

电子信息与电气学科规划教材·电子电气基础课程

# 电子信息工程概论

杨 杰 主编 张中洲 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY <http://www.phei.com.cn>

# 电子信息工程概论

杨杰 主编

张中洲 副主编

電子工業出版社

**Publishing House of Electronics Industry**

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书主要介绍电子信息技术发展史、传感器技术、电子技术基础、信号的分析及处理技术、信息传输技术、信息交换及网络技术、计算机科学与技术 and 自动控制系统；另外，还介绍电子信息工程在工业、农业、国防和交通领域的应用，特别对电子信息在上海世博会中围绕安全可靠、整合先进的信息化理念、综合利用信息技术、推进 IT 技术创新的创新亮点，通过具体的应用事例加以展示；最后，介绍电子信息工程专业的培养目标与人才素质要求。

本书可作为信息类专业的专业导论课程和非信息类专业公共选修课程的教材，也可作为普及电子信息技术的科普型读物，可供高中以上文化程度的人员阅读、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

电子信息工程概论/杨杰主编. —北京: 电子工业出版社, 2010.9

ISBN 978-7-121-11573-8

I. ①电… II. ①杨… III. ①电子技术—高等学校—教材 ②信息技术—高等学校—教材 IV. ①TN②G202

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 157607 号

策划编辑: 董亚峰

责任编辑: 徐 萍

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订:

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: 13.5 字数: 345.6 千字

印 次: 2010 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 25.00 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。

质量投诉请发邮件至 [zlbs@phei.com.cn](mailto:zlbs@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 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。本教材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、计算机技术等有一个比较明确的概念，作者在总结多年教学实践体会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

2010年6月



# 目 录

## 前言

## 上篇 硬盘维修实例

第 1 章	希捷 (Seagate) 硬盘故障维修实例 .....	3
1.1	实例 1: 结合输出电路图, 维修由电源引脚氧化导致的电脑启动不认硬盘的故障 .....	4
1.2	实例 2: 结合电气图调整引脚, 维修硬盘数据接口接触不良的故障 .....	8
1.3	实例 3: 通过电路补焊与数据线调整, 维修在 BIOS 中无法检测到硬盘的故障 .....	12
1.4	实例 4: 维修由活动分区丢失导致的启动时无法找到系统的故障 .....	17
1.5	实例 5: 通过电烙铁补焊, 维修硬盘电源接口引脚断连故障 .....	20
1.6	实例 6: 维修由 CMOS 电池插座氧化导致的磁盘错误 .....	25
1.7	实例 7: 通过刷新固件维修开机无响应且界面卡死的故障 .....	29
1.8	实例 8: 维修由接口引脚氧化导致的系统间歇性不认硬盘的故障 .....	33
第 2 章	西部数据 (WD) 硬盘故障维修实例 .....	37
2.1	实例 9: 使用专业修复软件修复西数 640GB 蓝盘无法删除数据的故障 .....	38
2.2	实例 10: 掌握 RAID 控制芯片及 BIOS 的使用, 维修组建 RAID 0 失败的故障 .....	44
2.3	实例 11: 更换电路板, 维修硬盘主控芯片烧毁故障 .....	49
2.4	实例 12: 更换元器件, 维修由控制电路短路导致的主板不通电故障 .....	53
2.5	实例 13: 维修由主控电路接触不良导致的文件丢失故障 .....	57
2.6	实例 14: 通过开盘调整, 维修由硬盘运行中强行关机导致的磁头卡死故障 .....	62
2.7	实例 15: 通过调整连接触点, 维修硬盘开机异响故障 .....	67
2.8	实例 16: 利用跳线帽, 维修升级硬盘时系统提示“初始化失败”的故障 .....	70
第 3 章	日立 (HITACHI) 硬盘故障维修实例 .....	77
3.1	实例 17: 利用数据线与 RAID 设置, 维修日立 T7K250 硬盘复制文件时死机的故障 .....	78
3.2	实例 18: 磁盘格式化, 维修硬盘 NTFS 分区无故丢失的故障 .....	81
3.3	实例 19: 通过 SATA 硬盘控制器设置, 维修日立 2TB 硬盘无法格式化的故障 .....	85
3.4	实例 20: 利用 HDD Regenerator 软件维修硬盘的“逻辑坏道” .....	90
3.5	实例 21: 结合电路图增加 USB 独立供电, 维修系统不认移动硬盘故障 .....	94
3.6	实例 22: 开启 USB 2.0 控制器, 解决日立移动硬盘复制文件过慢的问题 .....	100
第 4 章	三星 (Samsung) 硬盘故障维修实例 .....	105
4.1	实例 23: 维修硬盘盘符自动创建文件故障 .....	106



