



高等院校网络教育系列教材

可编程控制器 原理及应用技巧

KEBIANCHENG KONGZHIQI
YUANLI JI YINGYONG JIQIAO

第三版

何衍庆 黄海燕 黎冰 编著



化学工业出版社



高等院校网络教育系列教材

TM571.6
H225.03

可编程控制器 原理及应用技巧

KEBIANCHENG KONGZHIQI
YUANLI JI YINGYONG JIQIAO

第三版

何衍庆 黄海燕 黎冰 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

无
TM571.6
H225.03

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用技巧 / 何衍庆, 黄海燕, 黎冰编著. —3 版. —北京: 化学工业出版社, 2010.1

ISBN 978-7-122-07084-5

I. 可… II. ①何…②黄…③黎… III. 可编程序控制器 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 207076 号

责任编辑: 刘 哲

文字编辑: 孙 科

责任校对: 战河红

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 373 千字 2010 年 2 月北京第 3 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

序

网络教育是依托现代信息技术进行教育资源传播、组织教学的一种崭新形式，它突破了传统教育传递媒介上的局限性，实现了时空有限分离条件下的教与学，拓展了教育活动发生的时空范围。从 1998 年 9 月教育部正式批准清华大学等 4 所高校为国家现代远程教育第一批试点学校以来，我国网络教育历经了 8 年发展期，目前全国已有 67 所普通高等学校和中央广播电视大学开展现代远程教育，注册学生超过 300 万人，毕业学生 100 万人。网络教育的实施大大加快了我国高等教育的大众化进程，使之成为高等教育的一个重要组成部分；随着它的不断发展，也必将对我国终身教育体系的形成和学习型社会的构建起到极其重要的作用。

华东理工大学是国家“211 工程”重点建设高校，是教育部批准成立的现代远程教育试点院校之一。华东理工大学网络教育学院凭借其优质的教育教学资源、良好的师资条件和社会声望，自创建以来得到了迅速的发展。但网络教育作为一种不同于传统教育的新型教育组织形式，如何有效地实现教育资源的传递，进一步提高教育教学效果，认真探索其内在的规律，是摆在我们面前的一个新的、亟待解决的课题。为此，我们与有关出版社合作，组织了一批多年来从事网络教育课程教学的教师，结合网络教育学习方式，陆续编撰出版一批包括图书、课程光盘等在内的远程教育系列教材，以期逐步建立以学科为先导的、适合网络教育学生使用的教材结构体系。

掌握学科领域的基本知识和技能，把握学科的基本知识结构，培养学生在实践中独立地发现问题和解决问题的能力，是我们组织教材编写的一个主要目的。系列教材包括了计算机应用基础、大学英语等全国统考科目，也将涉及管理、法学、国际贸易、化工等多学科领域的专业教材。

根据网络教育学习方式的特点编写教材，既是网络教育得以持续健康发展的基础，也是一次全新的尝试。本套教材的编写凝聚了华东理工大学众多在学科研究和网络教育领域中有丰富实践经验的教师、教学策划人员的心血，希望它的出版能对广大网络教育学习者进一步提高学习效率予以帮助和启迪。

华东理工大学副校长
涂善东教授

前言

自可编程控制器问世以来,可编程控制器的硬件和软件均取得长足发展。硬件系统得益于计算机技术和其他高新技术的发展而发展,例如,芯片小型化、采用表面安装技术等;20世纪90年代中期,由于可编程控制器编程标准的制订,使可编程控制器软件系统出现新的飞跃。此外,人机界面软件广泛应用于可编程控制器系统。

近年来,在机电、冶金、轻工、纺织、化工、医药、交通等行业的应用经验表明,可编程控制器是大有发展前途的工业控制装置。它与SCADA、DCS、MES、ERP等相互集成,互相补充,综合应用,将对我国工业过程控制领域产生巨大的影响。

