

○ 向晓汉 李润海 主编

西门子

S7-1200/1500 PLC

学习手册

——基于LAD和SCL编程

- TIA博途软件使用指南
- S7-1200/1500 PLC 编程入门
- S7-1200/1500 PLC 编程高级应用
- 西门子人机界面技术
- S7-1200/1500 PLC 故障诊断分析
- S7-1200/1500 PLC 编程综合实例

扫码
看视频

学习资源



化学工业出版社

向晓汉 李润海 主编

西门子

S7-1200/1500 PLC

学习手册

——基于LAD和SCL编程



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从基础和实用出发,全面详细介绍了西门子 S7-1200/1500 PLC 编程及应用。全书共分两部分:第一部分为基础入门篇,主要介绍西门子 S7-1200/1500 的硬件和接线, TIA 博途软件的使用, PLC 的编程语言、编程方法与调试;第二部分为应用精通篇,包括西门子 S7-1200/1500 PLC 的通信及其应用,工艺功能及其应用,西门子人机界面(HMI)应用, S7-1200/1500 PLC 的故障诊断技术和工程应用。

本书内容全面系统、重点突出,强调知识的实用性,为便于读者更深入理解并掌握西门子 S7-1200/1500 PLC 编程及应用,本书配有大量实用案例,实例都有详细的软硬件配置清单,并配有接线图和程序,读者可以模仿学习。

为方便读者学习,书中的重点内容还专门配有视频及程序源文件,读者用手机扫描书中二维码即可观看和下载,辅助学习书本内容。

本书可供从事西门子 PLC 技术学习和应用的人员使用,也可作为高等院校相关专业的教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

西门子 S7-1200/1500 PLC 学习手册:基于 LAD 和 SCL 编程/向晓汉,李润海主编. —北京:化学工业出版社,2018.8(2019.4重印)

ISBN 978-7-122-32295-1

I. ①西… II. ①向…②李… III. ①PLC 技术-教材 IV. ①TM571.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 115345 号

责任编辑:李军亮 徐卿华
责任校对:边涛

装帧设计:张辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷:三河市延风印装有限公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 38½ 字数 991 千字 2019 年 4 月北京第 1 版第 2 次印刷

购书咨询:010-64518888

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:148.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着计算机技术的发展,以可编程控制器、变频器调速、计算机通信和组态软件等技术为主体的新型电气控制系统已经逐渐取代传统的继电器电气控制系统,并广泛应用于各行业。由于西门子 PLC 具有卓越的性能,因此在工控市场占有非常大的份额,应用十分广泛。虽然西门子大中型 PLC 被大多数技术人员所接受,但长期以来,西门子大中型 PLC 一直是公认比较难入门的。本书力求详略得当,用较多的小例子引领读者入门,让读者读完基础入门部分后,能完成简单的工程。应用精通部分精选工程实际案例,供读者模仿学习,提高读者解决实际问题的能力。

为了使读者能系统地掌握西门子 S7-1200/1500 PLC 相关知识,我们在总结长期的教学经验和工程实践的基础上,联合相关企业人员,共同编写了本书,力争使读者通过“看书”就能学会 S7-1200/1500 PLC 编程及应用。

在编写过程中,除了全面系统介绍西门子 PLC 技术知识外,还结合实际应用,将一些生动的操作实例融入到书中,以提高读者的学习兴趣。本书与其他相关书籍相比,具有以下特点。

(1) 内容由浅入深、由基础到应用,理论联系实际,重点突出,既适合初学者学习使用,也可供有一定基础的人结合书中大量实例深入学习西门子 S7-1200/1500 PLC 工程应用。

(2) 用实例引导读者学习。书中的大部分章节采用精选的例子讲解。例如,用例子说明现场总线通信实现的全过程。实例包含软硬件配置清单、接线图和程序,而且为确保程序的正确性,程序已经在 PLC 上运行通过。

(3) 二维码视频学习。对于比较复杂的例子,均配有学习资源,包括视频和程序源文件,如工业以太网通信的硬件组态较复杂,书中就配有编者的组态过程的视频。读者用手机扫描书中二维码即可观看相关视频(视频为案例的操作步骤演示,无音频解说,只为辅助学习使用),同时读者可以扫描二维码



下载书中所讲案例的程序源文件,对学习书本知识起到辅助作用。

本书共分 14 章。第 1 章和第 2 章由唐克彬编写;第 3~6 章由无锡职业技术学院的向晓汉编写;第 7 章和第 8 章由无锡职业技术学院的李润海编写;第 9 章由陕西工业职业技术学院的张文亭编写;第 10 章由无锡雷华科技有限公司的欧阳思惠和陆彬编写;第 11 章由无锡雪浪环保科技有限公司的刘摇摇编写;第 12 章由无锡雪浪环保科技有限公司的王飞飞编写;第 13 章由无锡雪浪环保科技有限公司的曹英强编写;第 14 章由桂林电子科技大学的向定汉编写,付东升也参与了本书部分章节内容的编写工作。本书由向晓汉和李润海任主编,唐克彬和张文亭任副主编,无锡职业技术学院的林伟任主审。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正,编者将万分感激!

