

# 城市地下综合管廊特殊区域探测灭火系统应用探讨

沈承

嘉兴科技城投资发展集团有限公司

**摘要:**介绍了城市地下综合管廊特殊环境下电缆消防探测灭火系统,分析了城市地下综合管廊中特殊区域电缆消防探测灭火系统设计应用新技术,包括智能AI多光谱图像探测系统设计应用、清洁高效灭火系统设计应用、特殊环境探测灭火联动设计应用,提出了智慧管廊消防探测灭火系统借助智慧AI探测系统的终端平台和网络传输系统,运用新型灭火技术满足建筑物灭火救援需求,将火灾事故的影响降到最低。

**关键词:**城市地下综合管廊;特殊区域;电气消防探测灭火系统;智能AI多光谱图像探测系统;清洁高效灭火系统

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.03.083

## 引言

综合管廊是建设在地下的相对密闭空间,并且里面敷设了大量的电缆,综合管廊狭长而横截面窄,发生火灾时烟气弥漫,能见度低,探测着火点困难,扑救难,破坏性及危害性大<sup>[1]</sup>。目前,各地对综合管廊的火灾自动报警、自动灭火及人员疏散等系统的设置不尽相同,火灾自动报警系统方面,传统的火灾探测器,主要是采用传统的点式烟感、感温光纤等,尽管应用广泛,但其智能化、信息化水平较低,且发生火灾时难以判断具体位置。自动灭火系统方面,目前主要采用的有:水雾(含细水喷雾)、超细干粉、热气溶胶、气体灭火、泡沫灭火等<sup>[2]</sup>。但相关火灾案例表明,电缆火灾主要发生在接头处,然而目前大多数综合管廊采用的传统自动灭火系统并不能针对火灾风险较高的重点区域进行特殊保护,且容易造成环境污染。

作为城市的地下生命线,综合管廊一旦发生安全事故将造成重大社会影响,因此开展综合管廊智能消防探测灭火系统技术势在必行。

## 一、城市地下综合管廊特殊区域电气消防探测灭火系统设计探讨

《城市综合管廊工程技术规范》GB50838-2015出台后,针对消防方面提出了部分要求,但未对消防系统各子系统设计等进行专项说明。主要存在以下几点问题:一是规范中未明确火灾自动报警系统的选型;二是规范中明确了容纳6根以上电力电缆的仓室应采用自动灭火系统<sup>[3]</sup>,但选用何种有效的自动灭火系统如何设置,未作明确说明。

目前,国内城市综合管廊项目火灾自动报警系统主要有点式烟感、分布式光纤测温、线型感温电缆、图像型火灾探测。在探测方式上,点式感烟和分布式光纤测温、线型感温电缆属于接触式探测,而图像型探测属于非接触式探测。这四种探测方式在实际应用中各有优势和不足。点式感烟造价较低,调试方便,但灵敏度低,对于早期火灾无法探测。分布式光纤能精准定位着火

位置,但是价格较高。感温电缆安装方便、价格经济,但响应时间比较慢,并且无法精确定位着火点。图像型探测器探测距离远、灵敏度高,抗干扰性强,但对于在阴燃阶段的火灾,报警时间较慢。

表1 综合管廊内常规自动报警系统比较

报警类型	点式感烟	分布式光纤	线型感温电缆	图像型探测器
探测参量	烟	温度	温度	烟雾、火焰
探测方式	接触式	接触式	接触式	非接触式
特点	经济、灵敏度低	灵敏度高、精度高、价格高	经济、响应时间慢	探测距离远、精度高、报警快

自动灭火系统方面,常见的自动灭火系统包括水喷雾灭火系统、细水雾灭火系统、超细干粉灭火系统、气体灭火系统(包括七氟丙烷、热气溶胶)等,每种自动灭火系统各有其优点与适用范围,在国内的工程中,多设计应用细水雾和超细干粉。但上述灭火系统主要针对综合管廊电力舱室内的电缆本身进行保护,对于易于发生火灾电缆接头处、电力井等部位,上述灭火系统受空间等因素影响难以形成有针对性地保护。

针对以上问题,研究如何进行火灾自动报警系统设计选型,满足国标同时增加火灾探测选型设计;增加电力电缆舱室特殊场所电力井自动灭火设计选型,保证系统架构的简洁性,并能够对系统进行有效控制,建立集中性智慧电气消防终端平台。提升相关设计人对系统的智能化设计水平,将电气消防探测系统和清洁高效灭火系统进行联合应用,满足建筑物救援需求,将火灾等安全事故的影响降到最低。

