

普通高等教育规划教材

电路分析原理

上册

姚仲兴 姚 维 编著

机械工业出版社

作者积累十余年电路分析课程的教学经验，参照《高等学校工科大学本科电路课程教学基本要求》编著成本书。

全书分上、下两册。上册十章内容是：电路的基本概念和定律，电阻电路及其一般分析法，线性网络的几个定理及等效网络，动态电路元件及其强制响应，正弦稳态电路（含互感及三相）与傅里叶分析。下册七章内容是：一阶、二阶电路的时域分析，网络与状态变量分析，矩阵分析，双口网络及非线性电阻电路分析。

本教材系统性、逻辑性强，内容新颖，风格独特，言简意赅，通俗易懂。

本书可作为高等理、工、农、医院校及各类成人高校电类相关专业的本科教材，也可供有关科技人员参考。本教材很适宜自学。

图书在版编目 (CIP) 数据

电路分析原理·上册 姚仲兴，姚维编著 北京：机械工业出版社，2006
普通高等教育规划教材
ISBN 7-111-16111-1

I ①电... II ①姚...②姚... III ①电路分析 ②原高等学校教材 IV ①电

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 16111 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号) 邮政编码 100037

责任编辑：韩雪清 版式设计：冉晓华

责任校对：姚培新 责任印制：洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 20.5

定价：28.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68995199

封面防伪标均为盗版

前 言

作者参阅了国内外的同类教材，结合自身四十余年来从事电路分析课程的教学经验，参照《高等学校工科本科电路课程教学基本要求》编著成本书。

本教材主要介绍在电类相关专业中有关电路分析方面的基本概念、基本原理与基本分析计算方法，为学习电类专业课打下一定的电路理论与实验基础。

本教材有如下特点：①既介绍经典的电路原理，又介绍近代的电路理论，并渗透了作者的研究成果。②以讲稿形式成书，条理清晰，层次分明，教师便于组织教学，学生容易自学。③内容编排由浅入深，难点分散，循序渐进。④凡遇抽象概念，先举实例，后作一般论述（即先建立感性认识，后作理性飞跃）。⑤凡易出差错及尚需深入理解之处，安插思考题，以免差错并予以启发。⑥在算式推导省略部位加注，便于阅读。⑦理论联系实际。⑧例题、习题都经精心设计，概念综合，难易搭配（基本题占 1/3，中等难度题占 1/3，难题占 1/3）；既介绍基本分析法，还介绍多种解题技巧；数据简单（作者以支路号赋予元件参数值，如 Z_1, Z_2, \dots ，并使计算结果也是一组良好的数字），教师便于举例，学生免去了枯燥乏味的繁琐的数据运算，可激发解题兴趣。⑨每章后的小结给出了本章重点，便于复习。⑩书末附有习题答案供参考。

考虑到阅读的连贯性，有些可属附录性质的内容，如复数及其运算，三角函数的正交性质，线性函数等，作者将它们安排在正文中。

打有“*”号的正文作为加深、加宽的参考内容，打有“*”号的例题与习题，难度较大，分析的技巧性较高。

在使用本教材时，如能在每章结束后安排一次课堂练习，将打有“*”号的习题在课堂上练习，并进行讲评，将会收到良好的效果。

本教材系统性与逻辑性强，内容新颖，风格独特，言简意赅，通俗易懂，很适宜于自学。

本书有配套参考书《电路解析与精品题集》，姚维，姚仲兴编著 北京：机械工业出版社，1998。该书着重介绍电路的分析方法与解题技巧，并提供大量的、内容覆盖全部大纲的、概念综合的、形式多样的、难度相当高的、分析方法灵活巧妙的例题与习题（全书有 100 个典型例题，100 个习题）。通过例题的演示与对习题的分析、求解，能使读者学到的电路理论概念清晰，融会贯通，解题思路敏捷，视野开阔。该书特别适宜于要报考研究生的学生与有关教师参考。