编者

目录

第1篇 基础入门篇

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 第1章 可编程序控制器 (PLC) 基础 | 2 |
| 1.1 概述 | 2 |
| 1.1.1 PLC的发展历史 | 2 |
| 1.1.2 PLC的主要特点 | 3 |
| 1.1.3 PLC的应用范围 | 3 |
| 1.1.4 PLC的分类与性能指标 | 4 |
| 1.1.5 PLC与继电器系统的比较 | 5 |
| 1.1.6 PLC与微机的比较 | 5 |
| 1.1.7 PLC的发展趋势 | 6 |
| 1.1.8 国内 PLC的应用 | 6 |
| 1.2 PLC的结构和工作原理 | 7 |
| 1.2.1 PLC的硬件组成 | 7 |
| 1.2.2 PLC的工作原理 | 10 |
| 1.2.3 PLC的立即输入、输出功能 | 12 |
| 第2章 S7-1200 PLC的硬件 | 13 |
| 2.1 S7-1200 PLC概述 | 13 |
| 2.1.1 西门子 PLC简介 | 13 |
| 2.1.2 S7-1200 PLC的性能特点 | 14 |
| 2.2 S7-1200 PLC常用模块及其接线 | 15 |
| 2.2.1 S7-1200 PLC的 CPU模块及接线 | 16 |
| 2.2.2 S7-1200 PLC数字量扩展模块及接线 | 21 |
| 2.2.3 S7-1200 PLC模拟量模块 | 25 |
| 2.2.4 S7-1200 PLC信号板及接线 | 31 |
| 2.2.5 S7-1200 PLC通信模块 | 33 |
| 2.2.6 其他模块 | 33 |
| 第3章 S7-1500 PLC的硬件 | 35 |
| 3.1 S7-1500 PLC的性能特点 | 35 |
| 3.2 S7-1500 PLC常用模块及其接线 | 36 |
| 3.2.1 电源模块 | 36 |
| 3.2.2 S7-1500 PLC的 CPU模块及其附件 | 37 |
| 3.2.3 S7-1500 PLC信号模块及其接线 | 45 |
| 3.2.4 S7-1500 PLC通信模块 | 55 |
| 3.2.5 S7-1500 PLC工艺模块及接线 | 56 |
| 3.2.6 S7-1500 PLC分布式模块 | 57 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3 S7-1500 PLC 的硬件安装 | 60 |
| 3.3.1 硬件配置 | 60 |
| 3.3.2 硬件安装 | 62 |
| 3.3.3 接线 | 63 |
| 第4章 TIA 博途 (Portal) 软件使用入门 | 65 |
| 4.1 TIA 博途软件简介 | 65 |
| 4.1.1 初识 TIA 博途软件 | 65 |
| 4.1.2 安装 TIA 博途软件的软硬件条件 | 66 |
| 4.1.3 安装 TIA 博途软件的注意事项 | 67 |
| 4.1.4 安装和卸载 TIA 博途软件 | 68 |
| 4.2 TIA Portal 视图与项目视图 | 74 |
| 4.2.1 TIA Portal 视图结构 | 74 |
| 4.2.2 项目视图 | 75 |
| 4.2.3 项目树 | 77 |
| 4.3 创建和编辑项目 | 78 |
| 4.3.1 创建项目 | 78 |
| 4.3.2 添加设备 | 79 |
| 4.3.3 编辑项目 (打开、保存、另存为、关闭和删除) | 81 |
| 4.4 CPU 参数配置 | 83 |
| 4.4.1 常规 | 83 |
| 4.4.2 PROFINET 接口 | 83 |
| 4.4.3 启动 | 89 |
| 4.4.4 周期 | 90 |
| 4.4.5 通信负载 | 90 |
| 4.4.6 系统和时钟存储器 | 90 |
| 4.4.7 系统诊断 | 91 |
| 4.4.8 显示 | 92 |
| 4.4.9 保护 | 93 |
| 4.4.10 系统电源 | 94 |
| 4.4.11 连接资源 | 94 |
| 4.4.12 地址总览 | 95 |
| 4.5 S7-1500 的 I/O 参数配置 | 95 |
| 4.5.1 数字量输入模块参数的配置 | 95 |
| 4.5.2 数字量输出模块参数的配置 | 98 |
| 4.5.3 模拟量输入模块参数的配置 | 99 |
| 4.5.4 模拟量输出模块参数的配置 | 101 |
| 4.6 下载和上传 | 102 |
| 4.6.1 下载 | 102 |
| 4.6.2 上传 | 105 |
| 4.7 软件编程 | 108 |
| 4.7.1 一个简单程序的输入和编译 | 108 |

