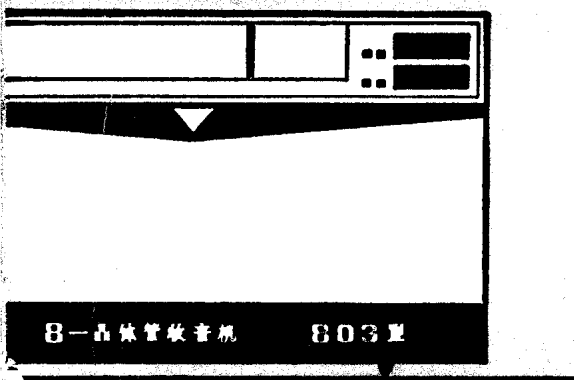




内 容 简 介

本书以国产晶体管收音机及其元件的修理为重点,分别介绍了:电的基本概念,无线电广播与接收原理,常用修理工具,电阻器、电容器、电感器、变压器、晶体二极管、晶体三极管、喇叭、波段开关等元件的构造原理、用途和检修,偏置电路和整机直流回路的分析,超外差式收音机基本电路及其故障分析,其他电路(包括特殊电路)的分析,晶体管收音机的调整、故障与修理等内容。在附录中还选编了部分具有特殊电路的国产晶体管收音机的原理图,供读者在装修收音机时参考。

本书是普及性科技读物,在写法上力求通俗易懂,在内容的编排上由浅入深。本书可供相当于初中文化程度的工农兵、上山下乡知识青年和青少年学生等业余无线电爱好者阅读。

晶体管收音机与业余修理

(增订本)

王沛清 陈清山 编写
贺贤江 欧阳生桂

*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

原湖南人民出版社出版

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1979年8月新1版 1982年8月第4次印刷

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 11 字数: 289,000

印数: 447,001—568,000

统一书号: 15204·17 定价: 1.10元

再 版 前 言

为了普及晶体管收音机的修理知识，适应广大无线电业余爱好者的迫切需要，一九七四年我们编写了《晶体管收音机及其修理技术》一书。出版以后，受到广大读者的欢迎和热情鼓励，不少读者也提出了许多珍贵的意见。根据读者的意见和建议，一九七六年我们重新写过并再版，改名为《晶体管收音机与业余修理》。这次再版，因时间关系，只对个别错误的地方作了更正，并增加了两个附录。

为了便于具有初中文化程度的读者阅读，本书在内容的安排上由浅入深，循序渐进；在叙述方法上力求通俗易懂，深入浅出；对概念的解释力求简明；数学推导和计算尽可能从简；对电路的分析尽量做到联系修理实践。在修理方法的探讨中，考虑到一般业余爱好者的条件，我们尽量介绍利用简单工具的检修方法，好让读者能因陋就简地自行修理。

本书的第十、十一、十二和第十三章由王沛清、贺贤江执笔；第二章及部分插图由欧阳生桂执笔；第一、三、四、五、六、七、八、九章由陈清山执笔。

有错误之处请读者批评指正。

编 写 者

一九八二年三月

目 录

第一章 电、电波与收音机	(1)
第一节 电的基本概念.....	(1)
第二节 无线电波与收音机.....	(16)
第三节 收音机的主要性能指标和使用.....	(24)
第二章 常用修理工具	(32)
第一节 万用表.....	(32)
第二节 烙铁.....	(37)
第三节 其他工具.....	(42)
第三章 电阻器、电容器、电感器和谐振电路	(45)
第一节 电阻器.....	(45)
第二节 电容器.....	(55)
第三节 线圈(电感器).....	(71)
第四节 谐振电路.....	(75)
第四章 变压器	(84)
第一节 变压器的构造和作用.....	(84)
第二节 输入、输出变压器.....	(92)
第三节 中周和振荡线圈.....	(95)
第四节 磁性天线.....	(100)
第五章 晶体管	(108)
第一节 晶体二极管.....	(108)
第二节 晶体三极管的构造和放大原理.....	(115)

