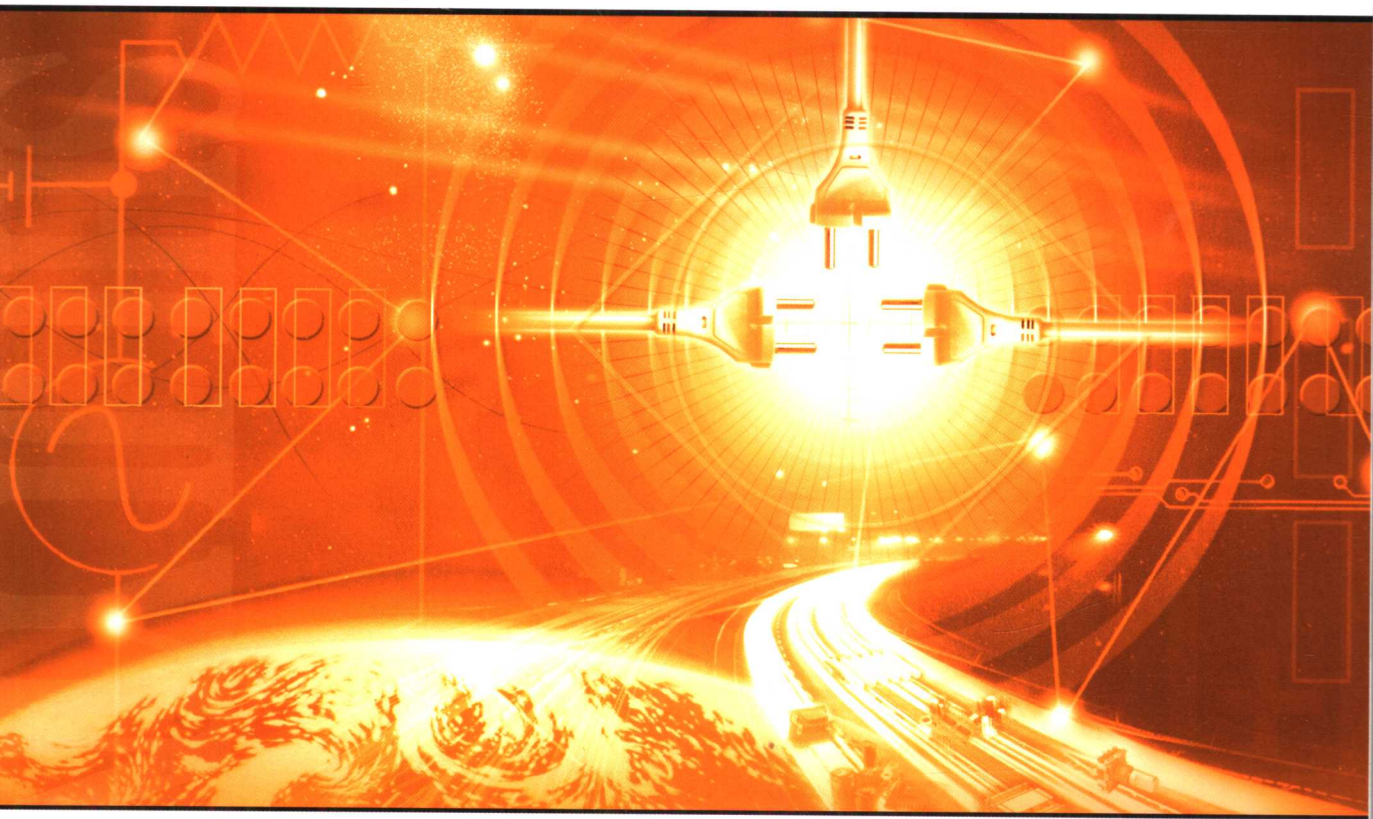


电工基本理论



柳其春 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

世纪英才模块式技能实训·中职系列教材

电工基本理论

柳其春 主编

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工基本理论 / 柳其春主编. —北京: 人民邮电出版社, 2006.10

(世纪英才模块式技能实训·中职系列教材)

ISBN 7-115-15078-8

I. 电... II. 柳... III. 电工学—专业学校—教材 IV.TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 086409 号

内 容 提 要

本书是一本电工基本理论教材, 全书共分 11 个模块, 包括直流电路、复杂直流电路、磁与电磁、电磁感应、自感和互感现象、正弦交流电、三相交流电、串联谐振电路和并联谐振电路、变压器与电动机、安全用电等知识点。本书以图表结合实物图的方式进行编写, 直观明了、通俗易懂。书中含有丰富实用的例题, 各例题贯穿知识点, 既有利于教师教学, 又有利于学生学习。

