

文章编号:1671-251X(2013)08-0095-04 DOI:

程学珍,王伟,卫阿盈. 煤与矸石在线分选系统设计[J]. 工矿自动化,2013,39(8):95-98.

煤与矸石在线分选系统设计

程学珍, 王伟, 卫阿盈

(山东科技大学 信息与电气工程学院, 山东 青岛 266590)

摘要:针对目前常用的原煤洗选方法存在设备复杂、需要大量的水等问题,设计了一种基于双能 γ 射线和数字图像识别技术的煤与矸石在线分选系统。单片机实时判断探测器下方的物料是煤或者是矸石,当判断为煤块时,喷枪无动作,煤块落入煤通道;当判断为矸石时,单片机控制喷枪喷出高压气体,将矸石吹入矸石通道;当有些煤中含杂质较多或者矸石含碳量较高时,则由图像识别模块根据煤与矸石在灰度上的差异来区分煤与矸石,并将识别结果传送给单片机。模拟实验结果表明,该系统能有效识别煤与矸石,识别精度满足工业生产要求。

关键词:煤与矸石; 在线分选; 双能 γ 射线; 图像识别

中图分类号:TD94 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Design of online separation system for coal and gangue

CHENG Xue-zhen, WANG Wei, WEI A-ying

(College of Information and Electrical Engineering, Shandong University of Science and Technology,
Qingdao 266590, China)

Abstract: In view of problems of complex devices and needing a large amount of water in current common raw coal separation methods, an online separation system for coal and gangue based on dual-energy γ -ray and digital image recognition technology was designed. The single-chip microcomputer real-timely judges materials under detector whether coal or gangue, if it is coal, spray gun has no-action, if it is gangue, the single-chip microcomputer controls the spray gun spray high-pressure gas to insufflate the gangue into gangue channel. When the coal has many impurities or the gangue has many carbons, image recognition module distinguishes coal and gangue according to gray differences between coal and gangue, and sends recognition result to the single-chip microcomputer. The simulation test result shows that the system can recognize coal and gangue effectively and its recognition precision meets requirements of industrial production.

Key words: coal and gangue; online separation; dual-energy γ -ray; image recognition

0 引言

如何从原煤中剔除矸石,对保证煤的质量非常重要。目前常用的原煤洗选方法主要有重介法、跳汰法和人工手选法^[1]。重介法和跳汰法虽然得到较普遍应用,但是设备复杂、需要大量的水资源且污染

环境^[2]。人工手选法耗费大量人力,且工作环境中的噪声、粉尘都会对工人健康造成严重伤害。鉴此,本文设计了一种基于双能 γ 射线透射和数字图像处理技术的煤与矸石在线分选系统,该系统结构简单、投资少、不需要水、分选效率高,具有一定的实用价值。

收稿日期:2013-05-17。

基金项目:济南市高校自主创新项目(200906005);山东科技大学创新团队项目(2010KYTD101)。

作者简介:程学珍(1964—),女,山东临沂人,教授,主要研究方向为检测技术及图像处理,E-mail:gchxztg@163.com。

1 系统工作原理

煤与矸石在线分选系统工作原理如图 1 所示。从振动给煤机传送到输送带上的原煤,在行进过程中经过排队装置后排列成直线匀速行进。在队列上方的射线探测器能测量到无物体通过、有煤块通过和有矸石通过 3 种不同强度的 γ 射线。使用计数器对由 NaI 闪烁探测器发出的脉冲信号进行实时计数,从而将不同能量的 γ 射线能量转换为不同的计数值。基于单片机 C8051F340 的识别控制系统根据信号预处理电路传送来的不同计数信号可实时判断探测器下方的物料是煤或者是矸石。当判断为煤块时,喷枪无动作,煤块落入煤通道;当判断为矸石时,单片机延时一定时间后向气阀控制电路发出指令,控制喷枪喷出高压气体,将矸石吹入矸石通道。当有些煤中含杂质较多,或者矸石含碳量较高时,上述探测系统可能无法做出判断,这时可将识别权转移给图像识别模块,利用高速摄像机对原煤进行实时图像采样,根据煤与矸石在灰度上的显著差异进行区分,将识别结果传送给单片机,再由单片机发出分选动作指令,保证系统稳定运行。

