

装配式技术应用于城市地下综合管廊施工的效益分析

马迪

宜昌市宜星市政建设有限公司 湖北 宜昌 443000

摘要：装配式技术作为城市地下综合管廊建造的新型工业化方式，通过工厂预制构件与现场模块化拼装，实现建造效率与质量提升。分析其在施工效率、资源利用、环境影响等方面的直接效益，以及城市功能改善、社会接受度提高、行业技术进步等间接影响。同时指出技术适应性挑战、经济成本压力、标准化与定制化矛盾等制约因素。本文深入探讨装配式技术在管廊施工中的综合效益，为技术推广与行业优化提供理论依据。

关键词：装配式技术；地下综合管廊；施工效益；标准化设计；工业化生产

引言：城市地下综合管廊是保障城市运行的重要基础设施，传统现浇施工存在效率低、污染大等问题。装配式技术凭借工厂化预制与现场拼装优势，打破传统建造模式，实现管廊建造工业化升级。其标准化设计、工业化生产、机械化安装和信息化管理特征，契合现代城市建设需求。通过分析装配式技术在管廊施工中的直接与间接效益，揭示技术优势与制约因素，对推动管廊建设高质量发展、提升城市综合承载能力具有重要意义。

1 装配式技术原理与特点

1.1 技术定义

装配式技术是城市地下综合管廊建造领域的新型工业化技术，核心逻辑聚焦工厂预制构件与现场模块化拼装两大关键环节，两大环节协同联动，构建高效有序的一体化建造流程。该技术突破传统现场浇筑的施工局限，将管廊结构所需各类构件在专业工厂内完成标准化预制，经严格质量检验合格后，运输至施工现场，通过专用设备与专业工艺完成模块化拼接组装，最终实现管廊主体结构的成型^[1]。这种建造模式重构传统现场作业体系，提升施工的规范化与标准化水平，契合装配式建筑全寿命期可持续发展理念，是管廊建造方式的重大革新，能够同步实现建造效率与工程质量的双向提升，为地下综合管廊建设提供高效可行的技术路径。

1.2 技术分类

预制混凝土管廊是当前地下综合管廊建设中的主流应用类型，依托混凝土材料本身优异的力学性能，具备较强的结构稳定性与耐久性。管廊构件经工厂精准预制加工，可有效提升结构承载力与变形恢复能力，同时具备良好的防水效能，能够适配地下潮湿复杂的服役环境，满足管廊长期安全运行需求。预制钢结构管廊以钢材为核心构件材料，轻量化设计是其鲜明优势，相较于混凝土构件更便于运输与吊装作业，施工过程中可灵活

调整拼装流程，能够更好适配不同场地条件下的施工需求，轻量化优势已在各类装配式钢构件工程应用中得到充分验证。混合结构管廊整合不同材料的核心优势，结合地下管廊施工的具体工况差异，合理搭配混凝土与钢材等材料，通过材料性能互补，实现对复杂施工环境与多样化使用需求的精准适配，兼顾结构稳定性与施工灵活性，可满足不同场景下的管廊建造需求。

1.3 技术特征

标准化设计是装配式技术的基础支撑，按照统一的尺寸规格与参数标准开展管廊构件设计，保障构件的通用性与互换性，通过模数协调实现设计、生产、施工各环节的高效衔接，契合装配式建筑集成设计的核心导向。工业化生产依托专业工厂的标准化生产线，对管廊构件进行集中预制加工，生产过程中可实现质量精准管控，减少人为操作偏差，相较于传统现场浇筑模式，能有效提升构件质量的一致性，符合装配式建筑工业化生产的发展趋势。工厂预制构件的尺寸偏差可控制在 ± 2 毫米以内，传统现场浇筑构件的尺寸偏差则远超这一范围。机械化安装借助专用吊装与拼装设备完成管廊构件的现场组装，替代传统以人工操作为主的施工模式，既能够提升安装效率，又能保障拼装精度，与装配式建筑装配化施工的核心要求高度契合。信息化管理贯穿管廊设计、生产、运输、安装全流程，通过信息化技术手段实现各环节的协同联动，实时掌握构件生产质量与施工进度，为管廊建造全流程管控提供坚实技术支撑，彰显装配式建筑信息化管理的发展方向。

