



电路解析 与 精品题集

上册

姚维 姚仲兴 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

考 研 良 友

电 路 解 析
与
精 品 题 集

上册

姚维 姚仲兴 编著



机 械 工 业 出 版 社

本书与姚仲兴、姚维编著的《电路分析原理》教材配套,分上、下两册,内容符合“高等学校工科本科电路课程教学基本要求”。

本书着重介绍电路分析方法与解题技巧,并提供大量练习题。每章分三节。第一节理论提要,概述与本章习题相关的理论;第二节典型例题,演示电路概念、原理、分析方法与解题技巧之应用,并作为习题的范例;第三节为大量概念综合、难度相当高、分析方法灵活巧妙、数据极其简单的习题。

作者参阅了近年来各兄弟院校的研究生电路试题,结合自身 40 余年从事电路分析课程教学的经验,精心设计了 179 个精彩例题,1001 个习题,作为本书主要内容。

本书可供学习电路分析的学生参考,尤其适用于要考研的学生,对有关教师也有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

电路解析与精品题集. 上册/姚维,姚仲兴编著. —北京:机械工业出版社,2005.1

(考研良友)

ISBN 7-111-15750-8

I. 电... II. ①姚... ②姚... III. 电路理论—研究生—入学考试—解题 IV. TM13-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 126054 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:韩雪清

责任编辑:于苏华 版式设计:冉晓华

责任校对:李秋荣 责任印制:杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2005 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·10.25 印张·397 千字

定价:26.00 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)68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

作者参阅了国内外的电路教材,特别是近年来各兄弟院校的研究生电路试题,结合自身 40 余年来从事电路分析课程教学之经验,编著成本书。

本书是与姚仲兴、姚维编著的高等学校教材《电路分析原理》(机械工业出版社,2005 年)配套的教学参考书,全书十七章内容分上、下两册的编排也与主教材一致。

本书着重介绍电路的分析方法与解题技巧,并提供大量的典型例题与练习题。每章分三节。第一节理论提要,简要介绍与本章习题相关的基本理论与基本分析法(有些在《电路分析原理》一书中未作介绍的内容,例如罗森定理,对称网络,时域中零初始电感器、电容器 Y 形网络与 Δ 形网络的等效变换,斜坡响应,一般二阶电路的时域分析,线性时变常态网络、线性定常非常态网络状态方程的直观编写,矩阵 A 、 Q 、 M 、 B 之间的关系,互易双口网络的等效网络及复合双口网络等也在这一节中介绍,作为《电路分析原理》教材的补充)。第二节典型例题,主要演示电路基本概念、原理、分析方法与解题技巧的应用,并作为习题的范例(凡在习题中出现的题型,都有相应的例题,只要真正领悟了例题,求解习题不会有多大困难)。第三节为大量的、内容符合“高等学校工科本科电路课程教学基本要求”、概念综合、形式多样、新奇、分析方法灵活巧妙、难度相当高、数据极其简单的习题。

书中每个例题与习题都经精心设计,这表现在以下方面:

(1) 概念综合,求解巧妙 大量题目综合了电路理论的多个概念、原理、定律与定理,例如在一个题的求解中,要多次应用替代定理、线性定理、戴维宁定理、诺顿定理、互易定理及最大功率传输等定理。多数题目中设计有“玄关”,要依靠电路理论去识破它们,然后巧妙地将看似复杂的电路化作非常简单的电路,最后建立电路方程求解。这简化电路的过程是培养分析问题与解决问题能力的过程,也是考察所学电路理论能否融会贯通的过程。

(2) 数据简单 作者以支路号赋予元件参数值,例如设 $u_{s1}=1V$, $i_{s2}=2A$, $R_3=3\Omega$, $L_4=4H$, $C_5=5F$,……,并使计算结果也是一组良好的数字。这样设计一是便于教师举例,二是免去了乏味的数据运算,使学生感到做电路题是一种难以言表的享受。

(3) 电路图美观 书中所有电路元件尺寸划一,电路各部分结构比例协调和谐,有美感。

IV

全书有典型的精彩例题 179 个,习题 1001 个。

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。本书将有效地帮助你提高分析问题与解决问题的能力及电路的应试成绩。

