

房屋设备安装专业系列教材

电工与电子技术

主 编 王明昌
副主编 唐琰年

DIANGONG
YU
DIANZI
JISHU

重庆大学出版社

房屋设备安装专业系列教材

电工与电子技术

主 编 王明昌

副主编 唐琰年

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是根据国家教育部颁布的工程专科“电工学”与“电子学”教学基本要求和房屋设备安装专业“电工与电子技术教学大纲”编写的。

全书分为四篇共十四章,主要内容为:电路分析(包括电路的基本概念与基本定律、电路的分析方法、电路的过渡过程、单相和三相正弦交流电路);电气设备(包括电动机及其控制和变压器);模拟电子技术;数字电子技术。每章均附有小结、基础知识自检题、思考与练习题。书末附录中给出了常用电子元器件的主要参数和电阻、电容上常见标注的含义。可作为高等学校工程专科、高等职业技术教育非电类专业的教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术/王明昌主编. —重庆:重庆大学出版社,2000.9

房屋设备安装专业系列教材

ISBN 7-5624-2250-8

I. 电… II. 王… III. ①电工技术-高等学校-教材②电子技术-高等学校-教材

IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 40742 号

房屋设备安装专业系列教材

电工与电子技术

主 编 王明昌

副主编 唐琰年

责任编辑 潘春燕 李长惠

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆新华印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:20.5 字数:511千

2000年9月第1版 2000年9月第1次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5624-2250-8/TM·66 定价:27.00元

前言

本书是根据国家教育部颁布的工程专科“电工学”与“电子学”教学基本要求和房屋设备安装工程专业“电工与电子技术教学大纲”编写的。

“电工与电子技术”是非电类专业的技术基础课程。通过本课程的学习,学生可以获得必要的电工与电子基本理论、基本知识和基本技能,为学习后续课程和专业知识,以及今后从事工程技术工作和科研工作,奠定必要的理论基础和实践基础。考虑到各院校电工与电子技术教学时数不多,因此,本书力求做到内容精简、叙述简练准确。同时在实例、例题和练习题上力求做到结合工程实际,突出工程实用性特点。为了照顾不同专业的使用,本书与其他同类教材相比仍保留了电动机及其控制与变压器的章节。考虑到各院校电子计算机应用专业的开设,本书拓宽了模拟电子技术和数字电子技术的内容。书中打*号的内容可供不同的专业选用。为了巩固学生对教学内容的学习和掌握,加强对学生能力的培养,每章均配备了适量的例题、基本知识自检题、思考题与练习题,章末均有小结。为了课程设计或大作业、电工与电子工艺实习的需要,书末附录中摘录了常用电子元器件的主要参数和电阻、电容上常见标注的含义。

全书分为四篇共十四章,其中第一、二、三、五章,由徐静编写;第三章第一节、第六、七章由龙利、王明峰编写;第四、第七章第七节、第八、九、十、十一章、附录,由唐琰年编写;第十二、十三、十四章由王明昌编写。全书由王明昌担任主编,唐琰年担任副主编。本书在编写过程中得到了重庆建筑高等专科学校建筑设备安装工程系领导、建筑电气教研室、电气实验室领导和老师们的关怀和大力支持,在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中不妥和错误之处在所难免。恳请读者,特别是使用本书的教师和学生提出批评指正,以便今后修订时改正。

编者
于重庆建筑高等专科学校
2000年3月

目 录

第一篇 电路分析

第一章 电路的基本概念与基本定律	(3)
第一节 电路的组成及基本物理量	(3)
第二节 克希霍夫定律	(6)
第三节 电路中电位的概念和计算	(8)
小结	(9)
基础知识自检题	(10)
思考与练习题	(10)
第二章 电路的分析方法	(12)
第一节 电压源与电流源及其等效变换	(12)
第二节 支路电流法	(16)
第三节 叠加原理	(17)
第四节 戴维南定理和弥尔曼定理	(19)
小结	(22)
基础知识自检题	(23)
思考与练习题	(23)
第三章 单相正弦交流电路	(26)
第一节 电磁	(26)
第二节 正弦交流电的基本概念	(30)
第三节 正弦量的相量表示法	(34)
第四节 单一参数的交流电路	(38)

