

可编程序控制器 选择

设计与 维护

殷洪义 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



可编程序控制器 选择、设计与维护

殷洪义 主编



机械工业出版社

可编程序控制器(PLC)是一种通用的自动控制装置。它将计算机技术、自动化技术和通信技术融为一体,成为现代工业实现自动化的核心设备。为了满足广大自动化工作者的需要,本书从工程应用出发,介绍了 PLC 的种类、特点及基础知识,并以德国西门子公司新近推出的 S7-200 系列 PLC 为背景,系统介绍了 PLC 的指令系统、系统设计方法、典型的应用实例和系统的检修维护方法。

本书内容由浅入深、层次清楚,实例系统、深入、全面。本书可以作为高等学校自动化、电气工程、机电一体化及其他有关专业学习的教材;可以作为继续教育、工程培训的教材;还可以作为各个行业 PLC 的设计人员、维护人员的实用参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程序控制器选择、设计与维护/殷洪义主编.

—北京:机械工业出版社,2002.11

ISBN 7-111-11084-6

1. 可… I. 殷… II. 可编程序控制器-基本知识 N. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 082639 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:孙流芳 版式设计:张世琴 责任校对:吴美英

封面设计:姚毅 责任印制:闫焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·16.5 印张·406 千字

0 001—5 000 册

定价:26.00 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、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器 (PLC) 广泛地应用于工业控制。它通过用户存储的应用程序来控制生产过程, 具有可靠性高、稳定性高和实时处理能力强的优点。PLC 是把计算机技术与继电器控制技术有机地结合起来, 为工业自动化提供的几乎完美的现代化自动控制装置。为了进一步推广这一先进的自动化控制技术, 我们编写了《可编程序控制器选择、设计与维护》这本书。本书从系统的观点, 介绍了 PLC 的选择、设计和维护方法诸方面的理论知识和实践知识。

本书以西门子 (SIEMENS) 公司的 S7-200 系列 PLC 为主要内容, 介绍了 PLC 的配置、编程、控制和维护方面的知识。第 1 章介绍 PLC 基础知识和基本原理。第 2 章介绍 SIEMENS 公司 S7-200 的组成原理, 第 3 章介绍 S7-200 的指令系统, 第 4 章介绍 S7-200 的系统设计与应用, 第 5 章介绍 PLC 的故障与处理知识。附录 A 介绍了 S7-200 的特殊功能继电器, 附录 B 介绍了 S7-200 的错误代码。其中, 第 1 章和第 5 章由殷洪义编写, 第 2 章和第 3 章由王延明编写, 第 4 章和附录由殷海编写。全书由殷洪义主编。

本书试图系统地、全面地介绍 PLC 的选择、设计与维护的理论和应用知识。在介绍 PLC 的组成原理中, 作者比较详细地介绍了 S7-200 系列各种 CPU 的性能和指标, 以及 S7-200 各种接口模块的性能和指标。这些内容不仅仅是学习 PLC 所必需的, 也是 PLC 选型和系统配置的重要资料。在系统设计上, 不仅研究了开关量控制系统, 也研究了模拟量控制系统。在控制方法上, 不仅研究了单机控制, 也研究了多机的网络控制。在网络研究上, 不仅讨论了 PLC-PLC 网络, 也讨论了微机-PLC 网络。在程序设计上力求完整、可用。在 PLC 的故障与处理中, 本书从一般的 PLC 的故障诊断和处理出发, 最后落实到具体的 S7-200, 既介绍了一般的故障检查原则和方法, 也解决了具体的 PLC 的故障和检查过程的具体问题。在内容的选择上注意了系统性和实践性的统一。在内容的安排上, 注意了由浅入深循序渐进的原则。在内容的论述上, 力求通俗、简明、易懂。作者最终要献给读者的将是一个完整的、系统的 PLC 知识。

该书不仅适用于初学者了解、掌握 PLC 的原理和应用知识, 也能满足一些对 PLC 控制、联网有更高要求的读者深入研究的需要。

在本书的编写过程中得到东北大学继续教育中心和东北大学电子信息工程系的支持与帮助, 在此表示感谢。由于水平所限, 加之时间仓促, 书中难免有错误和不妥之处, 衷心希望得到读者的批评指正。

编 者

2002 年 5 月

74078104

目 录

前言

第1章 可编程序控制器基础

知识	1
1.1 可编程序控制器概述	1
1.1.1 可编程序控制器的由来与 发展	1
1.1.2 可编程序控制器的 特点	2
1.1.3 可编程序控制器的 分类	3
1.2 可编程序控制器的组成	6
1.2.1 中央处理单元	6
1.2.2 存储器单元	6
1.2.3 电源单元	6
1.2.4 输入输出单元	7
1.2.5 接口单元	7
1.2.6 外部设备	7
1.3 可编程序控制器的工作 原理	8
1.3.1 接线程序控制与存储程序 控制	8
1.3.2 可编程序控制器的扫描 工作过程	9
1.4 可编程序控制器的硬件 基础	11
1.4.1 可编程序控制器的接口 模块	11
1.4.2 可编程序控制器的配置	14
1.5 可编程序控制器的软件 基础	18
1.5.1 系统监控程序	18
1.5.2 用户程序	19
1.6 可编程序控制器网络 基础	20
1.6.1 可编程序控制器 网络	20

