

PLC系统通信、 扩展与网络互连技术

王卫兵 编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



PLC 系统通信、扩展与 网络互连技术

王卫兵 编著



机械工业出版社

本书在介绍了 PLC 基本原理和计算机网络通信技术的基础上,以 OMRON 系列 PLC 为例,详细介绍了其产品组成及各种 PLC 的性能特点、系统通信、扩展和网络互连技术。还介绍了集散控制系统(DCS)的基本知识和 MODICON PLC 系统、SIEMENS PLC 系统的 I/O 扩展、通信和网络互连技术。最后系统地介绍了 PLC 控制系统及网络系统的设计原则与应用,并给出了大型 PLC 网络系统的应用实例。

本书的宗旨是使读者通过对本书的学习,可尽快系统地掌握 PLC 的基本原理和网络扩展技术,并达到举一反三、熟练应用的效果。

本书可作为广大电气技术人员,特别是大型 PLC 系统的设计、技术管理人员、学习、培训等参考用书,也可以作为大专院校的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 系统通信、扩展与网络互连技术/王卫兵编著. —北京:机械工业出版社, 2004.9

ISBN 7-111-14849-5

I. P… II. 王… III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 065953 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:张沪光 赵玲丽 版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:陈 沛 责任印制:石 冉

北京中兴印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·22.5 印张·558 千字

0 001—4 000 册

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

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着可编程序控制器（简称 PLC）技术的迅速发展，PLC 在我国各个工业控制领域中得到了越来越广泛的应用。

为了适应应用的需要，广大应用技术人员和 PLC 生产人员迫切需要系统地、全面地了解 PLC 的工作原理和网络互连扩展技术，并广泛开展了 PLC 技术的学习和培训。在很多大专院校的计算机控制课程中也引入了 PLC 的内容，有的还专门开设了 PLC 原理与应用课程。本书就是应这种形势的需要而编写的，以满足读者深入、完整了解 PLC 系统及通信网络、系统扩展技术的需要。

本书编写的宗旨是为广大读者提供一本内容完整、文字精练、通俗易懂的系统介绍 PLC 系统原理及通信网络技术的学习、培训教材和应用参考资料。读者通过本书的学习，可以尽快地、全面地掌握 PLC 的工作原理、应用技术和通信网络互连技术，并通过了解一种典型 PLC 系列产品的性能特点，达到举一反三、熟练应用的效果。本书对于初学者是一本完整、系统的学习教材，对于实际工程应用技术人员、系统设计人员及技术管理人员是一本内容详实的实用参考资料，书中有关 PLC 系统、通信基础及 PLC 系统网络的一些观点具有一定的参考价值。

全书共分八章。第 1 章概述，简要介绍 PLC 的概念、组成、特点和发展趋势。第 2 章 PLC 的工作原理与典型系统，系统介绍 PLC 技术的理论基础、常用数学工具和 PLC 的工作原理，并以 OMRON 系列 PLC 为例，介绍其产品组成及各种机型的性能特点，使读者对 PLC 系统有一个全面、完整的了解。第 3 章集散控制系统与 PLC，介绍集散控制系统的基本知识及 PLC 的应用，建立层次化、集控制和管理一体化的大型控制系统网络概念。第 4 章计算机通信及网络技术基础，系统地、全面地介绍 PLC 通信及网络所用到的通信和网络技术基础知识，为后续章节的内容作知识准备。第 5 章 OMRON PLC 的通信与扩展详细介绍 OMRON PLC 的通信、扩展技术及 PLC 网络系统。第 6 章 MODICON PLC 系统的通信与扩展，介绍 MODICON PLC 系统及通信和扩展、网络技术，详细介绍了 Modbus 通信协议，并给出了实用的编程实例。考虑到内容的完整性及应用的连续性，在本章中对 MODICON 984 系列 PLC 也作了详细介绍。第 7 章 SIEMENS PLC 系统与网络系统，介绍 SIEMENS PLC 通信及网络技术，即 SIMATIC NET，由于 SIEMENS 网络产品非常众多和丰富，应用的灵活性也非常大，因此在本章中重点介绍了 SIMATIC NET 的概念和网络层次，使读者在短时间内对 SIMATIC NET 有一个全局性的了解，以便于进一步研究和应用。考虑到新老网络的并存，对 S5 PLC 网络系统也作了介绍。第 8 章 PLC 控制系统的设计与应用，介绍 PLC 控制系统的设计原则及应用系统实例，并给出了大型化 PLC 网络系统的实例。

全书由王卫兵主编，徐倩主审。书中第 1 章和 4.3 节由孙百瑜执笔编写，第 2 章和第 3 章由孙真和执笔编写，第 4.1 和 4.2 节由牟晓光执笔编写，高俊山和徐松源教授参与和组织了本书的编写工作，并提出了许多指导意见，在此表示感谢。还得到了 OMRON、Schneider 和 SIEMENS PLC 厂家的大力支持，在此一并表示感谢。由于时间仓促，加上作者收集和掌握的资料的限制，书中错误和不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 概述 1

