

分类号: _____ 密级: _____

UDC: _____

华东理工大学

学位论文

视觉定位系统的设计与实现

张俊超

指导教师姓名: 王喆 教授

申请学位级别: 硕士 _____ 专业名称: 软件工程 _____

论文定稿日期: _____ 论文答辩日期: _____

学位授予单位: 华东理工大学 _____

学位授予日期: _____

答辩委员会主席:

评阅人:

教授

教授

教授

教授

教授

教授

视觉定位系统的设计与实现

摘要

随着视觉技术的广泛应用,视觉定位系统也应运而生,逐渐被应用到半导体生产领域。相较过去机械定位的方法,视觉定位的方法有无接触、高精度、时间短和效率高的优势。我们的客户长电科技在生产集成电路中就遇到尺寸越来越小,原先的机械定位方法无法满足工艺要求的问题,为此,我们根据长电科技的实际需求,设计并实现了一个面向小尺寸集成电路的视觉定位系统。

该系统通过管理员,技术员与操作员把各种生产技术信息输入系统(引线框架的尺寸,工艺数据,模板数据等),由系统计算出偏差的横坐标、纵坐标及角度等,这些数据会发布到后台数据库相关表中保存,各表项之间通过关键字段形成关联和整合,并能实时的,动态的把偏差数据传递到激光控制器,实现定位的最终目标。同时,该系统还能动态地跟踪生产过程中产品状态的信息,记录统计,方便客户对生产过程进行管理。同时,还考虑了系统能适应各种定位标志,防旋转的实际问题,提出了一种精度高、速度快的定位算法,为小尺寸的集成电路的刻印提供了一个切实可行的解决方案。

本系统为可联网的 WINDOWS 应用程序,考虑到开发难度和实际情况,使用容易开发的 VB (Visual Basic)语言和简洁的 ACCESS 数据库进行开发。介绍了 VB 语言的一些基础知识和 ACCESS 数据库的一些基本方法。我构建了双视觉定位系统的主要算法研究,消除了许多影响机器视觉稳定性的因素,建立了数据库视觉相关数据的数据类型,完成了视觉定位部分程序的详细设计和视觉定位系统的功能测试。通过测试和客户的实际使用,证明了本系统的结构紧凑、算法简洁和运行可靠,获得了客户的良好反映。

本文分析了国内外视觉定位系统的研究进展和现状,课题研究的意义和创新点和系统的开发技术,结合长电科技的实际情况,阐述了本系统的开发设想,全面介绍了开发本系统所用的开发工具和理论知识,介绍了系统的算法与实现和系统的软件和硬件设计。系统从客户的需求分析出发,详细描述了 ACCESS 数据库的设计,定位系统的设计以及 VB 程序设计方面的基本方法和理念。本论文最后运行测试该系统的主要组件,进行了仿真实验及误差分析,并对本论文的下一步研究提出了建议。

关键词: 激光刻印; 机器视觉; 精密定位; 优化设计; 软件开发

The Positioning Accuracy Improvement of Integrated Circuit Encapsulation Marking Machine

Abstract

With the wide application of visual technology, the visual positioning system has been applied to the field of semiconductor production. Compared to the mechanical positioning of the past, the visual positioning of the way has advantages of no contact, high precision, short time and high efficiency. Jiangsu Changjiang Electronics Technology Co.,Ltd., one of our customers meet the problem of smaller and smaller size in the production of integrated circuits, the original mechanical positioning can not satisfy the technical requirement of the problem, therefore, according to the actual needs of Changjiang electronics technology, we designed and implemented a vision positioning system for small size integrated circuit.

The system inputs various production technology information into the system (size of integrated circuit carrier, process data, template data, etc.) by the administrator, technician and operator, and calculates the abscissa, ordinate and angle of the deviation by the system. These data will be released to the database table related to the preservation of the background, through the key fields between the form of association and integration, and real-time, dynamic deviation of the data to the laser controller to achieve the ultimate goal of positioning. At the same time, the system can dynamically track the production process of product status information, record statistics, to facilitate customer management of the production process. The practical problems of the system, which can adapt to all kinds of positioning signs and anti - rotation can also be considered. A high accuracy and high speed positioning algorithm is proposed, which provides a practical solution for the small - sized integrated circuit engraving.

The system is a network of WINDOWS applications, taking into account of the difficulty of development and the actual situation, VB (Visual Basic) language and simple ACCESS database was used for development. Some basic know发光二极管 of VB language and ACCESS database of some basic methods were introduced. In this paper, the binocular vision positioning system of the main algorithm was built, many of the factors that affect the stability of the visual system was eliminated, and database visual related data to complete the visual positioning part of the program in detail design and visual positioning system function test were established. Through the test and the actual use of customers, the system is proved to be compact, the algorithm is simple and reliable, and it is well reflected by the customers.

This paper analyzes the research progress and present situation of the visual localization system at home and abroad, the significance and innovation of the research and the development of the system. Combining with the actual situation of Changdian Science and Technology, this paper expatiates the development idea of this system, introduces the development of the system and the development of tools and theoretical knowledge, and introduces the system algorithm and implementation and system software and hardware design. According to the customer's needs, the basic methods and concepts of the ACCESS database design, positioning system design and VB programming was described. At the end of this thesis, the main modules of the system are tested, the simulation experiment and the error analysis are carried out, and the further research of this paper is put forward.

Keywords: Laser Mark; Machine Vision; Precise Localization; Optimization Design; Software development

目录

第 1 章 绪论	1
1.1 课题的背景介绍	1
1.2 国内现状和国外研究进展	2
1.3 课题研究的创新点和意义	3
1.4 论文的主要工作和难点	4
1.5 论文的主要目标	6
1.6 本文的组织结构	6
第 2 章 系统的开发技术	7
2.1 系统开发的语言环境	7
2.2 ACCESS 数据库的概念	8
2.3 数据库访问技术	8
2.4 画面处理技术的概念	9
2.5 计算机控制系统	9
2.6 自适应系统的概念	10
2.7 双机器视觉的概念	10
2.8 视觉定位系统的方案设想	11
2.9 本章小结	12
第 3 章 系统的算法与实现	15
3.1 视觉定位问题的提出	15
3.2 视觉定位的基本原理	15
3.3 视觉定位算法的设计与实现	16
3.4 视觉定位算法的补充	17
3.4 视觉定位方法的介绍	19
3.5 统计图形的使用	20
3.6 本章小结	20
第 4 章 系统的硬件设计	22
4.1 整机布局	22
4.2 视觉定位系统	23
4.3 机器视觉基础知识介绍	24
4.4 机器视觉的应用	25
4.5 机器视觉检测的通常模式	27
4.6 机器视觉检测系统硬件组成	29

4.7 机器视觉中的画面处理技术.....	33
4.8 引线框架的视觉定位系统.....	34
4.9 本章小结.....	35
第 5 章 系统的软件设计.....	36
5.1 需求分析.....	36
5.2 系统结构设计.....	37
5.3 数据库设计.....	38
5.4 系统结构设计.....	39
5.5 数据库设计.....	41
5.6 功能设计.....	43
5.7 本章小结.....	44
第 6 章 系统的测试.....	48
6.1 系统测试目的.....	48
6.2 测试总体要求.....	48
6.3 测试人员及分工.....	49
6.4 系统测试方法.....	49
6.5 用户界面测试.....	50
6.6 可靠性测试.....	53
6.7 本章小结.....	55
第 7 章 结论和展望.....	56
7.1 结论.....	56
7.2 展望.....	57
参考文献.....	58
致谢.....	61

第 1 章 绪论

1.1 课题的背景介绍

消费电子产品是一条完整的产业链，其应用程序的进步取决于集成电路的进步，集成电路的进步取决于集成电路制造的三个层的进步。集成电路生产的三个层，即顶层、中间层和底层。顶层是软件相关工作，比如硅编译等，中间层是各种电路设计，底层是从开始拉单晶硅到最后封装。

集成电路产业是制造业，特别是信息技术安全的基础。《中国集成电路行业市场需求预测与投资战略规分类析报告》指出：我国的集成电路产业起步较晚，存在着诸如集成电路设计和制造企业持续创新能力偏弱，相关核心技术缺失，复杂的集成电路仍然需要大量进口，这与国际集成电路制造的先进水平还有着明显的差异。另外，从国家安全的角度来说，只有实现了底层上的集成电路国产化，我国的信息安全才能得到有效的保证。因此在国务院印发的《中国制造 2025》中将集成电路制造放在了发展信息技术产业的首位。随着中国集成电路产业发展的黄金时期到来，相关重点企业的发展将保持较快速度的增长。

集成电路是工业发展的基石，其发展水平和规模已成为衡量一个国家竞争力和综合国力的重要标志之一，是实现中国制造的核心技术和行业支撑。世界金融危机后，发达国家进行大的经济结构调整，集成电路行业的基础性、战略性、决定性地位进一步显现，美国更将其视为未来 10 年内从根本上改变制造业的四大技术之首。

发展集成电路行业既是信息技术行业甚至整个工业转型升级的动力，也是适应市场激烈竞争的需要。我国信息技术行业规模多年位列世界第一，2015 年产业规模达到 15 万亿元，生产了 17.3 亿部手机、3.6 亿台计算机、1.5 亿台彩电，每种占全球产量的比重都超过 50%，但主要以整机制造为主。由于集成电路和软件这类价值链的核心环节的缺失，集成电路制造业平均利润仅为 3.9%，低于整个工业平均水平 0.5 个百分点。当前我国的集成电路行业还十分薄弱，还远不能支撑国民经济的发展以及国家信息安全的需要和国防信息安全的建设。2015 年我国的集成电路进口额为 3287 亿美元，多年来与石油等资源一并位列于最大的进口商品。加快我国集成电路行业的发展，对加快我国工业的转型升级，提早实现“中国制造 2025”的伟大目标，具有重要的战略意义^[1]。

此项目的客户为我国著名的半导体器件制造商江阴长电科技，它是我国集成电路封装生产的基地，上交所主板上市公司，中国半导体生产百强企业之一，国家重点的高新技术企业和我国自主创新能力行业十强里的第一名。公司当前已形成年产分立器件 260 亿只，集成电路 76 亿块，4-6 英寸分立器件芯片 110 万片的能力。

在集成电路的制造过程中，注明集成电路的制造商名称、型号和批次等信息是不可或缺的，在光刻技术没有应用之前主要使用的是油料印刷技术，这种陈旧的技术不但要

用大批的印制模板,而且还要增加处理集成电路表面和油料固化的工序,这样会使生产成本居高不下,另外印刷方法会和集成电路产生接触,这样就难免会对集成电路造成轻微的损伤,降低了良品率,最关键的是印刷方法对较小的集成电路是不行的。

随着激光刻印技术的成熟,当前的集成电路制造商基本都会使用激光刻印的工艺来生产集成电路。激光刻印是通过激光的能量烧掉塑封体表面的部分物质,从而显示出预先设置好的图形和字符等痕迹信息,与原先的油墨印制工艺相比,激光刻印工艺的优势是相当显著的。首先,激光发生器能同计算机进行通讯,在计算机上通过编辑软件来变更刻印内容是相当便捷的,因此其特别适应集成电路品种多样化的特点,生产灵活多变,既可满足大批量的生产要求,也可适应于小批量的生产;其次,激光刻印产生的线条可以做到非常细,适应了集成电路尺寸小型化的发展趋势;特别是生产时与工件不直接接触,避免了对工件产生接触性损伤。

综上所述,由于激光不会产生物理接触,所以避免了对工件产生接触性损伤。集成电路的发展趋势将会是越来越小,但是关键的信息仍然是不可或缺的。为了满足未来集成电路的制造,首先激光要足够细,其次是要保证刻印的定位精度,避免超出集成电路的刻印范围,用视觉定位就可以解决精确定位的问题^[2]。

1.2 国内现状和国外研究进展

机器视觉的概念开始于上世纪 60 年代,最早的应用是对“机器人”的研制。最早的基于机器视觉的系统,是由机器视觉采集画面并进行处理,然后通过计算目标的具体位置来控制机器的精确运动。1979 年提出了视觉伺服系统的概念,即可将机器视觉应用于连续的反馈,以提高视觉定位或视觉追踪的精度。

上世纪 50 年代,机器视觉主要集中在简单的二维画面分析和画面识别上,如中英文字符的识别、工件表面画面、显微图片和航空图片的分析和识别等。

上世纪 60 年代,麻省理工学院的罗伯茨通过计算机程序从数字画面中提取出多面体的三维结构,对物体形状及空间关系进行了描述。他的研究工作开创了三维机器视觉的研究。

上世纪 70 年代初,出现了较为完整的视觉理论,而且已出现了一些机器视觉的应用。到上世纪 70 年代中期,麻省理工学院正式开设关于机器视觉的课程。1973 年 Mat Lab 带领许多国际知名专家参与视觉原理、算法和设计的研究。D.Marr 教授于 1973 年在 MatLab 领导一个博士为主的研究小组,1977 年提出了视觉计算理论,该理论在上世纪 80 年代成为机器视觉领域中的十分重要的理论之一。

上世纪 80 年代中期,机器视觉发展迅速,新概念、新理论和新方法不断出现。我国的一些介绍机器视觉的早期文献,例如:《机器视觉》、《计算机应用与软件》等如雨后春笋般出现。

上世纪 90 年代,经过改革开放 10 多年的发展,特别是 2000 年我国发布《国务院关于印发鼓励软件产业和集成电路产业发展若干政策的通知》以来,中国的集成电路市

场产业规模都出现了快速的增长。在市场规模上,2005 年中国集成电路突破千亿级大关,达到 1393 亿元,同比增长 13.3%,约占全球市场份额的 10%;在产业规模上,2005 年中国集成电路产业为 315.3 亿元,2001-2005 年年均增长率达到 23.8%。

另外,我国集成电路产业的技术实力有了显著的增强,系统芯片的设计能力与国外先进水平的差距正逐步缩小。当前我国已建成了 6 条 12 英寸半导体生产线,企业量产工艺最高水平达 28 纳米,集成电路的封装技术也与国际先进水平差距不大。一部分关键装备和材料实现从无到有,离子注入机和刻蚀机等进入 12 英寸生产线。

除此之外,还涌现出一批具备全球竞争力的大企业。2015 年海思半导体已进入全球半导体设计企业前十名,数据显示,我国半导体设计企业在 2015 年全球排名前五的半导体设计企业中占据了 9 个席位。中芯国际成为全球第五大芯片制造企业,长电科技位列全球第六大半导体封装测试企业。

当前,国外的激光刻印技术已经相当完善了,反观国内的激光刻印设备发展缓慢,存在很多缺陷,其中定位精度不高是最明显的问题,对于尺寸较小的集成电路无能为力。所以当前国内的半导体激光刻印基本上都是使用国外的设备,因此高定位精度的激光刻印设备已成为进入市场的敲门砖^[3]。

1.3 课题研究的创新点和意义

随着半导体技术的进步,以及高质量小体积产品的需求,全球的机器视觉于上世纪 90 年代进入快速发展的时期,被广泛应用于各种场合的工业控制领域。

根据应用环境的不同,全球的机器视觉可以分为以下的两大类:

一类是用于大规模生产的生产线上,例如包装和分拣等;或者在太空、核辐射等不适合人员进行工作的环境中,利用机器视觉来代替人工生产或作业,同时实现人工作业时很难达到的可靠、精度及速度。

另一类是用到高性能机器视觉组件的设备制造,最具代表性是最早带动机器视觉崛起的半导体制造设备。从前道的晶圆分类切割,到后道的电路板贴片,每个环节的设备都需要高精度的测量,以及对运动部件的精确定位。例如,如果上锡膏的工序存在超出工艺允许范围内的定位偏差,且该问题直到芯片贴装后才在芯片测试中被发现,那么返修成本将会是制造成本的百倍以上。

机器视觉发展至今,早已不是单一的产品,机器视觉相关的软硬件产品已成为生产各阶段必不可少的部分,这对于系统的集成提出了更高的要求,自动化企业需要能够与控制系统协同工作的自动化系统,而非单独的机器视觉。

现在,所有的半导体产业都面临着巨大的挑战,这同时也为我国实现弯道超车提供了难得的机遇。从外部看,国际上领先的半导体企业加快了先进技术和工艺的研发,推进整个产业链的整合和重组,加强了对核心环节的控制,不少环节已经形成了寡头垄断局面。

从发展机遇上看,市场格局的调整加快,移动终端爆发式增长,成为拉动半导体产

业发展的新动力,产业格局面临重塑。云计算、物联网和大数据等引发的产业革命刚刚兴起,以集成电路和软件为基础的规则和格局尚未最终形成。

半导体技术呈现新趋势,制造工艺不断接近物理极限,新结构和新材料出现重大突破。此外,随着消费市场的持续升级,4G网络等基础设施的加快建设,中国作为全球最大、增长速度最快的集成电路市场继续保持旺盛的生命力,预计2020年市场规模将达2万亿元,这些都为中国的半导体产业实现弯道超车提供了有利的条件。

本课题针对当前激光刻印设备对定位精度要求越来越高的特点,把落后的机械定位系统升级为视觉定位系统以实现高精度定位,把机器视觉和激光系统有机的结合起来,通过视觉定位系统把集成电路塑封体的整体偏移量和偏移角度传给激光发生器的控制系统来组建一套自适应控制系统来实现激光刻印的高精度。

1.4 论文的主要工作和难点

本论文在结合本人实际工作任务的基础上完成,牵涉到了许多实际应用中存在的问题,以下是本人所做的相关工作以及在工作中遇到的相关问题和难点:

(1) 视觉定位算法的研究是本人的主要工作,通过机器视觉采集引线框架特定的定位孔来计算整个载体的偏差,进而获得平面上的偏差值和偏差角度,最后将获得的偏差值和偏差角度传送给激光器来实现最终的高精度定位;

(2) 在开发视觉定位系统时遇到了光源稳定性差的问题。视觉测量对光源的稳定性要求很高,因为光源亮度只要发生10-20%的变化,测量的结果将会偏差出1-2个像素,这是软件解决不了的问题,由于光照变化,导致了画面的边缘位置发生了变化,所以无论怎么修改软件也解决不了问题。所以必须从系统设计的全局角度出发,在排除环境光的干扰因素之后,还要保证光源发光的稳定性,当然通过提升相机的分辨率也是提高精度,增强抗干扰能力的一种办法,比如相机的分辨率是1个像素 $10\mu\text{m}$,通过提升分辨率后变成1个像素 $5\mu\text{m}$,精度可以近似地认为提升了1倍,对环境的干扰自然就增强了,但是成本却大幅增加了;

(3) 还有就是软件测量精度的问题,在测量应用中软件的精度只能按照1/2-1/4个像素考虑,最好按照1/2,而不能象其它应用一样达到1/10-1/30个像素精度,因为测量应用中软件能够从画面上提取的特征点非常少;

(4) 如何设计出企业需要的各种报表也是难点,包括批次信息报表,产品合格率报表,故障率报表等各种表格,这些表格为科学生产决策提供了数据支撑;

(5) 由于车间里有很多设备,如何构建软件系统,使之与整个工厂环境实现协同运作,从而实现产品流和信息流的整合也是一个难点。

1.5 论文的主要目标

当前,集成电路产品种类繁多,在集成电路的生产过程中,很多环节都可能涉及到需要视觉定位,如自动化生产线中要求对各部件快速、准确的安装到位。当前,还有很

多制造商还在使用传统的人工机械定位的方法，此方法存在下列弊端：

(1) 长时间定位单一产品，工人眼睛容易疲劳，并且容易受情绪的影响，定位结果难以保证；

(2) 每个工人对产品的定位准确性的判断标准有轻微的偏差，定位标准不一致，因此很难保证高质量的产品；

(3) 人工机械定位的速度相对慢得多，定位准确一个产品就需要很长时间，人工机械定位无法满足高速生产线上数量庞大的定位需求。

随着科学技术的发展，市场及客户对产品的质量要求越来越高，传统的机械定位方法已经不能满足客户的需求，视觉技术的应用迫在眉睫。

视觉技术是用相机拍照后分析照片来做判断，通过将目标转换成画面，然后由画面处理单元分析画面的亮度 and 对比度等信息后转变为数字信息，最后对这些数字信息进行运算来得到想要的特征。

