

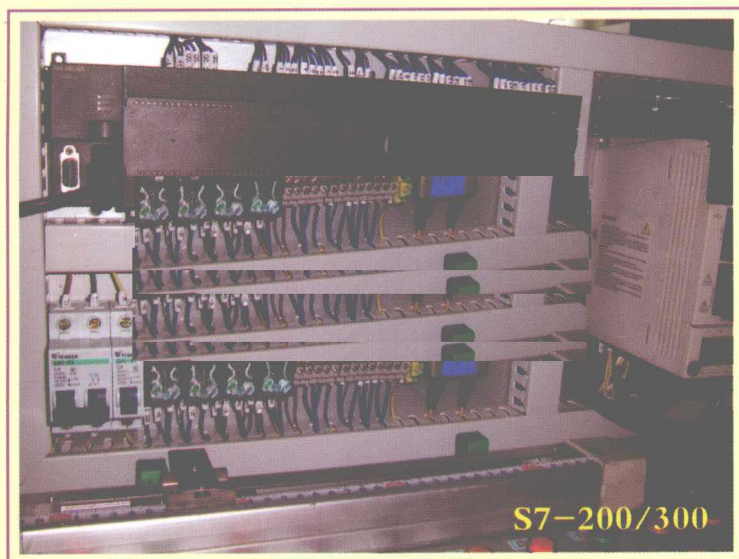
高等职业教育机电类专业“十一五”规划教材

天津市精品课程

PLC应用技术

PLC YINGYONG JISHU

主编 韩志国



国防工业出版社

National Defense Industry Press

高等职业教育机电类专业“十一五”规划教材
天津市精品课程

PLC 应用 技术

主 编	韩志国	
副主编	李云梅	周树清
编 者	侯 雪	于 玲
	范平平	沈 洁
主 审	王建明	

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是根据国家培养高素质技能型专门人才的有关要求编写的。本书共分为八个模块:认识可编程序控制器、理解可编程序控制器工作原理、掌握 S7-200 指令、编写可编程序控制器程序、使用可编程序控制器实现控制系统、了解 S7-200 系列 PLC 通信、了解 S7-300 PLC、可编程序控制器实验与实训。

本书可作为高职高专电气信息类、自动化类、机电类专业 PLC 课程的教材,中职、技校也可使用,也可供从事相关领域技术工作的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 应用技术/韩志国主编. —北京:国防工业出版社,
2010.3
高等职业教育机电类专业“十一五”规划教材
ISBN 978-7-118-06800-9

I. ①P... II. ①韩... III. ①可编程序控制器—高
等学校:技术学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 036855 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15 字数 348 千字

2010 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

自 20 世纪 60 年代,美国推出可编程逻辑控制器(Programmable Logical Controller, PLC)取代传统继电器控制装置以来,PLC 得到了快速发展,在世界各地得到了广泛应用。同时,PLC 的功能也不断完善。随着计算机技术、信号处理技术、控制技术、网络技术的不断发展和用户需求的不断提高,PLC 在开关量处理的基础上增加了模拟量处理和运动控制等功能。今天的 PLC 不再局限于逻辑控制,而在运动控制、过程控制等领域也发挥着十分重要的作用。此外,在数控机床中 PLC 也作为一个重要的组成部分发挥着十分重要的作用。

作为离散控制的首选产品,PLC 在 20 世纪 80 年代至 90 年代得到了迅速发展,世界范围内的 PLC 年增长率保持为 20% ~ 30%。随着工厂自动化程度的不断提高和 PLC 市场容量基数的不断扩大,近年来 PLC 在工业发达国家的增长速度放缓。但是,在我国 PLC 的增长十分迅速,在自动化领域占据着十分重要的位置。

本书以 SIEMENS 的 S7 - 200 PLC 为典型机型,从认识可编程序控制器开始,再到理解可编程序控制器的原理,让读者以等效电路为初始手段认识使用可编程序控制器,逐步引入指令使用,编写程序,进而设计可编程序控制器为核心的控制系统,引领读者循序渐进地掌握可编程序控制器的使用。本书还介绍了 S7 - 200 通信,并对 S7 - 300 PLC 也进行了介绍,最后还涉及 PLC 相关实训的内容。

本书由韩志国主编,王建明主审,李云梅、周树清担任副主编,侯雪、于玲、范平平、沈洁参编。具体编写分工:韩志国编写模块一、模块二、模块四、模块五;李云梅编写模块三;侯雪编写模块七;周树清编写模块八;于玲编写模块六任务一;范平平编写模块六任务二;沈洁编写模块六任务三;恩宜珐玛(天津)工程有限公司高级电气工程师李猛为本书提供了大量现场实例,在此表示感谢。

由于时间仓促和编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者指正。如有问题,请与张永生编辑联系,电子邮箱:zhangyongsheng100@163.com。

编 者

目 录

模块一 认识可编程序控制器	1
任务一 认识 PLC 的产生和定义	1
任务二 掌握可编程序控制器的特点	7
任务三 熟悉 PLC 的编程语言	14
任务四 了解可编程序控制器的性能指标	17
任务五 可编程序控制器的发展趋势	18
习题	20
模块二 理解可编程序控制器工作原理	21
任务一 理解可编程序控制器结构	21
任务二 掌握 PLC 的基本工作原理	30
任务三 掌握寻址方式	37
习题	41
模块三 掌握 S7-200 指令	42
任务一 掌握位操作指令	42
任务二 熟悉运算指令	53
任务三 理解数据处理指令	57
任务四 了解转换指令	60
任务五 了解程序控制类指令	62
任务六 了解中断指令	68
任务七 理解高速计数器	71
任务八 了解高速脉冲输出	77
习题	81
模块四 编写可编程序控制器程序	82
任务一 掌握编程原则	82
任务二 掌握基本电路	84
任务三 编写 S7-200 实例程序	93
习题	114
模块五 使用可编程序控制器实现控制系统	115
任务一 实现化工生产反应装置	115

任务二 实现主引风机的Y- Δ 启动控制	132
任务三 实现工件搬运控制	142
任务四 实现客梯的自动控制	152
习题	157
模块六 了解 S7-200 系列 PLC 通信	160
任务一 了解 Profibus 通信	161
任务二 了解 S7-200 系列 PLC 自由口通信	168
任务三 了解 PLC 网络通信	174
习题	182
模块七 了解 S7-300 PLC	183
任务一 了解 SIMATIC S7-300 系列 PLC 系统基本构成	183
任务二 了解基本 S7-300 PLC 硬件	186
任务三 理解 S7-300 PLC 电气安装规范	192
任务四 了解 STEP 7 编程技术	193
任务五 了解 S7-300 PLC 的故障诊断	196
习题	199
模块八 可编程序控制器实验与实训	200
任务一 熟悉 TVT-90HC 实训设备及 STEP 7 软件	200
任务二 逻辑指令程序设计	205
任务三 定时器指令程序设计与调试	208
任务四 计数器指令程序设计与调试	209
任务五 传送指令编程操作	209
任务六 数据移位指令程序设计与调试	210
任务七 算术运算指令程序设计与调试	212
任务八 水塔水位自动控制综合程序设计实例	214
任务九 电动机控制程序设计	216
任务十 天塔之光的设计	218
任务十一 交通灯自控与手控	219
任务十二 多种液体自动混合系统	221
任务十三 邮件分拣机	223
任务十四 自动售货机	225
任务十五 机械手搬运流水线	227
附录 I S7-200 的特殊存储器(SM)标志位	230
附录 II 中断事件优先级	233
参考文献	234

模块一 认识可编程序控制器

可编程序控制器(Programmable Logical Controller, PLC 或 PC),是随着现代社会生产的发展和技术进步,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。

任务一 认识 PLC 的产生和定义

一、可编程序控制器的命名

由于可编程序控制器刚问世时仅具有开关量控制功能,所以叫可编程序逻辑控制器(Programmable Logical Controller)。

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

1980 年,可编程序控制器的定义为:“可编程序控制器是一种带有指令存储器,数字式或模拟式的输入/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,国际电工委员会在颁布可编程序控制器标准时,又对 PLC 作了明确定义:“可编程序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指令,并通过数字式或模拟式的输入和输出接口,控制各种类型的机器设备或生产过程。可编程序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而设计。”

该定义强调了可编程序控制器是“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。为了照顾到这种习惯,我们在本书中仍称可编程序控制器为 PLC。

二、PLC 的产生

一个新兴事物的出现,总是有两方面的条件:一方面是实际的需求;另一方面是技术上实现的可能性。PLC 是在芯片工业高速发展的基础上,根据工业生产的实际需要而产生的。

在 PLC 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,需要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)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10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。美国数字设备公司(DEC)根据要求研制出世界上第一台可编程序控制器,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 Logical Controller, PLC)。

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。

可编程序控制器从产生到现在,尽管只有几十年的时间,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。

三、PLC 的分类

(一) 根据控制规模分类

PLC的控制规模是以输入/输出(I/O)端子数来衡量的。使用I/O点数的多少可将PLC分为小型机、中型机和大型机。

1. 小型机

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、计数和移位等功能,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。

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。控制点仅几十点,如欧姆龙公司的CPM1A系列PLC,西门子的Logo仅10点。小型机控

制点可达 100 多点,如欧姆龙公司的 C60P 可达 148 点,CQM1 达 256 点。

2. 中型机

I/O 点数在 256 点~1024 点之间的,称为中型机。它除了具备逻辑运算功能,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(比例、积分、微分)调节、整数/浮点运算等功能模板。

中型机的特点是功能强,配置灵活,适用于具有如温度、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。中型机控制点数可达近 500 点,甚至上千点,如欧姆龙公司 C200H 机普通配置最多可达 700 多点,C200Ha 机则可达 1000 多点;西门子公司的 S7-300 机最多可达 512 点。

3. 大型机

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,并能进行中断控制、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。控制点数一般在 1000 点以上,如欧姆龙公司的 C1000H、CV1000,当地配置可达 1024 点;C2000H、CV2000 当地配置可达 2048 点。

超大型机的控制点数可达万点,甚至几万点,如美国通用汽车公司(GE)的 90-70 机,其点数可达 24000 点,另外还可有 8000 路的模拟量;再如美国莫迪康公司的 PC-E984-785 机,其开关量总点数为 32k(32768),模拟量有 2048 路;德国西门子公司的 SS-115U-CPU945,其开关量总点数可达 8k,另外还可有 512 路模拟量。

(二) 根据结构形式分类

从结构上看,PLC 可分为整体式、模板式和分散式三种形式。

1. 整体式

一般的小型机多为整体式结构。这种结构 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。

图 1-1 所示的西门子公司的 S7-200 型 PLC 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,比较适合生产机械的单机控制。

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 所示的西门子公司的 S7-300 型 PLC 为模板式结构。

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

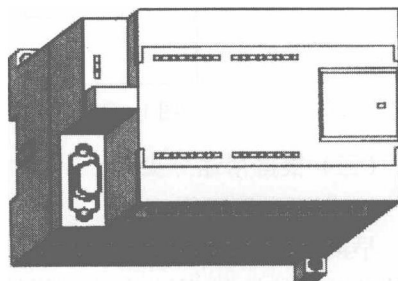


图 1-1 S7-200 型外观结构图

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,因而提高了造价。

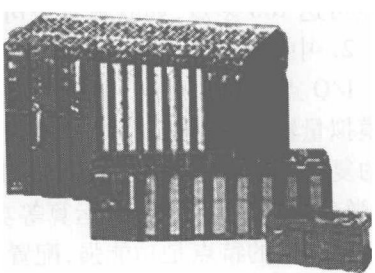


图 1-2 S7-300 型外观结构图

3. 分散式

分散式的结构,就是将可编程序控制器的 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,以通信接口进行通信连接,由 CPU 集中指挥。

以上三种形式的可编程序控制器的外观结构如图 1-3 所示。

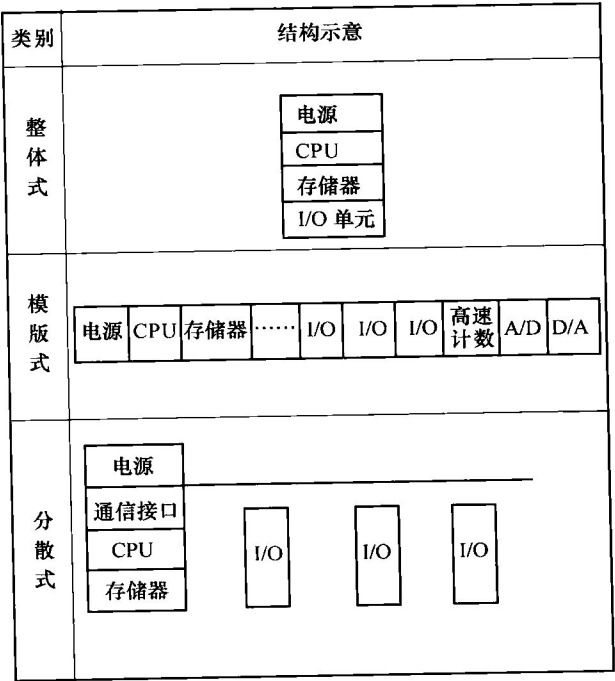


图 1-3 三种形式可编程序控制器的外观结构示意图

(三) 根据用途分类

1. 用于顺序逻辑控制

早期的可编程序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序控制器的最基本的控制功能,也是可编程序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都是顺序逻辑控制。要完成这类控制,不要求可编程序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序控制器。

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 点数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。而中型的可编程序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。目前,随着可编程序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,不仅要求可编程序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序控制器。

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序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序控制器为高档 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,可编程序控制器与计算机数字控制(Computer Number Control, CNC)技术有机地结合起来,可以进行数字控制。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。

(四) 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欧姆龙(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(GUULD)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、可编程序控制器的应用现状

(一) 可编程序控制器的市场状况

1. 国际市场

可编程序控制器是“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 年全球可编程序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。

据统计,由于近 10 年来国际知名的 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 多个品种的 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,德国西门子公司为 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%;日本三菱公司为 5 亿美元,占 9.9%;日本欧姆龙公司为 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

我国对可编程序控制器的研制始于 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 点数以下的小型机,年产量超过 1000 台的只有几家。

国内的可编程序控制器市场,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序控制器的企业,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,应用可编程序控制器的比率不足 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,在我国这些行业应用可编程序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,国内市场几乎被国外的 PLC 产品占领,在大、中型 PLC 中,几乎都是国外产品。主要以前面所提到的 5 家公司中的前 3 家为主,而小型 PLC 机则由日本的三菱公司和欧姆龙公司占据主要地位。近年来西门子公司的小型 PLC 在国内市场的占有率迅速上升,后来居上,企图抢占日本公司在中国的产品市场。

(二) 可编程序控制器应用范围

可编程序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序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。

从应用类型看,PLC 的应用大致可归纳为以下几个方面。

1. 开关量逻辑控制

利用 PLC 最基本的逻辑运算、定时、计数等功能实现逻辑控制,可以取代传统的继电器控制,用于单机控制、多机群控制、生产自动线控制等,例如,机床、注塑机、印刷机械、装配生产线、电镀流水线及电梯的控制等。这是 PLC 最基本的应用,也是 PLC 最广泛的应用领域。

2. 运动控制

大多数 PLC 都有拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块。这一功能广泛用于各种机械设备,如对各种机床、装配机械、机器人等进行运动控制。

3. 过程控制

大、中型 PLC 都具有多路模拟量 I/O 模块和 PID 控制功能,有的小型 PLC 也具有模拟量输入/输出。所以,PLC 可实现模拟量控制,而且具有 PID 控制功能的 PLC 可构成闭环控制用于过程控制。这一功能已广泛用于锅炉、反应堆、水处理、酿酒以及闭环位置控制和速度控制等方面。

4. 数据处理

现代的 PLC 都具有数学运算、数据传送、转换、排序和查表等功能,可进行数据的采集、分析和处理,同时可通过通信接口将这些数据传送给其他智能装置,如计算机数字控制(CNC)设备,进行处理。

5. 通信联网

PLC 的通信包括 PLC 与 PLC、PLC 与上位计算机、PLC 与其他智能设备之间的通信,PLC 系统与通用计算机可直接或通过通信处理单元、通信转换单元相连构成网络,以实现信息的交换,并可构成“集中管理、分散控制”的多级分布式控制系统满足工厂自动化(FA)系统发展的需要。

任务二 掌握可编程控制器的特点

一、可编程序控制器的一般特点

可编程序控制器的种类虽然很多,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。

(一) 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非常高,它应具有很强的抗干扰能力,能在非常恶劣的环境下(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序控制器的可靠性。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办不到的。

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 II 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 (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。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,保证了可编程程序控制器的高可靠性。

(二) 编程方便

可编程序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计算机应用水平。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技术人员是非常亲切的,它形象、直观、简单、易学,尤其小型 PLC,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,电气工程技术人員都特别欢迎和愿意使用 PLC。

(三) 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象的。PLC 的输入、输出端子可直接与 $220V_{AC}$, $24V_{DC}$ 等强电相连,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,使操作人员心中有数,即使在出现故障甚至发生事故时也能及时处理。

(四) 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 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,既方便又省时。

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,这也是可编程序控制器得以迅速发展和广泛应用的重要因素之一。

(五) 设计、施工、调试周期短

用可编程序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,以及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而缩短了施工周期。同时,由于用户程序大都可以在实验室进行模拟调试,然后再将 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,大大缩短了设计和投运周期。

(六) 易于实现机电一体化

因为可编程序控制器的结构紧凑,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,可编程序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、可编程序控制器与继电器逻辑控制系统的比较

在可编程序控制器出现以前,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 相比有许多缺点,如表 1 - 1 所列。

表 1 - 1 PLC 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	可编程序控制器
逻辑控制	接线逻辑,体积大,接线复杂,修改困难	存储逻辑,体积小,接线少,控制灵活易于扩展
速度控制	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,每条指令执行时间在微秒级,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 对 ~ 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、可编程序控制器与其他工业控制器的比较

自从微型计算机诞生以后,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,这就是本模块中曾经提到的 PLC、PID 控制器(又称 PID 调节器)、集散控制系统(DCS)、工业控制计算机(工业 PC)。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,只需要对可编程序控制器与通用的微型计算机、可编程序控制器与集散控制系统、可编程序控制器与工业控制计算机分别比较。

(一) 可编程序控制器与通用的微型计算机的比较

用微电子技术制作的作为工业控制器的可编程序控制器是由 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 所列。

表 1-2 PLC 与微型计算机的比较

比较项目	可编程序控制器	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 接口	与主机采用微电联系,没有光电隔离,没有专用的 I/O 接口
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、汇编、FORTRAN、BASIC、C 及 COBOL 等。语句复杂,需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	可靠性极高,抗干扰能力强,长期运行	抗干扰能力差,不能长期运行
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

(二) 可编程序控制器与集散控制系统的比较

可编程序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。但它们之间又有以下一些不同点。

1. 基础不同

可编程序控制器是由继电器逻辑控制系统发展而来。所以,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,所以它在模拟量处理、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. 方向不同

随着微型计算机的发展,可编程序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、回路控制仪表以及过程监控装置有机地结合在一起,构成了能满足各种不同控制要求的集散控制系统。

3. 微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,颇有殊途同归之感。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,所以,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。

(三) 控制计算机的比较

可编程序控制器与工业控制计算机(简称工业 PC 机)都是用来进行工业控制,但工业 PC 机与 PLC 相比仍有一些不同之处。

1. 硬件方面

工业 PC 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,各个厂家产品不通用,标准化程度较差。但 PLC 的信号采集和控制输出的功率强,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,对印制板、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

工业 PC 机可借用通用微型计算机丰富的软件资源,对算法复杂、实时性强的控制任务能较好地适应。PLC 在顺序控制的基础上,增加了 PID 等控制算法,它的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机软件的工厂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 PC 机的异同,将有助于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,最好的发挥其效用。

四、可编程序控制器的主要功能

PLC 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。其主要功能如下。

(一) 顺序逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域,以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。