1.1 PLC的一般组成 1

1.1.1 基本组成 2

1.1.2 PLC的可选部件 3

1.2 PLC的特点及发展趋势 4

1.2.1 特点 4

1.2.2 发展趋势 5

第2章 PLC的工作原理与典型系统 7

2.1 顺序控制基础 7

2.1.1 顺序控制及其系统的组成 7

2.1.2 顺序控制系统 9

2.2 PLC工作原理 16

2.2.1 基本原理 16

2.2.2 扫描原理 17

2.2.3 建立I/O映像区 17

2.2.4 智能模板的开发 18

2.2.5 输入/输出操作 18

2.2.6 中断输入处理 19

2.3 PLC的硬件配置 20

2.3.1 中央处理单元(CPU) 20

2.3.2 存储器 20

2.3.3 输入/输出模块 22

2.3.4 编程器 27

2.3.5 智能接口模块 29

2.4 PLC的软件编制 29

2.4.1 梯形图编程 29

2.4.2 命令语句表达式编程 30

2.5 PLC的基本技术指标 31

2.5.1 存储器容量 31

2.5.2 扫描周期 32

2.5.3 编程语言 34

2.5.4 I/O总点数 34

2.6 OMRON系列PLC 35

第3章 集散控制系统与PLC 39

3.1 集散型控制系统的概念 39

3.2 集散型控制系统的设计思想及特点 40

3.3 集散型控制系统的发展概况 42

3.4 集散型控制系统的体系结构 42

3.4.1 中央计算机集中控制系统的形成 42

3.4.2 集散型控制系统层次化体系结构的形成 43

3.4.3 集散型控制系统功能分层体系 44

3.5 集散型控制系统体系结构中各层的功能 45

3.5.1 直接控制级 45

3.5.2 过程管理级 46

3.5.3 生产管理级 46

3.5.4 工厂经营管理级 46

3.6 集散型控制系统的硬件结构 47

3.6.1 DCS的过程控制级 47

3.6.2 现场控制站的结构 48

3.6.3 过程控制级中的智能调节器与PLC 55

3.6.4 DCS的操作员站和工程师站 60

第4章 计算机通信及网络技术基础 69

4.1 概述 69

4.1.1 ISO/OSI低层协议 70

4.1.2 局域网技术 71

4.2 远程通信技术 77

4.2.1 远程通信网络概述 77

4.2.2 远程通信物理接口标准 78

4.2.3 常用通信接口器件及通信适配器 83

4.2.4 MODEM(调制解调器)的工作原理及安装使用方法 105

4.3 Ethernet 116

4.3.1 以太网的工作原理与组网配置 117

4.3.2 以太网的网卡结构与编程接口 126

第5章 OMRON PLC的通信与扩展 153

5.1 远程I/O系统 157

5.1.1 远程I/O系统的特点和基本部件 157

5.1.2 远程I/O的系统构成 161

5.1.3 不同CPU型号间I/O模块的连接

方法.....	162	6.4 MODICON TSX Quantum PLC 系统 ...	237
5.1.4 链接适配器的使用.....	163	6.4.1 系统组成.....	237
5.1.5 C200H 远程 I/O 的设定方法	163	6.4.2 Quantum 系统配置.....	240
5.1.6 远程 I/O 系统总输入输出点数 ...	165	6.5 Quantum I/O 系统	241
5.1.7 远程 I/O 系统的配线	165	6.5.1 本地 I/O 系统	241
5.2 PLC 链接系统	167	6.5.2 远程 I/O (RIO) 系统	241
5.2.1 系统特点.....	167	6.5.3 热备系统中的远程 I/O 系统	243
5.2.2 运行分级和轮流查询.....	167	6.5.4 分布式 I/O (DIO) 系统	243
5.2.3 系统构成.....	168	6.5.5 用于 I/O 系统的网络模板	246
5.2.4 链接适配器的使用.....	171	6.6 Quantum PLC 系统网络	249
5.2.5 链接适配器的连接.....	172	6.6.1 网络接口技术.....	250
5.2.6 数据交换和编程.....	173	6.6.2 MODBUS 和 MODBUS PLUS	
5.3 串行通信系统.....	178	通信.....	251
5.3.1 上位机链接通信.....	178	6.6.3 MODBUS 端口参数设定及连接器	
5.3.2 RS-232C 通信	185	引脚.....	253
5.3.3 一对一 PLC 链接	189	6.6.4 MODBUS PLUS 网络可选模	
5.3.4 NT 链接	190	板 (NOM)	255
5.3.5 通信协议宏功能.....	190	6.6.5 光纤电缆连接及组网配置.....	256
5.3.6 串行通信指令.....	197	6.6.6 Quantum 以太网模板.....	261
5.4 网络系统.....	203	6.6.7 InterBus 和 LonWorks 网络模板 ...	264
5.4.1 以太网系统.....	204	6.6.8 MODBUS 通信协议及编程	266
5.4.2 CompoBus/D 设备网络	205	6.7 透明工厂概念及在火电厂主控系统	
5.4.3 CompoBus/S I/O 网络	211	中的应用.....	277
5.4.4 Controller Link PLC 网络	215	6.7.1 透明工厂概念.....	277
5.4.5 SYSMAC NET 与 SYSMAC Link		6.7.2 MODICON PLC 系统在火电厂	
系统.....	216	主控系统中的应用.....	278
5.4.6 网络指令.....	218	第 7 章 SIEMENS PLC 通信与网络	
第 6 章 MODICON PLC 系统的通信与		系统	282
扩展	225	7.1 SIMATIC NET 的常用术语和概念	282
6.1 984 系列 PLC 系统	225	7.2 S5 系列 PLC 网络系统与通信原理	283
6.1.1 984 系列 PLC 主要特点	225	7.2.1 SINEC LI LAN	283
6.1.2 984 系列 PLC 的主要性能	225	7.2.2 SINEC HI LAN	286
6.1.3 984 系列 PLC 系统的设计	227	7.3 SIEMENS 的全集成自动化与网络	
6.1.4 协处理器选件及其通信功能.....	228	系统.....	288
6.1.5 984 冗余系统	229	7.3.1 全集成自动化 (TIA)	288
6.1.6 其他通信接口模板.....	229	7.3.2 SIEMENS 集成通信网络	290
6.2 984 本地 I/O 系统和远程 I/O 系统	230	7.4 现场总线网络.....	292
6.2.1 本地站和远程站.....	230	7.4.1 通信介质.....	292
6.2.2 远程 I/O 接口处理器	231	7.4.2 AS-i 接口网络.....	292
6.2.3 984 远程 I/O 系统	231	7.4.3 PROFIBUS 现场总线网络	294
6.3 984 PLC 网络与通信.....	235	7.4.4 EIB 现场总线	298
6.3.1 984 PLC 网络系统	235	7.4.5 现场总线特性比较.....	298
6.3.2 984 PLC 通信	237	7.5 工业以太网.....	299

