

红枣自动快速无损检测分级机研究*

王松磊^{1,2} 刘民法¹ 何建国^{1,2} 贺晓光¹ 吴龙国¹

(1. 宁夏大学农学院, 银川 750021; 2. 宁夏大学土木与水利工程学院, 银川 750021)

摘要: 设计了基于机器视觉技术的红枣自动快速无损检测分级机, 可依据枣果外部综合指标进行判别分级。整机由单体化定向排布输送系统、多表面图像采集与处理系统、分级执行机构、传动及控制部分组成。根据整机工作原理, 采用辊轮输送链板与间歇式凸轮拨枣机构相结合的方式, 实现枣果快速单体化排布输送, 利用工业相机与STM32嵌入式系统配合正面及背面光源进行枣果多表面图像采集, 采用气动式分级执行机构完成枣果分级。理论计算与试验表明: 输送带最佳倾角为 28° , 当运行速度为 160 mm/s 时, 输送带驻枣率为95%, 分级速度达10个/s, 分级准确率92%, 最大产能 550 kg/h , 可较好满足红枣自动化快速检测分级生产要求。

关键词: 红枣 自动分级机 无损检测 设计

中图分类号: S24; S226.9; S665.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)09-0079-05

引言

从果园采收的枣果, 大小混杂, 品质参差不齐, 直接上市销售严重影响枣农经济利益和消费者的权益。因此研发红枣采后快速自动化无损检测分级设备, 及时剔除腐烂损伤红枣, 实现优质优价成为产业发展的关键。当前果品分级设备主要有大小分级机、重量分级机、外部综合品质分级机及成熟度分级机等^[1-9]。大小分级机主要以机械式为主, 常用设备为滚筒或丝杠式分级机^[10], 此装置结构简单, 成本较低, 分选效率较高, 适用于球形和近似球形果品的分选; 重量分级机主要有机械式和电子称量式分选机; 外部综合品质分级机是按水果的大小、表面缺陷、色泽、形状、成熟度等进行分级, 分级方法包括光电式色泽分级和机器视觉检测分级, 其中机器视觉检测分级技术装备已成为国外研发主流, 并得到广泛应用^[11-17], 国外已开发出在 3 m/s 运行速度的输送带上识别 1 mm 大小果品缺陷的分级设备, 分级速度达12个/s, 分级指标包括重量、颜色、大小形状、缺陷等, 可处理柑橘、苹果、猕猴桃、小番茄、樱桃等十余种水果; 国内浙江大学等已开发出针对柑橘等大型果的智能化实时检测与分级生产线, 但鲜食枣果相关无损检测设备尚未见报道, 现有技术难以满足红枣产业发展快速分级需求, 因此本文开发快速、精确、自动化程度高的红枣无损检测分级设备。

1 总体设计方案

1.1 技术要求

利用机器视觉技术对果品进行无损检测分级, 具有实时、客观、无损、智能、单次多指标检测等优点, 因此基于机器视觉技术, 研制红枣自动化无损检测分级机。课题研究设备主要针对鲜红枣分级, 试验对象选用鲜食红枣中具有代表性的宁夏灵武玛枣, 横径 $15\sim 35\text{ mm}$, 长度 $30\sim 60\text{ mm}$, 单果质量 $15\sim 40\text{ g}$; 鲜枣皮薄质脆易损伤, 需人工采摘, 去除枣叶后分级; 红枣保鲜期为 $7\sim 10\text{ d}$, 故采摘后应尽快分级并装箱预冷, 以保证红枣新鲜度。玛枣呈椭球体, 表面凹凸不平, 成熟时表面红、绿、黑多色相间, 独特的果斑对图像识别干扰较大, 不易与背景分离, 因此, 试验中轮廓的提取与大小、形状识别在背光源下完成, 颜色及表面损伤图像在正面光源下用高分辨率工业相机获取, 同一红枣应获取多个表面图像, 便于全面准确评价。

1.2 整机结构及工作原理

整机主要由红枣自动化整理排布输送系统、多表面图像采集与处理系统、分级执行机构、传动系统及控制部分组成, 具体结构如图1所示。其结构及工作原理为: 输送系统由两条节距为 15.875 mm 的同步306材质不锈钢链条传动, 链条侧挡板中间固定辊轮形成辊轮输送带, 采摘的鲜红枣由人工倒入

收稿日期: 2014-04-22 修回日期: 2014-05-20

*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAF07B06)

