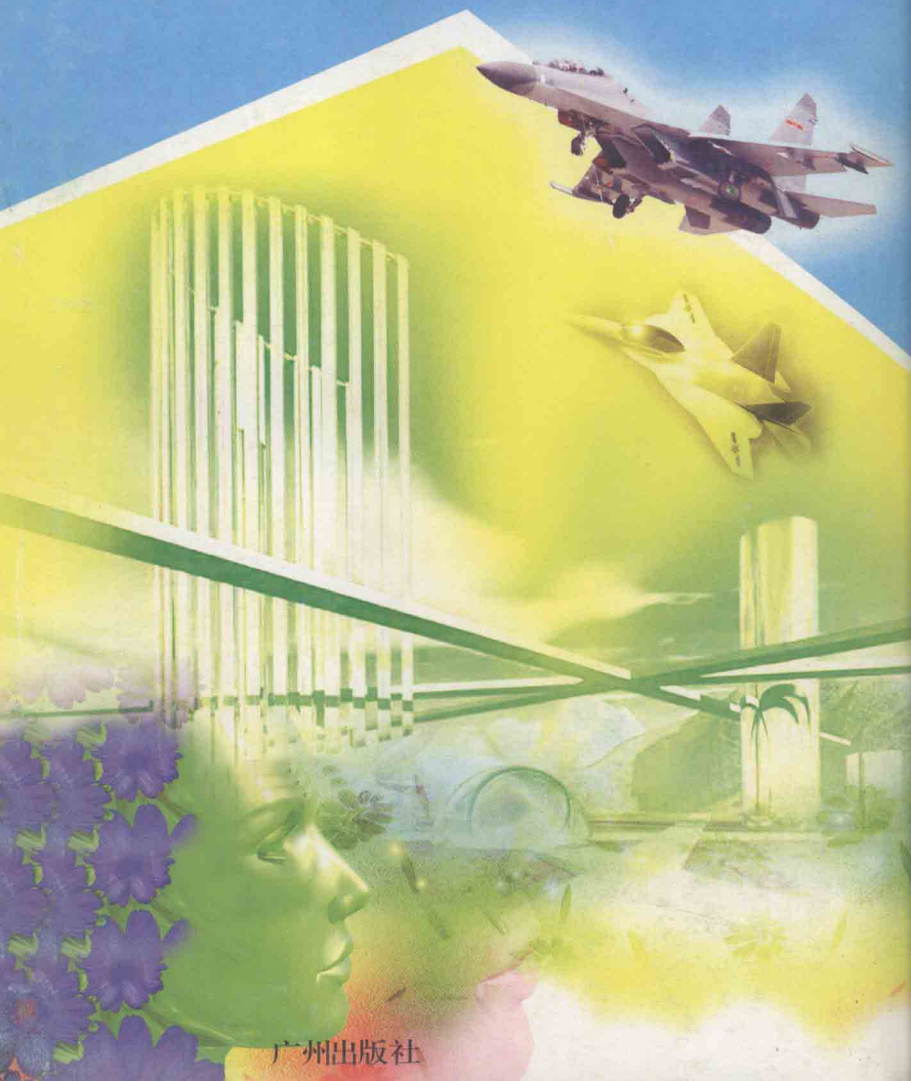


KE XUE WEN CONG

科学文丛

网潮涌动地球村



广州出版社

科学文丛

网潮涌动地球村

(93)

广州出版社出版

图书在版编目 (CIP) 数据

科学文丛. 何静华
形继祖 主编. 广州出版社. 2003.

书号 ISBN7-83638-837-5

I. 科学... II. III. 文丛

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 082275 号

科学文丛

主 编: 何静华
形继祖

广州出版社

广东省新宜市人民印刷厂

开本: 787×1092 1/32 印张: 482.725

版次: 2003 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1-5000 套

书号 ISBN 7-83638-873-5

定价: (全套 104 本) 968.80 元

前 言

“要想富先修路，修大路发大富”、“公路是战斗力”，人们深知“路”在发展经济和作战致胜中的作用。自从1913年德国柏林出现了世界上第一条汽车高速公路以来，在近一个世纪的漫长岁月中，高速公路使世界发生了巨大的变化。当年建造高速公路的目的是为了增加汽车流量，加快交通运输速度，解决塞车问题。如今，在汽车工业大发展的推动下，许多国家，尤其是工业发达国家中的高速公路，纵横交错，来往通达。有了高速公路，虽然汽车越来越多，但是行驶起来仍可畅通无阻。

