

高等职业技能操作与实训教材

# PLC应用及维修技术

张万忠 孙远强 马常霞 编著



Chemical Industry Press



化学工业出版社  
教材出版中心

高等职业技能操作与实训教材

# PLC 应用及维修技术

张万忠 孙远强 马常霞 编著



化学工业出版社  
教材出版中心

· 北京 ·

本书在介绍三菱 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 基本工作原理、基本指令的基础上,以涉及众多行业的丰富的实例,介绍了 PLC 的编程应用及维修技术。本书主要包括:PLC 在金属切削加工机床中的应用;PLC 在轻化工设备生产控制中的应用;PLC 在定位控制系统中的应用;PLC 在过程控制系统中的应用及 PLC 在远程监控系统中的应用等章节。本书还以 FX<sub>2N</sub>-48MR 机为例介绍了可编程控制器的硬件维修技术。

本书所选实例涉及面广、具有代表性,对实例的剖析内容具体,分析透彻,且着重介绍了将继电器接触器电路改造为梯形图程序的思路及方法。本书语言通俗易懂,工程氛围强,是通过实践学习可编程控制器应用开发的好助手。

本书可供高等及职业院校作为培训教材,可以作为大、中专院校电子、机电、自动化类专业学生实践教学的教材,也可供从事 PLC 开发及应用的工程技术人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 应用及维修技术/张万忠,孙远强,马常霞编著.

北京:化学工业出版社,2006.6

高等职业技能操作与实训教材

ISBN 7-5025-8910-4

I. P… II. ①张… ②孙… ③马… III. 可编程序  
控制器-高等学校:技术学院-教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 063519 号

---

高等职业技能操作与实训教材

PLC 应用及维修技术

张万忠 孙远强 马常霞 编著

责任编辑:张建茹 陈 丽

责任校对:陈 静

封面设计:潘 峰

\*

化学工业出版社 出版发行

教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷有限责任公司印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 11 1/4 字数 329 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8910-4

定 价:19.00 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

# 前 言

随着科学技术的发展,电气控制技术在各个领域得到越来越广泛的应用。可编程控制器(PLC)作为电气控制领域的一项新技术,经过30多年的发展,已经形成了完整的工业产品系列,从功能及技术指标等各个方面,都达到了成熟的工业控制计算机的软硬件水平,现已广泛地应用在包括逻辑运算、数值运算、数据传送、过程控制、位置控制、人机对话、网络通信等各种场合。PLC正在快速地改变着电气控制技术的面貌,正在成为电气控制领域人们改造自然、创造财富的有力工具。因而,越来越多的人希望掌握PLC技术,各类大、专院校、中等职业学校及各类培训学校都在相关专业开设了可编程控制器应用课程。

作为技术入门类读物,本书选择通用性强,国内市场占有量大,技术全面且具有较强代表性,编程思路符合东方人习惯的三菱FX<sub>2N</sub> PLC为介绍对象。为了贯彻从实践中学习,从应用中学习的教育思想,本书在择要介绍PLC应用的基础知识后,以知识的不断深入为主线,介绍了大量的工程应用实例。考虑职业技术类学生学习的需要,本书增加了可编程控制器系统及可编程控制器本身维修相关的内容。本书在编写上力争由浅入深,循序渐进,文字简练,剖析技术核心问题明了。所介绍的应用实例也都具有一定的代表性。

本书共十章,可分为三部分内容。第一~三章介绍PLC的由来、发展,主要技术指标,编程软元件的使用,基本指令及常见编程方法,第四~八章为应用实例。含PLC在金属加工机械、化工生产设备、步进控制机械、电梯及恒压供水及通信监控等各种领域的应用。第九章及第十章为PLC维修相关内容。本书内容广泛。实例具体,分析透彻,特别适合自学者阅读。

本书可作为大、专院校,中等职业培训类学校,电子、机电、

自动化等专业学生的教材或实践类教学参考书。

本书由张万忠、马常霞、孙远强编著。张万忠编写了第一、四、五、六、七章及附录部分，马常霞编写了第二、三、八章，孙远强编写了第九、十两章，全书由张万忠统稿。本书在编写过程中得到了武红军、周渊深、王民权等同志的大力协助，提出了许多宝贵的建议与意见。在此表示真挚的感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

