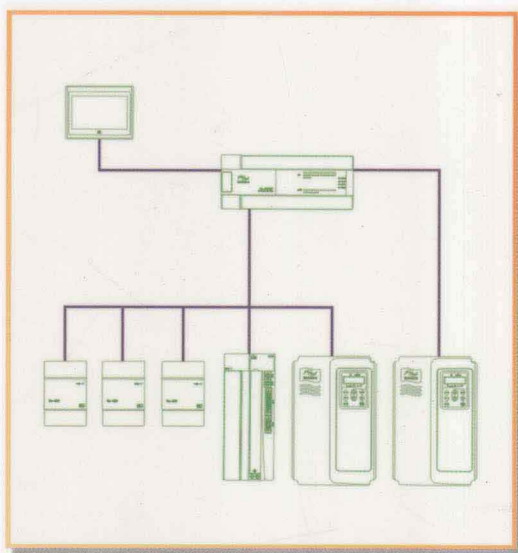


# 可编程控制器及网络控制技术

张文明 姚庆文 主编  
吕景泉 胡年华 主审



KEBIANCHENG KONGZHIQI JI WANGLUO KONGZHI JISHU

全国高职高专院校机电类专业规划教材

教育部高职高专自动化技术类专业教学指导委员会规划教材

# 可编程控制器及网络控制技术

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 主 编 | 张文明 | 姚庆文 |     |     |
| 副主编 | 曹建军 | 蒋正炎 | 黄晓伟 | 温惠萍 |
| 参 编 | 陈东升 | 王一凡 | 夏建春 | 周保廷 |
| 主 审 | 吕景泉 | 胡年华 |     |     |

**中国铁道出版社**  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

---

## 内 容 简 介

本书是常州纺织服装职业技术学院与汇川技术股份有限公司共同开发、教育部高职高专自动化技术类专业教学指导委员会规划并指导编写的面向“双师型”教师和行业企业技术人员、服务于机电和自动化类专业职业能力培养的项目化教材。

本书以指令与硬件完全兼容的日本三菱 FX2N 和中国汇川 H2U 可编程控制器为基础,以 H2U 网络通信解决方案为特色。全书共由 10 个项目组成,项目 1 讲解了 PLC 的基础知识;项目 2 介绍了 PLC 基本指令应用;项目 3 讲解了状态编程法及应用;项目 4 讲解了功能指令及应用;项目 5 讲解了程序控制类指令及应用;项目 6 讲解了脉冲输出和高速计数器指令及应用;项目 7 主要介绍模拟量模块及应用;项目 8 介绍了 PLC 网络通信技术及应用;项目 9 讲解了人机界面 HMI 应用;项目 10 列举了 PLC 技术典型工程应用。每个项目又分为若干个任务,包括任务预备知识、应用举例或训练举例,每个任务还设计了相关思考与练习。附录中给出三菱和汇川 PLC 指令对照表。

本书适合作为机电一体化技术、电气自动化技术、生产过程自动化、机电安装工程、机械制造及自动化、楼宇自动化、数控技术(数控维修技术)、光伏新能源等专业的课程教材,并可作为相关工程技术人员培训和自修的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器及网络控制技术 / 张文明, 姚庆文主编.

— 北京 : 中国铁道出版社, 2012. 2

教育部高职高专自动化技术类专业教学指导委员会规划教材 全国高职高专院校机电类专业规划教材

ISBN 978-7-113-14021-2

I. ①可… II. ①张… ②姚… III. ①可编程序控制器—高等教育—教材②计算机网络—自动控制系统—高等教育—教材 IV. ①TP332.3②TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 010244 号

书 名: 可编程控制器及网络控制技术  
作 者: 张文明 姚庆文 主编

策 划: 秦绪好

读者热线: 400-668-0820

责任编辑: 何红艳 姚文娟

封面设计: 付 巍

封面制作: 白 雪

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 北京新魏印刷厂

版 次: 2012 年 2 月第 1 版

2012 年 2 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 19.75 字数: 479 千

印 数: 1~3 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-14021-2

定 价: 35.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书, 如有印制质量问题, 请与本社教材图书营销部联系调换。电话: (010) 63550836

打击盗版举报电话: (010) 63549504

# 全国高职高专院校机电类专业规划教材

## 编审委员会

主任：吕景泉

副主任：严晓舟 史丽萍

委员：（按姓氏笔画排序）

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王文义 | 刘建超 | 肖方晨 | 李向东 | 狄建雄 |
| 汪敏生 | 宋淑海 | 张耀  | 明立军 | 陈铁牛 |
| 钟江生 | 胡学同 | 凌艺春 | 秦绪好 | 钱逸秋 |
| 梁荣新 | 常晓玲 | 程周  | 谭有广 |     |

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王立  | 王龙义 | 王建明 | 牛云陞 | 关健  |
| 朱凤芝 | 牟志华 | 汤晓华 | 刘薇娥 | 李文  |
| 李军  | 张文明 | 张永花 | 陆建国 | 陈丽  |
| 林嵩  | 金卫国 | 宝爱群 | 姚吉  | 姚永刚 |
| 祝瑞花 | 徐国林 | 秦益霖 | 韩丽  | 曾照香 |

随着我国高等职业教育改革的不断深入,我国高等职业教育的发展进入了一个新的阶段。教育部下发的《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》教高[2006]16号文件,旨在阐述社会发展对高素质技能型人才的需求,以及如何推进高职人才培养模式改革,提高人才培养质量。

