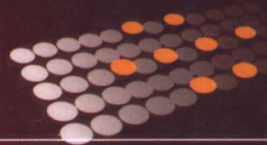




北京市高等教育精品教材立项项目

高等学校电气工程与自动化专业教材



可编程序控制器 系统原理及应用

曹辉 霍罡 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

www.phei.com.cn

北京市高等教育精品教材立项项目
高等学校电气工程与自动化专业教材

可编程序控制器系统原理及应用

曹 辉 霍 罡 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

可编程序控制器(PLC)以其高可靠性、适应性强和使用简便等突出优点在自动化控制领域应用广泛,本书从实际应用的角度重点介绍了 OMRON C200H α PLC 的硬件系统、工作原理、指令系统、编程方式、网络通信结构、触摸屏操作,以及实际应用等内容。

本书是“北京市高等教育精品教材立项项目”之一,可作为高等院校相关专业教材,也可作为工业自动化、机电一体化和计算机控制等领域工程技术人员的参考书。

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

可编程序控制器系统原理及应用/曹辉,霍罡编著. —北京:电子工业出版社,2003.8
高等学校电气工程与自动化专业教材
ISBN 7-5053-8989-0

I. 可… II. ①曹… ②霍… 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(2003)第 068871 号

责任编辑:朱怀永 特约编辑:逢积仁

印 刷:北京京科印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

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:787×980 1/16 印张:22.25 字数:495.6 千字

版 次:2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:27.00 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

前 言

作为工业自动化的重要支柱之一的可编程序控制器 (PLC) 以其高可靠性和操作简便等特点引导了当今工业控制的潮流, 因此, 掌握 PLC 技术已成为大势所趋。

PLC 是一种新型的通用自动控制装置, 它将传统的继电器—接触器控制技术、计算机技术和通信技术融为一体, 专门为工业控制而设计, 特别是目前在现场总线和工业控制网络方面的发展为自动化领域开辟了崭新的空间。

本书的讲稿 (校内教材) 已在大学本科、高职教学中使用多年, 此次正式出版又对原讲稿做了大幅修改, 增加了较新的内容, 力求做到通俗易懂、脉络清晰、指导实践。另外, 本书时效性强, 便于自学。

在世界上众多 PLC 的生产厂家中, 由于 OMRON C 系列 PLC 具有较好的性价比, 且编程简单灵活, 便于学习, 故本书主要讲述了 OMRON C 系列中目前销售量最大的 C200H α 的硬件系统、工作原理、指令系统、编程方式、网络通信结构、触摸屏操作, 以及实际应用等内容。全书共分 9 章, 其中第 1, 2, 4, 5, 6 章由霍罡老师编写; 第 3, 7, 8, 9 章由曹辉老师编写。

本书被北京市教委评为北京市高等教育精品教材, 可作为高等院校相关专业的本科或高职学生使用, 也适用于从事工业自动化、机电一体化和计算机控制等专业的工程技术人员使用, 还可以供工程技术人员自学和应用 PLC 时参考。本书在编写过程中得到了陈玉记老师的帮助, 在此表示感谢。

由于作者水平有限, 并受到信息来源的限制, 所以在书中难免有一些不妥之处, 恳请广大读者批评指正。

编著者

2003 年 4 月

目 录

第 1 章 概述	(1)
思考题	(13)
第 2 章 可程序控制器的原理	(14)
2.1 可程序控制器的基本结构	(14)
2.2 可程序控制器的基本工作原理	(17)
思考题	(27)
第 3 章 OMRON C200H α PLC 的硬件系统	(28)
3.1 OMRON C 系列 PLC 的类型	(28)
3.2 C200H α PLC 系统特点与组成	(29)
3.2.1 系统特点	(29)
3.2.2 系统组成	(30)
3.3 CPU 单元、电源及母板配置	(32)
3.4 标准 I / O 单元	(37)
3.5 特殊 I / O 单元	(42)
3.5.1 模拟量输入单元 C200H—AD003	(45)
3.5.2 模拟量输出单元 C200H—DA003	(55)
3.5.3 高速计数单元 C200H—CT021	(61)
思考题	(87)
第 4 章 OMRON C200H α PLC 的存储器系统	(88)
4.1 C200H α PLC 存储器概述	(88)
4.2 C200H α PLC 数据区域结构	(88)
4.3 IR (Internal Relay 内部继电器) 区域	(92)
4.4 SR (Special Relay 专用继电器) 区域	(96)
4.5 HR (Holding Relay 保持继电器) 区域	(100)
4.6 TR (Temporary Relay 暂存继电器) 区域	(100)
4.7 AR (Auxiliary Relay 辅助继电器) 区域	(100)
4.8 LR (Link Relay 链接继电器) 区域	(100)
4.9 TC (Timer/Counter 定时器/计数器) 区域	(101)
4.10 DM (Data Memory 数据存储器) 区域	(101)

