



高职高专电子信息类“十一五”规划教材

# 可编程控制器 原理及应用

主 编 杨青峰 付 骞  
副主编 孙 志 李 杰



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

高职高专电子信息类“十一五”规划教材

# 可编程控制器原理及应用

主 编 杨青峰 付 骞

副主编 孙 志 李 杰

参 编 聂 兵 赵云伟 裴 娟

西安电子科技大学出版社

2010

## 内 容 简 介

本书以三菱 FX2N 系列 PLC 为例,依据“项目式教学模式”,介绍可编程控制器的基本工作原理、基本指令,并在此基础上,以实际应用为例,着重介绍 PLC 的编程应用技术。

本书主要分为 9 大知识模块,具体包括电动机正反转控制、交通信号灯控制、天塔之光、机械手控制、可编程控制器与人机界面、PLC 在 Z3040 摇臂钻床控制中的应用、PLC 在恒压供水系统中的应用、PLC 与计算机的通信和 PLC 控制系统设计等内容。

本书叙述通俗易懂,所选实例涉及面广、具有代表性,是通过实践学习可编程控制器应用开发的好帮手。

本书可作为高职高专院校电子信息类专业的教材,还可作为开发及应用 PLC 的工程技术人员参考书。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站,免费下载。

### 图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用 / 杨青峰, 付骞主编.

—西安: 西安电子科技大学出版社, 2010.3

高职高专电子信息类“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2403 - 7

I. 可… II. ① 杨… ② 付… III. 可编程控制器—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 019257 号

策 划 曹 晔

责任编辑 王 瑛

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 14.5

字 数 338 千字

印 数 1~3000 册

定 价 21.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2403 - 7/TM • 0064

**XDUP 2695001-1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

西安电子科技大学出版社  
高职高专电子信息类“十一五”规划教材  
编审专家委员会名单

主任：杨 勇

副主任：张小虹

成 员：（按姓氏笔画排列）

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 马 琳 | 王 平 | 王宏军 | 丛迎九 |
| 卢庆林 | 李常峰 | 李德家 | 李文森 |
| 刘 勇 | 张玉莲 | 张 伟 | 郭亚红 |
| 战德刚 | 段智毅 | 祝瑞花 | 栾春光 |
| 曾照香 | 彭丽英 | 雷少刚 | 黎 伟 |

项目策划：毛红兵

策 划：曹 昉 寇向宏

电子教案：马武装

# 前 言

可编程控制器(PLC)是以微处理器为核心,将微型计算机技术、自动化技术及通信技术融为一体的新型高可靠性的工业自动化控制装置。可编程控制器控制技术作为电气控制领域的新技术,经过 30 多年的发展,在功能和技术指标以及软/硬件等各方面都已经成熟。它具有控制能力强、可靠性高、配置灵活、编程简单、使用方便、易于扩展等优点,被广泛应用于各行各业生产自动控制中。可编程控制器正在迅速地改变着工厂自动控制的面貌和进程。

可编程控制器品种繁多,但它们的指令结构及编程规则却极为相似。本书以日本三菱公司 FX2N 系列微型整体式 PLC 为主要参考机型,对其常用指令和基本应用进行了介绍。本书在编写时力求由浅入深,从最为简单的电气控制系统开始,以大量实际应用的实例介绍了 PLC 在工程中的实用技术。通过本书的学习,读者能够初步掌握 PLC 的有关控制理论与应用技能。如需进一步学习,读者可以从 PLC 厂商的相关网站或通过查阅各种手册,了解和学习 PLC 较为复杂的指令及应用。

PLC 是一门实践性极强的课程,尽管它与继电器控制系统有很多相似之处,但其输入/输出配线等运用细节仍然是应该引起初学者足够重视的。本书在编排内容时,在大部分模块的“教学内容”之后安排有“课堂演示”及“技能训练”等实践环节,读者可通过实训过程来学习和掌握 PLC 的基本应用。

全书共由 9 个知识模块构成,建议教授本教材的学时数为 85 学时,其具体教学时数的分配可参考下表,教学过程中可以根据具体情况选取相应的教学内容。

| 序 号   | 理论教学<br>/学时 | 课堂演示<br>/学时 | 技能训练<br>/学时 | 各模块教学<br>总学时数 |
|-------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| 知识模块一 | 6           | 2           | 2           | 10            |
| 知识模块二 | 10          | 2           | 2           | 14            |
| 知识模块三 | 6           | 2           | 2           | 10            |
| 知识模块四 | 8           | 0           | 2           | 10            |
| 知识模块五 | 5           | 1           | 2           | 8             |
| 知识模块六 | 4           | 0           | 2           | 6             |
| 知识模块七 | 6           | 2           | 3           | 11            |
| 知识模块八 | 5           | 1           | 2           | 8             |
| 知识模块九 | 6           | 0           | 2           | 8             |

