

电力系统变电运维技术研究

金 岩

内蒙古电力（集团）有限责任公司包头供电分公司 内蒙古 包头 014010

摘 要：变电运维技术是保障电力系统稳定运行的关键，涉及设备监控、维护检修及故障处理等多个环节。当前，变电运维技术正向智能化、自动化转型，设备状态监测、智能巡检机器人及无人机、运维管理信息化等技术得到广泛应用，显著提升了运维效率和安全性。然而，技术标准不完善、数据安全与隐私保护、运维人员技术水平参差不齐等问题仍待解决。

关键词：电力系统；变电运维；技术研究

引言：变电运维技术是保障电力系统安全稳定运行的关键环节，涉及对变电站内电气设备的全面监控、维护检修与故障处理。随着科技的进步，变电运维技术正经历从传统模式向智能化、自动化转型的关键时期。本文旨在深入探讨变电运维技术的现状、关键技术、存在问题及未来发展趋势，分析智能化与自动化技术的应用、多技术融合创新以及绿色可持续发展等前沿动态，为提升电力系统运维效率与安全性提供理论支撑与实践指导，推动变电运维技术迈向更高水平。

1 变电运维技术概述

变电运维工作涉及到对变电站内各类电气设备的运行监控、维护检修以及故障处理等多个环节。其主要目标是确保设备在正常运行状态下能够持续稳定地工作，及时发现并排除潜在的安全隐患，最大限度地减少设备故障停机时间，提高电力系统的整体运行效率。

1.1 变电运维的重要性

（1）保障电力供应的连续性。变电站的稳定运行是实现电力不间断供应的前提。一旦变电设备出现故障，可能导致大面积停电事故，给社会生产和居民生活带来严重影响。通过有效的变电运维技术，可以提前预警设备故障，及时采取措施进行修复或切换，保障电力供应的连续性。（2）提高电力系统的安全性。变电设备在高电压、大电流的工况下运行，存在一定的安全风险^[1]。变电运维技术能够实时监测设备的运行参数和状态，如温度、压力、绝缘性能等，及时发现设备的异常情况，防止因设备故障引发的火灾、爆炸等安全事故，确保电力系统的安全运行。（3）优化电力系统的运行效率。合理的变电运维管理可以根据电力负荷的变化，对变电站内的设备进行优化调度和调整，降低设备损耗，提高电能质量，从而提升电力系统的整体运行效率，减少能源浪费。

1.2 变电运维技术的发展历程

传统的变电运维主要依赖人工巡检和定期检修。运维人员按照规定的时间周期对变电站设备进行外观检查、参数测量和简单的维护操作。这种运维方式存在劳动强度大、检测精度低、难以发现潜在故障等问题。随着科技的不断进步，变电运维技术逐渐向智能化、自动化方向发展。首先出现了一些基于传感器技术的设备状态监测装置，能够对设备的关键参数进行实时监测。随后，智能巡检机器人和无人机等新型巡检设备开始应用于变电运维领域，大大提高了巡检的效率和准确性。同时，信息化管理技术的发展使得变电运维数据能够得到更好的整合与分析，为运维决策提供了更加科学的依据。

2 变电运维关键技术

2.1 设备状态监测技术

（1）传感器技术。各类传感器是设备状态监测的基础。例如，温度传感器用于监测电气设备的发热情况，压力传感器可检测变压器油的压力变化，绝缘传感器能够评估设备的绝缘性能。通过在设备关键部位安装高精度的传感器，可以实时获取设备的运行数据，并将这些数据传输到监控系统进行分析处理。（2）在线监测系统。在线监测系统将多个传感器采集的数据进行集中整合和分析。它能够对设备的运行状态进行实时评估，根据预设的阈值判断设备是否存在异常。例如，变压器油色谱在线监测系统可以通过分析油中溶解气体的成分和含量，及时发现变压器内部的放电、过热等故障隐患。在线监测系统还具备数据存储和历史数据对比功能，有助于运维人员了解设备的运行趋势，提前制定维护计划。

2.2 智能巡检技术

（1）智能巡检机器人。智能巡检机器人在变电站内按照预设的路径自主运行，能够对设备进行全方位的巡检。它配备了多种检测设备，如高清摄像头、红外热像仪、超声波探测器等。摄像头可以拍摄设备的外观图

