

基于图像火灾探测定位技术的自动跟踪定位射流灭火系统在装车站的应用研究

葛仔东¹ 张兴连¹ 张国锋²

1、中粮生物科技股份有限公司 2、合肥科大立安安全技术有限责任公司

摘要：沫河口分厂装车站属于典型的高大空间特殊场所，其火灾危险性随装车站的原料存储不断变化，一旦发生火灾，严重危害整个厂区及人员生命安全，本文主要针对装车站内复杂环境，分析火灾形成原因及危害，开展沫河口分厂装车站内图像型火灾探测技术和图像型火灾空间定位技术的应用研究，解决该场所火灾早期探测与扑救的难题。

关键词：酒精火、热成像、图像火灾定位技术、快速定位

装车站是该场所的部分空间与室外相连通，属于半封闭场所，原料罐车运行时，空间内火灾场景不断变化，其场所的特殊性、重要性及作业流程的复杂性，对火灾的预防和扑救手段提出了较高的要求。合肥科大立安安全技术有限责任公司（简称科大立安）与中粮生物科技股份有限公司（简称中粮生物）联合开展沫河口分厂装车站内早期火灾探测与自动跟踪定位射流灭火系统的应用技术研究，通过分析原料罐车内火灾特性，研究该场所火灾早期探测及扑救方法，采用图像火灾探测与空间定位技术，设计开发图像型火灾探测器和自动跟踪定位消防炮灭火装置（简称自动消防炮），并在沫河口分厂装车站内开展具体的报警、定位及灭火实验。

1、原料罐车装车站火灾分析

1.1 火灾发生原因：

装车站主要用于酒精原料储运，装车站火灾主要由原料泄露引发火灾和原料罐车电气火灾引起，火灾成因归纳为以下几个方面：

1) 装车站易燃物种类繁多罐车机器的排气管、蒸气管、锅炉外壳等都是热表面，如果不小心将溢油溅到这些热表面上，或者将衣物、棉纱靠近热表面就会造成温度升高而引起火灾。

2) 装车站存在大量的电气设备，如有电器线路短路、漏电、超负荷运作、设计安装错误、电线老化、绝缘失效以及乱拉电线等现象 将会导致线路过流而发热 从而引起火灾。

3) 原料罐车驱动控制设备功率大，线缆种类多，发热量高，系统结构复杂，线路老化易导致过载、短路、接触不良、电弧火花等引起电气火灾。

1.2 火灾发生特点

1) 火灾蔓延速度快：为了提高原料罐车空间利用率，原料罐车设计空间较为紧凑，酒精罐车发生泄露，极易发生火灾，油气混合物极易在内部有限空间中发生轰爆，烟雾和火势蔓延快速，易形成烟囱效应和垂直方向的火旋风，较短时间就可能将火势蔓延到整个上层建筑，装车站本身空间通

道狭长，加速空气对流，补充燃烧氧含量，使火灾迅速蔓延。

2) 火灾危害性强：原料罐车发生火灾时，火势迅速蔓延，装车站快速积聚大量高温火焰和烟气，能见度迅速降低，易引起装车站工作人员产生惊慌、恐惧情绪，导致做出错误的判断和不合理的处置方式，产生难以想象的后果。高温火焰和烟气同时可能导致导致装车站形成大量流淌火，积聚的高温可能会对装车站建筑结构表面造成破坏，并引起严重的环境污染。

3) 火灾处置难度大：装车站部设置有火灾探测与灭火设备，当火灾发生时，虽可依靠本身的力量来加以施救，但仅能处理自身早期火灾，当原料罐车处于装车站发生火灾时，需靠外部的消防灭火设备进行有效的控火和灭火。由于消防部门距离较远，装车站现场空间大、人员少，导致无法及时到达火灾现场实施灭火，严重影响灭火救援的速度。

1.3 火灾探测扑救难点

沫河口分厂装车站是一个半封闭的大空间场所，空气潮湿，原料罐车进出厢室时排出大量尾气，易污染探测器，阳光照射到装车站地面产生反射和散射无法清楚看到酒精火焰，随着原料罐车的运行易对探测器产生干扰，因此适用于装车站的火灾探测器不仅要求探测距离远、响应速度快，同时还要需具备防护等级高、抗干扰能力强等特点。国内目前用于大空间早期火灾探测的探测器主要有点型红紫外火焰探测器、感烟火灾探测器、图像型火灾探测器，由于原料罐车装车站建筑高度太高，感烟火灾探测器并不适用。点型红紫外火焰探测器探测距离较近，防护等级低，同时要实现对保护区探测全覆盖，需要布置大量探测器，工程造价及施工难度高。基于上述因素，图像型火灾探测器是沫河口分厂装车站火灾探测的最佳选择。

