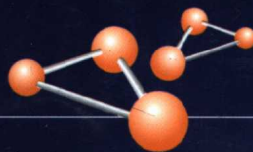


高等学校自动化专业教材



可编程控制器教程 (基础篇)

胡学林 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等学校自动化专业教材

可编程控制器教程

(基础篇)

胡学林 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从工程应用的角度出发,以我国目前广泛应用的德国西门子(SIEMENS)公司的SIMATIC系列的S7-200型PLC为样机,突出应用性和实践性,重点讲述了小型PLC的结构、工作原理和编程规则,详细介绍了系统的指令系统、组态配置、网络通信及性能指标,并通过大量的、有针对性的工程实例,对工程上常用的PLC控制系统的设计思想、设计步骤、设计方法,进行了详尽的介绍。每章后附有习题。

本书可作为大专院校工业电气及自动化、机电一体化、计算机应用等相关专业的教学用书,亦可作为电大、职大相近专业的教材。对于广大的电气工程技术人員,则是一本非常有价值的参考书和技术手册。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器教程.基础篇/胡学林主编. —北京:电子工业出版社,2003.11

高等学校自动化专业教材

ISBN 7-5053-9174-7

I. 可… II. 胡… 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(2003)第084238号

责任编辑:王传臣

特约编辑:王东宝

印 刷:北京大中印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:20.25 字数:440千字

版 次:2003年11月第1版 2003年11月第1次印刷

印 数:5000册 定价:26.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。

联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

可编程控制器(简称 PLC 或 PC)是一种新型的具有极高可靠性的通用工业自动化控制装置。它以微处理器为核心,有机地将微型计算机技术、自动化控制技术及通信技术融为一体。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,是当今及今后工业控制的主要手段和重要的自动化控制设备。可以这样说,到目前为止,无论从可靠性上,还是从应用领域的广度和深度上,还没有任何一种控制设备能够与 PLC 相媲美。因此专家认为,PLC 技术、数控技术、计算机辅助设计/计算机辅助生产(CAD/CAM),以及机器人技术,并列为当代工业生产自动化的四大支柱。

近年来,德国西门子(SIEMENS)公司的 SIMATIC-S7 系列的 PLC,在我国已广泛应用于各行各业的生产过程的自动控制中。为大力普及 S7 系列 PLC 的应用,我们编写了这本 S7 系列的可编程控制器教程,旨在为已经使用或将要使用 S7 系列 PLC 的在校大学生和在职的电气技术人员,进行较为系统的介绍。

《可编程控制器教程(基础篇)》作为 PLC 应用的基础,从工程应用的角度出发,突出应用性和实践性,重点讲述小型 PLC 的结构、工作原理和编程规则,以目前国内很多院校大量配置的 S7-200 为样机,详细介绍其指令系统、网络及通信,并通过有针对性的工程实例,对工程上常用的 PLC 控制系统的设计思想、设计步骤、设计及调试方法等,都进行了详尽的介绍。

本书适用于大专院校工业电气自动化专业,也可作为电气技术、机电一体化、计算机应用等相关专业的教学用书,亦可作为电大、职大相近专业的教材。对于广大的电气工程技术人員,则是一本有价值的参考书和技术手册。

本书的第六章由刘松编写,第七章由胡学林、王燕共同编写,其余均为胡学林编写。书中部分内容的编写参照了有关文献,恕不一一列举,谨对书后所有参考文献的作者表示感谢。

由于编者水平所限,错误和不妥之处在所难免,敬请专家、同仁、读者批评指正。

编 者
2003 年 5 月

目 录

第一章 可编程控制器概述	1
第一节 PLC 的产生、定义、分类及应用	1
第二节 可编程控制器的特点及主要功能	9
第三节 PLC 的编程语言	17
第四节 可编程控制器的性能指标	21
第五节 可编程控制器的发展趋势	22
小结	24
习题一	25
第二章 可编程控制器的结构和工作原理	26
第一节 可编程控制器的硬件组成	26
第二节 PLC 的基本工作原理	43
小结	51
习题二	52
第三章 可编程控制器 S7-200 概述	53
第一节 S7-200 的系统组成	53
第二节 S7-200 的基本功能及特点	59
第三节 S7-200 的编程元件的寻址及 CPU 组态	65
第四节 S7-200 编程语言及工业软件	78
小结	83
习题三	84
第四章 S7-200 的基本指令系统及编程	86
第一节 位操作指令	86
第二节 运算指令	108
第三节 数据处理指令	127
第四节 表功能指令	136
第五节 转换指令	140
小结	147
习题四	147
第五章 S7-200 的应用指令	151

