

关于自然信息的哲学思考

王书方

(中南大学图书馆, 湖南长沙, 410083)

摘要: 从信息是物质存在的尺度的命题出发, 提出自然信息是主观从数量对自然对象存在状态的度量的新观点。按照这个观点, 提出信息域、态函数、映射、模板、计量等概念, 并由此提出信息的存储、编码和译码、传递三个原理。

关键词: 科学哲学; 自然信息; 认识论; 方法论

中图分类号: B01

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2007)03--258-04

信息科学发源于上世纪 20 年代欧美大陆通信理论的研究。代表人物有奈奎斯特(Nyquist. H)、哈特雷(Hartley. L)、申农(C E. Shannon)等。美国数学家申农在前人的基础上, 1948 年到 1949 年连续发表两篇文章, 《The mathematical Theory of Communication》(以通信的数学理论)和《Communication in the Presence of Noise》(在噪声中的通信), 奠定了信息论的基础。以后的几十年里, 许多科学不约而同地走到了信息论域的门前, 例如系统科学、计算科学、生命科学等。控制论的鼻祖维纳将信息论引进了哲学大门, 他 1948 年出版的《控制论》中一段论述意义深远: “信息就是信息, 不是物质也不是能量。”^{[1](133)} 耐人寻味的是, 维纳没有说明什么是信息。至今, 信息科学的主流仍局限在技术科学范畴。 “信息为何物?” 这个基本问题仍然没有讨论清楚。尽管信号论、功能论、知识论、信息熵、属性说等学说给了我们许多启示, 但是统一的哲学和科学概念未能建立起来。

一切迹象表明, 信息概念广泛而又深远, 建立信息概念道路艰难。我们应该注意一个事实: 人类从未观察到能量和信息这样的客体。因此我们只能从认识世界的主观角度来考察, 其结果是: 物质客体、时间、空间三者之间构成相互依存的因果关系, 这种关系可以用两种不同的数量变化来描述: 三者的第一种数量关系表现为一段时间内运动的累积(能量), 这是一个过程量, 其度量不依赖于其他客体; 第二种数量关系表现为运动过程中的瞬时“存在”, 这是一个状态量, 其度量依赖于其他客体。历史上能量概念的确立经历了曲折的道路, 19 世纪曾出现“活力”的提法, “能”

与“力”的概念出现了混淆。长期争论之后, 才将认识统一于: 能量是物质运动的尺度^{[2](255)}。“存在”状态是一个值得继续深入探讨的概念, 若以信息来度量, 即“信息是物质存在的尺度”^[3], 似乎符合逻辑, 可以在信息的概念和信息运动形式等诸多方面引出一系列深刻的讨论。

以上讨论表明了这样的观点: 按照自然的本意, 世界只有物质、时间和空间, 能量和信息不存在。但是, 三者之间的依存关系构成了主观世界中运动累积和存在状态两个基本的数量关系, 其统一尺度分别是能量和信息。显然, 能量和信息都不能与物质分离。

一、关于自然信息的几个基本概念

为了进一步讨论, 需要引入一些基本概念。

(一) 自然信息

古代探索万物本原时, 人类已经产生了复杂事物由简单事物构成的辩证思想, 这种思想蕴含着层次与系统的观点。例如古希腊哲学家留基伯和德谟克里特的原子论^[4](朴素的唯物主义思辨观点)。近代实证科学也证明物质是分层次的。我们的视野趋近宏观时, 物质客体的种类增多, 在中观层次还出现了生命, 表现出丰富多彩的复杂世界; 而趋近微观时, 物质客体的种类减少, 目前化学周期表中列出的元素为 109 种, 原子则仅由原子核及核外电子两部分组成。或许世界的本原存在而不能企及, 但是 20 世纪科学描绘的自然图景, 的确包含着这样一个简↔繁趋势。不证自明地, 信息论域也必然包含着这种简↔繁的层次体系。最复杂的层次应该存在于人类的思维体系中, 可以单独地

