

工业机器视觉方法

— 烟草工业中的精选除杂系统开发

朱文魁 刘 斌 主编



科学出版社

工业机器人视觉方法 ——烟草工业中的精选除杂系统开发

朱文魁 刘 斌 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

工业机器视觉系统的开发应用是流程工业面向精益制造、智能制造发展中研究和关注的重点。本书围绕机器视觉方法在烟草工业中精选除杂工艺应用,系统介绍了该工艺过程中开发应用机器视觉系统面向的关键问题和方法,包括精选除杂目标的图像特征识别、图像处理算法设计、光学检测及在线剔除平台设计等,同时介绍了机器视觉系统在打叶复烤、制丝加工和卷制包装等工艺环节的应用案例。

本书可供工业机器视觉系统研究开发人员及烟草行业的研究开发人员、生产技术人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器视觉方法:烟草工业中的精选除杂系统开发 / 朱文魁, 刘斌主编. —北京: 科学出版社, 2017.3

ISBN 978-7-03-051833-0

I. ①工… II. ①朱… ②刘… III. ①烟草工业—计算机视觉
IV. ①TS4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 032608 号

责任编辑: 潘斯斯 张丽花 / 责任校对: 桂伟利

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 迷底书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京建宏印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 3 月第 一 版 开本: 787×1 092 1/16

2017 年 3 月第一次印刷 印张: 11 1/2

字数: 310 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

编 委 会

主 编：朱文魁 刘 斌

副 主 编：陈良元 王艺斌 谭新良

编写人员：席建平 刘朝贤 王 勇 黄 岗

张 辉 吴文强 许冰洋 毛伟俊

马宇平 顾 亮 丁美宙 陈 孚

李春光 刘 强

主 审：王 兵 钟科军

前 言

近年来,随着光学检测和计算机图像处理技术的发展,机器视觉方法在研究层面和工业、农业、医学、军事等领域中的应用层面均取得了蓬勃发展。在机器视觉理论与方法方面,与之相关的图像处理、计算机图形学、模式识别等学科都成为非常活跃的研究领域,并得到快速深入地发展。另一方面,机器视觉设备和系统集成领域新应用也不断扩大,大批自动化领域的系统集成商及部分工业制造领域,如电子制造、汽车制造、制药包装等开始熟悉并逐渐将视觉系统用于工况监视、成品检验和质量控制等。在工业制造 4.0 的发展背景下,目前机器视觉技术的开发应用已成为流程工业面向智能制造发展中关注的重点。

在烟草工业中,精选除杂工艺过程对原料的纯净度控制有重要意义,一直是制丝加工、打叶复烤等烟草工艺领域关注的关键环节。传统的精选除杂工艺方法,包括人工除杂、风选除杂、机械除杂等方法,在当前流程工业向智能化、信息化迅猛发展的背景下,已难以满足烟草加工工艺面向精益制造、智能制造的发展需求。近年来,以光学检测和计算机图像智能识别为核心的机器视觉方法在烟草加工工艺领域、尤其是在烟叶原料精选除杂方面的应用,得到本书编者在内的诸多相关研究人员的关注和开发,其成果也在工业生产中显示了巨大的应用和推广价值。

本书共分 8 章,第 1 章简要概述机器视觉系统的组成、应用现状及发展趋势;第 2 章介绍烟草工业流程及其精选除杂的工艺环节与处理对象;第 3 章着重阐述烟草中青霉杂梗等精选除杂对象的图像特征;第 4 章提出针对烟草中不同精选除杂对象的图像处理和识别算法设计;第 5 章完整介绍精选除杂机器视觉系统中光学检测、在线剔除等机构设计;第 6 章到第 8 章详细介绍精选除杂机器视觉系统在烟草打叶复烤、制丝加工、卷制包装等工业环节的开发与应用案例。

本书力求通俗易懂,图文并重,理论与实际应用相结合,可作为从事工业机器视觉系统研究开发人员及烟草行业的研究开发人员、生产技术人员阅读的专业学习参考书,也可作为相关大专院校烟草工程专业的本专科生和研究生教学参考书。

