

电子学与生活

邢冰冰 编著

非
外
借

中央民族大学出版社
China Minzu University Press

电子学与生活

邢冰冰 编 著

中央民族大学出版社

内容简介

本书是为了配合中央民族大学素质教育通识课程建设而编写的一本面向全校学生的教材。全书共分七章，内容包括电子学基本概念、从电到电池、电和磁、电子、电子器件及技术、电信时代和电子学趣谈。在每章后面还附有与该章内容相关的延伸阅读材料，以扩展读者的思路。

本书图文并茂，用通俗易懂的文字把电子学的基本知识、历史与发展前景以及电子学与生活各方面的紧密关系娓娓道来，有很强的通用性和趣味性，适合作为高等学校学生通识课程的教材，同时也适用于电子学爱好者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子学与生活/邢冰冰 编著. —北京: 中央民族大学出版社, 2018.9 重印
ISBN 978-7-5660-0562-5

I. ①电… II. ①邢… III. ①电子学-高等教育-教材 IV. ①TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 275320 号

电子学与生活

编 著 者 邢冰冰

责任编辑 李苏幸

封面设计 赵洪帅

出 版 者 中央民族大学出版社

北京市海淀区中关村南大街 27 号 邮政编码: 100081

电话: 68472815 (发行部) 传真: 68932751 (发行部)

68932218 (总编室) 68932447 (办公室)

发 行 者 全国各地新华书店

印 刷 厂 北京建宏印刷有限公司

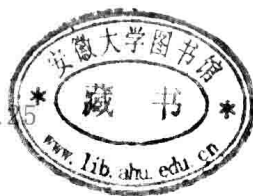
开 本 787×1092 (毫米) 1/16 印张: 10.25

字 数 270 千字

版 次 2018 年 9 月第 2 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5660-0562-5

定 价 42.00 元



前 言

为提高学生的综合素质，中央民族大学于 2009 年在全校范围内开展素质教育通识课程的建设。当前，电子学是一门与人们生活息息相关的发展极为迅速的科学技术，人们每天都处于电子信息技术日新月异的变化之中，因此在综合性大学中面向所有专业学生开设一门电子学通识课程被认为是非常有必要的。考虑到电子学与生活的紧密关系，通识课程确定为《电子学与生活》。在《电子学与生活》的教学过程中，本人收集了大量的素材和资料，在几年的教学过程中，又根据学生的程度和兴趣点调整了教学内容，不断完善思路，在此基础上编写了本书。

本书共分七章，包括电子学基本概念、从电到电池、电和磁、电子、电子器件与技术、电信时代以及电子学趣谈。全书以时间为大致顺序，从电子学的基本知识和概念、电子的发现、电子器件的出现，介绍到目前电子技术的广泛应用。内容由浅入深、通俗易懂，注重联系实际生活，充分体现电子学与生活的紧密关系。同时为了扩展读者的思路，在每章最后一节还增加了拓展阅读材料，内容与正文相关，观点又可能强调的是别的侧面。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正，以便于本书的修改完善！

编 者
2013 年 11 月

目 录

第1章 电子学基本概念 1	3.4 电磁场与电磁波27
1.1 电子学的概念及研究对象..... 1	3.4.1 理论突破.....27
1.2 电子学的诞生..... 2	3.4.2 电磁场理论.....28
1.3 电子学的发展历史..... 3	3.4.3 赫兹的实验.....31
1.4 电子学的应用..... 6	3.4.4 两个难题.....32
1.5 延伸阅读..... 7	3.4.5 电磁波.....32
第2章 从电到电池10	3.5 电磁波的实际应用34
2.1 电的认知.....10	3.5.1 设想与尝试.....34
2.1.1 摩擦起电.....10	3.5.2 无线电报.....34
2.1.2 正电和负电.....11	3.5.3 无线电.....36
2.1.3 电体和非电体.....11	3.5.4 远距离通信.....37
2.1.4 电学在迷惘中徘徊.....12	3.5.5 无线电报发明归属权.....38
2.2 “从苍天取得闪电”.....13	3.6 电学的一些应用39
2.2.1 闪电.....13	3.6.1 记录图像.....39
2.2.2 天电试验.....13	3.6.2 录制声音.....41
2.2.3 电荷平衡.....14	3.6.3 电子成像.....43
2.3 从摩擦起电到伏特电池.....16	3.6.4 雷达.....47
2.3.1 摩擦起电机.....16	3.7 延伸阅读50
2.3.2 莱顿蓄电池.....16	
2.3.3 伏特电池.....17	第4章 电子53
2.4 延伸阅读.....19	4.1 电子的发现.....53
第3章 电和磁21	4.1.1 电子发现前.....53
3.1 电生磁.....21	4.1.2 原子能再分.....54
3.1.1 库仑定律.....21	4.1.3 预告电子的存在.....54
3.1.2 电生磁.....22	4.1.4 电子.....56
3.1.3 欧姆定律.....23	4.1.5 揭开原子世界的帷幕.....57
3.2 磁生电.....23	4.2 电流58
3.2.1 转磁为电.....24	4.2.1 电子的质量.....58
3.2.2 磁生电.....25	4.2.2 电量单位.....58
3.3 电力.....25	4.2.3 运动的电子.....60
3.3.1 感应电流.....25	4.2.4 游荡的自由电子.....62
3.3.2 电磁感应定律.....26	4.2.5 电流.....63
3.3.3 电世界的建立.....26	4.2.6 电子传递热量.....65
	4.2.7 电子自旋.....66
	4.3 电子产生光和磁71
	4.3.1 电子的跳跃产生光.....71

