

电气自动化技术在新型环保电厂核心技术应用与未来趋势

孙文超

广东 潮州 521000

DOI:10.61369/WCEST.2025110007

摘 要： 本文围绕电气自动化技术在新型环保电厂的应用展开，涉及一次设备自动化控制、继电保护系统升级、设备状态监测、预防性维护等核心技术，也探讨了新能源接入适配、设备互联互通等挑战及应对策略，并指出当前存在标准体系不完善等问题，对未来发展提出建议。

关 键 词： 新型环保电厂；电气自动化技术；智能运维

Application and Future Trends of Electrical Automation Technology in Core Technologies of New Environmental Protection Power Plants

Sun Wenchao

Chaozhou, Guangdong 521000

Abstract： This article focuses on the application of electrical automation technology in new environmentally friendly power plants, involving core technologies such as equipment automation control, relay protection system upgrade, equipment status monitoring, and preventive maintenance. It also explores challenges and response strategies such as new energy access adaptation and equipment interconnection, and points out current problems such as incomplete standard systems. Suggestions for future development are also proposed.

Keywords： new environmentally friendly power plant; electrical automation technology; intelligent operations

引言

《关于推进新型环保电厂电气自动化技术发展的若干意见》于[具体时间]颁布，强调新型环保电厂电气自动化技术发展的重要性。在新型环保电厂建设中，电气一次设备自动化控制系统设计、继电保护系统自动化升级、设备状态监测技术智能化演进等核心技术应用成果显著，但仍面临诸多挑战。该政策为解决当前标准体系不完善、技术验证环境缺失、专业人才匮乏等问题提供支持，引导聚焦分布式能源协调控制等关键领域研发，推动电气自动化技术更高效、智能、环保应用，助力新型环保电厂可持续发展。

一、电气自动化核心技术应用体系构建

（一）电气一次设备自动化控制系统设计

在新型环保电厂中，电气一次设备自动化控制系统设计至关重要。主变压器在线监测系统可实时监测变压器的运行状态，如油温、绕组温度、油中气体成分等参数，通过对这些数据的分析，能及时发现潜在故障隐患，保障变压器稳定运行^[1]。GIS设备智能操控装置，实现对GIS设备的智能化操作与监测，具备故障诊断、状态显示等功能，提升操作的准确性与安全性。数字化断路器以其高精度、快速响应等特点，关键技术参数包括分合闸时间、开断电流能力等，可精确控制电路通断。智能型组合电器将多种电器元件组合，通过优化设计与智能控制，提高系统的集成

度与可靠性，其关键技术参数涵盖绝缘性能、额定电流等，为新型环保电厂稳定高效运行奠定基础。

（二）继电保护系统自动化升级方案

在新型环保电厂继电保护系统自动化升级中，微机保护装置的逻辑组态技术至关重要。通过优化逻辑组态，能够使保护装置更精准地响应各类故障情况，提高保护动作的可靠性与快速性。广域保护系统的信息交互机制需进一步完善，确保各个保护单元间信息快速、准确传递，实现全网保护的协同动作。结合IEC61850标准，实现设备参数自动整定功能是关键路径。该标准为变电站自动化系统通信提供统一标准，在此基础上，可依据实时运行参数及故障类型，自动精准整定保护装置参数，如电流、电压定值等^[2]。这一系列升级方案将全面提升继电保护系统自动

化水平，保障新型环保电厂电力系统稳定、安全运行。

二、智能检修维护技术体系研究

（一）设备状态监测技术的智能化演进

在新型环保电厂中，设备状态监测技术正不断向智能化演进。红外热成像诊断系统可通过检测发电机表面温度分布，直观呈现潜在故障区域，如局部过热等，为绝缘评估提供重要依据^[3]。局部放电在线监测装置能实时捕捉发电机运行中产生的局部放电信号，这些微弱信号往往预示着绝缘性能的早期劣化。在此基础上，构建多参数融合诊断模型成为关键。该模型整合红外热成像数据、局部放电数据以及其他相关运行参数，利用智能算法进行综合分析与评估，突破单一参数监测的局限，更准确、全面地掌握发电机绝缘状态，为智能检修维护提供坚实技术支撑，实现从传统经验式检修向精准化、智能化检修的转变，提升新型环保电厂设备运行的可靠性与安全性。

