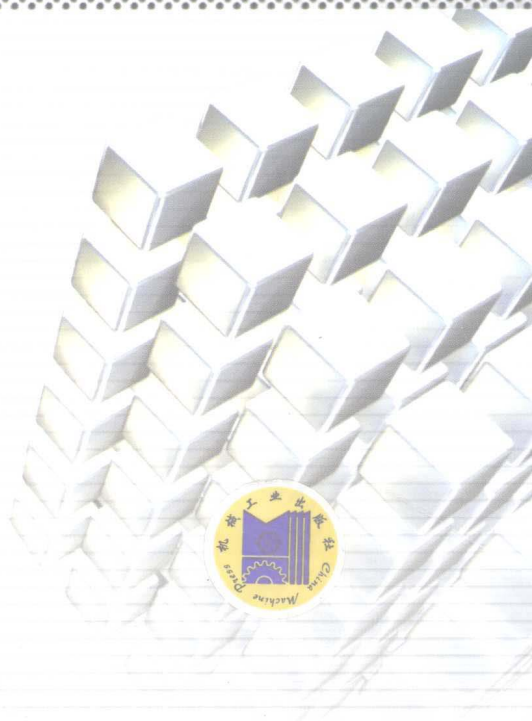


机电专业应用型人才培养特色教材

# 可编程序控制器 应用实训

张宝生 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

机电专业应用型人才培养特色教材

# 可编程序控制器应用实训

张宝生 编著



机械工业出版社

本书以西门子 S7-200 系列 PLC 为例, 全面介绍了可编程序控制器的软、硬件系统和编程方法。全书共 9 章, 第 1 章简要介绍了 PLC 基本知识; 第 2 章以典型控制实例详细介绍了位逻辑、计数器、定时器等基本指令和编程软件 STEP7-Micro/Win32 的使用方法; 第 3、4 章全面介绍了 PLC 硬件和指令系统; 第 5 章用大量的控制实例详尽介绍了顺序控制功能图的概念和编程方法; 第 6、7 章用多个实例详细阐述了 PLC 控制系统的设计方法; 第 8 章简要介绍了 PLC 网络通信知识; 第 9 章用多个实例介绍了 MCGS 工控组态软件的使用方法。附录中给出了实验指导书和各章部分习题的参考答案。

本书实用性较强, 可作为大中专院校、高职高专院校机电一体化、机械工程及自动化、电气自动化专业的教材, 也可供广大工程技术人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

可编程序控制器应用实训/张宝生编著. —北京: 机械工业出版社, 2012. 8  
机电专业应用型人才培养特色教材

ISBN 978-7-111-39389-4

I. ①可… II. ①张… III. ①可编程序控制器—高等学校—教材  
IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 185436 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 吕德齐 责任编辑: 吕德齐

版式设计: 霍永明 责任校对: 陈 越

封面设计: 赵颖喆 责任印制: 乔 宇

北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市胜利装订厂装订)

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14.75 印张·365 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-39389-4

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

策划编辑 (010) 88379772

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

可编程序控制器 (PLC) 具有功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程及适应于工业环境下应用等一系列优点, 近年来在工业自动化、机电一体化、传统产业技术等方面应用得越来越广, 成为现代工业控制三大支柱之一。本书以现在流行的西门子 S7-200 系列小型 PLC 为例, 所有内容都立足于实际应用和教学, 并融入编者的经验和成果, 编写时力求做到循序渐进、重点突出、讲述清晰。全书共 9 章, 第 1 章主要阐述了 PLC 的基本知识, 以最常见的电梯控制实例简要介绍了 PLC 的工作原理、编程语言, 并对 PLC 发展过程、主要特点进行了介绍; 第 2 章以三个工业中最常见的控制实例讲述了 PLC 控制系统的软、硬件设计方法, 详细介绍了位逻辑、计数器、定时器等基本指令和编程软件 STEP7-Micro/Win32 的使用方法; 第 3 章全面介绍了 PLC 硬件模块和提供给用户的编程资源; 第 4 章用实例详细介绍了 S7-200 的梯形图指令系统; 第 5 章用大量的控制实例详尽介绍了顺序功能图的概念、编制方法和转化为梯形图的编程方法; 第 6 章介绍了 PLC 控制系统的总体设计方法、步骤和应遵循的原则; 第 7 章用机床电气控制、高压焊接舱的液压控制、步进电动机控制等多个实例深入介绍了 PLC 控制系统的设计方法; 第 8 章简要介绍了 PLC 网络通信知识; 第 9 章用多个实例介绍了 MCGS 工控组态软件的使用方法。附录中给出了实验指导书和各章部分习题的参考答案, 提供了 S7-200 PLC 的速查参考资料。本书主要由北京石油化工学院张宝生编写, 参加编写的还有黄松涛、袁浩然、王平、李青松、何冰等, 俞建荣教授担任本书的审核, 他在百忙之中认真审阅了全书并提出了宝贵的意见。

本书部分章节的编写参考了有关资料, 在此对参考文献的作者表示衷心的感谢。在本书的编写过程中, 北京昆仑通态自动化软件科技有限公司、西门子 (中国) 有限公司给予了热情的帮助, 并提供了大量的文献资料, 在此表示衷心的感谢! 由于本书编者水平有限, 虽多次修改, 但书中难免有错误和不足之处, 敬请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

## 第1章 认识可编程序控制器..... 1

- 1.1 可编程序控制器简介 ..... 1
- 1.2 可编程序控制器的应用领域与电梯应用实例 ..... 3
  - 1.2.1 可编程序控制器的应用领域 ..... 3
  - 1.2.2 电梯应用实例介绍 ..... 4
- 1.3 可编程序控制器的结构与工作原理 ..... 8
  - 1.3.1 可编程序控制器的结构 ..... 8
  - 1.3.2 可编程序控制器工作原理 ..... 10
- 1.4 可编程序控制器的主要性能指标 ..... 11
- 1.5 可编程序控制器的分类 ..... 12
  - 1.5.1 根据控制规模分类 ..... 12
  - 1.5.2 根据结构形式分类 ..... 13
- 1.6 可编程序控制器的编程语言 ..... 13
- 1.7 可编程序控制器的发展历程与现状 ..... 15
- 习题 ..... 16

