

绿色建筑工程装配式建筑施工技术应用

豆陈利

浙江城泰建设集团有限公司 浙江 湖州 313000

摘要：绿色建筑工程中，装配式建筑施工技术通过标准化设计、工厂化生产及装配化施工，显著提升建筑全生命周期的可持续性。该技术采用BIM协同设计优化模块化构件，集成再生混凝土、低碳钢材等环保材料，结合太阳能光伏一体化、雨水回收系统，降低能耗与污染。施工阶段通过智能化生产线、机器人焊接及绿色施工管理，减少现场湿作业，实现节能率超20%、固废减排50%，推动建筑业向低碳、高效方向转型。

关键词：绿色建筑工程；装配式建筑；施工技术应用

引言：在“双碳”目标驱动下，绿色建筑与装配式建筑的深度融合已成为建筑业转型升级的核心路径。装配式建筑通过工业化生产模式实现构件标准化、施工装配化，显著降低现场污染与材料浪费；绿色建筑则强调全生命周期节能降耗与资源循环。两者的协同应用，既能通过预制构件精准控制提升建筑能效，又能依托可再生能源系统与废弃物再生技术构建低碳生态体系，对推动建筑行业可持续发展具有重要战略意义。

1 装配式建筑与绿色建筑的理论基础

1.1 绿色建筑的核心内涵

绿色建筑以“全生命周期可持续”为核心，涵盖节能、环保与资源高效利用三大维度。节能方面，通过优化建筑朝向、采用保温隔热材料及可再生能源系统，降低运行阶段能耗，如光伏建筑一体化技术可实现能源自给率提升30%以上；环保聚焦减少污染物排放，从建材生产到施工运维全程控制碳排放与固废产生；资源高效利用则强调水资源循环（如雨水回收系统）、建材循环使用（如再生骨料混凝土）及土地集约利用，构建“低消耗、低污染、高循环”的建筑生态体系。

1.2 装配式建筑的技术特征

装配式建筑依托工业化生产模式，核心技术特征体现为“三化”协同。标准化设计以模块化构件为基础，通过统一尺寸规格与接口标准，实现构件通用性提升80%以上，减少设计冗余；工厂化生产将墙体、楼板等构件在车间预制，借助自动化设备保障精度，同时避免现场浇筑的材料浪费；装配化施工以吊装、拼接为主要方式，大幅减少现场湿作业，缩短工期40%左右，且降低施工过程中的噪音与粉尘污染，推动建筑生产从“现场建造”向“工厂制造”转型^[1]。

1.3 两者协同发展的必要性

装配式建筑与绿色建筑的协同是建筑行业可持续发

展的必然选择。从环境维度看，装配式施工减少现场砂浆搅拌、混凝土浇筑等环节，可降低施工扬尘污染60%、建筑垃圾产生量50%以上，契合绿色建筑环保要求；从能源维度，工厂预制构件能精准控制材料用量，减少建材损耗，同时装配式建筑更易集成节能设备，助力建筑全生命周期能耗降低20%-30%；从质量维度，工业化生产的构件精度更高，建筑结构稳定性更强，可使建筑使用寿命延长15-20年，实现经济效益与生态效益的统一。

2 绿色建筑工程装配式建筑施工技术体系

2.1 设计阶段技术

（1）BIM协同设计是装配式建筑设计的核心支撑，通过搭建三维信息模型实现多专业协同。在模块化设计中，将建筑拆解为标准化模块单元，如厨卫模块、居住模块等，各模块参数在BIM平台统一存储，便于后续生产与装配衔接；同时，利用BIM碰撞检测功能，提前排查管线、结构构件间的空间冲突，例如在设计阶段即可发现机电管线与预制梁的位置重叠问题，减少现场返工率，据统计可降低设计变更成本30%以上。（2）绿色材料选型聚焦全生命周期环保性与资源节约性。再生混凝土以建筑固废为原料，经破碎、筛分后重新配比，其强度可达C30等级，满足非承重构件需求，相比普通混凝土减少30%的碳排放；低碳钢材通过优化冶炼工艺降低含碳量，在保证力学性能的同时，每吨钢材生产可减少150kg二氧化碳排放，此外还可以选用竹木纤维板、生态涂料等环保材料，从源头降低建筑对环境的影响。

2.2 生产阶段技术

（1）预制构件标准化生产是工业化建造的基础，涵盖PC构件与钢结构加工两大方向。PC构件生产采用流水线作业，从钢筋绑扎、模板安装到混凝土浇筑、养护均实现标准化，例如预制楼板生产中，通过固定模具确保尺寸偏差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 内；钢结构加工则依托数控切割、

