

● 何衍庆 俞金寿 编著

可编程序控制器

原理及应用技巧

化学工业出版社

可编程序控制器原理及 应用技巧

何衍庆 俞金寿 编著

化学工业出版社

·北京·

32.02

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器原理及应用技巧/何衍庆,俞金寿编著.
- 北京:化学工业出版社,1998.8
ISBN 7-5025-2145-3

I.可… II.①何… ②俞… III.①可编程序控制器-基础理论
②可编程序控制器-应用 IV.TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 10597 号

可编程序控制器原理及应用技巧

俞金寿 编著

何衍庆 责任编辑

陈静 校对

田彦文 设计

化学工业出版社出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销
北京市管庄永胜印刷厂印刷
三河市前程装订厂装订

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 15 1/4 字数 369 千字

1998 年 8 月第 1 版 1998 年 8 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000

ISBN 7-5025-2145-3/TP·102

定价:28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

前 言

可编程序控制器是以微处理器为基础,综合了计算机技术、控制技术、通信技术等高新技术,而在近年发展极为迅速、应用面极广的一类工业控制装置。大量的应用实践证明,可编程序控制器不仅可以作为单一的机电控制设备,而且,作为通用的自动控制装置,它也被用于过程工业的自动控制。目前,它的年销售增长率达 20% ~ 30%。国内外对可编程序控制器的开发和应用越来越深入,它正与 DCS、SCADA 等工业控制装置相互渗透,各取所长,发挥作用。

国内该类图书的出版已较多,有些书已再版,但在内容上,这些书籍大多从机电专业出发,较少针对在过程工业上应用的一些特点,例如,过程操作用二进制逻辑图的图形符号、功能表图的图形符号等,此外,对可编程序控制器的设计、应用和维修等方面的讨论也较少。为了满足广大过程工业控制技术人员和大专院校相关专业学生的学习需要,从实用性和普及与提高相结合出发,编写了这本书。

本书讨论了可编程序控制器的结构、原理、设计技术和应用,以及它的指令系统和一些产品的指令对照,并用较多的篇幅介绍了它的应用和在设计时的一些注意事项,最后,本书还介绍了可编程序控制器的通信。本书共分 7 章。第 1 章介绍可编程序控制器的发展史、发展趋势和我们的对策。第 2 章讨论可编程序控制器的结构、工作原理和它的性能评估。第 3 章是设计技术。第 4 章介绍可编程序控制器的指令。第 5 章讨论使用可编程序控制器的注意事项和应用技巧。第 6 章讨论了它在工业应用中的实例。第 7 章介绍可编程序控制器的通信。本书可作为工矿企业、科研单位工程技术人员的参考书或继续教育的教材,可作为设计部门技术人员的设计资料,也可作为相关专业大学本专科学生的教材或课外参考书。

本书第 1 章由俞金寿、何衍庆编写,第 2 章和第 7 章由戴自祥编写,其余各章由何衍庆编写。最后,由何衍庆、俞金寿统编成书。

在本书的编写过程中,得到了蒋慰孙教授、吴勤勤教授、黄道教授、祝如松教授等同志的支持和关心,孙公展、何乙平、王朋、钱锋等同志提供了素材和有关资料,本书的出版还得到了杨洁、章莉华、范秀兰等同志的大力帮助和支持,谨在此一并表示衷心的感谢和深切的谢意。

由于时间和编著者的水平有限,错漏在所难免,恳请读者不吝指正。

编著者

1997 年 8 月于华东理工大学

目 录

1 概述	1
1.1 顺序控制系统基础	1
1.1.1 顺序控制系统的组成	1
1.1.2 基本逻辑运算的实现	2
1.1.3 其他逻辑运算的实现	3
1.1.4 顺序控制系统的实现	4
1.1.5 顺序控制系统在工业生产过程控制中的应用	5
1.2 可编程序控制器的发展历史	6
1.2.1 可编程序控制器的十条招标指标	6
1.2.2 可编程序控制器的发展史	6
1.2.3 我国可编程序控制器的发展	7
1.2.4 可编程序控制器发展的特征	8
1.3 可编程序控制器的特点	8
1.3.1 可编程序控制器的定义	8
1.3.2 可编程序控制器的特点	9
1.3.3 可编程序控制器的主要功能和应用	11
1.4 与其他顺序逻辑控制系统的比较	11
1.4.1 与继电器顺序逻辑控制系统的比较	11
1.4.2 与无触点式顺序逻辑控制系统的比较	12
1.4.3 与计算机控制系统的比较	12
1.4.4 与分散控制系统的比较	13
1.5 可编程序控制器的展望	14
1.5.1 可编程序控制器的发展趋势	14
1.5.2 我们的对策	16
2 可编程序控制器的原理	17
2.1 可编程序控制器的结构	17
2.1.1 可编程序控制器的硬件系统	17
2.1.2 可编程序控制器的软件系统	24
2.2 可编程序控制器的工作原理	25
2.2.1 可编程序控制器的工作过程	25
2.2.2 可编程序控制器的输入输出过程	26
2.2.3 可编程序控制器的中断输入处理过程	27
2.2.4 可编程序控制器的工作原理	27
2.3 可编程序控制器的性能评估	28
2.3.1 可编程序控制器的分类	28

