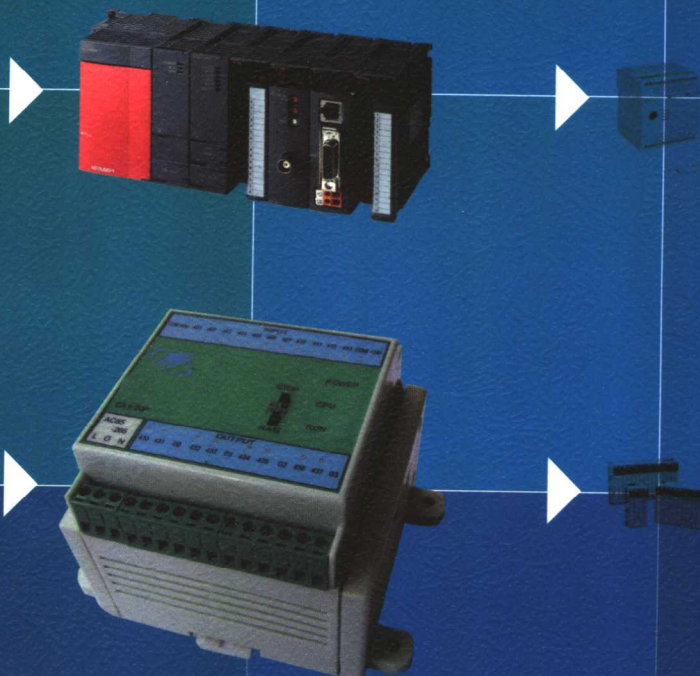


# 可编程控制器 应用技术与设计实例

► 高钦和 编著 ◀

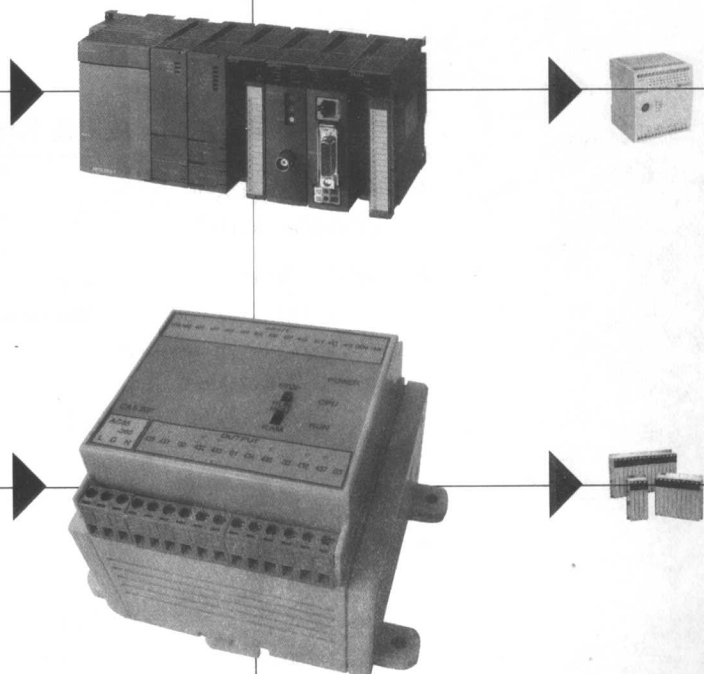


...

# 可编程控制器

# 应用技术与设计 实例

► 高钦和 编著 ◀



人民邮电出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器应用技术与设计实例 / 高钦和编著. —北京: 人民邮电出版社, 2004.7

ISBN 7-115-12379-9

I. 可... II. 高... III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 064323 号

## 内 容 提 要

本书从工程实践应用的角度出发, 在介绍了可编程控制器 (PLC) 的功能和特点、工作机理、指令系统和编程语言的基础上, 重点介绍 PLC 控制系统的硬件设计及软件开发方法, 并给出了大量的设计实例。

全书的主要内容为: PLC 的基础知识, 包括 PLC 的主要功能与特点、硬件结构、指令系统与编程语言; PLC 的应用技术, 包括 PLC 控制系统的设计及应用程序设计方法; PLC 的应用实例, 包括电气控制类应用、工业生产控制类应用、机电设备控制类应用、模拟量检测与控制类应用、网络通信类应用。

本书以实用为宗旨, 系统性强、层次清楚、实例丰富, 有较强的实用性和参考价值。可供从事 PLC 控制系统设计、开发的广大科技人员阅读, 也可作为大专院校工业自动化、电气技术专业及其他相关专业的教材或参考资料。

## 可编程控制器应用技术与设计实例

◆ 编 著 高钦和  
责任编辑 屈艳莲

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
读者热线 010-67132692  
北京汉魂图文设计有限公司制作  
北京顺义振华印刷厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 22.25  
字数: 535 千字 2004 年 7 月第 1 版  
印数: 1-6 000 册 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12379-9/TP · 4047

定价: 32.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

# 前 言

可编程控制器是以微处理器为基础,综合了计算机技术、自动控制技术和网络通信技术等现代科技而发展起来的一种新型工业自动控制装置,是将计算机技术应用于工业控制领域的新产品。PLC 从诞生至今,仅有 30 年的历史,早期的可编程控制器主要用来代替继电器实现逻辑控制,因此称为可编程逻辑控制器(简称 PLC)。随着技术的发展,现代可编程控制器得到了异常迅猛的发展,其功能已经大大超过了逻辑控制的范围,并与 CAD/CAM、机器人技术一起被称为当代工业自动化的三大支柱之一。

