

全国就业训练电工专业统编教材

电工基础

(试用)

中国劳动出版社

全国就业训练电工专业统编教材

电 工 基 础

(试 用)

劳动部培训司组织编写

中国劳动出版社

(京)新登字 114 号

本书由劳动部培训司委托安徽省劳动服务公司及黄山市劳动服务公司组织编写的、是供就业训练电工专业使用的统编教材。

本书内容包括电工学基本知识和基本定律, 变压器、交流电动机、直流电动机基本知识, 维修电工常用仪表的原理与使用方法, 晶体管及电子电路工作原理等。本书还编写了十四个电工实验课题。

本书与《维修电工》、《内外线电工工艺》配套使用, 学制一年。本教材也可供职业学校、在职培训和自学使用。

本书由汪道显、胡羽仙编写, 汪道显主编, 吴志浩审稿。

电 工 基 础

(试 用)

劳动部培训司组织编写

责任编辑: 金龄

中国劳动出版社出版

(北京市和平里中街 12 号)

北京地质印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

787×1082 毫米 16 开本 10.25 印张 246 千字

1992 年 2 月北京第 1 版 1992 年 2 月北京第 1 次印刷

印数: 21000 册

ISBN 7-5045-0885-3/TM·047 (课) 定价: 4.60 元

前 言

根据“先培训、后就业”的原则,全面开展就业训练工作,是贯彻“在国家统筹规划和指导下,实行劳动部门介绍就业、自愿组织起来就业和自谋职业相结合”的就业方针和提高职工素质的一项重要措施。为了解决就业训练所需要的教材,使就业训练工作逐步走向规范化,自1986年以来,我司会同中国劳动出版社委托部分省、市劳动人事部门(劳动服务公司),分别组织编写了两批适合初中毕业以上文化程度的青年使用的就业训练教材。

第一批组织编写的就业训练教材有:烹饪、食品糕点、宾馆服务、商业营业、理发、公共交通客运、土木建筑、服装、钟表眼镜修理、无线电修理、家用电器修理、机械加工、纺织、针织、丝织、幼儿保教、财会等十七个专业及职业道德、就业指导、法律常识三门公用的教材。第二批组织编写了造纸、玻璃制造、汽车修理、化纤、胶鞋制造、轧钢、广告装璜等七个专业的教材,并补充编写了八大菜系的实习菜谱。这次又组织编写了电工、化工、陶瓷、制冷技术、印刷、林业等六个专业的教材。上述三十个专业和三门公用的教材,培训其他人员亦可使用。

为了加强学员的动手能力和处理实际问题的能力,专业课教材突出了操作技能的传授,力求把经过培训的人员培养成为有良好职业道德、遵纪守法、有一定专业知识和生产技能的劳动者。

就业训练工作是一项新的工作,参加编写这些教材的有关同志克服了重重困难,完成了编写任务,对于他们的辛勤劳动,我们表示由衷的感谢。由于编写时间仓促和缺乏经验,这套教材尚有许多不足之处,请各地有关同志在使用过程中,注意听取、汇集各方面的反映与意见,并及时告诉我们,以便再版时补充、修订。

劳动部培训司

1991年7月

目 录

第一章 直流电路基本概念	1
§ 1—1 电荷及相互作用.....	1
§ 1—2 电路的概念.....	1
§ 1—3 电流.....	2
§ 1—4 电源电动势、电位与电压.....	3
§ 1—5 电阻、导体、半导体与绝缘体.....	5
§ 1—6 电路图及三种运行状态.....	8
§ 1—7 电路中的串联与并联.....	9
§ 1—8 电功与电功率.....	12
习 题.....	13
第二章 电学基本定律	14
§ 2—1 欧姆定律及简单直流电路计算.....	14
§ 2—2 电流的磁效应.....	19
§ 2—3 电磁感应定律.....	22
§ 2—4 电磁力定律.....	28
§ 2—5 电流的热效应.....	28
§ 2—6 基尔霍夫定律.....	29
习 题.....	30
第三章 交流电路	33
§ 3—1 正弦交流电的产生.....	33
§ 3—2 交流电表示法及主要参量.....	34
* § 3—3 正弦交流电的函数与矢量表示法.....	36
§ 3—4 交流电阻电路.....	38
§ 3—5 交流电感电路.....	40
§ 3—6 交流电容电路.....	43
§ 3—7 交流电路中的功率与功率因数.....	46
* § 3—8 用矢量法分析交流电路.....	47
§ 3—9 三相交流电路.....	50
习 题.....	55
第四章 变压器	57
§ 4—1 变压器概述.....	57
§ 4—2 单相变压器的工作原理.....	57
§ 4—3 变压器的损耗和效率.....	60

