

# 变电站直流系统接地故障排查方法与实践

李玉红 张强

内蒙古电力(集团)有限责任公司鄂尔多斯供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**【摘要】**：变电站直流系统在电力系统中起着至关重要的支撑作用，其接地故障直接关系到继电保护和控制设备的可靠性。本文从接地故障的特点与成因入手，分析了排查过程中的技术路径与实用方法，并结合典型现场案例，总结出行之有效的排查策略与运维经验。研究表明，通过规范化排查流程、加强实时监测与设备管理，可显著提升直流系统的安全运行水平。

**【关键词】**：直流系统；接地故障；故障排查；变电站运维；案例分析

DOI:10.12417/2811-0528.26.07.042

## 引言

变电站直流系统是继电保护、自动装置及通信系统的供电基础，一旦发生接地故障，极易引发误动作甚至系统瘫痪。当前运行单位面临故障定位难、判断慢等问题，急需系统化、标准化的排查方法。本文结合现场运维经验，探讨直流系统接地故障的成因与诊断策略，旨在提升故障响应能力和处置效率，为同行业提供切实可行的实践方案。

## 1 变电站直流系统接地故障的特点与成因分析

变电站直流系统作为保障继电保护、自动化装置、事故照明及通信系统可靠运行的重要支撑，一旦出现接地故障，极易引发严重后果。接地故障会造成控制回路失灵，还可能引发误动、拒动等继电保护异常行为，影响系统运行的稳定性与安全性。直流系统相较交流系统，其绝缘监测要求更高，接地容限更小，一旦接地隐患长期存在，将加剧设备绝缘老化，缩短使用寿命，甚至诱发系统性故障。在高可靠性要求的电力变电站中，直流系统接地问题已成为运维管理中的一项重要难题，涉及系统安全稳定运行，还关系到保护装置的正确动作与故障快速处置。一旦处理不当，极易引发连锁故障，影响整个变电站的运行可靠性，需要高度重视并持续优化排查策略与技术手段。

造成直流系统接地故障的因素较为复杂，既可能源于绝缘材料的老化、潮湿环境导致的绝缘电阻下降，也可能与外部机械损伤、电缆护套破损或安装施工不规范有关。由于直流系统多采用负极接地模式，任何正极对地绝缘异常都可能引发系统报警<sup>[1]</sup>。部分接地现象具有一定的隐蔽性，如间歇性接地、软性接地等，往往难以通过传统绝缘监测手段准确识别。直流系统中大量的分支回路与分布式负载也使得接地点定位更加困难，极易造成误判和延误处理时机，增加运行风险。

从运行实践来看，许多接地故障并非源于单一问题，而是多个因素叠加导致。常见故障场景包括电缆终端密封不良吸湿进水、电缆桥架接地杂散电流干扰、电池室漏液造成接地回路

形成等。实际排查中还经常遇到因直流系统接线图纸更新不及时或现场改动未登记，导致运维人员难以快速定位问题点。为此，需在日常运行中加强对绝缘状态的实时监测，完善接地故障快速定位装置的配置，提升运维人员对直流系统结构和接地模式的理解与掌控能力，才能有效识别和预防接地故障的发生。

## 2 接地故障排查的技术路径与实用方法

变电站直流系统接地故障的排查工作要求高效、精准且具备可操作性，需要构建一套系统化的技术路径来应对复杂多变的实际运行场景。面对接地报警信号，首要任务是判断故障的性质，是硬性接地还是软性接地，是持续性接地还是间歇性接地，绝缘监察装置读取正负极对地电压变化趋势，并结合直流系统接地告警记录进行初步分析。在掌握初步信息的基础上，应利用绝缘监测仪、接地选线装置等技术手段，进一步识别故障的具体回路。尤其在多回路并联运行的系统中，采用逐路隔离排查法常常会引入操作风险，需要依靠高灵敏度的检测设备或利用直流系统的在线接地选线装置，缩小故障范围，提高排查效率。

