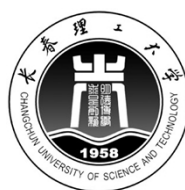


编号_____



长春理工大学
王大珩
Changchun University of Science and Technology

本科生毕业设计

基于机器视觉的表面缺陷检测系统设计

Surface defect detection system design based on machine
vision

学 生 姓 名 _____

专 业 电子信息工程 _____

学 号 _____

指 导 教 师 _____

学 院 电子信息工程学院 _____

毕业设计（论文）原创承诺书

1. 本人承诺：所呈交的毕业设计（论文）《基于机器视觉的表面缺陷检测系统设计》，是认真学习理解学校的《长春理工大学本科毕业设计（论文）工作条例》后，在教师的指导下，保质保量独立地完成了任务书中规定容，不弄虚作假，不抄袭别人的工作内容。

2. 本人在毕业设计（论文）中引用他人的观点和研究成果，均在文中加以注释或以参考文献形式列出，对本文的研究工作做出重要贡献的个人和集体均已在文中注明。

3. 在毕业设计（论文）中对侵犯任何方面知识产权的行为，由本人承担相应的法律责任。

4. 本人完全了解学校关于保存、使用毕业设计（论文）的规定，即：按照学校要求提交论文和相关材料的印刷本和电子版本；同意学校保留毕业设计（论文）的复印件和电子版本，允许被查阅和借阅；学校可以采用影印、缩印或其他复制手段保存毕业设计（论文），可以公布其中的全部或部分内容。

以上承诺的法律结果将完全由本人承担！

作者签名：

年 月 日

中文摘要

为了不断提高产品质量和生产效率,金属工件表面缺陷在线自动检测技术在生产过程中显得日益重要。针对金属工件表面的多种缺陷,本文设计了一套基于机器视觉能够实现对金属工件表面缺陷进行实时在线、无损伤的自动检测系统。该系统采用面阵 CCD 和多通道图像采集卡作为图像采集部分,提高了检测系统的速度并降低了对 CCD 的性能要求,使系统在现有的条件下比较容易实现实时在线检测;采用自动选取图像分割阈值,根据实际应用的阈值把工件信息从图像中提取出来并扫描工件图像中的信息,实现了系统的自动测量;根据扫描得到的工件信息去除掉工件边缘的光圈,利用自动选取的阈值对金属工件表面的图像进行二值化分割,从而实现各种缺陷的自动提取及识别。

关键词: 机器视觉 表面缺陷 CCD 图像处理 缺陷检测

Abstract

In order to continually promote the quality of product and efficiency of production, the on-line automatic inspection technology of surface defect of metal workpiece has become more and more important in the process of production. This paper designs an automatic system based on machine vision, which can inspect surface defect of metal workpiece timely without any damage on it.

Firstly, using CCD and multi-channel image acquisition card to acquire images, the system has accelerated the inspection speed and reduced the requirements of CCD on the performance to do the timely on-line inspection more easily under the current condition; secondly, according to the practical application of threshold, the system has used the segmentation threshold of selecting an image automatically to select the workpiece information from images and scan that information to realize the automatic measurement of the system; finally, the system has removed the aperture on the edge of workpiece in accordance with the workpiece information of scan and conducted the binarization segmentation on the image of the metal workpiece surface by using the automatic selection threshold to automatically select and identify varied defects.

Keywords: machine vision; surface defect; CCD; image processing; defect inspecting

目 录

中文摘要.....	I
Abstract.....	II
第 1 章 引言.....	1
1.1 研究背景及意义.....	1
1.2 国内外研究现状.....	1
第 2 章 图像技术及机器视觉简介.....	3
2.1 图像处理技术.....	3
2.1.1 图像和数字图像.....	3
2.1.2 图像技术和图像工程.....	3
2.2 数字图像处理系统.....	4
2.2.1 图像处理和分析系统.....	4
2.2.2 图像采集模块.....	4
2.2.3 图像的数据编码和传输.....	5
2.3 机器视觉技术.....	5
2.3.1 机器视觉技术简介.....	5
2.3.2 机器视觉系统的概念、组成及特点.....	6
2.4 机器视觉系统的应用及发展动向.....	7
2.4.1 机器视觉检测应用.....	7
2.4.2 机器视觉系统的发展动向.....	7
第 3 章 系统总体设计.....	9
3.1 CCD 摄像头.....	9
3.2 图像采集卡.....	9
3.2.1 视频输入信号及采样频率.....	10
3.2.2 视频输入窗口和显示窗口.....	10
3.3 软件设计.....	10
第 4 章 缺陷检测软件设计.....	11
4.1 图像实时采集模块.....	11
4.2 图像预处理模块.....	11
4.3 阈值选取模块.....	12
4.4 图像测量模块.....	12
4.5 缺陷检测模块.....	19
4.5.1 二值图像区域标记.....	21
4.5.2 二值图像的小区域消除.....	22
4.6 缺陷识别模块.....	22
第 5 章 实验结果及分析.....	25
5.1 实验数据.....	25
5.2 实验分析.....	26
全文总结.....	29

参考文献.....	30
致 谢.....	32

第 1 章 引言

1.1 研究背景及意义

传统的产品表面质量检测主要采用人工检测的方法。人工检测不仅工作量大,而且易受检测人员主观因素的影响,容易对产品表面缺陷造成漏检,尤其是变形较小、畸变不大的夹杂缺陷漏检,极大降低了产品的表面质量,从而不能够保证检测的效率与精度。近年来,迅速发展的以图像处理技术为基础的机器视觉技术恰恰可以解决这一问题。机器视觉主要是采用计算机来模拟人的视觉功能,从客观事物的图像中提取信息,进行处理并加以理解,最终用于实际检测、测量和控制。基于机器视觉技术的缺陷检测系统,由于其非接触检测测量,具有较高的准确度、较宽的光谱响应范围,可长时间稳定工作,节省大量劳动力资源,极大地提高了工作效率。可对工件表面的斑点、凹坑、划痕、色差、缺损等缺陷进行检测。所以,人工检测难以达到降低消耗、提高产品质量的目的,采用机器视觉的表面缺陷检测成为迫切需要。

