况下,可用于测量浓度低于燃烧下限的可燃性气体或蒸气的总量。

这种传感器适合在高温下探测气体。

A.8.3 限制

此类探测器的工作原理无选择性,其响应只取决于样气的热特性。在较高浓度时的响应不是线性的。对于范围的限制参阅使用说明书。

传感器不宜进行百万分之一浓度的测量。

外部气体是必需的。燃烧需要氢气或其他燃料。要么被测气体中需要含有氧气,要么需要单独提供空气来维持燃烧。信号主要取决于被测气体、燃料、助燃空气(如果需要)的流动速率。因此,在火焰温度分析仪内,被测气体、空气和可燃性气体的压力宜保持不变,宜注意采样管使用的阻火器会受到污染,导致很难保持被测气体的流量不变。

A.8.4 干扰

卤代烃,如高浓度卤化物,可能会降低火焰温度,导致信号衰减。

A.8.5 中毒

没有已知的中毒影响。

A.9 光离子探测器

A.9.1 通则

探测原理是测量由已知波长的特殊灯产生的紫外线(UV)辐射引起的气体电离,由此产生的光子能量,通常用电子伏特 eV(如 10.6 eV)表示。灯位于探测器单元内一端。在这个单元内的气体分子电离电势比灯输出的电离电势低,随后电流在壳体内两电极之间流动产生电势。该电流与超过几个数量级的物质浓度成比例。

光离子探测器的主要部件是紫外灯(高压或者高频模式)、两个收集电极配有放大器、通常还有气体过滤器和泵。不需要消耗气体。

比灯电离电势值高的物质通常探测不到,如乙烷、丙烷、乙炔、甲醇,这些物质的电离电势值高于多数常见灯的值(10.6 eV 电压)。电离电势值较低的其他物质,如乙醇、乙烯等,电离电势值为 1.5 eV,产生的响应信号较弱。

原则上,一般在空气中进行测量,电离电势值高于氧气(电离电势=12.1 eV)的所有物质,如氢气、一氧化碳、甲烷等探测不到。灯的电离电势值没有必要高于上述值。

随着紫外线灯的普及,这项技术不再专用于探测可燃性气体。

不同物质的电离电势可在文献中或供应商的产品清单中得到。利用该项技术能探测到的物质主要有:包含几种碳原子和/或杂环原子的有机分子,如氧、硫、溴,不饱和芳香烃和胺类,几种可燃的无机化

