

智能建筑电气节能控制技术及其优化研究

文 / 刘亦骁 中信建筑设计研究总院有限公司

摘要: 为了降低智能建筑使用时的能耗水平,以某工程为例,对智能建筑电气节能控制技术及其优化进行了研究。研究中通过某工程基本情况与电气系统构成的简单介绍,进而分别从供配线电路、照明系统及电机拖拽系统等方面出发,分析了智能建筑电气节能问题,并提出了相应的优化方案,最后,通过对电气节能控制优化方案实际应用效果的观察,验证电气节能控制优化方案的合理性。由实践应用验证可以发现,相对于原电气系统,应用节能控制优化方案后的电气系统能耗量可降低12%以上,达到了电气节能的目的,可将电气节能控制方案大规模推广。

关键词: 智能建筑; 电气节能控制技术; 变压器; 照明系统

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.17.054

引言

智能建筑是现代建筑的主要发展方向,相对于传统建筑模式,智能建筑具有高效利用建筑面积、自我学习、主动能源节约、更具美感的建筑设计、更先进的灾难控制能力等诸多优点,在向用户提供良好、舒适服务的同时,降低建筑能耗水平,有利于现代社会长期可持续发展^[1]。然而通过大量实际观察可以发现,现代智能建筑建设或使用过程中依然存在一些电气节能问题,导致智能建筑能耗水平相对较高,不符合智能建筑的要求。所以,为了进一步降低智能建筑能耗水平,应注重对智能建筑电气节能控制的优化。基于此,以某建筑工程为例,研究了智能建筑电气节能控制技术及其优化,以期为进一步降低智能建筑能耗水平提供帮助。

一、工程概况

(一) 基本情况

某工程为教学楼建筑建设项目,总占地面积约为5324m²,建筑总面积约为13300m²,建筑共有4层,一层作为教学实验室、实训室等,层高约为6.0,共布置6个安全出口;二层作为招标投标中心、资料室、机房,层高4.5m;三层作为BIM实训机房、消防模拟实训中心等,层高为4.5m;四层作为城乡规划专业实训机房、CAD机房等,层高约为4.5m。二层~四层均布置5个疏散楼梯,用于出现突发事件时师生及时疏散。该项目智能电气部分如图1所示,主要由5部分构成,分别为:

(1) 智能化管理系统,负责自动对建筑内部整个电气系统进行管控,在向用户提供良好服务的同时,降低电气系统能耗量,同时,当电气设备出现故障后,智能化管理系统还会自动将故障设备切断,并发出警报,防止设备故障进一步扩大而造成更加严重的危害。

(2) 冷、热电联产系统。以“温度对口、梯级利用”为原理,根据不同空间对冷、热的需求,合理对冷、热能量进行分配与传输,不仅可以降低能源输送损耗,而且还会提高能源综合利用效率,降低建筑使用中的投入成本。

(3) 照明系统。本工程建设时,灯具采用的是LED灯,相对于传统荧光灯,LED灯高效节能,能耗只有荧光灯的60%~80%;使用寿命较长,一般在10000h以上,最长甚至可以达到50000h;健康环保,产生的辐射量非常低,有利于创建安全、良好的学习环境。

(4) 智能电气供配电系统,包括智能监控平台、智能终端、通信设备等,用于自动采集供配电线路、变压器等运行状态数据,利用这些数据的计算与分析,判断供配电系统的运行情况,及时发现系统中出现的问题,为系统问题及早解决提供支持。同时还可根据线路运行具体情况,合理地调配负荷容量,以降低供配电系统能耗水平,实现电气节能的目的。

(5) 新能源系统。某工程所在地光照较为充足,因而建筑中建立了光伏发电系统,该系统预计每年可以发电15.75万kW·h,可减少建筑3%左右的电能消耗。



图1 某工程电气节能设计主要结构图

二、智能建筑电气节能问题分析

(一) 供配电线路节能问题

线路是整个电气系统中的重要元件,负责对电能的传输,只要有电气设备,就需要铺设供配电线路。而本项目规模大,使供电线路较长,导致电气系统能耗量较高。另外,线路铺设时,未能全面对各方面因素进行考虑,局部区域布线不合理,选择的导线不符合要求等,也增加了系统中的能耗量^[2]。

(二) 照明系统节能问题

照明系统主要为建筑室内空间提供光亮,从而为教师办公与学生学习构建良好环境。本项目建设时,采用的是LED灯具,通过该灯具的应用,显著降低了项目的能耗量。然而通过大量实践观察能够发现,原照明系统的能耗量仍然处于较高的水平,导致这一现象的原因有很多,如未能针对建筑内部各空间的实际需求选取最佳的灯具;光源不合理,在相同照明效果的基础上,若光源光效较低,需要消耗更多的能源,使得能源消耗量显著提高;光源匹配性差,使室内空间的光线无法均匀分布,一些区域过亮,而还有些光源过暗,降低发光的利用率,从而提高不必要的能耗^[3]。