视觉技术能够自动计算物体的位置，并将位置信息通过一定的通讯协议输出。此功能多用于全自动装配线和生产线，例如组装、焊接、包装、灌装和喷涂等。基于机器视觉的视觉定位技术得到了半导体制造商的普遍关注，视觉定位技术不但克服了传统人工机械定位方法的缺点，同时也发挥了自身快速和准确的优点：

(1) 定位精度高，定位结果可靠且稳定；

(2) 定位速度快，可长时间工作，例如24小时运行。

在视觉定位系统中，能够准确识别产品的方向和位置是系统的核心。定位可分为两个步骤，一是制作标准模板，二是搜索定位计算。视觉定位系统使用先进的画面检测技术，实现对高速运动的工业产品进行实时的视觉定位分析。当系统配备一台高性能数字摄像机，摄像机采集引线框架画面，并将画面数据传送到画面处理系统时，画面处理系统对每幅画面进行匹配搜索，准确定位出产品的位置和方向，进而控制各种自动化装备。

1.6 本文的组织结构

本文第2章描述了论文中使用的开发工具和理论依据，包括ACCESS数据库的概念及访问技术的介绍，信息系统的发展近况。

第3章论述了视觉定位的算法与实现，包括视觉定位的问题提出与基本原理。

第4章介绍了视觉定位系统的硬件设计，视觉定位系统的基础知识，视觉定位系统的硬件组成，以及每个硬件的详细介绍。

第5章介绍了视觉定位系统的软件开发，包括软件分析，界面布局，数据库及结构的开发。

第6章讲了系统的测试，包括登录界面的测试和系统功能界面的测试。

第7章是结论，对本文的工作做出一番总结，并描绘了下一步的工作方向。

第 2 章 系统的开发技术

2.1 系统开发的语言环境

该视觉定位系统是我们公司针对长电科技的具体应用自主开发的程序。根据长电科技的实际需求,力求经济、实用以及尽快实现,我们公司选用了 VB 6.0 编程工具加 Access 2007 数据库的系统解决方案。VB 是由著名的微软公司开发的面向对象,包含以事件驱动为机制的结构化、组件化和可视化的程序设计语言。这是一款面向微软产品开发的语言。VB 有图形界面和快速开发系统,可使用 DAO(Data Access Object)和 ADO(ActiveX Data Objects)连接数据库,还可创建 ActiveX 控件。VB 虽然不是全面面向对象的开发工具,但其优点非常突出,简单可靠、容易上手,各种资源也是相当丰富,也是针对 Access 数据库的流行开发工具之一。微软的 .NET 框架是最新的互联网信息服务软件开发技术,它集成了微软提供的各种服务、类库、开发工具和数据库开发技术,具有跨平台性,即有多种 .NET 框架支持,更适合团队开发的大型应用程序使用^[4]。

2.2 ACCESS 数据库的概念

数据库就像一个存储数据的容器,它储存了大量的对象和数据,实际上是一个封装了各种数据库技术的操作系统文件。随着网络技术的发展,数据库实现了与操作系统的有机结合,为基于事务管理的信息管理系统提供了高效的解决方案。

Access 是一个小型的数据库系统和数据分析平台,适合容量小的数据的应用。Access 有窗体、报表、表和组件等对象,都在后缀名为 mdb 的文件中,便于管理和操作。Access 是一种关系型数据库系统,其主要特点如下。

2.2.1 面向对象的数据库

Access 是面向对象的数据库,将各种功能对象化,即封装在各种对象中。它将应用变成一系列对象,每个对象都定义了属性和方法,对象方法和属性还可扩展。对数据库的操作通过对象的方法和属性来完成,为用户的开发节约了时间。Access 各对象之间的关系可用下图来表示,图中带箭头的粗实线表示数据流,带箭头的细实线表示控制流^[5]。

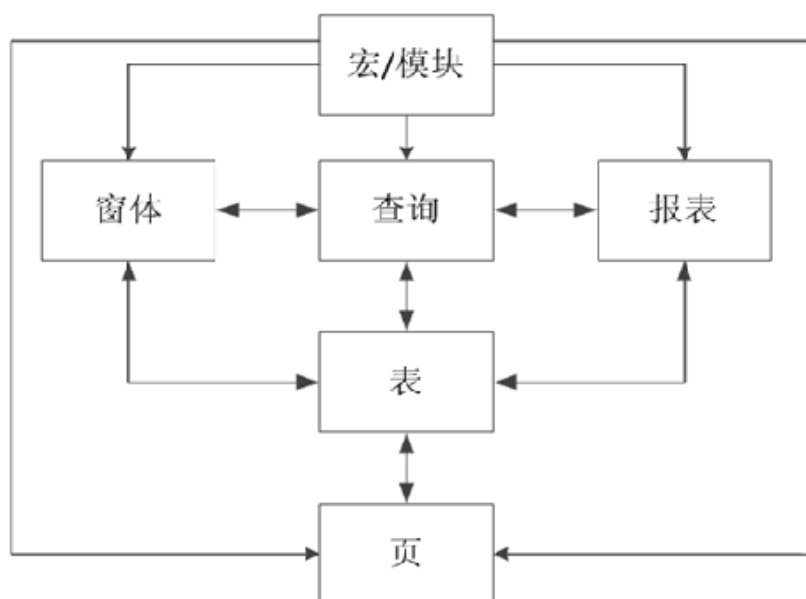


图2.1 Access各对象之间的关系示意图

Fig.2.1 Diagram of the relationship between Access objects

2.2.2 界面操作方便快捷

Access 是与微软的操作系统风格相同的可视化的数据库，用户要创建应用，与操作微软的操作系统类似。Access 是种集成开发工具，集成了大量的设计器、生成器以及向导等工具，使操作方便，易学易用，提高了工作效率，使得建立数据库、创建应用和数据查询等数据库操作方便快捷。

2.2.3 支持 ODBC(Open Database Connectivity)

Access 数据库的 OLE(Object Linking and Embedding)和 DDE(Dynamic Data Exchange)功能，可以在表中加入多媒体、文档或表格，还可以建立数据库窗体和报表等。Access 数据库还可以链接网络上的动态数据，可以方便创建 Internet 的应用程序^[6]。

2.3 数据库访问技术

ODBC(Open Database Connectivity)是微软的开放服务结构 (WOSA) 中有关数据库的访问接口标准，提供了许多对访问数据库的 API(Application Programming Interface)，这些 API 用 SQL(Structured Query Language) 语句来完成任务，用户可以将 SQL 语句直接传送给 ODBC。ODBC 定义的访问数据库的 API 独立于各个厂商的 DBMS(Database Management Systems)，也独立于不同的编程语言。ODBC 规范后来被 ISO/IEC 采纳。

ODBC 提供了一个访问不同数据库的相同接口。ODBC 接口提供了最大限度的互操作性：应用程序可以通过相同的代码访问不同的数据库管理系统。程序员可以加载相关的数据库驱动，将应用程序与所选的 DBMS 联系起来。ODBC 的功能由相应的 DBMS

来实现。当应用程序改变 DBMS 时，用户只需用新 DBMS 替代旧 DBMS 即可，可以不用修改源代码直接运行^[7]。

2.3.1 ADO 技术概述

ADO(ActiveX Data Objects)是微软公司用于访问数据库的 API(Application Programming Interface)，其建立在数据库底层接口 ODBC 之上的高级数据库访问技术，ODBC 封装了 ODBC 的功能，是一种通用的数据库驱动技术，通过它可以实现应用程序和数据库的紧密连接。ADO 具有简单、迅速、高效的特点，是当前数据库访问的主流技术^[8]。

2.3.2 ADO 对象

ADO 对象包含三个基本接口：Connection_Ptr 接口、Command_Ptr 接口和 Recordset_Ptr 接口。

Connection_Ptr 接口用来返回指针或记录。通常用来创建数据库连接或执行 SQL 语句但不返回结果。用 Connection_Ptr 接口来返回记录并不是好办法，对于需要返回记录的操作通常用 Recordset_Ptr 来实现，因为用 Connection_Ptr 时要得到记录条数要遍历所有记录，而用 Recordset_Ptr 时就不用。

Command_Ptr 接口用来返回记录。它提供了方法来执行返回记录的过程或存储过程。使用 Command_Ptr 接口时，既可以用 Connection_Ptr 接口，也可以用 Command_Ptr 接口连接串。如果执行数据库操作的次数不多，选择后者比较合适，相反如果操作数据库的次数较多或返回记录较多，那么使用全局 Connection_Ptr 接口来创建数据库连接比较合适。

Recordset_Ptr 是记录的对象。它对数据库的记录提供了更多功能，比如锁定记录等。它可以用连接串来代替指针以给 Recordset_Ptr 的 connection 变量，以创建数据库连接。如果你使用多个记录，最好的方法是使用已创建的数据库连接里的全局 Connection_Ptr 接口，然后用 Recordset_Ptr 来执行存储过程^[9]。

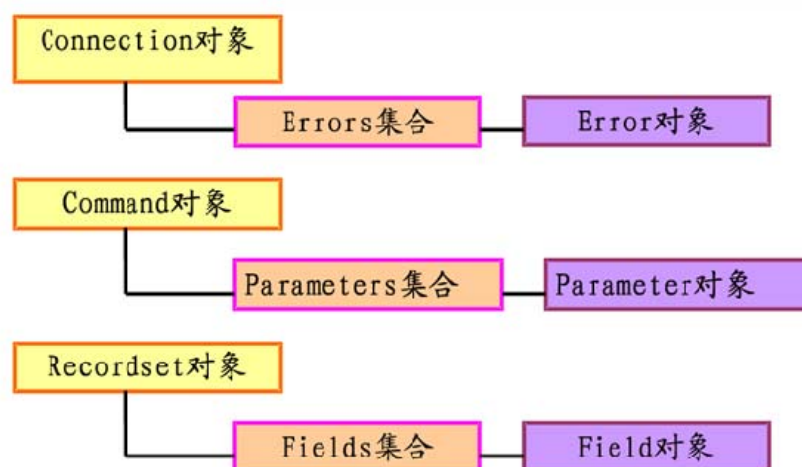


图2.2 ADO对象模型

Fig.2.2 ADO object model

2.4 画面处理

画面处理，是指对拍摄的画面用计算机算法进行处理，以达到预期结果的技术。数字画面是指用工业相机等设备经过拍摄得到的数组，其基本元素为像素，其值为灰度值。处理技术包括识别、描述和匹配三部分。常见的处理系统有康耐视系统等。

画面是视觉感知的基础，是信息表达、传递和获取的最为重要的手段。在上世纪 20 年代，通过当时美国纽约到英国伦敦的海底电缆传输了一张使用数字压缩技术照片，这便是数字画面处理技术。首先数字画面处理技术可以帮助人类更客观，更准确地认识世界，人类的视觉可以帮助人类从外界获取四分之三以上的信息，而画面又是所有视觉信息的主要载体，尽管人类视觉的鉴别能力很高，可以识别上千种颜色，但是多数情况下，画面对于人眼来说是模糊的，甚至是不可见的，通过图象增强技术，可以使模糊甚至不可见的画面变得清晰可见。

在计算机中，按照颜色和灰度的多少和大小可以将画面分为二值画面、灰度画面、索引画面和真彩色 RGB 画面四种基本类型。大多数画面处理软件都支持这四种基本类型的画面^[10]。

2.5 计算机控制系统

工业自动化通过工业计算机来实现控制的系统就是计算机控制系统。由于计算机控制系统中的 IO 信号是数字信号，而现场采集到的信号或送到执行机构的信号大多数是模拟信号，因此与按偏差控制的闭环负反馈系统相比，计算机控制系统需要有数/模转换器和模/数转换器这两个部分。

计算机把通过测量单元和模数转换单元送来的数字信号,直接反馈到输入端与设定的值进行比较,然后根据要求按设定的偏差进行计算,所得数字量输出信号经过数模转换单元送到执行机构,从而对被控部分进行控制,使被控的变量稳定在设定值附近,这种系统称为闭环控制系统。

计算机控制系统由工业控制机和生产过程两大部分组成。工业控制计算机的硬件是指计算机及其外围设备,硬件包括计算机、输入输出接口、人机接口、存储器等。软件是指能完成各种功能的程序的总和,包括系统软件和应用软件。

被控部分的范围很广,包括各种机械装置、交通工具、机器人、实验装置、仪器仪表、家用电器和儿童玩具等。控制的目的是使被控部分的状态或运动达到规定要求,也可以是达到最优化的目标。计算机控制系统具有精度高、速度快、容量大和有判断能力等特点,因此可以实现复杂的控制方法,获得快速和高精度的控制效果。计算机的发展已使人类社会发生了巨大的变化,其也应用到了工业生产和企业的管理中。而且,计算机所具有的信息处理能力,能够进一步把过程控制和生产管理有机的结合起来,从而实现工厂和企业的自动化管理。

同大多数控制系统一样,计算机控制系统可以是闭环系统,计算机要不断采集被控部分的各种信息,按照预先设计好的控制策略处理后,输出控制信息直接控制被控部分。它也可以是开环的,这有两种方法:一种是计算机只按时序或设定的规则控制被控部分;另一种是计算机将来自被控部分发出的信息处理后,向操作员提供操作信息,然后被控部分由操作员去控制。

计算机控制系统由控制部分和被控部分组成,其中硬件部分和软件部分组成控制部分。软件部分由系统软件及应用软件组成。系统软件由制造商提供的操作系统、处理和服务程序等组成。应用软件是工程人员为控制而自行编制的程序,比如采集、控制、处理和报警程序等。

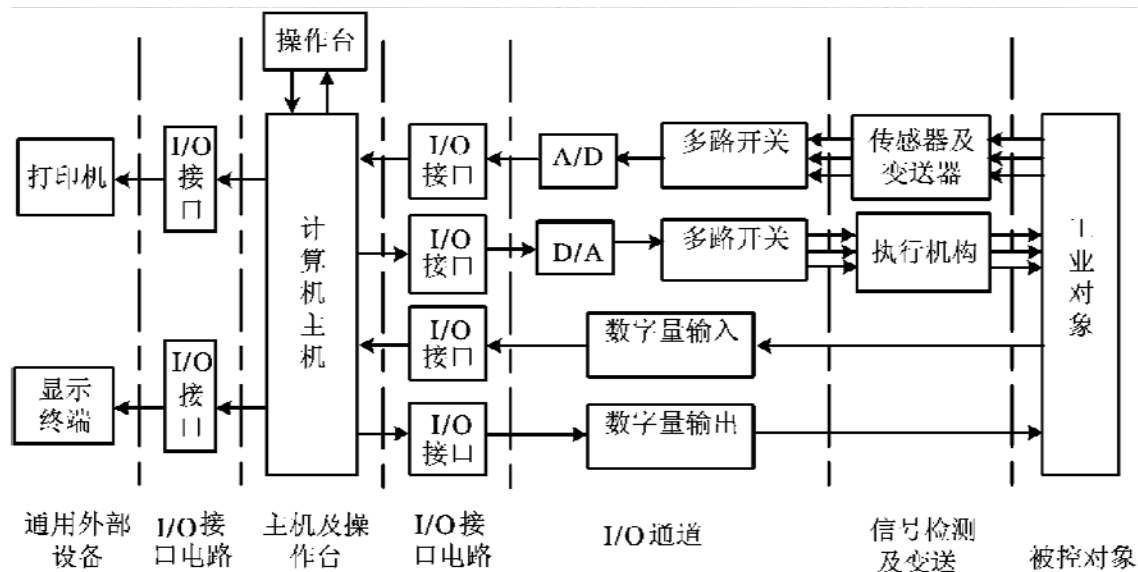


图2.3 计算机控制系统的组成

Fig.2.3 Block diagram of computer control system

2.6 自适应系统的概念

自适应系统通常是指系统按照环境的变化,自主调整其自身使得其运行在已经改变了的环境下以达到期望的能力的系统。

自适应系统研究的对象具有一定的不确定性,包含一些未知和随机的因素,其被控部分及所处环境的数学建模不能完全确定。实际上,任何对象都有一定的不确定性,有时在系统内部出现,有时在系统外部出现。从系统内部看,被控部分数学建模的结构和参数,用户并不能准确的知晓,而外部对系统的影响通常是不可预测的。另外,测量时产生的一些不确定因素也会进入系统。自适应系统所要解决的问题就是在各种不确定性存在的情况下,如何设计性能指标保持最优的控制系统。

自适应系统类似于常见的反馈系统,也是基于数学建模的控制方法,区别是自适应系统的模型和检验知识比较少,要在系统运行中根据对象的输入输出数据不断提取信息和识别参数使模型逐步完善,这就是系统的在线辨识。随着系统不断地运行,模型会越来越准确,越来越接近实况。基于不断修正的模型出来的控制也将随之不断改进,系统便有了自适应能力。当系统在起始阶段,由于对象的信息比较少,系统开始运行时并不理想,但是经过运行后,系统逐渐适应环境,最终调整到良好的工作状态。某些控制对象,可能在运行中发生较大的变化,通过改变控制参数,系统也会逐渐地适应。

常见的反馈系统对于内部扰动和外部变化都有一定抵抗能力,但是由于参数是不变的,所以当内部扰动或者外部变化力度较大时,系统的性能便会大打折扣,甚至不稳定。对那些对象或者扰动变化较大,同时对性能指标要求较高的系统,使用自适应系统比较合适。自适应系统比常见的反馈系统要复杂很多,成本也要高很多,因此通常在常见的反馈系统达不到要求时,自适应系统才会被应用。

2.7 双机器视觉的概念

双视觉利用相机从两个位置来得到被测物体的两幅画面,通过计算两幅画面对应点间的偏差,来得到物体位置信息的方法。相当于双眼获得画面并判断它们的差别,使我们获得立体感,建立对象特征的关系,将相同的物理点在不同画面中对应起来。

双视觉测量具有高精度和高效率等优点,适合产品非接触检测 and 产品质量控制。测量运动中的物体,双视觉是更有效的测量方法。双机器视觉是机器视觉的关键技术,获取空间的距离也是机器视觉中最重要的内容。

双视觉起始于上世纪 60 年代,麻省理工的罗伯兹通过从画面中提取立方体和楔形体等多面体结构,并对形状和空间进行了描述,把二维分析推广到三维分析中,三维视觉技术由此诞生。随着研究的开展,从局部的特征的提取到几何要素的分析,最终实现对明暗和纹理等进行分析,并建立了多种推理规则。特别是上世纪 80 年代,创建了视觉计算理论,此理论对三维视觉的发展有很大帮助,当前在此领域已形成了从二维到三维的完整体系,使得三维已成为视觉中的重要部分。经过多年的发展,三维视觉在机器视觉和工业检测等领域中的运用变得广泛起来。

2.8 视觉定位系统的方案

由于机械制造精度的限制，引线框架总会有产生一定的偏差，考虑到集成电路和集成电路的载体位置是相对固定的，于是利用引线框架上的高精度的圆孔，这些圆孔可以用一定算法来确定其在平面上的精确位置，两个圆孔坐标就可以确定整片引线框架的精确位置，通过机器视觉定位任意两个圆孔便可以定位整片引线框架，计算出的整片引线框架的偏移数据传到激光控制器中便可以通过偏移激光振镜的角度来达到纠偏的目的。

