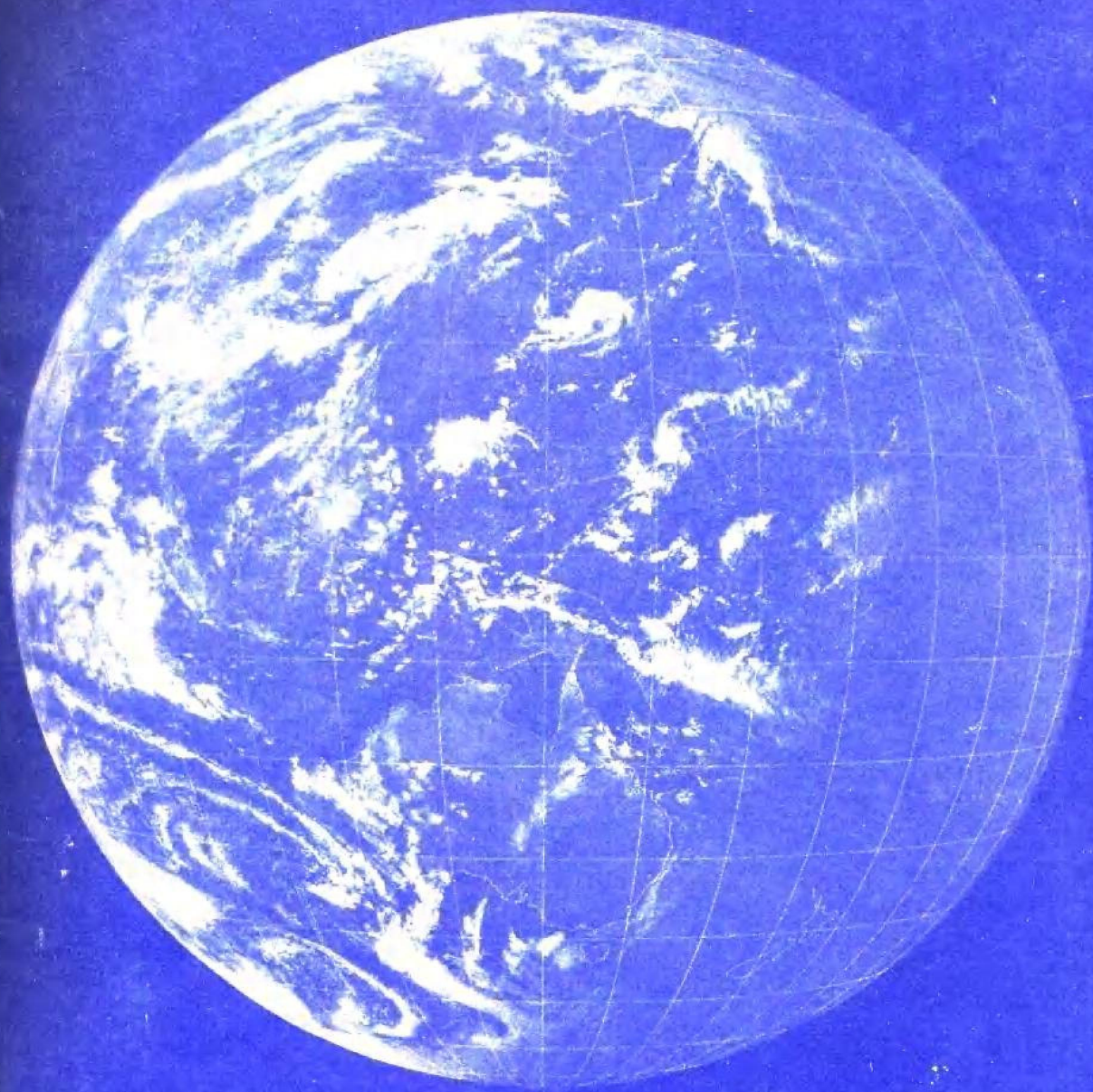




遥测学

范希林 著

科学出版社

遥 测 学

范希林 著

科 学 出 版 社

1 9 8 3

内 容 简 介

作者结合地球物理中遥测工作的实践,从一般的信息现象出发,给出信息的普遍定义与信息的度量,并归纳了遥测系统的传输模型,接着以遥测模型为依据,分别叙述了传感器、通信机、计算机三大组成部分。作者对每一部分都论述了构成的基本原理,推导了基本方程,还给出了若干应用实例。在最后一章,作者把信息传输系统的工作过程中随工作时间的推移,信息不定度(熵)的逐渐减少与热力学中熵的增加原理进行对比,认为在热力学非孤立系统中存在熵的减少是与信息熵的减少相符的。作者认为信息熵的减少可以推广到生物进化论等有关领域。

在本书末尾附有遥测学的数学基础。

本书可供从事信息科学、地球物理、计算机、遥测、遥控、通信、遥感、自动化以及地震、海洋、气象探测与研究的科技人员参考,也可供大专院校的有关专业师生参考。

遥 测 学

范希林 著

责任编辑 周文辅

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1983年7月第 一 版	开本: 787×1092 1/16
1983年7月第一次印刷	印张: 25 1/4
精 1—2,950	精 5 平 3
印数: 平 1—2,150	字数: 587,000

