

低能耗绿色建筑施工技术研究

刘显奎

江西务实建设管理有限公司 江西 九江 322100

摘要：在双碳战略推进背景下，建筑行业低碳改革迫在眉睫。本文以低能耗绿色建筑施工为研究对象，阐述其核心概念、理论基础与施工原则，系统梳理节能建材、装配式施工、现场降耗及数字化施工等核心技术。针对行业技术普及不足、管理体系不完善、专业人才缺失等问题提出优化对策，同时展望行业智能化、标准化、零碳化发展趋势，为建筑绿色施工落地实施提供理论与实践参考。

关键词：低能耗；绿色建筑；施工技术

引言：双碳目标下，建筑行业作为能耗与碳排放重点领域，推进低能耗绿色施工已成行业高质量发展必然趋势。传统施工模式存在能耗高、污染大、资源浪费严重等诸多问题，难以适配生态环保与可持续发展要求。基于全生命周期管控、循环经济等核心理论，本文聚焦建筑施工环节节能降耗核心痛点，探究各类绿色低能耗施工技术的实际应用价值，剖析现存发展难题并制定优化方案，助力建筑行业实现低碳化、绿色化、规范化发展。

1 低能耗绿色建筑施工相关理论与核心原则

1.1 低能耗绿色建筑施工相关概念界定

绿色建筑是在全生命周期内以节约资源、保护环境、减少污染为目标，提供健康、适用、高效使用空间的建设理念与标准体系，统筹规划、设计、施工、运营及拆除各阶段的生态环境影响。低能耗施工是通过技术优化与管理创新，系统降低施工阶段能源消耗与资源投入的模式，重点管控施工现场用电、用水、燃料及耗材，以最小能耗完成建设任务。绿色施工技术是适配低碳目标的新型工艺、绿色建材与节能设备的集成体系，包括装配式建造、建筑机器人作业、太阳能临时供电、再生材料利用等，为低能耗施工提供路径支撑。

1.2 低能耗绿色施工核心理论基础

全生命周期能耗管控理论将施工能耗管理从单一作业延伸至筹备、作业、收尾全过程，建立系统化监测、分析与调控机制，确保各阶段能耗可控。可持续发展理论要求统筹质量安全、经济效益与生态环保，既满足当前建设需求，又不损害长远环境承载能力，实现工程与环境效益统一。循环经济理论聚焦施工物质流闭环管理，通过建筑垃圾分类回收、废水处理回用、废旧模板

翻新等举措，延长材料使用价值，源头减少资源开采与废弃物排放^[1]。

1.3 低能耗绿色建筑施工基本原则

节能降耗原则要求严格管控设备空载、过度照明、材料浪费等环节，推行分区计量与定额管理，逐项压缩非必要消耗。绿色环保原则强调源头削减扬尘、噪声、污水及固废，配置抑尘降噪与污水处理设施，实现施工与环境和谐共处。高效适配原则主张结合具体工程的地质、结构与工期，因地制宜选用成本可控、节能显著的技术，避免盲目追求高投入的形式化绿色施工。安全可控原则要求在推进低能耗施工时严守安全生产底线与质量标准，节能措施不得削弱结构安全与作业防护，确保绿色施工安全、可靠、可持续推进。

2 低能耗绿色建筑核心施工技术及应用

2.1 节能型建材与围护结构施工技术

（1）新型节能建材应用方面，应基于建筑节能标准和项目功能定位，合理选配保温隔热材料（如挤塑聚苯板、岩棉板、真空绝热板）、低碳环保建材（如工业固废基混凝土、环保砌块）及再生建材（如再生骨料砖）。施工中须严格控制保温板铺贴平整度与接缝密实性，采用专用粘结剂配合锚栓固定的双重工艺，避免热桥效应；再生建材使用前须检测其强度与耐久性指标，确保符合设计要求，从材料端降低建筑本体能耗。（2）建筑围护结构节能施工方面，外墙保温优先采用内外复合保温体系，重点加强窗洞口、女儿墙、穿墙管道等热桥部位的附加保温处理；屋面施工宜选用倒置式保温屋面工艺，确保保温层与防水层协同作业、避免受潮失效；门窗安装选用断桥铝合金型材配合中空 Low-E 玻璃，精细化控制框墙间隙的发泡填充质量与外侧密封胶

