

信息论 系统论 与地质 找矿工作

熊光楚 著



地质出版社

信息论、系统论与地质找矿工作

熊光楚 著

(中国有色金属工业总公司 北京矿产地质研究所)

地质出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

信息论、系统论与地质找矿工作/熊光楚著.-北京:地质出版社,1998.5
ISBN 7-116-02509-X

I. 信… II. 熊… III. ①信息论-应用-找矿②系统理论-应用-找矿 IV. P624

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 00528 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:曹玉 陈军中

责任校对:田建茹

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:11.25 插页:1页 字数:260千字

1998年5月北京第一版·1998年5月北京第一次印刷

印数:1—600册 定价:20.00元

ISBN 7-116-02509-X

P·1857

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

前 言

近代科学技术（包括社会科学）发展有两个明显的趋势，一个趋势是研究越来越深入，越来越专门化，因而学科越分越细，新学科不断出现；另一个趋势是越来越综合，多个学科相结合，产生新的学科。此外，各技术之间以及科学和技术之间又相互渗透、相互交叉、相互移植而使得科学技术日趋整体化、综合化，形成具有综合特性的横向科学。第二次世界大战后约在 1948 年产生了系统论、控制论和信息论，到 20 世纪 70 年代，又出现了协同论、灾变论和耗散结构论。这些都是横向科学，不是专门应用于某一学科的理论，而是应用于多学科具方法论的理论。学习这些理论，可以使人们站在更高的地方看到自己所从事的工作与其他学科的联系，看到新技术在自己所从事的工作中应用的巨大潜力以及事业发展的前景。由于地质找矿工作目前主要是在人工监控下进行，适用于自动化过程的控制论，在地质找矿工作的全过程中应用还很不广泛。因此，本书只叙述信息论及系统论与地质找矿的关系。

本书共十一章，即：1. 信息及信息论概述；2. 系统、系统论及系统工程概述；3. 地质找矿工作的特点；4. 模拟及模型；5. 寻找隐伏金属矿床的方法系统；6. 新疆金属矿产快速勘查方法系统；7. 观测数据的滤波；8. 物探异常的变换与矿产预测标志的研制；9. 物探异常的物理解释；10. 矿产预测与预测标志的选择；11. 信息技术在地质找矿中的应用。这十一章大致可以分成五个部分。

第一部分包括第一至三章，属于基础知识，主要目的是要说清楚一些概念。例如地质找矿工作在整个工作过程中都是获取信息、处理信息及解译信息，其最终产品地质报告也是信息，因此，从本质上讲属于信息行业，我们要自觉地应用信息论来指导找矿工作。又如，由于地质找矿工作已由少数人的行动变为一个集体行动，日益工程化，它已成为介于基础学科的地质学与采矿工业两大系统之间的一个工程系统即矿产勘查工程系统，其显著特点是：风险大、投资大、获得回报的周期长。为此，要按系统论的观点来安排地质找矿工作，使整个工作优化，减少风险。

第二部分包括第四至六章，研究找矿时能获得的地质信息与产生这些信息的地质体之间的关系，以便设计最佳的方法组合，以最少的代价，在大面积上快速地获得找矿所需要的地质信息。这种信息包括直接信息（通过地表地质调查及山地工程获得）和间接信息（主要由物化探方法提供），从现在科学技术发展的趋势看，在地质信息的总信息量中，间接信息的比重将日益增大，这是衡量地质找矿工作科技含量的一个标志。

第三部分包括第七至八章，主要是叙述对所获得的间接信息的处理，这是从间接信息中获得对找矿有用的信息的一个必要步骤。

第四部分包括第九至十章，叙述利用处理后的间接信息，以先验的地质知识（包括所有的地质构造及成矿理论等）为基础，结合少量直接信息，作矿产预测，在不同的找矿阶段，圈出找矿的远景地段，即从靶区到靶位。第二部分是研究从信源到信息的问题，这部

分则是从信息到信源的问题。

第五部分包括本书最后一章，主要是叙述地质找矿技术的发展前景，作为全书的结束语。

这里有三点需要说明。

第一，在书中作者发表了一些看法，提出了一些建议，其用意在于为地质找矿工作的改革和发展，作出自己应有的贡献，尽应尽的义务。

第二，在书中涉及许多具体的方法技术，这些方法技术因有专门的教科书及参考书，故在本书中不做具体叙述。

第三，本书有几章的名称与文献 [24] 及 [25] 中的相同，但内容则不尽相同，主要是编写本书时，可以不受地域找矿工作成果的限制，因而内容更为充实和完整。细心的读者在阅读文献 [24]、[25] 及本书后，就可以发现这点。

