

# 变电站直流系统接地故障查找步骤优化

杜彦仪 高红光 拓振阳 詹明浩 包宁

华能陇东能源有限责任公司 甘肃 庆阳 745000

**【摘要】**：在变电站直流系统查找接地故障时，传统方法存在一些问题，其路径不清楚，检测顺序杂乱，而且很依赖经验。所以，给出一种改进思路，即依靠分段分区隔离，逐步推进排查并规范检测顺序，把直流系统结构模块化划分，这样就能缩小故障范围，形成层级化的排查流程来加强定位的连贯性和逻辑性，再融合多部门协作和信息关联机制，做到数据共享并迅速响应，从而提高故障处理的效率。应用结果显示，改良之后的流程能明显缩减查找时间，提升定位准确度和运行稳定性，给变电站直流系统的安全运维给予有效的支持。

**【关键词】**：变电站；直流系统；接地故障；故障查找；流程优化

DOI:10.12417/2705-0998.26.09.039

## 引言

变电站直流系统给继电保护，自动控制以及信号回路供应稳定的电源，它的运行可靠性直接关乎电力系统的安全运行。一旦出现直流通地故障，如果不能及时准确地找到故障点，就很可能造成保护误动或者拒动，甚至进一步扩大事故规模。传统的故障查找往往依靠人工经验，存在步骤烦琐，路径模糊不清以及效率低下等问题，很难符合现代电网快速检修的需求，所以很有必要针对直流通地故障查找步骤展开改良研究，经由改善检查逻辑和操作流程来加快故障定位的速度并提升其精确度，以此加强变电站的整体运行可靠性和维护效率。

## 1 变电站直流系统接地故障的表现特征与查找难点分析

### 1.1 直流通地故障的典型运行表现

变电站直流系统若发生接地故障，则常常会表现出直流母线绝缘水平降低，绝缘检测装置发出报警信号，正极或者负极对地电压产生显著偏移，在运行观察的时候，可以察觉到绝缘检测仪表数值不断起伏，有些时候还会伴随着直流电源屏报警灯亮起。直流系统包含保护，控制以及信号回路，由于接地点存在差异，所以其影响范围差别很大，有可能引发继电保护装置误报信号，控制回路异常动作等情况<sup>[1]</sup>。在复杂的运行模式之下，多回路并联结构使得故障特征不太突出，表现为间歇性的报警或者小幅度的电压变动。而且部分隐蔽的接地故障也许只有在负荷发生变化时才会露出端倪，这会造成运行监测判断有所迟缓，加大故障识别的困难。

### 1.2 传统查找方式存在的效率瓶颈

传统直流通地故障查找大多依靠逐回路断开并结合人工测量来判定，在实际操作时要依次对各个分支回路实施绝缘检测及隔离验证，整个流程比较繁杂。因为没有统一的分区排查方案，所以查找过程常常是从配电屏慢慢扩展到下级回路，重复检测的情况很常见。在复杂的站内架构里，回路数量大而且功能分布较散，这就使得排查路线变得很长。有些时候还要多

次重新启动和切换运行状态才能确定结果，这样就大幅增加了故障定位所需的时间，不同的运行人员操作习惯不一样，检测顺序也不一样，这很容易引发信息被重复收集或者漏掉重要回路，进而进一步降低整体查找的效率。

### 1.3 故障定位不准确的主要影响因素

直流通地故障定位存在偏差，这主要由系统结构复杂性以及测量条件所限引起，特别是当处于多分支，多负荷并联运行状态时，漏电流分布不均衡，所以绝缘检测结果无法精准指示具体故障位置。回路间存在电气耦合情况时，一些正常回路也许会发生误判，进而干扰定位判定，而且，测量设备的精度及其接线状况会对检测结果造成影响，接触电阻若发生变化，就会引发数据波动。现场环境因素诸如湿度，灰尘以及电缆的老化程度，均能改变绝缘性能，致使故障特征显现不稳定。而在信息记录与分析阶段，由于缺少统一的标准来归纳数据，便会造成多次测量结果很难达成一致的判断依据，进而影响到最终的定位准确度。

## 2 现有直流通地故障查找步骤的流程缺陷剖析

### 2.1 故障排查路径不清晰问题

当下查找直流通地故障的时候，排查路径并没有形成统一的结构，检测方向大多按照现场临时判断来执行，缺少明确的分层指导。直流系统包含母线，馈线以及多级二次回路，如果不给整体结构做路径规划，就容易出现跨区域随便检测的情形，从而让排查范围持续扩大。当不同功能回路之间界限不清时，检测工作极易陷入重复覆盖和无序切换之中，关键的异常点很难立即找到。有些回路之间的电气联系很复杂，而且在路径不明时，还可能出现误入正常回路的情况，这会扰乱判断的节奏，使得故障定位过程表现出分散的特点。

