

研究火花检测熄灭系统

一种用于易燃易爆场合火花检测及快速灭火系统的研究——在火炸药生产车间、储存场所以及装填作业区域，设置高速响应的火焰探测器，会在火灾萌芽初期就检测到火焰，或者在火灾发生时，能够在 6ms 内高速响应，触发安全联锁系统发出指令，联锁打开喷淋电磁阀，进行快速灭火。从火花检测到联锁喷淋系统，响应时间理论上为 92.4ms。本系统快速响应的特性确保了火炸药生产、储存、装填等作业安全、可靠的运行。

文 / 陈丽娟

在火炸药的生产、储存以及装填等特殊的生产作业场所，很容易产生火花，如果在火花产生前期没有预测到或者在火花产生后未及时采取灭火措施，造成的经济损失是无法估量的。本文针对该种特殊场合，研究了一种火花灭火系统，在火灾萌芽时期就探测到火源，或者在火灾发生时，从检测到火焰并快速启动喷淋系统，在限定的时间内完成灭火工作，使经济损失控制在最低。

系统构成及特点

系统组成及工作流程

1. 系统组成

火花灭火系统主要由高速火焰探测器、火焰监控 & 安全联锁系统、以及快速喷淋系统等组成，火花灭火系统示意如图 1 所示。

2. 工作流程

当现场某个检测区域发现火源或者火灾萌芽初期，火焰探测器高速响应，输出两路信号，其中一路信号为标准的 4~20 mA 信

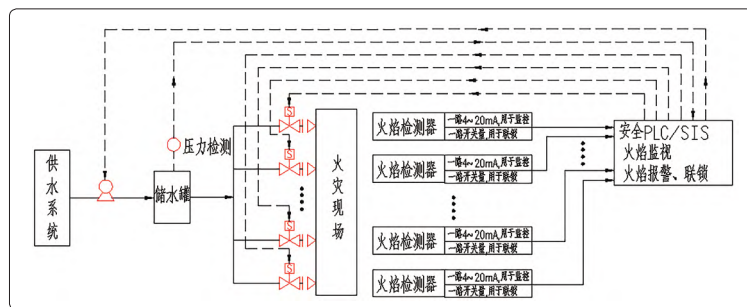


图 1 火花灭火系统示意图

号，进入火焰监控 & 安全联锁系统进行火焰的连续监视和数据存储，另一路信号为开关量，进入火焰监控 & 安全联锁系统报警并启动联锁程序，系统输出联锁指令驱动快速喷淋系统电磁阀打开喷淋进行灭火。

系统主要技术特点

1. 火焰探测器：采用先进的信号处理技术，高速响应能力可达 6 ms 以内；采用独特的抗误报警技术，能够避开星光、焊接弧光、日光和黑体发射源等干扰因素，精确探测到火花并无误报警。具有 TÜV 安全认证，可靠性高。

2. 安全联锁系统：安全 PLC 系统和 SIS 系统，均选用 TÜV SIL2/SIL3 安全认证产品，系统响应快、安全、稳定及可靠。其中 SIS 系统对快速响应回路时间可达

26 ms（回路时间包括信号输入扫描 1 ms，逻辑运算控制器的处理时间可以设定 10~500 ms，信号输出扫描 15 ms）。

3. 系统配置灵活：针对单点或点数很少的场合，选择安全 PLC 系统；针对生产车间连续生产作业、检测点较多的场合，选择 SIS 系统。

4. 自动喷淋系统电磁阀，响应时间可达 61 ms 以内，电磁阀具有 TÜV SIL2/SIL3 安全认证。

5. 整个系统的探测元件、信号输入 / 输出单元、逻辑控制运算单元、执行元件均具有快速响应特性，从火花检测到联锁喷淋系统，响应时间理论上为 92.4 ms。

高速火焰探测器

火焰检测原理

根据火焰的光特性，目前使

本文作者供职于重庆川维石化工程有限责任公司。

用的火焰探测器有3种：一种是对火焰波长较短的紫外光辐射敏感的紫外探测器；另一种是对火焰波长较长的红外光辐射敏感的红外探测器；第3种是同时探测火焰波长较短的紫外线和波长较长的红外线的紫外/红外混合探测器。

具体根据探测波段可分为：单紫外、单红外、双红外、三重红外、红外\紫外以及附加视频等火焰探测器。

探测器选型

根据火炸药的生产、储存、装填等各现场作业特点，对火焰检测响应速度的需求不同，本系统配置两款不同响应速度的火焰探测器。

1. 高速响应紫外火焰探测器

紫外火焰探测器，可以对所有波段的火焰辐射进行检测，对多数火焰可以做到快速可靠的响应，且抗星光（STAR）、抗弧光（ARC）和抗日光干扰的能力强，紫外火焰探测器视锥如图2所示。

