

棉种图像精选方案与算法研究*

陈兵旗¹ 高振江¹ 宋同珍¹ 王吉亮² 阎洪山² 薛理²

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 新疆农垦科学院, 石河子 832000)

【摘要】 提出了一种基于图像处理的棉种精选算法。精选作业前,先设定种子通道工位;精选过程中,使用首帧差分阈值分割的方式提取种子区域的二值图像,然后在原图像的种子区域计算红色像素数并判断红色种子,通过分析二值图像判断破壳种子,最后对种子图像进行微分处理并去除边缘像素判断裂纹种子。实验结果表明,该算法能够很好地判断出缺陷棉种,速度快、准确性高。

关键词: 棉种 精选 红种子 破损种子 图像处理

中图分类号: TP391.41; S562.038 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2010)01-0167-05

Scheme and Algorithm of Cottonseed Selection Based on Image Processing

Chen Bingqi¹ Gao Zhenjiang¹ Song Tongzhen¹ Wang Jiliang² Yan Hongshan² Xue Li²

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 832000, China)

Abstract

An algorithm based on image processing to select cottonseeds was proposed. Firstly, each position of cottonseed channels in the image was located before selecting operation. And then, these cottonseeds were separated from the backgrounds by the difference between current image and first image, and the binary images of cottonseeds were obtained. The number of red pixels of cottonseed regions in the color image was calculating, and the red cottonseeds were determined. The broken seeds were judged by analyzing the binary image. Finally, the edge of cottonseed was extracted by differential calculus, and the exterior pixels were removed to determine the crack seed. Experimental results indicated that the algorithm could judge the cottonseeds fast and accurately.

Key words Cottonseed, Selection, Red seed, Disrepair seed, Image processing

引言

精密播种技术和播种机的推广与应用,既可以保证播种质量、提高作业生产率,同时可以减少种子使用量、降低生产成本。精密播种就是株(粒)距、行距和播种深度都受到严格控制的单粒播种^[1]。在播种前对种子进行精密分选处理,保证种子有很高的发芽率,成为精密播种的必要条件。

在棉种分选方面,传统的分选技术有:①利用种子空气动力学特性的扬场选种^[2],该方法能较好地清选出轻杂物,但无法分选出和种子质量相近的杂

物或活力不高的种子。②利用种子几何特征的筛选,这种选种技术无法分选出几何形状差异不大的不良种子。③利用种子密度的重力选种^[3],此方法只适用于去除杂质之后的精选,但无法分选出破裂种子。

虽然传统的方法能选出籽粒饱满的种子,但不能保证选出的种子能够发芽。目前较为先进的种子精选或提高活力的技术主要有:①利用物理因素激活种子生物酶的激发处理法^[4],这种方法虽然能提高种子的活性,但是有些无活力的种子无法剔除。②利用不同活力种子介电常数的不同,通过静电作

收稿日期: 2009-03-28 修回日期: 2009-05-18

* 新疆建设兵团资助项目(05HJ53)

作者简介: 陈兵旗,教授,博士生导师,主要从事机器视觉与图像处理应用研究, E-mail: cbq93@sohu.com

用进行分离,例如介电式分选机^[5],此方法能分选出活力较高的种子,剔除活力低的种子,但是无法剔除破裂种子。③基于颜色的分离法^[6~7],例如日本佐竹机械公司生产的棉种色选机。这种方法可以有效剔除不能发芽的红色种子,但是不能分选破裂种子。

棉花种子中成熟度较低的棉种颜色呈红色,其活性和发芽率都较低,而在质量、密度和大小上与发育良好的棉种十分接近,只有利用颜色特征才能将其剔除。其次,棉种在加工过程中不可避免地会受到损伤,降低棉种的发芽率。因此,利用重力进行分选以后,棉种精选的目的就是去除红种子和破裂种子。目前剔除红种和破裂种子的手段主要有手工选种和利用棉种色选机选种两种方法,也有少量基于图像处理的棉种精选设备。对于大批量的棉种精选加工,目前一般采用棉种色选机进行加工。但是,精选精度较低,而且不能分选出破裂棉种。目前基于图像处理的精选设备,也无法判断破损种子。

