超高层建筑供配电系统设计探讨

访中国建筑上海设计研究院有限公司副总工程师张凤新

■ 史海疆/本刊记者

张凤新　教授级高工

中国建筑上海设计研究院有限公司 副总工程师

超高层项目电气设计值得关注的内容很多，但最重要的还是电气系统的合理性、可靠性以及性价比。

超高层建筑能集中展示现代科技实力，形象突出，往往是一个城市或一个区域的地标性建筑。超高层建筑的性质决定其造价高，对安全性、保障性的要求大大超过一般建筑，且其体量大，设备众多，更增加了电气设计的复杂性。为此，我刊特地采访了中国建筑上海设计研究院有限公司副总工程师张凤新，请他分享在做超高层建筑电气设计时积累的宝贵经验。

因地制宜　合理确定供电方案

电气应用：张总您好！非常感谢您在百忙之中接受我刊的采访！首先请您介绍一下超高层建筑的电气设计与一般建筑的电气设计有哪些区别？重点应关注哪些问题？

张凤新：超高层建筑与一般建筑电气设计的区别大致在以下几个方面。

1. 重要性不同

超高层建筑项目基本都是项目所在地的标志性建筑，一般都有深厚的政商背景，代表着当地的形象。超高层项目具有投资高、体量大、人员相对集中和疏散距离长的特点；另外超高层项目进驻的大多是高端业态，对当地的经济、文化甚至政治生活都具有相当大的影响。因此一旦供电中断会造成重大经济损失，甚至危及人身安全。

在电气设计上，超高层建筑被确定为一级负荷用户中的特别重要用户，负荷等级是民用建筑用户分级中的最高级别。所以超高层建筑的供配电可靠性、安全性必须高，其供电电源不仅要求两个或者两个以上，由双重电源供电，还需要自备应急电源。

2. 超高层项目规范和标准限制多

2.1 方案需要多方论证

按照“通则”定义，高度超过100 m的高层建筑即为超高层建筑。在超高层项目中，供电、防雷、安保和消防报警等电气设计内容基本都要组织电业、公安消防、

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

气象等职能部门及相关领域专家对相关设计方案进行评估、论证。

《建筑防火设计规范》总则1.0.6条明确要求建筑高度超过250 m的建筑要结合实际情况，要比一般的建筑采取更加严格的防火措施，其防火设计要提交国家消防主管部门组织专题研究、论证。这当中就包括对消防供电电源、安保和消防报警等电气设计内容的论证。其严格程度远高于一般建筑项目。

2.2 设计受多重规范制约

超高层项目往往是集商业、金融办公、星级酒店及高级公寓等诸多高端业态于一身，因此它要满足各方相关行业规范的要求。诸如《旅馆建筑设计规范》、《金融建筑设计规范》及《商业建筑设计规范》等规范要求。在这些规范里都有相关的电气设计内容。

2.3 用户需求多样化

超高层项目的用户不止一家，有些重要用户出于安全及可靠性的要求，会有特殊的需求。如要求自用独立的应急电源，还有些签约的用户不确定性，还要求配电系统提供预期的特殊接入接口或者容量的预留等等。在普通的设计项目里一般没有这方面的需求。

3．超高层项目设计的难度大且复杂程度高

3.1 超高层项目设计内容多、专业配合难度大

随着近年来智能技术、通信技术、安保技术和节能技术的发展，电气设计内容在飞速增加。超高层项目的电气设计内容增长尤甚。在超高层项目里各类强弱电机房及管井众多，管线纵横交错。电气专业对机房位置和空间的需求往往因相互挤占与其他专业存在冲突和矛盾。如何配合建筑专业合理布置机房管井，既要符合本专业需要又要兼顾多专业需求，既避免管线碰头打架又利于管线设备敷设安装，往往会给电气设计带来很大困扰。