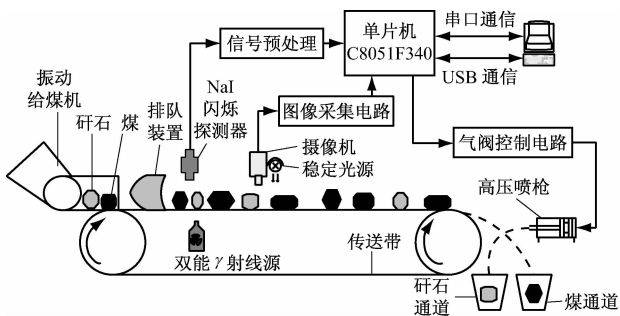


图 1 煤与矸石在线分选系统工作原理

2 系统设计原理

2.1 双能 γ 射线法分选原理

一束 γ 射线的强度随其通过物质的长度而呈指数衰减。当初始强度为 I_0 的 γ 射线穿过厚度为 x 的物质后,其强度变为

$$I = I_0 \exp(-\mu x) \quad (1)$$

式中: I 为 γ 射线穿过物质后的强度,keV; μ 为质量吸收系数, $(\text{g}/\text{cm}^2)^{-1}$; x 为物质的面质量密度^[3], g/cm^2 。

μ 与物质的原子序数和射线强度有关,且对于低能 γ 射线 ($E < 300 \text{ keV}$), μ 强烈依赖于原子序数(至少与原子序数的二次方成正比),而对于中能段的 γ 射线 ($300 \text{ keV} < E < 1.2 \times 10^5 \text{ keV}$),不同物质

的 μ 差别很小。矸石的平均原子序数约为 12,而煤的平均原子序数约为 6,所以低能 γ 射线对两者的透射能力有着显著差别^[4]。

煤与矸石在线分选系统选用的低、中能 γ 射线源分别为 ^{241}Am (60 keV) 和 ^{137}Cs (662 keV)。设这 2 种射线的初始强度为 I_{d0}, I_{z0} , 透射过原煤后的强度为 I_d, I_z , 则对于同一块物料, 由式(1)可得

$$I_d = I_{d0} \exp(-\mu_d x) \quad (2)$$

$$I_z = I_{z0} \exp(-\mu_z x) \quad (3)$$

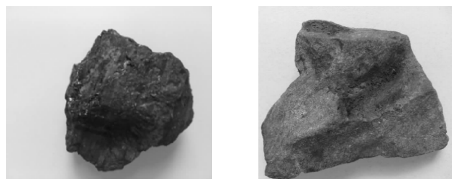
对式(2)和式(3)取对数并相比得

$$K = \frac{\mu_d}{\mu_z} = \frac{\ln I_{d0}/\text{keV} - \ln I_d/\text{keV}}{\ln I_{z0}/\text{keV} - \ln I_z/\text{keV}} \quad (4)$$

设煤与矸石由式(4)表征的常数分别为 K_m 和 K_g , 由上述原理可知, $K_m < K_g$ 。因此, 可以根据实际情况分别设定一个合理的阈值 K_{my}, K_{gy} , 当 K 落在煤区间, 即满足 $K_m - K_{my} < K < K_m + K_{my}$ 时, 判断该物料为煤。同理, 当 $K_g - K_{gy} < K < K_g + K_{gy}$ 时, 判断为矸石。

2.2 数字图像处理法分选原理

煤与矸石在灰度上有着明显的区别。如图 2 所示, 在稳定光源照射下, 煤块表面除了少量分散的反光亮点, 整体表现出颜色较深的黑色。矸石在稳定光源照射下颜色分布较均匀, 整体呈现出灰色^[5]。根据以上特点, 可以提取煤与矸石的灰度分布直方图特征对两者加以区别^[6]。