本书内容包含了湖南中烟工业有限责任公司与郑州烟草研究院、南京焦耳科技有限公司在相关项目资助下开展三方产学研合作的研究成果,在此谨向项目资助方表示感谢。

由于编者水平所限,疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2017 年 1 月

目 录

前言

第 1 章	机器视觉方法概述	1
1.1	机器视觉系统的组成	1
1.1.1	光源	1
1.1.2	成像系统	2
1.1.3	图像采集单元	4
1.1.4	图像处理与分析单元	5
1.2	机器视觉技术的应用范畴	6
1.2.1	在工业检测中的应用	6
1.2.2	在医学中的应用	7
1.2.3	在机器人导航和视觉伺服系统中的应用	8
1.2.4	在遥感、航天及军事中的应用	9
1.2.5	在农业生产中的应用	10
1.2.6	在其他领域中的应用	11
1.3	在农产品加工中的应用现状	11
1.3.1	果蔬自动采收	11
1.3.2	果实成熟度检测	12
1.3.3	缺陷及损伤检测	13
1.3.4	农产品品质分级	14
1.3.5	异物识别与剔除	15
1.3.6	自动化加工	16
1.4	机器视觉技术发展趋势	16
1.5	本章总结	19
	参考文献	20
第 2 章	烟草加工流程及精选除杂方法概况	24
2.1	烟草加工流程概述	24
2.1.1	烟叶初烤	24
2.1.2	打叶复烤	25
2.1.3	烟叶醇化	25
2.1.4	卷烟制丝	26
2.1.5	卷制包装	27

2.2	烟草精选除杂对象及处理环节	28
2.2.1	烟草杂物类型及来源	28
2.2.2	烟草加工中的除杂处理环节	29
2.3	现行烟草精选除杂方法	31
2.3.1	人工除杂	31
2.3.2	机械除杂	32
2.3.3	风选除杂	33
2.3.4	金属探测除杂	34
2.3.5	光谱除杂机	35
2.4	基于机器视觉的精选除杂系统开发背景	36
2.5	本章总结	37
	参考文献	37
第3章	烟草中青霉杂梗的图像特征分析	39
3.1	图像特征分析基础	39
3.1.1	可见光成像中的图像颜色模型	39
3.1.2	X射线透射成像原理	43
3.2	青烟的图像检测方法	44
3.3	霉烟的图像特征分析	48
3.3.1	现行霉烟鉴别方法	48
3.3.2	霉烟的图像检测方法	49
3.4	非烟杂物的图像特征分析	51
3.5	烟梗的图像特征分析	54
3.6	本章总结	57
	参考文献	57
第4章	烟草中青霉杂梗的图像识别算法设计	59
4.1	机器视觉中的图像处理流程概述	59
4.1.1	图像预处理	59
4.1.2	图像分割	61
4.1.3	形态特征分析	63
4.1.4	分类识别	64
4.2	青烟的图像识别算法	67
4.2.1	颜色空间转换	67
4.2.2	ab特征分类器	68
4.2.3	交叉区域处理	69
4.2.4	青烟判定	69
4.3	霉烟的图像识别算法	69

4.3.1 MSD 图像特征提取	70
4.3.2 神经网络集成算法分类	71
4.4 非烟杂物的图像识别算法	73
4.5 烟梗的图像识别算法	75
4.6 本章总结	78
参考文献	79
第 5 章 烟草精选除杂光学检测与在线剔除系统设计	80
5.1 结团烟剔除机构	80
5.1.1 平行辊组设计	80
5.1.2 附加除麻丝功能结构设计	84
5.2 含梗烟光学检测系统	85
5.2.1 光源系统	85
5.2.2 X 射线探测成像模块	86
5.2.3 图像处理模块	88
5.3 青霉烟光学检测系统	89
5.3.1 光源系统设计	89
5.3.2 CCD 成像模块	90
5.3.3 图像采集处理模块	92
5.4 非烟杂物光学检测系统	93
5.4.1 光源系统设计	94
5.4.2 图像采集处理模块	94
5.5 在线摊薄系统设计	95
5.5.1 摊薄皮带尺寸	96
5.5.2 烟梗检测单元摊薄系统	96
5.5.3 青霉烟检测单元摊薄系统	97
5.5.4 非烟杂物检测单元摊薄系统	98
5.6 在线剔除机构设计	99
5.6.1 阵列电磁剔除阀	99
5.6.2 剔除阀结构设计	101
5.6.3 靶物剔除验证	102
5.7 本章总结	107
参考文献	107
第 6 章 烟草制丝过程的精选除杂系统应用实例	108
6.1 传统人工选叶线概况	108
6.1.1 人工选叶流程	108
6.1.2 人工选叶效率	109