4.3.2 电子的运动产生磁	74
4.4 延伸阅读	77
第5章 电子器件与技术	81
5.1 真空二极管	81
5.1.1 爱迪生效应	81
5.1.2 真空二极管	82
5.2 真空三极管	83
5.2.1 真空三极管	84
5.2.2 三极管的放大作用	84
5.3 晶体管	86
5.3.1 晶体三极管	86
5.3.2 更小更省	87
5.4 集成电路	88
5.4.1 集成电路	88
5.4.2 大规模集成电路	91
5.5 表面科学	91
5.6 微电子技术	92
5.6.1 微电子技术	92
5.6.2 半导体工业	94
5.6.3 量子功能元件	99
5.6.2 超导电子学	100
5.7 光电子技术	100
5.7.1 光电子技术	100
5.7.2 激光技术	101
5.7.3 红外技术	104
5.7.4 光纤通信技术	106
5.8 粒子加速器	107
5.9 延伸阅读	109
第6章 电信时代	111
6.1 电信	111
6.1.1 电信	111
6.1.2 电信网	112
6.1.3 传统电话	112

6.1.4 IP 电话	114
6.1.5 从模拟到数字	115
6.1.6 从有线到无线	116
6.1.7 卫星通信	118
6.1.8 太阳风暴对通信的影响	121
6.2 计算机网络与多媒体通信	122
6.2.1 Internet 网	122
6.2.2 电子信箱	123
6.2.3 多媒体	123
6.2.4 多媒体信息的传输	124
6.2.5 虚拟现实技术	125
6.3 光通信	126
6.3.1 光纤通信	126
6.3.2 光纤传输容量	129
6.3.3 抗干扰能力	129
6.3.4 海底光缆	130
6.3.5 全球定位系统	130
6.4 延伸阅读	131
第7章 电子学趣谈	134
7.1 电子的速度	134
7.2 交直流之争	135
7.3 神奇的金字塔能	136
7.4 漫谈红外线	137
7.5 现代电子战	139
7.6 快乐的电椅	141
7.7 信号与干扰	142
7.8 1/f 噪声与东方音乐	142
7.9 皮鞋里的暗探	143
7.10 海洋开发	145
7.11 中微子通信	148
7.12 延伸阅读	149
参考文献	155

第 1 章

电子学基本概念

1.1 电子学的概念及研究对象

维基百科对电子学的定义：电子学（Electronics）是研究电子的特性和行为，以及电子器件的物理学科。百度百科对电子学的定义：电子学是一门以应用为主要目的的科学和技术。它主要研究电子的特性和行为，以及电子器件的物理学科。电子学涉及很多的科学门类，包括物理、化学、数学、材料科学等。电子技术则是应用电子学的原理设计和制造电路、电子器件来解决实际问题的科学。

1897 年，约瑟夫·汤姆逊发现电子的存在是电子学的起源。从 20 世纪 50 年代半导体发现以来，集成电路在大众生活中的广泛应用间接促进了计算机的出现，使得人类的科技发展一日千里。电子学在 20 世纪的发展堪称第二次石器革命。

电子学为当代各种信息系统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。

那么，什么是电子（Electron）？

分子（Molecule）：分子是能单独存在、并保持纯物质的化学性质的最小粒子。

原子（Atom）：原子是一种元素能保持其化学性质的最小单位。原子得失电子就会变成离子（Ion）。原子结构示意图见图 1-1。

原子被认为是由电子、质子、中子（氢原子由质子和电子构成）构成，它们被统称为亚原子粒子。铁原子示意图见图 1-1。

以前电子被认为是构成原子的基本粒子之一。所谓基本粒子，即在不改变物质属性的前提下的最小体积物质。它是组成各种各样物体的基础。

传统上（20 世纪前、中期）的基本粒子是指质子、中子、电子、光子和各种介子，这是当时人类所能探测的最小粒子。而现代物理学发现质子、中子、介子都是由更加基本的夸克和胶子构成。同时人类也发现了性质和电子类似的一系列轻子，还有性质和光子、胶子类似的一系列规范玻色子。这些是现代的物理学所理解的基本粒子。可见基本粒子的定义也是随时间有所变化的。目前在粒子物理学中，标准模型理论认为的基本粒子可以分为夸克、轻子、规范玻色子和希格斯粒子四大类。标准模型理论之外也有理论认为可能存在质量非常大的超粒子。