针对这种现状,课题组决定自行开发工件表面缺陷在线检测系统,确保各类缺陷及时准确检出,从根本上解决人工检测效率低、精度低的问题,同时,还可以降低原材料消耗、能耗和人力成本,该课题还可以推广到其他需要表面质量检测的行业中,如印刷、包装等行业,因此具有重要的实际应用价值和现实意义。

然而,本课题要对各种形状、不同大小的金属片在线检测,必然对检测方法和处理速度有很高的要求,图像处理与模式识别领域中的许多新算法目前很难应用到实际工程项目中。因此,机器视觉技术在这类在线检测任务中的应用,仍然是一个难题。本论文的目标就是以已有的图像处理理论为基础,通过大量的实际实验,设计适合本产品表面缺陷检测的算法。

1.2 国内外研究现状

在国外,机器视觉的应用主要体现在半导体及电子行业,其中大概 40%-50% 都集中在半导体行业。具体如 PCB 印刷电路: 各类生产印刷电路板组装技术、设备,单、双面、多层线路板,覆铜板及所需的材料及辅料; 辅助设施以及耗材、油墨、药水药剂、配件; 电子封装技术与设备; 丝网印刷设备及丝网周边材料等。再流焊机、波峰焊机及自动化生产线设备。电子生产加工设备: 电子元件制造设备、半导体及集成电路制造设备、元器件成型设备、电子工模具。机器视觉系统还在质量检测的各个方面已经得到了广泛的应用,并且其产品在应用中占据着举足轻重的地位。除此之外,机器视觉还用于其他各个领域。

而在中国,以上行业本身就属于新兴的领域,再加之机器视觉产品技术的普及不够,导致以上各行业的应用几乎空白,即便是有,也只是低端方面的应用。目前我国随着配套基础建设的完善,

技术、资金的积累、各行各业对采用图像和机器视觉技术的工业自动化、智能化需求开始广泛出现，国内有关大专院校、研究所和企业近两年在图像和机器视觉技术领域进行了积极思索和大胆的尝试，逐步开始了工业现场的应用。其主要应用于制药、印刷、矿泉水瓶盖检测等领域。真正高端的应用还很少，因此，以上相关行业的应用空间还比较大。当然，其他领域如指纹检测等等领域也有着很好的发展空间。

第2章 图像技术及机器视觉简介

2.1 图像处理技术

机器视觉系统中，视觉信息的处理技术主要依赖于图像处理方法，它包括图像增强、数据编码和传输、平滑、边缘锐化、分割、特征抽取、图像识别与理解等内容。经过这些处理后，输出图像的质量得到相当程度的改善，既改善了图像的视觉效果，又便于计算机对图像进行分析、处理和识别。

2.1.1 图像和数字图像

从广义上说，图像是自然界景物的客观反映，是人类认识世界和人类本身的重要源泉。图像对我们并不陌生。它是用各种观测系统以不同形式和手段观测客观世界而获得的，可以直接或间接作用于人眼并进而产生视知觉的实体。人的视觉系统就是一个观测系统，通过它得到的图像就是客观景物在人眼中形成的影像。图像信息不仅包含光通量分布，而且也还包含人类视觉的主观感受。随着计算机技术的迅速发展，人们还可以人为地创造出色彩斑斓、千姿百态的各种图像。

客观世界在空间上是三维(3-D)的，但一般从客观景物得到的图像是二维(2-D)的。一幅图像可以用一个 2-D 数组 $f(x, y)$ 来表示，这里 x 和 y 表示 2-D 空间 XY 中一个坐标点的位置，而 f 代表图像在点 (x, y) 的某种性质 F 的数值。例如常用的图像一般是灰度图，这时 f 表示灰度值，它常对应客观景物被观察到的亮度值。

常见图像是连续定义的，即 f 、 x 、 y 的值可以是任意实数。为了能用数字计算机对图像进行加工处理，需要把连续的图像在坐标空间 XY 和性质空间 F 都进行离散化。这种离散化了的图像就是数字图像，可以用 $I(r, c)$ 来表示。这里 I 代表离散化后的 f ， (r, c) 代表离散化后的 (x, y) ，这里 I 、 c 、 r 的值都是整数。本文以后主要讨论数字图像，依据我们的习惯用 $f(x, y)$ 代表数字图像， f 、 x 、 y 都在整数集合中取值。

2.1.2 图像技术和图像工程

图像技术在广义上是各种与图像有关的技术的总称。目前人们主要研究的是数字图像，主要应用的是计算机图像技术。这包括利用计算机和其它电子设备进行和完成的一系列工作，例如图像的采集、获取、编码、存储和传输，图像的合成和产生，图像的显示和输出，图像的变换、增强、恢复（复原）和重建，图像的分割，目标的检测、表达和描述，特征的提取和测量，序列图像的校正，3-D 景物的重建复原，图像数据库的建立、索引和抽取，图像的分类、表示和识别，图像模型的建立和匹配，图像和场景的解释和理解，以及基于它们的判断决策和行为规划等等。另外，

图像技术还可包括为完成上述功能而进行的硬件设计及制作等方面的技术

由于图像技术近年来得到极大的重视和长足的进展，出现了许多新理论、新方法、新算法、新手段、新设备。图像工作者普遍认为需对图像和图像处理技术进行综合研究和应用，这个工作的框架就形成了图像工程。图像工程学科是将数学、光学等基础科学的原理，结合在图像应用中积累的技术经验而发展起来的。