统一书号: 13031·2254

本社书号: 3084·13-15

定价: 布脊精装 5.20 元
平 装 4.20 元

对范希林同志所著“遥测学”一书的浅见

(代 序)

遥测系统是一种信息传输系统。作者首先介绍了信息变换、信息传输和信息处理有关的理论基础。结合本书写作的目的,包括了地球物理信号检测及处理的有关具体技术和方法。作者不受一般通信方面的书刊教材的内容限制,采取了比较新颖的章目和别具一格的论述,内容是比较丰富的。

由于遥测学所涉及的领域较广,不可能将所有涉及的领域都作深入的叙述,本书是从信息传输基本原理结合地球物理测量数据遥测系统的具体实践来进行介绍的。对于一般无线电通信中所涉及的专门技术,例如调制技术、同步技术、检测技术等在本书中没有占用过多的篇幅作深入的介绍。请读者参阅有关方面的书籍。

总之,本书系统地介绍了通信和遥测系统的理论知识及有关技术,对从事遥测学科的工作人员来说是有一定的参考价值的。

本书第九章,作者把信息传输系统的工作过程中随着工作时间推移,信息不定度(熵)的逐渐减少,与热力学中熵的增加进行对比,认为在热力学非孤立系统中存在熵的减少是与信息熵的减少相符的。并认为信息熵的减少可以推广到生物进化论等有关领域。这是作者把信息传输的概念扩大到其他领域的一种尝试。所以用少量篇幅把问题提出来,供读者研究讨论。

陈宜元

一九八〇年十一月

作者的话

在科研实践中，大自然的信息以及人工的信息对我们发出了强烈的召唤。人以及社会在这充满信息的海洋之中，何以能防范灾祸；何以能寻找到信息的规律为人类创造幸福。我们如何感知信息，如何处理信息，如何与干扰作斗争，这样一些普遍性问题摆到了我们的面前。

以维纳的“控制论”和薛丁谔的“生命是什么？”为开端的信息科学经历了过去三十余年的发展。此时，对于遥测，我认为不应看作仅是一门工程技术，而且还是信息科学的一支。由这里提出的问题可以是信息科学中带普遍性的问题。因此，我在本书中不仅叙述了传感器、通信机、计算机的结构、数学方程式和一些应用，而且在归纳大量通信机、计算机以及生物的信息控制过程之后，提出了新的遥测模型和熵减少原理。

两个世纪以前，牛顿力学打开了决定性空间中的美丽的画卷。一个世纪以前，热力学给出了孤立系统中平衡态物理过程的和谐的体系。然而，本世纪由量子力学和控制论所指出的是，在自然界中存在大量的概率空间中的事实与规律。在开放系统中，以统计的观点处理这些问题就得出了一个在时间进程中，系统的熵不断减少的序列。生命在这个序列中产生，人类社会也在这个序列中产生，那么人类的未来也可以从这个序列指明。这里讲的是这本遥测学的产生、内容和理论基点。

本书得以完成是与我的老师——中国科学技术大学教授、中国科学院学部委员秦馨菱先生的长期教诲分不开的。1978年以来，在秦馨菱先生、陈宜元先生指导下完成此作。在写作过程中还取得了赵慈庚、李锦西、陈荷生、朱江户、赵元凯等教授和王载工等同志的指导与帮助，还得到地球物理所的同事们的帮助、支持与鼓励。请允许我在此向他们表示衷心的感谢。

本书的内容如果存在错误和不妥之处的话，那是由于作者没有真正理解老师的指导和本人水平的限制所致。对此欢迎读者指正。

我还要感谢科学出版社和有关的工作同志，在本书的出版过程中，他们付出了大量的辛勤劳动。

范希林

1980年7月

目 录

第一章 总论	1
第二章 信息源	3
第一节 信息世界	3
第二节 地球物理信息	7
第三节 信息源的统计特性	21
第四节 噪声源特性	25
第五节 遥测系统设计的根据	26
第三章 遥测模型	29
第一节 遥测的概念	29
第二节 遥测模型	29
第三节 信号	48
第四节 噪声	76
第五节 遥测系统的评价	92
第四章 传感器	97
第一节 传感器的物理基础	97
第二节 传感器的数学模型	103
第三节 传感器的类型	104
第四节 传感器的功能	116
第五章 地球物理中应用的传感器	117
第一节 地磁传感器	117
第二节 重力传感器	120
第三节 次声波接收器	124
第四节 激光位移传感器	125
第五节 地倾斜传感器	130
第六节 卫星遥感传感器	133
第七节 地震计式传感器	136
第八节 其他传感器	144
第六章 通信机	150
第一节 遥测通信机	150
第二节 多路划分原理	151
第三节 连续波遥测系统	153
第四节 时分-频分双重多路遥测系统	163
第五节 频分-频分双重多路遥测系统	183