4.2	实例 24: 调整变形外壳, 维修由硬盘盒变形导致的系统不认设备的故障	112
4.3	实例 25: 维修硬盘被识别为移动硬盘的故障	117
4.4	实例 26: 利用 MHDD, 维修硬盘运行时内部发出异响的故障	123
4.5	实例 27: 维修硬盘的“物理坏道”	126
4.6	实例 28: 更换 USB 接口及增加独立供电, 维修移动硬盘无法读取数据的故障	130
4.7	实例 29: 重建分区表, 维修硬盘分区丢失故障	134
<b>第 5 章</b>	<b>移动硬盘与固态硬盘故障维修实例</b>	<b>141</b>
5.1	实例 30: 调整启动设备顺序, 维修连接移动硬盘后不能进入系统的故障	142
5.2	实例 31: 维修无法正常卸载 USB 移动硬盘的故障	146
5.3	实例 32: 维修系统无法识别 USB 设备的故障	149
5.4	实例 33: 解决移动硬盘内文件名出现乱码的问题	154
5.5	实例 34: 利用 HDDEraser 软件维修 Intel X25-M 固态硬盘因长期使用性能下降的故障	158
5.6	实例 35: 维修 SSD 硬盘分区自动改为共享的故障	163

## 下篇 数据恢复实例

<b>第 6 章</b>	<b>典型硬盘数据故障恢复实例</b>	<b>171</b>
6.1	实例 36: 使用 RAID Reconstructor 软件恢复因磁盘阵列 (RAID5) 损坏而丢失的文件	172
6.2	实例 37: 通过开盘恢复因磁头卡住而丢失的数据	176
6.3	实例 38: 利用 Power Data Recovery 软件恢复误删除的图片	181
6.4	实例 39: 使用 Disk Edit (DE) 软件恢复因硬盘零磁道损坏而丢失的文件	185
6.5	实例 40: 使用 EasyRecovery 软件恢复因误删除操作而丢失的硬盘文件	189
6.6	实例 41: 使用 Fdisk /mbr 命令恢复因硬盘主引导区损坏而丢失的数据	192
6.7	实例 42: 使用 DiskGenius 软件解决由分区表损坏导致的文件无法访问的问题	195
6.8	实例 43: 使用 WinHex 软件恢复因 DBR (操作系统引导记录区) 损毁而丢失的数据文件	200
6.9	实例 44: 使用 HDD Regenerator Shell 软件恢复因出现物理坏道而丢失的文件	203
<b>第 7 章</b>	<b>硬盘音视频、文本、压缩文件损坏修复实例</b>	<b>209</b>
7.1	实例 45: 使用 MotionPerfect 软件修复损坏的 AVI 文件	210
7.2	实例 46: 使用 CD/DVD Data Recovery 软件修复损坏的 DVD 文件	215
7.3	实例 47: 使用 MP3 Repair Tool 软件修复音质受损的 MP3 文件	219
7.4	实例 48: 使用 RMVB 文件修复向导软件修复不可拖动的 RMVB 文件	223
7.5	实例 49: 使用 WordRecovery 软件修复显示乱码的 Word 文件	227
7.6	实例 50: 使用 Advanced Excel Repair 软件修复损坏的 Excel 文件	232
7.7	实例 51: 使用 RAR Recovery Toolbox 软件修复损坏的 RAR 文件	236



