

高 等 学 校 教 材

电子信息科学与技术导论

黄载禄 主编

黄载禄 汪 文 周建国

李 璋 杨维明 葛 华 刘新华 编

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等学校教材

电子信息科学与技术导论

Dianzi Xinxi Kexue yu Jishu Daolun

黄载禄 主编

黄载禄 汪文 周建国 李璋

杨维明 葛华 刘新华 编

 高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书介绍了电子信息科学与技术应用面最广的主要学科领域。全书共十一章,包括:概述、消息数字化及应用、电磁波及应用、信息与通信工程、计算机科学与技术、互联网与物联网、自动化与控制科学、微电子学与集成电路、微波器件与微波集成电路、光电信息技术以及网络信息安全等。

本书在内容叙述方面的特点是:① 注意介绍应用;② 着重介绍基本概念、技术发展历程、当前的技术状况和今后的发展走向,通俗易懂;③ 注意介绍电子信息科学与技术中的重大发明、发明的背景和发明者的相关资料。

本书可作为普通高校“电子信息类”专业本科生了解电子信息科学与技术、学科和专业的“导论”课教材或参考书。通过本书的学习,可以使学生了解所学专业的学科背景,可以帮助学生了解专业、了解专业教学计划和课程设置,同时也有利于学生拓宽专业视野,增强自主学习的能力。此外,由于当今电子信息技术的应用已高度普及,人们为了适应“信息化”的生活、工作和学习,需要了解信息科学技术的基础知识。本书也可以作为具有高中以上文化程度的社会大众学习电子信息科学与技术基础知识的普及型读物。

图书在版编目(CIP)数据

电子信息科学与技术导论/黄载禄主编;黄载禄等编. —北京:高等教育出版社, 2011.7

ISBN 978-7-04-032658-1

I. ①电… II. ①黄… III. ①电子信息-高等学校-教材
IV. ①G203

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第112579号

策划编辑 吴陈滨 责任编辑 袁 坤 封面设计 于文燕 版式设计 马敬茹
插图绘制 尹 莉 责任校对 陈旭颖 责任印制 胡晓旭

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 潮河印业有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 23.5
字 数 570千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2011年7月第1版
印 次 2011年7月第1次印刷
定 价 34.20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 32658-00

前 言

《电子信息科学与技术导论》一书是为普通高校“电子信息类”专业本科生编写的介绍电子信息科学与技术、学科和专业的一本导论课教材,同时也可作为向社会大众普及电子信息科学技术基础知识的通俗读物。

为什么要开设这样一门“导论”课程?主要原因是电子信息科学与技术发展迅速,涵盖面广,它包含了多个大学本科专业和研究生学科;由于学科的交叉和融合,各专业的教学计划、课程设置和就业领域产生了重叠,原来各专业之间本来较清楚的专业分工现在有了交叉。这主要是由于现代电子信息科学与技术的发展出现了如下趋势:软件与硬件在电子设备中结合,硬件功能软件化;计算机与电子设备融为一体;集成电路的设计取代了原整机设计的大部分工作,甚至一块集成电路芯片就是一个电子信息系统等。电子技术、通信、计算机和自动控制技术常常共存于一个电子信息系统中,大学的本科专业与工程实际中的某一领域已不存在单一对应关系,电子信息类专业的分工似乎已不存在了。同学们常有“我们的专业到底是干什么的?”、“我们毕业后到底从事什么工作?”的困惑,开设“导论”课的目的就是试图回答上述问题。

通过这门课程的学习,学生可以了解电子信息科学技术的学科全貌;了解电子信息科学与技术同产业及社会的联系;了解电子信息科学与技术对社会发展的重大贡献;拓宽专业视野,增强自主学习能力。社会信息化已成为当代社会发展的大趋势,电子信息科学与技术已成为当今社会最具潜力的新的生产力,同时信息化水平已成为衡量现代化水平和综合国力的重要标志。在这一背景下,社会对电子信息科学与技术人才的需求在日益增长,为适应社会对人才的需要和促进科学技术的发展,我国在大学“理”、“工”科设置有数十个与电子信息科学与技术有关的大学本科专业和研究生学科。学科是培养研究生(包括硕士、博士)划分的科学领域,学科划分遵循知识体系自身的逻辑关系,设置研究生学科的目的是推动科学技术的创新和进步。本科专业是以学科分类为背景、按照学科分类和社会对不同业务领域和岗位的人才需要而设置的培养人才的目录,设置本科专业的目的是规范和指导高等学校分类培养人才。为了使培养的人才更适合社会需要,使本科毕业生具有较宽的专业口径,当前各高校“电子信息类”本科专业普遍采用了拓宽课程覆盖面的方法,使得教学计划中设置的课程一般都涵盖了电子信息科学技术的各主要学科领域。“导论”课的目的是使学生在进入专业学习之前,对电子信息科学与技术的主要学科有一个全局性的了解,以帮助学生了解专业教学计划中安排的各类课程和对后续的专业学习有初步的全面认识,以增强学生学习的针对性和主动性。