1992年开始,可编程控制器国际标准IEC61131的各部分陆续颁布,根据等效应用原则,我国也相继颁布相应的国家标准GB/T 15969。由于标准编程语言不依赖于硬件系统,因此,根据标准编程语言编写的程序具有可重复使用性,它降低了工程和硬件费用,缩短了软件开发、设计和调试等时间,增强了系统的可靠性和维护性。

为培养和组织一批技术队伍,包括设计人员、开发人员、应用维修人员和操作人员,使他们能较好地掌握可编程控制器的设计、开发、应用、维修和操作,我们重新编写了本书,对标准编程语言进行了重点介绍。为适应自学和远程教育的需要,在编写本书时,力求读者能够从大量的例题中领会和掌握有关标准编程语言的基本概念和应用方法。为此,本书在各章增加例题,并对习题提供解答,便于读者对照和学习。所提供的解答并非唯一解,读者可根据应用要求,在具体的可编程控制器上进行编程,也可在软件提供的仿真器上进行仿真,验证程序的正确性。

本书分7章。第1章概述,介绍顺序控制系统和可编程控制器的发展、可编程控制器的结构、工作原理和性能评估等。第2章标准编程语言基础,介绍标准编程语言的公用元素、软件模型和标准编程语言的特点。第3章介绍标准的图形类编程语言,包括图形类编程语言的公用元素、标准函数和功能块及调用、应用示例等。第4章介绍顺序功能表图编程语言,包括顺序功能表图的基本图形符号和程序结构、动作控制功能块和转换条件的编写、应用示例及程序转换等。第5章讨论可编程控制器系统的工程设计,介绍工程设计和选型、人机界面设计和实施等。第6章应用技巧和应用示例,除了介绍基本环节的编程外,还介绍了液位控制系统、物料混合控制系统、信号报警和联锁控制系统、模拟量控制中的应用等应用示例。第7章介绍可编程控制器的数据通信,包括数据通信基础、可编程控制器的数据通信和工业控制网络的通信等。

本书是自动化和仪表专业本、专科学生的专业课教材,也可作为相关专业大学本、专科学生的教材和课外参考书;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，也可作为设计部门技术人员的设计资料。

本书由何衍庆、黄海燕、黎冰编著。这次再版得到了涂善东、彭瑜、王慧锋、孙自强、王华忠、凌志浩、缪玲梅、赵俊艳、汪淳、周延峰等的指导和帮助，还得到化学工业出版社的大力支持和关心，谨在此一并表示衷心的感谢。

本书电子教案可从华东理工大学网络学院购买。

由于时间和编著者的水平所限，疏漏之处在所难免，恳请读者不吝指正。

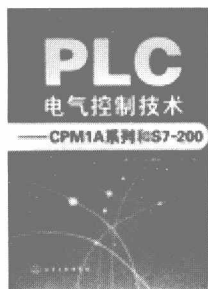
编著者

2009年11月

相关链接

PLC 电气控制技术——CPM1A 系列和 S7-200

夏田 陈婵娟 祁广利 编



书号: 978-7-122-01663-8 16 开 244 页 2008 年 2 月出版 定价: 33 元

本书从实际工程应用需要出发, 以广泛应用的 OMRON 高性能小型机 CPM1A 以及 SIEMENS 公司高性能小型机 S7-200 为背景, 系统讲述了可编程序控制器的基本组成原理、工作方式、系统配置、PLC 指令系统与编程、PLC 控制系统的设计方法和应用, 简要介绍了 CX-P 编程软件、PLC 的网络通信知识并介绍了电气控制的基础知识。