7.5.1 三同轴网络.....	301	8.2.1 系统工作原理.....	321
7.5.2 工业双绞线网络.....	303	8.2.2 系统硬件设计.....	323
7.5.3 光纤网络.....	305	8.2.3 系统软件设计.....	323
7.5.4 工业以太网连接.....	307	8.3 其他应用实例.....	329
7.5.5 SIMATIC NET 的高速冗余	308	8.3.1 OMRON 系列 PLC 在液体搅拌器 中的应用.....	329
7.6 SIMATIC NET 工业网络与现代 IT 技术的融合.....	308	8.3.2 PLC 在三层楼电梯控制中的 应用.....	330
7.6.1 ITlution 概述	308	8.3.3 PLC 在多工步机床控制中的 应用.....	331
7.6.2 ITlution 的典型配置	310	8.3.4 PLC 在交通信号灯控制中的 应用.....	335
7.6.3 ITlution 的典型应用	311	8.4 PLC 网络系统的设计及应用实例	338
7.6.4 网络安全.....	313	8.4.1 PLC 网络系统设计的一般原则 ...	338
7.6.5 ITlution 相关产品简介	315	8.4.2 PLC 网络系统的设计	338
第 8 章 PLC 控制系统的设计与应用 ...	317	8.4.3 PLC 在大型市政供排水综合系统中 的应用.....	342
8.1 系统设计原则.....	317	参考文献	354
8.1.1 了解并列出的被控系统的工艺要求和 基本工作流程.....	317		
8.1.2 控制方案的确定.....	317		
8.1.3 系统设计.....	317		
8.2 系统设计举例.....	321		

第 1 章 概 述

近年来，随着大规模集成电路的发展，使得以微处理机为核心组成的可程序控制器得到了迅速发展，并广泛应用于各种领域中，以满足现代化大生产中的高效的、大量的自动化要求。如电动机的起停，电磁阀的开闭，产品的计数，温度、压力、流量的设定与控制等。

可程序控制器（Programmable Controller）又简称为 PC 或 PLC^①，日本电气控制学会曾对可程序控制器作了一个定义：“可程序控制器是将逻辑运算、顺序控制、时序、计数以及算术运算等控制程序，用一串指令形式存放到存储器中，然后根据存储的控制内容，经过模拟、数字等输入输出部件，对生产设备与生产过程进行控制的装置。”

可见 PLC 是基于计算机技术和自动控制理论而发展起来的，它既不同于普通的计算机，又不同于一般的计算机控制系统，作为一种特殊形式的计算机控制装置，它在系统结构、硬件组成、软件结构以及 I/O 通道、用户界面等诸多方面都有其特殊性。

早期的 PLC 主要用于顺序控制（例如代替以继电器控制板为主的各种顺序控制装置），今天 PLC 的应用已经不仅限于顺序控制，它已开始用于闭环过程控制（如 DDC），随着其扩展能力和通信能力的发展，它也越来越多地应用于复杂的分布式计算机控制系统中。PLC 自 1969 年问世以来，它按照成熟而有效的继电器控制概念和设计思想，利用不断发展的新技术、新器件，逐步形成一门较为独立的新型技术和具有特色的各种系列产品。

目前世界上各先进工业国都竞相开发、生产各类 PLC 产品，我国在引进国外产品的同时，也引进了该项技术，并组织 PLC 产品的开发和生产，并初步形成自己的 PLC 产业。在应用领域，PLC 也已成为解决自动控制问题的最便捷、最有效的工具。

1.1 PLC 的一般组成

虽然各种 PLC 产品的组成形式和功能特点各不相同，但它们在结构和组成上基本是相同的，一般由 CPU、存储器、输入/输出系统及其他可选部件四大部分组成，如图 1-1 所示。

PLC 在运行过程中，一般由 CPU、存储器和输入/输出系统三个部分即可完成预定的各种控制任务，因此可将这三部分称为 PLC 的基本组成部分。其他可选部件包括编程器、外存储器、模拟 I/O 盘、通信接口、扩展接口以及测

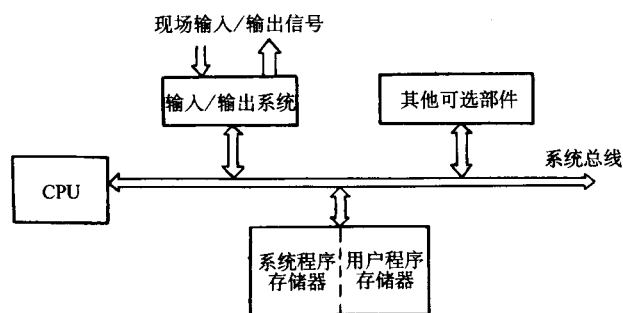


图 1-1 PLC 的一般组成

① 可程序控制器早期称为可程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller—PLC），为避免与个人计算机（PC）相混淆，现用 PLC 代表可程序控制器。

试设备等，主要用于系统的编程组态、程序存储、通信联网、系统扩展和系统测试、维护等，是 PLC 的辅助组成部分，在 PLC 正常运行期间这些部件并不起作用，它们主要用于系统的开发、安装、调试和维护。

1.1.1 基本组成

PLC 的基本组成部分包括 CPU、存储器和 I/O 系统三个部分。PLC 的系统程序和用户程序都存放在存储器中，现场输入信号经过 I/O 系统传送至 CPU，CPU 按照用户程序存储器里安放的指令，执行逻辑或算术运算，并发出相应的控制指令，该指令通过 I/O 系统传送至现场，驱动相应的执行机构动作，从而完成相应的控制任务。

1. CPU CPU 是 PLC 的核心，其作用类似于人的大脑。它能够识别用户按照特定的格式输入的各种指令，并按照指令的规定，根据当前的现场 I/O 信号的状态，发出相应的控制指令，完成预定的控制任务。另外，它还能识别用户所输入的指令序列的格式和语法错误，还具有系统电源、I/O 系统、存储器及其他接口的测试与诊断功能。CPU 与其他部件之间的连接是通过总线进行的。