通过这门课程的学习,学生可以了解电子信息科学与技术各学科的形成、分工、联系与融合的发展历程和今后的发展趋势。由于学科之间的交叉融合导致了一些本科专业课程设置的雷同,以及电子信息科学技术的广泛应用和各行各业对信息技术人才的需求,导致了各专业就业领域的交叉覆盖。这些是电子信息科学与技术高度发展带来的问题。这些问题的解决,有赖于合理调整学科划分和专业设置,有赖于新的课程体系和新的专业教学计划的制订。与此同时,

II 前言

分析学生对专业方向产生“困惑”的原因,主要是不了解学科全貌和学科之间的联系,本书介绍电子信息科学与技术各主要学科的全貌,目的是尽可能帮助学生“解惑”。

本书同时是一本普及电子信息科学与技术的科普读物。在当代社会中,由于电子技术的高度普及,通信、互联网、计算机、自动化等已在工业、医疗、教育、社会管理和家庭信息化等各方面得到了普遍应用,人们为了适应信息化的生活、工作和学习,有必要学习电子信息科学与技术的基本知识,了解其发展历程、主要技术及今后的可能发展走向。本书可作为具有高中以上文化程度的人员全面了解电子信息科学与技术的普及型读物。

为什么本书定名为“电子信息科学与技术导论”呢?信息科学技术包括的内容极广:包括研究信息的运动、内容、形式、本质和度量等的基础信息科学;也包括研究生物信息、医学信息、遗传信息、地球信息和宇宙信息的应用信息学等。但是当信息科学与电子技术、计算机科学技术以及互联网相结合之后,就大大增强了人们对信息的认知能力,使信息可闻、可视、可传输、可存储、可变换、可利用,从而形成了信息科学技术的一个专门领域,这就是“电子信息科学与技术”。正是电子信息科学与技术推动着社会的“信息化”进程,改变了人们的生产方式、生活方式、工作方式、学习方式、交往方式、思维方式等,它已经使人类社会发生了并且还在继续发生着极其深刻的变化。电子信息科学与技术是由多个学科理论和技术组成的群体,在世界工业体系中形成了庞大的电子信息产业集群,如:集成电路(微电子)、计算机、通信、自动化、家用电器、互联网、物联网、光纤、光电子和软件产业等。信息科学技术的“电子化”使得“信息”成为了和“材料”、“能源”并列的现代社会的三大支柱之一,使人们能够通过互联网共享信息,同时发展出了可以将各类器物接入互联网的物联网,发展出了电子商务、电子政务、数字媒体等。编者认为,用“电子信息科学与技术导论”作为本书的书名将更能反映本书的内容、取材和应用领域。

按照电子信息科学与技术的主要学科领域和我国研究生学科和大学本科专业的设置情况,本书选择了涉及应用面最广、与实际联系最密切的主要学科领域进行介绍,包括电子科学与技术、信息与通信工程、计算机科学与技术、互联网与物联网、自动化与控制科学、微电子学与集成电路、光电信息技术以及网络信息安全等。上述这些领域的基本理论和技术是多数信息类专业制订教学计划、组织课程教学的基础。由于学科划分与专业设置都和科学技术的发展阶段有关,科学技术在发展过程中分化,形成新的学科和专业,同时又可能在新的发展过程中交叉融合,在导论课中对电子信息科学与技术的重要领域及发展过程作简要介绍可以帮助学生了解学科之间的交叉和相互促进的关系并预计未来的可能发展。电子信息科学与技术在20世纪的发展特点主要是分化,产生了多个学科专业;但是在21世纪的发展特点可能主要是学科之间的交叉融合,这对大学原有的专业教学计划和课程体系带来了挑战。

本书在内容叙述方面的特点是:①注重介绍应用。电子信息科学与技术的进步和广泛应用在推进着当今世界的信息化革命。电子产品的更新换代特别快,有的产品生命周期只有约10年,是市场应用需求推动了电子信息技术的发展。②着重介绍基本概念、专业内容、技术发展历程、当前的技术状况和今后的可能发展走向,力求通俗易懂。③注意介绍信息科学技术中的重大发明、发明的背景和发明者的相关资料,从中可以了解到信息科学技术的发展史,可以学习科学家的勤奋、专注、求真、务实的精神,了解这些将有助于青年学生在科学道路上的成长。

全书共含十一章,分别介绍电子信息科学与技术的各主要领域。全书章节的前后安排,虽然有体系方面的考虑,但联系并不十分紧密,因而学习或者阅读时可以自由选择。

本书的第一章、第二章、第三章、第四章和第九章由黄载禄(华中科技大学)编写;第五章由汪文(中国地质大学)编写;第六章由周建国(武汉大学)编写;第七章由李璋(湖北大学)编写;第八章由杨维明(湖北大学)编写;第十章由葛华(武汉理工大学)编写;第十一章由刘新华(武汉理工大学)编写。编者感谢在本书编写过程中帮助进行组织指导的有关领导、教授和专家,他们主要有李国森高工、蔡子芬高工、王殊教授、孙洪教授、黄瑞光教授和刘岚教授等。

由于编者的知识水平有限,也由于本书涉及领域广泛,书中难免存在不妥之处,编者诚恳希望读者批评指正。编者邮箱:huangzailu@sohu.com, huangzl@mail.hust.edu.cn。

