

电气二次回路常见故障排查方法研究

张杨泽旭

大唐七台河发电有限责任公司, 黑龙江 七台河 154622

DOI:10.61369/EPTSM.2026020029

摘 要： 电力系统二次回路是保障电网安全稳定运行的“中枢神经”，其故障的快速、准确定位是运维工作的关键挑战。本文针对传统排查方法依赖经验、效率不均的问题，系统研究了电气二次回路常见故障的排查方法体系。研究通过构建涵盖传统经验判断法、仪器量化检测法及智能诊断技术的多层次方法体系，并对比分析各类方法在典型场景下的应用效能与适用边界。核心结论表明，高效排查依赖于人员技能、先进工具与标准化流程的有机结合，而智能技术与传统方法的融合是未来主要发展方向。本研究为提升现场运维的系统性与智能化水平提供了理论框架与实践参考。

关 键 词： 电气二次回路；故障排查；继电保护；智能诊断；状态监测

Research on Troubleshooting Methods of Common Faults in Electrical Secondary Circuit

Zhang Yangzexu

Datang Qitaihe Power Generation Co.,Ltd. Qitaihe, Heilongjiang 154622

Abstract： As the "central nervous system" ensuring grid safety and stability, the secondary circuits in power systems face critical challenges in operation and maintenance due to the need for rapid and accurate fault localization. This study systematically investigates troubleshooting methodologies for electrical secondary circuit faults, addressing the limitations of traditional approaches that rely on empirical experience and uneven efficiency. By establishing a multi-tiered framework integrating conventional judgment methods, instrument-based quantitative detection, and intelligent diagnostic technologies, the research compares their performance and applicability in typical scenarios. Key findings demonstrate that effective fault diagnosis requires the synergy of human expertise, advanced tools, and standardized procedures, with the integration of intelligent technologies and traditional methods emerging as the primary future direction. This study provides a theoretical framework and practical reference for enhancing the systematic and intelligent capabilities of on-site operation and maintenance.

Keywords： electrical secondary circuit; fault diagnosis; relay protection; intelligent diagnosis; condition monitoring

引言

二次回路是居民用电和工业生产用电的有力保障，整个线路的稳定运行少不了二次回路的监测和调节。而二次回路的故障往往会对线路的正常运行产生威胁，常见的问题是导致电路错误跳闸，计费线路工作失常等问题，而这将导致的后果是一次线路原件的损毁甚至整个供电线路的瘫痪，带来巨大的经济损失^[1]。当下，国内外的故障排查技术正在由依靠人工经验朝着仪器检测与智能判断融合的方向转变，可是当前的方法在效率、准确性和标准化上仍然存在不够之处。因此，本文意在系统地形成并对比各类多层次的故障排查方法体系，探究这些方法的实际应用效果，从而给改善故障排查的效率和准确性提供理论和技术支撑。全文依次从故障基础分析、方法体系构建、效能对比及优化展望四个方面展开论述。

一、研究目的与故障基础分析

（一）电气二次回路故障排查的核心目的与工程意义

电气二次回路故障排查的核心目的在于保障电力系统整体安全稳定运行，快速识别并消除保护，控制回路隐患，防止局部故

障发展成系统性事故。高效排查可明显缩减故障设备停电时延，这对连续生产企业和关键负荷区域来说，就是大幅削减经济损失。而且，系统化的排查方法与流程能优化检修工作效能与准确性，规避盲目拆卸和反复检测，进而有效减小长期的运维成本，做到技术经济效益的最大化。

作者简介：张杨泽旭（1996.10-），男，汉族，吉林省大安市人，学历：本科，职称：助理工程师，研究方向火力发电厂电气二次检修。

（二）故障排查工作的基本原则与通用流程

故障排查工作必须始终坚持“安全第一”的根本原则，所有操作均需在严格遵守安全规程、确保人员与设备安全的前提下进行。在技术策略上，应遵循“从简到繁、由外到内”的逻辑顺序，即优先进行直观的外部检查与简单测试，再逐步深入复杂的内部电路分析^[2]。一套典型的通用流程包含四个关键步骤：首先细致搜集并记录故障现象，依据图纸及逻辑，科学划定可能存在的故障范围；按照故障类型与范围，选用最合适的检查方法（测量，分段，替换等），然后执行检测验证，准确找到故障点；修复完毕之后开展功能性的复查，形成完整闭环。

