

人工智能驱动的化工自动化控制系统优化与故障诊断研究

路巧艳

神木职业技术学院, 中国·陕西 神木 719300

摘要: 在全球工业 4.0 浪潮大力推动下, 化工行业身为国民经济的支柱产业, 正面临着前所未有的机遇和挑战, 随着化工生产规模持续扩大、工艺流程变得日益复杂, 传统的自动化控制系统渐渐显露出难以契合精细化、智能化生产需求的问题, 人工智能技术凭借其强大的学习能力、自适应能力以及模式识别能力, 为化工自动化控制系统的升级与优化给出了全新的解决办法。论文对进行人工智能驱动的化工自动化控制系统优化与故障诊断展开研究, 可突破传统控制与诊断技术的瓶颈, 以提升化工生产的核心竞争力。

关键词: 人工智能; 化工自动化控制; 系统优化; 故障诊断

Research on Optimization and Fault Diagnosis of Chemical Automation Control System Driven by Artificial Intelligence

Qiaoyan Lu

Shenmu Vocational and Technical College, Shenmu, Shaanxi, 719300, China

Abstract: Driven by the global wave of Industry 4.0, the chemical industry as a pillar industry of the national economy, is facing unprecedented opportunities and challenges, with the continuous expansion of chemical production scale, the process becomes increasingly complex, the traditional automation control system gradually reveals that it is difficult to meet the needs of refined and intelligent production, artificial intelligence technology with its strong learning ability, adaptive ability and pattern recognition ability, for the upgrading and optimization of chemical automation control system to give a new solution. In this paper, the optimization and fault diagnosis of artificial intelligence-driven chemical automation control system can break through the bottleneck of traditional control and diagnosis technology and improve the core competitiveness of chemical production.

Keywords: artificial intelligence; chemical automation control; system optimization; troubleshooting

0 前言

在“双碳”目标以及智能制造战略的双重推动作用之下, 化工行业正在加快朝着安全、高效、绿色的生产模式转变, 自动化控制系统作为化工生产的“神经中枢”, 承担着参数调节、流程协同以及异常预警等核心功能, 然而传统基于 PID 控制与专家系统的技术体系, 已经无法契合现代化装置大型化、连续化、复杂化的运行要求。人工智能技术的蓬勃兴起为化工自动化领域给予了革新机会, 探寻人工智能与化工自动化深度融合的创新途径, 开展针对实际生产需求的控制系统优化以及故障诊断研究, 已然成为推动化工行业高质量发展的必然举措。

1 人工智能在化工自动化控制系统优化与故障诊断中的作用

1.1 优化复杂化工过程控制

化工生产过程大多时候会涉及高温以及高压等这类极端条件, 而且还存在多变量呈现强耦合以及非线性的特性, 传统的控制策略很难契合高精度的控制需求, 人工智能依靠

深度学习算法, 可对生产过程中的历史数据展开深度挖掘, 分析温度、压力以及流量等参数之间复杂的关系, 构建动态模型以此实现精准预测与前馈控制^[1]。举例来说, 在乙烯裂解炉的控制当中, 卷积神经网络也就是 CNN, 凭借对裂解过程的数据进行特征提取, 可实时预测原料转化率等关键参数的变化, 提前对控制参数作出调整, 使得乙烯收率提高 5% 至 8%, 能耗降低大约 10%, 另外强化学习可借助与化工生产环境进行交互, 自主探索最优控制策略, 在原料品质出现波动、工况发生切换的时候快速作出响应, 动态优化控制方案, 大幅提升控制系统的自适应能力以及鲁棒性。

1.2 提升故障诊断的时效性与准确性

现代化工业生产流程极为复杂, 易燃易爆及毒性物质涉及较多, 使得化工生产比其他制造行业面临着更多的安全风险, 生产控制工作也存在着极大的难度, 人工智能借助机器学习算法, 可实时剖析传感器数据、设备振动信号等多种来源且结构各异的信息, 凭借聚类、分类模型迅速辨别异常的运行模式, 支持向量机算法针对化工泵振动数据展开分析, 可精准区分正常运行、轴承磨损等不同的故障类型, 其诊断

准确率超过 95%。长短时记忆网络等深度学习模型,可以掌握设备故障的发展规律,提前数小时乃至数天预测潜在故障,为维修赢得时间,凭借对大量故障案例数据的学习,人工智能还可快速确定故障根源,减少排查所需时间,保障生产的连续性与安全性^[2]。

