

机械工人职业技能培训教材



电工基础

(初级工适用)

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

理论技能尽在其中





权威

按照国家最新颁布的《工人技术等级标准》及《职业技能鉴定规范》，由机械工业部组织行业近200名专家、工程技术人员、技师、高级技师参加编写

配套

既有实用的《机械工人职业技能培训教材》，又有与之配套的《技能鉴定考核试题库》，覆盖机械行业18个主要技术工种

科学

融理论和技能于一体，初、中、高三级内容合理衔接

实用

是企业培训部门、各级职业技能鉴定机构、再就业培训机构开展工人培训的理想教材，也可作为技工学校、职业高中、各种短训班的专业课教材

机械工人职业技能培训教材

电 工 基 础

(初 级 工 适 用)

机械工业职业技能鉴定指导中心 编



机械工业出版社

书中主要讲述了直流电路、电磁原理、正弦交流电,变压器和异步电动机,半导体二极管、晶体管及整流稳压电路和一般的供电、用电基础知识。

本书内容紧扣考核大纲,以基本概念和原理为主,加强电路分析,注重实际能力的培养,语言简练,通俗易懂,具有工人培训教材的特色。它和《电工基础(中级工适用)》、《电工基础(高级工适用)》、《电工识图与电工基础技能鉴定考核题库》配套,分别作为电工类的初、中、高三个等级的培训教材,本书也可供初级电工自学和职业学校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础:初级工适用/机械工业职业技能鉴定指导中心编. —北京:机械工业出版社,1999.11 重印
机械工人职业技能培训教材
ISBN 7-111-04742-7

I. 电… II. 机… III. 电工学-技术培训-教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 64743 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:郑文斌 版式设计:霍永明 责任校对:程俊巧
封面设计:姚毅 责任印制:闫焱
北京京丰印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行
2004 年 1 月第 1 版第 11 次印刷
850mm×1168mm ¹/₃₂ · 5.375 印张 · 138 千字
46 501—51 500 册
定价:9.00 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

机械工人职业技能培训教材与试题库 编审委员会名单

(按姓氏笔画排列)

主任委员	邵奇惠			
副主任委员	史丽雯	李成云	苏泽民	陈瑞藻
	谷政协	张文利	郝广发	(常务)
委 员	于新民	田力飞	田永康	关连英
	刘亚琴	孙 旭	李明全	李 玲
	李超群	吴志清	张 岚	张佩娟
	邵正元	杨国林	范申平	姜世勇
	赵惠敏	施 斌	徐顺年	董无岸
技术顾问	杨溥泉			
本书主编	李廷法	参编	熊开东	王亚娟
本书主审	彭罗良			

前 言

这套教材及试题库是为了与原劳动部、机械工业部联合颁发的机械工业《职业技能鉴定规范》配套，为了提高广大机械工人的职业技能水平而编写的。

三百六十行，各行各业对从业人员都有自己特有的职业技能要求。从业人员必须熟练地掌握本行业、本岗位的职业技能，具备一定的包括职业技能在内的职业素质，才能胜任工作，把工作做好，为社会做出应有的贡献，实现自己的人生价值。

机械制造业是技术密集型的行业。这个行业对其职工职业素质的要求比较高。在科学技术迅速发展的今天，更是这样。机械行业职工队伍的一半以上是技术工人。他们是企业的主体，是振兴和发展我国机械工业极其重要的技术力量。技术工人队伍的素质如何，直接关系到行业、企业的生存和发展。在市场经济条件下，企业之间的竞争，归根结底是人才的竞争。优秀的技术工人是企业各类人才中重要的组成部分。企业必须有一支高素质的技术工人队伍，有一批技术过硬、技艺精湛的能工巧匠，才能保证产品质量，提高生产效率，降低物质消耗，使企业获得经济效益；才能支持企业不断推出新产品去占领市场，在激烈的市场竞争中立于不败之地。