本书在编写过程中，得到了中国有色金属工业总公司地质勘查总局及北京矿产地质研究所各级领导的关心和鼓励，本书的出版还得到了他们所设立的出版基金的资助。谨向他们表示衷心的感谢。

我愿将此书献给我心中的一位伟人，没有他，就没有我的后半生！

熊光楚

1997 年 8 月 5 日

目 录

前 言

第一章 信息及信息论概述	1
第一节 信息论产生的背景.....	1
第二节 狭义信息论.....	2
第三节 广义信息论中对信息的理解及信息的定义.....	5
第四节 信息的特性.....	7
第五节 三种信息源及信息.....	9
第六节 语法、语义及语用三个信息层次	10
第七节 直接信息和间接信息	11
第八节 模糊信息及定性信息	14
第九节 广义信息模型	14
第十节 信息方法的基本步骤与特点	15
第二章 系统、系统论及系统工程概述	16
第一节 系统	16
第二节 系统论及其发展	18
第三节 系统工程	23
第三章 地质找矿工作的特点	26
第一节 地质找矿工作的风险性	26
第二节 地质找矿工作投资大、周期长	28
第三节 地质找矿工作是一个多阶段的工作	28
第四节 地质找矿工作的产品是信息	29
第五节 地质找矿工作的发展趋势	30
第六节 地质找矿工作的流程	31
第四章 模拟及模型	33
第一节 模拟技术在地质找矿工作中的作用	33
第二节 模型及模型的种类	33
第三节 地质-物理模型.....	35
第四节 初始模型及其修改	38
第五节 模型的内容及建立模型的方法要点	39
第六节 同类矿床找矿的综合模型	45
第七节 建立模型时应注意的一些问题	48
第五章 寻找隐伏金属矿床的方法系统	50

第一节	三个找矿方法系统	50
第二节	地面物探方法系统	50
第三节	地下物探方法系统	56
第四节	化探方法系统	58
第五节	综合方法系统	61
第六节	简短的结论	70
第六章	新疆金属矿产快速勘查方法技术系统	73
第一节	新疆金属矿产的找矿策略	73
第二节	圈定及优选成矿区带的方法组合	74
第三节	成矿区带上优选靶区的方法组合	75
第四节	在优选的靶区内找矿的方法组合	76
第七章	观测数据的滤波	93
第一节	概述	93
第二节	随机噪声的滤波	94
第三节	区域场与局部场的分离	99
第四节	叠加局部场并带有随机噪声的叠加场的分离	104
第五节	一个实例	108
第八章	物探异常的变换及矿产预测标志的研制	113
第一节	概述	113
第二节	变换的作用	115
第三节	三种物探异常标志	118
第四节	综合标志	119
第五节	专用标志	137
第九章	物探异常的物理解释	141
第一节	概述	141
第二节	物探异常反演的多解性	141
第三节	模型的选取问题	143
第四节	用物探方法研究深部地质构造的难点	149
第十章	矿产预测与预测标志的选择	153
第一节	概述	153
第二节	标志与矿产的关系	154
第三节	标志的赋值	157
第四节	矿产预测标志的选择	157
第五节	矿产预测的出路	158
第六节	矿产预测时应用物探异常应注意的问题	159
第七节	预测结果的多解性	161
第十一章	信息技术在地质找矿中的应用	163

第一节	科学技术发展的历程·····	163
第二节	信息技术及其核心内容·····	165
第三节	探测技术·····	166
第四节	通讯技术·····	167
第五节	人工智能技术·····	168
第六节	结束语·····	170
参考文献 ·····		171

第一章 信息及信息论概述

本章将首先叙述信息论产生的背景，然后叙述狭义信息论的要点及其发展，最后结合地质找矿的特点，叙述广义信息论或信息学科中的一些概念。

第一节 信息论产生的背景

信息论产生的背景有三方面，即人类与信息长期交往所积累的经验，现代通讯技术的需要及许多科技工作者研究的成果。

一、人类积累的关于信息的经验

人类从产生那天起，就在不断地获取信息和利用信息。原始人在森林中搜寻野果、野兽的信息以及探悉各种猎物的信息。当时，这些信息既是人们维持自己生存的必要条件，又是防范和躲避强敌的重要情报。

