



普通高等教育“十三五”规划教材



光电 & 仪器类专业规划教材

测控技术与仪器 专业导论

Professional Introduction of Measurement
& Control Technology and Instrumentation

◎ 徐熙平* 张 宁 主编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十三五”规划教材
工业和信息产业科技与教育专著出版资金资助出版
光电&仪器类专业规划教材

测控技术与仪器专业导论

徐熙平 张 宁 主编

闫钰锋 石利霞 参编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以测控技术与仪器专业相关内容为主线,用通俗简要的语言来诠释生硬的专业知识和深奥的教育理念。本书内容涵盖了测控技术与仪器专业的定义、特点、发展概况和在国民经济与国防建设中的地位等,以及该专业的知识体系和课程体系,使学生对该专业有初步了解,方便制定学习规划,对学习专业课也起到先导作用。为了帮助大一新生适应大学生活、掌握学习方法,本书还介绍了大学教育理念的演变历史以及如何学习。最后,对大学生比较关心的就业、创业或考研深造等分别进行了阐述。

本书结构清晰,通俗易懂,通过追溯专业背景和发展趋势,将相关知识、概念的来龙去脉呈现在读者面前,通过大量的人物故事和案例,将教育理念、方法置于情景之中,增强了趣味性和可读性,有助于认识专业、认识教育、认识自我。

本书适用性强,既可作为测控技术与仪器专业的本科导论课程教材,也可供从事自动化、机电一体化、电子信息工程、电气工程及其自动化等相关专业的技术、管理人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

测控技术与仪器专业导论 / 徐熙平, 张宁主编. —北京: 电子工业出版社, 2018.3

ISBN 978-7-121-33450-4

I. ①测… II. ①徐… ②张… III. ①测量系统—控制系统—高等学校—教材 ②电子测量设备—高等学校—教材 IV. ①TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 001990 号

责任编辑: 韩同平 特约编辑: 李佩乾 李宪强 宋 薇

印 刷: 三河市华成印务有限公司

装 订: 三河市华成印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12.75 字数: 367.2 千字

版 次: 2018 年 3 月第 1 版

印 次: 2018 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 39.90 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: 88254525。

前 言

作为测控技术与仪器专业的大学新生，满怀憧憬与期望步入大学校园，困惑也随之接踵而至。测控技术与仪器专业到底是什么？都包含哪些课程？要制定什么样的学习规划才能学好它？带着这些疑问，高校第一学期开设专业第一课——测控技术与仪器专业导论，为测控技术与仪器专业揭开面纱。本书作为该课程的参考教材，全面深入地介绍本专业所属学科、基础理论、知识体系、发展方向，以及就业、创业等相关内容，使学生能够对所学专业有全面深入的认识，激发学生的学习兴趣，树立学习目标，制定适合自己的学习规划。

测控技术与仪器专业是多学科融合的专业，集光、机、电、算、控等于一体，技术交叉、知识面广，本书尽量用简单易懂的语言，深入浅出地介绍专业内容。全书共7章，第1章为绪论，介绍开设导论课的目的、意义，并从信息和信息论入手，介绍信息科学技术的门类、特点、应用和发展趋势；第2章为专业概述，介绍测控技术与仪器的内容及应用、发展历史、所属的学科及专业、核心概念和在各个行业中的应用；第3章为测控技术概述，介绍常用测量与控制技术的基本原理，使学生了解测控技术在高速度、高精度、非接触与遥感遥测领域的应用；第4章为专业培养方案，介绍专业培养目标，知识体系和课程体系，卓越工程师教育培养计划，专业创新特色教育——王大珩科学技术学院，并通过该章，使同学们可以依据自身特点确定个性化目标；第5章介绍大学教育，从西方大学理念演化史、中国教育思想与中国大学发展史来诠释大学理念，说明大学不是中学的简单延伸，更多的是综合素质、创新能力的培养；第6章探讨大学怎么读，站在学生的角度，从大学新生面临的问题开始谈起，围绕课内与课外、预习和复习、理论与实验、主课和辅课的关系与方法进行逐一探讨，最后介绍科技实践、学科竞赛以及如何走进科研实验室，并通过本章，了解大学的多样性，帮助学生快速转变观念，明确目标；第7章讨论就业、创业与考研深造问题，指明测控技术与仪器专业的良好职业发展前景。

本书可使学生对专业内容深入理解，了解在大学四年中要学习什么知识和技能，同时将大学教育的内涵与综合素质的培养紧密结合起来，并介绍测控技术与仪器专业的发展前景和在国民经济中的作用。通过本书，使学生全面了解专业的同时，少一分迷茫，少一些弯路，更好地激发斗志，以积极的心态投入大学学习。

本书由徐熙平、张宁主编，具体分工如下：徐熙平负责第2、5~7章的编写，张宁负责第1、3章的编写，闫钰锋和石利霞负责第4章的编写。在编写的过程中，韩同平编辑提供了大力支持并提出了中肯的建议。此外，本书参考了大量公开发表的文献和网上资料，在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不足或错误之处在所难免，敬请读者批评指正并提出宝贵意见，以便改进。