## 二、特殊区域电气消防探测灭火系统设计应用

### (一) 智能AI多光谱图像探测系统设计应用

地下环境具有特殊性(潮湿、低照度),不同防火分区温湿度大、昆虫、鼠类较多等。应设计抗环境干扰智能AI多光谱图像探测器。该系统设计采用近红外、热成像和彩色可见光多光谱进行融合探测,探测器探测距离要求最远可达100米,防护等级达IP66,可进行白天及夜晚低照度烟雾和火焰探测识别,以及人员入侵报警等,通过前端AI算法分析有效降低因水汽过大导致的设备误报、损坏等问题,集成城市地下综合管廊安防监控功能。

以嘉兴城市地下管廊设计应用为例,设计2个防火分区(间距100米),防火分区为高压舱和综合舱。探测器探测距离100米,吊装方式,供电电压24V,光纤信号传输。

本系统设计采用自动探测报警方式,探测器上电初始化完成后,通过以太网将注册信息发送给报警主机,报警主机验证通过后建立与探测器的连接并实时维护,

当探测器状态（火警、故障等）发生变化时，将主动对报警主机进行汇报，报警主机接收到该信息后根据信息内容执行后续的处理。例如：当探测器探测到火灾时将火警信息上传至报警主机，报警主机立即发出声光报警，并保存火警时的即时图像和火警记录至数据库，控制视频解码器切换探测器的视频至监视器（或屏幕墙），同时控制视频解码器对该视频进行录像。

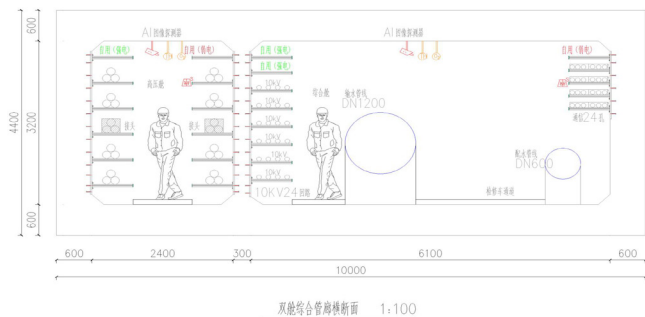


图1 双舱管廊探测器设计应用示意图

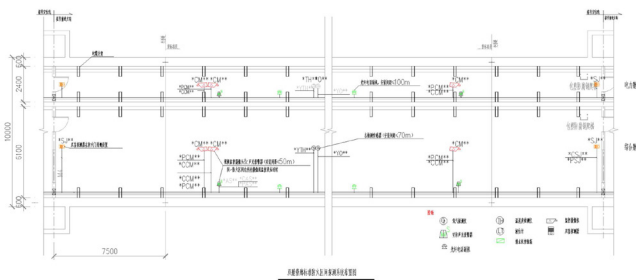


图2 双舱管廊探测器安装示意图

此项目设计方案中采用的智能AI多光谱图像探测系统技术优势有以下几点：

- (1) 系统采用前端可视化处理，便于值班人员第一时间快速响应和查看现场情况。
- (2) 系统采用网络化传输，系统与安防系统可以进行高度施工融合，降低设备安装及运维成本。
- (3) 物联化的网络结构设计，在提高网络传输方式的同时实现一定密封等级的防腐、防潮功能。

综上所述，可以看出城市地下综合管廊采用的智能AI多光谱图像探测系统，为工程设计和消防规范的推进提供数据支撑，在满足国标火灾分区的条件下，实现城市地下综合管廊特殊区域环境下的火灾探测的可靠性提升。

### (二) 清洁高效灭火系统设计应用

全氟己酮是氟化酮类的化合物，是新一代环保型气体灭火剂，作为全新一代高性能灭火剂，因优异的灭火效能、安全余量、绝缘环保等特性，是哈龙、七氟丙烷等灭火介质理想完美替代品，它是一种透明、无色、无味、无毒、无腐蚀、绝缘的液体，释放后无残留，具有灭火高效、环保洁净、使用安全，对电子精密设备、珍贵文物等无损伤等综合性能，是现今国内外市场上最有效的消防灭火剂产品之一<sup>[5]</sup>。在48℃以上为气态，通过快速吸热降温，抑制、阻断燃烧链式反应，实现高效灭

