



电工学学习指导

沈世锐 田松江 编

中国电力出版社

电工学学习指导

沈世锐 田松江 编

※

中国电力出版社出版

(北京西城区太平桥大街4号)

黑龙江省尚志印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本787×1092毫米1/32 印张13.5

306千字 1988年4月北京第1版

第1次印刷 1—15,000册

ISBN7-5050-0119-1/G·25 定价: 4.00元

10000

前 言

本书是参考沈世锐同志主编的《电工学》教材和其它高校所编《电工学》教材而编写的教学辅导读物。每章包括：必学的基本内容、例题选析和典型习题讲解等几部分。书中对重要概念、主要公式和基本分析方法都作了比教材更为简要的说明，书末还附有复习要点和示范性期末考试题，可供复习参考。

全书简明扼要，文字通顺易读，不仅可作职工大学、函授大学、夜大学和电视大学等各非电专业类学生学习电工学课程作配套的自学指导书用，而且可供辅导电工学的教师参考。

使用本书可以帮助学生深入了解教学要求，掌握重点内容。对自学收听电视学习电工学的同学还可减少收看录相和记笔记时遇到的困难。

本书第四、五、十、十一、十二和十三章由黑龙江广播电视大学田松江同志编写，其它各章由内蒙古赤峰电视大学许战胜同志与北京工业学院沈世锐同志合编。

本书的出版得到中央广播电视大学李西平同志的支持，谨致谢意。

由于水平所限，书中可能存在不少缺点和错误，请读者不吝指正。对本书的意见请寄到哈尔滨市黑龙江广播电视大学物理组。

编 者

1986年12月

目 录

前 言

第一章 电路的基本分析方法..... (1)

一、基本内容..... (1)

1—1 电路的组成及其物理量 (1)

1—2 电路的状态 (6)

1—3 克希荷夫定律 (8)

1—4 支路电流法 (9)

1—5 迭加原理 (10)

1—6 电源的简化和等效变换 (11)

1—7 有源二端网络的等效变换——戴文宁定理 (14)

1—8 用电位概念简化电路图的绘制 (16)

二、例题选析..... (19)

三、习题选解..... (27)

第二章 正弦交流电路..... (34)

一、基本内容..... (34)

2—1 正弦交流电的基本概念 (34)

2—2 正弦交流电量的旋转矢量表示法 (36)

2—3 正弦交流电的相量分析法 (38)

2—4 单一参数的交流电路 (39)

2—5 RLC 串联电路及复数阻抗 (44)

2—6 RL 和 RC 的并联电路 (50)

2—7 交流电路的功率..... (52)

2—8 功率因数的提高..... (55)

2—9 RLC 谐振电路 (55)

2—10 正弦交流电路小结 (59)

二、例题选析	(61)
三、习题选解	(67)
第三章 三相交流电路	(73)
一、基本内容	(73)
3—1 概述	(73)
3—2 三相四线制	(73)
3—3 负载的联接法	(74)
3—4 三相电路电压与电流的关系	(75)
3—5 三相电路的功率	(78)
二、例题选析	(78)
三、习题选解	(81)
第四章 非正弦周期电流电路	(84)
一、基本内容	(84)
4—1 非正弦周期性交流电路的概念	(84)
4—2 周期性非正弦波的分解	(85)
4—3 非正弦交流电路的计算	(89)
二、例题选析	(90)
三、习题选解	(93)
第五章 电路中的过渡过程	(101)
一、基本内容	(101)
5—1 概述	(101)
5—2 换路定律及初始值的确定	(103)
5—3 RC 电路的过渡过程	(104)
5—4 微分电路与积分电路	(115)
5—5 $R-L$ 电路过渡过程的概述	(119)
二、例题选析	(122)
三、习题选解	(134)

第六章 压变器	(147)
一、基本内容	(149)
6—1 变压器的类别和构造	(149)
6—2 变压器的工作原理	(149)
6—3 变压器的作用	(154)
6—4 变压器的额定值	(155)
6—5 自耦变压器	(156)
6—6 小结	(156)
二、例题选析	(157)
三、习题选解	(163)
第七章 异步电动机	(166)
一、基本内容	(166)
7—1 异步电动机的结构简介	(166)
7—2 异步电动机的转动原理	(167)
7—3 三相旋转磁场	(168)
7—4 定子端部联接	(170)
7—5 异步电动机的转矩和特性	(171)
7—6 异步电动机实际使用问题	(174)
二、例题选析	(176)
三、习题选解	(179)
第八章 异步电动机的继电接触控制	(183)
一、基本内容	(183)
8—1 低压控制电器	(183)
8—2 异步电动机继电接触控制的基本环节	(184)
8—3 异步电动机继电——接触控制常用的基本线路	(186)
8—4 阅读继电——接触控制大线路图要点	(186)