1.3 推动数据整合与知识共享

化工生产所涉及的数据呈现出多源性以及异构性的特征,各个环节的数据处于分散状态,这使得数据难以全面且充分地发挥出其应有的价值,人工智能依靠迁移学习以及联邦学习技术,可在保障数据隐私的情况下,突破企业内部不同装置以及厂区间存在的数据壁垒,实现数据的协同利用。例如,存在拥有多个生产基地的化工企业,借助联邦学习对各基地的数据进行整合,以此来训练模型,让模型可学习到更为丰富的工况以及故障场景,提升模型的泛化能力,人工智能还可把操作经验以及专家知识进行数字化处理,形成知识库与模型库,为新员工给予学习资源,辅助工程师进行科学决策,推动化工企业朝着智能化以及数字化的方向实现转型。

2 人工智能驱动的化工自动化控制系统优化与故障诊断面临的挑战

2.1 数据质量与管理难题

化工生产过程所产生的数据呈现出高维度、强噪声以及非平稳等特性,数据质量方面的问题对人工智能模型的性能形成了严重制约。一方面,生产现场的传感器因老化或者安装位置不当等因素,会产生测量偏差,使得采集的数据出现误差;另一方面,数据缺失以及异常值等情况较为普遍,如在设备检修期间,部分传感器的数据会出现中断,这些不完整的数据难以直接用于模型训练。化工企业内部不同系统的数据格式以及存储方式存在较大差异,数据孤岛现象明显,数据清洗、标准化与整合工作难度大且成本高,要是不能有效解决数据质量和管理问题,人工智能模型将难以学习到准确的生产规律,影响控制系统优化以及故障诊断的准确性。

2.2 模型可解释性与可靠性验证困境

人工智能模型深度学习模型一般有着黑箱特性,其决策过程以及输出结果不容易直观地进行解释,这在对安全性要求特别高的化工行业里是一个应用方面的妨碍。例如,当神经网络给出某个故障诊断结果的时候,工程师很难清楚地知道模型是依据哪些特征来做出判断的,没办法对诊断结果产生充分的信任。化工生产环境复杂且变化多端,模型在实验室或者模拟环境中表现不错,然而在实际应用的时候可能因为工况存在差异而出现性能降低的情况,因为缺少标准化的可靠性验证方法与流程,很难全面评估模型在不同工况以及不同故障场景下的稳定性与准确性,导致企业在把人工智

能模型应用到关键生产环节的时候持谨慎的态度。

2.3 算法实时性与计算资源矛盾

化工生产对于控制系统的实时性有着非常高的要求,在紧急工况出现的时候,系统需要在极短的时间内就做出相应的响应以及决策,不过人工智能算法,深度学习算法,其计算复杂度比较高,模型参数量也很大,在运行的时候需要强大的计算资源来提供支持,在实际的化工生产场景当中,由于受到工业控制设备硬件性能以及网络带宽的限制,很难契合复杂人工智能算法的实时计算需求。例如,要是采用复杂的深度神经网络来进行故障预测,可能会因为计算耗费的时间太长,没办法及时发出预警,错过最佳的故障处理时机,而且为了降低能耗以及成本,企业一般不会过度配置计算资源,这就加剧了算法实时性和计算资源之间的矛盾。

2.4 专业人才匮乏与知识壁垒

人工智能带动的化工自动化控制系统优化及故障诊断属于跨学科范畴,要掌握化工生产工艺以及自动化控制原理方面的专业知识,也要拥有人工智能算法开发和数据分析的能力,然而当前这类复合型人才十分短缺,在高校和职业教育体系里,相关专业课程设置缺少跨学科融合,培养出的学生无法契合企业实际需要。化工行业传统技术人员对于人工智能技术的理解和掌握水平有限,存在知识障碍,这影响了人工智能技术在企业中的推广应用,还让企业在实施相关项目时面临人才不足的困境,难以充分施展人工智能的技术优势。

3 人工智能驱动的化工自动化控制系统优化与故障诊断建议

3.1 破解数据质量与管理难题

故障诊断系统是化工生产中一种非常关键的自动化控制手段,其能够通过数据的分析实现故障诊断效果,明确故障所发生的位置,并提供故障分析报告。引入自动化数据清洗算法,借助统计学方法以及机器学习模型来识别并修正数据里的异常值与缺失值。例如,运用基于深度学习的插值模型,依据历史数据的时间序列特征去预测缺失值,以此提升数据的完整性^[3]。采用孤立森林算法检测并去除数据中的噪声点,降低测量偏差对模型训练所产生的影响,搭建数据质量监控平台,对数据采集过程中的异常波动展开实时监测,可及时定位传感器故障或者传输问题,以此保证数据源头的准确性,制定统一的数据标准以及接口规范,消除企业内部不同生产系统、设备之间的数据壁垒,可以参考工业互联网联盟的数据互操作框架,构建化工行业数据中台,实现生产数据、设备运维数据、质量检测数据等多源异构数据的集中存储与管理。利用数据映射、转换技术,把不同格式的数据统一成标准格式,为人工智能模型提供高质量的训练数据,另外借助区块链技术保证数据的不可篡改以及可追溯性,提

