

# S7-300 PLC 和 MM440 变频器 的原理与应用

马宁 孔红 著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



# S7-300 PLC 和 MM440 变频器的原理与应用

马宁 孔红 著



机械工业出版社

本书针对电气工程技术人员在应用西门子公司 S7-300 系列 PLC 和 MM440 系列变频器中遇到的理论与实践方面的问题,介绍了 PLC 的基本工作原理,西门子 S7-300 系列 PLC 硬件、软件的原理和应用方法,变频器调速原理和 MM440 系列变频器的安装、调试、参数设置及应用,并重点介绍了利用 S7-300 PLC 和 MM440 变频器实现变频调速的控制方法及工程应用实例。

本书注重实际,强调应用。它既可作为电气工程及其自动化专业的工程技术人员、大专院校相关专业师生的参考书,也可作为大专院校电气自动化专业的参考教材。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

S7-300 PLC 和 MM440 变频器的原理与应用/马宁,孔红著.  
—北京:机械工业出版社,2006.8  
ISBN 7-111-19667-8

I.S… II.①马…②孔… III.①可编程序控制器—基本知识②变频器—基本知识 IV.①TP332.3②TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 085154 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:吉玲 版式设计:霍永明 责任校对:姚培新  
封面设计:王伟光 责任印制:  
北京京丰印刷厂印刷  
2006 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷  
184mm×260mm·19.75 印张·485 千字  
0 001—5 000 册  
定价:33.00 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) 68326294  
编辑热线电话 (010) 88379768  
封面防伪标均为盗版

# 前 言

可编程序控制器 (PLC) 是应用广泛的通用微型计算机控制装置, 同时, 在自动控制系统中, 它又起着关键设备的作用。在大中型 PLC 中, 西门子公司的 S7-300 无论在应用范围还是在市场占有率等方面都名列前茅。S7-300 及其编程软件 STEP7 的功能强大, 程序结构复杂, 但相应的中文资料较少, 尤其在有关应用实践方面的资料和书籍更为缺乏, 所以对初学者来说入门非常困难。因此, 广大工程技术人员和大专院校的师生迫切需要能有帮助他们学习和掌握 S7-300 PLC 方面的相关知识, 并能在工业自动控制领域进行应用的技术方面的书籍出版。

随着电力电子技术、微电子技术及现代控制理论的发展, 交流变频技术已被广泛应用于很多领域。西门子公司的 MICROMASTER (MM440) 变频器的应用也十分广泛, 但在 MM440 变频器的应用方面相关的资料和书籍却很少。本书找准了 S7-300 PLC 和 MM440 变频器在变频调速系统中应用的结合点, 通过工程应用实例使广大读者能够尽快掌握 S7-300 PLC 和 MM440 变频器的选型原则、在工程中 S7-300 硬件和编程软件的配合及应用、MM440 变频器外部硬件设备与参数设置的关系, 并且了解工艺对 PLC 变频调速控制系统的要求, 掌握工程设计思想和实现自动控制的具体方法, 了解要解决的关键技术问题及解决思路等, 使自动化及相关领域的广大工程技术人员和大专院校师生真正掌握 S7-300 PLC 和 MM440 变频器的原理与应用, 并将它们更好地应用于工程实践中, 从而提高我国交流变频调速控制的自动化水平。

本书共分为 9 章。第 1~4 章主要介绍了 PLC 的原理, S7-300 PLC 的硬件结构、安装配置模块特性, 同时重点介绍了编程软件 STEP 7 的使用方法、程序设计、硬件组态及 S7-300 PLC 的实践应用。第 5~7 章主要介绍了交流变频调速的基本原理及变频器的基本概念, MM440 系列变频器的安装调试、参数设置及维护, MM440 系列变频器在交流变频调速中的应用。第 8~9 章主要介绍了 S7-300 系列 PLC 和 MM440 系列变频器联机实现交流变频调速的实践应用。

本书第 1~3 章由孔红撰写, 第 4~9 章由马宁撰写。

限于作者的水平和经验, 书中的错误及疏漏之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

作 者

# 目 录

## 前言

## 第 1 章 可编程序控制器概述..... 1

- 1.1 PLC 的定义 ..... 1
- 1.2 PLC 的特点 ..... 1
- 1.3 PLC 的应用和发展 ..... 3
  - 1.3.1 PLC 的应用领域..... 3
  - 1.3.2 PLC 的发展趋势..... 4
- 1.4 PLC 的分类 ..... 5
  - 1.4.1 按 I/O 点数分类 ..... 5
  - 1.4.2 按结构分类 ..... 6
- 1.5 PLC 的主要技术指标 ..... 6
- 1.6 PLC 的基本组成 ..... 7
  - 1.6.1 PLC 的基本组成部分..... 7
  - 1.6.2 PLC 系统的等效电路 ..... 12
  - 1.6.3 PLC 与继电器-接触器控制系统的区别 ..... 14
- 1.7 PLC 的工作原理 ..... 15
  - 1.7.1 PLC 的工作方式与运行框图 ..... 15
  - 1.7.2 PLC 的工作过程 ..... 16
  - 1.7.3 PLC 对输入/输出的处理原则..... 17
- 1.8 PLC 的软件 ..... 17
  - 1.8.1 软件的分类型 ..... 17
  - 1.8.2 应用软件的编程语言 ..... 18
- 1.9 PLC 控制系统的设计 ..... 20
  - 1.9.1 PLC 控制系统的设计原则与选用依据 ..... 20
  - 1.9.2 PLC 控制系统的设计步骤 ..... 21

