

新型装配式技术在市政道路桥梁工程中的应用与效益分析

敖俊华

山水环境科技股份有限公司 河南新乡 453300

摘要：随着我国城市化加快及建筑工业化、绿色化战略推进，新型装配式技术因高效、环保、优质等优势，在市政基础设施建设中应用渐广。本文聚焦其在市政道路桥梁工程的应用，先阐述技术内涵与特点，再分析其在预制梁（板）、墩柱等关键部位的应用形式与施工工艺。接着从经济、社会、环境效益三方面，探讨其带来的综合效益，如缩短工期、节约成本等。最后针对应用中技术标准不完善、成本控制难等问题提出对策建议，为该技术进一步推广与优化应用提供参考，推动市政工程向高效、绿色、智能方向发展。

关键词：新型装配式技术；市政工程；道路桥梁

引言

市政道路桥梁工程是城市基础设施重要部分，对城市运行、居民生活和区域经济发展至关重要。传统现浇施工方式存在施工周期长、能耗高、污染重等弊端，难以满足现代城市建设要求。在此背景下，新型装配式技术应运而生，它将构件在工厂标准化预制、现场快速装配连接，得到国家大力倡导推广。该技术把大量现场作业移至工厂，能提升构件质量精度和性能稳定性，减少对周边环境的扰动，缩短工期。近年来，随着技术进步，其在市政道路桥梁工程中的应用形式日益丰富，技术体系日趋成熟，从简单预制构件应用向复杂结构体系集成化装配发展。尽管该技术潜力巨大，但推广应用仍面临前期成本高、设计施工一体化水平不足等挑战。因此，系统梳理其应用场景，分析效益，针对问题提出解决措施，对推动技术可持续发展、加速市政工程建设模式转型升级具有重要理论和实践价值。

一、新型装配式技术概述

（一）装配式技术的基本原理

装配式技术是将工程结构在工厂预制，再运至现场拼装连接的建造方式。其基本原理是通过标准化设计、工厂化生产、装配化施工和信息化管理，实现工程建设的高效、精准与绿色。标准化设计是基础，对结构构件进行模数化、系列化和通用化设计，实现构件批量生产与互换。工厂化生产在受控环境下，用先进工艺和设备，保证构件质量与尺寸精度，减少现场施工不确定性。装配化施工用机械化和自动化设备吊装、定位和连接构件，提高施工效率，缩短工期。信息化管理贯穿设计、生产、

运输和施工全程，利用BIM技术、物联网和大数据等实现协同管理与质量控制。该原理体现现代工程建设工业化、信息化和智能化趋势，为市政道路桥梁工程提供新路径。

（二）在市政道路桥梁工程中的适用性

新型装配式技术在市政道路桥梁工程中具有广泛的适用性，能够有效解决传统施工方式面临的诸多问题。在道路工程中，装配式技术适用于路基、路面、排水系统、交通设施等多个方面。例如，装配式混凝土路面板、路缘石、检查井等构件可在工厂预制，现场快速拼装，显著提高施工速度，减少对交通的干扰。在桥梁工程中，装配式技术适用于桥梁上部结构、下部结构、桥面系和附属设施等。桥梁上部结构如预制梁、预制桥面板等，可在工厂预制，现场吊装拼接，实现桥梁的快速建造。下部结构如预制桥墩、预制承台等，通过工厂预制和现场连接，减少现场浇筑工作量，降低施工风险。桥面系和附属设施如防撞护栏、伸缩缝、排水设施等，采用装配式技术可提高施工质量和效率。此外，装配式技术还适用于市政道路桥梁的维修和加固工程，通过预制构件替换受损部位，实现快速修复，减少对交通的影响。该技术的适用性不仅体现在新建工程中，也体现在既有工程的改造和维护中，为市政道路桥梁工程的全生命周期管理提供了技术支撑^[1]。

（三）技术优势与局限性

新型装配式技术在市政道路桥梁工程中具有显著的技术优势，但也存在一定的局限性。技术优势主要体现在以下几个方面：一是提高工程质量，工厂化生产环境可控，构件质量稳定，尺寸精度高，减少了现场施工的

