



工业和信息化高职高专
“十二五”规划教材立项项目

高等职业院校

机电类“十二五”规划教材

电工技术

(第2版)

Electrotechnics (2nd Edition)

按照岗位构建知识内容

理论与实践紧密结合

突出职业技能的培养



◎ 王金花 主编

郭永欣 赵利平 吴德刚 副主编

◎ 孟凡军 田明光 主审



工业和信息化高职高专
“十二五”规划教材立项项目

高等职业院校

机电类“十二五”规划教材

电工技术

(第2版)

Electrotechnics (2nd Edition)



◎ 王金花 主编

郭永欣 赵利平 吴德刚 副主编

◎ 孟凡军 田明光 主审

人民邮电出版社
北 京



图书在版编目(CIP)数据

电工技术 / 王金花主编. -- 2版. -- 北京: 人民邮电出版社, 2013. 5

高等职业院校机电类“十二五”规划教材 工业和信息化高职高专“十二五”规划教材立项项目
ISBN 978-7-115-30038-6

I. ①电… II. ①王… III. ①电工技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第305012号

内 容 提 要

本书共 10 章, 主要内容包括电路的基本知识、直流电路的分析方法、正弦交流电路、三相交流电路、磁路与变压器、常用电工工具、常用电工材料、常用电工测量仪器仪表及测量技术、照明电路配线及安装和安全用电常识。前 5 章属基础理论部分, 其教学重点、难点以及与实际应用相关的章节均配有仿真实验, 相关内容设置有多个实验与技能训练; 后 5 章属基本功训练部分, 重点内容以及与企业生产实际密切相关的部分配有专门的技能训练。

本书可作为高职高专、技工院校的机电类相关专业的教材, 也可作为相关工程技术人员的参考书。

工业和信息化部高职高专“十二五”规划教材立项项目

高等职业院校机电类“十二五”规划教材

电工技术(第2版)

-
- ◆ 主 编 王金花
 - 副 主 编 陈乾辉 郭永欣 赵利平 吴德刚
 - 主 审 孟凡军 田明光
 - 责任编辑 刘盛平
 - ◆ 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 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京昌平百善印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.75 2013 年 5 月第 2 版
字数: 452 千字 2013 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-30038-6

定价: 38.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

第 2 版前言

“电工技术”是电类专业必修的一门技术基础课,也是高职高专院校机电类相关专业的一门主干技术基础课程。“电工技术”课程的特点是理论性、实践性强,概念抽象,且涉及的基础知识较广。它对后续课程的学习以及培养学生的科学思维能力、工程能力,提高学生分析问题和解决问题的能力起着至关重要的作用。

本书在第 1 版得到广泛使用的基础上,充分征求相关教师和专家的意见,结合最新的职业教育教学改革要求和国家示范院校建设项目成果进行编写。这次修订对原有内容进行了重新整合与增减,更注重课程内容与岗位技能的结合。本书包括两大部分:前 5 章属基础理论部分,其与实际应用相关的章节均配有仿真实验,部分内容还设置有多个电工实验与技能训练;后 5 章属基本功训练部分,重点内容以及与企业生产实际密切相关的部分配有专门的技能训练。

全书包括电路的基本知识、直流电路的分析方法、正弦交流电路、三相交流电路、磁路与变压器、常用电工工具、常用电工材料、常用电工测量仪器仪表及测量技术、照明电路配线及安装和安全用电常识。每章包含的相关知识、任务要求、实验与技能训练,每节后面配的思考与练习,每章后面配的习题,有利于学生较好地掌握电工知识与技能。

本书配有免费的电子教学课件、习题参考答案及仿真实验等。

本书的编写特点如下。

(1) 从职业(岗位)需求分析入手,参照国家职业标准《维修电工》等的要求精心安排教材内容,力求做到选材适当。教材内容力求涵盖国家标准的新知识和技能要求,由浅入深,循序渐进。在理论与概念的阐述方面力求准确详尽,便于自学。

(2) 确定学生应具备的知识结构与能力结构,突出职业教育特色。采用理论知识与技能训练一体化的教学模式,体现以技能训练为主线,相关知识为支撑的编写思路,正确处理理论教学与技能训练的关系。切实落实“管用、够用、适用”的教学指导思想,在保证必要专业基础的同时,加强实践性教学环节,重视学生实际工作能力的培养。

(3) 按照教学规律和学生的认知规律,广泛吸收和借鉴各地教学的成功经验,合理编排教学内容,基础理论以够用为度,尽量以(实物)图片、图形替代文字说明,以降低学习难度,提高学生的学习兴趣。在应用技术方面紧密结合工程实际需要,突出实用性。

