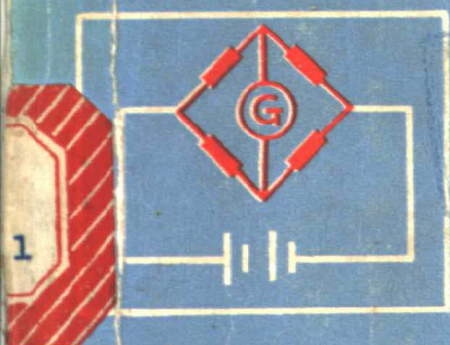


380108

ZHONG XUE WU LI
DIAN LU FEN XI

中学物理 电路分析

王沛清 编写

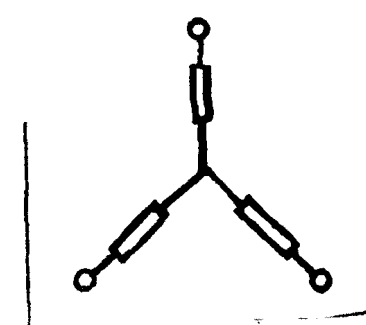
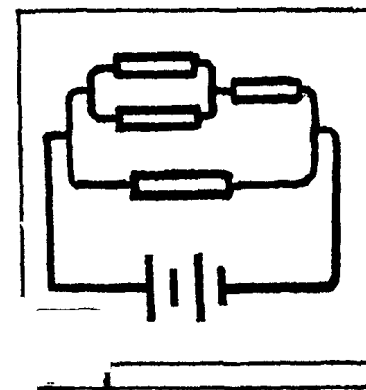
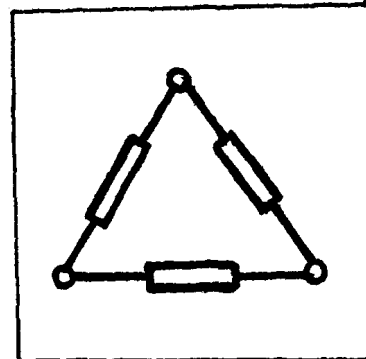
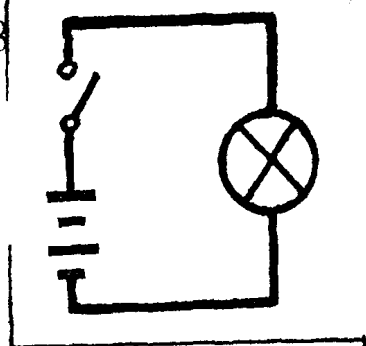


湖南人民出版社

中学物理 电路分析

王沛清 编写

湖南人民出版社



中学物理电路分析

王沛清 编写

责任编辑：邵太芳

装帧设计：许康铭

湖南人民出版社

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行、湖南省新华印刷厂印刷

1986年6月第1版第1次印刷

字数：287,000 印张：14.125 印数：1—52,000

统一书号：7109·1251 定价：1.05元

前 言

二十世纪被称为“电的世纪”，这是很有道理的。现在，无论是上天还是入海；是探测遥远的星体还是向微观世界进军；是工农业生产还是日常生活；是科学研究还是国防建设；……哪里也离不开电。随着社会的发展，电的应用将越来越广泛。

电的应用都离不开一定的电路。电路提供了电流通过的途径。在电路中，随着电流的通过，其它形式的能转换成电能；电能按人们的要求传输、分配；电能转换为所需要的光能、热能、声能等其它形式的能量。此外，电路还能处理信号，通过电路可以把施加的信号变换成为所需要的信号输出。在通讯、自动控制、电子计算机等各个电子技术领域中，就是运用种类繁多的电路来完成各种各样的信号处理工作的。

