

高层建筑电气设计要点及节能策略分析

刘菊萍

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]高层建筑电气系统的电气设备类型多样,电耗水平较高,对供配电稳定性有较高的要求,因此高层建筑电气的设计及节电问题是整个建筑电气的研究热点之一。商用类高层建筑的单位能耗为一般高层住宅的2~3倍左右,其中空调设备就占到了50%~60%,照明设备则占到了25%~35%。对高层建筑工程电气的设计重点以及节能措施进行详细的探讨,探讨高层建筑工程电气工程系统构成、设计理念及基本要求,分别从供电照明弱电及智能化四个角度来详细讲述关于高层建筑工程电气的设计要点,针对当前高层建筑工程电气设计能耗过高、设计方案脱离实际、系统整体性差等问题提出相应的解决方案,在供电照明、系统智能化及可再生能源等方面给出具体的节能措施。研究发现,在科学调整供配电方案的基础上使用先进的节能器具,结合智能控制系统,能使得高层楼宇达到20%以上的整体节能效果,对于促进整个建筑行业的节能减排有着积极的作用。

[关键词]高层建筑; 电气设计; 节能策略

DOI: 10.33142/sca.v9i5.19748

中图分类号: TU208.3

文献标识码: A

Key Points of Electrical Design and Energy-saving Strategy Analysis for High-rise Buildings

LIU Juping

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

Abstract: The electrical equipment types of high-rise building electrical systems are diverse, with high power consumption levels and high requirements for power supply and distribution stability. Therefore, the design and energy-saving issues of high-rise building electrical systems are one of the research hotspots in the entire building electrical field. The unit energy consumption of commercial high-rise buildings is about 2-3 times that of general high-rise residential buildings, with air conditioning equipment accounting for 50% to 60% and lighting equipment accounting for 25% to 35%. A detailed discussion is conducted on the design focus and energy-saving measures of electrical engineering in high-rise building projects. The composition, design concept, and basic requirements of electrical engineering systems in high-rise building projects are discussed. The design points of electrical engineering in high-rise building projects are elaborated from the perspectives of power supply, lighting, weak electricity, and intelligence. Corresponding solutions are proposed to address the current problems of high energy consumption, unrealistic design schemes, and poor system integrity in electrical design of high-rise building projects. Specific energy-saving measures are provided in the areas of power supply, lighting, system intelligence, and renewable energy. Research has found that the use of advanced energy-saving devices, combined with intelligent control systems, on the basis of scientifically adjusting power supply and distribution schemes, can achieve an overall energy-saving effect of over 20% in high-rise buildings, which has a positive effect on promoting energy conservation and emission reduction in the entire construction industry.

Keywords: high-rise buildings; electrical design; energy-saving strategy

引言

伴随着城市的不断发展,高层楼宇的数量急剧增加,而相应的高能耗也成为一大难题,建筑物总能耗占整个社会总能耗的30%,其中电气系统的能耗是很大的一部分,在高层楼体中由于自身建筑规模较大,结构复杂,使得对

电气的设计难度也相对较高,在保证建筑的安全稳定供电的同时,又要实现节能目的,这也是当前电气设计面临的重点所在,相较于普通的多层楼房来说,高层楼宇的电气设计负荷量更大,输送距离更远,垂直配线难度高,并且对于防雷的需求也比较大。商业型高层楼宇应设有空调、

视听、通讯监控等装置，一般住宅只需设照明、电梯、供水排水系统等基本装置，前者用电量大增负荷种类也更为繁杂。目前高层楼宇电气设计存在的主要问题就是如何处理好安全可靠、经济合理以及节能环保之间的关系。安全放在首位，过于强调安全则会造成大量浪费；节能符合绿色发展的趋势，但也不能不顾及供电的安全性。所以研究适合的安全稳定又经济节能的高层建筑电气设计方案对于理论研究和实际工程项目都具有重要意义。