火和抗复燃。

以嘉兴城市地下管廊为例，设计共分为两个防火分区，防火分区为密闭式线缆井，面积约10m<sup>2</sup>，容积约30m<sup>3</sup>，采用15L灭火剂量无压全氟己酮灭火装置对系统进行保护，系统采用全淹没系统进行保护，全淹没系统对保护区进行保护，即在规定时间内喷射一定浓度的全氟己酮气体，均匀充满整个保护区，将保护区内的火扑灭。

系统具有自动、手动两种控制方式。保护区均设二路独立探测回路，当第一路探测器发出火灾信号时，发出警报，指示火灾发生的部位，提醒工作人员注意；当第二路探测器亦发出火灾信号后，自动灭火控制器开始进入延时阶段（0-30s可调），声光报警器报警和联动设备动作。延时过后，向保护区的灭火装置发出灭火指令，瓶内全氟己酮灭气体经过喷头出喷出气体向失火区进行灭火作业。同时报警控制器接收压力信号发生器的反馈信号，控制面板喷放指示灯亮。

当报警控制器处于手动状态，报警控制器只发出报警信号，不输出动作信号，由值班人员确认火警后，按下报警控制面板上的应急启动按钮或保护区附近的紧急启停按钮，即可启系统喷放全氟己酮灭火剂。

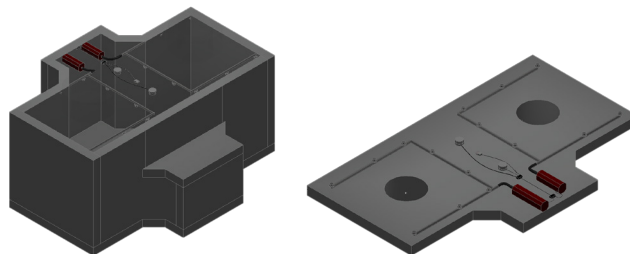


图3 全氟己酮清洁高效灭火系统设计示意图

此项目设计方案中采用的非贮压式全氟己酮灭火装置技术优势有以下几点：

- (1) 装置创新采用全氟己酮灭火介质，具有安全无毒、环保洁净、GWP值（全球温室效应潜能值）只有1、在大气中的寿命仅5d、灭火高效、无需清理等特点；
- (2) 针对特定空间应用场景，实现了气体灭火系统装置体积小小型化，实现了低用量快速灭火，灭火浓度低（4%~6%），可快速吸热降温，抑制、阻断燃烧链式反应，安装便捷、免维护；
- (3) 系统装置采用智能化设计，自带物联通讯控制功能，可实现状态自检及喷发反馈功能（智能信号和机械信号双反馈），实现了智慧消防由探测端至灭火装置端的延伸。

综上所述，可以看出新型的火灾扑救技术具最优的适用性，通过以后工作可以进行为实践验证提供解决方案和设计数据参考，对城市地下综合管廊电力井的火灾扑救提供保障。

### (三) 特殊部位探测灭火联动设计应用

电缆接头处的火灾探测和灭火具有一定设计难度，此特殊环境下在于空间狭小，探测灭火系统联动可靠性要求高<sup>[4]</sup>。项目设计智慧管廊消防探测灭火系统，针对

特殊部位的火灾探测和灭火，通过接入项目上已有常规火灾报警控制器，进行相关消防设施动作的状态监测，增强城市地下综合管廊高压电缆接头处的火灾探测以及灭火能力。

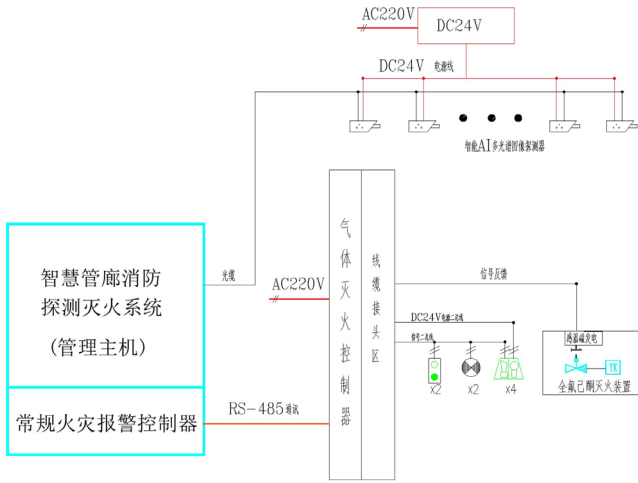


图4 智慧管廊消防探测灭火系统联动设计示意图

工程设计上采用AI多光谱图像探测和感温无源探测作为探测报警联动启动非贮压式全氟己酮，接头处采用感温磁发电元件作为温度探测方式，当电缆接头异常发热超过85℃时自动触发探测设备，联动小空间非贮压式全氟己酮灭火装置进行联动灭火，利用全氟己酮灭火特性进行灭火和降温，降低高压电缆接头火灾发生概率。