(4) 突出教材的先进性,较多地编入新技术、新设备、新材料以及新工艺的内容,以缩短学校教育和企业需要的距离,更好地满足企业用人的需求。

本书各部分内容参考学时如下表,学校可以根据实际情况灵活安排教学。

课程内容	学 时 数				
	电工技术			基本功训练	
	理论授课	仿真实验	实验与技能训练	操作授课	技能训练
第1章 电路的基本知识	10		4		
第2章 直流电路的分析方法	12	4	4		
第3章 正弦交流电路	20	4	4		4
第4章 三相交流电路	14	2	2		
*第5章 磁路与变压器	10				
第6章 常用电工工具				2	4
第7章 常用电工材料				2	4
第8章 常用电工测量仪器仪表及测量技术				8	6
第9章 照明电路配线及安装				8	8
第10章 安全用电常识				4	6
合 计	66	10	14	24	32

书中*部分为选学内容,学校可根据实际情况安排教学。

本书由王金花任主编,陈乾辉、郭永欣、赵利平和吴德刚任副主编,孟凡军、田明光任主审。参加本书编写的还有田同国、于冠军等。

本书在编写过程中得到了李秀忠、张伟林、孙桐传等的大力支持与帮助,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编者
2013年1月



第 1 章 电路的基本知识	1
1.1 认识电路	1
1.1.1 电路的组成及各部分的作用	1
1.1.2 电路的作用	2
思考与练习	3
1.2 电路元件及电路模型	3
1.2.1 电路元件	3
1.2.2 电路模型	3
思考与练习	4
1.3 电流、电压及其参考方向	4
1.3.1 电流及其参考方向	5
1.3.2 电压及其参考方向	6
1.3.3 电位	7
1.3.4 电动势	8
1.3.5 电能、电功率	9
思考与练习	10
1.4 电路的无源元件——电阻、电感、 电容元件	11
1.4.1 电阻元件	11
1.4.2 电感元件	13
1.4.3 电容元件	14
思考与练习	14
1.5 电路的有源元件——电压源与 电流源	15
1.5.1 电压源	15
1.5.2 电流源	16
思考与练习	17
1.6 电路的 3 种状态及电气设备的 额定值	18
1.6.1 电路的 3 种状态	18
1.6.2 电气设备的额定值	20
思考与练习	21
1.7 电阻器、电位器、电容器、 电感器的识别及其参数测试	21
1.7.1 电阻器和电位器	21
1.7.2 电容器	27
1.7.3 电感器	31
思考与练习	33
本章小结	35
习题	36
实验与技能训练 1 用万用表测量 直流电流、直流电压及电位	38
实验与技能训练 2 电阻器、电容器、 电感器的识别与检测	40
第 2 章 直流电路的分析方法	44
2.1 电阻串并联及其等效变换	45
2.1.1 电阻的串联	45
2.1.2 电阻的并联	46
2.1.3 电阻的混联	47
2.1.4 电阻星形连接、三角形连接及其	

等效变换	49	3.1.2 同频率正弦交流电的相位关系	79
思考与练习	51	思考与练习	81
2.2 基尔霍夫定律	52	3.2 正弦交流电的相量表示法	81
2.2.1 几个有关的电路名词	52	3.2.1 复数的表示形式	82
2.2.2 基尔霍夫电流定律(KCL)	52	3.2.2 正弦量的相量表示法	83
2.2.3 基尔霍夫电压定律(KVL)	53	思考与练习	85
思考与练习	54	3.3 单一参数的正弦交流电路	86
仿真实验 基尔霍夫定律的验证	55	3.3.1 电阻元件的正弦交流电路	86
2.3 支路电流法	56	3.3.2 电感元件的正弦交流电路	88
思考与练习	57	3.3.3 电容元件的正弦交流电路	90
2.4 电压源与电流源模型的等效变换	57	思考与练习	92
2.4.1 等效的意义	58	3.4 RLC 串联电路	93
2.4.2 等效变换的条件	58	3.4.1 RLC 串联电路中电压与电流的 关系	94
2.4.3 电源等效化简和变换的注意事项	59	3.4.2 RLC 串联电路的功率	96
思考与练习	60	思考与练习	100
2.5 叠加原理	61	仿真实验 RLC 串联电路	101
2.5.1 叠加原理	61	3.5 电路中的谐振	103
2.5.2 用叠加原理理解的步骤	62	思考与练习	105
思考与练习	63	3.6 日光灯电路及感性负载功率因数 的提高	105
仿真实验 叠加定理的验证	63	3.6.1 日光灯电路	105
2.6 戴维南定理	64	3.6.2 功率因数的提高	106
2.6.1 戴维南定理	64	思考与练习	107
2.6.2 戴维南定理的解题步骤	65	仿真实验 感性负载及功率 因数的提高	107
2.6.3 戴维南定理的实践意义	66	本章小结	109
思考与练习	66	习题	111
仿真实验 戴维南定理的验证	67	实验与技能训练 1 RLC 串联电路	116
本章小结	68	实验与技能训练 2 日光灯照明电路 及功率因数的提高	117
习题	69	实验与技能训练 3 白炽灯线路的 安装	119
实验与技能训练 1 基尔霍夫定律的 验证	72	实验与技能训练 4 日光灯线路的 安装	120
实验与技能训练 2 戴维南定理的 验证	73		
第3章 正弦交流电路	76		
3.1 正弦交流电的瞬时值表示法	77		
3.1.1 正弦交流电的三要素	77		