编者

2011年3月

目 录

第一章 概述	1	2.2 二进制数及数的表示	33
1.1 信息化社会	1	2.3 模-数转换和数-模转换	
1.1.1 信息化社会的特征	1	(ADC/DAC)简介	34
1.1.2 信息化社会的产生背景	2	2.3.1 ADC/DAC的主要性能参数	34
1.2 信息科学技术的基本概念	2	2.3.2 ADC/DAC原理简述	34
1.2.1 信息	2	2.4 字符的数字化编码	36
1.2.2 信息技术	3	2.4.1 英文的字符编码	36
1.2.3 信息科学	5	2.4.2 汉字的数字化编码	37
1.2.4 关于“信息理论”	6	2.5 语音编码及应用	39
1.3 电子技术的发展	7	2.5.1 语音的波形编码	39
1.3.1 电与电子管	7	2.5.2 语音的参量编码	42
1.3.2 半导体器件	8	2.6 图像编码	42
1.3.3 集成电路	10	2.6.1 图像的数字化	42
1.3.4 21世纪电子新器件——纳米		2.6.2 彩色电视原理	43
电子器件	12	2.6.3 静止图像的编码格式	44
1.4 信息科学技术的研究领域	12	2.6.4 视频图像编码	45
1.4.1 信息获取	12	2.6.5 流媒体标准	48
1.4.2 信息传输	15	2.7 视频图像编码的应用	50
1.4.3 信息处理	17	2.7.1 网络电视 IPTV	50
1.4.4 信息存储	21	2.7.2 移动电视 CMMB	51
1.4.5 信息应用	23	2.7.3 高清数字电视	52
1.5 电子信息科学技术的学科		2.7.4 平板电视	55
与专业	25	2.7.5 数字电视机的常用接口	57
1.5.1 教育部“工学”研究生一级、		本章小结	58
二级学科目录	25	思考题	58
1.5.2 电子信息科学技术的学科分工	27	参考文献	59
1.5.3 学科融合	28	第三章 电磁波及应用	60
1.5.4 我国电子信息科学技术的本科		3.1 假如没有“电磁波”	60
专业设置	29	3.2 电磁波的发现	60
本章小结	30	3.3 电磁波的应用	62
思考题	30	3.3.1 马可尼发明无线通信	63
参考文献	31	3.3.2 无线电广播的诞生	63
第二章 消息数字化及应用	32	3.3.3 短波单边带通信	65
2.1 为什么要“数字化”	32	3.3.4 由无线寻呼到移动通信	65

II 目录

3.3.5 RFID(射频标签)	68	4.5.2 三网融合的技术基础	118
3.3.6 微波通信诞生	69	4.5.3 三网融合的优势与挑战	119
3.4 电磁波的物理特性和参数	69	4.6 GPS 全球定位系统	120
3.4.1 电磁波的物理特性	69	4.6.1 GPS 定位原理	120
3.4.2 电磁波参数	70	4.6.2 GPS 系统组成	120
3.4.3 电磁波的产生	72	4.6.3 GPS 系统的特点与应用	121
3.5 电磁波的传播	74	4.6.4 其他卫星定位系统	122
3.5.1 电磁波在自由空间的传播	74	4.7 新型通信机——量子通信	124
3.5.2 电磁波在波导中的传播	75	本章小结	126
3.6 天线	77	思考题	126
3.6.1 半波天线	78	参考文献	127
3.6.2 天线实例	79	第五章 计算机科学与技术	128
3.7 电磁波的其他应用	80	5.1 概述	128
3.7.1 电磁波测距	80	5.1.1 计算机的组成和分类	128
3.7.2 雷达	80	5.1.2 计算机的特点和应用	129
3.7.3 微波遥感	82	5.1.3 计算机科学的发展历史和 研究领域	130
3.7.4 功率微波的应用	84	5.1.4 计算机能思考吗?	133
本章小结	86	5.2 计算机的基础知识	134
思考题	86	5.2.1 数制及其转换	134
参考文献	87	5.2.2 计算机中的数据表示	135
第四章 信息与通信工程	88	5.2.3 计算机中的数据编码	137
4.1 电话的发明	88	5.3 计算机的硬件系统	137
4.2 电话的普及与电话网	90	5.3.1 冯·诺依曼体系结构	137
4.2.1 电话的普及应用	90	5.3.2 计算机的硬件组成与微型 计算机的硬件结构	138
4.2.2 电话交换机的演进	92	5.3.3 计算机的主要性能指标	141
4.2.3 现代电话交换局机房概况	94	5.3.4 计算环境	141
4.2.4 数字程控交换机	96	5.4 计算机的软件系统	143
4.2.5 固定电话网	98	5.4.1 计算机软件的基本知识	143
4.2.6 IP 电话网	100	5.4.2 计算机程序设计	144
4.2.7 信令网	101	5.4.3 数据结构与算法	146
4.3 移动通信	102	5.4.4 操作系统	150
4.3.1 移动通信的发展历程和趋势	102	5.5 计算机科学技术的发展	153
4.3.2 蜂窝移动通信系统	105	5.5.1 新型计算机——量子计算机简介	153
4.3.3 移动通信的其他类型	109	5.5.2 我国计算机的发展状况	155
4.3.4 智能手机	112	5.6 计算机技术的应用	157
4.4 卫星通信	113	5.6.1 智能手机的硬件系统	157
4.4.1 卫星通信概述	113	5.6.2 汽车电控单元	159
4.4.2 卫星通信的发展概况	115	5.6.3 云计算	160
4.5 三网融合	118		
4.5.1 我国三网融合的进程规划	118		