随着信息社会日益逼近，信息作为一种特殊的资源，已与材料、能源一起，一举成为支撑现代社会向前发展的三大支柱。信息的价值在于它的时效性和准确性，因此，及时地占有信息，迅速地传递信息和准确地处理信息显得十分重要。为了对形形色色的信息进行有效的获取、传递、存储、处理和显示，能否想象出一个类似于汽车高速公路网络的信息、通信系统呢？这是完全可能的。目前报刊上出现频度很高的“信息高速公路”，正是在这种情况下应运而生。

“信息高速公路”只是科学家们沿用“汽车高速公路”的

概念，对信息传输所作的形象化描述。采用这个通俗名称的好处是形象、直观，容易被人们理解、接受，但其缺点是可能会引起误解，以为这仅仅是建设一条高速率的通信干线，或者说是“信息国道”而已。

“信息高速公路”的真名实姓，在美国叫“全国性的信息基础结构”，在日本叫“信息流通干线网”，在我国则称之为“高速信息网络”。尽管它称谓各异，但其实质问题，都是大力发展电子信息技术，建造高速率、大容量的信息网络。由此看来，“信息高速公路”不仅仅是一条“路”，而是将许许多多条“路”，有机地集结在一起的“网”。

为了建立起四通八达、畅行无阻的通信网络，“信息高速公路”不但在地面上铺设，还要将它延展到幽深的海底和无垠的星空。正是借助于“地面信息高速公路”、“海洋信息高速公路”与“太空信息高速公路”的相互联结，从而形成了陆、海、空一体的全球性通信网络。在蔚蓝色的地球上，将建立起统一的“通信王朝”。

在我国悠久的历史长河中，流传着许许多多令人神往、富有浪漫色彩的故事，脍炙人口的《桃花源记》，就是其中的一个。在这个古老的故事中，人们憧憬世界上有一个叫“桃花源”的小村子，这个小村子中的人们，个个过着幸福美满、无忧无虑的生活，邻里之间，鸡犬相闻，亲密友善。人们总是在想，如果人类赖以生存的摇篮，有朝一日能变成像“桃花源”一样的村落，那该多好！全球通信网络的建立，为实现这种理想提供了有效的催化剂。通信从它一诞生，就开始了与地理距离和地理障碍的竞赛，全球通信网络的问世，将使人们能跨越四海，联通五洲，成为竞赛中的赢家。全球通

信网络的建立，预示着人类史上又一场信息革命浪潮即将来临。它将和人类一起叩开 21 世纪的大门。

那么，你可曾了解全球通信网是怎样发展起来的吗？偌大的地球为何能成为一个鸡犬相闻的“通信村”？世界通信何以能被一网收尽？

全球通信网络融陆地通信、海洋通信和太空通信于一体，建造如此浩大的立体式通信网络，应该使用哪些建筑材料？整个通信网络该怎样配置？如何运作？

全球通信网络具有哪些奇功妙用？它将给“地球村”的村民，在工作、学习和生活方面带来哪些革命性的变化？

全球通信网，今天发展到什么程度？明天的美景又是怎样？在这本小册子里，就来向同学们说说这些问题。

目 录

前言	(1)
一、“一网打尽”话通信	(1)
1. 通讯与通信	(1)
2. 信息与信号	(3)
3. 绳线与网络	(7)
二、网络门庭“三弟兄”	(10)
1. 物理网	(10)
2. 业务网	(11)
3. 管理网	(11)
三、网络变迁“三部曲”	(13)
1. 从市内通信网到长途通信网	(14)

2. 从专用通信网到综合通信网	(20)
3. 从全国通信网到全球通信网	(37)
四、天网恢恢 疏而不漏	(39)
1. 同步卫星网——固定式通信的脊梁	(39)
2. 异步卫星网——移动式通信的能手	(50)
五、地网弥弥 纵横交错	(59)
1. 电缆通信网，功不可没	(61)
2. 光缆通信网，后起之秀	(67)
六、“天罗地网”乐融融	(83)
1. 拨拨电话——远在天边，近在眼前	(83)
2. 抬抬手腕——世界风云，一览无遗	(96)
3. 点点菜单——声形并茂，屏随人愿	(100)

一、“一网打尽”话通信

1. 通讯与通信

提起“通信”，有的同学往往想到的是亲朋好友间的书信往来，或是通风报信之类的事。这自然是对的，但不全面，它仅仅是狭义上的通信。通信的广泛含意在于信息的传输、储存和交换，电话通信、电报通信、传真通信、数据通信乃至电视、广播等都属于“大通信”的范畴。