本书由杨青峰、付骞任主编,孙志、李杰任副主编。知识模块一至三由李杰编写,知

识模块四由付骞编写，知识模块五和知识模块七由杨青峰和聂兵编写，知识模块六由孙志编写，知识模块八由赵云伟编写，知识模块九由裴娟编写。全书由杨青峰、付骞统稿。本书在编写过程中得到了李文森、魏召刚、钱卫军、牟爱霞、刘卓鸿、王英勇、苏挺等同志的大力协助，他们对本书提出了许多宝贵意见和建议，在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者批评指正。

作 者  
2009 年 12 月

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 知识模块一 电动机正反转控制 .....          | 1  |
| 1.1 教学组织 .....                | 1  |
| 1.2 教学内容 .....                | 2  |
| 1.2.1 PLC 概述 .....            | 2  |
| 1.2.2 PLC 的编程语言 .....         | 7  |
| 1.2.3 梯形图编程规则 .....           | 10 |
| 1.2.4 触点及线圈类指令 .....          | 11 |
| 1.2.5 PLC 的接线 .....           | 18 |
| 1.3 课堂演示——电动机正反转控制实例 .....    | 22 |
| 1.4 技能训练 .....                | 26 |
| 边学边议 .....                    | 28 |
| 知识模块二 交通信号灯控制 .....           | 29 |
| 2.1 教学组织 .....                | 29 |
| 2.2 教学内容 .....                | 29 |
| 2.2.1 PLC 的硬件结构组成 .....       | 29 |
| 2.2.2 PLC 控制系统组成 .....        | 37 |
| 2.2.3 PLC 的输入/输出设备及外围装置 ..... | 41 |
| 2.2.4 PLC 的编程元件 .....         | 49 |
| 2.2.5 PLC 循环扫描工作原理 .....      | 54 |
| 2.2.6 PLC 的等效电路和性能指标 .....    | 57 |
| 2.2.7 定时器与计数器指令 .....         | 60 |
| 2.2.8 常用定时控制程序 .....          | 64 |
| 2.3 课堂演示——交通信号灯控制实例 .....     | 66 |
| 2.4 技能训练 .....                | 70 |
| 边学边议 .....                    | 76 |
| 知识模块三 天塔之光 .....              | 78 |
| 3.1 教学组织 .....                | 78 |
| 3.2 教学内容 .....                | 78 |
| 3.2.1 梯形图编程方法 .....           | 78 |
| 3.2.2 梯形图中线圈输出的使用问题 .....     | 80 |
| 3.2.3 移位/区间复位指令 .....         | 81 |
| 3.2.4 栈操作指令 .....             | 86 |
| 3.3 课堂演示——天塔之光控制实例 .....      | 88 |
| 3.4 技能训练 .....                | 90 |
| 边学边议 .....                    | 96 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 知识模块四 机械手控制 .....                  | 97  |
| 4.1 教学组织 .....                     | 97  |
| 4.2 教学内容 .....                     | 97  |
| 4.2.1 顺序控制设计方法 .....               | 97  |
| 4.2.2 机械手的控制 .....                 | 99  |
| 4.3 技能训练 .....                     | 104 |
| 边学边议 .....                         | 105 |
| 知识模块五 可编程控制器与人机界面 .....            | 107 |
| 5.1 教学组织 .....                     | 107 |
| 5.2 教学内容 .....                     | 107 |
| 5.2.1 PLC 与组态软件的连接 .....           | 107 |
| 5.2.2 软件安装与工程下载 .....              | 110 |
| 5.3 课堂演示——MCGS 嵌入版组态 .....         | 114 |
| 5.4 技能训练 .....                     | 124 |
| 边学边议 .....                         | 124 |
| 知识模块六 PLC 在 Z3040 摇臂钻床控制中的应用 ..... | 125 |
| 6.1 教学组织 .....                     | 125 |
| 6.2 教学内容 .....                     | 125 |
| 6.2.1 Z3040 摇臂钻床电器设备的分布 .....      | 126 |
| 6.2.2 Z3040 摇臂钻床继电器原理图解读 .....     | 128 |
| 6.2.3 Z3040 摇臂钻床的 PLC 控制方案 .....   | 129 |
| 6.3 技能训练 .....                     | 131 |
| 边学边议 .....                         | 132 |
| 知识模块七 PLC 在恒压供水系统中的应用 .....        | 133 |
| 7.1 教学组织 .....                     | 133 |
| 7.2 教学内容 .....                     | 133 |
| 7.2.1 恒压供水系统的基本构成 .....            | 133 |
| 7.2.2 变频器的基本工作原理及其控制 .....         | 135 |
| 7.2.3 PLC 模拟量扩展模块的配置及应用 .....      | 139 |
| 7.2.4 PID 调节及 PID 指令 .....         | 142 |
| 7.3 课堂演示——PLC 控制的恒压供水泵站实例 .....    | 144 |
| 7.4 技能训练 .....                     | 153 |
| 边学边议 .....                         | 153 |
| 知识模块八 PLC 与计算机的通信 .....            | 154 |
| 8.1 教学组织 .....                     | 154 |
| 8.2 教学内容 .....                     | 154 |
| 8.2.1 计算机通信的基础知识 .....             | 155 |
| 8.2.2 PLC 与 PLC 通信的基础知识 .....      | 161 |
| 8.2.3 FX2N 系列 PLC 与 PC 的通信 .....   | 164 |
| 8.2.4 FX2N 系列 PLC 与 PLC 的通信 .....  | 170 |



