



即学即用 电工电子技术丛书



轻松学 同步用

◎ 陈永甫 编著

电工知识 与技能



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

即学即用电工电子技术丛书

轻松学同步用电工知识与技能

陈永甫 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是一本普及电工基础知识的通俗读物，主要内容有：电荷与电场，直流电路，电源、原电池和充电电池，磁场、电与磁的相互作用，电磁感应和感应电动势，正弦交流电路，三相交流电路，电力变压器、电子变压器和特殊用途变压器，交流电动机，三相交流异步电动机控制技术，共计10章。为配合所学内容，学以致用，每章末尾均配有同步自测练习题，它涵盖了每一章的重要定理和各知识要点，理论联系实际，即学即用，并附各题答案，解题过程完整，思路清晰，答题精准，便于自学或办班培训。

本书编写以着重物理概念、突出应用性为出发点，选材讲究、内容精练、图文结合、易学易懂，融知识性、趣味性和实用性为一体，可作为电工、电子行业从业人员和转岗人员的培训教材，也适合大专院校、职校、技校师生和电工、电子、电气技师、技工、电子爱好者、家电维修人员学习和参考。

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

轻松学同步用电工知识与技能/陈永甫编著. —北京：电子工业出版社，2014.6
(即学即用电工电子技术丛书)

ISBN 978-7-121-23400-2

I. ①轻… II. ①陈… III. ①电工—普及读物 IV. ①TM-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第115424号

策划编辑：柴 燕

责任编辑：毕军志

印 刷：三河市双峰印刷装订有限公司

装 订：三河市双峰印刷装订有限公司

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：21.5 字数：550.4千字

版 次：2014年6月第1版

印 次：2014年6月第1次印刷

印 数：3000册 定价：59.80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 zllts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前 言

电工、电子学的发展，将我们带入了电气化时代。人们身边的电气设备、电子产品举目可见。小至手中的手机、随身听，居家的电热厨具，智能电动玩具、电动工具，高保真度 CD 机、影视机；大至遍布城乡的宽带信息网、高速电动列车，天空的超声速飞机、人造卫星、航天器、宇宙飞船等，可以说电工、电子学的应用无处不在。

在“电”广泛应用于社会各行各业和人们生活的方方面面的今天，懂得电的基本知识是每个国民应具备的素质，也是时代的要求。对于初涉电气、电子行业的从业人员，需要学习并掌握一定的电工、电子技术知识和技能，这也是搞好本职工作的需要。

电学是研究电的现象、理论及其应用的科学。电工学和电子学是电学的两个重要学科。电和电子是人眼不能直接观察到的。电是什么？电从哪里来？电如何流动？电如何度量？如何科学用电？如何提高电的功效？《轻松学同步用电工知识与技能》就是介绍电学基础知识、基本原理（定律）和分析方法及其应用的入门书。作者根据多年来从事电工、电子技术的教学及技能培训的经验和心得体会，参考劳动和社会保障部颁布的《国家职业技能鉴定规范》中对电气、电子等相关工种的知识要求，编写了本书的 10 章内容。这些内容是学习和掌握电工、电子、工业自动化、机电一体化等专业技术和技能必不可少的基础知识。

本书由陈永甫编著，参与编写的还有谭秀华，王文理，龙海南，张梦儒等。由于电工电子技术发展极为迅速，限于作者水平，书中难免存在不足之处，诚请专家和读者批评指正。

编著者

2014 年 4 月于紫园

关于书中相关栏目的说明

◆ **各章知识结构：**每章始页绘出了该章的知识结构图，它概括了该章的知识内容、重要定理、推理、公式和主要知识点。读者只需浏览片刻，就能迅速地了解该章的重要知识点，理清各知识点之间的脉络联系及体系结构。

◆ **要点：**位于每节的开始，点明该节的实质内容或结论，以便于读者了解所讲述的中心内容和精髓所在。

◆ **基本内容：**本节的主要部分，对“要点”点明的内容进行详细介绍或系统论证，突出了基本概念和基本定律，语言通俗，易学易懂。

◆ **例题：**结合内容，列举典型例题，有助于深入理解课程内容，消化所学知识，并从中学习解决问题的方法，提高分析问题的能力。

◆ **相关知识：**穿插于各章节之中，对与所讲内容相关的知识或连带的技术（信息）做扼要说明或介绍，加强知识间的链接，拓宽知识面。

◆ **应用知识：**穿插于各章节中，结合书中内容，联系实际，列举应用实例或典型现象，进行简短说明或分析，学用结合，提高读者的应用能力和动手制作能力。

◆ **图表的使用：**为了便于理解所讲内容，书中安插了大量配图，图形绘制精细，表达准确，图文结合，易学易懂；书中也配备了大量数据表格，资料来源确切、翔实，可直接用来进行电路计算或工程设计。

