

中国大百科全书

电子学与计算机 I

中国大百科全书出版社

北京
1998.10

图书在版编目(CIP)数据

中国大百科全书/中国大百科全书总编辑委员会.
-北京:中国大百科全书出版社,2002.9
ISBN 7-5000-5997-3

I. 中… II. 中… III. 百科全书-中国-现代
IV. Z227

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 072041 号

中国大百科全书

中国大百科全书总编辑委员会

中国大百科全书出版社 出版发行

(北京阜成门北大街 17 号 邮政编码:100037)

新华书店经销 长沙鸿发印务实业公司印装

开本 787×1092 1/16 印张 3336 插页 2271 字数 120,000,000

2002 年 9 月第 1 版第 6 次印刷

ISBN 7-5000-5997-3 / Z·103

定价:19800.00 元(74 卷)



中国大百科全书

中国大百科全书出版社

中国大百科全书总编辑委员会

主任 胡乔木

副主任 (按姓氏笔画顺序)

于光远	贝时璋	卢嘉锡	华罗庚	刘瑞龙	严济慈
吴阶平	沈 鸿	宋时轮	张友渔	陈翰伯	陈翰笙
武 衡	茅以升	周 扬	周培源	姜椿芳	夏征农
钱学森	梅 益	裴丽生			

委员 (按姓氏笔画顺序)

丁光训	于光远	马大猷	王 力	王竹溪	王绶琯
王朝闻	牙含章	贝时璋	艾中信	叶笃正	卢嘉锡
包尔汉	冯 至	司徒慧敏	吕 骥	吕叔湘	朱洪元
朱德熙	任新民	华罗庚	刘开渠	刘思慕	刘瑞龙
许振英	许涤新	孙俊人	孙毓棠	杨石先	杨宪益
苏步青	李 珩	李国豪	李春芬	严济慈	肖 克
吴于廑	吴中伦	吴文俊	吴阶平	吴作人	吴学周
吴晓邦	邹家骅	沈 元	沈 鸿	宋 健	宋时轮
张 庚	张 震	张友渔	张含英	张钰哲	陆 达
陈世骧	陈永龄	陈维稷	陈虞孙	陈翰伯	陈翰笙
武 衡	林 超	茅以升	罗竹风	季 龙	季羨林
周 扬	周有光	周培源	孟昭英	柳大纲	胡 绳
胡乔木	胡愈之	荣高棠	赵朴初	侯外庐	侯祥麟
段学复	俞大绂	宦 乡	姜椿芳	费孝通	贺绿汀
夏 衍	夏 鼐	夏征农	钱令希	钱伟长	钱学森
钱临照	钱俊瑞	倪海曙	殷宏章	翁独健	唐长孺
唐振绪	陶 钝	梅 益	黄秉维	曹 禺	董纯才
程裕淇	傅承义	曾世英	曾呈奎	谢希德	裴丽生
潘 菽	潘念之				

电子学与计算机编辑委员会

主任 孙俊人

副主任 罗沛霖 陈芳允 吴几康

委员 (按姓氏笔画顺序)

王守武	王守觉	王湘浩	卢宗澄	孙俊人	乔石琼	吕保维
毕德显	汤定元	吴几康	吴允曾	吴佑寿	吴朔平	沈宜春
沈德桎	张直中	陈力为	陈克恭	陈芳允	林为干	罗沛霖
孟昭英	胡汉泉	顾德仁	黄宏嘉	隋经义	常 迥	慈云桂
温启祥	蔡长年	蔡金涛				

分支学科编写组

电磁场理论与微波技术	主 编	黄宏嘉			
天 线	主 编	任 朗	副主编	茅于宽	谢处方
电 波 传 播	主 编	吕保维	副主编	龙咸灵	沙 踪
信 息 论	主 编	蔡长年			
数 字 信 号 处 理	主 编	常 迥			
电 路	主 编	吴佑寿	副主编	陆志刚	
应 用 声 学	主 编	应崇福			
量 子 电 子 技 术	主 编	郑乐民			
红 外 技 术	主 编	汤定元			
显 示 技 术	主 编	冯世章			
测 量 与 计 量 技 术	主 编	乔石琼	副主编	张世箕	
电 子 元 件	主 编	陈克恭	副主编	曲喜新	杨臣华
真 空 电 子 学	主 编	胡汉泉	副主编	吴鸿适	吴全德
固 态 电 子 器 件	主 编	王守武			
集 成 电 路 与 微 电 子 技 术	主 编	王守觉	副主编	李志坚	唐璞山
				孙祥义	

