

超高层建筑电气系统设计要点分析

通过详细介绍工程实例的供配电系统形成的过程，分析了不同系统方案的特点，从而探讨超高层建筑供配电系统设计的作法，供设计交流。

马瑞娥/天津市建筑设计院

0 引言



马瑞娥/高级工程师

近年来，超高层建筑建设在我国发展很快，以往在京、沪等一线城市也难觅身影的超高层摩天大厦，如今在不少经济比较发达的二、三线城市也都常见。由此可见，探讨超高层建筑的电气设计技术，完善相应的技术法规等对建筑电气设计行业来说是非常有必要的^[1-2]。本文结合南通国际会议中心项目工程实例，浅谈对超高层建筑电气系统设计的认识和经验。该项目位于新城中央商务区，北与市政府大楼隔广场相望，南邻体育会展中心，是未来的城市中心区。政府拟将这一项目打造成大型综合性高端商务社区，是南通CBD的核心。项目总建筑面积约为13.9万m²；地下室三层，局部两层，建筑面积约为1.9万m²，主要为车库、设备用房、后勤管理用房和库房；地上58层，建筑面积约为12万m²，主要为会议、餐饮、娱乐、酒店式公寓、办公和会所。主体建筑总高度为278 m，是目前苏北地区最高的建筑。CBD内市政电网110/20 kV中南变电站即与项目周边相邻。

关键词/Keywords

超高层·
变电站·
供配电系统·

1 负荷情况、电压等级及电源状况

用电设备主要有：照明设备、办公网络计算机、音响视频设备、餐饮设

备、泳池设备、安保及通信设备、卫生设备、空调及制冷设备、给排水设备及各种消防用水泵、新风及消防用风机、电梯及其他消防报警设备等。

本工程定为一级负荷用户。其中本工程内的消防动力设备、应急照明、疏散指示灯、走道照明、值班照明、障碍标志灯、排污泵、生活变频给水设备、安保通信设备及经营管理用计算机系统、客梯、会议宴会厅照明及其录影电声设备等负荷，等级定为一级。其中消防设备用电、酒店经营与设备管理用计算机系统用电，以及安防系统用电等确定为一级负荷中特别重要的负荷。负荷情况如下表所示。

表 负荷情况

序号	设备组名称	设备容量/kW
1	变电所用电	80
2	消防、安保用电	60
3	消防水泵、喷淋水泵等	830
4	排烟风机、补风机和正压风机等	638
5	电梯	750
6	电话、电视和网络用电	160
7	生活水泵等	239
8	排水泵	139
9	细水雾泵	102
10	其他消防设备用电	193
11	照明、日常工作和生活插座用电等	8 360
12	泛光照明	592
13	应急照明	680
14	扶梯	60
15	风机等普通动力用电	480
16	洗衣机等	104
17	厨房、餐饮设备	560
18	终端空调设备	319
19	制冷机组、冷水泵和冷却塔等	3 579
20	锅炉设备	122
21	合计	18 047

本工程总用电设备安装容量为18 000 kW, 129 W/m²; 变压器总安装容量为13 450 kV·A, 96 V·A/m²。变压器单位装机容量小于国家现行酒店、办公建筑节能标准, 符合国家节能标准要求。本项目采用市政两路20 kV线路供电, 电缆直埋引入, 分别引自CBD中南变电站和城市世纪变电站。

2 变电站的设置

本工程高度超过250 m, 如果仅在地下室设置变电站, 变压器距大楼顶部区域负荷距离较长, 低压配出线路多, 电压降大, 不宜敷设, 可靠性也差。因此采用中心变电站带分变电站的形式。由于主要的设备用房均设在地下室, 所以确定在地下室设中心变电站。

大楼裙房为会议、餐饮和商务, 8~34层为公寓, 35层以上为五星级酒店, 使用上分属不同的管理部门。建设单位希望配电系统权属清晰, 尽量减少相互间的影响, 以避免在经济核算及管理上产生交叉和矛盾。由于这一想法有其合理性, 所以决定将裙房、公寓和酒店的供电在高压侧即分设系统, 但共用的制冷、动力等负荷因其隶属专业无法分割则除外。

