

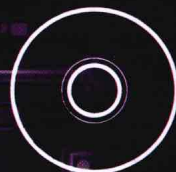
自动化工程师职业培训丛书

罗克韦尔PLC 技术基础及应用

薛迎成 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



附光盘
CD-ROM

自动化工程师职业培训丛书

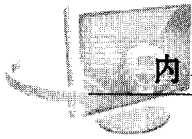
罗克韦尔PLC 技术基础及应用

薛迎成 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



内 容 提 要

本书主要介绍罗克韦尔自动化 Logix 5550 可编程序控制器, 内容包括 RSLogix 5000 编程软件、编程调试和仿真方法及罗克韦尔 PLC 应用实例。

书中采用实例详解的方法, 以大量图形的形式由浅入深地介绍了罗克韦尔 PLC 的联合应用, 本书可作为工程技术人员自学罗克韦尔 PLC 编程的读物, 也可作为高等院校和职业院校电气工程及自动化、工业自动化、应用电子、计算机应用、机电一体化及其他有关专业的教材。

随书光盘提供了本书第 5 章用到的程序文件, 并特别赠送作者精心制作的有关 PLC 知识的 PPT 文件及作者编写的工程实例, 读者可在计算机上做模拟实验, 以便可以较快地掌握罗克韦尔 PLC 组态的方法。

图书在版编目 (CIP) 数据

罗克韦尔 PLC 技术基础及应用 / 薛迎成编著. —北京: 中国电力出版社, 2009

(自动化工程师职业培训丛书)

ISBN 978-7-5083-8473-3

I. 罗… II. 薛… III. 可编程序控制器 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 019332 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

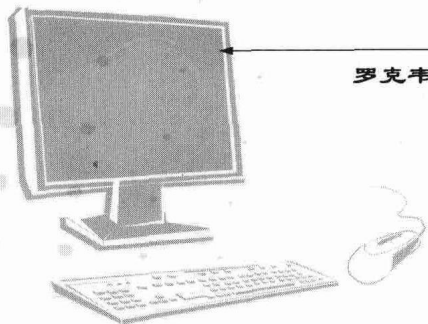
*

2009 年 6 月第一版 2009 年 6 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 12 印张 290 千字
印数 0001—3000 册 定价 24.00 元 (含 1CD)

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



美国罗克韦尔自动化公司（简称 AB 公司）是全球最早生产 PLC 的厂家之一，也是全球 PLC 技术最为先进的厂家之一，它与德国的西门子、日本的三菱、美国的 GE 等多家公司一起促进了 PLC 技术的发展，最近罗克韦尔公司又推出了功能更加灵活、方便的 Logix 5550，极大地丰富了可编程序控制器的类型，本书主要介绍罗克韦尔自动化 Logix 5550 可编程序控制器，目的是使大家在了解了罗克韦尔 PLC 产品的同时，能够进行系统的配置（包括处理器及选型）、程序的筹划、程序的编程调试及运行，最后完成整个自动化系统的设计与运行。

虽然罗克韦尔自动化产品自 20 世纪 80 年代进入中国市场以来，在中国的年销售额以每年 30% 的速度递增。但目前关于罗克韦尔 PLC 的教程都非常少，基本上都是介绍 PLC-5 系列产品和小型可编程序控制器 SLC 500，目前无介绍 Logix 5550 可编程序控制器的教程，更没有结合工程实例的罗克韦尔 PLC 教材。

本书主要内容包括可编程序控制器（PLC）基础知识，罗克韦尔可编程序控制器及网络硬件系统，罗克韦尔可编程序控制器寻址方式及常用编程指令，RSLogix 5000 编程软件、编程调试和仿真方法，罗克韦尔 PLC 在涂装生产线的应用实例，罗克韦尔 PLC 在变频器监控中的应用实例，罗克韦尔 PLC 从系统与主系统对时实例，罗克韦尔 PLC 通过 RSLinx OPC 与 WinCC 通信实例。

