



“十二五”职业教育国家规划教材  
经全国职业教育教材审定委员会审定

新世纪高职高专实用规划教材

机电系列

# 可编程控制器原理 与应用教程

(第3版)

孙振强 孙玉峰 主 编  
刘文光 牛 军 步延生 副主编  
王平嶂 主 审

赠送  
电子课件

清华大学出版社

新世纪高职高专实用规划教材 机电系列

# 可编程控制器原理与应用教程 (第3版)

孙振强 孙玉峰 主 编

刘文光 牛 军 步延生 副主编

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书以三菱公司 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 为蓝本,从实际应用出发,通过大量实例,采用“任务导向”模式分别介绍了 PLC 的工作原理、硬件结构、编程元件、PLC 的逻辑控制、顺序控制及功能指令的应用;最后通过综合实例讲解了 PLC 在逻辑控制、模拟量控制、联网通信等方面的应用及 PLC 的系统设计与实现。

本书可作为大专院校机电一体化、电气自动化、自动控制、工业自动化、应用电子、计算机应用及其他相关专业教材,也可以作为工程技术人员、职业培训学校的 PLC 培训教材或自学参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理与应用教程/孙振强,孙玉峰主编.--3版.--北京:清华大学出版社,2014  
(新世纪高职高专实用规划教材 机电系列)

ISBN 978-7-302-37696-5

I. ①可… II. ①孙… ②孙… III. ①可编程序控制器—高等职业教育—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 190172 号

责任编辑:孙兴芳 桑任松

装帧设计:刘孝琼

责任校对:宋延清

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:17.5 字 数:424 千字

版 次:2005 年 2 月第 1 版 2014 年 9 月第 3 版 印 次:2014 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:33.00 元

产品编号:054317-01

# 前 言

可编程控制器(PLC)是以计算机技术为核心的通用工业自动化装置。它将传统的继电器控制系统与计算机技术结合在一起,具有可靠性高、灵活通用、易于编程、使用方便等特点,因此在工业自动控制、机电一体化、改造传统产业等方面得到了广泛的应用。被誉为现代工业生产自动化的三大支柱之一。

本教材以《可编程控制器原理及应用教程(第2版)》为基础进行修订。采用校企联合开发的方式,将 PLC 技术标准、岗位能力标准与课程标准相融合,依据 PLC 的新技术、新功能的发展,及时补充和完善教材内容,依据高职教育的培养目标,广泛采用任务导向编写,通过实际案例引入,将 PLC 的基础知识、指令系统、编程技巧、安装调试融入实例中,突出学生的主导地位。

本教材坚持高职应用型人才的培养特色,体现了新的教学方法。理论精炼,案例资料丰富,教材内容符合机电类专业人才培养方案的要求。在内容取舍上,注意处理好理论知识与操作能力的关系,重点突出应用性。立足于实际,通过大量编程实例来说明 PLC 的原理、指令的使用及编程方法,有利于提高高职学生对课程的理解能力和实际操作能力。

注重技能的综合应用与创新。以真实实例为载体,有机整合电器控制、传感、编程、安装调试等教学内容,强调“两个并重”,即培养学生的动手能力与解决问题能力并重。

基于工作过程,实施教、学、做一体。通过与实习实训基地的校企合作,编写工学结合教材,将企业需要引入课堂,将课堂搬入企业;通过教、学、做一体化教学,提升学生职业技能和素养。

本教材以三菱 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 为蓝本,以“任务导向”的方式编写,采用了大量实际应用案例。任务的实现从任务的要求、相关知识介绍、硬件设计、程序设计、系统运行调试、研讨训练 6 个方面进行系统的介绍,将相关知识点与实际应用有机地结合,使学生清楚所学知识的目的及如何运用。

全书共分为 6 个模块,每个模块由多个任务组成。包括模块 1: PLC 基础知识(含 3 个任务);模块 2: PLC 逻辑控制(含 4 个任务);模块 3: PLC 顺序控制(含 3 个任务);模块 4: PLC 应用指令(含 4 个任务);模块 5: PLC 综合应用(含 4 个任务);模块 6: PLC 拓展应用(含 3 个任务)。

附录中提供了 FX-20P-E 手持编程器的使用说明、FXGPWIN 编程软件的使用说明、FX 系列 PLC 的编程元件及编号、FX 系列 PLC 应用指令一览表。

本书由孙振强、孙玉峰担任主编,孙振强编写了模块 1、模块 2、附录 B、附录 C、附录 D。孙玉峰编写了模块 5(部分)、模块 6。刘文光编写了模块 3、模块 4。牛军编写了模块



