

地铁车站消防设计难点与对策研究

朱长胜

广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2024110018

摘要：地铁车站消防设计面临诸多难点。地下空间特殊性影响排烟、疏散与救援，功能区交叉对防火分隔要求高，建筑结构与消防系统存在空间矛盾，人防防护单元与消防规范兼容性待解。通过案例分析揭示问题，提出如BIM辅助管线排布、竖井空间复合利用等对策，以提升消防安全性。

关键词：地铁车站；消防设计；人防防护

Research on Difficulties and Countermeasures of Fire Protection Design Of Subway Station

Zhu Changsheng

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : the fire protection design of subway station faces many difficulties. The particularity of underground space affects smoke exhaust, evacuation and rescue. The intersection of functional areas has high requirements for fire separation. There are spatial contradictions between building structure and fire protection system. The compatibility between civil air defense protection unit and fire protection code remains to be solved. Through case analysis, the problems are revealed, and countermeasures such as BIM auxiliary pipeline layout and shaft space composite utilization are put forward to improve fire safety.

Keywords : subway station; fire protection design; civil air defense protection

引言

随着城市轨道交通的快速发展，地铁车站的消防安全至关重要。《地铁设计防火标准》(GB 51298-2018)、《建筑防火通用规范》(GB55037-2022)以及《地铁设计规范》(GB 50157-2013)对地铁车站消防设计提出了更严格的要求。地铁车站所处地下空间相对封闭，出入口有限，结构复杂，且存在功能区域交叉、空间矛盾等问题，人防防护单元与消防规范的兼容性也亟待解决。同时，实际案例暴露出防火分隔失效、排烟系统效能不足等问题。因此，需综合运用多种技术和策略，如BIM辅助设计、多源传感器融合预警等，以满足消防设计需求，保障地铁车站安全运营。

一、地铁车站消防设计特性分析

(一) 地下空间特殊性对消防设计的影响

地铁车站处于地下空间，其特殊性对消防设计存在多方面影响。地下空间相对封闭，与外界连通性差，一旦发生火灾，热烟难以排出，会迅速在有限空间内积聚，提高空间温度，加剧火势蔓延^[1]。同时，地下空间出入口数量有限，这在火灾时限制了人员疏散路径，易造成拥堵，延长疏散时间。而且，地下环境使得消防救援人员及设备进入困难，增加救援难度。地下空间结构复杂，管道、线缆众多，这些设施不仅可能成为火灾隐患，火灾发生时还可能阻碍救援行动。因此，在地铁车站消防设计中，必须充分考虑地下空间特殊性，合理规划排烟系统与疏散通道，以提

高火灾应对能力。

(二) 多功能区域交叉的防火要求

地铁车站存在多种功能区域交叉的情况，这对防火提出了特殊要求。设备区、商业区与人防设施等不同功能区域相互交织，在防火分隔方面，需精确把控各项指标。例如，设备区通常有大量电气设备，火灾风险较高，其与商业区或人防设施交叉处，要合理设置防火分隔墙体，确保耐火极限符合标准，有效阻止火势蔓延。商业区人员密集、流动性大，商品种类繁杂，火灾荷载较大，与其他区域交叉时，防火分隔既要考虑人员疏散便捷，又要防止火灾快速扩散。人防设施有其特殊的防护要求，与其他功能区交叉时，需兼顾战时与平时的防火功能，保证在不同情况下都能满足安全需求。在设计时要依据相关规范，综合考虑各区域特点进行协同设计，实现

多功能区域交叉处防火的有效性与合理性^[2]。

二、地铁消防系统设计核心难点

(一) 建筑结构与消防系统的空间矛盾

地铁车站建筑结构与消防系统存在显著的空间矛盾。一方面，地铁车站结构层高相对有限，这对机械排烟系统风管布局造成极大阻碍。机械排烟风管需要一定空间以确保排烟效率，而有限的层高使得风管难以按照理想方式布置，若风管尺寸过大，会严重压缩站内净空高度，影响乘客的空间感受与站内设备的正常安装运行；若尺寸过小，又无法满足排烟量要求，难以在火灾时有效排出烟雾，威胁人员生命安全。另一方面，车站复杂的建筑结构，如各类柱子、墙体等，也会干扰消防系统管道线路的走向规划。在有限空间内，既要保证消防系统功能正常发挥，又要兼顾建筑结构稳定与空间利用，这无疑是地铁消防系统设计的一大核心难点，需要通过优化设计方案、采用新型材料与技术等手段来加以解决^[3]。

(二) 人防防护单元与消防规范的兼容性

在地铁车站设计中，人防防护单元与消防规范的兼容性是一大关键难题。防护密闭门作为人防工程的重要组成部分，其设置会对防火分区完整性产生影响。按照消防规范，防火分区需具备良好的防火分隔，以阻止火灾蔓延^[4]。然而，防护密闭门的功能侧重于防护冲击波等，其材质、密闭性要求与防火门有所不同，这可能导致防火分区在该部位的防火性能难以满足消防规范。同时，疏散距离规范达标也受防护密闭门设置影响。人员疏散需满足规定的疏散距离，防护密闭门若设置不当，可能阻碍疏散路径，增加疏散时间，难以符合消防疏散要求。如何在满足人防防护需求的同时，兼顾消防规范中防火分区完整性与疏散距离达标，是亟待解决的重要问题。

