

高职高专院校教材

- 紧贴职教改革需求
- 注重实践能力培养
- 加强学科横向联系
- 强调科学性实用性

# 电工基础实用教程

DIANGONG JICHU SHIYONG JIAOCHENG

刘建军 编著



清华大学出版社

# 电工基础实用教程

刘建军 编著

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书介绍电工基础知识,共分为八章,内容涉及电路的基本概念和基本定律、电阻电路分析、正弦交流电路、三相交流电路、动态电路、互感电路、磁场与磁路、非正弦交流电路。每章都提出了明确的目标要求,配备了同步训练和章后小结,还配有练习题,为课堂教学和学生的自主学习提供了方便。

本书是根据我国高职高专的教学实际,按照高职高专的教学要求编写的。在编写过程中注重了理论与实践的结合,强调实践能力的培养,同时注重知识的可读性,为学生的自学留下了一定的空间。

本书可作为高职高专院校电气自动化、电子信息技术、供电技术等电类专业及相关专业的教材,也可供有关技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

电工基础实用教程 / 刘建军 编著. —北京:清华大学出版社, 2012.9

ISBN 978-7-302-29249-4

I. ①电… II. ①刘… III. ①电工学—教材 IV. ①TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 150899 号

责任编辑:刘金喜 胡雁翎

装帧设计:卢肖卓 牛艳敏

责任校对:邱晓玉

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62794504

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20 字 数:462千字

版 次:2012年9月第1版 印 次:2012年9月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00元

# 前 言

本教材根据目前我国职业教育改革和发展的需要编写而成，其宗旨是紧跟职教改革的特点，满足职教改革的需要，推进技能型人才的培养。

作为高职高专的专业基础课教材，本书注重了以下方面：

(1) 强调了知识的科学性与实用性的结合，提高了理论内容的实际应用部分所占的比例，在各章节中增加了案例，增加了对新知识、新技术和新工艺的引入，为优化学生的知识结构和将来的上岗就业做了铺垫。

(2) 加强了学科之间的横向联系，强调了学以致用。如对烦琐的计算，编写了计算程序放在附录中，可供学生课后进一步学习和研究，为学生的个性化发展提供了条件。

(3) 增强了教材的通用性，淡化了强电与弱电的严格区分和不同专业之间的细小差别，为专业间的互相渗透和培养高职学生综合职业技术能力提供了方便，使教材内容既“必须”又“够用”。部分章节可作为选讲内容或留给学生自学，给不同层次的学生留有一定的自由空间。

(4) 章节后的习题是通过多年教学实践的积累而提炼出来的，题目以“应知应会”为目的，紧扣各章节内容，同时紧密结合实际，适合学生理解和巩固所学内容，同时给学生留有思考的空间。

(5) 在教材的编写过程中借鉴了国内外职业教育的经验和理念，突出了“以学生为中心”、“以实用为目的”的原则，注意了本课程与前后其他课程的衔接关系，深入浅出，可读性强。在附录中还详细列出了常用的数学公式，为教师和学生使用提供了方便。

本书共有八章，其中第八章可以根据需要讲授，也可作为选学内容。全书适合的学时数为 80~90 学时。

本书由辽宁铁道职业技术学院刘建军老师编写，由辽宁大学刘艳霞教授主审。

由于编写时间仓促，编者水平所限，错误疏漏之处在所难免，恳请广大读者和同行批评指正，以便修改和更正。

编 者  
2012 年 3 月

# 作者简介

## 刘建军

辽宁铁道职业技术学院副教授，铁道供电系副主任，工学硕士，中国职业教育学会轨道交通委员会高职教育研究会会员，维修电工高级考评员，校学科带头人。在学校举办的教学质量评比活动中，曾连续六年获得教学质量一等奖，两次获得校先进教师称号，一次获得沈阳铁路局优秀教师称号。近五年发表学术论文 15 篇，其中核心期刊 3 篇，EI 检索 1 篇，主编教材 4 部，副主编教材 3 部。2010 年完成了电工基础校内精品课建设，主持完成省级教科研课题 3 项。主要讲授课程为电工基础、电子技术、电机与电气控制、电工仪表与测量、供电管理等。

