

# 脱绒棉种分选加工实现研究

余淑华, 刘艳丽, 王世璞, 杜鸿运\* (天津市光学精密机械研究所, 天津 300384)

**摘要** 棉花的生产与国计民生和经济发展有着密切的关联, 而棉种是棉花的生产基础, 故棉种质量的好坏直接影响着棉花的产量和纤维品质。为此, 该文就传统分选技术和精选技术两个方面对脱绒棉种分选加工实现情况进行了研究分析。从分选原理上对传统分选技术进行划分说明, 说明了各自的分选原理以及各自分选优缺点; 对精选技术中常用方法进行介绍, 并对常见分选方法存在的问题进行了讨论, 同时对当前脱绒棉种精选现状进行了分析, 并对未来脱绒棉种精选方向提出了新的看法。

**关键词** 脱绒棉种; 传统分选技术; 精选技术

**中图分类号** S375 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)08-315-03

棉花是中国农产品中最大的经济作物, 其涉及农业和纺织业两大产业。因此, 棉花的生产、商品流通和消费, 与国计民生和经济发展关系密切。棉种是棉花生产的基础, 棉种质量的好坏直接影响着棉花产量的高低和纤维品质的优劣, 选用品质优良的棉种可以使棉花增产和提高纤维品质。此外, 由于棉花种植产区地理气候环境差异较大, 棉花种植管理和收获技术不够可靠, 易造成棉种种子成熟度和质量下降。因此, 为了实现农业生产的优质、高效和快速发展的目标, 棉花生产需要具有较高的纯度、精度和发芽率等高性能的棉种, 这样才符合现代精准农业发展方向。

## 1 传统的棉种分选加工实现

国内外种子分选技术历史悠久, 从分选的原理看, 种子分选主要有种子的空气动力学特性分选种子、种子的几何特性分选种子、种子的比重特性分选种子以及3种特性结合分选种子等方法<sup>[1]</sup>。

**1.1 利用种子的空气动力学特性分选种子** 当种子和杂物处于气流中, 待分选物料承受气流作用力大于物料自身重量时, 物料便会漂浮空中。由于当漂浮于空中的不同待选物料漂浮速度不同, 下落时所产生的漂浮距离也不同, 从而可以实现不同物料之间的分选。该方法无法剔除与种子相似的杂质。

**1.2 利用种子的几何特性分选种子** 在同一品种的种子由于饱满度程度不同, 几何尺寸也不相同, 当选种选用一定几何尺寸标准的设备即可对不同质量的种子进行分选。该方法对几何尺寸相差不大的杂质无能为力。

**1.3 利用种子的比重特性分选种子** 由于饱满的种子与成熟度差的种子或秕种比重不同, 通过控制滑动板的运动使物料分离。该方法无法剔除比重无差异的破损种子。

**1.4 结合3种特性进行的分选种子** 考虑上面3种分选方法的优缺点, 很难单独以某一方法进行完好分选, 故先利用空气动力学特性进行风选, 再利用几何特性进行筛选, 最后利用比重特性进行重力分选, 从而达到精选种子的目的。

## 2 棉种精选加工实现研究分析

尽管传统的分选机械设备, 能够选出籽粒饱满的种子, 但是其自身的局限性, 不能保证种子的成熟度、发芽率和种子发芽势。目前较为先进的精选方法有激发处理、静电分离、颜色分选和机器视觉技术。

### 2.1 种子精选常见方法

**2.1.1 激发处理法。**在萌发期种子的活力取决于体内生物酶活动能力, 称为生物酶活性。激发处理法就是利用外界的物理因素(静电场、强磁场等)的处理激活种子的生物酶, 提高种子在萌发期的生物酶活性。该方法能够提高种子的活性, 但活性不够或者无活力的种子仍保留在其中, 无法剔除。

**2.1.2 种子静电分离法。**在静电作用下形成的偶极子, 具有吸附或者移位效应, 利用这一特性可实现种子分级。目前在这方面的研究有纯静电圆滚分级法和电晕放电型分离法, 这些方法结合激发处理和种子的重量来实现分级。但对比重和几何尺寸差异不大的种子无能为力。

