

电力工程变电运行技术研究

赵 辉¹ 赵国强² 张慧媛³

1. 内蒙古凌恒永业电力工程有限公司 内蒙古 呼和浩特 010000
2. 内蒙古神舟光伏电力有限公司 内蒙古 呼和浩特 010000
3. 内蒙古汇能人力资源有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要：电力作为现代社会运转的核心能源，其稳定供应关乎国计民生。本文聚焦电力工程变电运行技术展开研究。首先阐述其重要性，包括保障电力系统稳定、提高电力供应可靠性及促进智能化发展。接着分析面临的问题，如设备老化、人员技术差异、安全管理不足和自然灾害影响等。随后介绍关键技术，涵盖设备巡检、故障诊断、倒闸操作和继电保护等方面。最后提出提升技术水平的策略，从设备维护管理、人员技术提升、强化安全管理以及应对自然灾害等角度给出建议，旨在为电力工程变电运行技术的优化与发展提供参考。

关键词：电力工程；变电运行；技术研究

引言：在当今社会，电力作为关键能源，支撑着各行业的运转与人们的生活。电力工程中，变电运行是电力传输与分配的关键环节，其运行状况直接影响电力系统的稳定性与可靠性。随着科技发展，电力工程规模不断扩大，结构日益复杂，对变电运行技术提出更高要求。然而，当前变电运行面临诸多挑战，如设备老化、人员技术水平不一等问题，制约着电力工程的高效运行。因此，深入研究电力工程变电运行技术，探索提升其水平的有效策略，具有重要的现实意义和紧迫性。

1 电力工程变电运行技术的重要性

1.1 保障电力系统稳定运行

电力系统中，变电运行是核心环节之一，承担着电压变换、电能分配等关键任务。稳定的变电运行能够确保电力在不同电压等级间准确转换，维持电力潮流的合理分布。一旦变电运行出现故障，如变压器损坏、开关设备异常等，会迅速打破电力系统的平衡，引发电压波动、频率异常等问题，严重时甚至导致大面积停电。通过先进的变电运行技术，可实时监测设备状态、精准控制运行参数，及时发现并处理潜在隐患，保障电力系统在各种工况下稳定运行，为社会经济的正常运转提供坚实支撑。

1.2 提高电力供应可靠性

电力供应可靠性关乎用户的生产生活。变电运行技术的高效应用是提高其可靠性的重要保障。先进的设备巡检技术能提前发现设备老化、磨损等问题，及时安排检修，避免设备突发故障造成停电。故障诊断技术可快速定位故障点，缩短抢修时间，减少停电范围。同时，科学的倒闸操作技术和可靠的继电保护技术，能确保在

设备检修或故障时，快速、准确地切换运行方式，保障电力持续供应，最大程度降低停电对用户的影响，提升用户对电力供应的满意度。

1.3 促进电力工程智能化发展

随着信息技术和人工智能的飞速发展，电力工程正朝着智能化方向迈进，变电运行技术是其中的关键推动力量。智能化变电运行技术借助传感器、物联网、大数据等技术，实现设备的实时在线监测和数据的自动采集分析。通过人工智能算法，可对设备故障进行精准预测和智能诊断，提前采取预防措施^[1]。

2 电力工程变电运行面临的问题

2.1 设备老化问题

在电力工程变电运行中，设备老化是较为突出的问题。许多变电站投入运行时间较长，部分设备长期处于高负荷运转状态，其绝缘性能、机械性能等逐渐下降。例如，变压器绝缘材料在长期电场和热场作用下会老化，导致绝缘强度降低，增加短路故障风险；开关设备的触头因频繁操作会出现磨损、氧化，使接触电阻增大，引发发热甚至烧毁。而且，一些老旧设备技术落后，难以满足现代电力系统对高效、可靠运行的要求，但全面更换又面临资金、时间等诸多限制，给变电运行带来安全隐患。

2.2 人员技术水平参差不齐

电力工程变电运行对人员的专业技术要求较高，但目前人员技术水平存在明显差异。一方面，部分老员工虽经验丰富，但对新技术、新设备的接受和掌握能力有限，在面对智能化变电系统时，操作和维护能力不足。另一方面，新入职员工虽具备一定理论知识，但缺乏实

践经验，在实际工作中难以独立处理复杂故障。此外，不同地区、不同企业的培训资源和力度不同，也导致人员技能提升不均衡。

2.3 安全管理不到位

安全管理在电力工程变电运行中至关重要，然而实际中存在诸多漏洞。部分企业安全管理制度不完善，责任落实不明确，导致安全管理流于形式。安全教育培训缺乏针对性和实效性，员工安全意识淡薄，对安全规程和操作规范不熟悉，容易出现违规操作。安全检查工作不细致、不深入，不能及时发现和消除安全隐患。同时，应急管理体系不健全，应急预案缺乏实战演练，在突发事故发生时，无法迅速、有效地进行应对和处置，从而扩大事故影响范围，威胁电力系统的安全稳定运行。

