电气工程技术应用及其自动化问题研究

田宏飞　陈　蕾　李娟娟
安阳钢铁建设有限责任公司　河南　安阳　455000

摘　要：电气工程是现代工业体系的重要支撑，自动化技术的深度融入正在改变电气系统的运行与管理方式。本文围绕电气工程技术应用及其自动化问题展开分析，先梳理电气工程技术的基本内涵与自动化应用形态，再从系统集成、数据利用、运维安全三个维度归纳当前存在的突出问题，最后提出推进标准化建设、强化数据驱动、完善运维体系等改进路径。研究表明，电气工程自动化水平的提升有赖于技术标准、智能算法与现场管理的协同配合，对电气系统稳定运行与效率改善具有现实参考价值。

关键词：电气工程；自动化；系统集成；数据驱动；运维保障

引言

电气系统在工业生产与城乡供能中承担着能量转换、传输与分配的关键职能，自动化技术的引入使传统人工值守模式逐步向远程监控与智能调节过渡。本文从技术应用现状出发，剖析电气工程自动化推进过程中面临的实际问题，并结合工程现场运行经验提出可操作的改进思路，为相关技术人员提供参考。

1 电气工程技术及其自动化概述

电气工程技术以电磁学与电路理论为基础，覆盖电能的生产、传输、分配、转换与消耗等环节，涉及发电机、变压器、高低压开关柜、电动机、继电保护装置与变频驱动装置等核心装备，既包含一次系统的主接线设计、短路电流计算与设备选型，也包含二次系统的测量回路、控制回路与保护逻辑配置。自动化技术在电气工程中的落地经历了从就地手动操作、集中继电器控制到分布式计算机监控的演进过程，当前主流形态包括以可编程逻辑控制器为核心的顺序控制与联锁保护、以数据采集与监视控制系统为代表的远程监控，以及基于现场总线与工业以太网的装置间通信，承担电压无功调节、负荷投切、故障录波与拖动闭环等任务。电气工程自动化的核心特征在于强实时性、高可靠性与强电磁环境适应性，控制任务要求毫秒级甚至微秒级响应，系统常年连续运行，并具有多专业交叉属性，需要与机械、工艺、仪表、通信等专业协同设计[1]。随着数字化变电站、智能配电站与远程运维平台的推广，电气系统正从哑设备向具备自描述与自诊断能力的智能节点演进，运行数据逐步成为支撑状态检修与优化运行的重要资产，为后续问题的分析与改进提供基础。

2 电气工程自动化应用中存在的主要问题

2.1 系统集成与接口兼容性不足

不同厂家提供的保护装置、测控装置与智能仪表往往采用各自的通信规约，即使在同一工程中也常出现规约转换网关层层叠加的现象，导致数据点表庞大、调试周期拉长。部分早期建设的系统仍停留在模拟量点对点传输阶段，与新建的数字化装置之间缺乏平滑过渡方案，形成若干相互隔离的信息孤岛。一次设备与二次系统的设计边界在工程界面划分时不够清晰，机械位置、操作权限与联锁逻辑反复变更，现场安装完成后仍需大量整改。接口协议不统一还造成备品备件难以互换，检修人员需要同时掌握多套组态软件，培训成本与维护负担相应上升，跨班组协作时也容易因版本差异出现误操作。工程投运之后，新增技改项目若仍按传统模式逐点接线，集成度难以随时间提升，系统整体效率被不断累积的非标接口所拖累。网关数量过多还引入了额外的故障点，一旦转换装置死机，上游与下游之间的通信随之中断，原本用于提升兼容性的设备反而成为新的薄弱环节。跨厂家联调时，各方对同一数据点的定义往往存在偏差，量纲、极性与刷新周期不一致，调试后期需要投入大量人力逐点核对。项目工期紧张时，联调环节常被压缩，遗留问题在投运后逐渐暴露，处理成本成倍上升。

2.2 智能分析与数据利用水平偏低

多数电气自动化系统当前仍停留在数据采集与报警推送层面，海量运行数据被记录后缺乏深度挖掘。电压曲线、负荷曲线与谐波数据往往只用于事后查阅，未与设备健康状态、检修计划建立实质关联。部分现场虽已

部署高级应用软件，但因采样同步精度不足、模型参数与实际偏差较大，计算结果可信度不高，运行人员宁愿依据经验做出判断。故障录波数据的分析仍依赖人工逐份翻阅，未能形成自动比对与特征识别的常态化机制。人工智能算法在电气领域的落地更多停留在示范阶段，模型训练样本不足、工况覆盖不全，复杂现场直接替代传统阈值判断的条件尚未成熟[2]。报警阈值长期沿用投运时的默认值，未随负荷变化与季节更替重新整定，导致报警数量虚高，关键告警被淹没在冗余信息之中。可视化画面多以监视为目的，缺乏面向决策的汇总视图，运行人员需要在多个画面之间反复切换才能拼出系统全貌。报表统计多停留在固定格式，难以按管理需求灵活组合。操作人员与分析人员之间缺乏协作机制，现场发现的异常模式难以沉淀为可复用的判断规则。

