



普通高等教育“十二五”规划教材
电子电气基础课程规划教材



电工技术 (电工学 I)

刘 明 主编
全书海 主审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”规划教材
电子电气基础课程规划教材

电 工 技 术

(电 工 学 I)

刘 明 主编

全书海 主审

虞莉娟 杨 莉

参编

田 宇 石道生

電 子 工 業 出 版 社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本套教材是普通高等教育“十二五”规划教材，电子电气基础课程规划教材，分为《电工技术（电工学Ⅰ）》和《电子技术（电工学Ⅱ）》两册出版。

本书共分12章，包括电路基础与分析方法、一阶线性电路的暂态响应、正弦交流电路、三相交流电路、磁路与变压器、交流异步电动机、直流电动机、继电器接触器控制系统、可编程序控制器及其应用、工厂供电与安全用电、电工测量、物联网技术及应用。

本书课程体系新颖，内容全面实用，由浅入深，重点突出。每章均配有本章小结和习题，书后附有关键术语（中英名词对照）和部分习题参考答案，便于学生自学和巩固。

本教材主要面对50~120学时（含实验）的电工电子技术课程而设计。

本书可作为高等院校工科非电类本科生、大专生及成人教育学生的教材和参考书，还可作为自学考试或相关工程技术人员的参考用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术. 电工学. 1/刘明主编. —北京：电子工业出版社，2013.1

电子电气基础课程规划教材

ISBN 978-7-121-19111-4

I. ①电… II. ①刘… III. ①电工技术—高等学校—教材②电工学—高等学校—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第285224号

策划编辑：竺南直

责任编辑：桑 昀

印 刷：涿州市京南印刷厂

装 订：涿州市京南印刷厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：21 字数：541千字

印 次：2013年1月第1次印刷

印 数：4000册 定价：39.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010)88258888。

前 言

电工电子技术是高等学校本科非电类专业的一门技术基础课程。电工电子技术应用日新月异地迅速发展,并日益渗透到我国现代化建设各学科领域。不论是机械、新能源、动力装备、车辆,还是信息、计算机、新材料科学、物业等都离不开电工、电子技术应用。

电工学分为《电工技术(电工学Ⅰ)》、《电子技术(电工学Ⅱ)》两册出版,向读者介绍电工、电子技术必要的基本理论、基本知识和基本技能,为读者今后学习和从事与本专业有关的工作打下基础。

本书《电工技术(电工学Ⅰ)》共12章,内容包括:电路基础与分析方法、一阶线性电路的暂态响应、正弦交流电路、三相交流电路、磁路与变压器、交流异步电动机、直流电动机、继电接触器控制系统、可编程序控制器及其应用、工厂供电与安全用电、电工测量、物联网技术及应用等内容。在本书编写过程中,注重基础理论知识介绍,例题、思考与练习题,以及习题都围绕着巩固基础知识并联系实际,各章开篇有本章提要,各章结束有本章小结,以利于教与学。

本书可作为高等学校非电类专业本科应用型人才培养的教学用书,也可作为高等职业教育的相关专业教学用书,还可供工程技术相关人员的学习参考用书。

本书的编写由刘明主持。第1、2章由刘明负责编写,第3章由虞莉娟负责编写,第4、5章由石道生负责编写,第6、7章由杨莉负责编写,第9、10、11、12章由田宇负责编写。

本书由武汉理工大学全书海教授审阅,提出了许多宝贵指导性建议,在此深表谢意。

本书在编写过程中借鉴了有关参考文献。借此机会向参考文献的作者、武汉理工大学自动化学院的领导和本教研室教师们,以及一直关心和帮助本书的出版社一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,敬请使用本教材的师生及其读者指正。反馈意见请发送电子邮件至dgx2012liu@sina.com。

