

高等学校教学参考书

电工学 (土建类)

学习指导

颜伟中 主编

高等教育出版社

TM1
148

高等学校教学参考书

电工学(土建类)

学习指导

颜伟中 主编



高等教育出版社

内容简介

本书是高等学校土建类电工学课程的辅导教材,它与颜伟中主编的《电工学(土建类)》教材配套,可作为本科非电专业学生的学习指导书和电工学教师教学的参考用书,也可为准参加建筑师、土建工程师、造价工程师等注册工程师的广大自学读者,学习《电工学》教材时的辅导用书。

本书各章内容与《电工学(土建类)》教材相一致,主要由“基本要求和知识要点”、“学习辅导”、“典型例题精解”、“习题精选及解答技巧”和“复习题”五部分组成。

为了使自学者更熟练掌握电工学知识,在每章后增加复习题,便于自我练习。另外,在书后,还推出几套电工学模拟试题和注册工程师的试题样式。

图书在版编目(CIP)数据

电工学(土建类)学习指导/颜伟中主编. —北京:
高等教育出版社, 2004. 1
ISBN 7-04-013011-4

I. 电... II. 颜... III. 电工学-高等学校-教学
参考资料 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 099489 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 18.5
字 数 340 000

版 次 2004 年 1 月第 1 版
印 次 2004 年 1 月第 1 次印刷
定 价 23.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本书是高等学校土建类电工学课程的辅导教材,它与颜伟中主编的《电工学(土建类)》教材配套,可作为本科非电专业学生的学习指导和电工学教师教学的参考用书,也可为准准备参加建筑师、土建工程师、造价工程师等注册工程师的广大自学读者,学习《电工学》教材时的指导用书。

本书主要由“基本要求和知识要点”、“学习辅导”、“典型例题精解”、“习题精选及解答技巧”和“复习题”五部分组成。

本书中的典型例题精解和习题精选是根据电工学内容中具有共性的问题来选择。对《电工学(土建类)》书中的部分习题进行精选,力求使学生掌握解题的步骤和解答技巧,对难题的分析方法和解答。书中为开拓知识面,增加了“总等电位连接”的概念。但在现行的一些教材中仍在介绍过去的老概念,如“设备外壳接地、系统接地、防雷接地”等独立的接地系统。实际上这并不安全,现已不被采纳。总等电位连接已被国家规定为强制性的电气安全措施。

为了使自学者更熟练地掌握电工学知识,在每章后增加复习题,便于自我练习。另外,在书后,还推出几套电工学模拟试题和注册工程师的试题样式。

本书第1章由大庆石油学院高微老师编写,第2章由哈尔滨理工大学翟洪涛老师编写,第3、6章由哈尔滨工业大学赵彩凤老师编写,第4、5章由黑龙江工程学院张继东老师编写,第7章由哈尔滨学院钱研老师编写,第8、9章由哈尔滨市职工大学李景斌老师编写,第10、11、12、13章由哈尔滨工业大学颜伟中老师编写,全书由颜伟中任主编,并负责全书的统稿工作。

哈尔滨工业大学杨世彦教授审阅了本书,提出了很多建设性意见,在此深表谢意,同时感谢哈尔滨工业大学电工学教研室的老师们对本书的大力支持和帮助。

限于编者的水平,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2003年8月

目 录

第 1 篇 电工技术基础

第 1 章 直流电路	3
1.1 基本要求和知识要点	3
1.2 学习辅导	3
1.3 典型例题精解	8
1.4 习题精选及解答技巧	11
1.5 复习题	18
第 2 章 正弦交流稳态电路	21
2.1 基本要求和知识要点	21
2.2 学习辅导	21
2.3 典型例题精解	26
2.4 习题精选及解答技巧	31
2.5 复习题	37
第 3 章 三相电路	39
3.1 基本要求和知识要点	39
3.2 学习辅导	39
3.3 典型例题精解	42
3.4 习题精选及解答技巧	45
3.5 复习题	51
第 4 章 电路的暂态分析	54
4.1 基本要求和知识要点	54
4.2 学习辅导	54
4.3 典型例题精解	56
4.4 习题精选及解答技巧	62
4.5 复习题	68