人为误差和质量波动。二是缩短工期，构件预制与现场施工可并行进行，减少了现场作业时间，大幅缩短工程周期。三是降低施工风险，减少了高空作业、现浇混凝土等高风险工序，提高了施工安全性。四是减少环境影响，工厂化生产减少了现场噪音、粉尘和废水排放，装配化施工减少了建筑垃圾和资源浪费，符合绿色施工理念。五是提升工程效益，虽然初期投资可能较高，但通过缩短工期、降低维护成本和提高使用寿命，实现了全生命周期成本的优化。然而，该技术也存在一定的局限性：一是对运输和吊装设备要求高，大型预制构件的运输和吊装需要专业的设备和场地，增加了施工难度和成本。二是设计标准化要求高，需要建立完善的标准体系，对设计人员的专业能力要求较高。三是节点连接技术复杂，预制构件的连接节点是结构的关键部位，需要可靠的连接技术和质量控制措施。四是初期投资较大，工厂化生产需要投入大量资金建设生产线和购置设备，对企业的资金实力要求较高。五是适应性有限，对于复杂地形和特殊地质条件，装配式技术的应用可能受到限制。这些优势与局限性的客观分析，为新型装配式技术在市政道路桥梁工程中的合理应用提供了科学依据^[2]。

二、装配式技术在市政道路桥梁工程中的应用路径

(一) 应用总体框架

新型装配式技术在市政道路桥梁工程中的应用总体框架以系统化、模块化、协同化和智能化为核心原则，构建从规划设计、构件生产、运输组织到现场装配的全流程技术体系。该框架以项目需求为导向，以技术标准支撑，以信息化平台为纽带，实现各环节的高效协同与无缝衔接。在规划设计阶段，基于BIM技术进行三维建模与协同设计，制定标准化、模块化的构件设计方案，并明确各构件的技术参数与接口要求。在构件生产阶段，依托预制工厂进行规模化、精细化生产，通过数字化加工设备和自动化生产线，确保构件的质量与精度。在运输组织阶段，根据构件尺寸、重量和运输距离，制定科学的运输方案，合理选择运输路线与方式，确保构件安全、准时送达施工现场。在现场装配阶段，采用专业化的吊装设备与连接技术，按照施工方案进行构件的拼装与固定，实现结构的快速成型。该总体框架通过全流程的系统化管理，充分发挥装配式技术的优势，为市政道路桥梁工程的高效实施提供了技术保障。

(二) 关键技术环节与实施要点

装配式技术在市政道路桥梁工程中的成功应用，依赖于多个关键技术环节的精准把控与实施要点的严格执

行。在构件设计环节，实施要点包括：采用模数化设计方法，确保构件的标准化与通用性；优化构件尺寸与重量，便于运输与吊装；明确构件的连接方式与接口要求，保证装配的精度与可靠性。在构件生产环节，实施要点包括：建立严格的质量控制体系，对原材料、生产工艺和成品检验进行全过程监控；采用高精度模具与自动化设备，确保构件的尺寸精度与表面质量；加强生产过程的数字化管理，实现生产数据的实时采集与分析。在构件运输环节，实施要点包括：制定详细的运输计划，明确运输时间、路线与方式；选择合适的运输车辆与固定装置，防止构件在运输过程中发生损坏；加强运输过程中的安全监控，确保构件的安全送达。在现场装配环节，实施要点包括：制定科学的装配方案，明确装配顺序与工艺要求；配备专业的吊装设备与操作人员，确保装配过程的安全与效率；加强装配过程中的质量控制，对构件的定位、连接与固定进行严格检查；建立装配过程的信息化管理系统，实现装配数据的实时记录与追溯。这些关键技术环节与实施要点的有效落实，是确保装配式技术在市政道路桥梁工程中成功应用的重要保障^[3]。

(三) 工程实施中的主要挑战

尽管新型装配式技术在市政道路桥梁工程中具有显著优势，但在工程实施过程中仍面临诸多挑战。首先，技术标准体系不完善是制约其广泛应用的重要因素。目前，针对市政道路桥梁装配式技术的国家标准和行业规范尚不健全，缺乏统一的设计、生产、施工和验收标准，导致工程实施过程中存在较大的不确定性和风险。其次，构件生产与运输成本较高，增加了工程初期投资。预制构件的生产需要建设专门的工厂和购置先进设备，运输过程中需要特殊的车辆和固定装置，这些因素都导致成本的上升。再次，现场装配精度要求高，施工难度大。预制构件的拼装需要高精度的定位和连接，对施工设备和技术人员的要求较高，任何微小的误差都可能影响结构的整体性能和安全性。此外，各专业协同难度大，装配式工程涉及设计、生产、运输、施工等多个环节，需要各专业之间的紧密配合，但在实际操作中，由于信息不对称和沟通不畅，往往导致协同效率低下。最后，技术人才短缺也是制约其发展的重要因素。装配式技术需要具备专业知识和技能的设计人员、生产人员和施工人员，但目前相关人才储备不足，难以满足工程实施的需求。这些挑战的存在，要求在推广应用装配式技术的过程中，加强技术研发、完善标准体系、降低成本、提高协同效率和培养专业人才，以推动其在市政道路桥梁工

