

绿色建筑中电气节能设计的技术路径与应用

田晓盟

河北中科建研工程设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]在“双碳”目标引领下,绿色建筑已然成为建筑行业实现转型与可持续发展的关键方向,电气系统节能设计水平对建筑从规划阶段到拆除阶段全过程的能源利用效率以及环保效益均有着直接影响。文中系统梳理节能技术路径、应用原理与实施要点,提出技术保障策略,降低建筑行业能源消耗,提高生态效益,以供参考。

[关键词]绿色建筑;电气节能;供配电优化;照明节能;智能化管控

DOI: 10.33142/sca.v9i6.19817

中图分类号: TU856

文献标识码: A

Technical Path and Application of Electrical Energy-saving Design in Green Buildings

TIAN Xiaomeng

Hebei Zhongke Jianyan Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Under the guidance of the "dual carbon" goal, green buildings have become a key direction for the construction industry to achieve transformation and sustainable development. The energy-saving design level of electrical systems has a direct impact on the energy utilization efficiency and environmental benefits of buildings from the planning stage to the demolition stage. The article systematically outlines the path, application principles, and implementation points of energy-saving technologies, proposes technical support strategies, reduces energy consumption in the construction industry, and improves ecological benefits for reference.

Keywords: green building; electrical energy-saving; optimization of power supply and distribution; energy-saving lighting; intelligent control and management

引言

随着建筑业整体耗能的逐年增长,电气系统能耗在整个建筑物能耗中占比很高,是建筑节能的主要切入点。绿色建筑就是从建筑全寿命周期内对能源进行高效利用,在保证建筑使用功能、舒适性及安全性的情况下,通过合理设计、技术选择以及管理控制实现将建筑融入大自然之中,电气节能设计是在技术上创新,在工序上优化,达到电气系统“供能高效、用能合理、损耗最低”。当前,中国绿色建筑电气节能设计过度侧重单一设备节能、技术选型与建筑功能适配性不足、智能化管控水平偏低。基于此,本文聚焦绿色建筑电气节能设计的技术路径与应用,推动电气节能技术的标准化应用,为建筑行业绿色转型提供有力支撑。

1 绿色建筑电气节能设计的核心内涵与基本原则

1.1 核心内涵

绿色建筑电气节能设计是指在绿色建筑全生命周期中,通过精准的负荷预测、科学的系统架构规划、精准适配的设备选型、基于智能技术的系统管控方法,在契合建

筑各项使用需求、确保电气系统稳定安全运作与人员舒适度需求的前提下,提升能源利用效率,降低电能消耗与能源损耗的设计活动。

1.2 基本原则

绿色建筑电气节能设计要遵循以下原则:(1)适配性。节能技术选型设计要与建筑功能、规模、场景及气候适配;(2)系统性。非单一环节设备节能,而是立足电气系统全流程,统筹各子系统协同节能,确保与建筑整体节能目标一致;(3)经济性。在满足节能目标下合理控制成本,优先选择性价比高、运维简便的技术设备;(4)长效性:立足建筑全生命周期,通过完善管控系统、规范运维制度与可优化方案,确保电气系统长期持续节能。

2 绿色建筑电气节能设计的核心技术路径

2.1 供配电系统节能技术路径

供配电系统是绿色建筑电气节能核心,能耗含线路、变压器及无功功率损耗。负荷预测是节能设计前提,精准预测可避免设备闲置或过载运行致能耗增加。绿色建筑负荷预测立足全生命周期,结合功能定位等,识别不同负荷。

容量优化基于负荷预测结果,合理确定变压器容量等,实现“容量适配、负荷均衡”。大型绿色建筑采用分区供电模式,缩短配电距离,考虑负荷动态变化预留容量冗余,但不宜超 20%。线路损耗是供配电系统能耗重要部分,由线路电阻产生,与线路长度等因素相关。绿色建筑线路损耗控制技术路径有线路材料优化、线路截面选型、线路布局优化。线路材料优化优先选导电性能好、电阻系数小的材料,如铜芯电缆替代铝芯电缆,同时选绝缘性能好的材料,减少漏电损耗。线路截面选型根据负荷电流与传输距离合理选择,避免过小或过大,通过技术核算找“损耗最低、成本最优”方案。线路布局优化遵循“就近供电、缩短距离、避免迂回”原则,合理设置配电房与线路走向,大型绿色建筑采用放射式配电方式,优化线路敷设方式,减少漏电损耗。变压器损耗是供配电系统能耗的主要部分,节能选型核心是选高效节能型变压器,设备选型优先选能效等级 1 级的节能变压器,如非晶合金变压器、立体卷铁芯变压器等,前者适合负荷波动大的建筑,后者适合负荷稳定的建筑。负荷波动大的建筑采用多台变压器并联运行,根据负荷动态调整投入数量,合理设置运行档位,使变压器在额定负荷 70%~80%范围内运行。无功功率损耗是隐性损耗,由异步电机等感性负载产生,增加线路与变压器损耗。在低压配电房变压器低压侧设置装置,适用于负荷集中、感性负载多的建筑,补偿效率高、运维简便。分散补偿用于楼层或分区配电箱,针对不同区域感性负载,适用于负荷分布广的建筑,可减少无功功率传输损耗。就地补偿直接用于感性负载设备末端,补偿精度最高,最大限度降低损耗。无功功率补偿装置选型根据建筑负荷特性与需求,合理确定补偿容量与方式,确保功率因数提升,降低损耗,提升供电效率与电能质量。