1.6.2 微机-可编程序控制器 网络	21
1.7 可编程序控制器的性能 指标	22
1.7.1 硬件指标	22
1.7.2 软件指标	22
第2章 S7-200 的组成原理	23
2.1 S7-200 的技术指标	23
2.1.1 CPU221 的技术指标	24
2.1.2 CPU222 的技术指标	25
2.1.3 CPU224 的技术指标	26
2.1.4 CPU226 的技术指标	28
2.2 S7-200 的接口模块	29
2.2.1 数字量 I/O 模块	29
2.2.2 模拟量 I/O 模块	31
2.2.3 通信模块	33
2.3 S7-200 的系统组成	35
2.3.1 S7-200 的基本配置	35
2.3.2 S7-200 的扩展配置	36
2.4 S7-200 网络	38
2.4.1 S7-200 的网络概述	39
2.4.2 网络部件	42
2.4.3 网络参数	43
第3章 S7-200 的指令系统	50
3.1 S7-200 的数据区	50
3.1.1 数字量输入和输出映 像区	50
3.1.2 模拟量输入和输出映 像区	51
3.1.3 变量存储器区	52
3.1.4 位存储器区	53
3.1.5 顺序控制继电器区	53
3.1.6 局部存储器区	54
3.1.7 定时器存储器区	56
3.1.8 计数器存储器区	56

3.1.9 高速计数器区	57	3.8.1 结束指令	112
3.1.10 累加器区	57	3.8.2 暂停指令	113
3.1.11 特殊存储器区	57	3.8.3 看门狗复位指令	113
3.2 S7-200 的寻址方式	60	3.8.4 跳转操作指令	114
3.2.1 立即寻址	61	3.8.5 子程序操作指令	115
3.2.2 直接寻址	61	3.8.6 循环操作指令	117
3.2.3 间接寻址	62	3.9 S7-200 的特殊功能指令	118
3.3 S7-200 的程序结构	63	3.9.1 中断操作指令	118
3.3.1 线性程序结构	63	3.9.2 通信操作指令	123
3.3.2 分块程序结构	64	3.9.3 高速计数器操作 指令	134
3.4 S7-200 的位逻辑指令	64	3.9.4 PID 操作指令	143
3.4.1 标准触点指令	64	3.9.5 脉冲输出操作指令	151
3.4.2 立即触点指令	65	3.9.6 顺序控制操作指令	162
3.4.3 输出操作指令	65	3.10 堆栈和时钟操作指令	170
3.4.4 立即输出操作指令	65	3.10.1 堆栈操作指令	170
3.4.5 逻辑与操作指令	65	3.10.2 时钟操作指令	172
3.4.6 逻辑或操作指令	66	第 4 章 S7-200 的系统设计与 应用	174
3.4.7 取非操作指令	66	4.1 关于系统设计	174
3.4.8 串联电路的并联操作 指令	67	4.1.1 系统设计的原则	174
3.4.9 并联电路的串联操作 指令	67	4.1.2 系统设计的内容	174
3.4.10 置位与复位操作 指令	67	4.2 关于 S7-200 的程序设计	179
3.4.11 立即置位与立即复位操 作指令	68	4.2.1 S7-200 的程序结构	179
3.4.12 微分操作指令	69	4.2.2 S7-200 的程序设计 方法	179
3.5 S7-200 的定时器和计数器 指令	71	4.2.3 S7-200 的程序设计 步骤	180
3.5.1 定时器操作指令	72	4.3 S7-200 用于开关量控制 系统	181
3.5.2 计数器操作指令	75	4.3.1 关于开关量控制 系统	181
3.6 S7-200 的传送和比较 指令	79	4.3.2 开关量控制系统设计 举例	182
3.6.1 传送操作指令	79	4.4 S7-200 用于模拟量控制 系统	205
3.6.2 比较操作指令	81	4.4.1 关于模拟量控制 系统	205
3.7 S7-200 的运算指令	83	4.4.2 模拟量控制系统设计 举例	205
3.7.1 四则运算操作指令	83	4.5 S7-200 用于集散控制 系统	223
3.7.2 逻辑运算操作指令	90		
3.7.3 移位操作指令	94		
3.7.4 表操作指令	100		
3.7.5 数据转换操作指令	103		
3.8 S7-200 的程序控制指令	112		

4.5.1 关于集散控制系统	223	5.2 可编程序控制器故障的检查 与处理	241
4.5.2 由 PLC-PLC 网络构成的 集散控制系统	224	5.3 可编程序控制器的检修与 维护	244
4.5.3 由微机-PLC 网络构成的 监控系统	233	5.4 S7-200 可编程序控制器的故障 处理指南	245
4.6 S7-200 系统的安全设计 方法	237	附录	247
4.6.1 硬件保护	237	附录 A S7-200 的特殊存储器 (SM)	247
4.6.2 软件保护	237	附录 B S7-200 错误代码	254
第 5 章 可编程序控制器的安装、检查 和维护	238	参考文献	256
5.1 可编程序控制器的安装	238		

