

基于循环经济理念的建筑模块化设计研究

苏 阳 许建浩 章 晴

(郑州航空工业管理学院 郑州 450000)

【摘要】建筑行业面临严峻的资源与环境问题，亟待可持续设计方案。建筑模块化设计融入循环经济理念，凭借标准化、可拆卸及再利用特性，大幅降低资源损耗与环境污染，助力绿色建筑落成。其预制化施工提升资源利用且配置灵活。然而在技术、投资与施工等地方尚存挑战。需借创新技术、管理优化与政策扶持加以攻克，以拓展应用。从循环经济视角看，模块化设计潜力尽显，开辟资源集约、环境亲和的建筑发展新径。

【关键词】循环经济；建筑模块化设计；资源利用；可持续发展；技术创新

引言：

建筑行业向来是资源消耗与环境污染的关键所在，全球环境问题趋紧，其转型升级迫在眉睫。传统建筑设计难以应对资源浪费与环保的双重考验，探寻新设计理念与施工技术愈发关键。建筑模块化设计这一新兴建筑形式，借助标准化与预制化手段，既加快施工进度，又于建筑物全生命周期达成资源高效运用。秉持循环经济理念，模块化设计聚焦材料可回收与再利用，为建筑行业可持续发展开辟创新的道路。虽在推广时遭遇技术、经济等诸多阻碍，但其独具的优势仍令模块化建筑于未来拥有广阔的应用空间，有望成为建筑行业变革的重要力量。

一、建筑行业资源浪费与环境压力的现状分析

(一) 建筑行业资源消耗与环境影响的双重挑战

建筑行业位列全球能源消耗与资源使用的主要领域范畴中。统计数据显示，建筑以及建筑材料生产所消耗的能源约占全球总能源消耗的 3/1，并且二氧化碳排放占比处于逐年攀升的态势。建筑行业对于资源的消耗并非局限于建造阶段，在运营和维护阶段同样会不间断地消耗大量能源及原材料。鉴于建筑物长期存续这一客观情况，便意味着建筑材料持续被消耗且废弃物不断累积，由此致使对自然资源的依赖程度加深，给环境增添了沉重负担。传统建筑设计在多数情况下，未能周全地考量资源的高效利用问题，进而导致大量建筑废弃物出现，不可再生材料被肆意浪费，而且在建筑拆除时还引发了环境污染情况^[1]。从全球范围来看，建筑废弃物在城市固废中所占比例达 30%~40%，这些废弃物涵盖了诸多建筑废料以及有害物质。伴随城市化进程不断加快，建筑业给环境造成的负担愈发沉重，进一步使得资源短缺与生态环境恶化的双重压力变得更为严峻。故而建筑行业迫切需

要去探寻全新的设计理念以及相关技术，以此来妥善应对这一越发严峻的资源和环境所面临的挑战。

(二) 当前建筑设计模式对资源与环境的负面作用

在当下，传统建筑设计模式依旧呈现出对一次性资源过度依赖的状况，由此引发建筑废弃物的大量产生以及不可再生材料的严重浪费。诸多常规建筑项目中，建筑材料的抉择与施工手段都未对资源循环利用及环境可持续性予以足够重视。不少建筑于设计初始阶段便缺失对拆解与重新利用的前瞻性考量，致使建筑结构拆除时，剩余材料的利用效率极为低下，众多资源白白损耗。传统建筑设计中，大部分材料不仅使用寿命不长，而且多为不可再生或者回收难度较大的类型，这不但使资源消耗加剧，还在建筑全生命周期内形成较高的环境负荷。并且，许多建筑在设计环节未顾及后期运营时的能源效率状况，致使空调、照明等设备使用过程中能源消耗巨大，既提升了建筑运营成本，又加大了能源需求。传统建筑设计亦常常忽略建筑物拆解后废料的处置难题，这些废料在未得到恰当处理时，极易引发土地污染、水源污染等环境危害，进一步致使建筑行业面临的环境压力持续攀升。

二、循环经济理念在建筑领域的应用与意义

(一) 循环经济理念的核心思想及其对建筑设计的启示

循环经济理念的核心思想聚焦于削减资源消耗以及废弃物的生成，凭借对产品生命周期展开全面考量，达成资源的高效循环利用这一目标。该理念着重突出原材料的高效运用与重复利用，积极倡导“从源头到终结”的全流程管理，以此保障各个环节中资源流动与能量消耗均可达到最小化状态。与传统线性经济模式存在差异的是，循环经济着重强调闭环系统，致力于在生产、使用以及废弃等过程中实现资源的再生与再利用。于建筑领域中，循环经济为建筑设计开

