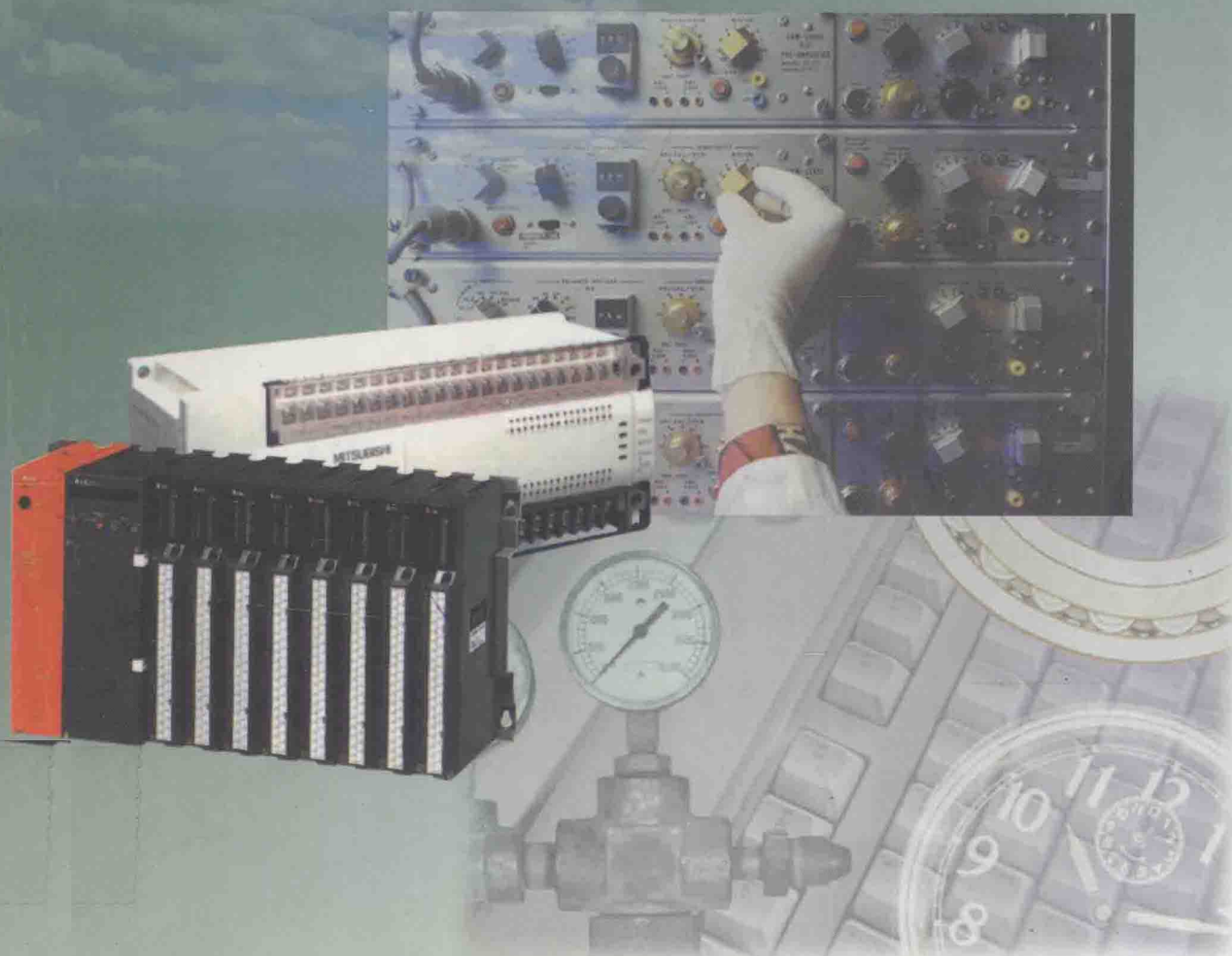


可编程序控制器 (PLC)

原理及应用

—— 三菱FX、A系列

邹金慧 黄宋魏 杨晓洪 编著



云南科技出版社

可编程序控制器（PLC）原理及应用

邹金慧 黄宋魏 杨晓洪 编著

云南科技出版社

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器(PLC)原理及应用/邹金慧,黄宋
魏,杨晓洪编著. —昆明:云南科技出版社,2001.8
ISBN 7-5416-1551-X

I.可... II.①邹...②黄...③杨... III.可编
序控制器—基本知识 IV.TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 055346 号

书 名:可编程序控制器(PLC)原理及应用

Kebian Chengxu Kongzhiqi (PLC) Yuanli Ji Yingyong

作 者:邹金慧 黄宋魏 杨晓洪

出 版 者:云南科技出版社

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼,邮编:650034)

