

# 10kV 高低压供配电系统在学校建筑中的安全性分析与对策

文 / 柳静思 安徽省建筑设计研究总院股份有限公司

**摘要：**为提升 10kV 高低压供配电系统在学校建筑中的安全性，以学校 10kV 高低压供配电系统为研究对象，分析该系统存在的安全隐患。研究发现，系统存在设计不合理、设备老化故障、电气火灾风险、负荷过载及不平衡、受环境因素影响等问题。基于此，提出优化系统设计、加强设备维护检测、完善火灾防控措施、合理配置负荷与电流平衡、提高环境适应性及防护措施等对策，保障学校供配电系统安全稳定运行，为学校教学及生活提供可靠电力支持。

**关键词：**10kV 供配电系统；学校建筑；安全性；隐患分析；对策

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.12.072

## 引言

在教育事业蓬勃发展的当下，学校建筑的规模和功能日益复杂，对电力供应的稳定性和安全性提出了极高要求。10kV 高低压供配电系统作为学校电力分配的核心，其运行状况直接关系到教学活动能否顺利开展以及师生的用电安全。然而，部分学校的供配电系统存在设计不合理、设备老化等状况，极易引发电气故障，甚至导致电气火灾，威胁师生生命财产安全。此外，负荷的动态变化以及复杂的环境因素也给供配电系统带来诸多挑战。因此，深入分析 10kV 高低压供配电系统在学校建筑中的安全性并提出有效对策，具有重要的现实意义。

### 一、10kV 高低压供配电系统的基本构成

#### （一）高压配电部分

在 10kV 高低压供配电系统中，高压配电部分起着至关重要的作用。它主要负责从外部电网引入 10kV 的高压电源，并将其分配到各个需要的区域。这部分通常由高压开关柜、变压器等设备组成。高压开关柜作为核心设备之一，包含了断路器、隔离开关、负荷开关等组件。断路器能够在电路发生过载、短路等故障时迅速切断电路，保护设备和线路的安全；隔离开关则用于在检修设备时，将带电部分与检修部分隔离，确保检修人员的安全；负荷开关则主要用于分合正常的负荷电流<sup>[1]</sup>。变压器是高压配电部分的另一个关键设备，其作用是将 10kV 的高压转换为适合低压配电系统使用的电压等级，如 0.4kV。通过电磁感应原理，变压器实现了电压的升降，满足了不同设备对电压的需求。同时，在高压配电部分还配备了相应的测量仪表和保护装置，如电流表、电压表、继电保护装置等（见图 1），用于实时监测电路的运行参数，并在出现异常时及时动作，保障高压配电系统的稳定运行。

#### （二）低压配电部分

低压配电部分是将高压配电部分转换后的低压电能进行进一步分配和控制，以满足学校内各种用电设备的需求。它主要由低压开关柜、配电箱、配电线路等组成。低压开关柜内安装有各种低压电器元件，如空气开关、漏电保护器、接触器等。空气开关用于控制和保护低压电路，在电路过载、短路时自动跳闸，切断电源；漏电

保护器则主要用于防止人员触电和电气火灾，当电路中出現漏电现象时，能迅速切断电源，保障人身和设备安全；接触器则常用于控制电动机等设备的启动、停止和正反转。配电箱是低压配电系统的终端设备，它将低压开关柜输出的电能分配到各个具体的用电设备。配电箱内通常装有小型断路器、插座、指示灯等，方便对用电设备进行控制和监测。配电线路则是连接低压开关柜和配电箱以及各个用电设备的桥梁，常见的配电线路有电缆和电线，它们根据不同的使用环境和负荷要求进行选择和敷设，确保电能能够安全、稳定地传输到各个用电点。