作者简介: 王松磊, 博士生, 讲师, 主要从事食品机械与自动化控制及农产品无损检测研究, E-mail: wangsonglei163@126.com

通讯作者: 何建国, 教授, 博士生导师, 主要从事农业工程自动化装备、农产品无损检测研究, E-mail: hejg@nxu.edu.cn

料斗, 辊轮自身有一定弧度, 相邻两辊轮形成一个凹坑弧, 凹坑大小恰能使一颗红枣稳定定位; 辊轮输送带在红枣向上提升段有一合适角度, 可使稳定定位的红枣随输送带向上提升, 非稳定位置的红枣向下滑落; 辊轮输送带下面装有柔性搓动装置, 与辊轮产生摩擦, 使其在运行过程中不断旋转, 辊轮又搓动红枣, 部分红枣在旋转过程中逐渐稳定于两辊轮间势能最低位置, 因两辊轮凹坑弧间仅能容纳一颗红枣稳定定位, 其它稳定性较差的红枣则沿辊轮输送带斜面向下滚落, 重新寻找稳定位置。稳定定位的红枣排布方向一致, 随输送带进入图像采集区, 图像采集区有两套图像采集装置和光源, 红枣先进入背光源区域, 提取枣果大小形状及轮廓特征, 后进入正面光源图像采集区, 正面光源图像采集区辊轮下方同样安装有柔性搓动装置, 使红枣在输送过程中不断旋转, 摄像机可多次拍摄同一红枣的不同表面。图像信息输送给计算机, 经软件分析后, 即可得到红枣多表面大小、形状、颜色、损伤等信息; 最后利用信息融合技术分析得到红枣外部综合品质等级。计算机控制气动式分级执行机构, 当红枣被输送至相应等级通道时, 喷气嘴把红枣送入分级通道完成分级。该系统在链轮轴上安装感应链轮和传感计数器, 传动链每走过 2 个链节, 传感器计数触发一次, 触发信号可控制 CCD 相机进行图像采集, 计数器可控制分级执行机构在相应等级位置通道处产生分级动作。

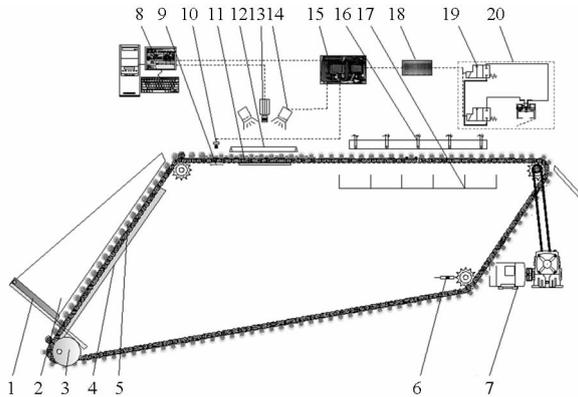


图1 红枣自动分级机结构原理图

Fig. 1 Structure and schematic diagram of jujubes automatic grader

1. 上料斗 2. 辊轮输送带 3. 上料推动装置(凸轮) 4. 柔性搓动装置 5. 辊轮搓动装置 6. 传感计数器 7. 传动系统 8. 计算机图像处理系统 9. 机器视觉背光源 10. OV7670 型摄像头 11. 柔性搓动装置 12. 90°角反光镜 13. 工业相机 14. 正面光源 15. 固态继电器电路 16. 喷气嘴 17. 分级通道 18. 接口电路 19. 气动电磁阀 20. 分级执行系统

控制部分主要由计算机(PC)、摄像头、图像采集卡、位置传感器、I/O 接口电路、数字逻辑控制电路、继电器控制电路等组成。

2 关键部件原理设计及分析

2.1 单体化定向排布输送系统

2.1.1 辊轮形状设计与红枣受力分析

根据整机工作原理及完成动作要求, 辊轮成对安装在一根杆件上可自由转动, 辊轮靠近链条一端与搓动装置摩擦而旋转, 为保证枣果转动效果, 辊轮摩擦端粗径应尽可能大以增大转动力矩, 但前后两辊轮应有一定间隙, 辊轮中间部位为凹坑弧, 另一端为斜面, 便于势能较高稳定性差的枣果从斜面滑道下落, 两辊轮中间固定三角形隔板, 具体结构如图 2 所示。

