

DZ663 型

磁带地震仪

第二分册



燃化部六四六厂磁训班 编
华东石油学院勘探系

499



DZ 663 型磁带地震仪

第二分册



5475 1/4

燃化部六四六厂磁训班
华东石油学院勘探系

一九七二年三月

前 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，为适应石油工业飞速发展的需要，华东石油学院和六四六厂共同举办了磁带地震勘探训练班。通过半年多的教学实践，在原有讲稿的基础上编写了这本讲义。

遵照毛主席关于“为工农兵服务”、“向工农兵普及”、“走上海机床厂从工人中培养技术人员的道路”的教导，这本讲义主要为了适于具有初中文化程度的工人短训班使用；或相应文化程度的工人用于自学；并供厂矿有关人员及有关院校师生参考。本讲义共分两个分册。第一分册包括仪器总体说明；箱体联线说明；检查记录的操作步骤及常见故障；常用仪表的使用说明。并附 DZ 663 型仪器单元线路、抽屜及箱体联线图；DZ 701 型磁带地震仪简介及箱体联线图。第二分册共分三篇，第一篇包括常用无线电元件及电路基础，供野外仪器 and 基地回放仪器两个专业使用；第二篇为仪器单元线路原理；第三篇为调校及使用，包括仪器的总体检查、总体调校，野外工作因素选择的基本原则；并附部分常见故障及排除方法。编写内容以定性分析为主，力求做到深入浅出和理论联系实际。

本讲义在编写过程中，得到西安石油仪器制造厂等单位的大力支持和帮助，在此特致以深切的谢意。

由于我们学习毛主席著作不够、思想认识水平有限，讲义中一定存在不少缺点和错误，希望读者提出批评指正，以便进一步充实和完善。

燃化部六四六厂磁训班
华东石油学院勘探系
一九七二年三月

毛 主 席 语 录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

大学还是要办的，我这里主要说的是理工科大学还要办，但学制要缩短，教育要革命，要无产阶级政治挂帅，走上海机床厂从工人中培养技术人员的道路。要从有实践经验的工人农民中间选拔学生，到学校学几年以后，又回到生产实践中去。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

目 录

第一篇 常用元件及电路基础

前 言

第一章 电阻	(1)
第一节 电流和水流.....	(1)
第二节 电流定律.....	(2)
第三节 电阻的串联和并联.....	(5)
第四节 电源的内阻和功率.....	(8)
第五节 电阻元件的种类和规格.....	(10)
第二章 电容	(11)
第一节 电容器的电容量.....	(11)
第二节 电容器的主要用途.....	(11)
第三节 电容器的充电和放电.....	(12)
第四节 微分电路和积分电路.....	(14)
第五节 电容器的种类和规格.....	(15)
第三章 继电器	(17)
第四章 检波器和变压器	(19)
第一节 检波器的结构和工作原理.....	(19)
第二节 电磁感应现象及其规律.....	(20)
第三节 变压器.....	(22)
第五章 滤波器	(24)
第一节 线圈的电感.....	(24)
第二节 什么是滤波器.....	(25)
第三节 几个简单实例.....	(26)
第四节 滤波器的分类和参数.....	(29)
第六章 磁头和磁带	(31)
第一节 磁头的结构.....	(31)
第二节 磁带和物质的磁性.....	(31)
第三节 地震信号的录制和回放.....	(34)
第七章 晶体二极管	(36)
第一节 什么是半导体.....	(36)
第二节 晶体二极管的结构和分类.....	(36)

第三节	二极管的伏安特性	(37)
第四节	二极管的整流电路	(41)
第五节	二极管的稳压作用	(43)
第六节	衰减“桥”	(44)
第七节	二极管的型号、性能和使用注意事项	(46)
第八章	晶体三极管	(48)
第一节	三极管的结构和型号	(48)
第二节	三极管的电流分配	(49)
第三节	三极管的特性曲线	(51)
第四节	三极管的简单测试和性能参数	(52)
第五节	场效应晶体管	(54)
第六节	光敏三极管	(55)
第七节	可控硅简介	(55)
第九章	晶体管放大电路	(59)
第一节	简单放大电路举例	(59)
第二节	三种基本电路	(61)
第三节	负载线和工作点	(64)
第四节	工作点的选择和稳定	(67)
第五节	多级放大器	(70)
第六节	放大器中的负反馈	(72)
第七节	直接耦合放大器	(77)
第八节	差动放大器	(82)
第九节	功率放大器	(86)
第十章	脉冲电路	(90)
第一节	脉冲电路概述	(90)
第二节	限幅器	(94)
第三节	双稳态触发器	(95)
第四节	单稳态触发器	(98)
第五节	多谐振荡器	(101)
第六节	射极耦合多谐振荡器(施密特电路)	(104)
第七节	磁耦合多谐振荡器	(106)
附录 I	电子管简介	(109)
附录 II	分贝概述	(115)