近年来,PLC 的应用越来越受到人们的关注,也有许多该方面的图书出版。已有的图书大都是侧重于介绍 PLC 的工作原理,同时结合少量的编程练习和实验。本书则是从工程应用的角度出发,侧重于介绍 PLC 的应用技术,并精选了 PLC 在不同领域中的典型应用实例,力求案例丰富,内容可读性、可用性和实践性强。

全书共分为 10 章,第 1 章绪论,第 2 章可编程控制器的硬件结构,第 3 章可编程控制器的指令系统与梯形图,第 4 章可编程控制器的应用技术,第 5 章可编程控制器的应用程序设计,第 6 章电气控制类应用,第 7 章工业生产控制类应用,第 8 章机电设备控制类应用,第 9 章模拟量检测与控制类应用,第 10 章网络通信类应用。

全书的内容可以分为两大部分。第一部分包括前五章,重点介绍 PLC 的历史发展、功能和特点、工作机理、硬件构成、指令系统和编程语言,并进一步介绍了 PLC 控制系统设计和 PLC 应用程序设计中的基本理论与方法。内容编写上,力求简明扼要,并以大量的举例进行说明;同时,保证内容上的完整性和系统性,并为后面实例部分的理解奠定基础。

本书第二部分针对 PLC 的典型应用领域介绍了大量的应用实例,这些实例是在参阅和整理了大量相关资料的基础上编写的。其中,第 5、6、7 章介绍的是 PLC 在开关量控制中的应用,这是 PLC 最基本和应用最广泛的功能;第 8 章专门介绍 PLC 在模拟量检测与控制中的应用,PLC 在该方面的功能正日益强大;第 8 章则专门介绍了 PLC 的组网通信技术,这是 PLC 技术的一个重要发展方向。通过实际应用系统的设计实例,将 PLC 的工作机理、硬件设计和软件设计有机地融合在一起,使读者能够形成一个完整的概念。

编写本书的目的就是使读者尽快掌握 PLC 应用系统的设计技能,书中内容由浅入深,从基本原理学习过渡到 PLC 应用系统设计,从指令学习、简单编程过渡到 PLC 应用程序开发,从单台 PLC 控制技术过渡到 PLC 的网络通信技术,使读者能够逐渐将硬件设计和软件开发结合在一起,具备设计一个可用于实际的 PLC 应用系统的能力。

本书的主要作者为高钦和,中国工程院院士黄先祥教授给予了悉心指导,参与写作的还有郭晓松、杜中东、张志利、谢建、吴少军、张安、邓飙、张宝生、李淑智、李峰、王卫辉、冯永保、何润生、杜文正、蔡伟、程洪杰、郭刚、张志永、鲁大策、严鹏、秦岩、蒋威等。本书的编写还得益于许多同行专家的指导和协助,在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，加上受到设备条件及资料上的限制，因此书中难免有一些遗漏，恳请读者批评指正。如果有问题、意见、建议或相关的讨论，可通过 E-mail 和我们的联系：[quyanlian2@ptpress.com.cn](mailto:quyanlian2@ptpress.com.cn)。

编 者

2004 年 4 月

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 第 1 章 可编程控制器综述 .....         | 1  |
| 1.1 可编程控制器的历史 .....          | 1  |
| 1.2 可编程控制器的定义与发展 .....       | 2  |
| 1.3 可编程控制器系统的基本结构 .....      | 4  |
| 1.4 可编程控制器的分类 .....          | 5  |
| 1.5 可编程控制器的特点 .....          | 6  |
| 1.6 可编程控制器的应用领域 .....        | 7  |
| 1.7 常见可编程控制器 .....           | 8  |
| 1.8 可编程控制器的发展趋势 .....        | 9  |
| 第 2 章 可编程控制器的硬件结构 .....      | 11 |
| 2.1 可编程控制器的组成 .....          | 11 |
| 2.1.1 CPU 模块 .....           | 11 |
| 2.1.2 存储器 .....              | 12 |
| 2.1.3 底板及电源模块 .....          | 12 |
| 2.1.4 I/O 模块及特殊 I/O 模块 ..... | 12 |
| 2.1.5 通信接口模块 .....           | 13 |
| 2.2 可编程控制器的工作原理 .....        | 13 |
| 2.2.1 巡回扫描机制 .....           | 14 |
| 2.2.2 I/O 映像区 .....          | 15 |
| 2.2.3 I/O 响应时间 .....         | 16 |
| 2.3 可编程控制器的开关量 I/O 模块 .....  | 18 |
| 2.3.1 开关量 I/O 模块及其接线方式 ..... | 18 |
| 2.3.2 直流开关量输入模块 .....        | 19 |
| 2.3.3 交流开关量输入模块 .....        | 20 |
| 2.3.4 晶体管型开关量输出模块 .....      | 20 |
| 2.3.5 继电器型开关量输出模块 .....      | 21 |
| 2.3.6 本地 I/O 与远程 I/O .....   | 22 |
| 2.4 可编程控制器的模拟量 I/O 模块 .....  | 23 |
| 2.4.1 模拟量 I/O 模块的功用与种类 ..... | 23 |
| 2.4.2 模拟量输入模块 .....          | 23 |
| 2.4.3 模拟量输出模块 .....          | 24 |
| 2.5 可编程控制器的扩展 I/O 模块 .....   | 25 |
| 2.5.1 高速计数模块 .....           | 25 |

