

[低压配电]

超高层建筑的低压配电线路电压损失分析

文/首创置业股份有限公司 王一添

以某项目为例，通过对线路电压损失的计算，设备末端电压的允许偏差分析，明确线路电压损失及供电电压偏差的概念，确定该项目分变电室选址位置。结合同类项目变配电室的设置，推论出超高层的建筑高度与避难层分变配电室设置的关系。

建筑高度决定了低压配电竖向主干线的长度，在低压配电干线电压损失及末端设备电压偏差满足规范要求的情况下，超高层建筑只需在地下层的负荷中心设置变配电室，本文结合工程实例计算低压线路电压损失、分析末端设备电压的允许偏差有关概念，参考同类项目变配电室的设置，推论出超高层的建筑高度与避难层分变配电室设置的关系。

电气专业设计要点

1. 供配电系统特点

超高层建筑的功能多以酒店、办公和公寓为主，超高层建筑供配电系统特点包括用电负荷大，供电半径长，变压器装机容量范围一般在 $100\sim 140\text{ V}\cdot\text{A}/\text{m}^2$ （公寓除外）。为保证特别重要负荷及消防设备的供电，应具备两回独立市电电源，配备自启动柴油发电机组和UPS、EPS电源装置。超高层建筑的大功率设备多集中在地下室，根据用电负荷分布情况，考虑尽量减少低压配电线路长度，便于设备安装及后期维护，主变配电室一般设置在地下接近负荷中心处。当建筑高度超过200 m，再加上干线由变配电室至竖井的水平距离，建筑上部的供电半径一般会超过250 m，对于低压配电干线以及末端用电设备的电压降有可

能超过规定值，分变配电室的设置根据干线的电压损失、设备运输、后期维护及成本等多方面考虑。

2. 电压损失与电压偏差

在结合工程实例对线路电压损失计算分析前，需要明确电压偏差和电压损失是两个不同的物理概念。GB 50052《供配电系统设计规范》规定了用电设备端子处电压偏差允许值，GB 50034《建筑照明设计标准》明确了照明灯具端电压偏差值范围。电压偏差并不是指线路电压损失值，配电设计中应按照用电设备端子电压偏差允许值的要求和电网电压偏差的具体情况，确定电压损失允许值。根据工业与民用配电设计手册（第四版）电压偏差计算内容，在某段时间内线路或其他供电元件首端电压偏差为 Δu_0 ，线路电压降为 Δu_l ，当有变压器或其他调压设备时，还应计入该类设备内的电压提升，即

$$\Delta u_x = \Delta u_0 + e - (\Delta u_l + \Delta u_T) \quad (1)$$

式中， Δu_0 是线路首端的电压偏差率，%； e 是变压器分接头设备的电压提升比，%；常用配电变压器分接头与二次空载电压和电压提升的关系，见工业与民用配电设计手册表6.25； Δu_T 是变压器电压损失率，%； Δu_l 是线路电压损失率，%。

拟定10/0.4 kV变压器高压侧为稳定的系统标称电压，变压器低压侧空载电压为稳定的0.4 kV，

线路首端标称电压比系统标称电压高5%，明确以上概念后，通过对线路电压损失的计算，及供电电压的允许偏差分析，推论出超高层建筑变电室选址方案。

工程实例

1. 工程基本情况

某项目由公寓楼、办公楼及地下车库组成，总建筑面积19万m²，其中公寓楼地上53层，地下4层，建筑高度为223 m，避难层设在13层、27层和41层。办公楼地上30层，地下4层，建筑高度162 m，避难层设在15层。

2. 办公楼低压线路电压损失校验

办公楼变配电所低压侧的三相平衡负载线路至核心筒内电气竖井水平供电距离约为80 m，地下一层至顶层垂直供电距离为160 m，以集中负载考虑有功负荷为412 kW，功率因数为0.85。阻抗、感抗——施耐德密集式封闭铜母线参数见表1。

