

潘集选煤厂智能化建设实践与路径探索

章宏令

目前，为推进制造强国建设进程，落实《中国制造2025》政策文件要求，国家智能制造试点示范专项行动已在化工、钢铁、纺织、机械、水泥等传统工业陆续开展，引领国企转型升级。煤炭企业进行智能化建设既是大势所趋，也是提升企业核心竞争力和创新能力的重要途径。淮河能源（集团）股份有限公司以潘集选煤厂为试点进行智能化建设，探索智能化选煤厂建设途径。

根据当前国内外先进企业智能化发展的现状和趋势，在整合潘集选煤厂自动化和信息化的基础上，以实际需求为导向，按照“顶层设计、整体规划、分步实施、持续推进”的建设思路，规划了潘集选煤厂智能化建设架构，构建了潘集选煤厂四大智能化系统，以实现具备“自动化、数字化、网络化、智能化”四化特征的智能化应用，打造一个集

绿色、高效、节能、安全和可持续发展于一体的行业一流、国内领先的智能化选煤厂。

在潘集选煤厂智能化建设中，利用大数据、物联网、云计算、人工智能等新一代信息技术，依靠性能可靠的智能装备，实施洗选加工全流程的智能控制、生产经营全过程的智能管理和决策、人员作业行为的智能识别、全员的智能安全保障，达到减少用工数量、本质安全化、降低劳动强度、提高经济效益、改善工作环境的目标。