第 1 章 可编程序控制器基础知识

自 1969 年第一台可编程序控制器面世以来, 目前可编程序控制器已经成为一种最重要、最普及、应用场合最多的工业控制器。

1.1 可编程序控制器概述

1.1.1 可编程序控制器的由来与发展

在现代化生产过程中, 许多自动控制设备、自动化生产线, 均需要配备电气控制装置。例如电动机的起动与停止控制、液压系统的控制、运输机械的自动控制、机床的自动控制以及机器人的自动控制等等。

电气控制装置的输入信号有按钮、开关、时间继电器、压力继电器、温度继电器、过电流过电压继电器; 电气控制装置的输出信号有接触器、继电器、电磁阀。这些信号只有闭合与断开两种工作状态, 也可以用数字量 0 或 1 表示其元件的工作状态。这类物理量被称为开关量或数字信号。

也有另一类设备, 其输入信号是压力传感器、温度传感器、湿度传感器等信号, 输出信号是伺服电动机、电动阀、距离、速度等控制信号。这类物理量是一种连续变化量, 叫做模拟量或模拟信号。

以往的电气控制装置主要采用继电器、接触器或电子元器件来实现, 由连接导线将这些元器件按照一定的工作程序组合在一起, 以完成一定的控制功能, 这种控制叫做接线程序控制。接线程序控制的电气装置体积大, 生产周期长, 费工费时, 接线复杂, 故障率高, 可靠性差, 需要经常地、定时地进行检修维护。控制功能略加变动, 就需重新进行硬件组合、增减元器件、改变接线。由于生产的快速发展, 人们对这些自动控制装置提出了更通用、更灵活、更经济和更可靠的要求。

1968 年, 美国通用汽车 (GM) 公司为适应生产工艺不断更新的需要, 提出一种设想: 把计算机的功能完善、通用、灵活等优点和继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来, 制成一种通用控制装置。这种通用控制装置把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化, 采用面向控制过程、面向对象的语言编程, 使不熟悉计算机的人也能方便地使用, 并提出 10 项招标指标。

美国数字设备公司 (DEC) 根据这一设想, 于 1969 年研制成功了第一台 PDP-14 可编程序控制器, 并在汽车自动装配线上试用获得成功。该设备用计算机作为核心设备, 用存储的程序控制代替了原来的接线程序控制。其控制功能是通过存储在计算机中的程序来实现的, 这就是人们常说的存储程序控制。由于当时主要用于顺序控制, 只能进行逻辑运算, 故称为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller——PLC)。

这项新技术的成功使用, 在工业界产生了巨大影响。从此, 可编程序控制器在世界各地迅速发展起来。1971 年, 日本从美国引进了这项新技术, 并很快研制成功了日本第一台 DCS-

8 可编程序控制器。1973~1974 年德国和法国也研制出了可编程序控制器。我国于 1977 年研制成功了以 MC14500 微处理器为核心的可编程序控制器, 并开始在工业中应用。

进入 20 世纪 80 年代, 随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展, 也使得可编程序控制器逐步形成了具有特色的多种系列产品。系统中不仅使用了大量的开关量, 也使用了模拟量, 其功能已经远远超出逻辑控制、顺序控制的应用范围, 故称为可编程序控制器(Programmable Controller——PC)。但由于 PC 容易和个人计算机(Personal Computer——PC)混淆, 所以人们还沿用 PLC 作为可编程控制器的英文缩写名字。

同计算机的发展类似, 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 等一类 PLC。这种 PLC 可以广泛地取代继电器控制(接线程序控制)系统, 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。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。通过网络可以与上位机通信, 配备数据采集系统、数据分析系统、彩色图像系统的操纵台, 可以管理、控制生产线、生产流程、生产车间或整个工厂, 实现自动化工厂的全部要求。如日本 OMRON 公司的 CV2000、德国 SIEMENS 公司的 S5-115U、S7-400 等一类 PLC。

1.1.2 可编程序控制器的特点

国际电工委员会(IEC)对 PLC 作了如下的定义:“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。它采用可编程序的存储器, 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、模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关设备, 都应按易于与工业控制系统形成一个整体, 易于扩充其功能的原则设计。”这段话完全道出了 PLC 的特点和应用领域。PLC 所以被广泛使用, 是由它的突出的特点和优越的性能分不开的。归纳起来, PLC 主要具有以下特点。

1. 可靠性高

为了满足工业生产对控制设备安全可靠性的要求, PLC 采用了微电子技术, 大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成。PLC 选用的电子器件一般是工业级, 有的甚至是军用级, 平均无故障时间很长。例如三菱 F1 和 F2 PLC 平均无故障时间可以达到 30 万 h(约 34 年)。可以毫不夸张地说, 到目前为止没有任何一种工业控制设备可以达到 PLC 这样高的可靠性。随着元器件水平的提高, PLC 可靠性还在继续提高, 尤其是近年来开发出的多机冗余系统和表决系统则更进一步增加了 PLC 的可靠性。事实上, 如果某种控制装置可以连续运行 20 年以上不出问题, 在当前技术更新瞬息万变的世界上, 则可认为是永远不会坏的装置了。PLC 完善的自诊断功能, 能及时诊断出 PLC 系统的软件、硬件故障, 并能保护故障现场, 保证了 PLC 控制系统的工作安全性。由于 PLC 是用存储在其内部的程序来实现控制的, 其控制程序的设计本身就从各个方面考虑了 PLC 的工作的可靠性、安全性和稳定性。这又进一步加强了 PLC 的可靠性。

