无人值守变电站集控运行实践探讨

韦家宝

广西钢铁集团有限公司　广西　防城港　538000

摘　要：电力变电运维逐步向无人化、集约化转型，集控运行成为变电站运维主流模式，现阶段集控运维存在设施适配不足、作业流程衔接不畅、人员适配度偏弱等实操问题，制约全域变电管控效能提升。本文结合场站落地运维实况，梳理无人值守变电站集控落地运行内容，从设备管护、工序流程、环境防护、人员能力四大维度制定优化路径，助力变电集控运维体系完善，提升片区变电运维运行稳定性。

关键词：无人值守变电站；集控运行；变电运维

引言：传统单站驻站变电运维模式人力消耗大，站点联动管控能力薄弱，难以适配厂区连片变电设备运维作业需求。智能传感、电力组网通信技术普及后，无人值守变电站规模化落地，集中管控模式逐步替代就地值守模式。结合厂区变电运维现场工况，梳理集控运行落地要点，破解现场实操各类运行短板，能够优化变电运维模式，适配工矿配套电网长效运行需求。

1 无人值守变电站集控运行发展概述

电网变电运维体系依托电控元器件、专网通信技术迭代持续革新，传统场站定员驻站管护模式适配性持续下降，无法适配当下变电点位连片布设后的一体化运维需求。过往变电运维依靠站内运维人员就地巡检、仪表读数核验、设备就地分合操作，人力运维成本占用偏高，人员经验判断会干扰设备故障研判精准度，各变电场站闭环独立管控，站点运维资源互不互通，片区变电运维统筹能力存在局限。随着全域传感采集、电力专用组网技术落地应用，变电场站逐步取消常态化驻岗人员，依托后台远端终端完成基础电气管控，无驻站值守运维模式逐步落地推广。片区集中管控模式依托专属通信通道整合零散无人场站，通过一体化中控终端归集设备工况、场区环境、线路运行数据，开展异地操控、状态筛查、故障辨识工作，缩减运维人员到场作业频次。当下智能变电构件、环境感知装置不断升级，存量老旧变电场站智能化改造有序推进，零散布设场站陆续并入区域集控组网，跨场站作业权责、联动处置机制日趋成熟[1]。行业运维侧重优化人机配合模式，优化信号抗干扰能力、多站联动适配能力，放大集约化管控运维优势，契合变电运维提质减负、全域稳控的行业发展趋势。

2 无人值守变电站集控运行落地实施内容

2.1 集控站点基础配套设施布设

远距离统筹管控片区变电设备，依托场站配套硬件搭建组网基础，设施布设贴合野外变电场地工况，兼顾运行稳定性、电磁抗性与维保实操便利性。全域配套硬件分为后台操控硬件、现场传感采集、专属供电模块、场区安防设施四类单元，各单元互联互通组网，支撑多座无人站点协同远端管控。后台管控机房装配集成操控屏、信号传输机组以及一体化接线柜，对接辖区分站电气运行信息流，完成现场工况可视化核验、远端操作指令下达，优化强弱电线路分区排布，降低线路互感引发的数据杂讯。各无人变电分区布设专属传感采集元件，覆盖设备接驳点位、密封柜体、电缆沟等监测薄弱区域，实时捕捉设备温升、绝缘状态、腔体介质各项运行信息。搭建独立供电模组专供集控机房负荷用电，隔绝外网负荷波动、瞬时停电造成的组网失联问题，保障站点数据交互全天候平稳运行。在场区围挡、机房通道加装智能安防组件，实现场地出入甄别、全域实景监控，适配无驻站人员的场地安防条件。硬件布设秉持精简集约理念，删减功能重叠配件，降低后期拆装维保工作量，夯实片区无人变电一体化集控作业硬件根基。

2.2 集控信息交互联通方式应用

跨站点变电管控依托电力专用通信组网实现双向数据对接，通信联通形式贴合无人站点组网特性，保障全站电气数据、操控指令传输具备稳定性与时效性。片区集控组网优先采用电力专用有线信道组网，依托预埋专用传输线缆搭建闭环传输链路，联动站内感知采集单元与集控中控终端，上传设备实时运行状态、场区环境动态等现场信息，同步下发合闸、分闸、工况调控等远程作业指令，满足日常常态化远程管控传输需求。对于