# 目 录

## 第 1 章 电路的基本概念和基本定律 ..... 1

1.1 电路与电路模型..... 1
1.1.1 电路的概念..... 2
1.1.2 电路模型..... 3
1.1.3 电路的工作状态..... 4
1.1.4 电路常用术语..... 4
1.2 电路的基本物理量..... 5
1.2.1 电流..... 7
1.2.2 电压..... 8
1.2.3 电功与电功率..... 11
1.3 电阻元件与独立源..... 13
1.3.1 电阻与电导..... 14
1.3.2 欧姆定律..... 15
1.3.3 电压源..... 17
1.3.4 电流源..... 19
1.4 基尔霍夫定律..... 21
1.4.1 基尔霍夫电流定律..... 21
1.4.2 基尔霍夫电压定律..... 24
1.5 电容元件与电感元件..... 27
1.5.1 电容元件..... 28
1.5.2 电感元件..... 30
1.6 受控源..... 34
1.6.1 受控源的概念..... 34
1.6.2 受控源的类型..... 35
1.6.3 受控源的伏安关系..... 36
小结..... 38
一、电路..... 38
二、电流..... 39
三、电压..... 39
四、电阻元件..... 39
五、基尔霍夫定律..... 40

六、电压源与电流源..... 40

七、电感与电容..... 40

八、受控源..... 41

习题 1..... 42

## 第 2 章 电阻电路分析 ..... 46

2.1 电阻的连接及等效..... 46
2.1.1 电阻的串联及分压..... 47
2.1.2 电阻的并联及分流..... 47
2.1.3 星形电阻网络与三角形 电阻网络的等效互换..... 49
2.2 含源二端网络的等效..... 52
2.2.1 二端网络..... 53
2.2.2 二端网络的等效化简..... 53
2.2.3 戴维南定理..... 56
2.2.4 诺顿定理..... 58
2.3 支路电流法..... 60
2.4 网孔电流法..... 63
2.4.1 网孔电流法的标准方程..... 64
2.4.2 无伴电流源及超网孔 的概念..... 67
2.5 节点电压法..... 68
2.5.1 节点电压方程式的 一般形式..... 69
2.5.2 弥尔曼定理..... 73
2.6 叠加原理与齐次定理..... 76
2.6.1 叠加原理..... 76
2.6.2 齐次定理..... 79
小结..... 81
一、电阻的串、并联与混联..... 81
二、含源二端网络的等效..... 82
三、支路电流法..... 83

四、网孔电流法·····	83	3.8.1 提高电路功率因数的意义·····	134
五、节点电压法·····	83	3.8.2 并联电容提高线路的 功率因数·····	135
六、叠加原理·····	84	小结·····	137
习题 2·····	84	一、正弦量的概念·····	137
<b>第 3 章 正弦交流电路</b> ·····	<b>89</b>	二、电阻、电感、电容元件的 约束关系·····	138
3.1 正弦交流电路的基本概念·····	89	三、正弦电路的计算·····	139
3.1.1 正弦交流电的周期与频率·····	89	四、正弦电路的功率·····	139
3.1.2 正弦量的三要素·····	90	五、谐振电路·····	140
3.1.3 相位差计算·····	92	习题 3·····	141
3.1.4 正弦量的有效值和平均值·····	94	<b>第 4 章 三相交流电路</b> ·····	<b>144</b>
3.2 正弦量的相量表示法·····	97	4.1 三相电源·····	144
3.2.1 相量的概念·····	98	4.1.1 三相电源的构成·····	145
3.2.2 用相量表示正弦量·····	98	4.1.2 三相电源的连接·····	147
3.2.3 相量图·····	99	4.2 三相负载·····	150
3.3 单一元件电路·····	101	4.2.1 三相负载的星形连接·····	151
3.3.1 电阻元件电路·····	102	4.2.2 三相负载的三角形连接·····	153
3.3.2 电感元件电路·····	104	4.3 对称三相电路的分析与计算·····	155
3.3.3 电容元件电路·····	108	4.3.1 $Y_0$ - $Y_0$ 连接与 $Y$ - $Y$ 连接 的电路·····	155
3.4 $RLC$ 串联电路·····	112	4.3.2 $\Delta$ - $Y$ 、 $Y$ - $\Delta$ 、 $\Delta$ - $\Delta$ 连接的 电路·····	156
3.4.1 $RLC$ 串联电路中电压 与电流的关系·····	113	4.3.3 三相电路的功率计算·····	158
3.4.2 $RLC$ 串联电路的性质·····	114	4.3.4 三相功率的测量·····	159
3.4.3 $RLC$ 串联电路的功率·····	114	4.4 不对称三相电路的分析·····	161
3.4.4 三个三角形·····	115	4.4.1 不对称 $Y_0$ - $Y_0$ 连接的 电路·····	161
3.5 并联电路计算·····	117	4.4.2 不对称 $Y$ - $\Delta$ 连接的电路·····	162
3.5.1 并联电路的复阻抗算法·····	117	小结·····	165
3.5.2 并联电路的复导纳算法·····	119	一、对称三相电源·····	165
3.6 串联谐振电路·····	121	二、三相负载·····	166
3.6.1 串联谐振的定义和条件·····	121	三、三相电路的功率·····	166
3.6.2 串联谐振的特点·····	123	四、不对称电路·····	166
3.6.3 谐振电路的选择性·····	125	习题 4·····	167
3.7 并联谐振电路·····	127		
3.7.1 并联谐振的条件·····	128		
3.7.2 并联谐振的特点·····	130		
3.7.3 并联谐振的频率特性·····	131		
3.8 功率因数的提高·····	133		

