



中等职业教育“十一五”规划教材
中职中专电子技术应用专业系列教材

实用电工 基础与测量

陶 健 主编



科学出版社
www.sciencep.com

中等职业教育“十一五”规划教材

中职中专电子技术应用专业系列教材

实用电工基础与测量

陶 健 主 编

张伟国 王春亚 段东垒 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

“实用电工基础与测量”是电类专业的一门重要基础课程,具有较强的理论性和实践性。本书采用项目式教学模式,理论知识的阐述与技术训练并重,充分体现了理论与实践有机结合的教学要求,更适合中等职业学校教学加强理论学习与提高技能并重的特点。主要内容包括:电路的基本知识和基本定律、电感元件及电磁感应定律的验证、电容元件的用途与检测、单相正弦交流电路的分析与测量、三相正弦交流电路的分析与测量、电测实验、电工实验,以及常用电工仪表的原理与使用等内容。每个项目开始都配有课时分配表及重点难点提示,给师生的教与学带来了方便;“思考与练习”部分收录了大量国家职业技能鉴定考核的试题,为学生参加技能考核提供参考。

本书可作为中等职业学校电类专业教材,也可供相关培训班及专业技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

实用电工基础与测量/陶健主编. —北京:科学出版社,2008

(中等职业教育“十一五”规划教材·中职中专电子技术应用专业系列教材)

ISBN 978-7-03-022726-3

I. 电… II. 陶… III. ①电工学-专业学校-教材②电气测量-专业学校-教材 IV. TM1 TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 120617 号

责任编辑:陈砺川/责任校对:耿 耘

责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008 年 8 月第一次印刷 印张:14 1/4

印数:1—4 000 字数:314 000

定价:23.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135763-8020

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

中职中专电子技术应用专业系列教材

编 委 会

顾 问 杨乐文

主 任 罗国强

编 委 (按姓氏笔画顺序排列)

王国玉 叶云汉 朱向阳 刘占娟 李中显 张修达

罗 伟 陶 健 蒋从根 舒伟红 管 莉

序

教材是影响教学效果最重要的因素之一。职业教育的教材对教学的影响更为巨大。职业教育以就业为导向,理论与实践紧密联系,理论围着实践转,学生在实践过程中了解理论、掌握理论,同时通过理论对实践的指导来不断巩固理论,最终把理论融入到实践中,内化成自己的理论知识。这是职业教育与普通教育最大的不同之处,是我们开发、编写新时代职教教材有必要遵循的原则,也是创新创优职教教材的活水源泉。

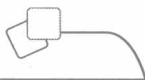
项目任务式教学教材就很好地体现了职业教育理论与实践融为一体这一显著特点。它把一门学科所包含的知识有目的地分解分配给一个个项目或者任务,理论完全为实践服务,学生要达到并完成实践操作的目的就必须先掌握与该实践有关的理论知识。而实践又是一个个有着能引起学生兴趣的可操作的项目,这好比一项有趣的登山运动,登山是目标,为了登上山峰,则必须了解登山的方法、技巧、线路及安全措施。这是一种在目标激励下的了解和学习,是一种完全在自己的主观能动性驱动下的学习,可以肯定这种学习是一种主动的有效的学习。

编写教材是一项创造性的工作,一本好教材凝聚着编写人员的大量心血。今天职业教育的巨大发展和光明前景,离不开这些致力于好教材开发的职教工作者们。现在奉献给大家的这套中职中专电子应用技术系列教材,是在新形势下根据职业教育教与学的特点,在经历了多年的教学改革实践探索后,编写出的比较好的教材。该系列教材体现了作者对项目任务教学的理解,体现了对学科知识的系统把握,体现了对以工作过程为导向的教学改革的深刻领会。其主要特点有三。

第一,专业课程的选择以市场需求为导向,以培养具备从事制造企业电子类产品和电气与控制设备的安装、调试、维修的专业技能,并具有一定的电子产品开发与制作能力和初步的生产作业管理能力的高素质技能型人才为目标。毕业生可从事制造类企业电类产品生产一线的操作,低压电气设备的保养和维修,电子整机产品的装配、调试、维修等工作;也可从事电类产品生产一线的相关检验、管理等工作;经过企业的再培养,还可从事电类产品的工艺设计及营销、售后服务等工作。

第二,以任务引领、项目驱动为课程开发策略。把曾经系统、繁琐、难以理解的电子技术学科理论知识通过一个个实践项目分解开来,使学生易于了解与掌握。教材的每个任务单元包含着完整的完成任务的操作过程,使学生可以一步步完成任务。每次任务完成,均给学生适当评分结果。通过完成典型产品或服务,使学生获得某工作任务所需要的综合职业能力;通过完成工作任务所获得的成果,以激发学生的成就感。

