

中国高等职业技术教育研究会推荐

面向 21 世纪机电类专业高职高专规划教材

PLC 应用技术

主 编 徐 锋

副主编 钱 锐

主 审 申凤琴

西安电子科技大学出版社

2007

内 容 简 介

本书以国内最具代表性的三菱 PLC 为例, 针对机电专业的应用, 重点介绍了 PLC 系统设计与编程方法, 具有较强的实用性。

本书内容全面, 语言简洁, 通俗易懂。全书主要分为绪论、可编程控制器的组成及工作原理、FX₂系列可编程控制器的基本指令、FX₂系列可编程控制器的步进指令、PLC 常用功能指令简介、典型例题分析、PLC 特殊功能模块简介、FX-10P 型简易编程器的操作、三菱 SWOPC-FXGP/W IN-C 编程软件及其应用和附录部分。

本书的特色是将 PLC 理论与工程实际问题相结合, 侧重于培养学生的实际应用能力, 实例详尽, 易学易教。

本书可以作为机电一体化及电气控制专业的教材及相关专业师生的参考书, 也可作为相关专业工程技术人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 应用技术 / 徐锋主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2007.3

中国高等职业技术教育研究会推荐. 面向 21 世纪机电类专业高职高专规划教材

ISBN 978-7-5606-1761-9

I. P… II. 徐… III. 可编程序控制器—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 004641 号

策 划 马晓娟

责任编辑 寇向宏 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 11.75

字 数 271 千字

印 数 1~4000 册

定 价 15.00 元

ISBN 978-7-5606-1761-9/TN · 0355

XDUP 2053001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

可编程控制器(PLC)是一种新型的工业用计算机,它具有如下特点:可靠性高、抗干扰能力强;配套齐全、功能完善、适用性强;易学易用;系统的设计、编程和安装工作量小;维护方便;体积小、重量轻、能耗低。因此,PLC广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机床、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等各个行业,对传统产业的自动化改造、设备的技术更新起着越来越重要的作用。

目前,国内外可编程控制器的类型比较多,但其基本结构、工作原理都相同,基本指令、控制功能及编程方法也都类似。本书主要以三菱FX₂系列小型PLC为例,对PLC的特点、工作原理、硬件结构、基本指令、步进指令、功能指令及编程方法都作了详细介绍。考虑到PLC早已突破纯粹的开关量控制的局限而进入到模拟量控制领域这一实际情况,本书又结合实例介绍了典型PLC功能模块的设计方法。

本书着重于应用性阐述,将技能训练与理论学习相结合,通过大量实例,力求讲述深入浅出,侧重培养学生的工程实际应用能力。本书内容全面,实例详尽,易学易教。全书主要分为绪论、可编程控制器的组成及工作原理、FX₂系列可编程控制器的基本指令、FX₂系列可编程控制器的步进指令、PLC常用功能指令简介、典型例题分析、PLC特殊功能模块简介、FX-10P型简易编程器的操作、三菱SWOPC-FXGP/WIN-C编程软件及其应用和附录。

本书由徐锋主编,并负责统稿。第5章及附录由钱锐编写,其余章节由徐锋编写,本书可以作为机电一体化及电气控制专业的教材及相关专业师生的参考书,也可以作为相关专业工程技术人员的自学参考书。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免存在不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2007年1月

目 录

1 章 绪论	1
1.1 可编程控制器的由来.....	1
1.2 PLC 的定义.....	2
1.3 可编程控制器的主要功能.....	2
1.4 可编程控制器的主要特点.....	3
1.5 PLC 控制系统的设计步骤.....	4
1.6 PLC 的通信及联网.....	6
1.7 PLC 与工业控制计算机(IPC)和集散控制系统(DCS)的比较.....	7
1.8 PLC 的综合经济分析.....	8
1.9 常见可编程控制器.....	9
1.10 PLC 最新发展状态及趋势.....	10
习题一.....	10
2 章 可编程控制器的组成及工作原理	11
2.1 可编程控制器的工作原理.....	11
2.2 可编程控制器的硬件系统.....	13
2.3 可编程控制器的软件系统.....	15
2.4 FX ₂ 系列可编程控制器的主要编程元件.....	16
2.5 可编程控制器的性能指标与分类.....	23
习题二.....	25
3 章 FX₂ 系列可编程控制器的基本指令	26
3.1 基本指令.....	26
3.2 编程规则.....	31
3.3 典型控制问题的编程.....	33
习题三.....	35
4 章 FX₂ 系列可编程控制器的步进指令	37
4.1 状态 S 的功能.....	37
4.2 状态流程图的编制方法.....	38
4.3 选择性分支、汇合的编程.....	41
4.4 并行性分支、汇合的编程.....	42
4.5 状态的详细动作说明.....	47
4.6 操作方式.....	48

