



北京市高等教育精品教材立项项目

面向 21 世纪高等院校规划教材

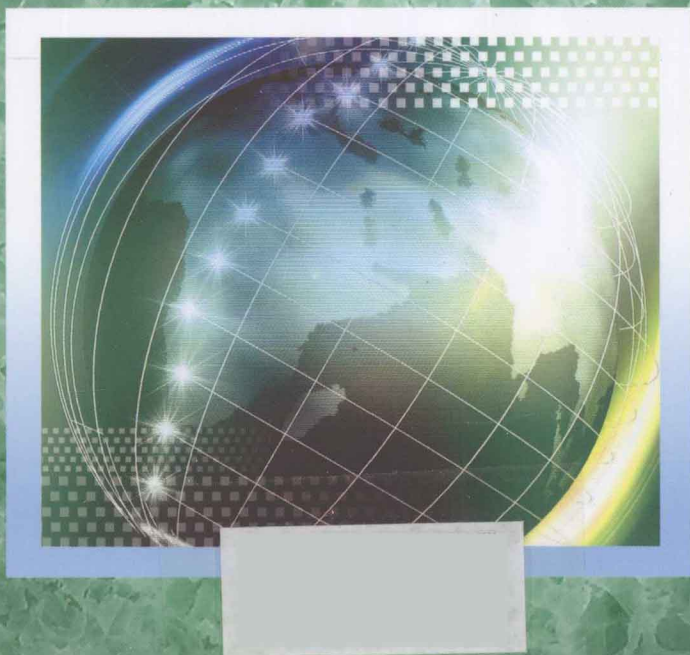


# SIMATIC S7-200 可编程序控制器教程

(第 2 版)

SIMATIC S7-200  
KEBIANCHENGXU KONGZHIQI JIAOCHENG

◆ 温照方 主编



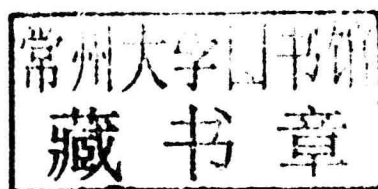
 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

北京市高等教育精品教材立项项目  
面向21世纪高等院校规划教材

# **SIMATIC S7 - 200 可编程序 控制器教程**

(第2版)

温照方 主编



 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书取材于国外最新技术资料,介绍了通用的可编程序控制器诞生和技术发展的历史、可编程序控制器的原理及结构。并以 SIMATIC S7-200 系列可编程序控制器为例介绍了基本指令和编程方法。讲解了 S7-200 编程软件的使用方法,并从实用角度详细介绍了用编程软件进行编程、调试和下载的方法。书中还有基本指令上机的指导练习,并配有基本实验内容和综合实验内容。本书可作为自动控制、机电一体化专业的大学本科教材,也可作为机电行业技术人员的自学参考书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目 (CIP) 数据

SIMATIC S7-200 可编程序控制器教程/温照方主编. —2 版.  
北京:北京理工大学出版社,2010.1  
ISBN 978-7-81045-946-4

I. S… II. 温… III. 可编程序控制器-高等学校-  
教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 208388 号

---

---

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/涿州市新华印刷有限公司

开 本/787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张/13.5

字 数/313 千字

版 次/2010 年 1 月第 2 版 2010 年 1 月第 3 次印刷

印 数/8001~12000 册

定 价/25.00 元

责任校对/陈玉梅

责任印制/边心超

---

图书出现印装质量问题,本社负责调换

## 第2版前言

《SIMATIC S7-200 可编程序控制器教程》第一版是于2002年9月出版的，迄今已经使用7年了。从使用教材的教学实践效果来看，本书在取材内容和组织上适应了工科大学的教学需要，特别是在实践教学环节的内容上更具有其独特之处。

为了适应信息与控制技术的迅速发展，以及满足大学工科类教学深入改革的要求，本教程进行了重新修订。在原教程基础上，对书中内容进行了整合、补充和精练。以下就修订的具体内容作一简要说明。

本书共分为9章。将原来的1、2、3章整合为1、2章。这两章介绍了可编程序控制器的发展、结构和工作原理。

第3章介绍了基本常用指令，增加了编程指导和应用实例，加强了可读性。

第4、5章介绍了编程软件使用和基本指令练习。采用了升级的软件新版本，更具有其先进性。

第6章为新增内容，介绍了可编程序控制器系统的硬件设计和软件设计方法，深入浅出地介绍了顺序功能图的编程方法，并与工程实际相结合，更具有实用性。

第7章为新增的一章，完善了中断和网络通讯的内容。

第8章将高速计数器和脉冲输出作为独立的一章，充分体现了S7-200的这一特殊功能。

第9章为PLC的基本实验和综合实验内容，增加了PLC控制步进电动机、控制变频器及PID指令应用的综合实验，拓宽了可编程序控制器的应用范围。

参加重新修订的教师有：温照方（编写了第3章），李燕民（编写了第1章、第2章及第8章的8.1节），姜明（编写了第7章及第8章的8.2节），叶勤（编写了第6章和附录）；吴仲（编写了第5章、第7章和第9章）。本书由温照方担任主编，对全书进行了统稿。