<b>第 5 章 动态电路</b> .....	170	6.1.2 互感电压	210
5.1 换路定律及初始值计算	170	6.1.3 互感线圈的同名端	210
5.1.1 动态电路的过渡过程	170	6.2 互感线圈的串联	214
5.1.2 换路定律	171	6.2.1 两线圈顺向串联	215
5.1.3 初始值的计算	172	6.2.2 两线圈反向串联	216
5.2 直流激励下一阶电路的 零输入响应	174	6.3 互感线圈的并联	219
5.2.1 RC 电路的零输入响应	175	6.3.1 同名端相连	219
5.2.2 RL 电路的零输入响应	177	6.3.2 异名端相连	220
5.3 直流激励下一阶电路的 零状态响应	180	6.3.3 两线圈一端相连	221
5.3.1 RC 电路的零状态响应	180	6.4 空心变压器	224
5.3.2 RL 电路的零状态响应	182	6.4.1 空心变压器的概念与 方程	224
5.4 求解一阶电路的三要素法	185	6.4.2 空心变压器的计算	225
5.4.1 三要素法的含义	185	6.5 理想变压器	228
5.4.2 三要素法的应用	187	6.5.1 理想变压器的概念	229
5.5 阶跃函数和阶跃响应	191	6.5.2 交流铁心线圈上电压 与磁通的关系	229
5.5.1 阶跃函数	192	6.5.3 理想变压器的电压变换	230
5.5.2 阶跃响应	193	6.5.4 理想变压器的电流变换	231
5.6 二阶电路的零输入响应	195	6.5.5 理想变压器的阻抗变换	232
5.6.1 RLC 串联电路的零输入 响应	196	小结	234
5.6.2 零输入响应的三种情况 分析	198	一、互感电路的概念	234
小结	200	二、互感电压的计算	235
一、过渡过程	200	三、互感电路的等效计算	235
二、换路定律与初始值计算	201	四、空心变压器与理想变压器	236
三、一阶电路的零输入响应与 零状态响应	201	习题 6	236
四、一阶电路的三要素法	201	<b>第 7 章 磁场与磁路</b>	242
五、阶跃函数和阶跃响应	202	7.1 磁场的基本概念和基本定律	242
六、二阶电路	202	7.1.1 磁场的基本概念	242
习题 5	203	7.1.2 磁场的基本定律	245
<b>第 6 章 互感电路</b>	208	7.2 铁磁材料的磁化	251
6.1 互感与同名端	208	7.2.1 磁化及磁化曲线	251
6.1.1 互感	208	7.2.2 铁磁材料的分类	253
		7.3 简单磁路的计算	256
		7.3.1 磁路计算的基本概念	256
		7.3.2 已知磁通 $\Phi$ 求磁化电流	256



