

信息科学论纲

周安伯 李正耀 丁小文 编著



江苏教育出版社

549060

6042/17



信息科学论纲

周安伯 李正耀 丁小文



江苏教育出版社

信息科学论纲

周安伯 李正耀 丁小文

责任编辑 王建军

出版发行：江苏教育出版社
(南京中央路165号，邮政编码：210009)

经 销：江苏省新华书店

印 刷：丹阳人民印刷厂

开本787×1092毫米 1/32 印张 11 字数 229,800
1990年9月第1版 1990年9月第1次印刷
印数1—2,010册

ISBN 7—5343—1117—9

G·985

定价：3.10 元

江苏教育版图书若有印刷装订错误，可向承印厂调换

绪 论

在当代群星灿烂般的世界科学之林中，闪耀着一颗为全球瞩目的新星——信息科学。

信息科学，简而言之，就是关于认识信息和利用信息的科学。它以信息为研究对象，以信息的运动规律和应用方法为主要研究内容，以计算机等技术为主要研究工具，以扩展人类的信息功能特别是智力功能为主要研究目标，是一门新兴的综合性的横断科学。

信息科学，是世界新技术革命的主导科学。它与系统论、控制论、耗散结构论、协同论和突变论等横断科学，以及众多的交叉科学、综合科学一起，代表着科学发展的时代特征——在高度分化的基础上，整体化、综合化的趋势占了主导地位，标志着科学发展进入了综合的时代。因此，信息科学的诞生，具有划时代的意义。

信息科学在20世纪70年代问世决不是偶然的，而是社会生产及人类知识和科学飞速发展的必然结果。

人类一出现，就生活在物质、能量和信息三位一体的物质世界里。人类对物质（材料）、能量和信息的认识和利用程度，决定生产力的水平；生产力的水平，又决定材料科学、能量科学、信息科学在人类科学体系中的地位和作用。古代社会生产力的水平主要取决于制造生产工具的材料性能，这促使材料科学获得优先的发展，材料革命成为社会生产变革的主要标志。在近代社会生产中，能量占据了主导地位，在

长期持续进行的能量革命中，研究开发和利用热能、电能、原子能的能量科学又成了带头的科学。信息在当代社会生产中的主导地位，理所当然地使信息革命成为当代社会生产变革的主要标志，信息科学成为带动全局的主导科学。

作为信息科学理论基础的数学、物理学、化学和生物学及其它主要相关学科的长足进步，信息科学三大支柱的信息论、控制论和系统论的逐步完善，以及对于信息所作的哲学研究的逐步深化，共同推进了对信息的理论研究和科学认识。从而，为信息科学的迅速发展提供了理论前提。计算机技术等主要研究工具的巨大发展，又为发展和完善信息科学提供了先进的技术手段。

新技术革命的技术目标和特征——扩展人类的信息功能特别是其中的智力功能，也决定了信息科学技术必然独占鳌头。当今的时代，社会信息量按指数规律骤增，“地球村”的所有居民无例外地遇到了“信息爆炸”的严峻挑战。人类仅仅凭借自身自然的信息功能——感觉器官、神经系统和思维器官等等天赋信息器官的能力，再也不能适应认识世界和改造世界的需要了。这就必须通过科学技术的手段，极大地延伸和扩展人类的信息功能。而能否实现这一点，是当今科学技术能否实现新的飞跃的关键。于是，以延伸和扩展人类智力能力为宗旨和特征的信息科学技术，顺理成章地成了新技术革命的主流和核心。

信息科学技术一经诞生，就迅速以其强大的渗透力，几乎渗入了社会生活的各个领域，日益显示出巨大的作用和深远的影响。

信息科学技术有力地带动着其他科学技术的发展。现代

自然科学已经集中到三大前沿学科，即信息科学、生命科学和材料科学，其核心是信息科学。信息科学技术的高度扩展性和渗透性，它的纽带作用和催化作用，大大加强了新科学技术群的互相联系和渗透，也改善和提高了人的科学能力（包括观测能力、分析能力、计算能力、综合能力和控制能力等），从而有力地促进了各门学科的发展。从基础自然科学研究到应用科学领域，从各门新兴科学技术在国民经济各部门的应用到在科学、教育、文化、卫生事业中的应用，都从信息科学技术中获益匪浅。

