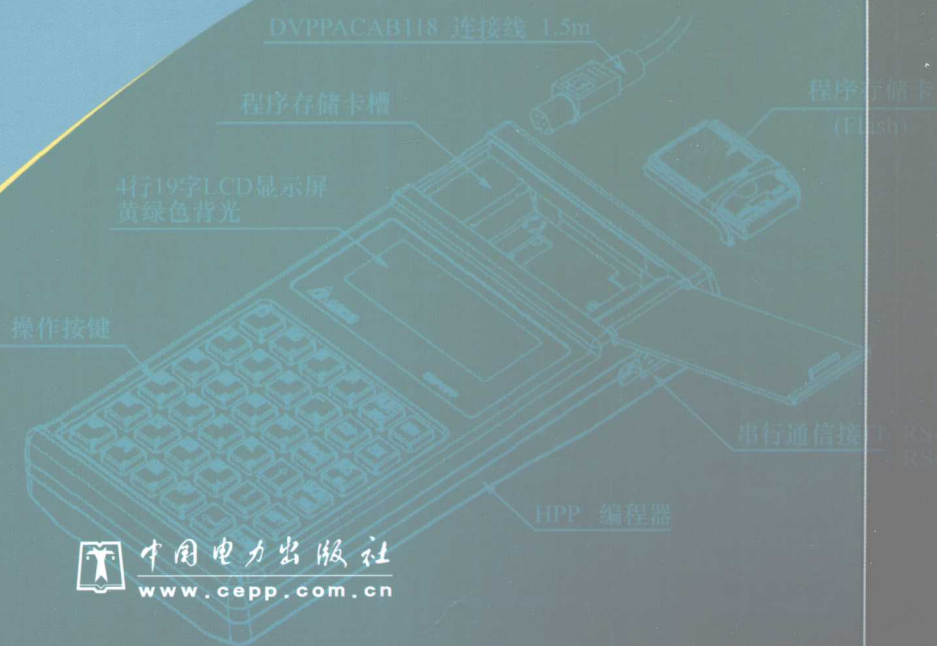


# 台达ES/EX/SS系列PLC 应用技术

张希川 编著



中国电力出版社  
www.cepp.com.cn



# 台达ES/EX/SS系列PLC 应用技术

张希川 编著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

为满足教学及实际工程应用的需要,本书以台达(Delta)ES/EX/SS系列PLC为例,主要介绍了PLC的组成和工作原理、机型特点、指令系统、编程方法和编程软件,还给出了一些应用范例。

本书注重理论联系实际,由浅入深、逐层递进地编排章节,既方便教学,又有利于提高读者的实际操作能力。

本书可作为高等院校机械设计制造及其自动化、自动化、电气工程及其自动化、材料成型及控制工程等相关本科生或研究生教材,也可作为相关领域工程技术人员的参考资料。

## 图书在版编目(CIP)数据

台达ES/EX/SS系列PLC应用技术 / 张希川编著. —北京:  
中国电力出版社, 2009

ISBN 978-7-5083-8316-3

I. 台… II. 张… III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第212034号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2009年2月第一版 2009年2月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 13印张 310千字

印数 0001—3000册 定价 24.00元

## 敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

可编程逻辑控制器 (Programmer Logic Controller, PLC) 是以微处理器为核心的工业控制器。经过多年的发展与实践, PLC 的功能和性能已经有了很大的提高。从当初用于逻辑控制和顺序控制领域, 扩展到运动控制和过程控制领域。可编程逻辑控制器也改称为可编程控制器 (Programmer Controller, PC), 由于个人计算机也简称 PC (Personal Computer), 为了避免混淆, 可编程控制器仍被称为 PLC。

PLC 的模块化结构以及远程 I/O 模块功能的不断完善, 使其易于实现多级控制 (分布控制、分散控制)。通过不同级别的网络, 将 PLC 与 PLC、PLC 与远程 I/O 模块、PLC 与人机界面以及 PLC 与 PC 连接起来, 形成管控一体化的网络结构。

PLC 是集成计算机技术、自动控制技术和通信技术的高新技术产品。因其具有功能完备、可靠性高、使用灵活方便的显著优点, 可以说 PLC 是现代工业各个领域发展最快、应用最广的控制装置。可编程控制技术已成为现代控制技术的重要支柱之一。

本书以中达电通股份有限公司生产的 ES/EX/SS 系列 PLC 为例, 介绍了 PLC 的基本原理及使用方法。本书可作为高等院校机电类专业教材, 也可供工程技术人员参考。

本书由沈阳工业大学张希川编著, 参加编写的还有哈尔滨工业大学的张悦、于兴滨、王宗伟和东北制药总厂建筑安装公司的左丽娜, 其中张希川编写了第 1、3、5、6 章及附录, 王宗伟编写了第 2 章, 张悦编写了第 4 章, 于兴滨编写了第 7 章, 左丽娜编写了第 8 章。全书由张希川统稿并任主编。沈阳工业大学夏加宽教授任本书主审, 他对本书提出了许多宝贵建议, 在此表示衷心感谢!

在本书编写过程中, 还得到了中达电通股份有限公司沈阳分公司机电业务处经理曹焕东先生和应用工程师谭庆贵先生的大力支持与帮助, 在此表示由衷感谢!