本章小结	164	7.1.2 发展历程	210
思考题	165	7.2 智能控制简介	212
参考文献	165	7.2.1 模糊逻辑控制	212
第六章 互联网与物联网	166	7.2.2 专家系统	214
6.1 互联网概述	166	7.2.3 模式识别	215
6.1.1 互联网是什么?	167	7.2.4 人工神经网络	216
6.1.2 互联网的兴起	167	7.3 机器人	217
6.1.3 互联网对传媒的影响	170	7.3.1 机器人的发展史	218
6.2 Internet 工作原理	171	7.3.2 机器人的分类	220
6.2.1 网络体系结构与协议	171	7.3.3 人类与机器人	221
6.2.2 Internet 地址	175	7.4 自动控制系统的控制方式	222
6.2.3 Internet 网络服务	180	7.4.1 开环控制	222
6.2.4 网络互连设备	185	7.4.2 闭环控制	222
6.2.5 Internet 的组成部分	188	7.4.3 自动控制系统的分类	226
6.3 接入 Internet	189	7.5 自动控制系统的性能指标	227
6.3.1 主要接入技术	189	7.6 工业自动化与信息化	229
6.3.2 网络故障的简单诊断命令	192	7.6.1 信息技术与工业自动化	229
6.4 无线互联网和 IEEE802.11	193	7.6.2 工业信息化系统简介	230
6.4.1 IEEE 802.11 标准	193	7.7 中国在工程控制方面	
6.4.2 无线互联网络类型	194	所取得的成就	232
6.5 互联网的发展走向	195	7.7.1 中国的载人航天工程	232
6.5.1 互联网面临的挑战	195	7.7.2 中国的卫星测控	233
6.5.2 向下一代互联网发展	196	本章小结	234
6.5.3 互联网与三网融合	197	思考题	235
6.5.4 移动互联网快速发展	197	参考文献	235
6.5.5 互联网进一步向人们的日常		第八章 微电子学与集成电路	236
生活渗透	198	8.1 微电子学发展历程	236
6.6 物联网	198	8.1.1 发展历程大事记	237
6.6.1 物联网概念	198	8.1.2 微电子技术发展的规律	238
6.6.2 物联网与互联网的区别	199	8.2 集成电路的分类	239
6.6.3 物联网的构成	200	8.2.1 按功能分类	239
6.6.4 物联网的应用	200	8.2.2 按结构形式与工艺分类	239
6.6.5 物联网与信息产业发展新浪潮	203	8.2.3 按有源器件及工艺类型分类	240
6.6.6 物联网发展面临的挑战	205	8.2.4 按集成电路规模分类	240
本章小结	206	8.2.5 按应用和实现方法分类	241
思考题	206	8.3 集成电路材料	242
参考文献	206	8.3.1 集成电路材料	242
第七章 自动化与控制科学	208	8.3.2 新材料——石墨烯	243
7.1 自动控制和自动控制系统概述	208	8.4 集成电路元器件	244
7.1.1 基本概念	208	8.4.1 无源器件	245

IV 目录

8.4.2 有源器件	245	9.3.2 微波缝隙天线	277
8.5 集成电路基本制造工艺	247	9.3.3 微带天线及蒙皮天线	278
8.5.1 工艺类型简介	247	9.3.4 新型微波天线	279
8.5.2 外延生长	248	9.4 平面微波电路	282
8.5.3 氧化工艺	250	9.4.1 混合微波集成电路	282
8.5.4 掺杂工艺	250	9.4.2 单片微波集成电路	283
8.5.5 刻蚀技术	251	9.4.3 声表面波器件	285
8.5.6 光刻工艺	252	9.5 微波电路与系统设计工具简介 ..	286
8.5.7 铜互连工艺	253	9.6 我国微波集成电路发展状况	288
8.6 集成电路封装和测试	254	本章小结	288
8.6.1 集成电路封装	254	思考题	289
8.6.2 集成电路测试	256	参考文献	289
8.7 集成电路设计	258	第十章 光电信息技术	290
8.7.1 集成电路设计步骤	258	10.1 神奇的激光	290
8.7.2 集成电路设计特点	260	10.1.1 激光的发明	290
8.7.3 集成电路设计工具	260	10.1.2 激光的特性	293
8.8 微电子技术的发展方向	261	10.1.3 无所不在的激光应用	294
8.8.1 集成电路走向系统芯片	261	10.2 光纤通信	300
8.8.2 微电子与其他学科结合将 诞生新的技术和产品	262	10.2.1 光纤的发明	300
8.8.3 硅微电子极限与对策	263	10.2.2 光纤特性	301
8.9 微电子产业的战略地位	263	10.2.3 光发射机和光接收机	304
8.9.1 微电子对传统产业的渗透与 带动作用	264	10.2.4 光波分复用	305
8.9.2 集成电路装备制造业推动国家 综合科技水平提高	264	10.2.5 光纤通信器件	307
8.9.3 我国的集成电路需求	265	10.2.6 光纤网络	308
本章小结	266	10.3 自由空间光通信	309
思考题	267	10.3.1 空间光通信的技术特点及应用 ..	309
参考文献	267	10.3.2 地面空间光通信的技术问题	310
第九章 微波器件与微波集成电路	268	10.4 红外成像与微光夜视仪	311
9.1 概述	268	10.4.1 红外成像及应用	311
9.1.1 微波的特性	269	10.4.2 微光夜视仪	314
9.1.2 微波集成电路的应用	269	10.5 光电信息处理	314
9.1.3 微波电路的发展	270	10.5.1 激光全息技术及应用	315
9.2 微波元器件	272	10.5.2 光电信息处理的应用	316
9.2.1 分立微波元器件	272	10.6 LED 照明	317
9.2.2 微带元器件	275	10.6.1 照明技术的发展及 LED 照明的 特点	317
9.3 微波天线	276	10.6.2 LED 照明原理	318
9.3.1 微波抛物面天线	276	10.6.3 LED 产业发展现状	320
		10.7 光电技术研究新进展	322
		10.7.1 红外和可见光隐形	322