机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训，重视工人培训教材等基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的经验。尤其是在“七五”和“八五”期间，先后组织编写出版了《机械工人技术理论培训教材》149种，《机械工人操作技能培训教材》85种，以及配套的习题集、试题库和各种辅助性教材共约700种，基本满足了机械行业工人职业培训的需要。上述各类教材以其行业针对性、实用性强，职业工种覆盖面广，层次齐备和成龙

配套等特点，受到全国机械行业工人培训、考核部门和广大机械工人的欢迎。

1994年以来，我国相继颁布了《劳动法》、《职业教育法》，逐步推行了职业技能鉴定和职业资格证书制度。我国的职业技能培训开始走上了法制化轨道。为适应新形势的要求，进一步提高机械行业技术工人队伍的素质，实现机械、汽车工业跨世纪的战略目标，我们在组织修改、修订《机械工人技术理论培训教材》，使其以新的面貌继续发挥在行业工人职业培训工作中的作用的同时，又组织编写了这套《机械工人职业技能培训教材》和《技能鉴定考核试题库》，共87种，以更好地满足行业和社会的需要。

《机械工人职业技能培训教材》是依据原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》编写的，包括18个机械工业通用工种。各工种均按《职业技能鉴定规范》中初、中、高三级“知识要求”（主要是“专业知识”部分）和“技能要求”分三册编写，适合于不同等级工人职业培训、自学和参加鉴定考核使用；对多个工种有共同要求的“基本知识”如识图、制图知识等，另编写了公共教材，以利于单科培训和工人自学提高。试题库分别按工种和学科编写。

本套教材继续保持了行业针对性强和注重实用性的特点，采用了国家最新标准、法定计量单位和最新名词、术语；各工种教材则更加突出了理论和实践的结合，将“专业知识”和“操作技能”有机地融于一体，形成了本套教材的一个新的特色。

本套教材是由机械工业相对集中和发达的上海、天津、江苏、山东、四川、安徽、沈阳等地区机械行业管理部门和中国第一汽车集团公司等企业组织有关专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师编写的。在此，谨向为编写本套教材付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！教材中难免存在不足和错误，诚恳希望专家和广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章 直流电路	1
第一节 电路的基本概念	1
第二节 电阻	4
第三节 欧姆定律	8
第四节 电阻的联接	11
第五节 电功和电功率	16
第六节 电容器	19
第七节 简单电路的分析和计算	25
复习思考题	29
第二章 电磁原理	32
第一节 磁场的基本知识	32
第二节 磁场对电流的作用	39
第三节 电磁感应	43
第四节 自感和互感	46
复习思考题	54
第三章 正弦交流电路	56
第一节 正弦交流电的基本概念	56
第二节 单相正弦交流电路	63
第三节 三相交流电路	73
复习思考题	80
第四章 变压器和异步电动机	83
第一节 变压器的基本知识	83
第二节 三相异步电动机	91
第三节 单相异步电动机	105
复习思考题	108
第五章 半导体二极管、晶体三极管和整流稳压电路	110

第一节	半导体的基本知识	110
第二节	半导体二极管	112
第三节	半导体三极管	114
第四节	单管基本放大电路	121
第五节	二极管整流电路	125
第六节	滤波电路	134
第七节	直流稳压电源	138
复习思考题		145
第六章	供电和用电	149
第一节	发电、输电和配电的概况	149
第二节	安全用电	150
第三节	节约用电	153
复习思考题		154
附录		155
附录 A	电阻器型号命名方法 (GB2470-81)	155
附录 B	电容器型号命名方法 (GB2470-81)	156
附录 C	半导体器件型号命名方法 (GB249-74)	157
附录 D	常用检波、整流二极管选录	158
附录 E	常用硅稳压管选录及其主要参数	159
附录 F	常用硅桥式整流器选录及其型号和主要参数	159
附录 G	3DG100 型 NPN 硅高频小功率晶体三极管的 主要参数	160
附录 H	3AX51 型 PNP 锗低频小功率晶体三极管的 主要参数	160
附录 I	3DD21 硅 NPN 型低频大功率晶体三极管的 主要参数	161
附录 J	CW7800 系列三端稳压器的主要参数	161