本书编写过程中，参阅了西门子公司提供的大量资料，得到了北京理工大学信息与电子学院电工教研室的各位老师的大力支持及西门子中国有限公司的大力支持，还得到了李宇峰、王勇、许建华、郜志峰、高玄怡等老师的大力帮助。在此一并表示衷心感谢。由于我们水平和能力所限，编写时间仓促，书中难免有疏漏和错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

# 第1版前言

西门子的 SIMATIC S7 系列是市场上流行的具有代表性的可编程序控制器，它包括 S7-200、S7-300、S7-400 三大类，其中 S7-200 是小型可编程序控制器，可以应用于各种小型自动化系统，具有紧凑的设计、良好的扩展性、通讯安全可靠、界面友好的编程软件、高速的处理能力、强大的指令集。

可编程序控制器是一种新型的工业自动化控制装置，在今后的工业控制领域中它必将迅速发展并成为主流。因此在各工科院校等专业开设这门课程是很有必要的。本书以 S7-200 可编程序控制器为主，介绍了可编程序控制器存储器的数据类型及寻址方式，较详细的叙述了 S7-200 可编程序控制器的各种控制功能和指令，并配有简单而实用的应用实例，便于自学。

本书还介绍了 S7-200 可编程序控制器的编程软件和使用方法，重点讲解了如何输入梯形图逻辑程序，如何下载和测试程序等，并有上机指导练习。读者可以借助于这本书独立掌握软件的使用方法，熟悉基本指令。本书还配有可编程序控制器的基本实验和综合实验，加强了对可编程控制器的综合性和应用性的训练。

本书参阅了西门子公司提供的大量资料，在此对西门子中国有限公司的大力支持表示衷心感谢。本书由西门子公司北京自动化与驱动培训中心高级工程师李瀛先生进行了全面审阅，并提出了宝贵的修改意见，在此表示衷心感谢。由于水平所限，时间仓促，书中难免有错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

2002 年 2 月于北京

# 目 录

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| <b>第 1 章 可程序控制器概论</b> .....         | 1  |
| 1.1 可程序控制器的产生和发展 .....              | 1  |
| 1.1.1 可程序控制器的产生 .....               | 1  |
| 1.1.2 可程序控制器的发展 .....               | 2  |
| 1.1.3 可程序控制器的发展趋势 .....             | 2  |
| 1.2 可程序控制器的定义和特点 .....              | 4  |
| 1.2.1 可程序控制器的定义 .....               | 4  |
| 1.2.2 可程序控制器的特点 .....               | 4  |
| 1.3 可程序控制器的功能及应用 .....              | 5  |
| 1.4 可程序控制器的基本性能指标 .....             | 6  |
| 1.5 可程序控制器的分类 .....                 | 7  |
| <b>第 2 章 可程序控制器的工作原理</b> .....      | 9  |
| 2.1 可程序控制器的基本结构及各部分的作用 .....        | 9  |
| 2.1.1 PLC 的基本结构 .....               | 9  |
| 2.1.2 PLC 各部分的作用 .....              | 10 |
| 2.1.3 提高 PLC 可靠性的措施 .....           | 14 |
| 2.2 可程序控制器的工作原理 .....               | 14 |
| 2.2.1 循环扫描工作方式 .....                | 14 |
| 2.2.2 PLC 的工作原理 .....               | 16 |
| 2.3 可程序控制器的编程语言 .....               | 17 |
| 2.3.1 编程语言标准 IEC61131—3 .....       | 17 |
| 2.3.2 编程语言简介 .....                  | 18 |
| 2.4 S7-200 CPU 存储器的数据类型 .....       | 19 |
| 2.5 S7-200 CPU 存储器的寻址方式 .....       | 21 |
| 2.5.1 存储器的寻址方式和数据表示 .....           | 21 |
| 2.5.2 存储器的直接寻址 .....                | 23 |
| 2.5.3 CPU 存储器区域的 SIMATIC 间接寻址 ..... | 28 |
| <b>第 3 章 S7-200 可程序控制器指令</b> .....  | 30 |
| 3.1 概述 .....                        | 30 |
| 3.2 位逻辑指令 .....                     | 31 |
| 3.2.1 PLC 触点类型 .....                | 31 |
| 3.2.2 输出指令 .....                    | 32 |