相关章节附有习题及思考题。内容取材新颖, 由浅入深, 循序渐进, 理论与实际相结合。

本书可作为高等院校工业自动化、电气工程及其自动化、机电一体化、机械设计制造及其自动化、数控技术等本科专业的教材, 也可供相关工程技术人员参考。

可编程控制器使用指南

吉敬华 赵文祥 杨东 主编



书号: 978-7-122-03640-7 16 开 256 页 2009 年 2 月出版 定价: 38 元

本书以西门子 S7-200 系列和三菱 FX2N 系列小型 PLC 为背景机, 对 PLC 的使用进行了全面和系统地介绍。在介绍指令系统时, 将两种 PLC 从编程元件、数据类型、地址表达方式以及指令形式等多方面进行了并行比较。

全书内容包括: PLC 的基础知识, PLC 在开关量控制系统中的使用, PLC 在模拟量控制系统中的使用及相应的模拟量模块和 PID 指令, S7-200 PLC 网络与通信, 人机界面、变频器和旋转编码器在 PLC 控制系统中的使用, PLC 控制系统设计及综合应用, PLC 控制系统安装维护及故障诊断。

本书可作为从事 PLC 应用工程技术人员的参考资料, 也可作为大中专院校相关专业教材以及学生课程设计的参考书。

目 录

第1章 概述

1

1.1 顺序控制基础	1
1.1.1 顺序控制系统基础	1
1.1.2 可编程控制器的发展	4
1.1.3 与其他顺序逻辑控制系统的比较	11
1.2 可编程控制器的工作原理和性能评估	12
1.2.1 可编程控制器的结构	12
1.2.2 可编程控制器的工作原理	16
1.2.3 可编程控制器的性能评估	20
习题	23

第2章 标准编程语言基础

24

2.1 标准编程语言的公用元素	24
2.1.1 公用元素	24
2.1.2 数据外部表示	27
2.1.3 数据类型	29
2.1.4 变量	35
2.1.5 程序组织单元	40
2.2 软件模型和编程模型	42
2.2.1 软件模型的分层结构	42
2.2.2 编程模型	49
2.3 标准编程语言的发展和特点	50
2.3.1 标准编程语言的发展	50
2.3.2 标准编程语言的特点	54
习题	55

第3章 图形类编程语言

58

3.1 概述	58
3.1.1 图形类编程语言的公用元素	58
3.1.2 图形类编程程序的转换和特点	61
3.2 调用函数和功能块	62

3.2.1 标准函数和功能块	62
3.2.2 标准函数和功能块的调用	66
3.2.3 衍生函数和功能块的调用	85
3.2.4 执行过程先后次序的重要性	91
3.3 示例	93
3.3.1 抢答器	93
3.3.2 信号灯依次点亮的控制系统	94
3.3.3 pH 控制系统	96
3.3.4 S7-300 系统中定时器的转换	97
3.3.5 一阶滤波环节功能块及应用	99
习题	101

第 4 章 顺序功能表图编程语言

106

4.1 概述	106
4.1.1 顺序功能表图编程语言的基本图形符号	106
4.1.2 顺序功能表图的程序结构	108
4.1.3 顺序功能表图编程语言的特点	109
4.2 顺序功能表图的进展	110
4.2.1 动作和动作控制功能块	110
4.2.2 转换条件	113
4.3 示例	114
4.3.1 冲压机控制系统	114
4.3.2 交通信号控制系统	117
4.3.3 分选器控制系统	122
4.4 顺序功能表图程序的转换	126
4.4.1 顺序功能表图程序中基本序列的转换	126
4.4.2 顺序功能表图程序中动作控制功能块的转换	127
习题	128

第 5 章 可编程控制器系统的工程设计

130

5.1 工程设计和选型	130
5.1.1 工程设计阶段的设计内容	130
5.1.2 工程设计符号	132
5.1.3 可编程控制器的选型	136
5.1.4 外部电路的设计和外围设备的选择	139
5.1.5 电源、接地、防雷和抗干扰设计	140
5.1.6 可靠性设计	142
5.2 人机界面设计	144
5.2.1 人机界面设计的重要性	144