第六节	三重调制遥测系统	191
第七节	数字编码遥测系统	194
第八节	选址通信系统 (RADA)	214
第九节	自适应遥测系统	216
第七章	地球物理遥测通信机	218
第一节	DT-1 型调频多路遥测仪	218
第二节	MFT-PT 型组合多路遥测仪	225
第三节	地震前兆数字多路遥测机	236
第四节	浮点增益数字多路遥测机	245
第五节	射频通信机	253
第六节	激光通信机	259
第八章	计算机	265
第一节	遥测计算机	265
第二节	数据库	266
第三节	数学方法库——软件库	291
第四节	判定过程	310
第五节	计算机网络	321
第九章	熵减少原理	325
第一节	事实	325
第二节	信息与熵的守恒	326
第三节	熵减少原理	327
第四节	控制理论	330
第五节	生命现象的特征	331
第六节	时间的单向性	332
第七节	结束语	333
附录: 遥测学的数学基础		335
第一节	集合	335
第二节	变换	346
第三节	方程	358
第四节	概率	379

第一章 总 论

探测未来始终是人类的目的。遥测学将属于这一范畴。

古往今来，世界是变化万千、五光十色的。然而它的存在和被认识却是客观的，是可以验证的。了解这个世界的过去，追求这个世界的未来，更好地利用它的现在，这正是人们所致力。

本书一开始，从对具体的一般现象描写入手，叙述了事物的多样性。接着引入信息的普遍定义和抽象信息量的度量。在这里应当提到李政道教授在“统计力学”讲课中反复指出了一点：统计力学的全部规律，只从唯一的一个假设出发。这个假设即

$$P = \frac{1}{\Omega} \quad (1.1)$$

式中， P 为概率； Ω 为系统的状态数。

在遥测学里，处理的全部问题是从唯一的一个定义出发的。即信息量等于事件概率的负对数值，记为

$$I = -\log_2 P$$
$$I = -\log_2 \frac{1}{\Omega}. \quad (1.2)$$

比较(1.1)和(1.2)两式，可以认为是对同一事物的两个不同的数学表达式。第一式直接表达了事物的概率。第二式则是以正实数值表示事物概率的对数值。

统计力学用概率的观点研究封闭系统中事件的关系；而遥测学则是用概率的观点研究非孤立系统中事件的关系。

非孤立系统的物理问题是庞大的。这里仅从信息的一个侧面——遥测的角度加以研究。

我的叙述肯定也是没有达到完善的程度的。然而，本书从这样一个体系出发，导致了一些有意义的结果，例如：熵减少原理、生命的特征、时间的单向性等。

本书的第二部分，重点叙述了遥测学的定义、遥测系统的组成以及在遥测中对信号和噪声的处理。第三部分则是从各种遥测信息的运动规律中概括出共同遵循的原理——熵减少原理。

应当指出，信息这个概念是与人的认识相关联的。遥测则是研究信息的被认识过程。因此，书中的内容势必涉及人认识世界和生物认识世界的现象。我们是把人和生物都做为自然的一个组成部分来看待的。从这一观点出发，一些人机系统、自动化工程、通信工程、遥测工程、经济管理、社会管理等有人参加的系统，当然也属于自然的一部分。而这些系统的运转也表现出熵减少的倾向。

另一方面，本书的许多内容又是结合地球物理遥测写的。这是由于近年来遥测技术在

航天、航空、遥感等空间科学方面得到迅速发展的结果。地球物理在本质上是一门大尺度的空间科学。研究大尺度空间中的物理现象，必然要用到遥测技术。这就是为什么遥测学与地球物理有着密切关系的原因。

地球物理这门学科，它的研究范围是从地面以下的六千三百公里深处的地心开始，包括有内核、外核、地幔、地壳、水圈、气圈、高空大气层，直到几十万公里高处——地球与月球、地球与太阳等其他星体的引力分界线为止。在这样广阔的空间中，研究其中发生的各种物理现象，显然，遥测做为一种工具是必须的。目前，由于遥测技术在地球物理中得到广泛地应用，加之近来信息与控制理论在许多领域获得了迅速的发展，所以将遥测的概念进一步推广，用信息与控制的观点，把涉及跨越一定空间的信息、感觉、传递和处理的这样一类问题加以整理，是必要的，本书试图在这方面做些工作。

书中的遥测模型与通常的遥测模型有所不同。通常的模型为：传感器—通信机—记录器这样三部分。我们使用的模型是：信息源Ⅰ—传感器—通信机—计算机—信息源Ⅱ，共有五部分。两者的不同点在于：第一，这个模型中包括了信息源Ⅰ和信息源Ⅱ，也就是遥测学所讨论的不是以硬件为主的遥测系统，而是以信息为主的一个信息变换系统。研究信息在系统中的变化是本书的主题。第二，在遥测模型中把记录器改为计算机。这一方面是由于我们把遥测的定义推广了的缘故；另一方面，目的信息的取得，在今天，甚至在传感器部分，通信机部分，都已出现智能化的趋势。当然做为遥测系统的结果的记录处理，必然首先要使用计算机。这时，记录器已成为计算机中的一个存储器了。因此，我们在遥测模型中做了相应的改变。

最后，写了遥测学的数学基础作为附录。这样做是因为遥测学的理论在数学上主要是以集合、变换、方程、概率这四个方面为基础的。

第二章 信 息 源

第一节 信 息 世 界

当一个人刚刚在世界上诞生的时候，他就开始了认识世界的过程。一个婴儿第一次睁开眼睛，他感到了明亮和黑暗；他第一次用耳朵听到了响声……，这就是物质世界的形态作为一种信息传到了婴儿的脑中。

