



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校建筑智能化专业教学用书

技能型紧缺人才培养培训系列教材

电工基本知识 及技能

王林根 主编

Architecture



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校建筑智能化专业教学用书

技能型紧缺人才培养培训系列教材

电工基本知识与技能

王林根 主编
刘介才 周元一 主审

高等教育出版社

内容提要

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐的技能型紧缺人才培养培训系列教材。本书根据教育部和建设部 2004 年制定的《中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》编写,同时参考了有关行业的职业技能鉴定规范及技术工人等级考核标准。

全书主要包括:电工基本知识、变压器与电动机、建筑电气的施工程序、建筑供配电系统、配线工程、电气照明、接地与防雷等。

本书可作为中等职业学校建筑智能化专业领域技能型紧缺人才培养培训教材,也可作为相关行业岗位培训用书或相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工基本知识及技能/王林根主编. —北京:高等教育出版社,2006.1

ISBN 7-04-018036-7

I. 电... II. 王... III. 电工-技术培训-教材
IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 148238 号

策划编辑	王卫民	责任编辑	张玉海	封面设计	张申申	责任绘图	朱 静
版式设计	胡志萍	责任校对	朱惠芳	责任印制	韩 刚		

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 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 廊坊市文峰档案文化用品有限公司

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 16
字 数 490 000
插 页 10

版 次 2006 年 1 月第 1 版
印 次 2006 年 1 月第 1 次印刷
定 价 26.00 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

物料号 18036-00

出版说明

2004年教育部、建设部联合印发了关于实施“职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程”的通知,并组织制定了包括建筑(市政)施工、建筑装饰、建筑设备和建筑智能化四个专业领域的《中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》(以下简称《指导方案》)。

《指导方案》要求建设行业技能型紧缺人才的培养培训要以全面素质为基础,以能力为本位;以企业需求为基本依据,以就业为导向;适应行业技术发展,体现教学内容的先进性;以学生为中心,体现教学组织的科学性和灵活性。

为了配合实施建设行业技能型紧缺人才培养培训工程,我社组织了由制定《指导方案》的专家组牵头,承担培养培训任务的职业学校及合作企业的一线“双师型”教师与工程技术人员组成的编者队伍,开发编写了建筑(市政)施工、建筑装饰、建筑设备和建筑智能化四个专业领域的中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训系列教材。

本系列教材以《指导方案》为依据编写,分为基础理论知识综合教材、平台类核心教学与训练项目教材、专门化方向核心教学与训练项目教材和非核心教学与训练项目教材四种类型。

本系列教材在编写中突出了以下特点:

1. 基础理论知识综合化

通过课程整合,产生了《建筑与市政工程基础》、《建筑装饰基础》、《建筑智能化概论》等基础理论知识综合教材。这类教材一般包括两个模块内容:一是本专业领域相关入门知识,使学生首先对将从事的职业和要学习的内容从整体上有一定的感性认识;二是学习本专业领域各项目应掌握的基础理论知识,压缩并整合多门传统的专业基础课程内容,知识以必需、够用为度,体现了大综合化。

2. 采用新型的教学模式

借鉴国际上先进的职业教育经验,强调学生在教学活动中的中心地位,采用“行动导向”教学模式,根据企业实际的工作任务、工作过程和工作情境组织教学内容,形成围绕工作过程的新型教学与训练项目教材。这类教材打破传统的按照技术学科系统进行编写的模式,以具体项目的工作过程为主线组织教学内容,将相关知识分解到工作过程中,突出实践性教学环节,便于采用项目教学法进行教学。

3. 与国家职业标准和行业岗位要求紧密结合

《指导方案》中核心教学与训练项目分为平台类核心教学与训练项目和专门化方向核心教学与训练项目。前者为培养对相应专业领域各工作岗位具有共性的核心职业能力的教学与训练项目,如地基与基础工程施工等;后者为培养针对某一工作岗位的核心职业能力的教学与训练项目,如建筑工程技术文件管理等。专门化方向核心教学与训练项目教材,紧密结合相应的国家职业标准和行业岗位要求,并加强实操技能训练,使学生在取得学历证书的同时,可获得相应的职业资格证书。

4. 教材选用具有灵活性

本系列教材根据相应专业领域需要具备的职业能力和实际工作任务,以灵活的模块化组合方式供不同学习者选用。在本专业领域基础理论知识综合教材和平台类核心教学与训练项目教材的基础上,选取专门化方向核心教学与训练项目教材,可作为学历教育教材;如果选取基础理论知识综合教材与专门化方向核心教学与训练项目教材的组合方式,也可作为短期职业培训教材。