11—2 交流放大器的组成和基本原理	(248)
11—3 放大器的图解分析法	(252)
11—4 微变等效电路分析法	(264)
11—5 放大器静态工作点的稳定问题	(268)
11—6 阻容耦合多级放大器	(273)
11—7 负反馈放大器	(279)
11—8 射极输出器——共集电极电路	(293)
11—9 功率放大器	(299)
二、例题选析	(308)
三、习题选解	(331)
第十二章 正弦波振荡器	(346)
一、基本内容	(346)
12—1 正弦波振荡器的自激振荡条件	(346)
12—2 LC 型正弦波振荡器	(349)
12—3 RC 型正弦振荡器—— RC 桥式振荡电路	(352)
二、例题选析	(356)
三、习题选解	(360)
第十三章 直流放大器和运算放大器	(364)
一、基本内容	(365)
13—1 直流放大器的极间耦合方式和零点漂移	(365)
13—2 差动式直流放大电路	(370)
13—3 单端输入——单端输出差动放大器	(377)
13—4 运算放大器	(383)
13—5 运算放大器的输入方式	(387)
二、例题选析	(391)
三、习题选解	(398)
附 录	(407)

第一章 电路的基本分析方法

本章是《电工学》的第一章，它具有承先启后的作用，即通过它把物理电磁学及部分数学与电工学连系起来，所以十分重要。本章所讲内容包括电路的基本概念、基本定律和基本分析方法，这些是所有常用电路的共同问题，它们不仅适用于直流电路，而且在一定条件下也适用于交流电路和其它电路，所以具有普遍的指导作用，学习电工学要特别重视本章的学习。

