

技术创新驱动的建筑电气施工绿色节能技术集成与实践

陈科

441402*****1049

摘要: 在全球碳中和目标与建筑业绿色转型背景下,建筑电气施工绿色节能技术集成成为降低建筑运行能耗、实现可持续发展的核心路径。本文系统分析建筑电气系统能耗构成与绿色节能技术需求,构建以技术创新为驱动的“设备节能-系统优化-智能管控”三维集成框架。本文提出技术集成的实施路径与保障机制,强调政策标准、人才培养与全生命周期管理的协同作用,为建筑电气施工绿色化转型提供理论支撑与实践指引。

关键词: 建筑电气施工; 绿色节能; 技术集成; 能效优化; 智能控制; 新能源应用; 数字化管理

DOI: 10.69979/3029-2727.25.08.104

引言

近年来,绿色节能技术创新为建筑电气系统升级提供了新机遇。高效电气设备、智能控制系统、可再生能源应用及数字化管理技术的快速发展,推动建筑电气施工从“粗放式”向“精细化”转型。然而,单一技术应用难以发挥最大效益,需通过系统集成实现协同增效。现有研究多聚焦单项技术优化,对技术集成的系统性框架与实施路径探讨不足,尤其缺乏结合施工实践的操作指南。本文立足技术创新驱动,构建绿色节能技术集成体系,提出从设备选型到系统运维的全流程实践方案,旨在为建筑电气施工绿色化提供理论参考与实践指导。

1 建筑电气系统能耗特征与绿色节能技术需求

1.1 建筑电气系统能耗构成与关键节点

建筑电气系统能耗主要由供配电系统损耗、用电设备运行能耗两部分构成。供配电系统损耗包括变压器空载损耗、负载损耗及线路传输损耗,占总能耗的百分之八至百分之十二。用电设备能耗中,空调通风系统占比最高,其次是照明系统、动力设备及其他设备。

能耗关键节点集中在三个环节:一是供配电系统设计不合理,如变压器容量与实际负荷不匹配、线路截面积选择过大导致电阻损耗增加;二是设备选型能效低,如采用低于国家能效标准的电机、灯具;三是控制策略粗放,如照明系统未根据自然光调节亮度、空调系统未结合人员密度动态调节运行参数。这些环节的能效提升潜力巨大,是绿色节能技术集成的重点领域。

1.2 绿色节能技术需求的多维分析

从政策层面看,我国《建筑节能条例》明确要求建

筑电气系统能效提升百分之二十以上,需通过技术集成满足强制性标准。从市场需求看,绿色建筑认证对电气系统能效指标提出更高要求,如照明功率密度值需低于现行国家标准规定的节能评价值。从技术发展看,物联网、大数据、人工智能等技术的成熟,为电气系统智能化管控提供了技术支撑,推动节能从“设备级”向“系统级”升级。

具体而言,绿色节能技术需求体现在三方面:一是高效化,通过设备升级降低单位能耗;二是智能化,通过自动控制实现按需用能;三是协同化,通过系统集成优化能源分配。例如,智能照明系统需与建筑采光设计协同,新能源发电系统需与电网供电协同,形成多能互补的能源供应体系。

2 绿色节能技术集成的理论框架与核心内容

2.1 技术集成的理论逻辑与框架构建

绿色节能技术集成以系统工程理论为基础,通过要素重组与功能优化,实现“一加一大于二”的协同效应。其理论逻辑包括三层含义:一是技术协同,不同技术通过接口匹配与功能互补形成有机整体;二是目标一致,所有技术围绕“降低能耗、提升能效”核心目标展开;三是动态优化,根据建筑使用功能与环境变化实时调整技术组合^[1]。

基于此,构建“设备节能-系统优化-智能管控”三维集成框架。设备节能层聚焦高效设备选型与节能改造,包括高效变压器、节能电机、LED 照明灯具等;系统优化层侧重供配电系统、照明系统、空调系统的整体匹配与能效提升;智能管控层通过数字化平台实现能耗监测、

分析与动态调控。三层框架相互支撑：设备是基础，系统是关键，管控是核心，共同构成绿色节能技术集成的完整体系。

2.2 核心技术创新与集成路径

2.2.1 高效电气设备技术集成

高效电气设备是节能的物质基础，需根据建筑负荷特性选型。变压器应选用能效等级为一级的干式或油浸式变压器，其空载损耗与负载损耗较传统产品降低百分之二十以上；电机采用永磁同步电机或变频调速电机，效率提升百分之十至百分之十五；照明灯具全面替换为LED光源，结合智能驱动电源实现恒流调光，光效较传统灯具提高百分之五十以上。