|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| 8.3 课堂演示——两台 FX2N 系列 PLC 的并行通信 .....  | 176        |
| 8.4 技能训练 .....                        | 177        |
| 边学边议 .....                            | 182        |
| <b>知识模块九 PLC 控制系统设计 .....</b>         | <b>183</b> |
| 9.1 教学组织 .....                        | 183        |
| 9.2 教学内容 .....                        | 183        |
| 9.2.1 PLC 在两种液体混合装置控制系统中的应用 .....     | 183        |
| 9.2.2 PLC 控制系统设计的一般步骤 .....           | 187        |
| 9.2.3 PLC 的选型原则和方法 .....              | 189        |
| 9.2.4 PLC 应用程序的基本设计方法 .....           | 192        |
| 9.2.5 节省 PLC I/O 点数的方法 .....          | 194        |
| 9.2.6 PLC 控制系统的抗干扰措施 .....            | 197        |
| 9.3 技能训练 .....                        | 204        |
| 边学边议 .....                            | 205        |
| <b>附录 A FX2N 系列可编程控制器应用指令总表 .....</b> | <b>206</b> |
| <b>附录 B FX2N 功能技术指标 .....</b>         | <b>220</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                     | <b>222</b> |

# 知识模块一 电动机正反转控制

生产机械对电动机的运行要求包括启动、正反转、调速和制动等。为了实现这些要求，需要用各种电气元件组成电力拖动控制系统。对电机的控制可采用由继电器、接触器和按钮组成的继电器—接触器控制系统，也可采用 PLC 实现控制。继电器—接触器控制系统具有结构简单、价格低廉等优点，但是由于继电器—接触器控制系统是硬接线控制，当控制系统比较复杂时，所用电气元件和导线数量就会随之增多，不太适合现代化大规模生产的要求，因此很多领域现都采用 PLC 控制系统。

电动机正反转控制是一个最基本的控制环节。如机床工作台的前进和后退、主轴的正转与反转、起重机的提升与下降等的控制，实际上都是要求运动部件向正反两个方向运动的控制。本知识模块的重点是通过对 PLC 的基本编程语言和基本逻辑指令的讲解，以电动机正反转为例，说明如何使用 PLC 实现电动机正反转的自动控制。

## 1.1 教 学 组 织

### 一、教学目的

- (1) 了解可编程控制器的产生、分类及特点。
- (2) 掌握可编程控制器的梯形图编程语言及梯形图编程规则。
- (3) 熟悉可编程控制器的基本逻辑指令。
- (4) 掌握 PLC 输入/输出端子的接线。
- (5) 理解 PLC 控制系统。

### 二、教学节奏与方式

| 项 目 |      | 时间安排 | 教 学 方 式                           |
|-----|------|------|-----------------------------------|
| 1   | 教师讲授 | 6 学时 | 重点讲授 PLC 的基本逻辑指令以及 PLC 常用的梯形图程序设计 |
| 2   | 课堂演示 | 2 学时 | 电动机正反转控制                          |
| 3   | 技能训练 | 2 学时 | PLC 输入/输出端子的接线                    |

## 1.2 教 学 内 容

### 1.2.1 PLC 概述

#### 一、PLC 的产生与定义

继电器控制系统是将接触器、继电器、定时器等各种电器元件及其触头通过导线连接起来,形成一定的逻辑关系,从而达到相应的控制目的。继电器控制系统产生于 20 世纪 20 年代,因其结构简单、价格便宜、便于掌握,在一定范围内能满足控制要求,所以它在工业控制中一直占有主导地位。这种控制系统是由实际的物理器件组成,靠硬接线逻辑构成的系统,因此存在设备体积大、接线复杂、动作速度慢、功能少而固定、可靠性差、难于实现较复杂的控制功能等缺点。当生产工艺改变时,继电器控制系统原有的接线和控制面板就要更换,缺乏通用性和灵活性。

