

变电运维与电力监控协同管控体系构建研究

黄发胜 魏文强 李君游

国网新疆电力有限公司哈密供电公司 新疆 哈密 839000

摘要：本文旨在系统性地研究并构建一个深度融合、高效联动的变电运维与电力监控协同管控体系。文章首先深入剖析了当前二者协同中存在的核心矛盾与瓶颈，继而从顶层设计出发，提出以“数据驱动、流程再造、组织重塑”为核心理念的体系构建框架。该框架详细阐述了统一数据底座、智能分析中枢、协同业务流程以及一体化组织保障四大支柱的内涵与相互关系。在此基础上，论文进一步规划了该体系面向智能化、自主化发展的演进路径，并强调了标准规范、网络安全与人才机制等关键支撑要素。研究表明，打破专业壁垒，实现变电运维与电力监控的深度协同，是释放数字技术潜能、提升电网本质安全水平、迈向智慧能源未来的关键一步。

关键词：变电运维；电力监控；协同管控；数据融合；业务流程再造

引言

变电站作为电能传输与分配的核心枢纽，其运行状态直接关系电网安全与稳定。在“双碳”目标推动下，风电、光伏等高比例可再生能源接入，使电网呈现源荷随机性强、潮流多变、稳定裕度收窄等新特征，对变电站运维提出更高要求。长期以来，“调控一体、运检分离”模式下，监控中心掌握全局数据但缺乏设备深度感知，运维班组贴近现场却难获全局态势，导致信息割裂、响应迟滞、资源低效。面对新能源高渗透与设备智能化趋势，传统分工已难适应发展需求。亟需打破监控与运维专业壁垒，构建目标统一、信息共享、流程贯通、协同高效的新型管控体系。这不仅是技术集成，更是业务流程与组织模式的系统性重构，旨在实现从“被动响应”向“主动防御”、从“局部最优”到“全局最优”的转变。本文将深入探讨该体系的构建逻辑、核心架构、实施路径与保障机制，为电网精益化、智能化管理提供理论与实践支撑。

1 变电运维与电力监控协同现状与核心矛盾

1.1 业务模式割裂导致的信息孤岛

当前，变电运维与电力监控两大业务板块在信息系统、数据模型和工作语言上存在显著差异，形成了难以逾越的信息鸿沟。电力监控系统（如SCADA/EMS）主要采集和处理的是反映电网宏观运行状态的遥测、遥信、遥控、遥调“四遥”数据，其数据模型遵循IEC 61850等标准，关注的是电气量、开关状态和功率潮流等。而变电运维工作则依赖于生产管理系统（PMS）、在线监测系统、机器人巡检系统等，产生的是关于设备本体健康状况的微观数据，如油色谱、局放、红外测温、机械特性等非电气量信息。这两套数据体系在源头上就采用了

不同的采集标准、存储格式和传输协议，彼此之间缺乏有效的映射与关联机制。其结果是，监控人员看到的是一个抽象的、符号化的电网拓扑图，却无法直观了解某个断路器内部机构是否存在卡涩隐患；运维人员掌握了设备详细的体检报告，却难以判断该隐患在当前电网运行方式下会带来何种级别的风险。这种信息的不对称与割裂，极大地削弱了双方协同作战的能力。

1.2 职责边界模糊引发的协同低效

在实际工作中，变电运维与电力监控的职责边界并非总是清晰可辨，尤其在应急处置、计划检修、新设备投运等关键场景下，容易出现推诿扯皮或重复劳动。例如，在发生电网故障时，监控人员需要第一时间隔离故障点并调整运行方式，而运维人员则需赶赴现场核实设备状态、查找故障原因。若二者之间缺乏高效的沟通协调机制和明确的协同流程，就会出现监控指令下达后等待运维反馈、运维到达现场后等待监控授权操作的“双等待”现象，延长了故障恢复时间^[1]。又如，在安排计划性检修工作时，监控侧需要根据电网负荷预测和运行方式安排合适的停电窗口，而运维侧则需根据设备状态评估和工器具准备情况确定具体的检修内容和时长。如果这两个过程是串行而非并行的，且缺乏一个统一的协同平台进行信息交互和方案校核，就可能导致检修窗口不合理、工作内容冲突等问题，降低了整体工作效率。这种因职责不清、流程不畅导致的协同低效，是制约电网精益化管理水平提升的重要瓶颈。