## 第 2 章 S7-300 系列 PLC 的硬件组成

### 和模块特性 ..... 24

- 2.1 S7-300 系列 PLC 简介 ..... 24
- 2.2 S7-300 系列 PLC 的硬件和安装 ..... 25
  - 2.2.1 S7-300 系列 PLC 的组成部件 ..... 25
  - 2.2.2 组态 ..... 28
  - 2.2.3 安装 ..... 30
  - 2.2.4 接线 ..... 31
  - 2.2.5 寻址 ..... 34
- 2.3 CPU 模块 ..... 36

- 2.3.1 CPU 模块的元件 ..... 36
- 2.3.2 CPU 模块的技术规范 ..... 39
- 2.4 电源模块 ..... 44
- 2.5 输入/输出模块 ..... 45
  - 2.5.1 数字量输入模块 ..... 46
  - 2.5.2 数字量输出模块 ..... 47
  - 2.5.3 数字量输入/输出模块 ..... 50
  - 2.5.4 模拟量输入模块 ..... 50
  - 2.5.5 将模拟量输入模块的输出值转换为实际的物理量 ..... 55
  - 2.5.6 模拟量输出模块 ..... 56
  - 2.5.7 模拟量输入/输出模块 ..... 57
  - 2.5.8 模拟量模块的诊断与中断 ..... 58
  - 2.5.9 EX 系列与 F 系列输入/输出模块 ..... 59
- 2.6 S7-300 系列 PLC 的其他模块 ..... 60
  - 2.6.1 闭环控制模块 ..... 60
  - 2.6.2 计数器模块 ..... 60
  - 2.6.3 称重模块 ..... 61
  - 2.6.4 前连接器与其他模块 ..... 62

## 第 3 章 STEP 7 编程软件 ..... 63

- 3.1 STEP 7 简介 ..... 63
  - 3.1.1 STEP 7 概述 ..... 63
  - 3.1.2 使用 STEP 7 完成一个项目..... 64
  - 3.1.3 STEP 7 的硬件接口 ..... 64
  - 3.1.4 STEP 7 的编程功能 ..... 65
  - 3.1.5 STEP 7 的硬件组态与诊断功能 ..... 65
  - 3.1.6 STEP 7 的使用设置 ..... 66
- 3.2 安装与授权 ..... 69
  - 3.2.1 硬件要求 ..... 69
  - 3.2.2 软件要求 ..... 69
  - 3.2.3 安装步骤 ..... 69
  - 3.2.4 STEP 7 的授权 ..... 73
- 3.3 STEP 7 的硬件组态与参数设置 ..... 74
  - 3.3.1 项目的创建与项目的结构 ..... 74
  - 3.3.2 硬件组态 ..... 76
  - 3.3.3 CPU 模块的参数设置 ..... 79

3.3.4 数字量输入模块的参数设置 .....	84	模拟测试 .....	141
3.3.5 数字量输出模块的参数设置 .....	85	4.4 电动机定子串电阻降压起动控制 .....	142
3.3.6 模拟量输入模块的参数设置 .....	85	4.4.1 用继电器-接触器实现定子串	
3.3.7 模拟量输出模块的参数设置 .....	88	电阻降压起动控制 .....	142
3.4 STEP 7 编程 .....	88	4.4.2 用 S7-300 系列 PLC 实现定子串	
3.4.1 STEP 7 的程序结构 .....	88	电阻降压起动控制 .....	143
3.4.2 数据类型 .....	94	4.4.3 电动机定子串电阻降压起动	
3.4.3 符号编程 .....	97	模拟测试 .....	145
3.4.4 编程语言 .....	100	4.5 电动机自耦降压起动控制 .....	147
3.4.5 STEP 7 指令系统简介 .....	101	4.5.1 用继电器-接触器实现电动机自耦	
3.4.6 LAD 编程示例 .....	106	降压起动控制 .....	147
3.5 在线调试 .....	111	4.5.2 用 S7-300 系列 PLC 实现自耦降压	
3.5.1 建立在线连接 .....	111	起动控制 .....	147
3.5.2 下载与上传 .....	112	4.5.3 电动机自耦降压起动模拟测试 .....	150
3.5.3 硬件调试与诊断 .....	113	4.6 电动机 Y-D 降压起动控制 .....	151
3.5.4 用变量表测试程序 .....	114	4.6.1 用继电器-接触器实现电动机 Y-D	
3.5.5 用程序状态测试程序 .....	115	降压起动控制 .....	152
3.5.6 访问数据块 .....	116	4.6.2 用 S7-300 系列 PLC 实现电动机 Y-D	
3.5.7 PLCSIM .....	117	降压起动控制 .....	152
3.6 通信和网络组态 .....	119	4.6.3 电动机 Y-D 降压起动控制系统模拟	
3.6.1 网络通信概述 .....	119	测试 .....	154
3.6.2 MPI 通信介绍 .....	121	4.7 三相绕线转子异步电动机起动控制 .....	155
3.6.3 Profibus 通信介绍 .....	122	4.7.1 用继电器-接触器控制转子串电阻	
<b>第 4 章 S7-300 系列 PLC 的实践</b>		起动电路 .....	155
<b>应用 .....</b>	<b>132</b>	4.7.2 S7-300 系列用 PLC 实现转子串电阻	
4.1 电动机单向旋转控制 .....	132	起动控制 .....	156
4.1.1 用继电器-接触器控制电动机单向		4.7.3 电动机转子串电阻起动控制模拟	
旋转电路 .....	132	测试 .....	158
4.1.2 用 S7-300 系列 PLC 实现电动机单向		4.8 停车场车辆控制 .....	159
旋转控制 .....	132	4.8.1 停车场车辆控制设计要求 .....	159
4.1.3 电动机单向旋转控制模拟测试 .....	134	4.8.2 S7-300 系列用 PLC 实现停车场	
4.2 电动机正反转控制 .....	135	车辆控制 .....	160
4.2.1 用继电器-接触器控制电动机		4.8.3 停车场车辆控制系统模拟测试 .....	164
正反转电路 .....	135	4.9 传输带设备控制 .....	165
4.2.2 用 S7-300 系列 PLC 实现电动机		4.9.1 传输带设备控制设计要求 .....	165
正反转控制 .....	135	4.9.2 S7-300 系列用 PLC 实现传输	
4.2.3 电动机正反转模拟测试 .....	137	带设备控制 .....	166
4.3 自动往返电动机正反转控制 .....	138	4.9.3 传输带控制系统模拟测试 .....	169
4.3.1 用继电器-接触器控制自动往返		4.10 通风机控制 .....	170
电动机正反转电路 .....	138	4.10.1 小容量通风机系统 .....	170
4.3.2 用 S7-300 系列 PLC 实现自动往返		4.10.2 大容量通风机系统 .....	172
电动机正反转控制 .....	139	4.10.3 通风机模拟测试 .....	173
4.3.3 自动往返电动机正反转系统		<b>第 5 章 交流变频调速 .....</b>	<b>178</b>

