李文锋 编著

图形图像处理与应用

中国标准出版社
刮涂层揭开 95105815 或 8008108815 查询真伪
数码防伪

中国标准出版社

图形图像处理与应用

李文锋　编著

中国标准出版社

《图形图像处理与应用》简介

本书系统介绍了图形图像处理的基本概念、基本原理方法和典型应用，内容涉及到图像采集、图像变换、图像增强、图像编码、图像识别与跟踪、小波分析以及基于图形图像融合的建模技术，结合具体的科研项目开发，介绍了图像处理技术在基于视觉的机器人导航、多聚焦图像融合、基于内容的图像查询和真实感场景以及虚拟现实系统构建等方面的应用。

本书内容全面、理论与实例分析相结合、阐述清晰、图文并茂，适宜作为机电、自动化、人工智能、模式识别、仿真与虚拟现实、物流工程等专业领域的图像处理课程教材，也可作为从事图形图像处理工作的技术人员和科技工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

图形图像处理与应用/李文锋编著. —北京：中国标准出版社，2006
ISBN 7-5066-4155-0

Ⅰ. 图… Ⅱ. 李… Ⅲ. 计算机应用-图像处理
Ⅳ. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 062690 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码：100045
网址：www.bzcbs.com
电话：68523946 68517548
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销
*
开本 787×1092 1/16 印张 15.5 字数 367 千字
2006 年 6 月第一版 2006 年 6 月第一次印刷
*
定价 33.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话：(010)68533533

前言

图形图像大家都不陌生，而且由于其固有的可视性，一直得到人们的关注。人类视觉的神奇功能更是让人着迷，在20世纪50年代就已经出现了几篇研究论文。随着20世纪60年代第3代计算机的研制成功以及快速傅立叶变换算法的出现和应用，对图像的某些计算得以实现，人们逐步开始利用计算机对图像进行加工利用。在20世纪70年代，第一本重要的图像处理专著《Rosenfeld 1976》得以出版，数字图像技术进入了人们的视野。到20世纪80年代，各种硬件的发展使人们不仅能处理2D图像而且开始能够处理3D图像。许多能获取3D图像的设备和处理分析3D图像的系统研制成功，图像技术得到了广泛的应用。计算机图形学成了计算机领域发展最快的、令人惊叹的学科，一年一度的SIGGRAPH被称为CG的艺术盛会。

进入20世纪90年代，随着计算机和网络的飞速发展，图形图像技术已逐步涉及人类生活和社会发展的各

个方面。以近年得到广为宣传和应用的多媒体为例，图像在其中占据了主要地位。从广义来说，文本、图形、视频等都需要借助图形图像技术才能充分利用。如今，数码照片让人们的生活丰富多彩，数码电视将彻底改变人们的娱乐与生活方式，而视频监控、遥感、机器视觉等技术也得到了快速的推广与应用。

图形图像信息处理已发展成为一个活跃的学科体系，图形图像处理课程已经成为机械工程、自动控制、机器人技术、物流工程等学科领域人才培养的一门专业基础课程。

在本书中，本人结合具体的科学研究项目：国家自然科学基金“传感器网络环境下的移动机器人动态特性和控制框架”和武汉市青年科技晨光计划项目“产品表面设计研究”的研究心得和成果，以及在研究生中多年开设《图形/图像处理与编程技术》、《计算机辅助设计与图形学》课程的实践，对图形/图像处理与识别领域的最新技术从基本概念到应用实例进行了系统地阐述。全书共分12章，主要涉及到：图形图像处理涉及的相关领域、图形图像数字化与几何变换、数字图像处理基础理论、图像增强、图像信息融合与小波变换、图像特征提取与识别，以及图形图像处理在工程领域中的应用，如机器视觉、纹理识别、虚拟现实系统等内容。全书力求内容系统新颖、重点突出、深入浅出、理论与实践并重，既具有专著的特点，又能合乎广大图像处理与模式识别爱好者的需求。

全书编写过程中，杜娟负责了第2、9章的编写，朱亚超负责了第3、4、8章的编写，李勋祥负责了第11、12章的编写。在全书的编写过程中，还得到了陈定方教授等专家学者的悉心指导和帮助，在此一并表示衷心的感谢！