人类不仅自古以来就在利用信息，而且很早就有了一些初步的研究，了解了信息的很多性质，并利用这些性质来达到特定的目的。

远古时期，人们已经知道信息可以被掩盖和被检测。例如传说蚩尤同黄帝作战，利用大雾天气来使黄帝迷失方向（大雾掩盖地形、地势及太阳光照射方向等指示方向的信息），黄帝发明了指南车（不是带罗盘的车子，而是装有特殊传动装置的车子，使车辆拐弯时，方向指示装置的指向不变），成功地从大雾中检测了方向的信息，于是打败了蚩尤。同时，人们也已经知道信息可以被存储。于是，有所谓“结绳记事”之类的传说。在解放战争期间，不识字的农民在大车上刻“道道”记录支援前线的次数，也属于这一类。之后，人们又很快地懂得了信息可以被传送。于是，远在殷商时代，我国就有了“烽火告警”的创举。即在许多遥相对望的山头上筑起烽火台，一旦有事，告急的信息就借助烽火信号逐台向远方的大本营传送。

从指南车到现代的导航定位技术，从烽火告警到今天的卫星通讯，信息科学伴随着人类的进化而不断发展，与人类的生存休戚相关，而人们对信息的认识也在不断深化。

二、通讯技术的需要

人类的通讯方式大体上经历了三个发展阶段。首先是口头通讯，即托人“捎话”，这种方式，现在仍在被人们使用；然后是文字和纸发明以后的书信通讯，这种方式，仍是人类现代主要通讯方式，特别是在发展中国家和不发达国家；最后是电讯，电讯又可分三个阶段，即有线电报、电话通讯；无线电报、电话通讯和以卫星通讯和计算机为核心组成的全球网络通讯系统。后一系统的代表是全球互联网（Internet）。信息论则是在第二次世界大战后因有线电及无线电通讯发展的需要而提出来的。

三、前人研究的成果

在社会科学和自然科学技术领域，先进的理论、学说、原理和定理，都是在许多人

的工作成果基础上，由当时杰出的学者研究而建立的，信息论的建立也是这样。

在香农创立信息论以前，许多从事通讯事业的工程师和研究通讯中问题的数学家，发表了有关通讯中信息问题的论文，详细清单，请看参考文献 [1]。这里只指出美国数学家维纳 (N. Wiener)，他从控制和通信的角度研究了信息问题。他主要以自动控制的观点来研究信号被噪声干扰时的处理问题，建立了“维纳的滤波理论”。差不多与香农同时，维纳发表了《控制论》一书。在此书中，维纳把人、动物和机器的控制和通信过程统一起来，从控制论的角度给信息下了这样的定义：“信息是我们在适应外部世界和控制外部世界的过程中，同外部世界进行交换的内容的名称”。同时，维纳还提出了关于信息的实质问题和测量信息量的数学公式，认为信息的实质就是负熵。维纳的工作，使信息论成为控制论的一种基础理论。

第二节 狭义信息论

一、概述

信息论是美国数学家香农 (C. E. Shannon) 建立的。1948 年及 1949 年香农在《贝尔系统技术杂志》上发表的《通信的数学理论》和《在噪声中的通信》两篇论文，奠定了现代信息论的基础。他从研究通讯中要解决的信息度量等问题入手，建立了仅用于通信系统的信息论，或称香农信息论，也称狭义信息论。

香农在深入研究了各种复杂的通信系统后，将通信系统的形式抽象为图 1—1 所示那样的模型。模型由六个部分组成，各部分的意义是：

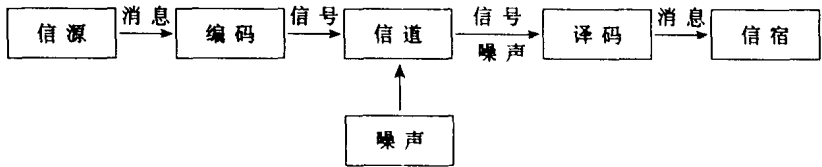


图 1—1 香农的通信系统模型

1. 信源和信宿

信源即信息的来源，它能够形成和发送一种消息或消息系列，这种消息有待于传输给接收端。信源是多方面的，不仅人可以发出信息，而且自然界一切物体也能主动地或被动地发出信息，成为信源。信宿即信息接收者，它能够接收消息，并使消息再现，达到通信的目的。信宿可以是人，例如地质人员，也可以是机器，例如物探中所用的各种接收仪器。

2. 信道和噪声

信道是传输信息的媒介，是信源和信宿交换信息的通路。在地质找矿工作中，地下地质体（信源）发出的信息（如电磁场）要经过地壳中的岩石及（或）地面上空气，传输到信宿，故信源的上覆地层及（或）空气就是信道。

当信息在信道中传输时，常受到噪声的干扰。在通信系统中所遇到的噪声可分为两类：系统外部的噪声和系统内部的噪声。噪声往往影响通信效果，造成某些失真，为此，必须尽量减少噪声。

