

变电站设备常见故障分析与运维管控对策研究

张瑞刚

国家能源集团神东煤炭集团分公司神东供电中心，陕西 神木 719315

摘要：变电站作为电力输配网络的核心枢纽，其各类设备的安全稳定工况，是电网持续可靠供电的核心保障。本文以变电站主流核心设备为研究对象，重点围绕变压器、断路器、互感器等关键设备展开故障探究；系统梳理设备频发故障类型，深入剖析各类故障的成因及演化机理。结合当前变电站现场运维管理的现存短板与实际痛点，针对性提出科学、可落地的运维优化管控方案，以此提升电力设备运行的稳定性与运维工作的精细化程度，为电网长效安全稳定运行筑牢基础。

关键词：变电站设备；常见故障分；运维管控对策

DOI: 10.64649/yh.shfzykjc.issn3078-8994.202608037

0 引言

在社会经济稳步发展、新型电力系统持续建设的行业背景下，全社会生产与生活用电需求稳步提升，电网整体运行压力持续加大，变电站在电力系统中的枢纽支撑地位愈发关键。变电站设备需长期保持不间断运行、常态化带负荷运转的工作状态，外界环境侵蚀、设备自身老化、人为操作偏差等多重因素，均会诱发各类设备故障。开展变电站设备故障分析与运维管控专项研究，能够进一步完善电力设备运维管理体系，有效规避电网运行潜在风险，保障电力供应的连续性与稳定性，对助力电力行业安全、高质量发展，具备切实的工程应用价值与现实指导意义。

1 变电站核心设备常见故障及成因分析

1.1 电力变压器常见故障与成因

电力变压器作为变电站电能转换与输送的关键载体，实际运行过程中故障频发，其中绝缘类问题占比突出。设备内部绝缘油、绝缘纸板长期处在强电场与高温工况之下，绝缘介质逐步氧化碳化；绝缘性能持续衰减，由此滋生局部放电、内部短路等安全隐患。户外投运的变压器，密封构件经长期服役会逐步老化失效；潮气、雨水侵入腔体内部，绝缘介质受潮劣化，极易触发绝缘击穿，扰乱变压器平稳运行。变压器油温超标、本体过热这类问题，主要源于设备过载，或是散热系统工况失常。负荷高峰期，变压器长时间超额定工况运转，内部损耗快速上升，温升加剧，超出散热系统所能承受的工作限度。

1.2 高压断路器常见故障与成因

高压断路器故障大多来源于机械传动机构，典型表现为分、合闸拒动，机构卡涩。分合闸弹簧经过反复形变，会出现弹性减退、金属疲

劳变形；连杆、销轴等传动部件持续磨损，连接部位发生松动，再叠加积尘、油污附着，直接造成机构动作失效。操作电源电压出现波动，二次回路接线虚接，会造成机构驱动动力不足；诱发分合闸异常，直接降低断路器通断电路、故障保护的效能。电气故障主要包括触头接触不良、漏电、沿面放电。接线端子长期承受电流热效应与机械振动，极易发生氧化、松动，回路接触电阻上升，运行时局部发热，触头出现烧蚀；情况恶化后会造成供电回路断开。

1.3 互感器常见故障与成因

电流、电压互感器承担电网计量、状态监测以及继电保护任务，设备运行的稳定性，直接影响电网安全；故障主要集中在绝缘损坏、二次回路异常两大方面。户外绝缘子常年直面雨雪、扬尘、冻融等外界条件，受积污、受潮、冻胀侵蚀，绝缘结构发生损坏，进而出现闪络、漏电故障。设备内部绝缘材质自然老化，或是制造环节遗留工艺缺陷，都会拉低绝缘水平，引发内部短路，威胁设备本体与区域电网安全。电网遭遇短路冲击，负荷频繁剧烈变动，会造成电流互感器铁芯磁通饱和；测量数据失真，保护装置误动、拒动，延误故障排查处置。二次回路接线松动，绝缘外皮破损，现场施工操作不合规范，会造成信号传输紊乱，计量偏移，继电保护失灵；设备长期过载运行，铁芯损耗加大，本体持续发热，零部件老化加快，缩短互感器实际服役年限。

1.4 隔离开关常见故障与成因

隔离开关多用于检修工况下的电气隔离，设备构造并不复杂；但日常运维容易被忽视，属于变电站故障高发器件，核心故障为触头接触不良。隔离开关触头直接暴露在外，表面氧化并附着污秽，接触电阻随之升高；触头弹簧弹力衰减，传动构件磨损，触头压紧力不足，贴合间隙变大，运行过程局部发热，触头逐步