电路是中学物理教学的重要内容。本书根据教学大纲的要求，对直流电路、正弦交流电路、三相交流电路、晶体管电路作了深入的分析，介绍了它的基本特点和定量计算方法。其中有些内容，如基尔霍夫定律、线性复杂电路解法、符号法解交流电路等，虽与中学物理无直接联系，但掌握这些知识，可以进一步了解电路的基本规律，对搞好电路教学是有帮助的。另外考虑到中学物理有很多问题，涉及到电路的过渡过程和非正弦交流电路，所以对这两方面的知识也作了某些介绍。

书中编有一定数量的例题和习题，其目的有三：一者供教师在教学中选用；二者便于读者自学和练习；再者通过例题的解答，交代某些重要的基础知识。练习题后附有答案，以供参考。

本书是一本中学物理教师使用的参考书，也可供电气工人、中等技工学校和职业学校电工专业的学生学习基础理论之用。

作 者

目 录

第一章 电路的基本概念和基本定律	(1)
第一节 电路	(1)
第二节 电路分析的基本变量	(3)
一、电流 二、电压 三、电功率	
第三节 欧姆定律 电阻及电阻率	(11)
一、欧姆定律 二、电阻定律	
第四节 电源	(18)
一、电源 电动势 二、电压源	
第五节 基尔霍夫定律	(26)
一、基尔霍夫第一定律 二、基尔霍夫第二定律 三、基尔霍夫定律的运用	
第二章 简单电路分析	(54)
第一节 电阻串联电路	(54)
第二节 电阻并联电路	(58)
第三节 电阻混联电路	(62)
第四节 负载获得最大功率和最大电流的条件	(74)
第五节 电阻与电动势的测量	(79)

一、平衡电桥 二、电势差计

第六节 电流源..... (85)

第三章 线性复杂电路的解法 (92)

第一节 节点电压法..... (93)

第二节 回路电流法..... (116)

第三节 迭加原理..... (126)

第四节 戴文宁定理..... (136)

第五节 诺顿定理..... (146)

第六节 Y形网络与 Δ 形网络的等效代换..... (151)

第四章 正弦交流电路 (163)

第一节 交流电的基本概念..... (163)

一、交流电 二、交流电的三要素 三、交流电的几种表示法 四、正弦量的加法

第二节 交流电路中的电阻、电感、电容元件..... (175)

一、交流电的参考方向 二、交流电的有效值 三、交流电路中的电阻元件 四、交流电路中的电感元件 五、交流电路中的电容元件

第三节 用矢量图解法计算串联交流电路..... (195)

一、串联交流电路的特点 二、阻抗三角形 三、串联谐振

第四节 用矢量图解法计算并联交流电路..... (220)

一、电阻 R 和电容 C 构成的并联电路	二、 RL
并联电路	三、电阻 R 、电感 L 和电容
C 构成的并联电路	四、并联谐振电路
第五节 交流电路的功率	(234)
一、一般概念、二、视在功率	功率三角形
第六节 交流电路的复数解法	(246)
一、复数的基本运算	二、用复数表示交流
电路中的电流、电压、阻抗和功率	
三、基尔霍夫方程的复数形式	
第七节 交流电路的复功率	(266)
第八节 用符号法解并联交流电路	(271)
第九节 变压器	(287)
第五章 三相正弦交流电路	(291)
第一节 三相交流电的产生	(291)
第二节 三相发电机绕组的联接方式	(294)
一、星形接法	二、三角形接法
第三节 三相电路中负载的两种接法	(298)
一、星形接法	二、三角形接法
第四节 三相电路的功率	(305)
第五节 三相交流电产生旋转磁场	(311)
第六章 简单电路中的过渡过程	(316)
第一节 换路定则	(317)