## 第2章 可编程序控制器编程初步..... 18

- 2.1 问题的提出 ..... 18
- 2.2 PLC 控制系统硬件设计 ..... 19
- 2.3 基本位逻辑指令与编程 ..... 21
  - 2.3.1 触点指令 ..... 21
  - 2.3.2 输出指令 ..... 22
  - 2.3.3 用触点及输出指令实现电动机正反转控制 ..... 23
  - 2.3.4 小车自动往复运动控制实例 ..... 24
- 2.4 计数器指令与编程 ..... 26
  - 2.4.1 增计数器 CTU ..... 26
  - 2.4.2 减计数器 CTD ..... 26
  - 2.4.3 增减计数器 CTUD ..... 28
  - 2.4.4 采用计数器指令解决问题 2 ..... 28
  - 2.4.5 计数器的串级组合 ..... 29
- 2.5 定时器指令与编程 ..... 29
  - 2.5.1 定时器指令基本要素 ..... 29
  - 2.5.2 接通延时定时器指令 TON ..... 31
  - 2.5.3 断开延时定时器 (TOF) ..... 31
  - 2.5.4 有记忆接通延时定时器

指令 TONR ..... 32

2.5.5 采用定时器指令解决问题 3 ..... 32

2.5.6 双定时器的应用 ..... 33

2.5.7 采用定时器和计数器实现长延时控制 ..... 33

2.6 程序的编制与调试 ..... 34

2.6.1 STEP7-Micro/Win32 编程软件的使用 ..... 35

2.6.2 仿真软件的使用 ..... 38

习题 ..... 41

## 第3章 深入认识可编程序控制器..... 42

3.1 S7-200 系列 PLC 模块 ..... 42

3.1.1 S7-200 CPU 主模块 ..... 42

3.1.2 数字量扩展模块 ..... 44

3.1.3 模拟量扩展模块 ..... 44

3.1.4 其他扩展模块 ..... 45

3.1.5 显示与编程设备 ..... 46

3.2 S7-200PLC 的存储区 ..... 47

3.2.1 数据类型 ..... 47

3.2.2 存储器 ..... 48

3.2.3 寻址方式 ..... 52

3.3 S7-300 系列 PLC 模块 ..... 53

3.3.1 S7-300 的 CPU 模块 ..... 53

3.3.2 S7-300 的输入/输出模块 ..... 55

3.3.3 其他模块 ..... 57

3.3.4 S7-300 系列 PLC 的存储区 ..... 58

习题 ..... 60

## 第4章 PLC 应用指令..... 61

4.1 比较指令 ..... 61

4.2 传送指令 ..... 62

4.2.1 单个传送指令 ..... 62

4.2.2 块传送指令 ..... 63

4.3 移位指令 ..... 63

4.3.1 左移和右移指令 ..... 64

4.3.2 循环左移和循环右移指令 ..... 64

4.4 数学运算指令 ..... 65

4.4.1 四则运算指令 ..... 65

|                                        |    |                                  |     |
|----------------------------------------|----|----------------------------------|-----|
| 4.4.2 逻辑运算指令 .....                     | 67 | 5.3 顺序功能图转换成梯形图的方法 .....         | 97  |
| 4.4.3 数学功能指令 .....                     | 68 | 5.3.1 使用起保停电路的梯形图<br>转换方法 .....  | 98  |
| 4.5 转换指令 .....                         | 69 | 5.3.2 使用顺序控制指令的梯形图<br>转换方法 ..... | 99  |
| 4.5.1 数据类型转换指令 .....                   | 69 | 5.3.3 以转换为中心的梯形图<br>转换方法 .....   | 100 |
| 4.5.2 七段数码管显示指令 SEG<br>(Segment) ..... | 69 | 5.4 采用以转换为中心的梯形图<br>编程举例 .....   | 102 |
| 4.6 程序控制指令 .....                       | 70 | 5.4.1 剪板机控制 .....                | 102 |
| 4.6.1 结束指令 .....                       | 70 | 5.4.2 液体混合控制 .....               | 103 |
| 4.6.2 暂停指令 .....                       | 70 | 5.4.3 机械手控制 .....                | 104 |
| 4.6.3 看门狗指令 .....                      | 70 | 5.4.4 输出控制 .....                 | 108 |
| 4.6.4 跳转指令 .....                       | 71 | 习题 .....                         | 109 |
| 4.6.5 循环指令 .....                       | 71 | <b>第6章 PLC 控制系统设计</b> .....      | 111 |
| 4.6.6 子程序指令 .....                      | 71 | 6.1 PLC 控制系统设计的内容和步骤 .....       | 111 |
| 4.7 中断指令 .....                         | 73 | 6.1.1 评估控制任务 .....               | 111 |
| 4.8 高速计数器指令 .....                      | 75 | 6.1.2 PLC 控制系统设计的原则 .....        | 111 |
| 4.8.1 高速计数器的编号和输入点 .....               | 75 | 6.1.3 PLC 控制系统设计的内容 .....        | 111 |
| 4.8.2 高速计数器的工作模式 .....                 | 76 | 6.1.4 PLC 控制系统设计步骤 .....         | 112 |
| 4.8.3 高速计数器指令 .....                    | 77 | 6.2 PLC 的选择与硬件配置 .....           | 113 |
| 4.8.4 高速计数器的控制字节 .....                 | 77 | 6.2.1 PLC 机型选择 .....             | 113 |
| 4.8.5 高速计数器的数值寻址 .....                 | 78 | 6.2.2 I/O 模块选择 .....             | 114 |
| 4.9 高速脉冲指令 .....                       | 78 | 6.3 I/O 地址分配 .....               | 115 |
| 4.9.1 高速脉冲输出指令 .....                   | 78 | 6.3.1 I/O 地址分配的基本步骤 .....        | 116 |
| 4.9.2 PTO/PWM 控制寄存器 .....              | 79 | 6.3.2 I/O 地址分配的原则 .....          | 116 |
| 4.9.3 PTO 操作 .....                     | 80 | 6.4 PLC 控制系统的输入/输出设备 .....       | 117 |
| 4.9.4 包络表参数的计算 .....                   | 81 | 6.4.1 输入/输出过程与设备种类 .....         | 117 |
| 4.9.5 PWM 操作 .....                     | 83 | 6.4.2 开关 .....                   | 118 |
| 4.10 PID 回路指令 .....                    | 83 | 6.4.3 接触器 .....                  | 120 |
| 4.10.1 PID 算法 .....                    | 84 | 6.4.4 继电器 .....                  | 121 |
| 4.10.2 PID 回路指令 .....                  | 84 | 6.4.5 电磁阀 .....                  | 124 |
| 4.10.3 控制方式 .....                      | 84 | 6.4.6 传感器 .....                  | 126 |
| 4.10.4 回路输入变量的转换和标准化 .....             | 85 | 6.4.7 电动调节阀 .....                | 127 |
| 4.10.5 回路输出变量的数据转换 .....               | 85 | 6.5 PLC 控制系统硬件设计 .....           | 128 |
| 4.10.6 选择 PID 回路类型 .....               | 86 | 6.5.1 PLC 控制系统原理图 .....          | 128 |
| 4.10.7 PID 指令应用实例 .....                | 86 | 6.5.2 PLC 控制柜设计 .....            | 129 |
| 习题 .....                               | 87 | 6.6 PLC 控制程序编制 .....             | 129 |
| <b>第5章 可程序控制器程序设计</b> .....            | 89 | 6.6.1 PLC 程序设计 .....             | 129 |
| 5.1 梯形图的经验设计法 .....                    | 89 | 6.6.2 程序调试 .....                 | 130 |
| 5.2 顺序控制设计法与顺序功能图 .....                | 92 | 6.7 PLC 应用系统的可靠性设计 .....         | 130 |
| 5.2.1 顺序控制设计法 .....                    | 92 | 6.8 S7-200 安装接线 .....            | 132 |
| 5.2.2 顺序功能图的基本概念 .....                 | 93 | 6.8.1 PLC 模块安装 .....             | 132 |
| 5.2.3 顺序功能图的基本结构 .....                 | 94 |                                  |     |
| 5.2.4 顺序功能图中转换实现<br>的基本规则 .....        | 96 |                                  |     |

