



自动化实践技术丛书

西门子PLC

控制技术实践

潘 峰 刘红兵 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

自动化实践技术丛书

西门子PLC 控制技术实践

潘峰 刘红兵 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书以西门子 S7-300 PLC 为主要介绍对象, 全书分为五章: 第一章为 PLC 概述, 介绍 PLC 的起源、现状及发展; 第二章为 PLC 的结构和工作原理; 第三章为 PLC 编程, 主要介绍了 STEP 7 编程技术、PLC 组态技术及 PLC 的指令; 第四章为 PLC 的通信和网络组态, 主要介绍了 MPI、PROFIBUS、工业以太网的实用通信和组网技术; 第五章为 PLC 应用实例, 以实际项目的开发为主导, 介绍了利用 S7-300 PLC 完成的几个典型应用。

本书以 PLC 的应用技术为重点, 淡化原理, 注重实用, 以项目、实例为线索进行内容的编排。本书可作为各类 PLC 培训的教材或参考书, 也可作为高等院校、高职高专自动化、机电一体化等相关专业的教材, 同时可供广大工程技术人员工作参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

西门子PLC控制技术实践 / 潘峰, 刘红兵编著. —北京:
中国电力出版社, 2009
(自动化实践技术丛书)
ISBN 978-7-5083-8310-1

I. 西… II. ①潘…②刘… III. 可编程序控制器 IV.
TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第212028号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009年5月第一版 2009年5月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 17.25印张 418千字
印数 0001—3000册 定价 28.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前 言

Preface

可编程控制器是“专为在工业环境下应用而设计”的工业控制计算机，是标准的通用工业控制器，它集 3C 技术（Computer, Control, Communication）于一体，其功能强大、可靠性高、编程简单、使用方便、维护容易、应用广泛，是当代工业自动化三大支柱之一。

近年来，德国西门子公司的 SIMATIC S7 系列 PLC 在我国已广泛应用于很多行业自动化生产线中，在我国的企业中，西门子公司的 S7-300 系列 PLC 有着最广泛的应用和最高的市场占有率。为了帮助广大工程技术人员尽快掌握 S7-300 系列 PLC 的应用技术，我们特编写了本书。

本书详细地介绍了西门子 PLC 的编程软件 STEP 7 和 PLCSIM 仿真软件，通过本书的学习，可以较快地掌握用 STEP 7 对 S7-300 的硬件和通信网络进行组态和参数设置，即便没有 PLC 硬件，也可以通过 PLCSIM 仿真软件在计算机上模拟运行并监控用户程序，使读者可以较快地掌握 S7-300 的使用方法。

由于网络通信已经成为了 PLC 应用的重要组成部分，本书对此也进行了介绍，包括 MPI、PROFIBUS、AS-i 等通信协议的介绍、配置和应用。

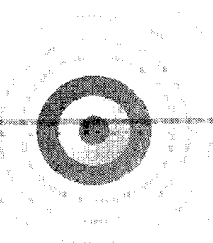
本书的重要特点是实用，编者结合自己多年的教学、科研和生产实际经验，有针对性地对 S7-300 系列 PLC 进行了系统地介绍，即便是初学者，也可以很快上手，掌握 S7-300 系列 PLC 的编程、组态和应用技术。

本书由太原科技大学潘峰、刘红兵和李广伟编写，其中，第一、第二章由潘峰编写，第三章由李广伟、刘红兵共同编写，第四、第五章由刘红兵编写。在本书的编写过程中，孙志毅教授、韩如成教授、吴聚华教授都给予了热情指导，编者在此深表谢意。文中引用的其他作者的资料，已在参考文献中列出，在此表示感谢。

限于作者水平，错误和疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2008 年 8 月



目 录

Contents

前言	
第一章 PLC 概述	1
第一节 可编程控制器的产生、定义和分类	1
第二节 可编程控制器的特点及主要功能	6
第三节 可编程控制器的应用及发展趋势	11
第二章 可编程控制器的结构和工作原理	14
第一节 可编程控制器的基本结构	14
第二节 可编程控制器的硬件组成	15
第三节 可编程控制器的软件组成	34
第四节 可编程控制器的基本工作原理	38
第三章 PLC 编程	43
第一节 STEP 7 软件入门	43
第二节 STEP 7 中的块	55
第三节 数据类型	62
第四节 符号编程	64
第五节 硬件组态	68
第六节 西门子 S7-300 的指令系统	81
第七节 位逻辑指令	88
第八节 数字指令	120
第九节 控制指令	140
第十节 子程序中的形参（功能块编程及调用）	146
第十一节 数据的实时监控	150
第十二节 PLCSIM 的使用	152
第十三节 打印和归档	154
第四章 S7-300 的通信和网络组态	156
第一节 网络通信概述	156
第二节 AS-I 网络总线	158
第三节 MPI 通信	159
第四节 PROFIBUS 通信	170
第五节 工业以太网通信	194
第六节 串口通信	208

第五章 PLC 应用	212
第一节 PLC 应用系统设计开发步骤	212
第二节 S7-300 的应用实例	215
第三节 S7-300 的高速计数、频率测量、脉宽调制功能	242
第四节 PID 闭环控制模块 FM355 的使用	249
参考文献	267