紫外火焰探测器主要由检测单元、信号处理和输出单元、LED指示单元和接线单元等组成。

检测单元采用高速、高灵敏度的测量管和卓越的机械设计，具有更先进的探测能力、抗干扰能力以及更高的灵敏度。

检测单元经信号处理单元处理后，将火焰信号转换成标准信号输出，其中标准信号输出包括

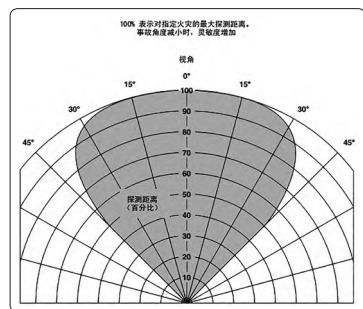


图2 紫外火焰探测器视锥

继电器输出和模拟量输出。

探测器面板上具有三色LED状态指示灯，用于指示正常情况、火警情况和故障情况。

性能特点：1) 高速响应时间可达6ms以下；2) 强大的抗误报警技术，对存在的调制好的黑体发射源（如加热器、烤箱、涡轮等）时，能够对火焰响应且不误报警；3) 现场视角：90°视角，轴线为最高灵敏区。

2. 多光谱红外火焰探测器

多光谱红外火焰探测器，是一种最新技术的光学火焰探测器。主要用来检测碳氢类火焰，先进的专利信号处理技术确保了在有黑体模块及其他误报警源的情况下依然具备火灾报警能力，能够极好地从轻质和重质碳氢化合物燃料中检测到火焰，而且可在最大程度上抑制错误报警。探测器具有各类防爆等级的产品，适合室内和室外应用。

性能特点：1) 高灵敏度；2) 响应时间1s以内；3) 扩展的探测视野；4) 优化的误报警抑制能力；5) 真正的光学可靠性自检能力；6) 卓越的短距离探测能力：火灾萌芽时期即可探测到火源（见图3）；7) 测量范围长：同轴范围210ft，偏轴覆盖率100%；8) 在红外干扰下也能看到火灾（见图4）。

火焰监控&安全联锁系统

根据火炸药生产、储存、装填的生产作业特点，火焰监控、安全联锁系统采用点对点模式，即每个火焰点从检测到监控、到执行都是独立的回路，点与点之间的联锁相互无交叉。

根据各现场火焰探测器布点规模，针对几点或十几个点的场合选用PLC系统，针对生产车间点数规模较多的选用SIS系统。



图3 火灾萌芽状态的探测

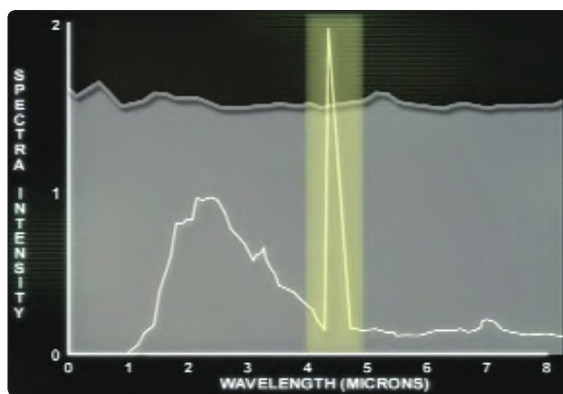


图4 红外干扰下火焰探测的数据搜集

PLC系统和SIS系统均是ABB公司的具有TüV安全认证的产品。本文主要介绍选用的SIS系统。

ABB的800xA是唯一采用嵌入式的差异性结构的SIS系统，系统符合IEC61508、DIN V19250标准，取得IEC61508 SIL3级认证，连续25年无事故运行，最新一代的安全系统800xA High Integrity提供了领先的集成能力，该系统具有以下特点：

1. 采用高安全完整性控制器并行运行差异技术的逻辑运算。

2. AC800 MHI冗余控制器配置有效性高达99.9999%。

3. 通过设备管理软件包（FDT/DTM）对ESD阀进行部分行程测试PST（Partial Stroke Test）。

4. 系统响应时间及扫描速度
SIS系统的扫描周期由T1、T2、T3三个时间构成。

1) 信号输入卡件扫描时间

T1 : 1ms。

2) 逻辑运算器处理时间 T2 : 针对快速回路为 10 ms, 正常情况下扫描时间决定于系统的设置。

3) 信号输出卡件扫描时间 T3 : 10 ms。

4) 事件顺序记录 (SOE) 的分辨率为 10 ms。

快速喷淋系统

根据火检系统的高速响应要求, 本系统选用开式自动喷淋系统, 由开式喷淋头、电磁阀组、加压泵、缓冲罐及管道和供水设施等。

1. 工作流程

正常情况下, 确保储水罐储存一定的喷淋水, 该管路保证有 2.0 MPa 的压力。电磁阀和喷淋头紧邻安装。当现场某个检测区域发现火源或者火灾萌芽初期, 火焰探测器高速响应, 输出两路信号, 其中一路信号为标准的 4~20 mA 信号, 进入安全 PLC/