| | |
|---|------------|
| 4.7.2 使用快捷键 | 110 |
| 4.8 打印和归档 | 111 |
| 4.8.1 打印 | 111 |
| 4.8.2 归档 | 112 |
| 4.9 用 TIA 博途软件创建一个完整的项目 | 114 |
| 4.10 使用帮助 | 121 |
| 4.10.1 查找关键字或者功能 | 121 |
| 4.10.2 使用帮助 | 122 |
| 4.11 安装支持包和 GSD 文件 | 123 |
| 4.11.1 安装支持包 | 123 |
| 4.11.2 安装 GSD 文件 | 125 |
| 第 5 章 S7-1200/1500 PLC 的编程语言 | 127 |
| 5.1 S7-1200/1500 PLC 的编程基础知识 | 127 |
| 5.1.1 数制 | 127 |
| 5.1.2 数据类型 | 128 |
| 5.1.3 S7-1200/1500 PLC 的存储区 | 136 |
| 5.1.4 全局变量与区域变量 | 141 |
| 5.1.5 编程语言 | 141 |
| 5.2 变量表、监控表和强制表的应用 | 142 |
| 5.2.1 变量表 | 142 |
| 5.2.2 监控表 | 145 |
| 5.2.3 强制表 | 149 |
| 5.3 位逻辑运算指令 | 150 |
| 5.4 定时器和计数器指令 | 161 |
| 5.4.1 SIMATIC 定时器 | 161 |
| 5.4.2 IEC 定时器 | 170 |
| 5.4.3 SIMATIC 计数器 | 173 |
| 5.4.4 IEC 计数器 | 177 |
| 5.5 移动操作指令 | 180 |
| 5.6 比较指令 | 185 |
| 5.7 转换指令 | 188 |
| 5.8 数学函数指令 | 195 |
| 5.9 移位和循环指令 | 204 |
| 5.10 字逻辑运算指令 | 209 |
| 5.11 程序控制指令 | 213 |
| 5.12 实例 | 214 |
| 5.12.1 电动机的控制 | 214 |
| 5.12.2 定时器和计数器应用 | 221 |
| 第 6 章 S7-1200/1500 PLC 的程序结构 | 225 |
| 6.1 TIA 博途软件编程方法简介 | 225 |
| 6.2 函数、数据块和函数块 | 226 |

| | |
|--|------------|
| 6.2.1 块的概述 | 226 |
| 6.2.2 函数 (FC) 及其应用 | 227 |
| 6.2.3 数据块 (DB) 及其应用 | 232 |
| 6.2.4 PLC 定义数据类型 (UDT) 及其应用 | 236 |
| 6.2.5 函数块 (FB) 及其应用 | 238 |
| 6.3 多重背景 | 241 |
| 6.3.1 多重背景的简介 | 241 |
| 6.3.2 多重背景的应用 | 242 |
| 6.4 组织块 (OB) 及其应用 | 247 |
| 6.4.1 中断的概述 | 247 |
| 6.4.2 启动组织块及其应用 | 248 |
| 6.4.3 主程序 (OB1) | 249 |
| 6.4.4 循环中断组织块及其应用 | 249 |
| 6.4.5 时间中断组织块及其应用 | 251 |
| 6.4.6 延时中断组织块及其应用 | 253 |
| 6.4.7 硬件中断组织块及其应用 | 255 |
| 6.4.8 错误处理组织块 | 255 |
| 6.5 实例 | 257 |
| 第 7 章 S7-1200/1500 PLC 的编程方法与调试 | 261 |
| 7.1 功能图 | 261 |
| 7.1.1 功能图的画法 | 261 |
| 7.1.2 梯形图编程的原则 | 267 |
| 7.2 逻辑控制的梯形图编程方法 | 268 |
| 7.2.1 经验设计法 | 268 |
| 7.2.2 功能图设计法 | 270 |
| 7.3 S7-1500 PLC 的调试方法 | 280 |
| 7.3.1 程序信息 | 280 |
| 7.3.2 交叉引用 | 282 |
| 7.3.3 比较功能 | 283 |
| 7.3.4 用变量表进行调试 | 286 |
| 7.3.5 用监控表进行调试 | 290 |
| 7.3.6 用强制表进行调试 | 293 |
| 7.3.7 使用 PLCSIM 软件进行调试 | 295 |
| 7.3.8 使用 Trace 跟踪变量 | 300 |
| 7.4 实例 | 303 |
| 第 8 章 西门子 PLC 的 SCL 和 GRAPH 编程 | 310 |
| 8.1 西门子 PLC 的 SCL 编程 | 310 |
| 8.1.1 S7-SCL 简介 | 310 |
| 8.1.2 S7-SCL 程序编辑器 | 311 |
| 8.1.3 S7-SCL 编程语言基础 | 312 |
| 8.1.4 寻址 | 318 |

