

机电系统

PLC控制技术

张广明 李果 朱炜◎编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

机电系统 PLC 控制技术

张广明 李果 朱炜 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书旨在介绍 PLC 控制技术及其在机电控制系统中的应用。全书以主流产品西门子 S7 系列为基础,系统地讲述了 PLC 的基本组成、工作原理、设计开发及实际应用等方面的内容,重点突出在机电控制系统中的应用。内容包括:绪论;PLC 的组成、工作原理及技术指标;PLC 的基本指令及步进控制指令;PLC 程序设计;PLC 功能指令;PLC 的通信及网络;PLC 在机电系统中的应用。

本书图文并茂,深入浅出,注重理论性、实践性和实用性相结合,突出与应用技术相关的内容,包含了大量的应用实例。可作为机电专业工程技术人员参考用书,也可供高等院校机电、自动化、仪表专业及相近专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机电系统 PLC 控制技术/张广明,李果,朱炜编著.北京:
国防工业出版社,2009.4
ISBN 978-7-118-06233-5

I. 机... II. ①张...②李...③朱... III. 可编程序
控制器—应用—机电系统:自动控制系统 IV. TH—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 028928 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)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17¼ 字数 397 千字

2009 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 29.00 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

随着微处理器技术、通信技术、自动化技术等领域的发展,可编程控制器(PLC)技术已日臻成熟。它以速度快、性能好、可靠性高的特点在工业控制领域得到广泛的应用。在工业领域中,机电设备占有十分重要的地位。机电设备的电气控制系统日趋复杂,功能更加完善,成为机电设备中的关键部分。由 PLC 为主组成的控制系统代表着当前机电设备电气控制的先进水平,发展迅速,前景广阔。

本书以主流产品西门子 S7 系列为基础,系统地介绍 PLC 控制技术及其在机电控制系统中的应用。全书共分 7 章:第 1 章绪论,概要地介绍了 PLC 的基本概念、特点、分类及其应用领域;第 2 章介绍了 PLC 的组成和工作原理,并结合西门子典型产品 S7-200 介绍了 PLC 的主要功能模块和技术指标;第 3 章介绍了 PLC 的基本指令和步进控制指令;第 4 章介绍了 PLC 程序设计基础,并对 STEP 7-Micro/WIN 开发环境和编程技术作了介绍;第 5 章介绍了 PLC 功能指令;第 6 章介绍了 PLC 的通信及网络的基础、结构;第 7 章重点介绍了 PLC 在机电控制系统中的应用。

本书由张广明负责统稿并担任主编。其中,第 1 章与第 2 章由张广明编写;第 4 章~第 6 章由李果编写;第 3 章与第 7 章由张广明、朱炜编写。南京工业大学袁启昌教授审阅了全书,并提出了许多宝贵意见和建议。在本书的编写过程中,参考了国内外多种关于 PLC 方面的著作、教材和文献资料,在此谨向有关作者表示衷心感谢!同时,本书的编写过程中得到了南京工业大学林锦国教授、申德昌高级工程师的大力支持,在此一并表示诚挚的谢意!

由于编者知识水平有限,对 PLC 技术的研究和开发有待进一步深入,加之 PLC 技术的快速发展,书中错误和不足之处在所难免,恳请同行和读者批评指正。

编 者

2008 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 逻辑与可编程控制的基本概念	1
1.1.1 逻辑与可编程控制技术的概念	1
1.1.2 逻辑控制的特点和控制要素	2
1.2 可编程控制器	3
1.2.1 程序控制器的概念	3
1.2.2 程序控制器的分类	3
1.2.3 PLC 的产生	4
1.2.4 PLC 的分类	5
1.3 PLC 的发展与应用	6
1.3.1 PLC 的发展概况	6
1.3.2 PLC 的主要特点	7
1.3.3 PLC 的主要应用领域	8
1.3.4 PLC 的发展趋势	9
第 2 章 PLC 的组成、工作原理及技术指标	11
2.1 PLC 的组成	11
2.1.1 PLC 的基本结构	11
2.1.2 PLC 各组成部分的作用	11
2.2 PLC 的工作原理	20
2.3 S7-200 的技术指标	28
2.3.1 S7-200 系列	28
2.3.2 S7-200 CPU 模块	29
2.3.3 S7-200 接口模块	34
2.3.4 S7-200 安装	38
2.3.5 本机 I/O 与扩展 I/O 的地址分配	40
2.3.6 S7-200 的外部接线与电源的选择	41
2.4 S7-200 的内部元器件	43
2.4.1 数据的存取方式	43
2.4.2 CPU 的存储区	44

