



专用于国家职业技能鉴定
国家职业资格培训教程

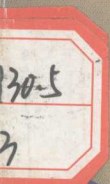
ZHUANYONGYU GUOJIA ZHIYE JINENG JIANDING • GUOJIA ZHIYE ZIGE PEIXUN JIAOCHENG

电子仪器仪表装配工

DIANZI YIQI YIBIAO ZHUANGPEIGONG

(基础知识)

劳动保障部
中国就业培训技术指导中心 组织编写



中国劳动社会保障出版社

专用于国家职业技能鉴定

国家职业资格培训教程

电子仪器仪表装配工

(基础知识)

劳动和社会保障部
中国就业培训技术指导中心 组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子仪器仪表装配工：基础知识/劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2004 .

国家职业资格培训教程

ISBN 7 - 5045 - 4080 - 3

I. 电… II. 劳… III. ①电工仪表-装配-技术培训-教材②电子仪器-装配-技术培训-教材 IV. TM930.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 058545 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出 版 人：张梦欣

*

北京乾沅印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 8.25 印张 204 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷

印数：3500 册

定价：15.00 元

读者服务部电话：010 - 64929211

发行部电话：010 - 64911190

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010 - 64911344

国家职业资格培训教程

电子仪器仪表装配工

编审委员会

主 任 陈 宇

副主任 陈李翔 张永麟 李 铃

委 员 史仲光 王宝金 陈 蕾 袁 芳 葛 玮

刘永澎 冯宗奎 孔令球 束招仙 唐梦明

本书编审人员

主 编 马灵洁

编 者 邢瑞楠 马永利 马灵洁 张俊贤

审 稿 张 政

前 言

为推动电子仪器仪表装配工职业培训和职业技能鉴定工作的开展，在电子仪器仪表装配从业人员中推行国家职业资格证书制度，劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心在完成《国家职业标准——电子仪器仪表装配工》（以下简称《标准》）制定工作的基础上，组织参加《标准》编写和审定的专家及其他有关专家，编写了《国家职业资格培训教程——电子仪器仪表装配工》（以下简称《教程》）。

《教程》紧贴《标准》，内容上，力求体现“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，突出职业培训特色；结构上，针对电子仪器仪表装配工职业活动的领域，按照模块化的方式，分初级、中级、高级、技师、高级技师5个级别进行编写。《教程》的基础知识部分内容涵盖《标准》的“基本要求”；技能部分的章对应于《标准》的“职业功能”，节对应于《标准》的“工作内容”，节中阐述的内容对应于《标准》的“技能要求”和“相关知识”。

《国家职业资格培训教程——电子仪器仪表装配工（基础知识）》适用于对初级、中级、高级电子仪器仪表装配工以及电子仪器仪表装配工技师、高级技师的培训，是职业技能鉴定的指定辅导用书。

本书第一、二、四章由马灵洁（北京仪器仪表工业公司）编写，第三章由马永利（北京远东仪表公司）编写，第五、六章由邢瑞楠（北京远东仪表公司）编写，第七章由张俊贤（北京瑞利分析仪器公司）编写，马灵洁主编；张政审稿。

由于时间仓促，不足之处在所难免，欢迎读者提出宝贵意见和建议。

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心

目 录

第一章 电工电子基础知识	(1)
第一节 电的基本概念	(1)
第二节 电流、电压和电动势	(5)
第三节 电阻和欧姆定律	(7)
第四节 电功率和能量	(20)
第五节 直流电路电流、电压的计算	(21)
第六节 交流电路	(24)
第七节 数字电路基本知识	(25)
第二章 识图和制图	(29)
第一节 机械制图基本规则	(29)
第二节 电气制图的基本知识	(44)
第三章 焊接技术基础知识	(50)
第一节 锡焊	(50)
第二节 焊接工具	(51)
第三节 焊剂与焊料	(54)
第四节 焊接	(59)
第五节 电路板的绝缘处理与复校	(64)
第四章 误差分析	(66)
第一节 误差与测量	(66)
第二节 测量误差的分类和来源	(68)
第五章 仪器仪表基础知识	(69)
第一节 常用仪器仪表	(69)
第二节 典型仪器仪表	(80)
第三节 仪器仪表的计量和计量用仪器仪表	(90)
第四节 电子仪器的装配、使用和检查	(90)
第六章 技术资料与专业常用量和单位	(92)
第一节 技术资料	(92)
第二节 电工仪器仪表常用量和单位知识	(97)

