



最易读懂的理工科基础丛书



图解

电的基础知识入门

電気のキホン

(日) 菊地正典 著

张丹 余洋 余长江 译



揭开关于电性质的各个定律的神秘面纱

电子学的奇妙世界

从身边的家用电器到未来的技术



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

图文对应独特构思易学易懂

電気のキホン

Copyright© 2010 Masanori Kikuchi.

Chinese translation rights in simplified characters arranged with Softbank Creative Corp., Tokyo through Japan UNI Agency, Inc., Tokyo and BARDON-Chinese Media Agency, Taipei.

本书中文简体字版由机械工业出版社出版, 未经出版者书面允许, 本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。版权所有, 翻印必究。

本书版权登记号: 图字01-2011-3359号

图书在版编目(CIP)数据

图解电的基础知识入门/(日)菊地正典著;张丹,余洋,余长江译.
—北京:机械工业出版社,2011.12

(最易读懂的理工科基础丛书)

ISBN 978-7-111-36429-0

I. ①图… II. ①菊…②张…③余…④余… III. ①电—基本知识
IV. ①O441.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第230576号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张沪光 责任编辑:张沪光

版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:陈沛 责任印制:杨曦

北京双青印刷厂印刷

2012年3月第1版第1次印刷

148mm×210mm·6.5印张·204千字

0 001-4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-36429-0

定价:28.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

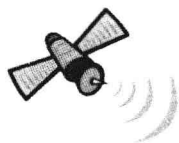
销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

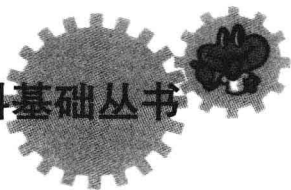
销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版



最易读懂的理工科基础丛书



图解电的基础知识入门

(日)菊地正典 著
张丹 余洋 余长江 译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书深入浅出地介绍了“电究竟是什么？”“电有哪些性质？遵循着怎样的规律？”“如何来利用？”。电以及电现象的应用有以下3个方面：第一，作为热、光、力等“能源”；第二，作为电信号的“信息媒介”；第三，设备、仪器相互连接作为系统化的“通信手段”。本书以电的各个侧面为切入点，引进最新话题，采取图表解释法通俗易懂地加以介绍。本书共七章，内容为什么是电、电的基本性质、发电与输电、电与通信、家庭用电、支撑着社会发展的电、拓展电的电子学世界。

本书适用于相关专业的中专生、非电专业的大专和本科生，以及电子爱好者阅读。

电在我们生活中随处可见。由于我们对它已经过于熟悉，平时或许已经不以为然了。它在家庭中、社会上甚至在大街上电子产品、电气设备、仪器以及电气系统随处可见。比如荧光灯、电视、冰箱、洗衣机、微波炉、空调、电话、手机、传真、计算机、数码相机、复印机、DVD刻录机、电动汽车、地铁……不胜枚举。还有飞机、火车等的控制设备以及医院的医疗设备等也离不开电。

可以说想找到和电完全没关系的设备、仪器都很难，电的应用在现代社会中已经根深蒂固，它也是支撑现代社会发展的基础。

虽然电离我们很近，但我们对它并不是很了解，仅仅听到什么是电的时候，出现排斥反应的人也不少，这是事实吧。

本书深入浅出地介绍了“电究竟是什么？”“电有哪些性质？遵循着怎样的规律？”“如何来应用？”等内容。

关于电以及电现象的应用有以下三个方面。第一，作为热、光、力等的“能源”；第二，作为电信号即“信息媒介”；第三，设备、仪器相互连接作为系统化的“通信手段”。

本书以电的各个侧面为切入点，结合最新话题，引入大量图表，图文并茂深入浅出地进行了讲解。

本书作为“电的入门书籍”希望能给予广大读者一定帮助，同时对电更加感兴趣。

菊地正典

2010年3月



前言	3
书中出现的卡通人物介绍	8

第1章 什么是电 9

001	探索电的起源追溯到“电子”	10
002	“电子”的发现	12
003	“电荷”的定向移动形成“电流”	14
004	“静电”和“摩擦生电”	16
005	导电的“导体”和不导电的“绝缘体”	18
006	电的位能“电位”和电位差“电压”	20
007	表示单位电荷作用力的“电场”	22
008	由于电子过剩或不足产生的带电原子或分子叫做“离子”	24
009	正离子与电子混合的气体“等离子体”	26
010	来自太阳产生的等离子“极光”	28
011	电与磁的“相似点”和“不同点”	30