◆ **解题提示：**对有代表性的例题和较难的练习题，从分析其题意（或电路模型）、给定条件和求证（结果或结论）之间的关系入手，引导读者分析前因后果关系，理清解题思路，找出问题的症结所在，给出解决问题的方法。

◆ **题后分析：**有些习题可能有多解或思路不同的解法（或做法）。题后进行讨论、分析、比较，一者引导读者广开思路，找出最简解法（或做法），提升综合分析能力；二者通过归纳解题技巧和做题方法，提高读者解题的思维技巧，巩固所学，做到融会贯通，达到触类旁通的效果。

目 录

第 1 章 电荷与电场	1
1.1 摩擦起电现象	2
1.2 电荷的产生与电量	3
1.3 静电力与库仑定律	5
1.4 电场、电场强度和电位	7
1.5 静电感应与静电屏蔽	10
1.5.1 静电感应	10
1.5.2 静电屏蔽	10
1.6 感应电荷与尖端放电	12
同步自测练习题	14
同步自测练习题参考答案	15
第 2 章 直流电路	17
2.1 电流的概念、方向和大小	18
2.1.1 电流的概念	18
2.1.2 电流的方向	19
2.1.3 电流的大小	19
2.2 电压的概念、方向和大小	21
2.3 导体、半导体、绝缘体、电阻及其性质	26
2.3.1 导体、半导体和绝缘体	26
2.3.2 电阻和电阻率	27
2.3.3 电阻随温度的变化及电阻温度系数	29
2.4 直流电路和局部电路欧姆定律	31
2.4.1 电路的组成及作用	31
2.4.2 电路的三种状态	32
2.4.3 局部电路的欧姆定律	32
2.5 电阻的串联、并联和混联	35
2.5.1 电阻的串联	35
2.5.2 电阻的并联	36
2.5.3 电阻的串并联（混联）	38
2.6 电功、电功率与焦耳定律	39
2.6.1 电流做功——电功	40
2.6.2 电功率和电能的度量	40
2.6.3 焦耳热和焦耳定律	41
同步自测练习题	44
同步自测练习题参考答案	45

第3章 电源、原电池和充电电池	49
3.1 电源和电动势	50
3.1.1 电源	50
3.1.2 电动势	50
3.2 电池的分类及电池的基本性能参数	51
3.2.1 电池的分类	52
3.2.2 常用原电池的基本参数	53
3.3 原电池（一次电池）系列	54
3.3.1 原电池的工作机理	54
3.3.2 锌-锰干电池	55
3.3.3 碱性锌-锰干电池	57
3.3.4 扣式锌-银电池	57
3.3.5 碱性锌-空气电池	57
3.3.6 锌-汞电池（水银电池）	58
3.4 充电电池（二次电池）	59
3.4.1 铅酸蓄电池	60
3.4.2 锂离子电池	63
3.4.3 镉-镍蓄电池	65
3.4.4 其他类型的充电电池	65
3.5 电池的连接及其总电动势和内阻	67
3.5.1 电池的连接方式	67
3.5.2 电池组的内阻及总电动势	68
3.6 恒压源、恒流源及其等效变换	71
3.6.1 电压源与恒压源	71
3.6.2 电流源与恒流源	72
3.6.3 电压源与电流源的等效变换	72
同步自测练习题	74
同步自测练习题参考答案	75
第4章 磁场、电与磁的相互作用	79
4.1 磁铁、磁荷及磁荷间的作用力——库仑定律	80
4.1.1 磁铁磁性、磁荷及其性质	80
4.1.2 点磁荷的作用力——库仑定律	82
4.2 磁场、磁力线及磁场强度	83
4.2.1 磁场、磁力线及其特点	83
4.2.2 磁场强度	85
4.3 磁通、磁通密度与磁导率	87
4.4 载流导线及线圈产生的磁场	89
4.5 电流与磁场强度的关系——安培环积分定律	93
4.6 磁场对通电导体的作用力	95
4.7 磁场对运动电荷的作用力	97
4.8 材料的磁化、磁滞回线及铁磁材料的分类	100
4.8.1 材料磁化及磁化曲线	100
4.8.2 铁磁材料的分类	101

