



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪高等教育计算机规划教材

COMPUTER

数据库实验指导

(第2版)

Database Experimental Guidance

- 杨海霞 主编
- 南志红 相洁 副主编
- 相万让 审

— 夯实基础——20个实验+9个设计，加强对基本概念、基本理论和基本技术的感性认识

— 培养能力——验证性+设计性+跨课程综合实验，由点及面到体，提升应用数据库的能力

— 求真创新——重点+难点+多种方式反复强调，引导学生多渠道完成任务，培养学生求真创新的精神



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21世纪高等教育计算机规划教材

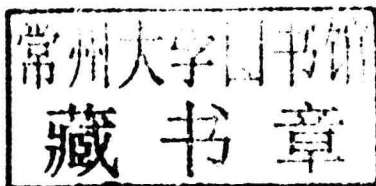
COMPUTER

数据库实验指导

(第2版)

Database Experimental Guidance

- 杨海霞 主编
- 南志红 相洁 副主编
- 相万让 审



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

数据库实验指导 / 杨海霞主编. -- 2版. -- 北京 :
人民邮电出版社, 2013. 8
21世纪高等教育计算机规划教材
ISBN 978-7-115-32119-0

I. ①数… II. ①杨… III. ①数据库系统—高等学校—教材 IV. ①TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第143999号

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材的再版。

作为数据库理论的实验指导教材,本书主要以大型数据库管理系统 SQL Server 2008 和数据库设计工具 PowerDesigner 15.1 为例,通过详尽的实验和训练来培养学生对数据库的应用、设计、开发及维护的能力。全书共分为基础篇、提高篇、设计篇、训练篇和实例篇 5 篇。本书最好与数据库的理论教材配合使用。

本书的特点是循序渐进、由浅入深。它从细微的验证性实验入手,然后进行关系数据库的设计与维护,直至最后设计与开发完整的数据库应用程序,从而使读者不仅了解数据库本身,而且清楚数据库与其他先修及后续课程的联系;不仅理解理论知识,而且能够熟练应用。本书配有大量的训练题目,既便于教师教学,又便于学生自学。

本书可作为高等学校计算机及相关专业的数据库实验教材,也可供从事数据库应用技术的开发人员参考。

-
- ◆ 主 编 杨海霞
 - 副 主 编 南志红 相 洁
 - 审 相万让
 - 责任编辑 邹文波
 - 责任印制 彭志环 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 12.75 2013 年 8 月第 2 版
字数: 336 千字 2013 年 8 月河北第 1 次印刷
-

定价: 29.80 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

人类历史中，信息技术的发展经历了五次革命。第一次是语言的产生；第二次是文字的产生，标志着人类信息的存储与传播取得了重大突破；第三次是造纸术和印刷术的发明；第四次是电报、电话、广播电视的发明与普及；第五次是计算机技术与通信技术的快速发展与广泛应用。信息技术（Information Technology, IT）是以微电子和光电技术为基础，以计算机和通信技术为支撑，以信息处理技术为主题的技术系统的总称，是一门综合性的技术。

信息技术是指应用信息科学的原理与方法，有效地实现信息的获取、存储、传递、处理等功能的技术，它主要包括传感技术、通信技术、计算机技术和控制技术等；信息技术在信息处理环节上分为信息采集技术、信息传递技术和信息处理技术。信息技术能够延长或扩展人的信息功能。信息技术可能是机械的，也可能是激光的；可能是电子的，也可能是生物的。本书以电子信息技术为核心，介绍电子信息技术中的传感技术、电子技术基础、信号处理技术、通信技术、自动控制技术和计算机技术等。

本书是针对刚入大学校门的信息类专业新生开设的一门专业导论课程和非信息专业的学生开设的公共选修课程而编写的。为了使新生对信息科学技术领域所包含的各个学科、各个领域有一个整体的、较为全面的了解，对信息科学技术各个主要学科方向的发展历史、发展现状及发展趋势等有一个比较全面的认识，使学生对电子技术、传感技术、信号处理技术、通信技术、自动控制技术、计算机技术以及新一代信息技术等有一个比较明确的概念，作者在总结多年教学实践的基础上编写了本书。