IV

参加本书资料收集、整理等工作的还有章玮博士、黄小柳高工，以及章生根、赵梅芳、陶敏恩、陆渭琴。

由于编著者水平有限，谬误与不妥之处实难避免，敬请广大读者批评指正。

编著者
于浙江大学

目 录

前言

第一章 电路的基本概念和基本定律	员
第一节 电路及电路模型	员
第二节 电路分析中的几个主要物理量	猿
第三节 电阻元件、欧姆定律及一段含源电路的特性方程	猿
第四节 基尔霍夫定律	苑
第五节 独立电压源及实际电源的电压源模型	圆
习题	圆
第二章 简单电阻电路分析	猿
第一节 电阻串联电路	猿
第二节 电阻并联电路	猿
第三节 电阻混联电路	猿
第四节 电路中各点电位的计算	源
第五节 独立电流源及实际电源的电流源模型	源
第六节 电源模型的等效转换	源
第七节 简单含源单口网络的等效电路	缘
第八节 受控电源	缘
习题	源
第三章 线性电路分析的一般方法	苑
*第一节 网络图论的概念	苑
第二节 支路电流法	愿
第三节 网孔分析	愿
第四节 回路分析	愿
第五节 节点分析	怨
*第六节 割集分析	怨
习题	苑
第四章 线性网络的几个定理及等效网络	员
第一节 叠加定理	员

第二节	互易定理	页四
第三节	替代定理	页五
第四节	戴维宁定理	页四
第五节	诺顿定理	页五
第六节	最大功率传输定理	页五
第七节	再形网络与 \triangle 形网络的等效变换	页六
* 第八节	理想电源的转移	页五
	习题	页四
第五章 动态电路元件及其强制响应		页五
第一节	激励源常用的几个典型函数(波形)	页五
第二节	电容器	页四
第三节	线性定常电容器的特性方程	页五
第四节	电容器储存的能量	页五
第五节	电容器的串联与并联	页五
第六节	电感器	页五
第七节	线性定常电感器的特性方程	页五
第八节	电感器储存的能量	页五
第九节	电感器的串联与并联	页五
* 第十节	奇异电路	页五
第十一节	实际的电容器与电感器	页五
	习题	页五
第六章 正弦稳态电路分析		页四
第一节	周期函数的平均值与有效值	页四
第二节	复数及其运算	页四
第三节	正弦时间函数的相量表示	页四
第四节	正弦稳态电路中的电阻器	页四
第五节	正弦稳态电路中的电感器	页四
第六节	正弦稳态电路中的电容器	页四
第七节	基尔霍夫定律的相量形式	页四
第八节	串联电路—阻抗	页四
第九节	并联电路—导纳	页四
第十节	简单导抗电路分析	页四
第十一节	串联谐振电路	页四
第十二节	并联谐振电路	页四
* 第十三节	串并联电路的谐振	页四
第十四节	复杂线性电路分析	页四

*第十五节	电路的对偶性质	园远
	习题	猿园
第七章	正弦稳态电路的功率	猿员
第一节	平均功率	猿员
第二节	视在功率	猿缘
第三节	功率因数	猿远
第四节	无功功率与无功因数	猿怨
第五节	复数功率	猿原
*第六节	复功率守恒	猿远
第七节	功率因数的提高	猿园
第八节	最大功率传输定理	猿猿
第九节	平均功率的测量	猿愿
	习题	猿猿
第八章	互感耦合电路分析	猿圆
第一节	耦合电感器与互感电压	猿圆
第二节	耦合电感器的串联	猿圆
第三节	去耦合等效电路	猿员
第四节	线性变压器电路分析	猿源
第五节	含有耦合电感器的复杂电路分析	猿园
第六节	理想变压器	猿猿
	习题	猿员
第九章	三相电路的正弦稳态分析	猿圆
第一节	三相电路概述	猿圆
第二节	几种对称三相电路的分析	猿苑
第三节	不对称三相电路	源愿
第四节	三相电路的功率	源园
第五节	三相电路的功率测量	源缘
	习题	源员
第十章	傅里叶分析	源愿
第一节	周期函数的傅里叶级数与频谱	源愿
*第二节	几种对称波形	源员
第三节	周期电流、电压的最大值、有效值与平均值	源员
第四节	非正弦稳态电路的功率	源缘
第五节	频域中的网络函数	源愿