2.9 本章小结

本章介绍了系统开发所涉及到的语言、框架和数据库，详细介绍了这些开发工具的相关信息，并根据这些理论进行深入的研究，为程序实现奠定了基础。同时本章也介绍了画面处理的基本概念，计算机控制系统的概念以及自适应系统的概念，为更好的理解本文的工作奠定了基础。

第3章 视觉定位的算法与实现

3.1 视觉定位问题的提出

当前,工业产品的种类很多,在其生产过程中,很有可能会涉及到自动定位的问题。如自动生产线中要求对各种零件进行快速、准确的安装。随着科技的进步,市场及客户对产品的精密度和质量的要求也越来越高,过去的定位方法已经不能满足客户的要求,所以,业内便陆续引进了机器视觉技术^[11]。

机器视觉就是用相机替代人眼来做测量和判断,通过机器视觉相关产品(即画面拍摄装置)将被测物转变成为画面信号,然后传送到画面处理系统,接着根据像素的颜色和亮度等信息转换为数字信号,最终对这些数字信号进行计算来提取目标的特征,进而得出判别的结果来控制现场的设备进行适当的动作。机器视觉具备定位的功能,能够自动判别物体的位置,并将位置信息通过一定的通讯协议进行输出。此功能多数情况下被用于全自动生产线的装配和生产,譬如自动组装、自动焊接、自动分拣、自动灌装、自动喷涂,多数情况下需配合相应的自动执行机构(如机械手、焊枪或喷嘴等)。

在视觉定位检测系统中,能够精准识别产品方向和位置是系统的关键。定位检测可分成两个步骤,一是制作模板,二是定位搜索。视觉定位系统使用高级的画面视觉检测技术,对高速运动的各种产品实现实时全面的视觉定位分析,将画面相关数据传送到画面处理系统时,画面处理系统对所有画面进行搜索匹配,精准定位出产品的方向和位置。

由于每片集成电路的载体与载料的平台之间是有一定的间隙的,而且载料平台每次的定位会有一些的误差,如果没有视觉定位系统就难以确保每片集成电路刻印的精准。过去机械的定位方法在刻印较小的集成电路时精度就很难保证,这时视觉定位系统便有了用武之地,机器视觉把偏移位置的坐标传给控制系统,然后校准激光发生器以实现精确刻印。下面将介绍如何利用机器视觉获得引线框架的偏移位置^[12]。

3.2 视觉定位的基本原理

机器视觉是有视觉传感器的检测装置,主要用来模拟人类的视觉功能。机器视觉从外部画面中提取信息,进行处理并用于真实的控制。其中光学仪器占的比例较高,可用于目标缺陷的检测,或者用来目标尺寸的测量,或者对物体进行定位。机器视觉主要应用于工业自动化和工业机器人等。

图3.1是引线框架刻印的正确位置与偏移位置的对比。引线框架的正确位置用虚线表示,基准点A1为激光刻印的正确基准点,B1、C1为正确定位孔,引线框架的偏移位置则用实线表示,机器视觉负责测量正确基准点A相对于偏移基准点A1的坐标偏差。

查看引线框架的图纸我们可以找到定位孔和基准点的数学关系。可设A1为原点,则

其坐标为 $(0, 0)$, B1点坐标为 (X_{b1}, Y_{b1}) , C1点坐标为 (X_{c1}, Y_{c1}) 。通过机器视觉可以算出正确定位孔与偏移定位孔之间的偏移: ΔB_x 、 ΔB_y 、 ΔC_x 、 ΔC_y , 然后可以算出B点坐标为 $(X_{b1} + \Delta B_x, Y_{b1} + \Delta B_y)$, C点的坐标为 $(X_{c1} + \Delta C_x, Y_{c1} + \Delta C_y)$ 。

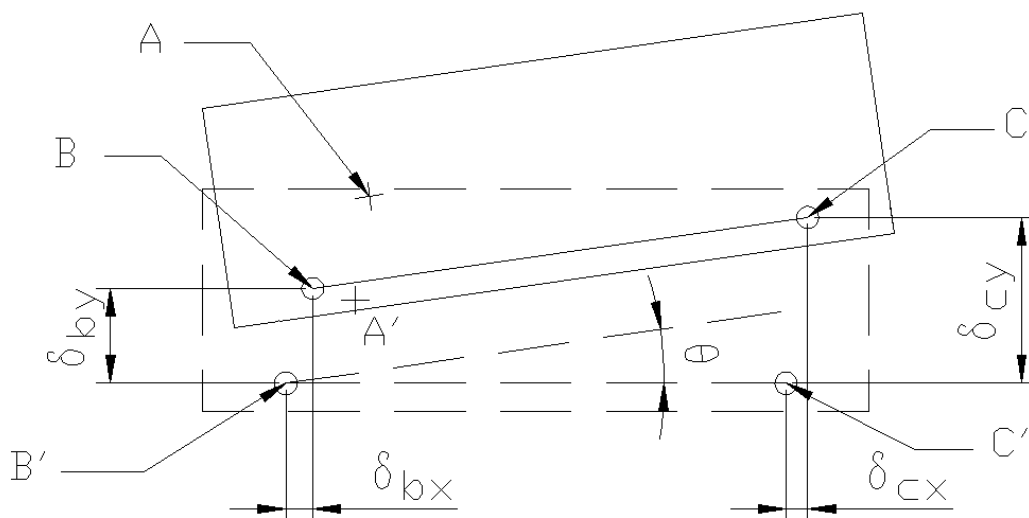


图3.1引线框架位置示意图。

Fig.3.1 Diagram of the chip strand

传统的基于归一化灰度相关理论(NGC)的视觉定位技术的鲁棒性好、可靠性高、对画面噪声的敏感度低,但计算量很大,无法满足定位系统的实时要求,无法解决机器视觉在平移、旋转、缩放等复杂情况下的定位问题。而基于画面的几何特征的配比方法(GPM)则可以有效解决归一化灰度相关理论存在的诸多缺点,画面配比方法是画面分析技术与机器视觉的关键技术之一,画面配比就是指根据模板信息来对比两幅含有相同目标的两幅画面,并在相同的画面间建立相关性的过程。画面配比有三大类方法:第一类为统计灰度的配比方法;第二类为相关变换的配比方法;第三类为带基准点的匹配方法。待配比的两幅画面间的平移和旋转是配比的关键问题。

两幅画面间的差异是造成难于自动配比的主要难题,解决方案主要是利用手动确定配比点来进行配比,虽然可以实现变换关系的校核,但是无法做到自动配比,而且手动确定配比点存在误差,致使配比效果很难令人满意,体现不出机器视觉的优势。利用画面边缘和频域特征的处理技术来进行配比,不仅可以实现高精度,而且还能自动匹配。首先用轮廓检查来对配比的画面进行校正,得到配比画面与原始画面的角度差,然后再进行配比,从而得到机器视觉像素级别的配比^[13]。

3.3 视觉定位算法的设计与实现

在信息处理技术中模板匹配已经成为一项重要的技术,同时它也是一些画面分析技术的基础,模板匹配的应用非常广泛:包括激光切割、电子加工、形状重建、物体识别、医学画面、运动跟踪、特征识别等。

现在我们就用变换坐标计算出实际基准点A的坐标值 $(\Delta X, \Delta Y)$:

首先我们用B、B1、C、C1来算出偏移引线框架相对于正确引线框架之间的偏移角

度 θ :

$$\theta = \arctg \frac{(Y_c' + \delta_{cy}) - (Y_b' + \delta_{by})}{(X_c' + \delta_{cx}) - (X_b' + \delta_{bx})} = \arctg \frac{Y_c' - Y_b'}{X_c' - X_b'} \dots \dots \dots (3-1)$$

图3.1中, 将引线框架沿X轴方向移动 $-\Delta B_x$ 、沿Y轴方向移动 $-\Delta B_y$, 得到图3.2, 设B1为新原点, 得到A1在新坐标系中坐标为 $(-X_{b1}, -Y_{b1})$, 因为点A是点A1绕原点旋转角 θ 获得, 所以我们可以获得A点在虚线坐标系中的坐标 $(\Delta X_1, \Delta Y_1)$:

$$\Delta X' = \sqrt{(X_{b'} + (Y_{b'}))} \cdot \cos(\arctg \frac{Y_{b'}}{X_{b'}} + \theta) \dots \dots \dots (3-2)$$

$$\Delta Y' = \sqrt{(X_{b'} + (Y_{b'}))} \cdot \sin(\arctg \frac{Y_{b'}}{X_{b'}} + \theta) \dots \dots \dots (3-3)$$

将 A点坐标转换到实线坐标系中, 可得其坐标 $(\Delta X, \Delta Y)$:

$$\Delta X = X_{b'} + \delta_{bx} + \sqrt{(X_{b'} + (Y_{b'}))} \cdot \cos(\arctg \frac{Y_{b'}}{X_{b'}} + \theta) \dots \dots \dots (3-4)$$

$$\Delta Y = Y_{b'} + \delta_{by} + \sqrt{(X_{b'} + (Y_{b'}))} \cdot \sin(\arctg \frac{Y_{b'}}{X_{b'}} + \theta) \dots \dots \dots (3-5)$$

由此可以得到传递函数: $\Delta X, \Delta Y, \theta$ 。

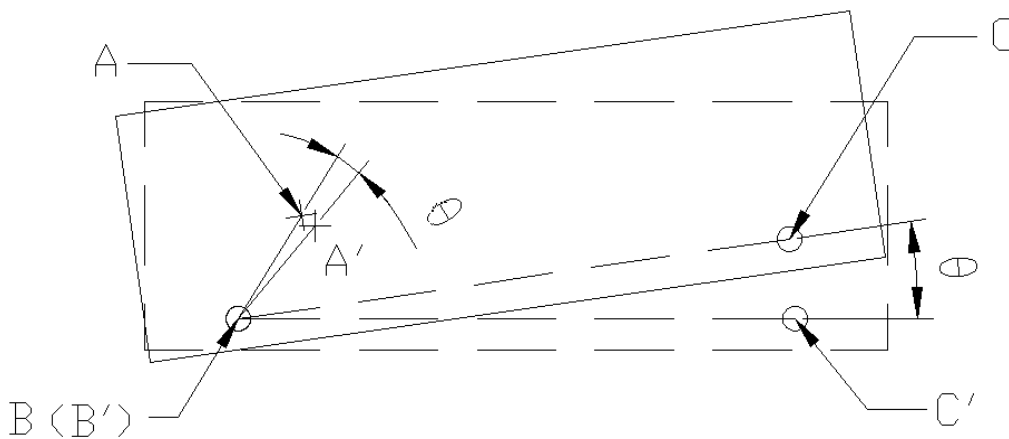


图3.2 偏移后引线框架位置示意图

Fig.3.2 Diagram of the chip strand after translation

我们首先根据引线框架的图纸来获得引线框架上两定位孔相对基准点的坐标值, 然后将坐标值输入软件的视觉定位界面中, 更换引线框架要重新输入坐标值。在方向正确的前提下把引线框架固定在正确的位置上, 在激光器的控制软件中调整想刻印的图案, 使其重合引线框架的实际位置, 在激光器的控制软件里保存此位置。当其他的引线框架

进行刻印时, 机器视觉首先获得两个定位孔的坐标值, 然后自动与保存的定位孔坐标进行比对, 得到偏移值 (ΔB_x 、 ΔB_y 、 ΔC_x 、 ΔC_y), 通过公式 (3-4) 和 (3-5) 我们可以获得该引线框架刻印的起始坐标, 该坐标会传到激光器的控制系统, 通过激光器自身的调整便实现刻印的精准。

3.4 视觉定位算法的补充

3.4.1 特征点提取

物体特征点的提取应有下面的要求: 特征提取所应用的算法要与感应器的类型相匹配, 要有充分的应变性和相同性。在提取特征点的坐标之前, 要事先处理获取的画面, 因为获取的画面可能存在很多噪声点, 所以事先处理可以明显改善画面质量, 更加突显画面中的特征点。

3.4.2 三维配比

三维配比是双视觉中最重要的, 同通常的画面配比不同, 三维成像的不同是由拍照点的不同造成的, 而不是由目标本身的运动引起的。根据配比范围的不同, 三维配比可以分为区间配比、位置配比和特征配比这三大算法。区间配比的本质是利用局部范围内画面信息的相关度, 在局部详尽且改变不大的地方可以获得很高的精度, 但是这种方法不好选择配比窗口的大小, 通常根据窗口的大小来弥补双视觉不连续的窗口配比, 由于运算量比较大导致计算慢, 所以运用分级配比的方法能大幅减少搜索的范围, 减少同配比窗口不相关的运算, 所以能明显提高响应速度。特征配比不完全依靠对比度, 抗干扰能力非常强, 运算量小, 响应快, 但是也存在一点问题: 在画面中的不完整特征决定特征配比只能得到不完整的视差, 提取范围和定位方法直接影响配比结果。解决办法是将配比的鲁棒性和紧密性结合, 减轻提取和定位对频率较高的噪声的敏感。相位配比在配比算法里是比较领先的, 作为配比单元的相位, 本身就代表了信号的结构, 对频率较高的噪声抑制作用明显, 容易获得低于像素级的视差精度, 但是有可能有奇点和卷绕的问题, 要加入滤波器来解决这些问题。

3.4.3 三维重构

在空间里任意点在两画面对应参数和坐标下便可重建空间的点。建立以该点坐标值为变量的线性方程, 然后用最小二乘法获得该点的坐标值。两相机的参数定下来后, 就可以构建两极线的约束关系对应的点间的关系, 由此联立方程组, 求得点的坐标值。当前全画面的三维重构仅能对特定的目标, 效果并不理想^[14]。

3.5 视觉定位方法的介绍

当前运用在工业中的定位方法主要有三种, 它们分别是机械定位, 重力定位和视觉定位。

3.5.1 三种方法的介绍

重力定位就是当被定位物件到达定位台后, 物件靠自身的重力沿着定位台倾斜的表

面落到一个预先设计好的角落里，后续加工便在被卡死在角落里的物件上进行；机械定位就是被定位物件被运送到定位台后，物件会触发传感器，定位台配套的气缸就会动作，配合相应的工装就能定位物件；视觉定位就是用工业相机来拍摄物件的画面，然后进行画面处理，计算物件的坐标和角度信息，然后传送给其它的控制系统，由相应的系统完成最终的定位。

3.5.2 三种方法的区别

传统的机械定位和重力定位存在着如下的诸多问题：1.物件在重力或气缸产生的外力的作用下，物件的表面可能会产生损伤，从而影响了产品的质量；2.重力和气缸作用的时间影响了生产节奏；3.柔性不足，成本较高。以上的不足通过机器视觉很好的解决了。首先，机器视觉的定位方法是非接触式的，避免了因外力而产生的产品质量问题；其次，机器视觉从拍照到处理，直至给控制系统坐标和角度信息，可以控制在500毫秒以内，这在很大程度上提高了生产效率；最后，同传统的定位方法比，机器视觉的柔性更好，所以成本更低，更稳定，精度更高。

3.6 统计图

统计图是用几何图形绘制的各种代表数据的图形，它的特点是直观和形象。统计图使抽象的数字变得简单和形象化，使人便于分析和比较数据。因此，统计图在数据统计与分析中得到了广泛的应用。在分析统计图时，既要使图直观形象，还要校对数据。

统计图是利用点、线、面和体等绘制成几何图形，以表示各种数量间的关系及其变化情况的工具。按形状分有条形、扇形和折线统计图等，其特点是：直观形象、通俗易懂和一目了然。其主要用途有：表示数据间的对比关系；揭示总体结构；检查计划的执行情况；揭示现象间的依存关系，反映总体的分配情况；说明数据的分布情况。通常使用直角坐标系，横坐标常用来表示自变量，纵坐标常用来表示因变量。按图尺性质分类，有实数图、累积数图、百分数图、对数图、指数图等，其结构包括图名、图目(图中的标题)、图尺(坐标单位)、各种图线(基线、轮廓线、指导线等)、图注(图例说明、资料来源等)等。

表 3.1 各类常见统计图
Table. 3.1 Common statistical charts

类别	概念	适用条件	使用举例	备注
直条图	用相同宽度的直条长短表示相互独立的统计指标的数值大小和它们之间的对比关系	适用于比较相互独立的统计指标的数值大小	如各地区卫生资源、服务数量；各科室业务量等	横轴为分组因素、纵轴为统计指标。有单式条图和复式条图
圆形图	以圆的总面积表示事物的全部将其分割成若干扇面表示事物内部各构成部分所占的比重	描述分类变量各类别所占构成比	如医院内部各个科室的病床构成等	度量为构成比
百分比条图	以某一矩形总长度表示事物的全部，将其分割成不同长度的段表示各构成的比重，适合描述分类变量的各类别所占的构成比。	描述分类变量各类别所占构成比，特别适合多个构成比的比较	如不同地区医疗卫生机构类别构成等	与圆形图相比特别适合比较多个构成比
线图	用线段的升降来表示数值的变化，适合于描述某统计量随另一连续型数值变量变化而变化的趋势。	描述某统计量随另一连续性数值变量变化而变化的趋势	如某地2003-2013年卫生人员变化情况	横轴是时间或其他连续性变量，纵轴是统计指标
直方图	适用于表示数值变量的频数分布	描述数值变量的频数分布	如某地高血压病例的年龄分布	横轴是数值变量值（组距相等），纵轴是频数
箱式图	用5个统计量表示数据分布的主要特征	描述数据的分布特征	某院不同疾病男性患者年龄段分布	结构包括：最大值、P75、中位数、P25、最小值
统计地图	用不同的颜色和花纹表示统计量的值在地理分布上的变化，适合描述研究指标的地理分布	描述某指标在地理区域的分布	2013年四川省医疗卫生机构地区分布	地图表示，形象直观

用单位长度表示单位数量，根据成比例的直条的长短代表数量的多少，这样的图称为条形统计图。按照排列的不同，可分为纵式和横式；按照作用的不同，可分为对比图和结果图。从图 3-3 中可以看出一年内的加工能力与未完成的加工量的大致对照，为第二年的分析决策奠定了基础，比如说考虑如何加班，外协或外包加工。

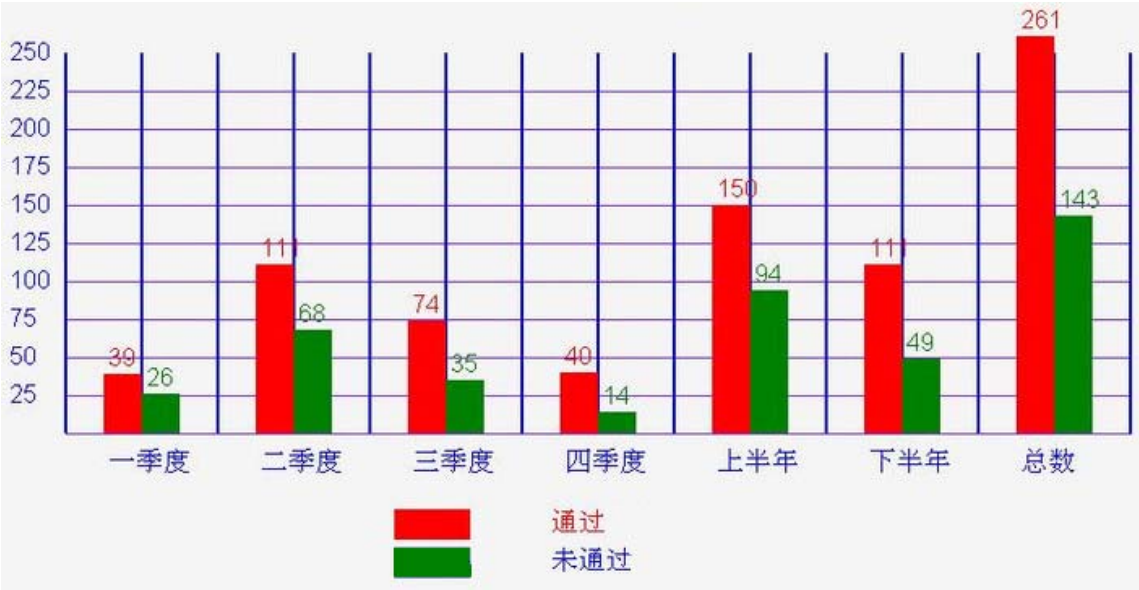


图3.3 统计图形生成结果图
Fig.3.3 Results of statistical graph generation

3.6 本章小结

本章介绍了视觉定位的需求原因和基本原理，最重要的是算法思想，通过像素级的匹配定位，实现了高精度的定位，同时详细介绍了视觉定位算法在本系统的设计与实现，主要涉及的坐标变换和三角函数和反三角函数，以及视觉定位算法的补充和统计图的使用方法。