随书光盘提供了本书第 5 章用到的程序文件，并特别赠送作者精心制作的有关 PLC 知识的 PPT 文件及作者编写的工程实例，读者可在计算机上做模拟实验，以便较快地掌握罗克韦尔 PLC 组态的方法。

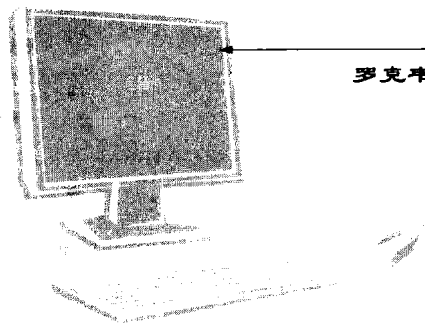
书中采用实例详解的方法，以大量图形的形式由浅入深地介绍罗克韦尔 PLC 的联合应用，本书可作为工程技术人员自学罗克韦尔 PLC 编程的读物，也可作为高等院校和职业院校电气工程及自动化、工业自动化、应用电子、计算机应用、机电一体化及其他有关专业的教材。

在编写本书的过程中得到了美国罗克韦尔公司、盐城长城等单位的大力支持。盐城长城王柏、张领提供了许多资料，薛文菁参加了本书大量文稿的整理和校对工作，在此一并表示感谢。

虽然作者多年来经过对罗克韦尔公司 PLC 的使用和教学，积累了一定的经验，但由于 PLC 技术在不断发展，加上作者水平有限，错误和不足之处在所难免，欢迎读者批评指正。

作者

2009 年 5 月



前言

第一章 可程序控制器 (PLC) 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 可程序控制器产品	7
第五节 PLC 产品选型	9
第六节 可程序控制器的应用及发展趋势	12
第七节 PLC 控制系统设计	14
第二章 A-B 可程序控制器及其网络	19
第一节 概述	19
第二节 罗克韦尔 ControlLogix 平台和软件产品	20
第三节 Logix 5550 处理器	25
第四节 ControlLogix I/O 模块	31
第五节 Rockwell 工业控制网络 NetLinx	43
第三章 A-B 可编程控制器寻址方式及常用编程指令	52
第一节 可编程控制器的编程方式	52
第二节 可编程控制器的输入/输出寻址	53
第三节 可编程控制器的指令系统	55
第四节 常用的 PLC 单元程序	75
第四章 RSLogix 5000 编程软件	83
第一节 概述	83
第二节 RSLogix 5000 编程软件的应用	84
第三节 通信软件 RSLinx 界面及主要功能介绍	106
第四节 RSLogix Emulate 5000 软件的应用	111
第五节 模块升级工具 Control FLASH	119
第五章 A-B PLC 在涂装生产线的应用实例详解	121
第一节 涂装生产线的控制要求和控制系统的硬件设计	121
第二节 涂装生产线硬件组态	127
第三节 涂装生产线 PLC 程序设计	135
第六章 A-B PLC 在变频器监控中的应用实例详解	139
第一节 基于 A-B PLC 的 PowerFlex 70 变频器三层网络	139

第二节	PowerFlex 70 网络组态过程.....	141
第七章	A-B PLC 从系统与主系统定时实例详解.....	156
第一节	主系统的程序编制.....	156
第二节	从系统程序编制.....	162
第八章	A-B PLC 通过 RSLinx OPC 与 WinCC 通信实例详解.....	176
第一节	OPC 的优越性.....	176
第二节	OPC 的基本结构.....	177
第三节	WinCC 通过 RSLinx OPC 与 AB PLC 通信.....	179

第一章

可编程序控制器 (PLC) 基础知识

②第一节 PLC 的特点和功能

一、PLC 的基本概念

20 世纪 60 年代, 计算机技术已开始应用于工业控制。但由于计算机技术本身的复杂性, 编程难度大, 难以适应恶劣的工业环境以及价格昂贵等原因, 未能在工业控制中广泛应用。当时的工业控制, 主要是以继电器—接触器组成的控制系统。