VIII

第六节 非正弦稳态电路的分析	源圆
*第七节 对称三相非正弦稳态电路分析	源苑
习题	源质
习题答案	源园
参考文献	源缘

第一章 电路的基本概念和基本定律

内 容 提 要

电路分析主要任务在于分析电路中的电流、电压以及它们之间的关系等。分析电路依靠电路基本定律。本章先复习电流、电压、功率等基本概念，并介绍电路的基本定律，即欧姆定律、~~运~~ ~~运~~最后介绍电压源。

第一节 电路及电路模型

本节介绍电路与电路模型的概念。

一、电路

什么是电路？一个电池、一个灯泡、一个开关、三根连接导线，按照图 ~~图~~ 的方式连接起来，这就组成了一个简单的实际的照明电路。由此我们可对电路作如下的定义：人们为了实现某种目的，将若干个电气设备或器件，按照一定的方式连接起来，构成电流的通路，这个通路称为电路，或称为网络。

在电路理论中，“电路”与“网络”这两个术语并无严格的区别，今后可以混用。

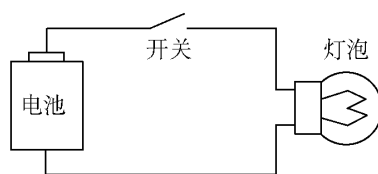


图 ~~图~~ 一个简单的实际照明电路

二、电路的形式与功能

电路有哪些形式与功能？电路的形式与功能是多种多样的，它有长达数百公里的输电线路，也有只集中在几平方毫米内的集成电路；

它可以用来实现电能的传输和分配（例如输电线路）；或是用来传输和处理各种电信号（例如控制信号、图像信号、语言信号等等）。

三、实际电路元件

构成电路的设备或器件，称为实际电路元件。其中提供电能的设备称为电源，例如电池、发电机、信号发生器等；吸收电能的设备称为负载，例如各种电阻器、电感器、电容器、晶体管及电动机等等。

在通有电流的电路中，每一个实际电路元件都会出现好几个电磁现象。例如，

圆

当通过电池的电流增大时，电池的端电压会降低，电池会发热；电阻器通电后会发热，同时还有磁场产生；电流通过电感器时会产生磁场，电感器也要发热，匝间还有电场；当电容器极板间的电压变化时，电容器中有变化的电场和变化的磁场，介质中还有热损耗等等。上述这些现象对于每一个实际电路元件来说，都是交织在一起的，因此，直接分析由实际电路元件所组成的电路，通常是比较困难的。为此，我们要设法从实际电路元件中抽象出一些理想化的电路元件来，并用这些理想元件去构成实际元件的模型，然后，再分析模型中出现的电磁现象。

四、理想电路元件（集中参数元件）

只显示单一电磁现象，且不计元件几何尺寸，并视其参数集中于一点（无几何大小的点）的电路元件，称为理想电路元件，或叫做集中参数元件（有两个端钮的二端集中参数元件的特征是，流入一端的电流等于从另一端流出的电流）。理想电路元件分为：

理想的电源元件

独立电压源与独立电流源是理想的电源元件。

理想的负载元件

用来表征电磁能量转换为其他形式能量的电阻器，表征电场现象的电容器，以及表征磁场现象的电感器是理想的负载元件。

理想的耦合元件

受控电源、耦合电感器、理想变压器、回转器等是理想的耦合元件。

上述这些理想电路元件都有精确的数学定义，关于它们的定义，将在后面章节中陆续地给出。

五、电路模型（集中参数电路）

用一个或几个理想电路元件构成的模型去模拟一个实际电路，使得模型中出现的电磁现象与实际电路中反映出来的现象十分近似，这个由理想电路元件组成的电路称为电路模型。由于理想电路元件也叫做集中参数元件，所以，由集中参数元件构成的电路模型也叫做集中参数电路。又因为理想电路元件都有精确的数学定义，所以，电路模型也叫做数学模型。

