

电网运行维护管理模式创新研究

宫云鹏 刘喜龙

内蒙古电力（集团）有限责任公司锡林郭勒供电公司

DOI:10.12238/jpm.v6i9.8409

[摘要] 随着电力体制改革的深入推进和新能源发电的大规模并网，电网运行环境日益复杂，传统的“事后抢修、计划检修”管理模式已难以适应高可靠性、高灵活性的电网运行需求。电网运行维护管理作为保障电力持续供应的核心环节，其模式创新直接关系到电力系统的安全稳定、供电质量及运营效率。本文结合智能电网技术发展趋势，分析当前电网运行维护管理的瓶颈，探讨基于数字化、智能化的管理模式创新路径，为构建现代化电网运维体系提供参考。

[关键词] 电网运行；维护；管理；模式

Innovative Research on the Operation, Maintenance and Management Mode of Power Grid

Gong Yunpeng Liu Xilong

Inner Mongolia Power (Group) Co., Ltd. Xilingol Power Supply Company

[Abstract] With the deepening of power system reform and the large-scale integration of new energy generation into the grid, the operating environment of the power grid is becoming increasingly complex. The traditional management mode of "post repair and planned maintenance" is no longer able to meet the high reliability and flexibility requirements of power grid operation. As the core link to ensure the continuous supply of electricity, the innovation of power grid operation and maintenance management directly affects the safety, stability, power supply quality, and operational efficiency of the power system. This article combines the development trend of smart grid technology, analyzes the bottlenecks of current power grid operation and maintenance management, explores innovative paths for management models based on digitization and intelligence, and provides reference for building a modern power grid operation and maintenance system.

[Key words] power grid operation; maintain; management pattern

引言

《“十四五”现代能源体系规划》明确提出，要加快智能电网的建设，提升电力系统的数字化、智能化水平，推动电力的高效、绿色、安全运行。电力运行维护管理建设作为智能电网发展的重要环节，通过整合资源、优化管理、提升设备监控与故障预测能力，确保电网的高效运转。然而，随着智能电网规模的扩大，运维管理面临更加复杂的挑战，调度系统的响应滞后、设备监控的覆盖不足及安全防护措施的薄弱等问题日益凸显。在此背景下，探索智能电网电力运行维护管理建设的提升路径，推动智能电网的高效运行与可持续发展，成为当前电力行业亟待解决的课题。

1 智能电网对电力运行维护管理的推动作用

1.1 提高运行效率 and 安全性

智能电网通过集成先进的信息通信技术、自动化控制系统

和大数据分析，极大地提升了电力系统的运行效率和安全性。在电力运行维护管理的框架下，智能电网能够实时监测电网各个环节的运行状态，包括发电、输电、配电及用户端设备的实时数据。这些数据通过智能传感器和自动化控制系统快速传输至中央控制平台，为电力运营提供精准的动态信息，从而优化电力调度和负荷分配，确保电力供应的稳定性。通过智能化调度系统，电网能够在负荷变化和突发事件发生时，自动做出响应调整，减少人为操作失误，提高了电网的自愈能力。灵活的应急响应和负荷调节能力，不仅提高了电力系统的可靠性，也有效降低了故障发生率。

1.2 提升维护管理的效率和质量

在电力运行维护管理过程中，智能传感器和物联网技术的应用，使得电网设备的健康状况、运行参数、负荷变化等信息能够被实时监控和记录。这些数据不仅为维护人员提供了精确

的设备运行状态，还能够通过智能算法进行深度分析，帮助预测设备的故障趋势，优化维修计划和资源调配。在智能电网环境下，运维管理可以通过集中化的远程监控平台进行精准调度，自动识别故障源并触发预警系统，避免了传统维护中人工巡检的盲目性和滞后性。此外，智能电网的自适应修复能力使得设备故障的修复过程更加高效。智能化的故障检测与诊断系统能够精确锁定故障点，为维护人员提供明确的操作指导，减少了因不确定性故障定位带来的维修时间浪费，使得电力系统的维护管理更加精准、高效，提升了电网的整体运行质量和可靠性。

2 电网运行维护管理的现状与挑战

2.1 传统管理模式的局限性

我国电网运行维护长期采用“分区负责、计划检修”的模式，即按行政区域划分运维责任，依据设备运行年限制定检修计划。这种模式在电网规模较小、结构简单的时期发挥了重要作用，但在新型电力系统背景下逐渐暴露出弊端：（1）检修过度与不足并存：计划检修依赖经验判断，部分设备未达故障周期即停机检修，造成人力物力浪费；而部分老旧设备因未及时检测出现突发故障。调度系统、设备管理系统、计量系统的数据未实现互联互通，运维人员难以获取设备全生命周期信息，故障诊断依赖现场经验，平均故障定位时间超过1.5小时。（2）新能源消纳适应性差：风电、光伏等间歇性电源的大规模并网，导致电网潮流波动加剧，传统运维模式缺乏对动态负荷的实时响应能力。

