人工智能赋能流程制造

流程制造业是国民经济和社会发展的支柱产业。经过数十年发展,中国石化、化工、钢铁、有色金属、建材等流程制造业的生产工艺、装备和生产过程自动化水平都得到了大幅度提升,产业规模和整体实力迅速增长,国际影响力显著提高,目前已成为世界上门类最齐全、规模最庞大的流程制造工业大国。

在当前资源、能源、安全和环保的重重约束下,中国流程制造业面临着结构性产能过剩、安全环境风险突出、自主创新能力较弱、高端产品不足的严峻挑战。亟需应用人工智能等现代信息技术进行生产、管理、营销模式的变革,重塑产业链、供应链和价值链,实现流程制造业的高质量发展。

然而,流程制造业生产过程一般包含复杂的物理和化学反应、气-液-固多相共存、连续化的物质转化过程,资源、能源、安全与环保的约束及物质转化过程的系统复杂性对优化调控制造过程的运行效能带来很大挑战,包括:(1) 原料属性频繁变化与波动使得连续运行过程呈现时域/空间域的多模态,其多相多组分物质转化过程机理表征与非平稳过程调控存在困难;(2) 工业装置的大型化影响其反应/传递特性改变,非均一性与强耦合使得系统行为特性描述与调控更加困难;(3) 物质转化制造过程在开放环境与强约束条件下,面向安全/环保、经济性、稳定性和可控性的多目标调控存在挑战。

智能、自主、可控是未来流程制造智能化的前沿研究方向,需要通过人工智能等现代信息技术与流程制造业的深度融合,拓展"智能+",研究面向复杂系统的多时空尺度的优化调控方法和技术,其前沿科学问题包括物质转化过程行为特性表征与认知、制造过程多目标自主协同调控机制、制造系统跨层人机物融合智能决策3个层面。

钱锋,中国工程院院士,现任华东理工大学副校长、化工过程先进控制与优化技术教育部重点实验室主任、过程系统工程教育部工程研究中心主任,研究方向为化工过程资源与能源高效利用的制造系统智能控制和实时集成优化方法与关键技术。

1) 物质转化过程行为特性表征与认知。从物质转化本质出发,研究典型流程制造中关键物料分子结构及组成与其物化特性的分子表征方法,基于全时空信息泛在感知和认知计算,实现微观尺度物质转化机理和宏观尺度系统运行特性的构效关系表征;研究融合大数据、人工智能的流程制造过程智能混合建模与全流程模拟方法,实现物质转化过程动态性能与工况趋势的认知;基于工艺机理模型、边缘计算、信息可视化等方法,创新典型物质转化制造过程的虚拟制造技术,实现平行制造。

2) 制造过程多目标自主协同调控机制。从过程性能调控出发,发展具有自适应、自学习、自动调整控制结构和控制参数的控制理论与方法,实现适应工业过程动态变化的自主控制;研究数据和模型融合的工业过程故障诊断、自愈控制方法,实现工业过程的安全可靠运行;研究大数据、小样本的机器学习方法,提出工艺机理与数据驱动深度融合的制造过程多层次、多尺度、多目标协同动态优化和控制一体化理论方法,实现安全、环保、质量、效益多目标控制与优化的智能协同。

3) 制造系统跨层人机物融合智能决策。从系统行为决策出发,通过人机物三元融合,发展基于人工智能的具有可解释性的决策优化方法,解决不确定条件下决策的鲁棒性问题;研究基于数据知识和专家知识、融合装置运行特性的生产计划与调度优化方法,实现制造全流程资源与能源的优化配置及加工方案的优化,确保价值链最大化;发展环境深度耦合的风险关系辨识理论与方法,研究风险传播与装备、人员、环境的交互关系,实现制造系统异常成因分析、风险动态智能评估与辅助决策。

人工智能产业的发展主要体现在两个方面:一是"智能技术"产业化,二是产业"智能化"。显然,后者所形成的经济效益规模远远大于前者。因此,流程制造业的智能化对中国推进制造业高质量发展和实现制造强国意义重大。应当进一步推动科技创新与产业发展的深度融合,开展"卡脖子"关键核心技术的攻关,抢占流程制造智能化的国际制高点。

钱锋

(华东理工大学,上海 200237)