

薛迎成 何坚强 姚志垒 编著

可编程序控制器 原理及应用技巧

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



可编程序控制器原理及 应用技巧

薛迎成 何坚强 姚志垒 编著



机械工业出版社

本书对 A—B、松下、西门子及三菱电机等公司多个品牌的 PLC 及其功能作了分析,并结合工程实例,系统地介绍了 PLC 应用程序设计的理论、算法及其实现技巧。

本书第一至五章介绍了松下、西门子、三菱电机、A—B 等公司 PLC 的基本知识,包括硬件系统、存储器系统、指令系统、PLC 的编程语言、编程调试和仿真方法。第六章介绍了三菱电机公司 CC—Link 现场总线在生产线上的应用。第七章介绍了西门子公司 S7315—2DP 在污水处理控制系统中的应用。第八章介绍了 A—B 公司 PLC 在生产中的应用。第九章介绍了松下公司 PLC 在联合式浸焊机上的应用。第十章介绍了 FX2N PLC 在下料机上的应用。

书中采用实例详解的方法,以大量图解的形式由浅入深地介绍了触摸屏与 PLC 的联合应用。本书通俗易懂,实例的实用性和针对性强,既可作为电气控制领域技术人员的自学教材,也可作为高职高专、成人高校、本科院校的电气工程、自动化、机电一体化、计算机应用等专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器原理及应用技巧/薛迎成等编著. —北京:机械工业出版社,2010.2
ISBN 978-7-111-28716-2

I. ①可… II. ①薛… III. ①可编程序控制器 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 027538 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:林春泉 责任编辑:赵 任 版式设计:霍永明

封面设计:路恩中 责任校对:姜 婷 责任印制:乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18.75 印张·463 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-28716-2

定价:40.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器简称 PLC，是以计算机为核心的工业自动化控制装置，它集计算机技术、自动化技术和网络通信技术于一体，具有功能强、可靠性高、使用方便、维护简单等特点。因此，PLC 在工业生产控制中得到了广泛的应用。

本书对 A-B、松下、西门子及三菱电机等公司多个品牌的 PLC 及其功能做了分析，并结合工程实例，系统地介绍了 PLC 应用程序设计的理论、算法及其实现技巧。

本书内容完整、概念清晰、算法实用、独创求新、涉及面广、信息量大，是 PLC 编程的实用指南。

本书在编写过程中，得到了亚控、西门子、三菱电机、盐城长城等公司的大力支持，本书第一、二章由姚志垒编写，第三、四章由何坚强编写，其余均由薛迎成撰写。胡国文教授审阅了全部书稿并提出了很多宝贵意见，盐城长城公司的王柏、张领提供了许多资料，崔旭兰、薛文菁参加了本书大量文稿的整理和校对工作，在此表示感谢！

由于编者水平有限，书中难免有错漏之处，希望各位同仁、专家多提宝贵意见。

编 者

2009 年 8 月

目 录

前言

第一章 可编程序控制器的基础知识	1
第一节 PLC 的特点和功能	1
第二节 PLC 的结构及原理	3
第三节 编程方法和编程语言	6
第四节 PLC 产品	7
第五节 PLC 产品选型	10
第六节 PLC 的应用及发展趋势	13
第七节 PLC 控制系统设计	15
第二章 三菱电机公司 PLC 及指令系统	21
第一节 FX 系列 PLC 硬件配置及性能指标	21
第二节 FX 系列 PLC 的编程元件	27
第三节 FX 系列 PLC 的基本指令	32
第四节 FX 系列 PLC 的功能指令	39
第五节 Q 系列 PLC 的概述	43
第六节 Q 系列 PLC 的 I/O 地址分配	45
第七节 Q 系列 PLC 的编程元件	48
第八节 GX Developer 软件包的使用	55
第三章 松下公司 PLC	61
第一节 松下公司 PLC FP1 产品规格及性能介绍	61
第二节 松下公司 PLC FP1 内部寄存器及 I/O 配置	64
第三节 松下公司 FP1 系列指令系统	70
第四节 松下公司 FP1 典型应用程序	77
第四章 西门子公司 PLC	87
第一节 SIMATIC 综述	87
第二节 SIEMENS S7—200 系列 PLC	89
第三节 S7—200 系列 PLC 指令系统	98
第四节 SIMATIC S7—300 PLC 硬件构成	115
第五节 S7—300 系列 PLC 的组织块与存储区	120
第六节 S7—300 系列 PLC 的进制数和数据类型	123
第七节 S7—300 系列 PLC 的指令结构	124
第八节 SIMATIC S7—300 系列 PLC 的指令	126

