



仪器仪表工人 技术培训教材

电 工 基 础

机械工业部仪器仪表工业局统编

机械工业出版社

仪器仪表工人技术培训教材

电 工 基 础

机械工业部仪器仪表工业局 统编



机械工业出版社

本书是为电工、电子仪器仪表装调类工人技术培训（中级）的需要编写的。

本书主要介绍电工基础的基本理论和分析方法，内容包括：直流电路、动态电路元件、正弦交流电路、谐振电路、互感耦合电路、磁路和铁心线圈、铁心变压器、非正弦周期电流电路、线性电路中的过渡过程及双口网络共十三章。

本书由上海电表厂主编，由王松涛、杨裕泉、孙希权、倪剑渔同志编写，金代中、史继令、周桃保同志参加审稿。

电 工 基 础

机械工业部仪器仪表工业局 统编

★

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

★

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张 $19 \frac{7}{8}$ ·字数 437 千字
1985 年 12 月北京第一版·1986 年 12 月北京第一次印刷

印数 0,001—7,700·定价 3.70 元

★

统一书号：15033·5691

前 言

贯彻中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对广大工人进行系统的技术培训，是智力开发的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地开展这项工作，教材是关键。有了教材才能统一教学内容；才能逐步建立起正规的工人技术教育体系，提高工人的技术素质，以适应四化建设的需要。为此，我们在全中国仪器仪表行业有关的重点企业中，组织了有长期从事技术、教育工作经验的工程技术人员和教师，编写了这套仪器仪表专业工种的初级、中级工人技术培训教材，共七大类四十六本。

这套教材编写的依据是原国家仪器仪表工业总局一九八一年颁发的《工人技术理论教学计划、教学大纲（仪器仪表专业工种初、中级部分）》。学员学完初级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到部颁《工人技术等级标准》中本工种三级以下的“应知”要求；学完中级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到本工种六级以下的“应知”要求。在教材编写过程中，注意了工人培训和仪器仪表行业的特点，力求做到既要理论联系生产实际，学以致用，又要循序渐进。考虑到工种工艺学的特殊性，避免不必要的重复，对工种工艺学初级、中级教材采用合一册或上、下册的形式。通过教学计划和大纲，体现初级、中级培训的阶段性和连续性。

这套教材的出版，得到了北京、天津、上海、江苏等省市仪表局、机械厅和有关企业、学校、研究单位的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中难免存在缺

IV

点和错误,我们恳切地希望同志们在使用中提出批评和指正,以便进一步修订。

机械工业部仪器仪表工业局
工人技术培训教材编审领导小组
一九八二年十二月

仪器仪表工人技术培训教材

几何光学（上、下册）

物理光学（上、下册）

光学元件技术要求

光学测量

光学加工机床

光学冷加工工艺学

（上、下册）

光学零件特种加工工艺学

（上、下册）

光学仪器装校工艺学

（上、下册）

机械基础

公差与技术测量

仪器仪表机构与零件

非电量电测变换技术

仪器仪表机械装校工艺学

（上、下册）

分析仪器机械装校工艺学

（上、下册）

材料试验机机械装校工艺学

学

气动仪表机械装校工艺学

调节阀机械装校工艺学

压力仪表机械装校工艺学

流量和物位仪表装校工艺学

学

温度和物位仪表机械装校

工艺学

气象仪器装校工艺学

天平与砝码装校工艺学

传感器装校工艺学

应用数学

电工基础

电子技术基础

常用电工材料

常用仪器仪表的使用和维

护

电工仪表与测量

电工仪表及其线路

电子仪器仪表装调工艺学

（上、下册）

电工仪表装校工艺学

分析仪器电装及校验工艺学

学

晶体生长技术

刚玉晶体制造

宝石轴承测量

宝石轴承加工

塑料压注成型加工

目 录

第一章 电路的基本概念和基本定律	7
1-1 电路的组成	1
1-2 电路的基本物理量	4
1-3 欧姆定律	11
1-4 焦耳—楞次定律、功率	16
1-5 电压源	19
1-6 负载获得最大功率的条件	20
1-7 基尔霍夫定律	22
1-8 电阻串联电路	27
1-9 电阻并联电路	30
1-10 电阻混联电路	33
1-11 电路中各点电位的计算	36
1-12 电流源	39
1-13 受控源	42
结 语	47
复习题一	51
第二章 直流电路的分析方法	62
2-1 支路电流法	62
2-2 网孔电流法	65
2-3 节点电位法	70
2-4 迭加原理	77
2-5 戴维南定理	79
2-6 诺顿定理	85
2-7 Δ 形网络与Y形网络的等效变换	87
2-8 电桥电路	94
2-9 非线性电阻元件	95

