

工人技术培训教材

维修电工

辽宁省工人技术培训教材编委会主编



辽宁科学技术出版社

维修电工

辽宁省工人技术培训教材编委会 主编

辽宁科学技术出版社出版、发行
(沈阳市南京街6段1里2号)

朝 阳 六 六 七 厂 印 刷

开本：787×1092 1/32 印张：12 3/4 字数：279,000
1982年12月第1版 1982年12月第1次印刷

责任编辑：周振林 马 骏 封面设计：曹太文

印数：1—50,000

统一书号：15288·19 定价：0.94元

编 著 者 蒋新华
描 图 肖 龙 田 玉
审 稿 甘德成 顾鸣初 姚润川
郭尊何 林 虔
责任编辑 周振林 马 骏
封面设计 曹太文

出版说明

加强职工教育，是开发智力、培养人才的重要途径，是提高青年工人的文化与科学技术水平、搞好国民经济的调整、加速四个现代化进程的重要环节。为了适应开展职工教育的需要，辽宁省和沈阳市劳动局与辽宁科学技术出版社组成了工人技术培训教材领导小组，下设工人技术培训教材编委会，组织编写了一套工人技术培训教材。首批有《看图》、《尺寸公差与形位公差》、《量具》、《机械工程材料》、《机械基础》、《维修电工》、《电机修理工》、《电焊工》、《气焊与气割》、《无线电调试工》、《油漆工》、《管道工》、《木工》、《木模工》、《划线工》、《铆工》、《铣工》、《齿轮工》、《磨工》、《装配钳工》、《锅炉工》、《车工》、《缝纫工》、《裁剪工》等24种，自1982年起陆续出版。

这套教材是根据国家劳动总局对培训工人的要求，参照国务院有关部制订的《工人技术等级标准》与工人的现有水平，本着“少而精”的原则编写的。具有学时短、见效快、理论联系实际的特点。书中附有例题和习题，既可作为1~4级工人的培训教材，也可供各类技工学校、职工业余学校使用。

这套教材在编写过程中得到了袁林霄、董旭、傅维恕、王年光、史继绵、徐国章、姜庆铎、王启义、张永恒、平献明、谢宗起、赵俨等同志的支持和帮助，在此表示感谢。

在本书编写过程中，魏凤琴、贾承武同志提供一些资料并对部分章节做了一些修改，在此表示感谢。

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 电是什么	1
第二节 电流	4
第三节 电路	6
第四节 电阻	8
第五节 电压及欧姆定律	12
第六节 串联电路与并联电路	15
第七节 电功与电功率	22
第八节 电流的热效应	24
第九节 识图基本知识	26
第二章 电磁的基本知识	35
第一节 磁及其性质	35
第二节 电流的磁效应	38
第三节 磁场对电流的作用力	39
第四节 磁场的几个物理量	42
第五节 电磁感应	44
第三章 交流电路	48
第一节 正弦交流电的产生	48
第二节 正弦交流电的有效值及矢量表示法	53
第三节 电阻电路	55

第四节	电感电路.....	59
第五节	电容电路.....	64
第六节	电阻、电感和电容的串联及并联.....	69
第七节	三相交流电及负载的Y形△形联接.....	73
第八节	提高功率因数的意义及方法.....	79
第九节	涡流及其应用.....	82
第四章	变压器.....	86
第一节	变压器的用途、种类和工作原理.....	86
第二节	电力变压器的主要结构及铭牌.....	90
第三节	几种常用变压器.....	102
第四节	互感器.....	109
第五章	三相异步电动机及维修.....	116
第一节	三相异步电动机的构造和铭牌.....	116
第二节	三相异步电动机的工作原理.....	125
第三节	三相异步电动机的启动、调速与制动.....	130
第四节	三相异步电动机的使用及维修.....	149
第五节	三相异步电动机的故障及检修.....	177
第六章	直流电机及维修.....	184
第一节	直流电机的结构和分类.....	184
第二节	直流电动机的工作情况.....	193
第三节	直流电动机的启动、调速与制动.....	199
第四节	直流电动机的使用和维护.....	209
第七章	常用电器及维修.....	217
第一节	常用电器简介.....	217
第二节	闸刀开关.....	219
第三节	熔断器.....	224