第一节 可编程控制器的产生、定义和分类

一、可编程控制器的产生

可编程控制器是随着工业生产对控制系统在控制要求、控制精度不断提高的情况下,以及微电子技术的迅速发展而产生的一种新型的工业控制装置。在可编程控制器产生之前,控制系统主要是由以继电器和接触器为主要控制元件构成的“继电—接触器”控制系统来完成各种控制任务的。由于“继电—接触器”控制系统是由硬件的继电器和接触器构成的,所以,复杂的控制系统,往往需要成百上千个硬件组成,各个硬件控制元件之间又需要根据既定的控制逻辑用导线连接起来,这样的控制系统具有以下明显的缺点:

(1) 安装这些继电器需要大量的继电器控制柜,占据大量的空间。

(2) 当这些继电器运行时,会产生大量的噪声,消耗大量的电能。

(3) 为保证控制系统的正常运行,需安排大量的电气技术人员进行维护,有时某个继电器的损坏,甚至某个继电器的触点接触不良,都会影响整个系统的正常运行。

(4) 系统出现故障时,要进行检查和排除故障非常困难,大都依靠现场电气技术人员长期积累的经验。

(5) 在生产工艺发生变化时,需要变更很多的继电器或继电器控制柜,重新接线或改线的工作量大,甚至可能需要重新设计控制系统。

(6) 在控制系统的精度要求较高时,定时、计数以及数据计算的功能不能满足控制系统的精度要求。

由于上述原因,人们迫切需要一种新的工业控制装置来取代传统的“继电—接触器”控制系统,使电气控制系统工作更可靠、更容易维修、更能适应经常变化的生产工艺要求。最早提出该方案的是美国通用汽车公司(GM),为改造汽车生产设备的传统控制方式,解决因汽车不断改型而重新设计汽车装配线上各种继电器的控制线路问题,于1968年提出了10条技术指标面向社会公开招标,要求制造商为其装配线提供一种新型的通用控制器,它应具有以下特点:

(1) 编程简单,可在现场方便地编辑及修改程序;

(2) 价格便宜,其性价比要高于继电器控制系统;

(3) 体积要明显小于继电器控制柜;

(4) 可靠性要明显高于继电器控制系统;

(5) 具有数据运算功能;

(6) 控制电压可以是市电(AC 115 V);

- (7) 硬件维护方便,最好是插件式结构;
- (8) 扩展时,原有系统只需做很小改动;
- (9) 用户程序存储器容量至少可以达到 4KB。

1969年,美国数字设备公司(DEC)根据上述要求研制出了世界上第一台可编程控制器,型号为PDP-14,并在GM公司的汽车生产线上首次应用成功,取得了显著的经济效益。当时人们把它称为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC),可编程控制器应运而生。这一时期的可编程控制器虽然采用了计算机的设计思想,但是实际上只能完成顺序控制,仅有逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能。20世纪70年代中期以来,由于大规模集成电路(LSI)和微处理器在PLC中的应用,使PLC的功能不断增强,增加了许多特殊功能,如浮点运算、函数运算、查表、高速计数、中断、PID控制、通信和联网、数据处理和图像显示等。功能增强的同时,可编程控制器的可靠性提高,功耗和体积减小,成本降低,编程和故障检测更加灵活方便,这也使PLC的应用范围和领域不断扩大。

可编程控制器这一新技术的出现,受到世界范围内的极大关注,世界各电气控制商都纷纷投入力量研制。第一个把PLC商品化的是美国的哥德公司(GOULD),其产品型号为084。1973~1974年,德国和法国也都相继研制出自己的可编程控制器,德国西门子公司(SIEMENS)于1973年研制出欧洲第一台PLC,型号为SIMATIC S4。我国从1974年开始研制,1977年开始工业应用。据统计,在全世界约200家可编程控制器生产厂商,按地域可分成三大流派:一个流派是美国产品,一个流派是欧洲产品,另一个流派是日本产品。美国和欧洲的PLC技术是在相互隔离情况下独立研究开发的,因此美国和欧洲的PLC产品有明显的差异性。而日本的PLC技术是由美国引进的,对美国的PLC产品有一定的继承性,但日本的主推产品定位在小型PLC上。美国和欧洲以大中型PLC而闻名,而日本则以小型PLC著称。

(1) 美国的PLC产品。美国是PLC生产大国,有100多家PLC厂商,著名的有A-B公司、通用电气(GE)公司、莫迪康(MODICON)公司、德州仪器(TI)公司、西屋公司等。其中A-B公司是美国最大的PLC制造商,其产品约占美国PLC市场的一半,其主要产品有PLC5、SLC500、CONTROLOGIX等系列。GE公司的代表产品是:小型机GE-1、GE-1/J、GE-1/P等,中型机GE-III,大型机GE-V,GE-VI/P。TI公司的主要产品有小型PLC 510、520和TI100等,中型PLC TI300、5TI等,大型PLC产品PM550、530、560、565等系列。MODICON公司的主要产品有小型机M84、中型机M484、大型机M584、增强型中型机M884等。

