

低碳理念下装配式建筑设计与施工一体化路径探索

李永才

中国五洲工程设计集团有限公司 北京 100053

摘要: 在全球应对气候变化、积极推进“双碳”目标的大背景下,装配式建筑凭借其高效、环保等优势,成为建筑行业实现低碳发展的关键方向。本文深入探讨低碳理念下装配式建筑设计与施工一体化路径,分析当前装配式建筑在设计与施工环节存在的衔接不畅、技术协同不足等问题,从优化设计流程、创新施工技术、完善管理机制等方面提出一体化实现路径,旨在通过设计与施工的深度融合,降低装配式建筑全生命周期碳排放,提升建筑行业低碳化水平,为推动装配式建筑可持续发展提供理论与实践参考。

关键词: 低碳理念;装配式建筑;设计施工一体化;路径探索

引言:近年来,随着全球气候变化问题日益严峻,减少碳排放、实现绿色低碳发展已成为全球共识。建筑行业作为能源消耗和碳排放的“大户”,其低碳转型迫在眉睫。装配式建筑以其工厂化生产、现场装配的建造模式,相比传统建筑方式,在节能减排、提高资源利用效率等方面展现出显著优势,被视为建筑行业低碳化发展的重要突破口^[1]。然而,当前装配式建筑在实际发展过程中,设计与施工环节相互分离、协同性不足的问题较为突出,导致项目建设周期延长、成本增加,难以充分发挥装配式建筑的低碳优势。因此,在低碳理念的指引下,探索装配式建筑设计与施工一体化路径,实现设计与施工的深度融合与高效协同,对推动建筑行业绿色低碳发展具有重要的现实意义。

1 低碳理念与装配式建筑概述

1.1 低碳理念的内涵与要求

低碳理念以降低碳排放为核心目标,强调通过技术创新与模式革新,提升能源利用效率,减少化石能源消耗,并积极推广太阳能、风能等可再生能源的应用。在建筑行业全生命周期中,低碳理念对各阶段提出了严格要求:设计阶段需遵循节能设计标准,运用被动式节能技术优化建筑朝向、体型系数,增强围护结构保温隔热性能;施工阶段需采用低碳施工工艺,如装配式建造、绿色施工技术,减少现场湿作业产生的污染;运营阶段则需通过智能化管理系统,动态调控建筑能耗,提高设备能效。从材料选用到施工工艺,从设计规划到运维管理,低碳理念贯穿建筑行业的各个环节,推动其向绿色、可持续方向转型。

1.2 装配式建筑的特点与发展现状

作者简介: 李永才(1983年3月—),男,汉族,河北沧州人,本科,助理建筑师,研究方向:建筑设计。

装配式建筑是将建筑部品部件在工厂预制生产,再运输至现场装配而成的新型建筑模式,涵盖预制混凝土结构、钢结构、木结构等多种类型,具备标准化设计、工厂化生产、装配化施工和信息化管理等显著特点^[2]。在国外,装配式建筑已有百年发展历程,如日本、瑞典、美国等国家通过政策扶持与技术创新,实现了较高的装配化率。我国装配式建筑自2016年起进入快速发展期,政府出台多项政策推动产业升级,部分城市装配化率超30%。然而,当前行业仍面临标准化程度不足、产业链协同性弱、技术人才短缺等问题。不过,随着“双碳”目标推进,装配式建筑凭借其低碳环保特性,在未来绿色建筑市场中具有广阔发展前景。

1.3 低碳理念与装配式建筑的契合点

在设计环节,装配式建筑的标准化设计可减少材料浪费,通过优化构件尺寸实现资源高效利用;生产环节中,工厂化生产模式相比传统现场浇筑,能有效降低能耗与碳排放;施工阶段,装配化施工减少了现场机械使用与建筑垃圾产生,降低施工过程中的环境负荷;运营阶段,预制构件的高精度与高性能可提升建筑整体节能效果。设计施工一体化则是实现低碳理念与装配式建筑深度融合的关键,通过打破设计与施工环节壁垒,实现从建筑方案设计到部品部件生产、现场装配的全流程协同,确保低碳目标在项目各阶段精准落地,最大限度发挥装配式建筑的低碳优势。

2 装配式建筑设计与施工一体化现状及问题分析

2.1 设计与施工一体化的现状

当前装配式建筑设计与施工一体化主要采用设计-施工总承包(DB)模式和工程总承包(EPC)模式。设计-施工总承包模式下,设计单位主导项目,便于把控设计意图落实,适用于设计要求高、技术复杂的项目;工

程总承包模式则由总承包商统筹设计、采购、施工全流程，能实现资源高效整合，适合大型综合性项目^[3]。在实践中，一体化模式成效显著，通过设计与施工的提前沟通，减少了设计变更，缩短建设周期达20%-30%；工厂化预制与现场装配结合，降低了材料损耗与人工成本；标准化设计与精细化施工，提升了构件精度与工程整体质量，为装配式建筑低碳发展奠定基础。

