

学术报告资料

# 信息、信息论、信息科学

周 桂 如

北京自然辩证法研究会  
北京系统信息控制科学研究会编印

1982.

## 前 言

人类栖息的宇宙是一个生机勃勃、纷繁复杂、川流不息、千变万化的物质世界，其间充满了信息。没有信息，就没有如此多的物质世界，也就不会有频繁复杂交往的人类社会。人类是生活在信息的汪洋大海之中，一分一秒不能没有信息，现代科学技术的发展更是离不开信息。信息、能源和材料是现代科技发展的三大支柱。

信息论是一门新兴学科，它产生于本世纪40年代末。最早仅局限于通信领域，经过30年来的发展，由于现代自然科学发展的综合整体化趋势，各门学科的相互联系、相互渗透，信息的概念以及信息的一些基本理论，已经超越通信领域，逐步推广、运用于其他学科。在此基础上，于60年代末—70年代初出现了信息科学。信息科学是在信息论基础上发展起来的，它涉及数学、通信理论、控制论、计算机科学、人工智能、电子学和自动化技术以及物理学、生物学等各个领域，与哲学关系也很密切，它是一种多边缘的学科，亦可称之为横断学科。

由于信息科学涉及的领域很广泛，而且它的发展历史还很短，人们对它的研究也正在逐步深入，在此过程中，国内外的许多专家、学者，对信息的概念和实质，对申农的信息理论以及信息科学所研究的对象和范围等问题必然出现不同的看法。这本小册子主要介绍以下几个方面的内容。一、信息的概念与实质；二、信息论的产生及其主要内容；三、信息科学。

本书是对信息、信息论、信息科学作一通俗的、概括性的介绍，作为学习信息论入门参考资料，由于水平有限，不妥和错误之处一定不少，恳请读者批评指正。

作 者

1981年11月

# 目 录

一、信息	1
(一) 信息的概念	1
(二) 信息的实质	7
二、信息论	16
(一) 信息论的产生	16
(二) 信息论的主要内容	20
三、信息科学	33
(一) 信息科学研究的现状	33
(二) 信息科学与其他学科的关系	41

# 一、信 息

## (一) 信息的概念

什么是信息？信息在日常用语中，通常指的是消息、指令、情报、密码、数据、知识等等。长期以来，在通信科学理论没有形成以前，信息被看作为消息的同义语，是人们关于某种事物的知识，它没有被赋予严格的科学定义。19世纪20年代，哈特莱 (Hartley, L.V.R) 在探讨信息传输问题时，提出了信息和消息在概念上的差异，消息是代码、符号，它是信息的载体，信息是包含在消息中的抽象量(哈特莱在当时未考虑信息的内容问题)，信息载荷于消息之上。此后由于信息概念广泛渗入各门科学领域，而各个学科又具有自身的特殊性，因而就出现了从各自不同的侧面对信息概念予以解释或者给出了不同的定义。因此，关于信息的科学定义，目前尚无定论。有人估计，约有几十种之多。现对以下几种观点作一初步介绍：

1. 信息与人们对事物了解的确定性与不确定性有关。

申农 (Shannon, C. E) 在1948年的《通信的数学理论》著名论文中，把信息定义为：“两次不定性之差”。

什么是不定性？人们如果对客观事物不了解，对其缺乏必要的知识，往往就表现出对这些对象是“不清楚的”、“不确定的”，这就叫做“不定性”。如对天体的演化、地下矿藏的分布不清楚，对工业生产的状况、农业收成的好坏不了解，对某个问题不能回答，对某件事有疑问，这就是我们对这类事物缺乏知识，

存在“不定性”。当人们使用各种手段,通过天文望远镜的观测,资源卫星发回的照片,工农业生产的统计数字,了解了这些事物的有关情况,人们对它们的认识就由不清楚变为较清楚或完全清楚,不确定变为较确定或完全确定,那末,对某事物的不定性就减少了或消除了,于是我们就说获得了关于那件事物的信息,所以在通信理论或一些有关控制论的著作中,信息就定义为“不定性的减少”或“不定性的消除”等等。总之,把信息看作是人们获得新的知识后,改变原有的知识状态,从而减少或消除了原先的不定性。

