

Broadview®  
www.broadview.com.cn

高等学校教材

# 可编程计算机 控制器技术

齐蓉 肖维荣 编著

- 注重条理的**清晰性**和技术的**系统性**
- 基础内容**新颖**；工程实例**多**；技术水平**高超**



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>



# 可 编程计算机

## 控制器技术

作者：[作者姓名] 编著

本书可作为高等院校自动化、计算机、机械、电气、电子信息、通信工程、软件工程、物联网工程、智能制造工程、机器人工程、人工智能专业及相关专业的教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

清华大学出版社  
Tsinghua University Press

高等学校教材

# 可编程计算机控制器技术

齐 蓉 肖维荣 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

## 内 容 简 介

本书以奥地利贝加莱工业自动化公司的 B&R 2000 系列可编程计算机控制器 (PCC) 为背景, 系统地介绍了目前世界上最先进的可编程计算机控制器的工作原理、指令系统、编程技术、系统配置、数据处理、现场总线, 以及网络通信等内容, 力求将这一领域的最新技术成果介绍给读者。

本书编写注重条理的清晰性和 PCC 技术的系统性, 内容丰富新颖, 工程实例多, 技术水平起点高, 可作为工科院校的专业课教材及工程技术人员的培训教材。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

可编程计算机控制器技术 / 齐蓉, 肖维荣编著. —北京: 电子工业出版社, 2005.11

高等学校教材

ISBN 7-121-01813-6

I. 可… II. ①齐… ②肖… III. 可编程序控制器—高等学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 114957 号

责任编辑: 朱沐红

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 25 字数: 588 千字

印 次: 2005 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 35.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

# 前 言

可编程计算机控制器 (Programmable Computer Controller, 简称 PCC) 是集计算机技术、通信技术、自动控制技术 (简称 3C 技术) 为一体的新型工业控制装置。可编程计算机控制器技术从 20 世纪 60 年代诞生以来, 历经可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, 简称 PLC), 可编程控制器 (Programmable Controller, 简称 PC), 发展到如今的 PCC, 均以其极高的可靠性, 丰富的编程语言, 实用的编程方法, 强大的功能, 优良的性能, 良好的耐恶劣环境的能力而成为工业控制领域中增长速度最迅猛的工业控制设备。随着 3C 技术的高速发展, 新一代的 PCC 已经能胜任大型的集散控制和复杂的过程控制。其良好的兼容性, 强大的通信功能, 优良的适时性, 丰富的功能函数, 品种繁多的硬件模块, 多种编程语言的使用等, 使 PCC 已能广泛适应各种工业控制的需要。

本书以奥地利贝加莱工业自动化公司 B&R2000 系列的 PCC 为主线, 以 Automation Studio 编程系统为平台, 收纳了 X67、X20 等最新模块, 系统介绍了 PCC 控制技术。撰写此书的目的就是要把 PCC 控制技术的最新成果介绍给广大的读者, 使之能迅速地应用于我国的工业控制, 使众多的工科院校学生和工程技术人员掌握 PCC 控制的基础理论、操作方法和最新知识, 对其他品牌的 PCC 产品也能触类旁通。

本书详尽地叙述了 PCC 控制系统所需的多种知识, 包括 PCC 控制系统的设计方法, 多种编程语言 (梯形图、Automation Basic、ANSI C) 和编程技巧, 各种硬件模块及系统配置, PCC 的网络通信和现场总线技术, 本地 I/O 扩展和远程 I/O 扩展, 数据模块, TPU 的处理, CAN, Profibus, Ethernet, Ethernet Powerlink, 帧驱动器, 系统调试和项目维护等。书中的例子是从工程实例中提炼出来的, 书中内容的编写尽可能地全面反映当今 PCC 控制领域的最新技术成果。为了更紧密结合工程实际, 用了一章的篇幅介绍 PCC 控制在工程项目中的应用实例, 特别是详细介绍了苇湖梁热网工程, 展示了 PCC 的多种控制技术。