2.3.2 可编程序控制器的性能指标	29
3 设计技术	33
3.1 基本图形符号	33
3.1.1 二进制图形符号	33
3.1.2 梯形图图形符号	33
3.1.3 布尔助记符图形符号	36
3.1.4 功能模块的图形符号	37
3.1.5 常用执行装置的图形符号	37
3.2 过程操作用二进制逻辑图的图形符号	38
3.2.1 目的	38
3.2.2 适用范围	38
3.2.3 符号使用的注意事项	38
3.2.4 图形符号	39
3.3 功能表图的图形符号	41
3.3.1 基本概念	42
3.3.2 步	43
3.3.3 转换	44
3.3.4 有向连线	45
3.3.5 基本结构	46
3.3.6 详细命令或动作和详细转换条件	48
3.3.7 重复使用的同一序列	50
3.3.8 步的详细表示	50
3.4 示例	50
3.4.1 过程操作用二进制逻辑图图形符号的示例	50
3.4.2 功能表图图形符号的示例	51
3.4.3 逻辑图图形符号在过程操作流程图中的应用	54
3.4.4 功能表图图形符号在控制系统描述中的应用	55
3.5 工程设计选型和估算	56
3.5.1 输入输出点数的估算	56
3.5.2 存储器容量的估算	57
3.5.3 控制功能的选择	58
3.5.4 机型的选择	59
3.6 工程设计中其他应注意的问题	61
3.6.1 工作环境	61
3.6.2 接地	62
3.6.3 接线	62
3.6.4 控制台	63
3.6.5 可靠性设计	63
3.6.6 可编程序控制器应用系统开发过程的一般步骤	65
4 可编程序控制器的指令系统	69

4.1 指令系统的概述	69
4.1.1 指令系统的基本形式	69
4.1.2 指令系统中的操作码	69
4.1.3 指令系统中的操作数	70
4.1.4 指令系统中操作数的类型	70
4.1.5 指令系统中操作数的实际意义	71
4.1.6 指令系统中操作数的存放	71
4.2 基本逻辑类指令	76
4.2.1 逻辑存取(LD)、逻辑取反(LD NOT)和输出(OUT)指令	76
4.2.2 与(AND)、或(OR)、非(NOT)逻辑指令	77
4.2.3 程序块的串联(AND LD)、并联(OR LD)指令	78
4.2.4 示例	79
4.2.5 结束[END(01)]指令和空操作[NOP(00)]指令	81
4.2.6 上微分[DIFU(13)]指令和下微分[DIFD(14)]指令	82
4.2.7 存储[Keep(11)]继电器	83
4.3 计时计数类指令	84
4.3.1 计时器(TIM)指令	84
4.3.2 计数器(CNT)指令	87
4.3.3 高速计时器[TIMH(15)]指令	88
4.3.4 可逆计数器[CNTR(12)]指令	88
4.3.5 对系统标志位的影响	89
4.4 分支跳转类指令	89
4.4.1 跳转[JMP(04)]指令和跳转结束[JME(05)]指令	89
4.4.2 分支[IL(02)]指令和分支结束[ILC(03)]指令	91
4.4.3 暂存继电器(TR)	92
4.5 数据移位和传送类指令	93
4.5.1 数据移位类指令	93
4.5.2 数据传送类指令	98
4.6 数据比较和数制变换类指令	103
4.6.1 数据比较类指令	103
4.6.2 数制变换类指令	106
4.6.3 译码编码类指令	107
4.7 数据运算类指令	114
4.7.1 BCD 数据运算类指令	114
4.7.2 BIN 数据运算指令	121
4.7.3 逻辑运算指令	124
4.8 专用类指令	126
4.8.1 进位标志位 CY 置位和清零指令	126
4.8.2 子程序定义和调用指令	126
4.8.3 中断控制指令	127

