



中国高等职业技术教育研究会推荐  
高职高专系列教材

# 可编程序控制器原理与应用

主 编 付志峰  
副主编 孙家峰 程巧红



机械工业出版社

中国高等职业技术教育研究会推荐

---

高职高专系列教材

# 可编程序控制器原理与应用

主 编 汪志锋

副主编 苏家健 侯巧红

西安电子科技大学出版社

2004

## 内 容 简 介

本书以西门子公司的 S7-300 系列可编程序控制器(PLC)为例,结合作者多年的教学经验,说明了 PLC 的工作原理和硬件结构,分析了 PLC 的数据类型、指令系统和程序结构,介绍了 STEP 7 编程软件的使用方法,强调了梯形方框图的编程和应用。这种设计方法很容易被初学者掌握,使用它们可以迅速地设计出任意复杂的控制系统梯形图。本书还介绍了 PLC 的通信网络、PLC 通信程序的设计方法,并通过应用实例详细介绍了工程应用中的系统设计、软件设计及调试技术。为方便教学和自学,各章均配有思考与练习题。附录 A 中介绍了 STEP 7 标准软件包的使用方法,并在附录 B 中提供了相关的实验指导书。

本书注重实际,强调应用,是一本工程性较强的应用类图书,可作为大专院校工业自动化、电气工程及其自动化、应用电子、计算机应用、机电一体化及其他相关专业的教材,也可供工程技术人员自学和作为培训教材使用,对 S7-300 系列 PLC 的用户也有很大的参考价值。

本书配有电子教案,有教学需要的老师可与出版社联系,免费索取。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器原理与应用 / 汪志锋主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2004.2

(高职高专系列教材)

ISBN 7-5606-1333-0

. 可... . 汪... . 可编程序控制器 - 高等学校:技术学校 - 教材 . TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 113829 号

策 划 马晓娟

责任编辑 龙晖 马晓娟

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

<http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 西安文化彩印厂

版 次 2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 16.875

字 数 393 千字

印 数 1~4000 册

定 价 18.00 元

ISBN 7 - 5606 - 1333 - 0/TP · 0707(课)

XDUP 1604001-1

\*\*\*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。

# 前 言

可编程序控制器 (PLC) 是综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术的一种新型的、通用的自动控制装置。它具有功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程以及适于在工业环境下应用等一系列优点,在工业自动化、机电一体化、传统产业技术改造等方面的应用越来越广泛,已成为现代工业控制的三大支柱之一。

近年来 PLC 发展很快,新产品、新技术不断涌现,特别是西门子公司推出了 S7-300 系列 PLC,由于其功能强、性能价格比高,而深受国内用户的欢迎。但因其说明书涉及到较多的计算机术语和概念,且需要用计算机和编程软件编程,因此入门比较困难。为了使读者适应这种情况,尽快地了解并掌握这些新技术,并将其应用于生产实践中去,因此编写一本初学者易学易用的教材是 S7-300 系列 PLC 进一步推广应用的关键。本书在有关资料的基础上,通过大量的编程实例,深入浅出地介绍了 S7-300 系列 PLC 的多种编程方法及其在工业中的应用。

在编写过程中,编者力求做到语言通畅、叙述清楚、讲解细致,所有的内容都为了便于实际应用和教学,尽可能多地融进自己的经验和成果,并站在 PLC 应用系统的角度上,将系统分成硬件部分(主要有 PLC 模块、硬件系统配置和外围设备等)和软件部分(主要有指令系统、应用软件设计等)进行介绍,然后通过应用系统设计和应用实例,使读者将硬件和软件融合在一起,形成一个完整的概念。

全书共分为 8 章。第 1 章主要介绍 PLC 的历史、发展、特点及定义。第 2 章讲解了可编程序控制器的系统结构、工作原理和工作过程。第 3 章分析了 SIMATIC S7-300 系列 PLC 的系统特性及硬件构成,说明了 S7-300 系列模块的工作原理和性能。第 4 章介绍了 S7-300 系列 PLC 的寻址方式、指令系统,并结合实例重点讲解了常用指令的使用方法。第 5 章介绍了 S7-300 系列 PLC 的数据结构、程序结构及程序设计方法。第 6 章以简洁的方法介绍了 PLC 应用系统的设计内容和步骤,并给出两个实例供读者参考。第 7 章详细讲解了 PLC 的网络通信原理,介绍了 S7-300 系列 PLC 的通信功能和通信指令的应用,另外还对 PLC 与其它计算机的通信做了说明。第 8 章简单介绍了三菱公司 FX2 系列可编程序控制器的主要性能、编程元件、基本指令及应用实例。附录 A 简要介绍了 S7-300 系列 PLC 编程软件 STEP 7 的使用方法,附录 B 提供了与 S7-300 系列 PLC 配套的实验指导书。

