

文章编号:1671-251X(2021)S2-0087-05

智能选煤厂建设探讨

乔治忠

(国家能源集团准格尔能源有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000)

摘要:煤炭洗选智能化建设是实现我国煤炭工业高质量发展的重要支撑技术之一。针对特大型动力煤选煤厂智能选煤建设发展要求,指出智能选煤厂建设必需采用的 5 大关键技术,即智能网络大数据建设、智能大洗选技术、智能供配电技术、智能安全保障技术、智能决策。首先从网络数据大平台建设及应用方面,分析了当前智能选煤基础建设情况,然后以智能选煤控制系统建设、应用先进的环境监测设备状态感知技术,以实际特大型动力煤选煤厂为原型提供了智能选煤建设一体化技术手段,最后针对智能选煤的智能决策应用需求,探讨了智能决策建设的关键技术问题。

关键词:智能选煤厂; 动力煤选煤厂; 网络大数据; 智能感知; 智能决策

中图分类号:TD67 文献标志码:A

Discussion on the construction of intelligent coal preparation plant

QIAO Zhizhong

(CHN Energy Zhungeer Energy Co., Ltd., Ordos 017000, China)

0 引言

2000 年后,我国工业化进程加快,煤炭生产和消费迅速增加,在国家节能减排、环境保护、能源高效利用政策引导下,煤炭洗选加工业快速发展,重介洗选技术迅速普及,干选技术得到重视,设备可靠性稳步提升,原煤入选率从 2000 年的 25.9% 提升到 2018 年的 71.8%。在洗选工艺和装备取得重大进步的同时,自动化生产与信息化管理在我国各选煤厂得到推广应用,选煤生产、装车发运、计量化验等环节自动化水平显著提高。

总体而言,我国选煤厂在不断优化工艺、提升装备可靠性基础上,正在加快无人值守智能选煤厂建设。

2019 年 10 月 9 日,国家能源集团下发《关于印发〈国家能源集团智能矿山建设方案〉的通知》(国家能源集团办〔2019〕576 号),方案介绍了智能矿山总体规划、建设项目等内容,对智能选煤厂建设也做了初步建设规划,其中,明确在 2021 年 12 月底,将准能公司准能选煤厂和哈尔乌素选煤厂建成智能化选煤厂。

2020 年 7 月 15 日,国家能源集团下发《关于印

发〈国家能源集团关于加快煤矿智能化建设的实施意见〉的通知》(国家能源煤运〔2020〕389 号)明确了煤矿智能化建设基本原则和指导思想并制定了智能化选煤厂建设近期和中长期工作目标:2020 年建成 10 个智能选煤厂,2021 年 40% 选煤厂实现智能化,2022 年 50% 选煤厂实现智能化,2025 年选煤厂基本实现智能化。

1 智能选煤厂建设设计

准能选煤厂近几年继自动化升级改造基础平台建设完成后,先后开展了块煤三产品智能干选、智能输送、智能跳汰、智能装车等研发类科技创新项目,初步形成了“分步设计、分工艺推进、分阶段实施、分模块建设”的基本建设思路。智能化选煤厂建设规划主要包括 4 部分。

(1) 基础平台建设主要完成系统网络、数据库及移动终端建设,形成标准数据平台,建成专家知识库。

(2) 自动控制建设是智能选煤建设的基础,主要完成生产环节的自动控制、视频数据的智能传输、质量数据的自动采集、计量系统的形成(水、电、风、介质等数量计量)、设备状态的监控等控制内容。

收稿日期:2021-02-02;责任编辑:王晖。

作者简介:乔治忠(1970—),男,内蒙古赤峰人,高级工程师,E-mail:zhizhong.qiao@chnenergy.com.cn。

(3) 数据采集与传输规定选煤基础数据的形成及数据存储的基本要求,主要完成现场在线采集数据录入控制平台,形成生产指挥的数据基础。

(4) 智能分析与决策建设通过智能控制系统形成的各车间生产数据,采用大数据分析方法,建立生产组织模型,利用机器学习算法,实现各工艺环节智能控制。利用生产管理、煤质管理、装运管理和机电管理 4 个主要管理模块,规范生产程序,形成生产决策数据。使用数据分析平台,对生产及经营情况进行分析;根据工艺环节数据评价工艺效果,利用煤质数据预测洗选方式和优化产品结构,并进行效益测算,为选煤生产提供智能决策方案。

