

文章编号: 1001-3571(2018)04-0176-06

煤泥水系统分散式布局条件下的提效设计

赵伟, 殷宪文, 曲吟源, 朱守其, 王家林
(枣庄矿业集团高庄煤业有限公司, 山东 枣庄 277000)

摘要: 针对煤泥水系统多套小型浓缩设备布局分散, 导致运行效率低下的现状, 高庄煤业有限公司选煤厂进行了工艺布局和控制方式的提效设计, 创新设计了尾煤泥水“一段串联二段并联”的高效浓缩工艺, 建立浓缩压滤逻辑化控制、信息化综合管理控制平台。结果表明: 该提效设计减少了尾煤泥水的无效循环, 提高了设备的协同利用率和煤泥沉降效率, 浓缩、压滤系统实现无人值守。

关键词: 煤泥水系统; 分散式布局; 浓缩压滤逻辑化控制; 信息化控制平台; 浓缩效率; 固体回收率

中图分类号: TD948.9; TD946.2

文献标志码: A

Upgrading design of the existing coal slurry water treatment system in decentralized layout

ZHAO Wei, YIN Xianwen, QU Yinyuan, ZHU Shouqi, WANG Jialin
(Gaozhuang Coal Co. Ltd., Zaozhuang Mining Group, Zaozhuang 277000, China)

Abstract: The existing coal slurry water treatment system of the plant used to be low in efficiency because of the scattered layout of a multiple of small-sized thickening equipment. To address this issue, through redesign of process equipment layout and control mode, an innovative high-efficiency tailing water thickening process featuring the use of equipment connected in series for the first stage and in parallel for the second stage is finally developed. The thickeners and filter presses are all working under logic control through informationized integrated management and control platform. Practice shows that through the upgrading design, there can be seen much reduced volume of tailing water in inefficient circulation, increased utilization rate of equipment working in coordination and slurry settling efficiency. And the thickeners and filter presses are made possible to operate in an unattended manner.

Key words: coal slurry water treatment system; distributed equipment layout; logic control of thickening and press filtration system; informationized control platform; thickening efficiency; recovery of solid particles

目前, 国内有不少选煤厂已经实现煤泥水初步自动闭环控制改造, 实现了简单水平衡, 解决了煤泥水系统的自动补水、排水问题。但因选煤生产过程中, 煤泥水系统受生产时间、煤泥量多少、设备效率、人工变量、作业组合等多变量因素影响, 往往难以正确地进行系统的动态描述, 煤泥水系统的

整体定性控制效果不尽人意。近年来, 选煤企业综合自动化水平不断提高, 如何将先进的现代自动控制技术应用于选煤厂煤泥水关键环节的管理, 实现煤泥水智能化控制, 将是煤泥水系统未来发展的重点^[1-3]。

高庄煤业有限公司(以下简称高煤公司)选

收稿日期: 2018-04-26 责任编辑: 李梅 DOI: 10.16447/j.cnki.cpt.2018.04.047

作者简介: 赵伟(1980—), 女, 山东兖州人, 工程师, 从事选煤技术管理工作。E-mail: 396309654@qq.com, Tel: 18963219258。

引用格式: 赵伟, 殷宪文, 曲吟源, 等. 煤泥水系统分散式布局条件下的提效设计 [J]. 选煤技术, 2018(4): 176-181.

ZHAO Wei, YIN Xianwen, QU Yinyuan, et al. Upgrading design of the existing coal slurry water treatment system in decentralized layout [J]. Coal Preparation Technology, 2018(4): 176-181.

