

# 光信息科学 与技术应用

郑光昭 编著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

[http:// www.phei.com.cn](http://www.phei.com.cn)

## 内 容 简 介

光信息科学与技术是现代光学与信息科学相互交叉的学科,在许多技术领域得到了广泛的应用,在信息技术中起着越来越重要的作用。本书分为概论篇、基础篇、技术篇、应用技术篇和发展篇,主要介绍有关光信息的产生、采集、存储、传输、加工、处理等方面的光学技术及其应用,如全息技术、光学计量技术、层析成像技术、条形码技术、红外技术、高速激光印刷技术等,并且介绍了光信息技术领域中的一些新进展。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

光信息科学与技术应用/郑光昭编著. —北京:电子工业出版社,2002. 10

ISBN 7-5053-7603-9

I. 光… II. 郑… III. 光学:信息学 IV. G201

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 073017 号

责任编辑:周晓云

印 刷:北京天竺颖华印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1 092 1/16 印张:21 字数:537.6 千字

版 次:2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:29.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077

# 前 言

一门学科的建立,总是在一定的理论背景之下,并以相应的理论作为纲领和依据;一门学科的发展,又有赖于它是否拥有坚实的理论基础。由于理论基础在学科及其理论体系中具有基石意义,并对学科整体起到统摄、指导和定向的作用,因而总是受到理论家的深刻关注。信息科学作为一门学科,其发展不可例外地依赖于学科理论起点的确定和理论根基的寻找。所以,理论基础的构建是信息科学研究的重要内容。只有在坚实的理论基础之上,信息科学才有可能汲取现代科学技术的精华,并按照学科自身发展的逻辑规律,不断走向成熟。

什么是理论基础?目前尚无现成的定义可以援引。但按照“基础”的定义,我们可获得对理论基础的一般理解。基础是“泛指事物发展的根本或起点,如物质基础、理论基础”(《辞海》)。由此,理论基础就是作为一门学科成长和发展的根本或起点的思想、理论和学说。一种理论、学说之所以被当做一门学科的理论基础,其根据在于它对对象学科的意义和作用,从根本上来说,它对对象学科的发展起到确定理论起点的作用,并始终对学科整体提供宏观指导和理论支持。具体来说,这种作用大致可概括为三个方面:第一,深刻地揭示研究对象的本质,并正确地反映对象事物的客观规律;第二,正确地指引学科发展的基本途径和方向,为对象学科奠定认识论基础;第三,有效地指导科学研究全过程。也就是说,理论基础对对象学科的作用是整体的、全面的和根本的,它与对象学科的关系是一种全面的内在关联,即作为研究对象的事物概念之间要有紧密的逻辑关联,如包容关系、重合关系和较大部分的交叉关系等。凡是不具备这些作用和特征的思想、理论和学说都不能构成一门学科的理论基础。

在这里,我们还需区分理论基础与理论来源的差别,因为这是实际研究中常常被混淆的两个概念。要建立一个学科整体,并指明理论、学科发展的必然途径和正确方向,作为理论基础的东西必须要具有科学性和同对象学科关联的本质性,以及由此而来的对对象学科的决定性。而理论来源则不具备这些特征。原则上,凡是能够提供参考、借鉴的东西,都可以作为理论来源。我们必须注意它们之间的本质区别,如果把只能作为理论来源的东西当做理论基础,就容易造成思想的混乱,甚至可能将学科理论研究引入歧途。

“基础”的本义告诉我们,基础通常是深基础和浅基础构成的一个层次性整体,理论基础也不例外。信息科学的理论基础包括多门学科,它们都程度不同地直接作用于信息科学;同时,它们又不是彼此孤立的,而是以内在的联系结合成为一个层次体系,并以体系的形式共同支撑起信息科学的理论大厦。理论基础实质上是学科间关系和作用的集中体现。

当今社会是信息社会,信息技术正在改变着人类社会。在各种各样的信息技术中,光信息技术的地位越来越重要,作用也越来越突出。在信息的产生、采集、显示、传输、存储以及处理的各个环节中,光信息技术都扮演着重要的角色。光信息科学与技术是光学和信息科学相结合的一门学科。越来越多的工程技术人员开始关心光信息技术的发展,并致力于将光学技术与工程应用相结合。为此,急需有介绍光信息科学与技术的书籍问世,使广大工程

技术人员更好地了解光信息技术的发展及其应用。

光信息科学与技术已受到国内外众多专家的青睐,目前有关光信息科学技术的专著已有不少,但其专论的成分都很强,而且往往都只注重该领域的某一侧面,系统地介绍光信息科学技术的书籍目前未见。本书正是力图弥补这一缺憾。

