

省级精品资源共享课建设规划教材
普通高等教育机电类课程规划教材

电气信息专业导论

主编 邱小林 罗中华 杨扬 许玲



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

省级精品资源共享课建设规划教材
普通高等教育机电类课程规划教材

电气信息专业导论

主 编：邱小林 罗中华 杨 扬 许 玲
副主编：郑阳宁 王自敏 吴熊伟 程晓玲
参 编：王 春 陈洋安 方 婷

内 容 简 介

本书为省级精品资源共享课建设规划教材,其内容丰富、资料翔实,对专业的演化脉络描述得比较清晰,对专业领域进行了全景式的介绍,展示了电气信息专业的应用前景。全书共分 11 章,比较详尽地介绍了电子、电气信息工程的基础知识及其在国民经济中的地位和作用,电力工业的特点,国内外电力工业发展的差距,电力系统及其组成,高电压与绝缘技术的基本任务及其特点,电力电子技术及其应用前景,我国电力通信系统的现状与未来,自动化控制系统的组成和类型,建筑电气与智能楼宇等专业基本知识。

本书可作为高等院校电子、电气类专业的本科教材,也可作为高职高专和函授的相关教材,同时可作为对电类专业知识感兴趣的读者的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电气信息专业导论 / 邱小林等主编. —北京:北京理工大学出版社, 2015. 9

ISBN 978 - 7 - 5682 - 1063 - 8

I. ①电… II. ①邱… III. ①电子技术 - 高等学校 - 教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 192004 号



出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京富达印务有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 8

字 数 / 179 千字

版 次 / 2015 年 9 月第 1 版 2015 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 19.00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前言

电气信息专业具有悠久的历史。19 世纪上半叶安培发现电流的磁效应、法拉第发现电磁感应定律, 19 世纪下半叶麦克斯韦创立的电磁理论为电气工程奠定了基础。19 世纪末到 20 世纪初, 西方国家的大学陆续设置了相关专业来传播、应用和发展与电气工程相关的知识。1908 年, 上海交通大学前身——南洋大学堂设置了电机专修科, 这是我国大学最早的电气工程专业, 至今已经超过一个世纪。经过 100 多年的不断发展, 电气工程专业已逐步发展成为一个独立的学科, “电气信息专业导论” 课程正是沿着这样一条线索而逐步多侧面展开的。

在本书中, 通过介绍电磁学理论的建立和通信技术的进步以及电气工程理论与技术的发展, 对电气科学技术艰难发展与复杂演化的漫长历程以及科学家在其中所经历的失败、蒙难、突破与成功的介绍, 着重引导学生深切感受前辈科学家们实事求是的科学态度, 认真学习他们勇于探索的理性怀疑思想, 大力弘扬他们无畏攀登的科学献身精神, 以使学生一进入大学就置身于科学探索的强大引力场中, 不断受到各种令人鼓舞的科学发现的冲击, 从而建立起为科学创新而献身的高尚情怀与坚韧毅力, 并且要从电气工程发展的历史中获得各自的独立见解。

“电气信息专业导论” 这门课程是伴随着现代高等教育思想的日益变革和科技飞跃发展的脚步应运而生的, 因此, 它具有非常鲜明的时代特征并强烈体现着现代高等教育的核心思想, 即通才教育与创新精神。通过这门课程的教学, 可以使刚入学的大一学生对所选专业的特点与学习方法有比较深入和全面的了解, 在大学教育的初期阶段就积极引导学生的专业学习兴趣, 培养学生的基本专业素养与专业精神, 并且使学生对自己将要从事的电气工程及其自动化专业的过去、现在与未来以及该专业的人才培养目标、教学计划、课程体系与骨干课程等产生深刻的认识, 从而为自己的四年学习制定详尽、明确的规划以取得尽可能好的学习效果, 掌握更加全面与精深的专业知识。

本书的编写大纲由邱小林、罗中华等主持制定。第一、二章由邱小林编写; 第三、十章由杨扬编写; 第八、九章由罗中华编写; 第四章由许玲编写; 第五、六、七、十一章由郑阳宁、王自敏、吴熊伟等编写; 全书的插图由程晓玲绘制; 王春、陈洋安、方婷等也参与了本书的编写工作。