第五节 RLC 的串联交流电路	(41)
第六节 功率因数的提高	(48)
第七节 串联谐振与并联谐振	(51)
小结	(55)
基础知识自检题	(56)
思考与练习题	(57)
第四章 电路的过渡过程	(59)
第一节 换路定则与电流电压初始值的确定	(59)
第二节 RC 电路的响应	(62)
第三节 一阶电路暂态分析的三要素法	(67)
第四节 RL 电路的响应	(68)
小结	(70)
基础知识自检题	(71)
思考与练习题	(72)
第五章 三相交流电路	(74)
第一节 三相交流电源	(74)
第二节 三相负载的星形连接	(77)
第三节 三相负载的三角形连接	(82)
小结	(85)
基础知识自检题	(85)
思考与练习题	(87)

*** 第二篇 电气设备**

第六章 变压器	(91)
第一节 变压器的用途与结构	(91)
第二节 变压器的工作原理	(93)
第三节 变压器的运行特性	(96)
第四节 三相变压器	(97)
第五节 特殊变压器	(98)
小结	(101)
基础知识自检题	(101)
思考与练习题	(102)
第七章 异步电动机及其控制	(103)
第一节 三相异步电动机的构造	(103)
第二节 异步电动机的工作原理	(105)
第三节 三相异步电动机的电磁转矩和机械特性	(108)
第四节 异步电动机的铭牌和主要技术数据	(110)

第五节 三相异步电动机的启动、调速、反转和制动·····	(113)
第六节 单相异步电动机·····	(117)
* 第七节 三相异步电动机的控制电路·····	(119)
小结·····	(129)
基础知识自检题·····	(130)
思考与练习题·····	(131)

第三篇 模拟电子技术

第八章 半导体器件基础·····	(135)
第一节 半导体的导电特性·····	(135)
第二节 PN 结·····	(138)
第三节 半导体二极管·····	(140)
第四节 稳压二极管·····	(142)
第五节 半导体三极管·····	(143)
小结·····	(149)
基础知识自检题·····	(150)
思考与练习题·····	(151)
第九章 基本放大电路·····	(152)
第一节 基本放大电路的组成·····	(152)
第二节 放大电路的静态分析·····	(153)
第三节 放大电路的动态分析·····	(157)
第四节 静态工作点的稳定·····	(164)
第五节 射极输出器·····	(167)
第六节 放大电路中的负反馈·····	(170)
第七节 多级放大电路·····	(177)
第八节 差动放大电路·····	(181)
第九节 功率放大电路·····	(186)
第十节 正弦波振荡电路·····	(190)
第十一节 场效应管及其放大电路·····	(196)
小结·····	(201)
基础知识自检题·····	(203)
思考与练习题·····	(204)
第十章 集成运算放大电路·····	(209)
第一节 集成运算放大器·····	(209)
第二节 运算放大器在信号运算方面的应用·····	(212)
* 第三节 有源滤波器和电压比较器·····	(217)
小结·····	(221)

基础知识自检题	(222)
思考与练习题	(222)
第十一章 直流稳压电源	(225)
第一节 单相桥式整流电路	(225)
第二节 滤波电路	(227)
第三节 稳压管稳压电路	(230)
第四节 串联型晶体管稳压电路	(231)
* 第五节 集成稳压电路	(232)
* 第六节 开关稳压电路	(234)
小结	(235)
基础知识自检题	(236)
思考与练习题	(236)

第四篇 数字电子技术

第十二章 数字电路基础	(241)
第一节 几种常用的数制和码制	(242)
第二节 逻辑函数中三种最基本的逻辑运算	(244)
第三节 复合逻辑函数	(245)
第四节 逻辑代数	(246)
* 第五节 逻辑函数的卡诺图化简法	(248)
小结	(252)
基础知识自检题	(253)
思考与练习题	(254)
第十三章 集成门电路和组合逻辑电路	(256)
第一节 TTL 集成门电路	(256)
第二节 CMOS 集成门电路	(262)
第三节 组合逻辑电路的分析和设计	(264)
第四节 加法器	(266)
第五节 编码器	(268)
第六节 译码器和数码显示	(270)
小结	(273)
基础知识自检题	(273)
思考与练习题	(274)
第十四章 触发器和时序逻辑电路	(278)
第一节 RS 触发器	(278)
第二节 触发器	(282)
第三节 寄存器	(286)

第四节 计数器·····	(287)
第五节 555 定时器及其应用 ·····	(291)
第六节 数/模和模/数变换器·····	(295)
第七节 数字电路的应用举例·····	(298)
小结·····	(300)
基础知识自检题·····	(301)
思考与练习题·····	(302)

