

智能化选煤厂专栏

大型选煤厂智能化技术研究

宋文革

(国家能源集团 神东洗选中心,陕西 榆林 719315)

摘要:以大型选煤厂为研究对象,依据选煤厂智能化需求,提出全方位智能化建设方案,在紧密融合煤炭分选加工、过程控制和人工智能的基础上,从智能感知、智能决策、设备智能诊断与管理以及生产过程智能化等环节进行理论研究和应用实践,研发了选煤厂智能化建设成套技术。通过智能决策系统,对比不同生产方式,预测所能生产的商品煤产率和质量,从而计算出产品效益,推荐最优生产方式,并对生产成本、效益等进行分析,极大促进了神东煤炭集团管理创新及智能化建设,实现提质增效、智能化生产与管理。建立分选过程数据库、生产模型评价库和选煤专家数据库在内的结构化私有云数据库,在此基础上,结合人工神经网络及随机搜索算法,根据用户需求和效益最大化原则,在原有网络基础上,构建了基于工业 4G 网络。以故障特征数据分析为支撑,开发选煤设备智能诊断管理系统,实现设备状态的实时监测、在线分析、故障诊断和全生命周期的智能管理,解决了现有的信息孤岛问题。以多维度的智能监控为基础,实现生产环境感知、工艺系统感知、生产设备感知,通过智能统计、分析、预测生产状态,对分选日常业务进行信息化管理,并结合移动控制等手段优化了现有管理机构及生产组织形式。开发数据驱动的重选控制参数在线实时智能给定与精准控制技术,开发煤泥水入料特性与固液相界面协同的智能化精准加药技术,开发智能配电、人员智能定位和自动装车等技术,实现选煤厂生产过程智能化。通过数据驱动与专家决策实现了分选参数的在线智能给定。通过智能化的升级改造,可以实现亿吨级大型选煤厂群精准生产、智能调配,有效降低了作业成本。

关键词:智能化;大型选煤厂;煤炭分选;过程控制;人工智能

中图分类号:TD94

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2019)05-0144-07

Research on intelligent technology of large-scale coal preparation plant

SONG Wenge

(CHN Energy Shendong Coal Preparation Center, Yulin 719315, China)

Abstract: A large-scale coal preparation plant Shendong Coal Washing Center was taken as the research object. According to the intelligent demand of coal preparation plant, this paper put forward an all-round intelligent construction scheme. On the basis of closely integrating coal washing processing, process control and artificial intelligence, theoretical research was carried out from the aspects of intelligent perception, intelligent decision-making, intelligent diagnosis and management of equipment and intelligent production process. A set of intelligent construction technology of coal preparation plant was developed. Through intelligent decision-making system, the production rate and quality of commercial coal could be predicted by comparing different modes of production, so as to calculate product benefits, recommend the optimal mode of production, and make statistical analysis of production costs and benefits, which greatly promoted the management innovation and intelligent construction of Shendong Coal Group. It realized the improvement of quality and efficiency, intelligent production and management. A structured private cloud database including washing process database, production model evaluation database and coal preparation expert database was established. On this basis, combined with artificial neural network and random search algorithm, according to the needs of user and the principle of maximum benefit, and on the basis of the original network, an intelligent diagnostic management system for coal preparation equipment was developed, which was based on industrial 4G network and supported by fault characteristic data

收稿日期:2019-09-05;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.19090501

基金项目:国家能源集团科研项目(201692548908,201691548917,201791548008)

作者简介:宋文革(1969—),男,山西文水人,高级工程师,从事选煤厂管理工作。E-mail:10026728@chnenergy.com.cn

引用格式:宋文革.大型选煤厂智能化技术研究[J].洁净煤技术,2019,25(4):144-150.

SONG Wenge. Research on intelligent technology of large-scale coal preparation plant[J]. Clean Coal Technology, 2019, 25(4): 144-150.



移动阅读

analysis. It realized real-time monitoring, online analysis, fault diagnosis and intelligent management of the whole life cycle of the equipment, and solved the existing problem of information island. On the basis of multi-dimensional intelligent monitoring, production environment perception, process system perception and production equipment perception were realized. Through intelligent statistics, analysis and prediction of production status, information management of washing daily business was carried out. Combining with mobile control and other means, the existing management institutions and production organization forms were optimized. The data-driven on-line intelligent parameter setting and precise control technology for gravity separation control was developed, and the intelligent and precise drug feeding technology based on the synergy of slurry feed characteristics and solid-liquid interface was developed, the intelligent power distribution, personnel intelligent positioning and automatic loading technology was developed to realize the intellectualization of coal preparation plant production process. The on-line intelligent setting of sorting parameters was realized by data-driven and expert decision-making. Through intelligent upgrade and transformation, the precise production and intelligent allocation of large-scale coal preparation plants with a capacity of 100 million tons could be realized, and the operation cost could be effectively reduced.