图像工程的内容非常丰富，根据抽象程度和研究方法等的不同可分为三个层次：图像处理、图像分析和图像理解。图像处理着重强调在图像之间进行的变换。图像分析则主要是对图像中感兴趣的目标进行检测和测量，以获得它们的客观信息从而建立对图像的描述。图像理解的重点是在图像分析的基础上，进一步研究图像中各目标的性质和它们之间的相互联系，并得出对图像内容含义的理解以及对原来客观场景的解释，从而指导和规划行为。

由上所述，图像处理、图像分析和图像理解是处在三个抽象程度和数据量各有特点的不同层次上。图像处理是比较低层的操作，它主要在图像像素级别上进行处理，处理的数据量非常大。图像分析则进入了中层，分割和特征提取把原来以像素描述的图像转变成比较简洁的非图形式的描述。图像理解主要是高层操作，基本上是对从描述抽象出来的符号进行运算，其处理过程和方法与人类的思维推理可以有許多类似之处。

2.2 数字图像处理系统

2.2.1 图像处理和分析系统

一个基本的图像（处理和分析）系统构成的各模块都有特定的功能，分别是采集、显示、存储、通信、处理和分析。为完成各自的功能每个模块都需一些特定的设备。图像采集可采用 CCD 的照相机、带有视像管的视频摄像机和扫描仪等。图像显示可用电视显示器、随机读取阴极射线管和各种打印机等。图像存储可采用磁带、磁盘、光盘和磁光盘等。图像通信可借助综合业务网、计算机局网，甚至普通电话网等。最后，图像处理和分析主要是运算，所使用的设备主要是计算机。以下对各模块的简介。

2.2.2 图像采集模块

采集数字图像需要两种装置。一种是对某个电磁能量谱波段敏感的物理器件，它能产生与所接受到的电磁能量成正比的模拟电信号。另一种称为数字化器，它可将上述模拟电信号转化为数字离散的形式。下面介绍这两种装置的常用器件。

固态阵列是由称为感光基元的离散硅成像元素构成的。这样的感光基元能产生与所接受的输入光强成正比的输出电压。固态阵列中主要元件是电荷耦合器件 CCD。这个传感器由一行感光基元，两个定时的将感光基元中的内容传给传输寄存器的传输门，以及一个定时的将传输寄存器中的内容传给放大器的输出门构成。

放大器输出的电压信号与感光基元行的内容成比例。电荷耦合平面阵列的工作原理与线阵相似,但感光基元排列成一个矩阵形式并由传输门和平面扫描图像显示模块的结果主要用于显示给人看。对图象分析来说,分析的结果也可以解析系统的主要显示设备是电视显示器。输入显示器的图象也可以通过硬拷控制。在每个偏转位置,电子枪束的强度的一种简便方法是利用标准输寄存器隔开。先将奇数列感光基元的内容顺序送进垂直传输寄存器,然后再送进水平传输寄存器。把水平传输寄存器的内容送进放大器就得到 1 帧隔行的视频信号。对偶数列感光基元重复以上过程就可得到另 1 帧隔行的视频信号。将 2 帧合起来就得到隔行扫描电视的 1 场(f)。现在常用的线扫描 CCD 一般有 512 到 4096 个象素或更多,而 4096 X 4096 个象素的扫描 CCD 也已在使用的。

2.2.3 图像的数据编码和传输

数字图像的数据量是相当庞大的,一幅 512 X 512 个像素的数字图像的数据量为 256K 字节,若假设每秒传输 25 帧图像,则传输的信道速率为 52.4M 比特/秒。高信道速率意味着投资高普及难度。因此,传输过程中,对图像数据进行压缩显得非常重要。数据的压缩主要通过图像数据的编码和变换压缩完成。

图像数据编码一般采用预测编码,即将图像数据的空间变化规律和序列变化规律用一个预测公式表示,如果知道了某一像素的前面各相邻像素值之后,可以用公式预测该像素值。采用预测编码,一般只需传输图像数据的起始值和预测误差,因此可将 8 比特/像素压缩到 2 比特/像素。

变换压缩方法是将整幅图像分成一个个小的(取 8 X 8 或 16 X 16)数据块,再将这些数据块分类、变换、量化,从而构成自适应的变换压缩系统。该方法可将一幅图像的数据压缩到为数不多的几十个特传输,在接收端再变换回去即可。

对图像的处理和分析一般可用算法的形式描述,而大多数的算法可以用软件实现,只有在为了提高速度或克服通用计算机限制的情况下才用特制的硬件。进入 90 年代尤其是 21 世纪后,人们设计了各种与工业标准总线兼容的可以插入微机或工作站的图像卡。这不仅减少了成本,也促进了图象处理和分析专用软件的发展。这些图像卡包括用于图象数字化和临时存储的图像采集卡,用于以视频速度进行算术和逻辑运算的算术逻辑单元,以及前面提到的帧缓存。图象处理和分析中的一个重要事实是对特殊的问题需要特殊的解决方法。

2.3 机器视觉技术

2.3.1 机器视觉技术简介

机器视觉是一个相当新兴的研究领域。机器视觉发展到现在已有 15 年的历史。机器视觉作为一种应用系统,其功能特点是随着工业自动化的发展而逐渐完善和发展的。人们从 20 世纪 50 年代开始研究二维图像的统计模式识别,

60 年代 Roberts 始进行三维机器视觉的研究，70 年代中，MIT 人工智能实验室正式开设机器视觉课程，80 年代开始，开始了全球性的研究热潮，机器视觉获得了蓬勃发展，新概念、新理论不断涌现。

