

# 融冰自动接线装置感应电灼烧原因分析及措施

雷云春 赵 强 龚晓松 罗小东 杨 帅

中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 云南 昆明 650200

**摘 要:** 本文聚焦于融冰自动接线装置感应电灼烧问题,通过对昆明局多套装置运行情况的深入调查,全面且详细地分析了感应电灼烧的原因,涵盖设计阶段和运维阶段存在的诸多问题。针对这些原因,从设计优化、运维管理到技术改进等多个维度提出了切实可行的解决措施,旨在降低感应电灼烧风险,保障融冰自动接线装置的安全稳定运行,进而提高电力系统的融冰效率和可靠性。

**关键词:** 融冰自动接线装置; 感应电灼烧; 原因分析; 解决措施

## 1 引言

在电力系统中,冬季线路覆冰是一个常见且严重的问题,可能导致线路断裂、杆塔倒塌等事故,严重影响电力供应的安全与稳定。融冰自动接线装置作为应对线路覆冰的关键设备,能够在覆冰时快速、自动地将融冰电源接入线路,实现高效融冰。然而,近年来在昆明局的多套融冰自动接线装置检查维护及年度停电检修过程中,发现部分装置的零件出现感应电灼烧现象,这不仅影响了装置的正常运行,还可能对电力系统的融冰工作

造成阻碍。因此,深入分析融冰自动接线装置感应电灼烧的原因,并采取有效的解决措施具有重要的现实意义。

## 2 设备运行情况

目前,昆明局共配备26套融冰自动接线装置,这些装置分布在不同的线路和杆塔上,承担着保障线路融冰的重要任务。近年来,在对这些装置开展检查维护及年度停电检修工作时,发现9套设备的部分零件存在被感应电灼烧的情况,占比达到34.6%,其中新东直流线路的情况较为突出。具体统计数据如下表所示:

表1 设备运行维护表

序号	线路	塔号	闭锁环	信号杆	接地杆	电动推杆	防护侧信号开关	更新时间
1	新东直流	311#极1	1		1			2022年度检修
2	新东直流	413#极2	1	1	1			2022年度检修
3	新东直流	519#极1	1	1				2022年度检修
4	新东直流	519#极2	1					2022年度检修
5	新东直流	747#极1	1	1	1			2022年度检修
6	新东直流	747#极2	1					2022年度检修
7	新东直流	477#极1		1				2022年度检修
8	昆柳段直流	138#极1				1	1	2022年度检修
9	昆柳段直流	138#极2				1	1	2022年度检修
10	新东直流	413#极1	1	1	1			2023年度检修
11	昆柳段直流	254#极1	1		1			2023年度检修
12	昆柳段直流	254#极2	1		1			2023年度检修
13	昆明局所辖全部融冰线路		26	0	26			2023年度检修
	合计		6	4	3	2	2	

从上述统计数据可以看出,闭锁环、信号杆、接地杆、电动推杆等部件均出现了不同程度的感应电灼烧问题。而且这些问题在不同线路和塔号上均有分布,这表明感应电灼烧问题具有一定的普遍性和严重性。它不是个别装置或特定部位的偶然现象,而是可能涉及到整个融冰自动接线装置系统的设计和运行问题,需要深入分析其原因并采取有效措施加以解决。

## 3 原因分析

### 3.1 电磁感应与雷击过电压因素

具备融冰功能的线路中,绝缘架空地线及OPGW光缆在运行导线产生的高强度电磁场作用下,会依据电磁感应原理感应出较大的电动势,从而产生感应电。这种感应电的存在是不可避免的,且其大小与线路的电流、电压、线路的几何尺寸以及周围环境的电磁特性等因素有关。

同时,架空地线对导线具有屏蔽保护作用,当发生雷击时,雷电流会通过架空地线导入大地,从而产生雷击过电压。在靠近装设融冰自动接线装置塔位附近的架空地线,其感应电及雷击过电压通常不会通过融冰段末端装设的接地刀闸泄流。这是因为接地刀闸的设计主要是为了在融冰操作时提供接地功能,而在正常运行或雷击等特殊情况下,其泄流能力有限<sup>[1]</sup>。因此,感应电及雷击过电压会通过融冰自动接线装置连通杆塔泄流,这为感应电灼烧问题的发生埋下了隐患。当感应电或雷击过电压通过装置内部部件时,如果部件的绝缘性能不足或存在放电通道,就可能引发电弧放电,导致零件被灼烧损坏。

### 3.2 设计阶段原因

**接地杆设计缺陷:**正常情况下,感应电的放电通道应为绝缘架空地线—接线装置导电杆—接地杆—杆塔接地。然而,由于接地杆距信号杆、电动推杆较近,且接地杆与闭锁环的接触面积小,导致泄流不完全。这使得架空地线上的感应电无法通过正常的放电通道完全泄放,从而改变了放电路径。例如,感应电可能会通过信号杆、电动推杆等其他部件进行泄放,而这些部件可能没有设计为承受感应电的泄放,从而导致这些部件被感应电灼烧损坏。