第九节 STEP 7 编程软件的使用方法	131
第五章 A—B 公司 PLC	142
第一节 概述	142
第二节 Logix5550 处理器	143
第三节 ControlLogix I/O 模块	150
第四节 PLC 的 I/O 寻址	158
第五节 PLC 的指令系统	160
第六节 通信软件 RSLinx 界面及主要功能介绍	176
第七节 RSLogix Emulate5000 软件的应用	182
第八节 模块升级工具 ControlFLASH	191
第六章 三菱电机公司 CC—Link 现场总线在生产线上的应用	193
第一节 涂装生产线的工艺流程	193
第二节 控制系统总体设计	193
第三节 PLC 程序设计	200
第四节 GOT 通信接口的设置	203
第五节 触摸屏工程建立	208
第六节 触摸屏的开始画面制作	209
第七节 电泳控制画面的创建	217
第八节 电泳烘干画面的创建	220
第九节 报警功能的实现	223
第十节 PLC 和触摸屏的仿真调试	227
第七章 西门子公司 S7315—2DP 在污水处理控制系统中的应用	230
第一节 洋河污水处理厂的工艺流程	230
第二节 控制系统总体设计	230
第三节 电气控制设计	232
第四节 PLC 控制设计	237
第八章 A—B 公司 PLC 在生产中的应用	244
第一节 涂装生产线的控制要求和控制系统的硬件设计	244
第二节 涂装生产线硬件组态	249
第三节 涂装生产线的 PLC 程序设计	260
第九章 松下公司 PLC 在联合式浸焊机上的应用	265
第一节 联合式浸焊机的工作原理	265
第二节 联合式浸焊机的硬件设计	266
第三节 联合式浸焊机的 PLC 程序设计	269
第四节 联合式浸焊机触摸屏介绍	271

第十章 FX2N PLC 在下料机上的应用	278
第一节 下料机的结构与动作要求	278
第二节 下料机系统 PLC 内部资源分配	282
第三节 控制系统 PLC 程序	285
参考文献	293

第一章 可编程控制器的基础知识

第一节 PLC 的特点和功能

一、PLC 的基本概念

在可编程序控制器(Programmable Logic Controller, PLC)出现以前,继电器控制在工业控制领域占主导地位,由此构成的控制系统都是按预先设定好的时间或条件顺序地工作,若要改变控制的顺序就必须改变控制系统的硬件接线,因此,其通用性和灵活性较差。

1968 年,美国最大的汽车制造商——通用汽车(GM)公司为了适应生产工艺不断更新的需要,要求寻找一种比继电器更可靠,功能更齐全,响应速度更快的新型工业控制器,并从用户角度提出了新一代控制器应具备的十大条件,立即引起了开发热潮。

通用汽车公司为适应汽车型号的不断更新,试图寻找一种新型的工业控制器,尽可能地减少重新设计和更换控制系统的硬件、接线及时间,以降低成本,因而设想把计算机的完备功能、灵活及通用等优点和继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来,制成一种适合于工业环境的通用控制装置,并把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化,用“面向控制过程,面向对象”的“自然语言”进行编程,使不熟悉计算机的人也能方便地使用。

1969 年,美国数字设备(GEC)公司首先研制成功了第一台 PLC,并在通用汽车公司的自动装配线上试用成功,从而开创了工业控制的新局面。

接着,美国 MODICON 公司也开发出了 PLC084。

1971 年,日本从美国引进了这项新技术,并很快研制出了日本第一台 PLC DSC-8。1973 年,西欧国家也研制出了他们的第一台 PLC。我国从 1974 年开始研制 PLC,并于 1977 年开始工业应用。早期的 PLC 是为取代继电器控制线路、存储程序指令、完成顺序控制而设计的,主要用于开关量控制。

至 20 世纪 80 年代,随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的发展,以 16 位和 32 位微处理器构成的微机化 PLC 得到了惊人的发展,使 PLC 在概念、设计、性能、价格以及应用等方面都有了新的突破。不仅控制功能增强,功耗和体积减小,成本下降,可靠性提高,编程和故障检测更为灵活方便,而且随着远程 I/O 和通信网络、数据处理以及图像显示的发展,使 PLC 向用于连续生产过程控制的方向发展,并成为实现工业生产自动化的一大支柱设备。

国际电工学会(IEC)曾先后于 1982 年 11 月、1985 年 1 月和 1987 年 2 月发布了 PLC 标准草案的第一、二、三稿。在第三稿中,对 PLC 作了如下定义:“可编程序控制器是一种数字运算操作电子系统,专为在工业环境下应用而设计。它采用了可编程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、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、模拟的输入和输出,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,都应按易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩充其功能的原则设计”。

概而言之:PLC 是通用的、可编写程序的、专用于工业控制的计算机自动控制设备。

二、PLC 的特点

PLC 为了适应在工业环境中的使用,有如下特点:

1) 编程方便,易于使用。

PLC 的编程可采用与继电器电路极为相似的梯形图语言。这种编程语言形象直观,容易掌握,不需要专门的计算机知识和语言,只要具有一定的电工和工艺知识的人员都可在短时间内学会,因此是目前 PLC 中最常用的一种编程语言。近年来又发展了面向对象的顺控流程图语言(Sequential Function Chart,SFC),也称功能图。这种语言使编程更为简单方便。