第三,打破传统的完整的知识体系结构,向工作过程系统化方向发展。采用让学生学会完成完整的工作过程的课程模式,紧紧围绕工作任务完成的需要来选择课程内容,不强调知识的系统性,而注重内容的实用性和针对性,知识够用即可,介绍的知识是该任务需要的知识。



相信这套教材一定能为电子技术应用专业及相关电类专业的学生学习理论知识与实践技能提供一个良好的平台,一定能为职业教育的相关教学改革做出积极贡献。

杨乐文

2008年8月

前 言

本书是根据教育部有关中等职业学校教学改革的有关规定,为体现职业教育特色,培养应用型人才,促进职业技术教育专业教材建设而编写的。编写前,我们听取了企事业单位、工厂、学校的意见,合理选择编写内容,并适当反映新技术。

本书采用项目式教学模式,使理论的讲解与技能的培养结合得更加合理,更符合学生认知规律,突出职业教育特色,遵循“知识面广、够用为度,重在应用技能”的人才培养理念,将原来理论课与技能训练分别开设的教学内容及教学模式,逐步调整为专业理论与技能训练有机结合的教学内容和教学模式。叙述上力求深入浅出,通俗易懂,教学内容以文字、数据、图、表格相结合的方式展示给学生,避免了长篇的枯燥理论讲解和学生学习无从下手的尴尬状况。另外,本书贯彻国家关于职业资格证书与学业证书并重的政策精神,力求使教材内容涵盖有关国家职业标准(中级)的知识,在“思考与练习”部分收录了大量国家职业技能鉴定的习题,为保证毕业生达到中级技能人才的培养目标提供方便。在本书编写过程中尽可能多地充实新知识、新技术、新工艺,力求增强技术知识的领先性和实用性。

本书可作为中等职业学校电类专业教材,也可供有关专业技术人员参考使用。

学习本书建议采用 160 课时,学时分配方案可参考下表。

学时分配参考表

序号	理论课时	实践课时	序号	理论课时	实践课时
项目一	24	24	项目五	12	12
项目二	12	12	项目六		9
项目三	8	8	项目七		7
项目四	16	16	附录一、附录二部分插入各项目中讲解		

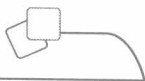
我们组织了长期工作在教学一线的专家和有丰富教学经验的教师编写了本书,由陶健任主编,张伟国、王春亚、段东垒任副主编。其中,项目一由王春亚编写,项目二、三由张伟国编写,项目四、五由陶健编写,实验部分由段东垒编写,全书由陶健统稿,由马元林、李金萍组织策划,范喜初、王春锋主审。

本书在编写过程中得到了学校领导、专家的指导和张建昀、苏立平等老师的帮助,在此谨向他们表示衷心的感谢。

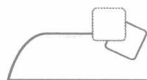
由于我们的水平有限,书中难免存在错误和不足,诚请从事职业教育的专家、老师和广大读者批评指正。

目 录

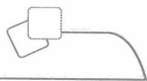
项目一 电路的基本知识和基本定律	1
任务一 电路及电路图	3
知识 1 电路和电路组成	3
知识 2 电路图	4
知识 3 电路的工作状态	4
任务二 电流	5
知识 1 电流的形成	5
知识 2 电流的方向	5
知识 3 电流的大小	6
知识拓展 电流表的使用	7
知识 4 电流密度	7
任务三 电压、电位与电动势	8
知识 1 电压	8
知识拓展 电压表的使用	9
知识 2 电位	9
知识 3 电动势	10
知识 4 电压与电位的关系	10
知识 5 电动势与端电压的关系	12
任务四 电阻和电导	12
知识 1 电阻和电阻定律	12
知识 2 常用电阻器	13
知识 3 电导	16
任务五 欧姆定律	16
知识 1 部分电路欧姆定律	16
知识 2 电阻的伏安特性	18
知识 3 全电路欧姆定律	18
知识 4 电源与外特性	19
知识拓展 模拟式万用表	19
实训 电流、电压与电位的测量	21
任务六 电功与电功率	24
知识 1 电流热效应	24
知识 2 电功 (电能)	25
知识 3 电功率	25