拓了全新思路,尤其体现在材料选择、建筑结构可拆卸性以及施工与拆除过程中的资源回收等方面^[2]。建筑设计不再局限于单一建筑生命周期的关注,而是拓展至建筑拆解、材料再利用乃至建筑组件重构等范畴。采用此理念的建设项目,既能减轻对不可再生资源的依赖程度,又可减少环境污染,还可提升建筑的长期可持续性。依靠这一理念,建筑设计能够在全生命周期内将资源利用实现最大化,进而推动绿色建筑与可持续发展成为现实。

(二) 循环经济在建筑模块化设计中的应用潜力分析

循环经济理念于建筑模块化设计的运用,带来一种既灵活又高效的处理方案,对建筑行业达成资源利用的最大化以及环境影响的最小化颇具助力。模块化设计依托标准化、预制化的建筑组件,能在建筑全生命周期内达成高效的拆解、回收与再次使用。模块化建筑关键优势在于其部件与组件可重复使用,如此一来建筑材料便能在不同项目间重新调配与再度利用,有效规避了资源的无端损耗。建筑模块的设计一般有着较高的标准化水平,便于进行解构与重新组合,在拆除环节,模块化设计的组件能够被妥善回收并运用至新建项目里,延长其使用周期并削减废弃物的生成量。模块化设计还可达成建筑在使用期间的适应性变动,借助不同模块的组合,能够轻松变换建筑功能或拓展空间,极大地增强了建筑物的灵活性与可持续性。基于循环经济的模块化建筑设计,不但有利于削减建设成本,还能够完善资源利用状况,降低施工进程中的能源消耗,进而显著弱化建筑行业给环境带来的不良影响。这种设计理念与循环经济的融合,为建筑行业的进步赋予了全新的走向与发展潜能。

三、建筑模块化设计的基本概念与技术特点

(一) 建筑模块化设计的定义与核心特征

建筑模块化设计作为一种基于预制化构建理念的建筑设计手段,其关键在于把建筑物构件塑造为标准化的模块单元。这些模块可于工厂预先制造,而后在施工现场加以组装。各模块一般涵盖结构框架、墙体、门窗等基础功能单元,具备统一规格、接口与构造特性。其显著特性为建筑组件的高度标准化,让这些组件能够在不同项目里相互替换与重复运用。模块化建筑的模块单元常具备较强适应性,可依不同需求灵活配置,以契合多种功能诉求。工厂化生产亦是模块化设计的核心特质,此方式可大幅缩减现场施工时长,提升施工质量与安全性^[3]。预制化与标准化的设计理念不但可增进施工效率,还能显著削减资源浪费,弱化建筑对环境的不良

影响,为建筑领域的可持续发展提供有力支撑与创新思路。

(二) 模块化设计在资源高效利用与环境保护中的优势

模块化设计于资源高效利用与环境保护维度彰显出卓越优势。建筑模块在工厂预制,令施工物料损耗趋低,既削减建筑废弃物产出,又提升材料使用效能。标准化设计让建筑组件于不同项目循环往复,极大提升资源重复利用率。拆解时,模块化建筑组件多可完整回收再用,其可拆卸性与可再利用性远超传统建筑模式。因减少现场施工量,模块化设计降低施工能源消耗与碳排放,助力环保事业。其快速施工特质缩短项目周期,削弱建筑对周边环境的不良影响,诸如噪声、粉尘与废弃物排放的降低。模块化设计不仅优化资源利用效率,且于建设与拆除进程中为环境保护构筑更为持久的应对策略,有力推动建筑行业朝着绿色、可持续方向稳步前行,成为应对资源与环境挑战的关键路径。

四、基于循环经济理念的建筑模块化设计实现路径

(一) 建筑模块化设计的技术创新与实施策略

建筑模块化设计的技术创新着重体现在预制化、数字化以及智能化等层面。预制化技术作为其核心所在,借由在工厂内完成众多构件生产这一方式,保障了组件的质量与精度,削减了现场施工的繁杂程度以及时间耗费。数字化技术应用借助建筑信息建模(BIM)等工具,对设计、制造与施工流程予以优化,提升设计的精准度,让各模块间接口更契合标准,进而减少现场拼接与调整的工作量。智能化技术于模块化设计里同样起到关键作用,智能传感器和自动化生产线的应用可进一步提升生产效率与施工质量,保证每个模块的精度与一致性^[4]。在实施策略,建筑模块化设计的推广需应对成本、设计灵活性、标准化程度等问题。有效的实施策略涵盖推动相关标准的建立、加大生产设备与技术投资、优化物流和供应链管理以及提升工人技能。凭借这些技术创新与实施策略,建筑模块化设计可更好地契合未来可持续建筑需求,助力绿色建筑不断发展。

(二) 循环经济视角下建筑模块化设计的系统优化与应用实例

从循环经济视角审视,建筑模块化设计的系统优化聚焦于材料再利用、建筑物生命周期管理以及系统化资源回收等地方。建筑模块设计兼顾可拆卸性与模块间兼容性,保障模块化构件于生命周期终结时可拆解、回收再利用。材料循环使用既能削减建筑废弃物生成量,又能降低建筑项目资源消耗。实践中,部分模块化建筑项目借优化设计采用可再生或