限于编者水平, 书中疏漏或错误之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

联系邮箱: sut-plc@163.com

编者

2009 年 1 月

## CONTENTS 目 录

## 前 言

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第 1 章 绪论                 | 1  |
| 1.1 可编程控制器的定义            | 1  |
| 1.2 可编程控制器的产生及发展         | 1  |
| 1.3 可编程控制器的功能与应用         | 3  |
| 1.3.1 可编程控制器的功能          | 3  |
| 1.3.2 可编程控制器的应用          | 3  |
| 1.4 可编程控制器的分类与特点         | 4  |
| 1.4.1 可编程控制器的分类          | 4  |
| 1.4.2 可编程控制器的特点          | 5  |
| 1.5 PLC 控制系统与其他工业控制系统的比较 | 6  |
| 1.5.1 与继电器控制系统的比较        | 6  |
| 1.5.2 与计算机控制系统的比较        | 7  |
| 1.5.3 与分散控制系统的比较         | 8  |
| 1.5.4 与软 PLC 控制系统的比较     | 8  |
| 1.5.5 与 PAC 控制系统的比较      | 9  |
| 1.6 可编程控制器的发展趋势          | 9  |
| 第 2 章 可编程控制器的组成和工作原理     | 11 |
| 2.1 PLC 的系统结构            | 11 |
| 2.2 PLC 的基本组成            | 12 |
| 2.2.1 中央处理器 CPU 模块       | 12 |
| 2.2.2 存储器                | 12 |
| 2.2.3 输入/输出模块            | 13 |
| 2.2.4 电源模块               | 13 |
| 2.2.5 编程器和编程软件           | 13 |
| 2.3 PLC 的内部装置            | 14 |
| 2.4 PLC 的工作原理            | 16 |
| 2.4.1 PLC 的基本原理          | 16 |
| 2.4.2 PLC 的工作过程          | 16 |
| 2.5 可编程控制器的编程方式          | 19 |
| 2.5.1 指令符语言编程            | 20 |
| 2.5.2 梯形图语言编程            | 21 |
| 2.5.3 顺序功能图语言编程          | 22 |

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| <b>第 3 章 台达 ES/EX/SS 系列 PLC 简介</b> | 24 |
| 3.1 台达 PLC 简介                      | 24 |
| 3.1.1 台达 PLC 的系列                   | 24 |
| 3.1.2 台达 PLC 的型号                   | 24 |
| 3.1.3 台达 PLC 的周边设备                 | 25 |
| 3.2 ES 系列 PLC                      | 25 |
| 3.2.1 ES 系列 PLC 的构成                | 25 |
| 3.2.2 ES 系列 PLC 的基本技术性能            | 26 |
| 3.3 EX 系列 PLC                      | 30 |
| 3.3.1 模拟量的输入                       | 31 |
| 3.3.2 模拟量的输出                       | 32 |
| 3.4 SS 系列 PLC                      | 33 |
| 3.5 扩展模块                           | 34 |
| 3.6 ES/EX/SS 系列 PLC 的装置与功能         | 34 |
| 3.6.1 DVP-PLC 的装置编号                | 34 |
| 3.6.2 输入/输出触点 X / Y                | 35 |
| 3.6.3 辅助继电器 M                      | 35 |
| 3.6.4 定时器 T                        | 36 |
| 3.6.5 计数器 C                        | 36 |
| 3.6.6 步进继电器 S                      | 37 |
| 3.6.7 寄存器 D、E、F                    | 38 |
| 3.6.8 指针 N、P、中断指针 I                | 38 |
| 3.6.9 数值常量 K、H                     | 39 |
| 3.7 PLC 的编程工具                      | 40 |
| 3.7.1 编程器简介                        | 40 |
| 3.7.2 编程器的使用                       | 42 |
| 3.7.3 程序的读写与清除                     | 47 |
| 3.7.4 计算机专用编程软件                    | 49 |
| 3.8 出错代码及原因                        | 49 |
| <b>第 4 章 PLC 的指令系统</b>             | 51 |
| 4.1 基本指令                           | 51 |
| 4.1.1 一般指令                         | 51 |
| 4.1.2 输出指令                         | 53 |
| 4.1.3 定时器和计数器指令                    | 54 |
| 4.1.4 主控指令                         | 55 |
| 4.1.5 触点上升沿和下降沿指令                  | 55 |
| 4.1.6 脉冲输出指令                       | 56 |
| 4.1.7 步进梯形指令                       | 56 |
| 4.1.8 其他一般指令                       | 56 |
| 4.2 应用指令的基本构成                      | 57 |
| 4.2.1 应用指令的编号与格式                   | 57 |
| 4.2.2 操作数                          | 58 |
| 4.2.3 标志信号                         | 59 |
| 4.2.4 指令使用的次数限制                    | 59 |

|        |                   |     |
|--------|-------------------|-----|
| 4.2.5  | 对 Kn 型字装置的处理      | 60  |
| 4.2.6  | 浮点数的表示方法          | 60  |
| 4.2.7  | 变址寄存器 E、F 对操作数的修饰 | 61  |
| 4.3    | 应用指令的分类说明         | 61  |
| 4.3.1  | 程序流程控制指令          | 61  |
| 4.3.2  | 传送比较指令            | 64  |
| 4.3.3  | 四则逻辑运算指令          | 67  |
| 4.3.4  | 循环移位与移位指令         | 70  |
| 4.3.5  | 数据处理指令            | 73  |
| 4.3.6  | 高速处理指令            | 76  |
| 4.3.7  | 便利指令              | 79  |
| 4.3.8  | 外部 I/O 设备         | 80  |
| 4.3.9  | 外部 SER 设备命令       | 82  |
| 4.3.10 | 变频器通信指令           | 84  |
| 4.3.11 | 浮点运算指令            | 92  |
| 4.3.12 | 数据处理 II 指令        | 98  |
| 4.3.13 | 触点形态比较指令 LD※      | 102 |
| 4.3.14 | 触点形态比较指令 AND※     | 103 |
| 4.3.15 | 触点形态比较指令 OR※      | 103 |

