



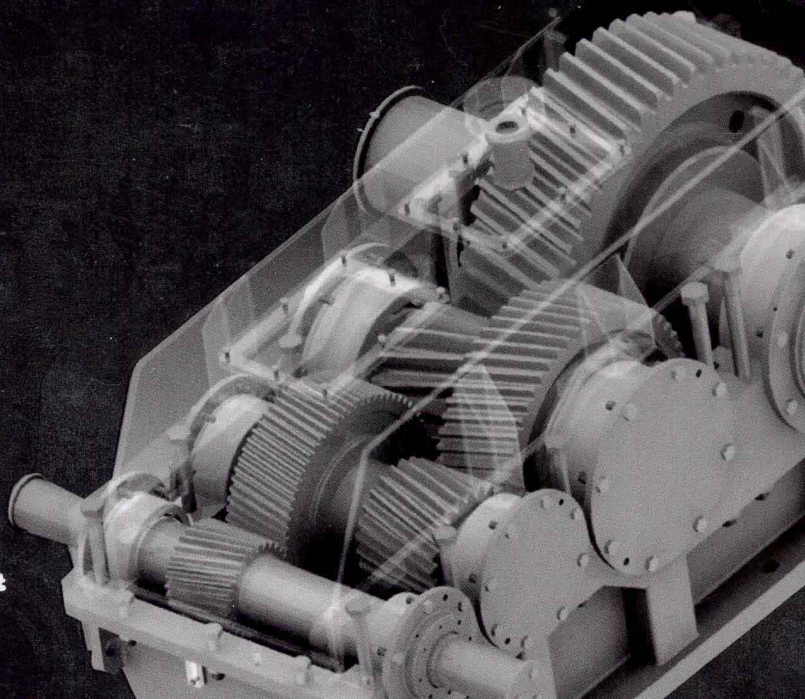
机器视觉 自动检测技术

JIQI SHIJUE >>>
ZIDONG JIANCE JISHU

余文勇 石 绘 编著

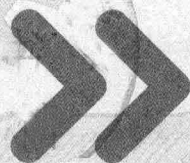


化学工业出版社



机器视觉 自动检测技术

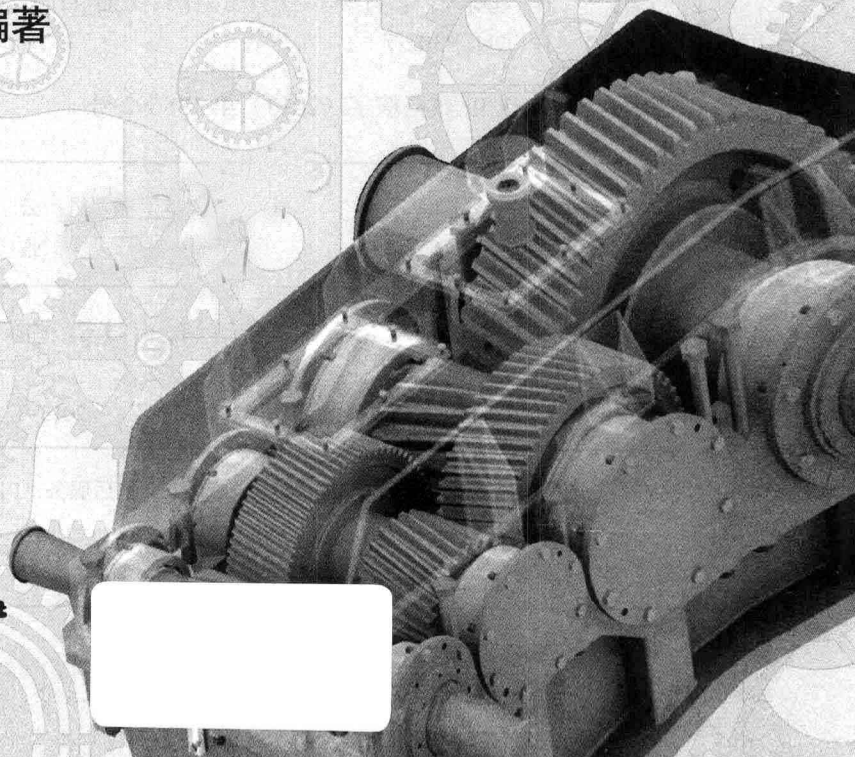
JIQI SHIJUE
ZIDONG JIANCE JISHU



余文勇 石 绘 编著



化学工业出版社
·北京·



本书提出了网络化多目视觉在线快速检测理论与系统,系统地介绍了机器视觉自动检测领域的知识和技术。本书共分为六章。第1章讲述数字图像与机器视觉技术的发展历程、发展趋势和前景。第2章讲述机器视觉系统的硬件构成,包括相机的分类及主要特性参数、光学镜头的原理与选型、图像采集卡的原理及种类、图像数据的传输方式等。第3章讲述机器视觉成像技术,内容包括工业环境下的灰度照明技术和彩色照明技术,以及LED照明设计技术和三维视觉成像技术。第4章重点讲述机器视觉核心算法。第5章介绍机器视觉软件的开发与实现,包括常用机器视觉工具和软件设计方法。第6章着重讲述视觉测量与检测的工程应用和案例分析。

本书可供从事检测技术、智能设备应用、研究的专业人员参考,也可供高等院校相关专业教学使用。

图书在版编目(CIP)数据

机器视觉自动检测技术 / 余文勇, 石绘编著. —北京: 化学工业出版社, 2013.7

ISBN 978-7-122-17682-0

I. ①机… II. ①余… ②石… III. ①计算机视觉-自动检测-教材 IV. ①TP302.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 138692 号

责任编辑: 杨菁 李玉晖

责任校对: 宋夏

文字编辑: 云雷

装帧设计: 张辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15½ 字数 387 千字 2013 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究