在地质找矿中，一般将噪声称作干扰。

3. 编码和译码

“码”是一个符号表和将这些符号排列起来时必须遵守的一些制约。运用这些符号，遵守相应的制约把信息变成信号，这一过程就是编码。

当信号系列通过信道输出端输出后，必须经过译码复制成消息，才能送到收信人手中。译码过程恰好与编码相反，所以译码就是编码的反变换。

以上几部分就构成了香农的通信模型（见图 1-1）。

香农这个模型不仅可以用于通信系统，而且可以推广到其他非通信领域。在非通信系统中，可称为信息流通系统。以企业管理为例，由基层单位及其他有关方面提供信息，领导机关通过各种渠道了解和收集信息，然后处理信息，作出决策。在这里，基层单位等是信源，领导单位是信宿，而了解和收集情况的各种渠道是信道。这也是一个简单的信息流系统。从这个观点看，地质找矿工作也可看成是一个复杂的信息流系统（将在第三章中叙述）。

二、狭义信息论中信息的定义

任何一门科学在其发展过程中都经历了两个阶段，即定性研究和定量研究阶段。定性是定量的基础，定量则是定性的精确化。只有当一门科学从定性研究进入定量研究后，这门科学才成为“精确科学”，信息论要发展成为一门“精确科学”，就必须对信息进行度量。

为了对信息进行度量，必须对信息下一个确切的定义。香农将信息定义为消息中关于不确定性事物（即原来不知道的东西）的内容。譬如说，有人告诉你一个你已经知道的事情的消息，这个消息中就没有任何信息。反之，你对被告知的事件在被告知以前知道得越少，则这个消息中的信息量就越大。对一个在给定条件下必定发生的事件或必定不发生的事件，当条件具备时，有人告诉你这个事件发生了（对必定发生的事件）或这个事件没有发生（对必定不发生的事件），这个消息对你都没有任何信息。

如果一个事件，在给定条件下可能发生也可能不发生，而其发生具有一定的概率，当条件具备时，有人告诉你这个事件发生了或没有发生，这个消息对你就含有信息。

三、信息的度量^[1]

按常规办法，对某个量作定量表示时，往往将它与某一适当的标准进行比较。显然，这种办法不适用于信息的定量表示，因而信息的度量成了一个长期没有解决的问题。而香农却在这方面作出了重大贡献，使信息定量化。

根据香农的信息定义，完全撇开信息的具体内容，将信息加以形式化，用概率论的观点对信息进行定量描述。这样做的根据是：第一，信宿只是复制信源发出的信号，而不管其内容；第二，在信宿未接收到信源发出的信号以前，信源什么时间发出信号、发出什么信号，对信宿而言都是未知的，具有随机性。因此，信源发送信号对信宿而言可视作一个随机事件。

设随机事件 A 发生的概率为 $P(A)$ ，并有 $0 \leq P(A) \leq 1$ 。若 $P(A) = 1$ ，则 A 必发生，若 $P(A) = 0$ ，则 A 必不发生。香农定义事件 A 的自信息量为

$$I(A) = -\lg(P(A)) \quad \text{当 } P(A) > 0$$

$$I(A) = 0 \quad \text{当 } P(A) = 0$$

用对数表示是为了计算简便，因为如果直接用概率表示，在求几条消息（或一个系统

中的多个事件)的总信息量时,要用乘法,而对数可以变求积为求和。由于随机事件的概率总小于1,其对数为负值,故在概率的对数前冠以负号,使信息量取正值。

从上式看出,概率小的事件,信息量多。这点在地质找矿中很容易理解:设在一个具 m 个单元的地区,有 n_1 个单元上出现地质标志 A ,在 n_2 个单元上出现地质标志 B ,设地质标志 B 只出现在有矿床或矿化存在的单元,而地质标志 A 则只出现在有矿床存在的单元。显然, $n_2 > n_1$,因而 $(n_2/m) > (n_1/m)$ 。当 m, n_1 及 n_2 均较大时, B 出现的概率 $P(B) = n_2/m$, A 出现的概率为 $P(A) = n_1/m$ 。根据自信息定义公式

$$I(A) = -\lg(P(A)) = -\lg(n_1/m) = \lg m - \lg n_1$$

$$I(B) = -\lg(P(B)) = -\lg(n_2/m) = \lg m - \lg n_2$$

因为 $m > n_2 > n_1$,故

$$I(A) - I(B) = \lg n_2 - \lg n_1 > 0$$

即地质标志 A 出现比地质标志 B 出现提供有矿床存在的信息量大。

因此,这样定义的信息量,符合将信息定义为消息中关于不确定性的事物(即原来不知道的东西)的内容的要求。

对一组事件 S (包含 $E_1, E_2, \dots, E_n$ 共 n 个事件)来说,设事件 E_k 出现的概率 $P(E_k) = P_k$,定义这组事件的自信息量的统计平均值为