烧蚀；故障加剧后会出现设备停运，线路停电等现象。隔离开关操作卡涩，多是户外转轴、传动部件锈蚀所导致；缺少定期润滑与检修维护，分合闸阻力不断增大，最终机构无法正常动作。绝缘子长期经受日晒雨淋，冷热反复交替，本体逐步老化开裂；表面积污受潮破坏绝缘能力，发生闪络放电，诱发设备接地、线路短路，对变电站整体安全运行形成冲击。

2 变电站设备运维管控现存短板

2.1 运维模式传统，检修体系存在滞后性

现阶段，多数基层变电站依旧沿用定期检修、事后抢修的传统运维模式，整体运维体系缺乏科学规划与精准针对性。常规定期检修工作均依照固定周期推进设备检测与养护作业，并未结合设备运行工况、服役年限、承载负荷等核心参数实施差异化管控，致使设备运维普遍存在过修、漏修的双重问题。对于运行工况稳定、性能状态良好的设备，频繁的常规检修不仅耗费大量人力、物力资源，造成运维成本浪费；还会因多次拆装操作，人为增加设备故障风险。对于设备老化严重、长期高负荷运转的关键设备，固定周期的检修模式难以精准捕捉隐性缺陷与潜在故障，导致安全隐患持续累积，最终引发设备停运、供电异常等安全事故。

2.2 监测技术老旧，运维智能化程度偏低

监测技术迭代滞后、智能化应用覆盖面不足，是当前变电站运维工作的主要短板。诸多老旧变电站的设备配套体系不完善，未搭载智能化在线监测装置，设备状态核查、运行参数检测等工作高度依赖人工巡检与人工核验，整体监测效率低下，数据精准度难以保障。人工巡检作业易受人员专业经验、工作态度、户外天气及现场环境等多重因素干扰，极易出现巡检疏漏、数据记录偏差等情况，无法及时识别设备内部微小缺陷与隐性故障。同时，传统运维模式下的数据采集、汇总统计、分析研判均依靠人工完成，数据处理效率低下，难以实现设备运行数据的实时追踪与动态研判，无法精准预判设备故障的演变趋势。

2.3 运维制度体系不完善，落地执行效能不足

规范化的管理制度是变电站运维工作有序开展的核心支撑，目前部分变电站现行的运维管理制度仍存在条款笼统、流程细化不足、权责划分模糊等问题。现有运维规范多为通用性标准，未结合本站设备型号、现场运行环境、负荷运行特性制定适配的专项运维细则，导致一线运维工作标准不统一、执行无精准依据。设备巡检、日常养护、故障检修、数据台账记

录等全流程工作，缺少标准化、规范化的管控体系；部分运维人员作业流程不严谨、操作规范性不足，存在随意简化作业步骤、省略关键运维环节的情况，制度落地流于形式，整体运维管控质量难以保障。

3 变电站设备运维管控优化对策

3.1 革新运维模式，推行状态检修机制

彻底转变传统固定周期检修、事后应急抢修的被动运维思路，搭建以设备实际运行状态为核心的状态检修工作体系，切实推动运维作业精细化、高效化开展。立足变电站各类设备的结构属性、投运年限、运行负荷及历史故障台账等基础信息，分类梳理、精准制定差异化的设备运维检修方案。针对新投运、运行工况稳定的设备，合理拉长检修间隔，精简冗余检修作业，有效盘活运维人力与物资资源；针对老旧老化、长期高负荷运转及故障频发的设备，压缩巡检检测周期，聚焦设备隐患排查、性能校验等核心工作，强化全过程管控。同步建立设备全生命周期运维档案，完整归集设备投运时间、历次检修记录、故障处置台账、实时运行参数等关键信息，动态把控设备运行工况，精准研判设备老化规律与潜在故障风险，提前落实预防性运维保障措施。通过模式革新，彻底扭转以往故障后处置的被动局面，全面构建事前防控的运维工作格局，从源头减少设备故障问题发生。

3.2 升级运维技术，构建智能化监测体系

依托物联网、大数据、人工智能等新一代电力数字化技术，推进变电站运维模式智能化、数字化转型升级，稳步提升设备监测精准度与整体运维质效。在变压器、断路器、互感器等站内核心设备上配套加装在线监测终端设备，全天候采集设备温度、绝缘状态、气体浓度、振动频次、电流电压等关键运行数据，实现设备运行状态全天候动态监测、异常数据自动识别预警。搭建一体化变电站智能运维管理平台，统筹整合设备运行、日常巡检、专项检修等各类数据资源，依托大数据分析手段深挖设备故障诱因、老化演变特征，精准识别各类隐性、潜在故障隐患。与此同时，积极推广无人机自主巡检、红外测温、超声波检测等新型运维技术，替代传统人工巡检模式，有效弥补人工巡检存在的视野盲区，强化微小缺陷、隐性隐患的排查处置能力，推动变电站运维作业向智能化、自动化、高效化转型。

