

绿色建筑节能技术在民用建筑中的应用探究

瞿守良 丁伟成 陶晓卓 杨书卓

中国二冶集团有限公司 内蒙古 包头 014020

【摘要】：在“双碳”战略背景下，建筑行业绿色低碳转型已成必然趋势。本文以孟子研究院一体化建设项目为实证案例，依据《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2014，围绕“四节一环保”要求，系统应用节能、节水、节材、节地、环境保护及智能化管控等绿色技术。结合全周期监测数据，量化分析技术实施效果、经济效益与环境效益，梳理成本管控、技术适配、运维管理等现存问题，并提出优化路径。研究依托完整实践数据与佐证资料，可为同类公共民用建筑绿色施工、技术选型及绿色示范工程创建提供实操参考与理论借鉴。

【关键词】：绿色建筑；节能技术；民用建筑；四节一环保

DOI:10.12417/2705-0998.26.12.051

引言

建筑行业是国民经济支柱产业，也是能耗与排放重点领域。民用公共建筑体量大、周期长，节能降碳潜力巨大。随着绿色建筑标准全面落地，传统高耗能模式亟需转型。孟子研究院一体化建设项目作为绿色施工示范工程，全过程融入绿色建筑理念，严格落实“四节一环保”要求，集成应用多项成熟节能技术。本文基于施工台账、能耗监测与环保检测等一手资料，深入分析绿色节能技术在民用公共建筑中的实施效果与优化路径，为推动行业绿色低碳转型、服务“双碳”目标提供实践参考。

1 工程案例分

1.1 项目基本概况

本项目为曲阜优秀传统文化传承发展示范区（邹城核心区）PPP项目—孟子研究院一体化建设项目，位于山东邹城，属寒冷地区IIB气候分区，为大型甲类公共建筑，框架结构，总建筑面积82494.36 m²。建设周期2019年3月至2025年4月，由中国二冶集团施工总承包。项目以创建国家优质工程奖为目标，依据《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2014实施绿色建造，获评省部级绿色施工示范工程及中施企协绿色建造施工水平二星级。项目编制专项方案，建立全周期能耗与污染监测体系，数据可追溯。摒弃传统高能耗模式，构建“节能增效、资源循环、智能管控、生态环保”绿色建造体系，全面落实节能、节水、节材、节地、环境保护措施，各项指标优于国家和行业标准。

1.2 核心绿色节能技术应用体系

1.2.1 节能与能源利用技术

项目针对施工现场、办公生活区及运维区域，分场景应用三类节能技术，覆盖临时照明、生产用电、生活用能全领域。第一，高效太阳能LED节能照明系统。在道路、楼梯间、材料堆放区等临时区域安装58套LED节能灯具（单套功率≤120W），应用周期2019年6月至2025年4月，累计节电

7884kWh，使综合能耗降低6%。第二，施工用电智能管控系统。在办公、加工、主体施工区布设16块智能电表、24套定时开关，2019年3月至2025年4月实时监测负荷、自动切断空载电路，累计节电21693kWh，降低用电损耗8%。第三，可再生能源太阳能热水系统。在生活及办公区布设18台太阳能热水器，储热水箱总容积1440L，运行周期2019年3月至2025年4月，年均节电65520kWh，替代传统能源消耗占比9%。三项节能技术叠加，累计节电95097kWh，整体能耗较同类型传统工程降低14%，可再生能源贡献率达50%，远优于行业平均水平。

1.2.2 节水与水资源利用技术

项目秉持“开源+节流+循环”用水理念，配套建设雨水回收、施工废水循环系统，并全面普及节水器具。一是雨水收集回收利用系统。依托屋面及场地，修建108m³蓄水池及过滤设备，2019年3月至2025年4月累计回收利用雨水32400m³，节约市政用水30%，减少污水外排16200m³。二是施工废水循环利用系统。在混凝土搅拌、养护及车辆冲洗区设置沉淀池与循环水泵，2019年3月至2025年4月施工废水回用率达40%，累计减少废水排放23550m³。三是节水型器具全覆盖。在办公及施工区域安装节水水龙头和节水蹲便器，2019年3月至2025年4月人均用水量降低10%，月均节约生活用水116m³。综合三类节水技术，项目水资源重复利用率达80%，累计节约市政用水39476m³，指标满足二星级绿色建筑及绿色施工示范工程要求。

1.2.3 节材与材料资源利用技术

项目聚焦建筑材料全生命周期管控，通过BIM优化下料、周转材料重复利用、建筑垃圾资源化三大举措提升材料利用率。一是BIM技术优化下料与预制构件应用。在主体、二次结构及装饰装修阶段应用BIM建模精准下料，累计优化材料5376吨，减少废料54.3吨，废料率降低1.01%，直接节约钢材、板材33.6吨，材料综合利用率达98.1%。二是周转材料重复利

用。模板周转 4 次，脚手架钢管循环使用总长 24 万米，2019 年 8 月至 2021 年 8 月新材料采购量减少 4%，降低材料成本 47.36 万元。三是建筑垃圾资源化回收利用。实行分类分拣、回收再利用，累计回收建筑垃圾 1056 吨，加工为再生骨料用于回填及垫层，资源化利用率达 51%，减少外运处置 1056 吨，整体减量 30%，综合资源化利用率达 70%。

