

城市道路工程中地下综合管廊与道路一体化协同设计

孟 强

沂水县城建设综合服务中心, 山东 临沂 276400

[摘要]在城市道路工程建设领域, 地下综合管廊与道路的一体化协同设计彰显出系统规划、前瞻布局及多学科交叉协作的核心价值, 该设计理念聚焦空间布局的精准适配、施工流程的科学衔接以及后期运维的便捷性, 着力破解当前工程中施工矛盾、资源损耗及道路反复开挖等痛点问题、实际项目经验表明, 协同设计能够显著提高城市地下空间利用率, 降低管线故障发生概率, 推动市政基础设施向集约化、高效化方向发展, 为城市基础设施规划建设提供了兼具理论深度与实践指导意义的解决方案。

[关键词]地下综合管廊; 城市道路; 协同设计; BIM 技术; 基础设施一体化

DOI: 10.33142/ucp.v2i3.16728

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Collaborative Design of Underground Comprehensive Pipe Gallery and Road Integration in Urban Road Engineering

MENG Qiang

Yishui County Urban and Rural Construction Comprehensive Service Center, Linyi, Shandong, 276400, China

Abstract: In the field of urban road engineering construction, the integrated collaborative design of underground comprehensive pipe galleries and roads demonstrates the core values of system planning, forward-looking layout, and interdisciplinary collaboration. This design concept focuses on precise adaptation of spatial layout, scientific connection of construction processes, and convenience of later operation and maintenance. It focuses on solving pain points such as construction contradictions, resource loss, and repeated road excavation in current projects. Practical project experience shows that collaborative design can significantly improve the utilization rate of urban underground space, reduce the probability of pipeline failures, promote the development of municipal infrastructure towards intensification and efficiency, and provide a solution that combines theoretical depth and practical guidance for urban infrastructure planning and construction.

Keywords: underground comprehensive pipe gallery; urban road; collaborative design; BIM technology; infrastructure integration

引言

伴随城市化进程持续加速, 城市基础设施建设面临空间资源稀缺、施工组织复杂及运维效率低下等多重难题, 地下综合管廊与城市道路作为保障城市正常运转的关键基础设施, 其协同设计已成为提升工程品质与管理效能的重要突破口, 传统分离式设计模式因缺乏系统性统筹, 常导致道路重复开挖、施工冲突频发, 严重制约工程综合效益, 强化道路与管廊在规划、设计、施工及运维全周期的深度融合, 是实现城市基础设施集约建设、高效运行与安全保障的必然选择。

1 地下综合管廊与道路工程协同设计的必要性

1.1 城市基础设施集约化发展的要求

在城市土地资源日趋紧张的背景下, 地下空间开发已成为突破城市发展瓶颈的关键路径, 地下综合管廊作为市政管线集约化管理的重要设施, 与道路系统在空间分布上高度重合, 采用道路与管廊独立设计施工的模式, 极易引发空间闲置与功能矛盾, 难以实现城市资源的高效配置, 协同设计从顶层规划入手, 全面统筹道路与管廊的布局规划、结构关联及施工方案, 充分挖掘有限空间的利用潜力,

契合城市基础设施集约、高效、绿色的发展方向, 增强系统整体适应性与长期可持续性。

1.2 道路与管廊功能相互依赖性

道路与地下综合管廊在功能实现层面紧密相连、不可分割, 道路承担交通通行功能, 其结构稳固程度直接关乎地下管廊的安全稳定与使用寿命; 而管廊作为市政管线集中敷设的载体, 其埋设深度、断面尺寸及结构形式又会对地面道路的荷载设计、路面铺装厚度及施工工艺产生影响, 两者在工程设计环节相互作用、彼此限制, 若缺乏协同考量, 易导致结构受力失衡、排水系统失效、地基沉降不均等问题, 协同设计通过统一布局规划与结构协同优化, 科学设计道路荷载传递路径, 保障地面地下结构体系协同稳定, 有效规避工程风险与功能干扰。

1.3 降低建设与运维成本的现实需求

城市基础设施建设具有周期长、投资大的特点, 若在设计阶段未能实现道路与管廊的有机结合, 施工及运维过程中常出现重复开挖、资源损耗、交通干扰等问题, 大幅增加项目成本, 协同设计将道路施工与管廊建设进行一体化统筹, 既能实现施工设备、人力、材料的高效调配, 提

升施工效率,又可避免多次开挖造成的路面损毁与交通阻塞,降低社会综合成本,同时,统一规划有助于后期维护工作的分区管理与快速处置,提升市政设施管理效率与安全保障水平,可见,推进协同设计不仅是技术创新的必然趋势,更是实现经济效益与社会效益双赢的重要举措。

2 协同设计中的主要技术挑战

2.1 地下空间资源有限与布置冲突

在城市核心区域,地下空间资源的稀缺性日益凸显,地下综合管廊需与既有市政管线、地下建筑、地铁网络及基础桩基等设施共享有限空间,导致布局难度显著增加,管廊内部需整合电力、通信、给水、再生水、燃气等多种类型管线,各类管线在管径规格、敷设标准、安全间距及防护措施上存在差异,使得断面布局难以协调,易出现空间交叉、功能冲突及检修不便等问题,此外,管线间热源干扰、电磁影响以及维护频率的不同,进一步制约了自由布置的可行性,一体化设计要求在三维空间内精准规划布局方案,确保高密度布设下的安全高效运行,对设计单位的统筹规划与信息建模能力提出更高挑战。

