

# 电厂电气运行接地故障分析与处理

任晓楠 刘 阳 刘 通 陈 昕

北方联合电力有限责任公司呼和浩特金桥热电厂 内蒙古 呼和浩特 010030

**摘要:** 电厂电气系统是电力生产关键支撑, 接地故障是常见且具威胁性的故障类型, 关乎系统稳定运行及人员设备安全。本文结合电厂电气运行特性, 系统介绍接地方式、故障定义与危害, 深入分析设备、环境、人为三类故障诱因, 对比传统与现代检测方法优劣。提出涵盖应急处理、定位隔离、修复供电的全流程处理方案, 并给出针对性预防策略。精准分析与科学处置可降低故障发生率、提升供电可靠性, 为运维人员提供参考, 围绕全生命周期管理构建完整故障防控技术体系。

**关键词:** 电厂电气系统; 接地故障; 故障检测; 处理措施; 预防策略

引言: 电力行业是我国经济支柱, 电厂运行稳定对社会生产生活影响重大。电气系统长期高负荷、复杂工况运行, 接地故障频发且诱因多样, 是制约电厂安全高效运行的关键。随着电力技术升级, 数字化、智能化检测手段用于接地故障防控。本文立足电厂运维场景, 梳理相关知识, 形成完整分析体系, 为运维人员提供指导, 提升故障处置与防控能力, 保障系统稳定运行。

## 1 电厂电气运行接地故障概述

### 1.1 电厂电气系统接地方式

电厂电气系统接地方式需结合电压等级、设备类型及安全需求科学选择, 核心分为工作接地、保护接地、防雷接地三类, 各类接地相互配合形成完整接地体系。工作接地主要用于保障系统正常运行, 如发电机、变压器中性点直接接地或经消弧线圈接地, 通过稳定中性点电位, 避免系统电压异常升高, 110kV及以上高压系统多采用直接接地方式, 35kV及以下系统常选用经消弧线圈接地, 以降低单相接地故障的危害。保护接地针对电气设备金属外壳、构架等非带电部分, 通过导体与大地连接, 当设备绝缘损坏漏电时, 可将外壳电位限制在安全范围, 防止人员触电, 电厂内电动机、开关柜、配电装置等均需规范实施保护接地。防雷接地则聚焦雷电防护, 通过避雷针、避雷器等装置将雷电电流导入大地, 避免雷电过电压损坏发电机、变压器等核心设备, 保障系统在恶劣天气下的运行安全, 各类接地装置需定期检测, 确保接地电阻符合规范要求。

### 1.2 接地故障的定义

电厂电气运行中的接地故障, 指电气系统中带电导体、设备绝缘层损坏或接线异常, 导致带电部分意外与大地或设备金属外壳、构架等接地体形成导电通路的故障类型。根据故障发生位置与表现形式, 可进一步分为

单相接地故障、两相接地故障及多点接地故障, 其中单相接地故障在低压系统中占比超70%, 高压系统中也较为常见。从故障机理来看, 接地故障本质是系统绝缘性能下降或电路连接异常, 破坏了正常的电气回路平衡, 导致电流流向异常、电压分布紊乱。需注意的是, 部分接地故障初期表现不明显, 如隐性多点接地, 易被忽视, 随运行时间推移会逐渐恶化, 引发更为严重的故障, 因此精准定义与识别接地故障是后续处置的基础<sup>[1]</sup>。

### 1.3 接地故障的危害

接地故障对电厂电气系统的危害具有传导性与扩展性, 涵盖人员安全、设备运行及供电稳定性多个维度。首先, 对人身安全构成直接威胁, 当设备发生接地故障时, 金属外壳会带上危险电压, 若人员接触未接地或接地不良的设备, 会引发触电事故, 严重时危及生命。其次, 损坏电气设备, 接地故障产生的异常电流会导致设备过热, 烧毁绕组、绝缘层等关键部件, 如变压器中性点接地故障可能引发绕组变形、绝缘击穿, 增加设备维修成本与停机时间。再者, 破坏系统运行稳定性, 单相接地故障会导致系统电压不平衡, 引发电机等设备振动、噪声增大, 影响设备使用寿命; 严重接地故障可能触发保护装置动作, 导致开关跳闸, 造成局部或全厂停电, 引发大面积电力供应中断。

## 2 电厂电气运行接地故障原因分析

### 2.1 设备因素

设备自身质量与老化问题是引发接地故障的核心诱因, 涵盖绝缘性能下降、部件损坏及设计缺陷等方面。其一, 绝缘层老化破损, 电厂电气设备长期在高电压、高温、高湿度环境下运行, 电缆、绕组等部件的绝缘层会逐渐老化、龟裂, 甚至出现破损, 导致带电部分与接地体连通, 如长期运行的电缆因绝缘层老化引发的单相接

