

# 从入门到精通

# PLC与变频器

—— 岂兴明◎编著 ——

## 学习PLC的必读开悟书

名师指引

看得懂

学得会

- 西门子、三菱、欧姆龙PLC指令和功能介绍
- 变频器工作原理及调速系统的详细设计方法
- 3个工程实例详解助您快速掌握PLC应用



中国工信出版集团



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

# PLC与变频器

## 从入门到精通

岂兴明◎编著



人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

PLC与变频器从入门到精通 / 岂兴明编著. — 北京 :  
人民邮电出版社, 2019. 2  
ISBN 978-7-115-50707-5

I. ①P… II. ①岂… III. ①PLC技术②变频器 IV.  
①TM571.61②TN773

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第013516号

## 内 容 提 要

本书介绍了变频器调速、控制等基础知识,讲解了 PLC 功能指令、模块和变频器调速系统设计方法,并结合具体工程实例讲解了 PLC 和变频器控制系统的设计方法。

本书内容全面、条理清晰、实例丰富,可供 PLC 自学者阅读,也可作为大专院校相关专业的参考用书。本书有助于读者快速掌握 PLC 和变频器控制原理,完成高质量的控制系统设计。

- 
- ◆ 编 著 岂兴明  
责任编辑 黄汉兵  
责任印制 彭志环
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
山东华立印务有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 26 2019 年 2 月第 1 版  
字数: 617 千字 2019 年 2 月山东第 1 次印刷

---

定价: 89.00 元

读者服务热线: (010) 81055488 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

随着工业自动化技术的不断发展,各种生产设备对控制性能的要求不断提高;以 PLC 和变频器为代表的控制器技术不断完善与成熟,越来越多的设计者使用 PLC 来完成控制任务,可以说,PLC 已经成为工业控制系统中的一个组成部分。目前,市场上 PLC 与变频器的生产厂家众多,同系列的产品型号繁多,本书以主流的西门子、三菱和欧姆龙品牌 PLC 作为讲解重点。本书有丰富而有代表性的应用实例,并且对每个细致挑选的实例进行了生动的图解说明,能够起到举一反三的作用。同时,还提供了实例的程序源代码,读者可以登录人民邮电出版社网站下载,对相应程序进行模拟仿真,以便能尽快地掌握 PLC 与变频器的使用方法。

本书系统地阐述了 PLC 与变频器的基本概念、原理、设计方法,还介绍了综合应用实例。基础篇介绍了 PLC 的技术发展历程、工作原理、功能特点以及结构组成,还介绍了变频器的发展历程、工作原理、基本构成与分类情况;并阐述了异步电动机工作的基本原理、电动机调速的 7 种方法、调速电动机工作原理、PWM 控制原理、变频调速 4 种基本控制方式、变频器运行过程中的参数设定及与 PLC 的硬件连接;提高篇以西门子 S7-200 系列 PLC 常用的基本指令为例讲解 PLC 的功能指令及功能模块,并介绍了部分品牌通用变频器产品的特点和性能,变频器的主要控制功能、变频器周边设备及变频器的安装;实践篇进行内容调整和整合,通过欧姆龙、三菱、西门子系统 PLC 与变频器的工程实例,重点阐述了 PLC 和变频器的选型、PLC 与变频器的硬件连接以及 PLC 程序开发。

本书层次清楚、内容翔实、图文并茂、由浅入深,适合作为 PLC 和变频器初、中级读者的自学教材,可以使初学者在较短的时间内学会 PLC 控制系统和变频器调速系统的设计方法。

本书由岂兴明编著。同时参与编写的还有中国船舶重工集团公司第七〇一研究所的孙锋、程小亮、陈砚、蒋磊、余国虎、姚思楠、翁方龙、赵江坤、安一峰、裴悦、卢杰、翁方龙、董冠华。

