

刘光起 周亚夫 主编

# PLC

## 技术及应用



化学工业出版社

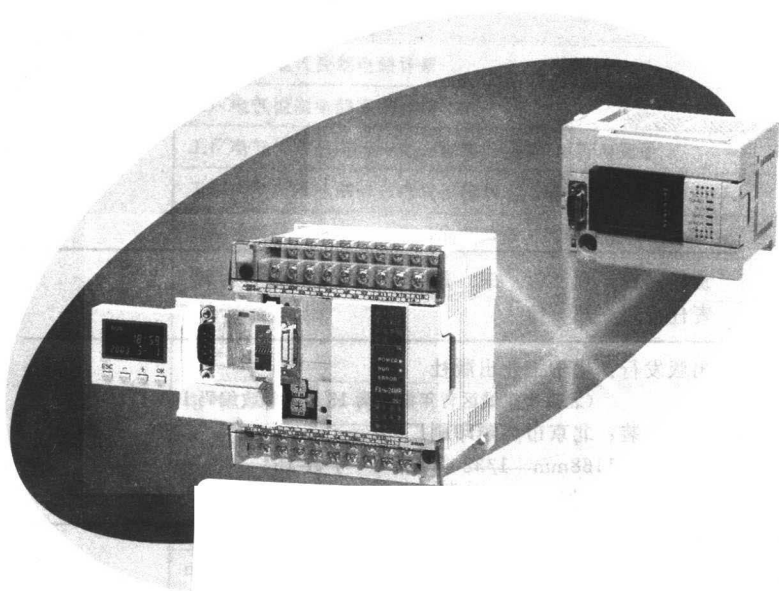
TP332. 3/110

2007

刘光起 周亚夫 三

# PLC

## 技术及应用



化学工业出版社

· 北京 ·

**图书在版编目 (CIP) 数据**

PLC 技术及应用/刘光起, 周亚夫主编. —北京:  
化学工业出版社, 2007. 10  
ISBN 978-7-122-01220-3

I. P… II. ①刘…②周… III. 可编程控制器  
IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 149830 号

---

责任编辑: 刘 哲 宋 辉      装帧设计: 韩 飞  
责任校对: 郑 捷

---

出版发行: 化学工业出版社  
(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 北京市兴顺印刷厂  
850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 154 千字  
2008 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)  
售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 18.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

可编程控制器简称 PLC，是以微处理器为核心，综合微机技术、电子应用技术、自动控制技术以及通信技术而发展起来的工业自动化控制装置。可编程控制器自问世以来，经过多年的发展，在工业自动化、生产过程控制、机电一体化、机械制造业等方面得到非常广泛的应用，已成为当代工业自动化控制的三大支柱之一。鉴于可编程控制器在工业生产过程中日益广泛的应用，同时 PLC 型号众多，为了使学习者能更快更好地掌握 PLC 控制技术，特编写了本书。

本书结合可编程控制器在我国应用和发展的实际情况，选择生产现场应用比较广泛的松下、三菱和西门子三种可编程控制器进行介绍。书中对这三种可编程控制器的指令系统、编程方法和技巧作了较为详细的介绍，并选用了大量的典型控制实例进行系统分析、I/O 点分配及控制程序设计，为广大 PLC 爱好者进行 PLC 控制系统分析和设计提供了思路和方法。为了使初学者能更快更好地掌握 PLC 的应用，在编写时力求由浅入深、通俗易懂，减少了纯理论性的分析介绍，注重实用性。

