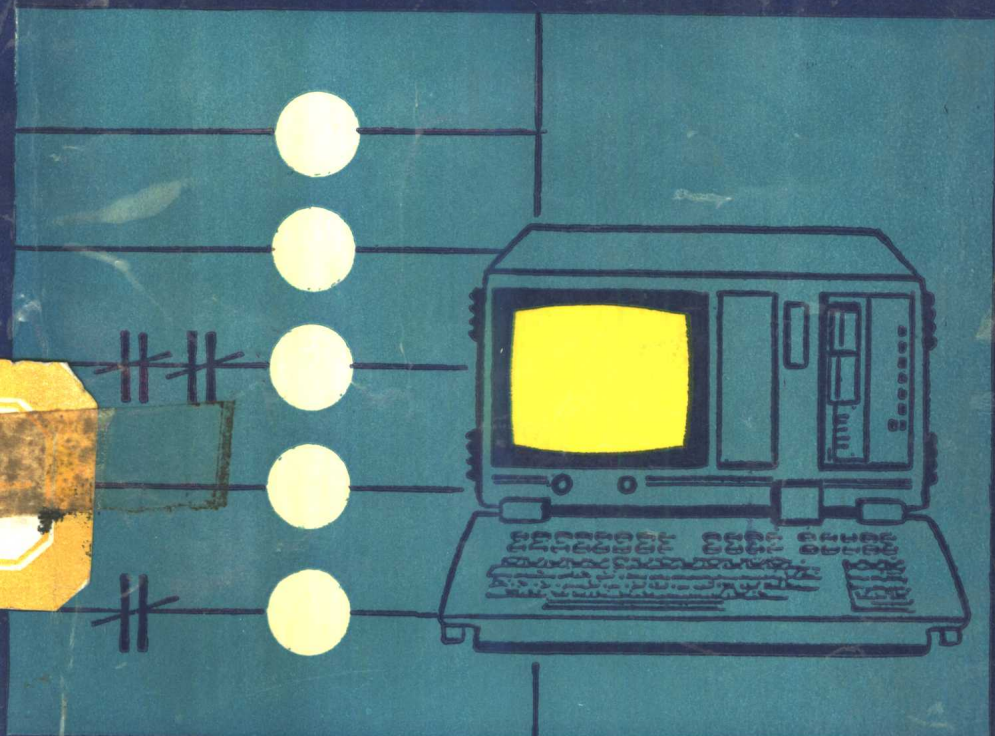


# 可编程序控制器 原理及应用

林小峰 编

高等教育出版社



# 可编程序控制器原理及应用

林小峰 编

高等教育出版社

本书较为系统地阐述了可编程序控制器 (PC) 的结构、工作原理、编制程序的方法和要领, PC 安装和使用应注意的问题, 故障查找和处理的方法。书中有较多的编程例题和工程实例, 并有习题和习题答案。

本书可作为大专院校有关专业的选修课教材或电工学课程的补充教材, 也可供科技人员作为学习 PC 技术的入门和自学参考。

本书责任编辑 刘秉仁

## 可编程序控制器原理及应用

林小峰 编

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

\*

开本 850×1168 1/32 印张 7.625 字数 190 000

1991 年 4 月第 1 版 1991 年 4 月第 1 次印刷

印数 0001—5 820

ISBN7-04-003341-0/TM·171

定价 3.55 元

## 前 言

可编程序控制器简称PC，是一种采用微电脑技术的自动控制设备。由于PC功能完善，使用方便，小型化，可靠性高，通用性强，目前在世界先进工业国家，PC的应用相当广泛，推广和普及PC技术对提高我国的工业自动化水平和生产效率有十分重要的意义。

笔者近几年开展有关可编程序控制器的教学和科研工作，由于国内尚缺少适合非电专业大学生和工程技术人员的PC教材和参考书，笔者编写了这本教材。原稿曾在1988年1月和9月出过两种油印本，在广西大学本科教学及在职人员PC技术培训班中使用，并在中国高等学校电工学研究会第二届学术年会及机电部电工、电子技术课程协作组1989年学术年会上作过交流，得到同行们的鼓励和肯定，尔后又扩散到一些院校和单位，听到许多宝贵意见，本书正是在上述基础上，加以补充和修改，逐步总结而成。其中PC内容的取舍和处理，曾与一部分同行进行过多次讨论。