第四节	交流接触器	234
第五节	热继电器	243
第六节	时间继电器	248
第七节	中间继电器和速度继电器	252
第八节	电磁铁	255
第九节	电器的故障及维修	260
第八章 机床电气控制线路及故障检修		275
第一节	C620—1 车床的电气控制线路及故障	275
第二节	Z35 型摇臂钻床电气控制线路的分析	279
第三节	X62W 型万能铣床电气控制线路的分析	283
第四节	T68型卧式镗床电气控制线路的分析	289
第五节	机床电气线路的故障检查	292
第九章 常用电工仪表及工具		296
第一节	电工仪表一般知识	296
第二节	磁电系仪表	304
第三节	电磁系仪表	312
第四节	万用表	315
第五节	电桥及其使用和保养	323
第六节	常用工具的使用和维护	326
第十章 晶体管		331
第一节	半导体的基本知识	331
第二节	晶体二极管	334
第三节	晶体三极管	339
第四节	晶体管整流电路	348
第五节	晶体管的三种基本接法	356

第十一章	室内布线和安全用电	360
第一节	室内布线常用导线	360
第二节	室内布线的方法	366
第三节	导线的联接	369
第四节	接地种类及装接方法	373
第五节	安全技术操作规程	376
第六节	触电和触电急救	380
附表	电工系统图图形符号	386

第一章 直流电路

第一节 电是什么

在我们的日常生活和生产中，几乎到处都要用到电。象电动机的转动，电炉的发热和电灯的发光等现象都是电作用的结果。那么，电究竟是什么呢？还是让我们从摩擦起电谈起吧。

一、摩擦起电

使物体带电叫做起电。用摩擦的方法使物体带电叫做摩擦起电。

摩擦起电是很早以前就被人们在劳动中发现的客观现象，并且，人们很早就进行了摩擦起电的科学实验。这个实验在当时是这样进行的：先用丝绸摩擦玻璃棒，丝绸和玻璃棒就都能吸引纸屑等轻微物体。再用毛皮摩擦硬橡胶棒，毛皮和硬橡胶棒也都能吸引很轻的物体。我们把这种现象叫做“带了电”或者说“带了电荷”。