5(部分)、附录 A。全书由孙振强统稿。王平嶂教授担任了本书的主审,车君华副教授、步延生高级工程师在本书编写中给予了大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中疏漏不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 模块 1 PLC 基础知识..... 1

### 任务 1.1 可编程控制器的认知..... 1

#### 【相关知识】..... 1

#### 一、可编程控制器(PLC)的产生..... 1

#### 二、PLC 的定义..... 2

#### 三、PLC 的特点..... 3

#### 四、PLC 的应用..... 4

#### 【知识拓展】..... 5

#### PLC 的分类..... 5

### 任务 1.2 PLC 的组成与工作原理..... 8

#### 【相关知识】..... 8

#### 一、PLC 的组成..... 8

#### 二、PLC 的工作原理..... 11

### 任务 1.3 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 硬件配置、安装、 接线..... 13

#### 【相关知识】..... 14

#### 一、FX 系列 PLC 型号说明..... 14

#### 二、FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 的基本构成..... 14

#### 三、PLC 的安装、接线..... 16

#### 【知识拓展】..... 18

#### FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 的性能指标..... 18

#### 【研讨训练】..... 20

## 模块 2 PLC 逻辑控制..... 21

### 任务 2.1 三相异步电动机连续运行控制 .. 21

#### 【控制要求】..... 21

#### 【相关知识】..... 22

#### 一、编程元件..... 22

#### 二、编程语言..... 23

#### 三、编程指令..... 24

### 四、GX Developer 编程软件..... 26

#### 【相关知识】..... 36

#### 一、I/O 分配..... 36

#### 二、硬件接线..... 37

#### 三、程序设计..... 37

#### 四、运行调试..... 38

#### 【知识拓展】..... 39

#### 一、编程指令..... 39

#### 二、PLC 控制系统与继电器控制 系统的区别..... 41

#### 【研讨训练】..... 42

### 任务 2.2 楼梯照明控制..... 42

#### 【控制要求】..... 42

#### 【相关知识】..... 43

#### 【任务实施】..... 45

#### 一、I/O 分配..... 45

#### 二、硬件接线..... 45

#### 三、程序设计..... 45

#### 四、运行调试..... 46

#### 【知识拓展】..... 46

#### 一、梯形图的特点..... 46

#### 二、梯形图编程规则..... 47

#### 三、输入信号的最高频率问题..... 49

#### 【研讨训练】..... 49

### 任务 2.3 三相异步电动机 Y-△降压启动 控制..... 49

#### 【控制要求】..... 50

#### 【相关知识】..... 51

#### 一、编程元件..... 51

#### 二、编程指令..... 53



|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 【任务实施】 .....                    | 58 |
| 一、I/O 分配 .....                  | 58 |
| 二、硬件接线 .....                    | 59 |
| 三、程序设计 .....                    | 59 |
| 四、运行调试 .....                    | 61 |
| 【知识拓展】 .....                    | 62 |
| 一、常闭触点输入信号的处理 .....             | 62 |
| 二、计数器 C0~C255 .....             | 62 |
| 三、闪烁电路 .....                    | 66 |
| 四、延合延分电路 .....                  | 66 |
| 五、定时器接力电路 .....                 | 67 |
| 六、定时器、计数器组合延时电路 .....           | 67 |
| 【研讨训练】 .....                    | 68 |
| 任务 2.4 电动机单按钮起停控制 .....         | 69 |
| 【控制要求】 .....                    | 69 |
| 【相关知识】 .....                    | 69 |
| 一、PLS、PLF 指令功能 .....            | 69 |
| 二、编程实例 .....                    | 69 |
| 三、指令说明 .....                    | 70 |
| 【任务实施】 .....                    | 71 |
| 一、I/O 分配 .....                  | 71 |
| 二、硬件接线 .....                    | 71 |
| 三、程序设计 .....                    | 71 |
| 四、运行调试 .....                    | 72 |
| 【知识拓展】 .....                    | 72 |
| 一、编程指令(INV、NOP) .....           | 72 |
| 二、分频电路 .....                    | 74 |
| 【研讨训练】 .....                    | 74 |
| 模块 3 PLC 顺序控制 .....             | 76 |
| 任务 3.1 小车往返运动控制 .....           | 76 |
| 【控制要求】 .....                    | 76 |
| 【相关知识】 .....                    | 77 |
| 一、顺序控制设计法 .....                 | 77 |
| 二、顺序功能图的绘制 .....                | 78 |
| 三、使用起保停电路的单序列结构的<br>编程方法 .....  | 81 |
| 四、以转换为中心的单序列结构的<br>编程方法 .....   | 82 |
| 五、步进梯形指令的单序列结构的<br>编程方法 .....   | 83 |
| 【任务实施】 .....                    | 84 |
| 一、I/O 分配 .....                  | 84 |
| 二、硬件接线 .....                    | 84 |
| 三、程序设计 .....                    | 85 |
| 四、运行调试 .....                    | 88 |
| 【知识拓展】 .....                    | 88 |
| 绘制顺序功能图的注意事项 .....              | 88 |
| 【研讨训练】 .....                    | 89 |
| 任务 3.2 自动门控制 .....              | 89 |
| 【控制要求】 .....                    | 89 |
| 【相关知识】 .....                    | 90 |
| 一、选择序列结构顺序功能图的<br>绘制 .....      | 90 |
| 二、使用起保停电路的选择序列<br>结构的编程方法 ..... | 91 |
| 三、以转换为中心的选择序列结构的<br>编程方法 .....  | 92 |
| 四、步进梯形指令的选择序列结构的<br>编程方法 .....  | 92 |
| 【任务实施】 .....                    | 94 |
| 一、I/O 分配 .....                  | 94 |
| 二、硬件接线 .....                    | 94 |
| 三、程序设计 .....                    | 95 |
| 四、运行调试 .....                    | 98 |
| 【知识拓展】 .....                    | 98 |
| 一、仅有两步的闭环的处理 .....              | 98 |
| 二、跳步、重复和循环序列结构 .....            | 99 |