本书特别适宜于要考研的学生与有关教师参考。

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

由于编著者水平有限,差错难免,敬请广大读者批评指正。

编著者

于浙江大学电气学院

目 录

前言

第一章 电路的基本概念和基本定律	1
第一节 理论提要	1
1. 理想电路元件(集中参数元件)	1
2. 电路模型(集中参数电路)	1
3. 电流、电荷关系	1
4. 电荷、电流关系	1
5. 电位	2
6. 电压	2
7. 电动势	3
8. 参考方向	3
9. 关联参考方向(一致的参考方向)	3
10. 线性电阻	3
11. 欧姆定律(Ohm's Law)	4
12. 一段电路的特性方程	4
13. 功率	4
14. KCL(Kirchhoff's Current Law)与 KVL(Kirchhoff's Voltage Law)	5
15. 电压源	5
16. 直流电流与直流电压符号	6
第二节 例题	6
第三节 习题	12
第二章 简单电阻电路分析	17
第一节 理论提要	17
1. 电阻串联	17
2. 电阻并联	17
3. 电路中各点的电位	18
4. 电流源	18
5. 电源模型的等效转换	18
6. 受控电源	18
7. 输入电阻与输出电阻	19
8. 二端对称网络	20
第二节 例题	20

VI

第三节 习题	30
第三章 线性电路分析的一般方法	45
第一节 理论提要	45
1. 网络图论的一些基本概念	45
2. 支路电流法	48
3. 网孔分析	49
4. 回路分析	50
5. 节点分析	51
6. 米尔曼定理	53
7. 割集分析	53
第二节 例题	56
第三节 习题	62
第四章 线性网络的几个定理及等效网络	68
第一节 理论提要	68
1. 叠加定理	68
2. 互易定理	69
3. 替代定理	70
4. 戴维宁定理(Thevenin's Theorem)	71
5. 诺顿定理(Norton's Theorem)	71
6. 最大功率传输定理	71
7. Y形网络与 Δ 形网络的等效变换	73
8. 罗森定理(Rosen Theorem)	73
9. 对称网络及其等效网络	75
10. 理想电源的转移	79
第二节 例题	80
第三节 习题	98
第五章 动态电路元件及其强制响应	116
第一节 理论提要	116
1. 激励源常用的几个典型函数(波形)	116
2. 线性定常电容器与电感器的特性方程及其储能	118
3. 电容器、电感器的串联与并联	118
第二节 例题	121
第三节 习题	143
第六章 正弦稳态电路分析	154
第一节 理论提要	154
1. 周期电流与电压的有效值	154
2. 正弦时间函数的相量表示	154

3. 处于正弦稳态的 R 、 L 、 C 及 RLC 串联与 GCL 并联电路	155
4. RLC 串联与 GCL 并联电路的谐振	155
5. 串并联电路的谐振	155
6. 复杂线性电路分析	155
7. 电路的对偶性质	159
第二节 例题	161
第三节 习题	177
第七章 正弦稳态电路的功率	192
第一节 理论提要	192
1. 瞬时功率	192
2. 平均功率	192
3. 无功功率	193
4. 视在功率	193
5. 功率因数	194
6. 功率因数的提高	194
7. 复数功率	194
8. 复功率守恒	194
9. 从相量 $\dot{U}$ 、 $\dot{I}$ 的夹角大小判别网络 N 的性质	194
10. 最大功率传输定理	195
11. 平均功率的测量	195
第二节 例题	195
第三节 习题	200
第八章 互感耦合电路分析	207
第一节 理论提要	207
1. 耦合电感器的自感、互感与耦合系数	207
2. 耦合电感器的同名端	208
3. 时域中的互感电压	208
4. 互感电抗与频域中的互感电压	208
5. 耦合电感器的串联	208
6. 去耦合等效电路	209
7. 线性变压器	209
8. 理想变压器	211
第二节 例题	212
第三节 习题	229
第九章 三相电路的正弦稳态分析	246
第一节 理论提要	246
1. 对称三相电源	246

