

# “黑灯”智能化选煤厂的规划与建设研究

王冬冬

国能神东煤炭洗选中心 上湾选煤厂，内蒙古鄂尔多斯，017209；

**摘要：**本文通过对“黑灯”智能化选煤厂的规划与建设进行研究，探讨了其在全域感知、全局协同、全线智能等方面的应用，提出了实现设备智能运行与运维、状态智能监测、过程智能控制、工艺参数智能设定、管理智能精细和决策智能调节的方案。研究表明：智能化选煤厂能够显著提高生产效率、降低劳动强度、提升经济效益，为煤炭行业的高质量发展提供了重要参考。

**关键词：**黑灯；智能化选煤厂；智能控制；高质量发展

DOI: 10.69979/3029-2727.25.03.054

## 引言

随着全球步入以智能制造为主导的工业4.0革命，物联网、大数据、人工智能、云计算等新兴技术迅猛发展，工业领域逐步进入智能工厂时代。作为煤炭清洁利用的重要一环，选煤厂虽然已基本实现了自动化向智能化的跨步，但受制于原料波动大、生产过程复杂等因素，智能化水平仍停留在起步阶段，并且各子系统间不能兼容互通，存在“信息孤岛”现象<sup>[1-2]</sup>。因此，本文旨在探讨“黑灯”智能化选煤厂的规划与建设，分析其在智能化进程中的应用和成效。通过打造“六大平台、24个子项”构建选煤厂智能化建设架构，从而保证黑灯智能选煤厂要求的多源异构、毫秒级实时响应、数据机理数据融合<sup>[3]</sup>；根据来煤成分与数量变化满足客户定制化订单实现柔性生产；通过损耗精细化、提升产品质量、降低能耗实现降本增效；利用动态监测，提前预警、减少故障率，提高维修效率提升设备运维水平<sup>[4-5]</sup>；使用生产安全监测对人员、环境、设备运行状态智能识别；基于核心要素链接的智能决策，打破各类生产系统壁垒<sup>[6]</sup>。

## 1 智能化选煤厂建设架构

“黑灯”智能化选煤厂是将先进的传感监测、大数据、人工智能、物联网、云计算、5G等新兴技术深度融合到复杂选煤工艺生产过程，打造全域感知、全局协同、全线智能的“智能选煤厂体系”，实现设备智能运行与运维、状态智能监测、过程智能控制、工艺参数智能设定、管理智能精细和决策智能调节，达到产品质量稳定、劳动强度低、经济效益高的目标。

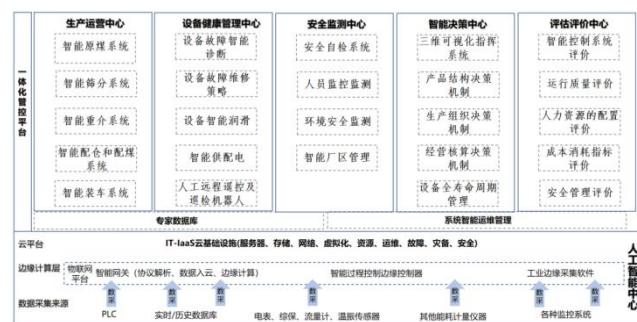


图1 技术路线图

为了实现“黑灯”智能化选煤厂的目标，提出了“六大平台、24个子项”的建设架构。这一架构不仅确保了多源异构、毫秒级实时响应、数据机理数据融合，还能根据来煤成分与数量变化满足客户定制化订单，实现柔性生产。通过损耗精细化、提升产品质量、降低能耗来实现降本增效。此外，利用动态监测，提前预警、减少故障率，提高维修效率，从而提升设备运维水平；使用生产安全监测对人员、环境、设备运行状态智能识别；基于核心要素链接的智能决策。深层次探索建立基于人工智能中心、生产运营中心、设备健康管理中心、安全监测中心、智能决策中心以及评估评价中心等六大中心的作为智能化选煤厂2.0建设探索代表性项目的“黑灯”智能化选煤厂，最终实现三大目标：

