

500 千伏变电运维倒闸操作规范优化策略

刘继伟

内蒙古电力集团包头供电公司, 内蒙古 包头 024213

DOI:10.61369/WCEST.2026040007

摘 要 : 500 千伏变电站作为区域电网的核心枢纽, 承担着大容量电能汇集与分配的关键职能, 倒闸操作的规范性直接决定电网安全稳定运行水平。当前, 随着 DL/T408-2023《电力安全工作规程发电厂和变电站电气部分》的实施及智能变电站的广泛应用, 现有倒闸操作规范已难以适配新型设备运维与复杂电网运行需求, 存在操作流程不精细、人员管控不到位、技术支撑不足等问题。本文基于变电运维倒闸操作核心理论, 系统剖析当前规范执行中的突出问题, 结合实际案例, 提出可落地的优化策略, 旨在完善操作规范体系、降低操作风险、提升运维效率, 为 500 千伏变电运维倒闸操作标准化、规范化、智能化发展提供理论与实践支撑。

关 键 词 : 500 千伏变电站; 变电运维; 倒闸操作; 规范优化; 风险管控

Optimization Strategy for Switching Operation Specifications in 500 kV Substation Operation and Maintenance

Liu Jiwei

Baotou Power Supply Company, Inner Mongolia Power Group, Baotou, Inner Mongolia 024213

Abstract : As the core hub of regional power grids, 500 kV substations undertake the vital function of large-capacity electric energy collection and distribution. The standardization level of switching operations is directly related to the safe and stable operation of the power grid. With the official implementation of DL/T408-2023 Safety Code for Electric Power Work — Electrical Section of Power Plants and Substations and the large-scale popularization of smart substations, the existing switching operation specifications can hardly meet the operation and maintenance demands of new-type equipment and the complex power grid. Many prominent deficiencies remain, such as inadequate refinement of operational procedures, lax personnel management and control, and insufficient technical guarantee capability. Based on the basic theories of substation switching operation and maintenance, this paper analyzes the typical problems existing in the implementation of current specifications. Combined with practical engineering cases, targeted and implementable optimization measures are put forward. The research aims to improve the standard system of switching operations, reduce operational safety risks and boost overall maintenance efficiency. It can provide theoretical basis and practical reference for the standardization, normalization and intelligent upgrading of switching work in 500 kV substation operation and maintenance.

Keywords : 500 kV substation; substation operation and maintenance; switching operation; specification optimization; risk management and control

引言

随着我国电力系统向着特高压、智能化方向不断前进, 500 千伏变电站作为联系特高压和配电网的枢纽, 其运维工作安全、规范的重要性越来越突出。倒闸操作属于变电运维的关键部分, 它关系到改变设备运行状况, 调整电网运作方式, 保证检修作业安全等重要事务, 包含断路器, 隔离开关操作, 保护压板投退, 接地线装设等诸多关键环节。DL/T408-2023 规程的实施, 给 500 千伏倒闸操作提出更高的要求, 但是目前部分运维单位仍然沿用传统的操作规范, 与智能设备运维、复杂电网调度的需求相脱离, 误操作、操作效率低等现象时有发生, 严重威胁电网的安全稳定运行。因此, 对倒闸操作规范存在的问题进行深入剖析, 提出科学合理的改进措施, 并结合实际案例来完善规范体系, 对于提高 500 千伏变电运维水平、防止电网安全事故发生有着十分重要的现实意义和应用价值。

一、500千伏变电运维倒闸操作核心理论

500千伏变电运维倒闸操作就是通过操作断路器、隔离开关、接地开关等设备，改变变电站设备运行状态（运行、热备用、冷备用、检修），满足电网调度、设备检修、故障处置等需求的标准化作业过程。其核心理论以电力系统运行规律和安全防护原则为依据，坚持“安全第一、预防为主、综合治理”的原则，主要是操作的规范性、安全性、准确性、高效性。倒闸操作必须严格执行“两票三制”，执行监护复诵制度和模拟预演要求，停电拉闸操作顺序为断路器→负荷侧隔离开关→电源侧隔离开关，送电合闸操作顺序相反，严禁带负荷拉合隔离开关。