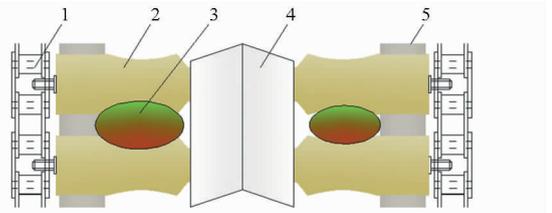


图2 辊轮结构图

Fig. 2 Structure diagram of roller

1. 传动链 2. 辊轮 3. 红枣 4. 三角隔板 5. 柔性搓动装置

辊轮尺寸主要依据枣果外形椭球体形状设计, 传动链节距为 15.875 mm, 两辊轮之间占 2 个节距长度, 辊轮中部为凹坑弧, 正常枣果型长径为 30 ~ 60 mm, 横径在 18 ~ 35 mm 之间, 凹坑弧长度取枣果下限尺寸, 凹坑弧最低点与枣果接触, 并搓动枣果旋转。为保证横径最大的红枣在图像采集区 4 个拍照位置能旋转一周, 依据角速度相同, 辊轮粗径端周长 l 与横径最大的红枣周长 l' 之比, 应等于辊轮粗径 R_b 与细径 R_s 之比, 即

$$\frac{l}{l'} = \frac{R_b}{R_s} \quad (1)$$

2.1.2 辊轮输送带倾斜角度计算

辊轮输送带倾斜角度设计应使势能较高、稳定性差的枣果在重力作用下滑落, 而稳定定位于辊轮间的枣果则随输送带向上输送, 为此, 对枣果在斜面辊轮输送带上受力情况进行分析。图 3a 所示为处于辊轮凹坑内稳定定位枣果下滑极限角度受力分析, 图 3b 为辊轮凹坑外下落通道枣果下滑极限角度, 设计输送带倾角应在 2 个极限角度之间, 并通过试验得出。

两辊轮中心间距 $l_{0_1 0_2} = 31.75$ mm, 枣果稳定定位于辊轮间, 枣果中心至辊轮中心间距 $l_{0_1 0_3} = l_{0_2 0_3} = 29$ mm, 则由余弦定理得 $\angle O_1 O_2 O_3$ 余弦为 0.4, 即 $\angle O_1 O_2 O_3$ 为 66° , 则 $\beta = 57^\circ$ 。

由受力平衡方程得

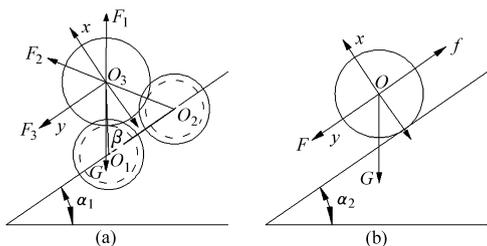


图3 枣果在辊轮输送带斜面上受力情况分析

Fig.3 Stress analysis to jujubes on the inclined roller conveyor

- (a) 稳定定位枣果下滑极限角度 α_1
- (b) 稳定性差枣果下滑极限角度 α_2

$$\begin{cases} \sum X = 0 \\ \sum Y = 0 \end{cases}$$

即
$$\begin{cases} F_1 \cos 33^\circ + F_2 \cos 33^\circ = G \\ F_1 \cos 57^\circ - F_2 \cos 57^\circ = G \sin \alpha_1 \end{cases} \quad (2)$$

当枣果处于向下滑落极限时, O_2 辊轮对枣果支撑力为 0, 即 $F_2 = 0$, 枣果质量按 40 g 计算, 得 $F_1 = 0.39$ N, 即 $\alpha_1 \approx 39.6^\circ$ 。