《施工项目管理》、《工程建设法规》等非核心教学与训练项目教材,包括相关知识与能力模块的内容,知识面宽,内容浅显简明,可供建筑类各专业教学和各种岗位培训使用。

中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训系列教材将从2005年春季起陆续出版。查阅本系列教材的相关信息,请登录高等教育出版社“中等职业教育教学资源网(<http://sv.hep.com.cn>)”。

高等教育出版社

2004年12月

前 言

根据社会发展和经济建设需求,国家公布了中等职业教育技能型紧缺专业,提出以提高学习者的职业实践能力和职业素养为宗旨,倡导以学生为本位的教育培训理念和建立多样性与选择性相统一的教学机制,通过综合和具体的职业技术实践活动,帮助学生积累实际工作经验,突出职业教育的特色,全面提高学生的职业道德、职业能力和综合素质。

本书主要根据教育部和建设部 2004 年制定的《中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》编写,同时参考了有关行业技能鉴定规范及技术工人等级考核标准,以作为建筑智能化专业的授课教材。同时也可作为建筑电气工程安装人员、维护与维修人员的岗位培训教材;亦可供安装工程施工管理人员及安装技术人员参考。其内容涉及电工基本知识、变压器与电动机、建筑电气的施工程序、建筑供配电系统、配线工程、电气照明、接地与防雷等,内容全面详细。

本书在编写过程中,注意体现中等职业教育技能型紧缺专业的特点和要求,以实例工程为主线,突出实际施工的技术要求和安装工艺,并辅以施工图阅读方法和有关电工技能讲解。全书图文并茂、深入浅出、力求通俗易懂,可配合现代化教学手段和技能训练,培养学生的专业素质和实际操作能力。

本书按教学计划参考学时为 80 学时 + 4 周实践,各授课项目内容的建议安排见“课时分配表”,使用时可根据实际需要和现场条件进行调整,授课内容(特别是课堂授课、参观、实训等课时)可根据需要进行灵活掌握和适当删减。

课时分配表

序号	教学项目	课程内容	学时数	学时分配				授课方式及要求
				授课	参观	习题	实训(周)	
1	项目 1	电工基本知识	14	12		2		课堂授课
2	项目 2	变压器与电动机	12	8	2	2		课堂授课、实物教学、多媒体授课、参观
3	项目 3	建筑电气的施工程序	2	2				课堂授课
4	项目 4	建筑供配电系统	12	8	4			课堂授课、多媒体授课、实物教学
5	项目 5	配线工程	14	12	2		1	课堂授课、多媒体授课、参观
6	项目 6	电气照明	16	12	2	2	2	课堂授课、实物教学、多媒体授课、参观、实训
7	项目 7	接地与防雷	6	6			1	课堂授课、多媒体授课、实训
		机动	4					
合计			80	60	10	6	4	

本书由河南省建筑工程学校王林根主编,中讯邮电咨询设计院王勤、河南省襄城供电公司王振中参编。王林根编写项目1、2、3、4、6,王振中编写项目5、7,王勤编写附录与附表。本书在编写过程中得到教育部职业教育与成人教育司、建设部人事教育司、高等教育出版社、河南省建筑工程学校等单位及领导的关心和大力支持,成都电子机械高等专科学校刘介才和安徽机电职业技术学院周元一审阅了本书,并提出许多宝贵建议,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限和时间仓促,不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2005年6月于郑州

