

新兴学科概览

信息学

颜泽贤 钱捷

化



编 者 的 话

我们正处于科学日新月异的时代。

当代科学的发展，正呈现出高度分化和高度综合的趋势：一方面，一门一门的分支学科被分离出来，愈分愈细；另方面，不同学科彼此渗透、相互联结，产生了许多边缘学科、交叉学科和综合学科。据一般估计，新兴学科已超过两千门。

在知识更新周期愈来愈短的现时代，每个人都面临着新知识的挑战。现代化的潮流已经不容许我们对新的知识一无所知。用新的知识充实和丰富自己，是每个热心于现代化事业的人的迫切愿望。然而，时间不足，文献资料的缺乏、零散，又给我们了解新兴学科的发展概貌和掌握新兴学科的最新成就增加了困难。为此，我们编辑了这套《新兴学科概览》。

她将根据学科发展和社会实践的需要，有目的地选择以社会科学为主的较带普适性的新兴学科进行介绍。每本力图以简明通俗的文字概述一门新学科的基本内容，既照顾到学

科理论的系统性、科学性，又注重应用性、普及性。使读者较快地掌握该学科的基本内容和理论知识，使之开阔视野，提高科学知识和思维能力，以指导现代化建设的实践。因此，《概览》不仅是一套广大干部、青年学生了解新兴学科的入门书，同时，对于有志研究新兴学科的理论工作者也将具有参考价值。

科学的态度是实事求是的态度。我们将努力以这样的态度从事《概览》的写作和编辑。对国外已经提出的新学科和有价值的研究成果，我们将以科学的态度加以借鉴，同时结合本国的国情进行独创性研究。在文风方面，我们将力避浮华，不尚虚荣，以质朴无华的面貌严肃地将我们对新兴学科的研究成果奉献给读者。

《概览》没有固定的作者队伍，我们欢迎有志于研究新兴学科的作者参加《概览》的写作。也真诚地欢迎广大读者对《概览》的写作、编辑、出版提出宝贵意见和建议。

《新兴学科概览》编委会

1987年2月于广州

目 录

第一章 绪论——什么是信息学……………(1)

第一节 信息论的诞生及发展……………(2)

第二节 什么是信息学……………(8)

第二章 信息……………(12)

第一节 “知道”、“确定”、“可能”和信息…(13)

第二节 概率和信息的度量……………(15)

一、概率……………(15)

二、信息的度量……………(20)

第三节 熵和信息。信息的定义……………(24)

第四节 实体信息和非实体信息……………(29)

第五节 物质、能量和信息……………(36)

第三章 信息过程……………(39)

第一节 信息过程的一般模型……………(39)

一、两种信息转换……………(39)

二、广义通讯过程的基本模型·····	(42)
第二节 信息过程的一般特性和规律(上)·····	(48)
一、信源和信宿之间的关系——选择·····	(48)
二、信源的信息量·····	(54)
第三节 信息过程的一般特性和规律(中)·····	(61)
一、多余度(冗余度)·····	(61)
二、通讯的可靠性·····	(64)
三、信道容量和信道定理·····	(70)
第四节 信息过程的一般特性和规律(下)·····	(74)
一、信息过程的不可逆性和保真度·····	(74)
二、信息的提取·····	(77)

第四章 信息方法·····(81)

第一节 信息的分类和信源的选择·····	(83)
一、信息的分类·····	(84)
二、信源的选择·····	(87)
第二节 信息的收集·····	(92)
一、信息收集必须是有目的的·····	(93)
二、信息收集的方法·····	(99)
三、信息收集的程序·····	(102)
第三节 信息的传递·····	(103)
一、健全信道·····	(103)
二、信息的种类和传递的关系·····	(108)
第四节 信息的贮存·····	(109)
一、信息贮存的单位——信息库·····	(109)

二、信息的贮存方式·····	(111)
三、信息库的保管·····	(113)
四、服务·····	(113)
第五节 信息的处理·····	(114)
一、信息处理的概念·····	(114)
二、信息处理的历史和发展趋势·····	(115)
三、信息处理的一般步骤·····	(116)
第六节 信息的输出·····	(117)
第七节 信息系统建设的一般程式·····	(120)
一、单个信息系统的建立·····	(120)
二、复合信息系统的构成·····	(121)

