

高精度全自动物料粒度检验装置的研究

张建立¹, 郑华栋¹, 李功越², 张莹³

(1. 郑州大学 机械工程学院, 郑州 450001; 2. 北京科学研究中心, 北京 100089; 3. 河北钢铁集团 钢分公司, 河北 唐山 063000)

摘 要: 结合首钢京唐公司 1[#]、2[#] 两座高炉返焦、返矿物料粒度检验的生产实际, 研制了高精度全自动物料粒度检验装置, 它由共用一套 PLC 控制系统的 4 台相互独立的检验筛组成。阐述了其机械组成、工作原理, 重点介绍了检验装置的电气控制部分构成及控制过程、检验原理。出厂实验结果表明: 筛分效率大于 90%, 检验误差小于 0.3%, 检验精度高, 达到了首钢的技术要求。

关键词: 粒度检验; 组成; 控制; PLC

中图分类号: TD452 文献标志码: A 文章编号: 1003 - 0794(2013)03 - 0072 - 03

Research on High-precision and Automatic Testing Device for Particle Size

ZHANG Jian-li¹, ZHENG Hua-dong¹, LI Gong-yue², ZHANG Ying³

(1. College of Mechanical and Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001 China; 2. Beijing Science Research Center, Beijing 100089, China; 3. Hebei Iron and Steel Group Tangshan Iron and Steel Co., Ltd., Tangshan 063000, China)

Abstract: Combined with the actual particle size testing production of 1[#] and 2[#] two blast furnace which the tested coke and sinter need returned in shougang Jingtang company, the high-precision automatic particle size testing device is developed. The test device consists of four independent test sieve which is controlled by a public PLC. the mechanical composition and working principle is described, focusing on the composition and process of electrical controlling part of the test device and the detection principle.. Factory experimental results show that: the screening efficiency is greater than 90%, the detection error is less than 0.3%. The High precision reaches technical requirements of shougang.

Key words: particle size testing; composition; control; PLC

0 前言

首钢京唐钢铁联合有限责任公司 1[#]、2[#] 两座高炉 4 台返焦、返矿粒度检验要求: 取样装置将带式输送机所运送的任意断面的物料取出, 经粒度检验筛分级, 再由称量料斗称量后, 将不同粒度等级物料的称重信号送到控制室进行分析和保存后, 取出的物料进入相应的末仓和丁仓。取样装置安装在筛分楼内。要求: 筛分效率 $\geq 90\%$, 称重精度 $\leq 0.3\%$ 。主要作用为控制各种入炉物料的粒度比例, 以保证冶炼后钢水的成分。

本套检验装置由 4 台相互独立的检验筛组成, 每台检验筛有自己的液压驱动装置, 4 台检验筛共用 1 套控制系统。用来完成返焦、返矿粒度的全自动在线检验。

1 检验筛的机械组成工作原理

根据现场工艺条件的要求, 检验筛粒度分 4 级, 分别为返矿 $>10\text{ mm}$, $8\sim 10\text{ mm}$, $6\sim 8\text{ mm}$, $<6\text{ mm}$; 返焦 $>30\text{ mm}$, $28\sim 30\text{ mm}$, $25\sim 28\text{ mm}$, $<25\text{ mm}$ 。该系统机械部分主要由带式输送机头轮部全自动取样装置、一级称量料斗、3 层高精度粒度检验振动筛机和分级料二级称量料斗等组成。

自动取样装置由液压系统提供动力, 将带式输送机所运送的任意断面的物料取出, 所取物料质量由取样小车的往复次数决定。往复次数可以根据生产实际需要由人机控制界面输入。取样小车取料可以无级速度, 速度传感器实时检测其速度, 调整流量控制阀的开度, 从而精确控制液压系统的流量, 保证取样时小车在合适的设定速度下恒速运动。

一级称量料斗称量出所取物料的总重量 G_z , 分级料二级称量料斗的重量之和记为 G_s , 当 $G_z - G_s < 2\%$, 说明本次检验真实有效; 反之, 说明检验筛中物料堵塞严重, 有过多的物料堵塞在筛网中, 检验结果不能真实反映实际被检验物料的粒度比例, 本次检验作废。

高精度粒度检验振动筛主要有 3 层高分子聚氨酯筛板、筛箱体、振动电机和导料槽组成。振动筛筛分后将试样分为 4 个级别的物料, 分别进入到振动筛下部的二级称量料斗内, 二级称量料斗共有 4 个 (标号分别为 2、3、4、5), 分别对筛分后的相应粒度的物料进行称重。取矿、取焦都分 4 个级别, 称量料斗闸门的开合采用二位四通气动换向

阀控制。

2 电气控制系统组成及工作原理

检验装置4台检验筛共用一套PLC控制系统,PLC型号为:CompactLogix1769-L35E,由该PLC控制对应的焦炭、矿石的取样、筛分、称重和返回等动作,该控制系统接入到二炉PLC控制环网中。PLC与上位机之间通过EtherNet/IP网络接口通讯连接。PLC预留千兆通讯端口,通过800 m Gyxtw-4D单模光纤传至上位计算机。

