

[智能巡视]

变电站智能巡视系统的应用

文/陈博

国网湖北省电力有限公司超高压公司

变电站智能巡视系统的推广应用是电力行业完成数字化、智能化转型的关键，能保障电力可靠供应、提升企业经济效益和社会效益。基于此，阐述智能巡视系统的核心架构，进而探讨RPA技术在巡视系统中的深度融合，并结合接地线管理、事故处理、一键顺控等应用场景，揭示系统如何对设备状态进行实时监测、智能诊断故障、自动化控制运维流程。

国家电网印发的《国家电网有限公司关于推进变电站智能巡视建设与应用的意见》指出：“大力推广智能巡视体系建设，提升电网设备数字化、智能化水平，实现变电运维作业模式转型。”当下，大数据、人工智能、物联网和5G等新兴技术的蓬勃发展，为变电站智能巡视系统的构建提供了坚实的技术支撑。通过这些技术的融合应用，智能巡视系统能够实现对设备状态的实时监测、智能诊断、精准预警及高效处置，从而大幅提升运维的效率和电网的安全稳定性。

智能巡视系统核心架构

变电站智能巡视系统是以先进信息技术为支撑，深度融合传感器技术、通信技术、人工智能与大数据分析等技术，对变电站的设备运行状态进行监测、故障诊断、运维管理的一种智能化、综合性系统，其核心架构包括多源数据感知层构建、数据传输与处理网络搭建、智能决策与控制中枢设计，各模块各司其职，有机协同，共同推动变电站运维智能化升级，如图1所示。

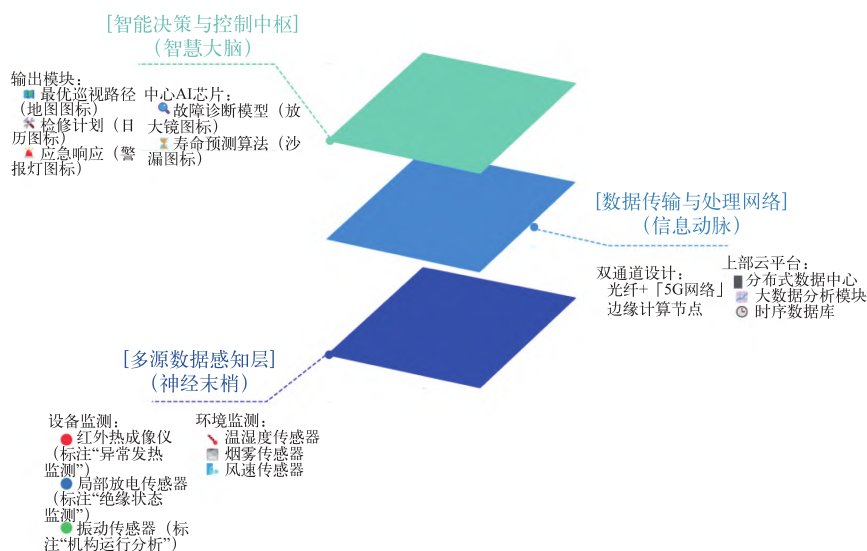


图1 变电站智能巡视系统核心架构图

1. 多源数据感知层构建

多源数据感知层作为系统的“神经末梢”，旨在通过部署多样化的传感器来实现对设备状态和周围环境信息的全面采集。对于电气设备本身，红外热成像仪可以实时捕捉其异常发热点，局部放电传感器可以监测其绝缘情况，振动传感器可以分析机械部件运行状态；对于环境参数，温湿度、风速和烟雾等传感器能够持续感知外部环境的变化，各类传感器能够通过标准化协议统一进行数据的采集，从而构建起覆盖变电站设备本体、运行工况及环境条件的立体化数据感知层，能够为后续数据处理与智能决策提供精准、实时的基础数据支撑。