4.11	UM (User Memory 用户存储器) 区域	(103)
4.12	EM (Extended Memory 扩展数据存储器) 区域	(103)
	思考题	(104)
第 5 章 OMRON C200Hα PLC 的指令系统		(105)
5.1	基本编程指令与规则	(105)
5.1.1	基本概念	(105)
5.1.2	基本逻辑类编程指令	(106)
5.1.3	编程规则及技巧	(110)
5.2	定时计数类指令	(113)
5.2.1	定时器指令	(113)
5.2.2	计数器指令	(115)
5.2.3	定时器与计数器的应用举例	(116)
5.3	结束[END(01)]指令和空操作[NOP(00)]指令	(118)
5.4	分支跳转类指令	(119)
5.4.1	连锁[IL(02)]和连锁清除[IL(03)]指令	(119)
5.4.2	跳转[JMP(04)]指令和跳转结束[JME(05)]指令	(120)
5.4.3	暂存继电器(TR)	(122)
5.5	锁存指令和微分指令	(123)
5.5.1	锁存继电器 KEEP(11)	(123)
5.5.2	上微分[DIFU(13)]指令和下微分[DIFD(14)]指令	(123)
5.5.3	置位 (SET) 指令和复位 (RSET) 指令	(124)
5.6	数据移位和传送类指令	(125)
5.6.1	数据移位类指令	(125)
5.6.2	数据传送类指令	(131)
5.7	数据比较和数制换算指令	(137)
5.7.1	数据比较类指令	(137)
5.7.2	数制换算类指令	(141)
5.8	数据运算类指令	(150)
5.8.1	BCD 码计算指令	(150)
5.8.2	二进制 BIN 运算指令	(162)
5.8.3	逻辑运算指令	(165)
5.8.4	特殊算术指令	(169)
	思考题	(177)
第 6 章 C 系列 PLC 的编程方式		(181)

6.1 手编程器的应用	(181)
6.1.1 手编程器的结构	(181)
6.1.2 编程准备	(184)
6.1.3 编程操作	(188)
6.1.4 监控操作	(193)
6.2 梯形图编程软件 CX-Programmer 的应用	(199)
6.2.1 梯形图离线编程	(199)
6.2.2 梯形图在线操作	(218)
思考题	(226)
第7章 可编程序控制器的通信	(228)
7.1 C 系列 PLC 通信概述	(228)
7.2 下级连接系统 CompoBus / D (DeviceNet)	(229)
7.2.1 CompoBus/D 的组网方式	(229)
7.2.2 CompoBus/D 主单元	(231)
7.2.3 CompoBus/D 从单元	(235)
7.2.4 CompoBus/ D 的通信方式	(236)
7.2.5 软件开关及状态区设置	(238)
7.2.6 CompoBus/D 通信应用举例	(239)
7.3 同级连接系统 Controller Link	(241)
7.3.1 Controller Link 的组网方式	(241)
7.3.2 Controller Link 单元	(241)
7.3.3 数据链接	(245)
7.3.4 信息通信	(255)
7.3.5 Controller Link 的通信机制	(255)
7.4 上级连接系统	(257)
7.4.1 上位机链接通信	(257)
7.4.2 RS-232C 通信	(266)
7.4.3 一对一 PLC 链接	(270)
7.4.4 通信协议宏功能	(272)
思考题	(272)
第8章 可编程序控制机器人机接口	(274)
8.1 触摸屏功能及软件编程	(274)
8.1.1 编程主窗口	(274)
8.1.2 菜单图	(277)

8.1.3 画面显示	(281)
8.1.4 内存表	(285)
8.1.5 元素(图形对象)	(289)
8.1.6 触摸屏控制及状态区(CON- TROL/NOTIFY AREA)	(300)
8.2 触摸屏的系统菜单操作	(302)
8.3 触摸屏的应用实例	(307)
思考题	(310)
第 9 章 可编程序控制器的应用设计	(312)
9.1 可编程序控制器的应用设计	(312)
9.2 燃油锅炉的自动点火系统的应用实例	(313)
附录 A	(325)
附录 B	(330)
附录 C	(332)
附录 D	(337)
附录 E	(340)
附录 F	(341)
附录 G	(345)
参考文献	(347)

