变电运行倒闸操作主要危险点及控制方法分析

落鹏飞
内蒙古电力（集团）有限责任公司，包头供电分公司

【摘　要】倒闸操作作为变电运行中的核心环节，涉及多种设备的切换与操作，具有较高的安全风险。本文系统性分析了倒闸操作的主要危险点，包括主变压器、母线和直流回路操作中的关键风险及控制措施，同时探讨了其他潜在危险点。通过明确操作关键点，结合技术手段、规章制度及人员培训的综合防范措施，提出了提升倒闸操作安全性的实践路径，为电网安全运行提供了有力保障。

【关键词】倒闸操作；危险点；防范措施；变电运行

Analysis of Main Dangerous Points and Control Methods for Switching Operation in Substation Operation

Luo Pengfei
Inner Mongolia Electric Power（Group）Co.，Ltd.，Baotou Power Supply Branch

【Abstract】Switching operation，as a core link in substation operation，involves the switching and operation of various devices，and has high safety risks. This article systematically analyzes the main hazards of switching operations，including key risks and control measures in the operation of main transformers，busbars，and DC circuits，while exploring other potential hazards. By clarifying the key points of operation，combined with comprehensive preventive measures such as technical means，regulations，and personnel training，a practical path to improve the safety of switching operations has been proposed，providing strong guarantees for the safe operation of the power grid.

【Key words】Switching operation；Dangerous points；Preventive measures；Substation operation

引言

倒闸操作是变电运行中的一项核心工作，涉及电网设备的切换、停电和送电，是保障电网运行安全的重要环节。然而，倒闸操作具有高风险性，操作过程中稍有不慎便可能引发设备损坏、人员伤亡甚至电网大范围停电事故。因此，深入分析倒闸操作中主要危险点的产生原因，明确操作关键点与注意事项，对于提高操作的安全性和稳定性具有重要意义。本文以变电运行中倒闸操作的危险点为切入点，系统性地分析其成因和应对措施，为变电运行提供理论支持与实践指导。

1 倒闸操作危险点产生的原因

倒闸操作中的危险点主要源于操作过程的复杂性、电网运行条件的多样性以及人为因素的不可控性。首先，电网设备的结构复杂、多种设备间相互关联，操作中若未严格按照规范程序执行，极易导致误操作。例如，未确认断路器和隔离开关的实际位置便直接操作，可能引发电弧或设备烧损等事故。

其次，外部环境条件的干扰也是重要原因之一。设备老化、天气恶劣（如雷雨、冰冻等）以及设备接线复杂度的增加，都会对倒闸操作的安全性造成影响。此外，操作规程的不完善或指令传递中的信息偏差，也可能导致操作人员对操作次序或设备状态的误判。

人为因素是倒闸操作危险点的另一主要来源。操作人员的专业技能不足、工作责任心缺失或精神状态不佳，都可能导致失误。例如，疲劳操作或多任务并行时，容易出现漏项、误操作等现象。此外，未能识别设备异常状态或误判设备状态，也是导致危险发生的重要因素。

2 倒闸操作的注意事项

2.1 倒闸操作的关键点

在倒闸操作中，明确关键点是保障操作安全的核心措施。首先，操作前的准备工作至关重要。在执行倒闸操作前，操作人员必须仔细检查操作票，确保其内容与现场实际状况一致。操作票应明确标注设备名称、编号、操作次序及注意事项，同时，现场操作人员需与调度人员进行充分沟通，确保操作任务和电网状态的一致性。

其次，操作中必须严格遵守顺序。倒闸操作通常需要遵循“先断后合、先上后下、先外后内”的原则，以确保设备之间的电气隔离可靠。例如，在断路器操作中，应先确认负载已转移至其他回路，避免带负载拉合设备。此外，对于高压设备的倒闸操作，必须注意防止误合带电设备或误断接地装置，以避免发生短路或电弧事故。

第三，设备状态的确认是操作中的关键环节。在每一步操作后，操作人员应通过监控系统或现场观察确认设备实际状态是否与预期一致，例如是否完全断开或合闸。如果发现设备状态异常，应立即停止操作并报告调度人员。

最后，操作后需严格执行验收与记录工作。操作完成后，应对设备状态进行全面检查，确保切换后的电气设备处于正常运行状态，同时将操作过程和设备状态记录在案，为后续分析和追溯提供依据。

通过明确倒闸操作的关键点，严格执行规范和操作流程，可以显著降低操作中的危险点，确保变电运行的安全性和可靠性。

2.2 一次设备关键点

在变电运行的倒闸操作中，一次设备是电力系统中直接参与电能生产、传输和分配的主要设备，包括断路器、隔离开关、母线、变压器等。这些设备的安全操作对整个电网的运行至关重要。因此，围绕一次设备的关键点进行规范管理和操作，是保障倒闸操作安全的基础。