前言

产品检测在半导体、精密制造、包装印刷等行业应用广泛且需求迫切，但检测手段一直在离线检测（如工具显微镜、投影测量仪和体视显微镜等传统设备）或人工检测的技术中徘徊。近些年随着产品的高档化和微型化，加工订单的国际化，对检测的要求越来越高，精度从 0.01mm 向 0.001mm 过渡，计量方式从抽检向 100%全检过渡，检测项目从简单走向复杂、从单项走向多项综合。通过机器视觉技术改变传统的计量和检测方式，满足现代制造业的高速、精密、复杂需要已迫在眉睫。

机器视觉检测技术的应用大致分为两个层次：一类是离线检测，由于对算法的实时性和硬件的处理速度要求不高，此类应用已经相对成熟；另一类是实时在线检测，目前存在如下瓶颈问题。

1) 复杂问题的求解：缺陷是检测对象的物理特性、力学特性和光学特性的综合反映，容易淹没在重复模式的微动、材料形变和背景噪声之中，高速环境下单纯依赖图像信息来获得全面质量数据，在很多应用场合已被证明不可行。

2) 视觉信息处理的网络化问题：随着检测精度的提高，观测面积的增大和检测任务的复杂，单机系统无法同时满足数据传输、图像处理和实时控制的要求，以网络为中心的多目视觉检测和分布式计算成为现代自动化生产线计量和品检的主流需求。

3) 处理速度的高速化问题：当今最快的生产速度已达到 1000m/min，处理速度的高速化永远是机器视觉系统所追求的目标，但处理速度受制于数据流量、处理算法和硬件结构。

针对上述问题，本书的目的，一是提出网络化多目视觉在线快速检测理论与系统，将检测对象的运动学特性和动力学特性映射到视觉信息空间和纹理空间，建立描述模式微动和形变特性的动态视觉信息模型，进而将产品瑕疵从模式差异、材料形变和图像噪声中分离出来；检测速度和实时性通过网络化多目视觉系统来实现。

二是系统介绍机器视觉自动检测领域的知识，让读者了解机器视觉与图像处理的基本原理、构造、编程技术，并结合实际案例，介绍和讲述机器视觉自动检测技术在半导体与集成电路行业、精密制造行业、包装印刷行业、农副产品深加工行业等关系到国计民生的行业中的研究和应用。

另外，本书有意培养读者熟悉图像处理程序的编写与调试，具备基本的编程解决问题的能力；并且培养读者作为应用科学研究者应具有的对工作认真负责的态度。

本书由两位主要编著者合力完成，同时得到欧阳曲、孙长江、吴文鑫、金炜等的大力协助，在此深表感谢。鉴于编著者水平有限，本书不妥之处在所难免，希望读者指正。

编著者
2013年5月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 机器视觉的定义	1
1.2 机器视觉系统的构成	2
1.3 机器视觉系统的一般工作过程	4
1.4 机器视觉系统的特点	5
1.5 机器视觉系统的发展	6
1.6 机器视觉系统的应用领域	9
1.7 机器视觉系统相关会议和期刊	12
第 2 章 机器视觉系统的构成	13
2.1 相机的分类及主要特性参数	13
2.2 光学镜头的原理与选型	30
2.3 图像采集卡的原理及种类	45
2.4 图像数据的传输方式汇总及比较	52
2.5 光源的种类与选型	56
第 3 章 机器视觉成像技术	61
3.1 光源概述	61
3.2 灰度照明技术	68
3.3 彩色照明技术	71
3.4 偏光技术	79
3.5 发光二极管照明技术	80
第 4 章 机器视觉核心算法	93
4.1 图像预处理	93
4.2 频率图像增强	100
4.3 数学形态学及其应用	106
4.4 灰度均衡的原理与方法	113
4.5 边缘检测算法及其应用	118
4.6 Blob 分析	123
4.7 阈值分割的原理与方法汇总	128
4.8 模式匹配算法及其应用	137
4.9 摄像机标定	145
4.10 测量算法	158

第 5 章 软件的开发与实现	169
5.1 图像文件格式	169
5.2 相关函数库的选择及使用	174
第 6 章 机器视觉工程应用	187
6.1 快速实时视觉检测系统的设计	187
6.2 在包装印刷中的应用及案例分析	197
6.3 在表面质量检测领域中的应用及案例分析	210
6.4 在尺寸测量领域中的应用及案例分析	222
6.5 在字符识别中的应用及案例分析	231
6.6 在视觉伺服中的应用——基于视觉伺服的镭射膜在线纠偏系统	237
参考文献	242

第 1 章 概 述

1.1 机器视觉的定义

人类在征服自然、改造自然和推动社会进步的过程中，由于自身能力、能量的局限性，发明和创造了许多机器来辅助或代替人类完成任务。智能机器，包括智能机器人，是这种机器最理想的形式，也是人类科学研究中所面临的巨大挑战之一。

智能机器是指这样一种系统，它能模拟人类的功能，能感知外部世界并有效地替代人解决问题。人类感知外部世界主要是通过视觉、触觉、听觉和嗅觉等感觉器官，其中约 60% 的信息是由视觉获取的。因此，对于智能机器来说，赋予机器以人类视觉的功能，对发展智能机器是极其重要的。例如，在现代工业自动化生产中，涉及各种各样的产品质量检验、生产监视及零件识别应用，诸如零配件批量加工的尺寸检查，自动装配的完整性检查，电子装配线的组件自动定位，IC 上的字符识别等。通常人眼无法连续地、稳定地完成这些带有高度重复性和智慧性的工作，其他物理量传感器也难独立完成。因此人们开始考虑利用光电成像系统，采集被控目标的图像，而后经计算机或专用的图像处理模块进行数字化处理，根据图像的像素分布、亮度和颜色等信息，来进行尺寸、形状、颜色等的判别。这样，就把计算机的快速性、可重复性，与人眼视觉的高度智能化和抽象能力相结合，由此产生了机器视觉的概念。机器视觉的发展不仅将大大推动智能系统的发展，也将拓宽计算机与各种智能机器的研究范围和应用领域。

美国制造工程协会（American Society of Manufacturing Engineers, ASME）机器视觉分会和美国机器人工业协会（Robotic Industries Association, RIA）的自动化视觉分会对机器视觉下的定义为：“机器视觉（Machine Vision）是通过光学的装置和非接触的传感器自动地接受和处理一个真实物体的图像，通过分析图像获得所需信息或用于控制机器运动的装置”。