煤厂是一座典型炼焦煤选煤厂, 洗选系统包括 2.4 Mt/a 预脱泥无压给料三产品重介质旋流器分选系统和 0.9 Mt/a 全级无压给料三产品重介质旋流器分选系统。该选煤厂历经多次技改, 受厂区地域所限, 浓缩系统复杂, 采用斜管浓缩机及 NG-20、NG-24、NG-30 型耙式浓缩机, 分布跨度 400 m 左右, 压滤系统采用 3 台 KM250-1600、1 台 KM450-1600 高效隔膜压滤机, 运行中底流管路(阀门) 重复利用, 降低了系统的可靠性。

文章针对高煤公司选煤厂煤泥水系统复杂、布局分散、人工变量多、补排水无序等问题, 提出分散式布局条件下的提效设计, 结合分散式布局, 创新设计“一段串联二段并联”煤泥水浓缩工艺, 即 0.9 Mt/a 重介系统一段采用 NG-20 浓缩机, 二段采用 2 台斜管浓缩机; 2.4 Mt/a 重介系统一段采用 NG-30 浓缩机, 二段采用 3 台 NG-24 浓缩机的工艺, 引入模糊控制、液位控制等理念, 初步构建浓缩压滤逻辑控制系统, 实现系统参数的自动采集和控制^[4-7]。

1 工艺调整

1.1 水量及浓缩设备处理量核算

为保证煤泥水量的准确性, 使用超声波流量计检测系统循环煤泥水量, 2.4 Mt/a 预脱泥重介系统水量约为 1 245 m³/h。0.9 Mt/a 不脱泥重介系统水量约为 318 m³/h, 依据煤炭设计手册, 耙式浓缩机处理中等沉降特性浮选尾煤泥水负荷率取 1, 核算处理能力, 结果见表 1。

由表 1 可知, NG-30 浓缩机处理能力不能满足预脱泥重介系统煤泥水处理要求, 故一段作为煤泥水预沉淀池使用, 设计 NG-24 并联使用进行深度处理; NG-20 浓缩机处理能力满足脱泥重介系统煤泥水处理要求, 但近乎饱和, 故设计斜管浓缩池并联使用进行深度处理。

表 2 耙式浓缩机沉淀量核算

Table 2 Calculated sedimentation capacity of rake thickener

型号规格	浓缩面积/m ²	理论处理能力/(t·h ⁻¹ ·m ⁻²)	实际处理能力/(t·h ⁻¹ ·m ⁻²)	设计处理能力/(t·h ⁻¹)	实际处理能力/(t·h ⁻¹)
NG-20	314	0.4	0.1	125.6	31.4
NG-30	707	0.4	0.1	282.8	70.7
NG-24	489	0.4	0.1	195.6	48.9
NG-24	489	0.4	0.1	195.6	48.9
NG-24	489	0.4	0.1	195.6	48.9

由表 2 可知, NG-30 和 NG-20 浓缩机实际处理能力满足煤泥水系统一段串联的要求。

表 1 耙式浓缩机循环水量核算结果

Table 1 Calculated volume of circulated water

型号规格	in rake thickener		m ³ /(h·m ²)
	浓缩面积/m ²	单位处理能力	
NG-20	314	1	314
NG-30	707	1	707
NG-24	489	1	489
NG-24	489	1	489
NG-24	489	1	489

1.2 浓缩工艺调整

浓缩机数量多、能力不大、布局分散, 3 台 NG-24 耙式浓缩机距离主厂房太远, 只适合作为二段浓缩设备使用, 故两套系统分别设计 NG-30、NG-20 作为一段浓缩设备。基于以上分析, 提出“一串二并”浓缩工艺(图 1), 即 0.9 Mt/a 重介系统一段采用 NG-20 浓缩机, 二段采用 2 台斜管浓缩机; 2.4 Mt/a 重介系统一段采用 NG-30 浓缩机, 二段采用 3 台 NG-24 浓缩机^[8]。

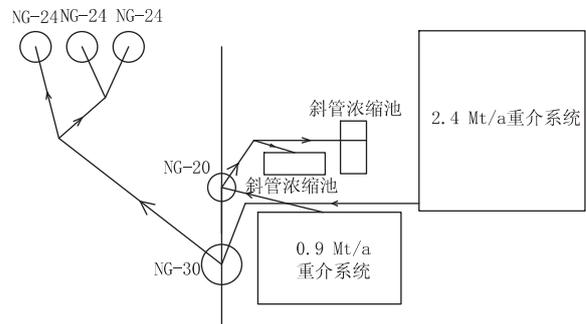


图 1 “一段串联二段并联”工艺设计

Fig. 1 Design of the process featuring the use of equipment working in series for the 1st stage and in parallel for the 2nd stage