目前各厂家生产的 PLC 已普遍采用了高性能的 8 位 ~ 32 位微处理器作为其 CPU。32 位的微处理器，时钟频率已达 25 ~ 33MHz，很多系统还配有浮点运算协处理器，因此数据处理能力大大提高，工作周期可缩短到 0.1 ~ 0.2s，并且可执行更为复杂的先进控制算法，如自整定、预测控制和模糊控制等。

2. 存储器 PLC 的存储器由系统程序存储器和用户程序存储器两部分组成。系统程序是由生产厂家预先编制的监控程序、模块化应用功能子程序、命令解释和功能子程序的调用管理程序及各种系统参数等。用户程序是由用户编制的梯形图、输入/输出状态、计数/定时值以及系统运行必要的初始值、其他参数等。系统程序存储器容量的大小，决定了系统程序的大小和复杂程度，也决定了 PLC 的功能和性能。用户程序存储器容量的大小，决定了用户程序的大小和复杂程度，从而决定了用户程序所能完成的功能和任务的大小。

从存储器的性质来分，又可分为 ROM 和 RAM 两个部分。为了工作的安全可靠，大多数 PLC 采用了程序固化的运行方法，不仅将系统启动、自检及基本的 I/O 驱动程序写入 ROM 中，而且将各种控制、检测功能模块及所有固定参数也全部固化，用户组态的应用程序也固化在 ROM 中，亦即所有的系统程序和绝大部分的用户程序都存储在 ROM 中，因此在 PLC 的存储器中，ROM 占有较大的比例。只要一接通电源，PLC 就可正常运行，使用更加方便、可靠，但修改组态时要复杂一些。

RAM 为程序运行提供了存储实时数据与计算中间变量的空间，用户在线操作时需修改的参数（如设定值、手动操作值、PID 参数等）也须存入 RAM 中。另外，一些较先进的 PLC 提供了在线修改用户程序的功能，显然，这一部分用户程序也应存入 RAM 中。由于 PLC 一般不设磁盘机、磁带机，为防止突然断电时 RAM 中的内容丢失，一般采用具有备用电池的 SRAM 或 E²PROM 来代替 RAM。

3. 输入/输出系统 PLC 的输入/输出系统是过程状态与参数输入到 PLC 以及 PLC 实现控制时控制信号输出的通道。它提供了各种操作电平和驱动能力的输入/输出接口模板，以实现被控过程与 PLC I/O 接口之间的电平转换、电气隔离、串/并转换、A/D 与 D/A 转换等功能。根据它们所实现的功能不同，可将 I/O 通道分为以下几种：

1) 模拟量输入通道 (AI) 被控过程中各种连续性的物理量，如温度、压力、压差、

应力、位移、速度、加速度以及电流、电压等，只要有在线检测仪表将其转换为相应的电信号，均可送入模拟量输入通道进行处理。一般输入的电信号有毫伏级电压信号，4~20mA 或 0~10mA 电流信号，以及 0~5V、0~10V、1~5V 电压信号等。

2) 模拟量输出通道 (AO) 在控制被控对象的某些参数时，往往需要输出连续变化的模拟信号来驱动执行机构进行调节。如控制各种直行程或角行程电动执行机构的行程，通过调速装置控制各种电动机的转速，或者通过电—气转换器或电—液转换器来控制各种气动或液动执行机构等，均可通过模拟量输出通道来实现。模拟量输出通道一般是输出 4~20mA 电流信号，但根据执行机构的需要也可输出 0~10mA 的电流信号或 1~5V、0~5V 的电压信号。

3) 开关量输入通道 (DI) 用来输入各种限位开关、继电器或电磁阀门的启闭状态、各种开关及手动操作按钮的开关状态等。输入信号一般为 0~24V 或 0~5V 直流电压信号，但有时也可输入交流电压信号或干触点。

4) 开关量输出通道 (DO) 用于控制电磁阀门、继电器、指示灯、声/光报警器等，一般只具有开、关两种状态的设备。根据所用器件的不同，一般有继电器输出、晶体管输出和晶闸管输出等多种形式，一般输出 0~24V 或 0~5V 直流电压信号，有时根据需要也可输出交流电压信号。

5) 脉冲量输入通道 (PI) 现场仪表中转速计、频率计、涡轮流量计、涡街流量计、罗茨式流量计等输出的测量信号均为脉冲信号，脉冲量输入通道就是为输入这一类测量信号而设置的。

1.1.2 PLC 的可选部件

PLC 的可选部件是与 PLC 的运行没有依赖关系的一些部件，它是 PLC 系统编程、调试、测试与维护等必备的设备，PLC 可以独立于这些可选部件而独立运行。可选部件包括编程器、小型盒式磁带机、I/O 信号模拟盘、I/O 扩展器和数据通信接口等。它们的功能分别是：

1. 编程器 它是编辑、调试和装载用户程序的必备设备，是 PLC 系统开发阶段所必需的开发工具。它一般通过标准通信接口或专用编程接口与 PLC 相连接，完成用户程序的编辑录入、代码转换、调试排错及下装或固化等多种功能，有的编程器还具有系统运行状况实时监视和在线编程的功能。

编程器有专用型和通用型两种：专用型编程器一般是 PLC 所配的专用小型编程器，功能简单，携带和安装方便，一般采用指令代码直接编程，采用数码管显示指令内容和运行结果，适合于系统调试阶段程序的修改和排错；通用型编程器一般采用通用的台式个人计算机或便携计算机，配以专用编程软件对 PLC 进行编程组态、程序调试和运行监视及设备测试等。它一般通过标准通信接口与 PLC 相连，编程语言一般采用梯形图逻辑，可以实现离线与在线编程，适合作为大型系统的编程器，以满足较复杂的用户程序的编程需要。

