

1+X

职业技术·职业资格培训教材

维修电工

# 维修电工


WEIXIU DIANGONG

维修电工

人力资源和社会保障部教材办公室  
上海市职业培训研究发展中心 组织编写

维修电工

(技师 高级技师)上册

 中国劳动社会保障出版社

1+X

职业技术·职业资格培训教材

# 维修电工

WEIXIU DIANGONG

主 编 王照清

副 主 编 沈倪勇

编 者 柴敬鏞 张毓麟 仲葆文

主 审 袁如红

(技师 高级技师)上册



中国劳动社会保障出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

维修电工：技师、高级技师. 上册/王照清主编. —北京：中国劳动社会保障出版社，  
2008

职业技术·职业资格培训教材

ISBN 978-7-5045-7312-4

I. 维… II. 王… III. 电工-维修-技术培训-教材 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 171671 号

## 中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

\*

北京人卫印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 32.25 印张 663 千字

2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷

定价：53.00 元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64927085

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64954652

## 内 容 简 介

本教材由人力资源和社会保障部教材办公室、上海市职业培训研究发展中心依据上海 1+X 维修电工（国家职业资格二级—一级）职业技能鉴定细目组织编写。教材较好地体现了本职业当前最新的实用知识与操作技术，对于提高从业人员基本素质、掌握维修电工技师的核心知识与技能，均有直接的帮助和指导作用。

本教材分上、下两册，主要内容包括：电子技术、电力电子技术、可编程控制器应用技术、电气自动控制技术和综合应用案例五篇。本册为上册，主要内容包括：电子技术、电力电子技术和可编程控制器应用技术三篇。每篇分成若干个单元。教材突出应用性、实用性，理论和实际相结合，除了讲述必要的理论知识外，还重点讲述操作技能实例和综合应用案例分析。为此，将操作技能实例作为一个独立的单元列入到各篇中。理论知识部分每个单元后附思考题，操作实例部分每个单元后附技能测试题，教材最后附有两套技能考核模拟试卷，供读者检验学习效果使用。

教材由王照清担任主编、沈倪勇担任副主编。参加本教材编写的具体分工为：第一篇由上海电机学院柴敬镛编写，第二篇由上海理工大学沈倪勇编写，第三篇由上海工程技术大学张毓麟编写，第四篇由宝钢集团王照清编写，第五篇由上海电机学院仲葆文编写。全书由上海电气自动化设计研究所袁如红审定。

本教材可作为维修电工（国家职业资格二级）职业培训与鉴定考核教材，也可作为维修电工（国家职业资格一级）职业技能培训与鉴定考核参考用书。中高等职业院校相关专业师生也可以参考使用。

# 前 言

职业资格证书制度的推行，对广大劳动者系统地学习相关职业的知识和技能，提高就业能力、工作能力和职业转换能力有着重要的作用和意义，也为企业合理用工以及劳动者自主择业提供了依据。

随着我国科技进步、产业结构调整以及市场经济的不断发展，特别是加入世界贸易组织以后，各种新兴职业不断涌现，传统职业的知识和技术也越来越多地融入当代新知识、新技术、新工艺的内容。为适应新形势的发展，优化劳动力素质，上海市劳动和社会保障局在提升职业标准、完善技能鉴定方面做了积极的探索和尝试，推出了1+X的鉴定考核细目和题库。1+X中的1代表国家职业标准和鉴定题库；X是为适应上海市经济发展的需要，对职业标准和题库进行的提升，包括增加了职业标准未覆盖的职业，也包括对传统职业的知识技能要求的提高。

上海市职业标准的提升和1+X的鉴定模式，得到了国家人力资源和社会保障部领导的肯定。为配合上海市开展的1+X鉴定考核与培训的需要，人力资源和社会保障部教材办公室、上海市职业培训研究发展中心联合组织有关方面的专家、技术人员共同编写了职业技术·职业资格培训系列教材。

职业技术·职业资格培训教材严格按照1+X鉴定考核细目进行编写，教材内容充分反映了当前从事职业活动所需要的最新核心知识与技能，较好地体现了科学性、先进性与超前性。聘请编写1+X鉴定考核细目的专家以及相关行业的专家参与教材的编审工作，保证了教材与鉴定考核细目和题库的紧密衔接。

职业技术·职业资格培训教材突出了适应职业技能培训的特色，按等级、分模块单元的编写模式，使学员通过学习与培训，不仅能够有助于通过鉴定考核，而且能够有针对性地系统学习，真正掌握本职业的实用知识与操作技能，从而实现我会做什么，而不只是我懂什么。