1.3 煤泥量与压滤设备处理量核算

2.4 Mt/a 预脱泥重介系统处理能力约为 550 t/h 根据经验数据, 尾煤泥含量约为 12%, 尾煤泥量约为 66 t/h; 0.9 Mt/a 不脱泥重介系统处理能力约为 220 t/h 根据经验数据, 尾煤泥含量约为 12%, 尾煤泥量约为 26.4 t/h 具体核算结果见表 2。

1.4 煤泥压滤脱水能力计算

KM250-1600 隔膜压滤机处理能力为 3.5 t/h,

KM450-1600 隔膜压滤机处理能力为 7 t/h，按照每小时处理 2.5 个循环计算，4 台隔膜压滤机共计可处理煤泥 43.7 t/h。系统仍有 48.6 t/h 煤泥需利用其他脱水设备（沉降过滤离心机）处理。

1.5 压滤脱水工艺调整

磁选尾矿经旋流器浓缩分级后的溢流进入浓缩机，浓缩机的底流既可进入快开压滤机，也可进入尾煤沉降过滤式离心机回收^[9-10]。

2 信息化控制平台

依托现场工业以太网、智能设备硬件，完成各控制单元与主控制系统之间的嵌入式融合。以服务于洗选加工为基础，煤泥水系统“调水控制智能化、现场设备控制无人化”为目标，构建信息化控制平台。通过对细化后的工艺环节中关键性生产数据的采集，并找出关键性指标与控制参数之间的函数关系，设定工作阈值，使现代的工业自动化生产线控制系统具备一定的判断能力和识别能力，并能针对生产过程中出现的问题自主、及时采取相应的解决措施。设计引入更为拟人化的程序设计，采用变频器、智能执行机构，设计更为柔和的控制模式，降低人为要素对生产系统的控制干预，提高系统运行效率^[11-12]。

在控制和实时状态界面上，采用 3D 图形进行设备外观的组建，确保与现场设备的布置视角基本相符，实现了分散的集控系统的编程、联网，达到了调度室集中监测、控制，更便于操作人员一目了然地完成监控、快速操作和故障判断，能有效提高控制率和正确率。

其主要设计功能分为 3 个界面：

(1) 状态监视界面。在状态监视界面下，点击任意某一设备，该设备的实时状态、相关参数和运转数据就可以显示出来，能为操作人员提供精准的数据分析资料；点击界面上的箭头，就可以完成远程启停、阀门控制。

(2) 仪表数据界面。在仪表数据界面下，可以在线监控流量、液位、浊度等数据，实现实时显示，更便于操作人员根据仪表数据完成生产过程的控制。

(3) 保护类数据界面。在保护类状态数据界面下，能及时显示设备的状态和保护传感器的状态，实现跳闸、防偏等保护传感器的状态实时反馈，并能根据数据实现保护远程投切功能。

2.1 控制硬件组成

设计配置三层工业交换机，将选煤厂工业控制、办公、视频监控、能耗计量等功能的局域网络进行整合提速，设置权限访问，实施功能隔离，规避“广播风暴”的危害，进一步提高选煤厂网络通讯安全性。互联网光纤经过了防火墙隔离之后接入主路由器，通过设置路由器，绑定厂内需要联入互联网设备的 MAC 和 IP 地址，做到内外网络的隔离。

在各配电室之间构建 8 芯的多模光纤环网，光纤的尾端与配电室内交换机相连，配电室内的交换机选用管理型工业交换机，将其网口根据需要划分为 4 个 VLAN，每个 VLAN 之间不允许通讯，做到了四个子网的隔离，同时又简化了配电室的网络线路。配电室交换机通过光纤与调度机房内的核心交换机相连，同时核心交换机又与调度机房内的工业、办公、视频、计量子交换机相连，处于同一 VLAN 内的设备可以保持通讯，而处于不同 VLAN 中的设备可以通过 VLANIF 接口互相访问。