2. 对称三相负载	247
3. 对称三相电路	248
4. 对称三相电路负载 $\triangle$ 形联结	248
5. 对称三相电路的计算	248
6. 对称三相电路的功率	248
7. 三相电路的功率测量	249
第二节 例题	250
第三节 习题	257
第十章 傅里叶分析	268
第一节 理论提要	268
1. 周期函数的傅里叶级数	268
2. 周期电流、电压的最大值、平均值与有效值	268
3. 描述周期波形特征的几个系数	269
4. 非正弦周期电流与电压的测量	270
5. 非正弦稳态电路中的功率	270
6. 频域中的网络函数	271
7. 线性非正弦稳态电路分析	271
8. 对称三相非正弦稳态电路分析	272
第二节 例题	272
第三节 习题	286
习题答案	297
参考文献	318

第一章 电路的基本概念和基本定律

本章主要涉及电荷、电流、电位、电压、电动势、功率等基本概念,以及电压源、电路基本定律:欧姆定律、KCL 与 KVL。

第一节 理论提要

1. 理想电路元件(集中参数元件)

只显示单一电磁现象、不计元件几何尺寸、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。

2. 电路模型(集中参数电路)

由理想电路元件构成的电路称为电路模型,或叫做集中参数电路。

本书所讨论的电路都是电路模型,即都是集中参数电路。

3. 电流、电荷关系

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 $i(t)$ 表示。

在图 1-1 中,设在时刻 t 自左向右已经通过导体横截面 S 的电荷量为 $q(t)$,且在 t 的近旁,在 dt 时间内通过的电荷量为 $dq(t)$,当取 $i(t)$ 的方向与 $q(t)$ 一致时,则在该时刻的电流为

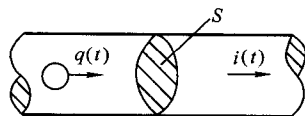


图 1-1 电流 $i(t)$ 定义示意图

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

注意,如果所取 $i(t)$ 的方向与电荷 $q(t)$ 的移动方向不一致,则在应用式(1-1)计算电流 $i(t)$ 时,式中应添加负号。

电流的实际方向是正电荷移动的方向。

对 SI(国际单位制)基本单位,在式(1-1)中电荷单位为库仑(coulomb,简写 C),时间单位为秒(second,简写 s),电流单位为安培(ampere,简写 A)。

4. 电荷、电流关系

(1) 在 (t_0, t) 内通过的电荷量 $q(t_0, t)$

由式(1-1)得到 (t_0, t) 内通过导体横截面的电荷量为

$$q(t_0, t) = \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi \quad (1-2)$$

(2) 在时刻 t 通过的电荷量 $q(t)$

在式(1-2)中,当取 $t_0 = -\infty$ 时,则 (t_0, t) 内通过的电荷量即为时刻 t 通过的电荷量,这样有

$$q(t) = \int_{-\infty}^t i(\xi) d\xi \quad (1-3)$$

如将记时起点定在 $t=0$, 这样式(1-3)可以写成

$$q(t) = \int_{-\infty}^{0-} i(\xi) d\xi + \int_{0-}^t i(\xi) d\xi$$

即

$$q(t) = q(0_-) + \int_{0-}^t i(\xi) d\xi \quad (1-4)$$

式中, $\int_{-\infty}^{0-} i(\xi) d\xi = q(0_-)$ 是在 $t=0_-$ 时已经通过的电荷量 [$q(0_-)$ 为正是正电荷量, $q(0_-)$ 为负是负电荷量], 其值根据图示方向由历史原因给出, 与 $i(t)$ 方向无关; $\int_{0-}^t i(\xi) d\xi$ 是在 0_- 后通过的电荷量, 当 $q(t)$ 与 $i(t)$ 同方向时, 积分号前取正号, 反方向时取负号。式(1-4)表明, 任一时刻 t 通过的电荷量 $q(t)$ 不是决定于同一时刻的电流 $i(t)$ 值, 而是取决于 $(-\infty, t)$ 内电荷量的积累。