3.2 超高层有大型电气设备，需设计特殊处理

例如，超高层项目一般主变压器容量大，设备运输、安装空间需求大，层高要求高，往往需要2～3层的安装空间才能满足要求。电气设计需会同土建结构专业进行特殊处理。

3.3 因客观条件限制，超高层项目设计内容可能会突破规范限制

超高层项目电气设计除了要严格遵守现行国家规范外，有些项目在遭遇客观条件限制，无法满足现有规范的要求时，也有可能突破规范限制，进行超规设计。

这种现象令人纠结，也充分体现了有些超高层项目的设计难度，已经难到了“逼上梁山”。但这种超规一定是经过多方论证，特殊处理，克服了超规可能产生的风险后才可实施，绝不应该是草率之举。

例如，在某一线城市CBD核心区，某超高层华商大厦，地下B6～B4层110 kV总变电站内，110 kv主变压器选用了大容量油浸式变压器。资料显示，当地电业部门最初意见，主站应该在地上建设。但因其地处CBD核心区，才选址在主体地下室。资料并没有显示主变压器采用了何种型号，如果是可燃性油，那么就是超规了。

JGJ 16—2008《民用建筑电气设计规范》4.3.5条规定，设置在民用建筑中的变压器，应选择干式、气体绝缘或非可燃性液体绝缘的变压器。此条还是强制性条文。在国家标准GB 50053—2013《20 kV及以下变电所设计规范》2.0.3条也规定在高层主体建筑内不应设置油浸变压器的变电所。这本规范虽然不是110 kV变电站规范，但此条文也表达了国家标准的对应态度。

对这种在超高层项目内选用油浸主变压器的原因，采取了哪些措施化解风险，有哪些方法可以借鉴，我觉得值得关注。

闻名遐迩的上海中心110 kV主站也位于地下室，但选用了SF_6气体绝缘主变压器，并没有超规。我觉得这就稳妥得多。超规设计还是慎重一些比较妥当。

3.4 超高层项目变电所、管井设置不同于一般项目

由于供电距离长，在超高层项目一般要考虑在避难层设置变电所向高区供电等问题，要考虑按照不同的电压等级设置电气竖井，要考虑设置变压器上楼的问题。这在一般项目的电气设计中就没有这方面的内容。

超高层项目电气设计值得关注的内容很多，但最重要的还是电气系统的合理性、可靠性以及性价比。要想达到系统的最优化恐怕没有，只有精心设计，考虑周到全面，方可达到更优的效果。

电气应用：请问张总超高层建筑的供电方案应如何确定？变电站的选址应如何考虑？

张凤新：超高层建筑的供电方案的确定是一个综合的设计过程，没有固定的模式来套用。要结合项目的规模、使用性质及负荷特点，特别是项目所在地的供电条件，依据相关的国家和地方标准、规程以及当地电业部门制定的供电规则来确定供电方案。

变电站的选址首先要接近负荷中心。超高层项目地下室层数一般都在2层或2层以上，主要的机电设备一般分布在地下室。中心变电所或开关站一般设置在地下室1层或2层，但不能设置在最底层。向大型设备诸如制冷机组、锅炉供电的变电所宜靠近机组机房设置，但不能与有积水的房间贴临。向高区供电的分变电所一般设置在避难层。

例如，我院设计的江苏某地的超高层项目，楼高

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

278 m，地下3层，局部2层，地上58层，建筑总面积13.9万m^2。当地有10 kV和20 kV两种电压等级的电源供项目选用。考虑到项目总需用容量超过10 000 kV·A，超出了10 kV配电网两路比较合理的输电容量。经和当地电业部门协商后确定采用20 kV两路双重电源供电，互为备用。另设置了0.4 kV自备柴油发电机组作为备用应急电源。

由于该项目高度超过低压线路供电的一般限制长度250 m，如果仅在地下室设变电站，变压器距大楼顶部区域负荷距离较长，压降大，低压配出线路多，线路截面积大又不易敷设，可靠性也差。因此，决定采用中心站带分站的形式。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、餐饮及商务，8～34层为公寓，35层以上为五星级酒店，使用上分属不同用户。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，设计时将裙房、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其他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站，仅在位于顶部酒店区内避难层设分站。而公寓区由于最高层高度仅百米左右，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站。公寓区供电线路长度适中，压降也在可控范围之内，既维护方便，又节省了空间，不论是在技术上还是在经济上均比较合理，但是这一方案受到了土建条件的限制。因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。最终在主楼7层避难层设一座分站供公寓层用电使用，在41层避难层设一座分变电站供酒店使用。