1968 年, 美国最大的汽车制造商——通用汽车制造公司 (GM), 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, 以尽可能减少重新设计和更换控制系统的硬件及接线, 减少时间, 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, 美国数字设备公司 (GEC) 首先研制成功第一台可编程序控制器, 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 公司也开发出可编程序控制器 084。

1971 年, 日本从美国引进了这项新技术, 很快研制出了日本第一台可编程序控制器 DSC-8。1973 年, 西欧国家也研制出了它们的第一台可编程序控制器。我国从 1974 年开始研制 PLC, 1977 年开始工业应用。

早期的可编程序控制器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。主要用于逻辑运算和计时、计数等顺序控制, 均属开关量控制。所以, 通常称为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)。进入 20 世纪 70 年代, 随着微电子技术的发展, PLC 采用了通用微处理器, 这种控制器就不再局限于当初的逻辑运算了, 功能不断增强。因此, 实际上应称之为 PC——可编程序控制器。

至 20 世纪 80 年代, 随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 PC 得到了惊人的发展。使 PC 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 PC 向用于连续生产过程控制的方向发展, 成为实现工业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 月发布了可编程序控制器标准草案的第一、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”。

总而言之，可编程控制器是通用的、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

可编程序控制器为了适应在工业环境中使用，有如下特点。

(1) 编程简单，使用方便。PLC 是面向用户的设备，因此大部分的 PLC 都充分考虑到现场工程人员的技能与习惯，尽量采用简单易行的编程语言，例如用梯形图或面向工业控制的简单指令形式。梯形图与继电器原理图类似，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。

(2) 控制系统构成简单，通用性强。PLC 产品种类繁多，利用琳琅满目的各种组件（如 I/O 模块、通信模块、人机界面等）就可以灵活的组成各种大小和不同要求的控制系统。在构成可编程序控制器系统时，只需要在其 I/O 组建的端子上接入相应的输入输出线即可，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；同一个可编程序控制器用于不同的控制对象时，只需要改变其输入输出组件和编制不同的控制程序即可，修改程序容易简单可行。有的可编程序控制器还可以直接与交流 220V 强电相连，从而提高其带负载的能力。

(3) 抗干扰能力强，可靠性高。工业生产一般对控制设备的可靠性提出了很高的要求，应具有很强的抗干扰能力，能在恶劣的环境中可靠地工作，平均故障间隔时间长，平均修复时间短。可编程序控制器是专为工业控制设计的，在设计和制造过程中采用了多层次的抗干扰措施，并精选元器件，可在恶劣的环境下工作。PLC 采用了微电子技术，大量的开关工作可由无触点的电子电路来完成，许多中间继电器及繁杂的连线可用程序来实现，因此寿命长，可靠性大大提高。其他在硬件上可以通过屏蔽、滤波、隔离、电源的调整与保护、采用模块式结构等措施，软件上可采取故障监测、信息保护和恢复等方法来提高可靠性。

(4) 体积小，维护方便。PLC 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，使操作人员检查、判断故障迅速方便。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，再要修改就非常不便。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，又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 功能非常齐全。

除了上述特点外，PLC 功能也非常齐全。如具有开关量输入/输出、模拟量输入/输出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）等。现在的可编程控制器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，大大加强了可编程控制器的功能。正因为可编程控制器如此强大的功能，使其在工业企业中得到了广泛应用。

② 第二节 PLC 的结构及原理

一、PLC 的结构

一般来讲，PLC 分为箱体式和模块式两种。但它们的组成是相同的，对箱体式 PLC，有一块 CPU 板、I/O 板、显示面板、内存块、电源等，当然按 CPU 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。

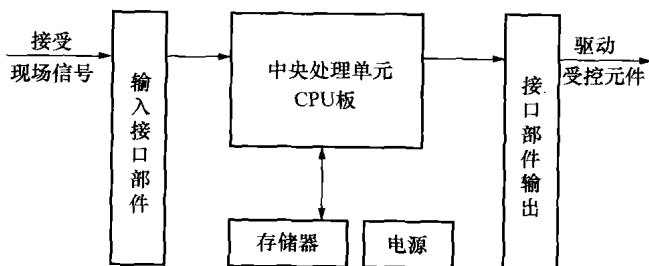


图 1-1 PLC 的基本结构框图

1. 中央处理单元 (CPU)