2) 控制系统构成简单,通用性强。

PLC 产品种类繁多,利用各种不同的组件(如 I/O 模块、通信模块、人机界面等)就可以灵活地组成各种大小和不同要求的控制系统。在构成 PLC 系统时,只需要在其 I/O 模块组建的端子上接入相应的 I/O 线即可,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线路。当控制要求改变需要变更控制系统的功能时,可以用编程器在线或离线修改程序。同一个 PLC 用于不同的控制对象时,只需要改变其 I/O 组件和编制不同的控制程序即可,修改程序简单易行。有的 PLC 还可以直接与交流 220V 强电相连,从而提高其带负载的能力。

3) 可靠性高,抗干扰能力强。

PLC 生产厂家在硬件方面和软件方面上采取了一系列抗干扰措施,使它可以直接安装于工业现场,从而稳定可靠地工作。目前,各生产厂家生产的 PLC,其平均无故障时间都大大的超过了 IEC 规定的 10 万小时(折合为 4166 天,约 11 年)。而且为了适应特殊场合的需要,有的 PLC 生产商还采用了冗余设计和差异设计(如德国西门子公司的 PLC),进一步提高了其可靠性。

4) 体积小,维护方便。

PLC 的体积小,重量轻,非常便于安装。一般的 PLC 都具有自诊断功能,能检查出自身的故障,并随时显示给操作人员。另外,目前大部分 PLC 控制系统都采用模块化结构,接线很少,在查出故障之后,只需更换模块即可,因此维护很方便。

5) 缩短了设计、施工、投产调试的周期。

采用继电器控制系统完成一项控制工程,必须首先按工艺要求设计出电气原理图,然后画出继电器控制柜的布置及接线图,才能提供订货,而且一旦设计完成,再要修改也非常不便。但采用 PLC 控制系统,首先,由于其硬、软件配置均采用模块化、积木式结构,只需按要求选用各种组件组装,而大量具体的程序编制工作可在硬件到货后进行,既缩短了设计周期,还可使设计和施工同时进行;其次,在 PLC 控制系统中,由于是用软件编程取代由许多继电器硬接线来实现的多种控制功能,因而大大减轻了繁重的安装接线工作,缩短了施工周期;第三,由于 PLC 是通过程序来完成控制的,而且采用了方便用户的工业编程语言,具有强制及仿真的功能,故程序设计、修改和投产调试都很方便、安全,可以大大缩短设计和投运周期。

6) PLC 的功能非常齐全。

除了上述特点外, PLC 的功能也非常齐全, 如具有开关量 I/O、模拟量 I/O 和大量的内部中间继电器、时间继电器(定时器)、计数器等, 具有逻辑控制、顺序控制、信号/数据处理等功能及各种接口功能(可配备的一般 I/O 接口模块和一些智能模块, 如通信模块、高精度定位模块、远程 I/O 控制等)。现在的 PLC 还具有强大的网络功能, 可以通过各种通信接口将数据直接传送给上位机, 以实现上位机的数据采集和监控。如美国 Rockwell 公司的 PLC 可以组成诸如以太网(EtherNet)、控制网(ControlNet)、设备网(DeviceNet)及传统的 DH+ 网、DH485、远程 I/O(Remote I/O)等网络, 大大加强了 PLC 的功能。正因为 PLC 有如此强大的功能, 使其在工业中得到了广泛应用。

第二节 PLC 的结构及原理

一、PLC 的结构

一般来说, PLC 分为箱体式和模块式两种, 但它们的组成是相同的。箱体式 PLC 由一块 CPU 板、I/O 板、显示面板、内存块、电源等组成, 按 CPU 的性能分成若干型号, 并按 I/O 点数又有若干规格。对模块式 PLC, 有 CPU 模块、I/O 模块、内存卡、电源模块、底板或机架。无论哪种结构类型的 PLC, 都属于总线式开放型结构, 其 I/O 能力可按用户需要进行扩展与组合。PLC 的基本结构框图如图 1-1 所示。

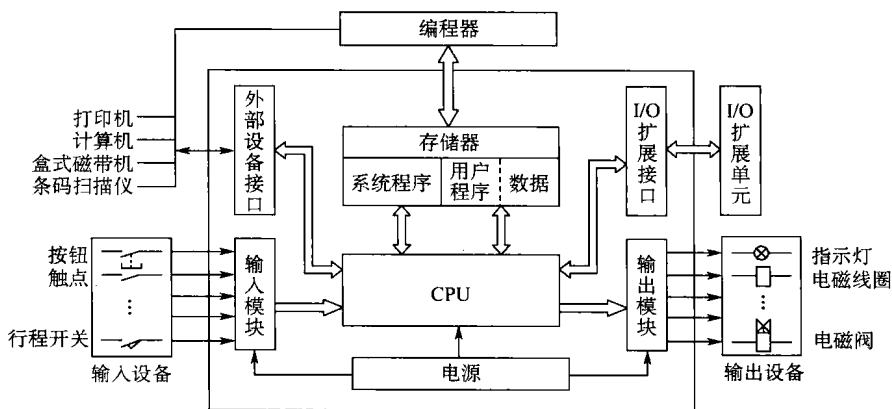


图 1-1 PLC 的基本结构框图

1. 中央处理单元(CPU)