第二篇 仪器单元线路

第十一章	直流稳压电源	(120)
-------------	---------------	---------

第十二章	记录部分电路	(126)
第一节	记录放大器.....	(126)
第二节	公共增益控制.....	(141)
第三节	调制器.....	(161)
第四节	直流调制器.....	(172)
第十三章	回放部分电路	(177)
第一节	解调器.....	(177)
第二节	回放滤波器.....	(184)
第三节	回放放大器及自动增益控制电路.....	(189)
第四节	笔尖功率放大器.....	(195)
第十四章	辅助信号道的记录与回放电路	(200)
第一节	爆炸放大调制器.....	(200)
第二节	井口放大调制器.....	(201)
第三节	计时放大调制器.....	(202)
第四节	井、爆、计回放放大器.....	(203)
第十五章	辅助设备电路	(205)
第一节	触发延迟器.....	(205)
第二节	低频振荡器.....	(211)
第三节	高频振荡器.....	(218)
第四节	标准信号发生器.....	(225)
第五节	锯齿波发生器.....	(233)
第六节	自激振荡器.....	(238)
第七节	监视器.....	(239)
第八节	电话放大器.....	(246)
第九节	马达电源.....	(250)
附录 I	公共增益测量	(253)

第三篇 仪器调校及使用

第十六章	仪器总体检查	(269)
第十七章	仪器总体调校	(283)
第十八章	野外工作方法介绍	(298)

第一篇 常用元件及电路基础

第一章 电 阻

第一节 电流和水流

电的运动不能用肉眼直接看到，是这种运动的特点之一。由于它的这种非直观性，人们常常感到对于这种运动不易掌握和运用。为了便于大家理解，我们准备对照水的运动来讨论电的运动。这样做是可以的，因为这两种运动有很多相象之处（特别是它们的能量关系，可以说在许多方面是相同的）。但是，它们也有质的区别，例如，电的运动比水的运动要复杂得多。所以，在进行对比时，应该时刻注意二者之间质的区别，以免得出错误的结论。在这里，我们应该牢记伟大领袖毛主席的教导：“对于物质的每一种运动形式，必须注意它和其他各种运动形式的共同点。但是，尤其重要的，……则是必须注意它的特殊点，就是说，注意它和其他运动形式的质的区别。”

自然界有两种电，叫做正电和负电（有时叫做正电荷和负电荷）。当条件合适时，两种电都可能沿着某种通道流动起来，形成电流，就象水在管子里流动而形成水流一样。电流比水流复杂，因为电有正负两种，而水则无正负之分。但是，实践证明，从通常的效果来看，向一个方向运动的负电，总可以看成向相反方向以相同速率运动的等数量的正电。因此，当研究电流时，可以只考虑一种电的流动，习惯上是考虑正电的运动（把负电都换成反向运动的正电）。所以，当谈到电流的“方向”时，就是指正电流动的方向。当水在管子里流动时，每秒通过管子截面的水量越大，水流就越大。同样，在上面讲过的那种意义下（即认为只有正电在流动），就可以仿照水流的情况，用每秒通过导体截面的（正）电量来反映电流的大小。这样一个量叫做电流强度（简称电流），通常用字母 I 或 i 来代表。电流强度的单位有安（符号为 A）、毫安（mA）、微安（ μA ）等等：

$$1A = 1000mA = 1000000\mu A$$

能够构成电流通道的物体，叫做导体（例如铜、铝等等）或半导体（例如锗、硅等等）。电流不能通过的物体，叫做绝缘体（例如橡皮、玻璃等等）。这样，我们常常用到的各种导线，就好像是可以让电通过的一些“管子”。