4.7 步进指令综合实例.....	50
习题四.....	54
5 章 PLC 常用功能指令简介.....	58
5.1 功能指令简介.....	58
5.2 程序流控制.....	63
5.3 传送和比较.....	67
5.4 四则运算及逻辑运算.....	72
5.5 循环移位与移位.....	77
5.6 数据处理.....	83
5.7 高速处理.....	88
5.8 方便指令.....	96
5.9 功能指令应用实例.....	101
习题五.....	103
6 章 典型例题分析.....	104
5.1 机床工作台的 PLC 控制.....	104
5.2 交通信号灯的 PLC 控制.....	107
5.3 三相步进电机的 PLC 控制.....	110
5.4 某燃油锅炉的 PLC 控制.....	114
5.5 深孔钻的 PLC 控制.....	118
5.6 两台电动机的 PLC 控制.....	120
5.7 线绕转子三相异步电动机启动控制程序.....	121
习题六.....	126
7 章 PLC 特殊功能模块简介.....	131
7.1 三菱 FX ₂ 系列 PLC 的特殊功能模块使用通则.....	131
7.2 三菱 FX ₂ 系列 PLC 的模拟量输入模块(A/D 转换模块).....	134
7.3 三菱 FX ₂ 系列 PLC 的模拟量输出模块(D/A 转换模块).....	142
习题七.....	145
8 章 FX-10P 型简易编程器的操作.....	146
3.1 FX-10P 型简易编程器的操作.....	146
3.2 编程操作.....	148
3.3 监控操作.....	154
3.4 实训操作.....	158
习题八.....	159

九章 三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件及其应用	160
9.1 三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件简介	160
9.2 程序的创建及保存	161
9.3 程序的输入及编辑	163
9.4 程序的传送及调试	165
9.5 三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的应用实例	167
录	170
附录 A PLC 状态(M8000~M8009, D8000~D8009)	170
附录 B PLC 时钟(M8010~M8019, D8010~D8019)	171
附录 C PLC 标志(M8020~M8029, D8020~D8029)	172
附录 D PLC 方式(M8030~M8039, D8030~D8039)	172
附录 E 步进顺控(M8040~M8049, D8040~D8049)	173
附录 F 禁止中断(M8050~M8059, D8050~D8059)	173
附录 G 出错检测(M8060~M8069, D8060~D8069)	174
附录 H 错误检测时间(M8060~M8068)	174
附录 I 出错码表(D8061~D8067)	175
附录 J 与出错报警有关的特殊 M、特殊 D 的关系	177
考文献	178

第1章 绪 论

本章知识点:

- : 可编程控制器的定义;
- : 可编程控制器的特点和功能;
- : 可编程控制器的发展趋势。

可编程控制器(Programmable Logic Controller), 简称 PLC 或 PC, 是从早期的继电器逻辑控制系统发展而来的。在发展过程中, 它不断吸收微型计算机技术, 功能不断增强, 越来越适合复杂控制任务的要求。

PLC 之所以具有生命力, 在于它更加符合工业现场和市场的要求: 可靠性高、抗干扰能力强、编程安装使用简便、价格低、寿命长。与单片机相比, PLC 的输入/输出端不需添加太多的中间部件或更多的接口, 更接近现场设备, 节省了用户的时间和成本。PLC 的下端(输入端)为继电器、晶体管和晶闸管等控制部件, 而上端一般是面向用户的微型计算机。人们在应用它时, 不需要进行计算机方面的专门培训, 就能对可编程控制器进行操作及编程, 从而完成各种不同复杂程度的工业控制任务。

自 1836 年继电器问世以来, 人们就开始用导线将它同开关器件巧妙地连接起来, 构成用途各异的逻辑控制或顺序控制。至今, 在 PLC 的编程语言——梯形图中, 还可以看到这些布线的影子。直到 20 世纪 60 年代末、70 年代初, 可编程控制器问世, 随着微电子技术、计算机技术和数据通信技术的飞速发展, 以及微处理器的出现, PLC 产品朝小型和超小型化方面进行了一次飞跃, 最终使早期的 PLC 从逻辑控制、顺序控制, 发展成为具有逻辑判断、定时、计数、记忆、算术运算、数据处理、联网通信及 PID 回路调节等功能的现代 PLC。