钻孔设备,实现构件精度提升,如钢柱加工误差可缩小至1mm,保障后续现场装配的适配性^[2]。(2)智能化生产线应用推动生产效率与质量双提升。机器人焊接在钢结构生产中广泛应用,其焊接效率是人工的3-4倍,且焊缝合格率达99.5%以上;3D打印技术则适用于复杂异形构件生产,如装饰性混凝土构件,通过逐层打印实现个性化设计,无需传统模具,减少材料浪费,同时缩短生产周期50%。

2.3 施工阶段技术

(1)现场装配工艺注重精度与安全性。吊装技术采用塔式起重机与专用吊具,针对不同构件选择适配吊装方案,如预制墙板采用真空吸盘吊具,避免构件破损,吊装定位精度可控制在 $\pm 5\text{mm}$;节点连接技术是保障结构稳定性的关键,灌浆套筒连接通过高压注浆确保钢筋锚固强度,螺栓连接则实现构件快速固定,两种连接方式均需严格把控施工质量,如灌浆饱满度需达到95%以上。

(2)绿色施工管理贯穿现场施工全程。扬尘控制采用雾炮机、防尘网双重防护,同时安装PM2.5实时监测设备,超标时自动启动降尘措施;噪声监测通过布设噪声传感器,将施工噪声控制在昼间70分贝、夜间55分贝以内;废弃物回收则设置分类回收区,对废弃的钢筋、混凝土块等进行资源化利用,现场建筑垃圾回收率可达80%以上。

2.4 运维阶段技术

(1)可拆卸设计为建筑后期改造与资源回收提供便利。在构件连接部位采用可拆卸节点,如螺栓连接替代焊接,当建筑需要翻新或拆除时,可实现构件高效拆解,例如预制墙板拆除后经检测合格可重新用于其他项目,提高构件循环利用率,减少建筑垃圾产生。(2)建筑信息模型(BIM)运维实现全生命周期管理。将施工阶段的BIM模型与运维数据整合,如设备运行参数、构件维护记录等,通过BIM平台实时监控建筑状态,例如当空调系统出现故障时,可快速定位设备位置并调取维修档案,缩短故障处理时间,同时基于BIM模型制定构件维护计划,延长建筑使用寿命,降低运维成本20%左右^[3]。

3 绿色建筑装配式建筑施工技术应用

3.1 节能技术应用

(1)外墙保温一体化技术通过“保温层+结构层”复合设计,实现保温与建筑主体的同步施工与使用寿命匹配。该技术采用挤塑聚苯板、石墨聚苯板等高效保温材料,与混凝土墙体浇筑或粘贴一体化成型,避免传统外保温层脱落风险,同时减少热桥效应。例如,在严寒地区建筑中应用时,可使外墙传热系数降低至 $0.3\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 以下,较普通外墙节能率提升40%以上,冬季

室内温度可提高 $3\text{--}5^\circ\text{C}$,大幅减少采暖能耗。(2)太阳能光伏一体化(BIPV)系统将光伏组件与建筑屋面、幕墙结合,实现“发电+建材”双重功能。光伏组件替代传统屋面瓦或幕墙玻璃,在满足建筑外观与防水需求的同时,将太阳能转化为电能。以 1000m^2 光伏屋面为例,采用高效单晶硅组件,年发电量可达12万度,能满足建筑30%-50%的用电需求,每年减少二氧化碳排放约100吨,兼具经济效益与生态效益。

3.2 环保技术应用

(1)装配式装修通过工厂预制饰面墙板、集成厨卫等构件,现场采用干法施工,大幅减少湿作业带来的污染。传统装修中水泥砂浆搅拌、涂料涂刷会产生粉尘与挥发性有机物(VOC),而装配式装修现场仅需拼接安装,粉尘排放量降低90%以上,VOC浓度控制在 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 以内,符合国家室内空气质量标准,同时缩短装修工期50%,减少对周边环境的噪声与粉尘干扰。(2)雨水收集与中水回用系统构建“收集-处理-回用”闭环水循环体系。通过屋面、路面雨水口收集雨水,经格栅过滤、沉淀池沉淀、超滤膜净化后,水质可达《城市污水再生利用城市杂用水水质》标准,用于绿化灌溉、道路冲洗、卫生间冲水等。以中型住宅小区为例,该系统年收集雨水约5000立方米,替代自来水用量达30%,每年节约用水成本2-3万元,缓解城市水资源压力。

3.3 资源循环利用技术

(1)建筑废弃物再生利用技术针对拆迁、施工产生的混凝土块、砖块等固废,经破碎、筛分、除杂等工艺处理,制成再生骨料与再生砖块。再生骨料可用于配制非承重混凝土、路基填料,再生砖块强度可达MU10等级,满足墙体砌筑需求。数据显示,1万吨建筑废弃物经再生处理,可生产8000吨再生骨料,减少3000立方米垃圾填埋量,节约土地资源的同时降低天然砂石开采量。