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

项目 1 电工基本知识	1	3.1.2 其他准备	56
1.1 电路基本知识	1	3.2 建筑电气施工安装阶段	57
1.1.1 电路的基本概念	1	3.2.1 预埋阶段	57
1.1.2 电路的基本定律	4	3.2.2 安装阶段	60
1.1.3 电磁的基本概念	7	3.3 建筑电气调试验收阶段	60
1.2 单相正弦交流电路	11	3.3.1 设备调试和施工资料	60
1.2.1 正弦交流电的基本概念	11	3.3.2 质量评定与竣工验收	60
1.2.2 电路的类型及其特性	14	思考与习题	62
1.2.3 交流电路功率因数提高的意义 及方法	21	项目 4 建筑供配电系统	63
1.3 三相正弦交流电路	22	4.1 供配电系统的基本概念	63
1.3.1 三相交流电路的基本概念	22	4.1.1 本实例工程供电简介	63
1.3.2 三相负载电路的连接和三相电 功率	25	4.1.2 供配电系统概述	65
思考与习题	31	4.2 配电装置及其安装	68
项目 2 变压器与电动机	32	4.2.1 成套配电柜	68
2.1 变压器	32	4.2.2 配电柜安装	71
2.1.1 变压器的用途、类型和基本结构	32	4.2.3 低压配电箱及安装	73
2.1.2 变压器的工作原理与铭牌数据	36	4.3 常用低压电气设备	76
2.1.3 变压器的运行特性	38	4.3.1 开关类低压电器	76
2.1.4 三相变压器与特殊变压器	40	4.3.2 保护类低压电器	88
2.2 三相交流电动机	44	4.3.3 控制类低压电器	90
2.2.1 三相异步电动机的基本结构和 工作原理	44	4.3.4 其他低压电器	95
2.2.2 三相异步电动机的类型和铭牌 数据	49	* 4.4 电力负荷计算与导线选择	96
2.2.3 三相异步电动机的起动、调速及 制动	51	4.4.1 电力负荷的一般计算方法	96
参观 变压器与电动机	54	4.4.2 导线选择原则和一般选择方法	97
思考与习题	54	实训一 导线的检查与连接	103
项目 3 建筑电气的施工程序	55	实训二 低压开关类电器的拆装	105
3.1 建筑电气施工准备阶段	55	实训三 低压配电箱的结构观察和 功能调试	107
3.1.1 技术准备	55	实训四 单相电度表安装	108
		实训五 三相电度表安装	110
		参观一 变电所与供配电系统	111
		参观二 各类电气设备	112
		思考与习题	112

项目 5 配线工程	113	实训三 塑料线管配线安装	175
5.1 室内配线	113	实训四 金属配管安装	176
5.1.1 线槽配线	114	实训五 金属管配线安装	179
5.1.2 线管配线	117	参观 各类灯具和电气装置件展示	
5.1.3 母线槽配线	123	参观	181
5.2 电缆配线	126	思考与习题	181
5.2.1 电缆的结构、类型和用途	126	项目 7 接地与防雷	182
5.2.2 电缆敷设要求	128	7.1 接地	182
5.2.3 电缆敷设	132	7.1.1 故障接地的危害及防范措施	182
5.3 其他配线与导线连接	138	7.1.2 接地参数与接地方式	183
5.3.1 架空配电线路	138	7.1.3 接地装置及组成	185
5.3.2 钢索配线	140	7.1.4 低压配电系统的接地形式	187
5.3.3 导线的连接与封端	140	7.2 建筑防雷	189
参观 架空配电线路和钢索配电		7.2.1 雷电的危害及建筑物防雷的基本	
线路	143	知识	189
思考与习题	143	7.2.2 建筑物与电气装置所采用的防	
项目 6 电气照明	144	雷措施	191
6.1 电气照明的基本概念	144	7.2.3 防雷装置及组成	195
6.1.1 电气照明的种类与方式	144	实训 接地电阻的测量	211
6.1.2 照度标准与照明控制	145	思考与习题	212
6.1.3 常用电光源及照明器	149	附录	213
6.2 灯具布置与照明计算	155	附录一 常用电工器具及使用	213
6.2.1 灯具布置	155	附录二 常用电工仪表及使用	221
6.2.2 照度计算	158	附录三 安全用电基本知识	234
6.3 照明供电及线路	159	附表	237
6.3.1 照明供电及形式	159	附表一 常用的建筑图例符号	237
6.3.2 照明线路及设置	160	附表二 常用的电气图形符号	238
6.3.3 电气装置件及安装	161	附表三 电气设备常用的基本文字	
6.4 电气照明施工图	165	符号	244
6.4.1 施工图的主要内容	166	附表四 电气施工图常用的标注格式	
6.4.2 施工图的阅读	167		246
实训一 塑料线槽配线安装	169	参考文献	247
实训二 塑料线管配管安装	172	附图	

项目 1

电工基本知识

要使建筑生产力向高水平发展,就要研究先进技术,而先进技术与电工技术是密切相连的,因此,理工科各专业均有必要了解电工的基本知识,为后续课程和应用先进技术奠定必要的基础。

主要知识点 电路基本知识:基本概念、基本定律、电磁概念;单相交流电路:基本概念、单参数交流电路与 RL 串联电路、提高电路功率因数的意义及方法;三相交流电路:基本概念、三相负载连接及电功率。