第4章 三相交流电路122	思考与练习157
4.1 对称三相交流电及其特点.....122	5.2 变压器.....157
4.1.1 对称三相交流电及其表示法.....122	5.2.1 变压器的基本结构.....158
4.1.2 对称三相交流电的特点及相序.....123	5.2.2 变压器的工作原理.....159
思考与练习124	5.2.3 变压器的功率损耗与额定值.....161
4.2 三相电源的连接.....124	思考与练习162
4.2.1 三相电源的星形连接.....124	5.3 特殊变压器.....162
4.2.2 三相电源的三角形连接.....126	5.3.1 自耦变压器.....162
思考与练习127	5.3.2 仪用互感器.....163
4.3 三相负载的连接.....127	5.3.3 三相变压器.....165
4.3.1 实际负载接入三相电源的原则.....127	思考与练习165
4.3.2 三相负载的星形(Y)连接.....129	本章小结166
4.3.3 三相负载的三角形连接.....130	习题166
思考与练习130	第6章 常用电工工具168
4.4 三相负载星形连接电路的分析.....132	6.1 低压验电器.....168
4.4.1 三相对称负载星形连接电路的 分析.....132	6.2 旋具.....169
4.4.2 不对称三相负载星形(Y)连接时 的分析.....134	6.2.1 螺钉旋具(螺丝刀).....169
思考与练习136	6.2.2 螺母旋具(活络扳手).....170
4.5 三相对称负载三角形连接电路 的分析.....136	6.3 电工电钳.....171
思考与练习138	6.3.1 钢丝钳.....171
4.6 三相电路的功率.....138	6.3.2 尖嘴钳.....172
思考与练习140	6.3.3 剥线钳.....172
仿真实验 三相交流电路141	6.4 电工刀.....172
本章小结144	技能训练1 导线绝缘层的剖削173
习题145	6.5 喷灯.....175
实验与技能训练 三相负载的连接147	6.6 电烙铁.....175
*第5章 磁路与变压器151	6.7 手电钻.....179
5.1 磁路.....151	6.8 登高工具.....179
5.1.1 磁路的基本物理量.....151	6.8.1 梯子.....179
5.1.2 磁场的基本定律.....152	6.8.2 踏板.....180
5.1.3 铁磁材料的磁性能.....154	6.8.3 脚扣.....180
5.1.4 交流铁心线圈的功率损耗.....156	6.8.4 腰带、保险绳和腰绳.....181
	技能训练2 踏板登高182
	本章小结184
	习题184

第7章 常用电工材料.....185**7.1 导电材料**.....185

7.1.1 铜.....185

7.1.2 铅.....185

7.1.3 导线.....186

7.1.4 特种导电材料.....187

7.1.5 电线电缆的选用.....188

技能训练1 导线的连接.....189**7.2 绝缘材料**.....192

7.2.1 电工用橡胶.....192

7.2.2 电工用塑料.....192

7.2.3 云母绝缘制品.....193

7.2.4 绝缘浸渍纤维制品.....194

7.2.5 绝缘油.....194

7.2.6 绝缘漆.....194

7.2.7 常用绝缘材料基本性能及选用.....195

技能训练2 导线绝缘层的恢复.....195**7.3 常用安装材料**.....197

7.3.1 塑料安装材料.....197

7.3.2 金属安装材料.....198

7.4 常用磁性材料.....199

7.4.1 电工用纯铁.....199

7.4.2 铝镍钴合金.....199

7.4.3 硅钢片.....199

7.4.4 非晶合金和微晶合金.....200

7.5 电机常用轴承及润滑脂.....200

7.5.1 电机常用轴承.....200

7.5.2 常用润滑脂.....201

本章小结.....201**习题**.....202**第8章 常用电工测量仪器仪表及
测量技术**.....203**8.1 电工仪表的基本知识**.....203