客观世界，一般说来它有三个属性，第一，它是物质的。即它是由木头做成的桌子，由砖瓦盖成的房屋，由钢铁制作的机器，……；第二，它具有能量。一桶水放在高处，具有相应的重力位能，一块煤在氧化时发出热和光，一克铀在裂变时能放出巨大的能量；第三个属性是信息属性。任何一个物体，一定占有空间和时间，那么它就具有空间中和时间中的形态。物质总是在永恒的运动和变化之中。它就具有从一个时空形态变成另一个时空形态的变化规律。由物质丰富多彩的各种属性组成的多维空间，更加千变万化。物质存在和变化着的形态就是信息。

客观世界具有这样三个属性，认识世界的人也是物质的，他也具有物质、能量、信息，这样三个属性。

本书并不是着重描写世界的物质构成，也不是重点描写物质的能量存储与转化，而只是在物质存在的信息形式和取得信息或交换信息的方法方面做一些讨论。

客观存在的这三个属性是互相区别、互相联系的，三者共存。不存在没有物质的信息，也不存在没有信息的物质。不存在没有物质的能量，也不存在没有能量的物质。同样，能量与信息也是不可分开的。三者紧密地结合在一起，共同构成世界。

下面我们把充满信息的世界作这样一个描述。

在遥远的过去，即使在人类没有出现以前，甚至在生物也没有出现之前，世界仍是物质的。那时的地球，尽管它的形态可能和现在有区别，但是它依然存在，并且按照牛顿定律在环绕恒星旋转。太空中有石块也好，弥漫着尘埃也好，这样三个属性早已存在了。在那时候，今天被人们发现的这许多自然规律就已经在起作用了。在这些定律中有描写物质时空运动的，如力学、电磁学、相对论等；也有描写事物在时间中变化的规律的，如分子进化论、潮汐进化论、生物进化论等等。在远古时期，存在一个多变的信息世界，一定有许多至今还没有被人们所认识的规律，那时就早已在起作用了。

形成今天的地球，经过了大约四十五亿年的演变。地球上的物质在这个变化中出现了生命——由无机物→有机物→蛋白质→微生物，植物，动物。这时信息世界增添了新的内容。一些物体自己在制造自己，它与周围经常进行着物质交换和能量交换。一种植物从周围吸收水分、阳光和养料而使自己长大。一些物质长出了运动器官，能移动自身；长出了感觉器官，能与周围交换信息；长出了思维器官，能指挥自己的行动，于是出现了动物。

生物在漫长的岁月中，由低级向高级发展。大自然经过了多少个寒暑，有冰川袭来的几个寒冷冰河时期；有炎热气候的几个温暖时期。万物生长着，变化着。

又经过了一段漫长的地质年代，有的动物不单是简单地用饮食、呼吸、排泄和周围进行物质交换和能量交换，也不仅是简单地感觉到外界的信息，而是在他的脑中建立了为什么会发生某种现象的思索以及怎样获得食物，如何改善自己的生活条件等逻辑意识。古人类出现了，他们用不同的声调，不同的形象互相传达信息，后来又产生了语言和文字。

从古人类到今天，在这段时间中，出现了比以往丰富得多的物质形态。即出现了文学、艺术、音乐、道德、法制等高级物质形态。这些高级物质形态，借助于语言、文字、印刷等物质化的信息进行记录和传播。今天人们看到的象形文字——甲骨文记下了古代社会的音乐、舞蹈、战争、生产、天文、地理、人情等等。古代的由简单到复杂的语言，沟通着人们的思想感情，传播着文化、消息，成为组成人类社会的一个必要因素。

伴随人类的产生和发展，出现了信息学问。人类文明发展快的时期，信息学问也发展快。我国唐宋全盛时期生产力进一步得到了发展，创造了先进的文化。我们祖先发明的造纸、印刷术等则是古代信息科学的伟大创造。人类在生存斗争中使用了信息，信息被人类明显地使用又创造了人类。

在这漫长的年代中，人类的悲欢离合，生产的高潮与低落，战争与和平的更叠等等都一幅一幅地融进了历史信息的画卷。

然而，信息学问作为现代科学的一支出现，那还是近几十年的事情。信息科学是最年青的现代科学之一。

信息进入现代科学是一次飞跃，这次飞跃的特征是：用精确数学对信息进行定义并加以研究。

本世纪二十年代末，R. V. L. Hartly 最初引进了信息量的概念，并对信息传输的理论进行了初步探讨。

1948年，C. E. Shannon 在“通信的数学理论”这篇论文中使用统计的观点，建立了信息论的基础。

同是在四十年代 N. Wiener 和 A. H. Колмогоров 在信息的统计理论方面做出了推进性的工作。现代信息科学正是以他们的工作为开端的。

现代信息科学是通过数学方法，描写信息集合之间的关系，描写信息量的提取、传播、存贮等数量关系。

对于信息集合的概念，我们不妨先从形象的例子加以说明。

一个信息集合，由于它的特性不同，对周围的作用不同，可以划分成几个不同的集合。例如：形状是由点、线、面、深浅灰度表现出来的一个信息集合。黑白电视的画面就是这个集合的典型例子。它的一幅画面可以由 625×800 个点和 15 个灰度等级构成。（我们假定横向分辨率为 800 个点）这个集合表示为：

$$A = \{x_{ijk}\}. \quad (2.1.1)$$

式中， $i = 1, 2, 3, \dots, 625$; (行)