遥 感 技 术	主 编	陈宗鹭			
通 信	主 编	童志鹏	副 主 编	陈太一	
雷 达	主 编	张直中	副 主 编	张志英	
导 航	主 编	温启祥	副 主 编	程自强	
电 视 与 广 播	主 编	隋经义	副 主 编	何大中	邱绪环
计 算 机 总 论	主 编	吴几康	副 主 编	张效祥	
理 论 计 算 机 科 学	主 编	吴允曾	副 主 编	陈火旺	周巢尘
计 算 机 系 统 结 构 与 硬 件	主 编	慈云桂	副 主 编	金 兰	虞浦帆
计 算 机 软 件	主 编	徐家福	副 主 编	杨芙清	孙钟秀
计 算 机 应 用	主 编	陈力为	副 主 编	刘世骅	万永熙
电 子 对 抗	主 编	冯世璋	副 主 编	周 炎	蔡希尧
核 电 子 学 与 核 探 测 技 术	主 编	力 一	副 主 编	张至善	
电 子 系 统 工 程	主 编	吴 展	副 主 编	冯世章	
电 子 设 备 组 装 与 结 构	主 编	叶尚辉	副 主 编	姚锡珊	
可 靠 性 与 安 全 防 护	主 编	吴朔平	副 主 编	何国伟	吕钟瑜
综 论	主 编	罗沛霖	副 主 编	汤国权	

前 言

《中国大百科全书》是我国第一部大型综合性百科全书。

中国自古以来就有编辑类书的传统。两千年来曾经出版过四百多种大小类书。这些类书是我国文化遗产的宝库，它们以分门别类的方式，收集、整理和保存了我国历代科学文化典籍中的重要资料。较早的类书有些已经散佚，但流传或部分流传至今的也为数不少，这些书受到中国和世界学者的珍视。各种类书体制不一，多少接近百科全书类型，但不是现代意义的百科全书。

十八世纪中叶，正当中国编修庞大的《四库全书》的时候，西欧法、德、英、意等国先后编辑出版了现代型的百科全书。以后美、俄、日等国也相继出版了这种书。现代型的百科全书扼要地概述人类过去的知识和历史，并且着重地反映当代科学文化的最新成就。二百多年来，各国编辑百科全书积累了丰富的经验，在知识分类、编辑方式、图片配备、检索系统等方面日益完备和科学化。今天，百科全书已经在人类文化活动中起着十分重要的作用，各种类型的和专科的百科全书几乎象辞典那样，成为人们日常生活的必需品。

一向有编辑类书传统的中国知识界，也早已把编辑现代型的百科全书作为自己努力的目标。本世纪初叶就曾有人试出过几种小型的实用百科全书，包括近似百科型的辞书《辞海》。但是，这些书都没有达到现代百科全书的要求。

中华人民共和国成立之初，当时的出版总署曾考虑出版中国百科全书，稍后拟定的科学文化发展十二年规划也曾把编辑出版百科全书列入规划，1958年又提出开展这项工作的计划，但都未能实现。

直到1978年，国务院才决定编辑出版《中国大百科全书》，并成立中国大百科全书出版社，负责此项工作。

因为这是中国第一部百科全书，编辑工作的困难是可想而知的。但是，由于读书界的迫切要求，不能等待各门学科的资料搜集得比较齐全之后再行编辑出版；也不能等待各学科的全部条目编写完成之后，按照条目的汉语拼音字母顺序，混合编成全书，只能按门类分别邀请全国专家、学者分头编写，按学科分类分卷出版，即编成一个学科（一卷或数卷）就出版一个学科的分卷，使全书陆续问世。这不可避免地要带来许多缺点，但是在目前情况下不得不采取这种做法。我们准备在出第二版时，再按现在各国编辑百科全书一般通行的做法，全书的条目不按学科分类，而

按字母顺序排列，使读者更加便于寻检查阅。《中国大百科全书》第一版按学科分类分卷，每一学科的条目还是按字母顺序排列，同时附加汉字笔画索引和其他几种索引，以便查阅。

《中国大百科全书》的内容包括哲学、社会科学、文学艺术、文化教育、自然科学、工程技术等各个学科和领域。初步拟定，全书总卷数为80卷，每卷约120~150万字(包括插图、索引)。计划用十年左右时间出齐。全书第一版的卷数和字数都将超过现在外国一般综合性百科全书，但与一些外国百科全书最初版本的篇幅不相上下。我们准备在第二版加以调整和压缩。