教材的出版工作是整个高等职业院校教育教学工作中的重要组成部分,教材是课程内容和课程体系的载体,对课程改革和建设具有推动作用,所以提高课程教学水平和教学质量的关键在于出版高水平、高质量的教材。

出版面向高等职业教育的“以就业为导向,以能力为本位”的优质教材一直是中国铁道出版社的一项重要工作。我社本着“依靠专家、研究先行、服务为本、打造精品”的出版理念,于2007年成立了“中国铁道出版社高职机电类课程建设研究组”,并经过三年的充分调查研究,策划编写、出版了本系列教材。

本系列教材主要涵盖高职高专机电类的公共课、专业基础课,以及电气自动化专业、机电一体化专业、生产过程自动化专业、数控技术专业、模具设计与制造专业、数控设备应用与维护专业六个专业的专业课。本系列教材的作者包括高职高专自动化教指委委员、国家级教学名师、国家级和省级精品课负责人、知名专家教授、职教专家、一线骨干教师。他们针对相关专业的课程,结合多年教学中的实践经验,吸取了高等职业教育改革的最新成果,因此无论教学理念的导向、教学标准的开发、教学体系的确立、教材内容的筛选、教材结构的设计,还是教材素材的选择都极具特色和先进性。

本系列教材的特点归纳如下:

(1) 围绕培养学生的职业技能这条主线设计教材的结构,理论联系实际,从应用的角度组织编写内容,突出实用性,并同时注意将新技术、新成果纳入教材。

(2) 根据机电类课程的特点,对基本理论和方法的讲述力求简单、易于理解,以缓解繁多的知识内容与偏少的学时之间的矛盾。同时,增加了相关技术在实际生产、生活中的应用实例,从而激发学生的学习热情。

(3) 将“问题引导式”、“案例式”、“任务驱动式”、“项目驱动式”等多种教学方法引入教材体例的设计中,融入启发式的教学方法,力求好教、好学、爱学。

(4) 注重立体化教材的建设。本系列教材通过主教材、配套光盘、电子教案等教学资源的有机结合,来提高教学服务水平。

总之,本系列教材在策划出版过程中得到了教育部高职高专自动化技术类专业教学指导委员会以及广大专家的指导和帮助,在此表示深深的感谢。希望本系列教材的出版能为我国高等职业院校教育改革起到良好的推动作用,欢迎使用本系列教材的老师和同学们提出宝贵的意见和建议。书中如有不妥之处,敬请批评指正。

中国铁道出版社

2011年8月

本书是教育部高职高专自动化技术类专业教学指导委员会规划的项目化教材,面向教师 and 行业企业技术人员,服务于机电和自动化类专业职业能力培养,由常州纺织服装职业技术学院、常州轻工职业技术学院、深圳市汇川技术股份有限公司等联合编写。

目前可编程控制器技术的应用越来越普及,被誉为工业现代化的三大支柱之一,对提升设备自动化水平、提高生产设备精度和生产效率、保证产品质量均具有重要意义,特别是可编程控制器的网络功能应用,不仅在远程控制、信息采集、联网运行方面体现了优越性,同时也为管控一体化提供了通信技术保障。

### 编写背景

本书坚持基于工作过程导向的项目化教学改革方向,坚持将行业企业典型、实用、操作性强的工程项目引入课堂,坚持发挥行动导向教学的示范辐射作用。

围绕指令与硬件兼容的三菱 FX2N 和汇川 H2U 技术为核心,以 PLC 网络通信解决方案为特色,以项目组织内容,紧扣“典型性、实用性、先进性、操作性”原则,集技术知识、实践技能于一体,理实一体化,易学、易懂、易上手,力求达到提高学生学习兴趣和效率的目的,使学生能掌握可编程控制技术的基本应用技能。

### 基本内容

本套教材共由十个项目组成,每个项目又分为若干个任务,包括任务预备知识、应用举例或训练举例,每个任务还设计了相关思考与练习。项目 1 讲解了 PLC 的基础知识;项目 2 主要详细介绍了 PLC 基本指令应用;项目 3 讲解了状态编程法及其应用;项目 4 讲解了功能指令及应用;项目 5 讲解了程序控制指令应用;项目 6 主要讲解脉冲输出和高速计数器指令及应用;项目 7 主要介绍 FX2N 系列 PLC 模拟量模块与应用项目;项目 8 主要介绍了可编程控制器网络通信技术及应用;项目 9 讲解了人机界面 HMI 技术应用;项目 10 列举 PLC 技术典型工程应用。附录中提供了 FX2N、汇川指令对照表。

本书撰写分工如下:张文明副教授负责撰写教材前言、摘要,并与姚庆文副教授共同策划教材结构框架、章节内容及编写体例;姚庆文副教授撰写项目 1、项目 2 及项目 10 中的任务 5、6;蒋正炎讲师撰写项目 3、项目 7;曹建军讲师撰写项目 4、项目 5;夏建春讲师撰写项目 6;黄晓伟工程师撰写项目 8;王一凡讲师撰写项目 9;陈东升工程师撰写项目 10 中任务 1、2、3;张文明副教授撰写项目 10 任务 4;温惠萍高级实验师撰写项目 10 任务 7;周保廷高级工程师撰写附录三菱汇川指令对照表。全书由张文明副教授策划指导统稿,教育部高职高专自动化技术类专业教学指导委员会主任委员吕景泉教授和汇川技术股份有限公司胡年华高工主审。

在本教材编写过程中，得到了汇川技术股份有限公司、教育部高职高专自动化技术类专业教学指导委员会、中国铁道出版社和常州纺织服装职业技术学院、常州轻工职业技术学院、韶关市第二技师学院等单位领导的大力支持，在此表示衷心的感谢！