本书由北京工业职业技术学院刘光起、周亚夫担任主

编，全书共分七章。第一章由许辰雨编写；第二章、第五章由周亚夫编写；第三章、第四章和第六章由刘光起编写；第七章由姜言芳编写。

由于编者水平有限，书中不妥之处恳请各位读者批评指正。

**编 者**

# 目 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 第一章 可编程控制器基本结构及工作原理 .....        | 1  |
| 第一节 概述 .....                     | 1  |
| 一、PLC 的产生 .....                  | 1  |
| 二、PLC 的特点 .....                  | 3  |
| 三、PLC 的分类及性能指标 .....             | 6  |
| 四、PLC 的发展趋势 .....                | 8  |
| 第二节 PLC 的基本结构与工作原理 .....         | 9  |
| 一、基本结构 .....                     | 9  |
| 二、工作原理与工作方式 .....                | 12 |
| 三、继电器控制系统与 PLC 控制系统工作方式的差异 ..... | 15 |
| 四、PLC 与继电器运行方式的不同 .....          | 15 |
| 五、PLC 的存储空间分配 .....              | 16 |
| 第三节 开关量输入/输出单元的接线方式 .....        | 17 |
| 一、输入单元接线方式 .....                 | 17 |
| 二、输出单元接线方式 .....                 | 18 |
| 第四节 PLC 的编程语言与 PLC 系统设计 .....    | 20 |
| 一、编程语言 .....                     | 20 |
| 二、PLC 的编程方式 .....                | 21 |
| 三、PLC 系统设计 .....                 | 22 |
| 第二章 松下 PLC .....                 | 26 |

|     |                                        |     |
|-----|----------------------------------------|-----|
| 第一节 | FP1 系列可编程控制器的结构及性能 .....               | 26  |
| 一、  | 硬件配置 .....                             | 26  |
| 二、  | 类型及技术性能 .....                          | 30  |
| 三、  | FP1 的 I/O 分配与系统配置 .....                | 32  |
| 第二节 | 指令系统与编程 .....                          | 34  |
| 一、  | 基本指令分类 .....                           | 34  |
| 二、  | 基本顺序指令 .....                           | 40  |
| 三、  | 基本功能指令 .....                           | 50  |
| 四、  | 控制指令 .....                             | 62  |
| 五、  | 比较指令 .....                             | 77  |
| 六、  | 高级指令分类 .....                           | 84  |
| 七、  | 高级指令简介 .....                           | 95  |
| 第三章 | 三菱 PLC .....                           | 101 |
| 第一节 | FX <sub>2</sub> N 系列 PLC 的内部系统配置 ..... | 101 |
| 一、  | FX <sub>2</sub> N 系列 PLC 的命名方式 .....   | 101 |
| 二、  | PLC 编程元件及使用说明 .....                    | 102 |
| 第二节 | FX <sub>2</sub> N 系列 PLC 的指令系统 .....   | 109 |
| 一、  | 基本指令 .....                             | 109 |
| 二、  | 步进指令 STL、RET .....                     | 134 |
| 三、  | 功能指令 .....                             | 136 |
| 第四章 | 西门子 PLC .....                          | 143 |
| 第一节 | 系统存储器 .....                            | 143 |
| 一、  | 过程映像输入/输出 (I/O) .....                  | 143 |
| 二、  | 内部存储器标志位 (M) 存储区 .....                 | 144 |
| 三、  | 特殊标志位 (SM) 存储区 .....                   | 144 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 第二节 SIMATIC S7 系列 PLC 的指令系统 ..... | 148 |
| 一、位逻辑指令 .....                     | 148 |
| 二、定时指令 TON、TONR、TOF .....         | 153 |
| 三、计数器指令 .....                     | 156 |
| 四、传送指令 .....                      | 159 |
| 五、比较指令 .....                      | 160 |
| <br>第五章 编程指导 .....                | 162 |
| 第一节 PLC 的编程方法 .....               | 162 |
| 一、编程的基本原则 .....                   | 162 |
| 二、编程技巧 .....                      | 164 |
| 三、基本电路的编程 .....                   | 166 |
| 四、脉冲发生器控制程序 .....                 | 171 |
| 五、顺序循环执行控制程序 .....                | 172 |
| 六、二分频控制程序 .....                   | 174 |
| 七、报警控制程序 .....                    | 174 |
| 八、多点控制程序 .....                    | 175 |
| 九、振荡程序 .....                      | 175 |
| 第二节 编程举例 .....                    | 176 |
| 一、电动机正反转控制 .....                  | 176 |
| 二、交通信号灯控制 .....                   | 177 |
| 三、抢答器控制 .....                     | 180 |
| <br>第六章 PLC 控制系统设计举例 .....        | 181 |
| 第一节 铣床自动控制 .....                  | 181 |
| 一、控制要求 .....                      | 181 |
| 二、动作分析 .....                      | 182 |



