

石河子大学

硕士学位论文

基于RGB颜色模型脱绒棉种分选控制系统设计研究

姓名：张若宇

申请学位级别：硕士

专业：农业机械化工程

指导教师：坎杂

20070401

## 摘要

棉花种子是棉花生产最基本的生产资料,尤其随着新疆兵团精播技术的推广,需要更高品质的棉花种子。近年来,受各种因素的影响,脱绒棉种中“红种”比例大幅增加,影响了棉种的质量,阻碍了精量播种技术的发展。由于“红种”与成熟棉种在比重和空气特性上都比较接近,仅依靠传统工艺无法将此剔除,当前“红种”剔除主要依靠人工。人工选种劳动强度大、生产效率低、投入成本高、选种质量不均匀。然而“红种”与成熟种子有个重要的特征差异——表面颜色不同,因此,针对新疆兵团脱绒棉种的“红种”问题,探寻一种行之有效的颜色分选技术十分必要。

本文是在 RGB 颜色模型硬件实现的基础上,对脱绒棉种分选控制系统进行设计研究。

首先本文选取发芽势、发芽率做为评价棉种质量的两个重要指标,利用数字摄像和图像色彩分析技术对脱绒棉种颜色特征进行提取,并严格按照国家标准进行了种子发芽试验。采用单变量线性回归和逐步回归分析方法探讨了 RGB 颜色模型下脱绒棉种颜色特征与发芽势、发芽率之间的相关性,揭示了 RGB 颜色模型下脱绒棉种颜色特征参数与其发芽势和发芽率之间均存在显著的相关性,证实脱绒棉种质量与其表面颜色特征具有相关性,为脱绒棉种基于 RGB 颜色模型进行颜色分选提供了理论依据。

基于上述研究,并针对加工环境下脱绒棉种的分选的要求,系统采取 RGB 颜色模型硬件实现的方式,选用了高速度、高精度、高可靠性的 RGB 颜色传感器,同时选用了高速喷嘴驱动控制电磁阀以及多通道信号实时采集和并行处理的核心芯片 FPGA。

同时,为确保系统分选的精确性、稳定性和分选效率,结合系统控制参数对脱绒棉种颜色分选关键机构进行了分析研究,推导建立了决定“V”型溜槽截面形状、水平倾角以及长度这三个关键参数的约束方程,确立了传感器和喷嘴的安装位置模型,并在此基础上,设计搭建了一个单通道试验台架,其溜槽板、传感器和电磁阀三者位置能够在理论位置的基础上自由调整。

然后,以单片机 AT89C51 为主控制核心,以 FPGA 芯片为数据处理核心,重点对脱绒棉种颜色分选控制系统存储空间的扩展与分配、人机界面系统以及控制系统的核心部分——数据采集处理系统进行了设计,并实时地在 QuartusII5.0 环境下对主要模块进行了仿真验证。同时,针对加工环境下可能导致分选控制系统不能长期稳定可靠的运行的干扰因素进行了相应的抗干扰设计。

最后对完成的分选控制系统进行仿真和调试验证,并在单通道试验台架上对系统进行多次的分选试验。结果表明,该系统运行可靠稳定,分选效果良好,基本能够满足脱绒棉种颜色分选的需要。

**关键词:** 脱绒棉种; RGB 模型; RGB 颜色传感器; FPGA; 分选控制

## Abstract

Cottonseeds are the most basal manufacture product. With the extending of the precision sowing, in Xinjiang BingTuan the higher quality cottonseeds will be needed. In recent years, owing to the effect caused by manifold factors, the proportion that the “red seeds” occupied have increased in most area of xinjiang. The quality of cottonseeds and the development of the precision sowing are seriously affected by the “red seeds”. Because the similarity in specific gravity and air characteristic between the “red-seed-s” and “mature seeds”, it’s very difficult to sort just by the traditional technics. At present the main method to eliminate the “red-seeds” is depended on the manual work. But this method need great labor strength and high cost but the produce efficiency is low and the selection effect is not steady. The research showed that the “red-seeds” and “mature seeds” had a difference in surface color. So it’s very essential to find an effective color sorting method.

Based on the accomplishment of the RGB color model hardware, the delinted cottonseeds sorting and controlling system was designed.

Firstly, selected germination rate and trend as two main evaluating indexes of cottonseeds quality. Using the technology of digital photography and image color analysis to distill the color characteristic of delinted cottonseeds and carried through germinating experiments strictly according to the national standard. Adopted the single variable linear regression and the stepwise regression analysis methods to discuss the correlation coefficient betwe-en the germination rate and trend of delinted cottonseeds and color under the RGB c-olor model. It showed that the germination rate and trend of delinted cottonseeds and the color characteristic parameters had a distinct relativity analysis under the RGB color model. Testified the correlation coefficient between the growth characteristics of delinted cottonseeds and the surface color characteristics. The result provided a theoretic basis for the delinted cottonseeds sorting under the RGB color model.

Based on the above research and the selection request of cottonseeds under the machining environment, the sorting system adopted RGB color model hardware, using the high speed, precision and reliability RGB color sensor. Simultaneously, using the high speed electromagnetism valve to control nozzle and using FPGA to be as the multicenter real time collection and parallel disposing core chip.

In order to guarantee the accuracy, stability and separation efficiency of the system, took research on the key mechanism of delinted cottonseeds color sorting with the system controlling parameters. Setup the restricting equation of V glide section shape, obliquity and length. Established the installing position model of the sensor and the nozzle. Designed and set up a single channel test-bed which could freely adjusted the position of launder board, sensor and electromagnetism valve based on the research.

Then, took the SCM AT89C51 as the main controlling core and the FPGA as the data processing core.Made design to the extending and distributing of the storage space controlling system of color sorting for delinted cottonseeds and the data collecting and processing system. Simulated each main module of the sorting system at real time under the circumstance of QuartusII5.0. Carried through several relevant anti-jamming designs to the jamming factor of the sorting system under machining circumstance.

Finally, experimented on the designed sorting system based on the single channel test-bed after debugging of the system.The result of experiment shows that the sorting system is reliable and steady. The sorting effect can basically meet the request of color sorting.

**Keywords:** Delinted cottonseeds, RGB color model, RGB color sensor, FPGA, sorting control

## 学位论文独创性声明

本人所呈交的学位论文是在我导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明并表示谢意。

研究生签名：

张芳宇

时间：2007年6月12日

## 学位论文版权授权书

本人完全了解石河子大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留学位论文并向国家主管部门或指定机构送交论文的电子版和纸质版。有权将学位论文用于赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅。有权将学位论文的内容编入有关数据进行检索。有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

研究生签名：

张芳宇

时间：2007年6月12日

导师签名：

坎东

时间：2007年6月12日

# 第一章 绪 论

## 1.1 研究目的和意义

棉花种子是棉花生产最基本的生产资料<sup>[1]</sup>，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增产<sup>[2]</sup>，国内外研究表明，作物增产中，优质良种所起的作用大约占 1/3 以上<sup>[3]</sup>。尤其随着棉花精密播种技术的日益推广，需要更高品质的棉花种子，只有这样，才能适应现代精准农业发展的要求。

新疆生产建设兵团（本文简称新疆兵团）是产棉大区，也是精量播种技术的重要推广示范区<sup>[2]</sup>，从图 1-1 可以看出，新疆兵团棉花精播面积逐年增加，已经从 2002 年的 1 万亩增加到 2006 年的 440 万亩，所以对于新疆兵团来说，研究种子的精选技术，具有重大的现实意义。

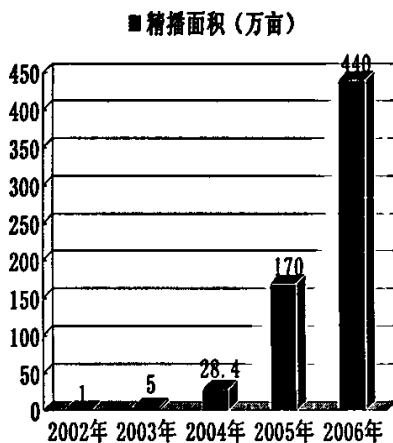


图 1-1 新疆兵团近年棉花精播面积

Fig1-1 Cotton precision seeding area in XJPCC

然而，近年新疆的大部分地区由于地理环境、气候条件、栽培管理条件和自然灾害等因素的影响<sup>[4]</sup>，棉花种子的成熟度明显降低。脱绒后的棉种毛粒中“红种”均在 20%~30%左右，有的甚至高达 40%~50%，严重影响了棉种的质量，发芽率明显降低，阻碍了精量播种技术的发展<sup>[5]</sup>。

传统的种子分选主要是依据机械、物理原理，利用种子比重特性、空气特性进行分选、除杂<sup>[2]</sup>。由于非成熟棉种与成熟棉种在比重、空气动力学特性等方面都比较接近，传统的分选工艺无法将此剔除，目前剔除“红种”的主要手段是人工选种（如图 1-2）。人工选种劳动强度大、生产效率低、投入成本高、且选种效果在一定程度上受人为主观因素的影响，选种质量不均匀。但是“红种”与成熟种子有个重要的物理性质差异——表面颜色不同<sup>[3]</sup>，为此，针对脱绒棉种的“红种”问题，探寻一种有效的颜色分选技术十分必要。

本文紧贴新疆兵团棉花生产实际,提出一种基于 RGB 颜色模型的棉种分选方法,并研究设计相应的分选控制系统,对提高棉种质量,推进精量播种技术的发展,具有一定的促进作用。



图 1-2 人工选种

Fig1-2 Manpower selection

## 1.2 国内外研究应用现状

国外的颜色分选技术起步较早并得到广泛的应用。主要有以下分选对象:干燥的农产品如稻米(包括糙米、大米、香米等)、豆类、花生仁、芝麻、胡桃等;潮湿或冷冻的水果、蔬菜,如西红柿、豌豆、胡萝卜、土豆、洋葱头、苹果、杨梅、草莓等;快餐食品如早餐米饭、糖果;化工原料如塑料丸等<sup>[6]</sup>。相对国外而言,国内颜色分选技术的研究才刚刚起步,用于实际生产的较少,目前,国内应用的色选机械主要是从这几个国家进口的,价格十分昂贵<sup>[7]</sup>。

### 1.2.1 国内外主要分选技术

#### (1) 光电分选技术

光电分选技术是典型的光、机、电一体化的高新技术。它利用物料光学特性,可从大批物料中将颜色不正常、表面有缺陷或内部变质的疵品及外来夹杂物无损检测出并剔除,是应用于不合格产品与合格产品因粒度十分接近而无法用传统的分选设备分离或因密度基本相同而无法用比重分选设备分离场合的最佳设备<sup>[6]</sup>。光电分选技术以其检测方法简单、分级速度快、系统集成度高、成本低等特点,得到了最广泛地应用<sup>[8-9]</sup>。目前市场上的色选机(光电色选机)就是采用这种技术即利用物料的光学特性进行检测与分选,是一种新型的农副产品加工机械。近 30 年来,光电色选机在发达国家的种子、果蔬、粮食和食品加工业得到广泛的应用<sup>[10-11]</sup>。美国 ESM 公司及 Sortex 公司分别于 20 世纪 30 年代及 40 年代研制了这种设备,并根据市场需要不断推陈出新。日本佐竹公司于 1979 年首次推出这种产品,且目前生产的 GS 系列大米色选机性能优越,技术指标稳定,得到了广泛的应用<sup>[7],[12]</sup>,并于 2006 年开始涉足新疆棉花种子精选领域。日本安西制作所于 1966 年 6 月成立后,一直致力于光电分选技术的研究,2002 年 4 月成功开发出世界首创的用于分选低粘度小麦的专用分选机 AU,2004 年开发并生产搭载高速 CCD 的大型号色选机 DC<sup>[13]</sup>。另外,从事光电检测技术设备研究的公司还有美国布勒集团、英

国和瑞士的一些粮食加工设备生产企业。

相对国外而言,国内光电分选设备的研究还处于起步阶段,用于成品的还很少,目前主要是引进或者改造分选机<sup>[12-13]</sup>。主要有:中美合资合肥安科光电有限公司引进美国技术生产的色选机系列;由浙江齐鲤机械有限公司和韩国韩亚自动化(株式会社)联合开发制作的 DIGINICS 系列大米分选机;合肥美亚光电技术有限责任公司 2003 年 8 月推出的最新 V8 软件系统 SS-B 系列数字化色选机,其首次将高速浮点 DSP 数字信号处理技术及雷达中的抗干扰技术用于数字化分选机的开发;另外,核工业理化工程研究院 1994 年 5 月通过国家计委拨款立项,经过两年的努力该院自主研究生产的色选机于 1996 年 11 月通过了国家鉴定<sup>[14]</sup>,但在结构设计上还有许多值得改进的地方,各项技术指标与国外相比还有一定差距<sup>[5]</sup>。

在应用上,我国光电色选设备主要应用于剔除大米中的有色米粒和杂质,以提高大米的品质,其它农副产品加工业,如果蔬加工业等也在推广应用<sup>[12]</sup>。

## (2) 机器视觉分选技术

近年来,机器视觉技术已经广泛应用于农产品的品质检测与分级中。国内外研究者在农产品的颜色检测方面已经做了大量的工作。

### 1) 机器识别系统的研究

Rehkugler 和 Godinez 已开发了一个能用于分离损伤苹果的系统。

Delwiche 和他的同事已开发了一种行扫描成像系统,用于检测梅脯烘干和按颜色不同区分鲜桃。

Throop 用光传播与机器识别系统结合起来的方法检测苹果。

谢锋云<sup>[15-16]</sup>(2003, 2004)基于 RGB 颜色分选法,搭建了葡萄干分选系统。该系统利用彩色面阵 CCD 完成葡萄干的摄像,把图像像素的 RGB 分量值差异作为分选的主要依据,通过电磁快门完成葡萄干颜色的分选。

齐晓娜等<sup>[17]</sup>(2005)建立了鸭梨分级的软硬件系统,从鸭梨的颜色、形状、大小入手,选取了符合鸭梨分级的鸭梨横径、果形指数、鸭头特征、色泽 4 个特征参数,通过改进 BP 网络将鸭梨分为 AA 级、A 级和等外品三个等级。试验结果表明,分级准确率可达 85%。

### 2) 颜色模型在农产品检测与分级中的应用

#### ① 在农产品缺陷检测中的应用

Rehkugler 等<sup>[18-19]</sup>(1986, 1989)利用机器视觉依据缺陷的分级标准对苹果进行分类。但由于获取水果全部表面图像困难,水果表面缺陷情况复杂,以及处理方法上存在的问题等,使分级误差较大。

Shearer S A 等<sup>[20]</sup>(1990)用机器视觉对不同颜色的圆椒进行分级,研究发现,将所采集图像的 R、G、B 值构造八个色度值(H),利用色度频率分布可以对圆椒进行颜色和缺陷的分级。

Chen P.<sup>[21-22]</sup>(1991, 1993)总结了用于农产品品质无损检测和分级的一些方法。

N. Singh 等<sup>[23]</sup>(1994)应用桃子的直方图以及沿行和列的缺陷像素,发展了缺陷分割和图像处理方法。分析并试验了机器视觉系统在监测和识别主要缺陷方面的性能。识别有主要缺陷(伤口、疤痕、碰伤和虫孔)的桃子,总的识别误差为 28.6%。

Liao K, 等<sup>[24]</sup>(1994)在用机器视觉对玉米粒的色彩与表面缺陷进行实时检测研究时发现,用 RGB 模型来辨别色彩,蓝色成分可在白的和黄的玉米间提供最大区别;用 HIS 模型来辨别色彩时,白色玉米和黄色玉米间的最佳区别是由色调(H)来提供的。

Tao Y<sup>[25-27]</sup> (1995, 1998)应用计算机视觉有效地鉴别了马铃薯和苹果的表皮颜色,采用球形变换算法,实现了在高速条件下对苹果表面缺陷和损伤的检测。

应义斌等<sup>[28]</sup>(1999)研究了黄花梨形状与表面缺陷的机器视觉技术,利用 RGB 模型检测果面缺陷,提出利用红(R)、绿(G)色彩分量在坏损与非坏损交界处的突变,求出可疑点,再经区域增长求出整个受损面,试验对比表明该算法是精确的。

## ② 在农产品色泽检测中的应用

元永佳孝等<sup>[29]</sup> (1994)农产品的表面色彩,研制了一套彩色图像处理系统,并研究了测定表面色彩时的几个疑难问题,如光照条件的设定、人的视觉感应与摄像机的视觉感应的差异等,将颜色表示从 RGB 空间转换到 HLS 空间,结果发现在一定光照强度下的拍摄角度对色调(H)和色彩饱和度(S)几乎没有影响。

Tao y<sup>[30]</sup>等(1995)研制成功了用于马铃薯和苹果颜色检测的机器视觉系统,主要用于区别正常马铃薯与发芽马铃薯及黄色与绿色的“金帅苹果”,研究发现 HIS 彩色系统用于颜色评价和图像处理是非常有效的。在该模型的 H 中不仅包含色彩信息,同时还有亮度信息。这样就能在同一帧缓存存储器中,同时存贮图像的色彩和亮度信息,从而大大提高了图像处理的速度和精度。

PaoloGay<sup>[31]</sup>等(2002)为了根据表面颜色对水果进行品质分级,研制出了一套新型的图像采集系统,并提出了一种描述水果表面颜色信息的方法。

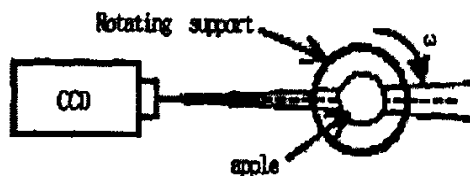


图 1-3 图像获取系统结构图

Fig.1-3 The structure of image acquisition system

该系统由一个电动马达带动支架上的水果以 1r/min 的速度转动,同时 CCD 摄像头对每个水果采集 32 幅图像,以保证获取水果整个表面的颜色信息(图 1-3)。利用标准十字交叉相关函数,排除重叠区域影响,将 32 幅图像结合起来,得到水果近似的柱面圆柱投影。水果表面颜色表示从 RGB 空间转换到 HSV 空间,利用表面色度值进行分级。在色度阈值选取上,提出了固定阈值及可调阈值(以水果样本或标准颜色样本作为参照)两种方法。利用这个方法,可以评价农业技术的实际效果及无损检测水果的成熟度。

## ③ 在农产品成熟度检测中的应用



Miller 等<sup>[32]</sup> (1989)利用颜色的差异进行了桃子成熟度的自动检测和分级研究。试验表明,利用 RGB 值建立二维色品坐标  $r$ 、 $g$ ,这两个分量对光照变化不敏感,但对色度变化比较敏感,可用于桃子颜色检测,然后在 CIELAB 颜色空间内用欧几里得距离计算标准颜色与桃子颜色的匹配程度。

Choi K 等<sup>[33]</sup> (1995)开发了一个彩色图像分析程序,按 USDA 分类标准将新鲜番茄分为 6 个等级,每个等级番茄的 RGB 图像被摄入转换成 HIS 值,根据表面某一色度所占的百分比值来分级。提出了番茄成熟度指标(TMI),分级一致率达到 77%。

