

# 循环经济背景下建筑结构可持续性分析

张磊

濮阳市科信建筑科技有限公司

DOI:10.12238/bd.v9i1.4324

**[摘要]** 随着全球可持续发展理念的深入,循环经济为建筑行业提供了新的发展思路。本文从循环经济的视角出发,探讨了影响建筑结构可持续性的关键因素,对比了国内外研究重点,提出了基于循环经济的建筑结构可持续性设计策略,并阐述了保障措施。研究表明,通过减量化、再利用和再循环等策略,建筑行业可以实现资源高效利用和环境友好发展。

**[关键词]** 循环经济; 建筑结构; 可持续性; 保障措施; 国内外研究对比

**中图分类号:** F037 **文献标识码:** A

## Analysis of Building Structure Sustainability in the Context of Circular Economy

Lei Zhang

Puyang Kexin Construction Technology Co.

**[Abstract]** With the deepening of the global concept of sustainable development, circular economy provides new development ideas for the construction industry. From the perspective of circular economy, this paper discusses the key factors affecting the sustainability of building structures, compares the research focuses at home and abroad, puts forward the sustainable design strategy for building structures based on circular economy, and describes the safeguard measures. The research results show that the construction industry can realize efficient resource utilization and environmentally friendly development through strategies such as reduction, reuse and recycling.

**[Key words]** Circular Economy; Building Structures; Sustainability; Safeguards; Comparative Research Domestically and Internationally

### 引言

在全球资源紧张与环境污染加剧的背景下,传统建筑行业面临严峻挑战。建筑在建设及运营中消耗大量自然资源,产生废弃物与污染排放,推动其可持续发展迫在眉睫。循环经济强调资源高效利用、减少环境负担,为建筑行业提供新思路<sup>[1]</sup>。根据联合国环境规划署发布的《2022年全球建筑建造业现状报告》的数据,在2021年,建筑物和建设行业占到了全球能源需求的34%以上;在与能源消耗和工艺流程相关的二氧化碳排放当中,其占比则达到37%左右。在此背景下,循环经济作为一种资源高效利用和环境友好的经济模式,为建筑行业的可持续发展提供了新的解决方案。如何将循环经济理念融入建筑结构设计中,实现资源节约、高效用能与环境保护,成为关键问题。本文剖析影响建筑结构可持续性的因素,提出设计策略与保障措施,为建筑行业绿色转型提供理论支持。国内外在此领域研究存在差异,国外侧重技术突破与标准体系构建,国内更强调工程实践与产业化落地,这为全球协作及我国技术路径选择提供依据。

### 1 循环经济背景下影响建筑结构可持续性的因素

#### 1.1 资源因素

在循环经济框架下,建筑资源利用模式变革。传统模式依赖原生资源,形成“开采-消耗-废弃”困局,而新型体系构建“减量-再生-循环”闭环。从国内外研究来看(见表(1)),在再生混凝土与高性能再生骨料方面,国内通过粉煤灰、矿渣掺合料优化再生骨料性能,满足工程需求;国外开发负碳材料,关注全生命周期碳足迹。环保型粘结剂与水泥替代材料研究上,国内聚焦低碳水泥,国外追求碳中和建材。可降解与可回收建筑材料方面,国内发展生物基材料,国外探索3D打印建筑材料。废弃物再利用上,国内推动固废在建筑领域的应用,国外强调高值化利用。资源利用模式转型提升了资源代谢效率。在再生材料应用方面,国内研究侧重于再生骨料混凝土的性能优化,通过粉煤灰、矿渣等掺合料提升力学性能,并依托政策推动固废利用;而国外研究更关注全生命周期碳足迹,开发碳捕集混凝土(如CarbonCure)等负碳材料。此外,国内在生物基建材(竹、秸秆)的应用规模领先,而国外则积极探索3D打印可回收塑料混合材料的高值化利用。

表1 可循环建筑材料的创新与应用国内外研究重点对比

研究内容	国内研究重点	国外研究重点
再生混凝土与高性能再生骨料	主要关注再生骨料的性能优化,如粉煤灰、矿渣掺合料的应用,提高耐久性和力学性能。	更关注全生命周期碳足迹,开发碳捕获混凝土(如CarbonCure)等负碳材料。
环保型粘结剂与水泥替代材料	研究低碳水泥,如活性镁基水泥(MOC)、低熟料水泥。	关注碳中和建材,如碳封存水泥、生态石膏等。
可降解与可回收建筑材料	发展生物基建筑材料(如竹、秸秆、废塑料再生板等)。	深入研究3D打印建筑,如可回收塑料混合材料。
废弃物再利用	关注建筑垃圾分类与再生砖、再生混凝土的应用。	更强调建筑废弃物的高值化利用,如高强度再生玻璃、纳米改性建筑材料等。

从表1可以看出,国内在再生混凝土和生物基材料方面的研究较为领先,而国外则更注重全生命周期碳足迹和3D打印技术的应用。这表明国内研究更侧重于工程实践和产业化落地,而国外则更注重技术创新和环境影响评估。