1.1 可编程控制器的由来

PLC 是在 20 世纪 60 年代后期问世的, 开始主要应用于汽车制造业。当时, 汽车制造业生产线的自动控制系统是由继电器系统构成的, 汽车每次改型都要将生产线中的继电器控制系统重新设计和安装。为了减少重新设计和安装继电器控制系统的经费和时间, 1968 年, 美国通用汽车公司首先提出研制新的控制系统以取代继电器控制系统, 并公开招标。同时, 提出 10 项指标:

- = 编程简单方便, 可在现场修改程序;
- = 维护方便, 最好是插件式结构;
- = 可靠性要高于继电器控制系统;
- = 体积小于继电器控制系统;
- = 可将数据直接送入管理计算机;

- = 在成本上可与继电器控制系统竞争;
- = 输入可以是 AC 115 V;
- = 输出为 AC 115 V、2 A 以上, 能直接驱动电磁阀;
- = 在扩展时, 原有系统只做很小改动;
- = 用户程序存储器容量至少可扩展到 4 KB。

1969 年, 美国数字设备公司(DEC)研制出了世界上第一台可编程控制器, 并在通用汽车公司生产线上应用并获得成功。此后这项技术迅速发展起来, 并推动了欧洲各国、日本及我国可编程控制器技术的发展。1971 年, 日本从美国引进这项新技术, 研制出日本第一台可编程控制器。1973~1974 年, 德国和法国开始研制可编程控制器。我国是在 1974 年开始研制可编程控制器的。1980 年, 美国电气制造商协会(NEMA)正式命名“可编程控制器(Programmable Controller, 简称 PC)”。自 PLC 问世以来, 经过 30 年的发展, 已经成为国际市场上最受欢迎的工业控制产品, 用 PLC 设计自动控制系统已成为潮流。

1.2 PLC 的定义

PLC 的定义有许多种, 国际电工委员会(IEC)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, 并通过数字式、模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关设备, 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。”

IEC 对 PLC 的定义强调了 PLC 应该直接应用于工业环境, 它必须具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和应用范围。这也是区别于一般微机控制系统的一个重要特征。它还强调了 PLC 是“数字运算操作的电子系统”, 它也是一种计算机; 它是“专为在工业环境下应用而设计的”工业计算机; 这种工业计算机采用“面向用户的指令”, 因此编程十分方便; 它能够完成逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作; 它还具有“数字式、模拟式的输入和输出”能力, 并且非常容易与“工业控制系统形成一个整体”, 易于“扩充”。

应该强调的是, PLC 与以往的鼓式、机械式的顺序控制器在“可编程”方面有着本质的区别。由于 PLC 引入了微处理机及半导体存储器等新一代电子器件, 并用规定的指令进行编程, 因此能够灵活地修改程序, 即它是用软件方式来实现“可编程”的目的。

1.3 可编程控制器的主要功能

PLC 的功能不仅仅是替代传统的继电器逻辑, 其应用面很广, 是发展非常迅速的工业自动化装置, 在工厂自动化(FA)和计算机集成制造系统(CIMS)中占有重要地位。PLC 系统一般具有以下基本功能。

1. 控制功能

(1) 逻辑控制。PLC 具有与、或、非、异或和触发器等逻辑运算功能, 可以代替继电器进行开关量控制。

(2) 定时控制。它为用户提供了若干个电子定时器,用户可自行设定接通延时、关断延时和定时脉冲等方式。

(3) 计数控制。用脉冲控制可以实现加、减计数模式,可以连接码盘进行位置检测。

(4) 顺序控制。在前道工序完成之后,就转入下一道工序,使一台 PLC 可作为多部步进控制器使用。

2. 数据采集、存储与处理功能

(1) 数学运算:包括加、减、乘、除的基本算术运算和平方根、三角函数和浮点的扩展算术运算。

(2) 比较:大于、小于和等于。

(3) 数据处理:选择、组织、规格化、移动和先入先出。

(4) 模拟数据处理:PID、积分和滤波。

3. 输入/输出接口处理功能

(1) 具有 A/D、D/A 转换功能,通过 I/O 模块完成对模拟量的控制和调节,位数和精度可以根据用户要求选择。

(2) 具有温度测量接口,直接连接各种电阻或电偶。

4. 通信、联网功能

现在的大多数 PLC 都有 RS232 或 RS485 接口,可进行远程 I/O 控制,多台 PLC 可彼此间联网、通信,外部器件与一台或多台可编程控制器的信号处理单元之间可实现程序和数据交换,如程序转移、数据文档转移、监视和诊断。

通信接口或通信处理器按标准的硬件接口或专有的通信协议完成程序和数据转移,如西门子 S7-200 的 Profibus 现场总线口,其通信速率可以达到 12 Mb/s。