责任编辑:胡 平 孙玮贤

封面设计:杨 峻

印 刷 者:滇黔桂石油勘探局昆明印刷厂

发 行 者:云南科技出版社

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15

字 数:365 千

版 次:2001 年 8 月第 1 版

印 次:2001 年 8 月第 1 次印刷

印 数:0001~1500 册

书 号:ISBN 7-5416-1551-X/TP·50

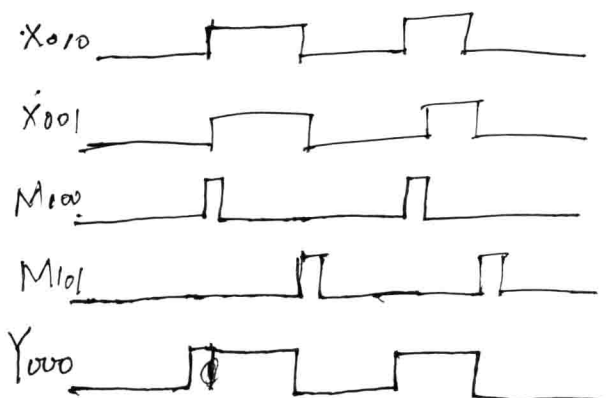
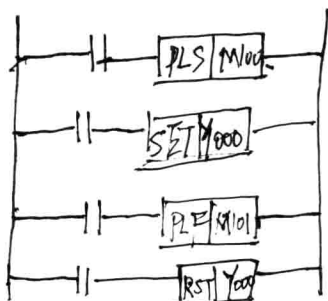
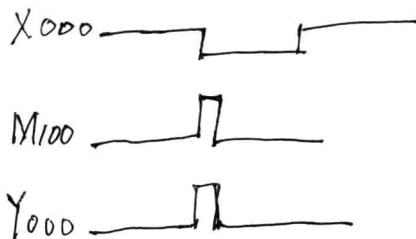
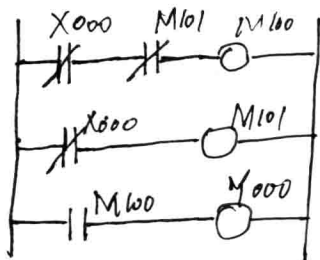
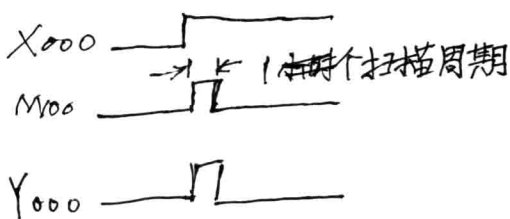
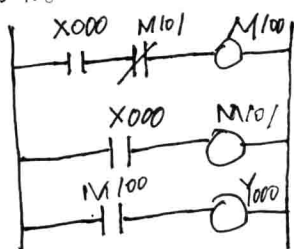
定 价:24.00 元

若发现印装错误请与承印厂联系

内 容 简 介

本书以三菱 FX 系列和 A 系列 PLC 为背景机型，详细介绍了 PLC 的结构组成、功能特点、工作原理、指令系统、编程方法、通信以及在工业控制过程中的应用等内容。此外，还介绍了著名的组态王和 CITECT 监控组态软件，以及 MEDOC 和 GPP 编程软件的使用方法。章末附有习题与思考题。

本书语言通俗易懂、内容新、实例多、实用性强，可作为工科院校、电大、职大的电气技术、电气自动化、机电一体化及其他相关专业的教学用书，也可作为工程技术人员的参考书。



前 言

可编程序控制器（简称 PLC）是近年来发展极为迅速、应用极为广泛的工业控制装置。它将传统的继电器控制技术、自动化技术、计算机控制技术和通信技术融为一体，专门为工业控制而设计，具有可靠性高、功能强、编程简单、使用方便、环境适应性好以及体积小、功耗低等特点。经过 20 多年的发展，PLC 的性能有了极大的提高。现在的 PLC 产品集数据处理、程序控制、参数调节和数据通信功能为一体，可以满足对工业生产进行监视和控制的绝大多数应用场合的需要。

目前，公开发行的 PLC 教材基本上都是 20 世纪 90 年代初期编写的，其内容太陈旧，书中介绍的背景机（大多数为 F1 系列）也早已淘汰，且没有一本书介绍过 PLC 的编程软件和上位监控软件的使用法，学生用此教材学习后，满足不了实际应用的需要。为了使该课程真正学有所用，特编写了这本内容新、实用性强的 PLC 教材。

本书选用了功能强、性能价格比高、使用简单方便、应用广泛的三菱 FX 和 A 系列 PLC 为背景机，详细介绍了其基本指令和应用指令的编程方法，并用实例说明它们在实际控制中的应用。同时还介绍了 PLC 的通信功能、PLC 的 MEDOC 和 GPP 编程工具以及常用的 CTECT 和组态王上位监控组态软件的使用方法。

本书是作者在多年从事 PLC 的教学和科研的基础上编写的。在编写时，收集和参考了大量的技术资料，并结合自己的实际工作经验，按照教材的要求，力求做到由浅入深、通俗易懂、理论联系实际，既便于组织教学，又便于自学。本书既可作为大专院校、电大、职大或函大的工业自动化、电气技术、机电一体化、测控等专业的学生教学用书，也可作为广大工程技术人员的参考用书。

本书的第一、二、四、六章及附录 B 由邹金慧老师编写，第三章和附录 A 由杨晓洪老师编写，第五章由昆明冶金研究院的黄宋魏高级工程师编写，全书由邹金慧老师统稿。

在编写过程中，得到了昆明理工大学教务处的王建良老师、车文华老师和信自学院的张怀宁教授的大力支持和帮助，并承蒙上海菱电公司提供了大量的 PLC 技术资料，在此表示衷心的感谢！