2 智能选煤厂建设关键技术

2.1 智能网络及大数据

智能网络及大数据就是要建设基于物联网的底层平台,基于大型 PLC 的控制平台,基于大数据和云计算的信息网络平台,构建完整的 3 层网络平台,实现设备全生命周期及巡检任务智能推送技术、设备智能运行巡检维护、隐患问题的闭环管理。

2.1.1 移动传输网络

目前国内先进的智能选煤厂建设,移动平台搭建了专用 4G 网络,实现了 4G 网络在厂区的全部覆盖,实现了控制网、办公网、视频网、4G 网“四网”数据互通,各网络之间采用防火墙隔离,保证了数据传输的安全性,为智能化应用奠定数据传输基础。

同样,整个厂区移动平台为 WiFi 形式覆盖建设模式,通过数个无线控制器集中化控制管理无线 AP,实现 WiFi 全部覆盖。控制网、办公网、视频网、无线 WiFi 网络通过防火墙隔离。

2.1.2 数据采集存储、传输及智能管理平台

(1) 数据采集存储

智能选煤厂需要建立智能管理系统,该系统采集的数据较多,采用微软的历史数据库单独存储采集的数据。该系统部署在一个服务器上与集团局域网实现互通。

智能管理系统采用 KEPServer 读取 AB 系列 PLC,通过以太网读取相关数据,并配备数据服务器采集上位机所有数据。

(2) 智能管理系统

智能管理系统包括 MES 设备运行及效能管理系统、cMES 机电管理系统、ERP 系统以及停送电管理系统等,其中 MES 系统可统计生产数量、设备运行状况、装车外运状况、生产消耗量、设备维修及作业绩效等。有的选煤厂智能管理系统包括设备台账管理、设备 KPI 管理、设备润滑管理、设备点检管

理、设备维修管理、备件管理等。也有的选煤厂智能管理系统包括跟踪管理、机电成本管理、静态资料管理、动态数据管理、设备故障诊断。

设备台账管理应支持设备台账统一管理,台账信息包含设备编号、设备名称、安装位置、所属系统、型号、生产厂家、主要参数等内容。支持查看单台设备的信息,主要包含设备技术参数、设备 BOM 清单、投运时间、使用时间、设备维修及保养记录、设备整体运行状态等内容。

点检管理应开发单独的点巡检管理模块,可以通过手机终端将日常点检发现的故障进行提报,形成点检记录,实现设备点检任务定岗位推送功能。以设备台账为基础,建立统一的点检标准,周期性自动下发、推送点检任务,定期、定点对设备进行检查,准确掌握设备运行状态,并支持通过终端提交点检任务。结合设备在线监测装置自动推送故障报警,由相关岗位人员对报警设备或部位进行点检,核实设备运行状态。

设备维修管理通过 2 个系统开展: MES 系统检修任务主要记录日常点检中发现的零星故障,通过手持终端提交与执行,自动推送统计在 MES 系统中; cMES 机电管理系统执行预防性维修功能,由专业维修团队使用。临时性检修任务的创建可以通过终端实现临时性检修任务的提交与执行。设备维修管理不仅实现了设备检修任务线上审批,同时用电审批、动火审批等与检修相关的单据审批,均与检修任务单审批进行关联;选煤厂 PLC 控制系统和各种安全监测系统的报警信息,通过分级管理推送到不同级别的管理人员。

2.2 自动控制及智能感知

2.2.1 远程集中控制、一键启停

智能化选煤厂建设,高度自动化水平是基础。国内选煤厂在建设投产时即实现远程自动化控制: 工艺设备可以一键启停,生产设备、阀门、闸板、翻板等辅助设备都能远程集中控制,可根据工艺需求指令自动调整生产流程,实现设备生产故障报警、安全报警分级定点推送到岗位。

2.2.2 计量系统实时在线采集

目前生产用水、用电、介质已经实现了实时在线采集,介质采取人工操作抓斗方式,在抓斗架安装计量器具,实时计量,可以分班、分时间段统计分析消耗量,药耗根据每班用量(袋数)人工录入系统。电量采集与电力抄表系统通信,水表数据接入智能管理系统。

2.2.3 设备测温测振在线检测

设备在线检测系统可提前诊断设备故障,为保

障生产、预防性检修提供可靠依据。有的选煤厂在 110 kW 以上设备(电动机、减速机)安装测温传感器,在 200 kW 以上设备安装振动传感器,开发单独管理系统,可查看实时振动值和历史振动曲线、报警信息等。部分选煤厂将安装范围扩大到 30 kW 以上设备(电动机、减速机),安装在线测温测振传感器,覆盖率 80%以上,采用与产品厂家合作方式,由厂家专业工程师定期分析频谱,结果报送选煤厂,由选煤厂检修人员现场检查确认、处理。

