

高压开关柜绝缘故障分析与处理

杨帆

黄冈中电大别山发电运营管理有限公司 湖北 麻城 438304

摘要：近年来由于高压开关柜绝缘故障，导致电力系统频频出现故障。本文主要探讨了电力高压开关柜绝缘故障的主要原因，包括运行环境安全程度低、设备老化和检修不足、以及制造装配质量和工艺问题，并提出了相应的处理措施。这些措施包括改善运行环境、加强日常维护监管、提高生产质量及实施母排的绝缘化处理。通过实施这些措施，可以有效提升高压开关柜的绝缘性能，确保电力系统的稳定运行。

关键词：高压开关柜；绝缘故障；分析；处理

引言

高压开关柜是电力系统中至关重要的电气设备，主要用于控制和保护电路的接通与断开。然而，由于多种因素的影响，高压开关柜可能面临绝缘故障的风险，这严重威胁到整个电力系统的安全稳定运行。分析导致高压开关柜绝缘故障的主要原因，并探讨有效的处理措施。可以有效提升高压开关柜的绝缘性能，确保电力系统的稳定运行，对维护电厂安全具有十分重要的意义。

1 电力高压开关柜出现绝缘故障的主要原因

1.1 运行环境安全程度较低，难以保障运行安全

结合我们过去的实践经验来看，高压开关柜所处的运行环境异常复杂，往往受到多种不利因素的挑战，尤其是烟雾、湿气等污染源的侵袭，这些都会在不同程度上削弱其绝缘性能。第一，开关柜工作环境过高。高压开关柜的工作环境常常是高温、高压的，这种环境对设备内部的材质提出了极高的要求。长时间的高温运行会加速设备内部材质的老化过程，导致绝缘材料的性能逐渐下降；过高的温度还会使得开关柜内部的电气元件过热，从而增加故障的风险。第二，过低的温度环境同样会对高压开关柜造成不利影响。在低温环境下，绝缘瓷瓶和真空筒等关键部件在分闸或合闸过程中可能会因为冷缩效应而出现严重的震碎情况。这种物理损坏不仅会影响设备的正常运行，还可能导致严重的安全事故，如爆炸等。第三，空气间隙和绝缘体爬距的不足^[1]。在某些高压开关柜中，绝缘子的爬距可能只有140-145mm或者130-135mm，这样的设计在特定的工作条件下可能会引发问题。根据泄露比距的计算规则，这些爬距对应的最终数值均小于标准比距，这意味着在相同的电压下，这些绝缘子更容易发生漏电现象。第四，开关柜对接相间距离与绝缘距离的问题。如果这两个距离低于标准要求（如125mm），那么在设备运行过程中，就更容易出现

相间短路或者对地放电的情况。这些电气故障不仅会损坏设备本身，还可能对电力系统造成严重的破坏，甚至威胁到操作人员的生命安全。

1.2 运行设备老化问题明显，检修水平严重不足

（1）设备老化。伴随着日常用电消耗量的迅猛增长，电力设备的负荷也在不断增加，这无疑加速了电力设备的老化过程。在这种背景下，电力设备的检修工作显得尤为重要，它不仅是确保电力设备安全运行的重要防线，更是预防电力设备运行老化、提升电力系统稳定性的关键所在。（2）检修人员专业素质不够。在实际工作中，我们不难发现，尽管检修工作的重要性被反复强调，但多数技术人员在检修电力运行设备方面仍存在着明显的不足。这些不足主要体现在对设备更换和检修的忽视上，许多技术人员往往因为各种原因，如工作量过大、时间紧迫、技能水平不足等，未能及时对电力设备进行更换或检修，导致设备的绝缘性能和安全质量逐渐降低。（3）真空泡的透明度降低。真空断路器作为高压开关柜中的关键部件，其安全性能对于整个电力系统的运行效果具有重要影响。然而，当真空泡的透明度低于正常标准时，真空断路器的安全性能将会发生大幅度下降。这是因为真空泡的透明度降低会导致其内部的真空度降低，从而影响断路器的分合闸性能。在这种情况下，高压开关柜容易出现拒关、拒合等隐患问题，进而影响整个电力系统的运行效果；真空泡的透明度降低还可能导致断路器在分合闸过程中产生电弧，进一步加剧设备的老化程度，增加设备故障的风险。

1.3 有关设备制造装配质量和工艺不合适

在电力系统的日常运行中，高压开关柜的可靠性与安全性是至关重要的。但当设备本身与装配工艺存在不足时，这些重要的电气设备就可能面临诸多隐患。随着使用时间的推移，设备与装配的缺陷会逐渐暴露出来，