本书从应用角度出发，尽量避免过多的计算机术语和PC复杂的内部结构，力求用较少的篇幅较好地介绍PC技术，在内容安排和叙述方法上与现有的电工学课程内容衔接，所用的基础知识和分析方法，使仅学过电工学的读者既能够看得懂，又能够用得上。

本书采取积木式结构，各部分章节内容相对独立，可作为高等学校工科非电专业在电工学课程中用较少的学时增加PC技术内容的补充教材，如在电工学中用10个学时左右介绍PC技术，可讲述第二章一、二、四、五节，第三章的第二节和第五节的1、8、10部分即可。本书注重工程实践，第五、六、七章主要面向工程技术人员，介绍了PC应用中的一些共性问题，这就是如何

正确应用 PC 构成实际的控制系统, PC 的使用和维护, 故障查找和处理。书中有较多编程例题和工程实例, 有大量的习题和答案, 并附有 PC 的实验指导, 以帮助读者较好地掌握 PC 技术。本书可作为大专院校有关专业的教学用书, 也可供在职技术人员实际应用时参考。

本书经西安石油学院计算机系高俊敏副教授、西安交通大学浦华修副教授、吉林工业大学高福华副教授、广西大学黄必均副教授审阅, 由高等教育出版社委托高俊敏副教授担任主审。广西大学电气系主任王维亚教授也提出了建设性的修改意见。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限, 不妥和错误之处在所难免, 恳切希望读者批评指正。

编 者

1990年4月

# 目 录

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| 第一章 可编程序控制器概述 .....         | ( 1 )  |
| 一、可编程序控制器的产生 .....          | ( 1 )  |
| 二、可编程序控制器的特点 .....          | ( 2 )  |
| 三、可编程序控制器的国内外状况 .....       | ( 4 )  |
| 四、可编程序控制器的发展趋势 .....        | ( 6 )  |
| 第二章 可编程序控制器的结构和工作原理 .....   | ( 8 )  |
| 一、可编程序控制器的组成 .....          | ( 8 )  |
| 二、可编程序控制器的基本工作原理 .....      | ( 9 )  |
| 1. 可编程序控制器的等效电路 .....       | ( 9 )  |
| 2. 可编程序控制器的工作方式 .....       | ( 13 ) |
| 三、可编程序控制器的分类 .....          | ( 15 ) |
| 1. 根据点数、容量和功能分类 .....       | ( 15 ) |
| 2. 根据结构形状分类 .....           | ( 16 ) |
| 四、F 系列可编程序控制器的品种和基本性能 ..... | ( 18 ) |
| 1. F 系列可编程序控制器的型号 .....     | ( 18 ) |
| 2. 基本单元和扩展单元 .....          | ( 18 ) |
| 3. 系统配置 .....               | ( 20 ) |
| 4. 主要技术特性 .....             | ( 21 ) |
| 五、器件和器件编号 .....             | ( 25 ) |
| 1. 输入继电器 (X) .....          | ( 26 ) |
| 2. 输出继电器 (Y) .....          | ( 27 ) |
| 3. 辅助继电器 (M) .....          | ( 28 ) |
| 4. 移位寄存器 .....              | ( 29 ) |
| 5. 定时器 (T) .....            | ( 30 ) |
| 6. 计数器 (C) .....            | ( 30 ) |
| 7. 特殊辅助继电器 .....            | ( 31 ) |
| 第三章 可编程序控制器程序的编制 .....      | ( 33 ) |
| 一、可编程序控制器程序的表达方式 .....      | ( 33 ) |