同步自测练习题	105
同步自测练习题参考答案	105
第5章 电磁感应和感应电动势	109
5.1 电磁感应现象	110
5.2 感应电动势与发电机右手定则	110
5.3 楞次定律和法拉第电磁感应定律	113
5.3.1 线圈中磁通变化产生感应电动势	113
5.3.2 感应电动势的方向和楞次定律	114
5.3.3 感应电动势的大小——法拉第电磁感应定律	115
5.4 自感电动势、自感系数和电感线圈	116
5.4.1 自感应现象	117
5.4.2 自感电动势的大小和方向	117
5.4.3 自感系数和电感线圈	119
5.5 互感应、互感电动势和互感系数	121
5.5.1 互感现象和互感电动势	121
5.5.2 电感线圈间的耦合及连接	123
5.6 涡流——大平面上流动的感应电流	124
5.6.1 涡流——一种特殊的电磁感应现象	124
5.6.2 涡流的利与弊	125
同步自测练习题	127
同步自测练习题参考答案	129
第6章 正弦交流电路	131
6.1 正弦交流电的基本概念及特点	132
6.2 正弦交流电动势的产生	133
6.3 正弦交流电的三要素	136
6.3.1 周期 (T)、频率 (f) 和角频率 (ω)	136
6.3.2 瞬时值、最大值、有效值和平均值	138
6.3.3 相位、初相位和相位差	140
6.4 正弦交流电的表示方法	142
6.4.1 解析式 (三角函数)	142
6.4.2 波形图 (正弦曲线)	143
6.4.3 旋转矢量图	143
6.4.4 相量法 (符号法)	144
6.5 单一参数的正弦交流电路	147
6.5.1 纯阻性正弦交流电路	148
6.5.2 纯感性正弦交流电路	149
6.5.3 纯容性正弦交流电路	153
6.6 电感和电阻串联电路	157
6.7 电阻、电感和电容的串联电路	160
6.7.1 电流、电压和阻抗间的关系	160
6.7.2 由电压三角形到阻抗三角形、功率三角形	161
6.7.3 功率计算	162
6.7.4 功率因数 $\cos\varphi$	162