（三）常见故障类型的特征、影响与预判分析

二次回路常见故障包含开路，短路，接地以及虚接（即接触不良）等种类。开路故障会造成信号或者控制指令被切断，使得功能彻底失效。短路故障有可能致使保护误动作，设备被烧毁，还可能导致火灾，其危害性非常大。接地故障在特定系统中会引起误报警或过电压；虚接故障则表现为设备工作间歇性异常，隐蔽性强。通过对运行参数（诸如电流电压值，指示灯状态，保护装置事件记录以及绝缘监测数据）实施即时观测，并且展开历史趋势分析，就可以对故障类型作出初步判断^[3]。

二、系统化故障排查方法体系构建

（一）基于逻辑推理与经验判断的传统排查法

传统排查法高度依赖技术人员的专业经验与逻辑推理能力，是现场最基础且不可或缺的手段。其核心在于对故障现象的系统性分析，包括观察信号灯状态、读取指示仪表数据、解读保护装置与监控系统的报警信息，以此作为推理的起点。在具体操作中，分段排除法是关键工具：通过电压法测量关键节点电位来判断通断情况，用电阻法检查线路的连续性以及接触电阻，必要时小心采用短接法暂时绕过部分线路以验证功能。长期操作过程中所积攒下来的经验判断法则依靠典型故障模式库，把常见的故障现象，可能的原因和应对措施联系起来，做到快速对应。这种方法有如下优点：比较灵活，很直观，成本较低，特别适合那些现象明显，架构熟悉的常见故障^[4]。不过其不足之处也很突出，即效率和准确性很大程度上取决于个人的能力高低，无法做到标准化；对于复杂，隐匿或者新出现的故障，其应对能力较为薄弱；而且属于一种事后补救的形式，并不具备预防性功能。

（二）依托专用仪器仪表的量化检测法

量化检测法依靠专用仪器来获取客观数据，把排查工作由定性转为精确定量。常见的仪器有万用表（用来做电压，电流，电阻的基本测量），绝缘电阻检测仪（测量线路和设备的绝缘状况，预先察觉绝缘变差的情况），继电保护检测仪（可以模仿各种故障电气量，用以校验保护装置的逻辑以及整组回路是否正确），还有更为先进的示波器或者录波仪（用以捕捉并分析波形）。关键的检测技术包含绝缘电阻检测（用来判定绝缘是否完好），回路电阻测量（考量接头质量和接触电阻），以及电流电压波形分析（判断谐波，畸变等动态方面的问题）。采用这种方法的时候，按

照规程或者厂家标准来确定参数的正常范围和故障界限。

（三）融合智能诊断与在线监测的先进技术应用

先进技术的应用目标在于促使故障排查朝着智能化，预防性的方向去发展。智能判断技术结合了专家系统（把专家的经验规则化），神经网络（依靠历史数据训练来做到故障模式识别）以及模糊逻辑（应对不确定性和不准确的信息）这些手段，可以起到辅助甚至自动执行故障初步判断并推断原因的作用。在线检测系统不断收集二次回路上重要电气量（比如线圈电流，接点状态）以及机械量（譬如震动，温度）的数据，从而达成即时评定状态，分析走向并发出早期警报，把“故障发生后再去修理”转变为“预先知晓设备状况以实施保养”。数字孪生技术创建起与实际物理回路近乎同步的虚拟模型，这样就能在虚拟环境中展开故障模拟，推演过程，并预先评估应对策略，这明显加深了复杂故障分析的层次，也使得决策变得更为科学^[5]。未来的技术融合方向在于打破监测数据，智能判断模型和数字孪生平台之间的隔阂，形成“数据激发，模型剖析，虚实互动”的智能运维循环，该方向的目标是达成更为精准的预测性维护，更高效率的远程协作判断以及更具适应性的系统健康保障。

