

铁路工人职业技能培训教材



车辆电工

CHELIANG DIANGONG

铁道部劳动和卫生司

铁道部运输局

中国铁道出版社



铁路工人职业技能培训教材

车 辆 电 工

铁道部劳动和卫生司
铁 道 部 运 输 局

中 国 铁 道 出 版 社

2005年·北 京

内 容 简 介

本书分基础知识、职业技能两大部分,是根据《铁路职业技能标准》与《铁路职业技能鉴定规范》,针对车辆电工的实际需要编写的。内容包括电工学、工业电子学基础、车辆电气装置、客车空调装置及常用电工实作技能、车辆电工实作训练等。本书可作为车辆电工的岗位培训教材,也可供自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

车辆电工/铁道部劳动和卫生司,铁道部运输局编.
—北京:中国铁道出版社,2006.1
铁路工人职业技能培训教材

ISBN 7-113-06842-1

I. 车… II. ①铁…②铁… III. 铁路车辆—电工
—职业技能鉴定—教材 IV. U270.38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 022960 号

书 名: 铁路工人职业技能培训教材
车辆电工
作 者: 铁道部劳动和卫生司 铁道部运输局
出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
责任编辑: 王明容 薛 淳
封面设计: 马 利
印 刷: 河北遵化胶印厂
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 20.5 插页: 3 字数: 509 千
版 本: 2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷
印 数: 1~3 000 册
书 号: ISBN 7-113-06842-1/U·1857
定 价: 50.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话 (010)-51873139 发行部电话 (010)-51873124

本书参编单位及人员

主编单位：南昌铁路局

协编单位：广州铁路(集团)公司

主 编：罗世民

编写人员：李明崎 李 津 陈 宏 卢 剑 郑 轶

杜勒彪 殷 杰 游永忠 罗华阳

主 审：刘瑞扬 姜飞鹏 赵长波

审稿人员：彭平克 张郁枚 哈蔚涛 刘海波 宋联鸿

崔兴伦 于建功

序

由铁道部劳动和卫生司、运输局牵头组织,一些从事铁路职业教育的教师、各业务部门骨干及工程技术人员参加编写的《铁路工人职业技能培训教材》与广大职工见面了。

这套培训教材通俗易懂、图文并茂、易于自学,有较强的现实性和针对性,既较好地适应了当前铁路职工岗位达标培训及技能鉴定的需要,又考虑了今后一定时期技术和管理的发展趋势,是一套有价值的培训教材。相信这套教材在提高职工技术业务素质方面,将会发挥很好的作用。

党的十六大提出了全面建设小康社会的奋斗目标,其中一个重要的文化目标,就是要形成全面学习、终身学习的学习型社会。十六届三中全会又进一步强调,要“构建现代国民教育体系和终身教育体系,建设学习型社会,全面推进素质教育”,并提出了包括统筹人与自然和谐发展的“五个统筹”的要求。在生产力的诸要素中,人是最能动、最积极的因素。人的素质提高,是开拓、创造先进生产力的重要保证。因此,我们抓好教育,培养人才,既是适应全面建设小康社会需要、实现铁路跨越式发展和促进社会主义物质文明、政治文明、精神文明协调发展的客观要求,也是实践“三个代表”重要思想的具体体现。

以胡锦涛同志为总书记的党中央对人才工作高度重视,把实施人才强国战略放在关系党和国家事业全局的重要地位。全路各单位要按照党中央的要求,把培养人才工作放在更加重要的战略位置,坚持以“三个代表”重要思想为指导,认真贯彻党的十六大和十六届三中全会精神,全面落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》,积极推进铁路职业教育的体制创新、制度创新和教育教学改革,全面提高铁路职工队伍素质,使职业教育工作更好地为铁路跨越式发展服务,为促进铁路各项事业全面协调发展服务。

编好教材是提高培训质量的关键。随着铁路跨越式发展的全面推进,新知识、新技术、新设备、新工艺必将大量用于生产实践;同时,在铁路管理体制、经营机制、作业和建设标准、服务理念等方面也将产生深刻的变革,迫切要求铁路职工在知识、技术和观念上进行更新。加快职工培训教材建设,已成为加强和改进铁路职工教育培训工作的当务之急。