第 4 章 系统硬件的设计

4.1 整机的布局

为适应产品生产的工艺需求,该设备整机布局如图 4.1 所示,主要包括上下料机构、方向检测机构、上下料抓取机构、物料输送机构、物料固定机构、真空吸尘机构、刻印机构。

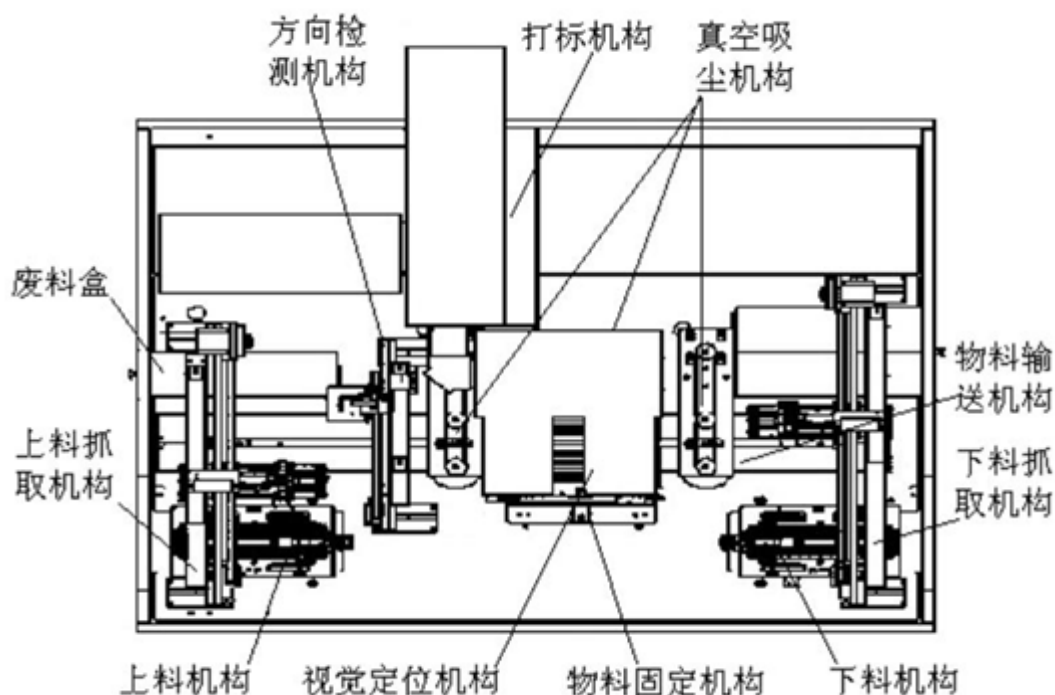


图 4.1 整机布局图

Fig. 4.1 Machine layout

首先接通电源后按启动按钮,然后把载有引线框架的匣装在左侧的入料轨道中,同时把空匣装在右侧的出料机构中,按下两侧确认按钮后升降机便把匣中的引线框架抬升至有传感器的位置,然后上料抓取机构便会到该位置抓取一片引线框架放到输送机构上,接着输送机构便把引线框架输送到视觉方向检测处,检测引线框架的方向,若引线框架的方向错误则移至废匣中,若正确则输送到刻印位置,到达刻印位置后由物料固定机构固定物料,然后由视觉定位系统检测引线框架的位置偏差值,并把位置偏差值反馈给激光发生器的控制计算机,然后由激光器校正位置后进行刻印,刻印完成后直接送到出料抓取位置处,最后由出料抓取机构抓到出料机构的空匣中。其流程如图 4.2 所示。

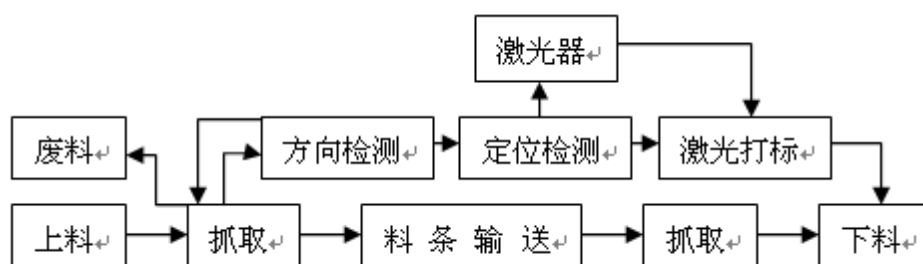


图 4.2 工艺流程图

Fig. 4.2 Industrial flowchart

4.2 视觉定位系统

引线框架刻印前保证精度的定位方法原来应用比较多的是机械定位方法，如定位针。图4.3为引线框架的外观图，引线框架两侧的小圆孔位置固定且精度高，若引线框架发生位移，则小圆孔的位置也会发生偏移，根据引线框架的这个特点可以用定位针来纠正引线框架的位置偏移。

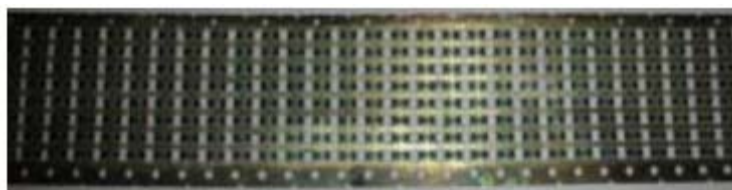


图 4.3 引线框架外观

Fig. 4.3 Strand appearance

定位针的结构如图 4.4 所示，当引线框架到达激光刻印的位置后，装有定位针的压板压下，定位针会进到引线框架的定位小圆孔中，由于定位针的外圆尺寸和引线框架上的小圆孔尺寸的配合精度很高，所以可以纠正引线框架的位置偏移。

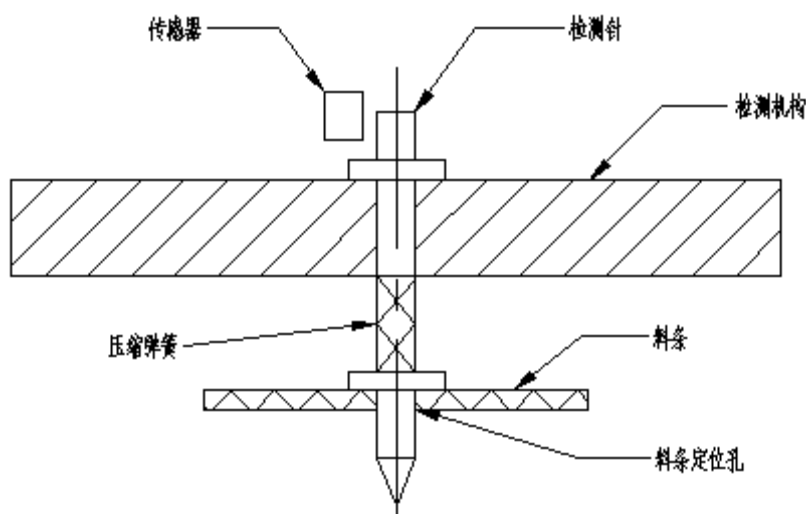


图 4.4 定位针机构

Fig. 4.4 The needle positioning mechanism

使用定位针的定位方法有下列缺点：

1、使用定位针定位需要等引线框架到位后，定位机构先压下后抬起，期间引线框架是处在停顿的状态，这样设备的效率就降低了；

2、由于引线框架有规格较多，每种引线框架的定位孔的位置都不相同，如果每种产品都要切换定位针组件，这样就会耽误很多的时间。

3、定位针和引线框架产生接触会对集成电路造成伤害，其定位精度主要取决于定位针和定位孔的间隙大小，造成其定位精度低，将来随着工艺的提升集成电路尺寸会越来越小，机械定位方法将来肯定是要被淘汰的。因此用视觉定位来纠正引线框架的偏移就显得很有必要，视觉系统把偏移值传给激光器的控制器，构成的闭环系统使得刻印精度大大的提高。

4.3 机器视觉介绍

机器视觉与人的视觉具有相同的功能，它从外界提取画面信息，处理后自动进行分析，用于测量和检测。机器视觉系统包含光源、镜头、处理器与软件组件，它通过相机首先将实物转换成画面，然后把画面转换成信号传给处理器，处理器根据像素的分布和明暗等信息进行计算来提取实物的特征，根据设定的临界值判断输出结果。宽泛的机器视觉定义与狭义机器视觉并没有太多的差别，就是指用画面处理技术对具体的实物的处理和识别。工业中机器视觉的定义与广义上的机器视觉和画面识别有着很大的不同，其特点如下：

(1)工业视觉系统是非常全面的系统，它包括画面分析系统、控制系统、光源系统、成像系统、感知系统、视频系统、嵌入式软硬件系统、人机通讯系统等。这么多的系统在机器视觉中是平行的关系，相互配合才能行程一个完整的工业视觉系统。

(2)工业视觉非常注重实用性，要能够战胜工业运行中的糟糕环境，要有合适的性能价格比，要有常用的接口，能够便于操作员操作，要有很高的纠正错误的能力，要有较好的通用性和互换性。

(3)工业视觉需要很高实时性，因此许多画面处理技术当前还难以应用在工业视觉中，它们在实际工业生产中应用程度远远落后于其发展的速度^[15]。

4.4 工业视觉应用

工业视觉不会像人眼一样容易疲劳，并且比人眼无论是速度还是精度都更高，工业视觉还可以借助紫外线、红外线或超声波等在人眼不能看见的物体或危险环境时的优点，所以在工业生产中工业视觉技术已得到了大量的使用。

在冶金制造和化工生产等工业生产中对象较为复杂，过程中用到的变量很多，并且有明显的分布性和离散性，尤其是在工作环境不好的情况下，对这类生产过程想进行人工控制或者想对过程建立准确的算法都是不好办到的。用普通的控制方法不好进行实时控制的都可以用工业视觉来实现。当前工业视觉在这些生产过程的主要应用是部件的大

小测量、部件的不良品检查、生产过程中组件的方向判别和进行的位置定位等。在农业产业、医药产业和城市交通等产业工业视觉也体现出了很关键的作用^[16]。

4.5 机器视觉检查的模式

机器视觉检查的对象和目的都有很大的不同。农业产品通常是检查其大小质量形状等，工业部品组件则主要是检查其长短或不良等。不同的检查对象需要使用不同的检查视觉和方法，比如有些检查要求精度高，就需要选用高分辨率的视觉系统和配套装置，有些需要检查产品的外观颜色，就需要用可采集颜色的视觉系统和配套装置。正是这些不同的检查对象，当前全球范围内还没有出现可以适用于所有对象的通用视觉系统。虽然各种视觉系统使用的方法和设备差异很大，但其检查的模式却是基本上差不多的。机器视觉检查的常见模式是先通过光学和画面装置采集产品的数字信息，再用计算机进行信息处理获得检查结果，从而形成最终的判断或决策后对该对象进行一系列的控制。图 4.5 是典型的机器视觉系统^[17]。

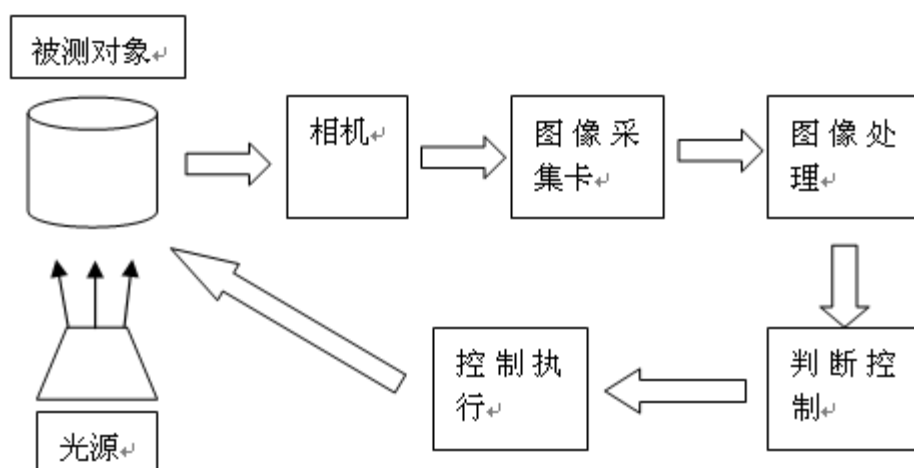


图 4.5 典型机器视觉

Fig. 4.5 A typical machine vision system

4.6 机器视觉系统硬件组成

通过前面对机器视觉系统常见模式的描述我们可以知道，常见的机器视觉主要包含光源系统、镜头系统、相机系统、画面采集系统、画面处理系统和最终的控制机构^[18]。

4.6.1 光源

在机器视觉系统中，照明方案的好坏直接影响着最终的成像效果，照明不仅是把对象照亮那么简单，而是光源与对象的配合应最大限度的突出对象需要检查的特征，应尽可能增加对象需要检查的部分与不需要检查的部分之间的对比度，同时对象整体的亮度还需要维持。良好的照明方案能够大幅度的提高视觉系统的分辨率，提高运算效率，不良的照明方案则会出现诸多问题，例如光照过度会使遗漏很多有用的信息，光照不良则会发生边缘的模糊，而照明不均匀则会加大临界阈值的选择难度。光源的选择需要按照

对象的形状、平整度、表面属性等，同时还要考虑光源的效率和寿命。在机器视觉系统中大多数情况下使用反射光和直射光，反射光的情况要复杂些，应考虑光源和镜头的位置关系、对象的结构纹理，对象的形状和背面的颜色等要素^[19]。

光源分为人工光源和其他光源两类。机器视觉通常使用人工光源，人工光源根据发光件的不同可以分为白炽灯、发光二极管灯、石英灯和荧光灯等，根据灯的形状又可分为环形灯、矩形灯和弧形灯等，根据发出的光线不同又可以分为点光源、线光源和面光源等，根据照射的角度不同又可以分为直射式、同轴式和平行光等，当前没有统一的区分方法^[20]。

发光二极管灯体积小、发热少、功率低和寿命长，红色发光二极管灯的平均无故障使用时间可达十万小时，并且可以制作成不同形状和照射角度的光源，例如环形灯、弧形灯、矩形灯和同轴光源等，另外，发光二极管灯有多种颜色可以选择，常见的有红色、白色和黄色等。由于发光二极管灯的诸多优点，当前的机器视觉中基本都用发光二极管灯来作光源^[21]。

对于不同的检查对象必须使用合适的照明方案才能突出被测对象的特征，而最佳的照明方案需要做很多实验才能找到，常见的照明方案有单向、环形、同轴漫射、黑背景、结构光源等^[22]。

通常情况下，如果使用黑白相机的视觉系统，红色发光二极管灯是最佳选择。原因就是红色发光二极管灯寿命长、效果好和价格便宜，最关键的是，电荷耦合对红色发光二极管灯的光波长更灵敏。通常电荷耦合对波长较短的光不敏感，而对波长较长的近红外光区更敏感^[23]。

若被测对象要进行彩色成像，则一定要使用白色光源。实现白色光源有两种方法，第一种最常见的方法是使用白色发光二极管制造，发出的光是红绿蓝叠加到一起的白色。还有一种就是按特定的顺序在光源上排列红绿蓝三种颜色的发光二极管，并分别控制每种颜色的亮度，这样的光源每种颜色都能调节，可以形成任意不同的颜色，从而可根据被测对象的特点来进行相应的调整，以便达到最好的照明效果。其他光源颜色的选则依赖于被测对象的属性，这要根据实际情况来选择^[24]。

4.6.2 视觉镜头

视觉的镜头就类似于动物眼睛的晶状体。如果没有晶状体，眼睛就无法看到任何物体。同样没有镜头，视觉系统就没有任何信息。在视觉系统中，镜头的主要作用是将被测对象聚焦在成像传感器上。合理选择并正确使用镜头直接决定了工业视觉的整体性能^[25]。

视觉系统中使用的镜头通常是由透镜和光圈组成。透过镜头的光线多少通常由透镜及其相关结构决定的。通常，在镜头中装有中间带孔的金属片以控制进入光线的多少，称为光圈^[26]。

镜头的主要的性能指标如下：

(1) 焦距。焦距通常用字母 f 来表示。

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} \dots\dots\dots (4-1)$$

如图4.6所示， u 是物距， v 是像距。

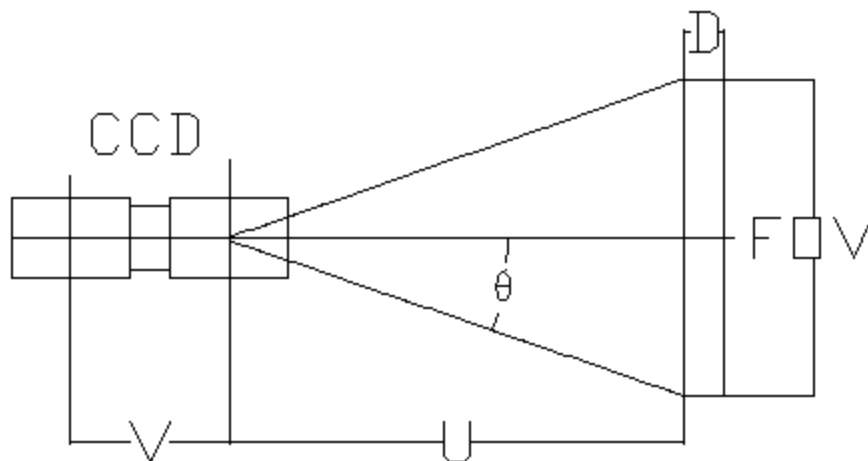


图 4.6 镜头成像示意图

Fig. 4.6 Sketch map of Lens imaging

(2) 放大率。光学系统的放大率为 M 。

$$M = \frac{h}{H} = \frac{u}{v} \dots\dots\dots (4-2)$$

上述公式中 H 是物高， h 是像高。

(3) 视野范围。视野范围通常用FOV表示。

视野范围是指视觉系统能够获得的对象的大小范围。FOV可以用角度来表示：

$$\theta = \frac{\tan L}{2v} \dots\dots\dots (4-3)$$

(4) 工作距离。工作距离通常用WD表示。

(5) 分辨率

分辨率描述的是光学系统能够分辨的最小的物体的距离。通常用成对黑白相间的线来标定镜头的分辨率，描述为能够分辨的黑白线的线对，即每毫米多少线对（lp/mm）。需要指出的是，像分辨率和空间物体的分辨率相关但是不同。对于使用电荷耦合相机的情况，至少需要两个像素来分辨一对线，所以电荷耦合相机能够达到的最大分辨率是：

$$r = 2 \times (\text{CCDsize}) \dots\dots\dots (4-4)$$

而相应的物体空间的分辨率是：

$$R = \frac{r}{M} \dots\dots\dots (4-5)$$

有时对象的分辨率可以被定义为最小的尺寸。

(6) 对比度

对比度是画面的边缘是否能够有效显示的指标，黑白分明越大，对象的细节越容易分辨，分辨率自然就越高。信噪比和数字化率是影响对比度的重要因素。

(7) 景深

图4.6中，D尺寸内形成的画面应该都是清楚的，换句话说，在三维空间内，在特定的间距内的对象的画面都是清楚的，这个间距称为景深。同景深相关的要素有很多，最关键的要素就是光圈。

