

细水雾系统在地铁列车上的应用研究

翟君¹ 程第¹ 王宏伟²

1. 中国铁路设计集团有限公司 天津 300142

2. 天津轨道交通集团有限公司 天津 300392

摘要: 针对轨道交通列车车厢内未设置自动灭火系统,对于人为纵火等问题应对措施较弱的问题。本文通过调研国内外轨道交通领域车载自动灭火系统应用方案,对比气体灭火系统、自动喷水灭火系统和细水雾灭火系统在列车上的应用方案,研究泵组式细水雾灭火方案在列车上的安装的主要技术参数,验证可行性。

关键词: 地铁列车; 车载细水雾; 泵组式细水雾; 瓶组式细水雾

引言: 近年来,轨道交通行业发展迅猛,运营里程数逐年攀升,在服务市民出行的同时,也随之带来了新的火灾事故风险,特别是对地下轨道交通列车运行在区间隧道内的消防安全管理和灭火救援工作提出了新的挑战。作为人员最为密集的狭小列车车厢,火灾消防设施却极为简单,一旦发生火灾事故,必然导致重大人员伤亡。因此,提高列车自身的防火应急能力是势在必行的。

自动灭火系统对于火灾的早期抑制作用效果明显,其中细水雾自动灭火系统作为灭火控火新技术近年来已经发展成熟,该系统具有灭火介质无毒无害和设备更加轻量化的特点,更加适用于列车车厢内火灾,可以弥补车厢内的消防薄弱环节,控制火灾发生初期的烟气和火势的蔓延,为后续救援争取更多时间,进一步提高消防救援能力。

本文通过对比自动灭火的方案,确定细水雾系统的列车上应用的可行性,通过对比瓶组系统和泵组系统的方案,初步确定泵组式车载细水雾系统的应用方案,为该系统的應用提供理论支撑。

1 细水雾系统应用现状

1.1 细水雾系统在轨道交通领域的应用现状

目前,轨道交通车站内的自动灭火系统主要应用在电气设备房间中,灭火系统主要为七氟丙烷系统、IG541系统和高压细水雾系统。对于列车上的自动灭火系统,国外地铁中已有部分应用,从1996年开始,西班牙马德里地铁先后在6~10号线的75辆列车采用了高压细水雾系统,伦敦地铁已在约300节列车中安装了高压细水雾系统。

经调研,在国内轨道交通车辆上的应用情况,沈阳

基金项目: 住房和城乡建设部2022年科学技术计划项目《城市轨道交通运营列车车厢火灾自动控制及报警系统研究》(2022-K-047)

地铁1、2号线部分列车已安装车载细水雾系统^{[1][2]},常州地铁^[3]1号线部分列车安装车载细水雾系统,天津滨海等线路正在进行车载自动灭火系统的研究。

1.2 细水雾灭火功能的特点

自动灭火系统主要包括自动喷水灭火系统、气体灭火系统、细水雾灭火系统,表1分析了各类自动灭火系统在地铁列车中应用的优缺点。

表1 自动灭火系统性能比较

| 功能\灭火剂 | 惰性气体 | 卤代烷 | 自动喷水 | 高压细水雾 |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| 灭火功能 | 有 (淹没) | 有 (淹没) | 有 (淹没) | 有 (淹没,穿透) |
| 冷却功能 | 无 | 无 | 有 | 有 |
| 烟雾净化功能 | 无 | 无 | 有部分 | 有 |
| 对人身安全性 | 无毒 | 无毒 | 无毒 | 无毒 |
| 对设备安全性 | 无损 | 无损 | 有损 | 无损 |
| 重量 | 小 | 小 | 大 | 中 |

由表1可知,综合比较各指标,与自动喷水灭火系统、气体灭火系统相比,细水雾系统更适用于安装在地铁车辆中。

2 列车火灾工况下车载细水雾系统运行情况分析

列车在区间隧道发生火灾,火灾车厢烟感报警,联锁司机室视频监控画面自动打到报警车厢,联锁打开车载细水雾灭火系统火灾车厢选择阀,司机确认火情后通过司机室启动按钮启动车载细水雾系统控制火势。同时向控制中心及前方车站报告火情,利用车载广播系统向车厢乘客广播,安抚乘客。

当火灾列车可以继续行驶时,驶入前方车站并停靠站台。车站提前广播疏散站内乘客,启动相应火灾排烟模式,列车进站后,打开滑动门和列车门疏散乘客。站台值班员利用设置在站台消火栓迅速组织灭火。

当列车丧失动力滞留区间时,人员通过道床或疏散

平台疏散至安全区，并开启区间通风系统排烟，利用区间消火栓灭火。

3 车载细水雾系统选型

目前，应用于地铁车辆的细水雾灭火系统主要有泵

组式细水雾系统和瓶组式细水雾系统两种形式。表2中展示了泵组式细水雾系统和瓶组式细水雾系统的技术参数对比。

表2 泵组式细水雾系统与瓶组式细水雾系统参数对比表

| | 泵组式细水雾系统 | 瓶组式细水雾系统 |
|------------|---------------------|---------------|
| 列车配备数量 | 1套/列 (1套控制器+2台泵) | 1套/列(1套控制器) |
| 喷头配置 | 6个/节 | 6个/节 |
| 体积大小 | 1950×960×740 | 1500×1500×400 |
| 高压来源 | 水泵(7.5kW) | 氮气(200bar) |
| 对人身安全的影响程度 | 无 | 高压气体有一定危险 |
| 蓄电池容量 | 20Ah | 无 |
| 设备重量 | 约1.0t | 约1.2t |