在系统构成时,可由一台计算机与多台 PLC 构成“集中管理、分散控制”的分布式控制网络,以便完成较大规模的复杂控制。通常所说的 SCADA 系统的现场端和远程端也可以采用 PLC 作现场机。

5. 人机界面功能

PLC 的人机界面功能可给操作者以监视机器/过程工作所必需的信息。允许操作者和 PC 系统与其应用程序相互作用,以便作出决策和调整。

6. 编程、调试等

使用复杂程度不同的手持、便携和桌面式编程器、工作站和操作屏,可进行编程、调试、监视、试验和记录,并通过打印机打印出程序文件。

1.4 可编程控制器的主要特点

可编程控制器的主要特点如下:

(1) 可靠性高。PLC 的 MTBF(平均无故障工作时间)一般在 40 000~50 000 小时以上,西门子、ABB、松下等微小型 PLC 可达 10 万小时以上,而且均有完善的自诊断功能,判断故障迅速,便于维护。

(2) 模块化组合灵活。可编程控制器是系列化产品,通常采用模块结构来完成不同的任务组合。I/O 从 8~8192 点,有多种机型、多种功能模板,可灵活组合,结构形式多样。

(3) 功能强。PLC 按功能可分为简单型、基本型和复杂型,简单型具有逻辑、定时、计数等顺序控制功能。基本型在简单型的基础上增加了模拟 I/O、基本算术运算、通信等能力。复杂型除了具有基本型的功能外,还具有扩展的计算能力、多级终端机制、智能 I/O、PID 调节、过程监视、网络通信能力、远程 I/O、多处理器和高速数据处理能力。

(4) 编程方便。可采用针对工业控制的梯形图、功能块图、指令表和顺序功能表图(SFC)对 PLC 编程,不需要太多的计算机编程知识。新的编程工作站配有综合的软件工具包,并可在任何兼容的个人计算机上编程。

(5) 适应工业环境。PLC 一般能在高温、振动、冲击和粉尘等恶劣环境下工作,并且在强电磁干扰环境下也能可靠地工作。

(6) 安装、维修简单。与计算机系统相比,PLC 安装不需要特殊的机房和严格的屏蔽,使用时只要各种器件连接无误系统便可工作。各个模块上设有运行和故障的指示装置,使用户可以在最短的时间内查出并排除故障,最大限度地压缩故障停机时间,使生产迅速恢复。

一些 PLC 的结构简单,外壳由合金组成,上面带有散热槽,在高温下不易变形,还可以抗电磁干扰和防火等。

(7) 运行速度快。随着微处理器的应用,使 PLC 的运行速度加快,能更好地处理高度复杂的控制任务,它与微型计算机之间的差别不是很明显。

(8) 总价格低。PLC 的重量、体积、功耗和硬件价格一直都在降低,虽然软件价格占的比重有所增加,但是各厂商为了竞争也相应地降低了价格。另外,采用 PLC 还可以大大缩短设计、编程和投产周期,使总价格进一步降低。

1.5 PLC 控制系统的设计步骤

在用 PLC 组成应用系统之前,首先需要明确系统设计的基本原则与内容,以及设计的一般步骤,对此下面分别予以介绍。

1. 系统设计的基本原则

任何一种电气控制系统都是为了实现被控制对象(生产设备或生产过程)的工艺要求,以便提高生产效率和产品质量。因此,应按以下基本原则设计 PLC 控制系统:

(1) 最大限度地满足被控制对象的控制要求。设计前,应深入现场进行调查研究,收集资料,并与相关的设计人员和实际操作人员密切配合,共同拟定控制方案,协同解决设计中出现的各种问题。

(2) 在满足控制要求的前提下,力求使控制系统简单、经济、使用及维修方便。

(3) 保证控制系统安全可靠。

(4) 考虑到生产的发展和工艺的改进,在选择 PLC 容量时,应适当留有余量。

2. 系统设计的基本内容

PLC 控制系统是由 PLC 与用户输入、输出设备连接而成的。因此,PLC 控制系统设计

的基本内容应包括:

(1) PLC 可以构成形式各异的控制系统,如单机控制系统、集中控制系统等。在进行应用系统设计时,要确定系统的构成形式。

(2) 系统运行方式与控制方式。

(3) 选择用户输入设备(按钮、操作开关、限位开关、传感器等)、输出设备(继电器、接触器、信号灯等执行元件)以及由输出设备驱动的控制对象(电动机、电磁阀等)。

3. 系统设计的一般步骤

PLC 应用系统设计的一般步骤如图 1.1 所示。

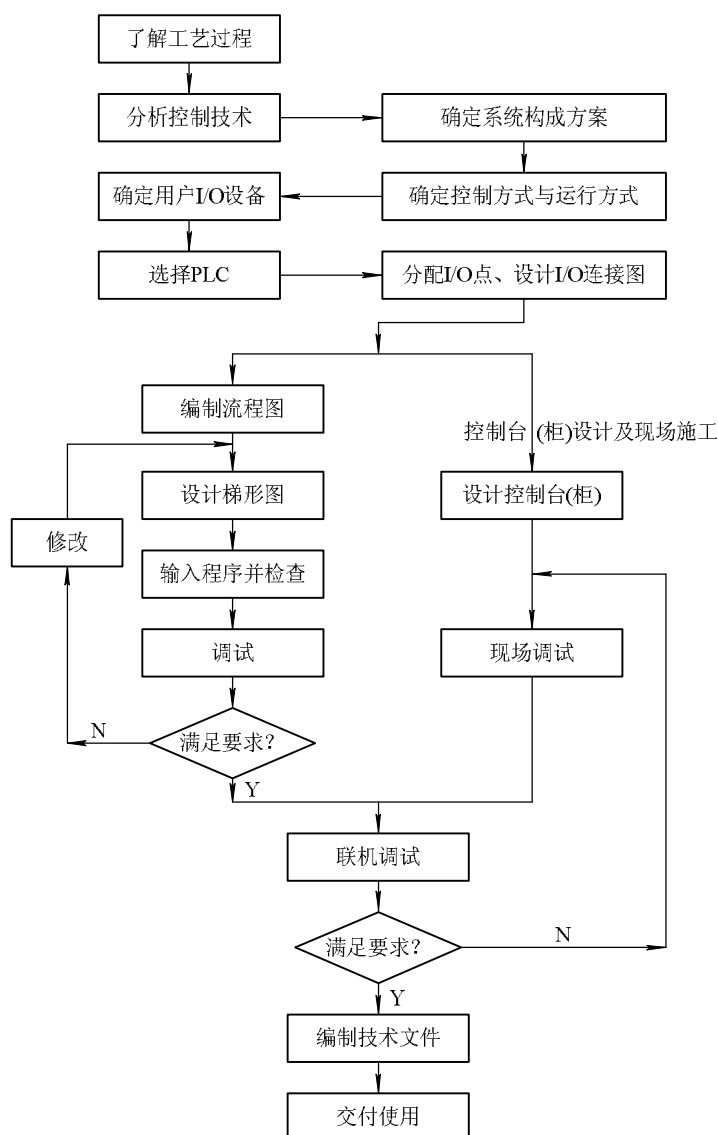


图 1.1 PLC 控制系统设计步骤

- (1) 根据生产的工艺过程分析控制要求。如需要完成的动作(动作顺序、动作条件、必须的保护和连锁等)、操作方式(手动、自动、连续、单周期、单步等)。
- (2) 根据控制系统要求确定系统控制方案。
- (3) 根据系统构成方案和工艺要求确定系统运行方式。
- (4) 根据控制系统要求确定所需的用户输入、输出设备, 据此确定 PLC 的 I/O 点数。
- (5) 选择 PLC 的型号。
- (6) 分配 PLC 的 I/O 点, 设计 I/O 连接图。(这一步骤也可以结合第(2)步进行。)
- (7) 进行 PLC 的程序设计, 同时可以进行控制台(柜)的设计和现场施工。
- (8) 联机调试。如果不满足要求, 再返回修改程序或检查接线, 直到满足要求为止。
- (9) 编制技术文件。
- (10) 交付使用。

总之, 一项 PLC 应用系统设计包括硬件设计和应用软件设计两部分。其中, 硬件设计主要是选型设计和外围电路的常规设计; 应用软件设计是依据控制系统要求和 PLC 指令系统来进行的, 这些内容将在后续章节中介绍。

1.6 PLC 的通信及联网

PLC 的通信包括 PLC 之间、PLC 与上位计算机之间以及 PLC 与其他智能设备间的通信。PLC 系统与通用计算机可以直接或通过通信处理单元、通信转接器相连构成网络, 以实现信息的交换, 并可构成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统, 满足工厂自动化(FA)系统发展的需要, 各 PLC 系统或远程 I/O 模块按功能各自放置在生产现场分散控制, 然后采用网络连接构成集中管理的分布式网络系统。

以西门子公司的 SIMATIC NET 为例, 在其提出的全集成自动化(TIA)的系统概念中, 核心内容包括组态和编程的集成、数据管理的集成以及通信的集成。通信网络是这个系统重要的、关键的组件, 提供了部件和网络间完善的工业通信。