2. 小型盒式磁带机 它用于用户程序的备份和转储、复制等。它能够将 PLC 中的用户程序转储在磁带机的盒式磁带上，以便保存或供其他 PLC 复制，也可将盒式磁带上的用户程序装入 PLC 中，以便用户程序的恢复或复制。

3. I/O 信号模拟盘 它是 PLC 系统开发与调试期间的辅助设备，它能够输出 PLC 所需要输入的各种类型的开关量和模拟量信号，且开关量信号的状态及模拟量信号的大小均可通

过按钮或电位器方便地改变或调节,同时它还能接收 PLC 所输出的各种类型的开关量和模拟量,其状态和大小均可方便地通过指示灯指示而直观地显示出来。

I/O 信号模拟盘一般通过专用接口或标准通信接口、扩展接口与 PLC 相连,它为 PLC 提供了一个模拟现场环境,为 PLC 系统的开发调试带来了极大的方便。另外,它还具备辅助的诊断、测试功能。

4. I/O 扩展器 它用于 PLC I/O 系统的扩展,以增加 I/O 系统的点数,以满足大型控制系统的需要。它一般通过专用 I/O 扩展接口或专用 I/O 扩展模板与 PLC 相连接。I/O 扩展器本身还可具有扩展接口,可具备再扩展能力。

5. 数据通信接口 PLC 系统可实现各种标准的数据通信接口或网络接口,以实现 PLC 与 PLC 之间的链接或互连,或者实现 PLC 与其他具有标准通信接口的设备之间的连接,如编程器、磁带机、打印机、图形显示终端、工程师操作站、I/O 信号模拟盘、系统测试设备等。

1.2 PLC 的特点及发展趋势

1.2.1 特点

PLC 之所以得到迅速的发展和越来越广泛的应用,是因为它具有如下一些独特的良好特点:

1. 功能完善 PLC 的输入/输出系统功能完善,性能可靠,能够适应于各种形式和性质的开关量和模拟量信号的输入和输出。在 PLC 内部具备许多控制功能,诸如时序、计数器、主控继电器以及移位寄存器、中间继电器等。由于采用了微处理机,它能够很方便地实现延时、锁存、比较、跳转和强制 I/O 等诸多功能,它不仅具有逻辑运算、算术运算、数制转换以及顺序控制功能,而且还具备模拟运算、显示、监控、打印及报表生成等功能。此外,它还可以和其他微型计算机系统、控制设备共同组成分布式或分散控制系统,还能够实现成组数据传送、矩阵运算、闭环控制、排序与查表、函数运算及快速中断等功能。因此 PLC 具有极强的适应性,能够很好地满足过程控制的需要。

2. 模块化结构,硬、软件开发方便 PLC 的硬件结构全部采用模块化结构,可以适应大小规模不同、功能复杂程度及现场环境各异的各种控制要求。硬件系统安装方便,接线简单,连接可靠,为控制系统的硬件设计提供了方便、快捷的途径,可以大大缩短硬件系统的开发周期。

软件编程支持梯形图逻辑语言,直观、方便,只要有了通常的继电器梯形图、逻辑图或逻辑方程,就等于有了 PLC 系统用户程序,大大减轻了系统软件开发的工作量。另外,这一特点对于 PLC 系统取代原继电器控制系统,进行老设备改造是十分有利的。

总之,使用 PLC 可以大大缩短整个系统设计、生产、调试周期,节约系统投资。

3. 操作方便,维护、改造容易 PLC 的输入/输出系统能够直观地反映现场信号的变化状态,PLC 还能够通过各种方式直观地反映控制系统的运行状态,如内部工作状态、通信状态、I/O 点状态、异常状态、电源状态等均有醒目的指示,非常有利于运行、维护人员监视系统的工作状态。

PLC 采用梯形图逻辑编程,有利于电气操作人员对 PLC 的编程,使得操作人员可以方

便地调整系统的编程和组态。

另外, PLC 的模块化结构, 可以允许维护人员很方便地更换故障模块或在生产工艺流程改变时更改系统的结构和配置。

4. 性能稳定, 可靠性高 PLC 产品都有其严格的技术标准, 这些标准保证了 PLC 在恶劣的工业环境下的正常运行。它在电子线路、机械结构以及软件结构上都吸取了生产厂家长期积累的生产控制经验, 主要模块均采用大规模与超大规模集成电路, I/O 系统设计有完善的通道保护与信号调理电路, 在机械结构上对耐热、防潮、防尘、抗振等都有精心考虑, 所有这些使得 PLC 具有较好的性能和较高的可靠性。一般平均无故障时间可达几万小时以上。

另外, PLC 还具有较完善的自诊断、自测试功能。

5. 具有较高的性能/价格比

1.2.2 发展趋势

随着微处理器技术的发展, PLC 也得到了迅速发展, 其技术和产品日趋完善。它不仅以其良好的性能特点满足了工业生产控制的广泛需要, 而且将通信技术和信息处理技术融为一体, 使得其功能日趋完善化。目前的高档 PLC 产品的功能已经可以和集散控制系统 (DCS) 相媲美, 在很多应用场合下, 大有取而代之之势。事实上, PLC 和 DCS 的发展相互渗透、相互融合, 最终将合二为一是 PLC 和 DCS 发展的总趋势。就目前来看, PLC 在 DCS 中所占比例越来越大, 甚至在很多过去由 DCS 控制的系统中, 现在 PLC 系统控制完全可以胜任。

当今, PLC 技术和产品的发展非常活跃, 各厂家不同类型的 PLC 品种繁多, 各具特色、各有千秋。综合起来看, PLC 的发展趋势有以下几个方面:

1. 系统功能完善化 现今的 PLC 在功能上已有很大发展, 它不再是仅仅能够取代继电器控制的简单逻辑控制器, 而是采用了功能强大的高档微处理器加上完善的输入/输出系统, 使得系统的处理能力和控制功能得到大大增强。同时它还采用了现代数据通信和网络技术, 配以交互图形显示及信息存储、输出设备, 使得 PLC 系统的功能日趋完美, 足以满足绝大多数的生产控制需要。

