

绿色建筑技术在住宅工程中的应用

刘恒江 刘传玺

青岛市建筑节能与产业化发展中心

DOI:10.32629/bd.v9i6.4561

[摘要] 住宅建筑能耗占全国建筑总能耗的较大比例,推广绿色建筑技术是实现建筑领域低碳目标的关键。本文系统梳理了绿色建筑技术在住宅工程中的应用现状,从节能、节地、节水、节材及室内环境质量五个维度,阐述了围护结构保温、高效能源系统、雨水利用、绿色建材选用及自然通风采光等核心路径。结合工程案例分析其综合效益,结果表明绿色建筑技术可显著提升住宅节能、节水水平,降低运营成本,为住宅工程绿色化转型提供技术支持。

[关键词] 绿色建筑; 住宅工程; 节能技术; 节水技术; 室内环境质量

中图分类号: TU201.5 **文献标识码:** A

Application of Green Building Technology in Residential Engineering

Hengjiang Liu Chuanxi Liu

Qingdao Building Energy Conservation and Industrialization Development Center

[Abstract] Residential building energy consumption accounts for a large proportion of total building energy consumption nationwide. Promoting green building technology is key to achieving low-carbon goals in the building sector. This paper systematically reviews the application status of green building technology in residential engineering. From the five dimensions of energy conservation, land conservation, water conservation, material conservation, and indoor environmental quality, it elaborates on core approaches such as envelope structure insulation, efficient energy systems, rainwater utilization, green building material selection, and natural ventilation and lighting. Combined with engineering case analysis, the comprehensive benefits are evaluated. The results show that green building technology can significantly improve the energy-saving and water-saving levels of residential buildings, reduce operating costs, and provide technical support for the green transformation of residential engineering.

[Key words] green building; residential engineering; energy-saving technology; water-saving technology; indoor environmental quality

引言

随着城镇化加速与居民生活水平提升,住宅建筑规模持续扩张,建筑能耗与碳排放同步增长。我国建筑全生命周期碳排放占全国总量较高比例,住宅建筑占比突出。传统住宅建设模式资源消耗大、环境负荷高,与可持续发展目标相悖。绿色建筑以“四节一环保”为核心,通过优化设计、绿色建材应用及节能技术集成,推动建筑与环境协调发展。国家政策文件明确要求推进绿色住宅规模化发展。本文聚焦住宅工程,系统解析绿色建筑技术体系及应用路径,为行业绿色化实践提供参考。

1 绿色建筑技术在住宅工程中的应用现状

1.1 绿色建筑技术体系概述

绿色建筑技术体系以“四节一环保”为核心框架,涵盖节能、节地、节水、节材和环境保护五大领域。节能技术包括围护结

构保温隔热、高效暖通空调系统、可再生能源利用、照明节能等;节地技术包括地下空间开发、合理提高容积率、旧区改造利用等;节水技术包括节水器具、雨水收集利用、中水回用系统等;节材技术包括高强钢筋应用、绿色建材选用、工业化建造等;环境保护技术包括场地生态保护、室内空气质量管控、施工扬尘噪声控制等。我国绿色建筑评价标准将技术应用划分为控制项、评分项和加分项,控制项为必须满足的基本要求,评分项根据技术水平得分,加分项鼓励创新技术应用。目前,绿色建筑技术已从示范项目向规模化应用转变,一星级、二星级绿色建筑成为住宅项目的主流配置。

1.2 住宅工程绿色化发展态势

近年来,我国绿色住宅发展迅速。政策层面,多省市将绿色建筑纳入土地出让条件,要求新建住宅100%达到绿色建筑标准,

部分发达地区要求二星级以上占比不低于30%。市场层面，绿色住宅溢价效应显现，购房者对健康舒适、节能环保住宅的认可度持续提升，绿色认证住宅售价较普通住宅高出5%至10%仍受市场欢迎。技术层面，被动式超低能耗建筑、装配式建筑、健康住宅等新兴理念与绿色建筑技术深度融合，形成了更加完善的技术体系^[1]。然而，绿色建筑技术在住宅工程中的应用仍存在地域发展不均衡、增量成本消化压力、技术集成度不足等问题，需要进一步优化技术方案，降低应用门槛。

2 住宅工程绿色建筑关键技术

2.1 节能技术

住宅建筑节能技术以降低采暖和空调能耗为核心。围护结构保温隔热是最基础的措施。外墙采用外保温系统，保温层厚度根据气候区确定：严寒地区EPS板厚度100mm至120mm，寒冷地区80mm至100mm，夏热冬冷地区40mm至60mm。外窗是能耗薄弱环节，采用断桥铝合金窗框配三玻两腔Low-E玻璃，传热系数K值可降至1.5W/(m²·K)以下，较普通单层窗节能65%以上。屋面保温采用挤塑聚苯板或硬泡聚氨酯，厚度不低于80mm。高效能源系统方面，变频多联机空调系统较定频系统节能20%至30%，空气源热泵作为冷热源适用于夏热冬冷地区，地源热泵系统适用于有条件的场地，系统COP可达4.0以上。可再生能源利用中，太阳能热水系统技术成熟，集热器面积按每户2至3平方米配置，可满足60%至80%的生活热水需求；光伏建筑一体化在住宅屋顶或立面安装光伏组件，自发自用余电上网，典型户用系统装机容量3至5kW，年发电量3000至5000kWh。照明节能采用LED灯具和智能光控系统，公共区域照明功率密度较传统灯具降低60%以上。