## 第 5 章 梯形图语言的编程原理 105

|       |                    |     |
|-------|--------------------|-----|
| 5.1   | 梯形图语言基础            | 105 |
| 5.1.1 | 梯形图的组成元素           | 105 |
| 5.1.2 | 梯形图的执行             | 107 |
| 5.1.3 | 梯形图的执行控制           | 108 |
| 5.2   | PLC 的梯形图原理         | 108 |
| 5.2.1 | PLC 梯形图与传统梯形图的区别   | 108 |
| 5.2.2 | 梯形图的分类             | 109 |
| 5.2.3 | 与梯形图对应的时序图         | 110 |
| 5.3   | PLC 梯形图的基本结构       | 111 |
| 5.3.1 | PLC 内部装置的图形结构与连接方法 | 111 |
| 5.4   | PLC 梯形图的编辑要点       | 113 |
| 5.4.1 | 连续编号               | 113 |
| 5.4.2 | 程序的指令符解析           | 114 |
| 5.4.3 | 梯形图中的模糊结构          | 114 |
| 5.5   | PLC 梯形图常见的错误图形     | 115 |
| 5.6   | PLC 梯形图的化简及修正      | 116 |
| 5.6.1 | PLC 梯形图的化简         | 116 |
| 5.6.2 | 复杂“讯号回流”的修正        | 117 |
| 5.7   | 常用基本程序设计范例         | 118 |
| 5.7.1 | 启动、停止及自锁           | 118 |
| 5.7.2 | 常用的控制回路            | 119 |

## 第 6 章 顺序功能图语言的编程原理 123

|     |          |     |
|-----|----------|-----|
| 6.1 | 顺序功能图的概念 | 123 |
|-----|----------|-----|

|       |                |     |
|-------|----------------|-----|
| 6.2   | 顺序功能图的基本图标和指令  | 124 |
| 6.2.1 | 顺序功能图的基本图标     | 124 |
| 6.2.2 | 步进梯形开始指令 STL   | 124 |
| 6.2.3 | 步进梯形结束指令 RET   | 124 |
| 6.3   | 步进梯形的动作说明      | 125 |
| 6.3.1 | 步进梯形动作         | 125 |
| 6.3.2 | 步进梯形动作时序图      | 126 |
| 6.3.3 | 输出线圈的重复使用      | 126 |
| 6.3.4 | 定时器的重复使用       | 126 |
| 6.3.5 | 步进点的转移         | 127 |
| 6.3.6 | 输出点驱动的限制       | 127 |
| 6.3.7 | 一些指令使用的限制      | 128 |
| 6.3.8 | RET 指令的正确使用    | 128 |
| 6.3.9 | 其他注意事项         | 128 |
| 6.4   | 步进梯形图的流程分类     | 129 |
| 6.4.1 | 单流程与多流程        | 129 |
| 6.4.2 | 选择分支与选择汇合结构    | 130 |
| 6.4.3 | 并行分支与并行汇合结构    | 131 |
| 6.4.4 | 分支与汇合的混合结构     | 131 |
| 6.4.5 | 用步进梯形图编程时的特殊问题 | 135 |
| 6.5   | 步进梯形图的应用       | 136 |

## 第 7 章 PLC 编程软件的功能与使用 139

|        |           |     |
|--------|-----------|-----|
| 7.1    | 软件简介与安装   | 139 |
| 7.2    | 初始设定与程序建立 | 140 |
| 7.3    | 编程软件的主要功能 | 141 |
| 7.3.1  | 文件菜单      | 141 |
| 7.3.2  | 通信菜单      | 142 |
| 7.3.3  | 设定菜单      | 143 |
| 7.3.4  | 窗口菜单      | 143 |
| 7.3.5  | 说明菜单      | 143 |
| 7.3.6  | 编辑菜单      | 144 |
| 7.3.7  | 编译菜单      | 144 |
| 7.3.8  | 批注菜单      | 145 |
| 7.3.9  | 查找菜单      | 145 |
| 7.3.10 | 视图菜单      | 145 |
| 7.4    | 梯形图编辑模式   | 146 |
| 7.4.1  | 梯形图编辑模式环境 | 146 |
| 7.4.2  | 基本操作      | 147 |
| 7.4.3  | 键盘指令码输入操作 | 148 |
| 7.4.4  | 梯形图编辑实例   | 149 |
| 7.5    | 指令编辑模式    | 150 |
| 7.5.1  | 指令编辑模式环境  | 150 |
| 7.5.2  | 基本操作      | 150 |
| 7.6    | SFC 编辑模式  | 152 |

