



浙江工业大学

# 本科毕业设计(论文) 开题报告

题目：椭圆形水果高光谱图像在线采集装置设计

学 院：机 械 工 程 学 院

专 业：机械工程及自动化

班 级：2010 级机自 7 班

学 号：201020070215

学生姓名：任梦佳

指导老师：杨庆华

提交日期：2014 年 01 月 16 日

# 题目：椭圆形水果高光谱图像在线采集装置设计

## 1 课题的背景及意义

水果产业是我国种植业中位列粮食、蔬菜之后的第三大产业，在国民经济中占有非常重要的地位。但是，由于分选水果的检测能力弱、检测速度慢、检测试验环境条件差、检测人员素质不高、采后检测与分级技术落后等问题，我国的水果产业在国际市场上缺乏竞争力<sup>[1]</sup>。要改变这种现状，关键在于提高我国水果的品质检测技术。

水果品质检测包括外部品质（如大小、形状、颜色、表面缺陷等）检测和内部品质的无损检测。在国外有些检测项目已经商品化，且能达到实时速度<sup>[2]</sup>。目前，我国具备先进水果分选设备的企业很少，有大型生产线的企业也仅仅是对质量和大小进行分选，装备比较落后。因此，市场上销售的水果大多数依靠机械配合人工的方式实现分级<sup>[3]</sup>。

传统的人工分级存在的缺点主要有以下方面：劳动生产量大，劳动强度大，耗时长，识别准确率不稳定，分级标准难以实现，分级精度不高。因为在水果分级标准中，凭人的视觉难以精确度量着色面积和缺陷面积，且人长时间用眼和重复单一的操作，会造成疲劳及情绪的不稳定，从而造成分级误差的波动。此外，有些轻微碰伤在可见光谱范围内很难被识别，所以人眼很难辨别<sup>[4]</sup>。

传统的品质检测主要采用化学分析、色谱分析等，这些方法测定结果准确，但需要前处理，检测速度慢，只能针对待测样进行抽样检测，不能进行高通量、快速、无损的实时在线检测。

近红外光谱分析作为一种快速无损、非接触测量的技术，已经在食品品质检测中得到了广泛的应用，包括食品成分检测、掺假识别、变质的监测等。然而，基于近红外光谱仪的检测技术所检测的区域通常是样品表面的某点或较小区域的近红外透射、漫反射信息，样品的不均匀性通常对测定结果造成较大影响，近红外光谱分析难以获得样品的分布信息（特别是不均匀的固体样品）。获取样品的空间轮廓信息是全面检测其品质（比如缺陷检测）的基础。机器视觉技术在农产品分级中得到了广泛应用<sup>[5]</sup>，它虽然能得到样品的二维空间图像信息，但常见的 RGB 三色图像只能反映外观，不能反映内部成分信息。

成像光谱技术是光谱技术和图像技术的完美结合，它在获得样品空间信息的同时，还为每个图像上每个像素点提供数十至数千个窄波段的光谱信息，这样任何一个波段的光谱数据都能生成一幅图像，从而实现“图谱合一”。通过对光谱、图像的分析，即可对样品的成分含量、存在状态、空间分布及动态变化进行检测。成像光谱技术是一种集光学、光谱学、精密机械、电子技术及计算机技术于一体的新型遥感技术。自 20 世纪 80 年代以来，在航天和航空遥感、军事侦察识别、环境监测和地质资源勘探等方面得到了广泛应用。近十年来，国外学者开始将成像光谱技术应用于食品检测，取得了一系列成果，为该项技术在食品中的广泛应用奠定了基础<sup>[6]</sup>。

虽然高光谱图像技术在信息量上有独特的优越性，但是由于高光谱图像数据具有波段数多（几十个甚至几百个）、光谱分辨率高（纳米级）、数据量大的特点，巨大的数据量给应用和分析带来不便。所以

高光谱图像在线采集分级装置并不多，并且一般构想的水果输送供给机构往往不能同时实现椭球形水果的自动单列输送和旋转，导致水果分级生产线中的水果输送系统不能满足高光谱系统快速检测水果整个表面的图像信息的要求。目前，国内外均无商品化的产品。

本课题的研究内容主要是设计椭球形水果的自动输送旋转机构、分级装置和高光谱成像单元，为实现椭球形水果缺陷在线检测奠定基础。

## 2 课题的主要设计技术参数或研究工作要达到的目标

根据任务要求书，综合运用所学的知识，遵循有关的设计规范，收集有关资料，拟定总体方案，运用模块化设计思路，将椭球形水果高光谱图像在线采集装置进行分块设计，满足各个功能部件的要求，实现低成本，高性能的目标。