|                                              |                       |           |
|----------------------------------------------|-----------------------|-----------|
| 3.2.3                                        | 取非指令                  | 32        |
| 3.2.4                                        | 正、负跳变指令               | 33        |
| 3.2.5                                        | 置位和复位指令               | 34        |
| 3.3                                          | 定时器及计数器指令             | 35        |
| 3.3.1                                        | 定时器指令                 | 35        |
| 3.3.2                                        | 计数器指令                 | 39        |
| 3.4                                          | 传送和比较指令               | 42        |
| 3.4.1                                        | 传送指令                  | 42        |
| 3.4.2                                        | 比较指令                  | 43        |
| 3.5                                          | 逻辑操作指令                | 45        |
| 3.5.1                                        | 逻辑与指令                 | 45        |
| 3.5.2                                        | 逻辑或指令                 | 45        |
| 3.5.3                                        | 逻辑异或指令                | 45        |
| 3.5.4                                        | 逻辑取反指令                | 47        |
| 3.6                                          | 移位和循环移位指令             | 47        |
| 3.6.1                                        | 移位指令                  | 47        |
| 3.6.2                                        | 循环移位指令                | 48        |
| 3.7                                          | 数学运算指令                | 50        |
| 3.7.1                                        | 整数数学运算指令              | 50        |
| 3.7.2                                        | 实数数学运算指令              | 54        |
| 3.8                                          | 程序控制指令                | 55        |
| 3.8.1                                        | 程序结束指令（END）           | 56        |
| 3.8.2                                        | 程序暂停指令（STOP）          | 56        |
| 3.8.3                                        | 顺序控制继电器指令             | 56        |
| 3.8.4                                        | 跳转及标号指令               | 57        |
| 3.8.5                                        | 循环指令                  | 58        |
| 3.9                                          | 其他指令                  | 59        |
| 3.9.1                                        | 时钟指令                  | 59        |
| 3.9.2                                        | 转换指令                  | 60        |
| 3.9.3                                        | 译码和编码指令               | 63        |
| 3.9.4                                        | 段码指令                  | 64        |
| 3.9.5                                        | 填表指令                  | 65        |
| 3.10                                         | 编程实例                  | 65        |
| 3.10.1                                       | 编程指导                  | 66        |
| 3.10.2                                       | 应用举例                  | 68        |
| <b>第 4 章 S7 – 200 系列可编程序控制器的编程系统和编程软件的使用</b> |                       | <b>76</b> |
| 4.1                                          | S7 – 200 可编程序控制器系统简介  | 76        |
| 4.1.1                                        | S7 – 200 可编程序控制器系统的组成 | 76        |

|                                         |           |
|-----------------------------------------|-----------|
| 4.1.2 STEP7 – Micro/WIN V4.0 编程软件的安装与设置 | 76        |
| 4.2 STEP7 – Micro/WIN V4.0 编程软件使用和功能    | 82        |
| 4.2.1 编程软件的窗口组件                         | 82        |
| 4.2.2 编程软件的工具条                          | 83        |
| 4.2.3 编程软件的浏览条                          | 84        |
| 4.2.4 编程软件的项目/指令树                       | 85        |
| 4.2.5 编程软件的状态图                          | 86        |
| 4.2.6 编程软件中帮助功能的使用                      | 86        |
| 4.3 如何用 STEP7 – Micro/WIN V4.0 编程软件进行编程 | 87        |
| 4.3.1 编程软件的编程概念和规则                      | 87        |
| 4.3.2 程序的组成（主程序、子程序和中断调用程序）             | 88        |
| 4.4 输入梯形图逻辑程序                           | 89        |
| 4.4.1 建立项目                              | 89        |
| 4.4.2 利用符号表/全局变量表定义全局符号                 | 89        |
| 4.4.3 利用梯形图逻辑编辑器输入逻辑指令、编辑指令和注释指令        | 90        |
| 4.4.4 编辑和修改                             | 92        |
| 4.5 下载与上装程序                             | 93        |
| 4.6 对程序进行调试与监控                          | 93        |
| 4.6.1 用“程序状态”方式观察 CPU 的运行状态             | 93        |
| 4.6.2 用“图状态”方式观察 CPU 的运行状态              | 94        |
| 4.6.3 用“趋势图”方式观察 CPU 的运行状态              | 95        |
| <b>第5章 SIMATIC 基本指令的上机练习</b>            | <b>97</b> |
| 5.1 位逻辑指令练习                             | 97        |
| 5.1.1 触点指令练习                            | 97        |
| 5.1.2 置位复位指令练习                          | 98        |
| 5.2 传送指令练习                              | 98        |
| 5.3 比较指令练习                              | 99        |
| 5.4 定时器指令练习                             | 100       |
| 5.4.1 接通延时定时器（TON）                      | 100       |
| 5.4.2 有记忆接通延时定时器（TONR）                  | 100       |
| 5.4.3 断开延时定时器（TOF）                      | 101       |
| 5.5 计数器指令练习                             | 101       |
| 5.5.1 减计数器指令（CTD）                       | 101       |
| 5.5.2 增/减计数器指令（CTUD）                    | 102       |
| 5.6 整数数学运算指令练习                          | 102       |
| 5.7 逻辑操作指令练习                            | 103       |
| 5.8 移位和循环移位指令练习                         | 104       |