简单地讲，机器视觉是指基于视觉技术的机器系统或学科，故从广义来说，机器人、图像系统、基于视觉的工业测控设备等统属于机器视觉范畴。从狭义角度来说，机器视觉更多指基于视觉的工业测控系统设备。机器视觉系统的特点是提高生产的产品质量和生产线自动化程度。尤其是在一些不适合于人工作业的危险工作环境或人眼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。

机器视觉系统的功能是通过机器视觉产品（即图像摄取装置）抓拍图像，然后将该图像传送到处理单元，通过数字化处理，根据像素分布和亮度、颜色等信息，来进行尺寸、形状、颜色等的判别，进而根据判别的结果来控制现场的设备动作。

使用机器视觉系统有以下五个主要原因。

① 精确性 由于人眼有物理条件的限制，在精确性上机器有明显的优点。即使人眼依靠放大镜或显微镜来检测产品，机器仍然会更加精确，因为它的精度能够达到千分之一英寸。

② 重复性 机器可以以相同的办法重复完成检测工作而不会感到疲倦。与此相反,受生理和心理的影响,人眼每次检测产品时都会感觉细微的不同,即使产品是完全相同的。

③ 速度 机器能够更快地检测产品。特别是当检测高速运动的物体时,比如说生产线上,机器能够提高生产效率。

④ 客观性 人眼检测还有一个致命的缺陷,就是情绪带来的主观性,检测结果会随工人心情好坏产生变化,而机器没有喜怒哀乐,检测的结果自然非常可观可靠。

⑤ 成本 由于机器比人快,一台自动检测机器能够承担好几个人任务。而且机器不需要停顿、不会生病、能够连续工作,所以能够极大地提高生产效率。

机器视觉伴随着信息技术、现场总线技术的发展,技术日臻成熟,已是现代加工制造业不可或缺的产品,广泛应用于食品和饮料、化妆品、制药、建材和化工、金属加工、电子制造、包装、汽车制造等行业。机器视觉的引入,代替传统的人工检测方法,极大地提高了产品质量和生产效率。

1.2 机器视觉系统的构成

机器视觉技术通过处理器分析图像,并根据分析得出结论。现今机器视觉有两种典型应用。机器视觉系统一方面可以探测部件,由光学器件精确地观察目标并由处理器对部件的合格与否做出有效的决定;另一方面,机器视觉系统也可以用来创造部件,即运用复杂光学器件和软件相结合直接指导制造过程。典型的机器视觉系统一般包括如下部分:光源,镜头,摄像头,图像处理单元(或图像捕获卡),图像处理软件,监视器,通信/输入输出单元等。从机器视觉系统的运行环境来看,可以分为 PC-BASED 系统和嵌入式系统。PC-BASED 的系统利用了其开放性,高度的编程灵活性和良好的 Windows 界面,同时系统总体成本较低。一个完善的系统内应含高性能图像捕获卡,可以接多个摄像镜头,配套软件方面,有多个层次,如 Windows2K/XP/NT 环境下 C/C++ 编程用 DLL,可视化控件 activeX 提供 VB 和 VC++ 下的图形化编程环境,甚至 Windows 下的面向对象的机器视觉组态软件,用户可用它快速开发复杂高级的应用。在嵌入式系统中,视觉的作用更像一个智能化的传感器,图像处理单元独立于系统,通过串行总线和 I/O 与 PLC 交换数据。系统硬件一般利用高速专用 ASIC 或嵌入式计算机进行图像处理,系统软件固化在图像处理器中,通过操作面板对显示在监视器中的菜单进行配置,或在 PC 上开发软件然后下载。嵌入式系统体现了可靠性高、集成化,小型化、高速化、低成本的特点。

典型的 PC-BASED 的机器视觉系统通常由如图 1-1 所示的几部分组成。

① 相机与镜头 这部分属于成像器件,通常的视觉系统都是由一套或者多套这样的成像系统组成。按照不同标准可分为:标准分辨率数字相机和模拟相机等。要根据不同的实际应用场合选不同的相机和高分辨率相机:诸如线扫描 CCD 和面阵 CCD;单色相机和彩色相机。如果有多路相机,可能由图像采集卡切换来获取图像数据,也可能由同步控制同时获取多相机通道的数据。根据应用的需要,相机可能是输出标准的单色视频(RS-170/CCIR)、复合信号(Y/C)、RGB 信号,也可能是非标准的逐行扫描信号、线扫描信号、高分辨率信号等。镜头选择应注意:焦距、目标高度、影像高度、放大倍数、影像至目标的距离、畸变等。

② 光源 作为辅助成像器件,对成像质量的好坏往往能起到至关重要的作用,各种形状的 LED 灯、高频荧光灯、光纤卤素灯等都容易得到。照明是影响机器视觉系统输入的重要

因素，它直接影响输入数据的质量和应⽤效果。由于没有通用的机器视觉照明设备，所以对每个特定的应⽤实例，要选择相应的照明装置，以达到最佳效果。光源可分为可见光和不可见光。常用的几种可见光源是白炽灯、日光灯、水银灯和钠光灯。光源系统按其照射⽅法可分为背向照明、前向照明、结构光和频闪光照明等。其中，背向照明是被测物放在光源和摄像机之间，它的优点是能获得高对比度的图像。前向照明是光源和摄像机位于被测物的同侧，这种⽅式便于安装。结构光照明是将光栅或线光源等投射到被测物上，根据它们产生的畸变，解调出被测物的三维信息。频闪光照明是将高频率的光脉冲照射到物体上，可获得瞬间高强度照明，但摄像机拍摄要求与光源同步。