本书可作为中等职业技术学校及技工学校电工电子类专业的通用教材, 也可作为电工电子技术从业人员的培训和自学用书。

世纪英才模块式技能实训·中职系列教材

电工基本理论

-
- ◆ 主 编 柳其春
责任编辑 申 苹
执行编辑 张 海
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 9.5
字数: 229 千字 2006 年 10 月第 1 版
印数: 1—5 000 册 2006 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-15078-8/TN · 2823

定价: 15.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

世纪英才模块式技能实训·中职系列教材

编 委 会

(电工电子类专业)

主 任: 王国玉 杨承毅

编 委: 江华圣 程立群 李世英 柳其春
王奎英 易法刚 李中显 陈子聪
张自蕴 王诗平 钟建华 刘起义
余铁梅

策 划: 丁金炎 刘玲莉

丛书前言

《国务院关于大力发展职业教育的决定》指出“职业院校要根据市场和社会需要，不断更新教学内容，合理调整专业结构，大力发展新兴产业和现代服务业的专业，大力推进精品专业、精品课程和教材建设”，这不仅给职业院校的办学，同时也为我们开发职业教育教材指明了前进的方向。

对职业教育而言，满足国民经济发展的需要才是职业教育真正的主题。职业教育活动围绕着专业技能的需要而展开，不仅是就业市场的需求，也是职业院校办学理念上的回归。职业院校“以就业为导向”的办学方针，意味着职业教育办学必须树立向市场靠拢的职教理念，探索与之相对应的职教模式。

本系列教材是我们借鉴加拿大 CBE (Competency-Based Education) 教学思想的一次实践，也是借 DACUM 方法来开发教学计划的具体探索。系列教材包括专业基本理论、专业群技术基本功和专业技能实训 3 个类别。新编教材忠实贯彻了“以就业为导向”的指导思想，克服了“过多强调学科性”及“盲目攀高升格”的倾向，重视知识、技能传授的宏观设计及整体效果，改变了中职教材在原学科体系基础上加加减减的编写方法。

与当今市面上的同类教材相比，本系列教材的主要特点有：

- (1) 教材结构“模块化”。一个模块一个知识点，重点突出，主题鲜明。
- (2) 教材内容“弹性化”。适应“生源”水平的差异和订单式职业教育的不同需求。
- (3) 教学内容“本体化”。教材内容不刻意向其他学科扩展，追求系列教材的组合效应。
- (4) 合理控制教学成本。如今，不计教学成本的时代已经离去，针对中职教育投资不足的现状，本系列教材要求作者对每一个技能实训的成本作出估算，以控制教学成本。
- (5) 针对目前中职学生的认知特点，本系列教材强调图文并茂、直观明了、便于自学，充分体现“以学生为本”的教学思想。

综上所述，本系列教材是符合当今中等职业教育发展方向的一个有潜在价值的教学模式。本系列教材的作者都是长期担任相关课程教学工作的有工程背景的教师，他们不仅具备扎实的理论功底，还在职业技能方面积累了大量的经验。正是由于本系列教材的作者们具备了这些条件，才有了本系列教材的高质量出版。

总之，本系列教材的出版价值不仅在于它贯彻了国家教育部对于中等职业教育的改革思想，而且与当前就业单位“招聘的人能立即上岗”的要求合拍，并为学生毕业后在电工电子类专业间转岗奠定了最基本的知识和技能基础。同时其新（新思想、新技术、新面貌）、实（贴近实际、体现应用）、简（文字简洁、风格明快）的编写风格令人耳目一新。

如果您对这个系列的教材有什么意见和建议，或者您也愿意参与到这个系列教材中其他专业课教材的编写，可以发邮件至 wuhan@ptpress.com.cn 与我们联系，也可以进入本系列教材的服务网站 www.ycbook.com.cn 留言。

编委会

前 言

随着中等职业教育改革的不断深入,应用电工学也取得了长足的发展,本书立足职业学校“以就业为导向”的办学方针,提出了崭新的编写思路,在阐述理论知识时深入浅出,详略恰当;理论知识与实物图一一对应,并配有数据表,直观明了;避开了繁杂的数学推导,充分体现了模块化、弹性化的特点;突出实物演示、实验等实践教学环节,体现了“以学生为本”的教学思想。