10.7.2 光子晶体	322	11.4 防火墙	341
10.7.3 反激光器	323	11.4.1 防火墙的概念	341
本章小结	323	11.4.2 防火墙的体系结构	342
思考题	324	11.4.3 防火墙技术	343
参考文献	324	11.5 其他安全技术	347
第十一章 网络信息安全	325	11.5.1 数字签名与认证技术	347
11.1 信息安全概述	325	11.5.2 入侵检测	349
11.2 信息隐藏与数字水印	328	11.5.3 虚拟专用网	351
11.2.1 信息隐藏技术的应用与分类	328	11.6 信息安全技术的发展趋势	353
11.2.2 数字水印技术概述	331	本章小结	354
11.2.3 数字水印的攻击	332	思考题	354
11.2.4 数字水印的应用	333	参考文献	354
11.2.5 数字水印的研究状况与展望	334	后语	
11.3 计算机病毒	335	——关于本书的教学及学生学习的建议	355
11.3.1 什么是计算机病毒	335	参考文献	361
11.3.2 计算机病毒的发展历史	336		
11.3.3 计算机病毒的原理与防范	339		

第一章

概述

1.1 信息化社会

普遍认为,信息科学技术的进步和广泛应用,正在促使当今世界进行着一场信息化革命;尤其是电子信息科学技术正以前所未有的方式对社会的信息化变革起着决定性作用,其结果必然导致信息化社会在全球实现。今天的中国也正在向信息化社会迈进。

何谓信息化社会?

1.1.1 信息化社会的特征

信息化社会即信息社会(Information Society),是以信息技术为基础,以信息化产业为支柱,以信息产品高度发达为标志的社会。

在农业社会和工业社会中,材料和能源是主要资源,社会的主要职能是组织大规模的物质生产;在信息社会中,信息技术已改变了传统的工、农业生产活动方式,开发和利用信息资源的社会信息经济活动不断扩大,促进了生产过程的信息化,使信息化生产成为了国民经济活动的主要内容,也使信息成为了与材料和能源同等重要的资源。

在信息化社会中,建立了各类信息数据库和各类信息网络,使信息四通八达,在社会的政治、文化、教育活动中,广泛采用信息网络,实现了社会的高度文明与进步;工业生产、农业生产、城市管理、医疗卫生、交通运输、物流和社区都实现了高度信息化管理,进入了信息化工业、智慧农业、智慧城市、智慧医疗、智能交通、智慧物流和信息化社区的高度信息化时代。信息化网络深入到了社会活动的各个方面,包括每一个家庭。

在信息化社会中,产生了以计算机为代表的智能化生产工具,具备了与智能化工具相适应的生产力。智能化生产工具与过去的自动化生产工具的不同之处在于它不是一个孤立分散的自动控制系统,而是一个具有庞大规模的、有组织的信息化生产网络体系。

信息化社会将改变人们的生产方式、生活方式、工作方式、学习方式、交往方式、战争方式、思维方式等,将使人类社会发生极其深刻的变化。人们为了适应信息化社会的生活、工作和学习,必须有使用日常电子信息设备来获取相关信息知识的基本能力,即必须了解信息技术,因此必须高度普及基础信息技术知识及其应用,这也要求人们应具备与信息化社会相应的文化知识水平。