(2)钢结构构件可拆卸复用技术通过优化节点设计,采用螺栓连接替代焊接,使钢结构构件在建筑拆除时可高效拆解并重复利用。例如,厂房钢结构柱、梁采用高强螺栓连接,拆除时仅需拆卸螺栓即可完整回收构件,经除锈、检测合格后,可重新用于小型厂房或临时建筑建设,构件复用率达80%以上,相比一次性使用的钢结构,减少钢材消耗与生产过程中的碳排放^[4]。

3.4 智能化技术应用

(1)物联网监控施工过程能耗通过在施工设备、临时用电线路上安装智能传感器,实时采集塔吊、混凝土泵车等设备的能耗数据,并上传至物联网平台。平台对数据进行分析,识别能耗异常环节,如设备空载运行、

线路损耗过大等,及时发出预警并优化调度。应用该技术后,施工过程能耗可降低15%-20%,例如某项目通过监控发现塔吊空载率过高,调整作业计划后,每月节约电费约2万元。(2)装配式质量追溯系统依托二维码、RFID芯片等技术,为每个预制构件赋予唯一身份标识,记录构件生产、运输、安装全流程信息。生产阶段录入原材料规格、养护时间等数据,运输阶段跟踪物流轨迹,安装阶段记录施工人员与节点质量检测结果。当构件出现质量问题时,可通过系统快速追溯责任环节,例如发现预制墙板裂缝,能立即调取生产时的混凝土配比与养护记录,排查问题根源,保障装配式建筑质量。

4 装配式与绿色建筑协同发展的挑战与对策

4.1 当前面临的主要问题

(1)技术标准不统一,制约行业规范化发展。目前装配式建筑与绿色建筑的协同技术缺乏统一标准体系,例如预制构件接口规格、绿色材料性能指标等存在地区差异,导致跨区域项目构件适配难度大,增加施工协调成本;同时,部分技术标准更新滞后于行业实践,如BIM技术在运维阶段的应用标准缺失,影响技术落地效果。

(2)综合成本较高,降低企业参与积极性。装配式建筑的工厂建设、智能化设备投入前期成本高,绿色材料价格普遍高于传统材料(如再生混凝土成本比普通混凝土高15%-20%),且技术研发需持续资金投入,而当前市场溢价不足,部分中小企业难以承担,导致技术推广受阻。(3)专业人才短缺,影响技术应用质量。行业急需兼具装配式施工、绿色建筑设计与智能化技术的复合型人才,但现有人才培养体系滞后,高校相关专业设置不足,企业内部培训侧重单一技能,导致现场施工人员对BIM协同设计、绿色施工管理等技术掌握不熟练,易出现施工误差与质量隐患。

4.2 发展对策建议

(1)完善政策激励机制,降低企业成本压力。政府可出台差异化补贴政策,对采用装配式与绿色建筑协同技术的项目给予建设补贴,如按建筑面积每平方米补贴100-200元;同时实施税收优惠,对生产绿色建材的企

业减免增值税,对购买装配式建筑的消费者给予契税优惠,通过政策引导激发市场主体积极性。(2)推动产学研合作与技术创新,突破技术瓶颈。鼓励建筑企业 with 高校、科研机构共建研发平台,聚焦技术标准统一、低成本绿色材料研发等关键领域,例如联合开发通用型预制构件接口技术,制定跨区域标准;同时加大对智能化技术的研发支持,如资助BIM与物联网融合技术攻关,通过技术创新降低应用成本,提升协同效率。(3)加强全生命周期管理,提升协同发展质量。在设计阶段整合装配式与绿色建筑技术需求,明确构件标准化与节能指标;生产阶段通过智能化生产线控制成本与质量,减少材料浪费;施工阶段强化技术交底与现场管控,确保协同技术落地;运维阶段依托BIM平台实现能耗监测与构件复用,通过全流程精细化管理,降低各环节损耗,提升项目综合效益。

结束语

绿色建筑工程中装配式建筑施工技术的深度应用,标志着建筑业从粗放式发展向精细化、低碳化转型的关键跨越。通过标准化设计、智能化生产与绿色施工管理的协同创新,不仅实现了建筑全生命周期的节能降耗与资源高效循环,更推动了产业链上下游的技术融合与成本优化。未来,随着政策激励的强化、产学研合作的深化及全生命周期管理水平的提升,装配式与绿色建筑的协同发展将进一步释放减碳潜能,为全球气候治理与城市可持续发展提供中国方案。

参考文献

- [1]岳资江.建筑工程的装配式建筑施工技术研究分析[J].产品可靠性报告,2023,(07):70-72.
- [2]陈志刚.装配式建筑施工技术在建筑工程中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(12):123-125.
- [3]董根帅.装配式建筑施工技术下的建筑工程施工管理研究[J].陶瓷,2023,(11):147-148.
- [4]李斌斌.装配式建筑施工技术在建筑工程施工管理中的应用[J].陶瓷,2023,(14):158-160.