|        |                   |     |
|--------|-------------------|-----|
| 7.6.1  | SFC 编辑模式环境 .....  | 152 |
| 7.6.2  | 基本操作 .....        | 152 |
| 7.7    | 批注编辑 .....        | 158 |
| 7.7.1  | 梯形图编辑模式 .....     | 158 |
| 7.7.2  | SFC 编辑模式 .....    | 159 |
| 7.7.3  | 指令编辑模式 .....      | 159 |
| 7.8    | 通信联机模式 .....      | 159 |
| 7.8.1  | 传送数据 .....        | 160 |
| 7.8.2  | 程序验证 .....        | 161 |
| 7.8.3  | 密码功能 .....        | 161 |
| 7.8.4  | 执行/停止 PLC .....   | 162 |
| 7.8.5  | 梯形图监控 .....       | 163 |
| 7.8.6  | SFC 监控 .....      | 163 |
| 7.8.7  | 装置监控 .....        | 163 |
| 7.8.8  | 改变当前值 .....       | 165 |
| 7.8.9  | 寄存器编辑 .....       | 165 |
| 7.8.10 | 装置状态编辑 .....      | 166 |
| 7.8.11 | PLC 程序内存设定 .....  | 167 |
| 7.8.12 | PLC 通信侦测 .....    | 168 |
| 7.8.13 | PLC 状态信息 .....    | 168 |
| 7.9    | 设定功能介绍 .....      | 168 |
| 7.9.1  | 通信设定 .....        | 168 |
| 7.9.2  | 自动保存设定 .....      | 169 |
| 7.9.3  | 梯形图颜色及文字设定 .....  | 169 |
| 7.9.4  | 装置批注提示 .....      | 170 |
| 第 8 章  | PLC 的综合应用实例 ..... | 171 |
| 8.1    | 电动机正反转控制 .....    | 172 |
| 8.1.1  | 分析控制要求和过程 .....   | 172 |
| 8.1.2  | 确定控制方案 .....      | 172 |
| 8.1.3  | 确定装置分配与编号 .....   | 172 |
| 8.1.4  | 编写应用程序 .....      | 172 |
| 8.1.5  | 检验、修改和完善程序 .....  | 173 |
| 8.2    | 产品批量包装与产量统计 ..... | 173 |
| 8.2.1  | 分析控制要求和过程 .....   | 173 |
| 8.2.2  | 确定控制方案 .....      | 174 |
| 8.2.3  | 确定装置分配与编号 .....   | 174 |
| 8.2.4  | 编写应用程序 .....      | 174 |
| 8.2.5  | 检验、修改和完善程序 .....  | 174 |
| 8.3    | 液体自动混合系统的控制 ..... | 175 |
| 8.3.1  | 分析控制要求和过程 .....   | 175 |
| 8.3.2  | 确定控制方案 .....      | 175 |
| 8.3.3  | 确定装置分配与编号 .....   | 175 |
| 8.3.4  | 编写应用程序 .....      | 176 |
| 8.3.5  | 检验、修改和完善程序 .....  | 176 |

|        |                              |     |
|--------|------------------------------|-----|
| 8.4    | 产品配方参数调用                     | 177 |
| 8.4.1  | 分析控制要求和过程                    | 177 |
| 8.4.2  | 确定控制方案                       | 177 |
| 8.4.3  | 确定输入/输出信号                    | 177 |
| 8.4.4  | 编写应用程序                       | 178 |
| 8.4.5  | 检验、修改和完善程序                   | 178 |
| 8.5    | 水库水位自动控制                     | 178 |
| 8.5.1  | 分析控制要求和过程                    | 178 |
| 8.5.2  | 确定控制方案                       | 179 |
| 8.5.3  | 确定装置分配与编号                    | 179 |
| 8.5.4  | 编写应用程序                       | 179 |
| 8.5.5  | 检验、修改和完善程序                   | 179 |
| 8.6    | 水塔水位高度警示控制                   | 180 |
| 8.6.1  | 分析控制要求和过程                    | 180 |
| 8.6.2  | 确定控制方案                       | 180 |
| 8.6.3  | 确定输入/输出信号                    | 181 |
| 8.6.4  | 编写应用程序                       | 181 |
| 8.6.5  | 检验、修改和完善程序                   | 181 |
| 8.7    | 水管流量精确计算                     | 181 |
| 8.7.1  | 分析控制要求和过程                    | 181 |
| 8.7.2  | 确定控制方案                       | 181 |
| 8.7.3  | 确定装置分配与编号                    | 181 |
| 8.7.4  | 编写应用程序                       | 182 |
| 8.7.5  | 检验、修改和完善程序                   | 182 |
| 8.8    | 流水线运行的编码与译码                  | 182 |
| 8.8.1  | 分析控制要求和过程                    | 182 |
| 8.8.2  | 确定控制方案                       | 182 |
| 8.8.3  | 确定装置分配与编号                    | 183 |
| 8.8.4  | 编写应用程序                       | 183 |
| 8.8.5  | 检验、修改和完善程序                   | 183 |
| 8.9    | DHSCS 切割机控制                  | 183 |
| 8.9.1  | 分析控制要求和过程                    | 183 |
| 8.9.2  | 确定控制方案                       | 183 |
| 8.9.3  | 确定装置分配与编号                    | 184 |
| 8.9.4  | 编写应用程序                       | 184 |
| 8.9.5  | 检验、修改和完善程序                   | 184 |
| 8.10   | 整数与浮点数混合的四则运算在流水线中的应用        | 184 |
| 8.10.1 | 分析控制要求和过程                    | 184 |
| 8.10.2 | 确定控制方案                       | 184 |
| 8.10.3 | 确定装置分配与编号                    | 185 |
| 8.10.4 | 编写应用程序                       | 185 |
| 8.10.5 | 检验、修改和完善程序                   | 185 |
| 附录 1   | 基本指令表 (仅限 ES/EX/SS 系列 PLC)   | 187 |
| 附录 2   | 应用指令 (仅限 ES/EX/SS 系列 PLC)    | 188 |
| 附录 3   | 特殊辅助继电器 (仅限 ES/EX/SS 系列 PLC) | 191 |
| 附录 4   | 特殊数据寄存器 (仅限 ES/EX/SS 系列 PLC) | 195 |
| 参考文献   |                              | 198 |