Keywords: intelligentize; large-scale coal preparation plant; coal separation; process control; artificial intelligence

0 引言

至今工业发展经历了机械化、电气化、自动化、信息化等4个阶段,随着以大数据、云计算、物联网、人工智能为代表的信息技术的进步,工业生产开始进入智能化时代^[1-3]。为应对智能化发展的趋势与需求,2015年,我国提出了“中国制造2025”^[4],将智能化作为这一阶段工业发展以及经济增长重要引擎^[5-6]。目前,矿山智能化已取得阶段性成果,并制定了GB/T 34679—2017《智慧矿山信息系统通用技术规范》,正由数字矿山、感知矿山向智慧矿山方向发展^[7-8]。

我国选煤工业经历了从跳汰分选、重介分选到清洁生产的跨越,基本实现了设备大型化、生产自动化与管理高效化^[9-12],但在装备、技术、工艺、管理等方面仍处于智能化发展的低洼地^[13-15],制约了煤炭企业向高效、绿色、智能方向发展。丁华琼^[16]针对涡北选煤厂重介选煤现有的人工控制精度低、劳动强度大等问题,在原有控制系统基础上,提出了实时调控介质密度的闭环控制系统。王碧清等^[14]结合张家岭选煤厂的网络信息化平台,设计了选煤厂智能化管理系统,为选煤厂智能化建设提供基础。郭崇涛^[17]对临涣选煤厂的生产工艺系统进行全方位分析,通过优化现有工艺设备,实现了设备重介选煤灰分在线检测和无人值守,并对现有生产管理系统进行了优化。现有选煤厂智能化研究虽有一定进展,但主要集中在自动监测和控制上,对数据信息化管理水平较低,难以实现选煤过程的科学化管理;缺乏过程生产的智能化管理,难以及时把控现有煤炭市场的变化。本文以神东洗选中心为研究对象,依托现有在线检测及自动化设备,在紧密融合煤炭分选加工、过程控制和人工智能的基础上,以生产和管理智能控制为思路,从精准感知、智能决策、设备智

能诊断与管理以及生产过程智能化等环节进行理论研究和应用实践,研发选煤厂智能化建设成套技术。

1 大型选煤厂智能化建设模式

神东智能化选煤厂建设模式如图1所示。

2 智能决策

神东煤炭集团公司是国家能源集团的核心煤炭生产企业,是全国首个2亿t商品煤生产基地。其中洗选中心各选煤厂可实现87种生产组织方式,生产270种不同产品结构的商品煤,长期以来一直将全面智能化作为提示生产能力的重要举措。然而在管理上还存在问题,仍以人工方式管理生产数据,无法及时了解市场需求,难以适应不断变化的宏观环境,严重制约了神东煤炭集团的结构调整、转型升级及精准满足顾客需求的能力。

本文首先建立洗选过程数据库、生产模型评价库和选煤专家数据库在内的结构化私有云数据库,在此基础上,结合人工神经网络及随机搜索算法,根据用户需求和效益最大化原则,构建了亿吨级特大型选煤厂群生产智能决策系统,智能管理各选煤厂的生产组织、工艺参数和作业成本,实现了精准定制生产的智能决策。其实现过程如图2所示。

智能化选煤厂建设以提高关键生产环节的智能化为目标,以各生产环节的智能控制、智能生产与智能管理为核心,充分利用物联网、大数据及人工智能技术现代信息技术,为实现智能管理与决策、全产业链精准分离、保障生产系统的可靠性服务。

在构建的智能决策系统中,洗选中心接到市场订单,系统智能测算并推荐生产单位排序,管理人员参考并结合生产实际,按效益最大原则下达任务计划。选煤厂在接受洗选中心订单的同时,自动决策分选参数并推送给调度,结合设备实时监测和工艺