|                                           |     |                                      |     |
|-------------------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|
| 6.8.2 布线、接线 .....                         | 133 | 考虑的因素 .....                          | 172 |
| 6.8.3 控制单元输入/输出端子接线 .....                 | 133 | 8.2.4 设置计算机与 PLC 的通信 .....           | 173 |
| 习题 .....                                  | 135 | 8.2.5 通信指令 .....                     | 175 |
| <b>第 7 章 PLC 应用控制系统</b>                   |     | 8.3 S7-300 通信 .....                  | 177 |
| <b>设计实例</b> .....                         | 136 | 8.3.1 MPI 网 .....                    | 177 |
| 7.1 PLC 在继电器控制改造中的应用 .....                | 136 | 8.3.2 S7-300 通信模块 .....              | 178 |
| 7.1.1 改造原则与步骤 .....                       | 136 | 8.3.3 Profibus 现场总线网络 .....          | 179 |
| 7.1.2 PLC 改造双面单工位液压传动<br>组合机床控制系统实例 ..... | 136 | 8.3.4 网络建立 .....                     | 181 |
| 7.1.3 双面单工位液压传动组合机床<br>PLC 控制方案 .....     | 138 | 习题 .....                             | 181 |
| 7.2 PLC 在高压焊接试验舱操舱控制系统<br>中的应用 .....      | 140 | <b>第 9 章 组态软件与 PLC 控制</b> .....      | 182 |
| 7.2.1 高压焊接试验舱控制要求 .....                   | 140 | 9.1 组态软件概述 .....                     | 182 |
| 7.2.2 PLC 控制系统硬件选型 .....                  | 142 | 9.1.1 组态的概念 .....                    | 182 |
| 7.2.3 PLC 控制系统程序设计 .....                  | 144 | 9.1.2 组态软件及特点 .....                  | 182 |
| 7.3 PLC 在位置控制中的应用 .....                   | 153 | 9.1.3 国内外主要组态软件 .....                | 183 |
| 7.3.1 控制类型 .....                          | 153 | 9.1.4 组态软件的发展方向 .....                | 184 |
| 7.3.2 控制目的 .....                          | 154 | 9.2 MCGS 组态软件介绍 .....                | 186 |
| 7.3.3 步进电动机位置反馈控制实例 .....                 | 156 | 9.3 MCGS 组态软件与 PLC 综合<br>设计实例 .....  | 189 |
| <b>第 8 章 PLC 网络通信</b> .....               | 166 | 9.3.1 十字路口交通信号灯控制监控 .....            | 189 |
| 8.1 PLC 通信基础 .....                        | 166 | 9.3.2 液体混合控制仿真 .....                 | 193 |
| 8.1.1 串行通信的基本概念 .....                     | 166 | 9.3.3 机械手控制系统仿真 .....                | 196 |
| 8.1.2 串行通信的接口标准 .....                     | 167 | 习题 .....                             | 207 |
| 8.2 S7-200 通信 .....                       | 168 | <b>附录</b> .....                      | 208 |
| 8.2.1 S7-200 系列 PLC 的通信方式 .....           | 168 | 附录 A 实验指导书 .....                     | 208 |
| 8.2.2 S7-200 系列 PLC 支持的<br>通信协议 .....     | 169 | 附录 B 实验参考程序 .....                    | 218 |
| 8.2.3 用户在设计网络时应当                          |     | 附录 C S7-200 的特殊存储器 (SM)<br>标志位 ..... | 223 |
|                                           |     | 附录 D 部分习题答案 .....                    | 226 |
|                                           |     | <b>参考文献</b> .....                    | 230 |

# 第 1 章 认识可编程序控制器

## 1.1 可编程序控制器简介

可编程序控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是一种数字运算操作的电子系统, 专为工业环境而设计。它采用可编程序的存储器在其内部存储、执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令, 并通过数字式或模拟式的输入和输出, 控制各种类型机械的生产过程。可编程序控制器及其有关设备, 都应按易于使工业系统形成一个整体, 易于扩充其功能的原则设计。

PLC 的生产厂家众多, 目前世界上有 200 多个厂家生产可编程序控制器, 比较著名的厂家有美国的 AB、GE, 日本的三菱、欧姆龙、富士电机、松下电工, 德国的西门子, 法国的施耐德, 我国台湾的台达等; 比较有代表性的产品有日本欧姆龙公司的 C 系列, 三菱公司的 F 系列, 美国 AB 公司的 PLC-5 系列, 德国西门子公司 S5 系列和 S7 系列等。

德国西门子 (Siemens) 公司的 S7 系列可编程序控制器包括 S7-200 系列、S7-300 系列和 S7-400 系列, 其功能强大, 分别应用于小型、中型和大型自动化系统。S7-200 系列小型 PLC, 将 CPU、电源、I/O 集成为一体, 控制功能丰富、通信能力强、使用简单方便、易于掌握, 具有极高的性价比, 广泛应用于各个行业。本书以 S7-200 系列为主要对象进行讲解, 同时介绍了 S7-300 系列的硬件模块和基本指令, 图 1-1 分别为这两个系列产品的外观结构图。

PLC 之所以能在工业生产和民用控制领域得到广泛应用, 是基于 PLC 所具有的独特优点。

### 1. 抗干扰能力强, 可靠性高

工业生产对电气控制设备的可靠性的要求是非常高的, 应具有很强的抗干扰能力, 能在很恶劣的环境下 (如温度高、湿度大、金属粉尘多、距离高压设备近、有较强的高频电磁干扰等) 长期连续可靠地工作, 平均无故障时间长, 故障修复时间短。PLC 是专为工业环境设计的设备, 在电子线路、机械结构以及软件结构上吸取了生产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; 在结构上对耐热、防潮、防尘、抗震等都有周到的考虑; 在硬件上采用隔离、屏蔽、滤波、接地等抗干扰措施; 在软件上采用数字滤波等抗干扰和故障诊断措施等, 所有这些都使 PLC 具有较高的抗干扰能力。PLC 的平均无故障时间通常在几万小时甚至几十万小时以上, 这是其他电气控制设备根本做不到的。另外, PLC 特有的循环扫描的工作方式, 有效地屏蔽了绝大多数的干扰信号。通过这些有效的措施, 保证了可编程序控制器的高可靠性。