概率论是申农信息论的数学工具,所谓不定性意味着有多种结果的可能性,在数学上,这些可能性是可以用概率(P)来计量的,因此从数学的角度看,信息可以定义为“概率分布的变动”或“概率的增加”。迈伦、特赖布斯等在《能量与信息》一文中说,“既然可以把知识编码成为这样的概率分布(即对各种可能性组成的集合,分配一组概率值),我们就可以给信息下个定义:使概率的分配发生变动的东西。”①

## 2. 信息是控制系统与外界相互作用,相互交换的内容。

维纳(N. Wiener) 1950年在《人有人的用处》(《控制论与社会》)一书中说:“信息这个名称的内容就是我们对外界进行调节并使我们的调节为外界所了解时而与外界交换来的东西。”②从维纳的定义中可以看出,信息是指人、包括动物或机器等控制系统与外界进行调节过程中互相交换的内容,其目的是为了使自己的调节为外界所了解、接受。

① 迈伦、特赖布斯,爱德华、麦欧文:《能量和信息》,《外国自然科学哲学》,1974年,第2期,第4页。

② N·维纳:《人有人的用处》(《控制论与社会》),商务印书馆,1978年,第9页。

以蜜蜂为例，蜜蜂是一种群体活动的昆虫，它具有严密的组织系统和完善的信息联系，它们通过特有信息系统来调节群体的活动，一只侦察蜂从外界获取信息后，便在群体内部按照特有的方式传递信息，使群体内部成员了解、接受。当一隻侦察蜂发现了蜜源，获得了食物的信息后，立即飞回蜂群通过舞蹈动作，把这一信息传给工蜂，工蜂接受信息后，立即按照侦察蜂的舞蹈动作所表明的方向、距离去采集花蜜。奥地利学者克·符利士曾进行了如下试验，他把盛有果酱的盘子放在离蜂箱不远的地方观察，开始蜜蜂并未注意，忽然有一只蜜蜂发现了它，就飞去尝了尝，然后飞走了，不一会儿就引来了大批蜜蜂，它们开始了盘子——蜂箱——盘子之间的飞行，直到把盘子里的果酱搬完为止。克·符利士通过试验、观察，发现侦察蜂传给工蜂的信息是通过舞蹈动作来进行的。舞蹈的图形变化表示花蜜的方向和距离的变化。

当盘子距离蜂箱100米时，舞蹈 9—10次；

“ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” 200米时， ” ” 7次；

“ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” 2公里时， ” ” 4次；

“ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” 6公里时， ” ” 2次。

如果舞蹈方向垂直向上，则表示向太阳方向飞行；如果舞蹈方向垂直向下，则表示向太阳相反的方向飞行；如果舞蹈有一定的角度，则相应的向偏离太阳的一定角度方向飞行。①

3. 信息与事物和现象的变化、差异、特殊性有关。

艾什比(W. R. Ashby)1956年在《控制论导论》一书中指出：“‘变异度’这一概念，即信息论中所讲‘信息’这一概念。”②

① А.П.Суханов, 《Информация и Человек》, Москва《Советская Россия》, 1980.

② W.R.艾什比:《控制论导论》, 科学出版社, 1965年, 第152页。

变异度即指某一集合中元素的差异程度。通俗地讲，指事物的变化、差异。

苏联的乌克兰因采夫（Б. С. Украинцев）1963年在《信息与反映》一文中指出：“信息是控制过程中物质对象的普遍联系的特殊形式和相互关系的特殊形式。”①

1974年，凌弓志在《信息论研究中的两种态度》一文中曾把信息的概念解释为：“信息从形式上抽象地表现事物的差异，表现物质的一种关系。”②

北京邮电学院付院长蔡长年1979年曾对息给出如下的定义：“信息是表征客体的变化或客体之间相互差异或关系的东西。”③

宇宙间的事物，如果是单一的、孤立静止的，它就没有任何信息，也不需要任何信息，而宇宙将会处于死一般的寂静状态，然而我们所生活的宇宙是复杂多样、处于永不停息的运动、变化之中，而表征这种变化和差异的就是信息。例如，广播电台所报导的消息，当人们第一天听到它时，由于它与前一天所报导的内容有差异，所以它为人们提供了信息，而第二天，当人们再一次听到它时，因为它与第一天相同，没有什么变化与差异，因此就没有信息。如果天天如此，月月如此，年年如此，那就不是什么新闻报导，也根本不具有任何信息。

