

交叉科学文库



信息的科学

钟义信 著

光明日报出版社

JIAOCHA KEXUE WENKU

交叉科学文库之十三

信息的科学

钟义信 著

3

代
世
世

系
断
学

光明日报出版社

1988年

·交叉科学文库·

信息的科学

鍾义倍 著

*

光明日报出版社

北京永安路106号

新华书店上海发行所发行 上海市崇文印刷厂印刷

*

开本: 850×1156 1/32 印张: 10.25 字数: 230千字

1988年4月第一版 1988年4月第一次印刷

印数: 1—12,000

书号: 13263·012 定价: 2.90元

序

伊壁鸠鲁之神在世界的狭缝里生活，一代人在伊壁鸠鲁神中间生活。

他们既无有他们长辈们的那种史诗般的英雄履历，也没有他们晚辈们的那种“田园诗”般的现代快乐。

当他们来到科学王国的时候，这里是一派“纳鸟戛”(Hayka)气氛；当他们开始耕耘的时候，这里又泛起“赛因斯”(Science)清波。

所以，他们要用两倍的生命，去推动生活的战车。

党的旗帜，他们紧紧跟随；科学的焦点，他们拼命追逐。

他们既做儿子，又当父亲；他们既要革命，又要建设。

科学与生产的交界处，他们去开发；自然与社会之间的处女地，他们去探索。

他们用生命谱写着历史，历史有时却表现得有点吝啬。

自然科学家说，他们不会在“希尔伯特空间”里走路；社会科学家说，他们不会用“科班的语言”进行经典式的临摹。

在革命家的眼里，他们是“驯服工具”般的模范后生。

在企业家的眼里，他们又变成“星期五经济学”里的标准顾客。

别人争相去的地方，他们不会去；别人不愿去的地方，

他们不断去开拓。别人欲取的东西，他们不愿取；别人欲弃的东西，他们却恋恋不舍。

当人们都在“赋生命以时间”的时候，他们却“赋时间以生命”；当人们都在寄欢乐于空间的时候，他们却寄空间于欢乐。

……。

啊——他们，

一群科学世界里的“普罗米修斯”，一批交叉科学领域的拓荒者。

他们已经做了什么？

他们将要做些什么？

所有这一切，成了外部世界都在竭力窥探的秘密；所有这一切，成了内部世界都在激烈论争的功过！

为了让历史记忆，为了让世人评说，我们出版了《交叉科学文库》——一束历史的花朵，

作为一代人的智慧，作为一种科学观的浓缩，作为一种理想的追求，作为一种事业的拼搏，……。

这是特殊时期历史交叉的产物，又是特殊领域科学交叉的结果。

采摘这朵奇妙的历史花絮吧！

研究这幅神秘的历史画卷吧！

世纪之交的伟大使者！

中国管理科学研究院

1988.3

目 录

一、为信息科学洗礼

信息科学的现状与未来	(1)
信息科学与信息论	(22)
信息科学	(38)
信息科学：它的内容、方法和意义	(47)
信息科学的 ABC 与 XYZ	(55)

二、观念与理论的探讨

信息、能量与物质：科学领域的“三位一体”	(52)
信息、控制与系统	(99)
信息与生命	(110)
信息与智能	(121)
信息与认识	(135)
信息的描述	(152)
广义信息函数与应用	(166)
广义信息函数与识模	(177)
语法信息的统一测度	(183)
信息的综合测度	(194)

三、信息科学与新技术革命

信息科学与信息革命	(204)
信息革命、信息科学与未来通信网构想	(225)
信息科学与现代通信	(239)
社会的信息化与信息化社会	(248)
信息科学与经济管理	(258)

四、原理、方法及其它

信息与噪声	(289)
信息学漫谈(节录)	(292)
十大关系与十大(原理)	(299)
科学拟人律	(302)
某些策略问题	(312)
跋	(315)

一、为信息科学洗礼

信息科学的现状与未来*

一、引言

当代自然科学发展的一个显著特点，是各门学科互相渗透、互相影响。在那些分门别类的传统学科领域之间广阔而又沃饶的处女地上，新苗崛起，群芳竞相争艳。这里，阳光充足，水肥土美，更兼博采群长，广集大成，因而格外生机勃勃，春意盎然，大有呼啸而出后来居上之势，一时还难以估量它们对整个科学技术将会产生多大的影响。