像,用于检查设备的外观完整性和有无异物附着;红外热像仪能够检测设备的温度分布,发现过热部位;超声波探测器可检测设备内部的局部放电信号。机器人将采集到的数据实时传输回监控中心,运维人员可以远程对设备进行监控和分析。(2)无人机巡检技术。无人机在变电运维巡检中主要用于对变电站的户外设备和输电线路进行巡检。它具有机动性强、视野广阔的优势。无人机搭载的高清摄像头和红外热像仪可以对设备进行远距离、多角度的拍摄和检测。特别是对于一些大型变电站和山区、跨江等复杂地形的输电线路巡检,无人机能够克服地形限制,快速高效地完成巡检任务,提高巡检的覆盖率和准确性。

2.3 运维管理信息化技术

(1) 运维管理系统。运维管理系统是变电运维信息化的核心平台。它整合了设备台账信息、运行数据、维护记录、故障信息等多方面的数据资源,实现了数据的集中管理和共享。通过该系统,运维人员可以方便地查询设备的基本信息、历史运行情况和维护记录,为设备的维护检修提供全面的参考依据^[2]。同时,运维管理系统还具备工作流程管理功能,如检修计划的制定、审批、执行和验收等环节都可以在系统内进行流程化管理,提高了运维工作的规范化和效率。(2) 大数据分析 with 智能决策。利用大数据技术对变电运维过程中积累的海量数据进行挖掘和分析,可以发现设备运行中的潜在规律和关联关系。例如,通过对设备历史故障数据和运行参数数据的分析,可以建立故障预测模型,提前预测设备可能发生的故障类型和时间,为预防性维护提供科学依据。智能决策系统则根据大数据分析的结果,为运维人员提供合理的运维策略建议,如设备的检修时机、检修项目等,实现变电运维的智能化决策。

3 变电运维技术应用现状及问题

3.1 应用现状

在电力系统的维护与运营中,变电运维技术作为关键支撑,正经历着从传统模式向智能化、自动化转型的关键时期。当前,变电运维技术的应用现状展现出以下几个显著特征:

(1) 设备状态监测技术已经成为大型变电站运维管理的核心手段。通过实时监测变压器、开关设备、互感器等关键设备的运行状态,该技术能够提前预警潜在的故障风险,从而有效避免设备故障导致的停电事故。这不仅提升了设备的可靠性和运行安全性,还显著降低了运维成本,延长了设备的使用寿命。(2) 智能巡检机器人和无人机巡检技术的应用正逐步走向成熟。这些智能

化设备凭借其高精度、高效率、全天候的优势,在变电站的巡检工作中发挥了重要作用。特别是在复杂环境和恶劣天气条件下,智能巡检设备能够替代人工完成巡检任务,有效减轻了运维人员的工作强度,提高了巡检的准确性和及时性。在一些经济发达、技术先进的地区,电力企业已经实现了智能巡检设备的规模化应用,形成了“机器代人”的新格局。(3) 运维管理信息化技术的快速发展也为变电运维带来了革命性的变化。越来越多的电力企业建立了自己的运维管理系统,实现了运维数据的数字化管理和部分业务的信息化流程。这些系统不仅具备实时监控、数据分析、故障预警等功能,还能够通过大数据分析、人工智能等技术手段,为运维决策提供科学依据,进一步提升了运维管理的智能化水平。

3.2 存在问题

尽管变电运维技术在应用方面取得了显著成效,但仍存在一些问题亟待解决。其中,技术标准不完善是当前面临的一个主要问题。随着变电运维新技术的不断涌现,相关的技术标准和规范却未能及时跟上。例如,在智能巡检机器人和无人机的应用方面,由于缺乏统一的技术标准和数据格式规范,不同厂家的设备之间兼容性较差,数据难以有效整合和共享。这不仅影响了运维效率的提升,还可能给电力系统的安全运行带来潜在风险。

3.3 数据安全与隐私保护

随着变电运维数据的大量采集和信息化管理,数据安全和隐私保护问题也日益凸显。运维数据涉及电力系统的核心运行信息,一旦泄露或被篡改,将对电力系统的稳定运行构成严重威胁。因此,加强数据安全和隐私保护成为变电运维技术发展中不可忽视的重要方面。目前,虽然一些电力企业已经采取了数据加密、访问权限控制等技术措施来保障数据安全,但在实际应用中仍存在不少漏洞和风险。例如,部分系统存在安全漏洞,容易被黑客攻击;部分运维人员缺乏安全意识,可能因操作不当导致数据泄露。因此,在数据安全与隐私保护方面,还需要进一步加强技术措施和管理手段,确保运维数据的安全性和隐私性。

