

超高层建筑电气设计的关键技术探究

陈 伟

长厦安基工程设计有限公司, 广西 南宁 530000

[摘要]超高层建筑物体巨大, 功能多样, 人流众多, 这就使得其电气系统的设计在安全、稳定以及可靠等方面有着非常高的要求。本文着重研究了超高层建筑电气设计存在的电气负荷集中、远距离供电损失较大、消防用电安全、电磁干扰及系统的稳定性、设备检修维护困难等问题, 并从供配电系统的构造改进、运行可靠性的提高、环保节能的设计思路、智能数字技术的应用、安全保障措施加强、施工与运维一体化管理六个角度提出了解决办法, 以期能对超高层建筑电气设计有所启发借鉴作用。

[关键词]超高层建筑; 电气设计; 供配电系统; 消防供电; 电压降

DOI: 10.64635/ja.2026.1198

中图分类号: TU85

文献标识码: A

Research on Key Technologies in Electrical Design for Super High-Rise Buildings

Chen Wei

Changsha Anji Engineering Design Co., Ltd., Nanning, Guangxi 530000, China

Abstract: Super high-rise buildings are massive in scale, diverse in function, and accommodate large flows of people, which places very high requirements on the safety, stability, and reliability of their electrical systems. This paper focuses on problems in the electrical design of super high-rise buildings, including concentrated electrical loads, large losses in long-distance power supply, fire power supply safety, electromagnetic interference and system stability, as well as difficulties in equipment inspection, repair, and maintenance. Solutions are proposed from six perspectives: improving the configuration of power supply and distribution systems, enhancing operational reliability, adopting environmentally friendly and energy-saving design concepts, applying intelligent digital technologies, strengthening safety assurance measures, and integrating construction with operation and maintenance management. The study aims to provide useful reference for the electrical design of super high-rise buildings.

Keywords: super high-rise building; electrical design; power supply and distribution system; fire power supply; voltage drop

引言

1972 年国际高层建筑师协会把 40 层以上、高 100m 以上的建筑物称为超高层建筑, 超高层建筑已经成为当今世界各国城市发展现代化水平及科技力量的重要标志之一。超高层建筑的高度显著高于一般楼房, 结构复杂、人流高度集中等特点使得对其电力系统的安全性要求远远高于一般的建筑物。对于超高层建筑来说, 必须做到全楼统一供电系统的设计, 为了确保供电的安全稳定, 在供电上至少要有两路相互独立的市电接入, 两路电源应分别经不同的路径到达建筑物内, 最好通过专线从上级变电站或者开关站向其供电。在选择供电电压等级时, 在配置自备应急电源时, 在进行变配电所竖向布置以及进行与消防系统、智能技术相结合的设计等方面都有明显的区别。本

文基于工程实践经验出发, 全面总结了超高层建筑电气设计中的一些主要的技术难点问题, 希望能对今后的相关工作有所借鉴作用。

1 超高层建筑电气设计的重要性

超高层建筑电气设计在当今建筑体系中的重要性不容忽视。就其功能作用而言, 电气系统相当于超高层建筑的“神经中枢”、“生命通道”, 要为大楼内的空调、给水排水、电梯、照明、安防、消防等各种各样的设备设施供应不间断、高质量的电力支持; 就其安全保障而言, 超高层建筑人流量大、上下楼梯距离远、灭火救援困难, 电气系统需要有强大的消防安全供电保障能力, 在突发状况下保障好消防泵、排烟风机、应急灯等主要设备设施的正常运转。就其经济效益而言, 合理的设计可以大幅度减少建

筑物整个寿命周期内的能源消耗费用开支。此外，在“双碳”战略不断推进的大势之下，超高层建筑绿色电气设计也成为评价一栋建筑是否优秀、是否实现可持续发展标准之一。超高层建筑功能多样化导致用电负荷急速增长，各种负荷性质相差较大，对供配电容量也有了更高的要求。