本书注重选材，内容丰富，层次分明，通俗易懂。在清楚阐述基本概念、基本原理和基本分析方法的同时，更加注重知识在实际生活中的应用，以大量图或表的形式来展现知识结构的原理和关系，列举了一些电子信息技术在工业、农业、国防中应用的典型例子。

本书在编写过程中得到了武汉理工大学信息学院王虹教授，阙大顺教授，沈维聪副教授，胡君萍副教授和阮军副教授的支持，他们对本书提出了很好的宝贵意见；本书还得到了研究生金克琼、杨爱龙、李辰、李旋、张宇敏、胡婷、柯海舟、李晖、杨洋、付颜哲等同学的帮助。在编写本书的过程中参考了大量的电子信息文献，作者对这些文献作者表示真诚的感谢。

本书的编写得到了武汉理工大学信息学院的大力支持，作者在此表示衷心的感谢！

由于作者水平有限，书中难免存在缺点和疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2013年6月

目 录

第 1 章 电子信息技术发展史	1
1.1 电的发现与发展	1
1.1.1 电的发现	1
1.1.2 电的效应	4
1.1.3 欧姆定理实验	7
1.1.4 电磁波的发现	7
1.2 电子线路元件的发展	9
1.2.1 电子的发现	9
1.2.2 电子管	10
1.2.3 晶体管	11
1.2.4 集成电路	12
1.3 通信技术的发展	12
1.3.1 早期通信方式	12
1.3.2 近代通信技术	13
1.3.3 现代通信技术	19
1.3.4 通信技术发展方向	19
1.4 计算机的发展	20
1.4.1 机械计算机的发明	20
1.4.2 电子计算机诞生	21
1.4.3 晶体管计算机的发展	22
1.4.4 集成电路计算机的发展	22
1.4.5 电子计算机智能化趋势	23
1.5 自动控制理论的发展	24
1.5.1 经典（自动）控制理论	24
1.5.2 现代控制理论的形成和发展	28
1.5.3 控制理论几个重要分支	29
本章结束语	30
第 2 章 传感器技术	31
2.1 传感器基础	31
2.1.1 传感器的基本概念	31
2.1.2 传感器的作用	32
2.1.3 传感器的分类	34

2.2	传感器的数学模型	35
2.2.1	静态模型	35
2.2.2	动态模型	35
2.3	传感器的基本特性	36
2.3.1	静态特性	36
2.3.2	动态特性	39
2.4	传感器的应用	39
2.4.1	力传感器	39
2.4.2	磁电式传感器	40
2.4.3	温度传感器	41
2.4.4	光传感器	42
2.4.5	红外线传感器	43
2.4.6	生物传感器	43
2.4.7	汽车导航	44
2.5	传感器的发展趋势	45
	本章结束语	47
第3章	电子技术基础	48
3.1	电路基础	48
3.1.1	电路和电路模型	48
3.1.2	基尔霍夫定律	50
3.1.3	电路中的常用定理	51
3.2	模拟电子线路技术	51
3.2.1	PN结工作原理	52
3.2.2	半导体二极管	53
3.2.3	半导体三极管	56
3.2.4	场效应管	57
3.2.5	模拟电子电路的基础应用	59
3.3	数字电路技术	61
3.3.1	数字电路的基本概念与特征	62
3.3.2	数字电路分类	62
3.3.3	基本逻辑电路	62
3.3.4	数字电路的应用	63
3.4	集成电路技术	64
3.4.1	集成电路的分类	65
3.4.2	集成电路设计流程	67
3.4.3	集成电路芯片制造工艺	68
3.5	微电子系统设计	69
3.5.1	设计方法分类	70

