

DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20190224

速冻青豆残次品在线检测与剔除系统

王佳乐, 王永强, 周聪玲
(天津科技大学机械工程学院, 天津 300222)

摘要: 采用机器视觉技术提取速冻青豆的颜色和形状特征, 并设计了残次品在线检测与剔除系统, 包括均匀铺料系统、输送装置以及图像处理装置. 铺料系统中的尼龙板输送带上设计有矩阵分布式沉头孔, 调节传送带的倾角可实现青豆的均匀有序排列. 上位 PC 机中的图像采集处理系统实现针对青豆外观残次品的识别与定位, 通过串口通信将位置信息传递给下位 PLC, 驱动多点并列电磁阀控制多路高压气流的通断, 完成残次品的在线剔除. 实验证明: 该系统能够有效地识别速冻青豆中的残次品并实现在线同步剔除.

关键词: 速冻青豆; 残次品; 图像处理; 缺陷检测; 在线剔除

中图分类号: TP274 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2020)05-0056-04

Online Detection and Elimination of Unqualified Frozen Green Beans

WANG Jiale, WANG Yongqiang, ZHOU Congling

(College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: Machine vision technology was used to get the color and shape features of quick-frozen green beans and an on-line detection and elimination system for unqualified products was designed, including a uniform paving system, a conveying device and an image processing device. A matrix distributed countersunk head hole was designed on the nylon plate conveyor belt in the paving system. The uniform and orderly arrangement of green beans can be realized by adjusting the inclination of the conveyor belt. The image acquisition of the processing system in the upper PC can help recognize and locate the unqualified green beans. Through serial communication, the above information is transmitted to the lower PLC which drives the multi-point parallel solenoid valve to control the multi-channel high-pressure air flow interruption and complete the online rejection of the unqualified products. Experiments show that the system can work effectively and thus realize online synchronous elimination of unqualified quick-frozen green beans.

Key words: frozen green beans; imperfections; collection of images; defect detection; online rejection

速冻青豆是对成熟青豆去壳、清洗、水煮熟化、沥水、冷冻后形成的颗粒椭球状产品, 其中混有颜色和形状不合格的残次品, 在产品包装前需要筛选剔除^[1]. 目前行业内主要是人工挑选来完成, 标准难以量化, 筛选过程效率低, 同时由于视觉疲劳会导致错选和漏选.

随着机器视觉检测技术已被广泛应用于在线自动检测中^[2-9], 本文利用机器视觉技术对青豆残次品进行在线检测识别. 通过系统结构设计, 实现了青豆的自动有序排列, 同时结合颜色信息和形状特征完成

残次品青豆的快速识别定位, 再利用 PLC 驱动多路电磁阀控制高压气流的通断, 将识别出的残次青豆予以剔除.

1 系统结构及工作原理

1.1 系统结构设计

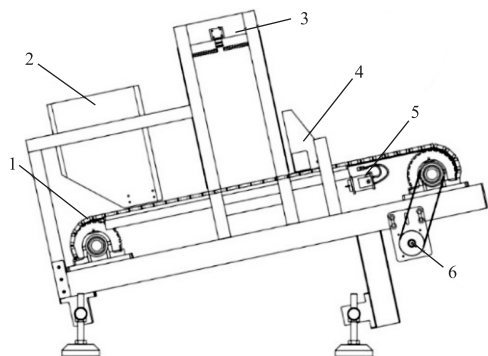
系统整体结构包括上料铺料、采集图像和残次品剔除三部分(图 1). 入料斗上端为矩形, 下端呈楔形, 便于青豆集中落入同步输送带并实现单层平铺.

