

精益化管理模式下智能配电网运维一体化技术研究

沙 飞 拜妹羽

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要]在新型电力系统加速建设的大背景下,河南电网呈现出负荷规模大、网架结构复杂、城乡供电水平不均衡、新能源并网占比逐年攀升的显著特点。与此同时,传统配网运维模式流程繁琐、各专业分工零散、故障处置响应慢、人力物力资源浪费较多,整体运行管理模式相对粗放,已经跟不上现代化电网高效、稳定运行的发展要求。以精益化管理为核心思路,聚焦智能配网运维一体化建设方向,结合河南电网的地域特性、现存运维短板以及行业发展现状,系统阐述配网精益一体化运维的核心内涵、配套技术体系以及整体架构模型。实践研究表明,将精益管理理念与一体化运维技术深度融合,能够全方位提升电网供电可靠性、运维工作效率和各类资源利用率,有效改善河南城乡配网运维资源失衡、故障抢修效率低、设备管控粗放等突出问题,以供参考。

[关键词]精益化管理;智能配电网;运维一体化;电网运维

DOI: 10.33142/hst.v9i6.20078

中图分类号: TM726.1

文献标识码: A

Research on Integrated Technology of Intelligent Distribution Network Operation and Maintenance under Lean Management Mode

SHA Fei, BAI Shuyu

Zhengzhou Power Supply Company of State Grid He'nan Electric Power Company, Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: Against the backdrop of accelerated construction of new power systems, the Henan power grid presents significant characteristics such as large load scale, complex grid structure, uneven urban-rural power supply level, and increasing proportion of new energy grid connection year by year. At the same time, the traditional distribution network operation and maintenance model has cumbersome processes, scattered division of labor among various professions, slow response to fault handling, and significant waste of human and material resources. The overall operation and management model is relatively extensive and cannot keep up with the development requirements of modern power grid for efficient and stable operation. Taking lean management as the core idea, focusing on the direction of intelligent distribution network operation and maintenance integration construction, and combining the regional characteristics of Henan power grid, existing operation and maintenance shortcomings, and industry development status, this paper systematically expounds the core connotation, supporting technical system, and overall architecture model of lean integrated operation and maintenance of distribution network. Practical research has shown that deeply integrating lean management concepts with integrated operation and maintenance technologies can comprehensively improve the reliability of power supply, operation and maintenance efficiency, and utilization of various resources in the power grid. It can effectively improve prominent problems such as the imbalance of operation and maintenance resources, low fault repair efficiency, and extensive equipment management and control in Henan's urban and rural distribution network, for reference.

Keywords: lean management; intelligent distribution network; integrated operation and maintenance; power grid operation and maintenance

引言

如今电网朝着数字化、智能化方向快速升级,过去运行、检修、维修分开开展的碎片化运维模式,越来越暴露出诸多问题^[1]。各专业之间壁垒严重、工作流程繁琐拖沓,

人力、设备等资源调配不够精细,设备故障处理耗时久、效率低,已经跟不上智能配网海量终端设备、复杂电网架构和动态变化的运行工作需求。精益化管理主要围绕提升质量、降低成本、提高效率、防控风险四大核心目标,通

过优化工作流程、依托数据赋能开展精准、闭环的管控工作，能够有效减少各类冗余消耗和资源浪费，是适配现代配网发展的核心管理模式^[2]。而运维一体化技术，彻底打破了各专业的分工壁垒，把电网运行、设备检修、故障抢修、实时监测等所有相关业务整合贯通，搭建起全覆盖、一体化的运维工作体系，为配网智能化升级打通了关键路径。河南是用电负荷大省，电网地域特点十分鲜明：中部城市用电负荷集中、电网架构密集，西北部山地输电线路跨度长、分布零散，东部和南部农村电网覆盖范围广、老旧设备多、老化问题突出。以往粗放式的运维管理模式，已经完全适配不了河南电网差异化、复杂化的运维现状^[3]。当下急需以精益化管理为核心导向，落地应用运维一体化技术，打造贴合河南地域特色的智能配网运维体系，切实提升区域供电稳定性、压缩运维成本、加快故障应急处置速度，为地方工业生产、百姓日常用电提供坚实可靠的电力保障。

