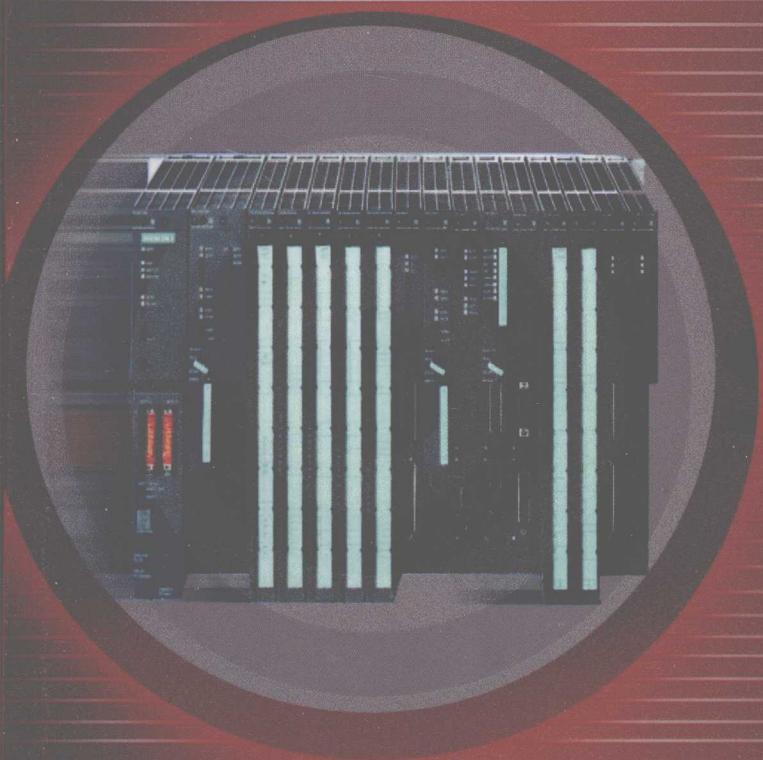


普通高等学校教材
西门子自动化产品培训用书
SIEMENS

S7-300/400 PLC 原理与实用开发指南



SIEMENS

任双艳 边春元 孙亦红 李艳杰 等编著



普通高等学校教材

西门子自动化产品培训用书

S7-300/400 PLC 原理与 实用开发指南

任双艳 边春元 孙亦红 李艳杰 等编著



机械工业出版社

S7-300/400 PLC 作为西门子公司可编程序控制器的主流产品,应用十分广泛,市场占有率很高,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。目前,一本系统讲解 S4-300/400 PLC 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。

本书共分 8 章,全面系统地介绍了 S7-300/400 PLC 的软硬件知识及其应用。本书首先介绍 PLC 的基本原理,然后重点对 S7-300/400 PLC 的硬件、指令系统、编程环境、编程方法、程序结构、通信网络等方面作了较为系统、深入的介绍。

本书力求清晰准确,注重理论联系实际,便于读者学习和掌握。本书既可作为高等学校相关专业师生的教材或参考书,也可作为广大工程技术人员的自学教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

S7-300/400 PLC 原理与实用开发指南/任双艳,边春元,孙亦红,李艳杰等编著. —北京:机械工业出版社,2008.8

普通高等学校教材

西门子自动化产品培训用书

ISBN 978-7-111-24871-2

I. S… II. ①任…②边…③孙…④李… III. 可编程序控制器
IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 124123 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:林 桢 版式设计:张世琴

责任校对:姜 婷 封面设计:鞠 杨 责任印制:杨 曦

三河市国英印务有限公司印刷

2008 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15.5 印张·378 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-24871-2

定价:36.00 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) 88379764

封面无防伪标均为盗版

西门子自动化产品培训用书

编 委 会

主 编	边春元	满永奎				
副主编	任双艳	王志强				
编 委	姜雪松	李艳杰	李爱平	邓 伟	王 璐	
	崔广臣	刘长勇	孙亦红	李 策	孟晓芳	
	王 珏	于艳秋	王卫红	胡 博	田有文	
	王 俊	解东光	王宇龙	杨 晨	杨 萍	