中央处理单元 (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输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术运算的结果送入 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，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，直到停止运行为止。

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)。这是一种读/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)。这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)。这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、累加器等存储器。

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 位)。因此整个 I/O 映像区可看作两个部分组成: 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 位)。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 $\pm 10\%$ ($\pm 15\%$) 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。

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接触器构成的控制装置, 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 (包括其动合或动断触点) 在继电器控制线路的任意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 (包括其动合或动断触点) 不会立即动作, 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 与继电器控制装置的处理结果上就没有区别了。

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。

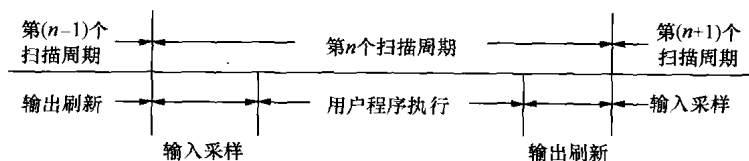


图 1-2 PLC 工作过程

(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扫描用户程序 (梯形图)。在扫描每一幅梯形图时, 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输入/输出设备隔离，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、定期输出方式，或中断输入、输出方式以及采用智能 I/O 接口等多种方式。

③ 第三节 编程方法和编程语言

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

1. 编程方法

一种是使用厂家提供的专用编程器。也分各种规格型号，大型编程器功能完备，适合各型号 PLC，价格高；小型编程器结构小巧，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电脑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、易于编程等都只有在用户亲自操作之后才能给予评价。

2. 编程语言

最常用的两种编程语言，一是梯形图，二是助记符语言表。采用梯形图编程，因为它直观易懂，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。

虽然一些高档的 PLC 还具有与计算机兼容的 C 语言、Basic 语言、专用的高级语言（如西门子公司公司的 GRAPH5、三菱公司的 MELSAP），还有用布尔逻辑语言、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，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。这是一种类似于用于计算机的编程语言，它适用于复杂算法及数据处理。

(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。

3. 指令系统

指令是了解与使用 PLC 的重要方面。不懂 PLC 指令无法编程，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渐增多。

PLC 的指令繁多，但主要的有如下几种类型：

(1) 基本逻辑指令, 用于处理逻辑关系, 以实现逻辑控制。这类指令不管什么样的 PLC 都总是有的。

(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, 用于进行数据的运算, 如+、-、×、/等, 可进行整数计算, 有的还可进行浮点数运算; 也可进行逻辑量运算等。

(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, 也不是有的 PLC 仅有上述几类指令。以上只是指出几个例子, 说明要从哪几个方面了解 PLC 指令, 从中也可大致看出指令的多少及功能将怎样影响 PLC 的性能。

④ 第四节 可编程序控制器产品

世界上 PLC 产品可按地域分成三大流派: 一个流派是美国产品, 一个流派是欧洲产品, 一个流派是日本产品。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 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 系列等。

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。

德州仪器 (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、PM530、PM560、PM565 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。

莫迪康 (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 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 2 个 RS-232C 接口, 可方便地进行组网通信。

二、欧洲 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。德国的西门子的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 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 SS-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。

三、日本 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, 日本产品约占有的 70% 的份额。

三菱公司的 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 年代末三菱公司又推出 FX 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 几年推出的高功能整体式小型机, 它是 FX2 的换代产品, 各种功能都有了全面的提升。近年来还不断推出满足不同要求的微型 PLC, 如 FX0S、FX1S、FX0N、FX1N 及 α 系列等产品。

三菱公司的大中型机有 A 系列、QnA 系列、Q 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, 是三菱公司现有 PLC 中最高性能的 PLC。

欧姆龙 (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, 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。