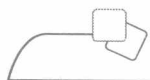
知识拓展 单相功率表	26
知识 4 功率平衡关系	27
知识 5 负载获得最大功率的条件	27
任务七 电阻连接	28
知识 1 电阻串联	29
知识 2 电阻并联	30
知识 3 电阻混联	32
任务八 电桥电路	33
知识 电桥电路的结构	33
知识拓展 电桥的使用	34
实训 电阻的精密测量	37
任务九 基尔霍夫定律	39
知识 1 几个基本概念	39
知识 2 基尔霍夫定律	39
知识 3 支路电流法	41
知识 4 戴维南定理	42
实训 基尔霍夫定律验证	43
项目知识点梳理	45
思考与练习	47
项目二 电感元件及电磁感应定律的验证	53
任务一 磁场	55
知识 1 磁场	55
知识 2 电流的磁场	55
知识 3 基本物理量	56
知识 4 磁场对载流导体的作用	58
知识 5 电磁感应	59
任务二 磁性材料的磁性能和磁路	61
知识 1 磁性材料的类型	61
知识 2 铁磁材料的性能	62
知识 3 磁路和磁路欧姆定律	63
任务三 电感元件	64
知识 1 常见的电感器	65
知识 2 电感线圈的标识与测量	66
知识 3 电感器的主要参数	66
任务四 电路中的铁芯线圈	66
知识 1 直流电路中的铁芯线圈	66
知识 2 交流电路中的铁芯线圈	67
实训 电磁感应现象	68



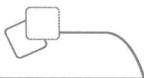
项目知识点梳理	70
思考与练习	71
项目三 电容元件的用途与检测	76
任务一 电容器	78
知识 1 电容器的型号和标志识别	78
知识 2 电容器的种类	81
任务二 电容器的串/并联	84
知识 1 电容器的串联	85
知识 2 电容器的并联	85
实训 电容器检测	86
项目知识点梳理	89
思考与练习	89
项目四 单相正弦交流电路的分析与测量	93
任务一 交流电的基本概念	95
知识 1 交流电的概念	95
知识 2 正弦交流电动势的产生	95
任务二 正弦交流电的基本物理量	97
知识 1 周期、频率、角频率	97
知识拓展 频率测量	99
知识 2 瞬时值、最大值、有效值、平均值	99
知识 3 相位、初相位、相位差	100
知识拓展 相位表简介	101
知识 4 正弦交流电的三要素	102
任务三 正弦交流电的相量图表示法	104
知识 1 如何用相量表示正弦量	104
知识 2 用相量进行正弦量的加减运算	105
任务四 纯电阻正弦交流电路	106
知识 1 电流与电压的关系	107
知识 2 电路的功率	107
任务五 纯电感正弦交流电路	108
知识 1 电流与电压的关系	109
知识 2 电抗	109
知识 3 电路的功率	110
任务六 纯电容正弦交流电路	111
知识 1 电流与电压的关系	111
知识 2 容抗	112
知识 3 电路的功率	112
任务七 RL 串联正弦交流电路	113



知识 1 电压与电流的关系	114
知识 2 阻抗	114
知识 3 电路中的功率	115
知识 4 功率因数	116
知识拓展 功率因数测量	116
任务八 电阻、电感串联再与电容并联的电路	117
知识 1 相量关系	118
知识 2 电路的三种性质	119
任务九 提高功率因数的意义和方法	120
任务十 符号法	122
知识 1 复数的概念	122
知识 2 正弦量的复数表示	122
知识 3 阻抗和定律的复数表示	123
知识 4 复数的计算	124
知识拓展 单相电能测量	126
实训 1 用示波器进行电量测量	127
实训 2 感性负载并联电容器使功率因数提高	129
项目知识点梳理	131
思考与练习	133
项目五 三相正弦交流电路的分析与测量	139
任务一 三相交流电动势的产生	141
知识 1 三相正弦交流电动势的产生	141
知识 2 三相交流电动势的表示方法	141
知识 3 相序	142
知识拓展 相序检测	142
任务二 三相电源绕组的连接	143
知识 1 星形连接	143
知识 2 三角形连接	145
任务三 三相负载的连接	145
知识 1 三相负载的星形连接	145
知识 2 三相负载的三角形连接	146
任务四 对称三相电路的分析与计算	147
知识 1 对称负载星形连接的分析与计算	147
知识 2 对称负载三角形连接的分析与计算	148
任务五 三相电路的功率	149
任务六 特殊不对称电路简介	150
知识 1 三相四线制星形连接不对称电路	150
知识 2 三相三线制星形连接不对称电路	151



