

职业技术·职业资格培训教材

维修电工

WEIXIU DIANGONG

(三级)

人力资源和社会保障部教材办公室 组织编写

第2版 下册

职业技术·职业资格培训教材

维修电工

WEIXIU DIANGONG

(三级)

第2版 下册

编 柴敬镛 王照清

编 者 沈倪勇 仲葆文

主 审 唐顺华

图书在版编目(CIP)数据

维修电工：三级. 下册/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —2版. —北京：中国劳动社会保障出版社，2013

职业技术·职业资格培训教材

ISBN 978-7-5167-0400-4

I. ①维… II. ①人… III. ①电工-维修-技术培训-教材 IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 233142 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)

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 19.75印张 369千字

2013年10月第2版 2013年10月第1次印刷

定价：43.00元

读者服务部电话：(010) 64929211/64921644/84643933

发行部电话：(010) 64961894

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

如有印装差错，请与本社联系调换：(010) 80497374

我社将与版权执法机关配合，大力打击盗印、销售和使用盗版图书活动，敬请广大读者协助举报，经查实将给予举报者奖励。

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依据上海维修电工（三级）职业技能鉴定细目组织编写。教材从强化培养操作技能、掌握实用技术的角度出发，较好地体现了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、掌握高级维修电工的核心知识与技能有直接的帮助和指导作用。

本教材在编写中根据本职业的工作特点，以能力培养为根本出发点，采用模块化的编写方式。本教材分上、中、下三册，主要内容包括：电子技术基础、电力电子技术、电气自动控制技术和可编程序控制器应用技术4篇共26章。

下册内容为第4篇可编程序控制器应用技术，包括可编程序控制器及其应用、松下可编程序控制器简介、可编程序控制器操作技能实例。

本教材由柴敬镛、王照清任主编，由唐顺华主审。参加本教材编写的具体分工为：第1章至第8章由柴敬镛编写，第9章至第15章由沈倪勇编写，第16章至第21章和第23章中第1节、第2节由王照清编写，第22章、第23章中第3节、第24章至第26章由仲葆文编写。

本教材可作为维修电工职业技能培训与鉴定考核教材，也可供全国中、高等职业院校相关专业师生参考使用以及本职业从业人员培训使用。

改版说明

中国劳动社会保障出版社于2003年出版的《1+X 职业技术·职业资格培训教材——维修电工（高级）》使用至今已有10年。在这10年中得到了广大教师、同学和读者的充分肯定，也提了不少宝贵的意见。《1+X 职业技术·职业资格培训教材——维修电工（高级）》是根据当时《国家职业标准——维修电工》中三级部分要求和上海维修电工（三级）职业技能鉴定考核细目表编写的。

在这10年中，随着科学技术的进步与发展，尤其是微电子与计算机控制技术的发展与应用，自动化水平日益显著提高，电气设备及自动控制系统越来越先进，如交流变频调速系统和可编程序控制器已经得到了广泛应用，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，所需要掌握与了解的理论知识及技能要求也越来越高。国家职业标准——维修电工中三级部分要求和上海维修电工（三级）职业技能鉴定考核细目表也进行了相应修订。因此，有必要根据新的国家职业标准和职业技能鉴定考核细目表对《1+X 职业技术·职业资格培训教材——维修电工（高级）》进行修改和再版。

第2版教材继承了原第1版教材的特点，突出应用性、实用性、理论与实际相结合的原则，力求体现三级维修电工所必需的理论知识及操作技能和本职业当前最新的实用知识和操作技能。

第2版教材重点增加了交流变频调速系统和可编程序控制器等应用的相关知识和操作技能，同时增加了电子技术、电力电子技术、步进电动机及其驱动电路、软启动器、典型生产设备电气控制电路等相关知识和操作技能内容。

第2版教材除了讲述必要的理论知识外，还重点讲述了操作技能实例分析。理论知识部分每章后附有部分模拟测试题，教材最后附有理论知识考核模



拟试卷和操作技能考核模拟试卷，供读者检验学习效果时使用。

本教材可作为维修电工（三级）职业资格培训与鉴定考核教材，也可供维修电工学习先进的维修电工技术，或进行岗位培训与技术业务培训参考用书。本教材还对维修电工技师及高级技师层次的培训有很好的学习和使用价值，同时可作为中等、高等职业技术学院相关专业的教学用书。