8.1.1 电工仪表的分类.....203

8.1.2 电工仪表常用面板符号.....204

8.1.3 电工仪表的误差及准确度.....205

8.1.4 常用电工仪表的选择.....207

思考与练习.....207**8.2 电工测量的基本知识**.....208

8.2.1 电工测量的主要对象.....208

8.2.2 电工测量的特点.....208

8.2.3 电工测量方法.....208

8.2.4 测量误差及消除.....209

思考与练习.....210**8.3 电流表**.....210

8.3.1 电流表的结构及工作原理.....210

8.3.2 电流的测量.....212

思考与练习.....212**8.4 电压表**.....213

8.4.1 电压表的结构、工作原理.....213

8.4.2 直流电压的测量.....214

8.4.3 交流电压的测量.....214

思考与练习.....214**8.5 万用表**.....214

8.5.1 MF500型万用表的介绍.....215

8.5.2 磁电式万用表的结构和工作原理.....215

8.5.3 万用表的使用.....216

8.5.4 数字式万用表的使用.....217

思考与练习.....219**技能训练1 交、直流电流、电压的****测量**.....219**技能训练2 元器件识别与检测**.....219**8.6 兆欧表**.....221

8.6.1 兆欧表的工作原理.....221

8.6.2 兆欧表的选择.....222

8.6.3 兆欧表的使用.....222

思考与练习.....223**技术训练3 兆欧表对电动机绝缘的****检测**.....223**8.7 功率表**.....225

8.7.1 功率表的结构与工作原理	225	及安装	257
8.7.2 功率表的量程及扩展	226	技能训练 5 电度表的安装	257
8.7.3 功率表的正确接线和读数	226	本章小结	259
8.7.4 三相有功功率的测量	227	习题	259
思考与练习	228	第 10 章 安全用电常识	260
8.8 功率因数表	228	10.1 有关人体触电的知识	260
8.8.1 功率因数表的结构	228	10.1.1 人体触电种类和方式	260
8.8.2 功率因数的测量	229	10.1.2 电流伤害人体的主要因素	261
技能训练 4 功率及功率因数的测量	229	10.2 安全电压	262
本章小结	231	10.2.1 人体电阻	263
习题	232	10.2.2 人体允许电流	263
第 9 章 照明电路配线及安装	234	10.2.3 安全电压标准值及适用场合	263
9.1 照明电路配线	234	10.3 接地和接地电阻	264
9.1.1 室内配线的一般要求	234	10.3.1 接地的概念	264
9.1.2 照明电路配线的工序	235	10.3.2 接地的种类	266
思考与练习	235	10.3.3 接地电阻的测量	267
9.2 室内配线形式	236	技能训练 1 接地电阻的测量与检测	268
9.2.1 塑料护套线配线	236	10.4 触电原因及预防措施	269
9.2.2 绝缘子配线	237	10.4.1 常见触电原因	269
9.2.3 线管配线	238	10.4.2 触电事故的规律	270
9.2.4 线槽配线	241	10.4.3 预防触电的措施	270
思考与练习	242	10.5 触电急救	271
9.3 照明电路设备介绍	242	技能训练 2 触电急救的操作	272
9.3.1 熔断器	242	10.6 电工安全技术操作规程	274
9.3.2 电度表	244	10.6.1 电工安全工作的基本要求	274
9.3.3 开关	246	10.6.2 电气设备上工作的安全技术措施	275
9.3.4 插座、插头	250	10.6.3 电气设备安全运行措施	275
9.3.5 灯具	250	10.6.4 电气设备及线路的保护措施和着火自救	275
思考与练习	254	技能训练 3 灭火训练	277
9.4 临时照明电路安装	254	本章小结	280
技能训练 1 塑料护套线配线	255	习题	280
技能训练 2 塑料线槽配线	256	附录 Multisim 10.0 简介	281
技能训练 3 白炽灯线路的配线及安装	257	参考文献	289
技能训练 4 日光灯线路的配线			