| | | |
|-------|--------------------------|-----|
| 8.1.5 | 控制语句 | 321 |
| 8.1.6 | SCL 块 | 323 |
| 8.1.7 | S7-SCL 应用举例 | 323 |
| 8.2 | 西门子 PLC 的 GRAPH 编程 | 331 |
| 8.2.1 | S7-GRAPH 简介 | 331 |
| 8.2.2 | S7-GRAPH 应用基础 | 332 |
| 8.2.3 | S7-GRAPH 应用举例 | 338 |

第 2 篇 应用精通篇

第 9 章 S7-1200/1500 PLC 的通信及其应用 344

| | | |
|--------|---|-----|
| 9.1 | 通信基础知识 | 344 |
| 9.1.1 | 通信的基本概念 | 344 |
| 9.1.2 | PLC 网络的术语解释 | 345 |
| 9.1.3 | RS-485 标准串行接口 | 347 |
| 9.1.4 | OSI 参考模型 | 348 |
| 9.2 | 现场总线概述 | 349 |
| 9.2.1 | 现场总线的概念 | 349 |
| 9.2.2 | 主流现场总线的简介 | 349 |
| 9.2.3 | 现场总线的特点 | 350 |
| 9.2.4 | 现场总线的现状 | 350 |
| 9.2.5 | 现场总线的发展 | 350 |
| 9.3 | PROFIBUS 通信及其应用 | 351 |
| 9.3.1 | PROFIBUS 通信概述 | 351 |
| 9.3.2 | PROFIBUS 总线拓扑结构 | 352 |
| 9.3.3 | S7-1500 PLC 与 ET200MP 的 PROFIBUS-DP 通信 | 355 |
| 9.3.4 | S7-1500 PLC 与 S7-1500 PLC 间的 PROFIBUS-DP 通信 | 360 |
| 9.4 | 以太网通信及其应用 | 366 |
| 9.4.1 | 以太网通信基础 | 366 |
| 9.4.2 | S7-1500 PLC 的以太网通信方式 | 369 |
| 9.4.3 | S7-1500 PLC 之间的 OUC 通信及其应用 | 370 |
| 9.4.4 | S7-1500 PLC 与 S7-1200 PLC 之间的 OUC 通信 (TCP) 及其应用 | 377 |
| 9.4.5 | S7-1200 PLC 与 S7-1200 PLC 之间的 OUC 通信 (UDP) 及其应用 | 383 |
| 9.4.6 | S7-1500 PLC 之间的 S7 通信及其应用 | 392 |
| 9.4.7 | S7-1500 PLC 与 S7-1200 PLC 之间的 S7 通信及其应用 | 398 |
| 9.4.8 | S7-1500 PLC 与远程 IO 模块的 PROFINET IO 通信及其应用 | 402 |
| 9.4.9 | S7-1500 PLC 之间的 PROFINET IO 通信及其应用 | 409 |
| 9.4.10 | S7-1500 PLC 之间的 MODBUS TCP 通信及其应用 | 412 |
| 9.4.11 | S7-1500 PLC 与 S7-1200 PLC 之间的 MODBUS TCP 通信及其应用 | 421 |
| 9.5 | 串行通信 | 426 |
| 9.5.1 | S7-1200 PLC 与 S7-1200 PLC 之间的 Modbus RTU 通信 | 426 |

