



S7-300/400 PLC

实用开发指南

边春元 任双艳 满永奎 等编著

PLC

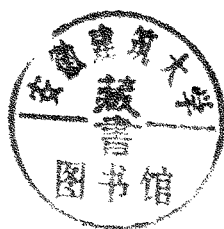
SHI YONG KAI FA ZHI NA



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

S7 - 300/400 PLC 实用开发指南

边春元 任双艳 满永奎 等编著



机械工业出版社

PLC 是以微处理器技术、电子技术、网络通信技术和先进可靠的工业手段为基础,综合了计算机技术、网络通信和自动控制技术的一种新型的通用的自动控制装置。它具有功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程以及适于在工业环境下应用等一系列优点,在工业自动化、机电一体化、传统产业技术改造等方面的应用越来越广泛。

本书在介绍 PLC 基本原理的基础上,重点对 S7-300/400 PLC 的硬件、指令系统、编程环境、编程方法、程序结构、通信网络等方面都作了较为系统深入的介绍。本书共 11 章,第 1 章介绍了 PLC 的发展、特点、组成及简单工作原理;第 2 章分析了 S7-300/400 系列 PLC 的硬件系统及内部资源;第 3 章介绍了 S7-300/400 系列 PLC 的寻址方式和指令系统,并结合实例重点讲解了语句表及梯形图指令的使用方法;第 4 章介绍了 STEP 7 软件的编程环境及 PLC 应用系统设计的内容和方法;第 5 章介绍了用 STL、LAD 及 FBD 进行编程的方法;第 6 章介绍了数据结构及用户程序结构;第 7 章在讲解 PLC 的网络通信基本原理的基础上,系统地介绍了 S7-300/400 系列 PLC 的通信网络系统;第 8 章介绍了 PROFIBUS 通信网络的硬件、通信协议及网络组态;第 9 章介绍了点对点通信的硬件、协议及其应用;第 10 和 11 章给出了大量的应用举例。

本书既适用于初学者,又可作为工程技术人员的技术参考书和高校相关专业本科生和研究生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

S7-300/400 PLC 实用开发指南/边春元等编著. —北京:机械工业出版社, 2007.1 (2007.5 重印)

ISBN 978-7-111-20286-8

I. S... II. 边... III. 可编程控制器—指南 IV. TP332.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 130510 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:张俊红 版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:马精明 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2007 年 5 月第 1 版·第 2 次印刷

184mm×260mm·31.25 印张·772 千字

4 001—7 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-20286-8

定价:50.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器 (PLC) 是以微处理器技术、电子技术、网络通信技术和先进可靠的工业手段为基础, 综合了计算机技术、网络通信和自动控制技术的一种新型的通用的自动控制装置。它具有功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程以及适于在工业环境下应用等一系列优点, 在工业自动化、机电一体化、传统产业技术改造等方面的应用越来越广泛, 已成为现代工业控制的四大支柱 (可编程序控制器技术、机器人技术、CAD/CAM 技术和数控技术) 之一。

西门子公司的 S7-300/400 在大中型 PLC 中应用最广, 市场占有率最高。S7-300/400 及其编程软件 STEP 7 和通信网络的功能强大, 程序结构复杂, 一本系统讲解 S4-300/400 软硬件知识及其应用的书籍成为广大工程技术人员和高等院校师生的迫切需求。

本书在介绍 PLC 的基本原理的基础上, 重点对 S7-300/400 的硬件、指令系统、编程环境、编程方法、程序结构、通信网络等方面都作了较为系统深入的介绍。本书既适用于初学者, 又可作为工程技术人员的技术参考书和高校相关专业本科生和研究生的教材。

本书共 11 章。第 1 章介绍了 PLC 发展、特点、组成及简单工作原理; 第 2 章分析了 S7-300/400 系列 PLC 的硬件系统及内部资源; 第 3 章介绍了 S7-300/400 系列 PLC 的寻址方式和指令系统, 并结合实例重点讲解了语句表 (STL) 及梯形图 (LAD) 指令的使用方法; 第 4 章介绍了 STEP 7 软件的编程环境及 PLC 应用系统设计的内容和方法; 第 5 章介绍了用 STL、LAD 及 FBD (功能块图) 进行编程的方法; 第 6 章介绍了数据结构及用户程序结构; 第 7 章在讲解 PLC 的网络通信基本原理的基础上, 系统地介绍了 S7-300/400 系列 PLC 的通信网络系统 (工业以太网、MPI 网络和 AS-i 网络); 第 8 章介绍了 PROFIBUS 通信网络的硬件、通信协议及网络组态; 第 9 章介绍了点对点 (PnP) 通信的硬件、协议及其应用; 第 10 和 11 章给出了大量的应用举例。

本书第 2~6 章由沈阳理工大学任双艳编写, 全书由东北大学边春元和满永套统稿, 参与部分章节编写、资料收集整理及程序调试的还有李爱平、姜雪松、王志强、廖三三、何大勇、蒋越、范家蓬、孙艺红、杨伟智、吕兴君、姜兴旭、闫向峰、马莹莹、田雪、徐福斌、黄慈君、马良玉、金东光、岳辉。特别感谢沈阳理工大学机械工程学院液压教研室和东北大学信息学院电气自动化研究所的全体老师对本书编写过程中的指导和技术支持。