参加本书编写的人员还有: 林辉, 周素莹, 樊惠芳, 蔡立虹。本书在编写过程中参考了众多相关资料和书籍, 使作者获益匪浅, 在此谨向作者们表示衷心感谢。

书中错误、不当和遗漏之处, 恳请读者不吝指正。

齐 蓉

2005 年 8 月于西北工业大学

# 目 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 第 1 章 可编程控制器概述 .....             | 1  |
| 1.1 可编程控制器的产生 .....              | 1  |
| 1.2 可编程控制器的定义 .....              | 2  |
| 1.3 可编程控制器的主要功能 .....            | 2  |
| 1.4 PCC 的特点 .....                | 3  |
| 1.5 PC 与其他工业控制装置的比较 .....        | 5  |
| 1.5.1 PCC 与继电器控制系统的比较 .....      | 5  |
| 1.5.2 PCC 与微型计算机的比较 .....        | 6  |
| 1.5.3 PCC 与单板机的比较 .....          | 7  |
| 1.5.4 PCC 与集散系统比较 .....          | 7  |
| 1.6 PC 的发展趋势 .....               | 7  |
| 思考题与练习题 .....                    | 8  |
| 第 2 章 可编程计算机控制器的原理、系统设计与配置 ..... | 9  |
| 2.1 可编程控制器的组成及其各部分的功能 .....      | 9  |
| 2.1.1 可编程控制器的基本组成 .....          | 9  |
| 2.1.2 可编程计算机控制器各组成部分的功能 .....    | 10 |
| 2.2 可编程计算机控制器的结构形式 .....         | 12 |
| 2.2.1 单元式结构 .....                | 13 |
| 2.2.2 模块式结构 .....                | 13 |
| 2.2.3 叠装式结构 .....                | 14 |
| 2.3 可编程控制器的工作过程 .....            | 14 |
| 2.3.1 大中型 PCC 的工作过程 .....        | 15 |
| 2.3.2 小型 PCC 工作过程 .....          | 17 |
| 2.3.3 输入/输出响应的滞后现象 .....         | 17 |
| 2.4 B&R 2000 PCC 硬件简介 .....      | 19 |
| 2.4.1 概述 .....                   | 19 |
| 2.4.2 可编程计算机控制器硬件结构 .....        | 20 |
| 2.5 常用 I/O 模块 .....              | 23 |
| 2.5.1 数字量输入模块 (DI) .....         | 23 |
| 2.5.2 数字量输出模块 (DO) .....         | 25 |
| 2.5.3 模拟量输入模块 (AI) .....         | 27 |
| 2.5.4 模拟量输出模块 (AO) .....         | 29 |
| 2.5.5 数字量混合模块和模拟量混合模块 .....      | 30 |