7.3.3 已知磁化电流求磁通 $\Phi$ .....	258	附录 A SI 单位及其辅助单位 .....	285
小结 .....	259	附录 B 常用数学公式 .....	287
一、磁路的基本定律 .....	259	一、常用换算关系 .....	287
二、简单磁路的计算 .....	259	二、常用三角函数公式 .....	287
习题 7 .....	260	三、常用求导数公式 .....	289
<b>第 8 章 非正弦交流电路</b> .....	<b>262</b>	四、常用积分公式 .....	290
8.1 非正弦周期波的谐波分析 .....	262	附录 C 复数简介 .....	291
8.1.1 谐波 .....	262	一、复数的概念 .....	291
8.1.2 非正弦周期函数的 谐波分析 .....	263	二、复数的图形表示 .....	291
8.2 波形对称性与所含谐波分量 的关系 .....	266	三、复数的表示式 .....	292
8.2.1 对称性与谐波分量的关系 .....	266	四、共轭复数 .....	293
8.2.2 非对称性非正弦周期波 的谐波分析 .....	269	五、复数的四则运算 .....	294
8.3 非正弦周期波的平均值与 有效值及功率 .....	271	附录 D 星一角变换计算程序 .....	296
8.3.1 非正弦周期波的直流 分量和平均值 .....	271	附录 E 习题答案 .....	297
8.3.2 非正弦周期波的有效值 .....	272	习题 1 答案 .....	297
8.3.3 非正弦周期电流电路 的功率 .....	273	习题 2 答案 .....	299
8.4 非正弦交流电路的分析计算 .....	275	习题 3 答案 .....	300
小结 .....	280	习题 4 答案 .....	302
习题 8 .....	281	习题 5 答案 .....	304
		习题 6 答案 .....	306
		习题 7 答案 .....	308
		习题 8 答案 .....	309
		参考文献 .....	310

# 第1章 电路的基本概念和基本定律

## 【内容简介】

1. 电路、电路模型、电路的工作状态以及理想元件等基本概念。
2. 电阻、电感、电容、电压源、电流源等基本元件及受控源的特性与分析。
3. 电流、电压、电位、电功率、电能等基本物理量的计算、测量及相互关系。
4. 欧姆定律和基尔霍夫定律的应用。

## 1.1 电路与电路模型

### 【本课任务】

1. 了解认识电路。
2. 理解理想元件、电路模型及电路的工作状态等概念。
3. 记住电路表示符号，学会画电路图。

### 【实例链接】

当今社会已经进入高速发展的信息时代，电在日常生活中的作用越来越重要了，我们每天都在不知不觉中与电路打交道，没有电路的生活与没有电的生活同样是不可想象的。电路的种类、大小多种多样。例如，目前世界最长的输电线路是我国国家电网中连接向家坝水电站和上海之间的直流输电线路，该线路延伸 2000 多公里，并把传输电压增加到  $\pm 800\text{kV}$ ，传输中损失的电量将达到最小值，输电效率超过 93%，电力损耗低于 7%；而目前世界上最小的电路是美国国际商用机器公司(IBM)研制出的计算机电路，该公司于 2002 年 10 月 24 日宣布，他们用一氧化碳分子研制出一批目前世界上最小的计算机电路，其中最复杂的一个是拥有三个输入端的排序器，它只有 12nm 宽、17nm 长(1nm 相当于 10 个原子整齐地排成一列的长度)，在一个半径只有 7mm 的标准铅笔头上就可以集成 1900 亿个这样的电路，而当今最先进的半导体芯片中使用的电路还比它大 26 万倍。

图 1-1-1 为最简单的直流电路实物示意图，它由电池、灯和开关导线组成。图 1-1-2 为最简单的交流电路(照明电路)实物示意图，它由交流发电机、灯和开关导线组成。

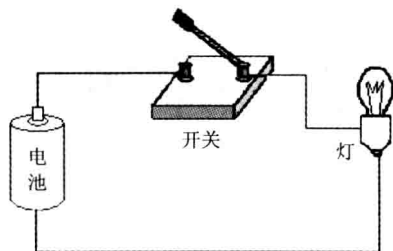


图 1-1-1

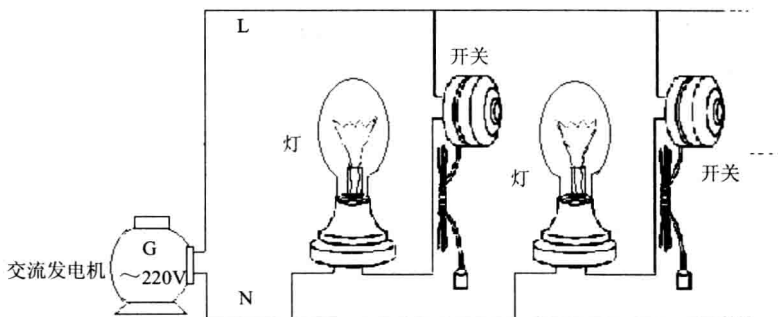


图 1-1-2

## 【任务实施】

### 1.1.1 电路的概念

从上面两个图可以看出，**电路**就是电流流通的路径，它是由一些电气器件按照一定方式组合起来的一个完整的整体。电路有时又称**网络**。如收音机、电视机电路，照明电路等，都是我们常见的电路。