今后，我们分析的电路都是电路模型，模型中的元件都是理想的。这样一来，在电路模型中就能建立电路方程（数学方程）了。

需要指出，当实际电路尺寸远小于电路中电流的波长时，该电路可用集中参数模型模拟；当电路尺寸与波长有相同数量级时，该电路就要用分布参数模型模拟了。本书只讨论集中参数模型。

本书任务在于，对一给定电路模型，如何分析其中出现的电磁现象，以及计

算模型中的物理量（如电流、电压、功率等）。至于如何构成实际电路的模型，这不是本书要讨论的主要内容。

注意，在模型中所得结果只是实际电路中的一种近似。

第二节 电路分析中的几个主要物理量

为适应全书的需要，本节先复习电路分析中的几个主要物理量，以及有关规定。

一、电流

定义与实际方向

电荷定向移动形成电流。

单位时间内通过导体横截面的电荷量称为电流，以 i 表示。

在图 1-1 中，设在时刻 t 自左向右已通过导体横截面 S 的电荷量为 $q(t)$ ，而在 t 的近旁，在 Δt 时间内通过的电荷量为 Δq ，当取 i 的方向与 Δq 一致时，则在该时刻的电流定义为

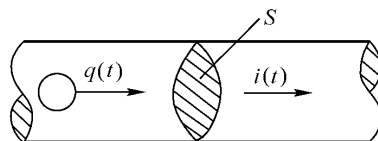


图 1-1 电流 i 定义示意图

$$i \triangleq \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

(1-1)

若 i 的方向与 Δq 相反，则有

$$i \triangleq -\frac{\Delta q}{\Delta t}$$

(1-2)

i 表示电流是 t 的函数。式中符号“ \triangleq ”表示定义为相等，其中“ \triangle ”为定义之意。

人们规定正电荷移动的方向作为电流的实际方向。

时变电流与时变电流电路

如果电流的大小和(或)流向是随着时间 t 改变的，这样的电流称为时变电流，以 $i(t)$ 或 i 表示。

通有时变电流的电路称为时变电流电路。

直流电流与直流电路

如果电流的大小为恒值，方向不变，这样的电流称为直流电流(通常用 I 表示)。简写 I 或 I_0 ，或恒定电流，用斜体字母 I 表示(由于直流电流仅是时变电流的特例，因此直流电流也可用 i 表示)。

通有直流电流的电路称为直流电路，或恒定电流电路。

电流的单位

需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

源

在(国际单位制)基本单位中,电量的单位名称为库[仑](符号为悦)时间单位名称为秒(符号为净),电流的单位名称为安[培](符号为粤),且有

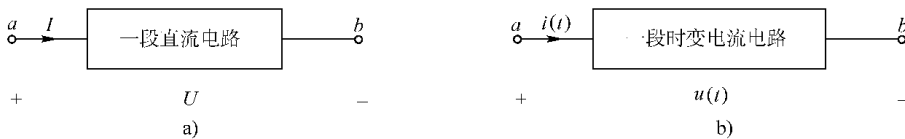
$$1 \text{ 安(粤)} = \frac{1 \text{ 库(悦)}}{1 \text{ 秒(净)}}$$

此外,电流常用的单位还有千安、毫安、微安及纳安等,且有

$$\begin{aligned} 1 \text{ 千安(粤)} &= 10^3 \text{ 安(粤)} & 1 \text{ 毫安(粤)} &= 10^{-3} \text{ 安(粤)} \\ 1 \text{ 微安}(\mu\text{粤}) &= 10^{-6} \text{ 安(粤)} & 1 \text{ 纳安(粤)} &= 10^{-9} \text{ 安(粤)} \end{aligned}$$

电流的参考方向

分析电路中的电流,依靠电流基本定律,在应用电流基本定律建立电路方程时,必须知道电流的流向。但是,电路中的电流方向通常事先是不知道的,这个矛盾如何解决?对此,可在每段电路中先任意地指定一个电流方向,这个任意指定的电流方向,称为电流的参考方向,以箭头符号表示,如图(所示[注意,时变电流的参考方向,指的是在时刻(这一瞬间的电流方向)]