主要教学目标 理解电路的作用、组成、状态、基本物理量等电路概念;理解电路欧姆定律和基尔霍夫定律;理解单相交流电的产生,熟悉交流电的三要素;理解 R 、 L 、 C 单参数交流电路和 RL 串联电路的特点,了解电路功率因数提高的方法;理解三相交流电路及三相负载的连接方法(Δ 、 Y),熟悉电压、电流的关系和三相电功率。

1.1 电路基本知识

电能是现代社会大量应用的一种能量形式,而电能的应用是离不开电路的,电路是实现将电能转换为其他能量的必要条件。

1.1.1 电路的基本概念

1. 电路的作用

电流通过的闭合路径称为电路,其基本作用是进行电能的输送和信息的传递。

(1) 电能的输送和能量转换作用 进行电能的输送及能量转换的电路一般称“强电”电路,如发电、变电、输电、配电、动力、照明、整流、逆变等电路。

(2) 信息的传递和处理 进行信息的传递和处理的电路一般称“弱电”电路,如音频、视频、控制、数字信号等信息电路。

2. 电路的组成

电路主要由电源 E 、控制开关 S 与保护装置(如熔断器 FU)、负载(又称负荷,如照明灯 EL)与连接导线等组成,如图 1-1a 所示,其等效电路见图 1-1b。

(1) 电源 电源是供应电能的源泉,是将其他形式的能量转换成电能的装置,一般称电源设备,如发电机(机械能转换为电能)、蓄电池(化学能转换为电能)等。

(2) 负载 负载是将电能转换成其他形式的能量的装置,一般称为负载设备或简称负载,它是消耗电能的装置,如电动机(电能转换为机械能)、电炉(电能转换为热)、电光源(电能转换为光能)等。

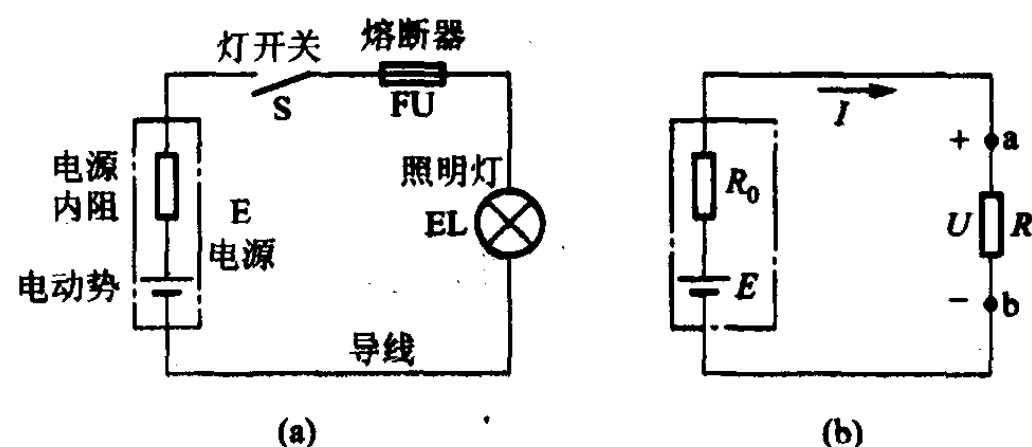


图 1-1 电路的组成

(a) 实际电路 (b) 等效电路

(3) 导线 导线是用来传输电能的,给电能(电流)提供通路,一般称输电线路。导线常用的材料有铜、铝、铁、银等。

(4) 控制与保护 为便于控制用电和保护用电设备,通常用控制设备(如开关 S)来控制电路的接通和断开;用断路器或熔断器保护用电设备。

(5) 其他 为完成更多的电路功能,有时还需测量、计量、信号、控制、自动装置等设备。

此外,为便于电路的分析和实际应用,电路图应采用现行国家标准规定的电气符号(包括文字符号 GB 7159—87 和图形符号 GB/T 4728—1996 ~ 2000)绘制,以表示电气设备布置及电路的连接情况。

3. 电路的状态

电路有通路、断路和短路三种状态(通路状态有时又称负载状态、断路状态有时又称空载状态)。

(1) 通路状态 即负载状态。开关 S 闭合后,电路即接通,灯 EL 会发光,电路中有负载电流($I = I_L$),即称为电路的通路状态,这也是电路的正常工作状态。

(2) 断路状态 即空载状态。开关 S 断开后,电路不通,灯 EL 也不发光,电路中无电流($I = 0$),即称为电路的断路状态。断路状态可能是由于开关断开,也可能是由于其他原因造成的。