5.2.2 人机界面的实现	146
习题	147

第6章 应用技巧和应用示例

150

6.1 基本环节的编程	150
6.1.1 电动机控制的编程	150
6.1.2 定时器、计数器的编程	155
6.1.3 比较函数的应用	157
6.1.4 运算函数的应用	159
6.2 液位控制系统	161
6.2.1 液位控制系统类型	161
6.2.2 液位开关控制系统的实施	161
6.3 物料混合控制系统	166
6.3.1 称重控制功能块	166
6.3.2 物料混合控制系统	167
6.4 信号报警和联锁控制系统	170
6.4.1 信号报警控制系统设计的基本要求	170
6.4.2 三取二联锁控制系统	171
6.4.3 一般闪光信号报警系统	174
6.4.4 能区别第一事故原因的闪光信号报警系统	176
6.4.5 顺序控制系统中常开和常闭触点的处理	178
6.5 模拟量控制中的应用	178
6.5.1 模拟量输入	178
6.5.2 模拟量输出	180
6.5.3 控制算法	181
习题	181

第7章 可编程控制器的数据通信

183

7.1 数据通信基础	183
7.1.1 并行数据通信	183
7.1.2 串行数据通信	183
7.1.3 数据传输	185
7.1.4 串行通信接口标准	186
7.2 可编程控制器的数据通信	188
7.2.1 可编程控制器的通信模型	188
7.2.2 可编程控制器的通信功能块	189
7.2.3 可编程控制器通信功能块的应用示例	194
7.3 工业控制网络的通信	196
7.3.1 可编程控制器的通信方式	196

7.3.2 工业控制网络互联的方法	198
习题	200

附 录

202

附录 A MULTIPROG 编程软件的使用	202
A.1 编程语言的操作界面	202
A.2 编程操作	207
附录 B 实验	210
实验一 简单逻辑控制	210
实验二 编写衍生函数和调用	212
实验三 编写衍生功能块和调用	213
实验四 编写顺序功能表图的程序	214
附录 C 习题解答	214

参 考 文 献

228

第 1 章 概 述

可编程控制器是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器，用来在其内部存储、执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令，并能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。

1.1 顺序控制基础

1.1.1 顺序控制系统基础

(1) 顺序控制系统的组成

按被控变量的时间特性，自动控制系统分为两大类型。

一类系统是时间连续的控制系统。这类控制系统在时间特性上表现为连续量，反馈控制系统是这类控制系统的主流，包括定值控制系统和随动控制系统等。连续量的控制系统在控制工程的有关教材中都有讨论，在此不多述。

另一类系统是时间离散的控制系统。这类控制系统在时间特性上表现为离散量，它以顺序控制系统为主流，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。

时间顺序控制系统是一类根据固定时间执行程序的控制系统。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，物料输送系统中，为防止各输送带电机同时启动造成负荷的突然增大，并且为了防止物料堵塞，通常启动时，先启动后级输送带电机，电机运转后，再启动前级输送带电机。停止输送时，先停止前级输送带电机，经延时一定时间后再停止后级输送带电机，使在输送带上的物料能输送完毕。这类顺序控制系统的特点是各设备运行时间是事先确定的，一旦顺序执行，将按预定的时间执行操作命令。

逻辑顺序控制系统按照逻辑的先后顺序执行操作命令，它与执行的时间无严格关系。例如，物料混合系统中，操作人员先检查混合罐液位是否已排空，混合罐排空后由操作人员按下启动按钮，自动打开物料 A 的进料阀 A，当液位达到 LA 时，自动关闭进料阀 A，并自动打开物料 B 的进料阀 B。当液位达到 LB 时，自动关闭进料 B，并启动搅拌机电机 M，搅拌持续规定时间后自动停止，并打开出料阀 C。当液位下降到 L 时，表示物料已达液位下限，再持续一定时间后，表示物料已全部排空，系统自动关闭出料阀 C。整个物料混合和排放过程结束进入下次混合过程，如此循环直到按下停止按钮后，在排空过程关闭出料阀 C。这类顺序控制系统中，执行操作命令的逻辑顺序关系不变，但液位到达 LA 的时间与物料 A 的储罐内物料量有关，与时间无关；同样，液位到达 LB 和液位下降到 L 的时间是不确定的，但