|                        |     |                     |     |
|------------------------|-----|---------------------|-----|
| 三、选择序列合并后的选择序列         |     | 三、变址寄存器 .....       | 116 |
| 分支的编程 .....            | 100 | 四、指针 .....          | 116 |
| 【研讨训练】 .....           | 100 | 五、功能指令的格式 .....     | 117 |
| 任务 3.3 按钮式人行横道交通灯控制 .. | 101 | 六、传送指令 MOV .....    | 118 |
| 【控制要求】 .....           | 101 | 【任务实施】 .....        | 119 |
| 【相关知识】 .....           | 102 | 一、I/O 分配 .....      | 119 |
| 一、并行序列结构顺序功能图的         |     | 二、硬件接线 .....        | 120 |
| 绘制 .....               | 102 | 三、程序设计 .....        | 120 |
| 二、使用起保停电路的并行序列         |     | 四、运行调试 .....        | 121 |
| 结构的编程方法 .....          | 103 | 【知识拓展】 .....        | 121 |
| 三、以转换为中心的并行序列结构的       |     | 一、移位传送指令 SMOV ..... | 121 |
| 编程方法 .....             | 103 | 二、取反传送指令 CML .....  | 122 |
| 四、步进梯形指令的并行序列结构的       |     | 三、块传送指令 BMOV .....  | 122 |
| 编程方法 .....             | 105 | 四、多点传送指令 FMOV ..... | 123 |
| 【任务实施】 .....           | 106 | 【研讨训练】 .....        | 124 |
| 一、I/O 分配 .....         | 106 | 任务 4.2 循环灯光控制 ..... | 124 |
| 二、硬件接线 .....           | 106 | 【控制要求】 .....        | 124 |
| 三、程序设计 .....           | 106 | 【相关知识】 .....        | 124 |
| 四、运行调试 .....           | 110 | 一、右循环移位指令 ROR、左循环移  |     |
| 【知识拓展】 .....           | 110 | 位指令 ROL .....       | 124 |
| 一、并行序列合并后的并行序列         |     | 二、带进位循环右移指令 RCR、带   |     |
| 分支的编程 .....            | 110 | 进位循环左移指令 RCL .....  | 126 |
| 二、选择序列合并后的并行序列         |     | 【任务实施】 .....        | 126 |
| 分支的编程 .....            | 111 | 一、I/O 分配 .....      | 126 |
| 三、并行序列合并后的选择序列         |     | 二、硬件接线 .....        | 126 |
| 分支的编程 .....            | 112 | 三、程序设计 .....        | 127 |
| 【研讨训练】 .....           | 112 | 四、运行调试 .....        | 128 |
| 模块 4 PLC 功能指令 .....    | 114 | 【知识拓展】 .....        | 128 |
| 任务 4.1 数码管显示控制 .....   | 114 | 一、位右移位指令 SFTR、位左移位  |     |
| 【控制要求】 .....           | 114 | 指令 SFTL .....       | 128 |
| 【相关知识】 .....           | 115 | 二、字右移位指令 WSFR、字左移位  |     |
| 一、位元件、字元件和位组合元件...     | 115 | 指令 WSFL .....       | 129 |
| 二、数据寄存器 .....          | 115 | 三、移位写入指令 SFWR、移位读出  |     |
|                        |     | 指令 SFRD .....       | 129 |