(2) 欧洲的PLC产品。德国的西门子(SIEMENS)公司、AEG公司、法国的TE公司是欧洲著名的PLC制造商。德国西门子的电子产品以性能精良而闻名,在中、大型PLC产品领域与美国的A-B公司齐名。西门子PLC主要产品是S5、S7系列。S5-155U为大型机,而S7系列是西门子公司在S5系列PLC基础上近年推出的新产品,其性能价格比高,其中S7-200系列属于微型PLC, S7-300系列属于中小型PLC, S7-400系列属于中高性能的大型PLC。

(3) 日本的PLC产品。日本的小型PLC最具特色,在小型机领域中颇具盛名,某些用欧美的中型机或大型机才能实现的控制,日本的小型机就可以解决。在开发较复杂的控制系统方面日本的PLC小型机明显优于欧美的小型机,所以格外受用户欢迎。日本有许多PLC制造商,如三菱、欧姆龙、松下、富士、日立、东芝等,在世界小型PLC市场上,日本产品约占有70%的份额。三菱公司的PLC产品有小型机F1/F2、FX系列,大中型机有

A 系列、QnA 系列、Q 系列。欧姆龙 (OMRON) 公司的 PLC 产品微型机以 SP 系列为代表, 小型机有 P 型、H 型、CPM1A 系列、CPM2A 系列、CPM2C、CQM1 等, 中型机有 C200H、C200HS、C200HX、C200HG、C200HE、CS1 系列, 大型机有 C1000H、C2000H、CV (CV500/CV1000/CV2000/CVM1) 等。松下公司的 PLC 产品中, FP0 为微型机, FP1 为整体式小型机, FP3 为中型机, FP5/FP10、FP10S (FP10 的改进型)、FP20 为大型机。

可编程控制器从产生到现在, 尽管时间很短, 但由于其具有编程简单、可靠性高、使用方便、维护容易、价格适中等优点, 使其得到了迅猛的发展, 在冶金、机械、石油、化工、纺织、轻工、建筑、运输、电力等部门得到了广泛的应用。

二、可编程控制器的定义

由于可编程控制器仍在不断地发展, 所以国际上至今还未能对其下最后的定义。1980 年, 美国电气制造商协会 (NEMA) 将可编程控制器定义为: “可编程控制器是一种带有指令存储器, 数字的或模拟的输入/输出接口, 以位运算为主, 能完成逻辑、顺序、定时、计数和算术运算等功能, 用于控制机器或生产过程的自动控制装置。”

国际电工委员会 (IEC) 曾先后在 1982 年 11 月、1985 年 1 月、1987 年 2 月发布了可编程控制器标准草案的第一、第二、第三稿, 在第三稿中对 PLC 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。它采用可程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算和顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令, 并通过数字的或模拟的输入/输出接口, 控制各种类型的机器设备或生产过程。可编程控制器及其有关的设备, 都应按易于与工业控制系统联成一个整体, 易于扩充功能的原则设计。”该定义强调了可编程控制器是“数字运算操作的电子系统”, 它是一种计算机, 它是“专为工业环境下应用而设计”的工业控制计算机。

1980 年, NEMA 将可编程控制器正式命名为 Programmable Controller, 简称为 PC。但它与近年来人们熟知的个人计算机 (Personal Computer, PC) 是完全不同的概念。为加以区别, 国内外很多杂志及在工业现场的工程技术人员, 仍然把可编程控制器称为 PLC。为了照顾到这种习惯, 在后续章节的介绍中, 称可编程控制器为 PLC。

三、可编程控制器的分类

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 PLC 的选型及应用。

1. 根据 I/O 点数分类

PLC 的输入/输出点数表明了 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、中型机和大型机。一般来说, 点数多的 PLC 功能也相应较强。

(1) 微型机。I/O 点数 (总数) 在 64 点以下, 内存容量为 256B~1KB, 称为微型机。微型机的结构为整体式, 主要用于小规模开关量控制。例如: OMRON 公司的 C60P、MITSUBISHI 公司的 FX_{2N} 等, 都是微型机。

(2) 小型机。I/O 点数 (总数) 为 64~128 点, 内存容量为 1~4KB, 称为小型机。一般只具有逻辑运算、定时、计数和移位等功能, 适用于中小规模开关量的控制, 可用它实现条件控制、顺序控制等。有些小型 PLC, 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 PLC 一般也具有数据通信的功能。例如, SIEMENS 公司的 S7-200 系列小型机, 可支持 MPI、PPI、FPI 等通信协议。

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）为 128~512 点，内存容量为 4~128KB，称为中型机。它除了具备逻辑运算功能之外，还增加了模拟量输入/输出、算术运算、数据传送、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，在已固化的程序内，一般还有 PID 调节、整数/浮点运算等功能模块。例如：OMRON 公司的 CJM1，AB 公司的 SLC500 等都是中型机，中型机的特点是功能强、配置灵活，适用于中小规模的综合控制系统。

(4) 大型机。I/O 点数（总数）为 512~4096 点，内存容量大于 128KB，称为大型机。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、打印等功能。监控系统采用 CRT 显示，能够表示生产过程的工艺流程、各种曲线、PID 调节参数选择图等。大型机适用于具有诸如温度、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机械及连续生产过程控制的场合。例如，SIEMENS 公司的 S7-400 就属于大型机。

