

# 全寿命周期下装配式建筑碳排放研究

杜慧慧<sup>1</sup> 肖承昂<sup>2</sup>

1. 三亚学院 海南 三亚 572000

2. 海南中度旅游开发有限公司 海南 三亚 572000

**摘要：**“双碳”战略目标下装配式建筑在我国迅速发展，本文从装配式建筑全生命周期研究其碳排放量，结合经济效益指标体系，研究规划、设计、生产、施工、运营等全生命周期的绿色节能环保技术，分析其碳排放量的影响因素及未来的发展方向。

**关键词：**全生命周期；装配式建筑；碳排放

## 1 装配式建筑概述

装配式建筑是将建筑构件（墙体、梁、楼地板、柱）等在预制厂预先按照标准生产出，再通过交通运输工具将其运送到施工现场存放并使用，使用时需将构件吊装拼接，拼接中采用不同的连接方式固定形成的建筑物<sup>[1]</sup>。建筑全生命周期分为决策阶段、设计阶段、施工阶段、运营阶段和拆除阶段，即装配式建筑全生命周期<sup>[2]</sup>。在每个阶段均涉及到建筑工业化、智能化，装配式建筑主要体现在施工阶段。但每个阶段都可能会涉及到碳排放，装配式建筑与传统现浇混凝土建筑相比具有明显的优势，缩短了施工的工期，降低施工现场的噪音、减少粉尘的污染及资源浪费，优化了整个生命周期的资源，因此也是我国双碳政策减少碳排放的有效途径<sup>[3]</sup>。

## 2 装配式建筑技术体系

双碳战略目标下装配式建筑发展了两种建筑技术体系，即通用结构体系和专用结构体系。

### 2.1 通用结构体系

通用结构体系是装配式混凝土结构在满足我国标准规范的要求下，具有足够的安全性、耐久性和适用性。目前框架结构体系、剪力墙结构体系和框架-现浇剪力墙结构体系是装配式混凝土结构的三大类，实际工程根据自身的特点选择适宜的结构体系。装配式框架结构体系同现浇混凝土建筑设计相同，部分梁、柱采用PC构件，在我国部分城市保障性住房应用广泛，预制率可达到70%，部分选择预制外挂墙板作为围护结构，主体结构的装配率可实现100%<sup>[4]</sup>。剪力墙结构体系是全预制剪力墙，其中竖向受力构件是全预制剪力墙，水平受力构件

通常采用叠合板构件。框架-现浇剪力墙结构体系采用预制部分构件，承重部分选择使用拆解的构件进行预制。在地震多发带需优先选用预制叠合板结构。

### 2.2 专用结构体系

专用体系是在通用体系前提下针对特殊建筑物如不同区域的地震等级、特殊的建筑造型、施工技术水平和地区预制率的要求研究的结构体系。专用结构体系，能够针对性的提高预制构件标准化程度，和整体预制率，可以帮助施工企业提高施工效率，帮助建设单位缩短工期、降低建造成本<sup>[5]</sup>。在近几年中，我国研发出一系列的专用体系，有预制混凝土框架预埋垂直缝预制混凝土墙板结构体系、钢支撑—预制混凝土框架结构体系等。一般来说，装配式混凝土建筑的专用体系的适用性、经济性相对较高。

## 3 装配式建筑综合效益指标体系分析

目前我国推行保障性住房，随着全国各地保障性住房的推行，同时双碳战略的推行，我国曾经的高耗能、重污染的传统现浇混凝土建筑已不能满足需求，取而代之的便是集成化、节能化的装配式建筑，装配式建筑更适用于建筑群体规模大、户型单一的保障性住房。装配式建筑全生命周期综合效益评价是一个较为复杂的过程，在保证体系指标具有代表性的同时还需要尽量指标之间的重合<sup>[6]</sup>。因此，为了保证综合评价指标体系的科学性、客观性，综合分析国内外文献与研究实例将装配式建筑的生命周期选取经济效益、环境效益和社会效益三个方面建综合效益评价指标体系。

### 3.1 经济效益指标体系

区别于传统的建筑模式，装配式建筑的经济效益主要体现在能源消耗量减少、碳排放降低、工期缩短达到绿色环保等多方面。因此装配式建筑的全生命周期经济效益主要包括规划、建设、运维的成本。规划成本主

