

少年

SHAONIAN
DIANGONG
ZHIZUO

电工制作

许瑞珍 蔡声镇



福建科学技术出版社
FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE



少年 电工制作

SHAONIAN
DIANGONG
ZHIZUO

许瑞珍 蔡声镇

福建科学技术出版社

FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

少年电工制作 / 许瑞珍, 蔡声镇编著. — 福州: 福建科学技术出版社,
2007.6

ISBN 978-7-5335-2966-6

I. 少… II. ①许…②蔡… III. 电子器件—制作—少年读物
IV. TN—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 027040 号

书 名 少年电工制作
编 著 许瑞珍 蔡声镇
出版发行 福建科学技术出版社 (福州市东水路 76 号, 邮编 350001)
网 址 www.fjstp.com
经 销 各地新华书店
印 刷 福建彩色印刷有限公司
开 本 890 毫米 × 1240 毫米 1/32
印 张 3
字 数 73 千字
版 次 2007 年 6 月第 1 版
印 次 2007 年 6 月第 1 次印刷
印 数 1—5 000
书 号 ISBN 978-7-5335-2966-6
定 价 10.00 元

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

BIANZHE DE HUA

编者的话

1831年,英国物理学家法拉第发现了电磁感应现象,奠定了现代电工学的基础。此后的百余年间,电工学不断地发展,推动着社会文明的前进车轮。如今,电已涉及社会生活的各个方面,对于我们,犹如空气与水一般。

为了向广大少年朋友普及电工知识,消除他们对电的神秘感与恐惧感,我们编写了这本小册子。考虑到安全性,本书只以干电池作为电源介绍电路的制作,我们希望少年朋友可通过对这些电路的分析、制作,了解电工基础知识,掌握电工电路的基本制作方法。并从中体会电及电路的真谛。

电是有规律的,只要我们熟悉它,就可驾驭它,让它为我们服务。

编著者

2007年2月

目 录

第一章 电的知识 /1

- 一、什么是电? /2
- 二、直流电 /11
- 三、电的常用计量单位 /18
- 四、交流电 /21
- 五、电路的简单计算 /28

第二章 电工制作实践常识 /36

- 一、制作实践过程中的安全问题 /36
- 二、制作用工具、元器件 /37
- 三、制作前的准备工作 /45

第三章 电工制作实例 /48

- 一、单个开关控制一盏灯电路 /48
- 二、两个开关控制同一盏灯电路 /52
- 三、一个开关控制多个串联电器电路 /55
- 四、一个开关控制多个并联电器电路 /61
- 五、继电器控制电路 /68
- 六、带自锁功能的继电器控制电路 /74
- 七、直流电动机正反转控制电路 /79
- 八、知识竞赛抢答电路 /88

附录 电工制作元件清单 /92

第一章 电的知识

日常生活中的开灯、听广播、看电视、打电话要用电，用电饭煲、微波炉煮饭做菜要用电，夏天的电风扇、空调器，冬天的电暖气、电热水器要用电……计算机没有电不能工作，工厂的机器没有电不能运行。此外，飞机、轮船的导航，人造地球卫星的发射与控制等都要用到电。总之，我们的生活、学习和工作与电已经是密不可分。

电真是神通广大，无比奇妙，可你知道电到底是什么吗？电灯为什么会发光？电风扇为什么能运转？电视机为什么既可看到图像又可以听到声音？人造地球卫星在空中飞行如何传送信号？俗话说得好：“万丈高楼平地起。”要想知道上述知识，首先要掌握电的基础知识，只有对电的基本概念有较深刻的理解以后，才能探索到电的奥秘。

一、什么是电？

1. “电”一字的来源

电虽然是客观存在的，但人类从发现电的现象开始，到能够掌握电的特性，并利用电来为人类服务，却经过了几千年漫长的岁月。早在公元前6世纪，希腊的工匠们就发现琥珀

用毛皮摩擦后能吸引轻小的物体。

由于当时人们知识贫乏，只以为琥珀中存在神奇的魔力。直到两千多年后的17世纪初，一名叫吉尔珀特的医生（也是物理学家）才发现，并不只是摩擦后的琥珀能吸轻小物体，其他如玻璃、橡胶棒等经摩擦后同样也可以吸引轻小物体，也就是说它们具有与