第一节 程序控制类指令	151
第二节 特殊指令	167
小结	203
习题五	203
第六章 可编程控制器控制系统应用设计	207
第一节 PLC 控制系统的总体设计	207
第二节 PLC 控制系统的可靠性设计	214
第三节 程序设计举例	225
小结	241
习题六	241
第七章 可编程控制器的网络及通信基础	245
第一节 PLC 的通信及网络基本知识	245
第二节 S7-200 的通信实现	252
第三节 S7-200 的网络通信	261
第四节 S7-200 的自由口通信模式	267
小结	281
习题七	281
附录 A S7-200 的特殊继电器 SM	283
附录 B S7-200 的编程软件 STEP 7 - Micro/WIN32	293
附录 C S7-200 的错误代码	314
参考文献	317

第一章 可编程控制器概述

可编程控制器（Programmable Controller 简称 PLC 或 PC），是随着现代社会生产的发展和科技进步，现代工业生产自动化水平的日益提高及微电子技术的飞速发展，在继电器控制的基础上产生的一种新型的工业控制装置，是将 3C（Computer, Control, Communication）技术，即微型计算机技术、控制技术及通信技术融为一体，应用到工业控制领域的一种高可靠性控制器，是当代工业生产自动化的重要支柱。

在本章中，主要介绍以下内容：

- PLC 的产生、定义、分类及应用现状。
- PLC 的一般特点。
- PLC 与继电器控制系统的比较。
- PLC 与其他通用控制器（DCS, PID、工业 PC）的比较。
- PLC 的主要功能。
- PLC 的编程语言。
- PLC 的性能指标。
- PLC 的发展趋势。

本章的重点是掌握 PLC 的特点和主要功能，梯形图与继电器控制线路图的联系和差别，PLC 与其他通用控制器的异同及适用范围，理解评价 PLC 性能的主要指标，了解 PLC 的发展趋势。

第一节 PLC 的产生、定义、分类及应用

一、PLC 的产生

一种新型的控制装置，一项先进的应用技术，总是根据工业生产的实际需要而产生的。

在可编程控制器产生以前，以各种继电器为主要元件的电气控制线路，承担着生产过程自动控制的艰巨任务，可能由成百上千只各种继电器构成复杂的控制系统，需要用成千上万根导线连接起来，安装这些继电器需要大量的继电器控制柜，且占据大量的空间。当这些继电器运行时，又产生大量的噪声，消耗大量的电能。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。如果系统出现故障，要进行检查和排除故障又是非常困难的，全靠现场电气

技术人员长期积累的经验。尤其是在生产工艺发生变化时，可能需要增加很多的继电器或继电器控制柜，重新接线或改线的工作量极大，甚至可能需要重新设计控制系统。尽管如此，这种控制系统的功能也仅仅局限在能实现具有粗略定时、计数功能的顺序逻辑控制。因此，人们迫切需要一种新的工业控制装置来取代传统的继电器控制系统，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。

1968年，美国最大的汽车制造商——通用汽车公司（GM）为满足市场需求，适应汽车生产工艺不断更新的需要，将汽车的生产方式由大批量、少品种转变为小批量、多品种。为此要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，要寻求一种比继电器更可靠，响应速度更快、功能更强大的通用工业控制器。GM公司提出了著名的十条技术指标在社会上招标，要求控制设备制造商为其装配线提供一种新型的通用工业控制器，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，其性能价格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 具有数据通信功能。
- ⑥ 输入可以是 AC115V。
- ⑦ 输出为 AC115V，2A 以上。
- ⑧ 硬件维护方便，最好是插件式结构。
- ⑨ 扩展时，原有系统只需做很小改动。
- ⑩ 用户程序存储器容量至少可以扩展到 4K。

于是可编程控制器应运而生：1969年，美国数字设备公司（DEC）根据上述要求研制出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，简称 PLC）。

可编程控制器这一新技术的出现，受到国内外工程技术界的极大关注，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），时间也是 1969 年。1971 年，日本从美国引进了这项新技术，研制出日本第一台可编程控制器。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。我国从 1974 年开始研制，1977 年开始工业应用。