6.2	精选系统流程设置	110
6.3	精选系统性能优化	113
6.3.1	处理流量对精选质量影响	113
6.3.2	剔除精度对精选质量影响	115
6.4	精选系统选叶质量分析	116
6.4.1	青霉杂梗剔除效果	116
6.4.2	合格烟叶纯净度	118
6.4.3	烟片结构水分变化	118
6.5	人-机结合选叶工艺设计	119
6.5.1	精选系统剔除物的人工选叶能效	119
6.5.2	人机结合选叶工艺流程	121
6.5.3	4500kg/h 青霉杂精选线工程实例	122
6.6	本章总结	125
	参考文献	125
第 7 章	烟草打叶复烤过程的光电除梗系统应用实例	126
7.1	传统打叶去梗工艺概况	126
7.1.1	打叶去梗工艺流程	126
7.1.2	打叶去梗烟片质量分析	128
7.1.3	风分器特性分析	131
7.2	光电除梗系统设计	133
7.2.1	硬件平台设计	133
7.2.2	软件系统设计	134
7.2.3	工作性能分析	137
7.3	风选-光电除梗组合的叶梗分离工艺设计	138
7.3.1	总体工艺方案	138
7.3.2	叶梗分离组合工艺优化	140
7.4	工艺验证	142
7.5	本章总结	144
	参考文献	144
第 8 章	烟草产品卷制过程的小盒包装缺陷检测	145
8.1	烟支包装工艺概况	145
8.1.1	包装生产工艺流程	145
8.1.2	成品烟包装缺陷	147
8.2	检测系统总体方案设计	149
8.2.1	小包检测点设计	149
8.2.2	系统检测功能	150

8.3	烟包图像采集参数分析	150
8.3.1	光源形状	150
8.3.2	光照角度	152
8.3.3	成像角度	153
8.4	检测系统硬件结构设计	154
8.4.1	动力分包装置	155
8.4.2	图像采集系统	156
8.4.3	照明系统	157
8.4.4	在线剔除系统	157
8.4.5	信号处理与上位操作系统	157
8.5	图像分析系统设计	158
8.5.1	图像定位	159
8.5.2	灰度分析	160
8.5.3	边缘点检测	162
8.5.4	边缘线检测	163
8.5.5	二值分割	164
8.5.6	拉线检测	165
8.5.7	彩色直方分析	166
8.5.8	斑点分析	167
8.6	本章总结	168
	参考文献	169

第 1 章 机器视觉方法概述

机器视觉就是借助计算机或其他数字硬件，对图像数据转换而来的电信号(被拍摄的目标转换成的图像数据)进行某些特定的数字运算，以实现用机器代替人的感官(视觉)功能，从客观事物图像中提取有用信息来进行测量和判断。机器视觉技术是 20 世纪 70 年代在遥感图像处理和医学图像处理技术成功应用的基础上逐渐发展起来的。由于机器视觉系统可以快速获取大量信息，而且易于自动处理，也易于同设计信息以及过程控制信息集成，所以机器视觉技术在科学研究上、工业生产上或管理部门中都得到越来越多的应用。在现代自动化生产过程中，随着计算机、图像处理与识别、传感等技术的发展，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。

本章围绕机器视觉系统的组成、机器视觉技术的应用范畴及其在农产品加工中的应用现状和发展趋势等，对机器视觉技术进行简要概述，以便于更好地理解后续章节对烟草精选除杂机器视觉系统开发相关内容的介绍。

1.1 机器视觉系统的组成

机器视觉系统的典型工作过程，是通过基于光学检测的成像系统或特殊成像系统，将被摄取目标转换成图像信号，获取的图像被采集存储，并传送给专用的图像处理系统，图像处理系统将获取的图像中像素分布和亮度、颜色等信息转变成数字化信号，并对这些信号进行各种运算来抽取目标的特征，根据特定的目标特征值输出定量或定性的检测判别结果。根据检测判别结果需要反馈执行一定动作的机器视觉系统，还需要执行模块来根据判别的结果完成控制现场的设备动作。