V

2-10 非线性电阻电路的图解法	97
小结	101
复习题二	104
第三章 动态电路元件	109
3-1 电容元件	109
3-2 电容电压与电流的关系	113
3-3 电容器的联接	116
3-4 电容器的贮能	122
3-5 电感元件	125
3-6 电感电压与电流的关系	132
3-7 无互感线圈的联接	136
3-8 电感器的贮能和电路状态	139
小结	141
复习题三	143
第四章 正弦交流电路	147
4-1 正弦交流电的基本概念	147
4-2 正弦交流电的有效值与平均值	154
4-3 正弦量的旋转矢量表示法	157
4-4 纯电阻电路	162
4-5 纯电容电路	166
4-6 纯电感电路	171
4-7 电阻、电感、电容串联电路	176
4-8 电阻、电感、电容并联电路	186
4-9 实际电路元件	195
4-10 趋肤效应	198
小结	202
复习题四	203
第五章 正弦交流电路的符号法	206
5-1 复数及其运算	206

5-2	正弦量的相量表示法	211
5-3	基尔霍夫定律的相量形式	218
5-4	电阻、电感、电容串联电路的欧姆定律的相量形式	220
5-5	电阻、电感、电容并联电路	225
5-6	复阻抗和复导纳的等效变换	229
5-7	交流电路的计算	231
5-8	复功率	243
5-9	功率因数的提高	246
5-10	阻抗电桥	250
	小结	258
	复习题五	259
第六章	三相交流电	262
6-1	三相交流电的基本概念	262
6-2	星形联接和三角形联接	264
6-3	对称三相电路的计算	269
6-4	不对称三相电路的概念	274
6-5	三相电路的功率	278
	小结	282
	复习题六	282
第七章	谐振电路	285
7-1	串联谐振	285
7-2	串联谐振电路的谐振曲线和选择性	291
7-3	并联谐振	299
7-4	串并联电路的谐振	305
7-5	压电谐振体	308
	小结	313
	复习题七	315
第八章	互感耦合电路	319
8-1	互感	319

8-2	互感线圈的同名端	324
8-3	互感线圈的联接	329
8-4	互感电路的计算	334
8-5	空心变压器	339
8-6	耦合电路的谐振	343
8-7	其它型式的耦合电路	351
8-8	耦合电路与信号源并联	353
小结		355
复习题八		356
第九章 磁路和铁心线圈		361
9-1	磁场的基本物理量	361
9-2	磁场的基本性质	366
9-3	物质的磁性和铁磁材料的磁化	370
9-4	磁路和磁路定律	375
9-5	恒定磁通无分支磁路的计算	382
9-6	恒定磁通对称分支磁路的计算	389
9-7	交变磁通下的铁心损失	391
9-8	交变磁通磁路中电流和磁通的波形	395
9-9	铁心线圈	398
9-10	电磁铁吸力的计算	411
小结		413
复习题九		415
第十章 铁心变压器		420
10-1	变压器的用途和结构	420
10-2	铁心变压器的工作原理	423
10-3	铁心变压器的等效电路和相量图	428
10-4	特殊用途的变压器	435
10-5	小型电源变压器的设计	441
小结		448

复习题十	449
第十一章 非正弦周期电流电路	453
11-1 非正弦周期电流	453
11-2 周期函数分解为傅里叶级数	455
11-3 非正弦周期量的有效值和平均值	467
11-4 非正弦周期电流电路的计算	472
11-5 非正弦周期电流电路的功率	478
11-6 谐波分析的近似数值解法	481
11-7 滤波器的概念	486
小结	498
复习题十一	499
第十二章 线性电路中的过渡过程	504
12-1 过渡过程的产生和换路定律	504
12-2 经典法概述	506
12-3 电阻、电容短接时的过渡过程	512
12-4 电阻、电容与直流电压接通后的过渡过程	518
12-5 矩形波作用于电阻、电容电路的分析	525
12-6 电阻、电感电路的过渡过程	533
12-7 三要素法	538
12-8 电阻、电容和电阻、电感电路接通正弦交流电源	544
12-9 电阻、电感、电容电路的放电过程	552
12-10 电阻、电感、电容电路的充电过程	561
小结	566
复习题十二	568
第十三章 双口网络	572
13-1 双口网络概述	572
13-2 双口网络的方程和参数	575
13-3 双口网络的输入阻抗和输出阻抗	584
13-4 双口网络的特性阻抗和传输常数	588

X

13-5 双口网络的等效电路	595
13-6 双口网络的级联	601
13-7 双口网络的串并联	607
小结	612
复习题十三	615
实验	619

第一章 电路的基本概念和基本定律

本章讲述电路的基本知识，介绍电路中的基本物理量电流、电压及电功率等；阐述欧姆定律、基尔霍夫定律及焦耳—楞次定律，并对电阻的串联、并联和混联电路进行分析。

此外，还将介绍电流源、电压源、受控源以及电流和电压的参考方向等基本概念。

1-1 电路的组成

电路就是电流通过的全部路径。例如：用导线将一个小灯泡通过开关与干电池的正、负极串接起来，如图 1-1 所示。当开关闭合时，小灯泡就亮了。由此可见，干电池、小灯泡、联接导线和开关，就构成了一个最基本的电