一旦液位上升到 LB, 系统就应自动关闭进料阀 B 的逻辑关系是不变的。因此, 这类控制系统称为逻辑顺序控制系统。在工业生产过程控制中, 这类控制系统的应用最多。

条件顺序控制系统以执行操作命令的条件是否满足为依据, 当条件满足时, 相应的操作被执行, 不满足时, 将执行另外的操作。典型的示例是电梯控制系统。当某一层有乘客按了向上的按钮, 如果电梯空闲, 则电梯自动向该层运行, 当乘客进入电梯仓, 并按下所需到达的楼层按钮, 经一定时间延时和关闭电梯门后, 电梯将向上运行, 直到电梯到达所需楼层后, 自动打开仓门。在该控制系统中, 电梯的运行根据条件确定, 可以向上也可以向下运行, 所停的楼层也根据乘客所需而定。这类顺序控制系统在工业生产过程中也有一定应用。

顺序控制系统的组成见图 1-1。它由五部分组成。

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、调试和事故处理等。

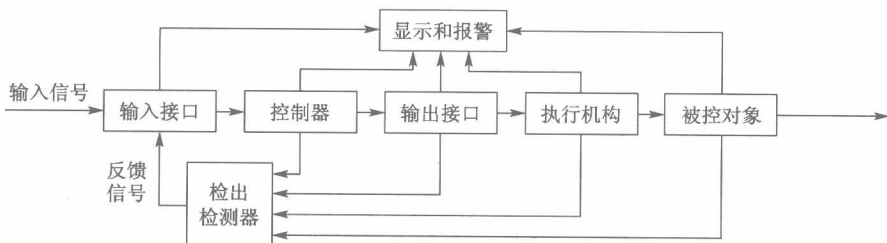


图 1-1 顺序控制系统组成

(2) 顺序控制系统的实现

在工业控制领域中顺序控制系统得到广泛应用, 主要集中在机械制造、电力、冶金、化工、电子制造、食品与饮料、汽车、石油、天然气及炼制、建材、塑料与橡胶、水处理、纸浆与造纸、采矿、纺织等行业。

顺序控制系统的实现有下列方法。

① 继电器组成的顺序逻辑控制系统 是历史最悠久的一种实现方法。其控制功能全部由硬件完成, 即采用继电器的常开常闭、延时断开延时闭合触点等可动接点和普通继电器、时间继电器、接触器、伺服电机、步进电机等执行装置完成所需顺序逻辑功能。例如, 电机启停控制、正反转控制等。受继电器触点可靠性影响和使用寿命限制, 这类控制系统故障多, 使用寿命短, 系统采用硬件完成逻辑功能, 更改不便, 维护困难。

② 晶体管组成的无触点顺序逻辑控制系统 减少触点等可动部件, 大大提高可靠性。晶体管、晶闸管等半导体元器件使用寿命比继电器触点的使用寿命长, 因此, 在 20 世纪 60 年代得到较大发展。它采用硬件组成逻辑关系, 因此, 更改也不方便。但由于采用功能模块结构, 部件的更换和维护较继电器顺序逻辑控制系统方便。

③ 可编程控制器 是计算机技术促进下得以发展起来的新一代顺序逻辑控制装置。与上述组成方法不同, 它用软件完成顺序逻辑功能, 用计算机执行逻辑操作指令, 实施操作和