### 2. 编程方便

PLC 是面向工业企业中一般电气工程技术人员的, 它采用易于理解和掌握的梯形

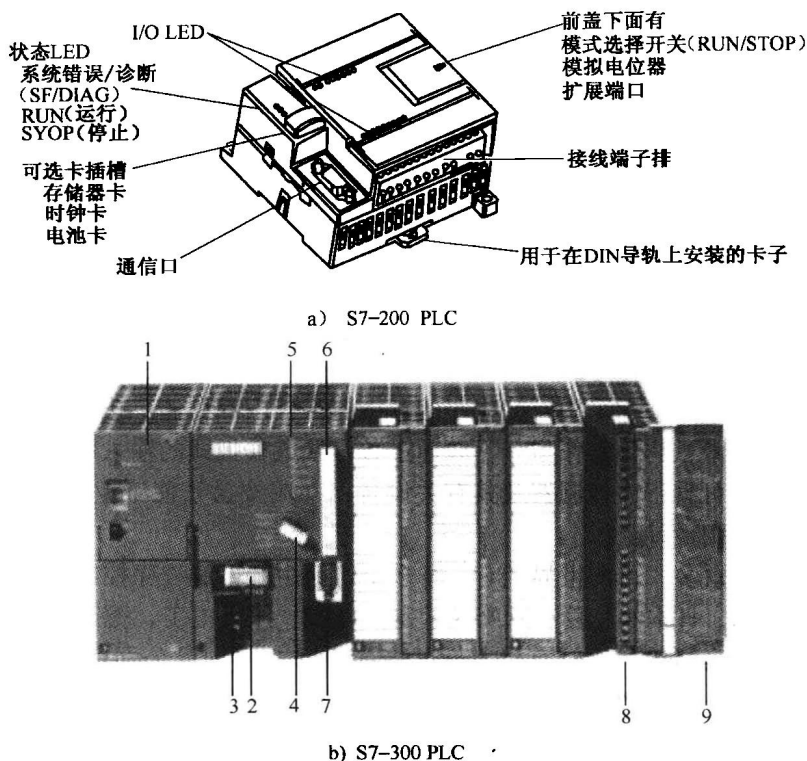


图 1-1 可编程序控制器外观结构示意图

1—负载电源（选项） 2—后备电池（CPU 313 以上） 3—24V DC 连接 4—模式开关  
5—状态和故障指示灯 6—存储器卡（CPU 313 以上） 7—MPI 多点接口 8—前连接器 9—前门

图语言，这种梯形图语言既继承了传统继电器控制线路的表达形式（如线圈、触点、常开、常闭），又考虑到了工业企业中电气技术人员的看图习惯，因此形象、直观、简单、易学，受到了广大电气技术人员的欢迎。

### 3. 使用、维护方便

PLC 及其扩展模块品种繁多，所构成的产品已系列化和模块化，并且配有品种齐全的各种软件，用户可灵活组合成各种大小和不同要求的控制系统。在生产工艺流程改变、生产线设备更新或系统控制要求改变以及需要变更控制系统的功能时，除了 I/O 通道上的外部接线需做很小的调整外，只要把用户程序做相应的修改就可以了。

PLC 具有很强的自诊断能力，能随时检查出自身的故障，并显示给操作人员，如 I/O 通道的状态、RAM 后备电池的状态、数据通信的异常以及 PLC 内部电路的异常等信息。通过 PLC 这种完善的诊断和显示能力，当 PLC 主机或外部的输入装置及执行机构发生故障时，操作人员能迅速检查、判断故障原因，确定故障位置，以便迅速采取有效的措施。如果是 PLC 本身的故障，在维修时只需要更换插入式模板或其他易损件即可完成，既方便又减少了影响生产的时间。

### 4. 设计、施工、调试周期短

用继电器控制完成一项控制工程，必须首先按工艺要求画出电气原理图，然后画出继电器控制屏（柜）的布置和接线图等，再进行安装调试，以后修改起来非常不便。而采用 PLC 控制，由于其硬件、软件齐全，设计和施工可同时进行。用软件编程取代了继电器硬接

线,使控制柜的设计及安装接线工作量大为减少,调试方便、快速、安全,具体的程序编制工作也可在 PLC 到货之前进行,因此大大缩短了设计和投运周期。

## 1.2 可编程序控制器的应用领域与电梯应用实例

### 1.2.1 可编程序控制器的应用领域

PLC 最初主要用于开关量的逻辑控制,随着技术的进步,它的应用领域不断扩大。在现代工业控制和民用控制场合,PLC 不仅用于开关量控制,还用于模拟量及脉冲量的控制,可采集与存储数据,还可对控制系统进行监控,并可联网、通信,实现大范围、跨地域的控制与管理。

#### 1. 开关量顺序控制

开关量顺序控制是 PLC 最基本、最广泛的应用领域,它取代传统的继电器控制系统,实现逻辑控制、顺序控制,可用于单机控制、多机群控制、自动化生产线的控制等,广泛用于冶金、机械、轻工、化工、纺织等行业,在注塑机、印刷机械、订书机械、切纸机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等行业都得到广泛应用。

#### 2. 模拟量控制

在生产过程中,许多连续变化的物理量需要进行控制,如温度、压力、流量、液位等,这些都属于模拟量。PLC 进行模拟量控制,要配置有模拟量与数字量相互转换的 A/D、D/A 单元。A/D 单元是把外电路的模拟量转换成数字量,然后送入 PLC。D/A 单元,是把 PLC 的数字量转换成模拟量,再送给外电路。目前大部分 PLC 产品都具备处理模拟量的功能,特别是在系统中模拟量控制点数不多,同时混有较多的开关量时,PLC 具有其他控制装置无法比拟的优势。某些 PLC 产品还提供了典型控制策略模块,如 PID 模块,从而实现对系统的 PID 闭环控制。

#### 3. 用于脉冲量和运动控制

实际的物理量,除了开关量、模拟量,还有脉冲量,如机床部件的位移,常以脉冲量表示。PLC 可接收计数脉冲,频率可高达几千赫到几十千赫,可用多种方式接收该脉冲,还可多路接收。有的 PLC 还有脉冲输出功能,脉冲频率也可达几十千赫。有了这两种功能,加上 PLC 有数据处理及运算能力,若再配备相应的传感器(旋转编码器)或脉冲伺服装置(如环形分配器、功率放大器、步进电动机),则完全可以依数控 NC 的原理实现步进或伺服传动控制。