限于编者的经验、水平以及时间，书中难免在内容和文字上存在不足和缺陷，敬请批评指正。

编 者

2011年12月6日

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| <b>项目 1 可编程控制器基础知识简介 .....</b>  | <b>1</b>   |
| 任务1 认识PLC .....                 | 1          |
| 任务2 PLC的基本构成及工作原理 .....         | 11         |
| 任务3 三菱FX2N系列PLC .....           | 17         |
| 任务4 GX-Developer编程软件 .....      | 26         |
| 任务5 汇川H2U系列PLC .....            | 32         |
| <b>项目 2 PLC 基本指令及应用知识 .....</b> | <b>42</b>  |
| 任务1 触点类指令及应用 .....              | 42         |
| 任务2 堆栈与主控指令及应用 .....            | 50         |
| 任务3 执行类指令及应用 .....              | 58         |
| 任务4 常用基本程序及应用 .....             | 64         |
| 任务5 认识编程基本规则 .....              | 71         |
| <b>项目 3 状态编程法及应用 .....</b>      | <b>75</b>  |
| 任务1 单序列结构编程 .....               | 75         |
| 任务2 选择序列结构编程 .....              | 86         |
| 任务3 并行序列结构编程 .....              | 92         |
| 任务4 其他结构编程 .....                | 97         |
| 任务5 非状态元件在状态编程法中的应用 .....       | 101        |
| 任务6 GX Developer编写SFC程序 .....   | 103        |
| 任务7 AutoShop编写SFC程序 .....       | 109        |
| <b>项目 4 功能指令及应用 .....</b>       | <b>111</b> |
| 任务1 数据类软件元件认知 .....             | 111        |
| 任务2 功能指令格式解读 .....              | 115        |
| 任务3 传送、比较指令及应用 .....            | 118        |
| 任务4 算术、逻辑运算指令及应用 .....          | 130        |
| 任务5 循环移位指令及应用 .....             | 137        |
| 任务6 数据处理指令应用 .....              | 144        |
| 任务7 时钟计算指令及应用 .....             | 150        |
| <b>项目 5 程序控制类指令及应用 .....</b>    | <b>154</b> |
| 任务1 条件跳转指令及应用 .....             | 154        |
| 任务2 子程序调用指令及应用 .....            | 157        |
| 任务3 中断指令及其应用 .....              | 159        |



|                                        |            |
|----------------------------------------|------------|
| 任务4 主程序结束、监视定时器刷新、程序循环指令及应用 .....      | 164        |
| <b>项目 6 脉冲输出和高速计数器指令及应用 .....</b>      | <b>167</b> |
| 任务1 脉冲输出指令 (PLSY) 及应用 .....            | 167        |
| 任务2 带加减速的脉冲输出 (PLSR) 及应用 .....         | 170        |
| 任务3 脉宽调制指令 (PWM) 及应用 .....             | 172        |
| 任务4 高速计数器 .....                        | 175        |
| 任务5 高速计数器相关指令应用 .....                  | 182        |
| 任务6 定位指令 .....                         | 186        |
| <b>项目 7 FX2N 系列 PLC 模拟量模块及应用 .....</b> | <b>190</b> |
| 任务1 认识FX2N系列PLC模拟量模块 .....             | 190        |
| 任务2 模拟量输入模块FX2N-4AD的使用 .....           | 193        |
| 任务3 模拟量输出模块FX2N-2DA的使用 .....           | 198        |
| 任务4 PID过程控制功能的应用 .....                 | 203        |
| <b>项目 8 可编程控制器网络通信技术应用 .....</b>       | <b>208</b> |
| 任务1 了解网络通信知识 .....                     | 208        |
| 任务2 PLC通用网络通信编程 .....                  | 215        |
| 任务3 可编程控制器之间MODBUS通信编程 .....           | 225        |
| 任务4 PLC与变频器之间MODBUS网络通信 .....          | 232        |
| 任务5 可编程控制器CAN总线网络通信 .....              | 236        |
| 任务6 多台PLC、变频器与人机界面之间网络通信解决方案 .....     | 240        |
| <b>项目 9 人机界面 HMI 技术应用 .....</b>        | <b>246</b> |
| 任务1 人机界面HMI介绍 .....                    | 246        |
| 任务2 HMI和三菱/汇川PLC编程口通信与控制 .....         | 248        |
| 任务3 HMI和汇川PLC的RS485通信与控制 .....         | 253        |
| 任务4 HMI和汇川变频器MODBUS通信与控制 .....         | 255        |
| <b>项目 10 PLC 技术应用 .....</b>            | <b>261</b> |
| 任务1 HMI+PLC+伺服器+丝杆定位系统控制 .....         | 261        |
| 任务2 HMI+PLC+变频器调速系统控制 .....            | 267        |
| 任务3 HMI+PLC+智能仪表控制 .....               | 272        |
| 任务4 PID脉宽调制温度控制系统设计 .....              | 276        |
| 任务5 自动切带机电气系统的调试与维护 .....              | 281        |
| 任务6 自动分切线电气系统的调试与维护 .....              | 287        |
| 任务7 PLC+特殊功能模块+变频器实现温度调速控制 .....       | 295        |
| <b>附录 A 汇川和三菱 PLC 指令对照表 .....</b>      | <b>301</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                      | <b>307</b> |