丛 书 序

当今科技的飞速发展,对于改变人类社会的生产和生活面貌,推动人类社会的物质文明和精神文明向前发展,无疑具有极其重要的作用和意义。作为一门现代科学技术,自动化技术反映了人们改造大自然的能力,它是多种学科和技术的交叉与综合,尤其是在信息技术飞速发展和日益普及的今天,自动化新技术和新产品更是日新月异、层出不穷。毋庸置疑,自动化技术在推动社会进步、促进经济发展、改善生活质量和建设可持续发展的和谐社会等方面将发挥越来越重要的作用。

西门子(Siemens)公司是当今世界上最大的电气自动化公司之一,其自动化产品遍布于生产和生活的各个方面,电气自动化解决方案是其核心业务领域之一。以应用场合的可编程序控制器和各种控制系统配套解决方案为代表的西门子自动化产品,广泛应用于冶金、造纸、采矿、水处理、造船、石油和天然气、智能交通管理、工业服务和IT工厂解决方案等领域。

随着西门子自动化产品在我国各个应用领域的逐步普及和大量应用,需要掌握西门子自动化产品基础和实用开发技术的工程人员和技术人员等群体也在不断扩大,国内多所高等院校和高职高专院校也已先后开设了与西门子自动化产品相关的专业课程,要求某些专业的本科生和研究生必须学习这些课程。可见,西门子自动化产品开发技术已经成为广大院校师生、工程人员和技术人员等竞相掌握的一门重要技能。

随着西门子自动化产品的广泛应用,如何更好地使用西门子自动化产品?如何更好地在实践中进行西门子自动化产品的应用开发?如何更好地利用特定西门子自动化产品的内部资源来完成复杂项目的开发?……这些问题不断地在困扰着采用西门子自动化产品进行项目开发的相关人员。因此,如何帮助广大工程人员和技术人员迅速解决上述难题成为一个困扰已久的问题。目前,解决这个问题的重要手段就是在学习源头上多下功夫,即编写和出版一些高质量的科技图书。通过学习这些科技图书,读者能够解决在实际开发工作中遇到的各种困扰,真正地掌握西门子自动化产品的基础知识和各种实用开发技术,从而能够更快、更好地完成实际项目的开发。

通过多年的教学实践和培训经验以及广泛的技术交流,广大院校师生、工程人员和技术人员等需要全面系统地阐述西门子自动化产品的书籍,这些书籍不应以介绍产品手册内容为主,而是应该在介绍基础知识的基础上能够介绍具有实际工程背景的实例,同时能够对实际应用中的使用方法、开发技巧和涉及到的重要知识点进行重点阐述。

基于目前西门子自动化产品图书的现状,决定立项出版这套“西门子自动化产品培训用书”,以满足广大读者希望快速、全面地学习和掌握西门子自动化产品系列应用技术的迫切愿望。

这套丛书的总体上遵循循序渐进、理论与实践相结合的原则,内容涵盖了西门子S7系列PLC、变频器、现场总线、工业网络、触摸屏、STEP7、WinCC、PLC的梯形图与语句表编程方法等内容。另外,编写本丛书的目的不仅是对所积累知识的一个总结,更希望能将它

与广大读者分享，共同探讨与进步。概括起来，这套丛书的主要特点体现在以下方面：

内容全面、体系完备：从不同层面和深度介绍利用西门子自动化产品开发工具进行应用开发的全过程，内容详实，覆盖面广。

实践性强、实例典型：最大程度地强调了实践性，书中所有的实例都经过验证可实现，并具有代表性，读者可通过实例对相应技术点有清晰直观的了解。

把握新知、结合实际：对西门子自动化系列产品的新知识、新特性作了详细的介绍。书中很多技术点都是作者已经在实际工作中大量运用的，它们是开发经验的提炼和总结，相信会给读者带来很大的帮助。

相信这套丛书对于读者掌握西门子自动化产品将发挥重要的作用，使读者能够对西门子自动化产品和技术有一个系统的、全面的、深入的理解，同时能够利用它们开发出满足需要的工业自动化控制系统。