南昌大学、南昌理工学院、江西电力职业技术学院等院校的多名专家对本书的编写工作提出了宝贵意见; 厦门宸鸿科技有限公司等企业为本书的编写提供了支持和帮助。

编者

目 录

第一章 电气信息学科概况	1
第一节 电气信息学科基本情况	1
第二节 电气信息学科在我国高等教育中的地位	2
第三节 大学的教学	3
第四节 大学的学习	3
第二章 电磁学与通信技术的起源和发展	5
第一节 人类对电磁现象的早期研究	5
第二节 电流磁效应的研究	7
第三节 电磁感应的发现	9
第四节 电磁场理论的建立	10
第五节 通信技术的进步	12
第三章 电工技术的产生和发展	16
第一节 电工技术的初期发展	16
第二节 电工理论的建立	19
第三节 电与新技术革命	23
第四节 新理论、新材料对电工技术的影响	32
第四章 电能的生产和利用	34
第一节 现有的发电类型	34
第二节 新型发电方式	37
第三节 发电、供电和用电的基本设备	47
第四节 电能的利用	52
第五章 国内外电力工业概况	57
第一节 电力工业发展概况	57
第二节 中国电力工业的发展	59
第三节 电力工业的特点	61
第四节 电力工业在国民经济发展中的地位	62
第六章 电力系统的组成	65
第一节 电力系统及其组成	65
第二节 发电厂	67
第三节 变电站	70
第七章 高电压与绝缘技术	72
第一节 高电压与绝缘技术的产生和发展	72
第二节 高电压与绝缘技术的基本任务及特点	74

第三节 高电压与绝缘技术的理论基础及主要研究内容	74
第四节 我国高等学校的高电压与绝缘技术专业	75
第五节 高电压新技术及其在其他领域中的应用	75
第八章 电力电子与电气传动技术	76
第一节 电力电子技术	76
第二节 电气传动技术	81
第九章 通信技术与通信系统	85
第一节 通信系统的组成	85
第二节 通信技术的发展	85
第三节 通信领域的新技术	91
第四节 电力通信网	94
第五节 我国电力通信的现状	96
第六节 电力通信面临的机遇与挑战	97
第十章 自动化	100
第一节 自动化的概念和应用	100
第二节 自动化和控制技术发展历史简介	101
第三节 自动控制系统的组成和类型	104
第四节 自动化的现状与未来	105
第五节 自动化类专业介绍	108
第十一章 智能楼宇	110
第一节 建筑电气概述	110
第二节 建筑电气技术的产生、特点和发展趋势	111
第三节 智能楼宇的定义和基本功能	112
第四节 智能楼宇系统组成	114
第五节 智能楼宇的现状与未来	116
参考文献	118

第一章

电气信息学科概况

第一节 电气信息学科基本情况

一、术语简介

科学：科学（Science）是运用范畴、定理、定律等思维形式反映现实世界各种现象的本质和规律的知识体系，是社会意识形态之一。按研究对象的不同可分为自然科学、社会科学和思维科学，以及总结和贯穿于3个领域的哲学和数学。

技术：技术（Technology）是指人类运用自然科学原理和根据生产实践经验来改变或控制其环境的手段和行动，它是人类活动的一个专门领域。技术的任务是利用自然和改造自然，以其生产的产品为人类服务。

工程：工程（Engineering）是指应用科学知识使自然资源更好地为人类服务的专门技术。但工程不等于技术，它还受到政治、经济、法律、美学、环境等非技术因素的影响。技术存在于工程之中。

系统：系统（System）是指由相互关联、相互制约、相互影响的一些部分组成的具有某种功能的有机整体。随着科学技术的发展，出现了许多复杂的大型系统。例如，电力系统，它由许多各种类型发电厂、输电网、配电网、负载构成的一个庞大系统，其功能是发电、输电、配电和用电；互联网系统、交通系统、生态系统等也都是当今世界上的大型系统。某一大系统内部，还可以包含多层次子系统。

信息：信息（Information）是指符号、信号或消息所包含的内容，用来消除人们对客观事物认识的不确定性。信息是人们与客观世界相互作用过程中与客观世界进行交换的内容的名称。

控制：控制（Control）是指为了改善系统的性能或达到特定目的，通过信息采集、加工而施加到系统的作用。有些系统可以进行人工控制或干预，称为可控制系统；反之则为不可控制系统。可控制系统由控制部分和受控部分组成，两者间由双向信息流来联系。