何东健等<sup>[34]</sup> (1998)进行了果实表面颜色计算机视觉分级技术研究。以计算机视觉自动检测果实表面着色度并进行分级为目的,建立了室内计算机视觉系统,获取苹果果实的色彩图像,并将 RGB 值转换成 HIS 值;在分析苹果颜色特性的基础上,确定了用合适色相值累计着色面积百分比进行颜色分组的方法。实验结果表明,应用建立的准则和方法,计算机视觉分级与人工分级的一致度在 88%以上。

冯斌等<sup>[35]</sup> (2002) 在利用水果表面分布的分形维数为特征对不同着色等级水果进行分级时,采用了 HIS 模型,利用各色度点的累计和空间分布特性,使颜色分级更符合实际情况。

姬长英等<sup>[36]</sup> (2003)研究了基于苹果颜色的分级系统,实现苹果图像的预处理算法、特征参数提取,最终通过模糊识别的方法中隶属原则法实现的苹果的颜色分级,分级准确率达到了 89.2%。

### 1.2.2 目前颜色分选技术存在的问题及解决方案

#### (1) 存在的问题

从国内外研究现状来看,针对设计中要实现脱绒棉种的精确分选,以上分选技术还存在一定的不足。

##### 1) 光电分选技术

目前应用与生产中的光电色选机不考虑物料的色度学特性,只利用物体的光学特性,通过光敏传感器将测得基准色标与非色标区单色漫反射光强度差异而进行分选。这种方法的优点是传感器反应快、价格便宜,但由于只考虑了物料的光学特性,而不考虑物料的色度学特性造成了像分选同色调,不同饱和度脱绒棉种这样的物料时,而不能达到很好的精确分选的目的。另外该技术需要选用特定的光源和特制的背景板,而且工作光源的震动和冲击会给检测带来很大的影响。

##### 2) 机器视觉技术

不管是对物体分选还是分级机器视觉技术都需要先通过摄像系统获得图像,然后根据相应算法进行图像处理,最后再通过控制系统实现物体的分选。该技术优点是检测精准,但在物体检测及自动分级中,目前普遍是在静态的状态下进行研究的<sup>[37]</sup>,同时机器视觉系统对物体的多个指标进行检测时,大多采用串行算法,这大大影响了处理速度<sup>[38]</sup>,并且两相邻图像之间的获取与处理时间相对较长,效率较低,很难实现流水线上高速运动物体的分选。

## (2) 解决方案

针对脱绒棉种分选中的特殊性（颜色相似种子较多、破损白粒要同时分选），兼顾以上技术优点，采用 RGB 颜色模型硬件实现的方式（选用 RGB 颜色传感器）进行棉种分选控制系统的开发设计，最终实现脱绒棉种的精确分选。这个方案充分利用脱绒棉种表面的光学特性和色度学特性，通过测量构成棉种表面颜色的三基色的反射率实现棉种颜色分选的目的。由于这种颜色检测方法精密度极高，所以很好地实现对相似颜色的棉种检测分选。并且这种方法是分析红、绿、蓝的比例，因为检测距离无论怎样变化，只能引起光强的变化，而三种颜色光的比例不会变，因此，即使在目标有机械震动的场合也可以检测<sup>[39]</sup>。

## 1.3 研究的目标及主要内容

本文研究的目标是立足新疆棉种的生产实际，通过对脱绒棉种颜色特征参数与反映其质量的两个评价指标（发芽势和发芽率）之间的相关性分析，选用 RGB 颜色模型硬件实现的方式，设计搭建一套以 RGB 颜色传感器为识别元件，以 FPGA 为数据处理核心的脱绒棉种颜色分选控制硬件系统，并开发出配套的控制软件，实现脱绒棉种的精确分选，为今后脱绒棉种的精选提供一个有效的途径。

本文的主要研究内容为：

- (1) 进行脱绒棉种发芽势、发芽率与其表面颜色特征参数  $R/(R+G+B)$ 、 $G/(R+G+B)$ 、 $B/(R+G+B)$  等之间的相关显著性分析，探求基于 RGB 颜色模型实施脱绒棉种分选的可行性，同时找出适合脱绒棉种分选的有效颜色特征参数；
- (2) 针对加工环境下脱绒棉种颜色分选控制系统的要求，对主要硬件（颜色识别、数据处理等元器件）进行分析选型；
- (3) 对脱绒棉种颜色分选控制系统关键机构进行分析研究，并基于此研究结论，设计搭建单通道脱绒棉种颜色分选控制系统试验台架；
- (4) 以 RGB 模型硬件实现的方式，研究开发基于 FPGA 技术和单片机技术的脱绒棉种颜色分选控制系统配套软件；
- (5) 研究分析系统受外界干扰的因素，寻求合适的抗干扰方法；
- (6) 对主要系统和电路进行仿真和简单的调试，以验证系统的正确与否；以单通道脱绒棉种颜色分选控制系统试验台架为平台，对脱绒棉种颜色分选控制系统进行分选试验，以验证系统分选的效果。

## 1.4 本章小结

本章主要讨论了研究基于颜色特征实施脱绒棉种分选的目的及其重要意义，介绍了目前国内外主要的颜色分选技术，分析了针对新疆脱绒棉种分选现有技术所存在的不足，提出了一种基于 RGB 颜色模型脱绒棉种颜色分选方法，最后介绍了本文的研究目标和主要研究内容。

## 第二章 基于 RGB 模型棉种质量与颜色特征的相关性分析

### 2.1 引言

光度学主要研究待测光信号的有无和强弱。而色度学主要研究颜色的标定和测量。颜色的特征表述比光强复杂得多,它是人眼的一种主观感受,受视觉生理和视觉心理的影响<sup>[40]</sup>。表征颜色的量相当多,而每个量都有一定的适用范围,所以在选择颜色模型时,要把握这样一些原则,即精度(能准确进行图像分割)、速度(计算机处理快速,实时化),同时符合视觉系统<sup>[41]</sup>。RGB 模型是面向硬件的模型,源于视觉三色说即由红(R)、绿(G)、蓝(B)3种单色,可以合为所有自然界中存在的颜色。RGB 模型简单直观,现在计算机存贮的图像数大都是 RGB 模型,许多的图像处理也是面向此模型的<sup>[42]</sup>。在多种颜色空间中常用光电式色度测量值表示颜色,它由色敏器件测量出与红(R)、绿(G)、蓝(B)三原色对应的颜色三刺激值<sup>[43]</sup>。

根据经验可知,成熟的棉籽接近黑色,而未成熟的“红种”呈红棕色。同时,业已证明,植被的光合色素含量与其光合同化能力、生长发育特性等具有密切相关性<sup>[44]</sup>。本章选取发芽势、发芽率为评价棉种质量的两个重要指标,采用数字摄像和图像色彩分析技术,并严格按照国家标准进行发芽试验。通过室内环境下的试验研究,探讨了脱绒棉种颜色特征与发芽势、发芽率之间的相关性,以期证实脱绒棉种发育特性与其表面颜色特征具有相关性,为脱绒棉种根据颜色分选提供理论依据,同时为探索一种针对脱绒棉种行之有效的颜色分选方法提供科学依据。

### 2.2 脱绒棉种质量的评价指标<sup>[45]</sup>

种子的发芽势和发芽率是反映种子质量的两个重要的指标。其定义分别如下:

(1) 种子发芽势是指发芽试验初期,在规定的条件和时间内正常发芽的种子数占供试种子数的百分率。

(2) 种子发芽率指种子发芽试验终期,在规定的条件和时间内全部正常发芽种子数占供试种子数的百分率。

种子发芽势高,表示种子生活力强,发芽整齐,出苗一致。种子发芽率高,表示种子的利用价值高。它们都是评价种子质量的重要指标。一般来说,农作物种子,发芽率高、发芽势强,预示着出苗快而整齐,苗壮;若发芽率高、发芽势弱,预示着出苗不齐、弱苗多。本章试验为了较好地反映棉种的品质和质量,同时选取发芽势和发芽率做为棉种质量的两个重要评价指标。

## 2.3 试验材料与方法

### 2.3.1 试验仪器设备及工具软件

发芽试验智能型光照培养箱型号 GXZ-300A, 主要性能: 控温范围  $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ , 温度波动度  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ , 温度偏差  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , 温度不均匀度  $\leq 1.5^{\circ}\text{C}$ , 光照度范围  $0\sim 3000\text{Lx}$ 。数码相机型号 EX-Z60, 性能: 3 倍光学变焦,  $1/3.1\sim 1/5.9$  英寸 600 万像素。

图像分析软件: Adobe Photoshopcs8.0。

数据处理软件: Excel2003, DPS v3.0 专业版。

### 2.3.2 颜色特征参数的确定

RGB 颜色模型中用波长分别为 700nm (红)、546nm (绿)、和 435.8nm (蓝) 的光谱色为三原色, 分别用 R、G、B 表示。由于 RGB 模型受光照影响较大<sup>[41]</sup>, 因此试验分析中分别采用了  $R/(R+G+B)$ 、 $G/(R+G+B)$ 、 $B/(R+G+B)$  三个参数以及其他简单的算术组合来外界光照环境变化对颜色特征值的影响<sup>[46-50]</sup>。在本试验中利用 Excel2003 进行处理分析得到的颜色特征参数如表 2-1 所示。

表 2-1 颜色特征参数

Table2-1 Color features used in the classification

颜色特征参数	颜色特征的含义	单 位
$R/(R+G+B)$	数字图像红光所占的比例, 即红光的标准化值	无量纲
$G/(R+G+B)$	数字图像绿光所占的比例, 即绿光的标准化值	无量纲
$B/(R+G+B)$	数字图像蓝光所占的比例, 即蓝光的标准化值	无量纲
$(R-B)/(R+G+B)$	红光与蓝光的差值占红光、绿光和蓝光之和的比例	无量纲
$(R-B)/(R+B)$	红光与蓝光的差值占红光、红光和蓝光之和的比例	无量纲
$(R-G-B)/(R+G)$	红光与绿光和蓝光的差值占红光和绿光之和的比例	无量纲
R/G	红光与绿光的比值	无量纲
R/B	红光与蓝光的比值	无量纲
G/B	绿光与蓝光的比值	无量纲

### 2.3.3 颜色特征参数的提取及发芽试验设计

#### (1) 颜色特征参数的提取方法

棉种取样时间：2006 年 10 月 12 日。

棉种取样地点：新疆西部种业种子加工现场。

棉种取样品种：新陆早-12 号。

棉种取样方法：2 个班次（16 小时）内，间隔 30 分钟在棉种生产加工线包装袋接种处随机地取样一次，每次取样 1000 粒左右，共取样 32 次，大约 32000 粒棉种。然后把它们放在一起构成样本总体，在其中随机取样 20 组，每组 50 粒，为排除破碎种子的干扰，每组 50 粒中如有破碎种子存在，先剔除破碎种子然后再随机抽取补足 50 粒。

颜色特征参数的提取方法：把各组棉种按照一定的间距排列在 A4 的白纸上，分别放入光照培养箱，在光照度 3000Lx，温度 15℃的条件下，采用型号为 EX-Z60 的数码相机摄取各组数字图像。拍摄角度为白纸正上方的垂直方向。以数码相机的自动曝光模式控制曝光时间和色彩平衡<sup>[41]</sup>，图像的分辨率采用 2816×2112。为了减少操作过程中的误差，每组种子拍摄两幅数字图像。获取的图像为 RGB 真彩色图像，以 bmp 格式转存入计算机，每张图像文件为 17.0MB。图像分析与色彩特征值的提取采用 Adobe Photoshopcs8.0<sup>[51-52]</sup>进行，首先通过工具面板的魔术棒工具选择各组白纸上的所有种子部分，然后再通过“窗口”下拉菜单的直方图（Histogram）程序读取红（R）、绿（G）、蓝（B）各通道的图像均值。最后把每组所拍摄的两副数字图像的 R、G、B 值的各项平均值作为该组样本的 R、G、B 的值。由于再上述图像处理过程中，人工剔除了数字图像中棉种以外的背景部分，减少了“图像噪音”对图像处理结果的影响<sup>[53]</sup>，因此可以将棉种的数字图像的颜色特征视为真实棉种的色彩信息。

## （2）棉种发芽试验设计

发芽试验时间：2006 年 11 月 9 日至 20 日。

发芽试验地点：新疆兵团农业机械重点实验室农业机械第三实验室。

发芽试验方法：分别将 2.3.3 节中各组拍摄数字图像后的脱绒棉种按照 GB/T3543.4—1995 要求，经开水烫种破除棉种硬实后等间距地排列在尺寸为 180mm×120mm×100mm 的发芽盒的砂床上，然后加盖 15~20mm 厚度的松散砂，最后放入 GXZ-300A 智能型光照培养箱中。其中砂床砂粒大小均匀，直径为 0.05~0.80mm，并经过彻底洗涤和 10 个小时 130℃的高温消毒，砂床含水量为其饱和含水量的 80%。光照培养箱设定一天 24 小时，白天和黑夜各 12 小时，白天温度设定 27℃，光照度为 1250Lx；黑夜温度设定 24℃光照度为 0Lx。

### 2.3.4 发芽势、发芽率测定方法

当发芽试验进行 3 天后，迅速统计出各组已经发芽的棉种数目，然后除以每组棉种总数目就是该组的发芽势。当试验进行 12 天后，统计出各组已经发芽的棉种数目，然后除以每组棉种总数目就是该组的发芽率<sup>[54]</sup>。各组发芽势和发芽率如表 2-2 所示。

表 2-2 各组别主要颜色特征参数、发芽势和发芽率

Table2-2 Color features parameter, germination trend and germination rate in each group

组 别	R(红)	G (绿)	B (蓝)	发芽势/%	发芽率/%
混 1	123.55	109.05	97.584	66	82
混 2	128.76	112.68	97.084	72	86
混 3	93.536	83.34	73.228	70	84
混 4	135.79	120.44	110.63	54	68
混 5	131.21	115.83	105.8	60	76
混 6	136.73	121.62	111.918	50	68
混 7	126.38	111.85	102.312	58	72
混 8	137.19	120.55	109.466	66	80
混 9	139.11	122.82	111.798	60	78
混 10	128.8	114.34	104.244	56	72
混 11	128.49	115.13	105.536	42	64
混 12	137.17	121.07	110.318	60	76
混 13	132.38	117.37	106.856	58	74
混 14	137.65	120.72	109.03	68	82
混 15	131.6	115.72	105.058	64	80
混 16	127.62	114.46	105.278	40	62
混 17	131.82	117.24	106.784	56	70
混 18	134.02	118.01	107.47	62	78
混 19	126.15	111.02	100.594	64	80
混 20	129.78	115.44	104.694	58	72

注：混 1~20，为各组编号。

### 2.3.5 数据处理方法

分别采用单变量线性回归和逐步回归分析方法对脱绒棉种颜色特征参数及其对应的发芽率实测数据进行相关性分析。

## 2.4 结果分析与讨论

### 2.4.1 颜色特征参数与发芽势、发芽率相关性分析

由表 2-3 可见，除了  $G/(R+G+B)$  外，脱绒棉种发芽势、发芽率与  $R/(R+G+B)$ 、 $(R-B)/(R+G+B)$ 、 $(R-B)/(R+B)$ 、 $(R-G-B)/(R+G)$ 、 $R/G$ 、 $R/B$ 、 $G/B$  之间呈高度相关，与  $B/(R+G+B)$  之间呈高度的负相关，且均达到了极显著性检验水平 ( $\alpha=0.01$ )。  $R/(R+G+B)$  与脱绒棉种发芽势、发芽率之间的相关性最为显著。

表 2-3 颜色特征参数与发芽势和发芽率相关性分析

Table2-3 Relativity analysis between Color features parameter and germination trend and rate

颜色特征参数	与发芽势相关系数	与发芽率相关系数
$R/(R+G+B)$	0.90614*	0.92033*
$G/(R+G+B)$	0.31790	0.35014
$B/(R+G+B)$	-0.81312*	-0.83639*
$(R-B)/(R+G+B)$	0.86635*	0.80484*
$(R-B)/(R+B)$	0.85987*	0.87184*
$(R-G-B)/(R+G)$	0.90037*	0.74196*
$R/G$	0.80961*	0.88598*
$R/B$	0.85108*	0.87996*
$G/B$	0.71477*	0.91610*

注：样本数  $n=20$ ；\*相关性极显著 ( $\alpha = 0.01$ )。

## 2.5 结论与讨论

本章试验研究通过对脱绒棉种颜色特征的数字图像分析，揭示了脱绒棉种颜色特征参数与其发芽势和发芽率之间均存在显著的相关性。主要研究结论如下：

1) 脱绒棉种部分颜色特征参数与其发芽势呈现高度的相关性。其中：除了  $G/(R+G+B)$  外，脱绒棉种发芽势、发芽率与  $R/(R+G+B)$ 、 $(R-B)/(R+G+B)$ 、 $(R-B)/(R+B)$ 、 $(R-G-B)/(R+G)$ 、 $R/G$ 、 $R/B$ 、 $G/B$  之间呈高度相关，与  $B/(R+G+B)$  之间呈高度的负相关。

2) 由上述试验结论可以看出，颜色特征参数除了  $G/(R+G+B)$  外皆与发芽势和发芽率皆呈高度的相关性，并达到了极显著性检验水平 ( $\alpha = 0.01$ )。

3)  $R/(R+G+B)$  和  $(R-B)/(R+G+B)$  等参数是  $R$ 、 $G$ 、 $B$  简单的算术组合，无量纲，不仅参数简单，而且降低了外界光照环境变化对颜色特征值的影响，比较适合做为脱绒棉种颜色分选的颜色特征参数。

4) 本章试验所选脱绒棉种为刚经过稀硫酸脱绒后的新棉种，其它脱绒方式加工后的棉种和长时间放置脱绒棉种是否与本试验研究结论一致，应该进一步试验研究证实。另外，试验还需进一步深入，建立精确描述发芽势和发芽率与其颜色特征之间定量关系的数学模型，可以为基于数字图像与色彩分析技术的脱绒棉种生育信息快速无损诊断提供科学依据。

## 2.6 本章小结

本章探讨了所选取能反映脱绒棉种质量的两个重要指标发芽势和发芽率与其颜色特征之间的相关性，结果表明脱绒棉种发育特性与其表面颜色特征具有显著相关性。该研究结果为脱绒棉种基于 RGB 颜色模型实施颜色分选提供了科学依据，同时也为进一步对脱绒棉种发芽势和发芽率等质量指标的快速无损检测研究奠定了一定的理论基础。

### 第三章 颜色分选系统组成及主要硬件的选型

#### 3.1 引言

加工环境下脱绒棉种的颜色分选是一个对“红种”高速动态颜色识别与实时驱动控制剔除的过程，并且工况恶劣，电磁及噪声干扰严重。为确保颜色分选系统有较高的生产率和分选精度，在元件的选择、参数的选取以及机构的设计方面都有严格的要求。本章将首先介绍脱绒棉种颜色分选整体系统的组成，然后针对加工环境下系统的要求对颜色识别元件、数据采集处理核心以及驱动控制元件等主要硬件进行选型。