## 绪 论



台达 ES/EX/SS 系列 PLC 应用技术

## 1.1 可编程控制器的定义

20 世纪 60 年代末,随着现代工业自动化水平的日益提高及微电子技术的飞速发展,在继电器控制的基础上,出现了一种新型工业控制器,这就是可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)。PLC 自出现以来一直处于迅速发展之中,被誉为 20 世纪 70 年代的一场工业革命,但到目前为止,尚未给出其最后的定义。

美国电器制造商协会 NEMA 于 1984 年正式取名为可编程控制器(Programmable Controller, PC)。NEMA 经过四年的调查工作,给 PC 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,用来执行逻辑、顺序、定时、计数与演算等功能,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上述功能,亦被视为 PC,但不包括类似的机械式顺序控制器。”为避免与个人计算机(Personal Computer, PC)相混淆,一般仍习惯地将其称为 PLC。

国际电工委员会(IEC)在 1982 年 11 月颁布了可编程控制器标准草案的第一稿,1985 年 1 月颁布了第二稿,1987 年 2 月颁布了第三稿,对可编程控制器作了如下定义:“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,并通过数字式、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设备,都应按易于与工业控制器系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

## 1.2 可编程控制器的产生及发展

20 世纪 60 年代末期,由于市场的需要,美国汽车制造业的生产方式开始从大批量、少品种转变为小批量、多品种,而当时汽车组装生产线是采用继电器控制的。继电器控制系统体积大、耗电多,特别是改变生产程序很困难,已不适应生产要求。为尽量减少重新设计继电器控制系统和接线所需的成本和时间,1968 年美国最大的汽车制造商——通用汽车公司(GM)从用户角度提出了招标开发研制新一代工业控制器(可编程序逻辑控制器)的 10 条要求,如下所述。

(1) 在工厂里,必须能在最短的中断服务时间内,方便快捷地改变控制系统的硬件或设备,重新进行程序设计。



(2) 所有系统组件的运行, 不需要工厂提供特殊的设备、硬件及环境。

(3) 系统的维护和维修必须简单易行。在系统中应具有状态指示器和插入式模块, 以便在最短的停机时间内, 快速完成故障诊断与维修工作。

(4) 与继电器控制系统相比, 必须耗能少, 占用空间小。

(5) 必须能与中央数据收集处理系统进行通信, 以便监视系统运行状态和运行情况。

(6) 系统能将接收来自现有的标准控制系统中的按钮及限位开关的交流信号。

(7) 输出信号必须能驱动交流电动机起动器及电磁阀线圈。每个输出量要设计成可启停和连续操纵并具有额定电流的负载设备。

(8) 必须能以系统最小的变动和在最短的更换和停机时间内, 从系统的最小配置扩展到系统的最大配置。

(9) 与先行使用的继电器和固态逻辑系统相比, 在购买及安装费用上应更具有竞争能力。

(10) 存储设备的容量至少可被扩展到 4000 个存储字节或存储单元的容量。

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 根据上述要求, 研制出世界上第一台可编程控制器 PDP-14, 并在 GM 公司的汽车生产线上首次成功应用。这是工业控制装置中少数几种完全按照用户要求而开发的产品, 一出现就获得了巨大的成功。

此后, 这项新技术就迅速发展起来。美国的 MODICON 公司推出了 PDP-084。1971 年, 日本从美国引进了这项新技术, 并很快研制出了日本第一台可编程控制器 DSC-8。1973 年, 当时的西德和法国也研制出自己的可编程控制器产品。

早期的可编程控制器只是用采取代继电器控制, 执行逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能, 因此称之为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)。

20 世纪 70 年代中期, 随着微电子技术的发展, 微处理器被用于 PLC, 使之在原来逻辑运算功能基础上, 增加了数值运算、数据处理和闭环调节等功能, 运算速度提高, 输入/输出规模扩大, 应用更加广泛。20 世纪 80 年代至 90 年代中期, 是 PLC 发展最快的时期, 年增长率一直保持在 30%~40%。在这期间, PLC 的处理模拟量能力、数字运算能力、人机接口能力和网络能力大幅提高, PLC 逐渐进入过程控制领域, 而且在某些应用上取代了在过程控制领域处于统治地位的 DCS 系统。

我国从 1974 年开始研制, 但因元器件质量和技术问题等原因, 未能推广。1977 年, 我国研制出第一台具有实用价值的可编程控制器, 并开始应用于工业控制。

随着我国改革开放, 从 1982 年开始先后有天津、厦门、无锡、大连、上海、北京等地的仪表厂、无线电厂及研究所等单位与美国、德国、日本等可编程控制器的制造厂商进行了合资或引进技术、生产流水线等, 使我国可编程控制器技术与应用有了较大的发展。一些大中型的工程项目采用可编程控制器后, 取得了明显的经济效益, 反过来也促进了可编程控制器的发展。

随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的快速发展, 以 16 位和 32 位微处理器构成的微机化 PLC 也得到了快速的发展。PLC 不仅控制功能增强、可靠性提高、功耗降低、体积减小、成本下降、编程和故障检测更加灵活方便, 而且随着数据处理、远程 I/O、网络通信以及各种智能、特殊功能模块的开发, 使 PLC 不仅能出色地完成顺序控制, 也能进行连续生产过程中的模拟量控制、位置控制等, 还可实现柔性制造系统 (FMS), 应用面不断扩大。PLC 成为加速实现机电一体化和工业自动化的强有力工具。