5. 电位

在直流电路中, 库仑电场力移动单位正电荷从 a 点到参考点 o 所作功的大小定义为 a 点的电位值, 以 V_a 表示, 如图 1-2 所示。

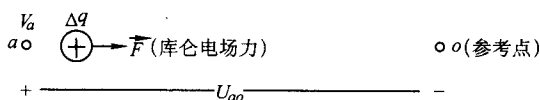


图 1-2 电位定义示意图

在图 1-2 中, 如果库仑电场力 $\vec{F}$ 移动正电荷 Δq 从 a 点到参考点 o 作功 ΔW , 则 a 点的电位值, 也即 a 点与 o 点之间的电压为

$$V_a = U_{ao} = \frac{\Delta W}{\Delta q} \quad (1-5)$$

式中, ΔW 是库仑电场力所作的功, 也即电场能量的减少。

在式(1-5)中, 功的单位为焦耳(joule, 简写 J), 电荷单位为库仑(C), 电位(电压)单位为伏特(volt, 简写 V)。

6. 电压

在直流电路中, 设 a 点电位为 V_a , b 点电位为 V_b , 则 ab 两点之间的电压(电位差、电位降、电压降)为

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-6)$$

U_{ab} 是 a 点到 b 点的电位降低(也是 b 点到 a 点的电位升高), 如图 1-3 所示。

电压 U_{ab} 也是库仑电场力移动单位正电荷从 a 点到 b 点所作的功。

在图 1-3 中, 如果库仑电场力 $\vec{F}$ 移动正电荷 Δq 从 a 点到 b 点作功 ΔW , 则有

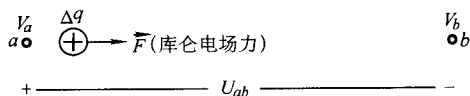


图 1-3 电压定义示意图

$$U_{ab} = \frac{\Delta W}{\Delta q} \quad (1-7)$$

式中, ΔW 为库仑电场力所作的功, 是电场能量的减少。

7. 电动势

在电池内部, 非库仑电场力移动单位正电荷从负极到正极所作功的大小, 定义为该电池的电动势, 以 E 表示。

在图 1-4 中, 如果非库仑电场力 $\vec{F}$ 移动正电荷 Δq 从电池负极到正极作功 ΔW , 则该电池的电动势为

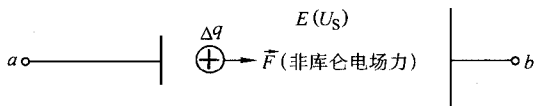


图 1-4 电动势 E (电源端电压 U_s) 定义示意图

$$E = \frac{\Delta W}{\Delta q} \quad (1-8)$$

式中 ΔW 是非库仑电场力所作的功, 是电场能量的增加。

电动势 E 是电池负极到正极的电位升, 电源 (电池) 端电压 U_s 是正极到负极的电位降, $E = U_s$ 。

电动势 E 的单位也是伏特 (V)。

8. 参考方向

电路中任意指定的电流方向与电压极性, 称为电流、电压的参考方向。不管分析什么样的电路, 必须首先指定参考方向, 然后才能建立电路方程。有了参考方向与计算值的正负, 实际方向是唯一确定的。

9. 关联参考方向 (一致的参考方向)

在图 1-5 中, 设电压 u 的 “+” 极性在 a 端, “-” 极性在 b 端, 在库仑电场中, 正电荷将从高电位端 (a 端) 向低电位端 (b 端) 移动, 当指定电流 i 的参考方向从 a 端流向 b 端时, 称 u, i 在 ab 段电路上有一致的参考方向, 即关联参考方向, 简称关联方向。