(1)电气控制系统组成。该控制系统主要由以下元件组成:罗克韦尔PLC及其组件、MS30交换机一套、压力、温度、重量变送器、TSC系列称重传感器以及其他辅助元件、常规电气元件等,如图1所示。

结合首钢生产实际,在RSLOGIX 5000 PRO EDITION环境下编写了系统控制程序,以FactoryTalk View Site Edition (CPR9)开发了人机界面。经过出厂调试,界面、程序均运行正常;

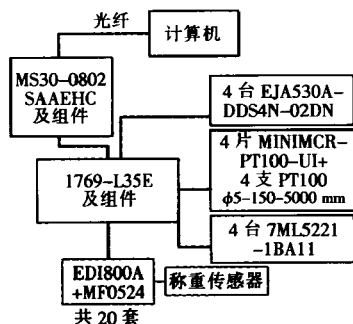


图1 电气控制系统组成示意图

(2)该控制系统分为手动和自动2种控制形式,焦炭、矿石分别进行取料、筛分、称重过程,该过程可自动实现,也可手动点击控制画面上的按钮实现;

(3)自动控制工作原理。在油泵电机(M1)、给料机(M2、M3)、振动电机(M4、M5、M6)全部停止的情况下,才能在控制界面上按下“系统自动”按钮,实现下面的控制过程。

①系统取样。取样系统由1个液压马达、1个溢流电磁阀、控制液压马达转动的三位四通电磁换向阀和1个油泵电机组成,负责从上料带式输送机上取料,并送至一级称重料斗内。

整个液压系统对如下部分设置自动检验和控制:油箱内液压油温度10~65℃,由上海涌纬自动控制成套设备有限公司PT100温度传感器检测液压油温度,经由菲尼克斯MINI MCR-PT100-UI-NC温度变送器进行转换;油箱内设置西门子公司7ML5221-1BA11超声波液位计;油泵出口管路压力设定在3~26 MPa,由重庆横河EJA530A-DDS4N-02DN压力变送器实时检测液压系统工作压力。温度、液位高度、压力等数值实时、动态在控制界面上

显示。

由于4台检验装置的取样筛分设备相距较远,受液压流量、压力的限制,每台检验装置分别采用独立的液压系统。

自动状态时,根据取料要求,在控制界面上“取样次数”按钮处,输入取样次数,按下计算机键盘上“Enter”键,确认输入的参数,取样次数传入PLC。

按下“油泵自动启动”按钮,油泵电机M1启动,5 s之后,电磁溢流阀得电,液压系统加载,3 s之后,根据取样器所处的位置不同,电磁换向阀左位或右位电磁铁得电,取样器前进或后退,进行取料,压下另一端行程开关后,根据输入的取样次数,停止或者自动返回,实现循环取料,达到要求的取样次数后,取样器停止不动。油泵停止工作;

②筛分控制。筛分系统主要由振动筛、振动电机和防护罩等组成。

由于烧结矿和焦炭的可筛分性不同,为了达到理想的筛分效果,筛分烧结矿和焦炭的动作顺序、筛分时间稍有差别,以烧结矿的筛分为例。

在正确读取一级称重料斗的重量数据后,延时约30 s,KM5吸合,启动振动筛电机M5(7.5 kW),再经过约5 s,KM2,KM3吸合,一级称重料斗下部的电磁振动给料机电机M2、M3(2个0.75 kW)同时工作,将试样从一级称重料斗内送到振动筛内,输送的同时进行筛分。M2、M3工作时间在20 s左右(输送试样100 kg/次),保证将一级称重料斗内的试样全部送出。当M2、M3停止工作后,进行下列动作:试样筛分,M5继续工作约60 s,然后KM5断电,KM10(控制)吸合,M5反接制动,反接制动时间0.4 s,KM10断电;剔卡,KM10断电后,KM4、KM6吸合,振动筛电机M4(5 kW)、M6(5 kW)启动,工作约30 s,KM4、KM6断电,KM9、KM11通电吸合,KM4、KM6反接制动,反接制动时间0.4 s,KM9、KM11断电,重复进行前面动作一次;试样输出,KM5、KM6吸合,振动筛电机M5、M6启动,工作约60 s,输出试样。

以上程序控制时间应根据现场物料工况进行调整;

③物料称重。称重系统主要由称重料斗、称重传感器、称重仪表及连接件组成。

在取样器运动过程中,取得的物料流入一级称量料斗。按下“系统自动”按钮时,在各个料斗关闭的状态下,PLC读取各级称重料斗空重量数据并存储。取样器最后一次取样结束并压合限位开关后,延时2 min,PLC读取一级称重料斗荷重量数据,重