|                            |         |
|----------------------------|---------|
| 三、机型选择 .....               | 184     |
| 四、I/O 点分配 .....            | 184     |
| 五、硬件接线图 .....              | 185     |
| 六、梯形图程序 .....              | 185     |
| 第二节 广告牌彩灯闪烁控制 .....        | 186     |
| 一、控制要求 .....               | 186     |
| 二、机型选择 .....               | 187     |
| 三、I/O 点分配 .....            | 187     |
| 四、参考程序 .....               | 187     |
| 第三节 电梯控制系统 .....           | 191     |
| 一、控制要求 .....               | 191     |
| 二、机型选择 .....               | 191     |
| 三、I/O 点分配 .....            | 191     |
| 四、电梯控制参考程序 .....           | 192     |
| 第四节 自动生产线控制系统 .....        | 203     |
| 一、自动生产线穿销钉单元 .....         | 203     |
| 二、自动生产线检测单元 .....          | 214     |
| 三、自动生产线加盖单元 .....          | 224     |
| <br>第七章 可编程控制器的安装与维护 ..... | <br>233 |
| 第一节 PLC 的安装和接线 .....       | 233     |
| 一、安装 .....                 | 233     |
| 二、布线 .....                 | 234     |
| 三、控制单元输入端子接线 .....         | 235     |
| 四、控制单元输出端子接线 .....         | 235     |
| 五、A/D 转换单元的接线 .....        | 237     |
| 六、D/A 转换单元的接线 .....        | 238     |
| 七、接地线 .....                | 238     |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第二节 PLC 的自诊断及故障诊断功能 ..... | 238 |
| 一、故障监测 .....              | 238 |
| 二、常见故障及其诊断方法 .....        | 239 |
| 第三节 PLC 的维护和检修 .....      | 241 |
| 一、维护和检修 .....             | 241 |
| 二、备份电池更换 .....            | 242 |
| <b>参考文献</b> .....         | 244 |

# 第一章 可编程控制器基本结构及工作原理

## 第一节 概 述

### 一、PLC 的产生

#### 1. PLC 的定义

可编程控制器 (Programmable Controller) 简称为 PC, 但由于个人计算机 (Personal Computer) 也简称为 PC, 而早期的可编程控制器只具有逻辑控制功能, 因此, 为了区别, 人们仍习惯称可编程控制器为 PLC (Programmable Logical Controller)。

国际电工委员会 (IEC) 于 1987 年颁布了可编程控制器的标准及其定义: “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, 它采用可程序的存储器, 用来在其内部存储程序, 执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的命令, 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。可编程控制器及其有关设备, 都应按易于与工业控制系统连成一个整体, 易于扩充功能的原则

而设计”。

## 2. PLC 的产生

20 世纪 60 年代中期，美国通用汽车公司（GM）为适应生产工艺不断更新的需要，提出了一种设想：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、价格低廉等优点结合起来，并由此提出了新型电气控制的 10 条招标要求，根据这一招标要求，美国数字设备公司（DEC）于 1969 年研制成功了第一台可编程控制器 PDP-14，并在汽车自动装配线上试用成功。