(3) 短路状态 电源两端或负载两端被导体连接在一起,即电流不通过负载直接通过导线回到电源,即称为电路的短路状态。由于电源内阻 R_0 一般较小,所以短路电流 I_{sc} 较大,如不采取保护措施就会烧坏电气设备。

4. 电路的基本物理量

(1) 电流 I 电荷的定向移动形成电流;其大小采用单位时间内通过导体截面的电荷数表示,称为电流强度,一般简称电流,用 I 表示,对于直流电(不随时间变化的电量)有

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中: I ——电流, A(安[培]);

Q ——电荷, C(库[仑]);

t ——时间, s(秒)。

对于交流电(随时间变化的电量)而言,可认为在极短的时间内不随时间变化,即

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad \text{或} \quad i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2)$$

电流的单位也可以用 kA、mA 或 μA , 其关系如下:

$$1 \text{ kA} = 1\,000 \text{ A}, \quad 1 \text{ A} = 1\,000 \text{ mA}, \quad 1 \text{ mA} = 1\,000 \text{ }\mu\text{A}$$

(2) 电动势 E 电源的电场力(即电源力)将单位正电荷从电源负极移动到正极所做的功,称为电源的电动势,它是衡量电源力所做功的能力,用符号 E 表示,即

$$E = \frac{W_E}{Q} \quad (1-3)$$

式中: E ——电动势, V(伏);

W_E ——电源力所做的功, J(焦耳);

Q ——在电源内部被移动的电荷, C(库[仑])。

电动势在电源内部的正方向规定为由低电位点(负极)指向高电位点(正极)。

(3) 电压 U 电压表示负载电场力所做的功或电路中任意两点间的电位差。

1) 电位 电场或电路中某点的电位就是单位正电荷在该点所具有的电位能(即表征正电荷在电路中某一点向低电位移动的位能)。如图 1-1b 中 a 点的电位为 V_a 、b 点的电位为 V_b , 即 a 点比 b 点的电位能大。为了电路的分析方便, 一般设零电位点作为参考电位。

2) 电压 电路(场)中任意两点间的电位差, 称为两点间的电压, 以用来衡量电场力所做的功(即电场力移动电荷的能力), 简称电压, 用 U 表示。其正方向规定为由高电位点指向低电位点, 所以 a、b 两点间的电压 U_{ab} 可表示为

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-4)$$

或

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q} \quad (1-5)$$

式中: U_{ab} ——a、b 两点间的电压, V;

W_{ab} ——电场力把电荷 Q 从 a 点移到 b 点所做的功, J;

Q ——在电场或电路中被移动的电荷, C。

电压的单位也可以用 kV、mV 或 μV , 其关系如下:

$$1 \text{ kV} = 1\,000 \text{ V}, \quad 1 \text{ V} = 1\,000 \text{ mV}, \quad 1 \text{ mV} = 1\,000 \text{ }\mu\text{V}$$

(4) 电功率 P 电功率是衡量用电设备或电源做功能力的物理量。

1) 电功 W 将电能(电流)转换成机械能、热能、光能等所做的功, 称为电功, 用 W 表示, 即

$$W = Pt$$

单位一般用 kW·h(千瓦·时)表示, 俗称“度”。

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h}(\text{度}) = 1\,000 \text{ W} \cdot \text{h} = 1\,000 \text{ W} \times 3\,600 \text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

2) 电功率 P 电源(电场)力在单位时间内所做的功 W , 就称为电功率, 它是衡量用电设备或电源做功能力的物理量, 用 P 表示。单位用 W(瓦[特])表示, 即

$$P = \frac{W}{t} \quad (1-6)$$

电功率分为电源的电功率(电源功率, 电源力将单位正电荷从负极移至正极所做功的能力)和负载的电功率(负载功率, 电场力将单位正电荷从一点移至另一点所做功的能力), 其表达式为

$$P_E = EI \quad \text{或} \quad P = UI \quad (1-7)$$

1.1.2 电路的基本定律

电路的基本定律主要有欧姆定律和基尔霍夫定律等,它们是分析计算电路的重要工具,所以必须掌握和熟练应用电路的基本定律。

1. 欧姆定律

欧姆定律是德国科学家欧姆(1787—1854)用实验方法得出的结论,故称欧姆定律。它是最基本也是应用最广泛的电路定律。

(1) 部分电路欧姆定律 无电动势、仅含有电阻的电路,称为部分电路。在部分电路中,导体中的电流 I 与加在电阻两端的电压 U 成正比,与电阻 R 成反比,这就是部分电路欧姆定律的定义(见图 1-2a 的部分电路欧姆定律),即

