

研究生教学用书

教育部学位管理与研究生教育司推荐

地质信息技术导论

*Introduction to Geological
Information Technology*

主 编 吴冲龙

副主编 刘 刚 毛小平 田宜平



高等教育出版社

研究生教学用书

教育部学位管理与研究生教育司推荐

地质信息技术导论

Introduction to Geological
Information Technology

主编 吴冲龙

副主编 刘刚 毛小平 田宜平



高等教育出版社

内容提要

本书着重介绍目前在各类地质调查、矿产资源勘查和工程地质勘察领域应用较多的信息技术原理、方法与应用,其中包括地质信息科学与信息系统的基本概念,地矿勘查的数据管理、空间分析、信息处理、地质信息三维可视化、地质过程计算机模拟等方面的基本原理、设计知识与应用技能。书中融入了地质信息科技领域的国内外最新研究成果,也包括编者们多年的科研成果和教学经验。在编写过程中力求体现系统性、先进性、实用性和实践性特色。本书适合作为地质资源与地质工程学科各专业研究生和地质理科各二级学科研究生的教学参考书。由于涵盖范围较宽,本书侧重于理论与方法的阐述,使用时应当结合专业特点而有所取舍。

图书在版编目(CIP)数据

地质信息技术导论/吴冲龙主编. —北京:高等教育出版社,2007.7

ISBN 978-7-04-020687-6

I. 地… II. 吴… III. 信息技术-应用-地质调查-研究 IV. P62-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第064183号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	临沂银光印刷包装有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2007年7月第1版
印 张	40	印 次	2007年7月第1次印刷
字 数	680 000	定 价	52.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 20687-00

《地质信息技术导论》编写人员名单

主 编 吴冲龙

副主编 刘 刚 毛小平 田宜平

编写组 吴冲龙 刘 刚 毛小平 田宜平
汪新庆 张夏林 何珍文 翁正平
刘军旗 李伟忠 徐 凯 李 星
孔春芳 李绍虎 张志庭 李新川
綦 广

前 言

本教材由教育部地质工程教学分指导委员会组织编写。适用于地质资源与地质工程学科各专业研究生,也可作为地质理科各二级学科研究生的教学参考书。本教材侧重于理论与方法的阐述,进行学时为40~60学时。

地质调查与矿产资源勘查工作每日每时都在采集信息、加工信息、存贮信息、处理信息和利用信息。近年来,随着地球空间信息学(Geomatics)、地理信息科学(Geographic Information Sciences)和地球信息科学(Geo-Information Sciences)的兴起,以及多种信息技术在地质调查与矿产资源勘查中的应用,信息技术已经渗透到地矿工作的全过程,大大加快了地矿工作信息化和现代化进程。在这种形势下,地质与矿产勘查领域的研究生应该努力学习和掌握地质信息技术,才能适应地矿资源勘查工作信息化和数字国土建设的需求,成为合格的高级地质矿产勘查工程技术人才。

由于地质信息和地质信息处理本身的极端复杂性,地质信息科学的理论框架及其技术体系至今仍未形成,还未见有对其进行系统的概括和总结的论文,许多信息技术的应用仍旧停留在分散、孤立的状态。为了使研究生们对地质信息科学及其技术体系有一个初步了解,本书编者们根据所了解和掌握的资料,借鉴地球空间信息学和地理信息科学的技术体系结构,尽可能地进行尝试性的总结和归纳。在此基础上,着重介绍目前在地质调查与矿产勘查领域应用较多的信息技术原理、方法与应用,其中包括地质信息科学与信息系统的基本概念,地矿勘查的数据管理、空间分析、信息处理、地质信息三维可视化、地质图件机助编绘、地质过程计算机模拟等方面的基本原理、设计知识与应用技能。书中融入了编者们多年的科研成果和教学经验。

本教材在编写过程中力求体现如下特色:① 系统性。系统地介绍了信息科学、地球信息科学和地质信息技术的基本知识、基本原理和基本方法。② 先进性。所阐述的理论、方法和技术,一部分取自国内外文献、专著和相近教材中的新成果;另一部分取自本书编者近年来的研究成果。③ 实用性。内容针对地质矿产勘查工作各环节的信息采集、加工、存贮、管理、处理与应用,与我国各地矿产资源勘查(察)单位正在实施的“地矿工