专栏 生物电 32

第2章 电的基本性质 33

012	阻碍电流流动的“电阻”和“欧姆定律”	34
013	电流在电阻体内流动时产生的热量“焦耳定律”	36
014	两点间的电荷相互作用力“库仑定律”	38
015	电流和磁力的关系“安培定则”	40
016	电和磁的相互作用“法拉第电磁感应定律”	42
017	发电机和电动机的原理“弗莱明定则”	44
018	电压和电流的极性随时间的变化而变化的“交流电”和无变化的“直流电”	46
019	交流电包括“单相交流电”和“三相交流电”两种	48
020	可储电和放电的装置“电容器”	50

021	针对交流而言可阻碍电流流动的“线圈(绕组)”	52
022	电路的主要部件“电阻”、“电容”、“电感”的性质	54
023	与直流、交流电路都相关的“基尔霍夫定律”	56

专栏 电的传播速度和电子的速度

58

第3章 发电与输电

59

024	发电机的构造	60
025	具有将水能量转化为电能的“水力发电”	62
026	将化石燃料的化学能转化为电能的“火力发电”	64
027	将核能转化为电能的“核能发电”	66
028	输送高压电“输电”、改变电压“变电”、把电输送到机器设备“配电”	68
029	改变交流电压高低的“变压”和交流转变为直流的“整流”	70
030	追溯电池的历史到“伏打电池”	72
031	电池的种类	74
032	“一次电池”和“二次电池”的构造	76
033	由太阳光能直接发电的“太阳电池”	78
034	用太阳电池直接发电的“太阳光伏发电”	80
035	来自氢和氧的化学反应发电的“燃料电池”	82
036	发电和供热同时利用的“发电及废热供暖系统”	84

专栏 其他发电方法

86

第4章 电与通信

87

037	电场和磁场的能量合为一体的空间传播“电磁波”	88
038	赫兹发现“电波”	90
039	“电波”与“电磁波”的差异	92
040	电波的“发信”与“收信”	94
041	通过电波指定对象位置的“雷达”	96
042	通过人造卫星确定地球上位置信息的“GPS”	98
043	转播地面上的通信电波并返回给地面的“通信卫星”	100
044	利用人造卫星转播广播的“卫星广播”	102
045	提供多种多样的高品质服务的“地面数字电视广播”	104

046	利用光纤高速传输激光信号的“光纤通信”	106
047	办公自动化(OA)设备的互连高效率的应用系统“LAN”	108
048	利用一般的电话线路边通话边上网的“ADSL”	110
049	由单纯的电话发展到移动信息终端的“手机”	112

专栏 利用电波来勘探宇宙

114

第5章 家庭用电

115

050	利用放电激发出紫外线的“荧光灯”	116
051	利用电波从内部加热食品的“微波炉”	118
052	利用汽化热和液化热来给房屋升降温的“空调器”	120
053	把直流电转化为任意频率的交流电的“逆变器”	122
054	利用电子眼来摄像的“数码相机”	124
055	GPS在车辆上的应用实例“汽车驾驶导向系统”	126
056	根据电磁感应利用涡流使锅体发热的“电磁炉”	128
057	通过电线传播声音的“电话”	130
058	利用通信线路来传递文字、图像的“传真通信”	132
059	使用激光来存储数字信息的“CD”	134
060	存储长段数字影像等的光盘“DVD”	136
061	个人用的计算机“个人计算机”	138

专栏 高清晰、大画面、超薄型电视机

140

第6章 支撑着社会发展的电

141

062	摆脱了化石燃料的汽车“电动汽车”	142
063	向电动汽车过渡的“电力内燃两用汽车(混合动力汽车)”	144
064	计算机化断层造影装置“CT扫描仪”	146
065	利用磁性将生物体内的信息图像化“MRI”	148
066	各种各样种类的“打印机”	150
067	利用静电吸着色素粉的“彩色复印机”	152
068	利用电子束代替光来放大成像的“电子显微镜”	154
069	普通电动机线性展开的“直线电动机”	156
070	磁悬浮式高铁的“磁悬浮列车”	158
071	确认履历和身份的电子标签“IC标签”	160