第三节	晶体三极管热稳定性差的原因·····	(120)
第四节	三种基本放大电路及其特点·····	(122)
第五节	晶体三极管的主要参数和使用常识·····	(127)
第六章	收音机的其他元件·····	(141)
第一节	电声器件·····	(141)
第二节	波段开关·····	(149)
第三节	拉线·····	(152)
第四节	印刷电路板和塑料机盒·····	(155)
第五节	干电池·····	(156)
第七章	偏置电路和整机直流回路·····	(159)
第一节	偏流和偏置电路·····	(159)
第二节	整机直流回路分析·····	(168)
第八章	超外差式收音机的基本电路及故障分析·····	(176)
第一节	超外差式收音机的特点·····	(176)
第二节	输入调谐回路·····	(179)
第三节	变频级电路·····	(183)
第四节	中频放大级电路·····	(187)
第五节	检波级电路·····	(191)
第六节	自动增益控制电路·····	(193)
第七节	末前级低频放大电路·····	(195)
第八节	乙类推挽功率放大级电路·····	(198)
第九节	整机信号回路的分析·····	(201)
第九章	其他电路·····	(207)
第一节	频率微调电路·····	(207)
第二节	短波增益提升电路·····	(207)
第三节	本地、远程开关电路·····	(208)
第四节	短波倍频振荡电路·····	(210)

第五节	来复和自动音频限幅电路·····	(211)
第六节	二次AGC电路·····	(213)
第七节	阻容耦合放大电路·····	(215)
第八节	单端甲类功率放大电路·····	(216)
第九节	滑动甲类功率放大电路·····	(217)
第十节	无输出变压器的推挽功率放大电路·····	(218)
第十一节	无变压器推挽功率放大电路·····	(220)
第十二节	复合互补对称推挽放大电路·····	(224)
第十三节	整流电源和稳压电源电路·····	(225)
第十章	超外差式收音机的调整·····	(234)
第一节	调整工作点·····	(234)
第二节	调整中频频率·····	(238)
第三节	调整频率范围·····	(240)
第四节	统调·····	(242)
第十一章	检修收音机的基本方法·····	(244)
第一节	几种常用的检修方法·····	(244)
第二节	修理收音机的步骤·····	(250)
第三节	修理注意事项·····	(251)
第十二章	超外差式收音机各类故障的检修·····	(252)
第一节	无声·····	(252)
第二节	音小·····	(260)
第三节	灵敏度低·····	(261)
第四节	失真·····	(263)
第五节	汽船声与啸叫声·····	(264)
第六节	杂音·····	(267)
第七节	高频机振·····	(269)
第八节	混台——选择性差·····	(270)

第九节	发音时有时无、时大时小	(270)
第十节	检修收音机举例	(272)
第十一节	六管两波收音机主要故障原因一览表	(276)
第十三章	晶体管再生来复式收音机	(282)
第一节	晶体管再生来复式收音机的工作原理	(282)
第二节	晶体管再生来复式收音机的调整	(285)
第三节	晶体管再生来复式收音机的检修	(287)
附 录		(291)
附录一	几种晶体管超外差式收音机电原理图	(291)
附录二	常用字母与罗马数字	(301)
附录三	常用晶体管收音机电路图符号说明	(302)
附录四	常用符号及意义	(303)
附录五	收音机常用晶体管参数	(306)
附录六	TTF型中频变压器和振荡线圈参数	(308)
附录七	输入、输出变压器数据	(312)
附录八	常用裸导线数据	(314)
附录九	分贝表	(315)
附录十	国内外半导体器件型号对照表	(319)
附录十一	几种陶瓷滤波器的性能参数	(344)