(a) 煤 (b) 矸石

图 2 煤与矸石原始图像

为去除背景的影响, 对煤与矸石图像进行去噪、边缘提取、背景分离等操作, 并将背景统一设置为白色, 处理结果如图 3 所示。然后可得到两者的灰度分布直方图, 如图 4 所示。从图 4 可看出, 矸石的灰度直方图的波峰位置明显高于煤, 煤的平均灰度值为 58.7, 矸石的平均灰度值为 81.3。因此, 可以通过提取图像的灰度均值特征来区分煤与矸石。



(a) 煤 (b) 矸石

图 3 去除背景后的煤与矸石图像

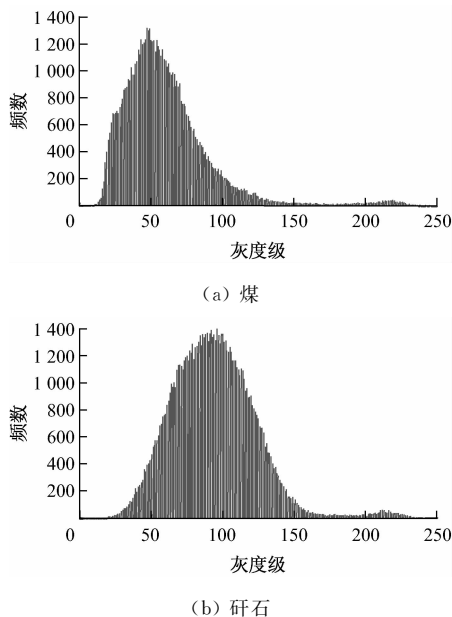


图4 煤与矸石的灰度直方图

3 系统设计实现

3.1 硬件设计

双能γ射线检测模块的硬件结构如图5所示(图中单片机型号为C8051F340)。

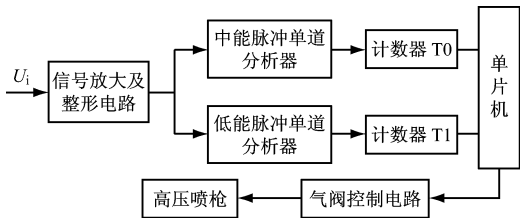


图5 双能γ射线检测模块的硬件结构

NaI闪烁探测器受到穿过输送带和原煤的γ射线照射后发生光电转换,经信号处理电路处理后产生与入射光子能量成正比的电压脉冲信号,单位时间内的脉冲数与该射线强度成正比。可以通过调节信号预处理电路中的高压电源和线性放大倍数来确定该射线全能光电峰的峰位,进而可确定采样区间的上下电压阈值,统计该区间中单位时间内的脉冲数目就可以反映出该射线强度的变化。

煤与矸石在线分选系统采用四电压比较器LM339组成脉冲甄别器,其电路如图6(a)所示。调节滑动变阻器R₁和R₂来调节U₁和U₂。当U₁<U₁<U₂时,U_o为高电平,其他情况下U_o均为低电平(图6(b))。

将中能、低能脉冲单道分析器输出的方波信号分别传送给C8051F340的T0和T1计数器,根据现场输送带的转速、物料粒度设定合适的采样周期(采样周期由16位自动重载定时器T2产生),可测

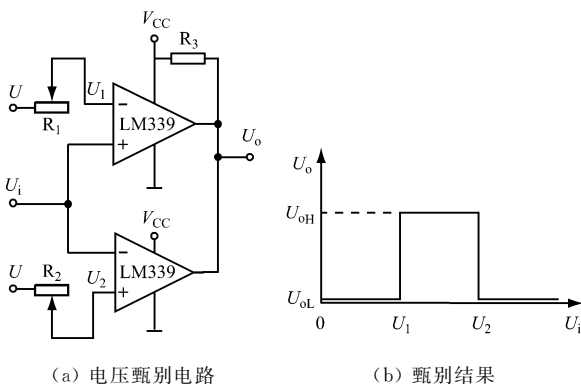


图6 脉冲甄别器电路及结果

得输送带空转时2种射线在1个采样周期内的脉冲计数n_{d0}和n_d。因此,只需测定n_d和n_z就可由式(4)得到实际的K值:

$$K = \frac{\ln n_{d0} - \ln n_d}{\ln n_{z0} - \ln n_z} \tag{5}$$

这样,如果K值落在煤区间,单片机不向喷枪发指令,煤块落入煤通道;如果K值落在矸石区间,单片机向气阀控制电路发送指令,高压喷枪喷出气体将矸石喷入矸石通道。

图像识别模块采用摄像头OV7670,采集到的图像送入FIFO芯片AL422B缓存后再传送到单片机,单片机将视频数据通过USB送入上位机,在上位机的图像处理GUI中完成图像预处理及识别任务。

3.2 软件设计

煤与矸石在线分选系统软件设计采用C语言,下位机编程环境为Silicon Laboratories IDE,上位机图像处理界面采用C#语言开发。单片机每隔10 ms统计1次计数器T0和T1的计数值,计算出此次K值,当输送带上方物料发生变化时,K值也会发生明显变化,记录此组连续K值。为去除物料边缘影响,可将数组的前后2个K值去掉,再做分析。根据分析结果判断输送带上方物料是煤、矸石或者无物料通过,根据判别结果控制气阀开关,完成分选任务。当K值没有落入上面3种情况的判别区间时,判别权转移给图像识别模块,该模块的基本流程如图7所示。

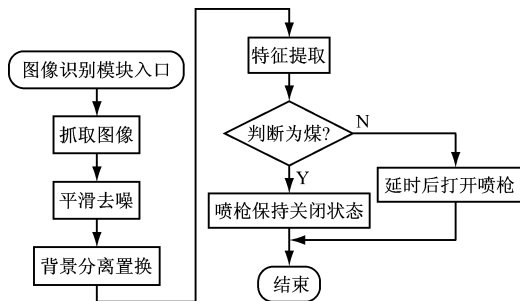


图7 图像识别流程

4 实验结果分析

经模拟实验,该系统对煤与矸石的动态识别率在87%以上,影响识别率的主要因素:①亮度。亮度对煤与矸石图像的灰度分布情况影响较大,过低的亮度会影响两者灰度均值之差的大小,降低识别率,因此,应保证摄像机工作在较明亮的环境中。②分选动作装置。即使检测装置能正确识别煤与矸石,也不能完全保证喷枪在做出分选动作后能准确完成分选任务,造成误选的因素有原煤的形状、大小、喷枪的稳定性等。可以通过优化软件结构和硬件设备来降低或消除这些因素的影响。

5 结语

原煤洗选是煤炭生产的重要环节,而煤矸分离又是该环节的主要工作。提出的利用双能 γ 射线法和数字图像处理法联合在线检测并分选煤与矸石的

方法不需要水,对环境没有污染,检测粒度范围大,根据实际情况可设置多通道同时检测,大大提高了分选效率,具有较高的实用价值。

参考文献:

- [1] 梁金钢,赵环帅,何建新.国内外选煤技术与装备现状及发展趋势[J].选煤技术,2008(1):60-64.
- [2] 李志宏.煤矸混合物料选择性破碎分选的研究[D].太原:太原理工大学,2003.
- [3] 程光坤.煤质在线分析技术应用现状和功能定位分析[J].热力发电,2009,38(2):71-73.
- [4] 张朴,孔力,黄心汉.基于双能 γ 射线的煤矸在线识别模型研究[J].工业仪表与自动化装置,2000(2):53-55.
- [5] 王祥瑞.煤矿矸石自动分选中图像处理与识别技术的应用[J].煤炭技术,2012,31(8):112-113.
- [6] 于国防,邹士威,秦聪.图像灰度信息在煤矸石自动分选中的应用研究[J].工矿自动化,2012,38(2):36-39.