第七章 计算机应用基础知识..... (100)

第一节 计算机应用入门..... (100)

第二节 计算机的工作原理及特点和用途..... (102)

第三节 计算机的构成..... (104)

第四节 计算机常用的外围设备..... (107)

第五节 计算机软件系统简介..... (112)

第六节 软件编程运行实例..... (118)

第七节 计算机中数及文字符号的表示..... (121)

第八节 计算机的使用与维护常识..... (123)

第一章 电工电子基础知识

第一节 电的基本概念

电的概念是电工学、电子学的基础概念之一，在这里将复习一些中学物理中已经学过的知识，并增加一些以后学习中要用到的知识。

一、电荷与电的传导

1. 电荷和电现象

人类最早接触的电现象大约就是大自然中的闪电。人们发现电却是由某些物体受到摩擦而能吸引其他细小物体开始，这就是摩擦起电现象。当时人们认为电是附着在物体上的，因而把它称为电荷。同时，认识到电荷有正负两种，同种相斥，异种相吸。带有电荷的物体被称为带电体。电荷的单位是库仑（C）。

电荷在固体、液体、气体或真空中移动，一般就说是电的传导。电传导的可以是电子（负电）、质子（正电），或正离子、负离子等。电可以沿固体如铜线、铝线传导，还可在液体如电解液中传导，也可以在真空中（如真空管、显像管）传导。

2. 物质的电结构

构成实物的许多基本粒子都带有一定的电，有的是正的，有的是负的，电荷的绝对量都相等，是电量的最小单元。一切物体都由大量原子构成，而原子则由带正电的原子核和带负电的电子组成。在正常情况下，同一个原子中正负电量相等，因而整个物体被认为是不带电的或中性的。当它们由于某种原因（如摩擦、受热、化学变化等）而失去一部分电子时，就带正电；获得额外电子时，就带负电。

3. 导体、半导体、绝缘体和超导体

根据物体的电性能，主要是导电性能，通常把物体分为导体、绝缘体、半导体和超导体等。

具有大量能够在外电场作用下自由移动的带电粒子，因而能很好传导电流的物体称为导体。大家最熟悉的导体有铜（Cu）、铝（Al）和银（Ag）等金属。能传导电流的物体称为导体，一般的金属或含有正负离子的电解质都是导体。

现在所说的绝缘体往往是指电绝缘体和热绝缘体。如不特别指出，在本书中，所提到的绝缘体都是指电绝缘体。具有良好的电绝缘性能的物体有玻璃、电木、橡皮、石蜡、塑料等。

半导体是电导率介于导体和绝缘体之间的一种物质。自然界中有许多元素和化合物是半导体，目前电子元器件中常用的有锗（Ge）、硅（Si）等。半导体的广泛应用，主要不是因为其电导率与导体或绝缘体的电导率大小的不同，而是因为它有着一系列特殊的导电性能，如温度、光照和半导体内掺入的微量元素等都会引起半导体导电性能的显著变化。

超导体是指一种电导率极高，或者说是电阻率接近于零的物体。在自然界中，目前尚没有发现在正常温度下，具有超导性能的元素。人们最初是在接近绝对零度的环境中，发现有些物体的电阻率趋于零，于是把它们称为超导体。由于它的特殊性能，现在已有越来越多的应用，因此被广泛深入地进行研究。