$$E(I) = -\sum_{k=1}^n P_k \lg P_k$$

式中 $\sum_{k=1}^n P_k = 1$, $\lg P_k = 0$ 当 $P_k = 0$ 。通常把 S 的自信息量的统计平均值称 S 的熵。

对于两组事件可以定义其互信息量及联合熵。此时要用到数学中的集合论,故不叙述,有兴趣的读者可参阅有关专著^[1]。

四、信息论的发展

狭义信息论诞生后,由于推广应用得到了很大的发展。其发展大致经历了三个时期:

1. 50年代是信息论向各门学科冲击的时期。信息论的成就给许多学科带来了意外的希望。人们试图把信息概念和方法用来解决本学科面临的许多未能解决的问题;试图把信息论用于解决语义学、听觉、神经、生理学及心理学等问题。例如1955年在伦敦举行的第三届信息论会议,涉及内容非常广泛,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、神经精神学、哲学、语音学、物理学、政治理论、心理学和统计学等。但由于狭义信息论存在不考虑信息发送者与接收者双方关于信息的意义(如信息是否真实)和信息的价值以及不能用来描述模糊信息等局限性,因而在这方面取得的成就不大。

2. 60年代,信息论是一个消化、理解的时期,是在已有的基础上进行重大建设的时期。研究的重点是信息和信源编码问题,噪声理论问题、信号滤波与预测问题、调制与信息处理问题等。这些就是所谓的一般信息论,主要是研究通信问题,也涉及到心理学等。

3. 70年代以来,是信息论向广义信息论或信息科学发展的时期。信息论的这次发展是与世界范围的新技术革命相联系的。美国的未来学家阿尔温·托夫勒(Alvin Toffer)在70年代中期写了《未来的震荡》一书,论述人类社会未来的发展。1980年他又出版了《第三次浪潮》。他认为第一次浪潮是距今0.8万~1万年以前的农业革命,第二次浪潮是从18世

纪中叶开始的工业革命，第三次浪潮则是从本世纪 40 年代开始的“信息革命”。因此，人们越来越认识到信息的重要性，认识到信息可以当作与材料和能源一样的资源而加以充分利用和共享。信息论的概念和方法已广泛渗透到各个科学领域，它迫切要求突破狭义信息论的狭隘范围，以便使它能成为各种人类活动中所遇到的信息问题的基础理论，从而推动其他许多新兴学科进一步发展。70 年代以来，许多学者提出了“有效信息”、“广义有效信息”、“语义信息”、“无概率信息”及“模糊信息”等概念。目前，人们已把早已建立的有关信息的规律与理论广泛应用于物理学、化学、生物学、心理学及管理学等学科中去。一门研究信息的产生、获取、变换、传输、存贮、处理、显示、识别和利用的信息科学即广义信息论正在形成。本章以后各节，将结合地质找矿的特点，叙述广义信息论中的一些重要概念。

第三节 广义信息论中对信息的理解及信息的定义

在广义信息论中，人们对信息的含义可以从三方面来理解，即作为通信的信息、运算的内容和人类感知的来源。下面作些简单的说明：

1. 作为消息传递的信息

信息作为通信的消息来理解，在这种意义下，信息是人们在通信时要告诉对方的某种内容。这种狭义信息论中的信息概念是一致的。

信息的传递可以在人与人、人与自然之间进行，前者如捎口信、写书信、拍电报、打电话、发电子邮件、打旗语、吹军号、发口令、喊号子、打拍子、讲话等。后者如地质人员观察地质现象。信息的传递还可以在机器与机器、机器与自然之间进行，前者如发送机与接收机之间的通信，后者如地质找矿中物探仪器接收地下地质体发出的信息。人与机器之间的传递信息最明显的例子是人使用电子计算机时向计算机输入命令及计算机用各种输出方式告诉操作者计算或处理的结果。

信息的传递有的是单向的，有的则是双向的。吹军号是单向的，打电话则是双向的；磁法勘探中磁力仪观测地质体的磁场是单向的；电法勘探中自然电流法的电位计观测地质体的自然电场是单向的；各种交流电法先向地下发送给定的形式及频率的一次电磁场，再接受地下地质体对一次电磁场的反应而发出的二次电磁场，这时通信是双向的。仪器先发出信息后接收信息，地下地质体则先接收信息后发出信息，即在这个通信系统中，仪器既是信源又是信宿，而地下地质体既是信宿又是信源。