编者电子邮箱：xyp@cust.edu.cn

编 者

目 录

第1章 绪论 (1)	2.3.4 测控技术的发展思考..... (59)
1.1 专业导论的目的、性质..... (1)	第3章 测控技术概述 (62)
1.1.1 专业导论的目的..... (1)	3.1 新型传感技术..... (62)
1.1.2 专业导论的性质..... (2)	3.1.1 光纤传感技术..... (62)
1.2 信息科学技术与信息时代..... (2)	3.1.2 生物传感技术..... (63)
1.3 信息与信息科学..... (3)	3.1.3 湿度传感技术..... (63)
1.3.1 信息和信息论..... (3)	3.1.4 红外传感技术..... (63)
1.3.2 其他信息类学科的出现..... (4)	3.1.5 固态图像传感技术..... (64)
1.3.3 信息的特征与信息科学的研究..... (6)	3.1.6 霍尔传感技术..... (65)
1.4 信息科学技术概述..... (7)	3.1.7 超声波传感技术..... (66)
1.4.1 信息科学技术的产生及内涵..... (7)	3.2 虚拟仪器技术..... (66)
1.4.2 信息科学技术的分类..... (8)	3.2.1 虚拟仪器的组成和分类..... (66)
1.4.3 信息科学技术的基本特征..... (10)	3.2.2 虚拟仪器的优势和应用..... (67)
1.4.4 信息科学技术发展趋势..... (11)	3.2.3 虚拟仪器技术新发展..... (68)
1.4.5 信息时代与科教兴国..... (15)	3.3 高准确度、高速度测量技术..... (69)
第2章 测控技术与仪器专业概述 (17)	3.3.1 高准确度测量技术..... (69)
2.1 测控技术与仪器专业概况..... (17)	3.3.2 高准确度测量仪器..... (72)
2.1.1 测控技术与仪器专业的历史沿革..... (17)	3.3.3 高速度视觉测量技术..... (74)
2.1.2 测控技术与仪器专业的专业定位..... (18)	3.4 非接触测量技术..... (74)
2.1.3 测控技术与仪器专业的学科定位..... (20)	3.4.1 非光学非接触测量方法..... (75)
2.1.4 测控技术与仪器的核心概念..... (22)	3.4.2 光学非接触测量方法..... (76)
2.1.5 仪器仪表的定义和分类..... (24)	3.5 遥感、遥测技术..... (78)
2.1.6 测控技术与仪器专业和自动化专业的异同点..... (25)	3.5.1 遥感技术..... (78)
2.2 测控技术的应用..... (26)	3.5.2 遥测技术..... (80)
2.2.1 在机械工业中的应用..... (26)	第4章 测控技术与仪器专业培养方案 (82)
2.2.2 在航空航天中的应用..... (30)	4.1 培养目标及要求..... (82)
2.2.3 在军事装备中的应用..... (32)	4.1.1 业务培养目标..... (83)
2.2.4 在医疗中的应用..... (37)	4.1.2 业务培养要求..... (83)
2.2.5 在农业生产中的应用..... (39)	4.2 课程设置及指导思想..... (85)
2.2.6 在体育运动中的应用..... (41)	4.2.1 测控技术与仪器专业课程设置..... (86)
2.2.7 在大众生活中的应用..... (46)	4.2.2 论公共基础课与素质培养..... (90)
2.3 测控技术的历史渊源..... (52)	4.3 本专业大学生的基本素质..... (90)
2.3.1 测控技术的早期实践..... (52)	4.3.1 大学生的素质培养..... (91)
2.3.2 测控技术的形成和发展..... (54)	4.3.2 学科基础及专业方向..... (92)
2.3.3 控制理论的发展历程..... (56)	4.3.3 主干学科..... (92)
	4.3.4 主要课程..... (92)

4.3.5 测控技术与仪器专业“卓越工程师 教育培养计划”	(93)	6.2.2 绝知此事要躬行	(150)
4.3.6 测控技术与仪器专业创新特色教育	(95)	6.3 科技实践大揭秘	(159)
4.4 实践教学	(95)	6.3.1 实验室里暗藏玄机	(160)
4.4.1 课程实验	(95)	6.3.2 科研训练的小热身	(161)
4.4.2 实习类	(96)	6.3.3 科技竞赛的大比拼	(162)
4.4.3 课程设计类	(96)	6.4 生活中也做达人	(164)
4.4.4 创新活动	(97)	6.4.1 不必把教室坐穿	(165)
4.4.5 毕业设计	(97)	6.4.2 外面的世界很精彩	(168)
第5章 大学教育	(98)	6.5 那些未解之谜	(171)
5.1 国外大学教育发展简史	(98)	第7章 就业、创业与考研深造	(176)
5.1.1 萌芽阶段——从“三哲”到纽曼	(98)	7.1 就业	(176)
5.1.2 发展阶段——从洪堡到弗莱克斯纳	(103)	7.1.1 就业前景	(176)
5.1.3 升华阶段——雅斯贝尔斯与 “灵魂的教育”	(105)	7.1.2 就业准备	(178)
5.1.4 扩展阶段——从通识到广义 工程教育	(106)	7.2 创业	(179)
5.2 中国大学教育发展简史	(111)	7.3 考研深造	(180)
5.2.1 追根溯源——中国古代教育思想	(111)	7.3.1 考研方向	(180)
5.2.2 历史回眸——中国古代大学演变	(117)	7.3.2 考研准备	(183)
5.2.3 博古通今——中国近代大学形成	(119)	7.4 多元自我, 多元目标	(185)
5.3 当前大学工程教育改革	(122)	7.4.1 发现未知的自己	(185)
5.3.1 通识教育	(122)	7.4.2 遇见不同的未来	(186)
5.3.2 书院制	(124)	7.4.3 与明天有个约会	(187)
5.3.3 本科生导师制	(128)	7.5 昨天、今天与明天	(188)
5.3.4 小班化研究型教学	(130)	7.5.1 自然与社会	(188)
5.3.5 工程实践能力培养	(134)	7.5.2 科学与技术	(189)
第6章 大学怎么读	(139)	7.5.3 工程与专业	(190)
6.1 若你在思考这些	(139)	7.6 未来工程师的能力素质	(191)
6.2 大学课程这样学	(146)	7.6.1 学习能力	(191)
6.2.1 不识庐山真面目	(147)	7.6.2 实践能力	(192)
		7.6.3 执行能力	(193)
		参考文献	(195)