4.8.4	步进和步进设置指令	128
4.8.5	故障诊断指令	131
4.8.6	信息显示指令	132
4.8.7	位计数指令	133
4.8.8	系统定时器刷新指令	134
4.8.9	I/O 刷新指令	134
4.8.10	网络数据发送和接收指令	135
4.9	编程器	136
4.9.1	编程器的类型	137
4.9.2	手握式编程器的操作方式和操作	138
4.9.3	编程软件和操作	141
5	可编程序控制器的使用	144
5.1	可编程序控制器的程序设计语言	144
5.1.1	程序设计语言	144
5.1.2	梯形图程序设计语言	144
5.1.3	布尔助记符程序设计语言	145
5.1.4	功能表图程序设计语言	145
5.1.5	功能模块图程序设计语言	146
5.1.6	结构化语句描述程序设计语言	146
5.2	可编程序控制器的编程	147
5.2.1	编程前的准备工作	147
5.2.2	常用程序的结构形式	148
5.2.3	程序表达的方法	149
5.3	可编程序控制器的程序调试	151
5.3.1	程序调试前的准备工作	151
5.3.2	程序调试	152
5.4	可编程序控制器程序的传送	153
5.4.1	程序输入前的准备工作	153
5.4.2	程序的输入	154
5.4.3	程序的传送	156
5.5	可编程序控制器系统的安装和维护	157
5.5.1	可编程序控制器系统的安装	157
5.5.2	可编程序控制器系统的维护和保养	157
5.6	编程的基本环节和应用技巧	159
5.6.1	基本环节	159
5.6.2	应用技巧	167
6	可编程序控制器的应用实例	172
6.1	在液位控制中的应用	172
6.1.1	液位控制的类型	172
6.1.2	液位控制的实施	175

6.2	在交通信号控制中的应用	176
6.2.1	控制要求	176
6.2.2	过程分析和输入输出信号分配	177
6.2.3	梯形图和布尔助记符编程	177
6.3	在模拟量控制中的应用	179
6.3.1	模拟量输入输出模块	179
6.3.2	输入输出接线端子的配置	179
6.3.3	参数设置和状态检测	181
6.3.4	PID 运算	184
6.4	在信号报警控制系统中的应用	186
6.4.1	信号报警控制系统设计的基本要求	186
6.4.2	信号报警控制系统的类型	186
6.4.3	三取二联锁系统的设计	187
6.4.4	一般闪光信号报警系统的设计	188
6.4.5	能区别第一事故原因的信号报警系统设计	189
6.5	在某大型化肥装置中的应用	191
6.5.1	可编程序控制器在某大型化肥装置中应用的简况	191
6.5.2	煤浆泵隔膜行程位置控制系统	191
6.5.3	火炬点燃监视系统	192
6.5.4	尿素合成塔液位模糊控制系统	193
6.6	采用功能表图描述的应用示例	194
6.6.1	STL 指令和 RET 指令	194
6.6.2	单序列程序的示例	195
6.6.3	非单序列程序的示例	199
6.6.4	仿功能表图的编程	201
6.6.5	编程注意事项	204
6.7	在脱离子水处理过程中的应用	205
6.7.1	工艺过程简介	205
6.7.2	水处理过程的顺序控制系统	206
6.7.3	采用功能表图设计控制系统	208
7	可编程序控制器的数据通信	209
7.1	数据通信概述	209
7.1.1	并行数据通信	209
7.1.2	串行数据通信	209
7.1.3	串行通信接口标准	212
7.1.4	数据通信的网络拓扑结构	215
7.2	可编程序控制器的数据通信	216
7.2.1	下位连接系统	216
7.2.2	同位连接系统	217
7.2.3	上位连接系统	218

7.3 数据通信系统示例	218
7.3.1 下位通信连接系统的示例	218
7.3.2 同位通信连接系统的示例	220
7.3.3 上位通信连接系统的示例	221
附录 A 国外可编程序控制器厂商部分产品性能一览表	224
附录 B Petri 网的基本概念	228
B.1 Petri 网的定义和性质	228
B.1.1 基本概念	228
B.1.2 PN 的基本特性	229
B.2 Petri 网的分析方法	229
B.2.1 可达树法	229
B.2.2 关联矩阵法	230
B.3 用 Petri 网设计可编程序控制器的程序	230
参考文献	231

