

装配式桥梁标准化设计与绿色施工技术集成研究

陈秀华

420122*****0014

摘要:阐述装配式桥梁建设在交通基础设施升级中的核心地位；说明标准化设计与绿色施工技术集成的必要性与现实意义；概述研究的核心思路、关键技术路径及主要研究成果；指出该集成技术体系对推动桥梁工程工业化、低碳化发展的应用价值。

关键词:装配式桥梁；标准化设计；绿色施工；技术集成

DOI: 10.64216/3104-9680.25.02.001

引言

随着我国交通网络的不断完善，桥梁工程建设面临着效率提升、环保达标等多重挑战。装配式施工技术因能有效缩短工期、减少现场作业污染，已逐步替代传统现浇施工成为桥梁建设的主流模式。然而，当前装配式桥梁建设中存在标准化程度不足、设计与施工衔接不畅等问题，制约了绿色施工技术的充分应用。在此背景下，开展装配式桥梁标准化设计与绿色施工技术集成研究，能够有效解决设计与施工脱节问题，提升工程建设的整体效益。本文通过系统梳理相关技术要点，构建科学的集成体系，为桥梁工程的绿色化、标准化发展提供理论与技术支撑。

1 研究背景与意义

1.1 发展现状与趋势

近年来，装配式桥梁在我国公路、铁路等交通基础设施建设中应用范围不断扩大。各地逐步出台相关政策推动装配式桥梁技术的发展，鼓励企业加大技术研发投入。从发展趋势来看，装配式桥梁正朝着标准化、数字化、绿色化方向迈进。标准化生产能够降低构件制造成本，提高构件通用性；数字化技术可实现设计、施工全过程的精准管控；绿色化发展则响应了国家双碳战略的要求。当前，装配式桥梁在中小跨径桥梁建设中已形成较为成熟的技术体系，但在大跨径桥梁中的应用仍需进一步探索，整体发展仍存在区域不平衡、技术标准不统一等问题。

1.2 标准化设计应用短板

标准化设计在装配式桥梁建设中的应用仍存在诸多短板。首先，现有标准体系不够完善，不同地区、不同桥型的设计标准存在差异，导致构件通用性差，难以实现规模化生产。其次，设计过程中缺乏对施工环节的充分考量，设计方案与施工工艺衔接不畅，增加了施工难度与成本。再次，标准化设计与个性化需

求之间的平衡难以把握，部分设计方案过于强调标准化，忽视了桥梁所处地域的地质条件、环境特征等个性化因素。

1.3 技术融合现实需求

绿色施工与装配式技术的融合具有强烈的现实需求。当前，我国桥梁建设行业面临着严峻的环保压力，施工现场的扬尘、噪音、污水排放等问题亟待解决。装配式技术通过工厂预制、现场装配的方式，可有效减少现场作业污染，但要实现真正的绿色发展，还需与绿色施工技术深度融合。绿色施工技术能够在材料选择、施工工艺、资源利用等方面实现节能降耗、保护环境的目标。二者的融合能够互补优势，进一步提升桥梁建设的环保效益与经济效益。

2 标准化设计体系构建

2.1 核心原则与技术要求

装配式桥梁标准化设计需遵循通用性、安全性、经济性、绿色性等核心原则。通用性原则要求设计的构件能够适用于不同类型、不同跨径的桥梁，提高构件复用率；安全性原则是设计的首要前提，需保证桥梁在使用过程中具备足够的承载能力、稳定性和耐久性；经济性原则要求在满足功能需求的前提下，降低设计、制造与施工成本；绿色性原则则强调设计过程中充分考虑环保要求，减少对环境的影响。技术要求方面，需明确构件的尺寸规格、材料性能、连接方式等技术参数。

2.2 构件标准化与模块开发

关键构件的标准化设计与通用化模块开发是装配式桥梁标准化设计体系的核心内容。首先，针对桥梁的梁、板、柱、墩等关键构件，开展标准化设计，确定统一的尺寸规格、截面形式和材料标准。通过优化构件设计，减少构件类型，提高构件的通用性与互换性。其次，进行通用化模块开发，将桥梁结构分解为

若干个标准化模块，如主梁模块、桥墩模块、基础模块等。每个模块具备独立的功能，可根据桥梁的具体需求进行组合拼接。模块开发过程中，需充分考虑模块之间的连接可靠性与协调性。同时，建立构件与模块的标准库，为设计人员提供便捷的设计工具，提高设计效率与质量。