附录

附录一 半导体器件命名方法·····	(307)
附录二 半导体二极管·····	(308)
附录三 半导体三极管·····	(310)
附录四 绝缘栅场效应管·····	(312)
附录五 几种集成运算放大器和 TTL 电路的主要参数 ·····	(312)
附录六 阻、容元件标注方法 ·····	(313)
附录七 电阻元件的标称值·····	(315)

第一篇

1

电路分析

电路分析是本课程的重要基础。本篇首先介绍电路的基本概念与基本定律,然后介绍电路的分析方法、单相和三相正弦交流电路,最后扼要地介绍电路的过渡过程。

1

第一章

电路的基本概念与基本定律

本章主要讨论电路的基本物理量、电路的基本定律、电路中电位的概念及计算,这些内容都是分析与计算电路的基础。

第一节 电路的组成及基本物理量

一、电路的组成和作用

电路就是电流通过的路径,它一般由电源、控制与保护环节、负载和连接导线四部分组成,图 1-1 是一个简单的电路模型。所谓电路模型就是把实际的电路元件,在一定条件下近似看成理想电路元件,如干电池用电源 E 和内阻 R_c 串联组合表示,灯泡、电炉等负载的主要作用是消耗电能,用电阻元件 R 表示。在分析和计算电路时,研究对象不是实际电路,而是实际电路的理想化模型。

电路的结构形式和所能完成的任务是多种多样的,最典型的例子是电力系统,其电路示意图如图 1-2(a)所示。它的作用是实现电能的传输和转换,其中包括电源、负载和中间环节三个组成部分。

发电机是电源,是提供电能的设备。在发电厂内,发电机可以把热能、水能或原子能转换为电能。除发电机外,电池也是常用的电源。

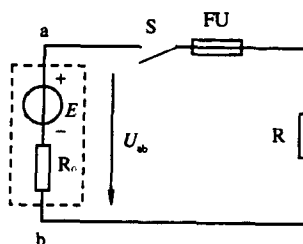


图 1-1 电路模型

电灯、电动机、电炉等都是负载,是使用电能的设备,它们分别把电能转换为光能、机械能和热能等。变压器和输电线是中间环节,是连接电源和负载的部分,它起传输和分配电能的作用。

电路的另一作用是传递和处理信号,常见的例子如扩音机,其电路示意图如图 1-2(b)所示。先由话筒把语言或音乐(通常称为信息)转换为相应的电压和电流,即电信号,而后通过电路传递到扬声器,把电信号还原为语言或音乐。由于从话筒输出的电信号比较微弱,不足以推

动扬声器发音,因此中间还要用放大器来放大。信号的这种转换和放大,称为信号的处理。

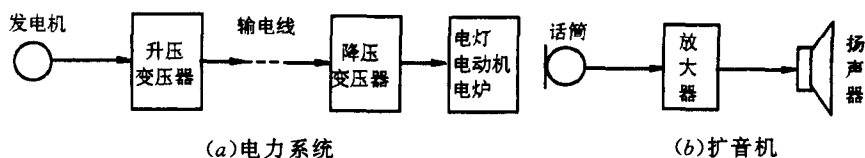


图 1-2 电路示意图

在图 1-2(b)中,话筒是输入信号的设备,称为信号源,相当于电源,但与上述的发电机、电池这些电源不同,信号源输出的电信号(电压和电流)的变化规律取决于所加的信息。扬声器是接受和转换信号的设备,也就是负载。

信号传递和处理的例子很多,如收录机和电视机,它们的接收天线(信号源)把载有语言、音乐、图像信息的电磁波接收后转换为相应的电信号,而后通过电路把信号传递和处理(调谐、变频、减波、放大等),送到扬声器和显像管(负载),还原为原始信息。

不论是电能的传输和转换,还是电信号的传递和处理,其中电源或信号源的电压和电流称为激励,它推动电路工作;激励在电路各部分产生的电压和电流称为响应。电路分析就是在已知电路结构和元件参数的条件下,讨论电路的激励与响应之间的关系。

二、电路的基本物理量

1. 电流

衡量电流强弱的物理量称为电流。它在数值上等于单位时间内通过导体横截面的电荷量。

如果电流的大小和方向随时间作周期性的变化,则称其为交流电流,用 i 表示。设在极短的时间 dt 内通过导体横截面的微小电荷量为 dq ,则

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

如果电流的大小和方向不随时间而变化,即 $\frac{dq}{dt} = \text{常数}$,则这种电流称为恒定电流,简称直流,用 I 表示。即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

