

大专教材

电路基础

DIANLU JICHU

黄冠斌 孙 敏 杨传谱 孙亲锡

华中理工大学出版社



TM13
185

442249

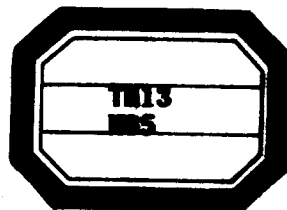
大专教材

电 路 基 础

黄冠斌 孙敏 杨传谱 孙亲锡



00442249



华中理工大学出版社



电 路 基 础

黄冠斌 孙敏 杨传谱 孙亲锡

责任编辑 吴凤萍

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社沔阳印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:21.75 字数:523 000

1993年11月第1版 1998年5月第4次印刷

印数:12 001—15 000

ISBN 7-5609-0871-3/TM·49

定价:20.00元

(本书若有印装质量问题,请向承印厂调换)

DY55 / 15

内 容 提 要

本书是参照“高等工程专科学校电路及磁路课程教学基本要求”，及全国高等教育自学考试指导委员会电类专业委员会制订的“电工基础课程自学考试大纲”(征求意见稿)，为适应工科电专业各类专科教学需要而编写的电路理论基础教材。

本书以电路基本定律和基本元件特性为基础，注重实用网络分析方法的论述，内容精炼，论述严谨、清晰，由浅入深，各章节都配有丰富的例题和练习思考题，且习题附有答案，便于自学，适合电类(专科)各专业的需要。

全书共分十二章，第一至四章论述电阻性电路的分析；第五至七章论述动态元件及一、二阶电路的时域分析；第八至十二章论述正弦稳态电路的分析。

本书可作为电气工程技术、工业电气自动化、无线电技术、机电一体化、微机应用及电子技术等专业普通高等学校中的全日制专科，及夜大、函授、自学考试专科的电路理论教材。



序 言

本书是参照“高等工程专科学校电路及磁路课程教学基本要求”,及全国高等教育自学考试指导委员会电类专业委员会制订的“电工基础课程自学考试大纲”(征求意见稿)编写而成的。

电路理论是工科电类、电子、通讯等类专业的一门重要的技术基础课。本书根据专科学生数理基础的实际,按照循序渐进,理论联系实际,便于自学的原则进行编写。本书以电路基本定律、基本电路元件特性为基础,着重实用网络分析方法的论述,注重对读者分析问题和解决问题能力的培养,各个章节均配有丰富的例题和练习思考题。全书内容体系结构、论述方法反映了编者长期教学实践的经验与体会。本书注意精选内容,具有较宽的适用面,不仅可以作为普通高等学校中全日制专科的电气工程技术,工业电气自动化,无线电技术,机电一体化,微机应用与电子技术等专业的电路理论教材,也可作为夜大、函授、自学考试专科的上述专业的教学用书。

参加本书编写的有黄冠斌(第一、二、三章),孙敏(第八、九章),杨传谱(第五、六、七、十一章),孙亲锡(第四、十、十二章),并由黄冠斌担任主编。

本书在编写过程中始终得到华中理工大学电工基础教研室黄慕义教授的关心与热情指导,并精心主审全书,提出了许多宝贵意见。华中理工大学成人教育学院对本书的编写给予了热情帮助和大力支持。在此,谨一并向他们表示衷心的感谢。

限于编者的经验与水平,书中可能存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

1993. 5. 20

目 录

序言	1
第一章 电路基本定律和二端电阻性元件	1
1-1 电路及电路模型	1
1-1-1 电路	1
1-1-2 理想元件和电路模型	2
1-2 电流及其参考方向	2
1-2-1 电流	3
1-2-2 电流的参考方向	3
1-3 电压及其参考方向	5
1-3-1 电压(电位差)	5
1-3-2 电压的参考方向(或参考极性)	6
1-3-3 电流和电压的关联参考方向	6
1-3-4 电动势	7
1-4 功率和能量	7
1-4-1 功率	7
1-4-2 能量	8
1-5 一些常见的电路变量的波形	9
1-5-1 常量	9
1-5-2 直线函数	9
1-5-3 正弦波	10
1-5-4 指数函数	10
1-5-5 衰减正弦波	11
1-5-6 单位阶跃函数	11
1-6 基尔霍夫定律	13
1-6-1 一些有关的电路术语	13
1-6-2 基尔霍夫电流定律(KCL)	14
1-6-3 基尔霍夫电压定律(KVL)	16
1-7 电阻元件	18
1-7-1 线性电阻元件	18
1-7-2 非线性电阻元件	19
1-8 独立电源	21
1-8-1 电压源	21
1-8-2 电流源	23
习题	25
第二章 简单电路和多端电阻性元件	29
2-1 二端等效电路的概念	29
2-2 线性电阻元件的串联、并联与混联	30
2-2-1 线性电阻元件的串联	30