|              |                               |           |
|--------------|-------------------------------|-----------|
| 2.5.2        | 中断输入模块 .....                  | 27        |
| 2.5.3        | 闭环控制模块 .....                  | 27        |
| 2.5.4        | BCD 码输入/输出模块 .....            | 30        |
| 2.5.5        | 温度控制模块 .....                  | 30        |
| 2.5.6        | 数据通信模块 .....                  | 30        |
| <b>第 3 章</b> | <b>可编程控制器的编程语言与指令系统 .....</b> | <b>32</b> |
| 3.1          | 可编程控制器的编程语言 .....             | 32        |
| 3.1.1        | 常见编程语言简介 .....                | 32        |
| 3.1.2        | 梯形图的特点与编程规则 .....             | 34        |
| 3.2          | 可编程控制器的指令格式与编程元素 .....        | 37        |
| 3.2.1        | 可编程控制器的指令与指令格式 .....          | 37        |
| 3.2.2        | 可编程控制器指令中的变量与常数 .....         | 38        |
| 3.2.3        | 可编程控制器的编程元素 .....             | 40        |
| 3.3          | 可编程控制器的指令系统 .....             | 45        |
| 3.3.1        | 基本指令 .....                    | 45        |
| 3.3.2        | 步进指令 .....                    | 55        |
| 3.3.3        | 功能指令 .....                    | 58        |
| 3.3.4        | PLC 指令系统比较 .....              | 60        |
| 3.4          | 常见功能的梯形图实现 .....              | 63        |
| 3.4.1        | 控制器运行状态的指示 .....              | 63        |
| 3.4.2        | 单一脉冲发生器 .....                 | 63        |
| 3.4.3        | 顺序脉冲发生器 .....                 | 63        |
| 3.4.4        | 方波和占空比可调的脉冲发生器 .....          | 64        |
| 3.4.5        | 起动、保持和停止回路 .....              | 65        |
| 3.4.6        | 延时接通和断开回路 .....               | 65        |
| 3.4.7        | 长延时计时器 .....                  | 66        |
| 3.4.8        | 闪烁与单稳态回路 .....                | 66        |
| <b>第 4 章</b> | <b>可编程控制器的应用技术 .....</b>      | <b>68</b> |
| 4.1          | PLC 控制系统设计的基本原则与步骤 .....      | 68        |
| 4.1.1        | PLC 控制系统设计的基本原则 .....         | 68        |
| 4.1.2        | PLC 控制系统设计的一般步骤 .....         | 68        |
| 4.2          | PLC 的选型与硬件配置 .....            | 71        |
| 4.2.1        | PLC 机型的选择 .....               | 71        |
| 4.2.2        | PLC 容量的确定 .....               | 73        |
| 4.2.3        | I/O 模块的选择 .....               | 74        |
| 4.3          | PLC 运行方式及外部电路设计 .....         | 75        |
| 4.3.1        | 系统运行方式的设计 .....               | 75        |
| 4.3.2        | PLC 外部电路设计 .....              | 76        |
| 4.4          | PLC 控制系统的可靠性设计 .....          | 82        |

|              |                                |            |
|--------------|--------------------------------|------------|
| 4.4.1        | PLC 的环境适应性设计 .....             | 82         |
| 4.4.2        | 控制系统的冗余性设计 .....               | 84         |
| 4.4.3        | 控制系统的抗干扰性设计 .....              | 85         |
| 4.4.4        | 控制系统的故障诊断 .....                | 89         |
| <b>第 5 章</b> | <b>可编程控制器的应用程序设计 .....</b>     | <b>91</b>  |
| 5.1          | 可编程控制器应用程序的设计流程 .....          | 91         |
| 5.1.1        | 熟悉被控对象 .....                   | 91         |
| 5.1.2        | 熟悉编程器和编程语言 .....               | 92         |
| 5.1.3        | 参数表的定义 .....                   | 92         |
| 5.1.4        | 程序框图的设计 .....                  | 93         |
| 5.1.5        | 程序的编写 .....                    | 94         |
| 5.1.6        | 程序的测试 .....                    | 94         |
| 5.1.7        | 程序说明书的编写 .....                 | 94         |
| 5.2          | 逻辑控制程序设计的方法与技巧 .....           | 94         |
| 5.2.1        | 程序中输入设备状态的表示 .....             | 95         |
| 5.2.2        | 按钮信号的程序设计 .....                | 96         |
| 5.2.3        | 边沿信号的检测与程序设计 .....             | 98         |
| 5.2.4        | 时间控制逻辑的程序设计 .....              | 99         |
| 5.2.5        | 逻辑控制信号的输出 .....                | 100        |
| 5.2.6        | 逻辑控制程序的经验设计法 .....             | 102        |
| 5.2.7        | 逻辑控制程序设计中的状态分析法 .....          | 106        |
| 5.3          | 基于功能表图的顺序控制过程描述 .....          | 107        |
| 5.3.1        | 功能表图的由来 .....                  | 107        |
| 5.3.2        | 功能表图中的基本元素 .....               | 108        |
| 5.3.3        | 功能表图的基本结构 .....                | 111        |
| 5.3.4        | 功能表图中转换实现的基本规则 .....           | 112        |
| 5.3.5        | 功能表图绘制时的注意事项 .....             | 113        |
| 5.4          | 基于功能表图的顺序控制梯形图设计 .....         | 114        |
| 5.4.1        | 利用功能表图实现顺序控制的基本思想 .....        | 114        |
| 5.4.2        | 用起保停回路设计顺序控制梯形图 .....          | 115        |
| 5.4.3        | 用置位/复位指令设计顺序控制梯形图 .....        | 117        |
| 5.4.4        | 用移位寄存器设计顺序控制梯形图 .....          | 119        |
| 5.4.5        | 用步进指令设计顺序梯形图 .....             | 120        |
| 5.4.6        | 几种编程方法的比较 .....                | 120        |
| 5.5          | 程序设计中如何节省扫描时间 .....            | 121        |
| <b>第 6 章</b> | <b>电气控制类应用 .....</b>           | <b>123</b> |
| 6.1          | 实例 1——PLC 在三相异步电动机控制中的应用 ..... | 123        |
| 6.1.1        | 应用背景与需求 .....                  | 123        |
| 6.1.2        | 电动机的顺序启动控制 .....               | 123        |