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| 二、基本指令 .....                  | ( 35 ) |
| 1. LD、LDI、OUT 指令 .....        | ( 35 ) |
| 2. AND、ANI 指令 .....           | ( 36 ) |
| 3. OR、ORI 指令 .....            | ( 37 ) |
| 4. ORB 指令 .....               | ( 38 ) |
| 5. ANB 指令 .....               | ( 39 ) |
| 6. RST 指令 .....               | ( 40 ) |
| 7. PLS 指令 .....               | ( 42 ) |
| 8. SFT 指令 .....               | ( 42 ) |
| 9. NOP 指令 .....               | ( 44 ) |
| 10. END 指令 .....              | ( 44 ) |
| 三、其它编程指令 .....                | ( 46 ) |
| 1. S、R 指令 .....               | ( 46 ) |
| 2. MC、MCR 指令 .....            | ( 47 ) |
| 3. CJP、EJP 指令 .....           | ( 49 ) |
| 四、编程指导 .....                  | ( 56 ) |
| 1. 编程的基本规则 .....              | ( 56 ) |
| 2. 如何进行编程 .....               | ( 58 ) |
| 3. 编程技巧 .....                 | ( 60 ) |
| 4. 动断触点输入的处理 .....            | ( 62 ) |
| 五、常用基本电路的编程 .....             | ( 64 ) |
| 1. 瞬时输入延时断开电路 .....           | ( 64 ) |
| 2. 延时接通 / 断开电路 .....          | ( 65 ) |
| 3. 闪烁电路 .....                 | ( 65 ) |
| 4. 单脉冲电路 .....                | ( 67 ) |
| 5. 定时器和计数器的扩展 .....           | ( 69 ) |
| 6. 扫描计数 .....                 | ( 70 ) |
| 7. 报警电路 .....                 | ( 71 ) |
| 8. 三相鼠笼式异步电动机星形 - 三角形起动 ..... | ( 72 ) |
| 9. 掉电保持的实现 .....              | ( 74 ) |
| 10. 移位寄存器的应用 .....            | ( 77 ) |
| 11. 先输入优先电路 .....             | ( 79 ) |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| <b>第四章 编程器的功能与使用</b>  | ( 81 ) |
| 一、编程器概述               | ( 81 ) |
| 二、编程器面板布置及有关说明        | ( 83 ) |
| 1. 状态设置和型号选择          | ( 84 ) |
| 2. 键盘功能               | ( 85 ) |
| 3. 显示说明               | ( 86 ) |
| 三、编程操作                | ( 86 ) |
| 1. 清除用户程序存储器内容        | ( 87 ) |
| 2. 程序写入               | ( 88 ) |
| 3. 用步序号读出程序           | ( 89 ) |
| 4. 程序查找               | ( 91 ) |
| 5. 修改程序               | ( 92 ) |
| 6. 删除和插入程序            | ( 93 ) |
| 7. 程序检查               | ( 94 ) |
| 四、监控操作                | ( 96 ) |
| 1. 器件监控               | ( 96 ) |
| 2. 指令监控               | ( 98 ) |
| 3. 改变定时器或计数器的设定值      | ( 99 ) |
| 4. 强迫接通 / 断开          | ( 99 ) |
| <b>第五章 可编程序控制器的应用</b> | (102)  |
| 一、可编程序控制器的应用设计        | (102)  |
| 1. 确定系统控制任务           | (103)  |
| 2. PC 机型的选择           | (103)  |
| 3. 施工设计               | (105)  |
| 4. 总装调试               | (106)  |
| 二、应用举例                | (106)  |
| 1. 物品分选系统             | (106)  |
| 2. 油循环系统的控制           | (109)  |
| 3. 机械手的控制             | (113)  |
| 4. 在醋酸生产装置中的应用        | (118)  |
| 5. 对交通信号灯的控制          | (123)  |
| 6. 液体混合装置的控制          | (128)  |