目 录

第 4 篇 可编程序控制器应用技术

第 24 章 可编程序控制器及其应用

第 1 节 可编程序控制器概述	4
第 2 节 可编程序控制器的指令及编程	16
第 3 节 顺序控制程序的编制	37
第 4 节 常用功能指令及其应用	55
第 5 节 编程软件 FXGP - WIN 的应用方法	70
第 6 节 可编程序控制器的应用技术	82
测试题	102
测试题答案	118

第 25 章 松下可编程序控制器简介

第 1 节 松下 FP 系列 PLC 简介	122
第 2 节 FP0 的指令及其编程	136

第 26 章 可编程序控制器操作技能实例

第 1 节 位置类控制系统的编程	200
第 2 节 时序类控制系统的编程	226
第 3 节 位置和时序综合控制系统的应用	244

理论知识考核模拟试卷	263
理论知识考核模拟试卷答案	280
操作技能考核模拟试卷 (一)	281
操作技能考核模拟试卷 (二)	294

第 4 篇 可编程序控制器应用技术

24

第 24 章

可编程序控制器及其应用

第 1 节	可编程序控制器概述	/4
第 2 节	可编程序控制器的指令及编程	/16
第 3 节	顺序控制程序的编制	/37
第 4 节	常用功能指令及其应用	/55
第 5 节	编程软件 FXGP - WIN 的应用方法	/70
第 6 节	可编程序控制器的应用技术	/82

第1节 可编程序控制器概述

一、可编程序控制器的定义及特点

1. 可编程序控制器的产生和发展

在现代化生产过程中，许多自动控制设备、自动化生产线均需要配备电气控制装置。以往的电气控制装置主要采用继电器、接触器或电子元件来实现，由连接导线将这些元器件按照一定的工作程序组合在一起，以完成一定的控制功能，这种控制叫做接线程序控制。在这类控制装置中，指令元件有按钮、开关、时间继电器、压力继电器、温度继电器、过流过压继电器等，用于产生输入信号；电气控制装置的输出信号用于控制接触器、继电器、电磁阀等对象。这样的电气控制装置体积大，生产周期长，接线复杂，故障率高，可靠性差。若控制功能略加变动，就需重新组合、改变接线。

1968年，美国通用汽车公司（GM）为满足生产工艺不断更新的需要，提出一种设想：把计算机的功能完善、通用、灵活等优点和继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来，制成一种通用控制装置。这种通用控制装置把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化，采用面向控制过程、面向对象的语言编程，使不熟悉计算机的人也能方便地使用。美国数字设备公司（DEC）根据这一设想，于1969年研制成功了第一台可编程序控制器 PDP-14，并在汽车自动装配线上试用获得了成功。该设备用计算机作为核心设备。其控制功能是通过存储在计算机中的程序来实现的，这就是人们常说的存储程序控制。由于当时主要用于顺序控制，只能进行逻辑运算，故称为可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller，简称 PLC）。进入 20 世纪 80 年代，随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展，使得可编程序控制器逐步形成了具有特色的多种系列产品。其功能已经远远超出逻辑控制、顺序控制的应用范围，故称为可编程序控制器（Programmable Controller，简称 PC）。但由于 PC 容易和个人计算机（Personal Computer）混淆，所以人们还沿用 PLC 作为可编程序控制器的英文缩写名字。

国际电工委员会（IEC）在 1985 年的 PLC 标准草案第 3 稿中，对 PLC 作了如下定义：“可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字式、模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过

程。可编程序控制器及其有关设备，都应按易于使工业控制系统形成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。”从上述定义可以看出，PLC 是一种用程序来改变控制功能的工业控制计算机。

同计算机的发展类似，目前可编程序控制器正朝着两个方向发展。一是朝着小型、简易、价格低廉的方向发展，用于单机控制和规模比较小的自动化生产线控制。二是朝着大型、高速、多功能和多层分布式全自动网络化方向发展，以实现自动化工厂的全面控制要求。