20 世纪 60 年代末期,美国汽车制造业竞争激烈,要求生产线能随生产要求或市场要求的变化作出相应的改变,这往往要求整个控制系统也应重新设计配置。为了能够适应新的生产工艺的要求,寻求一种比继电器更可靠、功能更齐全、响应速度更快的新型工业控制器势在必行。1968 年,美国最大的汽车制造商通用汽车公司(GM 公司)对继电器控制系统公开招标,并从用户角度提出了新一代控制器应具备的十大条件,引起了开发热潮。这十大条件是:

- (1) 编程方便,可现场修改程序;
- (2) 维修方便,采用插件式结构;
- (3) 可靠性高于继电器控制系统;
- (4) 体积小于继电器控制柜;
- (5) 数据可直接送入管理计算机;
- (6) 成本可与继电器控制柜竞争;
- (7) 输入可为市电;
- (8) 输出可为市电,容量要求在 2 A 以上,可直接驱动接触器等;
- (9) 扩展时原系统改变最少;
- (10) 用户存储器大于 2 KB。

这十项指标归纳起来,就是现在 PLC 的最基本的功能。其核心要求体现为四点:

- (1) 用计算机代替继电器控制柜;
- (2) 用程序代替硬接线;
- (3) 输入/输出电平可与外部装置直接相连;
- (4) 结构易于扩展。

1969 年,美国数字设备公司(DEC 公司)为 GM 公司研制出了世界上第一台可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC),并在其汽车自动装配线上试用成功。

20 世纪 70 年代,随着电子及计算机技术的发展,出现了微处理器和微计算机,并被应用于 PLC 中,使其具备了逻辑控制,运算,数据分析、处理以及传输等功能。美国电气制造商协会 NEMA(National Electrical Manufacturers Association)于 1980 年正式命名这种新型的工业控制装置为可编程控制器(Programmable Controller),简称 PC。为了与个人计算机(Personal Computer)相区别,常把可编程控制器仍简称为 PLC。

可编程控制器一直在发展中,直到现在,还未能对其下最后定义。国际电工委员会(IEC)于 1987 年 2 月颁布了可编程控制器的标准草案第三稿。该草案中对可编程控制器的定义是:“可编程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。它采用了可编程的存储器,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,并通过数字式和模拟式的输入与输出,控制各种类型机械的生产过程。可编程控制器及其有关外围设备,都按易于与工业系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

现今 PLC 开始向小型化、高速度、高性能、高可靠性等方面发展,并形成了多种系列产品,编程语言也不断丰富,使其在现今的工业控制领域中占据着主导地位。

总之,可编程控制器是以微处理器为基础,将计算机技术与自动控制技术融为一体的工业控制产品,是在硬接线逻辑控制技术和计算机技术的基础上发展起来的。PLC 实际上是一种工业控制计算机,目前已被广泛应用于工业控制领域。

## 二、PLC 的分类及应用

### 1. PLC 的分类

可编程控制器具有多种分类方式,了解这些分类方式有助于对 PLC 进行选型及应用。

#### 1) 根据 I/O 点数分类

PLC 的 I/O 点数就是指 PLC 的输入(I)、输出(O)点数。I/O 点数表明了 PLC 可从外部接收多少个输入信号和向外部发出多少个输出信号,实际上也就是 PLC 的输入、输出端子数。根据 I/O 点数的多少可将 PLC 分为微型机、小型机、中型机、大型机和巨型机。一般来说,控制系统越复杂,要求 PLC 的 I/O 点数也就越多,控制功能也相应越强。

(1) 微型机: I/O 点数总数在 64 点以下,内存容量为 256 B~1 KB。微型机的结构为整体式,主要用于小规模开关量控制。

(2) 小型机: I/O 点数总数在 65~128 点之间,内存容量为 1~3.6 KB。小型机一般只具有逻辑运算、定时、计数和位移等功能,适用于中小型规模开关量的控制,可用它实现条件控制、顺序控制等。有些小型机也增加了一些算术运算和模拟量处理等功能,能适应更广泛的需要。目前的小型机一般也具有数据通信等功能。