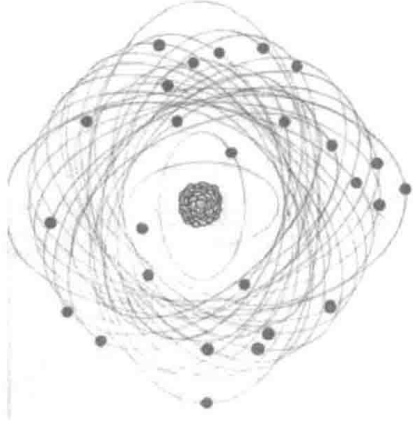
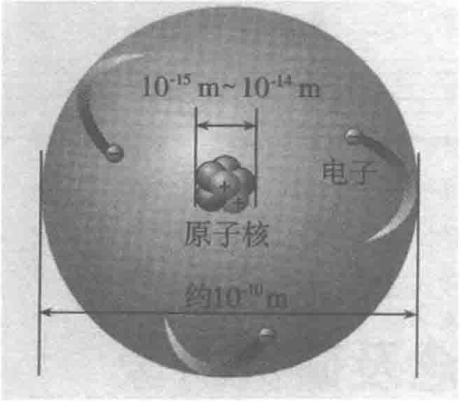


图 1-1 （左）原子结构示意图 （右）1 个铁原子有 26 个质子、30 个中子和 26 个电子

电子质量极小，带负电，在原子中围绕原子核旋转。不同的原子拥有的电子数目不同，例如，每一个碳原子中含有 6 个电子，每一个氧原子中含有 8 个电子。能量高的离核较远，能量低的离核较近。通常把电子在离核远近不同的区域内运动称为电子的分层排布。

由电子与中子、质子所组成的原子，是物质的基本单位。相对于中子和质子所组成的原子核，电子的质量显得极小。质子的质量大约是电子质量的 1842 倍。当原子的电子数与质子数不等时，原子会带电，称这原子为离子。当原子得到额外的电子时，它带有负电，叫阴离子，失去电子时，它带有正电，叫阳离子。若物体带有的电子多于或少于原子核的电量，导致正负电量不平衡时，称该物体带静电。当正负电量平衡时，称物体的电性为电中性。

电子与质子之间的吸引性库仑力，使得电子被束缚于原子，称此电子为束缚电子。两个以上的原子会交换或分享它们的束缚电子，这是化学键的主要成因。当电子脱离原子核的束缚，能够自由移动时，则改称此电子为自由电子。许多自由电子一起移动所产生的流动现象称为电流。在许多物理现象里，像电传导、磁性或热传导，电子都扮演了重要的角色。移动的电子会产生磁场，也会被外磁场偏转。呈加速度运动的电子会发射电磁辐射。

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。

1.2 电子学的诞生

电子学诞生迄今只有一百年左右的历史，它是在早期的电磁学和电工学的基础上发展起来的。

电子学的起源从 1897 年英国物理学家约瑟夫·汤姆逊（Joseph Thomson，1856.12.18 - 1940.8.30）发现电子的存在开始。汤姆逊在曼彻斯特的欧文学院学习了工程学，后搬到了剑桥大学三一学院。1884 年他成为卡文迪许物理学教授，即卡文迪许实验室主任。他的学生之一是原子核物理学之父欧内斯特·卢瑟福，于 1919 年接替汤姆逊就任卡文迪许物理学教授，学术界

公认他为继法拉第之后最伟大的实验物理学家，因为“对元素蜕变以及放射化学的研究”，卢瑟福荣获 1908 年诺贝尔化学奖。

受到麦克斯韦工作的影响和 X 射线的发现，汤姆逊推导出阴极射线存在于带负电的粒子，他称之为“微粒”，即现在的电子。电子曾经被约翰斯东·斯通尼提出过，作为电化学中电荷的单位，但是汤姆逊认识到电子是亚原子粒子，这一点是第一次被发现。1897 年他的发现为人所知，并在科学圈内引起了轰动，并最终于 1906 年被授予诺贝尔物理学奖。极富戏剧性的是，他的儿子乔治·汤姆逊后来因证实电子是一种波而被授予诺贝尔物理学奖。

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。美国的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（Thomas Alva Edison, 1847.2.11 – 1931.10.18）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，德国物理学家海因里希·赫兹（Heinrich Hertz, 1857.2.22 – 1894.1.1）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。他对电磁学有很大的贡献，故频率的国际单位制单位赫兹以他的名字命名。赫兹说“我不认为我发现了的那些无线电磁波可以有任何实际的应用”，但事实是，电磁波改变了人类生活的方方面面。

1.3 电子学的发展历史

电子学的研究对象究竟是什么呢？对于这个问题，一般的认为是，电子学是研究电子运动的原理、利用电子运动原理制成的器件以及利用这些器件所组成的线路和系统。

20 世纪 40 年代以来，由于微波、激光、半导体、集成电路和计算机技术的迅速发展，使得“电子学”这一名称有了更新和更加广泛的含义。它研究的对象不仅包括人类所熟悉的通信、广播、电视、雷达、导航、电子对抗、录音、录像、微波器件和设备、信息处理、电磁场理论、各类真空和固态电子元器件等，而且还包括了像自动控制、人工智能、生物工程这样一些新兴的学科，并和信息论、控制论和系统工程学等学科互相交叉和渗透，形成了一个十分复杂的学科网。电子学的发展历史并不长。从现在来看，评定电子学进展的方法有三种。

