

电力设备运维检修探析

张学坤¹ 张媛滋²

1. 国网柘城县供电公司 河南 商丘 476200

2. 河南省引江济淮工程有限公司 河南 商丘 476200

摘要：电力设备运维检修是保障电力系统稳定运行的关键环节。本文全面探讨了电力设备运维检修的分类、特点、定义、内容及其重要性。随着技术发展，状态监测、故障诊断、数据分析等新技术逐渐应用于运维检修中，提升了检修效率和准确性。文章还分析了运维检修的实践应用，包括不同类型设备的检修策略和案例分析。面对技术、人员素质和管理制度等方面的挑战，提出了相应的解决方案。本文旨在为电力设备运维检修提供理论指导和实践参考。

关键词：电力设备；运维检修；新方法和技术

引言：随着电力行业的快速发展，电力设备作为电力系统的核心组成部分，其运维检修工作显得尤为重要。电力设备的安全稳定运行直接关系到电网的可靠性和用户的用电体验。本文旨在深入探析电力设备运维检修的现状与挑战，探讨新技术、新方法在运维检修中的应用，以及如何通过优化管理模式和提升人员素质来提高运维检修效率和质量。通过本研究，期望能为电力设备运维检修提供有益的参考，推动电力行业的高质量发展。

1 电力设备运维检修概述

1.1 电力设备的分类和特点

(1) 输变电设备：包括变压器、输电线路、断路器等，承担电力远距离传输与电压变换任务。其特点是覆盖范围广、运行环境复杂，长期暴露在户外，易受气候、地质条件影响，对绝缘性和机械强度要求极高。

(2) 配电设备：如配电柜、配电变压器、电缆等，主要用于电力的分配与终端供给。这类设备分布密集、贴近用户端，运行负荷波动大，需具备较高的灵活性和安全性，以适应多样化的用电需求。(3) 发电机组设备：涵盖汽轮机、水轮机、发电机等，是电力生产的源头。其特点是结构复杂、联动性强，运行时承受高温、高压等严苛工况，对稳定性和效率要求严格。

1.2 运维检修的定义及内容

运维检修是保障电力设备正常运行的系统性工作，通过技术手段对设备进行监测、维护和修复。(1) 预防性检修：基于设备运行规律和历史数据，定期开展检查、清洁、试验等工作，提前排除潜在故障，例如定期对变压器进行油质检测。(2) 故障检修：当设备发生突发故障时，及时进行诊断、抢修，以最快速度恢复设备功能，减少停电时间，如线路短路后的紧急抢修。(3) 状态检修：借助在线监测技术实时采集设备状态数据，

结合数据分析评估设备健康状况，按需制定检修计划，实现“应修必修”。

1.3 运维检修的重要性

(1) 提高设备运行可靠性：通过持续的运维检修，可及时发现并处理设备隐患，确保设备在额定参数下稳定运行，减少非计划停机。(2) 延长设备使用寿命：定期维护能有效减缓设备老化速度，降低部件磨损程度，避免因小故障引发连锁损坏，从而延长设备整体使用周期。(3) 降低电网故障率：通过对各类设备的全方位检修，可提升电网整体抗风险能力，减少因设备故障导致的停电事故，保障电力供应的连续性和稳定性。

2 电力设备运维检修的新方法和技术

2.1 状态监测与故障诊断技术

(1) 在线监测技术及应用：该技术通过在变压器、断路器等关键设备上安装传感器，实时采集温度、振动、油中气体等参数，并借助通信网络传输至监控中心。例如，在高压输电线路部署光纤光栅传感器，可全天候监测线路温度和应力变化，及时预警覆冰、过载等风险，目前已在我国特高压电网中广泛应用，大幅提升了线路运行的可控性。(2) 带电检测技术：无需停电即可对设备进行检测，避免了传统停电检修造成的供电中断。常见技术包括红外热像检测、超声波检测等，如利用红外热像仪对配电柜进行扫描，可快速识别接触不良导致的局部过热缺陷；通过超声波检测仪可判断GIS设备（气体绝缘开关设备）的漏气情况，该技术在城市配电网检修中应用尤为广泛，每年减少停电时间超千万小时。(3) 数据分析与智能诊断方法：依托大数据和人工智能算法，对海量监测数据进行深度挖掘。通过构建设备故障模型，实现故障类型的自动识别和寿命预测。例如，基于机器学习的变压器故障诊断系统，可结合油中