作信息化”目标和任务相适应。④ 实践性。注重理论与实践相结合,在介绍地质信息技术基本原理的同时,介绍地矿信息系统的设计方法及多种地质信息技术的应用。教材内容涵盖了不同的专业领域,各专业在教学中应当有所取舍。

本教材各章节的执笔分工如下:第一章,吴冲龙、刘刚;第二章,吴冲龙、毛小平;第三章,刘军旗、徐凯、孔春芳;第四章,何珍文、汪新庆、綦广;第五章,刘刚、徐凯、李伟忠、张夏林;第六章,田宜平、翁正平、张志庭;第七章,毛小平、吴冲龙、李星、李绍虎;第八章,张夏林、刘军旗、李新川;第九章,翁正平、刘军旗;第十章,刘刚、汪新庆、毛小平。本教材各章节的初稿完成之后,由吴冲龙进行汇总编纂。初稿经过国务院学位委员会学科召集人会议专家评审,并在中国地质大学(武汉)研究生院的相关专业试用。随后,编者根据专家评审意见和校内试用情况,对教材初稿作了进一步修改。值此教材出版之际,谨向所有关心和帮助过我们的专家和同行们致以衷心的感谢。

编 者

2006年10月1日

目 录

第一章 绪论	1
第一节 信息科学的概念.....	1
第二节 一般信息科学的发展历程.....	6
第三节 地球空间信息学的兴起和发展	12
第四节 地质信息科学的萌芽与现状	22
思考题	32
第二章 地质信息系统开发的方法原理	33
第一节 地质信息系统的基本概念	33
第二节 地质信息系统的开发方法	46
第三节 地质信息系统的开发过程	60
思考题	66
第三章 地质数据的数字化采集与加工	67
第一节 地质数据采集与加工	67
第二节 野外地质数据的采集	86
第三节 遥感地质数据的获取.....	102
第四节 空间数据的编辑、转换	118
思考题.....	133
第四章 地质数据的计算机管理	134
第一节 关系数据库原理概述.....	134
第二节 主题式点源地矿属性数据库设计.....	151
第三节 主题式点源地矿空间数据库设计.....	178
第四节 中国地质科学数据库群.....	207
思考题.....	210
第五章 地质数据的计算机处理	212
第一节 地质特征的空间分析.....	212
第二节 地质遥感数据的处理.....	224
第三节 矿产资源储量的计算.....	267
思考题.....	282
第六章 地质数据可视化与机助编图	283
第一节 地质数据可视化技术概述.....	283
第二节 地质结构的三维可视化表达与分析.....	292
第三节 地矿勘查图件机助编绘.....	305

思考题	360
第七章 地质过程的动态模拟	361
第一节 构造-地层格架演化的二维模拟	361
第二节 构造-地层格架演化的三维模拟	378
第三节 盆地古地热场与有机质热演化模拟	384
第四节 盆地古构造应力场模拟	405
第五节 盆地模拟和油气系统模拟	417
思考题	429
第八章 地矿资源评价与决策支持技术	431
第一节 基于数据仓库的决策支持技术概述	431
第二节 地质勘查决策支持系统的设计	463
第三节 地质勘查决策支持系统的实现	485
思考题	498
第九章 计算机网络与地质数据传输	499
第一节 计算机网络概述	499
第二节 主流计算机网络的技术方法	512
第三节 计算机网络的设计与实现	543
第四节 地质数据网络的建设与应用	567
思考题	582
第十章 地质信息系统集成	583
第一节 地质信息系统集成概述	583
第二节 地质信息系统的应用集成	593
第三节 地质信息系统集成的实例	609
思考题	612
参考文献	613

第一章 绪 论

地质勘查(察)各专业的工作过程,本质上都是信息的获取、管理、处理、解释和应用过程。地质信息技术可理解为以信息科学为基础,以计算机技术为手段,以基础地质调查、矿产(金属、非金属、煤、油气)地质勘查和工程地质勘察等的信息获取、管理、处理、解释和应用为内容,以实现地质资源、地质环境和地质灾害勘查和管理信息化为目标的知识、经验、措施和技能。地质信息技术是在借鉴和引进遥感技术、数据库技术、计算机辅助设计技术和地理信息系统技术的基础上发展起来的。随着各种信息技术的引进和应用,地质信息技术体系初步形成,地质信息科学已经初露端倪。“地质信息科学”是基础地质学、矿产地质学、环境地质学、工程地质学、矿产勘查学、数学地质学、地球物理学、地球化学与一般信息科学、地理信息科学、计算机应用等多学科交叉融合的边缘科学。它将与“地理信息科学”、“大气信息科学”、“水文信息科学”、“海洋信息科学”一起,成为“地球信息科学”的重要组成部分。