1 相关理论与核心技术概述

1.1 精益化管理核心内涵

精益化管理最早来源于制造业的精益生产模式，包含四大核心维度：①流程精益，把巡检、设备检修、故障抢修整条工作链路理顺打通，不出现断点；②管控精益，设备、作业人员、备品物料、安全风险全都纳入精细化管理，不留管理盲区；③数据精益，打破各系统信息隔绝的问题，数据互通还能拿来分析研判；④是考核精益，全部用量化指标评判工作好坏，做完有评价、有整改，形成完整工作闭环^[4]。

1.2 智能配电网运维一体化技术体系

智能配电网一体化运维打通各专业、上下级、不同区域间的壁垒，借助数字化智能手段整合在线监控、现场巡检、故障抢修、设备检修、资料台账、风险管控等全部业务，建成覆盖全范围的感知监测、智能分析研判、统一调度指挥、现场规范作业、全流程闭环管理的整套运行体系。依靠物联网、大数据、数字孪生、人工智能巡检等核心技

术配合运转，实现故障提前预判、多方协同作业、数据精细化管控的新模式^[5]。

1.3 精益化管理与运维一体化的耦合关系

精益化管理是推进运维一体化落地的核心思路，能搭好完整的作业流程、管控规则和考核标准，做到提升工作质量、缩减运营成本；运维一体化相关技术则是落地执行的工具，依靠数字化、智能化手段打破纯人工操作的短板，让电网管控更精准、办事效率更高。管理和技术两者互相配合、缺一不可，更好满足当下电网的运行要求。

2 河南电网特色及运维现状与问题分析

2.1 河南电网特色及运维现状

河南是中部地区关键的电力枢纽，本地配电网自身特点突出，存在不少难解决的问题和薄弱环节。豫中城区电线网架铺得密、用电负荷扎堆，工作重点放在精细化管理和快速调度上；豫西、豫北山地丘陵多，输电线路分布零散，很多隐藏故障不易发现，靠人工实地巡查工作效率还很低；豫东、豫南以农田村镇为主，配网线路设备老化严重，覆盖范围又广，每到农忙时节用电量起伏特别大，保障稳定供电的压力不小。另外，河南整体用电量在中部省份里排第一，遇上大风、高温这类极端天气，用电高峰和低谷的用电量差距也越来越大，电网设备容易超负荷运转，跳闸停电的概率大幅上升。现在大量分布式新能源接入电网后，会打乱原有电力流向，电压也容易忽高忽低，进一步增加电网运维工作量和运行安全隐患。再加上城乡之间运维人力、设备分配不均衡，城市电网智能化程度高、专业运维队伍完善，县城和乡下的配网设备老旧，运维人手、专业能力和应急物资储备都跟不上，这也是河南配网想要实现精细化管理升级，最需要补齐的短板。

2.2 河南配电网运维现状调研分析

梳理国网河南电力 2023—2025 年配网运维数据，结合郑州、洛阳、漯河、新乡、济源等多地试点运维情况开展分析，核心运维数据如表 1 所示。

表 1 2023—2025 年河南配电网运维核心指标数据统计表

指标类别	具体指标	2023 年	2024 年	2025 年
运维基础指标	配网线路总长（万 km）	32.6	33.8	34.5
	10kV 配网设备总量（万台）	86.3	89.7	92.1
	城市配网智能化覆盖率（%）	82.5	87.3	91.2
	农村配网智能化覆盖率（%）	48.2	53.6	59.8
运维效能指标	配网平均故障处置时长（min）	42.6	35.8	29.3
	用户平均停电时间（h/户）	5.82	4.96	4.12
	运维人力人均管辖线路长度（km）	12.3	13.1	13.8
智能化建设指标	自愈线路数量（条）	1260	1580	1920
	智能巡检设备应用数量（台/套）	860	1240	1680