5.1 概述 .....	178	6.1.2 MM440 通用型变频器的特点 .....	215
5.1.1 交流变频调速的发展 .....	178	6.2 MM440 变频器的外形尺寸及	
5.1.2 变频调速的现实意义 .....	178	电路结构 .....	217
5.2 交流调速的基本类型 .....	179	6.2.1 MM440 变频器的外形尺寸 .....	217
5.2.1 交流异步电动机调速方法 .....	179	6.2.2 MM440 变频器的电路结构 .....	219
5.2.2 异步电动机调速系统分类 .....	183	6.3 MM440 变频器的技术规格及可选项 .....	222
5.2.3 同步电动机调速系统的		6.3.1 MM440 变频器的技术规格 .....	222
基本类型 .....	183	6.3.2 MM440 变频器的可选项 .....	223
5.3 变频调速的概念 .....	183	6.4 MM440 变频器的安装 .....	225
5.3.1 转速和频率的关系 .....	183	6.4.1 MM440 变频器的机械安装 .....	225
5.3.2 实现变频调速的必要条件 .....	184	6.4.2 MM440 变频器的电气安装 .....	228
5.3.3 高水平的控制是变频调速		6.5 MM440 变频器的调试 .....	231
的基础 .....	184	6.5.1 MM440 变频器的调试方法 .....	231
5.4 变频变压调速的基本控制方式 .....	184	6.5.2 MM440 变频器的常规操作 .....	241
5.4.1 电动机要求主磁通不变的原因 .....	184	6.6 MM440 变频器的参数 .....	242
5.4.2 保持 $E_1/f_1 = \text{常数}$ 的控制方式 .....	185	6.6.1 MM440 变频器参数简介 .....	242
5.4.3 保持 $U_1/f_1 = \text{常数}$ 的控制方式 .....	185	6.6.2 用户访问级 P0003 和参数	
5.4.4 恒功率控制方式 .....	186	过滤器 P0004 .....	243
5.5 变频器的分类 .....	186	6.6.3 MM440 变频器参数表 .....	244
5.5.1 按变流环节不同分类 .....	186	6.7 MM440 变频器的故障显示和保护 .....	259
5.5.2 按直流电路的滤波方式分类 .....	189	6.7.1 用 SDP 显示故障信号 .....	259
5.5.3 按电压的调制方式分类 .....	190	6.7.2 用 BOP 或 AOP 显示故障 .....	260
5.5.4 按控制方式分类 .....	193	6.7.3 故障信息和故障排除 .....	260
5.5.5 按输入电流的相数分类 .....	194	6.7.4 报警信息 .....	265
5.6 变频器的额定数据 .....	194	<b>第 7 章 MM440 变频器在变频调速</b>	
5.6.1 输入侧的额定数据 .....	194	<b>中的应用</b> .....	270
5.6.2 输出侧的额定数据 .....	195	7.1 选择变频器和电动机 .....	270
5.6.3 输出频率指标 .....	195	7.1.1 电动机的参数 .....	270
5.7 中小容量通用型变频器 .....	195	7.1.2 变频器的参数 .....	270
5.7.1 变频器的基本结构 .....	195	7.2 MM440 变频器面板基本操作控制 .....	271
5.7.2 变频器的主电路 .....	196	7.3 MM440 变频器控制端口开关	
5.7.3 变频器的控制电路 .....	198	操作运行 .....	272
5.7.4 变频器功能综述 .....	201	7.4 MM440 变频器模拟信号操作控制 .....	274
5.8 变频器的选择和容量计算 .....	206	7.5 MM440 变频器 3 段固定频率控制 .....	276
5.8.1 变频器种类的选择 .....	206	7.6 MM440 变频器 7 段固定频率控制 .....	278
5.8.2 变频器容量的选择 .....	207	<b>第 8 章 S7-300 系列 PLC 和 MM440</b>	
5.9 变频器的安装与维护 .....	211	<b>在变频调速中的应用</b> .....	281
5.9.1 变频器的安装 .....	211	8.1 选用 MM440、电动机和 S7-300	
5.9.2 变频器的维护 .....	213	系列 PLC .....	281
<b>第 6 章 MICROMASTER 440 (MM440)</b>		8.1.1 MM440 变频器和电动机的选择 .....	281
<b>变频器</b> .....	215	8.1.2 选用 S7-300 系列 PLC .....	281
6.1 MM440 变频器概述 .....	215	8.2 S7-300 系列 PLC 和 MM440 联机实现 MM440	
6.1.1 MM440 通用型变频器简介 .....	215		