然后把第一根用丝绸摩擦过的玻璃棒用长丝线悬挂起来，再把第二根摩擦过的玻璃棒移近第一根棒经摩擦过的一端，那么这两根棒就要互相排斥，见图1—1。同样两

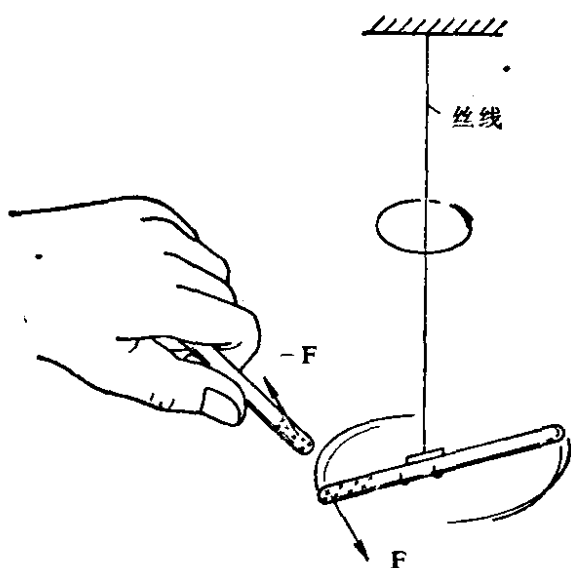


图 1—1 两根摩擦起电的玻璃棒相互排斥

根摩擦过的硬橡胶棒也是互相排斥的。但是，如果把用毛皮摩擦过的硬橡胶棒与用丝绸摩擦过的玻璃棒的一端靠近，那么硬橡胶棒就要吸引玻璃棒。

上述这种现象说明，在摩擦棒的过程中，棒上产生了电荷；同时，两棒上的电荷之间存在着力的作用。显然玻璃棒上的电荷和硬橡胶棒上的电荷在性质上是不同的。我们把

玻璃棒上的电荷叫做正电荷，硬橡胶棒上的电荷叫做负电荷。因此，从摩擦起电实验所得的结论是：

1. 摩擦可以使物体带电，即产生电荷；
2. 电荷有正、负两种；
3. 电荷与电荷之间有相互作用力。同性电荷相互排斥。异性电荷相互吸引。

二、物质的电结构

不同物体摩擦后带有电荷，这些电荷是从哪里来的呢？要说清楚这个问题，必须了解物质的电结构。

一切物质都是由分子组成的。分子是一种能够单独存在、并且保持了物质原有性质的最小微粒，例如一立方厘米的水（大约重 1 克）中，大约有三百多万亿亿个水分子。各种分子又是由一些更小的微粒——原子所组成。一般地讲原

子的性质和原来物质的性质已经没有相同之处了。例如分裂水分子可以得到两种不同的原子，一种是氧原子，一种是氢原子，它们和水的性质完全不同了。

原子还可以继续分裂为一个原子核和一些电子。原子核带有正电，电子带有负电。电子围绕着原子核不停地运动，并且受到原子核的束缚力，跟地球围绕着太阳旋转相似。在通常情况下，原子核所带的正电荷和电子所带的负电荷在数量上相等，所以物体就不显示带电性。

当用丝绸摩擦玻璃棒时，棒的温度将要升高，增强了棒内分子、原子的热运动，使得棒中带负电的电子比较容易地摆脱原子核的束缚跑出来而闯进丝绸。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，实际上是摩擦分电，不过是利用摩擦把物体里本来存在的正、负电荷分开并发生转移而已。

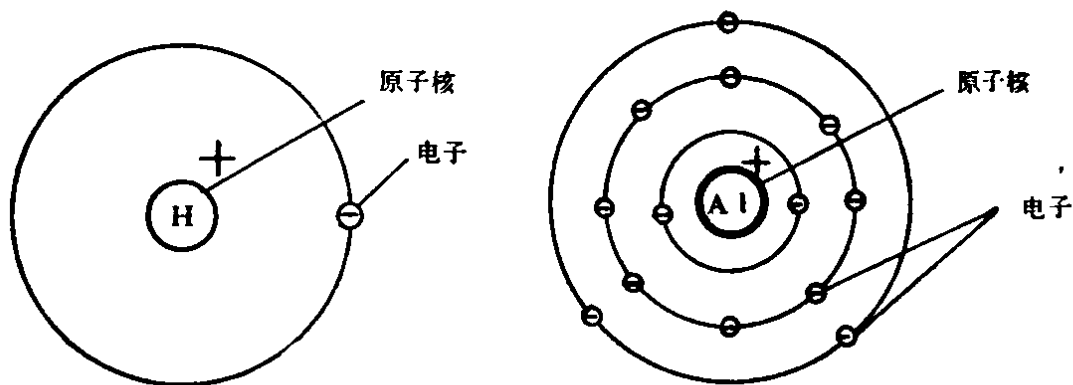
电荷是一种客观存在的物质，既不能创造也不能消灭，只能从一个物体转移到另一个物体，这叫做电荷守恒。

物体失去电子后，便带有正电荷；获得多余的电子时，便带有负电荷。一个带电体所带电荷的多少叫电量，它可以用电子数目来表示，但在实用中这个单位太小，因此常以“库仑”作为电量的单位，其符号用Q表示。

$$1 \text{ 库仑} = 6.24 \times 10^{18} \text{ 个电子电荷}$$

(10^{18} 代表 1 后面共有 18 个“0”)