(8) 光圈

视觉系统中光束经折射或反射后到达成像处，然而并不需要所有视觉系统的光线都通过，而是适当阻挡部分光线。通常视觉系统镜头都会安装光圈来调节穿过的光线量，就是由旋转叶片的伸缩装置组成的孔径可变的小孔，调整光圈时此孔的大小可以连贯的变化，从而调整镜头的直径。

视觉光圈的值通常用F值来表示。

假设视觉光圈的孔径是d，焦距是f，则：

$$F = df \dots\dots\dots (4-6)$$

此参数反映了视觉系统的透光能力，因为光圈孔径越大，能透过的光束就越多，同时焦距长度越短，这些光束到达成像面的机会就越大^[27]。

(9) 畸变

畸变是由于放大比率随着到轴线中心的间距发生改变而产生的。随着成像的变远，对象上相应的点与视觉中心的间距实际是在变长的，从数学公式(4-1)可以得出成像间距是在变小的，换句话说就是画面聚焦的点是在像之前，像上得到画面事实上已经散焦了，看上去就比原来的画面要大。距轴线中心越远，此状况就会越明显。这就出现了画面的畸变，其实画面信息并没有消失，只是形状有变形。所有的视觉系统都会产生不同样式的畸变，根据不同视觉系统的特点，我们就可以纠正畸变。通常会用黑白相间的方格子来纠正畸变。通常视觉系统的畸变小于百分之一，我们是看不出来的。

(10) 光谱属性

视觉系统的光谱属性是指镜片对各波长光线的通过比率的属性。在某些机器视觉系统中，要求画面的颜色与目标对象的颜色要有较高的相同性。所以期望各波长光线通过视觉镜头时，除总的光线强度有点衰减以外，其光谱成份最好没有变化。

影响视觉镜头光谱属性的重要因素是：外膜层的干涉属性和材料的吸收属性。在机器视觉中，为了更好的发挥镜头的最高分辨率，视觉的光谱属性应与使用环境相适应。即规定视觉最大分辨率的光束最好与电荷耦合元件吸收波长和光源波长相适应，并使视觉镜头对此波段光束的通过率达到最高^[28]。

4.6.3 电荷耦合相机

当前视觉相机所使用的传感器主要分为两大类：电荷耦合传感器和互补金属氧化物传感器，其中互补金属氧化物传感器由于生成画面的质量不佳、光感单元的大小较小、

填充效率低和响应速度慢等缺陷,使用越来越少。在当前的机器视觉检查系统中,电荷耦合相机因占用空间少、使用可靠和画面清楚等优点使用范围变广了^[29]。

常见的电荷耦合相机主要是由电荷耦合传感器、分析处理电路、数字接口电路和光学镜头接口等部分构成。

电荷耦合相机的属性参数通常有下面几种:

(1) 稳定的画面噪点,稳定的画面噪点不仅可以通过软件来纠正,也可以通过不对称电路来纠正;

(2) 扫描方法的不同,电荷耦合相机的扫描方法主要有:每行扫描、间隔扫描、局部扫描和不同步触发;

(3) 接口,电荷耦合相机的主要接口有下面这些: CameraLink、RS422、IEEE1394、LVDS(EIA-644)^[30]。

根据分类参照的不同,电荷耦合相机的分类可有很多种:

(1) 按照画面颜色来分类,可分为单色相机和多色相机。

(2) 按照面扫描方式来分类,面扫描电荷耦合相机可分为每行扫描和间隔扫描。

(3) 按照分辨率来分类,画面像素大于三十八万的是高分辨率型,小于三十八万的为低分辨率型。

(4) 按照电荷耦合单元的大小来分类,可分为1/2英寸、1/3英寸、1/4英寸的相机^[31]。

在了解了电荷耦合相机的原理和分类后,如何选择正确的电荷耦合相机需要考虑下面几件事情:

(1) 相机色彩的选择。如果没有色彩的要求,最好使用单色相机,因为单色相机与多色相机比较,单色相机的分辨率更高、信噪比更大、对比度更大和价钱更便宜,更能凸出对象的不同信息,画面的信息量也小,软件处理更快。

(2) 电荷耦合芯片大小的选择。在实际使用中对象的大小和分辨率的不同决定了电荷耦合芯片的尺寸选择。

视觉的拍照范围应该大于被拍对象,假设相机传感器的像素单元是 $P(\mu\text{m})$,电荷耦合单元的分辨率是 $R(\mu\text{m})$,电荷耦合单元图像单元的边长是 $L(\text{mm})$,视觉拍照范围是 $\text{FOV}(\text{mm})$,相机放大比率是 M ,对目标的分辨率是 $R_{\text{obj}}(\mu\text{m})$,那么电荷耦合分辨率 R :

$$R = 2 \dots\dots\dots (4-7)$$

系统放大率 M :

$$M = \frac{L}{\text{FOV}} \dots\dots\dots (4-8)$$

对物体的分辨率 R_{obj} :

$$R_{\text{obj}} = \frac{R}{M} = \frac{2P \cdot \text{FOV}}{L} \dots\dots\dots (4-9)$$

电荷耦合的边长 L :

$$L = \frac{2P.FOV}{Robj} \dots\dots\dots (4-10)$$

标准的电荷耦合单元尺寸比例是4: 3, 通常相机指标中单元尺寸是电荷耦合感光范围的对角线尺寸, 表4.1给出了电荷耦合的单元的尺寸。

表 4.1 电荷耦合芯片尺寸

Table.3.1 Size of CCD chip

对角线 (in)	1/4	1/3	1/2	2/3	1
长边 (mm)	3.2	4.8	6.4	8.8	12.8
短边 (mm)	2.4	3.6	4.8	6.6	9.6

(3)选择匹配的镜头

选好了电荷耦合相机后就要考虑与之相配的镜头。

设镜头的焦距为f, 则:

$$f = \frac{w}{M+2+\frac{1}{M}} \dots\dots\dots (4-11)$$

其中W为可设定的工作距离, M可由(11)得出, 由此可得到相匹配的镜头^[32]。

4.6.4 画面采集卡

画面采集卡是机器视觉的关键组成成员, 其重要的职能是对视觉拍出的图像信息进行实时获取, 并提供与计算机交换的快速接口。

在机器视觉中, 画面采集卡需要与相机协调交互, 才能很好的完成画面获取任务。在通常的模拟信号转换数字信号的任务完成之外, 使用在机器视觉的画面采集卡还应具有下面的功能:

接收从视觉系统发出的高速信息流, 并通过计算机的总线结构传送到机器视觉的闪存里面。为了提高视觉系统的效率, 许多视觉系统都有很多的输出道路, 这样很多像素就可以并列输出, 然后用画面采集卡对多通道输出的信息重新组建, 恢复起始图像, 然后对机器视觉中另外的组件进行各种功能的控制。尽管画面采集卡的特点、大小和类别不相同, 但其基本结构大致相同。图4.7为构成画面采集卡的基本组件^[33]。

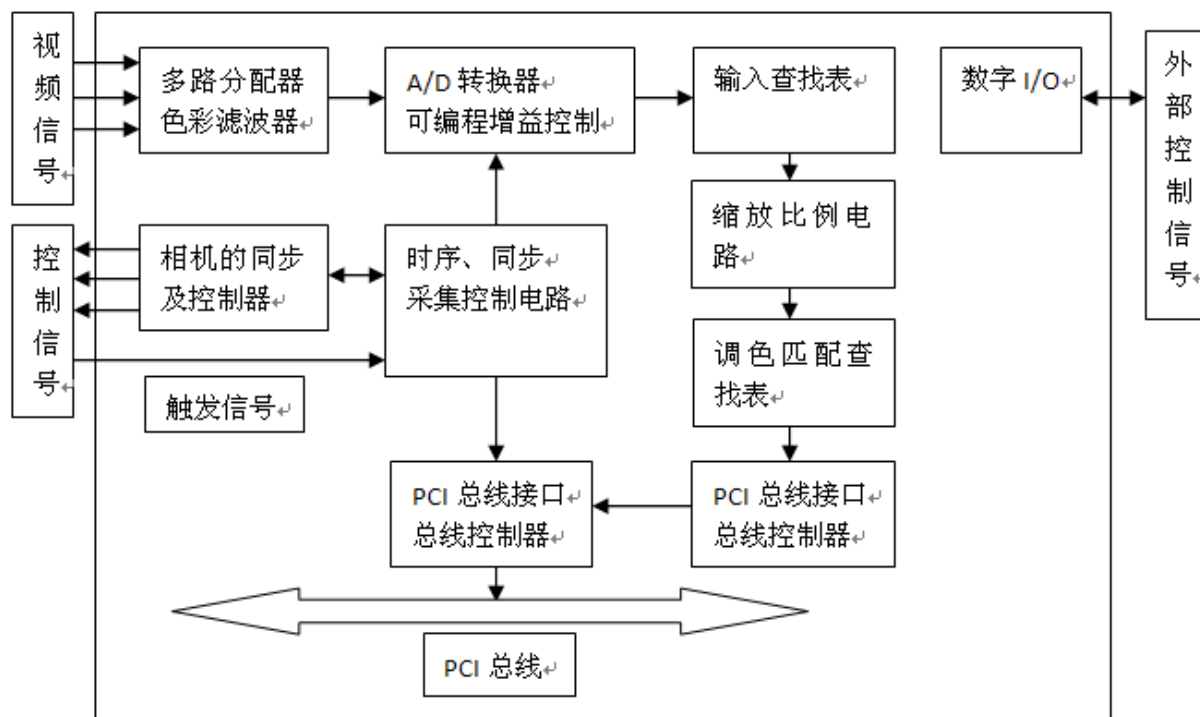


图4.7画面采集卡的基本组件

Fig.4.7 The basic module of frame grabber

4.6.5 画面处理组件

作为机器视觉的中心组件，画面处理组件通过对获得的图像进行计算和处理，实现了对特殊对象特征的检查，并得出检查结论然后传送给执行机构。画面处理组件由相关的硬件和软件组成^[34]。

画面处理硬件由基于计算机的核心和基于可编程控制器的核心两类组成。基于计算机的核心具备了计算机的可移植性和开放性，编程相对功能强大，并且具有桌面计算机所具备的人性化的交互界面。基于可编程控制器的核心通常使用嵌入式计算机或高速专用集成芯片。控制软件被固化在处理器中，通过带有键盘的简易示教器对在显示器中的菜单进行有关配置，或在桌面计算机上使用配套的软件开发应用软件然后下载到处理器中。基于画面处理器的视觉系统凸显了高速化、简单化、集成化和低成本的优点，但它并不适用于进行复杂图像的处理。

机器视觉画面处理相关软件的开发途径常见的有三种：完全自主开发、使用第三方的算法库来开发、使用市面上售卖的软件开发包来开发。这三种开发方法在开发费用和时间成本上有很大的不同，用户要结合内外部的条件和客户的需求来选择适合自己的开发方案^[35]。

4.7 工业视觉中的画面处理技术

画面处理技术大体上可以分为数字信息处理和模拟信息处理两大类。模拟信息处理的精度和速度差，难以具有良好分析能力和判别能力，所以目前已经很少用到。机器视觉里的画面处理基本就是数字处理代名词。

数字处理是指采用计算机技术及其相关的信息处理技术，对画面进行分析和处理，从而实现预设的目标。数字处理的优点是计算精度高、可以完成难度大的非线性运算、有强大的应变能力，因为只要变化相应的软件就可以变化运算的内容。

数字处理的画面信息量大、涉及面广。数字处理的主要功能有几何校正、平滑增强、轮廓检测、内容分割等^[36]。

4.7.1 画面校正

在画面获取与运算的过程中，会有很多的外界因素会造成画面中的各个像素之间的相互关系会发生不确定的变化，这时画面的失真或者叫畸变就产生了。我们要通过数学变换来纠正畸变画面中的每个像素的正确位置以重新获得像素之间相对正确的画面关系，从这个层面上讲，对画面进行纠正畸变也是一种还原真实画面的过程。

针对画面的畸变纠正主要由下面两部分组成：首先改变平面上的像素，即对画面上的像素重排来还原平面上的相互关系；二是亮度插值，即对平面改变后的像素设定匹配的亮度值以还原原来位置的亮度值^[37]。

4.7.2 画面加强

画面加强技术作为重要的画面处理技术的成员，其目标是对画面进行深度的处理，以便获得对于特定实例来说画面效果更佳或更有价值的画面。由于特定实例的目标和要求不同，所匹配的特定的加强技术也会不大相同。通常应用的画面加强方法有直接亮度改变、直方图技术、画面计算^[38]。

4.7.3 画面平顺

画面的平顺处理即画面降噪点技术。由于实际应用中获得的画面在产生、传送、分析和运算的过程中，难以避免系统外部或内部的干扰，如画面转换过程中光敏器件的敏感度不相同、信息化过程中的数字量化、传送中间的错误和人为的原因等，都会加重画面的噪点。因此消除噪声并还原初始画面是画面运算中的一项主要的工作。通常运用各种平滑工具对画面进行平顺处理。运用较多的画面平滑工具有：中值平滑器、自调平滑器、统计分析平滑器等^[39]。

4.7.4 画面切割

在画面的分析和使用过程中，用户常常只是对画面中的特定部分有需求。这些部分通常被称为标的，其余则被称为背景，它们常常是画面中独特的或者具有独立属性的范围。为了判断和分析标的，希望将这些有价值的范围切割并抓取出来，在这个层面上才可能对标的更深层次的使用，如进行属性抓取和度量。画面切割就是指把画面切割成各个有特点的范围并抓取出有价值的目标的过程。这里的特点可以是亮度、材质和色彩等，标的可以对应多范围也可以对应独立范围^[40]。

画面切割是从画面采集进入到画面运算的关键过程。这是因为画面的切割、特点的抓取、标的的分开和变量的检测将起始画面转化为更紧密更虚拟的样式，使得更高级的处理和运算变得可行。画面切割很久以来一向得到大家的特别看重，目前已经出现了几千种不同样式的切割算法，但是还没出现统一的切割方法，目前所出现的切割算法基本

都是对于特定的事件的，常见的画面切割方法有：范围扩大、阈值分析等^[41]。

4.7.5 轮廓检查

轮廓检查技术对于分析画面是相当关键的，因为轮廓所要抓取的标的和后景的边界线，抓取出的轮廓能将标的和后景分割开来。在画面中，边界表达一个特定范围的终了和另一个特定范围的起始，边界所区分范围的相同范围的内部特点或特性是相同的，而不同范围的内部特点或特性是不同的，轮廓检查正是采用对象同后景在属性上的不同来实现的，这些不同包括色彩、亮度和材质特征。轮廓检查其实就是检查画面属性发生改变的位置。由于噪点和画面不清楚的发生，检查得到的边界可能宽度会变大或在特定点处产生间断，因此边界检查应包括两个方面：首先提取体现亮度变化的临界点，接着去除个别临界间断点或填充临界点，并将这些轮廓连接成相连的线^[42]。

4.8 引线框架的视觉定位系统

由于每张引线框架需要打印的坐标都是不一样的，如果没有视觉定位就不能确保引线框架打印的精准性。过去的针定位办法在遇到较小的集成电路时无法达到较高的精度，因此视觉定位便有了用武之地，通过视觉系统来得到引线框架的偏差值，并把其偏差值传送给激光器的计算机系统，通过改变激光的角度实现补偿偏差来提高打标的精度。下面介绍如何通过视觉系统来获得引线框架的偏差值^[43]。

4.8.1 引线框架机器视觉的硬件设计

每张引线框架上都可选出两个定位孔来实现定位，很明显如果两个定位孔间隔的长度越大则其定位引线框架的偏差值的精度就越高，用一台相机既要保证测量精度又要达到较大的测量区域是无法实现的，因此我们使用两台相机，每台相机只测量引线框架的一个定位孔。同时为了提高设备的效率机器使用两轨传送，因此设备上用于定位的同型号相机总共安装了四台。由于打印是在引线框架的正面，所以为了避免光源对激光工作产生干扰，使用矩形发光二极管红色光源背光照明的方法成了首选。如图4.8所示。

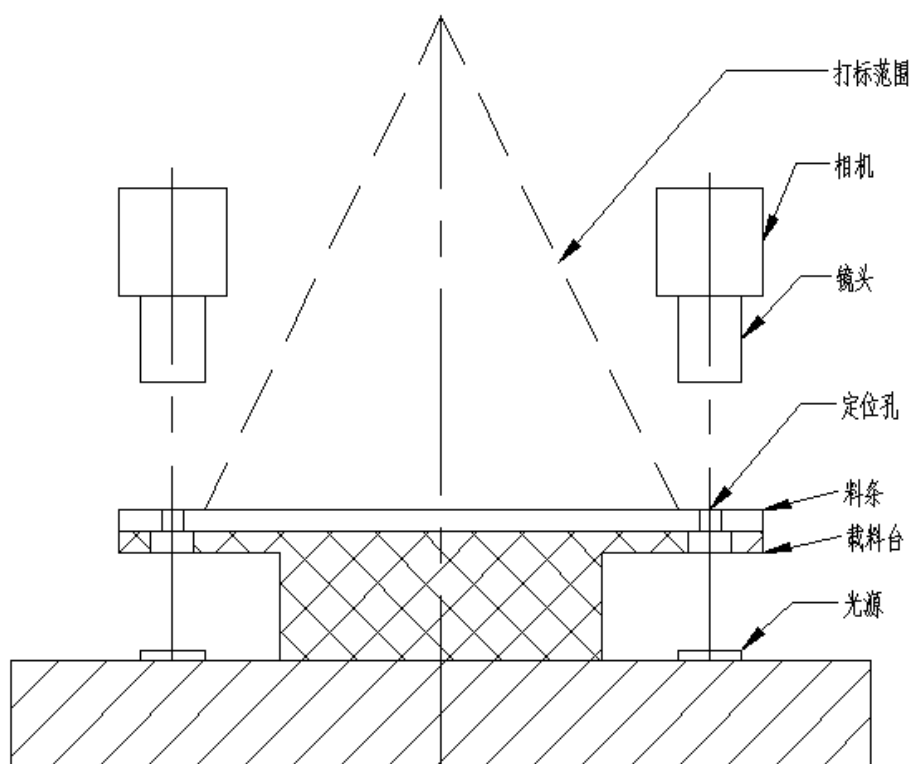


图4.8 设备视觉定位系统

Fig.4.8 Positioning system of machine vision.

