

地铁正线车站消防给水系统设计与安全保障研究

张永炜

中国铁路设计集团有限公司，天津 300308

DOI:10.61369/UAID.2026010022

摘 要： 地铁正线车站空间封闭、客流密度大、设备集成度高，在发生火灾时响应快、时间久、出水量小、供水不连续、压力建设不稳定，结合正线车站自身结构特点和火灾的特点，对消防给水设计提出相应的技术要求和性能指标，对如何进行水源设置、管网压力控制以及泵房和联动控制进行论述，并结合运营管理中心视角建立一种安全保障模式。研究表明：通过改善系统的结构冗余度、加强信息化监测、精细化运维等方法提高消防给水系统的可靠性以及应急保障能力，为地铁正线车站消防安全提供技术支持。

关 键 词： 地铁正线车站；消防给水系统；系统设计

Research on the Design and Safety Assurance of Fire Water Supply System for Main Line Stations of Subway

Zhang Yongwei

China Railway Design Corporation Group Co., Ltd., Tianjin 300308

Abstract： Main line stations of subway are characterized by enclosed spaces, high passenger flow density, and high equipment integration. In the event of a fire, they exhibit rapid response, prolonged duration, low water output, discontinuous water supply, and unstable pressure buildup. Considering the structural characteristics of main line stations and the nature of fires, this study proposes corresponding technical requirements and performance indicators for the design of fire water supply systems. It discusses how to set up water sources, control pipe network pressure, and manage pump rooms and linkage control. Additionally, it establishes a safety assurance model from the perspective of an operation management center. The research indicates that enhancing the reliability and emergency response capabilities of fire water supply systems can be achieved through methods such as improving system structural redundancy, strengthening information-based monitoring, and implementing refined operation and maintenance. These measures provide technical support for fire safety in main line stations of subway.

Keywords： main line stations of subway; fire water supply system; system design

引言

随着城市轨道交通网络规模和运营强度越来越大，地铁正线车站成为城市公共安全网络中的一个重要组成部分，车站采用下沉开挖和架空形式建造，地下的车站存在垂直深埋、结构连续性强、多功能集于一体等特性，如果发生火灾，烟气蔓延速度快、疏散困难程度高，这就对其消防给水系统的可靠性和稳定运行及联运反应都提出更高的要求。作为地铁消防设备体系中的重要设施之一，地铁消防给水系统在实际工程中经常出现各种设计缺陷或问题，对于如何满足地铁运营安全的需求，存在有待提高之处。因此，结合目前城市轨道交通的发展趋势以及地铁正线车站建筑结构的工程特点，研究地铁正线车站消防给水系统的设计要点以及保障其安全可靠性的措施和方法，能有效地提高地铁消防给水系统的质量和效率。

一、地铁正线车站消防给水系统设计需求与工程特性分析

（一）地铁正线车站空间结构与消防给水设计约束条件

地铁正线车站多位于城市地下空间深部，其空间结构通常呈现出纵向埋深大、横向展开受限、功能分区高度集成的特征。站

台层、站厅层、设备层及区间连接段相互叠置，使得消防给水系统在空间布置上受到明显约束。一方面，地下车站结构以钢筋混凝土为主，结构构件密集，消防管道在敷设过程中需严格避让主体结构受力构件与防水节点，管线走向与支吊架布置受结构条件制约明显；另一方面，车站内部机电系统种类繁多，消防给水管网需与通风空调、电力、通信及综合管线协同布置，设计协调难度较

大。正线车站作为线路运行的重要组成部分，其消防给水系统还需满足运营连续性的要求。系统检修、阀门切换及局部改造应避免影响正常行车与客运组织，这对系统分区设置、管网环状结构及关键节点冗余提出了更高要求。

（二）正线车站火灾风险特征及用水需求分析

地铁正线车站火灾风险呈现复合性和放大效应，其火险源有两类：一是由列车运行中产生的电气故障、制动装置异常等；二是由车站内的机电设备较集中布置、车站装饰装修材料老化、客流量大等原因导致的风险。如果发生了火灾，会使得地下封闭的空间温度和烟气逐步积聚起来，火势蔓延、烟气扩散的方向可能和人员疏散的方向是一致的，导致灭火和人员疏散都十分困难。因此，在消防给水中，对水源的需求要考虑到是否是单一路由的水流供给还是两路水流同时供给的情况，再考虑到要根据实际发生的状况来判定，例如车站设置有自动喷水灭火系统时，需要考虑其与消火栓系统同时使用。发生火灾时还要求消防系统的运行能够满足火灾延续时间、稳定的供水流量等条件，根据车站规模、室内外消防方案、自动喷施系统设置情况等综合计算用水量，并考虑不利工况叠加影响。