#### 3.2 脱绒棉种颜色分选系统组成及工作过程

##### 3.2.1 系统组成

脱绒棉种颜色分选系统主要由喂料系统、光学系统、分选系统、电控系统四部分组成<sup>[6][60]</sup>。其系统结构框图如图 3-1 所示。

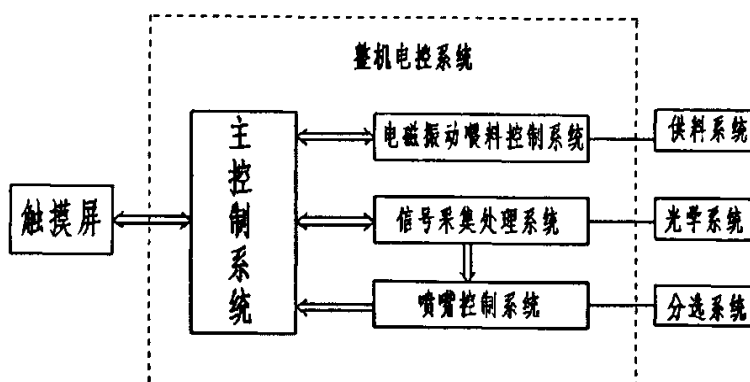


图 3-1 整体系统结构框图

Fig. 3-1 Structure of the whole system

##### (1) 喂料系统

喂料系统的作用是为光学系统的观察检测和分选系统的分选工作提供保障。它将待选棉种调节整理，保证其在观察区内能被逐个地观察检测，在分选区能被方便地分选剔除。常见的喂料装置有振动喂料器、溜槽、传送带、滚筒和转盘等，喂料系统一般由其中一项或两项加上料斗组成，它的选择常由待选物料的形状、大小、湿度等特性决定<sup>[11]</sup>。对于颗粒状物料的分选，喂料系统可以选择料斗、振动喂料器和溜槽。振动喂料器可以采用电磁振动控制的方式进行设计，溜槽要保证有足够的长度（1 米左右），棉种在一定长度和合适倾角的溜槽中下滑时能自动整理，形成单行串流动，且各个棉种的姿态与流速保持相对稳定，保证受检棉种在分选区内受到逐个观察，既不遗漏又不重叠干扰<sup>[58]</sup>。

##### (2) 光学系统



光学系统是光电分选设备的关键部位，其作用主要是对待选物料进行光学检测分析，为分选系统提供准确无误的分选信息。它一般由光源、背景板、接收器和镜头组成。目前常用的光源有荧光灯、氖灯和钠灯等<sup>[10-11]</sup>。背景板选用的颜色应接近于合格品颜色，并且通过调节其角度，使背景板产生的反射信号与合格品产生的反射信号近乎等效，以达到较好的分选效果。

本文所设计的脱绒棉种颜色分选控制系统所选用的 RGB 颜色传感器(详见 3.3 节)，本身具有高稳光源，可直接检测通过其检测室的棉种与事先标定好的“红种”之间的颜色差异，无须另设背景板和光源。

### (3) 分选系统

分选系统主要是将光学系统检测发现的次品分选剔除<sup>[10]</sup>。对于颗粒状物料的分选，常用的方法主要是用压缩空气喷吹。当物料通过一定长度的溜槽进入分选系统后，合格品沿正常轨道排出，次品则被气枪喷嘴发出的脉冲式压缩空气吹离正常运动轨道，而落入次品槽。所以要获得准确无误的分选，就要求分选系统从接收光学系统的分选信号到分选机构动作这一延时时间要与物料从检测点到分选点的运动时间相匹配<sup>[11]</sup>。

### (4) 控制系统

控制系统包括主控制系统、电磁振动喂料控制系统、信号采集处理系统和喷嘴驱动控制系统。它们分别控制着各机构的工作。主要是对物料流量进行调节，将来自光学系统的信号进行判断处理，然后将分选信息传送给分选系统，并启动喷嘴等分选机构来完成分选操作。现代的分选机的控制系统一般都采用先进的微处理器代替传统的模拟电路，这样不但可对分选参数进行存储及随时自动调整，以保证分选效果达到最佳，而且还可以进行故障的自诊断及处理，从而降低对操作人员的依赖性，提高系统的自动化程度<sup>[11]</sup>。

## 3.2.2 系统工作过程

系统工作前，被选棉种的各种分选参数均由用户通过人机交互界面触摸屏设定。其工作过程如图 3-2 所示，在分选过程中，被选棉种首先由进料斗通过电磁振动喂料器配送到各个分选通道，经过一定长度和一定倾角的溜槽，自动整理使其呈单行串流动姿态进入 RGB 颜色传感器的检测范围。RGB 颜色传感器根据检测到的棉种颜色信息与事先标定好的“红种”颜色信息进行对比，当两个颜色信息相匹配时，说明这粒棉种就是系统所要采集的“红种”信号，于是控制系统准确延时，待该“红种”质心刚好到达喷嘴位置时，控制系统驱动电磁阀动作，电磁阀随即喷射出高压气流，将“红种”吹出，落入非合格种仓，而褐色棉种（良种）继续下落最后进入合格种仓，从而完成了棉种的颜色分选。

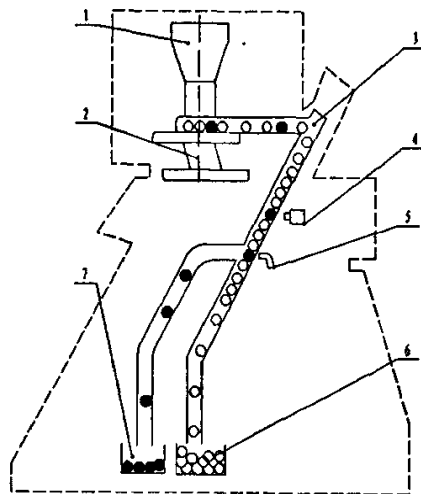


图 3-2 脱绒棉种颜色分选系统工作示意图

Fig.3-2 Sketch map of the delinted cottonseeds color sorter system

1.棉种喂料仓 2.振动喂料器 3.溜槽 4.颜色传感器 5.喷嘴 6.合格种仓 7.非合格种仓

### 3.3 颜色识别元件的选型

由于 RGB 模型是面向硬件的模型，并且在多种颜色空间中常用光电式色度测量值表示颜色，它由色敏器件测量出与红（R）、绿（G）、蓝（B）三原色对应的颜色三刺激值<sup>[43]</sup>。同时，第二章研究结果表明，基于 RGB 模型脱绒棉种发芽势与其表面的某些颜色特征之间存在显著相关性。为此，本分选系统颜色识别元件选用光电式 RGB 颜色传感器，即采用硬件的方式实现 RGB 颜色模型。

由于在棉种分选过程中，棉种的流动速度很快，一般到达喷嘴前方时的种子速度达到 3m/s 以上，一粒棉种的长度在 6mm~9mm 之间，那么一粒种子竖直下落通过传感器前方的时间间隔约为 2~3ms，这就要求响应时间应该小于 2ms。因为，如果传感器的响应速度越快（<2ms），一粒种子在竖直通过传感器时就可以被多次扫描采样，这样更能把种子的细小特征识别，提高种子的分选精度。因此，RGB 颜色传感器的响应速度，是传感器选型时考虑的一个重要指标。

本系统选用了 KEYENCE 公司的光纤型 RGB 颜色传感器，感测头为 CZ-H35S 型，放大器为 CZ-V21 型。该 RGB 传感器的放大器内置 R、G、B 三种独立颜色的 LED 光源，经过特殊光路后汇集成一条直线，通过光纤与前端感测头连接，最后透过感测头上的光学透镜照射到滑落到该检测区域的目标种子。种子反射回含有颜色信息的光通过接受光路，被感测头接受元件接收，同时转化为电信号，最后通过电缆传送给放大器。放大器把前端感测头所转化代表 R、G、B 三路颜色信息的微弱电信号整形放大后，进行三者之间的比值运算（R/G、R/B、G/B 的颜色特征参数运算），同时将该颜色成分信息转化为 16 位的数据进行记忆和处理，一旦该颜色信息和先前标定存储的“红种”颜色信息的差值超出系统所允许范围（阈值范围），就输出一个有效脉冲。该 RGB 颜色传感器的特征参数（R/G、R/B、G/B）与第二章研究结果基本吻合，这是本系统选择该传感

器做为颜色识别元件的又一重要原因。表 3-1 为 RGB 颜色传感器的主要性能参数<sup>[39]</sup>。

表 3-1 RGB 颜色传感器的主要参数

Table.3-1 Main parameters of the electromagnetic valve

指 标	性 能 参 数
电源电压	24VDC, 脉动 (P-P) $\leq 10\%$
响应时间	200us (high speed) / 1ms(fine) / 4ms(turbo) / 8ms(spuer)
控制输出	NPN 集电极开路, 最大 40DCV (30DCV), 1 个输出达到 100mA
残余电压	最大 1V
电流消耗	正常模式 1.5W (最大 62.5mA); Eco 模式 1W (最大 42.0mA)
环境温度	-10~+55℃

该传感器 (如图 3-3 所示) 最高响应速度达到 200us 足以满足工厂加工条件下脱绒棉种分选系统颜色识别速度要求, 并且该传感器采用光纤传输产生大量的统一光束点, 使得感测头的尺寸较小。感测头内置光接收线路, 提高了检测能力及稳定性, 还具有光泽消除功能, 能消除一般会在一些发光或光亮的目标物上或背景中产生的不良效果。

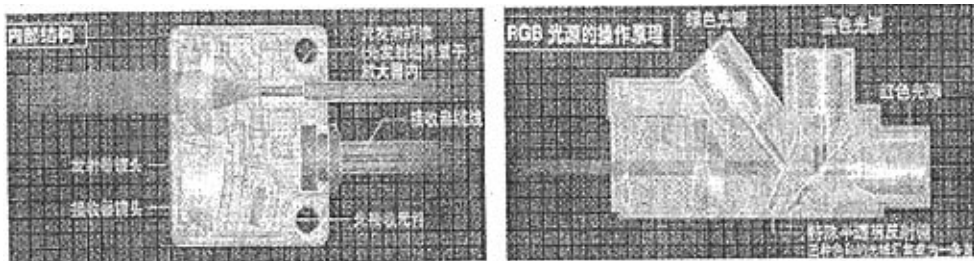


图 3-3 颜色传感器 CZ-H35S 型感测头原理图

Fig.3-3 Principle chart of CZ-H35S sensor noddle

### 3.4 数据采集处理控制芯片的选型<sup>[55-56]</sup>

棉种颜色分选效率很大程度上取决于分选系统分选通道的数目。一般数目越多, 生产效率越高。在种子加工中, 要使得颜色分选系统分选效率与种子加工生产线生产效率相匹配, 必须增加分选系统的通道数目。分选通道数目越多也就意味着, 传感器和控制喷嘴的电磁阀数目的相应增加, 因为每个分选通道对应一个颜色传感器和一个控制喷嘴动作的电磁阀。如果采用传统的串行处理的单片机, 那么数据采集处理控制的速度很难满足实际生产要求。

目前在高速数据采集与控制领域, 多采用具有并行处理能力的大规模可编程逻辑器件 CPLD/ FPGA 芯片。CPLD 分解组合逻辑的功能很强, 一个宏单元就可以分解十几个甚至几十多个组合逻辑输入, 而 FPGA 的一个 LUT 只能处理四输入的组合逻辑, 因此 CPLD 更适合用于设计译码等复杂组合逻辑。但 FPGA 的制造工艺决定了 FPGA 芯片中包含的 LUT 和触发器的数量非常多, 往往都是成千上万, CPLD 一般只能做到 512 个逻辑

辑单元,而且如果用芯片价格除以逻辑单元数量,FPGA的平均逻辑单元成本大大低于CPLD。所以如果设计中使用到大量的触发器(例如设计一个复杂的时序逻辑)、电路工作频率要求比较高的话,那么使用FPGA就是一个很好选择。本文设计的是一个多通道实时采集和并行处理的数据处理系统,要求较高的较高的工作频率,并实现的是较复杂的时序逻辑,所以适合使用FPGA。

考虑到系统会占用内部资源和I/O口资源较多,本系统FPGA主芯片选用了Altera最新推出CYCLONE系列的EP1C3T144C8。该系列芯片的性价比很高,基于1.5V,0.13 $\mu$ m、及全层铜SRAM工艺,其密度最大到20060个逻辑单元(Logic Element, LE),RAM高达288Kb。它具有时钟的锁相环以及DDR SDRAM和FCRAM (Fast Cycle RAM,快速周期RAM)所需的专用双数据率DDR (Dedicated Double data Rate)接口等。Cyclone系列器件支持多种I/O标准,如速率为33MHz和66MHz、数据宽度为32位和64位的PCI,以及640Mbps的LVDS。此芯片容量相当于FLEX10K10的7~8倍,最多可提供104个可用的I/O引脚,功能强大。因此,选用该芯片做为系统的数据处理及控制核心完全满足系统的要求。

### 3.5 喷嘴控制电磁阀的选型<sup>[14]</sup>

棉种分选过程中,棉种的流动速度很快,一般到达喷嘴前方时的种子速度达到4m/s左右,一粒棉种的长度在6mm~9mm之间,那么一粒种子竖直下落通过喷嘴前方的时间间隔约为1.5~2.25ms,这就要求电磁阀的开启时间不能大于3ms,否则会使带出比(吹走的一粒“红种”带走的好种的比例)偏高。为此,电磁阀的选择在满足额定电压、压力范围等前提,尽量选用开启频率高的电磁阀。本系统选用了MAC公司34系列的产品——34B-ABA-GDEA-1BA高速电磁阀,主要参数如表3-2所示。

表 3-2 电磁阀的主要参数

Table.3-2 Main parameters of the RGB color sensor

指 标	性 能 参 数
额定电压	24VDC
响应频率	500Hz
额定功率	3W
压力范围	$\leq 0.5\text{MPa}$

此电磁阀完全能满足色选的速度需求,而且能针对恶劣气源,克服污染杂质等摩擦阻力,在40 $\mu$ m的过滤器过滤下,仍然可正常工作。

### 3.6 本章小结

本章针对工厂加工环境下脱绒棉种颜色分选对生产率、分选精度等有着较高的要求情况,对分选系统主要元件进行了分析选型,为分选系统关键机构及配套控制系统的设计研究提供了必要条件。

## 第四章 脱绒棉种颜色分选关键机构的设计研究

### 4.1 引言

国内很多文献指出溜槽截面形状、长度及水平倾角以及传感器及喷嘴的位置对颜色分选系统的精确性、稳定性以及分选效率有较大影响<sup>[57-59]</sup>，但很少有详细的理论研究报告。本章将针对生产中对颜色分选控制系统的要求，结合控制系统硬件参数以及软件控制参数要求，对颜色分选关键机构进行一定的理论分析，以期达到分选系统关键机构各主要参数与控制系统参数协调一致，最终确保系统对脱绒棉种分选的精确性、稳定性以及分选效率。

根据新疆脱绒棉种中“红种”含量较多的情况，本章将采用“V”型溜槽，对脱绒棉种从振动喂料器下落通过溜槽到达喷嘴喷射点这一过程进行动力学和运动学分析，推导建立了决定“V”型溜槽截面形状参数、水平倾角以及长度三个关键参数的约束方程，并推导建立能够确定传感器和喷嘴位置模型。并在此分析研究的基础上设计搭建一个单通道脱绒棉种颜色分选控制系统试验台架。

### 4.2 溜槽主要参数的确定

#### 4.2.1 棉种摩擦角测定

脱绒棉种与溜槽之间的摩擦系数，主要通过摩擦角来体现。种子与溜槽之间的摩擦角的大小与棉种的特性及溜槽材料有关，其数值的大小对棉种的流通性能以及溜槽参数有较大影响，因此必须多次重复测量，取其平均值，尽量减小测量误差。

脱绒棉种与溜槽之间摩擦角平均值为

$$\gamma = \frac{\sum \gamma_i}{i} \quad (1)$$

式中  $\gamma_i$ ——物料摩擦角测定仪测得各组摩擦角

$\gamma$ ——摩擦角平均值

$i$ ——测定组数

#### 4.2.2 溜槽截面形状的确定

目前色选设备溜槽截面形状主要有三种：“V”型溜槽、“U”型溜槽、“U”型溜槽。 “V”型溜槽的优点是色选精度高，带出比小。“U”型溜槽产量大，但带出比较大。“U”型溜槽介于两者之间。在原料质量较好，含杂量少时，可选用“U”型溜槽，反之则选用“V”型溜槽<sup>[57],[59]</sup>。由于新疆脱绒棉种红籽率一般大于 5%，有的高达 40%，因此本设计溜槽选用色选精度高，带出比小的“V”型溜槽。

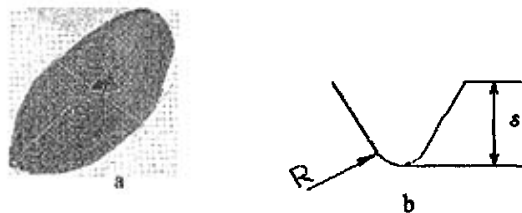


图 4-1 棉种椭球形状以及溜槽截面形状

Fig.4-1 Elliptic shape of delinted cottonseed and cross sectional shape of groove

脱绒棉种近似呈椭球型如图 4-1 (a) 所示, 主要包含两个参数: 长轴和短轴<sup>[2]</sup>。为使棉种在溜槽中有较好的流通性, 要求棉种只能纵向不能横向排列溜槽中, 并且以不出现种子重叠、溜槽夹挤为宜。“V”型溜槽横截面形状如图 4-1 (b) 所示, 主要由溜槽的倒角半径  $R$  和溜槽深度  $\delta$  确定。其值主要依据种子形状尺寸而定。溜槽横截面形状参数为

$$\begin{cases} \max(2a) \leq R < \min(2b) \\ \delta \geq \max(2b) \end{cases} \quad (2)$$

式中  $R$ ——溜槽的倒角半径, mm

$\delta$ ——溜槽深度, mm

$a$ ——棉种短轴半径, mm

$b$ ——棉种长轴半径, mm

通过对几种棉种多次测量, 最后得到  $2a$ 、 $2b$  的范围分别为 3~5mm 和 4~10mm, 因此“V”型溜槽横截面倒角半径  $R$  可以确定为 6mm, 溜槽深度  $\delta$  可以确定为 10mm。

#### 4.2.3 溜槽倾斜倾角度及其长度的确定

棉种在一定长度和合适倾角的溜槽中下滑时能自动整理, 形成单行串流动, 且各个棉种的姿态与流速保持相对稳定, 保证受检棉种在分选区内受到逐个观察, 既不遗漏又不重叠干扰<sup>[58]</sup>。为获得较好的分选效果, 溜槽倾角与长度必需选取合适的值。关键机构研究中忽略空气阻力。