参数的实时调节,生产用户需求指标的煤炭产品,并进行实时反馈和矫正自动决策模型。实现了亿吨级

特大型选煤厂群精准定制生产的智能决策,智能调配与管理生产组织、工艺参数和作业成本。

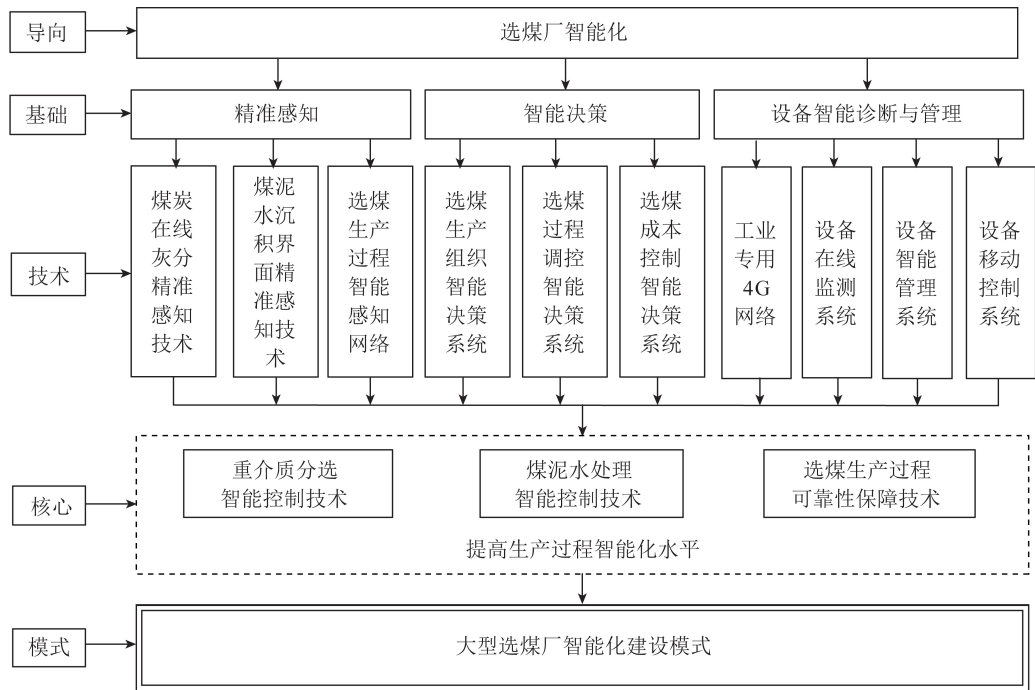


图1 神东智能化选煤厂建设模式

Fig. 1 Construction mode of Shendong intelligent coal preparation plant

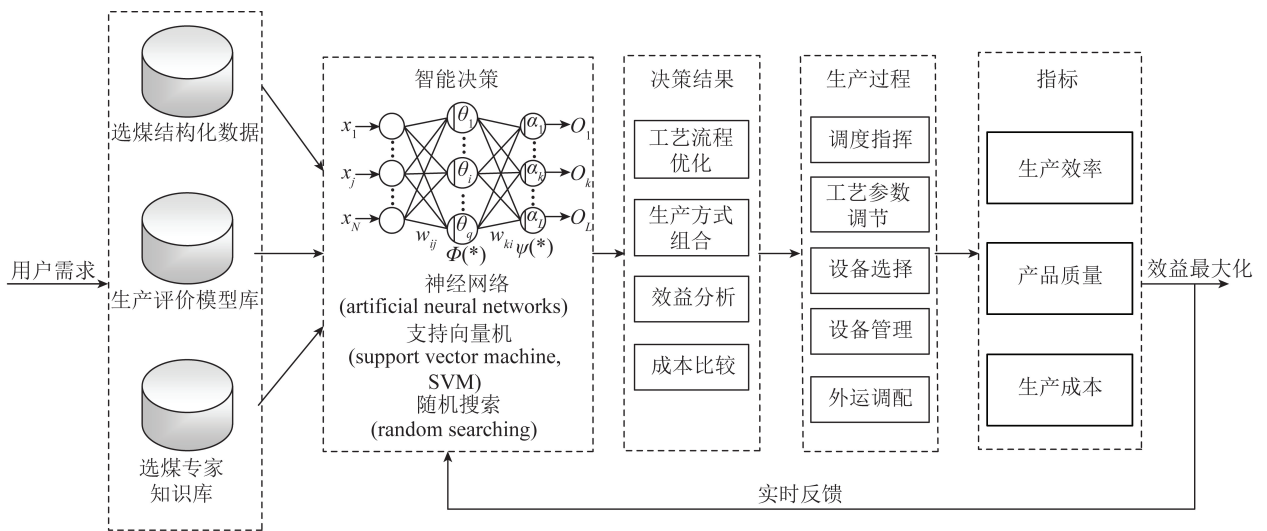


图2 智能决策系统结构及优化策略

Fig. 2 Intelligent decision system structure and optimization strategy

3 智能监控与管理

3.1 大型选煤厂智能化技术数据平台构建

搭建企业专用4G网络,实现了有线网络和无线网络的无缝对接;解决信息孤岛,实现管理网、监控网、控制网的数据融合;为实现智能感知数据的传输、生产系统移动监控、移动办公与可视化检修提供网络环境支撑。

通过搭建千兆工业环网承载平台,将生产数据、设备监控、供电系统、瓦斯安全数据、视频监控、办公自动化、无线覆盖、Internet 宽带访问业务等连接起来,形成选煤厂信息化与智能化的“高速公路”。从联合车间开始到主厂房、产品转载(防爆)、原煤准备(防爆)、浓缩车间、尾煤压滤车间、装车(防爆)再回到联合车间包括周边区域,无线AP选择最近的环网交换机接入,便于二次扩展,保证全方位无死角无线覆盖。

3.2 多维度、全过程智能感知网络

构建了多维度、全过程智能感知网络体系,实现生产环境感知、工艺系统感知、生产设备感知。生产环境感知主要包括有害气体感知、环境噪声感知、粉尘浓度感知、温度湿度感知;工艺系统感知主要是通过传感器实现粒度、液位、流量、沉降过程等工艺重要参数的测定;生产设备感知主要通过温度类传感器、振动类传感器、位移类传感器、金属探测传感器等实现生产设备运行状态的检测。