2.4 自然灾害影响

自然灾害对电力工程变电运行构成严重威胁。暴雨可能引发洪水，淹没变电站设备，导致设备短路、损坏；雷电产生的强电流可能击中变电站的避雷装置或直接侵入设备，造成绝缘击穿、设备烧毁；大风可能吹倒输电线路杆塔，或吹起异物搭挂在设备上，引发短路故障；地震会使变电站建筑物倒塌、设备移位、绝缘子破裂，破坏电力系统的正常运行^[2]。

3 电力工程变电运行关键技术

3.1 设备巡检技术

(1) 在线监测技术。在线监测技术可实现对变电设备运行状态的实时、连续监测。它借助安装在设备上的各类传感器，收集设备的温度、压力、振动、绝缘性能等参数，并将数据传输至监控系统。通过数据分析软件，能实时掌握设备运行状况，对比历史数据和标准值，及时发现设备异常。例如，对变压器油中溶解气体进行在线监测，可提前察觉变压器内部故障；对断路器机械特性在线监测，能了解其操作性能变化。该技术打破了传统定期巡检的时间限制，提高了故障发现的及时性，为设备状态检修提供依据，减少非计划停电，提升变电运行可靠性和经济性。(2) 机器人巡检技术。机器人巡检技术为变电设备巡检带来了智能化变革。巡检机器人配备高清摄像头、红外热成像仪、传感器等多种设备，可按照预设路线自动巡检，也可根据指令前往特定区域。它能克服人工巡检的局限性，在恶劣环境、高危区域等也能正常工作。在巡检过程中，机器人可对设备外观、温度、声音等进行检测，并将数据实时回传。通过图像识别和数据分析技术，能自动识别设备缺陷和异常。此外，机器人巡检不受工作时间和人员疲劳因素影响，可实现全天候、高频次巡检，大大提高了巡检效率。

和质量，降低人工巡检的安全风险和劳动强度。

3.2 故障诊断技术

(1) 基于信号处理的故障诊断方法。该方法主要通过对变电设备运行过程中产生的各种信号进行分析处理来诊断故障。例如，对电气设备的振动信号、电流信号、电压信号等进行采集。利用傅里叶变换、小波变换等信号处理工具，将时域信号转换为频域信号，提取信号中的特征参数。当设备出现故障时，这些特征参数会发生明显变化。比如，变压器发生局部放电故障时，其电流信号中会出现特定频率的脉冲成分。通过分析这些成分的频率、幅值等特征，结合预先建立的故障特征库，就能判断故障类型和严重程度。该方法具有计算量相对较小、实时性较好的优点，但对于复杂故障和非线性信号的处理能力有限。(2) 基于人工智能的故障诊断方法。随着人工智能技术的发展，其在变电故障诊断中得到了广泛应用。常见的方法有人工神经网络、支持向量机、深度学习等。以人工神经网络为例，它通过大量的故障样本数据进行训练，建立输入信号与故障类型之间的非线性映射关系。在诊断时，将实时采集的设备信号输入到训练好的神经网络中，网络输出即为故障诊断结果。深度学习中的卷积神经网络(CNN)在处理图像信号方面具有优势，可用于分析设备的红外热成像图像，识别设备的过热故障。基于人工智能的故障诊断方法能够自动学习和适应设备的复杂特性，对非线性、不确定性的故障有较好的诊断能力，但需要大量的高质量样本数据进行训练，且模型的可解释性相对较差。

3.3 倒闸操作技术

(1) 操作票制度。操作票制度是倒闸操作的核心规范。操作票详细记录了倒闸操作的步骤、顺序、操作设备名称及编号等信息。操作人员必须严格按照操作票内容执行操作，这能有效避免误操作。在编制操作票时，需依据调度指令、设备运行方式和现场规程，由具备资质的人员精心填写，并经过严格审核。操作前，操作人员要熟悉操作票内容，明确操作目的和注意事项。操作过程中，每完成一项操作，都要在操作票上做好标记并记录时间。操作票制度通过规范操作流程，使倒闸操作有章可循，大大提高了操作的安全性和准确性，是保障变电运行安全的重要防线。(2) 防误闭锁装置。防误闭锁装置是防止倒闸操作误操作的重要技术手段。它通过机械、电气或微机等技术原理，对操作设备的操作顺序和条件进行强制约束。例如，微机防误闭锁装置能根据设备实时状态和操作逻辑，判断操作是否合法。若操作人员试图进行违规操作，装置会发出警报并阻止操作执