二、电场和磁场

1. 电场和电场强度

电场是传递电荷之间相互作用的物理场。一个电荷被放到另一个电荷附近时，这个电荷就会受到吸引或排斥的作用力。人们就说，这个电荷周围存在电场。电荷周围总存在电场，静止电荷的电场称静电场。为了描述电场，人们引入了电场强度的概念：1个单位电荷在空间一点受到作用力的大小，定义为这一点的电场强度。如果这个试验电荷的带电量为 q ，它在空间一点受到电场的作用力为 F ，那么定义空间这一点的电场强度为 E ，则有：

$$E = \frac{F}{q}$$

电场强度是一个有方向的物理量。静电场强度的单位是牛顿每库仑（N/C）。

2. 磁场、磁感应强度和电磁感应

磁场是传递运动电荷和电流之间相互作用的物理场。大量电荷在电场力的作用下向一个方向的流动称为电流。移动电荷和电流会产生磁场，并对场内的其他移动电荷和电流产生作用力。描述磁场的主要物理量为磁场感应强度（ B ），通常就是以磁场对移动电荷或电流所施加的力来定义的。磁场感应强度（ B ）既有大小又有方向，这样的量称为矢量。

（1）电流的磁场

电流周围存在磁场，现在人们都称为电流的磁效应。如果是一条有电流流过的直导线，它产生的磁场的方向可用右手定则来判定，如图 1—1 所示。即用右手握住导线，拇指指向电流的方向，则弯曲的四指所指的方向就是磁场的方向。

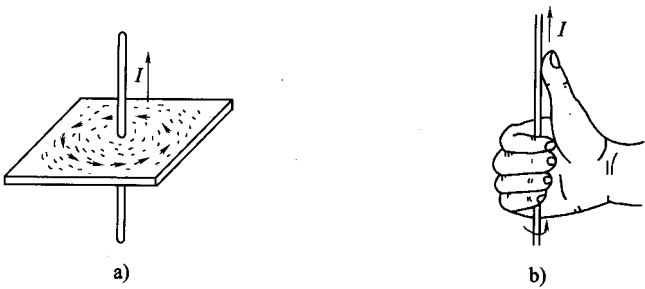


图 1—1 通电直导线产生的磁场

a) 电流磁效应 b) 右手定则

如果是一个螺线管，有电流通过时，螺线管内的磁场方向也是用右手定则来判定，如图 1—2 所示。即用右手握住螺线管，让弯曲的四个手指与电流方向一致，这时伸直的拇指所指的方向就是电流在螺线管内所产生的磁场的方向。

（2）磁场对电流的作用

一段有电流流过的导线在磁场中会受到磁场的作用，这个作用力称电磁力。电磁力的方

向要用左手定则来判定,如图 1—3 所示。即左手伸直,拇指与其他四指垂直,让手心对着表示磁场方向的箭头(如果磁场是永久磁铁产生的,就是让手心对着磁铁的 N 极),那么,拇指所指方向就是电流受力的方向。

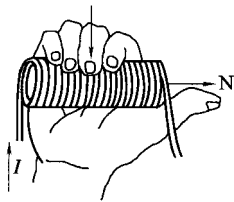


图 1—2 螺线管产生的磁场

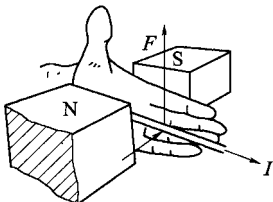


图 1—3 左手定则

(3) 磁感应强度

磁场感应强度是定量描述磁场中各点的磁场强弱和方向的物理量,因此磁场感应强度是一个矢量,用黑体字母 **B** 表示;不用黑体字母而用白体 *B*,表示的只是它的数值。

一段长为 *l* 与磁场方向垂直的导线,有电流大小为 *I* 的电流通过时,如果它在磁场中受到的作用力为 *F*,则该导线所处点的磁感应强度为:

$$B = \frac{F}{Il}$$

磁感应强度的单位是 T (特斯拉)。即一段长为 1 m (米)的导线,流过 1 A (安培)的电流,在磁场中受到的作用力为 1 N (牛顿)时,此点的磁感应强度 *B* 为 1 T (特斯拉)。