对椭球形水果高光谱图像在线采集装置设计要求：

- (1) 实现椭球形水果的自动输送。水果沿着输送带前进。
- (2) 实现椭球形水果全表面高光谱图像采集。水果沿着输送带前进的同时，自身旋转，实现全表面图像采集。
- (3) 实现椭球形水果的分级。设计分级装置实现水果的分级。

## 3 课题研究的主要内容

在掌握高光谱成像原理和国内外研究现状的基础上，本课题研究的主要内容为高光谱成像单元、水果输送机构、旋转机构和分级机构的设计。

### 3.1 课题设计(或研究)的基本原理及技术方案

#### 3.1.1 高光谱成像单元的设计原理及方案

一般认为，光谱分辨率在 $10^{-1}\lambda$ 数量级范围内称为多光谱（Multi-spectral），光谱分辨率在 $10^{-2}\lambda$ 数量级范围内称为高光谱（Hyper-spectral），光谱分辨率在 $10^{-3}\lambda$ 数量级范围内称为超光谱（Ultra-spectral）<sup>[7]</sup>。高光谱图像是在特定波长范围内由一系列连续的窄波段图像组成的三维图像数据块，如图1所示<sup>[8]</sup>。图中，x和y表示二维平面坐标轴， $\lambda$ 表示波长信息坐标轴。可以看出，高光谱图像既具有某个特定波长下的图像信息，并且针对xy平面内某个特定像素又具有不同波长下的光谱信息。因此，高光谱图像集图像与光谱信息于一身。在每个波长下，xy平面内每个像素的灰度值与其在该波长下的光谱值之间一一对应，在某个特定波长下，感兴趣区域（ROI）与正常区域之间的光谱值会存在很大差异，因此，在此波段下的图像中，它们之间的灰度也存在一定的差异<sup>[9]</sup>。

一个典型的基于光谱仪的高光谱成像系统主要包括成像光谱仪、光源、线阵或面阵摄像机、输送装置和计算机等部件。成像光谱仪中有一个棱镜—光栅—棱镜（PGP）单元，它是一个全息式透射光栅。在图像采集过程中，此单元能够阻止环境光的干扰并且将入射光分散成不同的波长，随后分散后的光信号投射到CCD探测器，图2是PGP单元原理图<sup>[10]</sup>。

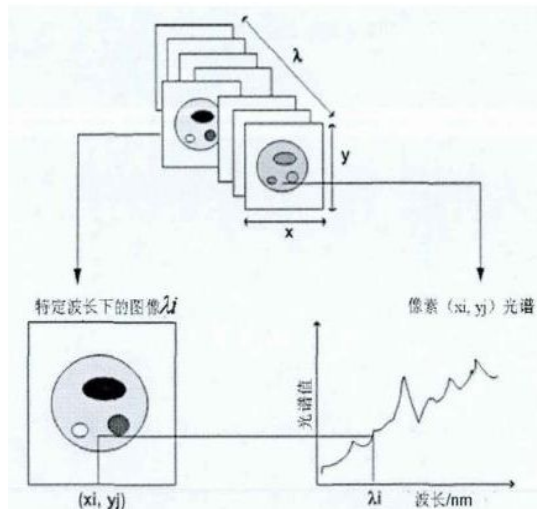


图1 高光谱图像数据块示意图

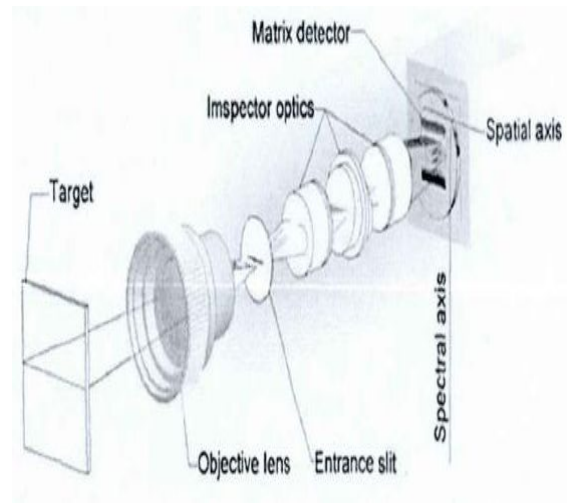


图2 PGP原理图

### 3.1.2 输送机构的设计原理及方案

水果输送机构采用双锥滚子来输送水果，如图3所示。水果能以一定的速度进给高光谱成像系统。双锥滚子以一定的间隔均匀地装在链条上，链条由链轮来带动。当链条以一定的速度前进时，通过水平轴带动双锥滚子向前运动<sup>[1]</sup>。