从表格数据能看出来,最近三年河南配电网一直在扩建升级,智能改造工作也在有序开展。然而城乡配电网智能化建设水平差距显著,电网规模越建越大,运维人员要负责的线路、设备越来越多,单纯依托人工运维管理,已跟不上行业现代化发展要求。省内不少城市都试着开展智能运维试点项目:洛阳用上设备无人巡检、漯河所有县域都铺好了自愈线路、济源把各平台零散数据整合打通、新乡实现整条输电通道实时画面监控。但各区域试点均独立开展,缺乏一套覆盖全省、标准统一的精细化智能运维综合管理平台。

2.3 河南配电网运维现存核心问题

河南配电网运维现阶段存在多重短板,整体运维质效与智能化水平亟待提升。传统运维模式存在碎片化问题,运行、巡检、检修、调度等各专业壁垒突出,流程独立、数据不通、协同不足,重复作业、资源闲置现象普遍,山区线路巡检不彻底、检修与监控脱节等问题,严重影响供电安全与运维效率。同时,各类智能运维系统数据标准不一、相互独立,形成数据孤岛,多维度运维数据无法联动分析,智能化技术赋能作用难以发挥。城乡运维发展差距悬殊,农村及山区电网智能化覆盖率不足,老旧设备隐患多,故障处置效率低下。此外,运维精益化管控程度较低,整体依托经验化粗放管理,设备定期检修模式缺乏差异化施策,普遍存在“过修、欠修”问题,且城乡、区域资源配置失衡,城市运维资源冗余,农村及山区资源匮乏,资源利用率低、运维成本偏高。现有运维体系无法适配分布式新能源大规模接入的运维需求,针对新能源引发的电网波动、设备隐患预判能力不足,运维风险管控难度较大。

3 精益化管理下智能配电网运维一体化技术体系构建

3.1 感知数据层

在豫西山区和各个乡村大量安装超声波传感器、红外测温装置、故障指示器这类智能设备,推广使用洛阳研发的智能巡检小车、巡检无人机,把线路、开关柜等电力设备的运行数据全部采集到位。统一电网、气象、新能源各类数据的录入标准,借助济源图数同源技术打破各系统的数据壁垒,让运维相关数据统一来源、实时互通共享,给配电网精细化分析、统一调度工作提供准确可靠的数据保障。

3.2 智能平台层

搭建适配河南电网的配网运维一体化管控中台,把监控、巡检、检修这些原本互不连通的系统整合到一块,搭建五大核心功能模块,能自动智能下发运维任务、精准调

配人力物资,还能全程跟踪作业全过程、自动统计工作成果。

3.3 核心技术层

针对河南电网运维现存各类突出难题,落地五项一体化关键技术,打造适配本地实情的精细化运维管理模式。全域智能巡检按照城区、乡镇、山区不同场景分开规划布置,无人机、巡检机器人等无人设备配合工作人员,分段开展巡检作业;借鉴荥阳、漯河配网故障自愈成熟做法,扩增自愈线路覆盖范围,实现线路故障几分钟内自动隔离处理。搭建配网数字虚拟仿真系统,模拟暴雨、大风等各类极端运行状况,推演完善各类应急运维方案;借助光明电力大模型和数据共享平台搭建本地化故障预测模型,能早发现、预警设备潜在缺陷;统一整合全省运维人员、抢修物资数据,根据各地需求实时灵活调配人力物料,全方位提高河南全省电网运维工作效率与质量。

3.4 场景应用层

聚焦河南电网六大核心运维场景做实落地工作,包含城区电网精细管理、豫西山区线路巡查、农村电网故障抢修、新能源配套协同运维、极端天气电力保障、设备全生命周期检修,贴合省内各地不一样的运维实际需求,做到电网运维提质量、降成本、增效率。