(4) 磁通

描述磁场在某一范围内分布情况的物理量称为磁通 (Φ)。它的定义是:磁通 Φ 等于磁感应强度 *B* 和与它垂直方向的某一截面 *S* 的乘积。在均匀磁场中,*B* 为常数,则磁通为:

$$\Phi = BS$$

磁感应强度 *B* 的单位是 T (特斯拉),面积 *S* 的单位是 m² (平方米),则磁通 Φ 的单位是 Wb (韦伯)。有时磁通公式也写成:

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

可见磁感应强度是单位面积上的磁通,因此磁感应强度也被称为磁通密度。

(5) 电磁感应

导体在磁场中切割磁力线运动,导体中就会产生电动势。如果是一个金属的闭合回路在磁场中,它的运动或磁场的变化,会在金属闭合回路中产生电动势,并形成电流。这个电动势称感生电动势;这个电流称感生电流;这种现象就称为电磁感应。

1) 楞次定律 通过实验,可以发现以下的电磁感应规律:

①导体相对磁场做切割磁力线运动或线圈中磁通发生变化时,导体或线圈中就会发生感生电动势;若导体或线圈是闭合电路的一部分,就会产生感生电流。

②感生电流产生的磁场总是阻碍原磁通的变化。

上述两条规律是楞次于 1834 年发现的,因此称为楞次定律。

2) 法拉第电磁感应定律 楞次定律说明了感生电动势的方向,而感生电动势的大小则由法拉第电磁感应定律给出:线圈中感生电动势的大小与线圈中磁通的变化速度(即变化

率)成正比。

$$e = -N \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

式中 e ——在 Δt 时间内感生电动势的平均值, V;

N ——线圈的匝数, 匝;

$\Delta\varphi$ ——线圈中一匝磁通的变化量, Wb;

$\Delta\Phi$ —— N 匝线圈的磁通变化量, Wb;

Δt ——磁通变化 $\Delta\Phi$ 所需的时间, s。

3) 自感和互感 当通过线圈本身的电流发生变化的时候, 使穿过线圈回路的磁通发生变化, 于是线圈中就产生一种阻碍电流变化的感生电动势, 这种现象称为自感。由自感产生的电动势称自感电动势, 用 e_L 表示。通常将线圈中通过每单位电流所产生的自感磁通数称做自感系数, 也称电感量, 简称电感, 用 L 表示, 单位是亨利 (H), 简称亨。那么:

$$L = \frac{\Phi}{i}$$

式中 Φ ——流过线圈电流 i 所产生的自感磁通, Wb;

i ——流过线圈的电流, A;

L ——电感, H。

电感是衡量线圈产生自感磁通本领大小的物理量。如果一个线圈中通过 1 A 电流, 能产生 1 Wb 的自感磁通, 则该线圈的电感就称 1 H, 在电子技术中, 常用较小的单位毫亨 (mH) 和微亨 (μH), 换算公式为:

$$1 \text{ H} = 10^3 \text{ mH}$$

$$1 \text{ mH} = 10^3 \mu\text{H}$$

电感与线圈的匝数、尺寸、线圈中的媒介质的磁导率都有关系。通常把线圈统称为电感线圈, 也称电感器或电感。如果线圈是一个空心线圈, 结构一定时, L 为常数。 L 为常数的电感称为线性电感。线性电感的自感电动势 e_L 与通过线圈的电流的变化量 Δi 成正比, 与发生变化的时间 Δt 成反比, 则有:

$$e_L = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

通常由一个线圈中电流的变化在另一个线圈中产生的电磁感应称为互感现象, 简称互感。由互感产生的电动势称互感电动势, 互感电动势的大小正比于穿过本线圈磁通的变化率, 或正比于另一线圈中电流的变化率。