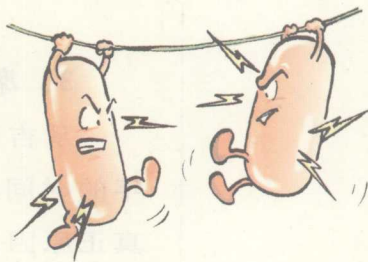


“摩擦起电”实验——吉尔珀特医生发现，玻璃棒用毛皮摩擦后能带上“电”

琥珀相同的奇怪现象。吉尔珀特医生就把具有这种现象的物体称为“琥珀化”的物体，即今天所说的带了“电”的物体。吉尔珀特引用了希腊语“琥珀”的字根，给“电”拟定了一个读音与希腊语“琥珀”读音一样的英文名字“Electricity”，中文把这个“Electricity”翻译为“电”。这便是“电”一字的来源。上述现象在电学上称为“摩擦起电”。

2. 正电与负电

18世纪以后,科学技术有了较快的发展,对电的研究也逐步深入。1734年,法国科学家杜菲仔细地分析了电的性质后发现,将两块摩擦带电的琥珀悬挂起来,它们会互相排斥。把两根摩擦带电的玻璃棒悬挂起来,也有同样的现象。而如果悬挂起来的是一根琥珀和一根玻璃棒,则它们会相互吸引,当它们互相接触后,两者的带电现象都消失。这些现象说明,电一定有两种:一种是摩擦后的琥珀所带的电(杜菲称其为“琥珀电”),另一种是摩擦后玻璃棒所带的电(杜菲称其为“玻璃电”)。而且同一种类型的电相排斥,异种类型的电相吸引。因为这两种类型的电对同一种带电体的作用刚好相反,所以后来人们便根据它们的这种相反的性质,称一种为负电(或阴电),称另一种为正电(或阳电)。但是,“琥珀电”和“玻璃电”究竟哪个是正电哪个是负电,当时完全是随意定的,“正”和“负”(或“阳”和“阴”),仅仅是为了说明两种电之间性质的区别。直到1747年,美国科学家富兰克林把用丝绸摩擦过的玻璃棒上所带的电称为“正电”,并用



同类型的“电”相互排斥,异类型的“电”相互吸引

“+”号表示;而把用毛皮摩擦过的琥珀上所带的电称为“负电”,并用“-”号表示。

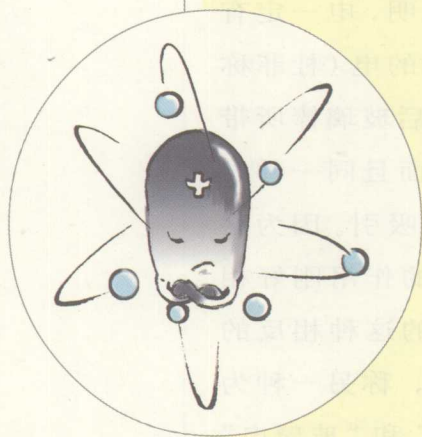
3. 摩擦起电

从吉尔伯特时代到19世纪末,在这近300年的时间内,还没有人能够解释摩擦起电的真正原因。直到20世纪初,人们发现电子和原子结构以后,这个奥秘才被揭开。因此,要了解摩擦起电的原因,就要从“原子”说起。

在19世纪末之前,人们都认为:任何一

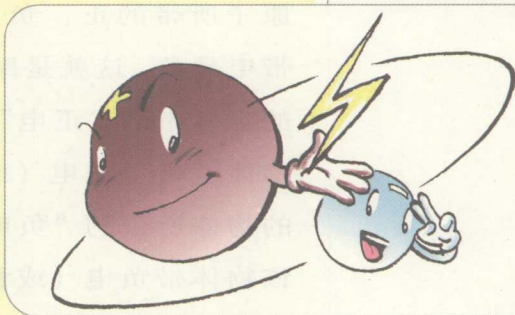
种物质都是由分子构成的,分子又是由更小的微粒——原子组成的,原子是最简单和不可再分割的微粒了。随着科学技术的发展和实验条件的改善,人们又对原子的结构进行了艰难的探讨,经过大量的实验研究以后,终于初步了解原子的结构。原来原子内部有一个结实的核——原子核。核内有带正电的“质子”和不带电的“中