|              |                              |           |
|--------------|------------------------------|-----------|
| 2.6          | X20 系统和 X67 系统 .....         | 30        |
| 2.6.1        | X20 系统 .....                 | 31        |
| 2.6.2        | X67 系统 .....                 | 32        |
| 2.7          | B&R2000 PCC 控制系统的硬件配置 .....  | 33        |
|              | 思考题与练习题 .....                | 39        |
| <b>第 3 章</b> | <b>编程系统与程序开发 .....</b>       | <b>40</b> |
| 3.1          | 概述 .....                     | 40        |
| 3.1.1        | 编程语言 .....                   | 40        |
| 3.1.2        | 软件结构 .....                   | 41        |
| 3.2          | B&R 编程系统结构 .....             | 41        |
| 3.2.1        | B&R 编程系统结构 .....             | 41        |
| 3.2.2        | 编程软件 .....                   | 43        |
| 3.3          | 分时多任务操作系统与 I/O 处理 .....      | 44        |
| 3.3.1        | 分时多任务操作系统 .....              | 44        |
| 3.3.2        | I/O 处理 .....                 | 53        |
| 3.4          | Automation Studio 简介 .....   | 55        |
| 3.4.1        | Automation Studio 界面 .....   | 55        |
| 3.4.2        | 创建一个简单的应用程序 .....            | 61        |
| 3.5          | Automation Studio 编程基础 ..... | 70        |
| 3.5.1        | 基本概念 .....                   | 70        |
| 3.6          | 梯形图 .....                    | 76        |
| 3.6.1        | 概述 .....                     | 76        |
| 3.6.2        | 梯形图语言 .....                  | 79        |
| 3.6.3        | 梯形图指令 .....                  | 82        |
| 3.6.4        | 梯形图指令可实现的基本逻辑功能 .....        | 87        |
| 3.6.5        | 功能块的使用 .....                 | 89        |
| 3.6.6        | Watch (变量监测) .....           | 91        |
| 3.6.7        | 数据类型转换 .....                 | 93        |
| 3.7          | Automation Basic .....       | 97        |
| 3.7.1        | 指令 .....                     | 97        |
| 3.7.2        | 数组 Arrays .....              | 118       |
| 3.7.3        | 初始值 .....                    | 120       |
| 3.8          | ANSI C 编程语言简介 .....          | 121       |
| 3.8.1        | 简介 .....                     | 121       |
| 3.8.2        | 变量定义 .....                   | 123       |
| 3.8.3        | 变量声明 .....                   | 126       |
| 3.8.4        | 数据类型 .....                   | 128       |
| 3.8.5        | Line Coverage .....          | 129       |
| 3.8.6        | 函数 .....                     | 130       |
| 3.8.7        | 使用 B&R 库 .....               | 137       |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 3.8.8 编译信息 .....                    | 139 |
| 3.9 函数的调用 .....                     | 141 |
| 3.9.1 概述 .....                      | 142 |
| 3.9.2 函数的类型 .....                   | 146 |
| 3.10 自制用户函数库 .....                  | 153 |
| 3.10.1 创建用户功能块 FBK 的步骤 .....        | 153 |
| 3.10.2 创建实例 .....                   | 156 |
| 3.11 时间功能函数 .....                   | 158 |
| 3.11.1 时间元素 .....                   | 159 |
| 3.11.2 时间标志 .....                   | 160 |
| 3.11.3 时间测量 .....                   | 161 |
| 思考题与练习题 .....                       | 166 |
| <b>第 4 章 可编程计算机控制器的先进编程技术</b> ..... | 171 |
| 4.1 数据处理 .....                      | 171 |
| 4.1.1 数据类型及寻址方式 .....               | 171 |
| 4.1.2 数据模块 .....                    | 179 |
| 4.2 中断和例外 .....                     | 192 |
| 4.2.1 中断任务 .....                    | 192 |
| 4.2.2 例外任务 .....                    | 193 |
| 4.3 初始化程序 .....                     | 202 |
| 4.4 TPU 的原理及应用 .....                | 202 |
| 4.4.1 TPU 概述 .....                  | 202 |
| 4.4.2 TPU 硬件模块的使用操作方法 .....         | 206 |
| 4.4.3 TPU 功能模块在编程语言中的应用 .....       | 209 |
| 4.4.4 TPU 在水轮机调速器测频测相中的应用实例 .....   | 214 |
| <b>第 5 章 网络通信与现场总线</b> .....        | 217 |
| 5.1 网络与现场总线 .....                   | 217 |
| 5.1.1 计算机网络概述 .....                 | 217 |
| 5.1.2 现场总线 .....                    | 222 |
| 5.1.3 PCC 的网络通信 .....               | 224 |
| 5.2 本地 I/O 扩展和远程 I/O .....          | 225 |
| 5.2.1 本地 I/O 扩展 .....               | 225 |
| 5.2.2 远程 I/O 扩展 .....               | 227 |
| 5.3 局域网 CAN .....                   | 229 |
| 5.3.1 CAN 总线的分层结构 .....             | 230 |
| 5.3.2 LLC 子层的功能及帧结构 .....           | 231 |
| 5.3.3 MAC 子层的功能及帧结构 .....           | 232 |
| 5.3.4 MAC 子层的功能 .....               | 236 |