3. 电场和磁场的屏蔽

为防止电子元器件、电子线路受到外来电磁场的干扰, 或电子元器件、电子线路产生的电磁场对外界产生干扰, 要对电子元器件、电子线路进行电磁屏蔽。接地的封闭金属壳是一种良好的静电屏蔽装置。

用磁导率大的铁磁材料制成的空腔是一种良好的静磁屏蔽装置。为加强磁屏蔽效果, 可以加厚铁磁材料的厚度或使用多层高磁导率铁磁材料。

同样, 高磁导率或高电导率材料制成的壳罩是良好的电磁屏蔽装置。应当注意的是, 电磁屏蔽壳罩上不能开缝, 否则会大大降低屏蔽效果甚或使屏蔽失效。

4. 尖端放电

当导体带电时，导体的尖锐端头附近电场特别强，使附近气体电离，甚至放电，这种现象称为尖端放电。

第二节 电流、电压和电动势

一、电流

1. 电流的定义

电荷的定向流动形成电流。在金属导体中，电流是自由电子在电场力的作用下，定向移动形成的。在电解液中或电离气体中，电流是由带正电荷的正离子或带负电荷的负离子在电场力的作用下，定向移动所形成。

电流的大小取决于一定时间内通过导体横截面电荷的多少，用电流强度来表示。若在 t (s) 时间内通过导体横截面的电量是 Q (C)，则电流 I 被定义为：

$$I = \frac{Q}{t}$$

通常把 1 s 内通过导体某横截面上的电荷量是 1 C 时的电流定义为电流强度的单位安培 (A)，安培简称安。经常使用的除安培外，还有千安 (kA)、毫安 (mA) 和微安 (μ A)。

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

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

$$1 \mu\text{A} = 10^{-3} \text{ mA} = 10^{-6} \text{ A}$$

习惯上，把正电荷移动的方向定义为电流的方向。那么，金属导体中自由电子的移动方向是与电流方向相反的；电解液中带正电荷的离子的移动方向是与电流方向相同的。

电流的方向不随时间变化的称为直流电。电流的方向和大小都不随时间变化的称为恒稳直流电。如果电流的方向和大小随时间变化则称为交变电流，简称交流电。

2. 电流的量度单位

在国际单位制 (SI) 中，电流单位安培 (A) 是七个基本单位之一。它的定义是：在两条相互平行、无限长的细直导线中，通以强度相同的恒稳电流，如果这两条导线在真空中，相距 1 m，而每米长度所受的力为 2×10^{-7} N 时，则导线中电流强度规定为 1 绝对安培。

二、电压

1. 电场力和电场力做功

电荷在电场中会受到电场的作用力，这个作用力就称为电场力。电场力移动电荷会做功。为衡量电场做功能力的大小，从而引入电压这一概念。

2. 电压

在电场中，电场力将电量 Q 从 A 点移到 B 点做的功为 W ，则定义 A 和 B 两点的电压 U 为：

$$U = \frac{W}{Q}$$

若电场力将 1 C 的电荷从 A 点移到 B 点，所做的功是 1 焦耳 (J)，则 A 和 B 两点间的电压是 1 伏特 (V)，简称伏 (V)。经常使用的电压的单位除伏特 (V) 外，还有千伏 (kV)、毫伏 (mV) 和微伏 (μV)。

$$\begin{aligned} 1\text{ kV} &= 10^3\text{ V} \\ 1\text{ mV} &= 10^{-3}\text{ V} \\ 1\text{ }\mu\text{V} &= 10^{-3}\text{ mV} = 10^{-6}\text{ V} \end{aligned}$$

