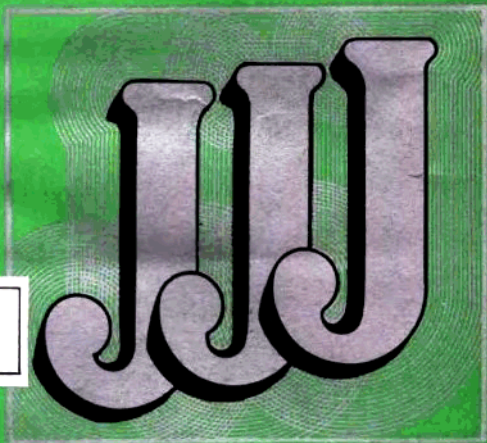


国家机械工业委员会统编

电工基础

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

本书主要介绍电的最基本的基础知识。全书分为直流电路，磁与电磁，交流电路基础知识，晶体二极管、三极管及整流电路共四章，每章后面附有一定数量的复习题。

本书和《电工与电子基础》、《电子技术基础》都是电工类的技术基础课，分别作为电工类的初、中、高三个等级的培训教材，也可作为自学用书。

本书中江苏省机械厅于士兴同志编写，由北京模具厂樊振聚同志和南京市机械局职工大学宋宝海两同志参加审稿。

电 工 基 础

国家机械工业委员会统编

责任编辑：边 萌 责任校对：宁秀娥
封面设计：林胜利 方 芬 版式设计：乔 玲

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南路一号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

中国农业机械出版社印刷厂印刷

机械工业出版社出版发行·新华书店经销

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $6 \frac{7}{8}$ ·字数150千字
1988年6月北京第一版·1988年6月北京第一次印刷
印数00,001—20,000·定价：1.95元

ISBN 7-111-00648-8/TM·84

前 言

1981年，原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》，确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此，组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲（试行）》，编写了相应的教材，有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作，初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况，取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准（通用部分）》进行了全面修订，原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求，而且缺少高级部分；编写的教材，由于时间仓促、经验不足，在内容上也存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此，原机械工业部根据新《标准》，重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》（初、中、高级），于1987年3月由国家机械工业委员会颁发，并根据培训计划、大纲的要求，编写了配套教材148种。

这套教材的编写，体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神，坚持了文化课为技术基础课服务，技术基础课为专业课服务，专业课为提高操作技能和分析解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上，力求以

基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本知识，注重能力的培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂、长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了二百多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间人工教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会

技工培训教材编审组

1987年11月

目 录

前言

第一章 直流电路	1
第一节 直流电路的基本概念	1
第二节 欧姆定律	13
第三节 电阻的串联、并联和混联	17
第四节 电功和电功率	28
第五节 电容器	34
复习题	43
第二章 磁与电磁	47
第一节 磁场基本知识	47
第二节 铁磁物质的磁化和分类	56
第三节 磁场对电流的作用	64
第四节 电磁感应	71
第五节 自感与互感	81
复习题	88
第三章 交流电路的基本知识	95
第一节 单相交流电	95
第二节 三相交流电	134
复习题	146
第四章 晶体二极管、三极管及整流电路	149
第一节 晶体二极管	149
第二节 晶体三极管	177
第三节 硅稳压管及其稳压电路介绍	193
复习题	202

附录...	205
附录一 电阻器的型号	205
附录二 固定电容器的型号	206
附录三 晶体管的型号	207
附录四 常用晶体二极管参数	208
附录五 几种稳压管的参数	211

第一章 直流电路

第一节 直流电路的基本概念

一、电路的组成

导体中的自由电子在电场力的作用下，作定向移动，形成了电流。电流是在一定的路径中进行流动的，就好象水在河道中流动、火车在铁轨上奔驰一样。这种提供电流流动的路径在电学上叫作电路。电路一般都是由电源、负载、控制电器（开关）、导线等四部分按照一定的方式连接起来的。由于连接电路的方式不同，电路的种类也很多。我们常遇到的有照明电路，输配电电路，还有电子技术中的放大电路、振荡电路，整流电路等等。