第一节 信息科学的概念

为了正确地理解地质信息技术的含义,有必要首先了解一般信息科学的概念。信息科学是一门新兴的科学,其理论基础是信息论、控制论、系统论和哲学,而实践基础是各行各业的信息获取、加工、传输、交换、管理、处理和利用。随着科学技术的迅猛发展,各学科之间相互交叉融合,人类对自然界和社会的认识不断深入,导致信息量激增,并呈“爆炸”态势。而随着以计算机应用为代表的信息技术迅速发展,各种完善的通讯设施和信息网络,极大地提高了信息获取、传输、交换和处理的速度和效率。信息科学正是在这种形势下应运而生的。它一诞生,就给人类的社会生活和思维方式带来重大的变革,成为当代科学技术的三大支柱之一。

一、信息科学的含义

信息科学目前正处于它发展的初期,是一门正在迅速成长的年轻学科。对该学科的研究领域、范围、内容和对象的认识,还存在着许多差别。在英文里,信息与情报、资讯是同等的,都用“information”表示,因此美国

人把信息科学局限于资料科学或情报科学。最早提出“信息科学”这一概念的美国宾夕法尼亚大学的 S. 高恩(Saml Gorn, 1978)认为,“信息学(Informatics)”可以等价于“计算机和信息科学”。他的“信息科学”概念,实际上就是指资料科学或情报科学,属于狭义的信息科学概念。

在西欧,信息科学则被简单地理解为计算机科学。这也许是因为信息与计算机的联系太密切了,但严格地说,计算机在信息科学中只是一种信息管理和处理的工具,二者是不能等同的。在前苏联和东欧一些国家,人们倾向于把信息科学当作社会科学的一个分支。这显然也是不妥的,因为一方面,信息科学的源头毕竟是自然科学;另一方面,信息科学已发展为横跨社会科学、自然科学和技术科学的一门综合性学科。

在我国开展信息科学研究的时间还不长。研究者对信息科学的含义、所属的范畴、研究内容等方面的认识分歧比较大。目前主要有以下4种看法:

① 认为信息科学“包含有信息论、控制论、电子和自动化技术、计算机、仿生学、人工智能等各个方面。信息论和控制论是信息科学的理论基础,电子技术、自动化技术、计算机则提供了信息科学的主要技术手段,而仿生学、人工智能是今后信息科学发展的新天地”(冯秉铨,1985)。这种观点强调信息科学是将控制论、系统论、计算机科学、仿生学、人工智能等全部包容在内的一门庞大的综合性学科。

② 认为“信息科学,是以信息为主要研究对象,以信息的运动规律和应用方法为主要研究内容,以计算机为主要研究工具,以扩展人类的信息功能(特别是智力功能)为主要研究目标的一门新兴的、边缘的、横断的综合性科学”(钟义信,1988)。并认为信息科学的自然科学基础主要是数学、物理学和生物学,它的理论主体是信息论、控制论、系统论和人工智能理论,它的技术主体是传感、通信和计算机技术。

③ 认为“信息科学是研究信息现象及其运动规律和应用方法的科学,它是以‘三论’为理论基础,以电子计算机等为主要工具的一门新兴学科”(胡继武,1995)。持此种观点者强调,信息科学涉及与信息有关的一切领域,如计算机科学、仿生学、人工智能等,却并不是包罗万象的科学之科学,而只是吸收了上述学科中与其相关的理论和方法,应用了有关的研究成果,与它们之间并没有完全的包含与被包含关系。持此种观点者还认为,上述学科各有自己的体系,并向各自的纵深方向发展。

④ 其他一些研究者认为,信息科学是研究信息的产生、获取、变换、传输、存储、显示、识别和利用的科学。这种观点偏重于研究信息是如何产生的,人们怎样才能有效地获取和利用它,实际上把信息科学局限于信

息技术的范畴。

以上4种观点,分别从不同的侧面和角度对信息科学的近期发展作了系统总结,对信息科学的内涵和外延都有所揭示。但由于出发点不同,分歧比较明显,有关的争论可能还要继续下去,现在评价谁是谁非还为期过早。本书倾向于采用胡继武的观点。