2.2 多专业接口复杂、协调难度大

地下综合管廊与道路的协同设计涵盖土建、结构、水利、交通、电力、通信、给排水等多个专业领域,各专业在设计思路和技术标准上存在差异,实际设计过程中,专业间缺乏有效的协同机制和统一设计平台,导致设计成果重复、进度脱节、接口疏漏等问题频发,以电力电缆的通风散热需求与通信系统的信号稳定诉求为例,若缺乏前期统一技术规范与接口标准,设计矛盾与反复修改难以避免,协同设计的关键在于专业间的有效协作,但现行工程组织模式下,由于缺少总设计牵头机制,多专业协同落地困难,严重影响设计质量与效率。

2.3 工程进度与设计变更频繁的矛盾

地下工程施工常受地下障碍物、地质条件变化及既有管线信息缺失等不确定因素影响,导致现场施工与设计图纸出现偏差,引发设计变更需求,道路工程通常工期紧迫,设计单位需频繁调整图纸以配合现场变更,大幅增加设计工作量与协调难度,若设计响应不及时,可能导致施工延误、返工甚至安全风险,此外,不同设计阶段深度不一致,初步设计未能充分考虑细节,施工图阶段修改频繁,造成工程管理秩序混乱、协同设计强调前期介入与全过程参与,但在传统工程管理模式,设计单位多处于被动应对状态,缺乏项目全周期主导权,难以实现真正意义上的协同优化。实现地下综合管廊与道路工程的一体化设计,不仅要解决空间布局冲突与功能协调问题,更需突破专业壁垒、优化组织协调机制,提升设计响应效率与系统集成水平,方能达成协同建设目标。

3 协同设计的关键策略与实现路径

3.1 统一规划阶段的顶层设计

协同设计的核心基础在于顶层设计的科学性与统一

性、在城市发展初期规划阶段,需将地下综合管廊与道路系统纳入统一的城市基础设施总体规划体系,明确各类设施的功能定位、空间布局及建设时序安排、通过系统化规划布局,规避因项目分散建设导致的重复开挖与功能重叠问题,实现资源共享与空间集约利用目标,顶层设计需结合城市人口分布、交通组织模式、管线需求规模等因素,科学划定管廊建设区域,分级管控道路等级与结构布置方案,同时,应制定清晰的技术路线框架,统筹近期建设任务与远期发展目标,为后续设计施工提供统一的逻辑指引与边界约束、统一的顶层规划不仅夯实工程协同基础,更为后续设计施工环节提供明确导向与制度保障。

3.2 建立 BIM 等协同设计平台

信息化技术平台是实现协同设计高效运作的关键支撑要素、BIM(建筑信息模型)技术通过构建三维可视化模型,将道路工程、地下管廊及各类管线系统集成于统一数字平台,实现多专业设计的同步联动与实时数据更新,借助 BIM 平台,各参与单位可实时查看设计成果、识别空间冲突点、动态调整设计方案,有效降低因信息壁垒导致的重复设计与变更频次、此外, BIM 模型可在施工阶段应用于施工流程模拟、进度动态管控及工程量自动核算,显著提升工程管理的精准度与执行效率,更重要的是, BIM 技术具备数据持续传承能力,可为后期运维管理提供可靠的模型数据支撑,随着 CIM(城市信息模型)等更高维度平台的推广应用。

3.3 优化设计标准与接口规范

标准化建设是协同设计顺利实施的重要前提、由于地下综合管廊与道路工程涉及多专业领域,接口类型复杂、技术要求多元,缺乏统一规范易引发设计冲突与施工障碍,因此,需在国家或地方层面制定针对一体化设计的技术标准与接口规范,覆盖断面布局、结构连接、通风排水、电力通信等关键环节,形成制度化的协同工作规则、在此基础上,应推动标准化设计模块的研发与应用,如标准舱段、标准井室等,提升设计方案的通用性与施工安装效率、同时,建立跨专业联合审图机制,明确各参与方的责任边界与审查要点,从设计源头提升成果质量,减少后期施工返工风险。

4 典型案例分析与经验总结

4.1 某市核心区域道路与综合管廊协同设计案例

南京市河西新城区某核心路段在“智慧城市”建设进程中,创新采用地下综合管廊与城市主干道一体化协同设计模式,项目深度融合城市总体规划与海绵城市理念,将交通路网、雨污分流系统、电力通信及燃气管道等进行整合设计,构建起立体化地下廊道网络、设计阶段借助 BIM 三维建模技术,对道路结构与管廊断面布局开展动态优化,保障各类管线空间配置合理,施工环节通过“管廊先行、交叉作业”策略,同步推进管廊主体与道路结构