图1-1是一个最简单的电路，它的电源是一个干电池，负载是一个小灯泡，控制电器是一只开关。当接通电路时，小灯泡就亮起来，说明电路中有电流通过。

下面简要介绍一下组成电路的各部分的作用。

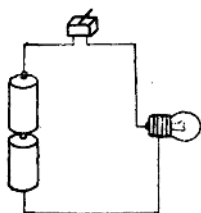


图1-1 最简单的电路

1. 电源 电流在电路中为什么会流动？负载为什么能做功？小灯泡为什么会发光？因为它们获得了能量，这些能量都是由电源供给的。电源在电路中是提供电能的。电源中的能量又是哪儿来的呢？不同的电源，能量的来源也不同。

如干电池、蓄电池的能量是由化学能转换来的；交流发电机的能量是由机械能转换来的；另外，太阳能、水位能、核能等都可以转换为电源中的电能。这就是说，其它形式的能量在电源中转换为电能，电源再以电能的形式提供给电路。

电源一般有交流电源和直流电源之分。我们把含有交流电源的电路叫交流电路，把含有直流电源的电路叫直流电路。图 1-1 电路的电源是干电池，干电池是直流电源，所以该电路是直流电路。

2. 负载 任何电路都有负载，负载的作用是把电能转换成其它形式的能量来为人们做功。图 1-1 中的小灯泡是电路的负载，它把电能转换成光能为人们照明；另外电炉是负载，它把电能转换为热能，为工厂加热工件；电动机也是负载，它是把电能转换为机械能为人们做功的。

3. 控制电器（开关）控制电器是用来控制电路的，使电路按照人们的需要来运行。开关是控制电器的一种，起接通和关闭电路的作用。

4. 导线 导线是用来连接电路的，为电流提供通路，在电路中起输送电能的作用。

为了工作和讨论问题的方便，我们都给各种电器规定了一定的符号、用符号画出的电路图形叫电路图。图 1-1 的实物图可表示成电路图，如图 1-2 所示。

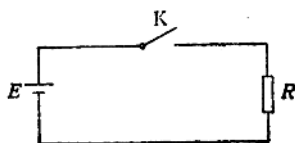


图1-2 最简单的电路图

E—直流电源 K—开关 R—负载

二、电流

导体中的自由电子在电场力的作用下作定向移动，形成电流；电解液中的正、负离子在电场力的作用下，各向相反

的方向移动也形成电流。我们通常把正电荷（正离子）移动的方向定为电流方向，而电子（负离子）移动的方向和电流的方向相反。

电流的大小用电流强度 I 来表示，在数值上 I 等于单位时间内通过导体横截面电量的多少，因此有：

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

式中 I —— 电流 (A)；

Q —— 电荷量 (C)；

t —— 时间 (s)。

电流的单位是安培，常用“安”或“A”来表示。如果在 1 s 内，通过导体某截面的电量是 1 C，那么通过该导体的电流就为 1 A，即：

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$$

在实际使用时还以毫安 (mA)、微安 (μA)、千安 (kA) 作单位，它们的换算关系为：

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$$

通过某电路的电流大小，还可以用电流表（安培表）来直接测量，也可以用电流天平、电桥、电位差计间接测量。用电流表测量电流时，应注意下列几点：

(1) 对交、直流电流应分别使用交流电流表和直流电流表。

(2) 电流表必须串接到被测量的电路中。

(3) 直流电流表表壳接线柱上标明的“+”、“-”记号

应和电路的极性相一致，不能接错，否则指针要反转，既影响正常测量，也容易损坏电流表，如图 1-3 所示。

(4) 合理的选用电流表的量程。如果量程选用不当，例如用小量程去测量大电流，就会烧坏电流表；若用大量程去测量小电流，会影响测量的准确度。在进行电流测量时，一般要先估计被测电流的大小，再选择电流表的量程。若一时无法估计，可先用电流表最大量程挡，当指针偏转不到三分之一刻度时，再改用较小一档去测量，直到测得正确数值为止。