2-2-2 线性电阻元件的并联	32
2-2-3 线性电阻元件的混联	34
2-3 平衡电桥电路,线性电阻元件的 $Y-\Delta$ 联结等效变换	37
2-3-1 平衡电桥电路	37
2-3-2 线性电阻元件的 $Y-\Delta$ 联结等效变换	38
2-4 独立电源与线性电阻元件的串联或并联	42
2-4-1 戴维宁电路、诺顿电路及其等效变换	42
2-4-2 其它联结的情况	44
2-5 运算放大器	47
2-5-1 实际器件简介	47
2-5-2 作为电路元件的运算放大器	48
2-5-3 简单电路分析的例子	49
2-6 受控电源	50
2-6-1 四种形式的受控电源	51
2-6-2 受控电源的功率、有源性	54
2-6-3 受控电源与独立电源的比较	54
习题	57
第三章 电阻性网络分析的一般方法	63
3-1 电网络的 2b 方程	63
3-1-1 支路方程	63
3-1-2 KCL 方程的独立性	64
3-1-3 KVL 方程的独立性	64
3-2 支路分析法	67
3-2-1 无纯电流源支路的支路电流方程	67
3-2-2 含纯电流源支路的处理	69
3-3 节点分析法	71
3-3-1 无纯电压源支路的节点电压方程	72
3-3-2 电路含纯电压源支路的处理	74
3-3-3 含受控源网络的节点分析法	75
3-4 网孔分析法	77
3-4-1 无纯电流源支路的网孔电流方程	77
3-4-2 电路含纯电流源支路的处理	79
3-5 回路分析法	80
3-5-1 无纯电流源支路的回路电流方程	81
3-5-2 电路含纯电流源支路的处理	83
习题	84
第四章 网络定理	89
4-1 叠加定理	89
4-1-1 叠加定理及其证明	90
4-1-2 应用举例	91
4-1-3 应用叠加定理分析含受控源电路	94
4-2 替代定理	94

4-3 戴维宁定理	96
4-3-1 戴维宁定理及其证明	96
4-3-2 应用举例	98
4-3-3 应用戴维宁定理分析含受控源电路	102
4-4 诺顿定理	104
4-5 互易定理	107
习题	111
第五章 电容元件和电感元件	117
5-1 电容元件	117
5-1-1 线性时不变电容元件的伏安关系	117
5-1-2 电容电压的连续性	120
5-1-3 电容的储能	122
5-2 电容的串联与并联	123
5-2-1 非零初始电压电容元件的等效电路	123
5-2-2 电容的串联	123
5-2-3 电容的并联	124
5-3 电感元件	125
5-3-1 线性时不变电感元件的伏安关系	125
5-3-2 电感电流的连续性	126
5-3-3 电感的储能	128
5-4 电感的串联与并联	129
5-4-1 非零初始电流电感元件的等效电路	129
5-4-2 电感的并联	129
5-4-3 电感的串联	130
5-5 实际电容器和电感器	131
5-5-1 实际电容器	131
5-5-2 实际电感器	131
习题	132
第六章 一阶电路	135
6-1 零输入响应	135
6-1-1 RC 电路的零输入响应	135
6-1-2 RL 电路的零输入响应	140
6-2 零状态响应	143
6-2-1 RC 电路的零状态响应	143
6-2-2 RL 电路的零状态响应	148
6-3 全响应	151
6-3-1 全响应的计算	151
6-3-2 全响应的两种分解方式	152
6-4 求解一阶电路的三要素法	155
6-4-1 三要素的确定	156
6-4-2 三要素法求解响应举例	158
习题	161

