

可燃气体和有毒气体检测报警系统的工程设计

李军波

中国化学赛鼎宁波工程有限公司 浙江 宁波 315040

摘要: 本文从实际出发,介绍GDS的工程设计和如何对在役装置进行安全诊断。

关键词: GDS; 工程设计; 安全诊断

石油化工装置基本上都是易燃易爆、毒性场所,为保障装置安全稳定运行和人身安全,必须设置可燃气体和有毒气体检测报警系统。新建石油化工项目都应执行GB/T50493-2019设计标准,对于新标准颁布前已建项目,亦可参照执行。本文从实际出发,介绍GDS的工程设计和如何对在役装置进行安全诊断。

1 探测器的选型

探测器根据测量原理主要分为:催化燃烧型探测器、红外气体探测器、半导体型探测器、电化学型探测器、PID光离子探测器等。

催化燃烧型探测器包含一对很小的探头,敏感探头是用一个铂金丝螺旋线制成,该铂金丝螺旋线外覆盖了两层物质,里面一层为陶瓷基料,外面一层是催化剂。补偿探头是不与任何气体反应的惰性检测元件,只做外部温度和湿度变化的补偿。二个探头分别位于惠斯通电桥对立的两个支路上。正常时,铂金丝预热至450~500°C。当接触可燃气体后,敏感探头因为催化作用引起氧化反应(无焰燃烧),使敏感探头温度上升,电阻升高,通过惠斯通电桥精确测量探头的阻值变化,就可以计算出可燃气体的浓度^[1]。催化燃烧型探测器属于广谱可燃气体探测器,成本低,应用最广泛。它的缺点是易中毒,必须工作在有氧环境。对大分子团的可燃性烷烃类物质的反应是随着碳的数量增加而反应变小的,在油气雾化状态、传感器内部相对氧气含量低的工况下,探测器灵敏度会大大降低而导致报警失效。

红外气体探测器主要用于检测碳氢类可燃气体和二氧化碳。可在无氧环境工作,抗中毒,精度高,寿命长。由于价格原因,应用不及催化燃烧型探测器广泛。常见的红外气体探测器分为点式和开路式。利用碳氢类可燃气体可吸收特定波长红外线的特性,将待测气体吸收的红外光强度和参考气体做比较,得到待测气体浓度的定量数据。开路式红外气体探测器一般用在海上钻井平台、LNG站、大型LNG船等,在泄露风险较高位置还需结合点式红外气体探测器。

用半导体材料制成的传感器结构是一层沉积在硅片上的金属氧化物薄膜。检测气体接触到金属氧化物后,会吸附在其表面,从而导致金属氧化物电阻发生变化,且阻值变化与气体浓度变化相关。半导体型探测器常用于探测低浓度可燃气体及一些有毒气体,如硫化氢、一氧化碳等。但输出线性差,易惰化,需要定期活化,一般仅用于探测有毒气体。

电化学型探测器是通过在传感器电极的表面发生电化学反应来实现探测的。当有毒气体在电解液中发生扩散时,电化学反应使从阴极到阳极的电流发生变化。这个电流的变化与气体的浓度成比例,且是可逆的。电化学型探测器可用于探测大多数的毒性气体,有良好的线性和重复性,寿命长。缺点是须工作在有氧环境,不适用于高温、低温及低湿度环境。

PID光离子探测器可以检测低浓度挥发性有机化合物(VOC),是一个高灵敏度、宽范围、广谱的探测器。使用了一个紫外灯光源将有机物打成可被检测的正负离子,探测器检测到离子化的气体电荷并将其转化为电流信号,经过放大及运算后,显示为气体的ppm浓度值。PID离子化检测后,气体重新还原为原来的气体或蒸汽,是非破坏性的^[2]。缺点是对于离子化电位高于PID紫外灯能量的挥发性有机气体,无法被检测。

探测器输出信号一般选用4~20 mA模拟信号。当采用数字信号时,不能用“总线式”通讯信号,而必须是“一对一”硬接线的数字信号

2 现场报警器的选型

现场报警器分为一体化声光报警器和区域报警器。GDS系统应对装置和罐区进行报警分区,各报警分区分别设置现场区域报警器。同时,在控制室操作区域设置独立的可燃气体和有毒气体声光报警器。一体化声光报警器的启动信号采用第一级报警设定值信号,现场区域报警器和控制室声光报警器的启动信号采用第二级报警设定值信号。