2. 环境适应性强

PLC 具有良好的环境适应性, 可应用于十分恶劣的工业现场。在电源瞬间断电的情况下,

仍可正常工作，具有很强的抗空间电磁干扰的能力，可以抗峰值高达 1000V、脉宽 $10\mu\text{s}$ 的矩形波空间电磁干扰，具有良好的抗振能力和抗冲击能力。一般对环境温度要求不高，在环境温度 $-20\sim 65^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 35%~85% 情况下可正常工作。

3. 灵活通用

在完成一个控制任务时，PLC 具有很高的灵活性。首先，PLC 产品已经系列化，结构形式多种多样，在机型上有很大的选择余地。其次，同一机型的 PLC 其硬件构成具有很大的灵活性，用户可以根据不同任务的要求，选择不同类型的输入输出模块或特殊功能模块组成不同硬件结构的控制装置。再者，PLC 是利用应用程序实现控制的，在应用程序编制上有较大的灵活性。在实现不同的控制任务时，PLC 具有良好的通用性。相同硬件构成的 PLC 用不同的软件可以完成不同的控制任务。在被控对象的控制逻辑需要改变时，利用 PLC 可以很方便地实现新的控制要求，而利用一般继电器控制是很难实现的。

4. 使用方便、维护简单

PLC 控制的输入模块、输出模块、特殊功能模块都具有即插即卸功能，连接十分容易。对于逻辑信号，输入和输出均采用开关方式，不需要进行电平转换和驱动放大；对于模拟信号，输入和输出均采用传感器、仪表和驱动设备的标准信号。各个输入和输出模块与外部设备的连接十分简单。整个连接过程仅需要一把螺钉旋具即可完成。

PLC 的用户界面十分友好，给使用者带来很大的方便。PLC 提供标准通信接口，可以方便地构成 PLC-PLC 网络或计算机-PLC 网络。

PLC 应用程序的编制和调试非常方便，PLC 的编程语言常用的有三种，其中梯形图语言，与继电器控制线路图很相似，即使没有计算机知识的人也很容易掌握。

PLC 具有监控功能。利用编程器或监视器可以对 PLC 的运行状态、内部数据进行监视或修改。PLC 控制系统的维护非常简单。利用 PLC 的诊断功能和监控功能，可以迅速查找到故障点，对大多数故障都可以及时予以排除。

当然，PLC 由于其工作方式是扫描方式，扫描周期的长短决定了 PLC 的工作速度。一般来说，PLC 的速度与单片机等计算机相比相对比较低。PLC 的工作速度也限制了它的计算速度和计算能力。PLC 的计算能力一般都比微机要差。PLC 的这些缺点，随着科学技术的发展正在逐渐地被克服。

1.1.3 可编程序控制器的分类

PLC 是由现代化大生产的需要而产生的，PLC 的分类也必然要符合现代化生产的需求。一般来说，可以从三个角度对 PLC 进行分类。其一是从 PLC 的控制规模大小去分类，其二是从 PLC 的性能高低去分类，其三是从 PLC 的结构特点去分类。

1. 按 PLC 的控制规模分类

PLC 可以分为大型机、中型机和小型机。

(1) 小型机 小型机的控制点一般在 256 点之内，见表 1-1。

这类 PLC 由于控制点数不多，且控制功能有一定局限性。但是，它小巧、灵活、可以直接安装在电气控制柜内，很适合于单机控制或小型系统的控制。

(2) 中型机 中型机的控制点一般不大于 2048 点，见表 1-2。

这类 PLC 由于控制点数较多，控制功能很强，有些 PLC 有较强的计算能力。不仅可用于

对设备进行直接控制,还可以对多个下一级的 PLC 进行监控,它适合中型或大型控制系统的控制。

表 1-1 部分小型机的技术指标

公 司	机 型	1k 字处理速度/ms	存储器容量/KB	I/O 点数
美国 MODICON	984-13X	4.25	4	256
	984-14X	4.25	8	256
	984-38X	3~5	4~16	256
日本 OMRON	C60P	4~95	1.19	120
	C120	3~83	2.2	256
	CQM1	0.5~10	3.2~7.2	256
日本三菱电机	FX2	0.74	2~8	256
德国 SIEMENS	S5-100U	70	2	128
	S7-200	0.8~1.2	2	256

表 1-2 部分中型机的技术指标

公 司	机 型	1k 字处理速度/ms	存储器容量/KB	I/O 点数
美国 MODICON	984-48X	3	4~16	1024
	984-68X	1~2	8~16	1024
	984-78X	1.5	16~32	1024
日本 OMRON	C200H	0.75~2.25	6.6	1024
	C1000H	0.4~2.4	3.8	1024
	CV1000	0.125~0.375	62	1024
日本富士电机	HDC-100	2.5	48	1792
德国 SIEMENS	S5-115U	2.5	42	1024
	S7-300	0.3~0.6	12~192	1024

(3) 大型机 大型机的控制点一般多于 2048 点,见表 1-3。

表 1-3 部分大型机的技术指标

公 司	机 型	1k 字处理速度/ms	存储器容量/KB	I/O 点数
美国 MODICON	984A	0.75	16~32	2048
	984B	0.75	32~64	2048
日本富士	F200	2.5	32	3200
日本 OMRON	C2000H	0.4~2.4	30.8	2048
	CV2000	0.125~0.175	62	2048
德国 SIEMENS	S5-150U	2	480	4096
	S7-400	0.3~0.6	512	131072
	A350	4	48	2048
	A500	1.3	64	5088