---

控制端口开关操作 .....	282	固定频率控制 .....	294
8.3 S7-300 系列 PLC 和 MM440 联机实现		<b>第 9 章 S7-300 系列 PLC 和 MM440 的</b>	
电动机延时控制 .....	286	<b>工程综合应用 .....</b>	<b>298</b>
8.4 S7-300 系列 PLC 和 MM440 联机实现模拟		9.1 料车卷扬上料过程分析 .....	298
信号操作控制 .....	288	9.2 变频调速系统主要设备选型 .....	300
8.5 S7-300 系列 PLC 和 MM440 联机实现 3 段		9.3 变频调速系统设计 .....	300
固定频率控制 .....	291	<b>参考文献 .....</b>	<b>306</b>
8.6 S7-300 系列 PLC 和 MM440 联机实现 7 段			



# 第 1 章 可编程序控制器概述

可编程序控制器 (PLC) 是近几十年发展起来的一种新型的、非常有用的工业控制装置, 由于它把计算机的编程灵活、功能齐全、应用面广等优点与继电器-接触器控制系统的控制简单、使用方便、价格便宜等优点结合起来, 而其本身又具有体积小、重量轻、功耗低、可靠性好等特点, 因而在各种机械设备和生产过程的自动控制系统中得到了广泛的应用, 已成为当代工业自动化的主要控制装置之一。

## 1.1 PLC 的定义

可编程序控制器是在继电器控制的基础上开发的产品, 目前已逐渐发展成以微处理器为核心, 并把自动化技术、计算机技术、通信技术融为一体的新型工业自动控制装置。最初, 可编程序控制器主要用于顺序控制, 虽然采用了计算机的设计思想, 但是实际上只能进行逻辑运算, 因而称为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)。随着技术的发展, 其控制功能不断完善和增强, 现在的可编程序控制器具备了算术运算、模拟量控制、过程控制, 以及远程通信等强大功能, 所以美国电气制造商协会 (NEMA) 将其正式命名为可编程序控制器 (Programmable Controller, PC)。但是近年来 PC 又成为个人计算机 (Personal Computer) 的简称, 为了加以区别, 人们常常把可编程序控制器仍简称为 PLC。

国际电工委员会 (IEC) 于 1987 年对 PLC 定义如下:

“可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统, 专为工业环境而设计。它采用了可编程序的存储器, 用来在其内部存储指令, 实现逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等功能, 并通过数字式和模拟式的输入和输出, 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外围设备, 都应按易于与工业系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

定义强调了可编程序控制器应直接应用于工业环境, 必须具有很强的抗干扰能力, 广泛的适应能力和应用范围。这也是区别于一般微型计算机 (简称微机) 控制系统的一个重要特征。

定义强调了可编程序控制器是“数字运算操作的电子系统”, 它也是一种计算机。它是“专为在工业环境下应用而设计的”工业计算机。这种工业计算机采用“面向用户的指令”, 因此编程方便。它能完成逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等功能, 它还具有“数字量和模拟量输入和输出”的能力, 并且非常容易与“工业控制系统连成一体”, 易于“扩充”。

## 1.2 PLC 的特点

PLC 具有面向工业控制的鲜明特点。

### 1. 可靠性高, 抗干扰能力强

PLC 采用了 LSI 芯片, 组成 LSI 的电子组件都由半导体电路组成。以这些电路充当的软继电器等开关是无触点的, 如存储器、触发器的 0 和 1 状态转换均无触点可言, 而继电器、接触器等硬器件使用的是机械触点开关, 所以两者的可靠程度是无法比拟的。目前 PLC 的整机平均无故障工作时间可高达 3~5 万 h 以上。为了保证 PLC 能在恶劣的工业环境下可靠地工作, 所以在其设计和制造中采取了一系列硬件和软件方面的抗干扰措施。

在 PLC 硬件方面, 首先对元器件进行了严格的筛选。此外, 在 PLC 的电路中采用了隔离技术, PLC 的 I/O 接口电路采用光电隔离器, 它能隔断输入/输出电路与 PLC 内部电路间的直流通路, 防止外部高压窜入, 抑制外部干扰源对 PLC 内部电路的影响。PLC 电路的电源、I/O 接口电路中采用了滤波技术, 特别是 CPU 供电电源采取屏蔽、稳压、保护等措施, 可有效抑制高频干扰信号。在 PLC 的电路中设置了“看门狗”(watchdog) 电路, 能把因干扰而走飞的程序拉回来, 从而起到自动恢复的作用。在 PLC 的结构上采用耐热、密封、防潮、防尘和抗震的外壳封装, 以适应恶劣的工业环境。

在 PLC 软件方面采取数字滤波、故障检测与诊断程序, 能自动扫描 PLC 的状态和用户程序, 一旦发现出错, 立即自动作出相应的处理, 如报警、保护数据和封锁输出等。目前的 PLC 对用户程序和数据大多采用 EEPROM (可电擦除可编程 ROM), 而无需后备锂电池, 以保护断电后用户程序和数据不会因此而丢失。PLC 大多采用循环扫描的方式, 而不是并行的工作方式, 使得输入信号只有在输入采样阶段才能进入 PLC 内部电路, 输出信号只有在输出刷新阶段才能影响 PLC 的输出电路。

### 2. 编程软件简单易学

PLC 有多种编程语言可供选用, 其最大特点是采用从清晰直观的继电器控制电路演化过来的梯形图作为编程语言。梯形图是面向控制过程、面向操作人员的语言。因此, 梯形图程序易学、易懂、易修改, 深受电气工程人员的欢迎。

