

中等职业技术教育规划教材

覃 斌 主编

电工与电子技术基础

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会 编
机电专业委员会



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中等职业技术教育规划教材

电工与电子 技术基础

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会 编
机电专业委员会
主编 覃 斌



机械工业出版社

本书为适应中等职业学校机电类专业教学改革需要而编写的，是机械类各专业的技术理论课教材。全书分为电工与电子两部分。电工部分主要介绍电工技术基本原理和分析方法，内容包括直流电路、磁与电磁、正弦交流电路、电机以及工作机械的电气控制原理、基本控制电路等；电子部分主要介绍基本的电子技术理论及应用，内容包括常用半导体器件的基本原理和特性、晶体二极管及整流电路、晶体管及放大电路、晶闸管及可控整流电路。

本教材可供技工学校、中等职业技术学校使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工与电子技术基础/覃斌主编. —北京: 机械工业出版社, 2004.6

中等职业技术教育规划教材

ISBN 7-111-14368-X

I. 电… II. 覃… III. ①电工技术-专业学校-教材 ②电子技术-专业学校-教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 036225 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 荆宏智 责任编辑: 王振国 版式设计: 冉晓华
责任校对: 樊钟英 封面设计: 姚毅 责任印制: 洪汉军
北京中兴印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

850mm×1168mm $\frac{1}{32}$ ·9.75 印张·260 千字

定价: 15.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

“中等职业技术教育规划教材”

编审委员会名单

- 主任 郝广发
- 副主任 周学奎 刘亚琴 李超群 何阳春
林爱平 李长江 付捷 单渭水
王兆山 张仲民
- 委员 (按姓氏笔画排序)
- 于平 王柯 王军 王洪琳
付元胜 付志达 刘大力 (常务)
刘家保 许炳鑫 孙国庆 李木杰
李稳贤 李鸿仁 李涛 何月秋
杨柳青 (常务) 杨耀双 杨君伟
张跃英 林青 周建惠
赵杰士 (常务) 郝晶卉
荆宏智 (常务) 贾恒旦 黄国雄
董桂桥 (常务) 曾立星 甄国令
- 本书主编 覃斌
- 参编 巫时云 周素英 杨杰忠
- 本书主审 陈映开
- 参审 郭曙光

前 言

为贯彻落实“全国职业教育工作会议”精神，克服原有的教材专业设置落后，缺乏新的专业和复合专业，技术内容比较陈旧，理论课内容偏深、偏难的弊端，更好地满足中等职业技术教育教学改革的需要，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会联合组织编写了这套适合新形势的中等职业技术教育规划教材。首批所选五个专业为机床切削加工、机械设备维修、模具制造与维修、数控机床加工、电气维修。本套教材的编写指导思想是：贯彻党的教育方针，依据《劳动法》、《职业教育法》的规定和《国家职业标准》的要求，更新教学内容，突出技能训练，强化创新能力的培养，以培养具备较宽理论基础和复合型技能的人才，使培养的人才适应科技进步、经济发展和市场的需要。其宗旨是：促职业教育改革，助技能人才培养。

为实现这一宗旨，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会联合组织了30多所高、中级技工学校参加了首批五个专业教学计划、教学大纲的制定和教材的编审工作。各学校对新教材的专业选择、课程设置、学时安排、教学计划和教学大纲的制定、教材定位、编写方式等，参照《国家职业标准》相关工种中级工的要求和各校实际，经过三次会议进行了广泛的讨论和充分论证，首先完成了教学计划和教学大纲的制定和审定工作。在教材的编写过程中，贯彻了“简明、实用、够用”的原则，反映了新知识、新技术、新工艺和新方法，体现了科学性、实用性、代表性和先进性，正确处理了理论知识与技能的关系。同时通过对原有教材进行评价，针对其不足并在编写过程中进行了改进，以充分反映学校的实际需要。新教