第一种方法是以电子元器件的更新换代计。从爱迪生效应发现以后不久出现的电子管到 20 世纪 40 年代末出现的晶体三极管，以及 60 年代以后大规模和超大规模集成电路，使电子技术的应用产生了一个接一个的飞跃。伴随着元器件的更新，电子计算机也经历了一至五代的历程。

现代电子元器件正在向微型化、集成化、柔性化和系统化方向发展。

1. 微型化

元器件的微型化一直是电子元器件发展的趋势,从电子管、晶体管到集成电路,都是沿着这样一个方向发展。各种移动产品、便携式产品以及航空航天、军工、医疗等领域对产品微型化、多功能化的要求,促使元器件越来越微型化。但是单纯的元器件的微小型化不是无限的。片式元件 01005 封装的出现使这类元件微小型化几乎达到极限,集成电路封装的引线节距在达到 0.3mm 后也很难再减小。为了产品微小型化,人们在不断探索新型高效元器件、三维组装方式和微组装等新技术、新工艺,将产品微型化不断推向新的高度。

2. 集成化

元器件的集成化可以说是微型化的主要手段,但集成化的优点不限于微小型化。集成化的最大优势在于实现成熟电路的规模化制造,从而实现电子产品的普及和发展,不断满足信息化社会的各种需求。集成电路从小规模、中规模、大规模到超大规模的发展只是一个方面,无源元件集成化,无源元件与有源元件混合集成,不同半导体工艺器件的集成化,光学与电子集成化,以及机、光、电元件集成化等,都是元器件的集成化的形式。

3. 柔性化

元器件的柔性化是近年出现的新趋势,也是元器件这种硬件产品软化的新概念。可编程器件(PLD),特别是复杂的可编程器件(CPLD)和现场可编程阵列(FPGA)以及可编程模拟电路(PAC)的发展,使得器件本身只是一个硬件载体,载入不同程序就可以实现不同电路功能。可见,现代的元器件已经不是纯硬件了,软件器件以及相应的软件电子学的发展,极大拓展了元器件的应用柔性化,适应了现代电子产品个性化、小批量多品种的柔性化趋势。

4. 系统化

元器件的系统化,是由系统级芯片(SoC)、系统级封装(SiP)和系统级可编程芯片(SoPC)的发展而发展起来的,通过集成电路和可编程技术,在一个芯片或封装内实现一个电子系统的功能,例如数字电视 SoC 可以实现从信号接收、处理到转换为音视频信号的全部功能,一片电路就可以实现一个产品的功能,元器件、电路和系统之间的界限已经模糊了。

第二种方法是以电磁频谱的开拓来划分:电子学的发展史也正是频谱的发展史,无线电波和光(也即光波)都是电磁波,但他们的利用率是不均衡的。在电子技术发展的时期,许多频率的利用率很低,长时间内仅局限于中波频率,即从 500 赫兹到 1650 赫兹之间。自短波通信广泛应用之后,电子技术的应用开始向高频进军,从短波到超短波进一步发展到微波。20 世纪 60 年代初期出现了激光,从此,从无线电波到光波之间全部频率空白均被填补了。频谱和波段划分及应用见表 1-1。

激光的出现引起了通讯技术的一场革命,区域通讯、卫星通讯、洲际通信等技术已基本成熟。光纤通信传输能力大,损耗却很小,引起了世界各国的巨大关注。近年来,对极长波和超长波也进行了大量的研究。在短波领域的红外、紫外、X 射线、 γ 射线等方面也取得了一定的进展,这为远距离潜水艇之间的通信、导弹预警系统和物质微观结构的探索提供了有力的手段。

第三种方法是电子学与其他学科结合和渗透的深度以及电子技术推广应用的广度来判断。随着电子技术的发展,一场信息革命已经开始了。电子技术对极大、极微、极远、数量巨大和要求极准的信息,不仅有进行检测和传递的能力,而且还有记忆的能力、变换计算的能力和判断过滤的能力,并且还具有与别的学科易于结合的能力。这就是信息革命必然来临且来势凶猛