大楼中心变电站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6 m，下设架空板，地面抬高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，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高压向避难7层、41层变电所及本所变压器供电。中心变电站低压向地下室及裙房负荷供电，7层变电站低压向7～34层主楼公寓层负荷供电，41层变电站低压向35层及以上酒店层负荷供电。

每座避难层分变电站层高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的避难层分变电站。每座变电站均设机械送排风装置。

为提高可靠性，两路市政电源互相全备用，即每一路都要能承担整个大楼的供电。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20/0.4 kV 4台干式变压器，其中2×2 000 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，2×1 600 kV•A变压器向地下室及1～6层裙房照明、办公设备、消防设备及其他普通动力设备等负荷供电。上方电网允许20 kV高压侧通过设联络柜进行备用切换。联络开关与两进线开关设置联锁。7层及41层分变电站均自中心站不同母线上引来两路20 kV电源接入变压器。中心站系统图如图1所示。

公寓每户供电指标8 kW。在7层变电站由3×1 250 kV·A变压器向公寓供电。系统图如图2所示。

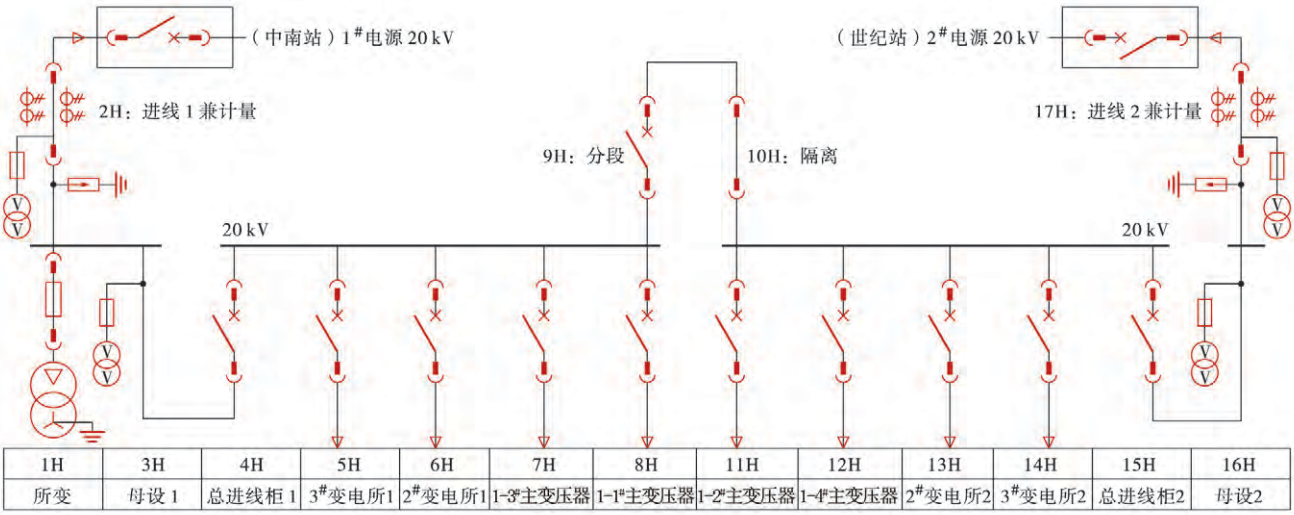


图1 地下室中心站20 kV配电系统图

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

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电源之间设置备自投。两段20 kV母排上设置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。