《中国大百科全书》按学科分卷出版，不列卷次，每卷只标出学科名称，如《哲学》、《法学》、《力学》、《数学》、《物理学》、《化学》、《天文学》等等。

全书各学科的内容按各该学科的体系、层次，以条目的形式编写，计划收条目10万个左右。各学科所收条目比较详尽地叙述和介绍各该学科的基本知识，适于高中以上、相当于大学文化程度的广大读者使用。这种百科性的参考工具书，可供读者作为进入各学科并向其深度和广度前进的桥梁和阶梯。

中国大百科全书出版社，除编辑出版《中国大百科全书》之外，还准备编辑出版综合性的中、小型百科全书和百科辞典，与专业单位共同编辑出版各种专业性的百科全书，以适应不同读者的需要。

《中国大百科全书》的编辑工作是在全国各学科、各领域、各部门的专家、学者、教授和研究人员的积极参加下进行的，并得到国家各有关部门、全国科学文化研究机构、学术团体、大专院校，以及出版单位的大力支持。这是全书编辑工作能够在困难条件下进行的有力保证。在此谨向大家表示诚挚的感谢，并衷心希望广大读者提出批评意见，使本书在出第二版的时候能有所改进。

《中国大百科全书》编辑部

1980年9月6日

凡 例

一、编 排

1. 本书按学科(知识门类)分类分卷出版。一学科(知识门类)辑成一卷或数卷,或几个学科(知识门类)合为一卷。

2. 本书条目按条目标题的汉语拼音字母顺序并辅以汉字笔画、起笔笔形顺序排列。同音时按汉字笔画由少到多的顺序排列,笔画数相同的按起笔笔形一(横)、丨(竖)、丿(撇)、丶(点)、一(折,包括丨 丿 丨 丿 等)的顺序排列。第一字相同时,按第二字,余类推。条目标题以拉丁字母开头的,排在汉语拼音相应字母部的开头部分;条目标题以希腊字母开头的,按希腊字母的习惯发音,分别排在汉语拼音字母部的相应位置。

3. 各学科(知识门类)卷在条目分类目录之前一般都有一篇介绍本学科(知识门类)内容的概观性文章。

4. 各学科(知识门类)卷均列有本学科全部条目的分类目录,以便读者了解本学科的全貌。分类目录还反映出条目的层次关系,例如:

电磁波·····	145
电磁波极化·····	145
导行电磁波·····	125
传输线·····	96
阻抗圆图·····	1007
微带线和类微带线·····	810
耦合模理论·····	605

5. 学科(知识门类)与学科(知识门类)之间相互交叉的知识主题,在有关学科卷中均设有条目,例如“电磁波”、“电子光学”在《电子学与计算机》卷和《物理学》卷均设有条目,但其释文内容分别按各该学科的要求有所侧重。

二、条目标题

6. 条目标题多数是一个词,例如“行波管”、“波导”;一部分是词组,例如“自发发射与受激发射”。

7. 条目标题上方加注汉语拼音,多数的条目标题附有对应的外文,例如 welxing jisuanji
微型计算机
(microcomputer)。无通用译名的纯属中国内容的条目标题,一般不附外文名。

三、释 文

8. 本书条目的释文力求使用规范化的现代汉语。条目释文开始一般不重复条目标题。

9. 较长条目设置释文内标题。标题层次较多的条目,在释文前列有本条释文内标题的

目录。

10. 一个条目的内容涉及其他条目并需由其他条目的释文补充的,采用“参见”的方式。所参见的条目标题在本条释文中出现的,用楷体字排印,例如“信号在媒介中传输会受到衰减,出现衰落、失真现象”;所参见的条目标题未在本条释文中出现的,另用括号加“见”字标出,例如“有的为了对抗干扰,还要采用扩频技术(见扩频通信)”。