本书的前言、第 1 章、第 4 章、第 6 章、第 7 章及附录 A 由上海第二工业

大学汪志锋编写；第3章、第5章、第8章由上海第二工业大学苏家健编写；第2章和附录B由河北机电职业技术学院侯巧红编写。汪志锋任本书主编，负责全书的组织、统稿和改稿。西门子(中国)有限公司的姚永斌对本书的编写提出了很好的建议，并提供了大量资料；西安电子科技大学出版社对本书的编写给予了极大的支持和帮助；另外，本书部分章节的编写参考了有关资料(见参考文献)。在此我们对这些同志和参考文献的作者一并表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中错漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2003年10月

# 目 录

第 1 章 概述	1
1.1 可编程序控制器的由来	1
1.2 可编程序控制器的定义、分类及特点	4
1.2.1 可编程序控制器的定义	4
1.2.2 可编程序控制器的分类	4
1.2.3 可编程序控制器的特点	5
1.3 可编程序控制器的功能和应用	7
1.4 可编程序控制器与其他工业控制系统的比较	7
1.5 可编程序控制器的发展趋势	9
思考与练习题	10
第 2 章 可编程序控制器的结构和工作原理	11
2.1 可编程序控制器的组成与基本结构	11
2.1.1 可编程序控制器的硬件系统	11
2.1.2 可编程序控制器的软件系统	17
2.2 可编程序控制器的工作过程与工作原理	18
2.2.1 可编程序控制器的工作过程	18
2.2.2 可编程序控制器的输入/输出过程	20
2.2.3 可编程序控制器的中断输入处理过程	21
2.2.4 可编程序控制器的工作原理	21
2.3 可编程序控制器的编程语言和程序结构	22
2.3.1 可编程序控制器的编程语言	22
2.3.2 可编程序控制器的程序结构	24
思考与练习题	25
第 3 章 SIMATIC S7-300 系列 PLC 系统特性及硬件构成	26
3.1 SIMATIC S7-300 系列 PLC 的硬件系统	26
3.1.1 概述	26
3.1.2 SIMATIC S7-300 系列 PLC 系统基本构成	27
3.2 SIMATIC S7-300 系列 PLC 模块性能简介	32
3.2.1 CPU 模块	32
3.2.2 数字量模块	35
3.2.3 模拟量模块	42

3.2.4 S7-300 系列 PLC 系统供电与接地.....	49
思考与练习题.....	53
<b>第 4 章 西门子 S7-300 系列 PLC 基本指令系统.....</b>	<b>54</b>
4.1 指令及其结构.....	54
4.1.1 指令的组成.....	54
4.1.2 操作数.....	55
4.1.3 寻址方式.....	57
4.1.4 状态字.....	60
4.2 位逻辑指令.....	62
4.2.1 位逻辑运算指令.....	62
4.2.2 位操作指令.....	63
4.2.3 位测试指令.....	67
4.2.4 位逻辑指令编程举例.....	68
4.3 定时器与计数器指令.....	71
4.3.1 定时器指令.....	71
4.3.2 计数器指令.....	79
4.3.3 应用举例.....	81
4.4 数据处理功能指令.....	83
4.4.1 装入和传送指令.....	83
4.4.2 转换指令.....	85
4.4.3 比较指令.....	89
4.4.4 移位和循环移位指令.....	92
4.4.5 累加器操作和地址寄存器指令.....	95
4.5 数据运算指令.....	97
4.5.1 算术运算指令.....	97
4.5.2 字逻辑运算指令.....	100
4.5.3 数据运算指令应用举例.....	101
4.6 控制指令.....	102
4.6.1 逻辑控制指令.....	102
4.6.2 程序控制指令.....	107
4.6.3 主控继电器指令.....	108
思考与练习题.....	110
<b>第 5 章 S7 系列程序结构与程序设计.....</b>	<b>111</b>
5.1 编程方式与程序块.....	111
5.1.1 S7-300 编程方式简介.....	111
5.1.2 功能块编程及调用.....	112
5.1.3 功能块编程与调用举例.....	116
5.2 数据块与数据结构.....	119