2.2 节水与水资源利用技术

住宅工程节水技术涵盖节水器具、雨水收集和中水回用三个层面。节水器具是源头控制措施。节水型坐便器一次冲水量不大于4升，较传统6升坐便器节水33%；节水龙头加装起泡器，流量控制在6L/min以下；节水淋浴器流量控制在9L/min以下。采用节水器具后，住宅户均生活用水量可降低15%至20%。雨水收集利用系统将屋面、路面雨水收集后经沉淀、过滤处理，用于绿化浇灌、道路冲洗和景观补水。屋面雨水水质较好，初期雨水弃流后即可使用；路面雨水需经沉砂池处理。住宅小区雨水收集系统设计按当地降雨量和用水需求确定收集池容积，通常为100至300立方米，年雨水利用率可达30%至50%。中水回用系统将洗浴、洗衣等优质杂排水收集处理，达到城市杂用水水质标准后回用于冲厕和绿化。中水系统适用于规模较大的住宅小区，处理工艺采用生物接触氧化加过滤消毒，处理成本约0.8至1.2元/吨，低于自来水价格。在缺水地区，中水回用可减少市政供水30%以上。

2.3 节材与绿色建材应用

节材技术聚焦于材料高效利用和资源循环。高强钢筋应用是重要举措，HRB400、HRB500高强钢筋替代HRB335，可减少钢材用量15%至25%。高强混凝土在高层住宅柱、剪力墙中应用，C50以上混凝土可减小构件截面尺寸，增加有效使用面积。工业化建

造方式显著降低材料损耗，预制混凝土构件工厂化生产，现场损耗率从8%降至2%以内；预制楼梯、预制叠合板、整体卫浴等部品部件应用率提高，减少模板和支撑用量^[2]。绿色建材选用要求材料在生产、使用和废弃全生命周期环境负荷低。预拌混凝土和预拌砂浆减少现场扬尘和噪声；绿色饰面材料选用低VOC涂料、水性木器漆，甲醛释放量符合E0级标准；利废建材如粉煤灰砌块、再生骨料混凝土、磷石膏板等，消纳工业固废和建筑垃圾。住宅工程应建立绿色建材应用台账，明确各类建材的环保性能指标，优先选用获得绿色建材认证的产品。

2.4 室内环境质量提升技术

绿色住宅不仅关注资源节约，更强调健康舒适的室内环境。自然通风优化设计通过建筑布局、户型设计和开窗位置优化，利用风压和热压促进室内空气流动。计算流体动力学模拟辅助优化户型，确保每户均有穿堂风条件，自然通风有效换气次数达到2次/小时以上。天然采光技术通过合理控制窗地比、设置反光板和导光管，改善进深较大空间的采光效果。采光模拟分析显示，采用优化设计后，主要功能房间采光系数达到标准要求的比例从60%提升至85%以上。室内空气质量管控从源头和使用环节双管齐下。装修材料选用低VOC产品，室内甲醛浓度控制在0.08mg/m³以下，TVOC浓度控制在0.5mg/m³以下。新风系统是保障室内空气品质的重要设备，全热交换新风系统在引入新鲜空气的同时回收排风能量，热回收效率达70%以上，PM2.5过滤效率达90%以上。声环境控制方面，采用隔音楼板、隔音窗和管道消声措施，卧室夜间噪声控制在30dB(A)以下。

3 绿色建筑技术综合应用案例

3.1 工程概况

我市大型住宅小区项目，总建筑面积32万平方米，包含18栋高层住宅和配套公建，共计2160户。项目定位为二星级绿色建筑，设计阶段即引入绿色建筑技术集成优化。气候区为寒冷地区，供暖度日数约2500℃·d。项目场地原为工业废弃地，需进行土壤修复和场地平整。建设单位目标：节能率达到75%，节水率达到25%，可再循环材料用量占比不低于10%，室内空气质量达标率100%。项目采用全过程BIM技术辅助绿色设计，对各项技术进行模拟优化和成本效益分析，确保技术方案的可行性和经济性。