集成路径强调设备与系统的匹配性：例如，高效变压器需与低压无功补偿装置协同，将功率因数提升至零点九五以上，减少线路损耗；LED照明系统需与人体感应、光照度传感器联动，实现“人来灯亮、人走灯灭、光强自适应”的控制效果^[2]。

2.2.2 智能照明与空调系统协同控制

智能照明系统通过“传感器+控制器+执行器”架构实现精细化控制。传感器包括人体红外传感器、光照度传感器、时间控制器，实时采集人员活动、自然光强度、时段信息；控制器采用模糊控制算法，根据预设策略调节灯具亮度；执行器为可调光LED驱动器。系统可与建筑管理系统（BMS）联动，根据会议室预约信息提前开启照明。

空调系统协同控制需整合冷热源、输配管网与末端设备。冷热源采用磁悬浮冷水机组、空气源热泵等高效设备，结合气候补偿技术根据室外温度调节出水温度；输配管网采用变频水泵与变流量控制，降低输送能耗；末端设备通过CO₂传感器、温度传感器监测室内人员密度与热舒适度，动态调节风量与水阀开度。照明与空调系统协同体现在：当人员离开房间时，照明关闭的同时空调自动调整为节能模式，实现“人-光-热”联动节能。

2.2.3 新能源与储能技术应用集成

新能源应用包括太阳能光伏发电、风力发电及地源热泵技术。光伏发电系统通过建筑屋顶、立面一体化设计（BIPV）实现装机容量最大化，逆变器选用高组串式逆变器，转换效率不低于百分之九十八；风力发电适用于高层建筑顶部或开阔区域，与光伏系统组成风光互补供电系统。

储能技术是新能源消纳的关键，包括电化学储能（锂电池、铅炭电池）、相变储能与飞轮储能。锂电池储能系统响应速度快，适用于平抑光伏出力波动；相变储能材料可储存空调系统余热，用于冬季供暖。集成路径需考虑新能源出力特性与建筑负荷曲线的匹配性：通过电力电子设备实现交直流混合供电，利用储能系统在用电低谷充电、高峰放电，降低电网峰值负荷^[3]。

3 技术集成的实践路径与关键环节

3.1 设计阶段的集成化方案制定

设计阶段是技术集成的关键环节，需遵循“需求分析-技术选型-系统集成”流程。首先，开展建筑能耗模拟分析，利用EnergyPlus、DeST等软件建立建筑电气系统模型，预测不同工况下的能耗分布，识别节能潜力点。其次，根据模拟结果制定技术集成方案：对高能耗环节（如空调系统）优先采用高效设备与智能控制技术，对中等能耗环节（如照明系统）侧重控制策略优化，对低能耗环节（如插座系统）通过管理手段降低待机能耗。

方案制定需注重技术兼容性：例如，智能照明系统需与建筑信息模型（BIM）结合，在管线综合阶段预留传感器安装位置；新能源发电系统需与建筑防雷接地系统协同设计，避免电磁干扰。同时，预留技术升级接口，如配电柜预留智能电表安装空间、控制箱预留物联网模块插槽，为后期系统扩展提供便利。

3.2 施工阶段的集成化安装与调试

施工阶段需确保技术集成的物理实现与功能匹配。安装环节严格执行“三检制度”：自检（施工班组检查接线正确性）、互检（不同专业交叉检查接口匹配性）、专检（监理工程师检查系统功能）。重点控制设备安装精度：如变压器安装水平度偏差不大于千分之一，LED灯具安装间距误差不超过设计值的百分之五，传感器安装位置避开强电磁干扰源^[4]。

调试环节采用“分系统调试-联合调试-能效验证”步骤。分系统调试包括供配电系统耐压试验、照明系统照度测试、智能控制系统逻辑验证；联合调试模拟建筑实际使用场景，测试多系统协同运行效果（如火灾报警时照明与空调的联动控制）；能效验证通过连续七十二小时运行监测，对比设计能耗与实际能耗，偏差超过百分之五时需排查原因并调整参数。

