



计的方法，将若干样品煤块和样品矸石的图像灰度分布概率曲线的峰值作为标准存在计算机中。在识别时，将实际煤块和矸石的图像与之比较，由此将煤和矸石区分开来，然后执行分选动作<sup>[3]</sup>。图1为矸石及其直方图，图2为煤块及其直方图。从图中可以看出：煤与矸石的灰度都呈现正态分布，煤灰度的峰值所处位置比矸石小<sup>[4]</sup>。

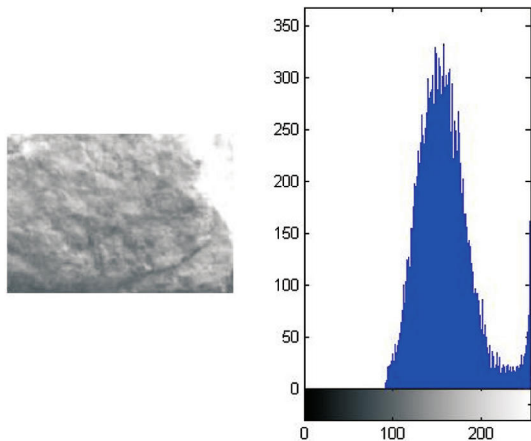


图1 矸石的灰度直方图  
Fig. 1 Gray histogram of gangue

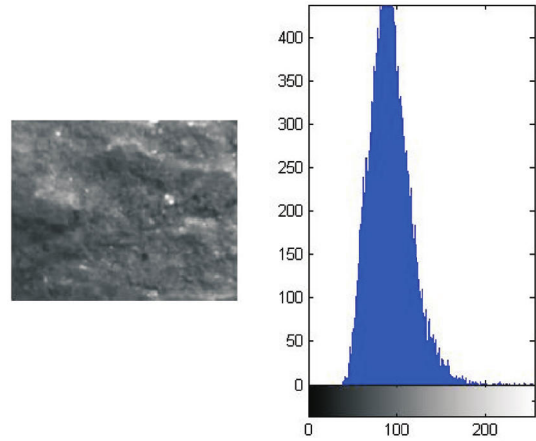


图2 煤的灰度直方图  
Fig. 2 Gray histogram of coal

## 2 煤矸石自动识别系统

如图3所示的煤矸石自动识别系统通过黑白 CCD 对煤块和煤矸石进行图像采集，经过输入处理后转换为信号进入微控制器，然后根据人工智能理论和模式识别原理对信号进行处理，一方面把数据通过总线网络及时可靠地传送到监控室电脑上，另一方面把控制命令传送给高压喷枪。如果判断的结果是煤，则高压喷枪不动作，煤块自然落到运煤皮带上；如果判断结果是矸石，则高压喷枪喷气，将矸石吹到带有挡板的矸石皮带上<sup>[5]</sup>。

煤矸石识别系统由 CCD 信号采集，光源系统，背板系统组成。各个系统功能如下。

- CCD 信号采集、识别系统：采用具有 USB 总线接口的 CCD 摄像头，因此摄像头可以直接接在 PC 机上，由 PC 机完成对图像的采集和处理，并进行识别和保存<sup>[6]</sup>。

- 光源系统：实验表明，光源对摄像头所拍摄的图像灰度分布有直接的影响，因此，必须保持拍摄时的光照度稳定。另外，光源的特性也会对图像造成影响，如点光源会在图像背景上形成比较强烈的反光点，从而对分选结果造成影响，因此，应当选取散射的面光源。本系统采用多个白色 LED 的组合光源，并在摄像头的周围加装遮光装置，以避免环境光的变化对图像拍摄造成影响。

- 背板系统：在通过灰度将煤和矸石区分出来之前，必须先将煤和矸石的图像从所拍摄的图像背景中分离出来。本系统采用低灰度的背板，使背景灰度均匀稳定，在所拍摄图像的灰度直方图中，会出现 2 个峰值。图 4 为背板系统示意图，拍摄时煤块或者矸石的背景为背板。图 5 为包含背景的煤块灰度直方图。图中左边峰值为背景峰值，右边为煤块峰值。取 2 个峰值之间凹谷处的灰度值作为阈

