

绿色节能技术在建筑电气设计中的应用

薛 涛

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着全球能源结构转型以及“双碳”目标不断推进,在此背景下,建筑电气设计正在发生由以往高能耗到绿色低碳的一场重大变革。本文介绍了绿色节能技术在建筑电气设计中所起到的重要作用,在照明系统节能设计、暖通空调系统节能优化、配电系统能效增强方面详细阐述绿色节能技术的应用,并提出了采用新型材料和技术手段、引入先进的智能化控制系统、结合可再生能源和现有设施等几种优化措施。结果显示,综合应用绿色节能技术可以大幅度减少建筑电气系统的能源消耗,有利于促进建筑行业的碳达峰碳中和工作。

[关键词]绿色节能技术;建筑电气设计;技术应用;可再生能源

DOI: 10.64635/ja.2026.1284

中图分类号: TU85

文献标识码: A

Application of Green Energy-Saving Technology in Building Electrical Design

Xue Tao

Hebei Architectural Design & Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050000, China

Abstract: With the transformation of the global energy structure and the continuous advancement of China's "dual carbon" goals, building electrical design is undergoing a major transition from traditional high energy consumption toward green and low-carbon development. This paper introduces the important role of green energy-saving technology in building electrical design, and elaborates on its application in energy-saving lighting system design, energy efficiency optimization of HVAC systems, and energy efficiency improvement of power distribution systems. Several optimization measures are also proposed, including the adoption of new materials and technical methods, the introduction of advanced intelligent control systems, and the integration of renewable energy with existing facilities. The results show that the comprehensive application of green energy-saving technology can significantly reduce the energy consumption of building electrical systems and help promote carbon peaking and carbon neutrality in the construction industry.

Keywords: green energy-saving technology; building electrical design; technology application; renewable energy

引言

2020 年至 2024 年,中国建筑运行能耗以及碳排放量年均增长速度分别为 6.5%, 5.7%, 以江苏为例,到 2025 年各种类型建筑制冷需求占整个夏季最大电力需求约 45%。在国家大力倡导实现碳达峰碳中和目标形势下,建筑设计理念正在由满足一般性要求转向更加注重节能环保、智能化、高效率方向发展。建筑电气涉及照明、空调、电梯、给排水等几乎全部用能设备,在建筑整体能源消耗中所占比重较大。实践证明,在精确负荷计算基础上,采用环保材料、无明火施工方法以及智能化管理手段,可以达到节约 20%~30% 电能消耗、减少 5% 以下材料浪费以及降低 60% 以上施工现场环境污染的效果,经济和环境收益都非常可观。本文主要围绕照明、暖通空调以及供配电

三个方面对绿色节能技术应用于建筑工程电气设计进行研究分析。

1 绿色节能技术在建筑电气设计中的重要意义

1.1 国家战略与环境效益

绿色节能技术的应用推广对建筑电气的设计来说有着重大战略价值以及明显的环保效果。在大范围上讲,建筑材料是一个国家能源消耗和二氧化碳排放的大户,而建筑电气系统则是其中的主要消耗部分,包括了照明、空调电力、电梯系统和智能化产品等各种耗电部分。所以推广建筑电气的节能改造以及绿色设计理念不仅仅关乎着单个建筑物的能量效率提高,更是影响到了整个我国碳达峰、碳中和进程的发展速度。伴随着光伏、分布式能源和储能技术的发展进步,建筑电气系统已经不再是以前单纯的

“电负载”角色，而是成为了一个可以参与到系统调节的角色；采用绿色节能方案，建筑不仅可以做到发电上网、存储电量还可以调节负载，具有削峰填谷、需求侧响应等多种特性，是智能化电网的一部分。而且绿色电气设计理念还能够使得建筑在运行过程中节约大量不必要的能耗，减少了污染物排放量，有助于城市的能源供应结构转型以及环境治理工作进行，符合绿色可持续发展趋势。