|              |                             |            |
|--------------|-----------------------------|------------|
| 5.9          | 掉电保持练习 .....                | 104        |
| 5.10         | A/D、D/A 功能练习 .....          | 104        |
| 5.10.1       | 模拟量输入 .....                 | 105        |
| 5.10.2       | 模拟量输出 .....                 | 105        |
| 5.10.3       | 模拟量输入/输出举例 .....            | 106        |
| <b>第 6 章</b> | <b>可编程序控制器的控制系统设计 .....</b> | <b>107</b> |
| 6.1          | PLC 控制系统设计的基本流程 .....       | 107        |
| 6.2          | PLC 控制系统的硬件设计 .....         | 108        |
| 6.2.1        | S7 – 200 硬件选型 .....         | 109        |
| 6.2.2        | S7 – 200 的硬件编址规则 .....      | 109        |
| 6.2.3        | S7 – 200 的硬件接线 .....        | 110        |
| 6.3          | PLC 控制系统软件设计方法 .....        | 110        |
| 6.3.1        | 经验编程法的基本环节和典型应用 .....       | 110        |
| 6.3.2        | 顺序功能图的描述方法 .....            | 112        |
| 6.3.3        | 顺序功能图转换为梯形图 .....           | 117        |
| <b>第 7 章</b> | <b>中断和网络通讯 .....</b>        | <b>120</b> |
| 7.1          | 中断处理 .....                  | 120        |
| 7.1.1        | 中断的概念 .....                 | 120        |
| 7.1.2        | 中断的种类和优先级 .....             | 120        |
| 7.1.3        | 中断指令 .....                  | 122        |
| 7.2          | 网络通讯 .....                  | 125        |
| 7.2.1        | 网络通讯概述 .....                | 125        |
| 7.2.2        | PPI 网络读/写指令 .....           | 126        |
| 7.2.3        | 自由端口发送/接收指令 .....           | 127        |
| <b>第 8 章</b> | <b>高速计数器及脉冲输出 .....</b>     | <b>134</b> |
| 8.1          | 高速计数器 .....                 | 134        |
| 8.1.1        | 高速计数器概述 .....               | 134        |
| 8.1.2        | 高速计数器的时序 .....              | 135        |
| 8.1.3        | 高速计数器输入线的连接 .....           | 138        |
| 8.1.4        | 高速计数器的编程 .....              | 142        |
| 8.1.5        | 高速计数器的应用举例 .....            | 144        |
| 8.2          | 脉冲输出指令 .....                | 147        |
| 8.2.1        | 脉冲输出指令的功能 .....             | 147        |
| 8.2.2        | 脉冲串 (PTO) 操作 .....          | 149        |
| 8.2.3        | 脉宽调制 (PWM) 操作 .....         | 152        |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 第9章 可编程序控制器的基本实验及综合实验 .....             | 154 |
| 实验 9.1 三相异步电动机的 Y - $\Delta$ 启动实验 ..... | 154 |
| 实验 9.2 多级传送带实验 .....                    | 155 |
| 实验 9.3 运料小车实验 .....                     | 156 |
| 实验 9.4 节日彩灯实验 .....                     | 158 |
| 实验 9.5 交通信号灯实验 .....                    | 159 |
| 实验 9.6 PLC 控制步进电动机 .....                | 159 |
| 实验 9.7 PLC 控制变频调速器 .....                | 166 |
| 实验 9.8 PLC 的 PID 指令应用 .....             | 172 |
| 附录 1 S7 - 200 CPU 常用技术规范 .....          | 182 |
| 附录 2 CPU 224/CPU 226 连线端子图 .....        | 187 |
| 附录 3 综合实验参考程序 .....                     | 188 |
| 附录 4 实验设备介绍 .....                       | 195 |
| 参考文献 .....                              | 203 |



## 第 1 章

# 可编程序控制器概论

可编程序控制器 (Programmable Controller, PC) 是一种以微处理器 CPU 为核心, 专门用于工业现场的自动控制装置。这种控制装置早期的名称为“可编程逻辑控制器” (Programmable Logic Controller, PLC)。鉴于 PC 这一简称早已成为个人计算机 (Personal Computer) 的代名词, 为避免混淆, 一般仍将 PLC 作为可编程序控制器的简称, 但其功能远不止逻辑控制功能。目前 PLC 与机器人、CAD/CAM 并称为工业生产自动化的三大支柱。

## 1.1 可编程序控制器的产生和发展

### 1.1.1 可编程序控制器的产生

20 世纪 60 年代末期, 美国的汽车制造工业迅速发展, 行业竞争激烈, 汽车更新换代加快。当时汽车生产流水线的自动控制系统都是由继电器控制装置构成的, 汽车每一次改型都要求生产线作相应的改变, 其继电器、接触器控制系统就需要重新设计和改装。为了适应生产工艺不断更新的需要, 减少重新设计控制系统的时间和费用, 1968 年美国最大的汽车制造商——通用汽车公司 (GM) 首先公开招标, 要求用新的控制装置代替继电器控制装置, 并从用户的角度提出了 10 项指标要求:

- (1) 编程方便, 可在现场修改和调试程序。
- (2) 维护方便, 采用插件式。
- (3) 可靠性高于继电器控制柜。
- (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) 成本与继电器控制柜相当。
- (7) 输入可为交流 115 V。
- (8) 输出可为交流 115 V、2 A 以上, 可直接驱动接触器、电磁阀等。
- (9) 扩展时原系统改变最少。
- (10) 用户存储器大于 4 KB。

美国数字设备公司 (DEC) 中标, 并根据上述要求, 于 1969 年研制出世界上第一台可编程序控制器, 其型号为 PDP-14, 用在通用汽车公司的汽车自动装配线上, 获得成功。尽管这第一台 PLC 仅具有逻辑控制、定时、计数等功能, 但却标志着一种新型工业控制装置的问世。

1971年,日本从美国引进了可编程序控制器的新技术,很快研制成功日本第一台 PLC,型号为 DSC-8。1973年,欧洲国家的各种 PLC 也相继研制成功。中国于 1974 年开始研制 PLC,1977 年开始进入工业应用阶段。现在世界上一些著名的电器厂商都在生产、研发可编程序控制器产品及其各种系列的应用模块。

### 1.1.2 可编程序控制器的发展

可编程序控制器由替代继电器控制装置而诞生,随着微电子技术、计算机技术和通信技术的发展而同步发展,因工业控制系统新的应用需求而提高完善,并将在工业控制领域中继续成为占主导地位的基础自动化设备。可编程序控制器作为工业控制专用计算机已进入第五代,可与工控机、通信网络、分散控制系统(DCS)等构成各种类型的自动控制系统和装置。

自从 PLC 研制成功至今,其发展过程大致经历了 3 个主要阶段。

#### 1. PLC 产品初创阶段(20 世纪 60 年代末期—70 年代中期)

PLC 中的 CPU 为 1 位微处理器,功能仅限于逻辑运算、定时、计数等,通常用于顺序逻辑控制。其应用主要为替代传统的继电器和接触器控制系统。

#### 2. PLC 中期发展阶段(20 世纪 70 年代中期—80 年代中、后期)

PLC 中的 CPU 为 8 位微处理器及存储器,后逐渐采用高性能 8 位微处理器及位片式微处理器,除原有的逻辑运算、定时、计数功能外,还增加了数据的传送和比较、模拟量的运算和控制功能。其应用方面的特点为能够同时完成逻辑控制和模拟量控制。

微电子技术和计算机技术的发展,使 PLC 中的 CPU 数据处理的速度提高,能实现联网通信功能,构成比较复杂的控制系统,许多公司加强了特殊功能模块的研制。这一时期的 PLC 产品逐渐走向系列化。

#### 3. PLC 功能提高阶段(20 世纪 80 年代中、后期至今)

PLC 中的 CPU 采用 16 位、32 位微处理器及高性能位片式微处理器,PLC 由单 CPU 转向多 CPU,使其运算速度、数据处理、图像显示和联网通信等功能都大大提高,可实现分级的网络控制系统。在现代工业控制系统中,尤其是在复杂的连续生产过程的控制系统中,PLC 已经真正成为具有逻辑控制、运动控制、数据处理、联网通信等功能的多功能控制器。这一阶段的 PLC 不仅控制功能增强,性能价格比提高,而且功耗和体积减小、成本下降,在编程和故障检测方面更为灵活方便,还包括了便捷的调试、测试工具和仿真工具等。

近年来,随着科学技术的发展和市场需求的增加,各个生产厂家正在不断改进 PLC 的结构,扩展 PLC 的功能,不断推出 PLC 新产品,平均 3~5 年更新换代一次,有些新型中、小型 PLC 的功能甚至达到或超过了过去大型 PLC 的功能。

### 1.1.3 可编程序控制器的发展趋势

目前在许多工业领域,PLC 的应用非常广泛,如奔驰等汽车生产企业、上海宝钢等钢铁企业、秦山核电站等都大量采用 PLC 进行控制,使生产过程的自动化程度大大提高。据不完全统计,当今世界 PLC 生产厂家有 200 多家,生产 400 多个品种。2000 年我国国内的 PLC 需求量为 15 万~20 万台/套,价值 25 亿~35 亿元。2005 年国内 PLC 的需求量已达到 25 万台/套左右,价值 35 亿~45 亿元。到 2007 年,国内外 PLC 品牌在中国市场销售额近