SIS 系统进行火焰的连续监视和数据存储; 另一路信号为开关量, 进入 PLC/SIS 系统报警并启动联锁程序, 系统输出联锁指令驱动喷淋系统电磁阀打开, 开始喷淋, 系统保证持续喷淋 1 min。

2. 部件说明

(1) 电磁阀: 喷淋系统中最关键的是电磁阀, 关系到喷淋系统的启动响应速度。本系统的电磁阀选用直动式电磁阀, 具有 SIL2 认证, 且在 2.0 MPa 的压力情况下快速响应时间可达 61 ms, 如图 5 所示。

(2) 开式喷淋头: 开式喷淋头选用下喷式, 一直处于常开状态。当发生火灾时, 安全系统 PLC/SIS 联锁雨淋电磁阀打开, 开式喷淋头直接喷水进行灭火。

系统全流程响应时间

如图 6 所示, 高速火花灭火系统的响应时间由火焰探测器的检测时间 T4、系统信号输入卡

表 1 系统响应时间

时间	最快响应时间 /ms
T1	1
T2	10
T3	15
T4	6
T5	53.8~60.4 (20bar)
T 总	85.8~92.4

用市电供电。

2. 现场仪表供电: 现场火焰探测器和电磁阀由 SIS 系统直接供电。

安全防护措施

1. 防雷

考虑到火炸药生产、储存、装填区域可能在雷击多发地区, 本系统现场侧和系统侧均考虑必要的防雷保护措施, 均考虑设置防浪涌保护模块, 以确保减少和降低雷击风险带来的直接损失和间接损失。

2. 接地

本项目 PLC/SIS 系统机柜和现场仪表、仪表电缆托盘等的接地根据中华人民共和国行业标准《仪表系统接地设计规范》(HG/T20513—2014) 和中石化《石油化工仪表接地设计规范》(SH/T3081—2019) 要求进行设计。接地系统为保护接地和工作接地, 由机柜内接地端子排引至电气专业在机柜室内设置的接地汇流点。接地电阻应不大于 4Ω。

结论

本系统不仅适用于火炸药生产车间、储存场所以及装填作业等特殊领域, 也适用于对火花探测要求快速响应、易燃易爆的工序或领域。选用一套设置高速响应、安全稳定可靠性高的检测和安全联锁系统, 在火灾萌芽初期就做出响应, 采取相应的措施, 将风险和损失降至最低。

表 1 中列出了 T1~T5 的最快响应时间和常规响应时间。

供电系统

1. 系统供电: 主控制中心的 SIS 系统可以采用 2 路 UPS 持续供电; SIS 系统机柜内照明、排风系统可以采

4. Messwerte der Öffnungs- und Schließzeiten				
Medium:	Luft		Wasser	
Druck:	10 bar	Diagr. Luft	10 bar	Diagr. Wasser
Zeiten in ms	T _o	T _s	T _o	T _s
	43,10	128,30	61,40	204,90
Druck:	20 bar	Diagr. Luft	20 bar	Diagr. Wasser
Zeiten in ms	T _o	T _s	T _o	T _s
	53,80	132,90	60,40	225,20

图 5 电磁阀响应时间

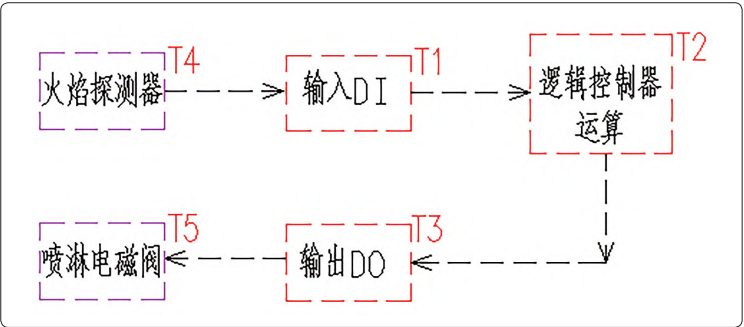


图 6 高速火检系统响应时间框图