点位散落、地形受限无法铺设线缆的变电点位，配套专用电力无线信道作为备用传输通路，弥补有线布线适配性不足、线路损耗偏高的缺陷，主次传输通路可自主切换联动，避免通路故障引发远程管控失联。数据交互全过程增设信号甄别校验环节，抵御场区电磁辐射带来的信号杂波，剔除失真无效信号，防止远程操控指令误转发、误执行。统一全域变电站点通信接入端口与数据编码格式，消解新旧变电设备组网兼容问题，降低跨站数据交互阻滞概率[2]。依托适配性通信组网破除站点信息孤岛，顺畅完成全域运行数据交互，为集控端远程工况研判、异地运维作业筑牢通信层面保障。

2.3 变电站远程常规操控作业开展

无人值守变电站点日常运维无需人员驻站操作，依托集控中控界面即可完成全站基础电气作业，缩减现场人工介入频次。日常异地操控工作包含主设备工况调节、全站运行巡检、二次装置整定、场区环境调控等多项实操内容，依托电力专属交互链路完成指令下发与作业反馈。运维人员通过集控终端核验高压开合设备实时工况，结合片区电网运行态势调整设备开合状态，依托平台内置电气防误闭锁机制，提前甄别操作风险，规避异地操控失误引发的运行异常。依托站内全景摄像、点位传感装置，远程核对设备体表工况、仪表读数、柜体内部运行状态，完成日间常态化远程巡测，减少人员常态化进站作业频次。针对站内保护装置、测控单元等二次构件，远程修改功能投退参数，适配电网动态运行的工况适配要求。结合站内环境数值，远程调控暖通、防潮、照明附属装置，维持站内恒温干燥的设备运行环境。全站远程常规作业分级推进、逐级校验，把控每一项操作的合规性，平衡运维作业效率与站内运行稳定性，形成适配无人站点的标准化异地作业流程。

2.4 片区变电站统筹集控作业开展

片区范围内零散布设的无人变电站点，依托一体化集控中枢归集运行管控权限，消解单站自主运维的孤立性，完成片区变电运维工作统一调度。片区统筹作业立足片区电气输送适配规律，整合新旧程度、设备配置各不相同的变电站点，统筹调配远端操控权限与运维人力，协调片区电气输送供需关系。依托组网联动感知体系，归集各个分站设备运行参数，综合研判全域设备联动适配状态，规避单一站点独立调控引发的片区运行失衡问题。依照站内设备老化程度、运行负荷强弱划分管控层级，区分常态化监测、重点盯控、定期养护三类运维标准，合理分配集控端作业精力，优化全域运维人力排布。面对片区电气工况动态变动，集控终端可同步下发多端操控指令，实现多座变电站点协同适配调整。跨站作业环节搭建双向核验机制，依托站点互通数据校验联动操作成效，弥补单一远端操控存在的作业疏漏[3]。一体化统筹作业整合碎片化运维工作，适配大范围无人变电运维作业需求，稳步提升片区变电运维整体适配能力。

3 无人值守变电站集控运行优化改进路径

3.1 站内运行设备常态化管控优化

无人值守变电站设备全程自主运转，传统同质化管护模式适配性不足，容易积攒部件隐性损耗，故障处置存在滞后性，需结合集控远程管控特点改良设备管护体系。按照高压主运设备、测控保护元件、场区辅助设备的运行特质，制定差异化管护标准，取消固定周期监测管护机制，结合设备服役年限、日常负荷强度灵活调整远程盯控频次。优化现场传感采集装置布设位置，填补设备接线部位、密封腔体、转接节点的数据采集空白，全方位捕捉绝缘性能、机体温度、流体介质等运行参数，强化集控后台对设备实况的把控能力。结合设备长期运行损耗特征，落实前置养护作业，改变故障发生后再维修的被动管护模式，提前消解构件磨损、线路接驳松动等潜在运行问题。优化后台工况甄别算法，细化设备异动分级标准，划分运行波动、性能缺陷、安全故障三类异动等级，匹配对应的远程调控与现场作业方案。依托集控存储模块留存设备异动、养护调试信息，完善设备运维档案，规范全周期管护流程，长效强化站内各类电气设备运转可靠性。