5.2.1	数据块.....	119
5.2.2	数据结构.....	120
5.3	S7 系列 PLC 程序设计.....	124
5.3.1	程序结构设计.....	124
5.3.2	程序设计实例.....	126
	思考与练习题.....	136
<b>第 6 章</b>	<b>S7-300 系列 PLC 应用系统设计.....</b>	<b>138</b>
6.1	PLC 应用系统设计的内容和步骤.....	138
6.1.1	系统设计的原则与内容.....	138
6.1.2	系统设计和调试的主要步骤.....	139
6.2	PLC 应用系统的硬件设计.....	141
6.2.1	PLC 选型.....	141
6.2.2	PLC 容量估算.....	142
6.2.3	I/O 模块的选择.....	143
6.2.4	分配输入/输出点.....	144
6.2.5	安全回路设计.....	145
6.3	PLC 应用系统的软件设计.....	145
6.3.1	PLC 应用软件设计的内容.....	146
6.3.2	PLC 应用系统的软件设计步骤.....	146
6.4	PLC 应用系统设计实例.....	148
6.4.1	机械手控制系统设计.....	148
6.4.2	交通信号灯控制系统设计.....	153
<b>第 7 章</b>	<b>可编程序控制器的通信及网络.....</b>	<b>157</b>
7.1	数据通信简介.....	157
7.1.1	数据传输方式.....	157
7.1.2	线路通信方式.....	160
7.1.3	传输速率.....	160
7.1.4	差错控制.....	161
7.1.5	传输介质.....	162
7.1.6	串行通信接口标准.....	162
7.2	工业局域网基础.....	166
7.2.1	计算机网络和局部网络.....	166
7.2.2	通信网络协议.....	169
7.2.3	现场总线技术.....	173
7.3	西门子 PLC 网络.....	180
7.3.1	西门子 PLC 网络概述.....	181
7.3.2	网络部件.....	184
7.3.3	S7-300/S7-400 通信模块.....	185

7.4 MPI 网络与全局数据通信 .....	188
7.4.1 MPI 网络 .....	188
7.4.2 全局数据通信 .....	191
7.5 S7 系列 PLC 与其他计算机的通信 .....	196
7.5.1 CP340 的工作原理 .....	196
7.5.2 通信功能块 .....	197
7.5.3 CP340 的启动及工作特性 .....	200
7.5.4 CP340 应用举例 .....	201
思考与练习题 .....	204
<b>第 8 章 FX2 系列可编程序控制器简介 .....</b>	<b>205</b>
8.1 FX2 系列可编程序控制器主要技术性能 .....	205
8.2 FX2 系列可编程序控制器主要编程元件 .....	207
8.3 基本指令简介 .....	209
8.4 梯形图编程注意事项 .....	218
8.5 步进指令 .....	219
8.5.1 单流程步进控制 .....	219
8.5.2 多分支状态转移图的处理 .....	224
8.6 步进指令的应用举例 .....	226
8.6.1 交通信号灯控制 .....	226
8.6.2 物料自动混合控制 .....	229
8.6.3 大、小球分检控制 .....	231
思考与练习题 .....	234
<b>附录 A STEP 7 标准软件包使用简介 .....</b>	<b>237</b>
A.1 启动 STEP 7 .....	237
A.2 如何创建和编辑项目 .....	238
A.3 逻辑块的生成 .....	241
A.4 数据块的生成 .....	245
A.5 建立在线连接与上传、下载 .....	247
A.5.1 建立在线连接 .....	247
A.5.2 上传和下载 .....	248
A.5.3 可编程序控制器上的删除操作 .....	250
<b>附录 B 实验指导书 .....</b>	<b>252</b>
B.1 STEP 7 编程软件使用实验 .....	252
B.2 简单编程实验 .....	252
B.3 抢答器程序设计实验 .....	253
B.4 人行道按钮控制交通灯程序设计实验 .....	254