选择泵组式细水雾系统需关注蓄电池的容量和安装空间的大小。选择瓶组式细水雾系统，则需关注高压气瓶安装位置及其维修，注意高压气瓶的安全，并采取预防措施。

为满足泵组系统的用电要求，同时减少对于牵引供电系统的依赖，保证列车在失去接触网(或接触轨)供电的情况下，依然可以启动泵组灭火，可采用电池作为泵组的电源。

当列车设置牵引蓄电池时，细水雾可使用该电池作为电源。当列车未设置牵引蓄电池时，需单独设置蓄电池，电池重量约60kg。

由于瓶组式系统中的高压气瓶维护难度大、费用高，因此本文将进一步研究泵组式细水雾系统在车上的安装方案。

4 泵组式细水雾系统在列车上的布置和安装

泵组式细水雾系统配备泵组和水箱，水箱中储存可以扑灭一节车厢火灾的水量，灭火时间可延续5-8分钟。

4.1 泵组式细水雾系统的主要配件

泵组式细水雾系统由泵组(含水箱)、分区控制阀、喷头和管道组成。

泵组主要参数详见表3。

表3 泵组技术参数

| 序号 | 项目 | 技术参数 |
|----|--------|----------------|
| 1 | 外形尺寸 | 1950×960×740mm |
| 2 | 额定工作压力 | 6MPa |
| 3 | 额定流量 | 30L/min |
| 4 | 额定功率 | 7.5kw |
| 5 | 水箱体积 | 275L(6min) |
| 6 | 泵组工作数量 | 1套 |

续表:

| 序号 | 项目 | 技术参数 |
|----|--------|------------|
| 7 | 安装位置 | 第3、4节车厢内 |
| 8 | 电机驱动电源 | 牵引蓄电池/自带电池 |

分区控制阀主要参数详见表4。

表4 分区控制阀技术参数

| 序号 | 项目 | 技术参数 |
|----|---------|-----------------------|
| 1 | 额定工作压力 | 6MPa |
| 2 | 公称直径 | DN15 |
| 3 | 驱动电压/功率 | DC24V/1.6W |
| 4 | 开启时间 | 12s内 |
| 5 | 辅助功能 | 具有阀位反馈功能 |
| 6 | 材质 | 304不锈钢 |
| 7 | 重量 | 5kg |
| 8 | 安装方式 | 车厢侧壁距地面约1.6m处，手动报警盘附近 |

喷头主要参数详见表5。

表5 喷头技术参数

| 序号 | 项目 | 技术参数 |
|----|--------|----------|
| 1 | 额定工作压力 | 4.5MPa |
| 2 | 额定流量 | 6.7L/min |
| 3 | 喷头个数 | 6×6=36 |
| 4 | 安装位置 | 车厢贴顶安装 |
| 5 | 安装间距 | 不超过3m |
| 6 | 材质 | 304不锈钢 |

4.2 泵组式细水雾在列车上的布置方案

列车司机室内设置1个细水雾喷头，列车客室内间隔3m设置1个细水雾喷头，每节列车中设置6-7个喷头，每节列车车厢侧壁设置1个分区阀，控制本节车厢内的喷头喷放。具体设置方案详见图1。

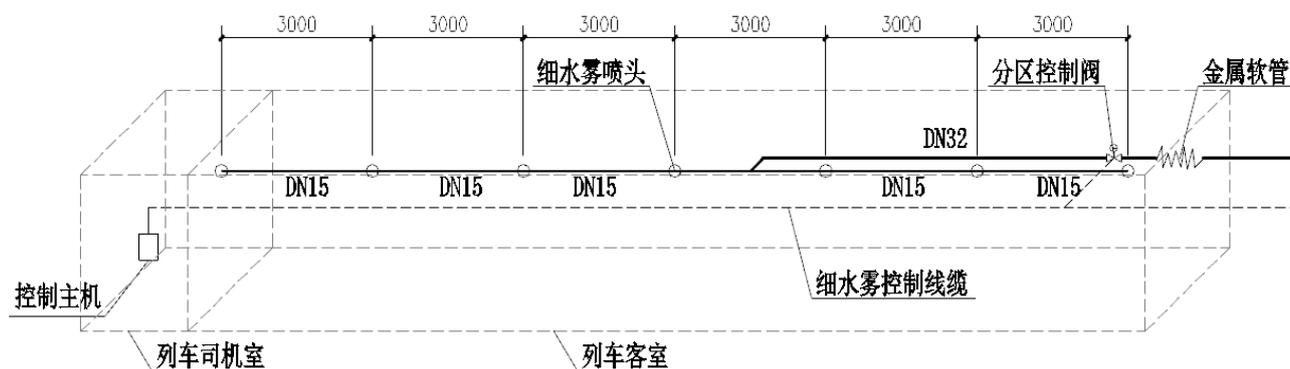


图1 泵组式细水雾在列车上的布置方案示意图

5 结论

细水雾自动灭火系统作为灭火控火新技术近年来已经发展成熟,该系统具有灭火介质无毒无害和设备更加轻量化的特点,更加适用于列车车厢内火灾,可以弥补车厢内的消防薄弱环节,能够较好地适用于列车内的环境,能够进一步补强车内的消防救援能力。与瓶组式细水雾系统相比,泵组式细水雾系统可靠性高、维护难度小,更适合在地铁车辆内安装使用。

参考文献

- [1]王冬雷,王鑫.沈阳地铁车辆高压细水雾灭火系统应用分析[J].铁道机车车辆,2016,36(6):96-98.
- [2]南景宏,刘锡顺,朱姝媛,杨延龙.沈阳地铁1号线增购车辆防火系统简析[J].现代城市轨道交通,2016,(04):68-74.
- [3]江琴,高爽,孔晓旭.高压细水雾灭火系统在地铁列车上的应用分析[J].给水排水,2020,46(10):76-80.