# 项目1

## 可编程控制器基础知识简介

可编程控制器 (PLC) 被公认为是现代工业自动化三大支柱 (PLC、机器人、CAD/CAM) 之一。本项目主要学习 PLC 性能规格、结构类型、基本组成及工作原理, 掌握编程软件, 学会 PLC 安装接线, 学会 GX-Developer 编程软件使用, 了解与三菱 PLC 指令硬件兼容、性价比比较高的具有自主知识产权的汇川 PLC。

### 任务1 认识 PLC



#### 任务目标

1. 了解 PLC 的产生、发展及应用;
2. 掌握常规电气控制系统与 PLC 控制系统的对比;
3. 了解三菱和汇川 PLC 及性能。

#### 1 PLC 的定义

可编程逻辑控制器, 英文全称 Programmable Logical Controller, 简称 PLC 或 PC。但由于 PC 容易和个人计算机 (Personal Computer) 的英文缩写 PC 混淆, 故人们习惯用 PLC 作为可编程控制器的英文缩写。它是一个以微处理器为核心的数字运算操作电子系统装置, 专为在工业现场应用而设计, 采用可编程的存储器, 用以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/输出接口, 控制各种类型的机械、生产或过程。PLC 是微机技术与传统继电器接触器控制技术相结合的产物, 它克服了继电器接触器控制系统中的机械触点接线复杂、可靠性低、功耗高、通用性和灵活性差等缺点, 充分利用了微处理器的优点, 又兼顾了现场电气操作维修人员的技能与习惯, 特别是 PLC 的程序编制, 不需要专门的计算机编程语言知识, 而是采用一套以继电器梯形图为基础的简单指令形式, 使用户程序编制形象、直观、方便易学, 调试与查错也很方便。用户在购买到所需的 PLC 后, 只须按照说明书的提示, 做少量的接线和简易的用户程序编制工作, 就可灵活方便地将 PLC 应用于生产实践中。

PLC 这门新兴控制技术一直在发展中, 所以至今尚未对其下最后的定义。国际电工学会 (IEC) 曾先后于 1982 年 11 月、1985 年 1 月和 1987 年 2 月发布了可编程序控制器标准草案的第一、二、三稿。在第三稿定义中 IEC 特别地强调了 PLC 有以下特点:

- ① 数字运算操作的电子系统——也是一种计算机 (即工业计算机);
- ② 专为在工业环境下应用而设计;
- ③ 面向用户的指令系统——编程方便;

- ④ 具备逻辑运算、顺序控制、定时/计数控制和算术操作功能;
- ⑤ 具有数字量或模拟量输入/输出控制功能;
- ⑥ 易于与控制系统连成一体;
- ⑦ 易于扩展。

## 2 PLC的发展概况及发展方向

PLC的产生源于美国汽车制造业飞速发展的需要。20世纪60年代后期,汽车型号更新速度加快,原先的汽车制造生产线使用的继电器接触器控制系统,尽管具有原理简单、使用方便、部件动作直观、价格便宜等诸多优点,但由于它的控制逻辑由元器件的固有布线方式来决定(也称之为硬接线逻辑或硬逻辑),因此缺乏变更控制过程的灵活性,不能满足用户快速改变控制方式的要求,无法适应汽车换代、周期迅速缩短的需要。

20世纪40年代产生的电子计算机,在20世纪60年代已得到迅猛发展,虽然小型计算机已开始运用于工业生产的自动控制过程中,但由于原理复杂,又需要专业的程序设计语言,致使一般电气工作人员难以掌握和使用。

1968年,美国通用汽车公司设想将上述两者的长处有机地结合起来,提出了新型电气控制装置的十点招标要求,其中包含:

- ① 它的继电器控制系统设计周期短,更改容易,接线简单,成本低;
- ② 它能把计算机的功能和继电器控制系统的优点有机地结合起来,但编程又比计算机简单易学、操作方便;
- ③ 系统通用性强等。

美国数字设备公司(DEC)结合计算机和继电器-接触器控制系统两者的优点,按招标要求完成了其研制工作,并在美国通用汽车公司的自动生产线上试用成功,从而诞生了世界上第一台可编程控制器。

### (1) 国外 PLC 发展概况

PLC自问世以来,经过几十年的发展,在美、德、日等工业发达国家已成为重要的产业之一,其世界总销售额不断上升、生产厂家不断涌现、品种不断翻新,在产量产值大幅度上升的同时价格则不断下降。

### (2) 技术发展动向

① 产品规模向大、小两个方向发展。大:I/O点数达14 336点、32位微处理器、多CPU并行工作、大容量存储器、扫描速度高速化。小:整体结构向小型模块化发展,增加了配置的灵活性,降低了成本。

② PLC在闭环过程控制中的应用日益广泛。

③ 不断加强通信功能。

④ 新器件和模块不断推出。高档的PLC除了主要采用CPU以提高处理速度外,还有带处理器的EPROM或RAM的智能I/O模块、高速计数模块、远程I/O模块等专用化模块。

⑤ 编程工具丰富多样,功能不断提高,编程语言趋向标准化。有各种简单或复杂的编程器及编程软件,采用梯形图、功能图、语句表等编程语言,亦有高档的PLC指令系统。

⑥ 发展容错技术。采用热备用或并行工作、多数表达的工作方式。

⑦ 追求软硬件的标准化。

### (3) 国产 PLC 发展及应用概况

我国的 PLC 产品的研制和生产经历了三个阶段:

- ① 顺序控制器阶段 (1973—1979 年);
- ② 1 位处理器为主的工业控制器阶段 (1979—1985 年);
- ③ 8 位微处理器为主的可编程控制器阶段 (1985—2000 年);
- ④ ARM 处理器为主的可编程控制器阶段 (2000 年以后)。