第一章 直流电路

培训要求 会用欧姆定律、电阻电容串并联知识和电路基本公式，分析和计算简单电路。

第一节 电路的基本概念

一、电路

图 1-1a 所示是最简单的电路，它通常由电源、负载和中间环节组成。当图中的开关合上时，形成闭合通路，灯泡发光，说明有电流流通。电路是电流通过的路径。

为了方便，国家规定了各种电器的图形符号，图 1-1b 是用图形符号绘成的电路图。图中电源内部的电路称为内电路，电源外部的负载、开关和联接导线组成了外电路。

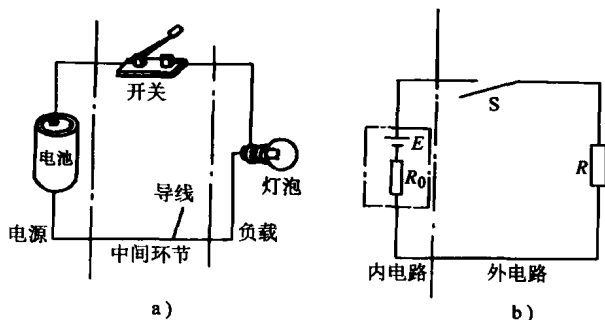


图 1-1 最简单的电路
a) 实物电路图 b) 电路图

电路中各部分的作用如下：

1. 电源 是提供电能的设备，它将其其他形式的能转换成电能。如电池将化学能转换成电能，发电机将机械能转换成电能等。

2. 负载 是用电设备, 它将电能转换成其他形式的能。如电灯将电能转换成光能, 电动机将电能转换成机械能等。

3. 中间环节 是联接电源和负载的部分, 就是图中的导线和开关。它的作用是传输、控制和分配电能。

二、电路的基本物理量

1. 电流 在图 1-2 中, a 是电源正极, b 是电源负极, 电源在导体中产生由 a 指向 b 的电场, 在电场力作用下, 正电荷由 a 经外电路移向 b, 这种电荷的定向运动, 形成了电流。电流的方向规定为正电荷运动的方向, 与负电荷运动方向相反。所以, 在外电路电流由电源正极流向负极, 在内电路则由负极流向正极, 形成一闭合回路, 如图 1-2 所示。

电流的大小用单位时间内通过导体横截面的电荷量来表示, 即

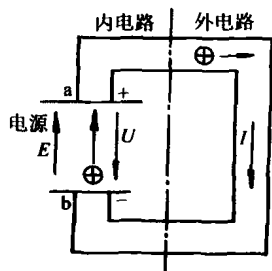


图 1-2 电荷的运动

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

式中 I ——电流 (A);

Q ——电荷量 (C);

t ——时间 (s)。

电流 I 的单位为安培 (A)。实用单位还有千安 (kA)、毫安 (mA)、微安 (μA)。

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

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

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

电流的大小可用电流表来测量, 使用时应将电流表串联在被测电路中, 电流从表的“+”端流入, 从“-”端流出, 如图 1-3 所示。

2. 电动势 我们知道, 为了水管中有水流, 需用水泵把水从

低处提升到高处。与此类似，电路中要有持续的电流，需利用电源内部的电源力，不断将正电荷从负极移到正极，如图 1-2 和图 1-3 所示。衡量电源力移动电荷做功能力的物理量是电动势(E)，它等于电源力将单位正电荷从负极移到正极所做的功。