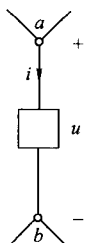


图 1-5 u, i 的关联参考方向

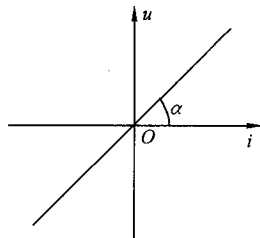


图 1-6 在关联参考方向下, 线性电阻的伏安特性曲线

10. 线性电阻

在关联参考方向下, 在 ui 平面上, 如图 1-6 所

示, u 、 i 间关系为一条通过原点 O 的直线的元件, 称为**线性电阻器**(即**线性电阻**)。若直线斜率 $\operatorname{tg} \alpha$ 为常数, 则该电阻器称为**线性定常电阻器**; 若 α 是 t 的函数, 则称为**线性时变电阻器**。

11. 欧姆定律(Ohm's Law)[⊙]

在线性电阻 R 上, u 、 i 有关联参考方向时

$$u = Ri \quad \text{或} \quad i = Gu$$

有非关联参考方向时

$$u = -Ri \quad \text{或} \quad i = -Gu$$

12. 一段电路的特性方程

一段电路的特性方程指的是该段电路端电压与端电流之间的关系方程。例如, 图 1-7 所示一段含源串联直流电路的特性方程为

$$U_{ab} = RI - E$$

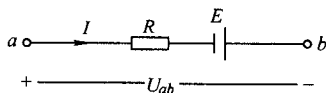


图 1-7 一段含源串联直流电路

式中任意给定其中三个量, 就能确定另一个量。

13. 功率

任一直流单口网络 N (network) 的功率 P 等于该网络的端电压 U 与端电流 I 之乘积。在图 1-8a 中, U 、 I 关联于网络 N , 网络的功率为

$$P = UI \begin{cases} > 0 & \text{网络 } N \text{ 吸收正功率(亦即产生负功率)} \\ < 0 & \text{网络 } N \text{ 吸收负功率(亦即产生正功率)} \end{cases} \quad (1-9a)$$

在图 1-8b 中, U 、 I 关于网络 N 非关联, 网络的功率为

$$P = UI \begin{cases} > 0 & \text{网络 } N \text{ 产生正功率(亦即吸收负功率)} \\ < 0 & \text{网络 } N \text{ 产生负功率(亦即吸收正功率)} \end{cases} \quad (1-9b)$$