第3章 PLC的基本指令及步进控制指令	52
3.1 PLC逻辑指令	52
3.1.1 位逻辑指令	52
3.1.2 线圈	54
3.1.3 逻辑堆栈指令	55
3.1.4 定时器	56
3.1.5 计数器指令	60
3.1.6 比较指令	63
3.2 程序控制指令	64
3.2.1 条件结束指令	64
3.2.2 停止指令	64
3.2.3 看门狗复位指令	65
3.2.4 跳转指令	65
3.2.5 子程序指令	65
3.2.6 中断指令	69
3.3 PLC逻辑指令应用示例	69
3.3.1 电动机的启动与停止控制	69
3.3.2 电动机的正、反转控制	70
3.3.3 报警电路	70
3.3.4 长延时电路	71
3.4 功能图及顺序控制指令	72
3.4.1 功能图及顺序控制指令简介	72
3.4.2 功能图主要类型	75
3.4.3 顺序控制指令示例	76
第4章 PLC程序设计	80
4.1 程序的基本单元	80
4.1.1 程序构成概述	80
4.1.2 主程序、子程序和中断程序	80
4.1.3 程序的其他块	81
4.2 STEP 7-Micro/WIN 开发环境	81
4.2.1 STEP 7 编程软件概述	81
4.2.2 STEP 7 软件安装	82
4.2.3 STEP 7 软件主要功能	83
4.3 STEP 7-Micro/WIN 编程	87
4.3.1 程序来源	87

4.3.2	编辑程序	88
4.3.3	调试程序和程序监控	92
第 5 章	功能指令	95
5.1	功能指令概述	95
5.2	四则运算指令及加 1/减 1 指令	95
5.2.1	四则运算指令	95
5.2.2	加 1/减 1 指令	99
5.3	PID 指令	100
5.3.1	PID 指令概述	100
5.3.2	PID 算法简介	101
5.3.3	选择回路控制的类型	103
5.3.4	转换和标准化回路输入	103
5.3.5	将回路输出转换为整数值	104
5.3.6	回路的正作用与反作用	104
5.3.7	变量和范围	104
5.3.8	PID 控制模式的设置	105
5.3.9	报警检查和特殊操作	106
5.3.10	错误条件	106
5.3.11	PID 指令循环表	106
5.3.12	PID 程序示例	107
5.4	移位与循环指令	108
5.4.1	向左移位和向右移位指令	108
5.4.2	向左循环和向右循环指令	110
5.4.3	移位寄存器位指令	112
5.4.4	交换字节指令	113
5.5	FOR-NEXT 循环指令	114
5.6	逻辑运算指令	115
5.6.1	逻辑运算指令概述	115
5.6.2	取反指令	115
5.6.3	与、或和异或指令	116
5.7	表处理及表搜索指令	118
5.7.1	添加到表格指令	118
5.7.2	先入先出和后入先出指令	119
5.7.3	内存填充指令	120
5.7.4	表格查找指令	121
5.8	转换指令	123

5.8.1	转换指令概述	123
5.8.2	数字转换指令	123
5.8.3	进位和取整指令	125
5.8.4	段指令	127
5.8.5	ASCII 码转换指令	127
5.8.6	字符串转换指令	131
5.8.7	编码和解码指令	135
5.9	高速计数器指令.....	136
5.9.1	高速计数器指令概述	136
5.9.2	高速计数器定义指令	137
5.9.3	高速计数器指令	137
5.9.4	不同类型的高速计数器	138
5.9.5	高速计数器编程	138
5.9.6	高速计数器的初始化顺序示例	144
5.10	高速脉冲输出指令.....	149
5.10.1	高速脉冲输出指令概述.....	149
5.10.2	脉冲串操作(PTO).....	149
5.10.3	脉冲宽度调制(PWM)	151
5.10.4	使用 SM 位置配和控制 PTO/PWM 操作	152
5.10.5	PWM 输出示例	154
5.10.6	PTO 输出示例	155
5.11	中断指令.....	161
5.11.1	中断指令概述.....	161
5.11.2	启用中断和禁用中断.....	161
5.11.3	中断条件返回指令.....	161
5.11.4	建立中断.....	161
5.11.5	取消中断.....	162
5.11.6	S7-200 对中断的处理	164
5.11.7	S7-200 支持的中断类型	164
5.11.8	中断优先级和排队.....	165
5.12	通信指令.....	168
5.12.1	网络读取和网络写入指令.....	168
5.12.2	发送和接收指令.....	172
5.12.3	获得端口地址和设置端口地址指令.....	179
第 6 章	PLC 通信与网络	181
6.1	PLC 网络概述	181