CPU 是 PLC 的控制中枢。它按照 PLC 系统程序赋予的功能接收并存储从编程器键入的用户程序和数据, 检查电源、存储器、I/O 以及警戒定时器的状态, 并能诊断用户程序中的语法错误。当 PLC 投入运行时, 首先它以扫描的方式接收现场各输入装置的状态和数据, 并分别存入 I/O 映像区, 然后从用户程序存储器中逐条读取用户程序, 经过命令解释后, 按指令的规定将逻辑或算数运算的结果送入 I/O 映像区或数据寄存器内。等所有的用户程序执行完毕之后, CPU 最后将 I/O 映像区的各输出状态或输出寄存器内的数据传送到相应的输出装置, 如此循环运行, 直到停止运行。

为了进一步提高 PLC 的可靠性, 近年来对大型 PLC 还采用双 CPU 构成冗余系统, 或采用三 CPU 的表决式系统。这样, 即使某个 CPU 出现故障, 整个系统仍能正常运行。

2. 存储器

存放系统软件的存储器称为系统程序存储器。

(1) PLC 常用的存储器类型

1) RAM(Random Access Memory)是一种读/写存储器(随机存储器),其存取速度最快,由锂电池支持。

2) EPROM(Erasable Programmable Read Only Memory)是一种可擦除的只读存储器,在断电情况下,存储器内的所有内容保持不变(在紫外线连续照射下可擦除存储器内容)。

3) EEPROM(Electrical Erasable Programmable Read Only Memory)是一种电可擦除的只读存储器。使用编程器就能很容易地对其所存储的内容进行修改。

(2) PLC 存储空间的分配 虽然各种 PLC 的 CPU 的最大寻址空间各不相同,但是根据 PLC 的工作原理,其存储空间一般包括以下三个区域:系统程序存储区、系统 RAM 存储区(包括 I/O 映像区和系统软设备等)、用户程序存储区。

1) 系统程序存储区。在系统程序存储区中存放着相当于计算机操作系统的系统程序,包括监控程序、管理程序、命令解释程序、功能子程序、系统诊断子程序等。由制造厂商将其固化在 EPROM 中,用户不能直接存取。它和硬件一起决定了该 PLC 的性能。

2) 系统 RAM 存储区。系统 RAM 存储区包括 I/O 映像区以及各类软设备,如:逻辑线圈、数据寄存器、计时器、计数器、变址寄存器、累加器、存储器等。

由于 PLC 投入运行后,只是在输入采样阶段才依次读入各输入状态和数据,在输出刷新阶段才将输出的状态和数据送至相应的外设,因此,它需要一定数量的存储单元(RAM)以存放 I/O 的状态和数据。这些单元称作 I/O 映像区。

一个开关量 I/O 占用存储单元中的一个位(bit),一个模拟量 I/O 占用存储单元中的一个字(16 个 bit)。因此,整个 I/O 映像区可看作由两个部分组成:开关量 I/O 映像区、模拟量 I/O 映像区。

除了 I/O 映像区以外,系统 RAM 存储区还包括 PLC 内部各类软设备(逻辑线圈、计时器、计数器、数据寄存器和累加器等)的存储区。该存储区又分为具有失电保持的存储区域和无失电保持的存储区域。前者在 PLC 断电时,由内部的锂电池供电,数据不会遗失;后者当 PLC 断电时,数据被清零。

与开关输出一样,每个逻辑线圈占用系统 RAM 存储区中的一个位,但不能直接驱动外设,只供用户在编程中使用,其作用类似于电器控制线路中的继电器。另外,不同的 PLC 还提供数量不等的特殊逻辑线圈,具有不同的功能。

与模拟量 I/O 一样,每个数据寄存器占用系统 RAM 存储区中的一个字(16 个 bit)。另外,PLC 还提供数量不等的特殊数据寄存器,具有不同的功能。

用户程序存储区存放用户编制的用户程序。不同类型的 PLC,其存储容量各不相同。

3. 电源

PLC 的电源在整个系统中起着十分重要的作用。如果没有一个良好的、可靠的电源系统,PLC 是无法正常工作的,因此 PLC 的制造商对电源的设计和制造也十分重视。一般交流电压波动在 $\pm 10\% \sim \pm 15\%$ 范围内,可以不采取其他措施而将 PLC 直接连接到交流电网上去。

4. 输入部分

收集并保存被控对象实际运行的数据和信息。例如：来自被控对象上的各种开关信息或操作台上的操作命令等。

5. 输出部分

对需要实时操作的那些设备提供实际操作信号，由于输入信号一般为开关信号或电压、电流形成的信号源，它们必须转换成微处理器所能接受的电平信号，所以中间必须加入变换器。同样，微处理器输出的电平信号也必须转换成控制设备所需的开关信号或电压、电流信号，所以也要加入变换器。由此，构成了 PLC 控制系统的基本结构框图。