2.3.2 机器视觉系统的概念、组成及特点

机器视觉是将图像处理、计算机图形学、模式识别、计算机技术、人工智能等众多学科高度集成和有机结合，而形成的一门综合性的技术。一般地说，机器视觉是研究计算机或其他处理器模拟生物宏观视觉功能的科学和技术，也就是用机器代替人眼来做测量和判断。

机器视觉系统的组成如图 2-1。有照明部分、图像获取部分、图像显示部分和图像处理部分。一般采用 CCD 摄像头摄取检测图像并转化为数字信号，再对图像数字信号进行处理，从而得到所需要的各种目标图像特征值，并由此实现模式识别、坐标计算、灰度分布图等多种功能。然后再根据其结果显示图像，输出数据，发出指令，配合执行机构完成位置调整，好坏筛选，数据统计等自动化流程。

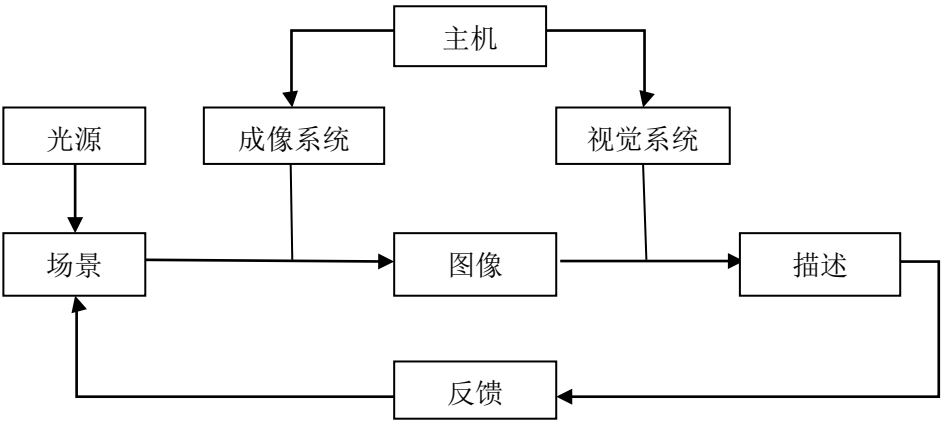


图 2-1 机器视觉系统构成

机器视觉系统的特点是提高生产的柔性和自动化程度。在一些不适合于人工作业的危險工作环境或人工视觉难以满足要求的场合，常用机器视觉来替代人工视觉；同时在大批量工业生产过程中，用人工视觉检查产品质量效率低且精度不高，用机器视觉检测方法可以大大提高生产效率和生产的自动化程度。而且机器视觉易于实现信息集成，是实现计算机集成制造的基础技术。因此，在现代自动化生产过程中，人们将机器视觉系统广泛地用于工况监视、成品检验和质量控制等领域。

有不少学科的研究目标与机器视觉相近或者相关，这些学科中包括图像处理、模式识别或图像识别、图像理解等。由于历史发展或领域本身的特点，这些学科有某种程度的相互重叠。但是，机器视觉与其他学科又有着一定的区别，其特点是：

1、综合技术

机器视觉是一项综合技术，其中包括数字图像处理技术、机械工程技术、控制技术、电光源照明技术、光学成像技术、传感器技术、模拟与数字视频技术、计算机软硬件技术、人机接口技术等。这些技术在机器视觉中是并列关系，相互协调应用才能构成一个成功的工业机器视觉应用系统

2、强调工业可靠性

机器视觉强调工业现场环境下的可靠性，要求能够适应工业生产中恶劣的环境，有较高的容错能力和安全性，不会破坏工业产品。

3、强调实用性

机器视觉强调实用性，要求有合理的性价比，要有通用的工业接口，能够由普通工作来操作，必须有较强的通用性和可移植性。

4、要求高速度和高精度

由于机器视觉通常要求高速度和高精度，数字图像处理中的许多新算法目前还难以应用。因此，机器视觉技术在工业生产中的实际应用速度远远滞后于图像处理理论的发展速度。

2.4 机器视觉系统的应用及发展动向

2.4.1 机器视觉检测应用

机器视觉系统在高速、细微和重复的制造过程中显得非常可靠，因此被广泛用于加工制造企业，完成大批量生产过程中的重复性检测任务。机器视觉在质量检测方面的应用占整个工业应用的近 80%，其中最大的应用行业为：汽车、制药、电子与电气、制造、包装、食品、饮料等。机器视觉检测是非接触无损检测，与传统的检测手段相比，它具有不可替代的优越性，因而得到了广泛的应用。利用线阵 CCD 配合包装盒的一维运动获取目标图像，然后由计算机对图像进行处理，可以检测日期编号等信息的遗漏和正确与否；以频闪光作为照明光源，利用面阵或者线阵 CDC 作为螺纹钢外形轮廓尺寸的探测器件，实现热轧螺纹钢几何参数在线测量；在各种产品表面缺陷检测方面应用也很多。

2.4.2 机器视觉系统的发展动向

近年来计算机视觉(即机器视觉)的发展大致表现在以下三个方面：

1、基于几何方法的计算机视觉计算理论体系已臻于完整计算机视觉的研究目标之一是使机器能感知三维环境中物体的几何信息，包括它的形状、位置、姿态、运动等。20 世纪 90 年代中期以来，计算机视觉界将对应与射影几何、仿射几何、欧几里得几何的描述，系统地引进视觉计算方法中，比较完美地对应为视觉系统中对物体由粗到细的描述，在计算机视觉系统中降低了对摄像系统参数了解的要求，提高了系统对噪声的鲁棒性。

2、机器学习方法受到越来越多的关注模式识别的所有领域始终存在基于结构与基于统计的两大分支。如果说基于几何的计算机视觉主要通过几何，描述物体及其运动的三维结构，属于结构方法，已得到较系统的研究；而在计算机视觉中的统计方法除较好地用于图像的底层处理外，一直显得不完善更不用说系统化了。