微型机和小型机的特点是价格低,体积小,适用于控制自动化单机设备,开发机电一体化产品。

(3) 中型机: I/O 点数总数在 129~512 点之间,内存容量为 3.6~13 KB。中型机不仅具备逻辑运算功能,还增加了模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和数据通信等功能,可完成既有开关量又有模拟量的复杂控制。中型机的软件比小型机丰富,在已固化的程序中,一般还有 PID 调节、整数/浮点运算等功能模块。

中型机的特点是功能强,配置灵活,适用于小规模的综合控制系统。

(4) 大型机: I/O 点数总数在 513~896 点之间,内存容量为 13 KB。大型机的功能更加完善,具有数据运算、模拟调节、联网通信、监视记录和打印等功能。监控系统采用 CRT 显示,能够显示生产过程的工艺流程、各种曲线、PID 调节参数选择图等,能进行中断控制、智能控制、远程控制等。

大型机适用于温度、压力、流量、速度、角度、位置等模拟量控制和大量开关量控制的复杂系统以及连续生产过程的控制场合。

(5) 巨型机: I/O 点数总数大于 896 点,内存容量大于 13 KB。

巨型机的特点是 I/O 点数特别多,控制规模宏大,组网能力强,可用于大规模控制系统。上述划分方式并不十分严格,也不是一成不变的。

## 2) 根据结构形式分类

从结构上看,PLC 可分为整体式、模块式和分散式 3 种形式。

(1) 整体式。一般的微型机和小型机多为整体式结构,其电源、CPU、I/O 部件都集中配置在一个箱体中,有的甚至全部装在一块印制电路板上。整体式的 PLC 结构紧凑、体积小、重量轻、价格低,容易装配在工业控制设备的内部,比较适合于生产机械的单机控制。它的缺点是主机的 I/O 点数固定,使用不够灵活,维修也较麻烦。整体式结构的 PLC 如图 1-1 和图 1-2 所示。

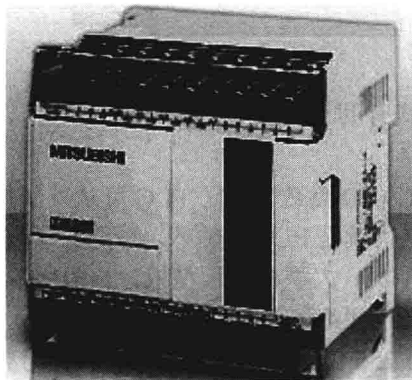


图 1-1 三菱 PLC FX1N 系列

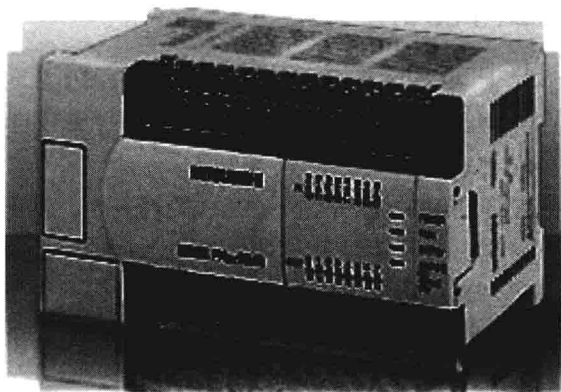


图 1-2 三菱 PLC FX2N 系列

FX 系列 PLC 的外形如图 1-3 所示。图中,1—安装孔 4 个;2—电源、辅助电源、输入信号用的可装卸式端子;3—输入指示灯;4—输出动作指示灯;5—输出用的可装卸式端子;6—外围设备接线插座、盖板;7—面板盖;8—DIN 导轨装卸用卡子;9—I/O 端子标记;10—动作指示灯(POWER 为电源指示灯, RUN 为运行指示灯, BATTV 为电池电压下降指示灯, PROG E 指示灯闪烁时表示程序出错, CPU E 指示灯亮时表示 CPU 出错);11—扩展单元、扩展模块、特殊单元、特殊模块的接线插座盖板;12—锂电池;13—锂电池连接插座;14—另选存储器滤波器安装插座;15—功能扩展安装插座;16—内置 RUN/STOP 开关;17—编程设备、数据存储单元的接线插座。