综合以上各种选种方式的优缺点,本文针对初选后的棉种,设计出利用图像处理技术的精选方案,并且开发出红色棉种和破裂棉种的图像处理算法,以期为基于图像处理技术的棉种精选设备研制奠定基础。

1 实验方法

1.1 方案设计与实验设备

1.1.1 系统检测方案及原理

设计了如图 1 所示的系统检测方案。种子从进料斗落入振动喂料器的料槽,振动喂料器的振动频率可以调节,以控制籽粒的下滑量,种子随着振动喂料器的振动,匀速地滑入溜槽(其上有 12 个槽),种子沿着溜槽向下滚动。溜槽底部安装一个背景板,在背景板的前方垂直溜槽方向安装两个光源,摄像机安装在上下两光源之间,镜头垂直拍摄溜槽下方。拍摄工位下方安装有坏种子排除喷嘴和坏种子

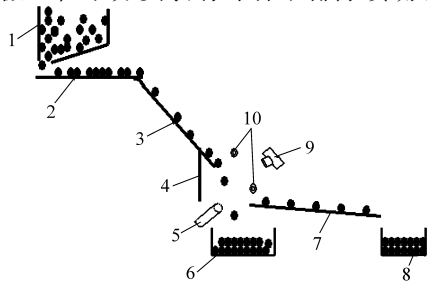


图 1 系统构成示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the system

1. 进料斗 2. 振动喂料器 3. 溜槽 4. 背景板 5. 喷射器
6. 好种子 7. 溜板 8. 坏种子 9. 摄像机 10. 光源

溜板。

摄像机按照一定的时间间隔拍摄图像,采集到的图像通过数据接口传送到计算机中,对每帧图像进行处理与分析,判断出某个溜槽中有坏种子时,控制对应的气流喷射器动作,将坏种子吹到溜板上,好种子自然下落。

1.1.2 硬件及开发工具

与图像采集和处理相关的硬件设备主要包括:计算机、摄像机和照明系统等。实验用台式计算机配置: Intel Pentium4 处理器,主频 2.4 GHz,内存 256 MB。棉种在溜槽上向下滚落的速度很快,为了采集到清晰的棉种图像,采用的摄像机必须具有较高的拍摄速度。本研究选用了 Basler A602fc 高速彩色工业数字摄像机,其最大分辨率为 651×496 ,最大分辨率时的最大帧率为 100 帧/s,图像输出接口为 IEEE1394。设定小分辨率时,可以提高采集帧率。所选镜头型号为 Computer M1214 - MP,焦距为 12 mm,光圈为 F1.4。在两块长方形的铝板上,分别均匀镶嵌两排 8 个 1 W 的 LED 白光光源,作为照明光源。软件开发工具是 Microsoft Visual C++ 6.0,在北京现代富博科技有限公司的二维运动测量分析系统 MIAS 的平台上完成了该研究的程序开发。

1.2 研究用图像采集

摄像机按一定的时间间隔拍摄棉种图像,调节光圈和曝光率到合适的大小,以保证采集到的图像清晰。采集的图像为彩色图像,大小 640×240 。摄像头与溜槽的垂直距离为 500 mm,实际拍摄溜槽的长度为 50 mm。将采集到的图像以 AVI 文件格式保存到计算机硬盘中,利用保存的视频图像进行棉种检测算法的研究。

图像采集时间间隔通过如下实验进行设定。在溜槽的底端和背景板的底端分别安装一个光纤传感器(垂直距离 50 mm),在溜槽倾斜角度为 50° 的情况下,将种子放在溜槽上端自由滑落,通过计算机程序记录种子经过两传感器的时间差。通过实验,发现不同大小和形状的种子经过拍摄工位的时间相差较大,从十几毫秒到五十几毫秒不等,考虑摄像机的曝光率和拍摄范围,为了尽量保证既不漏拍又不重拍籽粒,设定采集图像的时间间隔为 20 ms。