一个基本的电路主要由以下三部分组成：

(1) **电源**：将其他形式的能量转换为电能的装置。在电路中电源产生电能，并维持电路中的电流。如发电厂的发电机、手电筒电路中的电池等。

(2) **负载**：将电能转换为其他形式的能量的装置。如电灯、电动机等。

(3) **中间环节**：导线、开关、变压器、监测和保护仪表等。起到连接电源和负载、为电流提供通路并传输电能和监测保护等作用，如开关控制电路的通断，熔断器起到保护电路和设备的作用。电度表、功率表等，都可以看做中间环节。

上面两个电路都是用实物图表示的，这样表示非常麻烦，而且对大型电路实现起来也很困难。为此，国家统一规定了表示电路元器件的图形符号，称为**电路符号**。用电路符号表示实际电路器件连接关系的图形，称为**电路原理图**，简称**电路图**。常用的电路符号如表 1-1-1 所列。

表 1-1-1 常用电路元件符号

元件名称	符号	元件名称	符号
导线		可调电阻	
交叉不连接的导线		可调电位器	
交叉相连接的导线		电容	
开关		可调电容	
电池		微调电容	
直流电压源		电解电容	
交流电压源		电感线圈	
固定电阻		铁心线圈	

## 1.1.2 电路模型

表 1-1-1 中的每一个符号都表示一个元件，这些元件都只有一种电或磁的性质。而实际的电气器件，特性一般是比较复杂的，它们往往同时具有电或磁的多种属性，如果这些性质同时考虑，则电路理论将会变得非常复杂，因此电路基础一般并不研究实际的电气器件，而是把实际的电气器件进行抽象和简化，忽略其次要性质，只保留其一种最主要的性质，这种只有一种电或磁的特性的元件模型称为**理想元件**。如电灯、电风扇、电热器等消耗电能的器件，在一定条件下，都可以用一个表示消耗电能特性的理想元件来表示，这个元件就是电阻元件。又如负荷开关、断路器、隔离开关以及继电器的触点等都是接通和断开电路用的，就它们的作用而言，都可以用一个理想元件来表示，这个理想元件就是开关。

有了理想元件，我们在进行电路的分析计算时就可以省去很多麻烦，而又不影响电路的性质。这种由理想元件构成的电路，就称为实际电路的**电路模型**。以后本书中所说的元件(如无特殊说明)都指理想元件，所说的电路都指电路模型。图 1-1-3 所示即为图 1-1-1 的电路模型，图 1-1-4 所示即为图 1-1-2 的电路模型。

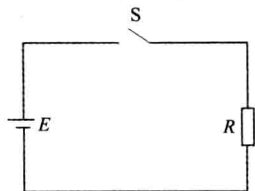


图 1-1-3

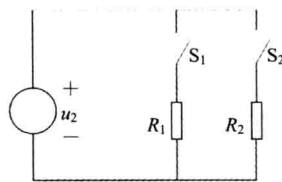


图 1-1-4

### 1.1.3 电路的工作状态

电源与负载构成闭合回路，称为电路的**负载状态**。

各种电气装置在其铭牌上都规定了长期安全使用的电压(或电流)、功率等数值，即**额定值**。

处于负载状态下运行的电器装置，若按额定值使用，称为额定工作状态，又称**满载**。长期超过额定值将会造成装置的损坏，称为**超载**。而长期低于额定值工作，称为**轻载**。轻载将使设备的效率低下或不能正常工作。

电源与负载没有构成闭合回路，这时回路中的电流为零，称为**断路状态**。实际电路中，各种电气装置相互连接处、电气装置与导线相互连接处或者导线与导线相互连接处，如接触不良，往往会造成电路的断路状态。因此，电路的相互连接处应保证良好的接触。