这类 PLC 控制点数多, 控制功能很强, 有很强的计算能力, 同时, 这类 PLC 运行速度很高, 不仅能完成较复杂的算术运算, 还能进行复杂的矩阵运算。它不仅可用于对设备进行直接控制, 还可以对多个下一级的 PLC 进行监控。

2. 按 PLC 的控制性能分类

PLC 可以分为高档机、中档机和低档机。

(1) 低档机 这类 PLC, 具有基本的控制功能和一般的运算能力, 工作速度比较低, 能带的输入和输出模块的数量比较少, 输入和输出模块的种类也比较少。这类 PLC 只适合于小规模简单控制。在联网中一般适合做从站使用。比如, 日本 OMRON 公司生产的 C60P 就属于这一类。

(2) 中档机 这类 PLC, 具有较强的控制功能和较强的运算能力。它不仅能完成一般的逻辑运算, 也能完成比较复杂的三角函数、指数和 PID 运算, 工作速度比较快, 能带的输入输出模块的数量也比较多, 输入和输出模块的种类也比较多。这类 PLC 不仅能完成小型的控制, 也可以完成较大规模的控制任务。在联网中可以做从站, 也可以做主站。比如, 德国 SIEMENS 公司生产的 S7-300 就属于这一类。

(3) 高档机 这类 PLC, 具有强大的控制功能和强大的运算能力。它不仅能完成逻辑运算、三角函数运算、指数运算和 PID 运算, 还能进行复杂的矩阵运算, 工作速度很快, 能带的输入输出模块的数量很多, 输入和输出模块的种类也很全面。这类 PLC 不仅能完成中等规模的控制工程, 也可以完成规模很大的控制任务, 在联网中一般作主站使用。比如, 德国 SIEMENS 公司生产的 S7-400 就属于这一类。

3. 按 PLC 的结构分类

可分为整体式、组合式和叠装式三类。

(1) 整体式 整体式结构的 PLC 把电源、CPU、存储器、I/O 系统都集成在一个单元内, 该单元叫做基本单元。一个基本单元就是一台完整的 PLC, 可以实现各种控制。控制点数不符合需要时, 可再接扩展单元, 扩展单元不带 CPU。由基本单元和若干扩展单元组成较大的系统。整体式结构的特点是非常紧凑、体积小、成本低、安装方便, 其缺点是输入与输出点数有限的比例。小型机多为整体式结构。例如, OMRON 公司的 C60P 为整体式结构。

(2) 组合式 组合式结构的 PLC 是把 PLC 系统的各个组成部分按功能分成若干个模块, 如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块等等。其中各模块功能比较单一, 模块的种类却日趋丰富。比如, 一些 PLC, 除了一些基本的 I/O 模块外, 还有一些特殊功能模块, 像温度检测模块、位置检测模块、PID 控制模块、通信模块等等。组合式结构的 PLC 采用搭积木的方式, 在一块基板上插上所需模块组成控制系统。组合式结构的 PLC 特点是 CPU、输入、输出均为独立的模块, 模块尺寸统一, 安装整齐, I/O 点选型自由、安装调试、扩展、维修方便。中型机和大型机多为组合式结构。例如, SIEMENS 公司 S7-400PLC 就属于组合式结构。

(3) 叠装式 叠装式结构集整体式结构的紧凑、体积小、安装方便和组合式结构的 I/O 点搭配灵活、模块尺寸统一、安装整齐的优点于一身。它也是由各个单元的组合构成。其特点是 CPU 自成独立的基本单元 (由 CPU 和一定的 I/O 点组成), 其他 I/O 模块为扩展单元。在安装时不用基板, 仅用电缆进行单元间的连接, 各个单元可以一个个地叠装, 使系统达到配置灵活、体积小巧。例如 SIEMENS 公司的 S7-200PLC 就是采用了叠装式结构的小型 PLC, S7-300PLC 则是采用了叠装式结构的中型 PLC。

自 1969 年第一台 PLC 问世以来,经历了 30 多年的发展,PLC 的种类在不断地更新,应用领域也在不断地扩大。目前,PLC 的应用已经成了现代化设备的象征。当今,PLC 已经成为工业控制的主要手段和重要的基础控制设备之一。在未来的工业生产中,PLC 技术、机器人和计算辅助设计/计算机辅助制造 (CAD/CAM) 技术将成为实现工业生产自动化的三大支柱。