1 概 述

可编程序控制器是专门为工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它使用可以编程的记忆单元来存储指令，执行数学的和逻辑的运算，并通过数字输入输出实现对工业生产过程的控制。可编程序控制器是根据顺序逻辑控制的需要而逐步发展起来的，因此，研究顺序控制系统基础、发展历史是必要的。为了对可编程序控制器的发展有进一步的认识，本章还对可编程序控制器的前景进行展望。

1.1 顺序控制系统基础

1.1.1 顺序控制系统的组成

自动控制系统按被控变量的时间特性可分为两大类型。一类是连续量的控制系统，这类控制系统在时间特性上表现为连续量，反馈控制为这类控制系统的主流，包括定值控制系统、随动控制系统等。另一类是断续量的控制系统，这类控制系统在时间特性上表示为离散量，这类控制系统以顺序控制为主流，包括时间顺序控制系统、逻辑顺序控制系统和条件顺序控制系统等。连续量的控制系统在控制系统教材中都有讨论，在此不多述。

时间顺序控制系统是固定时间程序的控制系统。它以执行时间为依据，每个设备的运行或停止与时间有关。例如，在物料的输送过程中，为了防止各输送带电机同时启动造成负荷的突然增大，并且为了防止物料的堵塞，通常先启动后级的输送带电机，经一定时间延时后，再启动前级的输送带电机。在停止输送时，先停止前级输送带电机的电机，延时后再停止后级输送带电机的电机，使在输送带上的物料能输送完毕。又例如，在交通控制系统中，东西南北方向各色信号灯的点亮和熄灭是在时间上已经确定的，所以，它将按照一定的时间来点亮或熄灭信号灯。这类顺序控制系统的特点是各设备运行时间是事先已确定的，一旦顺序执行，将按预定的时间执行操作指令。

逻辑顺序控制系统按照逻辑先后顺序执行操作指令，它与时间无严格的关系。例如，在批量控制的反应釜中，反应初期，进料阀打开，基料进入，达到一定液位时，按逻辑的先后顺序，先启动搅拌机，在搅拌开始后，液位因进料在继续升高，当达到某一液位时，反应基料停止加入，其他物料开始加入，当液位达到另一设定液位时，开始加入蒸汽升温，并开始反应。在这个过程中，进料量的大小受到进料储罐液位的影响，液位高，则进料压力大，达到启动搅拌机的液位所需时间短，同样，在加入其他物料时，因受物料液量的影响，液位达到所需液位的时间也不同。但是，在这类控制系统中，执行操作指令的逻辑顺序关系不变，因此，称这类控制系统是逻辑顺序控制系统。这类控制系统在工业生产过程的控制中应用较多。

条件顺序控制系统是以执行操作指令的条件是否满足为依据，当条件满足时，相应的操作就被执行，不满足时，将执行另外的操作。典型的例子是电梯控制系统。当某一层有乘客按了向上按钮时，如电梯空闲，则电梯自动向该层运行，当乘客进入电梯仓，并按了所需去的楼层按钮后，在一定的时间延时和关闭电梯门后，电梯将向上运行，一直等到电梯到达了所需的楼层，自动打开仓门。这里，电梯的运行根据条件确定，可向上运行也可

向下运行，所停的楼层也根据乘客所需确定。这类顺序控制系统在工业生产过程控制中也有较多的应用。

顺序控制系统的组成见图 1-1，它由五部分组成：

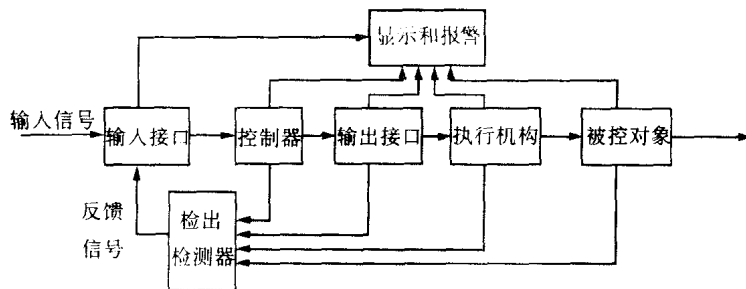


图 1-1 顺序控制系统组成

- ① 控制器：接受控制输入信号，按一定的控制算法运算后，输出控制信号到执行机构，控制器具有记忆功能，能实现所需的控制运算功能；
- ② 输入接口：实现输入信号的电平转换；
- ③ 输出接口：实现输出信号的功率转换；
- ④ 检出检测器：检出或检测被控对象的状态信息；
- ⑤ 显示报警装置：显示系统的输入、输出、状态、报警等信息，便于了解过程运行状态和对过程的操作、调试、事故处理等。