三、典型消防问题案例分析

(一) 换乘站消防设计实例研究

1. 多层站厅防火分隔失效案例

以某三线换乘站为例，该站具有多层站厅结构。在消防设计中，防火分隔是关键要点。然而，实际运行中发现多层站厅存在防火分隔失效问题。通过火灾场景模拟，揭示其失效机制。模拟设定不同火源位置、规模及发展速率等参数。结果显示，由于站厅层间开口未有效进行防火分隔，火灾产生的高温烟气及热辐射能够快速在多层站厅间蔓延，防火卷帘等分隔设施未能有效阻挡，致使火势突破防火分区界限，威胁人员安全与疏散通道安全，极大影响灭火救援工作。这一案例表明多层站厅防火分隔设计若不合理，极易导致防火分区失效，应重视并优化相关消防设计，避免类似情况发生，为人员安全及车站消防安全提供保障^[5]。

2. 联络通道排烟系统效能测试

以某换乘站为例展开联络通道排烟系统效能测试。在测试过程中，通过布置多个温度、烟雾浓度等传感器，获取跨线联络通道在模拟火灾场景下的实测数据。利用这些数据，深入分析联络通道各部分排烟设备的启动响应时间、排烟量以及烟雾扩散速度等关键指标。根据实测数据评估发现，部分联络通道排烟设备存

在响应延迟问题，影响了应急排烟时各通道间的协同工作能力。基于此，结合相关规范与实际需求，提出针对性的改进措施，如优化排烟设备的控制逻辑、提高设备性能等，以提升联络通道排烟系统在应急排烟时的协同工作能力，为换乘站消防设计提供更具可靠性的参考^[6]。

(二) 人防物资库消防改造案例

1. 战时防护单元平时防火改造技术

在某地铁车站人防物资库消防改造案例中，战时防护单元平时防火改造存在难题。传统防火分隔方式难以满足平战功能转换需求。在此案例里，创新性地应用移动式防火卷帘解决这一问题。该卷帘在平时能灵活收起，不影响物资库正常使用功能，满足大量物资运输、存放等需求。战时可迅速展开，实现防护单元间有效防火分隔。相较于传统固定防火分隔设施，此移动式防火卷帘在平战转换上优势显著。它减少了平时对空间的占用，提高空间利用率，同时保障战时防火安全要求。这种创新应用为类似人防物资库消防改造提供了借鉴，展示出在满足防火规范前提下，灵活应对平战功能转换的可能性^[7]。

2. 应急电源系统冗余设计缺陷

在人防物资库消防改造案例中，应急电源系统冗余设计存在缺陷。在实际运行时，当一路电源出现故障，理论上冗余电源应立即投入使用以保障消防设备正常运行。然而，该物资库的应急电源系统冗余设计未充分考虑蓄电池组在连续疏散指示与防护设备供电中的瓶颈问题。例如，当市电中断，备用蓄电池组本应无缝衔接为疏散指示标志及防护设备持续供电，但因冗余设计不合理，蓄电池组的容量配置未能满足长时间连续供电需求。且切换过程存在延迟，导致疏散指示短暂中断，防护设备运行不稳定，严重影响消防安全。这凸显出应急电源系统冗余设计需充分结合蓄电池组实际供电能力，避免此类设计缺陷，以确保消防设备可靠运行^[8]。

四、综合消防设计优化对策

(一) 空间集成设计策略

1. BIM 辅助的管线综合排布技术

在地铁车站消防设计中，BIM辅助的管线综合排布技术具有重要作用。借助BIM技术，能够对消防系统相关的各类管线进行精确模拟与整合。通过建立三维模型，可直观呈现各管线的空间位置关系，提前发现可能存在的碰撞、交叉不合理等问题^[9]。例如，消防水管与通风管道、电气线路在狭小空间内的冲突。运用该技术，设计人员能在虚拟环境中对管线进行优化调整，确定最为合理的走向与布局，确保消防管线既满足消防功能需求，又能与其他系统管线和谐共处，减少空间占用，提高车站空间利用率，同时也便于后期的安装、维护与检修，从空间集成角度为地铁车站消防设计提供有力支持。

2. 共享竖井的多系统整合方案

在地铁车站设计中，将防排烟竖井与人防通风竖井进行空间复合利用，实施共享竖井的多系统整合方案具有重要意义。通过对竖井的合理规划，能够有效节省车站空间资源，降低建设成本。在具体设计时，需精准计算防排烟和人防通风所需的风量、风速等参数，确保各系统功能正常发挥。同时，要采用可靠的防

火、防烟分隔措施，防止火灾时烟火蔓延至人防区域。此外，还应考虑竖井内部设备的合理布局与维护便利性，保证系统的稳定运行。例如，在一些已建成的地铁车站项目中，通过科学的空间集成设计，成功实现了竖井的多系统整合，有效提升了车站空间利用率和消防安全性^[10]。