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{或} \quad U = RI \quad (1-8)$$

式中: U ——导体两端的电压, V;

R ——导体的电阻, Ω (欧[姆]);

I ——导体通过的电流, A。

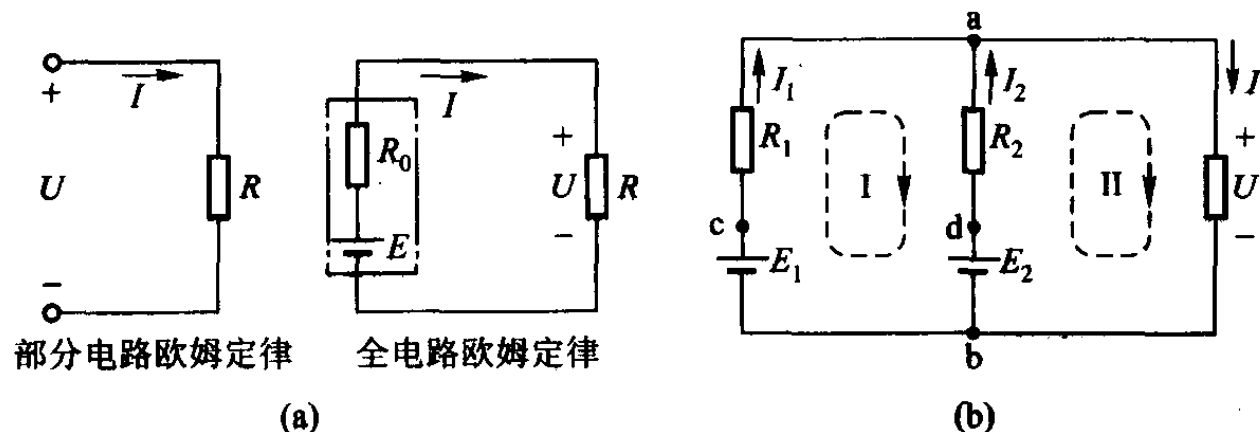


图 1-2 电路的基本定律

(a) 欧姆定律 (b) 基尔霍夫定律

例 1-1 一个白炽灯,在 220 V 电压作用下,通过灯丝的电流为 0.455 A,求白炽灯的电阻 R 和消耗的电功率 P 。

解: 根据欧姆定律 $R = U/I = (220/0.455) \Omega = 484 \Omega$

根据功率关系 $P = UI = 220 \times 0.455 \text{ W} = 100 \text{ W}$

即灯丝的电阻为 484 Ω ,消耗的功率为 100 W。

欧姆定律的适用范围:一是电压与电流参考方向相同;二是只适用于线性电阻(电阻值不随其两端电压及通过的电流的改变而变化的电阻)。

(2) 全电路欧姆定律 既有电动势又包含电阻的电路称全电路。

1) 电源内阻和内电路 电流在电源内部流动时所受到的阻力,称为电源的内电阻(简称电源内阻)。由电源内阻和电源电动势等组成的电路,称为内电路。

2) 全电路欧姆定律 电路中的电流 I 与电源的电动势 E 成正比,而与其负载电阻 R 及电源内阻 R_0 的和成反比,这就是全电路欧姆定律的定义(见图 1-2a 的全电路欧姆定律),即

$$I = \frac{E}{R + R_0} \quad (1-9)$$

或 $E = RI + R_0 I = U + R_0 I$

式中: E ——电源的电动势, V;

U ——负载电阻两端的电压, V;

R ——负载的电阻, Ω ;

R_0 ——电源的内阻, Ω ;

I ——负载电阻通过的电流, A。

例 1-2 如图 1-2a 所示的全电路, 电动势 $E = 24 \text{ V}$ 、电源内阻 $R_0 = 2 \Omega$ 、负载电阻 $R = 18 \Omega$, 求电路电流 I 、负载端电压 U 、负载电阻电压 U_R 和电源内阻压降 U_{R_0} 。

解: 根据全电路欧姆定律

$$\text{电路电流} \quad I = \frac{E}{R + R_0} = \frac{24}{18 + 2} \text{ A} = 1.2 \text{ A}$$