第五章 信息管理·····(123)

第一节 信息爆炸与信息管理的·····	(123)
一、人类知识总量急剧增加·····	(124)
二、信息载体的急剧增加和多样化·····	(126)
三、人类获取信息的手段日新月异·····	(127)
四、信息传递和信息处理技术突飞猛进·····	(128)
第二节 现代人必备的信息价值观·····	(129)
一、信息是宝贵的资源·····	(129)
二、信息是无形的财富·····	(131)
三、信息是管理的基础·····	(132)
四、信息是决策的前提·····	(135)
第三节 现代领导与信息管理的·····	(138)
一、信息的特征·····	(138)

二、信息管理的基本要求·····	(141)
三、信息管理与领导素质·····	(143)
第四节 管理信息系统·····	(146)
一、管理系统与管理信息系统·····	(146)
二、管理信息系统的特点、功能和组成·····	(149)
三、管理信息系统的生命周期与开发·····	(151)
第五节 电子计算机与信息管理·····	(153)
一、计算机应用于管理的发展阶段及效果·····	(153)
二、电子计算机管理信息系统·····	(156)
三、建立电子计算机管理信息系统的条件·····	(158)
第六章 信息革命·····	(161)
第一节 生产力革命的历史进程·····	(162)
一、农业革命·····	(162)
二、工业革命·····	(163)
第二节 信息革命与信息技术·····	(166)
一、信息革命·····	(166)
二、信息技术的特点·····	(169)
三、信息技术 (I)：电子计算机·····	(170)
四、信息技术 (II)：光纤通信·····	(178)
第三节 信息革命的主要特征·····	(181)
第四节 信息革命的社会功能·····	(186)
一、信息革命与物质文明建设·····	(186)
二、信息革命与精神文明建设·····	(190)

第七章 信息社会.....(194)

第一节 信息社会的标志及步入信息社会的阶段.....	(195)
一、信息社会的标志.....	(195)
二、步入信息社会的阶段.....	(197)
第二节 信息社会的特征及发展趋势.....	(200)
一、信息社会的特征.....	(200)
二、信息社会的发展趋势.....	(205)
第三节 挑战与对策.....	(208)
一、世界各国的发展战略与对策.....	(209)
二、机会、挑战、对策.....	(212)

第一章 绪论——什么是信息学

由于近几十年来科学技术的发展呈现出“知识爆炸”的势态，同时，现代化的社会生产和与之相应的社会机构的组织化程度精细化和高效能化，特别是电子计算机技术产生以来，这一势态好象加入了催化剂一样地加速发展，人们开始觉察到这个高智能化、高组织化、高效率化的社会的幕后操纵者是一种被叫做信息的东西。于是，西方的科学家和社会工程学家们开始以新的角度和新的眼光重新审视那其实在本世纪40年代末就诞生了的信息理论，社会学家和未来学家们则预言一个信息化时代的到来，并着手于刻画一个信息化社会的图景。

正在意气风发地朝向四个现代化迈进的中国，即时地注意到了这一全球性的发展潮流，因此，首先在社会的宣传和舆论中，“信息”一词迅速成为出现频率最高的术语之一。接着，人们看到在科学研究方向的分布上，属于现今被称为信息科学的学科数量迅速增加，而在社会科学研究领域中，甚至有不少人引入信息观念和方法作为学科改造的重要手

段。显然，这就导致了一种新的情况的出现：在一般性宣传和科学的研究之间，存在着一个巨大的社会群体，他们被关于信息科学和信息社会的宣传鼓动得热血沸腾，却又无法真正地、切实地了解这些东西究竟是怎么一回事，更无法自觉地在自己的具体工作中顺应新的潮流而运用信息方法。

本书正是为处于上述“中间地带”的人们撰写的，目的在于使他们具体切实地明白信息、信息论和信息科学这些概念，了解信息革命、信息社会是怎样一回事，并初步懂得如何在工作实践中增强信息观念，自觉地按信息方法行事。