|       |                                   |     |
|-------|-----------------------------------|-----|
| 6.1.3 | 电动机的正转、反转和停止控制 .....              | 124 |
| 6.1.4 | 电动机的星-三角降压启动控制 .....              | 125 |
| 6.1.5 | 总结与评价 .....                       | 127 |
| 6.2   | 实例 2——PLC 在自耦变压器控制多台电动机中的应用 ..... | 127 |
| 6.2.1 | 应用背景与需求 .....                     | 127 |
| 6.2.2 | PLC 控制系统分析与设计 .....               | 127 |
| 6.2.3 | PLC 控制梯形图设计 .....                 | 129 |
| 6.2.4 | 总结与评价 .....                       | 130 |
| 6.3   | 实例 3——PLC 在步进电机控制中的应用 .....       | 131 |
| 6.3.1 | 应用背景与需求 .....                     | 131 |
| 6.3.2 | PLC 控制步进电机的方式 .....               | 131 |
| 6.3.3 | PLC 控制步进电机的实现 .....               | 133 |
| 6.3.4 | 总结与评价 .....                       | 137 |
| 6.4   | 实例 4——PLC 在输电线路自动重合闸控制中的应用 .....  | 138 |
| 6.4.1 | 应用背景与需求 .....                     | 138 |
| 6.4.2 | 自动重合闸 PLC 控制系统设计 .....            | 138 |
| 6.4.3 | 自动重合闸 PLC 控制程序设计 .....            | 139 |
| 6.4.4 | 总结与评价 .....                       | 140 |
| 6.5   | 实例 5——PLC 在电镀专用行车控制中的应用 .....     | 141 |
| 6.5.1 | 应用背景与需求 .....                     | 141 |
| 6.5.2 | 电镀专用行车 PLC 控制系统设计 .....           | 141 |
| 6.5.3 | 电镀专用行车 PLC 控制程序设计 .....           | 144 |
| 6.5.4 | 总结与评价 .....                       | 145 |
| 6.6   | 实例 6——PLC 在交流双速电梯控制中的应用 .....     | 145 |
| 6.6.1 | 应用背景与需求 .....                     | 145 |
| 6.6.2 | 交流双速电梯 PLC 控制系统设计 .....           | 146 |
| 6.6.3 | 交流双速电梯 PLC 控制程序设计 .....           | 148 |
| 6.6.4 | 总结与评价 .....                       | 155 |
| 第 7 章 | 工业生产控制类应用 .....                   | 157 |
| 7.1   | 实例 7——PLC 在多工步机床控制中的应用 .....      | 158 |
| 7.1.1 | 应用背景与需求 .....                     | 158 |
| 7.1.2 | 多工步机床 PLC 控制系统的设计 .....           | 158 |
| 7.1.3 | 多工步机床 PLC 控制梯形图的设计 .....          | 160 |
| 7.1.4 | 总结与评价 .....                       | 160 |
| 7.2   | 实例 8——PLC 在光源机械上泡机械手控制中的应用 .....  | 163 |
| 7.2.1 | 应用背景与需求 .....                     | 163 |
| 7.2.2 | 控制过程分析与 PLC 选型 .....              | 164 |
| 7.2.3 | 采用移位寄存器控制法的控制梯形图设计 .....          | 165 |
| 7.2.4 | 总结与评价 .....                       | 168 |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 7.3 实例 9——PLC 在砂处理生产线上的应用 .....      | 168        |
| 7.3.1 应用背景与需求 .....                  | 168        |
| 7.3.2 砂处理生产线 PLC 控制系统分析 .....        | 168        |
| 7.3.3 采用计时器设计型砂输送控制梯形图 .....         | 169        |
| 7.3.4 采用鼓形控制器设计旧砂输送控制梯形图 .....       | 169        |
| 7.3.5 采用移位寄存器设计碾混系统控制梯形图 .....       | 172        |
| 7.3.6 总结与评价 .....                    | 173        |
| 7.4 实例 10——PLC 在机器人施釉生产线控制中的应用 ..... | 173        |
| 7.4.1 应用背景与需求 .....                  | 173        |
| 7.4.2 施釉生产线 PLC 控制系统设计 .....         | 174        |
| 7.4.3 施釉生产线 PLC 控制梯形图设计 .....        | 177        |
| 7.4.4 总结与评价 .....                    | 178        |
| 7.5 实例 11——PLC 在贮丝生产线系统控制中的应用 .....  | 178        |
| 7.5.1 应用背景与需求 .....                  | 178        |
| 7.5.2 贮丝生产线 PLC 控制系统的设计 .....        | 179        |
| 7.5.3 贮丝生产线 PLC 控制梯形图设计 .....        | 181        |
| 7.5.4 总结与评价 .....                    | 182        |
| 7.6 实例 12——PLC 用于生产过程的联锁报警控制 .....   | 186        |
| 7.6.1 应用背景与需求 .....                  | 186        |
| 7.6.2 生产过程联锁报警控制功能分析 .....           | 186        |
| 7.6.3 联锁报警控制功能的实现 .....              | 187        |
| 7.6.4 总结与评价 .....                    | 188        |
| <b>第 8 章 机电设备控制类应用 .....</b>         | <b>190</b> |
| 8.1 实例 13——PLC 在液压实验台控制中的应用 .....    | 190        |
| 8.1.1 应用背景与需求 .....                  | 190        |
| 8.1.2 实验台 PLC 控制系统设计与控制实例 .....      | 191        |
| 8.1.3 总结与评价 .....                    | 193        |
| 8.2 实例 14——PLC 在液体混合装置控制中的应用 .....   | 194        |
| 8.2.1 应用背景与需求 .....                  | 194        |
| 8.2.2 液体混合装置 PLC 控制系统设计 .....        | 194        |
| 8.2.3 液体混合装置 PLC 控制梯形图设计 .....       | 195        |
| 8.2.4 总结与评价 .....                    | 198        |
| 8.3 实例 15——PLC 在谷物烘干机自动控制中应用 .....   | 198        |
| 8.3.1 应用背景与需求 .....                  | 198        |
| 8.3.2 谷物烘干机 PLC 控制系统设计 .....         | 198        |
| 8.3.3 谷物烘干机 PLC 控制梯形图设计 .....        | 199        |
| 8.3.4 总结与评价 .....                    | 199        |
| 8.4 实例 16——PLC 在交通信号灯自动控制中的应用 .....  | 201        |
| 8.4.1 应用背景与需求 .....                  | 201        |