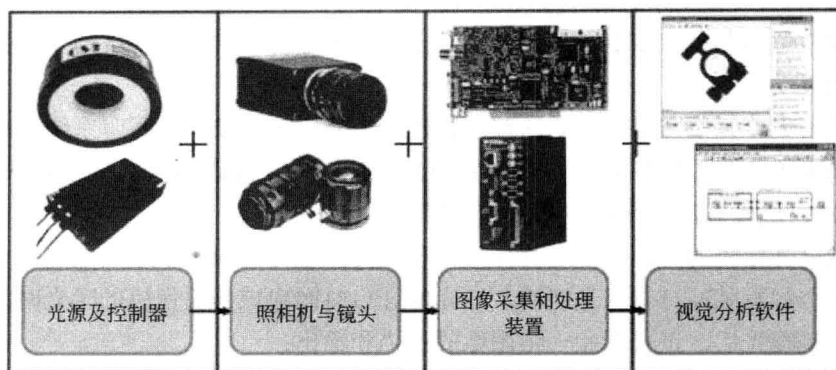


图 1-1 PC-BASED 的机器视觉系统基本组成

③ 传感器 通常以光电开关、接近开关等的形式出现，用以判断被测对象的位置和状态，告知图像传感器进行正确的采集。

④ 图像采集卡 通常以插卡的形式安装在 PC 中，图像采集卡的主要工作是⽅相机输出的图像输送给电脑主机。它将来自相机的模拟或数字信号转换成一定格式的图像数据流，同时它可以控制相机的一些参数，比如触发信号、曝光/积分时间、快门速度等。图像采集卡通常有不同的硬件结构以针对不同类型的相机，同时也有不同的总线形式，比如 PCI、PCI64、Compact PCI、PCI04、ISA 等。图像采集卡直接决定了摄像头的接口：黑白、彩色、模拟、数字等。比较典型的是 PCI 或 AGP 兼容的捕获卡，可以将图像迅速地传送到计算机存储器进行处理。有些采集卡有内置的多路开关。例如，可以连接 8 个不同的摄像机，然后告诉采集卡采用哪一个相机抓拍到的信息。有些采集卡有内置的数字输⼊以触发采集卡进行捕捉，当采集卡抓拍图像时数字输出口就触发闸门。

⑤ PC 平台 电脑是 PC-BASED 视觉系统的核心，在这里完成图像数据的处理和绝大部分的控制逻辑，对于检测类型的应⽤，通常都需要较高频率的 CPU，这样可以减少处理的时间。同时，为了减少工业现场电磁、振动、灰尘、温度等的干扰，必须选择工业级的电脑。

⑥ 视觉处理软件 机器视觉软件用来完成输⼊的图像数据的处理，然后通过一定的运算得出结果，这个输出的结果可能是 PASS/FAIL 信号、坐标位置、字符串等。常见的机器视觉软件以 C/C++ 图像库、ActiveX 控件、图形式编程环境等形式出现，可以是专用功能的（比如仅仅用于 LCD 检测、BGA 检测、模板对准等），也可以是通用目的的（包括定位、测量、条码/字符识别、斑点检测等）。

⑦ 控制单元（包含 I/O、运动控制、电平转化单元等）一旦视觉软件完成图像分析（除

非仅用于监控),紧接着需要和外部单元进行通信以完成对生产过程的控制。简单的控制可以直接利用部分图像采集卡自带的 I/O,相对复杂的逻辑/运动控制则必须依靠附加可编程逻辑控制单元/运动控制卡来实现必要的动作。

上述的 7 个部分是一个基于 PC 式的视觉系统的基本组成,在实际的应用中针对不同的场合可能会有不同的增加或裁减。

1.3 机器视觉系统的一般工作过程

一个完整的机器视觉系统的主要工作过程如下:

- ① 工件定位传感器探测到物体已经运动至接近摄像系统的视野中心,向图像采集单元发送触发脉冲;
- ② 图像采集单元按照事先设定的程序和延时,分别向摄像机和照明系统发出触发脉冲;
- ③ 摄像机停止目前的扫描,重新开始新的一帧扫描,或者摄像机在触发脉冲来到之前处于等待状态,触发脉冲到来后启动一帧扫描;
- ④ 摄像机开始新的一帧扫描之前打开电子快门,曝光时间可以事先设定;
- ⑤ 另一个触发脉冲打开灯光照明,灯光的开启时间应该与摄像机的曝光时间匹配;
- ⑥ 摄像机曝光后,正式开始一帧图像的扫描和输出;
- ⑦ 图像采集单元接收模拟视频信号通过 A/D 将其数字化,或者是直接接收摄像机数字化后的数字视频数据;
- ⑧ 图像采集单元将数字图像存放在处理器或计算机的内存中;
- ⑨ 处理器对图像进行处理、分析、识别,获得测量结果或逻辑控制值;
- ⑩ 处理结果控制生产流水线的动作、进行定位、纠正运动的误差等。

从上述的工作流程可以看出,机器视觉系统是一种相对复杂的系统。大多监控对象都是运动物体,系统与运动物体的匹配和协调动作尤为重要,所以给系统各部分的动作时间和处理速度带来了严格的要求。在某些应用领域,例如机器人、飞行物体制导等,对整个系统或者系统的一部分的重量、体积和功耗都会有严格的要求。

尽管机器视觉应用各异,归纳一下,都包括以下几个过程。

- ① 图像采集:光学系统采集图像,图像转换成数字格式并传入计算机存储器。
- ② 图像处理:处理器运用不同的算法来提高对检测有重要影响的图像像素。
- ③ 特征提取:处理器识别并量化图像的关键特征,例如位置、数量、面积等。然后这些数据传送到控制程序。
- ④ 判决和控制:处理器的控制程序根据接收到的数据做出结论。例如:位置是否符合规格,或者执行机构如何移动去拾取某个部件。

图 1-2 是工程应用上的典型的机器视觉系统。在流水线上,零件经过输送带到达触发器时,摄像单元立即打开照明,拍摄零件图像;随即图像数据被传递到处理器,处理器根据像素分布和亮度、颜色等信息,进行运算来抽取目标的特征:面积、长度、数量、位置等;再根据预设的判据来输出结果:尺寸、角度、偏移量、个数、合格/不合格、有/无等;通过现场总线与 PLC 通信,指挥执行机构(诸如气泵),弹出不合格产品。

