

电力人工智能技术研究框架应用现状及展望

林新霞

贵州省北盘江电力股份有限公司 贵州省 贵阳市 561301

摘要: 随着能源革命和数字革命的推进,电力系统正向新型电力系统转型升级。人工智能(AI)作为关键支撑技术,有助于实现电力系统的精准建模、高效分析及智能决策控制。本文综述了AI在电力系统源、网、荷、储等关键环节的应用现状,并分析了AI领域的技术发展及其在新型电力系统的应用前景,为中国AI技术与新型电力系统的深度融合发展提供参考。

关键词: 电力;人工智能;策略

Research Framework, Current Status, and Prospects of Artificial Intelligence Technology in the Power Sector

Xinxia Lin

Beipanjiang Electric Power Co., Ltd., Guizhou Province, Guiyang City, Guizhou Province 561301

Abstract: With the advancement of the energy and digital revolutions, the power system is undergoing a transformation and upgrading to a new type of power system. Artificial Intelligence (AI), as a key supporting technology, aids in achieving precise modeling, efficient analysis, and intelligent decision-making control of the power system. This paper reviews the current status of AI applications in key segments of the power system, such as generation, transmission, load, and storage, and analyzes the technological development in the field of AI and its prospects in the new type of power system. It provides a reference for the deep integration and development of AI technology with the new type of power system in China.

Keywords: Power; Artificial Intelligence; Strategy

引言

在 21 世纪的今天,随着全球能源结构的深刻变革和信息技术的飞速发展,电力行业正站在一个新的历史起点上。电力系统作为现代社会的基础设施,其稳定性、安全性和经济性对于国家的经济发展和社会稳定具有至关重要的作用。随着人工智能(AI)技术的兴起,电力行业迎来了新一轮的革命,AI技术的应用正在改变电力系统的规划、运行、维护和市场交易等多个方面。电力系统的复杂性、动态性和不确定性要求我们采用更加先进的技术手段来应对挑战。人工智能技术以其强大的数据处理能力、模式识别能力和自主学习能力,为电力系统提供了新的解决方案。

1 电力人工智能技术应用现状

1.1 智能电网调度

智能电网调度是电力系统智能化的重要组成部分,它利用人工智能技术优化电力资源的分配和调度,提高电网的运行效率和稳定性。例如,南方电网推出的调度云超算平台,每秒钟能进行 825 万亿次浮点运算,节点性能较普通云服务器提升 5 倍,显著提高了电力决策效率。这个平台不仅能够进行精细化数值天气预报,还能实时提供台风等极端天气的最新监测信息,为应急指挥工作提供支持。再如,智能电网调度中的负荷预测技术,通过分

析历史数据和实时数据,预测未来的电力负荷变化趋势,从而提前调整变压器的容量和配置,应对可能的负荷高峰。南方电网的 AI 负荷预测平台自 2020 年 3 月投入试运行以来,年度平均准确率达到 97.4%,较人工预测提升了 0.6%,显著提高了预测的准确性。在新能源发电功率预测方面,智能电网调度利用 AI 技术基于天气预报、天气实况、场站出力等数据优化预测模型,提高新能源发电功率预测的速度和准确度,保障电网安全运行和电力可靠供应。例如,南网的调度云超算平台将“未来 7 天台风 9 公里预测业务”的处理时间从 8 小时缩短至 1.7 小时,效率提升了 4 倍以上。智能电网调度还包括智能化设备管理与维护,通过实时监测设备的运行状态和性能参数,预测设备的维护周期和更换时间。例如,通过智能诊断技术,可以实现对设备故障的精准定位和快速处理,减少故障对电网运行的影响。再如,智能电网调度在配电网络中的应用,通过图像识别和深度学习技术,自动识别出设备异常和潜在故障,并通过算法分析确定故障的具体位置和类型,为维修人员提供精确的故障信息,提高故障处理的效率。在新能源领域,智能电网调度通过收集和分析大量的能源数据,预测未来的能源需求和生产量,进而控制能源的分配和调度。例如,在风光互补发电系统中,人工智能可以根据天气预报和实时

数据,智能调整风电和光伏发电的出力比例,确保电力供应的稳定性和可靠性。智能电网调度通过应用人工智能技术,实现了从负荷预测、故障辨识到智能人机交互等多个方面的智能化管理,不仅提高了电网的运行效率和安全性,也为新能源的高效消纳提供了强有力的技术支持。随着技术的不断进步,智能电网调度将在新型电力系统建设中发挥越来越重要的作用。