#### 4. 数据采集与监控

由于 PLC 是在现场实行控制,把控制现场的数据采集下来,做进一步分析研究是很重要的。对于这种应用,目前较普遍采用的方法是上、下位机架构,下位机采用 PLC,上位机采用计算机或触摸屏,进行信号的实时采集和后期的统计分析。由于 PLC 的自检信号多,PLC 控制系统可利用这些自检信号实现自诊断式的监控,以减少系统的故障和故障修复时间,提高平均累计无故障运行时间和系统的可靠性。

#### 5. 联网、通信及集散控制

PLC 通过网络通信模块以及远程 I/O 控制模块,可实现 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位机之间的通信、联网;实现 PLC 分布控制,计算机集中管理的集散控制,增加系统的控制

规模，满足工厂自动化（FA）系统发展的需要。

## 1.2.2 电梯应用实例介绍

### 1. 电梯的基本结构

电梯是高层建筑中应用极为普遍的垂直交通工具，是生活中人们最常见的采用 PLC 进行控制的设备。电梯的种类相当多，按用途主要分为乘客电梯、载货电梯、客货电梯、医用电梯、住宅电梯、杂物电梯（不许乘人）、观光电梯、自动扶梯等。图 1-2 所示为一般客货电梯的基本结构，主要包括：

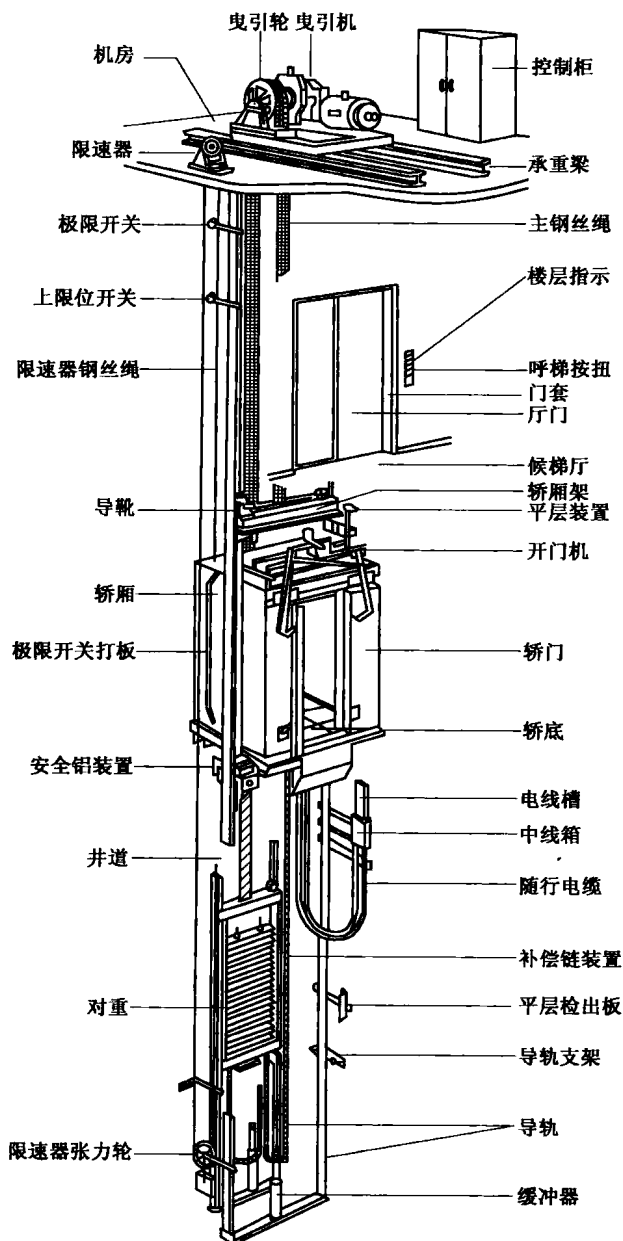


图 1-2 一般客货电梯的基本结构

(1) 电梯的曳引系统 电梯系统的牵引功能很简单,无论是输出功率或传递动力,主要用于驱动电梯。由曳引机(主机)、钢丝绳、导向轮和反向轮组成。曳引机为动力源,它由电动机、牵引轮、联轴器、减速箱和电磁制动器等部件组成。轿厢和对重是用钢丝绳连接起来的,依靠它和曳引轮之间的摩擦来实现轿厢的升与降。导向轮的作用是分开轿厢和对重的间距,避免碰撞,另外采用复绕型还可以增加曳引力。

(2) 电梯的导向系统 导向系统由导轨、导靴和导轨支架组成。它的作用是限制轿厢和对重的活动自由度,使电梯轿厢和对重只能沿着固定的导轨做升降运动。

(3) 电梯的门系统 门系统由轿门、厅门、开门联动机构等组成。轿门设在轿厢出入口,由门扇和门导轨架等组成,厅门设在层站出入口处。开门机设在轿厢上,是轿门和厅门的动力来源,紧急时可通过厅门三角钥匙打开门。

(4) 电梯的轿厢 轿厢用来运送乘客或者货物,它是由轿架和轿体组成的。轿架是轿厢体的承重机构,由横梁、立柱、底梁和斜拉杆等组成。轿厢由轿壁、轿顶、轿底以及照明通风设备、轿厢装饰件(如扶手等)和轿内操纵盘等组成。

(5) 电梯的电力拖动系统 机房内供电箱为电动机提供电源装置,一般采用三线五相制,380V电压。速度反馈系统是电梯高速信号的速度控制系统。一般采用测速发电机或速度脉冲发生器与电动机相连。曳引电动机的速度控制是由调速装置进行的。

(6) 电梯重量平衡系统 曳引电动机、供电系统、速度反馈装置、调速装置等组成了电力拖动系统,其主要作用是对电梯进行速度控制。曳引电动机为电梯提供了动力来源,根据电梯配置可判断采用交流电动机还是直流电动机。

(7) 电梯的安全保护系统 电梯的安全保护系统包括机械的和电气的各种保护系统,可让乘客放心安全地使用。机械方面的安全保护系统有:限速器、安全钳、缓冲器等;电气方面的安全保护系统有:超速保护装置、供电系统断相错相保护装置、超越上下极限工作位置、层门锁与轿门锁电气联锁装置等。

