

建筑工程结构绿色设计与可持续发展

盛 跃

平湖市建发投资集团有限公司 浙江 嘉兴 314000

摘要：城镇化加速与“双碳”目标驱动下，建筑行业绿色转型势在必行，结构绿色设计是实现建筑可持续发展的核心环节。本文围绕绿色建筑与结构绿色设计的内涵展开分析，指出当前设计存在绿色理念薄弱、材料碳排放高、体系优化不足等问题。针对这些问题，提出从结构体系优化、低碳材料选用、全生命周期管控、耐久性提升及数字化技术应用等维度推进绿色设计的策略，并从标准建设、技术集成、行业责任、社会理念四个层面探索可持续发展路径。研究旨在为建筑结构降低资源消耗、减少污染、提升耐久性提供参考，助力行业向低碳高效模式转型。

关键词：结构设计；绿色设计；可持续发展；低碳建筑

引言：建筑业作为资源消耗与碳排放的重点领域，其绿色低碳发展对实现生态保护与经济社会协调发展具有重要意义。结构设计作为建筑工程的核心环节，不仅决定建筑安全与使用功能，更直接影响全生命周期内的资源投入、能源消耗与环境影响。在可持续发展战略下，推动结构与绿色理念深度融合，优化设计方法与技术路径，已成为行业转型升级的迫切需求。本文基于相关理论与工程实践，剖析现存问题并提出对策，为建筑工程高质量、可持续发展提供理论支撑与实践思路。

1 绿色建筑与结构绿色设计内涵

1.1 绿色建筑基本概念

绿色建筑是在全生命周期内最大限度节约资源、节能、节地、节水、节材、保护环境、减少污染，为人们提供健康、适用、高效使用空间的建筑。它并非简单的绿化叠加，而是贯穿规划、设计、施工、运维直至拆除回收的全过程理念。绿色建筑强调人与自然和谐，兼顾建筑性能与生态承载力，在满足使用功能的同时，降低对自然资源的依赖和对周边环境的破坏。其评价通常涵盖节能、环保、室内环境、运营管理等多个维度，已逐步形成系统化的标准体系。随着低碳政策不断深化，绿色建筑不再是高端项目的专属选择，而成为新建建筑的普遍要求，推动整个建筑行业向低能耗、低影响、高品质方向转型。

1.2 结构绿色设计的定义与核心目标

结构绿色设计是将绿色理念融入结构选型、材料选择、受力优化、构造设计等全过程的设计模式，以实现结构安全、经济与生态环保的协同统一。其核心目标不仅是保障结构承载力与耐久性，更要减少建材消耗、降低碳排放、提高材料可回收性，延长建筑使用寿命并降低后期运维成本。结构绿色设计强调全生命周期思维，

从源头控制资源浪费，避免因过度设计、材料低效使用造成环境负担。同时注重结构体系的适应性与可改造性，提升建筑在不同使用阶段的灵活性，减少拆改重建带来的资源损耗^[1]。通过科学合理的结构布置与技术手段，最终实现安全可靠、低碳高效、循环可持续的综合效益。

2 建筑结构绿色设计存在的主要问题

2.1 设计理念偏重安全与经济，绿色意识不足

当前多数建筑结构设计仍以安全合规、成本可控为核心导向，对绿色低碳、可持续发展的重视程度明显不足。部分设计人员习惯于传统设计思路，将结构安全与经济性置于绝对优先位置，忽视材料环境影响、能源消耗、长期运维等绿色指标。在方案比选时，较少从全生命周期角度综合评估，往往选择短期造价更低但耗材更多、碳排放更高的方案。此外，设计团队内部缺乏绿色结构相关培训，对低碳材料、新型体系、节能构造等技术掌握不够，导致绿色理念难以落地。整体而言，绿色设计尚未真正融入结构设计的主流思维，理念滞后成为制约可持续发展的重要因素。

2.2 结构材料高碳排放、高消耗问题突出

结构材料是建筑碳排放的主要来源，目前混凝土、钢材等传统主材仍占据主导地位，高能耗、高排放问题突出。部分工程为追求施工便利或过度保守，盲目加大截面、增加配筋，造成材料用量远超合理需求，形成严重浪费。再生骨料混凝土、低碳水泥、可循环钢材等绿色材料应用比例偏低，推广阻力较大。同时，材料选择较少考虑后期回收与再利用，大量建筑材料在拆除后难以循环，造成固体废弃物堆积与二次污染。材料生产、运输、使用全过程环境负荷较高，与低碳、循环经济的发展要求差距明显，也直接制约了结构绿色化水平的提升。

