

整体装配式防汛墙在水利工程中的实践应用

周文书

(上海市金山区水利管理所, 上海市 201599)

摘 要: 为了推广装配式结构在水利工程领域的应用, 基于整体装配式防汛墙在浦南东片南排通道骨干河道整治工程中的试点应用案例, 通过实践数据分析、现场调查, 以定量与定性相结合的方式, 阐述其具有的标准化程度高、施工效率高、质量可控性好、节能环保等应用优势, 并总结应用过程中遇到的难点与问题, 从创新设计手法、提升生产工艺、细化施工方法、完善管理制度等多个方面提出应对解决措施, 为类似工程建设提供参照, 从而推广装配式结构在河道整治工程中的应用。

关键词: 浦南东片; 南排通道; 整体装配式; 防汛墙; 实践应用

中图分类号: TV87; TU998.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)11-0191-06

Application and Practical of the Overall Prefabricated Flood Control Wall in the Water Engineering

ZHOU Wenshu

(Jinshan Water Conservancy Management Institute, Shanghai 201599, China)

Abstract: In order to promote the application of prefabricated structures in the field of water conservancy engineering, based on the pilot application case of the overall prefabricated flood control wall in the backbone river training project of the southern drainage channel of East-Punan area, this paper combines quantitative and qualitative methods through practical data analysis and on-site investigation to expound its advantages of high standardization, high construction efficiency, good quality controllability, energy conservation and environmental protection. The difficulties and problems that arise in the application process are summarized, and corresponding solutions are proposed from multiple aspects such as innovative design methods, improving production processes, refining construction methods, and improving management systems, thereby providing reference for similar engineering construction and promoting the practical application of prefabricated structures in river channel improvement projects.

Keywords: East-Punan Area; southern discharge channel; integrated assembly type; flood control wall; practical application

0 引 言

装配式建设作为一种可提高建设效率和质量的建造方法,最早在中国古代的榫卯结构中已得到体现。19 世纪,装配式建筑成为工业革命在建筑行业的映射,而在英国伦敦海德公园举办的第一届国际工业博览会上的“水晶宫”成为标志性建筑^[1];20 世纪,装配式建筑在国外盛行,相关技术和工艺逐渐发展成熟,尤其是在第二次世界大战后的重建过程中该技术得到快速发展,其中以日本的装配式建筑最为典型^[2-3]。

我国现代装配式建筑起步较晚,国务院办公厅

于 2016 年印发《关于大力发展装配式建筑的指导意见》,在顶层政策的指引下,各地、各行业均出台了相应的实施计划和方案。2021 年,上海市水务局发布了《上海市水务局推进装配式技术水务工程应用三年行动计划(2021—2023 年)》,要求线性水利工程预制率指标应达到 40%,并以试点、示范为主。该计划推行至今,虽取得初步成效,但受限于根深蒂固的传统建设习惯,距离实现 40% 预制率的目标仍有不小的差距,且主要应用在一些小型、非主体构件上,针对防汛墙结构的整体装配式方案应用仍较为罕见。

浦南东片南排通道骨干河道整治工程是上海市的重大工程之一,已于 2023 年批复开工建设。作为典型的线性工程,笔者所在建设团队针对上海市常见的 2 种防汛墙结构(高、低桩承台),积极开展防汛墙整体装配式结构的试点应用探索,充分利用其优

收稿日期: 2025-03-11

作者简介: 周文书(1989—),男,硕士,工程师,从事水务工程建设管理工作。

势,针对建设过程中遇到的重点和难点,研究应对措施,以期推广装配式结构在河道整治工程中的实践应用,从而贯彻落实创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念。

1 浦南东片南排通道项目概述

浦南东片是上海市水利分片综合治理格局中14个片区之一,位于南部区域,靠近杭州湾。随着全球气候变化、极端天气频现,近年来该片区时常遭受灾害,河道水位高涨,在2021年台风“烟花”过境期间甚至刷新历史纪录,片区排水系统出现严重问题,多个街镇发生内涝,骨干河道沿线河水漫堤,两岸受灾情况严重,国民经济遭受较大损失。为此,各级政府高度重视,由市发展改革委立项实施浦南东片南排通道骨干河道整治工程。该工程为浦南东片涝水南排杭州湾重要通道(张泾河—卫城河)中总长度约为14 km骨干河道的整治,项目位置和总体布置如图1所示。工程建设完工后将大幅提升片区的防汛除涝能力,保障城市运行安全,从而促进区域社会、经济稳步发展,助推上海市“南北转型”发展。