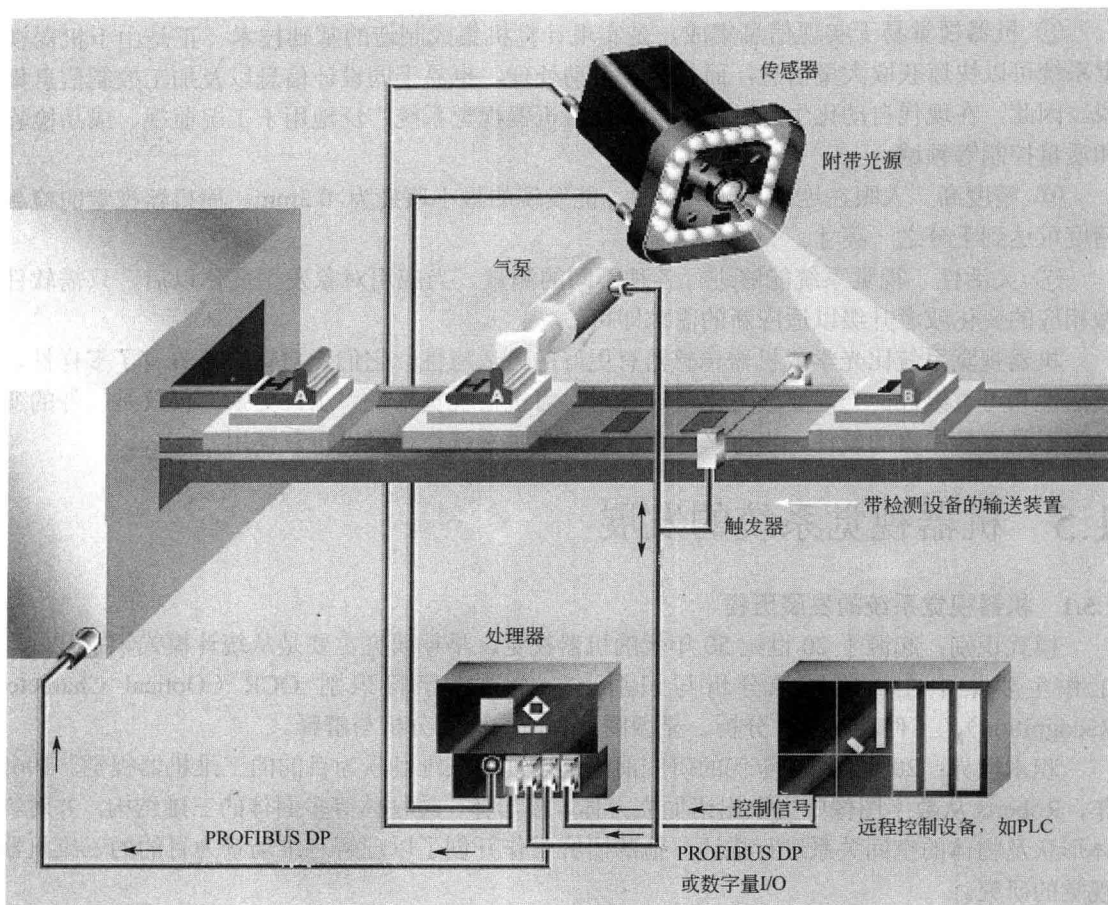


图 1-2 典型机器视觉系统

1.4 机器视觉系统的特点

机器视觉系统的特点如下。

① 非接触测量 对于观测者与被观测者的脆弱部件都不会产生任何损伤，从而提高系统的可靠性。在一些不适合人工操作的危险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。

② 具有较宽的光谱响应范围 例如使用人眼看不见的红外测量，扩展了人眼的视觉范围。

③ 连续性 机器视觉能够长时间稳定工作，使人们免除疲劳之苦。人类难以长时间对同一对象进行观察，而机器视觉则可以长时间地作测量、分析和识别任务。

④ 成本较低，效率很高 随着计算机处理器价格的急剧下降，机器视觉系统的性价比也变得越来越。而且，视觉系统的操作和维护费用非常低。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。

⑤ 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。正是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加工控制信息集成。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。

⑥ 精度高 人眼在连续目测产品时，能发现的最小瑕疵为 0.3mm，而机器视觉的检测精度可达到千分之一英寸。

⑦ 灵活性 视觉系统能够进行各种不同的测量。当应用对象发生变化以后，只需软件做相应的变化或者升级以适应新的需求即可。

机器视觉系统比光学或机器传感器有更好的可适应性。它们使自动机器具有了多样性、灵活性和可重组性。当需要改变生产过程时，对机器视觉来说“工具更换”仅仅是软件的变换而不是更换昂贵的硬件。当生产线重组后，视觉系统往往可以重复使用。

1.5 机器视觉系统的发展

1.5.1 机器视觉系统的发展历程

模式识别：起源于 20 世纪 50 年代的机器视觉，早期研究主要是从统计模式识别开始，工作主要集中在二维图像分析与识别上，如光学字符识别 OCR (Optical Character Recognition)、工件表面图片分析、显微图片和航空图片分析与解释。

积木世界：20 世纪 60 年代的研究前沿是以理解三维场景为目的的三维机器视觉。1965 年，Roberts 从数字图像中提取出诸如立方体、楔形体、棱柱体等多面体的三维结构，并对物体形状及物体的空间关系进行描述。他的研究工作开创了以理解三维场景为目的的三维机器视觉的研究。

对积木世界的创造性研究给人们以极大的启发，许多人相信，一旦由白色积木玩具组成的三维世界可以被理解，则可以推广到理解更复杂的三维场景。

于是，人们对积木世界进行了深入的研究。研究的范围从边缘、角点等特征提取，到线条、平面、曲面等几何要素分析，一直到图像明暗、纹理、运动以及成像几何等，并建立了各种数据结构和推理规则。

起步发展：20 世纪 70 年代出现了一些视觉运动系统 (Guzman1969, Mackworth1973)。与此同时，美国麻省理工大学的人工智能 (AI, Artificial Intelligence) 实验室正式开设“机器视觉”的课程，由国际著名学者 B. K. P. Horn 教授讲授。大批著名学者进入麻省理工大学参与机器视觉理论、算法、系统设计的研究。

