

# 高层建筑电气设计中低压配电系统的安全性

张佳琦 黄雪

华蓝设计(集团)有限公司

**摘要:** 建筑工程电气设计在供电及用电方面的要求非常严格,尤其是高层建筑低压配电系统,对供配电的稳定性及安全性要求更为严格。本文围绕高层建筑电气设计中低压配电系统的安全性展开讨论,希望可以为同类设计提供一些有益参考。

**关键词:** 高层; 电气设计; 低压配电; 安全

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.13.087

高层建筑在日常运营中所使用的电气设备非常多,这对建筑供电与用电安全性提出了很高的要求。低压配电系统设计与运行的安全性与可靠性直接影响着人们的生命财产安全。为此,在高层电气设计中,应确保低压配电系统的稳定与安全性,避免因配电安全问题,而影响高层建筑的建设效果及人们的使用体验。

## 一、低压配电系统分类

低压配电系统的类型主要包括链式配电系统、树干式配电系统及放射性配电系统三种。链式配电系统主要是在一条线路上连接N个分配电箱,没有其他分支线路,这种配电系统的优点在于投入成本小,建筑电缆线路的敷设中链式配电形式的应用较多;链式配电系统的缺点较为明显,一旦某一点发生故障时,整个线路上电气设备都会受到影响,配电的安全性较低,适合在一些对用电要求较低的高层建筑中使用;树干式是使用一根主干线,将总电源与配电箱相连接,这种配电类型的优势是项目的成本投入较小、施工便捷,缺点是一旦主干线发生故障,整个线路的用电会受到影响,安全性能不高,一般适用于对用电可靠性要求不高的场所。放射式配电系统主要是电源由总配电箱进行分配,各个分配电箱之间互不干涉,某个配电箱发生故障时,其他分配电箱不会受到影响,此种配电形式的优点在于安全性高,缺点在于线路设计复杂,在大型的公共场所应用较多。

## 二、高层建筑低压配电系统设计的要求

### (一) 供电电源

高层建筑主要指建筑层数在10层及10层以上或高度高于28m的住宅建筑,以及高度高于24m的其他民用混凝土结构建筑。其中一类高层建筑项目低压配电系统设计的安全性与人们的生产生活紧密相关。现阶段,高层项目主要是通过消防设施进行灭火,而消防设施正常使用需要电源稳定供电,在这样的需求情况下,如果供配电电源的安全性、稳定性较低,在发生火灾时,应急照明、自动喷淋和消防风机将无法发挥其预期效果。同时,大部分高层项目都安装了电梯,如果供配电系统不安全,电梯就会因供配电不稳定、不安全而出现故障,

为人们的生产生活带来极大不便。如果公共照明部分供电不稳定,则公共区域将无法为人们提供稳定的照明服务,会为人们日常生产、生活带来很大不便。因此,为了提升高层建筑项目的消防效果与建筑使用的便利性、舒适性,确保供电电源配电系统的安全性是非常必要的。

### (二) 供电持续性

通常情况下,高层建筑项目具有两个独立的电源,基本可以实现高层项目一级及二级负荷的要求。而高层建筑系统的内部可能会存在多个较为重要的负荷需求,在高层电气设计时,应设置备用电源,在某个供配电线路出现故障,而另一条供电线路无法正常工作时,借助备用电源为高层建筑供电,保证高层建筑的供电持续性。如果高层建筑只有一个独立的电源,则需设置柴油发电机为备用电源。需要注意的是,高层建筑低压配电系统设计时,设计人员应做好电源切换的时间与过程设计,相关参数应符合相关的电气设备规范与规定要求。

### 三、低压配电系统的安全问题

低压配电系统包含的内容较多、范围较广,因此,配电系统可能出现的安全事故种类较多,引发的原因多种多样,较为常见的安全施工类型为:漏电、短路、电阻过大、超负荷等事故,这些事故问题不仅会影响供配电系统的正常运行,还会对人们对生命财产安全造成威胁。