1.2 经济价值与社会效益

绿色节能技术从经济效益来说，绿色节能产品的初期投入会相对较高一些，但绿色节能产品带来的节能效益可以在整个建筑物寿命期间体现出来，通过对高效照明装置、智能化控制系统、变频调速装置、能源消耗监控管理系统等一系列的节能措施，使建筑物在使用过程中节省下来电费开支及设备维修费用较多，形成稳定可靠的经济效益。特别是对一些大容量公共建筑，例如：医院、商场、办公楼、大型体育馆等，其电耗量大、运行周期较长，实施绿色节能改造后投资回收期较短，一般可控制在 1~3 年左右的时间内收回成本，在后期运行阶段还会带来一定的额外盈利。而绿色节能产品的应用也有着良好的社会效益，不仅为建筑物室内光环境、舒适度提供良好条件，提升了人们的居住和工作质量，而且有利于提高全社会大众的节能环保意识，倡导绿色环保和低碳生活理念，同时绿色节能产品的开发也促进了节能生产设备产业化的进程，推动了绿色工业的发展。所以，在建筑电气的设计中全面推进绿色节能技术的应用既是行业的方向又是社会发展的一个重要方面。

2 绿色节能技术在建筑电气设计中的应用

2.1 照明系统节能设计

照明系统是建筑电气中最重要的耗电设备之一，对整个建筑能耗起着决定性作用，在照明节能设计方面主要是从三个方面进行考虑：即采用高效光源、智能化控制方法以及尽可能利用自然光。而在光源上使用 LED 照明替代传统的白炽灯由于 LED 具有较高的发光效率和较长使用寿命成为当今照明节能的主要手段，比传统白炽灯只需要 1/10 左右的能量就可以获得相同的亮度。在节能技术上，在 2025 年 12 月，在南宁有一项让照明节电超过 55% 的技术完成成果鉴定——LED 直流集中驱动双控照明系统，得到专家组一致认可，认为该项目处于国际先进水平，把每盏灯的驱动电源集中起来，在电压、电流双重控制基础上加上灯具端在线监测，只需要一个供电回路就可以实现多个功能灯杆供电以及道路照明控制，相比传统的交流供

电方式，结构更为简洁，安全性更高，维护成本更低^[1]。而在智能化方面，安装了红外线感应器、微波探测器、光敏电阻器等，可以实现根据人是否在场以及光线强弱的情况自动开关灯。某商场公共区域改造过程中使用超高光效 LED 灯具替代普通 LED 筒灯，保证顾客良好购物体验基础上节约 59% 电量以上；同时，在自然采光方面良好采光条件以及采光联动控制系统相结合，可以依据窗户处光照强度变化而改变靠近窗户位置灯光亮度，在保证照明充足情况下尽量少用电量，从而形成高效照明设备与智能化管理相结合方式来达到节能目的。

2.2 暖通空调系统节能优化

暖通空调系统是建筑能耗构成中所占比例最高的一个部分，一般情况下其能耗占到公共建筑总能耗的 40%~60%，因此暖通空调系统的节能改造是建筑电气实现绿色化的主要手段，在冷热源方面，变频调速的应用可以有效提高效率，而在空调水泵以及地源热泵上安装变频器后，系统可以根据当前工况的变化自动调节设备运转速度，从而使电机所提供的电能正好满足当前的实际需要。从智能化控制角度讲，厂家节能方案涵盖中央空调系统冷热源端及末端风机盘管两大部分，主要基于暖通空调节能优化平台进行统一监控以及智能化控制，系统运行温度、压力等相关信息由空调控制器获取后上传到优化平台，利用人工智能负荷预测方法提前调节空调水泵以及地源热泵供回水流量大小、主机设定温度，实现从被动式控制到主动式预测转变；平台使用鲸鱼优化算法，在保证舒适性的基础上使得系统总能耗降到最低，总体节电率约为 30%。从系统运行管理角度，分区智能控制可以避免“空调打开但是没有人使用”的无效能耗，在每一条供水支管上设置一个电动蝶阀，在不同时间段给各个区域提供不同的冷热量，另外对于风机盘管进行严格的时间控制以及温度控制，把制冷温度限定在一个合理的范围并且禁止在非工作时间对其进行操作，从而达到节能减排的效果并且是可以量化的、持续性的。