首先，断路器的操作是一次设备的重点。在倒闸操作中，断路器用于切断和接通负载电流，必须确保其在操作前负载已经转移或切除。操作前需确认断路器的分合闸状态，操作后需通过观察开关位置指示器和监控系统的信号，确保断路器状态与预期一致。此外，对于带有灭弧装置的断路器，在切断负载时需要注意电弧产生的能量是否完全释放，防止未灭弧引发设备损坏。

其次，隔离开关操作需要特别小心。隔离开关的功能是提供明显的电气隔离，在倒闸操作中应始终遵循“先断路器、后隔离开关”的原则，避免隔离开关带负载操作。同时，在操作过程中需关注设备是否存在机械卡滞或接触不良的现象，确保开关动作的可靠性。操作后，应检查开关刀口是否完全断开或闭合，并对接地点进行复核，避免因接地刀未合或未断造成的安全隐患。

再次，对于母线的倒闸操作，关键点在于明确电网接线方式和负荷分配情况。在转移负荷或切换运行母线时，应综合考虑母线负载能力，避免因过载导致设备损坏。同时，应严格按照操作票的顺序逐步切换，防止误操作引发短路或设备损坏。

2.3 二次设备关键点

二次设备在倒闸操作中承担着保护、监控和控制的功能，包括继电保护装置、测控装置、自动化设备和通信系统等。由于二次设备的功能复杂且高度集成，其操作关键点在于保证保护逻辑的正确性和设备状态的实时性。

首先，继电保护装置的状态检查是二次设备操作的重点。倒闸操作前，需确认保护装置的功能配置是否符合当前电网的运行方式。例如，在停电操作中，应对保护装置的整定值和保护范围进行复核，确保保护逻辑不会因操作引发误动或拒动。同时，在需要短时退出保护装置时，应严格按照规范操作，并记录相关操作信息，防止保护空白区的产生。

其次，测控装置的准确性直接影响操作的安全性。在倒闸操作中，测控装置用于实时监测设备的运行参数并提供操作依据。因此，操作前应确认测控装置的数据采集功能正常，例如电流、电压的实时显示和记录功能是否准确可靠。如果发现测控装置参数异常，应停止操作并排查原因。

再次，自动化系统的正确配置也是关键。倒闸操作往往依赖于调度自动化系统的支持，如远程断路器控制或状态监测。在操作过程中，应确保自动化系统的指令下达清晰、执行准确，特别是在远程控制场景下，需关注系统的反馈信号是否与实际设备状态一致，避免因通信延迟或误码导致的操作偏差。最后，通信系统的稳定性是二次设备操作的基础。在倒闸操作中，二次设备之间的信息交换必须快速、准确。因此，应检查通信链路的完整性，确保数据传输无误。如果发现通信异常，应立即切换至备用链路或采取人工干预方式，防止保护或控制功能失效。

3 倒闸操作危险点及控制措施

3.1 主变压器操作

主变压器是电力系统中最重要的设备之一，其倒闸操作直接关系到电网的安全运行。在主变压器操作过程中，主要危险点包括误操作、冲击电流和设备状态确认不足等方面。

首先，误操作是主变压器操作中最常见的风险之一。如果操作前未仔细检查操作票或设备状态，可能导致错误的断路器或隔离开关被操作，从而引发设备损坏或系统故障。例如，未确认负荷转移是否完成便切断变压器，可能导致负荷失电和系统不稳定。因此，严格的操作票制度和全面的操作前检查是必要的控制措施。

其次，冲击电流是主变压器倒闸操作的另一主要危险点。由于主变压器在空载或负载下投入电网时，会产生较大的励磁涌流，可能导致断路器误跳闸或电网波动。为避免这种情况，应采用分段送电或限流措施，逐步减少电流冲击。此外，在进行切换前，应通过测控装置监测变压器的运行参数，确保其处于稳定状态。

最后，设备状态的确认不足也是危险点之一。例如，冷却系统是否正常运行、油温和气体参数是否在合理范围等，都会直接影响操作的安全性。因此，在操作前应进行详细的设备状态检查，确保变压器运行工况符合操作要求。同时，操作后应进行全面验收，确保变压器处于正常运行状态。

3.2 母线倒闸操作

母线倒闸操作是变电运行中的高风险操作之一，因其直接涉及电网的负荷分配和电能传输，其危险点主要包括误操作、母线过载及短路故障等。

首先，误操作是母线倒闸的主要风险。由于母线操作通常需要进行多步骤的负荷切换和设备状态调整，如果操作人员未按规范程序执行或误解调度指令，可能导致错误切断负荷或合入带电设备，进而引发设备损坏或大范围停电。因此，操作前需详细核对操作票，并与调度中心充分沟通，确保每个操作步骤清晰明确。

其次，母线过载是另一主要危险点。在倒闸过程中，如果未充分评估负荷转移后的运行情况，可能导致某条母线出现过载现象，从而引发设备过热甚至跳闸事故。为避免此类风险，应在操作前通过负荷预测和仿真分析，评估负荷分配情况，必要时采取限负荷或调整运行方式的措施。