2. 数据传输与处理网络

数据传输与处理网络是智能巡视系统的“信息动脉”，其通过构建起分层式架构来实现数据的高效流转和智能分析。在传输层面，其主要采用光纤通信与5G网络的双链路保障，构建起低延迟、高带宽的稳定通道，以确保感知层数据的实时上传；同时其部署了边缘计算节点，对高频次、低价值的数据进行本地清洗和初步分析，以降低核心网络的传输压力。在处理层面，其主要是依托云计算平台来搭建分布式数据中心，运用大数据分析技术对海量的数据信息进行深度挖掘，并结合时序数据库对设备的状态数据进行长期存储和快速调用。通过边缘计算和云计算协同运作，系统既可以满足实时性的业务需求，又能够完成复杂的数据分析任务，进而为智能决策提供可靠的数据支持。

3. 智能决策与控制中枢

智能决策与控制中枢是变电站智能巡视系统的“智慧大脑”，其通过融合人工智能技术与专家经验，实现从数据到决策的智能化升级，该中枢集成了机器学习、深度学习算法，能够对传输层的多源数据进行深度分析，并利用故障诊断模型精准识别设备的异常情况，同时通过寿命预测算法预估部件的老化趋势，提前研判其潜在风险。此外基于电网运行规则与历史案例库，系统还可以自动生成最优的巡视路径、故障处置预案及设备检修计划。在控制执行环节，中枢支持“一键顺控”操作，能够通过标准化指令集远程调控设备，并实时监控操作过程，若检测到出现异常情况系统会立即触发预警与应急响应机制，从而确保操作流程的安全可靠，最

大限度地降低人为操作的失误风险。

RPA技术在巡视系统中的深度融合

1. RPA流程自动化应用场景挖掘

RPA（机器人流程自动化）通过模拟人工操作，在变电站智能巡视系统中对重复性、规则性任务进行自动化处理。在数据管理方面，RPA可自动采集设备监测数据、气象信息及操作日志，按预设模板生成日报、周报，并同步上传至管理平台，大幅提升数据报表编制效率；在巡视记录处理环节，RPA能快速识别并整理巡检报告中的异常数据，自动分类归档至对应设备台账，减少人工录入耗时与错误率；在设备台账维护场景下，当设备参数变更、检修完成后，RPA可依据工单信息自动更新台账内容，确保数据的实时性与准确性。此外，RPA还可应用于巡检任务派发、工作票流转审批等流程，通过自动化执行替代人工操作，显著提升运维工作效率，释放人力投入到更具价值的分析与决策环节。

2. RPA与智能巡视系统协同机制

RPA与智能巡视系统能够通过数据交互、任务联动和智能调度进行深度协同。在数据交互层面，RPA作为“数字员工”，可无缝对接智能巡视系统的多源数据库，实时获取设备状态、巡检结果等信息，同时将处理后的结构化数据反哺系统，为智能决策提供支撑。在任务联动方面，当智能巡视系统监测到设备异常或触发特定条件时，会自动向RPA下达任务指令。例如，在故障应急处置流程中，RPA自动调取历史故障案例库，结合实时监测数据生成初步分析报告，以辅助运维人员快速制定处置策略；RPA完成任务后会将结果反馈至系统，进而触发下一步流程（启动人工复核或自动派单检修）。而通过智能调度引擎，系统还可以根据任务的优先级、RPA负载情况等动态分配任务，从而避免资源的浪费和冲突；此外，系统还可以将RPA运行过程中产生的异常信息实时同步至监控平台，运维人员可以及时介入干预，确保自动化流程和系统整体运行的稳定性和可靠性，尤其是在跨部门协作场景下，RPA能够自动触发工作流，将设备的待改信息同步推送至检修、物资等部门，并跟踪各环节的处理进度，确保问题的闭环管理。