对下落通道中枣果进行受力分析, 最小倾斜角度应保证枣果顺利下滑, 列平衡方程得

$$G \sin \alpha_2 = G \mu \cos \alpha_2 \quad (3)$$

摩擦因数 μ 通过弹簧拉力计测得, 取值为 0.4,

则 $\frac{\sin \alpha_2}{\cos \alpha_2} = 0.4, \alpha_2 = 22^\circ$ 。

输送带倾角 α 满足 $\alpha_2 < \alpha < \alpha_1$ 。

2.1.3 间歇式凸轮拨枣机构

枣果堆积的料斗底部与辊轮输送带衔接部分是逐渐减小的, 因此红枣从料斗进入输送带容易出现架桥现象, 阻止红枣进入辊轮输送带, 因此试验设计凸轮拨枣机构, 以间歇式向前缓推, 破坏枣果稳定的架桥现象。拨枣机构采用盘形凸轮, 固定于传动链轮轴上以等角速度顺时针转动, 偏心距为 30 mm, 通过杆件推动料斗底板往复运动。为了降低底板对枣果挤压造成的损失, 凸轮设计主要以正弦加速度为主, 尽量避免等速运动及等加速、等减速带来的刚性或柔性冲击, 从动件运动规律为: 当凸轮转过 120° 时, 从动件以正弦加速度运动规律向前推 30 mm, 凸轮再转 30° 时, 从动件静止不动, 凸轮再转 150° 时, 从动件以等加速、等减速运动规律回补原处, 其余 60° 时, 从动件静止不动。

2.2 图像采集及控制

枣果表面红、绿、黑多色相间, 图像处理过程中不利于背景分割, 因此采用两套光源与相机系统采集图像。为保证精确提取枣果大小轮廓信息, 采用背光源与 STM32 嵌入式开发系统配套的 OV7670 型

摄像头提取枣果轮廓信息, 摄像头通过标准 SCCB (串行摄像控制总线) 接口与单片机连接, 在图像采集程序设计中首先采用初始化程序对 SCCB 接口、OV7670 型摄像头、FIFO 缓存器及 AL422B 存储器等进行初始化, 依据 VSYNC (垂直同步脉冲信号) 产生中断控制 FIFO 读入图像数据, 并将图像转换为数字信号存储在 AL422B 里, 随后 STM32 将数字图像提取出来, 处理结果由 LCD 屏显示并送入计算机; 正面光源区域采用 MV-300UC 型工业相机, 该相机分辨率为 2 048 像素 \times 1 536 像素, 像元大小 $3.2 \mu\text{m} \times 3.2 \mu\text{m}$, 曝光时间 $100 \mu\text{s} \sim 2 \text{s}$, 具有清晰度高、色彩还原好、信噪比高等特点, 可用于获取枣果表面颜色、缺陷等信息, 采集得到信息直接送入计算机。与 STM32 送入信息进行综合分析处理后输出最终等级结果, 通过单片机 I/O 接口电路及继电器电路, 控制分级执行机构完成分级。图像采集及控制系统原理如图 4 所示。

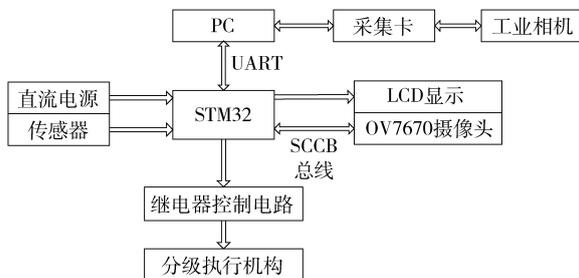


图4 控制部分设计原理图

Fig.4 Schematic diagram of control system

2.3 气动式分级执行机构

枣果与苹果、柑橘等大型果相比, 个体较小, 采用机械方式分级所需机构设计精度及成本较高, 因此可采用高压气体喷射式分级执行机构来完成分级。整机输送系统生产速度设定为 5 个/s, 输送带运行速度为 160 mm/s, 气动式分级执行机构电磁阀动作频率为 5 次/s, 高压喷嘴在红枣运行到喷嘴正对位置时动作, 电磁阀动作时间设定为 100 ms, 即枣果受高压气体喷射后产生水平位移为 100 mm, 枣果获得加速度 $a = 1 \text{ m/s}^2$, 以横截面积最大及质量最大枣果 (横径 35 mm, 质量 40 g) 为例计算, 气体喷射面积 $s = 9.61 \text{ cm}^2$, 喷气孔面积约 1 mm^2 , 由压强公式与加速度公式可得

$$p = \frac{F}{s} = \frac{ma}{s} \quad (4)$$

枣果横截面所承受压强 41.62 Pa, 所以喷气嘴内压强约为 0.4 MPa, 考虑喷气系统具有一定的压强损失, 试验确定当气缸内压强不低于 0.5 MPa 时可稳定满足气动式快速分级要求。