二、500千伏变电运维倒闸操作规范存在的突出问题

（一）操作规范本身存在滞后性与不完善性

目前部分500千伏变电站倒闸操作规范没有及时跟上DL/T408-2023规程修订的要求，存在内容滞后、条款模糊等状况，不能满足智能设备运维的需求。目前基于模型的诊断方法充分地利用了设备的物理机理和数学模型，可以实现故障的早期预警以及状态趋势预测^[1]。为状态检修提供理论依据，但是该种先进的方法相关操作要求没有被纳入到现有的规范中。一方面规范中部分条款仍然沿用传统的常规变电站操作标准，没有包含智能巡检机器人作业安全、数字化监控系统操作等新技术的相关要求，对于SF6断路器气体压力监测、GIS设备操作等细节规范不够。

（二）操作规范执行不到位，人员管控存在短板

操作规范的落实要依靠严格的执行和人员管理，但是目前部分运维单位存在着执行不到位、人员能力参差不齐的问题。在传统的变电运维模式下，容易出现设备状态依靠人工现场巡视、缺少有效的温度和局放监测、视频监控系统独立运行不能联动等问题，造成故障响应时间长、隐患发现不及时^[2]。一是部分运维人员安全意识差，存在简化操作程序、违规操作等行为，操作前没有进行模拟预演，操作时没有严格执行监护复诵制度，或者擅自解除防误操作闭锁装置。二是人员技能水平存在较大差异，部分运维人员对新型设备的操作原理、DL/T408-2023规程的要求掌握得不够熟练，对操作中出现的危险点辨识能力不足，容易造成误判、误操作。第三点就是培训考核制度不健全，培训内容缺乏针对性，大部分为理论知识讲解，缺少实操演练、案例分析等环节，考核方式单一，不能有效地督促运维人员掌握规范要求。某500千伏变电站曾经发生运维人员因为没有掌握二元法间接验电的要求，带电合接地开关的违规操作，暴露出了人员管控和规范执行的严重缺陷。

（三）技术支撑体系不完善，规范落地缺乏保障

500千伏倒闸操作规范的高效落地，需要完善的支撑体系来保证，但是目前一些运维单位存在着技术支撑不足、设备配置滞后等问题。为了能够识别并应对电网变电运维管理中出现的各种风险，需要采用更加先进的、智能化的方式进行全方位的风险检测和预警^[3]。一是防误操作闭锁系统不完善，部分变电站仍然以一

次设备防误为主，没有实现二次设备（如保护压板）防误控制，存在压板误投、漏投等隐患，部分闭锁装置老化、失灵，不能起到防护作用。二是数字化、智能化技术的应用不够，没有全面推广远程操作、顺控操作等新的操作方式，操作记录仍然以人工填写为主，容易造成记录错误、遗漏，而且很难实现操作全过程的追溯。三是缺少风险预警机制，没有建立操作过程中实时的风险监测和预警系统，不能对操作中出现的SF6气体泄漏、设备电压波动等异常情况进行及时预警，不能有效地防范操作风险。

三、500千伏变电运维倒闸操作规范优化策略

（一）完善操作规范体系，弥补滞后性与不完善性

按照DL/T408-2023规程的要求以及智能变电站运维特点，对已有的倒闸操作规范进行全面的修订和完善，保证规范的科学性、针对性和可操作性。通过制定数据采集规范，统一各种传感器、巡检设备的数据接口和传输协议，保证数据的完整性、一致性，为后续的状态评估打下基础^[4]。一是整理规范条款，删除与现行绝缘材料、智能设备操作不相符的条款，增加智能巡检机器人作业安全、数字化监控系统操作、GIS设备专项操作等内容，明确500千伏设备安全距离、防误闭锁装置使用等要求。二是细化操作流程，对3/2接线方式、旁代操作、主变停役等复杂的操作场景，制定出标准的操作流程，规定了操作步骤、操作顺序、风险控制要点和注意事项，保证运维人员有章可循。三是创建规范动态更新机制，每半年组织一次规范评审，根据设备更新、技术升级和事故案例及时修订完善有关条款，保证规范与实际运维需求相适应。