2 装配式技术施工效益的直接体现

2.1 施工效率提升

并行作业模式是装配式技术提升施工效率的核心路径，工厂构件生产与现场基础施工可实现有序衔接、分步推进。管廊构件在专业工厂内开展标准化预制作业

期间，施工现场同步推进基坑开挖、基础处理等前期工序，两大环节互不干扰、协同发力，有效压缩整体建造工期。这种作业模式突破传统建造中工序串行的局限，实现生产与施工的高效联动，契合装配式建筑高效建造的核心要求。模块化安装进一步强化施工效率优势，通过工厂预制完成管廊核心构件的一体化生产，现场仅需开展拼装作业，大幅缩减传统现场浇筑、钢筋绑扎、混凝土养护等繁琐作业环节。简化后的作业流程有效缩短各工序间的衔接耗时，提升施工节奏的把控能力，依托专用拼装设备的高效作业，进一步提高安装速率。

2.2 资源利用优化

材料节约通过工厂化集中生产得以落地，工厂按照设计参数精准核算各类材料用量，依托标准化模板与精细化加工工艺严格控制材料损耗。传统现场施工受场地条件与人工操作水平影响，材料堆放、切割过程中易产生大量边角料，造成原材料不必要消耗。工厂预制采用规模化生产与精准下料方式，从源头减少多余材料产生，显著提升混凝土与钢筋等主材利用效率。材料节约既能降低工程直接成本，更契合绿色施工节材核心要求，推动管廊建设向资源高效利用转型。能源集中利用优化能源配置结构，管廊构件生产集中在工厂内部完成，能源供应采用集中管控与高效调配模式。传统现场施工中各类施工机械分散作业，能源消耗分散且利用效率偏低，大量能源在机械启动与空转中被无效损耗。工厂集中生产配备专用能源供应系统与节能设备，可根据生产节奏合理调控能源供给，显著提升能源利用效率。建筑节能相关规范明确，集中化生产需降低单位构件能源消耗，减少能源浪费^[2]。能源利用效率提升既能降低工程运行成本，也契合低碳建造发展方向，让管廊施工在资源消耗层面实现科学管控。

2.3 环境影响降低

污染控制依托现场作业量减少得以落地，工厂预制将大部分湿作业与加工环节转移至室内，现场仅保留构件拼装与基础处理作业。传统现浇施工会产生大量扬尘、噪音与施工废水，对周边环境造成持续干扰。装配式施工大幅减少现场混凝土浇筑与搅拌作业，有效降低扬尘产生量，合理控制施工机械作业频次，减弱噪音传播强度。现场废水主要来源于构件拼接与场地清理，排放量远低于传统现浇施工。在生态保护方面，可通过精准施工设计落地实施，装配式技术可结合构件尺寸与拼装要求优化基坑开挖方案，合理控制开挖范围与深度，减少对周边土体结构的扰动。传统现场施工需大面积开挖与场地占用，易破坏周边植被与土壤结构，影响区域

生态稳定性。精准开挖有效降低土方开挖量，减少对施工区域及周边植被的损毁，维护土壤结构完整性。地下工程绿色施工相关规范指出，减少场地扰动与植被破坏能降低工程生态影响，助力施工区域生态环境快速恢复，让管廊建设兼顾城市功能与生态稳定。

3 装配式技术施工效益的间接影响

3.1 城市功能改善

交通影响弱化是装配式技术间接改善城市功能的重要表现，依托高效施工模式，大幅缩短施工周期，进而缩减道路封闭时长。城市地下综合管廊施工多涉及城市主干道及核心区域，传统施工模式工期较长，易造成交通拥堵，影响城市交通有序运行^[3]。装配式技术通过工厂预制与现场快速拼装的有机结合，显著压缩现场作业时间，道路封闭周期随之缩短，有效缓解城市交通压力，契合城市地下工程施工交通影响控制的相关要求，为城市交通有序运行提供保障。城市景观提升同样依托装配式技术的施工优势，工厂化生产营造整洁有序的施工环境，避免传统现场施工中材料堆放杂乱、施工垃圾堆积等问题，预制管廊结构设计规范、外观规整，能够与城市周边环境更好融合，进一步优化城市整体形象，符合城市景观建设与地下基础设施协同发展的理念。

3.2 社会接受度提高

居民生活干扰减少是提升社会接受度的关键支撑，装配式技术大幅减少现场作业量，从而降低施工过程中产生的噪音与污染。相较于传统现场浇筑施工，装配式施工现场仅开展拼装作业，机械作业频次降低，噪音污染得到有效管控，扬尘与废水排放也大幅减少，切实降低对周边居民日常生活的干扰，提升居民对地下管廊建设工程的认可程度。公共安全强化进一步推动社会接受度提升，标准化生产的管廊结构质量稳定，管线铺设与维护更加规范，能够有效提升管线维护效率，减少管线泄漏、破损等安全隐患，降低各类安全事故发生风险，符合城市地下管线安全管理的相关规范，为城市公共安全提供有力支撑，进一步增强社会公众对装配式管廊技术的信任程度。