分级通道结构设计如图 5 所示, 分级通道为立

体结构,喷气嘴安装于并行双路输送带中间,成对安装,分别向左右输送带上的果品喷射高压气体。分级通道为多个独立通道,可满足不同等级果品输出,安装于输送带两侧,正对喷气嘴。分级通道入口处安装多层柔性条状材料,可有效衰减果品动能,防止其与通道侧壁碰撞而损伤或反弹,输送带左右两边上同一等级果品落入下方同一个分级通道,并从整机一侧输出。

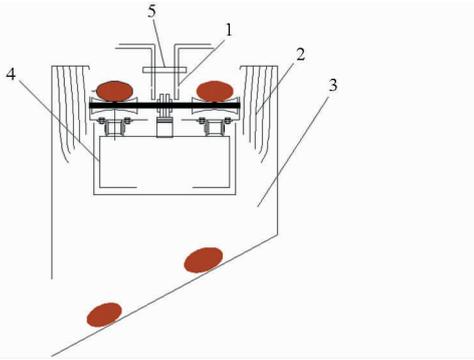


图5 立体分级通道结构图

Fig. 5 Structure diagram of stereo grading channel

1. 喷气嘴 2. 柔性动能吸收材料 3. 分级通道 4. 输送链板支撑架 5. 喷气嘴固定架

3 样机试验及性能分析

3.1 试验方法

样机设计完成后在宁夏灵武市灵武玛枣生产基地进行性能试验,选用人工采摘新鲜玛枣,拣出枣叶等杂物,并由人工辅助倒入上料斗。

3.1.1 枣果排布整理效果及分级执行机构效果试验

以输送带倾角 30° (斜面低端高度46 cm)时高度为基准位置,以2 cm为单位,上下调节输送带角度,计算出不同角度时辊轴输送带凹坑位置驻枣率、空枣率及重枣率来评价角度位置优劣;比较凸轮拨枣机构正常工作时及去除拨枣机构时输送带工作情况;记录枣果在分级执行机构反应速度及枣果进入分级通道的情况;检查枣果分级后的损伤情况,试验各重复1次。

3.1.2 辊轮翻转效果试验

选择200颗大小、形状差异显著的玛枣作为研究对象,沿红枣转动方向划分4个区域,每区域 90° ,标记为A、B、C、D,用摄像机记录枣果在连续翻转过程中A、B、C、D出现的概率,评价枣果旋转效果。

3.1.3 总体分级效果试验

随机选择600个枣果样品,先经人工确定等级,其中特等枣果130个,一等枣果130个,二等枣果130个,异型枣果50个,表面绿面积超过20%的枣

果60个,表面损伤枣果100个,然后由设备进行分级,确定分级准确率及生产能力,重复1次。

3.2 试验效果及分析

输送带斜面低端高度42 cm时,1200个枣果正常排布1145个,驻枣率为95.4%;空枣位45个,空枣率3.7%;一个凹坑弧位置有2个枣果位置10个,重枣率0.8%,此位置测量计算输送带角度为 28° 时整理排布效果最佳。倾角 28° 时排布整理系统实物效果如图6所示。

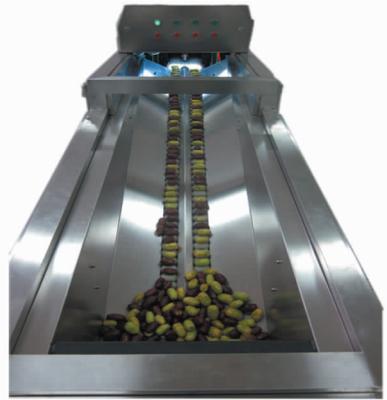


图6 输送带上枣果排布整理效果

Fig. 6 Conveying arrangement renderings of jujubes

执行机构利用无油空压机作为气源,当气压在0.5~0.8 MPa时,枣果可按照设定要求,吹入相应的等级通道,当气压在0.4~0.5 MPa时,有6个特大号枣果落在通道入口处,不能正常进入分级通道,错误率0.5%,因此空压机压差继电器工作压力可设定为低于5个大气压时即启动;枣果按照操作规程多次试验,过程中无损伤现象发生,无损率为100%。枣果翻转效果试验中,辊轮主要依据个体较大枣果设计,个体较小枣果翻转效果难以保证,部分灵武玛枣表面凹凸不平,形状不规则,翻转效果较差。经统计试验选用200个有标记的枣果,摄像机仅采集到1个标记的枣果有3个,采集到2个标记的有5个,采集到3个标记的有31个,采集到4个标记的有161个,采集完整率为80.5%。采用分级设备分级,其中558个枣果与人工分级结果一致,准确率达92%。整机生产能力约550 kg/h。产生等级误判的主要原因是图像采集过程受枣果翻转及排布影响,多个枣果重叠或立于辊轮凹坑内。试验表明该机整体性能稳定,功能及生产能力达到预期设计要求,能够满足企业生产需求。