|       |                                     |     |
|-------|-------------------------------------|-----|
| 8.4.2 | 交通信号灯 PLC 控制系统分析与设计 .....           | 202 |
| 8.4.3 | 交通信号灯 PLC 控制梯形图设计 .....             | 204 |
| 8.4.4 | 总结与评价 .....                         | 205 |
| 8.5   | 实例 17——PLC 在桥式起重机检测控制中的应用 .....     | 205 |
| 8.5.1 | 应用背景与需求 .....                       | 205 |
| 8.5.2 | 桥式起重机检测的 PLC 控制系统设计 .....           | 206 |
| 8.5.3 | 桥式起重机检测的 PLC 控制梯形图设计 .....          | 207 |
| 8.5.4 | 总结与评价 .....                         | 210 |
| 8.6   | 实例 18——PLC 在高压离心风机控制中的应用 .....      | 210 |
| 8.6.1 | 应用背景与需求 .....                       | 210 |
| 8.6.2 | 高压离心风机 PLC 控制系统的分析与设计 .....         | 210 |
| 8.6.3 | 高压离心风机 PLC 控制梯形图设计 .....            | 211 |
| 8.6.4 | 总结与评价 .....                         | 212 |
| 8.7   | 实例 19——PLC 在多机系统自动切换控制中的应用 .....    | 213 |
| 8.7.1 | 应用背景与需求 .....                       | 213 |
| 8.7.2 | 双机系统自动切换的 PLC 控制 .....              | 213 |
| 8.7.3 | 双机系统自动切换的 PLC 控制 .....              | 215 |
| 8.7.4 | 总结与评价 .....                         | 216 |
| 第 9 章 | 模拟量检测与控制类应用 .....                   | 217 |
| 9.1   | 实例 20——PLC 实现模拟量检测与控制的基本方法 .....    | 217 |
| 9.1.1 | 应用背景与需求 .....                       | 217 |
| 9.1.2 | F1/F2 系列 PLC 的模拟量输入输出单元简介 .....     | 218 |
| 9.1.3 | 实现模拟量信号输入、运算与输出功能的编程实例 .....        | 220 |
| 9.1.4 | 总结与评价 .....                         | 222 |
| 9.2   | 实例 21——PLC 实现模拟量输入信号滤波的程序设计 .....   | 223 |
| 9.2.1 | 应用背景与需求 .....                       | 223 |
| 9.2.2 | 输入信号的惯性滤波法及其梯形图设计 .....             | 223 |
| 9.2.3 | 输入信号的平均值滤波法及其梯形图设计 .....            | 224 |
| 9.2.4 | 总结与评价 .....                         | 227 |
| 9.3   | 实例 22——PLC 模拟量信号的数值整定 .....         | 228 |
| 9.3.1 | 应用背景与需求 .....                       | 228 |
| 9.3.2 | 模拟量输入信号的数值整定 .....                  | 229 |
| 9.3.3 | 模拟量输出信号的数值整定 .....                  | 230 |
| 9.3.4 | 总结与评价 .....                         | 231 |
| 9.4   | 实例 23——PLC 闭环控制系统中 PID 控制器的实现 ..... | 232 |
| 9.4.1 | 应用背景与需求 .....                       | 232 |
| 9.4.2 | PLC 实现 PID 控制的方式 .....              | 232 |
| 9.4.3 | PLC PID 控制器的实现 .....                | 233 |
| 9.4.4 | 总结与评价 .....                         | 237 |