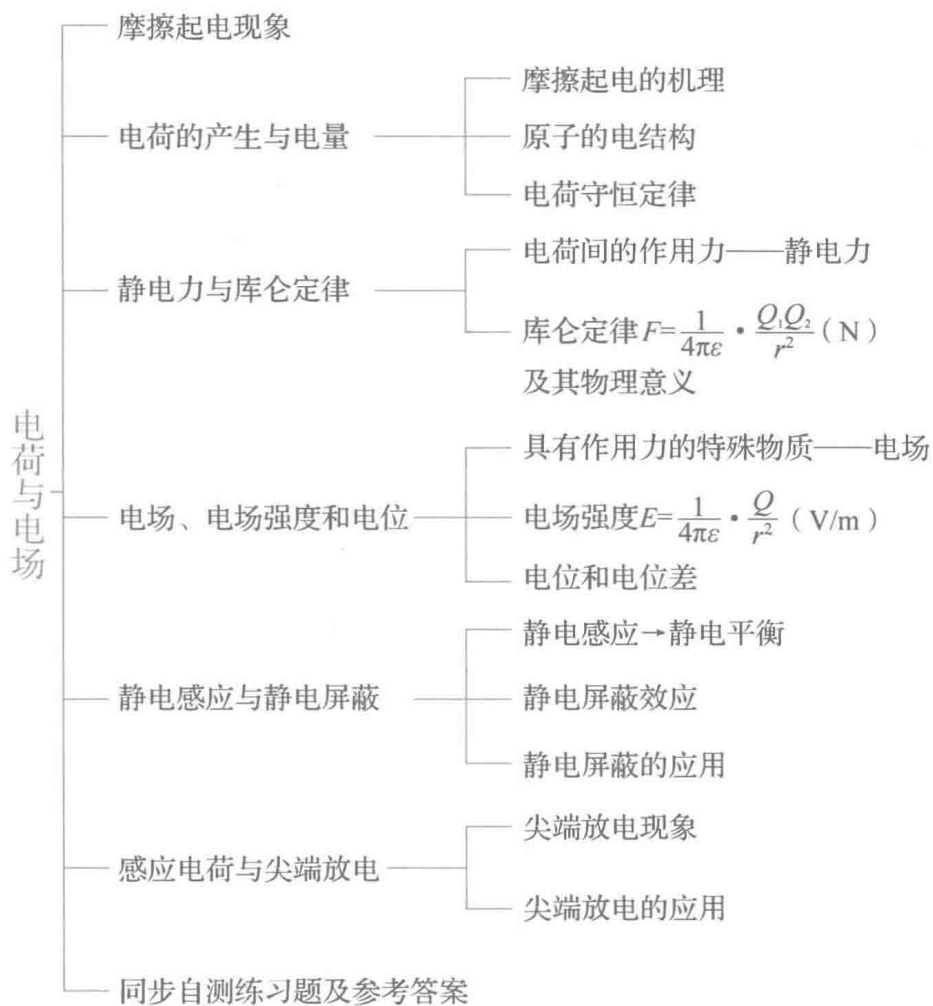
6.7.5	阻抗角 φ 与电路负载性质的判断	162
6.7.6	谐振的含义、特点及利弊	164
6.8	电阻与电感串联再与电容器并联的交流电路	166
6.9	提高感性负载的功率因数与并联补偿方法	171
6.9.1	感性负载的功率因数低意味着什么	171
6.9.2	并联补偿及补偿电容	172
	同步自测练习题	177
	同步自测练习题参考答案	178
第7章	三相交流电路	187
7.1	三相交流电动势的产生	188
7.2	三相电源的连接	191
7.2.1	三相交流电源的星形 (Y) 连接	191
7.2.2	三相交流电源的三角形 (Δ) 连接	195
7.3	三相负载的连接方式及特点	196
7.3.1	三相负载的星形 (Y) 连接	196
7.3.2	三相负载的三角形 (Δ) 连接	197
7.4	三相交流电路的功率	200
7.4.1	Y形连接负载的功率	200
7.4.2	Δ 形连接负载的功率	201
	同步自测练习题	202
	同步自测练习题参考答案	203
第8章	电力变压器、电子变压器和特殊用途变压器	207
8.1	变压器的基本结构和分类	208
8.1.1	单相变压器的结构和组成	208
8.1.2	三相变压器	212
8.1.3	变压器的分类	214
8.2	变压器的工作原理	215
8.2.1	变压器怎样工作	215
8.2.2	变压器的电压变换、电流变换及阻抗变换	216
8.2.3	变压器的阻抗变换原理	218
8.3	实际变压器的损耗及节能措施	219
8.4	自耦变压器	222
8.4.1	单相自耦变压器	222
8.4.2	三相自耦变压器简介	224
8.5	电焊变压器	226
8.6	仪用互感器	228
8.6.1	电压互感器	229
8.6.2	电流互感器	232
8.6.3	组合互感器	234
8.7	电子变压器	236
8.7.1	音频变压器	236
8.7.2	中频变压器	240
8.7.3	振荡变压器 (振荡线圈)	242

8.7.4	脉冲变压器与间歇振荡电路	243
8.7.5	行输出变压器	244
8.7.6	高频变压器与磁性天线	245
	同步自测练习题	246
	同步自测练习题参考答案	246
第9章	交流电动机	251
9.1	三相异步电动机	252
9.1.1	三相异步电动机的基本结构及组成	252
9.1.2	三相异步电动机的旋转磁场的形成	254
9.1.3	三相异步电动机的转动原理	257
9.1.4	三相异步电动机的铭牌及其技术含义	258
9.1.5	三相异步电动机的启动	260
9.1.6	三相异步电动机的主要系列及主要技术数据	262
9.2	单相异步电动机	265
9.2.1	单相异步电动机的结构	265
9.2.2	单相异步电动机的工作原理	266
9.2.3	电容分相式单相异步电动机	266
9.2.4	单相罩极式异步电动机	273
9.3	异步电动机的选用	276
	同步自测练习题	281
	同步自测练习题参考答案	282
第10章	三相交流异步电动机控制技术	287
10.1	电气控制系统中的低压电器	288
10.1.1	刀开关	288
10.1.2	组合开关	288
10.1.3	低压断路器	289
10.1.4	主令电器	291
10.1.5	接触器	293
10.1.6	熔断器	294
10.2	继电器	296
10.2.1	中间继电器	296
10.2.2	热继电器	297
10.2.3	时间继电器	298
10.2.4	速度继电器	300
10.2.5	电流继电器	301
10.3	电动机电气控制电路的基础知识	302
10.3.1	电气控制电路图的图形和文字符号	302
10.3.2	绘制、识读电气控制电路图的原理和方法	304
10.4	三相异步电动机继电器-接触器控制的基本环节	305
10.4.1	继电器-接触器控制系统的基本控制环节	305
10.4.2	继电器-接触器控制系统的基本保护环节	309
10.5	电动机点动和正转控制电路	312
10.5.1	点动和正转控制线路	312