**2.1.3 颜色分选。**种子颜色不同, 对光的反射不同, 这样可以剔除种子因发霉或者病虫害的色变的种子。经过喂料、扫描和控制分选, 颜色符合标准的通过扫描室时控制分选系统不发出排气信息, 而当不符合要求物料通过时, 分选控制系统排气剔除物料。

**2.1.4 机器视觉技术。**利用图像传感器获取物料图像, 再将图像转换成数据阵, 应用计算机分析图像, 完成一个与视觉相关的任务。目前, 国内外对计算机视觉技术在农产品加工中应用的研究和实践, 主要集中在农产品品质自动识别和分级方面。

### 2.2 种子精选方法对比分析

**2.2.1 介电分选。**介电分选是利用内部不同特性的种子介电常数差异实现分选, 其能够区分不同重量、密度、含水量、化学成分、种子活性、发芽率和发芽势的种子。该方法有提高种子利用率和纯化种子的作用, 同时能够改善植物遗传特性、增加种子吸水能力、促进种子发芽等功能。研究表明, 经过处理的种子比未加工的同类种子可节省10%的播种量。

2003年前, 米双山等主要对带绒棉种进行介电分选机理和带绒棉种物理特性研究, 包括含绒量、摩擦特性和介电特性等, 并研制成功了双滚筒机三滚筒介电式带绒棉种色选机<sup>[2-3]</sup>。

**基金项目** 国家科技支撑计划项目(2012BAF07B04)。

**作者简介** 余淑华(1987-), 男, 安徽太湖人, 硕士, 助理工程师, 从事智能信息处理与嵌入式应用研究。\* 通讯作者, 高级工程师, 从事光学仪器开发。

**收稿日期** 2015-01-26

2004年后,坎杂、杨秉政和史建新等主要对脱绒棉种介电分选机理、影响分选效果因素等进行了研究。2006年,史建新等研究影响介电分选主因素认为是温度及种子含水量,同时给出了介电常数与温度呈非线性增长并与湿度呈正比关系<sup>[4]</sup>。2010年,坎杂等对介电常数与含水量建立模型,并得出脱绒棉种介电常数与含水率之间最优回归方程为 $Y = 10.606 + 90.943X$ ;此后,建立脱绒棉种介电常数、电导率和活力指数分别与分选电压、滚筒转速和含水率的数学模型,优化参数得出在电压6 000~6 574.43 V,滚筒转速30.08~34.38 r/min,棉种含水率4%时,分选效果最佳<sup>[5]</sup>。2010年,陆长民等研究了电场和介电分选复合处理对棉种活力的影响,研究得出分选电压7 000 V,滚筒转速25 r/min,高压静电20 kV/m,电压处理40 s时,效果最佳<sup>[6]</sup>。此外,杨秉政等研究了脱绒棉种介电分选机双绕线圈滚筒电场模型和分析电场有限元素值,研究得出电场强度不均匀,近似正弦曲线,在两电极接触处最大值,电极中心正上方最小值,在保证电极耐压安全性前提尽量减少绝缘层厚度,不宜增大电极铝芯半径来增加电场强度<sup>[7]</sup>。

介电方法分选主要是提高种子活力,但对比重、几何尺寸差异不大甚至没有差异种子分选还是束手无策的。

**2.2.2 色选技术。**棉花种植产区地理气候环境差异较大,棉花种植管理和收获技术不够可靠,易造成棉种种子成熟度和质量下降。传统的分选技术无法将“红种”分选处理,目前多数为人工分选,劳动强度大,生产成本低,且生产效率低。

色选机利用光电技术将颜色差别转化为光电信号,经过信号处理控制电磁阀,将“红种”剔除,从而达到分选目的。生产试验结果表明,“红种”分选率达到97%以上,棉种品质大幅度提高。2005年前针对脱绒棉种分选加工主要依赖于传统机械、介电分选和人工分选,2005年后才有脱绒棉种色选技术相关的研究文献。

色选机包括喂料模块、光学模块、电控模块和分选模块。其中,光学模块中检测元件随着科学技术发展,从传统的光电倍增管、光伏接收器到现在的图像传感器CCD、CMOS,使检测精度大幅提高。2005~2010年期间,坎杂等分别从喂料模块、光学模块、电控模块以及分选模块对脱绒棉种色选机进行了相关研究。