表1 阻抗、感抗——施耐德密集式封闭铜母线参数

额定电流/A	800	1 000	1 250	1 600	2 000
依据标准	GB7251.1 GB7251.2				
外壳防护等级	IP40~IP66				
额定短时耐受电流 I_{cw}/kA	40	50	50	65	65
额定峰值短路电流 I_{pk}/kA	84	105	105	143	143
导体电阻					
电阻R/(mΩ/m)	0.071	0.057	0.043	0.032	0.025
电阻 (满载) /(mΩ/m)	0.073	0.064	0.055	0.035	0.033
电抗X/(mΩ/m)	0.043	0.042	0.013	0.025	0.012
阻抗Z/(mΩ/m)	0.085	0.076	0.056	0.043	0.035

线路电压损失校验，线路种类：三相平衡负荷线路

$$\Delta u\% = \frac{1}{10U_n^2} (R'_0 + X'_0 \tan \varphi) pl = 5.7\% \quad (2)$$

式中，电压等级0.38 kV；功率因数 $\cos \varphi = 0.85$ ；线路长度 $L = 0.24$ km；导体规格：1 000 A密集式封闭铜母线；电阻 $0.057 (\Omega/km)$ ；感抗 $0.042 (\Omega/km)$ 。不同功率因数下，满负荷时10 (20或6) kV/0.4 kV变压器的电压降参考工业与民用配电设计手册（第四版）P460表6.2-1， $\Delta u_r\%$ 以1 600 kV·A变压器电压降为3.26%取值，1 000 A密集式封闭铜母线线路电压损失为 $\Delta u_l = 5.7\%$ ，根据公式计算 $\Delta u_x = \Delta u_0 + e - (\Delta u_l + \Delta u_r) = -4.16\%$ ，满足规范对用电设备端子处电压偏差允许

值的要求。

变配电室低压侧出线至电气竖井水平距离控制在80 m以内，地下一层至顶层垂直供电距离160 m，由变配电室出线至避难层以上办公区的电压损失在规范允许值范围内，供电质量可以得到保证，办公楼在地下一层水平或垂直距离上靠近核心筒、近制冷机房处设一座变配电室。后期线损较大，初始投资相对较低，占用面积较小，日后维护管理较为便利。

3. 公寓楼低压线路电压损失校验

公寓楼变配电所低压侧三相平衡负载线路至电气竖井水平供电距离为90 m，避难层设置在13层、27层和41层，地下一层至27层避难层垂直供电距离约为100 m，有功负荷为380 kW，功率因数为0.85。

电压损失校验，线路种类：三相平衡负荷线路为

$$\Delta u\% = \frac{1}{10U_n^2} (R'_0 + X'_0 \tan \varphi) pl = 4.9\% \quad (3)$$

式中，电压等级0.38 kV；功率因数 $\cos \varphi = 0.85$ ；线路长度 $L = 0.19$ km；导体规格：800 A密集式封闭铜母线；电阻 $0.071 (\Omega/km)$ ；电抗 $0.043 (\Omega/km)$ 。容量为1 600 kV·A变压器的电压降 $\Delta u_r\%$ ，以3.26%取值，800 A密集式封闭铜母线线路电压损失 $\Delta u_l = 4.9\%$ ，根据式（1）计算 $u_x = \Delta u_x = \Delta u_0 + e - (\Delta u_l + \Delta u_r) = -3.16\%$ ，满足规范对用电设备端子处电压偏差允许值要求。

变配电室低压侧出线至电气竖井水平距离在90 m以内，在地下一层设一座变配电室，27层避难层设一分变配电室，设置4台500 kV·A变压器。此方案须考虑变压器的运输问题，500 kV·A变压器约1.8 T，变压器的重量决定了电梯的载重量，重载电梯在保证一定梯速的前提下会增加投资成本，后期避难层变电所维护成本较高，对核心筒排布的压力较大，避难层增设变压器、柜体同样会提高项目成本，相比于只在地下一层设置一处变配电室、在地下一层设置一处变配电室及避难层设置两处变配电室的两种方案，从经济、技术、电磁屏蔽、噪声处理、设备运输、后期的管理和维护综合考虑，公寓楼超高层变配电室选址确定为地下一层设一座变配电室，27层避难层设一分变配电室，供电的导体规格按常规选择，可保证电能质量，用电安全性较高，线损较小，运行成本相比其他方案较低。