§ 4—4	变压器的电压变化率	60
§ 4—5	小型单相仪用电源变压器	61
§ 4—6	三相电力变压器	64
§ 4—7	变压器的并联运行	69
* § 4—8	用矢量图分析联接组别	73
§ 4—9	特殊变压器	76
习 题		80
第五章	交流电动机	81
§ 5—1	电动机构造	81
§ 5—2	三相异步电动机工作原理	83
§ 5—3	异步电动机绕组	86
§ 5—4	异步电动机运行特性	96
§ 5—5	单相异步电动机	105
习 题		111
第六章	直流电动机	113
§ 6—1	直流电动机的基本结构	113
§ 6—2	直流电动机工作原理	114
习 题		120
第七章	常用电工仪表	121
§ 7—1	电磁式交流电流表与电压表	121
§ 7—2	万用电表	122
§ 7—3	钳形电流表	127
§ 7—4	摇表	128
§ 7—5	电度表	129
习 题		131
第八章	晶体管及电子电路	132
§ 8—1	晶体二极管及整流电路	132
§ 8—2	晶体三极管	136
§ 8—3	晶闸管	141
习 题		144
实验一	看图接线	146
实验二	验证欧姆定律	147
实验三	接触电阻对负载端电压的影响	147
实验四	通电螺管线圈的磁性	148
实验五	电磁感应定律与楞次定律	149
实验六	互感电动势及同名端判断	149
实验七	电容器的储电作用	150
实验八	电阻、电感、电容并联电路	151
实验九	三相均匀负载实验	151

实验十 三相不均匀负载实验.....	152
实验十一 变压器实验.....	153
实验十二 电动机实验.....	154
实验十三 万用表使用.....	155
实验十四 二极管、三极管的简易测试.....	155

第一章 直流电路基本概念

§ 1—1 电荷及相互作用

在现代社会生活和生产中,人们每天都要用电。那么到底什么是电?电是从哪里来的呢?

原来,我们周围的一切物质都是由分子组成的,分子则是由更小的微粒——原子组成的,各种各样的原子又都是由原子核和一定数量的电子组成的。原子核内有质子和中子,它处于原子的中央,电子在原子核外面沿着一定的轨道不停地旋转。不同的原子其质子、中子和电子数不同。例如氢原子就是由含一个质子和中子组成的原子核和一个绕核旋转的电子组成,如图 1—1 所示。

质子和电子都带有一定数量的电荷。质子和电子所带电荷性质不同。习惯上把质子所带的电荷叫正电荷(用“+”表示),把电子所带的电荷叫负电荷(用“-”表示)。一般情况下,原子核的正电荷数同电子所带负电荷数相等,因而原子对外不呈电性。当原子丢失电子,该原子就带正电,获得电子就带负电。一个电子或一个质子所带电荷量是电荷的最小单位,不过这个数量太小了,而用较大单位“库仑”作为衡量带电多少的单位。库仑简称“库”。1 库仑电荷约等于 6.25×10^{18} 个电子所带电荷的总电量。

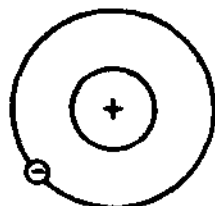


图 1—1 氢原子结构

实验证明,凡是同性的电荷互相排斥,异性的电荷互相吸引。各种各样的电现象都是由电荷的相互作用及电荷发生定向移动而产生的。

§ 1—2 电路的概念

由上节介绍可知,各种电现象都是由电荷的相互作用,使电荷产生定向移动而产生的。电荷移动所经过的路径叫电路(又称回路)。最简单的电路由电源、负载和导线连接组成。图 1—2 a 为简单电路的实物接线图,图 1—2 b 为示意图。