通常引线框架的定位孔是 $\Phi 1.5\text{ mm}$ 的圆孔，鉴于不同型号的引线框架的定位孔的位置范围都在 10 mm 以内，因此为了使相机的位置尽可能的固定不动，可以设定相机的视野FOV为 10 mm ，设定对目标的分辨率 R_{obj} 为 $20\text{ }\mu\text{m}$ 。可以选取相机像素 P 为 $5\text{ }\mu\text{m}$ 。由公式(4-10)可得电荷耦合芯片大小 L ：

$$L = 2P \cdot \frac{FOV}{R_{obj}} = \frac{2 \times 5 \times 10}{20} = 5\text{ mm} \dots \dots \dots (4-12)$$

由表4.1可以选1/2英寸的电荷耦合相机，接下来就要选择匹配的镜头，由于受到机械机构的限制工作间距设定为 100 mm ，由公式(4-8)得到系统的放大率 M ：

$$M = \frac{L}{FOV} = \frac{6.4}{10} = 0.64 \dots \dots \dots (4-13)$$

由公式(4-11)可得镜头的焦距 f ：

$$f = \frac{W}{M+2+\frac{1}{M}} = \frac{100}{0.64+2+\frac{1}{0.64}} = 23.8\text{ mm} \dots \dots \dots (4-14)$$

因此选择的镜头的焦距为 25 mm 。

结合该系统对定位功能需求，综合所选的电荷耦合相机及镜头的性能参数以及同计算机控制器相适配等来选择适应视觉系统的画面采集卡^[44]。

4.9 本章小结

本章首先讲述了机器视觉的基本概念，介绍了机器视觉的详细设计方法。对引线框

架产生偏移的原因进行了分析，设计了与设备相匹配的视觉定位系统。并对引线框架的视觉定位后的打印精度有较大程度提高的原因进行了分析。

第5章 定位系统的软件设计

5.1 软件需求

视觉系统软件开发的需求主要有以下几项：

- (1) 该系统应该具有良好和简洁的人机交互界面，合理互动，表达明确；
- (2) 该系统应该具有与安全认证相关的功能，比如权限的设置，按不同的权限进行操作及访问，避免无关的人员进入该系统进行操作；
- (3) 该系统应该具有便捷的删除、增加、查询和修改的功能；
- (4) 控件的操作应该简洁明了，便于操作和通俗易懂；
- (5) 各个功能块之间的切换功能紧凑快速，冗余操作要尽量减少；
- (6) 该系统应具有合理的确认和提示功能，避免用户误操作而引起的数据破坏，从而造成不可挽回的损失和错误^[45]。

5.1.1 开发目标

本系统用于引线框架进行激光刻印的视觉定位控制软件，同时提供良好的产品工艺管理、数据报表统计和便捷的人机交互操作。

5.1.2 应用目标

本系统的目标是实现对视觉定位系统的应用和管理，可以对各种级别的人员设置不同的密码，从而实现对不同的人员的操作权限的设置。

5.1.3 功能要求

本系统主要有下面几个功能组件组成：

- (1) 登录组件：输入正确的用户名和密码后方可进入系统的主界面；
- (2) 数据输入功能：可以增加各种数据的记录；
- (3) 数据显示功能：可以显示每条数据的记录；
- (4) 查询功能：可以按照名称查找相关产品的信息；
- (5) 修改功能：可以按照名称修改每个产品的相关信息；
- (6) 删除功能：可以按照名称删除产品的相关信息。

5.1.4 性能要求

(1) 检索精准：用户键入帐号及密码，软件从数据库中搜索相关数据，若匹配则进到系统的主界面；

(2) 时间属性：通常操作的响应时间应控制在 1~2 秒之内，对相机和马达的操作也应控制在可接受的时间范围内完成；

(3) 适应性：满足管理员，后台人员和普通员工的使用需求，对主流的运行环境的适应不应该存在任何困难；

(4) 错误处理：正常使用系统时不能出错，如果系统运行时遇到了无法恢复的错误，那也得保持数据库中的数据是完好的；

(5) 其余要求：用户可在软件系统中实现用户想要的各种功能；对系统的关键数据都应该有权限保护，安全性是必不可少的；用户输错数据都要有提示信息，具有较好的容错性；信息的封闭性较好，用户基本上在提示信息下输入数据；界面美观和简洁，操作简便；支持全键盘操作和全鼠标操作；有强大的数据处理能力，不需要客户支付额外的费用来购买数据库平台；扩展性强，适用人群广，所有人使用本系统后都会发现操作得心应手；更换任意产品，随意查询数据；系统安全，数据可靠。

5.2 系统结构设计

5.2.1 系统登录

作为一个完整的应用程序，使用时会首先要求用户输入用户名和登录密码，系统根据这些信息与数据库中管理员的设定的信息进行比对，确定用户身份。通常是根据不同的用户身份，来分配不同的权限，打开或关闭某些按钮所对应的功能。若是不存在这样的记录，则提示用户名或密码有错误，需要重新输入。

如果用户名或密码有任何一项为空，则提示不能为空。如果用户名和密码都无误，则进入软件系统的主界面。操作流程图如图 5.1 所示。创建登录界面的设计，其相关的控件属性如表 5.1 控件属性表，界面如图 5.2 登录界面所示。

表 5.1 控件属性表

Table. 5.1 Control attribute table

控件	名称	文本
Option1	Option1	操作员
Option2	Option2	技术员
Option3	Option3	工程师
Option4	Option4	管理员
Frame1	Frame1	登录
Label1	Label1	密码
Textbox1	tbpwd	无
Botton1	button1	登录
Botton2	Botton2	退出

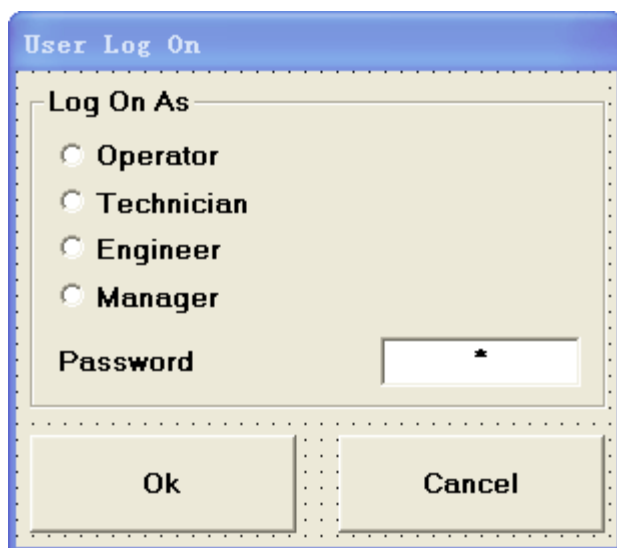


图 5.1 管理员登录界面

Fig. 5.1 Administrator login screen

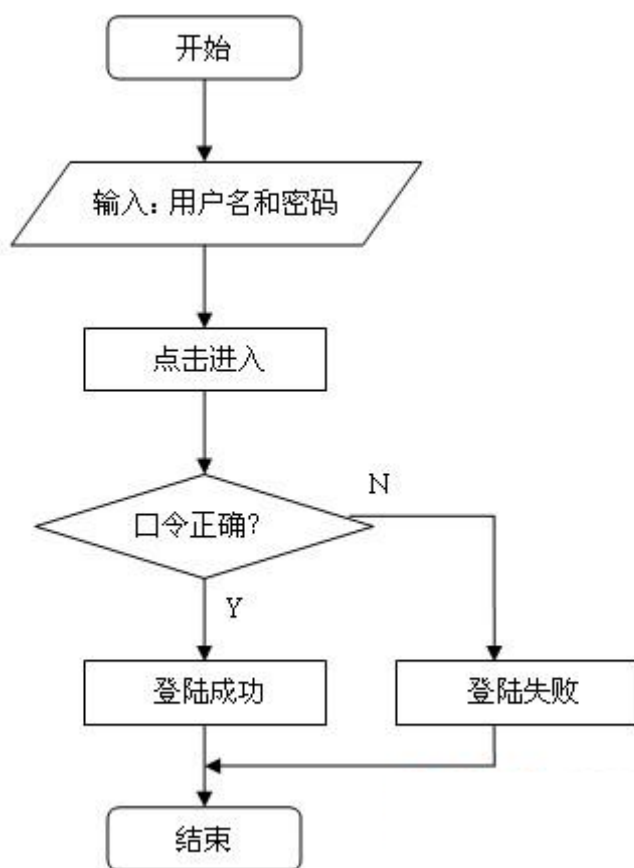


图5.2登录流程图

Fig.5.2 Login flowchart

- (1) 利用 Access 创建一个数据库，各个数据如表 5-2 并保存为 “Login.mdb”；
- (2) 开始对代码进行编写，首先进行用户输入数据的初步验证；
- (3) 编写 connection 对象，用数据库 SQL 连接数据库；

- (4) 编写 `command` 对象，用于访问数据和返回、编写、添加、删除、修改数据；
- (5) 建立 `dataAdapter` 对象，进行数据源之间的桥接、检索、保存数据；
- (6) 数据库的连接，数据验证基本完成，再编写退出界面的代码。

5.2.2 系统权限管理

系统权限管理的主要功能是要让系统管理员能够实现设置所有登录本系统的用户的权限，包括所有用户权限的分配、增加、修改和删除等。

数据库的备份和还原功能是需要系统管理员通过手动来实现的，如果需要自动备份则需要系统管理员对系统相关参数进行配置。系统相关参数配置能够实现对数据库备份时间和地址的修改。系统管理员可以修改任何用户的密码，如果用户忘记密码则可以联系管理员进行密码的修改。日志记录组件要实在所有系统的操作的记录。该组件的用例图如图 5.3 所示。

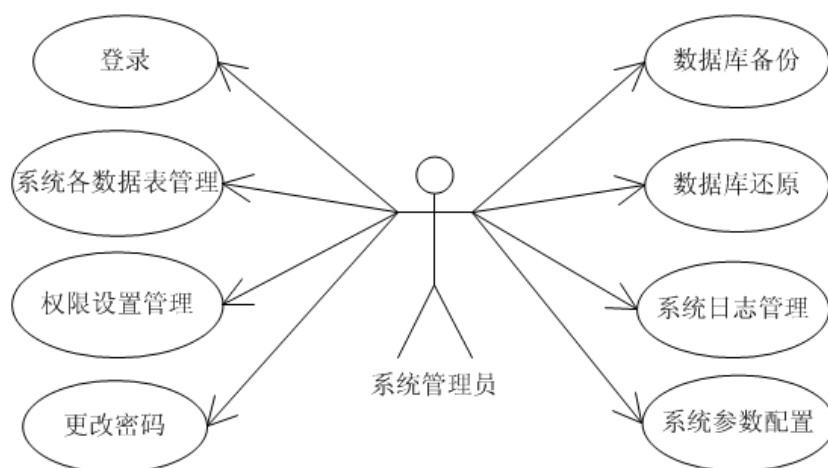


图5.3 系统管理和配置用例图

Fig.5.3 System management and configuration use case diagram

5.2.3 系统主界面

系统主界面的整体要求是界面简洁，美观，窗体大小适宜，菜单全面，工具栏丰富，字体辨识性强，能自动适应用户终端屏幕分辨率。工具栏按钮共有 8 个，分别是登录、操作、系统、品种、记录、设置、报警、帮助。由此，系统的各项实际功能界面便构成了，为用户提供了方便使用的操作途径。

5.2.4 视觉定位界面



图5.4视觉定位界面。

Fig.5.4 Navigation interface of chip strands visual

视觉定位界面主要有画面界面，画面模板界面，保存参数界面，以及偏移量计算界面组成。两个画面界面分别采集引线框架上两个定位孔，画面模板界面用来保存相机采集到的画面，保存参数界面用来保存定位孔的位置数据，偏移量计算界面用来生成最终计算出的偏移的坐标和角度。

5.2.5 报表生成组件

为了更进一步的反映某一时间段生产活动的整体情况，需要对日常生产情况的数据进行分类和汇总后编制成相应的报表。本报表生成组件主要是用来报表的定义、编辑和导出。其主要的功能有报表格式的设置、公式的设置、图表处理、生成报表、报表管理与维护和报表输出。功能组件图如图 5.5 所示。

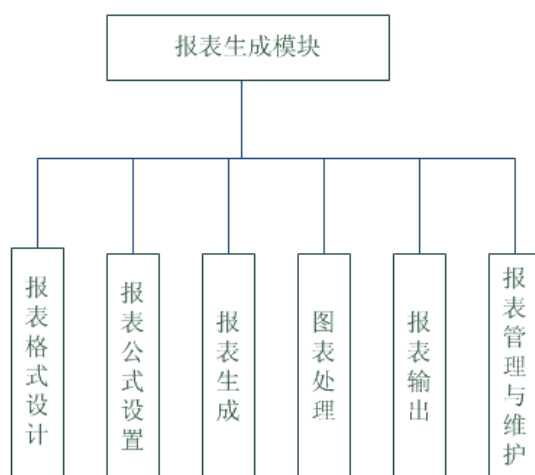


图5.5 报表生成功能组件图

Fig.5.5 Report generation function module diagram

报表名称定义是为了方便报表文件保存在计算机中进行设置的；报表格式在系统中已经有现成的模板供使用，用户可以在模板的基础上进行编辑；报表公式设置是为了计算从其他组件中读取的报表中的某些数据而设置的；报表生成是根据模板和公式产生的数据报表，对于已经设置好的报表只需生成即可；报表输出管理与维护主要是打印报表和导出常用格式的电子文档，还有数据管理和报表打印等。

5.3 数据库开发

数据库是放在存储器内，结构清晰可以分享的数据的集合。优秀的数据库开发能够给系统提供高效的数据存储和管理，从而实现了高速的增、删、改、查等操作。

本系统根据用户的需求，自上而下设计，组件化结构，使得系统的设计简洁，可靠，高效。数据库的开发分为需求开发、概念开发、逻辑开发、物理开发直到详细开发的各过程。本系统使用 Microsoft Access 2003 作为后台数据库，运行在本地电脑上，软件通过 ADO 控件访问并执行相关操作。

进行数据库开发必须准确了解用户的需求，这就是所谓的需求分析。这一步是数据库设计过程的基础，它包括数据和处理两方面。作好了需求分析，可以使数据库的开发高效且合乎设计标准。反之，就有可能要从头做起，重新设计数据库。

本系统数据库主要包含了 6 个表：产品信息数据表，设备设置数据表，视觉参数数据表，用户密码表，报警信息数据表，数据记录数据表，用以存储各种不同的信息。

5.3.1 概念结构开发

所谓概念结构开发即是针对用户需求建立的抽象的概念模型。可以反映不同的产品的概念结构，产品概念之间的相互关系以及产品信息的存储、查询和加工的要求等等。概念结构设计通常是以实体 E-R 图反映。

员工登录实体 E-R 图如图 5-3 所示。产品信息的实体 E-R 图如图 5-6 所示。加工情

况的实体 E-R 图如图 5-6 所示。

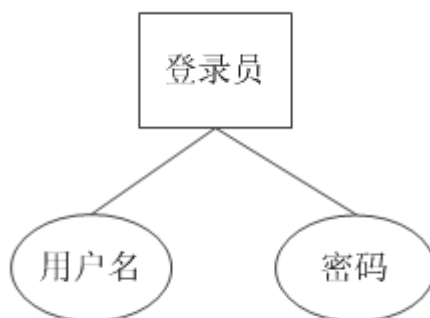


图5.6 员工登录实体E-R图

Fig.5.6 Entity E-R diagram of employee login

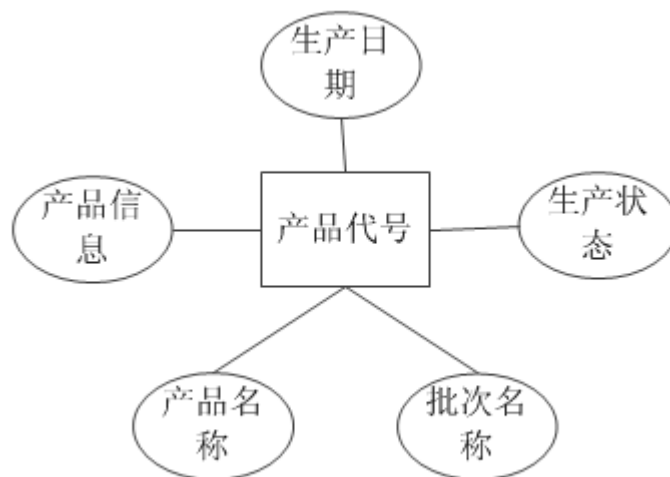


图5.7 产品信息的实体E-R图

Fig.5.7 Entity E-R diagram of product information

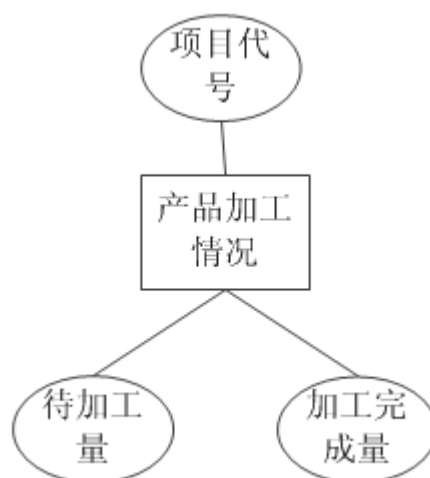


图5.8 加工情况的实体E-R图

Fig.5.8 Entity E-R diagram of the processing conditions

5.3.2 逻辑结构开发

逻辑结构开发是将概念转换为数据库管理系统所能识别的数据并进行优化。下面对系统中各个数据表的结构进行介绍。

(1) 用户密码表的结构及说明如表 5.2 所示。

表 5.2 用户密码表

Table. 5.2 User password table

字段名	数据类型	长度	允许空
用户名	varchar	25	
密码	varchar	25	
权限	int	4	
权限说明	varchar	25	是

(2) 视觉定位表的结构及说明如表 5.3 所示。

表 5.3 视觉定位表

Table. 5.3 Visual positioning table

字段名	数据类型	长度	允许空
模板名	varchar	25	
左定位孔横坐标	varchar	25	
左定位孔纵坐标	varchar	25	
右定位孔横坐标	varchar	25	
右定位孔纵坐标	varchar	25	
图像亮度	int	25	
图像对比度	int	25	
图像保存路径	varchar	75	

5.4 系统结构开发

系统结构开发的原则：

(1) 全局性

从系统全局进行考虑，软件系统的格式要统一，设计标准要一致，传递代码也要尽可能相同，对软件的数据收集最好做到出处相同，按权限范围进行共享，数据单次输入后可以多次使用。

(2) 可变性

软件系统应具有很好的敞开性和层级的灵活性，使用结构化子程序，提高各子程序的封闭性，尽量降低子程序间的耦合性，使各子程序间的相互影响将至最低程度。

(3) 安全性

安全性是指软件系统对外界的抗干扰能力。一个优秀的软件系统必须具有很高的安全性，如安全可靠、差错和排错能力、病毒防治能力等。

(4) 简单性

软件系统开发中应尽量使各个子系统简单化，各子程序尽量简单，以便提高处理效率、降低处理难度。软件系统简单、安全、高效和易维护。

本视觉系统软件的功能结构如图 5.9

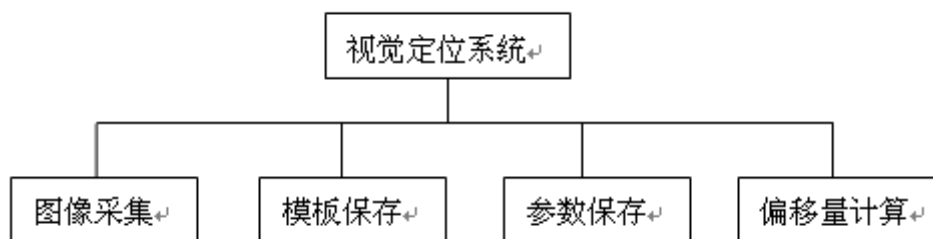


图5.9系统功能结构图。

Fig.5.9 Block diagram of system function

本视觉系统软件的运行具体环境如下：

系统开发平台：Microsoft Visual Studio；

系统开发语言：Microsoft Visual Basic 6.0；

数据库系统软件：Microsoft Access 2003；

应用程序运行平台：Windows XP(SP2)。

5.5 功能设计

以下介绍系统登录组件，视觉定位组件和数据库连接组件的详细设计过程和方法，其他组件设计过程类似，所以做了省略。

5.5.1 连接数据库组件

VB 提供了 ADO（Active Date Object）数据库访问的应用程序接口（API）及相关的数据库访问技术。由于 OLE DB 封装了 ODBC（Open Database Connectivity）的功能，通过它就可以实现应用程序和数据库的无缝连接。它的实现过程如下：

(1) 声明需要用到的 ADO 变量；

```
Public conn As ADODB.Connection
```

```
Public rs As ADODB.Recordset
```

```
Public fld As ADODB.Field
```