10.5.2 具有过载和短路保护的自锁正转控制电路	313
10.6 电动机正反转控制电路	314
10.6.1 接触器联锁正、反转控制电路	314
10.6.2 按钮与接触器双重联锁正、反转控制电路	315
10.7 多地控制电动机电路	317
10.8 电动机顺序控制电路	318
10.9 电动机的位置控制电路	319
10.9.1 限位开关	319
10.9.2 位置控制电路	319
10.10 电动机降压启动控制电路	321
10.10.1 降压启动概述	321
10.10.2 时间继电器切换电阻降压启动电动机控制电路	321
10.10.3 按钮和接触器切换电阻降压启动电动机电路	323
10.10.4 星形-三角形 (Y- Δ) 降压启动电动机控制电路	324
10.10.5 延边三角形降压启动电动机控制电路	325
同步自测练习题	327
同步自测练习题参考答案	328
参考文献	333

电荷与电场

本章知识结构





在人们的日常生活和工作中，天天都在和电打交道：手机、随身听的使用，收录机、电视机的收听、收看，计算机办公、上网，电灯的照明，电扇、空调器的运转，电炊具、电磁炉的使用，机动车、电气机车的运行等，都离不开电。电究竟是什么？电是怎样得来的？它具有什么特征？这些基本问题就是本章要讨论的问题。

1.1 摩擦起电现象

要点

摩擦起电

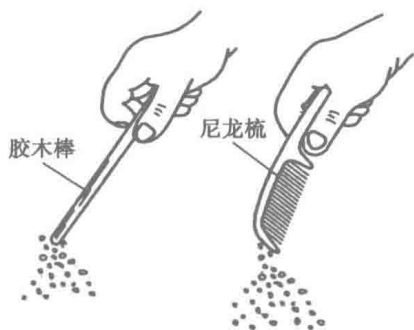


图 1-1 摩擦起电现象

摩擦可以使物体带电，即能产生电荷。电荷有正、负两种，电荷之间有相互作用力。同性电荷相斥，异性电荷相吸。

人们对电的认识，最初来自摩擦起电。早在公元前五六百年，古希腊人就发现用琥珀或玻璃棒摩擦丝绸后，能够吸引羽毛和轻小的物体碎片。我国在西汉年间（公元前1世纪末），有人发现玳瑁经摩擦后能吸引细碎的纸屑、布片。史书记载为“玳瑁拾芥”。我们不少人还经历过用牛角或胶木制作的梳子梳理干燥的头发时，常发出劈劈啪啪的响声，还有，摩擦过的梳子也能吸引纸屑等碎物。人们把这种现象叫作“摩擦起电”，或者说物体“带了电”，如图 1-1 所示。

通过下面的实验还会发现，不同物体摩擦后带的“电”也不同。将用毛皮摩擦过的一根胶木棒悬吊起来，再将另一根同样被毛皮摩擦过的胶木棒去靠近它的一端，如图 1-2 (a) 所示，将会发现两根胶木棒相互排斥；若用一根用丝绸摩擦过的玻璃棒去接近该悬吊着的胶木棒，会发现两者相互吸引，如图 1-2 (b) 所示。