3.3 行业技术进步

推动标准化体系完善是装配式技术对行业发展的重要贡献，管廊建设全流程均需依托标准化支撑，装配式技术的广泛应用，能够促进管廊设计、生产、安装各环节的标准统一与优化。通过规范构件尺寸、设计参数、施工工艺，逐步完善全流程标准化体系，解决传统管廊建设中设计与施工脱节、构件通用性差等问题，推动地下综合管廊行业向标准化方向发展，契合国家推进地下

综合管廊建设标准化的政策导向。产业链协同发展是装配式技术带动行业进步的另一重要方面,装配式管廊施工需要预制构件生产、物流运输、专用设备制造等多个相关产业协同配合,其推广应用能够带动相关产业的技术升级与规模扩张,完善产业链布局,促进上下游产业协同发展,符合建筑工业化产业升级的发展方向,为地下工程行业高质量发展注入新的动力^[4]。

4 装配式技术施工效益的制约因素

4.1 技术适应性挑战

地质条件限制是装配式技术应用过程中面临的主要适应性难题,城市地下综合管廊施工区域地层条件复杂多样,不同地层的承载力、稳定性存在明显差异,对预制构件的运输与现场安装提出更高要求。复杂地层易引发施工场地沉降、边坡失稳等问题,增加构件运输过程中的安全风险,同时提升安装精度的控制难度,需配套针对性的加固与防护措施。这一挑战是地下工程地质适应性研究中的核心问题,也是装配式技术推广应用需重点解决的技术瓶颈。空间限制进一步加大技术应用难度,城市核心区域施工场地往往较为狭窄,装配式管廊构件体积较大、重量较重,大型构件的吊装与拼接作业需要充足的作业空间,狭窄场地会限制吊装设备的操作范围,影响拼装效率与精度,甚至造成施工工序衔接不畅,限制施工效益的充分发挥。

4.2 经济成本压力

初期投入偏高是制约装配式技术施工效益的重要经济因素,装配式施工模式依赖专业预制工厂与专用施工设备,工厂建设需投入大量资金用于厂房搭建、生产线配置,专用吊装、拼装设备的购置与调试也需巨额资金支撑,大幅增加项目前期资金投入压力,这一特征符合建筑工业化初期发展的普遍规律。规模效应依赖进一步放大经济成本压力,装配式技术的成本优势需要依托一定的项目规模才能充分发挥,小规模管廊项目构件需求量有限,难以有效分摊工厂建设、设备购置等固定成本,导致单位构件生产成本偏高,经济效益难以显现,甚至可能高于传统现场施工模式,进而影响装配式技术的推广应用积极性。从全生命周期成本分析,预制管廊

的长远优势虽可能超过初期投资,但初期高投入仍成为技术推广的重要阻碍。

4.3 标准化与定制化矛盾

统一规格与个性化需求的冲突是装配式技术发展中的核心矛盾,装配式技术的核心优势依托标准化设计与生产,统一规格的构件能够提升生产效率、降低生产成本,但城市地下管廊建设需根据不同区域的功能需求、场地条件进行个性化设计,非标构件的需求难以规避。非标构件的生产需要单独开展设计、定制模板,大幅增加生产复杂度,延长生产周期,打破标准化生产的高效节奏^[5]。模具复用率低进一步加剧这一矛盾,多样化的个性化设计导致模具规格难以统一,多数非标构件对应的模具仅能单次或少数几次使用,模具复用率大幅下降,模具制作与维护成本随之上升,不仅增加构件生产成本,也会影响生产效率,限制装配式技术施工效益的充分发挥,这一矛盾也是建筑工业化发展过程中需重点协调的问题。

结束语

装配式技术在城市地下综合管廊施工中展现出显著效益,通过效率提升、资源优化和环境改善,推动管廊建造向工业化、绿色化转型。然而,技术适应性、经济成本和标准化矛盾等问题仍需进一步解决。需加强技术创新与产业链协同,完善标准体系,平衡标准化与个性化需求,以充分发挥装配式技术的综合优势,为城市基础设施高质量发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]孙安华.预制装配式地下综合管廊施工技术[J].建筑技术开发,2021,48(8):26-27.
- [2]马辉敢.城市地下综合管廊施工安全风险研究[J].市政技术,2021,39(7):149-153.
- [3]王金鹏.铝合金模板下的城市地下综合管廊施工研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(2):95-97.
- [4]孟慧栋.城市地下综合管廊施工技术及其要点[J].科技资讯,2021,19(31):70-72.
- [5]张明亮,王飞,杨广.浅析城市地下综合管廊施工基坑支护技术[J].中国新技术新产品,2021(1):104-106.