管理：管理（Management）是指为了充分利用各种资源来达到一定目标而对社会或其组成部分施加的一种控制。

二、电气信息专业的基本内涵

经过 100 多年的发展,电气信息学科已成为学科的覆盖面广,学科理论体系已经逐渐完善,其工程实践成功,应用领域宽广的一门独立学科。它给人类社会的许多方面带来了巨大而深刻的影响。

传统的电气工程定义为“用于创造产生电气与电子系统的有关学科的总和”。但随着科学技术的飞速发展,21 世纪的电气工程概念已经远远超出了上述定义的范畴。从广义上讲,电气信息学科涵盖的主要内容是研究电磁现象的规律及应用有关的基础科学、技术科学及工程技术的综合。这包括电磁形式的能量、信息的产生、传输、控制、处理、测量及其相关的系统运行,设备制造技术等多方面的内容。

三、电气信息学科的发展趋势

信息技术的进步将对电气信息学科发展产生决定性影响。电气信息学科与物理科学的相互交叉面拓宽,将为电气信息学科发展带来新的机遇。快速变化的新技术、新方法将为电气信息学科提供更科学的技术方案。

电气信息学科注重理论与工程实践相结合,加强理论基础,拓宽专业知识面。随着电气信息科技进步和自动化水平的提高,电气信息学科专业技术人才必须掌握信息技术、自动化技术和计算机技术。

第二节 电气信息学科在我国高等教育中的地位

电气信息学科是现代科技领域中的核心学科之一,更是当今高新技术领域中不可缺少的关键学科。从某种意义上讲,电气信息学科的发达程度代表着国家的科技进步水平。我国知名的部属大学中,多数学校都设置有电气工程与自动化专业(或电气工程及其自动化专业)。

全国设置电气信息专业的大学数量在逐年增多:1994 年有 90 所学校;时隔 5 年后的 1999 年上升为 123 所学校;再过两年后的 2001 年增加到 163 所学校;到 2006 年更是猛增至 276 所学校。近 10 年来,我国设置电气信息专业的大学数迅速增加,一方面,说明了我国对电气信息专业人才的需求相当旺盛;另一方面,说明电气信息专业在我国高等教育中占据十分重要的地位。

我国的电气信息学科的高等教育应转变教育思想和教育观念,使电气信息专业人才培养模式符合社会的实际需求;对国内外电气信息专业高等教育开展调查、比较研究,使人才培养方案和教学计划既符合国情也兼顾与国际接轨;对教学内容、课程体系进行整合与优化,建设面向 21 世纪课程的优秀教材;注重培养学生的实践能力和创新能力。

第三节 大学的教学

一、大学教学任务

高等学校的主要任务是教学和科研，而教学任务主要体现在以下几个方面：

- ①传授科学文化知识。
- ②提高学生综合素质。
- ③帮助学生树立科学世界观。

以上各项教学任务，是相互联系、相互影响的。传授知识是基础，形成科学的世界观是方向，增强体质是保证，培养大学生的综合能力是最终目标。

二、大学教学特点

- ①教学进度快。
- ②教学形式多。
- ③教学内容系统性强。
- ④教与学关系相对松散。
- ⑤学生拥有更多自由时间。

第四节 大学的学习

一、学习过程

学习过程是一个心理活动过程，是把认知活动与意向活动相结合，互相促进、协调发展的过程。在这个心理活动中，知识、技能、认知因素、意向因素结合在一起，简称为学习过程“四结合”。一个完整的学习过程可分为学习、保持和再现3个阶段，保持和再现的性质是由学习的性质决定的。若学习是机械的，保持和再现也必定是机械的。

学习的过程包括知识学习过程和技能学习过程。

二、影响学习的因素

- ①智力因素。
- ②学习的目的性。
- ③学习方法。
- ④环境因素。
- ⑤经济条件。

三、大学学生的学习方法

- ①确立目标、激发动机。

- ②调控心理、优化心境。
- ③科学用脑、提高效率及时复习、增强记忆。
- ④科学运筹、巧用时间。

作业:

- 1.1 电气信息学科的主要任务是什么? 电气信息学科包含哪些二级学科方向?
- 1.2 简述电气信息学科在我国高等教育中的地位。

第二章

电磁学与通信技术的起源和发展

第一节 人类对电磁现象的早期研究

一、人类对电磁现象的早期观察

- ①在古代中国，人们认为有雷公电母这些神仙用雷电作为惩罚坏人的武器。
- ②欧洲斯堪的纳维亚半岛人相信雷电是雷神的锤子在敲打。
- ③希腊人则认为雷电是宙斯发怒时的吼声和射出的箭。
- ④早在 3000 多年前中国的殷商时期，甲骨文中就有了“雷”和“電”的形声字，西周初期，在青铜器上就已经出现了加雨字头的“電”字。
- ⑤2500 年前，希腊学者泰勒斯（Thales of Miletus）记录下毛皮与琥珀互相摩擦后，毛皮和琥珀吸引轻小物体的现象。
- ⑥中国东汉时期，王充（公元 27—97 年）在《论衡》中记载“顿牟掇芥，磁石引针”。
- ⑦王充在《论衡》中还写道：“夫雷，火也。……阴阳分事则相校軫，校軫则激射，激射为毒，中人则死，中木木折，中屋屋毁。”
- ⑧东晋时期，郭璞在《山海经图赞》中解释说：“磁石吸铁，玳瑁取芥，气有潜通，数有冥合。”
- ⑨在汉墓中出土的司南是最早应用磁现象的实物，如图 2-1 所示。



图 2-1 司南的复制模型

二、人类对电磁现象的早期实验研究

①英国医生、电磁学研究的先驱者吉尔伯特 (William Gilbert, 1544—1603) 发现天然磁石摩擦铁棒, 能使铁棒磁化。吉尔伯特是第一位用科学实验证明电磁现象的科学家 (图 2-2), 他用实验验证了大地磁场的存在; 1600 年在他撰写的《地磁论》一书中指出, 磁针指南是由于地球本身是一个巨大磁体; 他还由希腊文“琥珀” (κεχρημύρι) 创造了英文的“电” (electrical) 一词并沿用到 1646 年。

②1663 年, 德国物理学家盖利克 (Oho von Guericke, 1602—1686) 研制出摩擦起电的简单机器。

③1729 年, 英国学者格雷 (Stephen Gray, 1670—1736) 发现电可以沿金属导线传输。他在对电荷传递的研究中, 发现电的传导性能并不取决于物体的颜色, 而取决于构成物体的物质类别。格雷还进行了第一个使人体带电的实验, 证明人体是电性物体。

④1733 年, 法国化学家杜菲 (Du Fay, 1693—1739) 通过实验发现电荷有两种, 分别称为“正电”和“负电”。

⑤荷兰莱顿大学物理学教授马森布罗克 (Pieter Vn Musschenbrock, 1692—1761) 与德国卡明大教堂副主教冯·克莱斯特 (Ewald Georg Von Kleist, 1700—1748) 分别于 1745 年和 1746 年独立研制出储电瓶——莱顿瓶。

⑥1747 年, 美国人富兰克林 (Benjamin Franklin, 1706—1790) (图 2-3) 通过实验提出了电荷守恒原理。1749—1752 年, 富兰克林通过实验揭开雷电现象的秘密, 统一了“天电”和“地电”, 证明了“天电”和“地电”的性质完全相同, 还提出了关于避雷针的建议。



图 2-2 电磁学先驱
吉尔伯特

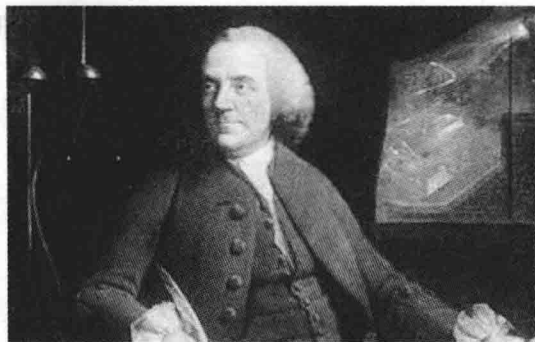


图 2-3 科学家富兰克林

⑦1785 年, 法国工程师、物理学家库伦 (Charles Augustin Coulomb, 1736—1806) (图 2-4) 用扭秤测量静电力和磁力, 建立了著名的库伦定律。

⑧意大利生理学家伽伐尼 (Luigi Galvani, 1737—1798) (图 2-5) 是研究生物电的先驱, 致力于神经对刺激的感受研究。他宣称动物组织能产生电, 虽然他的理论被证明是错