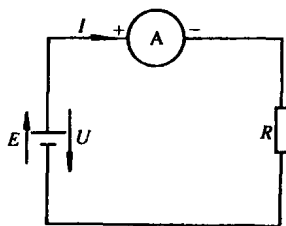


图 1-3 电流表的接法

电动势的单位为伏特(V)。不同电源的电动势也不一样，例如一般干电池的电动势为 1.5V，蓄电池的电动势为 2V。

电动势的方向规定为电源的负极指向正极，如图 1-2 和图 1-3 所示。

3. 电位和电压（电位差）

(1) 电位 水总是从高水位处流向低水位处；和水位相似，电路中各点也有一定的电位。外电路的电流从高电位流向低电位。某处水位有多高，要有一个计算水位高度的基准点（称参考点）；同样电路中某点电位是多少，也必须有一个参考点，通常以大地为参考点（零电位）。在电子电路中，一般以金属机壳或某公共点作为参考点，用符号“ $\perp$ ”表示。

电位用字母 V 表示，其单位为伏特(V)。应该注意的是，电路中选择参考点不同，各点的电位也不同。如图 1-4 中，若以

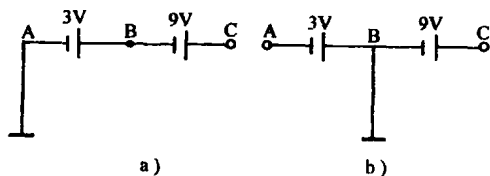


图 1-4 电位与参考点的关系

a) A 点为参考点 b) B 点为参考点

A 点为参考点 ($V_A = 0$)，因为电源的正极电位高，负极电位低，所以， $V_B = 3V$ ， $V_C = 12V$ ；如以 B 点为参考点 ($V_B = 0$)，则 $V_A = -3V$ ， $V_C = 9V$

(2) 电压（电位差） 电路中两点间的电位之差，称这两点的电压，A、B 两点间的电压为

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-2)$$

电压等于电场力将单位正电荷从一点移到另一点所做的功。

需要指出的是，两点间电压的大小与参考点的选择无关。如图 1-4 中，以 A 点为参考点时，C、A 两点间的电压 $U_{CA} = V_C - V_A = 12\text{V} - 0\text{V} = 12\text{V}$ ；若以 B 点为参考点时，C、A 两点间的电压 $U_{CA} = V_C - V_A = 9\text{V} - (-3\text{V}) = 12\text{V}$ 。即 U_{CA} 为 12V。

电压的方向规定为由高电位指向低电位。如图 1-5 所示，A、B 两点间的电压的方向，可用箭头表示，也可用电压加下标 U_{AB} 或用从“+”到“—”表示。电源电压的方向为正极指向负极，如图 1-5 所示。

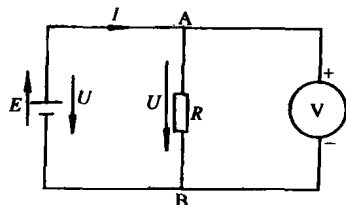


图 1-5 电压表接法和电压方向

电压的单位为伏特 (V)，实用单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV)。

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

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

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

电压的大小可用电压表或万用表来测量。使用时应将电压表并接在被测电路两端，表的“+”端接高电位，“—”端接低电位，如图 1-5 所示。电路中某点电位的高低，也用电压表来测量：将电压表的“—”端接参考点，“+”端接被测量点，其读数就是该点的电位；若某点电位为负值，则将“+”端接参考点，“—”端接被测量点即可。

第二节 电 阻

一、导体的电阻

导体中自由电子在定向移动时，常与其他原子或电子碰撞而受到阻碍，这种导体对电流的阻碍作用，称为电阻。电阻的单位为欧姆 (Ω)，实用单位还有千欧 (k Ω)、兆欧 (M Ω)。