二、信息科学的研究对象、任务和内容

科学的研究对象是科学认识的客观前提。尽管人们对信息科学的认识还不统一,但对其研究对象的想法都比较一致。以往的传统科学都以物质或能量为研究对象,而信息科学却有其独特的研究对象——信息,它既不同于物质,也不同于能量,这是信息科学区别于其他一切科学的根本特点。不可否认,物质和能量是人类生存和社会进步的基础,所以尽管在自然界、人类社会和思维领域存在着大量的信息现象、信息问题和信息过程,传统科学仍然将其根基紧紧扎在物质和能量的问题上,始终未把信息问题作为明确的科学对象来加以研究。信息科学首次将与人类有密切关系的“信息”作为其独特的研究对象,这一做法本身说明,人类已进入物质文明高度发达的新时代,把信息问题当作一门科学来研究的时机已经成熟。

信息的外延十分广泛,在横向上伸展到自然界、人类社会和人类思维的各个领域。信息科学的任务主要是通过研究信息的本质,来探索机器、生物、人类对于各种信息的获取、变换、传播、存贮、管理、处理和利用的一般规律,用以指导人们更好地利用信息和提高开发、吸收信息的能力,进一步增强、补充和扩展人类的思维功能和智力功能,最终达到帮助人类更好地认识世界和改造世界的目的。因此以信息为研究对象的信息科学,其研究内容较之情报科学和社会科学更为丰富。概括起来有以下几个主要方面:

- ① 研究信息的本质、信息的特征和信息的度量,即回答信息究竟是什么、信息有哪些特征和类型,以及如何度量信息等问题;
- ② 研究信息的运动规律,即研究信息在其产生、表现、获取、变换、传播、存储和处理等过程中的一般规律;
- ③ 研究信息的收集、加工、管理和处理的方法;
- ④ 研究信息传播与交流的途径、方法;
- ⑤ 研究如何利用信息进行管理、预测、决策,以实现最优化的原理和方法;
- ⑥ 研究信息市场、信息商品、信息产业的特征、结构、功能及其发展

机制等。

信息科学在其发展过程中,还形成了一套科学方法论体系,包括信息分析综合法、行为功能模拟法,以及系统整体优化法。信息分析综合法源于信息论,它从信息的角度来分析对象,抓住对象信息过程的特征和联系,进而理解和揭示它的工作机制,或综合成某种系统进而实现一定的工作目标。行为功能模拟法是一种从行为的观点出发,以行为相似为准则,从功能上来模拟事物或系统与环境相互作用的方法。系统整体优化法则源于系统论,它从系统的观点出发,着重从整体与部分之间,整体与外部环境之间的相互联系中,综合地考察对象,进而达到全面最佳地解决问题的目的。其中,行为功能模拟法和系统整体优化法是信息分析综合法的重要发展和实用化。这3种方法互相联系,互相补充,共同构成一个独特而有机的信息方法体系,已经成为现代科学方法论的重要组成部分。

综上所述,信息科学具有独特的研究对象、明确的研究内容和崭新的方法体系,已经奠定了成为一门独立学科的根基。信息科学的理论体系也正在建立和完善之中。

三、信息科学的理论基础

所谓理论基础,是指作为一门学科发生和发展的支撑的思想、理论和学说。通常认为,与仅仅提供理论参考和借鉴的理论来源不同,理论基础对学科的发展起到确定起点的作用,并且始终对学科整体提供宏观指导和理论支持。信息科学的理论基础是由信息论、控制论、系统论和哲学等学科所构成的层次体系。其中哲学属第一层次,信息论、控制论、系统论属于第二层次。它们以内在的联系结合起来,共同支撑起信息科学的理论大厦。

1. 信息科学的“三论”基础

如前所述,信息科学首先是在信息论的基础上发展起来的,信息论为信息科学提供了直接的理论素材,没有信息论提供的数学方法,信息科学很难对信息进行定量描述,也不可能对信息的传输和处理作严密的分析,更不能建立起现代意义上的信息科学,因此信息论理所当然地成为信息科学的理论基础。作为信息科学的基础,信息论、控制论、系统论(简称“三论”),是性质相近、背景相同的一组横断科学,它们之间密不可分,无论在基本概念、基本问题、基本方法等方面都有相似之处。三者构成一个立体的透明的三棱柱,从不同的角度看,可得不同的景观。比如从信息角度看,信息论主要研究信息的传输问题;控制论主要研究如何利用信息来达到有目的的控制;系统论则主要研究如何利用信息来实现系统优化。