水管有不同的材料和口径，管子不同，水在里边流动的难易程度也不同。例如，管子越细，水就越不容易通过。因此可以说，口径小的管子对水流的“阻力”较大。电流

的情况与此相似。导线一方面可以让电流通过，另一方面又对电流有一定的“阻碍作用”。导体这种阻碍电流通过的性质，叫做它的电阻，通常用字母 R 或 r 来代表。导体电阻的大小，决定于它的材料、尺寸、形状等等。电阻的单位有欧（符号为 Ω ）、千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）等等：

$$1M\Omega = 1000k\Omega = 1000000\Omega.$$

那么，在什么情况下导体中才会有电流呢？这里又用得着水流的比喻。水在管子里流动，总是由于它受到力的推动作用。例如，水从管子较高的一头流向较低的一头，是由于它受到重力的作用。在这里，力的方向是从高处指向低处，而水也是从高处流向低处。同样，当电在导体中流动时，也是由于有一种力在推动它。例如，设有电流从导线的 A 端流向 B 端（图 1.1），当然也是由于有力把正电从 A 端推向 B 端的缘故。这时， A 端的空间位置完全不一定比 B 端高。但是，为了直观，人们常常仿照水流的情况，说是 A 端的电位比 B 端的电位高。这就是说，电力的作用总是把正电从电位高处推向电位低处。这样，我们引入了电位这一重要概念，它和导体中电流的方向有着密切的联系，但和空间位置并无联系。导体两端电位的差，叫做导体两端的电位差或电压。电位和电压的单位有伏（ V ）、毫伏（ mV ）、微伏（ μV ）等等：

$$1V = 1000mV = 1000000\mu V.$$

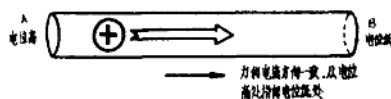


图 1.1 电流的“方向”

在许多供水设备（例如水暖系统）中，水的流动是循环进行的。这时，光靠重力就不行，必须有适当的泵。泵把水从低处打向高处，产生“水位差”；然后重力又把水从高处拉向低处，产生“水位降”；于是就实现了水的循环。在电路中，情况也很相似。我们有各种电源（电池、发电机等），它们就仿佛是一些“电泵”，能够把正电从图 1.1 中导线的 B 端（低电位端）通过电源内部送回到 A 端，这样来维持导线中电流的长久存在。

第二节 电 流 定 律

导体的内部结构，提供了导体中电流 I 存在的可能性，而导体两端的电压 U ，则是导体实现导电的条件。很容易想到，当导体的电阻 R 一定时，电压 U 越大，电流 I 也越大。反之，当 U 一定时，电阻 R 越大，电流 I 就越小。就是说， R 和 U 形成两个对立的因素，电流 I 的大小是这两个因素，互相矛盾、互相斗争的结果。这样的规律，并不是主观的想象，而是根据大量实践总结出来的。

图 1.2 就是验证上述规律的线路图。改变滑点 C 的位置，可以调节接入的电池个数，这样也就改变了加在电阻元件上的电压 U ，这个电压的数值可从电压表上读出。从电流

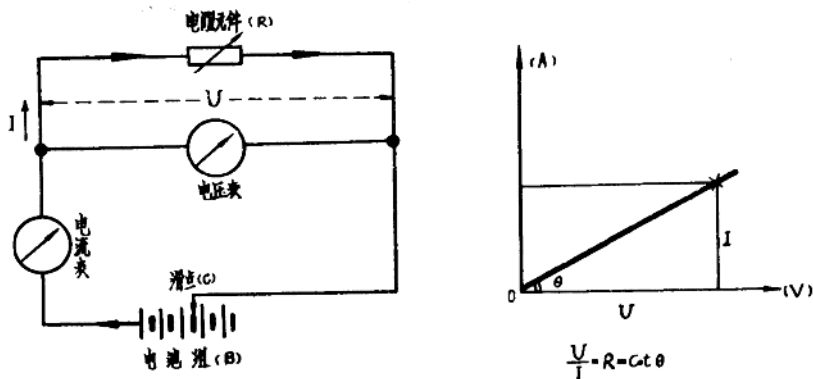


图 1.2 验证电流定律的实验

表上读出和各个电压值相对应的各个电流强度 I ，就可以求得二者之间的关系。实验证明，当 R 一定时， I 和 U 确实成正比。进一步的实验证实了 I 、 U 、 R 三者之间的下列关系：

$$\text{电流 } I = \frac{\text{电压 } U}{\text{电阻 } R}. \quad (1.1)$$

或者写作

$$R = \frac{U}{I}, \quad (1.2)$$

$$U = RI. \quad (1.3)$$

这三个式子代表着同一个物理规律——电流定律（旧名欧姆定律）。这一实验规律看起来很简单，但它却是分析线路所不可缺少的基础，我们必须很好地掌握它，并逐步做到灵活地运用它！