上述划分方式并不十分严格，也不是一成不变的。随着 PLC 的发展，划分标准已经有过多次修改。

2. 根据结构形式分类

从结构上看，PLC 可分为箱体式、模块式和分散式 3 种。

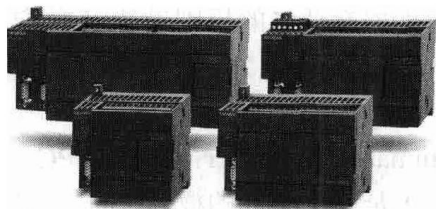


图 1-1 箱体式 PLC (S7-200) 的外观结构图

(1) 箱体式 PLC。一般的微型机和小型机多为箱体式结构。这种结构的 PLC 的电源、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。如图 1-1 所示为 SIEMENS 公司的 S7-200 PLC 即为箱体式结构。

箱体式 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。

箱体式 PLC 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。

(2) 模块式 PLC。模块式结构的 PLC 如图 1-2 所示。这种形式的 PLC 各部分以单独的模板分开设置，如电源模块、CPU 模块、输入模块、输出模块及其他智能模块等。这种 PLC（如 S7-400）一般设有机架底板，在底板上若有若干插槽，使用时，各种模板直接插入机架底板即可。也有的 PLC（如 S7-300）为串行连接，没有底板，各个模板安装在机架导轨上，而各个模板之间是通过背板总线连接的。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板，构成功能不同的各种控制系统。一般中型机和大型机均采用这种结构。

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。

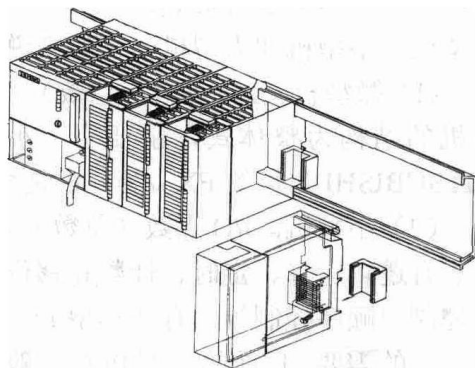


图 1-2 模块式 PLC (S7-300) 外观结构图

(3) 分散式 PLC。所谓分散式 PLC 的结构就是将可编程控制器的 CPU、电源、存储器集中放置在控制室，而将各 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。为此，各 PLC 制造商在 PLC 的研发阶段又开发了相应的总线连接协议，如三菱公司的 CC-Link、AB 公司的 DH+、西门子公司的 MPI 等网络协议。

以上 3 种形式的可编程控制器的外观结构示意图如图 1-3 所示。

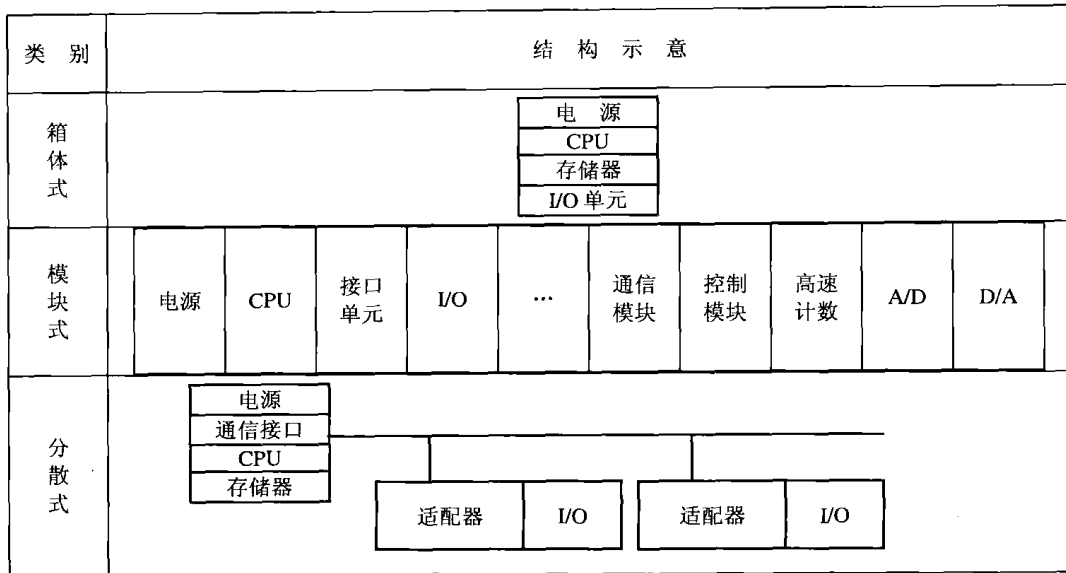


图 1-3 可编程控制器的外观机构示意图

3. 根据用途分类

(1) 用于顺序逻辑控制。早期的可编程控制器主要用于取代继电器控制电路，完成如顺序、联锁、计时和计数等开关量的控制，因此，顺序逻辑控制是可编程控制器最基本的控制功能，也是可编程控制器应用最多的场合。比较典型的应用如自动电梯的控制、自动化仓库的自动存取、各种管道上的电磁阀的自动开启和关闭、皮带运输机的顺序启动或自动化生产线的多机控制等，这些都是顺序逻辑控制。要完成这类控制，不要求可编程控制器有太多的功能，只要有足够数量的 I/O 点即可，因此可选用低档的可编程控制器。

