

能源互联网背景下电力工程安全管理数字化转型研究

古帆

内蒙古电力（集团）有限责任公司鄂尔多斯供电公司伊金霍洛供电分公司，内蒙古鄂尔多斯，017010；

摘要：随着能源互联网时代的全面开启，电力工程在迎来前所未有机遇的同时，也遭遇了诸多严峻挑战。安全管理作为电力工程领域的核心环节，其数字化转型已成为提升电力系统安全性、可靠性与高效性的关键路径。本文深入剖析了能源互联网背景下电力工程安全管理的现状，系统阐述了数字化转型的必要性，详细探讨了转型的策略与实践应用，同时对转型进程中面临的挑战及应对措施进行了深入研究，旨在为电力行业在能源互联网时代实现安全管理的数字化变革提供坚实的理论支撑与切实可行的实践指导。

关键词：能源互联网；电力工程；安全管理；数字化转型

DOI：10.69979/3060-8767.25.06.036

引言

能源互联网深入结合了尖端的信息技术和能源技术，其核心目标在于实现能源的高效率利用、改良配置和可信供应。于崭新的环境里，电力工程身为能源互联网的关键组成部分，其安全管理的关键性越发突显。因为传统电力工程安全管理模式主要地依靠人工巡检、纸质记录和经验判断，已经很难适配能源互联网所引发的繁杂多变的环境。数字化转型变为电力工程安全管理适应时代发展的必然选择。依靠尖端的数字化手段，可以对于电力工程安全状况实施全面、实时的监测与管理，从而高效提高安全管理水平，保障电力系统稳固、可信运作。依据国家电网的十四五规划为例，其中清晰建议需加速电网数字化转型，规划至 2025 年达成输电线路智能巡检覆盖率超越 90%，这一目标完全展现了数字化转型于电力安全管理范畴的策略重要性。

1 能源互联网背景下电力工程安全管理现状

1.1 传统安全管理模式的局限性

电力工程安全管理首要依靠人工巡检、纸质记录以及经验判断的传统模式。这种模式存在着诸多很难忽视的弊端。人工巡检受到人员主观因素干扰较显著，极容易忽略安全隐患。纸质记录不但易于遗失，并且检索非常不利，重大不便于资料的长时间存储与详尽解析。应对繁杂的电力系统故障时，仅凭依赖经验判断缺少严谨依据，常常很难得出精确的判断。于大型变电站的巡检工作中，人工巡检或许不能迅速察觉隐秘性较突出的设备过温问题，这很有可能引发设备故障，乃至造成了面积停电事故。根据有关统计学资料表明，于某省级电网 2022 年的设备故障中，由于人工巡检失察造成的故障比

例达到 18%，直接的经济损失超过 2000 万元。

1.2 能源互联网带来的新挑战

能源互联网的迅猛演进，导致电力系统的结构和运行方式产生了深远变革。分布式能源，如太阳能、风能等的普遍融入，明显提升了电力系统的不确定性与复杂性。大量智能设备和传感器的使用，推动电力数据量呈现激增式膨胀，怎样高效能、精确地分析和运用这些海量数据构成现今遭遇的一大难题。在能源互联网环境下，电力系统遭遇的网络安全危害越发严重，黑客攻击、数据泄露等风险不断危害着电力系统的安全运行，或许造成电力系统堕入崩溃，重大干扰电力工程的常规运行。用 2023 年某新能源电站作例，该电站由于网络安全漏洞受到恶性攻击，引发光伏阵列宕机持续 3 小时，损耗发电量超出 500 兆瓦时。

2 电力工程安全管理数字化转型的必要性

2.1 提升安全管理效率

数字化转型可以达成电力工程安全管理流程的自动与智能。借助搭建前沿的安全管理信息系统，可以即时收集、迅速传递并高效率处置安全数据，自行产出详尽的安全报告和即时的预警信息。运用智能传感器即时监控电力设备的运转参数，一旦当参数超过常范围，系统可以立即发布警报。同传统人工巡检方式对比，这种数字化手段大幅提升了安全隐患察觉和应对的效率。某特高压变电站导入智能巡检机器人之后，设备巡检周期从原来的每日 2 次缩减为即时监控，缺陷察觉时间均值减少了 4.2 小时。

2.2 增强安全管理的精准性

利用大数据解析和人工智能技术的强大力量，可以

对电力工程安全数据实施深入探索与精确解析,进而精确预估安全风险。经由对历史故障数据的深层探究,能够发现故障出现的内部规律和关键影响因素,预先拟定特定的防范措施。对电力设备运行数据开展智能训练解析,可以精确预估设备的剩余使用寿命,适时调度设备保养和替换,高效防止由于设备故障导致的安全事故。某电力公司运用设备健康度预估模型之后,主变压器的非计划停运率减少了65%,保养成本削减了28%。