不同物质的原子，它们所具有的电子数目也不一样。例如氢原子由一个原子核和一个电子组成；铜原子由一个原子核和 29 个电子组成；铝原子由一个原子核和 13 个电子组成，如图 1—2 所示。



(a) 氢原子结构

(b) 铝原子结构

图 1—2 原子结构示意图

第二节 电 流

原子核周围的电子是按一定轨道运动的，那些处于边缘轨道上的外层电子，由于距原子核比较远，与原子核的联系比较弱，在外界因素（如光、热、机械力）影响下，当获得一定的能量时就可能离开它自己的运行轨道，不再受原子核的束缚而成为自由电子。金属物质都具有不稳固的外层电子，在常温下它们就会脱离自己的轨道成为自由电子。金属中这些大量的自由电子总是处于运动状态，但这种运动是没有规律的杂乱无章的热运动，见图 1—3 (a)。

自由电子在电场力的作用下就会朝一定方向运动，电子这种有规则的运动就形成了电流，见图 1—3 (b)。什么叫电流呢？电流就是电荷（电子或正、负离子）有规则的定向运动。

电流的方向如何确定呢？习惯上人们把正电荷流动的方向作为电流的方向。在导线中，电流实际上是带负电的电子

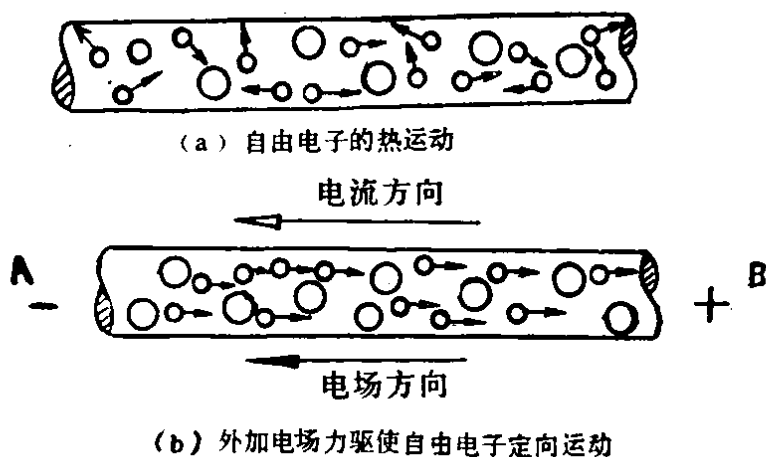


图 1—3 电流的形成

的流动所形成的，但其效果与等量正电荷反方向流动完全相同，因此其电流方向是与电子流的方向相反。图 1—3 (b) 表示有电流的一段导线，其中自由电子从 A 端流向 B 端，而电流的方向则是从 B 到 A。在电路图中电流方向常用空心箭头表示。

电流的大小通常用电流强度来表示。电流强度在数值上以一秒钟内通过导线横截面的电量的大小来计量。电流用 I 表示，单位用安培 (A)，简称安。电流的计算公式是

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中 Q 表示通过导线某一截面的电量， t 表示通过电量 Q 所用的时间。

如果每秒钟有 1 库仑的电量通过导线的某一截面，这时的电流就是 1 安培，即

$$1 \text{ 安培} = \frac{1 \text{ 库仑}}{1 \text{ 秒}}$$

电流很小时，常用毫安、微安来计量。

1 安培(A) = 1000毫安(mA)

1 毫安(mA) = 1000微安(μ A)

如果电流的大小和方向都不随时间而变化,这种电流称为直流电流,如图1—4(a)所示。电流的大小和方向如果随时间按一定的规律反复交替地变化,一会儿从小变到大,一会儿又从大变到小;一会儿电流是正的,一会儿却变成负的(电流正负的变化即代表其方向的变化),则这种电流称为交流电流。图1—4(b)所画的就是最常见的正弦交变电流。我们平时用的,由电力网供出的交流电就是这样的电流。