例题1. 宿舍电源的电压是 $U=220\text{V}$ ，灯泡的电阻 $R=800\Omega$ ，求通过灯丝的电流 I 。

〔解〕 利用(1.1)式，得到：

$$I = \frac{220\text{V}}{800\Omega} = 0.275\text{A}.$$

例题2. 图1.3是地震仪中某放大器线路的一部分。试求：

- (1) I_E 在 R_4 上引起的电位降 U_4 ；
- (2) e 点的电位 U_E ；
- (3) R_3 的值。

〔解〕 首先根据上面讲的规律分析一下各点的电位。在线路分析中，常常把地线的电位取作零，其他各点的电位都是和地线电位比较而定的。图中电源的正极接在地线上，是零电位；其负极电位永远比正极电位低，所以是负的。电源的端电压是 8.97V ，所以负极电位是 -8.97V 。图中的圆圈代表一个晶体管，以后要仔细讲，现在不考虑。电流 I_E 从零电位流向低电位处，所以 e 点、 c 点的电位都比零低，即都是负的。同

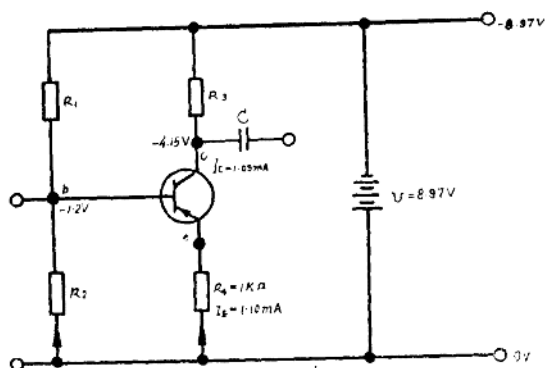


图 1.3

理，b点的电位也是负的。

现在来进行计算：

(1) 由图看到， $R_4 = 1k\Omega = 1000\Omega$ ， $I_E = 1.10mA = 0.00110A$ ，利用公式(1.3)，得到：

$$U_4 = I_E \cdot R_4 = 1000 \times 0.0011 = 1.10V$$

(2) U_E 是负的，即：

$$U_E = 0 - 1.10 = -1.10V$$

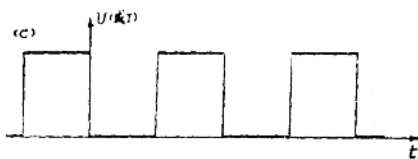
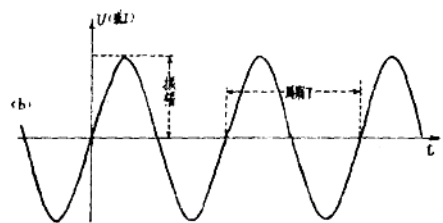
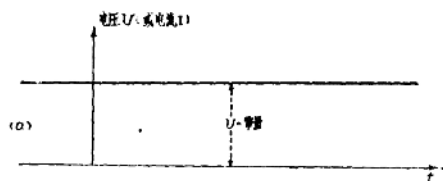


图 1.4

(3) 按照图中所标的电位值，可以算出 R_3 两端的电压，即 $U_3 = -4.15 - (-8.97) = 4.82V$ 。已知 $I_C = 1.09mA = 0.00109A$ ，代入公式(1.2)，得到：

$$R_3 = \frac{4.82}{0.00109} = 4.42k\Omega$$

在分析线路时，常常要研究线路中某点的电位或某两点之间的电压，例如某一电阻元件两端的电压。为了更形象地表现电位或电压的变化，常常采用画“波形图”的办法。图1.4中画出了几个实例。电流的变化也可以用同样办法来表示。