(2) 用于闭环过程控制。对于闭环控制系统，除了要用开关量 I/O 点实现顺序逻辑控制外，还要有模拟量的 I/O 点，以供采样输入和调节输出，实现过程控制中的 PID 调节，形成闭环过程控制系统。而中期的可编程控制器由于具有数值运算和处理模拟量信号的功能，可以设计出各种 PID 控制器。现在随着可编程控制器控制规模的增大，PLC 可控制的回路数已从几个增加到几十个甚至几百个，因此可实现比较复杂的闭环控制系统，实现对温度、压力、流量、位置、速度等物理量的连续调节。比较典型的应用如连轧机的速度和位置控制、锅炉的自动给水、加热炉的温度控制等。要完成这类控制，不仅要求可编程控制器有足够数量的 I/O 点，还要有对模拟量的处理能力，因此对 PLC 的功能要求高，根据能处理的模拟量的多少，至少应选用中档的可编程控制器。

(3) 用于多级分布式和集散控制系统。在多级分布式和集散控制系统中，除了要求所选用的可编程控制器具有上述功能外，还要求具有较强的通信功能，以实现各工作站之间的通信、上位机与下位机的通信，最终实现全厂自动化，形成通信网络。由于新型的 PLC 都具有

很强的通信和联网功能，建立一个自动化工厂已成为可能。显然，能胜任这种工作的可编程控制器为高档 PLC。

(4) 用于机械加工的数控和机器人控制。机械加工行业也是 PLC 广泛应用的领域，可编程控制器与 CNC (Computer Number Control) 技术有机地结合起来，可以进行数字控制。由于 PLC 处理速度的不断提高和存储器容量的不断扩大，使 CNC 的软件不断丰富，用户对机械加工程序编制越来越方便。随着人工视觉等高科技技术的不断完善，各种性能的机器人相继问世，很多机器人制造公司也选用 PLC 作为机器人的控制器，因此，PLC 在机械加工领域的应用也将越来越多。

第二节 可编程控制器的特点及主要功能

一、可编程控制器的一般特点

可编程控制器的种类虽然千差万别，但为了能在工业环境中使用，它们具有许多共同的特点。

1. 抗干扰能力强，可靠性高

工业生产对电气控制设备的可靠性的要求非常高，它应具有很强的抗干扰能力，能在恶劣的环境下（如温度高、湿度大、金属粉尘多、距离高压设备近、有较强的高频电磁干扰等）长期连续可靠地工作，平均无故障时间（Mean Time Between Failure, MTBF）长，故障修复时间短。而 PLC 就是专为工业控制设计的，能适应工业现场的恶劣环境。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，有些高档机的 MTBF 还要高得多，这是其他电气设备根本做不到的。

绝大多数的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。

在硬件方面，首先是选用优质器件，采用合理的系统结构，加固简化安装，使它能抵抗震动冲击。对印制电路板的设计、加工及焊接都采取了极为严格的工艺措施。对于工业生产中最常见的瞬间强干扰，采取的措施主要是采用隔离和滤波技术。PLC 的输入和输出电路一般都采用光电耦合器传递信号，使 CPU 与外部电路完全切断了电的联系，可以有效地抑制外部干扰对 PLC 的影响。在 PLC 的电源电路和 I/O 接口中，还设置了多种滤波电路，除了采用常规的模拟滤波器（如 LC 滤波和 π 型滤波）外，还加上了数字滤波，以消除和抑制高频干扰信号，同时也削弱了各种模板之间的相互干扰。用集成电压调整器对微处理器的 +5V 电源进行调整，以适应交流电网的波动和过电压、欠电压的影响。在 PLC 内部还采用了电磁屏蔽措施，对电源变压器、CPU、存储器、编程器等主要部件采用导电、导磁良好的材料进行屏蔽，防止外界干扰。

在软件方面，PLC 也采取了很多特殊措施，设置了“看门狗”（Watching Dog Timer, WDT），系统运行时对 WDT 定时刷新，一旦程序出现死循环，使之能立即跳出，重新启动并发出报警信号。同时还设置了故障检测及诊断程序，用以检测系统硬件是否正常、用户程序是否正确，便于自动地做出相应的处理，如报警、封锁输出、保护数据等。当 PLC 检测到故障时，立即将现场信息存入存储器，由系统软件配合对存储器进行封闭，禁止对存储器的

任何操作，以防止存储信息被破坏。这样，一旦检测到外界环境正常后，便可恢复到故障发生前的状态，继续原来的程序工作。

这些有效的措施，保证了可编程控制器的高可靠性。

2. 编程简单方便

可编程控制器的设计是面向工业企业中一般电气工程技术人员，它采用易于理解和掌握的梯形图语言，以及面向工业控制的简单指令。这种梯形图语言既继承了传统继电器控制线路的表达形式（如线圈、触点、常开、常闭），又考虑到工业企业中的电气工程技术人员读图习惯和微机应用水平。因此，梯形图语言对于企业中熟悉继电器控制线路图的电气工程技术人员是非常亲切的，它形象、直观，简单、易学，尤其对于小型 PLC 而言，几乎不需要专门的计算机知识，只要进行短暂的培训，就能基本掌握编程方法。因此，无论是在生产线的设计中，还是在传统设备的改造中，电气工程技术人员都特别愿意使用 PLC。除了梯形图语言以外，PLC 还可以采用其他形式的编程语言，如指令表（Step Ladder Instruction, STL）、功能块图（Function Block Diagram, FBD）、顺序功能图（Sequential Function Chart, SFC）及高级语言。

