



ZHIYE JISHU XUEXIAO DIANGONG DIANZILEI ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI
职业技术学校电工电子类专业规划教材

电工电子技术基础

DIANGONG DIANZI JISHU JICHU

闫 兵 编



电子科技大学出版社



ZHIYE JISHU XUEXIAO DIANGONG DIANZILEI ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI
职业技术学校电工电子类专业规划教材

电工电子技术基础

DIANGONG DIANZI JISHU JICHU

闫 兵 编



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技术基础/ 闫兵 编.—成都: 电子科技大学出版社,

2007.7

ISBN 978-7-81114-455-0

I. 电... II. 闫... III. 电工电子技术——专业学校—教材

IV. H102

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 003390 号

内 容 提 要

本书根据教育部《中等职业教育国家规划教育大纲》编写, 同时参考了有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准。全书包括电工技术和电子技术两部分内容, 共 12 章。电工技术部分主要内容有: 电路的基本概念与基本定律、直流电阻电路、正弦交流电路、三相电路、变压器、电动机、继电器-接触器控制和安全用电等。电子技术部分主要内容有: 半导体器件、放大电路、直流稳压电源、数字电路等。

本书既可作为高中等职业技术学校、技工学校专业基础课通用教材, 也可作为职业技术等级培训教材和自学用书。

职业技术学校电工电子类专业规划教材 电工电子技术基础

闫 兵 编

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

责任编辑: 谢应成

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮件: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川南方印务有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 13 字数 308 千字

版 次: 2007 年 7 月第一版

印 次: 2007 年 7 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-455-0

定 价: 18.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 邮购本书请与本社发行部联系。电话: (028) 83202323, 83256027
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

前 言

本书为各学制中等职业学校电类或非电类专业《电工电子技术基础》课程的通用教材。本书根据教育部《中等职业教育国家规划教材教育教学大纲》编写。在编写过程中,参考了有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准。编著时具有一定的广度,可适应不同学校、不同学制、不同专业的办学需要,又便于学生自学。

《电工电子技术基础》是中等职业学校非电类专业的一门重要的基础课程。教学目的是使学生具备从事电工、电子工作的高素质劳动者和中、初级专门人才所需要的电工技术基础知识、基本理论和基本实践技能并为学习后续课程和培养学生的创新能力打下坚实基础。

针对中等职业学校学生的特点,该教材编写组在对目前电工电子类教材使用情况调查和研究的基础上,结合学校的教学实践,编写了本套易教、易学的教材。本书力求坚持基础、技巧、经验并重,理论、操作、提高并举,尤其对初、中级学者容易在工作中出现的疏忽、困惑、难点进行重点突破。为了配合教学和课后练习,每章还编写了习题及答案。

由于作者水平及时间有限,书中不足之处望广大读者在使用过程中,及时提出修改意见和建议,以便我们不断完善和提高。

编 者

2007 年 6 月

目 录

第1章 电路的基本概念与基本定律 1	等效变换..... 21
1.1 电路与电路模型..... 1	2.3.1 电压源..... 21
1.1.1 电路..... 1	2.3.2 电流源..... 22
1.1.2 电路模型..... 1	2.3.3 电压源与电流源的等效变换..... 23
1.2 电路中的基本物理量..... 2	2.4 支路电流法..... 24
1.2.1 电流..... 2	2.5 叠加定理..... 25
1.2.2 电压..... 2	2.6 戴维宁定理..... 26
1.2.3 电位..... 3	2.7 最大功率传输定理..... 28
1.2.4 电动势..... 3	2.7.1 最大功率传输定理..... 28
1.2.5 电功率..... 4	2.7.2 匹配概念与正确理解最大功率传输定理..... 28
1.2.6 电能..... 4	本章小结..... 30
1.3 电阻和欧姆定律..... 5	本章习题..... 31
1.3.1 电阻..... 5	
1.3.2 欧姆定律..... 6	第3章 正弦交流电路 33
1.4 电路的工作状态..... 7	3.1 正弦交流电的基本概念..... 33
1.4.1 通路工作状态..... 7	3.2 正弦交流电的表示方法..... 35
1.4.2 开路工作状态..... 8	3.2.1 解析式表示法..... 35
1.4.3 短路工作状态..... 8	3.2.2 波形图表示法..... 36
1.5 基尔霍夫定律..... 8	3.2.3 相量(旋转矢量)图表示法..... 36
1.5.1 基尔霍夫电流定律..... 9	3.3 单一参数的正弦交流电路..... 37
1.5.2 基尔霍夫电压定律..... 10	3.3.1 纯电阻电路..... 37
1.6 电路中电位的计算..... 11	3.3.2 纯电感电路..... 39
1.6.1 电位的计算..... 11	3.3.3 纯电容电路..... 42
1.6.2 等电位点..... 12	3.4 电阻、电感、电容串联电路..... 44
本章小结..... 13	3.4.1 RLC串联电路的电压关系..... 44
本章习题..... 14	3.4.2 RLC串联电路的阻抗..... 45
第2章 直流电阻电路 17	3.4.3 RLC串联电路的性质..... 45
2.1 电阻的连接..... 17	3.4.4 RL串联与RC串联电路..... 46
2.1.1 电阻的串联及其分压..... 17	3.4.5 电阻、电感、电容串联电路的功率..... 46
2.1.2 电阻的并联及其分流..... 18	3.5 串联谐振电路..... 47
2.1.3 电阻混联的分析与计算..... 19	3.5.1 谐振频率与特性阻抗..... 48
2.2 电阻的测量..... 20	3.5.2 串联谐振电路的特点..... 48
2.2.1 电阻的测量方法..... 20	
2.2.2 伏安法测电阻..... 20	
2.3 电压源和电流源及其	

3.5.3 串联谐振的应用.....	48	5.6 自耦变压器和调压器.....	78
3.6 电阻、电感、电容的并联电路.....	50	5.7 三相电力变压器.....	79
3.6.1 RLC并联电路的电流关系.....	50	5.8 仪用互感器.....	80
3.6.2 RLC并联电路的导纳与阻抗.....	51	5.8.1 电压互感器.....	80
3.6.3 RLC并联电路的性质.....	52	5.8.2 电流互感器.....	81
3.6.4 RL、RC并联电路的性质.....	52	本章小结.....	82
3.7 电感线圈和电容的并联谐振电路.....	53	本章习题.....	83
3.7.1 电感线圈和电容的并联电路.....	53		
3.7.2 并联谐振电路的特点.....	54	第6章 电动机..... 84	
3.8 功率因数的提高.....	55	6.1 三相异步电动机的结构和 工作原理.....	84
本章小结.....	57	6.1.1 三相异步电动机的结构.....	84
本章习题.....	59	6.1.2 工作原理.....	85
第4章 三相交流电路..... 62		6.2 三相异步电动机的铭牌.....	88
4.1 三相交流电源.....	62	6.3 三相异步电动机的启动.....	90
4.1.1 三相交流电动势的产生.....	62	6.3.1 直接启动.....	90
4.1.2 三相电源的连接.....	63	6.3.2 降压启动.....	91
4.2 负载的星形连接.....	64	6.4 异步电动机的制动.....	92
4.3 负载的三角形连接.....	65	6.5 异步电动机的调速.....	92
4.4 三相电路的功率.....	66	6.6 单相异步电动机.....	93
本章小结.....	68	6.6.1 单相异步电动机的 工作原理.....	93
本章习题.....	69	6.6.2 单相电容式异步电动机.....	93
第5章 变压器..... 71		6.7 直流电动机.....	95
5.1 磁路及基本物理量.....	71	6.7.1 直流电动机的结构及分类.....	95
5.1.1 磁路.....	71	6.7.2 直流电动机的工作原理.....	95
5.1.2 磁路的基本物理量.....	72	6.7.3 直流电动机的运行与控制.....	96
5.2 铁磁性材料及磁性能.....	73	本章小结.....	97
5.2.1 铁磁性材料.....	73	本章习题.....	98
5.2.2 磁性能.....	73		
5.3 磁路欧姆定律.....	74	第7章 三相异步电动机的 继电器控制..... 99	
5.4 变压器.....	75	7.1 常用低压电器.....	99
5.4.1 变压器的用途.....	75	7.1.1 刀开关.....	99
5.4.2 变压器的基本结构.....	75	7.1.2 组合开关.....	100
5.4.3 变压器的基本原理.....	76	7.1.3 低压断路器.....	101
5.5 变压器的额定值.....	77	7.1.4 熔断器.....	101

7.1.5 按钮.....	103	9.3 半导体三极管.....	133
7.1.6 行程开关.....	103	9.3.1 三极管的结构及类型....	133
7.1.7 交流接触器.....	104	9.3.2 半导体三极管的放大作用	
7.1.8 继电器.....	105		134
7.2 三相异步电动机的		9.3.3 半导体三极管的特性曲线	
基本控制电路.....	108	及主要参数.....	135
7.2.1 点动控制和直接启动控制		9.4 晶闸管.....	137
.....	108	9.4.1 晶闸管的外形、结构和	
7.2.2 多地控制和顺序控制....	110	符号.....	137
7.2.3 正反转控制.....	112	9.4.2 晶闸管的工作特点.....	138
7.2.4 带电气连锁的正反转控		9.4.3 晶闸管的主要参数.....	138
制电路.....	112	本章小结.....	139
7.2.5 双重连锁的正反转控制		本章习题.....	140
电路.....	113		
7.2.6 行程控制.....	114	第10章 放大电路和集成运算	
7.2.7 时间控制.....	115	放大器.....	142
本章小结.....	116	10.1 放大电路的基本概念.....	142
本章习题.....	117	10.1.1 放大的概念.....	142
		10.1.2 基本放大电路的组成及	
第8章 供电与安全用电.....	120	工作原理.....	142
8.1 供电系统.....	120	10.1.3 直流通路和交流通路..	144
8.2 安全用电.....	121	10.2 基本放大电路的工作状态	
8.2.1 安全用电的意义.....	121	分析.....	145
8.2.2 电流对人体的危害.....	122	10.2.1 静态 ($u_i=0$) 工作情况	
8.2.3 触电的类型.....	122		145
8.2.4 常见的触电形式.....	123	10.2.2 动态工作情况.....	146
8.2.5 接地类型及其保护原理		10.3 静态工作点对输出信号波形	
.....	124	的影响.....	146
8.2.6 触电急救.....	126	10.4 分压偏置共发射极放大电路	
本章小结.....	128		147
本章习题.....	128	10.5 放大电路的主要性能指标	148
		10.6 共集电极基本放大电路...	149
第9章 半导体器件.....	129	10.7 多级放大电路.....	151
9.1 半导体二极管.....	129	10.7.1 阻容耦合.....	151
9.1.1 半导体二极管的结构....	129	10.7.2 直接耦合.....	152
9.1.2 半导体二极管的伏安特性		10.7.3 变压器耦合.....	152
.....	130	10.7.4 多级放大电路的	
9.1.3 二极管的主要参数.....	130	性能指标.....	153
9.2 特殊二极管.....	131	10.8 功率放大器.....	153
9.2.1 稳压二极管.....	131	10.8.1 对功率放大电路的要求	
9.2.2 光电二极管.....	132		153
9.2.3 发光二极管.....	132	10.8.2 互补对称式功率放大电路	

(OCL)	153	本章小结.....	174
10.8.3 OTL互补对称式功放电路		本章习题.....	174
.....	155		
10.9 差动放大电路.....	155	第12章 数字电路基础..... 176	
10.10 集成运算放大器.....	156	12.1 数字电路概述.....	176
10.10.1 集成运算放大器的组成		12.2 数制与编码.....	176
.....	156	12.2.1 数制.....	176
10.10.2 集成运算放大器的		12.2.2 编码.....	178
理想模型.....	157	12.3 基本逻辑门电路.....	178
10.10.3 模拟运算电路.....	158	12.3.1 与逻辑和与门.....	179
10.11 放大电路中的负反馈.....	160	12.3.2 或逻辑和或门电路.....	180
10.11.1 反馈的基本概念.....	160	12.3.3 非逻辑和非门电路.....	181
10.11.2 反馈的类型及其判别	161	12.4 复合门电路.....	182
10.11.3 负反馈对放大电路		12.4.1 与非门.....	182
性能的影响.....	162	12.4.2 或非门.....	182
本章小结.....	163	12.4.3 集成逻辑门电路.....	183
本章习题.....	163	12.5 组合逻辑电路.....	185
第11章 直流稳压电源..... 165		12.5.1 组合逻辑电路的分析..	185
11.1 直流稳压电源的组成.....	165	12.5.2 组合逻辑电路的设计..	186
11.2 单相整流电路.....	165	12.6 组合逻辑部件.....	187
11.2.1 单相桥式整流电路.....	166	12.6.1 编码器.....	187
11.2.2 单相半波可控整流电路		12.6.2 译码器.....	188
.....	168	12.7 集成触发器.....	189
11.3 滤波电路.....	169	12.7.1 基本RS触发器.....	190
11.4 稳压电路.....	170	12.7.2 同步RS触发器.....	191
11.4.1 稳压二极管稳压电路..	170	12.7.3 JK触发器.....	193
11.4.2 串联型稳压电路.....	171	12.7.4 D触发器.....	194
11.5 三端固定式集成稳压器...	171	12.8 计数器.....	195
11.5.1 三端固定式集成稳压器		12.9 数码寄存器.....	197
.....	172	本章小结.....	197
11.5.2 三端可调式集成稳压器		本章习题.....	198
.....	173		

第 1 章 电路的基本概念与基本定律

1.1 电路与电路模型

1.1.1 电路

电路是由若干电气设备或元件按一定方式用导线连接而成的电流通路。简单地说，电路就是电流流通的路径。

电路通常由电源(或信号源)、负载及中间环节等三部分组成。

电源是为电路提供电能的装置，它将化学能或机械能转换为电能。如电池、发电机等。

负载就是指用电设备，它将电能转换为其他形式的能。如电灯、电动机等。

中间环节是指连接电源和负载的部分，它起到传输、分配和控制电路的作用。如导线、开关等。

图 1-1(a)为手电筒电路。其中干电池是电源，灯泡是负载，开关和导线是中间环节。

电路的作用是实现电能的输送和转换或对电信号的传递和处理。

1.1.2 电路模型

为便于对实际电路进行分析计算，将实际元件加以近似化，理想化，只考虑起主要作用的某些电磁现象，忽略其次要特性，用一个或多个足以表征其主要特性的理想化电路元件代替。由理想元件构成的电路叫做实际电路的电路模型，也叫做实际电路的电路原理图，简称为电路图。任何电路都可以用电路图来表示。

图 1-1 (b) 所示为图 1-1 (a) 所示实际的手电筒电路的电路模型。其中灯泡为理想电阻元件，干电池(忽略其内阻)为理想电源 U_s ，导线和开关被认为是无电阻的理想导线。

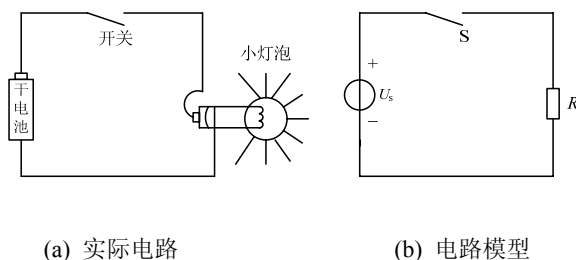


图 1-1

电路理论研究的对象是电路模型而不是实际电路。后面我们分析研究的电路都是指电路模型。

1.2 电路中的基本物理量

1.2.1 电流

电荷的定向移动形成电流。电流的大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量。如果在时间 t 内，通过导体横截面的电荷量为 Q ，则电流的大小为 $I = \frac{Q}{t}$

电流的单位为安[培](A)。常用的电流单位还有毫安(mA)、微安(μ A)、千安(kA)等，它们与安培的换算关系为：

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}, \quad 1 \text{ } \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}, \quad 1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$$

电流不仅有大小，而且有方向。习惯上把正电荷移动的方向，规定为电流的实际方向。电流的方向可用箭头表示，也可用字母顺序表示。

此外，电流还有直流和交流之分。电流的方向不随时间的变化而变化称为直流电流，用大写字母 I 表示。大小和方向均随时间变化的电流称为交流电流，用小写字母 i 表示。

在分析电路时，往往很难判断电路中电流的实际方向，为此，可先假定某一方向作为电流的参考方向。如图 1-2 所示方框表示外部只有两个端钮相连的元件或网络。图 1-2 中实线箭头方向表示电流的参考方向。

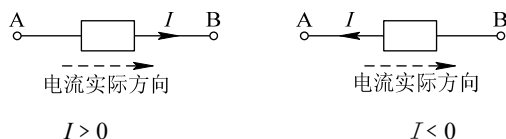


图 1-2

若计算结果 I 为正值，表明电流的实际方向与参考方向相同；若 I 为负值，则表明其实际方向与参考方向相反。图 1-2 所示虚线为电流的实际方向。

注意：电流的实际方向是客观存在的，它不因其参考方向选择的不同而改变。

1.2.2 电压

电路中两点 A、B 之间的电位差称为电压，用 U_{AB} 表示。电压的大小等于单位正电荷在电场力的作用下从 A 点移动到 B 点所做的功。

电压的单位为伏[特](V)，常用的单位还有毫伏(mV)、微伏(μ V)、千伏(kV)等，它们与伏的换算关系为：

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

与电流一样，把不随时间变化的电压称为直流电压，用大写字母 U 表示。把随时间变化的电压称为交流电压，用小写字母 u 表示。

电压也是有方向的，习惯上把电位降低的方向作为电压的实际方向。在电路分析时，也需要为电压假定参考方向。可在元件或电路中两点间任意选定一个方向作为电压的参考方向，电压的参考方向可以用“+”、“-”极性表示，也可用实线箭头表示，如图 1-3 所示。有时也用字母的双下标表示，如 U_{AB} 表示电压参考方向是由 A 点指向 B 点。

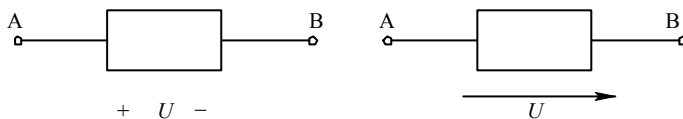


图 1-3

同样，在分析电路中的电压时，先假定电压的参考方向，电压的实际方向与它的参考方向一致时，电压值为正，即 $U > 0$ ，如图 1-4 (a) 所示；反之，当电压的实际方向与它的参考方向相反时，电压值为负，即 $U < 0$ ，如图 1-4 (b) 所示。

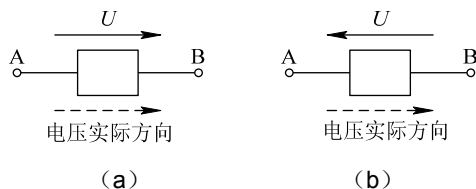


图 1-4

电压的实际方向也是客观存在的，它决不因该电压的参考方向选择的不同而改变。由此可知 $U_{AB} = -U_{BA}$ 。

电流和电压选取的参考方向相同称为关联参考方向，如图 1-5(a) 所示；若电流和电压的参考方向相反，则称为非关联参考方向，如图 1-5(b) 所示。

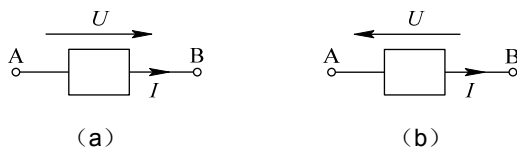


图 1-5

1.2.3 电位

在电路中任选一点作为参考点，某点到参考点的电压就叫做该点的电位，不同点的电位用字母 V 加下标表示。如电路中 A 点的电位表示为 V_A 。电位的单位与电压单位相同。

已知 A、B 两点的电位各为 V_A 和 V_B ，则此两点间的电压为 $U_{AB} = V_A - V_B$ 。

即两点间的电压等于这两点的电位之差。

1.2.4 电动势

非电场力把单位正电荷在电源内部由低电位端移到高电位端所做的功，称为电动势，用字母 E 表示。用公式表示为：

$$E = \frac{W}{q}$$

式中， W 表示非电场力在电源内部克服电场力将正电荷 q 从低电位端移到高电位端所

做的功。电动势的单位与电压单位也相同。

电动势的方向规定：在电源的内部由负极指向正极，即从低电位指向高电位，如图 1-6 所示。

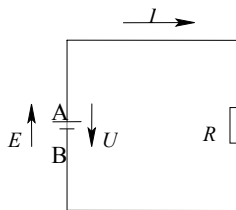


图 1-6

电动势存在电源的内部电路中，而电压是对外部电路而言，两者的方向是不同的。直流电源在没有与外电路连接的情况下，电动势与两端电压大小相等，但方向相反。

1.2.5 电功率

电功率简称功率，它所表示的物理意义是电路元件或设备在单位时间内吸收或发出的电能。两端电压为 U 、通过电流为 I 的任意两端元件的功率大小为： $P = UI$

通常所说的功率 P 又叫做有功功率或平均功率。

功率的单位为瓦特(W)，常用的单位还有毫瓦(mW)、千瓦(kW)，它们与 W 的换算关系是：

$$1 \text{ W} = 10^3 \text{ mW} \quad 1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$$

二端元件的电压、电流采用关联参考方向时，其功率为 $P = UI$ 。

当电压、电流采用非关联方向，则功率为 $P = -UI$ 。

若 $P > 0$ 表示该两端元件吸收功率，为负载；若 $P < 0$ 表示该两端元件发出功率，为电源。

例 1-1：求如图 1-7(a)、(b)所示元件的功率，并说明是吸收功率还是发出功率。

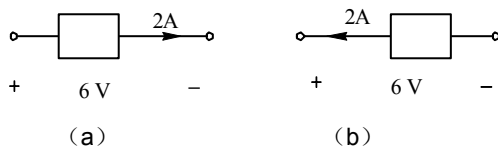


图 1-7

解：图 (a) 中， U 与 I 为关联参考方向，
故， $P = UI = 6 \times 2 = 12 \text{ W} > 0$ ，该元件吸收功率。

图 (b) 中， U 与 I 为非关联参考方向，
故， $P = -UI = -6 \times 2 = -12 \text{ W} < 0$ ，该元件发出功率。

1.2.6 电能

电能是指在一定的时间内电路元件或设备吸收或发出的电能量，用符号 W 表示，其国

际单位制为焦耳(J)，电能的计算公式为：

$$W = P \cdot t = U I t$$

当电能的大小用千瓦·小时(kW·h)来表示，叫做度(电)。

$$1 \text{ 度(电)} = 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

例 1-2：有一只功率为 60 W 的电灯，每天使用它照明的时间为 4 小时，如果平均每月按 30 天计算，那么每月消耗的电能为多少度？合为多少 J？

解：该电灯平均每月工作时间 $t = 4 \times 30 = 120 \text{ h}$ ，

则， $W = P \cdot t = 60 \times 120 = 7200 \text{ W} \cdot \text{h} = 7.2 \text{ kW} \cdot \text{h}$

即每月消耗的电能为 7.2 度，约合为 $3.6 \times 10^6 \times 7.2 \approx 2.6 \times 10^7 \text{ J}$ 。

1.3 电阻和欧姆定律

1.3.1 电阻

导体对电流的阻碍作用称为电阻，用字母 R 或 r 表示。

导体电阻的大小不仅与导体的材料有关，还与导体的尺寸有关。实验证明，在温度一定时，由某一材料制成的导体的电阻与它的长度成正比，与它的横截面积成反比，这一规律称为电阻定律。

均匀导体的电阻用公式表示为 $R = \rho \frac{L}{S}$

式中： ρ ——电阻率，由电阻材料的性质决定，单位名称是欧·米 ($\Omega \cdot \text{m}$)。

常用材料在 20℃ 时的电阻率如表 1-1 所示。

表 1-1 常见材料的电阻率 (20℃)

材料类别	材料名	ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)
导电材料	银	1.65×10^{-8}
	铜	1.75×10^{-8}
	铝	2.83×10^{-8}
	低碳铜	1.3×10^{-7}
电阻材料	铂	1.06×10^{-7}
	钨	5.3×10^{-8}
	锰铜	4.4×10^{-7}
	康铜	5.0×10^{-7}
	镍铬铁	1.0×10^{-6}
	碳	1.0×10^{-6}

L ——导体的长度，单位名称是米，符号为 m。

S ——导体的横截面积，单位名称是平方米，符号为 m^2 。

R ——导体的电阻。

电阻的单位为欧姆，简称欧，符号为 Ω 。有时还用 $k\Omega$ （千欧）和 $M\Omega$ （兆欧）表示。换算关系为：

$$1k\Omega = 10^3\Omega, \quad 1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$$

电阻的倒数称为电导，用 G 表示，即 $G = \frac{1}{R}$

电导的单位为西门子，简称西，符号为 S 。

例 1-3：一根铜导线长 $L=20m$ ，横截面积 $S=2mm^2$ ，导线的电阻是多少？

解：查表 1-2 可知铜的电阻率为 $\rho=1.75\times 10^{-8}\Omega$ ，由电阻定律可求得：

$$R = \rho \frac{L}{S} = 1.75 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \times \frac{20m}{2 \times 10^{-6} m^2} = 0.175 \Omega$$

导体的电阻大小不仅与材料性质、尺寸有关，还与温度有关，衡量电阻受温度影响大小的物理量称为温度系数，其定义为温度每升高 $1^\circ C$ 时电阻值发生变化的百分数。设某一电阻在温度 t_1 时电阻值为 R_1 ，当温度升高到 t_2 时电阻值为 R_2 ，则该电阻在 $t_1 \sim t_2$ 温度范围

$$\text{内的温度系数为 } \alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)}$$

α 称为导体的温度系数，单位为 $1/^\circ C$ 。如果 $R_2 > R_1$ ，则 $\alpha > 0$ ，将 R 称为正温度系数电阻，即电阻值随着温度的升高而增大；如果 $R_2 < R_1$ ，则 $\alpha < 0$ ，将 R 称为负温度系数电阻，即电阻值随着温度的升高而减小。显然 α 的绝对值越大，表明电阻受温度的影响也越大。

1.3.2 欧姆定律

1. 部分电路欧姆定律

如图 1-8 所示，A、B 段是不含电源的一段电路，实验证明，电流 I 的大小与电阻两端的电压 U 成正比，与电阻 R 成反比，这个结论称为部分电路欧姆定律。

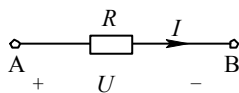


图 1-8

$$\text{部分电路欧姆定律用公式表示为 } I = \frac{U}{R}$$

注意：电阻有两类：一类电阻的阻值不随电压、电流变化而变化，这类电阻称为线性电阻，由线性电阻组成的电路叫线性电路。另一类电阻的阻值随电压、电流的变化而改变，这类电阻称为非线性电阻，含有非线性电阻的电路叫非线性电路。而欧姆定律只适用于线

性电路。

2. 全电路欧姆定律

含有电源的闭合电路叫做全电路，如图 1-9 所示。 R 为负载电阻、 E 为电源电动势、 r 为电源内阻、 U 为负载两端电压。

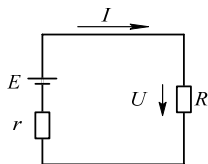


图 1-9

电路闭合时，电路中电流 I 的大小为
$$I = \frac{E}{R + r}$$

上式表明：闭合电路中的电流大小与电源电动势成正比，与电路的总电阻（内电路电阻与外电路电阻之和）成反比，这一规律叫全电路欧姆定律。

例 1-4：在如图 1-9 所示闭合电路中，电源电动势 $E=12\text{V}$ ，其内阻 $r=2\Omega$ ，负载电阻 $R=10\Omega$ ，试求：电路中的电流及负载两端的电压。

解：根据全电路欧姆定律，
$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{12}{10 + 2} = 1\text{A}$$

由部分电路欧姆定律，可求负载两端电压 $U = IR = 1 \times 10 = 10\text{V}$

1.4 电路的工作状态

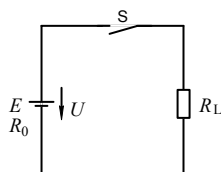
电路在不同的条件下，有通路、开路和短路三种工作状态。

1.4.1 通路工作状态

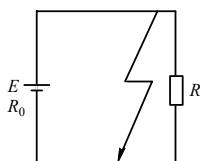
如图 1-10(a)所示， E 为电源的电动势， R_0 为电源的内阻，当开关 S 闭合，使电源与负载 R_L 接成闭合回路，电路便处于通路状态。

此时电路中
$$I = \frac{E}{R_0 + R_L} \quad U = IR_L = E - IR_0$$

由于负载经常变动，所以电源端电压的大小也随之改变。电源端电压 U 随电源输出电流 I 的变化关系，即 $U=f(I)$ 称为电源的外特性，电源的外特性曲线如图 1-11 所示。



(a)



(b)

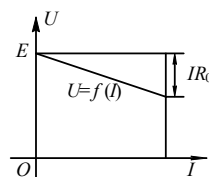


图 1- 10

图 1- 11

根据负载大小，电路在通路时又分为三种工作状态：

当电气设备的电流等于额定电流时称为满载工作状态；当电气设备的电流小于额定电流时，称为轻载工作状态；当电气设备的电流大于额定电流时，称为过载工作状态。过载会导致电气设备的损害，应注意确保设备安全。

1.4.2 开路工作状态

所谓开路，又称断路，是指电源与负载没有构成闭合回路。

在如图 1-10 (a) 所示电路中，开关 S 断开时，电路处于开路状态。

开路的特点是开路处电流为零， $U=E$ ，电源输出功率 $P=0$ 。

1.4.3 短路工作状态

所谓短路，就是电源未经负载而直接由导线接通成闭合回路。在如图 1-10(b)所示电路中，电阻两端间由于某种原因被短接时，电源就处于短路状态。短路的特点是短路处电压为零。由于电源内阻一般都很小，所以电路的短路电流很大，电源产生的功率全部消耗在内阻上，从而造成电源过热而损伤或毁坏。

为了防止发生短路事故，常在电路中串接熔断器。一旦短路，串联在电路中的熔断器将发热而熔断，从而保护电源免于烧坏。

注意：开路和短路也可以发生在电路的任意两点之间，其特点：开路处电流为零，短路处电压为零。

1.5 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是分析与计算电路的基本定律，它包括电流定律和电压定律。为了便于介绍，现以如图 1-12 所示为例，先介绍有关电路结构的几个术语。

(1) 支路：电路中流过同一电流的几个元件互相连接起来的分支称为支路。如图 1-12 所示的电路中有三条支路，分别为 ADB、AEB、ACB。

(2) 节点：指三条或三条以上支路的连接点称为节点。如图 1-12 所示的电路中有两个节点，分别为 A 点和 B 点。

(3) 回路：由支路所组成的任一闭合路径称为回路。如图 1-12 所示的电路中有三个回路，分别为 ADBCA、ADBEA、AEBCA。

(4) 网孔：在电路中，内部不含支路的回路称为网孔。如图 1-12 所示的电路中有两个网孔，分别为 ADBEA 和 AEBCA。

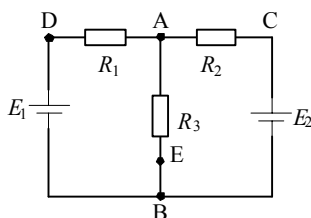


图 1-12

1.5.1 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律(简称 KCL), 又称节点电流定律, 是用来确定连接到节点上的各支路电流之间关系的。文字描述及方程式有两种, 电流定律的第一种表述: 在任何时刻, 电路中流入任一节点中的电流之和, 恒等于从该节点流出的电流之和, 即 $\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$

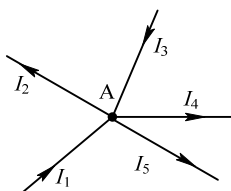


图 1-13

在图 1-13 中, 在节点 A 上, $I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5$

电流定律的第二种表述: 在任何时刻, 电路中任一节点上的各支路电流代数和恒等于零, 即 $\sum I = 0$

分析电路时, 在流入节点的电流前面取“+”号, 在流出节点的电流前面取“-”号, 反之亦可。如图 1-13 中, 在节点 A 上, $I_1 - I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$ 。

应用 KCL 列方程式的步骤:

1) 选定节点, 2) 标出各支路电流参考方向, 3) 针对节点应用 KCL 定律列方程。

同时必须注意: 对于含有 n 个节点的电路, 只能列出 $(n-1)$ 个独立的电流方程。列节点电流方程时, 只需考虑电流的参考方向, 然后再带入电流的数值。

基尔霍夫电流定律还可以推广应用于包围局部电路的任一假设的闭合曲面。如图 1-14 中虚线所示的闭合曲面。

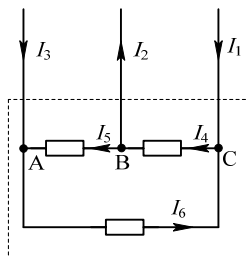


图 1-14