1.3 棉种图像精选算法

1.3.1 设定工位

为了进行缺陷种子的排除,需要对种子下滑通道进行定位。在摄像机处于预览状态时,先将摄像机稍稍上扬,拍摄到溜槽下端,通过鼠标点击设定下滑通道工位,然后再将摄像机复位。对于每帧图像,依次将每一工位设定为处理窗口,进行种子的提取

和判断处理。

1.3.2 种子提取及判断

为了对种子进行分析,首先需要将种子从背景中提取出来。本研究采用首帧差分的方式将种子从背景中提取出来。在采集视频图像时,先启动摄像机,后下落种子,这样可以保证视频图像的第一帧是背景图像。在图像处理时,将视频的第一帧设定为参考帧,将后续的其他帧与参考帧进行差分处理,提取种子。利用式(1)对彩色图像进行首帧差分处理获取二值图像,即

$$b(x,y)=\begin{cases} 255 & (|f(x,y,n)-f(x,y,1)|>k) \\ 0 & (|f(x,y,n)-f(x,y,1)|\leq k) \end{cases} \quad (1)$$

式中, $b(x,y)$ 表示二值图像上 (x,y) 点处的像素值; $f(x,y,1)$ 表示第 1 帧图像上 (x,y) 点处像素的 R 分量值; $f(x,y,n)$ 表示第 n 帧图像上 (x,y) 点处像素的 R 分量值; k 表示阈值(本研究中 k 取 20)。

二值图像上白色像素表示提取的种子像素,黑色表示背景像素。在提取白色像素的同时,累加其个数 N ,并且获得白像素的区域分布范围(下文称种子区域),当 $N>200$ 时,表明该通道工位有种子。

1.3.3 红种判定

在判断出有种子时,对二值图像上的种子区域进行逐像素扫描,遇到白色像素时,将原图像上对应位置的像素值用式(2)进行判断,获得新的二值图像 g ,称其为红色种子区域二值图像,即

$$g(x,y)=\begin{cases} 255 & (R(x,y)-(G(x,y)+B(x,y))/2>T) \\ 0 & (R(x,y)-(G(x,y)+B(x,y))/2\leq T) \end{cases} \quad (2)$$

式中, $g(x,y)$ 表示图像 g 上 (x,y) 点处的像素值; $R(x,y)$ 表示原图像上 (x,y) 点处像素的 R 分量值; $G(x,y)$ 表示原图像上 (x,y) 点处的 G 分量值; $B(x,y)$ 表示原图像中上 (x,y) 点处的 B 分量值; T 表示阈值(设 $T=5$)。

扫描完二值图像的种子区域后获得 $g(x,y)=255$ 像素点的个数 n ,通过 n 与 N 之间的关系来判断是否红色种子。若 $n/N>0.2$,认为该种子为红色棉种,进行排除;否则进行后续的破损棉种判断。

1.3.4 破损棉种的判定

破损棉种分为两种:一种是外壳大面积脱落,露出白色内部的种子;另一种是外壳没有脱落,表皮上有裂纹的种子。

对于不满足红色棉种判断条件的种子,判断其是否是破壳种子。设定一个参数 $q=0$,然后对二值图像上的种子区域在 y 方向上进行逐列扫描,如果

某条扫描线上的像素由白变黑的次数大于 1 时, q 值加 1,当扫描完种子区域后,如果 $q\geq 4$,则可判定此种子是破壳种子。否则,对种子区域进行 x 方向上的扫描和判断,判断方法和原理同 y 方向。

对于不满足上述条件的棉种,需要判断它是否是带有裂纹的种子。对种子区域原图像的 R 分量利用 Prewitt 算子^[8]进行微分处理,然后对微分处理后的结果图像逐层去除边缘。方法如下:以二值图像上的种子区域(白像素)为目标,进行逐层贴标签处理^[9],一共标记 5 层,然后以标记像素为参考,将微分图像上对应位置的像素值设为零。