### 1.2 环境因素

建筑与生态协同发展是循环经济核心。新型建筑从环境掠夺者向生态修复者转变,通过全生命周期环境影响评估重构建设逻辑。在旧建筑的绿色改造与再生利用方面,国内聚焦城镇老旧小区改造,加固混凝土建筑;国外侧重历史建筑绿色修复。智能化改造上,国内利用BIM+IoT技术优化节能管理,国外借助AI分析改造方案并提供碳减排路径。建筑废弃物资源化方面,国内建立处理机制发展再生骨料混凝土,国外采用机器人拆除技术优化回收市场。

### 1.3 经济因素

循环经济正在重塑建筑行业的价值创造模式,推动全生命周期成本核算体系的建立。新型经济评估模型突破传统工程造价框架,将建筑拆解回收价值、碳交易收益等外部性成本内部化。通过推广建筑信息模型(BIM)与数字孪生技术,实现从设计阶段的循环经济性模拟到运营期的动态成本优化。创新性的建筑产品服务系统(PSS)模式,如建材租赁、性能付费等商业模式,将建筑构件转化为可追溯的流动资源。这种经济模式的转型,不仅破解了绿色建筑的成本悖论,更通过延长材料使用寿命、提升资源循环价值,构建起建筑经济、环境效益协同增长的良性机制。政府推行的绿色信贷、碳税等政策工具,进一步强化了循环经济模式的市场竞争力。

## 2 基于循环经济的建筑结构可持续性设计策略

### 2.1 减量化设计策略

减量化设计策略是从源头上降低建筑资源消耗与环境影响的关键路径。在建筑方案规划阶段,充分利用场地自然条件,依据地形地貌设计建筑布局,减少土方开挖量,避免不必要的场地平整工作能够降低对原始生态的破坏。在结构设计环节,针对高层建筑,采用优化的筒体结构体系,通过合理布置核心筒与外围结构,在满足建筑竖向与水平承载要求的同时,能够减少结构构件的截面尺寸,降低建筑材料用量<sup>[2]</sup>。此外,在建筑围护结构设计上,选用高效保温隔热材料,如真空绝热板、气凝胶保温材料

等,能够提高建筑的保温隔热性能,这样在满足室内热环境舒适度的前提下,可适当减小外墙、屋面等围护结构的厚度,减少材料使用,还能降低建筑运行能耗,实现建筑全生命周期的减量化目标。以某绿色建筑项目为例,通过采用减量化设计策略,项目在施工阶段减少了20%的建筑材料使用,并在运营阶段降低了15%的能源消耗。

### 2.2 再利用设计策略

再利用设计贯穿建筑全生命周期。设计阶段考虑构件和设备可拆卸、通用,采用模块化设计,提高施工效率、减少建筑垃圾,便于建筑改造或拆除时构件和设备的再利用。

在模块化与装配式建筑的循环设计方面(见表2),国内发展PC(Precast Concrete)结构推进住宅产业现代化,国外关注轻质模块化建筑降低碳排放。装配式建筑智能制造上,国内依托技术提高装配精度,国外结合数字孪生优化建筑寿命管理。可重复利用连接技术研究上,国内推广干法施工技术,国外探索“胶合木+钢”混合结构提高可拆卸性。

表2 模块化与装配式建筑的循环设计国内外研究重点对比

研究内容	国内研究重点	国外研究重点
绿色建筑认证	以《绿色建筑评价标准》(2014版)为主,关注建筑节能和可再生能源应用。	以LEED、BREEAM、WELL为主,更关注健康与碳排放。
建筑碳交易与激励机制	探索碳交易市场对建筑行业的影响,如碳排放限额。	关注建筑碳信用体系,推动碳中和建筑。
绿色金融支持	推出绿色建筑专项基金,鼓励绿色改造投资。	发展绿色债券市场,促进低碳建筑投资。

从表2可看出,模块化装配式建筑循环设计的国内外研究重点存在差异。国内侧重于《绿色建筑评价标准》(2014版),关注节能与可再生能源应用;国外则以LEED、BREEAM、WELL为主,更关注健康和碳排放。在碳交易与激励机制方面,国内探索碳交易市场影响,国外关注碳信用体系和碳中和建筑。绿色金融支持上,国内推出专项基金,国外发展绿色债券市场。

## 3 循环经济背景下保障建筑结构可持续性的措施

### 3.1 政策支持保障措施

政策支持体系是推动建筑行业向循环经济模式转型的基础性保障。在政策引导层面,需要构建多层次激励机制,针对建筑全生命周期中的资源循环利用环节设立专项扶持计划。通过建立动态补贴机制,对采用再生建材比例超过基准值的工程项目实施梯度奖励,重点支持装配式建筑、可拆卸结构等创新技术应用。同时完善绿色建筑认证体系,将材料循环利用率、能源消耗强度等指标纳入评价标准,对获得高星级认证的项目给予容积率奖励、审批流程简化等配套支持<sup>[3]</sup>。