图1.4(a)代表直流信号，就是说，所考虑的电压（或电位，或电流）不随时间而变。相反，一切随时间变化的信号都叫交流信号。

图1.4(b)叫做正弦信号（或正弦“波”），这是一种最基本的交流信号。信号是随时间而循环往复地变化的，完成一次往复变化

(一次“振动”)所需的时间,叫做信号的周期,用 T 来代表。例如通常用的交流电,其周期是0.02秒。每秒完成的振动次数,叫做频率,通常用 f 代表。例如通用交流电的频率是1次/0.02秒=50次/秒。频率的单位叫赫(符号为Hz)或周(C);每秒振动50次,频率就是50Hz,有时也用千赫(kHz)或兆赫(MHz)做为频率单位:

$$1\text{MHz}=1000\text{kHz}=1000000\text{Hz}.$$

信号(电压、电流等等)所能达到的最大值叫做它的振幅。

图1.4(c)代表的信号叫做“方波”。这也是一种周期性的交流信号,在我们的仪器中时常用到。

还可以举出许多更复杂的波形图,现在从略。

第三节 电阻的串联和并联

在仪器线路中,必须适当选择和分配各部分的电阻,以便适当地分配电压和电流。这就仿佛是必须适当选择各种口径的水管来分配供水量。在需要大电流的地方,电流太小就不能使仪器正常工作;在需要小电流的地方,电流太大就会把仪器烧坏。

为了适当地分配电流,常常把几个电阻联接起来使用。最基本的联接方法有两种,其规律很容易从电学基本知识推出(此处从略)。

一、电阻的串联

总电阻 $R_{\text{串}}$ 等于各个分电阻之和,如图1.5(a)。电阻串联有分压作用,在仪器中用得很多,例如图1.3中的 R_1 和 R_2 就是这样的。适当选择 R_1 、 R_2 的值,就可以从电源电压(8.97V)中分出一个适当的部分(1.2V)加在三极管的基极和射极之间,以保证三极管的正常工作。这样的线路叫做分压器。

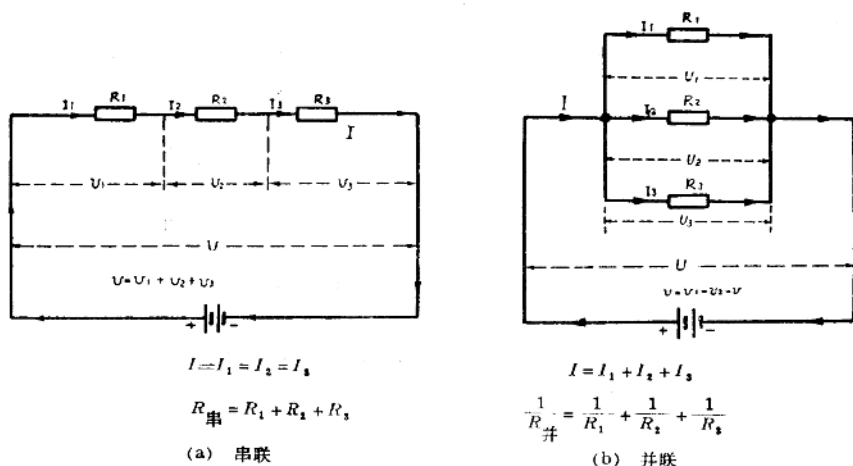


图 1.5 电阻的串联和并联

用 U 代表电源电压, U' 代表 R_2 两端的电压, 则 $\frac{U'}{U}$ 叫做分压比; 这也就是 U' 在 U 中所占的比例数。 U 是由两部分合成的, 即 U' 和 R_1 两端的电压。由电流定律得到:

$$U = IR_1 + IR_2, \quad U' = IR_2;$$

故
$$\frac{U'}{U} = \frac{IR_2}{IR_1 + IR_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2}} \quad (1.4)$$

所以, 适当选择 R_1 、 R_2 的值, 就可以得到需要的分压比。这个分压比的公式, 在以后分析线路时经常要用到。

我们指出, 设有三个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 相串联, 而其中一个例如 R_1 比其他两个电阻都大得多, 则串联后的总电阻 $R_{\text{串}} = R_1 + R_2 + R_3 \approx R_1$ 。就是说, 在串联时, 数值最大的电阻起主要作用。

二、电阻的并联

总电阻的倒数等于各分电阻倒数之和如图1.5(b)。这时的总电阻比任何一个分电阻都要小。设有三个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 并联,

则
$$\frac{1}{R_{\text{并}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad .$$

如果其中一个例如 R_3 比其他两个小得多, 则上式右端的第三项比前面两项大得多, 所以有

$$\frac{1}{R_{\text{并}}} \approx \frac{1}{R_3}, \quad \text{即 } R_{\text{并}} \approx R_3 \quad .$$