同性排斥 异性相吸 实验

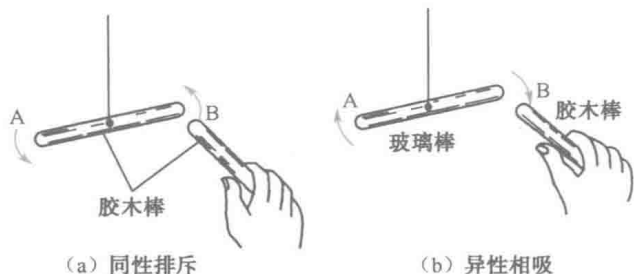


图 1-2 电的相互作用

上述实验说明，用毛皮摩擦过的胶木棒上所带的电荷与用丝绸摩擦过的玻璃棒上所带的电荷，是两种不同性质的电荷。历史上曾规定：被丝绸摩擦过的玻璃棒上所带的电荷为正电荷，用“+”号表示；而胶木棒被毛皮摩擦后所带的电荷为负电荷，用“-”号表示。这些规定一直沿用至今。

两种电荷



大量实验证明，所有其他物体，无论用什么方法使它带电，所带的电荷或者与玻璃棒上的电荷相同（即带正电荷），或者与胶木棒上的电荷相同（即带负电荷）。因此，可以得出：

- ① 摩擦可以使物体带电，即产生电荷。
- ② 在自然界中，电荷有正电荷和负电荷两种。
- ③ 电荷与电荷之间有相互作用力，同性电荷相斥，异性电荷相吸。



油罐车尾部的拖地铁链是干什么用的？

你是否注意到马路上的油罐车或送油汽车的尾部拖着一根金属链条？它有什么作用呢？

汽车在快速行驶过程中，油罐或油桶里的汽油、柴油会随着车的运动、颠簸与油罐或油桶的壁发生冲撞和摩擦。由于摩擦生电，油罐或油桶内就会产生许多电荷而带电。我们知道，汽车的轮胎是用不导电的橡胶制作的，大量电荷无处泄放，会在油罐或油桶的壁上越聚越多，并可能产生火花，从而导致油燃烧、爆炸。新闻媒体时有报道：运油车甚至运货车在跑车时发生爆炸。

在车尾部接上一根拖地铁链，就可以随时将油罐或油桶内积聚的电荷通过大地释放掉，防止运油车发生自燃或爆炸事故，如图 1-3 所示。

电荷的性质

应用知识

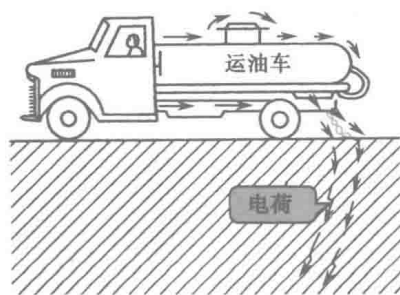


图 1-3 运油车尾部的拖地铁链释放摩擦产生的电荷

1.2 电荷的产生与电量

电荷是客观存在的物质，为物体所固有，它只能从一个物体转移到另一个物体上，这就是电荷守恒定律。当由于某种原因，物体失去电子后便带正电，获得电子后就带负电。物体所带电荷的数量称为电量。将一个电子所带的电量定义为一个单位的负电荷。

上节我们讲了摩擦起电现象，那么，摩擦起电的机理是什么？电荷是怎样产生的？要回答这一问题，需从有关物质的电结构讲起。

自然界中的一切物质都是由分子所组成的，而分子则是由一些更小的微粒组成的，这些更小的微粒就是原子。原子则是由原子核和围绕它旋转的电子组成的。原子核中有质子和中子，中子不带电，质子带正电。一个质子所带的电量和一个电子所带的电量相等。电子有规则地分层分布在原子核周围，并且围绕着原子核在轨道上做等速运动，如图 1-4 所示。