编者

2018 年 8 月



## 基础篇

## 第 1 章 可编程控制器概述 ..... 3

## 1.1 PLC 的发展 ..... 3

## 1.1.1 PLC 技术的产生 ..... 3

## 1.1.2 PLC 技术的发展趋势 ..... 4

## 1.2 PLC 的功能、特点及分类 ..... 5

## 1.2.1 PLC 的功能 ..... 5

## 1.2.2 PLC 的特点 ..... 6

## 1.2.3 PLC 的分类 ..... 8

## 1.3 PLC 的工作原理与性能指标 ..... 9

## 1.3.1 PLC 的基本工作原理 ..... 9

## 1.3.2 PLC 的扫描工作方式 ..... 10

## 1.3.3 PLC 的输入/输出原则 ..... 11

## 1.3.4 PLC 的性能指标 ..... 11

## 1.4 PLC 系统的基本组成 ..... 12

## 1.4.1 PLC 的硬件结构 ..... 12

## 1.4.2 PLC 的软件系统 ..... 18

## 1.5 部分品牌 PLC 简介 ..... 19

## 1.5.1 西门子 S7-200 系列 PLC ..... 19

1.5.2 西门子 S7-300/400 系列  
PLC ..... 20

## 1.5.3 西门子 S7-1200 系列 PLC ..... 20

## 1.5.4 三菱 FX 系列 PLC ..... 21

## 1.5.5 三菱 Q 系列 PLC ..... 22

## 1.5.6 欧姆龙 CH1H 系列 PLC ..... 23

## 1.5.7 欧姆龙 C 系列 PLC ..... 25

## 1.6 本章小结 ..... 26

## 第 2 章 变频器概述 ..... 27

## 2.1 变频器的发展 ..... 27

## 2.1.1 变频器的技术发展 ..... 28

## 2.1.2 变频器的发展趋势 ..... 30

## 2.2 变频器的基本工作原理及

## 特点 ..... 31

## 2.2.1 变频器的基本工作原理 ..... 31

## 2.2.2 变频器的特点 ..... 32

## 2.3 变频器的构成与功能 ..... 33

## 2.3.1 整流电路 ..... 33

## 2.3.2 中间电路 ..... 34

## 2.3.3 逆变电路 ..... 35

## 2.3.4 控制电路 ..... 36

## 2.4 变频器的分类 ..... 36

## 2.4.1 依据主电路结构形式分类 ..... 36

## 2.4.2 依据主电路工作方式分类 ..... 38

## 2.4.3 依据控制方式分类 ..... 39

## 2.4.4 依据逆变器开关方式分类 ..... 40

## 2.4.5 依据用途分类 ..... 41

## 2.5 变频器的配套设备 ..... 42

## 2.6 本章小结 ..... 46

## 第 3 章 交流调速基础 ..... 47

## 3.1 电动机调速的 7 种方法 ..... 48

## 3.2 变频调速概述 ..... 50

## 3.2.1 变频调速和 PWM 技术简介 ..... 50

3.2.2 变频调速控制技术的发展  
趋势 ..... 52

## 3.2.3 新型调速电动机的特点 ..... 54

## 3.3 PWM 控制原理 ..... 55

## 3.3.1 PWM 的调制模式 ..... 55

## 3.3.2 PWM 的方法 ..... 57

## 3.3.3 正弦波脉宽调制 ..... 62

## 3.3.4 电压空间矢量脉宽调制 ..... 68

## 3.3.5 特定谐波消除脉宽调制 ..... 71

3.3.6	SPWM 与 SVPWM 两种方法的比较	78	5.3.3	转差频率控制变频器的系统结构	123
3.4	本章小结	79	5.4	矢量控制	124
<b>第 4 章</b>	<b>变频器的运行</b>	81	5.4.1	矢量控制基本原理	124
4.1	变频器常用运行参数及设定	81	5.4.2	基于转差频率控制的矢量控制方式	124
4.1.1	变频器的常用运行参数	81	5.4.3	无速度传感器的矢量控制方式	126
4.1.2	变频器的常用运行参数设定	84	5.4.4	3 种控制方式的特性比较	127
4.2	变频器的运行方式	88	5.5	直接转矩控制	128
4.2.1	点动运行	88	5.5.1	直接转矩控制基本原理	128
4.2.2	并联运行	89	5.5.2	直接转矩控制的特点	128
4.2.3	同步运行	91	5.5.3	直接转矩控制系统与矢量控制系统的比较	129
4.2.4	正、反转运行	92	5.6	本章小结	129
4.2.5	瞬停再启动运行	94			
4.2.6	正转运行	95	<b>提高篇</b>		
4.2.7	多段速运行	95	<b>第 6 章</b>	<b>PLC 的基本指令系统</b>	133
4.2.8	PID 运行	98	6.1	基本逻辑指令	133
4.2.9	工频与变频运行	101	6.1.1	标准触点指令	133
4.2.10	节能运行	105	6.1.2	输出指令	134
4.3	变频器与 PLC 的连接方式	107	6.1.3	置位和复位指令	135
4.3.1	运行信号的输入	107	6.2	立即 I/O 指令	136
4.3.2	频率指令信号的输入	109	6.2.1	立即触点指令	136
4.3.3	触点输出信号	111	6.2.2	立即输出指令	136
4.3.4	连接注意事项	112	6.2.3	立即置位和立即复位指令	137
4.4	本章小结	113	6.3	电路块串、并联指令	138
<b>第 5 章</b>	<b>变频调速控制原理</b>	114	6.4	多路输出指令	138
5.1	异步电动机基本工作原理	114	6.5	计时器和计数器指令	139
5.1.1	异步电动机的结构	114	6.5.1	计时器和计数器指令	139
5.1.2	三相异步电动机旋转原理	116	6.5.2	计数器指令	142
5.2	$U/f$ 恒定控制	118	6.6	正（负）跳变触点指令	144
5.2.1	$U/f$ 控制基本原理	118	6.7	顺序控制继电器指令	145
5.2.2	恒定控制方式	118	6.8	比较触点指令	148
5.2.3	恒磁通控制方式	119	6.9	部分变频器相关功能指令	149
5.2.4	恒功率控制方式	120	6.9.1	时钟指令	150
5.2.5	电压型 $U/f$ 控制变频器	121	6.9.2	脉冲输出指令	150
5.3	转差频率控制	122	6.10	本章小结	154
5.3.1	转差频率控制基本原理	122			
5.3.2	转差频率控制规律	122			