第一章 电、电波与收音机

了解电的基本知识，是我们认识收音机的原理，学会修理收音机的基础。本章着重讨论电、电波和收音机的基本常识。

第一节 电的基本概念

一、电是从哪里来的

正电荷与负电荷——自然界的一切物质，都是由很小的物质微粒——“分子”组成。分子又是由更小的物质微粒“原子”组成。原子非常小，一亿个原子排成一行还不到一毫米长。每个原子又包含着两种带电的微粒——“原子核”和围绕原子核运动的一定数量的“电子”。原子核所带的电叫“正电荷”，电子所带的电叫“负电荷”。一个电子所带的电荷量规定为“一个单位的负电荷”（简称“一个负电荷”）。“电荷”就是正、负电荷的总称。正、负电荷之间存在着相互作用，规律是这样的：同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引（即同性相斥，异性相吸）。带电荷物体周围充满着一种名叫“电场”的特殊物质。电荷间的相互作用是通过电场的相互作用来实现的。电场具有“相斥”或“相吸”的作用力，这种作用力叫“电场力”。在正常情况下的

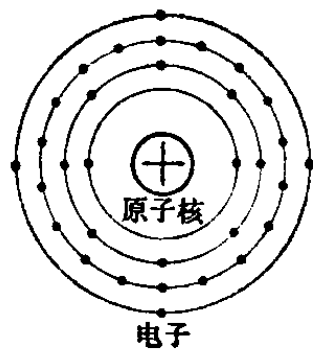


图1—1 锗原子

原子，其原子核所带的正电荷与核外全部电子所带负电荷的数量相等。所以整个原子并不呈现带电现象，这种原子称为中性原子。因而由中性原子组成的任何物体也就不带电。例如，目前制造晶体管的主要材料锗，它的原子核带32个单位的正电荷，围绕原子核运动的电子也是32个。故在正常情况下的锗原子不呈现带电现象（即呈电中性），如图1—1所示。

电荷的来历——要使一个物体带电，实际上就是给它增加份外的电子，或者使物体失去份内的一些电子。从这个意义上说，失去电子的物体带正电荷（用符号“+”表示）；得到电子的物体带负电荷（用符号“-”表示）。例如，用丝织物（如绸）去摩擦玻璃棒，就能迫使玻璃棒原子中一部分电子转移到绸上。这样，玻璃棒失去了电子而带正电荷，丝织物得到了电子而带负电荷（见图1—2）。



图1—2 摩擦可以生电

在外界因素的作用下，由于物体本身电子的得失而带电，这就是电的来历。

电荷的单位“库仑”——任何物体都是有数量的。计算数量（简称计量）就要借助“单位”。如用长度单位“公尺”来计量物体的长和宽。物体带电荷的数量，是用单位“库仑”来计量的。625亿亿个电子所带电量的总和规定为一库仑。某一物体失去了625亿亿个电子，它就带有一库仑的正电荷；某一物体得到了625亿亿个电子，它就带有一库仑的负电荷。

二、电位、电压和电动势

电位——电荷的周围产生电场。电场中的每一点的空间位置都具有一定的电位，其大小决定于产生电场电荷的电量与该点在电场

中的位置。因而对一带电物体来说，带的正电荷愈多，带电体的电位就愈高，带的负电荷愈多，电位就愈低。事物都是相比较而存在的。为了比较物体电位的高低，常规定大地的电位为零，好象测量水位时规定海平面的水位等于零一样。因此，带正电荷的物体其电位比大地高，而带负电荷的物体其电位比大地低。在电场力的作用下，正电荷会从电位高的物体移向电位低的物体，犹如水从水位高的地方流向水位低的地方(图1—3)。不过有一点是要特别注意的：在电场力的作用下，负电荷移动的方向与正电荷恰好相反，它是从电位低的地方移向电位高的地方。