6.2	数据通信及网络基础	181
6.2.1	模拟信号与数字信号	181
6.2.2	串行通信与并行通信	181
6.2.3	单工通信、半双工通信与全双工通信	182
6.2.4	同步技术	183
6.2.5	数据编码技术	184
6.2.6	基带传输的基本概念	189
6.2.7	频带传输的基本概念	191
6.2.8	差错控制方法	192
6.3	PLC 网络通信	196
6.3.1	S7-200 网络通信基础	196
6.3.2	网络通信协议的选择	202
6.3.3	安装和删除通信接口	207
6.4	PLC 的典型网络结构	208
6.4.1	PLC 网络的组成	208
6.4.2	创建具有自由端口模式的自定义协议	213
6.4.3	调制解调器和 STEP 7-Micro/WIN 在网络中的使用	214
6.4.4	高级网络应用	220
第 7 章	PLC 在机电系统中的应用	226
7.1	PLC 的系统设计	226
7.1.1	PLC 控制系统设计的基本原则	226
7.1.2	PLC 系统设计的一般步骤	226
7.1.3	PLC 的选择	228
7.1.4	硬件与程序设计	232
7.1.5	总装统调	232
7.2	PLC 系统设计的应用示例	233
7.2.1	PLC 在剪板机控制系统中的应用	233
7.2.2	PLC 在 T68 卧式镗床控制中的应用	234
7.2.3	PLC 在恒压供水中的应用	238
7.2.4	PLC 在细纱机上的应用	242
7.2.5	升降横移式立体停车库的控制系统	252
参考文献		268

第 1 章 绪 论

1.1 逻辑与可编程控制的基本概念

1.1.1 逻辑与可编程控制技术的概念

随着微处理器、计算机和数字通信技术的飞速发展，计算机控制已经应用到了几乎所有的工业领域。当前，用于工业控制的计算机可以分为：可编程控制器、基于 PC 总线的工业控制计算机、基于单片机的测控装置、用于模拟量闭环控制的可编程调节器、集散控制系统(DCS)和现场总线控制系统(FCS)等。逻辑与可编程控制技术由于功能强大、使用十分方便，自问世以来，备受控制界的广泛认同和青睐。不但广泛地应用到各种机械设备和生产过程的自动控制系统中，而且在民用和家庭自动化方面的应用也得到了迅速的发展。

在工业生产过程中，很大一部分控制问题是解决诸如电动机的启停、电磁阀的开闭、电磁离合器的离合等这样一类开关量的控制，这些控制的实施，通常都是通过继电器、接触器、晶闸管等器件的接通(ON)或断开(OFF)来实现的。而这些控制的决策，往往又是在对诸如行程开关、接近开关、按钮、接触器触点、继电器触点等开关量状态的检测后，按照预先规定的一种处理规则作出的。因此，常常把这一类的控制称为逻辑控制或程序控制。换言之，逻辑控制是指在对生产过程或机械设备运行状态检测的基础上，依据预先编制的操作规则，对输入状态进行逻辑运算、或计数、或定时、或对某些变化参量进行判断等，然后根据这些结果作出控制决策，控制执行机构协调动作，完成以开关量控制为主的生产过程的自动控制。其关键问题是采用了预先编制的操作规则，这些操作规则被称为“程序”，故逻辑控制又称为“程序控制”。不过需注意，这里所说的“程序”，与计算机软件技术中的“程序”既有联系，又可能是完全不同的。

程序控制与我们经常接触的反馈控制是自动控制领域内两个并列的、相辅相成的重要范畴。反馈控制的目标是定量控制，而程序控制更偏重于定性控制。反馈控制是闭环控制，而程序控制多半是开环控制。

早期的逻辑控制多以继电器、接触器作为主要控制装置来构成逻辑控制系统。故习惯上称为继电器逻辑控制或继电器接触控制，其显著的特征是系统的操作规则或控制程序是以元件、器件的某种连接方式来体现这种控制系统。要改变控制程序，必须要改变这种“连接”方式（硬件上），极大地阻碍了逻辑控制技术的发展。随着计算机技术的发展，诞生了可编程逻辑控制技术，其操作规则或控制程序是用软件技术的方式存储在可编程控制器的存储器中，其显著优点是用户可以依据需要方便地改写这些程序（软件上），并重新存入可编程控制器的相应存储器中，从而实现更改控制程序的目的。