第1章 绪 论

测控技术与仪器专业是本科仪器类的唯一专业，肩负着我国科学仪器设备研究和振兴仪器仪表行业的双重重任，通过各类仪器拓展人的感官、获取有用信息，从而完成对力学、光学、电学、热学和原子物理等物理量与主观量的检测，利用检测数据控制量的变化，使其向人们需要的方向发展或将其控制在一定的范围内。测控内容非常丰富，例如加工一个阶梯轴，需要机床按照事先确定的程序从毛坯料开始车削，车削过程需要不断地检测是否符合图样要求，不足则继续车削，如果满足公差带的要求，就要停止加工，进入下一工序的切削操作。可见，测与控是不可分割的技术环节。

仪器或仪表是利用力学、光学、电学、磁学、热学和原子物理等学科的原理、定律（或规律）研制的，同时它们又用于检测上述学科所产生的各种现象，例如位移、运动速度、加速度、发光强度、光照度、电流、电压、电功率、磁场强度和温度等参数。显然，仪器仪表的服务面非常之宽。我国著名科学家钱学森明确指出：“发展高新技术，信息技术是关键。信息技术包括测量技术、计算机技术和通信技术，测量技术是关键和基础。”王大珩院士也多次指出：“在当今以信息技术带动工业化发展的时代，仪器仪表与测试技术是信息科学技术最根本的组成部分。”作为测量和测试技术集中体现的测控技术与仪器专业，其在当今我国国民经济和科学技术发展中的作用日益明显，测控技术与仪器专业的发展关系到国防与国民经济各个部门。

仪器仪表专业肩负着为先进制造业、农业、商业、能源、环保、航空、航天、国防科技等部门培养人才的重任，观察、检测、测量、计算、记录自然现象，实施人为干涉、干预，使之向有利于人类生活方向发展。测控技术与仪器对国家安全、国民经济发展和人类文明起到至关重要的作用。

为了国家安全，必须发展国防科技，“落后就要挨打”是颠扑不破的真理。先进的武器是保卫祖国、制止战争的利器。而先进武器的研制过程离不开测控技术与仪器专业人才的辛勤工作。

1.1 专业导论的目的、性质

怎样让刚踏入大学校门的学生了解“测控技术及仪器”专业的确切含义？它需要学习哪些基础知识？学习哪些专业课？掌握哪些技能？大学4年能够学习到哪些知识？将来能够从事哪些行业？从事怎样的工作？就业前景如何？在国民经济和国防建设中能够发挥的作用和价值又是如何？这一系列问题都需要通过学习《测控技术及仪器专业导论》得到基本的解答，导论课将针对这些实际问题逐一展开讨论，给出理想的答案。让刚刚进入大学校门的学生了解大学教育，了解大学与中学的差异，更快、更早地适应大学学习与生活的氛围，勾画出大学期间学习、生活与发展的蓝图。

让导论课成为整个大学学习的序幕，序幕拉开，美好、壮丽、内容丰富的大学生活将从此开始，人生最美好的时光从此到来。

1.1.1 专业导论的目的

专业是高等学校根据社会分工需要而划分的学业门类。教育部高等教育司于2012年9月

正式颁布的《普通高等学校本科专业目录(2012)》中列出13个学科门类,每个门类中包含了多个专业,例如第8学科门类为工学(08),它包含0801~0831共31类专业,测控技术与仪器为0803仪器类的唯一的,代码为080301。

随着社会的发展、科技的进步,学科门类也在适应科技发展过程中不断地分离、整合、调整与发展。每个专业都有自己的历史溯源,有自己描述问题和研究问题的词汇和方法。专业导论的一个任务是介绍专业衍生发展的过程,帮助学生理解所学专业的发展规律,充分认识专业的社会价值与专业成长、发展的历史。认识历史才能展望其未来发展。

专业导论的另一个任务是帮助学生认识大学的生活、学习与发展,尽快地从初等教育模式上升到高等教育阶段,掌握高等教育阶段的学习、思维与处事方法,尽快适应高等学校中集体生活、独立思考、认真研究和抓住发展机遇的基本能力。

1.1.2 专业导论的性质

专业导论是将本学科专业做整体概述性的介绍,使学生认识专业的培养目标、所学课程、课程内容的衔接、课程之间的相关性和每门课程对完成培养目标的贡献。理解实施的教学计划、教学各环节安排的意义,帮助学生理解每门课程,以便更好地将自己培养成专业需要的人才,成为合格的毕业生,成为对国家有用的人才。

专业导论的另外一个性质是对专业进行全面的介绍。测控技术与仪器内容广博、知识领域宽,剪系统性强。专业导论课对专业内容介绍的原则如下:

(1) 尽量以通俗易懂的方式给出专业所涉及的最基本原理和核心概念。重点介绍主干学科与主干课程的内容,帮助学生了解时代发展的特征,适应测控技术突飞猛进的发展形式,理解专业的前沿技术。

(2) 将专业所需的高深数理知识、理论与基本技术的描述采用简单扼要的方式,只要求学生“知其然”,把“所以然”的问题留在后续课中解决,仅起到“序幕”的作用。

(3) 尽量引导学生思索、提问、设定相关问题展开主题讨论,不求彻底解决,但求增强师生沟通的路径。

(4) 强化素质培养、能力培养,让学生在大学开始阶段就认识到多学科交叉是现代科技发展的总趋势,需要树立“终身学习”的思想,明白打好坚实的理论基础才能紧跟技术创新发展的道理。大一是学习基础理论阶段,是大学学习的重要时期,要抓好大一的课程学习。

1.2 信息科学技术与信息时代

信息科学技术是当今社会起主导作用的科学技术,已形成众多学科与技术专业方向。为适应信息科学技术发展对人才的需要,教育部1998年后为此设置了10多个本科专业。如信息工程、通信工程、电子信息工程、自动化、电气工程及其自动化、电子科学与技术、测控技术与仪器、计算机科学与技术、生物医学工程、软件工程、电子信息科学与技术、光信息科学与技术等,而且还在不断形成新的学科和专业。可见信息科学技术涵盖面之宽、人才市场之大、发展速度之快,都是前所未有的。