#### (一) 漏电

在电线的绝缘性较差时,同一电流流向的电线接触后,可能会出现漏电情况,一些电线会因接触墙体或地面,将漏电的电流流入地面。若因为某种原因使得漏电的电流值增加,会导致导线的温度逐渐上升,在温度上升到电线外包绝缘材料的着火点时,绝缘材料就会发生自燃,引发火灾事故。在电流传播的过程中,一些绝缘材料较差的电线会出现均布电容的情况,容抗与绝缘电阻的阻抗出现并联情况,会导致系统整体绝缘效果恶化,进一步影响配电系统的性能。如果不能及时发现并处理漏电问题,将会因漏电路径而引发严重的安全问题。

#### (二) 短路

在两根表面裸露的电线接触时,若两根电线存在电势差,会出现短路问题。在短路事故出现时,虽然用电设备中没有电流,但是电线中流过的电流却很大,会使电线的温度急速上升,在温度到达一定数值时,会发生电火花、电弧等问题,电线内部的金属部件会因为短路事故而融化或老化,严重的情况会出现电线自燃或火花

喷溅等问题，引发火灾的可能性非常大。

### （三）电阻过大

电线与电线之间的结合点，电线与硬件设备之间的结合点、电线与开关设备之间的结合点等接触点的位置，如果接触不良，就会发生接触点位置处的电阻突然上升的情况，在接触点位置有电流通过时，其会产生大量的内能，而导致接触点位置的温度急速上升，过高的温度会使电线的绝缘材料融化，甚至会发生电线自燃的情况。此外，电线两端也会出现电火花，在电火花的密度达到一定值时，会出现电弧等现象，在温度上升到3000℃时，电线周围的易燃物质将会被点燃，甚至会引发严重的爆炸事故。

### （四）超负荷

如果电线中的电流量大于其正常承载范围，将会发生超负荷事故。电线发生超负荷事故时，电线中的内阻就会发热，高温会使得电线的绝缘材料老化或损坏，甚至引发自燃。

## 四、高层建筑低压配电系统的安全设计

以往的低压供配电系统设计时，设计人员通过重视过载与短路保护，而实现对用电设备与供电线路的保护，使其不受损害，为高层建筑提供运行所需电能，保证高层建筑的正常运行。随着科技的不断发展，人们逐渐意识到了人身安全与消防安全的重要性。现阶段的高层建筑的低压供配电系统设计时，设计人员首先关注的是建筑使用者的人身安全与建筑消防安全，以安全设计为核心，开展各项设计工作。

### （一）负荷设计

低压配电系统设计前，设计人员应按照相关规范资料的内容，结合高层项目的实际使用性质，确定高层建筑项目低压配电系统的负荷等级，例如，按照《建筑设计防火规范》GB50016-2014（2018年版）中的规定，确定某高层民用建筑供配电的负荷等级。

### （二）低压电源设置

不同使用性质的高层建筑，其低压电源配置需要也不同，以民用高层建筑为例，其在低压电源配置时，应掌握以下要点：

按照设计标准中规定一级负荷电源为双重供电电源，在一个电源出现故障时，另一个电源不会同时受到影响，可以正常为系统供电。在设计阶段，为了保证高层建筑供配电的安全与可靠性，设计人员应对建筑物的经济性、负荷情况、消费电源允许的最低断电时长等问题进行综合考虑，通常情况下，一级负荷会选择两个独立电源或一路电源与柴油发电机结合的形式，这就是需要可以同时供电的双重电源做保证，在一个线路供电中断后，另一个线路可以立即供电，满足供电系统的可靠性需求。按照设计标准中规定二级负荷电源为10kv、20kv、35kv的双回路供电电源，在供电受限时，可以借助一回路的专用架空线供电。如果建筑物供电电源为双重电源，并且两台变压器低压侧设母联时，非消防二级

