

绿色建筑电气系统中的能源管理与优化策略

胡均伟

332526*****6933

摘要：绿色建筑电气系统作为建筑能源消耗的核心载体，其能源管理水平直接影响建筑的低碳性与经济性。当前传统电气系统存在能源监测不精准，无法实时掌握用能动态；负荷分配不合理，导致高峰时段能源紧张；可再生能源利用率低，难以充分发挥清洁供能作用等问题，难以适配绿色建筑对高效用能的需求。本文围绕绿色建筑电气系统展开，系统梳理能源监测的核心技术、负荷优化的关键路径、可再生能源的整合方法、智能调控的实现方式，深入探索未来发展前景，旨在为绿色建筑电气系统提升能源管理效率、降低能耗提供科学思路，助力建筑实现可持续发展目标。

关键词：绿色建筑；电气系统；能源管理；负荷优化；可再生能源整合

DOI：10.69979/3060-8767.25.12.022

引言

在“双碳”目标与绿色建筑理念普及的背景下，建筑行业对电气系统的能源效率要求持续提升。电气系统承担着建筑照明、设备运行、环境调控等核心用能任务，其能源消耗占建筑总能耗的比重较高，是建筑节能的关键环节。传统电气系统多采用固定运行模式，缺乏对能源消耗的动态监测与优化，易导致能源浪费、碳排放超标等问题，与绿色建筑的低碳、高效发展需求相悖。

1 绿色建筑电气系统能源监测的核心技术

1.1 基于物联网传感器的电气能耗实时采集技术

该技术通过在绿色建筑电气系统的关键节点，如配电箱、照明回路、大型用电设备端部署物联网传感器，实现对电流、电压、功率、能耗等参数的实时采集。传感器采用低功耗设计，可长期稳定运行，采集的数据通过无线通信模块实时传输至本地网关或云端平台，避免传统人工抄表存在的滞后性与误差。例如在空调、电梯等大功率设备上安装专用电流传感器，可精准捕捉设备启停时段与运行过程中的能耗波动；在照明回路安装电压传感器，能实时监测照明系统的用电状态，为后续能耗分析与优化提供精准、实时的基础数据支撑，确保能源监测无盲区。

1.2 依托云平台的能源数据集成与可视化分析技术

云平台具备强大的数据存储与处理能力，可将物联网传感器采集的分散能耗数据进行集中集成，打破不同用电系统的数据壁垒，形成完整的建筑电气能源数据库。平台通过数据清洗技术去除异常数据，保障数据准确性，

再利用数据挖掘算法对能耗数据进行多维度分析，如按时段、按区域、按设备类型统计能耗占比。

1.3 结合人工智能的能源消耗异常识别与诊断技术

人工智能技术通过构建能耗预测模型与异常识别算法，实现对绿色建筑电气系统能源消耗的智能诊断。先利用历史能耗数据、气象数据、建筑使用数据训练模型，使模型能精准预测正常工况下的能耗范围；再将实时采集的能耗数据与预测数据进行对比，当实时能耗超出正常范围时，系统自动识别为异常情况并发出预警。

2 绿色建筑电气系统负荷优化的关键路径

2.1 基于用能时序特征的电气负荷错峰调度路径

该路径通过分析绿色建筑不同时段的用能时序特征，如工作日与节假日、白天与夜间的负荷差异，制定错峰调度方案。先统计建筑各用电设备的常规运行时段与能耗峰值，识别负荷高峰时段与低谷时段，如办公建筑白天 9:00-17:00 为负荷高峰，夜间为低谷。再将可调节负荷，如电动汽车充电、空调预冷预热、设备维护等安排在负荷低谷时段进行，避免与重要负荷在高峰时段争抢能源。例如在夜间用电低谷时启动储能系统充电，白天高峰时释放电能；将非紧急的设备检修安排在周末进行，减少对工作日常用能的影响，通过错峰调度平衡负荷分布，降低高峰时段的能源供应压力。

2.2 针对重要负荷与非重要负荷的分级管控路径

该路径根据用电设备对建筑功能的重要性，将电气负荷划分为重要负荷与非重要负荷，实施分级管控。重要负荷包括应急照明、消防系统、医疗设备（如医院建

筑)、数据中心等,需保障不间断供电,在负荷优化中优先满足其能源需求,可配置备用电源或储能系统确保供电稳定;非重要负荷包括普通照明、非必要的办公设备、景观照明等,可根据能源供应情况与用能需求动态调整。例如在能源供应紧张时,适当降低非重要区域的照明亮度、缩短景观照明开启时间,或关闭部分非必要办公设备,在不影响建筑核心功能的前提下,减少非重要负荷的能源消耗,实现负荷的高效分配。