为了减少工程造价, 降低维护成本, 最初的设计原则是尽量少设分变电站, 仅在位于顶部酒店区内避难层设酒店分变电站。而公寓区由于最高层仅百米高度左右, 所以打算将用于公寓供电的变压器、低压柜均设在地下室中心变电站。这样公寓区供电线路长度适中, 电压降也在可控范围之内, 即维护方便, 也节省了空间, 在技术上、经济上均比较合理。但这一方案提出后, 受到了土建条件的限制。由于地下停车位数量必须达到规划部门的要求, 造成地下室设备用房空间局促, 建筑专业无法给足地下室中心变电站的面积。于是只好在主楼7层避难层又设一座分变电站供公寓层用电使用。而在41层避难层另设一座分变电站供酒店使用。

各变电站大体情况如下。地下室中心变电站设置在主楼地下一层, 比邻制冷机房, 位于大楼负荷中心, 与主楼强电井仅隔核心筒走廊, 出线

距离很短, 敷设方便。变电站层高为6 m, 下设架空板, 地面抬高为0.8 m, 变电站一、二次线路均在0.8 m架空层内敷设至各柜、箱体, 至强电井及其他出变电站线路沿站内边墙在桥架内敷设至梁下, 然后在梁下吊装出站至各配电点。

中心变电站内设20 kV高压配电柜、变压器及低压配电柜, 其中20 kV高压侧向避难7层、41层变电站及本站变压器供电。中心变电站低压侧向地下室及裙房负荷供电, 7层变电站低压侧向7~34层主楼公寓层负荷供电, 41层变电站低压侧向35层及以上酒店层负荷供电。

每座避难层分变电站层高为4 m, 由中心变电站引来的两路独立20 kV高压回路, 在核心筒20 kV专用电井敷设至相应层站。每座变电站均设置送排风装置。

3 高低压变配电系统

在供电方案论证阶段, 即有专家提出, 超高层建筑的两路市政电源要互相全备用, 即每一路都要能承担整个大楼的供电。但这一建议当时未被采纳。原因是当地取消了市政电网增容费后, 供电贴费是按照备用容量的多少收取的。如果两路全备用, 则上缴的市政供电配套贴费会较多。而当时建设单位资金比较紧张, 为尽量减少投资, 就否决了这个建议。建设单位当时要求, 在规范允许的范围内, 尽量减小备用容量, 以减少市政贴费, 但必须保证大厦内的消防等重要负荷供电的可靠性。

基于这一原则要求, 拟定了如下方案。在地下室中心变电站内设置四台20/0.4 kV干式变压器, 其中两台2 000 kV·A变压器向空调制冷机组、制冷水泵和冷却塔等空调设备供电, 另两台1 600 kV·A变压器向地下室及1~6层裙房照明、办公设备、消防设备和其他普通动力设备等负荷供电。高压侧不联络, 两台2 000 kV·A变压器与两台1 600 kV·A负荷性质相同的变压器低压侧进行联络。当一路检修或发生故障意外断电时, 应急负荷通过末端切换切至运行变压器供电, 从而保证应急负荷处于供电状态。这时, 失电变压器上

的普通负荷也可通过低压母线联络开关在运行变压器容量允许的状况下，有选择地切至运行变压器，由其供电。

另外在7层、41层分变电站内各设置两台20/0.4 kV-1 250 kV·A干式变压器，自中心变电站引来的两路20kV电源经负荷开关柜接入站内各变压器。同中心变电站相同，高压侧不联络，低压侧联络。当一路发生故障时，另一路可承担全部重要负荷和部分常用负荷供电。各系统在高压侧设置计量。