3. 电位和电位差

(1) 电位

在电路分析时，为比较两点的电性能，常引入电位的概念。电路中某点与参考点间的电压，就称该点的电位。通常把参考点的电位规定为零电位。电位的单位也是伏特 (V)。

通常选大地为参考点，把大地的电位定为零电位。在电子仪器中则往往把接地的金属机壳或电路的公共接点的电位规定为零电位。

(2) 电位差

电路中任意两点间的电位之差称为该两点之间的电位差。电位差就是电压。电路中 A 和 B 两点的电位差 U 就表示为 A 点和 B 点电压的差值。

$$U_{AB} = U_A - U_B$$

注意，电位是某一点与选定参考点之间的电压，电位差是任意两点之间的电压。电位随参考点选择的不同而变化。电位相同的各点之间，电位差为零，电流也为零。

从上式中可以看出，当 $U_A > U_B$ 时， U_{AB} 是正值；反之， U_{AB} 是负值。

4. 电源和电动势

(1) 电源

电源是将其他形式的能量转换成电能的装置。发电机是把机械能转换成电能，电池是把化学能转换成电能，温差电偶和光电池是把热能和光能直接转换成电能。

(2) 电动势

电动势是衡量电源将非电能转换成电能本领的一个物理量。电动势的定义是：在电源内部，外力将单位正电荷从电源的负极移到正极所做的功，用 E 表示。若外力将电荷 Q 从负极移到正极所做的功是 W ，则电动势表示为：

$$E = \frac{W}{Q}$$

电动势的单位与电压相同，也是伏特 (V)。

电动势的方向规定为在电源内部由负极指向正极。

对于一个电源来说，既有电动势又有电压，但电动势只存在于电源内部。电源两端的开路电压（即电源不接负载时的电压）等于电源的电动势，但两者方向相反。电源两端电压方向

规定为：在电源外部从正极指向负极，如图 1—4 所示。

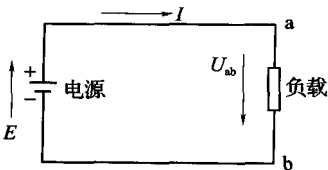


图 1—4 电压与电动势的方向

5. 电压的量度单位

电压的量度单位伏特 (V) 是国际单位制 (SI) 中具有专门名称的 SI 导出单位。

$$1\text{ V} = 1\text{ W/A}$$

W 是功率的单位，瓦特。

第三节 电阻和欧姆定律

一、电阻和电阻率

1. 电阻和电阻的量度单位

导体对电流的阻碍作用称为电阻，通常用字母 R 或 r （内阻）来表示，单位是欧姆（ Ω ），简称欧。

电路中，如果导体两端的电压是 1 V，通过的电流是 1 A，则该导体的电阻就是 1 Ω 。常用的电阻单位还有千欧（ $k\Omega$ ）和兆欧（ $M\Omega$ ）。

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

$$1\text{ M}\Omega=10^3\text{ k}\Omega=10^6\text{ }\Omega$$

2. 电阻率

上述用电路中电流和电压定义了电阻的大小，其实，电阻是导体本身的一种性质，和加在它上面的电流、电压无关。实验证明，温度一定时，导体的电阻 R 与导体的长度 l 成正比，与导体的横截面积 S 成反比，并与导体的材料性质有关。

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

式中的 ρ 是一个与材料性质有关的物理量，称为材料的电阻率或电阻系数。电阻率的大小等于长度 1 m、截面积 1 mm^2 的导体，在一定温度下的电阻值，单位是欧·米（ $\Omega\cdot\text{m}$ ）。