的原因所在。

表 1-1 频谱和波段划分及应用

ITU 波段号	频段	缩 写	频率范围	波段	波长范围	应用
1	极低频	ELF	3-30 赫兹	极长波	100,000 - 10,000 千米	潜艇通讯或直接转换成声音
2	超低频	SLF	30 - 300 赫兹	超长波	10,000 - 1,000 千米	直接转换成声音或交流输电系统 (50-60 赫兹)
3	特低频	ULF	300 - 3000 赫兹	特长波	1,000 - 100 千米	矿场通讯或直接转换成声音
4	甚低频	VLF	3 - 30 千赫	甚长波	100 - 10 千米	直接转换成声音、超声、地球物理学 研究
5	低频	LF	30 - 300 千赫	长波	10 - 1 千米	国际广播、全向信标
6	中频	MF	300 - 3000 千赫	中波	1 - 100 米	调幅(AM)广播、全向信标、海事及航 空通讯
7	高频	HF	3 - 30 兆赫	短波	100 - 10 米	短波、民用电台
8	甚高频	VHF	30 - 300 兆赫	米波	10 - 1 米	调频(FM)广播、电视广播、航空通讯
9	特高频	UHF	300 - 3000 兆赫	分米波	1 米 - 100 毫米	电视广播、无线电话通讯、无线网络、 微波炉
10	超高频	SHF	3 - 30 吉赫	厘米波	100 - 10 毫米	无线网络、雷达、人造卫星接收
11	极高频	EHF	30 - 300 吉赫	毫米波	10 - 1 毫米	射电天文学、遥感、人体扫描安检仪

电子学与天文学结合的一个范例就是射电天文学，它应用高灵敏度的无线电接收机（见图 1-2）来探测宇宙中各种物质所辐射的谱线，并可探测可见光以外的辐射（见图 1-2）。近年来出现的类星体、脉冲星、星际分子和宇宙微波背景辐射都是依靠射电望远镜测得的。雷达天文学是 20 世纪 40 年代中期发展起来的，利用这一技术可以观测流星的分布，日、月、行星的自转和表面特征以及测定太阳系内天体间的距离等等。

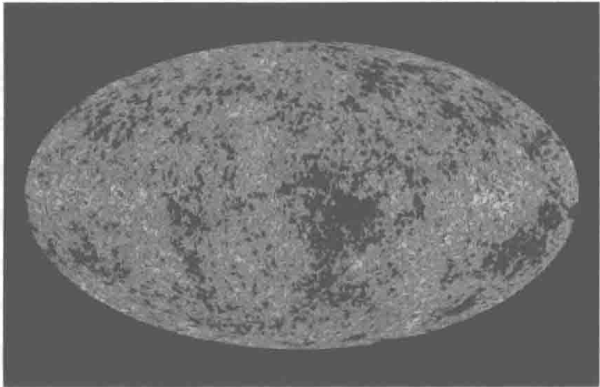
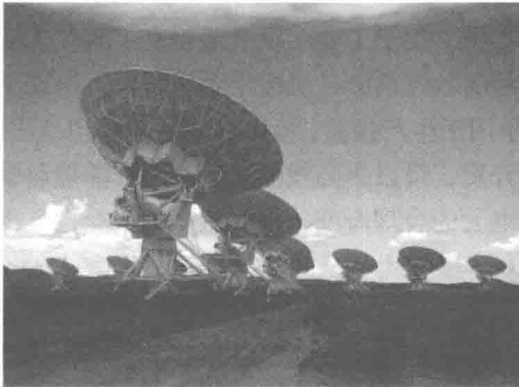


图 1-2（左）在美国新墨西哥州的无线电干涉仪；（右）利用无线电技术测得的宇宙微波背景辐射资料转换成的图像

此外，还有许多与电子学结合而产生的新学科，电子技术与第一次工业革命时代的蒸汽和纺织机一样，成了新的技术革命的催生婆。不过，电子技术的发展更快，影响更为巨大和久远。

电子技术的发展史表明，从大量的实验和实践中归纳出带有一定普遍性的经验规律，以基

本科学为指导,把经验上升为应用基本科学演绎、分析和综合的设计规划、工艺规划,导致新的发明,从而应用于生产实践和科学试验,并经受检验。电子技术的发展史还表明,新技术源于实践,从基本科学和应用基本科学来演绎、分析和综合,是当代先进的科学方法。

电子发展史是整个物质文明发展中极其重要的一部分,是人类用自己的聪明才智书写和创造的历史。科学技术发展到今天,已经为创造一个美好未来准备了十分坚实的物质条件。虽然人类迄今为止取得的成功充其量只能说是部分的成功,但他们在探索中获得的如此宝贵和重要的发现,足以使人类社会发生根本的变革。

1.4 电子学的应用

电子学是发展速度很快的学科之一。电子器件从电子管的发明到晶体管的发明经历了 44 年,而从晶体管发展到集成电路只用了 10 年。集成电路问世后,20 多年间,已从小规模集成发展到中规模集成和大规模集成,进而发展到超大规模集成,并出现了从单位、4 位一直到 32 位的微处理器。

通信技术也经历了多次划时代的进展。从电子学诞生以前的架空明线发展到电子学诞生初期的无线电;从长、中、短波扩展到超短波、微波,进而扩展到红外与可见光频段。与此同时,超长波也获得了应用:从微波中继到同轴电缆,直至现代的同步卫星中继,以至最近的光纤通信。多路通信以电话来说,一个频道已可通万路模拟电话和上千路的数字电话。通信的范围也在不断地扩大,从国内扩展到国际,从洲际扩展到全球,从近地空间发展到星际深空。