3.5.2	门阵列	71
3.5.3	可编程阵列逻辑 (PAL)	71
3.5.4	通用阵列逻辑 (GAL)	71
3.5.5	现场可编程门阵列 (FPGA)	71
3.5.6	专用集成电路 (ASIC)	72
3.5.7	片上系统 (SoC) 设计	72
	本章结束语	73
第 4 章	信号的分析及处理技术	74
4.1	信号分析基础	74
4.1.1	信号的定义与描述	74
4.1.2	信号分析和处理的目的及方法	75
4.1.3	信号的分类	78
4.1.4	典型信号及其基本特性	81
4.1.5	系统的概念	81
4.1.6	系统的分类	82
4.2	语音信号处理	83
4.2.1	语音信号处理的基本内容	84
4.2.2	语音信号处理的应用及发展方向	87
4.3	数字图像处理	87
4.3.1	数字图像处理的基本内容	88
4.3.2	数字图像处理的特点	91
4.3.3	数字图像处理的应用	92
4.4	盲信号处理	95
4.4.1	盲源分离的方法	96
4.4.2	盲源分离的应用	96
4.5	计算机视觉	97
4.5.1	计算机视觉的基本研究内容	98
4.5.2	计算机视觉的应用	100
4.5.3	计算机视觉的挑战及发展方向	103
	本章结束语	104
第 5 章	信息传输技术	105
5.1	信息传输基础	105
5.1.1	通信的定义	105
5.1.2	通信系统一般模型	106
5.1.3	通信系统分类	108
5.1.4	多路复用技术	112
5.2	信号的编码与解码	114

5.2.1	信源编码	115
5.2.2	信道编码	116
5.3	信号的调制与解调	118
5.3.1	调制与解调	118
5.3.2	模拟调制	120
5.3.3	数字调制	121
5.4	信号的传输通道	124
5.4.1	有线传输	125
5.4.2	无线传输	127
	本章结束语	132
第 6 章	信息交换及网络技术	133
6.1	信息交换基础	133
6.2	信息交换方式	135
6.2.1	电路交换	135
6.2.2	报文交换	136
6.2.3	分组交换	137
6.2.4	ATM 交换	138
6.2.5	光交换	139
6.3	计算机网络	140
6.3.1	计算机网络系统的组成	140
6.3.2	计算机网络分类	141
6.4	计算机网络体系结构	143
6.4.1	网络中数据的传递过程	143
6.4.2	OSI 参考模型	145
6.5	局域网和广域网	146
6.6	网络的硬件设备	147
6.6.1	主体设备	147
6.6.2	连接设备	148
6.6.3	网络软件系统	150
6.7	局域网架构	151
	本章结束语	152
第 7 章	计算机科学与技术	153
7.1	计算机科学基础	153
7.2	计算机系统的组成结构	154
7.2.1	计算机的硬件系统	154
7.2.2	计算机的软件系统	157
7.2.3	计算机的主要性能指标	158

7.3	软件工程	158
7.3.1	软件的发展	158
7.3.2	软件危机	159
7.3.3	软件工程的概 念	159
7.3.4	软件工程的三要素	160
7.3.5	软件生命周期	160
7.4	计算机应用技术	165
7.4.1	指令系统	165
7.4.2	计算机语言	166
7.4.3	计算机操作系统	168
7.4.4	计算机的应用领域	168
7.5	未来计算机的发展	170
	本章结束语	172
第 8 章	自动控制技术	173
8.1	自动控制系统基础	173
8.1.1	自动控制的基本方法	174
8.1.2	自动控制系统的设计流程	176
8.2	自动控制系统的分类	177
8.2.1	按输入信号特征分类	177
8.2.2	按所使用的数学方法分类	178
8.3	自动控制理论的研究内容及方法	179
8.3.1	研究内容	179
8.3.2	研究方法	179
8.4	自动控制系统的性能指标	180
8.4.1	系统的稳定性	180
8.4.2	系统的稳态性能指标	181
8.4.3	系统的动态性能指标	181
8.5	自动控制技术的应用	182
	本章结束语	184
第 9 章	新一代信息技术	185
9.1	概述	185
9.2	下一代通信网络	186
9.3	物联网技术	187
9.4	三网融合	190
9.5	新型平板显示技术	192
9.6	高性能集成电路技术	195
9.7	云计算及服务	198

9.8	3D 打印技术	200
9.9	新一代信息技术的发展	201
	本章结束语	204
第 10 章	电子信息工程专业的培养目标与人才素质要求	205
10.1	电子信息工程专业的历史演变	205
10.2	电子信息工程专业的学科内涵	206
10.3	电子信息工程专业的培养目标	206
10.3.1	培养目标	206
10.3.2	培养要求	206
10.3.3	学科与方向	206
10.4	电子信息工程专业的知识体系	207
10.4.1	教育内容和知识体系	207
10.4.2	基础知识体系及内容	208
10.4.3	主要课程	209
10.4.4	主要实践性教学环节	209
10.4.5	与相近专业的关系	209
10.5	电子信息工程专业对所培养人才的素质要求	210
10.6	高等院校的教学计划	212
10.6.1	高等院校的培养任务	212
10.6.2	高等院校的教学特点	213
	本章结束语	214
	参考文献	215