3.2 技术集成方案

项目集成应用了多项绿色建筑技术。节能方面，外墙采用石墨聚苯板薄抹灰外保温系统，厚度90mm，传热系数0.35W/(m²·K)；外窗采用断桥铝合金窗框配5+12A+5+12A+5三玻两腔Low-E玻璃，整窗传热系数1.8W/(m²·K)；屋面保温层厚度120mm挤塑聚苯板。采暖采用地板辐射供暖，热源为燃气锅炉加太阳能跨季节蓄热系统，太阳能集热器面积3000平方米，满足30%供暖需求。节水方面，小区设置500立方米雨水收集池，收集屋面雨水用于绿化浇灌，年收集雨水量约1.2万吨；全部采用节水器具，户内安装分级水表实现用水精细化管理。节材方面，主体结构HRB400高强钢筋应用比例达95%，预制楼梯和预制叠合板应用比例达40%，再生骨料混凝土用于道路和垫层。室内环境方面，采用

中置百叶遮阳一体化窗,活动外遮阳降低夏季空调负荷约18%;每户独立新风系统,带全热回收功能,热回收效率75%。

3.3 实施效果评价

项目竣工后进行了为期一年的运行效果测评。能耗实测数据表明,住宅单位面积年采暖能耗为28.6kWh/m²,较当地节能65%设计标准(82kWh/m²)降低65%;单位面积年总电耗(不含供暖)为32.4kWh/m²,其中空调电耗9.7kWh/m²,照明电耗7.2kWh/m²。综合计算,建筑节能率达到76.5%,超出设计目标。水耗方面,户均年用水量89吨,较当地平均水平下降28%,雨水收集利用贡献绿化用水量的42%。材料方面,可再循环材料用量占比达到12.5%,建筑垃圾资源化利用率85%。室内环境监测显示,冬夏季室内温度维持在20至26℃,相对湿度40%至60%,CO₂浓度始终低于800ppm,甲醛浓度最大值0.06mg/m³,用户满意度调查得分92分。增量成本分析显示,绿色建筑技术增量投资约320元/m²,年运行费用节约约28元/m²,静态投资回收期约11.4年。项目获得二星级绿色建筑设计标识和运行标识,成为当地绿色住宅示范项目^[3]。

4 绿色建筑技术推广对策

4.1 经济激励与政策引导

推动绿色住宅发展需综合运用财政、金融与土地政策工具。财政层面,对高星级项目按每平方米50至200元实施差异化补贴,同时减免可再生能源应用的增值税与所得税。金融层面,将绿色建筑纳入信贷优先目录,提供优惠利率与快速审批通道。土地与规划层面,在土地出让合同中明确绿色等级硬性要求,对采用绿色技术的项目给予容积率奖励。制度层面,应强化运行阶段评价,杜绝“图纸绿建”现象;推行绿色住宅信息披露,要求购房合同中载明技术指标与能效等级,保障消费者知情权。上述政策组合旨在降低绿色技术应用门槛,形成稳定的市场预期。

4.2 技术支撑与标准完善

绿色住宅规模化推广依赖标准、技术与人才三方面支撑。标准建设上,需按不同气候区和建筑类型细化设计规范与验收标准,明确性能指标与检测方法,同步编制技术图集降低应用难

度。技术攻关聚焦高性能围护结构、高效热回收新风系统及能耗监测平台,推动绿色建筑与装配式、健康、智慧技术深度融合,形成集成化解决方案。人才培养方面,将绿色建筑知识纳入注册建筑师与建造师继续教育体系,开展设计、施工、运维人员专项培训。同时,培育专业化的技术咨询服务机构,为项目提供全过程技术支持,解决基层技术人员短缺和能力不足问题。

4.3 市场机制与公众参与

绿色住宅的持续发展需要解决消费者信任与市场认可两大核心问题。引入绿色建筑性能保险,由保险公司对运行效果承保,未达标准即行赔付,以第三方兜底机制化解购房者对“绿色溢价”的疑虑。建立绿色住宅溢价传导机制,通过销售现场可视化展示节能节水效益,让消费者愿意为健康舒适付费。碳交易市场应将建筑减排量纳入交易品种,拓宽项目收益来源^[4]。公众层面,常态化开展科普宣传与示范项目开放日,让居民直观体验节能效果;建立运行数据公示制度,定期发布能耗水耗报告,接受业主监督,以透明化运营积累社会公信力。

5 结束语

绿色建筑技术在住宅工程中的应用是实现建筑领域绿色低碳转型的重要途径。本文从节能、节地、节水、节材和室内环境质量五个维度系统阐述了绿色建筑技术体系,结合工程案例验证了其综合效益。未来,随着碳达峰碳中和战略深入实施和绿色建材产业成熟,绿色住宅将从“可选”变为“标配”,为居民提供更加健康、舒适、低碳的居住环境。

[参考文献]

- [1]李志.绿色施工技术 in 住宅建筑工程施工中的应用研究[J].陶瓷,2026(1):218-219,229.
- [2]张霄.住宅建筑工程中绿色建筑施工技术的应用研究[J].陶瓷,2025(1):228-230.
- [3]李强,李良.绿色建筑施工技术 in 住宅建筑工程中的应用[J].砖瓦世界,2025(9):79-81.
- [4]牛永.住宅建筑工程中绿色节能施工技术的应用[J].砖瓦世界,2026(4):67-69.