军用雷达的作用距离已增加了 2~3 个量级,对无应答器的不合作目标最远可达上万公里,对有应答器的合作目标可达几千万公里以上。几乎所有环绕地球的轨道目标都已置于雷达的监视之下。雷达的测量精度也提高了 2~3 个量级,精密跟踪雷达的测距精度已达米量级,测角精度已达毫弧量级。雷达的应用范围从军事扩展到气象、测绘、民航、水陆交通、城市建设和环境保护等民用各部门。

电子学还是应用和渗透范围很广的学科之一。电子学用于工业,极大地提高了现代工业的劳动生产率。电子技术与机械相结合产生了各种类型的数控机床、机械手和机器人,出现了由它们组合起来的全自动化的和柔性的生产线。电子学用于生产检验,可以有效地控制产品质量,指示产品设计和生产的改进方向。电子学用于油田开发,可以提高找油的成功率,并能科学地组织开采。电子学用于电力生产的管理,可以实现电力的合理调配,提高生产的安全性。电子学用于交通,可以引导船只、飞机安全航行。

电子学用于农业,也给农业带来了很大好处。气象对于农业至关重要,用无线电和雷达的方法可以搜集局部地区的气象资料,专用的气象卫星可以定期播发全球各地区的大范围云图,通信网用于传递气象情报,计算机用于气象情报处理并作出预报。利用遥感数据,可以获得土壤湿度、作物长势、病虫害等信息。电子学还可以用于作物的育种催芽和粮食的烘干加工。

电子学用于军事,提高了各种武器装备的性能,并深刻地影响着军事行为的方式。在现代武器装备中,电子设备所占比重不断增加。电子技术还是情报侦察、通信联络、分析决策、指挥控制等不可缺少的手段。正因为如此,一种无形的战争——电子战成了引人注目的战争形式。

电子学为科学研究提供了强有力的手段。天文学家利用巨型射电望远镜,把观测范围扩大到 200 亿光年的宇宙深处;地理学家用遥感的方法发现了撒哈拉沙漠浸没了的古河道;生物学家利用信息论的方法解释了生物遗传的奥秘——遗传密码;物理学家利用高灵敏度的天线接收系统发现了 2.7K 的宇宙背景辐射;化学家利用超高压电子显微镜已使观察分辨能力达到分子水平。各行各业的科学工作者利用联机检索系统和全球通信网可以从世界浩如烟海的资料库中迅速查询所需的资料。

电子学用于教育,给教育的现代化提供了许多新的技术。收音机、录音机、电视机、录像机作为教育手段已相当普遍,电子语言教室、程序教学机器、电视教育卫星已相继问世。由于知识的迅速更新和增加,终身教育的概念已经形成,以电子技术为核心的开放式学校在整个教育系统中占有的比重将会越来越高。

电子学用于医学,出现了各种类型的电子监护系统、物理治疗系统、辅助诊断系统以至医学专家系统。X 射线断层成像技术是 70 年代的重要科学进展之一,所采用的主要技术就是图像处理技术和高速大容量计算机。

电子学进入家庭,减轻了人们的家务劳动,使家庭生活更加丰富多彩。

人类社会正进入一个新的发展阶段,它是以信息的急剧膨胀为主要特征的阶段,一场以信息技术为主流的新的技术革命正在兴起。推动这一转变的正是电子学的最新成就,主角是微电子技术。各种信息作业无一不借助于电子科学技术来完成。人们今天广泛谈论的三 A 革命(即工厂自动化、办公室自动化、家庭自动化)以及三 C 革命(即通信、计算机、控制),也无一不是建立在电子学的基础之上的。正因为如此,许多国家把发展电子学,特别是微电子技术,作为自己的重要国策之一。

1.5 延伸阅读

必备的数学知识

一、科学计数法

在现代电子学中经常会遇到较大或是非常接近于 0 的较小的数,如:光的速度大约是 300000000 米/秒;纳米材料的尺寸大约是在 0.000000001-0.0000001m 之间。对这两种数而言,由于 0 太多,要写清楚是极其困难的,因此经常用幂的形式来表示较大和较小的数。科学记数法就是一种以幂的形式记数的方法。

在科学记数法中,一个数被写成一个 1 与 10 之间的实数 a 与一个 10 的 n 次幂的积:

$$a \times 10^n$$

其中: $1 \leq |a| < 10$ (如果 a 是一个比 1 少的小数,或比 10 大,皆可改变 n 来表达), n 是

一个整数。

如： $782300=7.823 \times 10^5$

$0.00012=1.2 \times 10^{-4}$

$10000=1 \times 10^4$

在电脑或计算器中一般用 E 或 e（Exponential）来表示 10 的幂：

$7.823E5=782300$

$1.2e-4=0.00012$

二、国际单位制

国际单位制（符号：SI，来自法语：Syst è me International d'Unit é s），源自公制或米制，旧称万国公制，是世界上最普遍采用的标准度量衡单位系统，采用十进制进位系统。国际单位制是 18 世纪末科学家的努力，最早于法国大革命时期的 1799 年被法国作为度量衡单位。国际单位制是在公制基础上发展起来的单位制，于 1960 年第十一届国际计量大会通过，推荐各国采用，其国际缩写为 SI。