### 2.2 检测顺序与逻辑混乱问题

直流通地故障检测过程中存在顺序不统一的情况，各种检测手段间没有固定的接续关系，所以整个流程表现出交叉执行的特征，绝缘检测，分段隔离以及电压分析这些方法并未按层

级关系来组织，于是检测结果之间缺少逻辑上的推进支撑<sup>[2]</sup>。在多回路并行架构当中，当不同支路的检测一同开展的时候，很难辨别它们的优先级，很容易引发主干回路和末端回路一起被检查，而且流程中的数据反馈没有形成闭环，前面的检测结果无法有效地引导后面的步骤，致使有些环节不得不重复做，使得整体的判断链出现断层，从而影响到故障识别的连贯性。

### 2.3 人工经验依赖性过强问题

直接地故障查找在实际运行时很依赖操作人员的经验，其判断路径大多按照以前的处理经验来形成，并没有统一的量化依照，在复杂回路环境下，经验高低不同的人员对于同一种现象的判断方法有所区别，而造成排查策略出现不一致的情况，有时候会凭借主观判断去选定检测范围，这样就很容易产生范围过度或者方向偏差的问题，历史案例的记忆在分析过程中所占比重较大，但是缺少系统的数据支持，所以故障特征的获取不够稳定。经验激发模式之下，检测步骤很难做到标准化，这引发不同场景下处理过程的重复性较低，进而影响到整体定位的效率及其一致性。

## 3 直接地故障查找步骤的优化设计与流程重构

### 3.1 分段分区隔离的优化方法设计

在改善直接地故障查找时，分段分区隔离法经由把直流系统结构模块化来达成检测范围的缩减，按照直流母线，馈线以及二次回路的电气拓扑关联，把整个系统分割成彼此较为独立的功能单元，并且在各个单元之间划定清楚的隔离界限。在检测的时候，利用分段开关或者暂时切断的方法减小回路之间的耦合影响，使得各个区域维持相对独立的绝缘状况。每个分区还要遵照设备种类执行细致化操作，让保护，控制和信号回路各自归入不同的检测单元，逐步缩小检测范围之后，异常的电气特性就会在局部区域内凸显出来，从而缩减跨区域的干扰，提升故障范围识别的明晰度和指向性。

### 3.2 逐级递进式排查流程重构

逐级递进式排查流程经由创建层次化的检测路径，把故障定位从整体扫描转为逐层收敛结构。在流程设计时，依照直流系统电源侧到末端负载侧的逻辑关系，把检测过程划分成许多递进阶段，每个阶段都把当前检测结果当作下一步判定的依据<sup>[3]</sup>。上层阶段完成后确认母线和主干回路的状态，接着才去分析分支回路，这样就能让检测范围慢慢变小。不同层级之间形成结果传递的关系，使得绝缘变化和回路结构产生对应的关联，借助层级推动的方式缩减跨区域重复检测的情况，维持故障识别路径的单向收敛特性，防止由于流程回退而造成的判定中断，从而提升定位的连续性。

### 3.3 检测顺序标准化与逻辑优化

检测顺序标准化要给直接地故障查找步骤制定统一规则，这样每个检测环节就有固定的执行逻辑。在流程结构里，

重新安排绝缘检测，分段隔离，电压测量这些手段的顺序，创建从宏观判断到局部定位的稳定路径，母线状态确认是开始部分，它给后续分支检测赋予了范围依照，各个支路检测依照预先设定的顺序逐个推进，防止因交叉操作而产生信息干扰。当逻辑得到改良的时候，要把检测数据归入同一评价体系当中，使得不同方法得到的信息可以做横向比较并实施综合评判。

## 4 优化查找步骤在实际变电站中的应用验证

### 4.1 优化流程在典型故障中的应用过程

在典型的直流接地故障情况下，改进过的查找流程按分区隔离和逐步排查的架构来执行，故障产生时，借助绝缘检测装置找出母线异常范围，遵照分区计划对直流屏及其下级馈线回路实施区域划分。分段隔离的时候，渐渐断开非目标区域的回路，这样就能把检测范围缩到可疑地段，削减不必要的支路干扰。范围缩小时，利用分级检测方法依次对各个子回路做绝缘检测，特别标注那些异常数值变动的地方，在最后的细致检查环节，经由逐个检测控制回路和信号回路，再次精准找到具体的接地点所在。