高数据的可信度。

3.2 突破模型可解释性与可靠性验证困境

依照化工生产的机理,运用借助规则提取以及可视化分析的可解释办法,把深度学习模型的决策过程转变为工程师可理解的规则或者图表,如运用 LIME 算法对神经网络模型开展局部解释,呈现模型在判定某个故障时所依据的关键特征,借助 SHAP 值来量化各个输入特征对模型输出的贡献程度,帮助工程师理解模型的决策逻辑。剖析知识图谱与深度学习的融合,把化工领域的知识嵌入模型当中,提升模型的可解释性以及推理能力,联合行业协会以及科研机构制定化工领域人工智能模型可靠性验证的标准和流程,明确不同应用场景下模型的性能评估指标,像是故障诊断准确率、控制精度、响应时间等,搭建模拟仿真测试平台,凭借构建虚拟的化工生产环境,重现各种实际工况以及故障场景,对模型进行全面的测试和验证。采用模型融合策略,将多个不同类型的模型进行整合,借助相互校验提升模型的可靠性,如结合基于机理的模型与数据驱动模型,实现优势互补^[4]。

3.3 化解算法实时性与计算资源矛盾

运用模型压缩、剪枝以及量化等相关技术,降低深度学习模型的参数量与计算复杂度,促使其可在资源受限的工业控制设备上快速运行。举例而言,借助剪枝技术把神经网络里不关键的连接和参数去除掉,在不怎么降低模型性能的情形下减少计算量,利用模型量化将高精度参数转变为低精度数据类型,以此提高计算效率。研发边缘计算和云计算协同的架构,把数据预处理、简单故障检测等任务布置在边缘设备上,实现实时响应,复杂的模型训练以及优化任务则上传到云端进行处理,充分运用云端强大的计算资源,针对化工生产的实时性需求,采用强化学习和模型预测控制即 MPC 相结合的办法,实现动态优化控制。强化学习算法可在运行过程中持续学习并调整控制策略,而 MPC 是基于预测模型对未来一段时间内的系统行为给予预测,并且提前优化控制输入,保证系统在紧急工况下可以快速做出响应,另外利用异构计算技术,像是 GPU、FPGA 等加速芯片,并行处理计算密集型任务,提升算法执行效率。

3.4 攻克专业人才匮乏与知识壁垒

高校以及职业院校需要对课程设置给予优化,强化化工专业跟人工智能专业之间的交叉融合,开设像化工人工智

能、智能控制技术这类的跨学科课程,构建产学研合作实践基地,和化工企业、科技公司一同开展实践教学,让学生参与实际项目,以此提升解决复杂工程问题的能力,如企业提供生产数据以及应用场景,高校教师和企业工程师联合指导学生开展人工智能模型开发与应用,实现理论与实践的有机结合。化工企业应当制定系统化的员工培训计划,定时组织人工智能技术培训课程,邀请行业专家以及技术骨干前来授课,协助传统技术人员掌握数据分析、算法应用等基础知识,搭建企业内部知识共享平台,鼓励员工分享项目经验和技术心得,营造良好的学习氛围,依靠设立专项奖励基金,激励员工参与人工智能技术创新以及应用实践,推动企业整体技术水平得到提升。积极引进外部高端人才,充实企业的技术研发团队,促进企业内部知识的更新与流动。

4 结语

综上所述,随着化工领域技术的不断革新和发展,自动化技术,人工智能技术在化工生产中的应用越来越广泛,论文围绕数据、模型、算法以及人才等核心要点所给出的解决办法,为突破当前发展所面临的瓶颈创造了可行的途径,从技术创新开始一直到人才培养,从标准制定再到实践顺利落地,其中的每一个环节都需要企业、高校以及科研机构等多方共同协作、一起发力。虽然未来前行的道路上依旧存在着许多挑战,不过随着技术持续不断地进步以及经验持续不断地积累,人工智能必定会给化工自动化控制系统提供强大的赋能,帮助该行业实现安全、高效、绿色的可持续发展目的,为工业朝着智能化方向转型注入强大动力。

参考文献:

- [1] 刘科均.浅谈人工智能技术在化工生产自动化控制系统中的应用[J].石化技术,2022,29(6):261-263.
- [2] 鲁明旭,罗绮.基于自动控制的化工有害气体传感器优化研究[J].粘接,2023,50(6):127-130.
- [3] 李兆涛.人工智能技术在化工生产自动化控制系统中的有效应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(10):56-58.
- [4] 易俊梅.化工仪表自动控制系统故障及其维护技术分析[J].石油石化物资采购,2021(8):28-30.

作者简介:路巧艳(1990-),中国陕西榆林人,硕士,专职教师,从事化工过程的模拟和优化研究。