一体化声光报警器的报警声压等级宜为75dBA~105

dBA, 且应高于背景声压15dBA。区域报警器的报警信号声压等级应高于110dBA, 且距报警器1m处总声压值不得高于120dBA。控制室声光报警器的声压等级满足设备前方1m处不小于75dBA。

声光报警器的光报警器部分宜采用脉冲告警方式, 脉冲闪烁频率60~120次/分, 室外使用的光报警器有效发光强度一般大于等于300cd, 厂房内使用的光报警器有效发光强度一般大于等于150cd^[3]。光报警器的报警颜色一般为蓝色。

3 电缆选择

可燃气体或有毒气体探测器一般采用4~20mA(三线制)信号类型, 工作电压15~30VDC。区域报警器工作电压一般选用24V±2.4VDC^[4]。设计需要考虑传输电缆的电阻对信号传输距离的限制。工程上通常采用1.5mm²截面计算机屏蔽软电缆传输信号, 从电缆样本查得电缆直流电阻为13.3Ω/km。

下面分别对探测器和区域报警器允许电缆长度进行计算。

1) 探测器允许电缆长度

选用带一体化声光报警器的探测器, 功耗 $P \leq 5W$ 。供电回路电流 $I = P/U = 5/24 = 0.208(A)$, 线路电阻 $R = \Delta U/I = (24-15)/0.208 = 43.2(\Omega)$, 允许电缆长度 $L = 43.2 \div 13.3 \div 2 = 1.6(km)$

信号传输不光和电缆本身电阻有关, 还要考虑电缆线容、线感, 以及敷设路径周边电磁场感应的影 响, 传输距离不宜太远。

2) 区域报警器允许电缆长度

选用功耗 $P \leq 6W$ 的报警器, 供电回路电流 $I = P/U = 6/24 = 0.25(A)$, 线路电阻 $R = \Delta U/I = 2.4/0.25 = 9.6$

(Ω), 允许电缆长度 $L = 9.6 \div 13.3 \div 2 = 0.36(km)$

石油化工项目往往占地很大, 360米的敷设长度很可能不够, 这时可以适当调高24VDC供电模块输出电压或加大电缆截面。

4 防雷和接地

防雷工程主要采用外部雷电防护和内部雷电防护综合措施^[5]。外部雷电防护通常由接闪器、引下线和接地装置组成, 用于防直击雷, 由电气专业负责。内部雷电防护通常由等电位连接系统、共用接地系统、合理布线、屏蔽系统和电涌保护器等组成, 用于减少和防止雷电电磁感应。内部防雷有信号线路的防护和供电线路的防护, 供电线路的雷电防护由电气专业负责。

仪表系统防雷仅是防雷工程的一部分。应根据《石油化工仪表系统防雷设计规范》SH/T3164-2021第5条, 判别确定实施仪表防雷工程。对于需要防雷功能的仪表及控制系统, 控制室接地系统应采用网型结构。网络结构接地系统不区分接地类型, 不设置接地汇总板和总接地板。网型结构的室内接地网采用至少4条截面尺寸为40mm×4mm的铜材或热镀锌扁钢的接地连接导体, 应经不同路径、至少两个方向的连接方式分别接到电气接地装置引到室内的电气接地板。

根据《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010第4.3.8条, GDS系统的电缆进入室内后, 其引入的终端机柜处应安装D1类高能量试验类型的电涌保护器。机柜内的电涌保护器接地导轨应直接接到机柜下方的接地排或就近接到机柜内的保护接地汇流排。

现场仪表的接地应为保护接地, 应符合表1的规定, 应采用外壳接地端子或通过安装自然接地的方式。

表1 现场仪表接地

| 仪表防爆类型 | | 0区、1区 | 2区 | 非爆炸危险区域 | 有电涌保护器 |
|--------|---------|-------|-----|---------|--------|
| 本安仪表 | | 不接地 | 不接地 | 不接地 | 应接地 |
| 非本安仪表 | 安全特低电压 | 宜接地 | 不接地 | 不接地 | 应接地 |
| | 非安全特低电压 | 应接地 | 宜接地 | 宜接地 | 应接地 |