通俗地说,信息时代是指信息科学技术在众多科学技术群体中占主导的时代,或者说,信息时代是人类的一切活动都离不开信息科学技术的时代。信息时代如同人类已经经历过的“农业时代”“工业时代”一样,是人类社会发展和进步的必然;人们预料信息时代之后的下一个时代将是生命科学为主导的时代。

- ① 农业时代——以资源经济为主；
- ② 工业时代——以资本经济为主；
- ③ 信息时代——以知识经济为主。

1.3 信息与信息科学

信息时代，是以信息技术为主导技术，以信息经济为主导经济，以信息产业为主导产业，以信息文化为主导文化的时代。信息文化将改变人类的教育、生活和工作方式，改变人类的思维方式和价值观念。

信息经济亦称知识经济，即在充分知识化的社会中，以信息智力资源的占有、投入和配置与知识产品的生产、分配和消费为主要因素的经济。信息经济与工业时代的资本经济相比，其主要不同点是：

- ① 信息经济更依赖于知识，知识在信息经济中的作用和价值大于在资本经济中的作用和价值；
- ② 在信息经济下，信息和知识本身已成为一种最重要、最积极的投入要素。

1.3.1 信息和信息论

1. 信息的定义

早期信息的代名词是具有一定含义的“音讯”和“消息”。随着工业时代社会的大规模生产实践和科学技术的发展，使社会的信息量迅速增加，如何获得或利用信息，是人类面临的新课题，于是就有人去探讨或研究，进而形成了有关信息的多种定义。如：

- (1) 信息是可用数值、文字、声音、图像等形式描述的状态；
- (2) 信息是用数据作为载体来描述和表示的客观现象；
- (3) 信息是对数据加工提炼的结果，是对人类有用的知识；

(4) 信息是隐含在物理信号中具有一定含义的消息；信号处理的目的是为了从信号中获得有用的信息。

概括地说：信息是可以描述的客观现象，是具有一定物理含义的消息或知识。

2. 狭义信息论的产生和发展

信息的生产、传递和利用是人类的一种本能，随着社会信息量的迅速增加，如何及时准确地获得、处理、传递和利用信息，成为人类的新课题，使人们不得不去深入研究信息的基本性质和运动规律。

1924年，奈奎斯特（H. Nyquist）发表了《影响电报速度的某些因素》一文，探讨了电信号的传输速率与通信系统的信道频带宽度之间的关系。

1928年，哈特莱（L.V.R.Hartley）发表了《信息传输》一文，第一次提出了消息是具体的、多样的代码或符号，而信息则是蕴涵于具体消息中的抽象量的理论，并导出第一个用消息出现概率的对数来度量信息的公式。

1948年，香农^①（C.E.Shannon，1916—2001）发表了《通信的数学理论》的著名论文，

^① 香农，美国数学家，信息论创始人，1940年获得美国麻省理工学院数学博士学位和电子工程硕士学位，他的硕士论文是关于布尔代数在开关理论中的应用，并证明布尔代数的逻辑运算可通过继电器电路来实现，1941年加入贝尔实验室数学部，在此工作了15年。

指出：“通信的基本问题就是在一点重新准确地或近似地再现另一点所选择的消息”，并用非常简明的数学公式定义了信息量——香农信息量公式。

1949年，香农又发表了《噪声下的通信》一文，提出了通信系统的模型。并解决了信息容量、信源统计特性、信源编码、信道编码、信息度和信道容量与噪声的关系等有关精确传递通信符号的基本技术问题。这两篇文章是现代信息论的奠基之作。因此香农被誉为信息理论的奠基人，时年香农才33岁。

由于上述的有关信息的研究都是基于统计概率的信息，没有考虑更广泛、更常见的非概率统计信息，故称其为“狭义信息论”。

3. 广义信息论的创立

狭义信息论的局限性是十分明显的，正如香农所说：“信息论（狭义的）的基本结果，都是针对某些非常特殊的问题，它们未必切合心理学、经济学以及其他一些社会科学领域。”狭义信息论的局限性主要表现在下述三个方面：

(1) 只考虑了信息的形式，没有考虑信息的含义与价值，而在信息处理和利用时又不能回避这个问题。

(2) 只局限于“消除随机不定性”的范畴，将其理论建立在概率论基础上。而概率论研究的是是非界限明显的随机过程，在实际生活中，更多的是“亦此亦彼”的模糊现象。所以狭义信息论无法解决普遍存在的这些模糊现象。

(3) 只考虑统计信息，没有考虑更广泛的非统计信息；只涉及信息的传递，没有研究更广泛、更重要的其他信息过程的原理和规律。

为了克服狭义信息论的局限性，20世纪70年代起陆续有一些学者开始了新的信息理论——广义信息论的研究：

(1) 1972年，德鲁卡(A. Deluca)和特米尼(S. Termini)提出了用于测量模糊事件的信息量的模糊信息熵^①公式。

(2) 1981年，我国科学家钟义信提出了一种“广义信息函数”，试图用来描述概率信息和非概率信息。

(3) 20世纪90年代，斯托尼尔(T. Stonier)提出了“统一的信息理论基础”理论。他把信息看成宇宙的一种基本属性，其目标是在信息物理学的基础上，结合其他信息科学理论，构建一个广义的信息理论框架。

1.3.2 其他信息类学科的出现

1. 控制论

1948年，美国著名数学家维纳出版了《控制论》一书，系统地揭示了机器、生物和人所遵循的共同规律——信息变换和反馈控制规律，为机器模拟人和动物的行为或功能提供了理论依据，由此诞生了一门新的学科——控制论。维纳研究的信息论在第二次世界大战中得到了直接应用：当时由于德国飞机的速度已接近炮弹的速度，直接瞄准射击的方法不灵了，要求控制系统能预测飞机的飞行位置，即要求控制装置在行为上具有与人和动物某些相似的行为能力。通过大量的研究，人们找到了自动控制装置这种模拟人的、有目的性的行为能力，这就是后来