1977 年，David Marr 教授在麻省理工大学的人工智能 (AI) 实验室领导一个以博士生为主体的研究小组，于 1977 年提出了不同于“积木世界”分析方法的计算视觉理论，该理论在 80 年代成为机器视觉研究领域中的一个十分重要的理论框架。

蓬勃发展：20 世纪 80 年代到 20 世纪 90 年代中期，机器视觉获得蓬勃的发展，新概念、新方法、新理论不断涌现。如：基于感知特征群的物体识别理论框架、主动视觉理论框架、视觉集成理论框架等。

到目前为止，机器视觉仍然是一个非常活跃的研究领域。

1.5.2 中国机器视觉系统的研究现状

随着中国企业生产自动化程度的提高，近四五年来，机器视觉在国内开始快速发展。中

国国际机器视觉展览会年年举办，得到了行业的极大关注。近年来，国内机器视觉领域的研究机构和厂商纷纷加大投入，一致看好这一自动化领域的新市场。

(1) 机器视觉市场庞大

采用机器视觉可以完成人工很难实现的任务，特别是在需要高速、高精度要求的系统中。比如，电子制造业、汽车制造业、包装与印刷业、化工、能源、加工机械等行业都是机器视觉的用户或者潜在用户。从国际市场来看，机器视觉目前最大的应用领域是半导体电子制造业。而中国目前已经成为全球主要的生产制造基地，全球一半以上的手机是中国制造，很多半导体公司都在中国设有生产工厂，这些企业需要大量的机器视觉系统。

随着企业自动化程度的不断提高和对质量更加严格的控制要求，迫切需要机器视觉来代替人工检测。中国的工业生产正从依赖廉价劳动力转向更高层次的自动化生产，这带来了对自动化设备的大量需求。另外，中国早期的工业设备自动化程度普遍较低，因此，需要大量的更新换代，这些都构成了对包括机器视觉在内的自动化设备的庞大市场需求。

(2) 机器视觉系统核心技术逐步被国人掌握

机器视觉领域的厂商包括设备提供商和系统集成商。要将机器视觉系统中多个部件整合在一起，能在自动化生产线上发挥作用，还需要一个系统集成的过程。现场环境的适应性、安装调试是否到位、甚至使用人员的素质，都会影响到机器视觉产品最终的质量。因此，系统集成商与设备提供商一样重要。2000 年以前，国内系统集成商，主要以代理国外产品为主，自主知识产权的图像算法研究是一片空白，国内企业的技术水平与国际上有很大的差距，以至于之前出现国外视觉系统以高价位占领中国整个自动化行业市场的片面现象；到 2003 年，国内开始陆续出现机器视觉软件包，其性能和速度能与国外软件相媲美，甚至有些图像处理工具在应用方面已大大超过了国外产品。

(3) 机器视觉在国内外的应用现状

在国外，机器视觉的应用普及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。例如，各类生产印刷电路板组装设备；电子封装技术与设备；丝网印刷设备等；表面贴装（SMT, Surface Mounted Technology）设备及自动化生产线设备；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；电子工模具等。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和行业。

在中国，视觉技术的应用开始于 20 世纪 90 年代，因为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。到 21 世纪，大批海外从事视觉行业技术人员回国创业，视觉技术开始在自动化行业成熟应用，如华中科技大学在印刷在线检测设备与浮法玻璃缺陷在线检测设备研发的成功，打破了欧美在该行业的垄断地位。国内视觉技术已经日益成熟，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、包装等领域，真正高端的应用也正逐步发展。

1.5.3 中国机器视觉系统的发展趋势

(1) 对机器视觉的需求将呈上升趋势

机器视觉发展空间较大的部分在半导体和电子行业，而据我国相关数据显示，全球集成电路产业复苏迹象明显；与此同时，全球经济衰退使我国集成电路产业获取了市场优势、成

本优势、人才回流等优势；国家加大对集成电路产业这一战略领域的规划力度，“信息化带动工业化”，走“新兴工业化道路”为集成电路产业带来了巨大的发展机遇，特别是高端产品和创新产品市场空间巨大，设计环节、国家战略领域、3C 应用领域、传统产业类应用领域成为集成电路产业未来几年的重点投资领域。此外，中国已成为全球集成电路的一个重要需求市场。

中国的半导体和电子市场已初具规模，而如此强大的半导体产业将需要高质量的技术做后盾。同时对于产品的高质量、高集成度的要求将越来越高。恰巧，机器视觉将能帮助解决以上的问题，因此该行业将是机器视觉最好的用武之地。

(2) 统一开放的标准是机器视觉发展的原动力

目前国内有数十家机器视觉产品厂商，与国外机器视觉产品相比，国内产品最大的差距并不单纯是在技术上，更是在品牌和知识产权上。另一现状是目前国内的机器视觉产品主要以代理国外品牌为主，以此来逐渐朝着自主研发产品的路线靠近，起步较晚。未来，机器视觉产品的好坏不能够通过单一因素来衡量，应该逐渐按照国际化的统一标准判定。依靠封闭的技术难以促进整个行业的发展，只有形成统一而开放的标准才能让更多的厂商在相同的平台上开发产品，这也是促进中国机器视觉朝国际化水平发展的原动力。

标准化将成为机器视觉发展的必然趋势。机器视觉是自动化的一部分，没有自动化就不会有机器视觉，机器视觉软硬件产品正逐渐成为协作生产制造过程中不同阶段的核心系统，无论是用户还是软硬件供货商都将机器视觉系统作为生产在线信息收集的工具，这就要求机器视觉系统大量采用“标准化技术”。

(3) 基于嵌入式的产品将取代板卡式产品

从产品本身看，机器视觉会越来越趋于依靠 PC 技术，并且与数据采集等其他控制和测量的集成会更紧密。基于嵌入式的产品由于体积小、成本低、低功耗等特点，将逐渐取代板卡式产品，而且随着计算机技术和微电子技术的迅速发展，嵌入式系统应用领域越来越广泛。另外，嵌入式操作系统绝大部分是以 C 语言为基础的，因此使用 C 高级语言进行嵌入式系统开发是一项带有基础性的工作，使用高级语言的优点是可以提高工作效率，缩短开发周期，更主要的是开发出的产品可靠性高、可维护性好、便于不断完善和升级换代等。

