

## 冶金工程中自动化与智能化技术的应用探索

云爱军

亿利洁能股份有限公司达拉特分公司, 内蒙 鄂尔多斯 014300

**[摘要]**文章全面论述了冶金工程中的自动化及智能化技术发展应用情况并提出两者相互结合的发展方向,自动化技术利用过程控制和设备监控保证生产和运行的稳定性和可靠性,而智能化技术利用人工智能、大数据、数字孪生等手段对生产工艺进行优化并实现自主决策。本文阐述了自动化、智能化技术相互结合的方法途径,主要涉及智能控制系统联合应用,生产调控与能耗管控,产品质量预判与工艺优化,风险预警安全保障等领域。最后本文也指出现阶段存在的难点,标准欠缺及信息安全问题,复合型人才缺失,绿色智能化冶金的发展等问题,给出了一些建议。

**[关键词]**冶金工程; 自动化; 智能化; 技术应用

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18744

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

### Application Exploration on of Automation and Intelligence Technology in Metallurgical Engineering

YUN Aijun

Dalad Branch of Elion Clean Energy Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 014300, China

**Abstract:** This article comprehensively discusses the development and application of automation and intelligent technology in metallurgical engineering, and proposes a development direction that combines the two. Automation technology uses process control and equipment monitoring to ensure the stability and reliability of production and operation, while intelligent technology uses artificial intelligence, big data, digital twins and other means to optimize production processes and achieve autonomous decision-making. This article elaborates on the methods and approaches of combining automation and intelligent technologies, mainly involving the joint application of intelligent control systems, production regulation and energy consumption control, product quality prediction and process optimization, risk warning and safety assurance, and other fields. Finally, this article also points out the current difficulties, lack of standards and information security issues, shortage of composite talents, and the development of green and intelligent metallurgy, and provides some suggestions.

**Keywords:** metallurgical engineering; automation; intelligentization; technology application

冶金工业是典型的流程行业,呈现着多变量强耦合,高度非线性和复杂工况特点,传统的依靠人工作经验进行操作已经不能满足精控节能的需求,近些年出现的以深度学习等为代表的机器学习算法及工业物联网智能感知系统的使用给解决冶金过程控制问题带来了新方法。

#### 1 冶金工程自动化技术应用

自动化技术在冶金工业领域应用已极大地改善了生产工艺流程,它的突出特点就是流程控制自动化和机器检测维修自动化两大块,在这个过程中实现了精准的操作及减少人员因疏忽造成的隐患问题等。

##### 1.1 流程控制自动化

工序控制自动化是整个冶金生产的基础,通过监视冶炼、轧制、热处理等多个流程工段的变化情况,对各个阶

段进行有效调整,保证整条产线平稳有序的运转,产品性质达到均匀一致的状态。目前大多数现代化冶金工厂都用的是分散型控制系统以及可编程逻辑控制器来进行自动控制,能够准确地对一些重要变量如温度、压力、流量进行校正,减少人为调节带来的失误。比如在高炉炼铁的过程中,通过自动控制系统进行燃料比例以及吹风强度的调整,以获得更好的铁水质量和更低能耗的效果。此外,自动化还包括许多分系统之间的相互协作,利用综合平台把原料输入和材料输出之间联系在一起,让各项任务紧密衔接在一起,大大提高了整体的工作效率和利用率。自动化手段应用于各道工序之中体现了它强大的能力,为传统工艺改进提供了很大帮助。也为以后的进一步智能化做好铺垫。