^① 熵，其本义是源于热力学：在热力学中，人们把不能用于作功的热能的变化量除以温度所得的商，称之为“熵”。在现代科学技术中，泛指某些物质系统状态可能出现的程度。

机器人或机器动物。这里一个最基本的概念就是“反馈控制”，自动控制系统利用输入的目标信息经处理后输送出去，又把输出信息馈送到原输入端，并对信息的再输出进行调整，达到反馈控制的目的。维纳还发现人的神经控制和工程控制系统都是建立在对周围环境和自身状态各种信息的获取、传递和处理的基础上的，而这种信息过程又都是随机过程，必须用概率和统计的方法才能定量地把握它们。

反馈控制理论不仅在工程技术领域，而且在经济管理和日常生活中都有着重要的应用价值。

2. 系统论

系统的概念人们早有认识，但系统论作为一门学科知识是从 20 世纪 40 年代才开始形成的。早期美籍奥地利生物学家贝塔朗菲 (L.V.Bertalanffy) 认为，虽然人类对生物发展的认识已深入到分子、原子层次，并取得重要成果，但在很大程度上是以失去其全貌为代价的。

为此，他从生物整体出发，把生物及其环境作为一个大系统来研究。认为生物的整体属性大于其各组成部分属性的简单总和。其次，他还认识到，生命和非生命存在一个明显的矛盾，即热力学的“退化论”和生物学的“进化论”相对立，也就是说，热力学中研究的非生命系统随着时间的推移，系统的熵越来越大，走向无序状态；而生命系统的进化则是朝有序方向发展的。

1969 年，比利时自由大学教授普利高津 (I.Pri-gogine) 提出了“耗散结构理论”，分析了一个系统从无序向有序转化的机理、条件和规律，科学地解释了前面所说的“退化”和“进化”的矛盾，进一步发展了系统论，他的这一理论荣获了 1977 年的诺贝尔奖。

系统论以复杂系统为主要研究对象，强调整体性原则、层次结构原则、动态性原则和综合优在原则。还研究系统各部分最优组合问题，即一般意义上的从无序转化为有序的问题；并使信息系统各组成部分发生相互作用。一个好的系统，必须是一个能够充分利用信息的系统。

3. 计算机科学

计算机科学是研究计算机及其与各种相关的现象和规律的科学，因为计算机是处理信息的主要工具，所以也称计算机科学是研究信息处理的科学。计算机科学的理论在数字计算机出现之前就已存在，其最具代表的人物——图灵。

英国剑桥大学数学家艾伦·图灵 (Alan Mathison Turing, 1912—1957) 于 1936 年发表了题为“论可计算数及其在判定问题中的应用”的论文，提出了著名的理论计算机模型——图灵机，时年 22 岁。现在几乎所有的编程语言都建立在图灵机模型上，因而图灵被誉为计算机科学的奠基人。

1945 年，美籍数学家冯·诺伊曼 (John von Neumann, 1903—1957) 等人首次发表了题为“电子计算机逻辑结构初探”的报告，奠定了存储程序式计算机的理论基础。

1946 年，由美国宾夕法尼亚大学物理学家约·英克利 (John.w.Mauchly) 领导研制的世界上第一台电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator, 电子数值积分计算机) 正式投入使用。

世界上第一台电子计算机采用电子管作为基本逻辑部件，其由 18800 只电子管、1500 个继电器、7 万只电阻，1 万个电容和 6000 个开关组成，结构体积达 3000 立方英尺，重达 30 吨，占地面积约 170m²；存储容量为 20 个字长为 10 位的二进制数，运算速度为每秒 5000 次加法，3ms 做一次乘法，功耗 25kW。ENIAC 共运行了 10 年，1956 年被送入博物馆。

ENIAC 诞生后短短的几十年间，计算机的发展突飞猛进。主要电子器件相继使用了晶体管，中、小规模集成电路和大规模、超大规模集成电路，引起计算机的几次更新换代。每一次

更新换代都使计算机的体积和耗电量大大减小，功能大大增强，应用领域进一步拓宽。特别是体积小、价格低、功能强的微型计算机的出现，使得计算机迅速普及，进入了办公室和家庭，在办公室自动化和多媒体应用方面发挥了很大的作用。目前，计算机的应用已扩展到社会的各个领域。

电子计算机还在向以下四个方面发展：

(1) 巨型化。天文、军事、仿真等领域需要进行大量的计算，要求计算机有更高的运算速度、更大的存储量，这就需要研制功能更强的巨型计算机。

(2) 微型化。专用微型机已经大量应用于仪器、仪表和家用电器中。通用微型机已经大量进入办公室和家庭，但人们需要体积更小、更轻便、易于携带的微型机，以便出门在外或在旅途中均可使用计算机。应运而生的便携式微型机（笔记本型）和掌上型微型机正在不断涌现，迅速普及。

(3) 网络化。将地理位置分散的计算机通过专用的电缆或通信线路互相连接，就组成了计算机网络。网络可以使分散的各种资源得到共享，使计算机的实际效用提高了很多。计算机联网不再是可有可无的事，而是计算机应用中一个很重要的部分。人们常说的因特网（INTERNET，也译为国际互联网）就是一个通过通信线路连接、覆盖全球的计算机网络。通过因特网，人们足不出户就可获取大量的信息，与世界各地的亲友快捷通信，进行网上贸易等。

(4) 智能化。目前的计算机已能够部分地代替人的脑力劳动，因此也常称为电脑。但是人们希望计算机具有更多的类似人的智能，比如：能听懂人类的语言，能识别图形，会自行学习等，这就需要进一步进行研究。

近年来，通过进一步的深入研究，发现由于电子电路的局限性，理论上电子计算机的发展也有一定的局限，因此人们正在研制不使用集成电路的计算机，例如：生物计算机、光子计算机、超导计算机等。