因作者水平有限, 加上时间仓促, 书中难免有错漏之处, 恳请广大读者批评指正。

编者

2006 年 10 月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 PLC的发展概况	1
1.1.1 PLC的由来	1
1.1.2 PLC的发展简史	2
1.1.3 PLC的发展趋势	2
1.2 PLC的功能及应用	3
1.2.1 PLC的功能	3
1.2.2 PLC的应用	5
1.3 PLC的分类和特点	6
1.3.1 PLC的分类	6
1.3.2 PLC的特点	7
1.4 PLC的组成及工作原理	9
1.4.1 PLC的基本组成	9
1.4.2 PLC的简单工作原理	11
1.5 S7系列PLC概述	13
1.6 PLC控制系统的设计原则、内容和步骤	14
第2章 S7-300/400的硬件系统及内部资源	17
2.1 硬件系统基本构成	17
2.1.1 概述	17
2.1.2 S7-300/400 PLC的组成	19
2.1.3 S7-300/400 PLC的结构	23
2.2 CPU模块及性能特点	28
2.2.1 S7-300的CPU模块	28
2.2.2 S7-400的CPU模块	33
2.3 输入/输出模块及模块地址的确定	37
2.3.1 S7-300 PLC的信号模块	37
2.3.2 S7-400 PLC的信号模块	46
2.3.3 模块诊断与过程中断	48
2.3.4 信号模块地址的确定	49
2.4 S7-300/400 PLC的内部资源	50
2.4.1 装载存储区	51
2.4.2 工作存储区	51
2.4.3 系统存储区	52
2.4.4 外设I/O存储区与累加器	53

2.4.5 状态字寄存器	54
2.4.6 系统存储器区域的划分及功能	55
2.5 分布式I/O	57
第3章 S7-300/400 PLC的指令系统	59
3.1 编程语言及PLC程序结构	59
3.1.1 STEP 7的编程语言概述	59
3.1.2 PLC的程序结构概述	62
3.2 S7-300/400指令系统的基本知识	63
3.2.1 数制	63
3.2.2 数据类型	63
3.2.3 参数类型	65
3.2.4 数据的格式标记	65
3.2.5 指令的基本组成	67
3.2.6 操作数	67
3.2.7 寻址方式	68
3.3 S7-300/400 PLC的指令系统	72
3.3.1 位逻辑指令	72
3.3.2 数据处理指令	83
3.3.3 计数器与定时器指令	111
3.3.4 算术运算指令	132
3.3.5 程序控制指令	159
3.3.6 数据块指令	177
3.3.7 逻辑控制指令	178
3.3.8 其他指令	189
3.4 编程举例	197
3.4.1 STL编程	197
3.4.2 LAD编程	198
第4章 STEP 7编程环境及PLC应用系统设计	199
4.1 S7-300/400 PLC应用系统设计概述	199
4.1.1 PLC应用系统的硬件设计	199
4.1.2 PLC应用系统的软件设计	203
4.2 STEP 7概述	205
4.2.1 STEP 7的标准软件包	206
4.2.2 人机接口	208
4.3 STEP 7的启动	208

4.4 创建与编辑项目	209	5.2.1 编程的准备工作	279
4.4.1 利用 STEP 7 创建项目的步骤	209	5.2.2 用梯形逻辑编程 OB1	282
4.4.2 项目结构	211	5.2.3 用语句表编程 OB1	284
4.4.3 创建项目	212	5.2.4 用功能块图编程 OB1	285
4.4.4 编辑项目	213	5.3 创建一个有功能块和数据块的程序	287
4.5 硬件组态	215	5.3.1 创建并打开功能块	287
4.5.1 硬件组态的任务与步骤	215	5.3.2 生成背景数据块并修改实际值	291
4.5.2 CPU 的参数设置	218	5.3.3 编程块调用	291
4.5.3 I/O 模块的参数设置	222	5.4 编程一个功能	294
4.6 定义符号	225	5.4.1 创建并打开功能	294
4.6.1 共享符号与局域符号	226	5.4.2 在 OB1 中调用功能	296
4.6.2 符号表	228	第 6 章 S7-300/400 的用户	
4.7 逻辑块的生成	231	程序结构	299
4.7.1 建立逻辑软件块	231	6.1 CPU 中的程序	299
4.7.2 编辑变量声明表	232	6.2 用户程序	299
4.7.3 编辑语句和文字注释时的		6.2.1 程序块	299
注意事项	233	6.2.2 堆栈	302
4.7.4 编制并输入程序	235	6.2.3 编程方式	303
4.8 刷新块调用与逻辑块存盘	235	6.3 功能块与功能的调用	304
4.9 显示参考数据	236	6.3.1 局域数据类型	304
4.9.1 参考数据类型	236	6.3.2 功能块与功能的调用	305
4.9.2 参考数据的使用	243	6.3.3 功能块调用编程举例	307
4.10 下载与上传	247	6.4 数据块与数据结构	310
4.10.1 在线连接的建立与在线操作	247	6.4.1 数据块的生成	310
4.10.2 下载	249	6.4.2 数据块中的数据结构	312
4.10.3 上传	253	6.4.3 多重背景	315
4.11 程序的调试	254	6.4.4 创建并打开功能块 FB1	316
4.11.1 PLC 应用系统的调试	254	6.4.5 编程多重背景功能块 FB10	316
4.11.2 用变量表调试程序	255	6.4.6 生成多重背景数据块 DB10	319
4.11.3 用程序状态功能调试程序	261	6.4.7 在 OB1 中调用多重背景	319
4.12 故障诊断	266	6.5 组织块与中断处理	321
4.12.1 诊断硬件和故障诊断	266	6.5.1 中断的基本概念	321
4.12.2 用快速视窗诊断硬件	268	6.5.2 组织块的变量声明表	323
4.12.3 用诊断视窗诊断硬件	269	6.5.3 用于中断程序处理的组织块	324
4.12.4 模块信息功能	270	6.5.4 日期时钟中断组织块	
4.12.5 在停机模式下诊断	271	OB10 ~ OB17	324
4.13 PLC 应用系统设计实例	272	6.5.5 时间延迟中断组织块	
第 5 章 利用 STEP 7 编辑逻辑块	276	OB20 ~ OB23	326
5.1 程序布局及编程规则	276	6.5.6 循环中断组织块 OB30 ~ OB38	327
5.1.1 梯形图	276	6.5.7 硬件中断组织块 OB40 ~ OB47	328
5.1.2 语句表	277	6.5.8 背景组织块 OB90	329
5.1.3 功能块图	278	6.5.9 启动组织块 OB100/OB101/	
5.2 在 OB1 中创建程序	279	OB102	330

