

基于电气自动化的钢铁冶金高效控制技术发展

韦光主

广西柳钢中金不锈钢有限公司, 广西玉林, 537624;

摘要: 钢铁冶金行业作为国民经济的重要基础产业, 其生产过程的智能化升级对提升企业核心竞争力具有重要意义。文章系统研究了电气自动化控制技术在钢铁冶金领域的创新应用, 重点探讨了其在提升生产效率、保障安全生产、优化质量控制以及实现节能减排等方面的关键作用。研究表明, 通过分布式控制系统优化、智能算法升级、专用仪表推广等技术路径, 能够显著提升钢铁冶金生产的自动化水平。这些技术创新不仅有助于降低生产成本、提高产品质量, 更能推动行业向绿色化、智能化方向发展, 为实现“双碳”目标提供技术支撑。

关键词: 钢铁冶金; 电气自动化; 控制技术; 智能化; 节能环保

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 05. 028

引言

在全球制造业数字化转型的背景下, 钢铁冶金行业正面临前所未有的技术革新机遇。作为典型的高能耗、高排放产业, 传统生产模式已难以适应新时代对效率、质量和环保的严格要求。电气自动化控制技术的深度应用为解决这一困境提供了有效路径。通过构建智能化的生产控制系统, 不仅可以实现工艺流程的精准管控, 还能显著提升资源利用效率。当前, 如何将先进的自动化技术与钢铁冶金工艺深度融合, 已成为行业转型升级的关键课题。本文旨在系统分析电气自动化技术在钢铁冶金领域的应用现状, 并探讨其未来创新发展方向。

1 钢铁冶金中电气自动化控制技术的重要性

1.1 提高生产安全效率

钢铁冶金作为国民经济的基础产业, 其生产过程需要依赖多种机械设备协同作业。由于这些设备数量庞大且系统复杂, 采用电气自动化控制技术进行统一协调能够显著提升设备运行效率。该控制系统具有强大的信息处理能力、快速响应速度和高可靠性等优势, 能够实时处理海量数据, 有效避免因设备故障导致的非计划停机, 降低抢修过程中的安全风险。这不仅大幅提升了钢铁冶金企业各生产工序的衔接性和连续性, 还能确保安全生产, 提高产量, 从而更好地满足日益增长的市场需求和社会发展的需要^[1]。

1.2 改善质量控制

不合格品率是反映产品合格程度的主要质量特性之一, 利用电气自动化控制技术实现对生产的全过程监控和管理, 可以将主要影响因素纳入闭环的自动调节中

去, 使某些重要工艺参数保持稳定状态而不在允许范围内波动; 同时由于实现了在线检测、过程跟踪及故障预报功能, 一旦有不良现象发生或者某个工艺参数发生变化时就能迅速地发现并将之排除在外。

1.3 降低能耗

由于能源耗费构成了钢铁冶金生产的重大费用支出(约占生产总成本的 20%-40%, 如电耗与燃料耗), 应用电气自动化的智能控制手段来实施工艺操作管理, 可显著降低能耗约 8%-15%, 在很大程度上会达到节能降耗的目的; 从而直接降低了企业的生产经营成本, 提高了企业的盈利水平。钢铁冶金业作为我国重化工业部门中能耗最高(占全国总能耗的 15%左右)且污染物排放最多(二氧化硫、氮氧化物排放量分别占工业总排放量的 10%和 8%)的产业之一, 其经济活动给自然生态环境造成的负荷也是巨大的。一方面, 随着社会生产力的发展以及人民生活水平的不断提高, 2022 年我国粗钢表观消费量达到 10.13 亿吨, 人们对钢铁产品的需求也日益增大; 另一方面, 为了满足这一需求, 钢铁生产企业必然要不断地加大投入以扩大自身的生产能力, 这就要求企业在保证产品质量的前提下尽可能地节约原材料及各种辅助材料的使用(如通过智能控制可将铁水消耗降低至 920-950kg/吨钢), 努力提高产品的产出率或单位产品的原料消耗定额。从长远来看, 不仅有利于缓解因钢铁产量快速增长所带来的环境污染问题(据测算, 全面推广智能化技术可使吨钢碳排放减少约 12%), 更主要的是为解决目前面临的不可再生能源危机提供了一条可行的道路, 即通过对现有设备进行改造升级(如应用余热回收系统可提高能效 5%-8%), 提高资源综合利