法律规制体系需形成全链条监管框架,制定覆盖建筑规划设计、施工建造、运营维护及拆除回收各阶段的环境约束标准。明确不同类型建筑结构的材料回收率下限,建立废弃物排放追踪管理系统,对未达到资源化利用要求的项目实行全周期问责。实施分级分类监管制度,对重点耗能企业开展年度环境审计,强

化施工过程中的实时监测能力,对违规行为采取市场准入限制、信用评级降档等约束性措施<sup>[4]</sup>。

### 3.2 技术创新保障措施

建筑结构可持续性发展需要以技术创新为核心驱动力,构建覆盖材料研发、设计优化、施工管理和废弃物处理的全维度技术体系。在新型建材研发领域,重点推进生物基复合材料的产业化应用,开发具有自感知功能的智能建材,实现建筑结构的健康监测与性能调控<sup>[5]</sup>。加强纳米改性技术的工程化研究,提升传统建材的耐久性和可回收性,研发具有相变调温特性的多功能墙体材料。

数字化建造技术应深度融合建筑信息模型(BIM)与物联网系统,构建智慧工地管理平台。通过嵌入施工机械的传感器网络实时采集能耗数据,运用机器学习算法优化设备调度方案<sup>[6]</sup>。开发基于区块链技术的建材溯源系统,实现从原料采购到废弃物处理的全流程可追溯管理。在结构设计环节引入生成式设计算法,综合考虑力学性能、材料效率和建造可行性,自动生成最优结构方案。

建筑废弃物资源化技术也需突破分级处理瓶颈,研发模块化拆解装备实现构件无损分离。开发再生骨料性能增强剂,提升废弃混凝土的力学指标至结构级应用标准。建立区域性建筑垃圾智慧调度平台,通过大数据分析优化再生建材的生产布局与配送网络。针对特殊废弃物类型,研究钢渣微粉活化技术、废旧保温材料重构工艺等专项处理方案<sup>[7]</sup>。

### 3.3 人才培养保障措施

复合型人才队伍建设是保障建筑结构可持续发展的战略支撑。高等教育体系需实施课程体系重构,在土木工程专业中植入循环经济理论、绿色建筑评估等核心课程,开设建筑数字化“双碳”技术等交叉学科方向。建设虚实结合的实践教学平台,集成结构性能模拟、建材生命周期分析等实验模块,培养学生在可持续建筑领域的系统思维能力。

在职人员培训应建立分层培养机制,针对设计人员开展绿色结构优化专项培训,组织施工管理人员学习智能建造技术标准。开发移动学习平台构建微课程资源库,提供再生建材施工工艺、废弃物现场处理技术等实操教学资源。实施技术骨干轮训

计划,选派优秀人才赴绿色建筑示范项目进行驻场研修。

产学研协同创新需构建常态化合作机制,成立区域绿色建筑技术联盟,联合攻关建筑结构低碳化关键技术<sup>[8]</sup>。在企业研究院设立博士后工作站,开展再生结构体系创新研究。将重大工程转化为教学案例,组织跨专业团队进行全流程推演,培养解决复杂问题的综合能力。

## 4 结语

综上所述,循环经济为建筑行业的可持续发展提供了全新的思路与方向。通过减量化、再利用和再循环等设计策略,可以有效降低资源消耗和环境负担,推动建筑结构向绿色、环保的方向转型。未来,随着循环经济理念的不断深化和相关保障措施的完善,建筑行业将有望在资源高效利用和环境保护方面取得更大突破,为全球可持续发展做出积极贡献。

### [参考文献]

- [1]赵宁.循环经济视角下现代建筑与环境设计的结合策略[J].鞋类工艺与设计,2024,4(08):38-40.
- [2]赵鹤晖,赵童飞.循环经济在装配式建筑中的应用策略研究[J].福建建筑,2024,(04):141-144.
- [3]赵祖儿.可持续建筑结构设计新时代策略与实践探索[J].工程技术研究,2024,9(15):156-158.
- [4]覃飞龙.建筑结构设计可持续发展整合策略分析[J].佛山陶瓷,2023,33(12):130-132.
- [5]滕佳颖,许超,艾熙杰.绿色建筑可持续发展的驱动结构建模及策略[J].土木工程与管理学报,2019,36(6):124-131+137.
- [6]刘鹏飞.可持续发展视角下绿色建筑施工技术优化策略研究[J].中国建筑装饰装修,2024,(24):88-90.
- [7]董艳红,赵勇.新型绿色建筑材料的应用与可持续发展研究[J].居舍,2025,(03):57-59.
- [8]杨舒雯,杨阳,杨耀红.“双碳”背景下绿色建筑发展问题及对策研究:利益相关主体视角[J].安徽建筑,2024,31(12):81-84.

### 作者简介:

张磊(1977-),男,汉族,河北邯郸人,博士,濮阳市科信建筑科技有限公司,研究方向:建筑工程和智能建造。