信息科学的发展，使人类认识到：人类自身赖以生存和发展的资源，不是原先认为的两种——可再生资源（包括动物、植物等物质和风力、水力、太阳能等），非再生资源（包括金属和非金属矿藏以及石油、天然气、煤等），而是三种——第三种就是信息资源。人类运用信息科学技术，极大地拓展了认识世界的范围，深化了认识的层次，增强了收集、识别、处理、存贮、传递和利用信息的能力，在改造世界的实践活动中取得越来越多的自由。当代人类认识和改造世界的实践活动的一个突出特点是：进入到信息交换水平来认识对象世界的运动过程，直接调控自己与对象世界之间的物质（实体）和能量水平的交换活动。这不仅使人类对可再生资源和非再生资源的开发水平大大提高，而且加快了信息资源开发的步伐。人类正在进入以开发信息资源——第三资源为主要特征的新时代！

信息科学技术的广泛应用，不仅将使社会生产力产生巨大的飞跃，而且将带来产业结构、生产管理组织等方面的重大变革。信息科学技术将使生产过程完全实现自动化，大幅

度地提高劳动生产率和产品质量，生产出适时的新产品，以满足人民和社会的需要。电子信息设备将从根本上改变办公室与管理系统的信息流程，提高管理与决策效率，促进生产率的提高。原有的产业结构将受到强烈的冲击，第三产业（劳务和商业）尤其是第四产业（信息工业或智力工业）将大大超过第一产业（农业）和第二产业（制造业等工业），知识密集型产业取代劳动密集型产业而成为起主导作用的产业。知识、信息的生产力成为决定性的生产力和竞争力，成为取得经济成就的关键因素。

信息科学的概念、理论和方法，已经超出自然科学的边界，向社会科学的各个领域广泛渗透。它已经为哲学、经济学、社会学、管理学、人文科学提供了大量新颖的研究课题、研究方法和基本思路。它的进一步完善和发展，将给社会科学的发展以更有力的推动。

信息科学技术必将促使整个社会日趋信息化、“拟人化”，也就是日益具备象人那样完善的信息收集（感官）、传递（神经）、处理（大脑）和应用（四肢）的功能。社会结构和上层建筑的调整也将受到信息科学技术的推动——金字塔形结构为网络结构所取代，单一的纵向信息流通结构让位于多向的信息流通结构，社会管理组织和管理活动将变得更加开放、更有透明度，也更便于公民参与社会事务的管理，促进政治的民主化。

信息科学技术最本质的精神，是信息化、智能化和综合化。而这三个“化”又依赖于信息革命的灵魂——人类智力（当然也包括体力）劳动的空前的解放。人脑智慧、人类智力延伸与扩展的程度，制约着信息科学发展的速度；信息科

学的发展和完善，又为人类向主体进军，揭开人脑思维的秘密，进一步解放人类智力提供理论基础和科学方法。信息科学向人类展示了这样的光辉前景：在建设高度的物质文明和精神文明的实践中，全面发展自身的一切能力，成为全面发展的新人。

诚然，信息革命不能代替社会革命。然而，信息科学技术的高度发展，必将为人类进行社会变革、社会革命提供物质条件，为消灭脑力劳动和体力劳动、城乡和工农“三大差别”，向共产主义社会过渡提供新的物质基础，则是确定无疑的。

正由于信息革命的灵魂是人类智力的空前解放，也正因为信息科学技术渗透进了社会生活的一切领域，並发挥着无以伦比的社会功能和作用，这就不能不引起一切对人类前途和命运抱有某种责任感的人们对它的关注和重视，尽管各种人的出发点、兴奋点和落脚点不完全相同以至截然相反。

发达资本主义国家是信息革命的发源地。这些国家的学者对信息科学技术的形成和发展作出了巨大贡献。我们研究信息科学，不能不研究他们的有关论述。通过他们的论述，我们可以了解信息论和信息科学的技术源流和来龙去脉，了解信息科学诞生的历史必然性和划时代意义，激发学习和掌握信息科学的高度热情。由于他们是资本主义社会的学者，而拒绝学习研究他们的理论，这种态度是不可取的。当然，他们的观点也必然会有某些局限性，有的局限性是信息科学的不成熟性造成的，有的则同其阶级与制度的局限性有关，对此，也应作具体分析，不可一概而论。