用程度（废钢利用率可提升至30%以上），进而最大限度地发挥现有资源的作用^[2]。

2 电气自动化控制在钢铁冶金中的应用

表1 电力保护优化目标及具体实现效果

优化目标	具体实现效果
供电稳定性与保护能力提升	保证供电系统正常、稳定的输送和转换，增强对用电设备的保护能力。
高效电源供给与设备维护	通过高效可靠电源，提高机械设备运转速度，减少磨损，延长使用寿命，降低停电/断电的经济损失和安全风险。
异常监测与事故预防	及时发现设备运行异常并处理，避免重大事故发生。

2.2 分布式控制系统

近年来，在我国电力控制技术、网络通讯技术和计算机技术的发展推动之下，给钢铁冶金管理控制技术提供了新的发展机遇，在过去很长一段时期内钢铁冶金行业所采取的都是比较落后的控制管理模式，主要就是依靠人工去记录和掌握生产过程中各个设备的状态以及参数信息，并且随着时间的变化这一方式已经逐步转变为集中的控制模式，现在则是以克服了点对点控制的一些缺点而更加具有针对性的分布式控制模式为主流趋势。将这种分布式控制系统运用到实际的钢铁冶金行业中可以有效地提升其整体的管理水平，并且还能够很大程度上确保了钢铁冶炼过程之中电气自动控制技术的有效性与安全性。

（1）可靠性强：由于采用分布式的系统功能和位置上相对独立的结构，使得冶金生产的自动化程度得以提高、生产活动能够稳定可靠地进行；同时又通过分散控制功能来保证各种生产设备均能始终处于正常的运行状态中，即使个别部件或元件损坏了也能由备用件代替继续执行生产任务；（2）具有良好的扩充性能：从屏幕显示实现的人机对话开始，到高效生产和不间断监视整个生产过程，再到依靠现代通信手段达到冶金生产工序层次化的最终目的。（3）易于维护：可以自动产生报表供操作人员查阅并编写程序，以减轻操作人员的工作量，充分发挥计算机系统运行时所编写的程序的作用。特别是分布式控制系统还具有在线监测的功能，从而发现生产过程中存在的问题，不必再依赖于人工巡视的方式来进行日常维修保养，减少了人为因素造成的损失及费用开支^[3]。

2.3 相关电气元件

1）传感器。在钢铁冶金中，有压力传感器、温度传感器等各种类型的传感器构成主要检测装置，在工作

2.1 电力保护

利用电力自动控制系统对钢铁冶炼中电气系统的优化能够实现以下几点，见表1。

中能及时采集数据并传递给操作人员，让其对每个工序的信息进行判断与调控以满足工艺流程的要求，并保证冶金质量及生产的顺利运行。比如锅炉上的压力传感器可以起到监测压力的作用；车间里安装的温度传感器能够监视锅炉主体以及整个车间的工作环境温度，通过对不同时间段内的温度对比还可以推测出辐射量的变化情况，另外还能用来探知锻造零件的实际温度或者冶炼的基础温度，为生产调整提供帮助。

2）继电器。用于对电气回路的自动切换及保护装置；继电器是具有隔离功能的一种自动开关，一般由输入回路（感受部分）、中间机构以及输出回路三大部分组成^[4]。如果电气设备出现异常情况或故障，其内部的自控装置能够及时切断电源并使系统恢复正常工作状态，以防止事故扩大化或者进一步损坏设备元件，保证整个钢铁冶金企业的稳定运行。

3）变频器。采用变频调速作为控制手段来实现对电气设备的节能改造是一种非常有效的方法之一。通过变频技术的应用，能够有效地提高电网功率因数，把直流变换为交流；或把交流变换为直流（再逆变为交流），根据需要使电压波动幅度减小并滤除噪声及其他波形畸变干扰信号等，从而达到保护电机的目的。钢铁冶金企业内部过滤系统中各期都需要专业的变频器对其供水流量加以调节与控制，并保证其正常的补给，减少煤炭、电力消耗。

4）断路器。由于钢铁冶炼的特殊性，在使用时需要通过断路器来控制线路进行自动跳闸和对电路起到一定的保护功能；一般而言，在工业上使用的高压断路器可以分为两类：一种是高压负荷型断路器，另一种就是高压隔离开关。