第1章

| 电路的基本知识 |

1.1

认识电路

在日常生活和生产中，人们要用电就离不开电路。要使电灯发光照明、电炉发热、电动机转动等都必须用导线将电源和负载（用电设备）连接起来，组成电路。电路其实就是电流流经的路径。随着科学技术的发展，电的应用也越来越广泛，电路的形式也是多种多样的，如电力系统供电电路、照明电路、通信电路、仪表电路、机床电路、电子电路等。这些电路的形式和功能各不相同，但都是由一些最基本的部件组成的。

| 1.1.1 电路的组成及各部分的作用 |

下面以图 1-1 (a) 所示的手电筒电路为例说明电路的组成及其各部分的作用。构成手电筒电路的实际元件有干电池、小电珠、开关及筒体。干电池属于电源设备，小电珠是用电器（负载），开关及筒体是把电源与负载连接起来的中间环节。它的组成体现了所有电路的共性。因此，电路由电源、负载和中间环节 3 部分组成。

电路各部分的作用如下。

① 电源：是将其他形式的能转换成电能的装置。它是电路中能量的提供者，如干电池、蓄电池、发电机或信号源等。

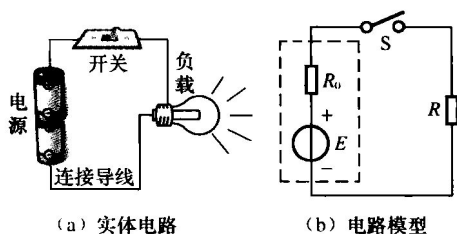


图1-1 手电筒电路

② 负载:是将电能转换成其他形式能的器件或设备,是电路中能量的消耗者,如电灯、电炉、电动机等。负载是各类用电器的统称。

③ 中间环节:包括连接导线、控制及保护装置。连接导线的作用是输送、分配电能;控制、保护装置的作用是控制电路的通断、保护、检测电路等,如开关电器、熔断器、仪器仪表等。

1.1.2 电路的作用

电路的基本作用是进行电能与其他形式能量之间的转换。根据其侧重点的不同,主要有以下两方面的具体功能。

1. 电能的传送、分配与转换

图 1-2 所示为电力系统供电电路。发电厂中发电机发出的电能通过变压器、输电线等送到用电单位,并通过负载将电能转换成其他形式的能量(如热能、机械能等)。

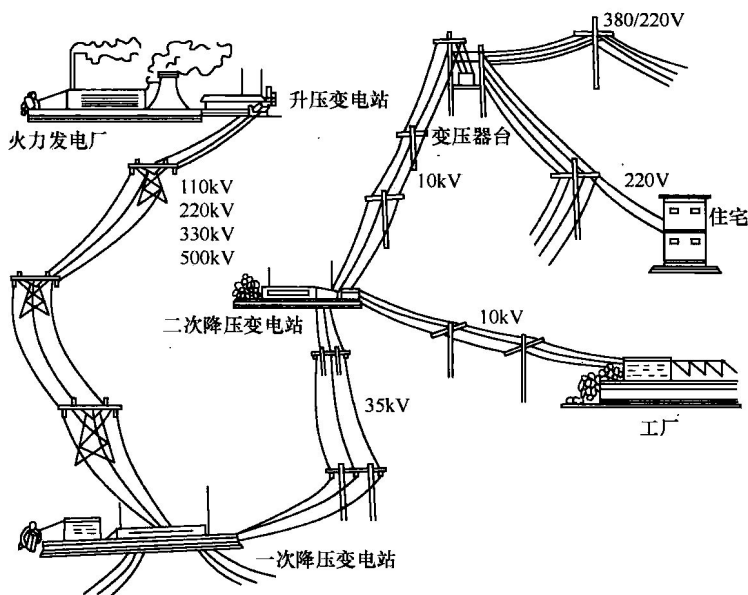


图1-2 电力系统供电电路

2. 传递和处理信号

图 1-3 所示为电子技术应用电路。通过电路将输入的信号进行转换、传送或加工处理,使之成为满足一定要求的输出信号。电子自动控制设备、测量仪表、电子计算机及收音机、电视机等电子线路都属于这类应用电路。

另外,我们经常用到“网络”这个名词,它和“电路”既通用又有区别,网络是电路的泛称。当讨论普遍规律及复杂电路的问题时,常常把电路称为网络,讨论比较简单或者是某一具体电路时,通常不用“网络”,而用“电路”。