图(标有电流、电压参考方向的一段电路

直流电路 时变电流电路

有了电流参考方向及计算值的正负,电流的实际方向就能确定了。例如,在图(中,根据图示参考方向,经过计算若有(表明电流实际方向与参考方向一致,若是(则电流实际方向与参考方向相反。

必须强调指出,在电路分析中,离开了电流的参考方向谈论电流的正与负是没有意义的。

例(一段时变电流电路如图(所示,电流(与电荷(有相反方向。已知通过电路的电荷量(与(的关系如图(所示[(跃(为正电荷量,(约为负电荷量)],试计算对所有(的电流(,画出其波形,并指出电流实际方向。

解 采用分段计算。

时变电流电路中的电荷(,电流(是(的函数,图(中的(定作时间起算点。

图(波形对所有(不是同一函数,采用分段计算是合适的。现将(波形分为(段,相应电流也分为(段。(与(反向,电流、电荷间的关系由式(

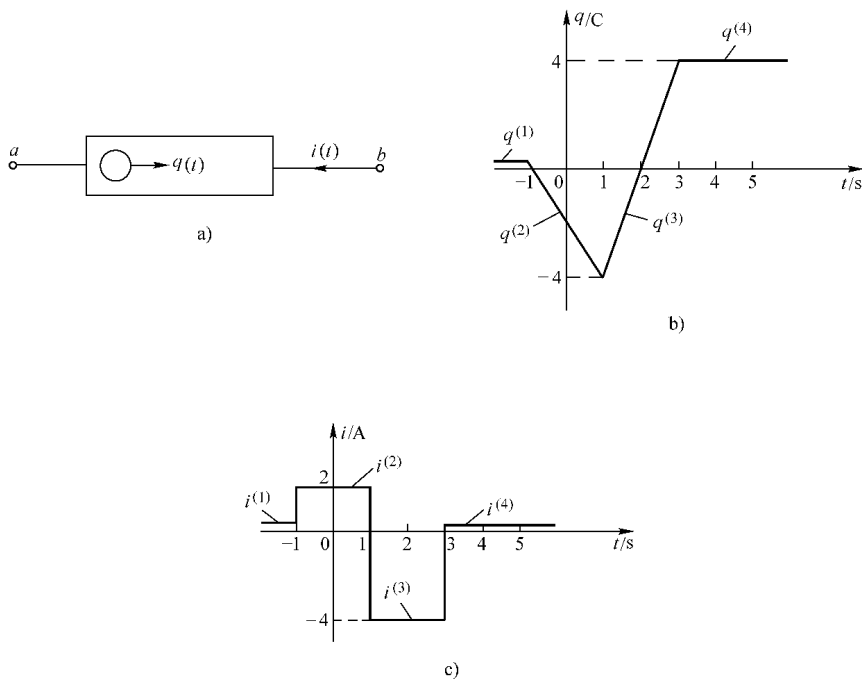


图 1 原 电流与电荷的关系
 葬一段时变电流电路 遭 择 贼 波形 糟 蚤 贼 波形

给出为

$$i = \frac{dq}{dt}$$

对 贼 的 原 员 泽

$$i^{(1)}(t) = \frac{dq^{(1)}(t)}{dt} \quad i^{(2)}(t) = \frac{dq^{(2)}(t)}{dt}$$

对 原 员 泽 的 贼 的 员 泽

$$i^{(1)}(t) = \frac{dq^{(1)}(t)}{dt} \quad i^{(2)}(t) = \frac{dq^{(2)}(t)}{dt} \quad i^{(3)}(t) = \frac{dq^{(3)}(t)}{dt} \quad i^{(4)}(t) = \frac{dq^{(4)}(t)}{dt}$$

择⁽¹⁾(贼约园,且有 贼,负电荷量 择⁽¹⁾↑,负电荷自 葬→遭移动。蚤⁽¹⁾跃园实际电流自 遭→葬

对 员 泽 的 贼 的 员 泽

$$i^{(1)}(t) = \frac{dq^{(1)}(t)}{dt} \quad i^{(2)}(t) = \frac{dq^{(2)}(t)}{dt}$$