本书以光信息为红线贯穿全书始终,以系统的观点来认识光信息技术,使读者从一开始就对光信息科学与技术有个整体性的认识,从而有利于今后更进一步地学习。基于这样的思路,本书从介绍光信息科学的理论基础以及光信息技术基础开始,按照光信息的采集、显示、传输、存储、处理、识别来介绍一系列基本光信息技术,并进一步介绍光信息的其他应用技术,例如计量技术、全息技术、层析成像技术、条形码技术、红外技术以及高速激光印刷系统等。本书最后简单介绍光信息科学技术的新进展,开拓读者眼界,亦为读者展示了光信息科学今后的发展趋向。

基于所面向的读者,本书主要介绍光信息科学技术的有关知识及其应用,而对于理论推导则简单提及甚至完全略去,尽量减少由于读者数学理论基础不足而带来的困扰。

为了便于读者对整个光信息科学技术的了解,本书涉及范围较广,所搜集的资料较多,有些技术资料,可作为扩展视野的阅读材料。不同的读者可以选择性地阅读。

本书的编写得到广东工业大学前任校长钟韶教授以及广东工业大学数理系李佐周教授的支持和帮助,同时也得到作者家人的支持和帮助。在此谨向他们表示感谢。

由于作者水平及时间有限,未能对书中所有内容做细致的推敲,因此其中错漏难免,敬请读者指正。

郑光昭 2002 年春节于广州五山

# 目 录

## 第一篇 概 论 篇

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 第1章 概论 .....          | (3)  |
| 1.1 关于信息 .....        | (3)  |
| 1.2 关于信息科学 .....      | (6)  |
| 1.3 信息技术 .....        | (8)  |
| 1.4 光信息科学与光信息技术 ..... | (15) |

## 第二篇 基 础 篇

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 第2章 光信息科学基础 .....       | (21) |
| 2.1 线性系统理论 .....        | (21) |
| 2.1.1 线性系统 .....        | (21) |
| 2.1.2 传递函数 .....        | (22) |
| 2.2 光学变换理论 .....        | (22) |
| 2.2.1 薄透镜的位相变换作用 .....  | (22) |
| 2.2.2 透镜的傅里叶变换性质 .....  | (23) |
| 2.3 传播理论 .....          | (25) |
| 2.3.1 平面波的角谱 .....      | (26) |
| 2.3.2 角谱的传播 .....       | (28) |
| 2.3.3 介质传输光学 .....      | (29) |
| 2.3.4 薄膜介质中的光传输 .....   | (31) |
| 2.4 成像理论 .....          | (33) |
| 2.4.1 成像过程和成像方法 .....   | (33) |
| 2.4.2 几何成像 .....        | (34) |
| 2.4.3 衍射成像 .....        | (36) |
| 2.4.4 扫描成像 .....        | (39) |
| 第3章 光信息技术基础 .....       | (43) |
| 3.1 激光技术 .....          | (43) |
| 3.1.1 激光器的工作原理和条件 ..... | (44) |
| 3.1.2 激光器的种类和特性 .....   | (46) |
| 3.1.3 激光输出的调制 .....     | (53) |
| 3.2 空间光调制器 .....        | (55) |
| 3.2.1 空间光调制器的分类 .....   | (55) |
| 3.2.2 主要材料和效应 .....     | (56) |

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 3.2.3 空间光调制器的基本功能 ..... | (58) |
| 3.2.4 液晶光阀 .....        | (60) |
| 3.2.5 变形薄膜空间光调制器 .....  | (67) |
| 3.2.6 微通道板空间光调制器 .....  | (73) |
| 3.2.7 磁光空间光调制器 .....    | (76) |