要点

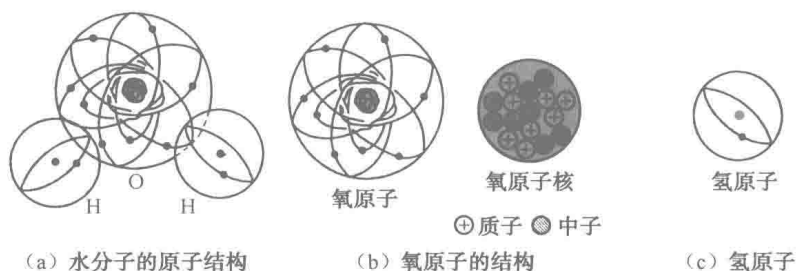


图 1-4 几种物质分子的结构

原子的结构

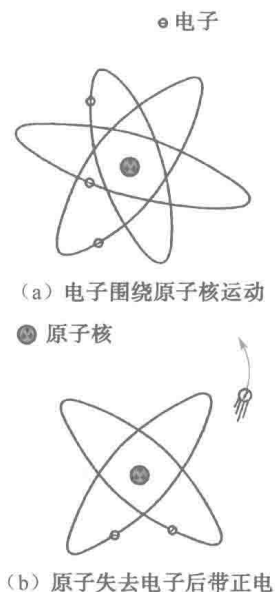


图 1-5 原子的电结构

在正常情况下，无论哪种物质，原子核所带的正电荷（质子）的总数与原子核周围负电荷（电子）的总数是相等的。电子围绕着原子核不停地运动，并且受到原子核的束缚，跟地球、水星和火星围绕着太阳旋转相似，如图 1-5 (a) 所示。原子核所带的正电荷和周围电子所带的负电荷相等，原子作为一个整体，对外不呈现带电的性质，即呈中性状态。当原子失去电子后，就带正电，如图 1-5 (b) 所示；而当原子俘获额外电子时，就带负电。

在了解了原子的电结构后，我们再回到摩擦如何起电上来。当用丝绸摩擦玻璃棒时，玻璃棒的温度会升高，增强了玻璃棒内分子、原子的热运动，使得玻璃棒中带负电的电子较容易地摆脱原子核的束缚而逸出，并被丝绸俘获。结果，失去电子的玻璃棒就带了正电，获得了多余电子的丝绸就带了负电。因此，所谓摩擦起电可理解为摩擦“分”电，不过是利用摩擦将物体里的原本存在的正、负电荷分离并转移的结果。

由此可见，正、负电荷是物体固有的，它们既不能被创造，也不能被消灭，只能从一个物体转移到另一个物体上，或者从物体的一部分转移到另一部分。这个规律叫作电荷守恒定律。

物体带电的现象称作静电现象，摩擦起电就是常见的静电现象。

大量实验证实，任何物体的电子，其大小、质量和电荷都是相同的。将一个电子所带的电量定义为一个单位的负电荷。

物体所带电荷的数量称为电量，常用符号 Q 表示。衡量电量大小的单位叫作库仑（简称库），用符号 C 表示。大量实验证实，1 库仑 (1C) 约等于 624×10^{16} 个电子所带的电量，即 624 亿亿个电子所具有的总电量为 1 库仑 (1C)。

电荷守恒定律

库仑 (C)



电子的电荷量、质量及其荷质比

通常，物质由许多原子组成，原子是构成物质的最小微粒。原子是由带正电荷的原子核和为使原子保持电中性而在核周围旋转的电子组成的。

大量实验证实：一切电子的大小、电子所携带的电荷量都是完全一样的，其数据为

电子的电荷量 $e = 1.60207 \times 10^{-19}$ 库仑 (C)

电子的质量 $m = 9.1085 \times 10^{-31}$ 千克 (kg)

电子的荷质比是电子的电荷量与其质量的比值，其荷质比为

$$e/m = 1.76 \times 10^{11} \text{ C/kg}$$

$1.76 \times 10^{11} \text{ C/kg}$ 是个极大的数字，大到何种程度呢？这里拿一个能储电的优质大容量电容器与之比较，可见端倪。该大容量电容器的荷质比为 $3 \sim 10 \text{ C/kg}$ ，二者的 e/m 相差 10^{10} 倍，可见电子的荷质比是一个惊人的大数字！图 1-6 是两者荷质比的比较示意图。

1.3 静电力与库仑定律

静电荷之间存在着作用力，称作静电力。点电荷间的相互作用力定律叫作库仑定律。该定律指出：两个点电荷间的作用力与它们的电量的乘积成正比，与它们之间的距离的平方成反比。作用力的方向在它们的连线上。库仑定律的数学表达式为

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (\text{N})$$

式中， K 是比例常数， $K = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ 。

1. 电荷间的作用力

实验发现，电荷之间会发生相互作用：同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引，如图 1-7 所示。