就是说, 在并联时, 数值最小的电阻起主要作用。在习惯上, 有时将 $R_{\text{并}}$ 写成 $R_1 // R_2 // R_3$, 以明显表出是哪些电阻相并联。当然, 并联上去的电阻个数越多, 得到的 $R_{\text{并}}$ 就越小。

例题1. 图1.6是某仪器线路中的一部分, 求 I 、 $U_{(3)(4)}$ 、 I_2 和 I_3 。

[解] 不难看出, R_2 和 R_3 是并联的, 我们先算出它们的并联电阻 $R_{\text{并}}$ (或写作 $R_2 // R_3$):

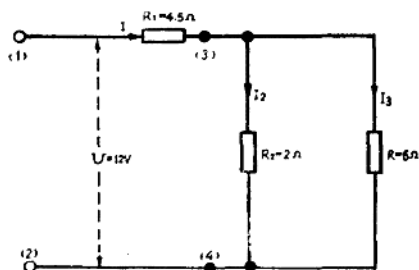


图 1.6 电阻的联接

$$\frac{1}{R_{\text{并}}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} = \frac{4}{6},$$

所以 $R_{\text{并}} = \frac{6}{4} \Omega = 1.5 \Omega$, 而 $R_{\text{并}}$ 和 R_1 又是串联的, 其总电阻是:

$$R_{\text{总}} = R_{\text{并}} + R_1 = 1.5 \Omega + 4.5 \Omega = 6 \Omega.$$

已知 $U = 12V$, 所以总电流是:

$$I = \frac{U}{R_{\text{总}}} = \frac{12}{6} A = 2 A.$$

这一电流在 $R_{\text{并}}$ 上的电位降是

$$U_{(3)(4)} = I \cdot R_{\text{并}} = 2 \times 1.5 = 3V.$$

再一次利用电流定律，得到通过 R_2 、 R_3 的电流：

$$I_2 = \frac{U_{(3)(4)}}{R_2} = \frac{3V}{2\Omega} = 1.5A,$$

$$I_3 = \frac{U_{(3)(4)}}{R_3} = \frac{3V}{6\Omega} = 0.5A.$$

验算： $I_2 + I_3 = 1.5 + 0.5 = 2A = I$ 。

例题2. 在某次野外工作中，每一地震道用三个检波器并联检波（图1.7）。若有一个或两个检波器没接通，该道的电阻是较大还是较小？

〔解〕 在检查外线时，可以把检波器看成电阻。当三道都接通时，该道的并联电阻满足： $\frac{1}{R_{\text{并}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ 。
 $\frac{1}{R_3} = \frac{3}{R}$ ，所以 $R_{\text{并}} = \frac{R}{3}$ 。若 R_3 没接通，则并联电阻

满足： $\frac{1}{R'_{\text{并}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{2}{R}$ ，所以 $R'_{\text{并}} = \frac{R}{2}$ ，这一电阻比 $R_{\text{并}}$ 大。关于两个检波器没接通的情况，请读者自己考虑。

例题3. 在地震仪器中，为了各种需要，常常将几个电阻或二极管联接成所谓桥电路。在本题中，我们要分析桥电路的平衡条件。

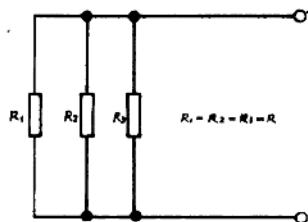


图 1.7 并联检波

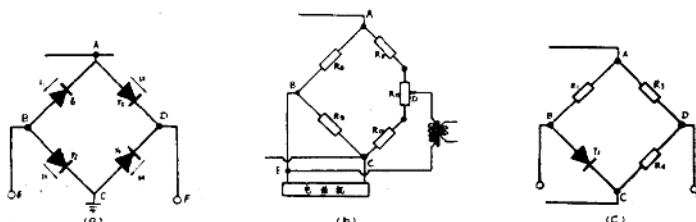


图 1.8 桥电路

图1.8(a)代表记录放大器中的衰减桥，由四个晶体二极管组成。二极管和一般电阻的区别，在于它们的电阻会随两端所加电压的不同而不同。如果所选四个二极管具有足够一致的特性，则在平衡条件的分析中可以把它们看成四个相同的电阻。设在 A 、 C 两点之间加一电压，一般说来，会在 B 、 D 两点之间引起电压。但是，如果四个电阻的数值选择得合适，可以做到使 B 、 D 两点电位相等，这时桥电路叫做达到了平衡。在平衡情况下，从 A 、 C 两点输入的信号，在 B 、 D 两点间不会有输出。

