

文章编号:1671-251X(2012)02-0036-04

DOI:CNKI:32-1627/TP. 20120113. 1308. 011

图像灰度信息在煤矸石自动分选中的应用研究

于国防, 邹士威, 秦聪

(中国矿业大学信电学院, 江苏 徐州 221116)

摘要:针对传统的基于图像灰度信息的块煤和矸石分选系统只是随意地选择块煤和矸石样本而缺乏代表性和实用性的问题,研究了一种侧重于实用性和系统性的基于图像灰度信息的块煤和矸石自动分选系统。首先从材质、纹理特征、清洁度三个方面选择6块比较有代表性的块煤或矸石,分别在强光、自然光和节能灯光三种强度光照条件下,按照一定的分组方式分析它们的图像灰度分布规律并将其作为计算机目标识别的依据,从而实现块煤或矸石的自动分选。测试结果表明,在特定条件下,利用块煤与矸石图像灰度信息较明显的差异对两者进行视觉区别可实现两者的自动分选。

关键词:块煤; 矸石; 自动分选; 图像灰度; 灰度直方图; 光照强度

中图分类号:TD92 文献标识码:A 网络出版时间:2012-01-13 13:08

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20120113.1308.011.html>

Application Research of Image Gray Information in Automatic Separation of Coal and Gangue

YU Guo-fang, ZOU Shi-wei, QIN Cong

(School of Information and Electrical Engineering of CUMT., Xuzhou 221116, China)

Abstract: In view of problems of no representation and practicality because that traditional separation system of lump coal and gangue based on image gray information only randomly selects samples of coal and gangue, the paper researched an automatic separation system of lump coal and gangue based on image gray information which emphasized in practicality and system. At first, it selected six representative lump coals and gangues in term of material, texture feature and cleanness, and analyzed distribution law of image gray of the six lump coals and gangues according to certain group mode under conditions of strong light, natural light and energy-saving lamp light and made the distribution law as basis of object recognition of computer, so as to realize automatic separation for lump coal and gangue. The test result showed that using obvious differences of image gray information between lump coal and gangue to make visual distinction can realize automatic separation under special conditions.

Key words: lump coal, gangue, automatic separation, image gray, gray histogram, light intensity

0 引言

块煤与矸石的分选是提高煤炭质量的重要途径^[1-2],也是充分利用能源和减轻环境污染的有效途径。传统的人工选矸方法劳动强度大,工作效率低。而水选法、风选法、双能 γ 射线透射法、光电选矸法、基于煤和矸石硬度差异采用的有区别目标物击碎法

等^[3-7]基本都只停留在研究层面,难以付诸实际应用。随着图像处理与模式识别技术的快速发展,许多研究人员开始采用计算机视觉技术实现识煤(矸)及选煤(矸)的目的^[8-10]。在这一研究领域中,基于块煤和矸石图像灰度信息的基础研究最为广泛,虽然该方法也未得到实际应用,但其研究及应用前景广阔。

收稿日期:2011-09-30

作者简介:于国防(1965-),男,山东高青县人,副教授,博士,主要研究方向为图像处理与模式识别、多媒体计算机技术。E-mail: gfyu@cumt.edu.cn

目前的基于块煤和矸石图像灰度信息的分选系统的研究,基本只是随意地选择块煤和矸石样本,甚至是理想化地针对这些目标进行分选研究,缺乏代表性和实用性。因此,笔者在参考大量当前研究技术的基础上,对基于块煤和矸石图像灰度信息的分选系统更加侧重于实用性和系统性方面展开研究,从而提供重要、可靠的基础支撑。

1 基于图像灰度信息的块煤与矸石识别

1.1 块煤和矸石的手选识别原理

工人对块煤或矸石的分选主要看目标物的颜色(灰度)或者样式(纹理),当然,有经验的工人还可能会凭借手感来判断。他们的目视判断依据就是因为煤的黑色通常较深,而矸石的黑色通常较浅以致表现为灰色。另外,相比于矸石,除了块煤反光处灰度级别较高外,大部分灰度比较低,而矸石的灰度通常比较高。

1.2 块煤和矸石的图像灰度信息描述

由上述分析可知,基于块煤和矸石的不同反光特性及颜色特性,将二者的图像灰度分布差异作为计算机目标物识别的依据,就可实现块煤或矸石的自动分选。图像灰度的描述如下。

设一幅图像的尺寸为 $M \times N$ (宽 $\times$ 高),其像素点 (i, j) 对应的灰度为 $f(i, j)$ ($i=1, 2, \dots, M; j=1, 2, \dots, N$),则图像的灰度均值为

$$\mu = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f(i, j) \quad (1)$$

图像的灰度方差为

$$\sigma^2 = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [f(i, j) - \mu]^2 \quad (2)$$