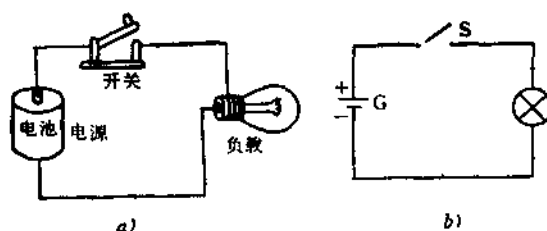


图 1—2 电路图

a) 实物接线图 b) 电路图

电源、负载和导线是构成电路的三个基本要素。导线（包括开关）提供了电荷移动的路线。负载是用电器件，在图 1—2 a 中是灯泡。电源是保持电荷持续运动的动力，是将其它能量转换成电能的装置。没有电源，电荷只能发生短暂时间的定向移动。例如，在自然界里，大气中小水点上升时摩擦分离形成带不同电荷的云彩，当电荷的相互作用力足以使电荷移动时便发生闪电打雷（图 1—3）。放电后正、负电中和，云彩不再带电，电荷的定向移动也就结束。



图 1—3 雷电现象

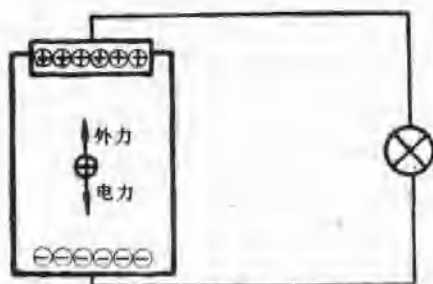


图 1—4 有电源电路的电荷定向移动

对于有电源的电路就不同了。图 1—4 表示有电源电路电荷的移动过程。在外力作用下（对于电池来讲是由化学能产生的力量）将正电荷推向一边（正极），这样另一极就带负电。由于电荷同性相斥、异性相吸，没有外力则不可能将正、负电荷各集中到一端。当外力与电荷相互作用力平衡时，电荷不再移动。这时如果用导线把负载与电池正负极连起来，正电荷在其它正电荷的排斥作用下，沿着导线这个通路跑向负极与负电荷中和。如果没有外力将正电荷再从电池的负极推向正极，则正电荷很快消失，电荷的定向移动也不再存在。而电池内部的化学能具有把正电荷从负极推向正极的能力。当正极正电荷不断地通过导线流向负极时，外力又不断地把正电荷从负极推向正极，使电池正负极保持一定数量的电荷。电荷的定向移动就能保持下去。

由上面的分析可知，在导线和负载中，电荷的持续运动过程是在电力作用下发生的，称为外电路；而在电源内部，电荷的持续运动是在外力作用下发生的，称为内电路。由上面的分析也可以看出，正电荷由电源的正极出发必须回到该电源（而不是另一个电源）的负极才能形成持续的电荷定向移动。如果不回到该电源负极，则该电源负极负电荷越来越多，而正极正电荷越来越少，电荷运动就无法持续下去。

§ 1—3 电 流

一、电流及方向

电荷有规则的定向运动这一物理现象叫电流。人们规定以正电荷移动的方向作为电流方向。因此在外电路中电流的方向是电源正极流向电源负极，在内电路中则是由电源的负极流向正极。

二、电流强度

电荷定向移动有多有少，怎样衡量它们呢？我们用电流强度这个物理量表示。电流强度就是单位时间内通过导体截面的电荷数，它的单位是安培。1安培就表示1秒钟内从导线的横截面流过1库仑的电量。例如有一根导线2秒内流过其截面积的电荷数为5库仑，则通过该截面的电流强度为

$$\text{电流强度} = \frac{5 \text{ 库仑}}{2 \text{ 秒}} = 2.5 \text{ 安培}$$

如果用 I 表示电流强度，用 Q 表示电荷数，用 t 表示时间，则

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

安培用 A 来表示。有时嫌安培这个单位太大，面用其千分之一作单位，叫毫安，用符号 mA 表示。再小的单位叫微安，用符号 μA 表示。它们的关系是：

$$1 \text{ 安培 (A)} = 1000 \text{ 毫安培 (mA)}$$

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = 1000 \text{ 微安培 (}\mu\text{A)}$$

电流强度又简称电流，所以电流这个名词既表示了电荷定向运动的物理现象，又表示了电流强度这个物理量。

一个电路中电流大小可以用电流表来测量。测量时必须把被测的那个电路的导线断开，然后把电流表串进去（如图 1—5 所示），让所有定向移动的电荷都通过电流表。测量直流电流时还要使电流从电流表正端流入，负端流出。要选择好电流表量程，即电流表指示最大值要大于实际被测电流数值。