材的价值在于兼顾了学生学习真本领与达到职业技能鉴定考试两种要求。综上所述,本套教材具有以下特色:

1) 职业性 专业设置参照有关专业目录,并根据职业发展和实际社会需求确定。

2) 科学性 教学内容与现代科学技术发展和先进技术装备、技术水平相适应,体现了科学性和先进性。

3) 实践性 重视实践性教学环节,加强了技能训练和生产实习教学,努力实现产教结合。

4) 衔接性 与企业培训和其他类型教育相沟通,与国家职业资格证书体系相衔接。

5) 实用性 教学内容符合职业标准及企业生产实际需要,有利于培养实用型人才。

与本教材配套的还有相应教材的习题集。

本套教材的编写工作得到了各学校领导的重视和支持,参加教材编审的人员均为各校的教学骨干,保证了本套教材能够按计划有序地进行,并为编好教材提供了良好的技术保证,在此对各学校的支持表示感谢。

本书的具体编写分工如下:第一、二、七章由巫时云编写,第三章由周素英编写,第四章由杨杰忠编写,第五、六章由覃斌编写。全书由覃斌主编,陈映开主审,郭曙光参审。

由于时间和编者水平有限,书中难免存在某些缺点或错误,敬请读者批评指正。

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

目 录

前言

绪论	1
----------	---

第一章 直流电路

3

第一节 电路及基本物理量	3
--------------------	---

第二节 欧姆定律及其应用	14
--------------------	----

第三节 电阻的串联、并联及其应用	18
------------------------	----

第四节 电功与电功率	23
------------------	----

第五节 基尔霍夫定律	27
------------------	----

小结	32
----------	----

复习思考题	34
-------------	----

实验一 万用表的使用	37
------------------	----

第二章 磁与电磁

41

第一节 电流的磁场	41
-----------------	----

第二节 磁场对电流的作用	43
--------------------	----

第三节 磁导率及铁磁材料	46
--------------------	----

第四节 电磁感应	47
----------------	----

小结	56
----------	----

复习思考题	57
-------------	----

第三章 正弦交流电路

61

第一节 交流电的基本概念	61
--------------------	----

第二节 正弦交流电的三种表示法	69
-----------------------	----

第三节 单相交流电路	74
------------------	----

第四节 三相交流电路	90
------------------	----

第五节 涡流与集肤效应	101
-------------------	-----

第六节	变压器	103
第七节	照明电路	109
第八节	安全用电	116
	小结	125
	复习思考题	129
	实验二 单相交流电路 (R-L 串联电路)	132
第四章	工作机械的基本电气控制线路	134
第一节	三相笼型异步电动机	134
第二节	常用低压电器	143
第三节	电气控制原理图的有关知识	161
第四节	三相笼型异步电动机的直接起动控制线路	163
第五节	三相笼型异步电动机的正反转控制线路	167
第六节	工作台的限位和自动往返控制线路	171
第七节	三相笼型异步电动机制动控制线路	174
第八节	几种工作机械的电气控制线路简介	178
	小结	182
	复习思考题	183
	实验三 接触器联锁正反转控制线路	185
第五章	晶体二极管及整流电路	188
第一节	半导体基础知识	188
第二节	晶体二极管	192
第三节	单相整流电路	198
第四节	滤波电路	203
第五节	硅稳压管稳压电路	207
第六节	集成稳压器	211
	小结	215
	复习思考题	216
	实验四 整流稳压电路安装与调试	219
第六章	晶体管及其放大电路	222

第一节	晶体管	222
第二节	基本放大电路	234
第三节	放大电路分析	239
第四节	其他电路分析	253
第五节	集成运算放大器	259
小结	.....	273
复习思考题	.....	274
实验五	放大电路	278
第七章	晶闸管及可控电路	281
第一节	晶闸管	281
第二节	晶闸管可控整流电路	285
第三节	晶闸管触发电路	290
小结	.....	295
复习思考题	.....	296
附录	.....	297
附录 A	常用物理量及其计量单位	297
附录 B	ZP 型硅整流管参数	298
附录 C	半导体器件型号命名方法	300
附录 D	国产集成运算放大器部分产品型号	301
参考文献	.....	302