4 结论

(1)结合枣果产业化生产需求,完成了红枣自动无损检测分级机的设计与研制,确定各环节工艺设计参数,分级标准包括大小形状、颜色、表面损伤,

综合指标检测准确率达 92% 以上, 产能 550 kg/h, 可替代当前人工分级, 提高卫生质量标准, 该机结构简单, 机构设计合理, 运输方便, 占用空间小, 具有较低的能耗和较高的识别精度。

(2) 利用低势能高稳定性原理, 结合最佳输送倾斜角度设计, 设计研制出辊轮自旋转系统, 并辅助以凸轮拨枣机构, 有效解决了枣果单体化定向排布输送

问题, 并利用自旋转装置实现枣果多表面图像采集。

(3) 采用 STM32 嵌入式开发系统与 PC 工业相机采集系统相结合, 配合背光源与正面光源, 解决了枣果轮廓精确提取及高速在线状态下综合指标检测识别; 对分级执行机构进行改进, 设计确定气动式分级执行系统结构及压力参数, 使机构执行动作频率达 5 次/s。

参 考 文 献

- 1 司永胜, 乔军, 刘刚, 等. 基于机器视觉的苹果识别和形状特征提取[J]. 农业机械学报, 2009, 40(8): 161 - 165.
Si Yongsheng, Qian Jun, Liu Gang, et al. Recognition and shape features extraction of apples based on machine vision[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(8): 161 - 165. (in Chinese)
- 2 Anderson Rocha, Daniel C Hauageb, Jacques Wainera, et al. Automatic fruit and vegetable classification from images[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2010, 70(1): 96 - 104.
- 3 周竹, 黄懿, 李小昱, 等. 基于机器视觉的马铃薯自动分级方法[J]. 农业工程学报, 2012, 28(7): 178 - 183.
Zhou Zhu, Huang Yi, Li Xiaoyu, et al. Automatic detecting and grading method of potatoes based on machine vision[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(7): 178 - 183. (in Chinese)
- 4 Pholpho T, Pathaveerat S, Sirisomboon P. Classification of longan fruit bruising using visible spectroscopy[J]. Journal of Food Engineering, 2011, 104(1): 169 - 172.
- 5 Jean A T Pennington, Rachel A Fisher. Classification of fruits and vegetables[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2009, 22(Supp.): 23 - 31.
- 6 Eduardo Garcia Breijo, Valeria Guarrasi, Rafael Masot Peris, et al. Odour sampling system with modifiable parameters applied to fruit classification[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 116(2): 277 - 285.
- 7 Li Changying, Gerard W Krewer, Ji Pingsheng, et al. Gas sensor array for blueberry fruit disease detection and classification[J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 55(3): 144 - 149.
- 8 杜永忠, 平雪良, 何佳唯. 圣女果表面缺陷检测与分级系统研究[J]. 农业机械学报, 2013, 44(增刊): 194 - 199.
Du Yongzhong, Ping Xueliang, He Jiawei. Surface defect detection and classification system for cherry tomatoes[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(Supp.): 194 - 199. (in Chinese)
- 9 熊俊涛, 邹湘军, 刘念, 等. 基于机器视觉的荔枝果实采摘时品质检测技术[J]. 农业机械学报, 2014, 45(7): 54 - 60.
Xiong Juntao, Zou Xiangjun, Liu Nian, et al. Fruit quality detection based on machine vision technology when picking litchi[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(7): 54 - 60. (in Chinese)
- 10 秦永辉, 王伟, 程云湧, 等. 滚筒式分级机的设计[J]. 农业科技与装备, 2010(6): 56 - 57.
Qin Yonghui, Wang Wei, Cheng Yunyong, et al. Design of roller-type classifier[J]. Agricultural Science & Technology and Equipment, 2010(6): 56 - 57. (in Chinese)
- 11 王福娟. 机器视觉技术在农产品分级分选中的应用[J]. 农机化研究, 2011, 33(5): 249 - 252.
Wang Fujuan. Application of computer vision technique in farm produce classification and selection[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2011, 33(5): 249 - 252. (in Chinese)
- 12 殷勇, 陶凯, 于慧春. 基于机器视觉的苹果分级中特征参量选择方法[J]. 农业机械学报, 2012, 43(6): 118 - 121.
Yin Yong, Tao Kai, Yu Huichun. Feature selection method for apple grading based on machine vision[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(6): 118 - 121. (in Chinese)
- 13 Elena Guzmán, Vincent Baeten, Juan Antonio Fernández Pierna, et al. Infrared machine vision system for the automatic detection of olive fruit quality[J]. Talanta, 2013, 116: 894 - 898.
- 14 韩瑞珍, 何勇. 基于计算机视觉的大田害虫远程自动识别系统[J]. 农业工程学报, 2013, 29(3): 156 - 162.
Han Ruizhen, He Yong. Remote automatic identification system of field pests based on computer vision[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(3): 156 - 162. (in Chinese)
- 15 Muhammad Makky, Peeyush Soni. Development of an automatic grading machine for oil palm fresh fruits bunches (FFBs) based on machine vision[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2013, 93: 129 - 139.
- 16 孔彦龙, 高晓阳, 李红玲, 等. 基于机器视觉的马铃薯质量和形状分选方法[J]. 农业工程学报, 2012, 28(17): 143 - 148.
Kong Yanlong, Gao Xiaoyang, Li Hongling, et al. Potato grading method of mass and shapes based on machine vision[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(17): 143 - 148. (in Chinese)
- 17 杨扬, 曹其新, 盛国栋, 等. 基于机器视觉的育苗穴盘定位与检测系统[J]. 农业机械学报, 2013, 44(6): 232 - 235.
Yang Yang, Cao Qixin, Sheng Guodong, et al. Plug tray localization and detection system based on machine vision[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(6): 232 - 235. (in Chinese)