2.3 适应能源互联网的发展需求

能源互联网的推进对于电力工程安全管理呈现了更加高等的要求,需具有更加强大的灵活性、开放性和协作性。数字化转型可以高效消除信息孤岛,达成电力企业内部各部门间和同外部合作伙伴间的信息分享与协作工作。借助构建能源互联网安全管理平台,电力企业能同分布式能源供应商、设备制造商等即时分享安全数据,共同处理各种安全问题,为能源互联网的安全稳定运行供给强有力保障。于雄安新区能源互联网试点项目内,多主体数据协作平台完成了源网荷储安全数据的秒级交互,故障响应速度提高了70%。

3 电力工程安全管理数字化转型策略与实践

3.1 构建数字化安全管理平台

搭建全面覆盖电力工程全生命周期的数字化安全管理平台,成为实现数字化升级目标的基础与核心。数字化安全管理平台需要具备安全监控、风险评估、隐患治理、应急管理等多种功能模块。安全监控方面,整合各类高科技传感器,能够采集全部电力设备的运行状态、环境参数等数据,并将设备运行状态与环境参数数据传递至管理平台进行仔细分析并妥善处理问题。输电线路上安装高性能图像传感器,能够监控输电线路的覆冰、舞动等情况。变电站内安装高精度温湿度传感器、气体传感器等,能够准确监控设备的运行环境。

国家电网的国网云平台已经连接超越2亿台智能终端,每日平均管理数据量达到50TB,顺利达成了自发电至用电全部链条安全数据的统一控制。于风险评估模块,运用大数据解析和严谨的风险评定模型,对采集到的数据开展整合解析,进而精确评定电力工程遭遇的安全风险等级。依据层次分析法和模糊综合评价法,建立电力设备风险评定模型,依据设备的运作状态、历史故障记录、维护情况等诸多角度因素,准确测算设备风险值,为了拟定适当的维护计划供应严谨依据。

某省级电力公司借助使用该风险评估模型,把设备风险等级分为5级,并且有针对性地拟定维护策略,使

年度缺陷消除率提高到98%。隐患治理模块完成了对安全隐患的全流程跟踪管理,对隐患的发现、上报、整改到验收的整个过程实施信息化记录和即时监控。应急管理模块则供应应急预案的拟定、演练和快速开启功能,在出现安全事故时,可以快速开启应急预案,高效地分配应急资源,最大程度减少事故损失。在2024年某城市电网遭受台风袭击时,应急管理模块自行激活三级响应,在30分钟内完毕了应急队伍调度和物资分配,故障修复时间比传统模式减少了50%。

3.2 应用物联网技术实现设备实时监测

物联网技术在电力工程安全管理中的广泛应用,可以达成对电力设备全面、即时监控。借助在电力设备上装备智能传感器,把设备的运行状态信息即时传递到云端服务器,进而达成设备状态的远端监控。在变压器上装备油温传感器、绕组温度传感器、油位传感器等,能即时监控变压器的运行温度和油位情况。在高压断路器上装备机械特性传感器、触头温度传感器等,可以精确监控断路器的分合闸状态和触头温度。南方电网在500kV变电站配置了LoRa物联网监测网络,顺利达成了SF₆气体浓度、开关柜局放等12类参数的即时采集,预警准确率达到95%。

运用物联网技术,亦能够达成设备的智能诊断和预测性保养。借助针对设备运行数据的即时解析,可以迅速察觉设备隐性的故障隐患,并且预先实施保养。针对电机振动数据的详尽解析,可以精确评估电机是否有轴承磨损、转子不平衡等故障,预先调度检修,高效预防设备意外故障。西门子能源为某风电场应用的Predix物联网平台,借助振动解析预先预测齿轮箱故障,顺利使非计划停机时间降低70%,年发电量增加3%。

3.3 借助大数据与人工智能进行风险预测与决策支持

大数据和人工智能技术给电力工程安全管理赋予了强劲的风险预估与决策支持能力。通过采集和融合电力工程的各类数据,涵盖设备运行数据、气象数据、地理信息数据等,运用大数据解析技术探索数据间的潜在联系关系,构建精确的风险预估模型。融合气象数据和电力负荷数据,可以精确预估极端天气条件下电力系统的负荷变化,预先完成电力调配和设备防护措施。国家气象中心与国网合作研发的气象负荷预估模型,于2024年夏季高温预警中,负荷预估误差顺利限制在3%之内,强有力确保了电网安全度夏。