量信号通过 EtherNet 网传到 PC 机,并同时在相应的画面中显示。

称量料斗 2、3、4、5 都带有一组 2 个气缸驱动的闸门,每个料斗的一组气缸各由一个二位四通电磁换向阀(YV6、YV8、YV10、YV12)控制换向,并带有 2 个限位开关(S5、S7、S9、S11 和 S6、S8、S10、S12),每个料斗配有一台 EDI-800A 称重仪表和一组 3 个称重传感器(ZM02~ZM04,FS4~FS15)。当油泵电机工作后约 10 s,PLC 给出信号,筛分系统开始工作,YV6、YV8、YV10、YV12 通电吸合,二级称量料斗闸门关闭,同时压合行程开关 S5、S7、S9、S11,这样可以防止由于气缸长时间断气,气缸内气体泄漏造成的闸门自动开启。

所述的时间只是初步确定的工艺时间,调试时,可能对所有提及的时间进行调整。

(4)手动控制工作原理

在手动状态时,通过点击主控室返焦、返矿控制画面上的按钮、开关,可对各个元件进行单独操作。

①油泵控制 M1、YV1 可以采用组态画面上的按钮开关(ANL01、ANL02、ANL03、ANL04)进行启动和停止;

②筛分给料 M2 和 M3(给料机动作),M4、M5、M5 和 M6 可由带信号灯的按钮开关启动(ANL07、ANL09、ANL11、ANL13)和停止(ANL08、ANL10、ANL12、ANL14)。在压合 ANL10、ANL12、ANL14 时,M4、M5、M5 和 M6 分别进行反接制动,经过 0.5~4 s,反接制动停止。控制画面上设置有急停按钮 AN02。各元件无法正常停止时,可以通过压合 AN02 紧急停机;

③称重控制 4 个二级称量料斗及一级称量料斗气闸门的开启与关闭动作分别由 2 个对应的按钮开关控制。

3 出厂检验效果

本套检验装置由郑州大学与新乡县四达有限公司联合研制开发,在公司完成了检验装置的安装调试、控制程序的测试,进行了大量的烧结矿、焦炭等物料的筛分、检验试验。试验时,随机取出一定重量的物料,首先经过人工筛分,测出不同粒度等级物料的重量;再进行充分地混合后,送入研制的检验装置中,把 2 种结果比对,以验证检验装置对不同粒度物料筛分效率、称重的准确性。表 1 是其中 2 组烧结矿检验试验结果。

表 1 烧结矿检验结果比对

粒度/mm	人工筛分/kg	检验装置/kg
>10	8.30	7.92
8~10	37.45	35.14
6~8	24.63	26.20
<6	3.84	4.52

由表 1 可以看出,本次试验人工筛分投料总量 74.22 kg,此重量相当于由取样装置送到一级称量料斗中物料的重量 G_z ,经检验筛筛分后,二级称量料斗中物料总重量 $G_s=73.78$ kg,表明有一定重量的物料被卡在筛网中。一、二级称量料斗中物料的重量差

$$\Delta=\frac{G_z-G_s}{G_z}\times 100\%=0.59\%$$

$G_z-G_s<2\%$,证明本次试验符合物料粒度分布的实际,试验结果正确、有效。本次试验中 8~10 mm 粒度物料人工检验与取样装置检验结果相差最大,其值为

$$\Delta_1=\frac{37.45-35.14}{37.45}\times 100\%=6.17\%$$

首钢对筛分效率的要求为 $\geq 90\%$,可见此项指标亦满足。

对称重精度的检验采用取样装置的称重结果与电子台秤比对的方法,所用电子台秤型号为 BW-150K,精度为 1/15 000,能够满足生产使用要求。试验结果如表 2 所示。

表 2 称重精度比对

粒度/mm	检验装置称量/kg	电子台秤称量/kg
>10	7.92	7.92
8~10	35.14	34.18
6~8	26.20	26.26
<6	4.52	4.51

本次试验中 6~8 mm 粒度物料电子台秤称重与取样装置称重结果相差最大,其值为

$$\Delta_2=\frac{26.26-26.20}{26.26}\times 100\%=0.23\%$$

首钢对称重精度的要求为 $\leq 0.3\%$,可见此项指标满足要求。

4 结语

(1)分析了取样装置的机械组成及其工作原理;

(2)详述了电气控制系统的组成,手动、自动控制方式中系统取样、筛分控制和物料称重的的工作原理;

(3)出厂试验结果表明:本取样装置筛分效率 $>90\%$,称重精度 $<0.3\%$,能够满足首钢的生产要求。

参考文献:

- [1]陆文娟. ControlNet 与 EtherNet/IP 总线的性能研究与分析[D]. 杭州:浙江大学,2008.
- [2]张海. 梅钢焦炉焦车控制系统的设计与实现[D]. 大连:大连理工大学,2009.
- [3]吴炳胜,苏茹茹,李文选,等. 基于 ANSYS 的 ZK450 振动筛动态特性的分析[J]. 煤矿机械,2012,33(3):97-99.

作者简介:张建立(1968-),河南中牟人,博士,副教授,研究方向:流体控制及工业工程控制,电子信箱:zjlllyl@sohu.com.

责任编辑:卢盛春 收稿日期:2012-07-14