合物,如氨、硫化氢、二硫化碳,一些不可燃气体,如二氧化氮、一氧化氮和三氯乙烯。

因为相对响应已知,所以能够预先把它们写进程序里。用校准气体再校准后,如果选择与探测气体相同的气体,就能直接得到读数。

响应时间由样气体流量确定。典型的响应时间介于 2 s 和 10 s 之间。

A.9.2 常见应用

此类传感器灵敏度高,不易中毒并且响应时间短。

虽然该技术适合于固定操作,但探测器可以是便携式(手持式)或者移动式且通常会有一个内置泵,以适合作为点读式探测器。

此类传感器适用于测量气体浓度从百万分之一级别到 $2\,000 \times 10^{-6}$ 。因此,它适用于毒性探测以及低于燃烧下限浓度气体的探测。

此外,此类传感器通常用于在短时间内测量百万分之一级别的气体浓度,例如泄漏探测。

A.9.3 限制

探测器的工作原理对可燃性气体无选择性。它能探测电离电势比紫外灯的能量低的所有物质,无论是否可燃。

该类传感器不能探测电离电势高于探测器紫外灯能量的化合物。大多数传感器紫外灯的能量为 10.6 eV。不适合探测低烷烃和其他一些常见的可燃性物质。

其他紫外灯的能量范围从 8.4 eV(这将不会探测到许多其他物质)到 11.7 eV 可在空气中使用,这将允许进行探测更多的气体(参阅使用说明书)。

该类传感器不能用这些灯探测空气中的一氧化碳、氢气或甲烷。

此类传感器不宜用于测量高于 $2\,000 \times 10^{-6}$ 的气体,因为响应不是线性的。对于范围的限制,参阅使用说明书。

较高能量的紫外灯往往会减少传感器的寿命。

A.9.4 干扰

该类传感器对电离电势(典型的为 10.6 eV)低于紫外灯能量的所有物质响应,但响应时间在很大程度上取决于气体的电离性能。

湿度可诱发相当于百万分之几浓度气体产生的信号。这个信号不是由电离产生的(水的电离电势是 12.6 eV),可能是电极周围材料的相互作用引起的。

被探测的物质存在高浓度甲烷时可能会抑制电离,从而使读数变小。

紫外灯或视窗单元上的冷凝物质、固体材料、指印等,可以改变紫外线强度,因此影响灵敏度。

A.9.5 中毒

没有已知的中毒响应。

测量某些化合物,如苯乙烯或丙烯酸酯,可能会导致分解产物残留在紫外灯上。因此宜定期清洁紫外灯(参阅使用说明书)。

A.10 顺磁氧探测器

A.10.1 通则

氧气具有强烈的顺磁特性(磁场吸引)。一氧化氮是半顺磁的。二氧化氮是氧气的 4%。其他气体

有较少的顺磁性或较弱的反磁性(被有磁性的物质排斥)。含氧的气体会被卷入强磁场区,卷入的力量与氧气含量成比例。一氧化氮与二氧化氮将会有较小程度的吸入,对其他气体的影响很小,因此,在一氧化氮含量极低的情况下,用这种技术测量氧气非常有效。

有很多技术利用了这种影响。哑铃型设备采用通过扭转悬架安装在非均匀强磁场中的反磁性哑铃,反磁性哑铃非常轻且小。受磁场对顺磁气体的影响哑铃产生扭转,探测到扭转并通过电化学反馈环路使哑铃回到平衡。因此需要的反馈电流与顺磁气体浓度成正比。这个信号需要温度和压力补偿。这种设备对冲击和振动很敏感,但是可能被移动。

热磁型探测器利用与顺磁敏感性成反比的温度工作。气流被分成两路。一路气体被加热到比周围环境高约 100 K。由于两种温度造成顺磁气体磁性系数不同,在非均匀磁场中产生气流(“磁风”)。气流由于对安装在桥电路上的加热器产生冷却作用而被探测到。用桥电路产生的差值信号探测浓度。探测器读数通常与方向有关,因此探测器宜固定安装。

顺磁性气体流受非均匀磁场的影响产生压差,基于差压影响的设备将会转换这个压差。需要流量较低的气体如氮气作为参考气体。当信号与气体浓度成正比时,通常通过调节磁场测量压力。

A.10.2 常见应用

此类传感器主要用于测量氧气,适用于有选择性、长期稳定、不易中毒的要求。

此传感器适用于测量 0%~1%(体积分数)和 0%~25%(体积分数)范围的氧气。也可以测量高达 100%(体积分数)的氧气。测量范围的上限和下限之间的差值应超过 0.5%(体积分数)的氧气。

根据采用的探测方法不同,典型的响应时间在 6 s 和 40 s 之间。

A.10.3 限制

根据测氧的探测方法不同,该探测器可能:

- 需要外部气体;
- 含有点燃源(加热器);
- 对冲击和/或振动敏感。

在大多数情况下需要进行压力和/或温度校正。

A.10.4 干扰

除一氧化氮和二氧化氮在等效浓度下会分别产生约 50%和 4%的氧信号,其他气体没有显著的干扰。

A.10.5 中毒

没有已知的中毒影响。

附录 B
(资料性)
环境参数

表 B.1 列出了 GB/T 20936.1 对环境条件的最低要求。关于测试条件和合格判据的更多内容,请参照相关标准。

对所有设备,使用场合的环境条件宜与制造商使用说明书里的数据进行比较。当环境条件超过或者低于使用说明书的规定时,宜咨询制造商。

表 B.1 环境参数

参数	GB/T 20936.1 的要求
不通电贮存	下列每个温度条件依次储存 24 h: -25 °C +20 °C(环境温度) +60 °C +20 °C(环境温度)
温度	便携式: -20 °C ~ +40 °C 具有限制温度范围的非便携式探测器,包括分体式传感器: +5 °C ~ +55 °C 其他所有非便携式探测器,包括分体式传感器: +20 °C ~ +55 °C
压力	80 kPa ~ 120 kPa
相对湿度	20% ~ 90%
空气流速	最高 6 m/s
振动	分体式传感器和所有带一体式传感器的探测器: ——10 Hz ~ 31.5 Hz, 位移幅度 0.5 mm(峰对峰总偏移 1.0 mm); ——31.5 Hz ~ 150 Hz, 加速度幅度 19.6 m/s ² 。 所有其他探测器: ——10 Hz ~ 31.5 Hz, 位移幅度 0.5 mm(峰对峰总偏移 1.0 mm); ——31.5 Hz ~ 100 Hz, 加速度幅度 19.6 m/s ²
跌落实验	便携式: 跌落高度 1.0 m 移动式(<5 kg): 跌落高度 0.3 m 移动式(≥5 kg): 跌落高度 0.1 m

附 录 C

(资料性)

可燃气探测器典型环境及应用检查表(I类和II类设备都适用)

1.简要描述可燃气体探测器应用的环境(地点、采样方法、特殊环境、位置)

2.如果监控点与控制单元分离,它们之间的距离是多少?