本教材虽结合上海市对职业标准的提升而开发，适用于上海市职业培训和职业资格鉴定考核，同时，也可为全国其他省市开展新职业、新技术职业培训和鉴定考核提供借鉴或参考。

新教材的编写是一项探索性工作，由于时间紧迫，不足之处在所难免，欢迎各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

人力资源和社会保障部教材办公室  
上海市职业培训研究发展中心

# 绪 论

随着科学技术进步与发展,尤其是微电子与计算机控制技术的发展与应用,企业自动化水平显著提高,电气设备及自动控制系统越来越复杂。在电气设备及自动控制系统中采用了许多新技术、新设备、新材料、新工艺,如在各种自动控制系统中都广泛采用了可编程控制器(PLC)及通信网络技术,可编程控制器已成为当今社会中不可缺少的自动控制装置。与此同时,电气自动控制技术发展迅速,模拟电子控制已逐步被数字电子控制所取代,传统的模拟式直流调速系统已逐步被带微处理器的全数字直流调速系统所取代。同时,随着电力电子技术发展,尤其是全控型电力电子器件及脉宽调制(PWM)技术与应用,交流调速系统已逐步取代直流调速系统,带微处理器的全数字交流变频调速系统已经得到广泛应用,而且还在日新月异地发展。对于承担电气设备及自动控制系统的安装、调试与维修任务的维修电工来说,随着企业自动化水平提高,电气设备及自动控制系统复杂程度增加,所需要掌握与了解的知识及技能要求也越来越高,在实际工作中主要牵涉到电子技术、电力电子技术、电气自动控制技术和可编程控制器应用技术等相关的专业知识和技能及其综合应用能力。

本教材从维修电工技师的职业标准与要求出发,根据维修电工技师实际工作中所需要的专业知识和技能实际要求,将全书(上、下册)分为“电子技术”“电力电子技术”“可编程控制器应用技术”“电气自动控制技术”及“综合应用案例”等五篇。本教材在内容上尤其注意突出教材的实用性、实效性,理论与生产实践紧密结合,在前四篇专业技术内容中除了理论知识方面力求实用性,对所必需的理论知识进行重点讲述分析外,还特地设置了技能操作实例内容,其目的是使学员在学习掌握理论知识的基础上,通过技能操作实例的训练,进一步提高专业技能。在第五篇“综合应用案例”中通过对几个较有代表性的应用案例的分析,其目的是使学员在学习掌握前四篇专业技术知识和技能基础上进一步提高综合应用分析能力和实际操作技能。

下面对本教材五篇主要内容做一概括性介绍:

## 第一篇 电子技术

电子技术在当今的信息时代已得到了迅猛的发展,知识更新的速度很快,内容十分丰富。本篇主要对集成运算放大器及其应用、组合逻辑电路、触发器与时序逻辑电路、脉冲电路、数/模(D/A)与模/数(A/D)转换技术等工作原理及典型电路进行讲解与分析,

与此同时对集成运算放大器、数字电路等技能操作实例进行讲解与分析。考虑到有限的篇幅，故本篇在简要阐述理论知识的同时，各个单元都着重介绍了各种集成电路芯片的性能及应用，以帮助学员在阅读具体的电子电路、查阅集成电路手册时带来一定的方便。由于互补金属—氧化物—半导体（CMOS）电路的优越性得到了广泛的公认，数字电路的芯片主要介绍了 CMOS 电路的 4000 系列。考虑到近年来数字电路已大量使用了可编程逻辑器件 PLD，故本篇对 PLD 及相关的硬件描述语言 Verilog HDL、开发软件 MAX+Plus II 的基本知识也作了简要的介绍，为学员今后涉及这一新技术时，提供了入门基础。

## 第二篇 电力电子技术

电力电子技术是一门利用电力电子器件对所供给的电能，进行变换与控制，以获得所希望输出波形的技术，它是电力、电子、控制 3 大电气工程技术领域之间的交叉学科，是一门多学科相互渗透的综合性学科。该学科的内容主要包括电力电子器件、能量变换主电路和控制系统 3 个方面。本篇主要对电力电子器件、相控整流电路、逆变电路、直流斩波电路、交流电力控制电路及交—交变频电路等电路的工作原理及应用进行了讲解与分析。与此同时，对晶闸管可控整流装置及降压型直流斩波电路等技能操作实例进行讲解与分析。本篇的目的是着重研究各种电能变换电路的基本工作原理、电路结构、电气性能、波形分析方法等，并培养学员的实际调试及维修能力。