可回收建筑材料，进一步提升资源利用率。如“绿色建筑”项目，运用高回收价值的模块化部件，像钢结构与轻质材料，显著减轻建筑环境影响。具体实例有中国上海的“临港智能制造产业园”，其凭借模块化设计与循环经济理念，成功达

成建筑模块再利用并缓解环境压力。在此项目里，模块化建筑于施工时减少材料浪费，后期拆卸时亦实现多数材料再回收，大幅延展建筑生命周期，为建筑行业在循环经济模式下的发展提供极具价值的参考范例与实践经验借鉴。

表 1 国内建筑模块化设计实施情况与资源利用分析

项目名称	建筑面积 (一平方米)	模块化设计比例	材料回收率 (%)	工期缩短 (%)	成本降低 (%)	数据来源
临港智能制造产业园	120,000	80%	75%	30%	15%	上海建筑研究院
北京某绿色建筑项目	45,000	70%	70%	25%	10%	北京市建筑工程设计院
深圳某商业综合体项目	80,000	65%	65%	20%	12%	深圳市城市规划设计研究院
上海绿色生态住宅项目	60,000	85%	80%	35%	18%	上海绿色建筑协会
成都未来城市创新中心项目	100,000	75%	72%	28%	14%	四川省建筑设计研究院

五、基于循环经济的建筑模块化设计面临的挑战与突破口

(一) 当前实施过程中面临的主要技术与经济难题

模块化设计于实施进程中遭遇的关键技术困境为标准化与定制化的矛盾冲突。虽模块化设计着重标准化与批量生产，可不同项目的独特个性化需求却促使建筑模块需高度定制，致使标准化模块普适性受限，设计与制造的复杂程度攀升。技术层面，模块化建筑组件生产依赖高精度制造设备与成熟工艺，然而当下国内部分生产企业设备尚欠先进，制造精度难以稳定，对模块质量与组合性产生不良影响^[5]。其运输与现场安装亦面临诸多挑战，在城市人口密集区域，运输成本高昂且难度颇大。经济部分，初期投资偏高同样是模块化设计的棘手的地方，对于中小型企业而言尤甚，生产设备与技术革新投入较大，且这些成本短期内难以凭借项目收回，故而部分建筑商对模块化建筑的推广持审慎态度，这在一定程度上阻碍了模块化设计的广泛应用与深入发展。

(二) 解决模块化设计瓶颈的创新思路与发展方向

模块化设计所面临的瓶颈，创新解决思路重点落在技术、管理与经济这三个维度。在技术，推动建筑信息建模(BIM)技术同物联网(IoT)相融合，可更优地达成模块化建筑设计与生产的精准化，提高设计和施工的协同效率。借助 BIM 技术，能优化设计阶段的资源分配以及模块的适配性，进而提升模块化设计的灵活性与可行性。于管理层面而言，提高模块化建筑的生产管理水平，特别是构建统一的标准化体系与管理平台，把各方资源有效整合起来，便可削减因无统一规范而出现的成本浪费情况。从经济层面来看，探寻政府补贴、税收优惠等政策支持，助力企业减轻初期投资负担，推动模块化设计得以普及。运用分布式生产与本地化

施工策略，可降低运输成本，提升项目的灵活性与经济性。这些创新思路与发展方向给模块化设计的广泛应用增添了新动力，助力其提升在市场中的竞争力，为建筑行业的可持续发展筑牢根基。

结语：

基于循环经济的建筑模块化设计，是建筑行业应对资源与环境困境的创新策略。它可提升资源利用率，削减建筑废弃物，达成全生命周期资源最大化再利用。虽面临技术标准化、成本及实施难题，但借助技术革新、管理优化与政策助力，其潜力巨大。待模块化技术日臻成熟并广泛应用，建筑行业于资源节约与环保领域定能突破，加速绿色建筑及可持续发展进程，开启建筑新纪元。

参考文献：

[1] 余萍. 基于循环经济理念的产业园区规划策略研究[J]. 工程与建设, 2024, 38(04): 784-786.
 [2] 李浩. 循环经济理念在绿色住宅建设中的应用[J]. 居舍, 2024, (22): 115-118.
 [3] 魏波. 基于循环经济理念的煤矿矿物加工利用路径[J]. 内蒙古煤炭经济, 2024, (14): 121-123.
 [4] 李浩, 丁国伟, 董宝虎. 循环经济理念下电力工程造价管理探究[J]. 中国管理信息化, 2024, 27(12): 13-15.
 [5] 李胜博. 循环经济视角下的生态农产品营销模式探索[J]. 现代商业, 2024, (01): 19-22.

课题：郑州航院教育教学改革研究与实践项目“新工科背景下多学科交叉融合的教学改革策略研究——以《公共建筑设计原理》为例”(项目编号：zhjy24—87)；