由于水平所限，本书的疏漏和错误之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

李文锋

2006年2月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目录

第 1 章　绪论 …… 1

1.1　图形图像与数字表达 …… 1
1.2　数字图像处理 …… 2
1.3　数字图像处理应用领域 …… 5
1.4　本书内容安排 …… 5

第 2 章　图像传感器及图像数字化处理 …… 6

2.1　图像传感器 …… 6
2.2　图像的采样和量化 …… 12
2.3　图像数字化设备的组成及性能 …… 15
2.4　小结 …… 17

第 3 章　数字图像处理基础 …… 18

3.1　数字图像格式 …… 18
3.2　图像分辨率 …… 25
3.3　空间频率 …… 26
3.4　颜色模型 …… 27

3.5 灰度直方图 …… 29
3.6 点运算与邻域运算 …… 32
3.7 串行处理与并行处理 …… 35
3.8 数字卷积 …… 37
3.9 傅立叶变换 …… 42
3.10 离散图像变换 …… 53
3.11 数字滤波 …… 61
3.12 小结 …… 64

第4章 图像增强与复原 …… 65

4.1 图像增强 …… 65
4.2 图像复原 …… 81
4.3 图像的几何变换 …… 90
4.4 小结 …… 94

第5章 图像特征提取 …… 95

5.1 边缘检测 …… 96
5.2 边界提取 …… 102
5.3 线检测 …… 103
5.4 区域分割 …… 105
5.5 纹理分析 …… 108
5.6 小结 …… 111

第6章 小波变换 …… 112

6.1 波与小波 …… 112
6.2 时频域分析 …… 113
6.3 小波变换定义 …… 113
6.4 小波变换与傅立叶变换的分析比较 …… 116
6.5 常见的小波函数 …… 117
6.6 小结 …… 121

第7章 图像编码 …… 122

7.1 图像编码的基础理论 …… 122
7.2 常见的图像编码算法 …… 127

7.3　JPEG 编码过程简介 …… 130
7.4　基于小波变换的图像压缩 …… 134
7.5　小结 …… 136

第 8 章　基于小波变换的图像融合 …… 137

8.1　多聚焦图像融合的分类 …… 137
8.2　基于小波变换的图像融合原理 …… 138
8.3　基于小波变换的融合算法 …… 140
8.4　评价小波融合算法 …… 145
8.5　小结 …… 153

第 9 章　基于图像处理的机器人视觉导航 …… 154

9.1　机器人视觉系统 …… 154
9.2　机器人视觉导航技术简介 …… 156
9.3　机器人视觉导航中的图像处理技术 …… 158
9.4　机器人视觉导航实例——基于单目视觉的室内机器人导航 …… 165
9.5　小结 …… 170

第 10 章　基于内容的图像查询 …… 171

10.1　基于灰度直方图距离的查询 …… 171
10.2　基于灰度共生矩阵的查询 …… 173
10.3　两种查询方法的比较与总结 …… 175
10.4　非接触性表面粗糙度等级识别 …… 177
10.5　基于颜色的图像查询 …… 180
10.6　小结 …… 188

第 11 章　基于图像的建模技术 …… 189

11.1　基于图像的建模技术概述 …… 189
11.2　基于图像绘制的技术原理 …… 190
11.3　基于图像建模的技术方法分类 …… 192
11.4　基于图像建模的虚拟场景生成及漫游技术 …… 196
11.5　小结 …… 204

第 12 章　基于几何与图像相结合的建模技术 …… 206

12.1　视景系统中的几何建模技术概要…… 206
12.2　几何建模方法的数学原理…… 207
12.3　三维几何模型对象的获取方法…… 210
12.4　模型、纹理与光照技术 …… 215
12.5　三维几何建模技术的应用…… 220
12.6　图像与几何相结合的建模技术与应用…… 228
12.7　小结…… 234