2.2 新型电力系统带来的挑战

“双碳”目标推动下，电网呈现“高比例新能源、高比例电力电子设备”特征，给运维管理带来新挑战。（1）设备类型多元化：除传统发电机、变压器外，储能电站、换流站、电动汽车充电桩等新型设备大量接入，运维技术要求显著提升，现有人员技能结构难以匹配。（2）故障传播速度加快：电力电子设备的快速响应特性使故障影响范围扩大，某地区配电网因分布式光伏逆变器故障引发的连锁跳闸，在10分钟内影响5000余用户。（3）分布式电网管理难度增加：微电网、虚拟电厂等分布式能源系统的兴起，打破了传统垂直化管理模式，需要构建多主体协同的运维机制。

3 智能电网电力运行维护管理建设的提升路径

3.1 优化智能调度，提升系统响应速度

智能电网通过提高调度系统的精准性、灵活性和自动化水平，能够有效提升电网的运行效率、缩短故障停运时间，并确保在复杂环境中能够快速响应各种负荷和故障变化，为电力系统的安全、可靠运行奠定坚实基础。为实现这一目标，优化智能调度系统需要依赖更加精准和高效的负荷预测技术。通过整合用户用电数据、气象信息、历史负荷数据及实时监控数据，智能电网能够准确预测未来一段时间的负荷变化趋势。这些预

测结果能够为调度系统提供实时、精准的负荷调度参考，避免过度负荷或负荷不足的情况发生。同时，智能电网的优化调度还需要结合自适应调度算法，以应对电网中复杂的动态变化。传统的电网调度系统通常以静态、预设的方式进行调度，但面对高比例可再生能源（如风能、太阳能、潮汐能）接入、用户需求波动及设备运行状态的变化，传统模式显得力不从心。而智能调度系统通过实时反馈机制，能够根据电网运行状态和外部因素的变化，快速调整电力调度策略。通过结合实时数据、自动化控制和灵活的调度算法，智能电网能够实现自适应调度，快速响应系统负荷变化或突发事件，极大提高了电网响应速度。在此基础上，智能电网的调度系统还可以通过多层次的优化调度进行分布式能源资源的调配。随着分布式发电和储能系统的不断普及，智能电网必须具备多源能源协调调度的能力。例如，通过分布式储能系统（如电池储能）和需求响应机制，智能电网能够在用电高峰期间平衡电网负荷，减少对传统发电机组的依赖，优化电力资源的利用效率。调度系统不仅能够实时协调传统电源和可再生能源的比例，还能调度储能系统在负荷低谷时充电，在负荷高峰时放电，平衡供需关系，确保电网稳定运行。

3.2 智能化运维模式构建

依托物联网技术构建全域感知网络：在输电线路路上安装覆冰传感器、微风振动监测仪，实时监测导线状态；在变压器内部植入光纤光栅传感器，监测绕组温度与局部放电；在配电网部署智能断路器，实现故障自动定位。监测数据通过5G/北斗混合组网传输至云端平台，采用AI算法进行异常识别，提升预警准确率。基于大数据分析构建设备健康评估模型，综合考虑运行年限、负荷特性、环境因素等参数，生成设备健康指数（0-100分）。当指数低于60分时，系统自动推送检修建议；低于30分时，触发紧急抢修流程。同时，结合数字孪生技术模拟不同检修方案的效果，优化资源调配。推广智能巡检装备替代人工巡检：变电站采用轮式巡检机器人，实现设备红外测温、仪表读数的自动完成，巡检效率提升5倍；输电线路巡检采用多旋翼无人机，搭载激光雷达与高清相机，可识别导线断股、绝缘子破损等缺陷，山区线路巡检周期从1个月缩短至1周。

3.3 精益化管理机制创新

梳理电网运维的核心流程，消除非增值环节：将传统的“故障上报-调度派单-班组接收-现场处理”四步流程，优化为“系统自动派单-无人机初查-专业班组处置”的三步流程，减少中间环节耗时。同时，建立标准化作业指导书（SOP），规范运维操作流程和事项，最低作业错误率。构建从“采购-运行-检修-退役”的全生命周期管理体系：在设备采购阶段纳入运维适应性评估指标；运行阶段建立动态健康档案；检修阶段采用模块化更换技术，缩短停电时间；退役阶段实施资源化回收。

建立“可靠性-效率-成本”三维评价体系：将供电可靠率（RS-3）、平均故障恢复时间（MTTR）作为核心指标，替代传统的“检修完成率”；引入成本效能比（每万元运维投入带来的可靠性提升），引导资源向高价值环节倾斜。评价结果与班组绩效直接挂钩，激发员工积极性。