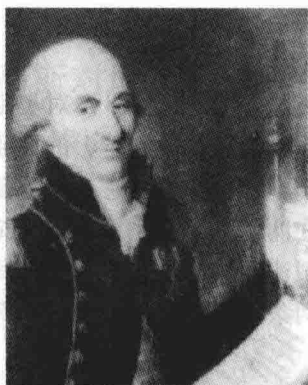


图 2-4 物理学家库伦

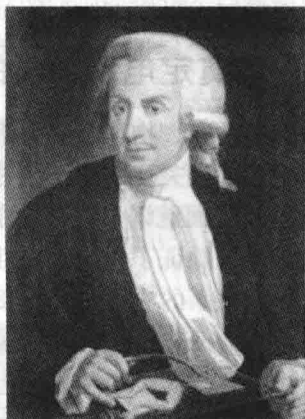


图 2-5 生理学家伽伐尼

的，但他的实验却促进了对电学的研究。

⑨1799 年意大利物理学家伏特 (Count Alessandro Volta, 1747—1827) (图 2-6) 发明了“伏特电池”。1798 年他经过潜心研究后认为，伽伐尼的电流不是来源于动物，把任何潮湿物体放在两个不同金属之间都会产生电流。这一发现直接导致伏特在一年后的发明——世界上第一个电池。电动势、电位差、电压的单位“伏特”就是用他的姓氏命名的。

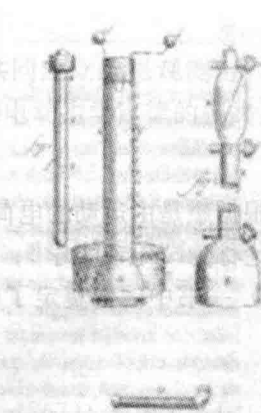
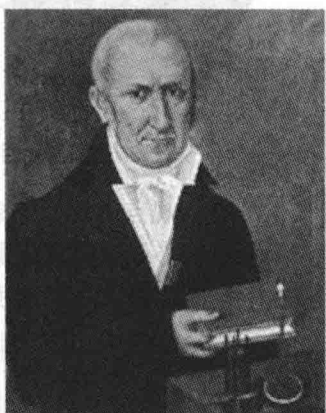


图 2-6 物理学家伏特及伏特发明的电堆

第二节 电流磁效应的研究

一、奥斯特发现电流的磁效应

在 1820 年春天的一个夜晚，奥斯特 (图 2-7) 主讲一场关于电与磁的讲座，在讲座中还演示了一些相关的实验。在实验演示过程中，当把电池与铂丝连通时，靠近铂丝的小磁针产生了轻微的晃动。这一不显眼的现象引起奥斯的注意。此后他连续 3 个月进行深入实验研究，在当年夏天宣布了关于电流的磁效应研究结果。他对电流磁效应的解释虽然不完全准

确,但他奠定了电磁学研究的基础,把电磁学研究带入了一个辉煌时期。

二、安培奠定电动力学的基础

法国数学家、物理学家安培 (Andre Marie Ampe, 1775—1836) (图 2-8) 对奥斯特的发现给予了强烈关注,由于他过去一直相信库伦提出的观点“电和磁有本质上的区别、相互没有关系”而耽误了时机。于是他投入全部精力开展电磁理论的研究,他首先重复了奥斯特的实验,验证了它的正确性,然后进行更深入的研究,在两周后就提出了电流方向与磁针转动方向关系的右手定则。接着他又通过实验发现了两个载流导体相互作用力的规律:电流方向相同的两条平行载流导线互相吸引;电流方向相反的两条平行载流导线互相排斥。还对两个线圈之间的吸引和排斥也做了详细分析。



图 2-7 物理学家奥斯特



图 2-8 物理学家安培

安培还提出分子电流假说。他根据磁是由运动的电荷产生的这一观点来说明地磁的成因和物质的磁性。他把研究动电的理论称为“电动力学”,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。他奠定了电动力学的基础。电流强度的单位“安培”就是用他的姓氏命名的。

三、欧姆定律的发现

欧姆 (图 2-9) 最大的贡献就是在 1826 年发现了电学上的重大定律——欧姆定律。他在法国数学家傅里叶 (Jean Baptiste Joseph Fourier, 1768—1830) 的热传导理论的启发下进行电学研究。欧姆认为电流现象与此类似,猜想导线中两点间的电流也许正比于两点间的某种推动力之差。欧姆称这种力为电张力。这实际上是电压。