以信息为核心,“三论”相互交融,便构成了“信息科学”的主体。同时,由于“三论”在基本概念、问题、方法上有很多相似之处,三者密不可分,且系统论、控制论的原理和方法又都广泛运用于信息科学之中,这些都使它们构成信息科学的理论基础。当然,从系统角度看,系统论以一般系统作为研究对象;信息论以通讯系统为研究对象;控制论则以控制系统为研究对象。“三论”围绕着系统相互交织,便构成“系统科学”的理论体系。再从控制角度看,在自然系统里有控制问题,在人工系统里也有控制问题,在信息的传递和利用过程中也有控制问题,“三论”同样可以以控制为研究内容和目标来建造“控制科学”的体系。因此,“三论”不仅是信息科学的基础,也是控制科学和系统科学的基础。

2. 信息科学的哲学基础

所有科学都要得到哲学的指导。信息科学发展的实践证明,辩证唯物主义哲学既是信息科学研究的认识论和方法论基础,也是信息科学发展的指南。

1) 信息概念属于哲学范畴

从信息论角度看,世界上的一切事物都作为信息源而存在着。信息正是信源和信宿之间互相联系的内容,是普遍存在的东西。信息揭示了物质世界(自然界、人类社会)和思维规律中一切现象和过程的一般规律,是对客观世界的复杂性、有序性和差异性的高度概括。因此,从信息概念所具有的内涵来看,它反映了物质世界最一般的本质联系。

在物质能量的运动过程中,只能产生“熵”增,导致宇宙的无序化。然而,在信息传递过程中,信宿可通过接收由信源发出的信息来消除不确定性,也就是说信息可产生“负熵”,从而完成对物质能量系统无序化的组织和控制。实际上,在信息论向信息科学发展的过程中,信息概念也早已不再局限于自然领域,即不再以特定的物质结构和运动形态为对象,而是以一般物质结构、行为和一般的相互作用、联系为对象,从而逐渐扩展到社会科学、思维科学等其他领域,成为更一般化、更普遍的科学概念。

此外,信息方法也具有方法论的意义。信息方法是通过有目的的获取、传输、加工和处理信息,从而达到对某个复杂运动过程的规律性认识的研究方法。它以信息概念作为分析和处理问题的基础,并从整体出发,综合地研究对象。信息方法的应用范围十分广泛,覆盖科学技术、生产管理和管理的各个领域,具有一般方法论意义。

根据上述分析,信息概念应当是属于哲学范畴的,以信息为研究对象的信息科学理所当然应当以哲学为基础。

2) 信息本质属于哲学范畴

信息科学所要研究并建立的是关于信息的普遍本质和运动规律的一般理论,而对于信息本质的探讨与哲学又密切相关。所谓信息的本质问题,就是信息究竟是什么?即信息是物质的,还是精神的,抑或两者都不是?这一问题是在哲学界长期争论的大问题。较为一致的观点是:信息既不是物质的,也不是精神的,而是物质与意识的中介。哲学界关于信息实质问题的争论大大丰富了信息科学的理论基础。信息的本质是不可能从实用信息论的角度直接揭示出来的,信息的本质必须依赖于哲学的概括,离开了哲学,对信息本质的认识必然会流于肤浅,信息科学也难以获得其科学的学科理论。哲学和信息科学是相辅相成、紧密联系的。信息科学的发展不断涉及一系列的认识论和方法论问题,特别是信息概念在哲学中的引入,大大丰富了哲学理论体系,拓宽了哲学的思维视野;而在哲学上通过对信息科学所提出的新问题、新矛盾的研究,又可以指导和推动信息科学向更新更广的领域扩展。但哲学又是根本,它是构筑完整信息科学体系必不可少的基础。在辩证唯物主义哲学的指导下,有可能对现有的各门具体科学中的信息理论给以总结、概括和抽象,从而使狭义信息论和一般信息论等这些实用信息论得到理论的升华和提高,而最终形成高层次的信息科学。