3. 使用方便

虽然 PLC 种类繁多，由于其产品的系列化和模板化，并且配有品种齐全的各种软件，用户可灵活组合成各种规模和要求控制系统，用户在硬件设计方面，只是确定 PLC 的硬件配置和 I/O 通道的外部接线就可以了。在 PLC 构成的控制系统中，只需在 PLC 的端子上接入相应的输入/输出信号即可，不需要诸如继电器之类的固体电子器件和大量繁杂的硬接线电路。在生产工艺流程改变或生产线设备更新，或者系统控制要求改变、需要变更控制系统的功能时，一般不必改变或很少改变 I/O 通道的外部接线，只要改变存储器中的控制程序即可，这在传统的继电器控制中是难以想象的。PLC 的输入/输出端子可直接与 AC 220V、DC 24V 等强电相连，并具有较强的带负载能力。

在 PLC 运行过程中，在 PLC 的面板上（或显示器上）可以显示生产过程中用户感兴趣的各种状态和数据，使操作人员做到心中有数，即使在出现故障甚至发生事故时，也能及时处理。

4. 维护方便

PLC 的控制程序可通过编程器输入到 PLC 的用户程序存储器中。编程器不仅能对 PLC 控制程序进行写入、读出、检测、修改，还能对 PLC 的工作进行监控，使得 PLC 的操作及维护都很方便。PLC 还具有很强的自诊断能力，能随时检查出自身的故障，并显示给操作人员，如 I/O 通道的状态、RAM 的后备电池的状态、数据通信的异常、PLC 内部电路的异常等信息。正是通过 PLC 这种完善的诊断和显示能力，当 PLC 本机或外部的输入装置及执行机构发生故障时，使操作人员能迅速检查、判断故障原因，确定故障位置，以便采取迅速有效的措施。如果是 PLC 本身故障，在维修时只需要更换插入式模板或其他易损件即可，既方便又减少了影响生产的时间。

有人曾预言，将来自动化工厂的电气工人，将一手拿着螺丝刀，一手拿着编程器。这也是可编程控制器得以迅速发展和广泛应用的重要因素之一。

5. 设计、施工、调试周期短

用可编程控制器完成一项控制工程时，由于其硬、软件齐全，因此设计和施工可同时进行。由于用软件编程取代了继电器硬接线实现的控制功能，使得控制柜的设计及安装接线工

作量大为减少，缩短了施工周期。同时，由于用户程序大都可以在实验室里模拟调试，模拟调试好后再将 PLC 控制系统在生产现场进行联机统调，使得调试方便、快速、安全，这样就大大缩短了设计和投运周期。

6. 易于实现机电一体化

可编程控制器的结构紧凑，体积小，重量轻，可靠性高，抗震防潮和耐热能力强，易于安装在机器设备内部，制造出机电一体化产品。随着集成电路制造水平的不断提高，可编程控制器体积将进一步缩小，而功能却进一步增强，与机械设备有机地结合起来，在 CNC 和机器人的应用中必将更加普遍，以 PLC 作为控制器的 CNC 设备和机器人装置将成为典型的机电一体化产品。

二、可编程控制器与继电器逻辑控制系统的比较

在可编程控制器出现之前，继电器硬接线电路是逻辑控制、顺序控制的唯一执行者，它结构简单，价格低廉，一直被广泛应用。但它与 PLC 控制相比有许多缺点，如表 1-1 所示。

表 1-1 可编程控制器与继电器逻辑控制系统的比较

比较项目	继电器逻辑控制系统	可编程控制器
控制逻辑	硬件逻辑，体积大，接线复杂，修改困难	存储逻辑，体积小、连线少，控制灵活，易于扩展
控制速度	通过触点的开闭实现控制作用，动作速度为几十毫秒，易出现触点抖动	由半导体电路实现控制作用，每条指令执行时间为微秒级，不会出现触点抖动
限时控制	由时间继电器实现，精度差，易受环境、温度影响	用半导体集成电路实现，精度高，时间设置方便，不受环境、温度影响
触点数量	4~8 对，易磨损	任意多个，永不磨损
工作方式	并行工作	串行循环扫描
设计与施工	设计、施工、调试必须顺序进行，周期长，修改困难	在系统设计后，现场施工与程序设计可同时进行，周期短，调试、修改方便
可靠性与可维护性	寿命短，可靠性与可维护性差	寿命长，可靠性高，有自诊断功能，易于维护
价格	使用机械开关、继电器及接触器等，价格便宜	使用大规模集成电路，初期投资较高