### 第三篇 基本技术篇

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| <b>第4章 光信息的采集和显示技术 .....</b> | <b>(83)</b>  |
| 4.1 光信息的采集 .....             | (83)         |
| 4.1.1 采集方法 .....             | (83)         |
| 4.1.2 图像信息传感器 .....          | (83)         |
| 4.1.3 图像信息编码 .....           | (93)         |
| 4.2 光信息的显示 .....             | (96)         |
| 4.2.1 显示器件 .....             | (96)         |
| 4.2.2 液晶显示 .....             | (103)        |
| <b>第5章 光信息传输技术 .....</b>     | <b>(107)</b> |
| 5.1 光纤通信技术 .....             | (109)        |
| 5.1.1 光纤通信的基本概念 .....        | (109)        |
| 5.1.2 光纤与光缆 .....            | (111)        |
| 5.1.3 光纤的导光原理 .....          | (115)        |
| 5.1.4 光纤的损耗特性与色散特性 .....     | (118)        |
| 5.1.5 光纤的制造工艺简介 .....        | (122)        |
| 5.1.6 光纤的接续 .....            | (124)        |
| 5.2 无源导波器件 .....             | (126)        |
| 5.2.1 光纤连接器 .....            | (127)        |
| 5.2.2 光分路耦合器 .....           | (128)        |
| 5.2.3 波分复用器 .....            | (129)        |
| 5.2.4 光隔离器 .....             | (130)        |
| 5.2.5 光开关 .....              | (130)        |
| <b>第6章 光信息存储技术 .....</b>     | <b>(132)</b> |
| 6.1 光盘的存储原理 .....            | (132)        |
| 6.1.1 光盘的优点及其种类 .....        | (132)        |
| 6.1.2 只读存储光盘 .....           | (133)        |
| 6.1.3 一次写入光盘 .....           | (134)        |
| 6.1.4 可擦重写相变光盘 .....         | (135)        |
| 6.1.5 直接重写相变光盘 .....         | (137)        |
| 6.1.6 可擦重写磁光光盘 .....         | (139)        |
| 6.2 相变光盘的结构及制备 .....         | (141)        |
| 6.2.1 相变光盘的结构 .....          | (141)        |

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| 6.2.2 光盘的制备 .....                 | (142) |
| 6.3 光信息存储设备中的光学系统 .....           | (146) |
| 6.3.1 光盘存储器中的光学系统 .....           | (146) |
| 6.3.2 磁光存储器中的光学系统 .....           | (151) |
| <b>第7章 光信息的加工及其处理技术</b> .....     | (154) |
| 7.1 空间滤波 .....                    | (154) |
| 7.1.1 阿贝—波特实验 (Abbe—Porter) ..... | (154) |
| 7.1.2 空间频率滤波系统 .....              | (156) |
| 7.1.3 空间滤波器的种类及其功能 .....          | (157) |
| 7.2 照相图像的恢复 .....                 | (159) |
| 7.2.1 离焦图像的复原 .....               | (159) |
| 7.2.2 模糊图像的消模糊 .....              | (160) |
| 7.3 物面上的处理 .....                  | (161) |
| 7.3.1 $\theta$ 调制 .....           | (161) |
| 7.3.2 假彩色编码 .....                 | (162) |
| 7.3.3 用黑白胶片保存彩色像 .....            | (162) |
| 7.3.4 黑白图像的白光密度假彩色编码 .....        | (162) |
| 7.4 图像增强 .....                    | (163) |
| 7.5 光学信息处理的相关技术 .....             | (166) |
| 7.5.1 电子计算机与光学信息处理 .....          | (166) |
| 7.5.2 电子学与光学信息处理 .....            | (167) |
| <b>第8章 光学图像识别</b> .....           | (169) |
| 8.1 图像识别和光学相关器 .....              | (169) |
| 8.2 非相干识别器 .....                  | (170) |
| 8.3 Vander Lugt 相关器 .....         | (170) |
| 8.4 联合变换相关器 .....                 | (172) |

## 第四篇 应用技术篇

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| <b>第9章 光学计量技术</b> .....     | (177) |
| 9.1 全息干涉计量 .....            | (177) |
| 9.2 全息散斑计量 .....            | (181) |
| <b>第10章 全息术</b> .....       | (188) |
| 10.1 白光再现全息图 .....          | (188) |
| 10.1.1 白光反射全息图 .....        | (188) |
| 10.1.2 像面全息图 .....          | (189) |
| 10.1.3 彩虹全息 .....           | (190) |
| 10.2 合成全息 .....             | (193) |
| 10.2.1 360°合成彩虹全息术 .....    | (194) |
| 10.2.2 利用光纤传像束制作合成全息图 ..... | (195) |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| 10.2.3 纵向多层合成全息法 .....       | (195)        |
| 10.3 模压全息技术 .....            | (196)        |
| <b>第 11 章 层析成像技术 .....</b>   | <b>(199)</b> |
| 11.1 投影数据和拉冬变换 .....         | (199)        |
| 11.2 图像的重建 .....             | (201)        |
| 11.2.1 投影的中心频谱定理 .....       | (201)        |
| 11.2.2 傅里叶变换重建 .....         | (202)        |
| 11.2.3 卷积算法 .....            | (204)        |
| 11.3 图像的光学模拟重现 .....         | (206)        |
| <b>第 12 章 条形码技术 .....</b>    | <b>(209)</b> |
| 12.1 条形码的概念及特点 .....         | (209)        |
| 12.2 条形码的术语及结构 .....         | (210)        |
| 12.2.1 条形码通用术语 .....         | (210)        |
| 12.2.2 条形码的结构 .....          | (211)        |
| 12.2.3 条形码符号的基本尺寸 .....      | (213)        |
| 12.3 条形码的工作原理 .....          | (215)        |
| 12.4 条形码的识别原理及装置 .....       | (216)        |
| <b>第 13 章 红外技术 .....</b>     | <b>(223)</b> |
| 13.1 红外技术组成部分 .....          | (223)        |
| 13.1.1 信息传输链 .....           | (223)        |
| 13.1.2 辐射器 .....             | (224)        |
| 13.2 辐射的调制 .....             | (227)        |
| 13.2.1 直接调制 .....            | (227)        |
| 13.2.2 间接调制 .....            | (228)        |
| 13.2.3 接收器-调制 .....          | (230)        |
| 13.3 红外光学材料和大气的影响 .....      | (231)        |
| 13.3.1 红外光学材料 .....          | (231)        |
| 13.3.2 大气的影响 .....           | (232)        |
| 13.4 红外技术的应用 .....           | (234)        |
| 13.4.1 辐射测量 .....            | (234)        |
| 13.4.2 能量辐射物的搜索与跟踪 .....     | (238)        |
| 13.4.3 红外成像器件, 夜视仪 .....     | (240)        |
| 13.4.4 红外光学通信 .....          | (244)        |
| <b>第 14 章 高速激光印刷系统 .....</b> | <b>(246)</b> |
| 14.1 扫描系统 .....              | (246)        |
| 14.2 偏转器 .....               | (247)        |
| 14.3 多边扫描器 .....             | (249)        |
| 14.4 印刷机的光学系统 .....          | (251)        |
| 14.4.1 IBM3800 型 .....       | (251)        |