第1章

电子信息技术发展史

人们在生产劳动和日常生活中，每天都离不开“电”和“电子信息技术”。夜间，电流通过电灯，发出光亮，照亮了千家万户，照耀着城乡大地；人们坐在电视机前，欣赏着精彩的文艺演出，观看激动人心的体育比赛，了解世界各地发生的新闻；在钢铁厂、石化厂、自来水厂等各种工厂里，电流使各种机器运转，生产出各种生产和生活用品；电气化列车满载着乘客或货物，行驶在四通八达的城乡铁路网上……如果没有“电”和“电子信息技术”，世界将会是一片黑暗，人们可能仍然生活在“刀耕火种”的原始状态。

从电子信息技术的发展历程中，我们可以感受到科学技术发展的艰辛及科学技术对社会发展的巨大推动力。

1.1 电的发现与发展

1.1.1 电的发现

1. 摩擦起电

“电”一词在西方是从希腊文琥珀一词转意而来的，是能的一种形式，它包括了许多种由于电荷的存在或移动而产生的现象，自然界的闪电就是其中一种。最早关于电的记载可追溯到公元前6世纪，在公元前585年，希腊哲学家泰勒斯记载了用木块摩擦过的琥珀能够吸引碎草等轻小物体。后来又有人发现摩擦过的煤玉也具有吸引轻小物体的能力。在以后的两千多年中，这些现象被看成与磁石吸铁一样，属于物质具有的性质。

1600年，英国物理学家吉伯发现，不仅琥珀和煤玉摩擦后能吸引轻小物体，相当多的物质经摩擦后也都具有吸引轻小物体的性质（见图1-1），他注意到这些物质经摩擦后并不具备磁石那种指南北的性质。为了表明与磁性的不同，他采用琥珀的希腊字母拼音把这种性质称为“电的”。

大约在1660年，马德堡的盖利克发明了第一台摩擦起电机。他用硫黄制成形如地球仪的可转动球体，用干燥的手掌摩擦转动球体，使之获得电。盖利克的摩擦起电机经过不断改进，在静电实验研究中起着重要的作用，直到19世纪霍耳茨和推普勒分别发明感应起电机（见图1-2）后才被取代。

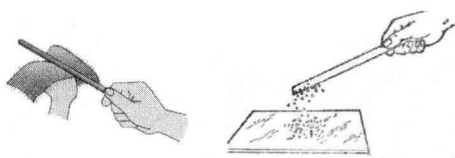


图 1-1 摩擦起电

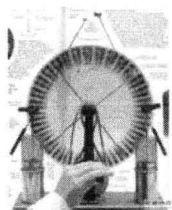


图 1-2 感应起电机

2. 伽伐尼青蛙实验

1780年,意大利的解剖学家伽伐尼偶然观察到与金属相接触的蛙腿发生抽动。伽伐尼(见图 1-3)在实验室解剖青蛙,把剥了皮的蛙腿,用刀尖碰蛙腿上外露的神经时,蛙腿剧烈地痉挛,同时出现电火花(见图 1-4)。后来他多次实验研究发现,在动物体内存在着某种电,如果使神经和肌肉与两种不同的金属接触,再使这两种金属相接触,这种电就会被激发出来。进一步的实验使伽伐尼认为蛙的神经中有电源,很可能是从神经传到肌肉的特殊的“电流质”引起的“动物电”。每根肌纤维就是一个小电容器,放电时便产生收缩。青蛙腿上的神经受到了电刺激,产生新的生物电,后者沿神经传导到肌肉,引起了肌肉的紧张收缩,发出了电流,人们把这种电流称为“伽伐尼电流”。