其中最显著的问题之一就是绝缘性能的下降。第一，高压开关柜的绝缘子，作为保证电气隔离和防止电弧产生的关键部件，其绝缘性的强弱直接影响到整个设备的稳定运行。当设备与装配的质量不佳时，绝缘子的绝缘性将随使用时间逐渐减弱。这不仅是由于设备本身的材质问题，还可能与装配过程中的不规范操作有关。第二，老化的线路往往伴随着绝缘层的破损和剥落，使得原本被隔离的带电部分裸露出来。这些裸露的带电部分在潮湿、污染等不利环境下，极易形成爬点，进而引发闪络现象。闪络是一种在电气绝缘系统中由于电压过高或绝缘强度降低而发生的瞬间放电现象，它不仅会破坏绝缘系统，还可能造成设备的损坏和停电事故^[2]。第三，高压开关柜中的绝缘元件质量也是影响绝缘性能的重要因素。如果绝缘元件的质量不合格，其耐压标准可能无法达到设计要求。在高压、高负荷的运行环境下，这些不合格的绝缘元件很容易发生击穿或老化现象，从而引发绝缘问题。如果绝缘设备的质量不高，其抵抗外界环境干扰的能力也将大打折扣。在恶劣的天气条件下，如暴雨、雷电等，绝缘设备可能受到严重的冲击。第四，高压开关柜的安装质量也是影响绝缘性能的重要因素。安装人员是否熟练掌握安装工艺、是否严格按照操作规程进行安装都直接关系到设备的绝缘性能。如果安装人员在安装过程中没有全方位检查开关机械的连锁、分合闸位置等关键参数，就可能导致设备在运行过程中出现误合或分闸的情况，进而引发绝缘事故。

2 高压开关柜绝缘故障处理措施

2.1 确保高压开关柜运行环境安全，规避运行隐患问题

一般来说，运行环境是影响电力高压开关柜运行水平的关键要因。为确保高压开关柜能够稳定运行，我们需要针对运行环境的问题进行深入分析，并采取有效的措施来规避运行隐患。第一，通风净化工作的重要性与实施。由于大气污染和环境因素的影响，高压开关柜内部往往容易积聚灰尘、污垢等杂质，这不仅会影响设备的散热性能，还可能对电气元件造成腐蚀和损坏。因此，定期实行通风净化工作至关重要。在实施通风净化工作时，工作人员首先需要将滤网和网栅安装到抽风机或通风窗口处。这些滤网和网栅能够有效过滤空气中的灰尘、颗粒物等杂质，确保进入高压开关柜内部的空气是清洁的；去湿装置能够降低室内湿度，防止设备内部结露，从而保护电气元件免受腐蚀。而热能灯则能够产生热量，提高室内温度，加速设备内部水分的蒸发，进一步改善运行环境。第二，污秽物的清除与处理。在清

除污秽物之前，工作人员需要制定详细的清除流程^[3]。先是使用砂石打磨高压开关柜中的各个导体元件的棱角毛刺，确保其表面光滑无刺，这一步是为了防止在清除过程中因尖锐的边角而划伤工作人员或损坏设备；打磨结束后，工作人员需要使用专业的清洁设备（如RS-10处理机）来科学处理开关柜中的所有污秽物。RS-10处理机能够产生高压气流和旋转刷头，将灰尘、污垢等杂质从设备表面和内部彻底清除。而且，该设备还能够对水汽进行干燥处理，防止设备内部结露。清理结束后，工作人员需要仔细打扫高压开关柜表面，确保设备干净整洁。同时，还需要对设备进行检查和测试，确保其性能和安全性没有受到影响。

2.2 做好日常维护监管工作，贯彻及落实监管内容

为确保电力设备的安全稳定运行，做好日常维护与监管工作至关重要。这不仅需要工作人员具备高度的责任感和敬业精神，还需要他们深入理解并贯彻各项监管内容，确保每一个细节都得到妥善处理。（1）工作人员必须强化自身的工作职责，明确自己在电力设备维护与监管中所扮演的角色。他们应当充分认识到，每一次的巡检、每一次的维护都是对电厂安全稳定运行的重要贡献；他们必须时刻保持警惕，对任何可能存在的问题都不可掉以轻心。（2）在维护工作中，长效固化剂的涂抹是一项重要的措施。通过将长效固化剂涂抹到绝缘设备表面，可以有效地提高设备的绝缘性能，防止因绝缘性能下降而引发的故障；工作人员还应注意老化设备的更换问题，老化设备往往存在各种隐患，如果不及时更换，很容易引发安全事故。所以，必须定期对设备进行检查，一旦发现老化设备，必须立即进行更换。（3）合理的维护与监管措施。这套措施应该按照当前供电系统的运行状况而编制，保证可以完全涵盖供电系统的各个方面，检测人员应该定期检查动力系统的工作状况，尤其是高压开关柜的工作状况；技术人员必须时刻保持对高压开关柜的密切关注，一旦发现绝缘性能下降等异常情况，必须立即进行改进；通过实时监控，可以及时发现并解决系统故障事件，防止由于电厂高压开关柜运行问题而引发绝缘事件。这需要电力单位建立完善的监控体系，配备专业的监控人员，确保对电厂的运行情况了如指掌。