### 3. 适应性好, 具有柔性

正是 PLC 编程简单易学、控制程序可变的优点, 使其具有较好的柔性。当生产工艺改变、生产设备更新时, 不必改变 PLC 的硬设备, 只需改变相应的软件, 就可满足新的控制要求。目前, PLC 产品已经标准化、系列化和模块化, 针对不同的控制要求、不同的控制信号, PLC 都有相应的 I/O 接口模块与工业现场控制器件和设备直接连接, 适应性好。用户可以根据需要方便地进行系统配置, 组成各种各样的控制系统: 既可控制一台单机、一条生产线, 又可以控制一个复杂的群控系统、多条生产线; 既可以现场控制, 又可以远程控制。

### 4. 功能完善, 接口多样

PLC 除基本单元外, 还可以配上各种特殊适配器, 不仅具有数字量和模拟量的输入输出、顺序控制、定时计数等功能, 还具有模/数 (A/D) 转换、数/模 (D/A) 转换、算术运算及数据处理、通信连网和生产过程监控等功能。

### 5. 易于操作, 维护方便

PLC 安装方便, 具有 DIN 标准导轨安装用卡扣。PLC 连接方便, 具有输入/输出端子排, 接线不用焊接, 只要用螺钉旋具 (俗称螺丝刀) 就可以将 PLC 与不同的控制设备相连接。其输入端子可直接与各种开关量和传感器连接, 输出端子通常也可直接与各种继电器、接触器等连接。PLC 的调试方便, 输入信号可以用开关来模拟, 输出信号可以由 PLC 面板上的发

光二极管来显示。PLC 维护方便,有完善的自诊断功能和运行故障指示装置。当发生故障时,可以通过观察其面板上的各种发光二极管的状态,迅速查明原因、排除故障,如 SF LED 灯亮表示 CPU 硬件故障或软件错误。

#### 6. 体积小、质量轻、功耗低

PLC 采用 LSI 或 VLSI 芯片,其产品结构紧凑、体积小、质量轻、功耗低,如三菱 FX1S-20MT 型 PLC 的外形尺寸仅为 75mm×90mm×87mm,质量只有 400g,功耗仅为 20W,这种迷你型的 PLC 很容易嵌入机械设备内部,是实现机电一体化的理想的控制设备。

## 1.3 PLC 的应用和发展

### 1.3.1 PLC 的应用领域

PLC 的应用范围很广,目前 PLC 已经广泛应用于汽车装配、数控机床、机械制造、电力石化、冶金钢铁、交通运输、轻工纺织等各行各业。归纳起来,PLC 主要应用在以下 5 个方面。

#### 1. 开关量逻辑控制

这是 PLC 最基本的应用,即用 PLC 取代传统的继电器控制系统,实现逻辑控制和顺序控制,如机床电气控制、电动机控制、注塑机控制、电镀流水线和电梯控制等。总之,PLC 既可用于单机控制,也可用于多机群和生产线的控制。

#### 2. 模拟量过程控制

除了数字量之外,PLC 还能控制连续变化的模拟量,如温度、压力、速度、流量、液位、电压和电流等均为模拟量。通过各种传感器将相应的模拟量转化为电信号,然后通过 A/D 转换模块将它们转换为数字量送到 PLC 内部由 CPU 进行处理,处理后的数字量再经过 D/A 转换为模拟量进行输出控制。若使用专用的智能 PID 模块,可以实现对模拟量的闭环过程控制。

#### 3. 机械件位置控制

位置控制是指 PLC 使用专用的位置控制模块来控制步进电动机或伺服电动机,从而实现对各种机械构件的运动位置,如控制构件的速度、位移、运动方向等。PLC 的位置控制典型应用有:机器人的运动控制、机械手的位置控制、电梯运动控制等;PLC 还可与计算机数控(CNC)装置组成数控机床控制系统,以数字控制方式控制零件的加工、金属的切削等,实现了高精度的加工。

#### 4. 现场数据采集处理

目前 PLC 都具有数据处理指令、数据传送指令、算术与逻辑运算指令和循环移位与移位指令,所以由 PLC 构成的监控系统,可以方便地对生产现场的数据进行采集、分析和加工处理。数据处理通常用于诸如柔性制造系统、机器人和机械手的控制系统等大、中型控制系统中。

#### 5. 通信连网、多级控制

PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机之间通信,要采用其专用通信模块,并利用 RS-232C 或 RS-422A 接口,用双绞线或同轴电缆或光缆将它们联成网络。由一台计算机与多台

PLC 组成的分布式控制系统, 进行“集中管理、分散控制”, 建立工厂的自动化网络。PLC 还可以连接 CRT 显示器或打印机, 实现显示和打印。

### 1.3.2 PLC 的发展趋势

PLC 诞生不久即显示出在工业控制中的重要地位, 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 8 位机。随着微处理器和微型计算机技术在 PLC 中的应用, 现在的 PLC 产品已使用了 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 的应用得到进一步发展, 如今, PLC 技术已比较成熟。

目前, 世界上有 200 多个厂家生产 PLC 产品, 比较著名的厂家有日本的三菱公司、欧姆龙公司、富士电机、松下电工, 德国的西门子公司, 法国的 TE 公司、施耐德公司, 韩国的三星公司、LG 公司和美国的 AB、通用 (GE) 等公司。

PLC 现在发展很快, 总的趋势是向高集成度、小体积、大容量、高速度、使用方便、高性能和智能化方向发展。其具体表现在以下几个方面:

#### 1. 向小型化、专用化、低成本方向发展

随着微电子技术的发展, 大幅度地提高新型器件的功能和降低价格, 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。使用起来灵活方便。同时, PLC 的功能不断增加, 将原来大、中型 PLC 才有的功能移植到小型 PLC 上, 如模拟量处理、数据通信和复杂的功能指令等, 但价格却不断下降。