我国学术界对信息论和信息科学的研究，虽然起步较晚，

但也具有自己的优势和长处。马克思主义哲学的指导，使我们的研究工作能够坚持正确的观点和方法，从一开始就抓住基本的、重要的问题展开和深入。从发展的观点看问题，社会主义制度才是社会全面信息化的制度保证，这也为我国学术界正确分析信息科学技术向社会生活各个领域的渗透，正确认识信息科学技术的社会功能和作用，防止割裂或混淆信息革命与社会革命关系的两种片面性，提供了根本保证。

现在的问题是，信息概念已为人们广泛接受，并从各种角度进行了研究，我国学术界已提出了一些关于信息科学的构想，但迄今为止，系统论述这门学科的专著尚不多见。这一方面表明人们对信息科学的某些方面的研究尚不够深入，另一方面，也说明学术界对信息科学的某些基本问题尚缺乏统一的见解。这是不足为怪的。在科学形成与发展的过程中，这是一种颇为常见的现象。诸说纷起，百家争鸣，是学术繁荣的象征，也是科学走向成熟的动力。在这种情况下，进一步深入研究探讨与展开论述某些对信息科学的理论构想，并不是水火不相容的，可以并行不悖，相辅相成，相互促进。从这种认识出发，我们不避浅陋，推出了我们这本《信息科学论纲》，就教于学术界前辈与同仁。

根据我们掌握的资料和粗浅的认识，为了概要地论述信息科学的基础理论及其主要应用领域，我们对本书的总体设计如下：全书十章分为四大部分，第一部分为第一章，概述信息科学的形成；第二部分由第二至第六章组成，展开讨论信息科学的体系及内容——信息科学的研究对象、信息运动的规律性、信息系统、信息技术和信息方法；第三部分为第七至第九章，阐述信息科学在现代科学、人类社会发展中

的应用，以及与人的全面发展的关系；第四部分为第十章，展望信息科学的发展趋向。

考虑到信息科学既是一门新兴的横断学科，又是普及新科学技术革命知识的重要内容，我们在本书中一方面注意对有关理论问题进行比较有系统的叙述，并阐明自己的见解；另一方面尽量少用深奥的原理和费解的推导公式，力求写得通俗易懂一些。希望这能为读者阅读本书提供一些方便。

目 录

绪论

第一章 信息科学的诞生..... (1)

第一节 信息论的形成和发展..... (1)

第二节 从信息论到信息科学..... (15)

第二章 科学的信息概念..... (28)

第一节 信息的定义、分类及特性..... (28)

第二节 信息的本质..... (38)

第三节 信息的度量..... (54)

第三章 信息运动的规律性..... (66)

第一节 自然信息运动的规律性..... (66)

第二节 生物信息运动的规律性..... (69)

第三节 社会信息运动的规律性..... (74)

第四节 思维信息运动的规律性..... (82)

第五节 信息运动的现代趋势..... (96)

第四章 信息系统..... (104)

第一节 信息系统的构成..... (104)

第二节 专门信息系统..... (115)

第三节 人造信息系统的建立..... (129)

第五章 信息技术..... (140)

第一节 现代社会的主导技术..... (140)

第二节 信息技术的核心..... (145)

第三节 信息技术的支柱..... (162)

第六章 信息方法..... (168)

第一节 信息方法的概念和作用	(168)
第二节 信息分析综合法	(174)
第三节 行为功能模拟法	(183)
第四节 系统整体优化法	(191)
第七章 信息科学在现代科学中的广泛渗透	(200)
第一节 信息科学与社会科学	(200)
第二节 信息科学与生物学	(209)
第三节 信息科学与管理科学	(219)
第八章 信息科学与人类社会	(230)
第一节 信息与人类社会的进步	(230)
第二节 信息科学对现代社会的影响	(236)
第三节 信息革命与社会变革	(247)
第九章 信息科学与人的现代化	(263)
第一节 人的观念的根本变革	(263)
第二节 人的能力体系的极大扩展	(275)
第三节 现代人品格的加速培养	(292)
第十章 信息科学的发展趋向	(299)
第一节 进一步向实践过程渗透	(299)
第二节 逐步建立完整的理论体系	(319)
主要参考文献	(336)
后记	(340)