2.3 切实夯实设备生产质量，做好质量检测工作

针对当前高压开关柜产品品质参差不齐的恶劣状况，国家有关技术监管部门应当肩负起重责大任，切实加强对于电厂设备产品的监督管理力度，以保证每一件流入市场的电力设备都具备安全、合理的性能。电力设备

的品质直接关系到电力系统的稳定运行和人民群众的生命财产安全,因此,对电力设备生产的监管工作不容忽视。第一,加强监管力度。如果发现生产厂家提供的开关柜的产品质量没有达到规定的质量技术标准,监察部门应当果断采取措施,进行退换,并要求企业做好二次整改工作。这一过程必须严格遵循相关标准和规定,确保改造后的产品质量合格,能够满足电力系统的运行需求;监管部门应建立严格的监督机制和追责制度,对生产不合格产品的厂家进行严厉惩罚,以儆效尤,规范整个市场的生产行为。第二,开关柜类型及组件的选择。在动力系统产品设计的早期阶段,产品设计人员还需要充分考虑开关柜中所存在的故障因素,并及时制订适当的安全隐患预防措施和紧急解决方案;柜体安装不仅要考虑结构的稳固性,还要兼顾散热、防护等多方面的因素,设计团队应选用高强度、耐腐蚀的材料作为柜体材料,确保柜体能够承受各种复杂环境下的运行压力。第三,在电气元件的选择上,工作人员应对市场上各种原装电器的性能进行深入分析。主要考虑因素包括元件的运行稳定性、安全性以及与其他设备的兼容性等;通过对原部件的性能评估和优化,可以进一步提高开关柜的整体性能^[4]。第四,在开关柜的设计过程中,采用先进的工艺材料是提高设备安全系数的有效途径。这些先进的工艺材料不仅具有优异的性能,还能有效延长设备的使用寿命;设计团队应根据实际情况的要求,在设计中合理应用这些材料,以提高设备的整体性能和可靠性。

2.4 母排绝缘化处理

早期开关柜中的母排一般都会采用热缩套管做为绝缘处理,但使用一段时间后容易产生老化或断裂现象。柜内的异型件,由于没有进行过很好的热绝缘处理,放电电流常常出现在这些异型件上,而热缩套管并没有憎水性,在受潮条件下易出现沿面放电和爬电等问题。为克服上述问题,国外的开关柜制造厂家就采用了在厂房中,通过向硫化床喷涂阻燃的绝缘粉末的方式对母排进行绝缘处理。这种方法确实能够在一定程度上提高母

排的绝缘性能和耐久性,但它并不适用于已安装的开关柜。因为对于已安装的开关柜来说,拆卸母排进行喷涂处理不仅工作量大、成本高,还可能对设备造成损坏。经过多年的实践探索和经验积累,我们提出了一种新的母排绝缘化处理方法——使用硅橡胶自粘胶带进行缠绕。这种方法具有施工方便快捷、成本低廉、绝缘效果好等优点。具体来说,我们可以在母排表面先涂抹一层表面处理剂,以去掉表层的污秽物和氧化物,接着再采用50mm×0.5mm(宽度×厚度)的硅橡胶自粘胶带进行缠绕。这种胶带具有良好的绝缘性能和憎水性,能够有效地防止水分渗透到母排表面,从而避免了沿面放电和爬电问题的发生。对于不同电压等级的开关柜,我们可以根据实际需要选择不同层数的胶带进行缠绕。一般来说,10kV及以下电压等级的开关柜裸露母排可以缠绕2层胶带,而35kV开关柜裸露母排则需要缠绕5~6层胶带,以确保其绝缘性能达到要求。

结语

电力高压开关柜的绝缘故障对整个电力系统的安全稳定运行构成严重威胁。本文分析了导致高压开关柜绝缘故障的主要原因,并提出了相应的处理措施,如改善运行环境、加强日常维护监管、提高生产质量及实施母排的绝缘化处理。通过实施这些措施,可以有效提升高压开关柜的绝缘性能,确保电力系统的稳定运行,对维护电厂安全具有十分重要的意义。

参考文献

- [1]郑小梅.关于12kV高压开关柜绝缘故障分析[J].新型工业化,2021,11(01):116-117.
- [2]李宁钢.高压开关柜常见故障和检修维护[J].价值工程,2020(5):244-245.
- [3]李尚坤,王尚斌.10kV高压开关柜常见故障和对策分析[J].南方农机,2019,50(20):225.
- [4]白国斌.高压开关设备设计原理及问题探析[J].装备维修技术,2019(03):208+47.