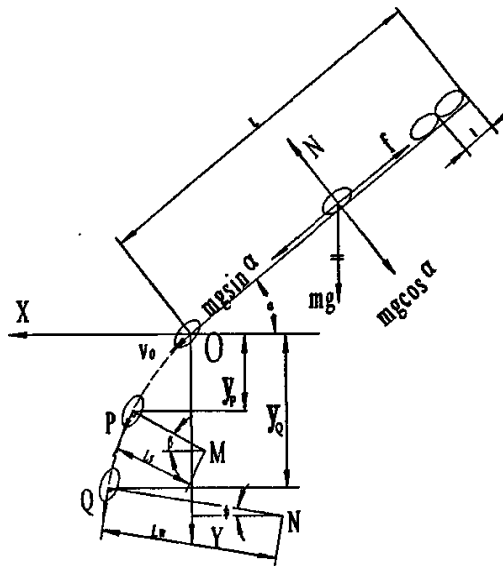


图 4-2 棉种动力学和运动学分析图

Fig.4-2 Dynamic and kinematic analysis of cotton-seeds

如图 4-2 所示，过溜槽中心线的竖直平面内，溜槽倾角为  $\alpha$ ，长度为  $L$ ，P 点为传感器的光束检测点，OP 段竖直位移为  $y_p$ ，Q 点为喷嘴安装位置，OQ 段竖直位移为  $y_q$ ，棉种在溜槽末端的速度为  $v_0$ 。在溜槽上任取一点，在该点处棉种的受力如图所示，根据牛顿第二定律建立平衡方程式

$$mg \sin \alpha - mg \cos \alpha \tan \gamma = ma_0 \quad (3)$$

式中  $m$ ——棉种平均质量，kg

$\alpha$ ——溜槽水平倾角，°

$\gamma$ ——脱绒棉种与溜槽间的摩擦角，°

$a_0$ ——棉种在溜槽上的加速度， $m/s^2$

假定棉种在溜槽入口处初速度为零，则棉种在脱离溜槽末端时的瞬时速度为

$$v_0 = \sqrt{2a_0L} \quad (4)$$

式中  $v_0$ ——棉种脱离溜槽末端时的瞬时速度，m/s

$L$ ——溜槽长度，m

根据多次试验结果显示，从振动喂料器落入溜槽瞬间的两相邻种子在下落过程中始终存在一个时间差  $\Delta t$ ，并满足以下关系。

$$l = \frac{1}{2} a_0 \Delta t^2 \quad (5)$$

式中  $l$ ——棉种平均长度, ( $l=2b$ ) mm

$\Delta t$ ——两相邻种子下落到同一点时的时间差, s

以溜槽末端 O 点为原点, 建立 X-O-Y 坐标系, 则有

$$\left\{ \begin{array}{l} v_{px} = v_o \cos \alpha \\ v_{py} = v_o \sin \alpha + gt_1 \\ v_{Qx} = v_o \cos \alpha \\ v_{Qy} = v_o \sin \alpha + gt_2 \\ y_p = v_o \sin \alpha \times t_1 + \frac{1}{2} gt_1^2 \\ v_p = \sqrt{v_{px}^2 + v_{py}^2} \end{array} \right. \quad (6)$$

式中  $v_{px}$ ——棉种在 P 点水平速度, m/s

$v_{py}$ ——棉种在 P 点竖直速度, m/s

$v_{Qx}$ ——棉种在 Q 点水平速度, m/s

$v_{Qy}$ ——棉种在 Q 点竖直速度, m/s

$t_1$ ——棉种从 O 点运动到 P 点所需时间, s

$t_2$ ——棉种从 O 点运动到 Q 点所需时间 ( $t_2$  约束条件见 4.4 节), s

$y_p$ ——O 点到 P 点间的竖直高度(根据整体装配尺寸首先确定), m

$g$ ——重力加速度,  $9.8 \text{ m/s}^2$

棉种一般是从溜槽出口处几粒种子同时向下滑落的, 这样溜槽的长度以及水平倾角大小直接影响到溜槽内单层排列效果, 以及传感器采样的精确性, 为此, 根据控制程序要求, 需满足以下约束方程:

$$\left\{ \begin{array}{l} v_p = \frac{l}{NT} \\ \Delta t = (m+1)NT \end{array} \right. \quad (7)$$

式中  $\Delta t$ ——两相邻种子下落到同一点时的时间差, s

$m$ ——棉种粒数的正整数倍,  $m=1, 2\cdots$



$N$ ——规定颜色传感器对每粒棉种的采样次数（取决于传感器的响应速度和种子的下落速度）

$T$ ——颜色信号采样周期, s

上式  $v_p$  的约束方程是一个平均值的估算模型,  $\Delta t$  的约束方程含义如图 4-3 (a) 所示, 种 1 从 A 区下落运动通过间隔区到达 B 采样区所需的时间应该是对个体种子完全采样时间的  $(m+1)$  倍, 目的是为了尽量使数据采集处理系统在规定的采样次数中, 每次所采集的信息均是来自种子, 避免系统长时间运行, 系统误差的积累, 出现如图 4-3 (b) 所示的情况, 即在对个体种子规定的采样次数内, 只有部分的颜色信息是来自种子, 这样不能全面的反映整个种子的质量, 造成系统误判现象的出现。

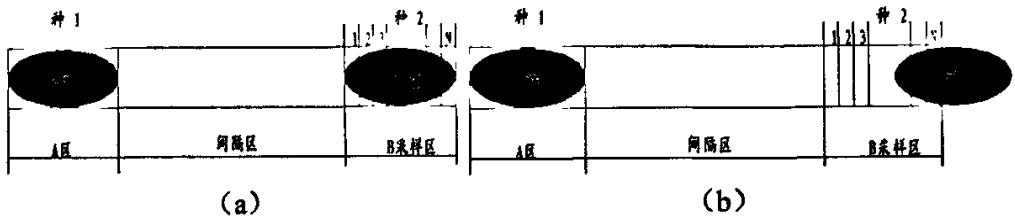


图 4-3 系统对棉种的采样图

Fig-4-3 Sampling chart of cotton-seeds color sorter

由(3)~(7)式可以解出溜槽的两个重要参数:

溜槽水平倾角

$$\alpha = \arcsin \frac{2l}{g[(m+1)NT]^2 \sqrt{1 + \tan^2 \gamma}} + \arccos \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \gamma}} \quad (8)$$

溜槽长度

$$L = \frac{(m+1)^2 [l^2 - 2gy_p(NT)^2]}{4l} \quad (9)$$

在实际应用中, 为达到一定的生产效率和分选精度, 应尽量选取高速的颜色传感器, 根据装配尺寸首先确定  $y_p$  的值, 然后确定  $N$  和  $m$  的值, 最后兼顾生产效率、分选精度以及装配尺寸选取合适的溜槽参数。根据装配尺寸要求初步定下  $y_p = 50\text{mm}$ ; 根据 3.3 节所选择 RGB 颜色传感器初步确定系统采样周期  $T = 1\text{ms}$ ; 根据控制要求  $N$  和  $m$  分别取值 2 和 19; 棉种平均长度取  $8\text{mm}$ , 这样初步估算溜槽长约  $800\text{mm}$ 。

### 4.3 传感器及喷嘴位置模型的建立

在确定了溜槽水平倾角和长度的前提下, 对脱绒棉种从振动喂料器下落通过溜槽到达喷嘴喷射点这一过程中, 进行动力学和运动学分析, 分别推导建立了能够确定传感器和喷嘴位置模型。

#### 4.3.1 传感器位置模型的建立

传感器安放位置与系统对红种的识别效果密切相关，正确的安放位置，能使传感器较为全面清楚地对棉种实施检测。传感器安放位置受安装夹角、光束聚焦点的坐标以及传感器的有效距离所限制。

棉种从溜槽抛出后，其运动到 P 点的位置坐标为

$$\begin{cases} x_p = v_o \cos \alpha \times t_1 \\ y_p = v_o \sin \alpha \times t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2 \end{cases} \quad (10)$$

式中  $x_p$ ——X-O-Y 坐标系中，P 点的横坐标，m

$y_p$ ——X-O-Y 坐标系中，P 点的纵坐标（根据装配要求首先确定），m

为了让传感器最全面的检测到棉种，传感器应安装在棉种运动轨迹的法线方向<sup>[57]</sup>，<sup>[59]</sup>，其安装角（与水平面夹角）为

$$\beta = \arctan \frac{v_{px}}{v_{py}} \quad (11)$$

式中  $\beta$ ——传感器的安装角，°

传感器的安装位置 M 点坐标为

$$\begin{cases} x_M = v_o \cos \alpha \times t_1 - L_s \cos \beta \\ y_M = v_o \sin \alpha \times t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2 + L_s \sin \beta \end{cases} \quad (12)$$

式中  $x_M$ ——X-O-Y 坐标系中，M 点的横坐标，m

$y_M$ ——X-O-Y 坐标系中，M 点的纵坐标，m

$L_s$ ——颜色传感器感测头的最佳有效距离（本文设计所选传感器感测头的最佳有效距离为 40mm），m

#### 4.3.2 喷嘴位置模型的建立

喷嘴位置的准确性与传感器安放位置的准确性同样重要，都对棉种分选效果起着极其重要的影响，正确的安放位置，能使喷嘴刚好在棉种质心下落到其正前方时实施喷射，这样能达到既不漏吹也不多吹的分选效果。安放位置体现在喷嘴与水平面的安装夹角及该点的坐标。

棉种从溜槽抛出后, 其运动到 Q 点的位置坐标为

$$\begin{cases} x_Q = v_0 \cos \alpha \times t_2 \\ y_Q = v_0 \sin \alpha \times t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2 \end{cases} \quad (13)$$

式中  $x_Q$ ——X-O-Y 坐标系中, Q 点的横坐标, m

$y_Q$ ——X-O-Y 坐标系中, Q 点的纵坐标, m

为了达到较好分选效果, 根据控制系统要求必须满足以下约束条件:

$$\begin{cases} y_Q - y_p \geq 3l/2 \\ t_2 - t_1 = nT_s + T_w \end{cases} \quad (14)$$

式中  $T_s$ ——控制系统精确延时间数周期, s

$T_w$ ——控制喷嘴动作的电磁阀的驱动脉宽, s

$n$ ——正整数

由式 (14) 可以导出  $t_2$  的约束方程为

$$t_2 \geq \frac{3l - 2v_0(nT_s + T_w)\sin \alpha}{g(nT_s + T_w)} - t_1 \quad (15)$$

为了让喷嘴对传感器所识别的“红种”准确地实施喷射, 喷嘴应安装在棉种运动轨迹的法线方向, 其安装角 (与水平面夹角) 为

$$\psi = \arctan \frac{v_{Qx}}{v_{Qy}} \quad (16)$$

喷嘴的安装位置 N 点坐标为

$$\begin{cases} x_N = v_0 \cos \alpha \times t_2 - L_w \cos \psi \\ y_N = v_0 \sin \alpha \times t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2 + L_w \sin \psi \end{cases} \quad (17)$$

式中  $x_N$ ——X-O-Y 坐标系中, N 点的横坐标, m

$y_N$ ——X-O-Y 坐标系中, N 点的纵坐标, m

$L_w$ ——喷嘴的最佳有效距离, m

#### 4.4 颜色分选控制系统试验平台搭建

根据以上分析,在硬质聚氯乙烯溜槽板上设计加工了单路“V”型溜槽,其截面深度为 10mm,截面倒角半径为 6mm,长度为 800mm。同时为了调整方便,溜槽板与底座通过铰链连接,水平倾角可以在  $0\sim 90^\circ$  范围内调整,传感器和喷嘴在关键机构中的安装位置也可以在位置模型的基础上进行调整,以方便调试试验。图 4-4 所示为根据上述理论设计搭建的单通道脱绒棉种颜色分选控制系统试验台架。

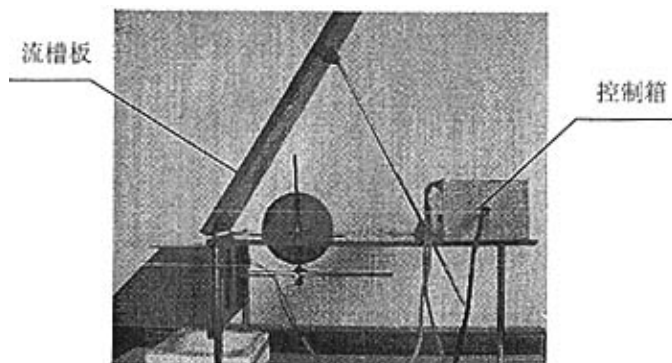


图 4-4 单通道脱绒棉种颜色分选控制系统试验台架

Fig.4-4 The only groove test-bed of the delinted cottonseeds color sorter system

#### 4.5 本章小结

本章通过对脱绒棉种进行动力学和运动学分析,推导建立了决定“V”型溜槽截面形状、水平倾角以及长度这三个关键参数的约束方程,并确立了能够确定传感器和喷嘴位置模型。约束方程表明,溜槽截面深度和倒角半径主要由棉种长轴半径和短轴半径决定;溜槽长度和水平倾角除了和棉种长度(长轴直径)有关外,还与控制系统采样周期、每粒种子采样次数以及整体装配尺寸等有关。最后在以上研究的基础上,设计搭建了一个单通道的脱绒棉种颜色分选控制系统试验台架。

## 第五章 颜色分选控制系统的设计与实现

### 5.1 引言

通过第三章对脱绒棉种颜色分选系统结构组成和工作过程的分析,将脱绒棉种颜色分选控制系统设计为由主控制系统和多个子系统协同工作的系统。子系统由电磁振动喂料控制系统、信号采集处理系统和喷嘴控制系统构成,为简化设计,本文颜色分选控制系统将喷嘴控制系统融入信号采集处理系统。本章重点对控制系统的核心——数据采集处理系统和主控制系统中的人机界面系统等部分做详细论述。

### 5.2 分选控制系统总体结构设计

当系统工作时,由触摸屏提供人机交互界面,主控制系统按照触摸屏的命令,控制和管理各子系统的工作,并对温度、电源电压、开关信号、指示灯等的外围电路进行功能控制;电磁振动喂料控制系统按照主控制系统所设定的工作参数进行工作,对物料流量进行调节,以使物料在观察区内能被逐个地观察检测;信号采集处理系统采用 RGB 颜色传感器对各个分选通道的棉种进行检测,判别出“红种”信号,精确延时一段时间,给电磁阀一驱动脉冲信号,控制喷嘴开启喷射高压气体,将棉种中的“红种”分选剔除。

整个系统的通讯设计如下:触摸屏通过 RS-232 接口与主控制系统连接;主控制系统通过三条数据发送线与电磁振动喂料控制系统连接;主控制系统在与信号采集处理系统连接时,三条数据发送线和三条数据接收线经每组滑道的通信板分别与信号板连接;信号采集处理板连接喷嘴驱动板。这样,通过建立主控制系统与触摸屏间的异步串行通信,以及与各子系统间的三线制同步串行通信就可以将整个控制系统有机的结合在一起。图 5-1 为棉种颜色分选控制系统的电路结构图。

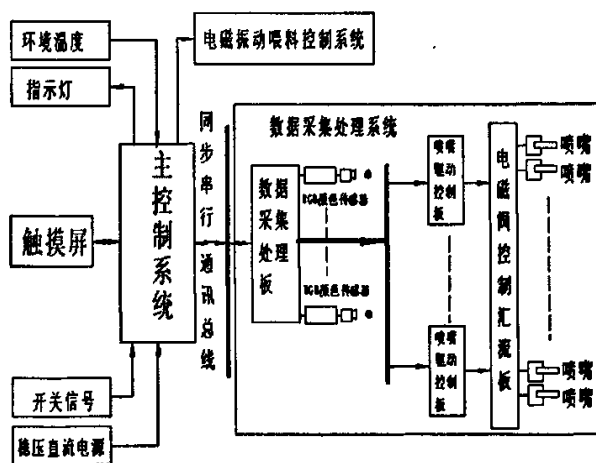


图 5-1 棉种颜色分选控制系统的电路结构图

Fig.5-1 Circuit structure of the control system of delinted cottonseeds color sorter

## 5.3 主控制系统的整体设计

### 5.3.1 整体硬件设计

主控制系统主要是按照触摸屏的命令控制和管理各子系统的工作,对温度、电源电压、开关信号、指示灯等外围电路进行功能控制,存储系统各种分选参数,输出各种控制信号等。其硬件结构框图如图 5-2 所示。

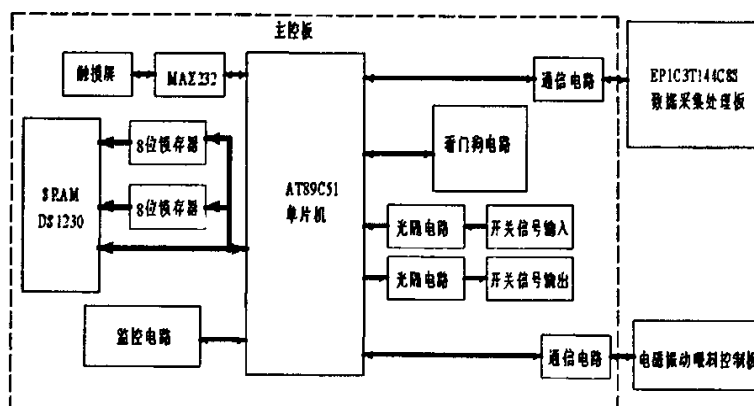


图 5-2 主控制系统硬件结构框图

Fig.5-2 Hardware structure of the main control system

主控制板通过接口电路连接触摸屏、信号采集处理板、电磁振动喂料控制板、喷嘴控制板及开关信号电路。AT89C51 单片机是主控制系统的控制器。具有体积小、功能强、可靠性高、价格低廉等突出特点,所以将它应用于脱绒棉种颜色分选控制系统的设计,不但可以简化系统的硬件设计、提高控制系统的可靠性,而且还可以降低系统成本。外部扩展存储电路采用 32K×8 位的非易失性静态随机存取存储器(Static Random Access Memory, SRAM)DS1230。74HC374 触发器和 74HC573 锁存器进行设计,DS1230 主要用于提供各系统间通信时所需的数据缓冲区,并对系统工作参数进行存储备份。监控系统包括温度监控和电压监控,主要对系统的工作环境温度和电源电压进行监测。开关信号输入输出电路控制着系统工作的启停。AT89C51 单片机与其他系统间的通信电路主要包括 MAX232 传输线驱动器、数据发送线驱动器等。

### 5.3.2 微控制单元<sup>[61]</sup>

AT89C51 是 ATMEL 公司生产的低电压,高性能 COMS 8 位单片机,片内含 8 bytes 可反复擦写 Flash 闪存只读程序存储器(PEPROM),和 128 bytes 的随机存取数据存储器(RAM)器件,采用 ATMEL 公司的高密度、非易失性存储技术,与标准 MCS-51 指令系统及 8051 引脚全面兼容,片内置通用 8 位中央处理器和 Flash 存储单元。AT89C51 是一种高效微控制器,适合较复杂的控制场合,为很多嵌入式控制系统提供了一种灵活性高且价格低廉的方案,所以在工业和家用电器等领域得到了较为广泛的应用。

AT89C51 单片机主要性能如下:

- ① 89C51CPU 与 MCS-51 兼容;
- ② 4K 字节可编程 FLASH 存储器(寿命: 1000 写/擦循环);
- ③ 全静态工作: 0Hz-24MHz;
- ④ 三级程序存储器保密锁定;
- ⑤ 128×8 位内部 RAM;
- ⑥ 32 条可编程 I/O 线;
- ⑦ 两个 16 位定时器/计数器;
- ⑧ 6 个中断源;
- ⑨ 全双工可编程串行通道;
- ⑩ 低功耗的闲置和掉电模式, 片内振荡器和时钟电路。