**编 者**  
**2006 年 5 月**

# 目 录

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| <b>第一章 可编程控制器概述 .....</b>           | <b>1</b>   |
| 第一节 PLC 的发展及其在工业电气控制中的地位 .....      | 1          |
| 第二节 PLC——通用的工业控制计算机 .....           | 2          |
| 第三节 PLC 的分类、系列及性能指标 .....           | 9          |
| 第四节 世界知名 PLC 品牌 .....               | 15         |
| 习题与思考题 .....                        | 17         |
| <b>第二章 可编程控制器应用基础 .....</b>         | <b>19</b>  |
| 第一节 PLC 实现工业控制的基本原理 .....           | 19         |
| 第二节 PLC 应用程序的数据基础——编程软元件 .....      | 23         |
| 第三节 PLC 应用程序的表达基础——编程指令 .....       | 29         |
| 习题与思考题 .....                        | 52         |
| <b>第三章 PLC 控制系统的设计及开发 .....</b>     | <b>55</b>  |
| 第一节 PLC 控制系统规划设计的步骤及内容 .....        | 55         |
| 第二节 PLC 控制系统开发中硬件资源分配及接线 .....      | 56         |
| 第三节 PLC 常用编程方法及编程操作 .....           | 62         |
| 第四节 手持式简易编程器的使用 .....               | 71         |
| 第五节 PLC 的编程软件及使用 .....              | 86         |
| 习题与思考题 .....                        | 92         |
| <b>第四章 PLC 在金属切削机床控制中的应用 .....</b>  | <b>94</b>  |
| 第一节 C650 卧式车床的 PLC 控制 .....         | 94         |
| 第二节 Z3040 摇臂钻床的 PLC 控制 .....        | 100        |
| 第三节 T68 卧式镗床的 PLC 控制 .....          | 107        |
| 第四节 PLC 在液压传动组合机床控制中的应用 .....       | 115        |
| 习题与思考题 .....                        | 120        |
| <b>第五章 PLC 在轻化工设备生产控制中的应用 .....</b> | <b>124</b> |
| 第一节 某化学反应工艺过程的 PLC 控制 .....         | 124        |
| 第二节 PLC 在自动药片装瓶机控制中的应用 .....        | 128        |
| 第三节 PLC 在注塑机控制中的应用 .....            | 132        |

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| 第四节 PLC在阀门组多周期原料配比控制系统中的应用 .....               | 138 |
| 习题与思考题 .....                                   | 142 |
| 第六章 PLC在定位控制系统中的应用 .....                       | 147 |
| 第一节 PLC的脉冲输出及高速计数功能 .....                      | 147 |
| 第二节 PLC在引线装填机中的应用 .....                        | 160 |
| 第三节 PLC在电梯定位及平层控制中的应用 .....                    | 168 |
| 习题与思考题 .....                                   | 177 |
| 第七章 PLC在过程控制系统中的应用 .....                       | 178 |
| 第一节 PLC模拟量控制基础 .....                           | 179 |
| 第二节 PLC在恒压供水中的应用 .....                         | 187 |
| 第三节 PLC在恒温箱控制中的应用 .....                        | 196 |
| 习题与思考题 .....                                   | 204 |
| 第八章 PLC在远程监控系统中的应用 .....                       | 205 |
| 第一节 FX <sub>2N</sub> 系列PLC的通信模式 .....          | 205 |
| 第二节 多媒体教学用电视机时分管制系统 .....                      | 231 |
| 第三节 基于PLC网络的仓库温度测控系统 .....                     | 235 |
| 习题与思考题 .....                                   | 252 |
| 第九章 PLC控制系统的维护及维修 .....                        | 254 |
| 第一节 PLC控制系统的日常维护 .....                         | 254 |
| 第二节 PLC控制系统故障的检查与处理 .....                      | 256 |
| 第三节 PLC控制系统的故障自诊断技术 .....                      | 261 |
| 习题与思考题 .....                                   | 267 |
| 第十章 可编程控制器的维修 .....                            | 268 |
| 第一节 PLC硬件的封装及电路板功能分析 .....                     | 268 |
| 第二节 PLC故障的排查流程及维修处理 .....                      | 272 |
| 第三节 PLC维修实例 .....                              | 282 |
| 习题与思考题 .....                                   | 292 |
| 附录A 实验指导书 .....                                | 293 |
| 附录B FX <sub>2N</sub> 系列可编程控制器主要技术指标 .....      | 316 |
| 附录C FX <sub>2N</sub> 系列可编程控制器特殊元件编号及名称检索 ..... | 320 |
| 附录D FX <sub>2N</sub> 系列可编程控制器应用指令总表 .....      | 336 |
| 附录E ASCⅡ码表 .....                               | 353 |
| 参考文献 .....                                     | 354 |