(8) 电梯的电气控制装置 电梯的电气控制系统由电子控制装置、操纵装置、平层设备和位置显示设备等组成。其中,控制装置根据电梯的运行逻辑功能的要求,控制电梯的运行,放在机房的控制柜中。操纵装置是由轿厢内的按钮箱和厅门的外召唤箱按钮组成的,用来操纵电梯运行。平层装置是发出平层控制信号,使电梯轿厢准确平层的控制装置。所谓平层,是指轿厢在接近某一层的停靠站时,欲使轿厢地坎与厅门地坎达到同一平面的操作。位置显示装置是用来显示电梯所在楼层位置的轿厢内和厅门外的指示灯,厅门外指示灯常用箭头指示电梯运行的方向。

## 2. 基于 PLC 的电梯控制系统

电梯具有复杂的电气控制系统,要求按照一定的逻辑关系可靠地运行,以往采用继电器控制系统,但这种控制方式具有硬件逻辑关系极其复杂、故障率高、不易检修等缺点,随着 PLC 控制技术的兴起,目前大部分电梯都采用 PLC 控制系统来取代传统的继电器控制。由于电梯的控制系统比较复杂,下面以四层楼电梯的控制系统为例来初步认识可编程序控制器的工作过程。

(1) 电梯控制系统输入/输出设备 电梯的控制系统输入输出设备分布于电梯轿厢的内部和外部,在电梯轿厢内部,有四个楼层的按钮(称为选层按钮)、开门和关门按钮、楼层指示灯、上升和下降指示灯。在电梯轿厢的外部,有呼叫按钮、呼叫指示灯、上升和下降指示灯,以及楼层指示灯;四层楼电梯中,一层只有上呼叫按钮,四层只有下呼叫按钮,其余

三层都同时具有上呼叫和下呼叫按钮。表 1-1 为与 PLC 相接的输入、输出设备表，电梯控制中所涉及的设备都和 PLC 的输入/输出端口直接或间接相连，PLC 通过控制程序接受各种按钮、开关等输入设备的信号，向电梯的曳引电动机和开关门电动机发出动作信号，从而完成对电梯上下楼层和开关门控制。

表 1-1 四层电梯 PLC 控制系统输入/输出设备分配表

| 输 入           |      | 输 出         |      |
|---------------|------|-------------|------|
| 开门按钮 SB0      | I0.0 | 外部一层上呼叫指示灯  | Q0.0 |
| 关门按钮 SB1      | I0.1 | 外部二层上呼叫指示灯  | Q0.1 |
| 开门行程开关 SQ1    | I0.2 | 外部二层下呼叫指示灯  | Q0.2 |
| 关门行程开关 SQ2    | I0.3 | 外部三层上呼叫指示灯  | Q0.3 |
| 外部一层上呼叫按钮 SB2 | I0.4 | 外部三层下呼叫指示灯  | Q0.4 |
| 外部二层上呼叫按钮 SB3 | I0.5 | 外部四层下呼叫指示灯  | Q0.5 |
| 外部二层下呼叫按钮 SB4 | I0.6 | 一层位置指示灯     | Q0.6 |
| 外部三层上呼叫按钮 SB5 | I0.7 | 二层位置指示灯     | Q0.7 |
| 外部三层下呼叫按钮 SB6 | I1.0 | 三层位置指示灯     | Q1.0 |
| 外部四层下呼叫按钮 SB7 | I1.1 | 四层位置指示灯     | Q1.1 |
| 一层行程开关 SQ3    | I1.2 | 轿内一层选层指示灯   | Q1.2 |
| 二层行程开关 SQ4    | I1.3 | 轿内二层选层指示灯   | Q1.3 |
| 三层行程开关 SQ5    | I1.4 | 轿内三层选层指示灯   | Q1.4 |
| 四层行程开关 SQ6    | I1.5 | 轿内四层选层指示灯   | Q1.5 |
| 轿内一层选层按钮 SB8  | I1.6 | 电梯上升接触器 KM1 | Q1.6 |
| 轿内二层选层按钮 SB9  | I1.7 | 电梯下降接触器 KM2 | Q1.7 |
| 轿内三层选层按钮 SB10 | I2.0 | 电梯上升指示灯     | Q2.0 |
| 轿内四层选层按钮 SB11 | I2.1 | 电梯下降指示灯     | Q2.1 |
| 左红外线检测器       | I2.2 | 电梯开门接触器 KM3 | Q2.2 |
| 右红外线检测器       | I2.3 | 电梯关门接触器 KM4 | Q2.3 |

(2) 电梯控制要求

- 1) 当电梯运行到指定位置后，自动开门；或停在某层时，在电梯内部按动开门按钮，则电梯门打开，按动电梯内部的关门按钮，则电梯门关闭。但在电梯行进期间电梯门是不能被打开的。
- 2) 接受每个呼叫按钮（包括内部和外部的呼叫）的呼叫命令，并做出相应的响应。
- 3) 电梯停在某一层（例如三层）时，此时按动该层（三层）的呼叫按钮（上呼叫或下呼叫），则相当于发出打开电梯门命令，进行开门的动作过程；若此时电梯的轿厢不在该层（在一、二、四层），则等到电梯关门后，按照不换向原则控制电梯向上或向下运行。
- 4) 电梯运行的不换向原则是指电梯优先响应不改变现在电梯运行方向的呼叫，直到这些命令全部响应完毕后，才响应使电梯反方向运行的呼叫。例如，现在电梯的位置在二层和三层之间上行，此时出现了一层上呼叫、二层下呼叫和三层上呼叫，则电梯首先响应三层上呼叫，然后再依次响应二层下呼叫和一层上呼叫。
- 5) 电梯在每一层都有一个行程开关，当电梯碰到某层的行程开关时，表示电梯已经到

达该层。

- 6) 当按动某个呼叫按钮后，相应的呼叫指示灯亮并保持，直到电梯到达该层为止。
- 7) 当电梯运行到某层后，相应的楼层指示灯亮，直到电梯运行到另一层时楼层指示灯改变。

(3) 电梯控制程序 根据电梯的控制要求所编制的 PLC 控制程序比较复杂，这里以电梯的开、关门控制为例简单介绍其控制程序的功能。图 1-3 所示为电梯的开、关门控制梯形图。程序说明如下：