**作者简介：**杜慧慧，女，1989.07，三亚学院管理学院，副教授

**基金项目：**海南省高等学校科学研究项目（Hnkyzc 2023-5），邮箱453156968@qq.com

要集中在前期的规划阶段，主要包括前期规划成本、构件的设计、运输、吊装和安装的技术成本，与传统建筑模式相比前期规划成本相对较高，需要前期的投入。建设成本则是建筑构件在工厂生产制造、运输、吊装，这一阶段只要前期设计好，本阶段的成本相较于传统建筑明显降低，由于在建设过程中减少了大量的现场作业人员，减少了混凝土浇筑、硬化的时间，缩短了建设工期，同时减少碳排放，达到了经济节能减排的效果。运营及拆除回收是传统建筑收益的三倍左右，因此也可以大大降低建筑成本。

### 3.2 环境效益指标体系

装配式建筑环境效益主要体现在节能减排，绿色建筑等，因此，装配式建筑的环境效益指标体系主要从建筑废物排放、资源消耗量 and 环境污染三个方面考虑。建筑废物排放相较于传统建筑来说大大减少了废水、废料的排放，基本是现场拼装，废弃物产生的较少。装配式建筑全生命周期的资源消耗量主要在建设阶段，主要体现在水资源的消耗，传统建筑现浇混凝土阶段需要消耗大量的水资源养护，而装配式建筑很大程度的减少了水资源的消耗，同时装配式建筑采用绿色保温材料，且具备完善的中水系统，能构最大程度的较少资源的消耗。装配式建筑全生命周期对环境污染主要体现在扬尘污染和噪声污染，与传统现浇建筑相比，装配式建筑降低了环境污染，如传统的现浇混凝土湿作业在构件加工厂进行，减少了现场浇筑、震动的噪声污染以及粉尘污染。

### 3.3 社会效益指标体系

装配式建筑的社会效益主要从公众认可度和技术创新两方面考虑。公众认可度贯穿在建筑物的整个生命周期内，而装配式建筑质量和绿色低碳等较高的技术要求，导致费用相对较高，同时公众对装配式新型建筑方式的认可度等都有待进一步的提高。装配式建筑在技术创新主要体现在上产方式的创新和管理方式的创新，主要涉及到建筑构件设计、生产、运输、吊装以及运营等方面的创新。

### 3.4 装配式建筑全寿命周期下碳排放影响因素分析

双碳战略目标下，我国建筑从传统模式逐渐转型到装配式建筑，但装配式建筑在整个生命周期中仍有碳排放，由此来分析装配式建筑在全生命周期碳排放的影响因素，主要从每个阶段分析。

## 4 决策阶段

装配式建筑决策阶段是对拟建建筑的可行性研究以及技术经济论证，虽然建筑上不会产生实际的碳排放，但是尤为重要，如果本阶段在论证过程出现一定的偏

差，将对后期其他阶段的碳排放形成较大的影响，决策阶段的论证是建设项目的重要依据，将关系着项目最终的定位，为后期的建筑设计起到指导作用。主要表现在以下几个方面，首先是装配式建筑的技术水平，由于我国装配式建筑在近几年才发展起来，因此在我国各地区的发展程度各不相同，在不同地区决策阶段的可行性论证需因地制宜；其次是项目调研的深度，项目可行性报告调研的深度将会直接影响到装配式建筑的后期实施阶段，调研越深入，实施阶段的具体技术及流程越详细，碳排放的测算和控制越精准；最后是企业对装配式建筑经济效益的认知程度。经济效益体现在多方面，企业在决策阶段需考虑在建筑物全生命周期内合理的利用生态资源和保护生态环境为前提进行经济效益的评价，如果决策阶段只追逐利益最大化而忽略生态环境的破坏，导致装配式建筑的碳排放达不到预期效果，便失去了决策阶段可行性论证的意义。

### 4.1 规划设计阶段

装配式建筑规划设计阶段是全生命周期中最关键的阶段，该阶段需对建筑物进行综合效益分析，进行施工现场的场地进行规划、环境影响评价其中包括重要的碳排放、消防评价、运输构建等的交通影响评价，这些都将会建筑物碳排放量有重要的影响。主要从以下几个方面考虑：首先是建筑结构的选择，不同建筑结构的设计碳排放量有很大区别，因此在规划设计阶段选择合理的建筑结构，充分利用自然资源日照、风向等来增加经济效益，降低能耗。其次考虑建筑材料的选择，不同材料的使用碳排放量有所不同，主要包括材料的耐久性以及废旧材料的循环利用，建筑废料的利用尤为重要，也是经济效益的重要指标体现。最后需考虑公共服务设施规划，建筑物周边的配套设施是公众认可度的重要指标，配套设施规划、公共交通设计、停车场比例配置等也是装配式建筑后期运营阶段的重要指标。