在我国，“通信”早时候曾用的是“通讯”，这恐怕是由“新闻电讯”演化而来。大家知道，1927年8月至1937年7月的十年，是我国革命史上的第二次国内革命时期，即土地革命战争时期。这一时期，是革命根据地通讯兵从无到有和初步发展的岁月。1927年8月1日，以周恩来为书记的中央前敌委员会和贺龙、叶挺、朱德、刘伯承等人领导的3万多北伐军将士，在江西省南昌发动了武装起义，打响了反对国民党反动派的第一枪，开创了中国共产党独立领导武装斗争和创建革命军队的新时期。参加南昌起义的部队中大都编有通讯分队，使用的主要电气通讯手段是有线电话，它为保障起义的作战指挥和各部队之间的协同配合，发挥了重要作用。

继南昌起义之后，我党又领导了秋收起义、广州起义、百色起义等，相继创建了十几块革命根据地。在各地起义部队中，当时无不编有通讯人员。1929年，鄂豫边区第一次全区代表大会通过的《鄂豫边区军事问题决议案》中，明文规定红军的编制中应有“通讯队”。在第一次反“围剿”的硝烟中，红军不但活捉了国民党军的前敌总指挥张辉瓒，而且缴获了半部无线电台。连同随后在东韶战斗中缴获的一部完好的15瓦无线电台，红军从此有了一部半无线电台的家底。

一部半无线电台，还不能组织通讯联络。因为要收发电报，通讯双方必须同时拥有一部发信机和一部收信机。一部半电台是“三缺一”，当时只能用来办两件事：一是侦听国民党军队的情报，供朱总司令、毛总政委及时了解敌军的动向；二是抄收国民党中央社的新闻电讯，给朱总司令、毛总政委等首长参阅。当毛泽东总政委第一次看了无线电台送来的电讯新闻稿后，高兴地对电台领导人王诤说：“你们送来的材料太好了，让我们开了眼界，这是没有纸张的报纸啊！”原来，在此之前，由于国民党对各革命根据地严密封锁，红军对国内外形势非常闭塞，为了搞到一点情报，不得不经常派出小分队到敌占区去搜集传单、报纸，有时为了获取一星半点的消息，往往因此付出了血的代价。有了无线电台这只“顺风耳”，这个问题得到了较好的解决。为了将稍纵即逝的敌方消息有效地保存下来，电台人员就将每日抄收下来的国内外新闻电讯稿翻译出来油印成“参考消息”，送给有关领导人员参阅，这就是今日《参考消息》的前身。

随着现代社会的不断发展，信息的重要性愈来愈被人们所认识。包括信息的获取、信息的存储、信息的传输、信息

的处理和信息的应用等五大环节在内的信息技术，已和物质、能源一起，成为推动现代社会向前发展的三大因子。基于这种认识，“通讯”渐渐被“通信”替代。其实，“讯”与“信”二字原本没有质的区别。从词意上看，“信”是由“亻”和“言”两部分组成，是托人捎话的意思。“讯，告也”，它也有音信（消息）的含意。

2. 信息与信号

现代通信是一个庞大的家族，每个成员有名有姓。从总体上说，通信的姓分两大类（姓“有”还是姓“无”），名称有两种（叫“电”还是叫“光”）。将它们有机地排列在一起，可以得到四种组合：有线电通信，无线电通信，有线光通信和无线光通信。四者分属于两大族系——有线通信和无线通信。

有线电通信，指的是携带信息的电信号，是以通信线路（例如电缆线路）为媒介进行传输的。

无线电通信，指的是携带信息的电信号，是以无线电波的形式，沿空间进行传输的。

有线光通信，指的是携带信息的光信号，是以光导纤维（光缆线路）为媒介进行传输的。

无线光通信，指的是携带信息的光信号，是以光波的形式，沿空间进行传输的。

从上述四种通信方式的命名中，我们不难看出，“通信”的实质就某种意义上说，是“信息信号化”。

信息与信号，看来只是一字之差，但它们的含意截然不同。

什么是信息？这是个智者见智、仁者见仁的问题，其定义有很多歧异说法，据有关材料统计，各种各样关于信息的定义多达 50 种。《信息论》的创始人美国数学家申农和《控制论》的创始人美国数学家维纳，关于信息的科学概念的论述，可以看作是一种颇有权威性的定义。