#### 2. 向大型化、大容量、高速度方向发展

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

#### 3. 与计算机联系密切

从功能上看, PLC 与个人计算机技术结合后, 使得 PLC 的数据存储、处理功能大大增强; 从结构上看, 计算机的硬件和技术越来越多地应用到 PLC 上; 从语言上看, PLC 已不再单纯使用梯形图语言, 它可以用多种语言编程, 如类似计算机汇编语言的语句表, 甚至可直接用计算机高级语言编程; 在通信方面, PLC 与计算机可直接相连并进行信息传递。

#### 4. 模块化

PLC 的扩展模块发展迅速。明确化、专用化的复杂功能由专门模块来完成, 主机仅仅通过通信设备向模块发布命令和测试状态, 这使得 PLC 的系统功能进一步增强, 控制系统设计进一步简化, 如计数器模块、位置控制和位置检测模块、闭环控制模块、称重模块等。

#### 5. 网络与通信能力增强

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

#### 6. 多样化和标准化

生产 PLC 产品的各个厂家都在加大力度开发自己的新产品, 以求更大地占据市场。因

此产品向多样化方向发展,出现了欧、美、日等多种流派。与此同时,为了推动技术标准化的进程,一些国际性组织,如国际电工委员会(IEC)不断为PLC的发展制定一些新的标准,如对各种类型的产品作一定的归纳或定义,或对PLC未来的发展制定方向。

国际电工委员会(IEC)曾于1994年5月公布了PLC标准(IEC 1131),它由以下5个部分组成:通用信息、设备与测试要求、编程语言、用户指南和通信。其中的第三部分(IEC 1131-3)是PLC的编程语言标准,采用此标准可以大大缩短开发周期。

目前越来越多的PLC生产厂家提供符合IEC 1131-3标准的产品,有的厂家推出的在个人计算机上运行的“软件PLC”软件包也是按IEC 1131-3标准设计的。

#### 7. 人机交流功能增强

在为PLC配置了操作面板、触摸屏等人机对话手段后,其应用领域进一步扩展,应用更加方便。

## 1.4 PLC的分类

PLC发展至今已经有多种形式,其功能也不尽相同。分类时,一般按以下原则进行考虑。

### 1.4.1 按 I/O 点数分类

按PLC的输入输出点数可将PLC分为以下三类。

#### 1. 小型机

小型PLC输入输出总点数一般在256点以下,其功能以开关量控制为主,用户程序存储器容量在4K字以下。小型PLC的特点是体积小、价格低,适合于控制单台设备、开发机电一体化产品。

典型的小型机有SIEMENS公司的S7-200系列,OMRON公司的CPM1A系列,三菱公司的F-40、MODICONPC-085等整体式PLC产品。

#### 2. 中型机

中型PLC的输入输出总点数一般在256~2048点之间,用户程序存储容量达到2~8K字。中型PLC不仅具有开关量和模拟量的控制功能,还具有更强的数字计算能力,它的通信功能和模拟量处理能力更强大,适用于复杂的逻辑控制系统以及连续生产过程控制场合。

典型的中型机有SIEMENS公司的S7-300系列,OMRON公司的C200H系列,AB公司的SLC500系列模块式PLC等产品。

#### 3. 大型机

大型PLC的输入输出总点数在2048点以上,用户程序存储容量达8~16K字,它具有计算、控制和调节的功能,还具有强大的网络结构和通信连网能力。它的监视系统采用CRT显示,能够表示过程的动态流程。大型机适用于设备自动化控制、过程自动化控制和过程监控系统等。

典型的大型PLC有SIEMENS公司的S7-400,OMRON公司的CVM1和CS1系列,AB公司的SLC5/05系列等产品。

### 1.4.2 按结构分类

根据 PLC 结构的不同, PLC 主要可分为整体式和模块式两类。

#### 1. 整体式结构

整体式又叫单元式或箱体式, 它的体积小、价格低, 小型 PLC 一般采用整体式结构。

整体式结构的特点是将 PLC 的基本部件, 如 CPU 模块、I/O 模块和电源等紧凑地安装在一个标准机壳内, 组成 PLC 的一个基本单元或扩展单元。基本单元上没有扩展端口, 通过扩展电缆与扩展单元相连, 以构成 PLC 不同的配置。

整体式 PLC 还配备有许多专用的特殊功能模块, 使 PLC 的功能得到扩展。

#### 2. 模块式结构

模块式结构的 PLC 是由一些模块单元构成, 将这些模块插在框架上或基板上即可。各模块功能是独立的, 外形尺寸统一, 可根据需要灵活配置插入的模块。目前, 大、中型 PLC 多采用这种结构形式。

## 1.5 PLC 的主要技术指标

PLC 的性能指标较多, 这里主要介绍与组成 PLC 控制系统有关的几个指标。

#### 1. 用户存储器容量

PLC 中的用户存储器由用户程序存储器和数据存储器组成, 该存储器的容量大, 可以编制出复杂的程序。一般来说, 小型机的用户存储器容量为几千字, 而大型机的用户存储器容量为几万字。

#### 2. 扫描速度

扫描速度是指 PLC 扫描 1K (1K = 1024) 字用户程序所需的时间, 通常以 ms/K 字为单位。扫描速度越快越好。

目前扫描比较慢的为 2.2ms/K 字逻辑运算程序, 60ms/K 字数字运算程序; 较快的为 1ms/K 字逻辑运算程序, 10ms/K 字数字运算程序; 最快的为 0.75ms/K 字逻辑运算程序。

