

少年电工

上海人民出版社



少年科技活动丛书

SHAONIAN DIANGONG

少年科技活动丛书

少年电工

《少年电工》编写组编

上海人民出版社

内 容 提 要

这本书是给广大少年开展电工科技活动参考的。内容除了介绍一些电工的基本知识以外,主要介绍照明电路的安装和修理,一些电工器件如变压器、继电器、电铃、电码练习器、简单的恒温和光电自动控制装置、发电机和电动机模型、测电笔、手枪式快速加热电烙铁的制作,以及旧干电池、灯丝坏了的日光灯管的利用方法等。少年们通过具体的制作实践,可以增长关于电的知识,学得一些电工的技能,更好地为人民服务,为社会主义建设服务。

少 年 电 工

《少年电工》编写组编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海群众印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.375 字数 111,000

1973年 8 月第 1 版 1973年 8 月第 1 次印刷

印数 1—300,000

统一书号: R 13171·51 定价: 0.39 元

毛主席语录

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

你要有知识，你就得参加变革现实的实践。你要知道梨子的滋味，你就得变革梨子，亲口吃一吃。你要知道原子的组织同性质，你就得实行物理学和化学的实验，变革原子的情况。你要知道革命的理论和方法，你就得参加革命。一切真知都是从直接经验发源的。

前 言

电在工农业生产、交通运输、国防建设和人民生活等方面应用十分广泛。发展电力生产对于建设我们强大的社会主义祖国有着重要的意义。我们努力学习和掌握电工知识，正是为了更好地参加阶级斗争、生产斗争和科学实验三项伟大革命运动，为发展我国的社会主义革命和社会主义建设服务。

为了更好地学习电工知识，广大少年遵照伟大领袖毛主席关于“你要有知识，你就得参加变革现实的实践”的教导，热烈开展电工科技活动。为此，我们将原《少年电工》一书进行修订，以供少年们开展电工科技活动的参考。

在修订中，我们重做了原书中的大部分实验和制作，删去了部分内容，又结合当前生产斗争实践，补充了一些新内容。

这次修订工作得到了杨浦区教育革命学校、图们中学、鞍山中学、控江中学、铁岭中学和有关工厂及革命青少年的大力支持和帮助。

由于我们学习不够，又缺乏编写少年科技读物的经验，书中一定会有很多缺点或错误，恳切希望广大读者、革命教师批评指正。

《少年电工》编写组

目 录

第一章 电的基本知识	1
一、什么是电	1
二、电流	3
三、电阻	5
四、电压	6
五、部分电路的欧姆定律	7
六、导体的串联和并联	8
七、电功和电功率	12
八、电流的效应	13
第二章 电源	16
一、电池的构造	16
二、怎样延长干电池的使用时间	20
三、铅蓄电池	25
四、几种新型的蓄电池	26
五、电池的串联和并联	27
六、发电机原理	28
七、发电机模型的制作	31
第三章 变压器	38
一、变压器原理	38
二、变压器的设计	41
三、自绕变压器	45
四、自装直流电源	53
第四章 照明电路	54

一、电灯的安装	54
二、日光灯的安装	64
三、照明电路常见故障的排除	76
四、节约用电	89
第五章 几种用电器具的制作	92
一、电铃	92
二、蜂鸣器	95
三、简易电码练习器	97
四、恒温箱	100
第六章 继电器	105
一、继电器的工作原理	105
二、最简单的继电器的制作	109
三、高灵敏继电器的制作	112
四、如何选用继电器	115
五、如何估计继电器的电气数据	120
六、简单的光电控制装置	122
第七章 电动机	126
一、电动机的工作原理	127
二、直流电动机模型的制作	127
三、单相交流感应电动机模型的制作	132
四、三相交流感应电动机	134
五、三相交流感应电动机模型的制作	138
第八章 电工工具的使用和制作	141
一、工具	141
二、电表	146
三、几种简易电工工具的制作	148
附表 常用漆包圆铜线数据表(公制)	160
英制、公制线规对照表	164