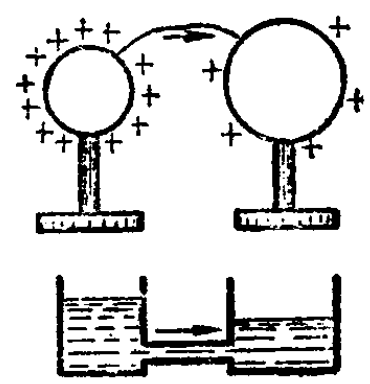


图1—3 电位和水位

电压——两个物体或者同一个物体两端之间的电位之差，叫“电压”。计算电压的常用单位有伏特，简称伏(V)，还有毫伏(mV)、微伏(μ V)等。它们的关系是： $1\text{伏(V)} = 1000\text{毫伏(mV)} = 1,000,000\text{微伏}(\mu\text{V})$ 。

例如，电压是1.5伏的干电池，也就是说干电池正极的电位比负极的电位高1.5伏。因此，电位的单位和电压的单位是相同的。

电动势和电源——常识告诉我们，要维持水的流动，就必须维持水位差。与此类似，要维持电荷的流动，就必须维持电位差。这种维持导体两端一定电位差、推动电荷作功的能力，叫“电动势”。用字母E表示，单位也是伏。具有电动势的装置叫电源，最常见的电源有干电池、蓄电池和发电机。

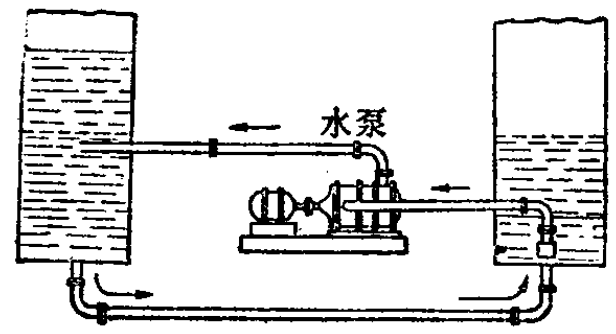


图1—4 水泵迫使水流动

电压和电动势本身并不产生电子，它们的作用象“电泵”，只是作为迫使电子流动的原动力。这也类似于水泵，水泵使水作循环流动，本身并不产生水，如图1—4所示。

三、电流、电路和电阻

电流——电子有秩序地流动就形成了“电流”。在金属中，原子里的最外层电子离原子核最远，受原子核的吸引力最弱，因而脱离原子而形成“自由电子”。平时，自由电子在原子之间作不规则的运动。在电场力的作用下，自由电子就会有秩序地流动而形成电流。这与水在水管中流动的情形相似（图1—5）。

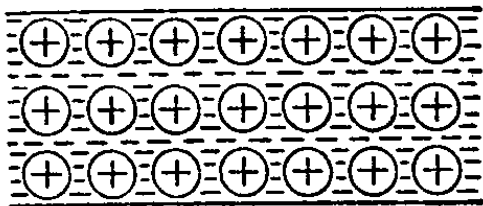


图1—5 自由电子象水在水管中流动一样

电流用字母 I 表示。电流的大小常以安培(简称安)为单位，用 A 表示。每秒钟有 1 库仑的电荷通过导体的某一横截面时，电流量就是 1 安。在表示微弱电流时，还用到毫安(mA)、微安(μA)。它们之间的关系是： $1 \text{ 安}(A) = 1000 \text{ 毫安}(mA) = 1,000,000 \text{ 微安}(\mu A)$ 。

电流的方向——人们按照习惯已经统一规定：正电荷流动的方向为电流的方向（即在电源外部电流从电源的正极流向负极）。但是前面已经讲过，电流实际上是电子有秩序地流动而形成的（即电子从电源的负极流向正极）。这好比戏院里的前排座位出现了一些空位，后排的观众依次往前排空位移动。若把人比喻成电子，空位比喻成正电荷，由于人（电子）向前移动了，也就相当于空位（正电荷）依次由前排移到了后排。人们所规定的电流的方向不是电子的移动方向，而是正电荷的移动方向。电子移动方向与电流方向相反。