#### 3. 输入输出点数

输入输出点数是 PLC 可以接受的输入开关信号和输出开关信号的最大数量。值得注意的是输入点数往往是大于输出点数的, 且二者不能相互替代。

#### 4. 模/数和数/模通道数

模/数转换和数/模转换的通道数为输入和输出的模拟量总和。一般小型机无模拟量或有少量模拟量; 中型机模拟量为 64 ~ 128 路; 大型机模拟量为 128 ~ 512 路。

#### 5. 指令数量和功能

用户编制的程序所完成的控制任务, 取决于 PLC 指令的多少。编程语言的指令条数是衡量 PLC 软件功能强弱的主要指标。指令的功能越多, 编程越简单越方便, 越可以完成复杂的控制任务。

#### 6. 内部寄存器的配置和容量

在编制 PLC 程序时, 需要用到大量的寄存器来存放变量、中间结果、数据、模块设置、定时计数等信息。这些寄存器的多少, 直接关系到程序的编制, 因此寄存器的配置也是衡量

PLC 功能的一项指标。

### 7. 特殊功能模块

PLC 除了主控模块外，可以配接实现各种特殊功能的高功能模块，例如 A/D 模块，D/A 模块，位置控制和位置检测模块、闭环控制模块、称重模块等。

### 8. 可扩展性

PLC 的可扩展性在现代工业生产中也显得非常重要，主要包括：

- 1) 输入输出点数的扩展；
- 2) 存储容量的扩展；
- 3) 连网功能的扩展；
- 4) 可扩展的模块数。

## 1.6 PLC 的基本组成

### 1.6.1 PLC 的基本组成部分

PLC 种类繁多，但其结构和工作原理基本相同。用可编程序控制器实施控制，其实质是按一定的算法进行输入输出变换，并将这个变换予以物理实现，应用于工业现场。PLC 专为工业现场应用而设计，采用了典型的计算机结构，主要是由中央处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM）、输入/输出单元（I/O 接口）、电源及编程器几大部分组成。PLC 的结构框图如图 1-1 所示。

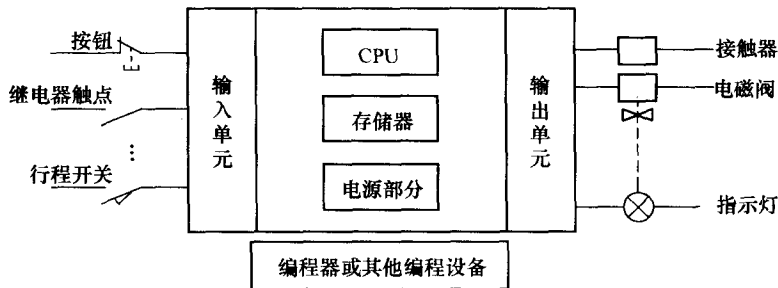


图 1-1 PLC 的结构框图

#### 1. 中央处理器（CPU）

中央处理器（CPU）一般由控制器、运算器和寄存器组成，这些电路都集成在一个芯片内。CPU 通过数据总线、地址总线和控制总线与存储单元、输入输出接口电路相连接。

与一般计算机一样，CPU 是 PLC 的核心，它按 PLC 中系统程序赋予的功能指挥 PLC 有条不紊地进行工作。用户程序和数据事先存入存储器中，当 PLC 处于运行方式时，CPU 按循环扫描方式执行用户程序。

CPU 的主要任务有：控制用户程序和数据的接收与存储；用扫描的方式通过 I/O 部件接收现场的状态或数据，并存入输入映像寄存器或数据存储器中；诊断 PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误等；PLC 进入运行状态后，从存储器中逐条读取用户指令，经过命令解释后按指令规定的任务进行数据传送、逻辑或算术运算等；根据运算结果，更新有关标志位的状态和输出映像寄存器的内容，再经输出部件实现输出控制、制表打印或数据通信等功能。

不同型号的 PLC 其 CPU 芯片是不同的, 有的采用通用的 CPU 芯片, 有的采用厂家自行设计的专用 CPU 芯片。CPU 芯片的性能关系到 PLC 处理控制信号的能力与速度, CPU 位数越高, 系统处理的信息量越大, 运算速度也越快。PLC 的功能随着 CPU 芯片技术的发展而提高和增强。

PLC 中采用的 CPU 一般有三类: 1) 通用微处理器; 2) 单片机芯片; 3) 位处理器。一般说来, PLC 的档次越高, CPU 的位数也越多, 运算速度也越快, 指令功能也越强。现在常见的机型一般为 8 位机、16 位机或者 32 位机。为了提高 PLC 的性能, 一台 PLC 可以采用多个 CPU 来完成用户要求的控制功能。

## 2. 存储器

PLC 的存储器包括系统存储器和用户存储器两部分。

系统存储器用来存放由 PLC 生产厂家编写的系统程序, 并固化在 ROM 内, 用户不能直接更改。它使 PLC 具有基本的功能, 能够完成 PLC 设计者规定的各项工作。系统程序质量的好坏, 在很大程度上决定了 PLC 的性能, 其内容主要包括三部分: 1) 系统管理程序, 它主要控制 PLC 的运行, 使整个 PLC 按部就班地工作; 2) 用户指令解释程序, 通过用户指令解释程序, 将 PLC 的编程语言变为机器语言指令, 再由 CPU 执行这些指令; 3) 标准程序模块与系统调用, 它包括许多不同功能的子程序及其调用管理程序, 如完成输入输出及特殊运算等的子程序, PLC 的具体工作都是由这部分程序来完成的, 这部分程序的多少也决定了 PLC 性能的高低。