1.3 技术发展失衡加剧的协同难度

近年来，以人工智能、物联网、大数据为代表的新一代信息技术在电力监控和变电运维领域均取得了长足进步，但二者的发展路径与应用重点存在明显差异，反

而在一定程度上加剧了协同的难度。电力监控领域正朝着广域测量、全景感知、智能调度的方向发展,强调对全网动态过程的快速捕捉与精准控制。而变电运维领域则聚焦于设备状态的精细化感知、故障的早期预警与诊断、以及作业的自动化与少人化。监控侧追求的是速度与广度,运维侧追求的是精度与深度。当这两种不同维度、不同粒度的技术成果试图进行融合时,便面临数据融合困难、算法模型不兼容、应用场景错位等挑战。例如,监控侧的广域状态估计结果如何有效指导运维侧对特定设备的精细化巡检?运维侧基于单台设备历史数据训练的故障预测模型,其结论又如何被监控侧纳入全网风险评估体系?这些问题若得不到有效解决,先进的技术不仅无法成为协同的助力,反而可能因为增加了系统的复杂性而成为新的障碍。

2 协同管控体系的构建框架与核心支柱

为系统性地解决上述矛盾,必须构建一个全新的协同管控体系。该体系应超越简单的技术叠加,从顶层设计入手,以“数据驱动、流程再造、组织重塑”为核心理念,打造一个有机统一的整体。

2.1 统一数据底座:打破信息壁垒的根基

构建协同管控体系的首要任务是建立一个覆盖全站、贯穿全生命周期的统一数据底座。这个底座并非简单地将现有各系统数据库进行物理合并,而是要通过制定统一的数据标准、建立标准化的数据模型、开发高效的数据服务接口,实现对多源异构数据的深度融合与价值挖掘。具体而言,需要定义一套涵盖电网一次设备、二次设备、辅助设施乃至环境信息的全域数据模型,该模型能够将宏观的“四遥”数据与微观的设备状态数据、台账数据、试验数据、缺陷记录等进行精确关联^[2]。在此基础上,利用数据湖仓一体化、流批一体处理等先进技术,构建一个高性能的数据中台。该中台能够实时汇聚来自监控系统、PMS、在线监测、视频监控、机器人等各类终端的数据,并通过数据清洗、转换、关联、融合等处理,形成高质量、高一致性的“数据资产”。这个统一的数据底座将成为整个协同体系的“单一数据源”,为上层的所有智能应用和协同决策提供坚实、可靠的数据支撑,从根本上消除信息孤岛。

2.2 智能分析中枢:驱动协同决策的大脑

有了统一的数据底座,下一步便是构建一个强大的智能分析中枢,作为整个协同体系的“大脑”。该中枢的核心功能是将海量、多维的数据转化为有价值的洞察和可执行的决策建议。它应具备多层次的分析能力:在设备层面,能够综合运用机理模型、数据驱动模型和

专家知识,对单台设备的健康状态进行精准评估,并预测其潜在故障风险;在站域层面,能够基于全站设备的状态信息和电网实时运行数据,进行站内风险的综合研判,识别出薄弱环节和连锁故障的可能性;在系统层面,则能够将本站的风险评估结果上传至上级调度,参与全网的安全稳定分析与运行方式优化。更重要的是,这个智能分析中枢必须具备双向互动能力。它不仅要向监控人员推送基于设备状态的电网运行风险预警,也要能向运维人员下发基于电网运行方式的差异化、精准化巡检任务。通过这种智能的、主动的信息交互,将监控的“全局观”与运维的“现场感”紧密结合,实现从“人找信息”到“信息找人”、从“经验决策”到“数据+模型决策”的转变。

2.3 协同业务流程:贯通执行链条的脉络

再先进的技术和数据,最终都要落脚于具体的业务流程。因此,对传统割裂的业务流程进行再造,是实现深度协同的关键。新的协同业务流程应以事件或任务为驱动,打破原有的部门墙,形成端到端的闭环管理。以一次典型的设备缺陷处理为例,传统模式下可能是监控发现异常信号→通知运维→运维现场检查→填写缺陷单→上报审批→安排消缺。而在新协同流程中,当智能分析中枢识别出某设备存在潜在缺陷时,会自动生成一条包含缺陷详情、风险等级、初步处置建议的协同工单。该工单会同时推送给监控人员和运维负责人^[3]。监控人员可以根据风险等级,提前调整电网运行方式,为后续可能的停电消缺预留窗口;运维人员则可以立即组织力量,利用AR远程协助等技术进行精准核查,并在工单中实时更新处理进展。整个过程在同一个数字化平台上完成,信息透明、责任清晰、进度可视,极大地提升了协同效率。类似的流程再造还应覆盖日常巡视、倒闸操作、应急抢修、新设备验收等所有核心业务场景,确保协同理念贯穿于工作的每一个环节。