一、基本内容

1—1 电路的组成及其物理量

(一) 电路的组成

电流流经的路径称为电路。它的作用是：在强电方面，用来传递或转换电能；在弱电方面，用来传送、转换、存贮、运算电信号。

电路由三部分组成，即电源、负载和中间环节。

1. 电源

提供电能或电信号的装置称为电源，根据电源提供电量性质的不同，电源可分为电压源和电流源两种。

(1) 电压源

理想电压源简称恒压源，恒压源具有两个主要的特征：

(i) 输出电压恒定不变， $E = \text{定值}$ ， $V = \text{定值}$ 。

(ii) 通过它的电流只由外电路负载的大小来决定。

实际电压源简称电压源，它可用电动势（或电压）为恒定的恒压源和一个内阻串联等效表示。

(2) 电流源

电流源是另一种形式的电源，它以电流的形式向外电路提供电源，即供给外电路电流。

理想电流源简称恒流源，恒流源具有两个主要特征：

(i) 输出电流恒定不变，即 $I_s = \text{定值}$ 。

(ii) 它的端电压只由外电路负载的大小来决定。

实际电流源简称电流源，由于实际电流源存在一定的内部损耗，因此它提供的电流不可能全部输出，为此可用恒流源和一个内阻并联来等效表示。

学习电流源的实际意义有二。

(i) 通过电流源与电压源的等效变换，常常可以使某些复杂电路得到简化，它是电路的重要分析方法之一。

(ii) 在电子技术中某些晶体管元件或线路具有恒流源特性，因此可以用恒流源来等效表示。

2. 负载

把电能转换成其他形式能量的设备称为负载。在电工学里负载除了指用电设备之外，还指用电功率的大小。

在直流电路里负载主要是由电阻元件组成，电阻元件可用参数电阻 R 表示。

3. 中间环节

它包括连接导线、开关、保险丝等，它们的作用是把电能或信号安全、可靠、准确地传送给负载。

电源、负载和中间环节在电工学里常用图 1—1 所示符号表示。

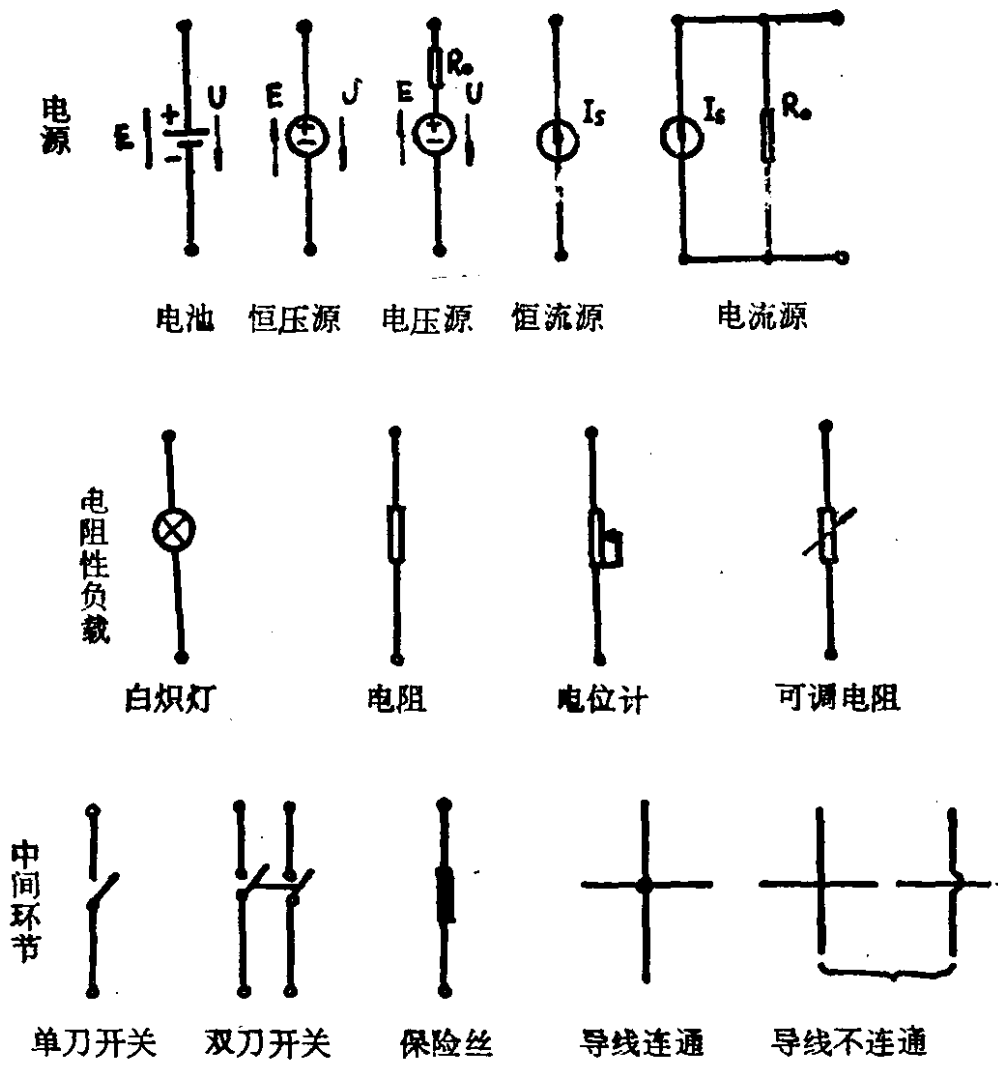


图 1—1 电路常用符号

(二) 电路的物理量及其方向

1. 电流、电位、电压及电动势

这四种物理量的定义和实际方向的规定，如表 1—1 所述。

表 1—1

物理量名称	定 义	实 际 方 向 的 规 定
电 流	在电场作用下,单位时间通过导体截面的电荷量	规定正电荷运动的方向或负电荷运动的反方向为电流的实际方向。 在电源内部,电流的方向是由低电位端流向高电位端,在电源外部,电流的方向是由高电位端流向低电位端。
电 压	电场力把单位正电荷从某点a移到另一点b所做的功,或者说它是ab两点之间的电位差	规定在电场里,从高电位端指向低电位端,即电位降落的方向为电压的方向。
电动势	非电场力(电源力)推动单位正电荷从电源的低电位端经电源内部移到高电位端所作的功。	规定在电源内部由低电位端指向高电位端,即电位升高的方向为电动势的方向。 电动势只存在于电源内部,从电源外端看,电动势的方向与其端电压方向相反。
电 位	单位正电荷所具有的电位能。它等于电场力将单位正电荷自某点沿任意路径移动到参考点所做的功。	与电压相同。

2. 假定正方向

上述物理量都是有大小和方向的标量。在实际电路中,它们的方向都存在两种可能,而且事先往往并不能预知。为了分析和运算的需要,对上述物理量我们引入代数中正负号的概念,即主观任选一个方向作为参考,即所谓正方向,当电流的实际方向与参考正方向一致时,定为正值,相反时定