B.5 电机控制.....	256
B.6 水位控制程序设计实验 .....	257
参考文献.....	258

# 第 1 章 概 述

可编程序控制器(Programmable Controller, 简称 PC)因早期主要应用于开关量的逻辑控制, 因此也称为 PLC(Programmable Logic Controller), 即可编程序逻辑控制器。可编程序控制器是以微处理器为基础, 综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术而发展起来的一种通用的工业自动控制装置。它具有体积小、功能强、灵活通用与维护方便等一系列优点, 特别是它的高可靠性和较强的适应恶劣环境的能力, 而备受用户的青睐, 因而在冶金、化工、交通、电力等领域获得了广泛的应用, 成为了现代工业控制的三大支柱之一。

## 1.1 可编程序控制器的由来

在可编程序控制器问世以前, 工业控制领域中是以继电器控制占主导地位的。这种由继电器构成的控制系统有着明显的缺点: 体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、运行速度不高, 尤其是对生产工艺多变的系统适应性更差, 一旦生产任务和工艺发生变化, 就必须重新设计, 并改变硬件结构, 这造成了时间和资金的严重浪费。

1968 年, 美国通用汽车公司(GM 公司)为了在每次汽车改型或改变工艺流程时不改动原有继电器柜内的接线, 以便降低生产成本, 缩短新产品的开发周期, 而提出了研制新型逻辑顺序控制装置, 并提出了该装置的研制指标要求, 即 10 项招标技术指标。其主要内容如下:

(1) 在使用者的工厂里, 能以最短的中断服务时间, 迅速方便地对其控制的硬件和设备进行编程, 并重新进行程序设计。

(2) 所有系统单元必须能在工厂内无特殊支持的设备、硬件及环境条件下运行。

(3) 系统的维修必须简单易行。在系统中应设计有状态指示器和插入式模块, 以便在最短的停车时间内使维修和故障诊断变得简单易行。

(4) 装置的体积应小于原有继电器控制柜的体积, 它的能耗也应比较少。

(5) 必须能与中央数据收集处理系统进行通信, 以便监视系统的运行状态和运行情况。

(6) 输入开关量可以是已有的标准控制系统的按钮和限位开关的交流 115 V 电压信号。

(7) 输出的驱动信号必须能驱动以交流运行的电动机启动器和电磁阀线圈, 每个输出量将设计为可开停和连续操纵具有 115 V、2 A 以下容量的电磁阀等负载设备。

(8) 具有灵活的扩展能力。在扩展时必须能以系统最小的变动及最短的更换和停机时间, 使原有装置从系统的最小配置扩展到系统的最大配置。

(9) 在购买和安装费用上, 应有与原有继电器控制和固态逻辑控制系统的竞争力, 即具有较高的性能价格比。

(10) 用户存储器容量至少在 4 KB 以上(根据当时的汽车装配过程的要求提出)。

从上述 10 项指标可以看出, 它实际上就是当今可编程序控制器最基本的功能。将它们

归纳一下，其核心为以下四点：

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

根据以上指标，美国的数字设备公司(DEC)在 1969 年研制出了第一台可编程序控制器(PDP-14)。其后，美国的 MODICON 公司推出了 084 控制器，日本于 1971 年也推出了 DSC-8 控制器，1973 年西欧各国的各种可编程序控制器也相继研制成功，我国于 1974 年也开始研制可编程序控制器。下面简要介绍一下可编程序控制器的发展。

### 1. 可编程序控制器(PLC)发展的几个阶段

可编程序控制器的发展与计算机技术、半导体集成技术、控制技术、数字技术、通信网络技术等高新技术的发展息息相关。这些高新技术的发展推动了可编程序控制器的发展，而可编程序控制器的发展又对这些高新技术提出了更高、更新的要求，促进了它们的发展。从控制功能来分，可编程序控制器的发展经历了下列四个阶段：

第一阶段，从第一台可编程序控制器问世到 20 世纪 70 年代中期，是可编程序控制器的初创阶段。这一阶段的产品主要用于逻辑运算和定时、计数，它的 CPU 由中小规模的数字集成电路组成，它的控制功能比较简单。这一阶段的典型产品有 MODICON 公司的 084、ALLEN-BRADLEY(AB)公司的 PDQII、DEC 的 PDP-14、日立公司的 SCY-022 等。