均值是表示一系列数据或统计总体的平均特征的数学描述方法。方差是刻画数据波动大小的一种数学描述方法。与平均数一样,利用方差可以估计所分析数据总体的波动大小,方差越小则波动越小,稳定性也越好。有些情况下,需要用到方差的算术平方根,即标准差,它也是用来衡量一组数据波动大小的重要量,其单位和已知数据的单位是一致的。

2 样本组设定及其灰度分析与统计

2.1 块煤和矸石的样本选择及其分组

分析测试样本前,首先要选择一部分比较有代表性的块煤或矸石,即根据材质(块煤或矸石)、纹理特征(表面较平整或突兀不平)、清洁度(矸石表面附着煤粉或块煤表面附着矸石粉)3个主要特性。笔

者从某矿选煤场挑选了6块比较有代表性的块煤和矸石,然后,分别在强光(相机闪光点)、自然光和节能灯光(15 W 节能日光灯,置于待测样本正上方约2 m 位置)3种光照强度条件下(煤矸石分选工作面煤尘较大,光线照度情况不理想,常常导致煤矸石图像质量变差),对这些采集样本进行拍照,并预处理像素为 500×500 的单幅照片(该尺寸能够较清晰地记录目标物的相应视觉特征,太大的图像尺寸势必增加图像处理与分析的时间,降低处理的实时性)。

为了方便实验分析时的样本标注和说明,对用于测试分析的块煤或矸石的标示利用 $\{m, g\}$ 、 $\{1 \sim 3\}$ 、 $\{a, b, c\}$ 共3个字符来命名表示,如表1所示。

表1 测试样本的命名表示

字符	描述	备注
m	块煤	
g	矸石	
1、2、3	不同的块煤或矸石	3:少量煤或矸石粉附着
a	强光	
b	自然光	
c	节能灯光	

2.2 分组样本的灰度分布分析

将上述6个测试样本按照同一样本或不同样本以及同一光照强度或不同光照强度的特性表现方式分成4组,并分别统计每组的灰度直方图,如图1和图2所示。

图1(a)表明,在同一光照强度条件下,不同纹理或表面特征的块煤的灰度直方图的分布有较明显的差异,其峰值基本在30~60范围内。可见,尽管是同质(煤)样本,并且在同一光照强度条件下提取其灰度信息,可能会因样本向光角度或表面纹理的不同,而得到不同的灰度信息。

图1(b)表明,在不同光照强度条件下的同一块煤的灰度直方图的分布虽然也有所不同,但在光照强度足够强时,其直方图分布状态较稳定,且峰值小于50。

另外,从图1(a)的 m3b 块煤可看出,块煤表面少许的矸石粉或颗粒附着,就会使其灰度值增大许多;从图1(b)可看出,光照强度较弱时,提取的块煤灰度信息可能不稳定。