2.2 存在的问题与挑战

(1) 设计环节

设计阶段存在标准化程度低的问题，构件尺寸、接口形式缺乏统一标准，增加生产与装配难度。协同设计不足，各专业设计人员沟通不畅，导致构件连接、管线预埋等设计冲突。同时，对低碳技术考虑不全面，未能充分融入可再生能源利用、节能围护结构等设计，使得设计方案难以满足低碳施工与运营需求。

(2) 施工环节

施工过程中，部分装配式施工技术尚不成熟，如复杂构件的吊装定位、节点连接等技术存在缺陷。施工人员素质参差不齐，缺乏专业装配式施工技能培训，操作不规范。施工管理较为粗放，进度、质量与安全管控体系不完善，影响低碳施工目标的实现，导致施工过程能耗与碳排放增加。

(3) 一体化协同方面

设计与施工之间信息沟通不畅，设计方难以实时获取施工反馈，施工方对设计意图理解偏差。责任界定不清，出现质量问题时易相互推诿。利益分配不合理，设计、施工单位因成本与收益分配矛盾，缺乏协同积极性，这些协同难题严重制约了一体化模式的顺利推进。

3 低碳理念下装配式建筑设计与施工一体化路径探索

3.1 设计阶段的一体化策略

(1) 标准化与模块化设计

建立完善的装配式建筑标准化设计体系，需统一构件尺寸、接口形式、连接方式等关键参数，形成标准化构件库，避免因设计差异导致的生产与装配难题。推广模块化设计方法，将建筑拆解为功能独立的标准化模块，如厨卫模块、外墙模块等，不仅能大幅提升设计效率，还可增强构件通用性，减少生产模具更换频率与材料浪费，降低生产成本与碳排放。同时，利用参数化设计软件实现模块快速组合与调整，满足多样化建筑需求。

(2) 低碳技术应用

在设计过程中，应深度融入低碳技术。选用高性能节能门窗，通过优化窗框材质、玻璃层数与间距，降低门窗传热系数；采用高效保温材料，如真空绝热板、气

凝胶毡等，增强建筑围护结构保温隔热性能；合理布局太阳能光伏系统，结合建筑朝向与光照条件，最大化光伏发电效率。此外，运用建筑能耗模拟软件，对不同设计方案的能耗进行分析评估，优化围护结构热工性能，从源头上降低建筑全生命周期能耗。

(3) 全生命周期设计理念

树立全生命周期设计理念，需在建筑规划阶段，综合考虑场地环境、交通便利性等因素，减少后期运营的能源消耗；设计阶段注重与施工、运营阶段的衔接，确保设计方案可施工性与可维护性；施工阶段通过预制构件优化，降低现场施工能耗与污染；运营维护阶段，预留设备升级接口，便于后期引入节能技术与设备。通过统筹各阶段低碳因素，实现建筑从建造到拆除全生命周期的低碳目标。

3.2 施工阶段的一体化策略

(1) 绿色施工技术

推广应用绿色施工技术是实现低碳施工的关键。采用装配式构件精准安装技术，利用激光定位、BIM 5D技术实现构件快速、准确装配，减少安装过程中的能源消耗；选用节能型施工设备，如电动起重机、混合动力挖掘机等，降低施工机械碳排放；应用建筑垃圾减量化与资源化利用技术，在施工现场设置分拣设备，将废弃混凝土、钢材等加工为再生骨料与金属制品，减少建筑垃圾填埋量，降低环境污染。

(2) 施工过程管理

加强施工过程管理需建立科学合理的施工进度计划，运用甘特图、关键路径法等工具，优化施工工序，避免因工序混乱导致的工期延误与资源浪费。构建严格的质量控制体系，从构件进场检验、施工过程抽检到成品验收，确保每道工序符合标准；制定完善的安全管理制度，设置安全警示标识，定期开展安全培训与应急演练，保障施工人员安全。通过精细化管理，提高施工质量与效率，降低施工成本。

(3) 施工人员培训

加强对施工人员的低碳理念与技能培训至关重要。定期组织低碳施工技术专题培训，邀请行业专家讲解装配式建筑施工工艺、绿色施工技术要点；开展技能实操演练，让施工人员在实践中掌握构件吊装、节点连接等关键技术。同时，通过宣传教育增强施工人员的低碳意识，使其在日常工作中主动采取节能降耗措施，如合理规划施工机械运行路线、减少设备空转时间等，保障低碳施工目标顺利实现。