### 5.3.3 外部存储单元

#### (1) 存储电路设计

主控制板的外部扩展存储器采用了非易失性 SRAM DS1230, 它具有 32K×8 位的存储空间, 读写访问周期短, 掉电保护数据至少 10 年等特点<sup>[62]</sup>。外部存储电路原理图如图 5-3 所示。DS1230 具有 15 条地址总线, 8 条数据总线。AT89C51 单片机的 P0 口作为地址/数据复用端口; 74HC573 为低电平锁存器, 用来锁存 DS1230 的低 8 位地址; 74HC374 为上升沿触发器, 用来锁存 DS1230 的高 7 位地址<sup>[63]</sup>。利用这两片锁存器的锁存特点, 将它们的触发引脚(C)并接到 AT89C51 的 P1.0 引脚上, 由 P1.0 实现读写时序的统一控制, 同时还节省了 I/O 口的占用。AT89C51 的 P1.1 和 P1.2 端口分别连接 DS1230 的读写信号端口。

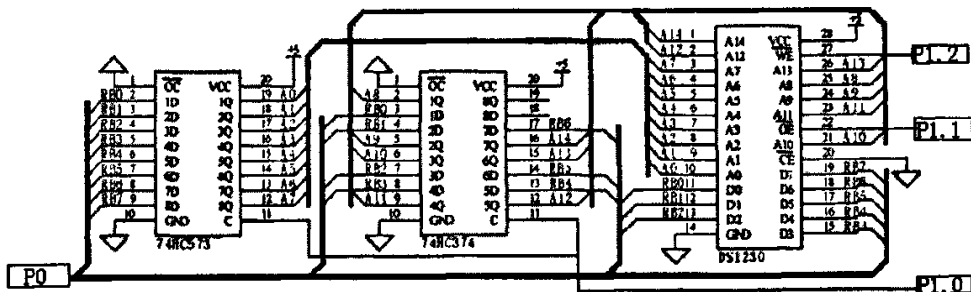


图 5-3 外部存储电路原理图

Fig.5-3 Schematic circuit of exterior memory

在 AT89C51 对 DS1230 进行读写时, 先由 P0 端口送高位地址, 利用 P1.0 输出信号的上升沿由 74HC374 对其进行锁存; 然后 P0 端口在 P1.0 信号的高电平送低位地址, 再利用 P1.0 信号的低电平由 74HC573 对其进行锁存; 当 15 位地址锁存完好后, 在 P1.0 为低电平时, 分别通过 P1.1 和 P1.2 端口发送读写信号, 经 P0 端口读写数据。这样, 通过对 P0 端口的分时复用, 实现了对 DS1230 的读写操作。图 5-4 为 AT89C51 读写 DS1230 的时序图。

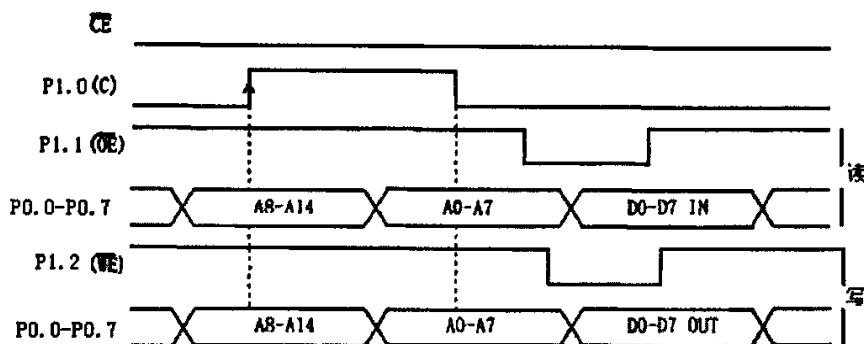


图 5-4 AT89C51 读写 DS1230 时序图

Fig.5-4 Time sequence diagram of AT89C51 reading and writing DS1230

## (2) 存储空间的分配<sup>[6]</sup>

DS1230 具有  $32K \times 8$  位的存储空间, 用于提供系统通信时的数据交换缓冲区, 备份系统工作参数及存储系统常用数据等。DS1230 在使用时按页进行管理, 每页 4K 字节, 共分 8 页。表 5-1 为其存储空间的分配情况。第 0 页为系统通信时的临时数据交换缓冲区, 用于存储系统的开关状态、报警信息、工作参数及样本数据等; 第 1-5 页每页分别备份一种物料的分选工作参数, 当系统上电工作时, 若触摸屏有新的参数设置, 则将第 0 页参数传递给各子系统, 若无新的设置, 则传递触摸屏指定页号内的参数; 第 6 页备用; 第 7 页为操作人员信息及工作记录。

表 5-1 DS1230 存储空间的分配

Tab.5-1 Distribution of DS1230 memory space

页 号	地 址	数 据 类 别
0	0000H-00FFH	开关状态标志
	0100H-01FFH	报警信息
	0200H-0B1FH	系统的工作参数
	0B20H-0FFFFH	备用
1-5	1000H-5FFFFH	每页备份一个棉花品种工作参数
6	6000H-6FFFFH	备用
7	7000H-7FFFFH	操作人员信息及工作记录

## 5.4 人机界面系统设计<sup>[64-69]</sup>

工控中经常需要观察系统的运行状态或者修改运行参数。触摸屏能够直观、生动地显示运行参数和运行状态, 而且通过触摸屏画面可以直接修改系统运行参数, 人机交互性好。单片机广泛应用于工控领域中, 与触摸屏配合, 可组成良好的人机交互环境。考虑到色选机工作环境人机界面要具有坚固耐用, 反应速度快, 节省空间, 易于交流等特点, 所以本文设计了以结构紧凑的触摸屏 GP2300-LG41-24V 为人机交互界面的人机界



面系统。

### 5.4.1 硬件电路设计

在设计 AT89C51 与触摸屏之间的通信电路时, 由于单片机 AT89C51 的串口是串行口是一个标准的 TTL 电平接口 (即用 3.8V-5V 表示 “1”, 0V-3V 表示 “0”), 而触摸屏 GP2300-LG41-24V 配置的是 RS232C 标准 (即用 -12V 表示 “1”, +12V 表示 “0”) 串行口, 因此为完成 AT89C51 与 GP2300-LG41-24V 串行接口 (COM2) 异步传输模式 RS232C 的数据通信首先要解决电平的转换问题。MAXIM 公司生产的 MAX232 传输线驱动器可以很好地解决这一问题。这个芯片只需 1 个 +5V 电源, 外接 4 只  $0.1\mu\text{F}$  电容, 即可产生 12V 电压, 输出标准的 RS232C 接口信号。通信电路设计原理图如图 5-5 所示。

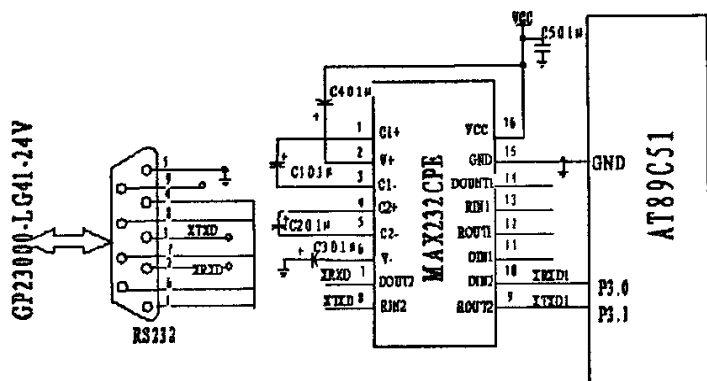


图 5-5 AT89C51 与触摸屏之间的通信原理图

Fig.5-5 Schematic circuit of communication between AT89C51 and touch screen

### 5.4.2 AT89C51 与触摸屏之间的通信方案

触摸屏 GP2300-LG41-24V 采用的 RS232C 电气接口标准, 与 AT89C51 通信时采用的格式是: 1)异步串行通讯; 2)波特率 9600bps; 3)偶校验; 4)字符形式为 ASCII 码。每个 ASCII 码的最高位在发送时被用作该字符的奇偶校验位。即在发送的一个字节中, 只有 b0—b6 表示实际发送的数据, b7 是奇偶校验位。用于异步通信时, 发送一个字节的格式如图 5-6 所示。

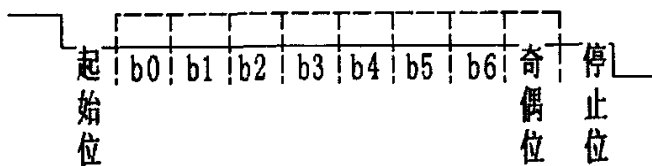


图 5-6 AT89C51 与触摸屏之间的通信的字节格式

Fig.5-6 Byte format of communication between AT89C51 and touch screen

AT89C51 与 GP2300-LG41-24V 按主从方式进行通讯, AT89C51 可向 GP2300-LG41-24V 发通讯请求信号, 在收到触摸屏 GP2300-LG41-24V 发回的响应信号后, 开始数据

通讯。通讯时，若干个字符组成一个字符信息帧。AT89C51 向触摸屏发送命令时，以 S TX 开始，接着不同的命令字 CMD 和数据信息，通过校验后，以 CR 结束。AT89C51 命令帧格式如图 5-7 所示。

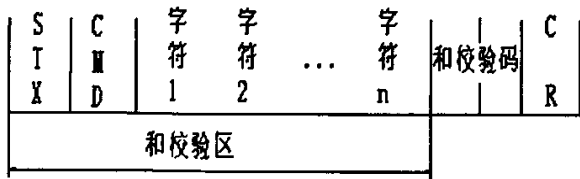


图5-7 AT89C51命令帧格式

Fig.5-7 Frame format of AT89C51 command

触摸屏收到 AT89C51 的命令后，首先进行校验验证，如果信息正确，发送响应标志 ACK，同时进行命令帧解析；如果信息错误，发送响应标志 NCK，AT89C51 须重新发送命令。触摸屏响应帧格式如图 5-8 所示。

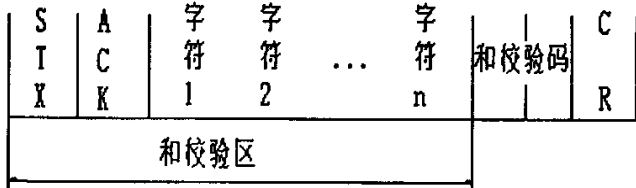


图5-8 触摸屏响应帧格式

Fig.5-8 Frame format of touch screen response

命令帧和响应帧中主要字符的 ASCII 码及含义如表 5-2 所示。

表5-2字符的ASCII码及含义

Tab. 5-2 ASCII code and meaning of character

字 符	ASCII 码	字 符 含 义
ENQ	05H	主机通讯请求
ESC	1BH	命令开始
DLE	10H	
CR	0DH	AT89C51 命令帧结束标志
LF	0AH	和触摸屏响应帧结束标志
STX	02H	响应帧起始标志
ETX	03H	响应帧结束标志
ACK	06H	收到正确信息后的响应标志
NAK	15H	收到错误信息时的响应标志

通信时，发送帧中的每个字符都要进行偶校验。从信息帧开始标志到结束标志的所有 ASCII 字符值累加在一起构成一个校验和，如果校验和超过两位，取低两位。然后分别将低两位数值转换成对应的 ASCII 码值，高位在前，低位在后。通信中，AT89C51

与触摸屏的应答过程如图 5-9 所示, 需要说明的是, 当 AT89C51 向触摸屏发送 No.1 命令帧必须收到 GP2300-LG41-24V 对应 No.1 响应帧才能发送 No.2 命令帧。

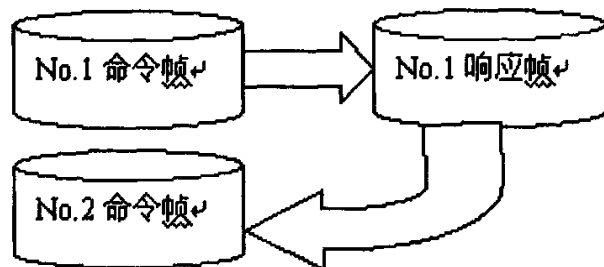


图5-9 AT89C51与触摸屏的应答过程示意图

Fig.5-9 Sketch map of response between AT89C51 and touch screen

### 5.4.3 AT89C51 与触摸屏之间的通信软件设计

由于脱绒棉种颜色分选控制系统要通过人机界面进行棉种流量、背景板角度、脉冲宽度、信号倍率、灵敏度、延时时间等参数的调节, 所以定义了触摸屏上的每一个功能软按钮都对应一个特侦码, 当操作人员按下一个功能按钮时, 触摸屏就发送一个相应的特侦码的 ASCII 码给 AT89C51, 然后 AT89C51 调用相关子程序。AT89C51 执行完相关程序后, 就把所得到的数据传送给相应的子系统, 同时也把所有需要显示的数据传送给触摸屏, 通过触摸屏显示出来。触摸屏功能主界面如图 5-10 所示。

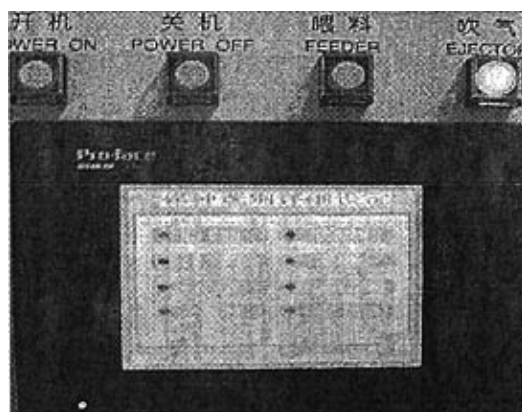


图5-10 脱绒棉种颜色分选控制系统人机界面

Fig.5-10 Human and machine interface of the delinted cottonseeds sorting system

AT89C51 通信程序起始地址为 0000H, 用定时器 T1 和串口初始化, 波特率 9600 bps。AT89C51 和触摸屏通信程序流程分别如图 5-11 和 5-12 所示。

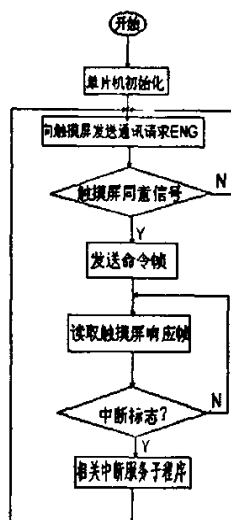


图5-11 AT89C51通信程序流程图

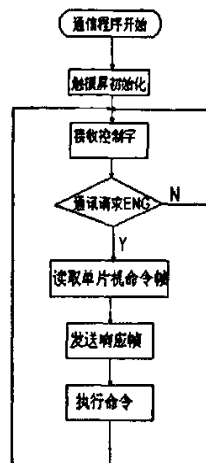


图5-12 触摸屏通信程序流程图

Fig.5-11 Fig.5-12 Flow chart of AT89C51& touch screen communication program

## 5.5 数据采集处理系统设计

### 5.5.1 数据采集处理系统总体方案

数据采集处理系统是颜色分选控制系统中重要的子系统，其作用主要实现颜色分选过程中多通道数据的实时采集和并行处理。本系统主要根据第二章对脱绒棉种所做的颜色特征分析，采用了 RGB 颜色模型硬件实现元件——RGB 颜色传感器，设计以其为检测元件，以 FPGA 主芯片 CYCLONE 系列的 EP1C3T144C8 为数据采集和处理核心，搭建了多通道数据的实时采集和并行处理系统。同时，为节省 FPGA 芯片 I/O 口，前端信号采集和后端电磁阀驱动控制均采用了双向模拟开关（多路选择/分配器）HC4051。

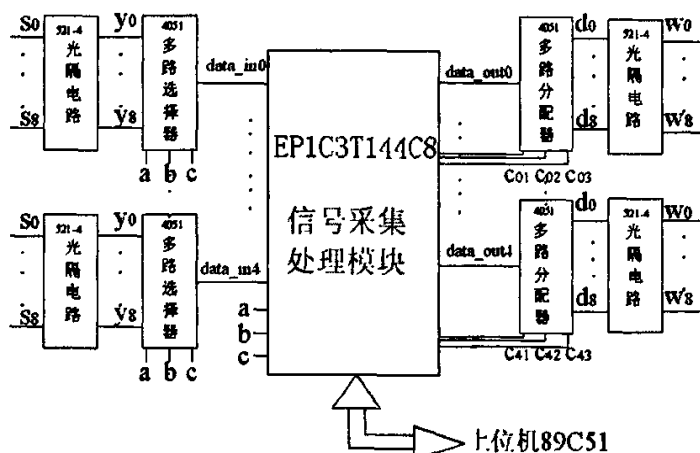


图 5-13 数据采集处理系统总体方案示意图

Fig.5-13 Sketch map of the whole data collect and dispose system

数据采集和处理方案如图 5-13 所示,前端颜色信号采集端一片 HC4051 有 8 路经过光电隔离后的开关量信号输入,通过控制断 a, b, c 依次选择通过 data\_in 输入 FPGA 数据采集处理模块,并判断是否为有效信号(“红种”信号),若为有效,通过内部锁存器把当前 a, b, c 地址锁存,延时一段时间,待当种子质心刚好到达喷嘴位置时,通过 data\_out 输出一个低电平,与此同时,把先前锁存的地址通过 c1, c2, c3 输出,这样该通道所对应的电磁阀就得到驱动脉冲信号,可以精确地控制喷嘴动作,把该通道中的“红种”吹出,达到剔除“红种”的目的。

### 5.5.2 模块化设计及模块复用<sup>[55]</sup>

· 本数据处理系统所做的设计严格遵循模块化设计及模块复用原则。

模块化设计的方法是,将系统总体划分为一个顶层模块、若干个一级模块,若干个二级模块(如有必要还可以向下划分),每个模块内部完成自己独立的功能,同级模块之间是平行的关系,上级模块与下级模块之间有共同的接口信号,通过接口信号调用下级模块进行通信连接,共同完成复杂的电路功能。

对系统进行模块划分、采用模块化设计,能使系统修改和维护的工作量降到最小,特别是在设计复杂时序时,模块化设计的优点更为明显。在设计复杂时序时,保证时序收敛到本级模块,这样在详细设计、仿真验证阶段,对于一些信号的时序肯定需要做一些调整,但是这种时序的调整最多只涉及到本级模块,而不会影响到整个设计,这样,设计就会一直处于可控的状态,不会因为某一处的错误引起整个设计从头进行。

在利用 FPGA 设计数字系统时经常会遇到同一模块需要反复被调用的情况,例如移位寄存器、计数器等模块,如果它们占用芯片资源很多,就会使系统成本及器件功耗大幅上升,而使用模块复用技术能够显著地达到减少资源消耗、优化面积的效果。

### 5.5.3 基于 QuartusII 开发环境的各模块硬件实现

QuartusII 是 Altera 公司推出的继 MAX+plusII 后第四代可编程逻辑器件开发平台,为 CPLD 和 FPGA 器件提供了一个更为完整高效的开发设计环境。同时 QuartusII 开发软件提供了多操作系统版本,可以提供易用的设计输入、快速的编译和直接易懂的器件编程。另外 QuartusII 具有较强的逻辑设计兼容性,可支持图形输入,设计框图输入, A HDL、VHDL、和 Verilog HDL 输入。目前最主要的硬件描述语言是 VHDL 和 Verilog HDL。VHDL 发展的较早,语法严格,而 Verilog HDL 是在 C 语言的基础上发展起来的一种硬件描述语言,语法较自由。VHDL 和 Verilog HDL 两者相比,VHDL 的书写规则比 VerilogHDL 烦琐一些,但 VerilogHDL 自由的语法也容易让少数初学者出错<sup>[56]</sup>,本设计采用硬件描述语言 VHDL。