用户存储器包括用户程序存储器(程序区)和功能存储器(数据区)两部分。用户程序存储器用来存放用户根据控制任务编写的程序。用户程序存储器根据所选用的存储器单元类型的不同, 可以是 RAM (有掉电保护)、EPROM (紫外线可擦除 ROM) 或 EEPROM 存储器, 其内容可以由用户任意修改或增删。用户功能存储器是用来存放(记忆)用户程序中使用器件的(ON/OFF)状态/数值数据等。在数据区中, 各类数据存放的位置都有严格的划分, 每个存储单元有不同的地址编号。用户存储器容量的大小, 关系到用户程序容量的大小, 是反映 PLC 性能的重要指标之一。

## 3. 输入/输出单元

输入/输出单元从广义上分包含两部分: 一是与被控设备相连接的接口电路; 另一部分是输入和输出的映像寄存器。

输入单元接收来自用户设备的各种控制信号, 如限位开关、操作按钮、选择开关、行程开关以及其他一些传感器的信号。通过接口电路将这些信号转换成 CPU 能够识别和处理的信号, 并存入输入映像寄存器。运行时 CPU 从输入映像寄存器读取输入信息并进行处理, 将处理结果放到输出映像寄存器中。输入/输出映像寄存器由输出点相对的触发器组成, 输出接口电路将其由弱电控制信号转换成现场需要的强电信号输出, 以驱动电磁阀、接触器、指示灯等被控设备的执行元件。

由于 PLC 在工业生产现场工作, 对输入/输出接口有两个主要的要求: 一是接口有良好的抗干扰能力; 二是接口能满足工业现场各类信号的匹配要求。PLC 为不同的接口需求设计了不同的接口单元, 主要有以下几种。

### (1) 开关量输入接口

它的作用是把现场的开关量信号变成 PLC 内部处理的标准信号。为防止各种干扰信号



和高电压信号进入 PLC，影响其可靠性或造成设备损坏，现场输入接口电路一般都有滤波电路及耦合隔离电路。滤波有抗干扰的作用，耦合隔离有抗干扰及产生标准信号的作用。耦合隔离电路的关键器件是光耦合器，一般由发光二极管和光敏晶体管组成。

开关量输入接口按可接纳的外信号电源的类型不同分为直流输入单元、交流/直流输入单元和交流输入单元，如图 1-2 所示。输入电路的电源可由外部供给，有的也可由 PLC 内部提供。

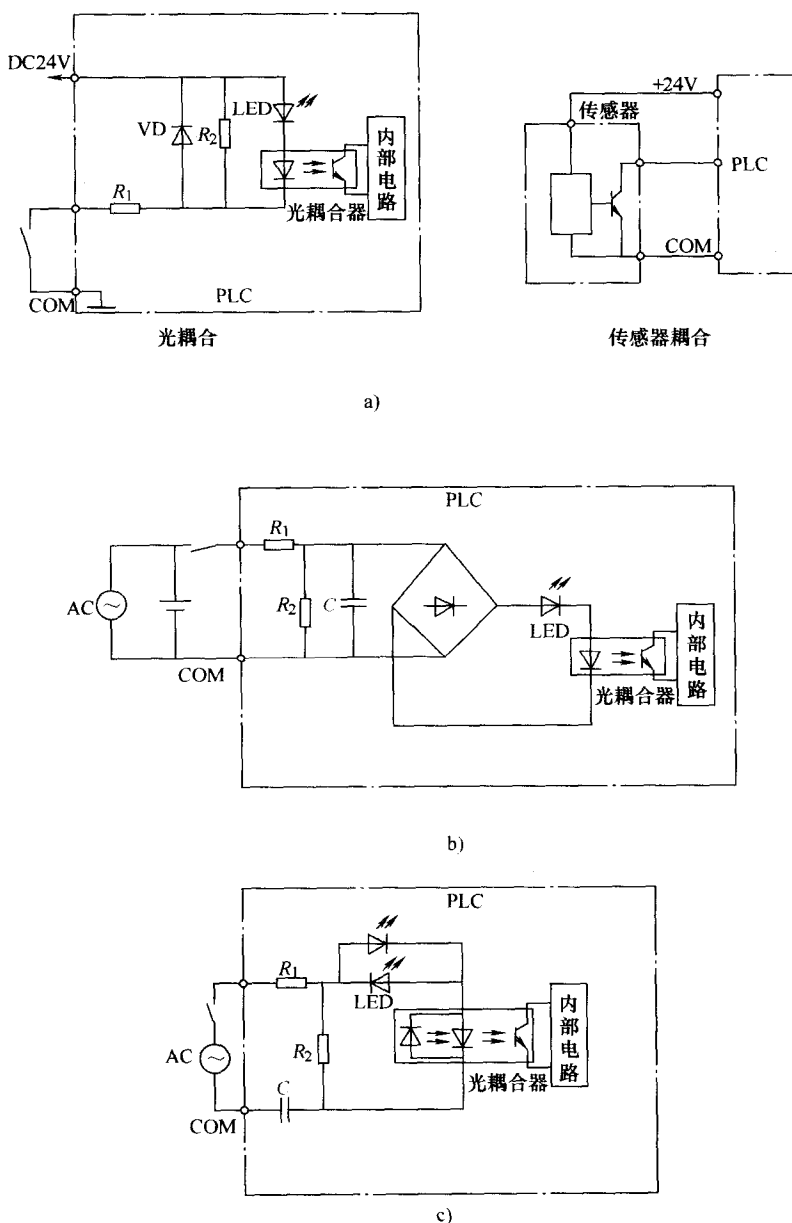


图 1-2 开关量输入接口电路

a) 直流输入电路 b) 交流/直流输入电路 c) 交流输入电路