国际单位制应用于世界各地。从官方角度而言，除美国、缅甸及利比亚未主要采用国际单位制外，其他国家均以国际单位制作为主要的度量衡系统。这其中包括绝大多数前英制国家，例如英国、加拿大、澳大利亚等英联邦，它们均在 20 世纪后半叶进行了向国际单位制的转换。在航空管制方面，国际上仍以使用英制为主（例如飞行高度以英尺为单位）。

国际单位制的基本单位是一系列由物理学家订定的基本标准单位。国际单位制共有七个基本单位。其他单位被称为国际单位制导出单位，是国际单位制的一部分，它们是从七个国际单位制基本单位导出，见表 1-2。

表 1-2 国际单位制基本单位

量	常用符号	单位名称	单位符号	量纲符号
长 度	l	米	m	L
质 量	m	千克（公斤）	kg	M
时 间	t	秒	s	T
电 流	I	安〔培〕	A	Q 或 I
热力学温度	T	开〔尔文〕	K	Θ
物质的量	n	摩〔尔〕	mol	N
发光强度	Iv	坎〔德拉〕	cd	J

国际单位制词头表示单位的倍数和分数，SI 倍数与分数词头见表 1-3。目前有 20 个词头，大多数是千的倍数或分数。

一些常用单位带词头的表示：

长度（m）：km, dm, cm, mm, μm, nm, fm

质量（g）：kg, dg, cg, mg

容积（L）：dL, cL, mL

频率（Hz）：MHz, kHz

压强（Pa）：MPa, kPa, hPa

信息量（Byte）：TB, GB, MB, kB

表 1-3 SI 倍数与分数词头

倍率	中文词头名称词	英文词头名称词	符号	开始使用年份
10 ²⁴	尧[它]	yotta	Y	1991
10 ²¹	泽[它]	zetta	Z	1991
10 ¹⁸	艾[可萨]	exa	E	1975
10 ¹⁵	拍[它]	peta	P	1975
10 ¹²	太[拉]	tera	T	1960
10 ⁹	吉[咖]	giga	G	1960
10 ⁶	兆	mega	M	1960
10 ⁴	万	myria	ma	1795
10 ³	千	kilo	k	1795
10 ²	百	hecto	h	1795
10 ¹	十	deca	da	1795
10 ⁰				
10 ⁻¹	分	deci	d	1795
10 ⁻²	厘	centi	c	1795
10 ⁻³	毫	milli	m	1795
10 ⁻⁶	微	micro	μ	1960
10 ⁻⁹	纳[诺]	nano	n	1960
10 ⁻¹²	皮[可]	pico	p	1960
10 ⁻¹⁵	飞[母托]	femto	f	1964
10 ⁻¹⁸	阿[托]	atto	a	1964
10 ⁻²¹	仄[普托]	zepto	z	1991
10 ⁻²⁴	幺[科托]	yocto	y	1991

第 2 章

从电到电池

2.1 电的认知

2.1.1 摩擦起电

在 2500 多年前，正当我国处于周朝时期，古希腊著名哲学家泰勒斯（约公元前 624 年 - 约公元前 546 年），在人类历史上第一次记载了摩擦起电现象。泰勒斯（图 2-1）拒绝依赖玄异或超自然因素来解释自然现象，对科学研究影响深远，因而被历史学者尊称为“科学之父”。当泰勒斯在爱琴海的海滩上散步时，不知出于什么原因，一种透明的黄褐色石块深深地吸引了这位学者。经过仔细的观察，他发现了一件有趣的现象：使劲摩擦石块后，这种石块竟能吸起麦秆的碎渣和羽毛的碎片或是他衣袍上扯下来的丝线。

在希腊文中，这种石块叫做“Elektran”，也就是现在称作“琥珀”的石块。现今英文及其他许多国家文字中的“电”，就是从 Elektran 这个希腊字源引过来的。