#### 4. 信息与物质和能量在时间与空间上的分布有关。

维纳1948年在《控制论》初版导言中曾说：“消息是分布在时间上的可量事件的离散或连续的系列——确切地说，就是统计学

① Б.С.乌克兰因采夫：《信息与反映》，《外国自然科学哲学资料选辑》第四辑，第238页。

② 凌弓志：《信息论研究中的两种态度》，《外国自然科学摘译》，1974年，第2期，第1页。

③ 蔡长年：试论“信息论”，1979年10月，北京邮电学院科学报告会发言稿。



家的所谓时间系列。”①

诺意曼 (J. V. Neumann) 1958 年在《计算机和人脑》一书中提出：“用来传送信息的信息，它的唯一统计性质，就是脉冲的频率（每秒钟的脉冲数），……消息是一种周期性或近似周期性的脉冲序列。”②

任公越同志在《信息疗法》一文中说：“信息是在通讯、存贮和控制系统（以致在人体和人类社会）中，物质和能量在空间和时间（包括频率）上分布的不均匀度的度量。”③

电视台所播送的电视图象，广播电台所广播的节目，它们的传送过程，都是由电磁波并伴随着一定的能量，在时间、空间上所作的一系列的不均匀分布。由于电磁波和能量在时间、空间上的不均匀分布，我们才能在荧光屏上看到色彩不同，深浅有别的各种图象，才能从电视机或收音机中听到音调高低不同，快慢速度有别的各种声音，从而给我们送来各种各样的信息。又如电影胶卷、计算机的磁带、磁盘，以及电唱机的唱片等等所存贮的信息也表现为物质和能量在空间和时间上的不均匀分布。

5. 信息是系统的组织程度、组织结构、有序程度。

维纳1950年在《人有人的用处》（《控制论与社会》）这本书中把信息看作为组织程度。他说：“消息集合所具有的信息就是组织程度的量度。”④

苏联的茹科夫 (Н. И. Жуков) 在1976年出版的《控制论哲学原理》一书中，把信息分为两种基本类型，一种叫做自由信息或相对信息，这种信息依赖于具体的控制系统，是控制系统为

- ① N·维纳：《控制论》第二版，科学出版社，1963年，第8页—第9页。
- ② 约·冯·诺意曼：《计算机和人脑》，商务印书馆，1979年，第58页。
- ③ 任公越：《信息疗法》，《哲学研究》，1980年，第12期，第43页。
- ④ N·维纳：《人有人的用处》，商务印书馆，1978年，第12页。

了控制和调节的作用与被控制客体之间发生的特殊关系或联系。如人们日常工作、或业务上互相交往的信息，它依赖于人们的知识，经验等等。另一种叫做结构信息，他认为结构信息是“表征为控制系统本身的组织性、合目的有序性”，是指“客体的组织结构和物质基础。”如遗传信息。①

周怀珍同志认为“信息是任何一个系统的组织性、复杂性的量度，是有序化程度的标志。”②

DNA（脱氧核糖核酸）是生物遗传的物质基础，它是由磷酸、脱氧核糖和碱基按照一定顺序首尾相接、联系起来的，关键是碱基，碱基共有四种：腺嘌呤（A），鸟嘌呤（G），胸腺嘧啶（T），胞嘧啶（C），这四种碱基就是将遗传信息编成“密码”的4个字母，遗传密码是三联码，其中每三个字母组成一个“密码子”，由于“密码子”的排列次序不同，结构不同，而形成不同的DNA，DNA中储存的信息量非常大，可以使每一个物种的个体之间都存在着差别，DNA不仅能自我复制，而且能指令细胞合成自身需要的一切蛋白质，蛋白质由20种氨基酸构成，由于结构，排列不同，可以给出天文数字的各种组合，从而形成生命所需要的一切蛋白质。

## 6. 信息是由物理载体与语义构成的统一整体。

东德的克劳斯（G. Klaus）1961年在《从哲学看控制论》一书中说：“什么是信息呢？纯粹从物理学方面看，信息就是按一定方式排列起来的信号序列。但光说这一点还不足以构成一个定义。毋宁说，信息必须有一定的意义，必须是意义的载体。”

① Н. И. Жуков; «Философские основы кибернетики», Минск, 1976.