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/FP10、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 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 系列各种 PLC 都配置通信机制, 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, 目前在国内应用较多的 PLC 产品如图 1-3~图 1-6 所示。

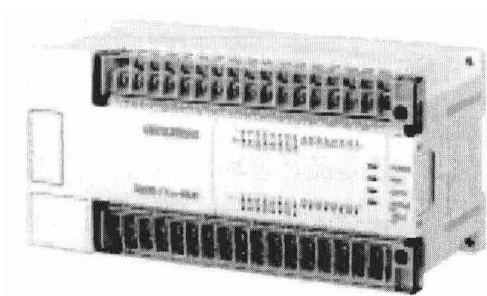


图 1-3 三菱 FX2N 系列 PLC

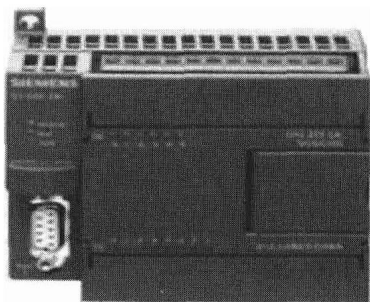


图 1-4 西门子 S7-200 系列

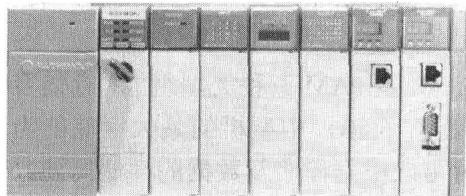


图 1-5 美国 AB 公司 SLC500 型

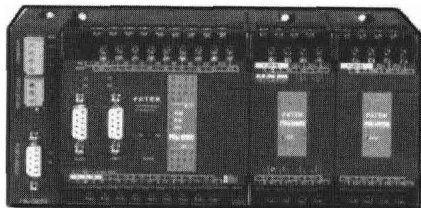


图 1-6 国产永宏最新 SoC Based (FBS)

⑤ 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、编程等方面各不相同, 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, 可以供在挑选 PLC 时作为参考。

一、控制点数

应确定系统用 PLC 单机控制, 还是用 PLC 形成网络, 由此计算 PLC 输入、输出点数,

对控制点数（数字量及模拟量）有一个准确地统计，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。表 1-1 列出了典型传动设备及常用电气元件所需的开关量的 I/O 点数。

表 1-1 典型传动设备及常用电气元件所需的开关量的 I/O 点数

序号	电 气 设 备	元件输入点数	输 出 点 数
1	Y-d 启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
6	信号灯	—	1
7	三档波段开关	3	—
8	行程开关	1	—
9	按钮	1	—
10	光电管开关	1	—

二、确定负载类型

根据 PLC 输出端所带的负载是直流型还是交流型，是大电流还是小电流，以及 PLC 输出点动作的频率等，从而确定输出端采用继电器输出，还是晶体管输出，或晶闸管输出。不同的负载选用不同的输出方式，对系统的稳定运行是很重要的。

三、存储容量与速度

尽管国外各厂家的 PLC 产品大体相同，但也有一定的区别。目前还未发现各公司之间完全兼容的产品。各个公司的开发软件都不相同，而用户程序的存储容量和指令的执行速度是两个重要指标。一般存储容量越大、速度越快的 PLC 价格就越高，但应该根据系统的大小合理选用 PLC 产品。

PLC 系统所用的存储器基本上由 PROM、EPROM 及 PAM 三种类型组成，存储容量则随机器的尺寸变化，一般小型机的最大存储能力低于 6KB，中型机的最大存储能力可达 64KB，大型机的最大存储能力可上兆字节。使用时可以根据程序及数据的存储需要来选用合适的机型，必要时也可专门进行存储器的扩充设计。

PLC 的存储器容量选择和计算的第一种方法是：根据编程使用的节点数精确计算存储器的实际使用容量。第二种为估算法，用户可根据控制规模和应用目的，按照下面的方法来估算。为了使用方便，一般应留有 25%~30% 的裕量，获取存储容量的最佳方法是生成程序，即用了多少字。知道每条指令所用的字数，用户便可确定准确的存储容量。