由于编写时间仓促，加之编者水平有限，书中的错误和不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪 论	(1)
§ 1.1 PLC 的产生及发展	(1)
§ 1.2 PLC 的定义	(2)
§ 1.3 PLC 的功能及特点	(3)
§ 1.4 PLC 的分类及性能指标	(6)
§ 1.5 PLC 的应用概况	(8)
习题与思考题	(9)
第二章 PLC 的基本结构与工作原理	(10)
§ 2.1 PLC 的结构及各部分的作用	(10)
§ 2.2 PLC 的等效电路	(25)
§ 2.3 PLC 的编程语言	(28)
§ 2.4 PLC 的基本工作原理	(32)
习题与思考题	(36)
第三章 三菱 FX 系列 PLC 的指令及编程	(37)
§ 3.1 FX 系列 PLC 简介	(37)
§ 3.2 FX2N 系列 PLC 的软元件及地址分配	(42)
§ 3.3 FX2N 系列 PLC 的基本指令及其编程	(54)
§ 3.4 FX2N 系列 PLC 的步进指令及其编程	(60)
§ 3.5 FX2N 系列 PLC 的应用指令	(64)
§ 3.6 FX2N 系列 PLC 的扩展设备	(80)
第四章 三菱 A 系列 PLC 的指令及编程	(84)
§ 4.1 A 系列 PLC 简介	(84)
§ 4.2 A2N 系列 PLC 的软元件	(86)
§ 4.3 A2N 系列 PLC 的 I/O 地址分配	(96)
§ 4.4 A 系列 PLC 的指令结构及数据处理	(99)
§ 4.5 A2N 系列 PLC 的顺控指令	(102)
§ 4.6 A2N 系列 PLC 的基本指令	(113)
§ 4.7 A2N 系列 PLC 的应用指令	(130)
§ 4.8 编程举例	(147)
习题与思考题	(153)
第五章 PLC 在工业过程控制中的设计及应用	(157)
§ 5.1 矩阵键盘设计	(157)
§ 5.2 LED 数码显示器	(160)
§ 5.3 比例积分微分 (PID) 控制	(164)

§ 5.4 FX 系列 PLC 与计算机的通信	(169)
§ 5.5 工业燃煤锅炉自动控制系统	(174)
第六章 常用的监控组态软件和三菱 PLC 编程软件	(184)
§ 6.1 Citect 监控组态软件	(184)
§ 6.2 KingView 组态软件	(193)
§ 6.3 MEDOC 编程软件	(200)
§ 6.4 GPP 编程软件	(204)
习题与思考题	(210)
附录 A FX2N 系列 PLC 的指令一览表	(211)
附录 B A2N 系列 PLC 的指令一览表	(220)
参考文献	(232)

第一章 绪 论

§ 1.1 PLC 的产生及发展

一、PLC 的产生

1968 年,美国通用汽车公司 (GM) 根据生产发展与市场形势的需要,提出新的工业控制装置应当达到以下十项功能指标:

- (1) 编程方便,可在现场修改程序;
- (2) 维护方便,最好采用插件式结构;
- (3) 可靠性高于继电器控制柜;
- (4) 体积小于继电器控制柜;
- (5) 数据可直接送入管理计算机;
- (6) 在成本上可与继电器控制柜竞争;
- (7) 输入可以为交流 115V;
- (8) 输出为交流 115V、2A 以上,能直接驱动电磁阀、接触器等;
- (9) 在扩展时,原系统变更最少;
- (10) 用户存储器大于 4K。

当时的目的是要设计一种新型的工业控制装置以取代继电器柜,在保留继电器控制系统的操作方便、简单易懂、价格便宜等优点的基础上,增加具有现代化生产所要求的响应时间快、控制精度高、可靠性好、控制程序可随工艺的改变而灵活修改、易与计算机进行通信、便于维护等优点。1969 年,著名的美国数字设备公司 (DEC) 根据 GM 公司的功能指标要求,研制出了这种新的工业控制装置,并在 GM 公司的一条汽车自动装配生产线上首次运行获得成功。由于这种新的工业控制装置可以通过编程的方式来改变控制方案,而且是专门用于逻辑控制,于是称这种新的工业控制装置为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller),简称 PLC,这就是世界上第一台 PLC,其型号为 PDP-4。从此就开创了 PLC 的新纪元。

1971 年,日本从美国引进了这项新技术,很快研制出日本的第一台 PLC;1973 年,西欧国家也开始生产 PLC;1974 年,我国也开始研制,并于 1977 年开始应用于工业控制。

二、PLC 的发展史

从 1969 年美国数字设备公司设计成功第一台 PLC 到现在,PLC 的发展大体经历了以下四个阶段:

第一阶段 (1969~1973 年):为 PLC 的发展初期。这一阶段大多采用一位机开发,用磁芯存储器存储,PLC 的主要功能是逻辑运算、计时、计数和顺序控制。其可靠性和灵活

性均比继电逻辑控制有较大提高。

第二阶段（1974~1977年）：为 PLC 的发展中期。采用了 8 位微处理器，并用半导体存储器存储，其可靠性、灵活性和扫描速度都比第一阶段有了进一步提高，在功能上，又增加了算术运算、PID 调节、模拟量模块、数据处理、自诊断和通讯等功能，其产品开始系列化。