目前, PLC 在国内的各行业也有了极大的应用, 技术含量也越来越高。

## 3 PLC 的几种流派简介

由于 PLC 的优点显著, 它一诞生, 便立即受到世界上各工业发达国家的高度关注。从 20 世纪 70 年代初开始, PLC 的生产已发展成一个巨大的产业。据不完全统计, 现在世界上有 PLC 及其网络的生产厂商 200 余家, 所生产的 PLC 品种有 400 多种。PLC 产品的产量和销量在工业控制装置一直高居首位, 迄今为止, 世界市场对 PLC 的需求仍在稳步上升, 以 20 世纪 90 年代以来的市场情况为例, 全世界的 PLC 销售额已达百亿美元, 而且一直保持 15% 的年增长率。

PLC 的厂家众多, 尤其是 PLC 品种繁多且指令系统相互不兼容, 这给广大的 PLC 用户在学习、选择、使用、开发 PLC 等方面带来不少困难。为了给广大用户寻求克服这些困难的途径, 不妨将 PLC 产品按地域分为三种流派。由于同一地域的 PLC 产品, 相互借鉴比较多, 相互影响也比较大, 技术渗透比较深, 面临的主要市场相同, 用户要求接近, 因此统一流派的 PLC 产品呈现出较多的相似性, 而不同流派的 PLC 产品则差异明显。

目前 PLC 产品可按地域分为三大流派: 一种流派是美国产品, 另一种流派是欧洲产品, 还有一种流派是日本产品。美国和欧洲的 PLC 技术是在相互隔离情况下独立研究开发的, 因此美国和欧洲的 PLC 产品有明显的差异性; 而日本的 PLC 技术是由美国引进的, 对美国的 PLC 产品有一定的继承性, 但日本的主推产品定位在小型 PLC 上。美国和欧洲以中大型 PLC 闻名, 而日本则以小型 PLC 著称。

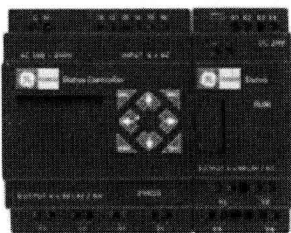
### (1) 美国 PLC 产品

美国是 PLC 的生产大国, 有 100 多家 PLC 厂商, 著名的有 A-B 公司、通用电气 (GE) 公司、莫迪康 (MODICON) 公司、得州仪器 (TI) 公司、西屋公司等。其中 A-B 公司是美国最大的 PLC 制造商, 其产品占美国 PLC 市场的一半。

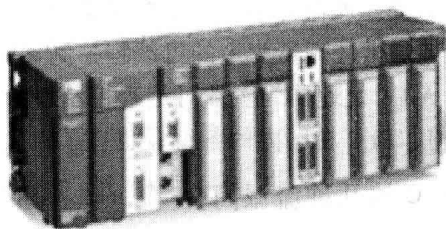
A-B 公司产品规格齐全、种类丰富, 其主推的大、中型 PLC 产品是 PLC-5 系列。该系列为模块式结构, CPU 模块为 PLC-5/10、PLC-5/12、PLC-5/15、PLC-5/25 时, 属于中型 PLC, I/O 点配置范围为 256~1024 点; 当 CPU 模块为 PLC-5/20、PLC-5/30、PLC-5/40、PLC-5/60、PLC-5/40L、PLC-5/60L 时, 属于大型 PLC, I/O 点最多可配置到 3072 点。该系列中 PLC-5/250 功能最强, 最多可配置 8096 个 I/O 点。A-B 公司的小型 PLC 产品有 SLC500 系列等。

GE 公司的代表产品是小型机 GE-I、GE-I/J、GE-I/P 等, 除 GE-I/J 外, 均采用模块式结构。GE-I 用于开关量控制系统, 最多可配置 112 个 I/O 点; GE-I/J 是更小型化的产品, 其 I/O 点最多可配置 96 点。GE-I/P 是 GE-I 的增强型产品, 增加了部分功能指令 (数据操作指令)、功能模块 (A/D、D/A 等) 和远程 I/O 功能等, 其 I/O 点最多可配置 168 点。中型机 GE-III, 它比 GE-I/P 增加了中断、故障诊断等功能, 最多可配置 400 个 I/O 点。大型机 GE-V, 它比

GE-III 增加了部分数据处理、表格处理、子程序控制等功能,并具有较强的通信功能,最多可配置 2048 个 I/O 点;GE-VI/P 最多可配置 4000 个 I/O 点。图 1-1 所示为 GE 公司 PLC 外形图。



(a) Durus PLC 控制器



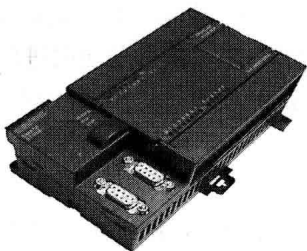
(b) PAC Systems RX3i 控制器

图 1-1 GE 公司 PLC 外形图

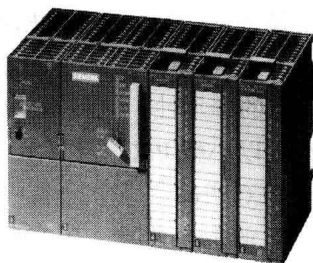
## (2) 欧洲 PLC 产品

德国的西门子公司、AEG 公司、法国的 TE 公司都是欧洲著名的 PLC 制造商。德国西门子的电子产品以性能精良而久负盛名,在中、大型 PLC 产品领域与美国的 A-B 公司齐名。