估算存储器容量的方法：

在仅对开关量进行控制的系统中，可以用输入总点数乘以 10 字/点+输出总点数乘 5 字/点来估算；计数器/定时器按 3~5 字/个估算；有运算处理时按 (5~10) 字/量估算；在有模拟量输入/输出的系统中，可以按每输入/（或输出）一路模拟量需 80~100 字左右的存储容量来估算；有通信处理时按每个接口 200 字以上的数量粗略估算。最后，一般按估算容量的 50%~100% 留有裕量。对缺乏经验的设计者而言，选择容量时留有裕量要大一些。

四、对 I/O 响应时间的选择

PLC 的 I/O 响应时间包括输入电路延迟、输出电路延迟和扫描工作方式引起的延迟(一般在 2~3 个扫描周期)等。对开关量控制的系统, PLC 和 I/O 响应时间一般都能满足实际工程的要求, 可不必考虑 I/O 响应问题。但对模拟量控制的系统, 特别是闭环系统就要考虑这个问题。

五、对在线和离线编程的选择

离线编程是指主机和编程器共用一个 CPU, 通过编程器的方式选择开关来选择 PLC 的编程、监控和运行工作状态。编程状态时, CPU 只为编程器服务, 而不对现场进行控制。在线编程是指主机和编程器各有一个 CPU, 主机的 CPU 完成对现场的控制, 在每一个扫描周期末尾与编程器通信, 编程器把修改的程序发给主机, 在下一个扫描周期主机将按新的程序对现场进行控制。计算机辅助编程既能实现离线编程, 也能实现在线编程。在线编程需购置计算机, 并配置编程软件。采用哪种编程方法应根据需要决定。

六、对 PLC 结构形式的选择

在相同功能和相同 I/O 点数据的情况下, 整体式比模块式价格低。但模块式具有功能扩展灵活, 维修方便(换模块), 容易判断故障等优点, 要按实际需要选择 PLC 的结构形式。

七、通信

现在 PLC 已不是简单的现场控制, PLC 远端通信已成为控制系统必须解决的问题, 但各厂家制定的通信协议千差万别, 兼容性差。在这一点上主要考虑以下方面。

(1) 同一厂家产品间的通信。各厂家都有自己的通信协议, 并且不止一种。这在大、中型机上表现明显, 而在小、微型机上不尽相同, 一些厂家出于容量、价格、功能等方面考虑, 往往没有或者有其他协议不同, 而且比较简单的通信。所以在这方面主要考虑的是同一厂家不同类型 PLC 之间的通信。

(2) 不同厂家产品间的通信。若所进行的自动控制系统设计属于对已有的自控系统进行部分改造, 而所选择的是与原系统不同的 PLC, 或者设计中需要 2 个或 2 个以上的 PLC, 而选用了不同厂家的产品, 这就需考虑不同厂家产品之间的通信问题。

(3) 是否有利于将来。由于各厂家制定的通信协议各不相同, 国际上也无统一标准, 所以在 PLC 选型上受到很大限制。就要考虑影响面大、有发展的、功能完备、接近通用的通信协议。

八、尽量选用大公司的产品

其质量有保障, 且技术支持好, 一般售后服务也较好, 还有利于产品扩展与软件升级。

九、尽量做到机型统一

对于一个大型企业系统, 应尽量做到机型统一。这样, 同一机型的 PLC 模块可互为备用, 便于备品备件的采购和管理; 同时, 其统一的功能及编程方法也有利于技术力量的培训、技术水平的提高和功能的开发; 此外, 由于其外部设备通用, 资源可以共享, 因此, 配上位计算机后即可把控制各独立系统的多台 PLC 联成一个多级分布式控制系统, 这样便于相互通信, 集中管理。

十、支撑技术条件的考虑

选用 PLC 时, 有无支撑技术条件同样是重要的选择依据。

总之, 在 PLC 选型时主要是根据所需功能和容量进行选择, 并考虑维护的方便性、备