1.2 设备状态监测与故障诊断

在电力行业中,设备状态监测与故障诊断是确保电网稳定运行的关键环节。人工智能技术的应用,使得这一领域发生了革命性的变化。首先,无人机智能巡检技术的应用极大地提高了电力线路和设备的巡检效率。例如,通过搭载高清摄像头的无人机对高压输电线路进行拍摄,可以实时监测线路的健康状态。利用图像识别和计算机视觉技术,无人机能够自动识别线路上的异常情况,如绝缘子破损、导线散股、异物悬挂等,从而及时预警并采取维修措施。再如,变电站视频智能监控系统的升级,使得对变电站内电力设备的监控更加智能化。通过在变电站部署多个摄像头,结合人工智能算法,可以实时监控电力设备的外观和运行状态,以及作业人员的行为,确保作业安全。此外,变电站的视频监控系统还能够通过边云协同智能技术,实现对海量视频图像信息的快速处理和分析,降低网络带宽消耗,提高监控的实时性和准确性。此外,人工智能技术在输变电设备故障智能诊断和状态评估方面的应用也日益成熟。例如,针对变压器等关键设备,通过综合应用非均衡数据学习、代价敏感学习和集成学习等算法,可以给出设备的自动化、差异化、客观量化状态评价结果。这样的智能诊断系统能够提前预判设备缺陷隐患,从而优化检修策略,减少意外停电事件。再如,配电网健康指数评估的智能化,通过将电力领域知识经验引入机器学习形成的知识与数据融合的引导学习方法,可以基于设备健康指数、网络拓扑结构、运行现状与历史数据、外部因素(如天气)等数据,准确评估配电网的健康状态,为配电网的运行维护提供决策支持。最后,基于领域知识图谱的智能运维系统的构建,结合领域知识图谱与专家规则库,可以构建智能巡检知识管理与认知推理系统,实现一线巡检工作人员各类运维问题的快速解答,实现工单到工作票的智能生成以及工作票与修试记录的消缺比对,提高运维效率和准确性。通过这些人工智能技术的应用,电力行业的设备状态监测与故障诊断工作变得更加智能化和自动化,不仅提高了电网的运行效率和安全性,也为电力系统的数字化转型提供了强有力的技术支持。

2 电力人工智能技术发展趋势

2.1 大模型的应用与发展

在电力行业,大模型的应用与发展正成为推动智能化转型的关键力量。首先,智能监测与故障预测是大模型技术的重要应用之一。例如,通过在电网中部署大量传感器,收集设备运行数据,

再利用深度学习算法分析这些数据,可以预测并识别潜在的故障。这种技术的应用,如国网冀北电力的 AI 驱动设备监控系统,成功识别并提前处理了多起设备故障,避免了停电造成的经济损失,提高了电网的可靠性和公司的运营效率。再如,优化电力调度也是大模型技术的一个核心应用。通过数据分析,实时调整电力负荷,确保电网运行稳定。例如,运用生成对抗网络(GAN)等技术,可以进行电力需求的准确预测,从而提升调度效率。这种技术的应用,使得电力调度更加灵活和精确,有效应对了电力需求的波动。在客户服务智能化方面,大模型技术通过自然语言处理技术(NLP)改善客服互动,提供 24/7 在线服务,提升用户体验。例如,南方电网自主研发的“算力+平台+算法”的电力行业人工智能创新平台,整合行业数据、算法和算力,为电力企业提供强大的决策支持,同时也改善了客户服务的响应速度和服务质量。新能源的智能化管理与调度也是大模型技术的一个重要应用领域。例如,在风光互补发电系统中,人工智能可以根据天气预测和实时数据,智能调整风电和光伏发电的出力比例,确保电力供应的稳定性和可靠性。这种技术的应用,使得新能源的并网和调度更加高效,有助于推动能源结构的优化和可再生能源的利用。

2.2 多模态融合技术

多模态融合技术在电力行业的应用正推动着智能化的深度发展,这种技术通过整合不同类型的数据和信息,如图像、声音、温度等,提供了更为全面和精确的电力设备监控与故障诊断能力。在电力设施的智能巡检中,多模态融合技术发挥着重要作用。例如,利用可见光和红外图像的融合技术,可以更准确地检测电力设备的状态。在变电站的全天候检测中,当能见度因天气恶劣而下降时,红外图像能够提供设备的温度特性,同时设备的多样温度分布也使其轮廓更加清晰。这种多模态信息的融合,使得即使在可见光图像分辨率较低的情况下,也能保持巡检的准确性和全面性。再如,无人机结合 AI 辅助拍摄技术的应用,能够实时识别输电线路的目标位置,并动态调整云台角度,获取准确的目标位置照片。这种技术综合了相机光线动态补偿技术和精准对焦技术,保证了照片拍摄质量,对于输电线路的安全运行和快速巡检至关重要。此外,NERF 技术的应用也是多模态融合技术的一个亮点。作为一种基于神经网络的三维重建算法,NERF 能够从 2D 图像中快速高效地生成高质量的 3D 场景模型。这对于电力设施的快速清晰建模具有重要意义,因为它可以根据模型渲染出任意视角下的清晰照片,极大地提高了电力设施管理和维护的效率。在电力系统的优化调度中,多模态融合技术同样发挥着关键作用。例如,通过集成气象数据、电网运行数据和设备状态信息,AI 可以进行更为精准的功率预测和实时控制调度,使得电网调度更加精细化。这种技术的应用,如南方电网推出的调度云超算平台,显著提高了电力决策效率。在负荷预测与管理方面,AI 技术通