2. 体系结构开放化及通信功能标准化 大多数 PLC 系统都采用了开放性体系结构, 通过制定系统总线接口标准、扩展和通信接口标准, 使得其 PLC 系统能够根据应用需求的大小任意扩展。绝大多数公司推出的硬件产品均采用模块化、单元化结构, 根据应用需求确定模块的数量, 这样既减少了系统投资, 又保证了今后系统升级、扩展的需要。

目前各公司的总线、扩展接口及通信功能均是各自独立制定的, 还没有一个适合所有公司产品的统一标准, 但为满足用户多卖主环境下的广泛需求, 制定一个统一的、标准化的总线和扩展接口标准是势在必行的。在通信接口上, 虽然大多数产品采用了标准化接口, 但在通信功能上, 大多是非标准化的。为适应应用环境要求, 制定统一的、规范化的 PLC 产品标准是今后发展的必然趋势。

3. I/O 模块智能化及安装现场化 为了提高系统的处理能力和可靠性, 大多数 PLC 产品均采用了智能化 I/O 模块, 以减轻主 CPU 的负担, 同时也为 I/O 系统的冗余带来了方便。另一方面, 为了减少系统配线, 减少 I/O 信号在长线传输时引入的干扰, 很多 PLC 系统将其 I/O 模块直接安装在控制现场, 使得现场仪表、传感器、执行器和智能 I/O 模块一体化。现场安装的 I/O 模块通过通信电缆或光纤与主 CPU 进行数据通信, 完成信息的交换。

4. 功能模块专用化 为满足控制系统的特殊要求,提高系统的响应速度,很多 PLC 公司推出了专用化功能模块,以满足系统诸如快速响应、闭环控制、复杂控制模式等特殊要求,从而解决了 PLC 周期扫描时间过长的矛盾。如 OMRON 公司的位置控制单元、高速计数单元、模糊控制单元和 ID 传感器单元等均属专用化模块单元。

5. 编程组态软件图形化 为了给用户提供一个友好、方便、高效的编程组态界面,大多数 PLC 公司均开发了图形化编程组态软件。该软件提供了简捷、直观的图形符号以及注释信息,使得用户控制逻辑的表达更加直观、明了,操作和使用也更加方便。

6. 硬件结构集成化、冗余化 随着专用集成电路(ASIC)和表面安装技术(SMT)在 PLC 硬件设计上的应用,使得 PLC 产品硬件数量更少,集成度更高,体积更小,其可靠性更高。同时,为了进一步提高系统的可靠性,PLC 产品还采用了硬件冗余和容错技术。用户可以选择 CPU 单元、通信单元、电源单元或 I/O 单元甚至整个系统的冗余配置,使得整个 PLC 系统的可靠性得以进一步加强。

7. 控制与管理功能一体化 为了更进一步满足控制需要,提高工厂自动化水平,PLC 产品广泛采用了计算机信息处理技术、网络通信技术和图形显示技术,使得 PLC 系统的生产控制功能和信息管理功能融为一体,进一步提高了 PLC 产品的功能,更好地满足了现代化大生产的控制与管理需要。

8. 发展方向 目前 PLC 正朝着两个方向发展:一是朝着小型、简易、价格低廉的方向发展,如日本 OMRON 公司的 CQM1、德国 SIEMENS 公司的 S7-200 等 PLC,这类 PLC 可以广泛地取代继电器控制(接线程序控制)系统,可用于单机控制和规模比较小的自动化生产线控制;二是朝着大型、高速、多功能和多层分布式全自动网络化方向发展,如日本 OMRON 公司的 CV2000、德国 SIEMENS 公司的 S7-400 等 PLC,这类 PLC 一般为多处理器系统,有较大的存储能力和功能很强的输入输出接口,这样的系统不仅具有逻辑运算、定时、计数等功能,还具备数值运算、模拟调节、实时监控、记录显示、计算机接口、数据传送等功能,而且还能进行中断控制、智能控制、过程控制、远程控制等,还可通过网络与上位机通信,配备数据采集系统、数据分析系统、彩色图像系统的操纵台,来管理、控制生产线、生产流程、生产车间或整个工厂,从而实现工厂自动化。

第 2 章 PLC 的工作原理与典型系统

PLC 具有高可靠性、丰富的 I/O 接口模块、模块化结构、编程简单易学、安装及维修方便、系统设计及调试周期短等特点。所以 PLC 被广泛应用于逻辑控制、计数控制、顺序控制、PID 控制、数据处理、通信和联网等工业控制领域。随着大规模、超大规模集成电路技术和数字通信技术的进步和发展, PLC 的发展十分迅速, 而且这种发展还在继续。

2.1 顺序控制基础

2.1.1 顺序控制及其系统的组成

1. 顺序控制 计算机开环数字程序控制的方式有多种, 顺序控制是最常见的应用方式之一。

所谓顺序控制, 就是根据生产工艺, 按预先规定的顺序, 在各个输入信号的作用下, 使生产过程的各个执行机构自动地按顺序动作。顺序控制不仅广泛应用于多数中小企业的加工、装配、检验、包装等工作的自动化, 而且在大型计算机控制的高度自动化工矿企业中, 也是不可缺少的控制方式。

2. 系统的功能要求 顺序控制系统广泛应用于各个生产领域。下面举几个简单例子, 说明其特点及对控制器的要求。

例 2-1 在图 2-1 中所示的送料小车控制系统中, 小车送料的顺序是从甲地出发, 送料到达乙地, 然后空车返回甲地, 再送料到丙地, 最后空车返回甲地。之后重复循环上述过程。