在绪论中，我们将要阐明所谓“信息学”的含义以及我们这本《信息学》的内容的逻辑结构。为了达到这一点，我们必须从信息论发展的历史讲起。

第一节 信息论的诞生及发展

信息一词，英文是 information，这个单词还具有消息、情报的意思。而事实上，日常中人们对信息一词的理解和使用也多是在消息、情报的意义上的，以后我们将知道，信息概念的科学含义包括了消息、情报，但要比消息、情报的概念更深刻更广泛。但只就这种日常的理解，也不难明白人类和信息的关系的密切性。人类自诞生那天起就同信息打着交道，原始人结绳记事，这可以说是最初的信息编码和贮存；用烽火台向中央通报边境的战事，这是古代的光通信，即用光传递信息的方式……。事实上，人类的任何一个感性活动的过程，就已经是一个信息过程了。人类通过感觉器官

来接受各种各样的外界信息，同时也通过声音、手势等来表达信息。我们通常说的思维过程，则是信息的处理过程。只是在相当漫长的岁月中，人类并没有自觉地意识到在这些过程中存在着的信息的抽象本质。而这种科学的抽象是建立信息理论即信息论的基本前提，所以在这漫长的时期，没有产生出一种信息论。人类对于信息的认识上升到科学理论的高度，则是本世纪中叶的事情。^①

本世纪以来，随着无线电技术和无线电电子学的发展，人类通信水平迅速提高，同时社会生产、生活的发展对通讯水平提出了越来越高的要求，例如军事上对高水平的通讯技术的迫切需要等，这构成了人类通信发展的社会实践动力。然而，通讯水平的发展不能仅仅通过电子器件技术的改进来达到，还必须发展关于通讯方式和程序的一般理论，正是在这一发展过程中，产生了最初的信息理论——申农信息论。

自从1832年德国科学家韦伯和高斯发明了电报，美国人莫尔斯发明了莫尔斯电码，以及后来在1901年意大利的马可尼的跨海峡的无线电通讯试验成功后，人类通讯进入了现代化时代。从此，通讯的物质手段不断提高，这种提高对通讯的技术理论不断提出新的要求，为满足这些要求，出现了一系列的进展。1922年卡松阐明了边带问题理论，提出信号保真

① 当然，在科学的信息论诞生之前，人们曾经创造过和某一具体实用范围内的信息有关的学问。比如，情报学（研究作为情报的信息的收集、整理等等），甚至会计学（从金融信息角度来处理信息的方法），但在这些学问中，都没有抽象出一个普遍的信息概念，因而也更谈不上建立一般的普遍的信息理论，所以它们都不算作信息论，这正如我们不把“农作物栽培学”看作是生物学一样。

法则，1924年奈奎斯特和开夫曼尔指出了频带宽度和信号、传播速率的关系，特别是1928年哈特莱发表了《信息传输》一文，提出消息是代码、符号和序列，而不是消息所传送的内容本身的观点，从而将信息概念从各种具体的实际消息过程及其语义内容中抽象出来。这种抽象的信息概念的获得，是建立信息理论的基础。

控制论的创始人维纳，对信息论的建立有过特殊的贡献。他从控制以及通讯的角度对信息过程进行了长期的研究，提出了维纳滤波理论、信息预测或在负延迟下有噪声信号的接受理论。他从统计观点出发，将消息看作可测事件的时间序列，提出了将消息定量化的原则和方法，并独立地提出了度量信息量的数学公式。他指出：“单位信息量就是对具有等概率的二中择一事件作单一选择时所传递出去的信息。”十分有意义的是，他还在许多著作中从更广泛的角度讨论了信息的统计性质以至信息的哲学和社会意义。

由于信息论的诞生是在科学技术发展到一定阶段和一定时代的社会需要的推动所产生的必然结果，在本世纪40年代，许多科学家都在自己的研究中分别触及到信息的各方面的基本内容，除了维纳外，苏联的戈尔莫戈洛夫、美国的费希尔、魏沃尔等都分别在一相相隔不长的时间内对信息论的创立作出了贡献。