3、针对众多特定领域的应用研究不断深入，较大规模的应用系统逐步走向商业化随着当前计算机的性能价格比飞速提高，众多特定领域的计算机实时应用系统的商业化已成为可能。如利用指纹、虹膜、人脸、语音等识别技术、行为识别技术与运动跟踪技术、多摄像机融合技术构成视觉监测系统，用于信息安全、智能交通、反恐防盗、身份鉴别等。

第3章 系统总体设计

本系统是由 CCD 摄像头、照明系统、图像采集卡、机械装置、主控计算机等部件组成，图 3-1 为系统结构图。其工作过程是：首先将工件送到 CCD 摄像头视场内；然后由成像系统和图像采集卡将图像采集到计算机内部；运用图像处理技术对采集到的原始图像进行预处理以改善图像质量，从中提取感兴趣的特征量；最后运用模式识别技术对取到得特征量进行分类整理以完成系统的检测。下面分别介绍系统的各部分的组成及工作原理。

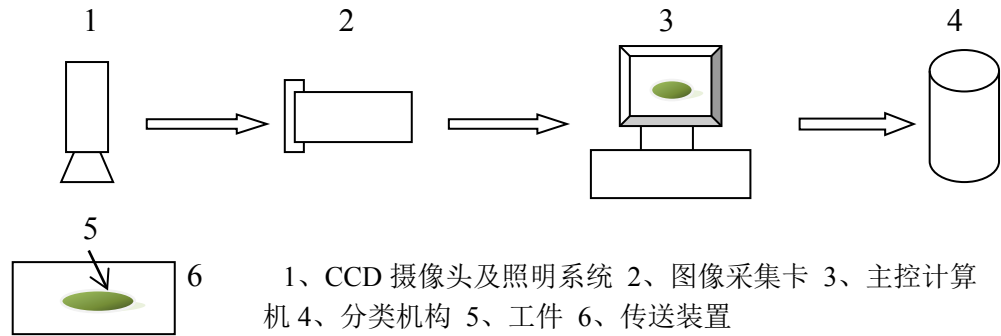


图 3-1 机器视觉系统结构图

3.1 CCD 摄像头

CCD 是一种半导体成像器件，具有灵敏度高、抗强光、畸变小、体积小、寿命长，抗震动等优点。本系统采用的是国产 MTV-1881EX 型号的黑白摄像头，它的工作方式是将被摄物体的图像经过镜头聚焦到 CCD 芯片上，CCD 根据光的强弱积累相应比例的电荷，各个像素积累的电荷在视频时序的控制下，逐点外移，经视频捕捉卡滤波、放大处理，A/D 转换后形成视频信号输出。

3.2 图像采集卡

本系统采用的是大恒 PCI-XR 视频捕捉卡，具有高品质的视频采集性能，具备高速 PCI 总线，采集频率为 3D 帧/秒，显示画面流畅不间断；显示分辨率 640X480。动态捕捉影像以静态图像方式存盘，提供 BMP，JPG，TIP，TGA 等多种存盘格式。其工作原理如图 3-2 所示：

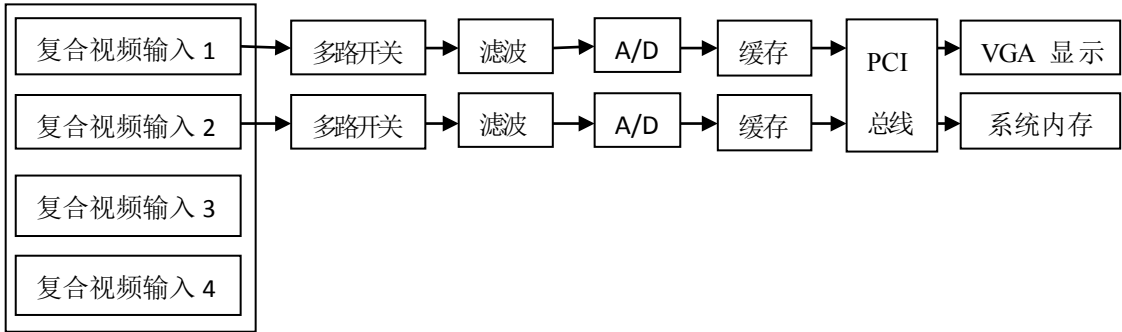


图 3-2 VIDEO-PCI-XR 图像采集卡工作原理

四路复合视频输入经多路开关，软件选择其中一路作为当前输入，输出到

A/D 进行模/数变换,数字化的图像信号经各种图像处理后,利用 PCI 总线,传到 VAG 卡显示或计算机内存存储。由于要检测工件的两个表面,所以需要在硬件上使用两路视频输入,每路采集不同表面的图像。采样频率在一定范围内可调,满足不同场合的需求。

3.2.1 视频输入信号及采样频率

凡符合 PAL 制式(625 行, 50 场/秒)和 NTSC 制式(525 行, 60 场/秒)的视频设备输出的图像信号均可作为该视频捕捉卡的输入源。在一般情况下,摄像机、录像机等视频设备均满足上述标准。采样频率在一定范围内可调,满足不同场合的需求。

3.2.2 视频输入窗口和显示窗口

视频输入窗口是指数字化后的输入图像尺寸。在 PAL 制式,输入窗口最大尺寸为 768 X 576。在 NTCS 制式为 64 X 480。图像显示窗口是指在 VAG 显示器上显示的图像尺寸,其最大值不能超过输入图像窗口。当图像显示窗口小于视频输入窗口时,有两种方法可以采用。一种方法是减少视频输入窗口的大小,即重新设置起始行、终止行、起始列、终止列。使视频输入窗口与图像显示窗口相匹配。处理后的结果显示的仅是全部输入图像的一个局部,这种方法称为裁剪。另一种方法是采用对视频输入窗口采用抽点和抽行的方法减少其大小,即根据视频输入窗口和图像显示窗口的相对大小设置缩小比例系数,处理后的结果显示的是缩小的全部输入图像,这种方法称为比例缩小。也可以将两种方法结合起来,达到所需要的结果。