1 高层建筑电气设计概述

高层建筑电气系统是由发电机、变电站、配电系统、用电设备以及控制和保护装置等设备有序排列组成的，在功能上可以分为供配电系统、照明系统、动力系统、防雷接地系统、消防电气系统、弱电系统以及智能化系统等。各个分系统的配合共同维持着建筑物的安全稳定和良好的使用条件。高层建筑电气设计有三个特点：第一，供电可靠程度高，商业性的高层建筑需要有两回路不同源的高压电源，并且配置有备用应急柴油发电机组；第二，垂直配电距离远，输电过程中存在较大的压降以及电耗的现象，超过四十层的情况下变压器需要分层设置在地下层、中间楼层以及最顶层。第三，防火等级严苛，油浸式变压器不允许安装于主体建筑内部，应该选择干式变压器等防爆电气装置。设计应该遵守安全可靠、经济灵活以及节能一致的设计方针。安全是基础，符合防火防雷防触电的要求，可保证各级负荷不受影响地供电；可靠是保障，可以保证各种等级的负荷不会受到断电的影响；经济是限制，在满足上述要求的前提下，尽量降低成本；节能是方向，采用合理的方案和先进的装置来减少耗损。

2 高层建筑电气设计中的关键要点

2.1 供配电系统设计要点

供配电系统是高层建筑电气系统的核心部分，设计的质量好坏直接影响建筑工程电力使用安全以及经济方面。负荷等级划分就是供配电系统的设计第一步，依据建筑物的使用性质和电气设备重要程度的不同，高层建筑的负荷一般分为一、二、三等级别。其中一级负荷包含消防装置、应急灯、安全防范设施等，需要设置两个电源并做到在终端处自我转接的功能；二级负荷例如普通的电梯以及生活水泵等，可以选择两路进线电源；而三级负荷如一般的照明以及空调装置等只需要一路电源就可以满足需求了。变、配电站的位置确定以及变压器的选择都是供配电系统设计的重点。变配电所应尽量靠近负荷中心，一般都设在地下室或者是临近冷冻机房及水泵房处，从而能够降低供电

半径，节省电能损失量，在建设超过四十五层的超高层时，变压器要分段摆放，可以分别放置在地下室以及建筑最顶层，亦或者是在地下室、中楼层及建筑的最顶层进行分级摆放。并且变压器的选择也应当选取节能环保型干式变压器，它的空载损耗和负载损耗都比传统的油浸式变压器低很多，配电干线的设计要兼顾电势降落、电能损耗以及防火的要求等，鉴于高层建筑的高度比较高，因此，配电干线则使用密集母线槽或者阻燃电缆的形式，并在电力竖井内进行垂直架设，为了能够减少电压降，主干线的截面积的选择要在满足载流量的基础上再加大一些。商业楼的负荷分配一般是空调系统占 50%~60%，照明系统占 25%~35%，其他设备占 10%~20%，设计时应当根据这个来合理地分配变压器容量以及配电回路。

表 1 高层建筑用电负荷分级与供电要求

负荷等级	适用设备与区域	供电要求	典型配置
一级负荷	消防泵、喷淋泵、消防电梯、应急照明、防排烟风机、安防系统	双电源供电，末端自动切换	两路独立 10kV 电源+柴油发电机组
二级负荷	普通电梯、生活水泵、主要通道照明、排污泵	双回路供电或专用变压器	两回路 10kV 电源或两台变压器互备
三级负荷	普通照明、空调设备、插座电源、一般动力设备	单回路供电	单路 10kV 电源供电

2.2 照明系统设计要点

照明系统是高层建筑物耗电量排名第二大的电气设备系统，在照明系统的构造当中主要涉及照度的选择、照明灯具的选择以及照明的配电方式及控制方法等。照度的设计要符合国家强制性标准建筑照明设计标准 GB/T50034-2024 的要求，根据不同的房间使用要求选取符合要求的照度水平，防止出现不必要的照度过高或者过低的现象造成不必要的电能损耗或者产生视疲劳感。照明灯具的选择决定了整个照明节能水平的高低问题，选用 LED 作为照明灯具的优势在于发光效率高、使用寿命长、色温调节范围广等特点，目前已经成为高档民用住宅楼、商务办公楼以及星级酒店首选的照明灯具产品。实验证明：在办公室内使用 LED 灯具并配置自动感应开关比使用传统的荧光灯可以节省 35% 以上的电能消耗。在灯的选择中还要考虑它们的出光分布以及应用系数，尽量选择发光效率高，炫光低的直接型灯具。照明控制方法是达到按需照明的手段，在高密度的办公楼宇照明控制中应该采取分区、定时、感应的方式相结合的方法，公共空间（例如走

廊楼道及停车场等)安装人体感应或者声光控开关做到人到灯亮人离灯灭;办公室使用智能化照明系统可根据自然光强度及人员活动程度自动调整光线明暗程度以及开启与否,而景观照明与立面照明则通过时间控制器在高峰期自动断电或者降低亮度。