第七章 二阶电路	168
7-1 RLC 电路的零输入响应	168
7-1-1 RLC 串联电路的零输入响应	168
7-1-2 RLC 并联电路的零输入响应	174
7-2 RLC 电路的零状态响应	178
7-3 RLC 电路的全响应	180
7-4 电路的对偶性	182
习题	183
第八章 正弦稳态分析	185
8-1 正弦量的基本概念	185
8-1-1 正弦量的三要素	185
8-1-2 同频率正弦量的相位差	186
8-1-3 正弦电流、电压的有效值	188
8-2 正弦量的相量表示及取虚部算子 $\mathcal{I}_m[\]$ 的性质	189
8-2-1 复数	189
8-2-2 正弦量的相量表示法, 相量图	191
8-2-3 取虚部运算算子 $\mathcal{I}_m[\]$ 的性质	193
8-3 正弦稳态下的电阻、电感、电容元件	196
8-3-1 电阻元件	196
8-3-2 电感元件	197
8-3-3 电容元件	200
8-4 基尔霍夫定律的相量形式	203
8-5 阻抗和导纳, 电路的相量模型	205
8-5-1 二端网络阻抗和导纳的定义	205
8-5-2 三种基本元件的阻抗和导纳, 电路的相量模型	206
8-5-3 阻抗的串联和并联	208
8-5-4 正弦交流电路的性质——感性、容性和电阻性	210
8-5-5 串联和并联相量模型的等效互换	212
8-6 正弦稳态电路的分析计算	214
8-7 相量图、位形图及其应用	219
8-7-1 相量图和位形图	220
8-7-2 结合相量图、位形图求解正弦稳态电路	221
8-8 正弦稳态电路的功率	224
8-8-1 瞬时功率	224
8-8-2 有功功率、无功功率、视在功率和功率因数	225
8-8-3 复功率	230
8-8-4 功率因数的提高	232
8-9 最大功率传输定理	234
8-10 谐振电路	235
8-10-1 串联谐振电路	235
8-10-2 并联谐振电路	240
习题	243

第九章 耦合电感元件和理想变压器	251
9-1 耦合电感元件	251
9-1-1 耦合电感元件的电压-电流关系	251
9-1-2 同名端	253
9-2 含耦合电感电路的分析	256
9-2-1 含耦合电感电路的基本分析方法	256
9-2-2 去耦等效电路	258
9-3 空芯变压器的等效电路、反映阻抗	262
9-3-1 初级等效电路,反映阻抗 Z_{r12}	263
9-3-2 次级等效电路,反映阻抗 Z_{r21}	264
9-4 理想变压器	265
9-4-1 理想变压器的特性方程	265
9-4-2 理想变压器的阻抗变换性质	267
习题	270
第十章 三相电路	273
10-1 三相电路的基本概念	273
10-1-1 对称三相电源,对称三相负载	273
10-1-2 三相电路的联接方式	274
10-2 对称三相电路分析	275
10-2-1 对称三相电路线量与相量的关系	275
10-2-2 Y-Y 联接对称三相电路的计算	278
10-2-3 Δ - Δ 联接对称三相电路的计算	280
10-2-4 复杂对称三相电路的计算	281
10-3 不对称三相电路分析	282
10-4 三相电路的功率及其测量	286
10-4-1 三相电路的功率	286
10-4-2 三相电路功率的测量	288
习题	289
第十一章 周期性非正弦稳态电路分析	292
11-1 周期函数的傅里叶级数	292
11-1-1 傅里叶级数	292
11-1-2 几种对称周期函数的谐波分析	294
11-2 周期性非正弦电量的有效值和平均值,平均功率	297
11-2-1 有效值	297
11-2-2 平均值,均绝值	297
11-2-3 平均功率	298
11-3 周期性非正弦稳态电路分析	299
11-4 对称三相周期性非正弦电路	302
11-4-1 对称三相周期性非正弦电源	302
11-4-2 对称三相周期性非正弦电路分析	303
习题	307
第十二章 双口网络	309

12-1 双口网络的 Y 参数	310
12-2 双口网络的 Z 参数	312
12-3 双口网络的 H 参数	314
12-4 双口网络的 T 参数	315
12-5 双口网络的联接	318
12-5-1 双口网络的串联	318
12-5-2 双口网络的并联	319
12-5-3 双口网络的级联	321
12-6 有端接双口网络的分析	323
12-6-1 有端接双口网络的输入阻抗、输出阻抗	324
12-6-2 有端接双口网络的特性阻抗	324
习题	325
附录 部分习题答案	328