|       |                            |     |
|-------|----------------------------|-----|
| 5.3.5 | 物理层结构及其功能                  | 239 |
| 5.3.6 | B&R 2000 系列产品的 CAN 通信      | 239 |
| 5.4   | 过程现场总线 Profibus            | 248 |
| 5.4.1 | Profibus 的拓扑结构及传输机制        | 248 |
| 5.4.2 | PCC 的 Profibus FMS 通信      | 249 |
| 5.5   | 帧驱动器 Frame Driver          | 257 |
| 5.6   | 以太网 Ethernet               | 270 |
| 5.6.1 | 以太网的硬件                     | 270 |
| 5.6.2 | 以太网的软件组成                   | 271 |
| 5.7   | Ethernet Powerlink         | 275 |
| 5.7.1 | 概述                         | 275 |
| 5.7.2 | Ethernet Powerlink I/O 的操作 | 278 |
| 5.8   | B&R Automation NET         | 279 |
| 5.8.1 | PVI                        | 280 |
| 5.8.2 | 网络连接                       | 281 |
| 5.8.3 | Ethernet                   | 286 |
| 5.8.4 | 路由                         | 286 |
| 5.8.5 | PCC 控制器之间自由网络路由的通信         | 288 |
| 第 6 章 | 可编程计算机控制器的调试和项目维护          | 295 |
| 6.1   | 项目的维护和诊断                   | 295 |
| 6.1.1 | 系统记录本 (Log book)           | 295 |
| 6.1.2 | 系统监测器 (System Monitor)     | 296 |
| 6.1.3 | 启动模式                       | 305 |
| 6.2   | 远程维护功能                     | 307 |
| 6.2.1 | MODEM                      | 307 |
| 6.2.2 | Internet 和拨号               | 308 |
| 6.2.3 | 远程 PVI                     | 308 |
| 第 7 章 | 可编程控制器的典型工程应用              | 311 |
| 7.1   | PCC 控制系统的设计                | 311 |
| 7.1.1 | PCC 控制系统的类型                | 311 |
| 7.1.2 | PCC 控制系统设计的基本原则            | 315 |
| 7.1.3 | PCC 控制系统设计的基本内容            | 315 |
| 7.1.4 | PCC 控制系统设计的步骤              | 315 |
| 7.1.5 | PCC 程序设计步骤                 | 316 |
| 7.1.6 | PCC 控制系统设计任务书的确定           | 316 |
| 7.1.7 | PCC 模块选择的准则                | 318 |
| 7.1.8 | PCC 控制系统的调试与测试             | 319 |
| 7.1.9 | PCC 控制系统的可靠性设计             | 320 |

|        |                             |     |
|--------|-----------------------------|-----|
| 7.1.10 | 冗余系统与热备用系统                  | 324 |
| 7.1.11 | 电缆设计和敷设                     | 324 |
| 7.2    | PCC 在变电站无人值班系统中的应用实例        | 325 |
| 7.2.1  | 概况及功能要求                     | 326 |
| 7.2.2  | 监控部分的设计与实现                  | 327 |
| 7.2.3  | 主站 (SCADA) 子系统功能实现          | 335 |
| 7.2.4  | 主站 (SCADA) 子系统特性            | 338 |
| 7.2.5  | 监控子系统 PCC 模块特性              | 339 |
| 7.3    | PCC 在织机设备上的应用实例             | 341 |
| 7.4    | PCC 在塑料管材生产线中的应用实例          | 343 |
| 7.4.1  | 概述                          | 343 |
| 7.4.2  | PCC 塑料管材控制系统典型解决方案          | 343 |
| 7.4.3  | PCC 塑料管材生产控制任务的实现           | 345 |
| 7.5    | PCC 在自动洗车系统中的应用实例           | 347 |
| 7.5.1  | 自动洗车系统的结构及工作过程              | 348 |
| 7.5.2  | 使用继电器控制的硬件接线                | 349 |
| 7.5.3  | 使用 B&R PLC 实现洗车系统的自动控制      | 350 |
| 7.6    | PCC 在包装及印刷设备上的应用实例          | 354 |
| 7.7    | PCC 在热收缩薄膜包装机中的应用实例         | 356 |
| 7.7.1  | 膜包机的硬件机构                    | 356 |
| 7.7.2  | 控制系统                        | 357 |
| 7.7.3  | 现场总线 (CAN BUS)              | 357 |
| 7.7.4  | 基本运动控制                      | 357 |
| 7.7.5  | 同步运动控制                      | 358 |
| 7.7.6  | 虚轴概念                        | 359 |
| 7.7.7  | 控制过程中的功能实现                  | 359 |
| 7.7.8  | 白膜的送切                       | 359 |
| 7.7.9  | 分瓶                          | 360 |
| 7.7.10 | 入口进瓶与热通道出瓶                  | 360 |
| 7.7.11 | 彩膜送切的探讨                     | 360 |
| 7.8    | PCC 在新疆苇湖梁热电联产热网工程监控系统的应用实例 | 361 |
| 7.8.1  | 系统综述                        | 361 |
| 7.8.2  | 监控中心                        | 366 |
| 7.8.3  | 通信软件编制                      | 368 |
| 7.9    | PCC 在智能楼宇控制系统 (IBAS) 的应用实例  | 373 |
| 附录 A   | 术语与定义                       | 378 |
| 附录 B   | 指令表 IL 编程语言指令结构与常用指令        | 380 |
| 附录 C   | Automation Basic 关键字和操作符    | 385 |
| 参考文献   |                             | 387 |