把电路中某一部分的两端用导体直接连接，使这两端的电压为零，电路的这部分称为**短路**，如图 1-1-5 所示。短路时短路处的电阻为零，短路处的电压降为零，电路中将出现比负载状态大得多的电流。在实际电路中，短路会造成电源和有关电气装置被烧毁，以及停电等严重事故。图 1-1-5 中，如果把  $B$ 、 $C$  两点用导线直接相连，则电阻  $R_2$  被短路；如果把  $A$ 、 $C$  两点直接相连，则电源被短路。

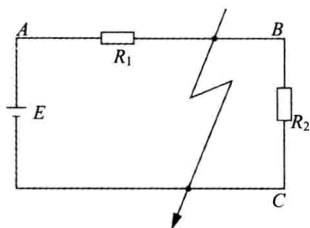


图 1-1-5

### 1.1.4 电路常用术语

(1) **节点**。电路中有三个或三个以上元件的连接点称为节点。图 1-1-6(b)中， $b$  和  $d$  是两个节点；而图 1-1-6(a)中没有节点。

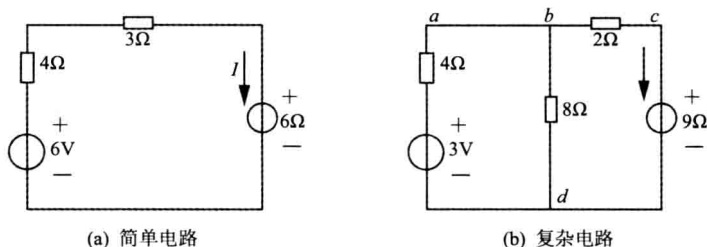


图 1-1-6

(2) **支路**。两个相邻节点间的那部分电路称为支路。图 1-1-6(b)中共有三条支路,即  $bad$ 、 $bd$  和  $bcd$ ; 而图 1-1-6(a)中没有支路。

支路中含有电源的支路称为有源支路。图 1-1-6(b)中  $bad$  和  $bcd$  两条支路均为有源支路。不含电源的支路称为无源支路。图 1-1-6(b)中  $bd$  支路为无源支路。

(3) **回路**。电路中的任意一个闭合路径称为回路。图 1-1-6(a)中只有一个回路; 图 1-1-6(b)中有三个回路, 即回路  $abda$ 、回路  $abcd$  和回路  $bcd$ 。

(4) **网孔**。内部不含支路的回路称为网孔。图 1-1-6(a)中只有一个网孔; 图 1-1-6(b)中有两个网孔, 即  $abda$  和  $bcd$ 。

### 【同步训练】

1. 自己选择电阻和电源参数, 连接一个如图 1-1-7 所示的电路, 解决如下问题:

(1) 该电路有几个节点、几条支路、几个回路、几个网孔?

(2) 通过电路连接显示电路的三种工作状态, 并加以说明。

(3) 通过电路的实际连接, 说明在多条支路连接的节点上, 怎样连接最省导线, 此电路最少需要几条导线。

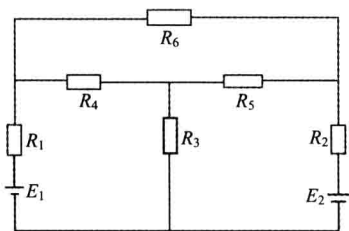


图 1-1-7

## 1.2 电路的基本物理量

### 【本课任务】

1. 了解电流、电压、电位、电能和功率等基本概念。
2. 掌握电流、电压、电位和功率的分析计算。
3. 熟悉几个物理量的基本测量方法。

### 【实例链接】

#### 1. 关于触电

图 1-2-1 为人体接触带电体发生触电事故与不触电的几种情况示意图, 图中的人体都接触了带电体, 但为什么有的情况下发生触电事故, 而有的情况下却不发生触电事故呢? 因为人体接触点的电位不同, 使人体承受的电压也不同, 因此通过人体的电流也不同, 产