三、可编程控制器与其他工业控制器的比较

自微型计算机诞生后，工程技术人员就一直努力将微型计算机技术应用到工业控制领域，这样，在工业控制领域就产生了几种有代表性的工业控制器：可编程控制器（PLC）、PID 控制器（又称 PID 调节器）、集散控制系统（Distributed Control System, DCS）、微型计算机（PC）和工业控制计算机（Industrial Personal Computer, IPC）。由于 PID 控制器一般只适用于过程控制中的模拟量控制，并且目前的 PLC 或 DCS 中均具有 PID 的功能。所以，此处只对可编程控制器与通用的微型计算机、集散控制系统、工业控制计算机分别进行比较。

1. 可编程控制器与通用的微型计算机的比较

采用微电子技术制作的作为工业控制器的可编程控制器，也是由 CPU、RAM、ROM、I/O 接口等构成的，与微型计算机有相似的构造，但又不同于一般的微型计算机，特别是它

采用了特殊的抗干扰技术，有着很强的接口能力，使它更能适用于工业控制。

PLC 与微型计算机各自的特点如表 1-2 所示。

表 1-2 PLC 与微型计算机的比较

比较项目	PLC	微型计算机
应用范围	工业控制	科学计算、数据处理、通信等
使用环境	工业现场	具有一定温度、湿度的机房
输入/输出	控制强电设备，有光电隔离，有大量的 I/O	与主机采用微电联系，没有光电隔离，没有专用的 I/O 口
程序设计	一般为梯形图语言，易于学习和掌握	程序语言丰富，如汇编、FORTRAN、BASIC 及 COBOL 等。语句复杂，需有专门计算机的硬件和软件知识
系统功能	自诊断、监控等	配有较强的操作系统
工作方式	循环扫描方式及中断方式	中断方式
可靠性	极高，抗干扰能力强	抗干扰能力差
体积与结构	结构紧凑，体积小；外壳坚固，密封	结构松散，体积大，密封性差；键盘大，显示器大

2. 可编程控制器与集散控制系统的比较

可编程控制器与集散控制系统都是用于工业现场的自动控制设备，都是以微型计算机为基础的，都可以完成工业生产中大量的控制任务。但是，它们之间又有以下不同点。

(1) 发展基础不同。可编程控制器是由继电器逻辑控制系统发展而来的，它在开关量处理、顺序控制方面具有自己的绝对优势，发展初期主要侧重于顺序逻辑控制方面。集散控制系统是由仪表过程控制系统发展而来的，它在模拟量处理、回路调节方面具有一定的优势，发展初期主要侧重于回路调节功能。

(2) 发展方向不同。随着微型计算机的发展，可编程控制器在初期逻辑运算功能的基础上，增加了数值运算及闭环调节功能。运算速度不断提高，控制规模越来越大，并开始与网络或上位机相连，构成了以 PLC 为核心部件的分布式控制系统。集散控制系统自 20 世纪 70 年代问世后，也逐渐地把顺序控制装置、数据采集装置、回路控制仪表、过程监控装置有机地结合在了一起，构成了能满足各种不同控制要求的集散控制系统。

(3) 由小型计算机构成的中小型 DCS 将被 PLC 构成的 DCS 所替代。PLC 与 DCS 从各自的基础出发，在发展过程中互相渗透，互为补偿，两者的功能越来越接近。目前，很多工业生产过程既可以用 PLC 实现控制，也可以用 DCS 实现控制。但是，由于 PLC 是专为工业环境下应用而设计的，其可靠性要比一般的小型计算机高得多，以 PLC 为控制器的 DCS 必将逐步占领以小型计算机为控制器的中小型 DCS 市场。

3. 可编程控制器与工业控制计算机 (IPC) 的比较

可编程控制器与工业控制计算机 (简称工控机, IPC) 都是用来进行工业控制的，但是工控机与 PLC 相比，仍有一些不同。

(1) 硬件方面。工控机是由通用微型计算机推广应用发展起来的，通常由微型计算机生产厂家开发生产，在硬件方面具有标准化总线结构，各种机型间兼容性强。而 PLC 则是针对工业顺序控制、由电气控制厂家研制发展起来的，其硬件结构专用，各个厂家之间产品不通用，标准化程度较差。但是 PLC 的信号采集和控制输出的功率较强，可不必再加信号变换和功率驱动环节，而直接和现场的测量信号及执行机构对接。在结构上，PLC 采取整体密封模

板组合形式；在工艺上，对印刷电路板、插座、机架都有严密的处理；在电路上，又有一系列的抗干扰措施。因此，PLC 的可靠性更能满足工业现场环境下的要求。

(2) 软件方面。工控机可借用通用微型计算机丰富的软件资源，适应算法复杂、实时性强的控制任务。PLC 在顺序控制的基础上，增加了 PID 等控制算法，编程采用梯形图语言，易于被熟悉电气控制线路而不太熟悉微型计算机软件的电气技术人员所掌握。但是，一些微型计算机的通用软件还不能直接在 PLC 上应用，还要经过二次开发。

任何一种控制设备都有自己最适合的应用领域。熟悉、了解 PLC 与通用微型计算机、集散控制系统、工业控制计算机的异同，有助于我们根据控制任务和应用环境来恰当地选用最合适的控制设备，最好地发挥其作用。

四、可编程控制器的主要功能

可编程控制器是采用微电子技术来完成各种控制功能的自动化设备，可以在现场的输入信号作用下，按照预先输入的程序，控制现场的执行机构按照一定规律进行动作。其主要功能体现在以下几个方面。