这项新技术的使用，在工业界产生了巨大的影响，从此可编程控制器在世界各地迅速发展起来。1971 年，日本从美国引进了这项新技术，并很快研制成功了日本第一台可编程控制器。1973~1974 年，德国、法国也相继研制成功了自己的可编程控制器。我国从 1974 年开始研制，1977 年研制成功了以 1 位微处理器 MC14500 为核心的可编程控制器，并开始应用于工业生产控制。

从第一台 PLC 诞生至今，大致经历了四次更新换代。

第一代 PLC，多数用 1 位机开发，采用磁芯存储器存储，仅具有逻辑控制、定时、计数功能。

第二代 PLC，使用了 8 位微处理器及半导体存储器，其产品逐步系列化，功能也有所增强，已能实现数字运算、传送、比较等功能。

第三代 PLC，采用了高性能微处理器及位片式 CPU，

工作速度大幅度提高，同时促使其向多功能和联网方向发展，并具有较强的自诊断能力。

第四代 PLC，不仅全面使用 16 位、32 位微处理器作为 CPU，内存容量也更大，可以直接用于一些规模较大的复杂控制系统。而且编程语言除了可使用传统的梯形图、流程图等外，还使用高级语言，外设也更加多样化。

现在，PLC 已广泛应用于工业控制的各个领域，PLC 技术、机器人技术、CAD/CAM 技术共同构成了工业自动化的三大支柱。

## 二、PLC 的特点

### 1. 可靠性高，抗干扰能力强

为保证 PLC 能在工业环境下可靠工作，在设计和生产过程中采取了一系列硬件和软件的抗干扰措施，主要有以下几个方面。

① 隔离，这是抗干扰的主要措施之一。PLC 的输入、输出接口电路一般采用光电耦合器来传递信号，这种光电隔离措施，使外部电路与内部电路之间避免了电的联系，可有效地抑制外部干扰源对 PLC 的影响，同时防止外部高电压窜入，减少故障和误动作。

② 滤波，这是抗干扰的另一个主要措施。在 PLC 的电源电路和输入、输出电路中设置了多种滤波电路，用以对高频干扰信号进行有效抑制。

③ 对 PLC 的内部电源还采取了屏蔽、稳压、保护等措施，以减少外界干扰，保证供电质量。另外使输

入/输出接口电路的电源彼此独立，以免电源之间的干扰。

④ 内部设置联锁、环境检测与诊断、Watchdog（看门狗）等电路，一旦发现故障或程序循环执行时间超过了警戒时钟 WDT 的规定时间（预示程序进入了死循环），立即报警，以保证 CPU 可靠工作。

⑤ 利用系统软件定期进行系统状态、用户程序、工作环境和故障的检测，并采取信息保护和恢复措施。

⑥ 对用户程序及动态工作数据进行电池后备，以保证停电后有关状态或信息不丢失。

⑦ 采用密封、防尘、抗震的外壳封装结构，以适应工作现场的恶劣环境。

另外，PLC 是以集成电路为基本元件的电子设备，内部处理过程不依赖于机械触点，也是可靠性高的主要原因；而采用循环扫描的工作方式，提高了抗干扰能力。通过以上措施，保证了 PLC 能在恶劣的环境中可靠地工作，使平均故障间隔时间长，故障修复时间短。

## 2. 功能完善，扩充方便，组合灵活，实用性强

现代 PLC 所具有的功能及其各种扩展单元、智能单元和特殊功能模块，可以方便、灵活地组成不同规模和要求的控制系统，以适应各种工业控制的需要。

## 3. 编程简单，使用方便，控制程序可变，具有很好的柔性

PLC 继承了传统继电器控制电路的读图习惯，采用面向控制过程和操作者的“自然语言”——梯形图为编程

语言。PLC 控制系统采用软件编程来实现控制功能，其外围只需将信号输入设备（按钮、开关等）和接收输出信号执行控制任务的输出设备（如接触器、电磁阀等执行元件）与 PLC 的输入、输出端子相连接，安装简单、工作量少。当生产工艺流程改变或生产线设备更新时，不必改变 PLC 硬件设备，只需改编程序即可，灵活方便，具有很强的“柔性”。