潘集选煤厂智能化建设主要内容

主要内容

潘集选煤厂于2018年3月试建设，2019年12月

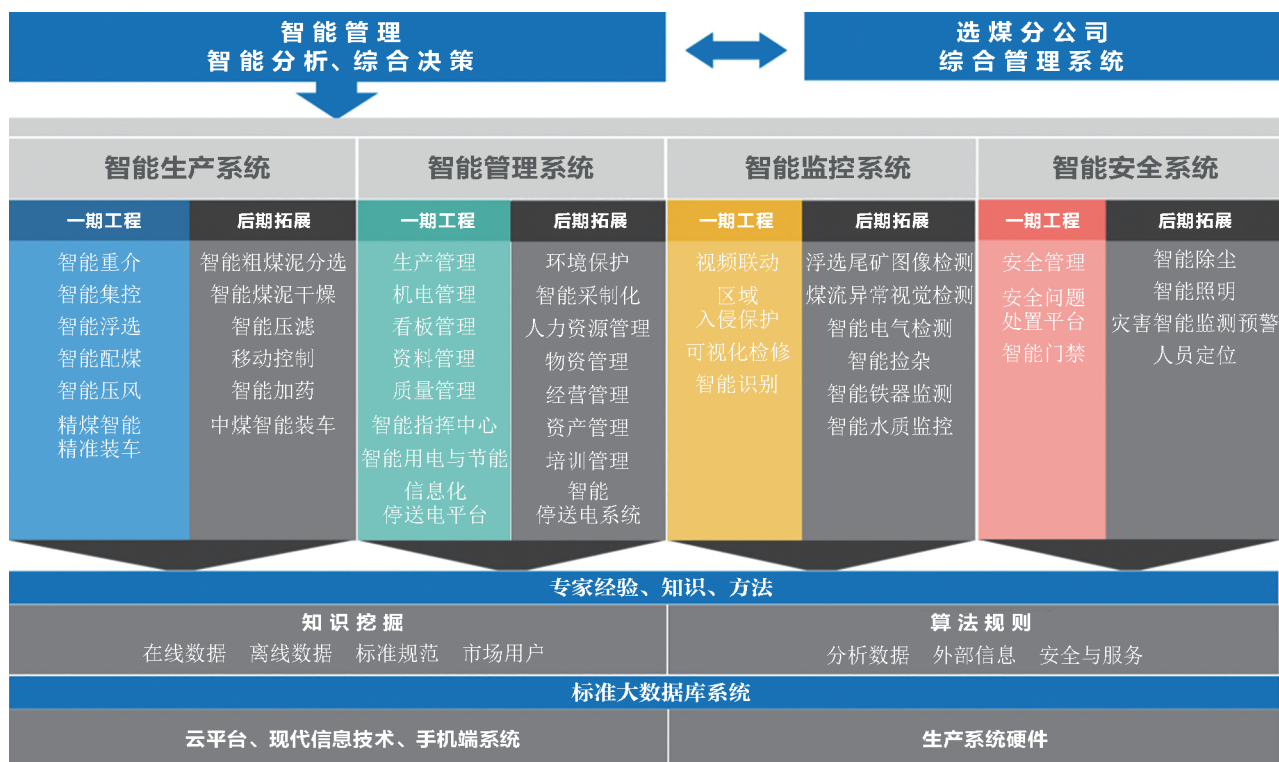


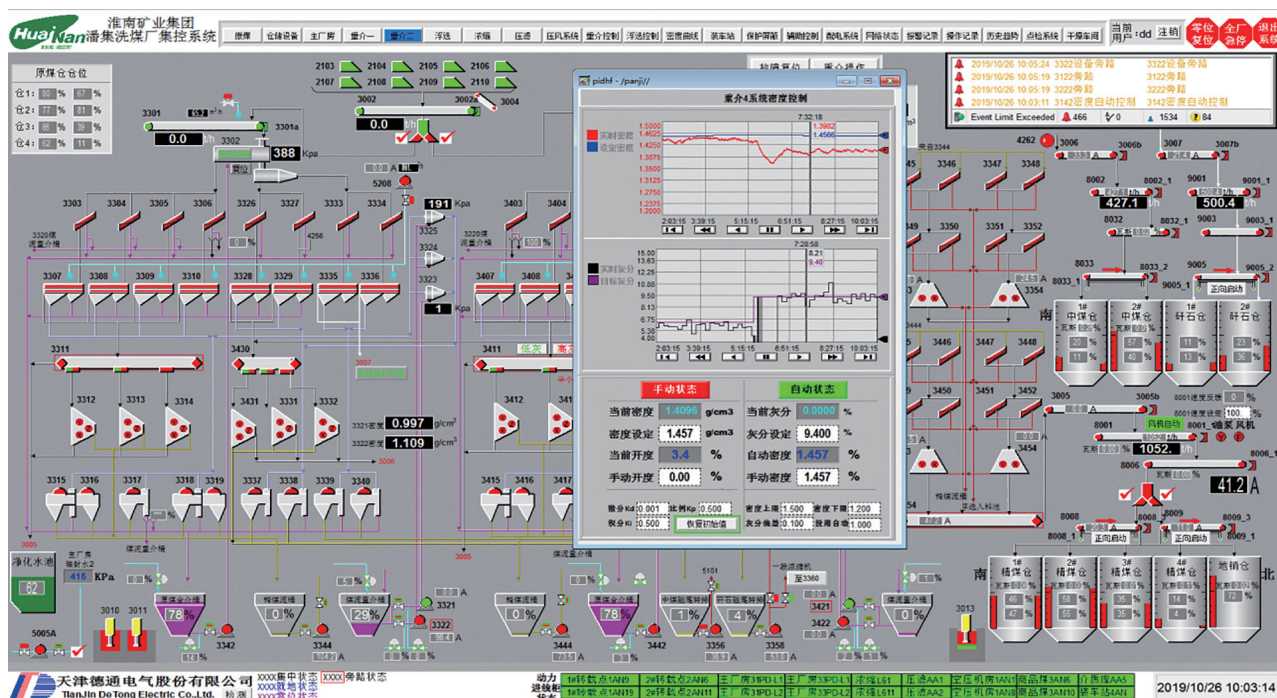
图1 智能化建设规划

竣工投产。投产时已建成包括集控系统、重介密度控制系统、关键设备在线监测系统、局部过程控制系统等在内的生产控制系统和先进网络视频监控系统,自动化水平在选煤行业处于领先。按照“顶层设计、整体规划、分期实施、持续推进”建设思路,于2019年12月建成潘集选煤厂智能化一期系统,并预留了后期接口,其智能化建设规划如图1所示。潘集选煤厂智能化建设主要包括以下2个方面:

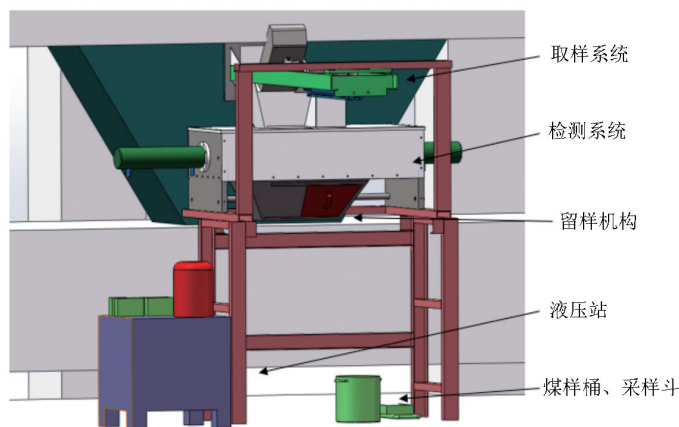
(1) 智能生产系统

智能生产系统包括重介智能分选、原煤智能配

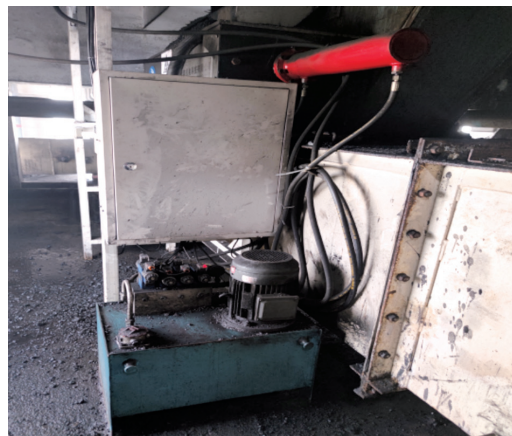
煤、智能浮选系统及智能机器人采样和智能机器人巡检。其中,重介智能分选(图2)通过与厂家合作开发自动采样测灰仪,解决了人工操作滞后和波动问题,开发重介灰分闭环控制系统,实现了精准洗选,提高了重介精煤产率 and 产品合格率;原煤智能配煤是指对供煤矿井的各槽别原料煤性质、洗选及焦化特性进行试验,建立详细的煤质数据库,开发配洗数学模型和配洗软件系统,建设自动配煤系统,采用比例配煤方式实现智能配煤;智能浮选系统可以实现浮选工艺参数的在线检测、监视及控制,自动跟踪进入每台浮选机的干煤泥量并进行药