50 亿元, 并保持继续上升的势头。

现代可编程序控制器有以下几个方面的发展趋势。

(1) 发展微型 PLC 产品。使其体积更小、速度更快、功能更强、价格更低、配置更加灵活, 其组成由整体结构向小型模块化结构发展, 增加了配置的灵活性。例如, Siemens 公司生产的 S7-200 的最小配置为 S7-221, 有 6 DI/4 DO (数字量输入/数字量输出), 而 S7-224 可扩展到 7 个模块, 最大输入/输出达 94 DI/74 DO, 16 AI/16 AO (模拟量输入/模拟量输出), 可满足比较复杂的控制系统的要求。

另外, 小型 PLC 由整体结构向小型模块化结构发展, 使配置更加灵活, 为了迎合市场的需要已开发了各种简易、经济的超小型 PLC, 最小配置的 I/O 点数为 8~16 点, 如三菱公司  $\alpha$  系列 PLC, 以适应单机及小型自动控制的需要。

(2) 发展大型 PLC 产品。使其具有大型网络化、高可靠、多功能、好的兼容性等, 如现已出现 I/O 点数和达 14 336 点的超大型 PLC, 其使用 32 位微处理器, 多 CPU 并行工作和大容量存储器, 功能大大增强。网络化和强化通信能力是 PLC 发展的一个重要方面, 近年来各公司陆续推出各种高功能模块, 增强了 PLC 的控制功能, 如模/数转换 (A/D) 模块、数/模转换 (D/A) 模块、现场总线模块、电机驱动模块、PID (比例-积分-微分) 控制模块及称重模块等。利用基本模块和一些特殊功能模块, 用户可方便地组成各种控制系统, 体现了现代 PLC 的特点。

(3) PLC 控制与 DCS 等其他控制系统的集成和融合。随着当今各种控制系统数字化、模块化、网络化的需求, PLC 控制系统正在与计算机 (PC)、分散控制系统 (DCS)、现场总线 (Fieldbus)、智能型 I/O 子系统等集成和融合, 能够实现电气控制、过程控制和计算机控制的三电一体化系统的功能, 同时也实现了管理系统的功能, 便于将生产的控制、过程及信息迅速可靠地进行综合。开放的体系结构提供灵活性, 最终降低成本和提高生产率。

正在发展和成为热点的是智能型 I/O 子系统和现场总线 I/O。智能型 I/O 子系统是以微处理器、数据存储器及程序为基础的功能部件, 可执行预处理、控制、故障诊断、冗余输出和通信功能, 可实现远程 I/O 的就地分散安装, 改善了 PLC 运行和扩展的灵活性。现场总线 I/O 可与现场设备直接相连, 集检测、数据处理、通信、调试等功能于一体, 能在现场完成智能 I/O 的功能, 且节省硬件、危险分散, 提高了系统运行的可靠性。

另外, PLC 的各种硬件、软件应用模块的开发研制, 通信的高速率、大吞吐量和网络协议标准化也是近年来发展的热点。

某 PLC 产品的外形如图 1-1 所示。

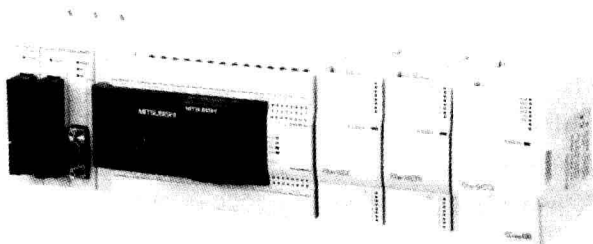


图 1-1 PLC 产品的外形

## 1.2 可编程序控制器的定义和特点

### 1.2.1 可编程序控制器的定义

可编程序控制器问世后，从 1976 年开始，美国电气制造商协会（National Electrical Manufacturers Association, NEMA）经过 4 年的调查研究，于 1980 年正式将可编程序控制器命名为 PC（Programmable Controller），并对其作了以下定义。

可编程序控制器是一种数字式的电子装置。它使用可编程序的存储器来存储指令，并实现逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等功能，用来对各种生产机械或生产过程进行控制。

1982 年，美国国际电工委员会（International Electro-technical Commission, IEC）颁布了可编程序控制器标准草案，1983 年提交了第二版，1987 年公布了第三版。第三版对可编程序控制器作了以下的定义。

可编程序控制器是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑计算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令，并能通过数字式或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的外围设备都应按照易于与工业控制系统形成一个整体，易于扩展其功能的原则设计。

定义强调了 PLC 直接应用于工业生产环境，它具有很高的运行可靠性和很强的抗干扰能力，广泛的适应性和应用范围，这是区别于一般微机控制系统的一个重要特征，而且利用 I/O 扩展接口、通过编制程序等措施，使系统的功能易于修改和扩展。

