

基于人工智能的电厂主变一次设备状态评估与故障预警

汤明瑞

辽宁大唐国际新能源有限公司锦州热电分公司, 辽宁 锦州 121011

DOI: 10.61369/TACS.2026060018

摘 要 : 电厂主变一次设备是电力系统能量传输与电压转换的重要载体, 它的稳定运行会在很大程度上影响电厂供电的安全性、可靠性。随着电力行业向智能化的方向加速, 传统的主变一次设备状态评估与故障预警方式已难以适配现代电厂的运维需求。鉴于此, 本文将针对基于人工智能的电厂主变一次设备状态评估与故障预警展开分析, 并提出一些策略, 以此为电厂发展提供理论依据。

关 键 词 : 人工智能; 电厂; 主变一次设备; 状态评估; 故障预警

AI-Based Condition Assessment and Fault Early Warning of Primary Equipment of Main Transformers in Power Plants

Tang Mingrui

Jinzhou Cogeneration Branch of Liaoning Datang International Renewable Power Co., Ltd., Jinzhou, Liaoning 121011

Abstract : The primary equipment of main transformers in power plants is a crucial carrier for energy transmission and voltage conversion in power systems, and its stable operation largely affects the safety and reliability of power supply in power plants. With the accelerated intelligent development of the power industry, traditional methods for condition assessment and fault early warning of primary equipment of main transformers have been difficult to meet the operation and maintenance needs of modern power plants. In view of this, this paper will analyze the AI-based condition assessment and fault early warning of primary equipment of main transformers in power plants, and propose corresponding strategies, so as to provide a theoretical basis for the development of power plants.

Keywords : artificial intelligence (AI); power plants; primary equipment of main transformers; condition assessment; fault early warning

一、基于人工智能的电厂主变一次设备状态评估与故障预警的意义

(一) 保障电力系统安全稳定运行, 降低故障风险

电力系统的稳定运行是能源安全的重要支撑, 而主变一次设备则是电力系统稳定的基础。传统的主变一次设备状态评估依赖人工巡检, 运维人员通常是通过肉眼观察、仪器测量等方式判断设备状态, 这样就很容易受到人为经验、工作强度等因素影响, 导致很难发现设备的早期潜在故障, 存在一定的滞后性^[1]。人工智能技术则可以有效整合主变一次设备的全生命周期运行数据, 包括实时监测数据、历史故障数据以及检修记录等, 而后可以通过算法模型自动提取故障特征, 还可以识别设备的运行异常, 从而提前发出预警信号, 这样可以实现“早发现、早诊断、早处理”。

(二) 优化运维模式, 降低运维成本

现阶段, 很多电厂的主变一次设备运维多是采用“定期检修”的模式, 无论设备的实际运行状态如何都是按照固定的周期进行检修, 这样就很容易出现检修过度或检修不足的问题。一些状态良好的设备会因为定期检修被迫停运, 这样会造成资源浪

费, 还有一些设备存在潜在的故障, 可能会因为未到检修周期无法及时发现问题导致故障扩大^[2]。基于人工智能的状态评估与故障预警系统能够精准判断设备健康状态, 工作人员可以根据设备的实际运行情况制定个性化检修计划, 这样可以实现“按需检修”, 能够有效改变传统的运维盲目性。同时, 人工智能系统可以24小时不间断监测, 有效地替代了部分人工巡检工作, 有利于减少运维人员工作量, 降低人工成本。

(三) 推动电力行业数字化转型, 提升智能化水平

随着新型电力系统建设的不断深入, 数字化、智能化已经逐渐成为电力行业发展的必然趋势。电厂主变一次设备作为电力系统的核心组成部分, 其智能化运维是电力行业数字化转型的重要抓手。人工智能技术与主变一次设备状态的评估、故障预警融合, 能够有效推动设备运维从“经验驱动”向“数据驱动”转型, 有利于实现运维流程的自动化、智能化。通过构建一个主变一次设备数字孪生模型, 能够更为有效地整合多源异构数据, 有利于实现设备的运行状态可视化监测、故障的精准诊断, 也可以为电厂的运维决策提供数据支撑。同时, 人工智能技术的应用能够积累大量设备运行数据和故障处理经验, 这样可以逐渐形成一