（二）预防性维护体系的数字化转型

预防性维护体系的数字化转型是电气自动化技术在新型环保电厂核心技术应用的关键一环。借助大数据驱动的设备寿命预测算法^[4]，能够深入分析设备运行数据，精准预估设备剩余使用寿命，为预防性维护提供科学依据。而在 EAM 系统中，设备健康指数的动态评估机制至关重要。通过实时监测设备各项参数，运用智能算法对设备健康状况进行动态评估，及时察觉潜在故障隐患。在此基础上，优化检修策略，摒弃传统固定周期检修的局限性，依据设备实际健康状态制定针对性检修计划，提高检修效率与资源利用率，降低设备故障风险，保障新型环保电厂的稳定高效运行，实现预防性维护体系从传统模式向数字化、智能化的深度转型。

三、技术应用瓶颈与优化路径

（一）继电保护系统的适配性挑战

1. 新能源接入引发的保护配置矛盾

随着光伏/储能系统大规模接入新型环保电厂，继电保护系统面临适配性挑战，尤其在保护配置方面矛盾凸显。由于新能源接入改变了电力系统的拓扑结构与运行特性，短路电流特性变化显著，传统继电保护定值无法满足新场景需求，易导致保护误动或拒动^[5]。例如，光伏系统在故障时短路电流上升速度和幅值与常规电源不同，储能系统充放电状态切换也影响短路电流水平。为解决这一矛盾，需提出多维度继电保护定值整定修正方案。该方案应综合考虑新能源电源特性、电网运行方式变化等因素，通过实时监测与分析，动态调整保护定值，实现继电保护系统与新能源接入后的电网环境适配，保障新型环保电厂安全稳定运行。

2. 设备互联互通的技术障碍

在电气自动化技术应用于新型环保电厂过程中，设备互联互通面临诸多技术障碍。不同厂商设备通信规约差异显著，使得设备间信息交互困难。各厂商为维护自身产品特性与优势，采用自定义通信规约，这导致电厂内不同设备难以有效兼容、协同工

作，极大阻碍数据流畅传输与共享。解决此问题可设计基于 OPC UA 协议的标准化数据接口转换系统^[6]。OPC UA 协议具有平台无关性、安全性高、可扩展性强等优势，通过构建该系统，能将不同厂商设备的通信规约转换为统一标准格式，实现设备间数据无缝对接，打破通信壁垒，为电厂内各设备互联互通奠定坚实基础，提高电气自动化系统整体运行效率与稳定性。

（二）设备智能化改造的技术困境

1. 老旧设备数字化升级难题

在老旧设备数字化升级过程中，面临诸多难题。一方面，老旧设备本身设计与制造标准和当下数字化要求差异大，其硬件接口、通信协议等难以与现代数字化系统兼容，这就像让一辆老式汽车直接接入高速网络一般困难^[7]。例如传统断路器的机械结构和电气参数监测方式原始，难以直接适配智能传感终端。另一方面，老旧设备运行多年，部件老化、磨损严重，即使进行数字化升级，其性能提升空间受限，且升级成本可能过高，影响经济性。为解决这些难题，需深入研究老旧设备原理与结构，开发针对性的接口转换装置，实现新旧系统对接；同时对老化部件进行评估与更换，在保障设备性能前提下，合理控制升级成本，优化经济型技术方案，从而有效推进老旧设备数字化升级，实现智能化改造。