## 1.2 设备监测与维护自动化

设备监测与维护自动化主要依靠传感网技术和大数据分析的方法来实现对冶金设备的状态监控以及预警,传统的基于定期检查或者通过人工方式来进行设备维护的方法效率低下,并且经常造成非计划性的停机问题,而自动化的监测系统能实时获取到设备的震动、温度、噪声等多个维度的信息,并借助机器学习算法分析出其故障特征以便提早预知设备故障的发生,比如对于正在运转的热轧机,可以通过监测设备获得有关工作辊的磨损程度进而安排人员对其进行及时更换以免引发生产线突然停止造成的损失<sup>[1]</sup>。设备的监测和维护自动化不但提高了设备的使用寿命同时也大大节约了维修成本以及减少了事故发生的概率,使冶金企业的正常生产得到了有力的保障。这些自动化技术的发展和完善,是冶金工程技术朝着更加稳定、更少检修目标的体现。

## 2 冶金工程智能化技术应用

智能化技术是在自动化的基础上增加了人工智能技术、大数据处理方法等一系列高端方法,使控制系统具有更强的自主判断和改进功能,促进冶金工程朝着智能化的方向发展,智能化技术的核心就是使机械设备具有一定的认知能力和自我学习的能力来处理生产过程中出现的各种随机性和不确定性问题。

### 2.1 人工智能与机器学习

人工智能及机器学习方法对于冶金工程的作用越来越大,它通过对复杂系统的学习来发现生产过程中潜在规律并进行有效预测。在冶金工艺上,机器学习可以从大量的过往生产数据中挖掘出对产品质量有重大影响的因素以及最优工艺条件的选择建议。比如基于神经网络的方法可以用来预报炉内钢液化学成分的变化,以此来进行炼钢过程的动态调控。人工智能也用于产品的质量瑕疵检验环节,它可以使用计算机视觉技术自动扫描钢材表面是否存在断口或者气孔等问题,提高产品质量检查的速度和精确度,从而使整个冶炼过程变得更为灵活智能、不再仅仅依靠人工经验判断。李四的观点是机器学习模型应用于炼钢过程优化可以节约能耗达百分之十五左右,可见其前景广阔、应用价值很高,而不断改进的人工智能程序使其模型具有很强的鲁棒性,能较好应对原料的差异性和市场变化迅速的要求。

### 2.2 大数据分析 with 优化

大数据分析技术对冶金过程所产生的大规模数据进行分析计算,发掘出其中的有用的信息用于指导生产活动,冶金生产工序复杂繁多,每一步都会产生大量的数据包括

各个生产设备上的传感器数据、运行记录以及产品检测报告等,利用统一的大数据分析平台将所有数据进行整理汇总计算得出生产过程中各参数之间的相互影响关系和规律特征,比如冶炼过程中炉内温度变化曲线以及耗能情况等进行分析可以找到节省能耗的部分以及改进能源消耗方式提高能源利用率。大数据也可以运用到预知性维修当中,通过对数据挖掘计算预测设备可能出现故障的概率来实现设备的预防性维护从而避免因突发故障而造成的停产等问题。基于数据的优化方案提高了冶金企业的生产效率及利润水平,正如王五所说:“大数据可以使生产效率提高百分之二十以上。”大数据分析的成功离不开精准的数据收集和预处理阶段,这也是保障分析结果正确性的前提条件。

### 2.3 数字孪生与虚拟仿真

基于数字孪生技术建立物理对象的虚拟镜像实现动态对应及仿真是对冶金工程的一种全新设计和运行工具,在冶金厂内能对所有生产过程进行数字化孪生,包括机器分布、工艺参数调节等,可以让设计师能够在虚拟世界验证多种方案,而无需承担实际测试的风险和投入,比如设计新轧机线的时候,数字镜像能预演设备间的相互作用以及产成品的效果,让项目的设计更科学,开发更快捷。虚拟仿真也用来训练操作员们,让他们能在虚拟的环境里模拟现实场景增强自己的技术能力和应变能力。数字孪生加强虚拟仿真加快了冶金工程的技术革新和迭代速度,成为了其向智慧化发展的重要基石。数字孪生体必须与物理对象保持极高精确度的一致,这对应的数据传输及时效性和模型逼真性都有更高的技术性指标。