图 1：10kV 电压表

#### （三）保护与控制系统

保护与控制系统是 10kV 高低压供配电系统安全稳定运行的重要保障。在保护方面，主要包括过电流保护、过电压保护、欠电压保护、漏电保护等。过电流保护用于防止电路中出现过大的电流，当电流超过设定值时，保护装置动作，切断电路，避免设备因过热而损坏；过电压保护则是防止电网中出现的异常高电压对设备造成损害，通过避雷器等设备将过电压限制在安全范围内；欠电压保护能在电压过低时，自动切断设备电源，防止设备因电压不足而无法正常工作或损坏；漏电保护如前所述可有效防止人员触电和电气火灾<sup>[2]</sup>。在控制系统方面，通常采用自动化控制系统，实现对供配电系统的远程监控和操作。通过安装在各个设备上的传感器，实时采集电压、电流、温度等运行参数，并将这些数据传输到监控中心。监控人员可以通过监控软件对系统进行实

时监测,当发现异常时,能够及时采取措施进行处理。同时,自动化控制系统还可以实现对设备的远程控制,如远程合闸、分闸等,提高了供配电系统的运行管理效率。此外,保护与控制系统还具备故障报警功能,当系统出现故障时,能够及时发出声光报警信号,提醒工作人员进行维修。

## 二、学校 10kV 高低压供配电系统的安全隐患分析

### (一) 系统设计不合理带来的隐患

在学校供配电系统建设初期,设计缺乏前瞻性是一个较为普遍的问题。许多学校在规划时,仅着眼于当下的教学规模和用电需求,未能充分考虑到未来教育发展趋势以及科技进步带来的设备更新换代。随着教育信息化的推进,越来越多的多媒体教学设备、智能实验仪器被引入校园这些设备的功率往往较大<sup>[3]</sup>。以某学校为例,原本设计服务于传统教学模式的供配电系统,在新增多个智能互动教室后,变压器容量不足的问题凸显,导致课堂上频繁出现投影仪闪烁、电脑死机等情况,严重干扰教学秩序。同时,线路布局混乱不仅增加维护成本,还可能因电磁干扰引发数据传输错误,影响校园网络及智能教学系统的稳定运行。接地系统设计不合理更是重大安全漏洞,一旦发生漏电或雷击后果不堪设想。

### (二) 设备老化与故障隐患

学校供配电系统长期运行,设备老化是必然趋势。设备长期承受电流冲击,内部电子元件逐渐老化,机械部件磨损加剧,加上自然环境的侵蚀,进一步缩短设备寿命。高压开关柜内的绝缘材料老化后,其耐受电压能力大幅下降,即使是正常的电压波动也可能引发相间短路或对地放电,导致整个区域停电,影响教学、科研等工作的正常进行。变压器绕组短路不仅会造成油温急剧升高,引发喷油甚至爆炸等严重事故,还可能导致整个校园电力系统瘫痪。设备维护保养不到位是导致小故障演变成大事故的重要原因。以低压配电箱为例,若空气开关触点氧化未及时处理,接触电阻增大,发热加剧,不仅会损坏开关,还可能引发周边电气元件故障,造成局部供电中断。

### (三) 电气火灾的风险分析

电气火灾对学校安全构成巨大威胁。线路过载运行在学校用电高峰期尤为常见。当多个大功率设备同时开启,如考试期间教学楼内的照明、空调、电脑、打印机等设备集中用电,线路电流急剧增大。长时间过载会使导线温度持续攀升,绝缘层加速老化、变脆,最终引发火灾。电气设备安装不规范同样隐患重重。配电箱内电线若未牢固固定,在设备运行时产生的震动和摩擦,容易使绝缘层破损,导致短路起火。私拉乱接电线现象在一些学校屡禁不止,这些临时线路通常选用劣质电线,且未采取穿管保护等措施,一旦发生短路或过载,极易引发火灾,危及师生生命财产安全。

### (四) 负荷过载及不平衡引发的问题

随着学校教学和生活设施不断丰富,用电设备数量

和种类激增。若缺乏科学合理的用电规划,负荷过载现象极易发生。例如在举办大型考试或学术活动时,大量用电设备同时运行,超出线路和设备的承载能力,导致电压骤降,设备无法正常工作,甚至可能因过流损坏。负荷不平衡问题也不容忽视,学校不同区域的用电特点和分布差异较大,如教学区、办公区、宿舍区等。若三相负荷分配不合理,会使三相电流不平衡,导致变压器某相绕组电流过大,增加绕组损耗和发热,加速变压器老化,缩短使用寿命。同时,零线电流过大还可能引发零线过热、烧毁,造成单相电压异常升高,损坏用电设备。