这套教材的编写和出版发行,应该说是一个良好的开端。希望今后看到更多、更好地反映铁路新知识、新技术的各类培训教材问世,为进一步抓好铁路职工素质教育提供高质量的精品。



2003年12月

前言

近年来部领导多次指出:建设一支高素质的铁路职工队伍,既是保证运输安全的现实需要,也是铁路长远发展的根本大计;并反复强调:全面提高职工队伍素质,是实现科教兴路的重要内容,狠抓职工教育培训,在职工素质达标上抓落实、求深化,把可靠的行车设备、先进的技术装备与高素质的职工队伍结合起来,是实现运输安全基本稳定的必由之路。

素质提高靠培训,教材是培训的基础。为了给铁路运输业主要工种的工人提供一套适应性较好、可读性较强的职业技能培训教材,以进一步提高其技术业务素质,更好地满足铁路科技进步对职工队伍素质的要求,为铁路安全运输生产服务,铁道部决定再统一组织编写《铁路工人职业技能培训教材》(指定培训教材)。教材由铁道部劳卫司牵头,各铁路局分工编写,铁道部运输局各业务部门审定,携手合作,共同完成。

这套教材包括铁路运输(车务、客运、货运、装卸)、机务、车辆、工务、电务部门的45个工种(职名),是以《铁路职业技能标准》、《铁路职业技能鉴定规范》、《铁路运输企业岗位标准》中的知识和技能要求为依据,并参考《铁路工人职业技能培训教学计划、教学大纲》的内容编写的。教材本着突出技能的原则,强调培训的针对性、实用性和有效性,以专业知识为主要内容,充分反映铁路的新技术、新材料、新工艺、新设备及新标准、新规程;力求贴近现场实际,并应用案例教学的手法,用直观的案例和图示进行分析和说明,努力提高培训的质量和效果;以提高岗位技能为核心,突出非正常情况下应急处理能力的训练;同时,本着“少而精”的原则,知识以必须、够用为度,文字力争生动、通俗易懂,图文并茂。它既可以作为工人新职、转岗、晋升的规范化岗位培训教材,也可以作为各种适应性岗位培训的选学之用(适用于各级职业学校教学),还可作为职工自学的课本。同时,每章后面还列有复习、思考、练习题,作为考工、鉴定的参考。总之,这套教材的出版,将力图使培训、岗位达标及职业技能鉴定结合起来,使培训、考核、使用、待遇相统一的政策得以逐步落实。

铁道部劳动和卫生司

铁道部运输局

2003年12月



目 录

基 础 知 识

第一章 电 工 学	3
第一节 直流电路.....	3
第二节 电磁现象与磁路.....	9
第三节 交流电路	14
第四节 变 压 器	19
第五节 交直流电动机	24
第六节 低压电器和基本的控制线路	29
第七节 可编程序控制器概论	33
复习思考题	36
第二章 工业电子学基础	38
第一节 常用半导体元器件	38
第二节 简单直流电源	48
第三节 晶闸管可控整流电路 *	54
复习思考题	62
第三章 车辆电气装置	63
第一节 客车用铅蓄电池	63
第二节 客车用镉镍蓄电池	72
第三节 客车感应子发电机	80
第四节 稳压控制箱	90
第五节 客车用电器.....	109
第六节 客车集中供电装置.....	119
第七节 客车应急电源.....	133
第八节 客车监测保护装置.....	142
第九节 客车车体配线.....	160
第十节 客车新技术 * *	173
复习思考题.....	184
第四章 客车空调装置	189
第一节 蒸气压缩式制冷机的工作原理.....	189



第二节 客车空调装置的组成和类型	190
第三节 电采暖装置	192
第四节 单元式空调装置电气控制系统 *	195
第五节 铁路客车电气综合控制柜	202
复习思考题	213