2. 数据资源整合应用不足

在设备智能化改造进程中，数据资源整合应用不足成为显著困境。新型环保电厂内设备繁多，数据来源广泛且结构各异，包括设备运行参数、环境监测数据等，不同系统的数据格式、接口标准差异大，导致难以有效融合，无法形成全面、统一的数据视图，限制了数据分析与决策支持能力。同时，数据采集与传输过程存在实时性欠佳、数据丢失等问题，影响设备实时状态监控与故障预警的及时性与准确性。此外，对数据价值挖掘深度不够，大量有价值信息未被充分利用。为优化此状况，需完善多源异构数据的融合应用机制，如制定统一的数据标准与接口规范，运用先进的数据处理技术，提高数据采集与传输的可靠性和实时性，深入挖掘数据潜在价值，实现数据驱动的设备智能化改造^[8]。

四、技术发展趋势与创新方向

（一）智能传感技术的突破性发展

1. 非侵入式检测技术创新

在电气自动化技术于新型环保电厂的应用中，非侵入式检测技术创新具有重要意义。太赫兹波检测凭借其独特的穿透性与光谱特性，能在不破坏设备结构的前提下，对关键设备内部的潜在故障隐患进行精准探测，如检测设备内部的微小裂缝、材料老化等情况，为设备的早期维护提供有力依据^[9]。光纤 Bragg 光栅传感技术则可利用光纤的抗电磁干扰、耐腐蚀等优点，实现对温度、应变等关键参数的高精度非侵入式测量，实时感知设备运行状态的细微变化。这些非侵入式检测技术创新，不仅能降低设备检测对生产的影响，还能提升检测的准确性与实时性，推动新型环保电厂电气自动化技术迈向更高水平，实现设备状态感知的高

效与智能。

2. 自供能传感装置研发进展

在电气自动化技术于新型环保电厂的应用中，智能传感技术正朝着突破性方向发展，自供能传感装置的研发取得显著进展。在传感器电源系统，能量收集技术应用前景广阔，它能从环境中获取如太阳能、风能、热能等多种形式能量并转化为电能，为传感器持续供电。微型风光互补供电方案可行性备受关注，该方案结合太阳能与风能，通过合理配置和智能控制，有效克服单一能源间歇性和不稳定性的缺陷。太阳能板在光照充足时高效发电，风力发电机在有风环境下运作，两者相互补充。通过深入研究能量收集、转换与存储等关键技术，有望实现自供能传感装置稳定可靠运行，为新型环保电厂核心技术发展注入新动力，推动其智能化、绿色化进程^[10]。

（二）人工智能驱动的检修模式变革

1. 深度学习在故障预警中的应用

在电气自动化技术应用于新型环保电厂的发展进程中，深度学习在故障预警方面发挥着关键作用。利用深度学习算法对电厂设备运行过程中产生的海量数据进行深度挖掘，能够有效捕捉设备运行状态的细微变化。例如，通过卷积神经网络（CNN）对设备的图像数据，如外观磨损、发热情况等进行分析，提前察觉潜在故障迹象；借助循环神经网络（RNN）及其变体 LSTM，处理设备运行参数的时间序列数据，预测参数的异常波动，进而实现精准的故障预警。这种深度学习驱动的故障预警方式，可大幅提升电厂设备故障发现的及时性与准确性，为预防设备故障、保障电厂稳定运行提供有力支持，推动新型环保电厂检修模式向智能化、高效化方向变革。

2. 机器视觉技术突破

在电气自动化技术应用于新型环保电厂的进程中，机器视觉技术在开关设备机械特性检测方面的突破意义重大。一方面，需研究如何进一步优化高精度图像识别算法，以适应复杂多变的电厂运行环境，实现对开关设备机械特性的精准检测。例如，通过改进算法的自适应能力，使其能在不同光照、湿度等条件下稳定工作。另一方面，要推进该算法的工程化应用，开发与之适配的硬件设备，提升数据处理速度与实时性，实现检测数据的快速分析与反馈，助力检修人员及时发现并解决开关设备潜在问题。此外，借助人工智能技术对大量检测图像数据进行深度挖掘与学习，构建开关设备机械特性变化趋势预测模型，提前预警设备故