现今, PLC 已经具有通用性强、使用方便、适应面广、可靠性高、抗干扰能力强、编程简单等特点。在可预见的将来, PLC 在工业自动化控制特别是顺序控制中的主导地位, 是其他控制技术无法取代的。

## 1.3 可编程控制器的功能与应用

### 1.3.1 可编程控制器的功能

PLC 的主要功能概括为以下几个方面。

- (1) 逻辑控制: PLC 具有与、或、非等逻辑运算功能, 以取代继电器进行开关量控制。
- (2) 定时控制: PLC 具有定时功能, 由定时指令控制的若干个定时器进行定时控制。
- (3) 计数控制: PLC 具有计数功能, 由计数指令控制的若干个计数器进行计数控制。
- (4) 步进控制: PLC 利用步进指令来实现多步的控制, 只有前一步完成后, 才能进行下一步操作, 从而取代由硬件构成的步进控制器。
- (5) A/D 和 D/A 转换: 通过 A/D 和 D/A 模块完成对模拟量和数字量的转换。
- (6) 数据处理: PLC 能进行数据传送、比较、移位、数制转换、算术运算与逻辑运算以及编码和译码等操作。
- (7) 存储功能: PLC 具有较强的存储功能。PLC 的存储器件多采用 CMOS 器件, 容量可从几 KB 到几 MB, 程序存储器和部分数字存储器还具有掉电保护数据的功能。
- (8) 扩展功能: PLC 通过连接输入/输出扩展单元模块来增加输入/输出点数, 也可通过增加智能或特殊功能模块来提高控制能力。
- (9) 监控功能: PLC 能监视系统各部分运行状态和进程, 对系统中出现的异常情况进行报警和记录, 甚至自动终止运行; 也可在线调整、修改控制程序中的定时器、计数器等设定值或强制 I/O 状态。
- (10) 自诊断功能: PLC 可以在线诊断本系统的软硬件及生产过程的状况。
- (11) 通信和联网: PLC 采用通信技术, 实现远程 I/O 控制和 PLC 之间的同级连接, 以及构成 1 台计算机与多台 PLC 的“集中管理、分散控制”的分布控制网络, 完成大规模的复杂控制。
- (12) 智能外围接口: 大中型 PLC 有智能外围接口。这些接口具有独立的处理器和存储器, 但只有某种特殊功能, 例如, 独立进行闭环调节, 可用于温度控制、位置控制, 也可用于连接显示终端、打印机等。有了智能外围接口, 可以大大地增强 PLC 的控制能力。

### 1.3.2 可编程控制器的应用

随着可编程控制器性价比的不断提高, 其应用越来越广泛。目前 PLC 广泛应用于机械、电力、纺织、汽车制造和化工设备等工业领域, 其主要发挥的作用有:

#### 1. 开关量逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域。PLC 完全取代了传统的继电器控制等顺序控制装置, 既能实现单机控制, 又可用于多机群控, 广泛地应用于机床、机械手、冲压、包装机械、铸造机械、运输带、电梯的控制; 化工系统中各种泵和电磁阀的控制; 冶金领域的高炉上料系统、轧机、连铸机、飞剪的控制; 还应用于电镀生产线、汽车装配生产线、饮料灌装生产线等控制。



## 2. 运动控制

配合 PLC 使用的专用智能模块,可以对步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴系统实现位置控制。在多数情况下,PLC 把描述目标位置的数据传送给模块,模块驱动轴系运动到目标位置。当每个轴转动时,位置控制模块使其保持适当的速度或加速度,确保运动平滑。

## 3. 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。PLC 通过模拟量 I/O 模块,实现模拟量和数字量之间的 A/D 转换和 D/A 转换,并对模拟量实现 PID 控制。现代的大中型 PLC 一般都有 PID 闭环控制功能,这一功能可以用 PID 子程序或专用的 PID 模块来实现。控制过程中某一个被控制量出现偏差时,PLC 按照 PID 控制算法计算出正确的输出,使输出变量保持在设定值上。PLC 的过程控制功能已经广泛地应用于塑料挤压成形机、加热炉、热处理炉、锅炉等设备,以及轻工、化工、机械、冶金、电力、建材等行业。

## 4. 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算、数据传送、转换、排序和查表等功能,可完成数据的采集、分析和处理。这些数据可以与储存在存储器中的参考值比较,也可以用通信功能传送到别的智能装置或打印制表。数据处理一般用于大型控制系统,如无人柔性制造系统,也可以用于过程控制系统,如造纸、冶金、食品工业等大型控制系统。

## 5. 机床的数字控制

PLC 和计算机数控(CNC)装置组合成一体(PLC+CNC),可以实现数字控制,组成数控机床。预计今后几年 CNC 系统将变成以 PLC 为主体的控制和管理系统。

## 6. 机器人控制

随着工厂自动化程度的提高,机器人的应用越来越广泛,PLC 被用于控制机器人。德国西门子公司制造的机器人,就采用该公司自己生产的 16bit PLC 进行控制。1 套控制系统可对具有 3 轴~6 轴的机器人进行控制,自动地处理其机械运作。

## 7. 通信联网

近年来,随着计算机网络和控制技术的发展,工厂自动化(FA)网络系统正在兴起。通过网络系统,PLC 可与远程 I/O 进行通信,多台 PLC 之间,以及 PLC 和其他智能设备(如计算机、变频器、数控装置等)之间也可相互通信,从而构成多级分布式控制系统。