第一章 电路基本定律和二端电阻性元件

电阻性元件的特征是,在任一时刻元件的电流和电压之间是一种代数关系。对二端电阻性元件,其特性可在 $u-i$ 平面上描述。仅包含独立电源和其它电阻性元件的电路称为电阻性电路,本书的前四章将对这类电路进行分析。在一个电阻性电路中,如果除了独立电源以外,其余元件都是线性的,则称这个电路为线性电阻性电路。后面将把它们作为重点进行讨论。因为,一方面,工程实际中的某些电路在一定条件下可以归结为线性电阻性电路进行研究;另一方面,在电路结构的复杂程度相差不多的情况下,线性电阻性电路的分析是最简单的,所涉及的数学知识只是线性实数代数方程,而有关线性电阻性电路的分析方法和一些重要结论,又可以扩展到其它线性时不变电路的分析中去。因此,这部分内容乃是全书的基础,读者应予以充分重视。

本章讨论电路的基本变量电流和电压;电路基本定律,即基尔霍夫电流定律和电压定律;电阻元件和独立电源的特性。电路基本定律和电路元件的特性是电路分析的基本依据。

1-1 电路及电路模型

1-1-1 电路

在工农业生产、交通运输、邮电通讯、国防、科学技术、文化娱乐以及日常生活等许多领域里,形形色色的电路名目繁多,功能各异。

图 1-1 所示的为一个简单的照明电路,这里电池是一种电源,通常情况下,电源的作用是给电路提供电能,有时是提供有用的电信号(信号源);灯泡是一种简单的用电设备,各种用电设备统称负载,负载在电路中将电能或电信号转换成其它形式的能量或信号;导线和开关等中间环节起着传输、分配和控制电能或电信号的作用。对于其它的电路,尽管复杂程度相差很大,用途也各不相同,但就一个完整的电路而言,都包含电源、负载和中间环节三个基本部分。因此,电路是彼此联接起来的电源与负载的总体,电流能在其中流通。电路也常称为电网络。

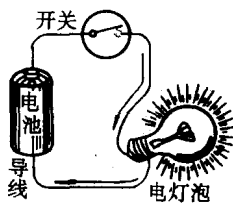


图 1-1 一个简单电路

电路可分为集中参数电路与分布参数电路两大类。本书只讨论集中参数电路。集中参数电路中的电磁量,如电流和电压等,仅仅是时间的函数。而分布参数电路中的电压和电流等则是时间和空间坐标的函数。一个电路能否作为集中参数电路加以研究,视其最大几何尺寸与电路运行时最高频率对应的波长相比较是否可以忽略而定。例如,我国电力工程的电源频率为 50Hz(对应的波长为 6000km),在这种低频下,几何尺寸为几米、几百米以至几千米的电路都可视为集中参数电路。

1-1-2 理想元件和电路模型

任一实际的电路器件,在工作时其本身及周围所发生的电磁过程是复杂的,严格说来,都存在电能的消耗,磁场能量的储存和电场能量的储存这些基本效应。例如一个螺管线圈,当电流通过它时,就在其周围建立起磁场,与此同时,线圈还有电阻效应(通电时间较长或电流较大时线圈将发热)和电场效应。这些效应互相交织在一起,给分析问题带来很大困难,甚至无法进行。另一方面,在一个电器件上各种效应的表现并不是均衡的,在一定的条件下,某一种效应则处于主导地位,决定事物的本质,其它的效应则处于次要地位。例如,在电源频率较低,电流较小时,螺管线圈的磁场效应是主要的,而为了使问题得以简化,我们可认为它只具有磁场效应。像这样把实际电路器件理想化而得到的只具有某种单一电磁性质的元件,称为理想电路元件,或简称电路元件。电路元件易于用数学描述,便于理论分析。诚然实际中并不存在理想电路元件,但一个实际电器件的性质,可以通过对其中所发生的电磁过程的观察与分析,用恰当的理想电路元件组合去逼近。

电路元件按照其与电路其它部分相联接的端钮数可分为:二端元件,即元件通过两个端钮与电路其它部分相联接,二端元件也称一端口元件;多端元件,即具有三个和三个以上端钮的元件,如图 1-2 所示。