通过分析历史负荷数据和其他相关数据，预测未来负荷需求，为虚拟电厂调度提供决策支持。例如，南方电网的“AI 负荷预测”系统，通过深度学习算法，显著提升了负荷预测的准确率，减少了负荷不足或超负荷的风险。这些实例展示了多模态融合技术在电力行业的广泛应用，它们不仅提高了电力系统的运行效率和安全性，也为电力行业的数字化转型提供了强有力的技术支持。随着技术的不断进步，多模态融合技术在电力行业的应用将更加广泛和深入，推动电力行业向更智能、更高效、更绿色的方向发展。

2.3 边缘计算与人工智能的结合

边缘计算与人工智能的结合在电力行业的应用正推动着电力系统向更高效、智能和自动化的方向发展。这种结合通过在网络边缘侧进行数据的采集、处理和智能分析，提供了实时性更强的决策支持，同时降低了云端的算力负载和网络成本。首先，智能电网的负荷管理和优化调度是边缘计算与人工智能结合的一个重要应用。例如，南方电网推出的调度云超算平台，利用边缘计算技术进行本地化智能分析处理，结合人工智能算法，可以进行电网负荷的精准预测和实时控制调度。这个平台每秒钟能进行 825 万亿次浮点运算，节点性能较普通云服务器提升 5 倍，显著提高了电力决策效率。再如，智能监测巡检也是边缘计算与人工智能结合的一个典型应用。通过在输电线路和变电站部署智能机器人、视频监控装置和监测传感器，结合边缘计算进行数据采集和 AI 模型分析，可以实现输配电智能监测和无人化智能巡检。例如，江苏地区利用无人机进行巡检，无人机累计巡检 45.2 万余基，无人机规模化水平同比提升 192%，基于前端 AI 分析的无人机巡检效率是传统巡检效率的 20 倍以上。此外，新能源发电功率预测也是边缘计算与人工智能结合的一个关键领域。新能源发电具有随机性和间歇性特点，需要向调度机构报送短期功率预测、超短

期功率预测两类数据文件接受考核。通过 AI 技术基于天气预报、天气实况、场站出力等数据优化预测模型，可以提高新能源发电功率预测的速度和准确度，保障电网安全运行和电力可靠供应。

3 结语

随着人工智能技术的不断进步和创新，电力系统正迎来前所未有的变革。电力人工智能技术的发展不仅推动了电力系统的智能化升级，也为实现能源转型和可持续发展提供了强有力的技术支撑。展望未来，电力人工智能技术将面临更多的机遇和挑战。首先，随着新能源的快速发展和电力市场化改革的深入，电力系统将更加复杂和动态。这要求电力人工智能技术能够适应这些变化，提供更加精准和实时的数据分析、预测和决策支持。同时，随着电力系统的数字化和网络化，数据安全和隐私保护问题也日益突出，需要电力人工智能技术提供更加安全可靠的解决方案。其次，电力人工智能技术的发展也需要跨学科、跨领域的合作和创新。这包括与能源、环境、经济、社会等多个领域的融合，以及物联网、大数据、云计算等技术的集成。

参考文献：

- [1] 杨挺, 赵黎媛, 王成山. 人工智能在电力系统及综合能源系统中的应用综述 [J]. 电力系统自动化, 2019, 43(1): 2-14.
- [2] 汤涌, 姚伟, 王宏志, 等. 电网仿真分析与决策的人工智能方法 [J]. 中国电机工程学报, 2022, 42(15): 5384-5406.
- [3] 杨博, 陈义军, 姚伟, 等. 基于新一代人工智能技术的电网稳定评估与决策综述 [J]. 电力系统自动化, 2022, 46(22): 200-223.
- [4] 蒲天骄, 陈盛, 赵琦, 等. 能源互联网数字孪生系统框架设计及应用展望 [J]. 中国电机工程学报, 2021, 41(6): 2012-2029.