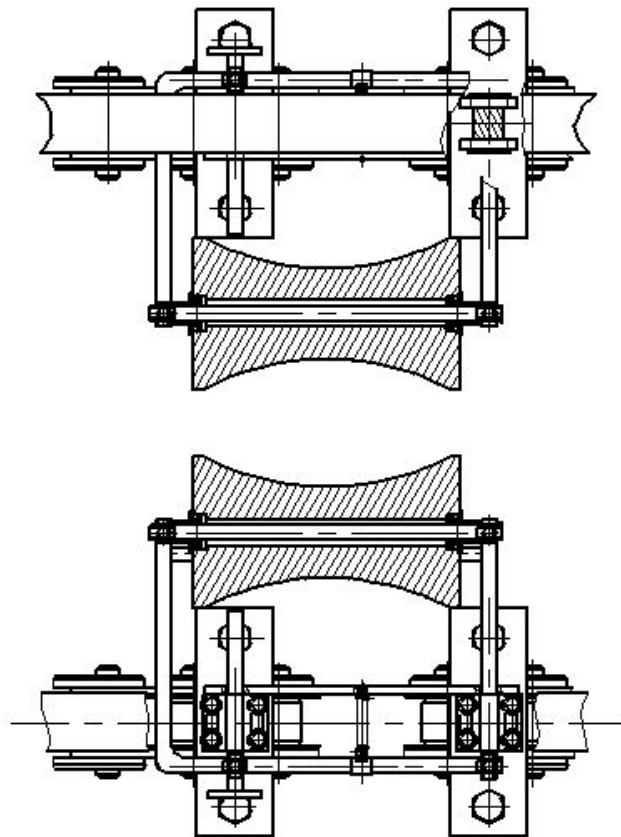


图3 水果输送机构

### 3.1.3 旋转机构的设计原理及方案

采用双锥滚子和尼龙棒组合的方式实现水果的旋转，如图4。水果一方面能以一定的速度进给高光光谱成像系统，另一方面水果能实现以传送线为轴的自身旋转，从而保证高光光谱成像装置能检测到水果整个表面。在图像采集区双锥滚子的下面装有尼龙棒，尼龙棒由另一个电动机来控制，可以无级调速<sup>[1]</sup>。尼龙棒的运动方向V1和双锥滚子的传输方向V2垂直。从而实现在水果图像采集区水果一边输送一边旋转<sup>[1]</sup>。从而实现全表面图像采集。

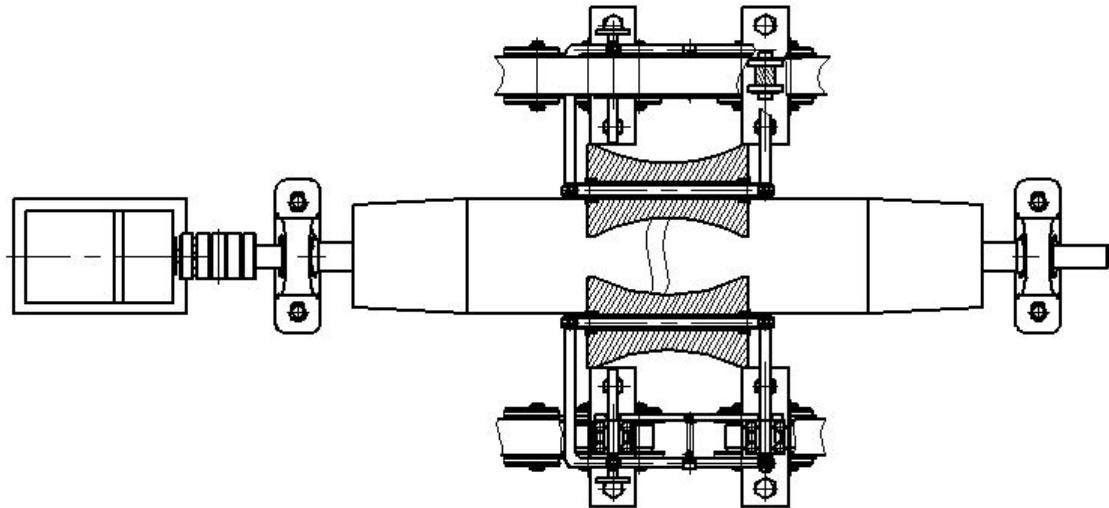


图4 旋转机构

### 3.1.4 分级机构的设计原理及方案

分级机构根据计算机分析的高光谱图像数据将水果进行在线分级。分级机构在分级的过程中不能对水果产生损伤。分级机构通过PLC进行控制。分级机构采用磁铁同性相斥异性相吸原理，来控制两个滚子之间的距离。滚子之间距离可以根据一批椭球形水果的大致直径预先设定。滚子之间的距离适中，水果可以通过滚子输送；滚子间的距离增加到一定范围，水果就会掉落到分级通道中。分级通道中有海绵保护水果，不会对水果造成损伤。通过PLC的控制就能实现椭球形水果的自动分级。