2.3 配电系统能效提升

配电系统是建筑物电能传输枢纽，对建筑电气系统整体工作效率有很大影响，提高能效主要是选择高效输配电设备、有效改善电能质量和建立能耗监控平台。而从设备本身来看，变压器是配电系统中最大耗电环节，相比 S7、S8 配电变压器，新型节能 S20 配电变压器效率可达到一级，其内部电能损耗减少约 30%，符合国家“双碳”政策要求，而且工作安静平稳。对于电能质量问题，在配电房

重要位置安装电能质量监测设备后,系统可以做到每天每时每刻对电压、电流、谐波(到 25 次)、功率因数、三相不平衡度等相关参数进行监控,把原本看不见摸不到的问题暴露出来,让看不见摸不着的电流质量有据可查、一目了然^[2]。并且配有有源滤波器和静止无功发生器,可以随时根据负载情况变化而变化,及时发现并消除负载造成的谐波电流,而且还可以进行无功补偿,使整个系统的功率因数保持在 0.95 以上,大大降低线路损失以及供电公司的罚款金额。从能耗监测管理角度,在配电各个层级建立智能化能耗监测平台,让运维人员可随时查看各支路、各类设备能耗情况,有利于更好地进行精细化能耗管理。如表一所示,总结了配电系统主要节能措施及其效果。

表 1 建筑配电系统主要节能技术应用要点

节能技术类别	主要技术措施	效能提升表现
高效变压器	S20 型非晶合金变压器	电能损耗降低 30%以上,能效等级达一级
无功补偿	SVG 静止无功发生器	功率因数提升至 0.95 以上,实现动态补偿
谐波治理	APF 有源电力滤波器	谐波滤除率达 97%以上,降低线路附加损耗
能耗监测	全电参量采集系统	实现各回路能耗精细计量,支撑节能决策

3 绿色节能技术的优化策略

3.1 新材料与新技术的应用

新材料与新技术的不断涌现为建筑电气绿色节能设计提供了日益丰富和高效的技术手段。在光伏发电领域,建筑光伏一体化技术的突破尤为值得关注。碲化镉发电玻璃成功入选工信部发布的《建材工业鼓励推广应用的技术和产品目录(2025 年本)》,作为建筑光伏一体化领域关键材料,该产品兼具实际应用价值的功能性建材——既可作为建筑幕墙、屋顶等结构部件,又能实现绿色电能生产,通过玻璃表面仅 3 微米厚的碲化镉薄膜实现光电转换,透光率可在 20%~60%区间灵活调节,适用于写字楼、工业厂房等多种建筑场景。在全球首个“超阶零碳建筑”中,东西南三面采用建筑一体化光伏玻璃幕墙,相当于给大楼披上一件“发电外套”,直接提供直流电可有效避免交直流转换损耗,为大楼提供 25%的绿色能源,每年减少碳排放近 500 吨^[3]。在直流配电领域,光储直柔技术体系集成了光伏发电、储能系统、直流配电和柔性用电四大技术模块,此技术的应用最低可使建筑用电节约 10%左右交直流转换损失。在大楼底部安装的梯次储能电池,每天进行一充一放,不仅可以将光伏玻璃幕墙产生的多余电量存储在其中,还可利用电网深谷时段以低价电量进行存储,有效