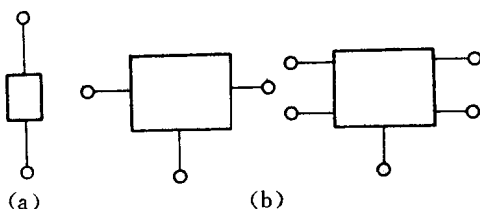


图 1-2 二端元件和多端元件示意图

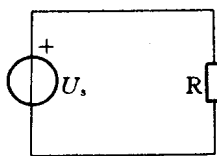


图 1-3 图 1-1 电路的一种电路模型 考虑图 1-1 所示的简单电路,通过对其物理过程进行分析可知,电池主要是向电路提供电能,其它电磁效应是次要的,从而可以用一个叫做电压源的电路元件近似地表示;灯泡的主要效应是电流通过时灯丝发热至白炽状态,这种产生电流热效应的部分用电阻元件表示;联接导线在理想情况下可认为它只是构成电流的通路。这样整个电路可以用图 1-3 所示的电路表示。在这个电路中,所有元件都是理想化的,这种由理想电路元件互相联接组成的电路称为电路模型,电路模型是实际电路的抽象和近似。一个实际电路用什么样的电路模型表示,是应当通过对电路物理过程的观察分析而确定的。今后所讨论的电路都是电路模型。

1-2 电流及其参考方向

电路特性是通过电荷、电流、电压、磁通链、功率和能量等一组物理量来描述的,这些物理量称为电路变量。在这些变量中,电流和电压是两个基本变量。这是因为在实际电路中,电流

和电压是容易观测到的量;电路基本定律叙述的是电流或电压的相互关系;倘若一个电路的各部分电流和电压都知道,那末这个电路的特性就完全被掌握了。本节先介绍电流。

1-2-1 电流

在电场作用下,电荷有规则的移动形成电流。金属导体中的电流和电解液中的电流属于传导电流。带电体在自由空间运动形成的电流称为对流电流,如真空管内部的电流。此外,还有由电场变化形成的电流,即位移电流,如电容器内部的电流。通常,人们所说的电流多是指传导电流。

习惯规定:电流的真实方向为正电荷运动的方向。

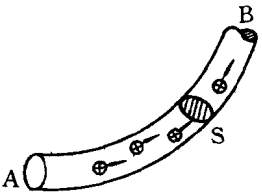


图 1-4 电流强度的说明

电流是一种客观的物理现象,通过它的各种效应,例如热效应、磁效应、机械效应等可以觉察到它的存在。单位时间内通过导体截面的电量,称为电流。因此“电流”一词不仅代表一种物理现象,还代表一种物理量。如图 1-4 所示,设从某一时刻 t 到 $t + \Delta t$ 时间区间内,由导体截面 S 的一侧穿到另一侧的净电荷量为 Δq ,则由上面的定义知 t 时刻的电流为

$$i(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

电流一般是随时间变化的,如果不随时间变化,则称为直流电,并用大写字母 I 表示。本书中对其它变量一般也按此规定,即用小写字母表示随时间变化的物理量,用相应的大写字母表示不随时间变化的同一物理量。

在法定计量单位中,电流的单位为安[培],单位符号为 A,除此基本单位外,有时还用“kA”和“mA”等单位度量电流。它们的关系是: $1\text{kA} = 10^3\text{A}$, $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$, $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$ 。

1-2-2 电流的参考方向

在任一时刻 t ,正电荷可能由 S 面的 A 侧穿到 B 侧,也可能与此相反,即导体中的电流有两个可能的方向,如果预先指定由 A 流到 B 的电流为正,则由 B 流到 A 的电流就应是负的。这表明电流是一代数量,可正可负,正或负是相对预先指定的方向——参考方向而言的。

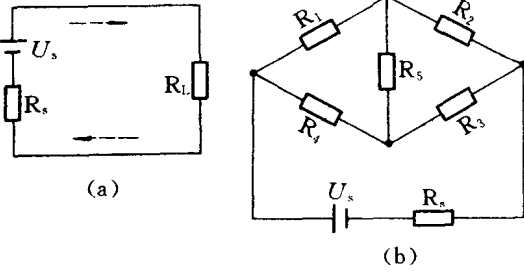


图 1-5 电流的方向问题

从电路分析的角度考虑,指定电流的参考方向也是很有必要的。因为只有十分简单的电路能直观地确定电流的真实方向,例如图 1-5(a)所示的电路,电流的真实方向就如虚线箭头所