**第 7 章 PLC 功能指令及功能模块** .....155

- 7.1 模拟量控制 .....155
  - 7.1.1 概述 .....155
  - 7.1.2 模拟量基本 PID 控制 .....156
  - 7.1.3 用欧姆龙 PLC PID 指令实现 PID 控制 .....158
  - 7.1.4 用三菱 PLC PID 指令实现 PID 控制 .....161
  - 7.1.5 用西门子 PLC PID 指令、函数块实现 PID 控制 .....166
- 7.2 高速计数比较控制 .....171
  - 7.2.1 高速计数比较控制概述 .....171
  - 7.2.2 用罗克韦尔 (A-B) PLC 内置高速计数器比较控制 .....171
  - 7.2.3 用三菱 PLC 高速计数模块比较控制 .....174
- 7.3 PLC 通信程序 .....175
  - 7.3.1 概述 .....175
  - 7.3.2 西门子 S7-200 系列 .....176
  - 7.3.3 三菱 FX 系列 PLC .....179
  - 7.3.4 PLC 与智能装置间的通信程序设计 .....180
- 7.4 本章小结 .....181

**第 8 章 变频器调速系统设计** .....183

- 8.1 PLC 控制系统的设计流程 .....183
  - 8.1.1 PLC 控制系统的基本原则 .....183
  - 8.1.2 PLC 控制系统的设计内容 .....184
  - 8.1.3 PLC 控制系统的设计步骤 .....185
  - 8.1.4 硬件选型及系统电路设计 .....186
  - 8.1.5 PLC 控制程序设计 .....189
  - 8.1.6 设计经验与注意事项 .....192
- 8.2 变频器的选择和容量计算 .....194
  - 8.2.1 负载的转矩特性 .....194
  - 8.2.2 变频器容量计算 .....197
  - 8.2.3 变频器的选择 .....200
- 8.3 变频器的主要控制功能与参数设定 .....203
  - 8.3.1 变频器的外部接口电路 .....204