6.5.10 故障处理组织块 OB70 ~ OB87/ OB121 ~ OB122	331	8.3 PROFIBUS 的通信协议	376
第 7 章 PLC 的通信与网络	333	8.3.1 总线存取协议	376
7.1 PLC 控制网络的基本特点和 通信功能	333	8.3.2 PROFIBUS - DP	378
7.2 数据通信	334	8.3.3 PROFIBUS - PA	384
7.2.1 数据传输方式的分类	334	8.3.4 PROFIBUS - FMS	385
7.2.2 线路通信方式和传输速率	336	8.3.5 PROFIBUS 网络的配置方案	387
7.2.3 差错控制方式和检错码	337	8.4 PROFIBUS 的网络部件	388
7.2.4 传输介质	338	8.4.1 PROFIBUS 的通信处理器模块	388
7.2.5 串行通信接口标准	338	8.4.2 PROFIBUS 的其他网络部件	389
7.3 工业局域网概述	341	8.5 利用 STEP 7 组态 PROFIBUS - DP 通信 网络	390
7.3.1 计算机网络简介	341	8.5.1 总线行规	390
7.3.2 局域网的基本知识	342	8.5.2 PROFIBUS - DP 网络的组态	391
7.3.3 现场总线概述	347	8.5.3 主站与 DP 从站间主从通信的 组态	396
7.4 S7-300/400 PLC 的通信网络概述	349	8.5.4 直接数据交换通信的组态	397
7.4.1 工厂自动化系统网络	349	8.6 系统功能与系统功能块在 PROFIBUS 通信中的应用	402
7.4.2 S7-300/400 PLC 的通信网络	349	8.6.1 用于 PROFIBUS 通信的 SFC 与 SFB	402
7.5 工业以太网	352	8.6.2 SFC/SFB 在 PROFIBUS 中的应 用举例	404
7.5.1 概述	352	第 9 章 点对点通信	411
7.5.2 工业以太网的网络部件	353	9.1 点对点通信的硬件	411
7.5.3 工业以太网的交换机技术	354	9.1.1 S7-300C 集成的 PtP 通信接口	411
7.5.4 自适应与冗余网络	356	9.1.2 通信处理器	411
7.5.5 工业以太网的网络方案	356	9.2 点对点通信协议	413
7.6 MPI 网络	358	9.2.1 ASCII Driver 通信协议	413
7.6.1 概述	358	9.2.2 3964 (R) 通信协议	420
7.6.2 全局数据通信	359	9.2.3 RK-512 通信协议	424
7.6.3 MPI 网络的组建	360	9.3 点对点通信在用户程序中的实现	428
7.6.4 利用 STEP 7 组态 MPI 通信网络	361	9.3.1 调用系统功能块概述	428
7.6.5 事件驱动的 GD 通信	363	9.3.2 ASCII/3964 (R) 的通信功能	429
7.6.6 不用 GD 通信组态的 MPI 通信	364	9.3.3 RK-512 的通信功能	431
7.7 AS-i 网络	365	9.3.4 用于 PtP 通信处理器的功能块	437
7.7.1 概述	365	9.3.5 利用系统功能块编程	445
7.7.2 AS-i 网络部件	366	第 10 章 PLC 的模拟量控制及系统抗 干扰设计	450
7.7.3 AS-i 的工作模式	369	10.1 PID 算法的模拟量闭环控制	450
7.7.4 AS-i 的通信方式	370	10.2 PLC 实现的模糊控制器	453
第 8 章 PROFIBUS 通信网络	372	10.3 PLC 的大时滞温度对象的动态矩阵 控制	457
8.1 概述	372		
8.2 PROFIBUS 的物理层	374		
8.2.1 物理层概述	374		
8.2.2 PROFIBUS - DP/FMS 的物理层 协议	375		
8.2.3 PROFIBUS - PA 的物理层协议	375		

10.4 PLC 控制系统的抗干扰措施	459	11.4 S7-400 PLC 在高速卷烟机中的 应用	474
10.5 PLC 控制系统的稳定性分析 与提高	461	11.5 S7-300 PLC 在自来水厂自动控制中 的应用	477
第 11 章 PLC 控制系统综合应用		附录	480
实例	465	附录 A 所有语句表指令	480
11.1 S7-400 PLC 在热电厂自动控制系 统中的应用	465	附录 B 组织块、系统功能与系统 功能块	482
11.2 S7-300 PLC 在胎面联动线控制系 统中的应用	467	附录 C 常用缩略语	487
11.3 S7-300 PLC 在污水处理系统中的 应用	471	参考文献	490