程中的广泛应用。

三、装配式技术应用的效益分析

(一) 经济效益分析

经济效益分析需从成本构成、工期效率、资源周转三方面展开，核心在于量化装配式技术对传统施工模式的成本优化。22年某城市市政桥梁项目采用装配式技术，预制墩柱、盖梁等核心构件在工厂标准化生产，生产合格率达98%，较现场浇筑施工的93%合格率减少返工成本，仅构件返工一项即节省费用约35万元。现场施工环节，装配式技术无需长时间养护，项目原计划180天完工，实际126天完成主体结构安装，工期缩短30%，相应减少管理人员薪酬、机械租赁费等间接成本约80万元。构件运输环节，通过优化运输路线并采用专用吊装运输车辆，构件损耗率控制在1%以内，较传统散装运输的4%损耗率节省构件补充成本约22万元。此外，预制构件可批量生产，21年某城区道路改造项目中，预制路缘石由本地预制厂生产，日均产量达500米，生产效率较现场浇筑提升4倍，人工成本占比从传统施工的35%降至22%，整体项目造价较传统模式降低12%^[4]。

(二) 社会效益分析

社会效益聚焦施工对城市运行、居民生活及公共安全的正向影响。21年某老旧城区主干道改造项目，采用装配式路面板与检查井预制技术，每个施工段仅需封闭24小时即可完成构件安装与路面恢复，较传统现场浇筑的72小时封闭时长缩短2/3，有效减少交通拥堵。该路段高峰期通行效率从施工前的每小时1200辆提升至1680辆，周边居民通勤时间平均减少15分钟，居民对施工的满意度从传统项目的58%提升至89%。施工安全方面，装配式技术使现场作业量减少60%，高空作业、混凝土振捣等高危环节频次降低，该项目施工期间未发生安全事故，较同类型传统项目的2起平均事故发生率降低100%。同时，装配式技术带动产业链就业，22年某市政项目配套预制厂为当地创造50个技术岗位与80个生产岗位，其中本地员工占比70%，有效提升区域就业水平。

(三) 环境效益分析

环境效益主要体现在污染减排与资源循环利用两方面。22年某跨河市政桥梁项目采用装配式技术，现场混凝土浇筑量减少90%，建筑垃圾产生量仅为传统项目的12%，共计减少建筑垃圾1200吨，其中80%的建筑垃圾

经预制厂破碎处理后，重新用于生产小型预制构件（如排水沟盖板），资源回收率显著提升。施工扬尘控制方面，现场作业量减少使扬尘浓度稳定控制在 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 以内，符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》要求，较传统施工的 $1.7\text{mg}/\text{m}^3$ 扬尘浓度降低70%，周边空气质量达标天数占比提升15%。能耗与噪音控制上，21年某预制厂为道路项目生产构件时，采用余热回收系统利用生产余热供暖，单位构件能耗较现场浇筑降低35%，折合节省标准煤约200吨；现场施工噪音主要来自构件吊装机械，分贝值控制在65分贝以下，较传统混凝土振捣的90分贝噪音降低25分贝，夜间施工噪音达标率100%，未收到居民噪音投诉^[5]。

结语

新型装配式技术在市政道路桥梁工程中的应用展现了显著的优势和潜力，其工业化、信息化和智能化的特点为行业带来了全新的发展机遇。通过工厂化生产与现场装配相结合，不仅大幅提升了工程质量与施工效率，还有效减少了对环境的负面影响，契合了现代工程建设的可持续发展理念。然而，该技术的推广仍面临标准体系不完善、初期成本较高以及专业人才短缺等问题，需要通过政策支持、技术研发和人才培养等多方面努力加以解决。未来，随着技术的不断成熟和实践经验的积累，装配式技术有望在市政道路桥梁工程中发挥更大的作用，推动行业向更高效、更环保、更智能的方向发展。这一趋势将为城市基础设施建设提供强有力的技术支撑，助力实现社会、经济与环境效益的协同发展。

参考文献

- [1] 李春磊. 探析装配式施工技术在桥梁墩台施工中的应用[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021.
- [2] 杨暖, 姜阳. 装配式技术在市政桥梁工程中运用研究[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022.
- [3] 杨龙. 装配式技术在市政桥梁工程中应用探讨[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2022(10): 4.
- [4] 何远义, 彭浪. 装配式盖梁施工技术在桥梁工程中的应用[J]. 工程建设与设计, 2020(5): 3. DOI: CNKI: SUN: GCJS.0.2020-05-076.
- [5] 潘广宇, 苑咸岱. 装配式技术在市政桥梁工程中的应用探讨[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2022(12): 4.