8.3.2 变频器的主要控制功能 .....205

8.3.3 变频器的参数设定 .....210

## 8.4 变频器周边设备的选择 .....212

8.4.1 电源协调用交流电抗器 .....212

8.4.2 改善功率因数直流电抗器 .....213

8.4.3 电源滤波器 .....214

8.4.4 制动电阻与制动单元 .....215

## 8.5 变频器的安装 .....217

8.5.1 安装环境的要求 .....217

8.5.2 安装方法 .....219

8.5.3 安装柜设计 .....220

8.5.4 变频器的接线 .....221

## 8.6 变频器系统的调试 .....225

8.6.1 联调试验 .....225

8.6.2 故障分析与排除 .....227

## 8.7 本章小结 .....229

**第 9 章 部分品牌通用变频器简介** .....230

## 9.1 西门子通用变频器 .....230

9.1.1 MM 440 系列变频器 .....232

9.1.2 MM 430 系列变频器 .....233

9.1.3 MM 420 系列变频器 .....234

9.1.4 G120C 紧凑型变频器 .....235

9.1.5 S120 型变频器 .....236

9.1.6 V20 通用变频器 .....236

## 9.2 三菱通用变频器 .....237

9.2.1 FR-S500 系列简单易用型变频器 .....238

9.2.2 FR-D700 系列紧凑型多功能变频器 .....238

9.2.3 FR-F700 系列风机、水泵型变频器 .....238

9.2.4 FR-F740 系列风机、水泵型变频器 .....239

9.2.5 FR-A700 系列变频器 .....239

9.2.6 FR-A500 系列变频器 .....240

9.2.7 FR-E500 系列多功能经济型变频器 .....240

9.2.8 FR-E700 系列变频器 .....241

9.3	欧姆龙通用变频器	243
9.3.1	3G3RX 系列变频器	243
9.3.2	3G3JZ 系列变频器	244
9.3.3	3G3RV-ZV1 系列变频器	244
9.3.4	3G3MZ-ZV2 系列变频器	244
9.4	台达通用变频器	245
9.4.1	MH300 / MS300 系列变频器	246
9.4.2	C2000 系列变频器	247
9.4.3	CP2000 系列变频器	247
9.4.4	CT2000 系列变频器	248
9.4.5	C200 系列变频器	248
9.4.6	CH2000 系列变频器	248
9.4.7	ED 系列变频器	249
9.4.8	E/EL 系列变频器	249
9.4.9	VFD-L 系列变频器	250
9.4.10	B 系列变频器	252
9.5	本章小结	254

**实践篇**

**第 10 章 欧姆龙 PLC 与变频器工程**

**实例**.....257

10.1	开炼机变频器控制系统设计	257
10.1.1	开炼机控制系统概述	258
10.1.2	硬件选型及系统电路设计	260
10.1.3	PLC 程序设计	267
10.2	PLC 控制牵引机变频器启动、停止的实现	270
10.2.1	牵引机控制系统概述	270
10.2.2	硬件选型及系统电路设计	271
10.2.3	PLC 程序设计	275
10.3	本章小结	282

**第 11 章 三菱 PLC 与变频器工程**

**实例**.....283

11.1	自动喷涂控制系统设计	283
------	------------	-----

11.1.1	自动喷涂控制系统概述	283
11.1.2	硬件选型及系统电路设计	284
11.1.3	PLC 程序设计	288
11.2	变频调速恒压供水系统	295
11.2.1	变频调速恒压供水系统概述	295
11.2.2	硬件选型及系统电路设计	301
11.2.3	PLC 程序设计	308
11.3	基于 PLC 的复贴机电控张力控制系统设计	321
11.3.1	PLC 复贴机电控张力控制系统概述	321
11.3.2	电路设计及硬件选型	327
11.3.3	PLC 程序设计	332
11.4	本章小结	345

**第 12 章 西门子 PLC 与变频器工程**

**实例**.....346

12.1	挤出机控制系统设计	346
12.1.1	挤出机系统概述	346
12.1.2	硬件选型及系统电路设计	353
12.1.3	PLC 程序设计	366
12.2	基于现场总线的造纸机传动调速系统设计	373
12.2.1	造纸机传动调速系统概述	374
12.2.2	硬件选型及系统电路设计	379
12.2.3	PLC 程序设计	386
12.3	本章小结	393