生的后果就完全不同了。

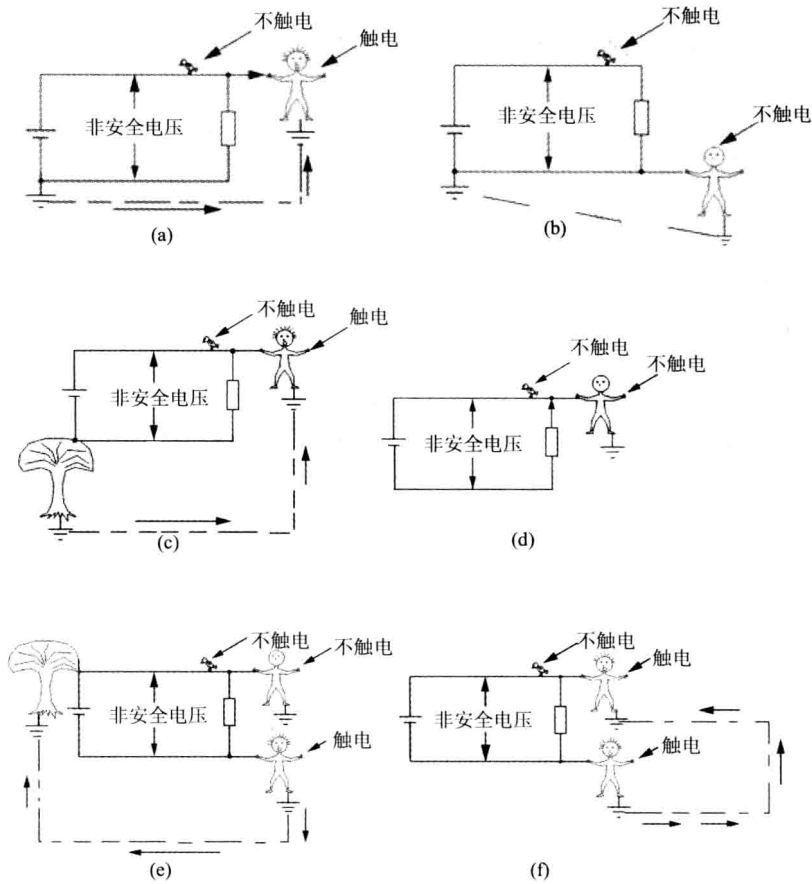


图 1-2-1

## 2. 用电的基本常识举例

我们的生活已经离不开电了，但是我们对电的概念知道多少呢？对电路的基本物理量又知道多少呢？

对于电流，目前人们能够测到的最大电流就是雷电的电流，雷电的峰值电流可以达到  $10^5\text{A}$  以上，由于雷电电流是在十万分之几秒的极短时间内形成的，仅在直径几厘米的闪电通道内通过，所以闪电通道会迅速增温至几万度，并产生爆炸式膨胀。闪电通道在以  $30\sim 50$  个大气压向外膨胀的过程中，形成了冲击波，以  $5\text{km/s}$  的高速度向四周扩散，然后逐渐衰减为声波，这就是我们所听到的隆隆雷声。与此同时，炽热的高温使闪电通道内的空气几乎完全电离，发出了耀眼的光亮，这就是我们看到的闪电。

人体的感知电流，就是能使人感觉到的最小电流，一般交流为  $1\text{mA}$ ，直流为  $5\text{mA}$ ；人体安全电流，一般交流为  $30\text{mA}$ ，直流为  $50\text{mA}$ 。

对于电压，生活中经常涉及的最小电压有  $\text{mV}$  级和更小的  $\mu\text{V}$  级，如心脏本身的生物电变化通过心脏周围的导电组织和体液反映到身体表面上来，利用心电图仪可以把人体表面一定部位的电位变化用曲线记录下来，这就是心电图。心电图的电压一般在  $\text{mV}$  级以下。

收音机的天线感应电压是 mV 级和  $\mu\text{V}$  级。

我国自主研发、设计和建设的具有自主知识产权的 1000kV 交流输变电工程——晋东南—南阳—荆门特高压交流试验示范工程于 2009 年 1 月 16 日顺利通过试运行,正式投运。该工程是目前世界上运行电压级别最高、输送能力最大、代表国际输变电技术最高水平的特高压交流输变电工程。

## 【任务实施】

### 1.2.1 电流

**电流**就是电荷有规则的定向运动。要形成电流,首先必须有可移动的自由电荷存在,其次,在导体两端必须有电压存在。图 1-2-1 中几种触电的情况下人体中都有电流通过。

电流的大小可用电流(旧称电流强度)这个物理量来表示,即单位时间内通过导体横断面的电荷量的多少,用公式表示为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2-1)$$

