

城市地下综合管廊建设与维护管理技术研究

吕小磊

安徽省雄力建筑工程有限公司, 安徽 临泉 236400

[摘要]随着城市化进程的不断推进,地下综合管廊作为提升城市基础设施建设的关键性工程,已经成为现代城市发展的重要组成部分。其在节约城市空间、减少地面开挖和提升管道管理效率等方面具有显著优势。然而,管廊建设与维护过程中仍面临着诸如设计标准不统一、施工技术复杂、维护管理难度大等问题。通过研究先进的建设与维护技术,结合国内外的成功案例,提出了一系列优化策略,以提升地下综合管廊的建设质量与管理效率,推动城市可持续发展。

[关键词]地下综合管廊;建设技术;维护管理;城市基础设施;优化策略

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15185

中图分类号: TU99

文献标识码: A

Research on Construction and Maintenance Management Technology of Urban Underground Comprehensive Pipe Gallery

LYU Xiaolei

Anhui Xiongli Construction Engineering Co., Ltd., Linquan, Anhui, 236400, China

Abstract: With the continuous advancement of urbanization, underground comprehensive pipe galleries, as a key project to improve urban infrastructure construction, have become an important component of modern urban development. It has significant advantages in saving urban space, reducing ground excavation, and improving pipeline management efficiency. However, the construction and maintenance of pipe galleries still face problems such as inconsistent design standards, complex construction techniques, and difficulty in maintenance and management. By studying advanced construction and maintenance technologies and combining successful cases at home and abroad, a series of optimization strategies have been proposed to improve the construction quality and management efficiency of underground comprehensive pipe galleries, and promote sustainable urban development.

Keywords: underground comprehensive pipe gallery; construction technology; maintenance management; urban infrastructure; optimization strategy

引言

随着城市化进程的加速,传统的城市管网系统面临着日益严峻的挑战,地下空间的利用成为解决这一问题的关键。地下综合管廊作为一种集成化的管网系统,不仅能有效整合水、电、气、通信等多种设施,还能减少地面开挖对交通和环境的影响。然而,管廊建设与管理中的技术难题与挑战仍亟待解决。探索创新的建设与维护技术,优化管廊管理模式,对于提升城市基础设施的综合能力具有重要意义。

1 地下综合管廊建设的技术现状与发展趋势

1.1 国内外管廊建设经验与技术比较

地下综合管廊建设在全球范围内得到广泛应用,尤其是在发达国家和地区,已有较为成熟的经验。例如,欧洲和北美的部分城市在上世纪 90 年代便开始建设地下管廊系统,重点解决了城市管网系统的老化与拥堵问题。新加坡作为地下综合管廊建设的先行者之一,采用了以功能性与经济性为主的设计理念,强调对土地资源的合理利用。通过信息化手段,结合 GIS(地理信息系统)技术进行管道管理与监控,实现了管廊的高效运行与维护^[1]。

相比之下,中国的地下管廊建设起步较晚,但近年来发展迅速,多个城市已投入建设与试点,如北京、上海、广州等城市。国内管廊建设注重提高管网综合利用效率,解决了道路开挖频繁的问题。但由于技术积累与标准体系的不完善,部分城市在施工质量与后期维护中仍存在诸多问题。例如,设计和施工阶段对地下水位、土壤稳定性等因素的考量不够,导致部分管廊出现渗漏、沉降等问题。

1.2 新兴技术对管廊建设的推动作用

新兴技术的不断发展为地下综合管廊建设提供了强有力的支持。数字化、智能化和绿色建筑技术的引入,极大地推动了管廊建设效率与安全性的提升。首先,BIM(建筑信息模型)技术在管廊设计中的应用,有助于提升设计精度、降低建设成本,并通过三维建模对整个项目进行全生命周期管理。BIM 技术还能够在施工过程中及时发现设计缺陷,并进行优化调整,确保施工质量^[2]。

物联网(IoT)技术的引入,使得地下管廊可以实时监控和检测内部环境与管道状况。通过安装传感器与智能设备,可以实现对温湿度、气体泄漏、压力等指标的实时

数据采集与分析。这不仅提高了管廊的运维效率，还能在出现故障时及时预警，减少潜在风险。

2 地下综合管廊设计与施工中的关键技术

2.1 设计标准与规划优化

地下综合管廊的设计标准与规划优化是确保管廊功能性、安全性和经济性的重要环节。在设计阶段，合理的规划布局能够最大程度地提升管廊的综合利用效率，同时减少施工与运营成本。首先，设计应考虑城市的管网现状与未来发展需求，充分考虑城市的空间布局、管道流量、管道材料等因素，确保管廊在长期运行中的稳定性和可扩展性^[3]。

在设计标准方面，国际上通常采用系统化、模块化的设计理念，注重管廊内多种管道设施的合理布置与协调。例如，欧洲部分国家采用功能分区与多用途共享设计，确保不同类型的管道（如供水、电力、通信等）在同一管廊中分区布局，有效避免相互干扰与施工冲突。国内的设计标准近年来逐步完善，但在管廊的容纳容量、管道预留空间等方面仍需进一步优化。针对不同城市的需求，设计时要灵活调整规划方案，尤其要预留未来发展的空间，以应对日后管网扩展和技术升级的需求。