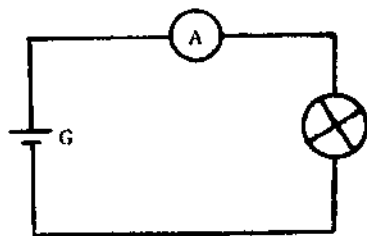


图 1—5 电流的测量

三、电流密度

只用电流这个物理量来描述电路通电情况有时还不完全。一条窄的街道和一条宽的街道单位时间通过同样的人数，那条窄的街道就显得拥挤。同理，粗的导线和细的导线通过同样的电流，“拥挤”程度也不相同。所谓电流密度，就是当电流在导体横截面上分布均匀时，该电流与导体横截面积之比，或者说单位横截面通过的电流数。如果用字母 J 表示电流密度，用 S 表示导线的横截面积，用 I 表示该导线横截面的电流，则电流密度可用下式表示：

$$\text{电流密度 (} J \text{)} = \frac{\text{电流 (} I \text{)}}{\text{导体截面 (} S \text{)}} \quad (1-2)$$

通常电流单位用安培，导体截面用平方毫米作单位，则电流密度单位是安培/毫米²。

§ 1—4 电源电动势、电位与电压

一、电源电动势

由图 1—4 看出，只有在外力作用下正电荷才能集中到一端，负电荷集中到另一端。正端集中的正电荷越多（同样，负端集中的负电荷也多），那么所受到的正电荷的推力和

负电荷的吸力越大。把正电荷从负极推向正极的外力就要越大。我们用电源电动势这个物理量来描述这种外力（非静电力）的大小。确切地说，电源电动势是指外力把单位正电荷从电源负极推向正极所做的功。电动势简称电势，单位是伏特。

二、电位

两个盛水器中间有水管连起来，如图 1—6 甲的水平面比乙的水平面高，当把阀门 G

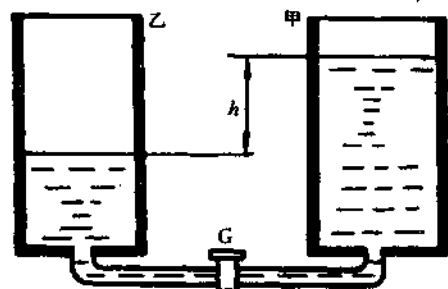


图 1—6 水位示意图

打开后，甲里的水就向乙里流。水流动的原因是两处水位不同，它们之间有水势差。当两处的水平面一样高后，水位差消失，水流也就停止。

带电体也有电位高低的差别。但是电位与水位有原则上的区别。水位不同是指水在空间位置不同，并且以两水平面的高低作为比较的标准。电位高低与带电体在空间位置无关，只决定于带电荷的性质和所带电荷多少。一般规定大地作为零电位标准，带正电荷的物体的电位叫正电位，所带正电荷越多，电位越高。带负电荷的物体的电位叫负电位，所带负电荷越多，电位越低。电位的单位是伏特。

三、电压

正如两个盛水容器有水位差水才能流动一样，两个带电体有电位差，用导线连起来才有电流流过。电源的正极带有很多正电荷，具有高电位；电源的负极带有很多负电荷，具有低电位。电源的正、负极具有不同的电位，它们的电位差叫电压。把有电压的两个带电体（或电路中两点）用导线连起来，就有电流从导线中通过。在外电路中，正电荷在电力作用下由正极流向负极，所以电流是从高电位流向低电位。如果两个带电体（或电路中两点）始终有电位差（即电压），用导线将两个带电体（或电路中两点）连接起来后，在导线中就有持续电流通过。

由于电位的单位是伏特，而电压是两个带电体（或电路中两点）的电位差，因而电压的单位也是伏特，简称伏，用符号 V 表示。通常用千伏（符号为 kV）作为测量高电压的单位，用毫伏（符号为 mV）作为测量低电压的单位。更小的单位是微伏（符号为 μV ）。它们之间的关系是：

$$1 \text{ 千伏 (kV)} = 1000 \text{ 伏 (V)}$$

$$1 \text{ 伏 (V)} = 1000 \text{ 毫伏 (mV)}$$

$$1 \text{ 毫伏 (mV)} = 1000 \text{ 微伏 (}\mu\text{V)}$$

一般地说，水位是以海平面作零水位参考点，但也可以任选一点作零水位参考点。选不同的参考点就有不同的水位，而两个平面的水位差则与所选参考点无关。电位也一样。通常电位是以大地作零电位的，在电路中也可以选取不同点作零电位参考点。选取零电位参考点不同，测得的各点电位也不同，而两点间的电位差即电压与选取的零电位参考点无关。