图 1-3 意大利解剖学家伽伐尼

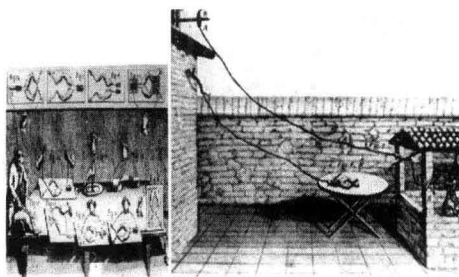


图 1-4 伽伐尼的青蛙实验

3. 库仑扭秤

很久以前,人们已经知道电荷只有两种,同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。但是这种相互排斥或吸引的力非常小,难以测量,两千多年来人们始终无法了解这种力的规律。1785年,库仑(见图 1-5)设计了精巧的扭秤实验(见图 1-6),利用有弹性的细小纤维扭转变形,测量微小的力,发现了它们遵循的规律。这种相互吸引或排斥的力,与两个小球所带电量的乘积成正比,与两个小球之间距离的平方成反比。库仑用自己发明的扭秤建立了静电学中著名的库仑定律,为了纪念这位探索电的先驱,人们把电量的单位称为“库仑”。

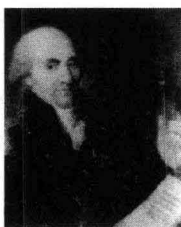


图 1-5 法国物理学家库仑

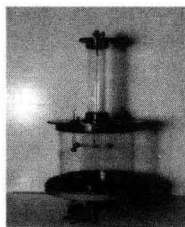


图 1-6 库仑扭秤

4. 莱顿瓶与伏打电堆

1745年，荷兰莱顿大学的物理学教授穆申布鲁克发明了能保存静电的莱顿瓶。莱顿瓶是一个玻璃瓶，瓶的外面和瓶内均贴上像纸一样的银箔，把摩擦起电装置所产生的电用导线引到瓶内的银箔上面，而把瓶外壁的银箔接地，这样就可以使电在瓶内聚积起来(见图1-7)。如果用一根导线把瓶内的银箔和瓶外壁的银箔连接起来，则产生放电现象，引起电火花，发出响声，并伴随着一种气味。莱顿瓶的发明，为科学界提供了一种储存电的有效的方法，为进一步深入研究电的现象提供了一种新的强有力的手段。

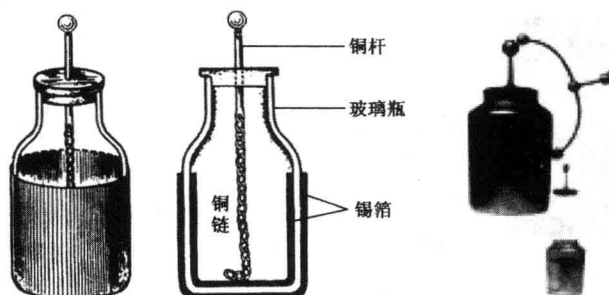


图 1-7 莱顿瓶

18世纪后期电学的另一个重要的发展是意大利物理学家伏打(见图1-8)发明了电池，在这之前，电学实验只能用摩擦起电机的莱顿瓶进行，而它们只能提供短暂的电流。1792年，伏打对伽伐尼青蛙实验进行了仔细研究之后，认为蛙腿的抽动是一种对电流的灵敏反应。电流是两种不同金属插在一定的溶液内并构成回路时产生的，而肌肉提供了这种溶液。基于这一思想，1799年，他制造了第一个能产生持续电流的化学电池，其装置为一系列按同样顺序叠起来的银片、锌片和用盐水浸泡过的硬纸板组成的柱体，叫做伏打电堆(见图1-9)。他在一封写给皇家学会会长班克斯(1743—1820)的著名信件中介绍了他的发明，用的标题是《论不同导电物质接触产生的电》。电堆能产生连续的电流，它的强度的数量级比从静电起电机得到的电流大，由此开始了一场真正的科学革命。为了纪念这位杰出的科学家，人们把电压的单位定为“伏特”。伏特简称伏，符号是V。伏打电池可以说是伏打赠给19世纪的宝贵礼物。他的这个发明为电流效应的应用开创了前景，并很快成为进行电磁学和化学研究的有力工具。