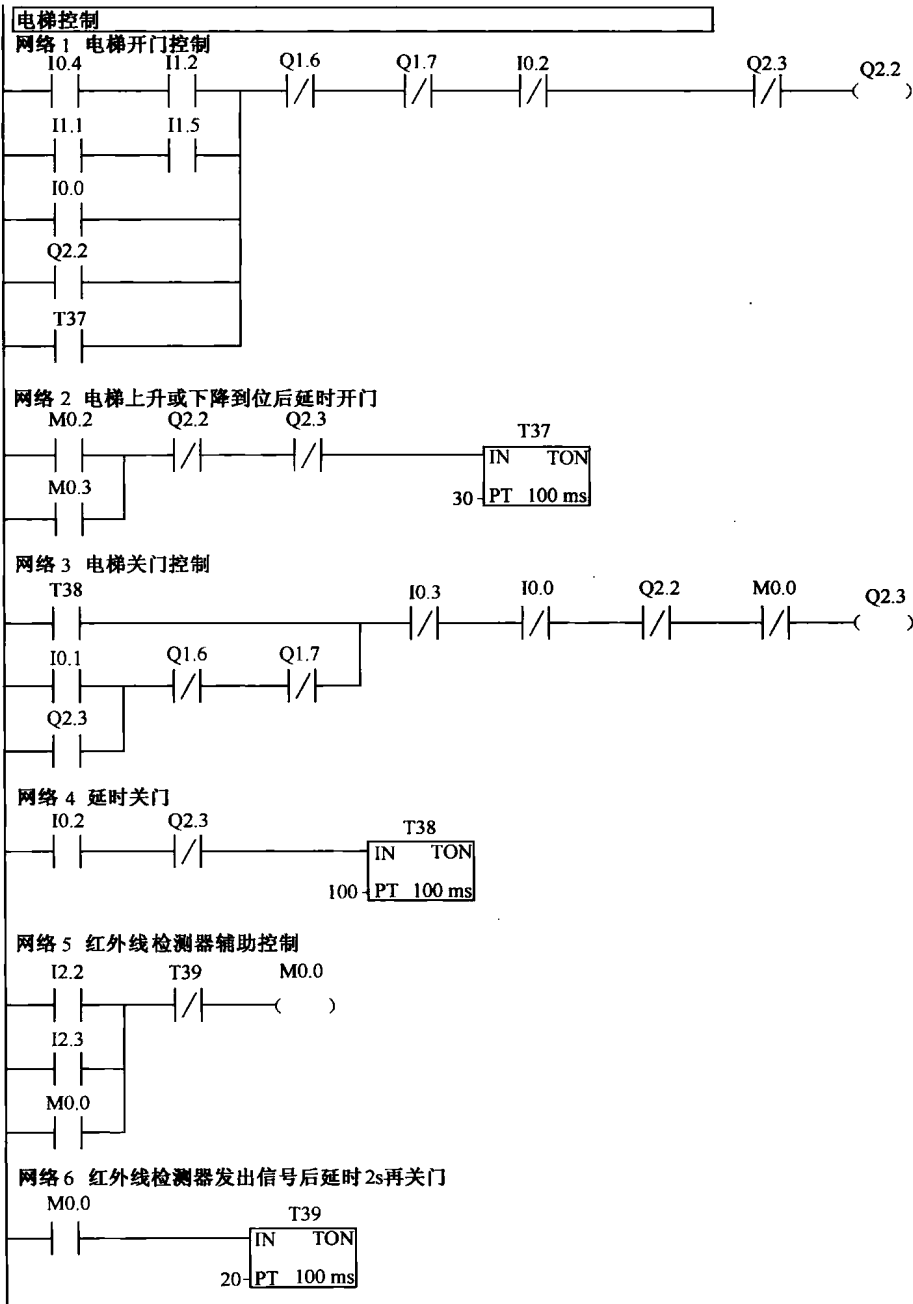


图 1-3 电梯的开、关门控制梯形图

1) 电梯的开门控制：当电梯既不上升也不下降时才能进行开门，电梯的开门控制分手动和自动两种方式。

手动开门时：当电梯运行到位后，按下开门按钮 SB0，I0.0 闭合，Q2.2 导电，电动机正转，轿厢门打开。开门到位，开门行程开关 SQ1 动作，I0.2 常闭触点断开，Q2.2 失电，手动开门过程结束。

自动开门时：无论电梯上升到位还是下降到位，只要 M0.2（上升到位辅助继电器）或 M0.3（下降到位辅助继电器）有输出，电梯经过延时后都会自动开门（延时时间由定时器 T37 控制）。如果电梯停在某一层，按下该层的外部呼叫，也会使 M0.2 或 M0.3 导通，电梯门也会打开。当开门 Q2.2 输出时，关门 Q2.3 断开。如果关门 Q2.3 接通时，开门 Q2.2 也应立即断开。

2) 电梯的关门控制：电梯的关门控制也分手动和自动两种。

手动关门时：当按下关门按钮 SB1 时，I0.1 闭合，Q2.3 导通，电动机反转，轿厢门关闭。关门到位，关门行程开关 SQ2 动作，I0.3 常闭触点断开，Q2.3 失电，关门过程结束。

自动关门时：由定时器 T38 控制。当电梯开门到位后，I0.2 常开触点闭合，T38 开始计时，延时时间到，T38 常开触点闭合，Q2.3 导通，轿厢门开始关闭。自动关门时，可能夹住乘客，因此在门两侧安装有红外线检测器。当有人进出时，由红外线检测器发出信号，使得 I2.2 和 I2.3 闭合，内部继电器 M0.0 导电并自锁。定时器 T39 开始计时，2s 后再次关门。

### 1.3 可编程序控制器的结构与工作原理

#### 1.3.1 可编程序控制器的结构

可编程序控制器的基本结构如图 1-4 所示，它与通用 PC 机结构类似，也是由中央处理器（CPU）、存储器（Memory）、输入/输出（I/O）接口及电源组成的。

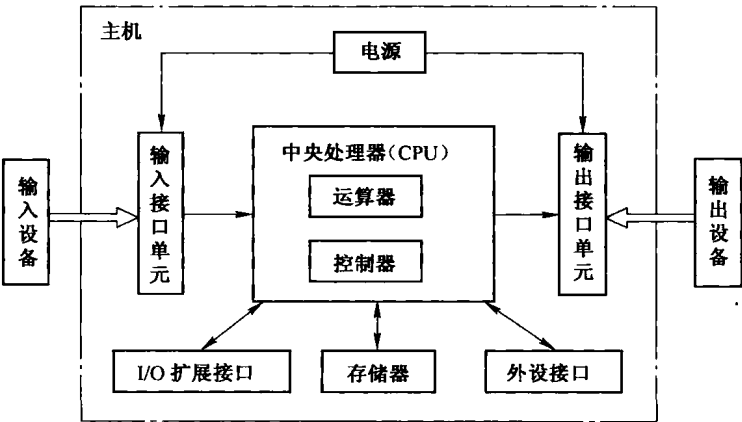


图 1-4 可编程序控制器的基本结构

#### 1. 中央处理器（CPU）

中央处理器（CPU）是 PLC 的核心，由运算器和控制器组成。系统程序（操作系统）

赋予它的功能是：

- 1) 接收与存储用户由编程器键入的用户程序和数据。
- 2) 检查编程过程中的语法错误，诊断电源及 PLC 内部的工作故障。
- 3) 用扫描方式工作，接收来自现场的输入信号，并输入到输入映像寄存器和数据存储器中。
- 4) 在进入运行方式后，从存储器中逐条读取并执行用户程序，完成用户程序所规定的逻辑运算、算术运算及数据处理等操作。
- 5) 根据运算结果更新有关标志位的状态，刷新输出映像寄存器的内容，再经输出部件实现输出控制、打印制表或数据通信等功能。