知识 3 三相不对称负载的三角形连接	151
知识拓展：三相功率和电能的测量	151
实训 1 验证星形接法和三角形接法三相功率关系	155
实训 2 验证三相不对称电路电压关系	158
项目知识点梳理	160
思考与练习	161
项目六 电测实验	165
实验一 电流表、电压表的使用	166
实验二 万用表的使用（一）	167
实验三 万用表的使用（二）	168
实验四 直流单臂电桥和双臂电桥的使用	169
实验五 兆欧表的使用	170
实验六 用功率表测量电功率	172
实验七 功率因数的提高	173
实验八 单相电度表的接线	174
实验九 三相电度表的接线	175
项目七 电工实验	177
实验一 电位、电压的测定	178
实验二 欧姆定律验证	179
实验三 基尔霍夫定律的验证	180
实验四 戴维南定理的验证	181
实验五 互感及同名端实验	183
实验六 三相负载的星形连接	185
实验七 三相负载的三角形连接	186
附录一 常用电工仪表的原理	188
任务一 仪表原理结构	189
知识 1 磁电系测量机构	189
知识 2 电磁系测量机构	190
任务二 仪表误差	193
知识 1 仪表误差	193
知识 2 准确度	193
附录二 常用电工仪表的使用	194
任务一 电流表的使用	195
知识 1 电流表的接线	195
知识 2 电流表量程选择	195
知识 3 电流表机械调零	195
知识 4 电流表读数	195
任务二 电压表的使用	196

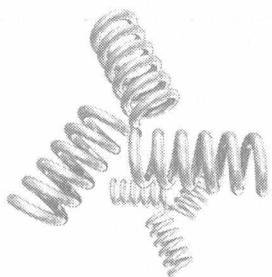


知识 1	电压表的接线	196
知识 2	电压表量程选择	196
知识 3	电压表机械调零	196
知识 4	电压表的读数	196
任务三	万用表的使用	197
知识 1	安装万用表的电池	198
知识 2	测棒的连接	198
知识 3	万用表测量电压、电流	198
知识 4	万用表量程选择	198
知识 5	万用表测量电阻注意事项	198
知识 6	万用表的读数	199
知识 7	万用表使用注意事项	199
任务四	直流稳压电源	200
知识 1	稳压电源简介	200
知识 2	电源操作步骤	200
任务五	直流电桥	200
知识 1	直流单臂电桥简介	201
知识 2	直流单臂电桥的使用	201
知识 3	直流双臂电桥简介	202
知识 4	直流双臂电桥的使用	202
任务六	示波器	203
知识 1	面板各控件	203
知识 2	测定前的检查	206
知识 3	电源电压设置	207
知识 4	观察一个波形	207
知识 5	观察两个波形	207
知识 6	测量	207
任务七	绝缘电阻测量仪	208
知识 1	兆欧表的选择	209
知识 2	兆欧表测量绝缘电阻前后要充分放电	209
知识 3	兆欧表检查	209
知识 4	兆欧表的接线	209
知识 5	测量读数	209
任务八	接地电阻测量仪	210
知识 1	接地电阻测量仪的接线	210
知识 2	测量接地电阻	210
参考文献		212

项目一

电路的基本知识和基本定律

在人们的日常生活中，特别是在现代化建设中，电能占有举足轻重的地位。它在工业、农业、国防、科技及人们的日常生活中都有非常广泛的应用。这主要是由于电能生产、输送、使用、控制都非常方便。电工与仪表测量是一门主要研究电路功能以及电磁现象的基本规律、分析方法及一些常用仪表使用方法的技术基础课，是学习电专业知识必备的理论基础。

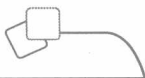


知识目标

- 掌握电路及其组成；
- 掌握电流、电压、电位、电动势、电阻、电功率、电能的基本知识、基本概念；
- 掌握欧姆定律、电阻定律、基尔霍夫定律的基本知识和基本内容，并能灵活运用；
- 了解电阻串、并联知识，并会分析具体电路。

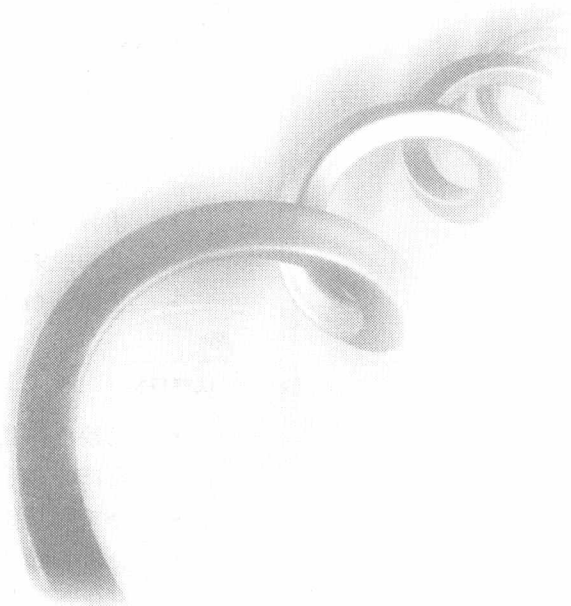
技能目标

- 能按电路图独立组装实际电路；
- 会正确使用电流表、电压表测电流、电压、电位；
- 会正确使用万用表测电流、电压、电阻；
- 会使用功率表测电功率；
- 会使用电桥测电阻。