2007年,李江波和坎杂等利用线阵CCD采用柯拉照明系统对脱绒棉种色选机光学系统进行研究,获得清晰的红种和合格棉种模拟电信号<sup>[8]</sup>。2008年,张若宇和坎杂等分选系统V型溜槽进行研究,得出溜槽截面形状、水平倾角和长度的约束方程;利用RGB模型对脱绒棉种颜色特征与发芽势、发芽率之间相关性研究,研究表明存在显著相关性<sup>[9]</sup>。2010年,孙小丽和坎杂等从背景板角度、工作压力、色选灵敏度 and 种子流量方面试验对色选机参数进行优化研究<sup>[10]</sup>。

通过对色选技术的研究分析,该方法可以对红种和合格棉种分选,但是棉种出现破损、破碎等情况,色选技术还是无能为力的。

**2.2.3 机器视觉技术。**棉种加工期间经过摩擦滚筒、提升

机、离心机等设备,难免有所损伤,然受损的棉种发芽率、发芽势必然会受到影 响,同时棉种易受病虫害感染。为此,依靠机器视觉技术获取棉种图像,并经过图像处理剔除破损棉种,可以实现种子的精确分选。

2006~2010年期间,坎杂研究团队以计算机主机、美国Costar SI-M350摄像头、Matrox Meteor-II/Multi-channel图像采集卡、COMPUTAR FA TEC-55工业镜头、LED光源等为试验平台,对脱绒棉种进行了机器视觉技术研究。2006年,李景彬和坎杂等基于Visual C++6.0软件平台,采用BP神经网络从颜色、粒型和圆形度特征研究合格和不合格棉种<sup>[11]</sup>。2008年,李景彬和坎杂等研究了不同颜色模型RGB、XYZ、CIEL\*a\*b\*、HIS等,发现HIS模型适合脱绒棉种分级,其中I分量是重要参考标准<sup>[12]</sup>。2010年,李景彬和坎杂等从面积、周长、圆形度和长短轴等特征研究脱绒棉种,确定圆形度可作为破碎检测参数,其检测精度达87.5%<sup>[13]</sup>。

2007年,陈立国和王库利用TMS320DM642型DSP采用两路视频CIF格式输入,从两个角度对脱绒棉种数据采集,并利用DM642汇编语言核心算法对图像数据处理,处理时间为40 s,建立了脱绒棉种识别系统<sup>[14]</sup>。2009年,张俊雄和陈涛等研究了基于区域细分方法解决无序种子与气流喷嘴关系,运用种子位置跟踪分离算法,实现根据棉种图像处理结果的延时分离操作<sup>[15]</sup>。2009年,李伟和于振东等以OK-AC1300行彩色摄像机、OK-RGB10B型图像采集卡、CCFL多灯具阵列排布光源和普通PC机为研究平台,应用形态学知识对棉种进行破损识别研究,分别依据曲率特征定位、对称性识别局部破损、统计学思想和棉种大小、形状差异识别严重破损,识别率达94%<sup>[16]</sup>。2009年,刘韶军和王库等以PC机、COVI型高清摄像机、CG410型图像采集卡、LED灯和40W日光灯管为试验平台,从均值、方差、均方比考虑棉种边界破损,当均方比阈值为0.58可将正常和破损棉种区分,识别率达93%<sup>[17]</sup>。2010年,陈兵旗和高振江等以PC机、A602fc高速彩色工业数字摄像机、图像输出接口为IEEE1394、二维运动测量分析系统MIAS和LED光源等为试验平台,利用Visual C++6.0软件平台进行图像精选方案与算法研究,通过种子通道定位、红色像素判断识别红种、二值图像判断破壳种、微分和除边缘处理判别裂纹种,完成缺陷棉种识别,正确率达90%以上<sup>[18]</sup>。2011年,邵鲁浩和坎杂等以A602f-2摄像头、Computar镜头、视觉龙多功能视觉试验台架、Ose环形光源、DH-CG300图像采集卡、计算机、ImageSys V7.1和SPSS13.0为试验平台,提取棉种的面积周长类、最大径类、椭圆类和区域矩类共14个形状特征参数,运用多元统计分析方法和统计学集中趋势指标与离散程度指标分析,建立3个品种识别模型,对中棉50、新陆早26和新陆早33识别的正确率分别为90%,80%,100%<sup>[19]</sup>。2012年,李景彬和邵鲁浩等以scA750-60fc摄像头、Computar镜头、视觉龙多功能视觉试验台架、Ose环形光源、DH-CG300图像采集卡、计算机、ImageSys V7.1和MATLAB6.5试验平台,提取棉种颜色和形状特征参数,并对9个差别明显的特征进