第 1 章 绪 论

可编程序控制器 (Programmable Controller, PC) 在其早期主要应用于开关量的逻辑控制, 因此也称为 PLC (Programmable Logic Controller), 即可编程序逻辑控制器。可编程序控制器是以微处理器为基础, 综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术而发展起来的一种通用的工业自动控制装置。它具有体积小、编程简单、功能强、抗干扰能力强、可靠性高、灵活通用与维护方便等优点, 目前在冶金、化工、交通、电力等工业控制领域获得了广泛的应用, 成为了现代工业控制的四大支柱 (可编程序控制器技术、机器人技术、CAD/CAM 技术和数控技术) 之一。为了避免与个人计算机 (Personal Computer) 的简称 PC 混淆, 本书中可编程序控制器均简称为 PLC。

1.1 PLC 的发展概况

1.1.1 PLC 的由来

在可编程序控制器问世以前, 工业控制领域中是以继电器控制占主导地位的。这种由继电器构成的控制系统存在明显的缺点: 体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、运行速度不高, 尤其是对生产工艺多变的系统适应性更差。如果生产任务和工艺发生变化, 就必须重新设计, 并改变硬件结构, 这不仅影响了产品更新换代的周期, 而且对于比较复杂的控制系统来说, 不但设计制造困难, 而且其可靠性不高, 查找和排除故障也往往是费时和困难的。

1968 年, 美国通用汽车公司根据市场形势与生产发展的需要, 提出了“多品种、小批量、不断翻新汽车品牌型号”的战略。为了尽可能地减少重新设计和重新接线的工作, 从而降低成本、缩短周期, 提出了研制新型逻辑顺序控制装置来取代继电器控制装置。通用汽车公司对该新型控制装置的研制提出了以下 10 项技术指标要求:

- 1) 编程方便, 现场可修改程序;
- 2) 维修方便, 采用模块化结构;
- 3) 可靠性高于继电器控制装置;
- 4) 体积小于继电器控制装置;
- 5) 数据可直接送入管理计算机;
- 6) 成本可与继电器控制装置竞争;
- 7) 可直接用 115V 交流输入;
- 8) 输出为 115V、2A 以上, 能直接驱动电磁阀、接触器等;
- 9) 通用性强, 易于扩展;
- 10) 用户程序存储器容量可扩展到 4KB。

这 10 项技术指标也就是当今可编程序控制器最基本的功能。1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 就研制出了第一台 PLC, 将其应用于美国通用汽车公司自动装配生产线上, 并取

得了极大的成功。

1.1.2 PLC 的发展简史

PLC 的发展与计算机技术、半导体集成技术、控制技术、数字技术、通信网络技术等高新技术的发展息息相关。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。从 PLC 的控制功能来分,PLC 的发展经历了以下 4 个阶段:

第 1 阶段,从第一台 PLC 问世到 20 世纪 70 年代中期,是 PLC 的初创阶段。

该时期的 PLC 产品主要用于逻辑运算、定时和计数,它的 CPU 由中小规模的数字集成电路组成,它的控制功能比较简单。该阶段的代表产品有 MODICON 公司的 084、AB 公司的 PDQII、DEC 的 PDP-14 和日立公司的 SCY-022 等。

第 2 阶段,从 20 世纪 70 年代中期到末期,是 PLC 的实用化发展阶段。

该时期的 PLC 产品的主要控制功能得到了较大的发展。随着多种 8 位微处理器的相继问世,PLC 技术产生了飞跃。在逻辑运算功能的基础上,增加了数值运算、闭环调节功能,提高了运算速度,扩大了输入/输出规模。该阶段的代表产品有 MODICON 公司的 184、284、384,西门子公司的 SYMATIC S3 系列,富士电机公司的 SC 系列等。

第 3 阶段,从 20 世纪 70 年代末期到 80 年代中期,是 PLC 通信功能的实现阶段。

与计算机通信的发展相联系,PLC 也在通信方面有了很大的发展,初步形成了分布式的通信网络体系。但是,由于生产厂家各自为政,通信系统自成系统,因此各产品互相通信是较困难的。在该阶段,由于生产过程控制的需要,对 PLC 的需求大大增加,产品的功能也得到了发展,数学运算的功能得到了较大的扩充,产品的可靠性进一步提高。该阶段的代表产品有富士电机公司的 MI-CREX 和德州仪器公司的 TI530 等。

第 4 阶段,从 20 世纪 80 年代中期开始,是 PLC 的开放阶段。

由于开放系统的提出,使 PLC 也得到了较大的发展。主要表现为通信系统的开放,使各生产厂家的产品可以互相通信,通信协议的标准化使用户得到了好处。在这一阶段,产品的规模增大,功能不断完善,大中型产品多数有 CRT 屏幕的显示功能,产品的扩展也因通信功能的改善而变得方便,此外,还采用了标准的软件系统,增加了高级编程语言等。该阶段的代表产品有西门子公司的 SYMATIC SY5 和 S7 系列和 AB 公司的 PLC-5 等。

1.1.3 PLC 的发展趋势

PLC 从诞生至今,虽然只有 30 多年的历史,但其发展势头十分迅猛。如今在工业自动化领域中,PLC 已经无处不在。随着技术的发展和市场需求的增加,PLC 的结构和功能得到不断改进,生产厂家不断推出功能更强的 PLC 产品,平均 3~5 年更新换代一次。今后,PLC 的发展可归纳为以下几个方面:

1. 小型化、专用化、低成本

随着微电子技术的发展,新型器件被大幅度地提高功能和降低价格。PLC 的功能不断加强,将原来大、中型 PLC 才有的功能移植到小型 PLC 上。PLC 结构更为紧凑、小巧,体积更小,而安装和操作使用十分简便。由于 PLC 中主要部件成本的不断下降,这样在大幅度提高 PLC 功能的同时,也大幅度降低了 PLC 的整体成本。价格的不断下降,使得 PLC 真正成

为继电器控制系统的替代产品。

2. 系列化、标准化、模块化

每个生产 PLC 的厂家几乎都有自己的系列化产品,同一系列的产品指令及使用向上兼容,以满足新机型的推广和使用。为了推动技术标准化的进程,一些国际性组织,如国际电工委员会(IEC),不断为 PLC 的发展制定一些新的标准,对各种类型的产品作一定的归纳或定义,对 PLC 未来的发展制定一种方向(或框架)。模块式结构使系统的构成更加灵活、方便;功能明确化,专用化的复杂功能由专门模块来完成。一般的 PLC 可分为主模块、扩展模块、I/O 模块以及各种高性能模块等,每种模块的体积都较小,相互连接方便,使用更简单,通用性更强。主机仅仅通过通信设备向模块发布命令和测试状态,这使得 PLC 的系统功能进一步增强,控制系统设计进一步简化。

3. 高速化、大容量化和高性能化

大型 PLC 采用多微处理器系统,如有的采用了 32 位微处理器,可同时进行多任务操作,处理速度提高,存储容量大大增加。PLC 的功能进一步加强,以适应各种控制需要,使计算、处理功能进一步完善,特别是增强了过程控制和数据处理的功能。另外,PLC 可以代替计算机进行管理、监控。智能 I/O 组件也将进一步发展,用来完成各种专门的任务(如位置控制、PID 调节、远程通信等)。

4. 网络化

计算机与 PLC 之间,以及各个 PLC 之间的连网和通信能力的不断增强,使工业网络可以有效地节省资源、降低成本、提高系统可靠性和灵活性,使网络的应用有普遍化的趋势。工业中普遍采用金字塔结构的多级工业网络。与可编程序控制器硬件技术的发展相适应,工业软件的发展非常迅速,它使系统应用更加简单易行,大大方便了 PLC 系统的开发人员和操作使用人员。

1.2 PLC 的功能及应用

1.2.1 PLC 的功能

随着计算机技术、工业控制技术、电子技术和通信技术的发展,PLC 已从小规模的单机顺序控制,发展到包括过程控制、位置控制等场合的所有控制领域,能组成工厂自动化的 PLC 综合控制系统。现在的 PLC 一般具有如下主要功能:

1. 开关量逻辑控制功能

这是 PLC 的最基本功能之一。逻辑控制功能实际上就是位处理功能,它用 PLC 的与、或、非指令取代继电器触点串联、并联和其他逻辑连接,实现开关控制、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 可根据操作按钮、限位开关及其他现场给出的指令信号或检测信号,控制机械运动部件进行相应的动作。

2. 定时/计数控制功能

定时/计数(TIM/CNT)控制功能是指利用 PLC 提供的定时器、计数器指令实现对某种操作的定时或计数控制,以取代时间继电器和计数继电器。定时器和计数器的设定值可以在编

程时设定,也可以在运行过程中根据需要进行修改,使用方便灵活。

3. 数据处理功能

数据处理功能是指 PLC 能进行数据传送、数据比较、数据移位、数制转换、算术运算与逻辑运算以及编码和译码等操作。中、大型 PLC 数据处理功能更加齐全,可完成开方、PID 运算、浮点运算等操作,还可以和 CRT 显示器、打印机相连,实现程序、数据的显示和打印。

4. 监控、故障诊断功能

PLC 设置了较强的监控、故障诊断功能。利用编程器或监视器,操作人员可监视 PLC 各部分的运行状态和进程;也可以在线调整和修改控制程序中定时器、计数器的设定值或强制置 I/O 的状态。PLC 可以对系统构成、某些硬件状态、指令的合法性等进行自诊断,发现异常情况,发出报警并显示错误类型,如遇严重错误,则自动中止运行。PLC 的故障自诊断功能,大大提高了 PLC 控制系统的安全性和可维护性。

5. 步进控制功能

步进控制功能是用步进指令来实现有多道加工工序的控制,只有前一道工序完成后,才能进行下一道工序操作的控制,以取代由硬件构成的步进控制器。PLC 为用户提供了多个移位寄存器,可以实现由时间、计数或其他指定逻辑信号为转步条件的步进控制。PLC 能通过移位寄存器方便地完成步进控制功能。有些 PLC 专门设有步进控制指令,使得编程更为方便。此功能在进行顺序控制时非常有效。

6. A/D、D/A 转换功能

有些 PLC 具有 A/D、D/A 转换功能,可以方便地完成对模拟量的控制和调节。一般情况下,模拟量为 4~20mA 的电流,或 1~5V、0~10V 的电压;数字量为 8 位或 12 位的二进制数。通过 A/D、D/A 转换功能,可对温度、压力、速度、流量等连续变化的模拟量进行控制,而且编程和使用都很方便。大、中型的 PLC 还具有 PID 闭环控制功能,运用 PID 子程序或使用专用的智能 PID 模块,可以实现对模拟量的闭环过程控制。