3.3 完善管理制度，强化标准化落地执行

结合变电站现场运行工况、设备运行特性及行业标准规范，进一步细化完善运维管理制

度与实操流程,搭建标准化、规范化、闭环化的运维管控体系。围绕设备日常巡检、定期维护、专项检修、隐患排查、故障处置等全作业链条,制定标准化操作细则,明确各类设备的运维标准、操作流程、检测频次,从制度层面杜绝不规范、随意化作业行为。细化各岗位工作权责,清晰界定运维、检修、管理等各类人员的岗位职责,实现岗位职责全覆盖、工作责任落实到人。健全运维考核与监督管控机制,将巡检作业质量、隐患整改成效、设备运行稳定性、运维资料规范性等核心内容纳入绩效考核范畴,常态化开展运维工作督查抽查,对履职不到位、操作不规范的工作人员落实考核追责。同步优化隐患闭环管理机制,建立隐患排查、登记建档、整改落实、复核校验、销号归档的全流程台账,确保各类隐患彻底整改清零,全面夯实变电站运维规范化管控水平。

3.4 加强队伍建设,提升运维人员专业素养

专业化、复合型人才队伍是保障变电站运维质量、筑牢安全生产防线的核心支撑。立足现场运维工作实际,建立常态化、系统化的人才培养机制,结合设备迭代更新、智能技术升级及一线运维工作需求,制定分层、分类的专项培训计划。针对新进员工,重点开展设备基础原理、现场实操技能、安全规章制度等基础内容培训,夯实岗位履职基本功;针对在岗资深员工,聚焦智能设备操作、数字化运维手段、新型故障处置方式等内容开展专项赋能,更新人员知识体系与技能储备。常态化开展设备故障排查、突发事件处置等应急演练,持续提升运维人员的应急响应速度与现场处置能力。搭建内部技术交流平台,定期组织技能比武、经验分享、典型案例复盘研讨等活动,梳理总结优质运维经验与高效故障处置技巧。同时,健

全人才激励奖惩机制,充分调动员工学习新技术、掌握新技能的主动性与积极性,全面提升运维队伍的综合素养与实操能力,为变电站安全稳定、高效有序运行提供坚实的人才保障。

3.5 优化环境管控模式,抓实设备隐患源头治理

立足设备安全稳定运行核心需求,深耕环境管控提质工作,从源头防控各类环境诱因引发的设备故障,夯实设备长期可靠运行的基础条件。常态化开展户外设备保洁、防腐、密封专项维护工作,及时清理设备绝缘子、触头、外壳等关键部位附着的污秽与杂质;针对设备锈蚀点位开展专项除锈防腐作业,同步更换老化失效的密封零部件,有效阻隔雨水、潮气、粉尘等外界介质侵入设备内部,杜绝外部环境侵蚀引发的设备缺陷。从严落实户内机房环境管控职责,定期对通风、除湿、温控等配套设备开展检修维保,持续保障机房温湿度、洁净度符合运行标准,规避环境参数异常导致的设备绝缘老化、设备过热等各类故障。搭建设备环境常态化巡查管控体系,重点强化恶劣天气、极端高低温等特殊工况下的设备环境监测,提前预判风险、落实防护举措。

4 结束语

本文对变电站核心设备多发故障及其诱因开展系统剖析;归纳现阶段运维管控环节存在的现实问题,结合现场实际给出多维度改进举措。电力运维属于持续性系统性工作,设备隐患处置、运维模式改良不存在终点。后续应当紧扣新型电力系统建设实际,更新运维思路;迭代技术手段,健全管理机制,推动运维业务向精细化、智能化方向稳步迭代。

参考文献:

- [1] 李路明.基于边缘计算的变电站设备故障识别系统设计策略与实验[J].华东科技,2026,(7):122-124.
- [2] 孙潇.变电站设备状态监测与故障诊断方法[J].信息记录材料,2026,27(13):43-45.
- [3] 伊海鹏.变电站设备状态检修技术的应用[J].光源与照明,2026,(6):101-103.
- [4] 毛坤瑶.基于深度学习的变电站设备故障预测与健康管理的策略[J].城市建筑空间,2025,32(S2):488-489.
- [5] 金秋怡.基于物联网的变电站设备状态监测与运维调度策略研究[J].家电维修,2025,(12):116-118.
- [6] 唐谦.储能技术在变电站测控系统故障保护与恢复中的应用研究[J].光源与照明,2024,(7):147-149.

作者简介:张瑞刚(1985.11—),男,蒙古族,内蒙古人,本科,注册安全工程师,研究方向:电力工程。