在去除边缘后的输出结果图像中,对种子区域范围内的像素进行扫描,计算像素值大于 200 的像素个数 m ,若 $m\geq 5$,则可判定该种子为破裂种子。

每隔 20 ms 自动采集一帧图像,对每帧图像上的 12 个工位依次进行上述处理和判断。处理流程如图 2 所示。

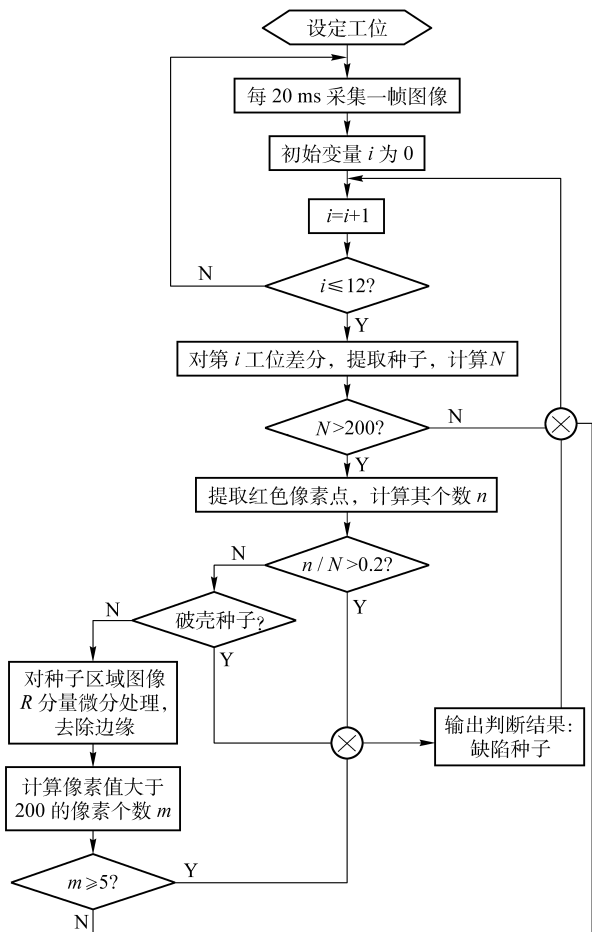


图 2 棉种精选流程图

Fig. 2 Flow chart of the cottonseed selection

2 实验结果与分析

2.1 图像采集

摄像头的架设应该保证能够采集到 12 个槽的

区域范围,采集区域宽度要覆盖 12 个槽的总宽度。采集区域高度的设定直接影响图像处理的速度和去除棉种的精度。如果采集区域过高,处理量大,处理速度降低,会重复拍摄种子;反之,处理量小,处理速度快,但容易漏拍种子,影响分离精度。在本研究中摄像头的安装位置和角度能够覆盖 12 个槽的总宽度,摄像头垂直于背景板,能够尽可能地拍摄到种子

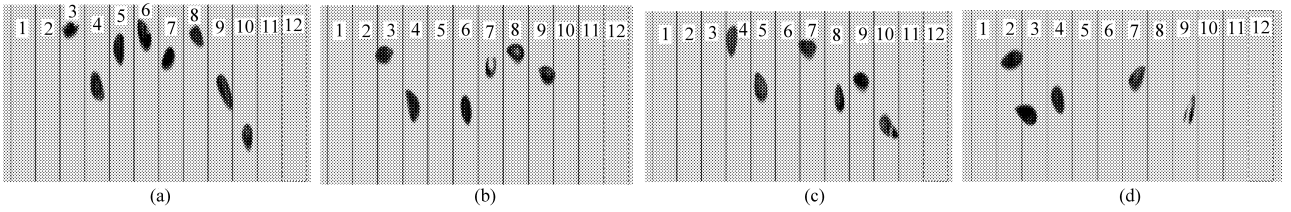


图 3 原始例图像

Fig. 3 Original color image

(a) 裂纹位于种子边缘(3 工位)和红种(9 工位) (b) 破壳种子(7 工位)和红种(3、8 工位)

(c) 裂纹种子(10 工位)和红种(4、8 工位) (d) 种子工位发生偏离(3 工位)和裂纹种子(9 工位)