子”;而原子核的外围有许多带负电的微粒,叫“电子”。电子一方面自己旋转,另一方面分几层沿着一定的轨道绕着原子核不停地旋转,就好像地球和其他行星不停地自转,又不



电子一方面自己旋转,另一方面分几层沿着一定的轨道绕着原子核不停地旋转

停地绕太阳公转一样。因此，原子的结构就像一个小太阳系，原子核好像恒星太阳，电子好像绕着太阳转动的行星。不同的原子，其质子、中子和电子的数目各不一

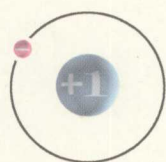


样。结构最简单的原子是氢原子，原子核中只有一个质子，没有中子，周围只有一个电子围绕原子核运转；氧原子的原子核中有8个质子，8个中子，周围只有8个电子分两层围绕原子核运转；铀原子的原子核中有92个质子，142~146个中子，周围有92个电子分7层围绕原子核运转等等。在原子里面，电子和质子的数目都一样，所带的总电荷量相等而且性质相反，它们互相吸引，处于平衡状态。在这种情况下，整个原子处于中性，没有带电的现象。

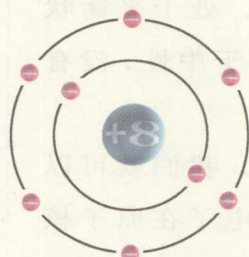
原子的结构就像一个小太阳系，原子核好像恒星太阳，电子好像绕着太阳转动的行星

有了以上物质结构的认识，我们就可以解答摩擦起电的原因了。由于电子在原子核外围的分布不同，在内层轨道上的电子受原子核的吸引力大，在外层轨道上的电子受原子核的吸引力小，所以，当两物体相互摩擦时，有些物体的电子在摩擦力作用下就容易离开原来的轨道跑到另一个物体上去。这样

原子所带的正、负电荷量将失去平衡而呈现带电现象，这就是摩擦起电的原因。失去电子的物体中的“正电”要比“负电”多，所以该物体就带了正电（或称带正电荷）。得到电子的物体所带的“负电”要比“正电”多，因此该物体带负电（或称带负电荷）。犹如上面讲到的用丝绸摩擦玻璃棒时，电子就要从玻璃跑到丝绸上，所以玻璃少了电子带“正电”，而丝绸多了电子也就带“负电”了。需要说明的是，我们平常接触到任何不带电的物体（如未经毛皮摩擦过的琥珀），它本身并不是真的没有电，而是在组成这种物体的原子中，所带正、负电的数量相等，正电和负电互相抵消，称为电“中和”，所以呈现不带电的性质。



氢原子



氧原子

氢原子核周围只有一个电子围绕其运行，氧原子核周围有8个电子分2层绕行

原子结构图

在我们的日常生活中，经常会遇到摩擦起电的现象。例如用塑料梳子梳干燥的头发时，头发会竖起来；冬天脱下毛衣或的确良衬衣时，可以听到“啪啪”的放电声，如果在黑夜中还可以看到静电放电的小火花，有时还会有一