1.2 可编程序控制器的组成

PLC 的组成与计算机完全相同,它就是一台适合于工业现场使用的专用计算机。其硬件组成有六个部分,如图 1-1 所示。

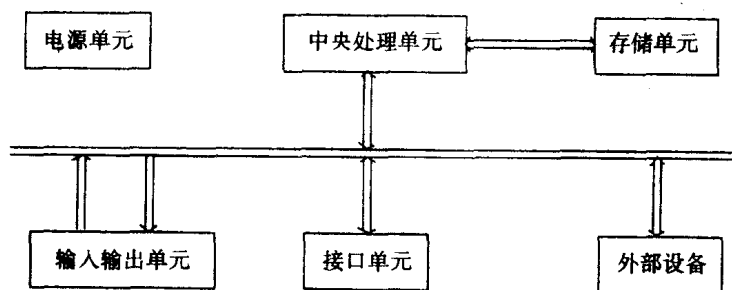


图 1-1 可编程序控制器的组成

1.2.1 中央处理单元

与普通计算机一样,CPU 是系统的核心部件,是由大规模或超大规模的集成电路微处理芯片构成,主要完成运算和控制任务,可以接收并存储从编程器输入的用户程序和数据。进入运行状态后,用扫描的方式接收输入装置的状态或数据,从内存逐条读取用户程序,通过解释后按指令的规定产生控制信号。分时、分渠道地执行数据的存取、传送、比较和变换等处理过程,完成用户程序所设计的逻辑或算术运算任务,并根据运算结果控制输出设备。PLC 中的中央处理单元多数使用 8 位到 32 位字长的单片机。

1.2.2 存储器单元

按照物理性能,存储器可以分为两类,随机存储器 (RAM) 和只读存储器 (ROM)。随机存储器由一系列寄存器阵组成,每位寄存器可以代表一个二进制数,在刚开始工作时,它的状态是随机的,只有经过置“1”或清“0”的操作后,它的状态才确定。若关断电源,状态丢失。这种存储器可以进行读、写操作,主要用来存储输入输出状态和计数器、定时器以及系统组态的参数。为防止断电后数据丢失,可采用后备电池进行数据保护,一般可以保存 5 年,当电池电压降低时,欠电压指示灯发光,提醒用户更换电池。只读存储器有两种。一种是不可擦除 ROM,这种 ROM 只能写入一次,不能改写。另一种是可擦除 ROM,这种 ROM 经过擦除以后还可以重写。其中 EPROM 只能用紫外线擦除内部信息,E²PROM 可以用电擦除内部信息,这两种存储器的信息可保留 10 年左右。

1.2.3 电源单元

PLC 配有开关电源,电源的交流输入端一般都有脉冲吸收电路,交流输入电压范围一般

都比较宽，抗干扰能力比较强。有些 PLC 还配有大容量电容作为数据后备电源，停电时可以保持 50h。除了需要交流电源之外，还需要直流电源。一般直流 5V 电源供 PLC 内部使用，直流 24V 电源供输入输出端和各种传感器使用。

1.2.4 输入输出单元

输入输出单元由输入模块、输出模块和功能模块构成，是 PLC 与现场输入输出设备或其他外部设备之间的连接部件。PLC 通过输入模块把工业设备或生产过程的状态或信息读入中央处理单元，通过用户程序的运算与操作，把结果通过输出模块输出给执行单元。

输入模块用于处理输入信号，对输入信号进行滤波、隔离、电平转换等，把输入信号的逻辑值安全可靠地传递到 PLC 内部。输入模块有直流输入模块、交流输入模块和交直流输入模块。

输出模块用于把用户程序的逻辑运算结果输出到 PLC 外部，输出模块具有隔离 PLC 内部电路和外部执行元件的作用，还具有功率放大的作用。输出模块有晶体管输出模块、晶闸管输出模块和继电器输出模块。

功能模块是一些智能化了的输入和输出模块。比如，温度检测模块、位置检测模块、位置控制模块、PID 控制模块等。

中央处理单元与输入输出模块的连接，是由输入接口和输出接口完成的。

1.2.5 接口单元

接口单元包括扩展接口、编程器接口、存储器接口和通信接口。

扩展接口是用于扩展输入输出单元。它使 PLC 的控制规模配置得更加灵活。这种扩展接口实际上为总线形式，可以配置开关量的 I/O 单元，也可配置如模拟量、高速计数等特殊 I/O 单元及通信适配器等。

编程器接口是连接编程器的，PLC 本体通常是不带编程器的。为了能对 PLC 编程及监控，PLC 上专门设置有编程器接口。通过这个接口可以接各种形式的编程装置，还可以利用此接口做通信、监控工作。

存储器接口是为了扩展存储区而设置的。用于扩展用户程序存储区和用户数据参数存储区，可以根据使用的需要扩展存储器。其内部也是接到总线上的。

通信接口是为了在微机与 PLC、PLC 与 PLC 之间建立通信网络而设立的接口。

1.2.6 外部设备

PLC 的外部设备主要有编程器、文本显示器、操作面板、打印机等等。

PLC 正常使用时，通常不需编程器。因此，将编程器设计为独立的部件。编程器的档次很多，性能、价格都相差很悬殊。编程器至少包括一个键盘，一些数码字符显示器。这里的键盘不是微型机上的那种键盘，而是直接表示 PLC 指令系统的键盘，因而使用很方便，其显示部分可以显示程序地址序号、指令的操作码和操作数。它具有输入编辑、检索程序的功能，同时还具有系统监控的功能，有些还设有存储转接插口用于将 PLC 中的程序转存到诸如盒带、软盘等存储介质中去。这种编程器的缺点就是无法用梯形图图形的方式输入、编辑和监控运行程序。档次较高的编程器就设置了小型液晶显示器，用于图形编辑和监控。这种编程

器对于习惯于使用梯形图的人员来说,无疑方便了许多。目前,PLC 的编程、监控多采用先进的编程软件在个人计算机上操作,PLC 和个人计算机之间则用通信电缆连接。使 PLC 的编程、监控达到真正意义上的简单、方便、快捷。