四、电压的测量

电压是两个带电体（或电路中两点）之间的电位差，我们用电压表接到两个带电体（或电路两点）间，比较它们的电位差别，如图 1—7 所示。

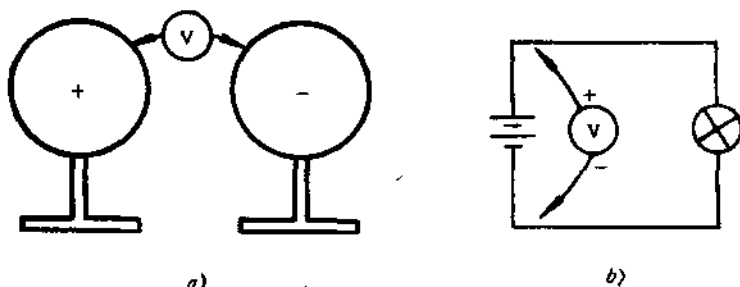


图 1—7 电压的测量
a) 两带电体间 b) 电路中两点间

比较图 1—5 和图 1—7 可以看出，测量电流与电压的方法是有原则区别的。测量电流要把被测的电路断开，将电流表串进去；而测量电压则是将电压表两头跨接到被测电路的两点上去。

五、电压与电源电动势

电压与电源电动势是两个不同的物理概念。电动势是反映外力推动电荷移动的本领，而电压是反映电力推动电荷移动的本领。但它们之间又有联系：它们的单位都是伏特，电动势在数值上等于电路开路电源两端的端电压。

§ 1—5 电阻、导体、半导体与绝缘体

一、材料的电阻

水在水管里流动，会受到管壁和其它障碍物的阻力。电荷在导体里移动也会受到阻力，这个阻力就形成电阻。所以电阻是反映导体对电流起阻碍作用大小的一个物理量。

电阻用符号 R 表示，它的单位是欧姆，简称欧，用符号 Ω 表示。当导体两端电压是 1 伏特，导体内通过的电流是 1 安培时，这段导体电阻是 1 欧姆。

要注意的是，导体的电阻是客观存在的，通常我们接触到的金属导线的电阻阻值不随通入导体电流大小而改变。这种电阻值不随通入电流大小而改变的电阻又叫线性电阻。

常用的电阻单位除了欧姆以外，还有千欧（符号是 $k\Omega$ ）和兆欧（符号是 $M\Omega$ ），它们之间的换算关系是：

$$1 \text{ 千欧 (} k\Omega \text{)} = 1000 \text{ 欧 (} \Omega \text{)}$$

$$1 \text{ 兆欧 (} M\Omega \text{)} = 1000 \text{ 千欧 (} k\Omega \text{)}$$

二、导体电阻的计算

实验证明：用不同的材料做成的导体（有时又称导线）其电阻是不同的，同一材料做成的导体，长度越长则电阻越大，截面越小则电阻也越大。如果用 R 代表导体的电阻， l 代表该导线的长度， S 代表导线截面积，则该导体的电阻值为：

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-3)$$

式中 ρ 是与导体材料性质有关的物理量，称为电阻率或电阻系数。几种材料的电阻率如表 1—1 所示。表中电阻率单位是欧姆·米。

表 1—1

几种材料电阻率

材料名称	电阻率 ρ	电阻温度系数 α	材料名称	电阻率 ρ	电阻温度系数 α
银	0.016	0.0036	铁	0.0978	0.006
铜	0.0169	0.004	碳	0.35	-0.0005
铝	0.029	0.004	锰铜	0.44	0.000005
钨	0.0548	0.0028	康铜	0.50	0.000005

在实用中,用式(1—3)计算电阻显得很麻烦。工程技术人员常常把各种规格的导线算出1公里长的电阻值如表1—2所示,各种规格的导线都可从有关手册上查出。表1—2及表1—3给出了某些规格的导线数据。

例 1—1 有一段铜漆包线,直径为1.0毫米,长度为123米,问该导线电阻多大?