参考文献…… 235

第1章

绪　　论

1.1　图形图像与数字表达

图形(Graph)、图像(Image)都是用各种观测系统以不同形式和手段观测客观世界或对象而获得的一种表达。图形多侧重于对客观对象的空间和形状的描述，具有矢量的含义，而图像则侧重于对客观对象的一种映射，具有点阵的含义。图形和图像既有密切的联系，又有细微的差别，且常存在于一个系统中。比如人的视觉系统就是一个观测系统，通过它可以形成客观景物的影像，即图像，而在人脑中形成的对客观景物的形体表述，即为图形。科学研究和统计表明，人类从外界获得的信息约有75%来自视觉系统，也就是从图形图像中获得的，可见图形图像带有大量的信息。“百闻不如一见”，“一图值千字”都说明了这个事实。

与观测对象和手段有关，图形图像会以各种各样的形式出现：几何的、符号的、数学的、可视的和非可视的，抽象的和实际的；适于和不适于计算机处理的。不同种类图形图像存在区别，而且会引起混淆与误解。尤其是当有不同的概念的人们在相互交流时，这种误解尤为严重。为此，引入集合论的概念，来表示不同类型的图形图像之间的关系，如图1-1。

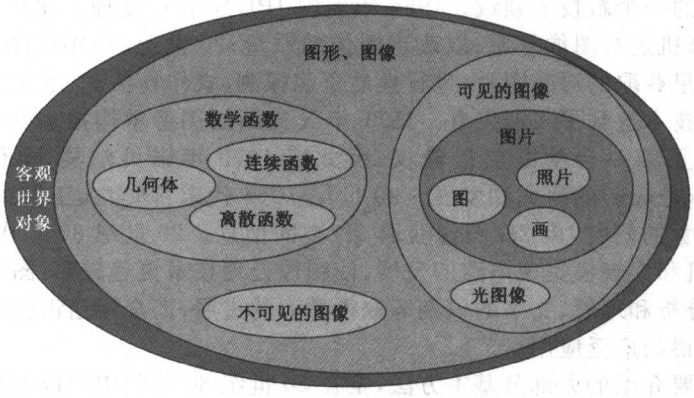

图1-1　图像的集合与分类

客观世界在空间上是三维(3D)的，但一般从客观景物得到的图像是二维(2D)的。一幅图像可以用一个2D数组 $f(x,y)$ 来表示，这里 x 和 y 表示2D空间 XY 上一个点的坐标，而 f 则代表图像在点 (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。

常见图像是连续的，即 f,x,y 的值可以是任意实数。为用计算机对图像进行加工，需要把连续的图像在坐标空间 xy 和性质空间 F 都离散化。这种离散化了的图像是数字图像(digital image)，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)、其中 r 代表图像的行(row)，c 代表图像的列(column)。I,c,r 的值都是整数。离散化了的数字图像中每个基本单元叫做图像元素，简称像素(Picture element，或 Pixel)，如图 1-2。

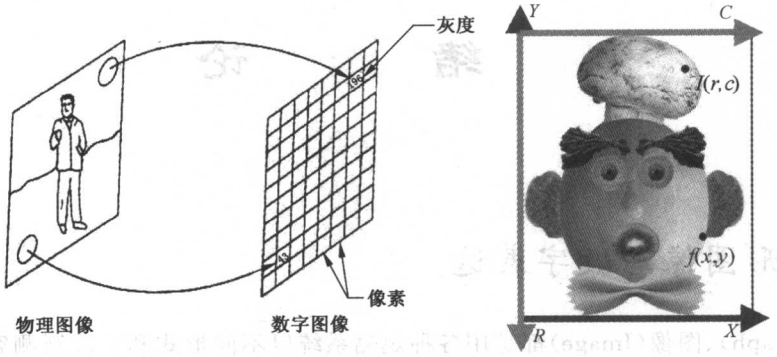

图 1-2　数字图像定义及示例

1.2　数字图像处理

数字图像处理(Digital Image Processing)，即用计算机对图像进行处理。与人类对视觉机理着迷的历史相比，它是一门非常年轻的学科。但在其短短的历史中，由于其表现方式(用图像显示)所固有的魅力，它以不同程度的成功被应用于几乎所有与成像有关的领域。