2. PLC 的分类

可编程序控制器一般按控制规模的大小及结构特点进行分类。

(1) 按控制规模分类，可以分为大型机、中型机和小型机（见图 24—1）。

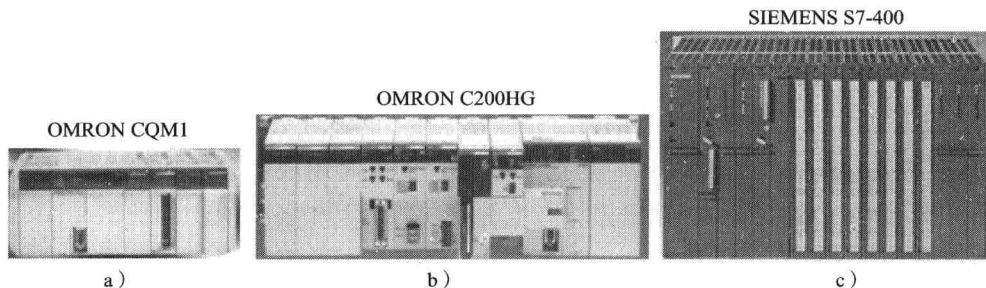


图 24—1 PLC 按控制规模分类

a) 小型机 b) 中型机 c) 大型机

1) 小型机。小型机的控制点一般在 256 点之内，适合单机控制或小型系统的控制。如日本 OMRON 公司的 CQM1，其输入输出的点数为 192 点；三菱公司的 FX_{2N}，其输入输出的点数为 256 点；德国 SIEMENS 公司的 S7-200，其输入输出的点数为 248 点。

2) 中型机。中型机的控制点一般不大于 2 048 点，可用于对设备进行直接控制，还可以对多个下一级的可编程序控制器进行监控，它适合中型或大型控制系统的控制。如日本 OMRON 公司的 C200HG，其数字量输入输出的点数为 1 184 点；德国 SIEMENS 的 S7-300，输入输出的点数为数字量 1 024 点，模拟量 128 路，并提供 MPI、PROFIBUS、工业以太网等网络功能。

3) 大型机。大型机的控制点一般大于 2 048 点，不仅能完成较复杂的算术运算还能进行复杂的矩阵运算。它不仅可用于对设备进行直接控制，还可以对多个下一级的可编程序控制器进行监控。如德国 SIEMENS 的 S7-400，I/O 点为 12 672 点；日本三菱公司的 Q2A，I/O 点为 4 096 点，提供以太网、MELSECNET/H、CCLINK 等网络功能。

(2) 按结构特点分类,可分为整体式和模块式。(见图 24—2)

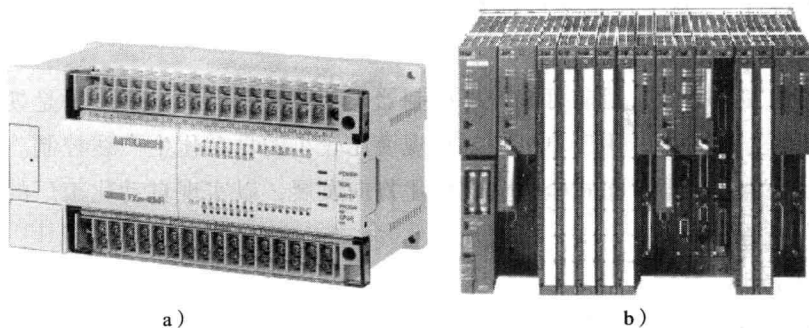


图 24—2 PLC 按结构特点分类

a) 整体式 b) 模块式

1) 整体式。整体式结构的 PLC 是把电源、CPU、存储器、I/O 系统都集中在一个单元内,该单元叫做基本单元。一个基本单元就是一台完整的 PLC。控制点数不符合需要时,可再接扩展单元。整体式结构的特点是非常紧凑、体积小、成本低、安装方便。