# 1.4 可编程控制器的分类与特点

## 1.4.1 可编程控制器的分类

可编程控制器发展迅速,如今全世界有几百家工厂正在生产几千种不同规格和型号的 PLC。通常 PLC 可按以下 3 种方法分类。

### 1. 按结构形式分类

PLC 按结构形式可分为整体式和模块式两种。

(1) 整体式 PLC 是把其各组成部分安装在一块或少数几块印刷电路板上,并连同电源一起装在机壳内形成一个整体,称为主机。其特点是简单紧凑、体积较小、价格较低,通常小型或超小型 PLC 常采用这种结构。整体式 PLC 的主机可通过电缆与 I/O 扩展模块、智能模块(如 A/D、D/A 模块)等相连接。



(2) 模块式 PLC 是把其各基本组成部分做成独立的模块,如 CPU 模块(包含存储器)、输入模块、输出模块、电源模块等,然后用类似于搭积木的方法组装在带插槽的标准机架内。通常大中型 PLC 常采用这种结构。用户可根据需要灵活方便地将 I/O 扩展、A/D 和 D/A、各种智能、特殊功能及链接等模块,插入机架底板的插槽中,组合成不同功能的控制系统。这种结构的特点是,对现场的应变能力强,而且系统各部件的插拔形式十分便于维修。

### 2. 按 I/O 点数及内存容量分类

PLC 按 I/O 点数和内存容量可大致分为超小型机、小型机、中型机、大型机。

(1) 超小型机的 I/O 点数在 64 以内,内存容量在 256~1 KB。

(2) 小型机的 I/O 点数在 64~256,内存容量在 1~3.6 KB。

(3) 中型机的 I/O 点数在 256~2048,内存容量在 3.6~13 KB。

(4) 大型机的 I/O 点数在 2048 以上,内存容量在 13 KB 以上。

### 3. 按功能分类

PLC 按所具有功能可分为高、中、低三档。

(1) 低档机具有逻辑运算、定时、计数、移位及自诊断、监控等基本功能,有些还有少量模拟量 I/O(即 A/D、D/A 转换)、算术运算、数据传送、远程 I/O 和通信等功能。低档机常用于开关量控制、定时/计数控制、顺序控制及少量模拟量控制等场合。

(2) 中档机不仅有低档机的功能,还有较强的模拟量 I/O、算术运算、数据传送与比较、数制转换、子程序、远程 I/O 以及通信联网等功能。某些中档机还有中断控制、PID 回路控制等功能,适用于既有开关量又有模拟量的较复杂的控制系统,如过程控制、位置控制等。

(3) 高档机除具有一般中档机的功能外,还具有较强的数据处理、模拟调节、特殊功能函数运算、监视、记录、打印等功能,以及更强的通信联网、中断控制、智能控制、过程控制等功能。高档机可用于大规模的过程控制,形成分布式控制系统,实现整个工厂的自动化。

## 1.4.2 可编程控制器的特点

PLC 的规格型号虽然千差万别,但都有一些共同的特点,如下所述。

### 1. 编程简单并具有很好的柔性

PLC 继承了继电器控制电路清晰直观的特点,充分考虑电气工人和技术人员的读图习惯,采用面向控制过程和操作者的“自然语言”——梯形图为编程语言,形象、直观、容易学习和掌握,对于小型和超小型 PLC 机而言,几乎不需要专门的计算机知识,特别适合现场工程技术人员,使编程变得非常简单。PLC 控制系统采用软件编程来实现控制功能,其外围只需将信号输入设备(按钮、开关等)和接收输出信号执行控制任务的输出设备(如接触器、电磁阀等执行元件)与 PLC 的输入/输出端子相连接,安装简单、工作量少。当生产工艺流程改变或生产线设备更新时,不必改变 PLC 硬设备,只需改编程序和重新布线即可,灵活方便,具有很强的“柔性”。

### 2. 功能完善、实用性强

现代 PLC 所具有的功能及其各种扩展模块、智能模块和特殊功能模块,可以方便、灵活地组合成各种不同规模和要求的控制系统,以适应各种工业控制的需要。

### 3. 可靠性高、抗干扰能力强

为了保证 PLC 能在工业环境下可靠工作,设计和生产过程中采取了一系列硬件和软件的抗干扰措施,主要有以下几个方面。



(1) 隔离。是抗干扰的主要措施之一。PLC 的输入/输出接口电路一般用光电耦合器来传递信号,这种光电隔离措施,使内外电路间避免了电的联系,可有效地抑制外部干扰源对 PLC 的影响,同时防止外部高电压串入,减少故障和误动作。

(2) 滤波。是抗干扰的另一主要措施。在 PLC 的电源电路和输入/输出电路中设置了多种滤波电路,用以对高频干扰信号进行有效抑制。

(3) 对 PLC 的内部电源采取了屏蔽、稳压、保护等措施,以减少外界干扰,保证供电质量。另外,使输入/输出接口电路的电源彼此独立,以避免电源间的干扰。

(4) 利用系统软件定期进行系统状态、用户程序、工作环境和故障检测,并采取信息保护和恢复措施。

(5) 内部设置连锁、环境检测与诊断、Watchdog (“看门狗”)等电路,一旦发现故障或程序执行时间超过了警戒时钟 WDT 的规定时间(预示程序进入了死循环),立即报警。