3.3 选煤厂设备智能管理系统

为解决传统人工设备管理方式下工作量大、效率低、保密性差、实时性低等缺点,构建了选煤厂设备智能管理系统,实现设备状态数据的自动采集、实时智能识别与预测。可以通过手持终端对分选日常业务进行信息化管理,从而实现待办任务实时推送、执行、反馈的闭环管理模式。

设备智能管理系统依托先进的智能控制、计算机网络技术,通过对生产设备的添加在线温度振动监测、煤块超粒度识别检测、胶带机大型铁器检测等模块,实现生产过程在线监测、无人值守及设备智能在线点检、远程控制,保障设备的稳定运行,提高设备效能与生产效率。此外,机电管理信息化系统实现的功能是全洗选中心机电管理和检查报表无纸化办公,现场检查手机端录入信息功能。此系统具有传统人工管理方式不可比拟的优点,如检索迅速、查找方便、可靠性高、保密性好、更新方便等。

3.4 选煤厂智能停送电系统

建立选煤厂智能停送电管理系统(图3),高压停送电远程控制、低压停送电人工操作的方式有效优化了停送电流程,减少人工操作步骤。

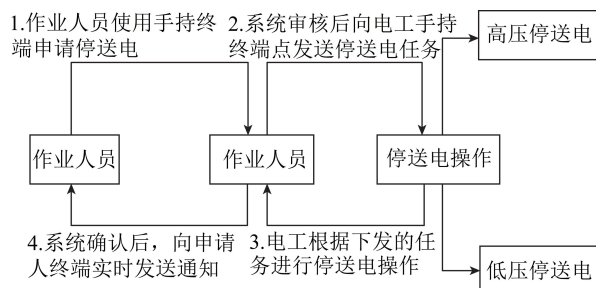


图3 智能停送电

Fig. 3 Intelligent stop and transmission of power

数字配电模块提供停送电申请、停电审核、停送电提醒功能,支持移动 Andriod 手持系统和 PC 一体机。通过手持和一体机完成停送电功能。

岗位工通过手持终端发起任务申请,相应负责人在手持终端收到实时提醒,并对任务需求进

行审核确认。对于高压配电室,系统会进一步审核,系统收到停送电指令后,会根据停电规则判断当前是否满足停送电条件,如果满足则生成停送电指令并发送给 PLC,由 PLC 自动执行停送电操作;对于低压配电室,相应工会收到实时停送电任务提醒。