地故障占设备类故障的60%以上。其二,设备部件损坏,开关设备的触头、绝缘子等部件因长期磨损、电弧烧蚀,会出现接触不良或绝缘性能下降,发电机、变压器等核心设备的铁芯、绕组若出现松动、变形,也可能引发接地故障。其三,设备设计或制造缺陷,部分设备在生产过程中存在绝缘材料选用不当、结构设计不合理等问题,投入运行后易因绝缘薄弱点击穿引发接地故障,此外,设备选型与电厂实际工况不匹配,如在高温环境下选用普通绝缘等级的电缆,会加速绝缘老化,增加故障风险。

## 2.2 运行环境因素

电厂电气系统运行环境复杂,恶劣环境条件会直接加剧设备损耗,诱发接地故障。首先,湿度与温度影响显著,电厂汽机房、锅炉房等区域湿度高、温度波动大,会导致设备绝缘层受潮、老化速度加快,绝缘性能大幅下降,尤其在雨季或梅雨季,潮湿环境易引发设备表面凝露,造成绝缘击穿,引发接地故障。其次,粉尘与腐蚀性气体侵蚀,燃煤电厂的粉尘、化工园区周边的腐蚀性气体,会附着在设备表面,长期侵蚀会破坏设备绝缘层与金属部件,导致绝缘性能下降、部件损坏,增加接地故障风险<sup>[2]</sup>。再者,振动与冲击影响,电厂内风机、水泵等大型设备运行时产生的振动,会传递至电气设备,导致接线松动、部件移位,破坏电气回路的稳定性,若接地装置因振动出现断裂、接触不良,会间接引发接地故障,此外,雷电、地震等自然灾害也会直接损坏设备,诱发接地故障。

## 2.3 人为因素

人为操作不当与管理疏漏是接地故障发生的重要人为诱因,贯穿设备安装、运维及检修全流程。在安装阶段,施工人员未严格按照规范施工,如接地体连接不牢固、接地导线截面选择过小、电缆敷设过程中绝缘层受损,会为后续运行埋下故障隐患,部分施工人员因专业能力不足,误接线路也可能直接引发接地故障。在运维检修阶段,工作人员违规操作,如带电作业时未采取安全防护措施、检修后遗漏工具在设备内、误碰设备绝缘部件,会直接破坏设备绝缘或电路连接,引发接地故障;此外,运维人员未按周期对设备进行绝缘检测、接地电阻测试等预防性试验,无法及时发现设备潜在缺陷,会导致小隐患逐渐发展为严重接地故障。

# 3 电厂电气运行接地故障检测方法

## 3.1 传统检测方法

传统接地故障检测方法凭借操作简便、成本低的特点,在中小型电厂及简单故障检测中仍有应用,核心包括绝缘电阻测试法、万用表检测法及断电排查法。绝缘

电阻测试法通过兆欧表测量设备或线路的绝缘电阻值,对比标准值判断绝缘性能,若绝缘电阻低于规定值,说明存在绝缘破损等接地隐患,该方法适用于电缆、电动机等设备的离线检测,但无法实现故障定位。万用表检测法利用万用表的电阻档、电压档,测量设备各部位的电阻、电压值,判断是否存在接地故障,如测量设备外壳与大地之间的电阻,若电阻值过小,说明存在接地故障,该方法操作灵活,但检测精度较低,易受环境干扰。断电排查法是在设备断电状态下,通过分段断开线路、逐一检测的方式排查故障点,适用于简单线路的故障检测,但耗时较长,会影响电厂正常供电,且难以检测隐性接地故障,随着电厂电气系统的复杂化,传统方法已难以满足精准、快速检测的需求。

## 3.2 现代检测技术

现代检测技术依托数字化、智能化技术优势,实现接地故障的精准定位与在线监测,核心包括故障录波技术、暂态信号检测法及智能监测系统。故障录波技术通过录波装置实时采集故障发生时的电压、电流信号,结合信号特征分析故障类型与位置,可精准捕捉接地故障发生瞬间的暂态信号,为故障分析提供数据支撑,广泛应用于高压系统接地故障检测。暂态信号检测法利用接地故障产生的暂态电流、电压信号,通过小波分析、傅里叶变换等算法提取故障特征,实现故障点的精准定位,该方法检测精度高,可实现离线与在线检测,适用于复杂线路的接地故障排查。智能监测系统整合传感器、物联网与大数据技术,实时监测设备绝缘性能、接地电阻等关键参数,当参数异常时及时发出预警,部分系统可自动定位故障点,实现接地故障的提前防控与快速处置,该技术虽初期投入成本高,但可大幅提升故障检测效率,降低故障损失,已成为大型电厂的主流检测手段<sup>[3]</sup>。