最后对参与这套丛书编写工作的各位作者表示衷心的感谢，感谢大家为我国工业自动化的技术发展和人才培养所作的巨大努力！

同时，也恳切希望读者能够对这套丛书的不足之处提出宝贵意见和建议，以便再版时更正，从而更好地服务广大读者。

是为序。

本丛书编委会

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 (可编程序控制器控制技术、机器人技术、CAD/CAM 和数控技术) 之一。

西门子公司的 S7-300/400 PLC 在大中型 PLC 中应用最广, 市场占有率最高。S7-300/400 PLC 及其编程软件 STEP 7 功能强大, 程序结构复杂, 一本系统讲解 S7-300/400 PLC 的软硬件知识及应用的图书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的教材。

本书共分 8 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 PLC 的硬件系统及内部资源; 第 3 章介绍了 S7-300/400 PLC 的指令系统, 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 S7-300/400 PLC 的用户程序结构; 第 6 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 PLC 的通信网络系统; 第 7 章介绍了 Profibus 通信网络的硬件、通信协议及网络组态; 第 8 章介绍了 AS-i 总线。

本书主要由沈阳理工大学任双艳博士、东北大学边春元博士和东北大学孙亦红以及沈阳理工大学李艳杰博士编写, 参与部分章节编写、数据收集整理及程序调试的还有杜平、满永奎、渠莉娜、李爱平、王大志、谢群、吕兴君、杨青、王志强、廖三三、何大勇、蒋越、范家蓬、杨伟智、闫向峰。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力系统与电力传动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, 书中难免有疏漏之处, 恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 10 月