7. 停电记忆功能

PLC 内部的部分存储器所使用的 RAM 设置了停电保持器件(如备用电池等),以保证断电后这部分存储器中的信息能够长期保存。利用某些记忆指令可以对工作状态进行记忆,以保持 PLC 断电后的数据内容不变。PLC 电源恢复后,可以在原工作状态基础上继续工作。

8. 远程 I/O 功能

远程 I/O 功能是指通过远程 I/O 单元将分散在远距离的各种输入、输出设备与 PLC 主机相连接,进行远程控制,接收输入信号、传出输出信号。

9. 通信连网功能

新一代的 PLC 具有通信功能。PLC 的通信包括 PLC 相互之间、PLC 与上位计算机间的通信,PLC 与其他智能设备间的通信。PLC 系统与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,从而实现信息的交换,也可构成“集中管理,分散控制”的分布式控制系统,满足工厂自动化系统的发展要求。

10. 扩展功能

扩展功能是指通过连接 I/O 扩展单元模块来增加 I/O 点数,也可通过附加各种智能单元

及特殊功能单元来提高 PLC 的控制能力。

1.2.2 PLC 的应用

PLC 产生初期,由于其价格高于继电器控制装置,使得其应用受到限制。但最近几年来,随着 PLC 性能价格比的不断提高,PLC 的应用面越来越广,其主要原因是:一方面由于微处理器芯片及有关元器件的价格大大下降,使得 PLC 的成本下降;另一方面 PLC 的功能大大增强,使它也能解决复杂的计算和通信问题。目前,PLC 已广泛用于工业控制的各个领域,包括从单机自动化到工厂自动化;从机器人、柔性制造系统到工业局部网络。

从 PLC 的功能来分,PLC 的应用领域主要有以下几方面:

1. 开关量逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域,它完全取代了传统的继电接触器等顺序控制装置。开关量逻辑控制可以代替继电器完成组合逻辑控制、定时与顺序逻辑控制,它既可用于单机控制,又可用于多机群控,以及生产线的自动控制,并广泛应用于电力、机械制造、钢铁、石油、化工、采矿、汽车、造纸、纺织等各行各业,如机床电气控制、包装机械的控制、输送带与电梯的控制、汽车装配生产线及自动生产线中各种泵和电磁阀的控制等。

2. 运动控制

利用配合 PLC 使用的专用智能模块,可以对步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴系统实现位置控制。在多数情况下,PLC 把描述目标位置的数据传送给模块,模块驱动轴系到目标位置。当每个轴转动时,位置控制模块使其保持适当的速度和加速度,确保运动平滑。例如对具有多轴的机器人进行控制,自动地处理它的机械运动。随着工厂自动化网络的形成,使用机器人的领域将越来越广。

3. 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量实现的闭环控制。现代的 PLC 一般都有 PID 闭环控制功能。当控制过程中某一个输出变量出现偏差时,PLC 按照 PID 控制算法计算出正确的输出,使输出变量保持在设定值上。PLC 的过程控制功能已经广泛地应用在化工、机械、轻工、冶金、电力、建材等行业。

4. 机械加工机床的数字控制

PLC 和计算机数控(CNC)装置组合成一体,可以实现数值控制,组成数控机床。现代的 PLC 具有数字运算、数据传送、转换、排序、查表和位操作等功能,可以完成数据的采集、分析和处理。预计今后几年 CNC 系统将变成以 PLC 为主体的控制和管理系统。

5. 通信、网络化

近些年来,随着计算机网络和计算机控制技术的发展,工厂自动化(FA)网络系统正在兴起。通过网络系统,PLC 可和远程 I/O 进行通信,多台 PLC 之间以及 PLC 和其他智能设备(如计算机、变频器、数控装置等)之间也可相互交换数字信息,形成一个统一的整体,实现分散控制或集中控制。近年来开发的 PLC 都增强了通信功能,即使是小型 PLC 也具备了 PLC 与主计算机通信连网的功能。

1.3 PLC 的分类和特点

1.3.1 PLC 的分类

PLC 种类很多,其功能、内存容量、控制规模、外形等方面均存在较大差异,且还没有一个权威的统一分类标准,准确分类也是困难的。目前,一般按照控制规模、结构形式和实现的功能进行大致分类。

1. 按控制规模分类

为了适应不同工业生产过程的应用要求,PLC 能够处理的输入/输出信号数是不一样的。一般将一路信号称为一个点,将输入点数和输出点数的总和称为机器的点。PLC 按控制规模分类主要以开关量计数,模拟量的路数可折算成开关量的点数,一般一路相当于 8 点或 16 点。根据 I/O 点数的多少,可将 PLC 分为微(超小)型机、小型机、中型机、大型机、超大型机。

(1) 微型机 I/O 点数小于 100 点,内存容量为 256B~1KB,如欧姆龙公司的 SP 系列、松下电工的 FPO 系列、三菱公司 F 系列等。微型机特点是体积小、功能简单,是实现小型机械自动化的理想控制器。

(2) 小型机 I/O 点数约为 100~500 点,内存容量为 1~3.6KB,如欧姆龙公司的 CPM1A、CPM2A、CQM1Q、CQM1H 系列,松下电工的 FP 系列,三菱公司的 F1 系列等。小型机主要用于中等容量的开关量控制,具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制、通信等功能,是代替继电器控制的理想控制器,应用非常广泛。

