

人工智能在化工工程电气设计中的应用方向研究

宗 钰

宁夏宝丰能源集团股份有限公司 宁夏 银川 750000

摘 要: 人工智能技术正深刻改变化工工程电气设计模式, 本文探讨人工智能在化工工程电气设计中的应用方向与实施路径。化工电气设计系统复杂、安全要求高, 传统方法效率低。文章分析智能化转型需求, 阐述AI在智能电气系统优化、防爆安全设计、能效管理、设备故障诊断四个方向的应用, 提出数据采集体系建设、设计方法升级、全生命周期管理三条路径, 展望边缘智能与数字孪生等趋势, 为推动电气设计智能化升级提供参考。

关键词: 人工智能; 化工工程; 电气设计; 智能控制; 故障诊断

引言

化工工程电气设计承担着全厂能量供给、控制、安全及信息传递等核心职能, 设计质量直接关系装置的安全稳定运行。化工装置具有高温、高压、腐蚀性强、连续性要求高等特征, 电气系统需在复杂工况下保持高可靠性。传统电气设计依赖人工绘图、经验判断与手工计算, 存在设计周期长、效率低、方案比选困难等突出问题。人工智能技术以机器学习、深度学习、自然语言处理、专家系统等为代表, 具备自主性、智能性、学习性、适应性等特征, 为电气设计智能化转型提供了技术路径。本文系统分析人工智能在化工工程电气设计中的应用方向与实施路径。

1 化工工程电气设计的特征与智能化转型需求

化工工程电气设计承担着全厂能量供给、控制、安全及信息传递等职能, 设计质量直接关系装置的安全稳定运行。化工装置具有高温、高压、腐蚀性强、连续性要求高等特征, 电气系统需在复杂工况下保持可靠性。传统电气设计依赖人工绘图、经验判断与手工计算, 存在周期长、效率低、方案比选困难等问题。化工企业数字化、智能化转型对电气设计提出新要求。设计范围从传统的辅助计算和图纸校核, 拓展至智能配电系统设计、设备状态预测、风险防控及工厂全生命周期管理^[1]。人工智能技术以机器学习、深度学习、自然语言处理、模糊控制、神经网络、专家系统等为代表, 具备自主性、智能性、学习性、适应性等特征, 为电气设计的智能化转型提供了技术路径。当前, 人工智能在电气设计领域的应用仍处于深化阶段, 存在数据质量不足、多源数据融合困难、老旧设备改造难度大、算法泛化能力不足等问题。明确应用方向, 对推动化工工程电气设计向智能化升级具有现实意义。

2 人工智能在化工工程电气设计中的主要应用方向

2.1 智能电气系统的设计与优化

人工智能技术在电气系统设计中的应用涵盖集中监控设计、远程监控设计、现场总线设计三种思路。集中监控设计通过人工智能技术将以往繁琐的电气工程设计工作化繁为简, 运维过程较为简单便捷, 设计难度较低。但该设计会增加系统处理器运行负荷, 拉低系统运行速度, 增加所需电缆数量, 提升工程成本。远程监控设计适用于小型电气工程, 应用范围受限。现场总线式智能化控制系统针对性较强, 可根据具体工程的实际间隔和功能进行设计, 能大幅减少隔离设备、模拟量及端子柜数量, 减少电缆使用量, 降低操作成本。在智能配电系统设计中, 人工智能通过分析历史用电数据和负荷需求, 动态调整电力分配方案。化工企业电气系统面临峰谷电价和能源浪费问题, AI模型可预测生产需求, 优化发电机和变压器的运行策略。据美国能源信息署数据, 智能能源管理系统可降低能源成本5%至15%。在加热炉等设备的智能控制中, 应用智能控制系统可将燃料消耗降低10%以上。智能控制算法以模糊控制、神经网络控制、PID自适应调节、遗传算法、强化学习为代表, 能够应对非线性、时变、强耦合的电气系统, 实现高精度、强鲁棒性的动态调节。基于深度学习的控制策略通过大量数据学习复杂控制规律, 提高控制精度和效率。基于强化学习的控制策略通过试错学习在复杂环境中寻找最优方案。基于机器学习的控制策略通过学习数据模式找到最优策略。基于数据驱动的控制策略通过分析和学习数据优化控制参数。

2.2 智能防爆与安全电气设计

化工企业电气工程具有高危险性, 防爆与安全电气设计是核心环节。人工智能技术在安全电气设计中的应用体现在以下方面。安全监控方面, 人工智能通过视频监控和图像识别技术, 对化工生产过程进行实时监控,