这个送料小车的控制系统, 首先要顺序发出控制信号, 其次要记忆上次送往何地, 最后决定下次应该送往何地。

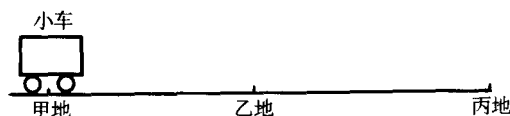


图 2-1 送料小车工作示意图

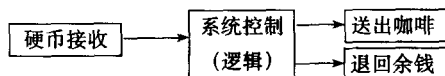


图 2-2 咖啡出售机控制框图

例 2-2 自动咖啡机如图 2-2 所示。若咖啡为 3 元一杯, 则收满 3 元就送出咖啡一杯。若顾客送入的钱超过 3 元时, 机器还要退回多余的钱。所以系统要记住收了多少钱, 根据所收的钱数决定是否送出咖啡, 以及是否退钱, 退多少。

显然, 该系统不仅需要输入输出工作, 而且要进行比较大小和加减法工作。由于数值简单, 完全可以用逻辑判断来完成比较和加减工作。系统必须具备计数、记忆功能。

例 2-3 图 2-3 是原料混合和加热的控制系统, 是重复进行的。装置的任务是:

- 1) 装入原料 A, 使液面达到贮槽容积的一半。
- 2) 装入原料 B, 使液面进一步升到贮槽容积的 75%。
- 3) 开始搅拌并加热到 95℃, 在此恒定温度下维持 20min。

4) 停止搅拌和加热, 开动排料泵抽出混合液, 一直到液位低于贮槽容积的5%为止。

这个例子要求控制器有明确的顺序功能, 互相之间的约束和禁止也很紧密。

有关顺序控制系统的应用实例可以举出很多, 可见顺序控制系统是一种应用很广的控制系统。

对以上各例进行分析和综合, 可以看出它们对控制器提出的基本功能要求是:

1) 约束功能: 即要求动作次序是一定的互相制约, 不得随意变动。

2) 记忆功能: 要求记住过去的动作, 后面的动作由前面的动作情况来确定。

具有上述两种功能的控制就是顺序控制。

在顺序控制中, 需要处理和控制的信号主要是离散信号。对于个别模拟信号, 要用模数转换器将其转换为二值化离散信号。此外, 它对信号只是进行定性的处理和控制在。

在顺序控制中, 必须处理好以下两个问题:

1) 状态设计问题, 用不同状态决定不同动作。

2) 必须严格保证相互的约束关系或者定时关系。

3. 组成 顺序控制器的种类很多, 若按应用场合、复杂程度和使用条件等来区分, 常见的有如下几种: 接触式电气机械元件 (继电器、接触器触点等)、非接触元件 (半导体元器件、无触点开关、集成电路等)、存储式顺序控制装置、专用微型计算机顺序控制器和可编程微机顺序控制器 (简称可编程顺序控制器)。

虽然顺序控制系统的种类较多, 但典型的系统可归结为由5个部分组成。其框图如图2-4所示。

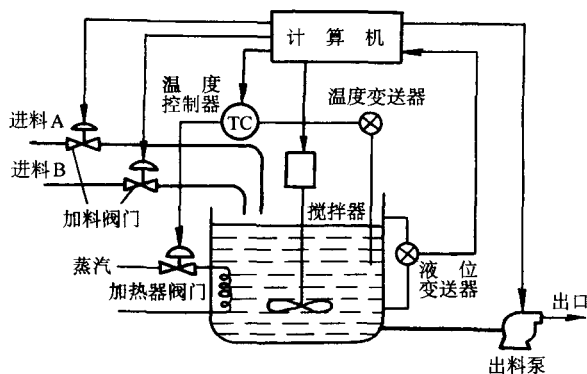


图 2-3 原料混合和加热控制系统

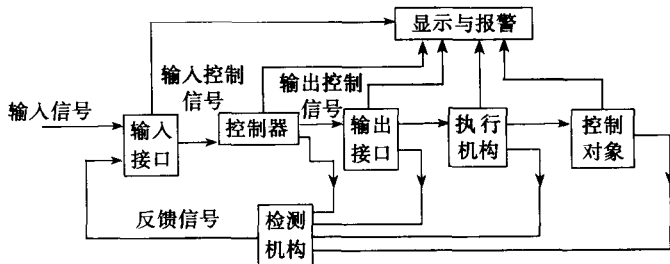


图 2-4 典型顺序控制系统的结构框图

1) 控制器 这是系统的核心部分, 它决定了控制系统的性能和应用范围。它接收输入控制信号, 并对输入信号进行处理, 产生具有各种控制作用的输出控制信号。

设 X_i 是系统的现时输入, Y_i 是系统的现时输出状态, Z_i 是现时输出, 它是现时输入和系统现时状态的函数。其输出输入的关系可表达为

$$Z_i = f(X_i, Y_i)$$

上述函数由输出编码器来实现。系统下一个状态为

$$Y_{i+1} = g(X_i, Y_i)$$

也就是说 Y_{i+1} 也是 X_i 和 Y_i 的函数。它可以用下一状态编码器来实现。

由于系统在工作过程中, 后一个动作要以前一个动作为参考, 所以系统的状态 Y_i 靠记

忆单元存储。有了记忆状态的记忆单元，使整个控制器发生质的变化，成为时序网络。

2) 输入接口电路 工业现场信号常常是非电量的，不能直接加到控制器中，需经传感器（称为一次仪表）变换为等效的电信号。具有上述功能的电路就是输入接口电路。

3) 输出接口电路 当控制器的输出控制信号电压（或电流）太小时，一般不能直接驱动执行机构，所以要加输出接口电路，将信号进行相应的变换。

在前面例 2-1 中，小车是顺序控制对象。电动机是执行机构。因为控制器的输出信号是非常弱小的高低电平信号，所以必须有一个接口电路把弱小电平“放大”为接触器能够随之动作的电压，再用接触器触头来控制电动机的主电路进行工作，以达到控制电动机的起动或停止的作用。