第 1 章 概 述

可编程序控制器是计算机技术与继电器逻辑控制技术相结合的一种新型控制器，它是以微处理器为核心，用于数字控制的专用计算机。随着微电子技术、计算机技术和数据通信技术的发展，可编程序控制器已经逐渐发展成为功能完备的自动化系统，是当前先进工业自动化控制系统领域的三大支柱之一。

1. 可编程序控制器的定义

可编程序控制器（Programmable Controller）是从 20 世纪 60 年代末开始发展起来的工业控制装置，它是以微处理器或单片机为核心的一种工业控制专用微机，国外很多文献中将其简称为 PC。但是，在国内 PC 通常指的是个人计算机（Personal Computer），故国内仍沿用 PLC（Programmable Logic Controller）的旧称。在此需要特别强调的是，PLC 的控制范围已不再仅仅局限于逻辑量，对模拟量也能控制。

美国国际电工委员会（IEC）在 1987 年对可编程序控制器做出如下定义：可编程序控制器是一类专门为在工业环境下应用而设计的数字式电子系统，它采用了可编程的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等功能的面向用户的指令，并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。可编程序控制器及其相关外部设备，都应按照易于与工业控制系统联成一个整体，易于扩展其功能的原则而设计。

进入 21 世纪，由于控制对象的日益多样性和复杂性，采用单一的可编程序控制器已不能满足控制要求，因此出现了配备 A/D 和 D/A 单元、触摸屏、高速计数单元、温控单元、位控单元、通信单元、主机链接单元等具有不同功能的特殊模块构成了功能强大的可编程序控制器系统，而且不同系统间可以实现网际联控，并与上位管理机进行数据交换。

2. 可编程序控制器的发展历史

从 20 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，这就是我们所熟悉的传统的继电器接触器控制。由于它结构简单易懂、使用方便、价格低廉，在一定的范围内能满足控制要求，因而在工业控制领域中得到了广泛应用并曾占主导地位。

但是，这种继电器接触器控制明显的缺点是：设备体积大、动作速度慢、功能少，只能做简单的控制；特别是采用硬连线逻辑，接线复杂，一旦生产工艺或对象变动时，原有接线和控制盘（柜）就需要更换。因此，这种装置的通用性和灵活性较差，不利于产品的更新换代。

20 世纪 60 年代, 由于小型计算机的出现和大规模生产以及多机群控技术的发展, 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而未能得到推广。

60 年代末期, 美国汽车制造业竞争激烈, 如果在每次汽车改型或改变工艺流程时能不改动原有继电器柜内的接线, 就可以降低成本, 缩短新产品的开发周期。1968 年, 美国通用汽车公司提出了开发一种新型逻辑顺序控制装置以取代继电控制盘的设想, 为此发布了十项招标指标, 即:

- ① 编程简单, 可在现场修改程序;
- ② 维护方便, 最好是插件式;
- ③ 可靠性高于继电器控制柜;
- ④ 体积小于继电器控制柜, 能耗较小;
- ⑤ 可将数据直接送入管理计算机, 便于监视系统运行状态;
- ⑥ 在成本上可与继电器控制装置相竞争, 即有较高的性能价格比;
- ⑦ 输入开关量可以是交流 115V 电压信号 (美国电网电压 110V);
- ⑧ 输出的驱动信号为交流 115V、2A 以上容量, 能直接驱动电磁阀线圈;
- ⑨ 具有灵活的扩展能力, 在扩展时, 原系统只需很小变更即可达到最大配置;
- ⑩ 用户程序存储器容量至少在 4KB 以上 (适应当时汽车装配过程的要求)。

十项指标的核心要求是采用软布线 (编程) 方式代替继电控制的硬接线方式, 实现大规模生产线的流程控制。

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 研制出世界上第一台 PLC PDP—14, 在美国通用汽车自动装配线上试用, 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品种, 它一问世就获得了巨大成功。

此后, 这项新技术迅速发展起来。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, 很快研制出了其第一台 PLC DSC—8。1973 年, 西欧国家的第一台 PLC 也研制成功。我国从 1974 年开始仿制美国的第二代 PLC, 1977 年研制出第一台具有实用价值的 PLC。