目 录

丛书序

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

1.2 PLC 的功能 2

1.3 PLC 的分类和特点 4

1.3.1 PLC 的分类 4

1.3.2 PLC 的特点 5

1.4 PLC 的组成及工作原理 7

1.4.1 PLC 的基本组成 7

1.4.2 PLC 的工作原理 9

1.5 S7 系列 PLC 概述 11

1.6 PLC 的应用及发展趋势 12

1.6.1 PLC 的应用 12

1.6.2 PLC 的发展趋势 13

第 2 章 S7-300/400 PLC 的硬件

系统及内部资源 14

2.1 硬件系统基本构成 14

2.1.1 概述 14

2.1.2 S7-300/400 PLC 的组成 16

2.1.3 S7-300/400 PLC 的结构 19

2.2 CPU 模块及性能特点 21

2.2.1 S7-300 PLC 的 CPU 模块 21

2.2.2 S7-400 PLC 的 CPU 模块 25

2.3 输入/输出模块及模块地址的

确定 28

2.3.1 S7-300 PLC 的 SM 28

2.3.2 S7-400 PLC 的 SM 35

2.3.3 信号模块地址的确定 36

2.4 S7-300/400 PLC 的内部资源 37

2.4.1 装载存储区 37

2.4.2 工作存储区 37

2.4.3 系统存储区 39

2.4.4 外设 I/O 存储区与累加器 (ACCU_x) 41

2.4.5 状态字寄存器 41

2.4.6 系统存储器区域的划分及功能 42

2.5 分布式 I/O 43

第 3 章 S7-300/400 PLC 的指令

系统 46

3.1 编程语言及 PLC 程序结构 46

3.2 S7-300/400 PLC 指令系统的基本

知识 47

3.2.1 数制 47

3.2.2 数据类型 48

3.2.3 参数类型 49

3.2.4 数据的格式标记 50

3.2.5 指令的基本组成 52

3.2.6 操作数 52

3.2.7 寻址方式 53

3.3 S7-300/400 PLC 的指令系统 54

3.3.1 位逻辑指令 54

3.3.2 数据处理指令 58

3.3.3 计数器与定时器指令 68

3.3.4 算术运算指令 81

3.3.5 程序控制指令 96

3.3.6 数据块指令 100

3.3.7 逻辑控制指令 102

3.4 编程举例 107

3.4.1 电气起动的传送带 107

3.4.2 风机监控程序 109

第4章 STEP 7 编程环境及 PLC

应用系统设计 111

4.1	STEP 7 概述	111
4.2	创建与编辑项目	114
4.2.1	利用 STEP 7 创建项目的步骤	114
4.2.2	项目结构	115
4.3	硬件组态任务与步骤	116
4.4	定义符号	117
4.4.1	共享符号与局域符号	118
4.4.2	符号表	119
4.5	逻辑块的生成	120
4.5.1	建立逻辑软件块	120
4.5.2	编辑变量声明表	120
4.5.3	编制并输入程序	120
4.6	显示参考数据	122
4.6.1	参考数据类型	122
4.6.2	参考数据的使用	126
4.7	下载与上传	129
4.7.1	在线连接的建立与在线操作	129
4.7.2	下载	131
4.7.3	上传	133
4.8	程序的调试	134
4.8.1	PLC 应用系统的调试	134
4.8.2	用变量表调试程序	135
4.8.3	用程序状态功能调试程序	141
4.9	故障诊断	144
4.9.1	诊断硬件和故障诊断	144
4.9.2	用快速视窗的诊断硬件	146
4.9.3	用诊断视窗的诊断硬件	147
4.9.4	模块信息功能	148
4.9.5	在停机模式下诊断	149
4.10	PLC 应用系统设计实例	150

第5章 S7-300/400 PLC 的用户

程序结构 154

5.1	编程方式	154
5.2	用户程序	155
5.2.1	程序块	155
5.2.2	堆栈	158

5.3	功能块与功能的调用	159
5.3.1	局域数据类型	159
5.3.2	功能块与功能的调用步骤	160
5.3.3	功能块调用编程步骤	162
5.4	数据块与数据结构	162
5.4.1	数据块的生成	162
5.4.2	数据块中的数据结构	165
5.5	组织块与中断处理	168
5.5.1	中断的基本概念	168
5.5.2	组织块的变量声明表	170
5.5.3	用于中断程序处理的组织块	170
5.5.4	日期时钟中断组织块 (OB10 ~ OB17)	171
5.5.5	时间延迟中断组织块 (OB20 ~ OB23)	172
5.5.6	循环中断组织块 (OB30 ~ OB38)	173
5.5.7	硬件中断组织块 (OB40 ~ OB47)	174
5.5.8	背景组织块 (OB90)	175
5.5.9	起动组织块 (OB100/OB101/OB102)	176
5.5.10	故障处理组织块 (OB70 ~ OB87/OB121 ~ OB122)	178

第6章 PLC 的通信与网络 180

6.1	数据通信	180
6.1.1	数据传输方式的分类	180
6.1.2	线路通信方式和传输速率	182
6.1.3	差错控制方式和检错码	183
6.1.4	传输介质	183
6.1.5	串行通信接口标准	183
6.2	工业局域网概述	185
6.2.1	局域网的基本知识	185
6.2.2	现场总线概述	187
6.3	S7-300/400 PLC 的通信网络概述	189
6.3.1	工厂自动化系统网络	189
6.3.2	S7-300/400 PLC 的通信网络	189
6.4	工业以太网	190
6.4.1	工业以太网的网络部件	191
6.4.2	工业以太网的交换机技术	192



6.4.3 工业以太网的网络方案	193
6.5 MPI 网络	194
6.5.1 MPI 网络的组建	195
6.5.2 利用 STEP 7 组态 MPI 通信 网络	196
6.5.3 事件驱动的 GD 通信	198
6.5.4 不用 GD 通信组态的 MPI 通信 ...	199

第 7 章 Profibus 通信网络 201

7.1 概述	201
7.2 Profibus 的物理层	203
7.2.1 物理层概述	203
7.2.2 Profibus-DP/FMS 的物理层 协议	203
7.2.3 Profibus-PA 的物理层协议	204
7.3 Profibus 的通信协议	205
7.3.1 总线存取协议	205
7.3.2 Profibus-DP	206
7.3.3 Profibus 网络的配置方案	210
7.4 利用 STEP 7 组态 Profibus-DP 通信 网络	211