### 4.2 施工建造阶段

装配式建筑施工建造阶段是产生碳排放量最大的阶段，这一阶段主要涉及到预制构件的生产，根据已有研究表明预制构件生产过程碳排放占到整个生产过程的80%，因此这一阶段需要着重考虑构件生产过程的原材料、加工的碳排放、还需考虑预制构件生产厂的技术水平等对后期的影响。其次需考虑预制构件的运输，此过程主要考虑运输过程车辆产生的碳排放，这一阶段续考虑车辆的运输距离、车辆的类型、数量、班次等。最后需要考虑的是预制构件的装配过程，这一阶段需考虑构件的吊装方案、构件现场安装过程的连接工艺、技术

等, 好有现场工作人员的管理手段都会产生不同的碳排放量。

#### 4.3 运营阶段

建筑物在使用阶段碳排放也是关键所在, 首先需要的是提高公众的保护生态环境的意识, 加强小区公共区域宣传, 提升公众的碳排放意识, 比如进行垃圾分类、保护小区内绿化区域等。其次是节约材料, 在维修过程中尽量做到使用可回收、绿色环保材料。再次就是提高小区内的智能化水平, 在公共区域选择使用智能化的电器, 减少能量的消耗, 节约能源。最后就是建筑物的拆除, 也会产生碳排放和耗能, 更重要的就是减少建筑垃圾的排放, 尽可能做到再利用。

### 5 “双碳”目标下装配式建筑技术发展

双碳战略目标下, 装配式建筑的发展仍有待进一步的发展, 在策划阶段如何选择设计方案, 合理选择装配式建筑技术, 减少资源消耗等, 具体可从以下几方面发展。

#### 5.1 提高外维护结构的热工性能

建筑节能是能源消耗关键, 装配式建筑外维护结构墙板首先需要满足我国节能的相关设计标准, 根据不同环境采取采暖和制冷的不同墙板, 在设计墙体是通常可增设棉保温板, 进一步增加建筑的保温效果。建筑物屋面通常采用有保温层的面板及防水面板, 装配式建筑中将其直接固定在建筑墙面上, 同时再涂一层水泥砂浆起到保护作用。门窗的节能在使用阶段尤为重要, 装配式建筑中多采用塑钢框架及中空玻璃可起到有效的保温作用。

#### 5.2 构件适宜的建筑技术标准

绿色节能发展是发展的目的, 构建有效的建筑技术标准可强化装配式建筑技术的进一步发展, 但离不开政府强有力的支持, 首先企业需要对市场、行业内部等经济发展动态深入了解, 结合现有技术充分打造满足装配式建筑的绿色节能的体系标准, 同时利用网络技术, 时刻关注行业动态完善自身管理制度, 引用国内外先进技术, 建

立创新技术的团队, 实现绿色建筑的最优化配置。

#### 5.3 推行BIM技术, 改进管理模式

装配式建筑对预制构件的设计参数要求较高, 采用BIM技术可通过装配模拟精确把控, 提前了解施工技术, 降低施工成本, 同时BIM技术可视化能够提高质量管理的预见性和系统性, 有效降低装配式建筑的运营成本, 较少资源的浪费, 节约能源。

### 6 结语

在双碳战略目标下, 建筑业作为我国碳排放主要源头, 必须改变现有的建筑模式, 突破材料、技术和管理等原有模式, 提出创新的思维模式来减少碳排放, 借助经济指标体系, 分析现行装配式建筑的影响因素, 寻找对应措施, 充分利用装配式技术的优势, 绿色环保的发展建筑行业, 同时增强后期运维阶段的节能需采取一定的措施, 采用保温隔热效果好的外围户结构, 结合BIM技术的应用进一步发挥装配式建筑技术的优势, 促进建筑业完成碳达峰和碳中和目标。

#### 参考文献

- [1]郑晓云,徐金秀.基于LCA的装配式建筑全生命周期碳排放研究——以重庆市某轻钢装配式集成别墅为例[J].建筑经济,2019,40(1):107-111.
- [2]吴反反,孙文静,汪德江,等.BIM技术在装配式建筑中的应用[J].实验室研究与探索,2020,39(6):219-222.
- [3]廖礼平.绿色装配式建筑发展现状及策略[J].企业经济,2019,38(12):139-146.
- [4]刘晓君,李丹丹.装配式建筑开发意愿的影响因素及推广政策研究[J].数学的实践与认识,2019,49(1):88-98.
- [5]金占勇,邱宵慧,孙金颖,等.基于三方博弈的装配式建筑发展经济激励研究[J].建筑经济,2020,41(1):22-28.
- [6]中国建筑能耗研究报告2021[J].建筑节能,2021,(2):a1-6.