|                                                       |       |
|-------------------------------------------------------|-------|
| 7. 对压铸机的控制 .....                                      | (133) |
| 8. 在电动单梁起重机质量检测中的应用 .....                             | (139) |
| 9. 解决 PC 输入点不足的方法 .....                               | (147) |
| <b>第六章 安装与接线</b> .....                                | (154) |
| 一、安装 .....                                            | (154) |
| 1. 外形尺寸 .....                                         | (154) |
| 2. 安装的环境 .....                                        | (155) |
| 3. 安装的位置和注意事项 .....                                   | (155) |
| 二、接线 .....                                            | (157) |
| 1. 基本接线 .....                                         | (157) |
| 2. 输入接线 .....                                         | (160) |
| 3. 输出接线 .....                                         | (161) |
| 三、ROM 写入器的使用 .....                                    | (165) |
| 1. 功能 .....                                           | (165) |
| 2. 安装 .....                                           | (166) |
| 3. 操作 .....                                           | (167) |
| <b>第七章 维护和故障查找</b> .....                              | (170) |
| 一、检查与维护 .....                                         | (170) |
| 1. 周期性检查 .....                                        | (170) |
| 2. 维护 .....                                           | (171) |
| 二、故障诊断与故障查找 .....                                     | (171) |
| 1. 故障的初步诊断 .....                                      | (171) |
| 2. 故障查找 .....                                         | (173) |
| <b>习题</b> .....                                       | (178) |
| <b>习题答案</b> .....                                     | (196) |
| <b>附录一 PC 实验</b> .....                                | (212) |
| <b>附录二 常用的国外 PC 规格一览表</b> .....                       | (221) |
| <b>附录三 F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub> 系列 PC 简述</b> ..... | (223) |
| <b>附录四 KC-1 型 PC 简介</b> .....                         | (225) |
| <b>附录五 常用部分新旧符号对照表</b> .....                          | (229) |

|                  |       |
|------------------|-------|
| PC 术语中英文对照 ..... | (230) |
| 参考文献 .....       | (232) |

# 第一章 可编程序控制器概述

## 一、可编程序控制器的产生

众所周知,本世纪 20 年代起,人们用导线把各种继电器、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,控制各种生产机械,这就是大家所熟悉的传统的继电接触器控制。由于它结构简单,容易掌握,价格便宜,在一定范围内满足控制要求,因而使用面甚广,在工业控制领域中曾占主导地位。但是继电接触器控制有明显的缺点:设备体积大,动作速度慢,功能少,只能做简单的控制,特别是由于它是靠硬连线逻辑构成的系统,接线复杂,当生产工艺或对象改变时,原有的接线和控制盘(柜)就要改接或更换,通用性和灵活性较差。

本世纪 60 年代,由于小型计算机的出现和大规模生产及多机群控的发展,人们曾试图用小型计算机来实现工业控制的要求,但由于价格高,输入、输出电路不匹配和编程技术复杂等原因,因而未能得到推广应用。

60 年代末期,美国的汽车制造业竞争激烈,各生产厂家汽车型号不断更新,它必然要影响到加工的生产线亦随之而变,对整个控制系统要重新配置。为此,在 1968 年美国通用汽车公司(GM)公开招标,对控制系统提出具体要求,归纳起来是:1. 容易编程;2. 采用模块式结构;3. 价格便宜;4. 输入输出采用 115 伏交流(美国标准)并能直接驱动继电器和电磁阀;5. 具有数据通讯功能;6. 能在恶劣的工业环境下工作。这些要求实际上提出了将继电接触器控制的简单易懂、使用方便、价格低的优点,与计算机的功能完善、灵活性、通用性好的特点结合起来,将继电接触器控制硬连线逻辑转变为计算机的软件逻辑编程的设想。

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序控制器,并在GM公司汽车生产线上首次应用成功。当时人们把它称为可编程序逻辑控制器PLC(Programmable Logic Controller),只是用它来取代继电接触器控制,功能仅限于执行继电器逻辑、计时、计数等。

随着微电子技术的发展,70年代中期出现了微处理器和微型计算机,人们将微机技术应用到PLC中,使得它更多地发挥计算机的功能,不但用逻辑编程取代硬连线逻辑,还增加了运算、数据传送和处理等功能,真正成为—种电子计算机工业控制设备。国外工业界在1980年正式命名为可编程序控制器(Programmable Controller),简称PC(请注意,不要和个人计算机Personal Computer——PC相混淆)。

国际电工委员会(IEC)1985年1月对可编程序控制器作过如下定义:“可编程序控制器是一种数字运算的电子系统,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—个整体、易于扩充功能的原则设计”。

## 二、可编程序控制器的特点

### (1)编制程序简单

PC是面向用户的设备,PC的设计者充分考虑到现场工程技术人员的技能和习惯,PC程序的编制,用梯形图或面向工业控制的简单指令形式。梯形图与继电器原理图相类似,这种编程语言形象直观,容易掌握,不需要专门的计算机知识和语言,只要具有一定的电工和工艺知识的人员都可在短时间学会。