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| 9.5 实例 24——PLC 在温度监测与控制系统中的应用 .....     | 237        |
| 9.5.1 应用背景与需求 .....                     | 237        |
| 9.5.2 PLC 温度监测与控制系统的设计 .....            | 237        |
| 9.5.3 PLC 温度监测与控制梯形图的设计 .....           | 238        |
| 9.5.4 总结与评价 .....                       | 243        |
| 9.6 实例 25——PLC 在双参量随动控制系统中的应用 .....     | 243        |
| 9.6.1 应用背景与需求 .....                     | 243        |
| 9.6.2 PLC 双参量随动控制系统设计 .....             | 244        |
| 9.6.3 双参量随动控制梯形图设计 .....                | 245        |
| 9.6.4 总结与评价 .....                       | 248        |
| 9.7 实例 26——PLC 在轴承滚针分选机控制中的应用 .....     | 248        |
| 9.7.1 应用背景与需求 .....                     | 248        |
| 9.7.2 轴承滚针分选机 PLC 控制系统设计 .....          | 248        |
| 9.7.3 PLC 控制梯形图的设计 .....                | 250        |
| 9.7.4 总结与评价 .....                       | 252        |
| 9.8 实例 27——PLC 在污水处理模糊控制中的应用 .....      | 252        |
| 9.8.1 应用背景与需求 .....                     | 252        |
| 9.8.2 SBR 法污水处理过程分析 .....               | 253        |
| 9.8.3 PLC 模糊控制器的设计 .....                | 253        |
| 9.8.4 总结与评价 .....                       | 257        |
| <b>第 10 章 网络通信类应用 .....</b>             | <b>258</b> |
| 10.1 网络通信中的基本概念 .....                   | 258        |
| 10.1.1 并行通信与串行通信 .....                  | 258        |
| 10.1.2 异步传输和同步传输 .....                  | 259        |
| 10.1.3 单工通信与双工通信 .....                  | 260        |
| 10.1.4 基带传输与频带传输 .....                  | 261        |
| 10.1.5 数据传输速率 .....                     | 262        |
| 10.1.6 数据传输中的差错控制与检错码 .....             | 263        |
| 10.1.7 串行通信接口标准 .....                   | 264        |
| 10.2 工业局域网及其组网技术 .....                  | 267        |
| 10.2.1 局域网基础 .....                      | 267        |
| 10.2.2 工业局域网的组网技术 .....                 | 274        |
| 10.2.3 现场总线技术 .....                     | 275        |
| 10.3 实例 28——西门子 S7 系列 PLC 的网络通信技术 ..... | 281        |
| 10.3.1 应用背景与需求 .....                    | 281        |
| 10.3.2 S7 系列 PLC 的网络结构与协议 .....         | 282        |
| 10.3.3 S7-200 PLC 的通信方式与硬件选择 .....      | 284        |
| 10.3.4 编程软件中 S7-200 PLC 的通信参数设置 .....   | 286        |
| 10.3.5 S7-200 PLC 的通信指令 .....           | 288        |

|        |                                         |     |
|--------|-----------------------------------------|-----|
| 10.3.6 | S7-200 通信应用实例 .....                     | 291 |
| 10.3.7 | S7-300/ S7-400 的通信与组网 .....             | 293 |
| 10.4   | 实例 29——Windows 下计算机与 PLC 串行通信的实现 .....  | 295 |
| 10.4.1 | 应用背景与需求 .....                           | 295 |
| 10.4.2 | Delphi 下用 Windows API 函数实现计算机串行通信 ..... | 295 |
| 10.4.3 | Windows 串行通信控件 MSComm 介绍 .....          | 296 |
| 10.4.4 | VB 下用 MSComm 实现计算机与 PLC 的串行通信 .....     | 297 |
| 10.4.5 | 总结与评价 .....                             | 299 |
| 10.5   | 实例 30——自由端口模式下 PLC 串行通信的实现 .....        | 300 |
| 10.5.1 | 应用背景与需求 .....                           | 300 |
| 10.5.2 | 自由端口初始化与参数设置 .....                      | 300 |
| 10.5.3 | 程序设计要考虑的几个问题 .....                      | 303 |
| 10.5.4 | 编程实例 .....                              | 305 |
| 10.5.5 | 总结与评价 .....                             | 307 |
| 10.6   | 实例 31——OMRON 系列 PLC 与计算机的通信技术 .....     | 307 |
| 10.6.1 | 应用背景 .....                              | 307 |
| 10.6.2 | OMRON PLC 与上位机的硬件连接 .....               | 307 |
| 10.6.3 | OMRON PLC 与上位机的通信协议 .....               | 308 |
| 10.6.4 | 用 VB 实现 OMRON PLC 与计算机的串行通信 .....       | 311 |
| 10.6.5 | 用 VC++实现 OMRON PLC 与计算机的串行通信 .....      | 313 |
| 10.6.6 | 总结与评价 .....                             | 316 |
| 10.7   | 实例 32——FX 系列 PLC 与计算机串行通信的实现 .....      | 316 |
| 10.7.1 | 应用背景与需求 .....                           | 316 |
| 10.7.2 | FX2 PLC 与计算机的硬件连接 .....                 | 317 |
| 10.7.3 | FX2 系列 PLC 与计算机的通信协议 .....              | 318 |
| 10.7.4 | VC++语言下串行通信程序的设计 .....                  | 318 |
| 10.7.5 | 总结与评价 .....                             | 324 |
| 10.8   | 实例 33——基于 USS 协议实现 PLC 对变频器的控制 .....    | 324 |
| 10.8.1 | 应用背景与需求 .....                           | 324 |
| 10.8.2 | 变频器的 USS 控制协议 .....                     | 325 |
| 10.8.3 | PLC 控制变频器的程序设计 .....                    | 326 |
| 10.8.4 | 总结与评价 .....                             | 329 |
| 10.9   | 实例 34——PLC 在以太网中与上位计算机通信的实现 .....       | 329 |
| 10.9.1 | 应用背景与需求 .....                           | 329 |
| 10.9.2 | 局域网技术与以太网 .....                         | 329 |
| 10.9.3 | PLC 与以太网的结合 .....                       | 332 |
| 10.9.4 | 用组态王实现 PLC 在以太网中的通信 .....               | 332 |
| 10.9.5 | 总结与评价 .....                             | 336 |
| 10.10  | 实例 35——利用电话网实现 PLC 与计算机的远程通信 .....      | 336 |