第二阶段，从 20 世纪 70 年代中期到末期，是可编程序控制器的扩展阶段。这一阶段产品的主要控制功能得到了较大的发展。它的发展主要来自两方面，一是从可编程序控制器发展而来的控制器，它的主要功能是逻辑运算，同时扩展了其他运算功能；二是从模拟仪表发展而来的控制器，其主要功能是模拟运算，同时扩展了逻辑运算功能。这一阶段的产品有 MODICON 公司的 184、284、384，西门子公司的 SYMATIC S3 系列，富士电机公司的 SC 系列等。

第三阶段，从 20 世纪 70 年代末期到 80 年代中期，是 PLC 通信功能的实现阶段。与计算机通信的发展相联系，PLC 也在通信方面有了很大的发展，初步形成了分布式的通信网络体系，但是，由于制造企业各自为政，通信系统自成系统，因此，各产品互相通信是较困难的。在该阶段，由于生产过程控制的需要，对 PLC 的需求大大增加，产品的功能也得到了发展，数学运算的功能得到了较大的扩充，产品的可靠性进一步提高。这一阶段的产品有西门子公司的 SYMATIC S6 系列、富士电机公司的 MI-CREX 和德州仪器公司的 TI530 等。

第四阶段，从 20 世纪 80 年代中期开始，是 PLC 的开放阶段。由于开放系统的提出，使 PLC 也得到了较大的发展。主要表现为通信系统的开放，使各制造企业的产品可以互相通信，通信协议的标准化使用户得到了好处。在这一阶段，产品的规模增大，功能不断完善，大中型产品多数有 CRT 屏幕的显示功能，产品的扩展也因通信功能的改善而变得方便，此外，还采用了标准的软件系统，增加了高级编程语言等。这一阶段的产品有西门子公司的 SYMATIC S5 和 S7 系列、AB 公司的 PLC-5 等。

### 2. 我国 PLC 的发展

1974 年我国开始仿制美国的第二代 PLC 产品，但因元器件质量和技术问题等原因未能

推广。直到 1977 年，我国才研制出第一台具有实用价值的 PLC，并开始批量生产和应用于工业过程的控制。由于使用单片 1 位处理器，因此，应用的规模较小，主要的控制方式是开关量控制。

随着我国改革开放政策的贯彻和落实，从 1982 年开始，先后有天津、厦门、无锡、大连、上海、北京等地的仪表厂、无线电厂和研究所等单位与美国、德国、日本等 PLC 的制造企业进行了合资或引进技术、生产流水线等，使我国 PLC 的应用有了较大的发展。一些大中型的工程项目采用 PLC 以后，取得了明显的经济效益，也反过来促进了 PLC 的发展。这一阶段的主要特点是以产品的引进、技术的消化、应用的普及为目标。应用的产品以 8 位处理器为主，应用的规模在 1000 点以下。

近年来，为了促进我国 PLC 的发展，相关部门组织进行了工业控制计算机机型的优选工作。参照国际上 IEC 的有关标准，评选出了若干个首选的我国 PLC 产品。这些产品在硬件和软件上与国外的产品兼容，从而为这些产品的应用提供了广阔的前景。另外，由于各级领导的重视，以及人们对科学是生产力的认识不断深化，我国 PLC 的应用也取得了可喜的成果。在机电、冶金、轻工、纺织、化工、医药、交通等行业的应用经验表明，PLC 是大有发展前途的工业控制装置，它与监控和数据采集(Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)和集散控制系统(Distribution Control System, DCS)相互集成、相互补充、综合应用，将对我国的工业过程控制领域产生巨大的影响。