及时发现和处理安全隐患。智能监控系统能够分析视频流,检测人员违规操作或设备泄漏,及时发出警报。通过AI技术实现对生产过程的预警和报警,提高生产安全。通过AI技术实现对生产过程的追溯和审计,提高生产安全和合规性。事故报警与应急处理方面,人工智能技术在电气工程自动化系统的保护功能上发挥作用。通过事故报警越线、状态变化事件的报警机制,将发生的事故按顺序记录,进行智能化分析和负载计算,在触动报警机制后,在远程操作辅助下实现现场问题处理。风险防控方面,AI驱动的预测性维护系统可实时监测设备状态,通过分析大量运行数据预测潜在故障,实现预防性维护^[2]。据国际电气和电子工程师协会研究报告,智能诊断技术的应用可使电力系统故障停机时间减少50%,降低维护成本30%。在石化环境中,AI可实时检测设备状态、识别潜在风险,如短路或过载,并触发应急响应,支持远程操作,减少人工干预。

2.3 AI驱动的能效管理

人工智能在能效管理方面的应用覆盖能源预测、能源调度、能源监控三个层面。能源预测方面,通过分析历史能源消耗数据,人工智能预测未来能源需求,优化能源分配,减少浪费。在化工企业中,电气系统的能源消耗与生产负荷直接关联,AI模型可预测生产需求变化,提前调整能源供给策略。能源调度方面,智能调度实现源网荷储协同优化,提高供电可靠性与新能源消纳能力。在工业电机与传动控制中,模糊控制与神经网络自适应控制改善调速性能,抑制参数漂移与负载扰动,提升运行效率与动态响应速度。AI技术通过对生产数据的深度学习,实现设备运行状态的实时监控和预测,优化生产参数,提高生产效率。能源监控方面,通过物联网技术实现电压、电流、温度、振动、谐波等多维度数据采集,支持远程数据采集与实时传输。大数据与云计算用于海量电气运行数据的存储、分析与挖掘,形成设备画像与运行规律,支撑全局优化决策。

2.4 智能电气设备运维与故障诊断

人工智能在电气设备运维与故障诊断中的应用是核心方向之一。故障诊断方面,人工智能技术下电气设备故障诊断建立在技术检测和故障机理基础上。以人工智能为核心的控制系统通过传感器、信号装置实时获取电气设备运行信息,根据运行信息完成设备运行状态识别,与设备常规运行状态对比,及时发现故障,准确找到故障原因、故障部位及故障性质,制定维修计划。模糊理论、神经网络应用于诊断程序,提高诊断效率。预测性维护方面,通过分析历史数据和实时监测信号,预测设

备故障并提前干预。在石化企业中,电气设备如变压器和发电机的突发故障可能导致生产中断,AI技术能够识别异常模式,提供早期预警。基于机器学习的故障诊断系统通过对设备振动、温度等数据的实时分析,提前发现潜在故障。据统计,该系统实施后设备故障率降低30%,生产时间提高15%。支持向量机进行设备故障诊断,准确率达90%以上。深度学习技术中的卷积神经网络对设备运行图像进行分析,实现设备磨损的早期识别^[3]。设备管理方面,人工智能通过大数据和机器学习技术对设备运行数据进行分析,实现设备预测性维护。通过AI技术实现对能源的预测和调度,降低能源消耗,提高能源利用效率。通过AI技术实现对能源的监控和报警,提高能源安全。专家系统在设备维护决策中的应用较为广泛,能够模拟专家决策过程,为设备运行提供指导。基于专家系统的设备维护决策支持系统通过对设备运行数据的实时分析,为维护人员提供维修建议,设备故障率降低25%,维护成本降低15%。

3 人工智能在化工工程电气设计中的实施路径

3.1 数据采集与处理体系建设

人工智能在电气设计中的应用框架包括数据采集、处理、分析和决策执行四个环节。数据采集通过传感器和物联网设备实时获取设备状态和环境信息。数据处理阶段清洗和整合数据,为分析提供高质量输入。分析环节利用AI模型识别模式、预测趋势和诊断问题。决策执行将分析结果转化为控制指令,实现自动化调节。化工企业需建立完善的数据采集和处理系统。在电气设计中,需采集的数据包括设备运行参数、环境参数、负荷数据、故障记录等。物联网技术能够实现设备数据的实时采集,为人工智能算法提供数据资源^[4]。大数据分析技术从海量数据中挖掘有价值的信息,为设计决策提供支持。数据质量是AI应用的基础。需对采集的数据进行清洗、去噪、标准化处理,确保数据的准确性和完整性。同时需建立数据存储和管理机制,支持历史数据的回溯和分析。