1.2.1　数字图像处理的发展历程

数字图像处理是从 20 世纪 60 年代以来随计算机的技术和 VLSI 的发展而产生、发展和不断成熟起来的一个新技术领域。1964 年美国 JPL 实验室处理卫星发射回来的月球表面的照片，用计算机进行图像复原，以改善图像的质量；20 世纪 70 年代图像处理技术开始用于处理地球卫星获取的遥感图片，进行地质资源探测、农作物估产、水文气象监测等，图像增强和图像识别技术达到了飞速发展。1971 年 X 光断层图像重构技术的出现，英国 G. N. Hounsfield 推出了第一台脑断层摄像仪，因此获 1979 年诺贝尔奖，也促进了图像重构(Computer Tomograph)的研究和发展。20 世纪 70 年代末，随着人工智能的兴起和发展，开始了计算机视觉的研究，由 2D 图像获取 3D 空间信息。20 世纪 80 年代末和 20 世纪 90 年代，高速计算机和大规模集成电路的发展，使图像处理技术更趋成熟：图像压缩、多媒体技术、文本图像的分析和理解、文字的识别等取得重大的进展；而全球通讯技术的蓬勃发展，使图像通讯和传输得到广泛应用。

在本书中将要介绍的大部分基本方法，是在 20 世纪 80 年代中期以前提出的，这时计算机图形处理的体系已经形成。

如今，数字图像处理领域正继续成长。一个主要的因素是图像处理所需的计算机设备的不断降价。处理器和大容量存储器都一年比一年便宜，而性能越来越强大。另一个因素是图像数字化和图像显示设备越来越普及。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

几个新的技术发展趋势将进一步刺激此领域的成长：包括由低价值微处理器支持的并行处理技术；用于图像数字化的低成本电荷耦合器件(CCD)；用于大容量、低成本存储阵列的新存储技术；以及低成本、高分辨率的彩色显示系统。

另一个推动力来自不断增加的新的应用需求。在商业、工业、医学应用中，数字成像持续增长；尽管军费在削减，在遥感成像中却更多地使用了数字图像处理技术。低成本的硬件加上正在兴起的几个非常重要的应用，我们可以预料到数字图像处理在将来会发挥更重要的作用。

1.2.2 图像处理与计算机图形学

图像处理(IP, Image Processing)和计算机图形学(CG, Computer Graphics)是各自独立发展起来而又难于分清的技术领域。一般来讲，在计算机内部用数学公式产生出图形和图像，并在显示器的屏幕上或绘图纸上显示出来的技术和方法即为CG；另一方面，把用二维数据给定的图像(如用扫描仪扫描图片，或用电视摄像机拍摄景物得到的数据)进行加工处理后输出为另外的图像或识别结果的技术和方法称为IP，如表1-1。

表1-1 图像处理与计算机图形学的不同

输入 \ 输出	图形、图像	描 述
图形、图像	图像处理 (图像质量改善、图像变换)	图像分析、图像识别
描述(数值、符号、数据)	计算机图形学	其它的信息处理

图像处理又可以分为三个层面：对于给定的图像，清除图像退化，使图像的质量得到改善和增强，或者使畸变的图像得到矫正，或对图像进行压缩编码以减少对其所需存储空间或传输时间、传输通路的要求等“图像→图像”的变换，叫做狭义的图像处理，或简称图像处理；分析给定的体系的结构，提取其特征并进行检测和测量的“图像→描述”的处理过程称为图像分析(Image Analysis)，是一个从图像到数据的过程；借助知识、经验等来研究图像中各目标的性质和它们之间的相互联系，得出对图像内容含义的理解以及对原来客观场景的解释的过程，称为图像识别/理解(Image Recognition/Understanding)。图像处理是一个从图像中获取符号和知识的过程。

1.2.3 图像处理的系统

图像处理的方法很多，包括光学、视频和数字等图像处理。其中数字图像处理因为可以定义各种各样的复杂的非线性运算，具有良好的精度、可再现性和可调整性，取得了飞跃的发展。图1-3给出了一个典型的图像处理系统的构成，而图1-4表达了图像处理领域中各种技术及其关系。