这一方案称之为“部分”备用方案，系统设置比较简洁。系统的供电贴费较少，变配电设备

数量也少，系统工程造价较低。仅计算出的供电贴费与全备用方案比较，就节省了一半的费用。但系统的灵活性相对不佳，不如全备用方案。

这一“部分”备用方案未能获得当地供电部门的支持。供电单位的意见与前面论证阶段的专家提出的意见一致，坚持两路供电改为全备用，也就是每一路都要能承担整个大厦的供电，并对系统进行了调整。两路20 kV进线之间设联络，在中心变电站增加20 kV联络柜。当一路20 kV电源因故失电时，上方电网允许失电回路上的变压器通过联络开关完全切至另一路20 kV电源供电。系统图如图1所示。

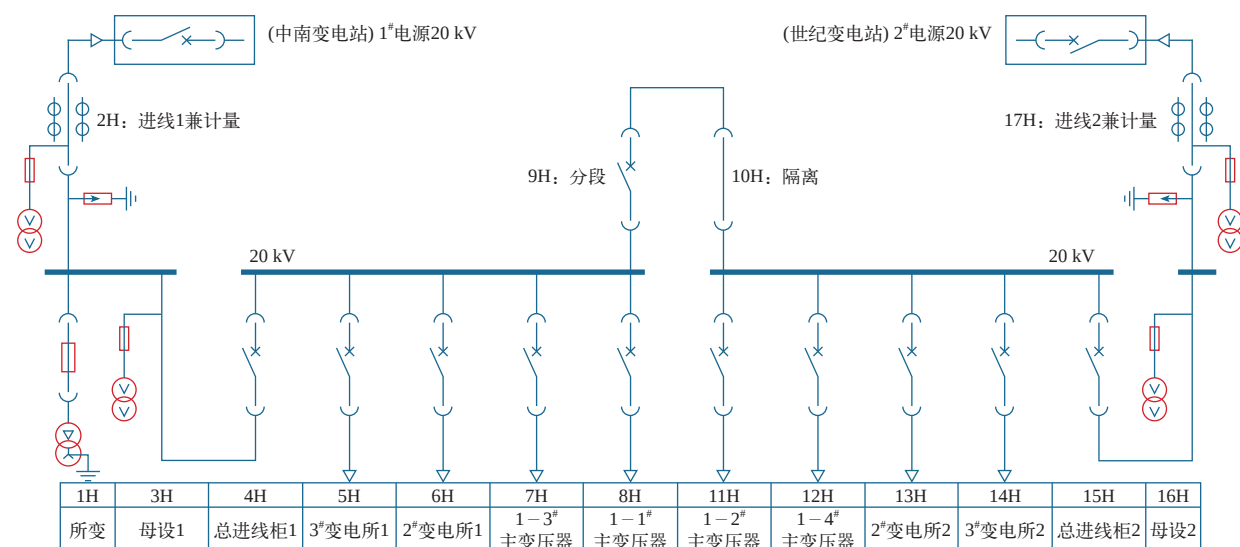


图1 20/0.4 kV地下室中心变电站20 kV配电系统图

其次，对公寓用电调高供电指标，由每户6 kW提升至8 kW。在7层变电站增容，由3 × 1 250 kV·A变压器向公寓供电。系统图如图2所示。

另外考虑到酒店为五星级，为进一步提高供电可靠性，41层分变电站两路20 kV电源之间增设“备自投”装置。两段20 kV母排上增加PT柜，主要用于进行电压检测，当一路20 kV失电时，其上变压器通过联络开关自动投切至有电一侧。系统图如图3所示。