SIMATIC NET 包含了三个主要层次:

AS-I 网——传感器和执行器通信的国际标准, 扫描时间为 5 ms, 传输媒体为未屏蔽的双绞线, 线路长度为 300 m, 最多为 31 个从站。

PROFIBUS——工业现场总线, 用于车间级和现场级的国际标准, 传输率最大为 12 Mb/s, 传输媒体为屏蔽双绞线(最长 9.6 km)或光缆(最长 90 km), 最多可接 127 个从站。

工业以太网——用于区域和单元联网的国际标准, 网络规模可达 1024 站 1.5 km(电气网络)或 200 km(光学网络)。

在这一网络体系中, 尤其值得一提的是 PROFIBUS 现场总线, PROFIBUS 是目前最成功的现场总线之一, 已得到广泛的应用。它是不依赖生产厂家的、开放式的现场总线, 各种各样的自动化设备均可通过同样的接口交换信息。为数众多的生产厂家提供了优质的 PROFIBUS 产品, 用户可以自由地选择最合适的产品。PROFIBUS 已经成为德国国家标准 DIN19245 和欧洲标准 prEN50170, 并在世界上拥有最多的用户。

1.7 PLC 与工业控制计算机(IPC)和 集散控制系统(DCS)的比较

1. 各自技术发展的起源

计算机主要用于快速处理大量数据。硬件结构方面，总线标准化程度高，兼容性强；软件资源丰富，特别是有实时操作系统的支持，故对要求快速、实时性强、模型复杂和计算工作量大的工业对象的控制占有优势。

集散控制系统是从工业自动化仪表控制系统发展而来的，所以其在模拟量处理、回路调节方面具有一定优势，初期主要用在连续过程控制，侧重回路调节功能。

PLC 是由继电器逻辑系统发展而来的，主要用在离散制造和工序控制，初期主要是代替继电器控制系统，侧重于开关量顺序控制方面。

近年来，随着微电子技术、大规模集成电路技术、计算机技术和通信技术等技术的发展，PLC 在技术和功能上发生了飞跃，主要表现在以下几个方面：

(1) 在初期逻辑运算的基础上，增加了数值运算、闭环调节等功能，增加了模拟量和 PID 调节等功能模块；

(2) 运算速度不断提高，其 CPU 的能力赶上了工业控制计算机；

(3) 通信能力的提高发展了多种局部总线和网络(LAN)，因而也可构成一个集散系统；

(4) 个人计算机也被吸收到了 PLC 系统中。

PLC 在过程控制的发展方向上，将是一智能变送器和现场总线，暨向下拓展功能，开放总线。

2. 相同点

在微电子技术发展的背景下，从硬件的角度来看，PLC、工业控制计算机、集散控制系统(DCS)之间的差别正在缩小，都将由类似的一些微电子元件、微处理器、大容量半导体存储器和 I/O 模件组成，编程方面也有很多相同点。

3. 区别点

由于 PLC 和计算机属于两类产品，经过几十年的发展都各自形成了自身的装置特点和软件工具。

PLC 用编程器或计算机编程，编程语言是梯形图、功能块图、顺序功能表图和指令表等。集散控制系统是靠自身或用计算机结构形成组态，构成开发系统环境。

PLC 与 STD 总线工控机相比，虽然在维修、安装和模件功能上都很相似，但是 PLC 更适用于黑模式下运行。在线运行时若要进行较大的程序修改，PLC 的能力略逊于 STD 工控机。从开关量控制而言，PLC 的性能优于 STD 工控机。

总的来说，在选择控制器时，首先要从工程要求、现场环境和经济性等方面考虑。没有什么控制器绝对完善，也没有哪种产品绝对差，只能说选择更适合的产品。

4. 增长趋势比较

PLC、PID、DCS 个人计算机和控制软件的增长趋势见表 1.1。

表 1.1 1995 年五类控制产品的初步统计

名 次	产品类别	销售额(美元)	增长率/%
1	PLC	39 亿(不包括软件) 50 亿(包括软件)	15.9
2	PID	29 亿	14.2
3	DCS	28 亿	5.7
4	个人计算机	15 亿	14.9
5	控制软件	7.8 亿	15.1

自 PLC 问世以来, 经过 30 多年的发展, 在美国、欧洲、日本等工业发达国家已成为重要产业。1987 年世界 PLC 的销售额为 25 亿美元, 此后每年以 20% 左右的速度递增。进入 90 年代以来, 世界 PLC 的年平均销售额在 55 亿美元以上, 其中我国约占 1%。当前, PLC 在国际市场上已成为最受欢迎的工业控制畅销产品, 用 PLC 设计自动控制系统已成为世界潮流。