2.3 与数字化建模协同技术

标准化设计与数字化建模的协同技术能够显著提升装配式桥梁设计的效率与精度。**BIM**技术作为主流的数字化建模工具，可实现装配式桥梁设计的三维可视化。通过建立标准化的**BIM**构件库，将标准化设计的构件参数录入模型，设计人员可直接调用构件进行桥梁模型搭建。协同技术体现在设计过程中各专业之间的协同工作，通过**BIM**平台实现建筑、结构、机电等专业的信息共享与协同设计，减少设计冲突。同时，数字化建模可对设计方案进行模拟分析，如结构受力分析、施工过程模拟等，及时发现设计中的问题并进行优化。此外，**BIM**模型还可贯穿于施工、运维全过程，实现设计信息的全生命周期管理。

3 绿色施工关键技术研发

3.1 低碳建材与污染控制

低碳建材应用与施工污染控制技术是装配式桥梁绿色施工的重要支撑。在低碳建材应用方面，推广使用高性能混凝土、再生骨料混凝土、绿色钢材等低碳环保材料。高性能混凝土具有强度高、耐久性好等优点，可减少材料用量；再生骨料混凝土能够实现建筑废弃物的资源化利用，降低对天然资源的消耗；绿色钢材则通过改进生产工艺减少碳排放。施工污染控制技术主要针对扬尘、噪音、污水等污染类型。扬尘控制可采用洒水降尘、密闭运输、覆盖防护等措施；噪音控制可选用低噪音施工设备，合理安排施工时间；污水控制则需建立污水处理系统，对施工废水进行处理达标后再排放。通过这些技术的应用，可有效降低施工过程对环境的污染。

3.2 构件吊装与对接技术

装配式构件高效吊装与精准对接技术是提升施工效率、保证施工质量的关键。在吊装技术方面，研发并应用新型吊装设备与吊装工艺。新型吊装设备具有承载能力大、操作灵活、自动化程度高等特点，可适应不同类型构件的吊装需求。吊装工艺需根据构件的重量、尺寸、安装位置等因素进行优化，采用科学的吊装顺序与吊装方法，减少吊装时间，提高吊装效率。精准对接技术则通过采用高精度测量仪器、定位装置

等，实现构件的精准定位与对接。在对接过程中，需严格控制构件的安装偏差，确保构件连接的可靠性与密封性。同时，研发应用新型连接材料与连接工艺，如高性能密封胶、预应力连接技术等，进一步提升对接质量。通过高效吊装与精准对接技术的结合，可有效缩短施工工期，保证工程质量。

3.3 节能降耗与资源循环

施工全过程节能降耗与资源循环利用技术是实现绿色施工的核心目标之一。节能降耗技术主要体现在施工设备、施工工艺等方面。选用节能型施工设备，减少设备的能耗；优化施工工艺，如采用信息化管理手段合理安排施工流程，减少无效作业，降低能源消耗。资源循环利用技术则针对施工过程中产生的建筑废弃物、水资源等进行循环利用。建筑废弃物可通过破碎、筛分等处理后作为再生骨料重新利用；施工废水经处理后可用于洒水降尘、混凝土养护等；施工过程中产生的余料、废料可进行分类回收再利用。此外，还可通过合理规划施工场地，减少土地资源的占用，实现施工资源的高效利用。

4 技术集成机制

4.1 核心框架与协同逻辑

标准化设计与绿色施工技术集成体系的核心框架以设计与施工的协同为核心，涵盖技术层、管理层、保障层三个层面。技术层包含标准化设计技术、绿色施工技术、数字化协同技术等核心技术要素；管理层负责集成过程的流程管控、信息管理、进度管理等；保障层则包括标准规范、政策支持、人才培养等保障措施。协同逻辑体现为设计阶段充分融入绿色施工理念，根据绿色施工要求优化标准化设计方案；施工阶段严格按照标准化设计方案实施，同时将施工过程中的绿色施工数据反馈给设计阶段，实现设计与施工的动态协同。通过核心框架的构建与协同逻辑的梳理，确保集成技术体系的有序运行。

4.2 信息交互与流程优化

设计与施工阶段的信息交互与流程优化是技术集成的关键环节。信息交互需建立高效的信息共享平台，实现设计信息、施工信息、监测信息等的实时传递与共享。设计阶段将标准化设计方案、构件参数、绿色施工要求等信息录入平台；施工阶段将施工进度、质量检测数据、绿色施工实施情况等信息反馈至平台，设计人员根据反馈信息及时调整设计方案。流程优化则针对传统设计与施工脱节的问题，重构设计与施工流程。将绿色施工评价指标纳入设计方案评审体系，