---

|         |                            |     |
|---------|----------------------------|-----|
| 10.10.1 | 应用背景与需求 .....              | 336 |
| 10.10.2 | PLC 与计算机远程通信系统的设计 .....    | 337 |
| 10.10.3 | 上位计算机远程通信功能的设计 .....       | 338 |
| 10.10.4 | MODBUS 协议下 PLC 的通信程序 ..... | 339 |
| 10.10.5 | 总结与评价 .....                | 341 |

# 第1章 可编程控制器综述

可编程控制器（Programmable Controller）是以微处理机为基础，综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术等现代科技而发展起来的一种新型工业自动控制装置，是将计算机技术应用于工业控制领域的新产品。早期的可编程控制器主要用来代替继电器实现逻辑控制，因此称为可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller），简称 PLC，随着技术的发展，现代可编程控制器的功能已经超过了逻辑控制的范围。

PLC 从诞生至今，仅有 30 年的历史，但是得到了异常迅猛的发展，并与 CAD/CAM、机器人技术一起被誉为当代工业自动化的三大支柱之一。

## 1.1 可编程控制器的历史

20 世纪 20 年代起，人们把各种继电器、定时器、接触器及其触点按一定的逻辑关系连接起来组成控制系统，控制各种机械设备，这是传统的继电器控制系统。由于它结构简单、容易掌握，在一定范围内能满足控制要求，因而使用面很广，在工业控制领域中一直占有主导地位。

随着工业的发展，设备和生产过程越来越复杂。复杂的系统可能使用成百上千个各式各样的继电器，并用成千上万根导线以复杂的方式连接起来，执行相应的复杂的控制任务。作为单台装置，继电器本身是比较可靠的。但是，对于复杂的控制系统，继电器控制系统存在两个缺点：

一是可靠性差，排除故障困难。继电器控制系统是接触控制，长期使用后机械性触点易损坏。如果某一个继电器损坏，甚至某一个继电器中的某一对触点接触不良，都会影响整个系统的正常运行。查找和排除故障往往是非常困难的，有时可能会花费大量的时间。

二是灵活性差，总体成本较高。继电器本身并不贵，但是控制柜内部的安装、接线工作量极大，因此整个控制柜的价格是相当高的。如果工艺要求发生变化，控制柜内的元件和接线也需要作相应的变动。但是，这种改造的工期长、费用高，以至于有的用户宁愿放弃旧的控制柜的改造，另外再制作一台新的控制柜。

现代社会要求制造业对市场要求作出迅速的反应，生产出小批量、多品种、多规格、低成本和高质量的产品，传统的继电器控制系统已经成为实现这一目标的障碍。以汽车制造为例，进入到 20 世纪 60 年代，汽车生产流水线的自动控制系统基本上都是由继电器控制装置构成的。20 世纪 60 年代末期，美国的汽车制造业竞争激烈，各生产厂家的汽车型号不断更新，它必然要求加工的生产线亦随之改变，以及对整个控制系统重新配置。随着生产的发展，汽车型号更新的周期愈来愈短，这样，继电器控制装置就需要经常更新和安装，十分费时、费工、费料，甚至阻碍了更新周期的缩短。为了改变这一状况，美国通用汽车公司（GM）

在 1968 年公开招标, 要求用新的控制装置取代继电器控制装置, 并提出了 10 项招标指标, 即:

1. 编程方便, 现场可修改程序;
2. 维修方便, 采用模块化结构;
3. 可靠性高于继电器控制装置;
4. 体积小于继电器控制装置;
5. 数据可直接送入管理计算机;
6. 成本可与继电器控制装置竞争;
7. 输入可以为市电;
8. 输出为市电, 输出电流在 2A 以上, 能直接驱动电磁阀、接触器等;
9. 在扩展时, 原系统只需少量的变更;
10. 用户程序存储器容量至少能扩展到 4KB。