**附录 1 MM440 变频器的故障信息及**

**排除**.....394

**附录 2 MM440 变频器报警信息及**

**排除**.....398

**附录 3 变频器常用附件选型**.....401

**附录 4 变频器典型应用电路**.....405

**参考文献**.....408



# 基础篇

第 1 章 可编程控制器概述

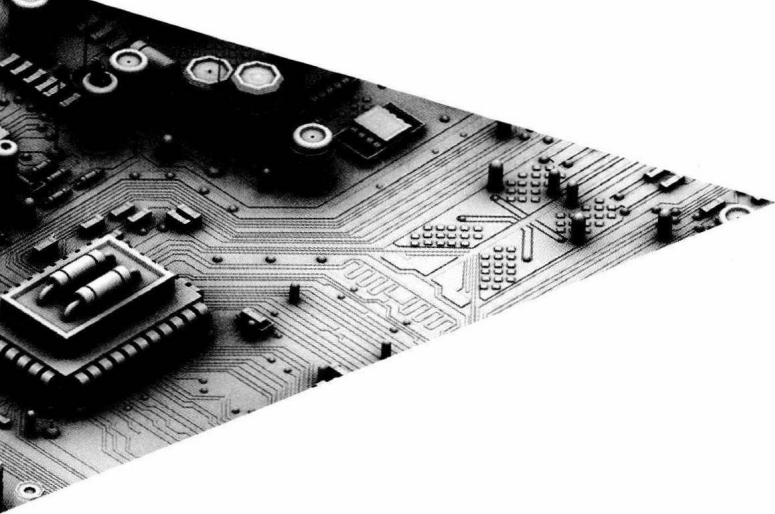
第 2 章 变频器概述

第 3 章 交流调速基础

第 4 章 变频器的运行

第 5 章 变频调速控制原理





# 第 1 章

## 可编程控制器概述

可编程控制器简称 PLC，是在继电器控制基础上，将计算机技术、控制技术及通信技术融为一体，应用到工业控制领域的一种高可靠性控制器。PLC 采用可编程的存储器，用于其内部存储程序、执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数等面向用户的指令，并通过数字或模拟式输入输出控制各类机械或生产过程，是当代工业生产自动化的重要支柱。本章将主要介绍 PLC 的发展历史以及相关技术的发展历程，进而概述 PLC 的工作原理，并详细讨论 PLC 的功能特点以及结构组成，最后简单介绍部分品牌的 PLC 型号和性能。

### | 1.1 PLC 的发展 |

可编程控制器（Programmable Logic Controller, PLC）是一种数字运算操作的电子系统，即计算机。不过 PLC 是专为在工业环境下应用而设计的工业计算机。PLC 具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和应用范围，这也是其区别于其他计算机控制系统的一个重要特征。这种工业计算机采用“面向用户的指令”，因此编程更方便。PLC 能完成逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作，PLC 具有数字量和模拟量输入输出能力，并且非常容易与工业控制系统连成一个整体，易于“扩充”。由于 PLC 引入了微处理器及半导体存储器等新一代电子器件，并用规定的指令进行编程，所以 PLC 是通过软件方式来实现“可编程”的，程序修改灵活、方便。

#### 1.1.1 PLC 技术的产生

20 世纪 20 年代，继电器控制系统开始盛行。继电器控制系统就是将继电器、定时器、接触器等电器件按照一定的逻辑关系连接起来而组成的控制系统。由于继电器控制系统结构简单、操作方便、价格低廉，所以在工业控制领域一直占据着主导地位。但是继电器控制系统具有明显的缺点：体积大，噪声大，能耗大，动作响应慢，可靠性差，维护性差，功能单一，采用硬连线逻辑控制，设计安装调试周期长，通用性和灵活性差等。

1968 年，美国通用汽车公司（GM）为了提高竞争力，更新汽车生产线，以便将生产方式从少品种、大批量转变为多品种、小批量，公开招标一种新型工业控制器。为尽可能减少更换

继电器控制系统的硬件及连线，缩短重新设计、安装、调试周期，降低成本，GM 提出了 10 条技术指标。

- ① 编程方便，可现场编辑及修改程序。
- ② 维护方便，采用插件式结构。
- ③ 可靠性高于继电器控制系统。
- ④ 体积小于继电器控制系统。
- ⑤ 数据可直接送入管理计算机。
- ⑥ 成本低于继电器控制系统。
- ⑦ 输入电压可以为交流 115V。
- ⑧ 输出电压可以为交流 115V，电流大于 2A，可直接驱动接触器、电磁阀等。
- ⑨ 扩展时，系统改变少。
- ⑩ 用户程序存储器容量能扩展到 4KB。

1969 年，美国数字设备公司（DEC）根据上述要求，研制出了世界上第一台 PLC：型号为 PDP-14 的一种新型工业控制器。它把计算机的完备功能、灵活及通用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，制成了一种适合于工业环境的通用控制装置，并把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化，用“面向控制过程、面向对象”的“自然语言”进行编程，使不熟悉计算机的人也能方便地使用。它在 GM 公司的汽车生产线上首次应用成功，取得了显著的经济效益，开创了工业控制的新局面。

## 1.1.2 PLC 技术的发展趋势

PLC 诞生不久就在工业控制领域占据了主导作用，日本、法国、德国等国家相继研制成各自的 PLC。PLC 技术随着计算机和微电子技术的发展而迅速发展，由最初的 1 位机发展到现在的 16 位、32 位高性能微处理器，而且实现了多处理器的多通道处理，通信技术使 PLC 的应用得到了进一步的发展。PLC 技术的发展趋势是向高集成化、小体积、大容量、高速度、使用方便、高性能和智能化方向发展，具体表现在以下几个方面。

### 1. 小型化、专用化、低成本

微电子技术的发展，大幅度提高了新型器件的功能并降低成本，使 PLC 结构更为紧凑，一些 PLC 只有手掌大小，PLC 的体积越来越小，使用起来越来越方便灵活。同时，PLC 的功能不断提升，将原来大、中型 PLC 才具有的功能移植到小型 PLC 上，如模拟量处理、数据通信和其他更复杂的功能指令，而价格却在不断下降。