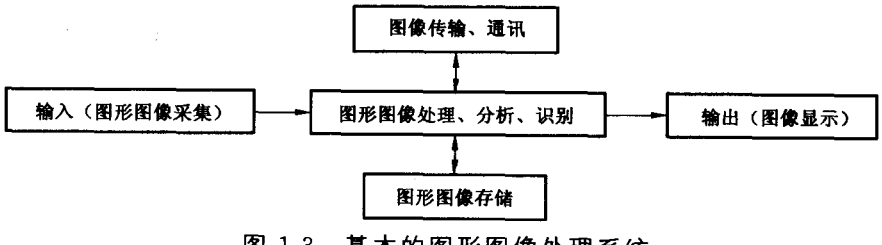

图1-3 基本的图形图像处理系统

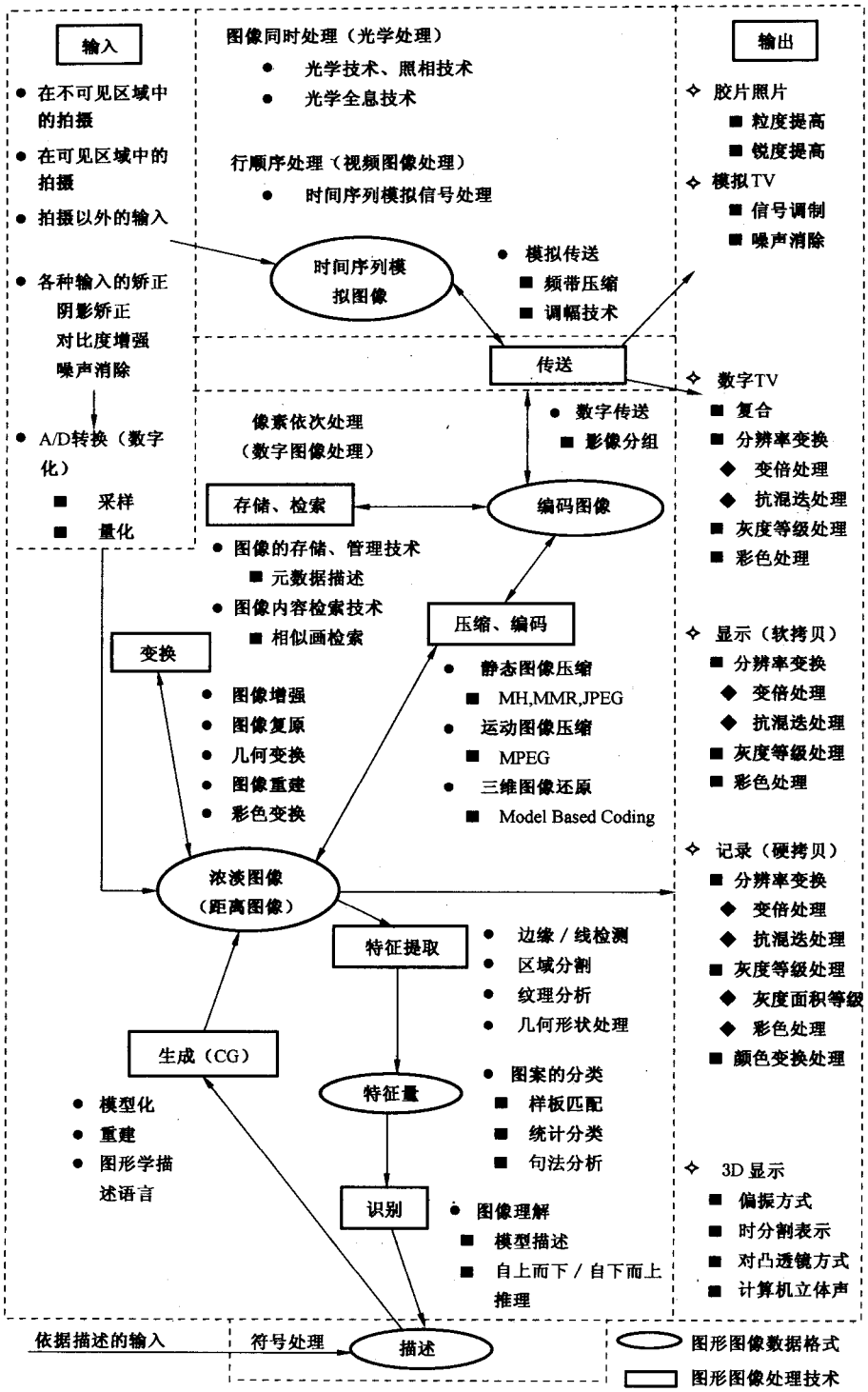

图 1-4　图形图像处理技术及其关系

1.3 数字图像处理应用领域

图像处理在几乎所有的领域都得到了广泛的应用。归纳起来，可以分为三个方面：

1）扩大人类的视觉功能

人的视觉有很大的局限性，比如过远的世界、微观世界，以及视觉频率之外的世界等，人类肉眼都难以看到，于是出现了各种各样的传感器。数字图像处理技术将传感器采集获得的图像，通过去噪、图像增强、图像重建等，使图像质量得以改善，从而扩大了人类的视觉功能。

典型的应用有：遥感图像处理，生物医学图像处理，用于工业无损探伤、无接触式检测（温度、形状、应力等）、地质矿藏分析等的图像处理。

2）代替人类的视觉功能

通过计算机图像处理来识别事物，并对其进行测量，或通过判断执行某一动作，以代替人的视觉功能，以实现检查的自动化、安全监视和身份识别等。

典型的应用有：在军事上如军事目标检测、地形配准、目标制导、红外制导、无人驾驶飞机等；在人的身份鉴定方面，如指纹识别、人脸识别、人类手势识别、虹膜(iris)识别等。

3）调动人类的视觉功能

随着计算机资源的不断增强，将图像处理技术用于数据资料处理的应用越来越多，这便于人理解，增加了乐趣、吸引力甚至娱乐性。报告资料的加工、录像带的编辑、娱乐用影像的制作等都属于这种用途。

1.4 本书内容安排