电路——电流所经过的道路称为电路(见图1—6)。把电路用各种符号和文字表示出来的图形叫电路图（图1—7）。

如果电流从电源正极出发，经过导线和负载(如灯泡)，再经过另一导线回到电源的负极，这样的电路叫“回路”(即完全电路)。可见回路是由电源(把其它形式的能量转换成电能)、连接导线(输送或分配电能)、负载(把电能转换成其他形式的能量)和开关(有断开和接通电源的作用，图中开关被省略掉)等四个基本部分组成的(见图1—7)。

电路有三种基本状态，即通路、断路和短路。

有电流正常通过的电路叫“通路”(即电路的额定状态)，见图1—8(1)。如果电路中因开关断开或因断线及接触点接触不良等原因使电流不能通过时，叫“断路”或称“开路”，见图1—8(2)。若负载(如灯泡)两端的导线直接连通，叫“短路”。在短路的情况下，电流从电源的正极出发，没有经过负载就直接通过导线回到负极。此时电路中的电阻很小，电流会比有负载时大许多倍，见图1—8(3)。

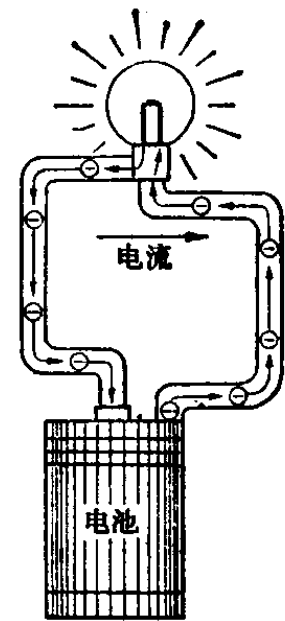


图1—6 电路

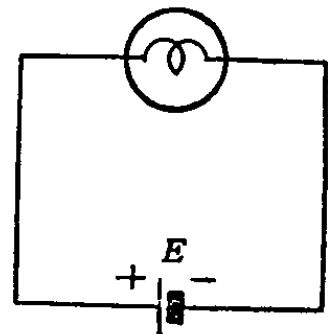


图1—7 电路图

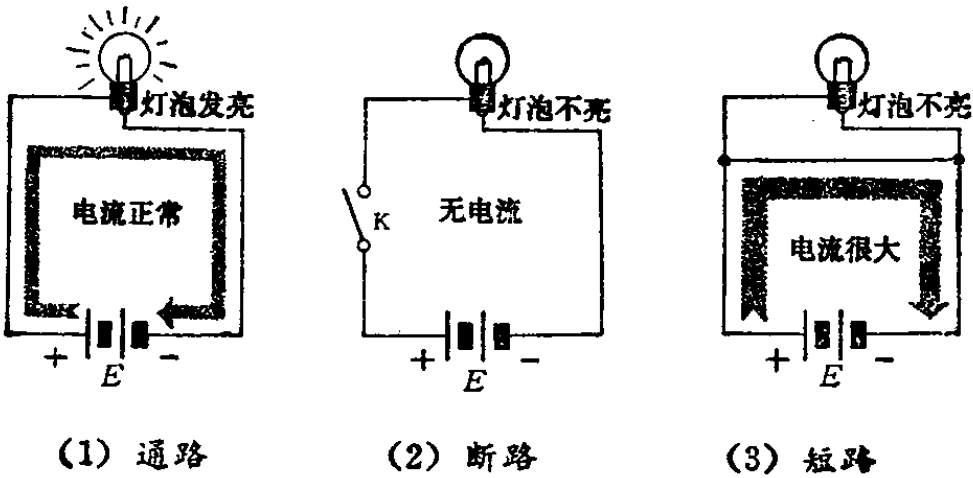


图1—8 电路的三种状态

额定和短路之间的状态叫“过载状态”。在收音机中，发生短路和过载时有损坏电源，烧坏元件的危险。

电阻——物体内的电子有秩序地流动时，必须克服原子核对电子的吸引力，同时还要克服分子、原子的不断碰撞所产生的阻碍作用。电子在物体内有秩序地流动所遇到的阻力叫“电阻”，用字母R代表。电阻的大小叫“电阻值”（或阻值），计量单位有欧姆（简称欧，用 Ω 表示）、千欧（ $K\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）。换算关系是：1兆欧 = 1000千欧（ $K\Omega$ ）= 1,000,000欧（ Ω ）。

四、导体、绝缘体、半导体

导体——某些物体的原子核对外层电子的吸引力很小，电子容易有秩序地移动，因而对电流产生的阻力也就很小，我们叫它导电性能好。这种导电性能好的物体称为“导体”。如各种金属；碳；盐、酸、碱类的溶液；水以及潮湿的土地都属于导体。人体也是导体，但不是象上述导体那样的良导体。