西门子 PLC 主要产品是 S5、S7 系列。在 S5 系列中,S5-90U、S-95U 属于微型整体式 PLC;S5-100U 是小型模块式 PLC,最多可配置 256 个 I/O 点;S5-115U 是中型 PLC,最多可配置 1024 个 I/O 点;S5-115UH 是大型机,它是由两台 S5-115U 组成的双机冗余系统,最多可配置 4096 个 I/O 点,模拟量可达 300 多路。而 S7 系列是西门子公司在 S5 系列 PLC 基础上近几年推出的新产品,其性能价格比较高,其中 S7-200 系列属于微型 PLC,S7-300 系列属于中小型 PLC,S7-400 系列属于中高性能的大型 PLC。图 1-2 所示为西门子 PLC 外形图。



(a) S7-200 系列 PLC



(b) S7-300 系列 PLC

图 1-2 西门子 PLC 外形图

## (3) 日本 PLC 产品

日本小型 PLC 最具特色,在小型机领域中颇具盛名,某些用欧美的中型机或大型机才能实现的控制,日本的小型机就可以解决,在开发较复杂的控制系统方面明显优于欧美的小型机,所以格外受用户欢迎。日本有许多 PLC 制造商,如三菱、欧姆龙、松下、富士、日立、东芝等,在世界小型机 PLC 市场上,日本的产品约占 70% 的份额。

三菱公司的 PLC 是较早进入中国市场的产品。其小型机 F1/F2 系列是 F 系列的升级产品,早期在我国的销量也不小。F1/F2 系列加强了指令系统,增加了特殊功能单元和通信功能,比 F 系列有了更强的控制能力。继 F1/F2 系列之后,20 世纪 80 年代末三菱公司又推出 FX 系列,该系列在容量、速度、特殊功能、网络功能等方面都有了全面的加强。FX2 系列是在 20 世纪 90 年代开发的整体式高功能小型机,它配有各种通信适配器和特殊功能单元。FX2N 是近几年

推出的高性能整体式小型机,它与 FX2 相比,各种功能都有了全面的提升。近年来还不断推出满足不同要求的微型 PLC,如 FX0S、FX1S、FX0N、FX1N、FX3U 及  $\alpha$  系列等产品。

三菱公司的大中型机有 A 系列、QnA 系列、Q 系列,它们具有丰富的网络功能,I/O 点数可达 8 192 点。其中 Q 系列具有超小的体积、丰富的机型、灵活的安装方式、双 CPU 协同处理、多存储器、远程口令等特点,是三菱公司现有产品中性能较好的 PLC。图 1-3 所示为三菱公司 PLC 外形图。

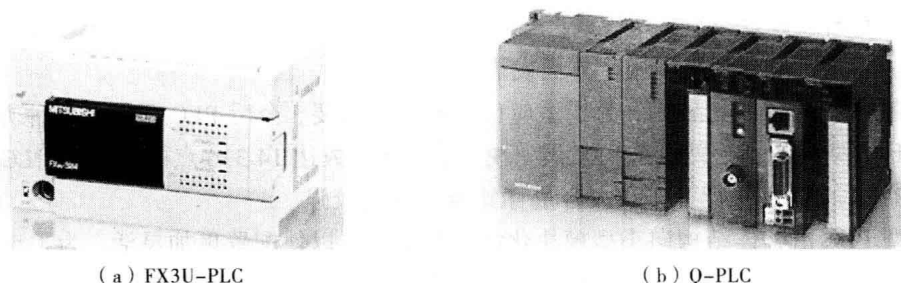


图 1-3 三菱公司 PLC 外形图

欧姆龙公司的 PLC 产品中,大、中、小、微型规格齐全。微型机以 SP 系列为代表,其体积小,速度极快。小型机有 P 型、H 型、CPM1A 系列、CPM2A 系列、CPM2C 系列、CQM1 等。P 型机现已被性价比更高的 CPM1A 系列所取代,CPM2A/2C、CQM1 系列内置 RS-232C 接口和实时时钟,并具有软 PID 功能,CQM1H 是 CQM1 的升级产品,中型机有 C200H、C200HS、C200HX、C200HG、C200HE 和 CS1 系列。C200H 是前些年畅销的高性能中型机,它有配置齐全的 I/O 模块和高功能模块,具有较强的通信和网络功能。C200HS 是 C200H 的升级产品,指令系统更丰富、网络功能更强。C200HX/HG/HE 是 C200HS 的升级产品,有 1148 个 I/O 点,其容量是 C200HS 的 2 倍,速度是 C200HS 的 3.75 倍,有品种齐全的通信模块,是适应信息化的 PLC 产品。CS1 系列具有中型机的规模、大型机的功能,是一种极具推广价值的新机型。大型机有 C1000H、C2000H、CV (CV500/CV1000/CV2000/CVM1) 等。C1000H、C2000H 可单机或双机热备运行,安装有带电插拔模块,C2000H 可在线更换 I/O 模块;CV 系列中除 CVM1 外,均采用结构化编程,易读、易调试,并具有更强大的通信功能。

