

煤化工选煤洗选工艺中的自动化升级改造与经济效益

高 美 (内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 010303)

摘要: 煤化工选煤洗选工艺的传统模式面临诸多瓶颈, 包括人工干预高、控制精度差和安全隐患等问题。通过自动化升级改造, 能够有效解决这些问题, 提升生产效率并降低成本。本文提出自动化改造的核心路径, 包括控制系统优化、智能感知与数据采集、工艺环节自动调节技术及系统互联互通与数据平台建设。通过精确控制和实时数据反馈, 企业就可显著降低人力成本, 提高原煤利用率, 优化能耗, 实现生产效率的提升, 并且通过更精确的产品质量管理, 减少返工和浪费。

关键词: 煤化工; 选煤洗选工艺; 自动化升级改造; 经济效益

中图分类号: TD928.9 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 021-0043-03

Automatic upgrading and economic benefit of coal washing process in coal chemical industry

Gao Mei (Inner Mongolia Mengtai Buliangou Coal Industry Co., Ltd., Ordos Inner Mongolia 010303, China)

Abstract: The traditional mode of coal washing process in coal chemical industry faces many bottlenecks, including high manual intervention, poor control accuracy and hidden safety problems. Through automatic upgrading, these problems can be effectively solved, improving production efficiency and reducing costs. This paper puts forward the core path of automation transformation, including control system optimization, intelligent perception and data acquisition, process automatic regulation technology, system interworking and data platform construction. Through precise control and real-time data feedback, enterprises can significantly reduce labor costs, improve raw coal utilization, optimize energy consumption, achieve improved production efficiency, more accurate product quality management, and reduce rework and waste.

Key words: coal chemical industry; Coal washing process; Automatic upgrading; Economic benefit

煤化工选煤洗选工艺对煤炭加工具有极高的意义, 传统的工艺在提高产品产值的过程中, 往往会出现资源浪费、效率低下的弊端。在技术不断提升的情况下, 自动化升级成为发展煤化工产业竞争力必不可少的出路, 应该顺应自动化技术对选煤洗选工艺进行优化。文章将通过对选煤洗选工艺自动化升级改造路径进行讨论, 并对其进行经济效益分析, 力求探索通过此技术革新发展达到高效化、绿色化。

1 煤化工传统选煤洗选工艺的现状与瓶颈

就煤化工生产而言, 洗选工艺主要是以重介质分选、浮选和跳汰为主, 没有做根本性的改变, 工艺路线沿用了若干年, 工艺系统结构比较合理, 但在设备自动化水平整体较低的情况下, 这种技术路线在稳定性、精准掌控和运营效率等方面短板已经比较明显。

①人工模式。在生产流程节奏上更多依靠人去维持, 关键控制点上的判断和修正更多的是靠人的经验积累和操作, 对关键工艺运行指标的一致性和掌控度造成很大的影响和不利, 也导致系统能耗和消耗上相对加剧。

②技术把控弱。入洗煤的原煤量控制、介质的重量比重的调整不能精准及时到位, 浮选药剂的剂量随着负荷的增减动态无法匹配等, 看似细小而分散的环

节, 构成资源浪费的源。工艺还可以运行, 但是一直在非经济点运行, 会导致产率的减少、成本的增加, 调整动作的增加等不利因素。

③系统上没有实现整体集成的信息处理系统平台, 导致很多数据是在相对孤立的设备基础上分别存在的。无法有效实现工艺运行参数的实时监控, 进而导致生产指令的快速反馈无法实现。

④高强度岗位环境对一线岗位人员造成长期的劳动积压。大量岗位上要求长期从事高粉尘、噪音大的岗位, 危险高的状况, 得不到现有方法的降低控制^[1]。

2 选煤洗选工艺自动化升级改造的核心路径

2.1 控制系统优化

优化洗选生产工艺的自动化首先从工艺控制系统的智能化开始, 它是技术集成的同时又是控制逻辑的优化和管理方法的创新。在典型的工艺控制系统中, 各种控制技术比较分散、时间延时长、现场生产设备的运行工况主要靠人的巡回检查、局部手操干预, 现场的运行不是很协调, 控制的及时性较差, 打破这种状况需要基于 DCS (集散控制系统) 和 PLC (可编程控制器) 系统的结合构成实时的联锁控制系统^[2], 主要的策略和方法包括:

① DCS/PLC 系统联锁, DCS/PLC 综合是协调生

产工艺全局和快速控制的重点策略，DCS 承担生产工艺的整体生产线的流程控制和优化的全线的各工序参数，而 PLC 是在小的范围内，或具体的功能单元的处理和响应，真正快速及时地响应过程的瞬时信号或执行信号或计算信号等。这种结合可以缩短信号和控制指令从数据采集到控制响应、执行的速度，有利于控制和反馈的紧密闭环、及时性、控制的快速性。