绝缘体——某些物体的原子核对电子的吸引力很大，电子不容易有秩序地移动，因而对电流产生的阻力也就很大，我们叫它导电性能差。这种导电性能差的物体称为绝缘体。但是世界上没有绝对的绝缘体，应用在低电压或低温下的绝缘体（如塑料、松香等等），在一定的高电压或高温下也能变成导体。

半导体——半导体的导电性能比导体差而比绝缘体好。如硅、锗、硒等都是半导体。半导体在一定条件（如掺入杂质、温度等）的影响下，可以变成导体，也可以在上述条件的影响下变成绝缘体。半导体的原子结构按晶体排列，因而常把半导体称为“晶体”。

五、导体的电阻与哪些因素有关

导体的电阻主要取决于下面四个因素：

材料——长短和粗细相同，但材料不同的导体，它们的电阻各不相同。例如银的电阻比铜小，铜的电阻又比铝小，所以收音机的连接导线常采用铜线或镀银铜线。

长短——材料和粗细相同的导体，愈长，电阻愈大。在收音机中，连接各元件的导线愈短，电阻就愈小。

粗细——材料和长短相同的导体，愈粗，电阻愈小。

温度——同一导体，在不同的温度下，电阻值是不同的。金属导体的电阻值随温度的增加而增加。然而，半导体恰好相反，它的电阻值却随温度的升高而显著降低。例如，晶体管内部的电阻在温度升高时，电阻值显著降低。

六、欧姆定律及其应用举例

毛主席教导我们：“一切客观事物本来是互相联系的和具有内部规律的。”规律就是不以人的意志为转移的、客观事物之间的必然联系。在电路中，电流的强度（即电流的大小）与电压的高低及电阻的大小之间的关系，有什么规律呢？

实验证明：在电路中，电阻不变时，电流的大小与电阻两端的电压成正比（即电压愈高，通过的电流愈大；电压增加几倍，电流也增加几倍；电压减小几倍，电流也减小几倍）。而在电压不变的情况下，电流的大小与电阻成反比（即电阻越小，通过的电流越大；电阻越大，通过的电流越小）。这种规律就叫欧姆定律。欧姆定律常用数学公式表示：

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

式中——U(电压)的单位是伏(V)；R(电阻)的单位是欧(Ω)；I(电流)的单位是安(A)。只要知道上述的任意两个量，就可求出第三个量来。但是在计算时必须注意：

1.在局部电路中，通过的电流大小等于部分电路两端的电压除以这两端之间的电阻。如：电阻 $R = 10\Omega$ ，电阻 R 两端的电压 $U = 6$ 伏（见图1—9），则通过电阻 R 的电流 I ，按公式计算得：