|                                              |     |                              |     |
|----------------------------------------------|-----|------------------------------|-----|
| 四、区间复位指令 ZRST .....                          | 131 | 【研讨训练】 .....                 | 147 |
| 五、条件跳转指令 CJ .....                            | 131 | 任务 4.4 机械手控制系统 .....         | 147 |
| 六、子程序调用指令 CALL 与返回<br>指令 SRET .....          | 132 | 【控制要求】 .....                 | 147 |
| 七、中断返回指令 IRET、允许中断<br>指令 EI 与禁止中断指令 DI ..... | 132 | 【相关知识】 .....                 | 149 |
| 八、主程序结束指令 FEND .....                         | 134 | 【任务实施】 .....                 | 151 |
| 【研讨训练】 .....                                 | 134 | 一、I/O 分配 .....               | 151 |
| 任务 4.3 八站小车呼叫控制 .....                        | 134 | 二、硬件接线 .....                 | 152 |
| 【控制要求】 .....                                 | 135 | 三、程序设计 .....                 | 153 |
| 【相关知识】 .....                                 | 135 | 四、运行调试 .....                 | 155 |
| 一、比较指令 CMP .....                             | 135 | 【知识拓展】 .....                 | 155 |
| 二、加法指令 ADD、减法指令<br>SUB .....                 | 136 | 【研讨训练】 .....                 | 155 |
| 三、乘法指令 MUL、除法指令<br>DIV .....                 | 137 | 模块 5 PLC 的综合应用 .....         | 157 |
| 四、加 1 指令 INC、减 1 指令<br>DEC .....             | 138 | 任务 5.1 液体混合装置的控制 .....       | 157 |
| 五、字逻辑运算指令 .....                              | 139 | 【控制要求】 .....                 | 157 |
| 六、解码指令 DECO、编码指令<br>ENCO .....               | 140 | 【相关知识】 .....                 | 158 |
| 七、七段译码指令 SEGD .....                          | 141 | 一、PLC 控制系统设计的基本<br>原则 .....  | 158 |
| 八、触点比较指令 .....                               | 141 | 二、PLC 控制系统设计的步骤和<br>内容 ..... | 158 |
| 【任务实施】 .....                                 | 142 | 三、PLC 的选型 .....              | 161 |
| 一、I/O 分配 .....                               | 142 | 【任务实施】 .....                 | 164 |
| 二、硬件接线 .....                                 | 142 | 一、PLC 选型及 I/O 点数的确定 .....    | 164 |
| 三、程序设计 .....                                 | 143 | 二、电气控制线路的设计 .....            | 165 |
| 四、运行调试 .....                                 | 144 | 三、程序设计 .....                 | 165 |
| 【知识拓展】 .....                                 | 144 | 四、运行调试 .....                 | 166 |
| 一、区间比较指令 ZCP .....                           | 144 | 【知识拓展】 .....                 | 166 |
| 二、置 1 位数总和指令 SUM .....                       | 145 | 一、工作环境 .....                 | 166 |
| 三、置 1 判别指令 BON .....                         | 145 | 二、安装布线 .....                 | 166 |
| 四、平均值指令 MEAN .....                           | 146 | 【研讨训练】 .....                 | 167 |
| 五、平方根指令 SQR .....                            | 146 | 任务 5.2 自动售货机的控制 .....        | 168 |
|                                              |     | 【控制要求】 .....                 | 168 |
|                                              |     | 【任务实施】 .....                 | 168 |
|                                              |     | 一、PLC 选型及 I/O 点数的确定 .....    | 169 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 二、硬件接线 .....                   | 169 |
| 三、程序设计 .....                   | 170 |
| 四、运行调试 .....                   | 172 |
| 【知识拓展】 .....                   | 172 |
| 一、PLC 的维护 .....                | 172 |
| 二、PLC 常见故障诊断 .....             | 172 |
| 【研讨训练】 .....                   | 173 |
| 任务 5.3 工业自动清洗机控制 .....         | 173 |
| 【控制要求】 .....                   | 174 |
| 【任务实施】 .....                   | 174 |
| 一、PLC 选型及 I/O 点数的确定 .....      | 174 |
| 二、电气控制线路的设计 .....              | 174 |
| 三、程序设计 .....                   | 175 |
| 四、运行调试 .....                   | 176 |
| 【知识拓展】 .....                   | 177 |
| 一、继电器控制电路移植法设计 PLC<br>程序 ..... | 177 |
| 二、PLC 程序的经验设计法 .....           | 179 |
| 三、顺序控制设计法与经验设计法的<br>比较 .....   | 180 |
| 【研讨训练】 .....                   | 180 |
| 任务 5.4 电镀生产线控制 .....           | 181 |
| 【控制要求】 .....                   | 181 |
| 【任务实施】 .....                   | 182 |
| 一、PLC 选型及 I/O 点数的确定 .....      | 182 |
| 二、电气控制线路的设计 .....              | 183 |
| 三、程序设计 .....                   | 183 |
| 四、运行调试 .....                   | 187 |
| 【知识拓展】 .....                   | 187 |
| 一、减少所需输入点数的方法 .....            | 187 |
| 二、减少所需输出点数的方法 .....            | 188 |
| 【研讨训练】 .....                   | 189 |