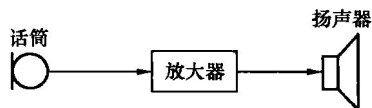


图1-3 电子技术应用电路

思考与练习

- (1) 简述电路的组成及各元件的作用。
- (2) 简述电路的分类及各自的作用。



电路元件及电路模型

1.2.1 电路元件

实际电路由起不同作用的电路元件组成，它们所表征的电磁现象和能量转换特征一般都比较复杂，为便于分析和计算实际电路，引入理想电路元件的概念。每一个理想电路元件只反映一种电磁特性，如用“电阻”反映电阻器消耗电能的性质，用“电容”反映电容器储存电场能量的性质，用“电感”反映电感线圈储存磁场能量的性质等。理想电路元件简称电路元件，它有两个与外部电路相连的端钮，因此也称为二端元件。二端元件分为无源二端元件和有源二端元件两类。

常见的无源二端元件有电阻元件 R 、电感元件 L 和电容元件 C ，它们的图形符号如图 1-4 所示。有源二端元件分为电压源元件和电流源元件，它们的图形符号如图 1-5 所示。

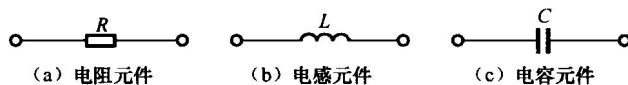


图1-4 无源二端元件的图形符号

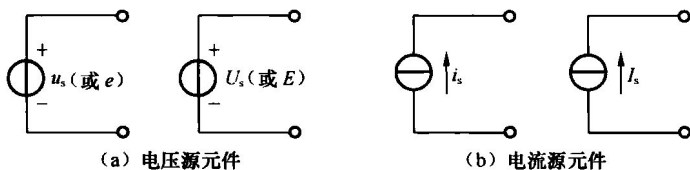


图1-5 有源元件的图形符号。

没有说明具体性质的二端元件通常用具有两个引出端的方框符号来表示，如图 1-6 所示。当这些电路元件的参数为常数时就称为线性元件。由线性元件组成的电路称为线性电路。

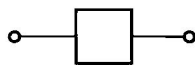


图1-6 二端元件

1.2.2 电路模型

用理想电路元件组成的电路称为理想电路模型(简称电路模型)，也称电路原理图(简称电路图)。手电筒实体电路的电路模型如图 1-1 (b) 所示。其中，电阻 R 是小电珠的电路抽象，电压源 E 与

内阻 R_0 的串联组合是干电池的电路抽象,导线和开关这些中间环节是筒体的电路抽象。

具体说明如下。

小电珠是利用电流的热效应原理制成的,主要表现为电阻性,故可以把小电珠看成是一个理想化的电阻器,在电路图中用一个电阻元件代替。

干电池在输出电能的同时要发热,说明内部有电阻在消耗能量。假设电源的内阻 R_0 和小电珠的电阻 R 相比不能忽略,则它消耗的能量也不能忽略,因此在电路中可以用输出电压恒定的电压源元件 E 和内阻元件 R_0 串联的电路模型来表示。

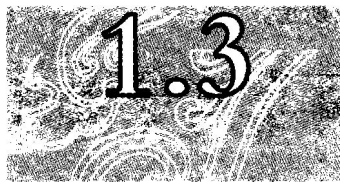
手电筒的金属外壳在电流通过时会发热,呈现出电阻性,但因耗电量很小可以忽略不计,故手电筒的筒体可用理想导体(导线)与开关这些中间环节表示。

在图 1-1(b) 中,电压源 E 和内阻 R_0 的串联组合既可以表示干电池,也可以表示任何直流电压源;电阻元件 R 既可以表示白炽灯,也可以表示电炉、电烙铁等电热器,只是它们的参数(电阻值)不一样。

电路模型的构建过程就是用电路元件及其组合来表示实体电路的过程。例如,工频交流电路中的电感线圈,在低频交流的情况下的电路模型,可用理想电阻元件和理想电感元件的串联组合表示;在直流电路中可看成是一个小电阻;在高频交流电路中还需要考虑线圈的匝间分布电容等。

思考与练习

- (1) 什么是电路元件? 常见的电路元件有哪些? 哪些是无源元件? 哪些是有源元件?
- (2) 什么是电路模型? 如何根据一个实体电路构建它的电路模型?
- (3) 电感线圈在不同条件下的电路模型有何不同?