② 周怀珍:《信息方法的哲学分析》,《哲学研究》,1980年,第9期,第39页。

“由此可见，信息是由物理载体与语义构成的统一整体。”克劳斯又认为信息的意义或语义不可以仅从狭义的语言表达或逻辑关系方面加以了解，他以体育教员教学生上体育课为例，教员的示范动作也具有信息的意义（语义）。他说：“信息的语义能够产生心理效果，只有在这个时候，我们才能说信息有语义。”①

以上几种不同的观点，是从不同侧面提出的，都有一定的道理。

第一、二种意见，涉及人这一主体的知识状态，人与外界的相互作用等方面；第三、四、五种意见则是从客体本身的运动、变化、差异、组织程度、组织结构及其在时间、空间分布的状态等方面进行分析；而第六种意见，则又从客体与主体两者的结合来考虑信息的定义。由于信息概念已经渗入许多科学部门，信息概念已不仅是信息论、控制论的部门科学概念，也是生物学、医学、心理学以及许多社会科学部门应用的概念，因此信息概念应有很大的普遍性，应该适用于它所涉及的一切领域，这是一个既艰巨而又有重大意义的课题，必须严肃认真加以研究。

## （二）信息的实质

1948年维纳在《控制论》一书中指出，“机械大脑不能象初期唯物论者所主张的‘如同肝脏分泌胆汁’那样分泌出思想来，也不能认为它象肌肉发出动作那样能以能量的形式发出思想来。信息就是信息，不是物质也不是能量。不承认这一点的唯物论，在今天就不能存在下去。”②维纳不同意用机械唯物论、庸俗唯物论的观点去理解信息，但却提出了信息就是信息，不是物质也

① G·克劳斯：《从哲学看控制论》，中国社会科学出版社，1981年，第68—69页。

② N·维纳：《控制论》第二版，科学出版社，1963年，第133页。

不是能量这一命题。那末，信息究竟是什么？这就涉及信息的实质问题，涉及除了物质和意识之外是否还有独立的第三种东西，从而涉及哲学基本问题。

对信息实质的看法，意见也不一致，是哲学界争论的一个问题，看法大致有以下几种：

1. 信息不是物质，也不是能量，它与两者有区别，不能等同。

持这一观点的同志，同意维纳的看法，他们把信息和物质，能量的一些特征作了比较，认为信息与物质、能量有区别，不能等同，其理由如下：

(1) 任一具体物体当它转移到别处后，而原来的地方就不再有了。而信息则不同，当某人把他的知识（信息）传递出去后，他本人并未失掉知识，相反，却会更加巩固。①

(2) 任一具体物质都具有一定的质量，而信息则不同，它虽然离不开物质载体，通过书、报、语言等表现出来，但它本身却没有质量。②

(3) 信息的传递离不开能量，能量是传递信息的媒介，但信息的内容及其所起的作用不决定于传递信息所消耗的能量。例如打电报，电报所需的能量可以相同，但内容却可以完全不同，电报的作用由电报的内容决定，而与打电报所消耗的能量无关。能量可以相互转化，而且是守恒的，信息则不遵从能量守恒和转化定律。③

1961年克劳斯在《从哲学看控制论》一书中，同意了维纳的看法，并列表格，说明物质、能量、信息与意识的区别，图表如

① 罗维斯基等：《机器与思维》，三联书店，1963年版，第116页。

② 转引自《现代自然科学与马克思主义哲学》，湖南大学马列主义教研室编，1980年，第74页。

③ 同上，第75页。

下：①

加以比较的各个领域的物质	事物基本成分等等	过程	守恒原理	熵	度量
物质	电子，有机细胞，生产力等等	扩散过程，发展过程等等	存在于物理领域	结构熵	数目，重量，数量单位等等
能量	能量子，引力能等等	能量转化过程	物理领域里的守恒原理	热力学第二定律	各种不同的能量度量（例如，电度、卡等等）
信息	信号，信号序列等等	通讯，信息的存储等等	没有守恒原理（因为 $I = I' + \text{噪音}$ 决不是守恒原理！）	信息熵（例如，由于噪音侵入而出现的信息熵）	信息量度量（例如，根据申农）
意识	观念，概念等等	抽象，逻辑推理等等	缺如	缺如	缺如