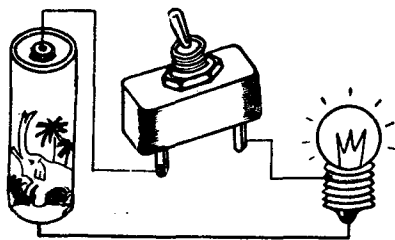


图 1-1 电路接线图

路。可见：一个完整的电路由四部分组成：

1. 电源：是将化学能、机械能、光能等转换成电能的装置。如干电池、蓄电池、发电机、光电池等。在电路中，电源的作用是提供电能。

2. 负载：是用电设备的统称。如电灯、电炉、电烙铁

等。它是电源供电的对象。

3. 导线：用来联接电源与负载，形成电流的通路。如各种裸铜线、漆包线、塑料铜线等。在电路中起着传输电能的作用。

4. 辅助器件：控制电路的通、断的主令电器。如各种开关；保护电源及负载不受损坏的保险丝、继电器等。

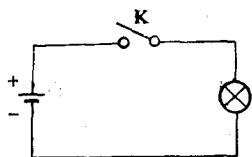


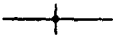
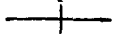
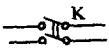
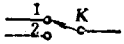
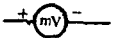
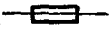
图1-2 简单照明电路

在电工中，对电路的各个组成部分，规定用统一的符号来表示。表1-1中列出了一些常用的电工图形符号。根据这些规定，图1-1所示的电路接线图，用电工符号表示，如图1-2所示。

表1-1 常用电路元件符号

零件名称	符 号	说 明
直 流 电 源		其中“+”、“-”表示电源的正、负极。矢向表示电源电动势方向。第三图表示电池组
电 阻		固定电阻
		可变电阻
电 灯		

(续)

零件名称	符 号	说 明
导 线		注圆点表示导线相联
		未注圆点表示二导线不联
		可拆联接
接 地		
接 机 壳		
开 关		单刀开关
		双刀开关
		转换开关
直流电流表		“+”、“-”表示电表的接线端极性
		“mA”表示毫安
直流电压表		“+”、“-”表示电表的接线端极性
		“mV”表示毫伏
保 险 丝		

1-2 电路的基本物理量

一、电流强度

带电质点有规则的运动称为电流，如图 1-3 a 所示。金属导体中的自由电子是带负电的质点，在电场力作用下，它将逆着电场方向运动，形成金属导体中的电流。在电解液中，带电质点是正、负离子。在电场力的作用下，正离子顺着电场方向运动，负离子逆着电场方向运动，于是，形成了电解液中的电流。如图 1-3 b 所示。

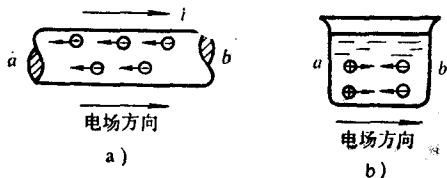


图 1-3 金属导体和电解液中的电流

用来衡量电流强弱的物理量称为电流强度，它的数值取决于在单位时间内，穿过导体横截面的电量。设 dt 时间内，穿过导体横截面 S 的电量为 dq 。则

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

式 (1-1) 中 i 为电流强度，简称电流。由于负电荷的运动相当于正电荷作反方向运动，因此，通常规定：正电荷运动的方向就是电流的方向。

如果在任意时间间隔里，通过导体横截面的电量都是相等的，而且方向不随时间而变化，则这种电流称为直流电流。其电流强度为：

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

式 (1-2) 中 t 为时间间隔, Q 为穿过导体横截面的电量; I 为电流强度。

电流强度的单位是“安培”(A)。在 1 秒钟内通过导体横截面的电量为 1 库仑时的电流强度等于 1 安培。更小的电流单位是: 毫安 (mA)、微安 (μA) 及纳安 (nA)。其换算关系为

$$1 \text{ 毫安} = 10^{-3} \text{ 安培}$$

$$1 \text{ 微安} = 10^{-6} \text{ 毫安} = 10^{-9} \text{ 安培}$$

$$1 \text{ 纳安} = 10^{-9} \text{ 微安} = 10^{-12} \text{ 安培}$$

在测量或计算电路中的电流时, 应包括电流的大小和方向。图 1-4 所示为某电路中的一个支路。设支路电流为 5 安培, 从 a 点流向 b 点, 记作 $I = 5$ 安培; 若用 I' 表示与 I 的方向相反的电流, 则应记作 $I' = -5$ 安培。数值前的负号表明电流方向与规定方向相反。可见, 两式都反映了在支路中有 5 安培的电流从 a 点流向 b 点。

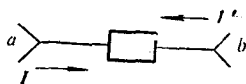


图 1-4 电流的标示

当求解电路问题时, 很难预先判别电流方向。为此, 在计算前任意假定电路中某一支路的电流方向, 称为参考方向。若计算结果为正, 则表明真实方向与参考方向相同; 若结果为负, 则真实方向与参考方向相反。图 1-5 所示为电路中电流正、负号的含义。

在测量技术中, 电流的参考方向是具有实际意义的。例如, 直流电流表的两个接线端钮分别标有“+”、“-”符号。将电流表接入测量电路时, 规定被测电流自“+”端流经表头至“-”端为电流的参考方向。图 1-6 a 中, 被测电流