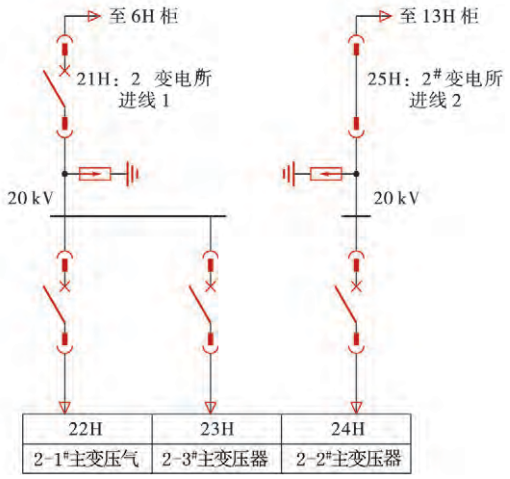


图2 7层分变电站20kV配电系统图

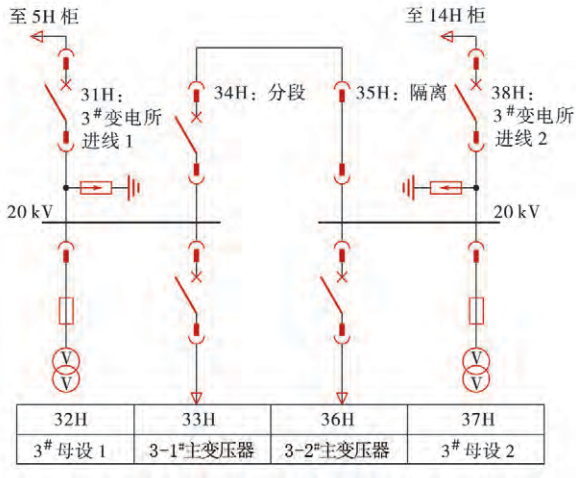


图3 41层分变电站20kV配电系统图

系统理论上可靠性、机动性强，但操作、控制相对复杂。

优化设计 确保供电可靠

电气应用：请问张总对于超高层建筑的配电系统的配电方式应如何确定？

张凤新：配电方式主要有放射式、树干式和环式三种，各有优缺点。

放射式的优点是可靠性高，操作方便，保护简单，事故影响范围小。缺点是线路和开关多，造价高。单路放射式适合二、三级负荷。双路放射式适合一、二级负荷。上述案例7层分站与中心站之间就采用了放射式。

树干式的优点是出线及开关少，造价低。缺点是可靠性差，事故影响范围大。一般三级负荷多采用单回路树干式，一、二级负荷则适用于双回路树干式。

环式的优点是可靠性高，运行灵活。缺点是操作切换复杂。上述案例41层分站与主站之间应该是环式方式。

要结合项目自身的特点，负荷性质、负荷分布的状况确定配电方式。例如相同性质的负荷、位置分布又大致在同一路径，就可以采用树干式的配电方式。对于消防负荷，为了增加供电的可靠性，就应该考虑按照放射式的配电方式供电。

电气应用：请张总谈一下如何确保超高层建筑的供电可靠性，应急电源应如何设置？

张凤新：超高层建筑的应急自备电源一般采用柴油发电机组，与应急负荷集中的变电所贴临布置为妥。机房要考虑设置排风、排烟管道以及储油间。超高层建筑高度在200 m以下，采用0.4 kV低压机组。高度在200～350 m，采用低压机组时应该校验线路压降。如不能满足末端应急负荷要求，应采取增加线路截面积或改换传输方式措施来减少压降，以满足负荷需要。高度超过350 m，由于供电线路的压降不易满足末端应急负荷的需要，要考虑采用中压机组，如10 kV机组。10 kV线路在大密度负荷区供电半径可达2 km。目前世界最高建筑高度也不过900 m，所以10 kV机组可以满足任何现阶段超高层项目的需要。

另外由于配电线路限制，柴油发电机不能满足供电要求的非动力类的应急负荷，可以采用局部设置应急电源系统（EPS）作为补充应急电源。EPS电源设置灵活、方便。对设计来说，EPS是很好的应急电源解决方案之一。