编 者
于武汉理工大学
2012年11月

目 录

第 1 章 电路基础与分析方法	1
1.1 电路基础知识	1
1.1.1 电路和电路模型	1
1.1.2 电路结构的基本元素 (节点、支路、回路和网孔)	3
1.1.3 电路的基本物理量	4
思考与练习题	13
1.2 电路的基本元件	13
1.2.1 电阻元件	13
1.2.2 电感元件	15
1.2.3 电容元件	18
1.2.4 电源元件	20
思考与练习题	26
1.3 电路的基本定律	26
1.3.1 欧姆定律	26
1.3.2 基尔霍夫电流定律	26
1.3.3 基尔霍夫电压定律	28
思考与练习题	30
1.4 电气设备的额定值和电路的工作状态	30
1.4.1 电气设备的额定值	30
1.4.2 电路的工作状态	31
思考与练习题	34
1.5 电阻的连接及其等效变换	34
1.5.1 电阻串联及其特点	34
1.5.2 电阻并联及其特点	35
1.5.3 电阻星形与三角形连接的等效变换	36
思考与练习题	40
1.6 电压源与电流源的等效变换	40
思考与练习题	44
1.7 支路电流法	44
思考与练习题	46
1.8 节点电压法	46
思考与练习题	51
1.9 叠加原理	51
思考与练习题	54
1.10 戴维南定理和诺顿定理	54

1.10.1	戴维南定理	55
1.10.2	诺顿定理	58
	思考与练习题	61
1.11	含受控源的电路分析	61
	思考与练习题	63
	本章小结	63
	习题	65
第 2 章	一阶线性电路的暂态响应	70
2.1	换路定则与初始值的确定	70
2.1.1	换路定则	70
2.1.2	暂态响应初始值的确定	72
	思考与练习题	74
2.2	RC 电路的暂态响应	74
	思考与练习题	80
2.3	RL 电路的暂态响应	81
	思考与练习题	84
2.4	一阶 RC 电路的应用	85
2.4.1	一阶 RC 微分电路	85
2.4.2	一阶 RC 积分电路	87
	思考与练习题	88
	本章小结	89
	习题	89
第 3 章	正弦交流电路	92
3.1	正弦量的基本概念	92
3.1.1	正弦量的瞬时表达式及其三个要素	92
3.1.2	正弦量的有效值	94
	思考与练习题	94
3.2	正弦量的相量计算法	95
	思考与练习题	98
3.3	理想元件的正弦稳态电路	98
3.3.1	电阻元件的交流电路	98
3.3.2	电感元件的交流电路	100
3.3.3	电容元件的交流电路	102
	思考与练习题	104
3.4	电阻、电感与电容元件串联的交流电路	104
	思考与练习题	108
3.5	复阻抗混联电路	108
3.5.1	阻抗的串联	109
3.5.2	阻抗的并联	109
	思考与练习题	112

*3.6	复杂正弦交流电路的分析与计算	112
思考与练习题		114
3.7	交流电路的频率响应	114
*3.7.1	滤波电路	115
3.7.2	谐振电路	118
思考与练习题		122
3.8	功率因数的提高	122
3.8.1	提高功率因数的意义	122
3.8.2	提高功率因数的措施	123
思考与练习题		125
本章小结		125
习题		126
第4章	三相交流电路	131
4.1	三相正弦交流电源	131
4.1.1	对称三相交流电动势的产生	131
4.1.2	三相电源的星形连接	132
4.1.3	三相电源的三角形连接	134
思考与练习题		134
4.2	三相负载的星形连接	135
4.2.1	负载星形连接的三相电路	135
4.2.2	对称负载星形连接的三相电路	136
思考与练习题		138
4.3	三相负载的三角形连接	139
4.3.1	负载三角形连接的三相电路	139
4.3.2	对称负载三角形连接的三相电路	139
思考与练习题		141
4.4	三相负载的功率	142
4.4.1	三相负载的功率计算	142
4.4.2	三相负载的功率测量	143
思考与练习题		145
本章小结		145
习题		146
第5章	磁路与变压器	149
5.1	磁路	149
5.1.1	磁场的基本物理量	149
5.1.2	磁性物质的磁性能	150
5.1.3	磁路基本定律	152
思考与练习题		153
5.2	交流铁芯线圈电路	153
5.2.1	电磁关系	153