施工,全面削减围护结构热传递损失。

2.2 装配式低能耗施工技术

(1) 工厂预制构件生产方面,依托高精度模具与自动化流水线,对预制墙板、叠合楼板、预制楼梯、阳台板等构件实施批量加工,采用智能蒸汽养护精准控制温升曲线。工厂化生产大幅减少现场支模、钢筋绑扎、混凝土浇筑及养护等湿作业工序,从源头降低施工材料损耗、养护用水消耗及机械待机能耗,同步减少现场扬尘与噪声排放。(2) 现场模块化装配施工方面,采用大型塔吊配合高强套筒灌浆或浆锚搭接连接工艺,实现构件的快速吊装就位与可靠锚固连接。装配作业使高能耗工序数量压缩 50% 以上,标准化节点设计有效减少返工调整,显著缩短主体施工周期,间接降低现场设备租赁时长与管理人员驻场能耗,实现时间维度上的节能效益^[2]。(3) 装配式施工能耗优势方面,对比传统现浇施工,装配式建造可实现模板用量削减 80%、施工用水节约 60%、建筑垃圾减排 70%,钢材损耗率由 5%~8% 压降至 1.5% 以内,养护能耗大幅减少。综合测算,施工阶段单位面积能耗可降低 25%~35%,降碳效果突出。

2.3 施工现场节能降耗关键技术

(1) 机械设备节能技术方面,优先选用二级及以上能效等级的大型施工设备,编制机械台班优化调度方案,明确设备空载运行不得超过 15 分钟的管理红线。通过科学划分流水段与合理布置机械站位,缩短材料水平运输与垂直吊运距离,提升机械有效作业率,降低每立方米混凝土或每吨钢材的施工能耗。(2) 临时工程节能技术方面,临时用电实施分区供电、分路计量与定时自动控制,全面更换 LED 节能灯具并加装红外感应装置;临时用水安装节水型龙头、自动感应冲水阀及管网压力调节阀,建立每日巡检漏损修复机制;临建设施采用岩棉夹芯板墙体和遮阳隔热屋面,减少冬季采暖与夏季制冷的电力消耗,多维度降低非实体工程能耗。(3) 资源循环利用技术方面,在场区设置三级沉淀回收系统,将基坑降水、混凝土养护水及车辆冲洗废水经过滤沉淀后回用于场地洒水降尘与绿化灌溉;配置移动式破碎筛分设备,将废弃混凝土块和碎砖加工为再生级配填料,用于临时道路铺筑或低标号垫层;建立钢筋余料、短头管材及模板余量的分类回收与跨区调拨制度,实现物资梯级利用最大化。

2.4 数字化智能低能耗施工技术

(1) BIM 技术应用方面,施工准备阶段利用三维模型进行虚拟建造和管线碰撞检测,动态优化材料进场时

序、塔吊位置及临时设施布局,从源头减少二次搬运与返工浪费。内置能耗模拟分析模块,对备选施工方案的设备运行功率、照明用电及运输能耗进行量化对比,辅助择优选取综合能耗最低的施工组织方案。(2) 智能监测管控技术方面,在配电总箱、各回路分支箱及主要机具端安装智能电表与数据采集器,配合围墙四周的扬尘噪声在线监测仪,所有数据无线传输至智慧工地管理云平台。系统预设能耗定额与排放阈值,触发超限报警时自动联动设备分闸或雾炮启停,管理人员通过移动端实时查看并远程调控,实现高耗能、高排放环节的即时预警与精准干预^[3]。(3) 光伏一体化施工技术方面,利用工地临时办公房屋、工人宿舍及材料料棚的闲置屋顶,铺设单晶硅或碲化镉薄膜光伏发电组件,所产清洁电力经逆变转换后供给现场道路照明、小型手持机具充电、视频监控及电动运输车辆换电等辅助用电设施,有效替代柴油发电机燃油和市电消耗,直接压减化石能源在施工现场的使用比例,降低项目碳足迹。

3 低能耗绿色建筑施工现存问题与优化对策

3.1 低能耗绿色施工现存核心问题

(1) 技术应用层面,新型低能耗技术普及率偏低,多数中小型项目仍沿用传统高能耗施工工艺;既有绿色技术的工程适配性研究不足,不同气候区、不同结构类型项目的差异化技术方案缺失,导致技术移植后节能效果大打折扣;同时,施工人员对新型工艺的操作规范掌握不牢,保温层厚度不足、节点处理马虎等工艺落地不规范现象频发,削弱了绿色设计的预期效能。(2) 施工管理层面,能耗管控体系尚不完善,施工各环节缺乏量化能耗定额与动态考核机制,现场用电、用水、用油往往粗放管理,浪费现象隐蔽而普遍;绿色施工管理制度执行薄弱,扬尘治理、固废分类等工作流于形式,监理单位对绿色施工环节的监督检查频次与深度不足,制度文件与实际操作存在明显脱节。(3) 成本与人才层面,低能耗绿色施工的初始成本偏高,高性能保温材料、节能设备及智能监测系统的增量投入使部分建设方望而却步,短期经济回报不明显影响推广积极性;专业低能耗施工技术人才匮乏,一线作业人员绿色施工意识淡薄,对新型材料特性与节能工艺要点的掌握程度有限,技术交底与实操指导力量严重不足。