目前国内高大空间火灾扑救设备主要使用的是自动消防炮，大多数自动消防炮的跟踪定位及水流修正方法是基于固定高度设计的，跟踪定位模式采用红外火焰传感器进行火灾定位，运用“狭缝”探测定位原理，能量边界扫描算法，

进行水平扫描定位,采用红外火焰传感器,使用能量补偿算法、水流曲线修正算法,进行垂直定位,这种跟踪定位技术无法持续跟踪定位移动火源,导致火灾扑救不及时,加大了火灾损失。

2、沫河口分厂装车站消防系统设计

通过对沫河口分厂装车站火灾特性分析,科大立安公司设计一种基于图像探测技术与图像空间定位技术的自动跟踪定位射流灭火系统,用于解决沫河口分厂装车站火灾探测与扑救的难题。该系统主要由自动消防炮及消防供液部分组成。其中自动消防炮由探测组件、自动控制部件和消防炮等组成。探测组件由图像型火灾探测器和图像型定位器组成,自动控制部件由现场控制盘、解码器、智能灭火装置控制器等组成。消防供液系统由高位水箱、电动蝶阀、压力传感器、水流指示器、检修阀等组成。

2.1 图像火灾探测技术

图像火灾探测主要原理是采集到的视频转换为图像之后,首先进行图像预处理,然后对图像进行分割即将图像中的目标与背景进行分离,以找出目标对象,通过边界跟踪获取目标轮廓及边界链码,在此基础上提取目标的面积变化率、尖角数、圆弧度等特征对目标进行分析,以判断该目标是火灾现象还是疑似火灾现象或是非火灾现象。图像火灾探测技术起步时间较晚,最早于2000年前后,由科大立安公司开发出了图像型火灾探测器与自动消防炮进行联动,应用于高大空间的火灾探测与灭火。经过了十几年的发展,图像火灾探测技术相对成熟,先后出现了北京智安邦、英特威视、火眼等一系列图像火灾探测产品。2013年制定的《火灾自动报警系统设计规范》GB50116-2013把图像型火灾探测器

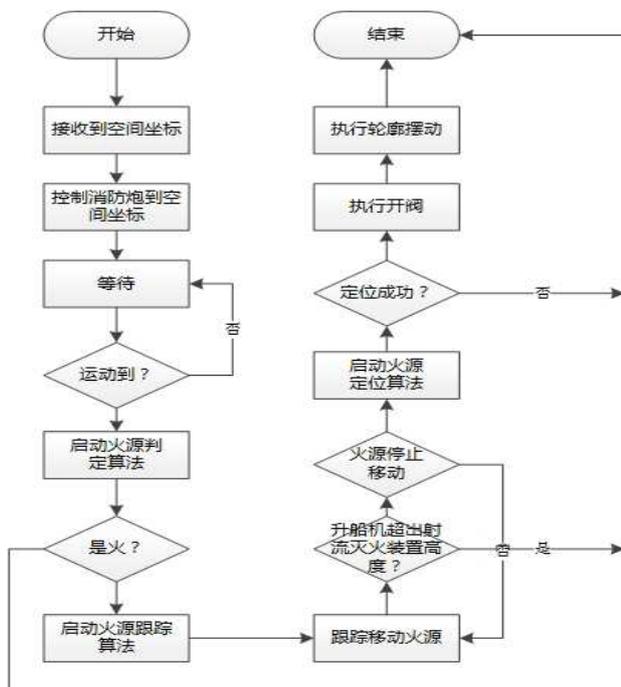
作为标准的火灾探测产品纳入其中。图像火灾探测技术有很多独特的优势,如报警速度快,可同时探测火焰和烟雾,可精准标定火灾坐标,防护等级高、具有可视性等特点,可满足一些特殊场所早期的火灾探测。