5.2.2	电压电流关系	154
5.2.3	功率损耗	155
	思考与练习题	156
5.3	变压器	156
5.3.1	变压器的结构	157
5.3.2	变压器的工作原理	157
5.3.3	变压器的性能指标及绕组极性测定	161
5.3.4	三相变压器及特殊变压器	164
	思考与练习题	168
5.4	电磁铁	168
	思考与练习题	169
	本章小结	169
	习题	170
第 6 章	交流异步电动机	172
6.1	异步电动机的构造	172
	思考与练习题	174
6.2	三相异步电动机的转动原理	174
6.2.1	异步电动机转子转动的原理	174
6.2.2	旋转磁场	174
6.2.3	转差和转差率	178
	思考与练习题	178
6.3	三相异步电动机的电路分析	178
6.3.1	定子电路	179
6.3.2	转子电路	180
	思考与练习题	182
6.4	三相异步电动机的机械特性	182
6.4.1	三相异步电动机的转矩	182
6.4.2	机械特性曲线	183
	思考与练习题	185
6.5	三相异步电动机的起动	185
6.5.1	电动机的起动	185
6.5.2	笼型电动机的起动方法	186
6.5.3	绕线式异步电动机的起动方法	189
	思考与练习题	192
6.6	三相异步电动机的调速	192
6.6.1	变频调速	192
6.6.2	变极调速	193
6.6.3	变转差率调速	194
	思考与练习题	194
6.7	三相异步电动机的制动	194

6.7.1	能耗制动	195
6.7.2	反接制动	195
6.7.3	发电反馈制动	195
	思考与练习题	196
6.8	三相异步电动机的铭牌数据	196
	思考与练习题	199
6.9	三相异步电动机的选择	199
6.9.1	容量(即功率)选择	199
6.9.2	电动机种类的选择	201
6.9.3	电动机形式的选择	201
6.9.4	电动机电压和转速的选择	201
	思考与练习题	202
6.10	单相交流异步电动机	202
6.10.1	单相交流异步电动机的工作原理	202
6.10.2	电容分相式异步电动机	202
6.10.3	罩极式异步电动机	204
	思考与练习题	205
	本章小结	205
	习题	207
第7章	直流电动机	210
7.1	直流电动机的结构	210
	思考与练习题	212
7.2	直流电动机的工作原理	212
	思考与练习题	213
7.3	直流电动机的机械特性	213
	思考与练习题	216
7.4	直流电动机(并励)的起动与反转	216
	思考与练习题	217
7.5	直流电动机的调速	217
7.5.1	改变磁通 Φ 调速(调磁)	218
7.5.2	改变电枢电压 U 调速(调压)	218
7.5.3	电枢回路串附加电阻调速	219
	思考与练习题	220
	本章小结	220
	习题	220
第8章	继电接触器控制系统	221
8.1	常用控制电器	221
8.1.1	刀闸开关	221
8.1.2	组合开关	222
8.1.3	自动空气开关	222

8.1.4	熔断器	223
8.1.5	按钮	223
8.1.6	行程开关	224
8.1.7	交流接触器	225
8.1.8	继电器	226
	思考与练习题	228
8.2	三相异步电动机的基本控制电路	228
8.2.1	点动控制和单向自锁运行控制	229
8.2.2	多地控制和顺序控制	230
8.2.3	正/反转控制	232
8.2.4	行程控制	233
8.2.5	时间控制	235
	思考与练习题	236
	本章小结	236
	习题	236
第 9 章	可编程序控制器及其应用	239
9.1	PLC 概述	239
9.1.1	PLC 的外部结构	239
9.1.2	PLC 的内部结构	240
9.1.3	PLC 的工作原理	242
9.1.4	PLC 的主要特点	243
	思考与练习题	244
9.2	PLC 程序设计基础	244
9.2.1	编程语言的形式	244
9.2.2	编程元件及功能	245
9.2.3	基本逻辑指令	247
	思考与练习题	249
9.3	PLC 控制系统设计方法	250
9.3.1	系统设计的主要内容	250
9.3.2	系统设计的基本步骤	250
9.3.3	系统设计的应用举例	252
	思考与练习题	256
9.4	GX Developer 软件简介	257
9.4.1	基本概况	257
9.4.2	编写梯形图	257
9.4.3	传输和调试	259
	本章小结	261
	习题	261
第 10 章	工厂供电与安全用电	263
10.1	电力系统的基本知识	263

10.2	工厂供电概述	265
10.3	触电	267
10.4	安全用电	269
10.5	节约用电	272
	本章小结	272
	习题	273
第 11 章	电工测量	276
11.1	电工测量仪器仪表的基础知识	276
11.1.1	仪器仪表的分类	276
11.1.2	仪器仪表的技术指标	276
11.1.3	对仪器仪表的要求和正确使用方法	277
11.1.4	常用仪器仪表的符号和标记	277
	思考与练习题	278
11.2	机电式直读仪表	278
11.2.1	机电式直读仪表的基本结构	279
11.2.2	机电式直读仪表的表盘标记	279
11.2.3	机电式直读仪表的正确使用方法	280
	思考与练习题	281
11.3	比较式仪器	281
11.3.1	直流电桥	281
11.3.2	交流电桥	281
	思考与练习题	284
11.4	常用的数字仪表和电子仪器	284
11.4.1	数字万用表	284
11.4.2	数字频率计	286
11.4.3	数字功率(瓦特)表	286
	思考与练习题	287
	本章小结	287
	习题	287
第 12 章	物联网技术及应用	290
12.1	物联网的特征与要素	290
12.1.1	物联网的特征	290
12.1.2	物联网的要素	290
12.2	物联网的体系结构	291
12.2.1	感知层	291
12.2.2	网络层	291
12.2.3	应用层	291
12.3	物联网的关键技术	291
12.3.1	RFID 技术	292
12.3.2	WSN 技术	293

12.3.3 智能嵌入技术	293
12.3.4 纳米技术	293
12.4 基于 RFID 的物联网物流管理系统	294
12.4.1 基于 RFID 的系统工作原理	294
12.4.2 RFID 电子标签的普及和存在的问题	295
本章小结	295
习题	296
附录 A 常用数学公式	297
附录 B 关键术语中英文对照	304
附录 C 常用导电材料的电阻率和温度系数	308
附录 D CJ10、CJ12、CJ20 交流接触器的主要参数	309
附录 E 电阻器的标称值和色环电阻识别	310
附录 F 三相电源系统相序文字符号新旧对照表	312
附录 G 常用电缆芯线的载流量数据	313
附录 H 部分 Y 系列三相异步电动机技术数据	315
附录 I 部分习题参考答案	316
参考文献	322

第 1 章 电路基础与分析方法

【本章提要】

本章首先介绍有关电路的基本物理量及构成电路的基本元件模型。其次，介绍分析电路的三个基本定律（即反映电阻元件上电压与电流关系的欧姆定律、反映电路连接点上各支路电流之间约束关系的基尔霍夫电流定律，以及在电路连接回路中，反映各段电压之间电势能守恒的基尔霍夫电压定律）。再次，介绍电路工作的三种工作状态。最后，以直流电阻电路为例，介绍电路分析的基本技能和方法。掌握了电路的基本定律和分析方法有助于深入理解电路的物理电特性和有效地求解电路的各物理量。这些不仅适用于直流电路，也适用于后面将要继续学习的交流电路。它们是现代电工电子技术实际应用中分析和计算电路的理论基础。在本章中还将介绍一些实际电路的应用例子，以及电气工程中要注意的问题。

1.1 电路基础知识

1.1.1 电路和电路模型

1. 电路功能与组成

电路从广义来说就是电流所经过的路径。从物理结构上来理解，电路是由一些实际的元器件按一定的要求连接起来的整体。

电路的种类繁多，就其功能来看，电路分为两类：

（1）将电能经过传输、分配与转换后，输送给用电负载，这类电路称为电力电路，由于工程上其电压比较高，电流比较大，所以又称为强电电路。

如图 1-1 所示为电力传输电路示意图。发电机是电源，它发出电能（由其他能源转换而来）。使用电能的电器是负载（如电灯、电动机或其他用电设备），它们将电能转换为其他形式的能量（如热能、机械能、光能等）。连接电源和负载的中间部分称为中间环节。这在电力传输电路中又称为输变电环节。

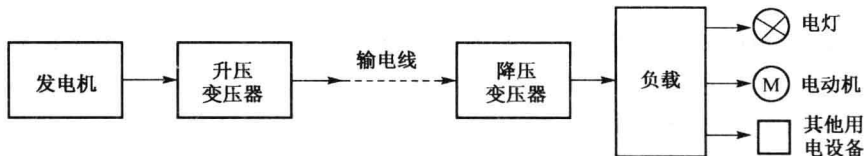


图 1-1 电力传输电路示意图

（2）将载有信息的电信号经过传递和处理后，再由负载输出所需要的信息，这类电路称为电信电路，由于其电压、电流值比较小，所以又称为弱电电路。

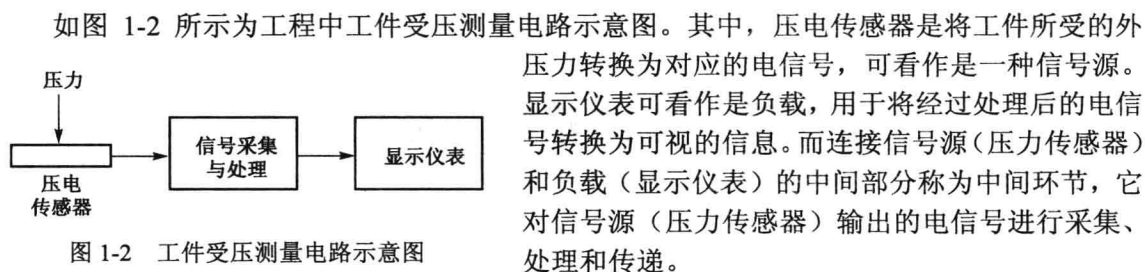


图 1-2 工件受压测量电路示意图

在实际工程中，不论电路的结构如何复杂，从宏观上看，电路可划分为电源、负载和中间环节 3 部分组成。

为了便于设计、安装或维修电气设备的实际电路，并能描述出电路中元件之间的连接关系，常采用特定的符号来表示各电路元件及其连接。用规定的符号来表示电路元件间连接图的称作“电路原理图”，简称为电路图。各国都有自己的统一规定符号标准，这就是常讲的“国标”。中国的电气图形符号和字母符号新标准为：GB/T 4728—86《电气简图用图形符号》和 GB 7159—87《电气技术中的文字符号制订通则》。表 1-1 为几种常用的标准图形符号。

表 1-1 几种常用的标准图形符号

名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
固定电阻器		理想电压源（恒压源）	
可调电阻器		理想电流源（恒流源）	
电感器		开关（动合，常开）	
电容器		开关（动断，常闭）	
电灯		转换开关	
熔断器		接地	
电池		导线	

本书各章电路图均采用新国标图形符号。

2. 电路模型

实际的电路元器件，其电磁特性一般都比较复杂。例如，由铜线绕制的电感线圈元件，其铜线本身有欧姆电阻存在，当有电流通入线圈时，周围存在磁场，有电感效应。在绕制线圈时，为防止线圈匝间短路，而在匝间放置有绝缘介质（如涂有绝缘漆），这又构成了电容器的物理结构，存在分布电容效应。若全部考虑这些电磁性质，往往难以用简单的数学关系式清楚地表示它们的物理性质和进行定量分析。因此，在对实际的复杂电路进行分析和计算时，常将实际电路元件在一定的工作条件下，突出它的主要物理电特性、磁特性，而忽略次要因素，用一个或几个单一物理性质的理想电路元件的组合来等效替代实际元件。这样得到的由理想电路元件组成的模型电路，称为实际电路的电路模型，简称电路。

在电路理论中，最基本的理想电路元件分为两类：一类是无源元件，即电阻元件、电感元件、电容元件；另一类是有源元件，即理想电压源（恒压源）、理想电流源（恒流源）。

如图 1-3 所示为电动车电池对灯泡供电的电路。在图中，电池是提供能量的电源，小灯泡是负载（消耗电能、转换为热能和光能），开关和导线看做是将电源与负载连接成闭合回路的中间环节。图 1-4 是对应于图 1-3 的原理电路图。

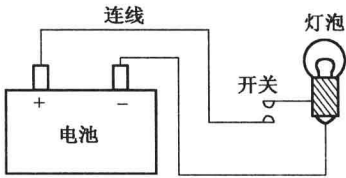


图 1-3 电动车电池对灯泡供电电路

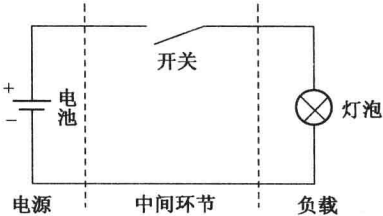


图 1-4 对应于图 1-3 的原理电路图

下面建立图 1-4 的电路模型。

在图 1-4 中，作为电源的实际电池模型，可用理想电压源 U_s 与电池内阻 R_s 串联的组合模型来代替；作为负载的小灯泡，可用反映灯工作时消耗电能的电阻 R 模型来代替，虽然灯泡在工作时，其周围存在磁场，但磁场很弱，不影响灯泡的亮度，则在电路分析时，磁场作用可忽略不计。由于图中的连接导线比较短，其电阻小到可以忽略不计，则连接导线用电阻值近似为零的理想导线来等效替代（若不能忽略供电导线电阻时，可以用集中的电阻元件来表示）。开关则用接通后电阻近似为零，断开后电阻为无穷大的理想开关 S 来替代。经过近似处理后，图 1-5 是图 1-4 原理电路图的电路模型图（即电路）。

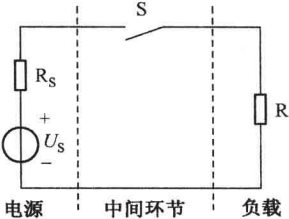


图 1-5 电动车电池对灯泡供电的电路模型

由电路元件的相互连接而构成的整体电路又称为电路网络。了解电路网络拓扑连接结构的特点有助于今后对整个电路的分析和数学描述。

下面介绍电路网络拓扑连接结构的几个基本术语（又称为电路网络结构的基本元素）。

1.1.2 电路结构的基本元素（节点、支路、回路和网孔）

电路元件相互连接组成了各种网络拓扑连接结构，如串联、并联或混联。将一些二端元件首尾相连就构成了一条串联的支路；而将一些二端元件的其中一端连接在一起，另外一端也连接在一起就构成了并联电路；若将一些元件既有串联，又有并联的连接就构成混联电路。

电路的网络拓扑结构基本元素归纳起来有 4 种：节点、支路、回路和网孔。下面结合图 1-6 的电路来分别说明。

1. 节点

所谓节点是指三个或三个以上电路元件的连接点。节点在电路中通常用实心圆点来表示。而由两个元件连接的点不作为电路网络中定义的“节点”，一般称为“焊接点”，因为两个元件连接串联为同一条支路。当然也可以称其为“广义节点”，如图 1-6 所示中的节点 a、d。另外，若两个或多个节点被（无阻导线）短路，则这些节点可以经过合并，等效为一个节点。

所以，图 1-6 中节点 e 的两个点可以等效为一个节点，如图 1-7 所示。这样电路中就只有三个等效节点了，即节点 b、节点 c 和节点 e。

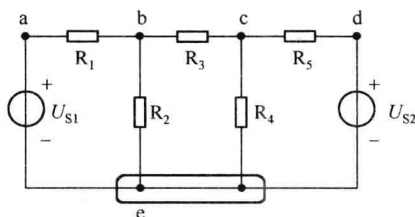


图 1-6 支路、节点、回路

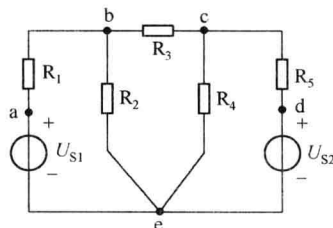


图 1-7 与图 1-6 等效的三节点电路

2. 支路

所谓支路是指连接两个节点的通路。支路中包含有一个或几个元件串联连接，并流过同一个电流，这个电流称为支路电流。在图 1-7 中，有 5 条支路：支路 bae、支路 be、支路 bc、支路 ce、支路 cde。其中，支路 bae 和支路 cde 包含有电源，称为有源支路（也称为含源支路）；支路 be、支路 bc 和支路 ce 不含有电源，称为无源支路。

3. 回路

所谓回路是指电路中的任何闭合路径。图 1-7 中有 6 个回路：回路 abea、回路 bceb、回路 cdec、回路 abcea、回路 bcdeb、回路 abcdea。

4. 网孔

所谓网孔是指其中不含有任何其他回路的闭合路径。如图 1-7 中有 3 个网孔：网孔 abea、网孔 bceb 和网孔 cdec。网孔可看做是回路的特例。在复杂连接的电路网络中，往往网孔比回路更容易和直接地被观察到，所以，网孔回路在后面的电路分析中会经常用到。

在现代电气工程中，各种电路的作用都是通过几个基本电路物理量（即电压 U 、电流 I 、电功率 P 、电能 W 和磁通 Φ 等）来实现的。

下面复习一下几个基本电路物理量的概念，并引入电流和电压的参考方向，为学习后面的电路分析理论作准备。

1.1.3 电路的基本物理量

电路的基本物理量有电流、电压、电动势和电位，复合物理量有电功率和电能等。常采用国际单位制表示。

1. 电流及其参考方向

1) 电流

电荷有规则的流动就形成了电流，犹如水在水管中的流动。

电流的大小和方向若不随时间而变化的称为直流电流（Direct Current, DC），简称直流，用大写字母 I 表示；而若电流的大小和方向随时间变化，则称为交流电流（Alternating Current, AC），简称交流电，用小写字母 i 表示。

电流的大小定义为单位时间内通过导体横截面的电荷量。

直流电流量定义式为

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

交流电流量定义式为

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

电流的单位是安[培](A)。

本章只讨论直流电路物理量。

2) 电流的参考方向

在电路导体中, 电流的方向总是沿着电场的方向, 从高电位点流向低电位点。定义: 正电荷移动的方向为电流的方向。在简单电路中, 可以比较容易地判断出电流的实际方向, 即由电源正极经外电路负载流回到电源的负极, 在电源内部则是从负极到正极。

电流的实际方向(或真实方向)是客观存在的。但在分析复杂电路时, 往往事先并不知道某条支路中电流的实际方向, 为了便于分析电路和列写电流有关的表达式, 常采用在电路图上事先任意假设一个方向作为电流的“参考方向”, 也称为“正方向”。

在电路中, 电流参考方向有两种表示方式:

- ① 箭标指向表示法, 一般用字母 I 加箭头表示电流参考方向;
- ② 双下标表示法, 例如, I_{AB} 表示电流参考方向是由 A 点到 B 点。

本书一般情况下用箭标指向表示法。

图 1-8 为两种电流参考方向表示方式, 图中的电流参考方向均由 A 指向 B。

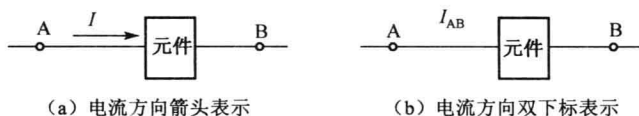


图 1-8 电流参考方向的两种表示

在分析电路时, 根据假设的电流参考方向来列写电流方程, 当求得的电流值为正值时, 即 $I > 0$, 表示电流的实际方向与假设的参考方向一致, 如图 1-9 (a) 所示; 反之, 当求得的电流值为负值时, 即 $I < 0$, 则表示电流的实际方向与参考方向相反, 如图 1-9 (b) 所示。图 1-9 中的矩形框表示一个二端元件, 流过这个元件的电流为 I 。本书约定, 电流的参考方向用实方向线表示, 实际方向用虚方向线表示。

在电路分析中, 当电流参考方向选定之后, 计算得到的电流值正、负号才有意义。

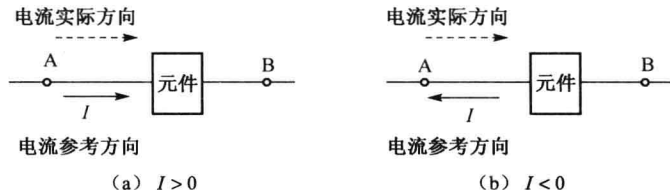


图 1-9 电流的参考方向与实际方向

注意, 不仅在金属导体中电流可以流动, 而有些液体(如电解液)或气体(日光灯管内的惰性气体被电离后)中也可以产生电流流动; 再有, 半导体中的带电粒子(又称为载流子)自由电子和空穴当有外电场作用时, 也会做定向移动, 而形成电子电流和空穴电流。