二、PLC 的工作原理

最初研制生产的 PLC 主要用于代替传统的由继电器构成的控制装置，但这两者的运行方式是不相同的。继电器控制装置采用硬逻辑并行运行的方式，即如果这个继电器的线圈通电或断电，该继电器所有的触点（包括其常开或常闭触点），不论在继电器控制线路的哪个位置上都会立即同时动作。PLC 的 CPU 则采用顺序逻辑扫描用户程序的运行方式，即如果一个输出线圈或逻辑线圈被接通或断开，该线圈的所有触点（包括其常开或常闭触点）不会立即动作，而是必须等扫描到该触点时才会动作。为了消除二者之间由于运行方式不同而造成的差异，考虑到继电器控制装置各类触点的动作时间一般在 100ms 以上，而 PLC 扫描用户程序的时间一般均小于 100ms，因此 PLC 采用了一种不同于一般微型计算机的运行方式——扫描技术。这样在对于 I/O 响应要求不高的场合，PLC 与继电器控制装置在处理结果上就没有什么区别了。

当 PLC 投入运行后，其工作过程一般分为三个阶段，即输入采样、用户程序执行和输出刷新三个阶段。完成上述三个阶段称作一个扫描周期。在整个运行期间，PLC 的 CPU 以一定的扫描速度重复执行上述三个阶段，如图 1-2 所示。

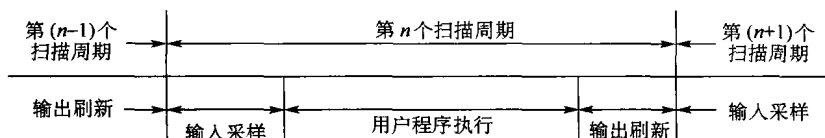


图 1-2 PLC 的工作过程

(1) 输入采样阶段 在输入采样阶段，PLC 以扫描方式依次地读入所有输入状态和数据，并将它们存入 I/O 映像区中的相应单元内。输入采样结束后，转入用户程序执行和输出刷新阶段。在这两个阶段中，即使输入状态和数据发生变化，I/O 映像区中的相应单元的状态和数据也不会改变。因此，如果输入的是脉冲信号，则该脉冲信号的宽度必须大于一个扫描周期才能保证在任何情况下，该输入均能被读入。

(2) 用户程序执行阶段 在用户程序执行阶段，PLC 总是按由上而下的顺序依次地扫描用户程序（梯形图）。在扫描每一条梯形图时，又总是先扫描梯形图左边的由各触点构成的控制线路，并按先左后右、先上后下的顺序对由触点构成的控制线路进行逻辑运算，然后根据逻辑运算的结果，刷新该逻辑线圈在系统 RAM 存储区中对应位的状态；或者刷新该输出线圈在 I/O 映像区中对应位的状态；或者确定是否要执行该梯形图所规定的特殊功能指令。即在用户程序执行过程中，只有输入点在 I/O 映像区内的状态和数据不会发生变化，而其他输出点和软设备在 I/O 映像区或系统 RAM 存储区内的状态和数据都有可能发生变化。

而且排在上面的梯形图，其程序执行结果会对排在下面的梯形图起作用；相反，排在下面的梯形图，其被刷新的逻辑线圈的状态或数据只能到下一个扫描周期才能对排在其上面的程序起作用。

(3) 输出刷新阶段 当扫描用户程序结束后，PLC 就进入输出刷新阶段。在此期间，CPU 按照 I/O 映像区内对应的状态和数据刷新所有的输出锁存电路，再经输出电路驱动相应的外设。这时才是 PLC 的真正输出。

一般来说，PLC 的扫描周期包括自诊断、通信等，即一个扫描周期等于自诊断、通信、输入采样、用户程序执行、输出刷新等所有时间的总和。因此，PLC 在一个扫描周期内，对输入状态的采样只在输入采样阶段进行。当 PLC 进入程序执行阶段后，输入端将被封锁，直到下一个扫描周期的输入采样阶段才对输入状态进行重新采样。这种方式称为集中采样，即在一个扫描周期内，集中一段时间对输入状态进行采样。

在用户程序中，如果对输出结果多次赋值，则最后一次有效。在一个扫描周期内，只在输出刷新阶段才将输出状态从输出映像寄存器中输出，对输出接口进行刷新。在其他阶段里输出状态一直保存在输出映像寄存器中。这种方式称为集中输出。

对于小型 PLC，其 I/O 点数较少，用户程序较短，一般采用集中采样、集中输出的工作方式。虽然在一定程度上降低了系统的响应速度，但使 PLC 工作时，大多数时间与外部 I/O 设备隔离，从根本上提高了系统的抗干扰能力，增强了系统的可靠性。

而对于大、中型 PLC，其 I/O 点数较多，控制功能强，用户程序较长，为提高系统响应速度，可以采用定期采样、定期输出的方式，或中断输入、输出的方式以及采用智能 I/O 接口等方式。