为负值。

图 1—2 中实线箭头表示电流的正方向，虚线箭头表示电流的实际方向，同为 $1A$ 电流，但在图 1—2 (a) 中 $I = 1A$ ，在图 1—2 (b) 中 $I = -1A$ 。

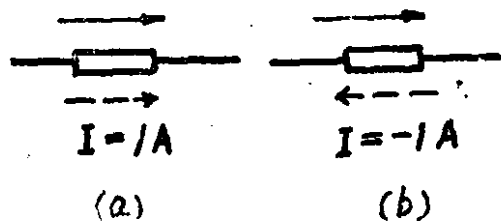


图 1—2 假定正方向

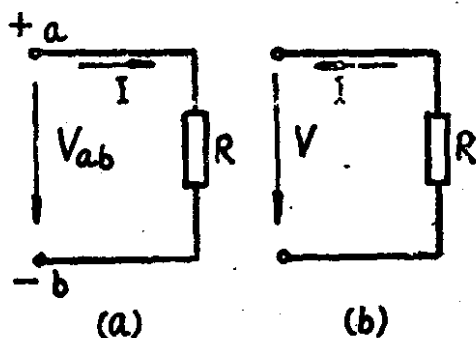


图 1—3 欧姆定律

电流正方向可以用实线箭头和双下标注脚两种方法表示。

电压正方向可以用实线箭头“+”“-”号和双下标注脚三种方法表示，如图 1—3 (a) 所示。

为了减少数式中的负号以及沿用一些常用公式中符号的惯例，同一段电路的电流和电压正方向应选取一致，即让电流正方向的指向是从电压正方向的正极端流入，负极端流出，按此关系确定正方向叫关联正方向。例如在此规定下与图 1—3 a 对应列出的欧姆定律式是

$$V = IR \quad \text{或} \quad I = \frac{V}{R}$$

如果正方向取向相反，如图 1—3 (b) 所示，则列出的欧姆定律式是

$$V = -IR \quad \text{或} \quad I = \frac{-V}{R}$$

总之，物理量的实际方向按表 1—1 中的定义规定不得更改。正方向原则上可以任意选取，但要注意：

- (i)尽可能与实际方向一致。
- (ii) V 和 I 关联一致。
- (iii)一经选定计算中途不要变动。

3. 功率的输出和吸取。

电路元件，无论是电源（包括电压源和电流源）或负载，在电路中既可能输出功率，也可能吸取功率。

当通过某电路元件的电流是由实际的低电位端流向高电位端时，它表明外力克服电场力的反抗而做功，把外力转换成电位能，因此该元件向外电路输出功率。

当元件的电流是由实际的高电位端流向低电位端时，它表示电场力做功，即电场力提供能量给该元件，因此该元件吸取功率。

1 — 2 电路的状态

(一) 断 路

断路又叫开路或空载。值得注意的是工程上的“开”是指电路被切断、扳断，“关”是指电路被接通、闭合，这个概念与人们生活中讲的“开”和“关”的意义相反，不要混淆。

开路时，电路中含电源侧的电压 $V_0 = E$ 。负载侧因电流 $I = 0$ ，电压 $V = 0$ ，功率 $P = 0$ ，无能量转换关系。

(二) 短 路

短路有两种，一种是事故短路，因短路处电阻为零，电源内阻又极小，所以短路电流极大，即

$$I_{s\cdot} = \frac{E}{R_0} \gg I_n$$

所以要尽力防止。

另一种是工作短路，即根据工作的需要，采用短路的办法除掉电路中某段元件或某个仪表。这是人为的工作短路，为与事故短路相区别，常称为短接。

(三) 通 路

通路即任载，电路与负载连通，如图 1—4 所示。此时电路有电流和能量转换，因此需考虑电流及功率的计算问题。

1. 功率平衡关系

由电压平衡方程式

$V = IR = E - IR_0$ 。乘以
电流 I 后，可得功率平衡方
程式：

$$VI = I^2 R = EI - I^2 R_0$$

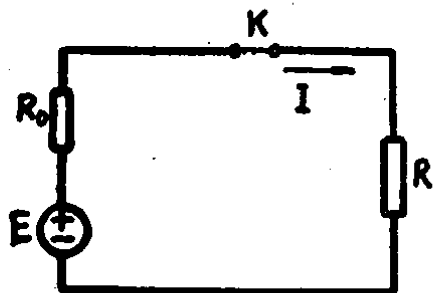


图 1—4 通路

该式说明电源输出的功率(VI)，即负载消耗的功率等于电源产生的功率(EI)减去电源内部消耗功率($I^2 R_0$)。

2. 额定值

额定值是电气设备最合理的使用值，它决定于设备的经济、可靠及寿命等因素，它与实际值无关，因为实际工作时的量值是由电路中的实际电源以及电路的基本定律来决定的。额定值常用注脚 n 表示。