第 8 章 硬盘存储及备份文件丢失恢复实例 .....	241
8.1 实例 52: 使用 D-Recovery 软件, 恢复因误删分区而丢失的文件 .....	242
8.2 实例 53: 使用 DiskRecovery 软件, 恢复因格式化而丢失的文件 .....	246
8.3 实例 54: 使用 Data Explore 软件, 恢复因调整分区容量而丢失的文件 .....	251
8.4 实例 55: 使用 Active File Recovery 软件, 恢复已删除的图片文件 .....	255
8.5 实例 56: 使用 Recuva 软件, 恢复因合并分区而丢失的文本文件 .....	259
8.6 实例 57: 使用 DiskGenius 软件, 恢复因误格式化移动硬盘而丢失的文件 .....	263
8.7 实例 58: 使用 R-Studio 软件, 恢复因缩小分区容量而丢失的文件 .....	267
第 9 章 移动数码及周边设备数据恢复实例 .....	273
9.1 实例 59: 使用 FinalRecovery 软件恢复移动硬盘中的文件 .....	274
9.2 实例 60: 使用 EasyRecovery 软件恢复存储卡中的照片 .....	278
9.3 实例 61: 使用 Recover My Files 软件恢复 MP3 播放器中的文件 .....	282
9.4 实例 62: 使用 PCTools File Recover 软件恢复 DC 中的照片 .....	285
9.5 实例 63: 使用“数码摄像机视频文件恢复专家”软件恢复 DV 视频 .....	289
9.6 实例 64: 使用 EasyRecovery 软件恢复 U 盘中的 Word 文档 .....	293
9.7 实例 65: 使用 DiskGenius 软件恢复因 U 盘格式化而丢失的文件 .....	296
9.8 实例 66: 使用 FileRecoveryAngel 软件恢复 U 盘中的文件 .....	299
9.9 实例 67: 使用 DiskRecovery 软件恢复 U 盘中的视频文件 .....	303
9.10 实例 68: 使用 BadCopy Pro 软件恢复损坏的 DVD 视频文件 .....	306
9.11 实例 69: 使用 CD/DVD Data Recovery 软件恢复 CD 光盘中的文件 .....	310
9.12 实例 70: 使用 R-Studio 软件恢复 E71 手机中的 MP3 文件 .....	313
附录 A 硬盘故障提示信息 .....	319
附录 B 硬盘故障代码表 .....	321

本章结束语	93
<b>第 5 章 信息传输技术</b>	<b>94</b>
5.1 信息传输基础	94
5.1.1 通信的定义	94
5.1.2 通信系统一般模型	95
5.1.3 通信系统分类	97
5.1.4 多路复用技术	101
5.2 信号的编码与解码	103
5.2.1 信源编码	104
5.2.2 信道编码	105
5.3 信号的调制与解调	106
5.3.1 调制与解调	107
5.3.2 模拟调制	109
5.3.3 数字调制	110
5.4 信号的传输通道	112
5.4.1 有线传输	114
5.4.2 无线传输	116
本章结束语	121
<b>第 6 章 信息交换及网络技术</b>	<b>122</b>
6.1 信息交换基础	122
6.2 信息交换方式	124
6.2.1 电路交换	124
6.2.2 报文交换	125
6.2.3 分组交换	126
6.2.4 ATM 交换	127
6.2.5 光交换	128
6.3 计算机网络	129
6.3.1 计算机网络系统的组成	129
6.3.2 计算机网络分类	130
6.4 计算机网络体系结构	132
6.4.1 网络中数据的传递过程	132



6.4.2	OSI 参考模型	134
6.5	局域网和广域网	135
6.6	网络的硬件设备	136
6.6.1	主体设备	136
6.6.2	连接设备	137
6.6.3	网络软件系统	139
6.7	局域网架构	140
	本章结束语	141
<b>第 7 章</b>	<b>计算机科学与技术</b>	<b>142</b>
7.1	计算机科学基础	142
7.2	计算机系统的组成结构	143
7.2.1	计算机的硬件系统	143
7.2.2	计算机的软件系统	146
7.2.3	计算机的主要性能指标	147
7.3	软件工程	147
7.3.1	软件的发展	147
7.3.2	软件危机	148
7.3.3	软件工程的概 念	148
7.3.4	软件工程的三要素	149
7.3.5	软件生命周期	149
7.4	计算机应用技术	154
7.4.1	指令系统	154
7.4.2	计算机语言	155
7.4.3	计算机操作系统	157
7.4.4	计算机的应用领域	157
	本章结束语	159
<b>第 8 章</b>	<b>自动控制技术</b>	<b>160</b>
8.1	自动控制系统基础	160
8.1.1	自动控制的基本方法	161
8.1.2	自动控制系统的设计流程	163
8.2	自动控制系统的分类	164

8.2.1	按输入信号特征分类	164
8.2.2	按所使用的数学方法分类	165
8.3	自动控制理论的研究内容及方法	166
8.3.1	研究内容	166
8.3.2	研究方法	166
8.4	自动控制系统的性能指标	167
8.4.1	系统的稳定性	167
8.4.2	系统的稳态性能指标	168
8.4.3	系统的动态性能指标	168
8.5	自动控制技术的应用	169
	本章结束语	171
<b>第9章</b>	<b>电子信息技术的应用与展望</b>	<b>172</b>
9.1	智能交通中的应用	172
9.1.1	汽车电子及导航	172
9.1.2	智能交通系统	174
9.2	工业与农业中的应用	175
9.2.1	智能电网	175
9.2.2	农业信息化	176
9.3	军事中的应用	177
9.4	物联网技术	178
9.5	电子技术在上海世博会中的应用	179
9.5.1	世博让通信进入“4G”时代	180
9.5.2	世博让手机“刷起来”	181
9.5.3	吉祥“海宝”闪耀世博	181
9.5.4	信息通信馆展示未来	182
9.6	电子信息工程技术发展的展望	183
9.6.1	微电子技术向系统集成方向发展	183
9.6.2	光电子发展趋势	184
9.6.3	分子、生物、传感电子技术发展趋势	186
9.6.4	存储/显示电子技术发展趋势	187
9.6.5	智能化、高性能、综合化发展趋势	188
	本章结束语	189