小型 PLC 采用单 CPU 系统，而大、中型 PLC 通常是双 CPU 或多 CPU 系统。不同型号 PLC 的 CPU 芯片是不同的，有采用通用 CPU 芯片的，如 8031、8051、8086、80286 等；也有采用厂家自行设计的专用 CPU 芯片的。CPU 芯片的性能关系到 PLC 处理数据的能力与速度，CPU 位数越高，系统处理的信息量越大，运算速度越快。但是 PLC 的 CPU 与通用 PC 机相比，无论是执行速度还是处理位数都相差悬殊。

## 2. 存储器

PLC 的存储器分为系统程序存储器和用户程序存储器。系统程序存储器是 ROM（只读）型存储器，存储系统监控程序，该程序由生产厂家编写，主要由系统管理解释指令、标准程序及系统调用等程序组成。

用户程序存放在用户程序存储器中，主要存储 PLC 内部的输入、输出信息，以及内部继电器、移位寄存器、累加寄存器、数据寄存器、定时器和计数器的动作状态。用户程序存储器采用 RAM（随机）或 EEPROM 型存储器。采用 RAM 型存储器时用锂电池供电，在 PLC 电源关闭时，程序和数据依然能保存。EEPROM 型电擦除可编程只读存储器，兼有 ROM 存储器和 RAM 存储器的优点，但是读写时间长，主要用来存储用户程序和需要长期保存的数据。用户程序存储器包括程序存储区和数据存储区。程序存储区用来存储由用户编写的程序，而数据存储区用来存储输入信号、输出信号的状态，PLC 中各个内部器件的状态以及特殊功能要求的有关数据。PLC 存储器的存储结构见表 1-2。PLC 存储器的存储容量很小，单位是 KB，比如 S7-200 的 CPU224 用户程序区为 8KB，数据存储区也是 8KB。

表 1-2 PLC 存储器的存储结构

| 存 储 器   | 存 储 内 容 |                 |
|---------|---------|-----------------|
| 系统程序存储器 | 系统监控程序  |                 |
| 用户程序存储器 | 程序存储区   | 用户程序（如梯形图、语句表等） |
|         | 数据存储区   | I/O 及内部器件的状态    |

## 3. 输入接口

来自现场的主令元件、检测元件的信号经输入接口进入到 PLC。主令元件的信号多数是指控制按钮，这种信号基本上都是人为操作的。检测元件的信号主要来自各种传感器、限位开关、继电器等的触头，以及过程控制中位置变化或参数值变化所产生的信号。这些信号有的是开关量（数字量）；有的是模拟量（连续变化的量）；有的是直流信号，有的是交流信号，要根据输入信号的类型选择合适的输入接口。

为提高系统的抗干扰能力,各种输入接口均采取了抗干扰措施,如在输入接口内带有光耦合电路,使 PLC 与外部输入信号进行隔离。为消除信号噪声,在输入接口内还设置了多种滤波电路。为便于 PLC 的信号处理,输入接口内有电平转换及信号锁存电路。为便于现场信号的连接,在输入接口的外部设有接线端子排。

#### 4. 输出接口(数字量)

由 PLC 产生的各种输出控制信号经输出接口去控制和驱动负载(如接触器和继电器线圈、电磁阀、指示灯、报警器等)。输出接口的负载有交流的,也有直流的,要根据负载性质选择合适的输出接口。输出接口的输出方式分为晶体管输出型,双向晶闸管输出型及继电器输出型。

晶体管输出型适用直流负载或 TTL 电路,每个输出点的最大带负载能力约为 0.75A,其接口响应速度较快,工作寿命长,适合控制步进电动机之类的直流脉冲型负载。

双向晶闸管输出型适用交流负载,每个点最大带负载能力约为 0.5~1A,其接口响应速度较快,使用寿命比较长,适合控制要求频繁动作的交流负载。

继电器输出型既可用于直流负载,又可用于交流负载,每个输出点的最大带负载能力约为 2A,作为数字量输出选择继电器型则更为自由和方便,且适用场合普遍。因此在对动作时间和动作频率要求不高的情况下,常常采用此方式。

#### 5. I/O 扩展接口

I/O 扩展接口是 PLC 主机为了扩展 I/O 点数或类型的部件。当用户所需的 I/O 点数或类型超过 PLC 主机的 I/O 接口单元的点数或类型时,可以通过加接 I/O 扩展部件来实现。I/O 扩展部件通常有简单型和智能型两种。简单型 I/O 扩展部件自身不带 CPU,对外部现场信号的 I/O 处理完全由主机的 CPU 管理,依赖于主机的程序扫描过程。智能型 I/O 扩展部件自身带有 CPU,不依赖主机的程序扫描过程。PLC 不仅能处理数字量信号,还能处理模拟量信号,如温度、压力、速度、位移、电流、电压等信号。通过采用模拟量输入接口模块能把现场中被测的模拟量信号转变成 PLC 可以处理的数字量信号。模拟量输出接口模块的任务是将 CPU 送来的数字量转换成模拟量,用以驱动执行机构,实现对生产过程或装置的闭环控制。

#### 6. 输入/输出设备与外设接口

由 PLC 生产厂家生产的专用编程器使用范围有限,价格一般也较高,目前 PLC 更多的是采用计算机来编程。用户在计算机上直接编写梯形图,然后下载到 PLC 中进行调试,还可以通过计算机监视程序运行,方便、快捷、直观。人-机接口装置(HMI)又叫操作员接口,用于实现操作人员与 PLC 控制系统的对话和相互作用。它们用来指示 PLC 的 I/O 系统状态及各种信息。通过合理的程序设计,PLC 控制系统可以接收并执行操作员的指令。

### 1.3.2 可编程序控制器工作原理

PLC 虽具有计算机的许多特点,但它的工作方式却与通用计算机有很大不同,计算机一般采用等待命令的工作方式,PLC 则采用循环扫描工作方式。整个工作过程可分为五个阶段:自诊断、处理通信、输入采样、用户程序的执行、输出刷新,如图 1-5 所示。

(1) 执行 CPU 自诊断 每次扫描用户程序之前,都先执行故障自诊断程序。自诊断包括对 I/O、存储器、CPU 等部分的检测,发现异常则停机,显示出错。若自诊断正常,继续