| | |
|---|------------|
| 9.5.2 S7-1200 PLC 与 SINAMICS G120 变频器之间的 USS 通信 | 433 |
| 第 10 章 工艺功能及其应用 | 442 |
| 10.1 PLC 的高速计数器及其应用 | 442 |
| 10.1.1 高速计数器简介 | 442 |
| 10.1.2 高速计数器的应用 | 445 |
| 10.2 PLC 在运动控制中的应用 | 451 |
| 10.2.1 运动控制简介 | 451 |
| 10.2.2 伺服控制简介 | 452 |
| 10.2.3 S7-1200 PLC 的运动控制功能 | 453 |
| 10.2.4 S7-1200 PLC 的运动控制指令 | 454 |
| 10.2.5 S7-1200 PLC 的运动控制实例 | 456 |
| 10.3 PWM | 471 |
| 10.3.1 PWM 功能简介 | 471 |
| 10.3.2 PWM 功能应用举例 | 471 |
| 10.4 PLC 在过程控制中的应用 | 475 |
| 10.4.1 PID 控制原理简介 | 475 |
| 10.4.2 PID 控制器的参数整定 | 478 |
| 10.4.3 PID 指令简介 | 480 |
| 10.4.4 PID 控制应用 | 481 |
| 第 11 章 西门子人机界面 (HMI) 应用 | 491 |
| 11.1 人机界面简介 | 491 |
| 11.1.1 初识人机界面 | 491 |
| 11.1.2 西门子常用触摸屏的产品简介 | 491 |
| 11.1.3 触摸屏的通信连接 | 492 |
| 11.2 使用变量与系统函数 | 493 |
| 11.2.1 变量分类与创建 | 493 |
| 11.2.2 系统函数 | 494 |
| 11.3 画面组态 | 497 |
| 11.3.1 按钮组态 | 497 |
| 11.3.2 I/O 域组态 | 499 |
| 11.3.3 开关组态 | 500 |
| 11.3.4 图形输入输出对象组态 | 502 |
| 11.3.5 时钟和日期的组态 | 502 |
| 11.3.6 符号 I/O 域组态 | 503 |
| 11.3.7 图形 I/O 域组态 | 504 |
| 11.3.8 画面的切换 | 506 |
| 11.4 用户管理 | 509 |
| 11.4.1 用户管理的基本概念 | 509 |
| 11.4.2 用户管理的组态 | 509 |
| 11.5 报警组态 | 514 |
| 11.5.1 报警组态简介 | 514 |

| | | |
|---------------|--|------------|
| 11.5.2 | 离散量报警组态 | 515 |
| 11.6 | 创建一个简单的 HMI 项目 | 518 |
| 11.6.1 | 一个简单的 HMI 项目技术要求描述 | 518 |
| 11.6.2 | 一个简单的 HMI 项目创建步骤 | 518 |
| 第 12 章 | S7-1200/1500 PLC 的故障诊断技术 | 527 |
| 12.1 | PLC 控制系统的故障诊断概述 | 527 |
| 12.1.1 | 引发 PLC 故障的外部因素 | 527 |
| 12.1.2 | PLC 的故障类型和故障信息 | 528 |
| 12.1.3 | PLC 故障诊断方法 | 529 |
| 12.1.4 | PLC 外部故障诊断方法 | 529 |
| 12.1.5 | S7-1500 PLC 诊断简介 | 533 |
| 12.2 | 通过模块或通道的 LED 灯诊断故障 | 533 |
| 12.2.1 | 通过模块的 LED 灯诊断故障 | 533 |
| 12.2.2 | 通过模块通道的 LED 灯诊断故障 | 534 |
| 12.3 | 通过 TIA 博途软件的 PG/PC 诊断故障 | 534 |
| 12.4 | 通过 PLC 的 Web 服务器诊断故障 | 536 |
| 12.5 | 通过 PLC 的显示屏诊断故障 | 541 |
| 12.5.1 | 显示屏面板简介 | 541 |
| 12.5.2 | 用显示屏面板诊断故障 | 541 |
| 12.6 | 通过用户程序诊断故障 | 542 |
| 12.6.1 | 用 LED 指令诊断故障 | 543 |
| 12.6.2 | 用 DeviceStates 指令诊断故障 | 544 |
| 12.6.3 | 用 ModuleStates 指令诊断故障 | 546 |
| 12.7 | 通过报警指令诊断故障 | 548 |
| 12.8 | 在 HMI 上通过调用诊断控件诊断故障 | 552 |
| 12.9 | 利用 WinCC 诊断故障 | 555 |
| 12.10 | 通过自带诊断功能的模块诊断故障 | 559 |
| 12.11 | 利用诊断面板诊断故障 | 562 |
| 12.12 | 通过 SIMATIC Automation Tool 诊断故障 | 563 |
| 12.12.1 | SIMATIC Automation Tool 功能 | 563 |
| 12.12.2 | SIMATIC Automation Tool 诊断故障 | 564 |
| 第 13 章 | TIA 博途软件的其他常用功能 | 566 |
| 13.1 | 移植 | 566 |
| 13.1.1 | 移植 S7-300/400 PLC 项目到 TIA 博途软件的必要条件 | 566 |
| 13.1.2 | 从 S7-300/400 PLC 的项目移植到 S7-1500 PLC 项目 | 567 |
| 13.1.3 | 从 WinCC Flexible 2008 项目移植到 TIA 博途软件 | 572 |
| 13.2 | 库功能 | 576 |
| 13.2.1 | 库的概念 | 576 |
| 13.2.2 | 项目库类型的使用 | 576 |
| 13.2.3 | 项目库主模板的使用 | 578 |
| 13.2.4 | 全局库的使用 | 579 |