# 第一章 可编程控制器概述

## 第一节 PLC 的发展及其在工业电气控制中的地位

可编程控制器，20 世纪后 30 年发展起来的新兴工业控制设备。由于最初主要用于逻辑控制领域中，英文名称为 Programmable Logic Controller，简称 PLC。

PLC 诞生之前，工业控制设备主要由继电接触器系统组成。这是一种基于低压电器，以线路连接表达事物间关系的传统控制技术（接线逻辑）。由于线路连接完成后不易改变，也由于接线不便表达较复杂的逻辑关系，人们曾多次尝试寻找更好的控制手段，但限于当时科学技术发展的水平，一直未能实现。

20 世纪 60~70 年代，欧美一些国家的工业市场出现了较强烈的小批量多品种产品的需求，生产商希望改变现有生产设备的功能以适应层出不穷新产品生产的需要，继电接触器系统不易改变功能的缺点便日益暴露出来，加上当时电子技术已有了快速的发展，计算机技术也初现端倪，人们开始寻找以存储逻辑代替接线逻辑的控制设备，这种设备就是后来的可编程控制器。

世界上公认的第一台 PLC 是 1969 年美国数字设备公司 (DEC) 研制的。限于当时的元件条件及计算机发展水平，早期的 PLC 主要由分立元件和中小规模集成电路组成，可以完成简单的逻辑控制及定时、计数功能。20 世纪 70 年代初出现了微处理器。人们很快将其引入可编程控制器，使 PLC 增加了数据运算、数据传送及处理等功能，成为真正具有计算机特征的工业控制装置。

20 世纪 70 年代中末期，可编程控制器进入了实用化阶段，计算机技术这时已全面引入到可编程控制器中，使其功能发生了根本的飞跃。更高的运算速度，超小型的体积，更强的抗工业干扰能力，模拟量运算、比例、积分、微分调节功能 (PID) 及其极高的

性价比奠定了它在现代工业中的地位。20 世纪 80 年代初,可编程控制器在先进工业国家中已获得了广泛的应用,例如,在世界第一台可编程控制器的诞生地美国,权威情报机构 1982 年的统计数字显示,大量应用可编程控制器的工业厂家占美国重点工业行业厂家总数的 82%,可编程控制器的应用数量已位于众多的工业自控设备之首。这个时期可编程控制器的特点是大规模、高速度、高性能、产品系列化。这标志着可编程控制器已步入成熟阶段。

这个阶段的另一个特点是世界上生产可编程控制器的国家日益增多,产量日益上升。许多可编程控制器的生产厂家已闻名于全世界。这其中有美国 Rockwell 自动化公司所属的 A-B (Allen-Bradley) 公司, GE-Fanuc 公司, 日本的三菱公司和立石公司, 德国的西门子 (Siemens) 公司, 法国的 TE (Telemecanique) 公司等。它们的产品已风靡全世界,成为各国工业控制领域中的著名品牌。

20 世纪末期,可编程控制器更加适应于现代工业控制的需要。从控制规模上来说,这个时期发展了大型机及超小型机;从控制能力上来说,诞生了各种各样的特殊功能单元,用于压力、温度、转速、位移等各式各样的控制场合;从产品的配套能力来说,生产了各种人机界面单元,通讯单元,使应用可编程控制器的工业自动控制系统的配套更加容易。

21 世纪初的几年,伴随着现场总线技术的不断进步,可编程控制器重点发展了网络通讯能力。可编程控制器在工业控制网络的各个层面上开始发挥重要的作用。这标志着可编程控制器已从单台设备的控制及小型生产线的控制发展为石油化工、冶金钢铁、机械制造、汽车、轻工业等领域的大型或集散控制系统中的基础及骨干的设备。

中国可编程控制器的引进、应用、研制、生产是伴随着改革开放开始的。最初是在引进设备中大量使用了可编程控制器。接下来在各种企业的生产设备及产品中不断扩大了 PLC 的应用。目前,我国自己已可以生产中小型可编程控制器。