4) 检测部分 在实际的控制系统中，为了使系统工作得更加可靠准确，控制器应及时知道输出接口、执行机构和实际被控对象的工作情况，这就需要对这些部分的参数进行检测，然后将检测到的信号回送到控制器进行处理，最后输出可靠准确的控制信号。例如在例 2-1 中，甲、乙、丙三地必须装有行程开关，以便检测小车的准确位置。控制器根据检测到的小车的现在位置，发出准确的控制命令。

5) 显示与报警 因为系统在运行过程中可能发生故障，所以系统中应有故障显示和报警装置，及时通知工作人员故障在哪里及什么种类的故障。这部分也是不可缺少的。

2.1.2 顺序控制系统

最简单的顺序控制系统是矩阵式基本逻辑型顺序控制系统，它利用二极管矩阵的组网网络，可以灵活地实现“与”、“或”、“非”的逻辑组合，来控制生产过程。它又可分为逻辑组合式顺序控制器和步进式顺序控制器。

顺序控制器曾在我国广泛使用，很多引进设备上也装有类似原理的装置。它之所以受到人们的青睐，归结起来有如下一些特点：

1) 使用灵活 根据生产工艺的不同要求，它可以通过在矩阵板上插接二极管来编制不同的控制程序。若工艺要求改变，则只需改变一下矩阵板上的二极管位置即可。矩阵板是一块双面印制电路板，正面腐蚀成竖条（称为行母线），背面腐蚀成横条（称为列母线）。横竖交叉，但不相连接。在行母线与列母线上都打上了许多小孔，可以通过小孔，用二极管将需要的任意一行母线与列母线连接起来，进行组合逻辑。

2) 结构简单、直观 内部配线少，体积紧凑，维护方便。特别是成本低，在输入输出量少于 20 点的场合，至今还有很强的竞争力。

3) 工作原理简单 使用起来很简单，若用户基础扎实，完全可以了解其工作原理，自行设计、制造和调试。

4) 设计制造周期短 顺序控制器是通用性的，所以，软件可单独设计，硬件设备可成批生产。软件可以同时或在硬件设备生产出厂前设计。

5) 根据需要，输入输出可以设计成无触点、有触点及两者兼备 由于逻辑值“0”“1”之间电平差异大，所以抗干扰能力强，可靠性高。

下面介绍两种矩阵式顺序控制器。

1. 逻辑组合式顺序控制器

1) 结构组成 结构如图 2-5 所示。与一般顺序控制器一样，它主要由三个部分组成，分别是输入部分、组合网络、输出部分。此外还包括电源、显示器等辅助部分。

输入部分，主要由输入隔离继电器或晶体管线路组成。输入继电器接受现场信号（如行程开关、光电开关、压力开关等动作），将它转换成对矩阵板的统一的输入触点信号。输入继电器一般采用小型直流继电器。一般有多少个信号，就需要多少个输入继电器（也称机器的输入点数）。

矩阵板组合网络如图 2-6 所示。

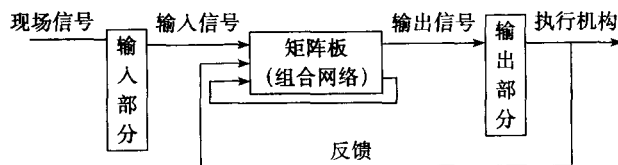


图 2-5 逻辑组合式顺序控制器结构图

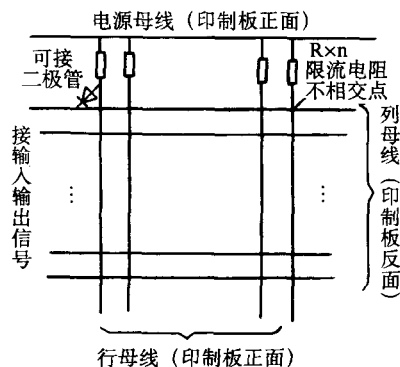


图 2-6 矩阵板结构

矩阵板由双面印制电路板制成。板的正面有一条横着的电源母线，通过限流电阻和多条竖的“行母线”连接。板的反面有多条横的“列母线”，输入和输出的部分接在“列母线”上。“列母线”和“行母线”在没插接二极管时，是互相不连接的。但在两种母线上打了很多小孔，供插接（一般是焊接）二极管用。二极管阳极接在“行母线”上，阴极接在“列母线”上。不同的逻辑功能要求，所接插的二极管个数和位置都不相同，改变二极管的位置及数量就可以改变控制程序。

输出部分由功率放大电路和延时电路组成。由于矩阵板的输出信号很弱，不能直接推动输出继电器，因此，一般都要经过功率放大电路后去推动执行机构工作。执行机构的控制往往有时间要求，所以输出环节也包含一定数量的延时继电器。

手动时输出继电器还可以利用波段开关接通，这是用于调试时的检查或运行时的点动使用的。

2) 工作原理 逻辑组合式顺序控制器中，只使用了两条基本原理：“旁路原理”和“逻辑原理”。矩阵板运用这两条原理可以实现组合逻辑。

a. 旁路原理：一般电器控制系统中都是利用触点的通或断，接通或断开继电器（接触器）电源，以实现对其输出量的控制。它是利用触点直接串接在线圈电路中，以控制电器动作，所以常称为“直接控制”。

矩阵控制中使用的控制方法是另一种类型，它是利用触点与线圈并联的方法，可以同样达到控制继电器动作的目的，如图 2-7 所示。

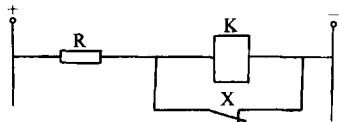


图 2-7 旁路原理控制法

采用旁路原理控制法控制继电器电路，一定要串联限流电阻 R，否则会引起电源短路。

b. 逻辑原理：顺序控制器是采用旁路原理实现“与”、“或”、“非”三种基本控制的。

图 2-8 所示，在矩阵板上实现“与”、“或”、“非”。可用行程开关 ST_1 、 $\overline{ST_1}$ 和 ST_2 、