本书作为“世纪英才模块式技能实训”系列教材之一,注重理论知识的讲解,它与本系列教材中的《电工实训基本功》共同构建了电工课程的理论和实践教学体系。目前本书已被列入“NEW IDEA INSIDE”教材出版工程(详情请访问 www.ycbook.com.cn)。

本书总课时约为 140 学时,其中包括课堂教学约 110 学时,开放性实验约 20 学时,机动安排 10 学时。开放性实验是综合考虑教材改革与部分学校教学的实际情况而安排的,具体的项目和学时由任课老师根据教学情况来安排。

本书由武汉市第一轻工业学校柳其春老师担任主编,武汉铁路职业技术学院的杨承毅老师和武汉工程职业技术学院的江华圣老师担任主审。其中模块一、模块九、模块十一和实验课由柳其春老师编写;模块三和模块四由武汉电子信息学校李燕凌老师编写;模块六、模块七、模块八由武汉电子信息学校丁运展老师编写;模块二和模块五由武汉市黄陂高级职业中学熊福平老师编写;模块十由武钢中等职业技术学校罗薇老师编写。本书在编写过程中,得到了武汉电子信息学校程立群老师的大力支持与帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

知识模块一 直流电路	1
第一部分 教学组织	1
一、教学目的	1
二、教学节奏与方式	1
第二部分 教学内容	1
一、电路组成及基本物理量	1
二、欧姆定律及其应用	6
三、电阻的串联、并联以及混联	8
四、电功与电功率	11
五、焦耳定律	12
六、负载的额定值	13
第三部分 教师演示	13
第四部分 边学边议	15
习题一	15
知识模块二 复杂直流电路	17
第一部分 教学组织	17
一、教学目的	17
二、教学节奏与方式	17
第二部分 教学内容	17
一、基尔霍夫定律	17
二、支路电流法	21
三、叠加定理	22
四、戴维南定理	24
五、电压源及电流源的等效变换	27
第三部分 教师演示	31
第四部分 边学边议	32
习题二	33
知识模块三 磁与电磁	35
第一部分 教学组织	35
一、教学目的	35
二、教学节奏与方式	35
第二部分 教学内容	35
一、磁的基本知识	35

二、磁与电磁	38
第三部分 教师演示	42
第四部分 边学边议	44
习题三	46
知识模块四 电磁感应	48
第一部分 教学组织	48
一、教学目的	48
二、教学节奏与方式	48
第二部分 教学内容	48
一、电磁感应现象	48
二、直导体中产生的感应电动势	49
三、电磁感应定律	50
四、楞次定律	50
第三部分 教师演示	51
第四部分 边学边议	53
习题四	54
知识模块五 自感和互感现象	56
第一部分 教学组织	56
一、教学目的	56
二、教学节奏与方式	56
第二部分 教学内容	56
一、自感现象	56
二、互感现象	60
三、互感线圈的同名端和串联	62
四、涡流和磁屏蔽	63
第三部分 教师演示	64
第四部分 边学边议	66
习题五	67
知识模块六 正弦交流电的基本概念	68
第一部分 教学组织	68
一、教学目的	68
二、教学节奏与方式	68
第二部分 教学内容	68
一、电流的分类	68
二、正弦交流电的产生	69
三、正弦交流电的三要素	70
四、正弦交流电的表示法	72

第三部分 教师演示	75
第四部分 边学边议	76
习题六	76
知识模块七 单一参数正弦交流电路及 RLC 串联电路	78
第一部分 教学组织	78
一、教学目的	78
二、教学节奏与方式	78
第二部分 教学内容	78
一、单一参数正弦交流电路	78
二、RLC 串联电路	83
三、特例	85
第三部分 教师演示	87
第四部分 边学边议	88
习题七	89
知识模块八 串联谐振电路和并联谐振电路	91
第一部分 教学组织	91
一、教学目的	91
二、教学节奏与方式	91
第二部分 教学内容	91
一、串联谐振电路	91
二、谐振电路的选择性和通频带	92
三、电感与电容并联的谐振电路	93
第三部分 教师演示	94
第四部分 边学边议	95
习题八	97
知识模块九 三相交流电	99
第一部分 教学组织	99
一、教学目的	99
二、教学节奏与方式	99
第二部分 教学内容	99
一、三相交流电的产生	99
二、三相电源绕组的连接	101
三、三相负载的连接	103
四、三相电路的功率	105
第三部分 教师演示	106