## 第二节 PLC——通用的工业控制计算机

可编程控制器是以计算机为核心的智能型工业控制设备。图 1-1 为可编程控制器系统的基本构成图。从图中可以看出可编程

控制器由 CPU、存储器、输入输出接口等部分构成，这说明可编程控制器从硬件构成上来说实质上的计算机。从 PLC 的工作原理上来说，可编程控制器采用程序的串行扫描执行工作方式，与个人计算机（Personal Computer）的程序执行方式是相同的。与个人计算机不同的是，可编程控制器是为工业控制应用设计的计算机，这主要体现在以下几个方面。

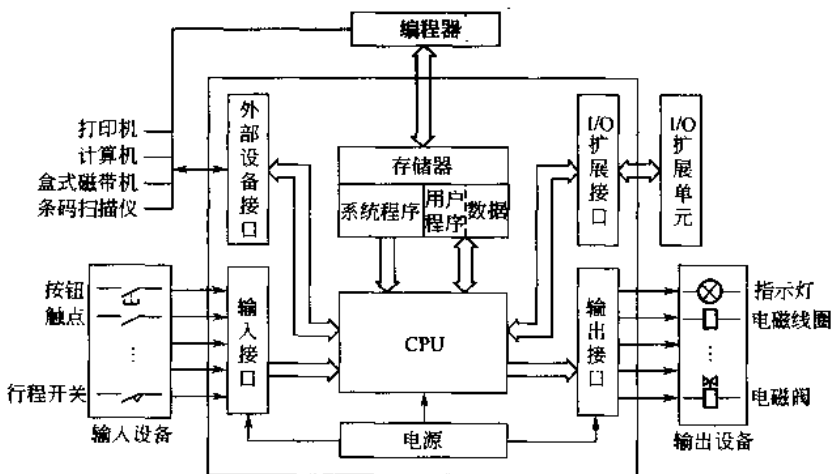


图 1-1 PLC 的硬件系统结构图

## 1. 优良的抗干扰性能设计

为了能够适应工业控制现场粉尘、噪声、温度等各种干扰的恶劣环境，与个人计算机比较，PLC 采取了许多抗干扰措施。比如，外部采用紧凑型整体式外壳，机箱内设置封闭式屏蔽层，输入输出接口采用光电耦合隔离措施等。图 1-2 为三菱 FX<sub>2N</sub> 可编程控制器的外观图，封闭式屏蔽层在机箱里层。图 1-3 为可编程控制器输入及输出端口电路示意图。从图 1-3 中可见无论是输入电路还是输出电路中都设置了内外信号的隔离装置。

## 2. 方便的工业控制接口

工业控制系统中总是需要有发布命令的主令设备及检测装置，如按钮、开关、限位装置及各种传感器等，即使是计算机控制系统



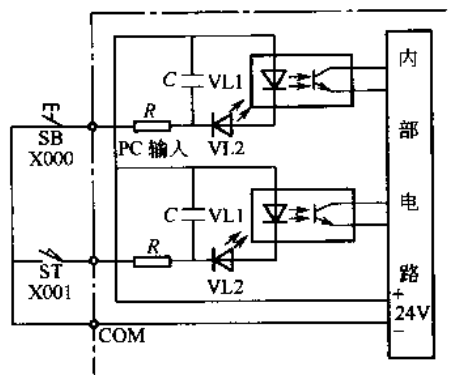
图 1-2 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 基本单元外观

也是如此。同时，弱电运行的控制装置总少不了配接执行器件，如接触器的线圈、电磁阀等。为了方便可编程控制器与这些器件连接，PLC 的输入输出采用了便于拆卸的螺丝钉接线方式，这有利于按钮、接触器线圈、电磁阀等二端口多电压种类器件的接入。图 1-2 中 PLC 机箱面板两侧即为螺丝钉排组成的输入输出接线部位。此外，PLC 还设有通讯接口及扩展总线接口方便与网络控制系统或 PLC 扩展设备相连接。