根据上述工作过程，一个机器视觉系统需要包含光源、成像系统、图像采集系统、图像处理与分析单元和控制执行单元，其基本组成如图 1.1 所示。

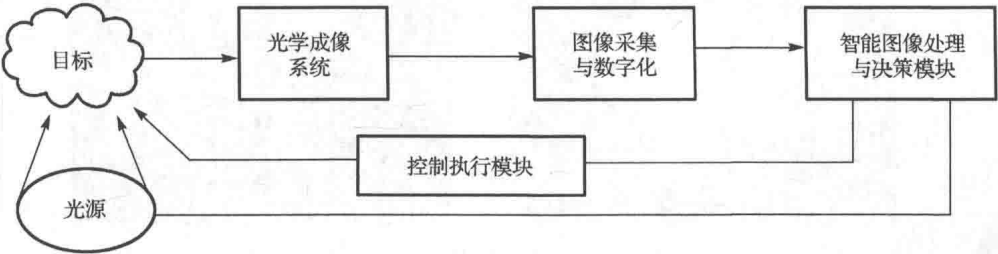


图 1.1 典型机器视觉系统的组成

1.1.1 光源

对于采用光学检测成像的机器视觉系统，光源是机器视觉系统的重要组成部分。

适当的光源照明设计，使图像中的目标信息与背景信息得到最佳分离，可以大大降低目标分割、识别等图像处理算法的难度。反之，如果光源设计不当，会增加图像处理算法设计和成像系统设计的难度，并降低检测结果的准确性。因此，光源类型及其照明方式的选择，对于获取待测目标的理想图像有重要影响。

通过光源对目标的照射，可以提高目标的亮度，形成最有利于图像处理的成像效果；同时克服环境光干扰，保证图像的稳定性。光源分为自然光源和人工光源，自然光源主要是指利用太阳光等自然环境中的光源，人工光源按其发光机理分类如表 1.1 所示。

表 1.1 人工光源类型

光源类型	主要产品
热辐射光源	白炽灯、玻璃反射灯、卤素灯
气体放电发光光源	荧光灯、紧凑型荧光灯、高压钠灯、低压钠灯、汞灯、金属卤化物灯、霓虹灯、激光
固体光源	无极感应灯、微波硫灯、发光二极管 LED

机器视觉系统中常用的光源包括 LED 光源、白炽灯、激光、卤素灯及高频荧光灯。其中，LED 光源由于其寿命长、使用成本低，且制成各种形状、尺寸及各种照射角度、可根据需要制成各种颜色，并可以随时调节亮度、反应快捷，可在 10 微秒或更短的时间内达到最大亮度，成为最常用的机器视觉光源，如图 1.2 所示。

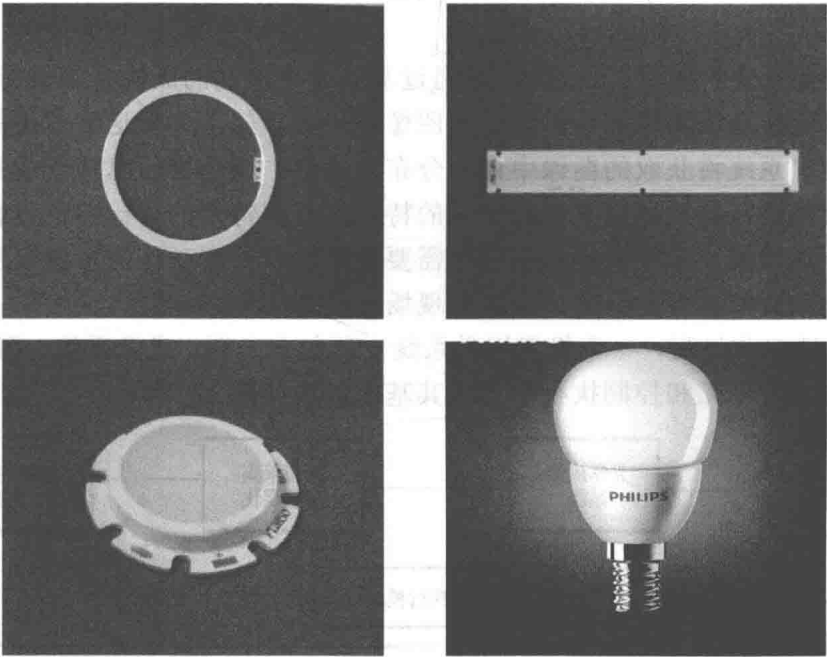


图 1.2 不同形态的 LED 光源图片(环形、条形、圆形、球形)