信息作为通信的消息来理解时，要注意消息和信息区别，即信息是消息中信宿事先未知的那部分。如果信源发给信宿的消息，信宿已经知道其全部内容，则此消息不含信息。或者通俗地说老消息不含信息。

2. 用于运算和处理的信息

在这种意义下，信息是人们进行运算和处理所需要的条件、内容和结果，并常常表现为数字、数据、图表和曲线等。

比如，试金炉的温度计的读数提供炉内温度的信息，尺寸的数据给出一个地质体大小长短的信息，天平砝码的数字给出被称样品质量的信息，地质报告书中各种各样的曲线图则给出不同参量之间的关系的信息等。因此，信息可理解为这些数据和曲线图的内容，而

数据和曲线则是信息的形式，用于运算和处理。

在信息运算和处理方面，最强有力的工具是计算机。第一台计算机于1946年2月14日情人节那天由巴鲁士（Gladeon Barues）将军在美国宾州大学启动，重30t，由17486个真空管做成，占满一个10m×16m的大房间，造价45万美元。它是为军队计算火炮弹道轨迹用的，取名电子数据积分计算机（ENICA），数据传输速度100kHz。1971年英特（Intel）公司的4004微处理器诞生，其尺寸不大于小孩的手指甲，却集成了2300个晶体管，因而在1976年于Jobs（苹果电脑公司的创始人）家的车库里诞生了第一台个人计算机，简称微机，一般用PC表示。最近，英特公司制成的Pentium Pro微处理器则集中了550万个晶体管。微处理器是微机的核心，其运行速度大致是每18个月翻一番，目前可达160MHz，比其祖先快10万倍，而成本却只有原来的1/10。因此，微机很快发展成为家用多媒体电脑，大有每户必备一台的趋势。计算机的推广及普及应用，促进信息技术大发展，它不仅可作大数据量的快速运算，而且在向人工智能方向发展，代替一部分人的脑力劳动（在逻辑思维方面及自动控制方面等）。机器将人从体力劳动中解放出来，而计算机则将人部分地从脑力劳动中解放出来，创造了人类美好的前景。

3. 作为感知来源的信息

在这种意义下，是指信息是人类获得知识的来源。这就是说，人类在生产实践中不断地从外界取得有用的“情报”，并加以分析、归纳和处理，得到关于外部世界在给定条件下存在的实际情况的知识及其运动规律的认识，从而调整自己的行动，并把这种行动作用于外部世界，达到改造外部世界和利用外部世界的目的。因此，信息是人类积累知识的来源，而人类的知识库（图书、文献及资料、档案等）中蕴藏着丰富的信息。从这个意义上讲，生物越是高级，它摄取和利用信息的本领也越高超，一个找矿人员的水平越高，他利用信息技术获取地下地质信息的要求越迫切。

下面叙述信息的定义。

由于信息论广泛渗透到各个学科，人们研究及利用信息论的具体目的不同，因而对信息的理解不同，加之信息论还处在发展阶段，故目前对信息尚缺乏一个公认的具权威的定。为了说明这点，下面列举一些。

《辞海》：信息是指对消息接受者来说预先不知道的报道。

美国《韦伯字典》：信息是用来通信的事实，在观察中得到的数据、新闻和知识。

英国《牛津字典》：信息是谈论的事情、新闻和知识。

日本《广辞苑》：信息是所观察事物的知识。

《信息学漫谈》^[2]：信息是关于对事物运动的状态和规律的认识，或者说是关于事物运动的知识，它可以脱离具体的事物而被摄取、存储、处理和变换。

《信息与社会》^[3]：信息是客观存在的一切事物通过物质载体所发生的消息、情报、指令、数据、信号中所包含的一切可传递和交换的知识内容。信息是表现事物特征的一种普遍形式。

《系统论、控制论、信息论概要》^[4]：信息一般泛指包含于消息、情报、指令、数据、图像、信号等形式之中的新的知识内容。

维纳：信息就是我们在适应外部世界和控制外部世界过程中，同外部世界进行交换的内容的名称。

据说,现在关于信息的定义有几十种。从上面所举八个定义看来,一个合适的定义可能是:信息一般泛指包含于消息、情报、指令、数据、图表、信号、图书、档案等形式之中的对接收信息的人来说尚不知道的内容。

在这个定义中,强调了两点,第一是把图书和档案列入到信源中,认为图书和档案中蕴藏着大量信息,这点在以后会详细叙述;第二是把所谓“新”限定于“接收信息的人尚不知道”,而其他人则可能早已知道。例如一本有关信息论的书,对已通晓信息论的人来说,不具任何新东西,但对不知道信息论的人来说,则处处是新内容。