Numerical Investigation of Compressible Flow in a Three-stage Helico-axial Multiphase Pump

Zhang Jinya Cai Shujie Zhu Hongwu Yang Ke Qiang Rui

(College of Mechanical and Transportation Engineering, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: Numerical simulations were conducted on a three-stage helico-axial multiphase pump under different conditions of gas volume fraction (GVF). Water was chosen as the first phase and ideal air was the second phase. $k-\omega$ SST turbulence model and dispersed phase zero equation model were selected to simulate the liquid-gas two-phase steady and unsteady flow. The hydraulic performance of the pump according to the simulations was well coincident with the experimental results. The results show that GVF and total volume flow declined smoothly from the first stage to the third for the compressibility of gas. Due to different centrifugal forces on the two phases, the gas was distributed mainly around the hub; with the increase of GVF, the differential pressure of the first stage decreased slowly while the second and third stages increased at first and then decreased. When the inlet GVF was less than 10% or more than 80%, the differential pressure among the three stages were close, so the design and simulation in these conditions could regard as the incompressible fluid. But in other conditions, it was necessary to consider the fluid as the compressible one; because of the stator-rotor interference and limited number of blades, the average pressure decreased at the interface between impeller and diffuser.

Key words: Helico-axial multiphase pump Compressible flow Numerical simulation Gas volume fraction

(上接第 83 页)

Study of Rapid and Automatic Non-destructive Testing Grader for Red Jujubes

Wang Songlei^{1,2} Liu Minfa¹ He Jianguo^{1,2} He Xiaoguang¹ Wu Longguo¹

(1. Department of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China

2. Department of Civil Engineering and Water Conservancy, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: An automated rapid non-destructive testing grader based on machine vision technology for jujubes was designed, which can discriminate and grade jujubes according to their external indicators. The equipment is mainly composed of five parts: monomeric orientation arrangement conveying system, multi-surface image acquisition and processing system, grading actuators, transmission mechanism and control system. Rapid monomeric arrangement delivery of jujubes was achieved by roller conveyor and cam intermittent motion mechanism, multi-surface images of jujubes were obtained by industrial camera, front and back light and STM32 system. In addition, pneumatic grading actuator was designed to grade jujubes. The performance parameters were determined by calculating and testing, which were conveyor angle 28° , running speed 160 mm/s, monomer orientation arrangement rate 95%, grading speed 10 jujubes/s, accuracy 92%, the maximum production capacity 550 kg/h. The requirement of automated rapid detection and grading can be reached well by the grader.

Key words: Red jujubes Automated grader Non-destructive testing Design