3.3 软件设计

本课题中的图像处理算法均采用 Matlab 程序语言实现模拟, Matlab 提供一个高度集成的、集科学计算、程序设计和可视化归于一身的。

为了设计出实用有效的软件,必须按照软件工程的理论,进行充分的分阶段的分析和设计。采用模块化结构设计,其特点为:

1)可修改性。对模块内部的修改,对模块外部没有影响;增加或删除几个模块,不影响整个程序;

2)可读性。每个模块意义和职责明确,模块间的接口关系清楚,便于用户和设计人员进行系统代码的维护;

3)验证性。独立于其它模块,可单独验证一个模块的正确性,便于进行调试。采用模块化原理使软件结构清晰,容易阅读理解和维护。本系统中,按照算法要求设计了各子程序。

第 4 章 缺陷检测软件设计

由于本系统是一个完整、实时的缺陷检测系统，需要系统从原始图像采集到图像预处理、阈值选取、分割，再到模式识别，最后到缺陷种类分选整套过程有一个全面、整体的设计。系统主要有以下几个模块：图像实时采集模块、图像预处理模块、阈值选取模块、图像测量模块、缺陷检测模块、缺陷识别模块，其过程如图 4-1 所示。

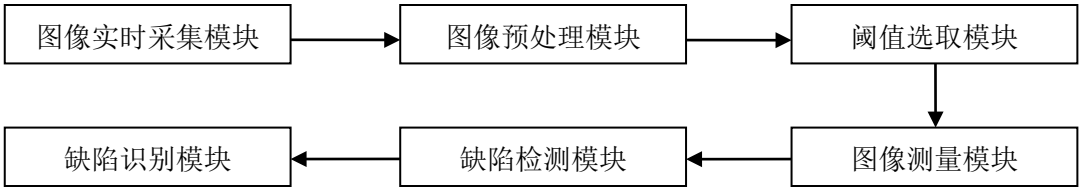


图 4-1 缺陷检测过程

4.1 图像实时采集模块

为了准确、及时获得图像的当前状态，需要不断地通过图像采集卡将 CCD 摄像系统的图像信息直接读取到计算机内存，在计算机内存中进行其他的后续处理，如：图像滤波、图像测量、缺陷检测等等。

4.2 图像预处理模块

为去掉噪声对图像的干扰，要将刚采集的图像数据进行预处理，如：去除孤立点、平滑、滤波等；同时，还要对图像进行灰度调整，增加对比度，为后续的图像处理工作做准备，如图 4-2 所示。