| | |
|---|------------|
| 第 14 章 S7-1200/1500 PLC 工程应用 | 581 |
| 14.1 送料小车自动往复运动的 PLC 控制 | 581 |
| 14.1.1 系统软硬件配置 | 582 |
| 14.1.2 编写程序 | 583 |
| 14.2 啤酒灌装线系统的 PLC 控制 | 587 |
| 14.2.1 系统软硬件配置 | 587 |
| 14.2.2 编写程序 | 588 |
| 14.3 刨床的 PLC 控制 | 593 |
| 14.3.1 系统软硬件配置 | 593 |
| 14.3.2 编写程序 | 599 |
| 参考文献 | 604 |

第1篇

基础入门篇

- 第1章 可编程序控制器（PLC）基础
- 第2章 S7-1200 PLC的硬件
- 第3章 S7-1500 PLC的硬件
- 第4章 TIA博途（Portal）软件使用入门
- 第5章 S7-1200/1500 PLC的编程语言
- 第6章 S7-1200/1500 PLC的程序结构
- 第7章 S7-1200/1500 PLC的编程方法与调试
- 第8章 西门子PLC的SCL和GRAPH编程

第1章

可编程序控制器 (PLC) 基础

本章介绍可编程序控制器的历史、功能、特点、应用范围、发展趋势、在我国的使用情况、结构和工作原理等知识,使读者初步了解可编程序控制器,这是学习本书后续内容的必要准备。

1.1 概述

可编程序控制器 (Programmable Logic Controller) 简称 PLC,国际电工委员会 (IEC) 于 1985 年对可编程序控制器作了如下定义:可编程序控制器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、模拟的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备,都应按易于与工业控制系统连成一个整体,易于扩充功能的原则设计。PLC 是一种工业计算机,其种类繁多,不同厂家的产品有各自的特点,但作为工业标准设备,可编程序控制器又有一定的共性。

1.1.1 PLC 的发展历史

20 世纪 60 年代以前,汽车生产线的自动控制系统基本上都是由继电器控制装置构成。当时每次改型都直接导致继电器控制装置的重新设计和安装,福特汽车公司的老板曾经说:“不管顾客需要什么,我生产的汽车都是黑色的”,从侧面反映汽车改型和升级换代比较困难。为了改变这一现状,1969 年,美国的通用汽车公司 (GM) 公开招标,要求用新的装置取代继电器控制装置,并提出十项招标指标,要求编程方便、现场可修改程序、维修方便、采用模块化设计、体积小及可与计算机通信等。同一年,美国数字设备公司 (DEC) 研制出了世界上第一台可编程序控制器 PDP-14,在美国通用汽车公司的生产线上试用成功,并取得了满意的效果,可编程序控制器从此诞生。由于当时的 PLC 只能取代继电器接触器控制,功能仅限于逻辑运算、计时及计数等,所以称为“可编程逻辑控制器”。伴随着微电子技术、控制技术与信息技术的不断发展,可编程序控制器的功能不断增强。美国电气制造商协会 (NEMA) 于 1980 年正式将其命名为“可编程序控制器”,简称 PC,由于这个名称和个人计算机的简称相同,容易混淆,因此在我国,很多人仍然习惯称可编程序控制器为 PLC。

由于 PLC 具有易学易用、操作方便、可靠性高、体积小、通用灵活和使用寿命长等一系列优点,因此,很快就在工业中得到了广泛应用。同时,这一新技术也受到其他国家的重视。1971 年日本引进这项技术,很快研制出日本第一台 PLC;欧洲于 1973 年研制出第一台 PLC;我国从 1974 年开始研制,1977 年国产 PLC 正式投入工业应用。