2.3 结合设备能效等级的电气负荷动态分配路径

该路径依据用电设备的能效等级,优先调度高能效设备运行,实现负荷的动态优化分配。先对建筑内所有电气设备进行能效等级评估,标记出一级、二级等高能效设备与低效设备,如将一级能效空调与三级能效空调分类管理。在负荷分配时,优先启用高能效设备承担主要用能任务,如在夏季制冷时,优先运行一级能效空调,减少低效空调的运行时间;对于同一类型的多台设备,通过动态调整运行台数与负荷率,使设备处于高效运行区间,避免单台设备长期满负荷运行或多台设备低负荷低效运行。同时,逐步淘汰或改造低效设备,提升整体负荷运行效率,降低单位负荷的能源消耗。

3 绿色建筑电气系统中可再生能源的整合方法

3.1 建筑光伏与电气系统的协同并网与电能分配方法

建筑光伏系统(如屋顶光伏、光伏幕墙)产生的电能需与电气系统协同并网,实现高效分配。该方法先通过并网逆变器将光伏产生的直流电转换为与电网同频同压的交流电,再接入建筑低压配电系统,确保并网电能质量符合标准。在电能分配上,采用“自发自用、余电上网”的模式,优先将光伏电能供给建筑内部用电设备,如照明、空调、办公设备等,减少对电网电能的依赖;当光伏发电量大于建筑实时用电量时,多余电能通过并网接口输送至公共电网;当光伏发电量不足时,自动从电网补充电能。同时,通过智能控制器实时监测光伏出力与建筑用电负荷,动态调整电能分配比例,最大化利用光伏清洁电能,降低建筑对传统能源的消耗。

3.2 储能系统与电气负荷的匹配调度与充放电控制方法

储能系统作为连接可再生能源与电气负荷的关键,需通过匹配调度与充放电控制实现能源平衡。该方法先根据建筑电气负荷的变化规律与光伏出力特性,确定储能系统的容量与充放电策略,如在光伏出力高峰且负荷

低谷时,控制储能系统充电,储存多余电能;在光伏出力低谷且负荷高峰时,控制储能系统放电,补充电能缺口。充放电控制采用分层控制策略,上层根据建筑整体用能需求制定充放电计划,下层通过电池管理系统精确控制储能电池的充放电电流、电压与SOC(State of Charge)状态,避免过充过放损伤电池,延长电池使用寿命。同时,将储能系统与应急供电需求结合,在电网停电时,储能系统可作为备用电源为重要负荷供电,提升建筑供电可靠性。

3.3 可再生能源与电网的互动协调与互补供电方法

为保障绿色建筑电气系统供电稳定,需实现可再生能源与电网的互动协调、互补供电。该方法通过建立建筑电气系统与电网调度中心的信息交互机制,建筑端实时向电网反馈可再生能源出力、储能状态与建筑负荷需求,电网端向建筑发送电价信号、供电紧张预警等信息。在电网供电充足且电价较低时,可适当减少可再生能源与储能的出力,优先使用电网电能;在电网供电紧张或电价较高时,增加可再生能源出力与储能放电量,减少电网电能消耗,缓解电网压力。同时,参与电网需求响应,当电网发出削峰需求时,建筑通过降低非重要负荷、增加储能放电等方式配合电网调峰,实现可再生能源与电网的良性互动,提升整体能源系统的稳定性与经济性。

4 绿色建筑电气系统智能调控的实现方式

4.1 基于BIM与数字孪生的电气系统可视化调控方式

BIM(建筑信息模型)与数字孪生技术融合,构建与绿色建筑电气系统物理实体高度一致的虚拟模型,实现可视化调控。先将电气系统的设备参数、管线布局、回路连接等信息集成到BIM模型中,再通过数字孪生技术将实时能耗数据、设备运行状态映射到虚拟模型,形成动态更新的数字孪生体。管理人员可在虚拟模型中直观查看电气系统的整体运行情况,如点击某台变压器可查看其负荷率、温度等参数;通过模型模拟不同调控方案的效果,如模拟调整空调运行参数对能耗的影响,再将优化后的方案应用到物理系统。这种可视化调控方式打破了传统调控的信息壁垒,提升调控决策的准确性与效率,确保电气系统始终处于最优运行状态。