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| 模块 6 PLC 的拓展应用 .....                                 | 190 |
| 任务 6.1 压力报警控制 .....                                  | 190 |
| 【控制要求】 .....                                         | 190 |
| 【相关知识】 .....                                         | 190 |
| 一、PLC 模拟量控制系统概述 .....                                | 190 |
| 二、常用模拟量控制模块 .....                                    | 191 |
| 三、传感器 .....                                          | 197 |
| 四、执行器 .....                                          | 199 |
| 【任务实施】 .....                                         | 200 |
| 一、I/O 分配 .....                                       | 200 |
| 二、硬件接线 .....                                         | 200 |
| 三、程序设计 .....                                         | 200 |
| 四、运行调试 .....                                         | 201 |
| 【知识拓展】 .....                                         | 201 |
| 一、FX 系列 PLC 常用的模拟量<br>模块 .....                       | 201 |
| 二、特殊功能指令 WR3A 和<br>RD3A .....                        | 203 |
| 【研讨训练】 .....                                         | 203 |
| 任务 6.2 制冷中央空调温度控制 .....                              | 204 |
| 【控制要求】 .....                                         | 204 |
| 【相关知识】 .....                                         | 205 |
| 一、FX <sub>2N</sub> -4AD-PT 模块的性能<br>指标 .....         | 205 |
| 二、FX <sub>2N</sub> -4AD-PT 模块输入端的接线<br>方式 .....      | 206 |
| 三、FX <sub>2N</sub> -4AD-PT 模块的缓冲<br>寄存器(BFM)分配 ..... | 206 |
| 四、FX <sub>2N</sub> -4AD-PT 模块的程序<br>范例 .....         | 207 |
| 【任务实施】 .....                                         | 207 |
| 一、I/O 分配 .....                                       | 207 |



|                                     |     |                            |     |
|-------------------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 二、硬件接线 .....                        | 208 | 四、串行通信指令 RS .....          | 231 |
| 三、程序设计 .....                        | 208 | 【研讨训练】 .....               | 232 |
| 四、运行调试 .....                        | 209 | 附录 A FX-20P-E 手持编程器的       |     |
| 【知识拓展】 .....                        | 209 | 使用 .....                   | 234 |
| 一、FX <sub>2N</sub> -4AD-TC 模块的性能    |     | 一、概述 .....                 | 234 |
| 指标 .....                            | 209 | 二、FX-20P-E 手持编程器的组成和       |     |
| 二、FX <sub>2N</sub> -4AD-TC 模块输入端的接线 |     | 面板布置 .....                 | 234 |
| 方式 .....                            | 210 | 三、FX-20P-E 手持编程器的工作方式      |     |
| 三、FX <sub>2N</sub> -4AD-PT 模块的缓冲    |     | 选择 .....                   | 236 |
| 寄存器(BFM)分配 .....                    | 211 | 四、指令的读出 .....              | 238 |
| 【研讨训练】 .....                        | 211 | 附录 B FXGPWIN 编程软件的使用 ..... | 251 |
| 任务 6.3 PLC 与 PLC 的通信控制 .....        | 212 | 一、概述 .....                 | 251 |
| 【控制要求】 .....                        | 212 | 二、程序的编制 .....              | 253 |
| 【相关知识】 .....                        | 212 | 三、程序的检查 .....              | 255 |
| 一、通信基础 .....                        | 212 | 四、程序的传送 .....              | 256 |
| 二、PLC 通信的实现 .....                   | 220 | 五、软元件的监控和强制执行 .....        | 256 |
| 【任务实施】 .....                        | 224 | 六、其他菜单及目录的使用 .....         | 258 |
| 一、I/O 分配 .....                      | 224 | 附录 C FX 系列 PLC 的编程元件及      |     |
| 二、硬件接线 .....                        | 224 | 编号 .....                   | 261 |
| 三、程序设计 .....                        | 225 | 附录 D FX 系列 PLC 应用指令        |     |
| 四、运行调试 .....                        | 225 | 一览表 .....                  | 263 |
| 【知识拓展】 .....                        | 226 |                            |     |
| 一、PLC 与计算机的通信 .....                 | 226 |                            |     |
| 二、N:N 网络通信 .....                    | 227 |                            |     |
| 三、无协议通信 .....                       | 231 |                            |     |