当任务执行后,系统自动判断完成状态,记录停电信息包括:停送电申请时间、执行时间、停送电申请人员和执行人,并将该信息反馈给岗位工及相应负责人。

3.5 移动控制系统

采用移动控制系统,实现了管理机构以及生产组织形式的优化。开发了选煤厂立体空间的人员精准定位技术,保障无人值守及单岗作业的安全性,同时实现了自动开关、人来灯亮与人走灯灭,实现智能节能。

4 生产过程智能化

4.1 重介质分选智能控制技术

开发了数据驱动的煤炭重介分选控制参数在线实时智能给定与精准控制技术(图4)。构建了包含原煤和商品煤质量数据、历史分选参数数据、选煤专家知识数据在内的重介分选智能控制数据库;建立了产品质量与分选密度之间的反馈控制模型,实时给定分选密度,并通过大数据分析和数据挖掘,构建了分选密度的预测和优化机制,实现了重介质分选过程参数在线智能给定与优化;开发了基于专家知识和模糊控制策略的重介分选参数精准控制执行技术,有效匹配了重介质分选参数时变、非线性和强耦合等特点。工业应用表明,在原煤性质同等条件下商品煤产率提高 1.09%,矸石带煤率平均 0.8%,重介质系统降低介耗约 13.46%。

建立分选密度预测模型,通过原煤灰分和原煤浮沉数据、分选产品质量历史数据,建立实时分选密度模型。将原煤、精煤、矸石皮带秤数据、精煤灰分设定值结合,运用机器学习得到优化的分选密度模型。随着机器学习不断更新,分选密度模型进一步优化。分选密度模型得到的密度作为密度给定值,将实际密度值与给定值作比较,调节分流箱和补水阀,实现密度的智能控制。

重介质系统智能分选可以稳定精煤产品质量、提升生产效率和经济效益,为促进洗选中心重介质分选工艺的发展。智能化加药系统项目可实现煤泥水处理工艺远程控制,实时监测煤泥水浓度、絮凝剂和凝聚剂添加量等参数,实现煤

泥水处理工艺智能化,为实现选煤厂生产智能化

奠定基础。

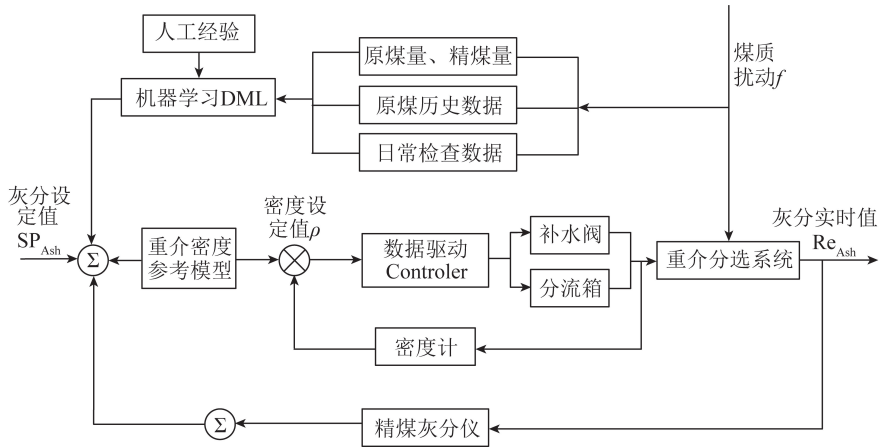


图4 重介质分选控制参数的实时智能给定

Fig. 4 Real-time intelligent given of heavy medium sorting control parameters

4.2 煤泥水处理智能控制技术

开发了基于煤泥水浓缩过程入料特性与固液界面协同的智能化控制系统(图5)。实时监控煤泥水处理系统技术参数数据,通过分析煤泥水入料,生成药剂添加量的前馈模型;以超声波发射源获取浓缩机内煤泥水清水层界面,实时准确检测煤泥水浓缩

过程真实状态,反馈优化药剂制度,形成入料特性与浓缩装置界面参数协同的控制策略,实现煤泥水浓缩系统稳定运行。

通过煤泥水处理智能控制技术的工业应用,阴离子药剂平均消耗量为 5.82 g/t,降幅达到 8.81%;阳离子平均药剂消耗量为 36.2 g/t,降幅达到 6.73%,溢流澄清水浓度小于 1 g/L。