我相信,随着人们对信息论的深入研究,一个确切的信息定义将会出现,这个定义,不仅能确切说明信息的性质,而且能为信息度量提供基础。

第四节 信息的特性

关于信息的特性,有许多说法,就我的理解,与地质找矿有关的有以下五点:

第一,信息可独立存在,并可被传输和储存

根据前面关于信息概念的叙述,可知信息来源于物质及其运动,但它不是物质本身;获得信息需要能量,控制物质运动及能量转换又需要信息。信息一旦被人们获得后,即可独立存在而可以被传输和储存。例如在一个地区找到了一个矿。人们通过大量工作,获得了有关这个矿体的地质、地球物理及地球化学的信息。这些信息被记录在各种图件及工作报告书中,可储存在地质资料馆中,并被复制传送到需要这些信息的人手中。后来,这个矿被开采完了,即不再存在,但有关这个矿的信息却可以永远存在下去。

由于信息可以独立存在,并用于社会管理和生产活动中控制物质和能源的合理流动,使社会管理和物质生产在高效率的水平上运行,因此,信息被人们列入人类三大财富之一,其他两项财富是材料和能源。

大家知道,找矿的目的是采矿,而要开采一个矿,除了有机器和能源外,还需要有关被开采矿体的信息的必要的材料,即地质勘探报告。从这个意义上讲,地质勘探报告作为被采矿体的信息的载体,它是有价值的。

第二,信息有瞬时价值和长期价值

有的信息有瞬时价值,有的信息有长期价值,有的则两者兼而有之。

所谓瞬时价值,指一个具体信息对获取信息的人只在一定的时间内有用,过了这个时限,这个信息就没有用了。在战争时期,特别是作战的前方,关于敌方兵力部署情况的信息,在战役开始前,对战地指挥官是非常有用的,但战役一旦结束,对方兵力部署已明了,这个信息就毫无用处了。在市场经济社会中,商业情报、市场情报也是这样。

在地质找矿中,一个地区的物、化探资料往往只具有瞬时价值,但这个有价值时间的长短,则决定于许多因素,其中主要的有:①何时在同一地区进行精度更高的同一方法或更先进的方法的观测工作;②工作面积的大小,一般而言,大面积的区域物化探工作结果有价值的时间长,小面积的矿区物化探工作结果有价值的时间短;③物化探工作的质量,质量好的一般有价值的时间长,质量差的一般有价值的时间短。

一个地区地质情况的实际资料,具有长时期的价值,但地质图等经过加工制作带有制作者主观意图的材料,则只有瞬时价值。新情况、新认识(当然是更合理的认识)及新资

料的出现,常常迫使人们修改已编制的地质图。人们提出,区域地质图最好是15年左右更新一次,其原因即在于此。

对于动态事物的信息,既具有瞬时价值,又具有长期价值。例如对一条河流取许多点水样分析水质,分析结果提供了当时河流被污染情况的信息。过了一段时期,由于人们治理污染的工作做得好或不好,河流的污染情况会改变,因此,这个信息具有瞬时价值。另一方面,这个信息以及以前和以后的信息,对了解河流污染变化情况及治理污染的效果,则是必不可少的信息,因此,这个信息又具有长期价值。

由于一个完整的知识要经过长期的积累才能形成,知识性的信息常具有瞬时价值和长远价值。

第三,信息具有共享性,并在共享过程中增值

信息与材料和能源一个显著不同的特点是信息的共享性。材料和能源甲方占有后,乙方即不能占有,而信息则可以许多人同时占有。信息并在共享过程中增值。

大家知道,信息的价值决定于三方面:第一,信息持有者利用信息创造的政治和(或)经济效益;第二,信息在社会上传播,为社会所共享,则可创造许多政治和(或)经济效益,这个效益有时称作社会效益。创造社会效益表明信息因在社会上传播,实现共享而增值。第三,获得信息要花费金钱和时间,实现信息共享,不必做重复的工作,节省大量时间和社会财富,有利于社会的快速发展。从这个意义上讲,信息也在共享过程中增值了。

信息的这个特点,在地质找矿工作中表现得特别明显。

例如将一个地区的地质信息共享,可以使将来到这个地区做找矿工作的单位不必重做已做过的工作,节约投资,加快工作进程;在这个地区同时做其他工作(例如环境保护、工程地质等)的单位可直接利用这些信息,做好工作;还可以使在别处找矿的单位受到启发,有时会在找矿中取得重大的突破。例如巴比亚新几内亚盘古那大型斑岩铜矿的发现者西方采矿公司的地质人员向别人介绍经验时,说他们之所以去盘古那找矿就是在菲律宾考察斑岩铜矿地质时受到启发。