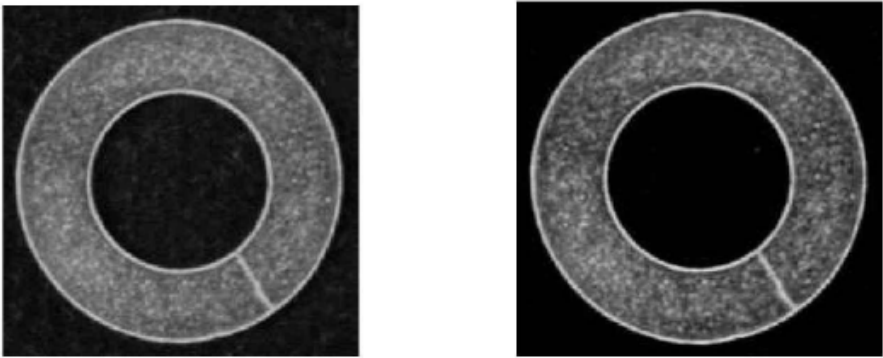


图 4-2 原始图像及灰度调整后图像

经过预处理后，图像的对比度增加，拉伸了图像灰度，表现在灰度直方图上就是峰与峰之间的距离加大，便于选取分割阈值及后续图像分割，如图 4-3 所示。

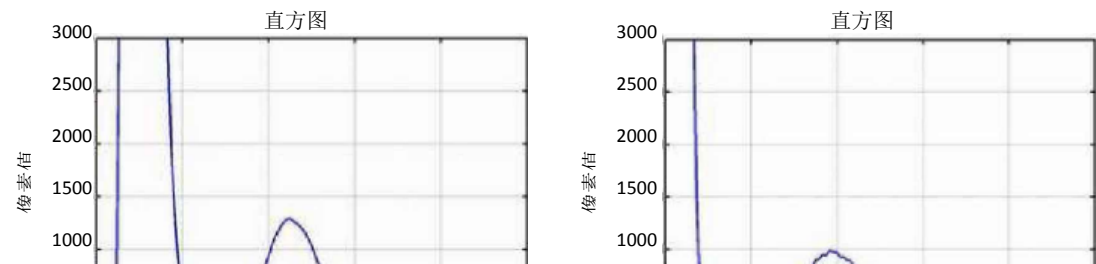


图 4-3 灰度调整前及灰度调整后图像直方图

4.3 阈值选取模块

阈值的选取对于分割图像、提取缺陷信息至关重要，其方法也很多，本系统采取利用图像的灰度直方图来选取阈值，如图 4-4 所示。

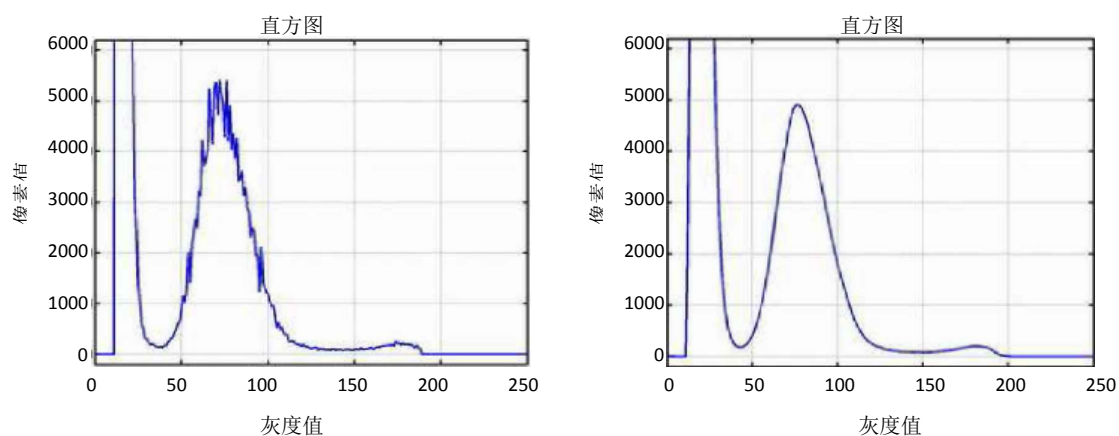


图 4-4 滤波前及滤波后的灰度直方图

4.4 图像测量模块

(1) 工件尺寸和位置测量

根据阈值选取模块所计算的阈值分割图像，将图像二值化处理，便于图像整体信息的扫描，如图 4-5 所示。

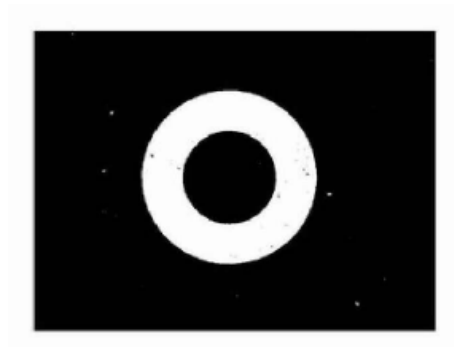


图 4-5 图像位置信息扫描

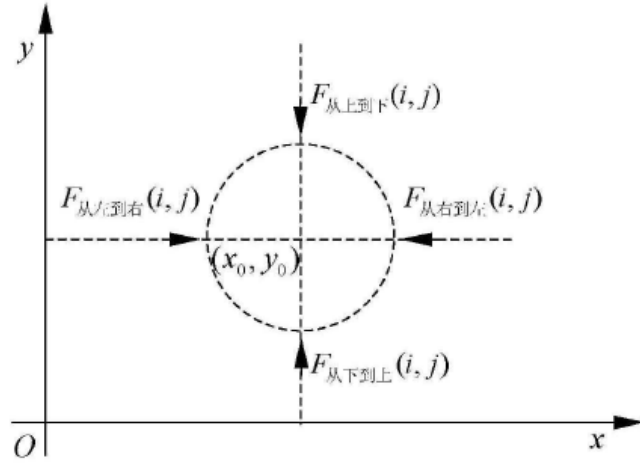


图 4-6 扫描示意图

由图 4-6 所示，可列：

$$x_0 = (F_{\text{从左到右}}(i, j) + F_{\text{从右到左}}(i, j)) / 2$$

$$y_0 = (F_{\text{从上到下}}(i, j) + F_{\text{从下到上}}(i, j)) / 2$$

那么，可得到工件的圆心坐标，其曲线分别如图 5-7 所示。

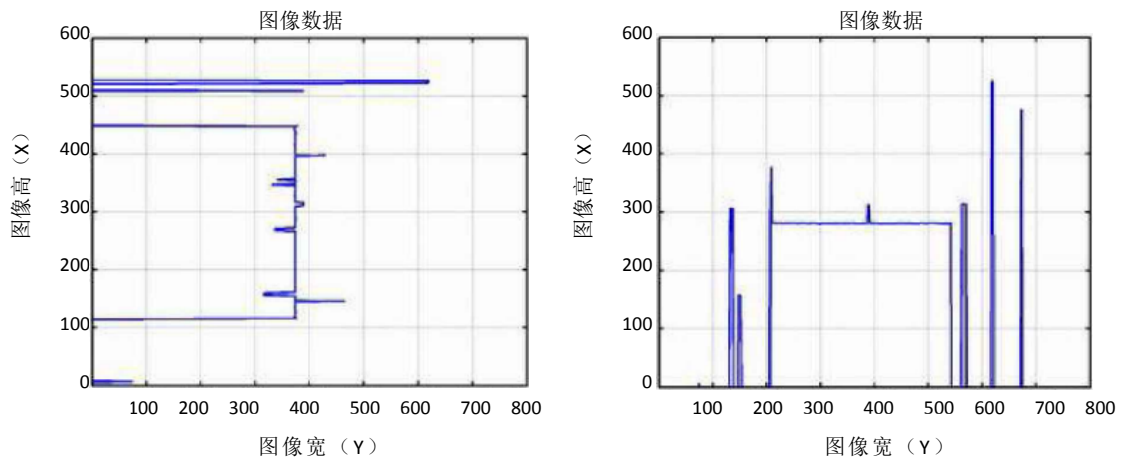


图 4-7 x 坐标数据曲线和 y 坐标数据曲线

由于在实际图像中存在噪声或者其他干扰，图像的背景并不是理想的那种单纯灰度级，所以在对整幅图像进行逐个像素扫描时，所检测到的图像信息也会存在干扰信息，即存在粗大误差，在图 4-7 中可以比较直观地显现。一旦发现含有粗大误差的测量值，应将其从测量结果中剔除。设被测量的真值为 L_0 ，一系列测得值为 l_i ，则测量列中的随机误差 δ_i 为

$$\delta_i = l_i - L_0$$

式中 $i = 1, 2, \dots, n$

正态分布的分布密度 $f(\delta)$ 为：

$$f(\delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\delta^2/(2\sigma^2)}$$