(2) 与数据库建立连接；

```
Set conn = New ADODB.Connection
```

(3) 连接数据库字符串；

```
conn.ConnectionString = "SERVER=localhost;" & "UID=用户名;PWD=密码 "
```

(4) 打开数据库字符串；

```
conn.Open
```

```
Set rs = New ADODB.Recordset
```

(5) 断开与数据库连接。

```
rs.Close
```

```
conn.Close
```

5.5.2 软件登陆组件

软件登陆组件的主要用途就是获得用户登陆时的信息然后与数据库中用户密码记录表进行比对，并根据用户的权限提供相应的操作。系统登陆组件所用主要控件类型、

名称及说明如表 5.4 所示：

表 5.4 系统登录窗体主要控件描述

Table. 5.4 Primary control description of system login form

控件类型	控件ID	文本显示	用途
Frame	frame1	登录级别	用户级别归类
OptionButton	OptionButton1	操作员	选择操作员登录
	OptionButton2	技术员	选择技术员登录
	OptionButton3	工程师	选择工程师登录
	OptionButton4	管理员	选择管理员登录
Label	label1	密码	登录用户
Textbox	Textbox1	无	键入用户密码
CommandButton	CommandButton1	确认	确认登录
	CommandButton2	取消	取消登录

5.5.3 视觉定位组件

成功通过登录窗体验证后，便进入了主窗体。主窗体使用了多主窗体 MDIForm,使得系统界面保持了统一，且富有层次感。通过 TabStrip 控件来切换各个界面，各界面都加入了权限管理，根据不同的权限打开相应的界面，这里只介绍最重要的视觉定位界面，其他的界面类似，所以做了省略。该窗体主要有左右两个相机画面组成，每个画面上有该画面所用到的参数，以及每个产品所对应的模板，参数中间是系统计算所得到的结果，以及手动刷新画面和计算结果的按钮。另外一组定位相机的窗体和该窗体类似，所以做了省略。该窗体用到的主要控件如表 5.5 所示。

表 5.5 视觉定位界面主要控件描述

Table. 5.5 Primary control description of visual navigation interface

控件类型	控件ID	文本显示	用途
Label	label1	视觉定位	显示页面的名字
Frame	frame1	左图像参数	左图像参数归类
	frame2	右图像参数	右图像参数归类
	frame3	操作及结果	操作偏移量归类
PictureBox	PictureBox1	无	显示左视觉图像
	PictureBox2	无	显示右视觉图像
Label	label1	左图像模板	显示左图像模板
	label2	右图像模板	显示右图像模板
	label3	左图像尺寸	显示左图像尺寸
	label4	右图像尺寸	显示右图像尺寸
ComboBox	ComboBox1	左模板名	选择左模板
	ComboBox2	右模板名	选择右模板
Textbox	Textbox1	无	左孔横坐标值
	Textbox2	无	左孔纵坐标值
	Textbox3	无	右孔横坐标值
	Textbox4	无	右孔纵坐标值
	Textbox5	无	左图像尺寸值
	Textbox6	无	右图像尺寸值
	Textbox7	无	偏移量横坐标
	Textbox8	无	偏移量纵坐标
	Textbox9	无	偏移量角度值
CommandButton	CommandButton1	刷新	刷新图像
	CommandButton2	连续	连续抓拍
	CommandButton3	结果	输出结果

5.5.4 非功用性需求

软件系统的非功用性需求是指软件系统为达到用户功能需求以外的别的方面的需求。主要有下面几个需求：安全性、可靠性、性能、可扩展性和可维护性等。

安全性需求：因系统涉及到产品质量，因此需要一定的安全性，软件系统需要限制各等级用户的权限，针对不同等级的用户有对应的密码。

可靠性需求：指经过培训的操作员、工艺员、维修人员和工程师都可以准确的操作本系统，并且系统运行时不易中断或报错。

性能需求：首先系统要有一定的完整性，在主程序外还要有帮助系统和各种日志供查询等。系统允许多用户按权限进行系统操作。

可扩展性需求：系统应预留各种接口以提高系统的扩展性。

可维护性需求：指系统应拥有后台数据维护功能和管理用户的功能。

5.5 本章小结

通过合理的需求分析之后，制定了适合该系统的基本功能。本章介绍了系统的基本功能和系统架构的设计方案。制定了本系统的设计目标及运行环境，定义了数据库的主要内容，制定出了数据库中所包含的表和主要信息。制定的体系结构使该系统的架构清晰明了，符合本系统的设计初衷。

第 6 章 系统测试

6.1 系统测试的目的

系统测试的目的是要对系统开发过程中或实施后的结果进行测试以及将测试的结果进行分析,以便发现系统中是否存在的问题,描述系统是否符合项目需求规格说明书中的规定功能和要求性能。参加测试的人员包括用户、测试人员、开发人员、质量人员和项目管理者。需要测试的内容包括:

- (1) 全局的测验: 依照要求内容说明书的需求对系统全局能力进行的测验;
- (2) 局部的测验: 测验软件各个功用模块是否能用以及运行情况是否正常;
- (3) 系统测验分析: 对测试的结果进行分析,形成报告,便于保存和交流;

测验分为局部测验和全局测验两部分。

局部测验涵盖各子程序中的功用组件,测验对现有软件功用组件以及实验结果分别进行测验,测验全部系统是否达到要求内容说明书中需要达到的功能,以及测试系统的易用性、用户界面的友好性。

系统测验包括系统的易用性、可靠性、安全性、可维护性进行测试,整个系统集成后提供服务的能力,还包括系统服务性能测试、疲劳测试(不间断运行测试)。

测验环境包括:

- (1) 硬件环境: CPU: P42.8G, 内存: 2G, 硬盘: 120G;
- (2) 软件环境: 操作系统: WindowsXP(SP2)。

软件测验作为软件系统开发的重要组成,越来越得到开发人员的重视,软件测验是软件开发过程的一个关键过程,在软件系统投入使用前,对软件系统的要求分析、开发和写代码各过程的最后查验,是为了确保软件系统的无误性、完整性和相同性,继而发现软件纰漏、纠正软件纰漏的过程。随着软件系统开发体量的变大、繁杂程度的上升,以查找软件系统的纰漏为目标的测验就变得难度更大,因此要求测试计划和测试管理更加完备。本次测试安排在项目进行编码过程中和编码完成后进行,测试的内容包括系统界面风格、主要功能、容错能力、组件间的关联等等,依据正规步骤完成单元测试、边缘测试、整体测试。通过测试,及时发现存在于程序中的错误并根据测试结果对程序进行修改,从而确保提交给用户的程序是经过检验并能顺利运行的。

整个系统的代码编写完成后,经过反复的修改与调试,最后编译生成可执行程序及其相关动态链接库,通过对系统试运行,对部分运行结果通过界面的截图和相应的文字进行说明。因为程序量大,所以不能全部展示出来,只选取了部分组件的数据进行说明。

6.2 测验总体要求

软件测验可使用若干种不同的测验用例来实现,最通常的方法是从底层逐级向上分

梯度进行，对不同开发时期的系统使用不同的测验方法进行检验，从测验开始，然后进行功能测试，最终进行系统测试。

要求包括：尽早地和不断地进行软件测试；确保系统格调与界面的一致；确保各子系统接口正确，内容发送正常；抽查程序的内部代码编写没有错误；测验用例通常由测验导入数据和相应的预判输出结果组成；软件编写人员应尽量不要测验自己编写的代码；测验用例，应当包括正常和不正常的导入条件；应当检查程序是否有不希望的副作用；程序流程和接口内容绝不可忽视；充分注意测试中的群体现象；严格执行测试计划；对每个测试结果严格检查；妥善保存文档；性能测试和功能测试同等重要。

6.3 测试人员及分工

参加测试人员包括技术支持小组部分人员、开发小组全体成员、质保组测试成员和用户人员。组织分工如下：

单元测试：由实施小组成员在编码过程中，各自以及交叉进行单元测试；

集成测试：由质保组两名测试成员、实施小组两名成员进行集成测试；

系统测试：由技术组的项目技术负责人、系统设计师、用户人员进行系统测试。

6.4 系统检测方法

6.4.1 单元检测

单元测试通常是在软件系统开发当中对功用组件进行的正确与否的检验，单元测试的过程首先是程序开发人员在开发中间的自测，接着才是专业的测试人员进行测试。软件开发的单元测试的对象是组件。单元测试应对组件内所有的路径编写测试用例，其测试依据是项目的详细设计描述，使用的测试方法多为白盒测验法。

6.4.2 集成检测

集成检测是将已测试过的部件组装后进行检测，参照软件开发检查和找出子程序或软件架构上的问题。常用的测验办法大多为黑盒测验法。

集成检测的重点是检测各组件的接口间的衔接，找出使用公用数据构成可能出现的部件之间的影响，以及整体数据构成的不同，测试程序或子程序导入导出处理、错误处理和纠错等项目的能力。

6.4.3 系统检测

系统检测应该由一系列不同的检测步骤组成的，目的是再次启动系统，检验系统各组件是否能正确运行并完成指定的相关测试。其主要包含下面项目的检测：

复原检测：检查软件系统的纠错能力；

安全检测：检查软件系统对入侵的防御能力；

强度检测：检查软件对超负荷情况的应变能力；

性能检测：检查软件系统能否达到用户对性能要求。主要包括响应时间，及相应的CPU、内存、硬盘等的利用率等。

6.5 用户界面测试

对用户界面的布局、界面文字、操作步骤、操作方法、快捷方法进行测试和验证，必要时通过用户调研或用户测试，验证用户界面是否满足用户要求。

6.5.1 系统登录界面测试

首先进入管理员的登录界面，如图 6.1 所示

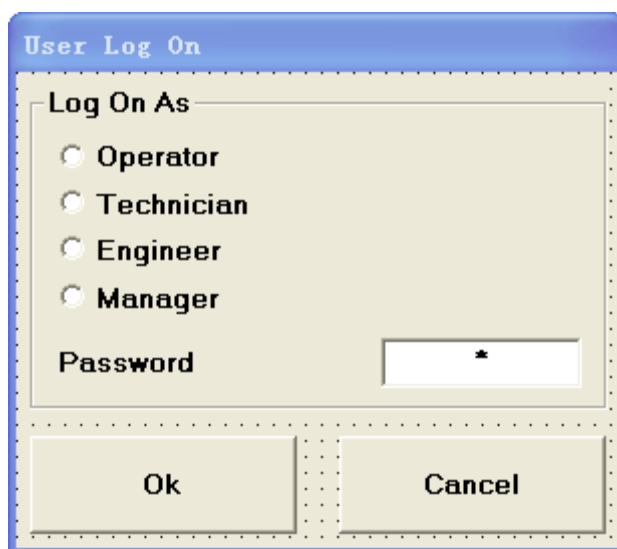


图 6.1 管理员登录界面

Fig. 6.1 Administrator login interface

通过选择用户等级和输入相应等级的密码，如果在指定的表单中有此记录，则可进入对应权限的系统主界面。若在指定的表单中无此记录，则提示密码输入错误。

6.5.2 产品管理界面测试

单击主界面的“品种”按钮，进入产品管理界面，如图 6.2 所示

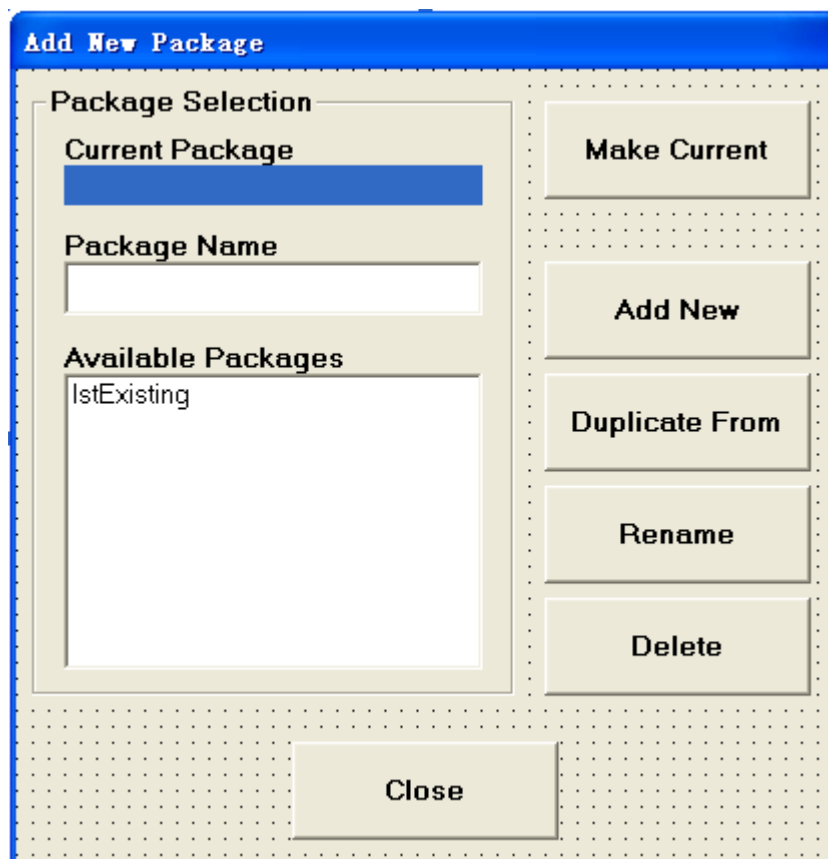


图 6.2 产品管理界面

Fig. 6.2 Product management interface

产品管理界面可以显示工控机里存在的产品型号，也可以新建新的产品型号，也可以复制、重命名或删除原来的产品，然后通过置为当前按钮把选中的产品置为当前产品。

6.5.3 密码修改界面测试

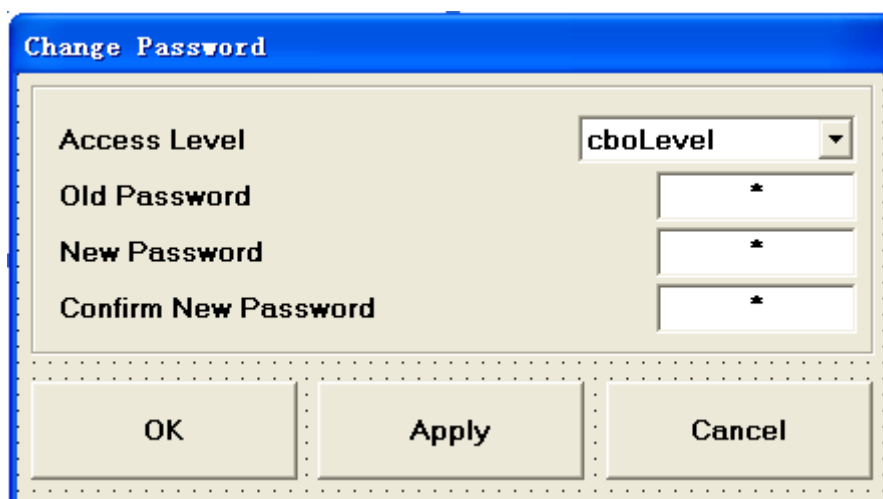


图 6.3 密码修改界面

Fig. 6.3 Password modification interface

密码修改界面可以修改不同等级的人员的登录密码，修改登录密码需要输入旧密码和新密码，新密码需要二次确认后方可生效，这样保证了新密码不会输错，提高了修改密码的可靠性。

6.5.4 系统参数备份界面测试

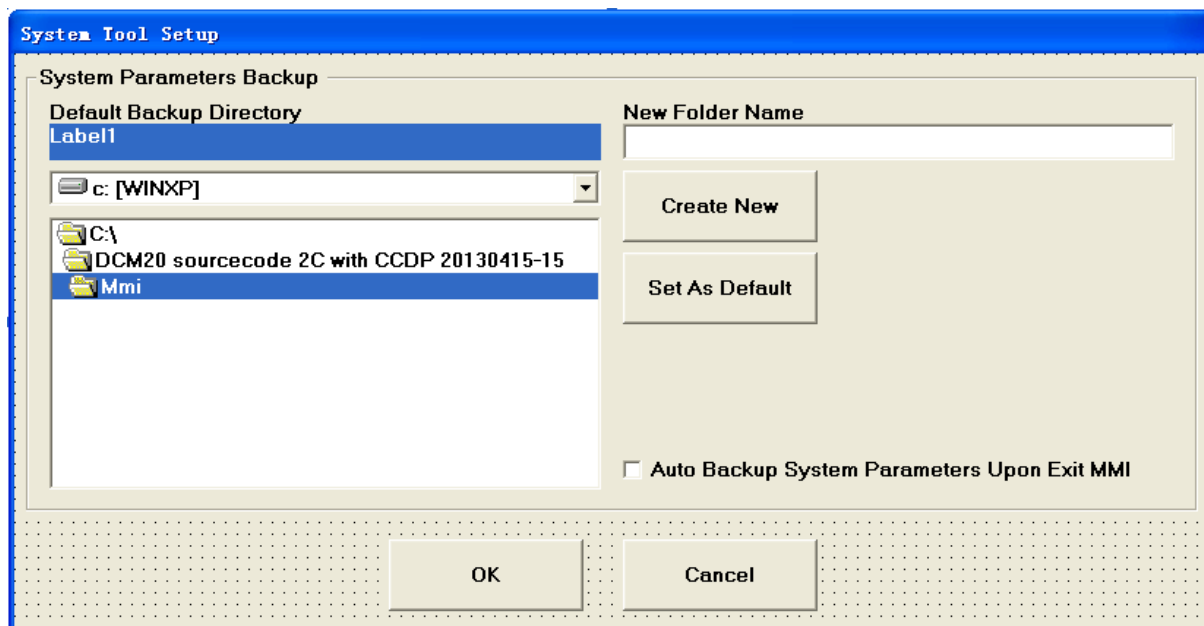


图 6.4 系统参数备份界面

Fig. 6.4 System parameter backup interface

系统参数备份界面可以备份系统设置的相关参数，备份的路径可以自定义，备份文件夹的名字也可以自定义，还可以设置为默认设置，可以勾选手动方法备份，也可以勾选自动方法备份参数。

6.5.5 马达示教界面测试

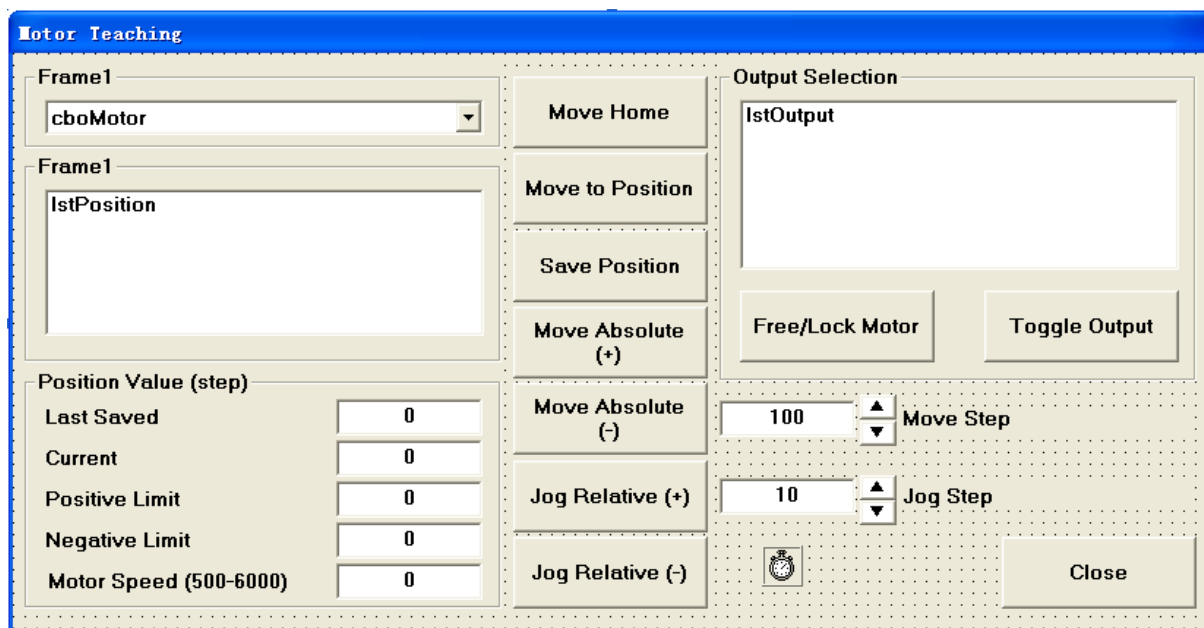


图 6.5 马达示教界面

Fig. 6.5 System parameter backup interface

马达示教界面可以选择需要示教的马达，制定马达到达的位置，设置马达的正负向限位和速度，点击界面中间的按钮，还可以让马达回参考点，或者移动到设定的位置上，可以保存位置数据，还可以指定位置进行移动，或者指定步幅点动，界面的右侧是释放或锁定马达，还有强制输出，绝对移动位移值和点动步幅值。