3.2 低能耗绿色施工技术优化策略

(1) 优化技术选型与落地方面,应建立“一场景一策略”的差异化技术遴选机制,综合考虑项目所在地气候条件、建筑高度、结构类型及工期要求,科学匹配适宜的低能耗技术方案;同时组织编制企业级绿色施工工艺标

准与操作手册,对保温层施工、装配式节点连接、设备节能运行等关键工序制定详细的工艺参数与验收规范,通过样板引路与首件验收确保技术落地质量^[4]。(2)创新技术融合应用方面,推动 BIM 技术、物联网感知与智能调控系统同传统绿色施工技术的深度耦合,将能耗模拟、实时监测与动态优化贯穿施工全过程,实现从被动节能到主动降耗的模式转变。例如利用 BIM 模拟结果指导设备选型与临时设施布局,结合智能监测反馈数据实时调整施工流水段划分,打通数字化技术与实体作业之间的节能决策链路。(3)推广清洁能源与再生技术方面,扩大施工现场光伏发电、太阳能热水等清洁能源应用覆盖面,将再生建材的使用比例纳入项目绿色施工考核指标,明确规定基坑降水回收率、建筑垃圾资源化率等量化要求,推动施工现场能源结构低碳转型。

3.3 低能耗绿色施工管理优化对策

(1)建立全流程能耗管控体系方面,按施工准备、主体施工、装饰装修、竣工收尾等阶段分别制定用电、用水、燃油及材料消耗定额标准,配套建立动态计量与月度考核机制,将节能指标完成情况与项目管理团队绩效直接挂钩,形成目标驱动、数据支撑的能耗闭环管控格局。(2)完善现场绿色施工管理制度方面,编制覆盖扬尘抑制、噪声控制、固废分类处置及能耗监测的标准化作业指导书,明确各岗位绿色职责与操作流程;引入第三方环保巡检机制,增加突击检查频次,确保制度不空转、措施不落空。对违规排放、超能耗运行等行为实行黄牌警告与停工整改制度,持续强化制度的刚性约束力^[5]。(3)强化人才培养与技术培训方面,建立产教融合的绿色施工人才联合培养机制,联合职业院校开设低能耗施工专项技能课程;落实一线作业人员三级技术交底与常态化实操培训,将新型节能材料施工要点、智能设备操作方法纳入班组日常学习内容,定期组织绿色施工技能比武与案例复盘,不断提升全员绿色施工专业素养。

3.4 低能耗绿色建筑施工发展展望

(1)技术发展趋势方面,低能耗绿色施工技术正加速向智能化、零碳化、一体化方向迭代升级,建筑机器人作业、AI 能耗优化调度系统、碳捕集施工装备等前沿技术逐步走向工程应用,推动施工过程能耗与碳排放趋近于零。(2)行业发展方向方面,低能耗绿色施工模式将迈向标准化、规模化与低成本普及阶段,模块化设计、通用化节点、可复制管理经验的形成将大幅降低节能技术的边际应用成本,使绿色施工从标杆示范走向行业常态。(3)政策体系完善方面,绿色信贷、容积率奖励、碳交易抵扣等激励政策将持续优化完善,施工阶段能耗监管与碳排放核算标准体系将逐步健全,通过经济杠杆与制度约束双轮驱动,为低能耗绿色建筑的高质量发展提供有力支撑。

结束语

本文系统探究了低能耗绿色建筑施工的理论体系、核心技术与应用短板,明确了技术优化、管理升级、人才培育的多元优化路径。研究证实,装配式施工、数字化管控、资源循环利用等技术可有效降低施工能耗与污染排放。未来,随着智能技术与清洁能源的深度融合,绿色施工将实现规模化普及,行业需持续完善制度与技术体系,推动建筑施工领域绿色低碳转型常态化、高质量发展。

参考文献

- [1] 李湘宁. 建筑工程中绿色建筑施工技术应用分析[J]. 建材发展导向,2025,23(02):73-76.
- [2] 周广辉. 低碳背景下绿色建筑施工技术创新研究及应用[J]. 佛山陶瓷,2025,35(03):170-172.
- [3] 芦麒元. 低碳背景下的绿色建筑施工技术研究[J]. 科技资讯,2024,22(24):115-117.
- [4] 鲁明华,李泉. 高层建筑工程中的绿色建造技术与实践研究[J]. 陶瓷,2024,38(06):225-227.
- [5] 胡锦涛. 绿色建筑施工技术在高层建筑中的应用研究[J]. 新城建科技,2025,34(04):43-45.