# 模块 1 PLC 基础知识

## 任务 1.1 可编程控制器的认知

### 知识目标

- 了解可编程控制器的产生过程。
- 了解可编程控制器的含义。
- 掌握可编程控制器的特点及应用。
- 了解可编程控制器的分类。

### 能力目标

- 能结合实际说明可编程控制器的部分应用。
- 能大致说明可编程控制器的外部组成及作用。

### 【相关知识】

#### 一、可编程控制器(PLC)的产生

可编程控制器的产生和发展与继电器有很大的关系。继电器是一种用弱电信号控制强电信号的电磁开关，它虽有上百年的历史，但在复杂的继电器控制系统中，故障的查找和排除是非常困难的，可能会花大量时间，严重地影响生产。此外，如果工艺要求发生变化，需重新设计线路和连线安装，这不利于产品的更新换代。

1968 年，美国通用汽车公司(GM)对外公开招标，要求用新的电气控制装置取代继电器控制系统，以便适应能迅速改变生产程序的要求。该公司为新的控制系统提出 10 项指标：

- 编程简单，可以在现场修改和调试程序。
- 维修方便，采用插入式模块结构。
- 可靠性高于继电器控制系统。
- 体积小于继电器控制柜。
- 能与管理中心计算机系统通信。
- 成本可与继电器控制系统相竞争。



- 输入量是 115V 交流电压。
- 输出量是 115V 交流电压, 输出电流在 2A 以上, 能直接驱动电磁阀。
- 系统扩展时, 原系统只需做很小的改动。
- 用户程序存储器容量至少 4KB。

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, 并在 GM 公司汽车生产线上首次应用成功, 实现了生产的自动化控制。此后日本、德国等相继引入可编程控制器, 使之迅速发展起来。这一时期, 它主要用于顺序控制, 虽然也采用了计算机的设计思想, 但当时只能进行逻辑运算, 故称为可编程逻辑控制器, 简称 PLC(Programmable Logic Controller)。

20 世纪 70 年代后期, 随着微电子技术和计算机技术的迅速发展, 可编程逻辑控制器更多地具有了计算机的功能, 不仅用逻辑编程取代了硬连线逻辑, 还增加了运算、数据传送和处理等功能, 真正成为一种电子计算机工业控制装置, 而且做到了小型化和超小型化。这种采用微电脑技术的工业控制装置的功能远远超出了逻辑控制、顺序控制的范围, 故称为可编程控制器, 简称 PC(Programmable Controller), 但由于 PC 容易与个人计算机(Personal Computer)混淆, 所以人们仍习惯地用 PLC 作为可编程控制器的缩写。

我国从 1974 年开始研制 PLC, 1977 年应用于工业。如今, PLC 已经大量应用在引进设备和国产设备中。了解 PLC 的工作原理, 具备设计、调试和维护 PLC 控制系统的能力, 已经成为现代工业对电气技术人员和工科学生的基本要求。