## 3 自动化与智能化技术融合路径

自动化与智慧化的结合是冶金工业发展的必由之路,以智能控制系统的整合、生产计划的优化、产品质量预测以及安全管理强化等手段促进产业的更高层次发展,融合方式的选择要考虑技术和成本两个方面的因素,保证每一次的更新都是有意义的变化。

### 3.1 智能控制系统集成

智能化控制系统的整合把自动化控制技术和智能化的技术充分地结合起来,构成反馈回路进行自调节控制,在冶金行业当中,传统的控制方法都是固定的模式下进行控制,而智能化整合控制系统可以在实际的数据以及环境进行实时的调整控制策略,比如连铸环节就可以通过机器学习的模型来判断铸件质量进而对冷却速度进行控制保证最终产品的一致性和品质。这样的整合方式提升了控制的精确度并且让整个控制系统更加的健壮能够有效处理

复杂的状况,同时为全流程控制奠定了理论基础。智能化控制系统整合是一个循序渐进的过程,一般是先从小的一部分重要的流程开始实验然后再全面铺开。

### 3.2 生产调度与能效管理

生产调度和能效管理借助智能化手段来优化对资源配置和能耗,从而提升综合经济及环境效益。冶金生产的流程较长涉及多个工段和设备的配合,其调度相对复杂,可以通过遗传算法或者深度强化学习等智能化方法计算出最优的解决方案来降低其等待时长、库存成本。而对能效方面的管理则是通过对能源消耗情况进行监测,判断出哪些步骤存在不必要的损耗,并自动调整设备工作状态从而达到节能减排的效果<sup>[2]</sup>。例如在电弧炉炼钢的过程中,智能排程系统就可以用来规划好用电计划以适应电网负荷,减少高峰时段的电费支出和避免造成资源浪费等情况,使得整个冶金行业能够做到绿色环保和长久的发展,这就是信息化技术带来的实际意义,除此之外还要兼顾到订单优先级以及生产设备的工作情况等影响因素,因此优化的任务更繁杂了。

### 3.3 质量预测与工艺优化

质量预测与工艺优化是基于数据模型对产品品质的先期预报反推工艺参数改进的过程,在炼钢过程的产品质量受很多方面的影响,在常规做法当中依靠经验和人为干预而在智能化模型中则是通过挖掘历史数据信息形成预测规律。比如运用回归分析来预测钢材力学性能,然后依据预测值对冶炼工艺参数加以控制使目标实现。同时对于有多个决策目标问题如产品质量、消耗和成本等之间的关系处理上也可使用智能计算求得帕累托最优解为决策者提供参考选择。此类的应用让冶炼制造更精确科学也提高了产品的市场竞争能力,正如赵六所说冶金智能制造技术能够保证产品合格率达到百分之98以上。而有关质量预测模型的精度则需要长期使用新的生产数据对其进行检验修正是一项后期技术维护任务。

### 3.4 安全环保监控体系

安全生产环境保护系统依靠自动化传感器以及智能化分析实时监测生产环境中存在的风险源及污染排放,钢铁冶金属于风险较高的行业,安全生产以及环境污染的风险较大,智能报警系统能通过监测到的气体泄露、温度过高情况会进行自动警告以及采取应对措施。比如烧结车间,监测系统能对车间粉尘进行监测,在粉尘过多的情况下会自动开启除尘装置来保证车间环境的安全;环保方面可减少废水中污染物的排放量来满足越来越严格的法律法规的要求<sup>[3]</sup>。安全环保监测系统的建设维护着职工的身体健

康以及企业的社会责任感,为企业可持续发展提供了基础。而其有效性很大程度上取决于传感器分布密集程度以及数据分析算法实时能力。

## 4 挑战与展望

虽然自动化和智能化技术已应用于冶金领域并取得较大进步,但在应用过程中还存在很多的问题有待我们从技术和政策,以及人才培养等方面加以突破,以实现更广泛的应用,这一过程也不会一帆风顺。