几种材料在 20℃ 时的电阻率及主要用途见表 1—1。

表 1—1 几种材料在 20℃ 时的电阻率

材 料		电阻率（ $\Omega\cdot\text{m}$ ）	主要用途
纯金属	银	1.6×10^{-8}	导线镀银
	铜	1.7×10^{-8}	制造各种导线
	铝	2.9×10^{-8}	制造各种导线
	钨	5.3×10^{-8}	电灯灯丝、电器触头
	铁	1.0×10^{-7}	电工材料、制造钢材
合金	锰铜（85%铜、12%锰、3%镍）	4.4×10^{-7}	制造标准电阻、滑线电阻
	康铜（54%铜、46%镍）	5.0×10^{-7}	制造标准电阻、滑线电阻
	铝铬铁电阻丝	1.2×10^{-6}	电炉丝
半导体	硒、锗、硅等	$1\times10^{-4}\sim1\times10^7$	制造各种半导体管、晶闸管
绝缘体	赛璐珞	1×10^8	电器绝缘
	电木、塑料	$1\times10^{10}\sim1\times10^{14}$	电器外壳、绝缘支架
	橡胶	$1\times10^{13}\sim1\times10^{16}$	绝缘手套、鞋、垫

3. 电阻的温度系数

实验还证明, 导体的电阻与温度有关。通常金属的电阻都是随温度的升高而增大, 如在 220 V 电压下使用的电灯泡, 不通电时, 灯丝电阻约为 $100\ \Omega$; 而通电发光时, 其电阻高达 $1\ 210\ \Omega$ 。半导体和电解液的电阻, 通常都是随温度升高而减小, 所以在电镀业中常用加热来减小电镀液的电阻。在电子工业中, 经常使用半导体制造能灵敏地反应随温度变化的热敏电阻。

二、欧姆定律

1. 部分电路的欧姆定律

部分电路的欧姆定律是描述一段不包含电源的电路中电流、电压和电阻之间关系的规律, 是一条实验定律。部分电路的欧姆定律的内容是: 流过导体的电流与这段导体两端的电压成正比, 与这段导体的电阻成反比, 其数学式为:

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

式中 I ——导体中的电流, A;

U ——导体两端的电压, V;

R ——导体的电阻, Ω 。

例 1—1 某白炽灯的额定电压是 220 V, 正常发光时的电阻是 $1\ 210\ \Omega$, 求流过白炽灯灯丝的电流。

解: 根据欧姆定律, 流过灯丝的电流为:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{1\ 210} = 0.18\ \text{A}$$

即流过灯丝的电流是 0.18 A。

2. 全电路欧姆定律

全电路是指包含电源的闭合电路, 如图 1—5 所示。

图 1—5 中虚线框是电源, 其中 E 代表电源电动势, r 代表电源内阻。

全电路欧姆定律的内容是: 全电路中电流与电源的电动势成正比, 与整个电路的电阻 (包括电源内阻和负载电阻) 成反比。

图 1—5 最简单的全电路 其表达式为:

$$I = \frac{E}{R + r}$$

式中 I ——电路中的电流, A;

E ——电源电动势, V;

R ——负载电阻, Ω ;

r ——电源内阻, Ω 。

例 1—2 已知某电池的电动势 $E=1.65\ \text{V}$, 在电池两端接一个 $R=5\ \Omega$ 的电阻, 实测电阻中的电流 $I=300\ \text{mA}$ 。试计算电阻两端的电压和电池内阻各为多少。

解: 根据部分电路欧姆定律, 外电路电阻 R 上的电压为:

$$U = IR = 0.3 \times 5 = 1.5\ \text{V}$$

根据全电路欧姆定律，电源内阻为

$$r = \frac{E - IR}{I} = \frac{1.65 - 300 \times 10^{-3} \times 5}{300 \times 10^{-3}} = 0.5 \Omega$$