(3) 中型机 I/O 点数约为 500~1000 点,内存容量为 3.6~13KB。例如,欧姆龙公司的 C200H,其普通配置可达 200 多点,最多可达 1084 点;西门子公司的 S7-300 最多可达 512 点。中型机除具有小型、微型 PLC 的功能外,还增加了数据处理能力,适用于小规模的综合控制系统。

(4) 大型机 I/O 点数在 1000 点以上,内存容量为 13KB 以上。例如,欧姆龙公司的 C2000H、CV2000、CS1 的本地点可达 2048 点;松下电工的 FP2 本地点配置可达 1600 点,FP3、FP10、FP10SH 使用远程 I/O 可达 2048 点。大型 PLC 用于大规模过程控制或分布式控制系统。

(5) 超大型机 I/O 点数可达几千点,甚至几万点,内存容量为 13KB 以上。如美国 GE 公司的 90-20,其点数可达 24000 点;三菱公司的 A2A、A3A 具有 8000 路的模拟量。大型 PLC 的应用已从逻辑控制发展到过程控制、数字控制、集散控制等广阔领域。大型 PLC 使用 32 位微处理器,多 CPU 并行工作,并具有大容量存储器。

上述分类方式并不十分严格,也不是一成不变的。随着 PLC 的不断发展,划分标准已有过多次的修改。

2. 按结构形式分类

PLC 发展很快,目前,全世界有几百家工厂正在生产几千种不同型号的 PLC。为了便于在工业现场安装,便于扩展,方便接线,其结构与普通计算机有很大区别。通常从组成结构形式上将这些 PLC 分为两类:整体式和模块式。

(1) 整体式 整体式 PLC 是将其电源、CPU、存储器、I/O 单元和指示灯等集中安装在一个箱体内, 构成主机, 另外还有 I/O 扩展单元配合主机使用, 用电缆将 I/O 扩展单元接在主机上, 可以扩展 I/O 点数。如欧姆龙公司的 CPM1A、CPM2A 系列, 松下电工的 FP 系列, 三菱公司的 F1 系列, 东芝公司的 EX20/40 系列等。整体式 PLC 的特点是结构紧凑, 体积小, 价格低, 安装方便, I/O 点数固定, 实现的功能和控制规模固定, 灵活性较低。小型机常采用这种结构, 以适应工业生产中的单机控制的需要。

(2) 模块式 模块式又叫积木式或组合式。模块式 PLC 是把 PLC 的每个工作单元都制成独立的模块, 如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块、通信模块等。模块式 PLC 为总线结构, 总线做成总线板, 上面有若干个总线槽, 每个总线槽可以安装一个 PLC 模块。PLC 的 CPU 和存储器做成一个模块, 该模块在总线板的安装位置一般是固定的。根据控制系统的需要选取好模块后, 都插到总线板上, 就构成了一个完整的 PLC。如欧姆龙公司的 C200H、C1000H 和 C2000H, 西门子公司的 S5-115U、S7-300、S7-400 系列等。模块式 PLC 的特点是配置灵活, 安装、扩展、维修都很方便, 缺点是体积比较大。一般中型和大型 PLC 常采用这种结构, 可以构成不同控制规模和不同控制功能的 PLC 控制系统, 但价格较高。

3. 按功能分类

按 PLC 功能强弱来分, 可大致分为低档机、中档机和高档机三种。

(1) 低档机 低档机 PLC 具有逻辑运算、定时、计数等功能, 有的还增设模拟量处理、算术运算、数据传送等功能, 可实现逻辑、顺序、定时、计数控制等。

(2) 中档机 中档机 PLC 除具有低档机的功能外, 一般有整数及浮点运算、数制转换、PID 调节、中断控制及连网功能, 可用于复杂的逻辑运算及闭环控制场合。

(3) 高档机 高档机 PLC 除具有中档机的功能外, 可进行函数运算、矩阵运算, 完成数据管理工作, 有更强的通信能力, 还具有模拟调节、连网通信、监视、记录和打印等功能, 使 PLC 的功能更多更强, 能进行智能控制、远程控制、大规模控制, 构成分布式生产过程综合控制管理系统, 成为整个工厂的自动化网络。

PLC 按功能划分及按点数规模划分是有一定联系的。一般来说, 大型机、超大型机都是高档机。机型和机器的结构形式及内部存储器的容量一般也有一定的联系, 大型机一般都是模块式机, 都有很大的内存容量。

1.3.2 PLC 的特点

PLC 能如此迅速发展的原因, 除了工业自动化的客观需要外, 还有许多独特的优点。它较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题。它具有以下主要特点:

1. 可靠性高, 抗干扰能力强

高可靠性是 PLC 最突出的特点之一。由于工业生产过程是昼夜连续的, 一般的生产装置要几个月、甚至几年才大修一次, 这就对用于工业生产过程的控制器的可靠性提出了高可靠性的要求。传统的继电器控制系统中使用了大量的中间继电器、时间继电器。由于触点接触不良, 容易出现故障。PLC 采用微电子技术, 大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成, 用软件代替大量的中间继电器和时间继电器, 仅剩下与输入和输出有关的少量硬件, 接线可减少

到继电器控制系统时的 $1/10 \sim 1/100$ ，因触点接触不良造成的故障大为减少。此外，PLC 还采取了屏蔽、滤波、隔离、故障检测与诊断等抗干扰措施，具有很强的抗干扰能力，平均无故障时间达到数万小时以上，可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场。PLC 已被广大用户公认为是最可靠的工业控制设备之一。