### 3. PLC 发展的特征

PLC 的发展与其他高新技术的发展是分不开的。PLC 发展的特征表现在下列几方面：

(1) 功能的发展。PLC 从简单的逻辑运算功能，发展到数据传送、数据比较、数据运算，直到通信功能，功能的不断发展使 PLC 能适应各种工业生产过程控制的要求，从而在工业生产过程控制领域中成为主流产品之一。功能的发展与 PLC 在硬件上的更新发展有关，PLC 从 1 位处理器发展到 8 位，直到 16 位、32 位，存储容量也有相应的扩展，适应了过程控制的需求。通信功能的自成封闭到系统的开放是产品走向世界的基础。因此，从 PLC 的发展可以看到，国产 PLC 要占领市场，必须不断发展，适应工业生产过程控制的需求，正如前述的 PLC 10 项招标技术指标中所要求的——要能适应发展的需求。

(2) 适应控制要求。PLC 的发展适应了工业生产过程控制的要求。在初创期，产品的目标是按 10 项招标技术指标开发的。随着控制要求的提高，对控制的精度和功能的要求也有了提高，采用简单的逻辑运算已不能满足过程控制的要求，从而开发了运算功能较强的数字运算等功能。随着对运算速度的要求提高，对处理器的运算速度和存储器容量也提出了更高的要求，推动了计算机技术的发展，同时又得益于计算机技术的发展，使 PLC 上了一个台阶。它的发展是高新科学技术发展的产物，同时，也推动了其他科学技术的发展。

(3) 适应工业环境的要求。计算机是一种通用的数字电子设备。为了适应工业生产的要求，尤其是恶劣工业环境的要求，对通用的计算机必须进行更可靠的设计。美国电气制造商协会(National Electric Manufacturer Association, NEMA)提出了对设备环境的一些标准，即 NEMA 标准。PLC 与通用计算机的一个重要的区别就是 PLC 能应用在恶劣的工业环境中。也正是由于它的环境适应性强，使得它在工业中得到了广泛的应用。

## 1.2 可编程序控制器的定义、分类及特点

### 1.2.1 可编程序控制器的定义

由于 PLC 在不断发展,因此,对它进行确切的定义是比较困难的。美国电气制造商协会(NEMA)经过四年的调查工作,于 1980 年正式将可编程序控制器命名为 PC(Programmable Controller),并给 PC 作了如下定义:

PC 是一个数字式的电子装置,它使用了可编程序的记忆体来存储指令,用以执行诸如逻辑、顺序、定时、计数与演算等功能,并通过数字或类似的输入/输出模块来控制各种机械或工作程序。一部数字电子计算机若是用来执行 PC 的功能,亦被视同为 PC,但不包括鼓式或类似的机械式顺序控制器。

1982 年,国际电工委员会(International Electrical Committee,IEC)颁布了 PLC 标准草案,1985 年提交了第 2 版,并在 1987 年的第 3 版中对 PLC 作了如下的定义:PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的进行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运算、顺序运算、定时、计数和算术运算等操作的指令,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。PLC 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和易于扩展其功能的原则而设计。

上述的定义表明,PLC 是一种能直接应用于工业环境的数字电子装置,是以微处理器为基础,结合计算机技术、自动控制技术和通信技术,用面向控制过程、面向用户的“自然语言”编程的一种简单易懂、操作方便、可靠性高的新一代通用工业控制装置。

### 1.2.2 可编程序控制器的分类

#### 1. 按硬件的结构类型分类

可编程序控制器发展很快,目前,全世界有几百家工厂正在生产几千种不同型号的 PLC。为了便于在工业现场安装,便于扩展,方便接线,其结构与普通计算机有很大区别。通常从组成结构形式上将这些 PLC 分为两类:一类是一体化整体式 PLC,另一类是结构化模块式 PLC。

##### 1) 整体式结构

从结构上看,早期的可编程序控制器是把 CPU、RAM、ROM、I/O 接口及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口、输入/输出端子、电源、指示灯等都装配在一起的整体装置。一个箱体就是一个完整的 PLC。它的特点是结构紧凑,体积小,成本低,安装方便,缺点是输入/输出点数是固定的,不一定能适合具体的控制现场的需要。这类产品有 OMRON 公司的 C20P、C40P、C60P,三菱公司的 F1 系列,东芝公司的 EX20/40 系列等。

##### 2) 模块式结构

模块式结构又叫积木式。这种结构形式的特点是把 PLC 的每个工作单元都制成独立的模块,如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块、通信模块等。另外,机器上有一块带有插槽的母板,实质上就是计算机总线。把这些模块按控制系统需要选取后,都插到母