1.1.2 成像系统

基于光学检测成像的机器视觉系统，其成像系统包括光学镜头及感光摄像单元。

光学镜头的主要作用是将被检测目标成像在摄像机的图像传感器上。光学镜头按焦距可分为广角镜头、标准镜头和长焦镜头，按调焦方式分为手动变焦镜头、电动变焦镜头和定焦镜头，按用途可分为电视闭路监控镜头(CCTV)、工业高分辨率镜头(FA)和显微镜头等。工业检测过程大多选用工业高分辨率镜头，对微小物体的检测可选用显微镜头。

感光摄像单元按感光芯片类型可分为 CCD(Charge-coupled Device)相机和 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)相机两种。CCD 是一种半导体器件，可通过其上排列整齐的光电二极管感应光线，并将光信号转变成电信号，经外部采样放大及模数转换电路转换成数字图像信号。CCD 目前已成为工业机器视觉系统最为常用的图像传感器，为满足不同应用需求，已发展出了不同类型、种类繁多的 CCD 产品，如表 1.2 所示。

表 1.2 CCD 类型

CCD 分类	主要类型
传感器结构特性	线阵相机、面阵相机
扫描方式	逐行扫描、隔行扫描
分辨率大小	普通分辨率相机、高分辨率相机
输出信号速度	普通速度相机、高速相机
输出色彩	单色(黑白)相机、彩色相机
响应频率范围	可见光相机、红外相机、紫外相机

CMOS 是一种利用 CMOS 工艺将光敏元件、放大器、A/D 转换器、存储器、数字信号处理器和计算机接口等集成在一块硅片上的图像传感器件。20 世纪 90 年代初，随着超大规模集成电路的制造工艺技术的发展，CMOS 图像传感器技术得到了迅速发展。但是早期的 CMOS 存在成像质量差、像敏单元小、响应速度慢等缺点，在工业机器视觉领域应用较少。近年来，CMOS 图像传感器性能已能够与 CCD 相比，并且具有价格低、功耗小、集成电路多等优点，在高分辨率和高速摄像场合得到了广泛应用，如图 1.3 和图 1.4 所示。

