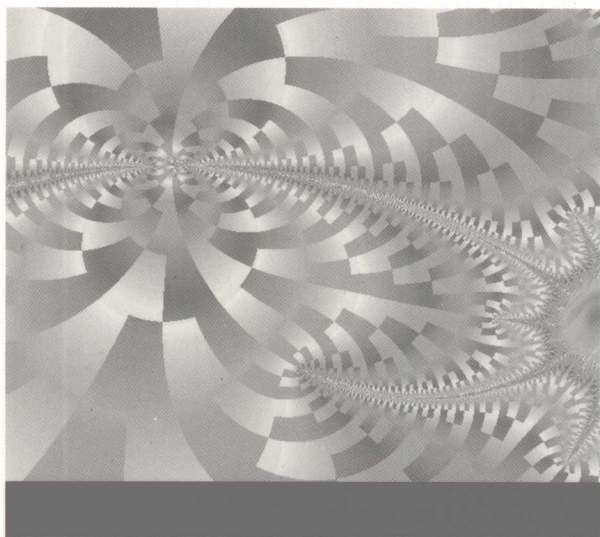


职业技能鉴定培训读本

中级工

电气设备安装工

江苏大学工业中心 组织编写
陈幼洪 朱建忠 编写



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·(中级工)

电气设备安装工

江苏大学工业中心 组织编写

陈幼洪 朱建忠 编写



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

电气设备安装工/陈幼洪, 朱建忠编写. —北京:

化学工业出版社, 2005.5

职业技能鉴定培训读本(中级工)

ISBN 7-5025-7077-2

I. 电… II. ①陈…②朱… III. 电气设备-设备
安装-职业技能鉴定-教材 IV. TM05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 050567 号

职业技能鉴定培训读本(中级工)

电气设备安装工

江苏大学工业中心 组织编写

陈幼洪 朱建忠 编写

责任编辑: 周国庆 李玉晖

文字编辑: 麻雪丽

责任校对: 陈 静

封面设计: 于 兵

*

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

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 9½ 字数 248 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7077-2

定 价: 21.00 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

序

在科技突飞猛进、知识日新月异的今天，国际经济和科技的竞争越来越围绕人才和知识的竞争展开。工程技术是科学技术和实际应用之间的桥梁。随着社会和科学技术的发展，工程技术的范围不断扩大，手段日益丰富更新，但其强烈的实践性始终未变。在工程技术人才中，具有丰富实践经验的技术工人是不可或缺的重要组成部分。近年来技术工人队伍的严重缺乏，已引起广泛重视。为此，教育部启动了“实施制造业和服务业技能型紧缺人才培养工程”。从2002年下半年起，国家劳动和社会保障部实施“国家高技能人才培养工程”，并建立了“国家高技能人才（机电项目）培养基地”。这是落实党中央、国务院提出“科教兴国”战略方针的重要举措，也是我国人力资源开发的一项战略措施。这对于全面提高劳动者素质，培育和发展劳动力市场，促进培育与就业结合，推行现代企业制度，深化国有企业改革，促进经济发展都具有重要意义。

《劳动法》第八章第六十九条规定：“国家确定职业分类，对规定的职业制定职业技能标准，实行职业资格证书制度，由经过政府批准的考核鉴定机构负责对劳动者实施职业技能考核鉴定”。《职业教育法》第一章第八条明确指出：“实施职业教育应当根据实际需要，同国家制定的职业分类和职业登记标准相适应，实行学历文凭、培训证书和职业资格证书制度”。职业资格证书是表明劳动者具有从事某一职业（或复合性职业）所必备的学识和技能的证明，是劳动者求职、任职、开业的资格凭证，是用人单位招聘、录用劳动者的主要依据，也是境外从业与就业、对外劳务合作人员办理技能水平公证的有效证件。