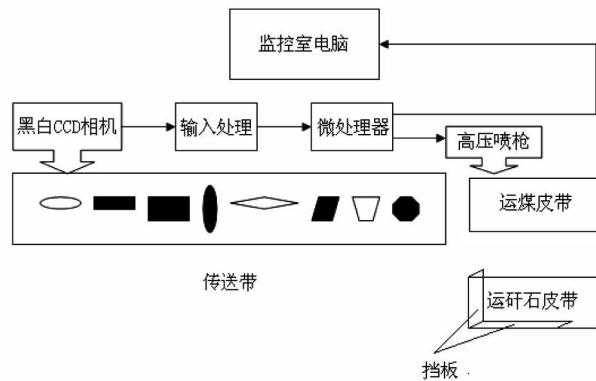


图3 煤矸石在线自动分选系统总框图  
Fig. 3 General frame of coal gangue on line auto separation system

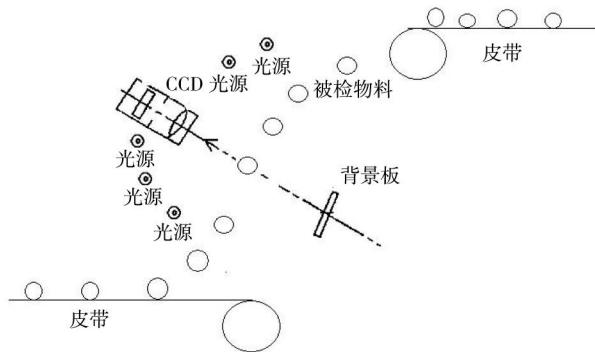


图4 背板系统示意图

Fig.4 Schematic diagram of electronic bays

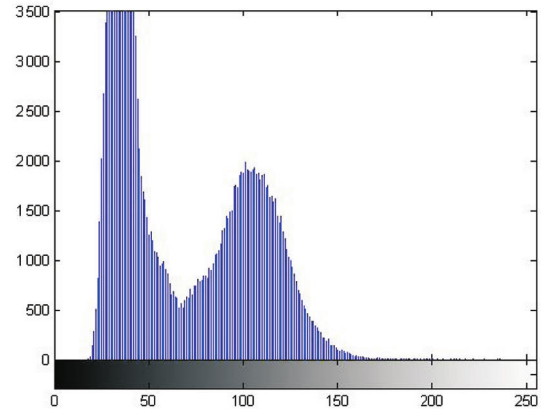


图5 包含背景的煤块的灰度直方图

Fig.5 Gray histogram of coal which including the background

值，通过简单的算法，就可以将煤块从背景中分离出来。如果背景比较复杂，则难以通过简单的算法进行准确的分离或者根本无法分离。

### 3 结论

分析了基于灰度分选煤和矸石的基本原理，把计算机、图像识别技术应用在煤矸石识别中，设计了一种实用型、经济型的实时煤矸石在线自动识别分选系统，具有一定的理论意义和实际意义。通过实验证明，该系统有很好的实用性，但还有很多需要不断完善的地方。有2个问题需要进一步研究和解决：1) 在潮湿的环境下，水对光线的吸收作用使煤块和矸石的反光减弱，使两者灰度峰值的分布位置非常接近，增加了分辨煤和矸石的难度；2) 在现场条件下，有些矸石的表面被煤粉包裹，对于此类矸石的识别需要提出新的解决方案，进行进一步研究。

#### [参考文献] (References)

- [1] 刘文华. 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.  
LIU W H. Study on selective crushing and separation of coal and gangue[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2003. (in Chinese)
- [2] 王敦曾. 选煤新技术的研究与应用[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1999.  
WANG D Z. Study and application new technology of coal preparation [M]. Beijing: Coal Industry Press, 1999. (in Chinese)
- [3] 杨毅. 选煤与选矿过程参数的测试技术[M]. 北京: 中国矿业大学出版社, 1990.  
YANG Y. Coal and beneficiation process parameters and testing technology[M]. Beijing: China Mineral University Press, 1990. (in Chinese)
- [4] 刘刚锋. 基于数字图像处理的煤与矸石的识别[D]. 北京: 中国矿业大学(北京), 2010.  
LIU G F. Identification method of coal gangues based on image processing[D]. Beijing: China University of Mining and Technology (Beijing), 2010. (in Chinese)
- [5] 谷成. 基于图像处理的煤和矸石自动分选[D]. 北京: 中国矿业大学(北京), 2010.  
GU C. Automatic sorting method of coal gangues based on image processing[D]. Beijing: China University of Mining and Technology (Beijing), 2010. (in Chinese)
- [6] 孔力, 郑朝阳, 钟志平, 等. 煤矸石双能法动态识别模型研究[J]. 选煤技术, 2001(1): 9-12.  
KONG L, ZHENG C Y, ZHONG Z P, et al. Research on dynamic identification model for coal gangues based on double energy method[J]. Coal Preparation Technology, 2001(1): 9-12. (in Chinese)