职 业 技 能

第五章 电工基本操作技术	217
第一节 常用电工工具与使用	217
第二节 导线的选用 *	221
第三节 导线线头的加工工艺	223
第四节 基本焊接工艺	231
第五节 常用电工仪表的使用	236
第六节 电工安全知识	241
复习思考题	247
第六章 车辆电工实作训练	249
一、多芯导线的连接,加焊及绝缘层的包缠	249
二、测量蓄电池电解液温度和相对密度并换算	250
三、安装硬座客车灯具,播音箱及开关	252
四、拆装、检修交流接触器	253
五、电开水炉故障排除	255
六、晶体二极管、三极管极性的简易判断	258
七、装接三相异步电动机接触器自锁控制线路	260
八、25 型空调客车下部单车检查(静态) *	262
九、检修客车常用电机 *	263
十、安装 KP-2A 型控制箱接线 *	265
十一、分解、组装电风扇 *	266
十二、BY-2B 型逆变器故障排除 *	269
十三、BY-2B 型逆变器的组装和调试 *	270
十四、客车轴温报警装置故障排除 *	272
十五、应急电源控制箱常见故障排除 *	277
十六、装接 KP-2A 型控制箱印刷电路板 *	285
十七、检测硬座车配线绝缘阻值 *	287
十八、串联型直流稳压电源的安装与调试 *	289
十九、KP-2A 型控制箱故障排除 * *	292
二十、排除 KLC-40 型单元式空调控制系统故障 * *	294
二十一、客车车电单车技术检查 * *	300
二十二、MS730CP 电控气动塞拉门故障检修 * *	303



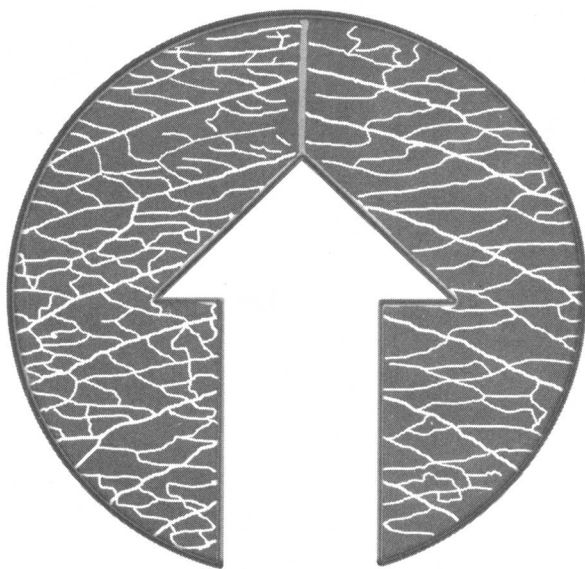
二十三、装接电动机 Y-△启动控制线路 * *	307
二十四、电子防滑器常见故障处理 * *	309
主要参考文献	318

注：* 是指中级车辆电工必须掌握，* * 是指高级车辆电工必须掌握。



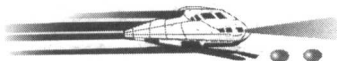
车辆电工

基础知识



车辆电工





第一章

电 工 学

第一节 直 流 电 路

一、电路的基本概念

1. 电路

电路是为了实现某种功能,由各种电气设备和器件按一定方式连接,为电流提供通路的整体。其作用主要可分为两大类:其一为电能的传输和转换,如发电、供电系统、电力拖动、电气照明等;其二为传递和处理信号,如各种电信号的产生、放大、整形,数字信号的运算、存储等。

2. 电路元件

常用的电路元件有电压源、电流源、电阻元件、电感元件和电容元件。前两种元件是电路中提供电能的元件,故称为有源元件;后三种均不产生电能,故称为无源元件。无源元件中又分为耗能元件(如电阻器)和储能元件两类(如电感元件和电容元件,这两种元件分别可将电能转化为磁场能和电场能储存起来)。在直流电路中,电路达稳态时,电感元件上的感应电动势为零,电容元件的充电电流为零。