$j = 1, 2, 3, \dots, 800$; (列)

$k = 1, 2, 3, \dots, 15$. (灰度等级)

属于这一类型的集合还有投影仪的画面。在画面上划分的点格数决定了画面的清晰度。还有摄影照片，照片上银粒子的大小，或单位面积的颗粒密度，决定了这个集合的信息量大小和画面的清晰度。此外，还有电子计算机的数字输入桌、输出屏幕，以及数控绘图仪等。

考虑到彩色电视画面时，我们增加红、黄、绿三个集合来描写：

$$\begin{aligned} A_{\text{红}} &= \{X_{i,j,k}\}; \\ A_{\text{黄}} &= \{Y_{i,j,k}\}; \\ A_{\text{绿}} &= \{Z_{i,j,k}\}. \end{aligned} \quad (2.1.2)$$

式中， $i = 1, 2, \dots, 625$; (行)

$j = 1, 2, \dots, 800$; (列)

$k = 1, 2, \dots, 15$. (级)

用 $A_{\text{红}}$ 、 $A_{\text{黄}}$ 、 $A_{\text{绿}}$ 三个集合，就概括了我们所能看到的全部彩色画面。

考虑到时间因子时，这组信息集合表示为：

$$\begin{aligned} A_{\text{红}} &= \{X_{i,j,k,t}\}; \\ A_{\text{黄}} &= \{Y_{i,j,k,t}\}; \\ A_{\text{绿}} &= \{Z_{i,j,k,t}\}. \end{aligned} \quad (2.1.3)$$

或写为：

$$A = \{K_{i,j,k,t,m}\}. \quad (2.1.4)$$

其中， $i = 1, 2, \dots, 625$;

$j = 1, 2, \dots, 800$;

$k = 1, 2, \dots, 15$;

$t = n \Delta t \left(n = 1, 2, 3, \dots; \Delta t = \frac{1}{25} \text{秒} \right)$

$m = \text{红、黄、绿}$ 。

若将画面点集，顺序扫描，使集合中的元素排列成时间序列加以传递。在接收这个时间序列之后，再使这些点元在空间位置上复位，就恢复了原画面。

描写声音可以用一个二维集合。其中一个变量是响度，以 o 表示，响度的取值范围为 $-20 \text{ db} - -160 \text{ db}$ ，另一个变量是频率，以 p 表示，取值 $16 - 19,000 \text{ 赫}$ 。这个集合表示为：

$$B = \{X_{o,p}\}. \quad (2.1.5)$$

式中， $o = -20 \text{ db} - -160 \text{ db}$;

$p = 16 \text{ 赫} - 19,000 \text{ 赫}$ 。

在这个声音集合中，包括了人世间一切动人的故事、美妙的音乐、雄辩的演讲，以及风声、雨声、雷声、江河咆哮之声、大海怒涛之声等等。

声音是信息的一种时间结构。

绘画、雕塑则是信息的一种空间结构。

把形、声放到一个集合里来概括，那就是彩色电视和彩色电影所代表的信息集合。可以表示为：

$$C = \{X_{i,j,k,l,m,o,p}\}. \quad (2.1.6)$$

我们可以这样设想，只要我们的信息通道容量充分大，就可以在播放电视的系统中除了发送形、声、色信号之外，再发送一组表征嗅味的信息码组。在电视接收机收到这组信码之后，启动一个 $\{x, y\}$ 二维集合开关。这个二维开关控制着机内预先存有的嗅味类别 x 和浓度 y 。于是我们在看电视的同时，不仅听到声音，而且能嗅到餐桌上美味食品的气味和百花园中的花香。这时我们的文化生活不就又提高到一个新的水平了吗。类似的立体声音乐、立体电影、冷、暖、风、湿等，经过适当的抽象概括之后，都可以用信息集合表示，用信息传播的方式送到每家每户。

上面我们举出了一个 n 维信息集合的例子。它说明，信息的研究和利用是服务于人类的。

现在，我们直观地引入信息密度的概念。单位时间中的信息数量，称为时间信息密度。记为：

$$\Delta f = \frac{1}{T} \text{ 比特/秒}。 \quad (2.1.7)$$

式中， T 为信息的时间分辨率。

单位空间中的信息数量，称为空间信息密度。记为：

$$\begin{aligned} \Delta f_x &= \frac{1}{\lambda_x} \text{ 比特/厘米}； \\ \Delta f_y &= \frac{1}{\lambda_y} \text{ 比特/厘米}； \\ \Delta f_z &= \frac{1}{\lambda_z} \text{ 比特/厘米}。 \end{aligned} \quad (2.1.8)$$

式中， $\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ 为信息的空间分辨率。

信息在空间中的传播常以能流的方式进行。例如：利用电磁波、声波、固体中的弹性波来传播信息。信息在时间中传播被称为贮存，经常以物质流的方式进行。例如书信、磁带、穿孔纸带等等。