### (五) 环境因素对供配电系统安全性的影响

学校供配电系统所处环境复杂多变,环境因素对其安全性影响显著。在潮湿环境中,如地下室配电室,水汽容易在电气设备表面凝结,降低绝缘性能,引发漏电、短路等故障。高温环境下,尤其是夏季高温时段,设备散热困难,内部电子元件性能下降,加速设备老化,降低可靠性。灰尘、腐蚀性气体等也会对设备造成损害。学校化学实验室附近的配电室,若未做好防护措施,腐蚀性气体会与设备金属部件发生化学反应,腐蚀金属,破坏绝缘材料,导致设备故障。在恶劣天气条件下,如雷击可能产生强大的感应电流,击穿线路绝缘;暴雨可能引发积水倒灌,淹没配电室设备,造成严重的停电事故,影响学校正常教学秩序。

## 三、学校 10kV 高低压供配电系统安全性问题的对策

### (一) 优化供配电系统设计

在优化供配电系统设计时,需秉持长远规划与精准计算的原则。学校发展日新月异,新的教学理念和技术不断催生新的用电需求。比如,虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等沉浸式教学设备逐渐普及,这些设备的运行需要稳定且强大的电力支持。在计算系统容量时,不仅要考虑现有设备的功率总和,还要充分预估未来新增设备的负荷。负荷密度法可根据不同功能区域(如教学楼、实验楼、图书馆等)的单位面积用电指标,结合各区域面积计算出大致负荷;需要系数法则考虑了设备同时使用的概率以及负荷变动情况,使计算结果更贴合实际。在变压器选型方面,除了参考容量曲线和负载损耗,还应关注其能效等级。高效节能型变压器虽初期投资较高,但长期运行可大幅降低能耗成本。在优化线路布局时,借助先进的电气设计软件,如 EPLAN、AutoCAD Electrical 等,能直观呈现线路走向和电气设备位置,通过模拟不同工况,精准排查潜在的线路交叉、电磁干扰等问题。对于接地系统,若土壤电阻率过高,可采用降阻剂或外引接地极等方法,确保接地电阻稳定在安全范围,有效保障人员和设备安全。

### (二) 加强设备维护与检测

设备维护与检测是保障供配电系统稳定运行的关键环节。建立一套完善的预防性维护制度,将日常巡检、定期检测和状态监测有机结合。对于高压开关柜,每月

外观检查不仅要关注绝缘套管和操作机构,还要检查柜体密封情况,防止灰尘、湿气侵入(见图2)。每季度的电气性能检测中,除了使用绝缘电阻测试仪、耐压试验仪,还可采用局部放电检测仪,提前发现绝缘缺陷。智能化监测技术为设备维护带来了质的飞跃<sup>[4]</sup>。以变压器为例,通过在绕组、铁芯、油枕等部位安装多种传感器,实时采集温度、湿度、油位、气体成分等参数。利用大数据分析和人工智能算法,对这些数据进行深度挖掘,构建设备健康模型,预测设备故障发生的可能性和时间节点。一旦监测到设备运行参数偏离正常范围,系统立即发出预警,并自动启动应急预案。维修人员可根据系统提供的故障诊断报告,快速定位问题并进行修复。此外,定期对设备进行清洁、润滑、紧固等保养工作,能有效减少设备磨损,延长设备使用寿命,降低设备故障率。



图2: 10kV 电压柜

### (三) 完善火灾防控措施

从预防和应急两个方面完善火灾防控措施,是保障学校安全的重要举措。在预防方面,定期对线路进行检查,可采用红外热成像仪检测线路温度,及时发现线路过载、接触不良等隐患。对于老旧线路,根据线路的使用年限、负荷情况等因素,制定合理的更换计划。规范电气设备安装,严格按照电气安装规范进行施工,确保电线固定牢固、配电箱内电气元件间距符合要求。加强对师生的消防安全教育,可邀请消防专家举办讲座,组织师生进行火灾逃生演练,提高师生的消防安全意识和应急处置能力。在应急方面,配备足够数量且符合标准的消防器材,定期进行维护和保养,确保消防器材随时可用。同时,安装火灾自动报警系统,选择灵敏度高、误报率低的报警设备,确保火灾能够及时发现和处置。