个智能化运维知识库，有利于推动电力行业运维水平的整体提升^[3]。

二、基于人工智能的电厂主变一次设备状态评估与故障预警存在的问题

（一）数据质量参差不齐，数据支撑能力不足

数据是人工智能模型训练的基础，数据的质量会在很大程度上影响模型的评估精度和预警效果。现阶段，很多电厂的主变一次设备数据管理存在一些问题，这就导致其很难满足人工智能模型的训练需求，比如，一些电厂的数据采集不全面，一次设备监测点的设置数量不足，只能采集电压、电流等常规参数，缺乏对设备振动、温度以及绝缘状态等关键参数的监测，这样就很容易导致模型无法全面捕捉设备运行状态特征^[4]。比如，一些老旧电厂未安装局部放电监测、红外测温等设备，这样就难以获取设备绝缘故障、接触不良等关键数据。此外，一些电厂的数据质量较差，他们采集到的数据存在噪声、缺失等问题，这是由于设备的运行环境复杂，传感器很容易受到干扰而导致数据出现偏差。还有一些传感器故障可能会造成数据缺失，也会影响模型训练的准确性。部分电厂的数据共享较为不足，不同部门、不同设备的数据分散存储，这样就很容易形成“数据孤岛”，难以实现数据的有效整合与共享，从而导致人工智能模型难以获取全面的设备运行数据，不利于实现精准的状态评估与故障预警^[5]。

（二）算法模型适配性差，诊断预警精度不足

人工智能算法模型是状态评估以及故障预警的核心，但是，当前很多电厂应用的算法模型存在适配性差、精度不足等问题。部分模型的通用性较为不足，一般来说，算法模型多是针对特定的类型、工况的主变一次设备设计，缺乏通用性，若是设备的型号、运行工况发生变化时，模型的评估精度会显著下降，这样就很难适应不同电厂、设备的需求^[6]。此外，一些模型的泛化能力弱，部分模型在训练过程中存在过度依赖历史故障数据的情况，对于一些未出现过的故障类型、复杂工况下的故障识别能力较为不足，这样就很容易出现漏警、误警现象。还有一些算法与工程实践结合不紧密，算法模型过于注重理论研究，未能充分考虑电厂主变一次设备的实际运行环境和运维需求，这样就很容易导致模型在实际应用中难以落地，无法发挥实际作用。

（三）工程应用落地困难，系统集成度低

现阶段，人工智能技术在电厂主变一次设备状态评估与故障预警中的系统集成度低，人工智能预警系统与电厂已有的监控系统、运维管理系统缺乏有效对接，这样就很难实现数据的实时交互和功能的协同联动，从而导致系统各自为政，难以形成一个较为完整的智能化运维体系。比如，人工智能预警系统发出故障预警后，难以自动联动运维管理系统生成检修工单，这还需要人工的干预，极大影响了运维效率^[7]。此外，部分电厂的设备兼容性差，一些老旧电厂的主变一次设备老化严重，缺乏智能化监测接口，这样会导致其很难和人工智能监测设备、预警系统实现有效对接，从而很容易出现采集设备运行数据故障，影响了系统的正

常运行。不仅如此，一些电厂的运维管理体系不够不完善，部分电厂缺乏专门的智能化运维团队，运维人员对人工智能系统的操作、维护能力较为不足，无法及时处理系统运行过程中出现的问题。

三、基于人工智能的电厂主变一次设备状态评估与故障预警的优化策略

（一）加强数据治理，提升数据支撑能力

数据是人工智能模型的基础，为此，我们要做好数据的治理和应用，善于打破数据孤岛，这样才能为后续的状态评估与故障预警提供高质量的数据支撑。电厂方面要进一步完善数据采集体系，结合主变一次设备的运行特点和故障类型合理设置监测点，进一步扩大数据采集的范围，不仅要采集电压、电流等常规参数，还要重点采集设备振动、温度以及绝缘状态等关键参数，这样才能确保数据的全面性。例如，我们可以在主变压器上安装在线 DGA 传感器、红外测温设备等，这样可以实时采集油中溶解气体组分、设备温度分布等数据。同时，我们可以选择一些高精度、高稳定性的传感器，这样可以减少环境干扰对数据采集的影响，确保数据的准确性^[8]。同时，我们要不断提升数据的质量，建立一个更为完善的数据清洗、校验机制，这样可以实现对采集到的数据进行噪声过滤、缺失值填充等处理，确保数据的完整性和准确性。不仅如此，我们要善于打破数据孤岛，建立一个统一的数据管理平台，进一步整合电厂内部不同部门、不同设备的数据，这样可以有效实现数据的集中存储、统一管理和共享共用。