结合应用的在线测温测振设备,选煤厂巡视岗位工辅助使用离线点检仪,采集后的数据上传到移动终端,移动终端通过 4G 专网上传到电脑,用专用的分析软件分析,ICMES 智能生产管理系统通过读取离线报警限值并形成记录;采用手持式测温测振系统,采集后的数据采用数据线的形式传到电脑,用专用的分析软件分析。

2.2.4 智能照明控制和人员定位系统

智能照明和人员定位的应用范围较小,国内有应用的选煤厂也是在厂内部分区域实施。考虑到频繁启停对灯具的损坏和电量节省占比太小,通过调研,大部分选煤厂二期建设中计划安装智能照明、人员定位系统,用于巡岗监督和人员安全管理,配合人员定位卡实现照明灯具的自动启停;主要使用定位射频技术、动态二维码技术,在主厂房实现智能照明控制和人员定位,并开发巡岗管理系统,可监督检查人员是否巡岗,未完成任务,不能交班,并实现人来灯亮、人走灯灭,调节照明亮度等功能。

2.2.5 除杂装置

国内部分矿井型选煤厂配有机械手除杂装置,用于替代人工捡杂。在杂物识别方面,将各种杂物信息提前录入,专有系统提前识别,目前仍在自学习阶段,机械手除杂对胶带机运行状态要求较高;目前先进的方式是在原煤胶带机上安装 1 台胶带机金属探测仪,利用电磁原理检测到小型铁器时,联动开启除铁器除杂;有大型铁器时则闭锁胶带机,人工定点清除,可有效预防矿井铁器造成的各类事故。

2.2.6 红外热成像检测

选煤厂部分变压器、配电室采用红外热成像检测技术,安装热成像摄像头,进行超温识别。利用高清黑光及热成像摄像头,实现胶带机走廊越线、不安全行为、个人安全防护检测、设备实时温度的巡视报警。

2.2.7 视频检测监控

为便于对关键位置和重点部位进行实时监测,研究开发智能视频 AI 及感知技术,对脱介筛喷头堵塞、刮板机链条拉斜、桶篦子堆料、胶带机大块物

料等进行视频分析,实现不同故障场景的自适应和自学习能力,保证生产系统有序稳定运行。

人员入侵检测及胶带机跑偏摄像机采用厂家产品并配合算法服务器使用。采用相应工业大屏,全厂覆盖数百个摄像头,人员闯入危险区域时,视频自动弹出,可联锁设备紧急停车,保障人员安全。设备故障时,附近摄像头画面自动弹出,提醒调度员及时处置;设备起车时实现视频随动。针对机电设备检修作业点不固定、固定摄像头很难监视的现状,在检修区域装设移动摄像机,进行移动监视,确保安全监管到位。对需要专人作业的指定地点进行定点布防,当不具备权限的人员进入视频时触发报警。

多数选煤厂已实现视频联动功能,故障、报警均可分级、分权限进行推送;手机端、PAD 端、PC 端均可查看视频监控信息;大屏页面可进行报警设备监控视频联动;视频联动可以与设备控制实现报警停机功能。

2.2.8 先进保护装置

选煤厂有激光防撕裂装置和红外溜槽堵料装置。通过对溜槽内部物料的运行状态进行检测,利用红外检测技术,对空溜槽、带料溜槽和堵料溜槽分别进行测试和标定,并通过设置合理的报警阈值对溜槽堵料进行报警。激光防撕裂装置安装在上下胶带中间,发射出弧状激光射线贴着胶带背面,当激光被遮挡时报警,可识别胶带撕裂和划痕。

2.3 生产模块智能控制

2.3.1 重介智能洗选

国内动力煤选煤厂灰分-密度回控均确立了以介质密度为被控制量,以精煤胶带在线灰分仪监测数据为控制及检验依据的灰分闭环控制系统。

部分炼焦煤选煤厂为了保证洗选系统的灵活性与可靠性,精煤产品灰分-密度回控过程由初始人员调节和稳定后的智能控制 2 个部分组成。系统起机前 30 min 内由人工调节完成,系统稳定后生产组织由智能系统完成。系统设置了 2 种操作方式,即自动模式和手动模式。