本设计将整个系统分为采样和驱动时钟分频模块、地址控制端信号产生模块、颜色信号判断模块、延时输出模块和地址锁存输出模块,这五大模块采用层次化的设计方法,由顶层文件统一调用,构成完整的信号采集处理系统,实现颜色信号的并行采集和喷嘴电磁阀的实时驱动控制。

### (1) 采样时钟和驱动时钟模块

本模块负责将外部输入的时钟信号进行两次分频以满足系统颜色信号采样和电磁阀驱动的要求。

按照系统要求, 对每个通道的颜色信息的采样周期为  $T=1\text{ms}$ , 那么要达到这个速度, 数据采集处理系统对八选一数据选择器 HC4051 的信号输入端 `data_in` 的采样周期应为  $T/8$ , 即频率应为  $8\text{kHz}$ 。由于外部时钟信号由  $80\text{kHz}$  晶阵输入, 为此需对外部时钟 `clk` 信号进行 10 分频, 得到采样频率 `fen_out1`。另外由于选用的高频电磁阀驱动脉宽为  $1\text{ms}$ , 所以在 `fen_out1` 的基础上进行 8 分频得到电磁阀的驱动信号 `fen_out2`。采样时钟和驱动时钟模块波形仿真图如图 5-14 所示。

该模块输入输出信号描述如下:

`clk`: in, 外部时钟信号

`fen_out1`, out, 分频后采样时钟信号

`fen_out2`, out, 分频后驱动时钟信号

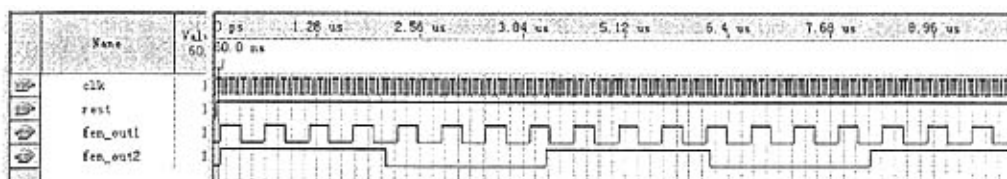


图 5-14 采样时钟和驱动时钟模块波形仿真图

Fig.5-14 Waveform simulation map of sampling counter and drive counter module

### (2) 地址控制端信号产生模块

本模块主要为做为数据选择和数据分配器 8 通道数字控制模拟开关 HC4051 提供地址端控制信号, 根据采样频率依次产生 000, 001, 010, 100, 101, 110, 111, 进而依次选择 8 通道中的其中一路。地址控制端信号产生模块波形仿真图如图 5-15 所示。

该模块输入输出信号描述如下:

`clk`: in, 外部时钟信号

`en`: in, 使能信号 (高电平使能)

`rest`: in, 复位信号 (低电平有效)

`fen_out1`, in, 采样时钟信号

`a`, `b`, `c`: out, 地址控制端信号

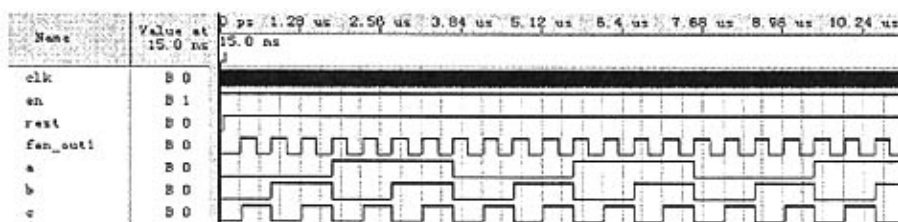


图 5-15 地址控制端信号产生模块波形仿真图

Fig.5-15 Waveform simulation map of signal produce module in address control end

### (3) 颜色信号判断模块

本模块主要负责判断输入的颜色信号是否为有效信号，一旦判断为有效信号，信号 G 和 todelay 就输出一个 fen\_out1 周期的低电平脉冲。颜色信号判断模块波形仿真图如图 5-16 所示。

该模块输入输出信号描述如下：

rest: in, 复位信号（低电平有效）

fen\_out1: in, 采样时钟信号

data\_in: in, 外部输入颜色信号（高电平有效）

todelay: out, 延时及驱动信号输出模块触发信号（低电平有效）

G: out, 地址锁存输出模块地址锁存触发信号（低电平有效）

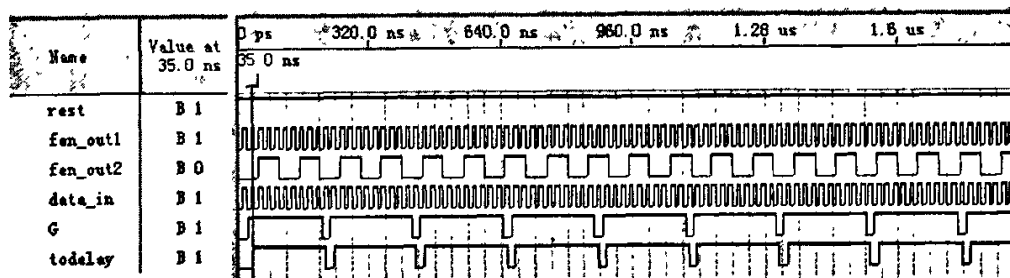


图 5-16 颜色信号判断模块波形仿真图

Fig.5-16 Waveform simulation map of color signal judging module

### (4) 延时及驱动信号输出模块

本模块主要负责判断延时及驱动信号输出模块触发信号 todelay 是否为有效信号（低电平有效），一旦判断为有效信号，就准确延时一段时间，信号 OE 和 data\_out 就输出一个 fen\_out2 周期的低电平脉冲，来驱动相应通道的电磁阀。延时及驱动信号输出模块波形仿真图如图 5-17 所示。

该模块输入输出信号描述如下：

fen\_out2: in, 驱动时钟信号

todelay: in, 延时及驱动信号输出模块触发信号（低电平有效）

OE: out, 地址锁存模块地址输出触发信号（低电平有效）

data\_out: out, 驱动信号

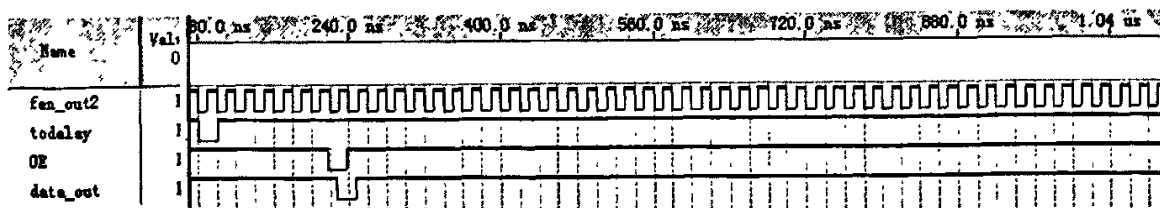


图 5-17 延时及驱动信号输出模块波形仿真图

Fig.5-17 Waveform simulation map of delay and drive signal output module

### (5) 地址锁存及地址输出模块

本模块主要负责判断颜色信号判断模块和延时及驱动信号输出模块所输出的信号 G、OE 是否为有效信号（低电平有效），一旦判断 G 信号为有效，缓存器 dff0、dff1、dff2 就把此时该通道的地址锁存，一旦判断 OE 信号为有效，缓存器 dff0、dff1、dff2 就把锁存的通道地址赋予 a、b、c，然后输出。地址锁存及地址输出模块波形仿真图如图 5-18 所示。

该模块输入输出信号描述如下：

fen\_out1: in, 采样时钟信号

todelay: in, 延时及驱动信号输出模块触发信号（低电平有效）

OE: in, 地址锁存模块地址输出触发信号（低电平有效）

dff0、dff1、dff2: 信号缓存器

a、b、c, out, 地址输出端

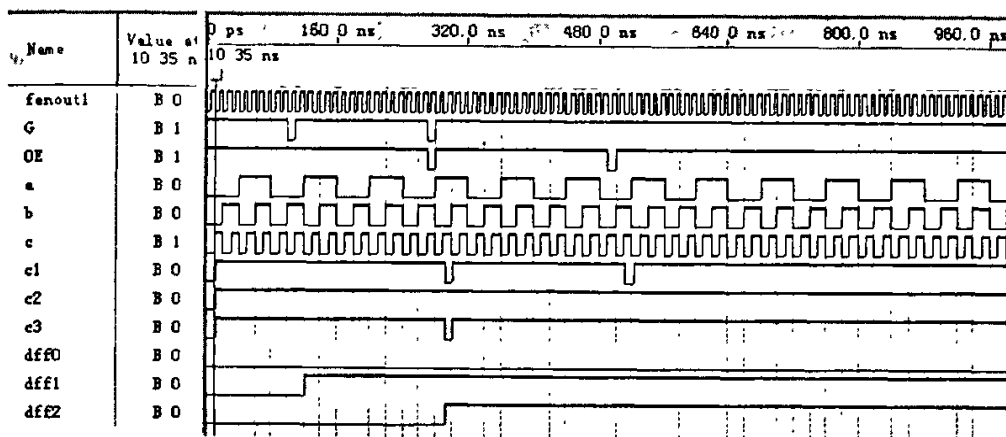


图 5-18 地址锁存及地址输出模块波形仿真图

Fig.5-18 Waveform simulation map of address lock and address output module

### (6) 顶层设计

顶层设计就是把以上五个独立的模块在顶层文件中一一列出，通过定义一些不同的信号进行连接，并根据要采集处理信号通道数目的多少进行某些模块的生成以及模块复用，最后实现由顶层文件统一调用，构成完整的数据采集处理系统。本章数据采集处理系统完成的是 40 路颜色传感器信号的采集处理和 40 路电磁阀驱动信号的输出控制。

顶层文件 VHDL 部分源代码如下：

```

ARCHITECTURE control of cotrol_model is
component fenpin
    port(clk,rest:in std_logic;
          fen_out1:out STD_LOGIC);
end component;
component count4

```



```

        port(fen_out1,rest,en:in std_logic;
              a,b,c:out STD_LOGIC);
    end component;
    component judge
        port(fen_out1,data_in:in std_logic;
              todelay,G:out STD_LOGIC);
    end component;
    component delay
        port(fen_out2,todelay:in std_logic;
              OE,data_out:out STD_LOGIC);
    end component;
    component latch2
        port(fen_out1,G,OE,a,b,c:in std_logic;
              c1,c2,c3:out STD_LOGIC;
              dff0: buffer std_logic;
              dff1: buffer std_logic;
              dff2: buffer std_logic);
    end component;
    signal fen_out1: std_logic;
    signal fen_out2: std_logic;
    signal ac: std_logic;
    signal bc: std_logic;
    signal cc: std_logic;
    signal G: std_logic_vector(4 downto 0);
    signal OE: std_logic_vector(4 downto 0);
    signal todelay: std_logic_vector(4 downto 0);
    signal data_inc: std_logic_vector(4 downto 0);
    signal data_outc: std_logic_vector(4 downto 0);
    --signal dff0: std_logic_vector(4 downto 0);
    --signal dff1: std_logic_vector(4 downto 0);
    signal adr1: std_logic_vector(4 downto 0);
    signal adr2: std_logic_vector(4 downto 0);
    signal adr3: std_logic_vector(4 downto 0);
    begin
        u1:fenpin port map(clk,rest,fen_out1);
        fen_out1<=fen_out;
    
```

```

    u2:count4 port map(fen_out1,rest,en,ac,bc,cc);
a<=ac;
b<=bc;
c<=cc;
data_inc<=data_in;
    u3:for i in 0 to 4 generate
        u31: judge port map(fen_out1,data_inc(i),todelay(i),G(i));
    end generate u3;
    u4:for i in 0 to 4 generate
        u41: delay port map(fen_out2,Todelay(i),OE(i),data_outc(i));
    end generate u4;
data_out<=data_outc;
    u5:for i in 0 to 4 generate
        u51:latch2port map(fen_out1,G(i),OE(i),ac,bc,cc,adr1(i),adr2(i),adr3(i),dff0
(i),dff1(i),dff2(i));
    end generate u5;
c1<=adr1;
c2<=adr2;
c3<=adr3;
end control;

```

## 5.6 本章小结

本章在前面各章对脱绒棉种颜色分选控制系统结构组成及工作过程分析的基础上，重点对分选控制系统中主控制系统的外围存储空间的扩展、人机界面系统以及数据采集处理系统进行了设计与实现。该数据采集处理系统采用 FPGA 作为主控芯片，以纯硬件实现所有逻辑控制，具有实时采集和并行处理多路信号和抗干扰的特点，克服了单片机应用在该系统的不足之处。并且在进行 VHDL 设计时，各模块单独进行并及时仿真验证，以便及早发现潜在问题，缩短了设计周期，提高了设计的可靠性和效率<sup>[70]</sup>。

## 第六章 颜色分选控制系统的抗干扰设计

### 6.1 引言

一般影响系统可靠运行的因素,主要是来自系统内部和外部的各种干扰,以及系统的结构设计、元器件选择、安装、工艺和外部环境等。脱绒棉种分选设备工作环境恶劣,为保证其分选控制系统长期稳定、可靠的运行,避免导致系统分选误差加大,甚至出现失灵、无法工作的现象。本章在设计过程中将采取一些相应的抗干扰措施来抑制加工环境下各种干扰对系统的影响。

### 6.2 颜色分选控制系统的抗干扰设计

#### 6.2.1 精选元件

元器件是构成部件或系统的基础,应尽量选择集成化程度高,抗干扰能力强,功耗小的器件。为降低元器件的噪声,应尽量采用金属膜电阻和低噪声的有源器件。为了减少温度漂移,制作电路时,要求全部器件经过高、低温老化处理。另外还要遵循能用低速的器件就不用高速器件的原则。

#### 6.2.2 滤波电路<sup>[71-72]</sup>

分选机工作时,雷电及系统器件,如继电器、可控硅、电机、高频时钟等,都可能会引起线路较大的电压或电流变化率,会产生很大的冲击电流,使电源电压发生振荡,进而成为系统的干扰来源。为了减少干扰源的电压变化率和干扰源的电流变化率,本文分别进行了电源退耦设计和电源干扰滤波设计。

##### (1) 电源退耦设计

在颜色分选控制系统中使用了大量的数字 IC,而每片数字 IC 本身都是一个脉冲干扰源,它们也会通过电源线互相干扰。为了减小干扰源的电压变化率,抑制这种干扰,采用电源退耦设计,主要是通过干扰源两端并联去耦电容。解决的办法如图 6-1 所示在 IC 芯片的电源入口处,也采取了退耦电容设计,电源进线端 10 $\mu$ F 的电容选用钽电容,0.1 $\mu$ F 的选用陶瓷电容。退耦电容的引脚要尽量短。去耦容值的选用并不严格,一般选用 0.01~0.1 $\mu$ F 之间的电容均可。去耦电容应直接跨接在芯片电源和地线之间。原则上,数字电路中每一块集成电路芯片都应配置去耦电容,但由于电路板空间限制,也可每 5~10 个集成电路接一个大的去耦电容,其容量为各去耦电容总和的 5~10 倍,并选用高频阻抗和漏电流均较小的钽电容。

脱绒棉种颜色分选控制系统中许多电路是公用一个直流电源的,这就要求电源进线不得在各电路之间引入干扰,并且当负载发生变化时直流电源线上不应产生波动。但实际上很难做到,因为直流电源的内阻抗和电源引线的交流阻抗不可能为零。利用退耦电

容不仅能降低直流电源的内阻抗,还能避免各电路之间通过电源线相互干扰。

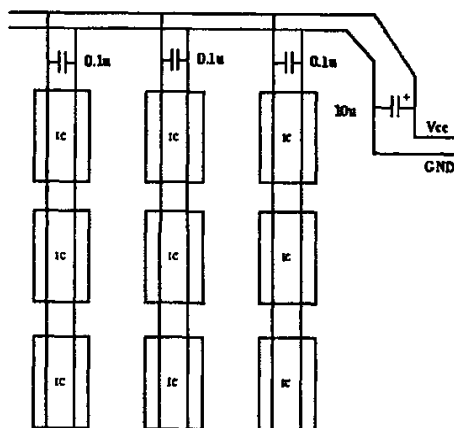


图 6-1 数字电路 IC 电源退耦电路

Fig.6-1 Quit coupling circuit of IC electrical source in digital circuit

## (2) 电源干扰滤波器

减小干扰源的电流变化率,则是在干扰源回路串联电感或电阻。电源干扰滤波器的基本应用如图 6-2 所示。该五端元件有两个输入端,两个输出端和一个接地端。电路中包含共模扼流圈(亦称共模电感)  $L$ 、滤波电容。 $L$  对串模干扰不起作用,但当出现共模干扰时,由于两个线圈的磁通方向相同,经过耦合后总电感量迅速增大,因此对共模干扰呈现很大的感抗,使之不易通过。 $L$  两端的电容可选  $0.01\mu\text{F}\sim 0.47\mu\text{F}$ ,采用薄膜电容,主要用来滤除串模干扰。另外两电容串联,跨接在输出端,并将两电容的中点接地,能有效的抑制共模干扰。

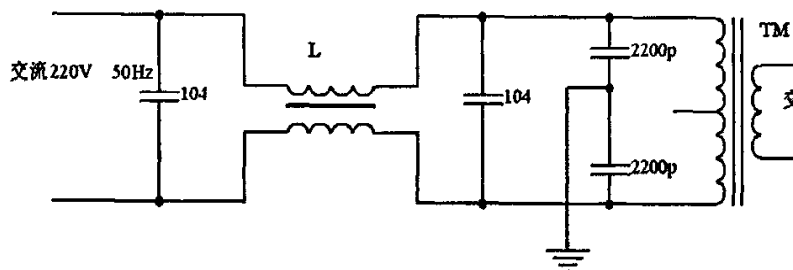


图 6-2 电源干扰滤波器电路

Fig.6-2 Filter circuit of electrical source interference

## 6.2.3 光电隔离设计

系统工作时常常存在较大的噪声干扰,若这些干扰信号随输入信号一起进入微机系统,将会使系统的控制准确性降低。所以为减少干扰信号对数字测控系统的影响,在模拟信号进入微机系统时采用了光电隔离技术<sup>[73]</sup>本文采用光电耦合器件 TPL521-4 做为传感器与数据采集处理器之间的连接器件,电路设计如图 6-3 所示。

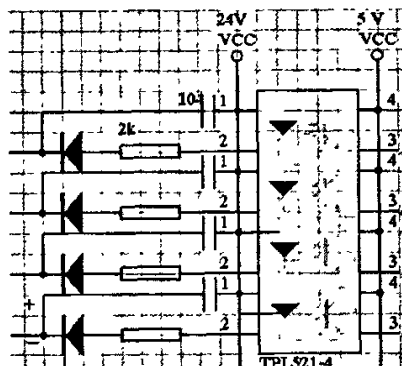


图 6-3 RGB 颜色信号前端采集电路

Fig.6-3 Front collecting circuit of RGB color signal

521—4 是四路光电隔离开关，当输入端有信号使其发光二极管导通时，输出端的感光三级管即导通，能有效的起到隔离高电压及干扰信号的作用。

521-4 主要技术参数：

工作电压：5~24V

正向电流：10~20mA

使用光电隔离的原因：单片机测控系统输出的开关信号，通常是通过芯片给出的低压直流电平信号。这种电平信号的负载能力比较低，一般不能直接驱动外部设备，而要经过有关接口进行转换之后才能应用与外设的启闭。此外，由于所数外设的功率都比较大，在启闭过程中会产生强大的电磁干扰信号，如果不加以隔离，干扰信号极易通过输出线路窜入测控系统中，造成系统失控或损坏元器件。