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

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

实验证明，金属导体的电阻与导体的长度成正比，与横截面积成反比，还与材料的导电性能有关，如下式所示。

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-3)$$

式中 R ——导体的电阻 (Ω)；

l ——导体的长度 (m)；

S ——导体的横截面积 (m^2)；

ρ ——导体的电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$)。

电阻率 ρ 是反映材料导电性能的系数，单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ 。不同金属材料电阻率的大小，可查电阻率表。银、铜、铝的电阻率很小，表示对电流的阻力小，所以，常用铜或铝来制造导线和电器设备的线圈。银的电阻率最小，但因价格贵，只有在特殊要求的场合应用，如电器触头等。镍铬、铁铬铝合金的电阻率很大，而且耐高温，常用来制造发热器件的电阻丝。

例 1-1 有一个线圈，用直径为 1.16mm 的铜漆包线绕成，在 20℃ 时测得电阻为 0.5Ω，问该线圈的导线长度为多少？

解 查表可知，20℃ 时铜的电阻率为 $1.75 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ，导线的横截面积为

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times (1.16 \times 10^{-3})^2}{4} \text{m}^2 = 1.06 \times 10^{-6} \text{m}^2$$

由式 (1-3) 得导线的长度为

$$l = \frac{RS}{\rho} = \frac{0.5 \times 1.06 \times 10^{-6}}{1.75 \times 10^{-8}} \text{m} = 30.3 \text{m}$$

二、电阻与温度的关系

实验发现，导体的电阻还与温度有关，通常金属导体的电阻随温度升高而增加，它们的关系为

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-4)$$

式中 t_2 ——导体所处的温度 (℃)；

t_1 ——参考温度 (通常为 20℃)；

R_1 —— t_1 时的电阻 (Ω)；

R_2 —— t_2 时的电阻 (Ω)；

α ——电阻温度系数 ($1/^\circ\text{C}$)。

电阻温度系数 α 反映材料的电阻受温度影响的程度，单位为 $1/^\circ\text{C}$ 。不同的导电材料，电阻温度系数 α 不一样，其大小可查材料的温度系数表。

例 1-2 三相异步电动机的定子绕组用铜漆包线绕成，在室温 20°C 时测得电阻为 1.45Ω ，满载运转 4h 后，测得电阻为 1.8Ω ，求此时电动机绕组的温度及温升。

解 已知 $t_1 = 20^\circ\text{C}$ ， $R_1 = 1.45\Omega$ ， $R_2 = 1.8\Omega$

由查表可得铜的电阻温度系数 $\alpha = 0.00401/^\circ\text{C}$

根据式 (1-4) 得绕组电阻 R_2 为 1.8Ω 时的温度为

$$t_2 = \frac{R_2 - R_1}{\alpha R_1} + t_1 = \frac{1.8 - 1.45}{0.00401 \times 1.45} ^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C} = 80.3^\circ\text{C}$$

绕组的温升为 $t_2 - t_1 = (80.3 - 20)^\circ\text{C} = 60.3^\circ\text{C}$

有的导电材料，如康铜、锰铜的电阻温度系数 α 极小，表示温度变化时，其电阻几乎不变，常用来做标准电阻和电工仪表中的分流电阻、分压电阻等。铂的电阻温度系数 α 较大，且熔点高，常用来制造铂电阻温度计，一般测温范围为 $-100^\circ\text{C} \sim +500^\circ\text{C}$ 。

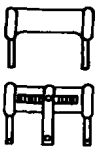
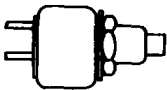
有些导电材料在温度降到某一低温值（称临界温度）时，其电阻会突然降到零，这种材料称为超导体。例如铌钛合金在温度降到 -265°C 时，就具有这种超导特性。在超导状态时，由于电阻为零，所以超导体无损耗，一旦激起电流后，即使不要外电场，电流也能持续下去。现在超导技术已应用于计算机、核能控制等方面，还将在发电设备、电动机和输电系统等领域得到广泛应用。