|        |                           |       |
|--------|---------------------------|-------|
| 14.4.2 | Siemens ND-2/3352 型 ..... | (252) |
| 14.4.3 | Xerox9700 型 .....         | (253) |
| 14.5   | 印刷机系统 .....               | (253) |
| 14.5.1 | IBM3800 型 .....           | (253) |
| 14.5.2 | Siemens ND-2/3352 型 ..... | (255) |
| 14.5.3 | Xerox9700 型 .....         | (255) |

## 第五篇 进 展 篇

|        |                       |       |
|--------|-----------------------|-------|
| 第 15 章 | 光信息科学与技术的新进展 .....    | (259) |
| 15.1   | 光纤通信新技术 .....         | (259) |
| 15.1.1 | 光纤接入网 .....           | (259) |
| 15.1.2 | 相干光通信 .....           | (262) |
| 15.1.3 | 光复用技术 .....           | (264) |
| 15.1.4 | 全光传输 .....            | (267) |
| 15.1.5 | 光孤子通信 .....           | (272) |
| 15.2   | 光信息存储的新进展 .....       | (273) |
| 15.2.1 | 新型光信息存储 .....         | (273) |
| 15.2.2 | 全息信息存储 .....          | (276) |
| 15.3   | 光计算 .....             | (284) |
| 15.3.1 | 模拟光计算 .....           | (285) |
| 15.3.2 | 数字光计算 .....           | (289) |
| 15.3.3 | 光学智能机 .....           | (301) |
| 15.4   | 二元光学简介 .....          | (307) |
| 15.4.1 | 二元光学概述 .....          | (307) |
| 15.4.2 | 二元光学元件研制方法 .....      | (310) |
| 15.4.3 | 二元光学元件的应用举例 .....     | (310) |
| 15.4.4 | 国内外研究概况 .....         | (311) |
| 15.4.5 | 主要进展与发展趋势 .....       | (312) |
| 15.5   | 光信息技术中的光折变材料 .....    | (317) |
| 15.5.1 | 光折变材料的光折变效应 .....     | (317) |
| 15.5.2 | 光折变材料在光信息技术中的应用 ..... | (319) |
| 参考文献   | .....                 | (325) |

# 第一篇 概 论 篇



# 第1章 概 论

当今世界，人类社会正进入空前发展的新时期。20 世纪 60 年代，一大批在现代最新科学研究成果基础上迅速发展起来的高科技及其产业正在蓬勃兴起。科学技术，特别是高技术的发展，是一个国家增强综合国力的重要柱石，因而各国政府都把发展高技术作为头等大事来抓，奋力抢占制高点，纷纷抓紧调整发展战略，把高技术及其产业化当做 21 世纪的发展战略重点。

这场争夺未来优势的科技制高点包括六大高技术群体，依其作用和地位看，以电子信息技术为先导，以新材料技术为基础，以新能源技术为支柱，沿微观领域向生物技术拓展，沿宏观领域向空间技术和海洋开发技术拓展。这些高技术应用之广泛，地位之重要，贡献之宏大，影响之深远，是前所未有的。其中，电子信息技术尤为特殊，无愧为跨世纪高技术发展的先导和核心，是十分重要的一个高技术领域。它不仅作为一项独立技术而存在，且以其基本技术广泛渗透于其他各个高技术领域，成为它们发展的基本依托和重要手段。它实际上已成为当今高技术发展大潮中的“浪尖”。