## 3.2 课题的可行性分析

本课题设计的装置要实现椭球形水果的输送，水果的表面高光谱图像的在线采集和水果的分级。其结构、工作精度和性能都直接影响着椭球形水果表面信息的获取，并最终影响分级结果。这也必定对椭球形水果高光谱图像在线采集装置的工作性能提出较高的要求。而椭球形水果品种多样，就算是同一类水果大小也很多有所差异，这也就从客观上对椭球形水果高光谱图像在线采集装置的适应性提出了要求。

在装置的输送和旋转机构方面，国内外针对苹果外部品质的智能分级检测设备很多，其输送翻转机构多为类圆形水果通用的双锥式滚子链结构<sup>[11~14]</sup>，通过链的牵引和滚子的自转完成苹果前移和翻转，从而为实现苹果外表面图像信息的实时采集提供条件<sup>[15]</sup>。在装置的分级机构方面，分级执行机构安装

在分级输送机构上，可根据计算机的分级指令进行分级<sup>[16]</sup>。在分级系统控制方面，国内外多采用PLC开发水果实时分级控制系统，实现水果的在线分级<sup>[17]</sup>。以上研究成果均为本课题的开展奠定了基础，从原理和软、硬件方面证明了本课题是可行的。

### 3.3 课题主要解决的技术关键问题及创新点

本课题主要解决的技术关键问题涉及以下几个方面：水果在传输线上的传送；水果到达图像采集区之后实现沿传送线的传送和以传送线为轴的自身旋转，以达到水果表面高光谱图像采集的目的；根据图像分析结果实现水果的在线分级。因为使用的是线扫描高光谱图像采集系统，又要考虑到图像采集的效率问题，所以必须对处于双锥式滚子间的水果进行受力和运动的分析，并根据已知高光谱相机的曝光时间和线光源的高度计算出传送带的速度和尼龙棒的临界速度，只有两者速度合适，才能实现水果全表面的图像采集。分级机构所采用的是磁铁原理，根据椭球形水果的大致直径预先调节两个滚子之间的距离，保证水果都可以顺利在输送线上传输。在自动分级时，根据图像分析的数据，通过PLC控制两个滚子之间的距离（增大两个滚子之间的距离），从而实现椭球形水果的自动分级。

本课题的创新点在于：1）水果在输送的同时还可以实现自身旋转，并且旋转的方向和水果输送的方向不一致；2）采用磁铁原理，通过控制两个滚子之间的距离实现分级；3）基于线扫描式高光谱成像仪实现椭球形水果的全表面信息获取。

### 3.4 课题研究工作的技术路线

本课题的椭球形水果高光谱图像在线采集装置主要由水果输送机构、旋转机构、分级机构和高光谱成像单元组成。首先，水果以一定的速度经双锥滚子式输送机构到达图像采集区，滚子经过尼龙棒，尼龙棒以一定的速度运动，尼龙棒运动的方向和传送机构运动的方向相垂直，输送机构的运行速度和尼龙棒的运行速度必须保证当水果通过尼龙棒以后，可以实现水果表面的图像采集。经过图像采集区以后，水果经分级机构实现在线分级。技术路线如图5所示：