11. 条目释文中出现的外国人名、地名,不附原文。外国人名和著作名在“内容索引”中注出原文。释文中的外国人名,在姓的前面加上外文名字的缩写,即名字的第一个字母。

四、插 图

12. 本书在条目释文中配有必要的插图。

13. 彩色图汇编成插页,并在有关条目释文中注明“(参见彩图插页第××页)”。

五、参考书目

14. 在重要的条目释文后附有参考书目,供读者选读。

六、索 引

15. 本书各学科(知识门类)卷均附有全部条目的汉字笔画索引、外文索引和内容索引。

七、其 他

16. 本书所用科学技术名词以各学科有关部门审定的为准,未经审定和尚未统一的,从习惯。地名以中国地名委员会审定的为准,常见的别译名必要时加括号注出。

17. 本书字体除必须用繁体字的以外,一律用《简化字总表》所列的简化字。

18. 本书所用数字,除习惯用汉字表示的以外,一般用阿拉伯数字。

电子学与计算机

罗沛霖 陈芳允 吴几康 慈云桂 徐家福 柯有安 王行刚

电子学

电子学是一门以应用为主要目的的科学和技术。

电子学是以电子运动和电磁波及其相互作用的研究和利用为核心而发展起来的。它作为新的信息作业手段获得了蓬勃发展。

电子是基本粒子家族中的一个主要成员。电子的静止质量是 9.10953×10^{-28} 克, 为氢原子质量的 $1/1836$ 。电子荷有 1.602189×10^{-19} 库仑的负电。宇宙间存在着电子的对立物——正电子, 但它的寿命很短, 一般情况下是不存在的。质子荷有与电子电荷绝对值相等的正电荷, 是氢原子质量的主要构成部分。在通常情况下, 原子含有等量的电子和质子, 对外不显电性。但当它俘获或失去电子时对外显现电性, 称为离子。离子在电子学中也占有一定的位置, 但远不如电子的应用广泛。电荷周围伴有电场, 电场对电荷产生力的作用。电荷的运动产生电流, 电流周围又伴有磁场, 磁场对磁体或电流产生力的作用。当电流变化时, 周围的电场和磁场也会随之发生变化。这种变化以波的形态携带能量以一定的速度向外传播, 这种波称为电磁波。电流变化越快, 所产生的电磁波波长越短, 但传播速度不变。电磁波在真空中的传播速度为每秒 299 792.46 公里。电磁场和电磁波还能和带电粒子发生相互作用, 产生能量变换。理论和实践都证明, 光波、X 射线、 γ 射线等都是电磁波, 只是波长不同。电子和电磁波具有波、粒二象性; 在电子运动速度极高和电磁波波长极短时, 波、粒二象性十分显著。

电子在真空、气体、液体、固体和等离子体中运动时产生的许多物理现象, 电磁波在真空、气体、液体、固体和等离子体中传播时发生的许多物理效应, 以及电子和电磁波的相互作用的物理规律, 合起来构成电子学的基础研究的主要内容。电子学不仅致力于这些物理现象、物理效应和物理规律的研究, 尤其致力于这些物理现象、物理效应和物理规律的应用。电子学作为科学技术的门类之一具有十分鲜明的应用目的性, 这是电子学的重要特点之一。电子学是为信息事业、能源事业和材料事业服务的。

信息作业的基本内容可以概括为信息的采集、变换、传输、交换、存储、处理和再现等。电子学为当代各种信息作业提供了强有力的技术手段, 如计算机、通信网、广播电视网、雷达、遥感技术等, 极大地增强了人类的感官和大脑的作用, 使现代人类社会的生产活动、经济活动和社会活动的效率大大提高。电子学使人类跨入了信息社会的新阶段。

能源供给人类生产和生活以所需的动力。核能和太阳能正日益受到重视, 太阳能是可再生能源。据计算, 太阳辐射到地球上的峰功率达一百几十万亿千瓦。用半导体制成的太阳能电池是利用太阳能的重要手段。电子学在开发和利用新旧能源方面, 日益显示其重要作用。一门新兴分支学科——能电子学正在兴起。

材料是现代人类社会赖以存在和发展的物质基础。电子学在改造现有材料、创造新型材

料、进行材料分析和材料加工作业中，同样也发挥着重要作用，并且往往是通过电子技术改变能态而实现的。

经历了约一个世纪不停息的开拓和发展，现代的电子学已发展成为当代最引人注目的专业和学科之一。

电子学的历史

电子学诞生迄今只有 100 年左右的历史，它是在早期的电磁学和电工学的基础上发展起来的。

在电子学诞生之前，人类对于电磁现象的研究已相当深入。一系列物理定律已经确立，如库仑定律、安培定律、欧姆定律、楞次定律、法拉第电磁感应定律等。英国 J. C. 麦克斯韦集以往电磁学研究之大成，建立了电磁学的完整理论——麦克斯韦方程，并从理论上预言了电磁波的存在。与此同时，人们对电磁学的利用也达到了一定的水平，有线电报和有线电话已相继发明，并且有了横贯美洲大陆的电报、电话线路和横跨大西洋的海底电缆。美国 T. A. 爱迪生发明了白炽灯。所有这些都为电子学的诞生准备了充足的条件。