# 第 1 章 可编程控制器概述

可编程控制器因早期主要应用于开关量的逻辑控制，故其最初被称为可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller），简称 PLC。现代的可编程控制器已经发展到以微处理器为基础，高度集成化的工业控制装置，它是计算机技术与工业控制技术相结合的控制设备。

## 1.1 可编程控制器的产生

在 20 世纪 60 年代初期，顺序控制器还主要是由继电器组成，由此构成的控制系统都是按预先规定的时间或条件顺序地工作，若要改变控制顺序就必须改变控制器的硬件接线，这不仅阻碍了产品更新换代的周期，而且对于比较复杂的控制系统来说，不但设计制造困难，而且其可靠性不高，查找和排除故障也往往是费时和困难的。

1968 年，美国最大的汽车制造商通用汽车公司（GM）为了适应汽车型号的不断翻新，想寻求一种新方法，以便尽可能地减少重新设计和重新接线的工作，从而降低成本、缩短周期。为了用新的控制装置取代继电器控制装置，通用汽车公司在公开招标中提出了十项招标指标，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）可直接用 115 V 交流输入；
- （8）输出为 115 V，2 A 以上，能直接驱动电磁阀、接触器等；
- （9）通用性强，易于扩展；
- （10）用户程序存储器容量可扩展到 4 KB。

1969 年，美国数字设备公司（DEC）研制成功第一台 PLC，应用于美国通用汽车自动装配生产线上，取得了极大的成功。

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、体积小、适于在工业化的环境下运行、使用寿命长等一系列优点，迅速地在各工业领域被广泛使用。1971 年，日本从美国引进了这项新技术。1973 年，西欧国家也相继研制成功了可编程控制器。我国从 1974 年开始研制、引进，1977 年开始生产并投入使用。目前，可编程控制器已成为增长速度最快的工业控制设备。

## 1.2 可编程控制器的定义

可编程控制器出现以后,名称混乱,而且由于其初期在功能上只能进行逻辑控制,因此被称为可编程逻辑控制器。随着技术的发展,一些厂商采用微处理器(MPU)作为可编程控制器的中央处理单元(CPU),使可编程控制器不仅可进行逻辑控制,而且还可对模拟量进行控制。为了使这一新型工业控制装置的生产和发展标准化,美国电气制造商协会(National Electrical Manufacturers Association,简称NEMA)于1980年将它正式命名为可编程控制器(Programmable Controller,简称PC)。PC的定义如下:“PC是一种数字式的电子装置,它使用了可编程序的存储器来存储指令,能完成逻辑、顺序、计时、计数和算术运算等功能,并通过数字或类似的输入/输出模块,以控制各种机械或生产过程。”

国际电工委员会(IEC)于1985年在其颁布的可编程控制器标准草案第二稿中,又给PC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,用于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、模拟式的输入/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。”这就是说,PC是一种特别适合于工业环境的,面向工程技术人员的“蓝领计算机”。20世纪90年代,可编程控制器技术随着计算机技术,网络通信技术,自动控制技术的飞速发展而不再是传统意义上的可编程控制器,由于其数学处理能力,网络通信能力,智能控制能力等得到发展,因此,1994年开始被称为可编程计算机控制器(Programmable Computer Controller,简称PCC)。

## 1.3 可编程控制器的主要功能

随着PCC的不断发展,它与3C技术(Computer, Control, Communication)逐渐融为一体。目前的PCC已从小规模的单机顺序控制,发展到包括过程控制、位置控制等场合的所有控制领域,并能组成工厂自动化的PCC综合控制系统。PCC的主要功能如下。

### 1. 开关量的逻辑控制

这是PCC最常用的功能,PCC设置了与(AND)、或(OR)、非(NOT)等逻辑指令,能取代传统的继电器控制系统,实现逻辑控制、顺序控制。它可用于单机控制、多机群控制、自动化生产线的控制等。例如,注塑机、印刷机械、组合机床、包装流水线、电镀流水线等。

### 2. 定时控制

PCC能为用户提供几十个甚至几千个计时器。计时器的计时值既可由用户在编制程序时设定,也可由操作人员在工业现场通过人机对话装置实时地设定。计时器的实际计时值也可以通过人机对话装置实时地读出和修改。例如,马达空载启动运行数秒后再加入额定负载;注塑机合模后经数分钟再开模等。