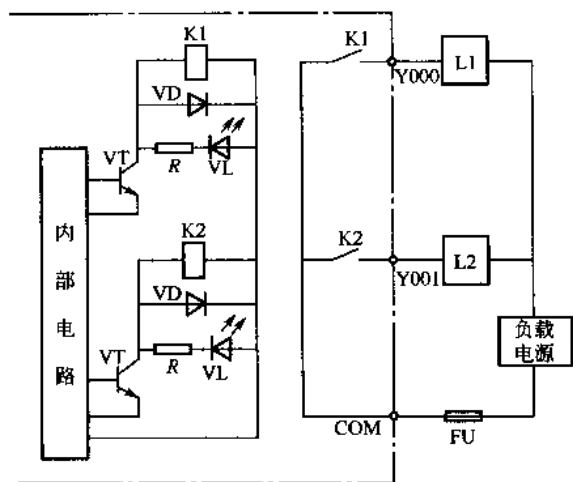
### 3. 与继电器技术的平稳过渡

早在 PLC 诞生之初，PLC 的原创者们就非常清楚他们设计的是一种代替继电器系统的智能型工业控制设备，设备的主要使用者是熟悉继电器系统的工程师及电气技工。因而，他们在可编程控制器的应用中援引了许多继电器系统的概念。

(1) 将可编程控制器的编程元件命名为“继电器” 组成继电器控制系统的典型器件是电磁式继电器。是一种由线圈、铁芯及触点组成的开关电器。图 1-4 为电磁式继电器的结构示意图。电磁式继电器的工作模式是线圈通电时触点动作，以改变电路的连接状态。触点分为常开触点及常闭触点。线圈通电时常开触点接通，常闭触点断开，线圈断电时常开触点则恢复断开，常闭触点则恢复接通。为了使熟悉继电器电路的使用者易于接受可编程控制器，PLC 的原创者们将 PLC 的编程元件也叫做继电器，取名为输入继电器、输出继电器、中间继电器、定时器等，且认为它们也有



(a) 直流输入电路



(b) 继电器输出电路

图 1-3 可编程控制器常见的输入及输出端口电路

线圈及常开、常闭触点。由于可编程控制器的编程元件实质上是计算机的存储单元，特将存储单元置 1 的状态作为其线圈得电的状态，其触点也有相应的动作。PLC 中定时器的工作过程也模仿传统时间继电器安排。认为在定时器的线圈得电时，计时开始，当计时时间与计时设定值相等时，触点动作。

由于 PLC 的存储单元并无实际的线圈及触点，因而被称为

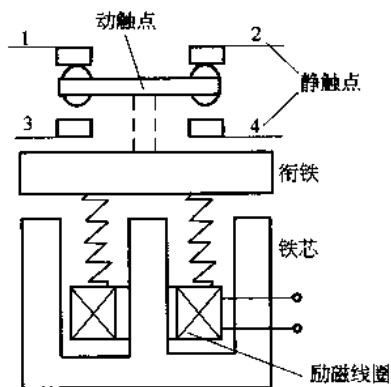


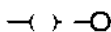
图 1-4 电磁式继电器的结构示意图

“软继电器”，或称“编程软元件”。

(2) 将梯形图作为可编程控制器的主要编程语言 将存储器的工作单元置 1、置 0 看作继电器线圈的通电、断电的安排还为 PLC 的编程中使用梯形图语言打下了基础。梯形图是一种与继电器接触器电路图类似的图形编程语言。图 1-5 是三相异步电动机正反转运行的继电器接触器电路图与可编程控制器梯形图对照的图纸。

从图中不难看出，图 (b) 与图 (d) 采用的图形符号是类似的，表 1-1 是图 1-5 中主要符号的对照说明。其二，这两种图表达控制思想的方式是一样的，都是用图形符号及符号间的连接关系表达控制系统中事物间的相互关系。其三，这两种图的结构形式是类似的，都是由一些并列的分支构成，分支的末尾都是作为输出的线圈，线圈的前边则是表示线圈工作条件的触点。其四，这两种图的分析方法是近似的：在继电器电路中，实物继电器是否工作以有无电流流到继电器的线圈判断，在梯形图中存储单元代表的继电器是否工作则看是否有“能流”（Power Flow）流到软继电器的线圈。在这里“能流”是一种假想的能量流，它具有与电流类似的功效。电流规定从电源的正极流出而流入电源的负极，能流规定从梯形图的左母线流向梯形图的右母线（与线圈相连的母线，常省略）。这

表 1-1 符号对照表

| 符 号 名 称 |        | 物理继电器                                                                               | PLC 继电器                                                                             |
|---------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 线 圈     |        |  |  |
| 触 点     | 常开(动合) |  |  |
|         | 常闭(动断) |  |  |