信息技术是一种综合技术，是一个多层次、多专业的复杂矩阵技术体系，它的发展是由许多单元技术所支撑的。信息技术涉及的范围十分广泛。从广义上说，一切与信息的生产、处理、流通有关的部门都可称为信息部门。一切与信息的收集、加工、处理、存储、传输乃至应用有关的各种技术都可称为信息技术。作为信息高技术的应用技术，包括计算机技术、微电子技术、通信技术、传感技术、制导技术、光纤技术、激光技术、红外技术、人工智能技术等等。这些技术有的既为信息技术服务，本身就属于信息技术范畴；有的则与其他科学技术服务，渗透于其他科学技术范畴。因此，科学家们就把这些性能不同、用途各异的技术分立出来，独立门类。

当前，这些单元技术都在高速发展着，它们之间相互促进、渗透、覆盖、影响，必将促使信息高技术的迅速发展，进而对整个社会、经济、军事等一切方面的发展产生巨大而深远的影响。人们越来越清楚地看到，一些发达国家正是依靠先进信息科学技术的推动，把自己国家从后工业化时代逐步推向先进的信息时代。

## 1.1 关于信息

目前，越来越多的人形成共识：人类社会赖以生存、发展的三大基础或称三大要素是物质、能量和信息。科学技术进步的历史就是这三大基础技术不断变革和进步的发展史。科学世界观认为，三大基础要素的关系是：物质是第一性的，世界是由物质组成的，没有物质，世界便成为虚无。能量是一切物质运动的动力，没有能量，物体就静止。信息是客观事物与主观认识相结合的产物，没有信息，物质和能量就无从认知，毫无用处。由于这三者的紧密结合而构成了丰富多彩的大千世界。

为了研究信息技术，首先要弄清“信息”、“信息科学”和“信息技术”这三个既有区别又有联系的概念以及它们的发展沿革。

“信息”这个词汇由来已久，古今中外都使用它。例如，中国《辞海》对“信息”一词的注释极为简洁，即“信息：如通风报信。”在《词源》中的解释也很简单，即“信息：消息。”在《英汉小辞典》中，把信息“Information”译为“通知、报告、消息、情报、知识、资料”。《牛津英汉辞典》里对信息的定义是：“某人被通知或告知的内容、情报、消息。”还有的字典里，将“信息”简单地说成是“所知道的东西。”有的定义为“通过事实的表述传递给头脑的知识”等等。

那么，到底“信息”的概念是什么？为什么古今中外对它的定义竟是如此不同？只是由于信息还是一门十分年轻的学科，人们对信息的认识和理解还不够深邃。因此，还难以形成一种公认的统一的完整概念，对信息的本质和定义，只能是各抒己见。

作为自然界存在的三个基本要素之一，信息从存在之日起就一直存在着，并在自然界的演化发展中，在人类的起源和进化中，在我们的生产和生活中，扮演极其重要的角色，发挥着愈来愈重要的作用。但是，直到 20 世纪前后，在科学技术尤其是在通信等信息技术发展的推动下，人们才逐步认识到它的存在，把握它的特性，建立它的理论。人类对信息及其规律的认识和揭示，是人类对自然界的认识过程中不断认识物质和能量之后的第三次飞跃。它不仅标志着人类对信息的利用已从“自在”的阶段进入了“自为”的阶段，同时也标志着人类社会发展的一个新时代的开始。

事实上，在我们的生产和生活之中，信息无所不在。清晨闹钟把我们从睡眠中唤醒，过马路时注意红绿灯信号，进机关、工厂时出示证件，看电视、听广播、阅读文件资料、写信、打电话等等，这些都是在进行信息的接收、传递和处理。可以说，我们每时每刻都在进行信息的交换。如果没有信息的交换，人类就失去了存在的基础。同样，如果没有信息，就没有现在的统一的世界，就没有什么社会的存在，也就没有社会的发展。

关于信息的定义，至今尚无一致的认识。据统计，世界上已公开发表的信息概念和定义约有 39 种之多。概括起来，可以这样认为所谓信息，狭义的理解就是指具有新内容、新知识的消息（如书信、情报、指令等）。就一般意义来说，信息是系统确定程度（特殊程度、组织程序或有序程序）的标记。也就是说，信息是与系统的组织结构密切相关的，如计算机的技术信息与所给指令和程序有关，单词的信息与字母排列顺序有关，人类语言组成的社会信息与词汇、语句的结构顺序有关。因此，信息是现实世界现象之间建立联系的一种特殊形式，它反映了物质和能量在时间上和空间上分布的不均匀程度，以及宇宙中一切过程发生变化的程度，是客观存在物的基本属性之一。