变电站智能巡视系统的应用场景

1. 接地线管理：实时监测状态，全程管控操作

在变电站运维工作中，接地线作为保障人员与设备安全的关键防护装置，其管理的规范性与安全性至关重要。变电站智能巡视系统引入了物联网、电子锁具与身份识别技术，能够对接地线从挂设、使用到拆除进行全流程的动态监测与智能管控，从而为电力作业安全筑牢防线。在实际应用中，智能巡视系统能够为每一组接地线加装电子锁具与传感器，对设备状态进行实时感知。在运维人员领取接地线时，系统可以通过人脸识别或身份卡来认证该人员的操作权限，并记录领用时间和人员信息；挂设过程中，传感器会自动识别接地线与设备的连接状态，若有未正确挂接的地方或出现松动，系统会立即向运维人员的终端推送预警信息。在巡视环节，智能巡视系统可以通过后台管理界面，以可视化地图的形式来直观展示所有接地线的位置与通断状态，一旦发现接地线未按规定拆除或异常脱落等情况，系统会立即触发声光报警，并联动相关设备进行闭锁操作，防止带接地线送电。此外，系统还能够自动生成接地线操作日志，从而完整记录接地线每次的挂拆时间、操作人员 and 对应设备等信息，支持对历史操作的追溯和数据分析，以便于管理人员核查流程的合规性，并持续优化接地线管理措施，进而最大限度地降低人为失误风险，保障变电站检修作业的安全高效开展。

2. 事故处理：快速精准定位，智能高效处置

智能巡视系统还能够构建“监测-诊断-处置-反馈”一体化的事故处理体系，如图2所示，在故障发生瞬间快速采集设备的运行参数、保护装置动作信号及环境数据，并利用机器学习算法精准定位故障点与故障类型进行高效处理，从而实现了对故障的毫秒级响应与全流程闭环管理，大幅提升电网的应急能力。在系统运行时，若设备出现异常，分布于站内的传感器（局部放电监测、温度传感和振动检测设备）及保护装置会立即采集电压、电流和波形畸变等数据，并同步传输至智能分析平台。平台可以通过AI算法对这些海量的数据信息进行特征提取和模式匹配，系统可在数秒内准确定位故障类型（变压器绕组短路、绝缘子放电）及其具体位置，同时结合电网拓扑结构评估故障的影响范围，并自

动生成风险预警等级。基于历史案例库与专家知识库，系统可迅速制定最优的处置方案，包括故障隔离、负荷转移、抢修步骤等内容，并通过可视化界面来推送给运维人员。若涉及现场抢修，系统还会自动同步规划最佳抢修路径，并调配所需物资，通过AR远程指导技术实现多方专家协同决策。在处置完成后，系统会持续跟踪设备的运行状态，自动验证故障的修复效果，并更新设备的健康档案，进而为后续运维提供数据支撑，实现事故处理的高效性与智能化。

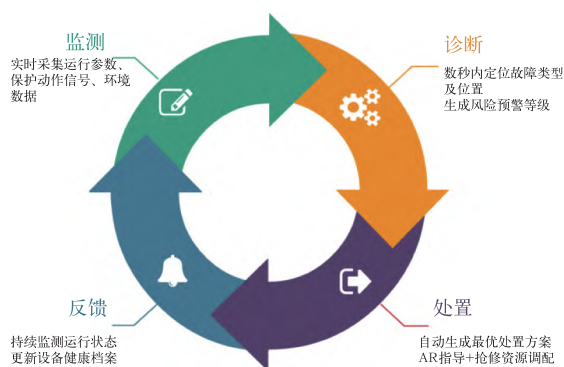


图2 “监测-诊断-处置-反馈”闭环管理环形图

3. 一键顺控：操作流程简化，安全可靠执行

传统变电站倒闸操作依赖于人工逐项执行，存在操作耗时长、步骤易疏漏和人为失误风险高等问题。智能巡视系统中的一键顺控功能，能够通过标准化流程设计与自动化控制技术，将复杂的分步操作转化为系统自动化任务，从而显著提升操作的效率和安全性。在实际应用中，运维人员需要对设备进行状态转换（线路从运行转为检修），可以在智能巡视系统操作界面来选择目标任务，选择后系统会自动依据预设的标准化操作票模板，结合当前设备状态与电网运行方式，生成详细的操作步骤序列。在此过程中，系统还会利用三维仿真与状态预演技术，模拟操作的全过程，对可能出现的风险点（误拉合开关、带负荷操作）进行智能校验，提前排除潜在隐患。确认无误后，运维人员可以一键触发指令，系统则会自动、有序地下达控制命令至断路器、隔离开关等设备，进而实现操作流程的自动化执行。而且在操作过程中，全程都会由系统进行实时监控，通过传感器与视频画面来双重校验设备的变位信息，一旦出现设备拒动、状态反馈不一致