我国在东汉初期（公元 1 世纪时），王充（27 年 - 97 年）（图 2-1）在《论衡》一书中也曾记载了琥珀吸引草屑的摩擦起电现象。

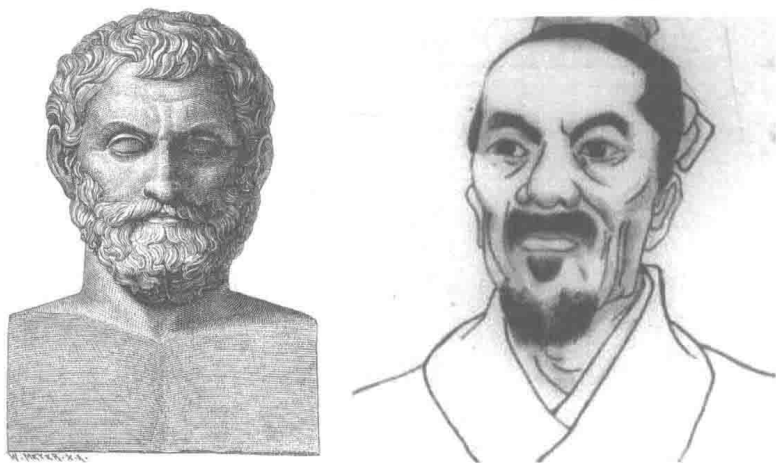


图 2-1 （左）泰勒斯；（右）王充

以后人们又陆续发现，不仅是琥珀经摩擦后能吸引轻小物体，而且其他许多种物体，像玻璃、火漆、硫磺和蜂蜡等，经过摩擦后同样能像琥珀那样吸引轻小物体。人们把此现象称作“摩擦起电”现象。人们开始设想：既然许多物体经摩擦后都能出现吸引轻小物体的现象，是不是

在这类物体中存在一种共同的东西呢？

2.1.2 正电和负电

此后又经过几代人相继的探索 and 不断的实验，人们发现使劲摩擦物体所产生的电（或者物体经摩擦后所带的电）有两种不同的类型。比如用绸布摩擦玻璃棒和用毛皮摩擦火漆棒后，发现玻璃棒带的电与火漆棒带的电是不一样的，人们把玻璃棒带的电称为“正电”，而火漆棒带的电叫做“负电”。如果使两个轻小的物体分别带上正电和负电（图 2-2），那么我们就可看到这两个物体将会相互吸引。如果使两个物体都带上正电，或者都带上负电，则可观察到这两个物体出现彼此排斥的现象。这就是著名的“异种电相吸引，同种电相排斥”的原理，见图 2-2。

因此，当我们已知某一物体带有正电或者负电时，就可以根据与该物体相吸引还是相排斥的原理，来测知另一个物体是带正电还是带负电。

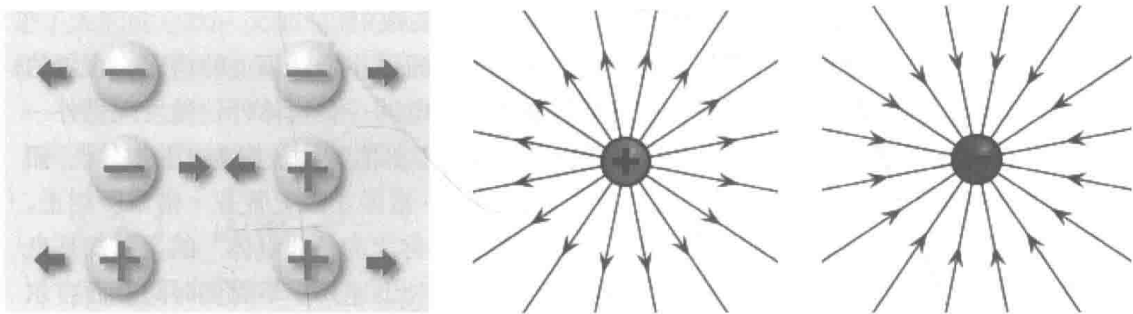


图 2-2 （左）两个电荷之间互相施加于对方的作用力：同性相斥，异性相吸；（中）一个正电荷与其电场线；（右）一个负电荷与其电场线

2.1.3 电体和非电体

泰勒斯以他哲学家的智慧和细心，早在 2500 多年前就发现了琥珀的摩擦起电现象，但他却犯了一个很大的错误，这个错误在历史上竟延续了 2100 多年之久。当泰勒斯发现琥珀摩擦起电现象之后不久，他就仔细地观察和研究天然磁石（即天然铁矿石，古代希腊人把这种天然矿石叫做魔石）吸引小铁片的现象。可惜泰勒斯把磁石吸住铁屑或小铁片的现象与琥珀吸引麦秆碎渣现象当作同一回事，并且他根据观察到的现象，说得头头是道，以致当时没有人怀疑他的这种说法是不正确的。

当权威者提出的见解是正确时，那么这种正确的见解将会像蒲公英毛茸茸的种子，随风飘扬，非常迅速地传播开去，在大地上生根发芽。先哲或权威的错误见解或学说却会禁锢人们的思想，以致一般人把谬误当成千真万确的教条予以信奉，这在历史上并不罕见。泰勒斯把电和磁两者完全视作同一码事的错误见解，以君临一切和不容怀疑的姿态统治科学界达 2100 多年。

直到 1600 年，英国有一位名叫威廉·吉尔伯特（William Gilbert，公元 1540 年 - 1605 年）的物理学家大胆地指出了泰勒斯的错误。吉尔伯特（图 2-3）写了一本名叫《论磁石》的书，在书中吉尔伯特把物体经摩擦后产生的对其他物体的吸力或斥力称作电力，而把磁石对铁屑的吸力称作磁力。在电磁学中，磁动势的单位吉伯（Gi）就是以他的名字命名的，以纪念他的贡献。他明确指出电力和磁力是两码事，带电体和磁石对其他物体的吸引是不同的现象。此外，吉尔伯特还把凡是能产生电的物体（即经摩擦后会出现吸引轻小物体现象的物体）统统称作“电