6.5.6 视觉定位界面测试

我们通过对实际引线框架进行刻印来检验其精度。如图7.2所示，我们在集成电路表面刻印一长方框，其右下角距集成电路黑色塑封体左下角的理论距离为 $x=0.3\text{mm}$ ， $y=0.3\text{mm}$ 。我们对20片实验用引线框架按上述设置进行刻印。刻印完成后在光学显微镜下测量每一条引线框架上相同位置的一粒芯片，得到各自 x 、 y 的实际值，如图6.6所示。

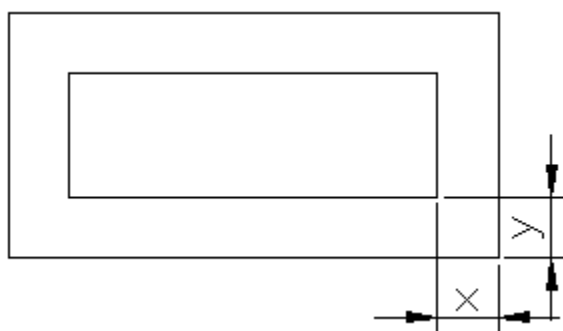


图 6.6 集成电路刻印测试示意图

Fig.6.6 Design schematic of Mark chip

由此得到表 6.1 所示数据。

表 6.1 x 、 y 测量值

Table 6.1 x , y measurements

序号	$x(\text{mm})$	$y(\text{mm})$	序号	$x(\text{mm})$	$y(\text{mm})$
1	0.322	0.301	11	0.292	0.314
2	0.291	0.301	12	0.312	0.307
3	0.312	0.323	13	0.283	0.293
4	0.301	0.3	14	0.303	0.318
5	0.312	0.311	15	0.298	0.299
6	0.319	0.312	16	0.322	0.316
7	0.279	0.279	17	0.283	0.292
8	0.321	0.312	18	0.288	0.298
9	0.289	0.283	19	0.301	0.313
10	0.303	0.319	20	0.312	0.309

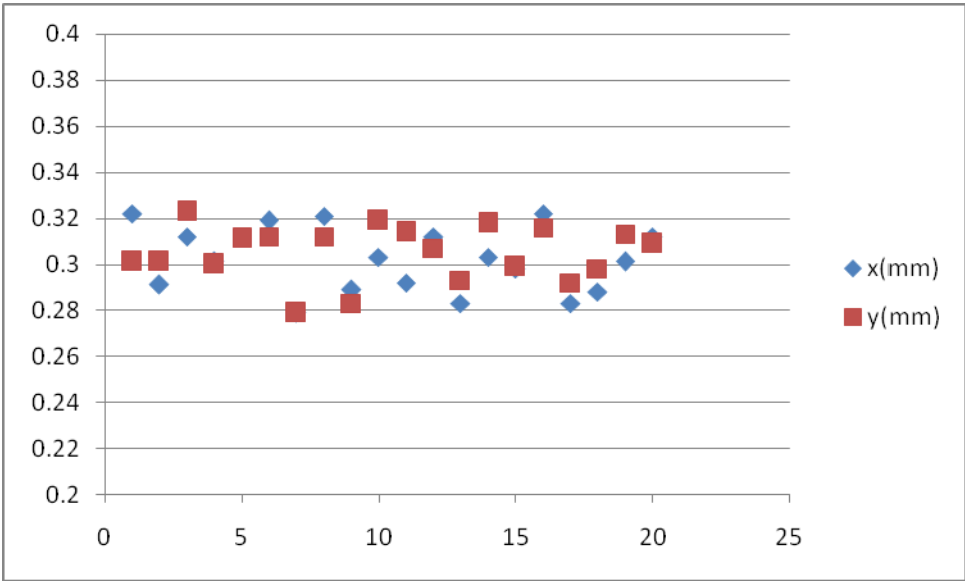


图 6.7 x、y 值的散点图
Fig.6.7 Scatter plot of x, y values

我们使用Excel软件对上述数据进行分析，并分别画出x和y的散点图,如图6.7所示。X值分布在0.325和0.275之间，其最大偏差为0.022，偏差范围0.05；y值分布在0.325和0.275之间，其最大偏差为0.023，偏差范围为0.05；完全符合使用要求。

6.5.7 报表生成功能测试

对报表生成组件进行测试时，要按照步骤执行，首先对各个组件进行测试，然后再生成报表，最后输出报表和查询报表。该组件测试结果如表6.2所示。

表 6.2 报表生成组件功能测试
Table 6.2 Report generation module function test

用例名称	输入描述	预期结果	运行结果
报表设置	1. 单击报表开始设置 2. 对报表名称和公式设置	1. 能设置名称 2. 设置公式正确	同预期
报表生成	设置好后，输入关键字，生成报表	修改公式和格式后重新生成报表	同预期
图表处理	单击图表处理	经分析后，用图表的方法显示，如直方图和饼图等	同预期
报表输出	单击报表输出	输出方法预览，打印，保存为不同格式的文件等	同预期
维护管理	单击维护管理	能修改、保存和管理等	同预期

6.6 可靠性测验

可靠性是指软件在特定的情况下和特定的条件内完成特定功能的水平。对于软件系

统而言，关键的可靠性测验项目包含：屏蔽用户操作错误，输入数据有效性检查，错误是否导致系统异常退出，异常情况的影响，数据库备份及恢复测试，结合功能测试，留痕功能：

可靠性测试除了包括上述基本项外，重点的测试内容是数据可靠性和系统长时间无故障稳定运行，可通过以下种方法实施：

1、配合功能测验：软件系统的可靠性与软件系统本身的漏洞数量有很大的关系，因此配合功能测验寻找软件漏洞，可以提升软件系统的可靠性，此方法主要是软件的漏洞遮蔽、数据校对功能和别的同功能有关的可靠性要求；

2、仿真测验：通过仿真的手段仿真系统非正常情况的出现，比如软件卡死、电脑断电、网络无信号、设备错误等状况，测验软件对于出现非正常情况的防范和复原能力。

3、单独处理能力：在软件系统发生错误时具有能单独使用的能力。

4、数据安全性测验：包含数据备份测验、故障还原测验、备份与还原响应。

5、长期无故障使用：平常工作强度测验就是仿真软件的平常工作，连续运行指定的时间，发现软件的功能纰漏，例如内存溢出、功能竞争等，测试与修改软件的方法与并行功能测验是比较相似的。高峰业务疲劳强度测试就是模拟系统的高峰业务，持续执行“一段时间”，这样的负载是对系统的双重考验，既包括负载压力，又包括长时间。

6.7 本章小结

本章主要对本系统的主要组件的测试。主要测试的内容是：是否能正常登录，能否正常操作；是否能正常显示画面，是否能正确保存模板，是否能正确保存参数，是否能正确计算出偏差坐标和角度，刻印效果是否满足工艺要求等。

第 7 章 结论和展望

7.1 结论

本软件通过仔细的构思,结合国内外同类软件的性能现状和生产实际状况,同时解析了软件在实际生产中存在的问题,说明了设计新型视觉系统软件的必要性。本文结合本人的现实工作,针对客户的实际需求,设计了针对小尺寸集成电路的视觉定位系统。对机器视觉的原理及应用作了简单介绍,对于视觉系统的组件构成,包括每个组件的用法、特性、如何使用、如何选择等都做了详尽的描述,为后面本课题中提及的视觉系统的软件开发提供了充分的理论支持。对视觉系统分析了基本原理并开发了其软件系统。详细介绍了本系统的开发工具,基础理论,定位算法等。本系统针对生产过程中遇到的实际问题,结合本人的工作经验,设计了视觉定位系统。

开发本系统时比较注意实际使用意义,具备了下面的优点:

(1) 系统界面简洁清晰,操作方便,通过管理员登录的方法,进入系统主界面,然后进入到各个分界面。界面命名以实际生产的专业名词命名,层次清晰,实用美观,各种控件摆放区域合理,操作简便;

(2) 系统具有良好的防错能力,一些关键的操作需要用户进行确认,并且使用了大量的消息弹出框来进行提示,最大限度的避免用户由于误操作产生的故障,保证了操作的流畅、稳定和正确;

(3) 系统根据客户的实际需要,定制了相关的数据收集与统计分析功能,为用户的正确分析和处理提供了详尽数据支撑。

通过这些时间视觉系统的开发,主要做完了如下几项工作:

(1) 研究了同数据库有关的专业知识,翻阅了大量的相关文章书籍,对数据库系统的认识有了很大的提高,为以后更好的使用数据库奠定了坚实的基础;

(2) 深入的学习了VB语言的编程技术,特别是与ACCESS数据库相关的编程技巧,从而为视觉定位系统的实现提供基本的保证,同时也为以后其它类似项目的开发提供了宝贵的经验支持。

(3) 在充分研究的基础上对软件系统进行开发,该软件系统基本上完成了总开发方案中所涉及的几个部件的功能。对软件进行测验,虽然在测验的中间还有少数未处理的遗留问题,但是这些问题都是将来可以处理好的。

7.2 后续展望

目前相关软件已经在用户公司正式投入生产,其开发的功能基本满足客户要求,新开发的功能也得到了用户良好的反馈,但作为一个较为复杂的软件系统,不可避免会存在一些纰漏,这要求我们不停的去完善软件。由于水平和时间的限制,在开发软件中仍

存在许多不足和需要改进的地方。视觉定位系统的开发要用到很多方面的理论、方法和策略，本软件还有很多未解决的问题要完成，还要在后续使用中不停的完善，在下面几个地方，还要做更深入的研究：

（1）本文目前只完成了视觉定位软件的几项主要功能，还未在软件稳定性等方面做进一步的测试，使得软件目前只能应付一些常见的状况，如何应付更多的状况还有待进行进一步的完善。另外，软件还可以逐步增加数据库中的有关表和字段，使视觉定位软件更加的完善。该软件只完成了软件的主要基本功能，还没有对其它功能进行更加深入的扩展，这使得软件的接口还不够丰富。数据库功能在该软件的研发期间使用广度还不够，还有更大的使用空间；

（2）视觉定位用的相机在遇到灰尘较大的时候会产生误差，视觉定位用的相机在遇到灰尘较大的时候会产生误差，视觉定位系统切换产品不是很方便，需要用户手动切换，视觉定位系统有些问题不能产生报警信息导致产生废品，在后续的版本中还需要彻底解决。

在此课题中我们使用视觉软件收到了用户较好的反馈，用户建议我们加入打印图案的正确性检验功能，下面如何开发打印图案的视觉检验软件也是我们后续要研究的重要课题。

参考文献

- [1] 蒋世磊, 杨国锋, 张锦. ABS 材料红外激光打标工艺参数分析. 光学仪器. 2015, 8 (5): 54-58.
- [2] 高世一, 许超, 杨永强. 一种振镜扫描汉字激光打标优化算法. 激光技术. 2014, (4): 44-47.
- [3] 胡崇镜, 闫飞, 俞鸿斌. 聚丙烯塑料激光打标工艺研究. 应用激光. 2015, (3): 351-355.
- [4] 赵丹, 胡骏. 多芯片微波组件激光打标工艺研究. 电子与封装. 2014, 20(8): 32-35.
- [5] 宋国庆, 吴育民, 冯云鹏, 刘景伟. 机器视觉在光学加工检测中的应用. 影像科学与光化学. 2016, 34(1): 30-35.
- [6] Singh N, Delwiche M, Machine Vision Methods for Defect Sorting Stone fruit, Trans of ASAE. 2013, 62(2): 72—78.
- [7] 李彬, 罗彪. 机器视觉在物体位姿检测中的应用. 传感器与微统. 2016, (2): 150-153.
- [8] 王晓华. 机器视觉技术在半导体产品外观检测中的应用. 现代制造技术与装备. 2016(3): 67-69.
- [9] 杜刚. 基于机器视觉的智能控制定位检测系统探讨. 信息系统工程. 2016, (1): 146-146.
- [10] 罗超, 高军, 沙丰永, 骆飞. 基于机器视觉的缺陷在线检测系统的研究. 数字技术与应用. 2016, (4): 130-133.
- [11] 汪宏昇, 熊飞, 史铁林. 高速高精度的机器视觉定位的算法. 光电工程. 2005, 32(9): 71-74.
- [12] 吴小锋, 刘学平, 邹松青. 全自动高速固晶机中视觉定位系统设计. 机械设计与制造. 2008(6): 57-59.
- [13] 路清彦, 王中任. 机器人视觉定位误差分析与试验研究. 装备制造技术. 2015(8): 104-106.
- [14] 侯远韶. 机器视觉中光源的选择. 洛阳师范学院学报. 2014(8): 45-49.
- [15] 张五一, 张继超, 侯远韶, 杨扬. 机器视觉中镜头的选择. 中原工学院学报. 2014, 22(6): 18-21.
- [16] 陈居现, 高昆, 邵晓光, 卢岩, 唐晓燕. 基于人眼视觉注意和画面聚类分析的 ROI 提取方法. 光学技术. 2015(5): 400-403.
- [17] 王蕾. 基于图形语言的画面处理算法开发环境模型. 电子技术与软件工程. 2015(1): 210-210.
- [18] 秦莉, 董丽丽, 许文海, 吴厚德. 电荷耦合画面灰度与照度的转换标定方法. 仪器仪表学报. 2015, 36(3): 14-15.
- [19] 焦旻, 高分辨率电荷耦合硬件系统的设计与研究. 西安工业大学. 2014(3): 38-39.

- [20] 郁梅, 蒋刚毅, 郁伯康. 智能交通系统中的机器视觉技术应用. 计算机工程与应用. 2001, 37(10): 101-103.
- [21] 黄紫青, 曾祥进. 基于机器视觉的芯片引脚识别与中心定位算法研究. 软件导刊. 2015(1): 67-69.
- [22] 杨瑞达, 夏少杰, 汤一平. 集成电路激光打标机的设计. 计算机科学. 2015 (1): 42.
- [23] 燕小强, 罗华, 林洪怡, 李汉舟. 基于机器视觉的全自动换电机器人定位系统. 计算机系统应用. 2015(9): 234-239.
- [24] 王靖, 李少华, 谢守勇. 基于机器视觉的目标识别方法研究. 西南师范大学学报:自然科学版. 2015(6): 130-133.
- [25] 李春晓, 赖积保. 机器视觉技术下的智能交通监控系统的设计与实现. 计算机光盘软件与应用. 2014(19): 267-268.
- [26] PW Rzasa, MD Allen, CH Neuschaefer, JE Kowles, TD Williams, Machine vision system for position sensing. 2014, 132: 62—78.
- [27] 胡小平, 谢珂, 彭涛. 一种新的双目固定式机器人三维视觉定位方法. 光电工程. 2014(8): 10-15.
- [28] 姚瑞玲. 机器视觉技术在食品工业中的应用研究进展. 食品与发酵科技. 2014, 50(4): 93-97.
- [29] 唐守军, 李鹏程. 人脸识别中画面特征提取与匹配技术研究. 计算机辅助设计与图形学学报. 2000, 12(5): 333-336.
- [30] 韦皞, 张光锋, 娄国伟. 基于分水岭和形态学的画面特征提取方法. 探测与控制学报. 2014, 22(1): 63-66.
- [31] 常昌. 基于画面特征提取和特征点描述的匹配方法的研究. 武汉: 华中科技大学, 2009, 30(6): 13-14.
- [32] 方玉玲, 魏赟. 基于二次网格的字符画面特征提取方法. 电子科技. 2015, 28(10): 72-77.
- [33] 蒋贤明, 宋树祥, 王冬旭. 局部画面特征提取算法的性能比较. 广西物理. 2014, 25(1): 63-64.
- [34] 张少博, 全书海, 石英, 杨阳, 李云路. 基于颜色矩的画面检索算法研究. 计算机工程. 2014, 40(6): 252-255.
- [35] 徐华珺, 韩立新. 画面检索系统关键技术的研究与应用. 电子测量技术. 2014, 37(5): 33-37.
- [36] 陈鹏飞, 王靖. 基于形状识别的人脸轮廓线提取. 计算机工程与设计. 2014, 35(3): 890-894.
- [37] 李保俊, 林龙心. 一种基于机器视觉的五金件形状识别系统. 哈尔滨工业大学. 2015, 23(9): 33-34.
- [38] 何佳蓉, 苏赋. 基于内容的画面检索发展方向的探索. 信息通信. 2015, 32(1): 85-85.
- [39] 薛定宇, 贾旭, 崔建江等. 基于区域形状的静脉画面特征提取与匹配. 东北大学学报

报: 自然科学版. 2012, 33(1): 35-38, 64.

[40] 柴华. 目标形状特征提取方法. 计算机与现代化. 2013(4): 107-109, 124.

[41] 裴军明, 郭敬军. 基于 Cimplicity HMI 平台的隧道综合监控系统的实现[J]. 电气自动化. 2013, 12(4): 17-18, 56

[42] 王海勇. HALCON 学习教程[K]. 黑土数字画面处理系列教材, 2015, 22(11): 1330-1334

[43] 周封, 杨超, 王晨光, 等. 基于随机 Hough 变换的复杂条件下圆检测与数目辨识[J]. 仪器仪表学报. 2013, 34(3): 622-628.

[44] Si Yongsheng, Liu Gang, Feng Juan. Location of apples in trees using stereoscopic vision[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2015, 112: 68—74.

[45] 杨庆华, 刘灿, 荀一, 等. 葡萄套袋机器人目标识别方法[J]. 农业机械学报, 2013, 44(8): 234—239.

致谢

时光荏苒，不知不觉中我的研究生生活即将结束，毕业之际，在此向给予我关心、帮助的老师、家人和同学致以最真诚的谢意！

本论文是在王喆老师的耐心指导下写完的，在写作论文的过程中，经常得到他的鼓励，并为我的论文完善提出了许多珍贵的整改要求。从选课到方案的确定以及论文的撰写，老师不仅给我提供了良好的科研和学习环境，而且提了很多珍贵的建议。他教会我遇到问题时如何分析和解决，并给予我鼓励和指导，他渊博的学识，严谨的教学态度和宽广的心胸给我留下了很深印象，使我获益良多。在此向王喆老师致以我最崇高的敬意和由衷的谢意！

感谢本课题组的同事，感谢他们在工作和学习中给予我的无私帮助。同时也要感谢我的各级领导，感谢他们给我的支持。还要特别感谢我的家人，感谢他们对我学业和生活的支持和给予我的最无私的爱！

最后还要感谢读研究生这几年来给我上过课的所有老师和学院里的各位工作人员，正是有了他们的努力的付出，才使我今天有能力完成这个项目，在此向他们表示衷心的感谢！