在现场操作过程中，应严格遵循不停电条件下的安全操作规程，确保不影响系统正常供电功能。采用直流系统接地选线装置配合电压互感器及电流互感器反馈信号的方式，是当前较为主流的技术路径<sup>[2]</sup>。短时间注入试探性信号或利用接地信号相位对比法，可以快速判断出发生接地的支路或区域。一些先进的装置还支持自动选线和故障存储回溯功能，能极大提高故障点定位的效率与准确性。对于无法自动识别的复杂接地情况，结合红外测温、电缆路径测试仪和接地电阻测试仪等多种手段，进行辅助定位，可有效解决传统排查手段难以发现的问题。

实际经验表明，在排查过程中合理利用系统图纸资料、设备运行日志和历史故障数据库，将为分析提供重要依据。应注意排查过程中不应仅限于设备端，还需对电缆敷设路径、接线

端子箱、开关柜内外部连接情况进行全面检查，防止遗漏。为降低重复性故障的发生，应在故障处理结束后进行接地系统的全面复核，并对疑似隐患点进行预防性维护。技术路径的优化应与人员培训同步推进，提升一线运维人员对不同类型接地故障识别与应对的能力，是构建高效排查体系的关键。实践中不断完善排查流程与工具配置，变电站直流系统的运行安全水平将得到显著提升。

### 3 基于现场实践的排查案例与经验总结

在某 220kV 变电站运行过程中，直流系统频繁出现接地报警，正极对地电压波动明显，但未对系统运行造成直接影响，属于典型的软性接地故障。运行人员通过绝缘监测装置读取数据后判断为间歇性接地现象，初步定位故障出现在控制母线回路。运用在线接地选线装置进一步分析发现，信号集中于 PT 控制电源支路。在不停电条件下，依托热成像仪排查开关柜端子箱和电缆接头，发现某处电缆固定不牢，绝缘层因老化与金属构件轻微接触，形成非持续性对地泄漏电流，确认了接地点。更换电缆段并加装固定支架后，系统运行状态明显改善，绝缘电阻数值恢复至正常范围，且保持稳定无波动。此举有效消除了接地隐患，也防止了因电缆晃动再次引发类似问题，提升了回路整体的运行可靠性与设备安全性，具备良好的预防与示范意义。

在另一个 500kV 变电站案例中，直流系统出现持续性接地告警，负极对地电压接近零，属于典型的硬性接地故障。由于该站未配置接地选线装置，运行人员采用传统人工分段隔离法进行排查，在逐路断开负载的过程中，为避免对保护系统产生

影响，采取低风险支路优先原则进行断开测试<sup>[3]</sup>。经过数小时逐步排查，在直流馈线至事故照明支路中发现一根电缆护套破损，内部受潮形成导通路径，最终确认故障点。该案例暴露出无在线监测手段时人工定位耗时长、误操作风险大的问题，也进一步凸显了设备状态实时监测技术在接地故障处理中的必要性。

总结现场实际排查经验，建立健全的直流系统管理制度与应急预案体系具有重要意义。高频接地故障往往与设备运行环境密切相关，现场需注意防潮、防尘、防小动物入侵等外部因素的控制。图纸资料的准确性直接影响排查效率，应定期对现场接线与图纸一致性，及时更新变更记录。针对难以排查的间歇性接地故障，可记录电压波形变化与气候条件的关联规律，辅助定位潜在故障点。实践表明，具备完备排查工具配置、经验丰富的运维团队以及完善的技术规程，是应对复杂接地问题的关键。不断总结现场典型案例，并进行技术闭环反馈，将有助于提升整体接地故障响应能力和系统运维水平。

### 4 结语

本文围绕变电站直流系统接地故障的特点、排查路径及实际案例进行了系统分析，构建了一套具有可操作性的排查思路与方法。结合现场实践，总结出高效定位接地点的关键技术手段及运维经验，为今后类似故障的快速处置提供了借鉴。随着智能化监测手段的不断发展，持续优化故障排查流程、强化设备管理与技术培训，将有助于进一步提升直流系统运行的安全性与稳定性。

### 参考文献：

- [1] 姜勇,焦浩峰.变电站直流系统常见接地故障分析及处理策略[J].电力设备管理,2025,(17):191-193.
- [2] 李登,杜勇,周兴操,等.变电站直流接地不停电查找技术[J].电力与能源,2025,46(02):202-204+226.
- [3] 缪艺昕,王雨薇,胡娟.变电站直流系统接地故障的监察与诊断[J].机电信息,2022,(24):15-18.