

# 绿色建筑对装配式建筑施工技术的要求

黄立中 王明杰 彭 丁 王妥凤

中国建筑第四工程局有限公司 广东 广州 510000

**摘要:** 绿色建筑对装配式建筑施工技术提出更高要求,需贯穿设计、生产、施工全周期。设计阶段应依托BIM技术优化参数,选用低碳环保建材;生产环节采用工厂化预制,减少材料浪费,建立废水循环系统;施工阶段推行干式作业,降低扬尘污染,通过智能设备提升施工精度,控制废弃物产生。同时需强化构件连接可靠性,满足跨气候区适配需求,实现资源节约与环境宜居的双重目标。

**关键词:** 绿色建筑;装配式建筑施工技术;要求

引言:在全球倡导可持续发展与“双碳”目标的大背景下,绿色建筑已成为建筑行业转型升级的核心方向。装配式建筑技术凭借其工业化生产、高效施工等优势,与绿色建筑理念高度契合。然而,要真正实现绿色建筑目标,装配式建筑施工技术需在资源节约、环境宜居及施工过程管控等方面达到更高标准,以推动建筑行业向低碳、环保、高效的方向迈进。

## 1 绿色建筑与装配式建筑技术的协同机制

### 1.1 绿色建筑全生命周期理论框架

(1)设计阶段:依托BIM技术构建三维可视化模型,精准模拟建筑全周期能耗、日照时长、自然通风效率等核心参数,通过多方案对比优化建筑体系系数,优先选用低碳环保、可循环利用的新型建材,从源头降低建筑对环境的负面影响。(2)生产阶段:采用工厂化预制生产模式,通过标准化流程精准把控构件质量,减少现场施工中的材料浪费,同时建立工业废水处理循环系统,确保废水循环利用率稳定达到90%以上,实现生产环节的绿色转型。(3)施工阶段:推行干式作业工艺替代传统湿作业,有效降低施工扬尘污染,搭配高精度机械施工设备,减少人工操作误差,提升施工效率的同时降低建筑垃圾产生量,打造绿色施工场景。(4)运营阶段:安装智能能耗监测与调控系统,实时追踪水电能耗数据并动态调节设备运行状态,结合定期维护保养机制,延长建筑使用年限,最大化发挥绿色建筑的长期效益。

### 1.2 装配式技术的绿色适配性

(1)模块化设计:采用标准化构件生产体系,构件尺寸精度控制在毫米级,减少现场切割作业,使钢材损耗率从传统施工的15%大幅降至5%,显著提升材料利用率。(2)可再生材料应用:积极推广秸秆复合板、再生混凝土等环保建材替代传统砖石、钢材,经测算可使建筑全周期碳排放降低40%,助力实现“双碳”目标。

(3)低碳运输体系:构建区域化构件生产配送网络,将构件运输半径严格控制在200公里内,同时投入新能源运输车辆,减少运输环节的尾气排放和能源消耗,形成绿色供应链。

## 2 绿色建筑对装配式建筑施工技术的要求

### 2.1 资源节约要求

(1)节水:需将雨水回收系统与装配式管网深度集成,通过装配式构件预留的管道接口,实现雨水收集、过滤、储存与回用的全流程衔接,用于施工降尘、绿化灌溉及卫生间冲水等场景,确保非传统水源利用率稳定达到 $\geq 30\%$ ,减少对市政供水的依赖,缓解水资源紧张问题。(2)节材:在构件设计与施工中贯彻循环理念,优先选用可重复使用的钢结构、铝合金模板等构件,通过标准化设计降低构件损耗,确保构件重复使用率 $\geq 80\%$ ;同时建立完善的建筑废弃物分类回收体系,对施工中产生的混凝土块、钢筋头、木材边角料等进行分类处理与再生利用,实现建筑废弃物回收率 $\geq 95\%$ ,最大限度减少资源浪费。(3)节能:强化装配式建筑的保温隔热性能,采用外墙保温一体化技术,将保温层与墙体构件在工厂预制时同步集成,严格控制墙体传热系数 $\leq 0.5\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,降低建筑采暖与制冷能耗;此外,需在建筑设计中预留可再生能源利用空间,配套安装太阳能光伏板、地源热泵等设备,确保可再生能源在建筑总能耗中的占比 $\geq 10\%$ ,推动建筑能源结构绿色转型<sup>[1]</sup>。

### 2.2 环境宜居要求

(1)声环境控制:针对建筑声学需求,在装配式构件生产中融入隔声设计,选用隔声性能优异的复合墙板、隔声门窗等构件,通过构件拼接处的密封处理减少声音传播,确保建筑室内噪声级在白天 $\leq 45\text{dB}$ ,为居住者营造安静舒适的生活环境,满足绿色建筑声环境标准。(2)光环境优化:结合装配式建筑的模块化特点,