1948 年，申农发表了《通信的数字理论》一文，标志着信息论的诞生。最初，信息论仅仅局限于通信领域，又叫“狭义信息论”，是一门应用数理统计方法来研究信息处理和信息传递的科学。随着现代科学发展的日益综合化、整体化趋势，各个学科相互关联、相互渗透，信息的概念和基本理论远远超越了通信领域，广泛渗入并应用于其他学科，从而在通信理论的基础上发展成“广义的信息论”。广义信息论通常也被称为信息科学，它除了研究通信问题以外，还研究包括所有与信息有关的领域。尽管信息论不断发展，然而申农关于信息的定义仍不失其价值。申农指出：“信息是用来消除随机不确定性的东西”。所谓“不确定性”是指人们在获取某一信息之前，对其知晓程度呈模糊状态，对其多种可能性难以判断。显然，消息的不确定性程度愈大，则其信息量愈大。如果我们得到一条消息，这条消息中的所有内容都是早已知道的，没有任何新的东西，我们也就没有得到任何信息。申农将信息称为“用来消除随机不确定性的东西”，讲的就是这个意思。只有消除了对认识对象的不确定性，才算获得了信息。

《控制论》创始人维纳在关于信息的定义中，也讲过类似申农的话。他指出：“凡是在一种情况下能减少不确定性的任何事物，都叫信息。”维纳对信息还有一句名言：“信息就是

信息，不是物质也不是能量。”但同时又与物质和能量密不可分。任何一种物质当它转移到别处去后，原来的地方就不再有这一物质了。而信息则不同，当我们将关于某一事物的信息传送给人家后，我们原来拥有的信息并不因此而减少或丢失。信息有别于物质，却源于物质，它是物质运动状态的表征。信息的产生、传递、存储和加工等等，都离不开物质，都是要以物质作基础。此外，信息的获取、传递和处理也离不开能量，但信息的内容及其所起的作用又不取决于传递信息能量的大小。信息也不遵守能量守恒定律，存储在载体中的信息可能丢失，大脑记忆的信息也会遗忘。

信息与通信息息息相关，申农信息论的基本内容就是阐明通信系统中信息传递的基本规律，以及如何提高信息传递的效率和可靠性等问题。申农并且提出了通信系统模型，指出任何信息传递都离不开信源、信道和信宿这三个基本要素。“信源”是指信息的发送者，即信息的源头，在通信过程中，可以是人，或者是机器，如电子计算机。“信道”是指传递信息的通道，或者说是传递信息的媒质，在通信系统中，架空明线、电缆、光缆、自由空间以及高空中的通信卫星、电离层等，都可视为信道之列。“信宿”是指信息的归宿，即信息的接受者，在通信过程中，它如同信源一样，可以是人，或者是机器。

需要着墨一笔的是，我们对信息流通可不能理解为从信源到信宿传递的是像水、电一类的物质，信息的内容必须要通过一定的形式反映出来，这就是前面说到的“信号”。信息的流通就是依赖信号作为载体得以实现的。换句话说，信号

起着信息的携带者的作用。在信息传输系统中，用一定的信号（例如用电压、电流、无线电波、光波传输信息）来表达信息内容的过程，术语上叫做“编码”，而把从信号中包含的内容（信息）提取出来的过程，叫“译码”。前者，如同在物质流通中，将货物装到交通工具里，后者则好比是将货物从交通工具中卸下来。在交通运输中，提倡多装快跑，编码时则要求尽量以较少的信号表达较多的内容，而且对于信源的各种变化情况，要尽量都用相应的信号来表示。

通信既然是传递信息的手段，如何度量信息大小（即信息量）成了人们关注的问题。按照信息论的创始人申农关于“信息是一种用来消除接收者认知上不定性东西”的观点，信息量可以用接受者不定性被消除的程度来计量。其计算公式为：

$$\text{信息量} = -\log \frac{\text{接受信息后的可能性空间}}{\text{接受信息前的可能性空间}}。 \text{这个计算公式}$$

也可用概率来描述。

概率又称几率，是表示随机事件的可能性大小的一个量。必然发生的事件概率为 1，不可能发生的事件概率为 0，一般随机事件的概率是介乎 0 与 1 之间的一个数。由于某一事件的不确定性是由它的随机性产生的，因此，信息量的大小可以用事件发生的概率来度量。其计算公式是：

$$I = -\log P$$

式中：

P——某事件出现的概率

I——该事件所具有的信息量

信息量的单位取决于对数的底数。对数的底数，通常有

三种取法：

当底数为 10 时，单位为哈特；

当底数为 e (2, 718) 时，单位为奈特；

当底数为 2 时，单位为比特。

在通信系统中，信息量的单位多用比特表示。

比特 (bit) 一词源于英语 “binary digit” (二进制数字) 的缩写，以 bit 的发音取名。在数字通信和数据传输中，用得比较多的是二进计数制 (由数字 “1” 和 “0” 两个符号组成)，所以常用比特作为信息量的度量单位。