绪 论

一、学习本课程的目的

通过本课程的学习，使学生获得关于电工及电子技术的必要的理论知识，为学习专业技术知识打下良好的基础。

二、本课程的内容

本课程主要由以下七大部分组成。

1. 直流电路 主要介绍直流电路的组成，电路中的几个基本物理量的表示方法，以及复杂的直流电路的计算方法。

2. 磁与电磁 主要介绍电磁产生的原理，电磁感应定律及其在工业生产中的应用。

3. 正弦交流电路 主要介绍正弦交流电的产生及表示方法，单相交流电路的组成及电流、电压、功率关系，照明电路中常见线路的安装和安全用电等相关知识。

4. 工作机械的基本电气控制线路 主要介绍三相笼型异步电动机的工作原理，常用低压电器的结构及工作过程，典型控制线路的组成和工作原理。

5. 晶体二极管及整流电路 主要介绍晶体二极管的结构、工作原理、特性和主要参数，以及整流电路、滤波电路、稳压电路的工作原理。

6. 晶体管及放大电路 主要介绍晶体管的结构、工作原理、特性和主要参数，通过对基本典型电路的组成、工作原理及分析方法的论述，为进一步学习其他电子电路和相关专业技术知识奠定坚实的理论基础。

7. 晶闸管及可控电路 主要介绍晶闸管的结构、工作原理、特性和主要参数，以及整流电路、触发电路的工作原理。

三、本课程的特点及学习方法

虽然本课程是理论基础课，但是它具有很强的实践性，学习时一定要从实践出发，对基本概念、基本元器件、典型电路一定要搞清楚、弄明白。

要重视实验课的学习，在实验过程中要多提问题、多动手、多思考，激发学习兴趣，培养动手和创新能力，加深对理论知识的理解。

第一章 直流电路

第一节 电路及基本物理量

一、电路及电路图

电流经过的路径称为电路。最基本的电路由电源、负载、开关和连接导线组成，见图 1-1。

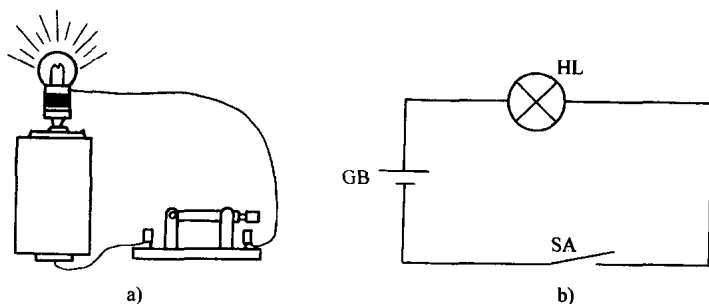


图 1-1 电路和电路图

a) 实物接线图 b) 电原理图

电源是把非电能转换为电能并向外提供电能的设备，如发电机、干电池、蓄电池等。

负载是电路中用电器的总称，它把电能转换成其他形式能。如电灯把电能转换成光能，电炉把电能转换成热能，电动机把电能转换成机械能。

开关属于控制电器，用于控制电路的接通或断开。

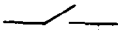
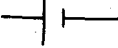



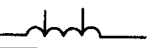

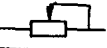
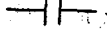
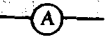


连接导线将电源和负载连接起来，担负着电能的传输和分配。

图 1-1a 所示为由干电池、小电珠、开关和连接导线构成的一个简单直流电路。当合上开关时，电路接通（通路），干电池向外输出电流，电路中有电流流过，小电珠就发光。开关断开时，电路开路（断路），电路中没有电流流过，小电珠不亮。