(三) 电梯系统节能问题

本项目建立了一套电梯系统,负责对师生、教学器具及其他相关设备的运输,以保证整个建筑内部教学工作顺利进行。电梯系统建设时,受到建设人员技术水平、理念等诸多因素的影响,导致电梯系统并不是很理想,如智能化水平较低等,在一定程度上影响电梯系统正常运行,提高电梯系统能耗量。另外,电梯运行过程中,很多情况下只运送少量的人员或货物,效率较低,不仅会造成电梯系统能源浪费问题,间接提高电梯系统能耗,而且还会影响电梯的使用年限^[4]。

三、智能建筑电气节能控制优化方案

(一) 供配电线路节能控制优化

由上述分析可知,本项目建筑使用过程中,供配电线路运行能耗较高,增加整个电气系统的能耗量。所以,为了加强对整个建筑电气节能控制效果,应注重对供配电线路的节能控制优化:

(1) 注重导线的选取。相关研究可知,导线能耗与3个因素有关:电压损耗,即线路首末两端电压的幅值差,主要受到导线截面尺寸的影响,随着导线截面尺寸的增加,其电压损耗呈逐渐减小的趋势;机械强度,即电缆在外力作用下抵抗破坏的能力。导线的机械强度越高,在外力作用下产生损伤的几率较低,使线路运行更加稳定,从而降低导线的能耗量;布线方案,如果布线方案不合理,不仅会增加线路长度,同时还会增加电磁干扰

等问题,从而增加导线能耗量^[5]。为此,导线选取时,在保证导线其他性能符合用电需求的基础上,尽量选择截面尺寸较大、机械性能较强的导线,并设计合理的布线方案。

(2) 尽量缩短线路长度。导线排布过程中,在无必要情况下,采用直线布线模式,减少线路中弯曲段的数量,尽量不出现回头线。同时,根据电气系统结构特点,选取最佳的变压器位置,通常来说,应布置在符合中心较近的区域。

(3) 增加导线截面尺寸。通过理论计算可知,导线损耗直接受到自身截面尺寸的影响,截面尺寸越高,损耗水平越低,截面尺寸越低,损耗水平则越高。所以,本项目建筑工配线布置时,需要以电气系统结构特点为基础,结合现场环境具体情况,选取截面尺寸适中的导线。如线路长度在50m以内,一般选用截面尺寸为6mm²的铜导线;线路长度在50~100m范围内,一般选用截面尺寸为10mm²的铜导线;线路长度超过100m时,则选用截面尺寸为16mm²的铜导线,若采用铝导线,则应选用截面尺寸大一规格的导线。

(二) 照明系统节能控制优化

通过对现代电力领域的观察可以发现,主要存在3种类型灯具,每种灯具具有不同特点,适用范围略有差异,应针对实际情况,选用最佳的灯具。3种灯具的特点如表1所示,在灯具效率方面,LED灯最高,荧光灯与金属卤化物灯明显较低;在色温方面,LED灯及荧光灯的色温范围涵盖暖色、中间色温、冷色,能满足不同功能房间的照明色温要求,金属卤化物灯色温范围则较小,主要为中间色温,仅适用于部分场所;在显色指数方面,LED灯最高,其次为荧光灯,金属卤化物灯最低。但需要注意的是,灯具效率、显色指数高,涉及的技术水平也越高,因而需要投入更多的开发制造费用^[6]。所以,灯具选用时,一般情况下,优先采用LED灯,在风雨操场、室内体育馆等较高空间,可适当采用金属卤化物灯,作为高大空间照明灯具。在照明系统中,安装高精度智能传感器,实时采集现场光环境光照情况,以此为基础对灯具开关状态、亮度等进行调节,确保室内亮度符合要求的同时,减少能源浪费问题。

表1 不同的灯具性能特征

指标	直管型荧光灯	LED平板灯	金属卤化物筒灯
灯具效率(%)	70	95	50
色温(K)	2700~6500	2700~6500	4000~6000
显色指数	85~90	90~95	80

(三) 电梯系统节能控制优化

为了降低电梯系统运行过程中的能耗水平,需要采用群控呼梯分配节能控制技术对电梯进行控制,其原理

如图2所示。在不同空间安装不同的按键，各按键并联到调度中心，各空间按下按键后，呼梯信息自动传输给调度中心，并将呼梯任务下发给对应控制器，通过控制器控制轿厢上升或下降。与此同时，现场传感器自动采