第三阶段（1978~1983 年）：PLC 进入成熟期。在结构上，采用了多微处理器，以减轻主机的负担，使扫描速度大大提高。在规模上，向小型、超小型和大型两极方向发展，其功能也向多功能和网络通信方向发展。

第四阶段（1984 年至现在）：全面采用 16 位、32 位高性能微处理器和高性能位片式 CPU，且生产出内含微处理器的各种智能模块，使得这一阶段的 PLC 成为同时具有逻辑控制、过程控制、运动控制、数据处理和联网通信等多种功能的控制器。

随着微电子技术、计算机技术、网络通信技术和容错技术等的高速发展，使得 PLC 的控制和网络通信功能不断增强、功耗和成本不断下降、可靠性和处理速度不断提高、编程和故障检测更加灵活方便。如今，PLC 已成为实现现代工业自动化的一大支柱。

§ 1.2 PLC 的定义

PLC 是 20 世纪 60 年代末在继电器控制和计算机控制的基础上发展起来的。早期的 PLC 是为了取代传统的继电器控制线路，在设计上，采用存储程序指令的方法来完成顺序控制，其功能也只有逻辑运算、计时、计数等逻辑控制功能，因此将可编程控制器称为可编程逻辑控制器即 PLC。

随着微电子技术的发展，PLC 采用微处理器来作为其中央处理单元（CPU），从而扩大了控制器的功能，它不仅能实现继电器所具有的逻辑判断、计时、计数等顺序控制功能，同时还具有了执行算术运算、对模拟量进行控制等功能。因此，美国电气制造商协会 NEMA（National Electrical Manufacturers Association）经过 4 年的调查，于 1980 年将它正式命名为可编程控制器（Programmable Controller），简称 PC。然而，PC 这一名词在我国早已成为个人计算机（Personal Computer）的代名词，为了不造成混淆，在我国仍用 PLC 表示可编程控制器，但这绝不意味着 PLC 只具有逻辑控制功能。

国际电工委员会（IEC）于 1982 年 11 月颁布了 PLC 标准草案第一稿，1985 年 1 月发表了第二稿，1987 年 2 月又发表了第三稿，该草案对 PLC 作了如下定义：

“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。它采用可编程的存储器，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面向用户的指令，并能通过数字或模拟输入输出模块，控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外部设备，都按易于与工业控制系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

定义强调 PLC 是一种“数字运算操作的电子系统”，说明 PLC 也是一种计算机，是一种抗干扰能力很强的、能直接应用于各种工业环境的专用工业计算机。这种工业计算机采用“面向用户的指令”，因此编程简单方便，除能完成“逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算操作”外，还能通过“数字或模拟输入输出模块”控制各种生产过程，并且

非常易于“扩充”、易于与“工业控制系统联成一个整体”，形成一个强大的网络系统。

§ 1.3 PLC 的功能及特点

一、PLC 的主要功能

随着自动化技术、计算机技术及网络通信技术的迅猛发展，使 PLC 的功能日益增多。它不仅能实现单机控制，而且能实现多机群控制；不仅能实现逻辑控制，还能实现过程控制、运动控制和数据处理等。其主要功能如下：

1. 基本控制功能

PLC 提供了与、或、非等各种逻辑指令，可实现继电器触点的串联、并联和串并联等各种联接的开关量控制。

PLC 提供的定时、计数指令，可实现定时、计数功能，其定时值和计数值既可由用户在编程时设定，也可用数字拨盘开关来设定，其值可进行在线修改，操作十分方便灵活。

2. 步进控制功能

PLC 提供了专门用于步进控制的步进指令，编程使用极为方便。所谓步进控制，就是在多工步控制中，按照一定顺序分步动作，即上一个工序完成后，再进行下一步工序。

3. 模拟控制功能

PLC 提供了各种智能模块，如模拟输入模块、模拟输出模块、模拟输入输出模块、热电阻用模拟输入模块、热电偶用模拟输入模块等，通过使用这些模拟输入输出模块，可实现温度、流量、压力、速度、位移等模拟量的控制。

4. 定位控制功能

如今，定位控制是 PLC 不可缺少的控制之一。PLC 提供了高速计数模块、定位模块、脉冲输出模块等智能模块，以实现各种要求的定位控制。

5. 网络通信功能

通过 RS232C 接口可与各种 RS232C 设备进行通信，如可与个人计算机、打印机、条码读出器等具有 RS232C 接口的外部设备相连；通过 RS422 接口可与数据存取单元（DU）、人机界面（GOT）相连；通过 RS485 通讯适配器和机能扩充板，可用计算机作主站，PLC 作为就地控制站，形成一个 PLC 网络系统，对 PLC 进行集中监视管理，从而对整个生产线，乃至整个工厂进行监控。

6. 自诊断功能

PLC 本身具有较强的自诊断功能，保证在 CPU、RAM、I/O 总线等核心硬件都正常的情况下，执行用户控制程序。一旦出现故障，立即给出出错信息，并采取相应的处理措施（如自动切换到后备状态或手动工作状态等）。为了提高 PLC 的可靠性，在硬件上，采取了屏蔽、滤波、隔离、电源保护以及模块式结构等措施；在软件上，采取了定期进行故障检测，注意对出现偶发性故障时的信息保护和恢复，加强对程序的校验和死循环的检查以及对程序和动态数据的电池后备等措施。