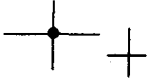

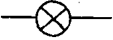
电路分为内电路和外电路。电源内部的电路称为内电路，电源以外的电路称为外电路。

实际电气设备的安装和维修是依据电原理图进行的，很少使用实物接线图，如将图 1-1a 所示的实物接线图画成图 1-1b 所示的电原理图。电原理图简称电路图。这样，国家有必要颁布统一的图形符号来规范电路图。表 1-1 为电路图中一些常用的图形符号。

表 1-1 一些常用电工图形符号

图形符号	文字符号	名称
	S 或 SA	开关
	GB	电池
	G	直流发电机
	L	线圈
	L	铁心线圈
	L	抽头线圈
	R	电阻
	RP	电位器
	C	电容
	PA	电流表
	PV	电压表
	V	二极管

(续)

图形符号	文字符号	名称
		接机壳
		接地
		端子
		连接导线 不连接导线
	FU	熔断器
	EL	照明灯

二、电路中几个基本物理量

1. 电流 电路中，带电粒子在电源作用下作有规则的定向移动而形成电流。金属导体中的自由电子，电解液中的正、负离子都是带电粒子，因此，电流既可以是负电荷，也可以是正电荷，或者两者兼有的定向运动的结果。习惯上规定正电荷移动的方向为电流的实际方向。因此，自由电子和负离子移动方向跟电流方向相反。

不同的用电器通过的电流大小是不一样的，电流是单位时间内通过导体横截面的电量，用字母 I 表示。如果在 t 秒内流经导体横截面的电量为 Q ，则电流的定义为

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

式中 I —— 电流，单位是安 [培] (A)；

Q —— 在 t 秒内通过导体截面的电量，单位是库 [仑] (C)；

t —— 时间，单位是秒 (s)。

如果在 1s (秒) 内通过导体横截面的电荷量为 1C。则导体中的电流就是 1A。实际中，除安培外，常用的电流单位还有千安 (kA)、毫安 (mA) 和微安 (μ A)。它们之间的换算关系如下：

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}$$

$$1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$$

$$1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{mA} = 10^{-6}\text{A}$$

电流不仅有大小，而且有方向。习惯上规定以正电荷移动的方向为电流的方向。

在分析电路时，常常要知道电流的方向，但有时对某段电路中电流的方向往往难以判断，此时可先任意假定电流的参考方向（也称正方向），然后列方程求解。当求出的电流为正值时，就认为电流的实际方向与参考方向一致，见图 1-2a；反之，解出的电流为负值时，就认为电流的实际方向与参考方向相反，见图 1-2b。

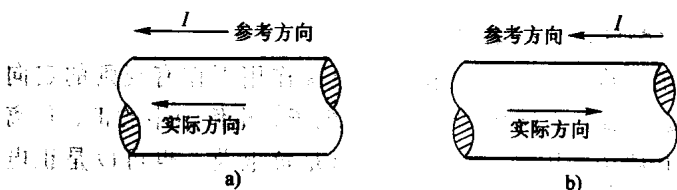


图 1-2 电流的正负

a) $I > 0$ b) $I < 0$

2. 电流密度 在实际工作中，有时要选择导线的粗细（横截面积），这就涉及到电流密度这一概念。所谓电流密度是指当电流在导体横截面上均匀分布时，该电流的大小与导体横截面积的比值。电流密度可用字母 J 表示，其数学表达式为

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

式中 J —— 电流密度，单位是安/毫米² (A/mm^2)；

I —— 电流，单位是安 (A)；

S —— 导体横截面积，单位是毫米² (mm^2)。

选择合适的导体横截面积就是使导体的电流密度在允许的范围内，保证用电量和用电安全。导体允许的电流密度随导体的横截面积的不同而不同。例如， 1mm^2 及 2.5mm^2 铜导线的电流密度 J 取 $6\text{A}/\text{mm}^2$ ，而 120mm^2 铜导线的电流密度 J 取 $2.3\text{A}/\text{mm}^2$ 。