人们常用向空中投抛硬币的例子，来说明 1 比特信息量的含义。将一枚硬币抛向空中，它落地后只有两种可能，或正面朝上，或反面朝上。落地前不能确定，落地后一目了然。正、反面出现的可能性 (概率) 是均等的，都是 $1/2$ ，根据公式不难求出：

$$I = -\log_2 \frac{1}{2} = - (0 - 1) = 1 \text{ (比特)}$$

二进制数字中，每一个 “0” 或 “1”，就包含有一个比特的信息量。

3. 绳线与网络

搞清楚了通信的概念以后，我们可以回过头来探究在未来的社会中，通信为何要被 “一网打尽” 的问题。

说到 “一网打尽”，同学们或许知道它是出自一个典故。根据史书记载，成语 “一网打尽” 源于宋魏泰《东轩笔录》卷四：“刘待制元瑜既弹苏舜钦，而连坐者甚众，同时俊彦为之一空。刘见宰相曰：‘聊为相公一网打尽。’” 大意是：刘元

瑜待制弹劾苏舜钦以后，被牵连受处罚的人很多，同时期有才能的人都被打下去了。刘元瑜见到宰相时说：“姑且替相公一网打尽了。”一网打尽，指全部逮住或彻底肃清，在军事上比喻一举全歼敌人。从语源看，“一网打尽”原本富有贬意。然而，随着科学技术的发展，一网打尽在通信领域已“贬意褒用”，它并为实现全球通信展现了光辉灿烂的明天。

通信与交通在英语中用的是同一个单词——Communication，所不同的是交通运输的是人员和物质，而通信传输的则是信息。

通信与交通对促进经济发展，推动社会进步起着举足轻重的作用。信息交流是国民经济发展的倍乘因子，一个国家的社会净产值 = 物质生产投入 × 信息流量。统计资料告诉我们，公路和铁路对促进相关部门发展的诱发系数分别为 2.38 和 2.18。但是一个国家如果仅仅修大路一条，对路两旁的地区无疑是“近水楼台先得月”，而对于一些远离道路的地区往往只能“望路兴叹”，得不到直接受益。如若将遍布全国各地的道路联接成网，就能提高交通网络的整体效能，使四面八方都能受益，通信何常不是如此，虽然它对相关部门发展的诱发系数比公路、铁路都大（等于 3），但如果一个国家或是一个地区，仅仅是建立一条信息国道，无论对传输信息的数量或者效能，无疑地都会受到限制。如果多建几条信息国道，并将它们编织成纵横交错、四通八达的信息传输网络，就能大大提高信息传输的效能，将形形色色的信息源源不断地送往万户千家。

“集路成网”的概念和通信网络所产生的效能与“织线为

布”的现象非常相似。众所周知，一根棉线可以缝补衣服，许多根分散的棉线不会产生新的功能。但是倘若将它们按照经纬方向有规律地编制起来，就能编织成各种样式的布匹。而“布”的功能是“线”所不具有的。信息传输线也是一样，当将一条条彼此离散的传输线编制成传输网络时，它所产生的效能不是各条传输线的简单总和，而是这些局部的线路由于创造性的结合而产生了一种附加“新值”，这就叫“整体功能大于部分功能之和”。“三个臭皮匠，赛过一个诸葛亮”也是对整体效应的形象描述。系统所产生的整体效应，通过定量分析更使我们看出其威力。假定有一个系统含有六个完全不同的要素，每两个要素之间有四种联系，其中包括：有正向联系 $A \rightarrow B$ ，有反向联系 $B \rightarrow A$ ，有双向联系 $A \leftrightarrow B$ ，没联系 $A \nrightarrow B$ （故且将没有联系看作是一种特殊的联系），那么，通过数学计算，不难求得系统就会有 $2^3 = 1,073,741,820$ 种结构，如图 1—2 所示。假设系统的六个要素间没有任何联系，此时不过只有孤零零的 6 种结构罢了。由此，也使我们感到信息传输网络化和实现全球通信一体化的必要性。