7. 显示监控功能

借助于编程器或数据设定单元，可直观地显示有关部分的运行状态，并可方便地调整

定时器、计数器的设定值，为调试和维护提供了方便。

二、PLC 的特点

1. PLC 与继电器控制系统相比，具有以下特点

(1) 通用性好，接线简单，通过选配相应的模块便可适用于各种工业控制系统。

继电器控制系统是针对各种控制要求专门设计的，只要控制要求改变，其接线就要跟着改变，因而其专用性强、通用性差。而 PLC 是专为工业控制而设计的，通过选配相应的模块便可适用于各种不同的工业控制系统。当生产工艺改变或生产设备更新时，不必改变 PLC 的硬件，只要修改用户程序即可满足控制要求。另外，PLC 的接线十分简单方便，只需将输入信号的设备（如按钮、开关等）与 PLC 的输入端子相连，将接受控制任务的执行元件（比如接触器、电磁阀等）与 PLC 的输出端子相连。

(2) 功能强。

要实现一个复杂的控制功能，继电器控制系统需要使用很多的继电器，而 PLC 用程序即可实现任意复杂的控制功能。现代 PLC 除具有逻辑控制功能外，还具有模拟量控制、顺序控制、位置控制、高速计数以及网络通信等功能。

(3) 可靠性高。

PLC 是以面向用户、面向现场的需要而设计的，其大量的开关动作是由无触点的电子电路来完成的，大部分继电器和复杂的连线都被软件所取代，因而可靠性高，寿命长。而在继电器控制系统中，由于使用了大量的机械触点，连线复杂，触点在开闭时易受电弧的损害，因而继电器控制易受触点寿命和接触不良的限制。

(4) 定时准确、定时范围宽。

PLC 内部提供了许多定时器（或称“计时器”）和计数器软元件，通过不同的连接，可以实现任意范围的时间定时，且定时准确。而继电器控制系统中的定时器是靠硬件设备来实现的，其定时范围和定时的准确性均受到了很大的限制。

(5) 体积小、耗电少、价格便宜。

在体积上，PLC 是继电器控制系统的 1/5，比如，一台收录机大小的 PLC 具有相当于 3 个 1.8 米高的继电器控制柜的功能；在耗电方面，一般比同样功能的继电器控制系统节电 50% 以上；在价格上，当控制系统中的继电器个数大于 10 时，用 PLC 控制较经济。随着科技的发展，PLC 正在向小型化和微型化方向发展，以适应简单控制，从而更广泛地取代继电器控制系统。

(6) 编程和接线可同步进行。

用继电器控制完成一项控制工程，必须首先按工艺要求画出电气原理图，然后再画出继电器控制柜（屏）的布置和接线图等图纸提供定货，其设计、安装、装配、接线和试验等工作所需要的时间长，若以后要修改十分不便。而对于 PLC 控制系统，由于采用软件编程取代继电器硬接线实现控制功能，即使是一个非常复杂的控制，也很容易通过编程来实现，且能事先进行模拟调试，极大地减轻了繁重的现场安装接线工作。另外，由于 PLC 控制系统的硬件可按控制系统的性能、输入输出点数和内存容量的大小等来选配，使系统的设计、编程和现场接线可同时进行，因而极大地缩短了开发时间，提高了工作效率。

(7) 扩展灵活、维修方便。

PLC 产品提供了各种不同功能和不同规格的模块，可根据控制系统的需要，灵活地扩展系统的输入输出点数和内存容量的大小。而要扩充或改装继电器控制系统，都必须进行重新设计、重新配置，十分不便。

由于 PLC 具有自诊断功能，能检测出自身的故障，并随时显示给操作人员，使操作人员能迅速方便地检查和判断故障，且接线少，维修时，只需根据故障的大小和性质，要么整体更换，要么更换部分模块，非常方便。而要定期检查和更换超过寿命的继电器却相当麻烦。

当然，与继电器控制系统相比，PLC 也存在一定的缺点。比如，对于简单控制系统，用 PLC 控制，其价格仍然偏贵。另外，使用中、高档 PLC，其技术比继电器控制难，它要求使用者具有一定的计算机知识。

2. PLC 与其他计算机控制装置相比，具有以下特点

(1) 编程语言简单、易掌握。

PLC 最常用的语言是面向控制的梯形图语言。它采用了与实际电路接线图非常接近的图形编程方式，既继承了传统的继电器控制线路的清晰直观，又考虑到大多数工矿企业电气技术人员的读图习惯，易学易用，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即可在短时间内学会。这种面向生产、面向问题的编程方式，与计算机控制中使用的高级语言、汇编语言和机器语言相比，更容易被操作人员所接受。此外，PLC 还可采用指令表、控制系统流程图或逻辑表达式等语言编程。

而在计算机控制中，使用的是高级语言、汇编语言或机器语言进行编程，学习掌握的时间长，工作量大、编制软件的周期长。用高级语言编程，其执行速度慢；用汇编语言或机器语言编程，其难度大、纠错难、用户不易掌握；当系统进行扩充或变更时，其软件的相应变更困难，并且需要离线变更，影响开工生产。