3.2 设计方法与工具的智能化升级

传统电气产品设计通过人工手工绘图完成,AI技术的应用使设计方法转变为计算机辅助智能设计。在CAD产品设计中使用AI技术辅助,显著减少产品开发所需时长与人力资源投入,提高效率与质量。电气设备设计优化是复杂问题,需专门技术人才完成。设计工作需具备专业知识。AI辅助设计可对机电设计进行仿真模拟,通过模拟电路实况运行效果进行比较,观测设计过程中难以发现的细节,选择更优设计方案。该方法还可运用到电路数据的检测和计算方面。以知识为中心的电气设计

框架是AI在设计领域的重要方向。该框架将设计经验、规范要求、运行数据等知识纳入AI系统,使设计过程具备知识推理能力。设计人员与AI系统协同工作,提高设计质量和效率。需培养对电气工程和人工智能技术均精通的人才,共同开发适合需求的人工智能软件。

3.3 系统集成与全生命周期管理

人工智能在化工工程电气设计中的应用需实现系统集成。各专业设计之间通过提资与反提资实现信息传递,设计条件需经各专业会签确认。智能电气系统的设计需与工艺、结构、给排水、暖通等专业协调。数字孪生技术在电气设计中的应用是全生命周期管理的关键。构建电气系统全生命周期虚拟映射,支持仿真、调试、预测与远程运维。边缘智能与云端协同实现本地实时控制与全局优化决策结合^[5]。人工智能与控制深度融合,形成自适应、自学习、自修复的自主控制系统。全生命周期管理覆盖设计、采购、施工、调试、运行、维护、退役各阶段。AI技术在运行维护阶段的预测性维护、故障诊断、能效优化等应用,可将设计阶段的考虑因素前置,实现设计与运维的闭环反馈。

4 人工智能在化工工程电气设计中的发展趋势

未来化工工程电气设计将呈现边缘智能与云端协同的发展态势,边缘端承担数据实时采集与初步处理任务,云端完成复杂模型训练与全局优化,本地实时控制与云端全局决策相结合,提升系统响应速度与决策质量。数字孪生技术在电气设计中的应用将从仿真验证拓展至全生命周期管理,构建电气系统虚拟映射,设计阶段模拟运行工况发现潜在问题,调试阶段通过虚拟调试减少现场工作量,运行阶段实现状态监测与故障预测。智能化技术支撑光伏、风电、储能与负荷协同运行,化工企业电

气设计将从单一供配电设计拓展至多能互补系统设计,AI技术在能源管理中的应用实现电力、热力、蒸汽等多种能源形式的协同优化。人工智能与控制深度融合,形成自适应、自学习、自修复的自主控制系统,系统根据运行状态自动调整控制策略,在化工装置开车、停车、正常运行、异常处理各阶段发挥作用,高可靠、高安全、标准化的智能化体系逐步完善,推动化工工程电气设计向更智能、更高效、更安全、更绿色方向持续发展。

结语:

人工智能技术为化工工程电气设计的智能化升级提供了有力支撑。本文系统梳理了AI在智能电气系统设计、智能防爆与安全设计、能效管理、设备运维与故障诊断四个方向的应用,并提出了数据体系建设、设计工具升级、系统集成与全生命周期管理三条实施路径。未来,随着边缘智能、数字孪生、多能互补等技术的深度融合,化工工程电气设计将向更智能、更高效、更安全、更绿色方向持续演进,为化工企业数字化转型和高质量发展奠定坚实基础。

参考文献:

- [1]刘璠.人工智能在化工工程电气设计中的应用方向研究[J].消费电子,2026(6):233-235.
- [2]史国圣.节能设计理念在电气自动化工程中的应用[J].中国金属通报,2026(4):137-139.
- [3]张太友.电气工程在工业自动化中的应用研究[J].大众科学,2026,47(1):175-177+184.
- [4]徐波昌,年笑宇,邵婷婷.电气节能技术在化工工程设计中的应用探究[J].科技资讯,2025,23(12):77-79.
- [5]母雪松.智能化电气设计在配电工程中的应用探析[J].IT经理世界,2025,28(7):55-57.