操作面板和文本显示器不仅是一个用于显示系统信息的显示器,还是一个操作控制单元。它可以在执行程序的过程中修改某个量的数值,也可直接设置输入或输出量,以便立即启动或停止一台外部设备的运行。

打印机可以把过程参数和运行结果以文字形式输出。

1.3 可编程控制器的工作原理

PLC 就是一种工业控制计算机。但是,由于有接口器件和监控软件的包围,它的外形不像个人计算机,工作方式也与计算机差别很大。编程语言,甚至工作原理都与个人计算机有所不同。为了了解 PLC 的工作原理,首先回顾一下常规的继电器控制原理即接线控制。

1.3.1 接线程序控制与存储程序控制

例如,有三个开关 S1、S2、S3。控制要求,只有开关 S1、S2 都接通时,小灯 HL1 才亮。当 HL1 亮 2s 后,小灯 HL2 开始亮。当开关 S3 接通时两个小灯就同时熄灭。

如果用接线程序控制需要两个具有常开触点的开关、一个具有常闭触点的开关、两个具有常开触点的继电器、一个具有通电延时闭合的时间继电器和两个小灯。电气控制线路如图 1-2 所示。

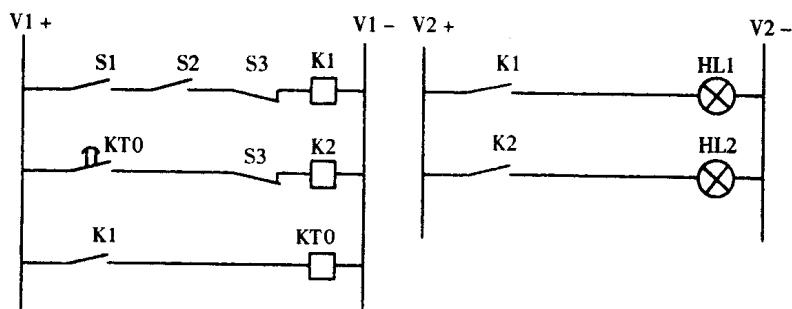


图 1-2 接线程序控制

这种接线程序控制的原理是,只有开关 S1 和 S2 都闭合而且 S3 也闭合,继电器 K1 线圈才能带电。继电器 K1 的常开触点闭合,会使小灯 HL1 得电而发光。当小灯 HL1 发光时 (K1 闭合),启动时间继电器 KT0,当时间继电器 KT0 延时 2s 后,其延时的常开触点 KT0 闭合。当开关 S3 仍然为闭合状态时,K2 的继电器线圈带电。当继电器 K2 的常开触点闭合时,小灯 HL2 得电而发光。若开关 S3 断开,小灯全部熄灭。接线程序控制就是按接线的程序反复不断地依次检查各个输入开关的状态,根据接线的程序把结果赋给输出的。

PLC 的工作原理与接线程序控制十分相近。所不同的是 PLC 的控制是由存储程序实现的。图 1-3 就是一台 PLC 的存储程序控制原理图。图中类似接线控制的接线控制图叫梯形图,梯形图是 PLC 的一种常用编程语言。其中 I0.0 代表开关 S1 的状态。S1 闭合,I0.0 的常开触点就接通。I0.1 代表开关 S2 的状态,S2 闭合,I0.1 的常开触点就接通。I0.2 代表开关 S3 的状态,S3 断开时,I0.2 的常闭触点是接通的。S3 闭合时,I0.2 的常闭触点是断开的。Q0.0

是输出继电器 1 的线圈。Q0.0 带电，其常开触点 Q0.0 接通，从而使小灯 HL1 带电而发光。Q0.1 则是输出继电器 2 的线圈。Q0.1 带电，其常开触点 Q0.1 接通，从而使小灯 HL2 带电而发光。T0 是定时器。Q0.0 的常开触点接通时，启动定时器 T0。当延时到 2s 时，T0 的常开触点闭合，使输出继电器 Q0.1 的线圈带电，从而使得小灯 HL2 带电发光。当开关 S3 断开时，使得反映该开关状态的输入触点 I0.2 为 ON，而 I0.2 的非为 OFF。梯形图中用的是 I0.2 的非，当开关 S3 断开时，I0.2 的常闭触点要开断，这就使得输出继电器 Q0.0 和 Q0.1 均不能得到电流，而导致小灯 HL1 和 HL2 断电而熄灭。

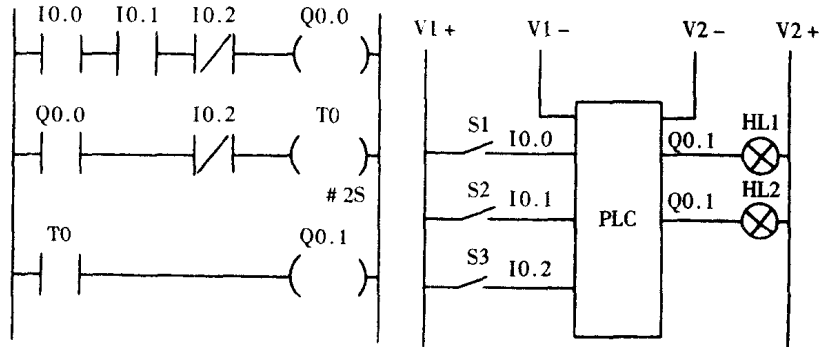


图 1-3 存储程序控制

应当指出，在存储程序控制中的梯形图虽然与接线程序控制中的继电器接线十分相象，但是它们的本质是截然不同的。一个是接线，另一个是 PLC 的程序。PLC 的接线如图 1-3 所示。