指,而复杂一些的电路,例如图 1-5(b)所示的电路中,电阻 R_5 中电流的真实方向在分析计算以前是难以得知的。对那些大小和方向都随时间变化的电流,要在电路中标出它们的真实方向就既不方便也没有意义。在这种情况下,方便而又实用的做法是先给电路各部分的电流指定一参考方向。电流的参考方向用箭头表示在所讨论的那段电路上,如图 1-6 所示。按此参考方向进行计算,若 $i > 0$,则表明电流的真实方向恰好和参考方向相同;若 $i < 0$,则表明电流的真实方向与参考方向相反,但这时尽可不必再把真实方向标注在电路上或将已标注的参考方向颠倒过来,因为有了电流的参考方向和其数值的正负表示,电流的真实方向就十分清楚了。以后我们就规定电路中所标注的电流方向都是参考方向。

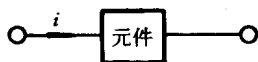


图 1-6 电流参考方向的表示



图 1-7 例 1-1 图

例 1-1 图 1-7 所示一段电路中,若 $i = 2\text{A}$,试用虚线箭头标出电流的真实方向。

解: 给定的电流 $i = 2\text{A}$ 是对图上指定的参考方向而言的,因为 $i > 0$,说明电流的真实方向与参考方向是相同的,如图中虚线箭头所示。

例 1-2 电路如图 1-7 所示,给定 $i = -3\text{A}$ 若将参考方向改为 i' ,求 i' 。

解: 因为 $i = -3\text{A} < 0$,表明该段电路中电流的真实方向与 i 参考方向相反。当参考方向改为 i' 时,真实方向便和参考方向一致,所以 $i' = 3\text{A}$,或 $i' = -i = -(-3\text{A}) = 3\text{A}$ 。

电流的参考方向不完全是一个抽象的概念。在实际工程或实验室中,用一种叫做磁电式的电流表测量直流电流时,参考方向就是一个很实际的问题。这类电流表的两个接线端钮旁分别标有“+”和“-”符号,将它接入电路,相当于已经为被测电流指定了一个参考方向,即从电流表的“+”端指向“-”端,如图 1-8 所示。测量时若电流表的指针正向偏转,意味着电流的真实方向和参考方向相同;如果指针反向偏转,则说明电流的真实方向和参考方向是相反的。显然,测量过程中如果交换电流表的两接线端钮(这相当于改变电流的参考方向),则电流表的读数不会改变,但交换前后指针偏转方向相反。这表明,一段电路中电流的真实方向是确定的,决不因为参考方向的不同而改变。

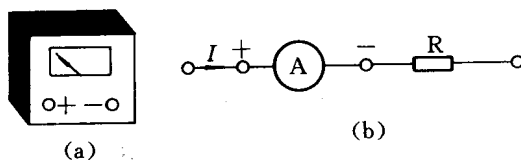


图 1-8 直流电流表测量电流

练习与思考

- 1-1 对一段电路中的电流,若只给出了它的数值,其意思是否完整,为什么?
- 1-2 电流的真实方向是否依赖其参考方向,怎样确定一段电路中电流的真实方向?

1-3 电压及其参考方向

1-3-1 电压(电位差)

电场(此处严格地说应是库仑电场)力移动单位正电荷由 a 点到 b 点所做的功定义为 a、b 两点间的电压。如图 1-9 所示, 设由 a 到 b 移动的电荷量为 dq , 电场力所做的功为 dW , 则 a、b 两点的电压 $u(t)$ 为

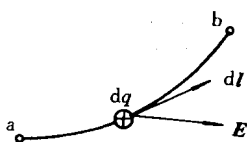


图 1-9 电压的定义

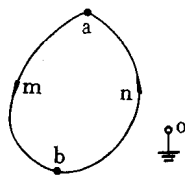


图 1-10 电压与路径无关

$$u(t) = \frac{dW}{dq} \quad (1-2)$$

法定计量单位中, 电压的单位为伏[特], 符号为 V。常用计量电压的单位还有“kV”和“mV”等。

可以证明, 以上所定义的电压与由 a 到 b 所经过的路径无关, 仅决定于起点和终点的位置。于是,

(1) 对于图 1-10 所示位于电场中的两点 a 和 b, 分别沿路径 amb 和 anb 计算 a、b 间的电压, 并记为 u_{amb} 和 u_{anb} , 应有

$$u_{amb} = u_{anb}$$

考虑到 $u_{bna} = -u_{anb}$, 上式可写成

$$u_{amb} + u_{bna} = 0$$

这表明, 电场中沿任一闭合路径的各部分电压的代数和等于零。

(2) 如图 1-10 所示, 任取一点 o, 并称之为参考点, 则各点到该点的电压都有确定的值, 分别记为 φ_a 、 φ_b 等, 而对于 o 点本身, 显然有 $\varphi_o = u_{oo} = 0$ 。各点到任意指定的参考点的电压称为各点的电位。