2.3 运维保障与安全防护体系薄弱

电气自动化系统长期运行后，装置固件版本碎片化、配置文件备份不全、变更记录缺失等问题逐渐暴露。现场检修时，部分作业人员直接在运行网络中接入调试终端，移动存储介质随意插拔，给恶意代码传播与误操作留下可乘之机。控制网络与信息网络之间边界划分模糊，横向隔离措施不到位，一旦信息侧被突破，生产侧直接受到威胁。运行人员对自动化系统的认知多停留在画面浏览层面，对后台数据库、通信链路与装置内部逻辑掌握不深，异常发生时往往束手无策。备品备件储备与实际老化速度不匹配，关键板卡损坏后等待周期过长，直接影响供电可靠性与故障恢复时长。应急预案多停留在纸面，缺少针对自动化系统本身故障的演练，一旦监控后台整体退出，运行人员将退回到无指示状态下的手动操作，处置节奏明显放缓。账号权限管理松散，离职人员账号未及时回收，默认口令长期未改，访问日志留存不足，事后追溯难以还原操作过程。定期巡检多以现场抄表与外观检查为主，对装置内部温度、电源电压、通信误码率等隐性参数缺乏趋势性分析，潜在隐患难以及时发现。

2.4 人才队伍与技术储备不足

电气自动化系统的稳定运行依赖一支既懂电气一次、又懂二次控制与信息通信的复合型队伍。当前现场人员多由传统电气值班岗位转岗而来，对保护逻辑、组态软件与网络通信的理解深度有限，处理复杂异常时往往依赖外部厂家技术支持，响应速度受制于人。厂家在项目交付时提供的培训多以操作演示为主，缺乏针对内部原理与常见故障的系统讲解，人员上岗后仍需在长期实践中自行摸索。技术资料移交不完整，竣工图纸与实际配置脱节，调试记录散落在个人手中，后续接手人员难以快速进入状态[3]。人员流动频繁时，运行经验随岗位交接而流失，关键岗位出现断层，新技术的消化吸收也因此停滞不前。面对新型装置不断涌入，队伍知识更新速度跟不上设备换代节奏，自动化系统的效能难以充分释放，投资效益被人员能力短板所稀释。

3 提升电气工程自动化应用水平的路径

3.1 推进标准化建设与系统集成

在工程设计阶段即明确统一的通信规约与数据模型，优先选用支持开放式标准的装置，减少非标定制接口的数量。主设备与二次系统的招标技术条件中应写入规约一致性测试要求，到货后开展互操作验证，避免在现场调试阶段才暴露兼容性问题。新建站点与既有站点之间预留标准化网关，结合大修窗口期分批替代旧式规约转换装置。对于早期投运的模拟系统，结合设备更新计划分批替换为数字化装置，同步完成点表规范化与命名规则统一。建立设备台账与配置文件的版本管理机制，任何变更均需经过评审、备份与验证环节，确保可追溯、可回退，把集成工作从一次性工程转化为常态化的技术治理。设计图纸、点表与逻辑文件应集中归档，随现场变更同步更新，避免出现图实不符的情况，为后续运维与技改提供可信依据。对网关数量设定上限，超过阈值时启动规约整合，把多跳转换压缩为单跳直连，从物理拓扑上减少故障点。在新建工程中同步开展主设备智能化选型，优先支持直接数字通信的一次设备，从源头降低后续集成难度。对既有系统的改造应制定分年度计划，结合设备大修与技改项目逐步推进，避免一次性投入过大影响正常生产。改造过程中保留旧系统的监视通道作为过渡，待新系统稳定运行后再行退出。过渡期内安排专人值守，双系统数据每日比对，确保切换过程平滑可控。比对结果形成记录，作为新系统正式投运的验收依据。

3.2 强化数据驱动与智能分析能力

依托已有的数据采集平台，对历史运行数据进行清洗与对齐，构建覆盖电压、电流、功率、温度、谐波等关键量的设备状态基线。将录波数据、保护动作报告与检修记录关联入库，形成可检索的故障案例库，为自动特征提取提供样本支撑。结合现场实际工况校正高级应用模型参数，使其输出结果与运行经验逐步收敛，取得一线人员的信任后再推广使用。在数据量积累到一定程度后，可探索基于机器学习的负荷预测、谐波源定位与设备剩余寿命评估，将算法嵌入日常巡检流程，而非作为独立的展示工具。数据治理工作应与业务流程同步推

