

智能变电站运维模式转型的内在逻辑与发展方向探析

吕鑫 赵梦遥 陈乾宇

国网新疆电力有限公司哈密供电公司 新疆 哈密 839000

摘要:立足国网哈密供电公司变电运维现场工作,对比传统人工驻站运维与现有三类智能变电站运维模式差异,剖析运维转型技术、价值、制度、要素四项底层内在逻辑。针对当前运维平台割裂、管理权责不清、人才适配不足、网络安全薄弱等现场痛点,从技术、管理、人才、风控维度提出贴合属地电网的转型优化路径。结合区域新能源并网、新型电力系统建设现状,研判变电运维业态、技术、体系、生态四大发展方向。

关键词:智能变电站;运维模式;内在逻辑;发展方向

引言:现阶段新疆东疆地区光伏、储能新能源并网规模持续扩大,辖区智能变电站建设体量逐年增加,传统变电站人工值守、定期检修运维模式,已无法适配数字化二次设备管控要求。当前哈密辖区智能变电站运维模式混杂,集约化运维落地程度不足,加之人员技能、安防体系配套滞后,制约电网运维效率提升。现有相关研究通用性较强,符合哈密属地气候、电网架构的针对性研究较少。基于一线运维作业经验,本文探析运维转型内在逻辑,梳理现实问题,提出优化对策,预判行业发展方向,助力区域变电运维模式平稳转型。

1 新旧运维模式对比及转型现状研判

1.1 传统变电站运维模式特征与运行短板

传统常规变电站依托二次电缆硬接线、机械式监测设备开展运维工作,整体以人工现场作业为核心,实行定点值守、定期巡检、计划停电检修的固定模式。运维工作高度依赖运维人员现场目视巡查、仪表核验、台账登记,设备故障多依靠事后排查处置,运维流程标准化程度偏低。结合电网现场作业实际来看,该模式短板十分突出:一是人力成本偏高,站点需专人驻站值守,巡检工作量大、作业效率低下;二是隐患预判能力薄弱,仅能发现显性设备故障,绝缘老化、回路虚接等隐性缺陷无法提前甄别;三是运维容错率低,人工读数、现场操作易出现人为失误,极易引发电网停运风险;四是检修资源浪费严重,固定周期停电检修,不管设备工况好坏均统一检修,增加电网停运时长与运维耗材成本。

1.2 现阶段智能变电站主流运维模式类型

依托电子式互感器、IEC61850通信协议、全站在线监测平台,目前国内电网智能变电站已形成三类落地运维模式。第一类是有人值守精细化运维,多用于枢纽主干网变电站,保留驻站人员,依托后台监测系统辅助巡检,兼顾现场应急处置,适配高供电可靠性站点。

第二类是分区远程集中运维,整合辖区多座智能变电站数据,依托区域运维主控站开展远程遥测、遥控、缺陷预警,现场仅开展故障消缺、年度核验作业,是目前市县电网主流模式。第三类是简易无人值守运维,多用于城郊、工业园区支线变电站,全站设备自动采集运行数据,异常信息自动告警,无固定驻站人员,按需上门作业。三类模式均弱化人工常态化巡检,但不同区域设备型号、运维平台不互通,模式适配度参差不齐,转型尚未完全落地^[1]。

2 智能变电站运维模式转型的底层内在逻辑

2.1 技术逻辑:数字化电力架构倒逼运维体系迭代

站内硬件架构、通信协议、二次设备的全域数字化改造,是运维模式被动转型的核心技术基底,设备本体属性改变,直接推翻传统人工运维作业基础。(1)硬件架构迭代,全站电子式互感器、智能终端、合并单元替代传统电磁式设备,取消大量二次控制电缆,设备由机械式实体运维,转为光纤链路、虚拟回路数字化运维,传统电缆测温、端子紧固等运维作业失去作业对象。

(2)通信标准统一落地,全域执行IEC61850通信标准,实现保护、测控、计量设备数据点对点互通,打破传统设备信息孤岛,具备远程采集、在线调取、后台管控技术条件。(3)监测体系升级,断路器、GIS、主变等主设备搭载内置传感模块,设备工况、温湿度、局放数据可实时上传,人工定期巡检不再是获取设备数据的唯一途径,倒逼运维作业手段数字化转型。

2.2 价值逻辑:降本增效、电网安全提质的刚需驱动

电网运维经营、供电安全管控的现实刚需,是运维模式主动转型的核心动因,贴合地市供电公司运维经营考核实际。(1)管控成本压缩需求,传统驻站模式配置专人24小时值守,人员薪酬、站点后勤、现场工器具耗材成本居高不下,集约化远程运维可缩减驻站人员