2.3 弱电系统与智能化设计

弱电工程及智能化设计是当今现代化高层建筑电气系统中不可或缺的一部分,在整个建筑电气系统中起到辅助的作用,主要包含信息设施系统、建筑设备管理系统、公共安全系统三大部分。信息设施系统有综合布线、通信网络、闭路电视等。为建筑提供信息传输通道;建筑设备管理系统(BAS)用于监控及管理空调、照明、电梯、给排水等设备;公共安全系统则有消防报警、安防监控、访问控制等。而建筑设备管理系统的设计重点

就是要达到对设备集中的监视以及合理的分配使用的目的。通过对重要设备配置传感器以及数据采集器,BAS系统能够及时了解设备工作状态、耗电量大小及周围环境情况并根据预先设定规则对设备进行调整,AI技术的智能建筑管理系统能够做到对暖通空调、照明、电梯等多个系统的同时优化,整体节电效果达到20%以上。弱电系统整合已经成为未来方向,以前的设计各个弱电系统之间各自为阵,互不相通,无法联动起来,现在的智能设计注重一体化建设,以一个集成化的平台把火灾报警、安全防范、设备监控、能源管理等各个子系统连在一起,可以相互传递信息,彼此协调运行。比如,在消防系统发现火警报警后,能自动联动安防系统打开疏散出口门锁、联动BA系统切断非消防负荷、联动应急照明系统开启应急照明等。



图1 建筑弱电系统协同联动示意图

3 高层建筑电气设计中存在的主要问题

3.1 能耗水平偏高问题

高层民用建筑电能消耗量过高是最主要的问题。相比普通的多层住宅,高层住宅由于增加了电梯、加压水泵、消防器材等垂直交通运输及保障设施以及空调、制冷设备的应用等因素使得单位面积耗电量大幅提升。通常情况下,一般高层住宅耗电量为 $25\sim 40\text{W}/\text{m}^2$;而商业性高层建筑耗电量高达 $70\sim 140\text{W}/\text{m}^2$,其每年耗电量大约是前者的一倍到两倍。对于这种电能消耗过多的原因来说是有很多方

面的。从设计角度来说,有些项目负荷估算过大,选用了大容量的变压器,引起变压器经常性地轻载运行,空载损耗较大。在设备方面,老旧的机电产品能效比较低,如定速空调、通用电梯、节能灯等仍然在广泛地应用之中,在运行管理方面缺少精细化的能源管理措施,设备大多采取定时开关的方式,不能随工作负荷变化进行调节,大量存在无效消耗的问题。

3.2 设计标准与实际需求脱节

设计方案脱离实际需要是高层建筑物电气设计存在

的又一大问题,目前的电气设计方案大多针对普通建筑进行编制,在超高层建筑的应用上缺乏针对性。超高层建筑外墙高度涉及多个气候带,气温随着高度的提高而降低,在 100m 高度处的变化约为 $0.6\sim 1.0^{\circ}\text{C}$,风力也随着高度的加大急剧上升,导致建筑物各个高度层之间空调负荷相差较大,而现有的设计规范对于这样一种纵向方向上的气象条件的变化无法有效描述,另外现在能耗模拟软件及技术手段也无法满足超高层建筑的设计要求。我国目前流行的建筑能耗仿真软件都是以建筑物整体气象条件一致为基础进行计算的,无法体现不同高度处的气象条件变化趋势以及未能精确估算出建筑围护结构各层之间的热工性能差异,因此导致超高层楼宇的空调及电气负荷大小无法获得精确的设计参数。

3.3 系统集成度不足

系统整合程度低影响着高层建筑电气系统的综合性能。在传统的分项设计思路中,供电配电、照明控制、空调、消防、安防等各个子系统都由不同的专业来进行单独的设计及施工,缺少有效的接口及联动机制,成为一个个信息壁垒,不能够做到数据互通以及配合调整^[1]。主要的问题有:建筑设备管理子系统同照明控制系统之间没有连接起来,在空调负荷及人员分布较多的情况下也不能实现照明亮度自动调节,消防与安防子系统相分离,一旦发生火灾就不能及时实现门禁开启、疏散指引等功能,能耗监测系统也并没有和设备控制系统联系在一起,只能处于被动地进行数据统计而不能进行自主调节。这种现状制约了电气系统的智能化升级以及节能空间的利用。