1. 顺序逻辑控制

顺序逻辑控制是 PLC 最基本、最广泛的功能，它用来取代继电器控制系统，实现逻辑控制和顺序控制。它既可用于单机控制或多机控制，又可用于自动化生产线的控制。PLC 根据操作按钮、限位开关及其他现场给出的指令信号和传感器信号，控制机械运动部件进行相应的操作。

2. 运动控制

在机械加工行业，可编程控制器与计算机数控 (CNC) 集成在一起，用以完成机床的运动控制。很多 PLC 制造厂家已提供了拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模板。在多数情况下，PLC 把描述目标位置的数据送给模板，模板移动一轴或数轴到目标位置。当每个轴移动时，位置控制模板保持适当的速度和加速度，确保运动平滑。目前已用于控制无心磨削、冲压、复杂零件分段冲裁、滚削、磨削等应用中。

3. 定时控制

PLC 为用户提供了一定数量的定时器，并设置了定时器指令，一般每个定时器可实现 0.1~999.9s 或 0.01~99.99s 的定时控制，也可按一定方式进行定时时间的扩展。PLC 的定时精度高，定时设定方便、灵活。同时 PLC 还提供了高精度的时钟脉冲，用于准确的实时控制。

4. 计数控制

PLC 为用户提供的计数器分为普通计数器、可逆计数器和高速计数器等几类，用来完成不同用途的计数控制。当计数器的当前计数值等于计数器的设定值，或在某一数值范围时，发出控制命令。计数器的计数值可以在运行中被读出，也可以在运行中被修改。

5. 步进控制

PLC 为用户提供了一定数量的移位寄存器，用移位寄存器可方便地完成步进控制功能。在一道工序完成之后，自动进行下一道工序；一个工作周期结束后，自动进入下一个工作周期。有些 PLC 还专门设有步进控制指令，使得步进控制更为方便。

6. 数据处理

大部分 PLC 都具有不同程度的数据处理功能，如 C 系列、S5 系列 PLC 等，能完成的数

据运算如加、减、乘、除、乘方、开方等，逻辑运算有字与、字或、字异或、求反等指令，可执行移位、数据比较和传送及数值的转换等操作。

7. 模数和数模转换

在过程控制或闭环控制系统中，存在温度、压力、流量、速度、位移、电流、电压等连续变化的物理量（或称模拟量）。过去，由于 PLC 主要用于逻辑运算控制，对于这些模拟量的处理主要靠仪表控制（如果回路数较少）或分布式控制系统 DCS（如果回路数较多）。目前，不但大、中型 PLC 具有模拟量处理功能，甚至很多小型 PLC（如 C 系列 P 型机）也具有模拟量处理功能，而且编程和使用都很方便。

8. 通信及联网

目前绝大多数 PLC 都具备了通信能力，能够在 PLC 与计算机之间进行同位连接及上位连接。通过这些通信技术，使 PLC 更容易构成工厂自动化（Factory Automation, FA）系统。同时也可与打印机、监视器等外部设备相连，记录和监视有关数据。

第三节 可编程控制器的应用及发展趋势

一、可编程控制器的应用现状

1. 可编程控制器的市场状况

（1）国际市场。可编程控制器是“专为工业环境下应用而设计”的工业控制计算机，由于其具有很强的抗干扰能力和很高的可靠性，以及大量的能在恶劣环境下工作的 I/O 接口，在新产品、新技术不断涌现的今天，始终保持着旺盛的生命力。

从市场份额指标来看，第一位是 SIEMENS 公司，约占有 30% 的市场份额；第二位是 AB 公司，约占有 18% 的市场份额；第三位是 SCHNEIDER 公司，约占有 12% 的市场份额。剩下的市场被近 200 家其他 PLC 厂商占领。

（2）国内市场。我国对可编程控制器的研制始于 1974 年，当时上海、北京、西安等一些科研院校都在研制，但是始终未能走出实验室，更未能投入工业化生产。20 世纪 80 年代中期，又掀起研制热潮，目前全国有 30 多个生产厂家，但生产的产品大多为 128 个开关量 I/O 点以下的小型机，年产量超过 1000 台的只有几家。

国内的可编程控制器市场同工业发达国家相比，目前还处于初级阶段。尽管在对外开放政策的推动下，引进了国外的先进设备和技术，如宝钢的一、二期工程（引进了 500 多套）、秦皇岛煤码头、平朔煤矿、咸阳显像管厂等，都是我国较早引进和应用可编程控制器的企业，但目前仍局限在钢铁、化工、煤炭、汽车、机床、电站等行业，其他生产行业的应用尚未普及。如饮水处理及供水系统，全国应用可编程控制器的比率不足 10%，还有在国外已广泛应用食品加工、交通、造纸、制药、精细化工等行业，应用可编程控制器的更是屈指可数，因此我国有广阔的应用领域等待开拓。

2. 可编程控制器的应用范围

可编程控制器作为一种通用的工业控制器，它可用于所有的工业领域。当前国内外已广泛地将可编程控制器成功地应用到机械、汽车、冶金、石油、化工、轻工、纺织、交通、电力、电信、采矿、建材、食品、造纸、军工、家电等领域，并且取得了相当可观的技术经济效益。