3.3 设计与施工协同优化路径

设计与施工的高效协同依赖于信息共享平台的建设。搭建统一的信息共享平台,实现设计图纸、施工方案、工程进度等信息的实时共享与交互,打破信息壁垒,让设计方与施工方及时获取对方反馈,提高协同效率。建立协同工作机制,明确设计与施工双方的职责与权利,规范沟通协调流程,针对设计与施工过程中出现的问题,双方能够快速响应、共同解决,确保项目顺利实施^[4]。组建由设计师、施工人员、管理人员等构成的一体化项目团队,通过跨专业深度融合与协同创新,打破传统设计与施工的界限,实现全流程无缝对接。

3.4 政策与标准支持体系构建

政策引导与激励是推动低碳装配式建筑设计与施工一体化发展的重要力量。政府应出台财政补贴、税收优惠、容积率奖励等政策,激发企业开展一体化项目的积极性,形成市场主导、政策推动的良性发展格局。同时,加快完善装配式建筑设计与施工一体化相关标准规范,明确设计、施工、验收等各环节的技术要求与质量标准,填补技术空白,为一体化模式提供权威技术支撑,促使行业规范化、标准化发展,助力建筑行业低碳转型。

4 一体化路径实施的保障措施

4.1 组织保障

成立专业的项目管理机构是保障一体化项目顺利实施的核心。该机构统筹项目全流程,负责组织协调设计、施工、采购等各环节工作,同时建立严格的监督管理机制,通过定期检查与动态评估,及时发现并解决项目推进中的问题。明确各部门与人员的职责分工,避免职能交叉与责任推诿,确保每个工作环节都有专人负责、高效落实。此外,企业需大刀阔斧地调整内部组织架构,打破设计与施工部门间的沟通壁垒,优化协作机制,例如建立跨部门联合办公制度、定期召开协同会议等,提升企业整体运营效率,为一体化项目提供坚实的组织基础。

4.2 技术保障

技术是推动低碳装配式建筑设计与施工一体化的关键引擎。企业应加大技术研发投入,积极与高校、科研机构建立深度合作关系,围绕构件连接技术、低碳施工工艺、信息化管理系统等关键领域开展联合攻关,集中力量突破技术瓶颈。同时,密切关注国内外行业动态,积极引进如高精度预制构件生产技术、BIM全过程协同管理技术等先进成果,并结合企业实际情况进行消化吸收与再创新。通过建立技术创新激励机制,鼓励员工参

与技术研发与改进,持续提升企业的技术水平与创新能力,以技术优势推动一体化项目高质量发展。

4.3 人才保障

人才是实现设计与施工一体化的重要支撑。企业需构建完善的人才培养体系,一方面与职业院校、高校合作,开设定制化专业课程,培养具备装配式建筑设计与施工知识的专业人才;另一方面,加强企业内部培训,通过技能竞赛、项目实践等方式,提升现有人员的综合能力,着力打造一批既懂设计原理又熟悉施工流程的复合型人才队伍。同时,制定极具吸引力的人才激励机制,如设立专项奖励基金、提供晋升绿色通道、改善工作环境等,以此吸引行业内优秀人才加入,为低碳装配式建筑设计与施工一体化注入源源不断的人才动力。

4.4 资金保障

充足的资金是一体化项目顺利开展的前提条件。企业要积极拓宽融资渠道,除了争取银行贷款、发行企业债券外,还可通过引入战略投资者、参与政府专项基金项目等方式筹集资金,确保项目建设各阶段的资金需求得到满足。在资金管理方面,制定科学合理的资金使用计划,根据项目进度合理分配资金,优先保障关键环节与重点技术研发投入。建立严格的资金监管制度,利用信息化手段对资金流向进行实时监控,定期开展财务审计,提高资金使用效率,防范资金风险,为低碳装配式建筑设计与施工一体化项目筑牢资金防线。

结语

综上所述,在低碳理念深入发展的时代背景下,装配式建筑设计与施工一体化是推动建筑行业绿色转型、实现“双碳”目标的必由之路。通过标准化设计、绿色施工技术应用以及全流程协同优化,可有效降低建筑全生命周期碳排放,提升资源利用效率与项目建设效益。然而,当前一体化发展仍面临技术瓶颈、协同机制不完善等诸多挑战,需从组织、技术、人才、资金等多方面构建保障体系。

参考文献

- [1]张明辉.低碳理念下装配式建筑全生命周期设计策略研究[J].建筑科学,2023(8):45-51.
- [2]李思敏.低碳装配式建筑施工阶段碳排放计算与减排措施[J].施工技术,2023(12):89-94.
- [3]王晓东.基于低碳理念的装配式建筑模块化设计方法[J].工业建筑,2024(1):112-118.
- [4]赵雅楠.低碳装配式建筑一体化施工管理模式创新[J].建筑经济,2023(10):78-83.