1.1.2 信息化社会的产生背景

人类科学技术进步的历史可表现为三次“工业革命”。

第一次工业革命发生在 18 世纪 60 年代,其标志是蒸汽机的发明和使用。从此人类进入了工业化大生产时代。

第二次工业革命发生在 19 世纪 70 年代,其标志是电灯(电力)的发明和使用,之后发明了电话等。从此人类进入了“楼上楼下、电灯电话”的电气化时代。

第三次工业革命开始于 20 世纪 50 年代,其标志是电子计算机的发明和应用。从此人类社会开始进入信息化时代。

第三次工业革命相对于前两次的不同是科学技术对生产力的推动作用更加显著、广泛和深入,催生了一批新的产业,如集成电路(微电子)、计算机(电脑)、原子能、光电子、航空航天和生物工程等。此外信息技术可以应用到各工业领域,如电力、交通、石油、煤炭、钢铁、汽车等。由于信息技术对社会和传统产业的深远影响,因而又称第三次工业革命为信息化革命。特别是自 20 世纪 90 年代以来,这一信息化革命进程在加速,目前少数发达国家认为他们已进入了信息化社会,多数国家则把建成信息化社会作为首要发展目标。

信息化依赖于发达的电子信息技术手段,计算机(硬件和软件)是信息处理技术的核心;而计算机的核心又是集成电路;独立的计算机并不能实现信息化,而必须有互联网的普及应用才能发挥信息的作用,使其深入到社会管理、教育、医疗等各应用领域;要组成信息网络又必须依赖通信技术,包括有线通信和无线通信;因而信息技术的综合平衡发展才能实现社会的深刻变革,使人类步入信息化社会。

要特别指出的是:移动通信技术的发展和普及,大大加快了社会信息化的进程,尤其是未来移动通信与互联网的融合和宽带无线接入与互联网的融合,将使人们获取信息、交换信息、生活、工作变得前所未有的方便、快捷。物联网的发展应用将加快社会的信息化进程。科学技术是第一生产力,信息技术是推动人类社会进入信息化社会的基础推动力。

1.2 信息科学技术的基本概念

1.2.1 信息

信息(Information)一词早期的含义基本上等同于消息(Message),但到了 20 世纪 50 年代,信息与消息的含义逐渐有了区别,创立了“信息论”。到了 20 世纪末,由于微电子技术、计算机技术的发展,使移动通信和互联网普及,相应的我们的时代也由工业化时代进入到了信息化时代。那么,什么是信息呢?对“信息”一词有多种不同约束条件下给出的定义,但一般说来,信息是事物运动的状态与方式。在这里,“事物”是泛指一切可能的观察对象,包括外部的物质世界,也包括人们的精神世界;“运动”是泛指一切意义上的变化,包括自然的、社会的和人类思维的等;“状

态”是指运动的表征和形态,包括声、光、电等形式;“方式”是指运动的过程和规律。因此,可以说信息是人类社会、宇宙和大自然的一切事物运动变化的表征。由于社会、宇宙和大自然是不断运动变化的,因而它们在不断发出信息。相反,如果事物死亡了,或者说运动终止了,那么也就不再产生信息了。

可以说,一切生物都需要通过获取信息才能生存,人类正是通过获取自然界的信来了解自然、认识自然;通过获取人类社会各方面的信息来了解社会、认识社会;并通过交换彼此获得的信息来促进人类科学技术的不断发展和社会的不断进步。因此信息是知识,是资源,也是财富。当代社会将信息、材料和能源并列,称之为社会的三大支柱。

1.2.2 信息技术

何谓“信息技术”?简而言之:信息技术是人类实现社会信息化的手段和方法。

也可以从信息的表现形式的角度去定义信息技术。由于不论何种信息,要描述它都需通过语言、文字、数据或图像反映出来,因而信息与语言、文字、数据和图像密不可分,因此在一定程度上又可以说:信息技术是关于语言、文字、数据和图像的技术。

人类的信息技术是随着科学技术的发展而不断进步的,电子信息技术极大地丰富了人类的信息化手段和方法,深化了人们对自然界事物运动变化现象和规律的了解。

信息是客观存在,并不以人的意志为转移。但限于科学技术水平、经验与研究的不充分,人类现在对很多自然现象还不了解,甚至并未感知到它的存在,有的虽然已感知到它的存在,但不知其所以然,因而无法描述它。对于自然界的这类未知事物,它们还未进入人类的认知体系,也不能用信息技术方法描述它们,因而也未能给人们信息量。

人类能不断获得自然界的信,丰富人类的知的前提是不断发展人类的信息技术,使信息畅通才能将信息转化为人类的共同资源和财富。考察人类的发展历史,可以说人类社会的进步即是信息技术的进步。人类由动物进化而来,首先创造了语言。动物可能也有“语言”,但是动物的语言远没有人类的语言复杂、完美。有了语言才可以彼此交流、沟通,交换各自得到的信息。后来又创造了文字,可以记录语言和其他信息规律,进而发展了印刷术,有了出版物和图书馆,使得人类的知识可以长期保存并传承下来。到了1839年,法国人达盖尔发明了银板照相机,使用感光材料解决了显影、定影的技术问题,可以成功地记录图像,使信息技术又向前跨进了一大步。至此,可用作信息载体的信息的物理形态:语言、文字和图像都已基本完善,人类社会也由原始进入了文明。然而,人类如何有效利用语言、文字和图像这些信息载体,也反映了社会文明的进步程度。