在自动控制模式下,使用重介质精煤灰分闭环控制系统进行自动调节。在手动控制模式下,系统恢复到传统的人工操作模式。这 2 种方式通过开关进行切换,防止因设备故障而影响正常生产。改造后,在现场操作电脑界面上,重介质闭环系统的操作界面与原人工密度控制系统位于同一位置。当进入自动模式时,人工密度控制系统处于不可见状态,重介质精煤灰分闭环控制系统界面变为可见。当进入手动模式时,则界面互换,重介质精煤灰分闭环控制系统界面变为不可见。

为避免重介质精煤灰分闭环控制系统频繁调节,造成密度不稳定、灰分波动等现象,并影响电动补水阀使用寿命,闭环系统设定了灰分死区,当精煤反馈灰分与目标灰分偏差处于较大范围时,系统采用 2 段模糊控制,分时间段对重介质悬浮液密度调整 $\pm 0.005 \text{ kg/L}$ 或 $\pm 0.01 \text{ kg/L}$ 。可以有效提高闭环控制系统的可靠性和稳定性,也增加了系统的抗干扰能力和响应的快速性。

在灰分-密度回控控制逻辑中,检测精煤灰分的在线灰分仪在固定时间内提供数据,以固定时间为周期,根据灰分检测结果,按照灰分-密度控制策略调节密度值。通过大数据分析或者机器学习方式给出合适的灰分值,反馈到密度调节系统。

除了智能算法策略应用,智能选煤厂应用了较为先进的检测设备。磁性物含量计主要用于探测磁性物含量的变化,达到煤泥含量回控的目的,提高分选效率。磁性物含量计主要安装在合介泵至浅槽管路位置,在合介管路、磁选尾矿管路、脱介稀介段管路安装。

2.3.2 浓缩加药

煤泥水浓缩加药是煤泥水处理净化的重要环节,其中检测仪器的应用尤为重要,用于检测浓缩机中清水层厚度使用进口的界面仪,如美国哈希公司产品、瑞士恩德斯豪斯产品,实际应用反映监测精度在 $\pm 20 \text{ cm}$ 内。并据此判断是否需要加药及加药量。但是由于部分厂矿煤质不同,界面仪表面会富集煤泥,影响对清水层厚度的判断。

部分动力煤选煤厂使用的是加压过滤机,未实现智能化控制,有单独控制单元。炼焦煤选煤厂采用板框压滤机的智能化压滤生产系统,由压滤药剂添加智能化、滤板自动卸净、压滤机高度集成和压滤机入料压板卸料自动循环等组成,实现了系统自动补料、自动停料判断、自动排队卸料以及移动端监测控制等功能。

压滤系统智能化模块综合浓缩机及压滤机入料性质、耙子扭矩、入料浓度、产品质量、清水层浊度、滤液流量、泵房及循环水液位以及管理层指令等因素,自动分析,提出最佳控制方案,自动控制压滤系统起停车、浓缩机加药量、压滤周期以及生产泵房设备起停等环节,同时给出系统预判辅助管理决策。压滤系统实时数据反馈至生产数据中心,供数据分析以便对压滤系统进行实时调整。

2.3.3 智能装车

运用图像、激光、红外等多项检测技术,具备信标定位、偏载检测、图像识别、车地无线通信、3D 煤仓、在线煤质检测等多项创新技术,将智能算法成功

植入,开发精准配煤、杂车混编装车、偏载自动反馈调节等功能,实现车号自动识别、车辆精准定位、智能装载、智能称重,对装车质量及装车效果进行评价,根据产品指标实现自动化配煤,根据装车速度自动修正配煤速度,根据煤种、车辆运行情况自动调整防尘剂喷洒量及浓度,冬季根据天气调整防冻液喷洒量及密度。汽运装车系统远程监控,通过汽车衡全自动称重系统实现自动语音指挥、称重图像及时抓拍、红绿灯控制、防作弊、道闸控制、远程监管。

2.3.4 智能输送

一般矿井型选煤厂原煤运输在井下,而大型露天矿配套选煤厂原煤运输系统具有设备种类多、运输战线长、设备大型化等特点,因此露天原煤运输系统是开展智能输送研究较为全面和综合的研究载体。依靠先进智能控制技术,可根据胶带机实时输煤量,自动调节胶带机转速,在降低能耗的同时,实现实时报警、数字化显示、破碎站受料斗料位智能监测控制、胶带机智能巡检、智能配仓、智能故障识别等功能。