当导线中通过的电流超过允许值时，导体将严重过热，甚至着火发生事故。

3. 电压 电压又称电位差，是衡量电场力做功本领大小的物理量。如图 1-3 所示，在电场中若电场力将单位正电荷 Q 从 A 点移动到 B 点，所做的功为 W_{AB} ，则功 W_{AB} 与电荷 Q 的比值就称为该两点之间的电压，用带双下标的符号 U_{AB} 表示，其数学表达式为

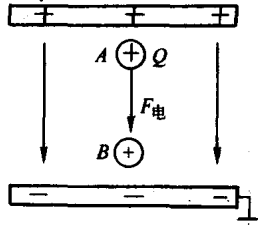


图 1-3 电场力做功

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

式中 W_{AB} ——电场力所做的功，单位是焦 [耳] (J)；

Q ——被移动电荷的电荷量，单位是库 [仑] (C)；

U_{AB} ——A 点与 B 点间的电压 (电位差)，单位为伏 [特] (V)。

实际中，除伏 [特] 外，电压常用的单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV) 和微伏 (μV)。它们之间的换算关系为：

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}$$

$$1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}$$

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

电压和电流一样，不仅有大小，而且有方向，即有正负。对于负载来说，规定电流流进端为电压的正端，电流出端为电压的负端。电压的方向由正指向负。

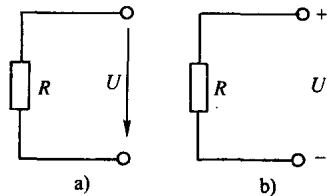


图 1-4 电压的方向

a) 用箭头表示

b) 用极性符号表示

电压的方向在电路图中有两种表示方法：一种是用箭头表示，见图 1-4a；另一种用极性符号表示，见图 1-4b。

在分析电路时，往往难以确定电压的实际方向，此时可先任

意假设电压的参考方向，再根据计算所得值的正、负来确定电压的实际方向。

对于电阻负载来说，没有电流就没有电压，有电压就一定有电流，电阻两端的电压被称为电压降。

4. 电位 实际中，为了便于分析和维修电路，通常需要选定某一点作为参考点，这样电路中某点与参考点之间的电压就称为该点的电位。参考点的电位通常规定为零，所以又叫零电位点。电位的文字符号用带单下标的字母 V （或 ϕ ）表示，如 V_A ，即表示 A 点的电位。电位的单位也是伏（V）。

零电位点可以任意选定，但为了统一，一般选大地为参考点，即视大地的电位为零电位。在电子仪器和设备中又常把金属外壳或电路的公共接点的电位为零电位。零电位的符号有两种，图 1-5a 表示接地，图 1-5b 表示接公共点或接机壳。

电位有正电位和负电位之分，当某点的电位大于零时，表示该电位大于参考点电位，称为正电位；当某点电位小于零时，表示该点电位低于参考点电位，称为负电位。

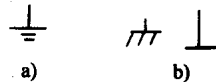


图 1-5 接地与接公共点

电路中零电位点规定之后，电路中任何一点与零电位点之间的电压，就是该点的电位。

a) 接地 b) 接公共点或接机壳

这样，电路中各点的电位就有了确定的数值。当各点电位已知后，就能求出任意两点（ A ， B ）间的电压。例如， $V_A = 10V$ ， $V_B = 7V$ ，那么 A 、 B 之间的电压为

$$U_{AB} = V_A - V_B = (10 - 7) V = 3V$$

5. 电动势 电动势是衡量电源将非电能转换成电能本领大小的物理量。电动势的定义为：在电源内部，外力将单位正电荷从电源的负极移到电源的正极所做的功，见图 1-6。电动势用符号 E 表示，其数学表达式为

$$E = \frac{W}{Q} \quad (1-4)$$

式中 W ——外力对电荷所做的功，单位是焦耳（J）；