

双碳目标下建筑供配电系统优化设计研究

吴 领

中铁华铁工程设计集团有限公司 北京 100071

【摘要】：双碳目标提出后，建筑行业逐步向绿色低碳、智能化方向转型，建筑供配电系统是建筑能源消耗的核心环节，其优化设计是实现建筑节能降碳的关键。当前电气绿色节能技术的广泛应用，以及物联网、人工智能等数字技术的深度赋能，为建筑供配电系统优化提供了新的可行路径。本文结合双碳目标要求与建筑供配电系统实际运行特征，从电气绿色节能技术应用、智能化管理升级两个维度出发，梳理供配电系统优化设计的具体路径，可为建筑行业通过供配电系统改造实现节能降碳、提升运行服务效率提供实践参考。

【关键词】：双碳目标；建筑供配电系统；优化设计；绿色节能技术；智能化管理

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.053

引言

双碳目标推进过程中，各行业绿色低碳发展的约束性要求逐步明确。建筑行业是国内能源消耗的重点领域，能源消耗量占社会总能耗的30%以上，其中供配电系统能耗占建筑总能耗的60%~70%，是建筑节能降碳的核心发力点。建筑供配电系统的优化设计，直接关系建筑能源利用效率的提升，也会影响建筑领域双碳目标的实现进度。当前电气绿色节能技术不断迭代，物联网、人工智能等数字技术在建筑领域的应用场景持续拓展，传统建筑供配电系统高能耗、低效率、粗放式管理的运行模式，已无法适配双碳目标下的管控要求。针对供配电系统开展节能优化与智能化升级，能够帮助建筑企业完善供配电设计方案，落地节能降碳措施，推动建筑行业向绿色低碳、智能化方向发展。

1 双碳目标下建筑供配电系统优化设计概述

“双碳”下的配电就是围绕着“建筑供配电系统”，以“节能降耗、智能高效”为设计理念，在整个供配电系统的规划、设计、建设、运行过程中引入绿色电子技术以及互联网、大数据、人工智能等相关信息技术进行改造升级，实现供配电系统的安全可靠、经济节能、智能高效的运行状态。这样的改造不是简单地进行设备替换，在利用相应技术对供配电系统结构及供电方式作出改进的同时强化自动化管理强度，不但能有效降低能耗，提升电力供应质量，还能确保房屋使用的舒适性以及安全性，并在这一环节中达到节能降耗的目标并实现服务品质的优化升级^[1]。

具体优化措施包含：一是应用新型绿色节能环保供电设施以降低供配电环节中的损耗；二是运用网络技术以及智能控制方式对建筑物内部供电设施及相关用电设备进行动态监测、自动调控、合理管控，从而提升系统运行效率以及管理水平；将电源管理系统从以往的粗放式向精细化智能方向转变。

2 双碳目标下建筑供配电系统优化设计价值

2.1 助力双碳目标落地，推动建筑行业绿色转型

双碳目标的核心是实现碳达峰与碳中和。建筑行业属于典型的高能耗、高排放领域，其供配电系统的节能优化是行业降碳的关键环节。目前我国建筑供配电系统能耗占建筑总能耗的60%~70%，通过优化设计、应用绿色节能技术、接入可再生能源，可有效降低系统运行能耗，减少化石能源使用量，降低碳排放强度。现有工程实践数据显示^[2]，完成优化改造的建筑供配电系统能耗可降低15%~30%，碳排放强度可下降20%以上，能够切实缩减建筑全生命周期的碳足迹，推动行业从“高能耗、高排放”向“低能耗、低排放”转型，为我国双碳目标的落地提供支撑。

2.2 降低建筑运行成本，提升企业核心竞争力

对供配系统的合理设计，能够实现整栋建筑在其整个使用周期内有效节约成本支出，这是地产开发商的一大收益点；节能降耗技术的应用可以显著降低能耗，在商业大厦及写字楼这类高使用频率建筑中尤为突出。其次，智能化管理改进可减少人工维修工作量，并借助物联网络技术和人工智能技术对设备状态进行实时监控以及自动化调节控制，从而有效避免故障产生几率提升，甚至还能增加大机械设备的使用周期，以节约维修更换成本支出。优化改造后的供电及配电体系不但能够提升房屋质量，同时也提升了项目的市场竞争力，有利于企业在实施绿色建筑战略中赢得先机。