溶解气体数据和历史故障记录,准确率达90%以上,显著提升了故障判断的效率和精度^[1]。

2.2 运维检修模式的创新

(1) 基于风险的运维检修策略:综合考虑设备故障概率、故障后果严重程度等因素,将设备划分为高、中、低风险等级,优先对高风险设备开展检修。例如,对位于负荷中心的主变压器采用缩短检修周期的策略,而对偏远地区的备用设备适当延长检修间隔,既保障了电网安全,又降低了运维成本。(2) 综合状态评估方法:融合设备运行数据、环境参数、历史检修记录等多维度信息,构建综合评估指标体系。通过加权评分法或模糊综合评价法,量化设备健康状态,为检修计划制定提供客观依据。某省级电网公司应用该方法后,检修计划的合理性提升40%,无效检修率下降30%。(3) 全生命周期管理:从设备采购、安装、运行到退役的全阶段进行跟踪管理,建立完整的设备档案。通过分析设备在不同阶段的性能变化规律,优化维护策略。例如,在设备采购阶段引入可靠性参数评估,运行阶段动态调整检修方案,退役阶段开展残值评估和环保处理,实现设备全周期成本最小化。

2.3 新技术在运维检修中的应用

(1) 机器人巡检技术:适用于变电站、地下电缆隧道等复杂环境。轮式巡检机器人可自主导航,搭载高清摄像头、红外热像仪等设备,对设备外观、仪表读数进行自动识别;履带式机器人则能在泥泞、积水等恶劣环境中作业,目前已在我国500kV及以上变电站实现常态化应用,巡检效率较人工提升5倍以上。(2) 无人机巡检:在输电线路巡检中优势显著,无人机搭载激光雷达和高清相机,可快速完成跨山、跨河线路的巡检,精准识别导线断股、绝缘子破损等缺陷。相比传统人工巡检,无人机巡检覆盖范围扩大10倍,且能避免人员登塔作业的安全风险,在我国西部高原、山区电网中发挥了重要作用。(3) 虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术在运维培训中的应用:VR技术可构建虚拟变电站场景,学员通过佩戴VR设备进行模拟操作,体验倒闸操作、故障处理等流程,无需接触真实设备即可积累实操经验;AR技术则能将设备内部结构、检修步骤等信息叠加到真实场景中,指导现场人员开展复杂检修工作,如变压器内部部件更换,使培训周期缩短60%,新手操作失误率下降50%^[2]。

3 电力设备运维检修的实践应用

3.1 不同类型设备的运维检修策略

(1) 输变电设备的运维检修:重点围绕高压输电线

路和变电站设备展开。对于输电线路,采用“无人机巡检+人工复检”的模式,每月通过无人机完成全线扫描,对发现的导线腐蚀、杆塔倾斜等隐患,由专业团队登塔检修;变电站设备则实施“在线监测+季度预防性试验”,利用变压器油色谱在线监测系统实时追踪绝缘状态,每季度开展断路器机械特性测试,确保设备在高负荷状态下稳定运行。(2) 配电设备的运维检修:聚焦于提升终端供电可靠性。采用“网格化巡检”策略,将城市配电网划分为多个区域,每个区域配置专职巡检团队,每周对配电柜、电缆分支箱进行外观检查和红外测温;针对老旧小区的配电变压器,推行“状态评估+轮换检修”模式,根据负载率和绝缘老化程度,优先更换超服役年限设备,减少低压故障跳闸次数^[3]。(3) 发电机组设备的运维检修:以保障发电效率为核心。火电机组实行“计划性检修与状态检修结合”,每运行1万小时开展汽轮机叶片探伤、锅炉受热面检查等大修工作,同时通过振动监测系统实时监控发电机轴系状态;水电机组则重点关注水轮机过流部件磨损情况,每年汛期前进行转轮检查和导叶调整,确保枯水期与汛期的发电稳定性。

3.2 运维检修的实际操作案例分析

(1) 实际操作中的问题解决:某省级电网公司在220kV变电站检修中,发现主变压器存在局部放电超标问题。传统检测方法难以定位故障点,技术团队采用超声波定位与油中气体组分分析相结合的方式,最终确定为绕组绝缘老化。通过热油循环处理并更换绝缘纸,成功消除隐患,避免了变压器突发停运。此外,在10kV配电线路检修中,针对树障引发的频繁跳闸问题,采用“无人机砍剪+红外测温跟踪”方案,3个月内线路故障次数下降70%。(2) 运维检修的效果评估:某风电场通过引入状态检修模式,将风机故障检修从“故障后抢修”转变为“预测性维护”。实施1年后,风机平均无故障运行时间从180天延长至280天,年检修成本降低35万元,发电量提升8%。某城市配电网改造中,通过配电设备全生命周期管理,线路平均停电时间从4.5小时/年缩短至1.2小时/年,用户满意度提升至96%。