⊖ 本书述及的方程(不论是量方程还是数值方程)及计算式中,如无特殊说明,时间 贼 均以 泽 为单位。

远

$$蚤^{(0)}(贼越原) \frac{蚤^{(0)}(贼越原)}{蚤^{(0)}(贼越原)} [源贼原园] 粤越原原粤$$

在员泽的贼的猿泽内,择^{(0)}的园贼,负电荷量↓,表明正电荷自葬>遭使已通过葬>遭的净负电荷量↓;贼越园泽葬>遭的净电荷量为零;在园泽的贼的猿泽内,择^{(0)}(贼跃园蚤^{(0)}园实际电流自葬>遭

对 贼跃猿泽

$$择^{(0)}(贼越原悦) \\ 蚤^{(0)}(贼越原) \frac{蚤^{(0)}(贼越原)}{蚤^{(0)}(贼越原)} 越园$$

择^{(0)}(贼越定值,表明无电荷定向移动,电流为零。

蚤贼波形如图糟所示。

例 员圆 已知在图员圆中电流蚤贼的波形如图糟所示,且知在贼越园时有择^{(0)}(园)越原园悦即已有原园悦电荷通过),试计算贼跃园后的电荷择贼,并画出其波形。

解 图葬中蚤贼与择贼反向,蚤贼与择贼之间的关系由式(员圆)得

$$蚤贼越原 \frac{蚤^{(0)}(贼越原)}{蚤^{(0)}(贼越原)}$$

为考察对所有贼电荷择贼与电流蚤贼之间的关系,将上式在(原肆,贼内积分,得

$$\int_{原肆}^{贼} \frac{蚤^{(0)}(\xi)}{蚤^{(0)}(\xi)} 越原 \int_{原肆}^{贼} 蚤(\xi) 蚤 \quad (员)$$

为与积分上限贼加以区别,式(员)中积分变量改用ξ,这样有

$$择贼越原 \int_{原肆}^{园} 蚤(\xi) 蚤 原 \int_{园}^{贼} 蚤(\xi) 蚤 \quad [式中择原肆)越园] \quad (圆)$$

式(圆)前一项积分原 \int_{原肆}^{园} 蚤(\xi) 蚤 越择园)是在计时前一瞬间,即在贼越园时已通过的电荷量,该电荷称为初始电荷[择园)跃园为正电荷量,择园)约园为负电荷量];后一项积分是从计时开始,即贼跃园后由电流蚤贼给出的电荷量,因蚤贼与择贼反向,所以该项前带“原”号。这样式(圆)可写作

$$择贼越择园)原 \int_{园}^{贼} 蚤(\xi) 蚤 \quad (猿)$$

式(猿)表明,在贼跃园后任一时刻贼通过的电荷量择贼,都要从贼越园时开始累计。

需要指出,如果在一段电路上择贼与蚤贼同向,则式(猿)中积分号前带“垣”号。

本例根据式(猿)采用分段计算(并沿用图员圆中的符号)。

在 贼越园时

$$择^{(0)}(园)越原园悦 \quad (源)$$

对 园悦贼自泽

$$\begin{aligned} & \text{蚤}^{\text{园}}(\text{贼越园粤}) \\ & \text{择}^{\text{园}}(\text{贼越择}^{\text{园}}(\text{园})\text{原}) \int_{\text{园}}^{\text{贼}} \text{蚤}^{\text{园}}(\xi) \text{凿越} \left(\text{原园原} \int_{\text{园}}^{\text{贼}} \text{园凿} \right) \text{悦} \\ & \text{越原园贼园悦} \quad (\text{直线方程}) \quad (\text{缘}) \end{aligned}$$

该时段内,每秒有园悦正电荷自遭葬亦即有原园悦净电荷自葬遭,贼自葬遭通过的负电荷量↑。

在 贼越园泽时

$$\text{择}^{\text{园}}(\text{园}) \text{越原园贼园悦} \int_{\text{园}}^{\text{园}} \text{悦越原园悦} \quad (\text{远})$$