(4) 一体化解决方案是机器视觉的必经之路

由于机器视觉是自动控制的一部分，机器视觉软硬件产品正逐渐成为协作生产制造过程中不同阶段的核心系统，无论是用户还是硬件供货商都将机器视觉产品作为生产在线信息收集的工具，这就要求机器视觉产品大量采用标准化技术，其开放式技术可以根据用户的需求进行二次开发。当今，自动化企业正在倡导软硬一体化解决方案，机器视觉的厂商在未来也应该不单纯是只提供产品的供货商，而是逐渐向一体化解决方案的系统集成商迈进。

随着中国加工制造业的发展，对于机器视觉的需求也逐渐增多；随着机器视觉产品的增多，技术的提高，国内机器视觉的应用状况将由初期的低端转向高端。由于机器视觉的介入，自动化将朝着更智能、更快速的方向发展。另外，由于用户的需求是多样化的，且要求程度也不相同。那么，个性化方案和服务在竞争中将日益重要，即用特殊定制的产品来代替标准化的产品也是机器视觉未来发展的一个方向。

机器视觉的应用也将进一步促进自动化技术向智能化发展。在机器视觉的发展历程中，能使机器视觉得以普及和发展的诸多因素中，有技术层面的，也有商业层面的，但制造业的需求是决定性的。制造业的发展，带来了对机器视觉需求的提升；也决定了机器视觉将由过

去单纯的采集、分析、传递数据,判断动作,逐渐朝着开放性的方向发展,这一趋势也预示着机器视觉将与自动化更进一步的融合。

机器视觉的广泛应用已经形成了一个颇具规模的产业。整个行业形成了从光源、相机、镜头、板卡、软件到系统集成产品这样完整的产业链条。从应用的角度看,也形成了器件(软件)供应商、系统集成商、产品制造商、最终用户密切合作互动的局面。

在中国,尽管机器视觉市场的发展晚于欧美,但进入21世纪以来,呈现出加速发展的良好势头。机器视觉技术逐步走出实验室和军事领域,在我国各行各业得到了广泛的应用,尤其是近四五年来,更是呈现爆炸式增长的态势。到2007年,从事机器视觉行业的公司已多达几百家,领先者如凌云、大恒、傅立叶图像等,它们在系统集成和自主产品开发方面,硕果累累。部分国产机器视觉系统不仅价格低廉,而且从性能上已可与国外产品相媲美甚至超越之。

从应用的角度看,国内机器视觉的应用仍受制于成本、用户的认识以及自身的技术缺憾,离全面普及尚有较大距离。当前比较成功的应用主要集中于电子/半导体产品制造、烟草、特种印刷、医疗等行业,在地域上以华南珠三角、华东长三角、华北及京津地区为核心,既是机器视觉用户群密集区又是开发力量的密集区。

与发达国家相比,中国机器视觉产业仍处于相对落后的水平,尤其在基础器件制造方面,基础性的高端技术基本上掌握在外国厂商手中。在自身技术的提高、行业的拓展、用户的培养和引导方面,都需要做很细致艰苦的工作。不发达意味着更大的商机,只有为用户真正创造价值,才能真正实现机器视觉技术的价值。在中国成为世界制造中心的今天,经过各方面的不懈努力,中国机器视觉的辉煌和市场的兴旺指日可待。

1.6 机器视觉系统的应用领域

机器视觉的应用领域可以分为两大块:科学研究和工业应用。其中科学研究方面主要有:对运动和变化的规律做分析;而工业方面的应用主要是产品的在线检测,机器视觉所能提供的标准检测功能主要有:有/无判断(Presence Check)、面积检测(Size Inspection)、方向检测(Direction Inspection)、角度检测(Angle Inspection)、尺寸测量(Dimension Measurement)、位置检测(Position Detection)、数量检测(Quantity Count)、图形匹配(Image Matching)、条形码识别(Bar-code Reading)、字符识别(OCR)、颜色识别(Color Verification)等。

随着机器视觉技术的发展,机器视觉在以下行业中得到了广泛的应用。

① 军事。军事领域是对新技术最渴望、最敏感的领域,对于机器视觉同样也不例外。最早的视觉和图像分析系统就是用于侦察图像的处理分析和武器制导。现代高精度制导武器中基于可见光、红外线的制导,就是一套完整的机器视觉系统。通过传感器成像、弹载计算机分析图像在复杂的背景中识别目标并给出制导指令,在海湾战争中制造了导弹从窗口飞进大楼的效果。无人驾驶飞机、无人战车也都借助机器视觉系统进行环境分析、路径导引和攻击导向。即使在后方,危险的弹药库搬运操作也可以借助装备视觉系统的机械手进行。未来可能出现在战场上的机器人战士,也必然会装备有敏锐的视觉系统。

② 半导体/电子。与在许多行业机器视觉还属于“高档”技术不同,在半导体/电子制造领域,机器视觉的应用正在走向普及化和多元化。面对越来越高的集成度、越来越密集的线路和元件、越来越快的制造速度,用机器视觉检测、定位、导引几乎是唯一的选择。目前在

半导体的前道和后道工艺以及电子元器件制造及终端电子产品中，都可以看到机器视觉的应用；在 IC 制造业，如晶圆的雕刻、晶圆的切割方面，都需要定位与检测；在封装方面主要集中在对封装后器件的质量检验，主要包括一些测量与检测的功能，而激光打标后的字符质量检验可能是最为大家熟知的一个应用。PCB（(Printed Circuit Board, 印制线路板) 制造是近年发展较快的一个领域，除了传统的自动定位（打孔机等）、自动检测（印刷机等）外，基于机器视觉技术的 AOI（自动光学检测）已成为高精度 PCB 制板不可缺少的检测设备，对 PCB 板的焊点质量、丝印质量以及钻孔对位进行检查，图 1-3 显示的是未焊的焊点。在电子元器件制造上，利用机器视觉进行检测和测量，除了原来的普通器件测量和检查外，LCD 屏的检测将成为重点。对 LED 和 LCD 的大小、形状、亮度、颜色（ON/OFF）以及校对标准进行测试。机器视觉大概有 40%~50% 的应用集中在半导体和电子产品制造领域。