### 3. 计数控制

PCC 为用户提供了几十个甚至几千个计数器, 其计数设定值的设定方式类似于计时器。一般计数器的计数频率较低, 可以应用在如啤酒灌装生产线的计数装箱等。若需对频率较高的信号进行计数, 则需选用高速计数模块, 其最高计数频率可达 500 kHz, 如贝加莱公司的高速计数模块应用在电网监控系统对高次谐波的采样分析。具有内部高速计数模块的 PCC, 如三菱公司的 FX 系列的 PCC, 它可提供计数频率达 10 kHz 的内部高速计数器。

### 4. 过程控制

有些 PCC 具有模/数 (A/D) 转换和数/模 (D/A) 转换功能, 能完成对模拟量的检测、控制和调节。例如, 对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环 PID (Proportional Integral Derivative) 控制。

### 5. 位置控制

目前多数 PCC 制造商都提供拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴控制模块, 这一功能可广泛地应用于各种机械, 如金属切削机床、金属成型机床、装配机械、机器人和电梯等。

### 6. 步序控制

PCC 为用户提供了若干个移位寄存器, 可用于步序控制, 即一道工序完成后, 再进行下一道工序。例如, 高炉上料系统、供电保护系统、货物存放与提取等。

### 7. 数据处理

现代的 PCC 具有数据处理功能。它能进行数学运算 (矩阵运算、函数运算、逻辑运算等)、数据传递、数据转换、排序和查表、位操作等功能, 还能完成数据采集、分析、处理。这些数据可通过通信接口传送到其他智能装置。

### 8. 通信和联网

新一代的 PCC 都具有通信功能。PCC 的通信包括 PCC 相互之间、PCC 与上位计算机、PCC 与其他智能设备间的通信。PCC 系统与通用计算机可以直接或通过通信处理单元、通信转接器相连构成网络, 从而实现信息的交换, 并可构成“集中管理, 分散控制”的分布式控制系统, 满足工厂自动化系统的发展要求。

### 9. 监控功能

PCC 能对系统异常情况进行识别、记忆, 或在发生异常情况时自动终止运行。操作人员可以通过监控命令监视有关部分的运行状态, 可以调整定时、定数等设定值。

## 1.4 PCC 的特点

PCC 之所以能成为当今增长速度最快的工业自动控制设备, 是由于它具备了许多独特的优点。它较好地解决了工业控制领域普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题。

PCC 的主要特点如下。

### 1. 可靠性高、抗干扰能力强

高可靠性是 PCC 最突出的特点之一, PCC 的平均无故障时间 (MTBF) 可达几十万小时。由于工业生产过程经常昼夜连续, 工业现场环境恶劣, 各种电磁干扰特别严重。针对这些情况, PCC 采取了一系列措施, 其主要方法是对所有输入/输出 (I/O) 接口电路均采用光电隔离, 有效地抑制了外部干扰源对 PCC 的影响。

(1) 各输入端均采用 R-C 滤波器, 其滤波时间常数一般为 10~20 ms, 对于一些高速输入端则采用数字滤波, 其滤波时间常数可用指令设定。

(2) 各模块均采用屏蔽措施, 防止辐射干扰。

(3) 采用优良的开关电源。

(4) 对器件进行严格的筛选。

(5) 具有自诊断功能, 一旦电源或软件、硬件发生异常情况, CPU 立即采取措施防止故障扩大。

(6) 大型 PCC 还采取双 CPU 构成冗余结构或由三个 CPU 构成表决系统, 使可靠性进一步提高。目前的 PCC 可以承受幅值为 1 000 V, 上升时间为 1 ms, 脉冲宽度为 1  $\mu$ s 的干扰脉冲。由于 PCC 可以连续工作几十万小时无故障, 工业界称之为无故障设备, 故现在的 PCC 性能指标不再列出 MTBF 了。