短路故障风险也需要特别关注。在进行母线切换操作时，如果隔离开关或断路器未完全分离带电设备，可能引发短路故障，导致设备严重损坏。因此，操作中应严格按照“先断后合、先外后内”的顺序执行，并在每一步操作后确认设备的实际状态是否与预期一致。

3.3 直流回路操作

直流回路是继电保护、自动装置和通信系统的核心供电路径，其操作安全性直接关系到保护和控制功能的正常运行。在直流回路操作中，主要危险点包括断电风险、短路故障和误接线问题。

首先，断电风险是直流回路操作的关键危险点之一。在进行电池组切换或充放电设备维护时，如果未充分考虑负荷需求，可能导致供电中断，从而引发保护装置和通信系统失效，导致电网运行失控。为避免这种情况，应提前评估直流负荷需求，确保备用电源充足，并在切换过程中采用临时供电措施，避免断电。

其次，短路故障是直流回路操作的另一主要风险。由于直流回路的电流特性不同于交流系统，短路故障可能导致设备严重损坏甚至火灾。因此，在操作中必须严格检查回路接线是否正确，确保隔离开关、熔断器和母线状态符合操作要求，同时避免带电接线操作。

误接线问题也需要特别关注。直流回路设备众多且接线复杂，操作人员若未完全理解回路图或标识不清，可能导致正负极接错或跨回路误连，进而引发设备损坏或保护装置异常。为防范此类风险，应在操作前复核接线图并进行详细的线路核对，同时通过标识和指示灯加强操作指导。

3.4 其他危险点与控制措施

首先，设备接地故障是倒闸操作中常见的危险之一。如果接地装置未正确安装或接地开关误操作，可能导致电流回路不闭合或异常短路现象。例如，操作时未彻底解除临时接地线可能引发短路事故。因此，在操作前，应全面检查接地装置的连接状态，确保接地操作和解除符合规范，并对接地开关的状态进行核对。

其次，环境因素的干扰也会增加倒闸操作的危险性。例如，雷雨天气可能引发设备表面放电，导致倒闸操作中出现电弧或设备损坏。为应对这些风险，应尽量避免在极端天气条件下进行操作，或采取临时绝缘措施降低环境因素对设备的影响。

人员误操作也是重要危险点之一，尤其是在多人协同操作时，沟通不畅或职责分配不清可能导致操作指令被误解或执行顺序错误。例如，在复杂的倒闸操作中，如果未明确指挥者角色或未进行全员操作前的统一培训，可能导致混乱甚至事故。为此，应强化现场操作管理，确保每个操作人员明确任务和操作流程。

3.5 倒闸操作危险点防范措施

首先，技术手段是降低危险点的重要保障。应充分利用现代化的自动化监控设备和智能化系统，提高操作的精准度和安全性。例如，采用远程控制系统和实时监测技术，可以减少人工干预，降低误操作风险。同时，对设备运行状态的实时监控能快速发现潜在问题，为操作决策提供可靠依据。此外，定期对设备进行维护和升级，特别是加强对老旧设备的更换，可以显著减少因设备老化引发的危险点。

其次，完善的规章制度是防范危险点的重要基础。应建立健全倒闸操作管理制度，包括操作票审批、操作前检查、操作过程监督和操作后验收等环节，确保每一步操作都有章可循。同时，应设置严格的责任机制，对操作过程进行全程记录，一旦发生异常能快速定位责任。

最后，加强人员培训是消除人为因素危险点的核心措施。通过定期组织技能培训和安全教育，提高操作人员的专业水平和安全意识，特别是针对复杂操作或新设备运行，开展模拟演练或实操培训。此外，在实际操作中，应推行“手指口述”工作法，让操作人员通过手指指示和口头复述的方式确认每一步操作，确保流程无误。

4 结束语

倒闸操作作为变电运行中的高风险环节，其危险点覆盖了设备操作、负荷分配和人员管理等多个方面。通过本文的分析可以看出，主变压器、母线和直流回路等操作中的风险均可通过技术手段、规章制度及人员培训等措施加以有效控制。同时，对接地故障、环境干扰及误操作等其他危险点的预防，也需从细节入手，严格执行标准化流程和安全规程。未来，应进一步推动自动化监控和智能化技术在倒闸操作中的应用，不断完善规章制度和操作规范，全面提升变电运行的安全性与可靠性，为电网的稳定运行提供坚实保障。

参考文献

[1]徐结红，吴义纯，房雪雷，等.110 kV 变电站倒闸操作全流程技能实训平台的设计与应用[J].安徽电气工程职业技术学院学报，2024，29（04）：106–110.

[2]郝佳希，甄刚，韩彪，等.关于 500kV 串补站–6 刀闸防误闭锁逻辑的分析及改进措施[J].电气技术与经济，2024，（11）：332–333+337.

[3]唐健强.基于强化学习算法的变电站智能倒闸操作决策系统研究[J].办公自动化，2024，29（22）：66–68.

[4]姚宏伟.变电运维中的误操作预控策略分析[J].集成电路应用，2024，41（11）：334–335