2.2 照明系统节能技术路径

光源是照明系统核心,其发光效率与能耗关乎照明系统节能效果。表 1 为不同类型照明光源性能对比表,清晰呈现各光源的节能优势与适用场景。

此外,灯具的光学性能与安装方式对照明效果与能耗

有着直接的影响,应优先选用 LED 射灯、LED 面板灯等高效节能灯具。根据建筑的空间大小、形状及照明需求,合理确定灯具的安装数量、安装高度与安装间距,确保光线能够精准照射到需要照明的区域,减少无效照明。按照使用功能、人员活动频率划分建筑照明区域为不同控制分区,各分区设独立开关,主要依据人员活动灵活启闭灯具,如公共建筑走廊、楼梯间分多个分区控制。人体感应传感器用于人员活动不规则区域,检测到人员活动开启,离开后延时(1~5min)关闭。光线感应传感器用于有自然光区域,自然光达标时关闭或调暗人工照明,充分利用自然光。根据建筑使用规律预设灯具启闭时间,实现自动化控制,如居住建筑客厅、卧室晚上开早上关,公共建筑办公室上班开下班关,避免灯具长明。在规划设计阶段,优化建筑朝向、窗墙比、采光窗形式等提高自然光利用率。如优先南北朝向,合理确定窗墙比(0.3~0.5),采用落地窗、采光天窗等。用反光板、导光管、光导纤维等设备将外部自然光引至内部光线不足区域,可减少人工照明开启时间。

2.3 动力系统节能技术路径

绿色建筑动力系统涵盖水泵、风机、电梯等动力设备,其节能设计核心是优化设备选型、改善运行工况、提升运行效率。动力设备节能选型是基础,优先选择高效节能设备替代传统高能耗设备。优先选能效等级 1 级的节能水泵(如管道泵、离心泵),主要依据使用场景与流量、扬程需求合理确定型号规格。优先选高效节能型风机(如离心风机、轴流风机),可降能耗、提效果。优先选节能型电梯(如永磁同步无齿轮电梯),运行效率 $\geq 90\%$,比传统有齿轮电梯节能 20%~30%;选变频调速电梯,高层建筑合理设置数量与停靠楼层,优化运行路线,减少空驶率与候梯时间。动力设备运行工况影响运行效率与能耗,运行工况优化核心是根据具体的使用需求与负荷变化,动态调整运行参数,确保设备在最佳工况运行,减少无效能耗。针对建筑水系统,以用水量的具体情况为依据,对运行的流量与扬程进行精准的调控。制定定期维护保养计划,可以有效防止因杂物堆积而导致水流阻力增大,从而提高水

表 1 不同类型照明光源性能对比表

光源类型	发光效率 (lm/W)	寿命 (小时)	能耗对比 (相对白炽灯)	显色指数 Ra	适用场景
白炽灯	10~15	1000~2000	100%	≥ 90	辅助照明 (逐步淘汰)
紧凑型荧光灯	50~80	8000~10000	20%~30%	≥ 80	中小型房间、辅助照明
LED 光源	80~150	50000 以上	10%~20%	≥ 80	居住、公共、室外等各类场景
高压钠灯	100~120	20000 以上	15%~25%	≥ 60	室外照明、大型空间照明

泵的能耗,需要全面检查水泵以及相关管道,对于管道内的杂物要及时清理。对水泵的密封性能进行检查,对于老化的密封件应及时更换,减少泄漏与机械损耗。定期清理风机的滤网与叶片,维持通风效果的同时减少阻力损耗。此外,通过变频装置实现对电机转速的精确控制,改变供电频率调整设备运行速度,避免了设备在额定转速下运行时的能量浪费,尤其适用于负荷波动大的动力设备。在水泵设备上安装变频装置,根据用水量的变化调整供电频率和运行转速,提高供水稳定性的同时,降低能耗。变频电梯通过变频装置平稳调整运行速度,避免启动与停止能耗冲击,提升运行舒适性与安全性,降低能耗。

2.4 智能化管控系统节能技术路径

通过智能化技术实现电气系统能耗的实时监测、动态调控与精准管理,优化运行状态,保障节能技术落地,提升整体节能效果。能耗监测系统作为智能化管控基础,其核心是实时采集电气系统各环节能耗数据并统计、分析、展示,为节能调控与运维管理提供数据支撑。构建覆盖供配电、照明、动力等子系统,采集电压、电流等数据。选用精度不低于 0.5 级的智能电表,通过多点布置传感器,可全面覆盖系统的各个关键部位,数据采集器去除无效数据和噪声干扰,为后续的深入分析提供便利,采用高速稳定的传输设备,从而实现监控中心对现场数据的实时监控与管理。智能调控系统作为智能化管控核心,基于能耗监测数据,结合建筑需求与节能目标,对各子系统动态调控,优化运行状态降能耗,与供配电、照明、动力系统深度联动,实现“数据驱动、精准调控”。