人工智能技术中的机器学习算法,如神经网络、支

持向量机等,可以对大量历史安全数据开展学习,自主辨识安全风险模式,达成对安全风险的精确预判。运用神经网络算法对电力设备故障数据开展学习,构建故障预判模型,可以正确预判设备未来的故障发生概率。华为云为某省电力公司开发的 AI 故障预判系统,依托 10 万+条历史故障数据开展学习,故障预判正确率实现 89%,预先 7 天预警率超越 60%。在决策支持方面,通过构建智能决策系统,凭借风险预判结果和实时安全数据,为管理人员供应最佳决策方案。在拟定电力设备维护计划之际,系统依据设备风险等级、运作状态、维护成本等多维度因素,整合评估之后提供最优的维护时间和维护方式推荐。埃森哲针对某跨国电力企业开发的智能决策系统,借助改进维护计划,令整体维护成本减少了 22%,设备可用率提高到 99.5%。

3.4 强化网络安全防护保障数字化转型

处于电力工程安全管理数字化转型过程中,网络安全极其关键。伴随数字化程度的持续提升,电力系统面临的网络安全威胁愈发多元化和繁杂化。为了确保数字化转型的顺畅推动,务必构建完备的网络安全防护体系。要积极强化网络安全基础设施建设,配置防火墙、入侵检测系统、加密设备等尖端的安全防护设备,对于电力系统的网络边界实施高效防护,防范外界非合法网络访问和攻击。要设立完善网络安全管理制度,约束员工的网络行为,增强对于内在网络的安全管理。

拟定严密的用户权限管控制度,约束员工对敏感数据的进入权限。定时对员工开展网络安全培训,提升员工的网络安全意识。国家能源局颁布的《电力行业网络安全管理办法》清晰规定,到 2025 年前达成电力关键信息基础设施可靠保护合格率 100%,促进企业构建积极抵御、深入抵御、精确抵御体系。运用大数据和人工智能技术强化网络安全监控和预告。借助对网络流量数据的即时解析,迅速察觉反常流量和攻击行为,并快速发布预告信息。运用机器学习算法对网络流量数据实施训练,构建正常流量模型,在网络流量发生背离正常模型的情况之际,系统自行警示,提醒或许具有网络安全威胁。奇安信替某电力集团实施的态势感知系统,借助 AI 解析日均侦测 10 万+条网络攻击行为,威胁处置平均耗时从 4 小时显著压缩到 15 分钟。

4 电力工程安全管理数字化转型面临的挑战与应对措施

数据质量和安全存在问题,数据来源广泛、格式繁

杂导致精确程度不够,比如不同厂商的传感器数据很难整合在一起,设备发生故障会使数据变得不真实。电力数据泄露的风险不断加剧,2023 年全球能源行业数据泄露事件比去年增加 47%,其中电力行业占 32%。解决这些问题需要建立数据质量管理体系,及时清洗和校验数据,比如深圳供电局利用数据中台和质量引擎,将数据合格率从 78%提高到 96%。需要进一步强化加密技术和访问控制措施,国网浙江电力使用国密算法成功防御 32 次 APT 攻击。技术集成和适配性方面存在难题,物联网、大数据等技术栈的适配性不太好,协议未能匹配会导致数据传输出现失败或算法失效。

Gartner 研究显示,65%的企业遇到集成周期延长的难题。解决问题需要在规划阶段统一技术标准,例如雄安新区项目采用统一中台和微服务架构,成功让 21 类系统和 37 种协议实现流畅连接,系统反应延迟低于 50 毫秒,同时组建专业运维团队来保证系统运行稳定。员工的能力和意识存在不足,只有 32%的安全管理人员掌握数据分析技能,58%的基层员工对数字化工具的接受程度低于 40%。需要通过完善的系统培训来提升员工技能,例如国家电网的数字电网·智慧安全培训每年覆盖 50 万人次,同时开设数字化师的晋升路径,激励员工积极适应企业数字化变革。

5 结论

处于能源互联网背景下,电力工程安全管理数字化转型为必然趋势。构建数字化平台、应用物联网、利用大数据与 AI 诸如此类策略,能提高管理水平。但转型遭遇数据质量与安全、技术集成、人员素质诸如此类挑战,必须经由优化数据管理、整合技术标准、强化人员培训诸如此类措施应对。量子计算、数字孪生、边缘计算与 5G 融合诸如此类技术,会促进安全管理朝自主化、智慧化发展,为电力行业高质量发展赋予保障,促成更广泛机遇与变革。

参考文献

- [1] 李海涛,王连来."互联网+"背景下煤炭营销管理研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2024(17):74-76.
- [2] 乔坤. 电力能源数字化转型关键问题探讨[J]. 2024(3):109-111.
- [3] 刘永辉,张显,孙鸿雁,等. 能源互联网背景下电力市场大数据应用探讨[J]. 电力系统自动化, 2021, 45(11):10. DOI:10.7500/AEPS20200603006.