解:由表1—2可知,1.0毫米的铜线在20℃时1000米长的电阻是22.3Ω。根据导线越长电阻越大可知

$$R = \frac{22.3}{1000} \times 123$$

$$= 2.74 \text{ (欧)}$$

三、电阻与温度的关系

导体的电阻大小除了取决于导体本身的因素(长度、截面、材料种类)外,还与自身以外的因素有关,其中温度是对导体电阻产生影响的重要因素之一。一般的金属材料温度升高后,导体的电阻要增加,这种随温度升高电阻增加的导体称为正温度系数导体。也有少数材料如碳,温度升高后电阻下降,这种材料具有负温度系数。

四、半导体与绝缘体

我们把导电性能比较好的材料如铜、铝等金属和酸类及盐类溶液叫良导体。含有杂质的水、人体、潮湿的土壤和墙壁、钢筋混凝土电杆及潮湿的木头都是导体,它们的导电性能比较差,不是良导体。

另一类物质如陶瓷、橡胶、塑料、油漆、玻璃、云母以及干燥的木头等几乎不能导电,这些物体叫绝缘体。

应该指出,好的绝缘体不是绝对不导电,如果在绝缘体两端加上电压,就可以从绝缘体中流过微小的电流(有的是几微安或几十微安),这种电流叫泄漏电流。如果绝缘体越潮湿、越不清洁,绝缘体两端承受的电压越高,则通过绝缘体或其表面的泄漏电流越大。

另外,绝缘体的绝缘性能并不是固定不变的,如由于外部灰尘和水份的侵入或长期高温使绝缘体变质,这些都会使绝缘性能变差,叫做绝缘老化。绝缘老化的绝缘体加上一定的电压或良好的绝缘体上加过高的电压,绝缘体失去绝缘性能,大量的电流通过绝缘体,这种现象叫绝缘击穿。各种电工设备和电工工具是不允许发生绝缘击穿的,制造厂家都规定有一定的允许使用电压,超过允许电压就会使设备或工具的绝缘击穿,发生设备及人身伤亡事故,例如绝缘良好的铜丝钳只能承受500伏电压,它只有在500伏以下的电路中带电作业。

还有一类物质,其导电能力介于导体与绝缘体之间,称为半导体。半导体在电子工业中得到大量应用。收音机、电视机中的三极管二极管、集成电路等都是用半导体材料制成的。

表 1—2

常用圆铝、铜线的规格

直径 (毫米)	截面积 (毫米 ²)	铝		铜	
		每 1 千米质量(公斤)	20℃时每 1 千米的电阻(欧)	每 1 千米质量(公斤)	20℃时每 1 千米的电阻(欧)
0.09	0.00636			0.0565	7260
0.12	0.01131			0.1005	1556
0.15	0.01767			0.157	995
0.17	0.0227			0.202	775
0.19	0.0284			0.262	620
0.20	0.0314	0.085	901	0.279	560
0.23	0.0415	0.112	682	0.369	424
0.25	0.0491	0.133	577	0.436	359
0.29	0.0661	0.178	428	0.587	286
0.33	0.0855	0.231	331	0.760	208
0.35	0.0962	0.260	294	0.855	183
0.38	0.1134	0.306	250	1.008	156
0.41	0.132	0.357	214	1.170	133
0.44	0.1521	0.411	186	1.352	116.0
0.47	0.1735	0.469	163	1.54	101
0.49	0.1886	0.509	150	1.68	93.3
0.51	0.204	0.55	138.6	1.81	86.0
0.53	0.221	0.60	128.0	1.98	79.4
0.55	0.238	0.643	119.0	2.12	73.7
0.57	0.255	0.689	111.0	2.27	68.8
0.59	0.273	0.734	103.6	2.42	64.2
0.62	0.302	0.813	93.8	2.68	58.0
0.64	0.322	0.868	88.0	2.86	54.5
0.67	0.353	0.95	80.2	3.13	49.6
0.69	0.374	1.01	75.7	3.32	47.0
0.72	0.407	1.10	69.5	3.62	43.0
0.74	0.430	1.16	65.8	3.82	40.6
0.77	0.466	1.26	60.7	4.14	37.6
0.80	0.503	1.36	56.3	4.47	34.9
0.83	0.541	1.46	52.4	4.81	32.4
0.86	0.581	1.57	48.7	5.16	30.2
0.90	0.636	1.72	44.5	5.66	27.5
0.93	0.679	1.83	41.7	6.04	25.8
0.96	0.724	1.95	39.1	6.43	24.3
1.0	0.785	2.12	36.1	6.98	22.3
1.04	0.849	2.28	33.3	7.55	20.7
1.08	0.916	2.47	30.9	8.14	19.20
1.12	0.985	2.65	28.8	8.75	17.80
1.16	1.057	2.85	26.8	9.40	16.60
1.20	1.131	3.05	25.0	10.05	15.5
1.25	1.227	3.31	23.1	10.91	14.3
1.30	1.327	3.58	21.5	11.80	13.2
1.35	1.431	3.86	19.8	12.73	12.30
1.40	1.539	4.15	18.4	13.69	11.40
1.45	1.651	4.45	17.15	14.7	10.6
1.50	1.767	4.77	16.0	15.7	9.33
1.56	1.911	5.15	14.8	17.0	9.18
1.62	2.06	5.58	13.73	18.32	8.53