②中央控制室集中控制和分布式控制。中央控制室是整体控制、优化的决策中心，负责整个控制系统的一种可视化总体协调。而不同的子控制系统分区或按单个功能配置进行分散控制，小范围内能具有自身处理和应答的能力。两者之间利用工业以太网等高带宽的通信方式相互联系，既可以实现控制信号的快速互通，又可以保证系统内部信息的共享，状态的一致。这种“集中协调+就地响应”的结合结构弥补了大系统运行中控制统一性欠缺的弊端，但又兼顾了局部灵活调整能力，可以大幅度提高对异常工况的快速响应能力以及系统的调节能力。

2.2 智能感知与数据采集

要想实现选煤洗选工艺的自动控制和在线优化，必须首先做到监测分析到、监测数据在。对于静态条件下的自动控制，采用巡检、定点取样是一种常用手段。但在面对动态条件下的自动控制时，该手段已不再适用。实现自动控制的智能感知，是自动改造持续发展的基础之一。

其工作主要体现为以下两点：

①监测仪表和检测传感器的部署。监测仪表的配置，要求做到目的明确、对象明确，并根据工况要求等进行定心布点。输送带的输送区域应部署流量、流速计、传感器，分级机区域应配备密度计、粒度仪、浓度传感器等仪表，浮选区域应配备浮选药剂浓度仪、浮选液面传感器等。

②实时取数。实时取数的意义，要高于数据的有效传输等层面。实时取数可以很好解决以往因传输造成的滞后性带来的信息不合理，使数据及时介入控制行为的每一个阶段。将物料流速、煤泥浆浓度、粒子细度、介质重量密度作为及时反馈控制的参数，使其在异常情况发生变化时，可及时调节入料速率、介质投放和药剂投配量，来满足当前运行的自动优化调整。

2.3 工艺环节的自动调节技术

控制环节的自动化水平提升不止是智能调节的深化，也是推动洗选流程自动化改善必须着重攻关的技术。针对系统中的自动化调节特点，不同类别的系统调节接口就是指工艺过程中的局部调节环节，如选煤工艺环节中的精密给煤、介质控制浓度、浮选调节药

量，这都是选煤过程中系统“节点”控制的设备，而所谓“节点”就是相对于系统的流程分布而言的一个主要控制因素。这三部分控制环节缺少稳定性，或者调节落后，都会导致选煤系统高效运行效率降低，因此针对控制流程提高智能调节的应用，就不能是选煤系统的调节辅助功能的完善，而是在系统调节改善中首先要着重考虑，这三部分的智能调节装置也要从“精度”上着手。

①精密给煤。对于给煤环节，是系统控制节奏的调节环节，而且原煤的粒度、水量、含灰不同，如果给煤量不能根据不同前段原煤调整而改变，会直接造成系统后续介质分选的浓度配合与稳定性下降的问题。所以，要在给料端（如缓冲仓、振动给料机）配备高精度的称重传感，通过反馈信息和系统实时对煤质进行分析匹配，调节给料电机频率，然后形成动态调节算法模型。这种动态调节算法模型不是按照阈值来调整，而是根据历史数据与当下状态（时序关系）的关联性调整算法模型，所以每一次的调节与之前不相同，调节不仅依靠设备（煤浆泵）来进行，控制系统针也对运行的态势进行分析，控制反馈进而调节。

②介质自动调节。对于整个重介质分选而言，系统的稳定分选依赖介质浓度，而对介质浓度的自动调节，不能仅仅考虑增减水和磁铁粉，要考虑“判断—反馈—调节”的自动调节流程。通过对在线密度计、流量计检测数据的采集，并关联煤矿前后煤质变化情况，系统可对未来分选介质浓度可能变化情况及时预测和适当干预。在具体运行中，可将该策略与阈值策略及模糊控制方法结合，不断验证边界，以达到波动范围降低。

③对分选药剂的投加控制。选药剂投加过去完全取决于操作经验，不确定因素存在于工艺波动较大的煤化工现场。对药剂投加的智能控制系统，需将分选药剂添加系统与浓度、pH、矿物粒度、流量等信息的无缝集成，并建立多变量耦合模型来调节药剂的添加速度及添加比例，重点可通过感知、反馈控制并实现分选系统处于最佳的化学反应范围^[3]。

2.4 系统互联互通与数据平台建设

在传统洗选中心设备信息孤岛的大环境下，生产效率进一步提升、资源进一步优化难以实现。设备单机运行、数据各自为战，使得信息中断，无法对整个运行状态迅速而准确地进行判断。想要突破系统结构本身的问题，需要有一个统一的数据平台，形成数据从采集、传输、融合、可视化呈现的整体重构。这并不是信息技术的一次简单的叠加，而是重新以整体的流程管控为逻辑思考进行一次重构。表现为：