在以能流传播信息时，主要着眼于空间距离加大，和缩短传播时间，减少所用的能量达到快速高效通信的目的。在以物质流传播信息时，则主要着眼于以最少的物质和能量，达到最长的保存时间。人们总是希望以最节约时间和最节约空间的方式传播和存贮信息。这里存在一个时空上的对称性——信息在空间传播中希望尽量节约时间；在时间传播中尽量节约空间。

如果以频率 $1 \text{ 周/秒} = 1 \text{ 比特/秒}$ 为信息的时间分辨率，则各种物理波的频率不同，信息的时间密度也不相同。例如：地震波频率为 $0.001-100$ 赫；声波： 20 赫— 20 千赫；电磁波： 20 千赫— 3000 兆赫，更高密度的有红外光、可见光、紫外光。激光比地震波的信息密度高 $10^{15}-10^{18}$ 倍。

信息空间密度不同的例子有：书、报、缩微卡片、录音磁带、录象磁带以及遗传细胞等。一页书的信息密度只有几千单位；每平方厘米录象磁带可达 $100,000$ 单位；而一个遗传细胞所含的信息量就更大了。显然，当着抽象空间的信息要在四维时空中传播时，就要用到信息密度的概念。现在信息技术发展的一个明显趋势就是不断提高信息的时空密度，

以增强我们使用信息的能力。

在这里我们讨论人可能达到的信息能力是有趣的。下面我们从信号在空间中传播的速度和在时间中传播的尺度以及空间信息密度三方面来叙述这个问题。

载有信息的物质，它的运动速度值：步行送信的速度约为 1 米/秒；汽车送信的速度为 100 公里/小时；飞机速度为 1000 公里/小时；而电信号的速度为信号速度的极限， $c = 30$ 万公里/秒。

信息在时间中存留的尺度：如一张唱片使用上千次就模糊了；一条磁带使用上万次就报废了；一张照片可以保存几十年、上百年；一本书可以存留千年以上。这些都是我们一次处理信息所能达到的时间尺度。如果我们采用数字化信息，在技术上可以保证以足够的精度复制。如果把信息一次又一次地复制下去，那么几乎可以把信息无限期地保存下去。

关于信息可能达到的密度，以目前的认识为根据，一个清楚的例子是，遗传密码的信息密度是很高的；一个遗传细胞可以传递生物体全部有序性信息。要安排好一个高级生物结构的信息量是极大的。可以这样认为，在遗传细胞中，信息分辨率在原子一级。一个原子的典型尺度为玻尔半径 10^{-8} 厘米，那么信息的空间密度则为 10^{24} 比特/立方厘米。如果我们把存贮信息的能力放到原子核的尺度一级，那么信息密度又要再提高 12—15 个数量级。在向微观更深层的基本粒子的探索中，每前进一步都会给我们带来更大的信息能力。

上面计算的数字，已经是天文数字了。我们不妨再做这样一个计算，人脑的信息能力有多大？一个人的大脑约有 140 亿个神经细胞。如果信息分辨率放在神经细胞一级，并且假定每个神经细胞有两个可分辨状态，总体呈线型结构，那么大脑的可存贮信息量为

$$N = 2^{14,000,000,000}.$$

这是一个大到难以置信的数字，然而却是可能的。通常人脑在工艺、技巧、语言、数学、物理、化学等知识方面所积存的信息，远远没有达到上述计算数据。这个简单的计算说明人的智慧，存在着巨大的潜力，它可以成十倍、百倍的提高。

人脑是最好的信息机器，而这个机器的潜力是很大的。怎样提高它的信息能力正是当代科学研究的一个重要方面。

第二节 地球物理信息

地球是人类的摇篮，它直接给人类以物质、能量和信息。人类自身的形成和发展都依赖于地球环境。在我们看到的广泛的信息世界中，地球物理现象表现了丰富的内容。

人类认识自然一开始就与认识地球物理现象联系在一起。我国古代大科学家张衡发明了世界上第一台地震仪——候风地动仪。利用这台仪器可以测定远方地震发生地点的方位。美国科学家富兰科林在大气层中直接进行了雷电实验。齐奥尔科夫斯基指出了火箭探空原理。伽里略在比萨斜塔做了著名的地心引力实验。哥白尼提出了日心说。牛顿总结了力学三大定律，直到近年的人造卫星、宇宙飞船，以及海洋、极地、高空和地壳深部的大量科学考察与探测，均给出了人类认识世界的一个侧面。

下面，对地球给我们的信息作一个描述。

一、火 山

在地球上，我们看到的山川、平野通常是宁静的，但是在地球的某些特定部位，有时它会突然怒吼，轰声震耳，冒出浓烟，喷发出炽热的岩浆。成千上万吨的巨石可以一下抛到半空中，接着大量的尘埃和灰烬铺向原野，这就是火山爆发（图2.1，2.2，2.3）。它的能量来自地球内部。这种能量以热和力的形式表现出来。（图2.1，2.3放在文末）