从控制功能方面看, PLC 经历了以下四个发展阶段。

第一阶段, 从第一台 PLC 诞生到 20 世纪 70 年代中期, 是可编程序控制器的崛起阶段。首先在汽车工业获得大量应用, 继而在其他产业部门也开始应用。由于大规模集成电路的出现, 采用 8 位微处理器芯片作为 CPU, 推动了可编程序控制器技术的飞跃。这一阶段的产品主要用于逻辑运算和定时、计数运算, 控制功能比较简单。其代表产品有 MODICON 公司的 PDP—084, ALLEN-BRADLEY 公司的 PDQ—II, DEC 公司的 PDP—14, 日本日立公司的 SCY—022 等。

第二阶段, 从 20 世纪 70 年代中期到 70 年代末期, 是可编程序控制器的成熟阶段。由于超大规模集成电路的出现, 16 位微处理器和 51 单片机相继问世, 使 PLC 向大规模、高速度、高性能方向发展。这一阶段产品的功能扩展到数据传送、比较和运算, 以及模拟

量的运算等。其代表产品有 MODICON 公司的 PDP—184, PDP—284 和 PDP—384, 西门子公司的 SYMATIC S3 系列等。

第三阶段, 从 20 世纪 70 年代末到 80 年代中期, 是可编程序控制器在通信上获得应用和发展的阶段。由于计算机通信技术的发展, PLC 在通信方面的应用也有了较大的提高, 初步形成了分布式的通信网络体系。但是, 由于制造厂商各自为政, 通信系统自成系统, 因此, 各产品的互联是较困难的。在该阶段, 由于社会生产对 PLC 的需求量大大增加, 它的数学运算功能得到了较大的扩充, 可靠性也进一步提高。代表产品有美国 GOULD 公司的 M84, 884 等。

第四阶段, 从 20 世纪 80 年代中期至今是可编程序控制器由单机控制向系统化控制的加速发展阶段。国际知名公司不断开发出新的产品系列, 并配备了符合国际现场总线标准的通信接口, 实现不同系统的互连或与局部网络连成整体分布系统。这一阶段的产品规模增大, 功能不断完善, 大中型的产品多数有 CRT 的显示功能, 产品的扩展也因通信功能的改善而变得方便。

在软件方面, 采用与可编程序控制器相匹配的标准的软件系统, 不断向上发展并与计算机系统兼容, 增加了高级编程语言。技术上具代表性的突破是推出将 PLC 功能集成在一个芯片上 (PLC-on-a-chip) 的产品; 从系统体系结构上, 则是为实现 EIC (电气、仪表、计算机) 一体化综合控制系统打开了局面。其代表产品有欧姆龙公司的 CS1, 西门子公司的 SYMATIC S5 和 S7 系列, ALLEN-BRADLEY 公司的 PLC—5 等。

3. 可编程序控制器的特点

可编程序控制器之所以越来越受到控制界人士的重视, 是由于它具有令通用计算机望尘莫及的特点。

(1) 应用简便

① 应用灵活, 安装简便。标准的积木式硬件结构与模块化的软件设计, 使 PLC 不仅适应大小不同、功能繁复的系统控制要求, 而且适应工艺流程变更较多的场合。它的安装和现场接线简便, 可按积木方式扩充或缩减其系统规模, 组合成灵活的控制系统。由于其控制功能是通过软件实现的, 因此, 允许设计人员在未购买硬件设备前就能进行“软布线”工作, 从而缩短了整个设计、生产、调试周期, 研制经费相对减少了。从硬件连接方面来看, PLC 对现场环境要求不高, 无论是接线或配置都极其方便, 只用螺丝刀即可进行全部接线工作, 而不要自行设计和制造很多专用接口电路。一般在编程且进行模拟调试后, 在现场很快就能将系统安装调试成功并投入使用。

② 编程简化。PLC 采用电气操作人员习惯的梯形图形式编程, 直观易懂。因此, 不仅程序开发速度快, 而且程序的可读性强, 软件维护方便。为了简化编程工作, PLC 将编程工作主要集中到了设计思想的本身而不是如何实现设计思想, 最新设计的 PLC 还针对具体问题设计了象步进顺控指令、流程图指令等指令系统, 可以大大加快系统开发速度。

③ 操作方便, 维修容易。工程师编好的程序十分清晰直观, 只要写好操作说明书, 操作人员经短期培训, 就可以操控 PLC 系统。另外, PLC 具有完善的监视和诊断功能, 对其内部工作状态、通信状态、I/O 点状态和异常状态等均有醒目的显示。因此, 操作和维修人员可以及时、准确地了解机器的故障点, 迅速替换故障模块或插件, 使系统恢复正常。