本书按照机器视觉的特点，将图形和图像两个难以分割的概念放在一起讨论，通过二者的有机结合来研究并刻画客观世界，内容涉及从图形图像处理的基础理论、基本概念到图形图像处理的应用。第1章介绍了图形图像的基本概念，图像处理的发展历程及其与计算图形学和机器视觉间的相互关系。第2章主要介绍了一些常用的图像采集传感器及数字化技术。第3章介绍了图像处理的基础理论和基本方法，分析了图像数字卷积和图像变换。第4章介绍了图像预处理技术——图像增强和复原，分析了图像几何变换的基本特征。第5章对图像特征提取作了细致的介绍，从边缘检测、区域分割到纹理分析。第6章介绍了小波变换的基本理论及一些常见的小波函数。第7章介绍了图像编码基础及一些常见的图像编码算法。随后的几章分别从不同的层面介绍了图形图像处理技术的应用：第8章介绍了小波变换在多聚焦图像融合中的应用及其评价技术；第9章介绍了机器视觉的发展及其在机器人视觉导航中的应用，从中可以看出图形图像处理的作用和地位；第10章从纹理和颜色角度描述了图像特征提取和识别在基于内容查询系统开发中的应用；第11章介绍了基于图像的三维空间场景构建及其虚拟浏览技术；第12章介绍了图像和几何模型融合构建客观三维世界模型的技术。

第2章

图像传感器及图像数字化处理

图像信息获取的主要任务是把一幅图像转化为适合输入到数字计算机中的数字信号。这里主要包括摄取图像、光电转化及数字化等几个步骤。这样，为采集数字图像，需要两种装置：一种是对某个电磁能量谱波段（如 X 射线、紫外线、可见光、红外线等）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，它能将上述（模拟）电信号转化为数字（离散）的形式。所有采集数字图像的设备都包含这两种装置。本章将主要介绍能将光信号转换为电信号的图像传感器以及能够进行图像数字化处理的数字化器，其中图像的数字化是重点。