成立为一个论域。其余的或许可以成为另一个论域，即自然信息（Nature Information）。两个论域之间必定存在深刻的内在联系。

（二）物质对象(Matter Object)

物质对象包含物质实体和力场。力场指的是引力、电磁力、强相互与弱相互四种基本相互作用产生的场。对象（含人工对象）具有自然的规定性，秉承物质的“不依赖于意识而又能为人的意识所反映的客观实在”的基本属性^[5]。本文主要讨论实体对象，实体对象（含生命体）由相互作用规定了两条基本性质：

① 具有确定的层次结构。层次结构就是对象的空间形态，表现为按其尺度（不同的质量和能量）大小排列的、具有隶属关系的层次序列^[6]；

② 具有确定的物质成分。所谓物质成分是指对象下一层次结构中分布的对象。

物质成分与层次结构之间有着深刻的辩证关系，在理性中很明澈地出现随着层次的深入，结构延伸，成份则由于同一性而逐渐简化的景观。

（三）信息域(Information Domain)

用符号 Ω 表示，是由实体对象或者场的分布而抽象出来的数量空间概念。实体域由实体对象确定的边界将内部与外部分割开来，边界之内有着可列个实体并且分布着力场，我们将这个边界内包含下一层对象的空间称为实体信息域，简称信息域。 Ω 中的每个对象按照同样的定义确定自己的子域（或者称信息层子），用符号 ω 表示。 Ω 与 ω 的关系可以表为：

$$\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_n\}$$

式中， Ω 与 ω 之间是隶属关系， ω_i 表示下一层次对象。任一个 ω 可以套用上式展开为一个子集，这种隶属关系可以一直递推下去。按照引论， Ω 是客观到主观数量关系的抽象，因此实体对象与 Ω 之间一一对应，讨论时一般不再区分对象与信息域。

（1）信息态与态函数 信息态就是 Ω 的状态，其本质就是对象与空间和时间两者之间的数量关系。如果 Ω 中心点的坐标是 x, y, z ，则 Ω 状态可以表为一个广泛意义的态函数：

$$P_{\Omega} = f(x, y, z)$$

其中： x, y, z 都是时间 t 的函数，即：

$$x = f_x(t); y = f_y(t); z = f_z(t)$$

当然， x, y, z 之间也往往存在函数关系。如果 $x_{\phi}, y_{\phi}, z_{\phi}$ 是信息域边界的坐标绝对值，显然 $|x| \leq x_{\phi}$ ， $|y| \leq y_{\phi}$ ， $|z| \leq z_{\phi}$ 。可以推知，如果 $x_{\phi}, y_{\phi}, z_{\phi}$ 取有限

的实数， Ω 空间对应对象的空间；如果 $x_{\phi}, y_{\phi}, z_{\phi}$ 取值范围为 $\pm\infty$ ，则 Ω 是整个世界。

同样， ω 的态函数为：

$$P_{\omega_u}(x_i, y_i, z_k)$$

其中， $u=1, 2, L, nL$ ，为 ω 的序号

这里， x_i, y_i, z_i 为 ω_u 中心到 Ω 中心的相对坐标。

（2）信息的计量 Ω 的状态只有两种，存在和不存在，这两种状态在不同的元空间具有不同的概率，故而考虑采用申农提出的 *bit* 作为这种或然关系的计量单位^[7]。如果存在记为“1”，不存在记为“0”，状态函数可以表示为：

$$P_{\Omega} = f(x, y, z) = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$$

上式中，如果以矢量 $\vec{r}$ 来表示坐标，则：

$$P_{\Omega} = f(\vec{r}) = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$$

其中 $\vec{r}$ 是时间的矢量函数。

同样有： $P_{\omega_u} = f(x_i, y_j, z_k) = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$ ，其中 x_i, y_j, z_k 是时间的函数，并且 ω 定义域小于 ϕ 。