2) 模块式。模块式结构的 PLC 是把 PLC 系统的各个组成部分按功能分成若干个模块,如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块等。其中各模块功能比较单一,模块的种类却很丰富,除了一些基本的 I/O 模块外,还有一些特殊功能模块,像温度检测模块、位置检测模块、PID 控制模块、通信模块等。模块式结构的 PLC 特点是模块尺寸统一,安装整齐,I/O 点选型自由,安装调试、扩展、维修灵活方便。

二、可编程序控制器的硬件结构及其特点

1. 可编程序控制器的硬件结构

尽管 PLC 有许多品种和类型,但其硬件结构基本组成相同,主要由中央处理器 CPU、存储器、输入输出电路、电源等内部部件及编程器等外围设备组成,如图 24—3 所示。

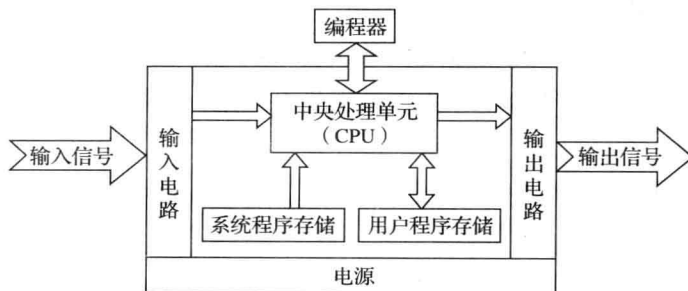


图 24—3 PLC 的硬件结构

(1) 中央处理单元 (CPU)。CPU 是系统的核心部件,是由大规模或超大规模的集成电路微处理器芯片构成,主要完成运算和控制任务,可以接收并存储从编程器输入的用户程序和数据。进入运行状态后,用扫描的方式接收输入装置的状态或数据,从内存中逐条读取用户程序,通过解释后按指令的规定产生控制信号。执行数据的存取、传送、比较和变换等处理过程。完成用户程序所设计的逻辑或算术运算任务,根据运算结果控制输出设备。PLC 中的中央处理单元多数使用 8 位到 32 位字长的单片机。

(2) 存储器单元。按照物理性能存储器可以分为两类:随机存储器和只读存储器。

随机存储器 (RAM) 由一系列寄存器阵列组成,每位寄存器可以代表一个二进制数,在刚开始工作时,它的状态是随机的,只有经过置“1”或清“0”的操作后,它的状态才确定。若关断电源,状态丢失。这种存储器可以进行读、写操作,主要用来存储输入输出状态,计数、计时以及系统组态参数。为防止断电后数据丢失,可采用后备电池进行数据保护。

只读存储器有两种。一种是不可擦除 ROM,这种存储器只能写入一次,不能改写。另一种是可擦除 EPROM 和 E^2 PROM,这种存储器经过擦除以后还可以重写。其中 EPROM 只能用紫外线擦除内部信息, E^2 PROM (EEPROM) 可以用电擦除内部信息。只读存储器主要用来存储程序。

(3) 电源单元。PLC 配有开关电源,电源的交流输入端一般都有滤波电路,交流输入电压范围一般都比较宽,抗干扰能力比较强。有些 PLC 还配有大容量电容作为数据后备电源,停电可以保持 50 h。

一般直流 5 V 电源供可编程序控制器内部使用,直流 24 V 电源供输入输出端和各种传感器使用。

(4) 输入输出单元。输入单元用于处理输入信号,对输入信号进行滤波、隔离、电平转换等,把输入信号的逻辑值安全可靠地传递到 PLC 内部。输入单元有直流输入模块、交流输入模块和交直流输入模块三种类型。

输出单元用于把用户程序的逻辑运算结果输出到 PLC 外部。输出单元具有隔离 PLC 内部电路和外部执行元件的作用,还具有功率放大的作用。输出单元有晶体管输出模块、晶闸管输出模块和继电器输出模块三种类型。