第二节 一般信息科学的发展历程

信息科学是社会生产和科学研究发展到一定阶段的必然产物。考察信息科学的发展历史,我们不难发现,信息科学的发展是与信息革命息息相关的。根据钟义信(1988)的划分,人类迄今为止对于信息的开发、利用共经历了5次大的信息革命:即语言的产生,文字的创造,造纸术和印刷术的发明,电讯的发明,电脑的诞生与使用。前4次信息革命为信息科学的诞生准备了肥沃的土壤,而第5次信息革命则使信息科学的嫩芽破土而出。

一、第1~第3次信息革命——对信息的被动感知阶段

人类从诞生之日起,就开始一刻不停地同信息打交道。在远古社会,祖先们只能借助自身的器官传递比较简单的信息,他们用手势、动作和眼神来表达人类的一些最基本的情感,也利用“结绳以记事”等原始方式来传递、存贮简单的信息。然而随着生产力的发展和劳动协作程度的提高,原始方式已远远不能满足频繁而复杂的信息交流的需要,于是语言就作为人类相互交换信息的第1载体应运而生了。人类正是借助语言才能够

彼此交流劳动中所获得的丰富多样的信息,准确地表达喜怒哀乐等情感。毫无疑问,语言的产生是人类自开天辟地以来所经历的第1次大的信息革命。

语言的交流促进了信息处理器官——大脑的进一步发达,导致了体力劳动和脑力劳动的分工,从而促进了文字的产生,将人类推向了第二次信息革命的门槛。文字的出现,打破了人们原有的时空概念,人们借助这能够跨越时空而传递和交换信息的第2载体,使口头传递的信息得以固定并代代相传。有了文字,人们就有可能将信息系统化、规律化,从而产生了文化、科学,进而促使造纸和印刷术的发明。以造纸和印刷术的出现为标志的第3次信息革命,将人类从单纯依靠手抄、篆刻文献的劳动中解放出来,使知识、资料 and 消息得以大量的复制、存贮和传播,从而极大地提高了信息的存贮和交流水平。第3次信息革命的开始标志着人类在存贮信息和交流信息的历程上树立了新的里程碑。

从第1次信息革命到第3次信息革命,尽管人类无时无刻不在利用和传递信息,然而由于人类当时的认识水平与科技水平的限制,人们对信息仅仅处于被动感知的阶段。对信息在人类生活中的作用和地位的认识也十分有限,并且处理信息的技术尚处于较低的层次,因此就不可能自觉地意识到“信息”这一个科学的抽象化概念,当然也就更不可能形成以信息为研究对象的信息科学。换言之,当时产生信息科学的主要条件还远未具备。

二、第4次信息革命——自觉认识信息的初始阶段

随着社会的进一步发展,自19世纪中叶至20世纪初,人类开始了第4次信息革命。第4次信息革命是以全面扩展人的信息获取、转换和传递功能,延长人的信息接收器官为目标的,也是人类自觉认识信息的初始时期。

第4次信息革命是以电报、电话、广播及其他突破性的信息传递技术的发明和应用为标志的。早在电报诞生前40年,法国人夏普就创造了“电报”(telegraph)一词,意思是“远方的信息”,而人类第一个实验电报机于1832年由德国人韦伯和高斯制作出来。随后,美国莫尔斯于1844年创造出电码,人类从此有了一种可表达信息的共同语言。在1876年,美国独立百年纪念的费城博览会上,贝尔展示了他发明的电话机,宣告电话诞生并投入实际应用。由于电话不仅便于进入千家万户,而且便于交流情感和各種复杂信息,其发展很快超过了电报。到了1901年,马可尼成功地将电磁波送过了大西洋,这标志着人类以无线电手段远距离、大规

模、高速度传递信息的现代化时代开始了。20多年后,无线电广播事业在世界各个地区迅速兴起,使人类有了“足不出户而知天下”的“顺风耳”。

在这一时期,信息通讯技术的飞速发展,对有关的技术理论提出了新的要求,一系列亟待解决的问题摆在科学家面前。于是,科学家们开始了有关信息理论的初创性研究工作。尽管奥地利物理学家波尔兹曼在19世纪中期就把熵函数引入物理学,并把熵与信息联系起来,指出“熵是一个系统失去了‘信息’的度量”(转引自陈润生,1981),但人类真正开始对信息进行系统研究是在20世纪20年代。1922年,卡松(J. Carson)通过对调频的研究,阐明了边带问题理论,提出信号保真法则,开始了最早的信息论研究工作。接着在1924年,奈奎斯特(H. Nyquist)和开夫曼尔(Kuphmuller)首次研究了通信系统的传输效率问题,指出频带宽度与信号传播速率的关系。而哈特莱(R. Hartley)则提出以对数来作为信息量的测度,这是有关用数学方法对信息加以测度的最早论述。1928年哈特莱又发表了《信息传输》一文,第1次将信息概念抽象出来,尝试着用数学公式加以描述,而且还区分了消息和信息在概念上的差异。这些都为申农信息论的创立铺下了基石。