$\Omega = \{\omega_{1,1}, \omega_{1,2}, L, \omega_{1,n}\}$ ，式中第一个序数表示向下展开的层次，用 1 到 m 表示，这里为 1 层，数字越大层次越深；第二个序数表示同层次信息域 ω 的个数，用 1 到 n 表示。显然第 k 层子域中第 i 个子域形如： $\omega_{k,i} = \{\omega_{k-1,1}, \omega_{k-1,2}, \omega_{k-1,3}, L, \omega_{k-1,n}\}$ 。这样， P 函数实际上描述了各个层次每个点用一个二元值表述的 *bit* 空间。当然，空间一点 P 函数取值对于信息不确定的情况，还有一个概率的问题。

为了计算 Ω 的信息量，首先提出一个所谓剩余信息量的概念。由于不可能计算对象的无限层次，而且一般也只需要计算到第 k 层，因此，第 $k+1$ 及以后层次的信息量可能是无法计算或者是不需要计算的，为此可以将这部分称为剩余信息量，用一个符号 Δ 作为算子来代表。计算首先是层次的信息量， Ω 这一层，所有的子域看作是一个集合，所以 Ω 的信息量为 1；下一层， n 个子域信息量均为 1，所以总量应该为 $1 \times n = n\text{bit}$ ，以此类推。然后计算各个层次累加量，一般地， k 层中每层子域个数不相同，则先计算每层的信息量 I_k ，然后求其信息总量：

$$I_{\Omega} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_k + \Delta = \sum_{i=1}^k I_i + \Delta$$

到这里，计算问题似乎解决了，其实不然。例如：

以上的计算实际上隐含了给定的信息域以某种确定概率取1或取0的前提,但实际还有信息不确定、概率恒为1或0、连续的概率密度等情况,这些都涉及到具体的数学问题。这里不再深入讨论。

(四) 映射与信息模板

如果选定一个信息坐标系, Ω 的变化有四种情况: P_Q 函数 x, y, z 三元变化而 P_ω 不变, 对应 Ω 无形变地位移; P_Q 与 P_ω 函数 x, y, z 三元都变化, 对应 Ω 有形变地位移; P_Q 与 P_ω 函数 x, y, z 三元都不变化, 对应 Ω 无形变地静止; P_Q 函数 x, y, z 三元不变化而 P_ω 变化, 对应 Ω 有形变地静止。其中 ω 的变化, 微观是 ω 在 Ω 空间的位移, 宏观是 Ω 的形变, 即成份和结构至少有一个发生变化的情况。以上变化是相互作用的后果。可见后果反映在信息域中, 就是信息态的变化, 这个变化就是彼此的自然度量, 即根据相互作用后果度量对方存在和时空变化的尺度是自然信息。自然地, 可以定义为: 相互作用的后果产生至少两个信息域对应数量关系的变化, 这种关系称之为映射 (Mapping), 用 f 标识。于是 Ω_A 与 Ω_B 之间的映射可以标记为:

$$\Omega_A \xrightarrow{f} \Omega_B$$

映射有两种特殊情况。作为映射的结果, 如果 Ω_A 与 Ω_B 在结构和成分两个方面全部对应, 可称之为**全同映射**; 如果结果只表现在结构方面而与成分无关, 可称之为**镜像映射**。多数情况下, 映射是不完整的。映射可以形象地看作是 Ω_B 对 Ω_A 的“感知”, 因此“存在”又可以看作对象被“感知”的现象。事实上, 任何“存在”都必然依赖其他对象, 存在又不被“感知”, 或者根本不依赖其它存在的绝对存在是没有的。