为了保证桥的平衡，四个电阻要满足一定的数量关系。我们看到，既然 B 、 D 两点电位相等，就应有 A 、 B 之间的电位等于 A 、 D 之间的电位。由电流定律就得：

$$i_1 r_1 = i_3 r_3,$$

同理得到

$$i_2 r_2 = i_4 r_4.$$

但是, 在平衡条件下, r_1 和 r_2 是串联的关系, 所以 $i_1 = i_2$; 同理, $i_3 = i_4$. 代入上式, 就得:

$$i_1 r_2 = i_3 r_4,$$

和本题中的第一式相除, 就得:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4} \quad (1.5)$$

这就是桥电路的平衡条件。在这种条件下, 加在 A 、 C 间的信号不会在 B 、 D 间有输出; 同理, 加在 B 、 D 间的信号也不会 A 、 C 间有输出。所以, 平衡的电桥就提供了两个信号互相交叉而互不影响的一种通道。这就是应用桥电路的主要依据。

图 1.8(b) 代表地震仪电话放大器中的桥电路, 由四个电阻和一个可变电阻(电位器)组成。操作员从仪器向外发的话, 变成信号电压加在 A 、 C 两点。适当调节可变电阻的滑点 D , 使桥达到平衡, 于是发话信号就不会在 B 、 D 两点间引起电位差, 从而变压器初级线圈中就没有信号。变压器和仪器的扩音器相联, 在桥平衡时, 扩音器中就不会有串音。于是, 发话信号就会只传到爆炸员的电话机中去。

图 1.8(c) 代表另一种桥电路, 在回放仪中要用到。这种桥由三个电阻和一个二极管组成。在 A 、 C 间加一指定电压, 调节三个电阻的值, 以满足平衡条件 (1.5) 式。这时 B 、 D 两点间没有电位差, 也就是没有输出。当 A 、 C 间的电压发生波动时, 加在二极管上的电压也发生变化, 从而二极管的电阻也发生变化。这样一来, 就破坏了原来的平衡条件, 于是 B 、 D 两点间就有输出。根据这种道理, 可以利用这种桥作为稳压电源中的采样电路。

第四节 电源的内阻和功率

前面已经提到过电源, 这是一种“电泵”, 可以不断地把正电从低电位处送到高电位处。要完成这一任务, 必须消耗能量。所以, 电源就是一种能量转换装置。在电源装置中, 存在着适当的条件, 可以使某种能量(例如电池中的化学能量)不断地转化为电流的能量。

电流经过电源内部时, 也会受到一定的阻碍作用。与此相应的电阻叫做电源的内阻。外电路的电阻往往主要是用电设备(例如电灯)的电阻。我们通常把这种设备叫做负载。

在图 1.9 中, 把内阻 r 也明显地画了出来。内阻 r 和外阻 R 是串联的。电源在外电阻 R 开路时的端电压, 叫做电源的电动势, 用 E 来代表。电动势是表示电源规格的主要标志之一。例如, 一般干电池上写的 1.5 V, 就是标明该电池的电动势。

由图可见, 外电阻和内电阻是串联的, 它们的总电阻等于 $R + r$, 所以利用电流定律, 可以算出电流:

$$I = \frac{E}{R+r} \quad (1.6)$$

这一电流在外电阻上引起的电位降是：

$$U = IR = E \cdot \frac{R}{R+r} = E \cdot \frac{1}{1 + \frac{r}{R}}$$

当电源固定即 E 和 r 固定时，外电阻 R 越大，上式的分母越小，从而电位降 U 越大。所以，如果我们希望在负载上得到高电压，那就应该选用高阻值的负载。

在电源内部，不断地有某种能量转化为电流的能量。电流携带着能量从电源通往用电设备（负载），在那里，电流的能量又转化为其他形式的能量（例如电灯泡的热能和光能），于是我们就说电能负载中被用掉了。

电源在每秒钟内消耗在外阻上的电能，叫做电源的输出功率。功率一般用 P 代表，其单位是瓦（W）或毫瓦（mW）等等（1W=1000mW）。我们在灯泡上看到40 W或100 W的字样，那就是表示的灯泡所消耗的功率。