(2) 可靠性高

PLC 的可靠性高, 主要是因为它在硬件及软件两方面都采取了严格的措施。

在硬件设计方面, 首先是选用优质器件, 再者是合理的系统结构, 加固简化安装, 使它具有较强的抗振动冲击性能。对印刷电路板的设计、加工及焊接都采取了极为严格的工艺措施, 而且在电路、结构及工艺上采取了一些独特的方式。例如, 在输入、输出电路中都采用了光电隔离措施, 做到电浮空, 既方便接地, 又提高了抗干扰性能, 各个 I/O 端口除采用常规模拟器滤波以外, 还加上数字滤波器; 内部采用了电磁屏蔽措施, 防止辐射干扰; 采用了较先进的电源电路, 以防止由电源回路串入的干扰信号; 采用了较合理的电路结构方式, 一旦某模块出现故障, 可以在线插拔, 调试时不会影响 PLC 的正常运行。

在软件设计方面也采取了很多特殊措施, 设置了警戒时钟 WDT。系统运行时对 WDT 定时刷新, 一旦程序出现了死循环, 使之能立即跳出, 重新启动并发出报警信号。为了避免由于程序出错而导致的错误运行, 每次扫描都对程序进行检查和校验, 一旦程序出错立即发出报警信号并停止运行。对程序及动态数据进行掉电保护, 随时对 CPU 等内部电路进行检测, 一旦出错, 立即报警。程序中还设置了对用户程序电路查错报错的程序, 错误的程序和参数不能运行。上述有效措施, 保证了 PLC 的高可靠性。所以 PLC 的平均无故障时间 (MTBF) 超过 4 万~5 万小时, 某些优秀品牌的产品更高达十几万小时以上。

此外, 模块化接插方便、自诊断功能强等特点也使 PLC 的平均修复时间 (MTTR) 缩短, 再加上采取了一些特殊的系统设计思想 (如大中型可编程序控制器可以在线更换 I/O 模块, 不致影响整个系统运行), 使得以 PLC 为基础的控制系统的可靠性大大提高。

(3) 抗电磁干扰性能好, 环境适应性强

PLC 是直接针对工业环境而设计的, 产品在相当宽的环境温度 ($0^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ 或 $0^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$)、湿度 (相对湿度 $< 90\%$), 以及规定的机械振动、冲击下, 在规定的电源电压与频率变化、电源瞬时中断、电源电压降低等因素作用下, 均能正常工作。因此, 可直接安装在工业现场, 不必采取另外的特殊措施。另外由于其结构精巧, 所以耐热、防潮、抗震等性能也很好。

(4) 功能完善

PLC 的基本功能包括逻辑运算、定时、计数、数制换算、数值计算, 步进控制等。其扩展功能还有 A/D 和 D/A 转换、PID 闭环回路控制、高速计数、通信联网、中断控制及特殊功能函数运算等功能, 可以通过上位机进行显示、报警、记录、人机对话, 使控制水平大大提高。

PLC 的主要功能概括如下:

- ① 条件控制: PLC 具有逻辑运算功能, 可以代替继电器进行开关量控制。
- ② 限时控制: PLC 具有定时功能, 为用户提供由定时指令控制的若干个定时器进行限时控制和延时控制。
- ③ 计数控制: PLC 具有计数控制功能, 它为用户提供了可用指令设置计数值的若干个计数器。计数值可在运行中读出和修改。
- ④ 步进控制: PLC 具有步进控制功能, 只有在前道工序完成后才能转入下道工序, 实现步进控制。
- ⑤ A/D 和 D/A 转换: 完成对模拟量的控制和 PID 回路调节。
- ⑥ 数据处理: PLC 具有数据处理功能, 如并行运算、并行数据传送、BCD 码的算术运算等。
- ⑦ 通信和联网: PLC 采用通信技术, 实现远程 I/O 控制和 PLC 之间的同级链接, 以及与上位机的上位链接, 构成一台计算机与多台 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。
- ⑧ 对控制系统进行监控: 操作人员可以通过监控命令监控系统运行状况, 调整定时器、计数器设定值。此外, 还有报警功能, 所以它的适用性极强。
- ⑨ 自诊断功能: PLC 可以在线诊断本系统的软硬件状况, 诊断机器和生产过程的状况。
- ⑩ 存储功能: PLC 具有较强的存储功能。在 PLC 中, 存储器件一般都采用 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具有掉电保护数据的功能。
- ⑪ 智能外围接口: 大中型 PLC 具有功能很强的智能外围接口, 这些接口具有独立的处理器和存储器。作为专用的工业外围接口, 它们具有某种特殊功能, 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, 可以大大地增强单台机器的功能。