表 1—3

铝绞线和钢芯铝绞线的规格

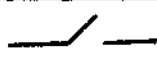
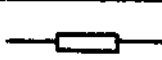
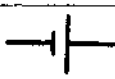
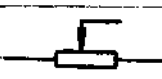
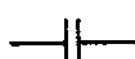
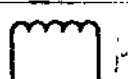
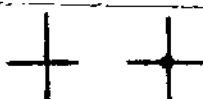
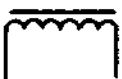
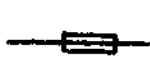
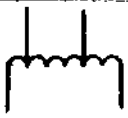
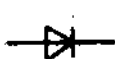
标称面积 (毫米 ²)	单线根数及单 线直径 (毫米)	钢线根数及单线 直径 (毫米)	电线外径 (毫米)	20℃时电阻 (欧/千米) 不大于	电线质量 (公斤/千米)
LJ型硬铝绞线					
16	7×1.70		5.1	1.98	44
25	7×2.12		6.36	1.28	68
35	7×2.50		7.5	0.92	95
50	7×3.0		9.0	0.64	136
70	7×3.5		10.65	0.48	191
95	19×2.5		12.5	0.34	257
LGJ 型钢芯铝绞线					
10	5×1.6	1×1.2	4.4	3.12	38
16	6×1.8	1×1.8	5.4	2.04	62
25	6×2.2	1×2.2	6.6	1.38	92
35	6×2.8	1×2.8	8.4	0.85	150
50	6×3.2	7×1.1	9.6	0.66	196
50(1)	6×3.3	1×3.2	9.9	0.65	196
70	6×3.8	7×1.3	11.4	0.46	257
70(1)	6×3.9	1×3.8	11.	0.46	273

§ 1—6 电路图及三种运行状态

由 § 1—2 介绍可知, 一个简单电路必须由三个要素组成, 每个要素都可称为电路元件。在画电路图时, 各种元件都用一定的图形符号表示, 如表 1—4。图 1—1 a 的实际元

表 1—4

部分电工图形符号

	开关		电阻器		接地
	电池		电位器		接机壳
	直流电动机		电容器		端子
	线圈		电流表		联接导线不联接导线
	铁心线圈		电压表		熔断器
	抽头线圈		二极管		灯

件就是用图 1—1 b 的电路图来表示。

在图 1—8 中，开关 S 打开，导线和灯泡中没有电流流过，这种状态称为断路状态。如果 S 合上，则导线和灯泡中有电流通过，称为通路状态。如果把电源 G 两端用一根导线联起来，由于导线电阻很小，这时通过导线的电流很大，这种状态称为短路状态。短路会破坏电工设备，是不允许的。