### (四) 合理配置负荷与电流平衡

合理配置负荷与电流平衡是保障供配电系统稳定运行、降低设备损耗的重要举措。运用先进的电力监测设备,如智能电表、电力质量分析仪、电力监控系统等,实时采集学校各区域的用电数据。通过数据分析,深入了解不同区域、不同时间段的用电特点和规律。例如,教学区在上课时间,照明、多媒体设备、空调等大量用电设备同时运行,用电负荷达到高峰;而宿舍区在夜间休息时

间,照明和各类充电设备的用电需求较为集中。根据这些规律,制定科学合理的用电分配方案。将大功率设备,如实验设备、机房服务器等,分散连接到不同的供电线路上,避免集中在同一线路导致过载。采用智能电力分配系统,如动态无功补偿装置(SVG)、智能配电箱等,根据实时负荷变化情况,自动调整三相负荷分配。当某相负荷过高时,系统迅速将部分负荷转移到其他相上,确保三相电流平衡。定期对线路和设备的负荷进行核算,结合学校的发展规划和用电需求变化,及时调整用电分配方案。

### (五) 提高环境适应性及防护措施

针对不同的环境因素采取相应的防护措施,是保障供配电系统安全运行的重要保障。对于潮湿环境的配电室,安装除湿设备时,要根据配电室的空间大小、湿度情况等因素,选择合适的除湿机型号和安装位置<sup>[5]</sup>。同时,加强通风换气,可安装排风扇、新风系统等设备,保持空气流通。在高温环境下,优化配电室的散热设计,可采用自然通风与机械通风相结合的方式,增加散热面积。对于易受灰尘、腐蚀性气体影响的区域,设置防尘滤网和气体净化装置时,要根据灰尘和腐蚀性气体的浓度、颗粒大小等因素,选择合适的过滤材料和净化设备。此外,在建筑物顶部安装避雷装置,要根据建筑物的高度、地理位置等因素,选择合适的避雷装置类型和安装位置,确保避雷装置能够有效发挥作用。

### 结语

综上所述,10kV 高低压供配电系统在学校建筑的稳定运行与教学活动的正常开展息息相关。当前学校供配电系统存在设计不合理、设备老化、电气火灾风险、负荷问题以及受环境因素影响等安全隐患,这些隐患严重威胁着师生安全与学校正常运转。通过优化系统设计,提前规划容量与合理布局线路;加强设备维护检测,利用智能技术及时发现并解决问题;完善火灾防控,预防与应急两手抓;合理配置负荷平衡电流,确保系统稳定;提高环境适应性与防护措施,减少环境因素干扰等对策,可以有效提升供配电系统的安全性。只有全面落实这些措施,才能为学校提供可靠的电力保障,营造安全稳定的教学环境。

### 参考文献

- [1] 程辉丽. 10kV 配电房高低压开关选择与保护分析[J]. 电子元器件与信息技术, 2023, 7(05): 235-238.
  - [2] 陈敏敏. 试分析 10kV 配电房高低压开关选择与保护[J]. 电器工业, 2023, (04): 62-65.
  - [3] 沈凯. 10kV 配电房高低压开关选择与保护分析[J]. 工程建设与设计, 2020, (22): 53-54.
  - [4] 祁晋威. 医院 10kV 高低压配电系统常见故障分析[J]. 科技创新与应用, 2020, (06): 127-128.
  - [5] 苏景涛. 浅谈 10kV 配电室高低压开关选择及保护措施[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018, (19): 5.
- 作者简介: 柳静思(1995.5),男,汉族,安徽临泉人,工程师,本科学历,研究方向:建筑电气与智能化方向。