1.3 电流、电压及其参考方向

日常生活中我们都有这样的常识:当打开水龙头时若有水流出来,则水管中一定有水压;有水压但水龙头未打开时,不会有水流出来。电压与电流的关系也是如此。

照明电路如图 1-7 所示。若电路中有电源设备或有电源设备提供的电压,当电路中控制灯泡的开关闭合时,灯泡才会亮,这时电路中就会有电流流过灯泡,实现电能的转换;若开关断开,电路中虽然有电压,灯泡也不会亮。若电路中没有电源或没有电源提供的电压,只用导线把开关和灯泡

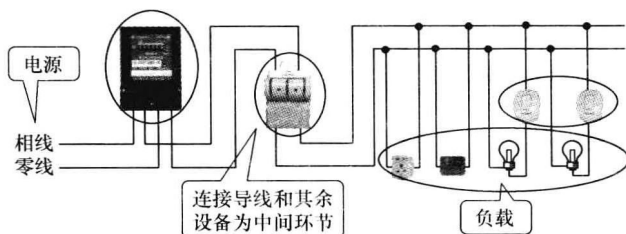


图1-7 照明电路

连接起来,开关闭合时灯泡也不会亮。可见电路中存在电压是电路中形成电流的必要条件。照明电路中的插座可提供电源电压,当用电器(如电视机)通过插座接通电源时,电视机才会工作,将电能转变为声音或图像信号输出;若电源停电,即使将电视机接通电源,它也不会工作。

用电器工作时能量转换的能力与电压、电流都有关系,电压、电流的方向还影响到旋转电器的转动方向。下面讨论电流、电压及其参考方向。

1.3.1 电流及其参考方向

1. 电流的定义

电荷的定向移动形成电流。单位时间内通过导体某一横截面的电量称为电流强度(电流的大小),用小写字母 i 表示,即

$$i = \frac{dq}{dt}$$

电流的大小和方向均不随时间变化称为稳恒直流电流,简称直流(DC),用大写字母 I 表示,即

$$I = \frac{Q}{t}$$

2. 电流的单位

国际单位制(SI)中,电量的单位是库仑(C),时间的单位是秒(s),电流的单位是安培(A)。较小的电流单位有毫安(mA)、微安(μA)、纳安(nA)。它们之间的换算关系是

$$1\text{ A} = 10^3\text{ mA} = 10^6\text{ }\mu\text{A} = 10^9\text{ nA}$$

3. 电流的方向

电流的实际方向规定为正电荷运动的方向。为了分析、计算电路方便,预先假定的电流方向称为电流的参考方向(或正方向)。电流的方向在连接导线上用箭头或用双下标表示,如图1-8所示。当参考方向与实际方向一致时, $i > 0$; 当参考方向与实际方向相反时, $i < 0$ 。在图1-8

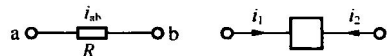
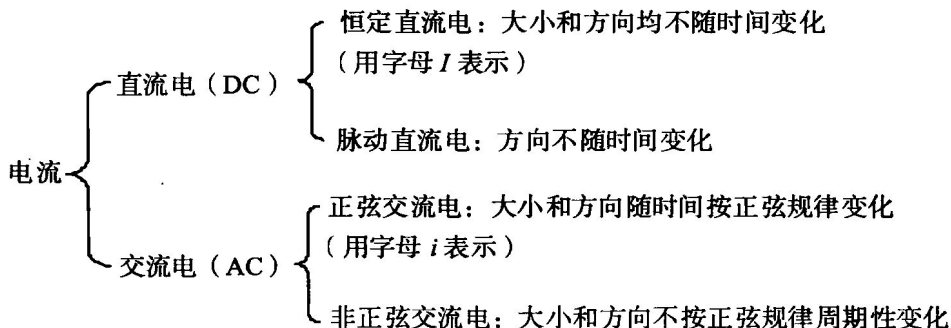


图1-8 电流方向的表示方法

中, $i_{ab} = -i_{ba}$, $i_1 = -i_2$ 。

4. 电流的分类



各种电流的波形图如图1-9所示。

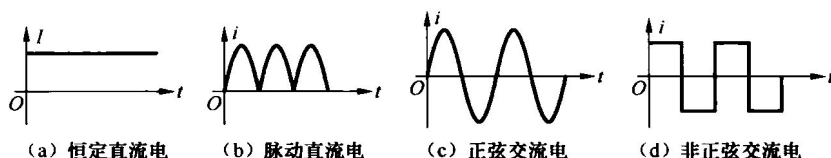


图1-9 电流的分类

5. 电流的测量

电流可用电流表(A)、(mA)、(μ A)来测量。电流表的实物图及测量方法见第8章常用电工测量仪器仪表及测量技术。测量接线时将电流表串联在电路中,用电流表接通电路。直流电流表有正、负两个接线端子,正极接电路的高电位端。交流电流表的两个接线端子无正、负之分。