图 1-8 意大利物理学家伏打

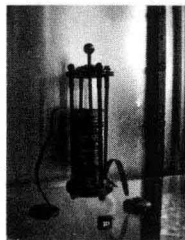


图 1-9 伏打电堆

5. 富兰克林风筝实验

莱顿瓶的发明使物理学第一次有办法得到很多电荷，并对其性质进行研究。1746

年,英国伦敦一名叫柯林森的物理学家,通过邮寄向美国费城的本杰明·富兰克林赠送了一只莱顿瓶,并在信中向他介绍了使用方法,这直接导致了1752年富兰克林著名的费城实验。他做了一个把风筝放到雷雨云里去的实验。他用金属丝把一个很大的风筝放到云层里去,金属丝的下端接了一段绳子,另外金属丝上还挂了一串钥匙。当时富兰克林一只手拉住绳子,用另一只手轻轻触及钥匙。于是他立即感到一阵猛烈的冲击(电击),同时还看到手指和钥匙之间产生了小火花(见图1-10)。这个实验表明:被雨水湿透了的风筝的金属线变成了导体,把空中闪电的电荷引到手指与钥匙之间,这在当时是一件轰动一时的大事。

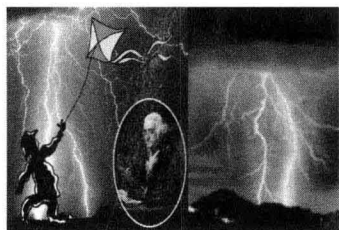


图 1-10 富兰克林的风筝实验

为什么富兰克林的这一实验会引起这样的轰动?因为当时社会上对于雷电有一种恐惧心理,大多数人认为雷电是“上帝之火”,是天神发怒的表现。富兰克林在美国费城的实验惊动了教会,他们斥责他冒犯天威,是对上帝和雷公的大逆不道。然而,他仍然坚持不懈,而且在一年后制造出世界上第一个避雷针,终于制服了天电。由于教堂高高耸立的塔尖常被雷电所击,教会为了保护教堂,最终也不得不采用了这个“冒犯天威”的装置。富兰克林的这个

实验,不仅在美国有很大的影响,也影响到世界其他国家。

1.1.2 电的效应

1. 奥斯特电流磁效应

丹麦物理学家、化学家奥斯特(见图1-11)根据已发现一些电可能会发生磁的迹象,坚信电磁间有联系,并开展电是否能产生磁的研究。1820年4月的一天,奥斯特在一次讲演快结束的时候,抱着试试看的心情又做了一次实验。他把一条非常细的铂导线放在一根用玻璃罩罩着的小磁针上方,接通电源的瞬间,发现磁针跳动了一下(见图1-12)。这一跳使有心的奥斯特喜出望外,竟激动得在讲台上摔了一跤。以后的两个月里,奥斯特闭门不出,设计了几十个不同的实验,都证实了通电导线周围存在磁场。同年7月,奥斯特发表了《关于磁体周围电冲突的实验》论文,向学术界宣布了电流的磁效应,整个物理学界都震动了。



图 1-11 丹麦物理学家奥斯特

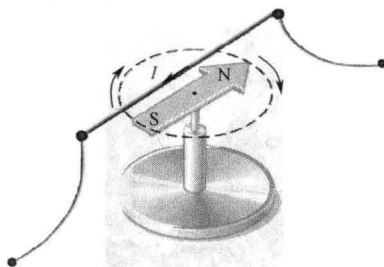


图 1-12 电流磁效应

2. 安培电流磁效应与分子电流假说

1820年7月,奥斯特发表关于电流磁效应的论文后,法国化学家安培(见图1-13)报告了他的实验结果:通电的线圈与磁铁相似。9月25日,他报告了两根载流导线存在相互影

响，相同方向的平行电流彼此相吸，相反方向的平行电流彼此相斥（见图 1-14），并进一步发现了通电螺线管与条形磁铁的等效性（见图 1-15）。通过一系列经典的和简单的实验，他认识到磁是由运动的电产生的。他用这一观点来说明地磁的成因和物质的磁性。他提出分子电流假说（见图 1-16）：电流从分子的一端流出，通过分子周围空间由另一端注入；非磁化的分子的电流呈均匀对称分布，对外不显示磁性；当受外界磁体或电流影响时，对称性受到破坏，显示出宏观磁性，这时分子就被磁化了。