三、电阻器

在电工和电子技术中，广泛应用各种电阻器。电阻器通常是用电阻率较高的材料制作在陶瓷骨架上而成。

1. 电阻器的种类 电阻器的种类很多。按结构不同，可分为固定电阻器和可变电位器。按导电材料不同，可分为碳膜、金属膜、金属氧化膜、绕线和有机合成电阻器等。常用电阻器的外形和特点，见表 1-1。

表 1-1 常用电阻器的外形和特点

名 称	外 形	主要特点
碳膜 电阻器 (RT 型)		阻值较稳定, 受电压和频率影响小, 价廉, 应用广泛 阻值: $1\Omega \sim 10M\Omega$, 额定功率: $0.125 \sim 2W$
金属膜 电阻器 (RJ 型)		耐热, 噪声小, 体积小, 精度高, 广泛应用于要求较高的电路 阻值: $1\Omega \sim 620M\Omega$ 额定功率: $0.125 \sim 2W$
金属氧化 膜电阻器 (RY 型)		抗氧化, 耐高温, 阻值: $1\Omega \sim 200k\Omega$ 额定功率: $0.125 \sim 10W$
合成实芯 电阻器 (RS 型)		机械强度高, 可靠, 体积小, 价廉 阻值: $4.7\Omega \sim 22M\Omega$ 额定功率 $0.25 \sim 2W$
线 绕 电阻器 (RX 型)		阻值精度高、稳定, 抗氧化, 耐热, 功率大, 作为精密和大功率电阻器使用。 阻值: $0.1\Omega \sim 5M\Omega$, 额定功率达 $150W$
电位器 (WT 型等)		阻值可以调节。阻值规律有直线式、指数式、对数式。主要用于调节电路中的电阻、电流和电压

2. 电阻器的主要参数

- (1) 标称电阻 工厂生产的系列电阻器的电阻值。
- (2) 额定功率 电阻器允许长期工作的功率。
- (3) 允许偏差 标称阻值允许的偏差。I 级为 $\pm 5\%$, II 级为 $\pm 10\%$, III 级为 $\pm 20\%$ 。

3. 电阻器的型号 电阻器型号命名方法见附录 A。例如

RJ73, 表示精密金属膜电阻器, WXD3, 表示多圈线绕电位器。

第三节 欧姆定律

欧姆定律是反映电路中电动势、电压、电流和电阻之间关系的定律, 应用十分广泛。

一、部分电路欧姆定律

图 1-6 所示为一段不包含电源, 只有电阻的部分电路。

实验证明, 电路中电流 I 的大小与电阻两端电压 U 成正比, 而与电阻 R 成反比, 即

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-5)$$

式 (1-5) 还可写成

$$U = IR; R = \frac{U}{I}$$

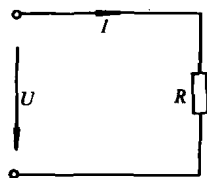


图 1-6 部分电路

例 1-3 某电阻炉接到 220V 的电压上, 流过的电流为 4.55A, 问电阻炉的电阻为多大?

解 电阻炉的电阻为

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220\text{V}}{4.55\text{A}} = 48.4\Omega$$

二、全电路欧姆定律

含有电源和负载的闭合电路称为全电路, 如图 1-7 所示。图中 R_0 为电源的内电阻, E 和 R_0 构成电源内电路。

实验证明, 全电路中的电流 I 与电动势 E 成正比, 与总电阻 $(R + R_0)$ 成反比, 这就是全电路欧姆定律, 即

$$I = \frac{E}{R + R_0} \quad (1-6)$$

式 (1-6) 可写成

$$E = I(R + R_0) = U + U_0$$

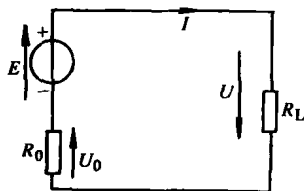


图 1-7 全电路