072	与存储卡和微机卡有区别的“IC卡”	162
073	新型广告媒体“数字广告”	164

专栏 超级计算机 166

第7章 拓展电的电子学世界 167

074	介于导体和绝缘体中间的“半导体”	168
075	利用硅半导体导电的“电子”和“空穴”	170
076	使电流只向一个方向流动起整流作用的“pn结二极管”	172
077	最受欢迎的晶体管“MOS场效应晶体管”	174
078	根据集成度不断更换名称的IC“从SSI到VLSI、ULSI”	176
079	用来记忆信息的半导体存储器的代表“DRAM”	178
080	可切断电源也可以继续存储信息的闪存	180
081	进行数值计算和逻辑运算及构成逻辑基本要素的“门电路”	182
082	计算机的心脏“MPU”	184
083	将光能转化成电能的“光敏二极管”	186
084	将电信号转化为光信号的“LED”	188
085	利用相干光在通信和记录上的“半导体激光”	190
086	用在显示器图像等上的薄膜晶体管“TFT”	192
087	与各种技术竞争的超薄显示装置“FPD”	194
088	零电阻状态“超导”	196

专栏 MEMS (微机电系统) 198

附录 199

附录1	与电有关的SI组成单位	200
附录2	构成10的整数倍的SI词头	200
附录3	与电有关的代表常量	201
附录4	电的大事年表	201
附录5	元素周期表	202

参考文献	203
索引	204

书中出现的卡通人物介绍

★ 导读

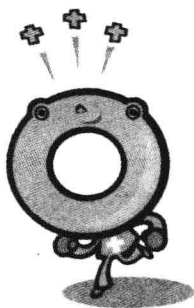


青蛙平太：本丛书的主要卡通人物。喜欢动手制作，对什么都感兴趣。希望有一天自己能制造出划时代的产品。

★ 向导



电子君：带有负电荷的电的主角，忙于各种反应和发光。酷爱自由，到处会出现且非常滑稽。



空穴君：电子移动后，带有正电荷的空穴君登场了。他和电子君是要好的朋友，在半导体中非常活跃。

第

1

章

什么是电

本章将从电的起源电子说起，介绍一些电的基础常识电荷、静电、摩擦起电、电流、电位、电压、电场、离子和等离子体等。还介绍了导体与绝缘体、电与磁的关系。



众所周知，所有的物质都是由原子（atom，原子）构成的。即物质在不断细化分割过程中，到了不能被进一步分割的程度这是最早定义原子的观点。原子这个词在希腊语中就是“不能被进一步分割”的意思。

原子从外观上来看是中性粒子，大小根据原子种类的不同而不同，最小的氢原子约为一亿分之一厘米（约 10^{-8}cm ），具有极其微小的结构。

图1为氢（H），氦（He），硅（Si）的原子结构示意图。原子中心部位的原子核是由质子和中子组成的。氢原子原子核（只有一个质子）的大小约为几兆分之一厘米（约 10^{-12}cm ），为原子整体的几万分之一（约 10^{-4} ），占有极其微小的一部分。原子核周围有绕核轨道运动的电子，原子的大小和轨道的大小相当。电子分几条轨道，在最外侧轨道运动的电子叫做（最外层电子），它与原子的物理性质与化学性质密切相关。

电子是基本粒子之一，作为电和电现象的本质是电荷 $-e=-1.602 \times 10^{-19}\text{C}$ （C指单位库仑）。中子不带电，质子带有正电。原子整体是中性的，因为带有的电子数与质子数相同。但是，原子序号为Z的原子带有Z个电子，原子核外带有Ze库仑的正电荷。本书中阐述的电以及电的现象的起源最后归宗到这里叙述的电子上。

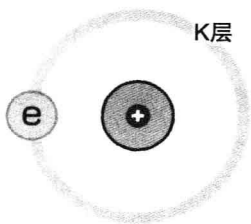


要点提示

- 原子是由带有正电的原子核和带有负电的电子构成的中性粒子
- 原子的物理和化学性质是由最外层电子决定的

图1 原子结构示意图

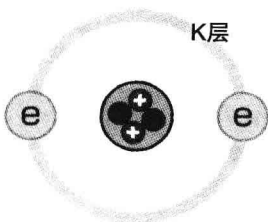
a 氢原子 (H) 原子序号1



e 1个电子 (负电荷: $-e$)