(a) 组团画面

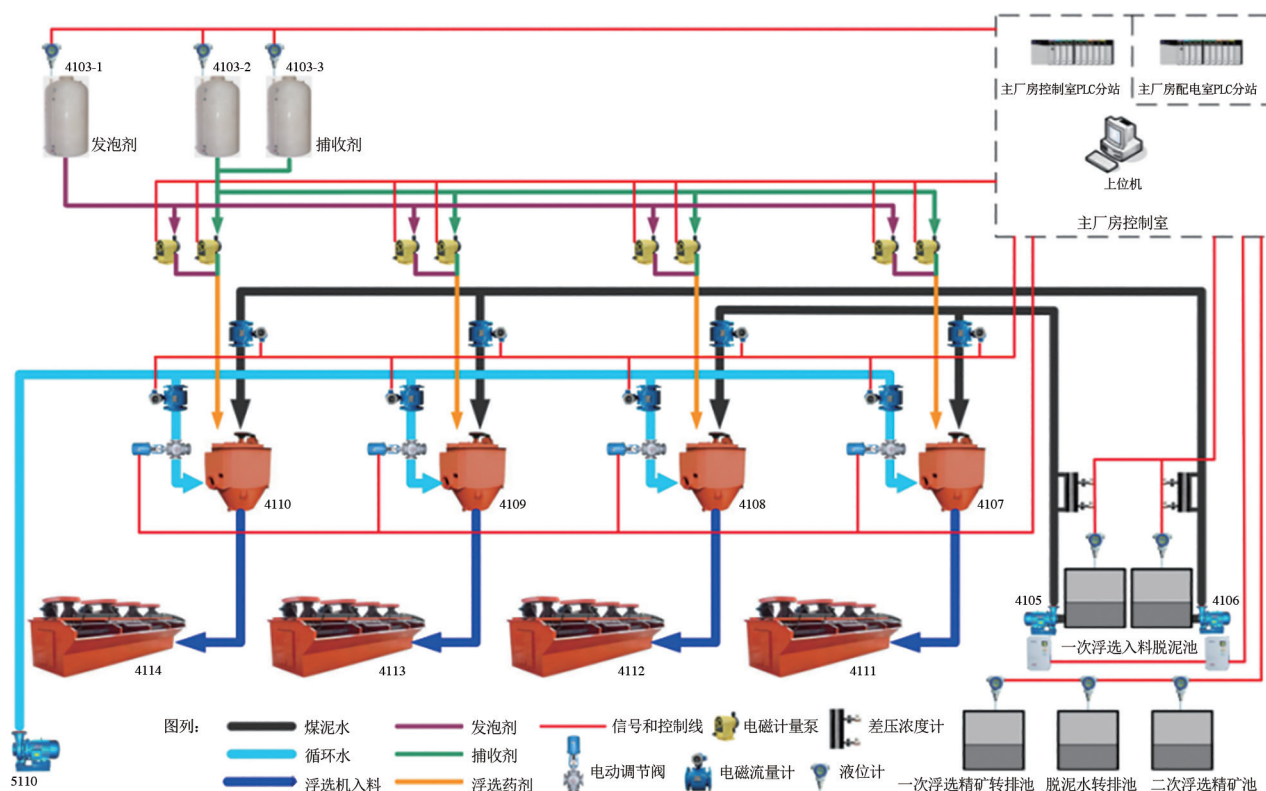


(b) 自动采样测灰仪示意

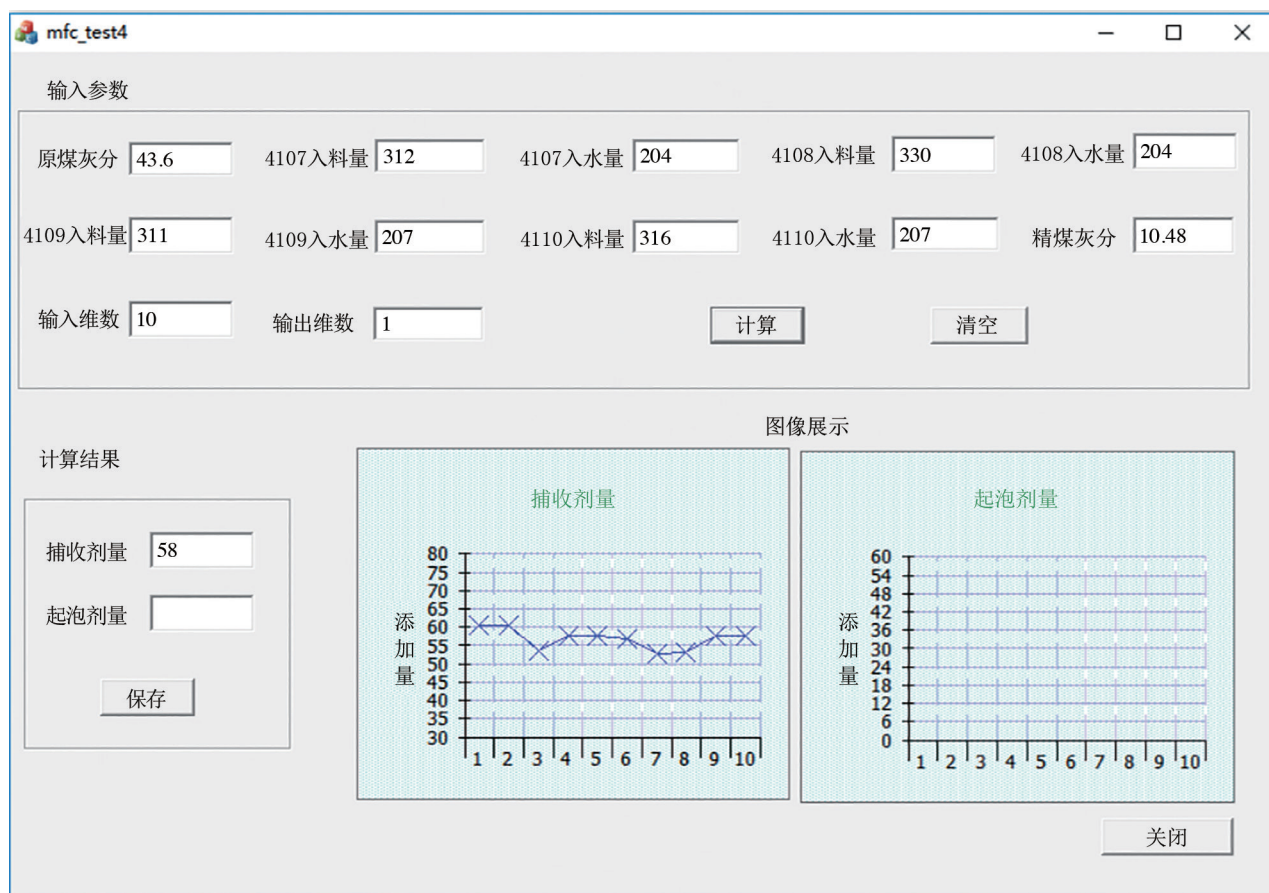


(c) 自动采样测灰仪实物

图2 重介灰分闭环控制及新型测灰仪



(a) 浮选工艺参数自动监控及药剂自动添加



(b) 软件界面
图3 浮选智能加药



图4 机器人采样



图5 机器人巡检画面

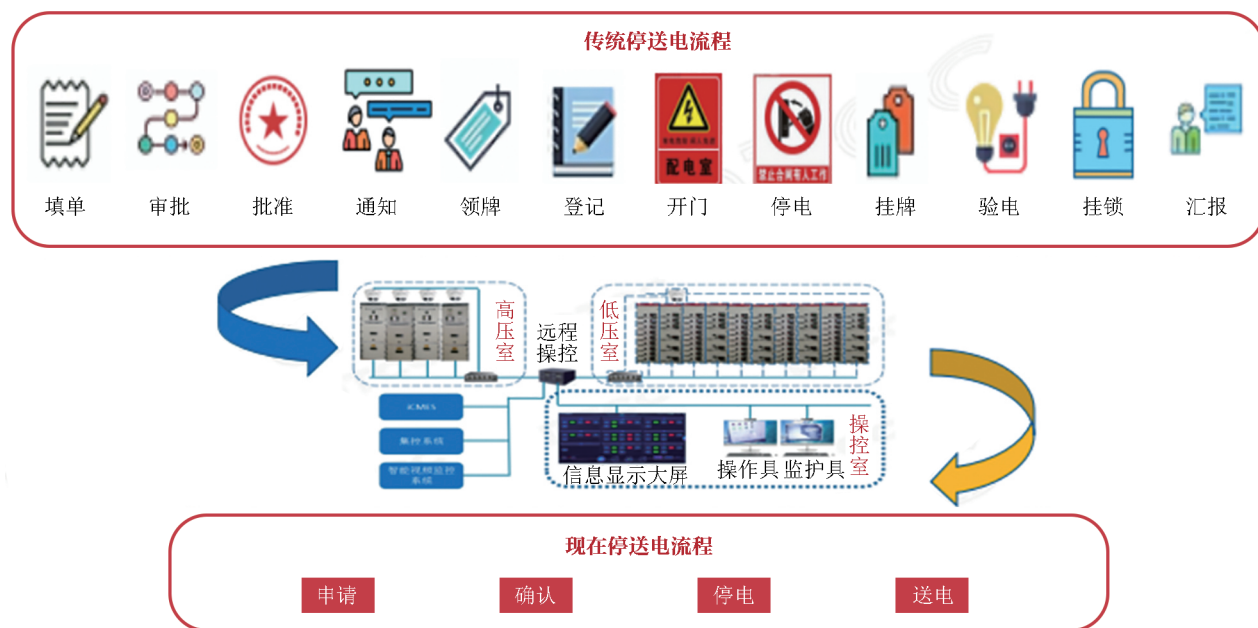


图6 智能停送电流程

剂的自动添加（图3）。根据浮选系统历史运行数据建立数学模型，形成先期人工干预，后期由智能化自动制定控制策略指导浮选加药；机器人采样和机器人巡检（图4、图5）代替人工作业，大幅降低了劳动强度和安全风险，并且利用巡检机器人代替人工巡检，可自动完成设备的运行参数、视频图像等数据的无死角、全覆盖采集，快速、准确、高效地完成巡检工作。

（2）智能管理系统

智能管理系统包括对生产管理系统、智能停送电、智能安全系统及智能监控系统的智能化建设。生产管理系统基于云平台架构和4G专网，研发了可视化、智能化的综合信息化管控平台和三维可视化智能指挥中心，进行数据统计、分析，实现业务推送、执行、反馈的闭环式管理，以及选煤安全生