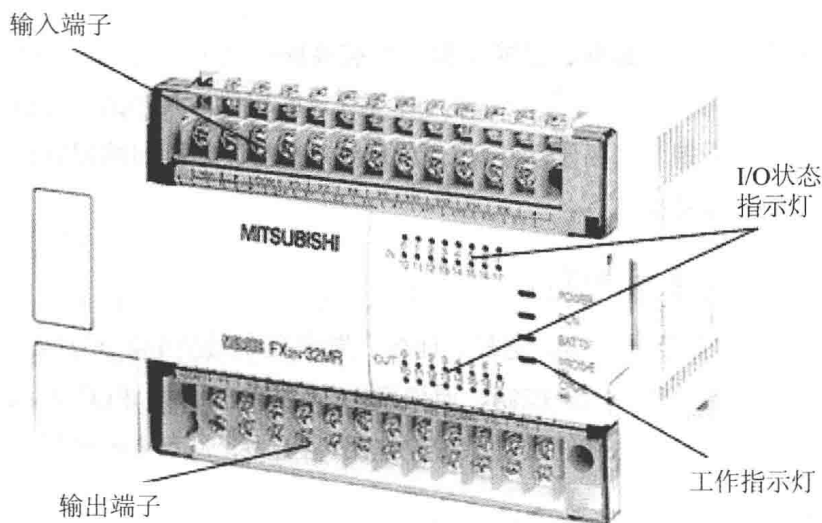
## 二、PLC 的定义

PLC 的历史只有 40 多年, 但发展却极为迅速。为了确定它的性质, 国际电工委员会 IEC(International Electrical Committee)曾在 1982 年 11 月颁布了 PLC 标准草案第一稿, 1985 年 1 月发表了第二稿, 1987 年 2 月又颁布了第三稿。

对 PLC 的定义如下: PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置, 它采用可以编制程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令, 并能通过数字式或模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关的外围设备都应按照易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩展其功能的原则而设计。

目前国际 PLC 的生产厂家主要有德国西门子(Siemens)公司、美国 AB(Allen-Bradley)公司、美国 GE-Fanuc 公司、日本欧姆龙(Omron)公司和日本三菱电机株式会社(Mitsubishi)。本书以日本三菱公司小型 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 为例介绍 PLC 编程和系统设计。

日本三菱公司小型 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 的外形如图 1.1 所示。

图 1.1 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 的外形

### 三、PLC 的特点

PLC 之所以能够高速发展，除了顺应工业自动化的客观需要外，还由于其具有许多适合工业控制的独特优点，能够较好地解决工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题，其主要特点如下。

#### (一) 可靠性高，抗干扰能力强

可靠性指的是 PLC 平均无故障工作时间。可靠性既反映了用户的要求，又是 PLC 生产厂家竭力追求的技术指标。目前各生产厂家的 PLC 平均无故障安全运行时间远大于国际电工委员会规定的 10 万小时的标准。PLC 之所以可靠性高，是由于采用了一系列硬件和软件的抗干扰措施。

在硬件方面。CPU 与 I/O 模块之间采用光电隔离措施，有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响，同时还可以防止外部高电压进入 CPU；滤波是抗干扰的又一主要措施。此外对有些模块还设置了联锁保护、自诊断电路等。

在软件方面。PLC 系统程序中设有故障检测和自诊断程序，能对系统硬件电路等故障实现检测与判断；当由外界干扰引起故障时，能立即将当前重要的状态信息存入指定存储器，用软硬件配合封闭存储器，禁止对存储器进行任何不稳定的读写操作，以防存储信息被冲掉。一旦环境正常，便可恢复到发生故障前的状态，继续原工作。

#### (二) 编程简单，操作方便

PLC 作为通用的工业控制计算机，是面向工矿企业的工控设备，它提供多种面向用户



的语言。目前大多数 PLC 采用继电器控制形式的梯形图编程方式,这是一种面向生产、面向用户的编程方式,形象、直观、易懂,很容易被现场电气工程技术人員所接受并掌握。

现在,PLC 编程器大都采用个人计算机或手持式编程器两种形式。手持式编程器具有体积小、重量轻、便于携带、易于现场调试等优点。利用计算机和编程软件,可以对 PLC 进行编程、仿真调试、监控运行。

### (三) 功能完善、通用性强

现代 PLC 不仅具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制等功能,而且还有 A/D 和 D/A 转换、数值运算、数值处理、PID 控制、通信联网等功能。同时,PLC 产品有系列化、模块化特点,有品种齐全的各种硬件装置供用户选用,可以组成满足各种要求的控制系统。

### (四) 系统的设计、安装、调试工作量小,维护方便

PLC 用软件取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件,使控制柜的设计、安装接线工作量大为减少。同时,PLC 的用户程序大部分可以在实验室进行模拟调试,模拟调试完成后,再进行现场联机调试;这样既安全,又快捷方便。

PLC 的故障率很低,维修的工作量很小;而且有完善的自诊断和显示功能,当故障发生时,可以根据 PLC 的指示或编程器提供的信息,迅速查明故障原因,维修极为方便。

### (五) 体积小、重量轻、能耗低

由于 PLC 采用了集成电路,其结构紧凑、体积小、重量轻、能耗低,因而是实现机电一体化的理想控制设备。

## 四、PLC 的应用

PLC 广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保等各行各业。其应用大致可以归纳为以下几个方面。