第一章 信息科学的诞生

信息普遍存在于客观世界之中,但人类对“信息”的认识,却经过了漫长的过程。直至现代,人类综合运用最新的科学知识和技术手段,通过对客观世界和人类思维中存在的信息现象的分析、比较和研究,提出并发展了信息论等科学理论。在此基础上,促使了信息科学理论的诞生。信息科学扬弃了传统申农信息论的局限性,它通过科学理论基础的扩展,正在形成一门具有普遍指导意义的横断学科。信息科学所提供的概念和方法,正在成为一般科学的概念和方法。

第一节 信息论的形成和发展

一、漫长的信息认识史

人类对构成现代文明三大支柱之一的“信息”以全面的、综合的认识及利用,是在人类的日常改造自然、社会的劳动实践上产生、发展的。对信息的认识,有着漫长的发展过程。

我们知道,生产实践活动是人类物质和精神发展的基础。在人类还没有从科学的角度来认识信息以前,人类自身就开始接触、实用着信息。尽管“信息”这个词在十余年前还是信息论学者、通讯技术专家、计算机专家、数学家们所用的专业词汇。然而,人类在数千年的生产实践中,是为了

获得各种自然信息，去探测信息的宇宙物质和运动（包括人脑的思维运动）的不均匀性的量度。因而，可以说，信息存在于对自然界和人类社会的认识过程中；人类对信息的研究，发现信息的起源是同人类的出现同时开始的。人类对信息的认识经过了下面三个阶段。

1. 个体信息阶段

首先，早期的人类在生产实践中，已经建立了人与人之间、部落与部落之间的关系，从而，人类不知不觉地在自然地利用着信息。稍后，人类要沟通、传递这种联谊关系，就产生了原始的、基本的信息交流方式——语言。所以，从今天信息论的角度来评估，语言就是人们之间信息交流的一种媒介。正如维纳所说，语言是人类通信最简单要素的基础。^①早期的埃及文化、巴比伦文化、印度文化、中国文化、玛雅文化，它们都曾使用过简单、明确的图形记录下当时人类对自然的种种视知觉印象，用来存贮、传递对大千世界的认识。1879年考古发现的远在公元前一万五千年的旧石器时代的《阿尔塔米拉石窟壁画》，就通过原始人最感兴趣的形象——就是和他们的生存关系最密切的那些野牛动物，来沟通人与人之间的情感以及生存信息的。那时，人类还利用了除语言外的其他各种形式。非洲的许多部落用击鼓声的高和低，烟火的长和短作为传递信息的信号；南亚地区的“结绳记事”、“刻木记事”中的绳结、刻木也是一种信号，借用以存贮信息、传递信息。中国古代的“举烽火为号”也是以火烟为信号，进行通信的一种原始传递信息的方式。

^① 维纳：《人当作人来使用》，载《维纳著作选》，上海译文出版社，1978年版，第60页。

当然，人类为了将各种实用信息储存、传递下去，不仅需要语言、简单通信，而且也充分利用除了语言外的其他各种信号。古埃及以及古代中国都使用象形文字。以后，随着人类文明的不断进展，这种象形文字变化成规范的文字符号，从而使语言及信息源能够超越时间与空间的限制固定下来。文字与语言相结合，出现了某些人造语言。如数学语言，用 $+$ 、 $-$ 、 $\times$ 、 $\div$ 、 $=$ 等符号分别代表加、减、乘、除、等于等。文字及数字、算术、几何的发明是人类应用信息的又一次飞跃。人类为了把大量的信息积累起来，从而扩大了对信息实用范围的认识。

2. 社会信息阶段

在改造客观世界的过程中，随着人类实践的深入，其生产和生活的组织化程度越来越高，对通信交流的要求也日益强烈。这就促使人类不断地在对信息认识不断加深的同时，不断地改进获取信息、传输信息和处理信息的方式和手段。