**部件布局不合理:**融冰自动接线装置内部各部件的布局缺乏科学规划,导致感应电在装置内部形成多通道放电。例如,闭锁环与信号杆、接地杆、电动推杆之间距离过近,使得感应电容易在这些部件之间形成放电回路。当感应电在这些放电回路中流动时,会产生电弧放电现象,电弧的高温会使零件表面被灼烧,甚至可能损坏零件的内部结构,影响装置的正常运行。

**绝缘设计不足:**装置的绝缘设计未能充分考虑感应电的影响,部分部件之间的绝缘性能不够理想。在感应电的作用下,绝缘薄弱部位容易发生击穿现象。例如,当感应电的电压超过部件之间的绝缘耐受电压时,绝缘材料会被击穿,导致电流泄漏。电流泄漏会产生热量,随着热量的积累,会使零件的温度升高,进而引发零件灼烧<sup>[2]</sup>。而且,绝缘击穿后可能会形成永久性的导电通道,进一步加剧电流泄漏和零件灼烧的问题。

### 3.3 运维阶段原因

**定期检查不到位:**运维人员在对融冰自动接线装置进行定期检查时,可能存在检查不细致、不全面的问题,未能及时发现装置内部零件的磨损、松动或绝缘老化等隐患。例如,对于接地杆与闭锁环的接触情况,运维人员可能只是简单地目测检查,而没有使用专业的检测工具来测量接触电阻等关键指标,导致无法准确判断接触是

否良好。对于部件之间的绝缘性能,也可能没有进行定期的绝缘电阻测试等检测工作,使得绝缘老化等问题得不到及时发现和处理。

**维护保养不及时:**由于缺乏完善的维护保养计划或维护资源不足等原因,装置的维护保养工作未能按时进行。例如,接地杆表面的污垢和氧化层未能及时清理,会导致接触电阻增大。根据欧姆定律,当电流通过接触电阻增大的部位时,会产生更多的热量,从而影响了感应电的泄放效果。同时,部件的润滑不足,会使得运动部件之间的摩擦增大,容易产生电火花。电火花的高温会使零件表面被灼烧,而且摩擦力的增大还可能导致部件的磨损加剧,进一步影响装置的正常运行。

## 4 解决措施

### 4.1 设计阶段优化措施

**改进接地杆设计:**增大接地杆与闭锁环的接触面积,确保感应电能够充分泄放。可以采用增加接触片数量、优化接触面形状等方式,提高接触的稳定性 and 可靠性。例如,将接触面设计为锯齿状或波纹状,增加接触面积的同时,还能提高接触的摩擦力,防止接触松动。同时,合理调整接地杆与信号杆、电动推杆之间的距离,避免因距离过近而导致感应电放电通道改变。可以根据电磁场分布原理,通过计算和模拟,确定合理的部件间距,确保感应电能够按照设计的放电通道进行泄放。

**优化部件布局:**对融冰自动接线装置内部各部件进行重新布局,遵循科学合理的原则,确保感应电的放电通道畅通无阻。例如,将闭锁环、信号杆、接地杆和电动推杆等部件按照一定的安全距离进行排列,避免它们之间形成不必要的放电回路<sup>[3]</sup>。可以采用三维建模和电磁仿真软件,对部件布局进行优化设计,通过模拟不同布局下的电磁场分布和感应电流流动情况,选择最优的部件布局方案。

**加强绝缘设计:**采用高性能的绝缘材料,提高装置各部件之间的绝缘性能。例如,选用耐高压、耐高温、耐老化的绝缘材料,如硅橡胶、环氧树脂等。对绝缘薄弱部位进行重点加强处理,如增加绝缘层的厚度、采用双重绝缘结构等。同时,在设计过程中充分考虑感应电的幅值和频率等因素,确保绝缘设计能够满足实际运行要求。可以通过实验和模拟,确定不同工况下感应电的最大幅值和频率,根据这些参数进行绝缘设计,提高装置的绝缘可靠性。

### 4.2 运维阶段管理措施

**加强定期检查:**制定详细、严格的定期检查计划,明确检查项目、检查标准和检查周期。运维人员要按照计

划对融冰自动接线装置进行全面、细致的检查,重点关注接地杆的接触情况、部件的绝缘性能、运动部件的灵活性等关键指标。例如,对于接地杆的接触情况,要使用专业的接触电阻测试仪测量接触电阻,确保接触电阻符合设计要求;对于部件的绝缘性能,要定期进行绝缘电阻测试和耐压试验,及时发现绝缘老化等问题;对于运动部件,要检查其运动是否灵活,有无卡涩现象。对于检查中发现的问题,要及时记录并上报,以便及时处理。