第 2 篇 电子技术基础

第 5 章 模拟电路	73
5.1 基本要求和知识要点	73

5.2 学习辅导	74
5.3 典型例题精解	83
5.4 习题精选及解答技巧	90
5.5 复习题	99
第6章 数字电路	105
6.1 基本要求和知识要点	105
6.2 学习辅导	105
6.3 典型例题精解	110
6.4 习题精选及解答技巧	116
6.5 复习题	124

第3篇 电气设备与控制

第7章 变压器	129
7.1 基本要求和知识要点	129
7.2 学习辅导	129
7.3 典型例题精解	131
7.4 习题精选及解答技巧	133
7.5 复习题	137
第8章 异步电动机	139
8.1 基本要求和知识要点	139
8.2 学习辅导	139
8.3 典型例题精解	145
8.4 习题精选及解答技巧	147
8.5 复习题	149
第9章 异步电动机控制系统	151
9.1 基本要求和知识要点	151
9.2 学习辅导	151
9.3 典型例题精解	164
9.4 习题精选及解答技巧	170
9.5 复习题	175

第4篇 建筑电气

第10章 建筑供配电系统	181
10.1 基本要求和知识要点	181
10.2 学习辅导	181

10.3	典型例题精解	188
10.4	习题精选及解答技巧	192
10.5	复习题	197
第 11 章	建筑电气照明系统	200
11.1	基本要求和知识要点	200
11.2	学习辅导	200
11.3	典型例题精解	205
11.4	习题精选及解答技巧	207
11.5	复习题	212
第 12 章	智能建筑信息系统	215
12.1	基本要求和知识要点	215
12.2	学习辅导	215
12.3	典型例题精解	235
12.4	习题精选及解答技巧	239
12.5	复习题	244
第 13 章	安全用电与建筑防雷	247
13.1	基本要求和知识要点	247
13.2	学习辅导	247
13.3	典型例题精解	253
13.4	习题精选及解答技巧	255
13.5	复习题	260
试题 1	电工技术试题	262
试题 2	电子技术试题	264
试题 3	电工学试题	269
试题 4	建筑电气试题	272
试题 5	注册工程师(建筑电气)试题	275
试题答案		277
参考文献		286

第 1 篇

电工技术基础

第 1 章 直流电路

1.1 基本要求和知识要点

1. 基本要求

- (1) 了解理想元件及电路模型的意义。
- (2) 理解基本物理量的参考方向。
- (3) 了解电路的工作状态,理解额定值的意义。
- (4) 掌握基尔霍夫定律及其应用。
- (5) 掌握分析与计算复杂电路的方法(支路电流法、叠加定理和戴维宁定理)。

2. 知识要点

- (1) 参考方向。
- (2) 叠加定理。
- (3) 戴维宁定理。

1.2 学习辅导

1. 电路的作用及组成

(1) 电路的作用。电路在电力系统中主要起传输和转换电能的作用;在信号系统中,主要起传递、存储、运算和处理信号的作用。当分析复杂电路时,常将电路称为网络。

(2) 电路的组成。电路无论简单还是复杂,按其功能要求由电源(发出功率)、负载(吸收功率)和中间环节(连接导线与控制等)组成。

(3) 电路的模型。实际电路是由一些电气元件、设备和导线等组成的,它们统称为电路元件。在一定条件下,用代表其主要物理性质而忽略其次要性质的理想元件来代替。理想电路元件有:理想电阻元件、理想电感元件、理想电容元件和理想电源元件等。由理想元件组成的电路称为电路模型。

2. 参考方向

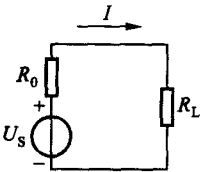
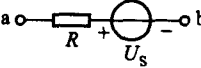
在电工学中,重点是强调电路中的各物理量(U 、 I 、 E)的方向问题。在分析与计算电路前,先要对 U 或 I 假定一个方向,称参考方向。参考方向与实际方向是不同的概念。 U 或 I 的参考方向是假定的,当假定了参考方向后并在该电路图上标出(用“+”、“-”号或箭头表示,也可以用下脚标来表示)后,可以此进行计算,所得结果的 U 或 I 值为正值,表明参考方向与实际方向一致,若计算所得结果的 U 或 I 值为负值,表明参考方向与实际方向相反。参考方向也可以用双下标来表示,如 U_{ab} 和 I_{12} 等。