信息保密,将使这个信息随着信息的持有者的消失而消失。我国中医许多祖传秘方失传,其原因即在此。

但是,在市场经济条件下,一个人或一个单位为了获得信息,付出了代价,有权要求获得回报,信息一旦共享,回报就没有保证;其次,有人还可利用对社会有益的信息来进行损公肥私的活动。信息在一定时期和一定范围内保密也是必要的。如何处理保密问题,是实现信息共享要解决的一个重要问题。这个问题,在我国地质找矿工作中还没有解决好。

由于信息共享能使信息增值,因此,聪明的企业家不惜重资聘请专家当顾问,派技术人员出国参加专业会议,鼓励并资助技术人员利用休假期间出国作业务考察,其目的即在于获得信息,争取信息共享。国外有的政府建立各种信息中心,其目的也在于此。

信息的共享性呼唤一个大同社会,只有在社会大同时,才能真正做到信息共享。

第四,信息是可压缩的

所谓信息的可压缩性,是指人们可以从大量的信息中,由表及里,取其精华,归纳出有规律性的认识,并上升到理论。这种情况,不论在社会科学中或自然科学中都是常见的。在地质找矿中,人们从许多正在开采的矿床所提供的丰富信息,总结了成矿理论就是一例。

第五，信息具有互补性

信息的互补性可以从以下几方面来理解：

1. 一个信息加一个信息等于两个信息。例如一块标本，甲说它是灰黑色的，乙又补充说它的相对密度在 4.0 左右。你获得的信息是这块标本的相对密度在 4.0 左右、灰黑色的岩石。

2. 一个信息加一个信息大于两个信息。同是上面那块标本，甲说它是灰黑色的，乙又补充说它具有强磁性。你获得的信息是这块标本是一块磁铁矿石。

3. 在研究信息互补时，要抓住关键性的信息。有了很多信息，但不能解译，而补充一个很小的信息（即单独看来不甚重要的信息），却可立刻使获得的信息得到较好的解译。这种关键性的信息在军事情报中常见。在地质找矿中也有类似现象，而在物探异常解释时，物性资料可看作是关键性信息，可惜，这个信息常被人忽略。

4. 信息的互补性特别明显表现在直接信息和间接信息的互补方面。考虑到这个问题对地质找矿的重要意义，将在后面专门讨论。

第五节 三种信息源及信息

在广义信息论中，认为有三种信源，即自然信源、社会信源及知识信源，因而有自然信息、社会信息及知识信息。

自然信源是自然界一切能支出（主动或被动发出）信息的物体。在地质找矿工作中，埋藏在地下的地质体能发出信息，是自然信源的一种。例如埋藏在几百米深的金属矿体，如果矿石中含有磁铁矿或磁黄铁矿，在其上有磁异常出现；如果矿石中含有大量硫化物（特别是黄铁矿），在其上有电法异常出现；如果矿石中含有大量相对密度比围岩大的矿物，在其上有重力异常出现；如果矿体上覆地层中有通过含矿层的断裂带、破碎带或裂隙带，在矿体上部地表中往往有地球化学异常（地电化学、水化学及气体化学等异常）。这些异常就是地下金属矿体“发出”的关于它存在的信息。自然信源发生的信息称作自然信息。

人类社会是一个大信源，它通过各种渠道发出各种社会信息，例如科技信息、社会政治经济信息、市场信息、商品信息等。社会信息通过调查人员去收集，然后通过各种媒体（如报纸、广播、电视、书刊、互联网络（internet networks）、内部通报等）传播开来。对地质找矿工作来说，重要的社会信息有冶炼的新技术、市场及商品的信息等。冶炼技术决定了对某些含有用金属矿物的岩石能否被冶炼，如果能被冶炼，这类含这种矿物的岩石就成为矿石，是寻找的对象，否则就不能去找。我国在 50 年代在鄂西北找了很多低品位的赤铁矿，至今不能利用，找矿所花的钱实际上是抛到太平洋中去了。市场信息决定岩石作为矿石岩石中含有用金属的最低品位。例如，金的市场价格就决定了可采金矿的品位。有的金矿山有时开有时关，其原因即在于此。

社会信息的一大特点是：有的个人、集体、集团及国家，为了达到某种于己有利的目的，常常支出假信息。这种现象在战争中及市场竞争中是常见的。我国三国时期诸葛亮的空城计，就是被后人称赞的一个用假信息保护自己、打退敌军的一个典型例子。

大家知道，在一定历史条件下，人类通过有区别、有选择的信息，对自然界、人类社会、思维方式和运动方式进行认识与掌握，并通过大脑的思维使获得的信息系统化，形成