负荷可由单回路供电。

### （三）开关设计

低压配电系统开关设计首先要符合相关的设计规范要求，常见的低压配电系统供电电压为380/220V，常见的开关类型有两种，分别为隔离开关和负荷开关。隔离开关的使用频率较高，其工作原理及结构简单，开关中刀闸结构无灭弧能力，只适用于负荷电流下的分、合电路。由于隔离开关具有隔离电路的作用，且使用频率较高，因此，隔离开关使用的安全性会对低压配电系统运行的安全性产生直接影响，因此，要求隔离开关必须具备较高的工作可靠性。负荷开关是一种介于隔离开关与断路器之间的开关形式，具有灭弧能力，能够断开额定负荷电流和过载电流，但是不能断开短路电流。设计人员在对低压配电系统开关进行设计时，应结合低压配电系统的实际需求，选择适合的开关类型。

### （四）漏电断路器配置

漏电断路器可以避免人身触电事故的发生，保护用电者的人身安全，主要分为电流型断路器及电压型断路器两种类型。高层建筑项目接地保护必然会用到漏电断路器，在断路器配置时，设计人员应结合实际情况，做好漏电断路器的选择工作，特别注意额定动作电流的相关问题。在具体选择时，应注意以下几点：首先，确定漏电断路器在达到标准规定的安全界限值时，电击能量的具体数值。其次，断路器的额定动作电流必须大于可能出现的泄漏电流。在选定断路器动作电流时，设计人员应遵循电流选择的原则，线路末端与分支线选用的用电设备及电路干线应采用高灵敏度、快速型漏电断路器，维护电路电网的使用安全。

### （五）接地保护

为了防止高层业主的财产与生命健康安全受到电力系统损害，确保高层建筑用电安全，需要在高层电气设计方案中做好接地保护布置，确保高层建筑电力系统的安全性与稳定性。在实际的电气设计中，应根据高层建筑电气设计特征、电气设备使用情况、以及保护线截面大小等，综合考虑接地装置类型及安装位置。需要注意的是，无论是哪种类型的接地保护形式，都需要做好相应的保护措施，防止接地装置外部的危险电压对建筑电路造成损害。常见的接地保护系统有三种模式，即IT、TN、TT三种模式，具体内容如下：

#### 1. IT系统

相较于其他两种接地保护形式，IT系统所应用的模式更为先进，此系统不需要在电源端口位置安装接电装置，只需在电源端口位置安设相应的电抗与高电阻等电气元件，借助电抗与高电阻等元件实现接地保护，从而确保高层建筑低压配电系统的安全运行，保障供配电安全。由于高层建筑各项电气设备在实际运行中，极易发生漏电故障，影响用电安全，为了有效解决漏电故障，需要做好电气设备外部导电位置的接地保护。利用IT系统，不仅能够最大限度上满足高层建筑各个电气设备的

用电需求,还能有对低压配电系统的安全稳定性进行优化。通常情况下,IT系统主要用于供配电要求较为苛刻的电气设备,为这些设备提供连续供电,保证这些设备运行的稳定性、安全性。

## 2. TT系统

TT系统是直接将电气设备金属外壳接地。TT系统的主要特点是采取直接接地的方式,实现对电源中性点位置的接地保护,通过应用TT系统,能够提升低配电系统设计的科学性,进而提高系统运转效率。需要注意的是,使用TT接地保护系统时,系统中电气设备的外部导电装置,应与中性点的使用位置相同,这样可以保障接地装置功能的有效发挥。TT系统的PE线与中性线是不通电的,在低压配电系统正常运行时,需要对PE线进行电力传输。TT系统主要适用于电压容量相对偏低、供电需求较小的电气设备,在农村区域的建筑经常使用TT系统,对电气设备进行接地保护。

## 3. TN系统

当前市面上使用的TN系统有三种:第一种是TN-C系统,TN-C系统主要特征是共用地线与零线,适合三相负载基本平衡的低压配电系统,操作形式简便。需要注意的是:在使用漏电保护装置时,应拆除零线上的重复接地,并且应保证零线不断线,只允许漏电电保护器上侧重复接地;第二种是TN-S系统,TN-S系统的特点是将地线与零线分开,适合数据信息化较为集中的设备管理区域;第三种是TN-C-S系统。TN-C-S系统是TN-C系统的临时变通模式,其特点为地线与零线部分分开、部分共用,适合变压器良好接地、且三相负载基本是平衡的情况。