在分析电路时,当某元件或一段支路的 U 和 I 的参考方向相一致时,为关联参考方向,两者相反时,为非关联参考方向。

3. 欧姆定律

物理学中已经介绍过欧姆定律,由于分析电路时,经常应用该定律,故将欧姆定律归纳为三种形式,如表 1.2.1 所示。

表 1.2.1 欧姆定律

欧姆定律	电路图	公式	说明
一段无源支路的欧姆定律		$I = \pm \frac{U}{R}$	式中,“±”号的确定取决于 U 与 I 的参考方向。 UI 为关联参考方向时,取“+”号; UI 为非关联参考方向时,取“-”号
闭合回路的欧姆定律		$I = \frac{\pm U_s}{R_0 + R_L}$	式中, U_s : 闭合回路中的电源,“±”号的确定取决于 U 与 I 的参考方向。 UI 为关联参考方向时,取“+”号; UI 为非关联参考方向时,取“-”号,单位为 V [伏]。 R_0 : 电源的内阻,单位为 Ω [欧姆]; R_L : 负载电阻,单位为 Ω [欧姆]
一段有源支路的欧姆定律		$I = \frac{\sum U_s \pm U_{ab}}{\sum R}$	式中, $\sum U_s$: 一段有源支路中多个电源的代数和,单位为 V [伏]。当 U_s 与 I 为关联参考方向时,取“+”号;当 U_s 与 I 为非关联参考方向时,取“-”号。 $\pm U_{ab}$: 一段有源支路的端电压,单位为 V [伏],当 U_{ab} 与 I 为关联参考方向时,取“+”号;当 U_{ab} 与 I 为非关联参考方向时,取“-”号。 $\sum R$: 闭合回路中多个负载电阻之和,单位为 Ω [欧姆]

4. 电气设备额定值和电路的工作状态

(1) 电气设备的额定值。电气设备的额定值是由厂家对电气元件及设备规定的能在给定的工作条件下正常运行的容许值。设备铭牌上通常标注有额定电压、额定电流和额定功率等。

设备的实际值是指设备或元件所承受的端电压或通过的电流值。该值不一定等于额定值,而取决于电源(波动)的电压。

(2) 有载工作状态。在电路中将开关闭合,使电源与负载接通,称为电源有载工作状态(又称通路状态)。

① 电源与负载的判别。在电路中,需要判别某个元件是电源还是负载时,可根据该元件的端电压与流过元件中电流的实际方向来确定。

电源属发出功率元件。其端电压与电流的实际方向相反,即电流由电源“+”端流出,属非关联方向,其功率值为负值。即

$$P_s = -UI$$

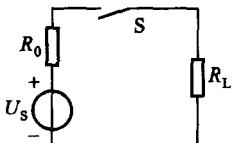
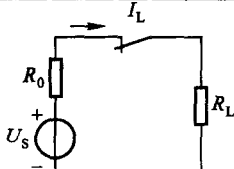
负载属吸收功率元件。其端电压与电流的实际方向相同,即电流由电源“+”端流入,属关联方向,其功率值为正值。即

$$P_L = UI$$

当判断一个元件是电源还是负载,事先并不知道电流的方向时,可先假设电流的参考方向以此计算功率值,其结果为“+”属电阻元件,为“-”则为电源元件。

② 电路的工作状态。电路的工作状态,如表 1.2.2 所示。

表 1.2.2 电路的工作状态

工作状态	电路图	电压	电流	功率
开路		$U_L = U_s$	$I = 0$	$P_L = 0$
有载		$U_L = U_s - IR_L$	$I_L = \frac{U_s}{R_0 + R_L}$	$P_L = U_L I_L$ $= I_L^2 R_L$ $= \frac{U_L^2}{R_L}$

续表

工作状态	电路图	电压	电流	功率
短路		$U_L = 0$	$I_s = \frac{U_s}{R_0}$	$P_L = 0$ $P_s = I_s^2 R_0$ $= U_s I_s$

5. 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律包括电流定律(KCL定律)和电压定律(KVL定律),其原理和表达公式,如表1.2.3所示。