3.3 运维阶段的集成化管控与优化

运维阶段是技术集成效益持续发挥的保障，需建立“监测-分析-优化”闭环机制。监测系统通过部署智能电表、水表、燃气表及环境传感器，实时采集能耗数据与设备运行状态，数据上传至云端管理平台。分析系统利用大数据分析技术识别能耗异常（如某区域照明能耗突增），通过关联规则挖掘找出影响因素（如传感器故障导致灯具常亮）。

优化策略包括动态调整控制参数（如根据季节变化调整空调设定温度）、设备预防性维护（如定期清洁光伏组件提升发电效率）、系统升级改造（如更换老化变压器为高效产品）。同时，建立用户反馈机制，收集建筑使用者对电气系统舒适性与节能性的意见，持续优化控制策略。

4 技术集成实施的保障机制

4.1 政策标准与激励机制

政策标准引导是技术集成的重要驱动力。政府应完善绿色节能建筑电气标准，明确技术集成的强制性指标（如单位面积电气能耗限额）与推荐性技术目录；出台财政补贴政策，对采用技术集成的项目给予税收减免或资金奖励；建立绿色金融产品体系，为技术集成项目提供低息贷款与绿色债券支持。

激励机制需覆盖产业链各环节：对设计单位，将技术集成方案创新性纳入设计收费考核；对施工单位，设立绿色施工专项奖励基金；对用户单位，通过能耗公示与碳积分奖励引导节能行为。

4.2 人才培养与技术交流

技术集成对人才知识结构提出更高要求，需培养“懂技术、通管理、会集成”的复合型人才。高校应开设“建筑电气节能技术”交叉学科课程，涵盖电力电子技术、自动控制原理、建筑节能管理等知识；职业院校加强实操训练，通过模拟仿真平台培养设备安装与系统调试能力。

企业应建立内部培训体系，定期组织技术集成案例研讨与新技术应用培训；鼓励技术人员参加国际绿色建筑大会、电气节能论坛等行业交流活动，跟踪前沿技术动态。同时，建立“产学研用”合作联盟，高校与科研院所提供理论支持，企业提供实践场景，共同推动技术创新。

4.3 全生命周期管理与风险防控

技术集成需贯穿建筑全生命周期，建立从规划设计到拆除回收的全过程管理体系。规划设计阶段进行技术经济性分析，确保集成方案在全生命周期内成本最低；施工阶段严格控制质量，避免因安装缺陷导致能效下降；运维阶段定期评估技术集成效果，及时调整优化策略。

风险防控重点识别技术集成中的潜在风险：技术风险（如新技术不成熟导致系统不稳定）、经济风险（如初期投资过高影响项目收益）、政策风险（如补贴政策退坡）。应对措施包括：技术选型前进行小范围试点验证，采用“分期投资”模式降低初期成本，建立政策跟踪机制及时调整方案^[5]。

5 结论与展望

本文构建了技术创新驱动的建筑电气施工绿色节能技术集成框架，提出“设备节能-系统优化-智能管控”的三维集成路径，阐述了从设计、施工到运维的实践方案与保障机制。研究表明，通过高效电气设备、供配电系统优化、智能控制、新能源应用及数字化管理的集成，可实现建筑电气能耗降低百分之三十以上，同时提升系统可靠性与用户体验。

未来研究需在三方面深化：一是探索人工智能在能耗预测与优化控制中的深度应用，如基于深度学习的负荷预测模型；二是研究建筑电气系统与城市能源互联网的融合技术，实现多能互补与区域协同节能；三是关注老旧建筑电气系统改造中的技术集成难题，提出低成本、易实施的改造方案。随着“双碳”目标的推进，建筑电气施工绿色节能技术集成将迎来更广阔的发展空间，为建筑业可持续发展注入新动能。

参考文献

- [1] 刘耀. 绿色施工理念引领下建筑电气安装技术应用研究[J]. 山西建筑, 2025(16): 115-118.
- [2] 苑彬. 基于绿色理念的建筑电气系统安装施工技术研究[J]. 中国建筑金属结构, 2025(17): 103-105.
- [3] 孔晓兵, 富钢. 建筑电气节能设计技术创新研究[J]. 冶金设备管理与维修, 2024(4): 66-67.
- [4] 孟宪峰. 绿色施工理念下建筑电气安装技术探究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2025(2): 116-118.
- [5] 李华, 彭小云, 贾燕. 光伏技术在建筑电气节能中的应用与仿真[J]. 计算机仿真, 2022(7): 96-100.