4 技术落地成效分析

借助配网自动修复、故障智能分析、大数据辅助判断等数字化手段,试点片区处理电网故障的速度明显变快,从前山区、农村全靠人工巡线,排查慢、隐患判断不准的老难题得到彻底解决,遇上极端恶劣天气、夏季冬季用电高峰期,供电稳供能力变强,城市和县乡区域整体供电可靠程度明显提高。依靠全程在线监测设备状态、大数据提前预判问题,电网运维不再是等故障坏了再上门抢修,转变为提前发现潜在隐患、精准安排检修工作。与此同时,无人机智能巡检、线路通道实时监控等不用人工到场的智能设备投入使用,能减少人员近距离操作高压线路带来的安全隐患,所有隐患从发现到处理完成形成完整闭环管控。统一的运维综合平台打通各部门、各片区资源隔阂,合理调配工作人员、抢修物资、电力设备,省去不少重复无用的工作,既减轻一线运维人员工作量,也节约运维开支,缩小城市和乡村电网运维水平差距,整体经济、安全、供电保障各方面收益都十分可观。

5 精益化运维一体化技术体系优化推广策略

5.1 补齐基层硬件短板

重点加大豫西山区、豫东豫南农村电网智能化改造投入,批量增补智能传感终端、故障指示器、无人机巡检设

备：统一全省数据采集标准、图数共享规范，深化全域数据中台建设，实现全省配网运维数据 100% 同源共享。

5.2 优化新能源适配运维技术体系

优化大数据研判模型，新增分布式光伏、风电出力波动研判模块，搭建源网荷储协同运维机制；制定新能源配网精益检修标准、故障处置规范，优化配网自愈控制逻辑，适配双向潮流、电压波动的运行特征，提升新能源配网运维精准性与安全。

5.3 统一全省精益运维标准化体系

整合各地试点成熟经验，制定《河南智能配电网精益化运维一体化作业标准》，统一城乡、山区、县域不同场景的运维流程、检修规范、隐患分级、考核标准；完善全闭环绩效考核体系，将供电可靠性、隐患预判率、故障处置效率、资源利用率等量化指标纳入考核。

5.4 强化人才队伍智能化赋能

针对基层人员智能化操作能力不足的问题，针对技术人员开展智能平台、AI 巡检设备、数字孪生系统操作培训，针对管理人员开展精益化管控、一体化调度培训；建立试点区域骨干人才帮扶机制，以洛阳、漯河、济源先进团队带动全省基层运维队伍能力升级。

5.5 分步推进全省全域落地推广

采用“试点深化-区域推广-全域覆盖”的分步推进策略，2026 年深化五大试点建设，完善技术体系与标准规范；2027 年在豫中、豫北核心地市全面推广，实现城市、县域电网运维一体化全覆盖；2028 年完成全省山区、农村电网改造升级，实现河南全域配电网精益化运维一体化模式全覆盖，全面提升全省配网运维现代化水平。

6 结论

结合河南电网用电负荷分布不均衡、新能源接入比例不断提高、城市和乡村电网运维水平参差不齐等实际情况，搭建了一套精细化、智能化的配网统一运维体系，整体运行效果十分出色。把精细化管理理念和一体化智能技术结合起来，大幅提升电网供电稳定性，能够稳步推动全域配电网朝着智能化、精细化方向升级迭代。下一步，将融入数字孪生、人工智能大模型等前沿数字技术，适配新能源持续扩容的发展趋势，持续优化完善全域协同运维机制，全力助力中原地区新型电力系统的建设与发展。

[参考文献]

- [1]王炯.老旧小区改造工程中智能配电网建设与群众工作方法创新[J].智慧中国,2026(5):16-17.
 - [2]孙君提.智能配电网工程建设与运维优化策略[C].北京:《中国招标》期刊有限公司,2025.
 - [3]夏泰宝.智能配电网的自动化系统技术分析[J].集成电路应用,2022,39(2):84-86.
 - [4]葛磊蛟,李元良,陈艳波,等.智能配电网态势感知关键技术及实施效果评价[J].高电压技术,2021,47(7):2269-2280.
 - [5]胡斐然.基于泛在电力物联网的智能配电网运行状态评估研究[D].郑州:郑州大学,2021.
- 作者简介：沙飞（1978—），男，河南郑州人，工程师，郑州大学电气自动化毕业，现就职于国网河南电力郑州供电公司，从事配电运检工作；拜姝羽（1988—），女，河南开封人，工程师。毕业于许昌学院电气工程及其自动化专业，就职于郑州供电公司，从事业扩报装、用电服务，用电监察等专业。