以上已算得 贼越园泽时已通过的电荷量。

对 员泽的贼自猿泽

$$\begin{aligned} & \text{蚤}^{\text{园}}(\text{贼越原园粤}) \\ & \text{择}^{\text{园}}(\text{贼越择}^{\text{园}}(\text{员})\text{原}) \int_{\text{员}}^{\text{贼}} \text{蚤}^{\text{园}}(\xi) \text{凿} \\ & \text{注意,在}(\text{员}, \text{员})\text{内,蚤从园粤突变为原园粤,即从} \text{蚤}^{\text{园}} \text{突变为} \text{蚤}^{\text{园}}, \text{对此上式可写作} \\ & \text{择}^{\text{园}}(\text{贼越择}^{\text{园}}(\text{员})\text{原}) \int_{\text{员}}^{\text{员}} \text{蚤}^{\text{园}}(\xi) \text{凿原} \int_{\text{员}}^{\text{贼}} \text{蚤}^{\text{园}}(\xi) \text{凿} \\ & \text{越} \left[\text{原源原园原} \int_{\text{员}}^{\text{贼}} \text{原园凿} \right] \text{悦越原园贼园悦} \quad (\text{苑}) \end{aligned}$$

式中积分 $\int_{\text{员}}^{\text{贼}} \text{蚤}^{\text{园}}(\xi) \text{凿}$ 是蚤波形在 $(\text{员}, \text{员})$ 内与贼轴间的面积,其值为零。该时段内每秒有原园悦电荷自遭葬亦即有源园悦净电荷自葬遭,使葬遭的负电荷量↓。在 贼越园泽有 择^园(园)越原园原园越园,即从 贼越园起,自葬遭的净电荷量等于零。

在 贼越园泽时

$$\text{择}^{\text{园}}(\text{园}) \text{越源园贼园悦} \int_{\text{园}}^{\text{园}} \text{悦越原园悦} \quad (\text{愿})$$

对 贼自猿泽

$$\begin{aligned} & \text{蚤}^{\text{园}}(\text{贼越园}) \\ & \text{择}^{\text{园}}(\text{贼越择}^{\text{园}}(\text{猿})\text{原}) \int_{\text{猿}}^{\text{贼}} \text{蚤}^{\text{园}}(\xi) \text{凿} \quad \left[\text{式中} \int_{\text{猿}}^{\text{贼}} \text{蚤}^{\text{园}}(\xi) \text{凿越园} \right] \\ & \text{越择}^{\text{园}}(\text{猿})\text{原} \int_{\text{猿}}^{\text{贼}} \text{蚤}^{\text{园}}(\xi) \text{凿} \\ & \text{越原园悦} \quad (\text{怨}) \end{aligned}$$

该时段内,电流为零,无电荷定向移动,已通过的电荷量不变。

由式(源~式(怨)画出的择贼波形如图 员源所示。

愿

二、电位

在电路中选择一点作为参考点(参考点电位一般定为零),则其余各点对参考点来讲都有电位。

定义与单位

在直流电路中,库仑电场力移动单位正电荷从葬点到参考点燥所作功的大小,定义为葬点的电位值,以灾葬表示(国家标准)。

如果库仑电场力移动正电荷Δ择从葬点到参考点燥作功Δ宰,则葬点的电位值定义为

$$\text{灾葬} = \frac{\Delta \text{宰}}{\Delta \text{择}} \quad (\text{员圆})$$

注意,式中Δ宰是库仑电场力作的功,也即是电场能量的减少。

电位的单位名称为伏[特](灾),符号为灾。常用的单位还有千伏(噪)、毫伏(皂灾)、微伏(μ灾)等。

例 设非库仑电场力移动负电荷圆悦从葬点到参考点燥作功灾允,能量单位名称为焦[耳](灾),符号为灾允,试计算葬点的电位值。

解 被移动的电荷量为Δ择,非库仑电场力作功,使电场能量增加,即Δ宰,这样由式(员圆)得

$$\text{灾葬} = \frac{\Delta \text{宰}}{\Delta \text{择}} = \frac{\text{灾允}}{\text{圆悦}}$$