2.2 施工技术创新与难点突破

地下综合管廊的施工技术创新与难点突破是确保项目高效、安全完成的关键。在施工过程中，由于地下环境复杂、空间狭小以及工程量大，常常面临诸多技术难题。为了克服这些困难，许多创新技术应运而生。

盾构施工技术广泛应用于地下管廊的建设中。盾构机的使用不仅大大提高了施工的速度与安全性，还能减少对地面交通的干扰，避免了传统开挖施工对城市生活的影响。在复杂地质条件下，盾构技术能够高效地进行地层的掘进作业，确保管廊建设的顺利进行^[4]。

管廊的施工技术逐步从传统的“明挖法”向“暗挖法”和“水平定向钻进法”等技术转型。尤其是在密集城市环境中，水平定向钻进技术能够在不破坏地面结构的情况下完成管道的铺设，大幅减少施工对周围环境的影响。

智能化施工技术的引入，如无人机与机器人在施工过程中的应用，使得施工过程更加精准与高效。无人机可以进行施工现场的实时监测与数据采集，及时反馈工程进度与质量问题；机器人则可以在狭小的空间内进行精密操作，减少人工操作的风险。

3 地下综合管廊的运营维护管理模式创新

3.1 管廊管理的智能化与数字化转型

地下综合管廊的运营维护面临着复杂的任务和高强度的管理要求。随着科技的进步，智能化与数字化转型成为提升管廊管理效率的核心手段。通过引入信息技术和物联网（IoT）技术，管廊管理的智能化水平得到了显著提高。智能传感器的部署使得管廊内的温度、湿度、气压、

振动等数据可以实时监控，并通过数据分析平台进行处理，提前预警可能出现的故障问题。例如，当管道发生泄漏或出现异常时，系统可以及时向管理人员发出警报，从而避免事故的发生，提升管廊的安全性与可靠性^[5]。

数字化技术的应用使得管廊的管理进入了信息化、自动化的新时代。通过 BIM（建筑信息模型）技术，管理人员可以对管廊的设计、施工和运营进行全过程的数据跟踪，实时获取设施的运行状态，及时进行维护与调整。集成化的管理平台将管廊的各类数据汇聚一体，实现远程监控和智能调度，不仅提升了运维效率，也优化了资源配置。通过数字化手段，还能对管廊的运行状况进行趋势预测，为未来的管理决策提供数据支持。

3.2 维护策略与风险管理

地下综合管廊的维护策略与风险管理是保障管廊长期稳定运行的重要环节。由于地下管廊涉及多种设施的集中管理，复杂的管道结构和环境因素使得维护工作具有较高的挑战性。有效的维护策略能够确保管廊的正常运作，并降低突发事件的发生率。

定期巡检和实时监控是管廊维护的基本手段。通过智能化传感器与无人机巡检技术，管廊的运行状态可以全天候监控，实时收集运行数据。这些数据能帮助管理人员及时发现潜在的故障点，并进行预防性维修。为提高维护的精确性和及时性，现代运维模式越来越依赖于基于大数据与云计算的分析平台，通过数据对比和分析，能够精确地识别出故障的根源，并提出针对性的维护方案。

风险管理的核心在于对可能发生的各类事故进行预判和预防。地下管廊的风险主要来自于管道老化、结构沉降、自然灾害、设备故障等多个方面。通过建立风险评估系统，管理方可以对管廊进行动态风险评估，定期更新风险管理措施。利用数字化模型和人工智能，风险管理系统能够对外部环境变化、地下水位波动等因素进行实时监测，并采取相应的应急措施。

4 地下综合管廊建设中的安全性与环境影响控制

4.1 安全建设与施工风险管控

地下综合管廊的建设过程中，由于作业环境复杂、施工技术要求高，安全风险始终是关键问题。为确保建设过程的安全性，施工方需要对潜在的风险因素进行全面识别和预防。首先，施工前的风险评估至关重要。通过对施工现场进行详细勘察，分析地质条件、地下水位、周围建筑物的稳定性等因素，能够提前制定风险应对方案，减少施工过程中出现意外的概率。

在施工过程中，应强化安全施工管理，严格执行各项安全标准与规范。例如，采用先进的施工设备如盾构机，能够有效避免人工开挖过程中可能发生的安全事故。同时，施工人员应接受专业的安全培训，并配备齐全的安全防护装备，确保施工现场的安全管理得到严格落实。

施工过程中的应急预案也是风险管控的重要组成部分。针对可能发生的事故，如土体坍塌、设备故障或火灾等，应提前制定应急响应机制，并定期进行演练，以确保突发事件发生时，能迅速采取措施，最小化事故损失。通过实时监测与数字化技术的应用，如使用传感器监测土壤压力变化，确保管廊施工的稳定性和安全，从而提高整体安全性。