除上述三个方面之外，还有情报科学、生物信息学、智能科学等，都获得了巨大的进步。

1.3.3 信息的特征与信息科学的研究

1. 信息的主要特征

不同信源产生的信息具有各自不同的特性，但各种信源产生的信息都具有一定的共同特征。

(1) 信息的不灭性。自然界的物质和能量是不灭的，其形式可以转化，但作为一个独立体总是客观存在的。信息不像物质和能量，它不能单独存在，作为一种客观现象它必须依赖于某一载体之上；它是某事物运动的状态和方式，而不是事物的本身。信息的不灭性是指一条信息产生后，虽然其载体（如一本书、一张光盘）可以被毁掉，但信息本身并不会被消灭。如同一个犯人要消灭罪证一样，保存罪证的载体可能一时被消失了，但罪证本身还是客观存在的。

(2) 信息的可传递性。信息可以依赖于一定的载体进行传递，称之为通信。我们把信息的发布者称为信源，相应地把传递信息的通道称为信道，把信息的接受者称为信宿。信息依赖信道（如电话、网络、微波、卫星等）可从信源传递到信宿。信息在时间上的传递称为信息存储，利用存储介质（如纸张、磁带、磁盘、光盘等）可将文字、声音或图像表示的信息记录下来，信息存储为永久性传递提供了极大的方便。

(3) 信息的可处理性。利用计算机或其他工具可对信息进行加工处理，信息处理的目的是从某一个信号中获取我们所需要的信息，或从多个信息中找到我们所要找的某个信息，或分析某一个信息的特性，利用信息的这一特性为我们服务等。不断提高信息的识别、加工处理和利

用能力是信息科学技术中的重要分支。

(4) 信息的共享性。信息从信源发出后, 可通过一定的信道或存储介质传递到多个信宿处, 这就是信息的共享性。信息的创造或发布, 有时需要很大的投入, 但现在进行信息的传递或复制往往十分方便, 也就是说信息可以廉价复制, 且毫无损失的广泛传播。正因为如此, 信息社会特别强调知识产权和信息道德, 并通过立法来维护知识产权。

2. 信息科学的主要研究对象

随着人类社会对信息的获取和运用越来越频繁, 信息论的含义越来越丰富, 信息论的应用越来越广泛, 随着计算机技术、大规模集成电路技术的不断成熟, 有关信息的研究已由通信领域迅速向物理学、化学、生物学、心理学、管理学、经济学、计算机科学、系统工程学、遥感遥测遥控学及其他社会科学领域渗透, 使信息与信息论的科学研究逐渐成为一门多学科融合的交叉学科——信息科学。这一新兴的学科涉及自然科学等多学科分支, 处于不同学科分支下的专家学者对信息科学的理解和解释不尽相同, 因而给信息科学一个完整的统一的定义是有困难的; 但其共识是一致的, 即信息科学中的信息范围不应该是局限于某些特定领域, 而应该是多元化的, 只有统一的信息科学才是真正信息科学。

信息科学是以信息的性质、运动规律和利用为主要研究内容, 以计算机和通信网络为主要研究工具, 以提高人类获取和利用信息的能力为主要研究目标的。或者说, 信息科学研究各种信息系统中信息的产生、获取、传递、加工、存储、变换、表示、检索和利用, 使信息的研究更好地服从于科学技术的发展和人类社会的进步。

1.4 信息科学技术概述

人类社会由农业时代、工业时代向信息时代的进步和转变, 其主要动力就是信息科学技术的不断发展和应用。纵观人类社会发展和科学技术史, 信息科学技术在众多科学技术群体中, 越来越显示出强大的生命力。随着现代世界经济及科学技术的飞速发展, 高新技术和产品层出不穷, 种类繁多, 日新月异, 而现代社会高新技术发展的集中代表和最主要的科学技术领域就是信息科学技术。那么信息科学技术到底是何物, 本节我们将从下面几个方面予以概述。

1.4.1 信息科学技术的产生及内涵

1. 信息科学技术的产生

科学技术的产生和发展总是与人类自身的不断进化相吻合的, 这就是“科学技术辅人律”。按照辩证唯物主义的观点, 人类的一切活动都可以归结为认识世界和改造世界, 人类需要科学技术, 因为科学技术可以为人类不断认识世界和改造世界提供智慧和力量。在远古时期, 原始人以野果为食, 以捕猎为生, 以赤手空拳方式与大自然做斗争。当人类在斗争中逐渐认识到自身的功能不足时, 就产生要延伸自身器官功能的要求, 因而就产生了木钩、木棍、石刀和弓箭, 以便采摘到用手够不着的高处或远处的果子, 捕猎较大或较凶猛的动物。后来, 人类为了满足长久或远距离交流的需要, 又陆续创造出符号、文字、印刷和通信技术。

如果我们把扩展人类器官功能的原理和规律称之为“科学”, 则相应地把扩展人类各种器官的具体方法和手段称之为“技术”, 这就是科学技术的“拟人律”, 信息科学技术的产生和发展也遵循此“拟人律”。

在农业时代和早期的工业时代, 由于生产力和生产社会化程度不高, 人们仅凭自身的信息

器官就能满足当时认识世界和改造世界的需要；虽然人们一直在与信息打交道，但无延长信息器官功能的需要。到了近代，随着生产和实践活动的不断发展，特别是蒸汽机的发明和应用以后，促进了大规模工业的形成和发展，人类信息器官的功能已越来越滞后于社会对其功能的需求。这一客观需求促使人类不但要加强自己的肢体器官，还要扩展和延长自己的信息器官；于是信息科学技术的产生和发展就开始了，经过几十年的探索和积累，到 20 世纪 70 年代信息科学技术进入了高速发展的新时代，人类社会也开始由工业时代向信息时代转变和发展。

2. 信息科学技术的内涵

信息科学技术在社会各个领域的应用和作用日益突出，世界各国都开始了对信息科学技术的研究，使得信息科学技术迅速成为一门独立的学科技术。但从广义上给信息科学技术的内涵下个定义是困难的，我们还是从科学技术的“拟人律”角度来探讨信息科学技术的内涵，可以给出如下明确的定义：