欧姆选用温差电池作电源,而电流大小的测量遇到了难题。1820 年发现了电流的磁效应,第二年施魏格根据电流的磁效应制成了原始的电流计,当时称为“倍加器”,但是其准确性和灵敏度都很差。欧姆在这种电流计的启示下,设计制作了一种电流扭秤,把电流的磁效应和库伦扭秤结合在一起,电流的大小是通过挂在扭丝下的磁针偏转角度来确定的,它能准确测定电流大小,从而获得电流与电压成正比、与电阻成反比的定量关系,即欧姆定律。1826 年他仿照傅里叶的热传导理论分别发表了题为“论金属传导接触的定律”及“伏特仪

器和施魏格倍加器的理论”等两篇论文。第二年在 他出版的《动电电路的数学研究》一书中，从理论上严格推导出了欧姆定律。电阻的单位定为“欧姆”就是为了纪念他。

四、高斯对地磁的研究

高斯（图 2-10）对电磁学的研究始于 1830 年。1832 年，他改进和推广了库伦定律的公式，并且提出了测量磁强度的实验方法。他和韦伯合作，建立了电磁学中的高斯单位制；发明了电磁铁电报机；绘制出世界第一张地球磁场图。



图 2-9 物理学家欧姆



图 2-10 物理学家高斯

1833 年，高斯与物理学家韦伯共同建立地磁观测台，组织磁学学会以联系全世界的地磁台站网。高斯分别提出电静力学和电动力学定律的公式，其中包括“高斯定律”。所有这些工作直到 1867 年才公之于世。

第三节 电磁感应的发现

一、法拉第发现电磁感应

法拉第（Michael Faraday, 1791—1867）出身于英国一个铁匠家庭，从小生长在贫苦的环境中（图 2-11）。但每当他接触到有趣的书籍时就不知疲倦地读起来，尤其是《大英百科全书》《关于化学的谈话》以及有关电的书籍他最喜欢。

当时在伦敦经常举办各种科学报告会。法拉第去听著名科学家戴维的讲座，在戴维的推荐下，法拉第终于进入皇家学院实验室并当了戴维的助手。法拉第和奥斯特一样，他坚信自然力的统一性、不可破灭性和可转化性，不断寻找“磁生电”的现象。自 1824—1830 年间，他做过多次电磁学实验，一直没有获得满意的结果，但他的信念依然坚定。

1831 年 8 月 29 日，法拉第终于取得了突破性的进展。当年 11 月 24 日，法拉第在递交给英国皇家学会报告中，归纳出能产生感应电流的 5 种情况：①变化着的电流；②变化着的磁；③运动的恒稳电流；④运动的磁铁；⑤在磁场中运动的导线。他把在实验中观察到的现象定名为“电磁感应”。这是一次重大的突破，正是由电磁感应提供了生产电能的一种方

式,沿用至今。发电机、电动机和变压器都是利用电磁感应原理而工作的。

法拉第的另一个重要研究成果,就是提出了“电场”和“磁场”的概念并描述了电力线与磁力线的作用。电容量的单位“法拉”就是用他的姓氏命名的。法拉第的实验室如图 2-12 所示。



图 2-11 物理学家法拉第



图 2-12 法拉第的实验室

二、亨利、楞次对电磁感应的研究

在法拉第发现电磁感应后不久,美国物理学家亨利(图 2-13)发现了自感现象,俄国物理学家楞次提出了确定感生电流方向的判据。

物理学家亨利(Joseph Henry, 1797—1878)是美国自富兰克林之后,第一个从事创造性电磁学研究的伟大科学家。亨利在 1829 年 8 月开展的电磁铁研究中,发现了载流线圈在断电时产生了强烈的电火花,这就是自感现象。他把这一项研究结果总结在 1832 年发表的《螺旋状长导线内的电自感》论文中。

俄国物理学家楞次(Heinrich Friedrich Emil Lenz, 1804—1865)在 1832 年获悉法拉第研究电磁感应获得成功后,开始转向物理学研究。于 1833 年把研究成果发表在《论动电感应引起的电流的方向》论文中。他提出磁场的变化不能突变的观点,并说明这是由于受感应电动势的反抗作用而引起的。感应电流的方向是它所产生的磁场方向,与引起感应的原磁场的变化方向相反。这就是描述电磁感应现象的楞次定律,这一定律说明电磁现象也是符合能量守恒定律的。