即电源内阻是 0.5Ω 。

注意，在运算时要把运算单位统一。例 1—2 中给出的电流单位是 mA，代入公式时，要把它变为 A。

3. 电阻的串联、并联和混联

(1) 电阻的串联

两个或两个以上电阻依次相连，中间无分支的连接方式称为电阻的串联。图 1—6a 所示为两个电阻的串联，图 1—6b 所示为其等效电路图。

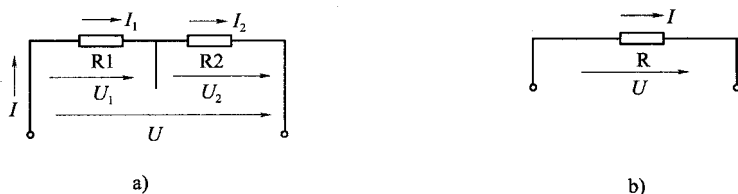


图 1—6 两个电阻的串联

a) 串联电阻电路 b) 串联等效电路

1) 串联电阻电路的特性

①串联电阻电路中流过每个电阻的电流都相等，即：

$$I = I_1 = I_2 = \cdots = I_n$$

式中下标 1、2、 $\cdots$ 、 n 分别代表第 1、第 2、 $\cdots$ 、第 n 个电阻。

②串联电阻电路两端的总电压等于各电阻两端的电压之和，即：

$$U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$$

③串联电阻电路中等效电阻（总电阻）等于各串联电阻之和，即：

$$R_{\text{总}} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

利用欧姆定律， $I = U/R$ ，根据特性①可以得出：

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \cdots = \frac{U}{R_{\text{总}}}$$

或

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}, \cdots, \frac{U_n}{U} = \frac{R_n}{R_{\text{总}}}$$

上式说明，在串联电阻电路中，电压的分配与电阻成正比，即阻值越大的电阻上分配到的电压越大；反之电压越小。如两个电阻串联的电路，总电压是 U ，则每个电阻上的电压可分别写成：

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U \quad U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$

2) 电阻串联的主要应用

①用几个电阻串联得到阻值较大的电阻。

②用几个电阻构成分压器，使同一电源能供给几种不同的电压。图 1—7 所示为一个电阻分压器的电路，由四个电阻构成分压，可使电压 100 V 的电源提供四种不同数值的电压。

③当负载的额定电压低于电源电压时，可以用串联电阻的办法满足负载接入电源的要求。

④利用串接电阻来限制和调节电路中电流的大小。

⑤在电工测量中广泛应用串接电阻的方法来扩大电表测量电压的量程。

(2) 电阻的并联

两个或两个以上的电阻接在电路中相同的两点之间的连接方式称为电阻的并联。图 1—8a 所示为两个电阻的并联，图 1—8b 所示为其等效电路。

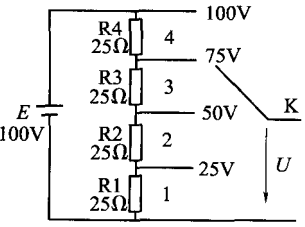


图 1—7 电阻分压器的电路

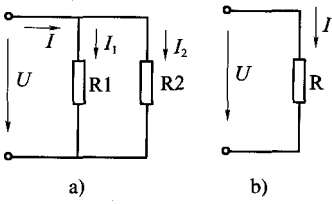


图 1—8 两个电阻的并联

a) 并联电阻 b) 等效电路

1) 并联电阻电路的特性

①并联电阻电路中各电阻两端的电压相等，且等于电路两端的电压。

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

②并联电阻电路中的总电流等于各电阻中的电流之和，即：

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

③并联电阻电路的等效电阻（即总电阻）的倒数等于各并联电阻的倒数之和，即：

$$\frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

若是两个电阻并联则可以由上式求出总电阻 R：

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

利用欧姆定律，根据特性①可以得出：

$$\frac{I_1}{I_n} = \frac{R_n}{R_1} \quad \text{或} \quad \frac{I_n}{I} = \frac{R}{R_n}$$

上式说明，在并联电阻电路中，电流的分配与电阻成反比。如果一个并联电阻电路由两个电阻 R1 和 R2 组成，总电流为 I，则分配到每个电阻上的电流为：

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

2) 电阻并联的主要应用

①凡是工作电压相同的负载，几乎全是并联。如工厂中的电动机、电炉、照明用具等。并联负载可以单独启动或停止而不影响其他并联使用的各个设备。

②用并联电阻获得一个较小的电阻，如两个 100 Ω 的电阻并联，可以得到一个 50 Ω 的