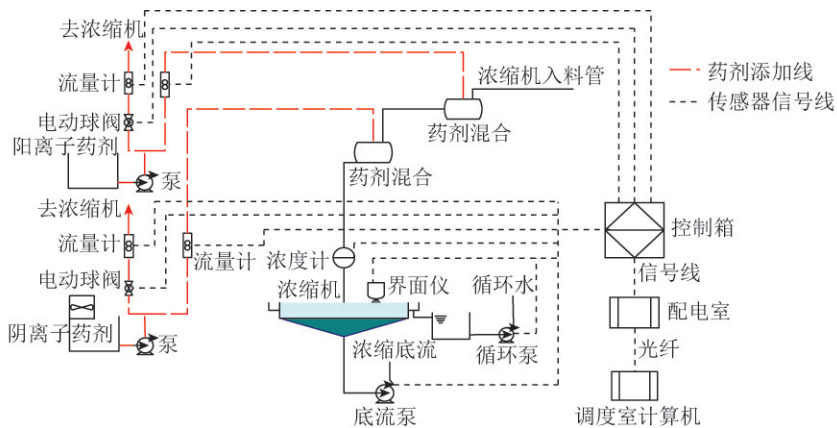


图5 煤泥水智能化控制系统

Fig. 5 Intelligent control system of coal slurry water

5 应用效果

5.1 生产组织模式的转变

选煤智能生产管理系统投用后,生产组织方式发生转变:区域巡视向无人值守、定时巡视转变;调度室集中控制向智能集中控制转变;人工数据采集向系统自动采集转变;设备运行状态由经验分析向大数据智能分析转变。

5.2 管理架构的转变

生产组织架构发生重大变革。值长+专业工程

师巡诊制度代替了固定区域巡视制度;新增数据分析师,全面优化了岗位设置及岗位职责;直接生产人员减少 25 人。依托大数据智能分析执行系统,实现扁平化管理架构如图 6 所示。

5.3 经济与社会效益

由于生产组织智能化和产品质量提升,2016—2018 年分别增加销售收入 22 478.13 万元、25 908.49 万元、29 271.24 万元,累计增加销售收入 77 657.86 万元,新增税收 9 802.76 万元。智能化系统的全面应用使 2016—2018 年分别降低运行成

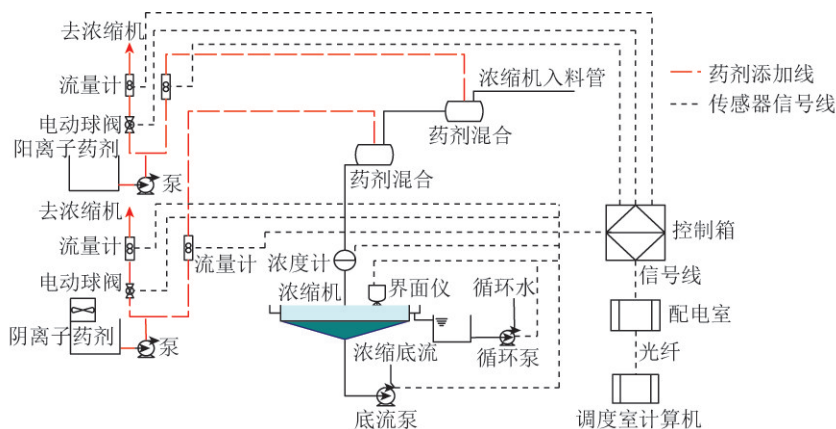


图6 传统形式与智能化模式下管理架构系统

Fig. 6 Management architecture systems of traditional form and intelligent mode

本5 593万元、6 792万元、7 394.5万元,累计节约成本19 779.51万元。综合计算,近3年累计新增利润87 632.55万元。选煤厂智能化建设的成功应用提升了员工职业健康安全水平,推动了管理模式和管理职能变革。

6 结 论

1)以生产运营大数据为基础,以用户需求及效益最大化为目标,开发了适用于亿吨级特大型选煤厂群的定制化生产管控系统,实现了不同选煤厂间生产组织的高效协同。

2)以设备特征参数采集为基础,以工业专用4G网络为通道,以故障特征数据分析为支撑,开发了选煤设备智能诊断管理系统,实现了设备状态的实时监测、在线分析、故障诊断和全生命周期的智能管理。

3)研发了服务核心环节需求的精准感知系统。提出了以灰分在线智能校正为核心技术的多维度灰分仪检测优化方法,实现了灰分精确检测;开发了煤泥水沉降相界面在线精准感知技术,实现了浓缩过程实时动态检测。

4)以选煤厂智能化需求为导向,以全方位智能化建设为理念,以精准感知、智能决策、设备智能诊断与管理为基础,以提高生产过程智能化水平为核心,构建了大型选煤厂智能化建设模式。

参考文献 (References):

[1] 莫家宁.智能化技术在电气工程自动化控制中的应用探讨[J].机电信息,2013(6):102-103.
[2] 谢方方.工业4.0时代产品展示型企业网站智能设计研究[D].徐州:江苏师范大学,2017.
[3] 李若辉,关惠元.智能化时代基于技术密集度差异的企业设计

创新路径[J].科技进步与对策,2017,34(19):107-113.