行单因素分析和 BP 神经网络训练,当训练目标 0.02、训练次数 3000、隐含层 12 时,模型训练误差最小,结果对新陆早 36、中棉 50、惠远 710 棉种识别率达 90%<sup>[20]</sup>。2013 年,彭江南和谢宗铭等利用 Seed Identification 软件提取棉种 RGB、Lab、HSB、灰度、长度、宽度和投影面积等物理指标对鲁棉 28 酸脱绒棉籽进行精选研究,选种后发芽率得到提高<sup>[21]</sup>。2014 年,邓向武和坎杂等应用 MATLAB GUI 对静态脱绒棉种图像进行 R、G、B、H、S、I 特征快速提取及显示研究<sup>[22]</sup>。

研究分析表明,机器视觉技术分选基本是利用 PC 机 Visual C++6.0 软件平台对脱绒棉种进行算法实现研究,基于 DSP 硬件条件对分选进行实现。主要是对脱绒棉种进行颜色和破损分选,近几年有关种子分选研究着重于品种的识别和脱绒棉种特征参数快速提取等内容。

### 3 结语

通过对脱绒棉种分选方法的对比分析表明,传统分选方法在当今快速的发展中,必然会被淘汰,而高精选方法将会克服目前存在的问题从研究试验阶段走向实际应用。激发处理无法剔除活力低种子;介电分选对相差不大种子无能为力;颜色分选无法剔除破损种子;机器视觉由于通用 CPU 没有专门硬件乘法器;图像识别实时性差、需要扎实的算法功底,随算法的复杂程度加大,系统的实时性必然降低等这些问题,都将会被一一解决。同时通用 PC 机系统成本相对较高,运行的 Windows 系统可靠性较低等问题也将随着数字技术的快速发展,FPGA、DSP、ARM 等数字处理芯片功能越来越强大而得到解决。还可以利用基于 PC 机上面的机器视觉分选算法,很好地将其移植到相关处理系统中,虽然移植相关算法比较困难,但是可以提高系统实时性、稳定性等问题。同时,可以考虑新的方法和技术对脱绒棉种进行快速、精确、稳定的分选工作。

### 参考文献

[1] 坎杂,李景彬,王丽红,等.新疆兵团脱绒棉种分选加工现状及发展趋

势浅析[C]//农业工程科技创新与建设现代农业——中国农业工程学会 2005 年学术年会论文集.中国农业工程学会,2005:381-384.