## 2. 信息是物质或物质的东西

1971年苏联的别尔格第一次明确提出“信息场”的概念，他认为有“信息场”存在，他在《控制论的方法论观点》一文中说道：“马克思主义哲学家根据列宁的反映论研究了信息过程客观性的概念，……按照这个概念，‘信息场’是客观实在不可分离的部分。确定这个基本事实，是控制论对现代科学世界图景最重要的贡献。”②

① G.克劳斯：《从哲学看控制论》，中国社会科学出版社，1981年，第61页。

② A.别尔格：《控制论的方法论观点》，《外国自然科学摘译》，1974年，第2期，第21—22页。

1980年钟焕懈在《信息与反映》一文中提出，现代科学已经查明从客观到主观有一种媒介物质，这种媒介物质，就是信息。他认为，这一看法可以追溯到公元前四世纪原子论创始人古希腊哲学家德模克利特，德模克利特认为，物体的表面分泌出了微细的液粒，这些微细的液粒通过空气影响人的感官、使人得到物体的“意象”。他认为德模克利特已经正确猜测到，从客观到主观有一种物质作媒介。①

### 3. 信息是与物质、意识并列的第三种东西。

1957年贡泰尔在《机器的意识·控制论的形而上学》一书中提出，在物质和意识之外，应设定第三种根本的东西，即信息。这第三种根本的东西（即信息）既不可完全还原为单纯的客观事物也不可完全还原为单纯的主观事物。②

贡泰尔在这里提出了有超越于物质和意识之外的第三种根本东西。他认为现实世界存在着独立的三种根本东西，即物质、意识、信息。

克劳斯在《从哲学看控制论》这本书中指出贡泰尔的观点是错误的。他认为“决没有三种独立不依的实在因素，也从来没有两种独立不依的实在因素。”他认为，物质、意识、信息、三者之间存在着下列相互依存关系：

(1) 物质是第一性的，意识是第二性的。

(2) 物质是第一性的，信息是第二性的。

(3) 意识是第一性的，信息是第二性的。③

① 钟焕懈：《信息与反映》，《哲学研究》，1980年，第12期，第57页。

② 转引自G. 克劳斯：《从哲学看控制论》，中国社会科学出版社，1981年，第63—64页。

③ G. 克劳斯：《从哲学看控制论》，中国社会科学出版社，1981年，第73页。

第一点是说，物质在历史上先于意识，产生了意识。

第二点则是说，物质还产生了信息的物质载体。没有无物质载体的信息。

第三点又进一步说明，物质产生的意识创造了信息的语义，信息的语义是一种二级派生的东西。

根据信息与物质、意识之间的依存关系，克劳斯认为信息决不是物质与意识之外的第三种独立不依的存在成分，而是由物理载体与语义构成的统一体，从而克劳斯对信息的实质提出自己的看法，认为信息是由物质成分与意识成分完全按照特殊方式融合起来的特殊的新质。①

克劳斯的观点有一定的代表性。在其后期的著作《控制论和认识论》(1972年)以及《控制论—社会通用新哲学》(1973年)中仍然坚持这一观点。

#### 4. 信息是物质的属性，具有客观性。

1976年苏联的茹科夫在《控制论哲学基本原理》一书中指出，在苏联的各种文献中有关信息的本质存在两种基本观点：一种认为，信息是一切物质的属性，代表人物如乌尔苏尔(А. Д. Улсул)，塔拉先柯(Т. П. Тарсенко)等等，另一种，则把信息看作为与控制系统有机联系的功能现象，仅仅为生物界、社会和工程控制系统所固有，在这种意义上，信息概念应看作为控制概念，代表人物如科普宁(П. В. Копнин)，乌克兰因采夫(Б. С. Украинцев)。②