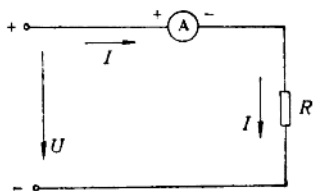


图 1-3 直流电流的测量

例 1 如果 3 s 内通过导体截面的电量是 12 C，求通过导体的电流是多少？如果通过导体的电流是 0.3 A，那么 3 s 内将有多少电量通过导体截面？

解 通过导体的电流为：

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{12}{3} = 4 \text{ (A)}$$

3 s 内通过导体截面的电量为：

$$Q = It = 0.3 \times 3 = 0.9 \text{ (C)}$$

三、电位、电压、电动势

1. 电位 物体处在不同的高度，具有不同的位能（势能）；相对高度越大，位能就越大。水总是从高的地方流向低的地方，也就是从高水位流向低水位；水位高的地方位能高，水位低的地方位能低。电也是如此，电荷在电路中各点

所具有的能量一般也是不等的，把单位正电荷在某点具有的能量，叫做该点的电位。和水流一样，正电荷也是从高电位流向低电位；而负电荷恰恰相反，它是从低电位流向高电位的。

我们常用字母 V 来表示电位，如 a 点的电位记作 V_a ， b 点的电位记作 V_b 。电位的单位是伏特，简称伏 (V)。

在一个电路中，我们要说某点的电位是多少，必须选取一个参考点，其它各点的电位都是相对于参考点电位来说的，没有参考点来谈某点的电位大小是毫无意义的。这就好象我们说山有多高是相对于海平面高度一样，是以海平面高度为参考点的。

我们通常以大地作为电位的参考点（电子线路中一般以金属底板为参考点），把大地的电位规定为零，叫零电位。电路中某点接地，该点的电位就和大地 的电位相同，电位也是零。

规定了零电位以后，其它各点的电位就可以和零电位相比较，如某点的电位比参考点的零电位高，该点的电位为正，叫正电位；比参考点零电位低的，叫负电位。

电路中选择参考点不同，各点的电位大小也不同，如在图 1-4 a 中， A 点接地， $V_A = 0$ ； B 点的电位高于 A 点，是正电位， $V_B = 3V$ ； C 点的电位也是正电位， $V_C = 3 + 6 = 9(V)$ 。在图 1-4 b 中， B 点接地， $V_B = 0$ ； A 点的电位低于 B 点的电位， A 点是负电位， $V_A = -3V$ ； C 点的电位高于 B 点的电位， C 点是正电位， $V_C = 6V$ 。

2. 电压 在电路中， A 、 B 两点的电位差，叫做 A 、 B 两点的电压，用 U_{AB} 表示。

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-2)$$

提到电压必须指两点间的电压，这和电位是不同的两个概念。

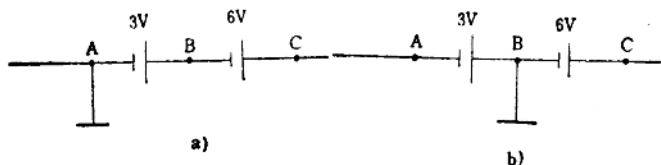


图1-4 电位高低的比较

前面我们讲到，要描写电位的大小，必须要找一个参考点作为零电位，其它点的电位是相对参考点来讲的。某点电位的大小和参考点选择有关。而两点间的电压是和参考点的选择无关的。例如在图 1-4 a 中，C、A 两点间的电压为：