（三）消防给水系统设计目标与性能指标体系

所谓地铁正线车站消防给水系统设计，就是要使得此系统能够满足火灾发生时用于灭火的所需所有给水设施安全稳定的正常运行，在整个使用周期当中可以保持系统安全稳定。从功能上来说，当火灾发生后要让其能快速工作起来，为消火栓、自动喷水和其他灭火设施提供足够和稳定的水量、水压；从运行角度来说，则要求系统具有较好的冗余结构和防故障隔离方式，防止某一部分发生问题从而引发整个系统运转受阻的情况出现。围绕着这个要求，构建性能指标体系，是针对设计进行优化和运行状况评价的基础所在，其内容通常包括供水可靠性的指标、压力波动的控制指标、系统的响应时间指标以及系统的运行维护可达性的指标等，通过定量的方式反映出系统在各种工况下的一系列综合情况，包括供水可靠性的指标是表示水源地及管网结构的稳定性；压力控制指标是表明系统在存在多处同时用水情形下的调节能力；响应时间指标是用来表示系统对于火灾信号响应联动的速度；而运行维护指标则是用来表示系统经过一定长周期的运行之后可管理性如何。

二、地铁正线车站消防给水系统关键设计技术研究

（一）消防水源与供水方式的配置方案优化

地铁正线车站消防给水系统的水源选择和供水方式确定要满足地下工程的安全可靠性和运营不间断性的要求。由于地铁线路敷设范围大且多地跨行政区域，市政仅有一路水源的供水方式在灾害条件下的稳定性差，因此在不能保证两路水源的情况下，消防给水系统多采用设置车站独立消防水池的水源形式，储存一次消防的全部用水量，以保证消防水源的可靠性。在正线车站消防给水方式上，车站供消防用水应由消防泵加压供水为主、结合市政管往补给水与稳压补水装置，实现非消防工况下车站消防管网

的有压状态和火灾工况下提供消防管网所需的用水量和用水压力，保证消防用水不间断供应。在系统的设计上需要注意供水稳定与水力稳定的兼顾，根据设计方案科学合理地设置消防水池的有效容积，以及消防泵的启动模式、喷淋泵数量等，在火灾延续时间期间内，系统也要具备连续供水的能力。并且要考虑地铁运营对设备可靠性的需要，保证不会因频繁复杂的切换逻辑而影响系统的稳定性，从整体上提高系统在地下空间内的适应性和工程可实施性。

（二）管网布置与压力控制设计

地铁正线车站消防给水管网布置需在有限空间内实现高效输配水功能，其设计重点在于合理组织管网结构、控制系统运行压力。采用以环状管网为主的布置方式，可在局部管段失效时维持供水连续性，提高系统整体可靠性。

表1 正线车站消防给水系统典型设计参数表

项目类别	设计参数	数值范围	工程说明
消防供水方式	管网形式	环状为主，局部支状	提高供水可靠性
消防设计流量	消火栓系统	地下车站 20 L/s； 地上车站根据车站规模按规范要求选取	以车站整体为一个单元
消防设计流量	自动喷水系统	根据规范要求 进行计算	根据不同防火分区计算
管网工作压力	最不利点压力	≥ 0.25 MPa	满足灭火设备有效射程
管道设计压力	主干管	一般控制在 1.0 MPa 以内	考虑水锤与瞬态工况
管径范围	DN	DN1100 - DN200	按主体、附属等流量配置
压力控制方式	调压措施	减压稳压消火栓	防止超压运行

受地形及线路坡度影响，地下车站之间可能存在较大的高差，在无条件采取相应控制措施时会出现局部超压的情况，可以按一定要求在一定范围内设置减压稳压消火栓，保证各用水点在设计工况下满足要求。

（三）消防泵房、控制系统与联动设计

消防泵房作为地铁正线车站消防给水系统的动力源，在某种程度上决定了消防给水系统工作的可靠性及快速反应能力；一般将消防泵房设置在相对独立，并具有良好防水防烟功能的区域，即与消防水池靠近的设备用房内，以减小管路，降低水力损失。每组泵设一用一备，增加供水设备的可靠性；并且整个控制系统要接入火灾自动报警系统，当有信号触发时，就会启动相应的消防泵、联动相应阀门并回馈其动作的信息到车站控制室，使灭火设施能够在火灾发生的第一时间投入工作。消防水泵控制系统设置“一用一备”的运行模式，以适用运行和维修要求。通过引入集控及状态反馈的方式，能够实现实时采集泵组运行参数、水位变化、管网压力等信息，使系统运行情况透明化，方便工作人员对系统进行运维管理，对地铁正线车站的安全起到保障作用。