产主要过程的信息化、智能化管理；智能停送电流程（图6）通过对传统停送电流程进行信息化、智能化升级，实现了停送电业务的自动流程化管理，电子停电牌、电子记录，以及远程自动停送电，大幅提高了停送电效率；智能安全系统的建设包括构建安全隐患处置平台及事故报告历史库，现场人员以文字、图片、视频、语音等多种方式实时在线发布安全生产隐患，经过分类、推送、督办、签收、反馈、销号的顺序依次处理分析，实现了分级提醒和闭环式管理；智能监控系统（图7、图8）利用智能安全监控装备和机器视觉捕捉技术，可快速准确监控画面中的异常情况，并以最快和最佳的方式发出警报，必要时连锁设备停机，从而有效进行事前预警、事中处理、事后及时取证，保障人员安全。

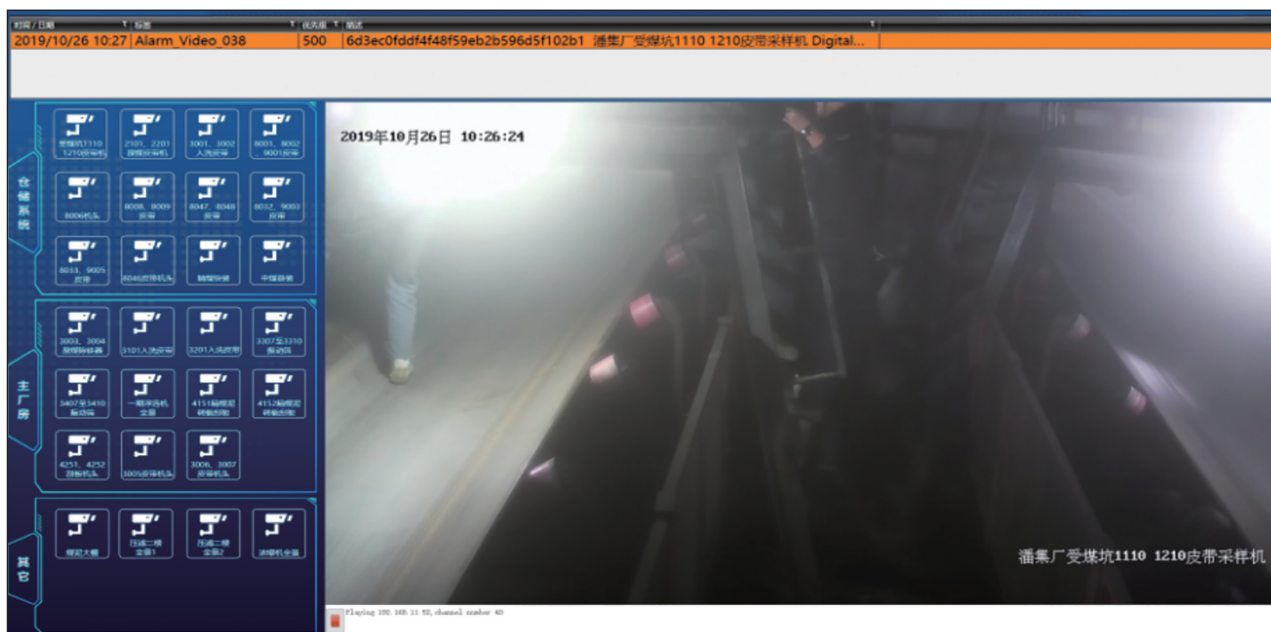


图7 非法人入侵视频联动界面



图8 智能识别界面

关键问题

潘集选煤厂智能化建设中面临以下7个需要解决的关键问题：

(1) 重介系统是洗选生产的主要部分，重介系统生产过程中，密控司机采用1 h前的人工重介快灰值作为密度检验和修正依据，存在明显的密度调节滞后，可能造成精煤产率损失。由于无法实时控制精煤灰分，为保证产品合格率，往往将目标灰分设定得比用户需求更低，间接导致精煤产率损失。另外，国内常用的在线测灰仪精度受带式输送

机运量、粒度、水分等影响较大，其使用精度很难满足炼焦精煤的测量需求。

(2) 煤泥浮选加药是浮选的重要环节，加药的好坏决定了浮选的成败。影响传统浮选药剂添加好坏的因素主要在于浮选生产人员的生产经验以及细心管理程度，眼看、手调、定性操作，既不准确也不及时，影响了浮选产品的数质量指标。