1.1.2 基本逻辑运算的实现

顺序控制系统中，大量的信号是数字量或开关量。对数字量或开关量，其基本的运算是逻辑运算。逻辑运算关系可用布尔代数、真值表或卡诺图表示。基本逻辑运算有“与”、“或”和“非”运算。

1.1.2.1 “与”运算的实现

“与”运算又称逻辑乘。两个变量 A 和 B 的“与”运算用下列公式表示：

$$y = A \cdot B \text{ 或 } y = A \cap B \quad (1-1)$$

y 是“与”运算的结果。“与”运算的真值表见表 1-1。

表 1-1 “与”运算真值表

A	B	y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

表 1-2 “或”运算真值表

A	B	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

“与”运算的实现可采用 A 与 B 两个常开接点的串联电路实施。图 1-2 是“与”运算的实现电路。y 是串联电路中的继电器线圈。

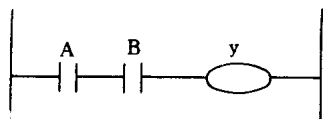


图 1-2 “与”运算的实现

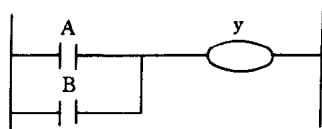


图 1-3 “或”运算的实现

1.1.2.2 “或”运算的实现

“或”运算又称逻辑加。两个变量 A 和 B 的“或”运算用下列公式表示：

$$y = A + B \text{ 或 } y = A \cup B \quad (1-2)$$

y 是“或”运算的结果。“或”运算的真值表见表 1-2。

“或”运算的实现可采用 A 与 B 两个常开接点的并联电路实施。图 1-3 是“或”运算的实现电路。y 是电路中的继电器线圈。

1.1.2.3 “非”运算的实现

“非”运算又称为反相运算。一个变量 A 的“非”运算用下列公式表示：

$$y = \bar{A} \quad (1-3)$$

y 是“非”运算的结果。“非”运算的真值关系是：如 $A = 0$ ，则 $y = 1$ ；如 $A = 1$ ，则 $y = 0$ 。

“非”运算的实现可采用常闭接点 A 和继电器线圈组成。图 1-4 是“非”运算的实现电路。

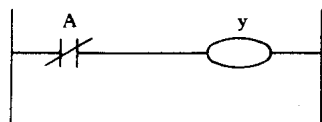


图 1-4 “非”运算的实现

1.1.2.4 逻辑运算的基本运算律

逻辑运算的基本运算律有交换律、结合律和分配律。

交换律：
$$A \cdot B = B \cdot A \quad (1-4)$$

$$A + B = B + A$$

结合律：
$$(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C) \quad (1-5)$$

$$(A + B) + C = A + (B + C)$$

分配律：
$$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C \quad (1-6)$$

在进行逻辑运算时，可用恒等式进行简化。一些常用的恒等式如下：

$$A \cdot 0 = 0; \quad A \cdot 1 = A; \quad A \cdot A = A \quad (1-7)$$

$$A + 0 = A; \quad A + 1 = 1; \quad A + A = A \quad (1-8)$$

$$A + \bar{A} = 1; \quad A \cdot \bar{A} = 0; \quad \bar{\bar{A}} = A \quad (1-9)$$

逻辑运算的转换可采用摩根定理：

$$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}; \quad \overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B} \quad (1-10)$$

1.1.3 其他逻辑运算的实现

通过基本逻辑运算，可以实现一些复杂的运算，例如，闭锁运算。在顺序控制系统中，除了基本的逻辑运算外，有些数字信号或开关信号与时间或次数有关，所以，需要有一些时间或数量的逻辑运算，例如计时器逻辑运算、计数器逻辑运算等。

1.1.3.1 计时器逻辑运算

计时器用来实现计时功能。计时器应包含的基本信息如下。

① 计时器计时的条件：它是计时器计时开始的条件，控制计时器操作的开始。

② 计时器计时的长短：它是计时器结束计时的条件，控制计时器操作的终止，因此，也称为计时器设定值。

③ 计时器的当前计时值：它是计时器运行时，已经计时的时间。当该数值与计时器设定值相同时，表示计时结束。这是正向计时的方式。在顺序控制系统中，也有采用反向计时的方式。即计时开始时，当前计时值等于计时器设定值，计时时间是减小的，当计时器当前计时值减到零时，表示计时结束。