1.1.2 逻辑控制的特点和控制要素

1. 逻辑控制的特点

按信号输入/输出(I/O)的特点来说, 逻辑控制主要以开关量 ON 或 OFF 的状态为主, 故输入、输出信号的表达, 以及控制逻辑的表述、化简等, 都可以用以布尔代数为基础的一整套理论和方法来处理。先进的可编程控制器, 其 I/O 信号不但有开关量信号, 而且可能涉及到大量的模拟量信号, 如温度、流量、压力、速度、加速度等物理参数, 以及大量的数据信息。对开关量的处理, 仍是逻辑控制系统主要的和重要的任务。

逻辑控制按其控制程序的特点, 控制方法千差万别, 归纳起来通常有以下 3 种。

(1) 顺次控制 这种控制是以前一步动作的完成作为信号, 从而启动后一步动作的程序控制方式。在逻辑控制中, 这种控制方式运用相当普遍。一种进给装置的逻辑控制如图 1-1 所示。进给装置的前进或后退是由进给电动机的正转或反转驱动的, 进给装置的钻孔作业由钻孔电动机来完成。这部分逻辑控制装置的任务是在对工件钻孔时保证一定的钻孔深度。第一步动作: 在某一控制信号的启动下, 进给装置向前运动, 释放 LS1 行程开关。第二步动作: 当进给装置上的挡块压下 LS2 行程开关闭合其常开触点, 进给装置继续前进, 同时钻孔电动机开始旋转。在这里, LS2 常开触点的闭合作为第一步动作结束和第二步动作开始的转换信号。在第二步动作中, 进给装置前进、钻头旋转, 在某一时刻开始了对工件的钻孔工作。第三步动作: 当挡块使 LS3 闭合时, 钻头继续旋转, 而进给装置后退, 第二步动作结束。第四步动作: 当挡块再次使 LS2 闭合时, 钻孔电动机停止旋转而进给装置继续后退, 第三步动作结束。当挡块压下 LS1 使其常闭触点断开时, 进给装置停止后退, 第四步动作结束。

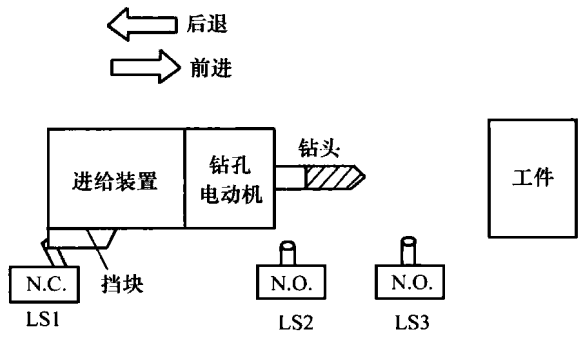


图1-1 进给装置的逻辑控制顺序图

N.O.—常开; N.C.—常闭。

(2) 条件控制 所谓条件控制, 就是当控制量达到条件规定的量值时, 就启动下一步动作运行。它以某一个或某几个动作所产生的综合结果作为信号来启动下一步动作(而无论前面的一个或几个动作是在执行延续过程中还是已经执行结束)的程序控制方式。这里所指的综合结果或称条件, 可以是控制过程中的计数值, 也可以是电压、电流、功率、行程、位置、速度以至于温度、压力、流量等生产过程中的物理量。电动机在高速运转中如果其功率超过一定量值, 则电动机在逻辑控制系统控制下自动退到低一档级的速度

下运转，就是这种条件控制的一例。变化参量控制也属于这一类控制。

(3) 时序控制 时序控制是以时间为基准来决定每一步动作的运行或停止的程序控制方式。例如，某加热控制系统采用加热 5s，再停止加热 15s，这种反复交替的控制方式，即是时序控制的一个典型例子。时序控制亦可看作特殊意义下的变化参量控制，只是这里的变化参量是“时间”。

各种各样的逻辑控制实际上都是按照上述 3 种控制方式组合起来的，因此，这 3 种控制方式体现了逻辑控制在控制程序规则上的特点。

2. 逻辑控制的控制要素

无论是哪一种程序控制方法，在控制过程中均包含了两个控制要素：一是根据按生产工艺要求所预先确定的顺序或机械设备运动的先后，依据输入信号或延时、计数等中间信号，控制前一步动作和后一步动作的转换；二是在每一步中根据各工序或运动预先安排的要求，准确地控制执行机构完成规定的动作。简而言之，即逻辑控制过程中包含了两个控制要素：动作的转换和动作的执行。前者解决的是如何由前一步转换至后一步的问题；后者解决的是在每一步中做什么的问题。