标志着电子学诞生的两个重大的历史事件，是爱迪生效应的发现和关于电磁波存在的验证实验。1883 年，爱迪生在致力于延长碳丝白炽灯的寿命时，意外地发现了在灯丝与加有正电压的电极间有电流流过，电极为负时则无电流，这就是爱迪生效应。这一发现导致了后来电子管的发明。

1887 年，德国 H. R. 赫兹进行了一项实验，他用火花隙激励一个环状天线，用另一个带缝隙的环状天线接收，证实了麦克斯韦关于电磁波存在的预言，这一重要的实验导致了后来无线电报的发明。

电子学在发展过程中取得了许多有重大意义的成就。

无线电报 还在电子学诞生以前，美国 S. 莫尔斯就于 1837 年发明并建成了电报线路，赫兹的实验则架起了一座从“有线”通向“无线”的桥梁。1895 年，意大利 G. 马可尼在赫兹实验的基础上成功地进行了 2.5 公里距离的无线电报传送实验。1896 年，俄国 A. C. 波波夫也独立地进行了约 250 米距离的类似试验，他传送的第一份电文就是“赫兹”。此后数年，马可尼在英国进行了一系列卓有成效的工作，使得无线电报的传送距离不断延伸。1899 年，跨越英吉利海峡的试验成功；1901 年，跨越大西洋的 3200 公里距离的试验成功。马可尼以其在无线电报的发展以及由此开创的无线电通信事业上的成就，获得了 1909 年的诺贝尔奖金物理学奖。

无线电报的发明，是人类利用电磁波的第一个巨大成就，电子学从此开始了一个研究和利用电磁波的极其兴盛的时期。

电子管 爱迪生虽然发现了热电子发射效应（即爱迪生效应），但他并未意识到这一效应的意义，而且对它的机理也不清楚。1897 年，英国 J. J. 汤姆逊揭示出形成爱迪生效应的荷电粒子是电子，爱迪生效应乃是一种热电子发射现象。1904 年，英国 J. A. 弗莱明第一个把爱迪生效应付诸实用，发明了二极电子管。二极电子管的发明为无线电报接收提供了一种灵敏可靠的检波器。1906 年，美国 L. 德福雷斯特发明具有放大能力的三极电子管，为当时蓬勃发展的无线电报通信事业提供了一种极其有用的器件。三极电子管以后，又出现了四极管、五极管、更多极的电子管和复合管，形成了包括收信管、发射管、低频管、高频管、微波管和超小型管等系列。

电子管是电子器件的第一代，在晶体管发明以前的近半个世纪里，电子管几乎是各种电子设备中唯一可用的电子器件。电子学随后取得的许多成就，如电视、雷达、计算机的发明，都是和电子管分不开的。就是在固体电子学十分兴旺的现代，以大功率电子管（特别是微波功率电子管）和电子束管为代表的真空电子学也仍然是一个活跃的领域。

广播与电视 1876年，美国A. G. 贝尔在美国建国100周年博览会上展示了他所发明的有线电话。此后，有线电话便迅速普及开来。G. 马可尼发明无线电报，促成了无线电话和无线电广播的出现。1906年，美国R. A. 费森登进行了一项很有意义的实验，他用50千赫频率发电机作发射机，用微音器直接串入天线实现调制，首次使大西洋航船上的报务员听到了他从波士顿播出的音乐，这是无线电广播发明的先声。1916年，美国G. D. 萨诺夫最先提出向公众进行无线电广播的设想，但因第一次世界大战爆发而未能实现。1919年，第一个定时播发语言和音乐的无线电广播电台在英国建成。次年，在美国的匹兹堡城又建成一座无线电广播电台。此后，无线电广播事业即在世界范围内得到普及，从中波扩展到短波、超短波，从调幅扩展到调频、脉冲调制等，卫星直播也已实现。

电视的发明可追溯到1884年德国P. G. 尼普科夫关于机械扫描电视的设想。把尼普科夫设想付诸实现的是英国J. L. 贝尔德。1927年，他成功地用电话线路把图像从伦敦传至大西洋中的船上。不过这还不是现代类型的全电子电视，第一个对全电子电视作出实际贡献的是V. K. 兹沃雷金。他在1923年和1924年相继发明了摄像管和显像管。1931年，他组装成世界上第一个全电子电视系统。此后几年，迭经改进，约在30年代末，英美先后开始了试验性的电视广播。第二次世界大战后，电视广播便在各各国逐渐普及。