## (六) 变电所设置

变电所应遵循接近负荷中心位置、进出线方便、设备运输及吊装便利等原则,结合电力负荷系统分布情况及负荷容量大小,进行具体位置和数量的配置,如果高层建筑的低压配电线路距离较远、电容量较大,设计人员应按照高层建筑的实际供电需求,增加变配电设备。例如,在高层商业建筑中,因上层建筑的商业价值较高,所以,高层商业建筑的变电所多设置在地下下一层位置。变电所位于地下室或地下建筑层时,尽量不设置在最底层,如果高层建筑地下仅有一层时,应当适当抬高变电所的地面高度,并做好防水。变电设备尽量选择通风及散热良好的位置。需要注意的是:一类高层主体建筑中,禁止设置装配可燃性液体设备的变电所,二类高层主体建筑中,尽量不设置装配有可燃性液体设备的变电所,可以选择气体、干式绝缘设备或非可燃性液体绝缘变压器。

## 五、提升高层建筑低压配电系统运行安全性的建议

为保证高层建筑供配电的安全性与可靠性,应采取前瞻性设计、加强验证、加强安全用电宣传、落实安全防护等手段,提升低压供配电系统运行的安全性,为高层建筑提供安全、稳定的电源,确保高层建筑的正常运

行,为人们提供优质服务。

## (一) 加强设计验证

在开展各类电气的施工前,需要进行工程设计验证,这是一项重要的作业程序,高质量的工程设计验证工作,不仅可以保障电气工程的实际应用效果,还可以确保电气工程的应用安全性。因此,设计人员应结合用户的用电需求,合理开展电气设计验证工作,避免因电气设计不合理,影响电气工程安装质量及后期使用的安全性。设计人员应仔细分析低压配电系统的设计重难点,重视对中低压电系统设计内容的审核验证,可以借助信息化技术,模拟电气工程运行状况,对低压配线系统设计方案的设计质量进行测试,并分析测试结果,判断低压配电系统设计是否能够具备较佳的作业性能及安全性。

## (二) 加强电安全宣传

“用电安全”不仅是电力企业经营管理的的重要内容之一,还是落实安全用电、保障高层建筑用户生命健康安全的重要措施。因此,电力企业、物业管理部门等,应加大用电安全宣传教育工作,让用电安全理念深入人心,使用户在日常的生活中合理用电,规避因违规操作导致的电气事故,保障用户的安全用电。

## (三) 落实安全防护措施

落实高层建筑低压配电系统的安全防护措施,利于提升电气工程的应用质量,保障电气工程的安全性与可靠性。因此,设计人员应在日常工作中不断总结与分析低压配电系统安全防护措施的落实情况,做好相应的防水防潮处理,加强应急供电系统的落实力度,确保电气工程低压配电系统的运行安全,避免因安全防护措施落实到位,导致的安全事故。

## 六、结语

综上所述,分析当前高层建筑电气设计中低压配电系统发展现状,制定有针对性的措施,能够保障高层建筑低压配电系统的安全运行,为高层建筑项目稳定、安全供电,为人们提供高质量的供电服务。

## 参考文献

- [1] 王山岭. 试析高层建筑电气设计中低压供配电系统可靠性[J]. 建筑工程技术与设计, 2021(13): 2262.
- [2] 刘新瑜. 高层建筑电气设计中低压配电系统安全性探讨[J]. 中国房地产业, 2021(30): 208-209.
- [3] 宋娟. 高层建筑电气设计中低压配电系统安全性研究[J]. 建材与装饰, 2021, 17(31): 44-45.
- [4] 郝冰冰. 高层建筑电气设计中低压配电系统安全性分析[J]. 建筑工程技术与设计, 2021(24): 1969.
- [5] 胡骏汉. 针对高层建筑电气设计中低压配电系统安全性分析[J]. 科学与信息化, 2020(21): 83.

作者简介: 张佳琦(1990.12.26),男,广西南宁,本科,职称:工程师,研究方向:建筑电气工程。