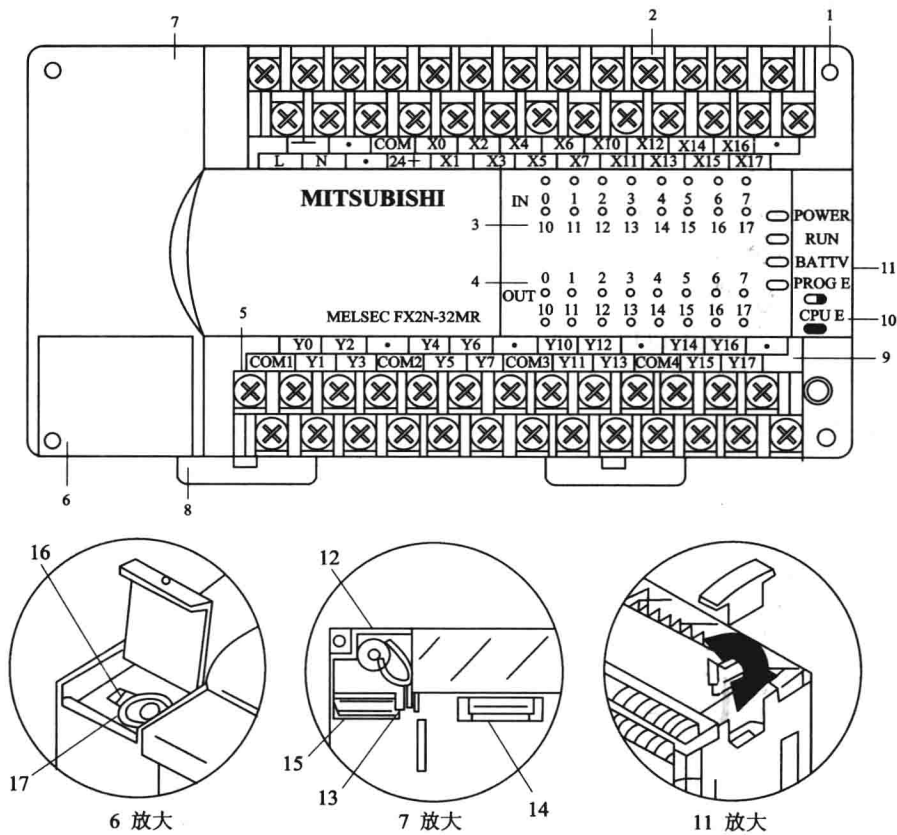


图 1-3 FX 系列 PLC 的外形图

(2) 模块式。模块式(又称积木式)结构的 PLC 各部分以单独的模块分开设置，如电源模块、CPU 模块、输入模块、输出模块及其他智能模块等。模块式结构的 PLC 用搭积木的方式组成系统，由框架和模块组成。这种结构的 PLC 配置灵活、装备方便、维修简单、易于扩展，可根据控制要求灵活配置所需模块，构成功能不同的各种控制系统。一般中型机、大型机和巨型机 PLC 均采用这种结构。模块式 PLC 的结构外形如图 1-4 所示。

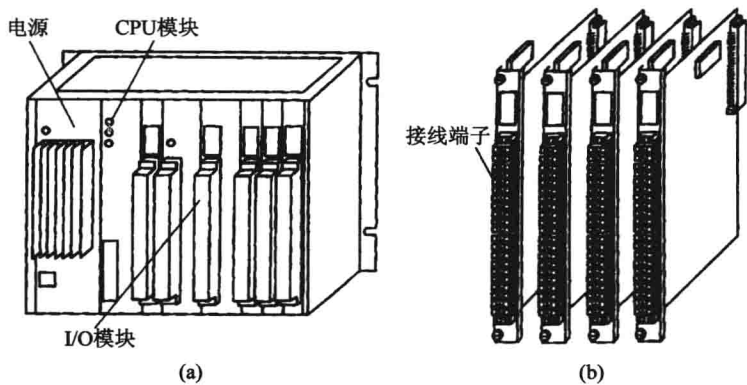


图 1-4 模块式 PLC 的结构外形  
(a) 模块插入机箱的情形； (b) 模块插板

模块式 PLC 的缺点是结构较复杂, 各种插件多, 因而增加了造价。

(3) 分散式。分散式的结构是将可编程控制器的 CPU、电源、存储器集中放置在控制室, 而将 I/O 模板分散放置在各个工作站, 由通信接口进行通信连接, 由 CPU 集中指挥。

### 3) 根据生产厂家分类

PLC 的生产厂家很多, 每个厂家生产的 PLC 点数、容量、功能各有差异, 但都各成系统, 指令以及外设向上兼容, 因此在选择 PLC 时若选择同一系列的产品, 则可以使系统构成容易, 操作人员使用方便, 备品配件的通用性及兼容性好。比较有代表性的生产厂家有日本立时 OMRON 公司的 C 系列, 三菱 MITSUBISHI 公司的 F 系列, 东芝 TOSHIBA 公司的 EX 系列, 美国哥德 GOULD 公司的 M84 系列, 美国通用电气 GE 公司的 GE 系列, 美国 A-B 公司的 PLC-5 系列, 德国西门子 SIEMENS 公司的 S5 系列、S7 系列等。