编制,减少现场出车、停电作业频次,压缩运维刚性支出。(2)供电稳定性管控需求,传统事后检修、定期检修模式,易造成设备过修、失修,引发线路跳闸、保护误动问题,智能运维依托实时数据把控设备工况,规避盲目检修带来的供电风险。(3)应急处置效率需求,传统故障依靠现场排查定位,耗时较长,智能运维可后台锁定故障点位、判定故障类型,缩短故障隔离与复电时长,适配当下电网高可靠供电管控要求^[2]。

2.3 制度逻辑:新型电力系统建设政策规制引导转型

行业顶层制度、电网内控运维标准,划定运维转型硬性方向,具备强制性约束属性。(1)国家级电网建设规制,双碳目标、新型电力系统建设导则明确要求电网运维数字化、低碳化、集约化,严控变电站驻站人力投入,推广无人值守变电站建设。(2)国网省级运维规程修订,各省电力公司陆续更新变电运维作业规范,明确智能变电站取消常态化人工驻站,划定状态检修作业优先级,废止适配传统变电站的老旧运维作业流程。(3)电网网格化管理制度落地,县域电网片区化统筹管理机制推行,要求整合辖区变电站运维资源,破除一站一专班的属地运维制度,从管理层面推动运维组织模式转型。

2.4 要素逻辑:人力、数据、设备要素重构推动模式变革

变电运维核心生产要素结构重塑,适配新模式、淘汰老旧运维模式,属于内生性变革逻辑。(1)人力要素重构,一线运维人员能力要求更迭,传统擅长接线、设备实操的运维人员,无法适配网络配置、后台数据分析、虚拟回路校核工作,人员能力结构倒逼运维分工、作业模式调整。(2)数据要素成为核心生产资料,传统运维以设备实体为管理核心,现阶段运维以运行数据、告警数据、缺陷数据为管理核心,数据研判成为运维核心工作。(3)设备资产要素重构,智能变电站软硬件绑定运维权限,后台权限、加密链路、虚拟压板等数字化资产,纳入运维管控范畴,原有实体设备运维管理体系无法覆盖新型资产,倒逼运维模式全方位革新^[3]。

3 适配新型电力系统的运维转型优化路径

3.1 技术赋能:搭建全域统一运维数据中台,完善智能研判体系

立足辖区变电站存量设备异构、平台割裂现状,贴合电网技改施工标准落地技术整改,夯实数字化运维底层载体。(1)整合站内运维系统端口,打通监控后台、在线监测、保护信息、安防门禁四类独立系统接口,统一接入IEC61850标准数据格式,消除老旧智能站数据孤岛,实现主变、GIS、开关柜、光纤回路数据同源归集。

(2)优化就地智能研判模块,针对局放、油温、回路光衰高频缺陷,更新设备阈值判定参数,剔除环境温湿度、电磁干扰带来的无效告警,降低运维误判工作量。

(3)分级扩容区域数据中台,县域层面整合辖区支线变电站数据,市域统筹枢纽变电站数据,划定数据存储、调取、校核权限,贴合电网数据分级管理要求,适配远程运维数据调取作业。

3.2 管理革新:构建分级协同、权责清晰的集约化运维机制

结合供电公司班组架构改革,优化属地运维权责划分,修正原有运维流程适配新模式作业。(1)重构三级运维权责架构,市级运维管控中心负责远程遥控、缺陷研判、定值核对;县域运维班组负责现场消缺、周期试验、设备核验;站点运维人员负责现场安防、设备外观巡检,厘清远程、现场岗位权责边界。(2)修订专项作业规程,补充虚拟压板操作、光纤回路校核、远程复电专项作业规范,废止传统变电站驻站巡检、人工二次核验老旧作业制度。(3)优化运维工单流转机制,依托内网运维平台自动派发远程巡检、现场消缺、隐患整改工单,留存作业台账,实现运维作业全流程可追溯,规避跨班组推诿作业问题。

3.3 队伍建设:搭建分层分类智能运维人才培养体系

贴合一线运维人员能力短板,摒弃统一通识培训模式,实行岗位分层定向培养,补齐复合型人力短板。

(1)人员分层定岗培养,资深实操人员主攻智能设备拆装、光纤熔接、现场故障处置;青年内勤人员主攻后台数据分析、系统调试、虚拟回路排查;管理人员专攻运维调度、工单统筹、安全风控管理。(2)建立站内实操实训机制,依托辖区实训智能站,常态化开展网络通信、后台操作、网络攻防实操演练,对标国网运维技能考核标准开展持证考核。(3)优化人员轮岗调配制度,打破传统一站定岗模式,实行片区运维人员轮岗值守,适配片区集约化运维排班模式,盘活现有运维人力存量资源。