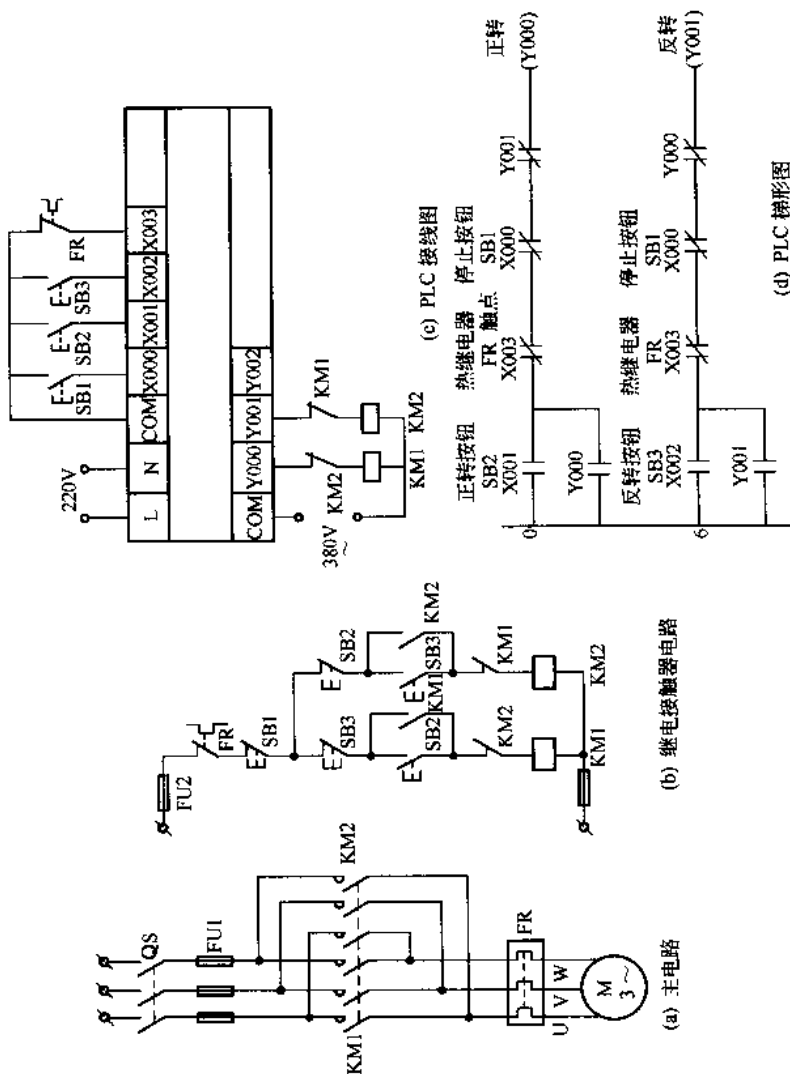


图 1-5 三相异步电动机正反转控制的继电器控制电路与可编程控制器梯形图对比

样一来，PLC 的编程与继电器电路图的设计成了类似的工作。本书的后续章节中也常将梯形图的分支称为“电路”。

可编程控制器的另一种常用编程语言是指令表语言。图 1-6 是一条指令表语句举例。多条这样的语句依一定顺序排列则构成了指令表语言。从图 1-6 中可以看出，可编程控制器的指令语句与计算机通常的编程语句在结构形式上是一致的。都是由助记符与操作数组成。其中助记符由几个容易记忆的字符（一般为英文缩写词）代表某种操作功能，比如用“MUL”表示“乘”，“ADD”表示“加”，“MOV”表示“传送”，“CMP”表示“比较”等。操作数则用编程元件（地址标号）表示，准确地说是操作数的地址，也就是存放操作数及运算结果的地方。指令的操作数有单个的，有多个的。也有指令没有操作数，没有操作数的称为无操作数指令，如“ANB”表示触点块的串联，“END”表示程序结束等，均为无操作数指令。

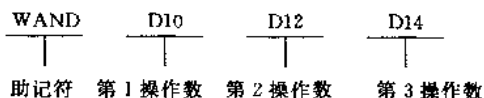


图 1-6 指令表语句的构成举例

指令表语言的另一个重要特点是指令表与梯形图有着严格的对应关系，也就是说，继电接触器电路的设计思想通过梯形图与指令表的连结，可以应用于计算机程序的编制中。这正是 PLC 作为工业控制计算机与继电接触器设备一脉相承的有力证明。