信息科学，可能就是这样一门新兴的边缘科学，它是哲学、人类学、生物学、数学、物理学、信息论(包括控制论)、人工智能、电子科学以及计算机科学互相渗透互相结合的产物。由于它本身显示出巨大的魅力，信息科学已经受到人们越来越多的重视，以至“信息化革命”、“信息化时代”、“信息化社会”、“信息化世界”……许许多多神奇而大胆的梦想，也接踵而出沓至纷来！

但是，信息科学究竟是怎么一回事？它果真那么神奇美

* 本文发表于《北京邮电学院学报》，1978年第1期

妙吗？实在说，直到今天，信息科学还处在幼年阶段，还远远没有充分发展，许多重大的理论问题仍然没有得到圆满的解决，因此，现在还很难对这些问题作出肯切的回答。不过，从各方面的情况来看，组织强大的队伍，形成精锐的力量，对信息科学展开认真艰苦的研究是极为必要的。为了促进这方面的工作，本文简略地介绍国外信息科学研究中的某些问题，主要包括信息的本质、信息的度量以及信息的利用等问题，供讨论和研究的参考。由于水平有限，文中介绍的材料挂一漏万，甚至出现观点上的错误，均在所难免，欢迎批评指正。

二、信息及其本质

信息科学的基本研究对象是信息，它的主要内容是研究信息的性质，进而研究信息的取得、传递、存贮、变换、处理、利用和控制的一般规律。因此，开章明义，首当其冲的事情就是要问：什么是信息？它的定义是什么？它的本质是什么？信息对于现代科学技术的发展以至对于人类的社会生活具有什么样的意义？

如果以今天的眼光来看，我们也许已经不会怀疑：人类的确生活在信息的汪洋大海之中。我们一时一刻也不能离开信息，一分一秒也不能没有信息。没有信息，就意味着没有运动，没有生命，没有一切。没有信息，世界就好比是一团漆黑的无底深渊，一切都是黑暗的、冰冷的、静止的、僵死的。是的，世界不能没有运动，人类不能没有信息。原始的人类，为了能够生存，要用自己的感官（主要是眼睛）来获得信息，寻找充饥的野果和食物，要用眼睛和耳朵来获得信息，躲避凶猛野兽的进攻和各种灾害的侵袭，还要用咀脸手脚等器官向同伴发出和接收信息，以便协同一致去采食猎物。

甚至于巨兽搏斗……。现代人更无例外，更需要不停地获得信息、利用信息，只是获得利用的信息水平更高级罢了。试看，人们从早一醒，就由眼睛耳朵等感官获得“应当起床”的信息；掀开被窝，又由感官获得天气冷暖的信息；穿衣起床，室外的音乐送进来“准备做操”的信息；锻炼完毕，饥肠辘辘，向大脑报告需要进食的信息；电铃长鸣，送来了“准备上班”的信息；上班路上，人们愉快地交谈，传递着关于国家大事，工作学习和生活方面的各种信息；打开书本，得到了关于某个科学理论的信息；通过实验，得到了某项实验结果的信息；展开讨论，对某个疑难问题的情形又获得了新的信息；……工农兵学商，东西南北中，衣食住行用，到处需要信息；眼耳鼻舌身，邮政、电话、电报、传真、广播、电视、电影、图书、报纸、仪器仪表、雷达、警报、显微镜、望远镜、计算机……都是人们获得信息的工具和手段，而且，还远远不止这些。

自然，无穷无尽的列举，并不能代替理性的认识。那么，信息究竟是什么？这确实是一个很基本而又很难回答的问题。

先来考察一下信息的字面含义。牛津字典告诉我们：“信息，就是谈论的事情、新闻和知识”。韦氏字典向人们指出：“信息，就是在观察或研究过程中获得的数据、新闻和知识”。日语广辞苑也载明：“信息是所观察事物的知识”。这些，是关于信息的最一般的理解和解释，按照这种解释，信息确实几乎是无处不在无处不有的东西。要知道，世界上人口数以几十亿计，人们“谈论的事情、新闻和知识”真是古今中外海阔天空，何奇不有？而且，人类社会的历史，数以百万年计，人们所观察和研究的事物以及在观察研究中得到的数据、新闻和知识，更有浩如烟海，无边无垠。