关于“信息”本身的定义，经过近些年来科学家的反复研究论证，大多数人已取得共识，认为比较通俗、简明，内涵比较统一的简单说法，就是指情报、资料、知识、指令、数据和信号中所包含的内容。一般是容易获得或不容易获得的事实和思想的总和，并可在某个时刻供人参考。信息是一种能创造价值和能交换的知识。学者们认为，“知识是把大量信息经过思考和提炼以后形成的，而智慧则是知识的综合，是某一学科知识的升华，又超越某一学科界限的理论”。“信息是平列的，知识是组合的，且有深浅之分。而智慧则是生命的，并且是灵活的。”因此，当今人们都逐步认识到信息是资源，知识有价值。

当前还有一种比较易于为人接受的定义是：“信息是客观存在的一切事物通过物质载体所发出的消息、情报、指令、数据和信号中所包含的一切可传递和交换的内容。”

总之，信息是一个社会概念，是事物表现的一种普遍形式，它是社会共享人类一切知

识、学问以及客观现象提炼出来的各种消息的总和。

关于信息有哪些类型的问题，科学家们归纳为宇宙信息、地球自然信息和人类社会信息三大类。

所谓宇宙信息，是指在宇宙空间，恒星不断发出的各种电磁波信息，而行星通过光波反射发出信息，就形成直接传播信息和反射传播信息。

所谓地球自然信息，是指地球上的生物（动、植物等），为得以繁衍生存而采取的各种行动，从而获得客观世界存在的有关物质和能量的各种信息以及生物运动的各种信息。

所谓人类社会信息，是指人类通过手势、眼神、语言、文字、图表、图形和图像等所表示的关于客观世界的间接信息。

信息具有如下 10 个基本特征：

- 可度量。和物质、能量一样，信息也具有可度量性。一般来说，任何信息可采用基本的二进制度量单位（比特）进行度量，并以此进行信息编码。
- 可识别。信息还具有可识别性。对自然信息，可采取直观识别、比较识别和间接识别等多种方式来把握。对于社会信息，由于其信息量大，形式多样，一般采用综合的识别法进行处理。
- 可转换。信息可以从一种形态转换为另一种形态。如自然信息可转换为语言、文字、图表和图像等社会信息形态。同样，社会信息和自然信息都可转换为由电磁波为载体的电报、电话、电视信息或计算机代码。
- 可存储。信息可以通过系统的物质或能量状态的某种变化来进行存储。大脑是一个天然信息存储器，人脑利用其 100 亿至 150 亿个神经元，可存储 100 万亿至 1000 万亿比特的信息，除大脑的自然信息存储外，人类早期一般用文字进行信息存储，以后又发展了录音、录像、缩微以及计算机存储等多种信息存储方式，不但能存储静态信息，而且还可存储动态信息。
- 可处理。人脑就是一个最佳的信息处理器。虽然人脑的信息处理活动（即思维活动）只有其 5%~7%（5 亿至 10 亿个）神经元参与，它却具有例行性信息处理、非再现型信息处理（如决策、设计、研究、写作等）以及发现型信息处理（如研究、改进、发明创造等）等多种信息处理功能。其他像计算机信息处理等只不过是人脑的信息处理功能的一种外化而已。
- 可传递。自然界系统之间的相互作用有三种基本方式，即物质、能量和信息。一般我们称之为物质的传递、能量的传递和信息的传递。信息的传递是与物质和能量传递同时进行的，离开了物质载体和能量载体，信息的传递就不可能实现。语言、表情、动作、报刊、书籍、广播、电视、电话等是人类常有的信息传递方式。
- 可再生。信息经过处理后，可以其他形式再生。如自然信息经过人工处理后，可用语言或图形等方式再生成信息。输入计算机的各种数据文字等信息，可用显示、打印、绘图等方式再生成信息。
- 可压缩。信息可按照一定规则或方法进行压缩，以用最少的信息量来描述一事物。压缩的信息可处理后还原。
- 可利用。任何信息都具有一定的实效性，一方面它可消除人们对某一事物的不确