## 2. PLC 的应用范围

PLC 作为一种通用的工业控制器, 可用于所有的工业领域, 在开关量逻辑控制、过程控制、运动控制、数据处理、通信联网等方面都得到了广泛应用。当前在国内外, 可编程控制器已经被成功地应用到汽车、机械、冶金、石油、化工、交通、电力、电信、采矿、建材、食品、造纸、军工、家电等各个领域, 并取得了相当可观的经济效益。

## 三、PLC 的特点

虽然可编程控制器的种类繁多, 但为了适应工业环境, 它们都具有以下特点:

(1) 抗干扰能力强, 可靠性极高。工业生产对电气控制设备的可靠性要求非常高, 它应具有很强的抗干扰能力, 能在很恶劣的环境下长期连续可靠地工作。在 PLC 的设计和制造过程中, 采取了精选元器件及多层次抗干扰等措施, 使 PLC 的平均无故障时间通常在 5 万小时以上, 有些 PLC 的平均无故障时间可以达到几十万小时以上, 如三菱公司的 F1、F2 系列的平均无故障时间可达到 30 万小时, 有些高档机还要高很多, 这是其他电气设备根本做不到的。

绝大多数用户都将可靠性作为选取控制装置的首要条件, 因此 PLC 在硬件和软件方面均采取了一系列的抗干扰措施, 保证了可编程控制器的高可靠性。

(2) 控制程序可变, 具有很好的柔性。在生产工艺流程改变或生产线设备更新的情况下, 不必改变 PLC 的硬设备, 只需改编程序就可以满足要求。因此 PLC 可以取代传统的继电器控制系统, 而且具有继电器控制系统所不具备和无可比拟的优点。PLC 除应用于单机控制外, 在柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)以及工厂自动化(FA)中也被大量采用。

(3) 编程简单, 使用方便。大多数 PLC 采用继电器控制形式的“梯形图编程方式”。这种面向生产的编程方式, 既继承了传统控制线路的清晰直观, 又易于被工矿企业电气技术人员所接受。与目前微机控制生产对象中常用的汇编语言相比, PLC 的面向生产的编程方式更容易被操作人员所掌握。

(4) 功能完善。现在 PLC 具有数字和模拟输入/输出、逻辑和算术运算、定时、计数、顺序控制、功率驱动、通信、人机对话、记录显示等功能, 使设备控制水平大大提高。

(5) 扩充方便, 组合灵活。PLC 产品具有各种扩展单元, 可以方便地适应不同工业控制需要的不同输入/输出点数及不同输入/输出方式的系统。



(6) 减少了控制系统设计及施工的工作量。继电器控制系统采用硬接线来达到控制功能，而 PLC 则采用软件编程来达到控制功能，减少了设计及施工工作量。同时，PLC 又能事先模拟调试，从而减少了现场的工作量。PLC 的监视功能很强，模块功能化大大减少了维修量。

(7) 体积小、重量轻，是“机电一体化”特有的产品。PLC 是为工业控制而设计的专用计算机，其结构紧密、坚固、体积小，具备很强的抗干扰能力，易于装入机械设备内部，是实现“机电一体化”较理想的控制设备。

总之，PLC 系统的基本特点是可靠性高，编程及使用方便，通用性强，性能价格比高，易维护。

### 1.2.2 PLC 的编程语言

PLC 应用程序中，所用到的 PLC 内部的各种存储器俗称为“软继电器”，或称编程“软元件”。PLC 中设有大量的编程“软元件”，这些“软元件”依照其编程功能分为输入继电器、输出继电器、定时器、计数器等。由于“软继电器”实质为存储单元，取用它们的常开、常闭触点实质上是读取存储单元的状态，因此可认为一个继电器带有无数多个常开、常闭触点。这种软继电器与继电器控制系统中的继电器有本质的区别。在继电器控制系统中，继电器、接触器都是实实在在的物理器件。

PLC 为用户提供了完整的编程语言，以适应编制用户程序的需要。PLC 提供的编程语言通常有三种：梯形图、指令语句表和状态流程图。

下面以 FX2N 系列 PLC 为例来介绍这三种编程语言。

#### 1. 梯形图

梯形图编程语言是在继电器控制系统原理图的基础上演变而来的。这种编程语言继承了传统的继电器控制系统中使用的框架结构、逻辑运算方式和输入/输出形式，使得程序直观易读，具有形象、实用的特点，因此应用最为广泛。