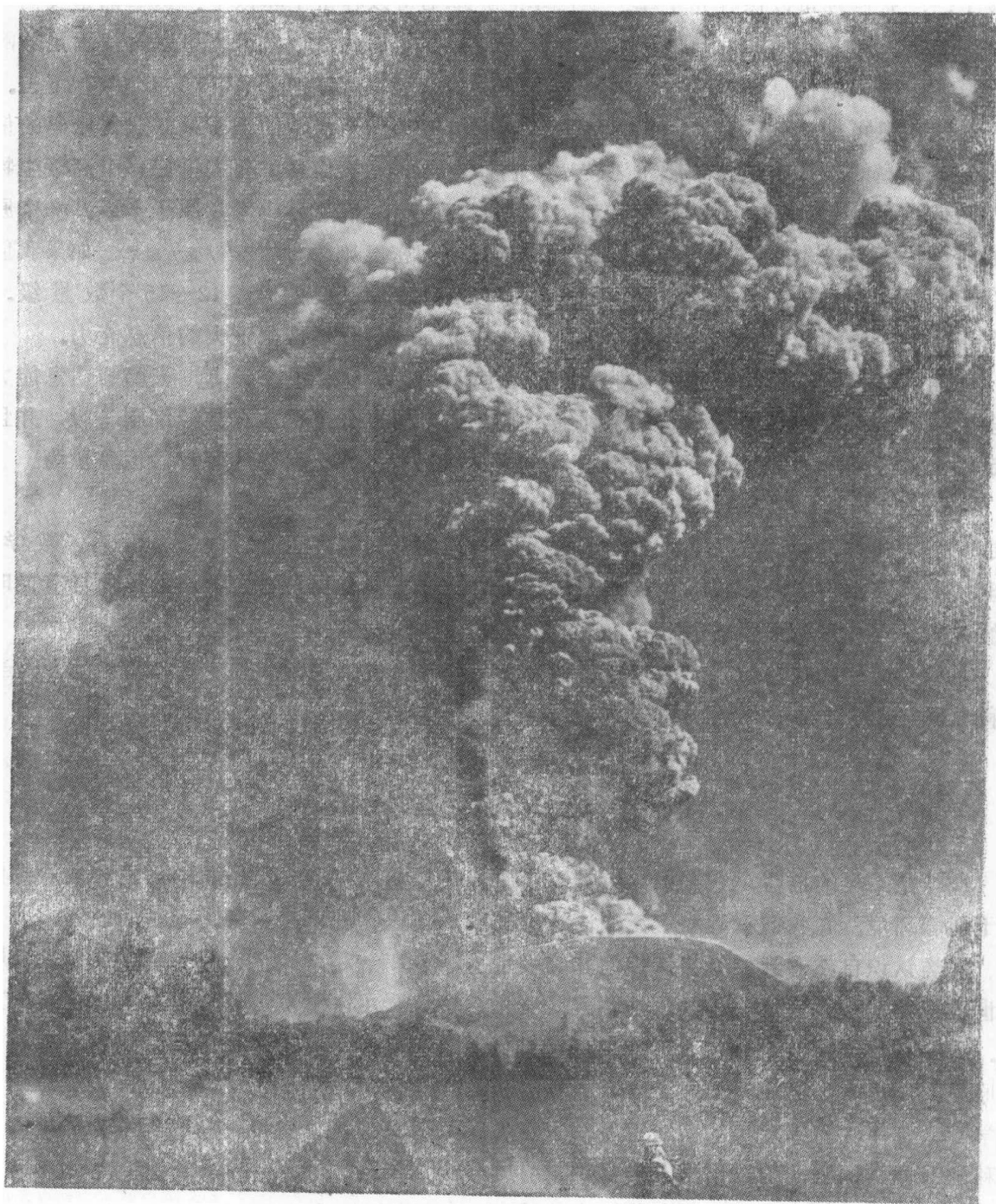


图2.2 巴里古丁 (Le Parícutin) 火山

在人类有史以来，地球上活动过的火山大约有 500 余处。其中三分之二是分布在太平洋边缘。火山喷发抛出了地壳内部的物质，它给我们带来地球内部的信息。

二、地 震

在火山活动的地区，地震比较频繁。火山与地震在地球上不是均匀分布的。有 80% 的地震能量，在太平洋地区释放出来，15% 的地震能在横贯地中海—伊朗的条带上释放，5% 的地震能则在其他地区释放（图 2.4）。

这是地球运动的又一种形式。在地球内部几公里至几十公里深处经常会出现剧烈的振动。有时发震地点深达几百公里以上，波及的地域直径可达几千公里的范围。一次大地震释放出的能量，可与上万颗万吨级的原子弹爆炸所放出的能量相比。它甚至可以激起整个地球的固有振动。例如 1960 年的智利大地震，曾激发了地球每小时一次的振动。