3. 电流、电压和电动势

电流 I 习惯上规定以正电荷移动的方向,即负电荷(电子)移动的反方向为电流的方向。对于比较复杂的直流电路,往往事先不能确定电流的实际方向。对于交流电,其电流的实际方向是随时间交变的,也无法用一个箭标来表示其实际方向。为分析方便,总是任意选择一个方向作为电流的参考方向(在电路图中用箭头表示)。而参考方向有可能与实际方向一致,也可能与实际方向相反。若电流的实际方向和所选的电流参考方向一致,则电流为正值;若与所选电流参考方向相反,则电流为负值。习惯上规定电压 U 的实际方向是从高电位点指向低电位点,是电位降的方向。同电流一样,在分析计算电路时,通常人为规定一个电压参考方向。电压的参考方向通常用正(+)、负(-)极性来表示,称为参考极性。代表着参考方向的箭头从正(+)极性端指向负(-)极性端。电源的电动势 E 在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的低电位端经过电源内部移到高电位端所做的功。电动势的方向在电源内部由低电位端指向高电位端,即电位升高的方向。

4. 电功率和电能

电路元件在单位时间内吸收或释放的电能称为电功率。在电工学中,电功率简称功率,用 P 表示,单位为瓦(W)。电路元件在一段时间内消耗或释放的能量为电能,用 W 表示。

$$P = UI$$

$$W = Pt = UIt$$

电压的单位为伏(V),电流的单位为安(A),时间的单位为秒(s),功率的单位为瓦(W),能



量的单位为焦(J)。

二、电气设备的额定值和电路的几种状态

1. 额定值

接在电路中的电气设备及元件,其工作电流、电压和功率等都有一个规定的限额值,这个数值称为额定值。额定值通常用 I_N 、 U_N 、 P_N 等表示,这些额定值常标记在设备的铭牌上。电气设备和器件应尽量工作在额定状态,这种状态称为满载。电流和功率低于额定值的工作状态叫轻载;高于额定值的工作状态叫过载。

2. 有载工作状态

将图 1—1 所示电路中的开关 S 闭合,电源与负载接通,电路中有电流流过,这种工作状态叫有载工作状态。

3. 开路

当图 1—1 所示电路中的开关 S 断开时,电路处于开路状态,电路中无电流流过,这种状态又叫空载。开路时可认为外电路电阻为无穷大。

4. 短路状态

在图 1—2 中,如将 cd 间用一导线连接,这种情况称为 cd 处短路。此时由于电源内阻很小,故 I 很大,这会引起电源或导线绝缘的损坏。

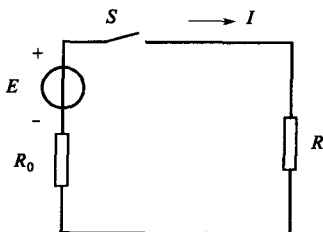


图 1—1 简单电路

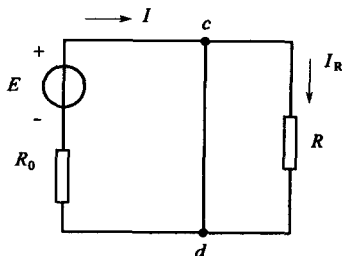


图 1—2 短路

三、电压源和电流源

1. 电压源

任何一个电源,例如发电机、电池或各种信号源,都含有电动势 E 和内阻 R_0 。在电压源模型中往往用一个不含内阻的理想电压源和电阻 R_0 串联来等效一个实际电源。所谓理想电压源是指它的端电压总能保持某一恒定值,而与通过它的电流无关。实际电源的电压源模型如图 1—3 所示。其伏安特性为:

$$U = U_s - IR_0$$

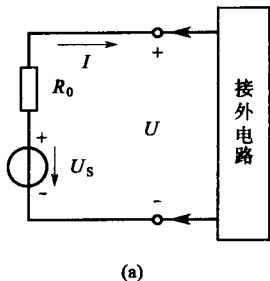
2. 电流源

如果用电流源来模拟实际电源,应采用理想电流源与内部损耗电阻的并联组合。理想电流源输出的电流是恒定的,故称恒流源。实际电源的电流源模型如图 1—4 所示。电压、电流的关系是:

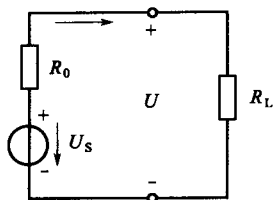
$$I = I_s - \frac{U}{R_0}$$



$$I = \frac{U}{R_L}$$



(a)



(b)

图 1—3 电压源模型

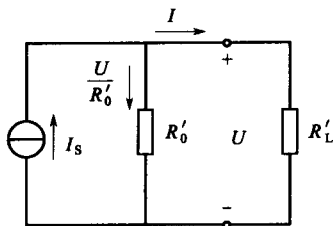


图 1—4 电流源模型

3. 电压源及电流源的等效互换

电压源及电流源实际上是可以等效互换的。在图 1—5 所示的两种电源模型中有以下关系：

电压源模型

$$I = \frac{U_s}{R_0} - \frac{U}{R_0}$$

电流源模型

$$I = I_s - \frac{U}{R'_0}$$

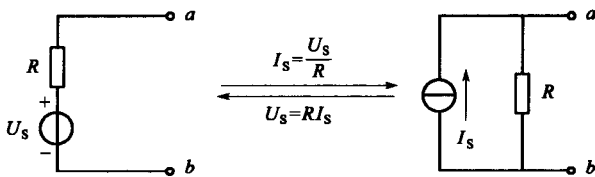


图 1—5 电压源与电流源的等效交换

可见,欲使两种模型的表达式能代表同一个实际电源,只要满足以下条件:

$$R'_0 = R_0$$

$$I_s = \frac{U_s}{R_0}$$

实际上凡是理想电压源 U_s 与电阻串联的电路都可与理想电流源 I_s 与电阻并联的电路等效互换,如图 1—5 所示。

四、基尔霍夫定律

基尔霍夫电流定律(简写 KCL)指出:电路中任一节点,在任一瞬间,流入节点的电流总和等于流出该节点的电流总和。

例如在图 1—6 中,流入节点 a 的电流为 I_1 和 I_2 ,流出节点 a 的电流为 I_3 ,故得:

$$I_3 = I_1 + I_2$$

基尔霍夫电压定律(简写 KVL)指出:在任一瞬时,沿闭合回路绕行一周,回路中各部分电压的代数和恒等于零。例如在图 1—7 中,按顺时针方向沿着回路 $abdea$ 绕行一周,可得:

$$U_1 + U_2 - U_3 - U_4 = 0$$

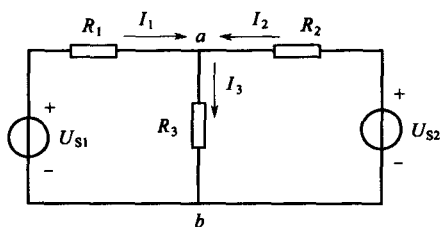


图 1—6 KCL 示例

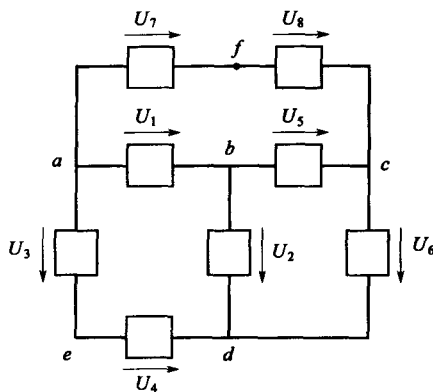


图 1—7 KVL 示例

在写上式时,可以先任意指定一个绕行回路的方向(绕行方向既可顺时针也可逆时针),凡电压的参考方向与回路绕行方向一致者,在该式中此电压前面取“+”号,电压参考方向与回路绕行方向相反者,则前面取“-”号。