收稿日期: 2019-08-26; 修回日期: 2019-11-30

基金项目: 天津市科技计划资助项目(17YFNZNC00180)

作者简介: 王佳乐(1992—), 男, 河北邢台人, 硕士研究生; 通信作者: 王永强, 教授, wangyq@tust.edu.cn

根据速冻青豆的外形以及单粒识别剔除的需要, 传输装置采用若干尼龙链板与同步带相结合的方式, 在尼龙链板上均布沉头孔, 便于定位剔除青豆. 每片尼龙链板的两端分别有两个定位孔与同步带固定, 其中心部分左右分别对称设计有 2 行, 每行 15 个, 共 30 个沉头孔, 呈矩阵式均匀分布, 如图 2 所示.



1. 同步带; 2. 入料斗; 3. 图像采集装置; 4. 残次品收集装置;
5. 电磁阀体; 6. 伺服电机

图 1 整体结构图

Fig. 1 Overall structure

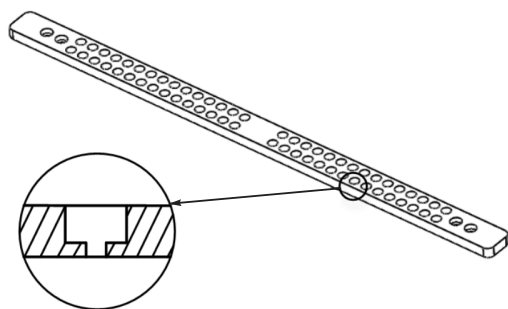


图 2 尼龙链板沉头孔示意图

Fig. 2 Sketch of nylon plate countersunk hole

图像采集装置位于输送带的法向正上方, 采用半封闭式漫反射白色灯箱、同轴正光照射方式, 避免青豆下方出现阴影. 为了有效提高识别效率, 采用并列的两台彩色相机分别采集输送带左右两侧的对应该区域, 可有效提高在线识别的效率和精度. 根据式 (1), 最终选定镜头焦距为 8 mm.

$$f = \max\left(\frac{l \times D}{L}, \frac{w \times D}{W}\right) \quad (1)$$

式中: f 为镜头焦距; L 为图像采集区的长度; W 为图像采集区的宽度; D 为相机与传送带的高度; l 和 w 为 CMOS 芯片的长度和宽度.

在上位 PC 机完成图像采集处理后, 将残次品青豆的位置信息发送到下位 PLC 中, 控制尼龙链板对应位置沉头孔下方高压气管路中的电磁阀开启, 利用高压喷嘴完成残次青豆的剔除. 特制的排列式喷气

嘴间距确保和尼龙链板上的排列孔间距一一对应. 电磁阀采用一进十六出的连体阀, 简便易控. 剔除方案如图 3 所示.

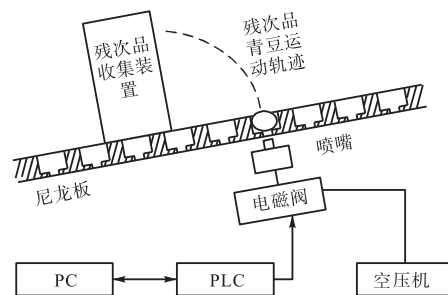


图 3 残次青豆剔除示意图

Fig. 3 Schema of eliminating unqualified green beans

1.2 信息编码与剔除

为了实现对残次品的准确剔除, 本文利用青豆的矩阵式分布, 对其进行位置信息的编码. 具体的编码过程如下: 图像处理过程中, 将尼龙链板上每个沉头孔内的青豆残次品设定为“1”, 合格品设定为“0”. 由于每台相机采集图像中每行均分布 15 粒青豆, 即可生成 15 位的信息编码. 在串口传输中需将其转换成十六进制, 所以在最高位补 0, 从而每行可以编码成 4 个十六进制数, 如图 4 所示. “+”代表残次青豆, 其余为合格青豆, 再利用 Modbus 协议进行串口通信, 将信息码传递到下位 PLC 中.

由于伺服电机的脉冲数与青豆运行速度成正比, 且喷嘴与图像采集区的距离固定, 可以计算出所需脉冲数. PLC 通过计算脉冲数可以确定青豆的位置, 进而将编码信息赋值给其输出端口, 控制电磁阀实现对残次品的准确剔除.