根据这一形势，江苏大学（原机械部所属江苏理工大学）工业中心受化学工业出版社的委托，根据2000年3月2日国家劳动和社会保障部部长令（第6号）发布的就业准入的相关职业（工种），组织编写了职业技能鉴定培训读本（中级工），包括《机械制图》、《机械制造基础》、《金属材料与热处理》、《车工》、《铸造工》、《电工》、《钣金复合工》、《金属切削工》、《热处理工》、《刨插工》、《钳工》、《模具工》、《锻造工》、《镗工》、《铣工》、《磨工》、《冷作钣金工》、《组合机床操作工》、《加工中心操作工》、《电气设备安装工》、《高低压电器装配工》、《电机装配工》、《变电设备安装工》、《仪表维修工》等24种，以满足培训市场的需要。

本套丛书由江苏大学工业中心戈晓岚、李金伴和陆一心等教授担任主编，组织有高级职称且业务水平较高，机械制造工程培训经验丰富，了解机械行业情况，熟悉工程培训规律的教师、实验室主任、工厂高级技术人员等参加编写。

本套丛书是针对中级技术工人和操作工编写的，在内容上注重实践性、启发性、科学性，做到基本概念清晰、重点突出、简明扼要，对基本理论部分以必须和够用为原则，注重能力的培养，并从当前机械行业技工队伍素质的实际出发，努力做到理论与实践并重，理论与实际相结合，深入浅出，通俗易懂，体现面向生产实际，突出职业性的精神。在强调应用、注重实际操作技能的同时，反映新技术、新工艺、新材料的应用和发展。

本套丛书将教材内容和学习指导有机融合，每章后都有帮助读者消化、巩固、深化学习内容和应用的学习指导和习题。同时注意与初级、高级技工要求之间的合理衔接，便于在职技术工人学习。书中基本术语、材料牌号、设备型号等采用了新标准。

本套丛书既可作为中级工的培训教材，也可作为技工学校、职业学校、大中专院校师生的实习教学参考书。

本套丛书在编写过程中，得到江苏大学工业中心和老科技协会的支持、指导和帮助，在此一并表示感谢。

由于水平所限，编写时间仓促，书中难免有缺点错误，恳请读者斧正。

丛书主编

2003 年 11 月

前 言

本书是为适应企业深化改革，提高职工队伍素质的需要，根据劳动和社会保障部颁布的《国家职业标准·电气设备安装工》，针对其中中级技术工人的相关技能和相关知识要求而编写的培训教材。

本书基本覆盖了电力企业和一般企业的电气设备安装所从事的主要工作，不仅适用于企业电气设备安装岗位的培训，也可作为电气专业相关工种和电气类中专、技校教材或参考资料。

本教材克服了一般教材偏深、偏难、偏多、偏重理论计算的倾向，力求结合我国生产实际，突出了通俗、实用、重实际的特点。重点介绍常用电工基本知识和相关知识，电气设备的基本原理、结构特点、安装工序、安装方法、安装工艺及规范要求。

本书前四章由朱建忠编写，后四章由陈幼洪编写。在编写过程中得到了有关单位的支持，在此表示感谢。

由于编者的教学水平和生产实际经验有限，缺点和错误在所难免，欢迎各位同行和专家在使用中提出宝贵意见。

编 者

2005 年 3 月



录

第一章 电工基础	1
第一节 直流电路	1
一、直流电路的基本概念	1
二、欧姆定律	4
三、电阻的串联和并联	5
四、电功与电功率	7
五、基尔霍夫定律	8
第二节 磁场与电磁感应	9
一、磁场的基本知识	9
二、电流与磁场	10
三、磁路与磁路定律	13
四、感应定律	15
第三节 单相交流电路	19
一、正弦交流电的基本概念	19
二、正弦交流电的表示法	23
三、单相交流电路	25
第四节 三相交流电路	30
一、三相交流电源	30
二、三相电源的连接	32
三、三相负载的连接	34
第二章 电子技术基础	38
第一节 电子元件	38
一、PN 结	38
二、二极管和稳压管	39
三、晶体三极管	41
四、晶闸管	44