三、第5次信息革命——从狭义信息论到广义信息论

到20世纪40年代中期,以第1台电子计算机——“数字集成器和计算机”ENIAC的出现为标志的第5次信息革命开始了。信息论,更确切说是狭义信息论,正是在这一时期诞生的。信息论之所以诞生于这一时期,依赖于多种有利因素的影响。

首先,信息传输和处理技术飞速发展,为信息论的产生奠定了技术基础。20世纪40年代以来,电视、录音、录像设备先后出现,使信息的传递多样化、完整化,信息的存贮形式更为灵活、方便。特别是由于电子计算机功能的日益扩大和广泛应用,人类在处理信息的活动中第一次获得了脑外装置,使本来完全由大脑承担的信息处理工作实现部分机械化,从而大大加快了信息交流和存贮的速率。同时,随着信息技术的发展,以电子计算机为核心的高效率信息系统和人工智能的建立和应用,也迫切需要科学理论来加以指导。加之人类活动领域的日益扩大和认识水平的提高,信息愈来愈受社会的重视。于是科学家们在各自的岗位上,从不同角度对信息问题作了进一步的研究。

其次,从20世纪40年代以来,方法论也进一步发展。这个时期,自然科学向微观和宏观两个方向发展,一方面科学分化越来越细,另一方面

科学综合又日益明显,研究的对象更为复杂,科学所要解决的问题往往带有跨学科的性质。于是,科学家们开始摒弃机械、片面的决定论科学观,不再坚持以偏概全、仅以局部言整体的旧传统,而是以整体的观点从事物的相互联系、相互转化的发展过程来认识世界。信息论要研究的正是具有复杂现象、复杂联系的信息,因此科学观的发展又为信息论的产生奠定了方法论的基础。在同一背景下崛起的控制论和系统论对信息论的产生及发展也影响巨大。

此外,数学、物理学在这一时期也有很大发展。数理逻辑、统计学等新的数学工具不断涌现,统计热力学、量子力学等的研究也进一步深入。特别是数学中概率论的成熟,热力学中由熵导出的对信息的度量等,都为信息论的产生提供了条件。

最后,第2次世界大战军事上的迫切需要,对信息论的产生起了一定的刺激作用。战争期间,为了保证信息的有效获取和传递,各军事集团不惜集中最大的力量来发展雷达系统、军事防空系统、通讯网络系统等,于是便出现了道义和智慧的结晶——电子技术,从而使信息的获取、处理、存贮和传递等技术得到了进一步的发展。信息论的主要奠基者申农(C. E. Shannon)、维纳(N. Wiener)和诺伊曼(J. Von. Neumann)等人,在战时也都分别活跃在通信、控制和计算机等领域里。他们的创造性劳动在战后均开花结果。由此可见,战争的需要也大大加速了信息论的产生。

美国贝尔电话研究所的数学家申农为了解决信息的编码问题,提高通信的效率和可靠性,从1940年起就开始从事信息论的研究。1948年他发表了标志着信息论诞生的《通信的数学理论》(A Mathematical Theory of Communication)一文,首次将“信息”作为一个科学概念提出。1949年他又发表了权威的《在噪声中的通信》(Communication in the Presence of Noise)。申农在这两篇文章中系统地论述了信息理论,因此成为信息论的奠基人。申农信息论主要是把信息看做使不确定性减少的量,抽象出了一个由信源、编码器、信道、译码器、信宿5者组成的通讯系统的模型(图1-1)。

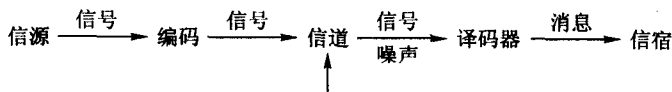


图1-1 通信系统的模型
(据 Shannon,1949)

申农以此模型为基础,进而研究了信息存储、加工和传递的一般规律