(5) 易于实现网络化

可编程序控制器可连成功能很强的网络系统。网络可分为两类: 一类是低速网络, 采用主从方式通信, 传输速率从几 Kbps 到几 Mbps, 传输距离 500~2 500m; 另一类为高速网络, 采用令牌传送方式通信, 传输速率 1~10Mbps, 传输距离 500~1 000m, 网上结点可达 1024 个。这两类网络可以级连, 网上可兼容不同类型的 PLC 和计算机, 从而组成控制范围很大的局部管控网络。

4. 可编程序控制器在工业自动化中的地位与我国的发展现状

PLC, CAD/CAM 和机器人被称为工业自动化的三大支柱。20 世纪 80 年代美国的工业市场调查报告中指出, 在常规技术应用领域, 批量过程控制有 91% 采用 PLC, 计算机控制中有 79% 采用 PLC, 单元控制器用户中有 92% 采用 PLC; 在高技术应用领域, 机器人中有 29% 用 PLC, 人工智能系统有 21% 用 PLC, 可编程运动控制中有 45% 用 PLC, 自动仓

储检索系统有 21% 用 PLC，视觉检验系统有 30% 采用 PLC。

另有一份关于美国 1989 年分散控制系统（DCS）的调研报告指出，以 PLC 为基础的 DCS 占整个 DCS 销售额的 20.9%，仅次于典型意义的 DCS 系统（占 57.3%），而以较多的百分点领先于以 PC（个人计算机）为基础的 DCS 系统（占 7.4%）。由上述数字可以看出：PLC 作为通用型工业控制装置，从 20 世纪 80 年代中期开始就已跨越其替代继电控制设计思想的初衷，向更广泛意义的工业自动化方向、向过程控制领域，以及许多高新技术应用领域发展。

我国在 PLC 的应用方面已经取得了一些可喜的成绩，如上海宝钢一、二期工程中就使用 PLC 达 857 台，武钢和首钢等大型钢铁企业也都使用了许多台 PLC。此外，PLC 在旧设备的技术改造方面也应用广泛，单是经济效益就已十分可观。

在产品的引进消化方面，随着我国改革开放政策的实施，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、无线电厂和研究所等单位与美国、德国、日本等 PLC 的制造厂商进行了合资或引进技术、生产线等，在仿制和国产化方面已经做了大量的工作，并努力开发符合中国国情的新产品，满足国内对 PLC 的需求。

应该清醒地意识到，与国外 PLC 技术发达的国家相比，我国 PLC 的研制水平还较低，特别是要在提高元器件的生产质量上下大功夫。因此，借鉴国际先进技术促进我国尽快研制出具有自主知识产权、多品种、高档次的 PLC 是提高我国的工业控制水平的迫切任务。

5. 可编程序控制器的应用

由于 PLC 不仅可代替继电器系统，使硬件软化，提高系统工作的可靠性以及系统的灵活性，它还具有运算、计数、调节、通信、联网等功能，可以说它是控制装置的一个飞跃。尤其是配合发展中的柔性制造单元（FMC）和柔性制造系统（FMS），PLC 更显示出软布线控制逻辑所不可比拟的优点。它的应用范围大致介于继电器控制装置与过程控制的工业计算机之间，适用于控制功能要求比较复杂，输入、输出点数较多的场合。PLC 也可以在一个大型的集散控制系统中，作为前置控制装置，在上级计算机的统一调度下工作。如果按应用类型来划分，PLC 的应用可分为以下五种类型。

（1）用于开关量逻辑控制

开关量逻辑控制是 PLC 最基本的控制功能，可以取代继电器控制装置，如机床电气控制、电动机控制中心等；还可以取代顺序控制和程序控制，如高炉上料系统、电梯控制、港口码头的货物存放与提取、采矿的皮带运输等。可见，它既可用于单机控制，又可用于多机群控以及生产自动线的控制。

（2）用于闭环过程控制

现代的大型 PLC 都配有 PID 子程序，也有的厂家把 PID 功能独立出来，如 GE 公司的 PROLOOP 过程控制器，可执行单回路 PID 控制、比例控制和串级控制。PLC 的 PID 回