合理规划建筑开窗面积与位置,搭配低辐射(Low-E)玻璃,减少紫外线与红外线进入室内,同时集成导光管系统,将室外自然光线高效导入建筑内部阴暗区域,提升室内光照均匀度,确保建筑主要功能区域的自然采光系数 $\geq 2\%$ ,降低人工照明能耗,改善室内光环境质量。

(3)热湿环境调节:创新装配式构件与节能材料的结合方式,将相变材料(PCM)与装配式地板、墙板等构件一体化预制,利用相变材料吸热储能、放热释能的特性,自动调节室内温度,使室内温度波动范围 $\leq \pm 2^\circ\text{C}$ ;同时通过装配式新风系统的精准调控,维持室内相对湿度在40%-60%的舒适区间,提升建筑热湿环境的稳定性与宜居性。

### 2.3 施工过程管控要求

(1)扬尘治理:构建“工厂预制+现场装配”的低扬尘施工模式,在构件生产环节采用封闭式预制车间,减少生产过程中的粉尘扩散;现场施工时配备雾炮降尘系统、围挡喷淋装置等设备,对构件吊装、拼接等易产生扬尘的工序进行实时降尘,通过在线监测设备实时监控施工区域空气质量,确保PM10浓度 $\leq 0.8\text{mg}/\text{m}^3$ ,符合绿色施工扬尘控制标准。(2)废弃物管理:建立全流程废弃物管理机制,在施工前制定废弃物分类回收方案,现场设置分类回收容器,明确各类废弃物的收集、运输与处置流程,确保施工产生的生活垃圾、建筑废弃物、危险废物等分类回收率达到100%;对于油漆桶、废机油等危险废物,需委托具备资质的单位进行专业处置,确保危险废物处置率100%,避免环境污染<sup>[2]</sup>。(3)碳排放核算:严格遵循《建筑碳排放计算标准》GB/T51366,对装配式建筑施工全过程的碳排放进行精准核算,涵盖构件生产、运输、现场施工及设备运行等环节,通过优化施工方案、选用低碳建材、推广新能源设备等措施,控制施工阶段单位面积碳排放 $\leq 45\text{kgCO}_2/\text{m}^2$ ,实现施工过程的低碳化管控,助力建筑行业碳减排目标达成。

## 3 装配式建筑施工技术的绿色升级路径

### 3.1 设计阶段优化

(1)BIM+GIS协同设计:整合建筑信息模型(BIM)与地理信息系统(GIS)技术,在设计初期同步融入项目所在地的气候、地形、交通等地理数据,通过三维可视化模型开展多专业碰撞检测(如结构与管线、设备与墙体的空间冲突),提前发现并解决设计问题,减少施工阶段的设计变更。经实践验证,该技术可使设计变更率降低40%以上,间接节约工期15%,同时避免因变更导致的材料浪费与返工能耗,从源头提升设计的绿色性与精准性。(2)预制构件库建设:搭建覆盖梁、

板、柱、墙板等核心构件的标准化数据库,统一构件尺寸、接口形式与材料参数,形成可重复调用的构件模块库。通过构件标准化设计,减少非标构件的定制生产,降低模具开发与更换成本,经测算模具成本可降低30%;同时标准化构件便于工厂批量生产与现场快速装配,提升构件生产效率与质量稳定性,为后续施工阶段的绿色化奠定基础。

### 3.2 生产阶段创新

(1)自动化生产线升级:引入工业机器人开展构件焊接、表面喷涂、钢筋绑扎等关键工序,替代传统人工操作。机器人焊接技术可实现焊缝质量合格率提升至99%,减少因人工操作误差导致的构件报废;自动化喷涂系统通过精准控制涂料用量,降低油漆损耗率15%以上,同时减少挥发性有机化合物(VOCs)排放。此外,生产线配备智能监测系统,实时监控构件生产过程中的温度、湿度、压力等参数,确保构件质量达标,减少不合格品带来的资源浪费。(2)低碳混凝土技术:优化混凝土配合比,采用粉煤灰、矿渣微粉等工业固废替代部分水泥,替代率稳定达到 $\geq 50\%$ ,既减少工业固废堆存带来的环境压力,又降低水泥生产过程中的碳排放(水泥生产占全球碳排放约8%)。经测算,该技术可使混凝土构件的碳足迹降低35%,同时通过添加新型外加剂提升混凝土强度与耐久性,延长构件使用寿命,间接减少建筑全生命周期的资源消耗<sup>[3]</sup>。