电流在国际单位制中的基本单位是 A(安培),简称安。比安培小的单位常用的有 mA(毫安)、 μA (微安)。

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

电流的方向规定为正电荷运动的方向,但在有些情况下,电流的实际方向往往难以事先判定,这时可任意假定一个电流的方向,称为参考方向。按照参考方向分析计算时,电流为正值表明电流的实际方向与参考方向一致,为负值表明电流的实际方向与参考方向相反。

2. 电源的电动势

由物理学知道,在电源内存在着一种非静电力,又称为电源力。电源力能使电源内部导体中的正负电荷分离,并把正电荷推向正极,负电荷推向负极。为了衡量电源力分离电荷能力的大小,引入电动势这个物理量。电源的电动势在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的负极

经电源内部移到正极所做的功。电动势用 E 表示,即

$$E = \frac{W}{Q} \quad (1-3)$$

式中: W 为电源力所做的功,单位为 J(焦耳); Q 为在电源内部被电源力移动的电荷量,单位为 C(库仑)。

在国际单位制中,电动势的单位是 V(伏特),简称伏。较大或较小的单位是 kV(千伏)或 mV(毫伏)。

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}, \quad 1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}$$

我们规定电动势的方向,在电源内部由电源的负极“-”指向正极“+”。在分析计算过程中,电动势的方向和电流一样,也可假定一个参考方向。

3. 电压

在电源力的作用下,电源正负极板上都聚集了相当数量的正负电荷,因此正负极之间就存在一定的电场。如图 1-1 所示电路,在电场力的作用下,正电荷从电源正极 a 通过导线经负载而移到负极 b ,于是形成了电流。如负载是灯泡便发光,这就说明电场力做了功。为了衡量电场力做功的能力,我们引入电压这个物理量,其定义如下:电路中任意两点 a 、 b 之间的电压 U_{ab} ,在数值上等于电场力将单位正电荷从 a 点推到 b 点(在图 1-1 中是从 a 点经 R_L 到 b 点)所做的功。即

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q} \quad (1-4)$$

式中: W_{ab} 为电场力把电荷量 Q 从 a 点推到 b 点所做的功; Q 为电荷量。

电压的单位与电动势相同。

在图 1-1 中,正电荷在电场力的推动下从 a 点经过负载到 b 点的过程中,把电能转换成了其他形式的能量,所以说正电荷在 a 点具有的能量比 b 点大。单位正电荷在电路中某点所具有的能量称为该点的电位。电位在数值上等于电场力将单位正电荷从该点沿任意路径推到参考点(假设的零电位点)所做的功,用 φ 表示。例如 a 点电位用 φ_a 表示, b 点电位用 φ_b 表示,显然 $\varphi_a > \varphi_b$ 。由此可见,电场力对正电荷做功的方向就是电位降落的方向,因此规定电压的方向由高电位指向低电位。如图 1-1 由 a 点指向 b 点。可见 a 、 b 两点之间的电压可表示为

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b \quad (1-5)$$

4. 电功率

1 s 内负载消耗(电源输出)的电能不能叫做负载(电源)的电功率。电功率是衡量用电设备或电源做功本领的物理量。用电设备铭牌上的电功率越大,说明它把从电源取用的电能转换为非电能的本领越大。

在直流电路中,负载消耗的电功率 P 等于负载两端的电压 U 与通过负载电流 I 的乘积。

即

$$P = UI \quad (1-6)$$

电压的单位是 V(伏特),电流的单位是 A(安培),功率的单位为 W(瓦特),功率较大或较小时,可用 kW(千瓦)或 mW(毫瓦)作单位,功率单位间的换算关系为:

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}, \quad 1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$$

第二节 克希霍夫定律

利用欧姆定律和电阻串、并联公式就能求解的电路称为简单电路,否则就是复杂电路。求

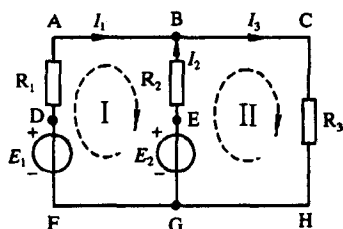


图 1-3 复杂电路

解复杂电路,要应用克希霍夫定律(Kirchhof's Law)。克希霍夫:第一定律应用于节点,又称为节点电流定律(KCL);克希霍夫第二定律应用于回路,又称为回路电压定律(KVL)。