4.2 环境影响评估与绿色施工

地下综合管廊的建设不仅要考虑安全性，还需重视对环境的影响。由于地下管廊涉及较大范围的土建施工与工程设备使用，其建设过程中可能对环境产生较大压力。为了降低建设对环境的影响，环境影响评估（EIA）是必不可少的环节。在项目开工前，通过对周边生态、空气质量、水体污染、噪声等因素的详细评估，能够识别出潜在的环境风险，并采取有效的防范措施。

绿色施工技术的应用，可以大大减少管廊建设对环境的负面影响。采用环保型建筑材料、施工机械和设备，有助于降低能源消耗和废气排放。此外，施工中还可以利用先进的土壤保护技术，避免施工过程中对周围土地的污染与破坏。雨水收集与利用系统、建筑废料的循环再利用等绿色技术，不仅可以减少施工对环境的影响，还能有效节约资源，推动可持续发展。

5 地下综合管廊的未来发展与技术看新路径

5.1 未来技术趋势对管廊建设的影响

随着科技的快速发展，未来技术将极大地推动地下综合管廊的建设和运营。首先，智能化技术将成为管廊建设中的核心趋势。随着人工智能（AI）和大数据分析的成熟，管廊的建设和运营管理将实现高度智能化。AI 技术可以在管廊建设的设计阶段，通过算法优化管道布局，提高管廊的空间利用率和安全性。大数据分析可以帮助对管廊运营状态进行实时监控，并提前预警潜在的故障与风险，确保运营管理的高效与安全。

数字孪生（Digital Twin）技术将成为管廊建设中的创新方向。数字孪生技术能够为管廊创建一个虚拟的数字模型，通过实时数据反馈与传感器采集，模拟管廊的运行状态。这一技术不仅能够帮助工程师在建设过程中进行精准的质量控制，还能在运营阶段提供实时监控与决策支持。通过数字孪生，管理人员可以直观地了解管廊内的各类设施状况，及时发现潜在问题，并进行调整。

此外，3D 打印技术和模块化建造技术的结合，将为管廊的建设带来更高效的施工方式。3D 打印技术可以在管廊的施工过程中快速制作出复杂的部件，降低制造成本并缩短施工周期。模块化建造技术则能够使管廊的各个模块化部件在工厂中预制，现场组装，减少了现场施工的复

杂性和安全风险。

5.2 综合管廊在智慧城市中的角色与应用

地下综合管廊作为智慧城市基础设施的重要组成部分，将在未来的城市发展中扮演着至关重要的角色。在智慧城市的建设过程中，综合管廊不仅承担着传统的管道输送功能，还将与城市的各类智能系统相连接，发挥更广泛的应用价值。

综合管廊能够作为智慧城市信息化系统的基础平台，承载电力、通信、供水、天然气等重要设施的管道，并通过物联网技术进行实时监控。通过智能感知设备和传感器，管廊能够实时采集数据，监控管道运行状况，从而实现管廊设施的智能化管理。例如，水质监测传感器可以实时检测管道中的水质变化，天然气泄漏传感器则可以及时预警气体泄漏事件，确保城市运行的安全。

在城市应急管理和灾害响应中，综合管廊同样发挥着不可替代的作用。通过与城市应急指挥系统的数据共享，管廊可以在突发事件发生时，迅速获取相关信息并进行调度。例如，在地震、洪水等灾害发生时，管廊能够通过数据传感网络，迅速评估受损情况，并根据评估结果启动紧急修复程序，减少灾后恢复时间。

6 结束语

地下综合管廊作为现代城市基础设施的重要组成部分，随着技术的不断创新，已经从传统的管道输送系统转变为智能化、数字化的城市管理平台。未来，随着人工智能、数字孪生和模块化建造等技术的应用，管廊的建设与管理将更加高效、智能。综合管廊在智慧城市中的角色将更加突出，不仅提高了资源利用效率，还能提升城市应急响应能力，促进可持续发展。随着技术不断进步，管廊将在城市发展中发挥更为重要的作用。

【参考文献】

- [1] 孙传华. 基于城市地下综合管廊持续建设的钢企营销策略探析[J]. 冶金经济与管理, 2024 (5): 47-49.
 - [2] 牛远达. 基于数字化技术的城市地下综合管廊运维平台建设及推进策略研究[D]. 石家庄: 河北经贸大学, 2024.
 - [3] 唐兰. 新时期城市地下综合管廊建设规划编制技术优化研究——基于《城市地下综合管廊建设规划技术导则》修订的思考[J]. 城乡建设, 2023 (14): 72-77.
 - [4] 李拥军. 浅论城市地下综合管廊的建设与管理[J]. 工程技术(引文版), 2016 (5): 58.
 - [5] 刘亚峰, 董玥. 城市地下综合管廊建设管理模式及技术要点分析[J]. 运输经理世界, 2022 (26): 62-64.
- 作者简介: 吕小磊 (1984.2—), 男, 安徽界首人, 汉族, 本科学历, 工程师, 就职于安徽省雄力建筑工程有限公司, 从事市政工程施工管理及工程造价管理工作。