### 2. 编程简单易学

PCC 编程可以采用类似于继电器控制线路的梯形图, 但由于现代控制要求日益复杂, 简单的梯形图已不能完成复杂的控制算法及工艺要求, 同时, 随着 IT 技术的普及, 高级语言逐渐引入 PCC 的编程语言中, 如: Basic, ANSIC 等。对于企业中一般的电气技术人员和技术工人, 由于这种面向生产、面向用户的编程方式, 与常用的微机语言相比更容易被接受, 故梯形图被称为面向“蓝领的编程语言”, PCC 也被称为“蓝领计算机”。尽管现代的 PCC 也用高级语言编制复杂的程序, 但梯形图仍广泛地被使用。

### 3. 设计、安装容易, 调试周期短, 维护简单

PCC 已实现了产品的系列化、标准化、通用化, 设计者可在规格繁多、品种齐全的 PCC 产品中选用高性价比的产品。PCC 用软件功能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, 从而使控制柜的设计、安装接线工作量大为减少。用户程序的大部分可以在实验室模拟进行, 调试好后再将 PCC 控制系统放到生产现场联机调试, 这样既快速又安全方便, 从而大大缩短了设计和调试周期。在用户维修方面, 由于 PCC 本身的故障率极低, 维修的工作量很小, 而且各种模块上均有运行状态和故障状态指示灯, 便于用户了解运行情况和查找故障。又由于许多 PCC 采用模块式结构, 因此一旦某模块发生故障, 用户可通过更换模块的办法, 使系统迅速恢复运行。有些 PCC 如贝莱的产品还允许带电插拔 I/O 模块, 但不允许带电插拔系统模块。

#### 4. 模块品种丰富、通用性好、功能强大

除了单元式小型 PCC 外,多数 PCC 均采用模块式结构,并形成大、中、小系列产品。常见的模块有各类电源模块、CPU 模块、直流 I/O 模块、交流 I/O 模块、温度模块、数字量混合模块、模拟量混合模块、网络模块、接口模块、定位模块、PID 模块、空模块、高速记数模块、鼓序列发生器模块等。现代的 PCC 具有工业控制所要求的各种控制功能,它既可控制单台设备,又可控制一条生产线或全部生产工艺过程。PCC 具有通信联网功能,可与相同或不同厂家和类型的 PCC 联网,并可与上位机通信构成分布式控制系统。兼容性的优劣是判别 PCC 产品性能、质量的标准之一。

#### 5. 体积小、能耗低

以奥地利贝加莱公司 2005 系列的 PCC 机为例,若选用电源模块 PS794,开关量模块 DI477 (32 路输入,功耗 1.5W),DO479 (16 路输出,功耗 1 W),模拟量模块 AI350 (8 路输入,功耗 5 W),AO350 (8 路输出,功耗 5 W),整个外形尺寸为 165 mm×360 mm×123 mm。由于其体积小,重量轻,很容易装入机械设备内部,是实现机电一体化的理想控制设备。

## 1.5 PC 与其他工业控制装置的比较

### 1.5.1 PCC 与继电器控制系统的比较

以下几个方面说明了 PCC 取代传统的继电器控制系统已成必然趋势。

#### 1. 控制方式

继电器的控制是采用硬件接线实现的,它是利用继电器机械触点的串联或并联及延时继电器的滞后动作等组合形成控制逻辑,只能完成既定的逻辑控制。其连线多而复杂,且体积大,功耗大,一旦系统设计制造完成后,再想改变或增加功能将十分困难。此外,继电器触点数目有限,其灵活性和扩展性也很差。而 PCC 采用存储逻辑,其控制逻辑是以程序方式存储在内存中,要改变控制逻辑,只需改变程序即可,故称“软接线”。由于其连线少,体积小,且 PCC 中每只软继电器的触点理论上可使用无限次,因而其灵活性和扩展性极佳。又由于 PCC 是由大规模集成电路组成,所以功耗很小。

#### 2. 控制速度

继电器控制逻辑是依靠触点的机械动作实现控制,其工作频率低,触点的开合动作一般在几十毫秒,此外机械触点还会出现抖动现象。而 PCC 是由程序指令控制半导体电路来实现控制,速度极快,一般一条用户指令的执行时间在微秒数量级。PCC 内部还有严格的同步,不会出现抖动问题。