电路中的每一分支称为支路,一条支路流过一个电流,称为支路电流。在图 1-3 中共有 ADF、BEG、CH 三条支路。

电路中三条或三条以上的支路相连接的点称为节点。在图 1-3 中共有 B、G 两个节点。

电路中任一闭合路径称为回路。在图 1-3 中共有 ABGFA、ABCHGFA、BCHGB 三个回路。

一、克希霍夫电流定律(KCL)

克希霍夫电流定律指出:在任一瞬间,对于电路中任一节点,流入节点的电流之和等于从该节点流出的电流之和。即

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (1-7)$$

对图 1-3 中的 B 节点有

$$I_1 + I_2 = I_3$$

若设流入节点的电流为正,流出节点的电流为负,对 B 节点有

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

上式也可写成

$$\sum I = 0 \quad (1-8)$$

上式说明,在电路中任一节点上电流的代数和恒等于零。因此,克希霍夫电流定律体现了电流的连续性。

克希霍夫电流定律不仅适用于节点,而且也适用于某些闭合区域,称为广义节点。如可把图 1-4 中晶体管看作一个广义节点。由 $\sum I = 0$ 得

$$I_b + I_c - I_e = 0$$

如已知基极电流 $I_b = 0.04 \text{ mA}$,集电极电流 $I_c = 2 \text{ mA}$,则发射极电流

$$I_e = I_b + I_c = 2.04 \text{ mA}$$

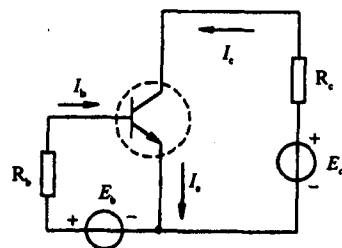


图 1-4 晶体管可视为广义节点

二、克希霍夫电压定律(KVL)

克希霍夫电压定律指出:在任一瞬间,沿任一回路绕行一周,回路上各电动势的代数和等

于各段电压降的代数和。即

$$\sum E = \sum U \quad (1-9)$$

如果电路中的电压降都是电阻电压降,则上式也可写成

$$\sum E = \sum IR \quad (1-10)$$

公式(1-10)中各项的正负号应按下述原则来确定:

1. 电动势正负号的确定

列回路方程时,必须把电路中所有的电动势写在等号的一边,而把所有电阻上的电压降写在等号的另一边。任选一回路绕行方向,如图 1-3 中虚线环形箭头所示。当电动势的方向与回路绕行方向一致时,电动势取正号;当电动势的方向与回路绕行方向相反时,电动势取负号。

2. 电阻上电压降正负号的确定

先假定各支路电流的方向,若支路电流的方向与回路绕行方向一致时,电阻上电压降取正号;当支路电流的方向与回路绕行方向相反时,电阻上电压降取负号。

根据上述原则,在图 1-3 中沿回路 I 有

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2$$

沿回路 II 有

$$E_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3$$

例 1-1 图 1-5 所示直流电路中,已知 $E_1 = 16 \text{ V}$, $E_2 = 7 \text{ V}$, $E_3 = 14 \text{ V}$, $R_1 = 16 \Omega$, $R_2 = 3.5 \Omega$, $R_3 = 9 \Omega$,求开关 S 断开与闭合时各支路电流。