2.2 工位设定

工位的设定直接影响着种子的处理和排除。个别种子在溜槽中下滑时,碰撞了溜槽壁,滑出溜槽后轨迹发生偏离(图 3d 中第 3 工位种子)。种子工位的偏离会造成以下误差:若该种子是红色棉种,在判断红种时会造成本工位和所偏向的工位都是红色种子的情况发生;若该种子在偏入的工位里和该工位的种子在 x 或 y 方向上有区域重叠,在判断破壳种子时会将此情况当成破壳种子来处理。通过大量实验证明,相对于大多数种子来说,偏离工位的种子所占几率很小,造成的误差也很小。

2.3 种子提取

在采集图像时,由于光照和摄像机参数设定的不同,种子的像素值会发生变化。因此在不同的光照和摄像机参数条件下,种子的分割阈值会有所不同,但是当光源和摄像机设定好以后,就可以设定固定的分割阈值。又由于本研究在采集图像时,图像背景基本上不会发生变化,因此采用了首帧差分 and 固定阈值分割的方式进行种子提取。在本研究的光照条件和摄像机设定条件下,对差分结果图像以 20

较多的面积。本研究中设定的采集区域高度基本能够满足在 20 ms 内完成处理的要求。

由于种子下落速度较快,为保证能拍摄到清晰的种子图像,需要较高的图像采集帧率。本研究的实际图像采集帧率为 220 帧/s,能够满足对高速下滑种子的清晰图像采集。图 3 表示了采集的原图像实例。图中竖线表示工位分界线,数字表示工位号。

为阈值,完整地提取了种子区域。图 4 为图 3 的差分阈值处理后的二值图像,可以看出种子被完整地提取了出来。

2.4 红种判断

红种的阈值在不同的光照和摄像机参数下也会有所不同,在本实验条件下红种阈值设为 5。利用式 $R - (G + B)/2 > 5$ 可以很好地判断出红色棉种颜色区域。本研究采用统计红色区域像素点个数占整个棉种面积的比例来判断红色棉种,处理方法简单而精确。图 5 为图 3 的处理结果图像,图 5a 中第 9 工位、图 5b 中第 3 和第 8 工位、图 5c 中第 4 和第 8 工位、图 5d 中第 7 工位的红色棉种颜色区域被较好地提取了出来。

2.5 破损棉种的判断

对于外壳脱落露出白色棉仁的种子(如图 3b 中第 7 工位的种子、图 3d 中第 9 工位种子),由于白色棉仁的像素值和外壳像素值相差较大,在提取种子时,棉仁区域无法提出(图 4b 中第 7 工位、图 4d 中第 9 工位种子),在差分结果图像上棉仁区域是黑像素点,对二值图像上种子区域进行扫描,棉仁区



图 4 差分阈值处理结果二值图像

Fig. 4 Binary image

(a) 图 3a 的结果 (b) 图 3b 的结果 (c) 图 3c 的结果 (d) 图 3d 的结果

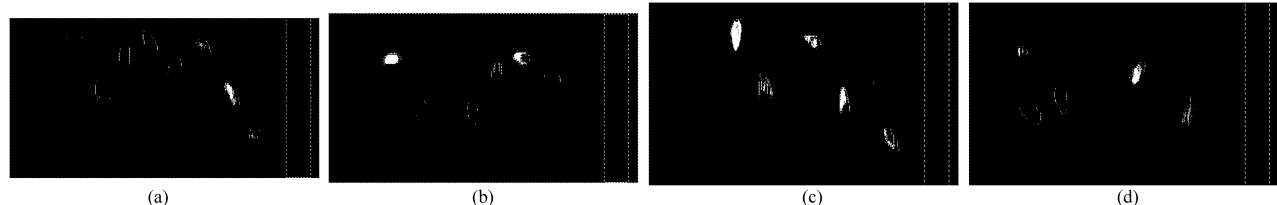


图 5 红种提取结果图像

Fig. 5 Result image of extracting red cottonseed

(a) 图 3a 结果 (b) 图 3b 结果 (c) 图 3c 结果 (d) 图 3d 结果

域的扫描线上像素值必然会发生一次以上由白像素跳跃到黑像素的情况,考虑到拍摄的种子有可能紧靠采集区域的最下端或紧靠工位边缘,此时种子区域的边缘像素是白像素,将这种情况也算作一次跳跃。本研究中进行破壳棉种的判断时,带有白色绒毛的棉种也满足判断条件,被当作破壳棉种处理了。因此,在进行棉种精选前,需要进行脱绒处理。