图1 工程位置图

工程建设内容包括疏拓河道,新建防汛墙、防汛道路、桥梁、绿化等。工程涉及的2条骨干河道为Ⅵ级航道,除了承担防洪除涝功能外,还承担着上海市大部分危化品运输的任务。因此,工程建设对结构的质量安全、施工的效率等提出较高的要求。为了打造水利线性样板工程,体现创新性与示范性,项目对整体装配式防汛墙结构开展研究与试点应用,图2为装配式结构图。

结构上的难点在于前排板桩为密排形式,为保证板桩与底板间的可靠连接,装配式构件需采用通

槽形式,而因底板与墙身混凝土间不连续,仅通过钢筋连接,吊装时容易产生较大的变形,影响结构安全。项目研究通过在墙背侧和底板顶面预埋型钢、钢板,作为辅助设施,以确保起吊和后浇过程中装配式构件不发生变形。吊装采用6点吊装(预埋螺纹套筒),通过“错台搭接+填缝密封”的措施,保障相邻构件的拼接缝达到止水效果。

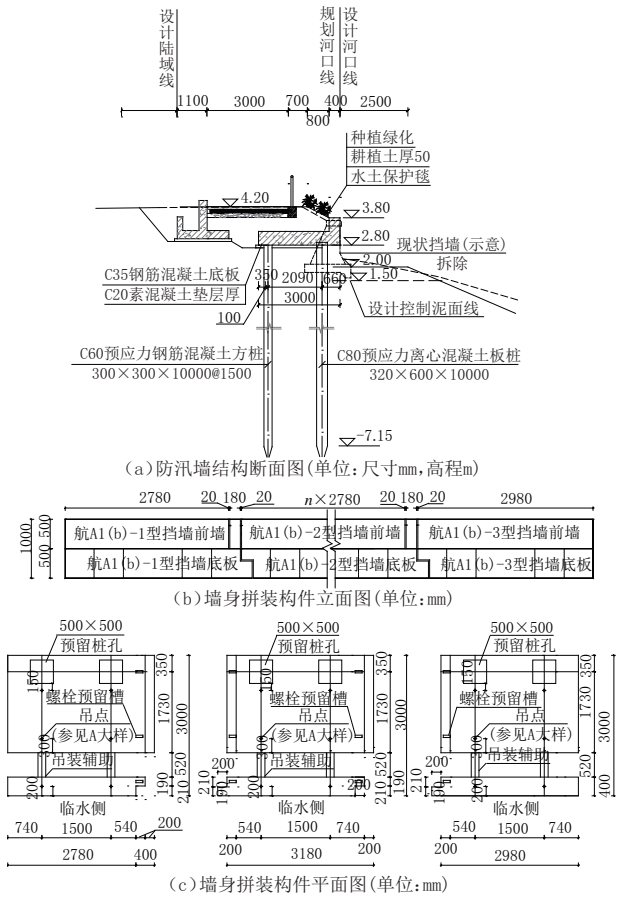


图2 整体装配式防汛墙结构图(以高桩承台为例)

2 装配式防汛墙的应用优势

装配式结构的优点主要有标准化程度高、施工效率高、质量可控性好、节能环保等。河道整治工程作为一种线性工程,是装配式工艺较好的应用场景。结合工程实际应用情况,本文分析总结了装配式防汛墙的应用优势包括以下3个方面。

2.1 施工效率方面

以施工150 m防汛墙为例,对比传统现浇与预制装配2种工艺,如表1所示。其中,传统现浇工艺按照常规施工组织计算,预制装配工艺根据工程实际建设统计数据计算。由表1可知,现浇防汛墙施工涉及支模、绑扎钢筋、浇筑混凝土等多道工序,人力、机械、时间成本投入较大。而装配式防汛墙主

要依托工厂预制,同等人力和施工作业面条件下,施工周期仅为传统现浇工艺的 1/3,且工序不受混凝土养护周期限制,节约人工工时近 40%,节约机械台班 20%。

表 1 传统现浇与预制装配式防汛墙工序以及人力、机械、时间成本对比

序号	工序	投入人力成本/工时		节约工时比例/%
		传统现浇结构	装配式防汛墙	
1	钢筋配料	40	28	30.00
2	方桩桩头破除	80	55	31.25
3	钢筋绑扎	30	10	66.67
4	支模、拆除模板、设置止水带等	40	20	50.00
5	混凝土浇筑	40	28	30.00
合计		230	141	39.10