定度，另一方面可对人们的行为产生影响。一般来说，信息的实效性或可利用性只对特定的接受者才能显示出来，而且对于不同的接受者，信息的可利用度也不同。

- 可共享。与物质和能量不同，信息具有不守恒性，即它具有扩散性。在信息的传递中，对信息的持有者来说，并没有任何损失。这就导致了信息的一个重要特性——可共享性。

正是由于信息本身具有如此众多的特性，才使得信息本身的身价百倍。人类通过对信息的科学利用，极大地促进了科学技术的发展和各个领域的深刻变革。

## 1.2 关于信息科学

信息科学是一门综合性学科，它是在 20 世纪 70 年代后期，随着计算机技术高速发展和广泛应用而逐步形成的。实质上，信息科学是由信息论、控制论、系统论和计算机科学四位一体相结合的崭新学科。信息论是信息科学的理论基础，它是研究信息的本质、度量、传递、变换和处理的科学。信息论着眼于对信息的认识，而信息科学则着重研究人类、生物和机器如何获取、存储、变换、处理、传递和控制信息的一般规律，并提出对各种人工智能机器设备的设计指导理论。

当前，对于什么是信息科学，尽管各学派之间同样也存在着不尽一致的解释，但对以下两点都有着一致的理解。

其一，信息科学研究的对象是信息。重点内容有三：一是探讨信息的性质、产生、来源，研究信息的量度、编码交换和译码；二是研究生物、人类和计算机如何实现信息采集、处理、传递等实现方法；三是寻求实现信息效用的最佳系统途径。其二，信息科学除有信息论、控制论和系统论作为其理论基础外，还在不断产生新的理论，如模糊集合理论、随机过程论、自动机理论，以及包括对策论、博弈论、排队论、规划论、仿生学、质量控制和经济模型理论等在内的运筹学理论，还有一些数学和诸如模拟和仿真等方法论等等。近些年来，人工智能理论异军突起，发展很快，其目标是开发人类信息功能，帮助人类突破自然束缚，促使人类社会发生质的变化。信息科学协同不同的科学领域共同发展而产生了不同的效果，其中包括“硬成果”和“软科学”。

首先，它与自然科学协同发展，着重解决了诸如核能科学、空间科学、气象科学等重大科学技术问题，同时也随之产生了诸如信息物理、信息化学、生物信息科学等许多软科学范畴的“边缘科学”。

其次，它与管理科学协同发展，着重解决了诸如认识生产发展规律同经济效益的关系，从而解决了提高劳动生产率、国民生产总值等重大问题，同时也随之产生了诸如国民经济模型理论、信息经济学等许多国民经济软科学范畴的“边缘科学”。

此外，它与社会科学协同发展，着重解决了诸如国民经济的效益、整个社会的产业结构平衡、生产平衡和生活结构平衡等重大问题，同时也产生了诸如社会软科学的社会信息学范畴的“边缘科学”。

信息科学还开始与行为科学协同发展，其目的是认识人的社会行为，以满足人类物质生活和精神生活的需要，同时也随之产生诸如行为信息科学的一些“边缘科学”。

总之，信息科学是一门新兴的学科，它不但对信息技术的发展起着巨大的推动作用，

而且还将随同与其他科学领域的协同发展，而做出更大的贡献。

像定义任何别的学科一样，我们可以把信息科学定义为“研究信息及其运动规律的科学”，而更为精确的定义则是：信息科学是以信息作为主要研究对象、以信息的运动规律作为主要研究内容、以信息科学方法论作为主要研究方法、以扩展人的信息功能（特别是其中的智力功能）作为主要研究目标的一门科学。

以信息作为主要研究对象，这是信息科学区别于其他科学的最根本的特点之一，也是信息科学之所以能够成为一门独立学科的最根本的前提。信息科学所要研究的信息运动规律至少包含以下各类：1）信息产生的规律；2）信息获取的规律；3）信息再生的规律；4）信息施效（控制）的规律；5）信息传递的规律；6）信息系统优化或自组织的规律；7）信息过程智能化的规律。其研究内容可归纳为如下五个方面：

- 探讨信息的基本概念和本质；
- 研究信息的数值度量方法；
- 阐明信息感知、识别、变换、传递、存储、检索、处理、再生、表示、施效（控制）等过程的一般规律；
- 揭示利用信息来描述系统和优化系统的方法和原理；
- 寻求通过加工信息来生成智能的机制和途径。

可见，信息科学的研究范围已经远远超过了仙农（C.E.Shannon）的信息论的领域而深入到了控制论科学、系统科学、耗散结构理论、协同理论、人工智能理论、认知科学、思维科学等领域。事实上，由于信息问题的普遍性，它的研究范围将随着时间的推移和研究的深入而继续扩展，目前人们还不能人为地划定一个固定的边界。

特别值得指出的是，信息科学不仅具有独特的研究对象和全新的研究内容，而且还形成了相当完善的一套科学方法论体系，即信息科学方法论。

由于信息科学要研究全新的对象和全新的内容，所以它就不能完全依靠传统的自然科学方法论来解决问题，而必须创立一套新的与这些新对象、新内容相适应的科学方法论。否则，它就不可能完成这些新任务。