信息技术与世界文明发展的关系可用表1-2-1说明^[1]。

表 1-2-1 信息技术与世界文明发展的关系

信息技术	世界文明发展
语言	人类文明开始
文字	文化
印刷	文艺复兴

续表

信息技术	世界文明发展
邮政	第一次工业革命
电报和电话	第二次工业革命
广播和电视	第三次工业革命
互联网技术	知识经济时代

语言在人类社会的交流中使用最频繁,也最便利,人们对于语音的研究也最早。1876年贝尔发明有线电话(详见第四章4.2节),可以使语言信息交流漂洋过海而不受距离的限制,因而电话是信息技术的最重大的发明。贝尔发明的第一部电话远没有今天的程控电话先进,当时还没有电子技术,利用的是基本的电工原理。

除了语言之外,其次是图像。1938年黑白电视广播商用,可以使图像通达千家万户。上面提到的这些技术伴随着世界工业革命而诞生,同时也大大加快了工业革命的进程。人们不能想象,如果生活在20世纪初的人们没有电话,他们的工业化大生产会如何进行。今天如果没有电视,那么,我们就不可能了解到世界当天发生的事情。电视不只是丰富人们的物质文化生活,而且也是生产工具或者武器的一部分,如远程医疗会诊、武装机器人、导弹电视末制导等。

上面说的电话、电视都与电有关,然而,信息技术也可以是非电的,例如机械的、光的等。爱迪生于1877年发明的留声机(今天的电唱机)利用的就是记录声音产生机械振动波形的原理,他并未用到电。他制作的“第一台会说话的机器”是采用一张锡箔卷在刻有螺旋槽纹的金属圆筒上,让针的一头(针尖)轻擦着锡箔转动,另一头和膜片(受话器)连接,在摇动曲柄转动螺旋槽金属圆筒的同时对着受话器唱歌,歌声就通过针尖将声音的振动记录在锡箔上;而后将针尖重新回到原起始点,再摇动曲柄,受话器膜片就重新唱出了歌声。这就是早期机械留声机原理。曾经留声机是富有的象征,它有漂亮的造型,如图1-2-1所示。

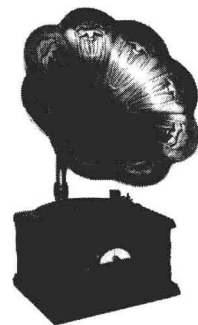


图1-2-1 留声机

关于文字记录的技术也一直在发展,我国的汉字已有五千年的发展史,也是最早使用活字印刷术的国家,也是第一个采用数字激光照排印刷技术的国家。我国的数字激光照排技术一直走在世界前列。新闻出版技术当然属于信息技术范畴。因而信息技术有广泛的含义。

然而信息技术的高速发展是在20世纪90年代之后,以互联网、移动通信为代表的信息网络的成熟和普及,改变了全球经济社会发展的格局,促进了社会的信息化变革;由于计算机进入生产过程控制,产生了智能化的生产工具。进入21世纪,信息化对经济社会发展的影响更加深刻,广泛应用、高度渗透的信息技术正孕育着新的重大突破。信息资源日益成为重要生产要素、无形资产和社会财富。信息技术是当代社会最具潜力的新的生产力。信息化水平已成为现代化水平和综合国力的重要标志。

信息技术有极广的内涵,印刷术、语言学 and 照相术都可归纳其中,但是促使当代社会产生深刻变革的是电子信息技术。如果考察当代电子信息技术,则应包括通信、自动控制、计算机、传感

器、微电子、光电子、互联网、信息显示、信息存储、仪器仪表、信息安全和信息服务等。未来的信息技术则可能包括量子信息技术和纳米信息技术等。

1.2.3 信息科学

“科学”一词,我们天天都在使用,然而对何谓“科学”尚无一个公认的定义,不同的国家,不同的学者,不同的时期,可能对“科学”一词会有不同定义。下面列举“科学”一词的几种典型定义。

《辞海》1979年版:“科学是关于自然界、社会和思维的知识体系,它是适应人们生产斗争和阶级斗争的需要而产生和发展的,它是人们实践经验的结晶。”

《辞海》1999年版:“科学:运用范畴、定律等思维形式反映现实世界各种现象本质的规律的知识体系。社会意识形态之一。按研究对象的不同,可分为自然科学、社会科学和思维科学,以及总括和贯穿三个领域的哲学和数学。按与实践的不同联系,可分为理论科学、技术科学、应用科学等。科学来源于社会实践,服务于社会实践。它是一种在历史上起推动作用的力量。在现代,科学技术是第一生产力,科学的发展和作用受社会条件的制约。现代科学正沿着科学高度分化和高度结合的整体方向蓬勃发展。”

法国《百科全书》:“科学首先不同于常识,科学通过分类,以寻求事物中的条理。此外科学通过揭示支配事物的规律,以求说明事物。”

……

从查找到的有关“科学”一词的众多不同定义中,仍然可以找到关于“科学”一词的一个共同含义,即:“科学是如实反映客观事物固有规律的系统知识。”