中央处理单元与输入输出设备的联系,是由输入单元和输出单元实现的。

(5) 外围设备。PLC 的外围设备主要有编程器、文本显示器、操作面板、人机界面、打印机等。其中编程器是 PLC 的重要外围设备,利用编程器可进行 PLC 程序编程、调试和监控,是应用 PLC 不可缺少的部分。编程器有简易编程器和智能编程器(专用图形编程器和计算机软件编程)两种。简易编程器功能较少,一般只能用指令语句表形式进行编

程，但价格便宜、体积小、重量轻、便于携带，适合小型 PLC 使用。但随着技术水平的提高，用计算机软件编程已越来越多。

2. PLC 的特点

(1) 可靠性高、抗干扰能力强。PLC 是专为工业环境下应用而设计制造的，在硬件和软件中采取了一系列抗干扰措施，如在硬件方面采用光电隔离和滤波等抗干扰措施和密封、防尘、抗震的外壳封装结构等，在软件方面设置故障检测与自诊断程序，状态信息保护功能等抗干扰措施，能适应各种恶劣的工作环境。一般 PLC 平均无故障时间可高达 3×10^5 h。

(2) 系统扩充方便、组合灵活；用户应用控制程序可变、柔性强。PLC 不仅具有逻辑运算、顺序控制、计时、计数等功能，而且还具有数值运算、数据处理和 A/D、D/A 等功能。因此，它既可以进行开关量控制，又可以进行模拟量控制，可以用于各种规模的工业控制场合。对于不同的控制要求，只要选用相应的模块和编制不同程序就可以实现。

(3) 编程简单、易学易用。可编程序控制器是从电气继电器控制系统基础上发展起来，其编程语言面向现场，面向用户，尤其是采用类似继电器控制系统的梯形图编程语言，编程简单，易学易懂，使用方便。

(4) 系统设计、调试时间短，安装简单，维修方便。可编程序控制器采用软件编程来代替继电器控制的硬连线，大大减轻了繁重的安装和接线工作，缩短了设计、施工、调试周期。PLC 还具有完善的自诊断功能，运行状态监控和显示功能，故障状态显示功能，便于调试与维护。

(5) 体积小、能耗低。可编程序控制器是专为工业控制设计的专用计算机，结构紧凑，体积小，能耗低，质量轻。由于体积小容易装入机械设备内部，是实现机电一体化的理想控制器。

三、可编程序控制器的编程语言及其表达方式

国际电工委员会（IEC）于 1994 年 5 月公布了可编程序控制器标准（IEC 1131），该标准由以下五部分组成：通用信息、设备与测试要求、可编程序控制器的编程语言、用户指南和通信。其中的第三部分（IEC 1131—3）就是可编程序控制器的编程语言标准。按照统一的标准设计 PLC 的编程语言，使用户在使用新的可编程序控制器时，可以减少重新培训的时间；而对于厂家则可以减少产品开发的时间，可以投入更多的精力去满足用户的特殊要求。因此，尽管不同厂家，甚至不同型号的 PLC 可以有不同的编程语言，但都是符合统一标准的，各种编程语言及编程工具大体都差不多。目前 PLC 常用的

编程语言有以下几种。

1. 梯形图 (LAD)

梯形图语言是一种以图形符号及图形符号在图中的相互关系来表示控制关系的编程语言,是从继电器电路图演变过来的。如图 24—4a 所示梯形图与图 24—4b 所示继电器控制电路图相比,不仅图形符号相似,而且图形符号之间的逻辑含义也是一样的,所以很容易被工厂中熟悉继电器控制的电气人员掌握。梯形图是使用最广泛的编程语言。

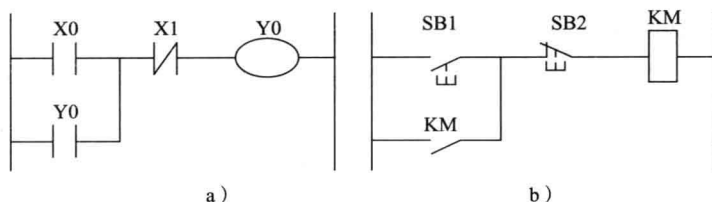


图 24—4 梯形图程序与控制电路图

a) 梯形图 b) 控制电路图

梯形图由触点、线圈和应用指令等组成。触点代表逻辑输入条件,例如外部的开关、按钮和内部元件的触点等。线圈代表逻辑输出结果,用来控制外部的指示灯、交流接触器和内部的输出标志位等。