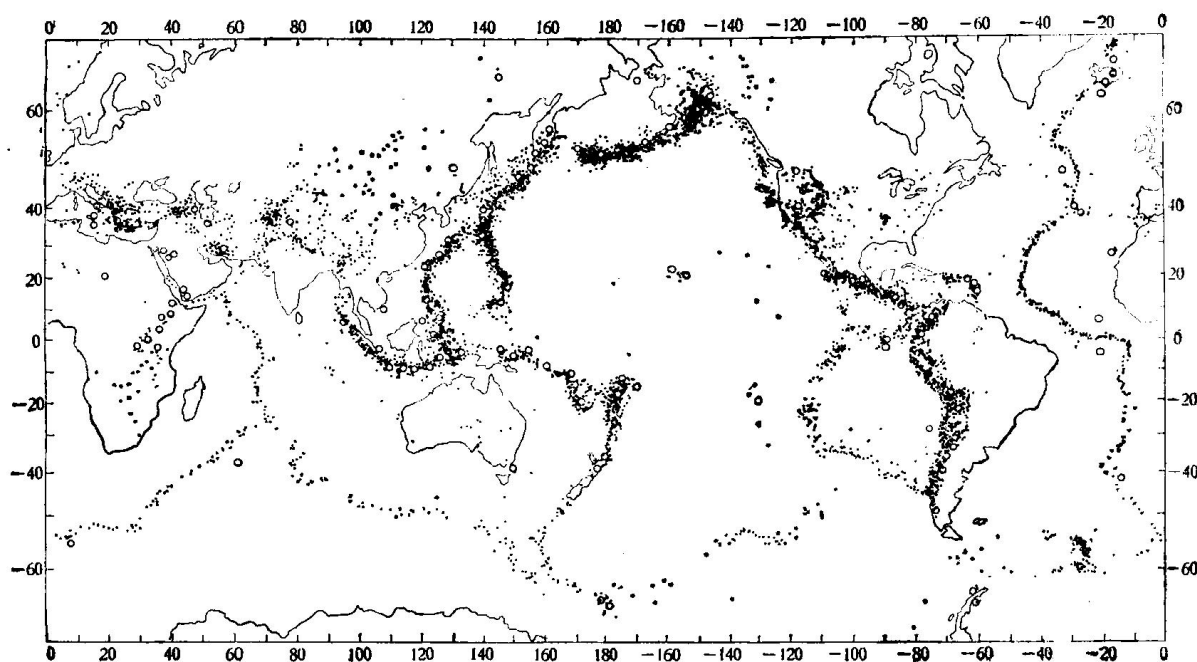


图 2.4 世界的火山与地震分布图



图 2.5 邢台地震造成的地裂缝照片

大地震如果发生在陆地上，震中附近经常会出现山崩地裂、房屋倒塌、地面冒水、喷沙、大地震撼不已等现象。经常会给人们的生命财产造成巨大的损失。例如：1966年3月8日邢台地震造成的地裂缝（图2.5）。1975年2月4日海城地震造成地裂致使树木撕开（图2.6）。1976年7月28日，唐山地震造成了房屋倒塌（图2.7 a. b.）、铁路路基下沉（图2.8）和桥梁破坏（图2.9）以及地面喷沙冒水（图2.10）等现象。

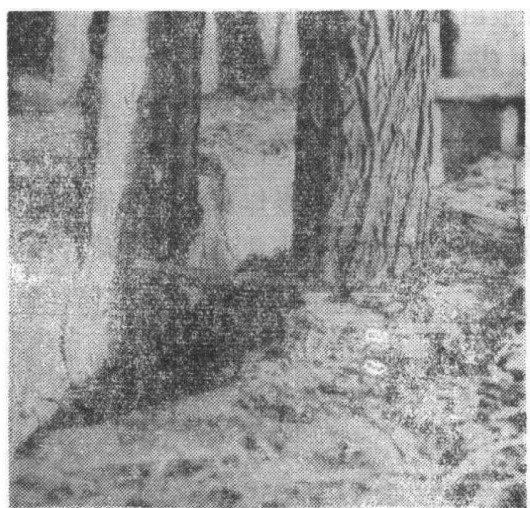
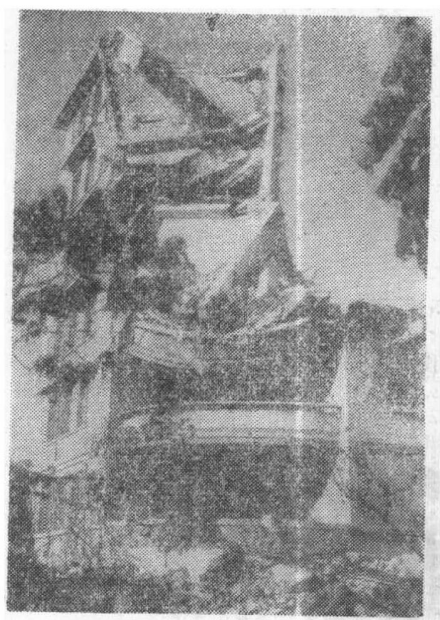


图2.6 海城地震地裂缝把树木撕开的照片



a



b

图2.7 唐山地震造成的房屋倒塌

地震是地球这个庞然大物调整自身局部应力不均匀状态的运动。这个运动不仅在时空上是巨大的，而且在能量上也是巨大的。对地震的研究推动了地壳构造理论的形成。在经过大量的火山、地震以及古地磁、古生物等其他地球信息的调查后，产生了描述地壳运动的板块移动理论。板块理论指出，大约在二亿二千五百万年以前，古大陆是连在一起的。