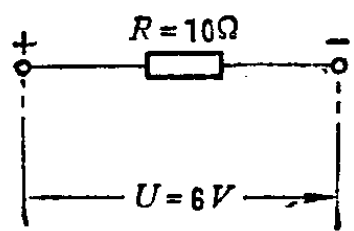


图1—9

$$\text{电流}(I) = \frac{\text{电压}(U)}{\text{电阻}(R)} = \frac{6\text{伏}}{10\text{欧}} = 0.6\text{安}$$

2.在回路中，通过回路的电流，等于这个回路的总电动势除以回路中的总电阻。例如，一个电池组的电动势为6伏，电池组的内阻 r 为0.1欧，有一个开关可以使电池断开，或和1.9欧电阻相接，或和0.02欧的电阻相接，或将电池短路。试求开关在各位置时，回路中的电流和电源两端电压的大小（见图1—10）。

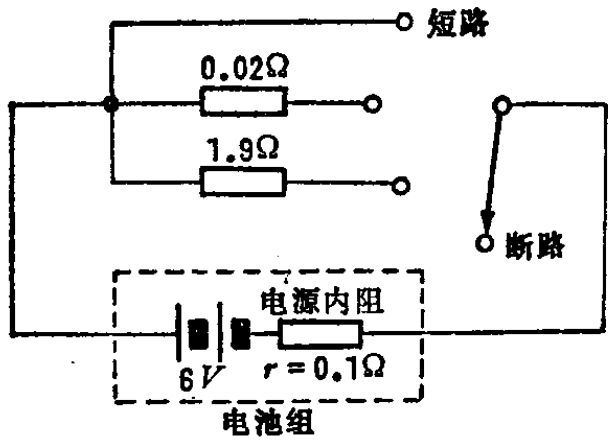


图1—10

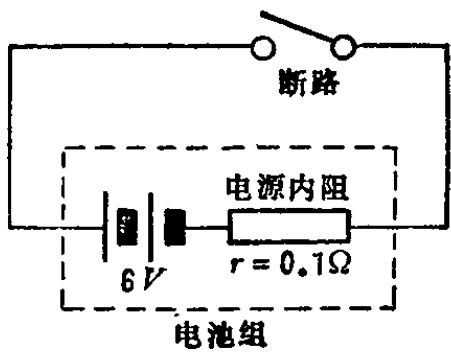


图1—11

①电池两端断开时（图1—11）：

电流 $I = 0$

电压 $U = E - Ir = 6 - 0 \times 0.1 = 6$ 伏

②当接至1.9欧电阻时（图1—12）：

电流 $I = E / (R + r) = 6 / (1.9 + 0.1) = 6 / 2 = 3$ (安)

电压 $U = E - Ir = 6 - 3 \times 0.1 = 5.7$ (伏)

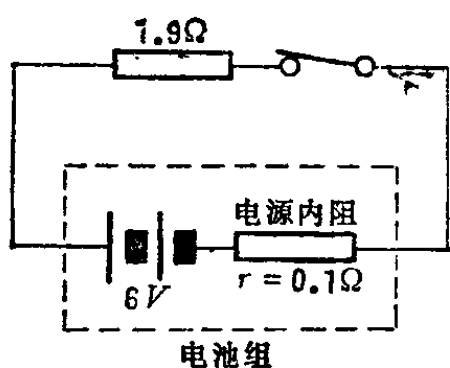


图1—12

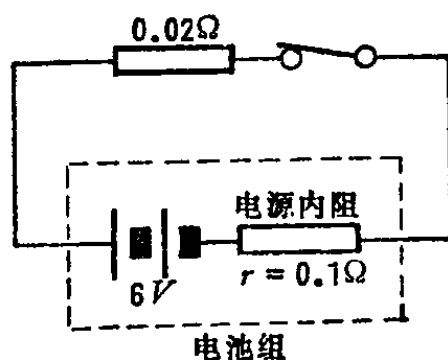


图1—13

③当接至0.02欧时 (图1—13);

$$\text{电流 } I = E / (R + r) = 6 / (0.02 + 0.1) = 50 (\text{安})$$

$$\text{电压 } U = E - Ir = 6 - 50 \times 0.1 = 1 (\text{伏})$$

④当电池短路时 (图1—14);

$$\text{电阻 } R = 0$$

$$\begin{aligned} \text{电流 } I &= E / (R + r) \\ &= 6 / (0 + 0.1) = 60 (\text{安}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{电压 } U &= E - Ir \\ &= 6 - 60 \times 0.1 = 0 (\text{伏}) \end{aligned}$$