- [2] 米双山,阎岩,李百傲.介电式带绒棉种分选机滚筒数量的研究[J].中国农业大学学报,2003,8(6):23-25.
- [3] 齐新,米双山,王继宁,等.带绒棉籽介电分选机理的研究[J].河北农业大学学报,1998,21(1):60-65.
- [4] 史建波,宋玲,杨戩,等.影响棉种介电式分选机效果的主要因素[J].种子,2006,25(8):10-13.
- [5] 坎杂,谷趁趁,王丽红,等.脱绒棉种介电分选参数的优化[J].农业工程学报,2010,26(9):114-119.
- [6] 陆长民.电场及介电分选复合处理对棉花种子活力的影响[D].泰安:山东农业大学,2010.
- [7] 杨秉政,坎杂,王丽红,等.脱绒棉种介电分选机电场的有限元分析[J].石河子大学学报:自然科学版,2008,26(1):91-94.
- [8] 李江波,坎杂,张若宇,等.基于线阵 CCD 的脱绒棉种色选机光学系统的设计[J].石河子大学学报:自然科学版,2007,25(6):782-785.
- [9] 张若宇,坎杂,江英兰,等.脱绒棉种颜色分选系统 V 型溜槽关键参数的分析[J].石河子大学学报:自然科学版,2008,26(5):626-629.
- [10] 孙小丽,坎杂,李景彬,等.5XS 系列脱绒棉种色选机参数优化试验[J].农业工程学报,2010,26(S1):42-45.
- [11] 李景彬,坎杂,江英兰,等.基于机器视觉的脱绒棉种外观质量检测装置的研究[J].石河子大学学报:自然科学版,2006,24(6):761-764.
- [12] 李景彬,坎杂.颜色模型在脱绒棉种检测分级中的应用[J].石河子大学学报:自然科学版,2008,26(4):507-510.
- [13] 李景彬,坎杂,张若宇,等.基于机器视觉的脱绒棉种“破碎”特征检测技术[J].农机化研究,2010(8):170-172.
- [14] 陈立国,王库.基于 TMS320DM642 的嵌入式棉籽识别系统[J].农机化研究,2007(2):178-181.
- [15] 张俊雄,陈涛,于振东,等.基于计算机视觉的新疆棉种颜色分选系统设计[J].农业机械学报,2009,40(10):161-164.
- [16] 李伟,于振东,陈涛,等.基于形态学的棉花种子破损检测[J].农业机械学报,2009,40(4):169-172.
- [17] 刘韶军,王库.基于机器视觉的棉种破损检测技术[J].农业机械学报,2009,40(12):186-189.
- [18] 陈兵旗,高振江,宋同珍,等.棉种图像精选方案与算法研究[J].农业机械学报,2010,41(1):167-171,187.
- [19] 邵鲁浩,坎杂,李景彬,等.基于形状特征的脱绒棉种品种识别[J].农业工程学报,2011,27(S2):86-89.
- [20] LI J B, CHEN B Q, SHAO L H, et al. Variety identification of delinted cottonseeds based on BP neural network[J]. Transaction of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(2):265-269.
- [21] 彭江南,谢宗铭,杨丽明,等.基于 Seed Identification 软件的棉籽机器视觉快速精选[J].农业工程学报,2013,29(23):147-152.
- [22] 邓向武,坎杂,李景彬,等.基于 MATLAB GUI 设计的脱绒棉种颜色特征提取系统[J].江苏农业科学,2014,42(1):374-376.

(上接第 307 页)

员不够,平均每个乡镇还不到 1 人。县级和乡级植保队伍学历层次偏低,高级专业技术职称资格人员很少,专业技术水平有待进一步提高。

### 4 对策建议

**4.1 进一步健全植保机构** 植保机构是开展植保事业的基础和前提,要把植保机构建设放在更加突出的地位。必须实现植保机构在有农业生产的县、市、区全覆盖。必须进一步规范植保植检机构属性,统一设置为参公管理事业单位或公益一类事业单位。必须进一步整合植保植检相关工作职能,设立职能整合度高的植保植检机构,尽可能统一机构名称,例如植保植检总站(站)。

**4.2 进一步壮大植保人才队伍** 人才是第一资源,是植保事业可持续发展的核心和关键力量,要把植保人才队伍建设放在更加突出的地位。必须增加植保专业技术人员,配齐配强基层特别是乡级植保技术人员,力争每个乡镇达到 2 人以

上。必须强化植保专业技术培训和职业教育,不断提高植保人员专业技术水平、学历和技术资格层次。

**4.3 进一步加大植保事业建设投入** 资金投入是开展植保事业的根本保障,植保工作是一项公益性、公共性和社会性事业,要加大资金特别是财政资金的投入力度。必须保障植保人员工资待遇,要达到同辖区同级别公务员的水平。必须保障必要的植保工作经费,因为植保工作是一项必须深入基层、田间开展调查的工作,需要获取第一手的调查数据,才能准确监测预警及指导防控和为政府决策提供科学依据。

### 参考文献

- [1] 郭海明,张政兵,欧高财.湖南现代植保建设之管见[J].中国植保导刊,2014,34(11):68-69.
- [2] 李明立,杨久涛,王增君,等.加快推进现代植保体系建设势在必行[J].中国植保导刊,2014,34(12):69-73.
- [3] 全国农业技术推广服务中心.植物保护统计技术与方法[M].北京:中国农业科学技术出版社,2013.