确保设计方案具备绿色施工可行性；在施工前开展设计交底工作，使施工人员充分理解设计意图与绿色施工要求；施工过程中加强设计与施工的沟通协调，及时解决技术难题。

4.3 质量控制与安全保障

集成技术的质量控制与安全保障措施是确保工程质量与施工安全的重要基础。质量控制方面，建立全流程质量管控体系，涵盖设计质量控制、构件生产质量控制、施工质量控制等环节。设计质量控制通过严格的设计评审、模拟分析等手段确保设计方案的合理性；构件生产质量控制加强对生产过程的监测，严格检验构件的各项性能指标；施工质量控制重点关注构件吊装、对接等关键工序的质量，采用高精度检测设备进行质量检测。安全保障措施包括建立健全安全管理制度，加强施工人员的安全培训，提高安全意识；对施工设备进行定期检修与维护，确保设备安全运行；针对复杂施工环境制定专项安全预案，防范安全风险。通过完善的质量控制与安全保障措施，保障集成技术的顺利应用。

5 应用适配性分析

5.1 桥型与工况适配方案

不同桥型与工况下的技术适配方案需结合桥梁的结构特点、所处环境等因素制定。对于中小跨径梁桥，可采用标准化程度高的预制梁、预制板构件，搭配常规绿色施工技术，实现高效建设与环保要求。对于大跨径桥梁，需优化标准化设计方案，开发大尺寸、高强度的标准化构件，同时采用先进的吊装技术与污染控制技术，适应复杂的施工环境。在特殊工况下，如地质条件复杂区域、生态敏感区域，需针对性调整集成技术方案。地质复杂区域加强基础构件的标准化设计与质量控制，采用绿色支护技术；生态敏感区域强化施工污染控制，选用环保型材料，减少对周边生态环境的影响。

5.2 效益评估方法

集成技术的经济性与环境效益评估方法需建立科学的评估指标体系。经济性评估指标包括工程造价、施工工期、运维成本等。通过对比传统施工技术与集成技术的工程造价，分析集成技术的成本优势；统计集成技术应用后的施工工期，评估其效率提升效果；预测集成技术应用后的运维成本，判断其长期经济性。环境效益评估指标包括碳排放量、污染物排放量、资源利用率等。通过计算施工过程中的碳排放量与污染

物排放量，评估集成技术的环保效果；统计建筑废弃物、水资源等的循环利用率，衡量其资源节约效益。评估过程中采用定量与定性相结合的方法，确保评估结果的客观性与准确性。

5.3 推广制约与解决路径

集成技术推广应用的制约因素主要包括技术标准不完善、前期投入成本高、专业人才匮乏等。技术标准不完善导致集成技术的应用缺乏统一规范，影响推广效果；前期投入成本高，包括设备购置、技术研发、人员培训等费用，增加了企业的应用门槛；专业人才匮乏，缺乏既掌握标准化设计技术又熟悉绿色施工技术的复合型人才，制约了集成技术的有效应用。解决路径方面，需加快完善相关技术标准体系，制定统一的设计规范与施工指南；加大政策扶持力度，通过财政补贴、税收优惠等方式降低企业前期投入成本；加强人才培养，建立校企合作机制，培养专业复合型人才，同时加强行业培训，提升现有从业人员的技术水平。

6 结论

本文围绕装配式桥梁标准化设计与绿色施工技术集成展开研究，系统梳理了装配式桥梁标准化设计与绿色施工的核心技术要点。通过构建标准化设计体系，明确了设计的核心原则、构件标准化方向及与数字化建模的协同路径；研发了低碳建材应用、高效吊装对接等绿色施工关键技术；建立了包含核心框架、信息交互、质量安全保障的技术集成机制；分析了不同桥型与工况下的适配方案、效益评估方法及推广制约因素与解决路径。

参考文献

- [1]霍树栋.装配式桥梁标准化设计方法及其工程应用[J].大众标准化,2025,(14):139-141.
- [2]林正桦.装配式桥梁设计在快速建设中的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(14):151-153.
- [3]吴孙尧.常规桥梁标准化设计技术研究与应用[J].城市道桥与防洪,2021,(05):104-107+16.
- [4]杨乾.UHPC节段预制拼装梁桥标准化设计与BIM应用研究[D].西南交通大学,2021.
- [5]陈雨阳.预制装配式铁路波形钢腹板连续梁桥标准化设计及力学性能研究[D].合肥工业大学,2020.