后来，美国著名的哲学家、数学家、现代“控制论”的创始人诺伯特·维纳（N. Wiener）给信息下过一个定义，他说：“信息就是我们在适应外部世界，并且使这种适应反作用于外部世界的过程中，同外部世界进行交换的内容的名称。”^① 他解释说：“接收信息和使用信息的过程，就是我们适应外部世界环境的偶然性变化的过程，也是我们在这个环境中有效地生活的过程。”^① 于是，维纳结论说：“要有效地生活，就要有足够的信息。”^① 显然，维纳认为，人与外部世界可以交换信息。这表明，他认为信息可以在外部世界（自然界）产生，也可以由人本身产生。外部世界不是产生信息的唯一来源，人类本身也是一个信息源。按照维纳的理解，人们谈论的事情、新闻和知识，人们在观察研究事物过程中得到的数据、新闻和知识当然就都是信息。我们都知道，在信息论的意义下，信息的传递与交换过程就定义为通信过程。因此，按照维纳的解释，不仅存在人与人之间的通信，也存在人与自然界（外部世界）的通信。的确，这个观念是被许多自然科学工作者特别是控制论学科的工作者所接受了的。

维纳还进一步谈到了信息与语言的关系。他说：“人的相互通信，包括全部复杂的语言和文献以及许多其它东西。”他认为，信息比语言、文字更广泛，有些信息是不易被语言和文字表达的。信息的历史也比语言（当然更不用说文字）更为悠久。为了说明这番意思，维纳举了一个有趣的例子。他说：假如我在森林中遇见一个聪明的野蛮人。他不会说我的语言，而我也不会说他的语言。我们中间没有共同的、事

^① N.维纳，《控制论与社会》，Doubleday AnchorBooks Doubleday & Company, Inc., 出版1950

先约定的语言符号，但是，我仍然能够从他那里知道许多东西。我只要留心他显出激动或高兴的表情的那些时刻。然后向我四面八方观察，最好特别注意他的目光所投射的方向，把我看到或听到的东西牢牢记住。不久我就会找出他所关心的东西；这不是由于他用语言把那些东西告诉了我，而是因为我自己观察到了那些东西。换句话说，一个没有固有内容的信号，由于他在那个时候注意到它而在他心中产生意义，也可以因为我在那个时候也注意到那个信号而在我心中产生意义。他能发现我对某些事物特别注意的那个瞬间，这种发现能力本身就是语言，它就象我们两人能够得到的印象范围那样具有多种多样的可能性。因此，社会动物在产生语言之前，也许早就有一种活泼的、能懂的、富于变化的通信方式。”^①这个例子说明，信息比语言更丰富、更悠久，也更基本。例子还说明，人不仅可以从外界获得信息，也可以向外界发出信息。可惜的是，维纳没有进一步说明，人和外部世界之间，人发出的信息和外部世界产生的信息之间，是否还存在什么关系。

另一方面，苏联控制论学会主席阿·别尔格（A.Берг）认为，“信息概念即他不作为一种哲学范畴，也可以他反映、认识形象这样一些哲学范畴具体化。不仅可以揭示这些范畴的质的特点，也可以揭示其量的特点”^②表示了他对信息概念的重视。他提出了“信息场”的概念，认为信息场是一种普遍的存在。他说：“‘信息场’是客观实在不可分离的部分”，“经典物理学的物质、运动、能量、空间、时间等基本概念，已不足以描述实在世界了。为了更全面地描述，除了上述基本概念之外，还必须同样基本同样广泛的信息概念。人们在研究能量场（引力场、静电场、磁场、无线电场以及其它

场)的特点和属性时,也应该考虑到这些场都是信息的负载者。……信息作为自然界客观现象的一个方面,是在整个世界,整个宇宙中无所不存在的。但我们所感知和识反映的,却只是它不断增长的很小一部分。信息作为自然界过程的一个客观方面是普遍存在的。”^①值得注意的是,别尔格虽然提出了“普遍存在”的“信息场”的概念,但是,总的说来,他的信息概念比维纳的信息概念窄得多。别尔格断言信息是客观的,是自然界客观现象的一个方面。换言之,他认为自然界才是信息的唯一的泉源,只有自然界才能产生信息。与此相似,法国信息论学者雷·布里渊(L.Brillouin)认为,“信息是原材料,知识是思维对信息加工的产物”。^②他把信息与“现象”等同,而把知识与信息分开,实际上就是认为信息只能来自外部世界,而作为人的主观思维加工产物的知识则不能看作是信息。