广播、电视的发明，不仅使人类的文化生活更加丰富多彩，而且为人类提供了一种公共的信息媒介。

雷达 物体，特别是金属物体（如舰船），具有反射电磁波的能力，在赫兹、马可尼、波波夫时代早已为人所知。在雷达发明之前，利用脉冲无线电装置测量电离层高度的工作已进行多年。第二次世界大战前夕，在飞机成为主要进攻武器的情况下，英、美、德、法等国均投入较多的人力，竞相研制一类能早期警戒飞机的装置。1936年，英国R. A. 沃森-瓦特设计的警戒雷达最先投入了运行。它架设在英国的东岸，有效地警戒了来自德国的轰炸机。1938年，美国研制成第一部能指挥火炮射击的火炮控制雷达，大大提高了火炮的命中率。1940年，出现能产生微波高功率的多腔磁控管，次年，第一部微波雷达研制成功。1944年，能够自动跟踪飞机的雷达研制成功。1945年，能消除背景干扰显示运动目标的动目标显示技术的发明，使雷达更加完善。在整个第二次世界大战期间，雷达成了电子学中最活跃的部分之一。近炸引信也属于雷达性质，它成百倍地提高了炮火威力。

电子计算机 计算工具的发明，经历了漫长的道路。从古代中国的算筹和算盘到16世纪西方的计算尺和齿轮式计算机，从机械式计算机到电子计算机，从手动计算到自动计算，从十进制到二进制，是一个逐步发展的过程。电子计算机的应用越来越广泛，从科学计算扩展到事务管理、过程控制、情报检索、人工智能等许多领域，对人类的生产和生活产生了巨大的影响。

晶体管 正当电子管进入全盛时期，美国贝尔实验室的物理学家看到电子管在体积、功耗、寿命等方面的局限性，在客观需要的推动下着手固体器件的研究。1948年，贝尔实验室宣布J. 巴丁、W. H. 布喇顿和W. B. 肖克莱研制成晶体三极管。初期的晶体管是点触式的，制造比较困难，稳定性较差，但它毕竟是时代的标志。1957年，贝尔实验室的D. 斯帕克斯发明

面结型晶体管,克服了点触式晶体管的缺点,使得问世不久的晶体管的地位巩固下来。后来,由于材料工艺方面取得进展,肖克莱早期设想的场效应晶体管也实现了。

晶体管的发明将电子学推向了一个新的阶段。电子学在以后取得的许多成就,如集成电路、微处理器和微型计算机等,都是从晶体管发展而来的。

集成电路 1958年,美国得克萨斯仪器公司宣布一种集成的振荡器问世,首次把晶体管和电阻、电容等集成在一块硅片上,构成了一个基本完整的单片式功能电路。1961年,美国仙童公司宣布制成一种集成的触发器。从此,集成电路获得了飞速的发展。数字集成电路从小规模到中规模、大规模,乃至到超大规模,集成度越来越高,使过去的中小型计算机乃至大型计算机得以微型化,进入了微型计算机的时期。与此同时,模拟集成电路也获得了发展。

集成电路的发明开创了集电子器件与某些电子元件于一体的新局面,使传统的电子器件概念发生了变化。这种新型的封装好的器件体积和功耗都很小,具有独立的电路功能,甚至具有系统的功能。单片微波集成电路也已进入生产阶段。集成电路的发明使电子学进入了微电子学时期,是电子学发展的一次重大飞跃。

卫星通信 1957年,苏联发射人造地球卫星成功,宣告了空间时代的到来。1958年,美国发射低轨道的“斯科尔”卫星成功,这是第一颗用于通信的试验卫星。1962年,美国发射中轨道的通信卫星“电星”-I号。1963年,美国把“辛康”-II号射入距离地球约35800公里的同步轨道,成为第一颗定点同步通信卫星。1964年,借助定点同步通信卫星首次实现了美、欧、非三大洲的通信和电视转播。1965年,第一颗商用定点同步卫星投入运行。到1969年,大西洋、太平洋和印度洋上空均已有定点同步通信卫星,卫星地球站已遍布世界各国,这些卫星地球站又和本国或本地区的通信网接通。卫星通信经历10年的发展,终趋于成熟。