图 1-7 中给出了一段梯形图与指令表的对照关系。如图中步序为 0 的语句“LD”表示一个常开触点与母线相连，步序为 1 的语句“OR”表示一个常开触点和与母线相连的常开触点是并联关系，而语句步 2 的语句“AND”表示一个常开触点与前边的两个触点并联的触点块间是串联关系。从以上三条语句的含义中还可以看出，指令语句中一般包含了两层含义，其一是指出指令元件的类型，如是常开触点还是常闭触点，或是线圈等。其二是说明指令元件与前边梯形图符号间的关系，如是并联还是串联或与母线相连等。

可编程控制器的另一个重要特征是其工业控制中的通用性。相对个人计算机，PLC 是专用机，是工业控制环境中的专用机；



图 1-7 梯形图与其对应的指令表

但在工业控制领域，PLC 则为通用机。从广义上说，PLC 的应用不限规模，不限场合，不限控制对象。30 年来的历史证明，无论是单机控制、生产线集控或者在大型工业网络控制系统的中下层完成控制任务，可编程控制器无处不在，无所不能。PLC 功能模块的品种齐全，与主机接口的简易可靠，控制规模的轻松扩展，成就了可编程控制器在工业控制市场的全面占领。其实，工业控制计算机（IPC）是早在 PLC 诞生之前就存在着的实际设备，直到现在也一直应用着，发展着。只是 IPC 在 PC 的基础上改造的痕迹过重。与 PLC 一样，IPC 用于工业控制场合时，首要遇到的是抗干扰及接口两大问题，但在解决这个问题时，IPC 技术的工作者们，采用了专业技术含量较高的表达模式，这就限制了 IPC 的使用扩张，终于在“通用性”策略上落后于可编程控制器，使后来者独领风骚。

### 第三节 PLC 的分类、系列及性能指标

可编程控制器诞生虽然有 30 多年了，但至今没有世界统一的技术标准。各个国家的可编程控制器都是在相对封闭的环境下独自发展的，但由于技术基础的一致性，各个国家，各个公司的产品在原理、结构、模式等方面大都相似。

#### 一、可编程控制器的分类

##### 1. 按外观结构分类

为了满足不同的使用需求及配置习惯, PLC 厂商将 PLC 设计成外观结构不同的两类产品, 一种称为整体式 (也称单元式), 另一种称为模块式 (也称组合式)。两类产品的差别在于整体式 PLC 将 CPU、存储器、输入输出接口、电源都装在同一机箱里, 一个机箱就是一台完整的机器, 可独立完成各种控制任务, 模块式机则是将 CPU、存储器、输入口、输出口、电源及工业控制任务可能需要的其他工作单元都单独制成一个机箱, 在具体应用时, 可以依控制任务需要有选择地将一些模块组成系统。组合机一般通过母板接插组成, 母板相当于一个具有许多插槽的总线连接器, 因制作成板型而得名。新近生产的组合式机也有通过电缆实现软连接的。

整体式 PLC 一般是小型及微型机。例如三菱公司 FX<sub>2N</sub> 系列机即为整体机 (图 1-2)。整体机结构紧凑, 使用方便, 缺点是输入输出数量配置固定。模块式机的特点是配置灵活, 输入接点、输出接点的数量可自由选择, 各种功能模块可以依需要灵活配用。中、大型 PLC 常采用模块式结构。

图 1-8 为模块式 PLC 的外观图, 图中可见模块式结构的 PLC 由一块块的插件组成。每一块插件是一种工作模块, 如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块、智能 I/O 模块、通信模块等。每一模块上都有相应的输入输出接线点及指示灯。每一块插板上都配有和母板连接的总线接口。

## 2. 按控制规模分类

可编程控制器的另一种分类方法是按控制规模分类。控制规模

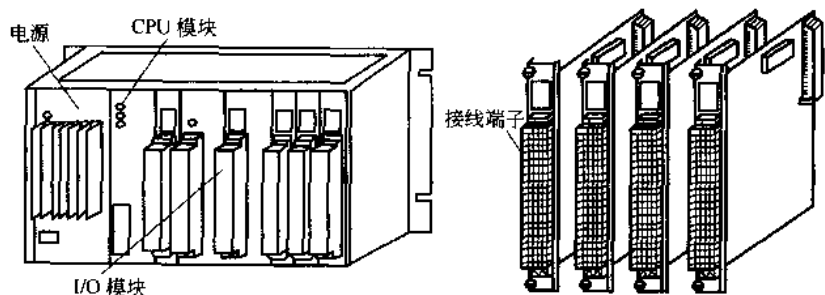


图 1-8 模块式可编程控制器外观示意图