1.2.4 节地与土地资源利用技术

针对施工现场用地紧张、土方转运成本高、土地资源浪费等问题，项目实施施工场地优化布局+土方场内平衡技术，2019 年 3 月至 6 月完成布置与土方调配。对施工现场总平面进行集约化规划，合理划分施工区、加工区、办公区、材料堆放区，最大限度压缩临时用地，共计减少临时占地 4600 m²。同时统筹基坑开挖与回填作业，实现场内土方平衡 6000m³，完全避免土方外运与外购土方，节约土地资源的同时，降低土方运输产生的能耗、扬尘与交通压力。

1.2.5 环境保护技术

项目严格落实施工现场全维度环保管控，针对扬尘、噪声、污水三大污染源建立专项治理体系。一是扬尘综合治理。布设 2100 米围挡喷淋、28 台雾炮机，对 36000 m² 裸土全覆盖密闭，管控周期 2019 年 3 月至 2023 年 6 月，PM10、PM2.5 达标率 100%，扬尘排放量降低 80%。二是噪声污染控制。选用低噪声设备，设置隔音围挡并执行限时作业，2019 年 3 月至 2025 年 4 月落实降噪措施，场界噪声达标率 100%，无扰民事件。三是污水达标排放。配套化粪池、隔油池等设施，施工及生活污水经预处理后排入市政管网，2019 年 3 月至 2025 年 4 月运行期间，污水排放达标率 100%，无违规排放记录。

1.3 项目能耗、排放实测与综合效益分析

项目建立全周期能耗与排放监测体系，施工期总用电 434.68 万 kWh、用水 27.76 万 m³、燃油 2960 吨，单位面积能耗优于国家标准；运营阶段综合能耗达标。施工及运营期碳排放、粉尘、污水、噪声均符合环保标准，建筑垃圾综合资源化利用率达 53%，无有害废弃物违规处置。基于监测数据，从能耗、环保、经济三方面开展综合效益分析。

1.3.1 能耗效益

项目 13 项节能减排技术全面落地后，节能、节水成效显著，具体指标如表 1 所示。

表 1 项目绿色技术应用核心能耗与资源节约指标表

技术类别	核心指标	具体数值	成效说明
节能与能源利用	累计节约电量	95097kWh	综合能耗较同类工程降低 14%
节水与水资源	累计节约市政用	39476m³	水资源重复利用率达

源利用	水		80%
节材利用	材料综合利用率	98.1%	减少主材废料 33.6 吨
固废处理	建筑垃圾资源化利用率	70%	累计 1056 吨垃圾实现再利用
扬尘治理	扬尘排放量降幅	80%	PM10、PM2.5 达标率 100%

由表 1 可见，项目通过多技术集成应用，能源、水资源、建材三大核心资源利用效率大幅提升，污染物排放得到有效控制，绿色建造成效突出，顺利通过省部级绿色示范工程及中施企协二星级绿色建造评价。

1.3.2 环境效益

项目实现扬尘、噪声、污水常态化达标管控，无环保投诉及违规排污事件。雨水与施工废水循环利用，减少市政取水及污水外排；建筑垃圾与土方场内平衡，降低运输碳排放及扬尘污染；太阳能等可再生能源替代传统火电，削减化石能耗与温室气体排放。全方位保护周边生态环境，实现施工建设与生态保护协同发展。

1.3.3 经济效益

项目节能技术累计节电 95097kWh，节水技术节约大量市政水费，节材技术节约成本 47.36 万元；土方平衡与垃圾资源化减少外运及采购开支。多项技术叠加，实现施工与运营阶段持续降本增效，兼具短期节约与长期降低双重经济效益。项目获评省部级绿色示范工程、二星级绿色建造评价，提升品牌价值，为国家优质工程奖申报奠定坚实基础。

2 绿色建筑节能技术在民用建筑中的应用分类

第一，被动式节能技术依托场地布局与规划实现节地降耗，无需额外能耗。本项目通过科学规划临时用地、统筹土方场内平衡，从源头减少土地占用与机械转运，施工难度低、零运维成本，适用于土地紧张区域，核心逻辑为“规划先行”。第二，主动式节能技术以机电设备及专用器具为载体，通过升级与模式优化降低能耗，涵盖高效照明、节水器具、降尘降噪设备等。本项目应用的 LED 照明、节水型器具、围挡喷淋、雾炮机等效果直观、见效快，是绿色技术落地的重要抓手。第三，可再生能源利用技术以太阳能等清洁能源替代化石能源，是实现深度降碳的核心路径。本项目应用太阳能 LED 照明及热水系统，可再生能源贡献率达 50%，未来可结合光伏建筑一体化等技术构建多能互补系统。第四，资源循环利用技术聚焦水、建材、固废的回收再利用。本项目构建“废水—雨水—建材—固废”全链条循环体系，水资源重复利用率 80%，建筑垃圾综合利用率 70%，材料利用率 98.1%，兼具环保与经济价值。第五，智能能耗管控技术依托物联网与信息化平台实现数字化精细管理。本项目的施工用电智能管控系统及能耗监测台账，