1.3.2 可编程序控制器的扫描工作过程

PLC 的工作完全是在 CPU 的系统监控程序的指挥下工作的。其工作方式有周期扫描方式、定时中断方式、输入中断方式、通信方式等等。最主要的方式是周期扫描方式。周期扫描方式大致可以分为六个过程，如图 1-4 所示。

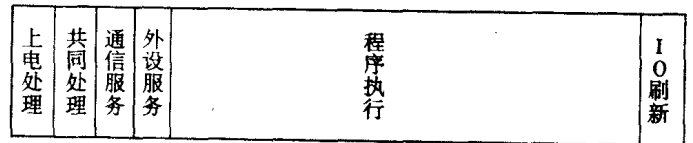


图 1-4 扫描工作过程

1. 上电处理过程

PLC 上电后，要进行第一次上电的初始化处理。CPU 进行的初始化工作，包括清除内部继电器区，复位所

有的定时器，检查 I/O 单元的连接等。该过程所占用的时间为 T_0 。

2. 共同处理过程

在上电处理通过以后，要进到这一过程。共同处理的主要任务是复位监视定时器，检查 I/O 总线是否正常，检查扫描周期是否过长，检查程序存储器是否有异常，如果有异常，根据错误情况，发出报警输出或者停止 PLC 的运行。该过程所占用的时间为 T_1 。

3. 通信服务过程

当 PLC 和微机构成通信网络或由 PLC 构成分散系统时，需要有通信服务过程。该过程所占用的时间为 T_2 。

4. 外部设备服务过程

当 PLC 接有外部设备（如编程器、打印机等），则需要进行外部设备服务过程。该过程所

占用的时间为 T_3 。

5. 程序执行过程

该过程用于执行用户程序。从输入映像区读入输入端的信息，根据用户程序进行运算操作，并向输出映像区送出控制信息。

该过程执行用户程序存储器所存的指令。从输入映像寄存器和其他软元件的映像寄存器中将有关元件的通/断状态读出，从程序的 0 步开始顺序的运算，每次结果都写入对应的映像寄存器中。因此，各元件的映像寄存器的内容随着程序的执行在不断变化（输入元件除外）。输出继电器的内部触点的动作由输出映像寄存器的内容决定。该过程占用的时间为 T_4 。

显然，程序执行的时间和 PLC 的速度有关，和用户程序所用指令多少和指令种类有关。

6. I/O 刷新过程

这个过程可分为输入信号刷新和输出信号刷新。输入信号刷新为输入处理过程，输出信号刷新为输出处理过程。

输入处理过程将 PLC 全部输入端子的通/断状态，读进输入映像寄存器。在程序执行中，即使输入状态变化，输入映像寄存器的内容也不会改变。直到下一扫描周期的输入处理阶段才读入这一变化。此外，输入触点从通（ON）到断（OFF）或从断（OFF）到通（ON）变化到处于确定状态止，输入滤波器还有一个响应延迟时间。

输出处理过程将输出映像寄存器的通/断状态向输出锁存寄存器传送，成为 PLC 的实际输出。PLC 内的外部输出触点对输出元件的动作有一个响应时间，要一个延迟才能动作。

输入信号刷新和输出信号刷新过程占用时间为 T_5 。时间 T_5 和 PLC 所带的输入输出模块的种类和点数多少有关。

可以看出，PLC 的扫描周期 T 和上述各个过程的关系为

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$$

扫描周期 T 在控制过程中是一个比较重要的技术指标。一般来说， T 越大，表明扫描一次所需要的时间就越长，要求输入信号的宽度就应该越大，控制的周期就越长，控制的速度就要降低。

7. 关于可编程序控制器的时间滞后问题

从 PLC 的工作原理可以看出，输入信号的变化能否改变其在输入映像区的状态，主要取決两点。一点是输入信号的变化要经过输入模块的转化才能进入 PLC 内部，这就是说要经过一定的延时才能进到 PLC 内部，这一延时叫输入延时。另一点是进入 PLC 的信号只有在 PLC 处在输入刷新时才能把输入的状态读到 PLC 的 CPU 输入映像区。只有经过上述两个延时，CPU 才有可能读入输入信号的状态。

当 PLC 根据用户程序的运算操作，把运算结果赋予输出端时也需要延时。第一个延时是发生在运算结果必须在输出刷新时，才能送入输出映像区的输出信号锁存器中，这是需要延时的。第二个延时是输出锁存器的状态要通过输出模块的转换才能成为输出端的信号，这个转换需要的时间叫输出延时。只有经过上述两个延时，CPU 才有可能把输出信号的状态传递到输出端子。

从上述分析可知，PLC 对输入和输出信号的响应是有延时的，这就是滞后现象。为了确保 PLC 在任何情况下都能正常无误地工作，一般情况下，输入信号的脉冲宽度必须大于一个扫描周期。