④ 计时继电器：它是计时器的输出。在正向计时方式，当且仅当计时器当前计时值与计时器设定值相同时，计时继电器才被激励。

表 1-3 描述了计时器逻辑的运算关系。表中逻辑运算关系采用正向计时方式。

表 1-3 计时器逻辑运算关系

计时器 条件	计时器		计时器 线圈
	当前值	操作	
OFF	0	不操作	失励
ON	< 设定值	计时	失励
	= 设定值	不操作	激励

表 1-4 计数器逻辑运算关系

复位 信号	计数器 条件	计数器		计数器 线圈
		当前值	操作	
ON		0	不计数	失励
OFF		< 设定值	加 1	失励
		= 设定值	不计数	激励
		不变	不计数	不变

表中，计数器触发脉冲是上升沿触发。

1.1.3.2 计数器逻辑运算

计数器用来实现计数功能。计数器应包含的基本信息与计时器相似，只是增加了计数器复位信号。此外，计数的信号是脉冲信号，有上升沿和下降沿触发之分。它们的基本信息是：

① 计数器计数的条件：它是计数器开始运行的条件；

② 计数器计数的长短：它是计数器运行结束的条件，即计数器设定值；

③ 计数器的当前计数值：它是计数器运行时当前的计数数据；

④ 计数器的复位信号：用于计数器显示值的复位，复位按钮按动后，能使计数器显示为零；

⑤ 计数器的继电器线圈：计数器的输出信号。

计数的方向也有向上和向下两种。对于向上计数方式，当前计数值从零开始，递增计数，当前计数值与计数器设定值相同时，计数器线圈激励。对于向下计数方式，当前计数值从计数器设定值开始，递减计数，当前计数值等于零时，计数器线圈激励。表 1-4 描述了计数器的逻辑运算关系。表中的逻辑运算关系是向上计数方式的逻辑运算关系。

1.1.4 顺序控制系统的实现

顺序控制系统在工业控制领域的应用很广。顺序控制系统实现的方案有采用继电器组成的逻辑控制系统、采用晶体管的无触点逻辑控制系统、采用可编程序控制器的逻辑控制系统和采用计算机的逻辑控制系统等。

继电器组成的顺序逻辑控制系统是历史最久的一种实现方法。它的控制功能全部由硬件完成，即采用继电器的常开常闭接点、延时断开延时闭合接点等可动接点和普通继电器、

时间继电器、接触器等执行装置完成所需的顺序逻辑功能。例如,电机的开停控制等。受继电器接点可靠性的影响和使用寿命的限制,这类控制系统的使用故障较多,使用寿命较短,加上因采用硬件完成顺序逻辑功能,因此更改不便,维修困难。

晶体管组成的无触点顺序逻辑控制系统因减少了接点的可动部件,可靠性大大提高。晶体管、晶闸管等半导体元器件的使用寿命也较继电器的接点使用寿命长,因此,在70年代得到了较大的发展。它也是用硬件组成顺序逻辑功能,更改也不很方便。但因采用功能模块的结构,部件的更换和维修较继电器顺序逻辑控制系统要方便。

可编程序控制器是在计算机技术的促进下得以发展起来的新一代顺序逻辑控制装置。与上述的组成方法不同,它用软件完成顺序逻辑功能,用计算机来执行操作指令,实施操作。因此,顺序逻辑功能的更改十分方便。加上得益于计算机的高可靠性和高运算速度,使得可编程序控制器一出现就得到了广泛的应用。

计算机组成的顺序逻辑控制系统指在集散控制系统或工控机中实现顺序逻辑控制功能的控制系统。在大型的顺序逻辑控制和连续控制相结合的工程应用中,这类控制系统大有用武之地。在这类控制系统中,有连续量的控制和开关量的控制,采用计算机对它们进行操作和管理,必要时,把信息传送到上位机或下送到现场控制器和执行机构。

由于计算机技术、半导体技术、通信和网络技术、控制技术、软件技术等高新科学技术的发展,工业生产过程的控制也出现了飞速的发展,可编程序控制器正以年销售量增长20%~30%的比例发展。它将与其它计算机控制装置,例如集散控制系统(DCS)、计算机集成过程系统(CIPS)、计算机集成制造系统(CIMS)及信息管理系统(MIS)等,一起成为下一世纪工业控制领域的主流控制装置。