### 2. 大容量、高速

大型 PLC 采用多处理器系统，有的采用了 32 位微处理器，可同时进行多任务操作，处理速度大幅提高，特别是增强了过程控制和数据处理功能。另外存储容量大大增加。所以 PLC 的另一个发展方向是大型 PLC 具有上万个输入输出量，广泛用于石化、冶金、汽车制造等领域。

### 3. 模块化

PLC 的扩展模块发展迅速,大量特定的复杂功能由专用模块来完成,主机仅仅通过通信设备箱模块发布命令和测试状态。PLC 的系统功能进一步增强,控制系统设计进一步简化,比如计数模块、位置控制和位置检测模块、闭环控制模块、称重模块等。尤其是 PLC 与个人计算机技术相结合后,PLC 的数据存储、处理功能大大增强;计算机的硬件技术也越来越多地应用于 PLC 上,并可以使用多种语言编程,可以直接与个人计算机相连进行信息传递。

### 4. 多样化和标准化

各个 PLC 生产商均在加大力度开发新产品,以求更大的市场占有率。因此,PLC 产品正在向多样化方向发展,出现了欧、美、日等多个流派。与此同时,为了避免各种产品间的竞争而导致技术不兼容。国际电工委员会(IEC)不断为 PLC 的发展制定一些新的标准,对各种类型的产品进行归纳或定义,为 PLC 的发展制定方向。目前越来越多的 PLC 生产厂家均能提供符合 IEC 1131-3 标准的产品,甚至还推出了按照 IEC 1131-3 标准设计的“软件 PLC”在个人计算机上运行。

### 5. 人机交互

PLC 可以配置操作面板、触摸屏等人机对话手段,不仅为系统设计开发人员提供了便捷的调试手段,还为用户提供了一个掌控 PLC 运行状态的窗口。在设计阶段,设计开发人员可以通过计算机上的组态软件,方便快捷地创建各种组件,设计效率大大提高;在调试阶段,调试人员可以通过操作面板、状态指示灯、触摸屏等反馈的报警、故障代码,迅速定位故障源,分析排除各类故障;在运行阶段,用户操作人员可以方便地根据反馈的数据和各类状态信息掌控 PLC 的运行情况。

### 6. 网络通信

目前 PLC 可以支持多种工业标准总线,使联网更加简单。计算机与 PLC 之间以及各个 PLC 之间的联网和通信能力不断增强,使工业网络可以有效节省资源、降低成本,提高系统的可靠性和灵活性。

## | 1.2 PLC 的功能、特点及分类 |

### 1.2.1 PLC 的功能

PLC 是一种专门为当代工业自动化而设计开发的数字运算操作系统。可以把它简单理解为专为工业生产领域而设计的计算机。目前,PLC 已经广泛应用于钢铁、石化、机械制造、汽车、电力等各个行业,并取得了可观的经济效益。特别是在发达的工业国家,PLC 已



广泛应用于所有工业领域。随着性能价格比的不断提高, PLC 的应用领域还将不断扩大。因此, PLC 不仅拥有现代计算机所拥有的全部功能, PLC 还具有一些为适应工业生产而特有的功能。

### 1. 开关量逻辑控制功能

开关量逻辑控制是 PLC 的最基本功能, PLC 的输入/输出信号都是通/断的开关信号, 而且输入/输出的点数可以不受限制。在开关量逻辑控制中, PLC 已经完全取代了传统的继电器控制系统, 实现了逻辑控制和顺序控制。目前, 用 PLC 进行开关量控制遍及许多行业, 如机场电气控制、电梯运行控制、汽车装配、啤酒灌装生产线等。

### 2. 运动控制功能

PLC 可用于直线运动或圆周运动的控制。目前制造商已经提供了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, 即把描述目标位置的数据送给模块, 模块移动单轴或多轴到目标位置。当每个轴运动时, 位置控制模块保持适当的速度和加速度, 确保运动平稳。PLC 还提供了变频器控制的专用模块, 能够实现对变频电机的转差率控制、矢量控制、直接转矩控制、 $U/f$ 控制方式。

### 3. 闭环控制功能

PLC 通过模块实现 A/D、D/A 转换, 能够实现对模拟量的控制, 包括对稳定、压力、流量、液位等连续变化模拟量的 PID 控制, 广泛应用于锅炉、冷冻、核反应堆、水处理、酿酒等领域。

### 4. 数据处理功能

现代的 PLC 具有数学运算(包括函数运算、逻辑运算、矩阵运算)、数据处理、排序和查表、位操作等功能; 可以完成数据的采集、分析和处理, 也可以和存储器中的参考数据相比较, 并将这些设计传递给其他智能装备。有些 PLC 还具有支持顺序控制与数字控制设备紧密结合, 实现 CNC 功能。数据处理一般用于大、中型控制系统中。