在式(1-9)中, U 的单位为**伏特(V)**, I 的单位为**安培(A)**, P 的单位为**瓦特(watt, 简写 W)**。

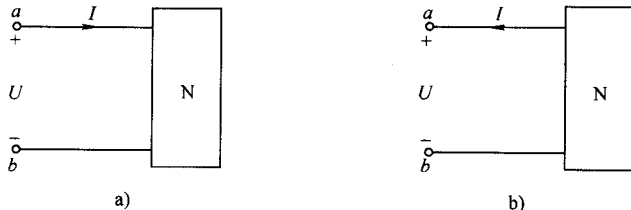


图 1-8 直流单口网络功率计算示意图

a) U 、 I 关联于网络 N b) U 、 I 关于网络 N 非关联

⊙ 欧姆于 1827 年创立欧姆定律。

14. KCL(Kirchhoff's Current Law)与 KVL(Kirchhoff's Voltage Law)^①

(1) KCL

在电路任一节点(或任一封闭面)上,在任一时刻,流出该节点(或封闭面)的电流之代数和等于零,即

$$\sum_{k=1}^n i_k = 0 \quad n \text{——与该节点相连(或与该封闭面相关)的支路数}$$

(2) KVL

在电路的任一回路中,在任一时刻,沿着指定的回路参考方向,各元件上电压降之代数和等于零,即

$$\sum_{k=1}^m u_k = 0 \quad m \text{——回路内的元件数}$$

KCL 用于约束节点与封闭面上的电流, KVL 用于约束回路中的电压。例如,对图 1-9a 电路的 O 点,应用 KCL 可得

$$i_3 = i_1 - i_2 = (1 - 2\sin t) \text{ A}^{\ominus}$$

对图 1-9b 电路的封闭面 S,应用 KCL 可得

$$i_1 = -i_2 + i_3 = (-2e^{-t} + 3t) \text{ A}$$

在图 1-9c 中,方框表示电路元件,对回路应用 KVL 得

$$u_3 = -u_1 + u_2 = (-1 + 2t) \text{ V}$$

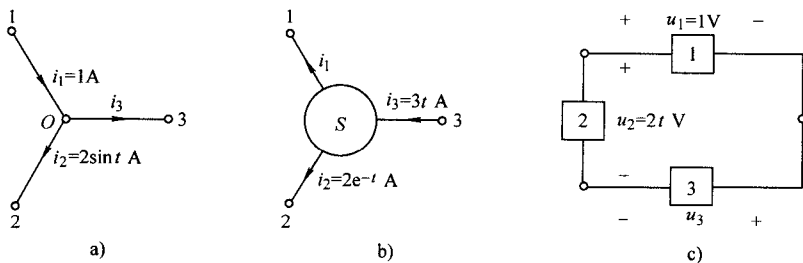


图 1-9 KCL、KVL 应用

a) 支路 1、2、3 连接于节点 O b) 支路 1、2、3 穿越 S 面 c) 元件 1、2、3 构成回路

15. 电压源

电压源的端电压始终等于规定值 $u_s(t)$ [下标 S 表示电源(source)]; 流经电压源的电流在其端节点上用 KCL 确定; 拿去与电压源并联的电路不影响电路其余部分的电压。

零电压源支路可以看作短接线; 反之, 仅由短接导线形成的支路可以看作零电压源支路。

① 德国物理学家基尔霍夫(Gaustav Kirchhoff)于 1845 年提出电流定律与电压定律。

② 本书述及的方程(不论是量方程还是数值方程)中, 如无特殊说明, 时间 t 均以 s 为单位。

16. 直流电流与直流电压符号

直流电流、电压分别以大写斜体字母 I 与 U 表示, 时变电流、电压分别以小写斜体字母 i 与 u 表示。由于直流仅是时变电流的特例, 因此, i 、 u 也可用于表示直流电流、电压, 而 I 、 U 则不能表示时变电流与电压。

第二节 例 题

例 1-1 一段时变电流电路如图 1-10a 所示, 电流 $i(t)$ 与电荷 $q(t)$ 有相同流向, 已知通过电路的电荷量 $q(t)$ 与 t 的关系如图 b 所示 ($q > 0$ 为正电荷量, $q < 0$ 为负电荷量), 试计算对所有 t 的电流 $i(t)$, 画出其波形, 并指出 $i(t)$ 的实际流向。

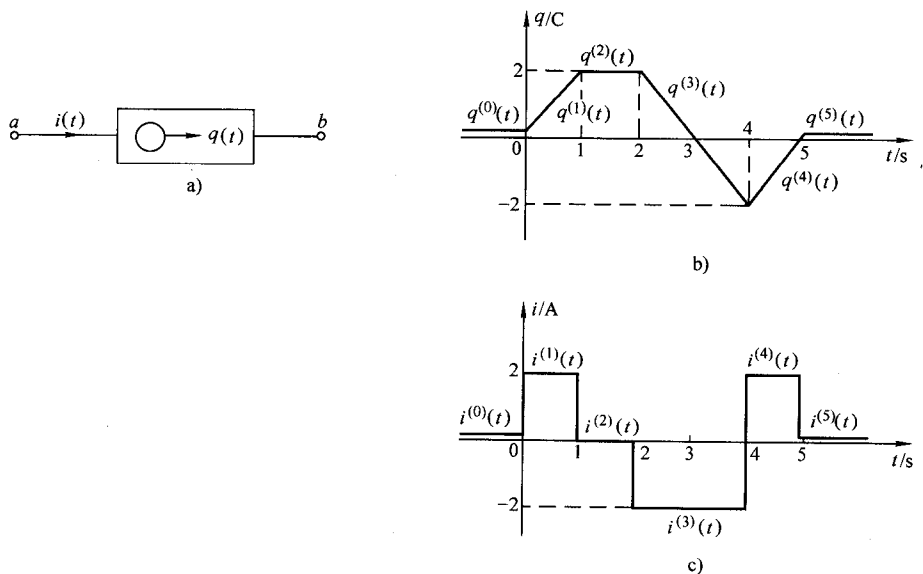


图 1-10 电流、电荷关系示例图

a) 一段时变电流电路 b) $q(t)$ 波形 c) $i(t)$ 波形

解 采用分段计算

对所有 t , $q(t)$ 波形不是同一函数, 将其分作 6 段, 相应电流也分作 6 段, 并分别用上标 (0)~(5) 加以区别。 $i(t)$ 与 $q(t)$ 有相同方向, 电流、电荷间关系由式 (1-1) 给出为 $i(t) = dq(t)/dt$ 。