调整用电负荷。

3.2 先进智能控制系统的集成

随着物联网、人工智能、云计算等新兴技术发展,在绿色节能方面先进的智能控制成为一种强有力的辅助工具。楼宇自动化系统利用传感器网络、执行器网络及中央控制器实现对建筑物内的暖通空调、照明、电梯、给排水等各种机电设备统一管理和协调工作。楼宇自控 BA 系统的目标是建立一个高度集成、自动化的管理系统,实现对整个楼宇所有设备的有效监视以及精确控制。该系统采用分层次结构(现场设备层、控制层、网络层、管理层)并通过安全稳定的网络连接各层次之间信息。这种分层结构使系统具有很高的鲁棒性并且为将来增加新功能留有余地,在控制方面,楼宇自控系统正在由传统的基本联动发展到能效管理、运行优化以及智能决策等方面。它是整个建筑物的大脑,在这里可以收集来自各个子系统的数据从而提高工作效率降低能耗同时提供更好的用户体验,而它开放式的边缘端又方便接入各种基于人工智能的工具。人工智能通过对建筑的用能特点以及外界条件进行分析可以预判未来一段时间内的负荷情况并据此给出最佳的设备控制策略,这使得能源的使用从以往的经验化转变为现在的数据化。

3.3 可再生能源与传统系统的融合

将可再生能源与传统建筑电气系统有效融合是达到建筑能源系统绿色转型、零碳运行的最佳途径。在光伏发电方面,建筑光伏一体化将光伏板与建筑物外墙或屋顶结合在一起,使建筑本身变成了发电站。北京第一个大型商业办公楼“零碳”建筑运用四类共十九项技术达到零碳建筑要求同时也实现了建筑 100%电气化,通过技术集成使得建筑整体节电率达到 81%,自身节电率达到 63%,使用可再生能源比例为 68%,此建筑采用地源热泵供暖,在夏天把室内热量存放到地下较深的地方,在冬天通过换热井把地下热量抽到上面用于建筑供暖,做到自己供暖。从直流配电来看,整个大楼使用直流照明灯具,抬头所见顶灯均为直流灯具,11 层全部是直流设备,直流插座、直流空调等比交流设备节能约 10%~20%,在柔性控制上,楼内光伏板以及储能电池可以直接给直流电器供电,如果直流电不够,则由电网交流电进行补充,实现柔性控制^[4]。此建筑创新性的提出了“光伏发电+梯次储能+电动汽车放电”,利用 V2G 充电桩让电动汽车反哺建筑用电的需求,每天只需要 300 辆汽车给大楼供电 10 分钟,就可以满足大楼大部分用电需求,每个人还可以获得每度电差价 1.2 元。

光伏、储能、直流配电以及柔性用电四个部分相互配合使用,形成从发电、储电、输电直到用电的一体化绿色低碳技术方案,是建筑物电气设计由高耗能到低耗能直至零耗能转变的有效途径。

4 结语

绿色节能技术在建筑电气设计中的应用已由原来的点状单一的技术手段发展成为涵盖整个建筑能源系统的整体解决方案。文章对绿色节能技术在照明系统节能设计、暖通空调系统节能优化、配电系统能效提高这三个方面进行总结归纳的同时也提出了一些促进绿色节能技术发展的新方法包括:采用新材料新技术、加强智能化控制技术的应用以及可再生能源与传统系统的有机结合等。伴随着LED 直流集中驱动技术、碲化镉发电玻璃、光储直柔技术体系以及基于人工智能负荷预测算法等一系列新技术

的发展和完善,建筑电气系统正向更高效、更智能、更低碳的方向快速发展,在未来发展中绿色节能技术不仅仅是为了达到节能减排的目的,而是在此基础上进一步发展到建筑能源自平衡、零碳运行、电网柔性互动等更高层次上,从而引领建筑行业的可持续发展。

【参考文献】

- [1]刘佳亮.绿色节能技术在建筑电气设计中的应用分析[J].大众标准化,2024(11):134-136.
- [2]陈晓菁.绿色建筑技术在建筑节能设计中的应用[J].房地产世界,2026,(03):41-43.
- [3]李晓娟.建筑电气设计中绿色节能技术的应用研究[J].新城建科技,2026,35(03):46-48.
- [4]陈晓云.绿色节能技术在建筑电气设计中的应用[J].城市开发,2025(13):149-151.