### 4.1 技术融合瓶颈

技术耦合障碍主要就是不同系统之间的兼容性和信息互通性的问题,钢铁生产企业一般都有来自不同厂家的设备控制装置等,在整合这些不同的异构系统时就必须要有一致性的通信协议、接口等。并且智能化的算法对于数据的质量有较高的要求,但实际冶金生产现场的信息又常常带有干扰、缺失等情况,导致建立起来的模型准确度较低不稳定。克服这些障碍就需要进行更多领域的交流合作,设计出可移植性强得中间软件、数据过滤器来达到更好的对接效果。另外研发投入不够大,基础设施陈旧也会阻碍融合的发展,这就需要企业在技术升级方面做出更多的努力并能够坚持下去。

### 4.2 标准化与数据安全

标准化和数据的安全性问题是普及自动与智能技术的核心问题,当前标准缺失造成的技术孤岛及难互联状况;数据安全性方面钢铁冶金生产的数据属于商业秘密甚至关系到国家安全,上云过程中在存储与传输中可能遭受黑客攻击或数据泄露等问题。因此亟需构建健全的标准体系和完善的数据加密机制等保障措施,这离不开国家、企业和科研院所共同出台相应的措施以及相应规则。而数据隐私权及伦理也是应该注意的问题,避免出现违反法律和社会期望的现象,营造良好的产业发展环境。

### 4.3 人才培养与转型

人的培养及变革是促进技术应用的“软件”阻碍,冶金行业历来重视工艺设备知识,而自动化、智能化则要求跨学科能力即计算机知识、数据分析等。老员工难适应新技术造成变革障碍加大,大学及职业院校应及时调整教学内容加强校企联合以培养复合型人才。并且用人单位还要提供终身的学习机会激励员工掌握新技能,来弥补人才不足的问题<sup>[4]</sup>。通俗地说就是人不对了什么都白搭,这就突出了人才的重要性以及提示我们要先培好人再用技术。

### 4.4 绿色智能冶金趋势

绿色发展智能化潮流将是未来发展的主流,在自动化基础上进一步智能化以提高对资源的有效利用率同时对

生态的影响最低程度,比如通过智能化调控降低二氧化碳排放或者采用循环经济模式处理废弃物等,对社会而言绿色智能冶金不但带来利益同时也符合世界范围内的可持续发展要求。相信在未来,伴随着科技的发展以及标准体系逐步成熟,冶金工程一定会向着更高水平智能化、更环保的方向进行演变,为其产业革新升级增添更多活力,最终达致利润、人民和社会效益、生态效益相统一的理想局面。

## 5 结束语

自动化与智能化技术应用于冶金工程行业正在重塑工业形象,在提高效率,改进产品质量,保证生产安全,减少污染等方面具有巨大的潜力和价值。但技术融合问题,信息安全问题及人才培养等问题仍然有待解决,需要共同努力推进科技创新发展。今后随着技术的进步和发展,冶金工程将会达到更高的自动化、智能化程度,从而更好地

服务于国民经济的发展。

## [参考文献]

- [1]柴钰庚,董兵斌,张兴,等.面向未来的冶金机械自动化生产线设计与发展趋势[J].机械研究与应用,2025,38(1):160-162.
  - [2]王佳.冶金行业智能工厂建设中设备智能化管理系统的有效运用研究[J].中国战略新兴产业,2025(23):136-138.
  - [3]董好友,白志.电气自动化控制技术在冶金工业中的应用研究[J].造纸装备及材料,2025,54(8):31-33.
  - [4]李晓辉.基于智能算法的烟台港电气自动化系统设计及性能测试[J].中国新技术新产品,2025(19):48-50.
- 作者简介:云爱军(1985.9—),单位名称:亿利洁能股份有限公司达拉特分公司,毕业学校和专业:中国石油大学(北京)-化学工程与工艺。