2 超高层建筑电气设计中的重点与难点

2.1 电气负荷密集问题

超高层建筑的功能往往集办公、酒店、商业、公寓为一体，用电器具众多，空调占比较大，使得单位建筑负荷密度远远大于一般建筑物。超高层建筑的负荷密度受建筑功能、建筑规模、建筑高度等影响很大，一般在 $80\sim 140\text{VA}/\text{m}^2$ (住宅除外)。一般高层旅游宾馆和高级酒店、高层办公楼、综合性高层建筑等的负荷密度都达到 $60\text{W}/\text{m}^2$ 以上，有部分达到了 $150\text{W}/\text{m}^2$ 。庞大的电力需求常常需要采用 35kV 或者 110kV 的高电压等级接入城网，变压器容量选择动辄几万千伏安，给变配电所的设计布局、电器件的选择以及散热通风等方面带来很大的困难。另外各种负荷性质相差很大，假如预留供电容量不够的话是不能满足今后的功能变更和改造扩容的要求的。

表 1 超高层建筑典型功能区负荷密度参考值

功能区类型	负荷密度范围 (VA/m^2)	典型设备负荷特征
办公区	30~70	办公设备、照明、空调集中
商业区	60~120	商铺照明、展示用电、客流密集
酒店区	60~100	客房电器、宴会厅、厨房设备
酒店综合体	80~140	功能复合化，设备集成度高

2.2 长距离供电压降问题

超高层建筑的高度非常高，由地下室主变压器及配电室至高层塔楼顶端用电设备供电的距离普遍超过 200m ，有的达到 300m 左右，低压配电线路电压降问题非常严峻。根据相关规定，供电线路上的电压降不应大于 5% ， 0.38kV 低压电力电缆供电距离不应大于 256m ，而建筑高度一旦超过 200m ，供电半径一般也都大于 250m ，电压降可能会超过允许范围，造成电梯、变频器等重要负载无法正常工作，增大了电能损失^[1]。所以要采取有针对性的方法，在中间层设配电室来减小每段母线槽的长度、使用高导电率的铜制导体母线槽或者在塔楼顶部增设一段变压器以减小低压供电半径。

2.3 消防供电安全问题

超高层建筑火灾具有火灾蔓延迅速、逃生困难等特

点，其消防供电系统安全可靠与否直接影响着人们的生命安全。当前的标准对超高层建筑的消防供电级别做出了极其苛刻的规定。根据 GB 55024 的规定，一级负荷须采用双路互为备用的电源供电，特级负荷则需要采用双路互为备用的电源外加第三路应急电源三路电源共同供电。建筑高度达到或超过 150m 的一级一类高层建筑的消防系统、安防系统、应急照明以及航标灯等用电负荷均要采用三路电源供电，其中一路满足一级负荷标准的双电源，另一路由应急电源提供。高层建筑高度为 250m 以上超高层建筑应设置两个及以上强电井，用于强弱电应急防灾系统备用线缆铺设使用；消防设备的供电电缆须采用矿物绝缘电缆或者耐火电缆，在发生火灾的情况下也能保证正常供电。

2.4 电磁干扰与系统稳定性问题

超高层楼宇中的变频器设备、逆变装置或开关电源等大量的非线性负荷，向供配电系统反送大量谐波电流，严重破坏了电能质量。楼宇供配电系统的常用设备为电脑、复印机、通信设备、照明设备等，这些都是楼宇供配电系统的最大谐波源，其中电脑谐波电流畸变率达到 100% ，UPS 畸变率为 $20\%\sim 30\%$ 。谐波不仅造成变压器及电缆过早老化加剧发热损失，还会引起电气设备误跳闸或者产生局部谐振现象。研究造成办公楼用电系统出现谐波失真的不同原因的谐波源以及针对谐波失真带来的危害应采取相应对策对于保证楼宇自动化的正常供电有着很重要的作用^[2]。消除谐波干扰应从系统的规划入手：科学分隔供电区域、分开供电敏感性设备和非敏感性设备、分级别设置有源滤波器及无源滤波元件，完善对精密电子信息系统机房的电磁防护。