(下转第51页)

和极少操作的器件和接插件。设计时应根据各操作按钮对设备的重要性,按照设备的使用功能、操作顺序、相合性和使用频率等的设计原则,对显示及控制器件的功能区域进行合理划分。同样重要的是,显示和控制器件的区域划分也表现在能否清晰、准确地表达出产品的语义。操作面板区域的布局根据不同用途及行业有很多种,比较常用的有分离法、括线法、线框法、色块法和分面法等。图2为李余峰利用以上方法为电子设备绘制的操作面板图,清晰地区分开各操作功能区域。

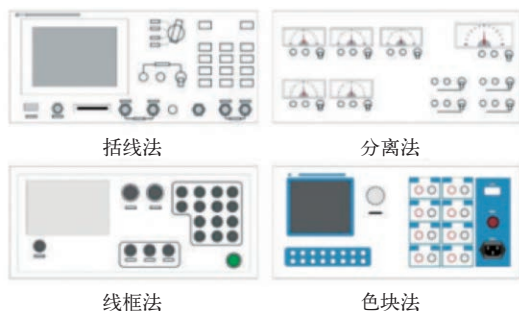


图2 操作面板图

(2) 安全性设计

作为电气领域的设备,操作过程中保障操作人员的人身安全是尤为重要的。部分设备在投入

使用后容易发生一定的安全事故,对操作人员或生产流水线带来安全威胁,特别在复杂的作业环境中安全事故发生的频率将更高。好的设计应考虑意外情况发生时对操作人员或设备进行的紧急补救操作(如设置紧急断电装置)。因此,在追寻操作装置排布美观、简洁的基础上,设计应防止出现操作困难或影响效率的情况,装置的操纵力度、按键排布以及各键位的相合性等方面都应符合人体力学。在实际过程中应遵循安全设计的基本原则,可设计相关保护机制如防落物、防翻滚以及防止误触等,或通过设计安全警示标志提醒人们提高安全意识。

结束语

电气控制设备之间存在的差距很多体现在产品的性价比上,而目前市场上越来越将宜人的操作性及美观大方的外形作为高性价比的一个衡量标准。因此需要更加重视人机工程在科研、生产中的地位和作用,使工业设计发挥最佳的作用,没有科学合理的设计技术,很多强大的性能就发挥不出应有的效果。EA

(收稿日期:2020.05.23)

(上接第25页)

4. 超高层变配电室选址推论

通过线路电压损失校验分析,本项目建筑高度为162 m的办公楼变配电室的设置在地下一层,223 m的公寓楼在地下一层、27层避难层各设变配电室。超高层建筑避难层分变配电室的设置需要考虑土建成本,设备减振、降噪等措施,运输方式可能导致货梯载重量及其井道须加大,日后的维护及保养费用较大,在分低

压配电干线电压损失及末端设备电压偏差满足规范要求的情况下,超高层建筑只需在地下层的负荷中心设置变配电室。参考同类项目变配电室设置,可以得出结论:200 m以上的超高层建筑供配电系统普遍选择设置避难层分变电室进行设计,而150 m左右的超高层建筑普遍选择避难层不设变电室进行设计。超高层建筑项目变配电室设置见表2。

表2 超高层建筑项目变配电室设置

建筑名称	建设城市	建筑规模/万m ²	建筑高度/m	所采用变配电形式
海阔天空瑞城S6地块办公楼	海南省海口	10	159.2	地下层设置
青岛国际贸易中心A座办公楼	山东省青岛市	11	237.9	地下层、避难层设置
千家堡金融区启动区03-21地块	天津滨海新区	12	156.75	地下层设置
北京国际贸易中心三期	北京朝阳区	28	330	地下层、避难层设置
绿地625地块办公楼C座	北京 朝阳区	10	156.99	地下层设置

结束语

超高层变配电室设置需考虑电气安全性、成本、施工及运维多方面影响,其中低压侧的三相平衡负载线路电压损失计算对选址方案有直接影

响。结合工程实例分析,参考同类项目变配电室设置,推论得出超高层建筑变配电选址解决方案,希望本文观点为相似项目提供参考帮助。EA

(收稿日期:2020.05.12)