表 1.2.3 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律	公式	原 理
电流定律(KCL)	$\sum I = 0$ $\sum I_1 = \sum I_0$	基于电流连续性原理,任一瞬间,对于电路的任一结点的电流的代数和恒为零(设流入结点的电流为正,则流出结点的电流为负)
电压定律(KVL)	$\sum IR = \sum U_s$	确定电路中回路内元件电压间关系的一个定律。 对于任一电路中的任一闭合电路(回路或网孔)组成该回路的所有电路元件的电压代数和恒等于零

在电压定律 $\sum IR = \sum U_s$ 式中, $\sum IR$ 为各段支路电流在负载上的电压降的代数和; $\sum U_s$ 为各段支路中电动势的代数和。其“+”、“-”号的判断:先在图中标出回路或网孔的绕行方向,凡是电流的参考方向与绕行方向一致时,取“+”,反之取“-”;电动势的实际方向与绕行方向一致时,取“+”,反之取“-”。该式只适用于电阻电路。

6. 分析复杂网络的方法

在分析和计算电路时,先看电路属简单电路还是复杂电路。简单电路可利用电阻的串并联公式化简,用欧姆定律即可求解。对于复杂网络则无法用串并联公式来化简电路。

(1) 分析方法。常用的分析复杂网络方法,如表1.2.4所示。

表 1.2.4 常用的分析复杂网络方法

基本方法	原理	解题步骤
支路 电流法	以支路电流为未知数(有 m 条支路、 n 个结点),利用基尔霍夫两个定律列 m 个方程组,然后联立求解	(1) 先确定电路有几条支路、几个结点和几个网孔 (2) 在电路图上标出各支路电流的正方向和网孔的绕行方向 (3) 根据基尔霍夫电流定律列 $(n-1)$ 个方程 (4) 根据基尔霍夫电压定律列 $m-(n-1)$ 个方程,或 b 个网孔电压方程 (5) 联立求解
叠加定理	叠加定理是关于线性电路中的一条重要定理。常用于含有多个电源的复杂电路。但只适用于计算电流和电压,不适用于计算功率。解题思路:将多个电源的复杂电路分解成若干个单电源的简单电路	(1) 设某个电源单独作用,将其余电源值设为零(恒压源做短路处理,恒流源做开路处理),分别计算各支路第一分量的电流值 (2) 设第二个电源单独作用,将其余电源值设为零。分别计算各支路第二分量的电流值 (3) 设第三个电源单独作用... (4) 将各支路的各个分量进行叠加,注意各分量与总电流的方向,相同为关联方向,取“+”;非关联方向,取“-”
戴维宁定理	戴维宁定理是分析和计算复杂网络的一个简便方法,是本章的重点内容。 戴维宁定理主要是用于分析复杂电路的某一支路的电流电压和功率的最简便方法。 使用戴维宁定理时,关键是将一个含源二端网络简化为等效电压源模型	(1) 求开路电压。等效电压源模型中理想电压源的电压等于二端口的开路电压,可利用支路电流法、叠加定理等方法求解 (2) 求等效内阻。等效电压源模型的内阻 R_0 是二端口网络消源后的等效电阻 ① 含电压源的模型,将其电压源短接,保留串联的电阻 ② 含电流源的模型,将其电流源开路,保留并联的电阻

(2) 虚元件。在分析复杂网络时,常会遇到一些元件,它们对待求电路的电流和电压参数并无影响。为避免误解,计算时可以去掉,故称为虚元件。

判断电路中是否有虚元件,主要从以下两方面来考虑:

① 并联在理想电压源两端的元件。由于理想电压源两端的电压不变,故并联元件的多少,只会改变理想电压源输出的电流,而不会影响其端电压。

并联的虚元件有电阻、电流源等,计算时可将其简化成一个理想电压源支路(将虚元件断开),只有需计算理想电压源的输出电流或功率时,才考虑虚元件的作用。

② 串联在理想电流源中的元件。由于理想电流源支路中的电流处处相等,故串联(电阻或电动势源等)元件的变化不会改变理想电流源的值。所以,求外电路时去掉它们不会影响其输出电流。