第四部分 边学边议	107
习题九	108
知识模块十 变压器与电动机	110
第一部分 教学组织	110
一、教学目的	110
二、教学节奏与方式	110
第二部分 教学内容	111
一、变压器	111
二、三相异步电动机	115
第三部分 教师演示	120
第四部分 边学边议	121
习题十	123
知识模块十一 输、配电及安全用电	124
第一部分 教学组织	124
一、教学目的	124
二、教学节奏与方式	124
第二部分 教学内容	124
一、发电、配电和配电概况	124
二、安全用电常识	127
三、防雷知识	131
第三部分 教师演示	134
第四部分 边学边议	134
习题十一	135
附录 开放性实验	136

知识模块一

直流电路

直流电路是在电路中各处电压、电流不随时间变化的一种电路。在一定条件下，直流电路的基本定律与分析方法也适用于其他类型的电路。因此，学好直流电路是学习本课程的第一步。

第一部分 教学组织

一、教学目的

- (1) 掌握电路中的基本物理量。
- (2) 掌握电位、电压的计算方法和电位、电压的方向以及它们之间的关系。
- (3) 掌握电功率的实际应用。

二、教学节奏与方式

项 目		时 间 安 排	教 学 方 式*
1	课前准备	课余	自学、查资料相互讨论
2	教师讲授	8 课时	讲述电路物理量，串、并联及混联，欧姆定律等
3	教师演示	2 课时	电压、电流测量
4	边学边议	2 课时	电位的求解步骤

*注：本书的教学方式仅供教师参考，各学校可按实际情况安排教学。

第二部分 教学内容

一、电路组成及基本物理量

1. 电路的组成及电路图

电路就是电流流动的路径。较简单的电路如图 1-1 所示。由图中可以看出，电路一般由以下几部分组成。

(1) 电源

向电路提供电能的设备或器件称为电源，如干电池、稳压电源和太阳能电池等。

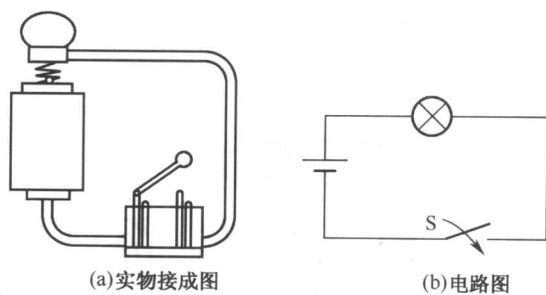


图 1-1 较简单的电路

(2) 负载

负载是将电能转换为其他形式能量的电器或设备，这些设备通称为负载，如电灯、电炉、电动机等。

(3) 控制开关、导线

导线用来连接电源和负载，开关则用来控制电路的接通和断开。

电路可以用电路图来表示。在电路图中，各种电气元件都采用国家统一规定的图形符号来表示。部分常用电气图用实物及图形符号如表 1-1 所示。

表 1-1 部分常用电气图用实物及图形符号

实物图形	图形符号	名称	实物图形	图形符号	名称	实物图形	图形符号	名称
	—	直流		~	交流		~	交直流
	或	开关			电阻			接机壳 保护 接地
		电池			电位器			接地 保护 接零
		线圈			电容			连接 导线
		抽头 线圈			电流表			不连接 导线
		铁芯 线圈			电压表			熔断器

续表

实物图形	图形符号	名称	实物图形	图形符号	名称	实物图形	图形符号	名称
		直流发电机			发光二极管			电灯
		交流发电机			直流电动机			交流电动机

电路图主要反映各电气元器件的电气性能和它们的连接关系，而不反映电路元件的几何形状和尺寸。图 1-1 (a) 所示的实物图可画成图 1-1 (b) 所示的电气原理图，通常所说的电路图是指电气原理图。

2. 电路的工作状态

电路通常有三种状态，如表 1-2 所示。

表 1-2 电路的工作状态

电路状态	图 形	现 象	原 因	要 求
通路		电路闭合，有电流		各电气设备的电压、电流、功率等数值不能超过额定值
断路		S 未合上，或者某处断开，电流等于零	电气设备与导线之间接触不良	导线与电气设备的连线牢固，不能松动
短路		a、b 点之间短接，电流比正常值大得多，烧坏电源和其他设备	导线之间直接相连，或绝缘导线损坏等	应严防电路发生短路