合理选型 产品先进适用

电气应用：在做超高层建筑电气设计时，设备选型应如何考虑？

张凤新：超高层项目的设备选用和一般建筑项目还是有一定区别的。由于超高层项目的特点，如受高度、管井、设备用房和运输条件局限性的原因，要求上楼的电气设备在承重、容量和规格上要受限制；上楼变压器的容量不宜超过1 250 kV·A。高低压线路要求选用低压无卤阻燃型线缆，消防线路要选用矿物绝缘线缆。选用的母线槽、桥架和配电设备除安装上要进行抗震处理外，其自身也应要具有相应的抗震能力。

超高层项目由于要求高的原因，确实应该选用技术先进，质量可靠的产品，但也应该注重设备的性价比。超高层项目市场的关注度高，产品供应商趋之若鹜，但往往

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

鱼目混杂。很多产品和系统集成技术并不成熟，需要设计和项目管理人员严格甄别，对新特产品的选用应慎重。此类设备更新换代快，如在项目完工时，产品已成昔日黄花，选用这样的产品就会给工程造成麻烦和损失。

此外，设备选型还应注重通用性和兼容性。因为一旦出现问题，通用性和兼容性好的产品系统能够及时得到更换和修复，不会长时间影响使用。超高层项目受众一般是高端人群，其商务活动影响甚广，机电系统一旦出现问题，不能及时修复，会影响到用户的使用，造成不小的影响和损失。

电气应用：建筑电气节能日益受到重视，超高层建筑体量大，设备众多，在设计阶段应采取哪些方案或措施来降低能耗？

张凤新：降低能耗的措施据我了解有以下几个方面。

（1）降低线路的能耗

通过减少配电线路的长度、增大截面积、提高供电线路的电压、改善线路的材质及在谐波严重的输电线路或母线上加装滤波装置等，这些措施都可以降低线路能耗。

（2）降低设备的能耗

选用非晶合金节能变压器，大功率电制冷机组采用高压供电，大功率制冷水泵采用变频控制，采用智能型照明控制系统及空调系统采用BA控制等措施都可以实现设备节能。

（3）降低系统的能耗

采用智能型能耗监测管理系统，对建筑内能耗系统水、电和气进行在线监测及动态分析，针对性地制定方案。对能耗系统进行调节，也可达到节能降耗的目的。

（4）充分利用环保绿色能源

利用建筑屋顶的风能、冷热电三联供发电机组及光伏发电系统等环保绿色能源发电，通过技术手段储能或与建筑配电系统并网，向大厦提供清洁电能来达到节约市电的目的。据了解上海中心在这方面做了尝试。

随着技术的进步，建筑节能措施会越来越多，效果也会越来越明显，造价成本也会逐步降低。所以，节能应用会越加广泛。EA

广告 | AD

全新改版

色彩丰富　凸显主题

2016《电气应用》以鲜明色彩和新颖版式呈现精彩内容，力求赏心悦目。

栏目设置　独具风格

坚持继承与开拓并举，以丰富内涵充实经典栏目，持续深化面对面、专家访谈、EA经理人等栏目，密切关注电气技术的发展和应用。

专家点评　精辟深刻

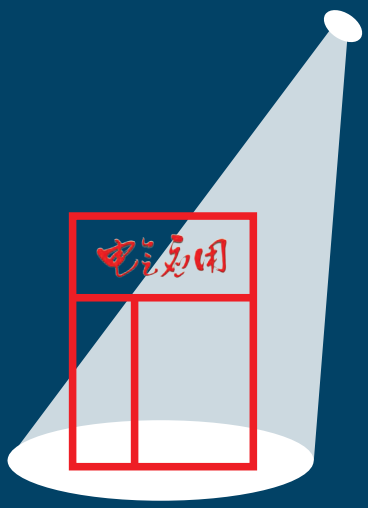
每期都将围绕一个热点话题，隆重推出一场专题讨论的盛宴，共邀知名专家、产品用户和生产厂家汇聚一堂，针对焦点问题作出评析。

行业案例　生动丰富

关注电力、建筑、石化和冶金等电气行业应用，以典型深刻的案例分析、方案设计构建技术互动的空间，促进应用经验交流。

国内邮发代号：82-341　国外发行代号：M1409

每期定价：15.00元　全年定价：360.00元



• 电气应用 盛情呈现 •

2016

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net