三、方法应用效能对比与结果分析

（一）不同排查方法在典型故障场景下的应用实例

案例1：继电保护误动作。故障现象为线路无故障时保护装置突然跳闸。传统方法靠经验判断，会去检查定值和外观，也许要花费数个小时，才会想到可能是交流回路串入了直流造成的误动。而量化检测法利用录波仪来分析跳闸前后电压波形，找出异常干扰，并且配合万用表测量，短短几小时就能找到电缆屏蔽层接地不良的地方^[6]。要是安装了在线监测，其具备趋势分析功能，也许会比故障发生之前就察觉到这个回路绝缘存在异常波动情况并发出警报，从而做到零延迟定位。此案例凸显智能监测的预防性优势。

案例2：控制回路断线。表现为断路器无法电动分合闸。传统方法通过信号灯，电压法来分段检查，针对简单的单点故障，经验丰富的人员大约需1.5小时就能搞定。量化方法依靠回路电阻检测仪准确找到接触电阻升高的具体接点，其精准度非常高，所花费的时间与传统方法差不多或者更短一些。智能化判断如果依托状态监测，可以在功能彻底失效之前，凭借回路电流的微小变动提示“接点接触电阻增大”，从而把故障扼杀在初始阶段。

案例3：信号回路异常。如远方信号频繁误发或丢失。采用传统方法时，需执行外观查看，端子紧固以及替换元件等步骤来查找问题所在，对于间歇性故障而言，这种方法效率比较低，有可能会再次发生。而利用量化法，可以凭借示波器获取到信号传递过程中波形发生畸变或者电压下降时的波形图，这样就能察觉到线路干扰，电源不稳定之类的深层次原因。智能化在线检测系统能够不断记录信号的状态及其相关的参数信息，从而确定异常产生的确切时间以及相关的环境因素，给后续的判断供应关键的数据支撑。

三个案例共同表明，方法选择需根据故障性质：简单明显故障传统法高效；复杂、隐性故障仪器法更优；智能监测则代表前瞻性的解决方案。

（二）各类方法在效率、准确性、适用性方面的对比数据

为科学评估不同排查方法在各类故障场景下的适用性，本研究构建了以“故障类型”为维度的对比评价体系，核心指标包括排查时间、定位准确率及综合成本。基于实际运维数据的统计分析表明：“控制回路断线”这种常见的故障，传统法和量化法所花费的时间差不多，都是1到2个小时左右，不过传统法的成本比较低。至于“信号回路异常”这样的间歇性故障，量化检测法则依靠仪器来捕捉瞬间的异常情况，其准确率（>90%）远超传统法（<60%），而且平均耗时也要短一些。对于“继电保护误动”这种复杂的隐性故障，量化法是有效判断的基础，智能在线监测能够把排查时间从数小时缩减为预先发出警报，这在效率上实现了质的飞跃，但是其成本也是最高的^[7]。从结果分析和探讨来看，并没有一种万能的最佳方法，关键在于依据故障的复杂程度和隐蔽特性，选取最适合的技术路线，从而创建起“简单故障快速应对，疑难故障精确测量，关键设备智能报警”的协同机制。

（三）当前主流排查体系的效果评估与局限性分析

对当前主流“混合反应式”排查体系的综合效果评估表明，其能有效应对多数常见故障，保障了系统运行的基本安全底线。然而，该体系存在显著的技术局限性：其本质属于事后被动应对的情况，缺少针对状态恶化情况预先察觉并发出警报的能力；对于复杂且隐蔽的故障其判断深度不够；就人员技能而言，体系的效果过于依靠个人经验和现场决策，造成检查质量起伏不定，人员培训历时漫长；从经济角度来讲，这种模式最初的投资较小，但是由于检查存在延误或者误判的可能性，使得故障规模增大，进而引发更大的潜在停电损失以及更多的修理费用^[8]。