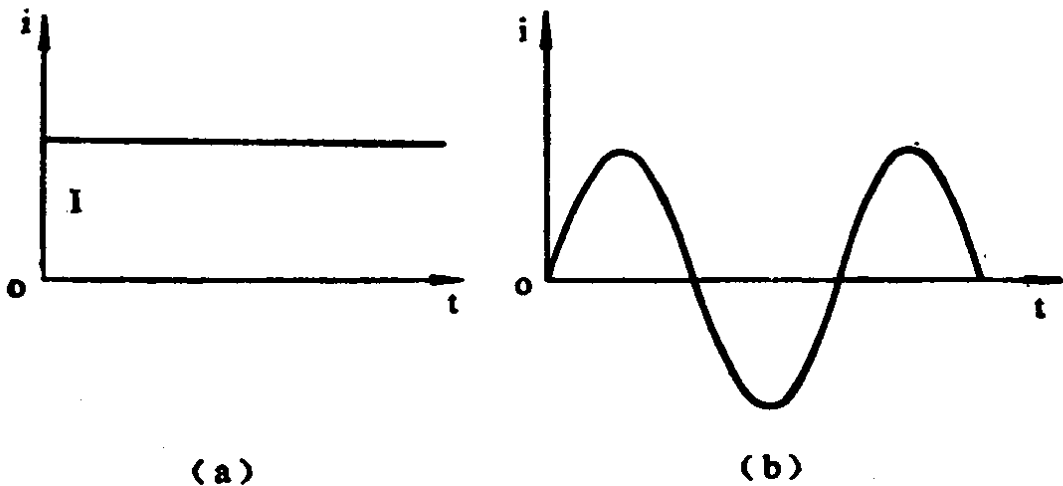


图1—4 直流电和交流电

第三节 电 路

电路,就是电流流经之路。

电路是由电源、负载和连接导线以及控制设备组成。

图1—5是由电珠、干电池、开关、连接导线构成的最简单的电路。其中干电池是电能的供给者,所以被称为电路的电源,而小电珠则是消耗电能的,叫做电路的负载。如电

灯、电炉及电动机等用电器都是电路的负载，这些负载可使电能转变成光能、热能或机械能，为我们所利用。

连接导线就是平常所说的电线，用来输送和分配电能。

控制设备是用来控制电路通断和保护等的电器设备，如开关、熔断器之类。

要使电路中有电流流过，必须具备两个条件：电源能正常供电和电路是一个闭合的通路。对电源来讲，由负载和导线组成的电路称外电路；电源内部的电路则称为内电路。

电路有三种状态：（1）接通开关使电路闭合，电路中有电流流通，这种状态称通路或闭路；（2）断开开关或电路中某处断开，此时电路中无电流，这种状态称开路或断路；（3）电路中某两点间被导体直接联通，称短路或捷路。

任何复杂的电路都可用电路图来表达。电路图一般不用图 1—5 这样的实物表示，因为这样画起来麻烦，而且没有突出电路的本质。实用的电路图是用统一规定的符号表示电路的各部分，比如图 1—5 所示实物图可用图 1—6 的电路图表示。电路图中采用的符号见附表。