(1) 自主分析：采用大数据分析进行原煤数据建模，利用机器学习算法自主分析、预测、计算生产参数，协同控制、自行优化、自动调节各分选环节数据。

(2) 智能决策：建立公司级和选煤厂级智能决策系统。公司下达最大产率、最大经济效益的最优生产计划，选煤厂将原煤、洗选、装车环节过程参数联动智能设定。

(3) 管控平台：推进各类无人操控设备和无人值守系统的应用，完善选煤厂生产执行系统，融合各基础平台及自动控制系统，建设选煤厂一体化管控平台。

## 2 亮点分析

### 2.1 IT/OT 融合的工业数智大脑

将 IT 与 OT 有效融合，研发工业互联网平台与数据底座，实现选煤厂生产过程全要素数字化感知，解决数据孤岛问题。制定数据标准和管理规范，重塑数据架构和传输链路，打通各工艺环节数据壁垒，提升整体协作能力。通过多种数据采集方式和智能设备，增大数据覆盖范围，提高数据质量。利用智能算法和模型，对数据进行深度分析，指导生产，实现系统升级。最终形成“高质量数据 + 算法模型”的模式，推动选煤厂智能化发展。基于生产运营的智能决策系统，建立自反馈、自适应的柔性决策机制，通过业务管理自学习模型，实现对实际业务的动态适应。



图 2 选煤厂数据管理系统界面图

### 2.2 数字孪生智慧洗选

通过融合 BIM、仿真、管理和控制技术，构建选煤厂数字孪生平台，实现数据采集、展示和分析。开发全过程模拟、预测与优化模型，在线评价各工艺环节的分选和运行状态。采用广义预测控制算法和多变量预测控制算法，建立精煤灰分和合介桶悬浮液密度联合控制模型，实现重介选煤过程全流程智能控制。系统包含灰分校正、分选智能控制、浓缩智能控制和压滤智能控制四大模块。

利用三维建模技术搭建虚拟选煤厂，实现虚拟与现实选煤厂系统之间的数据共享。基于深度学习技术构建运行数学模型，模拟生产过程，优化生产流程，提高设备运行可靠性。通过数字镜像选煤厂管控平台反馈控制系统，快速准确控制现实选煤厂设备工况，确保效益最大化。

开发灰分校正功能模块，采用自适应控制算法和 X

gboost 算法，提高灰分检测精度。分选智能控制模块通过 MPC 控制器实现“一键输入出产品”，提高系统响应速度。浓缩智能控制模块采用多变量预测控制算法，智能控制加药过程。压滤智能控制模块采用模糊控制算法，根据煤泥沉降量变化自动控制压滤机，实现压滤环节智能控制。



图 3 数字孪生选煤厂平面展示图

### 2.3 智能预控管理

通过分析生产系统的自动化程度、参数调节精准度和故障特点，建立评估模型，优化生产组织、更新设计方案和解决控制缺陷，支持智能分选、智能浓缩、智能压滤、智能管理和智能决策，提高管理水平和经济效益。

构建全方位的风险预控管理系统，结合人员定位、智能视频巡检、有害气体监测、电缆火灾报警、消防系统和人员信息管理，实现安全风险预控。采用 UWB 精准定位技术与灯具控制结合，实现“人来灯亮、人走灯灭”，节能降耗。电子围栏与人员定位结合，实时监护现场人员安全。

设备健康管理中心配置电力管理系统和物联网电力数据采集模块，实现设备全生命周期管理。通过分布式数据采集与网络监控技术，监测设备振动、温度等信号，进行远程在线监测、故障报警、振动分析和故障诊断，提升设备监控管理水平。

应用先进的液压润滑技术，结合自动控制和传感器技术，进行精准润滑和监控管理，减少维修成本，提高生产效益。

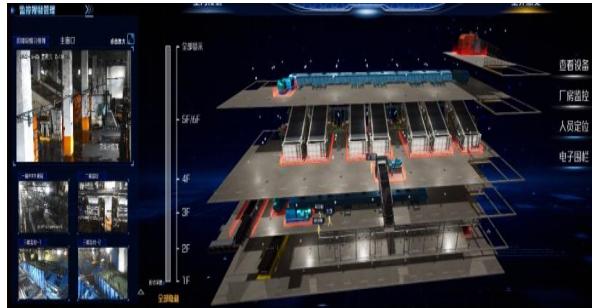


图 4 风险管理系统界面图

### 3 案例分析

通过“黑灯”选煤厂智能化建设，在现有基础上，产品回收率提高 1%，设备故障台时降低 20%，能耗成本降低 10%，人工成本降低 30%。以规模 10 Mt/a，定员 150 人的选煤厂为例，通过生产过程智能化控制，人员及设备状态的智能化监测，可提高精煤回收率约 1%，精煤价格按照 500 元/吨计算，可为矿井增加直接经济效益 5000 万元；通过智能化监控监测手段可提升巡视效率，减少现场岗位生产工，各生产环节实现少人化。选煤厂可减少岗位工 50 人，节省人员开支约 650 万元/年（13 万元/人）。具体成效如下：