带电荷的物体称为带电体。与电荷一样，带电体之间也存在相互作用，如图 1-7 所示。带电体上的电荷处于静止状态下，称为静电。

静电荷之间存在作用力，称为静电力。两个电荷之间作用力的大小与带电量的多少及它们之间的距离有关。法国物理学家库仑研究发现，带电荷量越多，距离越近，其作用力就越大。

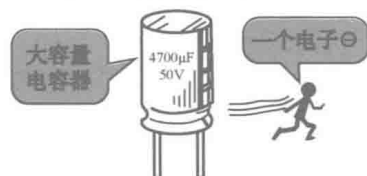
2. 库仑定律

两个点电荷间的作用力 F 表示为

知识拓展

荷质比 e/m

电子的惊人荷质比！



电容器 $e/m = 1 \sim 10 \text{ C/kg}$

电子 $e/m = 1.76 \times 10^{11} \text{ C/kg}$

图 1-6 电容器与一个电子的荷质比

要点

静电与静电力

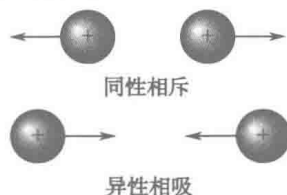


图 1-7 电荷间相互作用示意图



库仑定律

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (\text{N}) \quad (1-1)$$

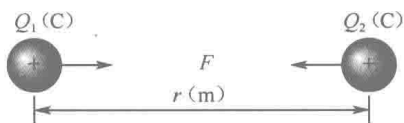


图 1-8 库仑定律的图示
(异种电荷情况)

式中, F 为电荷间的作用力, 作用力的方向在两电荷的连线方向上 (如图 1-8 所示), 它的单位是牛顿 (N); r 为两个点电荷之间的距离, 单位是米 (m); Q_1 、 Q_2 分别为两个点电荷的带电量, 其单位是库仑 (C); ϵ 称为介电常数, 随电极间的物质不同而不同, 在真空 (空气) 中为 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ (F/m)。

式 (1-1) 即为静电场的库仑定律。

在真空中, 两个点电荷间的静电力为

$$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$F = 8.99 \times 10^9 \times \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (\text{N}) \quad (1-2)$$

静电的库仑定律说明: 两个电荷之间的作用力 F 与两个电荷量 Q_1 (C) 和 Q_2 (C) 的乘积成正比, 与电荷间距离的平方 r^2 成反比。

利用静电的同种电荷相斥、异种电荷相吸的作用, 可解释自然界中不少现象, 并设计出一些电子设备, 如空气净化器的集尘、静电涂覆、静电复印等。大家常用的复印机, 其复印原理也是利用静电效应, 先将着色剂吸附在磁鼓上, 然后再转印到复印纸上进行复印。

库仑定律
应用说明

相关知识



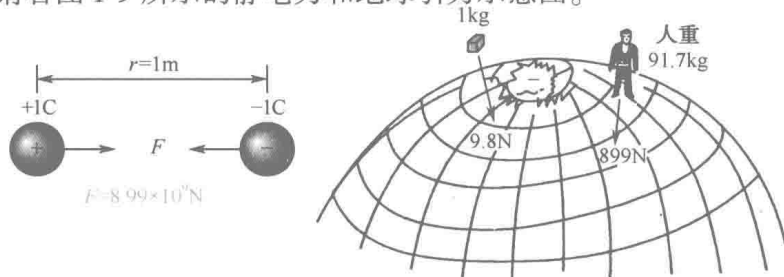
1 库仑 (C) 异性电荷间的静电力有多大?

在真空 (或空气) 中两个点电荷 Q_1 (C)、 Q_2 (C) 间的静电力的库仑定律用式 (1-2) 表示。该式是电磁学中的重要公式, 它把电磁现象中最根本的物理量电荷与普通的力 F (N) 和距离 r (m) 结合了起来。

真空 (或空气) 中相距 1m 的正电荷 (+1C) 和负电荷 (-1C) 之间的吸引力为

$$F = 8.99 \times 10^9 \times \frac{1 \times 1}{1^2} = 8.99 \times 10^9 \quad (\text{N})$$

这个作用力有多大呢? 下面以地球引力进行对比说明, 请看图 1-9 所示的静电力和地球引力示意图。



(a) 两个 1 库仑 (C) 电荷之间的作用力为 899×10^7 牛 (N) (b) 体重达 91.7kg 的人与地球间的引力仅为 899 牛 (N)

图 1-9 有关静电力和地球引力的对比示意图

电荷间的静电力大得惊人!