图2(a)表明,在同一光照强度条件下,不同纹理或表面特征的矸石的灰度直方图的分布比较稳定,峰值约为50。可见,矸石灰度信息的提取受向光角度或表面纹理的影响较小。

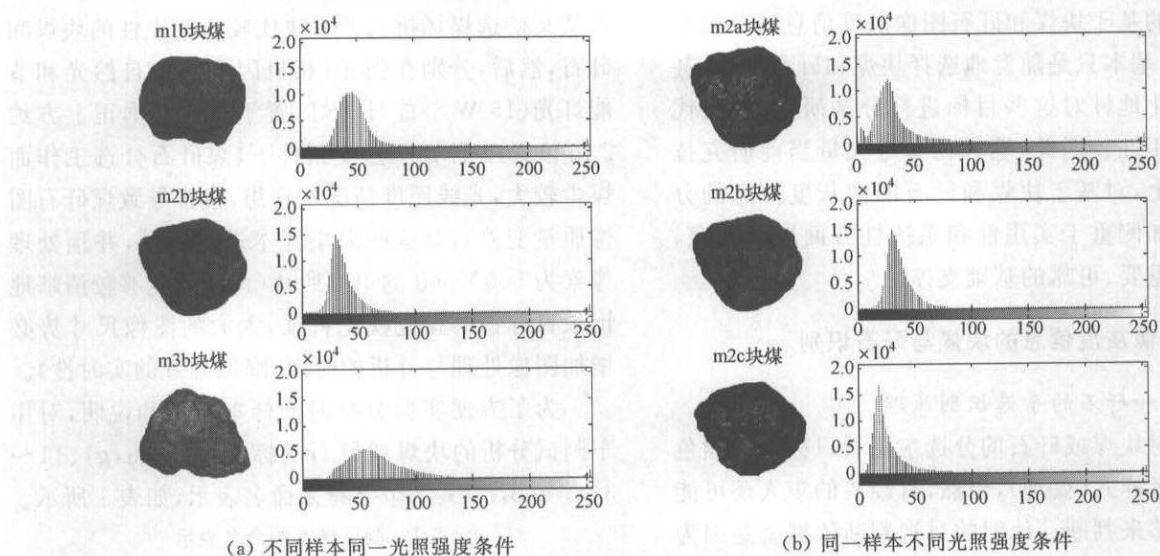


图1 块煤及其灰度直方图

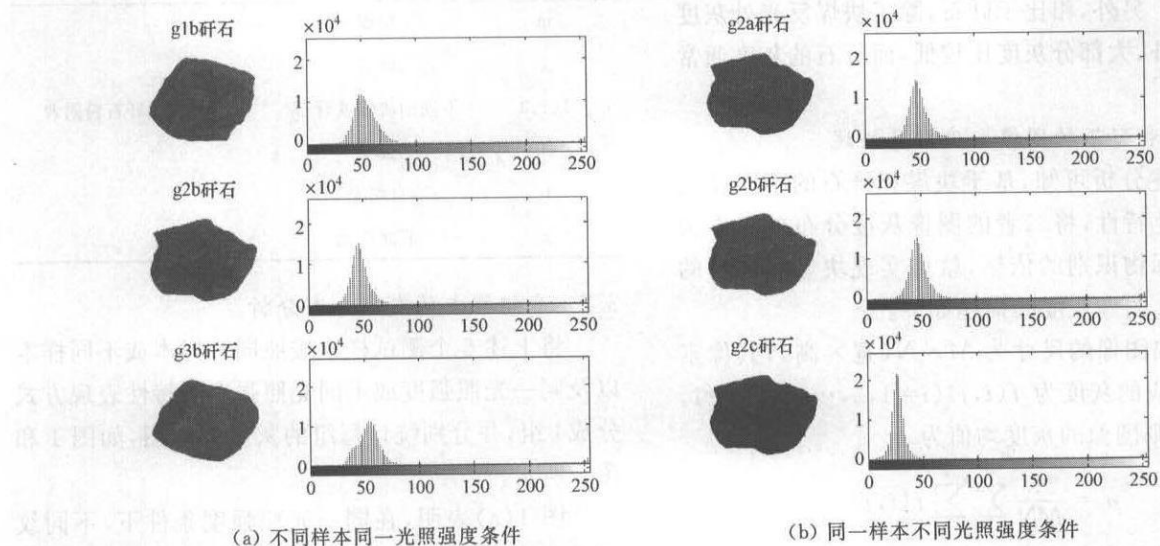


图2 矽石及其灰度直方图

图2(b)表明,在不同的光照强度条件下的同一矽石的灰度直方图的分布虽然也有所不同,但在光照强度足够强时,其直方图分布状态较稳定,且峰值稳定于50。

另外,从图2(a)的g3b矽石可看出,尽管矽石表面有少许的煤粉或颗粒附着,但对其灰度值峰影响不大,可见,矽石比块煤更容易获得稳定的灰度信

息;从图2(b)可看出,光照强度较弱时,提取的矽石灰度信息也可能不稳定。

2.3 分组样本的灰度均值及方差统计

将上述6个测试样本按照不同样本同一光照强度方式分成3组,然后分别计算每组的灰度均值和方差,结果如表2~4所示。

表2 a组样本的灰度均值与方差

编号与平均值	均值	方差	编号与平均值	均值	方差
m1a	133.148 8	$8.016 7 \times 10^3$	g1a	144.490 9	$9.080 1 \times 10^3$
m2a	117.301 2	$1.115 0 \times 10^4$	g2a	150.050 7	$9.885 2 \times 10^3$
m3a	139.295 7	$1.013 2 \times 10^4$	g3a	167.142 9	$1.044 3 \times 10^4$
平均值	129.915 2	$9.766 2 \times 10^3$	平均值	153.894 8	$9.802 8 \times 10^3$