3.4 运维人员技术水平参差不齐

程度还不够,缺乏相关的培训和实践经验。这导致在实际运维工作中,部分运维人员无法充分发挥新技术的优势,甚至因操作不当而引发设备故障或安全事故。针对这一问题,电力企业需要加强对运维人员的培训和技术提升工作。通过组织定期的技术培训、实践操作和考核评估等活动,提升运维人员的专业素养和技术水平。同时,还可以建立激励机制,鼓励运维人员主动学习

新技术、新方法,不断提升自身的综合素质和业务能力。

4 变电运维技术发展趋势

4.1 智能化与自动化程度进一步提高

随着信息技术的飞速发展和人工智能技术的广泛应用,变电运维技术正逐步向更高层次的智能化与自动化迈进。未来,智能设备将成为变电运维领域的主力军,它们将不仅具备自我诊断和故障预测的能力,还能根据工况需求自动调整运行参数,实现设备的优化运行。这一趋势将极大提升运维效率,降低人为错误的风险。

(1) 智能巡检机器人和无人机在变电运维中的应用也将更加智能化和自主化^[3]。这些设备将不再仅仅执行简单的巡检任务,而是能够通过先进的算法实现任务分配和协同作业。例如,多台巡检机器人可以根据预设的巡检路线和任务优先级,自主进行任务分配,协同完成对整个变电站的巡检工作。这种协同作业模式将显著提高巡检的效率和准确性,为运维人员提供更加全面、及时的数据支持。(2) 运维管理系统与智能设备的深度融合将是未来变电运维技术发展的另一大趋势。通过集成先进的算法和模型,运维管理系统将能够实现对设备状态的实时监测、故障预警和运维决策的全自动化。这将进一步减少人为干预,提高运维工作的可靠性和效率,为电力系统的稳定运行提供有力保障。

4.2 多技术融合与创新

变电运维技术的未来发展将不仅仅局限于单一技术的进步,而是将更加注重多技术的融合与创新。物联网技术、人工智能技术、虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术等先进技术的引入,将为变电运维领域带来革命性的变化。(1) 物联网技术将进一步拓展设备状态监测的范围和深度,实现变电站内设备的全面互联。通过物联网技术,运维人员可以实时获取设备的运行状态、温度、湿度等关键信息,为设备的维护和管理提供更加全面的数据支持。(2) 人工智能技术在故障诊断和预测性维护方面的应用将进一步提升运维工作的智能化水平。通过深度学习算法对大量运维数据进行分析和挖掘,人工智能系统可以实现对设备故障的精准诊断和预

测,为运维人员提供更加准确、可靠的决策依据。(3) 虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术则将为运维培训和现场操作指导带来全新的体验。通过VR技术,运维人员可以身临其境地了解设备的结构和操作流程,提高培训效果;而AR技术则可以在现场操作中提供实时的指导和支持,帮助运维人员更加准确地完成工作任务。

4.3 绿色与可持续发展

在全球倡导绿色能源和可持续发展的背景下,变电运维技术的未来发展也将更加注重节能减排和资源循环利用。新型变电设备的设计将更加注重高效节能和环保性能的提升,通过采用先进的材料和工艺降低设备运行过程中的能耗和排放。同时,在设备维护检修过程中,将加强对废旧设备和材料的回收利用,减少对环境的污染和资源的浪费。这一趋势将推动变电运维技术向更加绿色、可持续的方向发展,为实现全球能源转型和可持续发展目标贡献力量。

结束语

综上所述,变电运维技术是保障电力系统安全稳定运行的关键所在,其智能化、自动化的发展趋势以及多技术融合的创新路径,将极大提升运维效率与安全性。随着设备状态监测技术的精进、智能巡检技术的广泛应用以及运维管理信息化的深入发展,变电运维正逐步迈向更高效、更智能的新阶段。然而,面对技术标准不完善、数据安全与隐私保护挑战以及运维人员技术水平差异等问题,需持续加强技术研发、完善标准体系、强化数据安全措施并提升人员培训,以确保变电运维技术的稳健发展。

参考文献

- [1] 毕经国,卢凤,韩立业. 变电运维现场作业安全防护及监控技术研究与应用[J]. 百科论坛电子杂志,2019,(9):18-19.
- [2] 董嘉熙,刘盟. 变电运维技术在电力系统中的应用[J]. 科学技术创新.2019(09):11-15.
- [3] 刘博,张亚廷. 变电运维管理中危险点及预控措施分析[J]. 山东工业技术,2019,6(09):185.