1.1.5 顺序控制系统在工业生产过程控制中的应用

根据顺序控制系统的分类,顺序控制系统在工业生产过程控制中的主要应用场合如下。

① 流水线作业。在机械电子等制造业中,产品采用流水线的工作方式按先后次序进行,在这类工业生产过程中,部分控制操作是按时间的次序进行的,大部分控制操作是按逻辑顺序进行的。这类顺序控制系统的应用是十分广泛的,例如数控机床、柔性制造系统、物料输送系统、生产流水线等。

② 信号报警联锁系统。在石油化工、核电、冶金等工业领域,由于工作环境具有高温、高压、易燃、易爆、核辐射等特点,因此,必须对操作的过程参数进行控制,一旦它们偏离规定的范围,就会发生事故,造成设备损坏或人员伤亡。在这些工业生产过程中,要设置控制系统用于防止事故的发生,这是顺序控制系统的另一个很重要的应用场合。

③ 批量控制系统。在批量控制系统中,对不同批号的产品有不同的生产顺序、不同的配方和控制条件,这类控制系统对程序更改有较多的要求,在继电器顺序控制时期,这类控制系统实现较困难,采用可编程序控制器可较方便地实现,因此,这类控制系统的应用也得到了较大的发展。

④ 逻辑控制系统。在逻辑顺序控制系统中,根据逻辑的判别结果确定下一步的操作是这类控制系统的特点。采用可编程序控制器实现这类控制系统较方便。在生产过程控制中,这类控制系统的应用也较多。

⑤ 民用工业。在民用工业中,顺序控制系统也有较广泛的应用。洗衣机的顺序控制、微波炉和冰箱的温度控制、空调系统等顺序逻辑控制系统是较常见的应用例子。家用电器的一些模糊控制系统、自动烹调系统等也已在外国得到应用。此外,像家用热水器、家庭

安全报警系统等应用还在开发中, 总之, 在这一领域, 顺序控制系统还刚开始进入应用, 有待发展。

1.2 可编程序控制器的发展历史

1.2.1 可编程序控制器的十条招标指标

1968 年, 为了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, 以便降低生产成本, 缩短新产品的开发周期, 在底特律的美国通用汽车公司(GE 公司)提出了研制新型逻辑顺序控制装置的招标指标, 它就有名的十条招标指标。主要内容如下。

① 在使用者的工厂里, 能以最短中断服务时间, 迅速方便地对其控制的硬件和设备进行编程及重新进行程序的设计。

② 所有系统组件必须能在工厂内无特殊支持的设备、硬件及环境条件下进行。

③ 系统的维修必须简单易行。在系统中应设计有状态指示器及插入式模块, 以便在最短的停车时间内使维修和故障诊断变得简单易行。

④ 装置的体积应小于原有继电器控制柜的体积, 它的能耗也应较少。

⑤ 必须能与中央数据收集处理系统进行通信, 以便监视系统的运行状态和运行情况。

⑥ 输入开关量可以是已有的标准控制系统的按钮和限位开关的交流 115V 电压信号(注: 因美国电网电压 110V)。

⑦ 输出的驱动信号必须能驱动以交流运行的电机启动器和电磁阀线圈, 每个输出量将设计为可开停和连续操纵具有 115V, 2A 以上容量的电磁阀等负载设备。

⑧ 具有灵活的扩展能力。在扩展时, 必须能以系统最小的变动及最短的更换和停机时间, 使原有装置从系统的最小配置扩展到系统的最大配置。

⑨ 在购买和安装费用上应有与原有继电器控制和固态逻辑控制系统的竞争力, 即有高的性能价格比。

⑩ 用户存储器容量至少在 4KB 以上(根据当时的汽车装配过程的要求提出)。

从这些指标可以看出, GE 公司希望研制出一种控制装置, 它应尽可能地减少重新设计和接线, 缩短开发周期, 降低成本。因此, 虽然当今可编程序控制器产品的标准已远远超过了当时提出的指标, 但是, 这些指标至今仍然是可编程序控制器的基本指标。

美国的数字设备公司(DEC 公司)中标, 并在 1969 年研制出了第一台可编程序控制器 PDP-14。其后, 美国的 MODICON 公司也推出了同名的 084 控制器, 1971 年, 日本推出了 DSC-8 控制器, 1973 年西欧国家的各种可编程序控制器也研制成功。我国在 1974 年开始研制可编程序控制器。

1.2.2 可编程序控制器的发展史

可编程序控制器的发展与计算机技术、半导体集成技术、控制技术、数字技术、通信网络技术等高新技术的发展息息相关, 这些高新技术的发展推动了可编程序控制器的发展, 而可编程序控制器的发展又对这些高新技术提出了更高更新的要求, 促进了它们的发展。