行。机械防误闭锁则通过机械结构实现设备间的互锁，如开关与刀闸之间的机械连锁，确保只有在特定条件下才能进行相应操作。防误闭锁装置能有效杜绝带负荷拉合刀闸、带地线合开关等严重误操作事故的发生，为变电运行提供了可靠的安全保障，是倒闸操作中不可或缺的安全设施。

3.4 继电保护技术

(1) 继电保护装置的配置原则。继电保护装置配置需遵循选择性、速动性、灵敏性和可靠性原则。选择性要求保护装置仅切除故障部分，保证非故障部分继续运行；速动性指尽快切除故障，减少设备损坏和系统稳定破坏风险；灵敏性要求对各种故障有足够的反应能力；可靠性则保证保护装置在应动作时不拒动、不应动作时不误动。配置时，要根据变电设备类型、运行方式及故障特点，合理选择保护类型和定值。如变压器配置差动保护、瓦斯保护等；线路配置距离保护、零序保护等。同时，考虑上下级保护配合，形成完整保护体系，确保电力系统在各种工况下都能得到可靠保护。(2) 新型继电保护技术的应用。随着电力系统发展，新型继电保护技术不断涌现。智能变电站中，电子式互感器和合并单元的应用，提高了信号采集精度和传输速度。基于同步相量测量单元（PMU）的广域保护技术，能实时获取系统多点的电气量信息，实现全局故障判断和快速切除。人工智能技术也开始应用于继电保护，如利用神经网络进行故障类型识别和保护动作决策，提高保护的自适应能力。此外，自适应保护技术可根据系统运行方式变化自动调整保护定值，增强保护性能^[3]。

4 提升电力工程变电运行技术水平的策略

4.1 加强设备维护与管理

建立完善的设备维护制度，明确维护周期与标准，定期对变电设备进行全面检查、清洁、润滑和紧固。运用先进的在线监测技术，实时掌握设备运行状态，及时发现潜在问题。加强设备备品备件管理，确保在设备故障时能迅速更换。同时，对老旧设备进行评估，有计划地进行更新改造，提升设备整体性能，降低故障发生率，保障变电运行稳定。

4.2 提高人员技术水平

定期组织变电运行人员参加专业培训，涵盖新技术、新设备操作及故障处理等内容。开展技能竞赛和岗

位练兵活动，激发人员学习积极性，提升实际操作能力。鼓励人员自主学习，为其提供学习资料和在线学习平台。建立导师带徒制度，让经验丰富的员工指导新员工，促进技术传承，打造高素质的专业运维团队。

4.3 强化安全管理

完善安全管理制度，明确各岗位安全职责，加强安全监督考核。定期开展安全教育培训，通过案例分析、模拟演练等方式，增强人员安全意识和应急处理能力。加强安全检查，对变电运行现场进行全方位、常态化检查，及时发现并消除安全隐患。严格执行工作票和操作票制度，规范作业流程，确保变电运行安全有序。

4.4 应对自然灾害的措施

构建自然灾害预警系统，与气象等部门合作，及时获取灾害信息并提前做好防范。对变电站进行防洪、防雷、防风等改造，如加高变电站地基、安装避雷针、加固设备支架等。制定自然灾害应急预案，明确应急处置流程和人员分工。储备必要的应急物资和设备，定期组织应急演练，提高应对自然灾害的能力，降低灾害对变电运行的影响^[4]。

结束语

电力工程变电运行技术作为保障电力系统稳定运转的核心支撑，其重要性不言而喻。从设备巡检、故障诊断到倒闸操作与继电保护，每一项技术都紧密关联着电力供应的可靠性与安全性。当下，虽已取得诸多成果，但仍面临设备老化、人员技能差异、自然灾害威胁等挑战。未来，需持续加强技术创新，提升设备维护管理水平，强化人员专业素养，完善安全管理与应急体系。相信通过不断探索与实践，电力工程变电运行技术将迈向更高水平，为经济社会的发展提供更为坚实、稳定的电力保障。

参考文献

- [1] 陈继超. 电力系统变电运行的安全管理和设备维护探究[J]. 工程技术研究, 2020, 5(1): 176-177.
- [2] 陈亮亮. 电力工程中变电运行技术的应用剖析[J]. 科技视界, 2021(14): 69+49.
- [3] 王明辉. 浅析500kV变电运行精益化管理研究[J]. 科技视界, 2021(07): 133+140.
- [4] 孔祥明. 电力工程中的变电运行技术分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2020(91): 0143-0143.