1.8 PLC 的综合经济分析

综上所述, 在恶劣环境中, 使用 PLC 控制机构设备、生产流水线和生产过程将越来越广泛。但是, 这种新型控制装置在推广使用中尚有一些问题困扰着用户, 主要集中在两个方面: 一是可靠性问题, 二是经济问题。

当然, 用新型控制装置实现老设备改造与生产过程自动化, 提高劳动生产率, 改善企业管理, 这是提高企业经济效益的必要措施, 但如何正确处理这种关系, 本书提供一些数据资料供用户参考。

1. 可靠性问题

据有关资料提供的数据表明: 国外一般中小型 PLC, 如日立、西门子、IBM, 平均无故障时间高达 10 万小时, 即使大型 PLC 平均无故障时间也在 4~5 万小时之间。因此, 制造厂商认为, 其可靠性已不存在问题。所以, 对于日立、西门子、IBM 等产品的资料中, 可靠性不再是一项技术指标。就这一优势而言, 继电器接触器是望尘莫及的。

2. 经济问题

对 PLC 的经济分析, 应从以下几个方面考虑:

(1) 从影响成本的各个因素综合考虑。目前的生产设备控制装置有三种类型: 继电器控制、半导体器件控制和 PLC 控制, 不同控制装置, 其成本不同。

(2) 从设计、生产周期长短考虑。不论是老设备改造, 还是设计新的生产机械设备, 毫无疑问, 生产、设计周期越短越好, 甚至希望边设计、边安装、边调试和边生产, 特别是

产品的更新换代和生产工艺改造,不需改动现有生产设备及其外部接线,就能马上组织生产,这不仅节约了劳动力,而且新产品能尽快投入市场。这无疑给企业增加了活力,提高了经济效益。如果要实现这些要求,继电器或半导体都做不到,而 PLC 则完全可以达到。这是因为若用 PLC 不必改动外部设备接线,只要在软件上作文章就可以了。也就是说,只要改变梯形图,按照新工艺要求重新输入新程序或修改原程序即可。这样,既经济,又简捷,并且可以达到事半功倍的目的。

(3) 众所周知,目前我国 75%的生产机械设备都是采用继电器控制,除了可靠性差外,设计程序也很繁杂。从方案的确立到技术条件的设计以及施工的设计,图面的工作量也很大,这势必造成设计周期长。而采用 PLC 控制可以大大缩短设计周期,甚至有些文件资料也不必绘制成图。设计人员完全可以利用编程器屏幕上的显示来输入,或修改程序使得梯形图能准确无误地反映生产要求。编程人员也可根据新产品对生产提出的新工艺要求,重新编写程序并把它存储在 EEPROM 模块中去,需要加工哪个产品的程序,操作人员可以随时调用,这样,既方便简单,又具有保密性。开发这种软件对优化生产过程,提高产品数量和质量,提高劳动生产率,都具有很强的实际意义,仅此一点就深受生产者及设计者的欢迎。

1.9 常见可编程控制器

PLC 的种类及生产厂家很多,每个厂家都有自己的系列产品。国产 PLC 以小型机为主。常用的国外 PLC 主要机型有西门子系列、AB 公司系列、莫迪康(MODICON)系列、欧姆龙系列等。

1. 西门子系列

西门子(SIEMENS)公司是很早进入中国市场的大公司之一,有 S5、S7 等几个系列的产品。例如, SIMATIC S7 本身就是一个完整的系列,它包括微型 PLC S7-200,小规模范围使用的 S7-300、M7-300 和 C7-620,中高性能的 S7-400 和 M7-400。西门子公司的 PLC 有很强的网络通信能力。

2. AB 公司系列

美国艾伦布拉德利(Allen Bradley)公司的 PLC 在国际市场上占有很大的份额。PLC-5 是 AB 公司的代表性产品之一。AB 公司的 PLC 具有很强的联网通信能力。

3. 莫迪康系列

美国莫迪康(MODICON)是进入我国最早的厂家之一。20 世纪 90 年代后期,莫迪康公司变迁为 AEG 施耐德自动化公司后又推出新型号 QUANTUM 系列。QUANTUM 系列虽然可以认为是 MODICON 的升级与变形,但在软件、通信技术、组态方式上仍然有向前和向后的兼容性。

4. 欧姆龙系列

欧姆龙(OMRON)公司的 PLC 不仅是较早进入我国市场的,而且又是自动化产品设计所采用的产品。其典型产品有小型机 CPM1A、CPM2A,中型机 C200Ha,大型机 C2000H 和 CS1。