(3) 由于潘集选煤厂入洗原料煤为多矿多槽别，煤层煤质变化较大，现有洗采配方式较为粗放，掺配过程无法保证产品的均质性，精煤指标波

动较大,对煤炭精准销售带来严重影响。

(4)传统选煤厂的安全生产管理依靠开会、汇报等方式进行信息传达,信息不能共享集成,过程监控不足、效率低,制约着企业精细化发展。

(5)随着选煤行业“两化融合”的逐步推进,选煤行业已逐渐普及并完善了PLC集中控制系统、安全监控、通信联络、振动及温度监测系统、视频监控系统、MES和ERP系统。但是各系统彼此独立运行,数据格式,接口协议多种多样。其中PLC集中控制系统是整个选煤厂自动化管理的核心,但传统的集中控制系统只能显示OPC DA或OPC UA协议发送的工业数据,而第三方管理系统数据无法直接在集中控制系统的人机交互页面显示。

(6)目前,选煤厂的停送电作业流程存在涉及人员多、流程步骤多、隐患环节多、纸质记录多的现象,不仅容易出错,而且工作效率低下,有时因停送电时间长而影响对事故隐患的及时处理,从而间接影响生产。

(7)传统选煤厂的采样和巡检依靠人工完成,占用人工数量多,劳动强度大,安全得不到保证。

潘集选煤厂智能化建设创新成果

潘集选煤厂智能化建设有以下10项创新成果:

(1)实现重介灰分闭环控制

与厂家合作开发自动采样测灰仪,解决了人工操作滞后和波动问题,开发重介灰分闭环控制系统,实现精准分选,提高了重介精煤产率 and 产品合格率。

(2)实现智能浮选闭环控制

根据浮选精煤灰分及入浮参数智能调整浮选药剂的添加量、系统补水量等,实现了浮选操作的智能控制;并通过冯·诺依曼结构的随机漂移粒子群优化算法和Von-RDPSO算法建立捕收剂和起泡剂的加药量预测模型,预测实时生产条件下捕收剂和起泡剂的加药量,为浮选选煤的药剂操作提供指导。

(3)建设原煤智能配煤系统,优化产品结构

对供煤矿井的各槽别原料煤性质、洗选及焦化特性进行研究,建立和完善煤质数据库系统,基于用户要求构建配洗数学模型,优化配洗方案并开发

软件系统,建设原煤智能配煤系统,优化了产品结构,实现煤炭资源的合理利用,提升了淮河能源集团炼焦精煤品牌形象。

(4)建成基于大数据的安全远程自动停送电系统

开发基于集控联锁、视频跟踪、人脸验证和安全关联的四重保障的智能停送电系统,实现基于大数据的安全远程自动停送电,大幅提高停送电安全可靠度和效率。

(5)建成综合智能化管理平台

基于云平台架构研发可视化、智能化的综合信息化管控平台,实现选煤安全生产主要过程的信息化、智能化管理。

(6)开发基于多系统融合的三维可视化生产指挥平台(图9)

利用三维数字孪生技术、Http API接口、OPC UA协议、RTSP协议,通过开发专用的协议接入程序,将生产设备、厂房建筑、运行数据、视频监控等多种选煤厂管理子系统与PLC集中控制系统进行深度融合互通、数据共享共用,实现对选煤厂生产过程的三维可视、虚拟现实、实时联动、动态感知和智能监控。

(7)实现输配煤系统及配仓系统的无人化作业

通过自动化、智能化改造,利用激光、雷达、视觉等精准定位,实现输配煤系统的无人值守、配仓系统的自动配仓,以及无人化作业。

(8)实现智能机器人采样及智能机器人巡检

用机器人代替人工采样,大幅降低了劳动强度和安全风险;基于大数据的机器人巡检系统自动完成设备的运行参数、视频图像等数据的全覆盖采集,可快速、准确、高效地完成巡检工作,对数据进行分析,且可替代职工巡检。

(9)实现智能安全监控及机器视觉捕捉

利用智能安全监控装备和机器视觉捕捉技术,快速准确监控画面中的异常情况,并以最快和最佳的方式发出警报,必要时联锁设备停机,从而有效进行事前预警、事中处理、事后及时取证,保障安全。