图 1-13 法国化学家安培

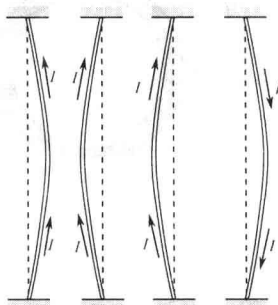


图 1-14 载流直导线相互作用

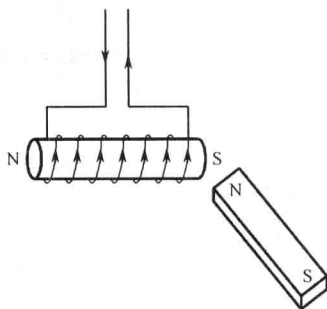


图 1-15 载流螺线管与条形磁铁等效

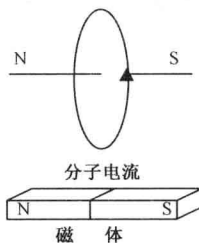


图 1-16 安培分子电流假说

为了进一步说明电流之间的相互作用，1821~1825 年，安培做了关于电流相互作用的 4 个精巧的实验，并根据这 4 个实验导出两个电流元之间的相互作用力公式。1827 年，安培将他的电磁现象的研究综合在《电动力学现象的数学理论》一书中，这是电磁学史上一部重要的经典论著，对以后电磁学的发展起了深远的影响。为了纪念安培在电学上的杰出贡献，电流的单位安培是以他的姓氏命名的。

在科学高度发展的今天，安培的分子电流假说已成为认识物质磁性的重要依据。

3. 法拉第电磁感应

英国著名物理学家、化学家法拉第（见图 1-17）经过近 10 年的努力，于 1831 年发现了电磁感应现象。他把磁产生电的现象称为“电磁感应”，并且概括了可以产生感应电流的几种途径：电流变化、磁场变化、流过恒定电流的导线空间位置变化、磁

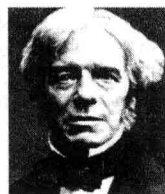


图 1-17 英国著名物理学家、化学家法拉第

场运动及使导体在磁场中运动。这里的关键技术是：产生感应电流的回路都是处在一个变化的磁场中，一旦磁场变化停止，感应电流就消失（见图 1-18）。

实际上，法拉第已经告诉了人们发电的 5 种方法，其中第五种已经成为今天全世界共同采用的发电方式，目前人们使用的电主要用这种方法得到。电磁感应现象的应用例子如图 1-19 和图 1-20 所示。