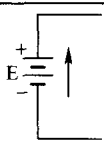
3. 分析电路时常用的几个物理量

分析电路时常用的物理量如表 1-3 所示。

表 1-3 电路常用的几个物理量

名 称	符 号	单 位	换算关系	计算公式	方向表示
电压	U_{ab}	kV、V、mV、 μ V	1kV=10 ³ V 1mV=10 ⁻³ V 1 μ V=10 ⁻⁶ V	$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q}$ $U_{ab} = U_a - U_b$	
电流	I	kA、A、mA、 μ A	1kA=10 ³ A 1mA=10 ⁻³ A 1 μ A=10 ⁻⁶ A	$I = \frac{Q}{t}$	正电荷移动方向

续表

名 称	符 号	单 位	换算关系	计 算 公 式	方 向 表 示
电流密度	J	A/mm^2		$J = \frac{I}{S}$	
电动势	E	和电压单位相同	和电压换算关系相同	$E = \frac{W_{\text{外}}}{Q}$	
电位	U_A	V		$U_{AB} = U_a - U_b$	某点电位大于参考点电位时, 称正电位; 反之称为负电位

(1) 电压

如图 1-2 所示, 令电场中的电场力将电荷从 A 点移到 B 点, 所做的功为 W_{ab} , 则 W_{ab} 与电荷 Q 的比值称为两点之间的电压, 即 $U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q}$ 。其符号、单位和数学表达式等如表 1-3 所示。

电路中任意两点之间的电压大小, 可用电压表 (伏特表) 进行测量, 如图 1-3 所示。测量时应注意以下几点。

- ① 对交流、直流电压分别采用交流电压表和直流电压表测量。
- ② 电压表必须并联在被测电路的两端, 按图 1-4 所示测量。
- ③ 直流电压表壳接线柱上标明的“+”、“-”记号, 应和被测两点的电位相一致, 即“+”端接高电位, “-”端接低电位。不能接错, 否则指针反转, 并会损坏电压表。
- ④ 合理选择电压表的量程。如果量程选用不当, 例如用小量程电压挡去测大电压, 就会损坏电压表; 若用大量程电压挡去测小电压, 则会影响测量的准确度。在进行电压测量时, 一般要先估计被测电压大小, 再选电压表的量程。若无法估计, 可先用电压表的最大量程挡测量, 当指针偏转不到 1/3 刻度时, 再改用较小量程挡去测量, 直到测得正确数值为止。

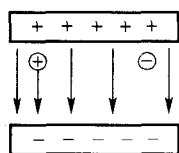


图 1-2 电场力功

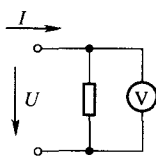


图 1-3 电压测量

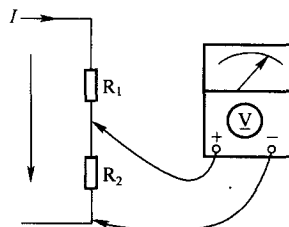


图 1-4 串联电路电压测量

电压不仅有大小, 而且有方向, 即有正负。对于负载电阻来说, 规定电流流进端为电压的正端, 电流流出端为电压的负端。电压方向由正指向负。

电压的方向在电路图中有两种表示方法, 如图 1-3 所示。

在分析电路时, 往往难以事前确定电压的实际方向, 此时可先任意假设电压的参考方向, 再根据计算所得结果的正负来确定电压的实际方向。

对于电阻负载来说, 没有电流就没有电压, 有电压就一定有电流。电阻两端的电压被称为电压降。

(2) 电流

电荷有规则地定向流动称为电流。电流大小取决于一定时间内通过导体横截面电荷量的多少。电流的表达式、换算关系和符号如表 1-3 所示。

电流的大小可用电流表（安培表）进行测量，如图 1-5 所示。测量时应注意以下几点。

① 对交、直流电流应分别使用交流表和直流表。

② 电流表必须串联到被测量的电路中。

③ 直流电流表表壳接线柱上标明的“+”、“-”记号，应和电路极性相一致，否则指针要反转，也容易损坏电流表。

④ 合理选择电流表量程，其方法和电压表相同。

习惯上规定以正电荷移动的方向为电流的正方向。

在分析电路时，若难以判断电流的方向，也可先任意假定电流的参考方向，然后求解。当解出的电流为正值时，就认为电流的实际方向与参考方向一致，如图 1-6 (a) 所示；反之，解出的电流为负值时，就认为电流方向与参考方向相反，如图 1-6 (b) 所示。