可以证明（此处不详细讨论），图1.9电源的输出功率是：

$$P = IU = I^2 R, \quad (1.7a)$$

式中 U 是外电阻 R 上的电压。利用(1.6)，又可以得到：

$$P = I^2 R = E^2 \frac{R}{(R+r)^2} \quad (1.7b)$$

由上式可见，当电源固定即 E 和 r 固定时，输出功率 P 是随外电阻 R 的不同而不同的。进一步的研究表明，当外电阻 R 等于电源内阻 r 时，电源的输出功率最大。所以，如果我们希望在负载上得到尽可能大的功率，就应该将负载的阻抗尽量调得和电源内阻相近，这就是通常所说的负载阻抗和电源内阻应尽量做到阻抗匹配。当做不到这一点时，往往要增加一定的设备来变换阻抗以达到匹配的目的，否则信号的能量就得不到充分的利用。以后我们将要看到，对于多级放大器的输出级，这一问题尤其重要。例如在放大器的输出级，我们常用它输出的信号去推动喇叭、记录笔等等装置，为充分发挥输出级的作用（即要它输出尽量大的功率），就应使输出级和用电装置尽量做得阻抗相等；为做到这一点，常常要用适当的变压器（第四章中将要讲到）或特殊的电路来和用电装置相联接，以达到阻抗匹配的目的。

总之，在电路分析中，匹配的问题是十分重要的。当把两部分电路联结起来（耦合起来）时，前一级就成为后一级的“电源”，而后一级就成为前一级的“负载”。这时，必须适当选择两级电路的阻抗，使它们满足必要的匹配条件，因为只有这样，前级电路送出的信号才能在后级电路中充分地发挥作用。

习 题 某电源的电动势 $E=120\text{ V}$ ，内阻 $r=6\Omega$ ，试利用公式(1.7b)计算当外阻 R 等于 2Ω 、 4Ω 、 6Ω 、 8Ω 、 10Ω 时该电源的输出功率，看看 R 等于哪个值时电源的输出功率最大。

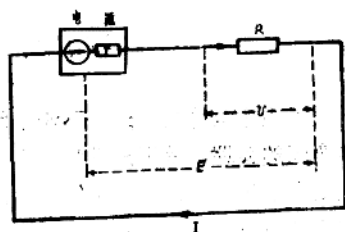


图 1.9 电源的内阻和电动势

第五节 电阻元件的种类和规格

毛主席教导我们：“不论做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事。”电阻是电子仪器中用得最多的元件，为了很好地掌握它、使用它，我们除了必须清楚地知道它在电路中的作用外，还必须了解一些它们的特性和规格。现简单介绍如下，以供参考。

常用的电阻元件有以下几种（见图1.10）：（1）炭膜电阻——国产品多漆成绿色或兰色，具有稳定性好、适用于高频、噪声小等特点；（2）金属膜电阻——国产品多漆成

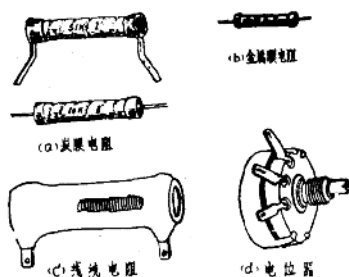


图 1.10 几种电阻的外形

棕红色或红色，稳定性比炭膜电阻好，功率相同时体积比炭膜电阻小，但价格较贵；（3）线绕电阻——表面有玻璃釉（也有其他形式的），适用于功率较大（5 W以上）的电路。（4）电位器——常用作调节仪器的可变电阻。

在电阻元件上，标有一些字母和数字，以表示其型号和规格。主要的字母是：RT代表炭膜电阻，RJ代表金属膜电阻，W代表电位器。电阻元件上都标有明确的电阻值（俗称标称值），例如 100Ω 、 $6.8k\Omega$ ，等等。此外，还有阻值的准确度（电阻的实际阻值和标称值之间的误差），一般分三级：I（代表误差在 $\pm 5\%$ 以内）、II（ $\pm 10\%$ ）、III（ $\pm 20\%$ ）；也有一些元件的准确度是直接用百分数标出的。

电阻元件的额定功率和它的体积有关，体积越大，额定功率也越大。所谓额定功率（ P_N ），就是电阻元件在指定的环境（气压、温度）下能够长时间连续使用而性能不变时的最大功率。超过了这一功率，元件性能就会下降或烧坏。在实际工作中，有时要按照客观条件选用额定功率比线路中的实际功率大一倍或几倍的元件。常用炭膜电阻的额定功率（瓦数）有2、1、 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{8}$ 、 $\frac{1}{16}$ 等几种。