(10)实现能源消耗管理智能化

对全厂水、电、气、油、介、药等进行计量,对其消耗过程进行信息化、可视化管理,智

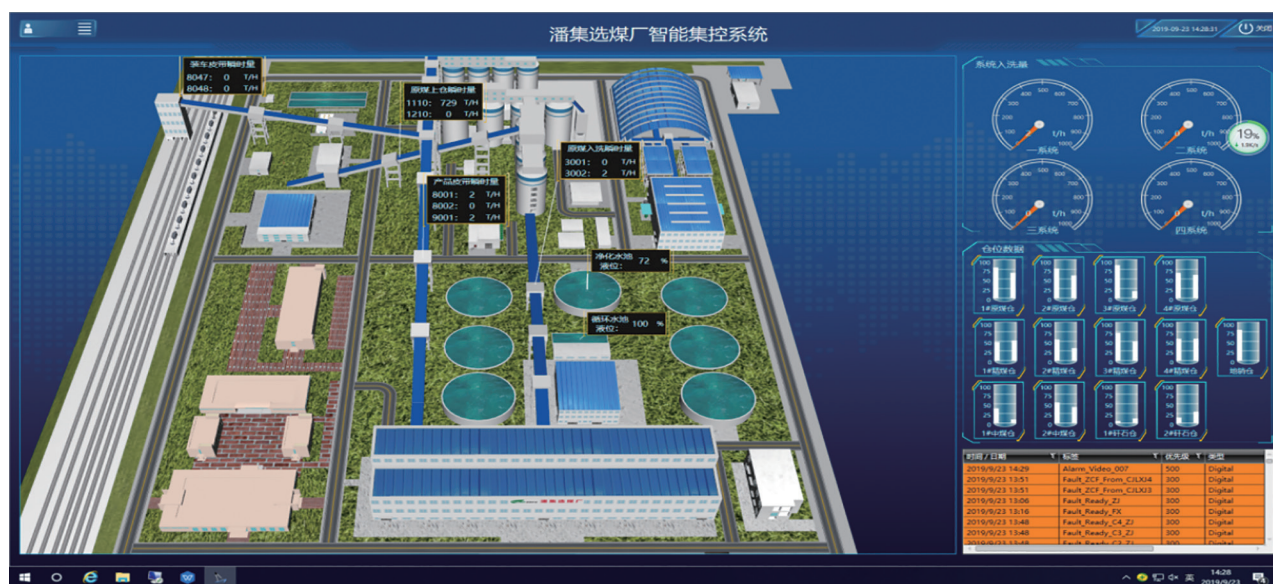


图9 三维立体可视化指挥中心

能分析，制定措施，节能降耗。

实践应用效果分析

经济效益

通过智能化系统建设和应用，减少生产工人数量120人，目前生产工人数量共382人，按选煤公司人均人力成本11万/a估算，年减少人力成本1 320万元。2020年，潘集选煤厂共稳定生产洗原煤969万t，总精煤溢价增收约12亿元。通过智能化系统综合集成应用，精煤产品合格率提高了3.1%，数量效率提高了0.5%，精煤产率增加了约0.2%，年增加经济效益1 550万元，经济效益增效显著。

社会效益

智能化系统的应用，提高了煤炭资源回收率，从源头上节约了煤炭资源、降低了污染；电耗降低约3%、介耗降低约40%，节能降耗明显；全员效率增加了36%；实现了洗水闭路循环，提高了水资源利用率，降低了排放和污染，实现了绿色清洁生产，具有较好的环保效益和社会效益。

安全效益

智能化系统的应用，降低了职工劳动强度，实

现了部分生产环节的少人化甚至无人化作业，同时安全隐患分级提醒和闭环处置、视频危险区域入侵保护、智能识别等智能化手段的使用，降低了现场安全风险，提升了安全管理水平，促进了本质安全。

展望

潘集选煤厂智能化建设为淮河能源（集团）股份有限公司开展智能矿山、智能化选煤厂建设积累了成功经验，形成了可复制、可推广的智能化选煤厂示范模式，可向其他选煤厂推广应用，推进其他选煤厂智能化改造提升的全面开展。目前，采样机器人、智能停送电系统、智能监控系统已经在其他选煤厂推广应用。未来，潘集选煤厂计划在浓缩压滤环节智能化技术研究、选煤大数据分析与应用、选煤生产过程模拟与仿真、全员安全保障系统开发、专家辅助决策系统、定制化生产等方面开展研究和攻关，以实现智能选煤。

■ 责任编辑：李艾稣

作者简介：

章宏令，高级工程师，硕士，主要从事选煤厂机电设备管理和智能化建设工作，现任淮南矿业集团选煤有限责任公司高级主管。E-mail: zhanghongling10@163.com

作者单位：淮南矿业集团选煤有限责任公司