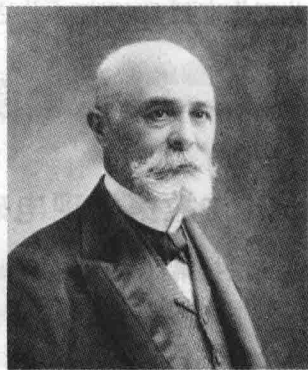


图 2-13 物理学家亨利

第四节 电磁场理论的建立

在 17 世纪之前,人们对电磁现象的认识只是一些定性的观察,留下的是一些零星的记载。自 17 世纪开始,人类才对电磁现象留下了比较系统的观察记录。到 18 世纪初人类对电

磁现象开展实验研究, 获得一些定性的结论。直至 18 世纪晚期, 通过大量的实验观测记录和归纳总结, 终于获得公式化的成果——静电力的平方反比定律, 从而使电磁现象的研究由定性描述转变为定量分析。

19 世纪上半叶是电磁学研究的高峰时期。由于伏特电堆的发明, 为实验研究提供了可以连续使用的电源, 促使一批研究成果相继问世。1820 年, 奥斯特发现电流的磁效应, 1820—1827 年安培发现电流之间相互作用力定律, 1826 年欧姆提出欧姆定律, 1831 年法拉第发现电磁感应现象, 1832 年亨利发现自感, 1834 年楞次建立楞次定律, 1843 年法拉第用实验证明电荷守恒定律。而这些成果都是各自对电或磁现象的单独分析与描述, 还不能建立起电与磁的内在联系。

一、麦克斯韦建立电磁场理论

英国数学家、物理学家麦克斯韦 (James Clerk Maxwell, 1831—1879) 生于英国爱丁堡 (图 2-14)。在剑桥大学学习时麦克斯韦打下了扎实的数学基础, 为他以后把数学分析与实验研究有机结合创造了条件。1854 年麦克斯韦开始阅读汤姆生的科学著作和法拉第的《电气的实验研究》, 他信服法拉第的物理思想, 试图为法拉第的电场、磁场及电力线、磁力线的概念提供数学方法的支撑。

1856 年, 麦克斯韦以法拉第的力线概念为指导, 透过前人许多看似杂乱无章的实验记录, 发现了它们之间实际上贯穿着一些简单的规律。年仅 25 岁的麦克斯韦在剑桥大学的《哲学杂志》上发表了第一篇电磁学论文——《论法拉第的力线》。

5 年之后, 麦克斯韦又发表了第二篇论文——《论物理的力线》。论文共有 4 部分内容, 分别载于 1861 年和 1862 年《哲学杂志》上。这时, 他创造性地提出了“涡旋电场”假说, 构造了“分子涡旋模型”。他还提出了“位移电流”假说, 认为位移电流与传导电流相似, 同样可以产生磁场。这是电磁学发展史上一个光辉的里程碑。他还预言了电磁波的存在, 并推论这种波的速度等于光速, 揭示了光的电磁本质。



图 2-14 物理学家
麦克斯韦

1865 年, 麦克斯韦的第三篇论文——《电磁场的动力学理论》, 从几个基本实验事实出发, 运用场论的观点, 以演绎法建立了系统的电磁理论, 提出了电磁场的基本方程组, 有 20 个方程、20 个变量。后经德国物理学家赫兹和英国电气工程师亥维赛德的整理与简化, 才成为描述电磁场的麦克斯韦方程组, 共 4 个方程。麦克斯韦方程是宏观电磁现象的基本规律, 电磁场的计算都可以归结为求麦克斯韦方程的解。麦克斯韦方程显示了场量之间相互制约与相互联系的关系, 表明了电磁场中电、磁两方面变化的主要特征。

1873 年, 麦克斯韦出版了电磁场理论的经典著作——《电磁学通论》。该书全面地总结了 19 世纪中叶以前对电磁现象的研究成果, 对电磁场理论作了系统、严密的论述, 从数学的角度证明了电磁场基本方程组解的唯一性, 从而建立了完整的电磁学理论体系。这是一部可以同牛顿的《自然哲学的数学原理》、达尔文的《物种起源》和赖尔的《地质学原理》相媲美的里程碑式的自然科学理论巨著。