第三节 编程方法和编程语言

程序是整个自动控制系统的“大脑”，程序编制的好与坏直接影响到整个自动控制系统的运作。有些厂家要求额外购买编程器及编程软件，并且价格不菲，这一点也需考虑在内。

一、编程方法

一种是使用厂家提供的专用编程器。编程器也分各种规格型号，大型编程器的功能完备，适合各型号的 PLC，价格高；小型编程器的结构小巧，便于携带，价格低，但功能简单，适用性差；另一种是使用依托个人计算机应用平台的编程软件，现已被大多数生产厂家采用。各生产厂家由于各自的产品不同，往往只研制出适合于自己产品的编程软件，而编程软件的风格、界面、应用平台、灵活性、适应性等都只有在用户亲自操作之后才能给予评价。

二、编程语言

最常用的两种编程语言，一种是梯形图，另一种是助记符语言表。采用梯形图编程，直观易懂，但需要一台个人计算机及相应的编程软件；采用助记符形式便于实验，因为它只需要一台简易编程器，而不必用昂贵的图形编程器或计算机来编程。

一些高档的 PLC 还具有与计算机兼容的 C 语言、BASIC 语言、专用的高级语言（如西门子公司 GRAPH5、三菱电机公司的 MELSAP）、布尔逻辑语言、通用计算机兼容的汇编语言

等。不管怎么样，各厂家的编程语言都只能适用于本厂的产品。

编程语言最为复杂，多种多样，看似相同，但不通用。最常用的可以划分为以下 5 类编程语言：

(1) 梯形图 这是 PLC 厂家采用最多的编程语言。这种语言最初是由继电器控制图演变过来的，比较简单，对离散控制和互锁逻辑最为有用。

(2) 顺序功能图 它提供了总的结构，并与状态定位处理或机器控制应用相互协调。

(3) 功能块图 它提供了一个有效的开发环境，并且特别适用于过程控制应用。

(4) 结构化文本 这是一种类似用于计算机的编程语言，它适用于对复杂算法及数据的处理。

(5) 指令表 它为优化编码性能提供了一个环境，与汇编语言非常相似。

厂家提供的编程软件中一般包括一种或几种编程语言，如 Concept 编程软件可以使用 5 种编程语言，依次为梯形图、顺序功能图、功能块图、结构化文本、指令表。同一编程软件下的编程语言大多数可以互换，一般选择自己比较熟悉的编程语言。

三、指令系统

指令是了解与使用 PLC 的重要方面，不懂 PLC 指令就无法编程。目前，PLC 的指令越来越多，越来越丰富，综合多种作用的指令日见增多。

PLC 的指令繁多，但主要有如下几种类型：

(1) 基本逻辑指令 用于处理逻辑关系，以实现逻辑控制。这类指令所有的 PLC 都有。

(2) 数据处理指令 用于处理数据，如译码、编码、传送、移位等。

(3) 数据运算指令 用于数据的运算，如 +、-、×、/等，可进行整数计算，有的还可以进行浮点数运算，也可以进行逻辑量运算等。

(4) 流程控制指令 用以控制程序运行流程。PLC 的用户程序一般是从零地址的指令开始执行，按顺序推进。但遇到流程控制指令也可作相应改变。流程控制指令也较多，运用得好，可使程序简练，并便于调试与阅读。

(5) 状态监控指令 用以监视及记录 PLC 及其控制系统的工作状态，对提高 PLC 控制系统的工作可靠性大有帮助。

当然，并不是所有的 PLC 都有上述那么多类的指令，也不是若干 PLC 仅有上述几类指令。以上只是举出几个例子，说明要从哪几个方面了解 PLC 指令，从中可以大致看出指令的多少及功能将怎样影响 PLC 的性能。

第四节 PLC 产品

世界上的 PLC 产品可按地域分成三大流派，即美国产品、欧洲产品和日本产品。美国和欧洲的 PLC 技术是在相互隔离的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。

一、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。

A—B 公司的产品规格齐全、种类丰富,其主推的大、中型 PLC 产品是 PLC—5 系列。该系列为模块式结构,CPU 模块为 PLC—5/10、PLC—5/12、PLC—5/15、PLC—5/25 时,属于中型 PLC,I/O 点配置范围为 256 ~ 1024 点;当 CPU 模块为 PLC—5/11、PLC—5/20、PLC—5/30、PLC—5/40、PLC—5/60、PLC—5/40L、PLC—5/60L 时,属于大型 PLC,I/O 点最多可配置到 3072 点。该系列中,PLC—5/250 功能最强,最多可配置到 4096 个 I/O 点,具有强大的控制和信息管理功能。大型机 PLC—3 最多可配置到 8096 个 I/O 点。A-B 公司的小型 PLC 产品有 SLC500 系列。