## 第三篇 可编程控制器应用技术

随着生产设备与过程自动化水平提高，在各种自动控制系统中都广泛采用了可编程控制器及通信网络技术，可编程控制器已成为当今社会中不可缺少的自动控制装置。本篇首先对 PLC 的基本指令、步进指令及顺序控制的各种编程方法做了讲述，其目的首先是使学员开阔顺序控制的编程思路；其次是讲述 FX<sub>2N</sub> 的 PLC 常用功能指令的类型，表达形式及使用要素，着重于常用功能指令对数据处理的编程方法；再次讲述模拟量输入/输出模块的主要基本功能，主要技术指标和应用实例，并介绍了对特殊功能模块的使用方法，拓宽了对 PLC 的应用范围。最后讲述工业控制系统中使用日益广泛的设备之一——人机界面的功能、组态方法和应用实例。在本篇内容中突出实用性和可操作性，通过应用实例与技能操作实例对可编程控制器应用设计方法进行讲解与分析。

## 第四篇 电气自动控制技术

随着科学技术发展尤其是微电子技术、电力电子技术及计算机控制技术发展，电气自动控制技术发展迅速，知识更新的速度很快，内容十分丰富。电气自动控制系统种类很多，本篇内容主要讲解实际应用较广泛的直流调速系统和交流调速系统，其中电气自动控制技术基础单元内容为更好学习直流调速系统和交流调速系统打下了基础。直流调速系统主要讲解单闭环、双闭环及可逆调速系统，其中，也对全数字直流调速装置进行简单的介



绍,为学员今后涉及这一新技术应用打下基础。在交流调速系统中,简单讲解交流调压调速系统和串级调速系统,主要讲解交流变频调速系统,重点讲解通用变频器及其应用内容。本篇内容在讲述理论知识基础上,专门设立电气自动控制技术技能操作实例单元,对直流可逆调速系统、通用变频器组成交流变频调速系统应用技能进行讲解,为学员更快、更好地学好电气自动控制技术、进入实际应用打下良好基础。

## 第五篇 综合应用案例

在本篇中,通过对设计带有校时功能的数字时钟、同步电动机晶闸管励磁装置、转速、电流双闭环直流调速系统及变频水泵恒压供水装置等较有代表性的应用案例的分析,使学员进一步深入了解在实际应用系统中对电子技术、电力电子技术、可编程控制器、电气自动控制技术的综合应用方法和应用目的,熟悉典型电路和系统的结构、工作原理及安装调试的基本程序和方法。通过这些典型应用案例的学习,提高学员的读图和分析的能力、增强解决问题和实际动手的能力。

维修电工技术课程是一门专业理论知识较深、技能要求较高且与生产实践紧密结合、牵涉面广泛、综合应用能力较强的技术课程。由于维修电工技术课程实践性很强,因而在学习过程中要特别重视技能实训,进一步加深理论知识理解和应用,提高实际操作技能和系统分析、调试及故障分析处理的综合应用能力。同时在学习本课程时,要着重物理概念与基本分析方法,要强调理论联系生产实践,做到器件、电路、应用三方面结合,边学边实践,在学习理论知识基础上,要重视应用案例分析,提高读图与系统分析、调试及故障分析处理的综合应用能力。

# 目 录

## 第 1 篇 电子技术

### 第 1 单元 运算放大器及其应用

1.1 运算放大器 .....	4
1.2 运算放大器在信号运算方面的应用 .....	9
1.3 运算放大器在信号比较方面的应用 .....	15
1.4 运算放大器在波形产生方面的应用 .....	18
思考题 .....	26

### 第 2 单元 组合逻辑电路

2.1 集成逻辑门电路 .....	30
2.2 逻辑函数的化简 .....	37
2.3 常用集成组合逻辑电路 .....	42
思考题 .....	51

### 第 3 单元 触发器与时序逻辑电路

3.1 触发器 .....	54
3.2 寄存器 .....	63
3.3 计数器 .....	66
思考题 .....	88

**第4单元 脉冲电路**

- 4.1 555 定时器及其应用 ..... 91
- 4.2 用门电路组成的脉冲电路 ..... 95
- 4.3 集成单稳态触发器 ..... 97
- 思考题 ..... 98

**第5单元 D/A与A/D转换技术**

- 5.1 D/A 转换技术 ..... 102
- 5.2 A/D 转换技术 ..... 109
- 5.3 采样保持电路 ..... 116
- 思考题 ..... 118

**第6单元 可编程逻辑器件及其应用**

- 6.1 可编程逻辑器件 ..... 120
- 6.2 硬件描述语言 Verilog HDL 简介 ..... 129
- 6.3 开发软件 MAX+plus II 使用入门 ..... 138
- 6.4 设计举例 ..... 145
- 思考题 ..... 150