7.4.1 Profibus-DP 网络的组态	211
7.4.2 主站与 DP 从站间主从通信的 组态	215
7.4.3 直接数据交换通信的组态	218
7.5 系统功能与系统功能块在 Profibus 通信中的应用	222
7.5.1 用于 Profibus 通信的 SFC 与 SFB	222
7.5.2 SFC/SFB 在 Profibus 中的应用 举例	224

第 8 章 AS-i 总线 226

8.1 概述	226
8.2 AS-i 系统组成	227
8.3 AS-i 通信原理	230
8.4 CP343-2 AS-i 主站模板	233
8.5 DP/AS-i Link 20E 网关	234

参考文献 235

第 1 章

绪论

可编程序控制器 (Programmable Controller, 简称 PC) 在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技术支柱 (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 PLC 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 (GM) 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。GM 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 PLC 最基本的功能。第二年, 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 的发展经历了以下四个阶段:

第一阶段, 从第一台 PLC 问世到 20 世纪 70 年代中期, 是 PLC 的初创阶段。

2 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。

第二阶段, 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 SIMATIC S3 系列, 富士电机公司的 SC 系列等。

第三阶段, 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。

第四阶段, 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 SIMATIC S5、S7 系列和 AB 公司的 PLC-5 等。

1.2 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既可以在编程时设定, 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、发送输出信号。



9. 通信联网功能

新一代的 PLC 具有通信功能。PLC 的通信包括 PLC 相互之间、PLC 与上位计算机间以及 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、通信转换器相连构成网络,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。

1.3 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、松下电工公司的 FPO 系列、三菱公司的 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 < 256 点,用户存储器容量 4K 字以下。如西门子公司的 S7-200,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,是代替继电器接触器控制的理想控制器,应用非常广泛。

(3) 中型机 I/O 点数为 256~2048 点,用户存储器容量 2~8K。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、超小型 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 > 2048 点;多 CPU,16 位、32 位处理器,用户存储器容量 8~16K。例如,西门子公司的 S7-400,欧姆龙公司的 C2000H、CV2000、CS1 本地点可达 2048 点;松下电工公司的 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、分布式控制等广阔领域。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,全世界有几百家厂商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 扩展单元连接在主机上,可以扩展 I/O 点数。如欧姆龙公司的 CPM1A、CPM2A 系列,松下电工公司的 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,但灵活性较差。小型机常采用这种结构,适应工业生产中的单机控制。

(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,将总线做成总线板,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、中断控制及联网功能,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,还可进行函数运算、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、联网通信、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提出了高可靠性的要求。传统的继电器、控制器控制系统中使用了大量的中间继电器、时间继电器, 由于它们的触点接触不良, 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, 只剩下与输入和输出有关的少量硬件, 接线可减少到继电器、控制器控制系统的 $1/10 \sim 1/100$, 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, 因此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、电动机起动器、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元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。

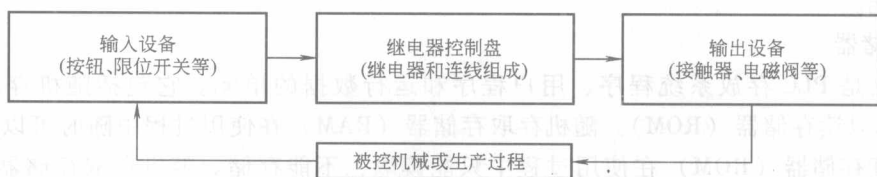


图 1-1 继电器控制系统

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。传统的继电器控制电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。

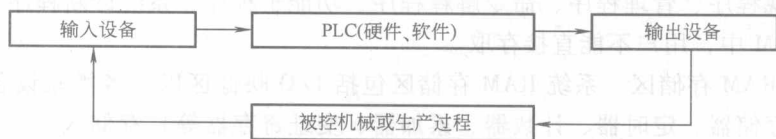


图 1-2 PLC 控制系统

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：中央处理器单元（CPU）、存储器、输入/输出（I/O）模块和电源。

1. 中央处理器单元（CPU）

CPU 是 PLC 的神经中枢，是系统的运算、控制中心。它按照系统程序所赋予的功能，