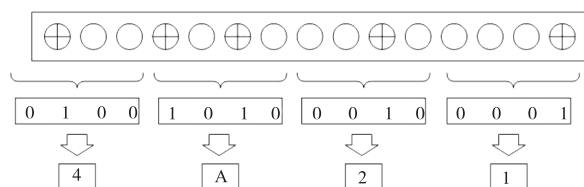


图 4 青豆残次品剔除信息编码

Fig. 4 Information coding of eliminating unqualified green beans

2 残次品特征识别

图 5 所示分别为合格青豆、腐坏青豆和破损青豆. 速冻青豆合格品颜色较均匀, 椭球形状, 较规则; 残次品的主要缺陷表现在表面颜色明显变深或者破损.

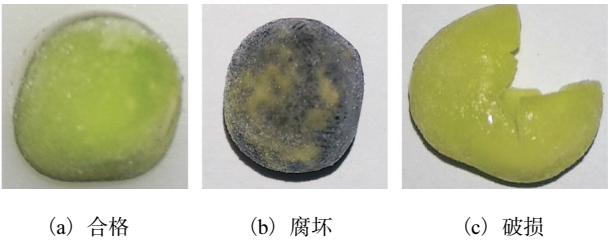


图5 速冻青豆类型
Fig. 5 Frozen green beans

2.1 颜色特征识别

$I_1I_2I_3$ 彩色模型是根据模式识别的分类理论产生的特征,见式(2)一式(4). 它的颜色分割效果和 $K-L$ 变换的分割结果相当^[10], 利用其对青豆彩色图像进行 I_1 、 I_2 、 I_3 通道的分离,可观察出腐坏青豆与合格青豆的明显差异. 如图 6 所示, I_1 通道下可以明显区分合格青豆和腐坏青豆,而 I_2 、 I_3 通道下对腐坏青豆的处理效果较差.

$$I_1 = (R + G + B) / 3 \tag{2}$$

$$I_2 = (R - B) / 2 \tag{3}$$

$$I_3 = (2G - R - B) / 3 \tag{4}$$

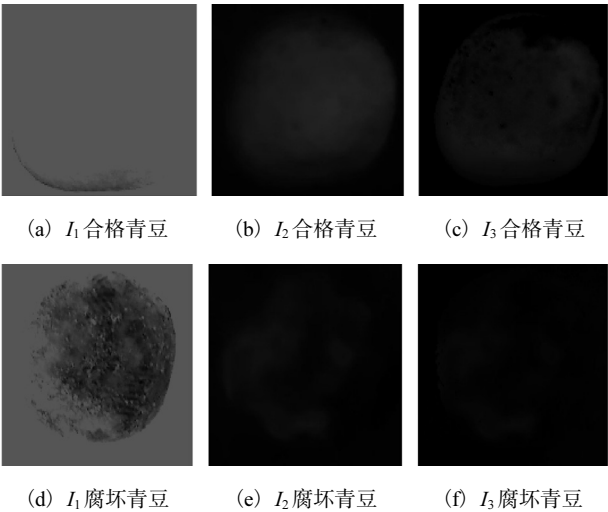


图6 I_1 、 I_2 、 I_3 通道下的青豆处理效果
Fig. 6 Green beans processed in I_1 , I_2 and I_3 channels

在对 I_1 通道进行分离后,可利用自动阈值获取全局二值图像,图像中黑色像素占比小于 10% 为合格品,反之则为腐坏青豆,由此快速识别图像中的青豆是否合格,并给出相应的信息码,“0”为合格品,“1”为残次品. 由于尼龙链板上的沉头孔是矩阵式有序排列,其世界坐标与其图像中的坐标可以预先标定,因此对于图像中的任意青豆均可计算出其世界坐标下的位置信息,将得到的这些信息存储在数组 $Array1$ 中. 具体流程如图 7 所示,其中 $Area_r$ 为腐

坏面积.

