

绿色建筑全寿命周期建设工程管理和评价体系分析

杨晓容

(荣县拓新实业有限公司, 四川 自贡 643100)

摘 要 绿色建筑全寿命周期管理及评价体系贯穿于从建筑设计到拆除的全过程, 其核心是以资源节约、环境保护和可持续发展为原则, 融合科学管理技术, 利用系统化的评价方法对建筑性能进行分析。本文主要探讨了绿色建筑全寿命周期建设工程管理措施, 梳理操作路径中的关键节点, 并分析了其工程评价体系, 探讨了如何在绿色建筑全寿命周期建设工程中实现可持续绿色发展, 以期为推动绿色建筑从理念转化为实践路径、提升行业绿色管理水平提供借鉴。

关键词 绿色建筑; 全寿命周期建设; 工程管理; 评价体系

中图分类号: TU723

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.22.026

0 引言

绿色建筑全寿命周期的工程管理和评价体系以可持续发展理论为基础, 其关注点在于建筑生命周期内的资源利用效率、生态环境适应性和社会经济效益。其中, 管理过程注重对动态系统的控制, 利用规范化措施提高工程质量。评价体系的理论依据则强调对建筑功能与环境影响之间关系的深刻理解, 通过定量与定性方法相结合, 揭示建筑在各阶段的价值。因此, 绿色建筑理论的研究可为工程实践提供方法论指导, 对评价标准进行探讨, 可为促进建筑行业朝向环境友好的方向发展提供有益参考。

1 绿色建筑全寿命周期建设工程管理措施

1.1 规划设计: 因地制宜, 智能优化

在绿色建筑规划设计阶段, 数据采集与分析是基础环节。设计人员可利用卫星遥感系统、气象站设备和地质勘探工具获取区域地形、气候等信息, 并利用 CFD 和 Ladybug 插件优化建筑选址, 确保自然通风的最佳效果^[1]。在材料选择方面, 借助 Athena Impact Estimator 和红外热像仪对建材的碳排放、热性能和循环利用率进行评估, 以确定绿色性能最佳的方案。数字化建模则可以利用 BIM 平台和 TRNSYS 工具, 实现设计方案的精细化分析, 并结合 TensorFlow 预测能源需求, 优化能源管理设计。协作平台如 Navisworks 可整合多学科设计, 环境监测传感器则能动态反馈施工信息, 确保设计方案与实际条件一致。针对可再生资源, 光伏模拟工具 PVWatts 可优化太阳能发电系统布局,

而雨水收集优化工具 SWMM 能够提升降水利用效率, 同时 Tekla Structures 等模块化建筑设计工具可促进材料的循环利用。

1.2 绿色施工: 节能减排, 环保先行

在施工阶段, 施工人员可利用变频塔式起重机和能耗监控系统优化设备功率输出, 智能照明系统则可利用光感应器调节场地亮度减少电力浪费, 同时, 绿色混凝土搅拌设备可以精准计量并配置除尘系统降低粉尘排放。减排措施主要包括: (1) 喷雾降尘设备结合颗粒物监测传感器动态控制扬尘扩散; (2) 智能洒水车按需规划洒水路径; (3) 移动式破碎机与分选设备处理建筑垃圾将其转化为再生材料; (4) 空气净化设备通过静电捕集和活性炭过滤减少有害气体排放。另外, 水资源管理可利用废水回收装置(沉淀池与过滤系统)和模块化储水罐, 利用沉淀、过滤处理清洗废水及收集雨水, 用于降尘和车辆清洗^[2]。针对环保材料管理, 管理人员需采用二维码或 RFID 标签追踪建筑材料的来源, 以确保材料低碳环保, 装配式施工技术可用预制构件减少现场废弃物, 自动焊接机器人还能提高施工精度并减少焊渣产生。结合 BIM 平台与多参数传感器网络, 施工人员还能整合施工数据动态调整方案, 实时监控资源与污染指标, 确保全过程符合绿色施工标准。

1.3 运营使用: 智能管控, 节能增效

在运营使用阶段, 绿色建筑能源管理依托智能能源管理系统(EMS)和智能电表, 以实时采集电、水、

气等数据,并结合 AI 优化算法动态调整空调、电梯和供暖设备的运行功率。光伏发电系统能够利用高效逆变器和储能装置优化发电与用电切换,提高可再生能源利用比例^[3]。同时,温湿度传感器、二氧化碳监测器与中央空调系统联动可实现环境调节,动态调整送风量。智能窗户系统能够根据外部风速和空气质量监测,调节自然通风强度,减少设备依赖。而智能照明可结合光感应器与人流传感器,自动调节区域开关状态,非工作时间通过定时模块关闭照明电路,避免浪费。设备维护可使用预测性维护系统、振动检测仪和热成像仪实时监测运行状态,结合 AI 算法预警故障并远程诊断,确保设备稳定高效。对于废水与废热管理,废水回收系统可将中水处理用于冲厕或绿化,余热回收设备则能够将空调废热用于热水或供暖。