我们看到,上面这些论述存在一些微妙的差别。

首先,关于信息的范畴,维纳认为信息应当包含现象与概念(知识)两个方面。而此,他把外部世界(包括自然界和社会)和人类本身都看作是能够产生信息的“信息源”,人不仅可以从外部世界取得信息,而且也可以发出信息,可以与外部世界交换信息。反之,别尔格等人则认为,信息只涉及自然现象,是“自然界客观现象的一个方面”,人只能从自然界取得信息,人本身不概产生和发出信息。因此,自然界是

① N.维纳,《控制论》,科学出版社(第二版),1963年

② A.别尔格,《控制论的方法论观点》,苏联《共产党人》杂志,1971年第18期。

③ L.布里渊,《Science and Information Theory, Academic Press Inc. New York, 1962.

产生信息的唯一的“信源”，人只是一个接受信息使用信息的“信宿”。正象他的同胞阿·德·乌尔苏耳一样，只承认“从自然界(客体)向社会(主体)传递信息的过程”，而不承认从主体向客体传递信息的过程。维纳则不然，他在《控制论和社会》(《人有人的用处》)一书中直接了当地谈论这种过程，他描述说：“人通过感觉器官感知周围世界，在脑和神经系统中调整获得的信息，经过适当的储存、校正和选择等过程之后，进入效应器官，一般来说，也就是进入人的肌肉。这些效应器官反作用于外部世界，同时也通过运动感觉器官末梢这类感受器，再作用于中枢神经系统。运动感觉器官所收到的信息又同已经储存的信息结合在一起，影响将来的动作。”显然，维纳刻划的这个信息交换过程，与他前面所说的人与外部世界交换信息的观念是一脉相承的。就是说，维纳承认有两个信息源，一个是外部世界，一个是人类本身。他不同意“人只是一个接受信息而不能发出信息的消极的信宿”的观点，认为人也不断地向外部世界发出自己的信息。那么，究竟信息的范畴是什么？究竟是只有自然信源还是既有自然信源又有人类信源？如果答案是后者，人类信源与自然信源又有什么关系？这些，是有待讨论有待进一步研究的问题。

其次，作为信息科学研究对象的信息，究竟是物质的还是精神的？是客观的还是主观的？是第一性的还是第二性的？其实，这个问题和上面的问题是密切相关的。不过，乌尔苏耳(А. Д. Урсул)的意见是值得研究的。他指出：“信息的两个方面有时被混为一谈。通常所研究的是某种客观实在的体系，在获得资料之前，我们就存在着关于该体系知识的先验不定性，这可以表现为我们的知识的某个熵值(即不定性的度量)。如果在获得资料之后，我们的知识的不定性就消失

了。那么熵就变为零，得到的信息量就等于这个熵值。实际上，信息量不是通过客观实在体系本身的熵来度量，而是通过我们关于该体系知识的熵来度量的”。^① 这里提的问题是：我们得到的信息究竟是客观的，还是主观的？

再进一步看，上面两个问题，归根结底取决于第三个问题：信息的本质是什么？什么是信息的正确定义？如前所说，令人遗憾的是，这些问题并没有得到圆满的解决。不过，有一点是一致的，那就是大家都承认，信息是普遍存在着的，它是人类生存、社会进步、科学技术和生产发展所须臾不能或缺的。没有信息的世界是不能生存的，有生命的世界是不能没有信息的。不管是按照维纳的观点还是别尔格的观点，人类如果不能从自然界取得足够的信息，人类就无法有效地生存。而且，取得信息的效率和利用信息的水平，在相当程度上决定了认识能力和生存能力的大小。因此，毫无疑问，信息科学的研究将对整个科学技术和社会生活产生极为重大而深远的影响。