进入 20 世纪 80 年代以来,随着电子技术的迅猛发展,以 16 位和 32 位微处理器构成的

微机化 PLC 得到快速发展(例如 GE 的 RX7i,使用的是赛扬 CPU,其主频达 1GHz,其信息处理能力几乎和个人电脑相当),使得 PLC 在设计、性能价格比以及应用方面有了突破,不仅控制功能增强、功耗和体积减小、成本下降、可靠性提高及编程和故障检测更为灵活方便,而且随着远程 I/O 和通信网络、数据处理和图像显示的发展,PLC 已经普遍用于控制复杂的生产过程。PLC 已经成为工厂自动化的三大支柱之一。

1.1.2 PLC 的主要特点

PLC 之所以高速发展,除了工业自动化的客观需要外,还有许多适合工业控制的独特优点,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、方便以及经济等问题,其主要特点如下。

(1) 抗干扰能力强,可靠性高

在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,由于器件的固有缺点,如器件老化、接触不良以及触点抖动等现象,大大降低了系统的可靠性。而在 PLC 控制系统中大量的开关动作由无触点的半导体电路完成,因此故障大大减少。

此外,PLC 的硬件和软件方面采取了措施,提高了其可靠性。在硬件方面,所有的 I/O 接口都采用了光电隔离,使得外部电路与 PLC 内部电路实现了物理隔离。各模块均采用屏蔽措施,以防止辐射干扰。电路中采用了滤波技术,以防止或抑制高频干扰。在软件方面,PLC 具有良好的自诊断功能,一旦系统的软硬件发生异常情况,CPU 会立即采取有效措施,以防止故障扩大。通常 PLC 具有看门狗功能。

对于大型的 PLC 系统,还可以采用双 CPU 构成冗余系统或者三 CPU 构成表决系统,使系统的可靠性进一步提高。

(2) 程序简单易学,系统的设计调试周期短

PLC 是面向用户的设备。PLC 的生产厂家充分考虑到现场技术人员的技能和习惯,可采用梯形图或面向工业控制的简单指令形式。梯形图与继电器原理图很相似,直观、易懂、易掌握,不需要学习专门的计算机知识和语言。设计人员可以在设计室设计、修改和模拟调试程序,非常方便。

(3) 安装简单,维修方便

PLC 不需要专门的机房,可以在各种工业环境下直接运行,使用时只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连接,即可投入运行。各种模块上均有运行和故障指示装置,便于用户了解运行情况和查找故障。

(4) 采用模块化结构,体积小,重量轻

为了适应工业控制需求,除整体式 PLC 外,绝大多数 PLC 采用模块化结构。PLC 的各部件,包括 CPU、电源及 I/O 等都采用模块化设计。此外,PLC 相对于通用工控机,其体积和重量要小得多。

(5) 丰富的 I/O 接口模块,扩展能力强

PLC 针对不同的工业现场信号(如交流或直流、开关量或模拟量、电压或电流、脉冲或电位及强电或弱电等)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、传感器及变送器及电磁线圈、控制阀等)直接连接。另外,为了提高操作性能,它还有多种人-机对话的接口模块;为了组成工业局部网络,有多种通信联网的接口模块等。

1.1.3 PLC 的应用范围

目前,PLC 在国内外已广泛应用于专用机床、机床、控制系统、自动化楼宇、钢铁、

石油、化工、电力、建材、汽车、纺织机械、交通运输、环保以及文化娱乐等各行各业。随着 PLC 性能价格比的不断提高，其应用范围还将不断扩大，其应用场合可以说是无处不在，具体应用大致可归纳为如下几类。

(1) 顺序控制

是 PLC 最基本、最广泛应用的领域，它取代传统的继电器顺序控制，PLC 用于单机控制、多机群控制、自动化生产线的控制。例如数控机床、注塑机、印刷机械、电梯控制和纺织机械等。

(2) 计数和定时控制

PLC 为用户提供了足够的定时器和计数器，并设置相关的定时和计数指令，PLC 的计数器和定时器精度高、使用方便，可以取代继电器系统中的时间继电器和计数器。

(3) 位置控制

目前大多数的 PLC 制造商都提供拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块，这一功能可广泛用于各种机械，如金属切削机床、装配机械等。

(4) 模拟量处理

PLC 通过模拟量的输入/输出模块，实现模拟量与数字量的转换，并对模拟量进行控制，有的还具有 PID 控制功能。例如用于锅炉的水位、压力和温度控制。

(5) 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算、数据传递、转换、排序和查表等功能，也能完成数据的采集、分析和处理。

(6) 通信联网

PLC 的通信包括 PLC 相互之间、PLC 与上位计算机以及 PLC 和其他智能设备之间的通信。PLC 系统与通用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，以实现信息的交换，并可构成“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需要。