信息科学技术是指能够扩展、延伸人类信息器官功能的技术。一般说来，人类的信息器官主要包括以下四大类：

- (1) 感觉器官：包括视觉器官、听觉器官、嗅觉器官、味觉器官、触觉器官和平衡觉器官等；
- (2) 传导神经网络：包括导入神经网络，导出神经网络和中间传导神经网络等；
- (3) 思维器官：包括记忆系统、联想系统、分析系统、推理系统和决策系统；
- (4) 效应器官：也叫执行器官，包括操作器官（手）、行走器官（脚）和语言器官（口）等。

人类四大信息器官的功能及其相应的扩展技术如表 1-1 所示。

表 1-1 人类四大信息器官的功能及其相应的扩展技术

人类信息器官	人类信息器官功能	用来扩展人类信息器官功能的信息技术
感觉器官	获取信息	感测技术
传导神经网络	传递信息	通信技术
思维器官	加工和再生信息	处理技术
效应器官	使用和反馈信息	控制技术

(1) 感测技术——包括传感技术和检测技术，它们是感觉器官的延伸，使人们能够超越感觉器官而更好地从外部世界中获得各种有用信息。

(2) 通信技术——主要用于信息的传递、交换和分配，使人们更好地跨时域、跨地域利用信息，它是人体传导神经网络功能的延伸。

(3) 处理技术——是人体思维器官功能的延伸，主要帮助人们加工和再生信息，以便更好地利用信息；主要有计算机技术。

(4) 控制技术——它是人体效应器官功能的延伸，主要通过反馈控制系统，对信源等外部事物的运动状态进行干预，以便更好地认识世界和改造世界。

1.4.2 信息科学技术的分类

信息科学技术是一门尚在高速发展的多学科交叉技术，必然有很多个学科分支，并且还在不断地产生新的学科分支。因而从学科分支角度是很难分类的，这里我们还是结合科学技术的“拟人律”，对信息科学技术进行分类。

1. 按结构层次分类

信息科学技术按结构层次可分为三大类：

(1) 信息基础技术——主要包括新材料、新能源、新器件的开发或制造技术，它是整个信息技术的基础。具体有：

- ① 微电子技术：如集成电路设计与集成电路制造技术；
- ② 光子技术：如光材料、光器件、光学系统的开发和制造技术；
- ③ 光电子技术：如硅半导体材料、金属氧化物、半导体材料、砷化镓材料的开发和利用技术，半导体光电器件的开发和利用技术等；

④ 分子电子技术：即分子电子器件制造技术。

(2) 信息系统技术——即有关信息的获取、传递、处理和控制技术。具体有：

- ① 信息获取技术：如传感技术、检测技术等；
- ② 信息处理技术：即计算机软件和硬件技术；
- ③ 信息传输技术：如网络通信技术、微波通信技术、卫星通信技术等；
- ④ 信息控制技术：如反馈控制技术、现代控制技术等。

(3) 信息应用技术——即有关信息的实际应用技术，主要指信息管理、信息控制、信息决策等社会信息应用技术，如办公自动化、企业管理自动化、电子商务及电子政务等。

2. 按应用领域分类

信息科学技术按其应用领域不同可分为两大类，即社会信息科学技术和自然信息科学技术，前者称之为管理信息系统，后者相应地称之为工程信息系统。

(1) 管理信息系统

管理信息系统是指根据社会信息实施科学管理的信息系统。它是由管理科学、系统科学、计算机科学等组合起来的新的边缘科学，它能帮助人们实测国民经济部门或企业的各种运行情况，能利用过去和现在的信息，预测未来的发展或变化，能从全局出发辅助决策，能利用信息控制国民经济部门或企业的活动，帮助其实现规划目标。

管理信息系统一般由信息数据的输入、输出、传输、存储和加工处理等部分组成。

① 数据收集和输入：将分散在各处的信息数据收集并记录下来，整理成信息要求的格式和形式。当数据录入到一定的介质（如磁带、光盘等）上后，即可以输入到计算机中进行处理。

② 数据存储：管理信息系统数据通常是大批量的数据，需要一次存储多次使用，并允许多个过程实现数据共享，因此整理后输入的大量数据一定要给予保存，通常内外存储器双备份存储。当需要时可从内存或外存中调出，进行必要的更新，更新后的数据要即时存储。

③ 数据传输：数据传输通常以计算机为中心，通过通信线路或设备将信息数据从信源传至信宿，或从这一端传到另一端。远程传输要通过通信网络，衡量数据传输的质量指标，主要有传输速度和误码率。还有一种利用磁盘存储人工传输方式，这种方式虽然传输速度较慢，但可大容量无误码地一次性传输。

④ 数据处理：输入的信息数据要求进行必要的加工处理，计算机对信息数据的处理主要有数据的分类、排序、合并、存取、查询、计算等；还包括对于一些经济管理模型的仿真、优化处理等，以形成必要的判断、推理和决策。

⑤ 数据输出：对于经过加工处理的数据，应根据不同的需要以不同形式或规格进行输出，有的可直接供人阅读，如文字、报表、图形等，有的则提供给上位机做进一步的加工处理。

(2) 工程信息系统

工程信息系统这里指的是面对自然科学领域的工程信息系统。它是由工程科学、系统科学和计算机科学等组合而成的交叉学科，由于信息科学技术的高度发展，目前工程信息系统分支甚多，如电子信息工程、通信工程、电气工程、自动化、光电工程、生物工程、现场控制、现代检测等。工程信息系统的发展，帮助人们更好地认识世界和改造世界，推动人类社会的进步。

工程信息系统由四大部分组成：

- ① 感测技术：以传感器为感觉器官的现代检测技术；
- ② 通信技术：以计算机网络、电话、电视和卫星为通信工具的信息传输技术；
- ③ 处理技术：以计算机为核心的智能信息加工处理技术；
- ④ 控制技术：以控制器、调节器为执行机构的反馈自动控制技术。