$$U_{CA} = V_C - V_A = 9 - 0 = 9 \text{ (V)}$$

在图 1-4 b 中，C、A 两点之间的电压为：

$$U_{CA} = V_C - V_A = 6 - (-3) = 9 \text{ (V)}$$

虽然选择了不同的参考点，但它们之间的电压是相同的。

电压的方向规定为由高电位指向低电位，在电路中常以带箭头的细实线表示。

电压的单位是伏特，常用“伏”或“V”来表示，实际应用中还有毫伏 (mV)、微伏 (μV) 和千伏 (kV) 作单位，它们之间的换算关系为：

$$1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}$$

$$1 \mu\text{V} = 10^{-3} \text{ mV} = 10^{-6} \text{ V}$$

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}$$

电路中两点之间的电压可以用电压表 (伏特表) 来测

量。在测量电压时应注意下列几点：

(1) 对交、直流电压应分别使用交流电压表和直流电压表。

(2) 电压表必须并联在被测电路的两端。

(3) 直流电压表表壳接线柱上标明“+”、“-”的记号，应和被测两点的电位相一致，即“+”端接高电位，“-”端接低电位，不能接错，否则指针会反转，并会损坏电压表，如图 1-5 所示。

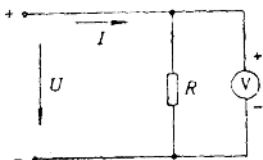


图1-5 直流电压的测量

(4) 合理的选择量程，其方法和电流表相同。

3. 电动势 前面讲到，含有直流电源的电路叫直流电路，任何直流电源都存在着两个电极，即正极和负极。在直流电路中，我们把电源内部的正负极之间的电路叫内电路；把电源外部正负极之间的电路叫做外电路。整个电路是由内电路和外电路组合而成的闭合回路，如图 1-6 所示。

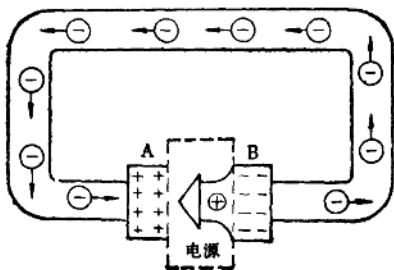


图1-6 闭合回路示意图

在外电路中，由于电源的正极电位高于负极的电位，在正、负极之间存在着电位差，导线中也就存在着电场，导线中的自由电子在电场力的作用下，沿着导线由负极 B 移向正极 A，在电路中便产生了电流。同时，在移动电荷的过程中，电场力对电荷做了功。电场力做功的大小和 A、B 两点之间的电压及移动的电量有关，其关系为：

$$W = U_{AB} q \quad (1-3)$$

式中 W ——电场力对电荷做的功 (J)；

q ——电场力移动的电量 (C)；

U_{AB} ——A、B 两极之间的电压 (V)。

由于电场力不断对电荷做功，不断将负极中的负电荷移到正极，把正极中的正电荷移到负极，这样一来就使 A、B 两极之间的电压愈来愈小，电场对电荷的作用力减弱，电流 I 逐渐减小，最后直到 $U_{AB} = 0$ ， $I = 0$ ，电路中电流中断为止。

为了使电路能维持一定的电流，在内电路中，电源内部必须有一种外力能持续不断地把正电荷从电源的负极 B (低电位处) 移送到正极 A (高电位处)，以保持 A、B 两极间具有一定的电位差。这种外力，在电池中就是电极和电解液进行化学反应时所产生的化学力；在发电机中就是电磁感应产生的电磁力。电源中外力移送电荷的过程也就是电源将其它形式的能量转换为电能的过程。

由此可知，在闭合回路图 1-6 中，其外电路，电场力对电荷做功，消耗了电能；其内电路，外力对电荷做功，电能增加，使外电路消耗的电能得到了补充。

不同的电源，产生的外力大小不同，对电荷做功的能力也不同。为了衡量电源对电荷做功的能力，我们引入了电动

势概念，电动势用字母 E 来表示。

电动势的大小是电源力（外力）把单位正电荷从电源的负极 B 由电源内部移送到电源的正极 A 时，克服电场力所做的功，用公式表示为：

$$E = \frac{W'}{q} \quad (1-4)$$

式中 W' ——外力对电荷做的功（J）；

q ——外力移动的电量（C）；

E ——电源电动势（V）。

不同的电源，电动势也不同。电动势的大小只取决于电源本身的性质，而和外电路无关。

电动势的方向是从电源的负极（低电位）经内电路指向正极（高电位），如图1-7所示。

四、电阻

导体中的自由电子在作定向移动过程中，不断的相互碰撞，而且还要和组成导体的原子相碰撞，这种碰撞对电子的运动起阻碍作用，即表现为对电流的阻碍作用，因此我们称它为电阻。