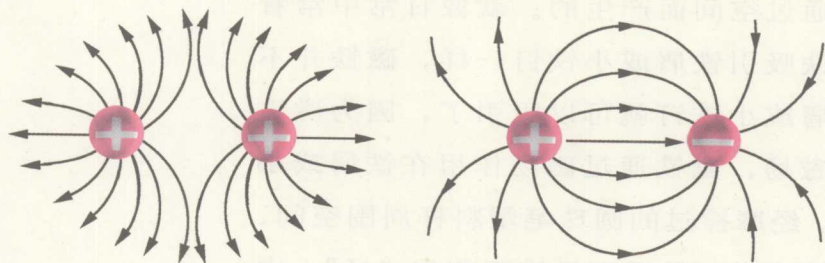
种轻微的麻电的感觉等等。

4. 电场与电力线

让我们再来做个摩擦起电的实验，在天气干燥的时候，先用一些小纸屑放在桌面上，再把圆珠笔塑料杆放在头发上摩擦几下，然后将它向小纸屑靠近（不要接触），这时就会发现圆珠笔塑料杆把小纸屑吸引上去了。这说明它们之间有一种电力在作用，这种力的作用是通过空间而产生的。就像日常中常看到的磁铁吸引铁屑或小铁钉一样，磁铁并不接触铁屑或小铁钉就可以吸引了，因为磁铁周围有磁场，磁铁通过磁场作用在铁屑或小铁钉上。经摩擦过的圆珠笔塑料杆周围空间，也存在着这样一种看不见摸不着的“场”。由于它是由带电物体产生的，所以就称它为“电场”。电场是与带电体不可分割地共存着，有带电体（即有电荷）的地方，就有电场的存在。带电的圆珠笔塑料杆就是通过它周围的电场，将小纸屑感应成带相反电荷的物体，所以它们能够相互吸引。这种现象就是所谓的“感应起电”现象。

由于电场是无形的，为了研究的方便起见，在电工学上常用所谓的“电力线”来形象地描绘电场。科学家们想了很多的办法，终于

能够间接地使电力线的原形显现出来。他们把石棉屑等漂浮在凡士林油或蓖麻油这类黏滞物质的表面上, 并把它们放入电场中。那些原来杂乱无章的小颗粒就好像听到命令一样, 立即一个个按照一定的规律排起队来, 形成了由一条条细线组成的图案。其中的一条条细线就代表了电力线。下图表示了两个球形电极周围某一截面上的电力线分布情况。



球形电极的电力线

电力线箭头方向表示正电荷的受力方向, 电力线的疏密对应着电场强度的弱与强。由于电场中电荷受力是唯一的, 所以电力线不会相交

利用电力线可以形象地描述电场力的大小和方向及电场的分布, 电力线的方向, 一般规定为由正电荷起始至负电荷终止。在离电荷越近的地方, 电力线越密, 表示该处的电场越强, 在离电荷愈远的地方, 电力线愈稀, 表示该处的电场就愈弱。需要注意的是, 电力线是人为假设的, 真正的电场并不是由一根一根分立的电力线组成, 而是有疏有密(疏密情

况与电力线一样)连续分布的。

5. 静止的电和流动的电

一个物体因摩擦而带了正电荷(或负电荷),这种电一般不能流动,仅在中和放电时瞬间移动,但其带电现象也随之消失,所以这种电叫做“静电”。摩擦产生的静电在很多方面有广泛的用途。例如静电除尘、静电喷漆、静电复印等等。但静电也会给某些生产带来麻烦。油罐车后面拖着一条触地面的铁链,就是用来将油料与油罐摩擦产生的静电引导到地面去,以防止静电放电引起火灾。

自然界中的雷电也是一种静电现象,因为天空中的乌云是由一些物质微粒组成的,当乌云随风飘动时,各微粒之间会发生互相摩擦,因此有些乌云可能带上大量的正电荷,而另一些乌云可能带上大量的负电荷,每一朵乌云都是一个巨大的带电体。当两朵带电性质不同的乌云靠近,或者乌云靠近地面使地面感应性质相反的电荷时,正负电荷就会通过中间空气发生中和。大量电荷强行

自然界中的雷电也是一种静电现象



通过空气，将产生大量的热能和光能，空气受热膨胀而发出震耳的巨声。这就是闪电和打雷。

流动的电是指物体中的电荷（一般是电子）群沿着一定的方向流动，这种现象就是所谓的“电流”。能使电荷流动（即能够传导电荷）的物体称为导电体，简称导体。一般的金属、盐水、人体等都是导体。其中导电性能特别好，如金、银、铜、铝等，称为良导体。不能传导电荷的物体称为绝缘体，如空气、干燥的木头、玻璃、塑料、陶瓷、橡胶等。导电性能处于导体与绝缘体之间的物体称为半导体，如硅、锗、硒等材料。