梯形图是 PLC 的一种图形化的编程语言。在梯形图中，最基本的图形符号有三种，即线圈、常开触点、常闭触点。常开触点、常闭触点的串联或并联可表示一定的逻辑运算关系，而逻辑运算的结果可用线圈表示出来。触点的串联表示逻辑“与”运算，触点的并联表示逻辑“或”运算。梯形图中的线圈和触点都是 PLC 中的软元件，如输入/输出继电器、定时器、计数器等编程元件。图 1-5 所示为典型的梯形图示意图，图中左右两条垂直的线称为母线，在左右两母线之间是触点的逻辑连线和线圈的输出，右边的母线也可以省略不画。

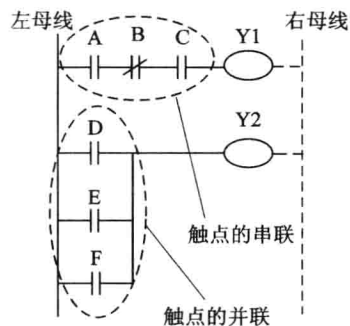


图 1-5 典型的梯形图



在梯形图程序中，程序表达的指令顺序是图左方、上方的梯形图指令先执行，而右方、下方的梯形图指令后执行。即 PLC 读梯形图程序时，其顺序是水平方向从左向右，垂直方向从上到下。

由于 PLC 是在继电器控制系统的基础上发展而来的，因此有一些术语仍然沿用了继电器控制系统的说法。PLC 本质上是一种工业控制计算机，它只认识“0”和“1”两个数，这两个数也正好和继电器线圈的失电与得电、触点的断开与闭合相对应，故习惯上将软元件仍然称为继电器。而且“0”和“1”也能够与开关的“ON”和“OFF”两种工作状态相对应，在分析梯形图程序时，为了能够与硬继电器区别，通常会把软继电器的线圈得电/失电和触点的闭合/断开说成 ON/OFF。继电器控制电路与 PLC 控制的梯形图的比较如图 1-6 所示。

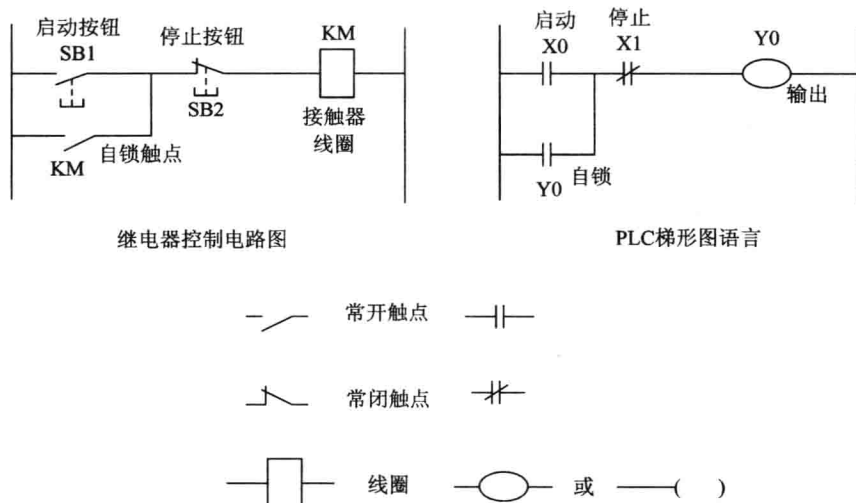


图 1-6 继电器控制电路与 PLC 控制的梯形图的比较

## 2. 指令语句表

指令语句表编程语言是一种类似于计算机汇编语言的助记符语言，通常也称为助记符程序。它是可编程控制器最基础的编程语言。指令语句表编程就是用一系列的指令语句表达程序的控制要求。一条典型指令可由两部分组成：一是助记符，助记符通常是几个容易记忆的字符，说明 PLC 需要进行的某种操作；另一部分是操作数或操作数的地址，操作数就是该指令所要操作的对象，实质为 PLC 的某个存储单元或存储单元的地址。指令语句表程序与梯形图有一定的对应关系，不同厂家的 PLC 的指令不尽相同。

下面以 FX2N 系列 PLC 为例，说明梯形图与指令语句表的关系。FX2N 系列 PLC 的基本指令包括“与”、“或”、“非”以及定时器等。

如图 1-7 所示，其中：LD 指令为常开触点与左侧母线相连接；AND 指令为常开触点与其他程序段相串联；OR 指令为常开触点与其他程序段相并联；LDI 指令为常闭触点与左侧母线相连接；ANI 指令为常闭触点与其他程序段相串联；OUT 指令为将运算结果输出到某个继电器；X000、X001、X002、X003、X004 为操作数，X 表示输入继电器，后面的数字为编号，即继电器的地址；Y030、Y031、Y032 为操作数，Y 表示输出继电器，后面的数字