第二节 放大电路	46
一、基本放大电路	46
二、反馈电路	51
三、集成运算放大器	52
第三节 直流稳压电源	55
一、二极管整流电路	55
二、晶闸管整流电路	61
三、直流稳压电源	65
第四节 数字电路	66
一、门电路	66
二、组合逻辑电路	68
三、双稳态触发器	69
四、时序逻辑电路	71
第三章 电工仪表与测量	72
第一节 电工仪表与测量的基本知识	72
一、常用电工仪表的分类、型号及标志	72
二、电工仪表的误差和准确度	74
三、电工指示仪表的结构	76
第二节 电流与电压的测量	78
一、磁电系仪表	79
二、电磁系仪表	81
三、钳形电流表	84
四、电流表与电压表的选择和使用	84
第三节 电阻的测量	86
一、电阻测量方法的分类	86
二、伏安法测电阻	86
三、模拟式万用表	87
四、直流电桥	90
五、兆欧表	93
六、接地电阻测量仪	95
第四节 电功率与电能的测量	96
一、电动系测量机构	96
二、电动系功率表	97

三、三相功率的测量	100
四、感应系电能表	102
五、三相电能的测量	104
第五节 其他电工仪表	106
一、电动系比率表	106
二、变送器式仪表	107
三、整步表	108
四、数字式万用表	111
五、数字式仪表	111
第四章 高电压技术与电工材料	114
第一节 高电压绝缘	114
一、气体的绝缘强度	114
二、液体和固体介质的电气性能	120
三、高压电气设备绝缘	125
第二节 绝缘预防性试验	129
一、绝缘电阻和吸收比试验	129
二、泄漏电流试验	131
三、介质损失角正切值 $\tan \delta$ 试验	133
四、耐压试验	135
第三节 过电压及其防护	137
一、大气过电压	137
二、防雷设备	143
三、电力系统的防雷保护	145
四、内部过电压	148
第四节 电工材料	149
一、绝缘材料	150
二、导电材料	154
三、磁性材料	157
四、其他电工材料	161
第五章 低压电气设备安装	163
第一节 照明线路安装	163
一、护套线安装	163
二、钢管布线	163

三、灯具安装	164
四、照明供电	165
第二节 低压电器的安装	165
一、刀开关、接触器和热继电器的安装	165
二、磁力起动器的安装	171
三、自动空气开关的安装	171
第三节 电动机	174
一、直流电机的工作原理和结构	175
二、交流异步电机的工作原理和结构	177
三、单相异步电动机	181
第四节 电动机的安装	183
一、交流电机的安装	183
二、交流电机的运行	185
第六章 高压电气设备安装	187
第一节 变压器的原理和结构	187
一、变压器的工作原理和铭牌	187
二、变压器的基本结构	188
三、三相变压器	191
第二节 变压器的安装	194
一、变压器的运输和保管	194
二、变压器的安装	196
三、变压器油的处理	198
四、变压器吊芯检查	201
五、变压器的干燥	202
第三节 高压开关	205
一、高压断路器的基本参数	205
二、高压断路器的基本结构	206
三、少油断路器	207
四、SF ₆ 断路器	210
五、真空断路器	212
六、断路器的操作机构	214
七、隔离开关	215
第四节 互感器	216

一、互感器的作用	216
二、电流互感器	217
三、电压互感器	219
第五节 高压开关安装	223
一、断路器安装前的准备工作	223
二、隔离开关的安装准备和试验标准	224
第六节 互感器的安装	226
一、干式互感器	227
二、油浸式互感器	227
三、互感器的试验	228
第七章 高压线路安装	231
第一节 电力系统简介	231
一、发电厂和变电所的类型	231
二、发电厂主要电气设备	233
三、电气设备的额定电压和额定电流	233
第二节 电力系统中性点的运行方式	234
一、中性点不接地的三相系统	234
二、中性点经消弧线圈接地的三相系统	237
三、中性点直接接地的三相系统	238
第三节 电气接线	239
一、电气主接线	239
二、厂用电	244
三、厂用电接线	246
第四节 母线的安装	247
一、母线的分类和结构特点	247
二、硬母线安装	248
三、软母线的安装	253
第五节 电力电缆安装	255
一、电力电缆的分类和结构	255
二、电力电缆的组成及型号	259
三、电力电缆的敷设	261
四、35kV 及其以下电压等级电缆终端电缆头的制作	263
第八章 电工基本工艺	269