2.3 提升服务效率与品质，实现建筑宜居性升级

供配电系统的双碳建设主要是以节能减碳为目的，提升楼宇供电服务能力以及用户使用感受。物联网技术和智能技术的应用能够实现供配电系统的智能化监管和科学化管控，保障供电质量和服务质量依据不同时空范围内的人流量、室温及湿度条件自动调整用电负荷大小，避免不必要的能量损耗。它所采用的这种节能环保技术以及智能控制手段可以在不增加生命周期内碳排放量的基础上提升建筑本身的环境质量，达到目前

市场上对绿色建筑的标准,实现建筑功能与建筑品质一体化提升^[3]。

3 双碳目标下建筑供配电系统优化设计的具体实践路径

实现“双碳”的目标,就要将建筑供配电系统设计融入到绿色环保节能以及智慧化控制的理念中去,结合电能系统的绿色节能技术以及互联网技术和人工智能技术,主要从设备选型、系统网络设计、系统智能控制以及新能源的应用这几个方面进行研究探讨。最终实现整个供电及配电系统整体能效提升。

3.1 应用绿色节能电气技术,降低供配电系统能耗

采用绿色节能电气技术是建筑供电系统节能减排的有效手段之一,通过应用新型高效节能的电器以及优化改造供配电系统结构能够有效降低电能损耗提升电能利用率。选用高效节能变压器、接触器、断路器等电器设备,将传统耗能装置替换掉,从而从源头上控制能耗水平。例如,节能型干变在铁损方面比普通变压器降低 30%-40%,铜损也降低了 15%-25%左右^[4],可有效降低变压器运行过程中的能耗;针对配电网系统布局方案进行合理规划,遵循“分级供电、就地供电”的原则,对电源进行重新调配,缩短传输距离,减小线路传送过程中的损耗;同时合理配置无功补偿装置,并采用集中补偿与分散补偿相结合的方式,提升功率因数,降低无功损耗,进一步提高整体供配电系统的能耗效率。对于照明电路来说,应积极采用 LED 节能灯以及自动调光技术,采取有效的供配电措施来节约照明系统的运行费用。表 1 为某写字楼供配电系统应用绿色节能技术前后的能耗对比数据,可直观呈现节能优化效果,为同类建筑的供配电系统优化设计提供参考。

表 1 某写字楼供配电系统绿色节能技术应用前后能耗对比

优化环节	变压器运行	配电线路传输	照明系统	整体系统
优化前能耗 (kWh/月)	12000	8000	15000	55000
优化后能耗 (kWh/月)	8400	6800	9000	41800
能耗降低量 (kWh/月)	3600	1200	6000	13200
能耗降低幅度	30%	15%	40%	24%

表 1 数据显示,应用绿色节能技术后,该写字楼供配电系统各环节能耗均有所下降,整体能耗降幅达 24%,验证了绿色

节能技术对供配电系统的优化效果,可为双碳目标下同类建筑供配电系统的节能改造提供参考。

3.2 依托物联网技术,实现供配电系统智能化监测与管控

借助物联网技术改变了传统单一独立的供配电系统监控的状态,可以更好地实现建筑物中用电设备以及电气设备的统一管控,并有效提升整体系统运行效率和管理水平,对于落实“双碳”战略具有积极的意义。针对供配电系统进行合理的设计,加强建设基于物联网技术的智慧监控体系,在关键点位(如变电站、开关、线路以及运行中的用电设备)安装智能传感装置采集运行参数、能耗及故障信号,并利用大带宽低时延的物联网通讯传输平台将这些信息可靠传至云管理平台。在此基础上,做到数据实时采集、分析处理及可视化展示,在线掌握供配电系统整体运行情况,准确定位故障设备,及时发现用电异常状态并快速做出响应避免进一步扩大影响或造成不必要的能量浪费,保障系统的安全可靠运行。在电力网出现由于超负载或者短路而导致的故障时,能够第一时间被智能传感器识别出来,并发出声音及灯光报警信号,同时将存在故障隐患的电路切断,避免发生更大的风险,从而保障供配电系统的安全运行。通过对所采集的用电负荷数据进行分析处理,就能找出用电系统的耗电大户,这样有利于为今后的节能方案提供更加精准的数据依据,以此更好地提升整体的节能效率。除此之外,物联网技术还能让电源装置以及其他的电器设备例如空调、照明灯具、通风系统之间建立起一种深度联系,在根据室内人员数量及室温还有日光照射程度的情况下控制电能消耗情况,以便于进行更合理的用电。当采用此类智能监控管理装置之后(如图 1 所示),其电力供应系统出现问题的概率降低近百分之六十之多,并且相关工作人员对其进行维修处理的成本缩减一半以上,整体消耗的能量节约百分之二十左右^[5]。真实而有效的数据充分说明了物联网技术用于智能化管理电力供应系统这一方式是切实可行并具有价值的。