（二）强化规范执行管控，提升人员专业素养

以规范执行为重心，加强人员管控、完善培训考核制度，保证操作规范的落实。一是严格执行操作控制的要求，强制执行“两票三制”、监护复诵制度和模拟预演的要求，操作前必须核对设备的双重名称、运行状态，操作时全程录音，每操作完一步检查无误后做“√”记号，严禁违规操作、简化程序。二是完善培训体系，制定针对性的培训计划，根据DL/T408-2023规程和现场实操需要，开展理论加实操的培训，重点讲解新型设备的操作原理、规范条款、危险点辨识和应急处置方法，定期组织案例分析会，复盘误操作事故教训。500kV变电站智能巡检场景下，不同模态数据的时间分辨率、空间密度、噪声特性等各方面存在较大差别，因此要创建出可以完成动态权重调节并融合结构层次的多模态处理机制^[5]。这也是一种需要在培训过程中加以注意的新型技术内容，有利于运维人员对智能巡检相关操作进行规范的操作。三是完善考核机制，把规范执行情况、操作准确性纳入运维人员绩效考核，实行操作差错一票否决制，定期开展实操考核和理论测试，考核不合格的人员暂停上岗，直到培训合格为止。内蒙古超高压供电公司春坤山500千伏变电站针对规范执行不到位、人员技能不足的问题，加强了操作管控，严格落实了“两杜绝、六把关”的要求，操作前必须进行模拟预演，操作时必须严格执行监护复诵制度。完善培训考核制度，定期对运维人员进行

倒闸操作实操演练，针对该站母线轮停接火等复杂操作案例进行专项培训，把规范执行情况同绩效考核直接挂钩。经过优化，在500千伏1、2号母线轮停接火作业中，累计执行操作票77张、操作项数869项，实现了零差错、零事故，充分体现了规范执行和人员管控优化的效果。

（三）健全技术支撑体系，强化规范落地保障

依靠数字化、智能化技术，创建起完善的科技支撑体系，给倒闸操作规范的落实赋予保证，削减操作风险，优化操作速度。一是完善防误操作闭锁系统，将一次、二次设备防误功能集成起来，创建二次防误告警逻辑系统，把保护压板、软压板这些二次设备的操纵加入到防误控制中，达成一二次设备互锁告警，杜绝无保护送电、压板投退错序等隐患，对闭锁装置定时开展检修保养工作，保证其稳定运作。二是推广智能化的操作模式，加快新一代集控系统的建设，将变电站的遥测、遥信、遥控信息上传至系统，推行远程操作、顺控操作，缩减现场操作人员，提升操作速度，做到操作全过程的数字化记录和追溯，防止因人工记错造成的误差。三是创建风险预警体系，智能监测平台具备实时监测、数据分析等核心功能^[6]。在倒闸操作重要环节设立风险监测点，随时监控设备运转状况（SF6气体压力，设备电压等），对出现的异常立刻发出警报，并制订相应的应急处理方案，定时组

织应急演练活动，加强运维人员的应急处置水平。国网南京供电公司500千伏变电运检中心为了解决技术支撑不足的问题，开展“变电专业运监融合”，整理出8座500千伏变电站5万余条遥测、遥信、遥控信息并接入新一代集控系统，对500千伏设备进行远程操作。

四、结束语

500千伏变电运维倒闸操作规范的改进，是保证电网安全稳定运行水平，防止运维操作风险的有效措施。本文根据倒闸操作的核心理论，对目前规范存在的滞后性、执行不到位、技术支撑不足等问题进行了系统的分析，并且结合了国网南京、蒙西电网等单位的实际情况，从规范体系的完善、执行管控的加强、技术支撑的健全三个方面提出了可以落地、可以推广的优化措施。经过规范修订、人员培训、技术更新等手段可以较好地弥补目前规范存在的不足，提高倒闸操作的规范性、安全性、高效性。未来要继续跟踪电力技术的发展以及DL/T408-2023规程的执行情况，不断改进和完善操作规范，促使倒闸操作向着标准化、智能化方向发展，为500千伏电网的安全稳定运行筑牢根基。

参考文献

- [1] 张泽. 电力系统变电运维中智能监测与故障诊断系统设计 [J]. 电气技术与经济, 2026, (04): 273-275.
- [2] 葛霜, 崔超. 变电运维远程可视化监控系统技术设计与应用研究 [J]. 科技与创新, 2026, (04): 92-94.
- [3] 刘家瑞, 王亮. 电网变电运维风险检测中的人工智能技术应用 [J]. 电气技术与经济, 2026, (02): 121-123.
- [4] 张源, 秦本师, 王琦. 基于自动化数据的变电一次设备状态评估与运维应用 [J]. 云南电力技术, 2026, 54(01): 69-74.
- [5] 畅达, 黄馨仪. 500kV 变电一次设备智能巡检与运维技术分析 [J]. 电力设备管理, 2026, (03): 22-24.
- [6] 吕艳桃, 贾毓彦. 电力系统变电运维智能监测与故障诊断研究 [J]. 中国科技纵横, 2026, (02): 18-20.