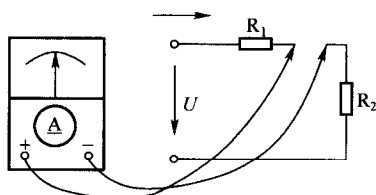


图 1-5 直流电流测量



图 1-6 直流电流测量分析

(3) 电流密度

在实际应用中，有时要选择导线的粗细（横截面），就涉及到电流密度这一概念。所谓电流密度是指当电流在导体的截面上均匀分布时，该电流与导体横截面积的比值，用 J 表示。其数学表达式、单位如表 1-3 所示。导线允许的电流密度随导体横截面积的不同而不同。选择合适的导线横截面积可使导线的电流密度在允许范围内，以防止导线过热，甚至着火发生事故。

【例 1-1】 在家庭装修中，某照明电路需要通过 21A 的电流，那么应采用多粗的铜导线？（设铜导线的允许电流密度 $J=6\text{A/mm}^2$ ）

$$S = \frac{I}{J} = \frac{21}{6} \text{mm}^2 = 3.5 \text{mm}^2 \quad (1-1)$$

(4) 电动势

电源将正电荷从电源负极（低电位）推向正极（高电位）的能力称为电源力。电源力将正电荷从电源负极推向正极所做的功与正电荷电量的比值称为电源的电动势，用字母表 E 表示。其表达式符号、单位如表 1-3 所示。其中， W 的单位为焦【耳】(J)， Q 电量单位为库【仑】(C)。

电动势的方向规定为从电源负极（低电位）指向正极（高电位），电源端电压方向是从电源正极（高电位）指向负极（低电位），它表示电压降与电动势的方向相反。

(5) 电位

在分析电路时，有时需要引入电位的概念。电位是指电路中某点与参考点之间的电压。通常把参考点的电位规定为 0，又称零电位。电位的文字符号用带单下标字母 U_A 或 ϕ 表示，如 U_A ，即表示 A 点的电位。电位的符号、数学表达式和单位等如表 1-3 所示。

在电路中可以指定任意一点（只能指一点）的电位为零，因而低于参考点的电位是负电位，高于参考点的电位是正电位。电场力移动单位正电荷所做的功愈多，表明正电荷所处的点的电位愈高，反之电位愈低。电路中任意两点之间的电位差（电压）与这两点电位的关系为 $U_{AB}=U_A-U_B$ 。

计算电位的基本步骤如下：

① 标出电路中的电流、电压的大小和方向。

② 选择参考点（零电位）。电路中有时可能已指定零电位，如果未指定时，可任意选取，但应以计算方便为准。如图 1-7 所示，若取 d 点为参考点，则计算 a、b、c 点的电位就变得简单方便。但如果取 a 或 c 点为参考点，计算其他点的电位就比较繁琐。

③ 计算电位，选好参考点以后，要计算某点的电位，可从这点出发，经电路中任意路径到参考点，将这条路径上的各段电压按照从该点指向参考点的方向，依次相加。路径选择原则首先是计算方便。

【例 1-2】 在图 1-8 中，已知 $E=16V$ ， $R_1=4\Omega$ ， $R_2=3\Omega$ ， $R_3=1\Omega$ ， $R_4=5\Omega$ ，求各点电位及电压 U_{AB} 和电压 U_{AF} 。

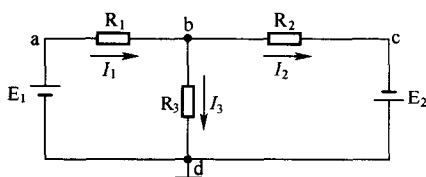


图 1-7 电位计算

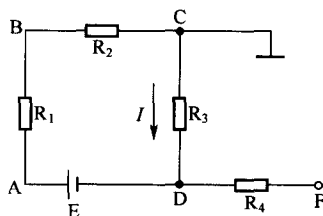


图 1-8 例 1-2 图

解：① 分析电路， R_4 中无电流通过（没有构成通道），D 点与 F 点电压 $U_{DF}=0$ 。电路由 $E \rightarrow R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow D$ ，可看成无分支电路，电流方向如图 1-8 所示，则根据全电路欧姆定律有