采用光电隔离技术，不但可以最大限度的防止现场强电磁干扰的窜入，而且可以防止工频电源中高次谐波的干扰，也可以有效地切断电路当中级与级之间的电的联系，从而保证各级电路能独立可靠地工作。

#### 6.2.4 硬件看门狗电路设计<sup>[74]</sup>

为提高系统的可靠性，防止系统运行时受到干扰而导致程序跑飞的情况出现，本系统设计了由 NE555 定时器构成的硬件看门狗电路如图 6-4 所示。 $R_3$ 、 $C_6$  为定时元件，由单稳态触发器产生的正脉冲宽度为： $T_w=1.1R_3C_6 \approx 10ms$ 。 $C_5$  用于滤除高频干扰。当系统工作正常时，P1.3 给 NE555 定时发消息（喂狗），看门狗不起作用。当系统运行不正常时，AT89C51 不能给定时器送去触发脉冲，NE555 中的单稳态触发器就输出脉宽大于  $4\mu s$  的负脉冲，经反向后加至 89C51 的复位端，使系统复位，迅速恢复正常运行状态。

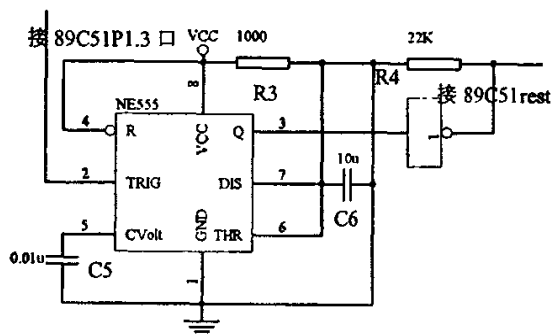


图6-4 硬件看门狗电路

Fig.6-4 Circuit of hardware watchdog

### 6.2.5 接地技术

接地技术是抑制噪声的重要手段。对于本系统，需要解决的主要是模数信号接地问题。由于模拟信号较弱，而数字信号较强，而且是交变的脉冲，流过它的地线的电流也是脉冲，如果两种信号共用一根地线，数字信号就会通过杂散电容耦合到模拟电路，对模拟信号构成干扰，因此需要采用一点接地原则，将这两种地线分开设置，然后多个接地点再汇聚到一点，同时采用网状大面积布地技术。

### 6.2.6 布线技术

布线时需要注意以下几个问题：避免 90 度折线，以减少高频噪声发射；布置电源线时，应根据所需电流的大小设计导线宽度；晶振与单片机引脚应尽量靠近，并用地线把时钟区隔离起来；减小电源线和地线的长度，这样可以减小电源线与地线的公共阻抗，从而减少耦合干扰的产生；布线过程中要避免回路有重叠面积，以减小相互感应；对于单片机闲置的 I/O 口，不要悬空，要接地或接电源。

### 6.2.7 其它抗干扰技术

除了上述硬件抗干扰措施外，本文还在软件设计方面采取了一些抗干扰措施。如：在未被使用的代码空间设计了软件陷阱；对于通信中的抗干扰，采用偶校验方式，当出现校验错误后，重新传输数据；将同步串行通信中的时钟信号线、数据线和锁存信号线常态置为高，这样抗干扰效果好过置为低<sup>[75]</sup>。

## 6.3 本章小结

本章主要针对加工环境下，可能导致分选控制系统不能长期稳定可靠的运行的干扰因素进行了分析研究，同时采取相应的抗干扰措施来抑制加工环境下各种干扰对系统的影响，确保系统长期可靠运行。

## 第七章 分选控制系统的仿真调试与分选试验

### 7.1 引言

完成整个系统软硬件设计后需要对系统进行严格的仿真与调试验证,以便发现问题,不断地改进和完善系统。仿真和调试验证后,为了进一步考察颜色分选控制系统的分选效果本章还将对系统进行分选试验。

### 7.2 系统仿真调试

#### 7.2.1 系统的仿真验证

数据采集处理系统是整个控制系统的核心,此系统设计的成功与否直接决定着整个控制系统的成败。为此在软件设计完成后,对整个数据采集处理系统在 QuartusII5.0 环境下进行了仿真验证。

##### (1) 数据处理系统 RTL 仿真

图 7-1 为对 40 (5×8) 路颜色传感器信号进行采集处理 RTL( Register Transfer Level 寄存器传输级)仿真图,从图中可以看出,数据处理系统包含一个分频模块 fenpin,一个共用的 8 位计数器 count4,判断模块 judge、延时输出模块 delay、地址锁存及地址输出模块 latch2 各 5 个。从数据处理系统 RTL 仿真图很容易看出各模块之间的逻辑连接符合控制逻辑。

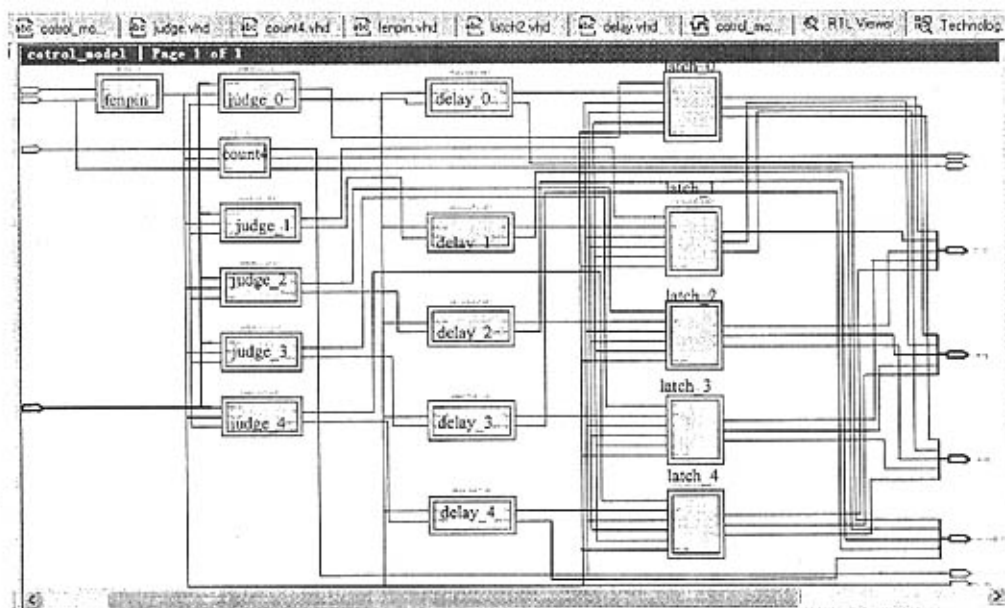


图 7-1 数据处理系统 RTL 仿真

Fig.7-1 Simulation map of RTL data dispose system

## (2) 时序仿真

系统的逻辑关系通过 RTL 仿真得到验证后, 为了进一步验证系统是否实现控制要求的功能时序, 对系统进行了总体时序仿真。通过时序仿真可以看出, 数据采集处理系统完成了颜色信号的采集判断和驱动延时输出, 实现了整体系统主要的控制功能。数据采集处理系统的总体时序如图 7-1 所示。

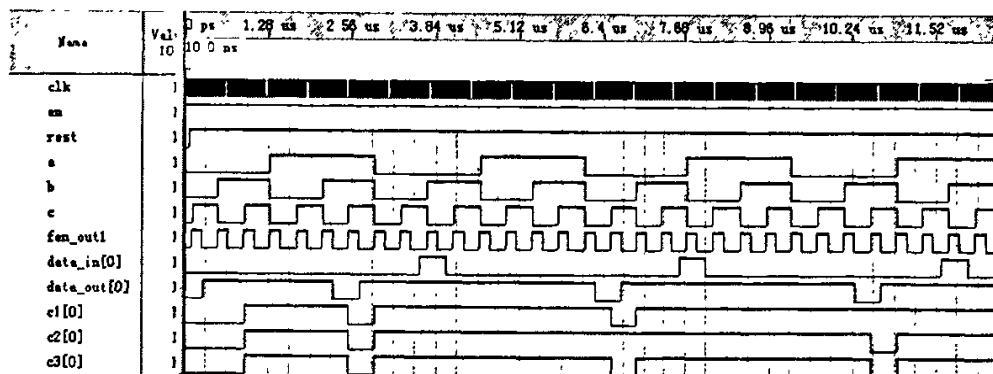


图 7-2 数据采集处理系统总体仿真图

Fig.7-2 Waveform simulation map of the whole data collect and dispose system

## 7.2.2 系统硬件调试

### (1) 颜色输入信号的调试

首先进行 RGB 传感器的标定, 即采用 RGB 颜色传感器标定了一个“红种”, 一旦传感器扫描到它, 传感器的指示灯就亮, 也就是说明有“红种”信号输出。然后关闭数据采集处理系统, 让标定好的 RGB 颜色传感器采集数据(扫描标定的那粒“红种”), 每次待指示灯亮时, 用万用表在光电隔离芯片 TPL521-4 之后检测是否有信号, 每个引脚逐个测试。测试结果表明, 颜色信号输入电路没有问题。

### (2) 采样及输出信号的调试

数据采集处理系统颜色信号的采样脉宽和电磁阀驱动脉宽都非常窄, 用万用表或发光二极管来显示很难判别有无采样和驱动信号, 因为万用表没用那么快的反应速度, 同时那么高的频率人眼根本看不到(人眼所能区分光的闪动时间间隔须在 45ms 以上)。为此, 当系统上电一段时间后, 采用频率为 40MHz 的双踪示波器逐个测试 EP1C3T144C8 芯片的信号采集和驱动信号输出端口, 看波形是否和控制要求一致。测试结果表明, 波形的幅值和脉宽与控制系统要求基本吻合, 并且波形比较稳定, 毛刺较少, 说明系统所采用的抗干扰措施达到一定的效果。

## 7.3 颜色分选控制系统的分选试验

为了验证设计的脱绒棉种颜色分选控制系统对棉种分选的有效性、可靠性。本章基于第四章所设计搭建的单通道脱绒棉种分选试验台架, 对颜色分选控制系统进行了分选试验。由于分选试验台架尚未安装振动喂料机构, 所以只能从溜槽顶部入口将脱绒棉种



从静止状态一粒粒连续地通过溜槽滑落下去,然后由颜色分选控制系统对棉种中的“红种”进行识别和剔除。

分选试验主要是考察验证系统分选的精确性。因为RGB颜色传感器可以事先把棉种颜色标定,所以选取一些“红种”将其全部标定(为选别对象设置适当的识别精度,以确保均能够被传感器识别)。每个试验样本随机取标定好的100粒“红种”,然后使其依次、均匀、连续地从溜槽顶部入口处滑落。试验主要从选后样本中“红种”的剔除率(分选准确度)指标来考察系统分选效果。试验用棉种为新陆早-12,部分试验结果见表7-1。

表 7-1 脱绒棉种分选试验结果

Tab.7-1 Experimental results of Delinted cottonseeds sorting

试验序号	红种总数/粒		准确度/%
	原 料	剔 除	
1	100	99	99
2	100	97	97
3	100	98	98
4	100	99	99
5	100	99	99
6	100	100	100
7	100	97	97
8	100	99	99
9	100	99	99
10	100	100	100
平 均 值			98.7
标 准 差			1.10829
变 异 系 数			0.01112

由试验结果可以看出,颜色分选系统在样本全是“红种”并连续下落的情况下,分选平均准确度较高,而且变异系数较小。结果说明系统分选效果较好,能够满足加工环境下生产的要求。

## 7.4 本章小结

为考察验证系统的可靠性,本章对设计完成的颜色分选控制系统进行了仿真和简单的调试,并进行了脱绒棉种的分选试验。结果表明,系统稳定可靠,分选效果良好。

## 第八章 结论与展望

### 8.1 研究总结

棉花种子是棉花生产最基本的生产资料，是新疆兵团推广精量播种，发展精准农业的基础。本文针对目前伴随着新疆兵团精量播种技术的大力推广而出现的种子问题，探索一种有效的脱绒棉种颜色分选方法——基于 RGB 颜色模型实施对脱绒棉种的颜色分选，最终为利用脱绒棉种表面的颜色特征实现棉种精选奠定一些基础。

本文主要完成的工作总结如下：

1) 通过对反映脱绒棉种质量的两个重要指标发芽势和发芽率与其数字图像颜色特征之间的相关性分析，揭示了 RGB 颜色模型下脱绒棉种颜色特征参数与其发芽势和发芽率之间均存在显著的相关性，并找到了多个简单而有效的颜色特征参数  $R/(R+G+B)$  和  $(R-B)/(R+G+B)$  等参数，为基于 RGB 颜色模型对脱绒棉种实施快速、有效的分选提供了理论依据。

2) 基于上述研究，并针对加工环境下脱绒棉种的分选的要求，系统采取 RGB 颜色模型硬件实现的方式，选用了高速度、高精度、高可靠性的 RGB 颜色传感器。同时选用了高速喷嘴驱动控制电磁阀以及多通道信号实时采集和并行处理的核心芯片 FPGA。

3) 为确保系统分选的精确性、稳定性和分选效率，结合系统控制参数对脱绒棉种颜色分选关键机构的进行了分析研究，推导建立了决定“V”型溜槽截面形状、水平倾角以及长度这三个关键参数的约束方程，确立了传感器和喷嘴的安装位置模型，并在此基础上，设计搭建了一个单通道试验台架，其溜槽板、传感器和电磁阀三者位置能够在理论位置的基础上自由调整。

4) 以单片机 AT89C51 为主控制核心，以 FPGA 芯片为数据处理核心，重点对脱绒棉种颜色分选对控制系统存储空间的发展与分配、人机界面系统以及控制系统的核心部分——数据采集处理系统进行了设计，并在 QuartusII5.0 环境下对各主要模块进行了实时地仿真验证。

5) 针对加工环境下，可能导致分选控制系统不能长期稳定可靠的运行的干扰因素进行了分析研究，同时采取相应的抗干扰措施来抑制加工环境下各种干扰对系统的影响，确保系统长期可靠运行。

6) 对完成的分选控制系统首先进行仿真和调试验证，然后在试验台架上又对系统进行多次的分选试验。结果表明，该系统运行可靠稳定，分选效果良好，基本能够满足脱绒棉种颜色分选的需要。

### 8.2 后续工作及展望

本文通过对脱绒棉种发芽势、发芽率与其表面的颜色特征之间的相关性分析，证明

了 RGB 颜色模型下,脱绒棉种发芽势、发芽率与其表面的颜色特征之间存在显著相关性。在此基础上,研究设计了以 RGB 颜色传感器为识别元件,以 FPGA 芯片为控制核心,多通道实时并行处理的脱绒棉种颜色分选控制系统,并搭建了试验台架对系统进行试验验证。在完成课题任务和毕业论文的同时,虽然取得了一些成绩,但所需完善与改进之处还有很多。在课题研究过程中,发现还有以下工作,有待后续完成:

1) 对脱绒棉种与其颜色特征之间的试验研究还需进一步深入,建立能够精确描述发芽势和发芽率与其颜色特征之间定量关系的数学模型,以便为基于数字图像与色彩分析技术的脱绒棉种生育信息快速无损诊断提供科学依据。

2) 为节省时间,简化设计,系统颜色识别元件直接采用了比较先进的 RGB 颜色传感器,虽然精度、速度、可靠性等方面都很好的满足了系统的需要,但是在棉种分选中一个通道至少设置一个,对多通道的棉种颜色分选控制系统而言,购买和使用成本较高。为此,在今后,建议采用 3 路彩色线阵 CCD 芯片,通过光路设计,一个 CCD 芯片可以扫描多各个通道的种子,并同时输出三路(RGB)颜色信号,既拥有 RGB 颜色传感器的优点,又降低了设计成本。

3) 虽然课题在开展之初就是针对生产条件下多通道实时并行控制的这种情况进行设计,但要研制一套使用方便,性能可靠的脱绒棉种颜色分选控制系统还需要进一步改善,尤其要增加一些监控方面的子系统。

## 参考文献

- [1] 陈涛, 徐小波, 乐忠宇等. 棉花种子颜色分选自动化系统研究, 中国农业机械学会 2006 年学术年会论文集, 2006 (上册): 451-454.
- [2] 李景彬. 棉种色选装置的光电系统研究: [硕士学位论文]. 石河子: 石河子大学, 2006.
- [3] 蔡卫国. 种子精选分级试验台机构与控制方法研究: [硕士学位论文]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [4] 李彦林. 棉种色选机在棉种加工中的应用[J], 新疆农机化, 2005 (3), 25.
- [5] 张若宇, 坎杂, 江英兰等. 农业机器人在新疆兵团农业生产中的应用前瞻[J]. 农机化研究, 2006, 9, 31.
- [6] 刘静茹. 光电分选控制系统设计与实现: [硕士学位论文]. 大连市: 大连理工大学, 2006.
- [7] 张天堂. 国产 MMS-24A 型色选机在米厂的应用[J]. 粮食科技与经济, 1999, (4): 38-39.
- [8] 陈善峰, 王俊. 农产品分级技术及品质检测设备的现状与发展趋势[J]. 粮油加工与食品机械, 2000, (4): 8-10.
- [9] M. C. Pasikatan, F. E. Dowell. Sorting Systems Based on Optical Methods for Detecting and Removing Seed-s Infested Internally by Insects or Fungi: a Review[J]., Applied Spectroscopy Reviews 2001, 36(4): 399-416.
- [10] 张麟, 张小燕. 光电色选机的结构及其特点. 包装与食品机械[J], 1997, 15 (2): 21-24.
- [11] 张麟. 光电色选机及其应用. 农机与食品机械[J], 1997, (5): 24-27.
- [12] 徐洪吉. 葡萄干颜色分选机的研究: [硕士学位论文]. 长春: 长春理工大学, 2002.
- [13] 范平. 浅析色选技术在中国的发展过程[J]. 粮食科技与经济, 2005, (4): 46-47.
- [14] 孟楚年, 赵建柱, 张承凯等. 大米色选机, 粮食与饲料工业[J]. 1997, (3): 15-18.
- [15] 谢锋云. 葡萄干颜色分选机的研究[M]. 长春: 长春理工大学, 2003.
- [16] 谢锋云. 基于 RGB 法的葡萄干颜色分选 [J]. 华东交通大学学报, 2004, 21 (4): 72-74.
- [17] 齐晓娜. 鸭梨品质检测与分级计算机视觉系统的研究 (硕士学位论文). 河北: 河北农业大学, 2005, 6.
- [18] Rehkugler, G. E., and J. A. Throop. Image Processing Algorithm for Apple Defect Detection[J]. Transactions of the ASAE. 1989, Vol. 32(1): 267-272.
- [19] Rehkugler, G. E., and J. A. Throop. Apple Sorting with Machine Vision[J]. Transactions of the ASAE. 1986, Vol. 29(5): 1388-1397.
- [20] Shearer SA, Payne FA. Color and defect sorting of bell peppers using machine vision[J]. Trans of the ASAE, 1990, 33(6): 2045-2050.
- [21] Chen, P., and Z. Sun. A Review of Non-destructive Methods for Quality Evaluation and Sorting of Agricultural Products[J]. J. agric. Engng Res. 1991, Vol. 49: 85-98.
- [22] Chen. P. Nondestructive Methods for Internal Quality Evaluation of Agricultural Products[J]. Commission of the European Communities. 1993, 15-25.
- [23] Singh N., M. J. Delwiche. Machine Vision Methods for Defect Sorting Stonefruit[J]. Transactions of the ASAE. 1994., Vol. 37(6): 1989-1997.
- [24] Liao K, Paulsen MR, Reid JF. Realtime detection of color and surface defects of maize kernels using machine vision [J]. Journal of agricultural Engineering Research, 1994, 59: 263-271.
- [25] Tao Y. Spherical transform of fruit images for on line defect extraction of mass objects[J]. Optical Engineering. 1996, Vol. 35(2): 344-350.
- [26] Tao Y. Closed-loop Search Method for On-line Automatic Calibrations of Multi-camera Inspection systems[J]. Transactions of the ASAE. 1998, Vol. 41(5): 1549-1555.
- [27] Tao Y, P. H. Heinemann, Z. Varghese, C. T. Morrow, and H. J. Sommer III. Machine Vision for Color Inspection of Potatoes and Apples[J]. Transactions of the ASAE. 1995, Vol. 38 (5): 1555-1561.
- [28] YING Yibin, JING Hansong, MA Junfu, et al. Application of Machine Vision to Detecting Size and Surface Defect of Huanghua Pear[J]. Trans of the CSAE, 1999, 15(1): 197-200.
- [29] Yoshitaka MOTONAGA, Takaharu KAMEOKA, Atsushi HASHIMOTO. Constructing Color Image Processing System