5. 三菱系列

日本三菱公司也是较早进入中国市场的大公司，其产品有 Q 系列、Q_nA 系列、A_nS 系列、A 系列，这些均为模块式大型 PLC，最大容量为 8 k 点。

FX₂ 系列为小型 PLC，单元式结构，单机最大容量为 256 点。其中常见机型有 FX_{2c}、FX_{2N}。

1.10 PLC 最新发展状态及趋势

目前 PLC 的发展主要有两个趋势：其一，向体积更小、速度更快、功能更强和价格更低的微小型方向发展；其二，向大型网络化、高可靠性、好的兼容性和多功能方向发展。

(1) 大型网络化。大型网络化主要是朝 DCS 方向发展，使其具有 DCS 系统的一些功能。网络化和通信能力强是 PLC 发展的一个重要方向，向下可将多个 PLC、I/O 框架相连；向上与工业计算机、以太网、MAP 网等相连构成整个工厂的自动化控制系统。

(2) 多功能。随着自调整、步进电机控制、位置控制、伺服控制等模块的出现，使 PLC 控制领域更加宽广。

如西门子公司早在 20 世纪 80 年代就研制出了多回路闭环控制模块、步进电机控制模块、仿真模块和通信处理模块等。1995 年，西门子又成功地开发出了 S7200、S7300 系列，它具有 TD 200 和 COROS OPS 操作模板(OPS)，为用户提供了方便的人机界面，用户程序采用三级口令保护，计算性能强，指令集完善，采用 MPI 接口和通过工业现场总线 PROFIBUS 以及以太网联网的网络能力，内部集成功能强劲，故障诊断功能全面。模块式结构可用于各处性能的扩展，脉冲输出晶闸管步进电机和直流电机。快速的指令处理大大缩短了循环周期，并采用了高速计数器，高速中断处理可以分别响应过程事件，大幅度降低了成本。

(3) 高可靠性。由于控制系统的可靠性日益受到人们的重视，一些公司已将自诊断技术、冗余技术、容错技术广泛应用到现有产品中，推出了高可靠性的冗余系统，并采用热备用、并行工作、多数表决的工作方式。S7400 PLC 即使在恶劣、不稳定的工作环境下，其坚固、全密封的模板依然可以保证其正常工作，在操作运行过程中模板还可热插拔。

习 题 一

1. 简述 PLC 的发展史。
2. PLC 有哪些主要特点？
3. 与一般的计算机控制系统相比，PLC 具有哪些优点？
4. 与继电、接触器控制系统相比，PLC 具有哪些优点？
5. 试说明 PLC 可以应用于哪些领域？
6. 简述 PLC 的定义。
7. 试说明 PLC 控制系统的设计步骤。
8. 简述 PLC 控制系统的设计内容。

第2章 可编程控制器的组成及工作原理

本章知识点:

- : 可编程控制器的组成;
- : 可编程控制器的工作原理;
- : 可编程控制器的硬件系统;
- : 可编程控制器的软件系统;
- : FX₂系列可编程控制器的主要编程元件。

2.1 可编程控制器的工作原理

PLC 在确定了工作任务、装入了专用程序后就成为一种专用机,它采用循环扫描工作方式,系统工作任务的管理及应用程序的执行都是通过循环扫描方式完成的。

1. 分时处理及扫描工作方式

PLC 系统正常工作所要完成的任务有:计算机内部各工作单元的调度、监控;计算机与外部设备间的通信;用户程序所要完成的工作。

这些工作都是分时完成的,每项工作又都包含着许多具体的工作。以用户程序的完成来说,其工作过程又可分为以下三个阶段:

(1) 输入处理阶段,也就是输入采样阶段。在这个阶段中,可编程控制器读入输入接口的状态,并将它们存放在输入状态暂存区中。

(2) 程序执行阶段。在这个阶段中,可编程控制器根据本次读入的输入数据,依用户程序的顺序逐条执行用户指令。执行的结果均存储在输出信号暂存区中。

(3) 输出处理阶段,也叫输出刷新阶段。这是一个程序执行周期的最后阶段。可编程控制器将本次执行用户程序的结果一次性地从输出状态暂存区送到各个输出口,对输出状态进行刷新。

这三个阶段也是分时完成的。为了连续地完成 PLC 所承担的工作,系统必须周而复始地按一定的顺序完成这一系列的具体工作,这种工作方式叫做循环扫描工作方式。PLC 重复执行上述三个阶段,每重复一次的时间称为一个扫描周期。PLC 用户程序执行阶段扫描工作过程如图 2.1 所示。其程序执行的时间长短一般取决于 CPU 的档次和程序的长短。