LI Ruohui, GUAN Huiyuan. A study on enterprises' design innovation path based on the differences of technology intensity in the coming intelligent era[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2017, 34(19): 107-113.

[4] 周济. 智能制造——“中国制造2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015, 26(17): 2273-2284.

ZHOU Ji. Intelligent manufacturing: Main direction of "Made in China 2025"[J]. China Mechanical Engineering, 2015, 26(17): 2273-2284.

[5] 毕学工, 李九林, 李鹏, 等. 德国工业4.0、中国制造2025与智能冶金浅议[J]. 钢铁, 2016, 51(3): 1-8.

BI Xuegong, LI Jiulin, LI Peng, et al. Brief discussions on German industry 4.0, Chinese manufacture 2025 and intelligent metallurgy [J]. Iron and Steel, 2016, 51(3): 1-8.

[6] 王钦, 张奎. “中国制造2025”实施的切入点与架构[J]. 中州学刊, 2015(10): 32-37.

[7] 郭金宝. 基于物联网的矿山智能化辅助运输系统的应用研究[J]. 矿山机械, 2016(4): 30-33.

GUO Jinbao. Application and study on mine intelligent auxiliary transportation system based on internet of things[J]. Mining & Processing Equipment, 2016(4): 30-33.

[8] 吉学文. 新矿山智能化建设问题探讨[J]. 中国矿山工程, 2015, 44(2): 60-64.

Ji Xuewen. Study on the intelligent construction of new mines[J]. China Mine Engineering, 2015, 44(2): 60-64.

[9] 王宏. 我国炼焦煤选煤技术现状及发展趋势[J]. 煤炭工程, 2018, 50(7): 27-31.

WANG Hong. Current situation and development trend of coking coal preparation technology in China[J]. Coal Engineering, 2018, 50(7): 27-31.

[10] 魏华. 选煤厂托管运营模式研究与实践[J]. 煤炭工程, 2018, 50(4): 172-174.

WEI Hua. Research and practice of coal preparation plant trusteeship management mode [J]. Coal Engineering, 2018, 50(4): 172-174.

[11] 李东东, 张镜. 选煤工艺中自动化技术的应用现状及对策

- [J]. 煤炭技术, 2018, 37(7): 265-267.
- [12] LI Dongdong, ZHANG Jing. Application status and countermeasures of automation technology in coal preparation process[J]. Coal Technology, 2018, 37(7): 265-267.
- [12] 黄旭风. 选煤过程综合自动化系统框架与实施现状[J]. 科学技术创新, 2013(35): 46.
- [13] 张力强. 重介质旋流器选煤智能化控制现状分析[J]. 矿山机械, 2015(5): 9-12.
- ZHANG Liqiang. Analysis on current intelligent control of coal washery with heavy-medium cyclone[J]. Mining & Processing Equipment, 2015(5): 9-12.
- [14] 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.
- WANG Biqing, GAO Yun, MIAO Yanping, et al. Research on intelligent management system of coal preparation plant[J]. Technology and Innovation Management, 2018, 39(2): 211-214.
- [15] 郗永秋. 选煤厂集中控制系统的设计[D]. 重庆: 重庆大学, 2007.
- [16] 丁华琼. 涡北选煤厂重介生产系统智能化改造探讨[J]. 选煤技术, 2017(3): 46-49.
- DING Huaqiong. Realization of intelligent dense medium separation system at Guobei coal preparation plant[J]. Coal Preparation Technology, 2017(3): 46-49.
- [17] 郭崇涛. 临涣选煤厂生产工艺优化的思考与实践[J]. 选煤技术, 2019(1): 97-102.
- GUO Chongtao. Thoughts on and practice of the approaches for optimization of the production systems at Linhuan coal preparation plant[J]. Coal Preparation Technology, 2019(1): 97-102.