- m for Managing the Surface Color of Agricultural Products[J].
- [30] Tao Y, Heinemann PH, Varghese Z, et al. Machine vision for color inspection of potatoes and apples[J]. Trans of the ASAE, 1995, 38(5): 1555-1561.
- [31] Paolo Gay, Remigio Berruto, Pietro Piccarolo. Fruit Color Assessment for Quality Grading Purposes[C]. 2002 ASAE Annual Meeting, Paper No. 026097.
- [32] Byron K. Miller, Michael J. Delwiche. A color vision system for peach grading[J]. Trans of the ASAE, 1989, 32(4): 1484-1490.
- [33] Choi K, Lee G, Han Y J, et al. Tomato maturity evaluation using color image analysis[J]. Trans of the ASAE, 1995, 38(1): 171-176.
- [34] HE Dong-jian, YANG Qing, XUE Shao-ping, et al. Computer Vision for Color Sorting of Fresh Fruits [J]. Trans of the CSAE, 1998, 14(3): 202-205.
- [35] FENG Bin, WANG Maohua. Computer Vision Classification of Fruit Based on Fractal color[J]. Trans of the CSAE, 2002, 18(2): 141-144.
- [36] 闫之焯. 基于计算机视觉的苹果颜色分级系统研究(硕士学位论文). 南京: 南京农业大学, 2003, 6.
- [37] 康晴晴, 荀一, 张俊雄等. 基于计算机视觉的苹果表面颜色分级技术研究[J]. 中国农业机械学会 2006 年学术年会论文集, 2006(上册): 455-459.
- [38] 叶呈程, 应义斌. 水果品质检测与分级技术. 农机化研究[J], 2003, (3): 58-59.
- [39] KEYENCE. Sensor, image system, measure apparatus, and microscope[J]. Product specification, 2005, 134-141.
- [40] Ramsa AP, Jacobs H, Brand FA, et al. Microwave techniques in measurements of lifetime in germanium[J]. J. Appl. Phys. 1959, 30(7): 1054-1060.
- [41] 蔡健荣. 颜色模型分析及在农产品质量检测中选用原则[J]. 江苏理工大学学报, 1997, 18(5): 22-26.
- [42] 贾渊, 姬长英. 农产品自动检测中的常见颜色模型[J]. 农机化研究, 2004, (4): 205-208.
- [43] 陈炳若, 杜科, 李玉传等. 颜色探测的研究与进展[J]. 半导体光电, 2000, 21(4).
- [44] 唐延林, 黄敬峰, 王人潮. 水稻不同发育时期高光谱与叶绿素类胡萝卜素的变化规律[J], 中国水稻科学, 2004, 18(1): 59~66
- [45] 孙延生. 如何测定发芽势和发芽率, 牡丹江农业信息中心 <http://www.mdjagri.gov.cn>, 2005.
- [46] 蔡鸿昌, 崔海信, 宋卫唐等. 黄瓜初花期叶片光合色素含量与颜色特征的初步研究[J], 农业工程学报, 2006, 22(9): 34-38.
- [47] Ahamad I S, Reid J F. Evaluation of color representations for maize images [J], Journal of Agricultural Engineering Research. 1996, 63(3): 185-196.
- [48] Ibarra J G, Tao Y, New berry L, et al. Learning vector quantization for color classification of diseased air sacs in chicken carcasses[J], Transaction of the ASAE, 2002, 45(5): 1629-1635.
- [49] Tian L F, Slaughter D C. Environmentally adaptive segmentation algorithm for outdoor images segmentation [J], Computer & Election. In Agric. 1998, 21(3): 153-168
- [50] 雷咏雯, 危常州, 冶军等. 计算机辅助叶色分析进行棉花氮素营养诊断的初步研究[J], 石河子大学学报(自然科学版), 2004, 22(4): 113-116
- [51] Peter C schart, John A Lory. Calibrating corn color from aerial photographs to predict side dress nitrogen need [J], Agron, 2002, 94: 397-404.
- [52] 张京平, 彭争, 汪剑. 苹果水分与 CT 值相关性的研究[J], 农业工程学报, 2003, 19(2): 180-182.
- [53] 贾良良. 应用数字图像技术与土壤植株测试进行冬小麦氮素营养诊断[D]. 北京: 中国农业大学, 2003, 6: 16.
- [54] GB/T3543.1~3543.7—1995, 中华人民共和国国家标准农作物种子检验规程[S].
- [55] Cyclone Programmable Logic Device Family DataSheet. 2005. [www.altera.com](http://www.altera.com)
- [56] 程海波. 基于 FPGA 的机载高速数据记录系统的研究(硕士学位论文). 西安: 中国科学院研究生院, 2005, 5.
- [57] 李天真. 精米色选工艺效果影响因素的分析. 粮油加工[J], 2002(11): 11~12.

- [58] 程国强, 彭学焜, 吴良美. 9400 型色选机的使用与维护. 粮食与饲料工业[J], 1997 (6): 15~16.
- [59] 田明. 如何选用色选机. 粮食与饲料工业[J], 1997 (7): 8~9.
- [60] 坎杂, 李景彬, 江英兰等. 5MZX-96 脱绒棉种色选机的设计研究. 石河子大学学报(自然科学版) [J], 2005 23 (6): 749~751.
- [61] AT89C51 Datasheets, Atmel Company.
- [62] DALLAS, DS1230Y/AB 256K Nonvolatile SRAM. Datasheet: 1-12.
- [63] 唐跃平, 吴艳梅. 数据处理系统中微机 I/O 地址的扩展技术的研究. 微机发展[J], 2001, (1): 40-43.
- [64] 坎杂, 张若宇, 江英兰等. 脱绒棉种色选机人机界面系统设计[J]. 计算机应用研究, 2006 (增刊).
- [65] Device/PLC Connection manuals, Pro-face Company.
- [66] 田书峰等, 单片机与三菱 PLC 无协议串行通讯的实现 [J], 单片机应用, 2005, 7(2): 89~91.
- [67] 胡汉才, 单片机原理及接口技术[M], 北京: 清华大学出版社, 2004, 327~363.
- [68] 马明建等, 数据处理采集与处理技术[M], 西安: 西安交通大学出版社, 2000, 156~172.
- [69] 王松武等, 电子创新设计与实践[M], 北京: 国防工业出版社, 2005, 110~150.
- [70] 黄杨晖, 戴曙光, 穆平安等. 基于 CPLD 的充气电缆气压监控装置的研制[J]. 仪表技术, 2004, (6): 18-20.
- [71] 陈斌. 单片机应用系统抗干扰技术[J]. 电子产品世界, 2005, (14): 95-97.
- [72] 孙传友, 孙晓斌, 汉泽西等. 测控系统原理与设计[M]. 北京, 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [73] 谢子青. 光电隔离抗干扰技术及应用[J]. 现代电子技术, 2003, (13): 33-34.
- [74] 沙占友, 孟志永, 王彦朋. 单片机外围电路设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [75] 刘兆强. 数字电路抗干扰设计, 中国电磁兼容网: [www. emcchina. org](http://www.emcchina.org), 2005.

## 致 谢

值此论文完之际，我要向所有关心我、支持我的老师、同学、朋友以及我的家人表示衷心的感谢！

首先要感谢我的导师坎杂教授，导师严谨务实的治学风范，一丝不苟的学术钻研精神，真诚正直的为人态度无不让我终生难忘。在整个课题研究期间，得到了坎老师的谆谆教诲和卓有成效的指导，并且在生活上也给予我无微不至的关怀，使我能够顺利完成学业，在此，特向导师致以最诚挚的敬意和最美好的祝愿！

在论文选题和课题开展期间，得到了机电学院的曹卫彬教授、成斌教授、王维新教授、李盛林教授、梅卫江副教授、江英兰副教授、吴杰副教授、张晓海副教授、胡斌副教授、李成松老师以及大学实验加工中心的黄勇和李树峰老师的热心指导和启发，在此特向以上老师表示衷心的感谢！同时也感谢农业机械教研室各位老师对我的关怀和帮助！

在课题的完成过程中，得到了师姐王丽红，师哥李景彬，师弟李江波、杨炳政，学弟马磊、张金果、朱晋杰等人的帮助，在此表示衷心的感谢！另外还要感谢西部种业滕朋山工程师的帮助！感谢我的父母和姐姐哥哥，是他们的默默的支持和鼓励，激励我一直向前，永不气馁！感谢我的女友刘兆春，是她悉心体贴的照顾、始终如一的支持和鼓励，使我顺利完成了学业。

最后再次感谢所有关心、帮助过我的老师、同学和朋友！

## 作者简介

张若宇, 男, 生于 1980 年 9 月, 籍贯安徽。2004 年毕业于中国科技大学精密机械精密仪器系机械设计制造及其自动化专业, 获学士学位。2004 年 9 月至今, 在石河子大学攻读硕士学位, 从事智能化农业机械方面的研究。

### 在学期间主要参与的研究项目

1. 张晓海副教授主持的国家自然科学基金项目《棉花种子硫酸脱绒生产线节能及环保问题研究》
2. 马本学副教授主持的国家自然科学基金项目《基于机器视觉的新疆库尔勒香梨品质无损检测方法研究》
3. 坎杂教授主持教育部课题《基于机器视觉技术的脱绒棉种精选技术研究》
4. 江英兰副教授主持的校级课题《计算机视觉技术在脱绒棉种精选中的应用研究》
5. 王丽红老师主持的校级课题《棉种介电选种机电极的研究》
6. 王丽红老师主持的高层次人才科研启动资金专项《番茄籽分离机理与装置的研究》
7. 李景彬老师主持的校级课题《基于机器视觉技术的“破碎棉种”检测研究》

### 在学期间发表的文章

1. 《5SX-96 型脱绒棉种色选机人机界面系统设计》[J]. 计算机应用研究 2006 (增刊)
2. 《5MZX-96 脱绒棉种色选机的设计研究》[J]. 石河子大学学报 (自然版), 2005 (6)
3. 《农业机器人在新疆生产建设兵团农业生产中的应用前景》[J]. 农机化研究 2006 (9)
4. 《番茄色选机的研制》[J]. 新疆农机化 2006 (6)
5. 《6SF-40 型番茄色选机的设计研究》[J]. 石河子大学学报 (自然版) 2007 (2)

### 在学期间专利情况:

#### 已获专利 (3 项)

1. 专利号: ZL 200520016506.8 多功用智能环卫容器 (排名第一)
2. 专利号: ZL200520008292.X 脱绒棉种色选机 (排名第四)
3. 专利号: ZL200620005943.4 番茄籽和番茄皮的分离装置 (排名第六)

#### 已受理专利 (2 项)

1. 申请号: 200620136869.X 番茄色选机 (排名第二)
2. 申请号: 200620007007.7 钳夹式膜上精量穴播器 (排名第四)

### 获奖情况:

- 2005 年 11 月 “5XS-96 脱绒棉种色选机” 获 “挑战杯” 全国大学生科技作品大赛三等奖
- 2005 年 11 月 “5XS-96 脱绒棉种色选机” 获兵团 “创业杯” 大学生科技作品大赛二等奖
- 2005 年 6 月 “5XS-96 脱绒棉种色选机” 获石河子大学 “挑战杯” 科技作品大赛一等奖



# 石河子大学硕士研究生学位论文

## 导师评阅表

研究生姓名	张若宇	学制	3 年
专业	农业机械化工程	研究方向	农机设计与性能试验研究

### 学术评语:

棉花种子是棉花生产最基本的生产资料,随着新疆兵团精播技术的推广,需要更高品质的棉花种子。近年来,受各种因素的影响,脱绒棉种中“红种”比例大幅增加,影响了棉种的质量,阻碍了精量播种技术的发展。由于“红种”与成熟棉种在比重和空气特性上都比较接近,仅依靠传统工艺无法将此剔除,当前“红种”剔除主要依靠人工。人工选种劳动强度大、生产效率低、投入成本高、选种质量不均匀。然而“红种”与成熟种子有个重要的特征差异——颜色不同,因此,针对新疆兵团脱绒棉种的“红种”问题,探寻一种行之有效的颜色分选技术十分必要。

该同学针对脱绒棉种分选中的特殊性(颜色相似种子较多、破损白粒要同时分选),兼顾目前光电分选技术技术和机器视觉技术优点,在 RGB 颜色模型硬件实现的基础上,对脱绒棉种分选控制系统进行了设计研究。

首先本文选取发芽势、发芽率为评价棉种质量的两个重要指标,采用数字摄像和图像色彩分析技术,并严格按照国家标准进行发芽试验。分别采用单变量线性回归和逐步回归分析方法探讨了 RGB 颜色模型下脱绒棉种颜色特征与发芽势、发芽率之间的相关性,揭示了 RGB 颜色模型下脱绒棉种颜色特征参数与其发芽势和发芽率之间均存在显著的相关性,证实脱绒棉种发育特性与其表面颜色特征具有相关性,为脱绒棉种基于 RGB 颜色模型进行颜色分选提供了理论依据。

基于上述研究,并针对加工环境下脱绒棉种的分选的要求,系统采取 RGB 颜色模型硬件实现的方式,选用了高速度、高精度、高可靠性的 RGB 颜色传感器。同时选用了高速喷嘴驱动控制电磁阀以及多通道信号实时采集和并行处理的核心芯片 FPGA。

同时,为确保系统分选的精确性、稳定性和分选效率,结合系统控制参数对脱绒棉种颜色分选关键机构进行了分析研究,推导建立了决定“V”型溜槽截面形状、水平倾角以及长度这三个关键参数的约束方程,确立了传感器和喷嘴的安装位置模型,并在此基础上,设计搭建了一个单通道试验台架,其溜槽板、传感器和电磁阀三者位置能够在理论位置的基础上自由调整。

然后,以单片机 AT89C51 为主控制核心,以 FPGA 芯片为数据处理核心,重点对脱绒棉种颜色分选对控制系统存储空间的发展与分配、人机界面系统以及控制系统的核心部分——数据采集处理系统进行了设计,并实时地在 QuartusII5.0 环境下对各主要模块进行了仿真验证。同时,针对加工环境下,可能导致分选控制系统不能长期稳定可靠的运行的干扰因素进行了相应的抗干扰设计。

最后对完成的分选控制系统进行仿真和调试验证,并在单通道试验台架上又对系统进行多次的分选试验。结果表明,该系统运行可靠稳定,分选效果良好,基本能够满足脱绒棉种颜色分选的需要。

该同学所完成的课题研究目标先进,技术路线合理,试验手段可行,试验设计和试验数据处理方法合适,完成了《研究生工作计划》所安排的内容,工作量符合要求,取得的成果有实际应用前景。

指导教师签字: 坎桑

2007年6月12日

作者：[张若宇](#)  
学位授予单位：[石河子大学](#)

## 相似文献(3条)

1. 期刊论文 [张若宇](#). [坎杂](#). [江英兰](#). [王丽红](#). [李景彬](#). [李超](#). [ZHANG Ruo-yu](#). [KAN Za](#). [JIANG Ying-lan](#). [WANG Li-hong](#). [LI Jing-bin](#). [Li Cao](#) [基于RGB模型脱绒棉种质量与颜色特征的相关性分析](#) - [石河子大学学报（自然科学版）](#)

2008, 26 (6)

为了得到脱绒棉种质量与其表面颜色特征之间的关系,采用CASIO数码相机拍照,利用图像处理技术提取脱绒棉种表面颜色特征,并严格按照GB/T3543.4-1995进行发芽试验,采用线性回归和逐步回归的分析方法,探讨了RGB颜色模型下脱绒棉种颜色特征与发芽势、发芽率之间的相关性.结果表明:多个颜色特征参数与脱绒棉种质量存在显著相关性.该研究为基于RGB颜色模型对脱绒棉种实施快速、有效的分选提供了理论依据.

2. 期刊论文 [张若宇](#). [坎杂](#). [杨炳政](#). [王丽红](#). [李景彬](#). [江英兰](#) [基于RGB模型脱绒棉种质量与颜色特征的相关分析](#) - [中国种业](#)2008,“(10)

为了得到脱绒棉种质量与其表面颜色特征之间的关系,采用CASIO数码相机拍照,利用图像处理技术提取脱绒棉种表面颜色特征,并严格按照GB/T3543.4-1995进行发芽试验,采用线性回归和逐步回归的分析方法,探讨了RGB颜色模型下,脱绒棉种颜色特征与发芽势、发芽率之间的相关性.结果表明:多个颜色特征参数与脱绒棉种质量存在显著相关性.该研究为基于RGB颜色模型对脱绒棉种实施快速、有效的分选提供了理论依据.

3. 会议论文 [张若宇](#). [坎杂](#). [杨秉政](#). [王丽红](#). [李景彬](#). [江英兰](#) [基于RGB模型脱绒棉种质量与颜色特征的相关性分析](#)

2007

为了得到脱绒棉种质量与其表面颜色特征之间的关系,采用CASIO数码相机拍照,利用图像处理技术提取脱绒棉种表面颜色特征,并严格按照GB/T3543.4-1995进行发芽试验,采用线性回归和逐步回归的分析方法,探讨了RGB颜色模型下,脱绒棉种颜色特征与发芽势、发芽率之间的相关性.结果表明:多个颜色特征参数与脱绒棉种质量存在显著相关性.该研究为基于RGB颜色模型对脱绒棉种实施快速、有效的分选提供了理论依据.

本文链接：[http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis\\_Y1164987.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis_Y1164987.aspx)

授权使用：陕西理工学院(sxlgxy)，授权号：cc6a6466-5706-4422-8591-9df201176996

下载时间：2010年9月15日