电缆的屏蔽应采用表2所示的接地方式。

表2 屏蔽的接地方式

| 电缆形式 | 屏蔽的接地方式 | | |
|----------|---------|--------|----------------|
| | 电缆内屏蔽层 | 电缆外屏蔽层 | 铠装层或保护钢管或金属电缆槽 |
| 单层屏蔽电缆 | 单端接地 | — | 两端接地 |
| 单层屏蔽铠装电缆 | 单端接地 | — | 两端接地 |
| 分屏总屏电缆 | 单端接地 | 两端接地 | 两端接地 |
| 分屏总屏铠装电缆 | 单端接地 | 两端接地 | 两端接地 |

5 安全诊断的重点问题

1) 新的GDS设计标准对可燃气体或有毒气体探测器的探测半径、安装高度做了调整,不再考虑风向对探测器位置的影响。可燃气体探测器探测半径缩小,有毒气

体探测器探测半径扩大。安装高度根据被测气体与空气的比重差异,划分了四种模式,分别是比空气重、比空气略重、比空气轻、比空气略轻。

表3 探测器和区域警报器的安装高度

| 介质分子量与空气分子量比值K | 可燃/有毒气体探测器安装高度 | 氧气探测器安装高度 | 区域警报器安装高度 |
|-----------------------|-----------------|---------------|--------------|
| $K \geq 1.2$ (重) | 距地坪或楼地板0.3~0.6m | 距地坪或楼地板1.5~2m | 高于地面或楼地板2.2m |
| $1 \leq K < 1.2$ (略重) | 在释放源下方0.5~1m | | |
| $0.8 < K < 1$ (略轻) | 高出释放源0.5~1m | | |
| $K \leq 0.8$ (轻) | 在释放源上方2m内 | | |

2) 增加了需要设置探测器的有毒气体的种类。除了《高毒物品目录》(卫法监发^[2003]142号)中所列的气体或蒸气,增加了:现行国家标准《化学品分类和标签规范第18部分:急性毒性》GB30000.18-2013标准中,急性毒性危害类别为1类及2类的急性有毒气体。

3) 根据最新P&ID、物料特性表、爆炸危险区域划分图、设备布置图及配管图,确定释放源位置,复核现有探测器种类、数量和防爆等级,并核实是否配有一体化声光警报器、现场区域警报器和控制室声光警报器^[6]。根据巡检路线,判断现场区域警报器的数量和位置是否合理。特别需要注意的是,控制室、机柜间的空调新风引风口等可燃气体和有毒气体有可能进入建筑物的地方,有无设置气体探测器。

4) 消防控制室需要配置一台GDS报警站,或者把GDS报警控制单元的故障信号和可燃气体第二级报警信号通信至火灾报警控制器。

5) 为了保证装置生产过程控制系统出现故障或停用时,GDS仍能保持正常工作状态,新规范不再允许GDS与BPCS合用。可燃气体或有毒气体检测信号作为安全仪表系统的输入时,探测器独立设置,应符合SIS设计规范GB/T50770-2013的要求。

6) 石油化工企业中的GDS,其电力负荷应按一级负

荷中特别重要负荷考虑,采用UPS供电。

6 结束语

根据陶氏洋葱模型,GDS划分在“过程报警及操作员干预”保护层,位于BPCS和SIS保护层之间,需要独立设置。常规GDS没有安全仪表功能,报警是GDS最主要的功能。

参考文献

[1]文科武,裴炳安,朱华兴,等.石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准:GB/T50493-2019[S].北京:中国计划出版社,2019.

[2]文科武,李苏秦,罗明,等.石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范:GB50493-2009[S].北京:中国计划出版社,2009.

[3]黄步余,叶向东,范宗海,等.石油化工安全仪表系统设计规范:GB/T50770-2013[S].北京:中国计划出版社,2013.

[4]叶向东,冯欣,杨刚.石油化工仪表接地设计规范:SH/T3081-2019[S].北京:中国石化出版社,2020.

[5]裴炳安,吕明伦,赵永明,等.石油化工仪表供电设计规范:SH/T3082-2019[S].北京:中国石化出版社,2020.

[6]赵斌,苗庆.可燃气体报警器原理分析及应用[J].仪表世界,2017(47):35-37.