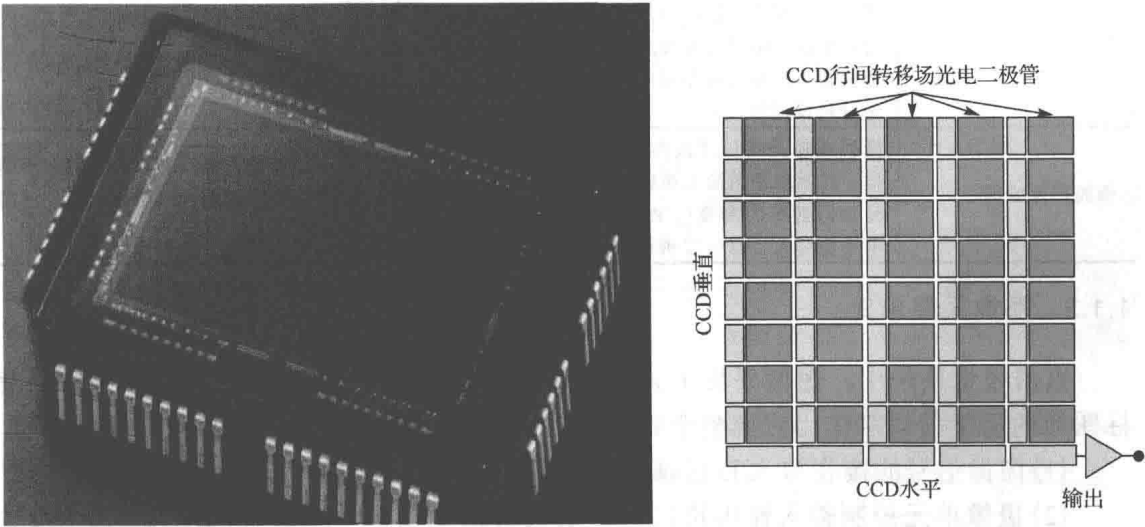


图 1.3 CCD 感光芯片及结构

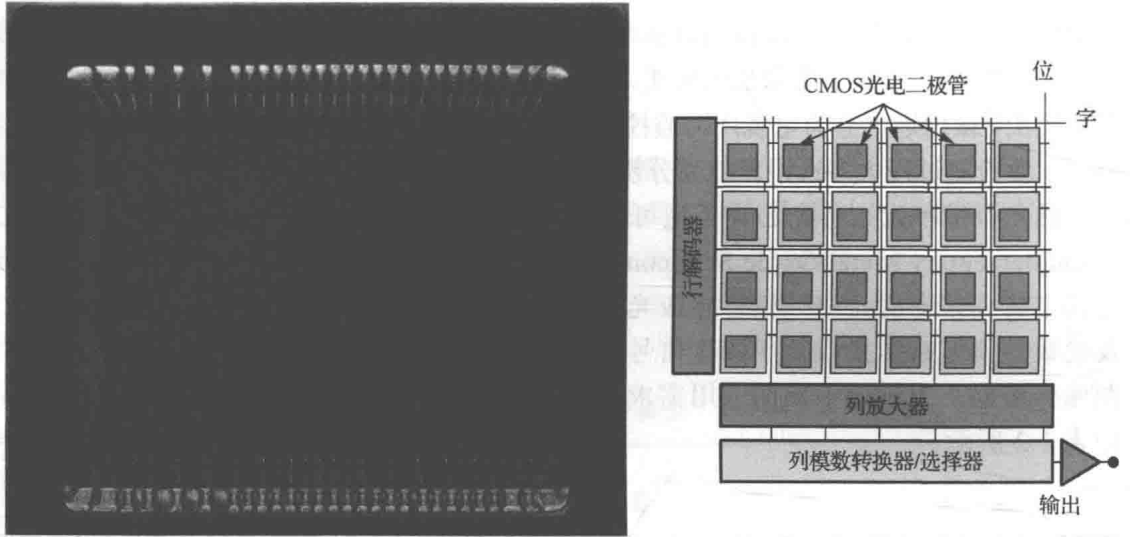


图 1.4 COMS 感光芯片及结构

此外，目前非光学检测的一些特殊成像系统，包括 X-CT 扫描层析成像、MRI 磁共振成像、超声成像、微波层析成像等，在机器视觉系统开发设计中也得到了长足的发展，并在医学、军事、农产品及工业制品检测领域中得到广泛关注和应用，如表 1.3 所示。

表 1.3 特殊成像方式

成像方式	成像原理	主要应用领域
X-CT 扫描层析成像	基于 X 射线检测的 CT 扫描层析成像技术	最初用于医学影像分析，20 世纪 70 年代以来工业 CT 技术逐渐成熟，并应用于产品缺陷检测、组件尺寸测量及结构分析等方面
MRI 磁共振成像	利用 C 或 H 原子核自旋运动的特点，在外加磁场内经射频脉冲激励后产生信号，用探测器检测成像	医学和农产品品质检测中应用较多
超声成像	利用超声声束扫描人体，通过对反射波的接收、处理，以获得体内器官的图象。一部分声波会产生反射，接收器可对反射波进行分析，就能异常精确地测出缺陷，并且能显示内部缺陷的位置和大小，测定材料厚度等	医学、材料检测
微波层析成像	微波成像是以微波作为信息载体的一种成像手段，其原理是用微波照射被测物体，然后通过物体外部散射场的测量值来重构物体的形状或(复)介电常数分布。微波层析成像、微波热声成像	军事、航空探测；在农林监测、海洋监测、测绘制图、军事侦察有广泛用途

1.1.3 图像采集单元

机器视觉系统中，图像采集单元，即图像采集卡是控制成像系统摄像、完成对目标图像的采集与数字化，协调整个系统的重要设备。它一般具有以下功能模块。

(1) 图像信号的接收与 A/D 转换模块，负责图像信号的放大与数字化。

(2) 摄像单元控制输入输出接口，主要负责协调摄像单元进行同步或异步重置拍照、定时拍照等。

(3) 总线接口, 负责通过计算机内部总线高速输出数字数据, 一般是 PCI 接口, 传输速率可高达 130Mbit/s, 能胜任高精度图像的实时传输, 并且占用较少的 CPU 时间。