第二节 RL电路的过渡过程.....	(318)
一、RL电路接通直流电源时的情形	二、
RL电路的短接现象	三、RL电路接
通正弦交流电源的情形	
第三节 RC电路的过渡过程	(326)
一、RC电路与直流电源接通后的过渡过程	
二、电容器对电阻的放电	三、微分
电路与积分电路	
第四节 电容器对电感器放电.....	(333)
第五节 RLC 电路的放电过程	(336)
第七章 非正弦周期电流电路	(343)
第一节 非正弦周期电流的产生.....	(343)
第二节 非正弦周期电流的表示法.....	(346)
第三节 常见的非正弦周期电流分解成正弦分量.....	(350)
第四节 非正弦电流的有效值和功率.....	(353)
第五节 在非正弦电动势作用下线性串联电路中	
电流的计算.....	(358)
一、在非正弦电动势作用下线性元件阻抗的	
计算	二、在非正弦电动势作用下电
路中电流的计算	
第八章 晶体管电路基础	(372)
第一节 晶体二极管及其特性曲线.....	(372)

第二节 整流电路.....(379)

一、半波整流电路 二、全波整流电路

三、桥式整流电路 四、滤波电路

第三节 晶体三极管.....(396)

一、晶体三极管的结构 二、晶体三极管的
电流放大作用 三、晶体三极管的特
性曲线

第四节 晶体三极管放大电路.....(409)

一、对放大电路的基本要求 二、基本放大
电路 三、静态工作点的设置和消除
失真 四、放大电路的基本分析方法
五、晶体管放大器的偏置电路 六、
放大器的级间耦合

第一章 电路的基本概念和基本定律

第一节 电 路

电路一般由电源、负载、联接导线和控制设备等四个主要部分组成，它们的作用如下：

电源是电路的能源，它将各种形式的能量（如化学能、机械能与热能等）转换为电能，常用的有电池、发电机、热电偶等。

负载是用电的设备，其作用是将电能转换为所需形式的能量，如灯泡、电动机、电炉等。

联接导线的作用是传输电能。

控制设备的作用是执行控制任务。

我们设计、制作电路中的某种部件，主要在于利用它的某些物理性质。例如，制作一个电阻器是要利用它对电流呈现阻碍作用的性质；制作一个电源是要利用它正负极间能保持一定电压的性质；制作联接导体是要利用它的优良导电性能。但是，事实上不可能制出只表现其主要性质的理想部件。例如，一个实际的电阻器有电流流过时还会产生磁场，因而多少兼有电感的性质；一个实际电源总有内阻，使用时两极间不可能保持定值的电压；联接导体总有一点电阻，甚至还有电感。这样就给

分析电路带来了困难。因此，在处理问题时，我们必须一定的条件下将实际部件理想化，忽略它的次要性质，用一个足以表征其主要性能模型来表示它，使分析电路问题简化。这样作，在一定的范围内，还是允许的。例如，灯泡的电感极其微小，完全可以把它看作一个理想电阻元件；一个新的干电池，内阻和灯泡电阻相比可以忽略不计，把它看作一个电压恒定的理想电压源也是完全可以的；联接导体在很短的情况下，电阻完全可以忽略不计，而看作为理想导体。于是，理想的电阻元件就成了灯泡的模型，理想电压源就成了干电池的模型，而理想的导体则成了联接导体的模型。

实际部件用模型表示后，就可以绘出只由理想元件组成的电路图。在电路图中，各种理想元件都用一定的符号表示。

（例 1—1） 在两层楼道之间安装一盏电灯。试设计一个电路，使得楼上和楼下的人都能控制这盏电灯。

解 符合要求的电路如图1—1所示，其中楼上和楼下安置的开关均为单刀双掷开关。

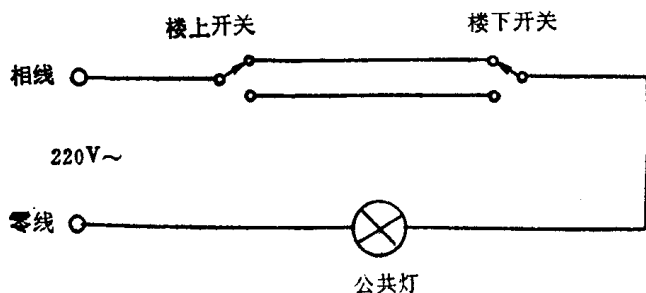


图 1—1

第二节 电路分析的基本变量

一、 电流

电荷的定向移动形成了电流，我们规定正电荷定向移动的方向为电流方向。这样，在导体中电流的方向总是沿着电场方向，从高电势处指向低电势处。

为了描述电流的强弱，我们引入电流强度 I 这个物理量。单位时间内通过导体任一横截面的电量，叫做电流强度。如果在一段时间 Δt 内通过导体某一横截面的电量为 Δq ，那么电流强度就是