1.2 可编程控制器

1.2.1 程序控制器的概念

采用继电器、接触器、半导体逻辑元件，甚至加上微处理器等器件组成的，能完成逻辑控制(即程序控制)任务的装置，我们称为程序控制器(Program Controller, PC)。

1.2.2 程序控制器的分类

程序控制器的种类很多。按照组成程序控制器的主要器件来分类，可以分为以下 4 种：

(1) 机电式程序控制器 例如，早期使用的凸轮及鼓式控制器、穿孔纸带控制器。

(2) 继电器程序控制器 将一个个继电器、接触器按一定逻辑关系用导线连接起来构成的，又常称为触点程序控制器。

(3) 半导体逻辑元件程序控制器，把二极管、晶体管、功率器件、集成电路等按一定逻辑关系组合在印制电路板上构成的，又常称为无触点程序控制器。

随着自动化技术的深入发展，对控制的要求越来越高，于是在原来继电器和半导体逻辑元件程序控制器的基础上，又发展出二极管矩阵式程序控制装置。其特点是可以利用二极管门电路自由地组合成具有各种顺序控制逻辑的程序控制逻辑电路。

(4) 存储式程序控制器 此类控制器的关键，是引入了只读存储器(ROM 或 EPROM)和随机存取存储器(RAM)。将顺序控制的程序预先存储在其中，在运行中再逐条取出按照程序规定的顺序对生产过程有条不紊地实施控制。这类控制器最典型的代表是可编程控制器(Programmable Controller, PC)或称可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)。

按照“存储”控制顺序规则的方法来分类，目前，常用的可分为以下 3 种(不讨论早期机电式的装置)：

(1) 继电器及半导体逻辑元件程序控制器 这类装置“存储”控制程序的方法，是用导线或用印制电路板，按照控制的逻辑关系，将继电器、接触器或二极管、晶体管、功率器件、集成电路固定连接起来。这种控制器的优点是结构简单，价格便宜，编制程序直观；缺点是控制程序一旦编定就很难变动，并且检错、维修很不方便。

(2) 矩阵式程序控制器 矩阵式程序控制器存储控制程序的方法，是在由互相绝缘的若干行线与列线组成的矩阵板中，按照 I/O 信号的逻辑关系，用二极管连接这些信号。这种控制器又分为两种，即逻辑式程序控制器和步进式程序控制器。这种控制器的优点是结构简单、价格便宜，可以用于逻辑关系较复杂的场合，而且所编制的程序很容易通过在矩阵板上改插二极管的方式变动，这也是这种控制器最大的优点，但它与可编程控制器比较，I/O 点数则受到较大的限制，功能亦不如后者强。

(3) PLC 这是迄今为止在功能、性能上都更优良的程序控制器。这种控制器较全面地应用了计算机技术，存储控制程序可以方便地运用计算机存储程序的所有方法。因此，PLC 更具编程和运行的灵活性和通用性，编程、运行的操作也异常简便、快捷、易懂、易学，I/O 点数可以大幅度的扩充。突出的缺点是一次性投资较大。

1.2.3 PLC 的产生

1. PLC 的由来

在 PLC 问世之前，继电器控制系统在工控领域中占有主导地位。但它的缺点十分明显，如体积大、耗电多、寿命短、可靠性差、运行速度慢、适应性差等，尤其当生产工艺发生变化时，必须重新设计与安装，造成时间和资金上的严重浪费。1968 年，美国最大的汽车制造商通用汽车公司(GM)，为了适应汽车型号不断更新的需求，在激烈竞争的汽车工业中保持优势，并从用户的角度，提出了新一代工业控制装置的技术要求：

- (1) 编程简单方便，可在现场修改程序；
- (2) 硬件维护方便，最好是插件式结构；
- (3) 可靠性要高于继电器控制装置；
- (4) 体积小于继电器控制装置；
- (5) 可将数据直接送入管理计算机；
- (6) 成本上可与继电器柜竞争；
- (7) 输入可以是交流 115V；
- (8) 输出为交流 115V、2A 以上，能直接驱动接触器等；
- (9) 扩展时原有系统改动量最少；
- (10) 用户程序存储器容量大于 4KB。