3.探测的可燃性气体或蒸气清单及其大概的成分组成。

气体或蒸气成分*	浓度(单位)	特别的注意事项
----------	--------	---------

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

* 如果可能清单里提供化学名称。

如果预计超过一种可燃性气体,指明这些气体或蒸气是单独出现还是同时出现。

4.是在正常含氧量(21%)环境、贫氧、还是富氧环境进行探测?

采样气体中氧气估计含量:

5.燃烧下限之外要求的探测器测量范围:

6.使用控制单元的环境温度范围:

最低温度_____℃到最高温度_____℃

预期标称温度_____℃

7.监测的大气环境湿度范围:

最低相对湿度_____%到最高相对湿度_____%

8.监测的大气压力范围:

最低压力_____到最高压力_____

9.监测的大气速率范围:

最低_____到最高_____

10.其他有关条件(灰尘、腐蚀、烟气、雾等)。如果可能,请说明类别和数量。

11.潜在的脱敏剂:说明大气中是否存在能影响传感器性能的物质,如硅酮、铅、卤代化合物或者其他物质。

12.控制单元所处环境区域划分：

气体类别：_____ 区域等级：_____ 设备类别：_____

气体类别：_____ 区域等级：_____ 设备类别：_____

13.附件要求：

附 录 D

(资料性)

大气能见度(适用于开放路径探测器)

大气中的衰减是由散射和吸收引起的,衰减用比尔-布格-兰伯特定律表示:

$$F = F_0 \exp(-ex)$$

式中:

x ——光路长度;

F ——距离为 x 处的光通量值;

F_0 ——距离为 0 处的光通量值;

e ——同时体现吸收和散射的消光系数。

根据气象光学范围(MOR)的定义(见 3.7.5):

当 $x = \text{MOR}$ 时, $F = 0.05F_0$ 。

因此, $\text{MOR} = -(1/e) \ln(0.05)$ 。

根据透射率的定义(见 3.7.13):

$$T = F/F_0 = \exp(-ex)。$$

因此,从方程中去掉 e :

$$\text{MOR} = x(\ln 0.05)/(\ln T)。$$

该计算假设,与所有重要波长相比,雾状降水或灰尘的粒径足够大,因此能够将衰减视为与波长无关。用于定义 MOR 的 2 700 K 白炽灯光源的辐射在约 1 μm 波长处最大,因此,该估算将对在可见光和近红外波长工作的仪器最有用。它往往低估在紫外线工作仪器的等效 MOR,高估在中、远红外工作仪器的等效 MOR。

附录 E

(资料性)

可燃气体探测器典型维护记录

制造商：

型号：

购买日期：

投入运行日期：

序列号：

用户 ID 号：

校准气体：

安装工位：

日常校准之外进行的维护

日期	检查		归还人员	维修人员	维修性质及 更换的部件
	定期维护	故障			

1					
	说明：				

2					
	说明：				

3					
	说明：				

4					
	说明：				

5					
	说明：				

校准记录

日期	说明
1	
2	
3	
4	
5	

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.35 电工术语 爆炸性环境
 - [2] GB(/ T) 3836(所有部分) 爆炸性环境
 - [3] GB/T 3836.11 爆炸性环境 第 11 部分: 气体和蒸气物质特性分类 试验方法和数据
 - [4] GB/T 3836.15 爆炸性环境 第 15 部分: 电气装置的设计、选型和安装
 - [5] GB/T 18268.1 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第 1 部分: 通用要求
 - [6] GB/T 20936.1 爆炸性环境用气体探测器 第 1 部分: 可燃气体探测器性能要求
 - [7] GB/T 20936.3 爆炸性环境用气体探测器 第 3 部分: 固定式气体探测系统功能安全指南
 - [8] 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
 - [9] NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids Code
 - [10] GESTIS——Database on hazardous substances (publically available), [www. dguv. de/ifa/gestisdatabase](http://www.dguv.de/ifa/gestisdatabase)
 - [11] GRIGGS, D.J., D. W.JONES, M.OULDRIDGE and W.R.SPARKS. The first WMO intercomparison of visibility measurements, UK 1988,1989.
 - [12] WORLD METEOROLOGICAL ORGANISATION. Report WMO/TD-No. 401.
-