2.2 通讯控制网络构建

所有 PLC 控制单元均支持 TCP/IP 网络通讯功能，其中 PLC 主站 CPU 位于调度室机房内，与工业数据库服务器和组态客户端一同接入机房内的工业交换机，再链接到核心交换机的工业 VLAN。厂内其他 PLC 分站（如部分选煤设备自带的小型 PLC）的 CPU 均位于配电室或设备附近的控制箱内，将厂房和配电室内 PLC 的以太网接口与配电室的交换机的工业 VLAN 相连，再由遍布全厂的光纤网络连接至调度机房的三层核心交换机的工业 VLAN 上，通讯网络如图 2 所示。

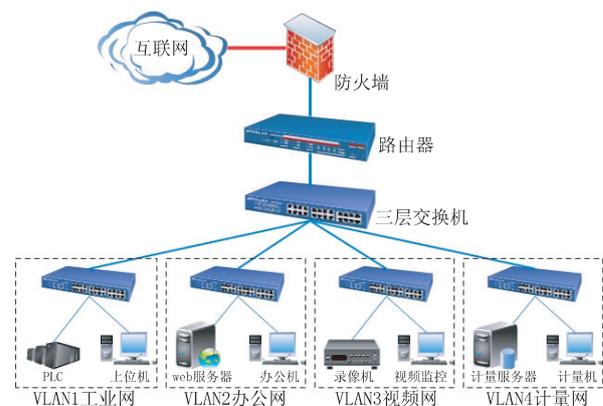


图 2 通讯网络构建

Fig. 2 Configuration of the communication network

此外，厂房内用于采集电机保护器数据的串口服务器，用于设备控制的智能终端和工业操作台同

属 PLC 网络, 与 PLC 等设备一同接入。主集中控制系统和单机随机自动控制单元通过构建的工业控制通讯网络, 完成各子控制系统之间的数据交互, 实现整个工艺系统的控制协同功能以及满足生产和控制的柔性要求^[13-15], 控制网络如图 3 所示。

3 浓缩压滤逻辑化控制

3.1 逻辑化控制思路

系统分为上、下两级系统来实现全程自动化控制, 上级系统为生产调度远程监控部分, 下级系统为信息传输、压滤机联机自循环系统。控制设备包含了浓缩机、底流泵、电动阀门、压滤机、刮板输送机等。设计通过检测浓缩机底流积聚情况, 采取给料桶料位信号控制底流泵自动开停, 同时需要完成对 PLC 配电柜、部分设施 (管路、混料筒) 及运输系统进行改造, 以底流控制状态的有效选择、压滤设备的连续性运作及其控制方式、关联运输设备的参控度、入料和副产品 (滤液) 状态的准确