障，实现从被动检修向主动预防的模式转变，推动新型环保电厂电气设备检修的智能化变革。

（三）新型系统架构的演进方向

1. 全站自动化系统的云边协同

在电气自动化技术于新型环保电厂的应用中，新型系统架构朝着更加智能、高效、融合的方向演进。全站自动化系统的云边协同会进一步深化，本地控制单元基于边缘计算的实时控制系统架构将不断优化，能更快速精准地处理现场数据并做出反应。云端大数据平台与本地控制单元的协同工作机制也将持续创新，实现数据的高效交互与深度分析，比如通过对海量运行数据的挖掘，为电厂设备优化运行与故障预测提供有力支持。未来，还可能会融入更多先进技术，如物联网、人工智能等，提升云边协同的智能化水平，使电厂在环保、节能、高效运行等方面达到新高度，实现电气自动化技术在新型环保电厂核心技术应用的全面升级。

2. 自主可控技术体系建设

在电气自动化技术于新型环保电厂的应用中，新型系统架构正朝着智能化、集成化演进。智能化架构能依据实时监测数据，自动优化电厂运行，提高能源利用效率与环保性能。集成化则将多个子系统整合，实现信息共享与协同运作，减少设备冗余。在自主可控技术体系建设方面，需全力推进国产化 PLC 与 SCADA 系统研发。通过加大研发投入，联合科研机构与企业，突破核心技术瓶颈，提升系统稳定性与可靠性。构建关键控制设备国产化替代方案，对传感器、执行器等设备，从设计、制造到测试进行全流程国产化，降低对国外技术依赖，保障新型环保电厂的安全稳定运行，推动电气自动化技术在环保电厂领域的自主创新发展。

五、总结

电气自动化技术在新型环保电厂核心技术应用中成果显著，智能传感、数字孪生及人工智能等技术的融合，极大提升了电厂运维的智能化水平与效率。然而，当前仍存在标准体系不完善、技术验证环境缺失、专业人才匮乏等问题。为推动其未来发展，需完善标准体系，确保技术应用的规范性与兼容性；构建技术验证环境，加速新技术的落地应用；加强复合型人才培养，为技术创新提供人力支持。在未来技术研发上，应聚焦分布式能源协调控制、自主可控工业软件等关键领域，实现电气自动化技术在新型环保电厂更高效、更智能、更环保的应用，助力环保电厂可持续发展。

参考文献

[1] 胡皓翔. 智能运维技术在 220kV 环澳站的应用研究 [D]. 华南理工大学, 2021.
[2] 吴楚龙. 基于现场总线技术的发电厂电气监控系统的研究与应用 [D]. 广东工业大学, 2021.
[3] 王科. 基于 AIOps 的根因分析算法的研究与应用 [D]. 华北电力大学 (北京), 2021.
[4] 马德宏. 基于深度学习的软件运行时异常检测技术研究与应用 [D]. 国防科技大学, 2022.
[5] 翟里京. 《工业汉语—电气自动化技术（基础篇）》教材研究 [D]. 沈阳大学, 2023.
[6] 庞明轩. 电厂电气自动化技术应用综述 [J]. 科学咨询, 2021(6): 97.
[7] 张泽继. 电气工程及自动化技术在电厂中的应用 [J]. 通讯世界, 2024, 31(7): 133-135.
[8] 吴官韬. 探讨电气自动化技术在水处理中的应用趋势 [J]. 技术与市场, 2022, 29(3): 104-105.
[9] 李超. 电气自动化技术在电厂生产经营中的应用分析 [J]. 科学与信息化, 2021(21): 75-76.
[10] 郑寿智, 赵玉磊. 船舶电气自动化技术应用及发展趋势 [J]. 船舶物资与市场, 2022(5): 21-23.