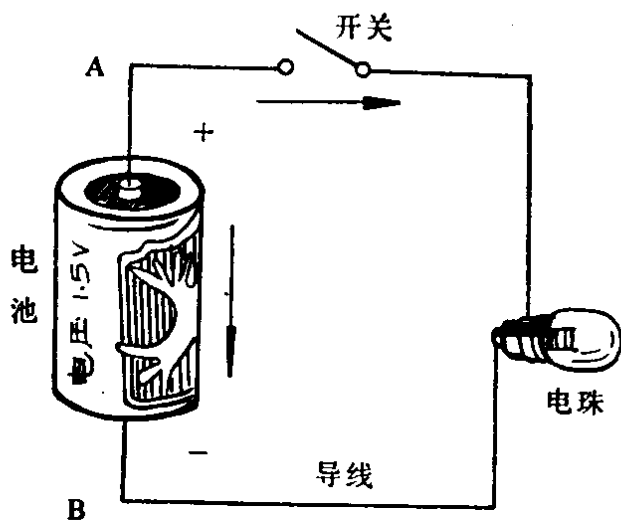


图 1—5 简单电路

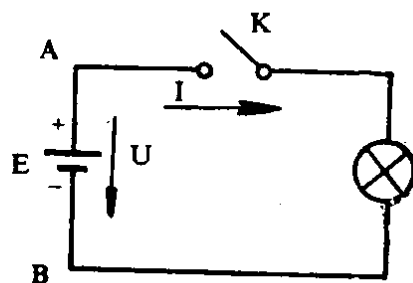


图 1—6 电路图的画法

第四节 电 阻

一、什么叫电阻？

自由电子在物体中作定向运动时，不可避免会遇到阻力，这种阻力是由于自由电子和物体中的原子发生碰撞而产生的。物体中存在的这种阻碍电流通过的阻力就叫电阻。电阻用符号 R 或 r 表示。

电阻的计量单位是欧姆，用希腊字母 Ω 来表示。它的大小是这样来确定的：取高 106.3 厘米，横截面 1 平方毫米的水银柱，在 0°C 时所具有的电阻定为 1 欧姆。在实际运用中，常常要用到较大单位：

$$1 \text{ 千欧}(\text{K}\Omega) = 1000 \text{ 欧}(\Omega) = 10^3 \text{ 欧}(\Omega)$$

$$1 \text{ 兆欧}(\text{M}\Omega) = 1000000 \text{ 欧}(\Omega) = 10^6 \text{ 欧}(\Omega)$$

物体的电阻大小与该物体的材料、几何尺寸和温度有关。一般导线的电阻可以由以下公式求得：

$$\boxed{R = \rho \frac{L}{S}} \quad (1-2)$$

式中 L —— 导线的长度（米）；

S —— 导线的截面积（平方毫米）

ρ —— 电阻系数（欧姆·毫米²/米）

电阻系数又叫电阻率，它表示某种材料长 1 米，横截面积 1 平方毫米的导线在温度 $+20^\circ\text{C}$ 时的电阻。半导体材料的电阻系数则是取 1 厘米长、横截面积为 1 平方厘米的样品，在 $+25^\circ\text{C}$ 时的电阻，其单位为欧姆·厘米。

材料不同，电阻系数 ρ 的数值也不同。表 1—1 列出了常用材料的电阻系数和温度系数。

表 1—1 常用材料的电阻率和电阻温度系数

材料名称	电阻率 ρ (20℃) (欧·毫米 ² /米)	电阻温度系数 α (0~100℃) (1/℃)
银	0.016	0.0036
铂	0.055	0.0052
铜	0.0172	0.0040
铝	0.0283	0.004
铁	0.13~0.3	0.0052
铸铁	0.5	
黄铜	0.07~0.08	0.002
康铜	0.44	0.000005
镍铬合金	1.1	0.00015
石墨	8~13	
云母	$4 \times 10^{17} \sim 4 \times 10^{21}$	
瓷	3×10^{18}	

【例 1—1】一条铝电线，长 100 米截面积为 10 平方毫米，求该电线电阻（温度为 20℃）。

【解】查表 1—1 知铝的电阻系数 $\rho = 0.0283$ 欧·毫米²/米。

$$\therefore R = \rho \frac{L}{S} = 0.0283 \times \frac{100}{10} = 0.283 \text{ 欧}$$

由此可见，任何导线都是有电阻的，不过数值较小，在通常计算时忽略不计了。