### (一) 开关量逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域。取代传统的继电器接触器控制,实现逻辑控制、定时控制与顺序逻辑控制,可用于单机控制、多机群控、自动化生产线的控制等。如组合机床、注塑机、冲压机械、铸造机械、运输带、电梯、泵、电磁阀、包装生产线、电镀流水线等。

### (二) 模拟量过程控制

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(Analog)和数字量(Digital)之间的 A/D 转换和 D/A 转换,并对模拟量实行闭环 PID(Proportional-Integral-Derivative)控制。PLC 的模拟量 PID 控制功能已经广泛地应用于塑料挤压成型机、加热炉、热处理炉、锅炉等设备,完成对温度、压力、流量等参数的控制。

### (三) 运动控制

PLC 可以用于圆周运动或直线运动的定位控制。从控制机构配置来说,早期直接用开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机构,现在一般使用专用的运动控制模块,如可驱动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。世界上各主要 PLC 厂家的产品几乎都有运动控制功能,广泛地应用于各种机械、机床、机器人、电梯等场合。

### (四) 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算(包括四则运算、矩阵运算、函数运算、字逻辑运算以及求反、循环、移位、浮点数运算)、数据传送、转换、排序和查表、位操作等功能,可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据可以与储存在存储器中的参考值比较,完成一定的控制操作,也可以利用通信功能传送到其他的智能装置,或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统,如无人控制的柔性制造系统;也可用于过程控制系统,如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

### (五) 通信联网

PLC 的通信包括主机与远程 I/O 之间的通信、多台 PLC 之间的通信、PLC 与其他智能控制设备(如计算机、变频器、数控装置)之间的通信。PLC 与其他智能控制设备一起,可以组成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统,以满足工厂自动化系统发展的需要。各 PLC 或远程 I/O 按功能各自放置在生产现场分散控制,然后采用网络连接构成集中管理信息的分布式网络系统。

## 【知识拓展】

## PLC 的分类

### (一) 按结构形式分类

PLC 按结构形式分为整体式、模块式和叠装式 3 种结构。



## 1. 整体式 PLC

整体式又叫作单元式或箱体式,是将 CPU 模块、I/O 模块和电源装在一个箱体机壳内。其特点是结构紧凑、体积小、价格低,小型 PLC 一般采用整体式结构,如三菱 FX 系列 PLC。整体式 PLC 一般配有许多专用的特殊功能单元,如模拟量 I/O 单元、位置控制单元、数据输入输出单元等,使 PLC 的功能得到扩展。

## 2. 模块式 PLC

模块式又叫作积木式,是将 CPU 模块、电源模块、I/O 模块作为单独的模块安装在同一底板或框架上。其特点是配置灵活、装配维修方便,大、中型 PLC 和部分小型 PLC 采用模块式结构。如 OMRON 公司的 C200H、C1000H、C200H, AB 公司的 PLC5 系列产品, MODICON984 系列产品,西门子公司的 S5-100U、S5-115U、S7-300、S7-400PLC,都属于模块式 PLC。

## 3. 叠装式 PLC

叠装式结构是整体式和模块式相结合的产物。把某一系列 PLC 工作单元的外形都做成外观尺寸一致的, CPU、I/O 及电源也可做成独立的,不使用模块式 PLC 中的底板,采用电缆联接各个单元,在控制设备中安装时可以一层层地叠装,这就是叠装式 PLC。如三菱公司的 FX 系列 PLC、西门子公司的 S7-200 型 PLC,均是叠装式 PLC。

整体式 PLC 一般用于规模较小,输入输出点数固定,以后也少有扩展的场合;模块式 PLC 一般用于规模较大,输入输出点数较多,输入输出点数比例比较灵活的场合;叠装式 PLC 具有前二者的优点,从近年来的市场情况看,整体式及模块式有结合为叠装式的趋势。

## (二) 按 I/O 点数和存储容量分类

按 I/O 点数和存储容量, PLC 可分为小型、中型和大型 3 种。

### 1. 小型 PLC

I/O 点数在 256 点及以下,存储器容量为 2K 步。这类 PLC 结构简单,大多为整体式结构,如 OMRON 公司的 P 型机。

### 2. 中型 PLC

I/O 点数在 256~2048 点(不包括 256 点和 2048 点),存储器容量为 2~8K 步。中型 PLC 的 I/O 点数跨度大,一般采用模块式结构。由于它们用于控制较为复杂的对象,有较多的特殊功能模块,如模拟量控制、通信模块等。OMRON 公司的 C200H 就属于中型机。

### 3. 大型 PLC

I/O 点数在 2048 点以上(包括 2048 点),存储器容量为 8K 步以上。大型 PLC 不仅能进