三、地铁正线车站消防给水系统安全保障与运行管理研究

（一）消防给水系统可靠性与冗余保障机制

地铁正线车站消防给水系统的可靠性水平决定了该类场所灭

火设施在火灾工况下的可用度，其实质就是基于各种冗余（系统结构冗余、功能冗余和运行冗余）的基础上使各部分共同发挥作用。由于地下工程的环境十分特殊，以及系统的运行期较长，在运行中单个设备或单一路径供水很难满足高安全等级的需求，所以在地铁车站消防给水系统的设计与运行阶段需要采取多级冗余保障措施，在双水源、环状管网、多泵并联系统的基础上，如果某个主要设备或管线发生故障，依然可以保证其保留一定水平的给水能力，避免出现功能整体失效情况；运行层面的冗余并不是增加硬件的数量而是体现整个系统运行层面的合理性，在有独立控制回路、备用电源接口的条件下，在一些小范围出现问题时可以快速切换到另一条线路工作，缩短故障影响时间。将可靠性的保障延伸至检修状态与火灾状态相互兼容的条件，在日常的维护工作中，减少检修维护的影响，保证正常的安全性能，实现长时间稳定工作的目标。

（二）系统运行维护与安全风险防控措施

地铁正线车站消防给水系统的设备老化严重，且遭受恶劣的自然环境和人为因素的影响，因此对消防给水系统运行维护管理应该从被动变为主动。通过对以设备状态为中心的运行维护体系进行建设，使消防泵、阀门、管网以及控制装置进行分级管理，则能大大降低系统突发失效的风险性；对于保证设备较高完好率、稳定水力参数的条件下运行状态下的消防给水系统，对保持系统的可靠性有着重要意义。

表2 正线车站消防给水系统运行维护与风险控制关键参数表

管理项目	控制指标	典型数值	工程意义
消防泵完好率	年度统计值	≥ 98%	确保关键设备高可用
管网漏损率	年均水平	≤ 2.0%	降低隐性失效风险
消防水池有效水量	占设计容量比例	100%	保障持续灭火能力
消防泵启动成功率	火灾模拟测试	100%	验证联动可靠性
巡检周期	关键设备	7 - 14 d	防止性能劣化
年度综合演练次数	系统级演练	≥ 2 次	提升应急响应水平

风险防控方面，要关注隐蔽性和累积性的风险，比如说，当地下室消防给水管出现微漏或被腐蚀以后，可能一时半会不容易

被发现，但是在一段时间以后会造成给水能力下降或者是产生一些隐含性的结构安全问题。通过对巡检周期的规范、对水量、压力的检测，以及对功能性的测试和应急性的演练，在这些风险未完全显示出来之前就予以处理，这样可以达到改进的效果。

（三）基于信息化手段的消防给水系统安全管理创新

随着城市轨道交通向着智能化发展，信息化是消防给水系统安全管理水平提高的重要方式。利用在线监测和数据采集技术将消防水池水位、管网压力、泵组运行状态等重要参数全部纳入统一管理平台上，实现实时的运行状态感知及信息汇集展示。相对比于依靠人工巡检的传统模式来说，信息化管理可更早发现异常并做出判断决策。通过对以往运行数据建立分析模型，了解设备性能衰退情况，准确找出设备的风险点，为进一步运维提供依据；通过将消防给水系统纳入地铁综合监控系统，对火灾自动报警系统、通风排烟系统的启动进行联动控制，使得发生火灾后整个响应迅速稳定。

四、结论

地铁正线车站消防给水系统需满足地下复杂空间和高强度运营条件下的安全防护功能需求，系统是否合理设计及可靠运行直接决定了火灾扑救效率及乘客生命财产安全水平。基于正线车站结构特点及火灾风险特性，开展消防水源配置、管网压力控制、泵房及联动控制等关键技术的研究工作，同时建立以运行管理和信息化应用为核心的多层次安全保障体系。结论表明：通过对系统结构加强冗余度、优化运维护系统、利用信息化系统进行系统集成等手段，能够保证消防给水系统应对各种极端工况，在保证系统稳定的同时提高系统的可控性，本研究的成果可以用于地铁正线车站消防给水系统的实际工程设计中，也可用于正线车站消防给水系统安全运行管理工作，在一定程度上可以提升整个城市轨道交通的安全防火水平。

参考文献

[1] 林敏. 基于可靠性理论的仿古建筑消防给水系统优化设计研究 [J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(22): 106-108.
[2] 岳莹, 陈银环, 钟于涛. 室内外合用消防给水系统适用条件分析 [J]. 重庆建筑, 2025, 24(11): 86-89.
[3] 邓志敏. 220 千伏变电站主变水喷雾消防给水系统设计分析与探讨 [J]. 中华建设, 2025, (11): 118-120.
[4] 戴东琼, 郑超. 地铁工程地下车站消防给水系统设计方案优化探讨 [J]. 工程技术研究, 2022, 7(22): 178-180.
[5] 袁玥. 《消防给水及消火栓系统技术规范》对地铁车站消火栓系统设计的影响 [J]. 中国标准化, 2018, (12): 7-8.