实际上，在信息科学的研究范围内，传统自然科学方法论不能充分发挥效力的原因，或者说信息科学方法论必然要问世的理由是很明显的。众所周知，信息科学研究的具体对象都是信息现象占主导地位的事物，这类事物的普遍特征是：它们一般都处于高级的运动形式，如生物、人类、人类智力活动、人类社会以及模拟它们的行为的高级机器系统等等。在这些场合，一方面，这些事物的物质结构往往都十分复杂，很难用常规的方法来弄清它们的物质结构；另一方面，这些事物所包含的能量转换关系往往又不能反映出事物运动的本质。因此，光有物质的观点和能量的观点是无法解决这些问题的。既然这类对象都是信息现象起支配作用的事物，那么就应当用信息的观点和方法去寻求解决问题的出路。

信息科学方法论体系的灵魂是信息方法，包括：信息分析方法、信息综合方法和信息进化方法。简略地说，信息方法的基本意思是：在与高级复杂事物打交道的时候，应当从信息（而不是物质或能量）的观点出发，通过分析该事物所包含的信息过程来揭示它的复杂工作机制的奥秘，通过建立适当的信息模型和合理的技术手段来模拟或实现高级事物的复杂行为。因此信息方法有三层含义：信息分析、信息综合和信息进化。分析解决高级复杂事物的工作机制的认识问题，综合解决高级复杂事物工作机制的实现问题，进化则解决

高级复杂系统的优化与完善问题。从认识到实现再到完善，信息贯穿始终。正因为这样，它就成了这一方法论体系的灵魂。

总之，和以往一切传统科学不同，信息科学破天荒地把信息推上了科学的舞台，使它与物质和能量鼎足而立，并以崭新的思想和方法大大丰富了科学的宝库。信息科学的崛起，使以物质和能量二者为中心的传统自然科学观念让位于以信息、能量和物质三者为中心的现代科学观，使力量型的科学发展成为智慧与力量相结合的科学，使以解放人类体力劳动为目标的传统科学转变为以解放体力和智力劳动为目标的现代科学。总之，信息科学的兴起极大地改变了整个科学的结构、内容和方向，改变了科学发展的前景和科学的思维方式。

### 1.3 信息技术

一般来说，研究信息科学应当联系到信息技术问题，因为它们是一个统一的整体。世界上许多事物都是按一定规律发展的。自然科学是研究自然界的物质形态、结构、性质和运动规律的科学。根据性质不同和应用领域不同，有基础科学、技术科学和应用科学之分，这些都是人类反映客观规律的知识体系和改造自然的实践经验即生产斗争经验的总结。技术则是人类为实现社会需要而创造和发展起来的手段、方法和技能的总和。

从历史上看，技术远比科学要古老得多，但科学是研究自然界不同事物的运动、变化和发展规律的专门知识，它有着巨大的理论指导意义，为技术的发展提供理论依据。所以，科学和技术紧密结合，实现了技术科学化和科学技术化。在当代，技术的发展离不开科学的突破和指导，科学的深化则需要得到各种技术的支持和保证。科学和技术相互依赖，紧密配合，大大促进了科学技术的共同发展。对于信息科学和信息技术来说，这一关系表现得尤为突出。

从技术的本质意义上，可以给出信息技术的明确定义：信息技术就是能够扩展人的信息器官功能的一类技术。

人的信息器官主要包括以下四类：感觉器官（包括视觉器官、嗅觉器官、味觉器官、触觉器官和平衡器官等），传导神经网络（可分为导入神经网络和导出神经网络），思维器官（包括记忆系统、联想系统、分析推理和决策系统等），效应器官（包括操作器官、行走器官和语言器官等）。因而信息技术有相应的四项基本内容（即“信息技术四基元”）：

感测技术——感觉器官的延长。感测技术包括传感技术和测量技术，也包括遥感、遥测技术等。它使人们能更好地从外部世界获取各种有用的信息。

通信技术——传导神经网络的延长。它的作用是传递、交换和分配信息，消除或克服空间上的限制，使人们能更有效地利用信息资源。

计算机和智能技术——思维器官功能的延长。计算机技术（包括硬件和软件）和人工智能技术，使人们能更好地加工和再生信息。

控制技术——效应器官功能的延长。控制技术的作用是根据输入的指令（决策信息）对外部事物的运动状态实施干预，即信息施效。

信息技术四基元及其功能系统完全与人的信息器官及其功能系统相对应。信息技术的功能和人的信息器官的功能是一致的，只是功能水平或性能上各有千秋。其中，通信技术和计算机与智能技术处在整个信息技术的核心位置，感测技术和控制技术则是核心与外部