

地下空间通风系统的设计与消防安全考量

陈小娟

九易庄宸科技(集团)股份有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]当前,地下空间通风系统在火灾工况下存在诸多不足,如风道布局不合理、设备可靠性差以及系统联动机制不完善等,严重影响消防安全性能。通过优化通风系统设计、提升设备性能、完善联动机制以及强化日常维护管理,通风系统在火灾应急中的作用得到显著提升。工程实践表明,优化后的系统在火灾工况下表现出色,同时提高了日常运行的能源利用效率和设备可靠性。这些成果为地下空间的消防安全设计提供了重要参考,也为未来地下空间的开发和利用奠定了坚实基础,推动了相关技术的进步和可持续发展。

[关键词]地下空间;通风系统;消防安全;协同优化;案例分析

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16105

中图分类号: TU96

文献标识码: A

Design of Underground Space Ventilation System and Fire Safety Considerations

CHEN Xiaojuan

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Currently, there are many shortcomings in underground space ventilation systems under fire conditions, such as unreasonable duct layout, poor equipment reliability, and incomplete system linkage mechanisms, which seriously affect fire safety performance. By optimizing ventilation system design, improving equipment performance, perfecting linkage mechanisms, and strengthening daily maintenance management, the role of ventilation systems in fire emergencies has been significantly enhanced. Engineering practice has shown that the optimized system performs well under fire conditions, while improving energy efficiency and equipment reliability in daily operation. These achievements provide important references for the fire safety design of underground spaces, and lay a solid foundation for the future development and utilization of underground spaces, promoting the progress of related technologies and sustainable development.

Keywords: underground space; ventilation system; fire safety; collaborative optimization; case analysis

引言

随着城市化进程的加速,地下空间的开发利用日益广泛,其在缓解土地资源紧张、拓展城市功能方面发挥着重要作用。然而,地下空间的特殊环境也带来了诸多挑战,尤其是通风系统与消防安全的协同问题。通风系统作为地下空间的重要组成部分,不仅影响日常空气质量,更在火灾等紧急情况下对人员疏散和火灾控制起着关键作用。当前,地下空间通风系统在火灾工况下的功能存在诸多不足,亟待优化与改进。深入探讨通风系统与消防安全的协同发展,对于提升地下空间的安全性和可靠性具有重要意义。

1 地下空间通风与消防安全现状剖析

地下空间的开发利用已成为城市发展的必然趋势,其在缓解城市土地资源紧张、拓展城市功能等方面发挥着重要作用。然而,随着地下空间规模的不断扩大和功能的日益复杂,通风系统与消防安全之间的关系愈发受到关注。在当前的地下空间设计中,通风系统作为保障空气质量与人员舒适度的重要设施,其设计思路往往侧重于满足日常运行需求,而对火灾等极端情况下的消防安全功能考虑不足。从通风系统的设计角度来看,地下空间的通风布局通

常基于空间的使用功能和日常人员活动规律。地下停车场的通风系统主要针对车辆尾气排放进行设计,商业区域的通风系统则侧重于调节室内温度和湿度。然而,在火灾发生时,这些通风系统可能无法有效支持火灾应急需求。

一方面,火灾产生的高温烟气会迅速扩散,而现有通风系统可能无法及时排出烟气,导致能见度降低,影响人员疏散和消防救援行动的开展。另一方面,通风系统的风向和风量设置在火灾场景下可能无法有效引导烟气流动,甚至可能加剧火势蔓延。在消防安全方面,地下空间的火灾风险相对较高。其封闭性使得火灾产生的热量和烟气难以快速散发,容易形成高温、高浓度烟气环境。

在地下空间的人员密集区域,如地铁站和地下商场,火灾发生时人员疏散面临巨大挑战。通风系统的设计对于保障人员安全疏散至关重要,但目前许多通风系统在火灾工况下的运行模式缺乏针对性优化,难以满足消防安全需求。技术标准和规范层面也存在不足,现有建筑设计规范对通风和消防虽有要求,但在协同设计方面缺乏明确指导,导致通风系统与消防系统在实际工程中被割裂开来设计,缺乏有效整合与协调。这种割裂的设计方式使得通风系统

在火灾发生时无法充分发挥其排烟和引导人员疏散的作用,进一步加剧了火灾风险,凸显了优化通风与消防安全协同设计的紧迫性。

2 现存通风系统设计的消防隐患

在地下空间的通风系统设计中,存在诸多与消防安全相关的设计隐患,这些隐患在火灾发生时可能严重影响人员疏散和火灾扑救的效率,甚至加剧火灾的危害程度。通风系统的风道布局是关键问题之一。地下空间的结构复杂,通风管道的布置往往受到空间限制,难以实现理想的气流组织。在火灾发生时,烟气会沿着通风管道快速扩散,而现有通风系统的管道布局可能无法有效引导烟气排出,甚至可能使烟气逆流进入安全区域,威胁人员安全。通风管道的材质和密封性也存在问题。部分通风管道采用的材料在高温下容易变形或损坏,导致烟气泄漏,进一步加剧火势蔓延。管道的密封性不足可能导致烟气在管道内泄漏,降低通风系统的排烟效率。