序号	工序	投入机械/台班		节约台班比例/%
		传统现浇结构	装配式防汛墙	
1	钢筋等材料进场加工、现场运输	20	10	50
2	设置模板、拆除模板	10	5	50
3	设置模板、拆除模板	5	3	40
4	预制挡墙吊装	0	10	-100
合计		35	28	20

2.2 质量控制方面

选取工程中采用传统现浇工艺浇筑的防汛墙与装配式试点段防汛墙的质量进行对比。传统现浇防汛墙在施工过程中,由于班组技术水平、养护条件、模板质量、砼振捣和人工绑扎钢筋等因素的影响,容易出现钢筋绑扎不均、墙身与底板分期浇筑位置烂根、墙体蜂窝麻面,以及养护不当导致的裂缝等常见问题。装配式防汛墙由于工厂标准化生产,一体浇筑,蒸汽养护,外观质量普遍较好,明显优于传统工艺。2 种工艺建设的同类防汛墙现场照片如图 3 所示。

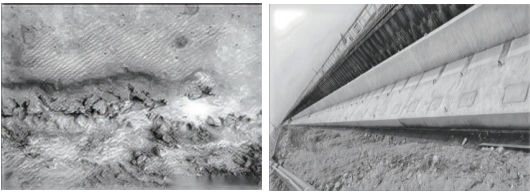


图 3 传统现浇与预制装配式防汛墙外观质量实景图

2.3 节能环保方面

装配式防汛墙通过工厂预制与现场吊装的方式,显著减少了滨水施工现场的湿法作业量,缩短了施工工期,并大幅降低了施工机械振动、废水残渣等对周边环境的负面影响,其环保性能明显优于传统工艺。分析本工程施工时近岸环境监测数据发现,在装配式防汛墙施工期间,周边水体悬浮物浓度增量均值为 10 mg/L,远低于传统施工的 50 mg/L,墙身施工时的噪声值比传统现浇工艺小,极大地减轻了生态负担,契合绿色发展的要求。预制构件的工厂

标准化生产,不仅减少了建筑垃圾,降低了材料浪费,提高了资源利用效率,还通过优化材料选择和精益施工实践,有效减少了物料翻运、立模、绑扎、浇筑、用电等成本。此外,预制构件的高温蒸汽养护技术不仅节约了水资源,还避免了运输和现浇过程中的人为损耗,从而在节能方面展现出明显优势^[4]。

3 整体装配式防汛墙建设的难点及应对措施

3.1 建设难点

3.1.1 水利行业缺乏对设计、生产、施工等环节的规范导引

相较于传统现浇混凝土防汛墙,整体装配式防汛墙在设计环节需要根据更复杂的工况,精准地设计预制构件及其连接方式;同时,需要兼顾防水、结构稳定性和适应运输吊装等要求。在生产环节则要严格控制预制构件的精度、质量和性能,确保生产效率与成本之间的平衡;同时,需要妥善解决构件的存储与保护难题。在施工安装过程中,需要精确控制现场安装精度、处理复杂的连接施工,满足施工场地和设备的要求。然而,目前的水利行业尚缺乏有针对性的设计、生产和施工规范标准予以引导。

3.1.2 水利行业暂无同类建设案例可作参考

整体装配式防汛墙在构件设计生产施工、防水防渗要求、运输配合协调、安全管理和运行维护等方面存在特殊性,目前,上海市乃至全国水利行业暂无成熟的案例可供参考。部分水利工程在二级小挡墙、箱型砌块、景观花槽等部分构件中使用了装配式

技术,但对本工程整体装配式防汛墙建设的参考价值有限。水运行业中有使用整体装配式护岸的工程案例,然而,由于行业间的规范要求和管理模式存在差异,这些案例对本工程在设计、施工管理方面的参考价值相对有限。

3.1.3 建设管理难度大

由于缺乏有针对性的规范导引,设计、生产、施工各环节的质量和安全评价管理难度较大。整体装配式防汛墙建设在生产进度计划的精确安排与协调、资源的合理调配与管理等方面,对建设管理提出了更高的要求。