GE 公司的代表产品是小型机 GE—1、GE—1/J、GE—1/P 等,除 GE—1/J 外,均采用模块结构。GE—1 用于开关量控制系统,最多可配置到 112 个 I/O 点。GE—1/J 是更小型化的产品,其 I/O 点最多可配置到 96 点。GE—1/P 是 GE—1 的增强型产品,增加了部分功能指令(数据操作指令)、功能模块(A/D、D/A 等)、远程 I/O 功能等,其 I/O 点最多可配置到 168 点。中型机 GE—III,它比 GE—1/P 增加了中断、故障诊断等功能,最多可配置到 400 个 I/O 点。大型机 GE—V,它比 GE—III 增加了部分数据处理、表格处理、子程序控制等功能,并具有较强的通信功能,最多可配置到 2048 个 I/O 点。GE—VI/P 最多可配置到 4000 个 I/O 点。

TI 公司的小型 PLC 新产品有 510、520 和 TI100 等,中型 PLC 新产品有 TI300、5TI 等,大型 PLC 产品有 PM550、530、560、565 等系列。除 TI100 和 TI300 无联网功能外,其他 PLC 都可实现通信,构成分布式控制系统。

MODICON 公司有 M84 系列 PLC。其中 M84 是小型机,具有模拟量控制、与上位机通信的功能,最多 I/O 点为 112 点。M484 是中型机,其运算功能较强,可与上位机通信,也可与多台机联网,最多可扩展 I/O 点为 512 点。M584 是大型机,其容量大,数据处理和网络能力强,最多可扩展 I/O 点为 8192。M884 是增强型中型机,它具有小型机的结构,大型机的控制功能,主机模块配置两个 RS-232C 接口,可方便地进行组网通信。

二、欧洲的 PLC 产品

德国的西门子(SIEMENS)公司、AEG 公司和法国的 TE 公司是欧洲著名的 PLC 制造商。德国的西门子公司电子产品以性能精良而久负盛名,在中、大型 PLC 产品领域与美国的 A-B 公司齐名。

西门子公司 PLC 主要产品是 S5、S7 系列。在 S5 系列中,S5—90U、S—95U 属于微型整体式 PLC;S5—100U 是小型模块式 PLC,最多可配置到 256 个 I/O 点;S5—115U 是中型 PLC,最多可配置到 1024 个 I/O 点;S5—115UH 是中型机,它是由两台 S5—115U 组成的双机冗余系统。

S5—155U 为大型机,最多可配置到 4096 个 I/O 点,模拟量可达 300 多路。SS—155H 是大型机,它是由两台 S5—155U 组成的双机冗余系统。而 S7 系列是西门子公司在 S5 系列 PLC 基础上于近年推出的新产品,其性能价格比较高,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。

三、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，日本的小型机明显优于欧美的小型机，所以格外受用户的欢迎。日本有许多 PLC 制造商，如三菱、欧姆龙(OMRON)、松下、富士、日立、东芝等公司，在世界小型 PLC 市场上，日本的产品约占有 70% 的市场份额。

三菱电机公司的 PLC 是较早进入中国市场的产品。其小型机 F1/F2 系列是 F 系列的升级产品，早期在我国的销量也不小。F1/F2 系列加强了指令系统，增加了特殊功能单元和通信功能，比 F 系列有了更强的控制能力。继 F1/F2 系列之后，20 世纪 80 年代末三菱电机公司又推出了 FX 系列，这个系列在容量、速度、特殊功能、网络功能等方面都有了全面的加强。FX2 系列是在 20 世纪 90 年代开发的整体式高功能小型机，它配有各种通信适配器和特殊功能单元。FX2N 的高功能整体式小型机，是 FX2 的换代产品，各种功能都有了全面的提升。近年来还不断地推出了满足不同需求的微型 PLC，如 FX0S、FX1S、FX0N、FX1N 及 α 系列等产品。

三菱电机公司的大中型机有 A 系列、QnA 系列、Q 系列，这些系列具有丰富的网络功能，I/O 点数可达 8192 点。其中 Q 系列具有超小的体积、丰富的机型、灵活的安装方式、双 CPU 协同处理、多存储器、远程口令等特点，是三菱电机公司现有 PLC 中最高性能的 PLC。

OMRON 公司的 PLC 产品，大、中、小、微型规格齐全。微型机以 SP 系列为代表，其体积极小，速度极快。小型机有 P 型、H 型、CPM1A 系列、CPM2A 系列、CPM2C、CQM1 等。P 型机现已被性价比更高的 CPM1A 系列所取代，CPM2A/2C、CQM1 系列内置 RS—232C 接口和实时时钟，并具有软 PID 功能，CQM1H 是 CQM1 的升级产品。中型机有 C200H、C200HS、C200HX、C200HG、C200HE、CS1 系列。C200H 是前些年畅销的高性能中型机，配置齐全的 I/O 模块和高功能模块，具有较强的通信和网络功能。C200HS 是 C200H 的升级产品，它的指令系统更丰富，网络功能更强。C200HX/HG/HE 是 C200HS 的升级产品，有 1148 个 I/O 点，其容量是 C200HS 的 2 倍，速度是 C200HS 的 3.75 倍，有品种齐全的通信模块，是适应信息化的 PLC 产品。CS1 系列具有中型机的规模、大型机的功能，是一种极具推广价值的新机型。