供配电系统以能耗为基础,动态控制变压器台数以及档位,并对无功功率补偿装置进行容量优化处理,在发生能耗异常的情况下及时发出报警信号,排查故障原因。照明系统根据照度和人体感应传感器的数据,自动控制光源的开闭和亮度,与自然光和人工光相结合,按照不同的场景和时间来设置灯光模式。动力系统根据运行参数及负荷的需求,通过变频调速装置来调节水泵、风机、电梯等相关设备的速度,并对其进行实时监测,针对出现的故障以及能耗不正常的情况做出相应的调节处理。运维管理系统对电气节能的长久实施具有重要意义,在整个周期内对电气系统的设备、技术以及能耗进行有效的运维管理,规范其运维过程,提高效率,防止节能效果衰减。建立电气设备台账,登记设备信息,提醒维护保养,对电气节能技术的应用进行实时评价,并发现存在的问题及时优化调整;长期统计数据,分析能耗情况,比较不同时间段以及不同

区域的能耗,找到潜力点,提出优化方案。此外,系统实现运维流程自动化与规范化,下达运维任务并反馈情况,生成运维与能耗分析报告,为绿色建筑电气节能设计优化升级提供数据支撑。

3 绿色建筑电气节能设计的应用要点

绿色建筑电气节能设计的应用以建筑全生命周期为立足点,前期规划阶段制定出一套系统、全面的电气节能设计方案,通过各专业团队共同参与制定系统性的电气节能设计方案,对建筑的节能目标以及电气负荷的具体需求进行明确划分,充分考虑不同气候区域对建筑的采光、通风等要求,同时结合建筑的功能定位,确定各类节能技术路径在项目中的应用重点。在电气节能设计阶段,严格遵循相关规范要求,对设备及节能技术的选择方案上,除了考虑技术的先进性与节能效果,同时也需要重点考虑所选技术与建筑的实际需求的适配性。在供配电线路布局方面注重设计细节,照明灯具的安装需充分考虑自然采光情况以及灯具的照度均匀度、眩光控制等因素,选用高效节能的设备,确保各项节能技术能够充分发挥作用。在电气施工阶段,严格按照设计方案施工,加强对节能设备、线路材料的质量管控,确保设备与材料符合设计要求;同时,加强对施工工艺的管控,优化线路敷设、设备安装等施工工艺,减少施工过程中导致的能源损耗隐患。在建筑运营阶段,充分发挥智能化管控系统的作用,实现电气系统能耗的实时监测与动态调控;同时,建立完善的运维管理制度,定期对电气设备进行维护保养,及时排查设备故障与能耗异常,确保电气系统长期稳定运行,持续发挥节能效果。

4 结论与展望

电气节能设计中通过合理的灯具配置、科学的光源选型、精细的控制优化策略以及充分的自然光利用手段实现减少照明能耗的目标;供配电系统借助负荷优化调整、合理选型变压器、严格管控线路以及实施无功补偿等措施来达到节能效果;智能化管控系统借助全面精准的能耗监测、高效的智能调控以及科学规范的运维管理提升节能效果,动力系统通过科学的工况优化策略、精准的设备选型、有效的变频调速技术全方位提升运行效率,实现建筑能源消耗降低与生态效益提升的双重目标。未来,可将电气节能设计与物联网、人工智能等智能化技术以及太阳能、地热能等可再生能源充分融合,从而降低能耗,实现可再生能源的高效利用,推动绿色建筑电气节能设计向更高水平发展,节能效果与经济性将进一步提升。

[参考文献]

- [1]梁刚.浅谈直流建筑助力绿色建筑发展[J].智能建筑与智慧城市,2024,11(11):56-58.
- [2]刘润泽.绿色建筑设计对施工管理的影响及挑战[J].建筑与预算,2024,11(12):64-66.
- [3]熊道忠.地域文化视角下绿色建筑设计特色表达与融合策略研究[J].新城建科技,2024,33(12):79-81.
- [4]谢蔚.绿色建筑装饰设计理念在公共建筑设计中的体现[J].新城建科技,2024,33(12):105-107.
- [5]杨相.绿色建筑节能技术在施工中的应用对策分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024,13(36):101-103.
- [6]李钊辉.电气节能技术在建筑电气工程中的运用[J].中国科技期刊数据库工业 A,2023,33(12):79-81.
- [7]吕相军.建筑电气工程节能设计的要点分析[J].新材料·新装饰,2023,5(15):103-105.
- [8]朱占文,周超群,连庆.新能源开发中电气工程自动化节能措施应用[J].建筑发展,2023,7(4):58-60.
- [9]李洪旭.建筑工程中建筑照明电气节能设计的应用[J].光源与照明,2022,12(1):43-45.
- [10]刘彩云.建筑电气设计中的几项节能措施[J].山西建筑,2015,41(17):197-199.

作者简介:田晓盟,毕业于河北建筑工程学院电气工程及其自动化专业,当前就职于河北中科建研工程设计有限公司,电气设计师,电气工程师。