路调节控制，已经广泛用于锅炉、冷冻、反应堆、水处理器、酿酒等，它还可用于闭环的位置控制和速度控制中。

（3）用于机械加工的数控控制

PLC 能和机械加工中的数字控制（NC）及计算机数控（CNC）组成一体，实现数值控制，如著名的日本 FANUC 公司推出的 SYSTEM10、11、12 系列，已将 CNC 控制功能与 PLC 融为一体。同样，美国 GE 公司的 NC 新机种也使用了具有数值处理的 PLC。日本东芝 TOSNUC600 也将 CNC 和 PLC 组合在一起，实现数值控制。

（4）用于机器人控制

随着工厂自动化网络的形成，使用机器人的领域将越来越广。对机器人同样可选用 PLC 进行控制。例如，德国西门子公司制造的机器人就采用该公司生产的 16 位 PLC SIMATIC5-130W 和 RCW1 组成新的 RCW1。一台控制设备可对具有 3~6 轴的机器人进行控制，自动地处理各种机械动作。又如，美国 JEEP 公司焊接自动生产线上使用的 29 个机器人，每台都是由一个 PLC 独立控制的。

（5）用于组成多级控制系统

近几年来，随着国外工厂自动化（FA）网络系统的兴起，一些著名 PLC 制造厂分别建立了自己的多层控制系统，并着手向制造自动化通信协议 MAP 靠拢。例如，GOULD 公司的 MODBUS 工业通信系统，能使各种 PLC 通过 MODBUS 和上位计算机联网，并遵守 MAP 协议的有关规定。还有 OMRON 公司的 DeviceNet，西门子的 ProfiBus 等现场总线系统。

以 PLC 为基础的集散控制系统（DCS），以 PLC 为基础的监控和数据采集系统（SCADA），以 PLC 为基础的柔性制造系统（FMS），以 PLC 为基础的安全联锁保护系统（ESD），以 PLC 为基础的运动控制系统等，全方位地展现了 PLC 的应用范围和水平。

6. 可编程序控制器的发展趋势

（1）更快的处理速度，多 CPU 结构和容错系统

大型和超大型 PLC 正在向大容量和高速化发展，趋向采用计算能力更大，时钟频率更高的 CPU 芯片。目前大多采用位式芯片，近来有采用 32 位芯片，时钟频率达 12MHz~16MHz。新的芯片使扫描速度提高，如三菱电机公司的 A3H 型 PLC 每千步的扫描时间为 0.4ms，相应的联网能力也增大了，如三菱电机公司的 A 系列机的局部网可挂 65 个站。

采用多 CPU 能提高机器的可靠性，增加系统在技术上的生命力，提高系统处理能力、响应速度，以及模块化程度。

多 CPU 技术的一个重要应用是容错系统，近年来有些公司研制了三重全冗余 PLC 系统或双机热备用系统。采用热备用系统是否经济，取决于实际的需求和设备的价格。而大

多数用户只需要及时诊断,及时更换故障件,就可以使系统正常工作。目前 PLC 诊断与维修技术水平已能达到 15 min 内能排除故障。

为了及时诊断故障,有的公司研制了智能可编程 I/O 系统,供用户了解 I/O 组件状态和监测系统的故障;也有的公司研制了故障检测程序,还发展了公共回路远距离诊断和网络诊断技术等。

(2) PLC 具有计算机功能,编程语言与工具日趋标准化和高级化

国际电工委员会(IEC)在規定 PLC 的编程语言时,认为主要的程序组织语言是顺序执行功能表。功能表的每个动作和转换条件可以运用梯形图编程,这种方法使用方便,容易掌握,很受电工和电气技术人员的欢迎,也是 PLC 能迅速推广使用的一个重要因素。然而,它在处理较复杂的运算、通信和打印报表等功能时显得效率低、灵活性差,尤其用于通信时显得笨拙,所以在原梯形图编程语言的基础上加入高级语言,运用于 PLC 的高级语言有 BASIC、PASCAL、C、FORTRAN 等。

为满足不同层次的需要,PLC 的编程工具一般有四种类型:

- ① 手持式或简易式编程器,供电气化工程技术人员使用;
- ② 便携式图形编程器,具有一定的功能和支持功能,价格适中;
- ③ CRT 图形编程器,具有良好的功能与支持功能,但价格较高;
- ④ 目前个人微机开始用于 PLC 机编程,配上适当的软件包,即可代替 CRT 图形编程器,价格较便宜。