#### 3. 延时控制

继电器控制系统是靠时间继电器的滞后动作实现延时控制,而时间继电器定时精度不高,易受环境温度和湿度的影响,调整时间困难。PCC 用半导体集成电路做定时器,时基

脉冲由晶体振荡器产生，精度高，用户可根据需要在程序中设定定时值，定时精度小于 10 ms，定时时间不受环境影响。

#### 4. 其他控制方式

继电器控制系统一般只能进行开关量的逻辑控制，且没有计数功能。PCC 除了能进行开关量逻辑控制外，还能对模拟量进行控制，而且能完成多种复杂控制。

#### 5. 设计与施工

用继电器实现一项控制工程，由于其设计、施工、调试必须依次进行，因而周期长，且修改困难，工程越大，这一点就越突出。用 PCC 完成一项控制工程，在系统设计完成以后，现场施工和控制逻辑的设计可以同时进行，其周期短，且调试和修改都很方便。

#### 6. 可靠性和可维护性

继电器控制系统使用了大量的机械触点，连线也多。由于触点的开闭会受到电弧的损坏，还有机械磨损，因而寿命短，可靠性和维护性都差。而 PCC 采用微电子技术，大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成，因此寿命长，可靠性高。又由于 PCC 具有自检和监测功能，为现场调试和维护提供了方便。

#### 7. 价格

使用继电器控制价格便宜，而用 PCC 价格较高。但若把维护费用、故障造成的停产损失等因素考虑进去，使用 PCC 可能更为合理。

### 1.5.2 PCC 与微型计算机的比较

#### 1. 应用范围

微机除了用于控制领域外，其主要用于科学计算，数据处理，计算机通信等方面。而 PC 则主要用于工业控制。

#### 2. 使用环境

微机对环境要求较高，一般要在干扰小，具有一定温度和湿度要求的机房内使用。而 PCC 适应于工程现场环境。

#### 3. 输入和输出

微机系统的 I/O 设备与主机之间采用微电联系，一般不需电气隔离，但外部控制信号需经 A/D，D/A 转换后方可与微机相连。PCC 一般可控制强电设备，无需再做 A/D，D/A 转换接口，且由于 PCC 内部有光—电耦合电路进行电气隔离，输出采用继电器、可控硅或大功率晶体管进行功率放大，因而可直接驱动执行机构。

#### 4. 程序设计

微机具有丰富的程序设计语言，要求使用者具有一定的计算机硬件和软件知识。PC

有面向工程技术人员的梯形图语言和语句表，一些高级 PCC 具有高级编程语言。

### 5. 系统功能

微机系统一般配有较强的系统软件，并有丰富的应用软件，而 PCC 的软件则相对简单。

### 6. 运算速度和存储容量

微机运算速度快，一般为微秒级，为适应大的系统软件和丰富的应用软件，其存储容量很大。PCC 因接口的响应速度慢而影响数据处理速度，PCC 的软件少，编程也短，内存容量小。

## 1.5.3 PCC 与单板机的比较

### 1. 单板机的优点

单板机结构简单，价格便宜，一般用于数据采集，数据处理和工业控制，它在数据采集和数据处理方面优于 PCC。但它与 PCC 相比还有一些缺点。

### 2. 单板机的缺点

(1) 不如 PCC 容易掌握：单板机一般用机器指令或助记符编程，要求设计者具有一定的计算机硬件和软件知识。

(2) 不如 PCC 使用简单：用单板机来实现自动控制，一般要在输入、输出接口上做大量的工作。例如，要考虑现场与单板机的连接，接口的扩展，输入/输出信号的处理，接口的工作方式等。其调试也比较麻烦。

(3) 不如 PCC 可靠：用单板机进行工业控制，其突出问题在于抗干扰能力差，可靠性低。

## 1.5.4 PCC 与集散系统比较

(1) PCC 是由继电器逻辑控制发展而来的，而集散系统 (DCS) 是由回路仪表控制发展而来，但两者的发展均与计算机控制技术有关。

(2) 早期的 PCC 在开关量控制、顺序控制方面有一定优势，而集散系统在回路调节、模拟量控制方面有一定的优势。

今天，二者相互渗透，互为补充。PCC 与 DCS 的差别已不明显，它们都能构成复杂的分级控制，从趋势来看，二者的统一将组成全分布式计算机控制系统。

## 1.6 PC 的发展趋势

PC 从诞生至今，虽然只有 30 多年的历史，但其发展势头迅猛。如今我们会发现工业自动化领域的新术语层出不穷。如：PC、IPC (工业控制计算机)、DCS (计算机集散控制系统)、PCC (可编程计算机控制器)、PCS (过程控制系统)、FCS (现场总线控制系统)……。