<b>第 10 章 电子信息工程专业的培养目标与人才素质要求</b> .....	190
10.1 电子信息工程专业的历史演变.....	190
10.2 电子信息工程专业的学科内涵.....	191
10.3 电子信息工程专业的培养目标.....	191
10.3.1 培养目标.....	191
10.3.2 培养要求.....	191
10.3.3 学科与方向.....	192
10.4 电子信息工程专业的知识体系.....	192
10.4.1 教育内容和知识体系.....	192
10.4.2 基础知识体系及内容.....	193
10.4.3 主要课程.....	194
10.4.4 主要实践性教学环节.....	194
10.4.5 与相近专业的关系.....	194
10.5 电子信息工程专业对所培养人才的素质要求.....	195
10.6 高等院校的教学计划.....	197
10.6.1 高等院校的培养任务.....	197
10.6.2 高等院校的教学特点.....	198
本章结束语.....	198
<b>参考文献</b> .....	200

# 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。

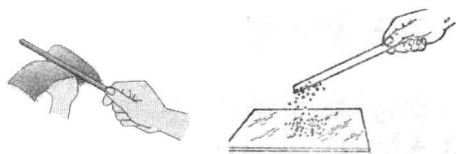


图 1-1 摩擦起电

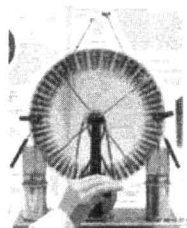


图 1-2 感应起电机

## 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

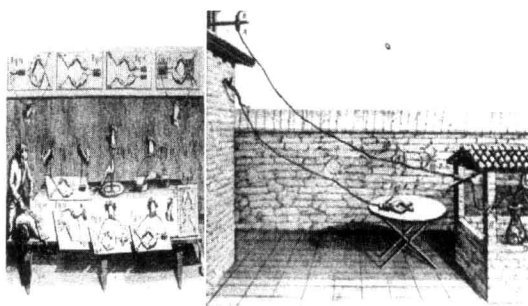


图 1-4 伽伐尼的青蛙实验

## 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”。

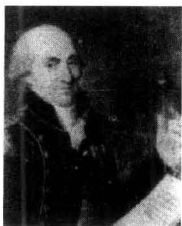


图 1-5 法国物理学家库仑



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。

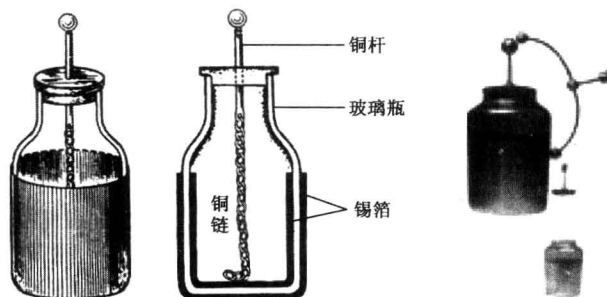