1969 年，美国数字设备公司(DEC)研制出世界上第一台 PLC(PDP-14 型)，并在通用汽车公司自动装配线上试用，获得了成功。从此，PLC 这一新的控制技术迅速发展起来。

2. PLC 的定义

在 PLC 的发展过程中，美国电气制造商协会(NEMA)经过 4 年的调查，于 1980 年对 PLC 给出如下定义：“PLC 是一种数字式的电子装置。它使用可编程序的存储器来存储指令，并实现逻辑运算、顺序控制、计数、计时和算术运算功能，用来对各种机械或生产过程进行控制。”

1982 年 11 月，国际电工委员会(IEC)颁布了 PLC 标准草案第一稿；1985 年 1 月，又发表了草案第二稿；1987 年 2 月，颁布了草案第三稿。该草案中 PLC 的定义是：“PLC 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。它采用了可程序的存储器，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。并通过数字式和模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关外部设备，都应按易于与工业系统连成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。”

定义强调了 PLC 直接应用于工业环境，它必须具有很强的抗干扰能力、广泛地适应能力和应用范围，这是区别于一般微机控制系统的一个重要特征。

1.2.4 PLC 的分类

PLC 一般可按控制规模和结构形式分类。

1. 按控制规模分类

按 PLC 的控制规模分类，PLC 可分为小型机、中型机和大型机。通常小型机的控制点数小于 256 点，用户程序存储器的容量小于 8K 字。小型机常用于单机控制和小型控制场合，在通信网络中常作从站。例如，西门子公司 S7-200 PLC 就属于小型机。小型机中，控制点数小于 64 点的为超小型机或微型 PLC。中型机的控制点数一般为 256 点~2048 点，用户程序存储器的容量小于 50K 字。中型机控制点数较多、控制功能强，常用于中型控制场合，在通信网络中可作主站也可作从站。例如，西门子公司 S7-300 PLC 就属于中型机。大型机的控制点数都在 2048 点以上，用户程序存储器的容量达 50K 字以上。大型机控制点数多、功能很强、运算速度很快，常用于大型控制场合，在通信网络中常作主站。例如，西门子公司 S7-400 PLC 就属于大型机。以上分类没有十分严格的界限，随着 PLC 技术的飞速发展，这些界限会发生变更。

2. 按结构形式分类

PLC 按结构形式可分为整体式、模块式和叠装式三类。

(1) 整体式 PLC 整体式 PLC 是将电源、中央处理器(CPU)、I/O 部件都集中在一个机箱内，又称单元式或箱体式，整体式 S7-200 CPU 模块外形如图 1-2 所示。其优点是结构紧凑、体积小、价格低。一般小型 PLC 采用这种结构。整体式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 和电源。扩展单元内只有 I/O 和电源。整体式 PLC 一般配备有特殊功能单元，如模拟量单元、位置控制单元等，使 PLC 的功能得以扩展。

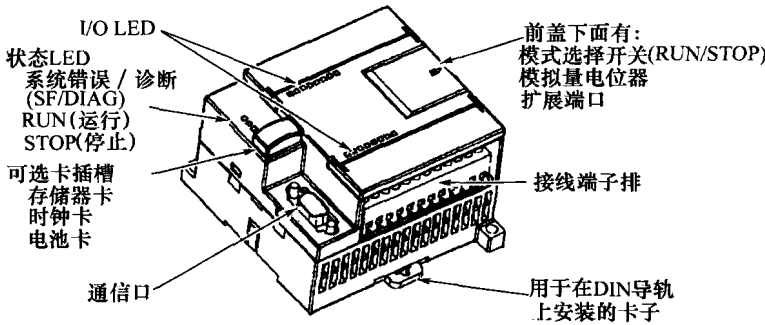


图1-2 整体式S7-200CPU模块外形图

(2) 模块式 PLC 模块式结构是将 PLC 各部分分成若干个单独的模块,例如,电源模块、CPU 模块、I/O 模块和各种功能模块。模块式 PLC 由机架和各种模块组成,如图 1-3 所示。模块插在机架内的插座上。模块式 PLC 的优点是配置灵活、装配方便、便于扩展和维修。一般大、中型 PLC 宜采用模块式结构。例如,西门子公司的 S7-300PLC、S7-400PLC 就是采用模块式结构。有的小型 PLC 也采用这种结构。