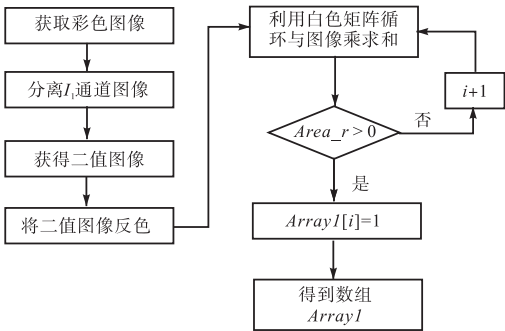


图7 提取腐坏青豆流程图
Fig. 7 Process of identifying rotten green beans

2.2 形状特征识别

速冻青豆的形状特征主要包括青豆投影轮廓的面积、周长、圆形度和圆满度^[11], 其中圆形度和圆满度是检测速冻青豆是否合格的依据. 圆形度 R_0 是指速冻青豆与圆形的相似程度,圆满度 S_A 指的是速冻青豆的面积与其外接圆的面积比,见式(5)和式(6) (其中 P 为周长, L 为长轴长, A 为面积). 通过 HSI 彩色模型的单通道分析发现,只有 S 通道下的青豆轮廓较为清晰, S 为饱和度,指的是颜色的深浅程度,颜色越深,饱和度越高; H 和 I 通道均不能完整体现青豆轮廓信息. 因此,在 S 通道下进行单粒青豆的分离. 利用 Canny 算子求取青豆边缘,再通过图像填充获取青豆周长像素和面积像素,如图 8 所示; 残次青豆和合格青豆的圆形度和圆满度,见表 1.

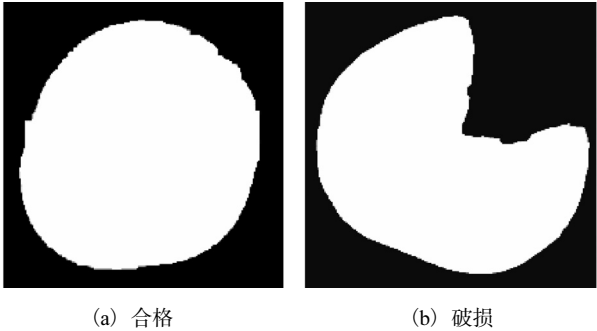


图8 形状填充后的青豆
Fig. 8 Shape-filled green beans

表1 合格青豆和破损青豆形状参数
Tab. 1 Shape parameters of good and broken green beans

青豆品质	面积/像素	周长/像素	长轴长/像素	圆形度	圆满度
良好	1 626	129	47	0.614	0.938
破损	1 371	192	56	0.234	0.557

通过对随机选取的破损青豆进行统计,求得圆形

度和圆满度的阈值 R_d 、 R_m (见图 9 流程图), 同时作为判定的依据. 形状识别的具体流程如图 9 所示, 所提取的形状特征见表 1. 系统最终将数组 $Array2$ 传递给 PLC. 由于数组 $Array2$ 为只有 0 和 1 的一维数组, 即合格品和残次品的排列顺序, PLC 根据 $Array2$ 中内容实现对残次品剔除.