4 高层建筑电气节能策略分析

4.1 供配电系统节能优化

供配电系统节能改造主要是通过减少线路损失、提高功率因数以及改进变压器的工作方式来实现。为了降低线路损失采取的办法有以下几个方面,首先合理布置变配电所的位置以此来缩短供电半径;另外增大导体截面;使用铜芯电缆代替铝芯电缆,最后减少线路接头^[2]。无功补偿则是改善功率因数的有效措施,通过对低压侧装设并联电容器来使功率因数由原来的 $0.7\sim 0.8$ 提升到 0.92 以上,明显减少了线路损失和减少了变压器铜损。变压器经济运行方面,对两台以上的变压器变电所应该根据负荷的变化来确定投入多少台变压器运行:当负荷较低时,应将一部分变压器断电,让工作的变压器负载保持在 $60\%\sim 75\%$ 之间。高峰期间使用全部的变压器。并且要使用 SCB 系列或者类似类型的高效节能型的干式变压器,其损耗较传统

类型产品下降了 15%左右。

4.2 照明系统节能技术应用

照明工程节能措施有使用节能型灯具、智能控制以及充分利用自然光。LED 灯发光效率达 $120\sim 150\text{lm/W}$,要比普通的荧光灯和节能灯高出很多,同等亮度情况下可省电 $40\%\sim 60\%$,智能控制是达到按需照明的重要手段^[3]。办公室安装照度检测与人体感应装置,做到恒定照度调整;地下停车场、过道使用红外或微波探测器控制开关,做到人来灯亮、无人灯灭或者自动降低亮度;会议室这些大的面积场所进行场景式控制。通过使用自然光照明,靠近窗户处的灯要单独控制电路,根据光线强度是否达到标准自动开启或者调小灯光。

4.3 建筑智能化系统节能应用

建筑智能化系统是实行精细化节能的有效途径。建筑设备管理系统对机电设备进行统一监视、调控,从而达到逐级节能的目的。以 AI 技术为基础的智能化建筑管理系统能够对能耗设施进行智能化控制,出现能耗异常的概率高达 90%以上。空调节能是最核心的应用之一。BAS 系统可以根据室内外参数自动调整运行方式,在过渡期使用全新风制冷方式作为首选,在部分负荷期改变水冷机开机台数,在空闲期自动关闭空调设备等。利用 AI 预测技术可以实现节能 $15\%\sim 20\%$ 左右而不影响舒适性。电梯节电上,通过群控技术来降低不必要的运行次数,在电梯制动时还可以把电梯的下行势能回收电网当中去,节省 $20\%\sim 30\%$ 的电量。

4.4 可再生能源在电气系统中的应用

太阳能光伏发电是最普遍的建筑可再生能源,光伏组件可以安装在屋顶或者是立面上的幕墙等处,可以直接并入到低压配电系统中去,中建三局集团公司的总部大楼有 1.4万 m^2 的光伏板,在一年里可以发电 200 万度左右,配合储能系统可以使得整体碳排放量减少 45%左右,光伏系统一般配备储能设备,当天气晴朗的时候储存起来,晚上或者下雨的时候用来供电,也可以利用峰谷价差来节约开支。地源热泵系统的能源效率可以达到 $3.5\sim 4.5$ 度之间,相比于传统空调可以节省 30%以上的电力消耗,可以同普通空调结合起来构成复合式的能源系统。污水源热泵技术可以从经过处理过的污水中提取热量来为建筑物进行供热和制冷。

5 结语

高层建筑电气规划设计要在保证供电安全可靠的基础上节约电能,利用供配电系统的优化、照明节电技

术、智能控制以及可再生能源的使用等一系列的系统性措施,可以达到 20%以上的综合节能效果。以后要更加强调系统的整合及协调优化,运用物联网、大数据、AI 等新兴科技,使得电气系统朝着主动智能的方向发展。

[参考文献]

[1] 禰健锋.超高层建筑智能配电系统节能优化问题与策略

研究[J].广东土木与建筑,2025,32(10):1-6.

[2] 朱丹丹.双碳背景下的某超高层建筑电气节能探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2025(7):164-167.

[3] 颜闯.建筑电气设计中绿色节能技术的应用与优化[J].城市建设理论研究(电子版),2025(3):58-60.

作者简介:刘菊萍(1989—),女,汉族,毕业于河北大学;现就职于河北建筑设计研究院有限责任公司。