（二）智能消防系统构建

1. 多源传感器融合的火灾预警体系

构建多源传感器融合的火灾预警体系，旨在通过整合视频分析、温度梯度与气体成分检测等多种监测手段，形成全面、精准且高效的火灾预警机制。利用视频分析技术，可实时捕捉地铁车站内异常行为与火焰迹象，通过对画面的智能分析实现早期火灾视觉预警。温度梯度检测则依据火灾发生时温度的异常变化，利用布置在不同位置的温度传感器，敏锐感知温度梯度差异，从而精准定位火灾可能发生区域。气体成分检测能及时察觉火灾初期产生的特殊气体成分，如一氧化碳、烟雾颗粒等，为火灾预警提供关键化学指标。通过将这些不同类型传感器的数据深度融合与分析，发挥各监测手段优势，实现信息互补，提高火灾预警的准确性与及时性，为地铁车站消防安全提供可靠保障。

2. 数字孪生驱动的应急指挥平台

数字孪生驱动的应急指挥平台，可通过对地铁车站进行数字化建模，精准模拟车站真实场景。利用传感器实时采集车站内温度、烟雾浓度、人员位置等各类数据，并传输至平台。平台依据这些数据，结合数字孪生模型，快速分析火灾态势，如火灾蔓延方向、速度等，为应急指挥提供科学依据。同时，该平台能整合消防救援力量信息，实现对消防人员、设备的高效调配。指挥人员在平台上可直观看到各救援力量分布与行动路线，及时调整救援策略，提高应急响应速度与救援效率，以应对地铁车站复杂多变的火灾场景，最大程度保障人员生命安全和减少财产损失。

（三）人防消防协同机制

1. 防护单元模块化防火改造技术

防护单元模块化防火改造技术通过研发可快速转换的标准化防火 – 防化双功能单元构件来实现。这种技术针对地铁车站人防

与消防结合的特殊需求，设计出标准化构件，在平时可作为防火单元，确保火灾发生时有效阻隔火势蔓延。一旦面临人防需求，这些构件能迅速转换为防化功能单元，抵御化学物质等威胁。通过这种模块化改造，一方面提升了地铁车站在消防方面的应急处理能力，另一方面增强了其人防防护的灵活性与高效性，有效解决了地铁车站防护单元在不同功能需求间转换的难题，优化了整体防护与消防的协同设计，保障地铁车站在不同情况下人员安全与设施稳定运行。

2. 平战结合的应急物资储备标准

制定平战结合的应急物资储备标准，需充分考虑地铁车站的特殊环境与功能。一方面，明确应急物资的种类与数量，依据车站人流量、服务区域等因素，确定灭火器、消防水带、防毒面具等消防装备以及人防物资如应急照明设备、简易防护器材等的合理储备量。另一方面，规定物资的存储条件，像消防药剂要在适宜温度、湿度环境下存放，确保其性能稳定；人防物资也需做好防潮、防霉处理。同时，建立动态更新机制，定期检查物资状态，及时更换过期或损坏的物品，保证在战时或火灾等紧急情况下，这些应急物资能迅速投入使用，满足地铁车站消防与人防需求，保障人员生命安全与车站设施完整。

五、总结

地铁车站消防设计面临诸多难点，建筑空间特性如封闭性、人员密集等，使人流疏散和灭火救援难度增大；人防功能叠加，带来消防设施与防护要求的系统性矛盾。智能消防集成技术，借助先进传感、通信等手段，实现火灾的快速精准探测与响应，能有效提升应急处置效率。空间优化设计策略，合理规划疏散通道、防火分区等，可增强疏散的顺畅性与安全性。通过这些难点的分析及相应对策的研究，为提升地下车站安全水平提供有力支撑，确保地铁车站在火灾等紧急情况下，能最大程度保障人员生命安全与财产安全，为城市轨道交通的安全运营奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 薛金伟.贵阳地铁车站运营安全风险评估及应对策略研究[D].贵州大学, 2023.
- [2] 王中卉.地铁车站物化阶段碳足迹分析与评价研究[D].西安建筑科技大学, 2023.
- [3] 卞新琪.基于全过程的地铁车站建筑设计管理研究[D].山东大学, 2022.
- [4] 帅品格.地铁车站照明系统节能研究与应用[D].南昌大学, 2022.
- [5] 冯腾飞.广州地铁车站地域文化特色建筑空间设计策略研究[D].华南理工大学, 2021.
- [6] 张建红, 汤友生, 孙海明, 等.地铁车站消防设计中的安全问题分析与对策[J].中国应急救援, 2024, (02): 38-42.
- [7] 高煌.地铁车站消防验收中防排烟重难点问题设计探讨[J].铁道建筑技术, 2022, (04): 74-77.
- [8] 饶俊, 程紫来.大空间建筑消防设计难点与对策[J].今日消防, 2022, 7(07): 97-99.
- [9] 刘洋.地铁车站消防应急救援对策探讨[J].今日消防, 2023, 8(03): 46-48.
- [10] 王帆.地铁车站消防问题研究——以某换乘地铁车站为例[J].中国高新科技, 2021, (24): 94-96.