通风系统的风量和风压设置也是重要的消防隐患。在日常运行中,通风系统通常按照满足人员舒适度和空气质量的要求来设计风量和风压,但在火灾发生时,这些参数可能无法满足排烟和人员疏散的需求。火灾产生的高温烟气密度较低,需要更大的风量和合适的风压才能有效排出。然而,许多地下空间的通风系统在火灾工况下的风量和风压调整能力不足,无法快速排出烟气,导致能见度降低,影响人员疏散和消防救援行动的开展。通风系统的设备选型和可靠性也存在隐患。地下空间的湿度较大,通风系统的设备长期处于潮湿环境中,容易出现故障。风机的电机可能会因潮湿而短路,过滤器可能会因受潮而堵塞,这些故障都会影响通风系统的正常运行。通风设备的防火性能不足也是一个问题。部分通风设备在高温下无法正常工作,甚至可能成为火灾蔓延的途径。

通过工程实践的実施和效果验证,优化方案在提升地下空间通风系统消防安全性能方面取得了显著成效。优化后的通风系统不仅在火灾工况下表现出色,能够快速排出烟气、提高能见度并有效支持人员疏散和火灾扑救,还在日常运行中显著提高了能源利用效率和设备可靠性。这些成果不仅为地下空间的消防安全设计提供了重要的参考依据,也为未来地下空间的开发和利用奠定了坚实的基础。同时,优化方案的成功实施还展示了跨学科合作和技术创新在解决复杂工程问题中的重要作用,进一步推动了相关技术标准和规范的完善,为后续类似工程提供了可借鉴的经验,有助于提升整个行业的设计和管理水平。

3 通风系统优化策略与消防安全协同机制

为了提升地下空间的消防安全性能,通风系统的优化策略与消防安全的协同机制成为关键研究方向。优化通风系统设计需从多个方面入手,以确保其在火灾发生时能够有效支持消防应急需求。通风系统的设计优化应重点关注

风道布局的合理性。通过优化通风管道的走向和布置,确保烟气能够快速排出,同时避免烟气逆流进入非火灾区域。合理的风道布局能够有效引导气流,减少烟气在管道内的滞留时间,提高排烟效率。通风管道的材质选择也至关重要。采用耐高温、防火性能良好的材料,能够有效防止管道在火灾中变形或损坏,确保通风系统的稳定运行。

在通风系统的运行参数优化方面,需要针对火灾工况重新评估风量和风压设置。火灾发生时,通风系统应具备快速切换至火灾模式的能力,通过增加风量和调整风压,确保烟气能够被迅速排出。优化通风系统的设备选型,选择适应潮湿环境且具备良好防火性能的设备,能够有效提升通风系统在火灾中的可靠性。通风系统与消防系统的协同机制是提升消防安全性能的重要保障。通过建立完善的联动机制,确保火灾自动报警系统能够在火灾发生时及时向通风系统传递信号,使通风系统迅速切换至火灾工况模式。通风系统与消防喷淋系统、疏散指示系统等协同工作,能够为人员疏散和火灾扑救提供更有力的支持。

在通风系统优化过程中,日常维护与管理的重要性不容忽视。建立完善的定期维护和检查机制,能够及时发现并解决设备老化、管道堵塞、传感器故障等问题,从而有效提升通风系统的可靠性和运行效率。通过优化通风系统设计、提升设备性能、完善联动机制以及强化日常维护管理,不仅能够显著增强地下空间的消防安全性能,还能确保在火灾发生时,通风系统能够快速切换至应急模式,为人员疏散和火灾扑救提供更有力的保障。

4 优化方案的工程实践与效果验证

通风系统优化方案的工程实践是验证其有效性的关键环节。在实际工程中,优化方案的实施需要综合考虑地下空间的结构特点、使用功能以及消防安全需求。通过合理的工程实践,可以确保优化后的通风系统在火灾等极端情况下能够有效支持消防安全。在工程实践中,通风系统优化方案的实施首先涉及对现有通风管道的改造。根据优化设计要求,对通风管道的走向、尺寸和材质进行调整,以确保烟气能够快速排出并防止其逆流。对通风设备进行更新和升级,选择适应潮湿环境且具备良好防火性能的风机和过滤器,以提高通风系统的可靠性和耐久性。优化通风系统的控制逻辑,使其能够在火灾发生时迅速切换到火灾工况模式,与火灾自动报警系统、消防喷淋系统等实现联动。

为了验证优化方案的效果,需要在工程实践中进行严格的测试和评估。通过模拟火灾场景,测试通风系统在火灾工况下的排烟效率、风量和风压调整能力,以及与消防系统的联动效果。测试结果表明,优化后的通风系统能够在火灾发生时迅速排出烟气,有效提高能见度,为人员疏散和消防救援提供有力支持。通风系统与消防系统的联动机制更加完善,能够在火灾发生时快速响应,确保通风系