### 1.2.2 可编程序控制器的特点

可编程序控制器得以迅速发展和广泛应用的原因是由于它具有继电器接触器控制装置和通用计算机所不具备的特点，主要有以下几个方面。

#### 1. 运行稳定、可靠性高、抗干扰能力强

PLC 是为工业生产过程的控制而设计的，其内部采用集成电路，接线大大减少；与继电器控制电路相比，内部电路采用无触点控制，元器件的寿命几乎不受限制；PLC 在软、硬件设计上采用了一系列提高可靠性和抗干扰能力的措施，如系统硬件模块冗余、采用光电隔离、掉电保护、对干扰进行屏蔽和滤波、在运行过程中允许 PLC 模块热插拔、设置故障检测和自诊断程序及其他措施等，即使出现故障，也会及时发出报警信号。因此，PLC 控制系统运行的稳定性、可靠性得以全面提高。与继电器控制电路和通用计算机相比，PLC 更能适应工业现场较为恶劣（如高温、高湿、粉尘、强干扰等）的生产环境。

#### 2. 设计、使用和维护方便

用户可以根据工程控制的要求，选择 PLC 主控模块和高功能模块进行灵活的配置，提高系统的性能价格比；若生产过程对控制功能的要求提高，则 PLC 可以方便地对系统进行扩充。例如，通过扩展 I/O 单元来增加输入/输出点数；通过多台 PLC 之间的或 PLC 与计算机之间的通信，来修改系统软件（如加工程序等）来满足系统控制的新要求，从而提高系



统的柔性,扩展系统的功能。

### 3. 编程语言简单直观、易学易用

可编程序控制器的编程面向生产过程、面向工程技术人员,PLC 的编程语言多采用梯形图 LAD (Ladder Diagram)、语句表 (或称助记符语言) STL (Statement List),个别产品采用功能块图 FBD (Function Block Diagram),其中以梯形图的使用最为普遍。梯形图简单易学、方便直观,与继电器电路图有些相似,对于有一些电工基础知识的工程设计人员和操作人员,经过短期培训即可很快掌握。

### 4. 系统配套齐全、功能完善、适用性强

可编程序控制器发展到今天,已经形成了各种系列化产品,如过程控制、位置控制、通信及网络模块、人机界面技术等,可方便地构成不同规模的控制系统,甚至具有一定的管理功能。功能齐全的产品模块使得系统的功能配置和功能扩展都变得比较简单、易于配套,并且应用范围也非常广,适用性强。

### 5. 与通信技术、网络技术相结合

近年来,PLC 得以迅速发展的另一个主要因素是将网络技术和高速度、大容量信息交换技术转化为工业产品,实现了远程控制和集散系统控制。它将网络上层大型计算机极强的数据处理能力和管理功能与现场级网络中 PLC 的高可靠性结合起来,形成一种新型的全分布式的计算机控制系统。

### 6. 体积小、重量轻、能耗低

PLC 的体积小、重量轻,可安装在控制柜内,在 I/O 点数较少时,微小型 PLC 即可满足要求。如 Siemens 公司的 S7-221 的外形尺寸只有 90 mm × 80 mm × 62 mm,重量为 270 g,功耗仅有 4 W。三菱的微型 PLC Fx0S14,有 14 个输入、输出点 (8 个 24 V 直流输入,6 个继电器输出),其尺寸仅为 58 mm × 89 mm,仅大于信用卡几个毫米。

## 1.3 可编程序控制器的功能及应用

可编程序控制器的主要功能有:

### 1. 逻辑控制功能

用 PLC 的与、或、非指令取代继电器触点串联、并联或其他逻辑连接,进行开关控制。

### 2. 定时/计数控制功能

用 PLC 提供的定时器、计数器指令,实现对某种操作的定时或计数控制。

### 3. 顺序控制功能

用步进指令来实现在有多道加工工序的控制中,只有前一道工序完成后,才能进行下一道工序操作的控制。

### 4. 数据处理功能

PLC 能进行数据传送、比较、移位、数制转换、算术运算与逻辑运算以及编码和译码等操作。

### 5. A/D 与 D/A 转换功能

通过 A/D、D/A 模块完成模拟量和数字量之间的转换。

#### 6. 运动控制功能

通过高速计数模块和位置控制模块等进行单轴或多轴控制。

#### 7. 过程控制功能

通过 PLC 的 PID 控制模块实现对温度、压力、速度、流量等物理量进行控制。

#### 8. 扩展功能

通过连接输入/输出扩展单元 (即 I/O 扩展单元) 模块来增加输入/输出点数, 也可以通过附加各种智能单元及特殊功能单元来提高 PLC 的控制能力。

#### 9. 远程控制功能

通过远程 I/O 单元将分散在远距离的各种输入/输出设备与 PLC 主机相连接, 进行远程控制。

#### 10. 通信联网功能

通过 PLC 之间或与主控计算机的联网, 实现较大规模的系统控制。

#### 11. 监控功能

PLC 能够监视控制系统运行的状态, 对异常情况进行报警、显示或自动终止系统的运行。

随着 PLC 功能的不断完善, 性能价格比的不断提高, PLC 的应用范围也越来越广。目前, PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、采矿、水泥、化工、电力、机械制造、汽车、电镀、装卸、造纸、纺织、环保等各行各业。图 1-2 和图 1-3 所示分别为电镀生产线和汽车装配线。现在 PLC 的应用领域已经扩大到远离工业控制的其他行业, 如快餐厅、医院手术室、旋转门和车辆控制等, 甚至引入家庭住宅 (楼宇自动化)、娱乐场所和商业部门。