(4) 显示模块, 负责高质量的图像实时显示。

(5) 总线接口, 负责通信。

目前, 图像采集卡种类很多, 按照不同的分类方法, 有黑白和彩色图像采集卡, 有模拟信号和数字信号采集卡, 有复合信号和 RGB 分量信号输入采集卡, 在选择图像采集卡时, 主要应考虑到系统的功能需求、图像的采集精度和摄像单元输出信号的匹配等因素, 如图 1.5 所示。

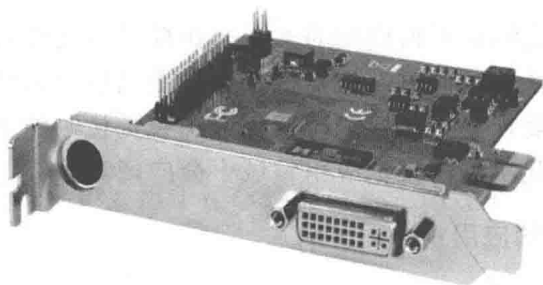


图 1.5 PCI 高速图像采集卡

1.1.4 图像处理与分析单元

图像处理与分析是机器视觉系统工作的核心, 它相当于人的大脑, 如何对图像进行处理和运算, 即算法都体现在这里, 是机器视觉系统开发中的重点和难点。图像处理与分析的目的在于解决被测目标特征的检测识别问题, 为此需要获取可正确描述目标物与非目标物的图像特征。机器视觉系统对图像的处理与分析, 通常包括以下几个环节。

(1) 图像增强。图像增强的目的在于改善图像质量和视觉效果, 或者将图像转换为更适合机器分析、识别的形式, 以便于获取更加有利的特征信息。一般而言, 图像增强是根据具体的应用场景和图像的模糊情况而采用特定的增强方法来突出图像中的某些信息、并削弱或消除无关信息, 以达到强调图像的整体或局部特征的目的。常用的图像增强方法有灰度变换、直方图修正、噪声清除、图像锐化、频域滤波、同态滤波及彩色增强等。

(2) 图像分割。图像分割就是把图像分成若干个特定的、具有独特性质的区域并提出感兴趣目标的过程, 其本质是将图像中的像素进行分类, 分类的依据是像素的灰度值、颜色、频谱特性、空间特性或纹理特性。现有的图像分割方法主要分以下几类: 基于阈值的分割方法、基于区域的分割方法、基于边缘的分割方法以及基于特定理论的分割方法等。

(3) 图像识别。图像识别的过程实际上可以看作一个标记的过程, 即利用特定的识别算法来辨识已分割好的各个物体, 给这些物体赋予的特征标记, 并将辨识结果输出用于目标判断及控制动作输出。

目前, 随着微电子技术和大规模集成电路技术的快速发展, 为了提高系统的实时

性，对图像处理的很多工作都可以借助硬件完成，如 DSP、专用图像信号处理卡等，软件则主要完成算法中非常复杂、不太成熟、尚需不断探索和改变的部分。

控制执行模块用来根据对图像的识别和判别结果完成控制现场的设备动作。对于不同的应用场合，执行机构可以使机电系统、液压系统、气动系统中的某一种，但无论是哪一种，其动态性能，特别是快速性、稳定性和准确性十分重要，必须在设计时予以足够的重视。

1.2 机器视觉技术的应用范畴

机器视觉具有非接触式无损检测的优点，在很多不适合人工作业的苛刻工作环境都可以使用机器视觉系统。同时，机器视觉有着更高的分辨精度和速度，在大批量工业生产过程中，用机器视觉方法检测可避免人工视觉检测的主观性，大大提高生产效率和自动化程度。因此，机器视觉应用领域十分广阔。

1.2.1 在工业检测中的应用

在各类工业生产线中，机器视觉技术已普遍用于在制品过程质量和成品质量检测检验。在电子制造领域中，采用机器视觉系统进行高精度 PCB 定位和 SMT 元件放置，还有进行半导体集成块封装质量检测。在机械加工领域，主要进行组件结构的尺寸检测，以及零部件表面和内部结构缺陷检测，并通过反馈控制提高产品的成品率。木材加工行业中，主要用于木料中缺陷检测和体积检测。在食品饮料领域主要有包装检测和分类识别方面的应用，如饮料行业的容器质量检测、饮料灌装检测、封口检测。在汽车制造领域，主要是装配线的在线检测和零部件的离线检测，还有整车及部件的表面检测。在医药领域主要是采用机器视觉技术对药品包装环节进行检测，以确定是否装入正确数量的药粒。在烟草加工中的卷制包装环节，也普遍采用了机器视觉系统进行小盒和条包的包装质量检测，并反馈进行瑕疵包装的剔除。在工业生产线中通过引入机器视觉系统，节约了大量人力、物力，提高了产品的质量和可靠性，如图 1.6 和图 1.7 所示。