2.2 图像型自动消防炮火灾定位技术

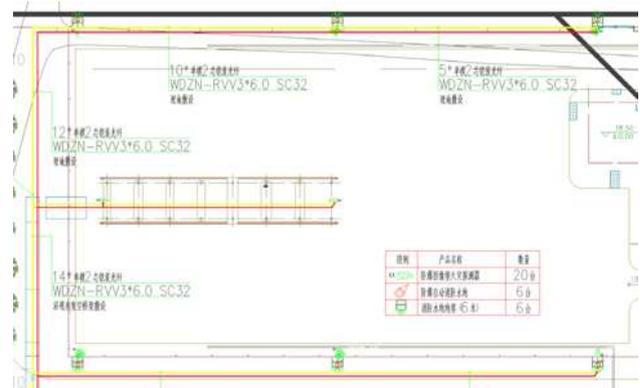
自动消防炮是利用红外线、数字图像或其他火灾探测组件对火、温度等的探测进行早期火灾的自动跟踪定位,并运用自动控制方式来实现灭火的各种室内外固定射流的灭火装置。系统由带探测组件及自动控制部分的自动消防炮和消防供液部分组成。该产品现执行国家技术标准《自动跟踪定位射流灭火系统》GB 25204-2010,并于2014年纳入到强制性认证产品目录,实行强制性认证制度。图像型自动消防炮是基于视频图像分析、图像空间定位、水流曲线修正等技术原理设计的一种自动消防炮,可通过电机驱动进行水平、垂直运动。图像型定位器安装在自动消防炮主体上,当图像型火灾探测器将火源空间坐标标定成功后,上传火灾空间坐标给智能灭火装置控制器,经过运算得出图像型定位器对应的火源空间坐标,驱动自动消防炮,实现火灾空间定位。

2.3 项目方案设计

1) 探测及灭火设备布置:根据《固定消防炮灭火系统设计规范》GB50338-2003和沫河口分厂装车站内环境与建筑布局,共设计自动消防炮6台(额定流量:30L/s),图像型火灾探测器20台。



图像型自动消防炮定位流程图



探测及灭火设备布置示意图

2) 火灾报警联动机制:根据报警图像型火灾探测器的位置和报警的火源空间坐标,确定可联动的自动消防炮,并将探测器探测到的火源坐标分别转换为相对可联动的多台自动消防炮的空间角度坐标,分别告知对应的自动消防炮快速指向火源位置,并进行精确图像定位。

3) 自动喷射机制:当自动消防炮有任意一台定位成功后,智能灭火装置控制器可延迟等待第二台自动消防炮定位成功信息,当延迟等待时间内有任意自动消防炮定位成功,则同时启动这两台自动消防炮开阀喷水实施灭火。如果超过延迟等待时间,则优先启动第一台自动消防炮开阀喷水灭火。当有多自动消防炮同时定位成功,智能灭火装置控制器

应根据系统设计流量优先启动“最有利”的自动消防炮开阀灭火。

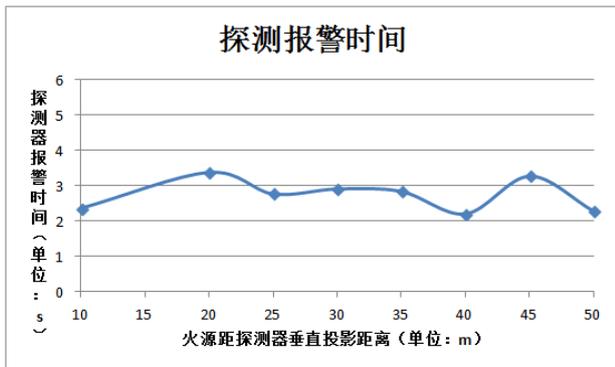
2.4 核心功能设计

1) 运动火源持续跟踪定位功能：当原料罐车发生火灾时，根据中粮集团的规定，要求原料罐车必须离开充灌区域，才能实施火灾扑救，避免火灾造成外层建筑结构损坏及火灾扑救过程中人员的二次伤亡，为了减少火灾探测及扑救时间，开展运动火源持续跟踪定位功能的研究设计。图像型火灾探测器将报警信息和火源坐标发送给智能灭火装置控制器，智能灭火装置控制器通过算法运算，将报警信息和火源坐标转换成自动消防炮运动角度，自动消防炮快速指向火源，当图像型定位器视场内出现火源，图像型定位器控制自动消防炮对火源进行精准定位。当原料罐车运动时，图像定位器控制自动消防炮对火源进行持续跟踪定位，当火源位置停止移动后，进行精确定位及火灾扑救。

2) 火焰轮廓往复摆动功能：原料罐车装车站火灾蔓延速度快，易形成区域火灾，当图像定位火源成功时，根据图像计算此时火焰矩形区域，利用公式将火焰所在的水平范围和垂直范围转换为自动消防炮电机的物理角度。即将图像像素的范围映射到电机运动角度范围，得到电机水平方向和垂直方向应该摆动的范围，在水流喷射扑救火灾时，根据火源面积及形状尺寸进行轮廓往复摆动，射流落水点可以准确覆盖整个火灾范围，提高灭火效果。