正是在这样的背景下，美国贝尔电话研究所的数学家申农(C. E. Shannon)在1948年发表了《通讯的数学理论》一文。这篇论文被公认为信息论诞生的标志。因为在这篇论文中，申农不仅给出了信息概念的抽象定义，从而解决了信

息的度量问题，而且给出了信息在通讯过程中的一系列理论结果，如通讯过程的一般模型，信源信息量的计算，信道容量的充分利用以及编码的理论等。

由此可见，早期信息论是在人类信息活动的一个最重要的过程——通讯过程的理论研究中产生的。

申农等在通讯领域中提出了比较完整的信息的定量理论后，很快地引起了其他许多领域中的研究者的注意。50年代，形成了一股推广申农信息论的潮流。人们举行了很多会议，发表了很多论文，试图把信息论用于解决组织化、语义学、神经系统、心理学等问题。1950年9月于伦敦举行的信息论会议上，有20多篇论文，其中6篇是关于信息论在心理学和神经生理学上的应用。1955年9月在伦敦举行的第三届信息论会议，涉及内容更为广泛，包括解剖学、动物保健学、人类学、计算机、经济学、电子学、语言学、数学、神经生理学、哲学、语音学、物理学、政治学、心理学和统计学等。

这期间，法国旅美科学家布里渊比较系统地提出了一种较申农信息论更为广义的物理信息理论。他在1956年出版了《科学与信息论》一书，力图把信息过程与物理过程联系起来，把申农的信息熵和热力学熵这两个概念联系起来。他的这一努力的意义是十分明显的。因为“熵”是自然界物质行为和状态的最基本的量度之一，同时，热力学的理论业已对熵现象作出了比较深入的理论分析，把信息和熵联系起来，如果能证明它们之间的某种等价性，则无异于将信息论扩展到一个更为深入和基本的自然定律的层次。

和布里渊差不多同时的，还有数学家和生物学家H·郭斯勒等人也在推广信息论的方向上作了大量的工作。郭斯勒曾感叹地说：“许多人开始接触信息论时，觉得它大有前途；有些人在认真研究之后更认为它大有希望。”

但是，这种热潮在接下来的一段时期开始冷落，人们遇到了各种性质的困难，以至申农本人也对能否将他的信息论简单地推广到象心理学、经济学以及其他一些社会科学领域中去持怀疑态度。造成这种情况的原因不应该认为是信息论本身不可能推广，而应该看到这种情况恰恰是暴露了当时的申农信息论的局限性，同时由于整个科学理论和技术发展水平的限制，人们还不能马上克服这种局限性而创造一个广义的更带有普遍性的信息理论。

正因为如此，随着近几十年来科学理论和技术的发展，特别是信息科学技术如计算机技术和人工智能研究的影响，十分自然地使推广信息论的热情重新高涨起来。

一方面，人们利用信息的定量化的统计性及由此表现出的同热力学熵的深刻联系，继续在物理学、宇宙学、生物学、心理学，甚至经济学和美学中推广信息论。例如1972年贝肯斯坦利用熵的信息论解释，讨论并解决了“黑洞的热力学悖论”。1979年卡克根据这种关系和其他理论，对人的肾化学内稳态功能的效率进行探讨，得到了较切合实际的数值。然而更多的工作则是将信息论推广到心理学和生物学中去。例如克鲁斯曼在60年代初就用信息论的观点研究人的短期记忆。新近发展起来的认知心理学，也是信息论渗透到心理学研究中的一个典型。另外，还出现过象莫里斯、莫尔等把信息论

引入文化学和美学中去的探索性研究。

另一方面，人们开始在克服申农信息论一个十分重要而又明显的局限性上做工作。申农信息论的这个局限性早就被他的合作者W·魏沃尔看到。魏沃尔把通讯问题分为三个方面：

1. 技术问题，即怎样精确地传送通信符号？
2. 语义问题，即怎样使传送的符号精确地表达语义？
3. 有效性问题，即怎样使收信者收到语义，按需要的方式有效地发挥作用？