可实时监控负荷、自动管控设备运行、杜绝空载能耗,支持数据溯源分析,正逐步与BIM融合,支撑全生命周期数字化管控。第六,环境保护专项技术针对施工期扬尘、噪声、污水进行专项治理。

本项目通过扬尘综合治理、噪声控制、污水达标排放,形成全维度环保管控体系,确保排放达标,是城市民用建筑合规建设与规避环保风险的必要保障。

3 民用建筑绿色节能技术优化应用策略

3.1 多元举措降低综合建设成本

绿色节能设备、新型建材及智能化系统前期成本较高,是技术推广的主要制约因素。为降低综合建设成本,可采取以下措施:一是推行规模化、本土化采购,批量采购节能灯具、节水器具等通用产品,降低单品价格;二是优化技术组合方案,优先选用场地优化、周转材料复用等高性价比技术,避免盲目堆砌高端设备;三是活用政策支持,申报绿色示范工程及绿色建筑评价,争取财政补贴与评优奖励,分摊前期投入;四是推广合同能源管理与设备租赁模式,降低一次性资金压力。

3.2 坚持因地制宜,优化技术选型与集成

我国地域辽阔,建筑用能与环保需求差异显著,必须坚持因地制宜。本项目地处寒冷地区,优先推广太阳能利用、围护结构优化及采暖节能技术;南方夏热冬冷地区则重点强化隔热、通风与雨水回收。技术集成应遵循“被动技术打底、主动技术增效、可再生能源补充、智能管控、环保兜底”的思路,实现场地规划、资源循环、节能设备、智能系统与环保治理一体化设计。同时对照《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2014匹配评价指标,保障项目通过绿色建筑评级与示范工程验收。

3.3 强化施工全过程质量管控

绿色节能技术的落地效果取决于施工工艺与过程管理。一是建立专项施工方案,针对BIM下料、水循环系统等关键工序明确工艺标准。二是落实样板引路与岗前培训,关键工序先行制作样板,验收合格后方可大面积施工。三是强化监管管控,对节能环保设施施工进行全过程旁站监督,逐项核查。四是完

善专项验收制度,将节能指标、资源利用率、排放指标纳入竣工验收必检内容,并委托第三方检测出具报告。本项目由施工、监理、建设三方联合管控,资料闭环,为工程评优提供完整佐证。

3.4 构建全生命周期专业化运维体系

针对行业“重建设、轻运维”问题,需强化绿色节能设备的运行管理。一是转变管理理念,建立设计—施工—运维一体化模式,在项目前期同步制定运维方案。二是组建专业运维团队,开展太阳能系统、智能平台、水循环设备等专项培训,制定标准化巡检与保养规程。三是依托智能管控平台进行数字化运维,利用能耗、用水及排放数据分析,动态优化设备运行模式。四是加强节能宣传,培养低碳用能习惯。大型公共建筑可引入第三方专业运维机构,推动运维工作市场化、专业化,确保节能设备持续发挥效能。

3.5 完善资料管理,助力工程评优与行业推广

对于申报绿色示范工程、国家优质工程奖、绿色建筑评价的项目,过程资料是核心佐证。参照本项目资料管理模式,分类整理技术方案、设备台账、检测报告、影像资料、运行记录、验收文件等,做到一项技术对应一套佐证资料,数据完整、影像清晰、台账连续。标准化的资料管理不仅保障项目顺利通过评审,也可同类型项目提供完整的实践案例,推动绿色节能技术在行业内复制推广。

4 结语

综上,在“双碳”目标与绿色建筑政策驱动下,孟子研究院一体化建设项目依据《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2014,系统应用节能、节水、节材、节地、环保、智能管控六大类技术,成功创建省部级绿色施工示范工程、二星级绿色建筑评价及国家优质工程奖,各项指标优于国家标准,验证了寒冷地区公共建筑绿色技术的实用性与先进性。针对成本、适配、运维等挑战,需因地制宜优化集成方案,强化政策引导与模式创新。未来建筑将向超低能耗、智慧化、循环化发展。本项目为同类型民用建筑绿色建筑与评优提供了详实参考,助力建筑业绿色低碳高质量发展。

参考文献:

- [1] 骆雁.基于绿色建筑技术的民用建筑节能改造的探讨[J].智能建筑与工程机械,2023,5(2):104-106.
- [2] 朱晓韦.绿色建筑技术在民用住宅中的应用研究[J].砖瓦世界,2025(17):97-99.
- [3] 成华.试析绿色施工技术在民用建筑施工中的运用[J].建筑·建材·装饰,2023(18):175-177.
- [4] 《建筑工程绿色施工规范》.GB/T50905-2014.
- [5] 《建筑与市政工程绿色施工评价标准》.GB/T50640-2023.
- [6] 《绿色建造技术导则(试行)》.建办科[2021]8号(住建部2021).