板上，就构成了一个完整的 PLC。这种结构的 PLC 的特点是系统构成非常灵活，安装、扩展、维修都很方便，缺点是体积比较大。常见产品有 OMRON 公司的 C200H、C1000H、C2000H，西门子公司的 S5-115U、S7-300、S7-400 系列等。

## 2. 按应用规模及功能分类

为了适应不同工业生产过程的的应用要求，可编程序控制器能够处理的输入/输出信号数是不一样的。一般将一路信号叫做一个点，将输入点数和输出点数的总和称为机器的点。按照点数的多少，可将 PLC 分为超小(微)、小、中、大、超大等五种类型。

(1) 超小型 PLC：I/O 点数小于 64 点，内存容量为 256 B ~ 1 KB。

(2) 小型 PLC：I/O 点数为 65 ~ 128 点，内存容量为 1 ~ 3.6 KB。

小型及超小型 PLC 在结构上一般是一体化整体式的，主要用于中等容量的开关量控制，具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制、通信等功能。

(3) 中型 PLC：I/O 点数范围为 129 ~ 512 点，内存容量为 3.6 ~ 13 KB。

中型 PLC 除具有小型、超小型 PLC 的功能外，还增加了数据处理能力，适用于小规模的综合控制系统。

(4) 大型 PLC：I/O 点数范围为 513 ~ 896 点，内存容量为 13 KB 以上。

(5) 超大型 PLC：I/O 点数为 896 点以上，内存容量为 13 KB 以上。

上述划分方式并不十分严格，也不是一成不变的。随着 PLC 的不断发展，划分标准已有多次的修改。

可编程序控制器还可以按功能分为低档机、中档机和高档机。低档机以逻辑运算为主，具有定时、计数、移位等功能。中档机一般有整数及浮点运算、数制转换、PID 调节、中断控制及联网功能，可用于复杂的逻辑运算及闭环控制场合。高档机具有更强的数字处理能力，可进行矩阵运算、函数运算，完成数据管理工作，有更强的通信能力，可以和其他计算机构成分布式生产过程综合控制管理系统。

可编程序控制器的按功能划分及按点数规模划分是有一定联系的。一般来说，大型机、超大型机都是高档机。机型和机器的结构形式及内部存储器的容量一般也有一定的联系，大型机一般都是模块式机，都有很大的内存容量。

### 1.2.3 可编程序控制器的特点

PLC 能如此迅速发展的原因，除了工业自动化的客观需要外，还有许多独特的优点。它较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题。其主要特点如下：

#### 1. 编程方法简单易学

梯形图是可编程序控制器使用最多的编程语言，其电路符号和表达方式与继电器电路原理图相似。梯形图语言形象直观，易学易懂，熟悉继电器电路图的电气技术人员只要花几天时间就可以熟悉梯形图语言，并用来编制用户程序。梯形图语言实际上是一种面向用户的高级语言，可编程序控制器在执行梯形图程序时，应先用解释程序将它“翻译”成汇编语言后再去执行。

## 2. 功能强，性能价格比高

一台小型可编程序控制器内有成百上千个可供用户使用的编程元件，可以实现非常复杂的控制功能。与相同功能的继电器系统相比，它具有很高的性能价格比。可编程序控制器可以通过通信联网，实现分散控制与集中管理。

## 3. 硬件配套齐全，用户使用方便，适应性强

可编程序控制器产品已经标准化、系列化、模块化，配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用，用户能灵活方便地进行系统配置，组成不同功能、不同规模的系统。可编程序控制器的安装接线也很方便，一般用接线端子连接外部接线。可编程序控制器有较强的带负载能力，可以直接驱动一般的电磁阀和交流接触器。硬件配置确定后，可以通过修改用户程序，方便快速地适应工艺条件的变化。

## 4. 可靠性高，抗干扰能力强

传统的继电器控制系统中使用了大量的中间继电器、时间继电器。由于触点接触不良，容易出现故障。可编程序控制器用软件代替大量的中间继电器和时间继电器，只剩下与输入和输出有关的少量硬件，接线可减少到继电器控制系统的  $1/10 \sim 1/100$ ，因触点接触不良造成的故障大为减少。可编程序控制器采取了一系列硬件和软件抗干扰措施，具有很强的抗干扰能力，平均无故障时间达到数万小时以上，可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场。可编程序控制器已被广大用户公认为是最可靠的工业控制设备之一。