1.3.2 电压及其参考方向

1. 电压的定义

单位正电荷在电场力的作用下从电路中的a点移动到b点,电场力所做的功称为a、b两点间的电压,即

$$u_{ab} = \frac{dw}{dq}$$

电压的大小和方向均不随时间变化时称为稳恒直流电压,用大写字母 U 表示;一般电压用小写字母 u 表示。

2. 电压的单位

在国际单位制中,电荷的单位是库仑(C),功的单位是焦耳(J),电压的单位是伏特(V)。较大的单位有千伏(kV),较小的单位有毫伏(mV)、微伏(μ V),它们之间的换算关系是

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}, 1 \text{ V} = 10^3 \text{ mV} = 10^6 \mu\text{V}$$

3. 电压的方向

电位降低的方向为电压的实际方向。任意假设的电压方向称为电压的参考方向(或正方向)。当电压的实际方向与参考方向一致时, $U > 0$, 电压为正值;当电压的实际方向与参考方向相反时, $U < 0$, 电压为负值。

4. 电压方向的表示方法

电压的参考方向可以用以下3种方法表示,如图1-10所示。

① 用“+”、“-”符号表示。“+”符号表示假定的高电位端,“-”符号表示假定的低电位端。电压的参考方向由“+”指向“-”。

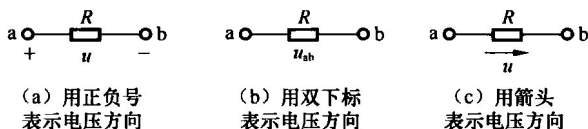


图1-10 电压方向的表示方法

② 用双下标表示。第一个字母表示假定的高电位点,第二个字母表示假定的低电位点。如 u_{ab} 表示电压的参考方向由a指向b。

③ 用箭头的指向来表示。电压的参考方向由假定的高电位端指向低电位端。

5. 电压的测量

电压用电压表(V)、(mV)来测量。电压表的实物图及测量方法见第8章。接线时将电压表并联在

被测元件两端。直流电压表有正、负两个接线端子，正极接电路的高电位端。交流电压表的两个接线端子无正、负之分。



虽然电压、电流的参考方向可任意选定，但为了分析计算方便，常将同一元件上的电流和电压的参考方向选为一致，称为关联正方向；反之为非关联正方向，如图 1-11 所示。

例 1-1 电路如图 1-12 所示， $U_1 = -7\text{ V}$ ， $I_1 = 3\text{ A}$ ， $I_2 = -2\text{ A}$ ， $I_3 = 5\text{ A}$ ，各电量的参考方向在图中已经标出。请问：（1）各段电路电流、电压的参考方向是否关联？（2）各段电路电流的实际方向如何？（3）AB 段电压的实际方向如何？

解：（1）一个两端元件若电流从电压的正极流入，从负极流出，则电压电流为关联方向；反之为非关联方向。

由图 1-12 可知， U_2 、 I_2 为关联方向， U_3 、 I_3 为关联方向。 U_1 、 I_1 为非关联方向。

（2）由图 1-12 可知， I_1 、 I_3 为正值，实际方向与参考方向一致； I_2 为负值，实际方向与参考方向相反。

（3）因为 $U_1 = -7\text{ V}$ ，由图 1-12 可知， U_1 的实际方向与参考方向相反，故 B 点的电位高，A 点的电位低。AB 段电压的实际方向是由 B 指向 A。

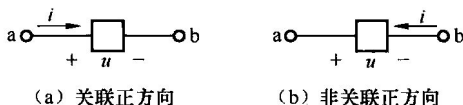


图 1-11 电流和电压的正方向

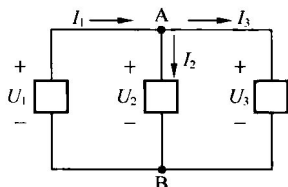


图 1-12 例 1-1 的图

1.3.3 电位

1. 电位

任选电路中的一点 o 为参考点，则电路中的某点 a 与参考点 o 间的电压 u_{ao} 就称为 a 点的电位，用 V_a 表示，单位也是伏特。

参考点的电位规定为零，故参考点又称为零电位点。

2. 参考点的选择

物理学中常选无限远处或大地为参考点。

电工学中若研究的电路有接地点，就选择接地点为参考点，用符号 $\perp$ 表示。

电子线路中，常取若干导线汇集的公共点或机壳作为电位的参考点，用符号 $\perp$ 或 $\perp$ 表示。

同一电路中，若选定不同的点为参考点，则同一点的电位是不同的。因此，参考点一经确定，其余各点的电位也就确定了。

3. 电压与电位的关系

电路中 a 、 b 两点间的电压等于 a 、 b 两点的电位之差，即