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

电流强度虽然不是矢量，但常常以正电荷穿过导体截面的方向作为电流的方向。如果通过已知截面的电流强度 I 不随时间变化，流动方向也不改变，这种电流就叫做恒定电流，亦称直流电。

在实际问题中，电流的真实方向往往难以在电路图中标出。例如，交流电路中的电流，方向随时间变化，很难用一个固定的箭头把真实方向标出来。在较复杂的直流电路中，也往往难以事先决定电流的真实方向。为了解决这一困难，我们引入“电流的参考方向”。电流的参考方向是任意选定的，在电路图中用箭头表示，并且规定：如果电流的真实方向与参考方向一致，电流为正值；如果两者相反，电流为负值。这样，我们就可以根

据电流的参考方向和电流的正负值，判断电流的真实方向。

例如在图1—2中，若计算得到通过电阻R的电流为 $+2\text{ A}$ ，则表示电阻R上有 2 A 的电流从其

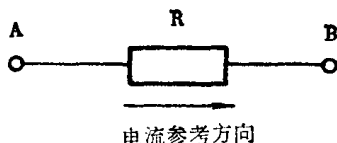


图 1—2

A端流向B端；若算得电流为

-3 A ，则表示电阻R上有 3 A 的电流从其B端流向A端。在分析电路时，我们总是先任意假设电流的参考方向，并以此为依据去进行分析、计算，再从最后答案的正、负值来确定电流的真实方向。必须注意，在未标示电流参考方向的情况下，来谈电流的正负是毫无意义的。

电路图中所标的电流方向的箭头都是表示参考方向，而不一定是电流的真实方向。电流的参考方向又叫电流的正方向。

(例 1—2) 一导线载有 10 安培 的直流电流，在 20 秒 内有多少电子流过它的横截面？（已知每个电子所带电量为 $1.6 \times 10^{-19}\text{ 库伦}$ ）

解 20 秒 内流过导线横截面的电量为

$$q = It$$

$$= 10 \times 20 = 200\text{ 库伦}$$

相当于 n 个电子通过导线横截面

$$n = \frac{q}{e} = \frac{200}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.25 \times 10^{21}\text{ 个电子}$$

(练习 1—1) 在电学实验中，为了避免过大的电流通过某仪器，常在电路中串接一个限流的保护电阻。图1—3中保护

电阻 R 的接法是否正确？有人认为应将保护电阻接在靠近电池正极的地方，以防止从正极发出的电流烧毁仪器，这种看法对吗？

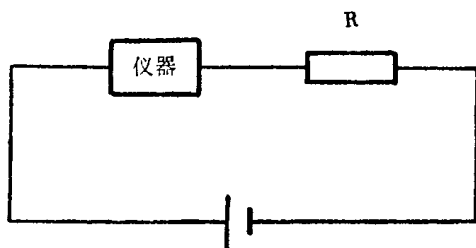


图 1—3

二、 电压

分析电路时用到的另一个重要物理量是电压。

我们结合图1—4来说明电压的概念。图中 a 和 b 是电池的两个电极，在两极之间接上一段金属导体，导体上的自由电子（负电荷）将由负极 b 移到正极 a ，我们可以看作正电荷从正极 a 通过金属导体移到了负极 b ，因而形成电流。在电场中，电荷在电场力作用下移动一段距离，电场力就做了功。设电场把正电荷 q 从 a 点移到 b 点所做的功为 U_{ab} ，则电场中 a 点到 b 点间的电压 U_{ab} 为