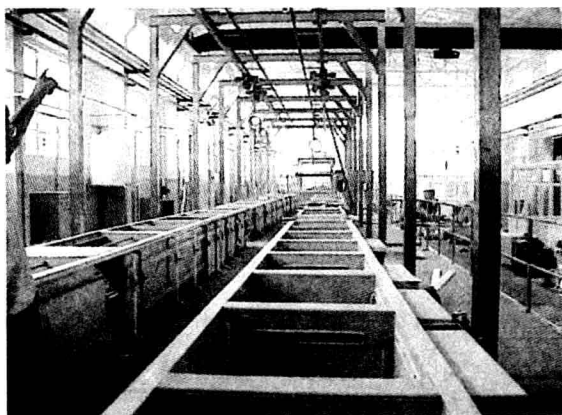


图 1-2 电镀生产线

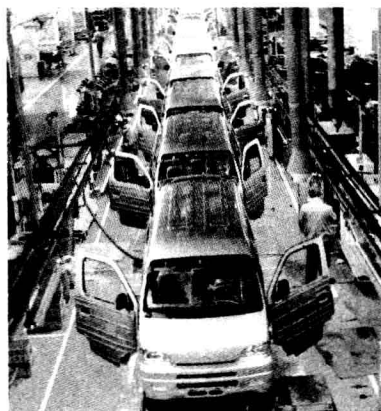


图 1-3 汽车装配线

## 1.4 可编程序控制器的基本性能指标

### 1. 输入/输出点数和 (I/O 点数和)

输入/输出点数和是指可编程序控制器外部输入端子与输出端子数相加, 这是 PLC 的一项非常重要的技术指标, 它决定了系统控制规模的大小。

### 2. 扫描速度

一般指 PLC 执行一条指令的时间, 单位为  $\mu\text{s}/\text{步}$ , 现在已从几微秒缩短到零点几微秒, 甚至更短时间; 有时也以执行一千条指令的时间来计算, 单位为  $\text{ms}/\text{千条}$ 。

### 3. 内存容量

内存容量一般指 PLC 存储用户程序的多少。

### 4. 指令条数

指令条数 (指令种类) 的多少是衡量 PLC 软件功能强弱的主要指标。

### 5. 内部寄存器

内部寄存器的配置情况是衡量 PLC 硬件功能的一个指标。

### 6. 高功能模块

将高功能模块与主模块搭配, 可实现一些特殊功能。常用的高功能模块有 A/D 模块、D/A 模块、高速计数模块、运动控制模块、位置控制模块、通信模块、高级语言编辑模块等。高功能模块的多少和指标也反映了 PLC 控制系统性能的强弱。

另外, 使用 PLC 时要注意电源电压、抗干扰和噪声性能、直流输出电压、环境温度、湿度、重量和外形尺寸等。

## 1.5 可编程序控制器的分类

### 1. 按控制规模分类

(1) 微型机。I/O 点数和在 64 点以下, 具有简单的逻辑运算、定时、计数等功能。例如, Siemens 公司的 LOGO!、OMRON 公司的 C20P 系列、MITSUBISHI 公司的 FX2N 系列 PLC 产品等。

(2) 小型机。I/O 点数和在 128 点, 内存容量在几 KB 左右, 具有逻辑运算、定时、计数等功能, 适用于开关量控制的场合。

(3) 中型机。I/O 点数和在 128 ~ 512 点, 内存容量在几十 KB 左右, 除具有小型机的功能外, 还增加了数据处理功能, 并可配置模拟量输入/输出模块, 适用于小规模综合控制系统。

(4) 大型机。I/O 点数和在 512 ~ 896 点, 内存容量在几百 KB。

(5) 超大型机。I/O 点数和在 896 点以上, 内存容量在 1 千 KB 以上。

### 2. 按结构分类

(1) 整体式结构。小型机一般采用整体式结构, PLC 中的 CPU、存储器、I/O 接口、电源等都集中安装在一个机箱内, 形成一个不可拆分的整体。

(2) 组合 (模块) 式结构。中型机以上 PLC 一般采用组合式结构, PLC 中的 CPU、存储器、I/O 接口、电源等为各自的模块结构, 利用底板和机架将它们方便地组合在一起, 并进行数据信号的传输。模块化结构可按控制系统的实际需要合理地配置, 以提高性价比。但从目前的发展趋势来看, 小型机也在向模块化结构发展。

按全世界 PLC 生产厂家所在地域可分成美国、欧洲和日本 3 个流派, 各流派 PLC 产品都各具特色, 如日本主要发展中、小型 PLC, 其小型 PLC 性能先进, 结构紧凑, 价格便宜, 在世界市场上占有重要地位。