3.3 运维检修的经济效益与社会效益分析

(1) 运维检修成本的降低:智能化运维技术的应用大幅减少了人工和材料成本。某发电集团采用机器人巡检替代传统人工,单台机组年检修工时减少1200小时,人工成本降低40万元;通过状态检修优化,设备备品备件库存减少30%,资金占用成本下降250万元/年。(2) 提高电网稳定性和供电可靠性:精细化的运维检修使电网故障率显著下降。2024年,全国跨区输电通道因设备

故障导致的停运时间同比减少65%，城市核心区配电网供电可靠率达99.996%，达到国际先进水平。（3）对社会的积极影响：可靠的电力供应为工业生产提供了保障，某工业园区因供电可靠性提升，年减少因停电造成的生产损失超2000万元；农业灌溉用电稳定后，粮食产区抗旱保收能力增强，年增产粮食约5000吨。同时，停电时间缩短降低了居民生活不便，提升了社会整体运行效率^[4]。

4 电力设备运维检修的挑战与对策

4.1 技术挑战与解决方案

（1）高电压等级设备的运维检修难题：特高压设备（如1000kV变压器、GIS组合电器）绝缘结构复杂，运行中承受巨大电场应力，传统检测方法易受干扰，且检修过程存在高安全风险。解决方案包括研发专用超高频局部放电检测仪，通过定向耦合技术精准捕捉设备内部放电信号；采用“模块化检修”模式，将大型设备拆解为独立模块，提前在工厂完成预检测与更换，减少现场作业时间，目前该技术已在我国特高压变电站成功应用，检修效率提升50%。（2）复杂环境下的设备检测：在高原、沿海、荒漠等区域，设备易受低温、盐雾、沙尘影响，检测设备故障率高。针对这一问题，开发耐极端环境的监测传感器，如在沿海地区采用防腐涂层的温湿度传感器，在高原地区使用低气压自适应的气体检测仪；同时构建“环境-设备”关联模型，结合气象数据动态调整检测频率，例如台风季前增加沿海线路的无人机巡检次数，使复杂环境下的设备故障检出率提升至92%。

4.2 人员素质与技能提升

（1）专业人员的培养与引进：面对智能检测设备操作、数据分析等新需求，电力企业与高校合作开设“智能运维”定向班，培养兼具电力知识与信息技术的复合型人才；同时引进人工智能、机器人技术等领域的专业人才，组建跨学科技术团队，某电网公司通过该方式使智能诊断团队人员规模两年内扩大3倍，解决了技术断层问题。（2）技能培训和知识更新：建立“线上+线下”培训平台，线上通过VR模拟系统开展带电作业、机器人操作等虚拟实训，线下定期组织技术沙龙，邀请专家讲

解状态监测、大数据分析等前沿技术。此外，实施“师带徒”制度，由资深技师传授复杂设备检修经验，确保员工技能与技术升级同步，某省电力公司通过该模式使员工技能达标率从75%提升至93%。

4.3 管理制度与政策的完善

（1）制定科学的运维检修管理制度：建立“设备健康度-检修优先级”联动机制，根据状态评估结果动态调整检修计划，避免过度检修或遗漏；推行“运维责任终身制”，明确设备从投运到退役的全周期管理责任，将检修质量与绩效考核挂钩，某发电集团实施后，设备非计划停运率下降40%。（2）加强政策支持和资金投入：政府层面出台智能运维设备采购补贴政策，对变电站机器人、无人机等设备给予30%的购置补贴；设立电力运维技术创新基金，支持状态监测芯片、智能诊断算法等关键技术研发，2024年全国电力运维技术研发投入同比增长25%，推动了50余项新技术落地应用，为运维检修升级提供了资金与技术支撑。

结束语

综上所述，电力设备运维检修是确保电力系统安全、稳定、高效运行的重要基础。随着技术的不断进步，状态监测、智能诊断、无人机巡检等新技术的应用，将进一步提升运维检修的精准度和效率。同时，加强人员培训和制度建设，构建科学管理体系，也是提升运维检修水平的关键。未来，我们应持续关注电力设备运维检修领域的新动态，不断创新和完善，为电力行业的高质量发展贡献力量。

参考文献

- [1]王熹瞳.探讨电力设备运维管理及安全运行[J].中国设备工程,2023,3(04):58-60.
- [2]余烈均.智能技术在电力设备运维检修中的应用[J].电子技术,2024,53(11):230-231.
- [3]刘博,翟文松.人工智能技术在电力设备运维检修中的研究及应用[J].产业科技创新,2024,6(04):48-50.
- [4]孔运运.智能技术在电力设备运维中的应用[J].电子技术,2024,53(05):88-89.