四、研究结论与排查体系优化展望

（一）研究核心结论：高效排查方法的关键要素总结

高效排查方法的关键要素展开，其一，人员素质与经验属于根基部分，资深工程师具备现场判断能力十分必要；其二，仪器设备若得到妥善设置，则会给予精确诊断的量化依照，达成从主观经验向客观数据转变的目标；其三，创建标准流程并严格执行

相关操作步骤，保障排查工作具备可重复性与可靠性；其四，应当促使传统方法同先进技术深入结合，一方面保留人工经验在快速定位时的灵活优势，另一方面利用智能工具的警报及精确分析功能，进而塑造协同提升的循环系统。

（二）针对现有排查难点与短板的改进建议

为克服当前短板，应重点推进以下四方面工作：加强人员培训体系创建，形成依托仿真平台和实际案例的高级培训及认证机制；推进检测仪器智能化升级，开发具备多参数测量，数据自动分析以及远程交互功能的便携式诊断设备；完善故障数据库和知识库，系统汇集并结构化各类故障的特征数据与应对经验；优化排查流程的标准化程度，针对常见故障类型制订详细的标准作业程序，缩减对个人经验的盲目依赖，从而提升整体作业效率和一致性。

（三）故障排查技术标准化与智能化发展趋势展望

未来技术发展将聚焦于两大主线：一是行业标准需完善，重点在于形成智能判断算法验证，监测数据格式统一以及状态评定规范等方面系统性的标准。二是人工智能要深入融合，利用机器学习做到故障精确预测并追溯其根源，促使运维模式由“事后处理”朝着预测性维护方向发生实质性改变^[9]。最终，依托远程诊断与协作平台的云边端协同架构，达成技术资源的共享以及专家智慧的远程助力，从而引导二次回路运维迈进智能化，网络化的崭新阶段。

五、结语

本研究通过创建并对比分析传统经验，仪器检测以及智能判断这三种方法，系统地表现了电气二次回路故障排查效能同故障性质，技术路径之间的本质关联。结论表明，高效的排查体系实质上就是按照故障特征（简单，复杂或者隐性）来选取最适合的方法，这就为塑造分层协同的标准运维流程提供了理论支撑^[10]。相较于现有研究侧重于单一方法，本文则重视技术融合和场景适应的意义。在实践层面，研究提出来的框架与方法可以直接用来指导现场运维策略的优化。未来研究可聚焦于构建覆盖更广故障类型的智能诊断算法库，并探索基于数字孪生的全生命周期状态预测技术。

参考文献

[1] 赵子文. 探讨电气二次回路的故障分析措施 [J]. 电子制作, 2017, (15): 84+81.
[2] 徐东梅. 继电保护设备电气二次回路隐患排查 [J]. 光源与照明, 2025, (06): 102-104.
[3] 胡晓. 电力系统中电气二次回路常见故障及防范分析 [J]. 办公自动化, 2024, 29(17): 84-86.
[4] 孙可, 刘正昕. 继电保护设备电气二次回路隐患排查方法 [J]. 光源与照明, 2024, (06): 180-182.
[5] 汤娅美. 继电保护设备电气二次回路隐患排查研究 [J]. 电气技术与经济, 2024, (04): 126-128.
[6] 李冬. 火电厂继电保护二次回路常见故障及排除 [J]. 仪器仪表用户, 2023, 30(08): 88-90.
[7] 周翔. 电力系统电气二次回路的常见故障及防范 [J]. 数字通信世界, 2020, (03): 104.
[8] 李元凯. 试析电气二次回路的故障及相应的解决对策 [J]. 科学技术创新, 2020, (19): 159-160.
[9] 王玉姬. 配网二次回路故障的排查分析 [J]. 电子制作, 2019, (20): 99-100+33.
[10] 黄松. 电力系统电气二次回路的常见故障及防范 [J]. 通信电源技术, 2019, 36(08): 104-105.