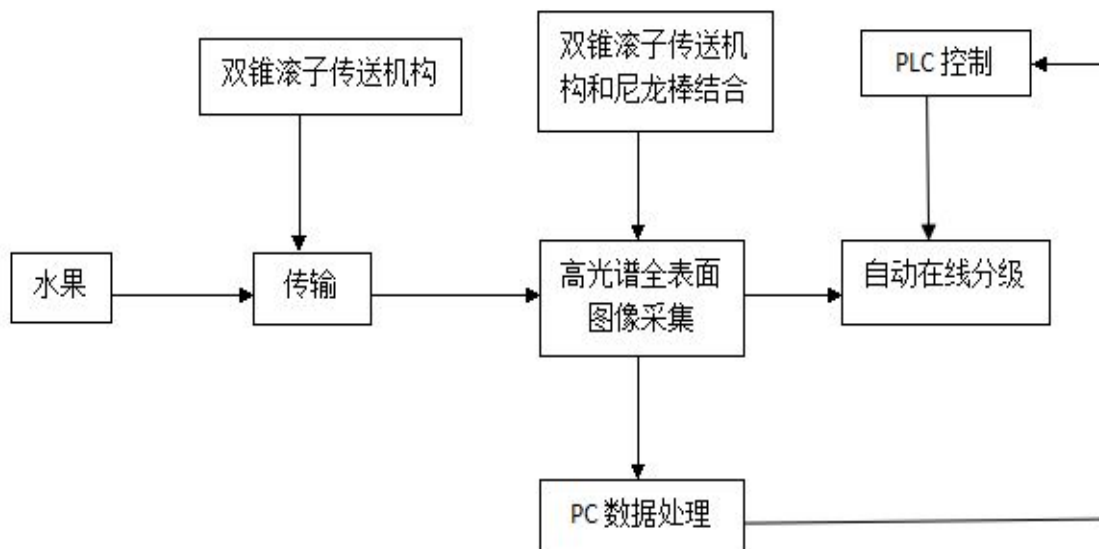


图5 技术路线图

## 4 课题计划进度

时间	完成的主要工作
2013.11.01—2013.12.01	了解毕业设计的总进程
2013.12.01—2014.01.15	查阅资料，完成开题报告，完成文献综述和外文翻译
2014.01.15—2014.03.31	完成毕业设计的机构设计、计算
2014.04.01—2014.04.30	完成毕业设计的高光谱成像单元的设计
2014.05.01—2014.05.26	完成毕业设计的图纸绘制
2014.05.26—2014.06	修改及完成毕业答辩

## 参 考 文 献

- [1] 汪良驹, 章镇, 姜卫兵. 加入 WTO 后中国果树业发展对策[J]. 果树学报, 2001, 18(5): 295-299.
- [2] 李庆中, 汪懋华. 基于计算机视觉的水果实时分级技术发展展望[J]. 农业机械学报, 1999, 30(6): 1-7.
- [3] 李光梅, 魏新华, 李陆星, 等. 水果分选机的研究现状与发展状况[J]. 农机化研究, 2007, 9: 20-23.
- [4] 李庆中. 苹果自动分级中计算机视觉信息快速获取与处理技术的研究[D]. 中国农业大学, 2000.
- [5] 黎萍, 朱军燕, 刘燕德, 等. 机器视觉在农产品检测与分级中的应用与展望[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(5): 796-800.
- [6] 周全, 朱大洲, 王成, 等. 成像光谱技术在农产品/食品检测中的研究进展[J]. 食品科学, 2010, 31(23): 423-428.
- [7] 赵杰文, 刘剑华, 陈全胜, 等. 利用高光谱图像技术检测水果轻微损伤[J][J]. 农业机械学报, 2008, 39(1): 106-109.
- [8] Gowen A A, O'Donnell C P, Cullen P J, et al. Hyperspectral imaging - an emerging process analytical tool for food quality and safety control[J]. Trends in Food Science & Technology, 2007, 18(12): 590-598.
- [9] 李江波. 脐橙表面缺陷的快速检测方法研究[D]. 浙江大学, 2012.
- [10] [www.specim.fi/products/simspector.html](http://www.specim.fi/products/simspector.html).
- [11] 徐惠荣, 应义斌, 盖玲. 双锥式滚子水果输送翻转机构的研究[J]. 农业机械学报, 2003, 34(6): 100-103.
- [12] 曹乐平. 立式转鼓水果分级机输送及翻转机构设计[J]. 西北农业学报, 2007, 16(4): 282-287.
- [13] Crowe T G, Delwiche M J. Real-time defect detection in fruit-Part I: design concepts and development of prototype hardware[J]. Transactions of the ASAE, 1996, 39(6): 2299-2308.
- [14] 应义斌, 徐惠荣, 蒋焕煜. 能实现准球形水果自动成单列输送并均匀翻转的装置[J]. 2003.
- [15] 李晶, 张东兴, 刘宝. 苹果分级机输送与翻转机构设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(5).
- [16] 籍保平, 吴文才. 计算机视觉苹果分级系统[J]. 农业机械学报, 2000, 31(6): 118-121.
- [17] 王映龙, 徐辉辉, 刘道金, 等. 球形水果实时分级控制系统[J]. 农业机械学报, 2007, 38(12).