（1）设备维护：通过设立机电设备全生命周期智能维护系统，提高设备运行保障能力，降低选煤生产事故台时。按目前平均每天影响一次计算，系统启停一次电费在 3000 元以上，每年可节约电费 120 万元左右。

（2）生产控制：通过选煤生产控制系统的升级，提高生产连续性，稳定产品质量，提高精煤产率 0.5% 左右；按精煤 450 元/吨，全年入洗原煤按 1500 万吨计算，全年可增效益约 4000 万元。

（3）辅助系统：通过完善选煤厂生产辅助系统，减少巡视及清扫人员，全岗位用工减少，每年可节约工资和工资附加支出 300 万元以上。

（4）能耗管理：通过 MES 智能生产管理平台的建设以及智能重介、煤泥水智能加药、智能配电等系统的应用，提升能耗精益管理水平。水、电、介、油等消耗量能够节约 10% 左右，每年可节约能耗支出 1000 万元。

（5）浓缩系统：智能浓缩系统改造投用后，循环水浊度逐月降低，改造后循环水浊度较改造前平均降低约 23.6%。实现了对给药时间、加药泵频率的智能调节，显著减少絮凝剂和助滤剂的用量。智能加介系统改造和介质回收监测系统的完成，实现了介质自动添加和介质回收监测功能，此外由于循环水浊度有效降低，减轻了脱介筛喷水喷头堵塞的问题，使得喷水压力增加，从而减少产品带介，降低介耗。

### 4 结论

选煤厂智能化建设通过融合先进技术和管理手段，显著提升了生产效率、降低了运营成本、提高了产品质

量和经济效益。具体表现为：通过智能化系统的应用，选煤厂实现了生产过程的无人化和精细化管理，减少了人工干预，降低了人工成本；通过智能监测和维护系统，提高了设备的运行保障能力，减少了故障率，降低了能耗；通过智能决策系统，实现了柔性生产，能够根据市场需求和来煤成分变化灵活调整生产计划，提升了客户定制化服务能力。

此外，智能化选煤厂的建设还极大地提升了选煤厂的安全性和可靠性。通过智能化的风险预控和设备管理系统，减少了工人的劳动强度，改善了工作环境，降低了安全风险和职业病发病率。同时，智能化选煤厂的建设还促进了选煤行业的技术进步，推动了煤炭企业由单一原料输出向多元化产品输出和技术输出的转变，构建了智能选煤生态圈，提高了企业在能源行业中的价值链位置。

未来，随着物联网、大数据、人工智能等新兴技术的不断进步，选煤厂智能化建设将进一步深化，为煤炭行业的高效、绿色和安全发展做出更大的贡献。通过持续推进智能化建设，选煤厂将实现更高效的资源利用、更低的碳排放和更安全的生产环境，助力煤炭行业的可持续发展。

### 参考文献

- [1] 高建川, 王然风. 选煤厂智能化建设的挑战与思考 [J]. 智能矿山, 2024, 5(09): 26-32.
- [2] 王美君, 谭章禄, 吕晗冰, 等. 选煤厂智能化建设技术架构与技术策略研究 [J]. 矿业科学学报, 2024, 9(06): 1017-1026.
- [3] 程子墨, 周娟华, 陶志达. 选煤智能化建设发展现状及建议 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2024, (07): 8-11.
- [4] 林厦. BIM 技术在巴拉素选煤厂 EPC 中的应用 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2024, (07): 28-32+37.
- [5] 张肇龙, 李冬, 张治军, 等. 山西焦煤集团选煤厂智能化建设的实践与思考 [J]. 中国煤炭, 2024, 50(06): 98-104.
- [6] 母长春, 杨国峰. 我国智能化选煤厂技术发展与展望 [J]. 选煤技术, 2024, 52(03): 1-8.