图 1 物联网技术应用

3.3 融合人工智能技术,提升供配电系统智能化管理水平

人工智能技术可以实现楼宇配电系统的优化运维,使其更加智能及精细化,同时将“监测驱动型”配电模式转变为“管理驱动型”配电模式,在改造规划环节引入 AI 算法,经过对网络上的采集信息做分析处理后建立了两类模型即运行预测模型以及节能模型。两个模型有利于预先估计系统的条件,在

系统运行过程中对能耗进行优化控制。这一方法可以由三个变量来完成：建筑负荷、天气变化以及电力价格的变化。这样就可以让系统能够根据自身的状态调节自身的运行方式，协调好各电器负荷之间的需求关系，最大化利用电力；在高峰时段将各区域的用电优先级进行区分，在满足重要负载的同时避免过载现象的发生；在非高峰时段优化变电所运行模式从而减少无功损耗提高新能源利用率，从而完成对时间上的能源调度。借助于人工智能技术可实现对电力设备故障状态的监测和预测，通过对设备全生命周期内运行的数据进行分析，发现可能存在的隐患，并对其使用寿命作出预测性判断，以此为设备维修决策提供量化依据，降低非计划停运的概率，提升整体供电系统的可靠性水平。基于人工智能技术实现智能化运维及无人化运维，减少人工干预，不仅提高了运维效果和降低了运维成本，同时也让供电系统更加智能化，适应“双碳”背景下建筑供电系统的节能降耗需求和智慧化管控的要求。

3.4 整合可再生能源，构建绿色供配电能源体系

双碳目标下，建筑供配电系统优化设计需重点整合可再生能源，搭建“传统能源+可再生能源”的绿色供配电体系，直接降低化石能源消耗量，减少碳排放。设计阶段可结合项目所在地气候条件、建筑形态特征，针对性适配太阳能、地热能等可再生能源利用方案，实现其与传统供电系统的稳定兼容；太阳能利用场景中，可在建筑屋顶、南立面铺设太阳能光伏组

件，将太阳能转化为电能后接入建筑内部供配电网络，直接供给照明、办公设备等末端负载，多余电量可接入公共电网。现有应用案例显示，某绿色办公建筑屋顶光伏系统年发电量可达12万kWh，可覆盖建筑30%以上的用电需求，年减少碳排放约96吨；地热能利用可结合地源热泵技术，将浅层地能转化为电能与热能，同时服务建筑供电、供暖、制冷需求，进一步降低传统能源消耗量。设计过程中需重点优化两类能源系统的衔接逻辑，配套设置智能能源管理系统，根据可再生能源实时出力情况动态调整供给结构，在保障供电系统稳定性的前提下提升可再生能源利用效率，推动建筑供电系统的低碳转型。

4 结论

为实现“双碳”的目标，建筑行业供配电系统需进行优化设计满足节能减排及高质量发展的需求。核心是将绿色电气节能技术和物联网、人工智能等数字化技术结合，推动供配电系统节能化及智能化发展。应用绿色节能电气技术能够降低供配电系统能耗。并且通过设备的选择以及网架的变更来提高能源利用率，满足了节能减排的要求。借助于物联网技术实现供电系统的实时监测及联动控制，提升系统的运行效率以及安全性，并降低维护人员的时间成本。而引入人工智能则可赋予供配电系统自主决策能力以及智能优化功能，提高全过程智能化管理水平。

参考文献：

- [1] 何立光,张克博.低碳背景下建筑电气供配电系统设计要点[J].工程建设与技术,2025,3(7).
- [2] 魏箭.低碳背景下建筑电气供配电系统设计要点[J].今日自动化,2024(8):119-120,129.
- [3] 李树庭,李成波,欧阳东.既有公共建筑智慧化改造中供配电系统设计探讨[J].现代建筑电气,2026,17(1):49-55,61.
- [4] 傅萍珍.低碳背景下建筑电气供配电系统设计研究[J].房地产导刊,2024(23):149-150,153.
- [5] 李超.低碳背景下建筑电气供配电系统设计要点[J].车时代,2024(5):181-183.