任务教学方式

序号	内容	教学时数 (48)				重点难点
		理论	实作	练习	合计	
1	电路、电路图	2			2	电路组成、三种状态
2	电流	2			2	电流形成、大小方向
3	电压、电位、电动势	4		2	6	基本概念及相互关系
4	电阻与电导	4			4	电阻、电阻定律、电阻指标、电导
5	欧姆定律	2		2	4	欧姆定律
6	电流、电压、电位、电阻的测量		4		4	能正确使用电压表、电流表、万用表
7	电功与电功率	2			2	电功与电功率
8	电阻连接	4		2	6	串、并联特点、混联电路计算
9	直流电桥平衡	4			4	电桥结构、原理、使用
10	用电桥测电阻		4		4	电桥使用
11	基尔霍夫定律	4		2	6	基尔霍夫定律内容、应用
12	验证基尔霍夫定律		4		4	理解基尔霍夫两个定律



任务一 电路及电路图

任务目标



- 1) 掌握电路和电路的组成;
- 2) 了解电路图;
- 3) 能正确区分电路的三种工作状态。

读一读



知识 1 电路和电路组成

在人们日常生活中会经常用手电照明,它由一个灯泡通过导线开关和几节干电池连接起来,就组成一个最简单的直流电路,如图 1-1 所示。当开关闭合时灯泡就发光,电路中有电流通过;当开关断开时灯泡熄灭,电路中没有电流通过。通常把这种由电气设备和元件按照一定的连接方式构成的电流通路称为电路。也就是说,电路就是电流所流经的路径。

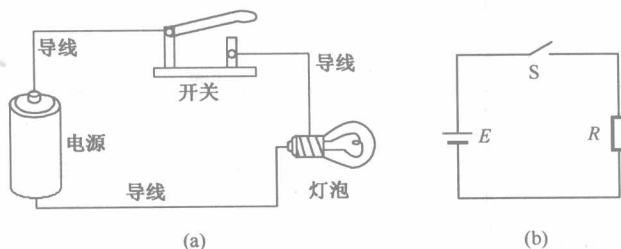


图 1-1 电路和电路组成

不论结构如何,只要是一个完整的实际电路,一般都是由电源、负载、导线和开关基本部分组成。

1. 电源

电源是将其他形式的能转变为电能的设备,如发电机、干电池、光电池等。发电机是将机械能转变为电能,干电池是将化学能转变为电能,光电池是将光能转变为电能。

2. 负载

负载是将电能转变为其他形式能的设备,如白炽灯、电烙铁、电动机等都是负载。白炽灯是将电能转变成光能、热能,电烙铁是将电能转变为热能,电动机是把电能转变为机械能。

3. 导线和开关

导线和开关是电源和负载之间必不可少的连接和控制部分。导线是连接电源、负载和其他设备的，是传输电能的，一般由铜或铝制成。开关是用来控制电路通断的元件。

另外，在电路中根据需要还配有一些辅助设备，如各种测量仪表、保护装置。

知识 2 电路图

要说明一个实际电路的结构原理，用图纸来表示往往非常方便，同样，电气工人可根据电路图来了解电路连接方法和电路中各元件的作用，以便进行安装、检修和调试。电路图一般可以分为原理接线图和装配图两种。原理接线图只表示线路接法，并不反映线路的几何尺寸和各零件的实际形状。装配图除了表示电路实际接法外，还要画出相关部分的装置和结构，图 1-1 (b) 就是图 1-1 (a) 所示的原理接线图。

电路图中常用的部分图形符号如表 1-1 所示。

表 1-1 部分电工图形符号 (摘自 GB4728)

图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称
—或----	直流		交流电动机		电压表
	交流		线圈		二极管
	交直流		铁芯线圈		接机壳或接底板
	开关		抽头线圈		接地
	电池		电阻器		端子
	直流发电机		电位器		连接导线 不连接导线
	交流发电机		电容器		熔断器
	直流电动机		电流表		灯

知识 3 电路的工作状态

1. 通路

通路是指电源与负载接通的电路，也称闭合电路，这时电路中有工作电流，如图 1-2 (a) 所示，必须注意，处于通路状态下的各种电气设备的电压、电流、功率等数