图 1-7 莱顿瓶

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

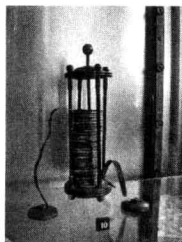


图 1-9 伏打电堆

#### 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。

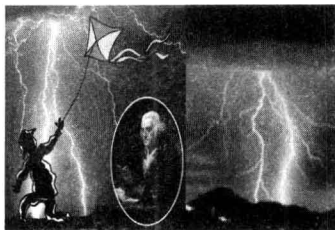


图 1-10 富兰克林的风筝实验

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

### 1.1.2 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

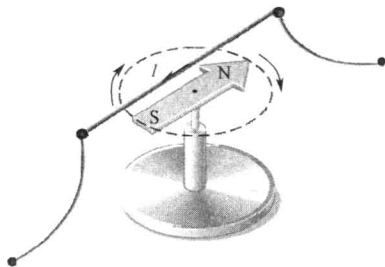


图 1-12 电流磁效应

#### 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

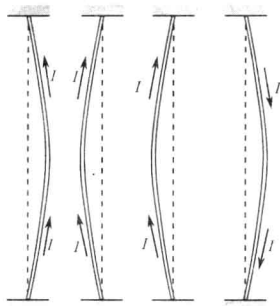


图 1-14 载流直导线相互作用

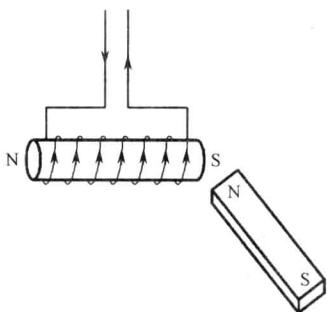


图 1-15 载流螺线管与条形磁铁等效

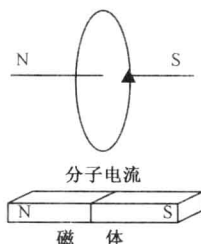


图 1-16 安培分子电流假说

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



图 1-17 英国著名物理学家、化学家法拉第



且磁场变化停止，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。

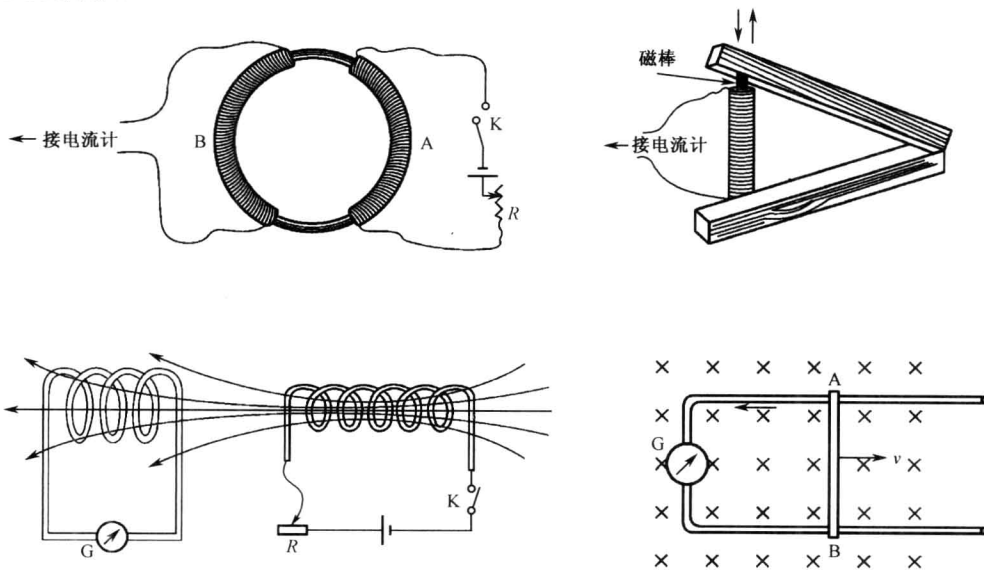


图 1-18 产生感应电流

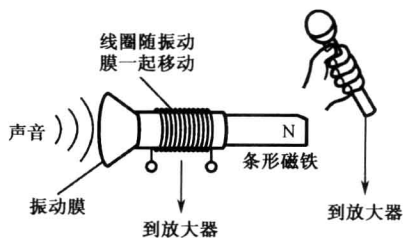


图 1-19 麦克风

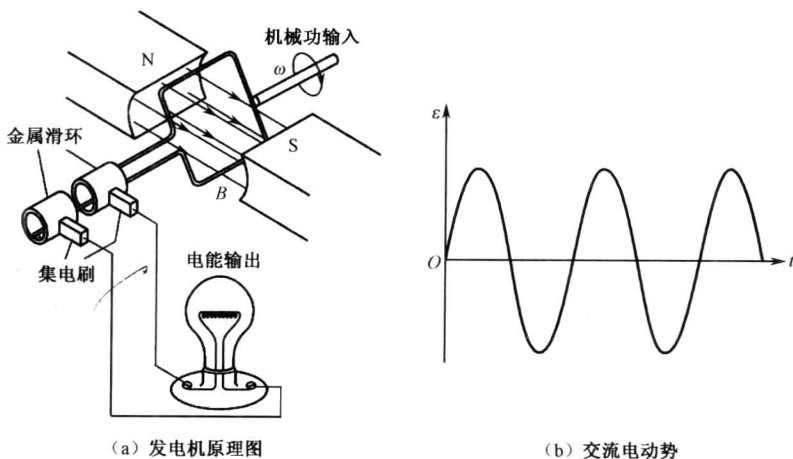


图 1-20 发电机原理