图5 高压电缆接头探测灭火系统设计示意图

综上所述，可以看出设计选用智慧管廊消防探测灭火系统可以很好的对已建项目的火灾报警联动系统和新型探测灭火技术进行融合，增强城市地下综合管廊的特殊部位探测灭火能力。

### 三、研究不足与展望

城市地下综合管廊火灾探测和灭火技术的研究在各国学者以及技术型企业的推动下推陈出新，已取得初步的成果转化，相关的消防标准也在逐步完善中，其中存在的不足分析如下：

(1) 城市地下综合管廊特殊场所的基础火灾问题研究没有可借鉴的，研究成果转化适用性缺少充分的论证，缺乏实体火灾场景的蔓延态势分析，没有形成完整、可靠的工程指导。

(2) 城市地下综合管廊火灾探测和灭火技术的应用实践缺少试验数据支持，未对城市综合管廊特殊场所

及部位的火灾问题及隐患进行关注。

(3) 城市地下综合管廊相关的消防规范不完善<sup>[6]</sup>，专业消防设计规范不足，特殊场所和部位更未做要求。

针对目前这些研究存在的不足和当前城市综合管廊消防标准进程的思考，笔者人为未来的研究内容应着重考虑以下方向：

(1) 城市地下综合管廊特殊场所和部位，如城市电缆井场景、高压电缆接头部位等的研究探索。

(2) 城市地下综合管廊火灾分区优化。主要包括防火分区距离、探测设备探测距离优化，扩大防火分区对火灾探测报警响应时间以及火灾扑救的灭火效能影响。

(3) 电缆防护区的灭火技术研究。自动灭火系统的应用设计，灭火介质的选择、灭火剂量的选择，开展全尺寸试验验证，验证灭火系统对城市地下综合管廊环境的影响。

(4) 城市地下综合管廊消防智慧化发展。城市地下综合管廊消防安全数据的监测、消防设备联动智慧化，实时联动报警以及智能应急救援疏散都应该进行平台化集成。应用物联网、AI、BIM、虚拟现实等技术的最新成果，推动城市地下综合管廊智慧化、智能化发展。

以上是笔者基于日常工作中问题思考未来城市地下综合管廊消防安全未来研究方向，针对这些问题的系统研究和探索，将继续支撑自己为城市地下综合管廊发展贡献力量。

### 四、结束语

(1) 随着人们对智能化的要求越来越高，相应的在管廊建设中也要不断革新现有思维，打破传统的火灾探测和火灾扑救机制，通过更加智能、更加高效的设计思路和手段，不断完善火灾探测和火灾扑救系统功能，一旦出现火灾时，确保人们的生命安全，能够为人员的疏散与撤离工作提供可靠帮助。

(2) 目前国家、地方、行业协会以及企业都在不断推进城市地下综合管廊标准进程，逐步将新型的火灾探测技术和高效清洁灭火技术进行规范化，已解决以后浙江省地方消防规范中存在的短板和分歧。

### 参考文献

[1] 陈焕娣, 潘奎. 智能消防应急照明系统在民用建筑电气设计中的应用[J]. 环球市场, 2016(17): 90.

[2] 高明旭. 某综合管廊电缆舱火灾安全性研究[D]. 北京: 北方工业大学, 2018.

[3] 蔡宙, 童浩, 陆嘉等. 核电厂综合管廊内火灾探测器对比研究[J]. 消防科学与技术, 2017, 36(4): 490-493.

[4] 王金龙, 刘红永, 张龙洲, 刘环铭. 核电厂地下综合管廊灭火系统设计研究[J]. 给水排水, 2017, 53(02): 127-134.

[5] 米欣, 张杰, 王晓文. 新型洁净灭火剂 Novec 1230 介绍及应用[J]. 消防技术与产品信息, 2012, (04): 32-34.

[6] 杨立中, 叶开. 城市综合管廊消防标准及火灾研究综述[J]. 中国安全科学学报, 2021, 31(8): 132-140.