第一节 安全用电常识	269
一、电对人体的伤害	269
二、触电的原因、形式及其预防	270
三、安全用具	272
第二节 常用电工工具	274
一、手动工具	274
二、电动工具	275
第三节 三相异步电动机控制电路	275
一、异步电动机控制线路的安装	275
二、控制线路的接线方式	276
第四节 交流异步电动机绕组接线错误的检查	279
一、极相绕组接错的检查方法	279
二、绕组始末端接错的检查	280
附录 电气技术文字符号表	283
参考文献	285

第一章 电工基础

第一节 直流电路

一、直流电路的基本概念

1. 电路

电路就是电流通过的路径，可以用电路图来表示。一般电路由电源、负载、开关和连接导线四个基本部分组成，对电源来讲，负载、连接导线和开关称为外电路，电源内部的一段电路称为内电路。

电路通常有三种状态：电路构成闭合回路，有电流流过为通路；电路断开，电路中无电流通过为开路，又称断路；电源未经负载而直接由导体构成闭合回路为短路。

2. 电流、电流密度

电荷有规则地定向运动形成电流。电流的强弱用电流强度来表示。在一条无分支的电路路上，不论各段导体横截面的大小如何，电流总是处处相等的。

电流强度是用单位时间内通过导体横截面的电荷量来度量的，即

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

式中 I ——电流强度，安培 (A)；

Q ——电荷量，库仑 (C)；

t ——时间，秒 (s)。

电流的常用单位还有千安 (kA)、毫安 (mA) 和微安 (μA)。电流不但有大小, 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, 电流方向与电子的运动方向相反。

在实际工作中, 有时要选择导线的粗细, 这将涉及电流密度的概念。电流密度是指当电流在导体的截面上均匀分布时, 该电流与导体的横截面积的比值。选择合适的横截面积可使电流密度处在允许的范围, 以保证用电量和用电安全。

在生产和生活中, 常把电流分成两大类: 直流电与交流电。凡方向不随时间变化的电流都称直流电流, 而大小和方向均不随时间变化的电流称稳恒直流电流; 电流的大小和方向均随时间变化的电流称交流或交变电流。

3. 电压、电位及电动势

在电场力的作用下电荷将定向移动, 电场力就会对电荷做功, 电压就是用来衡量电场力做功能力的物理量, 电场力把正电荷从 A 端移到 B 端所做的功与被移动的电荷量的比值称为 A、B 两端间的电压, 用 U_{AB} 表示。

电路中某点与参考点间的电压称为该点电位, 通常参考点电位规定为零电位, 一般选大地为参考点。电路上某两端间的电压, 就是这两端点的电位差。电位用 V 表示。

为了维持电路中的电流, 就必须用电源来保证电路两端的电压。电源内部的一作用力把正电荷从 B 端 (负极) 移到 A 端 (正极) 所做的功与被移动的电荷量的比值, 称为 B、A 两端间的电动势, 用 E 表示。

电压、电位和电动势的基本单位都是伏特, 简称伏 (V)。常用的电压单位还有千伏 (kV), 毫伏 (mV)。电压的方向规定为由高电位端指向低电位端。电位无方向, 在电动势的方向上电位是逐点升高的; 在电压的方向上电位是逐点降低的。电动势的方向规定为由低电位端指向高电位端。