2.5 电气设备运行维护难度问题

超高层建筑电气设备运行维护存在空间不足、垂直运输麻烦、系统整合度高等困难。变配电室、柴油发电机组间、强弱电井等重要电气用房多布置于地下室，高层建筑顶避难层设分区配电站，电气设备分布层次多样，巡视十分繁琐。变压器、柴油发电机组等重件设备维修更换难度极大，甚至需拆除部分建筑结构方能移除。超高层建筑地上变压器一般可采用货梯直接搬运或者借助电梯井道进行搬运，单台变压器容量受限于电梯承重与井道尺寸大小。一台变压器的容量不宜大于 1250kVA ， 1250kVA 变压器加壳的重量约是 3.3t ，普通的电梯根本无法完成设备的搬运任务。此外，超高层建筑电气系统包括供电、消防、安全防范、楼宇自动化等几个部分，各个系统相互关联，排障较为复杂，对运维人员的技术能力有很高的标准。

3 超高层建筑电气设计优化措施

3.1 优化供配电系统结构

完善供配电系统结构是超高层建筑电气工程的主要内容之一,在供配电系统设计上首先要考虑的是建筑物的高度、功率和功能划分情况确定进线数量及电压等级等,通常超高层建筑负荷为一级负荷供电,对于供电电源而言两路或四路 10KV 进线是较为常见的形式,对于有此条件的地方也可选择 20KV 或者 35KV 作为其供电的方式。其次就是系统的布局,在此方面可以运用“主-分变配电所”的分层体系方式来进行,即总的变配电处在地下部分对整个项目的电力进行供应,在避难层设有若干个分变配电处,在一定程度上减少了低压输电距离,根据负荷大小及布置位置做到变电所、变压器接近建筑物内负荷点。依据功能布局需要设立变配电间,可以按地下室、裙楼、商业、办公区、酒店区、住宅区依次排布,高压配电方案采取放射供电方式,保证重要负荷有单独供电回路。

3.2 提高电气系统运行可靠性

保证安全可靠运行才是超高层建筑电气设计的基本准则,首先要严格根据规定进行负载分类,消防电源及应急照明、疏散指示灯、电梯、变频水泵以及航空障碍灯等一系列重要电器设备采取一级负载供电,双回路供电以及自备应急电源等方式保障供电的安全性;应急电源宜选用柴油发电机,在有切换时限要求情况下可采用蓄电池或者 EPS 集中供电。依据国家标准指南,重要电力客户需自主配备备用电源,其容量须能完全承载保安载荷的用电需求,超过 100m 高的特别重要的商务楼宇、商务公寓就属于重要电力客户之列。其次是对电气系统设立备份机制,在重要部位的重要设备设置 N+1 乃至 N+2 的备份措施,防止单一故障造成整个网络的风险^[3]。再次就是需要在系统的设计中加入自动化监测和报警的功能,在关键部位进行实时检测电压、电流、功率因素、谐波等电能质量指标的变化,经过分析判断及趋势分析提前发现潜在的故障并加以控制。另外也要加强供配电线缆的防火分隔与防护设计,在发生火灾的情况下也能保持重要回路正常送电。

3.3 加强节能与绿色电气设计

在“双碳”背景下,节能减排已经成为超高层建筑电气工程的主要趋势,在这方面应该恰当的选择变压器负载值并选择节能率高的变压器装置,在线路方面可以选择加粗导线的方式来减少线损。在照明部分则完全使用 LED 节能灯具,并配合自动感应开关做到人到灯亮,人走灯灭的效果。而超高层建筑智能化配电系统的节能改进已经成

为整个建筑物实现绿色和可持续发展目标的关键点,在这个方面通过实验结合理论的方法来对目前智能化配电系统的节能方面进行整理。对于空调系统的节能改造,某超高层综合体建筑设备管理系统加强技术研究、合理选择设备以及提高能源管理能力来对电气节电项目给予有力的支持;另外积极采用新能源应用措施,在楼顶或者外墙安装太阳能光伏板装置,研究储能技术和需求侧响应技术的应用等。