串联的虚元件有电阻或电压源时,计算时可将其短接简化成一个理想电流源支路(将虚元件短接)。只有需计算该理想电流源的端电压或输出功率时,才应考虑虚元件的作用。

1.3 典型例题精解

【例 1.1】 选择题

(1) 基尔霍夫电流定律反映的是电流的(c),电荷不会在电路中出现堆积或消失。

- a. 增加 b. 减少 c. 连续性 d. 不连续性

(2) 叠加定理只适用于(a、c、d)的计算,不能用来计算功率,因为功率与电流、电压的关系不是线性关系。

- a. 线性电路 b. 非线性电路 c. 电流 d. 电压

(3) 等效电压源的电动势源 E_0 是线性有源二端网络两端的(d)。

- a. 负载电流 b. 短路电流 c. 负载电压 d. 开路电压

(4) 等效电压源的内阻 R_0 是线性有源二端网络中的电势源(d)、电流源(c),均保留内阻后,两端的等效电阻。

- a. 保留 b. 消除 c. 开路 d. 短接

【例 1.2】 如图 1.3.1 所示,已知: $U_{S1} = 10\text{ V}$ 、 $U_{S2} = 3\text{ V}$ 、 $R_1 = 1\ \Omega$ 、 $R_2 = 3\ \Omega$ 、 $R_L = 10\ \Omega$ 。求: $I = ?$

【解】 根据闭合回路的欧姆定律,电流为

$$I = \frac{U_{S1} - U_{S2}}{R_1 + R_2 + R_L} = \frac{10 - 3}{1 + 3 + 10}\text{ A} = 0.5\text{ A}$$

【例 1.3】 已知: $U = 10\text{ V}$ 、 $I = -2\text{ A}$,试判断图 1.3.2 中方框元件代表的是电源还是负载?

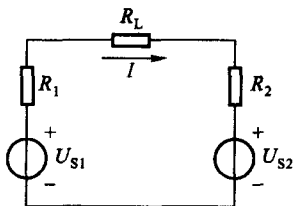


图 1.3.1 例 1.2 的图

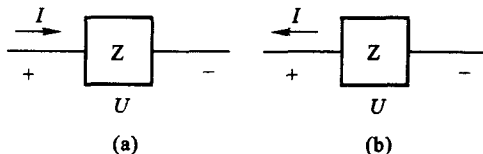


图 1.3.2 例 1.3 的图

【解】 图 1.3.2(a)中, UI 为关联方向,即

$$P_a = UI = [10 \times (-2)]\text{ W} = -20\text{ W}$$

由于功率的计算值为负,则该方框元件代表的是电源。

图 1.3.2(b) 中, UI 为非关联方向, 即

$$P_b = -UI = [-10 \times (-2)] \text{ W} = 20 \text{ W}$$

由于功率的计算值为正, 则该方框元件代表的是负载。

【例 1.4】 已知: 电路如图 1.3.3(a) 所示, $I_s = 2 \text{ A}$, $U_{s1} = 12 \text{ V}$, $U_{s2} = 2 \text{ V}$, $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = R_L = 6 \Omega$ 。试求:

- (1) R_L 中的电流。
- (2) 理想电压源 U_{s1} 输出的电流和功率。
- (3) 理想电流源 I_s 两端的电压和输出功率。

【解】 (1) R_L 中的电流

由图 1.3.3(a) 可见, 并联在理想电压源 U_{s1} 端的 R_2 和串联在理想电流源 I_s 中的理想电压源 U_{s2} 为虚元件, 故 R_2 和 U_{s2} 不会影响 R_L 中的电流, 可先消除。将 R_2 开路、 U_{s2} 短路, 整理后的电路, 如图 1.3.3(b) 所示。可用戴维宁定理求解 R_L 中的电流。