### (2)控制系统构成简单,通用性强

PC品种多,可由各种组件灵活组合成各种大小和要求不同

的控制系统。在 PC 构成的控制系统中,只需在 PC 的端子上接入相应的输入输出信号线即可,不需要诸如继电器之类的固体电子器件和大量而又繁杂的硬接线线路。当控制要求改变,需要变更控制系统的功能时,可以用编程器在线或离线修改程序,同一 PC 装置用于不同的受控对象,只是输入输出组件和应用软件的不同。PC 的输入输出可直接与交流 220 伏、直流 24 伏等强电相连,并有较强的带负载能力。

### (3) 抗干扰能力强,可靠性高

微机虽然具有很强的功能,但抗干扰能力差,工业现场的电磁干扰、电源波动、机械振动,温度和湿度的变化,都可能使一般通用微机不能正常工作。而 PC 是专为工业控制设计的,在设计 and 制造过程中采取了多层次抗干扰和精选元器件措施,可在恶劣的环境下工作。PC 的平均故障间隔时间通常在 2 万小时以上,这是一般微机不能比拟的。

继电器接触器控制虽有较好的抗干扰能力,但使用了大量的机械触点,连线复杂,触点在开闭时易受电弧的损害,寿命短。而 PC 采用微电子技术,大量的开关动作由无触点的电子电路来完成,大部分继电器和繁杂的连线被软件程序所取代,故寿命长,可靠性大大提高。

### (4) 体积小,维护方便

PC 体积小,重量轻,便于安装。PC 具有自诊断功能,能检查出自身的故障,并随时显示给操作人员,使操作人员检查、判断故障迅速方便,且接线少,维修时只需更换插入式模块,维护方便。

### (5) 缩短设计、施工、投产调试周期

用继电器接触器控制完成一项控制工程,必须首先按工艺要求画出电气原理图,然后画出继电器屏(柜)的布置和接线图等图纸提供订货,以后要修改十分不便。而采用 PC 控制,由于其硬、软件齐全,为模块化积木式结构,且已商品化,故仅需按需要如

性能、容量(输入输出点数, 内存大小)等选用组装, 而大量具体的程序编制工作也可在 PC 到货后进行, 因而缩短了设计周期, 使设计和施工可同时进行。由于用软件编程取代继电器硬接线实现控制功能, 大大减轻了繁重的安装接线工作, 缩短了施工周期。因为 PC 是通过程序完成控制的, 采用了方便用户的工业编程语言, 且都具有强制和仿真的功能, 故程序的设计、修改和投产调试都很方便、安全, 可大大缩短设计和投运周期。

### 三、可编程序控制器的国内外状况

自从美国研制出世界第一台 PC 以后, 日本、联邦德国、法国等国相继开发了各自的 PC, 受到工业界的欢迎, 特别是 70 年代中期, 在 PC 中全面引入微机技术, 使 PC 功能日趋完善、小型化, 低价格, 高可靠性, 奠定了它在现代工业中的位置。在世界先进工业国家, 70 年代末和 80 年代初 PC 已成为工业控制领域中占主导地位的基础自动化设备。以美国为例, PC 销售额的年增长率大于 20%。美国著名的商业情报公司 FROST SULLIVAN 公司在 1982 年对该国的石油化工、冶金、机械等行业的 400 多个工厂企业调查统计结果如表 1-1 所示, 表明 PC 在企业中应用相当普及, 有 82% 的厂家使用。

表 1-1 各种工业自控设备的使用情况

| 工厂自动化设备        | 名次 | 所占 % |
|----------------|----|------|
| 可编程序控制器        | 1  | 82   |
| 自动化仪表          | 2  | 79   |
| 计算机控制          | 3  | 43   |
| 专用控制器          | 4  | 36   |
| 数据采集系统         | 5  | 27   |
| 能源管理系统         | 6  | 24   |
| 自动材料处理系统       | 7  | 23   |
| 分散控制系统         | 8  | 22   |
| 自动检查、自动测试      | 9  | 18   |
| 数控 (DNC 和 CNC) | 10 | 15   |