总之，从目前的状况看，在信息及其本质的研究方面，人们提出的问题远比已经解决的问题多得多。但是，这些问题一旦在认识上取得实质性进展，就必将促使整个信息科学的研究产生重大的突破，因而应当给予特别的重视和关注。

三、信息的就量

虽然就全局而言，信息的本质仍未彻底弄清，许多问题尚未完全解决。但是，在某些方面，特别是在通信科学方面，由于信息论的出现，对于在通信意义下的信息定义和度量方

^① A. A. 乌尔苏耳，《认识论和逻辑学中的信息论方法》，苏联《哲学问题》杂志，1968. 第6期。

法取得了进展。

本来，通信就是信息的传递与交换，通信系统的任务就是传递信息。因此，对于通信工作者来说，开门见山的问题就是：一个通信系统能够传递多少信息？特别是单位时间内能够传递多少信息？或者反过来说，为了在单位时间内传递某量信息，应当设计什么样的通信系统？正象只有能够精确计量货物的运输量才能设计有效的运输系统一样，没有对信息量或信息率（单位时间传递的信息量）的精确计量，就不可能设计出合理的信息传输系统。因此，虽然信息涉及的领域很广，远远不止于通信，但与其他领域相比，通信更迫切地需要对信息问题建立一套完整的理论。况且，通信本身是一种极其古老（从时间上说）又极其普遍（从空间上说）的技术，在长期广泛的实践中积累了丰富的知识，因此，信息科学和信息理论首先在通信领域取得进展，是有其历史上和逻辑上的必然的。

从通信的观点看来，信息就是通信的内容，信息与消息几乎是同义语。当然，这样定义的信息也是极为广泛的，因为通信涉及的内容也是无所不包的。人们为什么要通信呢？在什么情况下需要通信呢？一般来说，人们需要通信的情况有两种：或者自己有某种疑问需要向有关的人询问，而且总是估计到被询问者能够解答自己的疑问；或者自己有什么情况或想法需要告诉对方，而且估计对方并不知道这种情况或想法。如果自己没有疑问，自然就没有询问的必要；如果对方已经知道所欲告之的情况，当然也没有通信的必要。我们可以把这里所说的“疑问”和“不知道”叫做“不定性”，因为所谓“有疑问”，无非是对这个问题的若干种可能的不同答案拿不定注意，而所谓“不知道”，也正是对各种可能性作不出

确定性的判断。这样看来，通信的作用就是消除通信者的某种不定性。怎么消除？就是给予有关的信息。因此，在通信理论——信息论中，信息就可以定义为消除不定性的东西。

比如，甲通过通信系统把某项科学实验的结果告诉给乙。在通信之前，乙对这个结果不知道，也就是存在不定性：成功？失败？几分成败？通信的结果，乙的这种不定性消除了。又如，A告诉B“今年某地粮食增产”，B收到这个信息之后，就消除了他关于今年某地粮食增产还是减产的不定性；但是，到底增产多少？还存在某些不定性，还需要补充新的信息。这是人与人的通信。再举一个人与机器通信的例子：我们对地下矿藏的分布、品种、藏量存在不定性，地球资源卫星发回的大量照片可以消除部分不定性，但是一般来说由于目前科学技术水平的限制还难以做到完全消除。

此外，我们注意到，不定性是与“多种结果的可能性”相联系的。而在数学上，这些可能性是以概率来计量的。我们把概率记为 p ，若 $p=1$ ，表示可能性达到最大值，成为必然；若 $p=0$ ，表示可能性达到最小值，成为不可能；若非必然又非不可能，则有 $0 < p < 1$ 。一般，某个事件 x 有多种可能的结果，可以记之为 $x_1, x_2, \dots, x_n$ （即有 n 种可能结果），相应的各种结果的可能性（即概率）则记为 $p_1, p_2, \dots, p_n$ 。如果这些结果是完备的，即除了这些结果之外不可能再有其它任何结果，那么就有 $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ 。比如上例中的科学实

验，之所以有不定性，是因为它可能有三种不同的结果：成功（ x_1 ），它的可能性为 p_1 ；失败（ x_2 ），它的可能性为 p_2 ；分部成功部分失败（ x_3 ），它的可能性为 p_3 。在实验结束之前，一般 $p_i \neq 0, i=1, 2, 3$ 。假如实验结束， x_2 和 x_3 这两种