控制, 构成了系统数据处理的核心^[16], 逻辑化控制方式如图 4 所示。

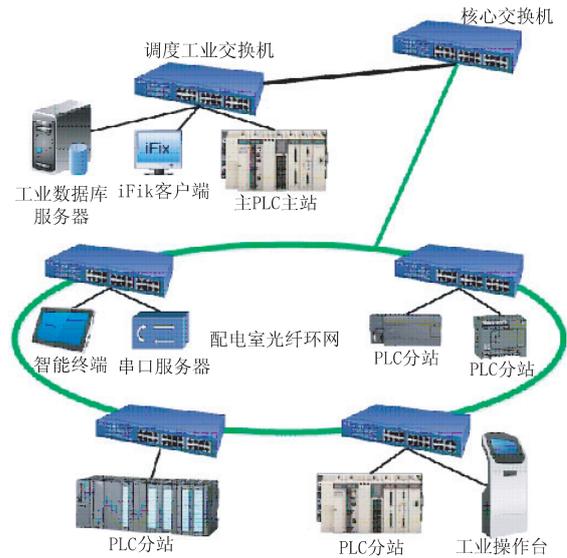


图 3 控制网络构建

Fig. 3 Configuration of the control network

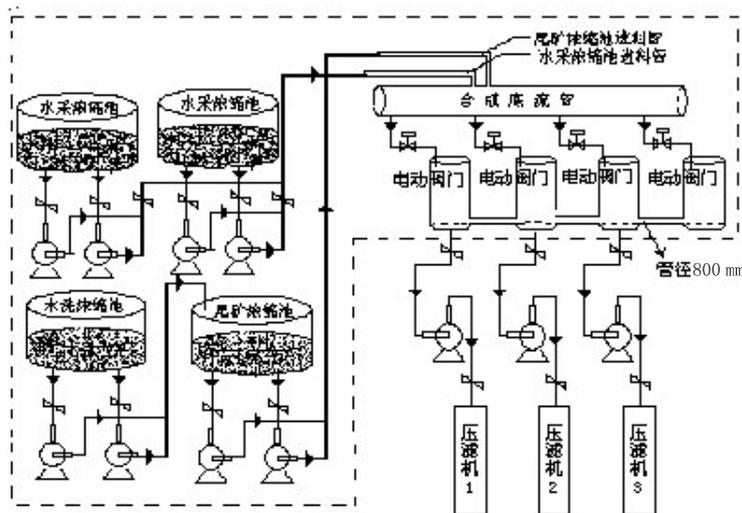


图 4 逻辑化控制方式

Fig. 4 Chart of logic control scheme

3.2 系统功能

煤泥水经浓缩机药剂沉降处理后, 其底流可进入 4 台 KM250 - 1600 压滤机或 3 台 KM450 - 1600 压滤机系统压榨脱水, 产出煤泥, 滤液循环使用。在入料管上安装远程控制阀门, 利用 PLC 设定入料优先级, 通过脱水设备的入料稳流桶的液位监测进行函数计算, 自动排列阀门开启的顺序完成入料控制, 压滤脱水系统监控如图 5 所示。

3.3 高浓度底流秩序运行

通过安装的浊度计实时监测各浓缩机底流浓度, 通过计算比较, 排列底流入料顺序, 在各入料

稳流桶液位到达入料阈值时, 通过联动控制, 其浓度较高的底流对应的入料管道阀门自动打开, 入料泵自动报警运行, 完成向稳流桶的入料过程^[17], 压滤脱水底流运行监测如图 6 所示。

3.4 运输设备秩序运行

因多台压滤机处理的煤泥共用输送机 (带式输送机和刮板输送机), 运送至煤泥场地, 当多台压滤机同时卸料时会引起设备负荷过载跳闸, 为避免这一情况的发生, 通过各压滤机控制 CPU 之间的通讯联系, 进行联动控制编程, 确保当压滤机卸料数量大于设定阈值时, 实施暂停等待前一