再来考虑 a、b 两点的电压, 当然可以选择由 $a \rightarrow o \rightarrow b$ 的路径进行计算, 即

$$u_{ab} = u_{aob} = u_{ao} + u_{ob} = u_{ao} - u_{bo}$$

所以

$$u_{ab} = \varphi_a - \varphi_b \quad (1-3)$$

这就是说, 两点之间的电压等于这两点的电位差。

电位参考点的选择是任意的, 在电力工程中习惯把大地作为电位参考点; 在电子线路中常常把设备的外壳或公共接线端作为电位参考点。在电路分析中, 有时也要选择电位参考点, 这种情况下一般是依考虑怎样选择参考点才便于问题的分析而定, 对此将在后面有关章节中具体说明。

由上面的叙述可以看出:两点之间的电压与所经历的路径无关,沿任一闭合路径各部分电压的代数和等于零,以及电位的概念,这些是同一意思的不同表达方式。

1-3-2 电压的参考方向(或参考极性)

库仑电场对电荷施力的特点总是企图把正电荷从电位的较高处推向较低处,因此习惯规定,电压的真实方向(真实极性)是由高电位到低电位。不过正和电流的情况一样,对于比较复杂

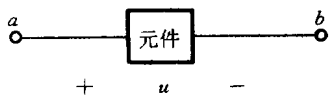


图 1-11 电压的参考方向

杂的电路,电压的真实方向在分析计算前是难以知道的,为了完整地描述电压这一物理量和电路分析的需要,也必须预先给电压指定参考方向(或称参考极性),如图 1-11 所示,图中“+”号表示高电位,“-”号表示低电位。所谓电压的参考方向就是由“+”到“-”的方向。除了

这种表示方式外,还常用字母 u 附带有两端字母的下角标表示,例如这里可以表示为 u_{ab} 。

例 1-3 在如图 1-12 所示电路中, $u_1=5V$, $u_2=-3V$, $u_3=2V$, 求 A、B 两端的电压 u 。

解: 选取 A→C→D→B 的路径计算

$$u = u_{AC} + u_{CD} + u_{DB}$$

即,

$$u = u_1 - u_2 + u_3$$

代入已知数据

$$u = 5V - (-3V) + 2V = 10V$$

例 1-4 如图 1-13 所示电路中,当选取④为参考点时,①、②、③各点的电位依次为 3V、-2V、4V。求电压 u_{12} , u_{23} 和 u_{13} 。

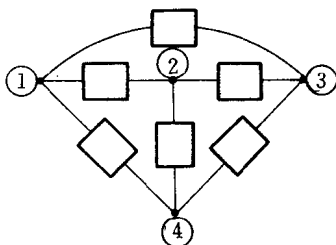


图 1-13 例 1-4 图

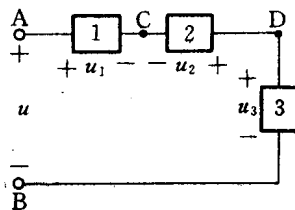


图 1-12 例 1-3 图

解: 根据两点之间的电压就等于这两点的电位差,可得

$$u_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 = 3V - (-2V) = 5V$$

$$u_{23} = \varphi_2 - \varphi_3 = (-2V) - 4V = -6V$$

$$u_{13} = \varphi_1 - \varphi_3 = 3V - 4V = -1V$$

1-3-3 电流和电压的关联参考方向

上面已经分别说明,出于描述电流和电压这两个物理量本身以及分析电路的需要,必须给电路中各部分的电流和电压指定参考方向。对一个二端元件(或二端电路)而言,电流和电压的参考方向均可任意指定,两者是彼此独立的。倘若在选取两者的参考方向时,遵循电流参考方向的箭头由电压参考方向的正极指向负极,如图 1-14 所示,符合这一制约关系的电流和电压参考方向称为关联参考方向或一致参考方向。

人们常常习惯采用关联参考方向,因为这样选取有许多方便之处。以后我们约定,当在一个电路的各部分只标注电流参考方向,或只标注电压参考方向时,隐含着对这两个变量取的是关联参考方向。

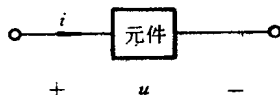


图 1-14 电流与电压的关联参考方向