对 $t < 0$

$$q^{(0)}(t) = 0$$

$$i^{(0)}(t) = \frac{dq^{(0)}(t)}{dt} = 0$$

对 $0 < t < 1s$

$$q^{(1)}(t) = 2t \text{ C}$$

$$i^{(1)}(t) = \frac{dq^{(1)}(t)}{dt} = \frac{d(2t)}{dt} \text{ A} = 2 \text{ A}$$

$q^{(1)}(t) > 0$, 且有 $t \uparrow$, $q^{(1)}(t) \uparrow$, 正电荷自 $a \rightarrow b$ 移动。 $i^{(1)}(t) > 0$, 实际电流自 $a \rightarrow b$ 。

$$\text{对 } 1\text{s} < t < 2\text{s} \quad q^{(2)}(t) = 2\text{C}$$

$$i^{(2)}(t) = \frac{dq^{(2)}(t)}{dt} = \frac{d2}{dt} = 0$$

$q^{(2)}(t)$ 为常数, 无电荷定向移动, $i^{(2)}(t) = 0$ 。

$$\text{对 } 2\text{s} < t < 4\text{s} \quad q^{(3)}(t) = -2(t-3) \text{ C}$$

$$i^{(3)}(t) = \frac{dq^{(3)}(t)}{dt} = \frac{d}{dt}[-2(t-3)] \text{ A} = -2 \text{ A}$$

在 $(2\text{s}, 3\text{s})$ 内, $q^{(3)}(t) > 0$, 且有 $t \uparrow$, $q^{(3)}(t) \downarrow$, 表明有负电荷自 $a \rightarrow b$ 移动, 使 $a \rightarrow b$ 的净正电荷量 $\downarrow$; 在 $t = 3\text{s}$, 净正电荷量 $q^{(3)}(3\text{s}) = 0$; 在 $(3\text{s}, 4\text{s})$ 内, $q^{(3)}(t) < 0$, 且有 $t \uparrow$ 负电荷量 $q^{(3)}(t) \uparrow$ 。 $i^{(3)}(t) < 0$, 实际电流自 $b \rightarrow a$ 。

$$\text{对 } 4\text{s} < t < 5\text{s} \quad q^{(4)}(t) = 2(t-5) \text{ C}$$

$$i^{(4)}(t) = \frac{dq^{(4)}(t)}{dt} = \frac{d}{dt}[2(t-5)] \text{ A} = 2 \text{ A}$$

$q^{(4)}(t) < 0$, 且有 $t \uparrow$, $q^{(4)}(t) \uparrow$, 又有正电荷自 $a \rightarrow b$ 移动。 $i^{(4)}(t) > 0$, 实际电流自 $a \rightarrow b$ 。

$$\text{对 } t > 5\text{s} \quad q^{(5)}(t) = 0 \quad i^{(5)}(t) = 0$$

$i(t)$ 波形如图 c 所示。

例 1-2 在图 1-11a 一段时变电流电路中, 电流 $i(t)$ 与电荷 $q(t)$ 方向相反, 已知在 $t = 0_-$ 时通过的电荷量为 $q(0_-) = -1\text{C}$, $t > 0$ 后电流 $i(t)$ 波形如图 b 所示, 试计算 $t \geq 0$ 后电路中的电荷 $q(t)$, 并画出其波形。