式中:  $i$  表示电流,单位为安[培],符号 A,此外还有毫安(符号 mA)、微安(符号  $\mu\text{A}$ );  $q$  表示电荷数量的多少,称为电量,单位为库[仑],符号 C;  $t$  表示时间,单位为秒,符号 s。

对直流电流,上式可写为

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-2-2)$$

电流可以由正电荷形成,也可以由负电荷或正负两种电荷形成。电流的方向只有一个,规定为正电荷运动的方向,又称电流的实际方向,一般用虚线箭头加符号  $I$  来表示,如图 1-2-2 所示。

在电路的计算过程中,往往不知道电流的实际方向,为使电流有确定的值,就需要事先任意假设一个电流的方向,这个方向就是电流的**参考方向**。以后本书中所提到的方向,无特殊说明时都是指参考方向。参考方向用实线箭头来表示。当实际方向与参考方向一致时,电流为正,否则电流为负,如图 1-2-3 所示。

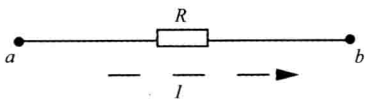


图 1-2-2

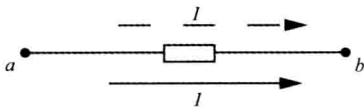


图 1-2-3

电流的大小取决于一定时间内通过导体横断面电量的多少,在单位时间内通过导体横断面的电量多,电流就大,电量少则电流就小,而与导体的横断面积大小无关,因为电路中不能有电荷积累,否则将引起电路中电场的变化,电路的性质将发生变化,因此电路中



从一个地方流入多少电流，必同时从这个地方流出多少电流，这一结论称为**电流的连续性原理**。

**例 1.2.1** 电流的大小及参考方向如图 1-2-4 所示，试指出电流的实际方向。

**解：**(a)  $I = 2 > 0$ ，说明电流的参考方向与实际方向一致，所以电流的实际方向为由  $a$  到  $b$ 。

(b)  $I = -2 < 0$ ，说明电流的参考方向与实际方向相反，因此电流的实际方向为由  $b$  到  $a$ 。

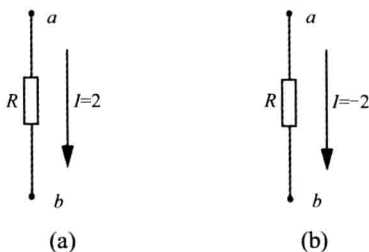


图 1-2-4

## 1.2.2 电压

在电路中，用移动正电荷所做的功来定义电压。设正电荷  $q$  由  $a$  点移到  $b$  点时所做的功为  $W_{ab}$ ，则  $a$ 、 $b$  两点间的电压为

$$u_{ab} = \frac{dW_{ab}}{Dq} \quad (1-2-3)$$

即  $a$ 、 $b$  两点间电压的大小，等于单位正电荷从  $a$  点移到  $b$  点时所做的功。

电压的方向规定为电位降落的方向，既由高电位指向低电位，这就是电压的实际方向，又称**实际极性**。若  $U_{ab} > 0$ ，则电压的实际方向为由  $a$  到  $b$ ，反之则为由  $b$  到  $a$ 。

同电流一样，在电路的分析计算中，有时不知道电压的实际方向，为了确定电压的准确值，也需要事先任意假定一个方向，这个方向称为**电压的参考方向**。电压的参考方向表示方法有三种：实线箭头表示法，极性表示法，双下标表示法，如图 1-2-5 所示。

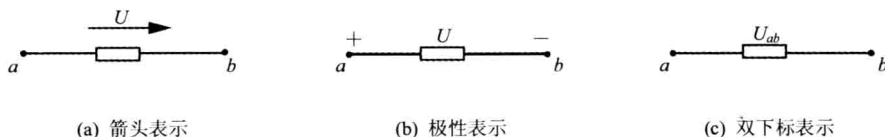


图 1-2-5

在一段电路中，电流的参考方向和电压的参考方向互不影响，二者可设成一致，也可以设得不同，但为了计算的方便，往往把二者设成一致，这种参考方向称为**关联参考方向**。

**例 1.2.2** 电压的参考方向如图 1-2-6(a)、(b)所示，试指出图中电压的实际极性。

**解：**(a) 图中电压的参考方向为由  $b$  指向  $a$ ， $U = 10V$ ，说明参考方向与实际方向一