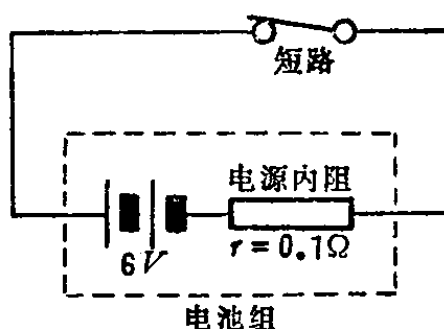


图1—14

从上述例子的计算中, 可以得出如下结论:

①负载电阻愈大, 回路中的电流愈小, 电源两端电压 (简称端电压) 愈接近电源电动势; 当负载电阻无限大 (即电源两极断开) 时, 回路中无电流 ($I = 0$), 则电源端电压等于电源电动势。

②负载电阻愈小, 回路中的电流愈大, 电源端电压也愈小; 当负载电阻小到等于零 (即电源正负极之间短路) 时, 电源端电压小到等于零。这时回路中的电流非常大 (其电流量等于电动势除以电源内阻)。

由上面欧姆定律的应用可以看出, 电压、电阻和电流的计算必须是电路的同一部分。在计算前首先要分析是回路还是局部电路, 以免弄错。

七、电功、电功率和效率

电功和电功率——电流通过灯丝，灯泡就能发光；音频电流通过喇叭，喇叭就能发声；电流通过电炉丝，电炉丝就发热；电流通过电动机能使电动机转动。可见电能可以转换成其他形式的能量（如光能、声能、热能和机械能等）。电流通过负载时，产生的发光、或发声、或发热、或机械运动的效应叫电流做功，简称“电功”。一般说来，我们需要的不是电流本身，而是电流所做的功。

电流在一秒钟内所做的功叫“电功率”，简称功率。功率是用来表示电流在单位时间（1秒钟）内做功的本领。常用字母P代表，单位是瓦(W)。即负载两端的电压是1伏，当1安培的电流通过负载（如电灯丝）时，电流所做的电功，规定为“1瓦”。在实用中，功率的单位还有：千瓦（有的写成瓩）、毫瓦。1千瓦(KW)=1000瓦(W)；1毫瓦(mW)=0.001瓦(W)。功率的计算公式是：

$$P = U \times I$$

式中——电压U的单位是伏(V)；电流I的单位是安(A)；功率P的单位是瓦(W)。即1瓦=1伏×1安。

由于功率 $P = UI$ ，根据欧姆定律： $U = IR$ ， $I = U/R$ 。所以，功率与电压、电流、电阻的关系，有如下规律：

$$\text{功率 } P = UI = I^2 R = U^2 / R$$

公式表明：只要知道式中两个量，就可以求出另外两个未知量：

$$\text{电压 } U = P/I \qquad \text{电压 } U = \sqrt{P \times R}$$

$$\text{电流 } I = P/U \quad \text{或} \quad \text{电流 } I = \sqrt{P/R}$$

$$\text{电阻 } R = P/I^2 \qquad \text{电阻 } R = U^2 / P$$

电器设备的容量通常是指电器设备在额定条件下所消耗的功率，即1秒钟内所消耗的电能。例如220伏25瓦的电烙铁，即表示接上220伏电压时，电烙铁消耗的功率为25瓦。