进，明确数据责任人与更新频次，制定分级存储与归档策略，热数据用于实时分析，冷数据压缩归档，避免平台建成后因数据膨胀而逐渐失去实用价值。结合季节与生产班次重新整定报警阈值，对告警进行分级分类，把高频次的提示信息与真正需要处置的紧急事件区分开，减轻运行人员的判断负担[4]。在可视化层面补充面向决策的汇总视图，将关键指标集中呈现，避免画面割裂带来的认知负荷。定期组织数据应用复盘，把分析结论反馈到运行规程与检修计划中，形成闭环。复盘结论同步更新到岗位操作卡，使经验快速传递到一线。

3.3 完善运维体系与安全防护

梳理电气自动化系统的运维职责界面，明确装置级、网络级与系统级的责任分工，制定常态化巡检与定期校验制度。控制网络与信息网络之间按照业务必要性设置隔离措施，调试终端采用专用设备并经登记后方可接入，移动存储介质经过查杀方可使用。建立固件版本与补丁管理流程，关键升级先在试验环境验证，再分批推送到现场，防止一次性全量更新带来不可预期的风险。针对运行人员开展分层培训，内容既包括画面操作，也覆盖后台逻辑、通信诊断与常见异常处置，逐步提升队伍整体技术素养。备品备件按照关键度分级储备，结合故障统计动态调整库存结构，缩短抢修响应时间，把被动抢修转化为主动维护。针对监控后台整体退出等极端场景编制专项预案并定期演练，确保运行人员在失去自动化辅助时仍能依据硬接线指示完成基本操作。账号权限按照最小必要原则分配，定期复核并回收离岗人员账号，强制定期更换口令，访问日志集中留存以备事后追溯。将装置内部温度、电源电压与通信误码率等隐性参数纳入趋势监视，使巡检从外观检查转向状态预测，把隐患消除在萌芽阶段。对趋势异常设置分级预警，提示运行人员提前介入，避免小隐患演化为大故障。预警动作与检修工单联动，做到发现、派单、处置一气呵成。

3.4 加强人才培养与技术储备

针对队伍能力短板，应建立分层分类的培训体系。新入职人员从一次系统识图、二次回路原理学起，逐步过渡到组态软件操作与通信故障诊断，培养周期内安排跟班实习与独立操作考核，合格后方可独立顶岗；在岗人员结合年度演练开展专项强化，把典型异常处置编成案例反复推演，形成可复用的处置手册，遇到同类问题时能够快速调取并对照执行。与设备厂家建立长期技术协作关系，在大修、技改与抢修现场安排厂家工程师带教，把外部经验逐步转化为内部能力，减少对外部力量的长期依赖。技术资料按照统一模板整理归档，竣工图纸、点表、逻辑文件与参数备份同步更新，任何时候接手都能快速还原系统状态，避免因资料缺失造成重复摸索。关键岗位实行主备双岗制，排班时保证主备两人同时熟悉同一套系统，避免因单人离职造成经验断档。鼓励人员参与行业交流与技能评定，把技术学习与岗位晋升挂钩，形成持续提升的内在动力[5]。培训内容随设备升级同步更新，把新型装置的原理、调试要点与常见故障及时纳入教材，使队伍能力与系统升级同步演进，为电气自动化长期稳定运行提供可靠的人力支撑。通过以老带新、岗位轮换与专项演练相结合的方式，持续巩固培训成果。培训效果纳入年度考核，与岗位聘任和绩效分配挂钩。

结束语

综上所述，电气工程技术与自动化的深度融合已是不可逆转的趋势，但在系统集成、数据利用与运维安全等方面仍有诸多现实问题需要逐项破解。标准化是基础，数据驱动是方向，安全防护是底线。唯有将技术升级与现场管理同步推进，才能使电气自动化系统真正发挥稳定、高效、智能的应有作用。

参考文献

[1] 王凤安. 电气工程技术应用及其自动化问题研究 [J]. 中国设备工程,2023,(2):199-201.

[2] 张译丹, 沈蔡媛. 电气工程技术应用及其自动化问题研究 [J]. 科学与信息化,2023,(23):129-131.

[3] 宗震. 电气工程技术应用及其自动化问题研究 [J]. 电子乐园,2023,(1):145-147.

[4] 李晶. 电气工程及其自动化技术在电力系统中的应用与发展路径 [J]. 光源与照明,2026,(5):227-229.

[5] 张鸿平, 杜卫昌. 电气工程及其自动化智能化技术应用 [J]. 科技信息与研究,2026,6(8):142-144.