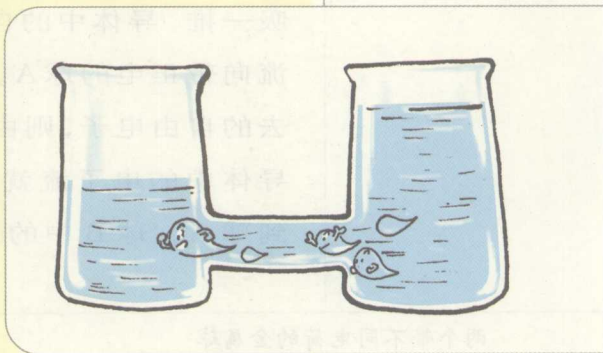
导体之所以能够导电，是因为导体的原子的外层电子数少离原子核又较远，原子核对电子的吸引力较小，电子可以在导体中的各原子之间到处“流窜”，就像一个自由的流浪者到处流浪一样，因此称导体中自由流浪的电子为“自由电子”。在无外力（如摩擦或电位差等）作用下，导体中自由电子的运动方向一般是没有规律的，是杂乱无章的，所以不显带电性，而是处于中性。一旦在电位差的作用下，导体中的自由电子的运动方向就不是杂乱无章，而是在电位差的驱使下朝着一个方向移动，从而形成流动的电子流。就像水

一样，如果水管两端有高低差，水就会从高处流向低处。这种流动的电子流就称为电流。

二、直流电

1. 产生电流的条件

由上述的分析可知，要在一个物体中产生电流，首先这个物体中必须存在可以自由移动的电荷——自由电子；其次该物体两端必须存在电位差。那么，什么是电位差呢？任何带电体都具有电位，就像水有水位一样。如果两个带电体的电位不同，两者之间就存在电位的差别，这种差别就叫电位差，也叫做电压。因此，自由电子在电位差的作用下，沿着一定的方向流动所形成的电流，与水在水位差的作用下形成水流的情况相似。这种具有固定流动方向的电流就称为直流电流，产生直流电流的电压就称为直流电压，它们统称为直流电。

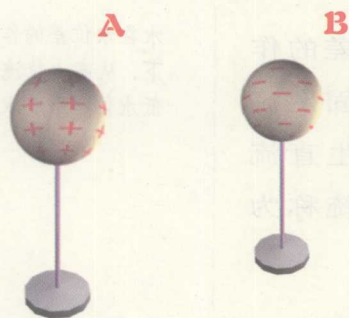


水在水位差的作用下，从高水位流向低水位，形成水流

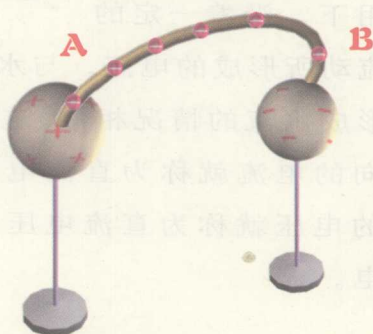
2. 电流与电子流

下图是两个带不同电荷的带电体球 A 和球 B。其中球 A 带正电荷，球 B 带负电荷。当然，两个球体的电荷要互相吸引，但由于它们之间有绝缘体空气隔离，所以球 B 中的电子不能穿过空气到达球 A 与正电荷中和。如果我们用一段导体（如铜线），将两个球体连接起来，由于铜线中存在许多自由电子（带负电），因此带正电的球 A 将吸引导体中的自由电子，而带负电的球 B 又有排斥自由电子的力。这样一吸一推，导体中的自由电子就从带负电的球 B 流向带正电的球 A。靠近球 B 那一端导体中失去的自由电子，则由球 B 中的电子补充。所以，导体中的电子流就这样流动起来，一直维持到球 A、球 B 中的正、负电荷中和为止。

两个带不同电荷的金属球



自由电子流过导体



电位差与电子流