3.4 协同化运维生态构建

针对分布式光伏、风电的运维需求，搭建包含发电企业、用户、电网公司的协同平台：实时共享分布式电源出力数据与配电网负荷数据，实现出力预测与调度优化；建立分布式电源并网检测认证机制，确保设备符合运维标准；推行“代运维”模式，由专业机构为小型用户提供统一运维服务，降低管理成本。建立区域间运维资源共享池，整合抢修队伍、备品备件、特种车辆等资源，通过统一调度平台实现应急支援。制定跨省抢修预案，明确支援响应时间（相邻省份2小时内到达，跨省4小时内到达）。开发用户侧APP，允许用户上报停电故障、查询抢修进度；针对高可靠性需求用户（如医院、数据中心），提供定制化运维服务，包括设备定期检测、应急电源保障等；建立用户停电损失保险机制，由电网企业与保险公司共同承担停电风险，提升用户满意度。

3.5 强化安全防护，提升网络运行稳定性

随着智能电网逐步向全面自动化、信息化、数字化方向发展，系统的复杂性和开放性也带来了更加严峻的安全风险，特别是在信息网络和设备控制系统方面的安全防护。为了应对这些挑战，智能电网必须在整体设计和运维过程中，强化多层次的安全防护体系，提升网络运行的稳定性。一方面，智能电网的安全防护需要从网络层面强化。电力系统的数字化转型使得电网的操作和监控高度依赖信息通信技术（ICT）。然而，这也导致电网面临着来自网络攻击、恶意软件、病毒入侵等网络安全威胁。为有效防范这些风险，智能电网必须加强网络架构的安全设计，采用多层次的防护措施，例如基于防火墙、入侵检测系统（IDS）、入侵防御系统（IPS）等技术，对电网数据传输和信息交互进行严格管控。尤其是在涉及控制命令的传输环节，必须实施加密和认证技术，确保命令传输的安全性和有效性。另一方面，智能电网的安全防护还应涵盖应急响应和恢复能力的建设。在实际运行中，电网面临着各种突发事件的威胁，如自然灾害、设备故障和人为破坏等。为提高网络运行的稳定性，智能电网需要建立高效的应急响应机制，包括灾难恢复方案和应急调度系统。在发生安全事件时，智能电网应能够快速识别安全风险源，及时采取隔离、切换等应急措施，最大限度地减少电力供应中断或数据泄露的影响。同时，智能电网还应加强系统的恢复能力，通过定期的灾难演练和备份机制，确保在发生大规模故障时能够迅速恢复正常运营，保证电网的安全性和稳定性。

4 创新模式实施的保障措施

4.1 技术标准体系建设

制定智能化运维技术标准，包括传感器接口规范、数据传输协议、状态评估指标等，确保不同系统的兼容性。例如，统一输电线路监测数据的采样频率（1分钟/次）与存储格式；规范数字孪生模型的精度要求（误差≤5%）。建立标准验证平台，对智能装备、算法模型进行认证，避免技术碎片化。

4.2 人才培养与团队建设

构建“技术+管理”复合型人才培养体系：开展智能巡检、AI算法、数字孪生等技术培训，结合实际工作操作和理论考试，注重实际应用解决问题的能力；组织跨专业轮岗，培养既懂调度又掌握物联网技术的全能型人才；引进大数据分析师、机器人运维工程师等新兴岗位，优化人员结构。

4.3 政策与激励机制

争取政府层面的政策支持，将智能化运维纳入电力改革试点范围；设立创新基金，鼓励运维技术研发与成果转化；对采用协同运维模式的企业给予税收优惠，降低参与门槛。建立创新容错机制，允许在试点过程中出现技术性失误，营造鼓励创新的氛围。

结束语

电网运行维护管理模式创新是新型电力系统发展的必然要求，其核心在于通过数字化技术打破传统管理壁垒，以精益化理念提升运维效率，用协同化机制适应多元主体参与。实践表明，智能化、精益化、协同化的运维模式可使供电可靠率提升，降低运维成本，为电力系统的安全高效运行提供有力支撑。未来，随着人工智能、区块链、元宇宙等技术的深入应用，电网运维将向“无人化、自愈化、社会化”方向发展：实现设备自主诊断与修复，通过区块链建立分布式信任机制，实现多主体的自主协同；依托元宇宙技术打造虚拟运维空间，支持远程协同作业。电网企业需持续推动技术创新与管理变革，构建具有中国特色的现代化电网运维体系，为能源革命与“双碳”目标实现提供坚实保障。

[参考文献]

- [1]王楠，曲云鹏，郭奉. 电网运行维护管理模式创新研究[J]. 企业管理，2021，（S1）：352-353.
- [2]陶婷婷，刘洋，王姝丽.“互联网+”电网运行维护管理模式创新模式新变革[J]. 企业管理，2019，（S1）：108-109.
- [3]姜雄亮. 智能变电站在运维一体化模式下的运维管理研究[D]. 湖南大学，2019.
- [4]贾兴林. 农村低压电网运行维护管理模式创新研究[J]. 科技创新与应用，2016，（03）：184.
- [5]常胜. 微机保护故障处理及维护模式探讨[J]. 电力自动化设备，1996，（01）：45-47.