3.4 风控完善:构建软硬件一体化运维安全防护体系

针对智能站虚拟回路、外网接入、数据传输新增风险,对标电力安防规范搭建闭环风控体系。(1)硬件安防加固,在合并单元、交换机、网关设备加装物理隔离装置,划分控制区、非控制区硬件边界,杜绝外网直接接入站内二次设备,封堵外接设备入侵端口。(2)软件权限闭环管控,分级设置后台操作密钥、操作密码,远程遥控、压板操作实行双人复核、操作留痕制度,定期更新系统防火墙与防护补丁。(3)建立运维风险台账,

梳理虚拟接线篡改、数据泄露、系统宕机三类高频风险,制定专项应急处置方案,定期开展网络安全、系统故障应急演练,落实运维安全一岗双责管理制度^[4]。

4 智能变电站运维模式长远发展方向预判

结合新型电力系统建设节奏、电网运维技改规划以及变电运维行业改革趋势,未来智能变电站运维将摒弃粗放式远程运维模式,立足设备本体、运维管理、电网架构、行业管理四维迭代,形成适配电网属地管控、安全合规、低成本运营的专业化运维体系,发展方向贴合电网落地条件,无超前理想化业态,具体分为四大维度:(1)业态层面全域无人值守+片区远程协同运维常态化落地,各地市电网逐步取消枢纽、支线、城郊变电站固定驻站岗位,仅组建专项应急抢修班组,划分县域运维片区,由市级运维集控中心统筹管辖片区所有站点。划分常规巡检、一般缺陷、重大故障三级作业标准,常规告警、远程分合闸、定值核对实现后台闭环处置,仅设备硬件损毁、光纤链路破损等实体故障开展现场作业,优化运维出车排班机制,淘汰一站专人值守传统模式,适配电网一线运维人员精简改革要求。(2)技术层面数字孪生、电力专用AI大模型融入全站全生命周期运维,摒弃外网通用人工智能接入站内系统,依托主变、GIS、开关柜实景搭建一比一数字孪生模型,录入设备出厂参数、历史缺陷、试验台账,实现虚拟回路、二次压板、光纤链路损耗可视化核查;依托电力本地化运维大模型,过滤温湿度、电磁耦合带来的无效告警,自主研判设备老化规律、高频缺陷点位,直接输出检修点位、施工工艺及备品备件清单,替代人工数据分析,满足电力二次安防准入管控要求。(3)体系层面站网一体化、源网荷储联动运维体系成型,适配分布式光伏、储能就近并网发展趋势,打破变电站独立运维边界,将并网储能、分布式电源、台区负荷数据接入统一运维管控平台,统一校核并网联动保护逻辑,同步管控站内设备与并网设备运行工况,统筹电网调压、负荷均衡、故障隔离一体化作业,统一并网设备与站内主设备检修、

试验标准,适配新型电力系统多源并网运维管控需求。

(4)生态层面运维标准化、外包市场化、管控绿色化闭环完善,统一存量、新建智能站通信接入、缺陷定级、检修工艺行业标准,解决多厂家设备运维接口不兼容问题;拆分巡检、试验、抢修运维业务,合规引入具备电力安防资质第三方机构承接基础作业,国网运维班组专职负责保护管控、网络安全核心业务;依托状态检修缩减停电检修频次,降低配件耗材损耗,减少运维固废、试验废液排放,契合电网低碳运维考核标准,搭建权责清晰、合规可控的长效运维生态^[5]。

结束语:本文结合哈密电网运维实操,分析智能变电站运维模式转型核心动因,明确数字化设备迭代、经营管控需求、行业政策规范、生产要素变革为四大转型内核。运维转型并非完全取消现场作业,而是重构人机协同、分级联动新型运维体系,当下转型仍受技术异构、管理制度、人员能力、网络安全条件制约。后续可结合哈密风沙野外工况,针对性优化户外智能设备运维方案,进一步完善区域专属运维体系。

参考文献

- [1]胡仁祥,胡阳,何鑫龄,殷浩铭,夏志远,朱荣伍.基于GR-BP网络的智能变电站远程运维控制研究[J].微型电脑应用,2026,42(2):91-93.
- [2]杜守成,王凤雪,杨洋,李明朗.智能变电站运维实时数据挖掘与决策支持技术分析[J].电子元器件与信息技术,2025,9(9):161-163.
- [3]朱峻永,杨东赞,王昕,童晓阳,崔馨文,王英琪,范臻.面向智能变电站运维的连锁故障态势感知研究[J].电力系统保护与控制,2025,53(16):136-146.
- [4]王帅,韩树新.调控云与区域智能运维协同驱动的变电站运维优化研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2026(1):094-097.
- [5]刘莎莎.智能化变电站运行维护技术研究[J].科技纵横,2026(3):10-12.