2.4 智能停送电系统

目前,停送电管理采用停送电管理系统和手持终端实现无纸化审批,系统可查询停送电记录,先进的智能选煤厂均已实现停送电在线审批功能,低压停送电已实现在线审批功能和远程操作。大部分选煤厂均是单独建立一个低压供电系统控制室,由 1 台工控机专门用于远程停送电操作,依靠电压继电器实现分合闸检测。在线审批完成后由专业电工操作工控画面停电,通过视频查看停送电指示信号,确认停电。配电室设有巡检机器人,在停送电时,自动行走至停电回路,可监控停电是否到位。机器人有温度、湿度、 SO_2 、 CO 烟雾、噪音监测功能,可实时检测。

2.5 智能决策系统

智能决策系统在国内选煤厂均有开展,但暂不成熟,都属于尝试性开展。参照团体标准《选煤厂智能化建设 通用技术规范》中关于智能决策板块建设指导意见,以及结合《国家能源集团智能选煤厂建设指南》,智能决策应先从生产情况分析、经营情况分析、工艺效果评价、生产指标预测、产品结构优化、经济效益预测 6 个部分开展。

3 结语

智能化建设具有涵盖内容多、涉及面广以及建设时间紧迫等特点,虽然在建设初期取得一定成绩,但在自动化方面仍有很大进步空间,在信息化方面由于其过程复杂性、信息量大的特点仍需要不断完

善,在智能化方面需要不断借鉴外部建设先进经验和继续进行内部需求深度开发。

智能化选煤厂建设涉及到选煤生产管理过程的方方面面,从洗选加工到装车销售,从基础完善到网络互通,从生产控制到管理决策,各个环节错综复杂,丝丝相扣,需要通过整体规划、循序渐进才能逐步实现。

参考文献:

[1] 王然风,高建川,付翔. 智能化选煤厂架构及关键技术[J]. 工矿自动化,2019,45(7):35-39.

[2] 尉晓珑. 选煤厂机电设备管理智能化与信息化的探索与实践[J]. 机械管理开发,2016,31(4):77-79.

[3] 匡亚莉. 智能化选煤厂建设的内涵与框架[J]. 选煤技术,2018(1):85-91.

[4] 黄健华. 选煤过程智能化总体构想初探[J]. 煤炭加工与综合利用,2017(5):57-58.

[5] 杨大村. 基于 iHistorian 的选煤厂 MES 系统设备智能化管理[J]. 煤炭加工与综合利用,2017(5):63-65.

[6] 朱建军. 选煤厂智能化研究与实践[J]. 煤炭加工与综合利用,2020(12):8-12,5.

[7] 杨瑞峰. 智能选煤厂“一体化”架构与建设思路[J]. 煤炭加工与综合利用,2020(9):20-23.

[8] 毛艳宇. 浅谈智能化洗煤厂建设的方向[J]. 能源与节能,2020(8):184-185.

[9] 韩亮. 浅谈智能化洗煤厂建设对企业安全生产的作用[J]. 内蒙古煤炭经济,2019(18):130-131.

[10] 马红,葛家君,王治帅,等. 智能化选煤厂建设研究现状及进展[J]. 内蒙古煤炭经济,2019(17):69-70.

[11] 朱建军. 选煤厂信息智能化网络构建基础[J]. 煤炭加工与综合利用,2019(1):27-29.

[12] 王碧清,高赞,苗彦平,等. 选煤厂智能化管理系统研究[J]. 技术与创新管理,2018,39(2):211-214.

[13] 宋文革. 大型选煤厂智能化技术研究[J]. 洁净煤技术,2019,25(5):144-150.

[14] 尚春叶. 选煤厂智能化技术研究[J]. 矿业装备,2020(6):102-103.

[15] 张荣瑞. 智能化选煤厂建设思考[J]. 煤炭加工与综合利用,2020(10):20-24.

[16] 刘纯,李太友. 从选煤厂智能化的实践看未来智能化的发展[J]. 选煤技术,2020(4):88-94.

[17] 孟祥伟. 智能化洗煤厂探索及实践[J]. 内蒙古煤炭经济,2020(11):34-35.

[18] 王国法. 加快煤矿智能化建设,推进煤炭行业高质量发展[J]. 中国煤炭,2021,47(1):2-10.

[19] 丁震,赵永峰,尤文顺,等. 国家能源集团煤矿智能化建设路径研究[J]. 中国煤炭,2020,46(10):35-39.

[20] 尉言龙. 选煤厂集中控制系统的应用研究[J]. 机械管理开发,2020,35(8):220-221,237.