从控制功能来分, 可编程序控制器的发展经历了下列四个阶段。

① 第一阶段。从第一台可编程序控制器问世到 70 年代中期, 是可编程序控制器的初创阶段。这一阶段的产品主要用于逻辑运算和计时、计数运算, 它的 CPU 由中小规模的数字集成电路组成, 它的控制功能较简单。典型产品有 MODICON 公司的 084, ALLEN-BRADLEY 公司的 PDQ-II, DEC 公司的 PDP-14, 日本日立公司的 SCY-022 等。由于这些产品

主要完成逻辑运算功能，因此，被称为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller)，缩写为 PLC。

② 第二阶段。从 70 年代中期到 70 年代末期，是可编程序控制器的扩展阶段。这一阶段产品的主要控制功能得到了较大的扩展。扩展功能包括数据的传送、数据的比较和运算、模拟量的运算等功能。它的发展主要来自两方面，从可编程序控制器发展而来的控制器，它的主要功能是逻辑运算，同时扩展了其他运算功能；而从模拟仪表发展而来的控制器，其功能主要是模拟运算，同时扩展了逻辑运算功能。因此，按习惯的分类方法，前者被称为可编程序逻辑控制器，或 PLC，后者被称为单回路或多回路控制器。可编程序控制器的名称缩写为 PC(Programmable Controller)，但是，为了与个人计算机(Personal Computer)的缩写 PC 相区别，通常还是把可编程序控制器简称为 PLC。这一阶段的产品有 MODICON 公司的 184, 284 和 384，西门子公司的 SYMATIC S3 系列，富士电机公司的 SC 系列等产品。

③ 第三阶段。从 70 年代末到 80 年代中期，是可编程序控制器的通信阶段。与计算机通信的发展相联系，可编程序控制器也在通信方面有了很大的发展，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，各产品的互通是较困难的。在该阶段，由于生产过程控制的需要，对可编程序控制器的需求大大增加，产品的功能也得到了发展，数学运算的功能得到了较大的扩充，产品的可靠性进一步提高。这一阶段的产品有西门子公司的 SYMATIC S6 系列，美国 GOULD 公司的 M84, 884 等，富士电机公司的 MICREX 和德州仪器公司的 TI530 等等。

④ 第四阶段。从 80 年代中期开始是可编程序控制器的开放阶段。由于，开放系统的提出，使可编程序控制器也得到了较大的发展。主要表现在通信系统的开放，使各制造厂商的产品可以通信，通信协议的标准化使用户得到了好处。在这一阶段，产品的规模增大，功能不断完善，大中型的产品多数有 CRT 屏幕的显示功能，产品的扩展也因通信功能的改善而变得方便，此外，还采用了标准的软件系统，增加了高级编程语言等。这一阶段的产品有西门子公司的 SIMATIC S5 和 S7 系列，ALLEN-BRADLEY 公司的 PLC-5 等。

1.2.3 我国可编程序控制器的发展

1974 年我国开始仿制美国的第二代可编程序控制器产品，但因元器件质量和技术问题等原因，未能推广。直到 1977 年，我国才研制出第一台具有实用价值的可编程序控制器，并开始批量生产和应用于工业过程的控制。由于使用单片一位处理器，因此，应用的规模较小，主要的控制方式是开关量控制。

随着我国改革开放政策的贯彻和落实，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、日本等可编程序控制器的制造厂商进行了合资或引进技术、生产流水线等，使我国可编程序控制器的应用有了较大的发展。一些大中型的工程项目采用可编程序控制器以后，取得了明显的经济效益，也反过来促进了可编程序控制器的发展。这一阶段的主要特点是以产品的引进，技术的消化，应用的普及为目标。应用的产品以 8 位处理器为主，应用的规模在 1000 点以下。

近年来，为了促进我国可编程序控制器的发展，机械电子工业部组织了工业控制计算机机型的优选工作。由北京机械工业自动化研究所承担了测试工作，参照国际上 IEC 的有关标准，评出了六个首选的我国可编程序控制器产品。它们是：天津中环自动化仪表公司生产的 DJK-S-84，无锡市电器厂生产的 KCK-1(即 CSR-20)，上海起重电器厂生产的 CF-40MR，北京椿树电子仪表厂生产的 BCM-PIC，杭州机床电器厂生产的 DKK02 和上海自力电