3.2 水运、建筑、市政领域装配式实践案例调研

我国装配式建筑发展较晚,主要应用于建筑和市政工程领域,为指导装配式建筑应用,各地出台了相应的装配式建筑推广实施办法和规范标准,取得了良好的成效。目前,我国装配式建筑市场正稳步发展中^[5]。

相较于在建筑和市政工程领域的应用,装配式建筑在水利行业的应用还存在一定差距。考虑到水利工程的特殊性,需兼顾防水防渗和结构稳定,对构件生产、节点连接、吊装拼接技术的要求较高。目前,装配式技术主要应用于中小型水利工程的渠道衬砌、小型涵管等构筑物中(见表2)。

表2 装配式技术的实践案例表

应用领域	工程项目	装配式技术应用	应用成果(亮点)
建筑工程	上海张江科学城人才公寓项目	采用装配整体式剪力墙结构体系	墙体平整度、垂直度等指标均达到了较高水平,比传统现浇结构节省了约40%的工期
	北京城市副中心职工周转房项目	采用装配式结构和装配式精装修,预制构件包括墙板、楼板、阳台板、空调板等	预制率达44%,装配率达82%,施工效率相较于传统装修提升了30%以上
市政工程	上海S26公路入城段桥梁工程	采用的预制构件包括立柱、盖梁、箱梁、防撞墙等,通过芯片储存构件从生产到施工的全过程信息	承台以上部分装配率达68%,节约施工时间约40%
	深圳地铁6号线二期华夏站项目	采用拆换撑成环拼装施工工艺	整体装配率达74%,从首块底板吊装到整体吊装完成,装配时间仅97 d
水运工程	长江南京以下12.5 m深水航道二期工程	采用预制混凝土沉箱	预制沉箱质量可控且精度高,节省了近30%的工期
	深圳港大铲湾港区集装箱码头工程	采用预制钢筋混凝土梁、板、桩等构件	配合BIM技术应用于预制构件数字化管理,工期缩短约25%
	宿迁市马陵河综合整治工程	采用预制双面叠合板扶壁式挡墙	示范段挡土墙施工工期缩短达60%,节约投资约50万元

3.3 建设应对措施

3.3.1 创新设计理念

培养模块化设计理念和生态友好设计理念,采用模块化设计,将河道工程分解为若干标准模块,根据不同河段的水文和地质条件进行个性化定制。在确保结构统一的同时,可满足特定环境的适应性需求。在设计中融入生态理念,装配式工艺与传统现浇混凝土或砌石结构护岸相比,采用预制混凝土框架或生态护坡模块,既具有良好的结构强度,又能为促进河道生态恢复的水草、微生物等提供生长空间^[6]。

考虑到装配式建筑在设计阶段展现出的显著的复杂性,加之其提前预制和批量生产的独特性,建筑信息模型(BIM)技术的深度应用成为设计过程中的关键环节^[7]。BIM技术的应用实现了三维可视化,使得设计人员可以通过更直观的平台理解河道的结构,进而精准地优化设计方案^[8-9]。通过BIM技术,可以有效解决构件在集成化设计、复杂节点设计,以

及生产和安装工序中的诸多难题,从而提升整体的设计效率与精确度,确保装配式建筑的顺利实施^[10]。

目前,BIM技术在房屋建筑工程领域已经得到较为广泛的应用,其在提高建筑设计质量和效率方面发挥了重要的作用。同样,在水利工程建设领域,BIM技术也正在逐步展开推广^[11]。通过BIM技术的应用,水利工程的设计和施工过程变得更加透明和可控,不仅有助于缩短工期,还能有效降低建设成本。相信随着BIM技术的不断成熟和普及,其在水利工程建设中的应用将会更加广泛和深入^[12]。

3.3.2 提升生产工艺

得益于工厂预制化生产构件,在受控环境下,装配式生产工艺能够确保产品的质量和精度,保障建筑的使用寿命。结合先进的智能化生产技术,装配式工艺不仅能够高效生产预制构件并实现其可追溯性,还能有效减少材料浪费,达到环境友好和资源节约的目的。