3 钢铁冶金电气自动化控制技术创新核心思路

3.1 控制算法优化

针对不同的冶金过程特点及要求,选用最合适的控制算法,比如比例-积分-微分(PID)控制、模型预测控制(MPC),以及各种自适应控制算法等;然后利用实验或仿真手段来确定控制算法中的各个参数的最佳值(即得到最佳的参数组);最后使用一些诸如:“穷举”“人工神经网络”的方法来进行这些参数的优化。选取并设计出适合于某特定的冶金过程的最佳控制方案及其相应的控制算法与结构,同时还要考虑所选的控制方案是否具有较好的鲁棒性和灵活性^[5]。因此需要进一步将传统的反馈控制理论发展到前馈-反馈复合控制领域,以实现某些重要变量的超前调节功能,从而使得整个闭环控制系统能够更好地满足生产、安全的要求。

3.2 信息化与自动化的深度融合

信息化与自动化的深度融合是钢铁冶金高效控制技术发展的重要趋势。通过建立完善的信息化管理系统,将钢铁冶金生产过程中的自动化控制系统与企业的管理信息系统进行集成,实现生产过程数据与管理数据的实时共享和交互。在生产管理层面,企业管理人员可通过信息化系统实时了解生产现场的设备运行情况、生产进度、产品质量等信息,及时做出决策,优化生产计划和调度。在生产过程控制层面,自动化控制系统可根据信息化系统下达的生产任务和质量要求,自动调整控制参数,实现生产过程的精准控制。这种深度融合提高了企业的管理效率和生产效率,增强了企业的市场竞争力。

3.3 后期维护和优化

对于冶金企业中使用的电气自动化控制装置,应经常对其进行全面性的检测与维修,比如检查装置中的各个设备是否正常,若发现有老化或者损坏的现象则应及时更新;另外还需要对其内部的传感器及一些仪器仪表做相应的校正,以保证整个系统的可靠性和准确性。通过使用分析型的数据处理方法来监控系统运行过程中的各项参数,并从中找出系统存在的故障隐患,从而有效减少停机的时间,提升系统的生产率。此外还能通过对某些重要部分做出适当调节,使其更加高效且具有较高的可靠性,并且要定时升级该系统所配备的各种软件或固件,以便于取得新的功能,使得整个系统更为稳固。如果有必要的话还应该安装适合本企业的各种辅助性模块,这样就能使系统得到不断地扩充和发展。

3.4 推广专用冶金仪表,实施精确测量与控制

为适应冶金生产要求,出现了利用超声波、激光、微波、神经系统(神经网络)等新技术发展起来的新测控技术和新型仪表。由于烧结生产工艺比较复杂,现在主要存在水分测定仪、温度控制及检测仪、化学成分分析仪以及烧结废气中各种气体含量的测定等问题。以前没有相应的检测手段和技术条件,因此许多功能得不到发挥。通过不断的发展完善和更新换代,开发出了不少新功能;同时又使传统的检测工艺参数的仪表和绘制图谱的方法得到进一步提高和发展,并解决了因原有设备落后和受技术水平限制而不能进行的一些项目,如用微波等复合传感器完成了一些过去很难测量的参数的“软测量”,被测量数据必须与执行器结合起来才能真正起到指导生产的作用。

4 结束语

文章深入分析了电气自动化控制技术在钢铁冶金领域的应用价值和发展前景。实践表明,智能化控制系统的实施能够带来生产效率的显著提升和能源消耗的大幅降低。随着人工智能、物联网等新技术的不断成熟,钢铁冶金自动化将向更加智能、高效的方向发展。未来应重点关注控制算法的持续优化、智能传感网络的完善以及数字孪生技术的应用,以推动全行业实现更深层次的数字化转型。这些技术创新不仅将提升我国钢铁产业的国际竞争力,更将为工业领域的绿色可持续发展提供示范。

参考文献

- [1] 梁铁铸. PLC 在钢铁冶金企业电气自动化控制中的应用[J]. 中国设备工程, 2023(8): 115-117.
- [2] 代明磊. 电气自动化在冶金工业中的能源管理及优化研究[J]. 冶金与材料, 2023, 43(6): 35-37.
- [3] 刘庚. PLC 在钢铁冶金企业电气自动化控制中的应用[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2023(3): 7-9.
- [4] 彭叶斌, 李静. 基于冶金电气自动化控制技术特点与运用研究[J]. 冶金与材料, 2023, 43(4): 4-6.
- [5] 代明磊. 冶金工业中的电气自动化技术应用研究[J]. 冶金与材料, 2023, 43(5): 7-9.