- ① 去掉待求支路 R_L , 如图 1.3.3(b) 所示。

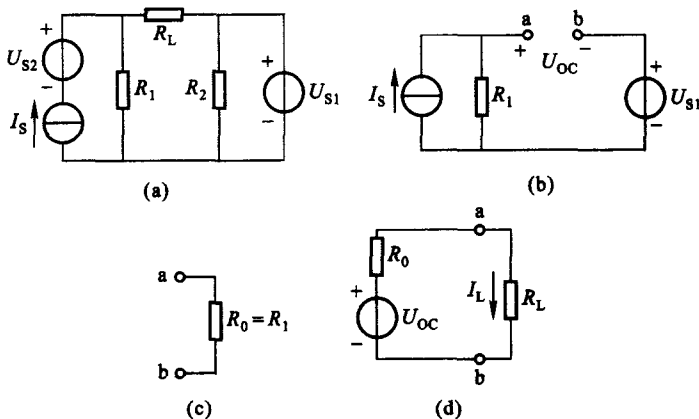


图 1.3.3 例 1.4 的图

- ② 求等效电压源 U_0 。

$$U_0 = U_{oc} = I_s R_1 - U_{s1} = (2 \times 2 - 12) \text{ V} = -8 \text{ V}$$

- ③ 求等效内阻 R_0 。先消源 (U_{s1} 短接、 I_s 开路), 化简后的电路, 如图 1.3.3(c) 所示。

$$R_0 = R_1 = 2 \Omega$$

- ④ 将 R_L 代入等效电路中, 如图 1.3.3(d) 所示。求该支路电流 I_L 。

$$I_L = \frac{U_0}{R_0 + R_L} = \frac{-8}{2 + 6} \text{ A} = -1 \text{ A}$$

- (2) U_s 的功率

先求该电压源的电流 I_U , 注意应考虑并联的虚元件 R_2 中电流 I_2 的作用。

$$I_U = -I_L + I_2 = -I_L + U_{S1}/R_2 = \left[-(-1) + \frac{12}{6} \right] \text{ A} = 3 \text{ A}$$

$$P_{U1} = -U_{S1} I_U = (-12 \times 3) \text{ W} = -36 \text{ W}$$

可见理想电压源是发出功率, 为电源元件。

(3) I_S 端电压和功率

先求该理想电流源的端电压 U_1 , 注意应考虑串联的虚元件 U_{S2} 的作用。

$$\begin{aligned} U_1 &= -U_{S2} + U_L = -U_{S2} + I_1 R_1 = -U_{S2} + (I_S - I_L) R_1 \\ &= [-2 + (2+1) \times 2] \text{ V} = 4 \text{ V} \end{aligned}$$

$$P_1 = -U_1 I_S = (-4 \times 2) \text{ W} = -8 \text{ W}$$

可见理想电流源是发出功率, 为电源元件。

(4) 验证

$$P_1 = I_1^2 R_1 = (I_S - I_L)^2 R_1 = [(2+1)^2 \times 2] \text{ W} = 18 \text{ W (吸收功率)}$$

$$P_2 = U_2^2 / R_2 = U_{S1}^2 / R_2 = (12^2 / 6) \text{ W} = 24 \text{ W (吸收功率)}$$

$$P_L = I_L^2 R_1 = [(-1)^2 \times 6] \text{ W} = 6 \text{ W (吸收功率)}$$

$$P_{U2} = -U_{S2} I_S = (-2 \times 2) \text{ W} = -4 \text{ W (发出功率)}$$

总吸收功率为

$$P_R = P_1 + P_2 + P_L = (18 + 24 + 6) \text{ W} = 48 \text{ W}$$

总发出功率为

$$P = P_{U1} + P_{U2} + P_1 = (-36 - 4 - 8) \text{ W} = -48 \text{ W}$$

故功率平衡。

【例 1.5】 电路如图 1.3.4(a) 所示。已知: $I_S = 1 \text{ A}$ 、 $U_S = 16 \text{ V}$ 、 $R_1 = 8 \Omega$ 、 $R_2 = 3 \Omega$ 、 $R_3 = 4 \Omega$ 、 $R_4 = 20 \Omega$ 、 $R_L = 3 \Omega$ 。试求: 电阻 R_L 中的电流 I_L 。

【解】 仅求电阻 R_L 中的电流时, 可用戴维宁定理的方法。

(1) 除去待求支路电阻 R_L

将待求支路电阻 R_L 除去后的电路, 如图 1.3.4(b) 所示。求出该有源二端网络的开路电压 U_0 。

$$I_1 = I_3 = \frac{U_S + I_S R_4}{R_1 + R_3 + R_4} = \frac{16 - (-1 \times 20)}{8 + 4 + 20} \text{ A} = \frac{9}{8} \text{ A}$$

$$U_{OC} = U_S - I_1 R_1 - I_S R_2$$

$$= \left(16 - \frac{9}{8} \times 8 - 1 \times 3 \right) \text{ V} = -4 \text{ V}$$

(2) 求等效电阻 R_0

将电压源 U_S (短接) 和电流源 I_S (开路) 除去后, 求出该无源二端网络的等效电阻 R_0 的电路, 如图 1.3.4(c) 所示。