2.1 图像传感器

2.1.1 什么是图像传感器

眼睛是人类和动物的图像接收器，而图像传感器则是电子设备的图像接收器。图像传感器是利用光电转换原理将图像数据转换为一系列电子信号的一种装置。成像物镜将外界照明光照射下的（或自身发光的）景物成像在物镜的像面上，形成二维空间的光强分布（光学图像）。图像传感器则将二维光强分布的光学图像转变成一维时序电信号，也就是说，图像传感器将光转换成电荷，并按照一定的顺序读出电荷信号，使得图像信息得以重构。图像传感器输出的一维时序信号经过放大和同步控制处理后，送给图像显示器，可以还原并显示二维光学图像。

图像传感器有两种：线型图像传感器和面型图像传感器。前者一般用在传真机及扫描仪之类的产品中；后者则广泛地用于摄录像机、安全保卫照相机、数码相机及计算机照相机，并开始用于其它非视像产品，如移动电话、个人数字助理（PDA）等。

2.1.2 几种图像传感器

图像传感器的历史可以说非常悠久：早在 1873 年，当时科学家约瑟·美（Joseph May）

及伟洛比·史密夫(Willoughby Smith)就发现了硒元素结晶体感光后能产生电流,这是电子影像发展的开始。以后陆续有组织和学者研究电子影像,发明了几种不同类型的图像传感器。其中重要的发明有 20 世纪 50 年代诞生的光学倍增管(Photo Multiplier Tube,简称 PMT)和 70 年代出现的电荷耦合装置(Charge Coupled Device,简称 CCD)。

20 世纪末,又有三种新型的图像传感器问世了,它们分别是互补氧化金属半导体(Complementary Metal Oxide Semiconductor,简称 CMOS)、接触式图像传感器(Contact Image Sensor,简称 CIS)和 LBCAST 传感器系统(Lateral Buried Charge Accumulator Sensing Transistor Array)。

下面简单介绍这几种图像传感器。由于目前相机中主要使用的图像传感器是 CCD 和 CMOS 两种类型的,所以本章将主要介绍这两种图像传感器的原理。

1) PMT

PMT 是最早出现的图像传感器,从 20 世纪 50 年代发展到现在,技术已经非常成熟,是目前性能最好的传感器。它就像一个圆柱体小灯泡,直径约一寸,长度约二寸;内置多个电极,将进入的光信号转化为电信号,即使很微弱的光线也可准确捕捉。其最高动态范围可达 4.2,相对于其它类型只能达到 3.2～3.6 的传感器,PMT 要胜出不少,而且它非常耐用,可以运作十万小时以上,但是由于其造价相当高,只能应用于专业的印刷、出版业扫描仪及工程分析仪等。具体实物见图 2-1。

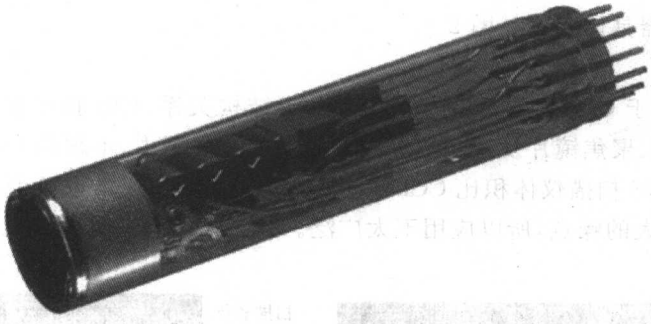

图 2-1　类似小灯泡的传感器“PMT”

2) CCD

CCD 是美国贝尔实验室于 1969 年发明的,与电脑晶片 CMOS 技术相似,也可做电脑记忆体及逻辑运作晶片。CCD 是一种特殊的半导体材料,由大量独立的感光二极管组成,一般这些感光二极管按照矩阵形式排列(富士公司的 Super CCD 除外)。CCD 的感光能力比 PMT 低,但近年来 CCD 技术有了长足的进步,又由于 CCD 的体积小、造价低,所以广泛应用于扫描仪、数码相机及数码摄像机中。目前大多数数码相机采用的图像传感器都是 CCD。具体实物见图 2-2。

3) CMOS

CMOS 技术已发展了数十年,CPU 和内存便是由 CMOS 组成。但直到 1998 年它才被用于制作图像传感器。CMOS 的优点是结构比 CCD 简单,耗电量只有普通 CCD 的 1/3 左