解:(1)当开关 S 断开时, $I_3 = 0$ 。对图示广义节点应用 KCL 有

$$I_3 - I_4 = 0$$

故

$$I_4 = 0$$

由欧姆定律可得

$$I_1 = I_5 = \frac{E_1}{R_1} = \frac{16 \text{ V}}{16 \Omega} = 1 \text{ A}$$

$$I_2 = I_6 = \frac{E_2}{R_2} = \frac{7 \text{ V}}{3.5 \Omega} = 2 \text{ A}$$

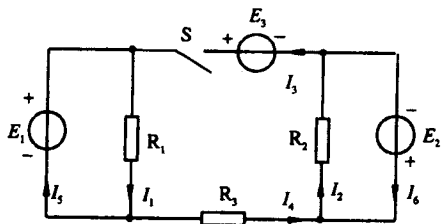


图 1-5

(2)当开关 S 闭合时, I_1 与 I_2 不变,即

$$I_1 = 1 \text{ A}, \quad I_2 = 2 \text{ A}$$

对于边界回路,应用 KVL(回路方向按顺时针)有

$$E_1 + E_2 - E_3 + I_4 R_3 = 0$$

由此可求得

$$I_4 = -1 \text{ A}$$

由 KCL 得

$$I_3 = I_4 = -1 \text{ A}$$

对于节点 a,应用 KCL 得

$$I_5 = I_1 - I_3 = 1 \text{ A} - (-1 \text{ A}) = 2 \text{ A}$$

对于节点 b,应用 KCL 得

$$I_6 = I_2 - I_3 = 2 \text{ A} - (-1 \text{ A}) = 3 \text{ A}$$

第三节 电路中电位的概念和计算

在分析电子电路时,通常要应用电位这个概念。譬如对二极管而言,只有当它的阳极电位高于阴极一定电位时,管子才能导通;否则就截止。在讨论晶体管的工作状况时,也要分析各个极电位的高低。为了确定电路中某点的电位,必须在电路中选取一个零电位点(也称参考点)。它们之间的关系如下:

①认定参考点的电位为零,用符号“ $\perp$ ”表示。比该点高的电位为正,比该点低的电位为负。如图 1-6(a)所示的电路中,选取 O 点为参考点,则 A 点的电位为正,B 点的电位为负。电位用 φ 或 U 加单下标表示。

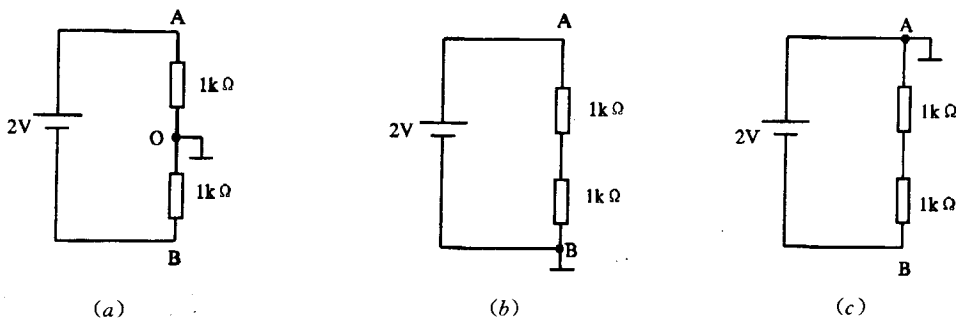


图 1-6

②其他点的电位为该点与参考点之间的电位差(电压)。具体求法是:先标出电阻上电压的极性,若已知其电流的方向,则将电流入端标正极,出端标负极。然后选定一条从该点到参考点的路径(尽可能选最简单的路径)。一路上经过的不论是电源还是电阻,只要是从元件的正极到负极,就取该电位降为正值,反之取负值。最后将所经过的全部电位降(即电压)相加(求代数和),就得该点的电位。如求图 1-7(a)中 A 点的电位。若选左边路径

$$\varphi_A = IR_1 = \frac{6 \text{ V}}{2 \Omega + 4 \Omega} \times 2 \Omega = 2 \text{ V}$$

若选右边路径

$$\varphi_A = E - IR_2 = 6 \text{ V} - \frac{6 \text{ V}}{2 \Omega + 4 \Omega} \times 4 \Omega = 2 \text{ V}$$

这就是说,当电位参考点选取后,不管选何路径,电路中任意一点的电位是惟一确定的。

③参考点选取不同,电路中各点的电位也不同,但任意两点的电位差(电压)不变。如选取 B 点为参考点,如图 1-6(b)所示,则 $\varphi_B = 0$, $\varphi_A = \varphi_A - \varphi_B = U_{AB} = 2 \text{ V}$;如选取 A 点为参考点,如图 1-6(c)所示,则 $\varphi_A = 0$, $\varphi_B = \varphi_B - \varphi_A = U_{BA} = -U_{AB} = -2 \text{ V}$ 。但 A、B 两点的电压为定值 $U_{AB} = 2 \text{ V}$ 。

④在研究同一电路系统中,只能选取一个电位参考点。

电位的引出,给电路分析带来了方便。在电子电路中,往往不再把直接与参考点相连的电源画出,而改用电位标出。图 1-7 是电路的一般画法与电子线路的习惯画法示例,以之对照。