1.1.4 PLC 的分类与性能指标

(1) PLC 的分类

1) 从组成结构形式分类 可以将 PLC 分为两类：一类是整体式 PLC（也称单元式），其特点是电源、中央处理单元和 I/O 接口都集成在一个机壳内；另一类是标准模板式结构化的 PLC（也称组合式），其特点是电源模板、中央处理单元模板和 I/O 模板等在结构上是相互独立的，可根据具体的应用要求，选择合适的模块，安装在固定的机架或导轨上，构成一个完整的 PLC 应用系统。

2) 按 I/O 点容量分类

① 小型 PLC。小型 PLC 的 I/O 点数一般在 128 点以下。

② 中型 PLC。中型 PLC 采用模块化结构，其 I/O 点数一般在 256~1024 点之间。

③ 大型 PLC。一般 I/O 点数在 1024 点以上的称为大型 PLC。

(2) PLC 的性能指标

各厂家的 PLC 虽然各有特色，但其主要性能指标是相同的。

① 输入/输出 (I/O) 点数 输入/输出 (I/O) 点数是最重要的一项技术指标，是指 PLC 面板上连接外部输入、输出的端子数，常称为“点数”，用输入与输出点数的和表示。点数越多表示 PLC 可接入的输入器件和输出器件越多，控制规模越大。点数是 PLC 选型时

最重要的指标之一。

② 扫描速度 扫描速度是指 PLC 执行程序的速度。以 ms/K 为单位,即执行 1K 步指令所需的时间。1 步占 1 个地址单元。

③ 存储容量 存储容量通常用 K 字 (KW) 或 K 字节 (KB)、K 位来表示。这里 1K=1024。有的 PLC 用“步”来衡量,一步占用一个地址单元。存储容量表示 PLC 能存放多少用户程序。例如,三菱型号为 FX2N-48MR 的 PLC 存储容量为 8000 步。有的 PLC 的存储容量可以根据需要配置,有的 PLC 的存储器可以扩展。

④ 指令系统 指令系统表示该 PLC 软件功能的强弱。指令越多,编程功能就越强。

⑤ 内部寄存器(继电器) PLC 内部有许多寄存器用来存放变量、中间结果、数据等,还有许多辅助寄存器可供用户使用。因此寄存器的配置也是衡量 PLC 功能的一项指标。

⑥ 扩展能力 扩展能力是反映 PLC 性能的重要指标之一。PLC 除了主控模块外,还可配置实现各种特殊功能的高功能模块。例如 AD 模块、DA 模块、高速计数模块和远程通信模块等。

1.1.5 PLC 与继电器系统的比较

在 PLC 出现以前,继电器硬接线电路是逻辑、顺序控制的唯一执行者,它结构简单、价格低廉,一直被广泛应用。PLC 出现后,几乎所有的方面都超过继电器控制系统,两者的性能比较见表 1-1。

表 1-1 可编程序控制器与继电器控制系统的比较

| 序号 | 比较项目 | 继电器控制 | 可编程序控制器控制 |
|----|--------|---------------------------------|---------------------------|
| 1 | 控制逻辑 | 硬接线多、体积大、连线多 | 软逻辑、体积小、接线少、控制灵活 |
| 2 | 控制速度 | 通过触点开关实现控制,动作受继电器硬件限制,通常超过 10ms | 由半导体电路实现控制,指令执行时间段,一般为微秒级 |
| 3 | 定时控制 | 由时间继电器控制,精度差 | 由集成电路的定时器完成,精度高 |
| 4 | 设计与施工 | 设计、施工及调试必须按照顺序进行,周期长 | 系统设计完成后,施工与程序设计同时进行,周期短 |
| 5 | 可靠性与维护 | 继电器的触点寿命短,可靠性和维护性差 | 无触点、寿命长、可靠性高和有自诊断功能 |
| 6 | 价格 | 价格低 | 价格高 |

1.1.6 PLC 与微机的比较

采用微电子技术制造的 PLC 与微机一样,也由 CPU、ROM (或者 FLASH)、RAM 及 I/O 接口等组成,但又不同于一般的微机,可编程序控制器采用了特殊的抗干扰技术,是一种特殊的工业控制计算机,更加适合工业控制。两者的性能比较见表 1-2。

表 1-2 PLC 与微机的比较

| 序号 | 比较项目 | 可编程序控制器控制 | 微机控制 |
|----|------|-----------|-----------------|
| 1 | 应用范围 | 工业控制 | 科学计算、数据处理、计算机通信 |
| 2 | 使用环境 | 工业现场 | 具有一定温度和湿度的机房 |