原子核: 1个质子 $+$ (正电荷: e)

b 氦原子 (He) 原子序号2



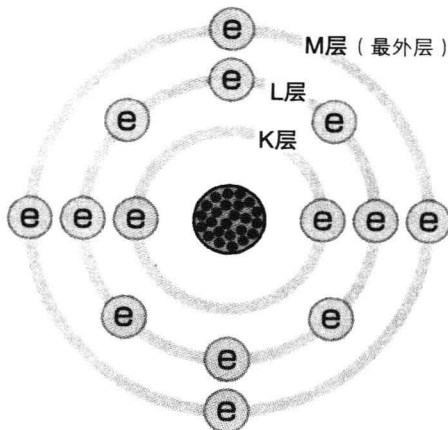
e 2个电子

原子核: 2个质子 $+$ $+$
2个中子 \bullet \bullet

氢的原子核只有1个质子哟!



c 硅原子 (Si) 原子序号14



e 14个电子
(从里侧数K层有2个、
L层8个、M层4个)

原子核: 14个质子
14个中子

在001中我们说过，电及电的现象的本质是电子。

电子的发现要追溯到19世纪末英国的物理学家约瑟夫·约翰·汤姆逊（Joseph John Thomson, 1856—1940）。

汤姆逊的研究如图1所示，通过真空中的电子在电场和磁场的作用下发生偏转的实验，成功地计算出了电子电荷 $-e$ 与质量 m 的比值（ $-e/m$ ）。由于当时还不知道电子的存在，于是汤姆逊把它叫做“微粒”。电子（electron）这个名称是进入20世纪后才开始使用的。

随后美国物理学家罗伯特·安德鲁·密立根（Robert Andrews Millikan, 1868—1953）做了如图2所示的实验，即单独测定电子电荷 $-e$ 的实验（密立根油滴实验），算出了 $-e$ 的值。

$$-e = -1.602 \times 10^{-19} \text{C} \text{ (库仑)}$$

并且从汤姆逊求得的 e/m 的比值中得到了电子质量 m 的值。

$$m = 9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$$

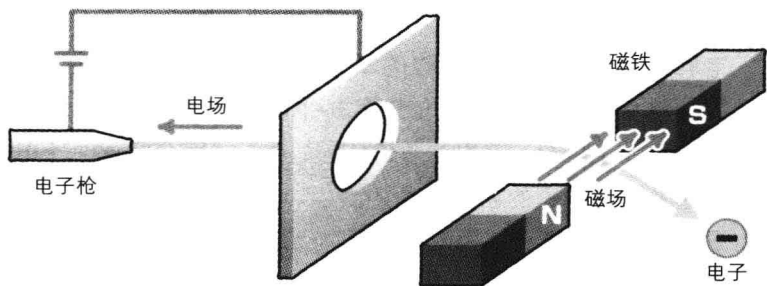
但是由于电子带有负电荷，电子的运动方向和电流方向刚好相反。也就是说电流由正极流向负极时，实际上在电流中运动的电子刚好是由负极流向正极。

电子除了本节介绍的电荷和质量特性外，还要加上与磁性相关的叫“自旋”的特性后，电子的3大特性才算阐述完毕。关于电子的自旋在后面的章节中会加以介绍。



- 决定电子电荷与质量的两大实验
- 电流与电子移动方向相反

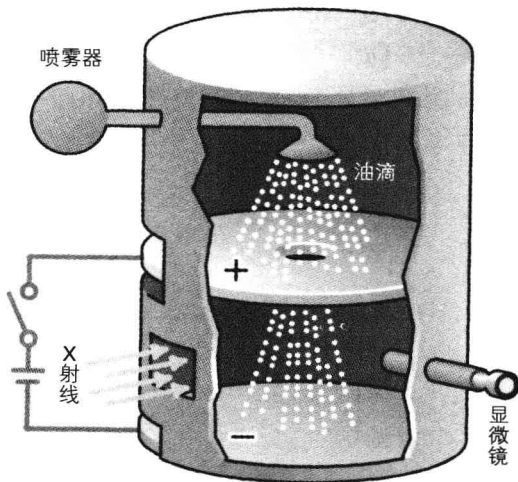
图1 汤姆逊实验



由电子枪射出的带有负电荷的电子，逆着电场方向加速运动后在磁场中发生了偏转。汤姆逊通过改变电场和磁场的强弱测定了电子的偏转程度，求出了电荷 $-e$ 与质量 m 的比值