表3 b组样本的灰度均值与方差

编号与平均值	均值	方差	编号与平均值	均值	方差
m1b	132.025 9	$1.032\ 3\times 10^4$	g1b	144.672 4	$9.885\ 2\times 10^3$
m2b	124.322 8	$1.153\ 3\times 10^4$	g2b	144.755 5	$1.062\ 2\times 10^4$
m3b	136.180 6	$9.708\ 1\times 10^3$	g3b	153.069 2	$1.005\ 3\times 10^4$
平均值	130.843 1	$1.052\ 1\times 10^4$	平均值	147.499 0	$1.018\ 7\times 10^4$

表4 c组样本的灰度均值与方差

编号与平均值	均值	方差	编号与平均值	均值	方差
m1c	101.249 9	$1.301\ 9\times 10^4$	g1c	127.893 3	$1.392\ 9\times 10^4$
m2c	117.725 2	$1.403\ 0\times 10^4$	g2c	129.613 7	$1.392\ 6\times 10^4$
m3c	125.529 2	$1.377\ 6\times 10^4$	g3c	145.402 0	$1.359\ 6\times 10^4$
平均值	114.834 8	$1.360\ 8\times 10^4$	平均值	134.303 0	$1.381\ 7\times 10^4$

由表2~4可知:

- (1) 块煤与矸石的灰度均值和方差均随光照强度的增加而增加;
- (2) 矸石的灰度均值比块煤的大(差值比约为13.79%);
- (3) 块煤与矸石的方差关系不易确定。

3 结语

(1) 通过对以上4组特征样本的灰度分布的综合分析可知,块煤的灰度直方图峰值稳定在25左右,矸石的灰度直方图峰值稳定在55左右,块煤的灰度低于矸石。因此,利用块煤与矸石灰度信息较明显的差异对两者进行视觉区别可实现自动分选。该方案的技术基础是比较可靠的,但是,该方案的准确应用必须建立在以下2个辅助条件的基础上,否则将不可能得到预期的识别或判断效果:首先,对于块煤或矸石应该进行适度的清洁处理,清除掉它们表面的杂质,特别是块煤表面的矸石粉或矸石表面的煤粉。可采用强力吹风或毛刷清扫等装置。其次,图像提取时必须采用合适的照明设备,且照明光强应尽可能大。可采用连续光式的石英类照明灯,并可用C12蓝色滤镜矫正,以获得5 400 K的接近正午阳光的色温。

(2) 根据以上3组样本的灰度均值与方差的统计可知,可以通过对适量块煤与矸石样本的现场测试,得出相应的灰度均值,然后划定一个限值,并以此来区分块煤与矸石。如按上述的a、b、c三组测试

样本划定限值的话,则对应的限值可分别取141.000 0、139.000 0和124.000 0。

参考文献:

[1] 张礼平.加大手选拣矸力度的经济效益分析[J].煤质技术,2008(5):17-18.

[2] 赵振华,李明航,刘小平,等.井下矸石筛分系统研究与应用[J].山东煤炭科技,2008(5):119-120.

[3] 宋静,杜长龙,方树鹏.顶水作用下井下煤与矸石分选试验[J].煤炭科学技术,2009(9):122-126.

[4] 丰建荣.煤和矸石井下破碎分选理论及实验研究[D].太原:太原理工大学,2006.

[5] 李文斌,杨剑瑜,文建国.光电选矸识别系统的研制与测试[J].仪器仪表学报,2001(3):255-258.

[6] 杨达文,陈卫峰,方耀清.机械选矸系统的研究及应用[J].煤炭科学技术,2001(8):15-17.

[7] 刘富强,钱建生.基于图像处理与识别技术的煤矿矸石自动分选[J].煤炭学报,2002,25(5):34-37.

[8] 程勇,王勉华.选煤系统中的模糊模式识别方法[J].工矿自动化,2006(4):25-27.

[9] 陈玲,沈红标,李威伟,等.改进的图像纹理检索方法在矿石识别中的应用[J].中国图像图形学报,2006,11(11):1700-1703.

[10] WANG Renbao, LIANG Zhe. Automatic Separation System of Coal Gangue Based on DSP and Digital Image Processing [C]//Photonics and Optoelectronics Symposium on Digital Object Identifier, 2011, Wuhan.