（二）优化算法模型，提升诊断预警精度

算法模型是智能化评估与预警的核心，为此，我们可以通过优化模型设计、提升模型适配性和泛化能力确保评估预警的精准性。在实际工作中，电厂方面可以研发一些通用型的算法模型，结合不同类型、不同工况的主变一次设备运行特点，设计更多具有通用性的人工智能算法模型，还可以采用迁移学习、小样本学习等技术减少模型对特定设备、特定工况的依赖，这样可以大幅提升模型的通用性和适配性。例如，我们可以通过在相似领域模型上进行预训练，再对目标设备的少量异常数据进行微调，这样可以让我们模型快速掌握故障特征并高效完成故障评估。此外，我们还可以提升模型泛化能力，进一步扩展模型训练的数据集，纳入不同设备、不同故障类型以及不同运行工况的数据，通过采用数据增强技术增加训练数据的多样性，以此减少模型过拟合现象^[9]。不仅如此，为进一步推动算法与工程实践深度结合，我们可以结合电厂主变一次设备的实际运维需求，进一步优化算法模型的设计，简化相应的模型结构，这样可以大幅提升模型的运行效率和实用性。电厂还可以建立一个模型动态更新机制，根据设备的运行数据变化、故障类型等新增数据，以此实现对模型参数的革新与优化，确保模型的适应性和准确性。

（三）推进工程应用落地，提升系统集成度

针对工程应用落地困难的问题，我们可以加强系统集成、提升设备兼容性同时完善运维管理体系，这样可以推动人工智能技

术在电厂主变一次设备运维中的实际应用。在实践中，电厂方面要不断提升系统的集成度，建立一个统一的智能化运维平台，这样可以更好地实现人工智能预警系统与电厂现有监控系统、运维管理系统以及设备管理系统的无缝对接，有利于实现数据的实时交互、功能的协同联动。此外，我们还需不断提升设备地兼容性，针对那些老旧设备及时进行智能化改造，还需要加装一些智能化的监测接口和设备，这样可以更好地实现与人工智能预警系统的有效对接。同时，为进一步推动监测设备、预警系统的标准化建设，我们可以统一接口规范，确保不同厂家、不同类型的设

备和系统能够兼容互通^[10]。例如，对于那些运行年限较长的主变压器，我们可以加装振动传感器、在线 DGA 监测设备等，这样可以实现对设备状态的实时监测。不仅如此，电厂方面还需构建一个更为完善的运维管理体系，建立一个专门的智能化运维团队，同时，要明确团队的职责，做好人工智能系统的操作、维护、更新和优化。为保证工作质量，我们还可尝试制定一个更为完善的运维管理制度，进一步规范系统运行、数据管理、模型更新等流程，这样才能确保系统的长期稳定运行。

参考文献

[1] 邱现帅,王喆,康志翔,等.基于人工智能的电厂辅助设备故障诊断模型训练与验证[J].电力设备管理,2025,(24):112-114.

[2] 徐西银,孟衍,李举,等.基于人工智能技术的智慧电厂安全用工风险预警系统研究[J].通讯世界,2025,32(12):81-84.

[3] 张超,崔小军,绳鹏鹏,等.智慧电厂人工智能算法支撑平台的研究[J].机械设计与制造工程,2025,54(10):27-31.

[4] 高禹.基于人工智能的发电厂设备维护优化方法分析[J].集成电路应用,2025,42(10):220-221.

[5] 徐云,郭吉群,孙毅,等.人工智能驱动的虚拟电厂参与市场非合规行为分析模型[J].供用电,2025,42(10):28-35.

[6] 许泯豪.Y 电厂变电运维数字化转型研究[D].电子科技大学,2025.

[7] 李万晨曦."人工智能+"助推虚拟电厂产业链企业发展[N].证券日报,2025-09-09(A03).

[8] 朱仁庆,沈小军,董子航.虚拟电厂的隐私保护技术研究现状与展望[J].电力系统自动化,2025,49(20):16-33.

[9] 邢曜宇.智能电厂建设中设备预测性维护技术的应用与探索[J].张江科技评论,2025,(08):104-106.

[10] 孙中华,陈峰,李文山.大数据和人工智能技术在电厂两票系统中的应用[C]//中国高科技产业化研究会智能信息处理产业化分会,天基智能信息处理全国重点实验室,《计算机工程与应用》编辑部.第十九届全国信号和智能信息处理与应用学术会议集.国能浙江宁海发电有限公司;,2025:380-383.