$$-\frac{e}{m} = -1.756 \times 10^{11} \text{ C/kg}$$

图2 密立根油滴实验



油滴在重力和静电的作用下上下移动。密立根通过改变电压来观察油滴的动向，求出了电子电荷 $-e$

$$-e = -1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

此结果与汤姆逊的实验结果相结合计算出了电子的质量 m

$$m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

电的本质是电荷，在前边的章节中已经介绍过了，电荷分正负两种，作为电现象基础的电子负电荷为 $-1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ ，另一种质子的正电荷为 $1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ 。这里的单位C是库仑。“库仑定律”（014）就是由法国著名物理学家的名字命名的。

顺着电荷这个思路，可以认识到电量是定量出现的，并且可以让我们正确地认识到各种各样的电现象。之后将要介绍的“离子”（008）及“正离子”（009）的概念由电荷出发也很容易理解。

那么带有电荷的粒子移动后会发生什么呢？实际上电荷的移动就形成了电流。但是如图1所示，19世纪时规定了电流是正电荷沿着电池的正极流向负极的，带有负电荷的电子流向与之相反。

电荷的移动形成电流我们已经介绍过了，现在我们试着将其定量表现出来。如图2所示，在普通的粗导线中 t （s）秒内通过 Q （C）库仑的电荷量。这时单位时间内通过导线某一截面的电荷量 Q/t 叫做电流。电流通常用 I 来表示，单位是安培（A）。也就是

$$I=Q/t$$

电流的单位安培是由法国著名物理学家安培（André-Marie Ampère, 1775—1836年）的名字得来的。

要点
提示

- 电的本质是电荷，电荷的移动形成电流
- 电流是单位时间内通过单位面积导体的电荷量

图1 电流和电子（自由电子）的流动

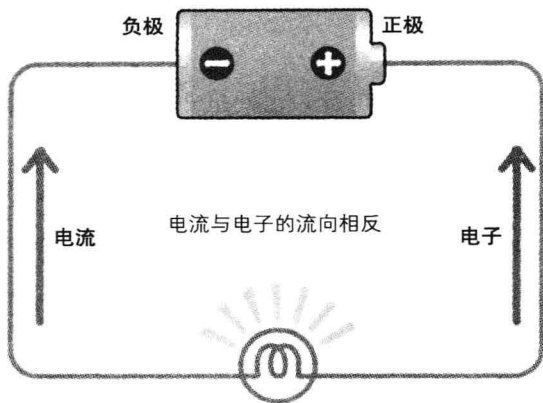
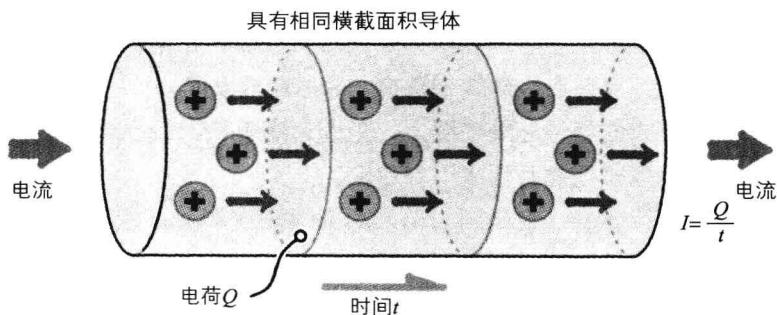


图2 电流是运动的电荷



1秒钟通过导线某一截面的电荷量 Q/t 就是电流 I
但 t 秒钟通过导线某一截面的电荷量用 $Q(t) = It$ 来表示

原本电流的流向是带有正电荷的粒子从电压高处流向电压低处这样定义的，但是研究电流起因时发现了电子，电子是带有负电荷的粒子，所以电子的流向与电流方向相反

实际上电流是带有负电荷的电子的逆向流动