则

$$\text{负载端电压} \quad U = E - R_0 I = (24 - 1.2 \times 2) \text{ V} = 21.6 \text{ V}$$

$$\text{负载电阻电压} \quad U_R = RI = 18 \times 1.2 \text{ V} = 21.6 \text{ V}$$

$$\text{电源内阻压降} \quad U_{R_0} = R_0 I = 2 \times 1.2 \text{ V} = 2.4 \text{ V}$$

即电路电流为 1.2 A, 负载端电压为 21.6 V, 电源内阻压降为 2.4 V。

2. 基尔霍夫定律

能利用欧姆定律与电阻串并联公式求解的电路称简单电路, 而无法用简单的电阻串并联公式化简的电路称复杂电路(参见图 1-2b); 即多数复杂电路是无法直接采用欧姆定律来求解的, 只有配合基尔霍夫定律方可求解。

(1) 电路名词 电路有回路、支路和结点等名词, 以便于应用基尔霍夫定律。

1) 回路 在电路中, 任意闭合路径, 称为回路, 如图 1-2b 中的回路 I、回路 II。

2) 支路 在电路中, 每个分支(无分岔)电路, 称为支路。如图 1-2b 中有三条支路。

3) 结点 在电路中, 三条及三条以上支路的连接点, 称为结点。如图 1-2b 中的结点 a、结点 b。

(2) 基尔霍夫定律 基尔霍夫定律分为电流定律(又称基尔霍夫第一定律、结点电流定律)和电压定律(又称基尔霍夫第二定律、回路电压定律)。

1) 电流定律(KCL) 在电路中的任一结点上, 流入该结点的电流总和等于流出该结点的电流总和(即在该结点上电流的代数和恒等于零), 可用符号 KCL 表示, 即

$$\sum I = 0 \quad \text{或} \quad \sum I_{\text{in}} = \sum I_{\text{out}} \quad (1-10)$$

根据电流定律列结点电流方程时(参见图 1-2b), 其极性一般规定为: 电流流入该结点时为正(+); 电流流出该结点时为负(-)。当计算结果电流为负值时, 说明电流的实际方向与所标方向(参考方向)相反。

2) 电压定律(KVL) 在电路中的任意闭合回路内, 电压升(或电动势)的和恒等于电压降(电压)的和(即该回路电压的代数和恒等于零), 可用符号 KVL 表示, 即

$$\sum U = 0 \quad \text{或} \quad \sum E = \sum U = \sum RI \quad (1-11)$$

根据电压定律列回路方程时(参见图 1-2b), 其极性一般规定为: 电动势、电流或电压方向

与回路绕行方向一致时,其电量取正(+);电动势、电流或电压方向与回路绕行方向相反时,其电量取负(-)。

3. 基尔霍夫定律的应用

应用基尔霍夫定律可求解复杂电路的电流或电压等电路参数,求解步骤一般如下。

(1) 确定参考方向 首先应选择电路中的电位参考点,在电路中标注电流或电压的参考方向(或电压极性)。

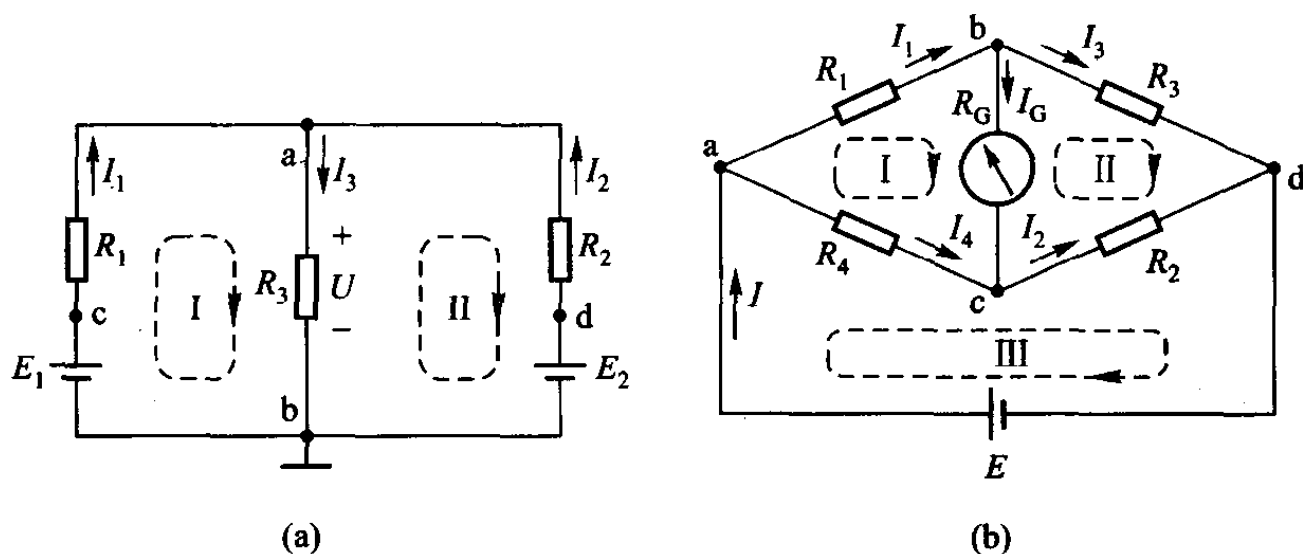
(2) 确定电路参量未知数 列出已知条件(已知参数),确定和分析电路未知量的数量及需要的方程数量。