用定点同步通信卫星作为中继站,为洲际信息传递提供了一种稳定而又可靠的手段,也解决了幅员广大的国家的国内通信问题。卫星通信的成功是通信技术,也是电子学的又一次飞跃。

光频的开拓和利用 电子学发展的一个重要方面,表现在电磁波谱利用的扩展上,其中特别是对光频段(包括红外和紫外)的开拓和利用上。麦克斯韦在他创立的经典电磁理论中,就已经阐明了光的电磁本质。人类对光的认识和利用远在电子学诞生之前。但是,在激光器发明以前,人们所涉及的,主要是非相干光。

1954年,美国C. H. 汤斯用致冷的氨分子作工作物质,研制成世界上第一台微波激光器。稍后,苏联H. Г. 巴索夫和A. M. 普罗霍洛夫也研制成以氟化铯为工作物质的微波激光器。1958年,汤斯与A. L. 肖洛将微波受激辐射的原理推广到红外和光频段。1960年,美国T. H. 梅曼研制成第一台激光器——红宝石脉冲激光器。此后不到一年,第一个连续激光器——氦氖激光器研制成功。从此,用于信息技术的电磁波谱,从无线电频段扩展到了光频段,从而使已经显得十分拥挤的无线电频段得到了缓解。

激光器的出现,使英国D. 盖伯在1946年发明的全息摄影技术获得了新的活力,并为后来的高密度大容量信息存储技术奠定了基础。激光器的问世,也导致了大容量光纤通信的出现,使通信技术继卫星通信之后发生了又一次飞跃,这又是一个重大进展。

应用基础科学 电子学在实践上所取得的一系列重大成就,和它在应用基础科学方面所取得的成就是分不开的。

在20~30年代,由于对载波、长途和音频通信的需要,人们研究电路网络、模拟滤波器、传

输线、听觉和音响等,并取得了重大进展。

在信息论和通信理论方面,信息的度量,信息传输(即通信)的有效性和可靠性,是这方面的主要问题。1924年,H.奈奎斯特首先证明了信息传输的速率与信道带宽成正比。1928年,R. V. L. 哈特莱证明,信息量与信息长度的对数成正比。可以说,这是关于信息度量的先驱性工作。1948年,C. E. 仙农把信息的研究置于统计学的基础上。他通过引入信息熵的概念,解决了信息的度量问题。他的更重要的功绩是给出了信息传输能力的极限公式、关于信源和信道编码的定理,以及关于信息率失真函数的概念。仙农因此成为信息理论的奠基人。在另一个方面,1942年,D. O. 诺斯提出了最佳滤波器的概念;1948年,B. A. 柯捷尔尼科夫创立了最佳接收机的理论;1950年,P. M. 乌特沃德提出了模糊函数的概念,他因此成为现代雷达检测理论的先驱。

控制和系统理论方面的成就对现代电子学的发展产生了很大的影响。从电子学的角度来说,应当特别提到以下几个早期的事实:尽管J. 瓦特早已发明负反馈的速度调制器,到1928年,H. 布莱克才从电路角度提出了负反馈的概念;1932年,H. 奈奎斯特将此原理用之于电路稳定性分析;1942年,N. 维纳提出了关于平稳随机信号的平滑、滤波和预测的理论;1949年,N. 维纳对机器和动物中的通信与控制问题作了高度的概括,创立了控制论这一新的学科。50年代后期,状态变量概念的引入,使控制和系统理论有了一个大的飞跃。1957年,R. 贝尔曼创立了动态规划理论;1958年,Л. С. 庞特里亚金提出了极大值原理;1960年,R. 卡尔曼把维纳问题推广到多变量、非平稳的情形并给出问题的递推解,他还提出了可控性和可观性两个概念。

电子学历史上所取得的成就是多方面的,每一分支专业或学科都有自己的应用基础科学的成就。理论与实践,循环往复,相辅相成,不断提高,把整个电子学推向一个又一个新的阶段。

中国的电子学进展

中国是有着悠久历史的文明古国,有着光辉灿烂的文化。但是,从1840年的鸦片战争以后,中国逐渐沦为半殖民地半封建的国家。中国不仅在政治上遭受压迫,在经济上遭受剥削,在科学和教育上也十分落后。这种情况一直持续到1949年中华人民共和国成立。在这一百多年的时间里,前半段正是电磁学和电工学在西方蓬勃发展、电子学孕育诞生的时期;后半段正是电子学在西方迅速成长并取得辉煌成就的时期。在这一时期,中国却基本上处于电子学发展的洪流之外。中华人民共和国成立之前,只有少数的几家修造厂和器材厂,以及少数几所大学能培养少量电信人才。