(6) 对用户程序及动态工作数据进行电池后备,以保障停电后有关状态或信息不丢失。

(7) 采用密封、防尘、抗震的外壳封装结构,以适应工作现场的恶劣环境。

#### 4. 体积小、重量轻、功耗低

由于 PLC 是专为工业控制而设计的,其结构紧密、坚固、体积小,易于装入机械设备内部,是实现机电一体化的理想控制设备。

#### 5. 机电一体化

为使工业生产过程的控制更平稳,更可靠,向优质高产低耗要效益,对过程控制设备和装置提出了机电一体化——仪表、电子、计算机综合的要求,而 PLC 正是这一要求的产物,是专门为工业过程控制而设计的控制设备,机械与电气部件被有机地结合在一个设备内,把仪表、电子和计算机的功能综合在一起。因此,PLC 是当今数控技术、工业机器人、过程流程控制等领域的主要控制设备,同时,PLC 也成为工业自动化三大支柱(PLC、机器人、CAD/CAM)之一。

## 1.5 PLC 控制系统与其他工业控制系统的比较

### 1.5.1 与继电器控制系统的比较

#### 1. 系统的设计、安装、调试、维护及更改

继电器控制系统有大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件,系统在设计时就要耗费大量的人力物力;系统一旦安装完成,只能用于一种工艺流程的控制,当工艺流程更改或控制顺序稍有不同时,必须对硬接线进行更改;系统在调试和运行中,出现问题时很难快速查出原因。所以继电器控制系统的使用性、可维护性及环境适应性都较差。

PLC 控制系统中的中间继电器、时间继电器、计数器等器件均由内部软件来完成,使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少;控制程序可以在实验室模拟调试,通过 PLC 上的发光二极管可观察输出信号的状态;安装好系统后,在调试过程中发现的问题一般可通过修改程序解决;在工艺流程需要更改时,只需对 PLC 程序及少量的硬接线进行更改。对于复杂的控制系统,梯形图的设计时间比设计继电器系统电路图的时间要少得多。所以,PLC 控制系统的使用性、可维护性及环境适应性都要强很多。

#### 2. 可靠性和抗干扰能力



继电器控制系统的中间继电器、时间继电器、计数器等器件中有大量的活动触点和元器件,根据可靠性原理,只要其中任何一个部件或触点故障,将造成系统的故障,其可靠性较低;继电器控制系统需要用户自己采取抗干扰措施,抗干扰能力一般都不强,很容易受到电磁、温度及湿度等因素影响。

PLC 本身已经采取了一系列硬件和软件抗干扰措施,具有很强的抗干扰能力,平均无故障工作时间达到数万小时以上,可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场,PLC 已被广大用户公认为是最可靠的工业控制设备之一。

### 3. 体积和能耗方面

继电器控制系统的元器件多,自然而然系统体积大、耗能多。

PLC 控制系统的配线相对要少得多,不仅体积小、耗能少,而且可以节省大量的配线工时和成本。

## 1.5.2 与计算机控制系统的比较

计算机控制系统是指用单片机或工控机组成的计算机控制系统。在工业控制系统的发展过程中,单片机控制系统对顺序逻辑控制系统的发展发挥了较大的作用,可以将 PLC 理解为可二次开发的单片机系统。与单片机相比,PLC 的特点表现在以下几个方面。

(1) 编程语言容易理解和掌握。在单片机控制系统中,程序是由设计人员用汇编语言编制的。对于顺序逻辑控制的技术人员来说,需要通过一定的学习才能掌握。PLC 为此开发了容易掌握的编程语言,例如指令表编程语言、梯形图编程语言等。工程技术人员很容易接受和理解这些编程语言,因此,有利于设计人员、操作人员和管理人员沟通设计思想,从而缩短设计时间、投运时间和维修时间。

(2) 可靠性高,抗干扰能力强。采用单片机的控制系统是通用的计算机控制系统,PLC 控制系统是专门用于工业过程顺序逻辑控制的计算机控制系统(对于模拟量的控制,常采用单回路或多回路控制器)。因此,在可靠性、抗干扰能力等特性方面有较多的考虑,更适合用于工业过程控制。

(3) 功能模块多,易组合。PLC 吸取了单元组合的设计思想,采用功能模块的结构形式。在硬件和软件上的这种结构,使该控制系统对环境的适应性增强。硬件和软件可根据工艺过程的控制规模,选择合适的功能模块,来降低成本;在工艺规模扩展时,可通过增加功能模块来实现;对工业过程现场的恶劣环境,可选择远程 I/O 模块等。软件上,为提高可靠性采取了自诊断功能、容错技术等各种措施;可根据控制规模提供软件,降低成本,而工控机或单片机控制系统的灵活性较差、体积较大。

(4) 以扫描的方式执行程序。通用的工控机或单片机按用户程序指令工作。在近年推出的 PLC 中,也有辅以中断方式工作的。采用扫描方式工作,有利于顺序逻辑控制的实施,各逻辑元素状态的先后次序与时间的对应关系较明确。

(5) 功能分散,危险分散。在工厂自动化或计算机集成控制系统中,为把危险分散和功能分散,而采用分散综合的控制结构。PLC 是分散的自治系统,可作为下位机完成分散的控制功能。这种递阶控制系统也是分散控制系统的基础。可编程控制器、分散过程控制装置和单回路多回路控制器将作为控制级来完成控制功能。

(6) 环境适应性强。PLC 的可靠性大大提高,对恶劣工作环境的适应性强,使得它在工业生产的各个领域得到了广泛的应用。