3.2 集控全流程作业工序优化调整

现阶段常态化集控实操流程衔接度不足，环节繁杂冗余，岗位作业边界模糊，人机协同节奏脱节，难以适配多站点并行管控的运维节奏，需结合无人变电远端作业属性迭代工序体系。整合远端设备调控、工况异常处置、跨点位协同调控、内外联动配合核心作业内容，剔除重复校验、多层级信息报备等无效作业环节，简化后台线上交互流程，缩减无效作业耗时。理顺后台操控人员与外勤运维人员配合时序，明晰两类岗位作业权责，打通指令传输、现场执行、信息回传的衔接通道，缩减岗位对接产生的作业滞缓时长。结合变电现场实操逻辑规整远端操控步骤，规范设备状态切换实操流程，依托平台原生闭锁核验功能减负人工核验工作量，降低人为操作失误引发的运行风险。针对片区多站协同调控需求，优化单点分步操控模式，搭建多点位同步调控作业流程，适配片区电气工况动态调节需求[4]。完善作业收尾核验机制，落实作业实况回溯、操作信息留存、设备状态复核工作，补齐流程末端管控短板，搭建适配全域

无人变电站的流畅集约式运维作业工序。

3.3 集控运行环境安全防护优化

变电无人值守模式弱化现场人工巡防力度，场区环境异变、外物闯入、消防隐患缺乏即时就地处置条件，传统单点式防护布局存在防控盲区，无法适配集控全天候远程运行防控标准，需要多维完善场区安全防护体系。迭代场区物理安防硬件，更新设备区围挡、机房通道、设备隔间准入管控设施，强化非许可人员、外物跨界闯入甄别能力，各类安防告警信息可同步传输至集控操作台，方便运维人员及时开展远端研判处置。改良柜体内部、中控机房微环境调控设施，更新防潮控温、空气流通硬件，自主平衡密闭空间温湿度状态，避免潮气凝结、环境高温损耗电气配件绝缘结构。贴合变电防火专属要求布设全域火情感应及适配灭火构件，依托集控组网联动防控，快速定位起火点位并启动自主灭火作业，遏制火情蔓延扩大。强化中控机房、信号传输廊道电磁隔离能力，加装线路屏蔽防护配件，弱化周边电磁扰动对数据传输、后台设备运算的干扰作用。统筹场区安防、火情防控、电磁隔离等多项防护模块，打通各防护单元数据互通通道，统一归集防控信息，全方位夯实集控全域运行的环境安全基底。

3.4 集控岗位实操作业能力提升

变电集中管控模式转变传统就地作业模式，对在岗运维人员远端研判、异地操控、跨场协同处置功底提出全新要求，长期适配单站驻站作业的人员，对智能集控组网、新型测控终端操作熟练度有限，综合实操能力难以适配全域管控节奏。依照后台中控、外勤场站两类岗位工作侧重，划分差异化能力精进方向，针对性打磨后台工况辨识、远程指令下发以及外勤现场对接、设备隐患排查专项功底，摒弃统一化能力培育模式。借助变电模拟实训平台还原场站信号中断、设备异动、多站联动调控等实操场景，锻炼人员临场处置思维，减少真实运维场景下的操作疏漏。依托一线资深运维人员结对带教，拆解跨场站作业配合、远端指令闭环落地的实操细节，弥补人员联动配合、突发工况处置的能力短板。结合场站软硬件迭代进度更新精进内容，掌握全新防护组网、测控终端的实操逻辑，适配更新后的集控作业标准[5]。常态化开展岗位作业复盘梳理操作误区，积累异地运维实操经验，打造适配无人变电全域管控的复合型运维队伍，匹配集约化变电运维长效作业需求。

结束语：未来，工矿配套变电体系智能化程度持续提升，无人值守变电站覆盖范围会进一步扩增，集控运行模式也会持续迭代升级。后续变电运维工作可结合现场场站工况，持续优化通信组网、安防防护体系，贴合厂区用电特性细化集控运维标准，持续补齐人机协同、跨站联动管控短板，完善适配工矿场景的变电集控运维体系，保障厂区变电网络平稳高效运转。

参考文献

[1] 管佩祥, 夏长生, 赵宝军, 等. 一种基于区域集控模式的无人值守变电站技术 [J]. 中国科技信息,2025(22):102-104.

[2] 李承向. 地面变电站无人值守技术的研究与应用 [J]. 中文科技期刊数据库（全文版）工程技术,2026(1):142-147.

[3] 陈炳贵，王海霞。基于 BIM+AR 技术的无人值守变电运行智慧集控方法 [J]. 电气时代,2025(4):77-80.

[4] 李勇, 李来鸿, 张金梅. 互联网地线智能管控技术在无人值守变电站的应用 [J]. 上海电气技术,2024,17(2):23-25+36.

[5] 田斌, 郭健, 胡鑫, 等. 一种适用于偏远变电站无人值守的高效运维模式 [J]. 电气开关,2023,61(5):82-85.