#### (4) 国产 PLC 产品

我国也有许多厂家、科研所从事 PLC 的研制与开发,目前国产品牌主要有汇川、台达、永宏、和利时、信捷、安控、亚锐等。

深圳汇川技术股份有限公司生产的 PLC 有 H0U、H1U、H2U 等系列,以及其他主要产品如低压变频器、一体化及专机、伺服系统、永磁同步电动机、新能源产品等,主要服务于装备制造业、节能环保、新能源三大领域,产品广泛应用于电梯、起重、机床、金属制品、电线电缆、塑胶、印刷包装、纺织化纤、建材、冶金、煤矿、市政等行业。该公司在低压变频器市场的占有率在国产品牌厂商中名列前茅,其中一体化及专机产品在多个细分行业处于业内首创或领先地位。

虽然将地域作为 PLC 产品流派划分的标准并不十分科学,但广大用户可从“同一流派的 PLC 产品呈现出较多的相似性,而不同流派的 PLC 产品则差异明显”的特征中得出其中的实用价值。广大 PLC 用户完全不必在众多的 PLC 产品面前应接不暇,而可以在每一流派中,针对在我国最具影响力、最具代表性的 PLC 产品入手,相对比较容易地对该流派中的 PLC 产品举一反三、触类旁通。

## 4 PLC的发展趋势

### (1) 向高速度、大容量方向发展

为了提高 PLC 的处理能力,要求 PLC 具有更好的响应速度和更大的存储容量。目前,有的 PLC 的扫描速度可达  $0.1\text{ms}/\text{k}$  步左右。PLC 的扫描速度已成为很重要的一个性能指标。

在存储容量方面,有的 PLC 最高可达几十兆字节。为了扩大存储容量,有的公司已使用了磁棒存储器或硬盘。

### (2) 向超大型或超小型两个方面发展

当前中小型 PLC 比较多,为了适应市场的不同需要,今后 PLC 要向多品种方向发展,特别是向超大型和超小型两个方向发展。现已有 I/O 点数达 14 336 点的超大型 PLC,其使用 32 位处理器、多 CPU 并行工作和大容量存储器,功能较强。

小型 PLC 由整体结构向小型模块化结构发展,可以使配置更加灵活,为了市场需要已开发了各种简易、经济的超小型及微型 PLC,最小配置的 I/O 点数为 8~16 点,以适应单机及小型自动控制的需要,如三菱公司的 A 系列的 PLC。

### (3) 大力开发智能模块,加强联网通信能力

为满足各种自动化控制系统的要求,近年来不断开发出许多功能模块,如高速计数模块、温度控制模块、远程 I/O 模块、通信和人机接口模块等。这些带 CPU 和存储器的智能 I/O 模块既扩展了 PLC 的功能,也扩大了 PLC 的应用范围。

6 加强 PLC 联网通信的能力是 PLC 技术进步的潮流。PLC 的联网通信有两类:一类是 PLC 之间的联网通信,各 PLC 生产厂家都有自己的专有联网手段;另一类是 PLC 与计算机之间的联网通信,一般 PLC 都有专用通信模块与计算机通信。为了加强联网通信能力,PLC 生产厂家之间也在协商制订通用的通信标准,以便构成更大的网络系统,PLC 已成为集散控制系统(DCS)不可缺少的重要组成部分。

### (4) 增强外部故障的检测与处理能力

根据统计资料表明:在 PLC 控制系统的故障中,CPU 故障占 5%,I/O 接口故障占 15%,输入设备故障占 45%,输出设备故障占 30%,线路故障占 5%。前二项共 20%的故障属于 PLC 的内部故障,它可通过 PLC 本身的软、硬件实现检测、处理;而其余 80%的故障属于 PLC 的外部故障。因此,PLC 生产厂家都在致力于研制、开发用于检测外部故障的专用智能模块,进一步提高系统的可靠性。

### (5) 编程语言多样化

在 PLC 系统结构不断发展的同时,PLC 的编程语言也越来越丰富,功能也在不断提高。除了大多数 PLC 使用的梯形图语言外,为了适应各种控制要求,出现了面向顺序控制的步进编程语言、面向过程控制的流程图语言、与计算机兼容的高级语言(如 BASIC、C 语言)等。多种编程语言的并存、互补与发展是 PLC 进步的一种表现。

## 5 PLC 的主要优点

PLC 有如下一些主要优点:

① 编程简单。PLC 用于编程的梯形图与传统的继电接触器式线路图有许多相似之处,对于具有一定电工知识和文化水平的人员,都可以在较短的时间内学会编程的步骤和方法。

② 可靠性高。PLC 是专门为工业控制而设计的,在设计与制造过程中均采用了诸如屏蔽、滤波、无机械触点、精选元器件等多层有效的抗干扰措施,因此可靠性很高,其平均故障时间间隔为 20 000 h 以上。此外,PLC 还具有很强的自诊断功能,可以迅速方便地检查判断出故障,协助工程技术人员缩短检修时间。

③ 通用性好。PLC 品种多,档次也多,可由各种组件灵活组合成不同的控制系统,以满足不同的控制要求。同一台 PLC 只要改变软件就可实现控制不同的对象或不同的控制要求。在构成不同的 PLC 控制系统时,只需在 PLC 的输入、输出端子接上不同的与之相应的输入信号和输出设备,PLC 就能接收输入信号和输出符合要求的控制信号。

④ 功能强。PLC 能进行逻辑、定时、计数和步进等控制,能完成 A/D(模/数)与 D/A(数/模)转换、数据处理和通信联网等任务,具有很强的功能。随着 PLC 技术的迅猛发展,各种新的功能模块不断得到开发,PLC 的功能也日益齐全,应用领域也得到了进一步拓展。