早期的 PLC 主要由分立式电子元件和小规模集成电路组成，它采用了一些计算机的技术，指令系统简单，一般只具有逻辑运算的功能，但它简化了计算机的内部结构，使之能够很好地适应恶劣的工业现场环境。随着微电子技术的发展，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，它不仅能执行逻辑控制、

顺序控制、计时及计数控制，还增加了算术运算、数据处理、通信等功能，具有处理分支、中断、自诊断的能力，使 PLC 更多地具有了计算机的功能。目前世界上著名的电气设备制造厂商几乎都生产 PLC 系列产品，并且使 PLC 作为一个独立的工业设备成为主导的通用工业控制器。

可编程控制器从产生到现在，尽管只有四十几年的时间，由于其编程简单、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、PLC 的定义

1980 年，美国电气制造商协会（National Electronic Manufacture Association 简称 NEMA）将可编程控制器正式命名为 Programmable Controller，简称为 PLC 或 PC。

关于可编程控制器的定义，1980 年，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。”

1985 年 1 月，国际电工委员会（International Electro-technical Commission 简称 IEC）在颁布可编程控制器标准草案第二稿时，又对 PLC 作了明确定义：“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。它采用可编程序的存储器，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和输出接口，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设备的设计原则是它应按易于与工业控制系统连成一个整体和具有扩充功能。”

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。

虽然可编程控制器的简称为 PC，但它与近年来人们熟知的个人计算机（Personal Computer，也简称为 PC）是完全不同的概念。为加以区别，国内外很多杂志，以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，在本书中，我们仍称可编程控制器为 PLC。

三、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 PLC 的选型及应用。

1. 根据控制规模分类

PLC 的控制规模是以所配置的输入 / 输出点数来衡量的。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。

I/O 点数 (总数) 在 256 点以下的, 称为小型机, 一般只具有逻辑运算、定时、计数和移位功能, 适用于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 如立石的 C 系列, 三菱的 F1 系列, 西门子的 S5-100U, S7-200 系列等), 也增加了一些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功能。

(2) 中型机

中型机的特点是功能强,配置灵活,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,以及连续生产过程控制场合。

I/O 点数在 1024 点以上的,称为大型机。大型 PLC 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。大型机的内存容量超过 640KB,监控系统采用 CRT 显示,能够表示生产过程的工艺流程,各种记录曲线, 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, 可用于大规模的过程控制, 构成分布式控制系统, 或者整个工厂的集散控制系统。

从结构上看, PLC 可分为整体式、模板式及分散式 3 种形式。



图 1-1 所示的 SIEMENS 公司的 S7-200 型 PLC 即为整体式结构。

整体式 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。

图 1-1 S7-200 外观结构图

整体式 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) 模板式

图 1-2 所示的 SIEMENS 公司的 S7-300 型 PLC 即为模板式结构。

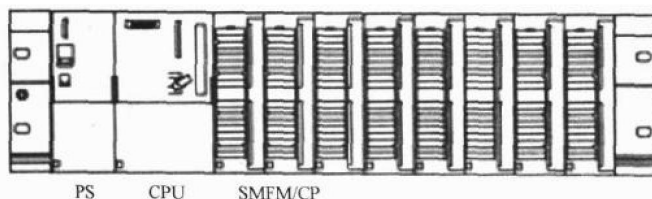


图 1-2 S7-300 的外观结构图

这种形式的 PLC 各部分以单独的模板分开设置，如电源模板 PS、CPU 模板、输入 / 输出模板 SM、功能模板 FM 及通信模板 CP 等。这种 PLC 一般设有机架底板（也有的 PLC 为串行联结，没有底板），在底板上有若干插座，使用时，各种模板直接插入机架底板即可。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。一般大、中型 PLC 均采用这种结构。