#### 4. 体积小，重量轻，功耗低

由于 PLC 是专为工业控制而设计的，其结构紧密、坚固、体积小，是实现机电一体化的理想控制设备。

#### 5. 安装简单，维修方便

PLC 不需要专门的机房，可以在各种工业环境下直接运行。使用时只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连接，写入 PLC 的应用程序即可投入运行。各种模块上均有运行和故障指示装置，便于用户了解运行情况和查找故障。PLC 还有强大的自检功能，可进行自诊断。其结果可自动记录，这为它的维修增加了透明度，提供了方便。

#### 6. 环境要求低，适用于恶劣的工业环境

PLC 的技术条件能在一般高温、振动、冲击和粉尘等恶劣的环境下工作，能在强电磁干扰环境下可靠工作。这是 PLC 产品的市场生存价值。

#### 7. 易学易用

PLC 是面向工矿企业的工控设备，接口容易，编程语言易于为工程技术人员接受。PLC 编程大多采用类似

继电器控制线路的梯形图形式，对使用者来说，不需要具备计算机的专门知识，因此，很容易被一般工程技术人员所理解和掌握。

### 三、PLC 的分类及性能指标

#### 1. PLC 的分类

PLC 的种类很多，其功能、内存容量、控制规模、外形等方面差异较大，因此 PLC 的分类标准不统一，但仍可按其 I/O 点数、结构形式、实现功能等进行大致的分类。

##### (1) 按 I/O 点数分类

PLC 按 I/O 的总点数可分为：小于 256 点的为小型机，257~2048 点的为中型机，超过 2048 点的为大型机。

##### (2) 按结构形式分类

PLC 按硬件的结构形式可分为整体式 PLC 和组合式 PLC。整体式 PLC 的 CPU、存储器、I/O 接口安装在同一机体内，其结构紧凑、体积小、价格低，但灵活性较差。组合式 PLC 在硬件上具有较高的灵活性，其模块可以像拼积木一样进行组合，构成不同控制规模和功能的 PLC，因此又被称为积木式 PLC。

##### (3) 按实现的功能分类

按照 PLC 所能实现的功能的不同，可将 PLC 分为低档、中档和高档三类。低档机具有逻辑运算、定时、计数、移位、自诊断、监控等基本功能和一定的算术运算、数据传送、比较、通信和模拟量处理功能。中档机除具有低档机的功能外，还具有较强的算术运算、数据传送、比



较、通信、子程序、中断处理和回路控制功能。高档机则在中档机的基础上加强了带符号数的运算、矩阵运算以及函数、CRT 显示、打印等功能。

一般来说，低档机多为小型 PLC，采用整体结构；中档机可为大、中、小型 PLC，且中、小型 PLC 多为整体结构，大、中型 PLC 为组合式结构。高档机多为大型 PLC，采用组合式结构。目前，得到广泛应用的多是中、低档机。

## 2. PLC 的主要性能指标

### (1) 输入/输出点数

I/O 点数是指 PLC 的外部输入、输出端子数。PLC 的输入、输出信号有开关量和模拟量两种。开关量用 I/O 点数表示，模拟量用 I/O 通道数表示。

### (2) PLC 内部继电器的种类和点数

包括辅助继电器、特殊功能继电器、计数器、定时器和移位寄存器等。

### (3) 用户程序存储器容量

PLC 的用户程序存储器用来存储通过编程器编入的用户程序。常用 K 字 (KW)、K 字节 (KB) 表示。

### (4) 扫描时间

扫描时间是指 PLC 执行一次用户程序所需的时间。一般用每执行 1000 步指令所需的时间来计算，可用 ms/千步为单位来表示，通常为 20ms 左右。

### (5) 编程语言及指令功能

目前 PLC 常用的编程语言是梯形图语言和助记符语