对信息的认识以及利用有一个从自在到自为的发展过程。人类开始摆脱了原始人类是食物就采集，是野兽侵袭就防御或反击这种完全被动的局面，开始意识到为了维持生存需要，不断地从外部获取周围有关情况的反馈，并予以主观上的识别、评价，并采取适应外部社会环境的各种行为的重要性、迫切性。中国古代兵书《孙子兵法》曾说过：“知己，百战不殆。”这就是说，敌我双方为了要想取得战争的胜利，必须充分了解敌我双方的兵力、装备、战略、战术等有关信息，据以作出正确决策。

商品交换方面，这时已经开始出现了招牌、幌子、店面广告传递商业信息。我国古代夏、商、周三代用来告诫将士

的“誓”，战国时代用“招书”等来下达命令及公告臣民。所有这些传递形式，表明对信息的认识又向前跨了一大步。

然而，人类对信息的认识，长期以来仍处于感性阶段。虽然在过去很长一段时期，人类发明了纸张、印刷术，但是对信息的认识，基本上是：信息虽然非常重要，但人类凭借自己天赋的信息器官（触觉、嗅觉、听觉、视觉）以及原始积累的各种方法、经验，这时基本上已能满足认识世界和改造世界的要求。生产力以及生产资料方式，决定了信息水平。所以信息革命姗姗来迟。

3. 工业革命信息阶段

离开农业文明时代以后，人类进入了又一个文明转折点。这时，人们对信息的认识已从狭义的消息扩展到更广义的智能活动范畴，认识到信息对生产、生活的重大意义。

1844年，美国的莫尔斯发明了莫尔斯电码电报，并在华盛顿——巴尔迪摩电报线上传递了第一个用莫尔斯码编码的电报信号——“上帝创造了何等奇迹！”莫尔斯电码是人类第一种表达信息的共同语言，是一种超越民族特点的语言。1876年，贝尔又发明了电话。电报的发明，是人类第一次利用电作为载体来传递信息，因而大大扩展了通信的距离，大大缩短了通信的时间。近代工业时期，人类明显地意识到，仅仅依靠传统的行动器官功能的发展是远远不够的，行动器官功能的发展标志着人类刚刚从动物界分化出来，思维器官功能的进步才最终地把人与动物界分开。思维器官的各种功能扩展，使人类从根本上扩展了自身的视野。

但是，在信息科学理论形成前的很长历史时期内，人们都将信息看成消息的同义语；或者看成是人们关于某种事物

的认识；或者看成是人们关于自身信息的总结。并没有对它进行专门的科学研究，没有也不可能赋予它严格的科学定义。直到19世纪中叶，有些科学家的研究才涉及到信息问题。美国物理学家、化学热力学的创始人吉布斯和奥地利的气体分子运动论的奠基人玻尔兹曼把统计学引进物理学，使物理学开始考虑和研究事件的不确定性和偶然性，开始涉及各种事件以及运动的不均匀性质，从而使人类在认识信息的过程中迈出了具有历史意义的一步。

正如恩格斯所说的那样，“随着自然科学领域中每一个划时代的发现，唯物主义也必然要改变自己的形式。”^①历史发展就是这样，只有到了工业文明时代以后，随着人与自然的抗衡不断深入，天赋的信息器官的功能已不能满足这种抗衡的需要，不仅视力、听力深感不足，就是人脑处理信息的能力及其容量也深感不足。所以，当人类意识到人类的继续进化，主要是人类智力和人类文明的进化时，信息革命必然到来。由于以增强体力功能为主要目标的材料科学技术和能源科学技术已经发展在先，因此现在该轮到以增强人的智力功能为主要目标的信息科学技术登上舞台了。

人类漫长的信息认识史，完全符合认识论的观点，即“实践、认识、再实践、再认识”的过程。对信息的本质及其属性的不断认识，对信息的特征、地位和作用的不断认识，使得我们近几十年来，在不同的领域，以不同的方式，从不同的角度，接触有关信息的许多复杂问题，认识到信息是物质世界中的一个重要方面，从而自觉地把信息作为专门的科学研究对象，创立了信息论和信息科学。

^①《马克思恩格斯选集》第4卷，人民出版社，1972年版，第224页。