图 6 为图 3 的裂纹种子判断结果图像。图 3a 中的第 3 工位是裂纹种子,但是由于裂纹正好处于种子的边缘,微分处理后去除边缘像素时将裂纹像素点也去除了,所以没有被判断出来。图 3c 中第 10 工位的裂纹种子,如图 6b 所示被正确地判断了出来。

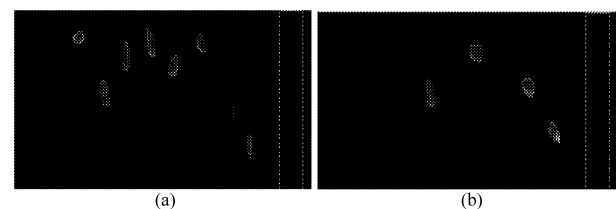


图 6 微分后去除边缘像素的图像

Fig. 6 Image of wiping off edge pixels

(a) 图 3a 结果 (b) 图 3c 结果

对已判断出是红种和破壳种子的种子区域不需要进行微分去除边缘处理,图中显示的是剩余种子的处理结果。

拍摄时,如果破损处正好处于背面,由于是单面检测,也会产生判断误差。

选取具有代表性的一段视频图像(总计 1 640 帧)

进行分析,该段视频图像包括了好种子、红色棉种、破壳种子、裂纹种子、带有白色绒毛的种子、种子偏离工位、破损处在背面或边缘处等多种情况。在该段视频中,种子判断正确率达到 94.2%,产生判断误差的主要原因是,带有绒毛的种子被当作破壳种子来处理了,种子偏离工位也带来了判断误差。因此在应用中要对种子的绒毛尽可能地去干净,同时需要进一步提高算法的鲁棒性。

3 结束语

本文首先对种子溜槽进行工位标定,得到种子所处工位。在该工位上根据背景不变的特点,将背景图像作为参考帧,通过将当前帧与参考帧差分,对差分图像进行阈值处理提取出种子的二值图像,并获取种子区域和面积。若判断出该工位有种子,则采用经验公式 $R = (G + B) / 2$ 计算原图种子区域像素值,统计大于阈值 5 的像素点个数,作为红色像素区域提取,并根据红色像素区域占整个种子区域的比例来判断红色种子。若该种子不符合红种判断条件,则利用破壳种子的破损处在提取种子二值图像时无法提出的特点,分析种子二值图像扫描线上像素点分布情况来判断破壳种子。对于均不满足以上条件的种子,对原图像种子区域的 R 分量进行微分处理并对结果图像去除边缘像素,统计剩余像素值大于 200 的像素点个数来判断裂纹种子。对上述算法进行了实验验证,结果表明该算法能够较好地判断出缺陷种子,判断正确率达到 90% 以上。

参 考 文 献

- 曹雨. 玉米精密播种技术应用的探讨[J]. 玉米科学,1998(2):60~64.
Cao Yu. Discussion on application of maize precision seeding[J]. Maize Science, 1998(2):60~64. (in Chinese)
- 胡志超,顾仁宏. 论种子清选设备国产化[J]. 中国农机化,2002(3):43~45.
Hu Zhichao, Gu Renhong. Discussion of the domestic seed-cleaning machine[J]. Agricultural Mechanization of China, 2002(3):43~45. (in Chinese)
- 袁长胜,温海江,孙鹏. 通过优化技术提高种子质量[J]. 农业装备技术,2006,32(1):15~17.
Yuan Changsheng, Wen Haijiang, Sun Peng. Improving seed quality by optimization technology[J]. Agricultural Equipment & Technology, 2006, 32(1):15~17. (in Chinese)

高,严重影响液压元件和系统的可靠性和寿命。管道长度和直径是重要的影响因素,仿真模型可以很好地指导管道参数设计,对电力系统高压开关设备液压操动机构的设计优化具有参考价值。

参 考 文 献

1 苑舜. 高压断路器液压操动机构[M]. 北京:机械工业出版社,2000.