4.2 借助模糊控制算法的电气设备动态调节方式

模糊控制算法适用于电气设备运行参数存在不确定性的场景,可实现动态精准调节。例如在空调系统调

控中,传统控制方式仅根据设定温度启停设备,易导致温度波动与能源浪费,而模糊控制算法通过采集室内温度、湿度、人员数量等多维度数据,将这些模糊信息转化为精确的控制指令,动态调整空调的制冷量、风速与运行时间。当室内温度接近设定值且人员较少时,自动降低制冷量与风速;当室内温度升高或人员增多时,适当提升制冷量,确保室内舒适度的同时减少能耗。同样,该算法可应用于照明系统调控,根据自然光强度与人员分布动态调整照明亮度,实现电气设备的智能化、精细化运行。

4.3 依托手机 APP 与智能终端的远程用能管控方式

手机 APP 与智能终端为绿色建筑电气系统提供便捷的远程用能管控渠道,实现管理的灵活性与及时性。管理人员通过 APP 可实时查看建筑各区域、各设备的能耗数据与运行状态,如远程监测会议室照明是否关闭、办公室空调是否处于节能模式;可发送远程控制指令,如在下班前通过 APP 关闭未关闭的用电设备,或在节假日远程调整公共区域照明与空调的运行参数。同时,APP 可向用户推送能耗统计报表、异常用能提醒、节能建议等信息,如提醒某部门本月能耗超出预算,引导用户养成节能习惯。这种远程管控方式打破了时空限制,使能源管理更便捷、高效,进一步提升绿色建筑电气系统的管理水平。

5 绿色建筑电气系统能源管理的发展前景

5.1 面向零碳建筑的电气系统能源管理升级前景

随着零碳建筑理念的推广,绿色建筑电气系统能源管理将向全生命周期零碳目标升级。未来将进一步提升可再生能源在电气系统中的占比,如通过建筑光伏全覆盖、地源热泵与电气系统深度融合,实现大部分能源需求由清洁电能满足;同时,引入碳足迹追踪技术,对电气系统从能源生产、传输到设备运行的全流程碳排放进行监测与核算,精准识别碳排放热点环节并优化。此外,将能源管理与建筑碳抵消措施结合,如通过购买碳汇抵消剩余碳排放,最终实现电气系统全生命周期零碳排放,为零碳建筑落地提供核心支撑,契合全球低碳发展趋势。

5.2 基于 5G 与边缘计算的电气系统智能化深化前景

5G 技术的高带宽、低时延特性与边缘计算的本地化数据处理能力,将推动绿色建筑电气系统智能化深化。5G 技术可实现大量物联网传感器数据的高速、稳定传输,如支持高清视频监控数据、设备运行参数的实时上传,为智能调控提供实时数据支撑;边缘计算节点部署在建筑本地,可快速处理实时能耗数据与控制指令,减少数据传输至云端的延迟,如在负荷高峰时段,边缘计算可实时优化负荷分配方案,避免因网络延迟导致调控滞后。

5.3 契合智慧城市的建筑电气系统与城市电网协同前景

在智慧城市建设背景下,绿色建筑电气系统将和城市电网实现深度协同,成为智慧城市能源网络的重要节点。建筑电气系统通过智慧城市能源管理平台与城市电网、其他建筑、可再生能源电站实现数据共享与协同调度,如在用电高峰时,城市电网统一调度各建筑电气系统的储能放电与负荷削减,平衡城市能源供需;在可再生能源出力充足时,引导建筑电气系统多消纳清洁电能,减少弃风弃光现象。

6 结论

本文围绕绿色建筑电气系统中的能源管理与优化策略展开研究,从能源监测技术、负荷优化路径、可再生能源整合方法、智能调控方式、发展前景五个维度梳理了关键内容。能源监测为管理提供精准数据支撑,负荷优化实现能源高效分配,可再生能源整合推动清洁供电,智能调控提升管理效率,发展前景则指明未来升级方向。这些内容相互衔接、相互支撑,形成了完整的绿色建筑电气系统能源管理体系,既能有效降低建筑电气能耗、减少碳排放,又能提升能源利用效率与供电可靠性,为绿色建筑落地提供核心技术支撑。

参考文献

- [1] 俞周迪. 绿色建筑背景下建筑电气系统节能技术探讨[J]. 新城建科技, 2025, 34 (03): 95-97.
- [2] 韩浩学, 王进林, 谢斌. 建筑电气系统在绿色建筑中的节能应用研究[J]. 新疆钢铁, 2025, (01): 69-71.
- [3] 严宝祥. 建筑电气节能设计及绿色建筑电气技术分析探讨[J]. 居业, 2022, (02): 13-15.