根据“科学”一词的概念,再来考察“信息科学”,就能增进理解其中的含义了。然而,“信息科学”既古老,又年轻。说其古老,是由于人类为了生存就需要获取外界信息,无论是远古还是现代;说它年轻,是由于它一直处在发展与成熟的过程中。当代一般认为,信息科学是人类了解自然、感知自然,了解社会、沟通情报和利用自然、控制自然的一门综合性科学;信息科学是由信息论、信息通信理论、控制论、计算机科学、仿生学、系统工程与人工智能等学科互相渗透、相互结合而形成;信息科学是系统研究信息获取、传输、处理、显示、存储与应用的科学,它涉及语言、文字、数据(包含物理参数)、生物信息、图像等信息形式。

信息科学理论不是由几个定理组成的,它是多个学科的理论群体;信息科学是在实际应用中,尤其是同电子技术结合的应用中发展、总结和提炼出来的,离开了实际应用,信息科学也就失去了价值。信息科学包括的内容极广,包括基础信息科学,如研究信息的内容、形式、本质和度量等;也包括应用信息学,如生物信息学、医学信息学、遗传信息学、地球信息学和宇宙信息学等;信息科学还包括信息与智能、信息与认知的信息思维哲学。但是当信息科学与电子技术、通信技术、计算机科学技术相结合之后,就大大增强了人类的信息技术手段,使信息可闻、可视、可传输、可存储、可变换、可利用,从而形成了信息科学技术的一个专门领域,这就是“电子信息科学技术”。正是电子信息科学技术推动着社会的“信息化”进程。它已经使人类社会发生了并且还在继续发生着极其深刻的变化;电子信息科学技术是由多个学科、理论和技术组成的集群,并在世界工业体系中形成了庞大的电子信息产业,如:集成电路(微电子)、电子计算机、通信、自动化、

数字家电、互联网、光纤和光电子产业等,是信息科学技术的“电子化”才使得“信息”、“材料”和“能源”成为了现代社会的三大支柱。

我国在信息技术研究领域进步神速,建立了大量研究机构,目前在大学设立有若干相应的理工科专业,如:通信工程、电子信息工程、电子科学与技术、光信息科学与技术、光电信息工程、计算机科学与技术、自动化与控制科学、物联网工程以及数字媒体技术等。在大学本科专业之上又划分了若干研究生学科,以培养电子信息学科的高级专门人才。预计进入 21 世纪,随着学科的高度分化和结合,有关信息学科的专业设置、学科分工以及人才培养等将会不断调整与变化,以适应未来信息化社会的发展需要。

1.2.4 关于“信息理论”

讨论信息科学技术,不能不介绍一门叫“信息论”的课程,或称为“基础信息论”,或称为“信息论与编码”。这门课程主要是介绍香农于 1948 年创立的理论:“通信的数学理论(Mathematical Theory of Communication)^[2]”,又简称“通信论”。香农的理论主要来源于早期人们对电报通信的研究,尤其是摩尔斯(Morse)电报电码。使用该电码可以用较少的电报符号传递较长的电文,而香农的理论可以计算出使用最佳电码时符号可以缩短的极限值。香农的工作对通信理论的发展、对信息理论的发展无疑具有重大理论价值。此后在 20 世纪 50 年代初,在信息科学界激起了研究信息理论的热潮,是后人,而不是香农本人,把香农的“通信论”改称为香农“信息论”。其实,将“通信论”改称为“信息论”是否恰当是有不同看法的^[3]。1956 年正在国际上对信息论的研究处在“高热”时期,香农在《IEEE 信息论汇刊》(IEEE Transaction on Information Theory)撰文指出:“信息论的实质是一个数学分支……它是通信工程师的有力工具,但肯定不是万灵药……”,香农在这儿指的“信息论”仍然是“通信论”的概念。目前信息论课程讲授的内容主要是香农创立的“通信论”。

香农“通信论”是将传送的消息看成是不相关的白噪声(即消息元素之间不存在任何联系),这与自然界的一切消息特性都是不相符的。例如,文字之间、语音之间总是有联系的,这样才能构成确定的语义,当你听到别人说“我……”字后,下面接下来出现“们”字的概率就很大。消息的相关性是“概率论与随机过程”的课程中要研究的问题。由于“通信论”对消息的假设与实际不符,因而“通信论”中所得结论只是实际通信系统性能指标的理论极限,而这一理论极限是实际通信系统无法达到的。此外通信论关于信息的度量是基于消息集合的一种概率模型,例如,二进制数码是由两个符号 1 和 0 组成的,如果 1 出现的概率是 0.5,0 出现的概率也是 0.5,则描述二进制数码的消息的集合的概率模型是 $P=[0.5,0.5]$ 。根据信息量的定义,这时通信系统接收到 1 或 0 后所获得的信息量是 $\log_2 \frac{1}{0.5} = 1$ bit。可以看出,消息出现的概率越小信息量越大,香农信息量的计算的这一原理并不能用于社会生活中,例如,如将汉字视为消息集合,就不能用汉字的概率模型来计算一篇论文的信息量,也不能说最不常出现的汉字的信息量最大。香农通信论也不能解决信息领域实际遇到的很多数学问题,例如:怎样度量不同颜色或图像的信息量?视觉分辨率怎样影响主观信息量?相似事件而不是随机事件如何计算提供的信息量?等等。

香农信息理论的局限性是由于香农创立的“通信论”根本就不是我们所说的广义的“信息理