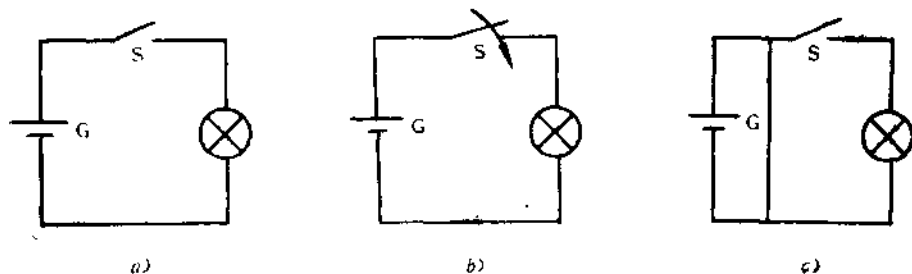


图 1—8 电路中的三种运行状态
a) 断路 b) 通路 c) 短路

§ 1—7 电路中的串联与并联

一、串联电路

两个或两个以上电阻（或其它电路元件）按次序一个接一个地联成一串，使电流只有一条通路，这种联接方式叫串联，如图 1—9 所示。串联电路有以下特点：

1. 串联电路中流过每个电阻的电流都相等，即

$$I = I_1 = I_2 = I_3 \quad (1-3)$$

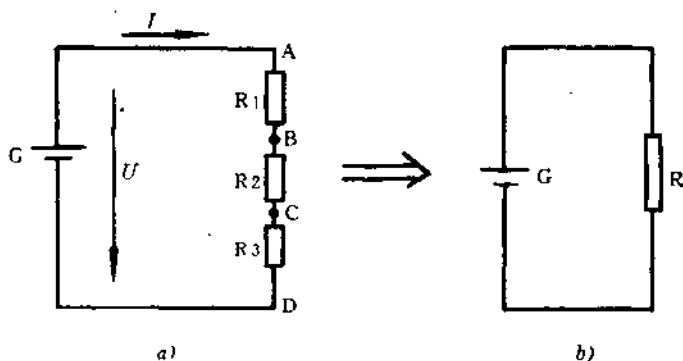


图 1—9 电阻的串联

电流符号 I 下面标注 1、2、3 代表流过 R_1 、 R_2 、 R_3 的电流。因为串联电路没有分支，而电荷从正极出发必须回到负极，故任何时间内通过电路任一截面的电荷数必相等，即电流相等。

2. 电路两端总电压等于串联各电阻两端电压之和，即

$$U = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} \quad (1-4)$$

图中用箭头表示电压降方向, 在公式 (1-4) 中 U_{AB} 表示 A 点电位 减去 B 点电位, 也就是从 A 到 B 的电压降落。

3. 串联电路的总电阻等于各串联电阻之和, 即

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1-5)$$

由式 (1-5) 看出, 串联电路中, 电阻大的那个电阻对总电阻影响最大。

4. 串联电路中各电阻两端电压不相等, 电阻大的那个电阻两端电压大。只有各电阻相等, 串联电路中各串联电阻两端电压才相等。

二、并联电路

两个或两个以上电阻 (或其它电路元件) 一端接在一起、另一端也接在一起的联接方式叫并联, 如图 1-10 所示。

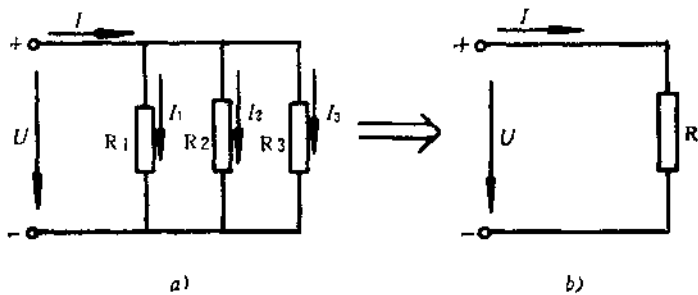


图 1-10 并联电路

并联电路有如下特点:

1. 并联电路各元件两端的电压相等, 即

$$U = U_1 = U_2 = U_3 \quad (1-6)$$

U_1 、 U_2 、 U_3 分别代表了电阻器 R_1 、 R_2 、 R_3 两端的电压。

2. 并联电路中的总电流等于并联各电阻中电流之和, 即

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (1-7)$$

3. 并联以后总电阻为:

$$R = \frac{R_1 \times R_2 \times R_3}{R_1 \times R_2 + R_2 \times R_3 + R_3 \times R_1} \quad (1-8)$$

由两个电阻器 R_1 、 R_2 并联以后的总电阻为:

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad (1-9)$$

如果三个电阻相等: $R_1 = R_2 = R_3$, 则并联以后

$$R = \frac{1}{3} R_1 = \frac{1}{3} R_2 = \frac{1}{3} R_3 \quad (1-10)$$

两个并联电阻相等: $R_1 = R_2$, 则

$$R = \frac{1}{2} R_1 = \frac{1}{2} R_2 \quad (1-11)$$

4. 并联电路中流过每个电阻的电流并不相等, 电阻越大, 流过电流 越小。所以在并联电路中阻值最小的电阻流过电流最大, 它在并联电路中起的作用最大。只有各并联电阻相等时, 流过各电阻的电流才相等。