等异常情况，系统会立即触发紧急停机机制，并向运维人员推送告警信息与处置建议。一键顺控功能支持操作记录的自动归档与分析，能够为后续优化操作流程、提升顺控成功率提供数据依据，从而真正实现变电站操作的“零失误、高效率、全可控”。

结束语

综上所述，变电站智能巡视系统通过多源数据感知、智能分析决策与自动化控制能够提升设备运维的效率，有效降低人工操作风险和电网运行隐患，在接地线管理、事故处理和一键顺控等场景中具有重要应用，不仅实现对传统运维模式的革新，更通过RPA技术推动业务流程从自动化向智能化方向转型。EA

(收稿日期：2025-07-04)

参考文献

[1] 林立雄. 智能巡视系统在变电站绝缘子隐患排查中的应用[J]. 安徽电气工程职业技术学院学报, 2025, 30(1): 28-34.

[2] 于明旺. 智能巡视系统在220 kV智慧变电站中的应用[J]. 电子技术, 2025, 54(2): 190-191.

[3] 李路. 基于迁移学习的变电站智能巡视系统应用研究[J]. 电工技术, 2023(S1): 27-29, 32.

[4] 姚志鹏. 新型数字智能变电站监控及巡视系统应用研究[J]. 电气技术与经济, 2023(9): 228-230.

[5] 许梦阳. 变电站智能巡视系统应用研究[J]. 科技创新与应用, 2025(6): 24-27.

(上接第70页)

保持稳定的性能，避免因热应力导致的材料老化和性能下降。绝缘结构的优化提升新能源变压器的抗短路能力和整体性能，高性能绝缘材料的应用提高对极端环境的适应性，厚度调整增强抗电压击穿能力和优化的散热设计确保在高频负载条件下的热稳定性。改进措施综合作用使新能源变压器在面对复杂的电网环境时高效运行，延长设备的使用寿命和降低维护成本。

结束语

本文围绕新能源变压器抗短路能力的提升展开，分析绕组、铁心和绝缘结构在短路条件下的关键问题并提出优化策略。通过增强绕组的轴向支撑和紧密度、改进铁心的应力分布和热管理以及采用高性能绝缘材料和优化散热设计提升变压器在极端电气和热环境下的稳定性。研究表明结构优化措施可提高新能源变压器的机械强度和电气性能，延长设备的使用寿命和降低故障率和维护成本，为新能源电网的稳定运行提供保障。EA

(收稿日期：2024-12-16)

参考文献

[1] 王轩, 龙飞, 张江超, 等. 限流装置对变压器抗短路能力提升作用分析 [J]. 设备管理与维修, 2024, (03): 17-19.

[2] 邓高峰, 李锐. 变压器抗短路能力安全系数动态计算方法研究 [J]. 广西电力, 2023, 46(6): 74-80.

[3] 都兴双, 李洪春, 苏晓龙, 等. 高阻抗变压器内置电抗器的抗短路能力计算及绕组热点分析 [J]. 变压器, 2023, 60(3): 7-11.

[4] 罗竣匀, 刘君, 胡晓, 等. 基于有限元的电力变压器抗短路能力校核方法研究 [J]. 电工电能新技术, 2023, 42(2): 78-87.

[5] 谢茜, 张宗喜, 丁理杰, 等. 变压器抗短路能力校核不合格原因分析及治理措施研究 [J]. 四川电力技术, 2022, 45(5): 54-57.