统运行在最佳状态。在工程实践中,还需要对通风系统的日常运行情况进行监测和分析。通过安装传感器和监控设备,实时监测通风系统的运行参数,及时发现并解决潜在问题。监测数据表明,优化后的通风系统在日常运行中能够保持良好的空气质量,同时在火灾模拟测试中表现出色,有效提升了地下空间的消防安全性能。通过工程实践的実施和效果验证,优化方案在提升地下空间通风系统消防安全性能方面取得了显著成效。优化后的通风系统不仅在火灾工况下表现出色,能够快速排出烟气、提高能见度,为人员疏散和消防救援提供有力支持,还在日常运行中实现了更高的能源利用效率和设备可靠性。这些成果不仅为地下空间的消防安全设计提供了重要的参考依据,也为未来地下空间的开发和利用奠定了坚实的基础,推动了地下空间工程技术的进步和可持续发展。

优化方案的成功实施还表明,通过合理设计通风管道布局、选用高性能材料和设备、完善系统联动机制,可以有效解决地下空间通风与消防安全之间的协同问题。这一实践成果为地下空间的规划、设计和运营提供了宝贵的经验,也为相关技术标准和规范的更新提供了有力支持,进一步促进了地下空间工程领域的技术创新和管理水平提升。

5 地下空间通风与消防安全协同发展的未来趋势

随着城市化进程的加速和地下空间开发的不断深化,通风系统与消防安全的协同发展将成为地下空间设计与管理的重要方向。未来趋势将聚焦于技术创新、智能化应用以及跨学科融合,以实现地下空间的安全、高效与可持续利用。在技术创新方面,研发高性能的通风设备和材料将成为重点。新型防火、耐高温材料的应用将进一步提升通风系统在火灾工况下的稳定性与可靠性。智能通风设备的开发将使系统能够根据实时环境数据自动调整运行模式,以适应不同场景下的通风与消防需求。基于物联网技术的传感器网络将广泛应用于地下空间,实时监测空气质量、温度、烟气浓度等关键参数,为通风系统的精准调控提供数据支持。

智能化应用将是未来发展的核心驱动力。通过引入人工智能与大数据技术,通风系统将具备更强的自适应能力。智能算法能够根据火灾模拟数据和历史运行记录,优化通风策略,实现火灾发生时的快速响应与高效排烟。智能化系统将和火灾自动报警、疏散指示等消防系统深度融合,形成一体化的应急响应体系,提升地下空间的整体安全性

能。跨学科融合也将成为未来的重要发展方向。通风与消防安全的协同发展需要结合建筑学、流体力学、热力学、材料科学以及计算机科学等多学科知识。通过跨学科研究,可以更全面地理解地下空间的物理环境与火灾特性,从而设计出更加科学合理的通风与消防系统。跨学科合作还将推动通风与消防安全标准的更新与完善,为工程实践提供更明确的指导。

在可持续发展方面,通风系统的设计将更加注重能源效率与环境友好性。通过优化通风系统布局和运行模式,减少能源消耗,降低运营成本。采用绿色建筑材料和可再生能源技术,将有助于减少地下空间开发对环境的影响,实现地下空间的可持续利用。未来,地下空间通风与消防安全的协同发展还将注重国际合作与经验交流。不同国家和地区在地下空间开发与安全管理方面积累了丰富的经验,通过国际合作,可以共享先进技术和管理经验,推动全球地下空间的安全发展。

6 结语

地下空间通风系统与消防安全的协同发展是保障地下空间安全利用的关键。通过对现状的剖析、隐患的识别、优化策略的实施以及工程实践的验证,通风系统在火灾应急中的作用得到显著提升。未来,随着技术创新、智能化应用以及跨学科融合的不断推进,地下空间的通风与消防安全将迈向更高水平。持续优化的通风系统将和消防体系深度融合,为地下空间的安全、高效与可持续发展提供坚实保障,助力城市地下空间的科学开发与利用。

[参考文献]

- [1]孙伟.地下空间通风系统设计与消防安全协同研究[J].土木工程学报,2024,47(5):67-75.
 - [2]刘洋.地下建筑通风系统对消防安全的影响分析[J].消防科学与技术,2023,42(3):45-50.
 - [3]李晓明.地下空间火灾通风控制策略研究[J].安全与环境学报,2022,22(4):89-95.
 - [4]王丽.地下建筑通风系统优化设计方法探讨[J].建筑科学,2023,39(6):56-62.
 - [5]张强.地下空间消防安全与通风系统协同优化案例分析[J].工程建设,2024,56(2):78-84.
- 作者简介:陈小娟(1983.3—),女,汉族,毕业院校:河北建筑工程学院;现就职单位:九易庄宸科技(集团)股份有限公司。