## 5. 系统的设计、安装、调试工作量少

可编程序控制器用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件，使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。

可编程序控制器的梯形图程序一般采用顺序控制设计法。这种编程方法很有规律，容易掌握。对于复杂的控制系统，梯形图的设计时间比继电器系统电路图的设计时间要少得多。

可编程序控制器的用户程序可以在实验室模拟调试，输入信号用小开关来模拟，通过可编程序控制器上的发光二极管可观察输出信号的状态。完成了系统的安装和接线后，在现场的统调过程中发现的问题一般通过修改程序就可以解决，系统的调试时间比继电器系统要少得多。

## 6. 维修工作量小，维修方便

可编程序控制器的故障率很低，且有完善的自诊断和显示功能。可编程序控制器或外部的输入装置和执行机构发生故障时，可以根据可编程序控制器上的发光二极管或编程器提供的信息迅速地查明产生故障的原因，用更换模块的方法迅速地排除故障。

## 7. 体积小，能耗低

对于复杂的控制系统，使用可编程序控制器后，可以减少大量的中间继电器和时间继电器，小型可编程序控制器的体积仅相当于几个继电器的大小，因此可将开关柜的体积缩小到原来的  $1/2 \sim 1/10$ 。

可编程序控制器的配线比继电器控制系统的配线少得多，故可以省下大量的配线和附件，减少大量的安装接线工时，加上开关柜体积的缩小，可以节省大量的费用。

## 1.3 可编程序控制器的功能和应用

在 PLC 的发展初期，由于其价格高于继电器控制装置，使得其应用受到限制。但最近几年来，PLC 的应用面越来越广，其主要原因是：一方面，由于微处理机芯片及有关元件的价格大大下降，使得 PLC 的成本下降；另一方面，PLC 的功能大大增强，能解决复杂的计算和通信问题。目前，PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、采矿、水泥、石油、化工、电力、机械制造、汽车、装卸、造纸、纺织、环保和娱乐等行业。PLC 的应用领域主要包括以下几个方面。

### 1. 开关逻辑和顺序控制

这是 PLC 应用最广泛、最基本的场合。它的主要功能是完成开关逻辑运算和进行顺序逻辑控制，从而可以实现各种简单或十分复杂的控制要求。

### 2. 模拟控制

在工业生产过程中，许多连续变化的需要进行控制的物理量，如温度、压力、流量、液位等，这些都属于模拟量。为了实现工业领域对模拟量控制的广泛要求，目前大部分 PLC 产品都具备处理这类模拟量的功能。特别是当系统中模拟量控制点数不多，同时混有较多的开关量时，PLC 具有其他控制装置所无法比拟的优势。另外，某些 PLC 产品还提供了典型控制策略模块，如 PID 模块，从而可实现对系统的 PID 等反馈或其他模拟量的控制运算。

### 3. 定时控制

PLC 具有很强的定时、计数功能，它可以为用户提供数十甚至上百个定时器与计数器。对于定时器，其定时间隔可以由用户加以设定。对于计数器，如果需要对频率较高的信号进行计数，则可以选择高速计数器。

### 4. 数据处理

新型 PLC 都具有数据处理的能力，它不仅能进行算术运算、数据传送，而且还能进行数据比较、数据转换、数据显示打印等功能，有些 PLC 还可以进行浮点运算和函数运算。

### 5. 信号联锁系统

信号联锁是安全生产所必需的。在信号联锁系统中，采用高可靠性的 PLC 是安全生产的要求。对安全要求高的系统还可采用多重的检出元件和联锁系统，而对其中的逻辑运算等，可采用冗余的 PLC 实现。

### 6. 通信联网

把 PLC 作为下位机，与上位机或同级的可编程序控制器进行通信，可完成数据的处理和信息的交换，实现对整个生产过程的信息控制和管理，因此 PLC 是实现工厂自动化的理想工业控制器。

## 1.4 可编程序控制器与其他工业控制系统的比较

### 1. PLC 与继电器控制系统的比较

几十年来，继电器控制系统为工业控制的发展起到了巨大的作用，而且目前仍然在工