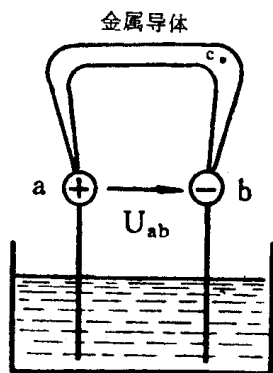


图 1—4

$$U_{ab} = \frac{A_{ab}}{q}$$

也就是说， a 点与 b 点间的电压在量值上等于电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功。我们通常认为电压 U_{ab} 的极性，

是a点为正，b点为负，也可以认为 U_{ab} 的方向是由a点指向b点。

如果在外力作用下，逆着电场的方向，把单位正电荷从b点移到a点，这时外力对电荷作了功，或者说电场对单位正电荷作了负功 A_{ba} 。上述两部分功（ A_{ab} 与 A_{ba} ）的大小应该相等，但符号相反。所以b点到a点的电压 U_{ba} （其方向由b点指向a点）应该为

$$U_{ba} = -U_{ab}$$

如同要为电流规定参考方向一样，我们也要为电压规定参考极性或参考方向。在分析电路时，当两点间电压的实际极性（或方向）不易判断或随时间改变时，那么我们任选一点的极性为正，另一点为负，称为电压的参考极性，而正极指向负极的方向称为电压的参考方向。当电压的实际极性（或实际方向）和参考极性（或参考方向）一致时，则电压为正值，反之则为负值。在图1—5中指出了电压为正或负的意义，图中实线所示为参考极性和参考方向，虚线所示为实际极性和实际方向。

在未标示电压参考极性或参考方向的情况下，来谈电压的正负是毫无意义的。

综上所述，在分析电路时，我们既要为通过元件的电流假设参考方向，也要为元件两端的电压假设参考极性（或参考方向），这两者是可以任意假定的。但为了方便起见，在分析电路时，常常采

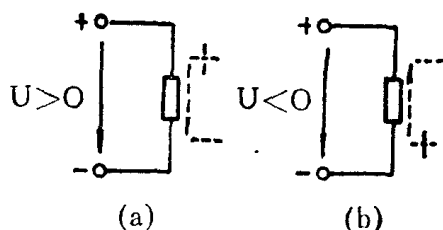


图 1—5

用关联的参考方向：电流的参考方向与电压的参考方向一致，即电流与电压降参考方向一致，如图1—6所示。这样一来，在电路图上就只需标出电流参考方向或电压参考方向中任何一种即可，如图1—7所示。

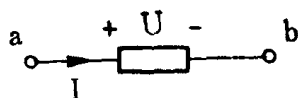


图 1—6

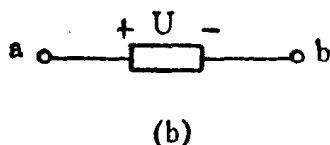
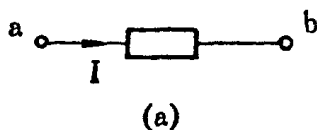


图 1—7

为了便于分析，在直流电路中，我们常常选定一点O为参考点，并规定参考点O的电势 $U_0 = 0$ 。这样，任意点a与参考点O之间的电压 U_{ao} 在数值上等于a点的电势 U_a ($U_{ao} = U_a - U_0 = U_a$)。参考点的选择是任意的，选取不同的点作为电势参考点，电路中各点的电势会有不同的数值。但是，电势参考点一经选定后，各点的电势就只能取其一个数值。

(例1—3) 在图1—4中，设 $U_{ab} = 1$ 伏， $U_{ac} = 0.7$ 伏。如果取b点作电势参考点，求a、b、c三点的电势各是多少？取a点作电势的参考点结果又如何？

解 ①取b点作电势的参考点，则 $U_b = 0$ 。

$$\text{又 } U_{ab} = U_a - U_b$$

$$\text{所以 } U_a = U_{ab} + U_b = 1 + 0 = 1 \text{ (伏)}$$

$$\text{又 } U_{ac} = U_a - U_c$$