**第7单元 电子技术技能操作实例**

- 7.1 组合逻辑控制移位寄存器 ..... 152
- 7.2 电平检测电路控制扭环形计数器 ..... 155
- 7.3 二—十进制码减法计数器 ..... 158
- 技能测试题 ..... 160

## 第 2 篇 电力电子技术

### 第 8 单元 电力电子器件

- 8.1 电力二极管 ..... 171
- 8.2 晶闸管 ..... 173
- 8.3 门极可关断晶闸管 ..... 187
- 8.4 电力晶体管 ..... 190
- 8.5 电力场效应晶体管 ..... 193
- 8.6 绝缘栅双极型晶体管 ..... 198
- 8.7 全控型电力电子器件的驱动电路和缓冲电路 ..... 202
- 8.8 其他新型电力电子器件 ..... 208
- 思考题 ..... 215

### 第 9 单元 相控整流电路

- 9.1 概述 ..... 217
- 9.2 三相可控整流电路 ..... 219
- 9.3 整流器交流侧电抗对整流电路的影响 ..... 229
- 9.4 晶闸管的触发电路 ..... 231
- 9.5 触发电路与主电路的同步 ..... 246
- 9.6 整流电路的功率因数及其改善的方法 ..... 247
- 思考题 ..... 248

## 第 10 单元 逆变电路

- 10.1 有源逆变的工作原理 ..... 252
- 10.2 有源逆变的常用电路 ..... 255
- 10.3 有源逆变的应用 ..... 259
- 10.4 无源逆变的工作原理及基本电路 ..... 262
- 10.5 电压型和电流型逆变器 ..... 269
- 10.6 负载换流式逆变电路 ..... 272
- 10.7 脉宽调制型逆变电路 ..... 274
- 思考题 ..... 284

## 第 11 单元 直流斩波电路

- 11.1 降压斩波电路 ..... 287
- 11.2 升压斩波电路 ..... 289
- 11.3 升降压斩波电路 ..... 290
- 11.4 丘克斩波电路 ..... 291
- 11.5 Sepic 斩波电路和 Zeta 斩波电路 ..... 292
- 11.6 双象限斩波电路 ..... 293
- 11.7 四象限斩波电路 ..... 296
- 11.8 多相多重斩波电路 ..... 296
- 思考题 ..... 297

## 第 12 单元 交流电力控制电路及交—交变频电路

- 12.1 交流电力控制电路基本类型及其应用 ..... 300
- 12.2 交流调压电路 ..... 301
- 12.3 交流电力控制电路 ..... 307

12.4 交—交变频电路 .....	309
思考题 .....	315

### 第 13 单元 电力电子技术技能操作实例

13.1 电力电子技术实训台的主要挂箱单元 .....	317
13.2 三相全控桥式整流电路 .....	320
13.3 降压型直流斩波电路 .....	323
技能测试题 .....	325

## 第 3 篇 可编程控制器应用技术

### 第 14 单元 可编程控制器概述

14.1 可编程控制器的结构、特点及应用领域 .....	334
14.2 可编程控制器的工作原理及编程语言 .....	338
14.3 三菱可编程控制器 .....	342
14.4 可编程控制器应用系统的设计 .....	352
思考题 .....	356

### 第 15 单元 FX<sub>2N</sub>系列 PLC 的基本指令及其编程

15.1 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 的基本指令 .....	358
15.2 基本指令的编程 .....	368
思考题 .....	377

## 第 16 单元 顺序控制类的编程

- 16.1 顺序控制类程序的编程特点及方法 ..... 380
- 16.2 FX<sub>2N</sub>系列 PLC 步进指令 STL 的编程 ..... 388
- 16.3 FX<sub>2N</sub>系列 PLC 步进指令 STL 的应用实例 ..... 400
- 思考题 ..... 405

## 第 17 单元 FX<sub>2N</sub>系列 PLC 的功能指令

- 17.1 概述 ..... 410
- 17.2 功能指令的编程 ..... 416
- 17.3 功能指令的应用 ..... 436
- 思考题 ..... 438

## 第 18 单元 模拟量输入/输出模块

- 18.1 概述 ..... 443
- 18.2 模拟量输入模块及其应用 ..... 445
- 18.3 模拟量输出模块及其应用 ..... 455
- 思考题 ..... 462

## 第 19 单元 人机界面

- 19.1 概述 ..... 465
- 19.2 WEINVIEW MT500 人机界面及其应用 ..... 468
- 思考题 ..... 483

## 第 20 单元 可编程控制器应用技术技能操作实例

20.1 顺序控制步进指令应用实例 .....	485
20.2 功能指令应用实例 .....	489
20.3 模拟量输入/输出模块应用实例 .....	490
技能测试题 .....	493



# 1

## 第 1 篇

---

### 电子技术