(3) 列电流独立方程 根据 KCL(电流定律)列出相应数目的(结点数-1)电流独立方程。

(4) 列电压独立方程 根据 KVL(电压定律)列出相应数目(网孔数)的电压独立方程(平面回路为网孔,无导线交叉的回路称平面回路)。

(5) 求解方程 最后联立求解与未知电量数目相同的方程组。

例 1-3 图 1-3a 所示的典型复杂电路(即双电源 E_1 、 E_2 供给一个负载 R_3 的电路):已知参数 $E_1 = 15\text{ V}$ 、 $E_2 = 12\text{ V}$ 、 $R_1 = 1\ \Omega$ 、 $R_2 = 0.5\ \Omega$ 、 $R_3 = 10\ \Omega$,试求 a、b、c 点的电位。



$$V_c = E_1 - 0 = 15 \text{ V} - 0 = 15 \text{ V}$$

以上电路求解规律可推广到任意电路中。

例 1-4 图 1-3b 是一直流电桥电路,利用它可较为精确地测量元器件的电阻值或通过电阻变化而反映出来的非电量(如温度、压力、位移等)。设图中 $E = 6 \text{ V}$ 、 $R_c = 1 \text{ k}\Omega$ 、 $R_1 = R_2 = R_3 = 100 \Omega$ 、 R_4 在测量温度时可采用热敏电阻,现采用可调电阻 R_4 ,如将 R_4 调到 200Ω ,求检流计(微安表)中的电流 I_c 。

解: 在已知条件下,电桥为不平衡状态,用欧姆定律无法求解,所以此电路可采用基尔霍夫定律求解。

(1) 确定电路参数 从图中可以分析确定:有 4 个结点(4-1 个独立结点)、3 个独立回路(3 个网孔)、6 条支路以及 6 个未知电流,因此需用 6 个独立方程(3 个结点电流方程和 3 个回路电压方程)才能求解电路。

(2) 先根据 KCL 可列出 3 个结点独立方程

$$\text{由结点 a: } I = I_1 + I_4$$

$$\text{由结点 b: } I_1 = I_3 + I_c$$

$$\text{由结点 c: } I_2 = I_4 + I_c$$

(3) 再根据 KVL 可列出 3 个回路独立方程

$$\text{由回路 I: } R_1 I_1 + R_c I_c - R_4 I_4 = 0$$

$$\text{由回路 II: } R_3 I_3 - R_2 I_2 - R_c I_c = 0$$

$$\text{由回路 III: } R_4 I_4 + R_2 I_2 = E$$

(4) 联立求解以上 6 个方程,即可求出 6 个未知电流 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 、 I 、 I_c (步骤略)。

(5) 以此可求出检流计电流

$$I_c \approx 0.895 \text{ mA}$$

1.1.3 电磁的基本概念

电与磁有着紧密的联系,如变压器、电动机等电气设备,都是通过电磁感应原理而工作的。

1. 磁路的基本物理量

磁路主要有磁感应强度 B 、磁通 Φ 、磁场强度 H 等基本物理量。

(1) 磁感应强度 B 磁感应强度是描述磁场中某点磁场强弱与方向的物理量,是一个矢量,其大小一般用符号 B 表示。

由分析可知,一根长度为 l 的(在磁场中的有效长度)、通入电流为 I 的直线导体,垂直于磁感应线的方向放入磁场中,则载流导体在磁场中所受的作用力 F 为

$$F = BIl$$

则磁感应强度 B 为

$$B = \frac{F}{Il} \quad (1-12)$$

式中: B ——磁感应强度,单位为 T(特[斯拉])或 Gs(高[斯]), $1 \text{ Gs} = 10^{-4} \text{ T}$;

l ——直导体在磁场中的长度;

I ——通入导体的电流;