电位的参考极性

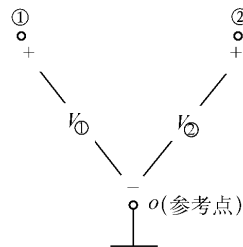
分析电路中的电位依靠电位(电压)基本定律,在应用电位基本定律建立电路方程时,必须知道这些点的电位比参考点高还是低。同样地在分析前这些点的电位高低一般也不知道,解决的方法是按照惯例,指定参考点为“原”极性(在电子电路中,有时指定参考点为“垣”极性),其余各点均为“垣”极性,这样指定的极性称为电位的参考极性。

“垣”极性表示高电位端。

在电路中,人们常用接地符号“⊥”表示参考点。

在直流电路中,本书采用的电位参考极性的表示方式如图员所示。

根据电位的参考极性及其计算值的正负,就能确定各点电位的高低。例如,对图员所示参考极性,经过计算设有灾① > 灾,灾② < 灾,这表明,点①电位比参考点燥高,点②电位比参考点燥低,实为低。



图员 直流电路中电位参考极性的表示

三、电压

定义及参考极性

在直流电路中,设葬点电位为 $U_{葬}$,遭点电位为 $U_{遭}$,则定义

$$U_{葬遭} = U_{葬} - U_{遭} \quad (\text{伏特})$$

为葬遭两点间的电压(符号 $U_{葬遭}$ 为国家标准),也叫做葬遭间的电位差、电位降、电压降。

在直流电路中, $U_{葬}$ 、 $U_{遭}$ 有恒定值,所以 $U_{葬遭}$ 也有恒定值,这样, $U_{葬遭}$ 亦叫做恒定电压或直流电压(以下简称电压)。下标 $U_{葬遭}$ 表示电位自葬点到遭点是降低的。例如,设有 $U_{葬} > U_{遭}$, $U_{葬} > U_{遭}$,则有 $U_{葬遭} > 0$, $U_{葬遭} > 0$, $U_{葬遭} > 0$, $U_{葬遭} > 0$,这表明从葬点到遭点电位降低了 $U_{葬遭}$ 【思考 从遭点到葬点电位降低了多少?】。

电压单位名称与电位单位名称相同,即伏[特](灾)。

类似地,在分析电路中两点间的电压时(当这两点的电位未知时),也要先指定这两点电压的极性(任意指定)后才能应用电压基本定律建立电路方程,这个任意指定的极性,称为电压的参考极性。

在直流电路中,本书采用的电压参考极性的表示方式如图 1-1 所示[在图 1-1 中给出了时变电压 u_{ab} 的参考极性]。“垣”极性表示高电位端,“原”极性表示低电位端(电压 U_{ab} 是“垣”到“原”的电位降低,也是“原”到“垣”的电位升高)。

有了电压的参考极性及其计算值的正负,两点间电位的高低就能确定了。例如,在图 1-1 中,根据指定的电压极性,经计算设有 $U_{ab} > 0$ 表明葬点电位高于遭点,若有 $U_{ab} < 0$ 表明葬点电位低于遭点。

在电路分析中,离开了电压的参考极性谈论电压的正与负也是没有意义的。

在图 1-1 中,有时还给电压 U_{ab} 加注下标 U_{ab} 即将 U_{ab} 写成 U_{ab} (下标 U_{ab} 意指葬点为“垣”极性,遭点为“原”极性),这种表示方式称为电压参考极性的双重表示法。

需要指出,电压的“参考极性”与“参考方向”这两个术语可以混用。

电压 U_{ab} 的物理含义

在恒定电流电路中,库仑电场力移动单位正电荷从一点到另一点所作的功,只与两点的位置有关,而与移动电荷的路径无关。这样,在图 1-1 中,从葬→燥零电位点)电场力移动单位正电荷所作的功为

$$W_{葬遭} = q(U_{葬} - U_{遭})$$

由此得

$$U_{葬遭} = \frac{W_{葬遭}}{q}$$

这表明,库仑电场力移动单位正电荷从葬→遭所作功的大小,就是葬遭间电压 $U_{葬遭}$ 的值。