装配式构件生产操作章程和相关规范仍在逐步

完善中。因此,不同的生产工厂需依据现有规范、业主要求,以及自身的实际情况,对施工工艺进行调整和优化。生产前进行原材料进场检验,收集合格证和检测报告,妥善进行材料保护并清晰标识,严格把控浆料配比精准度。在构件生产过程中,应严格控制蒸养窑的升温、降温速度,避免温度变化过快对构件造成损坏,从而确保构件的质量。生产完成后检查构件的质量和尺寸,并对损坏的部件及时进行更换。在必要时,可以采用其他固定措施确保不漏浆,准确定位外伸钢筋^[13]。

预制化构件生产线以工业微电脑处理为核心,将先进的机械技术与微电脑控制及检测技术充分结合。保持人员工作配置的相对稳定,通过传动机械设备和流水线,把控规范的施工作业流程,实现生产线的高效运转。将信息化系统深度融入生产线及产品管理的各个环节,如为钢筋骨架实施一对一条形码编码及贴码作业。统一将产品制造信息录入系统,自动生成成品二维码并贴在相应的产品上,通过手机扫描即可获取构件的具体制造信息。对产品采用信息化入库和出库管理,区域化管理产品堆放场地,相关信息均保存在数据库中,确保产品的发运时间和使用标段的可追溯性^[14]。

采用工厂化集中生产的方式,不仅能够减少现场对施工材料的浪费,还可采用低能耗加工技术和养护技术,降低资源消耗。

3.3.3 细化施工方案

(1) 现场准备

施工前,依据详细的工程场地勘察报告,确保地基承载力满足设计和构件堆放的要求;同时,应提前布置好构件堆放场地,保证场地平整并满足构件堆放承载的要求。完善防晒、防水举措,铺设垫层,可有效避免构件受潮、受冻。对于软土地基,可以采用换填或加固处理的方式,确保地基稳定。装配式施工受环境的影响较小,可以在冬季等不利天气条件下持续进行。

(2) 构件运输与存放

构件在工厂内加工完成后,需根据路况、路线制订合理的运输方案。对于大型构件,需采用专业运输工具和固定措施,确保构件在运输过程中的安全性。运输至现场后,根据型号和安装顺序对构件进行分类存放,便于后续查看和管理。

(3) 吊装与定位

装配式构件因形状不规则、重量大的特点,在作

业前需准确计算构件的重量和重心位置,选择合适的吊装设备,确保吊装安全。可以结合 BIM、GPS 定位和三维激光扫描等多项技术手段进行精确定位,避免二次调整和修正,确保构件安装的精度。作业人员须具备相关的资格证书,并配备专人指挥吊装过程,加强沟通协调,确保吊装作业有序进行^[15]。

(4) 拼装与连接

构件拼装需严格按照规范的要求进行,做好结构部位的保护措施,避免结构碰撞损坏构件,设置临时支撑,确保各构件之间的连接紧密、稳固。根据具体构件的材质和设计要求,选择合适的节点连接方式,可采用灌浆套筒连接、预应力锚固连接、焊接连接或柔性连接系统等方式。在拼装过程中,要注意检查构件的尺寸和精度,确保拼装的质量符合要求^[16]。

(5) 质量检验与验收

在施工过程中,需对每一道工序进行质量检验,包括构件受损和变形、安装精度、外观检查等,对于不符合规范要求的部分,须及时修复后方可进行后续安装工作。项目完成后,组织相关部门对工程的整体质量进行评估和验收,确保施工质量符合相关标准和规范的要求。

(6) 施工安全管理

由于大部分工作是在工厂内完成,既减少了现场施工作业的不确定性和危险性,又减少了高空作业和重型机械的使用,进一步提高了施工的安全性。在施工过程中,要建立起安全管理体系,加强操作人员安全教育培训,做好吊装防护与支撑工作,确保人员安全^[17]。

3.3.4 完善管理制度和培训体系

一是要建立完善、科学的现场管理体系和安全管理规程。加强对施工进度、质量和安全的控制,有效协调各施工环节。加强工人安全教育交底,提高工人的风险意识和应急处置能力,在确保施工质量和进度的前提下,进一步保障施工安全^[18]。

二是强化技术培训,提高管理人员的专业水平。可对操作人员进行专业技术培训和考核,从预制构件的生产、运输、吊装、浇筑等各环节,确保操作人员严格按照规范要求操作,避免出现各种质量问题。可借助水利行业协会平台开展经验交流研讨会,分析和借鉴国内外成功的案例和先进的经验,从而提高行业整体的施工水平^[19]。