(2) 抗干扰能力强、可靠性高。

PLC 是专门为在恶劣的工业环境下使用而设计的，具有很强的抗干扰能力。在硬件的设计和制造上，采用了电磁屏蔽、滤波、光电隔离等一系列抗干扰措施，例如，输入输出电路都采用了光电隔离措施，做到电浮空，有效地隔离了 PLC 内部电路与输入、输出之间电的联系，从而避免了输入、输出部分窜入的干扰信号而引起的故障和误动作；供电系统和输入输出线路除采用各种模拟滤波外，还加上数字滤波，以消除或抑制高频干扰；对电源变压器、CPU、编程器等主要部件，采用导电、导磁良好的材料进行屏蔽，有效地防止了外界电磁的干扰。在软件上，PLC 采用了故障检测、信息保护和恢复、设置警戒时钟、加强对程序的检查和校验、对程序和动态数据进行电池后备等措施，进一步提高其可靠性和抗干扰能力。一般 PLC 允许环境温度为 60°C ，允许环境湿度为 $15\% \sim 85\%$ （无结露），PLC 还具有抗振荡、抗噪音、抗射频等能力，因而可靠性极高。

而计算机的抗干扰能力较差，工业现场的电磁干扰、电源波动、机械振动、温度和湿度等的变化，都可能使一般的计算机控制系统不能正常工作。

(3) 输入输出接口电路已设计好，输出驱动能力强。

PLC 是一种为适应工业控制环境而设计的专用计算机，其输入输出接口已做好，使用时，可与控制现场的用户设备直接相连。输入接口可与现场的各种开关和传感器相连，输出接口具有较强的驱动能力，可以直接与继电器、接触器、电磁阀等连接，使用非常方便。

若用其他计算机装置作为某一设备的控制器，还要根据实际需要考虑抗干扰问题和输入输出硬件接口电路的设计，以适应设备控制的专门需要。比如，个人计算机虽然有很强的数据处理能力，但它对环境的要求很高，抗干扰能力较弱，一般不适合用于工业现场，若用于控制，还需要附加专用的 I/O 接口电路。同样，若将单片机用于工业控制，也要附加一些配套的集成电路和 I/O 接口电路，而且用户还必须完成大量的硬件设计和制作工作，才能与控制现场连接起来，维护、调试十分不便。

(4) 采用模块结构、组态灵活、性价比高。

PLC 为一般的模块结构，且模块的种类多、各种配件齐全，使用时，可由各种模块灵活组合成各种大小和要求不同的控制系统，实现最佳的性能价格比。而计算机控制，设计人员不但要设计软件，而且还要设计硬件，调试困难，设计开发的周期长。

(5) 对电源的要求不高，允许波动的范围较宽。

PLC 对供电电源的要求不是很高，一般情况下，允许电压正负波动 15%，频率波动范围为 47~63Hz。而计算机对供电电源的要求比较严格，一般要求使用交流稳压电源或直流稳压电源，且要求电源电压波动范围在正负 5% 以内，频率要求 (50 ± 0.2) Hz。

当然，PLC 与计算机相比也有不足的地方，比如，数据处理和运算功能还不如计算机强；运算速度较计算机慢，输出对输入的响应存在滞后。

值得一提的是，随着 PLC 功能的不断增强，越来越多地采用了计算机技术；同时计算机也为了适应用户的需要，向提高可靠性、耐用性与便于维修等方面发展，两者相互渗透，使 PLC 与计算机的差异越来越少，两者之间的界线越来越模糊。今后 PLC 与计算机将继续共存。在一个控制系统中，使 PLC 集中在功能控制上，使计算机集中在信息处理上，两者相辅相成，共同发展。

§ 1.4 PLC 的分类及性能指标

一、PLC 的分类

目前，PLC 的品种繁多，各种产品的型号、规格及性能也不相同，通常只能按照其结构形式和 I/O 点数及内存容量的大小来大致分类。

1. 按照结构形式分为以下两类

(1) 整体式。

整体式又叫单元式或箱体式，它将 PLC 的 CPU 板、输入板、输出板、电源板都集中装在一个箱状机壳里，形成一个整体。这种结构的 PLC 具有体积小、重量轻、结构紧凑、成本低、安装方便等优点。小型 PLC 一般采用整体式结构，例如三菱 F1、F2 系列小型机。整体式 PLC 由不同输入/输出 (I/O) 点数的基本单元和扩展单元组成。基本单元内有 CPU 板、输入板、输出板和电源板，扩展单元内只有输入板、输出板、电源板。基本单元和扩展单元之间用扁平电缆连接。各单元的输入点数与输出点数的比例一般是固定的 (如 3:2)。有的 PLC 有全输入型和全输出型的扩展单元。选择不同的基本单元和扩展单元，可以满足不同用户的要求。此外，整体式 PLC 一般还配有许多专用的特殊功能单元，如模拟量 I/O 单元、位置控制单元等，使 PLC 的功能得到扩展。但由于输入输出点数固定，因

而扩展不够灵活，维修也不方便。

需要指出的是，随着技术的发展和市场的需要，小型 PLC 也开始吸收模块式 PLC 的结构特点，将各种不同点数的 PLC 都做成同宽同高不同长度的模块，以满足不同用户的需求。例如三菱 FX2 系列就是采用这种结构。