右，而且制造成本比 CCD 要低。自从佳能公司在专业数码单反相机 EOS D30 中采用了 CMOS 以来，已经有越来越多的数码单反相机使用它，目前数码单反相机中几乎有一半采用 CMOS 作为图像传感器。佳能相机 CMOS 传感器具体实物见图 2-3。

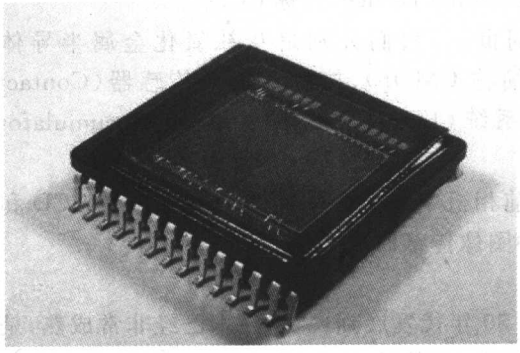

图 2-2　索尼 F828 采用的“4 色 CCD”

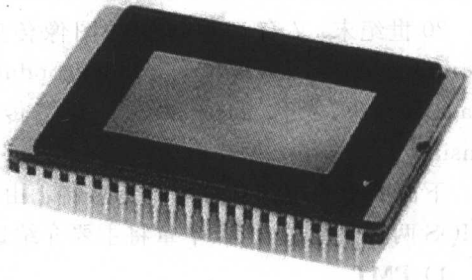

图 2-3　佳能数码单反相机 EOS D30 采用的 CMOS 传感器

佳能的大部分数码单反相机都是采用了 CMOS 传感器，适马的 SD10 也是采用了 Foveon X3技术的 CMOS，尼康也联合索尼开发出了千万像素级别的 CMOS 芯片，用在了它们的顶级数码单反相机 D2X 上。几年前人们还称 CMOS 是“未来的传感器”，如今 CMOS 已改变了这种身份，甚至可以和 CCD 分庭抗礼，我们只能感叹科学技术的日新月异。尼康相机 CMOS 传感器具体实物见图 2-4。

4）CIS

CIS 是一种基于 CMOS 技术的传感器，由于结构关系，CIS 技术通常只用于扫描仪。CIS 扫描仪将光源、聚焦镜片及感应器一同固定于一个外罩内，不须调节、预热，所以比 CCD 扫描仪启动快。CIS 扫描仪体积比 CCD 扫描仪更小，而制造成本也更少。但 CIS 技术还不成熟，容易产生较大的噪点，所以应用不太广泛。其工作示意图见图 2-5。

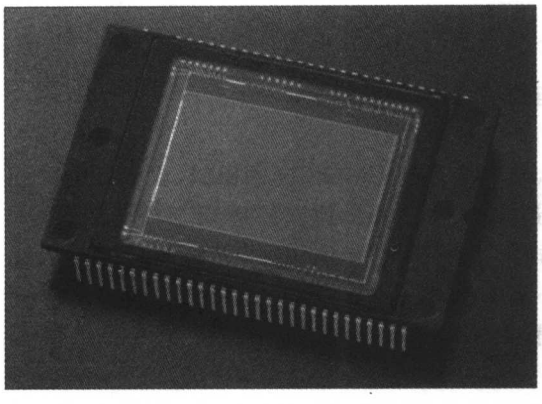

图 2-4　尼康 D2X 上所使用的 CMOS 传感器

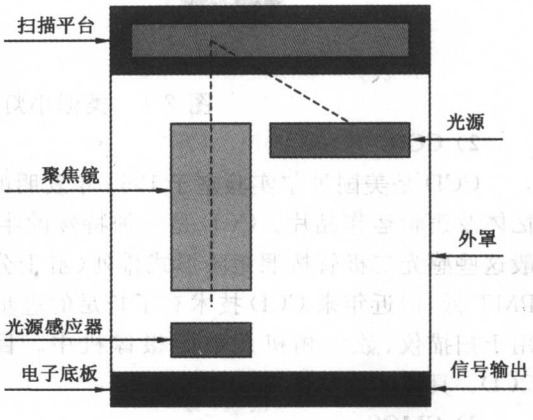

图 2-5　CIS 传感器工作示意图

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com