五、支路电流法

在计算复杂电路的各种方法中,支路电流法是最基本的。它是以支路电流为未知数,应用基尔霍夫电流定律和电压定律分别对节点和回路列出所需要的方程组,而后解出各未知支路电流的方法。

列方程时,必须先电路图上选定好未知支路电流的方向,必要时选定回路绕行方向。一般地说,对具有 b 条支路、 n 个节点的电路应用基尔霍夫电流定律只能列出 $(n-1)$ 个独立方程。应用基尔霍夫电压定律可列出其余 $b-(n-1)$ 个方程,通常可取单孔回路(或称网孔)列出。

例 在图 1—8 所示的电路中,已知 $E_1 = 140 \text{ V}$, $E_2 = 90 \text{ V}$, $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$, $R_3 = 6 \Omega$,试求各支路电流和电压 U_{ab} 。

解:应用克希霍夫电流定律和电压定律可得:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$140 = 20I_1 + 6I_3$$

$$90 = 5I_2 + 6I_3$$

解方程得:

$$I_1 = 4 \text{ A}$$

$$I_2 = 6 \text{ A}$$

$$I_3 = 10 \text{ A}$$

$$U_{ab} = I_3 R_3 = 60 \text{ V}$$

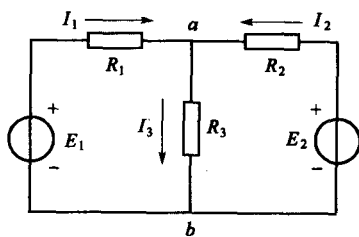


图 1—8 两个电源并联的电路

六、叠加原理

对于线性电路,任何一条支路的电流,都可以看成是由电路中各个电源(电压源或电流源)



分别作用时,在此支路中所产生的电流的代数和,这就是叠加原理。所谓电路中只有一个电源单独作用,就是假设将其余电源均除去(将各个理想电压源视为短接,即其电动势为零;将各个理想电流源开路,即其电流为零),但是它们的内阻(如果给出时)仍需保留。支路电流或电压都可以用叠加原理来求解,但功率的计算就不能用叠加原理。

例 如图 1—9(a)所示电路,试用叠加原理求电流 I_2 及理想电流源的端电压 U 。

解:按叠加原理作出图 1—9(b)和图 1—9(c)所示的电路图。

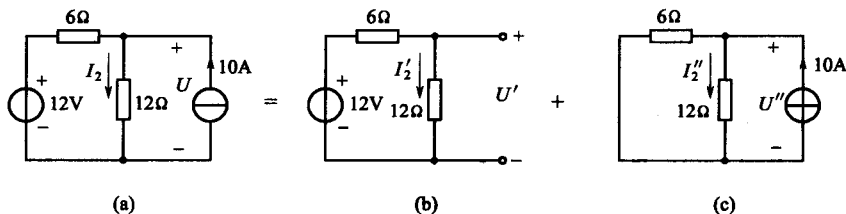


图 1—9

在图 1—9(b)中

$$I_2' = \frac{12}{12+6} = \frac{2}{3} \text{ (A)}$$

$$U' = 12I_2' = 12 \times \frac{2}{3} = 8 \text{ (V)}$$

在图 1—9(c)中

$$I_2'' = \frac{6}{6+12} \times 10 = \frac{10}{3} \text{ (A)}$$

$$U'' = 12I_2'' = 12 \times \frac{10}{3} = 40 \text{ (V)}$$

所以

$$I_2 = I_2' + I_2'' = \frac{2}{3} + \frac{10}{3} = 4 \text{ (A)}$$

$$U = U' + U'' = 8 + 40 = 48 \text{ (V)}$$

七、戴维南定理

戴维南定理指出:任何一个线性有源二端网络,对其外部而言,总可以等效成一个电压源(或电动势) E_0 与内阻 R_0 相串联的电源(如图 1—10)。其中等效电压源 E_0 等于有源二端网络的开路电压 U_{oc} ,而等效内阻 R_0 等于令其所有电源为零(将电压源视为短路,将电流源视为开路)后,由二端口看进去的电阻。