模板(Information Template): 应该注意到物质的同一性这样的科学事实^[8]。例如, 任意两个同类原子, 其结构和成份都精确相同。不仅地球, 外星球物质标本, 包括陨石、月球岩石以及对遥远天体的光谱分析, 都证明了这一点。事实上, 对象(包括生命体)在各自不同的层次上都反映出同一性。而且, 对象越趋近微观或者简单, 越体现出严密的同一性。自然地, 同类对象的信息域也具有同一性。如果 Ω_A 与 Ω_B 之间映射, 宿域 Ω_B 与源域 Ω_A 之间的同一性(并非严密地精确)存在, 可以合理地将 Ω_A 称之为 Ω_B 的信息模板。对应信息模板的映射是全同映射, 一个典型的例子就是生物 DNA。

(五) 自然信息的原态与映射态

物质对象对应的信息域称为信息原态 (Nature State), 以 Ω_0 表示, 原态是真实的数量抽象, 包含对

象的全部要素, 是自然到信息分析的桥梁。 Ω_0 映射的信息域, 称为信息原态的映射态 (Mapping State), 以 Ω_i 表示, 其中 $i=1, 2, 3 \cdots, i, \cdots$ 。除了原态, 任何映射态既是信宿也是信源, 都将产生信息损失。显然一个信息过程起始的源态就是原态。多个信息域往往呈现出一种交相映射形态, 这些形态中, 最基本的是一种类似于链的多重结构, 形如: $\Omega_0 \rightarrow \Omega_1 \rightarrow \cdots \rightarrow \Omega_i \rightarrow \cdots$ 。多个映射链可以通过组合形成各种复杂的映射结构。映射链中, 前一节点称之为源态, 后一节点称为宿态, 或者源态的“像”。其他都处于这两种极端情况之间。这样, Ω_B 是 Ω_A 的像, Ω_A 是 Ω_B 的原像。对象与原态之间, 理论上信息是确定的。原态以后的各个映射态, 由于不确定因素, 信息不确定, 而且节点越多, 不确定度越大。

二、关于自然信息的三个原理

(一) 自然信息存储的原理

信息域 Ω 的信息态可以处于稳态, 即映射关系为零的情况。但是 Ω 的信息态也可以发生变化, 变化从 t_0 开始, $t_0 + \Delta t$ 结束, Ω 从一个稳态跃迁到另一个稳态。这是一个包含因果关系的映射过程, 源域 Ω_A 是原因, 宿域 Ω_B 是结果。映射的结果表现为 Ω_B 的信息函数 P 的参数变化。当函数 P 在域内取1时, 这个结果被认为是 Ω_B 的信息刷新, 反之亦然。这个过程蕴含着重要含义: 物理学将其看作是两个对象之间物质能量的交换过程, 信息的观点则认为两个信息域之间的映射。随后, Ω 重新处于稳态。稳定的原态 Ω_0 包含了对象此刻全部的自然信息, 由此得出结论: 如果 Ω 在 t_0 处于稳态, 则 Ω 及全部 ω 的信息态就是对象在 t_0 时的信息存储。这就是自然信息存储 (Nature Information Memory) 的原理。

(二) 信息编码和译码的原理

通信理论中, 对原始符号按某一规则进行变换, 使之成为与原始符号对应的新符号体系, 这个过程就是编码。莫尔斯电报码就是用点和划为人类语言编码。译码是编码的逆过程。有趣的是, 如果注意符号的物质本质, 将 Ω 的信息态看作大自然的“编码”, 则 Ω_A 与 Ω_B 之间也有类似编码和译码 (Coding and Decode) 的机理。下面以两个实例进一步讨论:

① DNA 例。按照分子生物学, 细胞核中的染色体所包含的脱氧核糖核酸 (DNA) 是遗传物质, 而基因是 DNA 片段, 遗传信息存在于 DNA 碱基序列中。DNA 进行复制, 保证了遗传信息的精确传递^[9]。按照

信息的观点，DNA 母链就是信息模板，已经按照某法则完成了原始信息的编码。细胞分裂启动，母链 DNA 碱基队列中的氢键一一断裂，右旋的双螺旋逐步解开，母链上的核苷酸与分布在周围的碱基对配对，逐步合成子链。这样母链复制了一条精确相似的子链，形成两个细胞。这个过程中，如果解链看作译码，合成子链则是根据母链法则构造的编码过程。这是全同映射的一个实例。

② 光束投影例。两个平面 A 与 B 平行， A 发出的光束平行投射到不同物质构成的 B 上，形成投影。有， $\Omega_A = \{\omega_{a1}, \omega_{a2}, \omega_{a3}, L, \omega_{am}, L\}$ ， $\Omega_B = \{\omega_{b1}, \omega_{b2}, \omega_{b3}, L, \omega_{bn}, L\}$ 。其中， ω_{ai} 与 ω_{bi} 有一一对应关系，即成分不同但结构相同。宏观上， Ω_A 的发光点物质 ω_{ai} 看作是原始信息，光束对全部 ω_{ai} 编码， Ω_B 的反光点物质 ω_{bi} 对光束进行译码，最终在 Ω_B 上复原 Ω_A 的光几何信息。这是镜像映射的一个实例。

以上两例具有普遍意义，有理由据此提出推广性假设： Ω_A 和 Ω_B 都是由第一自然法则（编码法则）规定的，这个法则的规定动作就是信息态的定形构造，任何 Ω 都是根据法则编码的结果。如果 Ω_A 与 Ω_B 之间按照第二自然法则（译码法则）发生映射关系，法则的规定动作将按照 Ω_A 的信息态重新构造 Ω_B 。应该指出，为了述说问题的方便提出了两个自然法则，但是二者本质都是相互作用，其后果都是改变 Ω 的信息态，并没有本质区别。这就是自然信息编码和译码的原理。

(三) 信息传递原理

考察自然，源域并没有向宿域发出“信号”，由前面讨论的译码法则知，只是由于映射改变了宿域的信息态。如果在一个映射链上，源域 Ω_A 的原始信息编码被某个自然法则译码，宿域 Ω_B 按照 Ω_A 重构信息态，则认为 Ω_A 与 Ω_B 之间完成了一次信息传递。以这样的观点理解自然，我们才可以形象地认为 Ω_A 向 Ω_B 发出了信号。这就是自然信息的传递（Nature Information Transference）原理。

参考文献：

- [1] N·维纳. 控制论[M]. 北京: 科学出版社, 1962.
- [2] 罗森塔尔·尤金. 简明哲学词典[M]. 北京: 生活·读书·新知三联书店, 1975.
- [3] 王书方. 自然信息本质的哲学问题[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2004, 10, (5): 641–643.
- [4] 周昌忠. 论古希腊自然哲学的原理体系[J]. 自然辩证法研究, 2002(7): 1–4.
- [5] 中国大百科全书—图文数据光盘. 物质[M/CD]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2000.
- [6] 中国大百科全书—图文数据光盘. 物质层次结构[M/CD]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2000.
- [7] 郝建民. 纪念信息论创始人山农[J]. 遥测遥控, 2001(5): 62–65.
- [8] V·F·韦斯科夫. 量子物理中的质和量[C]//二十世纪物理学, 北京: 科学出版社, 23–37.
- [9] 中国大百科全书—图文数据光盘. 遗传[M/CD]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2000.

The principle on philosophy of science about nature information

WANG SHufang

(Library of the Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: From the philosophical proposition that nature information is a measure of existence of matter, this paper puts forward a new viewpoint that nature information is a subjective measure of quantity to a natural state of existence of object, based on which the paper explores some new concepts, such as information domain、situation function、mapping、information template、calculate, and so on. Moreover, the paper discusses three principle propositions about information memory, coding, decode, and transference based on these concepts.

Key words: philosophy of science; nature information; epistemology; methodology

[编辑: 颜关明]