施工,有效缩短工期约15%。项目建成后,集中式检修口布局与智能传感技术的应用,大幅提升管线运维效率、其成功得益于前期科学规划、高效协同设计平台及精细化施工组织,为城市核心区复杂基础设施建设提供了实践样板。

4.2 协同设计失败案例的反思

某二线城市新区开发过程中,一条新建城市主干道因未同步规划地下综合管廊,引发严重设计缺陷与资源浪费、由于前期规划缺位,道路设计方案固化后才追加管廊建设,导致管廊无法与道路基础结构实现有机衔接,施工阶段暴露出诸多问题:廊体空间局促、电力与燃气管道间距不合规、检修井设置影响道路交通通行等,致使设计方案反复调整,道路二次开挖,直接推高施工成本约30%,此外,因缺乏BIM等数字化协同手段,各专业间信息流通不畅,施工方频繁遭遇图纸矛盾、接口标准不统一等问题,最终造成道路竣工通车延迟半年、该案例深刻反映出协同设计机制缺失、专业协作混乱及项目管理薄弱等弊端,成为城市基建领域的典型反面例证。

4.3 案例对未来设计的启示

对比上述两类典型实践可见,地下综合管廊与道路协同设计在城市核心区、新区开发及地下空间高强度利用区域具备显著适用性,成功项目经验表明,需在项目启动阶段即组建专项协同管理团队,由具备综合协调能力的单位主导,统一协调各专业设计进度、技术标准及时序安排,同时,BIM技术在复杂工程协同设计中的核心作用不容忽视,建议将其纳入大中型城市新建项目的标准化设计流程、此外,应结合城市发展阶段与规模差异,制定差异化协同设计规范,从政策引导、技术支撑、管理优化多维度强化协同保障体系,提升城市基础设施建设的系统性与前瞻性、实践证明,唯有实现多方协同联动、技术深度融合与制度体系保障的有机统一,方能推动地下综合管廊与道路建设迈向高效、可持续发展新路径。

5 发展趋势与政策建议

5.1 从项目协同向区域级协同发展

目前,协同设计应用多集中于单个项目范畴,难以保障城市基础设施系统在更大空间尺度下的连贯性与完整性,面向未来城市发展需求,需突破“单点协同”局限,逐步向“片区级”“市域级”协同升级,构建跨项目、跨区域的一体化基础设施布局体系,在新区建设或旧城更新过程中,应统筹规划道路网络与管廊系统,打造系统化的空间载体与技术路线,提升设施整体运行效能与应急响应能力、通过搭建区域级基础设施数据库、统一调度平台,并建立长效管理机制,可有效消除信息壁垒、规避重复建

设,推动城市空间与功能协同演进。

5.2 推动政策法规支持一体化设计

地下综合管廊与道路协同设计的全面落地,亟需制度层面的有力支撑,建议加快制定和完善一体化设计相关法律法规,明确规划、设计、施工及运营全流程各方权责与协同规则,形成标准化、规范化的管理体系,同时,在项目审批环节增设协同设计专项评估,将道路与管廊一体化实施情况作为重要评审指标,以政策导向强化工程单位协同意识与执行力度,通过设立专项资金扶持、开通审查绿色通道等激励措施,可进一步促进协同设计理念在市政工程领域的广泛实践。

5.3 加强专业人才培养与机制建设

协同设计对工程人员的跨专业整合与协作能力提出更高要求,传统单一学科人才培养模式已难以适应现实需求,应推动高校、科研院所与企业联合开设地下工程、道路设计、市政管理等多学科融合课程,培育具备复合知识结构的专业人才,同时,行业内需建立健全协同设计人才培养认证体系,重点提升设计人员在BIM技术应用、跨界沟通协调及系统统筹规划方面的专业素养。

6 结束语

地下综合管廊与城市道路一体化协同设计,是提升城市基础设施系统性、集约性与运行效率的重要路径,依托统一规划、技术融合、平台赋能与标准化管理,可有效解决空间冲突、设计脱节、施工反复等问题,推动基础设施协同从项目层级向区域层级进阶,在政策保障与复合型人才体系支撑下,协同设计将成为未来城市建设的必然趋势、相关实践经验与策略为推动城市可持续发展提供了理论参考与实践范例。

[参考文献]

- [1]曾定波.广州城市地下综合管廊管理一体化研究[D].广州:华南理工大学,2017.
- [2]刘卯钊.城市地下综合管廊排水管道入廊方案技术经济分析[D].成都:西南交通大学,2019.
- [3]李由,金辉,洪杰,等.地下综合管廊与人非共板路侧带断面的空间耦合优化[J].智能建筑与智慧城市,2019(12):72-77.
- [4]马小燕.城市道路设置地下综合管廊的路基沉降处理方法[J].工程技术研究,2023,8(18):21-23.
- [5]胡旭升.城市道路地下综合管廊深基坑开挖与支护施工工艺研究[J].交通科技与管理,2025,6(4):94-96.

作者简介:孟强(1990.7—),男,山东临沂人,现就职沂水县城建设综合服务中心,项目管理室职员,从事市政工程技术安全管理工作。