2.3 结构体系优化不足，资源浪费现象普遍

在结构体系设计中,优化意识不足、方案同质化现象较为常见。许多项目仍采用传统现浇混凝土体系,对装配式结构、空间结构、高强高效结构等绿色体系应用不足。部分设计缺乏精细化分析,结构布置不合理,受力传递路径不简洁,导致构件截面偏大、材料利用率偏低^[2]。同时,结构设计与建筑、机电等专业协同不够,管线冲突、空间浪费等问题频发,后期拆改频繁,进一步增加资源消耗。此外,结构可改造性、可拆卸性考虑不足,难以适应功能更新需求,间接缩短建筑有效使用寿命,造成持续性资源浪费,与可持续发展目标相悖。

3 建筑工程结构绿色设计核心策略

3.1 结构体系绿色化优化设计

结构体系绿色化优化是实现低碳节材的关键环节。设计应优先选用受力合理、材料利用率高、施工便捷的结构形式,如框架结构、剪力墙结构、钢结构及装配式混凝土结构等。在满足安全与功能前提下,通过合理布置柱网、优化抗侧力体系、减小构件截面,降低整体材料用量。大力推广装配式结构,减少现场湿作业,缩短工期,降低施工能耗与扬尘污染。同时注重结构空间适应性设计,采用大跨度、大开间布局,提高内部空间可改造性,延长建筑有效使用年限。通过多方案技术经济比选,确定综合效益最优的结构体系,从源头实现节材低碳与可持续发展。

3.2 绿色环保结构材料选用与优化

材料选择是结构绿色设计的核心抓手,应优先选用低碳、环保、可循环的高性能材料。积极推广高强钢筋、高性能混凝土,提高结构强度与耐久性,减少材料用量。鼓励使用再生骨料混凝土、低碳水泥、绿色掺合料等,降低传统水泥生产带来的高碳排放。合理选用钢结构、组合结构,提升材料可回收利用率,减少建筑垃圾。在设计中优化材料配比与使用方式,避免过度配筋与冗余截面,提高材料利用效率。同时兼顾材料运输半径,优先选用本地建材,降低运输能耗与环境成本。通过科学选材与精细化设计,实现结构安全、环境友好与经济合理的统一。

3.3 基于全生命周期的结构节能减碳设计

全生命周期理念要求将节能减碳贯穿设计、施工、运维、拆除全过程。设计阶段应对结构方案进行碳排放量核算,对比不同方案的环境影响,优先选择低碳方案。优化结构构造与节点设计,减少施工难度与材料损耗,配合绿色施工工艺降低现场能耗。在运维阶段,通过合理结构布置配合建筑节能措施,降低采暖、通风、照明等长期能耗。设计中考虑后期拆除与材料回收,采用易于

拆解的节点形式,提高资源循环利用率。通过全过程动态管控,实现从“建设阶段低碳”向“全生命周期低碳”转变,真正体现可持续发展内涵。

3.4 结构耐久性与长寿命设计

提升结构耐久性、延长建筑使用寿命是最直接有效的绿色路径。设计应根据环境类别合理确定耐久性指标,加强防腐、防渗、抗老化措施,优化混凝土保护层厚度与配筋构造。针对极端天气、地质灾害等因素提高结构安全储备,减少灾后修复与重建。采用高性能、长寿命材料,降低后期维护频率与维修成本。建立结构健康监测思路,在设计阶段预留监测条件,便于后期评估结构性能。通过耐久性提升,减少重复建设带来的资源浪费与环境污染,以更长的使用周期实现更低的年均环境负荷,推动建筑工程可持续发展^[3]。

3.5 智能化与数字化辅助绿色设计

BIM 等数字化技术为结构绿色设计提供高效工具。利用 BIM 模型进行结构可视化设计,实现多专业协同优化,减少错漏碰缺与后期变更。通过结构性能模拟、受力分析、材料用量统计,精准优化截面与配筋,实现精细化节材。基于 BIM 平台进行全生命周期碳排放计算、成本分析与方案比选,提高绿色决策科学性。结合智能化算法对结构体系、布置、材料进行多目标优化,自动生成低碳节材方案。数字化技术不仅提升设计效率与精度,更能将绿色指标量化、可追溯,为绿色设计落地提供强有力技术支撑。