### 5. 联网通信功能

PLC 的通信包括 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机及其他智能设备之间的通信。PLC 与计算机之间具有串行通信接口, 利用双绞线、同轴电缆将它们连成网络, 实现信息交换。PLC 还可以构成“集中管理, 分散控制”的分布式控制系统。联网可以增加系统的控制规模, 甚至可以实现整个工厂生产的自动化控制。

## 1.2.2 PLC 的特点

PLC 是由继电器控制系统和计算机控制系统相结合发展而来的。与传统的继电器控制系统相比, PLC 具有诸多特点, 详见表 1-1。

表 1-1

PLC 与传统继电器控制系统比较

比较项目	PLC	传统继电器控制系统
结构	紧凑	复杂
体积	小巧	大
扩展性	灵活, 逻辑控制由内存中的程序实现	困难, 需用硬线连接来实现逻辑控制功能
触点数量	无限对 (理论上)	4~8 对继电器
可靠性	强, 程序控制无磨损现象, 寿命长	弱, 硬器件控制易磨损、寿命短
自检功能	有, 动态监控系统运行	无
定时控制	精度高, 范围宽, 从 0.001s 到若干天甚至更长	精度低, 定时范围窄, 易受环境湿度、温度变化影响

PLC 和工业 PC、DCS、PID 等其他工业控制器相比, 市场份额超过 55%。其主要原因是 PLC 具有继电器控制、计算机控制及其他控制不具备的显著特点。

### 1. 运行稳定、可靠性高、抗干扰能力强

PLC 是专为工业环境下应用而设计的工业计算机, 内部采用集成电路, 各种控制功能由软件编程实现, 外部接线大大减少; PLC 的使用寿命一般在 40 000~50 000h 以上, 西门子、ABB 等品牌的微小型 PLC 寿命可达 10 万小时以上。在机械结构设计与制造工艺上, 为使 PLC 更安全、可靠地工作, 采取了很多措施以确保 PLC 耐振动、耐冲击、耐高温 (有些产品的工作环境温度达 80~90℃)。有些 PLC 模块可热备, 一个主机工作, 另一个主机也运转, 但不参与控制, 仅作为备份。一旦工作主机出现故障, 热备的主机可自动接替其工作。另外软件与硬件采取了一系列提高可靠性和抗干扰的措施, 如系统硬件模块冗余、采用光电隔离、掉电保护、对干扰的屏蔽和滤波、在运行过程中运行模块热插拔、设置故障检测与自诊断程序以及其他措施等。

### 2. 设计、使用和维护方便

用 PLC 实现对系统的各种控制是非常方便的。首先, PLC 控制逻辑的建立是通过程序实现的, 而不是硬件连线, 更改程序比更改接线方便得多; 其次, PLC 的硬件高度集成化, 已集成为各种小型化、系列化、规格化、配套的模块。各种控制系统所需的模块, 均可在市场上选购到各 PLC 厂家提供的丰富产品。因此, 硬件系统配置与建造同样方便。

用户可以根据工程控制的实际需要, 选择 PLC 主机单元和各种扩展单元进行灵活配置, 提高系统的性价比, 若生产过程对控制功能要求提高, 则 PLC 可以方便地对系统进行扩充, 如通过 I/O 扩展单元来增加输入/输出点数, 通过多台 PLC 之间或 PLC 与上位机的通信来扩展系统的功能; 利用 CRT 屏幕显示进行编程和监控, 便于修改和调试程序, 易于诊断故障, 缩短维护周期。设计开发在计算机上完成, 采用梯形图 (LAD)、语句表 (STL) 和功能块图 (FBD) 等编程语言, 还可以利用编程软件相互转换, 满足不同层次工程技术人员的需求。

### 3. 体积小、重量轻、能耗低

采用机电一体化设计思想, PLC 的体积小、重量轻、能耗低, 可以安装在各类机械设备

的内部。例如，西门子公司 S7-200 系列主机单元 CPU221 的外形尺寸仅为 90mm×80mm×62mm，重量 270g，能耗 4W。

#### 4. 功能强大，灵活通用

目前 PLC 的功能全面，几乎可以满足大部分工程生产自动化控制的要求。这主要是与 PLC 具有丰富的处理信息的指令系统及存储信息的内部器件有关。PLC 的指令多达几十条、几百条，可处理各式各样的逻辑问题，还可以进行各种类型数据的运算。PLC 内存中的数据存储器，种类繁多，容量宏大。I/O 继电器可以存储 I/O 信息，少则几十、几百，多达几千、几万，甚至十几万条。PLC 内部集成了继电器、计数器、计时器等功能，并可以设置成失电保持或失电不保存，即通电后予以清零，以满足不同系统的使用要求。PLC 还提供了丰富的外部设备，可建立友好的人机界面，进行信息交换。PLC 可送入程序、送入数据，也可读出程序、读出数据。