系统经过以上调整后，理论上可靠性、机动性相对增强了，但操作、控制相对于原方案要复杂。同时，系统的造价有一定幅度的增加。

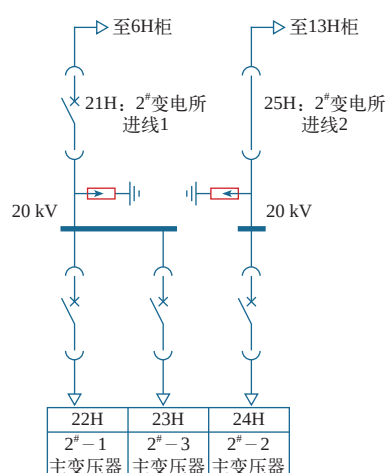


图2 20/0.4 kV 7层分变电站20 kV配电系统图

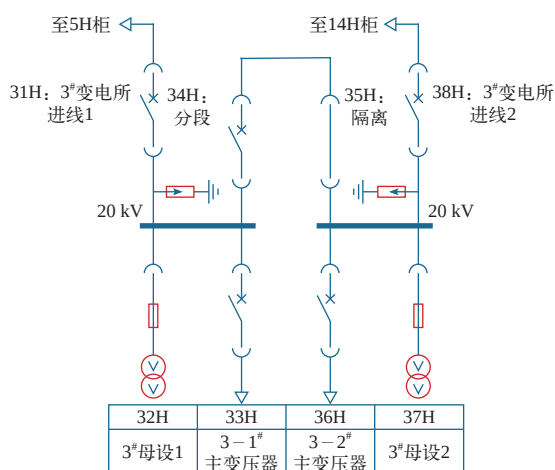


图3 20/0.4 kV 41层分变电站20 kV配电系统图

鉴于供电部门的强力支持，建设单位采纳了这个方案。

20 kV高压系统的继电保护采用微机综合保护，保护方式有反时限相间过电流保护、电流速断保护、单相接地保护、过载保护和温度保护。中心变电站操作电源采用直流操作。7层分变电站操作电源取自地下室中心变电站，41层分变电站操作电源取自本站PT柜。

另外，在低压侧，供电部门也进行了调整。在中心变电站，将一台2 000 kV·A制冷机变压器与一台1 600 kV·A照明动力变压器在低压侧互锁，在发生特殊、极端状况时，在容量允许的情况下，2 000 kV·A变压器可作为后备电源经切换开关（带机电互锁）接入1 600 kV·A变压器低压系统，并通过联络开关灵活、有机地调节大厦的供电。

变配电系统的无功功率补偿采用在变压器低压侧补偿的方式，采用柱形自愈式电容器做低压补偿，补偿后系统的功率因数在0.9以上。

4 柴油发电机及机房设置

在地下一层，中心变电站旁设置柴油发电机房，内设风冷式柴油发电机。机房内设油箱间，出风口设置于地上裙房侧墙，进风口为一风井，位于车库进口处。在地下一层楼板预留柴油发电机吊装口。

选用两台柴油发电机作为本工程的第三路备用电源，一台供低层裙房及地下室应急负荷使

用，另一台供主楼高层应急负荷使用。当市电高压线路停电、缺相、电压或频率超出范围，或同一变电站两台变压器同时故障时，从各变配电站两台变压器低压侧总断路器处取柴油发电机的延时起动信号，引至对应的柴油发电机，信号延时0~10 s（可调）自动起动柴油发电机组，柴油发电机组15 s内达到额定转速、电压和频率后，投入额定负载运行。当市电恢复30~60 s（可调）后，由ATS自动恢复市电供电。柴油发电机组经冷却延时后，自动停机。机组与电力系统间有防止并列运行的联锁装置。每台柴油发电机0.4 kV总出线在机房内换接成封闭母线沿墙或0.4 kV电井配置相应变电站切换柜。应急配电柜均设在各相应变电站。本工程所有应急负荷均为双路供电，末端切换。

5 电气管井及控制室设置，电气设备 & 线路的选择、敷设

变压器采用非晶合金高效节能、低耗低噪树脂浇注干式变压器，设强制风冷系统及温度监测及报警装置，接线为D，Yn11，防护等级为IP40。高压开关柜采用金属铠装移开式开关柜。低压柜为抽屉式开关柜。电力干线采用封闭式母线或电缆，树干式或放射式、水平或垂直敷设至各分配电室或用电点。垂直部分线缆高压及低压分管井敷设。在裙房南北两侧近电梯处均设强电及弱电井。在主楼核心筒设置20 kV高压电井、0.4 kV低压强电井及弱电井。管井均每层封堵。在楼内，公寓每户一表，集中安放在电气竖井内，8 kW用户为单相供电。客房为每房一箱，由强电间统一放射式供电。客房内设应急照明，由消防控制中心统一控制。在冷冻站及水泵房、锅炉房均设控制室，内设控制柜，对冷水机组、水泵和锅炉等进行控制。在电梯机房、风机房和空调机房设置相应的配电控制箱，预留安装空间，配出线采用电缆穿桥架或导线穿管敷设至相应设备。