模板式 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

所谓分散式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。

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。

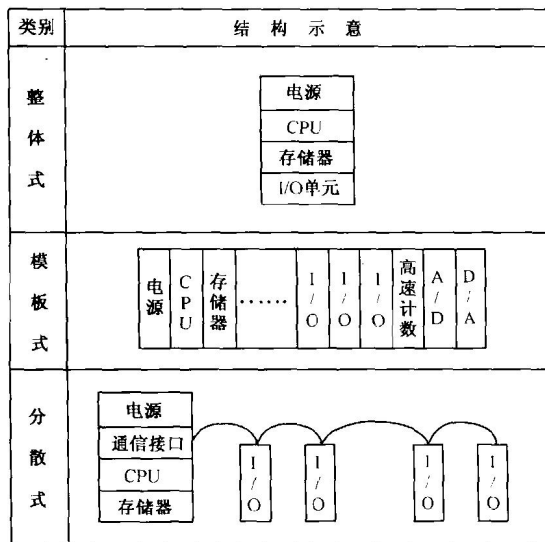


图 1-3 可编程控制器外观结构示意图

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的最基本的控制功能，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，或者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 回路即可，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 回路，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。比较典型的应用例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。由于近期的 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控制和机器人控制

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 计算机数值控制) 技术有机地结合起来，可以进行数值控制。由于 PLC 的处理速度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 在这个领域的应用也将越来越多。在这类应用中，除了要有足够的开关量 I/O，模拟量 I/O 外，还要有一些特殊功能的模板，如速度控制、运动控制、位置控制、步进电机控制、伺服电机控制、单轴控制、多轴控制等特殊功能模板，以适应特殊工作需要。

4. 根据生产厂家分类

PLC 的生产厂家很多, 每个厂家生产的 PLC, 其点数、容量、功能各有差异, 但都自成系列, 指令及外设向上兼容, 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。比较有代表性的有: 日本立石 (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。

四、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, 很高的可靠性, 能在恶劣环境下工作的大量的 I/O 接口, 因此, 伴随着新产品, 新技术的不断涌现, 始终保持着旺盛的市场生命力。

根据有关资料报告, 1991 年全球可编程控制器及软件的市场经济规模约为 35.9 亿美元, 1993 年的市场经济规模约为 39 亿美元, 2000 年已达 76 亿美元。在日本, 可编程控制器的市场经济规模已超过 1300 亿日元, 并且每年以 20%~30% 的年增长率增长。这样的发展规模, 远远超过了其他工业控制器产品。根据美国 Frost & Sulliva 公司的调查报告, 全球工业控制器市场 (PLC, PID, DCS, 工业 PC (Personal Computer)) 从 1993 年至 2000 年的市场份额的变化情况如下。

PLC: 由 1993 年的 39 亿美元上升到 2000 年的 76 亿美元, 市场份额由 46% 上升到 50%。

工业 PC: 由 1993 年的 10.2 亿美元上升到 2000 年的 21.3 亿美元, 市场份额由 12% 上升到 14%。

DCS: 由 1993 年的 26.4 亿美元上升到 2000 年的 41 亿美元, 市场份额由 31% 下降到 27%。

PID: 由 1993 年的 10.2 亿美元上升到 2000 年的 13.7 亿美元, 市场份额由 12% 下降到 9%。

从以上结果可看出, 可编程控制器的出现, 除了取代传统的继电器控制外, 正在逐步占领 DCS 和 PID 市场份额。

据统计, 由于近十年来国际上知名的 PLC 生产厂家不断地兼并和重组, 当今世界的 PLC 生产厂家约 150 家, 生产 300 多各品种的 PLC。也正是由于兼并和重组, 形成了全球最大的 5 家 PLC 制造商, 以 1994 年的市场销售额及所占市场份额的数据为例, 德国 SIEMENS 公司为 11 亿美元, 占 22.1%; 美国 A-B 公司为 8 亿美元, 占 16%; AEG-SCHNEIDER 公司为 5.5 亿美元, 占 10.8%; 日本的 MITSUBISHI 公司为 5 亿美元, 占 9.9%; 日本 OMRON 公司为 4 亿美元, 占 8%; 这 5 家的销售额约 33.2 亿美元, 约占全球市场销售额的 67%。

（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，更未能进入工业化生产。20 世纪 80 年代中期，又掀起研制热潮，目前全国有几十个生产厂家，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，引进国外先进设备和技术，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、电站等几类行业，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的食品加工、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。

目前的国内市场几乎被国外的 PLC 产品占领，在大、中型 PLC 中，几乎 100% 是国外产品。主要以前边所提到的 5 家公司中的前 3 家为主，而小型 PLC 机则由日本的 MITSUBISHI 公司和 OMRON 公司占据主要地位。近年来 SIEMENS 公司的小型 PLC 在国内市场的占有率迅速上升，后来居上，企图抢占日本公司的产品市场。