第一章 电的基本知识

“理论的基础是实践，又反过来为实践服务。”电的知识是劳动人民经过长期实践总结出来的。在这一章里，我们向大家介绍一些电的基本知识。掌握了这些知识，对于进行电工的实践是有帮助的。

一、什么是电

自然界的物质是无穷无尽的。有的东西有生命，如人、动物、植物和微生物；有的没有生命，如太阳、月亮、岩石、泥土、金属、玻璃、水、空气等等。一切东西都是由物质的微粒——分子——构成的。分子的体积非常小，即使把它放大几十万倍，也看不出它的本来面目。分子是由更小的微粒——原子——构成的。把一万万个原子一个挨一个地排列起来，它的长度也只是一厘米左右。人们对原子进一步研究以后认识到：原子由三种更小的微粒——质子、电子和中子——组成。质子带正电，电子带负电，中子不带电。质子和电子所带的电荷的性质虽然相反，但是它们所带电荷的多少却相等。质子、电子、中子和原子一样，也是可以再分割的。

质子、电子和中子是怎样构成原子的呢？

质子和中子紧密地聚集在一块，位于原子的中心，跟苹

果的核位于苹果的中心相似，我们把它叫做原子核。质子带正电，所以原子核是带正电的。带负电的电子离开原子核一定的距离，跟原子核互相吸引并且围绕着原子核不停地旋

转（参见图 1-1 原子结构示意图）。原子核仅占原子体积的极小一部分。打个比方来说，如果原子核的大小象一颗黄沙，那么，整个原子就是直径为几十米的大球

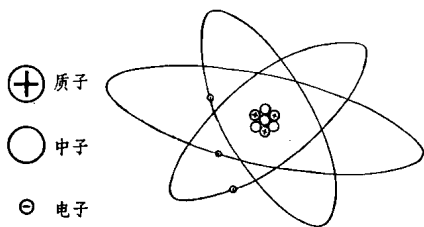


图 1-1

体。由此可见，我们没法在图中按比例把原子核和原子的体积表示出来。

在已经发现的一百零几种元素中，最简单的是氢原子。氢原子的核只有 1 个质子，它的原子核外面也只有 1 个电子绕核旋转。其他的原子要复杂得多。例如，铜的原子核是由 29 个质子和 35 个中子聚集而成的，在它的核外有 29 个电子分布在几层不同的轨道上绕核旋转。水银的原子核是由 80 个质子和 120 个中子聚集而成的，在它的核外有 80 个电子分布在更多的轨道上绕核旋转。在通常状况下，无论何种原子，它的原子核里有多少个质子，核外就有同样多的电子。前面说过，质子与电子所带电荷的性质相反，数量相等，因此，原子在平常都显示不出带电的性质。这也就是物体在平常显示不出带电现象的原因。如果物体失去一部分电子，这个物体的质子就比电子多了，它就带正电。反之，物体从别的物体上得到一部分电子，它就带上了负电。例如，玻璃棒跟

丝绸摩擦，玻璃棒失去部分电子而带正电。胶木棒跟皮毛摩擦，胶木棒会获得部分电子而带负电。

带电物体的周围存在一种叫做“电场”的物质，并通过电场对别的物体发生作用。所以带电体能把细小的纸屑吸引起来，如图 1-2。

电场的传播速度极快，差不多等于每秒 30 万公里，约为声音在空气里传播速度的 88 万倍。

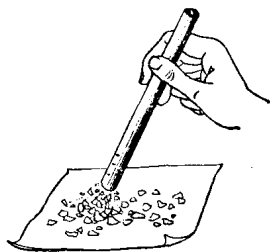


图 1-2

毛主席指出：“人的认识物质，就是认识物质的运动形式，因为除了运动的物质以外，世界上什么也没有，而物质的运动则必取一定的形式。”现在我们知道，自然界里的电现象，都跟带电微粒的运动有关，它也是物质运动的一种形式。