PLC 不仅精度高，而且可以选配多种扩展模块、专用模块，功能几乎涵盖了工业控制领域的所有需求。随着计算机网络技术的迅速发展，通信和联网功能在 PLC 上迅速崛起，将网络上层的大型计算机的强大数据处理能力和管理功能与现场网络中 PLC 的高可靠性结合起来。利用这种新型的分布式计算机控制系统，可以实现远程控制和集散系统控制。

### 1.2.3 PLC 的分类

目前，PLC 的品种很多，性能和型号规格也不统一，结构形式、功能范围各不相同，一般按外部特性进行如下分类。

#### 1. 按结构形式分类

根据结构形式的不同，PLC 可分为整体式和模块式两种。

##### (1) 整体式 PLC

整体式 PLC 将 I/O 接口电路、CPU、存储器、稳压电源封装在一个机壳内，统称为主机。主机两侧分装有输入、输出接线端子和电源进线端子，并有相应的发光二极管指示输入/输出的状态。通常小型或微型 PLC 常采用这种结构，如西门子的 S7-200 系列、松下 FP1 系列、三菱的 FX 系列产品，适用于简单控制的场合。

##### (2) 模块式 PLC

模块式 PLC 为总线结构，在总线板上有若干个总线插槽，每个插槽上可安装一个 PLC 模块，不同的模块实现不同的功能，根据控制系统的要求来配置相应的模块，如 CPU 模块（包括存储器）、电源模块、输入模块、输出模块以及其他高级模块、特殊模块等。大型的 PLC 通常采用这种结构，如西门子的 S7-300/400 系列、三菱的 Q 系统产品，一般用于比较复杂的控制场合。

#### 2. 按 I/O 点数分类

##### (1) 小型 PLC

小型 PLC 的 I/O 点数一般在 128 以下，其中 I/O 点数小于 64 的为超小型或微型 PLC。

其特点是体积小、结构紧凑，整个硬件融为一体，除了开关量 I/O 以外，还可以连接模拟量 I/O 以及其他各种特殊功能模块。它能执行包括逻辑运算、计时、计数、算术运算、数据处理和传送、通信联网以及各种应用指令，结构形式多为整体式。小型 PLC 产品应用的比例最高。

### (2) 中型 PLC

中型 PLC 的 I/O 点数一般为 256~2 048，采用模块化结构，程序存储容量小于 13KB，可完成较为复杂的系统控制。I/O 的处理方式除了采用 PLC 一般通用的扫描处理方式外，还能采用直接处理方式，通信联网功能更强，指令系统更丰富，内存容量更大，扫描速度更快。

### (3) 大型 PLC

大型 PLC 的 I/O 点数一般在 2 048 以上，采用模块化结构，程序存储容量大于 13KB。大型 PLC 的软、硬件功能极强，具有极强的自诊断功能。通信联网功能强，可与计算机构成集散型控制，以及更大规模的过程控制，形成整个工厂的自动化网络，实现工厂生产管理自动化。

## 3. 按功能分类

### (1) 低档 PLC

低档 PLC 主要以逻辑运算为主，具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能，还可有少量的模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、通信等功能，一般用于单机或小规模过程。

### (2) 中档 PLC

中档 PLC 除了具有低档 PLC 的功能以外，还加强了对开关量、模拟量的控制，提供了数字运算能力，如算术运算、数据传送和比较、数值转换、远程 I/O、子程序等，加强了通信联网功能。可用于小型连续生产过程的复杂逻辑控制和闭环调节控制。

### (3) 高档 PLC

高档 PLC 除了具有中档 PLC 的功能以外，还增加了带符号算术运算、矩阵运算、位逻辑运算、平方根运算、其他特殊功能函数运算、制表、表格传送等。高档 PLC 进一步加强了通信网络功能，适用于大规模的过程控制。

## | 1.3 PLC 的工作原理与性能指标 |

### 1.3.1 PLC 的基本工作原理

一般来说，当 PLC 开始运行后，其工作过程可以分为输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段。完成上述三个阶段即称为一个扫描周期，如图 1-1 所示。