(2) 模块式。

模块式 PLC 将 CPU、输入、输出、电源等各个单元做成独立的、尺寸统一的模块，使用时，通过一个机架将它们组合起来，如图 1-1 所示，因此模块式 PLC 又称为积木式 PLC。

这种结构的特点是 PLC 的 CPU、输入、输出、电源等均为独立的模块，因此配置非常灵活，可以根据不同系统规模选用不同档次的 CPU、各种输入输出模块和特殊功能模块，这对输入输出点数很多的系统选型、安装调试、扩展、维修等都非常方便。目前，大多数系统都采用这种结构的 PLC。

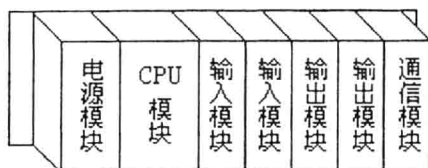


图 1-1 模块式 PLC 结构示意图

2. 按 I/O 点数及存储器容量分为以下三类

(1) 小型 PLC：I/O 点数不超过 128 点，存储器容量小于 4K 字节。

这种 PLC 带有简易编程器，适用于中小容量的开关量控制，一般可取代 4~60 个继电器，具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制、通信等功能。由于小型 PLC 与被控装置直接相连，因而要求它具有较高的环境适应能力和高可靠性，并且价格十分便宜。

(2) 中型 PLC：I/O 点数为 129~512 点，存储器容量为 4~16K 字节。

中型 PLC 除具有小型 PLC 的功能外，还增加了数据处理能力，适用于小容量综合控制系统。

(3) 大型 PLC：I/O 点数超过 512 点，存储器容量大于 16K 字节。

大型 PLC 除具有中、小型 PLC 的功能外，还增加了编程终端的处理能力和通信能力，适用于多级自动控制和大型分散控制系统。

值得注意的是：PLC 的大、中、小型的划分并无严格的界线，多数 PLC 的 I/O 接口和存储器容量都有扩展能力，用户可根据需要配置自己的系统。

二、PLC 的性能指标

PLC 的性能通常用硬件指标和软件指标来描述。其中硬件指标主要包括环境温度、环境湿度、抗振、抗冲击、抗噪声干扰、耐压、接地要求和使用环境等。由于 PLC 是专门为适应恶劣的工业环境而设计的，因此 PLC 一般都能满足以上硬件指标的要求。

PLC 的软件指标通常用以下几项来描述：

(1) 编程语言：不同机型的 PLC，具有不同的编程语言。常用的编程语言有梯形图、指令表、控制系统流程图三种。

(2) 用户存储器容量和类型：用户存储器用来存储用户通过编程器输入的程序。其存储容量通常以字或步为单位计算，比如，FX2 的存储容量为 2K 步。常用的用户程序存储器类型有 RAM、EEPROM、EPROM 三种。

(3) I/O 总数: PLC 有开关量和模拟量两种输入、输出。对开关量 I/O 总数, 通常用最大 I/O 点数表示; 对模拟量 I/O 总数, 通常用最大 I/O 通道数表示。

(4) 指令数: 用来表示 PLC 的功能。一般指令数越多, 其功能越强。

(5) 软元件的种类和点数: 指辅助继电器、定时器、计数器、状态、数据寄存器和各种特殊继电器等。

(6) 扫描速度: 以“ms/K 字”或“ μs /步”表示。例如 $0.74\mu\text{s}$ /步表示扫描一步用户程序所需的时间为 $0.74\mu\text{s}$ 。PLC 的扫描速度越快, 其输出对输入的响应越快。

(7) 其他指标: 如 PLC 的运行方式、输入/输出方式、自诊断功能、通信联网功能、远程监控等。

§ 1.5 PLC 的应用概况

在 PLC 的发展初期, 由于其价格较高以及其功能还主要是逻辑控制, 使得其应用受到限制。随着微电子技术、自动化技术、计算机技术和通信技术的迅速发展, 使得 PLC 的成本大幅度下降, 功能不断增加, 应用日益广泛。目前, 它在国内外已广泛应用于钢铁、冶金、化工、轻工、食品、电力、机械、交通运输、汽车制造、建筑、环保、公用事业等各行各业。

PLC 按其不同的控制类型, 已成功应用于以下几个方面:

一、开关量逻辑控制

这是 PLC 最广泛的应用领域, 也是 PLC 最基本的控制功能, 可用来取代继电器控制。它既可用于单台设备的控制, 也可用于多机群控制和自动化生产线的控制。比如, 香烟包装生产线、采矿的皮带运输机、汽车装配生产线、电镀流水线、冰箱生产线、电梯控制以及组合机床的电气控制等等。

二、慢连续量的过程控制

慢连续量的过程控制是指对温度、压力、流量和速度等慢连续变化的模拟量的闭环控制。PLC 通过模拟量输入输出模块, 实现 A/D 和 D/A 的转换, 并通过专用的智能 PID 模块实现对模拟量的闭环控制, 使被控变量保持为设定值。PLC 的这一功能已广泛应用在电力、冶金、化工、轻工、机械等行业。例如, 锅炉控制、加热炉控制、磨矿分级过程控制、水处理控制、酿酒控制等。

三、快连续量的运动控制

PLC 提供了拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块, 通过这些模块可实现直线运动或圆周运动的控制。如今, 运动控制已是 PLC 不可缺少的功能之一, 它已广泛应用于各种机械, 例如机器人、金属成形机械、装配机械等。