在分析梯形图中的逻辑关系时,设定在梯形图左右两侧垂直母线之间有一个左正右负的假想电流,这个假想电流只能从左向右流动,层次改变只能先上后下,称为“能流”。利用能流这一概念,可以更好地理解和分析梯形图。

2. 指令语句表 (STL)

PLC 的指令是一种与微机的汇编语言中的指令相似的助记符表达式。指令是要求 PLC 执行某种操作的命令,一条指令一般由操作码和操作数两部分组成。操作码规定了指令的操作功能,用助记符(英文缩写符)表示,操作数是指参加操作的对象,一般是数据或数据所处的地址。将若干条指令按控制要求所组成的有序集合就构成程序,可称为指令语句表程序。指令语句表程序较难阅读,其中的逻辑关系很难一眼看出。所以在设计时一般使用梯形图语言。对于某些 PLC,如果使用手持式编程器,必须将梯形图转换成指令语句表后才能写入 PLC。在用户程序存储器中,指令按步序号顺序排列。如图 24—5 所示是与图 24—4a 所示梯形图对应的指令语句表程序。

LD	X000
OR	Y000
ANI	X001
OUT	Y000

3. 功能块图 (FBD)

功能块图是一种类似于数字逻辑门电路的编程语言,有数字电

图 24—5 指令语句表

路基础的人很容易掌握。该编程语言用类似与门、或门的方框来表示逻辑运算关系，方框的左侧为逻辑运算的输入变量，右侧为输出变量，输入、输出端的小圆圈表示“非”运算，方框被“导线”连接在一起，信号自左向右流动。如图 24—6 所示是对应于图 24—4a 所示梯形图的功能块图表示形式。

4. 顺序功能图 (SFC)

顺序功能图常用来编制顺序控制类程序，它包含步、动作、转换三个要素，顺序功能编程法是将一个复杂的顺序控制过程分解为一些小的工作步序，对每个工作步序的功能分别处理后再将它们依顺序连接组合成整体的控制程序。顺序功能图提供了一种组织程序的图形方法，体现了一种编程思路，在程序的编制中有很重要的意义。顺序功能图的形式如图 24—7 所示。

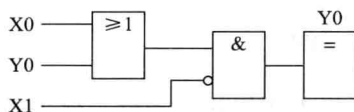


图 24—6 功能块图

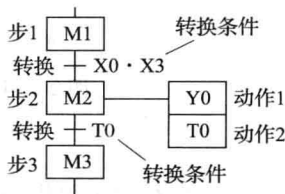


图 24—7 顺序功能图

以上几种编程语言的表达方式是由国际电工委员会在 IEC 1131—3 标准中推荐的。对于一款具体的 PLC，生产厂家可在这些表达方式中提供其中的几种供用户选择，也就是说，并不是所有的 PLC 都支持全部的编程语言。

四、可编程序控制器的工作原理

PLC 工作采用循环扫描的工作方式，其扫描过程示意图如图 24—8 所示。当 PLC 处于“停止 (STOP)”工作状态时，只进行内部处理和通信操作。当 PLC 处于“运行 (RUN)”工作状态时，顺序执行内部处理、通信操作、输入处理、程序执行和输出处理等工作。

PLC 运行时周期性地循环执行上述操作，一次循环称为一个扫描周期。PLC 的扫描工作过程主要是输入处理、程序执行和输出处理三个阶段，如图 24—9 所示。

1. 输入处理阶段

输入处理也称输入采样。CPU 顺序读入所有输入端子（不

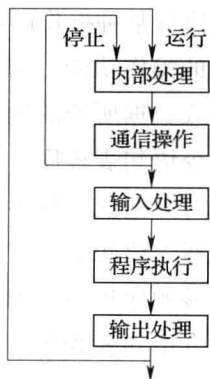


图 24—8 PLC 的工作方式