**及时维护保养:** 建立完善的维护保养制度,确保装置的维护保养工作按时、按质进行。定期对接地杆进行清洁和防腐处理,保证其接触良好。可以使用专门的清洁剂和防腐涂料,对接地杆表面进行清洁和涂刷,防止污垢和氧化层的积累。对运动部件进行润滑和紧固,减少摩擦和松动。选用合适的润滑剂,定期对运动部件进行润滑,同时检查部件的紧固情况,及时拧紧松动的螺栓和螺母。对绝缘部件进行检测和更换,确保其绝缘性能符合要求。当绝缘部件出现老化、破损等情况时,要及时进行更换,避免因绝缘性能下降导致感应电灼烧问题。同时,要做好维护保养记录,为装置的运行分析提供依据。

**强化运维人员培训:** 加强对运维人员的专业培训,提高他们对融冰自动接线装置的认识和操作技能。培训内容应包括装置的工作原理、结构特点、感应电危害、故障诊断与处理方法等方面。可以通过理论授课、实际操作演示、案例分析等多种方式进行培训,使运维人员全面掌握装置的相关知识和技能。通过定期组织培训和考核,确保运维人员具备扎实的专业知识和丰富的实践经验,能够准确判断和处理感应电灼烧等问题。对于考核不合格的运维人员,要进行补考和再培训,直到其达到要求为止。

#### 4.3 技术改进措施

**安装感应电监测装置:** 在融冰自动接线装置上安装感应电监测装置,实时监测装置周围的感应电强度和变化情况。感应电监测装置可以采用高精度的电压传感器和电流传感器,能够准确测量感应电的电压和电流值。当感应电超过设定阈值时,监测装置能够及时发出警报信号,提醒运维人员采取相应的措施<sup>[4]</sup>。警报信号可以通过声音、灯光、短信等多种方式发送给运维人员,确保运维人员能够及时收到警报信息。同时,监测装置还可以将监测数据上传至后台管理系统,为装置的运行分析和故障诊断提供数据支持。后台管理系统可以对监测数据进行存储、分析和处理,生成各种报表和图表,帮助运维人员了解装置的运行状况和感应电的变化趋势。

**采用新型接地技术:** 研究和应用新型接地技术,提高感应电的泄放效率。例如,采用深井接地、离子接地极等新型接地方式,降低接地电阻,增强接地效果。深井接地可以通过钻深井并填充降阻剂等方式,增加接地极与土壤的接触面积,降低接地电阻;离子接地极可以通过向土壤中释放离子,改善土壤的导电性能,从而降低接地电阻。此外,还可以考虑在装置周围设置专门的感应电泄流通道,引导感应电安全泄放,避免对装置内部零件造成损害。感应电泄流通道可以采用金属导体或导电材料制成,将其与杆塔接地良好连接,确保感应电能够顺利泄放。

**加装防电晕装置:** 在融冰自动接线装置的关键部位,如闭锁环、信号杆等,加装防电晕装置,减少电晕放电现象的发生。防电晕装置可以采用屏蔽环、均压环等形式,改善电场分布,降低电场强度,从而有效抑制电晕放电。屏蔽环可以通过屏蔽电场的作用,减少电场对周围部件的影响;均压环可以使电场分布更加均匀,避免局部电场强度过高。通过加装防电晕装置,可以避免因电晕放电产生的热量导致零件灼烧,提高装置的运行可靠性。

#### 结语:

融冰自动接线装置感应电灼烧问题是一个涉及设计、运维和技术等多个方面的复杂问题。通过对昆明局多套装置运行情况的调查和分析,我们明确了感应电灼烧的原因主要包括电磁感应与雷击过电压因素、设计阶段的不合理以及运维阶段的不足等。针对这些原因,我们提出了一系列切实可行的解决措施,包括设计阶段的优化、运维阶段的管理加强以及技术改进等方面。通过实施这些措施,可以有效降低融冰自动接线装置感应电灼烧的风险,保障装置的安全稳定运行,提高电力系统的融冰效率和可靠性。在今后的工作中,我们还需要不断总结经验,持续改进和完善相关措施,以更好地应对融冰自动接线装置运行过程中出现的各种问题。

#### 参考文献:

- [1]王郑,叶鹏,冒新国,等.架空地线融冰自动接线装置的技术研究[J].电子制作,2021,(08):20-24+69.
- [2]徐望圣,曹伟伟,王郑,等.地线融冰自动接线装置远程控制系统的的功能策略[J].电工电气,2021,(03):30-34.
- [3]徐望圣,曹伟伟,胡江,等.地线融冰自动接线装置就地电源系统的设计[J].电气技术,2021,22(02):6-10.
- [4]徐望圣,曹伟伟,谭劲,等.地线融冰自动接线装置合闸操作远控方案的研究[J].电气技术,2021,22(02):72-77.