4 绿色设计推动建筑工程可持续发展路径

4.1 完善标准体系与激励机制

推动结构绿色设计的规模化应用,需要制度和标准的双重保障。在标准体系建设方面,应在现行《建筑抗震设计规范》《混凝土结构设计规范》等核心标准中增加绿色设计条款,明确材料碳排放限额、最低耐久性等级、最小可回收率等指标。编制《建筑工程结构绿色设计标准》,为设计人员提供系统的技术指引。将结构绿色设计内容纳入绿色建筑评价标准,提高结构专业的评分权重,激励设计单位主动开展绿色设计。在激励机制方面,建议政府对采用高强材料、装配式结构、绿色混凝土等技术的项目给予容积率奖励、税收减免或财政补贴。将结构绿色设计水平纳入设计单位资质评定和项目评优指标,形成正向激励。推行绿色信贷和绿色保险,对绿色设计项目给予贷款利率优惠和保费折扣。建立结构碳排放交易机制,允许碳减排量进入市场交易,将绿色设计的经济效益显性化。

4.2 构建绿色结构技术集成体系

绿色结构设计涉及多专业、多环节、多技术,需要构建系统化的技术集成体系。一是建立绿色结构技术数据库,收录各类结构体系、材料、构件的碳排放因子、资源消耗系数、成本参数等基础数据,为设计人员提供决策支持。二是编制绿色结构设计指南和图集,将优秀工程实践转化为可复用的标准做法,降低设计人员开展绿色设计的技术门槛。三是推动产学研用协同创新,高校和科研机构开展绿色结构基础理论研究,设计单位开展工程应用创新,材料企业开发低碳产品,形成技术研发-工程验证-推广应用闭环。四是建立绿色结构示范工程机制,每年遴选一批采用创新绿色技术的项目进行重点跟踪,总结可复制推广的经验做法。五是加强专业人才培养,在土木工程专业教学中增加绿色设计课程,开展在职设计人员绿色设计能力培训,提升行业整体水平。

4.3 提升设计单位与企业绿色责任

设计单位是绿色设计的实施主体,其绿色意识和能力直接影响绿色设计的落地效果。设计单位应将绿色设计纳入企业发展战略,设立绿色设计专岗,组建绿色结构设计团队。建立内部绿色设计审核制度,在方案评审和施工图审查环节增加绿色指标审查,材料用量超标、碳排放过高的方案不予通过。将绿色设计绩效纳入员工考核体系,对在材料节约、碳减排方面作出突出贡献的设计人员给予奖励。大型设计企业应开展绿色设计研发投入,开发内部设计工具和标准做法,形成企业级绿色设计知识库。行业协会应组织开展绿色设计竞赛和优秀项目评选,树立行业标杆^[4]。建设单位应在设计任务书中明确提出绿色设计要求,将绿色设计水平作为设计招标的评价指标,选择具备绿色设计能力的设计团队。施工企业应配合设计单位优化施工方案,减少材料损耗和施工碳排放,形成设计-施工协同降碳的工作机制。

4.4 倡导绿色低碳建筑消费理念

绿色设计的推广不仅需要供给侧发力,也需要需求侧牵引。应加强绿色低碳建筑理念的社会宣传,提高公众对建筑碳排放和环境影响的认知水平。通过媒体宣传、科普展览、示范项目参观等方式,让消费者了解绿色建筑在节约能源、降低使用成本、提升居住舒适度方面的实际效益。推动建立建筑能效标识和碳标签制度,在房产销售环节公示建筑的绿色等级和碳排放数据,使绿色性能成为购房决策的参考因素。政府投资项目应率先采用绿色设计标准,发挥示范引领作用。鼓励大型企业和机构在自建办公楼、厂房时采用高标准的绿色设计方案,履行社会责任。通过需求端的绿色偏好倒逼供给端的绿色转型,形成“消费者选绿色-开发商建绿色-设计师做绿色”的良性循环,推动建筑行业走上绿色低碳的可持续发展道路。

结束语

建筑工程结构绿色设计是实现“双碳”目标的关键。当前结构设计重安全经济,绿色理念融入不足,存在材料高耗、结构欠优、资源浪费等问题。解决这些问题需从结构体系、绿色材料、全生命周期减碳、耐久性、智能化五个方面协同推进,并完善标准激励、构建技术集成体系、强化企业责任、倡导绿色消费。结构工程师应积极作为,将绿色设计理念转化为实际行动,助力建设资源节约、环境友好的社会。

参考文献

- [1]徐阳.绿色发展理念下的建筑结构设计模式研究[J].佛山陶瓷,2025,35(5):155-157.
- [2]刘娜,毛如意,董彬.绿色建筑材料在土木工程结构设计中的应用[J].中国建筑金属结构,2025,24(15):83-85.
- [3]黄宁宁,张珂.绿色建筑工程造价管理与可持续发展策略[J].居业,2025(8):147-149.
- [4]刘芳杰,甘慧.纸材料在建筑工程中的绿色设计策略与实践[J].华东纸业,2026,56(1):25-27.