电子学和电子工业在中国的创建和发展,是在中华人民共和国成立以后才开始的。

1949~1952年是中国的经济恢复时期。这段时期的主要成就表现为:国家成立了电信工业管理局,统一领导全国的电信工业;改造了接管过来的几家工厂,并很快制造出一批无线电台和军用步谈机,在中国历史上第一次能成套地生产接收电子管;一批电子学科技工作者从海外归来参加国家建设。

1953~1957年是中国第一个五年计划时期。这段时期的主要成就是:建设了一批以元件器件、通信和雷达为重点的骨干企业,研制和生产了一批广播设备、通信电台、军用雷达;在十多所高等院校中成立了无线电系科,创建了专业性的研究院和研究所;第一次制订了发展电子

科学的十二年规划。

1958~1965年的主要成就是：完成了为研制原子弹和导弹以及进行试验所需的电子配套工程；研制并生产了一批军用雷达、电台和其他通信装备；建成了1000千瓦中波广播发射台，10信道电视中心和10千瓦黑白电视台；建立了邮电科学研究院、电子工业研究院及其所属研究机构。

1966~1976年是动乱的十年，中国在极其困难的条件下获得的进展主要有：第一颗人造地球卫星发射成功；第一台集成电路计算机研制成功；自行设计和制造的地球站建成；25米天线的巨型跟踪雷达投入使用；第一部巨型相控阵雷达进行试运转。

1977年以来，中国的电子学进入了新的振兴时期，获得了许多重大成就。其中有代表性的成就是：成功地发射了一颗实验定点通信同步卫星；建成了全国卫星测控网；研制成千万次向量计算机和亿次计算机；研制成16千位随机存储器和8位微处理器；建成了京沪杭1800路中同轴电缆通信系统；光纤通信系统相继在上海、天津和武汉并入市话网，达到了实用阶段；初步建成了全国电视网、电视发射台和差转台，总数已达5600余座；在国家科学技术委员会的领导下，制订了发展电子科学技术的十年规划。

电子学的专业和学科体系

现代电子学是一个庞大的专业和学科体系，在这个体系里包含有众多的分支。它们有机地结合在一起，形成了电子学的统一整体。这些分支，按性质可划分为四大类，即：系统与大规模技术；基础理论与基础技术；元件、器件、材料与工艺；交叉专业和学科类。现代电子学犹如一株枝叶繁茂的大树，深深地扎根于应用物理、应用化学、应用数学等基础学科的沃土之中。

系统与大规模技术 属于这一类的分支学科有：通信、广播、电视、雷达、导航、电子对抗、计算机、能电子系统，以及综合多种系统技术的大型电子系统。其共同特点是用电子学方法实现具有某一种或多种社会和军事应用的功能。

通信是以电子学方法，实现从点到点（人与人，人与机器或机器与机器）的信息传输的原理、技术和系统。广播是将语言、音乐和活动的与静止的图像、文字向公众播发，并由公众接收、录放的原理、技术和系统。电视是图像和文字以及与之伴随的声音等的摄取、传输、再现、播发、接收、录放的原理、技术和系统。雷达是利用物体对电磁波的散射现象以发现飞机、导弹、舰船等目标，并获取这类目标信息的原理、技术和系统。遥感技术主要是在空中利用地物、云层等的辐射电磁波，观察地面和大气中的现象，从而取得地理、地貌、地质、植被、水文、气象等有用信息，也可用于军事。遥感技术也可在地面上应用。导航是以电子学的方法确定舰船、飞机、车辆等的位置并引导其向目的地进发的原理、技术和系统。电子对抗是敌对双方利用电子手段进行侦察和干扰的原理、技术和系统。测量和监测系统不仅广泛用于电子科学技术，而且电子测量和检测技术手段还广泛用于各行各业，包括电量和非电量测量。

计算机是用电子学方法实现数值计算、逻辑作业、数据处理、过程控制、信号与信息处理、计算机辅助设计、专家系统等原理、技术和系统，包括各种计算机硬件和软件等。计算机是电子学中最大的一个分支学科，并正在逐步向自成体系的单独的专业和学科发展。能电子系统是指用电子手段进行能和动力的作业，如用太阳能电池发电，用微波、高频、激光、超声波等进行处理和加工，利用电子计算机调度和微处理器控制节约电能等。