上述两种观点中的第一种称之为属性论，第二种称之为功能

① G. 克劳斯：《从哲学看控制论》，中国社会科学出版社，1981年，第82页。

② Н. И. Жуков：《Философские основы кибернетики》，Минск，1976。

论。这两种观点都有共同的出发点，都承认信息的客观性，彼此都承认对方是唯物主义的。①

上述两种观点亦有其代表性，它的形成与信息论的研究进展有关，一般来说，功能论的观点出现较早，当申农创立信息论时信息被看作为人们知识状态的改变，不定性的减少或消除，换言之，把信息理解为人们在认识世界过程中，关于客观世界知识的总和。随着研究的进展，人们认识的加深以及信息论和控制论的出现，使信息的范围扩大到人的意识之外，信息过程不仅为人所固有，而且为一切有生命的物体以及某些人工系统所固有，于是就形成了一种独特的看法，信息被看作为系统的功能。1955年苏联的索波列夫（С. Л. Соболев）就提出，研究信息论是研究控制论的基础。②1963年乌克兰因采夫在《信息与反映》一文中指出，“信息是在物质的一定的组织程度上产生的，即在具有控制的情形下产生的。信息和控制是一对对偶范畴，缺少其中的任何一个，都不能揭示出另一个。”③

随着对信息概念研究的深入，苏联的一些学者认为不应该限制信息概念的范围，应该用信息的观点研究自然界中物体相互作用的过程。此后，许多学者，从这一立场出发，分析了信息概念，认为应把信息看作为是物质的普遍属性。1960年罗维斯基等就提出，“归根结底，信息并不是什么别的东西，它不过是物质的一定的属性。”④

① 刘伸：《苏联哲学界关于信息概念的争论》，《国外社会科学》，1980年，第7期，第73页。

② С. Л. 索波列夫：《控制论的若干基本特征》，《外国自然科学哲学资料选辑》第四辑，第43页。

③ В. С. 乌克兰因采夫：《信息与反映》，同上，第249页。

④ 转引自Ф. П. 塔拉先柯：《关于控制论中“信息”概念的定义》，《外国自然科学哲学资料选辑》第四辑，第252页。



由于信息概念广泛深入各个科学部门，人们的认识也就进一步的深化，因此苏联学者认为信息概念应该包含在具有一般哲学意义的基础概念之中，并把信息概念与反映概念相联系，认为信息概念与辩证唯物主义的反映概念相类似。

列宁认为，“假定一切物质都具有在本质上跟感觉相近的特性、反映的特性，这是合乎逻辑的。”<sup>①</sup>因此，根据列宁的看法，信息与反映一样，都是一切物质所具有的普遍属性。1963年塔拉先柯在《关于控制论中‘信息’概念的定义》一文中提出，产生信息关系的能力不只是生命物质所独具的属性，信息的概念必须进一步推广、使之一般不局限于生物界、要扩大到整个物质世界，其中包括无机界。<sup>②</sup>

谢尔巴科夫1976年在《无机界形成中的逆向联系和等稳性》一文中，分析了现代科学研究中的材料后指出，不能绝对地否认在非生物界存在着流通的信息机构。在某些复杂的无机系统中，在非生物界信息控制具有自己的起源。<sup>③</sup>

### 5. 信息不仅是“物质的”，而且有时也是“观念的”。

茹科夫在《控制论哲学原理》一书中，一方面把信息与控制系统相联系，同时又把信息分为社会以内，和社会以外两种，他认为“社会以外的信息总是客观的，物质的。”而在社会内部，用口述的语言和书写文字所表述的信息，其词义，则是观念的。因此，“信息过程有时不仅是物质的而且也是观念的。”<sup>④</sup>在苏

① 列宁：《唯物主义和经验批判主义》，人民出版社，1961年，第86页。

② Ф. П. 塔拉先柯：《关于控制论中“信息”概念的定义》，《外国自然科学哲学资料选辑》，第四辑，第253—256页。

③ А. С. 谢尔巴科夫：《无机界形成中的逆向联系和等稳性》，《莫斯科大学学报》哲学版，第7集，1976年，第8期，第23页；

④ Н. И. 茹科夫：《反映、信息和意识过程的相互关系》，《国外社会科学》1978年，第4期，第26页。