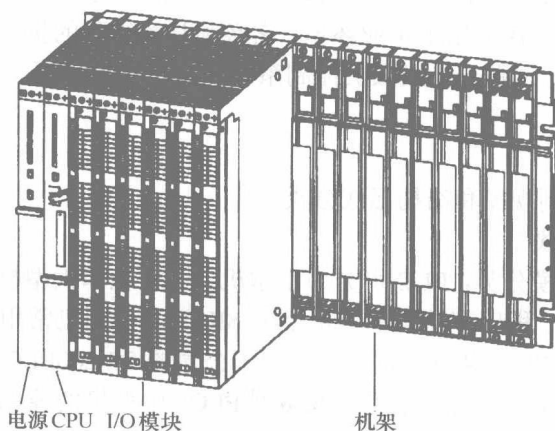


图1-3 模块式S7-400PLC

(3) 叠装式 PLC 将整体式和模块式结合起来,称为叠装式 PLC。它除了基本单元外还有扩展模块和特殊功能模块,配置比较方便。叠装式 PLC 集整体式 PLC 与模块式 PLC 优点于一身,即结构紧凑、体积小、配置灵活、安装方便。例如,西门子公司的 S7-200PLC 就是叠装式结构形式。

1.3 PLC 的发展与应用

1.3.1 PLC 的发展概况

PLC 的发展与计算机技术、半导体技术、控制技术、数字技术、网络通信技术等高新技术的发展紧密相关,这些高新技术的发展推动了 PLC 的发展,而 PLC 的发展又对这些高新技术提出了更高、更新的要求,促进了它们的发展。PLC 的发展大致可分为以下四个阶段。

(1) 初创阶段 从 1969 年第一台 PLC 问世到 1972 年。1969 年,美国 DEC 公司研制的第一台 PDP-14 型 PLC 与现代的 PLC 有很大的差别。它采用计算机的初级语言编写应用程序;它的 CPU 采用中、小规模集成电路组成,以逻辑运算为主,实质上只是一台专用的逻辑控制计算机,还缺乏 PLC 自己的特征;它价格贵,功能仅限于开关量逻辑控制,因而,当时称其为可编程序逻辑控制器(PLC),只是在一些大型生产设备或自动生产线上使用。这个阶段的 PLC 控制功能比较简单,主要用于逻辑运算和计时、计数和顺序控制等功能。可贵之处在于把计算机的程序存储技术引入继电器控制系统。

(2) 成熟阶段 从 1973 年到 1978 年前后。大规模集成电路促进了微型计算机的发展,为 PLC 的发展提供了可能性,出现了以微处理器为核心的新一代 PLC。在控制功能上,除了具有位逻辑运算、计时、计数功能外,还具有数值(字)运算和数据处理、数据传送、监控、记录显示、计算机接口、模拟量控制等功能。在编程技术方面开发了面向用户的梯形图编程法,通俗易懂。这个时期的 PLC 把计算机的编程灵活、功能齐全、应用面广等优点与继电器控制系统的结构简单、使用方便、价格便宜、抗干扰性强等优点结合起来,技术渐趋完备,进入实用化阶段。

(3) 快速发展阶段 从 1978 年到 1984 年左右。这个时期 PLC 进入持续高速发展的新阶段。PLC 由最初用于汽车工业取代继电器控制系统,发展到已广泛应用于所有工业领域。随着 PLC 应用面的扩大,其需求量大大增加,从而进一步促进了 PLC 的生产和研究,产品的品种越来越多。PLC 采用 8 位/16 位微处理器作为 CPU,有些还采用了多微处理器结构。PLC 的功能进一步增强,处理速度更快。增加了浮点数运算、平方、三角函数、查表/列表、脉宽调制变换、高速计数、PID 控制、定位控制、中断控制等多种特殊功能;自诊断功能和容错技术发展迅速;还具有通信功能和远程 I/O 能力,初步形成了分布式通信网络体系。

(4) 持续发展阶段 从 1984 年至今。由于超大规模集成电路技术的迅速发展,使得各种类型的 PLC 所采用的微处理器档次普遍提高,进一步提高 PLC 的处理速度,使得 PLC 软、硬件功能发生了巨大变化。PLC 用户存储器的容量增大;I/O 除了采用通用的扫描处理方式外,还可以采用直接处理方式;通信系统的开放,使各厂家生产的产品可以相互通信。通信协议的标准化,使 PLC 能成为计算机网络的一个成员,可以共享网络资源;PLC 的网络通信功能可构成三级通信网,实现工厂的管理与控制的自动化;PLC 的编程语言除了传统的梯形图、流程图、语句表外,还能用高级语言,如 BASIC、PASCAL、FORTRAN、C 语言、数控语言等;PLC 的人机对话能力增强,使编程软件得以普及和简化,屏幕对话十分灵活,可以进行全屏幕的编辑。用户程序在编辑过程中,不但排错、纠错能力加强,还可以进行在线仿真,加快了软件开发的周期。