这就是著名的“GM 十条”。这些要求实际上提出了将继电器控制系统的简单易懂、使用方便的优点与计算机的功能完善、灵活性和通用性好的优点结合起来, 将继电器硬连线逻辑控制转变为计算机的软逻辑控制的设想。

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 研制出第一台 PLC, 在美国通用汽车自动装配线上试用, 获得了成功。这种新型的工业控制装置以其简单易懂、操作方便、可靠性高、通用灵活、体积小、使用寿命长等一系列优点, 很快地在美国其他工业领域得到了推广应用。到 1971 年, 已经成功地应用于食品、饮料、冶金、造纸等工业。

这一新型工业控制装置的出现, 也受到了世界其他国家的高度重视。1971 年日本从美国引进了这项新技术, 很快研制出了日本第一台 PLC。1973 年, 西欧国家也研制出它们的第一台 PLC。我国从 1974 年开始研制, 于 1977 年开始工业应用。

## 1.2 可编程控制器的定义与发展

### 1. PLC 的定义

PLC 问世以来, 尽管时间不长, 但发展迅速。为了使其生产和发展标准化, 美国电气制造商协会 NEMA (National Electrical Manufactory Association) 经过 4 年的调查工作, 于 1984 年首先将其正式命名为 PC (Programmable Controller), 并作了如下定义:

PC 是一个数字式的电子装置, 它使用了可编程序的记忆体储存指令, 用来执行诸如逻辑、顺序、计时、计数和演算等功能, 并通过数字或类似的输入/输出模块, 以控制各种机械或工作程序。一部数字电子计算机若是从事执行 PC 之功能, 亦被视为 PC, 但不包括鼓式或类似的机械式顺序控制器。

但是为了避免与个人计算机 (Personal Computer) 的简称混淆, 通常还是将可编程控制器简称为 PLC。

以后国际电工委员会 (IEC) 又先后颁布了 PLC 标准的草案第一稿、第二稿, 并在 1987 年 2 月通过了对它的定义:

可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境应用而设计的。它采用

一类可编程的存储器,用于其内部存储程序,执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等面向用户的指令,并通过数字或模拟式输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外部设备,都按易于与工业控制系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

总之,可编程控制器是一台专用计算机,它是专为工业环境应用而设计制造的计算机。它具有多输入/输出接口,并且具有较强的驱动能力。但可编程控制器产品并不针对某一具体工业应用,在实际应用时,其硬件需根据实际需要进行选用配置,其软件需根据控制要求进行设计编制。

## 2. PLC 的发展阶段

PLC 问世以来,随着微处理器的出现,大规模、超大规模集成电路技术的迅速发展和数据通信技术的不断进步,PLC 也迅速发展。其发展过程大致可分以下 3 个阶段。

### (1) 早期的 PLC (20 世纪 60 年代末至 70 年代中期)

早期的 PLC 一般称为可编程逻辑控制器。这时的 PLC 主要是作为继电器控制装置的替代物而出现的,其主要功能是执行原先由继电器完成的顺序控制、定时等功能,将继电器的“硬接线”控制方式变为“软接线”方式。

早期的 PLC 在硬件上以准计算机的形式出现,在 I/O 接口电路上了改进以适应工业控制现场的要求。装置中的器件主要采用分立元件和中小规模集成电路,存储器采用磁芯存储器。另外还采取了一些措施,以提高其抗干扰的能力。

在软件编程方面,采用了广大电气工程技术人员所熟悉的继电器控制线路的方式,即梯形图。因此,早期的 PLC 的性能要优于继电器控制装置,其优点包括简单易懂、便于安装、体积小、能耗低、有故障指示、能重复使用等。梯形图作为 PLC 特有的编程语言一直沿用至今。

### (2) 中期的 PLC (20 世纪 70 年代中期至 80 年代中、后期)

20 世纪 70 年代初期,出现了微处理器,由于其体积小、功能强、价格便宜,很快被用于 PLC。美国、日本、德国等一些厂家先后开始采用微处理器作为 PLC 的中央处理单元(CPU),使 PLC 的功能增强、工作速度加快、体积减小、可靠性提高、成本下降。

在硬件方面,除了保持其原有的开关模块以外,中期的 PLC 增加了模拟量模块、远程 I/O 模块、各种特殊功能模块;扩大了存储器的容量,增加了各种逻辑线圈的数量;还提供了一定数量的数据寄存器,使 PLC 应用范围得以扩大。

在软件方面,除了保持其原有的逻辑运算、计时、计数等功能以外,中期的 PLC 还增加了算术运算、数据处理和传送、通信、自诊断等功能,指令系统大为丰富,系统可靠性也得到了提高。

### (3) 近期的 PLC (20 世纪 80 年代中、后期至今)

进入 20 世纪 80 年代中、后期,由于超大规模集成电路技术的迅速发展,微处理器的市场价格大幅度下跌,使得各种类型的 PLC 所采用的微处理器的档次普遍提高。而且,为了进一步提高 PLC 的处理速度,各制造厂商还纷纷研制开发了专用逻辑处理芯片。这样使得 PLC 在软、硬件功能上都发生了巨大变化。

现代 PLC 不仅能够完全胜任对大量开关量信号的逻辑控制功能,还具有很强的数学运