⑤ 体积小、重量轻、易于实现机电一体化。由于 PLC 采用半导体集成电路,因此具有体积小、重量轻、功耗低的特点。

⑥ 设计、施工和调试周期短。PLC 以软件编程来取代硬件接线,由它构成的控制系统结构简单,安装使用方便,而且商品化的 PLC 模块功能齐全,程序的编制、调试和修改也很方便,因此可大大缩短 PLC 控制系统的设计、施工和投产周期。

## 6 PLC 的特点

为适应在工业分环境下使用,与一般控制装置相比较,PLC 有以下特点:

(1) 可靠性高,抗干扰能力强

工业生产对控制设备的可靠性要求如下:

① 平均故障间隔时间长。

② 故障修复时间(平均修复时间)短。

任何电子设备产生的故障,通常分为以下两种:

① 偶发性故障。由于外界恶劣环境如电磁干扰、超高温、超低温、过电压、欠电压、振动等引起的故障,这类故障只要不引起系统部件的损坏,一旦环境条件恢复正常,系统也随之恢复正常。但对 PLC 而言,受外界影响后,内部存储的信息可能被破坏。

② 永久性故障。由于元器件不可恢复的破坏而引起的故障。如果能限制偶发性故障的发生条件,能使 PLC 在恶劣环境中不受影响或能把影响的后果限制在最小范围,在恶劣条件消失后 PLC 能自动恢复正常,这样就能提高平均故障间隔时间;或是在 PLC 上增加一些诊断措施和适当的保护手段,在永久性故障出现时,能很快查出故障发生点,并将故障限制在局部,这样就能降低 PLC 的平均修复时间。为此,各 PLC 的生产厂商在硬件和软件方面采取了多种措施,使除了本身具有较强的自诊断能力,能及时给出出错信息,停止运行、等待修复外,还使 PLC 具有了很强的抗干扰能力。

硬件措施。主要模块均采用大规模或超大规模集成电路,大量开关动作由无触点的电子存储器完成,I/O 系统设计有完善的通道保护和信号调整电路。如:

① 屏蔽。对电源变压器、CPU、编程器等主要部件,采用导电、导磁良好的材料进行屏蔽,以防外界干扰。

② 滤波。对供电系统及输入线路采用多种形式的滤波,如 LC 或  $\pi$  型滤波网络,以消除

或抑制高频干扰，也削弱了各种模块之间的相互影响。

③ 电源调整与保护。以微处理器这个核心部件所需的+5V 电源，采用多级滤波，并用集成稳压调整器进行调整，以适应交流电网的电压波动和过电压、欠电压的影响。

④ 隔离。在微处理器与 I/O 电路之间，采用光电、电磁隔离措施，有效地隔离 I/O 接口与 CPU 之间的电联系，减少故障和误动作，I/O 口之间亦彼此隔离。

⑤ 采用模块式结构。这种结构有助于在出现故障情况后短时修复。一旦查出某一模块出现故障，能迅速更换，使系统恢复正常工作，同时也有助于加快查找故障原因。

软件措施有极强的自检及保护功能：

① 故障检测。软件定期地检测外界环境，如掉电、欠电压、锂电池过低及强干扰信号等，以便及时进行处理。

② 信息保护与恢复。当偶发性故障条件出现时，不破坏 PLC 内部的信息，一旦故障条件消失，就可恢复正常，继续原来的程序工作。所以，PLC 在检测到故障条件时，立即把现有状态存入存储器，软件配合对存储器进行封闭，禁止对存储器的任何操作，以防存储信息被冲掉。

③ 设置警戒时钟（看门狗 WTD）。如果程序每次循环执行时间超过了 WTD 规定的时间，预示程序进入死循环，立即报警。

④ 加强对程序的检查和校验。一旦程序有错，立即报警，并停止执行。

⑤ 对程序及动态数据进行电池后备。停电后，利用后备电池供电，有关状态及信息就不会丢失。

PLC 的出厂试验项目中，有一项就是抗干扰试验，它要求承受的幅值为 1000V，上升时间 1ns，脉冲宽度为 1s 的干扰脉冲。一般平均故障间隔时间可达几十万到上千万小时，集成系统亦可达 4 万~5 万小时甚至更长时间。

## （2）通用性强，控制程序可变，使用方便

PLC 品种齐全的各种硬件装置，可以组成满足各种要求的控制系统，用户不必自己再设计和制作硬件装置。用户在硬件确定以后，在生产工艺流程改变或生产设备更新的情况下，不必改变 PLC 的硬设备，只需改编程序就可以满足要求。因此，PLC 除应用于单机控制外，在工厂自动化中也被大量采用。

## （3）功能强，适应面广

现代 PLC 不仅有逻辑运算、计时、计数、顺序控制等功能，还具有数字和模拟量的输入/输出、功率驱动、通信、人机对话、自检、记录显示等功能。它既可控制一台生产机械、一条生产线，又可控制一个生产过程。

## （4）编程简单，容易掌握

目前，大多数 PLC 仍采用与继电器控制形式相似的“梯形图编程方式”，既继承了传统控制线路的清晰直观，又考虑到大多数工厂和企业电气技术人员的读图习惯及编程水平，非常容易接受和掌握。梯形图语言的编程元件符号和表达方式与继电器控制电路原理图相当接近。通过阅读 PLC 的用户手册或短期培训，电气技术人员和技术工人很快就能学会用梯形图编制控制程序。PLC 同时还提供了功能图、语句表等编程语言。

PLC 在执行梯形图程序时，用解释程序将它翻译成机器语言然后执行（PLC 内部增加了解释程序）。这与直接执行汇编语言编写的用户程序相比，执行梯形图程序的时间要长一些，