2 Yoshio Yoshioka. Present status of power circuit breaker and its future[J]. IEEJ Trans. , 2006, 126(7):653 ~ 656.

3 魏俊梅, 林莘. SF₆ 高压断路器压力特性与机械特性耦合数值模拟[J]. 中国电机工程学报,2007, 27(15):110 ~ 116.
Wei Junmei, Lin Xin. Pressure character and mechanism character coupling computation of SF₆ high voltage circuit breaker [J]. Proceedings of the CSEE,2007, 27(15):110 ~ 116. (in Chinese)

4 李壮云. 液压元件与系统[M]. 北京:机械工业出版社,2005.

5 李洪人,陈照弟. 新的液压管路分段集中参数键图模型及其试验研究[J]. 机械工程学报,2000,36(3):61 ~ 64.
Li Hongren, Chen Zhaodi. New sectional concentrated-parameter model using bond graphs for hydraulic pipelines [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2000,36(3):61 ~ 64. (in Chinese)

6 Thanapong Suwanasri. Investigation on no-load mechanical endurance and electrical degradation of a circuit breaker model under short circuit current interruption[D]. Rheinisch Westfälischen; Technischen Hochschule University, 2006.

7 孙海平, 邓景流. 液体弹性模量和异管径连接面对压力瞬变影响[J]. 华南理工大学学报,2000,28(6):100 ~ 104.
Sun Haiping, Deng Jingliu. The effect of fluid bulk modulus and the pipe junction with different diameters on pressure transients[J]. Journal of South China University of Technology,2000,28(6):100 ~ 104. (in Chinese)

8 杨务滋, 王长春. 管路效应对液压冲击器性能影响的研究[J]. 机床与液压,2008,36(5):73 ~ 75.
Yang Wuzi, Wang Changchun. The influence of pipeline effects on the performance of hydraulic impactor[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2008, 36(5):73 ~ 75. (in Chinese)

9 田树军,张宏. 液压管路动态特性的 Simulink 仿真研究[J]. 系统仿真实报,2006,18(5):1 136 ~ 1 138.
Tian Shujun, Zhang Hong. Study on simulation of hydraulic pipelines' dynamic characteristic by Simulink software [J]. Journal of System Simulation,18(5): 1 136 ~ 1 138. (in Chinese)

(上接第 171 页)

4 朱江丽,李景彬,坎杂. 新疆兵团脱绒棉种分选现状及发展趋势[J]. 农机化研究,2008(1):216 ~ 219.
Zhu Jiangli, Li Jingbin, Kan Za. The simple analysis of the current situation and the development tendency of sorting cotton seed which escaping the fabric in Xinjiang production and construction corps [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008(1):216 ~ 219. (in Chinese)

5 史建新,王庆惠,宋玲. 新型介电式棉种分选机的设计与试验[J]. 农机化研究,2007(10):128 ~ 130.
Shi Jianxin, Wang Qinghui, Song Ling. Design and experiment on the new type dielectric separator of cotton seeds [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2007(10):128 ~ 130. (in Chinese)

6 温强,胡明明,桑楠. 基于彩色线阵 CCD 的大米色选算法[J]. 农业机械学报 2008,39(10):105 ~ 108.
Wen Qiang,Hu Mingming, Sang Nan. Color sorting algorithm based on color linear CCD [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(10):105 ~ 108. (in Chinese)

7 Luo X, Jayas D S, Symons S J. Identification of damaged kernels in wheat using a color machine vision system[J]. Journal of Cereal Science, 1999,30(1):49 ~ 59.

8 陈兵旗,孙明. 实用数字图像处理与分析[M]. 北京:中国农业大学出版社,清华大学出版社,2008.

9 赵晓霞,陈兵旗,张铁中,等. 类圆果实图像的分选测量算法研究[J]. 安徽农业科学, 2008,36(19):8 226 ~ 8 228, 8 236.
Zhao Xiaoxia, Chen Bingqi, Zhang Tiezhong, et al. Study on the fruits recognition algorithm for peach picking robots [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008,36(19):8 226 ~ 8 228, 8 236. (in Chinese)