二、电 流

“事物发展的根本原因，不是在事物的外部而是在事物的内部，在于事物内部的矛盾性。”在原子中，电子既要受原子核的束缚，同时又有脱离束缚变为自由电子的倾向。这是因为一方面电子受到原子核的吸引，另一方面电子又以很大的速度运动着。由于不同的原子有着不同的结构，有的物体，如金属、碳等的原子核外的部分电子，容易摆脱原子核的吸引，离开自己的运动轨道，在原子之间穿来穿去，成为自由电子。当人们给予一定的外加条件（加电压），就能迫使自由电子向一定方向移动而形成电流。有的物体，如食盐的溶液、硫酸等，

由于其中的一些原子失去了电子而成为带正电的离子，另一些原子会得到电子而成为带负电的离子，因此，给这些溶液以一定的外加条件，离子也会作定向的移动而形成电流。我们把金属、碳以及导电的溶液称为导体。通常使用的铜芯和铝芯导线是良好的导体。

有的物体，如玻璃、陶瓷、胶木、塑料、云母等的原子核外的电子，不容易摆脱原子核对它的吸引，基本上只能在一定的轨道上转动。这些物体没有自由电子，或只有很少的自由电子。人们称这类物体为绝缘体。电灯开关的胶木外壳，铜、铝导线外面的橡胶或塑料层，都是良好的绝缘体。

绝缘体和导体虽然是性质很不相同的东西，但是人们在实际应用的时候总是把它们结合在一起，充分利用它们各自的特性。例如普通用的电线，金属内芯起导电的作用，电线外面的绝缘层用来防止漏电。

绝缘体和导体的区分是相对的。例如通常的玻璃是绝缘体，可是在高温下熔化了了的玻璃液却是导体。又例如橡胶在

一般电压(如数百伏)下是绝缘体，但是在高电压下会变成导体。由此可见，在一定条件下绝缘体和导体是可以相互转化的。

把电池、电珠、开关和导线象图 1-3 那样连接起来，组成电路。接通开关，电路

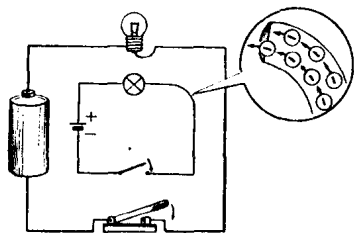


图 1-3

里的自由电子就沿着从电池的负极到正极的方向移动，形成电流。

应该指出，习惯上所说的电流方向是从电池的正极到负极的方向，正好跟自由电子实际的移动方向相反(图 1-4)。这是因为很早以前人们把正电荷的移动方向规定为电流的方向。现在

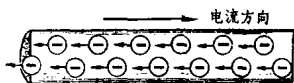


图 1-4

知道，在金属里，带正电的原子核是不会作定向移动形成电流的。但这个矛盾对于人们认识有关电的规律以及应用这些规律并无多大妨碍，所以人们依然根据过去的规定，把从电池的正极到负极的方向作为电流的方向。

人们用一秒钟内通过导线横截面积的电量的多少来表示电流的强弱程度。规定，如果在 1 秒钟内有 1 库仑(库仑是电量的单位， 6.25×10^{18} 个电子所带的电量等于 1 库仑)的电量通过导体的横截面，电路里的电流强度就是 1 安培。通常用符号“A”表示安培。一安培的千分之一叫 1 毫安，用符号“mA”表示。

三、电 阻

导体能够导电，因为它有自由电子或离子。同时导体又有阻碍电流的作用，这是由于自由电子或离子作定向运动时必然会与原子或离子相碰撞，从而阻碍了自由电子或离子的运动。导体的这种性质叫电阻。

不同的材料对电流的阻碍作用大小不同。科学技术上把横截面积是 1 平方毫米，长度是 1 米的某种导体的电阻值，叫做这种材料的电阻率。电阻率越小，这种材料对电流的阻碍作用就越小。各种金属导体中，银的电阻率最小，其次是铜、

铝。所以银是导电性能最好的金属。但是，银是贵金属，价格较贵，因此工业上常用铜来做导线。铝的电阻率虽然比铜大一点，但铝的比重较铜小得多，我国铝的资源又十分丰富，所以在许多地方都使用铝芯导线。