3、实验验证

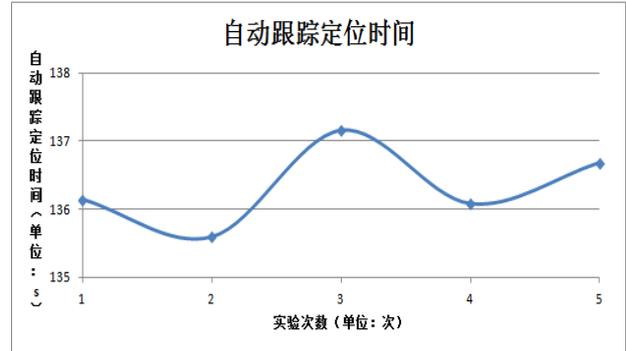
为了验证项目设计的科学性、有效性及实用性，在装车站现场进行真实环境火灾探测、定位、灭火实验及稳定性运行实验。将图像型火灾探测器与自动消防炮安装于炮塔和装车站挑檐下，将智能灭火装置控制器安装于消防控制室，将现场控制盘、解码器、现场控制箱安装于炮塔侧面，通过光纤以太网架构组成一个最小单元系统。



3.1 探测报警时间实验

将原料罐车处于 50m 处，图像型火灾探测器距原料罐车垂直高度为 5m，实验火油盘尺寸为 500mm*7000mm，燃烧介质为汽油和酒精，点燃实验火，记录报警时间，每隔 5m 进行一次实验，实验数据显示，图像型火灾探测器在沫河口分厂装车站可实现设计的保护范围内探测报警全覆

盖，不同距离火灾探测响应时间基本一致，平均报警时间为 2.75s，探测报警响应速度快。



3.2 火灾自动跟踪定位实验

火灾自动跟踪定位实验，本次共开展 5 组重复性实验，实验火油盘尺寸为 500mm*7000mm，燃烧介质为汽油和酒精，实验数据显示，自动消防炮可自动跟踪原料罐车火焰运动火灾并进行精确定位，自动跟踪定位时间与原料罐车运动距离有直接的关系，自动跟踪定位时间由自动跟踪时间和精确定位时间组成，精确定位平均所需时间为 6.33s。

3.3 灭火性能实验

由于现场实验条件限制，本次灭火性能实验采用的实验火模型为油盘火（尺寸：500mm*7000mm），燃烧介质为汽油，在不同位置点燃油盘，控制原料罐车运动，启动系统，记录相关时间及结果，实验记录如下：

序号	自动消防炮高度	油盘距离	自动跟踪定位时间	灭火时间	定位精度	灭火结果
1	8m	50m	27.36s	7.68s	∅ 0.3m	扑灭酒精火
2	8m	40m	25.21s	7.91s	∅ 0.3m	扑灭酒精火
3	8m	30m	27.17s	8.27s	∅ 0.3m	扑灭酒精火
4	8m	20m	23.14s	8.13s	∅ 0.3m	扑灭酒精火

实验数据显示，在不同高度和不同距离进行灭火性能实验，系统均能够准确探测定位火源，并进行精准灭火，定位误差小，灭火速度快。

3.4 稳定性运行实验

将原料罐车装车站安装的最小单元系统处于正常工作状态，运行 3 个月，运行期间记录系统运行状态，查看智能灭火装置控制器是否死机，查看系统是否有误报、设备故障等信息。通过 3 个月运行测试，系统设备工作正常，查看相关记录，未出现误报、故障等信息，系统运行稳定。

3.5 结论

通过系列的测试及验证，基于图像探测定位技术的自动跟踪定位射流灭火系统符合最初的设计构想，图像探测定位技术可以解决沫河口分厂装车站火灾探测及移动火源的跟踪定位难题，系统运行稳定可靠，功能满足设计要求。

4、结束语

基于图像探测定位技术的自动跟踪定位射流灭火系统

可以解决装车站火灾探测、火源移动跟踪定位、精准扑救等难题,两台自动消防炮的实验验证了设计的可行性。由于实验条件限制,无法进行多台自动消防炮联动逻辑合理性的验证,后期改造完成后仍需要进行相关的研究验证工作。该设计对移动火灾的探测与扑救难题提出了新的解决思路,但由于该技术出现时间较短,发展还面临诸多问题,基础理论和实验研究还有待深入。

参考文献:

- [1]GB 15631-2008, 特种火灾探测器 [S].
- [2]GB 25204-2010, 自动跟踪定位射流灭火系统 [S].
- [3]CECS 245-2008, 自动消防炮灭火系统技术规程 [S].
- [4] 林宗坚, 袁宏永, 等. 由双目序列影像解求运动参数的非立体匹配方法 [N]. 武汉测绘科技大学学报, 1994(3).
- [5] 袁宏永, 刘炳海, 等. 图像型火灾智能自动探测与空间定位技术 [J]. 消防科学与技术, 1998(2).