1.4 维护更新:持续优化,绿色升级

绿色建筑在维护更新阶段,设备诊断可以利用振动检测仪、热成像仪和超声波泄漏检测仪实时监测水泵、电梯等关键设施运行状态,结合远程诊断平台分析数据并生成预警,精准定位故障点。而设备更新可采用:(1)空气源热泵替代传统供暖系统,实现高效能源转换;(2)智能 LED 照明系统结合自动调光模块优化能耗;(3)再生制动电梯通过制动能量回收减少耗电量。对于建筑围护结构的优化,维护人员可使用无人机热成像检测外墙保温性能,发现热损失区域并修复,同时利用高压水枪清洁光伏板还能维持高效发电^[4]。除此之外,BIM 系统与能耗管理平台结合,可以记录设备历史数据并监测能源使用,为维护人员动态提供优化建议。之后,废弃设备与材料可以利用分拣回收系统分类处理,其中,金属再加工、混凝土经移动式破碎机能够加工为再生骨料,用于地基建设。

1.5 拆除再生:分类回收,循环利用

在对绿色建筑拆除时,拆除人员拆除前可利用 BIM 系统和 3D 激光扫描设备创建建筑数字化档案,结合材料追溯系统明确可回收资源的位置,以此优化拆除顺序。在拆除过程中,拆除人员需要采用液压剪、破碎锤和高效切割机根据材料特性精准操作,避免二次破坏。喷雾降尘设备则可结合扬尘监测系统抑制粉尘扩散,而高效降噪设备能够利用声波阻隔技术降低噪声影响^[5]。对于分类回收,拆除人员可使用磁选机以及涡电流分离装置回收金属材料,用移动式破碎机和筛分机处理混凝土废料,制成再生骨料用于道路建设。对于木材,拆除人员则可使用高速切片机制成木片或再生板材,对于塑料,拆除人员可将其熔融重塑机制备新型构件,

而玻璃可通过粉碎筛分系统加工为玻璃砂,电线剥皮机可分离铜芯与塑料外壳供后续利用。在拆除后的运输环节,运输人员可使用 GPS 定位系统优化算法提高效率,利用废料管理平台追踪资源流向。在施工现场,施工人员可使用扬尘监测设备、围挡和防护网保护周边环境。与此同时,移动式分拣站在初步分类后,再生利用中心可以对废料进行再加工并记录回收率,确保资源进入闭环循环,实现绿色拆除的全面目标。

2 绿色建筑全生命周期建设工程评价体系

2.1 规划阶段:立足生态,注重长远

在规划阶段,绿色建筑全生命周期评价体系以生态适配性、资源节约性和长远经济性为核心。生态适配性可通过 ENVI-met 和 GIS 平台评估建筑选址对区域生态系统的影响,优化布局以减少干扰。资源节约性则利用 EnergyPlus 预测未来能耗,结合太阳能辐射分析工具设计光伏系统,提高清洁能源利用效率。SWMM 能够模拟雨水收集与排放方案,优化水资源循环利用。而长远经济性还需结合土地利用分析工具评估开发与绿地配置平衡,提出高效资源配置方案。空间功能可利用 Pathfinder 优化建筑动线,调整分区以契合使用需求。该阶段评价流程包括数据收集、模型分析、方案对比和综合评分。GIS 与气象平台可采集区域生态数据,并结合 BIM 平台动态模拟布局。而多目标优化算法能够对方案进行量化分析,结合 LEED 或中国绿色建筑标识等标准完成综合评分。

2.2 设计阶段:因地制宜,节能优先

绿色建筑全生命周期评价体系在设计阶段可利用气候适应性设计、节能性能评估、自然资源利用和功能空间优化,实现因地制宜和节能优先的目标。例如:针对气候适应性设计,当区域年平均风速超过 3 m/s,且主导风向稳定时,设计人员应利用 CFD 模拟评估建筑群体布局,使其可以形成自然通风通道,减少机械通风需求。对于日照条件,当全年日照小时数超过 2 000 小时且辐射强度高于 800 W/m²,可结合 PVWatts 评估光伏板安装角度与面积,将太阳能转化率提升至 18% 以上。在节能性能评估中,当区域夏季最高温度超过 35 ℃,EnergyPlus 模拟结果显示制冷负荷占全年能耗的 45% 以上,建筑设计应利用 DIVA 评估外遮阳装置,将室内热增益减少 25%。同时,当冬季最低温度低于 0 ℃且模拟采暖负荷占 30% 以上,应选择导热系数低于 0.03 W/(m·K) 的保温材料,并评估墙体与屋顶隔热性能,降低采暖能耗。自然资源利用方面,当年降雨量大于 800 mm,SWMM 模型模拟显示雨水年回收率可达