$$R_o = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (5)$$

$$S_A = \frac{4A}{\pi L^2} \quad (6)$$

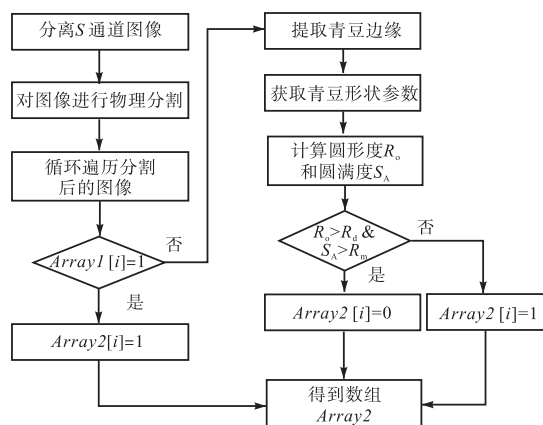


图 9 提取破损青豆位置流程图

Fig. 9 Process of locating damaged green beans

3 实验

选取速冻青豆 2000 粒, 分成 4 组 (每组 500 粒), 各组中合格、腐坏、破损青豆的数量不同, 依次将每组青豆样本混合后放入料斗内进行实验, 考核系统识别和剔除的正确率. 实验中, 同步带的运行速度为 0.20 m/s, 相机分辨率为 1280×960 , 整体结构倾角为 10° , 结果见表 2. 本系统的检测效率可以达到 400 kg/h. 在线识别与剔除的正确率达到 99.3% 以上, 其中破损的青豆相比腐坏的青豆更难于剔除. 其原因: 一是单粒青豆的破损程度对特征阈值的选取有影响; 二是破损面影响高压气流的“吹出”.

表 2 实验结果

Tab. 2 Results of the experiment

序号	合格品/ 个	腐坏青 豆/个	破损青 豆/个	剔除残 次/个	正确率 /%
1	400	50	50	100	100
2	300	100	100	199	99.5
3	200	150	150	298	99.3
4	100	200	200	399	99.8

4 结 语

本文提出并设计了一套基于机器视觉的速冻青豆残次品在线检测与剔除系统. 通过对青豆颜色特征和形状特征的分析, 对残次品进行快速识别定位, 并将所生成的剔除信息编码传递给 PLC 控制系统, 利用集成式多点高压气流喷嘴, 实现残次品的剔除. 该装置不仅能够检测速冻青豆, 对其他球形、椭球形产品也可以进行相关检测, 具有广泛的适应性. 该系统性价比高, 可替代人工完成速冻青豆残次品的筛选, 具有经济效益和应用价值.

参考文献:

- [1] 刘艳杰. 解读现代粮食作物农业生产方式发展战略[J]. 农民致富之友, 2018(19): 207.
- [2] 刘广洲, 袁兴, 陆延年. 基于高速皮带烟叶压风的烟草异物智能剔除系统的研究[J]. 科技创新导报, 2017, 14(13): 82-83.
- [3] Zayas I, Flinn P W. Detection of insects in bulk wheat samples with machine vision[J]. Trans of the ASAE, 1986, 41(3): 883-888.
- [4] 邢士元, 刘艳秋, 郑元松. 基于机器视觉的海产品外观品质分级方法[J]. 大连工业大学学报, 2017, 36(2): 147-150.
- [5] Habib M T, Maunder A, Jakaria A Z M, et al. Machine vision based papaya disease recognition[J]. Journal of King Saud University: Computer and Information Sciences, 2018, 11(3): 24-27.
- [6] Su Q, Kondo N, Li M, et al. Potato feature prediction based on machine vision and 3D model rebuilding[J]. Computers & Electronics in Agriculture, 2017, 137(C): 41-51.
- [7] 路丹丹, 王永强, 詹海翔, 等. 机器视觉油炸鱼豆腐外观缺陷识别与剔除系统[J]. 天津科技大学学报, 2018, 33(1): 61-65.
- [8] Momin M A, Yamamoto K, Miyamoto M, et al. Machine vision based soybean quality evaluation[J]. Computers & Electronics in Agriculture, 2017, 140: 452-460.
- [9] 李春胜, 王蔚, 李娜. 青豆检测机的设计[J]. 价值工程, 2012, 31(3): 288-289.
- [10] 曾勇, 李楠, 卢贤票. 一种针对于行人及车辆图片的自动彩色化模型[J]. 汽车实用技术, 2018(3): 12-15.
- [11] 刘骥, 曹凤莲, 甘林昊. 基于叶片形状特征的植物识别方法[J]. 计算机应用, 2016, 36(2): 200-202.

责任编辑: 郎婧