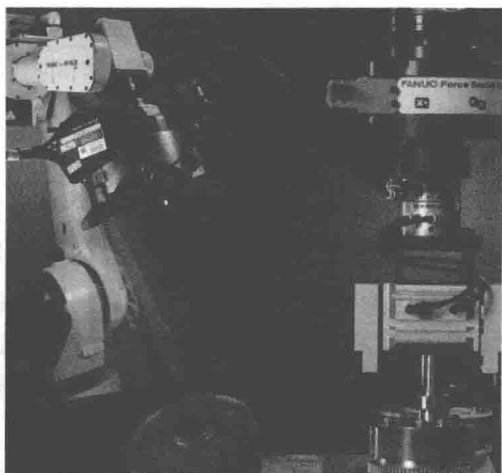


图 1.6 机械加工行业机器视觉系统应用

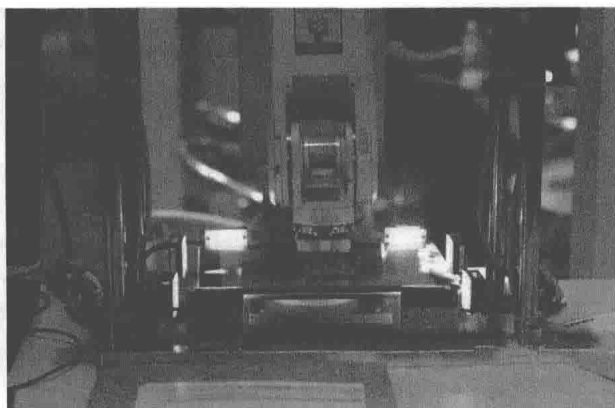


图 1.7 电子制造领域机器视觉系统应用

1.2.2 在医学中的应用

在医学领域，机器视觉主要用于医学影像分析。通过采用数字图像处理方法，对 X-CT 图像、超声图像、核磁共振图像等进行分析，或其他医学影像数据进行统计分析，为医生提供辅助诊断信息。不同的医学成像手段，可得到不同特性的生物组织图像，如 X 射线得到的是骨骼图像，超声及核磁共振得到的是有机器官组织的图像，图像处理中信息融合技术可将不同医学图像信息叠加，以便于医学诊断分析。医学成像技术在细胞检测分析中的应用也越来越多。除细胞计数分析外，常见的有癌细胞显微图像分割与识别、基于多特征融合的血红系细胞识别和乳腺癌细胞计算机的自动识别等。基于上述目的的机器视觉系统，主要通过建立医学显微镜检测系统，收集临床显微镜细胞检测图样。然后应用先进的图像分析与处理方法对图样进行分析、定位和提取特征参数，实现被检实物图像的自动识别。

此外，近年来快速发展的计算机辅助外科手术系统，采用人机协作的方式利用 X-CT、核磁共振等多模图像数据和立体手术导航定位系统，辅助外科医生进行手术的计划 and 干预，已应用于神经外科、整形外科和牙科等领域，如图 1.8 和图 1.9 所示。

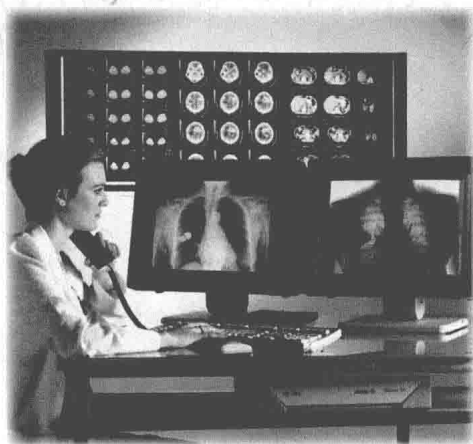


图 1.8 医学领域机器视觉系统应用实例