### 4.2 优化前后查找效率对比分析

在改进之前的查找模式当中，直流接地故障定位常常要针对许多回路执行反复的测量及核实工作，其检测范围比较宽泛而且重复的操作较多，所以整体所花费的时间较长，有时候因为排查路径不清楚，就会出现多次回头复查的情况，从而致使单次故障处理的时间变长。采用改良流程之后，依靠分区隔离和逐步推进的排查架构，可以尽早有效地缩小检测范围，并削减不必要的回路参与进来<sup>[4]</sup>。在同样规模的变电站里，检测步骤从原先的多路径同时运行模式变成了单向汇聚的形式，数据的收集和分析环节变得更为集中。各个阶段的检测成果会直接影响到后面阶段的范围判定，使得整个流程的连贯性得到提升。经由对比可知，故障定位所要做的检测次数以及跨越区域执行操作的频次均有所缩减，查找路径也更为紧凑。

### 4.3 流程优化对运行可靠性的提升效果

改良之后的直流接地故障查找流程在运行可靠性上有着更强的稳定支持能力。经由标准化检测路径以及分区隔离机制，可以尽早控制住故障的影响范围，缩减异常向关键保护及控制回路蔓延的可能性。在故障处理期间，检测信息会以结构化形式被记录并传递，从而提升数据的一致性，使得判断依据更为清晰可靠。这种逐步推进的排查方法降低了系统长时间陷入不确定状况的概率，缩小了直流系统回复正常运行所需的时间范围，统一的流程可减小不同操作手段造成的波动，令运行状态监测的结果更为稳定。

## 5 直流接地故障快速定位与运维协同机制强化

### 5.1 多部门协同排查机制构建

直流接地故障快速定位时，运维，继电保护，二次检修以及调度等众多专业需创建起统一的协同框架。在机制创建环节，按照设备分区和专业职责来把排查任务分解成模块，让各个专业朝着同一个故障目标一同展开检测工作。运维方承担现场分段隔离和基本测量的任务，继电保护方着重剖析回路的影响范围以及信号的异常特点，调度方负责协调运行方式的调整和安全措施的落实，经由创建统一的工作指令和任务分配途径，可以确保信息传递的一致性，缩减重复操作和信息中断的情况<sup>[5]</sup>。在协同期间，各专业的检测成果会及时汇集到统一的平台上，从而形成共享的数据根基，使得故障判定的依据更为完备，优化了整体定位的效率及其执行的一致性。

### 5.2 信息联动与故障响应机制优化

直流接地故障产生时，信息联动机制依靠即时的数据收集并加以集中分析来达成多源信息的融合。绝缘监测装置，直流屏告警系统以及分支回路的检测数据会一同上传到统一的监测界面，使得来自不同源头的数据具有可比性和相关性。在响应机制上，经由分级告警的方式来辨别故障的轻重程度，对于存在高风险的信号就启动快速响应途径，做到检测和处理同时

展开。在信息传递的时候采用标准化的数据格式，这样就能保证不同设备和系统之间的兼容性，进而提升信息处理的效率。

### 5.3 快速定位体系的运行保障措施

快速定位体系运作依靠设备状态监测，检测工具设置以及流程规范这三方保障，从设备角度来说，要定时校验绝缘监测装置和直流检测仪器，以保证数据采集准确而稳定。工具设置而言，应有分段隔离装置和便携式检测设备，如此一来现场排查就能立即切入目标回路，从流程来讲，要对直流系统的分区图，回路编号以及检测步骤实施标准化运作，从而让排查路径有着清晰依照。还要创建运行记录并形成故障案例资料库，把历史故障特点加以归档分析，给后续定位给予参照支持。

## 6 结语

直流接地故障查找步骤得到改善，经由分区隔离，逐步排查并重新形成标准化流程之后，故障定位变得更为准确，其效率也有所提升。在实际操作当中，多部门协作以及信息关联机制使得响应更快，数据的一致性更好，从而让处于复杂回路情况下的故障范围得以迅速缩小。经过运行验证可知，改良之后的方法既缩减了处理时延又加强了系统的稳定性，减小了误判的可能性，对于变电站直流系统的安全运行有着良好的保障意义，而且也为后续的运维管理供应了可行的方向和参照依照。

## 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] 肖磊.变电站直流系统接地故障查找方法研究[J].应用能源技术,2025,(7):40-42.
- [3] 孙振兴,赵勇吃,赵创业,等.变电站直流系统支路故障保护逻辑主动优化模型[J].微型电脑应用,2025,41(5):182-186.
- [4] 邵玉琼,崔自辉,巨文伟,等.变电站直流系统接地故障危害及快速查找[C]//中国机电一体化技术应用协会.第八届全国石油和化工电气设计与应用论文大赛入选论文集.[出版者不详],2025:111-112.
- [5] 蹇寅.变电站智能化直流系统接地故障定位技术探析[J].电力设备管理,2024,(24):75-77.