大型机有 C1000H、C2000H、CV (CV500/CV1000/CV2000/CVM1) 等。C1000H、C2000H 可单机或双机热备运行，安装带电插拔模块，C2000H 可在线更换 I/O 模块。CV 系列中除 CVM1 外，均可采用结构化编程，易读、易调试，并具有更强大的通信功能。

在松下公司的 PLC 产品中，FPO 为微型机，FP1 为整体式小型机，FP3 为中型机，FP5/FPI0、FP10S(FP10 的改进型)、FP20 为大型机，其中 FP20 是最新产品。松下公司近几年生产的 PLC 产品的主要特点是：指令系统功能强；有的机型还提供可以用 FP-BASIC 语言编程的 CPU 及多种智能模块，为复杂系统的开发提供了软件手段；FP 系列的各 PLC 都配置了通信机制，由于它们使用的应用层通信协议具有一致性，这给构成多级 PLC 网络和开发 PLC 网络应用程序带来了方便。

国产 PLC 在中国 PLC 市场所占份额很小，生产厂家有无锡的光洋、上海的香岛和南京的嘉华。

目前，在国内应用较多的 PLC 产品如图 1-3、图 1-4、图 1-5 和图 1-6 所示。

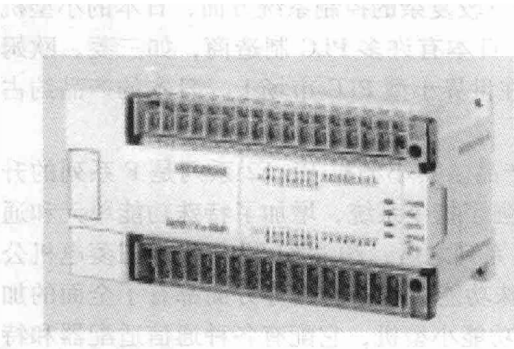


图 1-3 三菱电机公司的 FX2N PLC

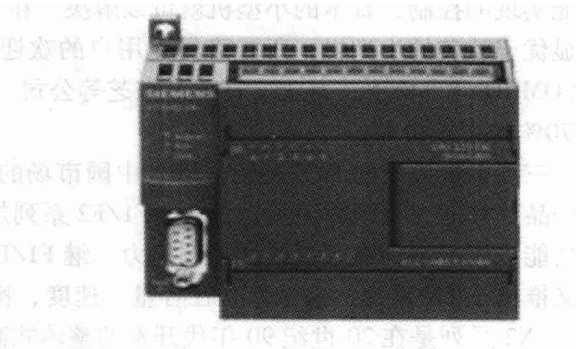


图 1-4 西门子公司的 S7—200 系列

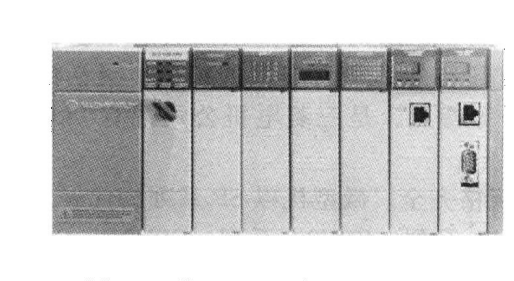


图 1-5 美国 A—B 公司的 SLC500 型

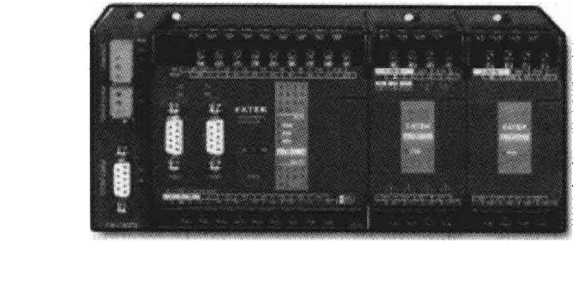


图 1-6 国产永宏公司最新 SoC Based(FBS)

第五节 PLC 产品选型

面对众多生产厂家的各种类型的 PLC，它们各有优缺点，能够满足用户的各种需求，但在形态、组成、功能和编程等方面各不相容，没有一个统一的标准，无法进行横向比较。下面提出在自动控制系统设计中对 PLC 选型的一些看法，可以在挑选 PLC 时作为参考。

一、控制点数

首先应确定系统是用 PLC 单机控制，还是用 PLC 形成网络，由此计算 PLC 的 I/O 点数，对控制点数(数字量及模拟量)有一个准确的统计。这往往是选择 PLC 的首要条件，一般选择比控制点数多 10% ~ 30% 的 PLC。

对于一个控制对象，由于采用的控制方法不同或编程水平不同，I/O 点数也应有所不同。下表列出了典型传动设备及常用电气元件所需开关量的 I/O 点数。

典型传动设备及常用电气元件所需开关量的 I/O 点数

序 号	电 气 设 备	元件输入点数	输 出 点 数
1	Y-d 起动的笼型异步电动机	4	3
2	单向运行的笼型异步电动机	3	1
3	可逆运行的笼型异步电动机	5	2
4	单线圈电磁阀		1
5	双线圈电磁阀		2