集各电梯的状态信息，并传输给调度中心，通过调度中心处理后，将电梯状态信息传输给各空间，用于对电梯状态的显示。在确保电梯正常向人员提供服务的同时，提高电梯效率，防止低效率而增加能耗水平。

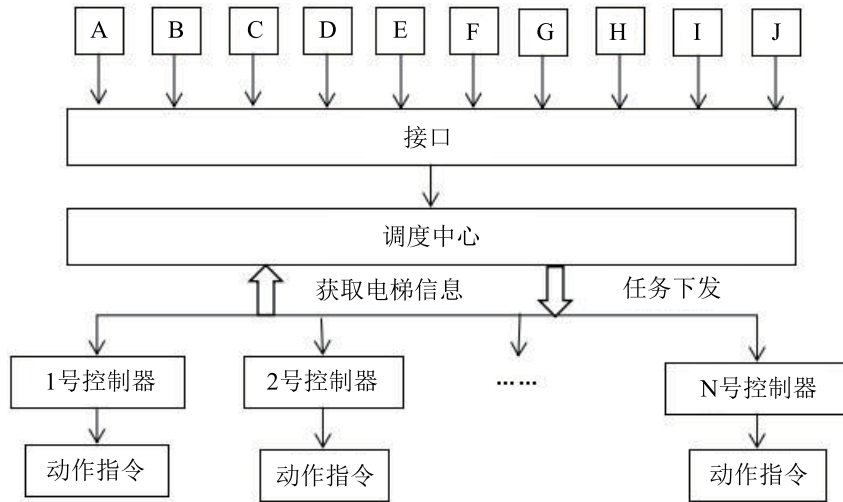


图2 群控呼梯分配节能控制技术原理图

四、应用效果分析

通过某工程实践应用验证上述电气节能控制优化方案的应用效果。实践应用过程中，分别选择两个星期中的10个工作日为观察对象，其中一个星期的5个工作日采用原电气系统节能控制方案，另一个星期的5个工作日采用上述提出的方案对建筑电气系统进行节能控制，然后分别采集与统计每天建筑电气系统的电能消耗水平，并对比分析节能控制优化前后的电能消耗水平，以此验证优化方案的合理性。通过检测得到如表2所示结果。通过表2的观察能够发现，相对于未优化之前，优化后的电能消耗量明显降低，平均每天降低12.78%，基本达到了智能建筑电气节能控制优化的目的，有利于降低整个智能建筑运行过程中的能耗水平。

表2 建筑电气系统电能消耗量对比结果

检测时间	原电气系统 (kWh)	优化后电气系统 (kWh)	节能率 (%)
第1d	1213.5	1051.8	13.33
第2d	1196.4	1049.7	12.26
第3d	1192.1	1050.6	11.87
第4d	1205.9	1050.7	12.87
第5d	1217.6	1052.7	13.54
均值	1205.1	1051.1	12.78

结语

(1) 现代智能建筑建设与运行时，在变压器、供配电线路、照明系统及电梯系统等方面依然存在高能耗问题，导致智能建筑的能耗水平居高不下。

(2) 变压器节能控制时，应设计更加良好的变压器运行模式，设置最佳变压器负载率，加强变压器的选型

及管理；供配电线路节能控制时，应注重导线的选取，尽量缩短线路长度，增加导线截面尺寸；照明系统节能控制优化时，应针对实际需求选择最佳灯具，并安装高精度智能传感器；电梯系统应采用群控呼梯分配节能控制技术

(3) 通过实践验证了优化方案的合理性，有利于提升智能建筑电气系统节能水平，能耗降低率可以达到12%以上。

参考文献

[1] 李勇. 智能建筑工程中基于人工智能的节能优化控制策略研究 [J]. 建筑技术开发, 2024, 51 (11): 141-143.

[2] 张星彤. 能源管理与节能策略在智能建筑中的应用研究 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2024, (09): 117-119.

[3] 吴明萱, 张淞博, 孙玉卿, 等. 智能建筑环境控制系统的照明与空调节能效果实证研究 [J]. 建筑科学, 2024, 40 (08): 199-207.

[4] 章家亮. 智能建筑电气综合自动化系统节能控制技术探究 [J]. 科学技术创新, 2024, (15): 99-102.

[5] 卫平. 智能楼宇建筑电气节能现状及节能设计简析 [J]. 居舍, 2022, (21): 109-111.

[6] 闫峰. 民用智能建筑电气设计中的变压器节能技术与应用 [J]. 低温建筑技术, 2022, 44 (01): 45-48.

作者简介: 刘亦骁 (1992-), 女, 汉族, 湖北省武汉市, 本科, 工程师, 研究方向: 建筑电气及建筑智能化设计。