①实现数据平台的统一与实时可视化。建立一个统一数据平台，实现运行状态、设备状态、产品参数等数据信息的实时可视化，其中，统一数据平台的主要任务是要解决不同系统间的接口问题，将 DCS、PLC 等不同层级的数据资源整合在同一个接口标准下，实现统一调用。来自不同来源、不同形式的数据通过适配协议与标准转换实现数据融合，规避数据信息重复与数据丢失情况的发生。平台一方面完成数据的“储存”，另一方面作为调度、分析、反馈的“中央大脑”，现场生产运行工况、设备运行状态、产品分析指标等数据实现实时可视化，使得一线人员和决策人员在基层进行面对面的生产情况交流，生产效率得以进一步提升；另外，决策人员不再完全以经验、猜测等为主，基于数据形成逻辑链条，理性判断产品的实际运行状况，有据可依，掌握实操动力。

②应用边缘计算以及初级 AI 的分析，提供辅助决策。在数据传输有不可避免时延的当下，引进边缘计算节点势在必行。本地部署边缘计算模块可以对数据进行就地处理分析、事件判断、控制响应，极大减少反馈时间，提高应急响应速度。更重要的是，边缘节点可以基于规则自动判断工况变化状态，对关键节点进行自动调节，不需要等待管理中心的命令下达，真正做到了“微循环”的控制。将一定的 AI 初步智能分析手段嵌入数据平台是对原有的监控进行延伸。基于长期的数据记录和建模来实现工况识别、趋势研判、故障预报等。人工智能并不“智能取代人”，而是在快速变化、多变以及复杂变量共存的复杂场景中，发挥辅助判断的作用，基于数据建模的策略支持对管理层进行系统优化、统筹资源提供参考依据。

3 自动化升级改造后的经济效益

3.1 成本节约

不只是单方面的成本优化，自动化升级改造对成本结构的影响更系统全面，是全面提升资源投入产出效率。

①人力资源节约方面：自动控制系统上马，大量频繁危险的作业流程变为设备完成，使得现场岗位设置更精干。不仅是岗位精简，还伴随业务形态优化与人力资源成本构成的变化。管理集约，对人力资源的投入发生质的变化，单位人效指标得到优化。

②原煤资源利用率变化方面：自动控制系统对给煤量、介质配比浓度、浮选参数进行调整，在设备集中运行的基础上，实现了选煤粒度的精准化，在一定程度上遏制了原煤粗放造成的损失。例如，以往因波动造成原煤掺杂精煤流失的现象，伴随信息系统的数据化管理、信息交互中的实时调节机制的设置，被限

定于更低的出现频率，从而带来原煤转化效率的全面提高；③能耗控制方面：选煤厂运用数据平台对用能重要设备进行分项计量分析，通过调度系统，运行负荷需求结合能耗策略优化运行方式，避免浪费。设备运行方式优化、启停节奏的优化不再是根据运行人员的判断与经验，由算法做出决策，整个系统运行更接近最优化的能耗区间。

3.2 生产效率提升

提高设备可靠性，减少设备故障损失，这是自动化升级改造后最直观的结果。自动化系统通过现场实时数据的采集统计，对设备的健康状况进行预测性感知和预警，并能及时干预处理，也提升了设备的可靠性和稳定性，增加了设备的完好运行时间，减少了在调度、维修及突发应急响应上的频繁作业和消耗，整个工厂的生产运作效率显著提升。再者，由于产品质量的均衡性提升效果显著。产品在传统的自动化人工调节作业中，每个人对批次煤矿产品的处理上具有差异性的主观判断，这就造成生产产品时，由于人与人之间因素导致产品的品质有轻度不均衡性。当自动化系统参与并介入进来后，精确的参数控制完全依赖的是实时的数据回馈信息，从而对设备参数进行实时调整和修正，使每批次的产品质量能够达到要求。精确的控制也直接减少了产品的返工浪费和消耗，也避免了生产过程中过多的产品差异造成质量浪费，增加的品质均衡在一定程度上极大提高了产品的利用率，系统的整体作业效率也会更高。但也减少了不必要的消耗，在提高和减轻了整体产量的损失情况下，形成了一个高效节约型的生产系统作业模式。

4 结语

传统的煤化工选煤洗选工艺自动化的改造，是技术提升的必然趋势，更是企业的必然发展方向，能够在准确的控制和数据的监测下，有效打破传统工艺的技术瓶颈，在生产过程中杜绝或减少资源浪费现象的发生和产生，减少安全隐患，实现了企业经济效益的提高。随着技术不断优化、完善，自动化提升会更加深入，进而实现煤化工企业智能化、精细化的进一步发展，为我国的煤化工行业发展提供了强劲有力的动力。

参考文献：

- [1] 孙雷军. 煤矿重介选煤技术工艺与质量管理 [J]. 矿业装备, 2023(10):111-113.
- [2] 李凯. 选煤厂选煤技术的发展现状与工艺分析 [J]. 洁净煤技术, 2023, 29(S2):727-730.
- [3] 郑凯迪. 选煤厂智能化背景下的思考 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2023(04):47-50.