# 4 电厂电气运行接地故障处理措施

## 4.1 故障应急处理

接地故障发生后,快速有效的应急处理可防止故障扩大,核心包括故障响应、安全隔离与初步评估。首先,故障响应需遵循“快速响应、安全优先”原则,运维人员接到故障报警后,立即携带绝缘工具、检测设备赶赴现场,严禁无关人员进入故障区域,同时上报调度中心,暂停故障区域相关设备运行,避免故障扩散。其次,安全隔离措施至关重要,需断开故障设备的电源开关,拉开两侧隔离开关,设置警示标识,防止误送电;对故障区域的设备外壳、构架等进行临时接地处理,降低触电风险。最后,初步评估故障情况,通过简单检测判断故障类型与严重程度,如利用兆欧表测量绝缘电阻,判断

是否存在严重绝缘破损；观察设备外观，检查是否有烧蚀、冒烟等现象，为后续故障定位与处理提供依据，应急处理过程中，运维人员需严格遵守安全操作规程，穿戴绝缘防护用品，确保自身安全。

#### 4.2 故障定位与隔离

故障定位需结合检测方法精准锁定故障点，隔离措施需确保故障区域与正常系统彻底分离。针对低压系统接地故障，可采用分段检测法，结合万用表或绝缘电阻测试仪，从电源端开始分段断开线路，逐一测量各段线路的绝缘电阻，锁定故障线路或设备；高压系统则优先采用故障录波技术、暂态信号检测法，结合智能监测系统的数据，精准定位故障点，如通过分析暂态电流信号特征，确定电缆故障的具体位置。故障点锁定后，立即实施隔离措施，对低压故障设备，断开其电源开关与控制线，拆除连接线；对高压故障线路或设备，拉开隔离开关，断开接地开关，若故障设备无法立即拆除，需设置临时隔离屏障，明确隔离范围。隔离过程中，需反复确认故障区域已完全断电，接地可靠，避免因隔离不彻底导致故障影响正常系统运行，同时记录故障定位与隔离的详细数据，为故障分析提供依据。

#### 4.3 故障修复与恢复供电

故障修复需根据故障类型与损坏程度制定针对性方案，恢复供电需严格遵循安全流程，确保系统稳定运行。针对绝缘破损类故障，若电缆绝缘层破损较轻，可采用绝缘胶带缠绕修复；若破损严重，需更换新电缆；电动机、变压器等设备绕组绝缘损坏，需进行绕组重绕或更换部件。针对接线异常类故障，重新紧固松动的接线端子，纠正误接线路，更换损坏的接线部件，确保线路连接牢固、规范。故障修复后，需进行全面检测，包括绝缘电阻测试、接地电阻测试、通电试运行等，确认设备性能符合规范要求。恢复供电时，遵循“先空载、后负载，先分段、后整体”的原则，首先对故障修复后的设备进行空载试运行，检查无异常后，逐步接入负载；分段恢复供电，实时监测系统电压、电流等参数，若出现异常立即停机排查，确保恢复供电后系统运行稳定，无二次故障风险<sup>[4]</sup>。

## 5 电厂电气运行接地故障预防策略

接地故障预防需构建“前期防控、中期监测、后期改进”的全流程体系，从设备、环境、人员多维度入手。(1) 严格把控设备选型与质量验收，选用绝缘性能优良、适配电厂工况的设备，新设备投入运行前进行全面检测；建立设备全生命周期管理机制，按周期开展绝缘电阻测试、接地电阻测试等预防性试验，及时更换老化、损坏的设备部件。(2) 优化电厂运行环境，安装通风、除湿设备，控制汽机房、锅炉房等区域的湿度与温度；定期清理设备表面的粉尘、油污，采取防腐措施，减少腐蚀性气体对设备的侵蚀；加强防雷设施维护，定期检测避雷针、避雷器等装置的性能，提升系统防雷能力。(3) 加强施工与运维人员的专业培训，提升操作技能与安全意识，严格执行施工规范与运维流程；建立健全安全管理制度，明确岗位职责，加强现场监督检查，杜绝违规操作；定期开展故障应急演练，提升人员应急处置能力，通过多维度预防措施，大幅降低接地故障发生率。

#### 结束语:

电厂电气运行接地故障防控是电力生产安全的关键，涵盖故障多方面内容，需构建科学技术体系。本文详述接地方式、危害，分析设备、环境、人为诱因，对比检测方法优劣，提出全流程处理措施与预防策略，为运维提供指导。实践证明，精准分析、快速定位、科学处理和完善预防可提升系统抗故障能力。未来要推广智能化检测，构建智慧运维体系，实现提前预警与精准处置，保障电厂电气系统稳定安全。

#### 参考文献:

- [1]张立奎,程文平.基于改进RBF神经网络的配电网小电流接地故障对策分析[J].电子技术,2025,54(06):192-193.
- [2]王锐.换流变压器阀侧接地故障分析及保护优化对策思考[J].仪器仪表用户,2025,32(04):56-57+60.
- [3]刘恒斌.电厂电气运行常见的故障和措施研究[J].电气技术与经济,2023(6):276-278.
- [4]蔡恒,蔡佳焯.电厂直流系统接地故障对继电保护的影响及防护研究[J].中国设备工程,2025(21):208-210.