3.4 推进智能化与数字化设计应用

智能化和数字化技术的应用也在从根本上改变着超高层建筑电气设计的方式方法,在工程初期就应当充分利用 BIM 建筑信息模型技术实现联动设计,在立体的空间内进行水电管线综合布置、电气房间空间布置以及各类设备搬运路线规划等,从根本上杜绝后期施工过程中的管线交叉、安装场地不够等状况发生。中信大厦运用的是“智能设计+绿色运维”的双轮驱动模式,结合 BIM 技术和大数据分析,整合了 12 大子系统、34000 台套设备、65 万信息点的数据,在此基础上构建起一个全覆盖式的智能管理系统,从而达到绿色环保、安全可靠的智能化运行维护管理。运营期间需要建立统一的智慧运维指挥中心,把电力监控系统、楼宇自控系统、能源管理系统及消防报警系统等集中在一个数字平台之上,做到互联互通、协同作战;C 塔项目用数字化设计以及 BIM 进行精细准确的楼宇能耗模拟以及设计方案调整,在运行过程中通过数字孪生技术实时采集各项能耗相关数据,利用 AI 人工智能与能效管理系统实施精细化调节与控制;智能电表及末端传感器的大规模应用,可以精确化计量并统计分析整个建筑内所有用电设施的各项负荷情况,从而为节能升级改造及运行优化提供精确可靠的数据依据。

3.5 完善电气安全防护措施

超高层建筑电气安全防护包括用电安全、防雷接地、谐波治理及防火封堵等方面内容。针对用电安全,需安装三级剩余电流动作保护器,在重要的电路中要进行绝缘检测以及漏电报警,发现并消除线路老化、绝缘损坏等问题;防雷接地,由于超高层建筑有巨大的电磁感应吸引力,所以需要完善好避雷装置、引线装置及接地装置,用建筑物本身的钢构起到自然引下线的作用,构建法拉第笼式的屏蔽效果,还要做好等电位连接来避免电位差伤害。针对谐波治理问题应该找出产生谐波失真的各种谐波源,对整流器、变频器、电力补偿电容等非线性装置接入配电网时采取防过高次谐波污染的滤波装置等措施,在谐波敏感的重

要设备机房及电子信息系统,应尽量使主干线上谐波骚扰强度为Ⅰ级水平,在条件许可的情况下可增设自动或半自动滤波装置;在防火封堵上要严格检查电气竖井、管沟以及桥架穿过防火分区处封堵情况,电缆与母线槽要采用符合燃烧性能等级要求的阻燃和耐火材料,消防配电用线缆燃烧性能和耐火时间必须严格按照规定执行^[4]。

3.6 加强施工与运维协同管理

超高层建筑电气系统工程的设计及运行管理相辅相成地保证着设计目的实现以及长期稳定工作。施工期间要编制详细的大型电气设备竖井转运计划,针对变压器、柴油发电机组等大型设备吊运路线及工作环境提前仿真布置;运维管理过程中需要建立电气设备全生命周期管理体系,设备自出厂、安装、试车至正常使用期间的信息全部录入系统以便于对症下药式的保养工作。设备运维管理系统具备设备台账数字化、运行状况监测的功能,在此功能基础上结合深度学习算法可以实现实时健康状况诊断。运维班组人员应当经过专门训练,掌握各个分系统的运行机制及相互之间的作用关系,建立完善应急方案并且经常组织训练演习等。

4 结语

超高层建筑电气设计是综合性很强的一门跨多个领

域、多种系统相互配合的一项综合性工程。本文围绕负荷大、电压降小、消防用电、电磁噪声大、维护难等五个方面系统总结了超高层建筑电气设计中的主要技术问题,并针对上述问题提出了解决方案:通过改进供电网络结构、提高运行稳定性、绿色节电设计、智能数字化应用等方面进行完善,以及加强安全防护及协调建设运维等,以此来解决这些技术问题,使超高层建筑电气设计向着更安全可靠、绿色环保、高度智能化的方向前进,以促进城市可持续发展。

【参考文献】

- [1]徐艳.超高层建筑电气设计的关键技术探究[J].中国建筑装饰装修,2022(03):109-110.
- [2]陈军.浅析超高层建筑电气设计的关键技术[J].低碳世界,2019,9(10):164-165.
- [3]谢泉明.超高层建筑电气设计要点探析[J].福建建设科技,2024(06):128-131.
- [4]黄海峰.某超高层建筑电气设计的优化[J].四川水泥,2024(11):90-92.

作者简介:陈伟(1990.09—),毕业院校:广西大学,所学专业:建筑电气与智能化,当前就职单位:长厦安基工程设计有限公司,职务:电气设计专业负责人。