解 采用分段计算

将 $t > 0$ 后的电流波形分为 3 段, 这样有

$$\text{在 } t = 0_- \quad q(0_-) = -1 \text{ C}$$

$$\text{对 } 0 < t < 1\text{s} \quad i^{(1)} = -3 \text{ A}$$

由式(1-4)得

$$q^{(1)}(t) = q(0_-) - \int_{0_-}^t i^{(1)} d\xi$$

注意式中 $q(0_-)$ 前为正号 [$q(0_-)$ 为负值], 因为题中 $q(0_-)$ 值是根据图 a 中 $q(t)$ 的流向给出的; 积分号前取负号, 因图 a 中 $i(t)$ 与 $q(t)$ 反向。这样有

$$q^{(1)}(t) = -1 - \left(\int_{0_-}^{0_+} i d\xi + \int_{0_+}^t i^{(1)} d\xi \right) \quad [i^{(1)} = -3\text{A}]$$

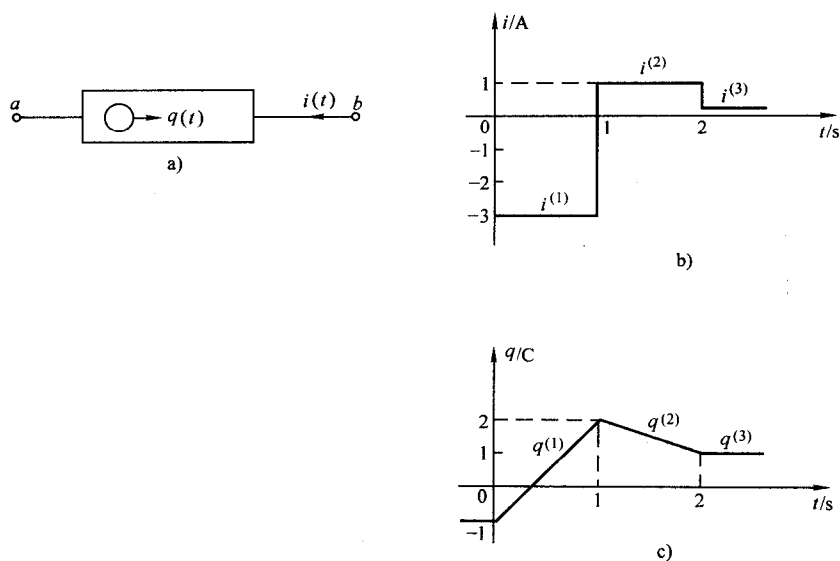


图 1-11 电荷、电流关系

a) 一段时变电流电路 b) $i(t)$ 波形 c) $q(t)$ 波形

$$= (-1 + 3t) \text{ C} \quad \left(\text{式中} \int_{0-}^{0+} i d\xi = 0 \right)$$

在 $t = 1_- \text{ s}$

$$q^{(1)}(1_-) = [-1 + 3t]_{1_-} = 2 \text{ C} \quad (1)$$

对 $1 \text{ s} < t < 2 \text{ s}$

$$i^{(2)} = 1 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} q^{(2)}(t) &= \left[q(0_-) - \int_{0_-}^{1_-} i^{(1)} d\xi \right] - \int_{1_-}^t i d\xi \\ &= q^{(1)}(1_-) - \int_{1_-}^t i^{(2)} d\xi \quad \left[\int_{1_-}^{1+} i d\xi = 0, i^{(2)} = 1 \text{ A} \right] \\ &= [2 - (t - 1)] \text{ C} \quad [\text{代入了式(1)}] \end{aligned}$$

在 $t = 2_- \text{ s}$

$$q^{(2)}(2_-) = [2 - (t - 1)]_{2_-} \text{ C} = 1 \text{ C} \quad (2)$$

对 $t > 2 \text{ s}$

$$i^{(3)} = 0$$

$$\begin{aligned} q^{(3)}(t) &= q^{(2)}(2_-) - \int_{2_-}^t i^{(3)} d\xi \\ &= 1 - \int_{2+}^t 0 d\xi \quad \left[\text{代入了式(2) 及} \int_{2-}^{2+} i d\xi = 0 \right] \\ &= 1 \text{ C} \end{aligned}$$