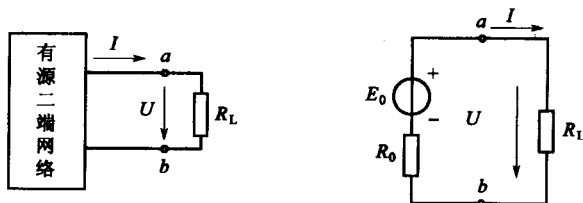


图 1—10 等效电源的概念



例 在图 1—11 所示的桥式电路中,已知 $E = 12\text{ V}$, $R_1 = R_2 = 5\ \Omega$, $R_3 = 10\ \Omega$, $R_4 = 5\ \Omega$, 中间支路是一检流计,其电阻 $R_G = 10\ \Omega$ 。试求检流计中的电流 I_G 。

解:等效电源的电动势 E_0 可由图 1—12(a)求得:

$$I' = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{12}{5 + 5} = 1.2\text{ (A)}$$

$$I'' = \frac{E}{R_3 + R_4} = \frac{12}{10 + 5} = 0.8\text{ (A)}$$

所以

$$E_0 = U_{oc} = I' R_2 - I'' R_4 = 1.2 \times 5 - 0.8 \times 5 = 2\text{ (V)}$$

等效电源的内阻 R_0 可由图 1—12(b)求得:

$$\begin{aligned} R_0 &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{5 \times 5}{5 + 5} + \frac{10 \times 5}{10 + 5} \\ &= 2.5 + 3.3 = 5.8\text{ (}\Omega\text{)} \end{aligned}$$

I_G 由图 1—12(c)求出:

$$I_G = \frac{E_0}{R_0 + R_G} = \frac{2}{5.8 + 10} \approx 0.126\text{ (A)}$$

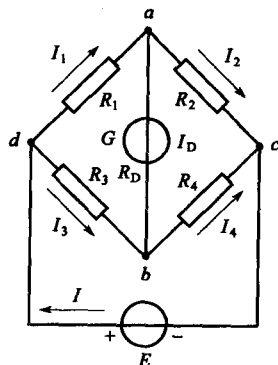
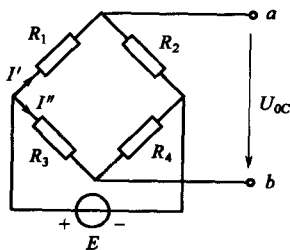
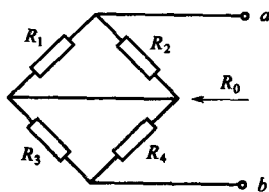


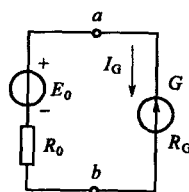
图 1—11



(a)



(b)



(c)

图 1—12

八、电 容 器

电容器是一种贮存电荷的电器元件。它是由绝缘体(电介质)分隔开的两个导体(极板)的组合。电容器的容量用电容 C 表示,单位是 F(法[拉],简称法),实际应用中常用微法(μF)与皮法(pF)表示。 $1\text{ F} = 10^6\ \mu\text{F} = 10^{12}\text{ pF}$ 。

为了满足所需的电容量和所能承受的工作电压,电容器可以并联或串联使用。并联时的等效电容为各个电容之和,总耐压值等于各个相同型号电容器的耐压值之和;串联使用时的等效电容的倒数为各个电容倒数的和,耐压值等于最低额定耐压值电容器的耐压值。

电容器在电源对其充放电的时候都要经过一段时间才能基本完成,两端的电压呈指数曲线上或下降。因此它两端的电压不能突变。充放电的时间常数 $\tau = RC$,即时间常数等于电阻值与电容的乘积,与充电电压无关。电容器充电至稳定状态,即电容器两端电压等于电源电压时,充电电路中电流等于零,所以电容器可以通过交流电而不能通过直流电,具有隔直通交的作用。

车电装置中常用的电容器有云母电容器、纸介电容器、金属化纸介电容器和电解电容器。使用电容器时要注意以下问题: