

职业技能鉴定培训读本(技师)

电工电子基础

吉化集团公司 组织编写
陈宝生 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

职业技能鉴定培训读本（技师）

电工电子基础

吉化集团公司 组织编写

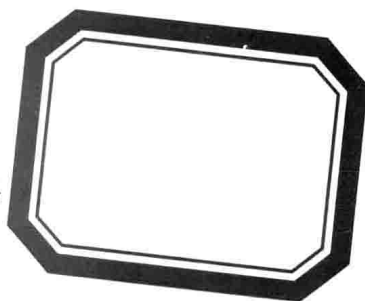
陈宝生 主编



化学工业出版社

工业装备与信息工程分社

·北京·



(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子基础/陈宝生主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 1

职业技能鉴定培训读本 (技师)

ISBN 7-5025-4969-2

I. 电… II. 陈… III. ①电工技术-职业技能鉴定-教材②电子技术-职业技能鉴定-教材 IV. TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 104436 号

职业技能鉴定培训读本 (技师)

电 工 电 子 基 础

吉化集团公司 组织编写

陈宝生 主编

责任编辑: 刘 哲 周国庆 周 红

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 郑小红

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 12½ 字数 334 千字

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4969-2/G · 1294

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

目 录

第 1 章 直流电路	1
1 电路的组成及基本物理量	1
1.1 电路的组成	1
1.2 电路的基本物理量	1
2 欧姆定律	5
2.1 部分电路的欧姆定律	5
2.2 全电路欧姆定律	6
3 电阻的串联、并联与混联	6
3.1 电阻的串联	7
3.2 电阻的并联	8
3.3 电阻的混联	9
4 电功率及电流的热效应	10
4.1 电功率	10
4.2 电流的热效应	12
5 电路的三种状态	13
5.1 通路状态	13
5.2 短路状态	13
5.3 断路状态	13
6 电路中各点电位的计算	14
6.1 电位的概念	14
6.2 电位的计算	15
7 电桥的平衡条件	16
7.1 电桥的组成	16
7.2 电桥的平衡条件	16
7.3 电桥电路应用举例	17
8 基尔霍夫定律	17
8.1 电路结构的基本概念	18

8.2	基尔霍夫第一定律 (KCL)	18
8.3	基尔霍夫第二定律 (KVL)	19
8.4	支路电流法	19
9	戴维南定理	20
10	电压源、电流源及其等效变换	22
10.1	电压源	22
10.2	电流源	22
10.3	电压源与电流源的等效变换	23
11	小结	25
	习题	27
第2章	电容器和电磁现象	33
1	电容器及其充放电	33
1.1	电容器的基本概念	33
1.2	电容器的充、放电	34
1.3	电容器的电场能量及作用	36
2	电容器的串联与并联	37
2.1	电容器的串联	37
2.2	电容器的并联	38
2.3	电容器的混联	39
2.4	电容器的选用	39
2.5	电容器的简易检测方法	40
3	磁场的基本物理量	41
3.1	磁通	41
3.2	磁感应强度	41
3.3	磁导率	42
3.4	磁场强度	43
4	磁化与磁性材料	43
4.1	磁化曲线	43
4.2	磁滞回线	44
4.3	铁磁材料的分类	45
5	电磁感应定律	45
5.1	直导线切割磁力线产生感应电动势	46
5.2	电磁感应定律	47

6	自感电动势、互感电动势与涡流	49
6.1	自感应	50
6.2	互感应	52
6.3	涡流	55
7	磁路欧姆定律	56
7.1	磁路	56
7.2	磁动势	57
7.3	磁路欧姆定律	57
8	小结	57
	习题	59
第3章	正弦交流电路	63
1	正弦交流电的基本概念	63
1.1	什么是交流电	63
1.2	交流电的产生	63
1.3	交流电的基本物理量	65
2	正弦交流电的表示方法	69
2.1	解析法	70
2.2	波形图	70
2.3	旋转矢量表示法	70
2.4	符号法	71
2.5	同频率正弦量的加减法	71
3	交流电路中的电阻、电感、电容	72
3.1	纯电阻电路	72
3.2	纯电感电路	73
3.3	纯电容电路	76
4	串联电路	77
4.1	电阻、电感的串联电路	77
4.2	电阻、电感、电容的串联电路	80
5	并联电路	82
5.1	并联电路的分析	82
5.2	功率因数的提高	84
6	三相交流电路	86
6.1	三相交流电动势的产生	87

6.2	三相电源的连接	87
6.3	三相负载的连接	89
6.4	三相电路的功率	92
7	安全用电的基本知识	94
7.1	触电事故种类	94
7.2	触电方式	95
7.3	电流对人体的作用	96
7.4	安全用电措施	97
8	小结	98
	习题	100
第4章	变压器和交流电动机	103
1	变压器的构造及工作原理	103
1.1	变压器的结构	103
1.2	变压器的空载及负载运行	107
1.3	变压器的阻抗变换	110
2	三相变压器	111
2.1	三相变压器的磁路	111
2.2	三相心式变压器的绕组连接	112
2.3	三相变压器的并联运行	118
3	其他用途的变压器	119
3.1	自耦变压器	119
3.2	仪用互感器	121
3.3	电焊变压器	127
3.4	整流变压器	128
4	三相异步电动机的构造及工作原理	129
4.1	旋转磁场	130
4.2	三相异步电动机的基本结构	134
4.3	三相异步电动机的工作原理	139
4.4	三相异步电动机的铭牌	140
4.5	三相异步电动机的常见故障及处理	142
5	异步电动机的电磁转矩与机械特性	144
5.1	三相异步电动机的电磁转矩	144
5.2	三相异步电动机的机械特性	146

6	单相异步电动机	147
6.1	单相异步电动机的工作原理	147
6.2	单相电容(电阻)异步电动机	149
6.3	单相罩极异步电动机	151
7	三相同步电动机	152
7.1	三相同步电动机的原理	153
7.2	三相同步电动机的启动方法	154
8	小结	155
	习题	157
第5章	继电-接触器控制与可编程控制	159
1	常用低压电器	159
1.1	低压开关	159
1.2	熔断器	163
1.3	主令电器	166
1.4	接触器	171
1.5	继电器	174
2	三相笼式异步电动机的启动控制线路	182
2.1	绘制、识读电气控制线路图的原则	182
2.2	直接启动控制线路	183
2.3	三相笼式异步电动机的降压启动控制线路	193
3	三相异步电动机的制动控制线路	200
3.1	机械制动	200
3.2	电力制动	202
4	可编程序控制	205
4.1	可编程序控制器概述	205
4.2	可编程序控制器的指令系统	208
5	可编程序控制器的编程方法和举例	216
5.1	命令语句表达式编程	216
5.2	梯形图编程	217
5.3	编程举例	219
6	小结	220
	习题	222
第6章	半导体器件	226

1	半导体的基础知识	226
1.1	半导体的概念	226
1.2	半导体的特性	226
1.3	本征半导体	227
1.4	杂质半导体	229
1.5	PN 结	231
2	半导体二极管	233
2.1	二极管的结构和分类	233
2.2	二极管的伏安特性	234
2.3	二极管的主要参数	236
2.4	光电二极管	236
2.5	发光二极管	237
3	半导体三极管	237
3.1	三极管的结构	237
3.2	三极管的电流放大作用	238
3.3	三极管的特性曲线	240
3.4	三极管的主要参数	242
3.5	三极管的测试	244
4	场效应管	245
4.1	结型场效应管	245
4.2	绝缘栅场效应管	247
4.3	场效应管的主要参数	250
4.4	场效应管的使用及注意事项	250
5	晶闸管	251
5.1	晶闸管的结构和工作原理	251
5.2	晶闸管的伏安特性	253
5.3	晶闸管的主要参数	254
5.4	晶闸管的型号	255
6	小结	255
	习题	257
第 7 章	基本放大电路	260
1	放大电路的组成和基本原理	260
1.1	电路中各元件的作用	261

1.2	共射极放大电路的基本工作原理	261
1.3	直流通路与交流通路	263
2	放大电路的基本分析方法	264
2.1	近似估算法	264
2.2	图解法	268
3	静态工作点的稳定电路	273
3.1	温度对静态工作点的影响	273
3.2	分压式偏置电路	273
4	多级放大器	276
4.1	级间耦合方式	277
4.2	多级放大电路的电压放大倍数	277
5	负反馈放大电路	279
5.1	反馈的基本概念	279
5.2	反馈的判断	280
5.3	负反馈的基本形式	281
5.4	负反馈对放大电路性能的影响	283
5.5	射极输出器	284
6	功率放大器	286
6.1	对功率放大器的一般要求	286
6.2	功率放大器的分类	286
6.3	OCL 互补对称式功率放大电路 (OCL 电路)	287
6.4	OTL 互补对称功率放大电路 (OTL 电路)	288
6.5	集成功率放大器	290
7	直流放大电路	290
7.1	直接耦合放大电路	290
7.2	直流放大电路的零点漂移	292
7.3	差动式放大电路	293
8	集成运算放大电路	295
8.1	集成电路的特点及其分类	296
8.2	集成运放的主要参数	296
8.3	集成运放的应用基础	297
9	集成运算放大电路的应用	299
9.1	比例运算放大电路	299

9.2	加法运算电路	301
9.3	减法运算电路	302
9.4	积分运算	303
9.5	信号变换电路	303
9.6	电压比较器	304
10	小结	306
	习题	309
第8章	数字电路基础	311
1	数制与编码	311
1.1	数制	311
1.2	编码	315
2	基本逻辑门电路	316
2.1	与逻辑及与门电路	317
2.2	或逻辑及或门电路	318
2.3	非逻辑及非门电路	319
2.4	分立元件与非门和或非门	320
3	逻辑代数	321
3.1	逻辑代数的基本定律和恒等式	321
3.2	逻辑代数的基本规则	322
3.3	逻辑函数的化简	323
4	TTL 集成与非门电路	324
4.1	TTL 与非门电路的组成	324
4.2	TTL 与非门电路的工作原理	325
4.3	TTL 与非门的主要参数	326
5	触发器	327
5.1	基本 RS 触发器	327
5.2	同步 RS 触发器	329
5.3	JK 触发器	331
5.4	D 触发器	333
6	计数器	334
6.1	二进制计数器	335
6.2	十进制计数器	341
7	寄存器	343

7.1 数码寄存器	343
7.2 移位寄存器	345
8 小结	349
习题	350
第9章 直流稳压电源	352
1 整流电路	352
1.1 单相不可控整流电路	353
1.2 晶闸管单相可控整流电路	356
1.3 三相整流电路	358
2 滤波电路	362
2.1 电容滤波电路	363
2.2 电感滤波电路	366
2.3 复式滤波电路	367
2.4 电子滤波电路	368
3 稳压电路	369
3.1 硅稳压二极管	370
3.2 硅稳压管稳压电路	371
3.3 串联型晶体管稳压电路	373
4 集成稳压器	376
4.1 三端固定式集成稳压器	376
4.2 集成稳压器主要参数	376
4.3 三端可调输出稳压器	377
4.4 三端集成稳压器的应用	377
5 开关稳压电路简介	379
6 小结	382
习题	383
参考文献	384

第 1 章 直 流 电 路

1 电路的组成及基本物理量

1.1 电路的组成

电路是由各种电气器件按一定方式用导线连接组成的电流通过的路径。用电源、开关、负载和导线可组成一个最简单的电路，如图 1-1 所示。

电源是把其他形式的能转化为电能的装置，是电路中电能的来源，如图 1-1 中电池组 E 。

负载是电路中的各种用电设备，是把电能转化成其他形式的能的装置，如图 1-1 中的灯泡。

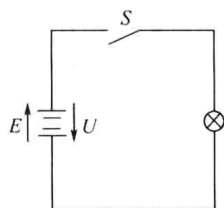


图 1-1 简单电路

导线和开关用来连接电源和负载，为电流提供通路，起着传输电能和控制、保护电路的作用。

电路分为内电路和外电路。电源内部的电路称为内电路，电源以外的电路称为外电路。

电路的功能和作用有两大类：第一类功能是进行能量的转换、传输和分配；第二类功能是进行信号的传递和处理。如电视机可将接收到的信号，经过处理，转换成图像和声音；扩音机的输入是由声音转换而来的电信号，通过晶体管组成的放大电路，输出的便是放大的电信号，从而实现了放大功能。

1.2 电路的基本物理量

1.2.1 电流

电荷有规则的定向移动就形成了电流，电流的方向习惯上规定为正电荷移动的方向。

电流的强弱用电场强度来表示，其数值取决于在一定时间内通

过导体横截面的电荷量多少，即：

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

电流的单位是 A（安培），简称安。若在 1 s 内通过导体横截面的电荷量是 1 C，则电流就是 1 A。常用的电流单位还有 kA（千安）、mA（毫安）、 μA （微安）、nA（纳安），它们之间的换算关系是：

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

凡大小和方向都不随时间变化的电流叫恒定电流，简称直流；凡大小和方向都随时间变化的电流，称为交变电流，简称交流。

电路中电流的大小，可用电流表进行测量，在测量时，把电流表串接在被测电路中。

用电流表测量电流时要注意以下问题。

① 粗略估计电路中电流的大小，以便选择电流表的测量范围。如确定不了，需把电流表量程选为最大挡位进行测量，然后逐步缩小测量范围。

② 测量电流时，如发现表针猛打到头，要立即断开电源，检查原因，以免损坏电流表。

1.2.2 电流密度

在实际工作中，有时需要选择导线的粗细（截面），这就要用到电流密度这一概念。所谓电流密度就是当电流在导体的横截面上均匀分布时，该电流与导体横截面积的比值。用公式表示为：

$$J = \frac{I}{S} \quad (1-2)$$

式中 J ——导体电流密度， A/mm^2 ；

S ——导体横截面积， mm^2 ；

I ——通过导体的电流强度，A。

导体允许的电流随导体截面不同而不同，如 1 mm^2 的铜导线允许通过 6 A 的电流； 2.5 mm^2 的导线允许通过 15 A 的电流（ $J=6 \text{ A}/\text{mm}^2$ ）； 120 mm^2 的铜导线允许通过 280 A 的电流

($J=2.3 \text{ A/mm}^2$)。如通过导线电流超过允许电流值，将引起导线发热、冒火等事故。

1.2.3 电压

衡量电场力做功本领大小的物理量称为电压。电场力把单位正电荷从电场中 A 点移到 B 点所做的功 W_{AB} 称为 A、B 间的电压，用 U_{AB} 表示，即：

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} \quad (1-3)$$

电压的单位为 V（伏特），简称伏。如果电场力把 1C 电量从点 A 移到点 B 所做的功是 1 J，则 A、B 两点间的电压就是 1 V。常用的电压单位还有 kV（千伏）、mV（毫伏）、 μV （微伏），它们的换算关系为：

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

电压和电流一样，不但有大小而且有方向，电压的正方向规定为从高电位点指向低电位点。电路中任意两点之间的电压大小，可用电压表进行测量，测量时把电压表并联在被测电路中。

1.2.4 电动势

要使电路中有持续不断的电流，就必须保证电路中有一定的电位差存在，而维持这种电位差依靠的是电源。在电源内部存在着电源力，电源力克服电场力把单位正电荷由低电位移到高电位所做的功，叫做电源电动势。

电动势的单位与电压单位相同，也是 V（伏特），如果电源力把 1 C 的电量从低电位移到高电位所做的功是 1 J，则电动势就等于 1 V。

电动势的正方向规定由负极指向正极。

电动势与电压的定义类似，但是两者是有区别的。首先，电动势与电压具有不同的物理意义。电动势表示非电场力（外力）做功的本领，而电压则表示电场力做功的本领。其次，电动势与电压的方向不同。电动势是由低电位指向高电位，即电位升的方向，而电压是由高电位指向低电位，即电压降的方向。再次，电动势仅存在于电源内部，而电压不仅存在于电源两端，而且也存在于电源外部。

1.2.5 电阻

导体对电流阻碍作用称为电阻，单位为 Ω （欧姆）简称欧。若导体两端所加的电压为 1 V，通过的电流为 1 A，那么该导体的电阻就是 1 Ω 。常用的电阻单位还有 k Ω （千欧）、M Ω （兆欧），它们之间的换算关系为：

$$1\text{ M}\Omega=10^3\text{ k}\Omega=10^6\text{ }\Omega,\text{ }1\text{ k}\Omega=10^3\text{ }\Omega$$

金属导体的电阻大小与几何尺寸及材料性质有关。实验证明，导体的电阻跟导体的长度、导体的电阻率成正比，跟导体的横截面积成反比。用公式表示为：

$$R=\rho\frac{L}{S}\tag{1-4}$$

式中 R ——导体的电阻， Ω ；
 L ——导体的长度，m；
 S ——导体的横截面积， mm^2 ；
 ρ ——导体的电阻率， $\Omega\cdot\text{m}$ 。

电阻率是指长度为 1 m，横截面积为 1 mm^2 的导体，在一定温度下的电阻值，其单位是 $\Omega\cdot\text{m}$ （欧姆·米）。

几种材料的电阻率如表 1-1 所示。

表 1-1 几种材料的电阻率 单位： $\Omega\cdot\text{m}$

材料名称	电阻率 ρ	电阻温度系数 α	材料名称	电阻率 ρ	电阻温度系数 α
银	1.6×10^{-8}	0.0036	铁	10×10^{-8}	0.006
铜	1.7×10^{-8}	0.004	碳	35×10^{-6}	-0.0005
铝	2.9×10^{-8}	0.004	锰铜	44×10^{-8}	0.000 005
钨	5.3×10^{-8}	0.0028	康铜	50×10^{-8}	0.000 005

决定导体电阻大小除了本身因素（长度、截面、材料）以外，导体的电阻还与其他因素互相联系和互相影响着。温度是这种互相影响的因素之一，实验表明，当导体的温度发生变化时，它的电阻值也随着变化。不同的材料，当温度升高时，电阻变化的情况不同，一般采用电阻温度系数反映电阻对温度变化的情况。所谓电阻温度系数是指温度升高 1 $^{\circ}\text{C}$ ，电阻变动值与原阻值的比值，用字母

α 表示, 单位是 $^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

如果在温度 t_1 时, 导体的电阻为 R_1 ; 在温度 t_2 时, 导体的电阻为 R_2 , 那么电阻温度系数是:

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)} \quad (1-5)$$

常用的几种金属材料的电阻温度系数如表 1-1 所示。

当 $\alpha > 0$ 时, 材料的电阻值随温度的升高而增加。这类导体称为正温度系数材料; 当 $\alpha < 0$ 时, 材料的电阻值随温度的升高而下降, 这类材料称为负温度系数材料。

电阻的倒数 $1/R = G$, 称为电导, 它的单位是 S (西门子)。电阻和电导是同一事物的两种表示方法, 并不是导体在本质上有什么变化。

2 欧姆定律

2.1 部分电路的欧姆定律

图 1-2 所示为不含电源的部分电路。当在电阻 R 两端加上电压 U 时, 电阻中就有电流 I 通过。

欧姆定律指: 导体中的电流 I 与加在导体两端的电压 U 成正比, 与导体的电阻 R 成反比。

若 U 与 I 的正方向一致, 则欧姆定律可表示为:

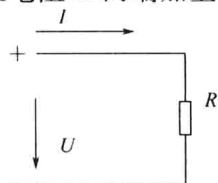


图 1-2 不含电源的部分电路

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{或} \quad U = IR \quad (1-6)$$

若 U 与 I 的方向相反, 则欧姆定律表示为:

$$I = -\frac{U}{R} \quad \text{或} \quad U = -IR \quad (1-7)$$

欧姆定律揭示了电路中电流、电压和电阻三者之间的关系, 应用十分广泛, 是计算、分析电路最基本的定律。

例 1-1 有一个量程为 300 V (即测量范围 0~300 V) 的电压表, 它的内阻是 40 k Ω 。用它测量电压时, 允许流过的最大电流是多少?