据报道, 1987 年美国就有 63 家 PC 制造厂, 生产 243 种 PC, 销售量达到 38.3 万台, 销售额超过 10 亿美元。

日本自 1972 年开始研制 PC, 十几年来发展十分迅速, 1984 年 PC 的生产厂家就有 30 多个, 产品 60 多种。日本主要发展中、小型 PC, 日本的小型 PC 产品性能先进, 结构紧凑, 价格便宜, 因而在世界市场上占有重要的地位, 使得在 PC 方面一直处于世界领先地位的美国转向发展大型 PC。日本三菱电机公司是日本目前 PC 销售量最大的厂家, 三菱的代表产品是 K 系列中型 PC 和 F 系列小型 PC。

西欧德、英、法等国的 PC 的发展也很快, 销售年增长率在 20 ~ 30% 之间, 最有影响的产品是联邦德国西门子公司的 SIMATIC 系列和瑞典通用公司的 MASTER 系列。

目前在世界先进工业国家 PC 已成为工业控制的标准设备, 它的应用面几乎覆盖了所有工业企业, 国外专家预言, 作为工业自动化的三大技术支柱 (PC 技术、机器人、计算机辅助设计和分析) 之一的 PC 技术, 将跃居主导地位。

我国在 80 年代初才开始认识使用 PC。80 年代初, 随着成套设备、专用设备引进了不少国外的 PC, 如宝钢一期工程从原料码头到钢管厂的整个钢铁生产线上使用近 200 台 PC。PC 良好的工作性能引起人们的注意, 最近几年, 美国、日本、联邦德国等国的 PC 产品大量进入我国市场, 有许多科研单位和工厂从推广国外的 PC 产品中, 逐步消化和引进 PC 技术, 自行设计和仿制进口的 PC 产品, 现在国内已有多条引进的 PC 生产线和各种自行研制的 PC 产品。较有影响的厂家和产品有: 上海起重电器厂、上海大华仪表厂、广州南洋电器厂引进和仿制的日本三菱公司的 F 系列 PC, 天津自动化仪表厂从美国 GOULD 公司引进的 MODICON 84 系列, 辽宁无线电二厂、中航技西门子北京服务中心引进和仿制的西德西门子公司的 SIMATIC 系列, 厦门艾伦布拉德利公司合资生产美国 ALLEN-BRADLEY 公司的

PLC-2 和 PLC-5 系列的一些 PC 产品。PC 在我国的机械、冶金、化工、轻工等大多数工业部门开始得到广泛应用,取得显著的经济效益,PC 的发展方兴未艾,前景十分可观。但目前我国的 PC 自给率很低,大部分依赖进口。今后我国的 PC 发展模式为:引进外贸和技术,合作生产、合资经营;学习国外先进技术、引进样机、引进先进工艺装备,先仿后创,逐步实现国产化。

这里需要特别指出的是,PC 在机械行业的应用有十分重要的意义。据国外有关资料统计,用于机械行业的 PC 销售额占 60%,其中用于机床制造的 PC 占 25%;美国、日本、西欧用于机床的 PC 每年约 100 万台。PC 是实现机电一体化的重要手段,PC 既能改造传统的机械产品成为机电一体化新一代产品,又适用于生产过程控制,应用 PC 体现了用微电子技术改造机械工业这个根本方向。

#### 四、可编程序控制器的发展趋势

##### (1)向小型化、专用化、成本低方向发展

80 年代初,小型 PC 在价格上还高于小系统用的继电器控制装置,随着微电子技术的发展,新型器件大幅度地提高功能和降低价格,使 PC 结构更为紧凑,相当于一本精装书一样的大小,编程器象袖珍计算器一样大小,操作使用十分简便。PC 的功能不断增加,将原来大、中型 PC 才有的功能移植到小型 PC 上,如模拟量处理、数据通信等,但价格不断下降,真正成为继电器的代替物。

##### (2)向大容量、高速度、多功能方向发展

大型 PC 采用多微处理器系统,有的还采用了 32 位微处理器,可同时进行多任务操作,处理速度提高,存储容量大大增加;采用多种多功能编程语言和先进指令系统。可使用 BASIC 等高级语言,特别是增强了过程控制和数据处理的功能,如多 PID 回路和用户组态模拟报警编程,数据文件传送,浮点运算等功能;

提高了组网和通信能力，能实现 PC 之间和 PC 与管理计算机之间的通信网络，形成多层分布控制系统，或整个工厂的自动化网络。