1.4.3 信息科学技术的基本特征

当前，信息革命的浪潮正以不可阻挡之势席卷全球，现代信息科学技术日新月异，信息科学技术魅力无穷。为了更好地认识信息科学技术，我们有必要了解一下它的基本特征。

(1) 高度的战略地位

世界各国都把信息科学技术作为衡量一个国家综合国力的重要标志之一。谁拥有最先进的信息科学技术，谁就能在日趋激烈的国际竞争中立于不败之地。因此，如何开发和利用信息技术已成为各国首先考虑的重大战略决策之一，各国都将发展信息技术和信息产业提高到立国之本的高度来认识，并将信息产业作为国家的龙头产业，以期通过信息技术和产业，带动其他科学技术和产业。

近十多年来，信息科学技术有了很大的发展，传感技术、光纤技术、光电技术、国际互联网技术等高新技术产业异军突起，对社会的经济、政治、军事、文化等各方面的影响越来越大，毋庸置疑，信息科学技术所具有的高度战略地位将使其成为 21 世纪各学科的主导技术。

(2) 巨大的渗透能力

信息科学技术是一门高度综合性的技术，它涉及众多学科门类，使得整个社会都处在信息技术的网络之中。随着大数据时代的到来，信息科学技术市场应用范围将与人类的劳动力高度密切相关，大大促进经济的发展，并改变人们的生活和工作方式。信息科学技术创造了巨大的信息产业和市场，产业和市场的结合和互动带动了整个国民经济的发展，并大大加强了企业和国家的整体竞争力。

(3) 更新速度快

信息科学技术的发展速度之快，实在令人咋舌，从 1946 年第一台电子管计算机问世，到如今第五代人工智能计算机的应用，70 余年间，计算机的性能指标提高了上百万倍。卫星、光纤等通信技术也在飞速发展，目前通信卫星已发展到第六代，光纤传输技术，网络通信技术发展迅速，遍布全球的因特网已把地球变成一个小小的村落。

(4) 高额的投入

信息科学技术是知识、人才、资金密集型新兴科学技术群体，对信息技术的研究和开发，需要大量的资金投入，这也是前所未有的。信息技术产品由于更新换代极快，为了抢占市场，新产品的开发和制造需要一次性快速、高额资金投入。

(5) 高度的竞争性

信息经济是上世纪 90 年代以来伴随信息技术迅猛发展而产生的新的经济形式。数字革

命、互联网、电子商务和通信技术在这种新经济形式中扮演着重要角色。可以说，信息产业是知识经济的重要载体和经济发展的原动力，信息技术产业已成为发达国家经济新的增长点，是人类社会迈入知识经济时代的加速器。

随着信息科学技术的飞速发展，其产业的竞争已远远超出企业与企业间科学技术和商业竞争的范围，而成为国与国之间在军事、政治、经济竞争领域的战略“制高点”。信息技术的竞争，实质上是一场关于资金、人才、管理和市场的全方位的较量。基于高新知识的信息产业是当今竞争最激烈、变化最急剧的产业，在这一领域内，哪怕比别人只领先或落后几个星期、几天甚至几个小时，就足以使一个企业变成暴发户或面临破产。显然，用“白热化”和“瞬息万变”来形容信息技术和信息产业的竞争和发展态势，是毫不过分的。

(6) 高度的风险性

信息科学技术的研究和发展前期需投入大量的人力、物力、财力和时间，而开发一项新的信息技术，必定是处于当代科学技术发展的前沿技术，这种具有高度超前性和先导性的信息技术，在研发初期对其产品的市场预测及其占有额难以把握，因而就存在着高度的风险性。据统计，在激烈的市场竞争下，高新技术产业的成功率一般只有 20% 左右，一半以上不能成功，20% 面临破产。因此，各国在发展信息科学技术和产业的时候，一定要审时度势、明确方向、把握市场，尽可能地降低风险度。

1.4.4 信息科学技术发展趋势

1. 计算机技术

计算机始终是信息科学技术的核心，是最活跃也是发展最快的技术，从 1946 年世界上第一台计算机诞生至今，计算机的发展已经历了 5 个发展阶段。

(1) 提高速度、增大容量——第一台计算机结构体积达 3000 立方英尺，18800 个电子管、1500 个继电器、70000 个电阻、10000 个电容、6000 个开关，重 30 吨；运算速度 5000 次/秒（加法，乘法为 3 秒一次），存储容量为 20 个字长的 10 位二进制数，功耗 25kW；

(2) 减小体积、降低能耗——1971 年，Intel 公司推出的第一台微处理器 4004，只有 2300 个晶体管，运算速度每秒达 6 万条指令，随后个人微型机相继问世。

(3) 语言和软件系统的高级化——各种高级语言及其软件系统的开发和应用。

(4) 从单机到多机网络——20 世纪 90 年代后的计算机通信网络。

(5) 从增加功能到智能化——20 世纪 90 年代以后，计算机朝智能化方向发展，目前计算机的速度已达每秒几十亿次，内存容量达几百兆字节，体积小小到只有一本书的大小。其功能不只是数值运算，还可以实现逻辑判断等多种功能，称其为第五代计算机。

可以预计，21 世纪计算机技术继续高速发展，不久的将来，在个人计算机、巨型机及智能机上将有较大的突破。

(1) 个人微型计算机

当前个人微型计算机正朝着以下几个方向发展。

① 高速化——个人微机运算速度目前虽然已达到每秒 10 亿条指令的处理能力，但还不能满足高速实时图像处理、实时决策与控制等速度要求。

② 微型化——笔记本或个人微机是近十年来开发的产品，随着市场对笔记本式微机的进一步需要，新一代性能和价格优良的各种款式的微型机将进一步取代台式微型计算机。

③ 多媒体化——多媒体技术是一种把文字、数字、声音、图形、图像等信息媒体有机地