50%以上时,应设计雨水收集与回用系统,用于绿化灌溉与冲厕,减少市政供水需求20%以上。

2.3 施工阶段:科学施工,绿色践行

绿色建筑施工阶段的评价体系主要以资源利用率、能耗控制和环境影响管理为核心,采用科学的指标和工具实现资源节约与环境友好。资源利用率控制可通过建筑材料追踪系统和自动计量装置,评估材料使用情况。例如:当混凝土实际废料率超过5%,系统可触发警报并调整材料配比参数;钢筋切割余料比例超过2%时,自动优化切割方案,减少废料产生。能耗管理则依托能耗监控系统,当设备连续运行超限时,系统可评估运行周期,以降低峰值用电。同时,环境影响控制可利用扬尘监测设备评估颗粒物浓度,如当PM_{2.5}超150 μg/m³,喷雾降尘系统会自动加大强度。废弃物管理可利用分类回收系统与破碎筛分设备,评估废料的剩余价值,并将混凝土废料加工为再生骨料,当废料堆积量超上限,该设备会自动启动破碎流程实现再利用。该阶段评价流程主要依靠物联网传感器采集数据,施工信息化平台生成分析报告。BIM平台能够结合优化算法模拟施工过程,动态调整资源分配与能耗策略。

2.4 运营阶段:智能监测,效能最优

在运营阶段,绿色建筑全寿命周期的评价体系以智能监测和效能优化为核心,利用实时数据采集,实现能源利用、环境质量和设备运行的综合优化。以上海中心大厦为例,上海中心大厦智能能源管理系统采用了分布式电表监测各区域用电,当楼层用电超出每日预算15%时,系统会评估总用电量,并减少非关键设备运行。环境质量监测集成了温湿度、PM_{2.5}和CO₂传感器,CO₂浓度超过1 000 ppm时,新风系统会评估当前CO₂浓度,并自动调节风量至800 ppm以下。湿度控制系统也能实现动态评估,加湿或除湿设备可保持湿度在45%至60%。

2.5 维护阶段:高效管理,持续发展

绿色建筑全寿命周期评价体系在维护阶段主要依靠对设备性能、资源利用和环境质量的综合管理,确保建筑的长期稳定运行。设备维护采用预测性维护系统,利用振动检测仪与热成像仪监控电梯、水泵等设备状态,并结合远程诊断平台评估潜在问题并生成维修建议。设备日志则会记录运行时长与故障频率,定期评估监测设备以确保数据准确性。资源利用优化可利用能耗监控系统动态分析建筑用电与空调负荷,调整运行时间。同时,水循环监测装置实时监控中水系统与雨水收集池的处理效率,维护过滤装置与管道连接处的密封性,避免资源浪费。对于环境质量保障,

维护人员可以利用空气质量检测仪监测室内PM_{2.5}、CO₂和VOC浓度,当系统评估CO₂浓度升高或PM_{2.5}超标时,新风系统需加大运行频率并定期更换滤网,避免室内空气污染。对于绿化系统,湿度传感器与土壤检测设备可以评估灌溉数据,调整喷灌频率和水量,以确保绿植健康生长,同时还能避免用水浪费。

2.6 拆除阶段:资源回收,循环再造

绿色建筑全寿命周期评价体系在拆除阶段以资源回收与循环再造为核心,借助材料分类、废弃物处理和环境影响控制,最大化资源价值并降低环境负担。评价目标包括高效资源回收与再利用,利用科学管理实现建筑材料精准分类以及循环处理,减少废弃物的填埋。材料评估与回收是核心内容,其中,混凝土可破碎为再生骨料,金属经磁选与熔炼可以实现循环利用,而木材能够处理为再生板材或生物质燃料,塑料和玻璃可以制备为新型建材。同时,环境影响评估需要纳入粉尘、噪声和废水的评价范围,扬尘控制系统可以动态调节喷雾强度,降低粉尘扩散。降噪设备则针对拆除高噪声区域设置隔音屏障,减小噪声对环境的干扰。而废水处理系统能够评估施工现场的污染水体,并对其进行沉淀与过滤处理,确保排放水质符合环保标准。对于评价流程,拆除前,拆除人员可利用建筑信息建模系统评估材料分类方案,明确优先回收对象。

3 结束语

绿色建筑全寿命周期的管理和评价体系为实现可持续发展目标提供了系统支持。通过规划、设计、施工、运营及拆除各阶段的科学评价和管理,建筑项目在资源利用、环境保护和经济效益方面实现了动态平衡。每个阶段的评价体系以明确目标和科学指标为基础,利用精细化的实施流程构建全局性的优化框架。未来,随着技术的发展与管理方法的创新,这一体系将在应对环境挑战和推动绿色转型中展现出更大的潜力。

参考文献:

- [1] 沈绵鑫.绿色建筑全寿命周期建设工程管理和评价体系分析[J].陶瓷,2023(12):204-206.
- [2] 吴超.论绿色建筑全寿命周期建设工程管理和评价体系[J].中国招标,2023(07):173-176.
- [3] 朱从澍.绿色建筑全寿命周期建设工程管理和评价体系分析[J].居业,2023(06):188-190.
- [4] 高传玉.绿色建筑全寿命周期建设工程管理和评价体系研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023(16):53-55.
- [5] 王旭.绿色建筑全寿命周期建设工程管理和评价体系分析[J].价值工程,2022,41(03):52-54.