### 3.3 施工阶段突破

(1)智能吊装系统:集成激光定位技术与多传感器反馈系统,在构件吊装过程中实时捕捉构件位置、姿态数据,通过智能算法调整吊装角度与速度,实现构件精准对接。相较于传统人工吊装,该系统可将安装精度误差控制在 $\leq 2\text{mm}$ ,避免因安装偏差导致的构件修整或更换,减少施工浪费;同时智能吊装效率提升20%,缩短高空作业时间,降低施工能耗与安全风险。(2)套筒灌浆质量控制:采用压力灌浆法替代传统人工灌浆,通过专用灌浆设备施加稳定压力,确保灌浆料充分填充钢筋套筒与钢筋间隙,搭配预埋传感器实时监测灌浆饱满度,实现饱满度检测合格率100%。该技术解决了装配式建筑核心节点灌浆不密实的质量隐患,提升结构连接可靠性,避免因节点问题导致的后期维修能耗,保障建筑长期节能性能。(3)装配式装修一体化:推行“管线与结构分离”设计,在构件生产时预留管线敷设空间,装修阶段通过模块化吊顶、墙面、地面系统实现快速装配,避免传统装修中对结构墙体的开凿、切割。该技术可减少二次装修带来的墙体损坏与建筑垃圾(建筑垃圾减少

60%以上),同时便于后期管线维修与更新,延长建筑装修使用寿命,降低全生命周期的装修能耗与资源消耗<sup>[4]</sup>。

#### 4 装配式建筑施工技术绿色升级的挑战与对策

##### 4.1 技术瓶颈

(1)复杂节点连接可靠性不足:装配式建筑中梁柱节点、墙板拼接等复杂部位,受施工精度、材料性能等因素影响,易出现连接松动、密封不严等问题,不仅影响建筑结构安全,还可能导致能源损耗增加(如冷风渗透),削弱绿色建筑节能效果。目前部分连接技术依赖人工操作,缺乏智能化质量管控手段,难以保障长期可靠性。(2)跨气候区技术适应性差:我国南北气候差异显著,现有装配式技术多针对单一气候区设计,如北方严寒地区的保温技术在南方高温高湿地区易出现返潮、霉变,南方的通风设计在北方寒冷地区则可能导致热量流失。技术体系的地域局限性,导致绿色性能难以在不同气候区稳定发挥,制约全国范围内的推广应用。

##### 4.2 管理挑战

(1)产业链协同效率低:装配式建筑涉及设计、生产、施工、运营等多个环节,当前各参与方(设计院、预制厂、施工企业)信息割裂,缺乏统一的数据共享平台,导致设计方案与生产能力不匹配、构件运输与现场施工衔接不畅,易出现构件积压或短缺,增加资源浪费与碳排放,降低绿色升级效率。(2)绿色认证体系不完善:现有绿色建筑认证多侧重运营阶段能耗,对装配式施工过程的绿色指标(如构件生产碳足迹、施工扬尘控制)覆盖不足;且认证标准缺乏统一性,不同地区、机构的认证流程与指标差异较大,导致企业难以明确绿色升级方向,也降低了消费者对装配式绿色建筑的信任度。

##### 4.3 政策建议

(1)完善装配式绿色建筑标准体系:结合全生命周期理念,制定涵盖设计、生产、施工、运营的统一标

准,明确复杂节点连接技术要求、跨气候区适配技术规范,以及施工过程碳排放、资源利用率等绿色指标,为企业技术升级提供清晰依据,消除地域与技术壁垒。

(2)建立碳交易与财政补贴联动机制:将装配式建筑施工阶段碳排放纳入全国碳交易市场,允许企业通过技术升级减少的碳排放参与交易;同时设立专项财政补贴,对采用低碳技术、达到高绿色标准的项目给予资金支持,双重激励企业推进绿色升级。(3)推广“设计-生产-施工-运营”全链条EPC模式:鼓励具备综合能力的企业承接EPC总承包项目,通过统一管理整合产业链资源,搭建信息共享平台,实现设计参数、生产进度、施工计划的实时协同,减少环节衔接损耗,提升绿色升级的整体效率与效果。

#### 结束语

绿色建筑与装配式建筑技术的深度融合,是推动建筑行业可持续发展的关键路径。通过全周期资源节约、环境宜居优化及施工过程精细化管理,装配式技术正不断突破资源利用与环境保护的双重瓶颈。未来,需持续攻克复杂节点连接、跨气候区适配等技术难题,完善产业链协同机制与绿色认证体系,以创新驱动实现建筑领域“双碳”目标,为全球生态文明建设贡献中国智慧。

#### 参考文献

- [1]郑杰洲.装配式建筑的施工管理措施研究[J].住宅与房地产,2021(21):169-170.
- [2]熊熙,何文.绿色建筑背景下装配式建筑的应用及推广[J].四川建材,2021,47(07):111-113.
- [3]盛晔.装配式建筑技术在绿色建筑发展进程中的作用[J].城市住宅,2021,28(06):111-115.
- [4]孙利.装配式建筑施工技术在建筑工程中的运用研究[J].居业,2021(02):78-79.