3.3.5 加快行业政策制定和技术创新

鉴于装配式建筑在提高建筑品质、缩短施工周期、降低能耗等方面展现出的显著优势,建议政府加快制定和完善相关的法律法规,进一步推动装配式建筑的发展。可以参考国务院发布的《关于大力发展装配式建筑的指导意见》,并结合各省、市的成功案例,为装配式建筑开辟行政审批绿色通道,鼓励项目创新和参与评奖、评优,提供构件物流运输支持。同时,鼓励技术研发和创新,推动装配式建筑设计和施工技术的持续进步和应用拓展,将创新技术深入应用到方案设计、测量放样、吊装工艺、节点连接、绿色施工等多方面。从政府层面推动装配式建筑产业的健康发展,促进“幸福河湖”建设^[20]。

4 结 语

装配式防汛墙的优点主要有标准化程度高、施工效率高、质量可控性好、节能环保等。实践应用案例表明,装配式防汛墙的施工周期仅为传统现浇工艺的1/3,人力和机械成本可大幅降低,相较于传统现浇工艺,施工期间周边水体悬浮物浓度也大幅降低。

相较于传统施工工艺,目前水利行业的装配式防汛墙推进过程比较缓慢,存在缺乏装配式结构建设环节的规范引导、行业内无同类建设案例可作参考、整体建设管理难度大等问题。

通过创新设计思路、优化生产工艺、细化施工流程、完善管理制度和培训机制、加速制定行业政策与技术革新等多方面的努力,我们可以更有效地解决当前装配式防汛墙面临的问题。

随着产业的升级转型、技术水平的提高和管理模式的改善,装配式防汛墙在河道工程中的应用将会更加广泛和深入。

参考文献:

- [1] 李瑜.近代最早的装配式建筑:英国水晶宫[J].砖瓦,2018(9):8.
- [2] 郭章林,梁婷.浅谈装配式建筑的发展[J].价值工程,2017,36(2):233-235.
- [3] 刘凯,张英彤,段万国,等.国内外装配式建筑发展现状及趋势[J].北方建筑,2021,6(3):5-9.
- [4] 付雷.绿色建筑背景下装配式建筑技术的应用[J].绿色环保建材,2020(1):47-49.
- [5] 田静.装配式建筑发展的现状和趋势[J].科技与创新,2024(19):120-122;125.
- [6] 黄广玲.生态护坡技术在河道治理中的应用研究[J].水土保持应用技术,2020(5):48-50.
- [7] 朱小艳,彭宇文.基于BIM的装配式建筑数字化管理模式构建[J].上海房地,2025(2):26-29.
- [8] 罗杰.BIM技术在装配式建筑设计中应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025(7):89-91.
- [9] 舒欣,张奕.基于BIM技术的装配式建筑设计与建造研究[J].建筑结构,2018,48(23):123-126;91.
- [10] 张天,刘德建,景东亚,等.装配式混凝土构件生产工艺研究[J].建筑技术开发,2020,47(6):98-99.
- [11] 王来印.信息化在水利工程施工管理中的应用[J].水利建设与管理,2020,40(10):63-66.
- [12] 单其宽,吴艺文,朱程.BIM技术在河道整治工程设计中的应用[J].人民珠江,2022,43(12):148-154.
- [13] 史宏刚,刘振华,齐国刚,等.装配式构件生产质量的提升[J].建设科技,2020(20):86-88.
- [14] 刘志明,雷春梅.装配式构件生产线和生产工艺研究[J].混凝土与水泥制品,2018(3):76-78.
- [15] 潘峰.装配式建筑混凝土预制构件吊装顺序研究[J].建筑施工,2025,47(2):305-309.
- [16] 寇琦,郭勇,陈瑾瑞,等.装配式建筑现浇构件与预制构件高精度连接研究[J].工程质量,2024,42(11):96-100.
- [17] 彭子尹.论装配式建筑施工管理的关键技术与策略[J].城市建设理论研究(电子版),2025(7):34-36.
- [18] 张瑞鹏.探析装配式建筑施工现场的安全管理[J].建材发展导向,2024,22(19):116-119.
- [19] 陈彬,姚锡伟,何玉凤.装配式建筑职业技能培训服务乡村人才振兴研究[J].内江科技,2025,46(2):135-137.
- [20] 李国英.强化河湖长制 建设幸福河湖[J].中国水利,2021(23):1-2.