个压滤机完成卸料，通过“谦让”运行设计，规避设备运行风险^[18]，卸料运输机联机监控如图 7 所示。

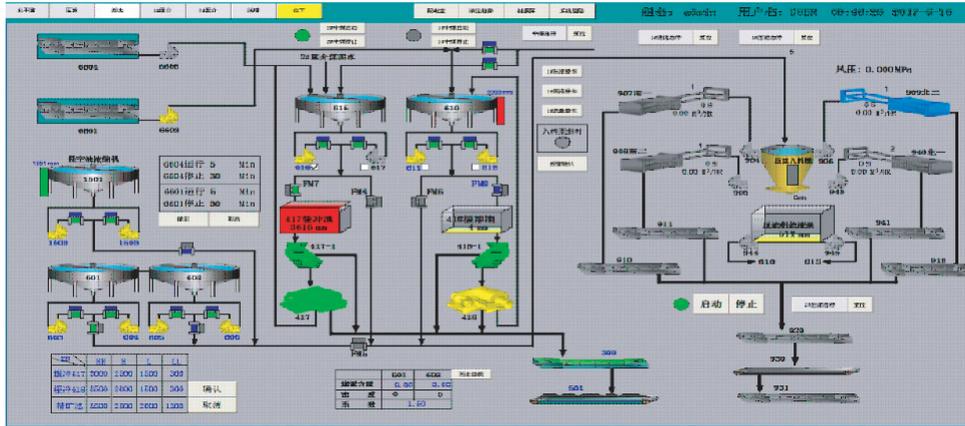


图 5 压滤脱水系统监控

Fig. 5 Monitoring of dewatering system

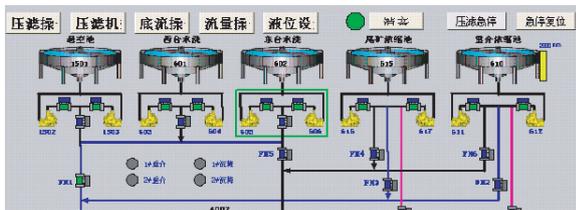


图 6 压滤脱水底流运行监测

Fig. 6 Thickener underflow monitoring

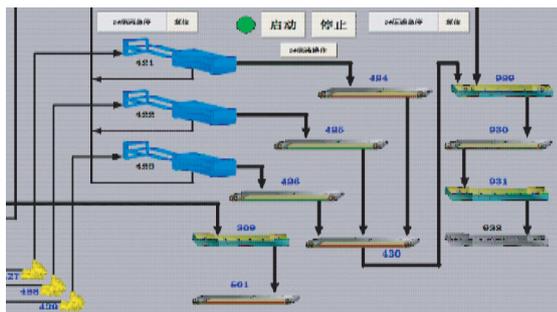


图 7 卸料运输机联机监控

Fig. 7 Filter cake conveyor on-line monitoring

3.5 操作权限秩序分配

为提高系统稳定性，建立了设备检试车、就地、集控三级操作权限。试车状态下运行模式由操

作人员在现场操作单台设备，自身保护通过控制二次回路起作用，设备之间没有互锁功能。就地状态运行模式由操作人员在现场操作单台设备，自身保护通过 PLC 计算结果起作用，设备之间具有互锁功能。集控状态运行模式由操作人员在调度室统一控制单台设备，自身保护通过 PLC 计算结果起作用，设备之间具有互锁功能。

4 应用效果

4.1 浓缩设备效果分析

对比应用尾煤泥浓缩压滤联机自动化系统前后浓缩机运行指标见表 3、表 4。

由表 3 和表 4 可知，应用尾煤泥浓缩压滤联机自动化系统后，煤泥在各浓缩池内有效地沉淀，降低了洗水和喷水浓度，洗水浓度控制在 15 g/L 左右，浓缩效率提高近 25 个百分点，底流固体回收率提高近 30 个百分点。

4.2 压滤设备效果分析

对比应用煤泥浓缩压滤逻辑化后压滤机运行指标见表 5。

表 3 应用前浓缩机运行指标

Table 3 Performance data of thickeners before system upgrading

型号规格	浓缩面积/ m ²	处理能力/ (t·h ⁻¹)	浓度			浓缩效率	底流固体回收率
			入料	溢流	底流		
NG-20	314	5.3~23.3	38.2	28.3	63.2	30.0	46.0
NG-30	707	65.4	36.2	20.6	61.4	42.0	64.9
NG-24	489	9.4~41.6	34.6	25.6	58.3	28.8	49.4
NG-24	489	9.4~41.6	28.3	20.6	58.4	30.2	42.0
NG-24	489	9.4~41.6	28.3	20.6	52.1	28.0	45.0

表 4 应用后浓缩机运行指标

Table 4 Performance data of thickeners after system upgrading

型号规格	浓缩面积/ m ²	处理能力/ (t·h ⁻¹)	浓度			浓缩效率	底流固体回收率
			入料	溢流	底流		
NG-20	314	5.3~23.3	38.7	9.8	63.1	55.77	88.41
NG-30	707	65.4	35.4	15.6	68.1	55.93	72.55
NG-24	489	9.4~41.6	28.9	12.1	67.9	57.14	70.74
NG-24	489	9.4~41.6	41.2	13.4	68.7	57.07	83.83
NG-24	489	9.4~41.6	41.2	15.1	69.2	55.76	81.03