在金属导体中实际上是自由电子移动而不是正电荷移动, 自由电子的移动和正电荷的移动方向相反。在外电路中电流的方向是由

正极指向负极，亦即由高电位点指向低电位点。在内电路中，电流的方向是由负极指向正极，亦即由低电位点指向高电位点。

4. 电阻、电阻率

导体对电流的阻碍作用称为电阻，导体的电阻值是与其长度成正比，与其横截面积成反比，并与导体材料的性质有关，即

$$R = \frac{\rho L}{S} \quad (1-2)$$

式中 R ——导体的电阻，欧姆 (Ω)；

ρ ——导体的电阻率， $\Omega \cdot \text{m}$ ；

L ——导体的长度， m ；

S ——导体的横截面积， m^2 。

电阻的倒数称为电导，它是衡量物体导电能力大小的物理量。导体的材料不同，其电阻率也不同，电阻率的倒数称为电导率。

导体的电阻除与材料的性质、尺寸有关外，还与温度有关。大多数的金属，其电阻随着温度升高而增大。碳、电解液、绝缘体以及大多数的半导体的电阻随温度升高而下降，它们的电阻温度系数是负值。实验指出，温度在 $0 \sim 100^\circ\text{C}$ 范围内，金属导体的每欧电阻的变动量与温度的变动量近似地成为正比关系，即

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-3)$$

式中 α ——电阻的温度系数， $^\circ\text{C}^{-1}$ ；

R_1 ——温度为 t_1 时的电阻， Ω ；

R_2 ——温度为 t_2 时的电阻， Ω 。

表 1-1 为几种常用的导电材料的电阻率和电阻温度系数。

利用电阻随温度而变化的特性，可以制成电阻温度计，用来测量温度。

在一定的工作范围内，如果加在某一电阻两端的电压与电阻中通过的电流之间成比例为直线关系，这种电阻就称为线性电阻。例如康铜、锰铜电阻，碳膜电阻，金属膜电阻等。如果电阻两端的电压和电阻中的电流不是直线关系，则这种电阻就称为非线性电阻。例如白炽灯的钨丝电阻，半导体二极管的电阻等。

表 1-1 几种常用导电材料的电阻率和电阻温度系数

材料名称	电阻率 $\rho(20^{\circ}\text{C})$ / $\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$	电阻温度系数 α ($0 \sim 100^{\circ}\text{C}$)/ $^{\circ}\text{C}^{-1}$	用途
银	0.0165	0.0036	导线镀银
铜	0.0175	0.004	导线、主要的导电材料
铝	0.0283	0.004	导线
铂	0.106	0.00398	热电偶或电阻温度计
钨	0.055	0.005	白炽灯的灯丝, 电器的触头
康铜	0.44	0.000005	标准电阻
锰铜	0.42	0.000006	标准电阻
镍铬铁合金	1.12	0.00013	电炉丝
铝铬铁合金	1.3~1.4	0.00005	电炉丝
碳	10	-0.0005	电刷

有些金属或合金, 当它们处在接近于绝对零度 (-273°C) 时, 其阻值会突然大幅度地下降, 甚至变为零。例如, 汞在 -268.85°C 时, 铌钛合金在 -265°C 时均能表现出这种性质。具有上述性质的物体称为超导体。当材料处于超导状态, 由于电阻为零, 所以超导体不会有热损耗, 同时, 在超导体中一经激起电流之后, 即使取消外电场, 电流也能长时间地维持下去。目前, 利用低温超导材料制成的元件正在用于电子计算技术、原子能技术等方面。随着低温制冷技术的发展和新型超导材料的发现, 超导技术必将获得广泛的应用。

二、欧姆定律

1. 部分电路欧姆定律

在不包含电源的电路中, 流过导体的电流与该导体两端的电压成正比, 而与该导体的电阻值成反比, 即

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{或} \quad I = GU \quad (1-4)$$

式中 I ——电流, A;

U ——电压, V;

R ——导体的电阻, Ω ;

G ——导体的电导, 西门子 (S)。