式中 σ —— 标准差（或均方根误差）；

e —— 自然对数的底，值为 2.7182…。

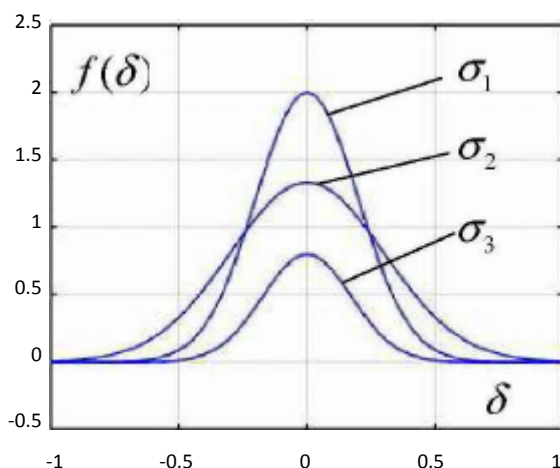


图 4-8 随机误差分布曲线

由此可知： σ 值愈小，则 σ 的指数的绝对值愈大，因而 $f(\delta)$ 减小得愈快，即曲线变陡。而 σ 值愈小，在 σ 前面的系数值变大，即对应于误差为零（ $\sigma=0$ ）的纵坐标也大，曲线变高。反之， σ 愈大， $f(\delta)$ 减小愈慢，曲线平坦，同时对应于误差为零的纵坐标也小，曲线变低。图 4-8 中三个测量列所得的分布曲线不同，其标准差 σ 也不相同，且 $\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3$ 。

在等精度测量列中，单次测量的标准差按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \dots + \delta_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

式中 n —— 测量次数(应充分大)；

δ_i —— 测得值与被测量的真值之差；

l_i —— 测得值；

v_i —— 测得值的残余误差(简称残差)；

$\bar{x}$ —— 测得值的平均值。

为了把扫描到的粗大误差去除掉，采用 3σ 准则来判断每个检测数据是否是存在误差。即

$$|v_i| > 3\sigma$$

若满足上式，应于剔除。下面图 4-9 是经过剔除粗大误差之后工件圆心的 x 坐标和 y 坐标的曲线图，可以明显地看出经过处理的数据已经比较统一。

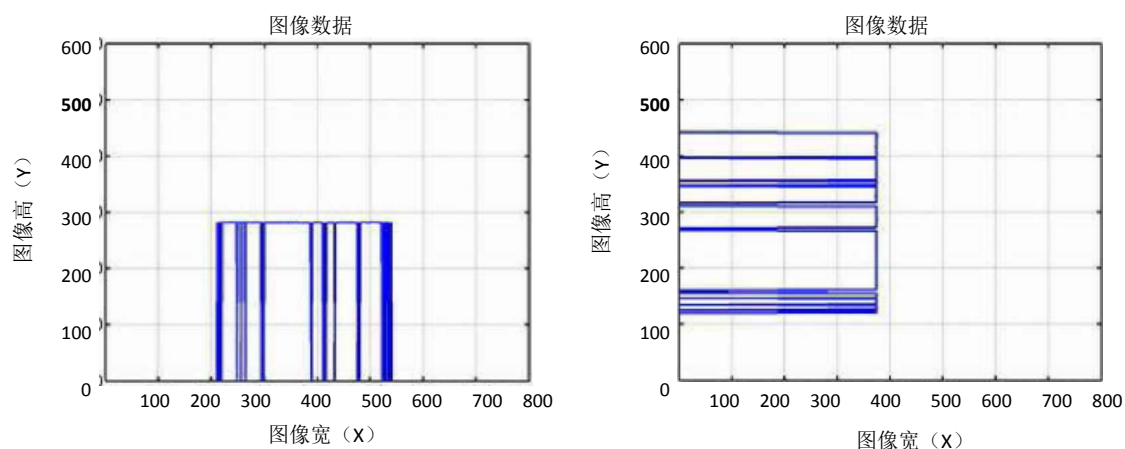


图 4-9 经过剔除误差后的 x 坐标数据曲线和 y 坐标数据曲线

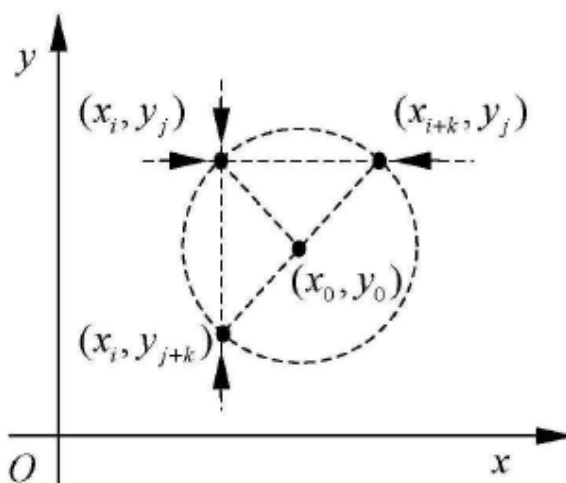


图 4-10 半径计算

由圆心坐标，再结合去除粗大误差后扫描数据就可以计算工件的半径大小，如图 4-10 所示、

在 x 方向上

$$r_j = \left(\sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_j)^2} + \sqrt{(x_0 - x_{i+k})^2 + (y_0 - y_j)^2} \right) / 2$$

$$\bar{r}_x = \frac{\sum_{j=1}^n r_j}{N}$$

其中， n 为图像的高度， N 为 $r_j \neq 0$ 的个数；

在 y 方向上

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/016125104034010140>