电阻用字母“ R ”来表示。

度量电阻大小的单位是欧姆，简称“欧”，用字母“ Ω ”来表示。1 Ω 的定义是：如果在导体两端加1 V 的电压，通过此导体的电流1 A，那么这个导体的电阻数值是1 Ω ，即

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

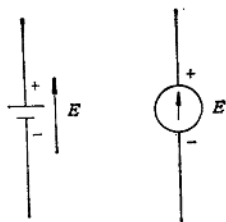


图1-7 电源电动势的方向

实际上常嫌欧姆这个单位太小，还用千欧 (kΩ) 和兆欧 (MΩ) 做单位，它们之间的换算关系为：

$$1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega$$

$$1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$$

导体电阻的大小是由导体本身的性质所决定的。例如对于长直金属导线，导体的电阻 R 与长度 L 成正比，与它的横截面 S 成反比，且和导体金属材料的性质有关，这就是欧姆定律，用公式表示为：

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-5)$$

式中 R ——导体的电阻 (Ω)；
 L ——导体的长度 (m)；
 S ——导体横截面积 (m^2)；
 ρ ——导体的电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$)。

导体电阻率的大小，在数值上等于长度为 1 m，横截面积为 1 m^2 的导体所具有的电阻值。因此，它只与导体材料的性质及温度有关，而和导体的几何尺寸无关。

在相同的温度下，不同的导体具有不同的电阻率，这是由各种导体材料内部结构不同而引起的。即使同一种导体，由于外界温度的变化，在不同的温度下，它们的电阻率也不同。金属导体的电阻率和温度的关系可近似为线性关系，当温度升高时，金属内部分子热运动加强，对电流的阻碍作用加大，电阻率就大，它们的关系可表示为：

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)] \quad (1-6)$$

式中 T ——导体材料的温度 ($^{\circ}\text{C}$)；
 T_0 ——参考温度 (常取作 20°C)；
 ρ_0 —— T_0 时的电阻率；

ρ —— T 时的电阻率；

α ——电阻率的温度系数 ($1/^\circ\text{C}$)。

对于不同的导体，温度系数 α 也不同。几种常见导体在 20°C 时电阻率和温度系数，见表 1-1 所示。

电阻率的大小，反映了导体导电性能的好坏。材料按其

表1-1 几种导电材料的电阻率和电阻温度系数

材 料 名 称	20℃时的电阻率 ($\Omega\cdot\text{m}$)	电阻温度系数 ($1/^\circ\text{C}$)
银	1.6×10^{-8}	0.00361
铜	1.72×10^{-8}	0.0041
金	2.2×10^{-8}	0.00365
铝	2.9×10^{-8}	0.00423
钼	4.77×10^{-8}	0.00479
铀	5.3×10^{-8}	0.005
锌	5.9×10^{-8}	0.0039
镍	7.3×10^{-8}	0.00621
铁	9.78×10^{-8}	0.00625
铂	10.5×10^{-8}	0.00398
锡	11.4×10^{-8}	0.00438
铅	20.6×10^{-8}	0.0041
汞	95.8×10^{-8}	0.0009
康铜(铜54%, 镍46%)	50×10^{-8}	0.00004
锰铜(铜86%, 锰12%, 镍2%)	40×10^{-8}	0.00002
镍铬(镍80%, 铬20%)	111×10^{-8}	0.00007
镍铬铁(镍60%, 铬18%, 铁余量)	110×10^{-8}	0.00012