2. 编程、操作简易方便、程序修改灵活

PLC 采用面向控制过程、面向问题的“自然语言”编程，容易掌握。例如，目前 PLC 大多数均采用的梯形图语言编程方式，既继承了传统控制线路的清晰直观感，又考虑到大多数电气技术人员的读图习惯及应用微机的水平，很容易被技术人员所接受，易于编程，程序改变时也易于修改。近几年发展起来的其他编程语言（如功能图语言、汇编语言和 BASIC 等计算机通用语言）也都使编程更加方便，并且适宜于不同的人员。

3. 硬件配套齐全，用户使用方便，适应性强

PLC 产品已经标准化、系列化、模块化，配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用，用户能灵活方便地进行系统配置，组成不同功能、不同规模的系统。PLC 具有丰富的 I/O 接口，对不同的工业现场信号（如交流、直流、电压、电流、开关量、模拟量、脉冲等），有相应的 I/O 模块与工业现场的器件或设备（如按钮、行程开关、接近开关、传感器及变送器、电磁线圈、电机起动器、控制阀等）直接连接。另外，有些 PLC 还有通信模块、特殊功能模块等。PLC 的安装接线也很方便，一般用接线端子连接外部接线。PLC 有较强的带负载能力，可以直接驱动一般的电磁阀和交流接触器。硬件配置确定后，可以通过修改用户程序，方便快速地适应工艺条件的变化。

4. 易于系统的设计、安装、调试和维修

PLC 用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件，使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。PLC 的梯形图程序一般采用顺序控制设计法。这种编程方法很有规律，容易掌握。对于复杂的控制系统，梯形图的设计时间比继电器控制系统电路图的设计时间要少得多。

PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试，输入信号用小开关来模拟，通过 PLC 上的发光二极管可观察输出信号的状态。完成了系统的安装和接线后，在现场的统调过程中发现的问题一般通过修改程序就可以解决，系统的调试时间比继电器控制系统要少得多。

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机构发生故障时，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产生故障的原因，用更换模块的方法迅速地排除故障。

5. 体积小、重量轻、功耗低、响应快

由于 PLC 是将微电子技术应用于工业控制设备的新型产品，其体积小、重量轻、功耗低、响应快。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，因此可将开关柜的体积缩小到原来的 $1/2 \sim 1/10$ 。PLC 的配线比继电器控制系统的配线少得多，故可以省下大量的配线和附件，减少大量的安装接线工时，加上开关柜体积的缩小，可以节省大量的费用。传统继电器节点的响应时间一般需要几百毫秒，而 PLC 的节点响应很快，内部是微秒级的，外部是毫秒级的。

1.4 PLC 的组成及工作原理

在讲 PLC 的基本组成之前,先介绍一下传统继电器控制系统和 PLC 控制系统的组成。

传统的继电器控制系统通常由输入设备、继电器控制盘和输出设备三大部分组成，如图1-1所示。输入设备通常由被控对象的各种开关、按钮、传感器等构成。继电器控制盘通常由中间继电器、时间继电器和将这些器件连接起来的导线等组成。复杂的继电器控制系统，一般由一个或几个控制柜构成，系统构成比较庞大。输出设备由被控对象执行元件（如电磁阀、接触器等）组成。

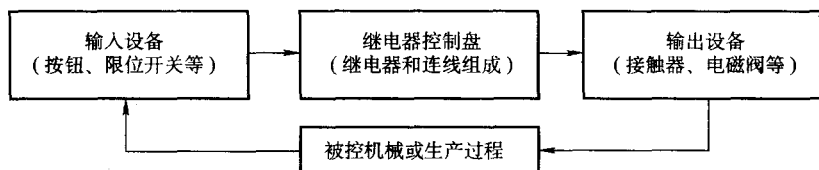


图 1-1 继电器控制系统

PLC 控制系统是从继电器控制系统发展而来的，如图 1-2 所示。因此，这两种控制系统有很多相同之处，其中输入设备和输出设备基本相同，只是用 PLC 取代了继电器控制盘。传统的继电器控制线路的控制作用是通过许多导线与继电器硬件连接实现的，而 PLC 控制系统的控制作用是通过软件编程来实现的。后者可以通过修改程序来改变其控制作用，而前者则需要改变控制线路的硬件连接才能做到。

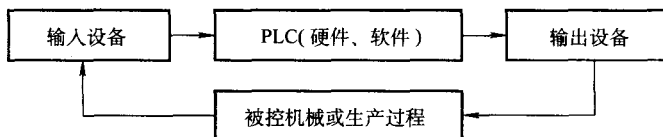


图 1-2 PLC 控制系统

1.4.1 PLC 的基本组成

由 PLC 构成的基本控制系统硬件简化框图如图 1-3 所示。其中, PLC 的基本组成为线框内的四部分: 中央处理器 (CPU)、存储器、输入/输出 (I/O) 模块和电源。

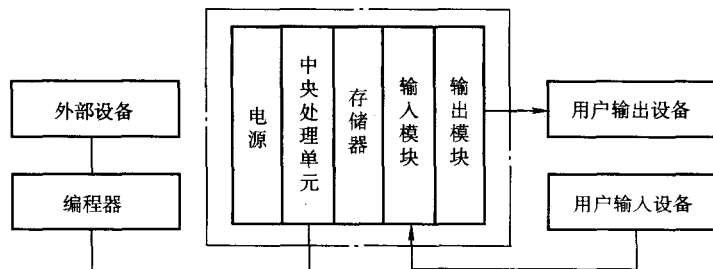


图 1-3 PLC 控制系统结构简图