2. 可编程控制器应用范围

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、家电等各个领域，并且取得了相当可观的技术经济效益。

下面列举的是可编程控制器的部分应用实例。

① 电力工业：输煤系统控制，锅炉燃烧管理，灰渣和飞灰处理系统，汽轮机和锅炉的启停程序控制，化学补给水，冷凝水和废水的程序控制，锅炉缺水报警控制，水塔水位远程控制等。

② 机械工业：数控机床，自动装卸机，移送机械，工业用机器人控制，自动仓库控制，铸造控制，热处理，输送带控制，自动电镀生产线程序控制等。

③ 汽车工业：移送机械控制，自动焊接控制，装配生产线控制，铸造控制，喷漆流水线控制等。

④ 钢铁工业：加热炉控制，高炉上料、配料控制，钢板卷取控制，飞剪控制，料场进料、出料自动分配控制，包装和搬运控制，翻砂造型控制等。

⑤ 化学工业：化学反应槽批量控制，化学水净化处理，自动配料，化工流程控制，汽囊硫化机控制，煤气燃烧控制，V 带单鼓成型机控制等。

⑥ 食品工业：发酵罐过程控制，配比控制，净洗控制，包装机控制，搅拌控制等。

⑦ 造纸工业：纸浆搅拌控制，抄纸机控制，卷取机控制等。

⑧ 轻工业：玻璃瓶厂炉子配料及自动制瓶控制，注塑机程序控制，搪瓷喷花，制鞋生产线控制，啤酒贴标机控制等。

⑨ 纺织工业：手套机程序控制，落纱机控制，高温高压染缸群控，羊毛衫针织横机程控等。

⑩ 建材工业：水泥生产工艺控制，水泥配料及水泥包装等。

⑪ 公用事业：大楼电梯控制，大楼防灾机械控制，剧场舞台灯光控制，隧道排气控制，新闻转播控制等。

⑫ 交通运输业：电动轮胎起重机控制，交通灯控制，汽车发电机电力矩和转速校验，电梯控制等。

⑬ 木材加工：单板干燥机控制，人造板生产线控制，胶板热压机控制等。

通过以上介绍，我们看到了可编程控制器应用的发展速度之快，应用范围之广。PLC 控制技术代表了当今电气控制技术的世界先进水平，它已与数控技术、CAD/CAM 技术、工业机器人技术并列为工业自动化技术的四大支柱。

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，但为了在恶劣的工业环境中使用，它们都有许多共同的特点。

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的要求是非常高的，它应具有很强的抗干扰能力，能在很恶劣的环境下（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（MTBF）长，故障修复时间短。而 PLC 是专为工业控制设计的，能适应工业现场的恶劣环境。可以说，没有任何一种工业控制设备能够达到可编程控制器的可靠性。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 MTBF 通常在 10 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 MTBF 可达到 30 万小时，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，使它能抗振动

冲击。对印刷电路板的设计、加工及焊接都采取了极为严格的工艺措施。对于工业生产过程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用光电耦合器传递信号，做到电浮空，使 CPU 与外部电路完全切断了电的联系，有效地抑制了外部干扰对 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，以防外界干扰。

在软件方面，PLC 也采取了很多特殊措施，设置了警戒时钟 WDT (Watching Dog Timer)，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。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。

另外，PLC 特有的循环扫描的工作方式，有效地屏蔽了绝大多数的干扰信号。

这些有效的措施，保证了可编程控制器的高可靠性。

2. 编程方便

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的，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、动合、动断），又考虑到工业企业中的电气技术人员的看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的非常亲切的，它形象、直观，简单、易学，尤其是对于小型 PLC 而言，几乎不需要专门的计算机知识，只要进行短暂几天甚至几小时的培训，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，电气工程技术人员的都特别欢迎和愿意使用 PLC。

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不同的控制系统，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。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时是很难想像的。PLC 的输入、输出端子可直接与 220VAC, 24VDC 等强电相连,并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 的这种完善的诊断和显示能力,当 PLC 主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完成,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,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模拟调试,模拟调试后再将 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,因此大大缩短了设计和投运周期。

6. 易于实现机电一体化

因为可编程控制器的结构紧凑,体积小,重量轻,可靠性高,抗振防潮和耐热能力强,使之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的产品。

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以前,继电器硬接线电路是逻辑控制、顺序控制的惟一执行者,它结