(3) 强化 PLC 的联网通信能力

近年来,加强 PLC 的联网能力成为 PLC 的发展趋势。PLC 的联网可分为两类:一类是 PLC 之间的联网通信,各制造厂家都有自己的数据通道;另一类是 PLC 与计算机之间的联网通信,一般都由各制造厂家制造专门的接口组件,当前发展最快的是 MAP,它是制造自动化的通信协议(Manufacturing Automation Protocol),是一种七层模拟式、宽频带、以令牌总线为基础的通信标准。现在越来越多的公司宣布与 MAP 兼容。

PLC 与计算机之间的联网能进一步实现全工厂的自动化,为实现计算机辅助制造(CAM)和计算机辅助设计(CAD)打下基础。

(4) 记忆容量增大,采用专用的集成电路适用性增强

记忆容量过去最大 64KB,现在已增加到 500KB 以上。具有记忆的芯片过去主要是 RAM、EPROM,现在有 E²PROM、UVEPROM、BATRAM、NVRWM 等。对 RAM 片可以涂改,对 ROM 片,断电时可以维持住记忆的信息。

(5) 开发新型特殊功能模块

I/O 组件可以提高 PLC 的智能化、高密集度和增大处理能力。智能 I/O 组件是一种带微处理器的功能组件,一般执行预处理或闭环控制、开环控制的功能,其运行参数往往由

PLC 下装,但工作节拍与 PLC 的扫描周期无关,所以又称为 I/O 的并行处理组件。智能 I/O 组件作为 PLC 的一个组成部分,使 PLC 能完成许多它本身解决不了的任务,促进了 PLC 发展成为一种分散控制的系统结构。I/O 智能组件可分为五大类:

① 模拟 I/O 组件,执行 A/D 和 D/A 信号转换等功能。

② PID 回路控制组件,有通用的和专用的 PID 组件,用 PLC 机下装的 PID 参数进行闭环控制。

③ 通信组件执行与数据总线的连接。

④ 机械运动控制组件,用增量型编码器或循环码编码器检测机械位置,以使 PLC 的输出信号控制机械运动(如伺服电机、步进电机等)。

⑤ 其他 I/O 智能组件,如调整计数、中断输入、BASIC 语言、冗余输出、多路 BCD I/O、线路故障检测等各种组件。

近来 I/O 组件的密集度都在提高,以节省空间、降低系统成本。大中型 PLC 在扩大处理功能的同时也在注意提高处理 I/O 总点数的容量。

(6) 向小型化、高机能的整体型发展

在提高系统可靠性的基础上,产品的体积越来越小,功能越来越强。OMRON 公司推出的 CPM1 PLC 的体积约为 $130\text{mm} \times 89\text{mm} \times 84\text{mm}$,可连 10 个 I/O 点,基本指令的执行时间为 $0.72\mu\text{s}$,特殊指令的执行时间为 $16.3\mu\text{s}$ 。同时,PLC 的制造厂商也开发了多种类型的高机能模块型产品,当输入、输出点数增加时,可根据过程控制的需求,采用灵活的组合方式进行配套,完成所需的控制功能。例如,推出高速的定时计数器模块,步进电机控制模块等。

7. 常用可编程序控制器系统

(1) A-B 公司的可编程序控制器概况

A-B 公司是美国最大的 PLC 制造商,它的 PLC 产品在国际市场上很有竞争力。A-B 产品的特点是处理器模块从小到大规格齐全,配套的功能模块各式各样、系列完整,特别是它所提供的特殊功能模块品种丰富,其中许多是独创的。同时,A-B 公司还提供品质优良的多种工具软件。主要 PLC 系列产品如下。

1) SLC—500 系列

① SLC—500 型 PLC 这是一种小型整体式 PLC,按 I/O 点数 20、30、40 分三种,加扩展单元,最多可到 64 个 I/O 点,配置有模拟量单元,特殊 I/O 单元等。

② SLC—5/01 PLC 这是一种小型模块式 PLC,可配置 4~256 个 I/O 点,具有 1~4KB 内存,提供模拟量模块及特殊 I/O 模块。

③ SLC—5/02 PLC 这是一种小型模块式 PLC,最多可配置 480 个 I/O 点,具有较强功能,增加了 19 条附加指令,包括 PID 指令、信息指令及可选定时中断等。

SLC—500 系列 PLC 都具有通信功能,可经 DH485 网互连,也可与 A-B 公司的大中