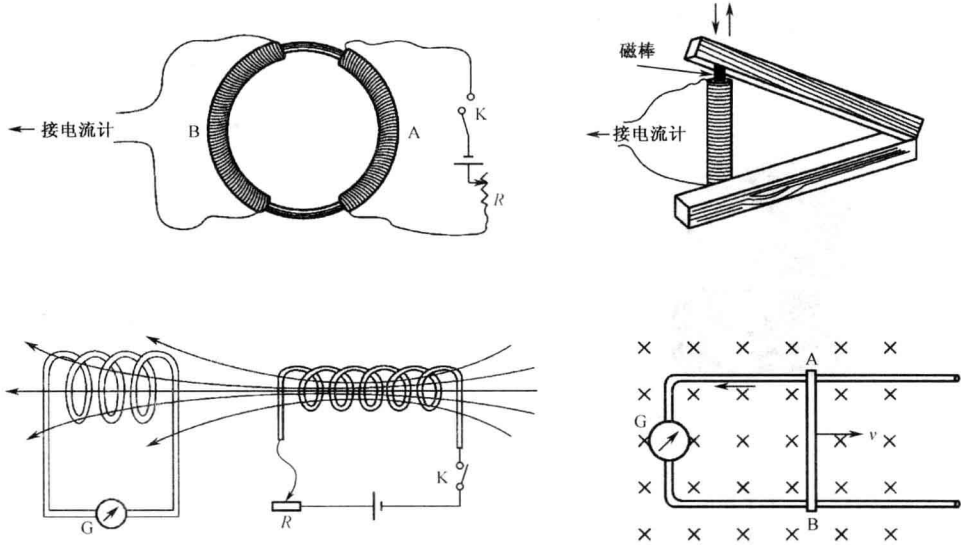


图 1-18 产生感应电流

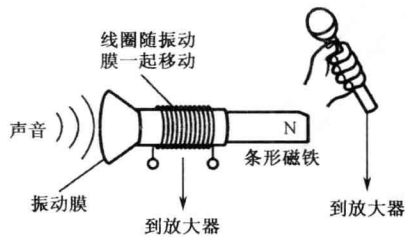


图 1-19 麦克风

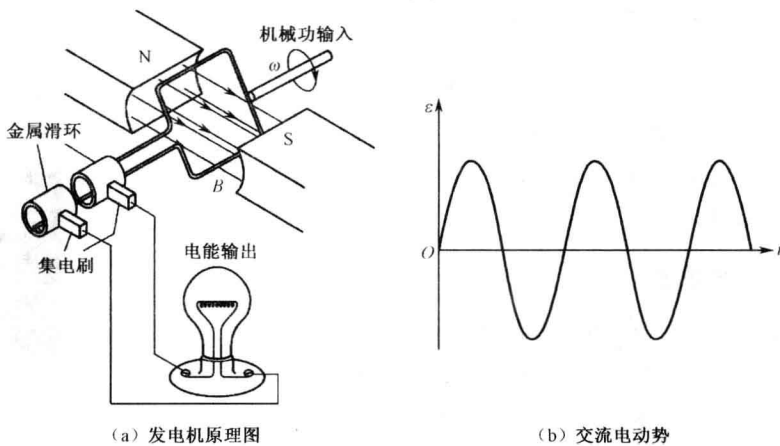


图 1-20 发电机原理

1.1.3 欧姆定理实验

1825年5月,德国物理学家欧姆(见图1-21)研究探讨了电流产生的电磁力的衰减与导线长度的关系,其结果在他的第一篇科学论文中发表,在这个实验中,他碰到了测量电流强度的困难。在德国科学家施威格发明的检流计启发下,他把奥斯特关于电流磁效应的发现和库仑扭秤方法巧妙地结合起来,设计了一个电流扭力秤,用它测量电流强度。欧姆从初步的实验中证实,电流的电磁力与导体的长度有关。随后,在实验中改变电路上的电动势中,他发现,电荷在导体中流动遵从一种十分简单的规律:电流和电压成正比。电压和电流之间的比例系数称做电阻,它表示导体对电荷流动所呈现的“阻力”(见图1-22)。电动势与电阻之间的依存关系,就是欧姆定律。欧姆的发现奠定了电路研究的基础,但当时德国学术界不承认他的成果,拒绝发表他的研究报告,权威们认为“电学中没有如此简单的规律,而且欧姆只不过是一名中学教员”。直到1841年,欧姆的工作才引起德国学术界的重视。两年之后,他离开了人世。人们为了纪念他,把电阻的单位定为“欧姆”,“欧姆”已经成为今天电学中使用频率最高的词汇之一。



图 1-21 德国物理学家欧姆

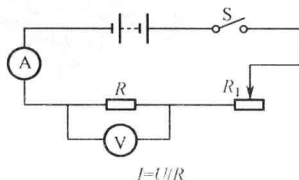


图 1-22 欧姆定理实验电路图

1.1.4 电磁波的发现

1. 麦克斯韦方程组

法拉第无疑是一位伟大的实验家,有丰富的想象力,但他的一系列观点还缺乏严格的数学形式,在理论上不够严密。加上当时在学术界中,“超距作用”的传统观念还很深,所以当时学术界对法拉第的学说表示出冷漠、甚至非议。可是年轻的麦克斯韦却有与众不同的眼光,他体会到了“场”的引入的革命性意义。他被法拉第的成果所吸引。在1856年以后,他致力于用数学语言翻译和表述电磁场的运动规律。

麦克斯韦(见图1-23)通过对前人的发现和成果加以总结和升华,以及结合位移电流概念的引入,创造性地提出了变化电场可在周围激发磁场的假设,把物理与数学紧密结合,利用类比方法建立了描写电磁场运动规律的麦克斯韦方程组(见图1-24)。由麦克斯韦方程组出发,根据交变的电场(或磁场)可在周围产生交变磁场(或电场),预言了电磁波。他认为这种交变电磁场可不断由振源向远处传播开来,电磁振荡在空间的传播就形成了电磁波(见图1-25)。

麦克斯韦的电磁理论首次综合和发展了前人工作,给出了一个描写“电磁场”运动的完美的统一方程;充分反映了电场与磁场及时间空间的对称性;数学形式简单优美,充分体现了物理学的“美”及数学的重要性;更重要的是,科学家正是利用数学方法从庞杂的经验事实中找出自然界普遍的高于感性经验的客观规律。