他认为申农的工作只属于技术问题，对于语义问题和有效性问题并没有解决。

事实上，申农信息论适用于信息传输而对于信源和信宿之间的信息量值关系并不十分有效。因为他的信息论对于信源的先验概率的确定是缺乏合理方法的。特别是，它无法考虑到信息的实际价值问题。比如，对于它来说，5分钟的新闻广播和5分钟的其他消遣节目的信息量是同等的。显然，在实际上这是不可能的。另外，布里渊从物理学上对信息论的熵原理推广，其定量化也是建立在排除了信息的效用或“价值”等人的因素的基础上的。因此，为突破传统信息论的这种局限，形成了另一信息论发展的道路。1971年高艾斯等提出“有效信息”概念。1978年经夏尔马等人在修正可加性基础上，推广为非可加性的“广义有效信息”。另外，还有卡尔纳普等提出的“语义信息”、哥廷格尔的无概率（主观）信息和杰马里的相对信息等等。1965年查德提出模糊数学后，又有人试图建立“模糊信息论”。还有人根据计算机中

的信息问题，特别是人工智能研究中遇到的大量信息处理问题，设想建立“算法信息论”。

面对这种情况，意大利科学家郎格在《信息论：新方向和未解决的问题》一书中指出：“曾被申农在他的贡献中审慎排除了的东西，现在已被包含了进来。”

第二节 什么是信息学

应该承认，信息学这个概念，世界上恐怕还没有一个明确和一致的定义。我国学者钟义信写过一本小册子《信息学漫谈》，其中说道：“……广义信息论，或者叫做信息科学，简称为信息学”。创造信息学这个术语的美国科学家S·高恩则将信息学作为“计算机和信息科学”这一词组等价的表达方式。由于信息科学这个概念实际上和信息学差不多一样地在各种文献中不明确不一致地使用着，所以，虽然所举两种对信息学的定义尽管存在差别，我们还是可以大致地把信息学理解为信息科学这样的一类学问。因此，要对信息学的涵义、内容和范围有一个基本的了解，我们只要了解什么是信息科学就行了。

从信息论的诞生及发展的历史，我们可以看到，信息论在事实上并不是一个已经基本完善了的系统的理论，就现在的结果来看，在属于信息论研究的广泛的领域中，只有申农的信息论即通讯的数学理论以及在此基础上直接发展起来的围绕着通讯过程的研究成果，才算得上形成了比较完整的理论系统。如果对这些广泛的信息论研究的成果加以分类，则一

般来说，可以分为三种不同的类型：

1. 狭义信息论。主要研究消息的信息量、信道容量以及消息的编码问题。这是申农信息论的主体部分。

2. 一般信息论。主要是研究通信问题，但还包括噪声理论、信号滤波与预测、调剂与信息处理问题。

3. 广义信息论。不仅包括1、2的内容，而且包括所有与信息有关的领域，如物理学、心理学中的信息研究等。

信息科学，则可以看成是上述广义信息论渗透了现代通讯技术和计算机理论以及控制论和系统论所形成的一门跨学科的、内容丰富广泛的综合性学科。显然，它的诞生是以电子计算机、光纤通讯这样一些先进科学技术的产生为科学技术背景的，而由于这些技术的应用，各种社会联系的纽带日趋复杂多样，社会日常生活和生产日益进入高速度高效能的状态，知识和管理成为社会生活、生产中举足轻重的因素，等等。一句话，人类正进入一个信息化的社会。这些则构成了信息科学产生的社会背景。

以信息为主要研究对象，这是信息科学区别于迄今为止一切传统科学的根本特点。信息科学以信息的运动规律和应用方法为主要研究内容，这包括讨论信息的本质，研究信息的度量方法，研究信息是如何产生、如何提取、如何变换、检测、传递、贮存、识别和处理，如何利用信息来对对象进行控制调整，以及如何利用信息来实现最优组织和高效管理等。信息科学以计算机、光导纤维技术等为主要研究工具，以扩展人类的信息功能为主要的研究目标，即研究如何进一步提高人类所借助的信息工具如电子显微镜、天文望远镜、