2.4 一体化组织保障:凝聚协同合力的基石

技术与流程的变革最终需要组织与人的支撑。构建协同管控体系,必须同步推进组织模式的创新。可以探索建立“监控-运维”一体化的新型班组或柔性团队,成员既包括熟悉电网调度的监控员,也包括精通设备维护的运维工程师。通过轮岗交流、联合培训、共同值班等方式,促进双方在知识、技能和思维模式上的深度融合,培养一批既懂“电网”又懂“设备”的复合型人才。同时,需要建立与之匹配的绩效考核与激励机制,将协同成效(如故障平均修复时间、计划检修兑现率、风险预警准确率等)作为共同的考核指标,引导两个专

业从“各自为战”转向“并肩作战”。此外，清晰的权责界面和高效的沟通协调机制也是必不可少的，要明确在不同场景下谁是主导、谁是配合，确保在关键时刻能够迅速形成合力，高效应对各种挑战。

3 协同管控体系的发展演进与支撑保障

3.1 体系的智能化与自主化演进路径

协同管控体系的未来发展将沿着“信息化→数字化→智能化→自主化”的路径不断深化。在初期阶段，重点在于打通数据、固化流程，实现业务的线上化和可视化，即信息化与数字化。在此基础上，随着人工智能技术的成熟和数据的持续积累，体系将进入智能化阶段，智能分析中枢的能力将大幅提升，能够实现更精准的状态评估、更可靠的故障预测、更优化的资源调度。最终，随着具身智能、强化学习等前沿技术的应用，体系有望迈向自主化阶段^[4]。在这一阶段，部分常规性的、高风险的运维任务（如简单的倒闸操作、例行巡检）可以由智能体（如机器人、软件代理）在人类监督下自主完成。监控与运维的协同将更多地体现为人类与智能体之间的协同，人类的角色将从繁琐的操作者转变为更高层次的策略制定者、异常处理者和系统监督者。这种演进路径将极大地解放生产力，提升电网的本质安全水平。

3.2 关键支撑保障体系

为确保协同管控体系的稳健发展，必须构建坚实的支撑保障体系。首先是标准规范体系。需要加快制定和推广涵盖数据模型、接口协议、业务流程、安全防护等方面的系列标准，为体系的建设、集成和互操作提供统一的“通用语言”。其次是网络安全保障。协同体系高度依赖网络和数据，其安全风险也随之放大。必须构建纵深防御的网络安全体系，从终端、网络、平台到应用，实施全方位的安全防护，确保数据的完整性、保密性和可用性，严防网络攻击对电网安全造成威胁。最后是人才培养与创新机制。如前所述，复合型人才

成功的关键。需要建立常态化的跨专业培训机制，并营造鼓励创新、宽容试错的文化氛围，支持一线员工围绕协同痛点开展微创新，持续为体系注入活力。通过这三大支撑体系的协同作用，为变电运维与电力监控协同管控体系的长远健康发展奠定坚实基础。

4 结语

构建变电运维与电力监控协同管控体系，是应对新型电力系统挑战、提升电网核心竞争力的战略举措。本文通过剖析当前二者协同中存在的信息孤岛、协同低效与发展失衡等核心矛盾，提出了一套以“数据驱动、流程再造、组织重塑”为核心理念的系统性构建框架。该框架强调以统一数据底座为根基，以智能分析中枢为大脑，以协同业务流程为脉络，并以一体化组织保障为基石，旨在打造一个深度融合、高效联动的有机整体。面向未来，该体系将沿着智能化、自主化的路径持续演进，并依托标准规范、网络安全和人才机制等关键支撑保障，不断释放其在提升电网安全、效率与韧性方面的巨大潜能。这一变革不仅是技术层面的升级，更是管理理念和组织模式的深刻重塑，对于推动我国电网向世界一流能源互联网企业迈进具有重要的理论与实践意义。

参考文献

- [1]杨博宇,郭莹.浅析新型电力系统下变电运维监控模式中“两个替代”的技术应用与管理[C]//吉林省电机工程学会.吉林省电机工程学会2024年学术年会获奖论文集.国网白山供电公司,2024:209-212.
- [2]葛霜,崔超.变电运维远程可视化监控系统技术设计与应用研究[J].科技与创新,2026,(04):92-94.
- [3]李晨熙.变电运维作业中的防护与监控技术分析[J].集成电路应用,2025,42(11):298-299.
- [4]孙康,胥家伟.物联网技术在变电运维远程监控系统中的应用[J].集成电路应用,2025,42(10):322-323.