表 5 压滤机运行指标

Table 5 Comparison of performance data of filter press W/O logic control

时间	运行指标						
	入料浓度/ (g·L ⁻¹)	滤饼水分/ %	滤液浓度/ (g·L ⁻¹)	循环周期/ min	设备联系时间/ min	处理能力/ (t·h ⁻¹)	岗位设置
应用前	733	23.20	0.74	9.0	15	45.6	5 个岗位 每班 6 人
应用后	741	20.50	0.64	8.0	3	64.3	2 个岗位 每班 3 人

由表 5 可知, 在入料浓度和产品质量基本不变的情况下, 按单位时间处理能力计算, 系统运行效率提高了 41%。

5 结语

分散式煤泥水布局条件下的提效设计特别适用于浓缩、压滤系统设备数量多、布局分散的低效无序运行情况, 经实践证明, “一段串联二段并联”浓缩设计, 在同等条件下浓缩效率可提高 25 个百分点; 尾煤泥浓缩压滤联机自动化设计, 可提高固体回收率 30 个百分点, 实现减员 3 人, 提高人员功效 50%, 部分岗位实现无人值守, 在同类选煤厂具有推广借鉴的意义。

参考文献:

[1] 程雅丽, 刘海增, 王海涛. 煤泥水处理自动控制技术现状及存在问题 [J]. 洁净煤技术, 2013, 19 (5): 112-115.

[2] 王 忠. 实现选煤设备自动化的问题与对策 [J]. 硅谷, 2009 (1): 129.

[3] 张明青, 曾 艳, 刘炯天. 选煤厂煤泥水澄清处理技术研究进展 [C]//中国煤炭工业技术委员会矿区环境保护专家委员会、中国煤炭学会环境保护专业委员会. 煤矿节能减排与生态建设论坛论文集, 徐州: 出版社不详, 2009: 42-46.

[4] 牛一波. 基于 PLC 的选煤厂煤泥水处理控制系统的设计与实现 [D]. 长春: 吉林大学, 2016: 91-93.

[5] 李梁才. 基于 Ethernet 网络架构的综合自动化系统在郭屯煤矿选煤厂的应用 [J]. 选煤技术, 2014 (6): 74-76, 80.

[6] 潘海军. PLC 在神华乌海能源公司选煤厂控制系统

的应用与研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2012: 36-38.

[7] 侯 剑. 基于 PLC 的选煤自动化系统的设计与应用 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2013 (5): 126.

[8] 倪 超, 谢广元, 蒋兆桂, 等. 煤泥“2+2”分选工艺的问题分析及优化试验 [J]. 煤炭学报, 2013, 38 (11): 2035-2041.

[9] 张金山, 李现龙, 张弘强, 等. 内蒙古某洗煤厂工艺流程改造的研究 [J]. 煤炭技术, 2015, 34 (3): 273-275.

[10] 张英杰, 巩冠群, 吴国光. 煤泥水处理方法研究 [J]. 洁净煤技术, 2014, 20 (3): 1-4.

[11] 刘东亮. 凤凰山矿选煤厂煤泥水处理系统控制方法研究与实现 [D]. 太原: 太原理工大学, 2015: 61-63.

[12] 黄旭风. 选煤过程综合自动化系统框架与实施现状 [J]. 黑龙江科技信息, 2013 (35): 46.

[13] 成举炳, 王凌霄. 基于施耐德 Quantum PLC 的选煤自动化项目设计 [J]. 可编程控制器与工厂自动化, 2009 (2): 45-47, 83.

[14] 何 浩. PID 技术在选煤自动化控制方面的使用 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2013 (5): 121-122.

[15] 邹 伟, 杨 平, 徐 德. 基于 MCGS 组态软件的上位机控制系统设计 [J]. 制造业自动化, 2008, 30 (12): 103-108.

[16] 张世懂. 选煤厂煤泥压滤自动控制系统 [D]. 徐州: 中国矿业大学, 2015: 17-22.

[17] 左 辉. 浊度的检测原理及方法 [J]. 中国计量, 2012 (4): 86-88.

[18] 杨 锐. PLC 控制系统在煤矿运输机中的应用 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2015 (12): 69.