③ 计算机和外设。如软盘、光盘印刷质量，硬盘磁头倾斜度，连接器针脚排列，扁平电缆印字符识别，柔性电缆宽度、裁切线等。

④ 制药。药品生产中外观质量检查，药品形状、厚度等尺寸检查、数量统计等。图 1-4 为检测药品的数目。

⑤ 包装。药品、化妆品包装中外观、条形码以及完整性的检测；食品包装中生产日期、条形码、密封性的检测。图 1-5 为二维条形码的检测。

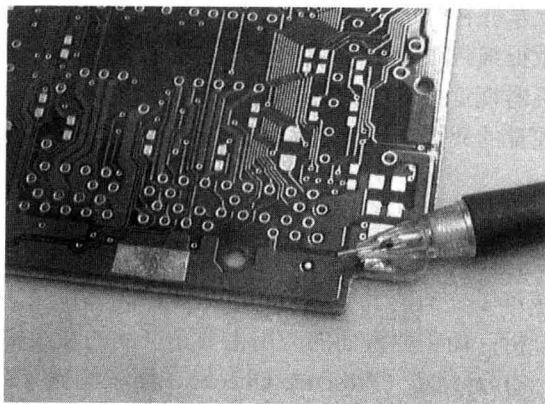


图 1-3 检测未焊的焊点

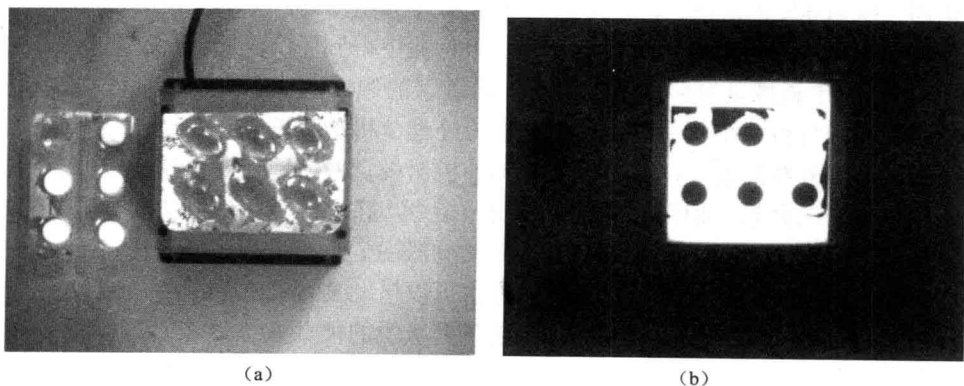


图 1-4 检测药品的数目

⑥ 机械制造业。在制造业中，机器视觉技术可以有效地用于产品的质量检测，快速检查产品表面缺陷，检查产品制造尺寸。机器视觉技术可实现三维测量和检测，还可以用于装配引导。

⑦ 印钞造币。钞票的印刷质量和数量有着严格的要求。机器视觉技术可以代替人对钞票印刷质量进行仔细的检查，以保证钞票的印刷质量。还可以对钞票的编号进行自动复核，对钞票数量进行快速无接触清点。图 1-6 为纸币上的防伪编号的提取。

⑧ 物流。进行条码、标签、物品的识别与物品分拣，以及集装箱号码识别。



图 1-5 二维条形码的检测

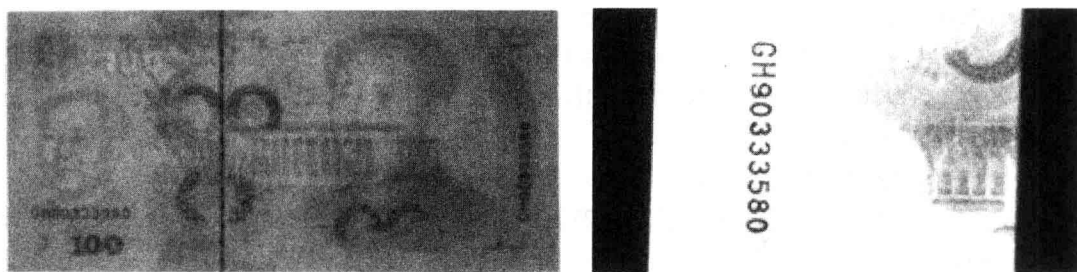


图 1-6 纸币上的防伪编号提取

⑨ 烟草。机器视觉可用于烟草分级、异物剔除、包装质量检查。

⑩ 食品。对瓶装液位高度检查；啤酒瓶外观的检测（高度、形状、颜色、B 标、瓶盖标签完整性、破损情况）；口服液瓶质检；罐装饮料外观检查（保质期、条形码）。

⑪ 农产品分选。采用机器视觉技术，可以对农产品进行快速地自动分级分拣。例如采用机器视觉中的色选技术，可以将大米中的黑粒、异物等剔除，以提高大米的等级，可给企业带来巨大的效益。

⑫ 交通系统。监控、车牌检测与安全检查，智能交通。机器视觉可用于交通流量分析、车牌识别，在电子警察系统中，通过视觉检测技术对于车辆行为进行分析、判断违章、记录图像、识别车牌号码并记录。

⑬ 纺织。纺织原料中的异种纤维，如棉花中的麻绳、塑料纤维、干草等，严重影响纺织品质量。统计表明异种纤维给纺织业带来的损失远远高于同等重量的黄金价值。机器视觉中的色选技术可以有效剔除纺织原料中的杂质，提升产品质量。在纺织、印染过程中，机器视觉技术可以实时监控产品质量、检出疵点。

⑭ 邮政。通过机器视觉系统自动识别邮政编码，实现信函自动分拣。

⑮ 医疗医学。用于医学图像分析，血液细胞自动分类计数、染色体分析、癌症细胞识别、内窥镜检查等。

机器视觉的独特优点使得它在许多领域得到应用，甚至发挥着不可替代的作用，极大地提升了这些行业的技术水平。