导体的电阻除了跟导体的材料有关以外，还跟导体的横截面积的大小和长度有关。横截面积越大，电阻越小；导体越长，电阻越大。导体的电阻可以用下面的公式来计算：

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中 ρ 是电阻率， S 是横截面积(用平方毫米做单位)， l 是长度(用米做单位)， R 是电阻，它的单位是欧姆，常用符号“ Ω ”表示。欧姆的 1 千倍叫千欧姆，用符号“ $K\Omega$ ”表示。

几种导体在温度 20°C 时的电阻率

表 1-1

导体材料	银	铜	铝	钨	铁	水 银	镍铬合金
电阻率	0.016	0.0175	0.028	0.056	0.10	0.958	1.0

四、电 压

在导体的两端加上电压，才能使电荷在导体内作定向移动，形成电流。我们用比喻来说明电压使电荷作定向移动，形成电流的道理。

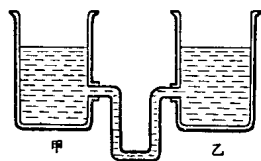


图 1-5

先看图 1-5，两个容器里的液面在同一水平面上，胶管里的水不会流动。再看图 1-6，两个容

器里液面的高度不同，也就是胶管两端存在着“水位差”，于是，容器甲里的水通过胶管流入容器乙。如果再用一个水泵把流入容器乙里的水送回容器甲，使胶管两端始终保持一定的“水位差”，胶管里的水就不停地流动。

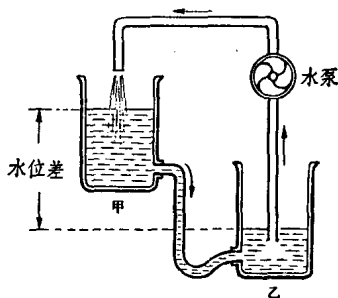


图 1-6

在电学里，跟水泵类似的装置叫电源（干电池、蓄电池、发电机都是电源）。电源

使导体两端始终保持一个“电位差”，导体里的电流就持续不断。“电位差”也叫“电压”。电压的单位是“伏特”，常用符号“V”表示。例如，电灯的电压是 220 伏特，就是说，电源加在灯丝两端的电位差是 220 伏特。

五、部分电路的欧姆定律

“一切客观事物本来是互相联系的和具有内部规律的”。

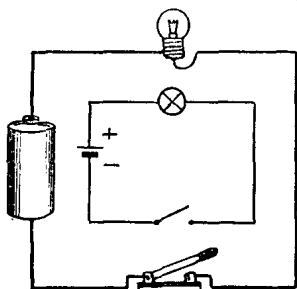


图 1-7

图 1-7 是由电源、用电器（电珠）、开关和导线组成的电路。在这个电路里，加在电珠两端的电压，通过电珠的电流强度和电珠的电阻，三者之间，也是相互联系并且具有一定规律的。实践证明，通过电珠的电流强度，跟电珠两端的电压成正比，跟电珠的电阻成

反比。这就是电学中非常重要的“部分电路的欧姆定律”。

用符号 I 代表电流强度, U 代表电压, R 代表电阻, 部分电路的欧姆定律可以用如下的公式表示:

$$I = \frac{U}{R}$$

根据上面的公式, 知道了电流强度、电压和电阻三个量中的任意二个量, 就可以把另一个量计算出来。例如:

1. 已知一个白炽灯的灯丝电阻是 440 欧姆, 加在它两端的电压是 220 伏特, 求通过灯丝的电流强度。

根据公式可得 $I = \frac{U}{R} = \frac{220}{440} = 0.5$ (安培)。

2. 已知一个用电器的电阻是 44 欧姆, 通过用电器的电流强度是 5 安培, 求加在用电器上的电压。

从公式 $I = \frac{U}{R}$, 可得出 $U = RI$,

所以 $U = 44 \times 5 = 220$ (伏特)。

3. 已知加在白炽灯泡灯丝两端的电压是 220 伏特, 通过灯丝的电流强度是 0.2 安培, 求灯丝的电阻。

从公式 $I = \frac{U}{R}$, 可推导出 $R = \frac{U}{I}$,

所以 $R = \frac{220}{0.2} = 1100$ (欧姆)。

六、导体的串联和并联

在生产斗争、科学实验和日常生活中, 人们往往需要把许多用电器按照不同的方式连接起来。它们比图 1-7 所示的电

路要复杂得多。但是，复杂的电路常常是串联和并联这两种基本方式组合而成的，只有掌握了这两种电路的性质，才能进一步分析和计算比较复杂的电路。

(一) 串联

把两个（或更多的）用电器的两端依次连接成一串叫串联。图 1-8 是两个滑线变阻器（代表用电器）组成的串联电路， R_1 、 R_2 分别表示它们的电阻（导线的电阻很小，可以忽略不计）。

我们从电流强度、电压和电阻三个方面讨论串联电路的性质。

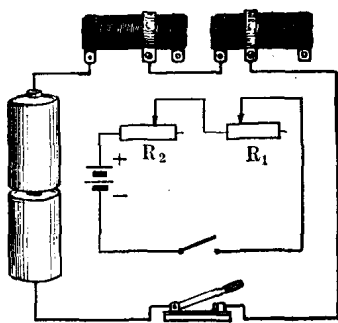


图 1-8

1. 串联电路的电流强

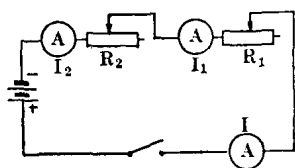


图 1-9

度：把测量电流强度的安培计按照图 1-9 接入电路，接通开关，可以看到三只安培计的读数相同，即

$$I = I_1 = I_2$$

这就是说，在串联电路里，通过任何地方的电流强度都相等。

2. 串联电路的电压：把三只测量电压的伏特计照图 1-10 连接在电路里，接通开关，从三只伏特计的读数知道，AB 两端的电压 U_{AB} ，等于 R_1 两端的电压 U_1 与 R_2

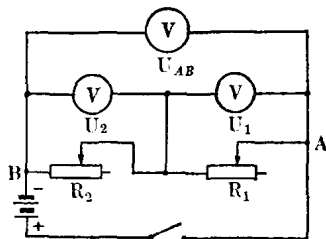


图 1-10

两端的电压 U_2 之和。移动滑键, 使 R_1 (或 R_2) 的电阻改变, 就会发现 U_1 和 U_2 都要改变。但无论 U_1 、 U_2 如何变化,

$$U_{AB} = U_1 + U_2$$

的关系总是不变。这就是说, 在串联电路里, 任何一段电路两端的电压等于这段电路中各部分电压之和。

各部分的电压如何分配, 应由各部分的电阻之比来决定。根据欧姆定律:

$$U_1 = I \times R_1 \dots\dots\dots(1)$$

$$U_2 = I \times R_2 \dots\dots\dots(2)$$

比较(1)式和(2)式可以知道, 如果 $R_1 = R_2$, 那么 $U_1 = U_2$; 如果 R_1 是 R_2 的几倍, U_1 就是 U_2 的几倍。

3. 串联电路的电阻: 从图 1-8 可以看出, 把导体串联, 相当于导体的长度增加了。前面说过, 导体越长, 电阻越大。应用欧姆定律, 不难得出:

$$R_{\text{总}} = R_1 + R_2$$

这就是说, 串联电路的总电阻, 等于各部分电阻之和。

(二) 并联

把二个(或更多的)用电器, 按图 1-11 (图中用两个电阻代表用电器) 的方法连接起来, 叫做并联。

电流在并联点 B 分成两路流到 C 点汇合起来, 流回电源。AB 和 CD 叫干路或总路, R_1 和 R_2 叫支路或分路。

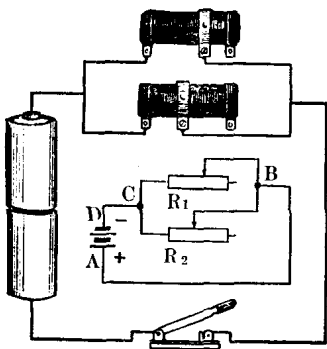


图 1-11