6 照明系统供配电

照明采用绿色、高效的节能光源，灯具均配合装修进行设计。排烟机房、消防泵房、变电

所、消防控制室和弱电机房等处均采用自带电源应急灯具，疏散通道均设疏散指示灯，水泵房等潮湿场所均设防潮型灯具，桑拿洗浴场所及泳池水下照明均采用12 V安全电压灯具。配电系统设双路应急照明专用母线和双路公寓、客房用电母线，分别引自同一变电站不同段母排。楼梯、门厅、宴会厅、会议中心、立面泛光照明和景观照明等公共场所照明按照使用条件采用分区、分组集中控制，采用智能型总线照明控制系统。控制内容包括调光、定时和场景变换等。

7 结束语

超高层建筑电气系统设计是比较复杂的过程。在市场化的今天，新技术、新思维非常活

跃，对问题的看法往往是多元的。要综合各方面的因素，寻找到令各方都满意的平衡点很不容易。总之，掌握和完善超高层建筑电气系统设计技术，需要设计人员不断地去努力探索、积累，更需要同行互相积极主动地交流、创新，与时俱进。

参考文献

- [1] 李炳华.超高层建筑电气设计要点[J]. 智能建筑电气技术, 2011, 5 (4): 9-19.
- [2] 孔嵩.超高层建筑电气设计关键技术解析[J]. 建筑电气, 2015 (5): 39-44.

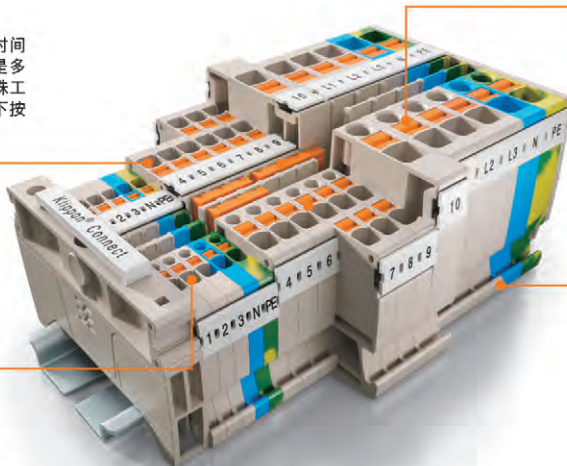
(收稿日期: 2016-07-14) EA

广告 | AD



轻松插入

直插式接线技术使得安装时间最大可以节省50%。即使是多股线，也无需使用任何特殊工具，而是通过简单地按一下按钮轻松插入导线。



每个端子上标准化的检测点标准化的检测点和测试适配器使得电气柜内的维护和故障排除变得简单。



直插式接线技术

导线可以轻松插入接线孔的底部。就是这样——你就有了一个安全的，气密性的联接。



带有补偿功能的安装卡脚

带有弹性的安装卡脚可以补偿导轨尺寸带来的差异，使得端子的安装和拆卸变得非常容易。

Weidmüller

魏德米勒Klippon® Connect A系列通用类接线端子——标准化安装的有效解决方案

日益增长的竞争和成本压力，要求更高的安装效率，基于功能导向的魏德米勒Klippon® Connect A系列通用类接线端子可用于实现合适的解决方案。创新的直插式接线技术在联接单股硬导线和带管状端头的软导线时可减少达50%的布线时间，并实现无工具联接，在安全的前提下提高安装效率。

魏德米勒电联接(上海)有限公司
电话: 86 21-22195008 网址: www.klippon-connect.com

扫一扫，即刻了解
Klippon® Connect



Let's connect.