四、数据处理

PLC 提供了各种数学运算、数据传送、数据转换、数据排序以及位操作等功能, 可以

实现数据的采集、分析和处理。这些数据可通过通信系统传送到其他智能设备，也可利用它们与存储器中的参考值进行比较，或利用它们制作各种要求的报表。数据处理功能一般用于造纸、冶金、食品、柔性制造等行业中的一些大型控制系统。

五、通信

PLC 的通信主要有以下四种情况：

(1) PLC 之间的通信：PLC 之间可一对一通信，也可在多达几十甚至几百台 PLC 之间进行通信。既可在同型号 PLC 之间进行通信，也可在不同型号的 PLC 之间进行通信。例如可以将三菱 FX 系列 PLC 作为三菱 A 系列 PLC 的就地控制站，从而可简单地实现生产过程的分散控制和集中管理。

(2) PLC 与各种智能控制设备之间的通信：PLC 可与条形码读出器、打印机以及其他远程 I/O 智能控制设备进行通信，形成一个功能强大的控制网络。

(3) PLC 与上位计算机之间的通信：可用计算机进行编程，或对 PLC 进行监控和管理。通常情况下，采用多台 PLC 实现分散控制，由一台上位计算机进行集中管理，这样的系统称为分布式控制系统。

(4) PLC 与 PLC 的数据存取单元进行通信：PLC 提供了各种型号不一的数据存取单元，通过此数据存取单元可方便地对设定数据进行修改、对各监控点的数据或图形变化进行监控、还可对 PLC 出现的故障进行诊断等。

近几年来，随着计算机控制技术和通信网络技术的发展，已兴起工厂自动化 (FA) 网络系统。PLC 的联网、通信功能正适应了智能化工厂发展的需要，它可使工业控制从点到线再到面，使设备级的控制、生产线的控制和工厂管理层的控制连成一个整体，从而创造更高的效益。

PLC 的应用领域越来越广泛，几乎可以说凡是有控制系统存在的地方都需要 PLC。在发达国家，PLC 已广泛应用于所有的工业部门，随着 PLC 性能价格比的不断提高，PLC 的应用范围将不断扩大。

习题与思考题

- 1-1 简述 PLC 的产生及发展过程。
- 1-2 PLC 是如何定义的？
- 1-3 PLC 的功能主要有哪些？
- 1-4 PLC 控制与继电器控制相比，主要有哪些特点？
- 1-5 PLC 控制与计算机控制相比，主要有哪些特点？
- 1-6 PLC 主要有哪些性能指标？
- 1-7 按照结构形式的不同，PLC 分为几类？每一类的特点是什么？
- 1-8 试举例说明 PLC 主要用在哪些场合？
- 1-9 PLC 今后的发展方向是什么？

第二章 PLC 的基本结构与工作原理

§ 2.1 PLC 的结构及各部分的作用

PLC 是一种以微处理器为核心，综合了计算机技术、半导体存储技术和自动控制技术的新型工业控制器，是一种专门用于工业控制的计算机，其结构与计算机基本相同，由中央处理单元（CPU 模块）、存储器、输入/输出（I/O）模块、电源模块、通信模块、编程器等部分组成。如图 2-1 所示。

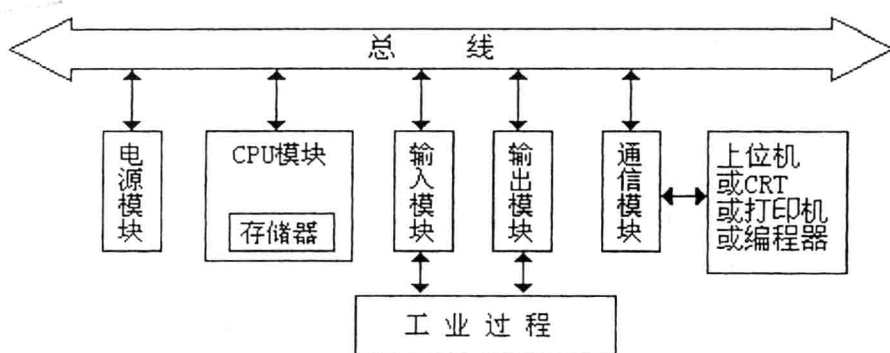


图 2-1 PLC 的硬件结构框图

一、CPU 模块

CPU 是 PLC 的核心部件，相当于人的大脑，是 PLC 的运算、控制中心，用来实现逻辑、算术等各种运算，并对整机进行控制。它按照系统程序所赋予的功能主要完成以下任务：

- (1) 用扫描的方式，将现场输入设备的状态或数据分别读入到输入映像寄存器或数据寄存器中；
- (2) 逐条读入和解释用户程序，产生相应的控制信号去控制有关的电路，完成数据的存取、传送和处理工作，并根据运算结果更新有关寄存器的内容；
- (3) 将输出映像寄存器的内容送给输出模块，去控制外部负载；
- (4) 执行系统的诊断程序，诊断电源、PLC 内部电路的工作状态以及编程过程中的语法错误等；
- (5) 与外部设备或计算机进行通信。

PLC 常用的 CPU 主要有通用微处理器、单片机或双极型位片式微处理器。