负载大小与额定值之间可能出现三种不同的情况：

轻载（欠载） $I < I_n$ $P < P_n$ 。

满载（额定状态） $I = I_n$ $P = P_n$ 。

过载（超载） $I > I_n$ $P > P_n$ 。

工作时应使负载尽量处于额定状态。

根据元件和设备不同，额定值往往只给出某些数据。譬如白炽灯电炉只给出额定电压和额定功率，电阻和电阻器常

给出电阻值和额定功率等，未给出的额定值，用户可以根据基本公式自己计算得出。

1—3 克希荷夫定律

克希荷夫定律是电路分析中最基本的定律，它包括第一定律和第二定律两个内容。第一定律是有关节点电流的定律 (Kirchhoff's Current Law) 缩写为 KCL，第二定律是有关回路电压的定律 (Kirchhoff's Voltage Law) 缩写为 KVL。电路总是由节点和回路组成的，所以这两条定律概括了电路中电流和电压必须遵循的基本定律，说明了节点电流和回路电压的定量关系，所以克希荷夫定律是电路的基本定律。

(一) KCL:

在同一瞬时对任一节点而言流出节点的电流总和等于流入节点的电流总和，即

$$\sum I_o = \sum I_i$$

或者说在同一瞬时流入电路中任一节点或封闭面 (广义节点) 的电流代数和等于零。即

$$\sum I = 0$$

(二) KVL:

沿任意闭合回路，电动势的代数 and 等于电压降的代数 and。即

$$\sum E = \sum IR。$$

或者说在同一瞬时，任意闭合回路内各电压的代数 and 等于零。即

$$\sum V = 0。$$

对于部分电路，其总电压等于各分电压的代数 and。即

$$V = V_1 + V_2 + \cdots V_n$$

上述两定律与电路复杂程度、元件性质、电路的线性或

非线性均无关。违背这两定律的电路无解。应用这两定律列方程时要特别注意正方向的规定。

(三) 方向

电流有两种方向问题。一是前节所述支路电流相对于实际电流的正方向，另一是支路电流相对于节点的正、负，例如选定流入节点电流为正，流出节点电流为负，反之亦可，但一经选定，不能更改。

电压也有两个方向问题。一是前节所述元件上的电压相对于真实电压的正方向，另一种是沿着绕行方向来看电压的正、负。元件两端电压的正方向与回路绕行方向一致时为正，反之为负。它们有图 1—5 所示的几种可能情况。

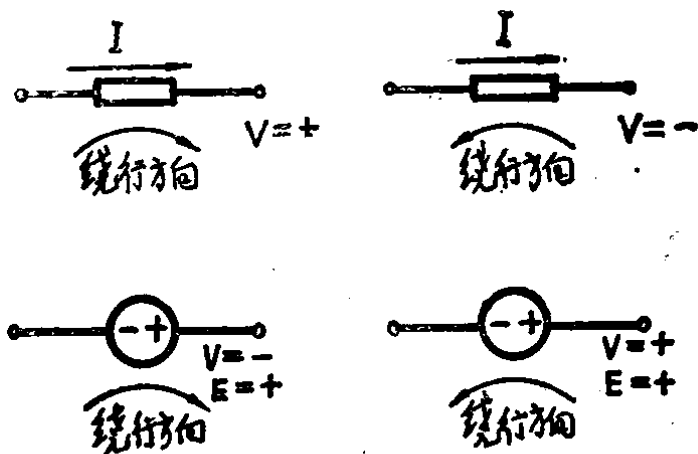


图 1—5 电压方向

(四) 根据 KCL 是电流连续性原理的体现，

即电场中电荷的运动是连续的，它不能累积也不能消失。KVL 是电位单值性原理的体现，即电场中任一点只具有唯一的电位值。

1—4 支路电流法

以支路电流为未知变量，应用 KCL 和 KVL 列出电路中电流和电压的平衡方程，从而求解各支路电流的方法称为支路电流法，由于这个方法是直接应用克希荷夫定律求解未知变