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{16}{4 + 3 + 1} A = 2A$$

② 图 1-8 中已标出 C 点为参考点，则 $U_C=0$ ，根据已知参考点，可求出各电位：

$$U_B = U_{BC} = IR_2 = 2 \times 3 = 6V$$

$$U_A = U_{AB} + U_{BC} = IR_1 + IR_2 = 2(4+3) = 14V$$

$$U_D = U_F = U_{DC} = -IR_3 = -2 \times 1 = -2V$$

③ 求各电压

$$U_{AB} = U_A - U_B = 14 - 6 = 8V$$

$$U_{AF} = U_{AD} = E = 16V$$

或

$$U_{AF} = U_A - U_D = 14 - (-2) = 16V$$

二、欧姆定律及其应用

1. 部分电路的欧姆定律

图 1-9 中所示电路是一段不含电源的部分电路，则通过这段导体中的电流 I 与导体两端的电压 U 成正比，与这段导体的电阻 R 成反比。这就是部分电路的欧姆定律。在取关联参考方向时，其表达式为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-2)$$

从图 1-9 中可以看出电阻两端电压的方向是由高电位指向低电位, 并且电位是逐点降低的。

【例 1-3】 某白炽灯接在交流电压 220V 电源上, 正常工作时流过的电流为 455mA, 试求此电灯的电阻。

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{455 \times 10^{-3}} \approx 483.5 \Omega$$

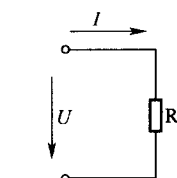


图 1-9 部分电路图

2. 全电路的欧姆定律

全电路是指含有电源的闭合电路, 如图 1-10 所示。图中的 E 代表一个实际的电源。电源的内部一般都是有电阻的, 这个电阻称为电源的内电阻, 用字母 r_0 表示。为了看起来方便, 通常在电路图上把 r_0 单独画出。事实上, 内电阻在电源内部, 与电动势是分不开的, 可以不单独画出, 而在电源符号的旁边注明内电阻的数值就行了。

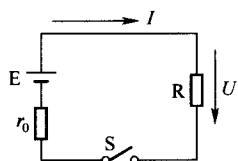


图 1-10 全电路图

当开关 S 闭合时, 负载电阻 R 上就有电流流过, 这是因为电阻两端有了电压 U。电压 U 是由电动势 E 产生的, 它既是电阻两端的电压,

又是电源的端电压。

下面讨论电动势 E 和电源端电压的关系。开关 S 打开时, 电源的端电压在数值上等于电源的电动势 (方向是相反的)。当开关 S 闭合时, 用电压表测量电阻 R 两端的电压, 发现所测量数值比开路电压小, 或者说闭合电路中电源的端电压小于电源的电动势。这是因为电流流过电源内阻时, 在内阻上产生了电压降 U_r , $U_r = I r_0$ 。可见电路闭合时, 电源端电压 U 应该等于电源电动势减去电压降 U_r :

$$U = E - U_r = E - I r_0$$

即

$$I = \frac{E}{R + r_0} \quad (1-3)$$

式 (1-3) 表明: 在一个闭合电路中, 电流与电源的电动势成正比, 与电路中内电阻和外电阻之和成正比。这个规律称为全电路欧姆定律。

【例 1-4】 有一电源电动势 $E=3\text{V}$, 内阻 $r=0.4\Omega$, 外接负载电阻 $R=9.6\Omega$, 求电源端电压和内压降。

解:

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{3}{9.6 + 0.4} = 0.3 \text{ A}$$

内压降

$$U_r = I r = 0.3 \times 0.4 = 0.12 \text{ V}$$

电源端电压

$$U = IR = 0.3 \times 9.6 = 2.88 \text{ V}$$

或

$$U = E - U_r = 3 - 0.12 = 2.88 \text{ V}$$

【例 1-5】 已知电池的开路电压 $U_k=1.5\text{V}$, 接上 9Ω 的负载电阻时, 其端电压为 1.35V , 求电池的内电阻 r 。

解: 开路时, $E=U_k=1.5\text{V}$

且已知 $U_r = E - U = 1.5 - 1.35 = 0.15\text{V}$, 得

电流

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1.35}{9} \text{ A} = 0.15 \text{ A}$$

内阻

$$r = \frac{U_r}{I} = \frac{0.15}{0.15} \Omega = 1 \Omega$$