1.3.2 PLC 的主要特点

PLC 是专为在工业环境下应用而设计的,具有以下主要特点。

1. 可靠性高、抗干扰能力强

PLC 在恶劣的工业环境下能可靠地工作,具有很强的抗干扰能力。例如,能够抗击电噪声、电源波动、振动、电磁干扰等,能抵抗 1000V、1 μ s 脉冲的干扰;能在高温、高湿以及空气中存有各种强腐蚀物质粒子的恶劣环境下可靠地工作;能承受电网电压的变化,可直接由交流市电供电,允许电压波动范围大。一般由直流 24V 供电的机型,电源电压允许为 16V~32V;由交流供电的机型,允许电压为 115V/230V($\pm 15\%$)、47Hz~63Hz 的电源供电。即使在电源瞬间断电的情况下,仍可正常工作。

PLC 在设计、生产过程中,除了对元器件进行严格的筛选外,硬件和软件还采用屏蔽、滤波、光隔离和故障诊断、自动恢复等措施,有的 PLC 还采用了冗余技术等,进一步增强了 PLC 的可靠性。通常 PLC 的平均无故障时间可达几万小时以上,有的甚至达几十万小时。

2. 通用性强、灵活性好、功能齐全

PLC 是通过软件实现控制的, 其控制程序编在软件中, 实现程序软件化, 因而对于不同的控制对象都可采用相同的硬件进行配置。

目前, PLC 产品已系列化、模块化、标准化, 能方便灵活地组成大小不同、功能不同的控制系统, 通用性强。由于可编程序控制功能齐全, 几乎可以满足所有控制场合的需求。组成系统后, 即使控制程序发生变化, 只要修改软件即可, 增强了控制系统的柔性。

3. 编程简单、使用方便

PLC 在基本控制方面采用梯形图语言进行编程, 其电路符号和表达式与继电器电路原理图相似, 形式简练、直观, 容易被广大电气工程人员所接受。用梯形图编程出错率比汇编语言低得多。PLC 还可以采用面向控制过程的控制系统流程图编程和语句表方式编程。梯形图、流程图、语句表之间可有条件地相互转换, 使用极其方便。这是 PLC 能够迅速普及和推广的重要原因之一。

4. 模块化结构

PLC 的各个部件, 包括 CPU、电源、I/O(包括特殊功能 I/O)等均采用模块化设计, 由机架和电缆将各模块连接起来。系统的功能和规模可根据用户的实际需求自行配置, 从而实现最佳性能价格比。由于配置灵活, 使扩展、维护方便。

5. 安装简便、调试方便

PLC 安装简便, 只要把现场的 I/O 设备与 PLC 相应的 I/O 端子相连就完成了全部的接线任务, 缩短了安装时间。

PLC 的调试工作分为室内调试和现场调试。室内调试时, 用模拟开关模拟输入信号, 其输入状态和输出状态可以观察 PLC 上的相应的发光二极管。可以根据 PLC 上的发光二极管和编程器提供的信息方便地进行测试、排错和修改。室内模拟调试后, 即可到现场进行联机调试。

6. 维修工作量大、维护方便

PLC 的故障率很低, 且有完善的自诊断和显示功能。PLC 或外部的输入装置和执行结构发生故障时, 可以根据 PLC 上的发光二极管或编程器提供的信息迅速地查明故障的原因, 更换相应的故障模块。

7. 体积小、能耗低

对于复杂的控制系统, 使用 PLC 后, 可以减少大量的中间继电器和时间继电器, 小型 PLC 的体积仅相当于几个继电器的大小, 极大地减小了开关柜的体积。另外, PLC 的配线比继电器控制系统的配线少得多, 节省了大量的配线和附件, 因此, 可以节省大量的费用。PLC 体积小、能耗低, 便于设备的机电一体化控制。

1.3.3 PLC 的主要应用领域

在发达的工业国家, PLC 已经广泛地应用在不同的工业部门, 随着其性能价格比的不断提高, 应用范围不断扩大, 主要有以下几个方面。

1. 数字量逻辑控制

PLC 用“与”、“或”、“非”等逻辑指令来实现触点和电路的串联、并联, 代替继电