控制。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,使可编程控制器一出现就得到广泛应用。

④ 计算机组成的顺序逻辑控制系统 指在集散控制系统、现场总线控制系统或工控机、微机中实现顺序逻辑控制功能的控制系统。大型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。这类控制系统中有连续量控制和开关量控制,采用计算机对它们进行操作、控制和管理。必要时,把信息上传到上位机或下送到现场控制器和执行机构,实现了管理、控制一体化。

(3) 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 “与”逻辑运算的实现 “与”逻辑运算又称为逻辑乘。两个变量 A 和 B 的“与”逻辑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”运算结果。“与”运算可采用 A 和 B 两个常开触点的串联电路实现。

② “或”逻辑运算的实现 “或”逻辑运算又称为逻辑加。两个变量 A 和 B 的“或”逻辑运算用下列公式表示:

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

y 是“或”运算结果。“或”运算可采用 A 和 B 两个常开触点的并联电路实现。

③ “非”逻辑运算的实现 “非”逻辑运算又称为反相运算。一个变量 A 的“非”逻辑运算用下列公式表示:

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

y 是“非”运算结果。“非”运算可采用常闭触点 A 和继电器线圈串联电路实现。

④ 逻辑运算的基本运算律 逻辑运算的基本运算律包括交换律、结合律和分配律。

➤ 交换律

$$A \cdot B = B \cdot A \quad A + B = B + A \quad (1-4)$$

➤ 结合律

$$(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C) \quad (A + B) + C = A + (B + C) \quad (1-5)$$

➤ 分配律

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

➤ 摩根定理 用于逻辑运算转换。

$$A + B = \bar{\bar{A}} \cdot \bar{\bar{B}} \quad A \cdot B = \overline{\bar{A} + \bar{B}} \quad (1-7)$$

⑤ 其他逻辑运算的实现 采用基本逻辑运算,可实现一些复杂的运算,例如门锁运算。而有些数字信号或开关信号和接通与断开的的时间或次数有关,因此,需要有时间或数量的逻

辑运算,例如计数器逻辑运算、计时器逻辑运算等。

(4) 顺序控制系统在工业生产过程中的应用

顺序控制系统应用领域宽广,应用行业众多。在工业生产过程控制中主要的应用如下。

① 流水线作业 在机械、电子等制造过程工业中,产品采用流水线的工作方式按先后次序进行。这类工业生产过程中,部分控制操作按时间次序进行,大部分控制操作按逻辑顺序进行。例如数控机床、柔性制造系统、物料输送系统、电视机生产流水线等。

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。这些工业生产过程中,要设置信号报警和联锁控制系统用于防止事故的发生,这是顺序控制系统另一个重要应用场合。

③ 批量控制系统 批量控制系统中,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等,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,这类控制系统的实现较困难,采用可编程控制器可较方便地实现。因此,将可编程控制器用于这类批量控制的控制系统得到了较大的发展。

④ 逻辑控制系统 顺序逻辑控制系统中,根据逻辑的判别结果确定下一步操作是这类控制系统的特点,采用可编程控制器可方便地实现这类控制系统。在生产过程控制中,这类逻辑顺序控制系统的应用也较多。

⑤ 民用工业 民用工业中,顺序控制系统也得到较广泛的应用。洗衣机的顺序控制、微波炉和冰箱的温度控制、空调系统、锅炉控制系统等顺序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、自动烹调系统等也得到一定应用。此外,家用热水器、家庭安全报警系统等应用也在开发中。总之,在民用工业中,顺序控制系统还刚开始应用,有待开发。

1.1.2 可编程控制器的发展

(1) 可编程控制器的十项招标指标

1968年,美国通用汽车公司(GM)为了适应多品种、小批量不断翻新汽车品牌的战略思想,降低生产成本,缩短新产品开发周期,提出了研制新型逻辑顺序控制装置的招标指标,这就是有名的十条招标指标。主要内容如下。

① 在使用者的工厂里,能以最短的中断服务时间,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,它的能耗也应较小。

⑤ 必须能与中央数据采集处理系统进行通信,以便监视系统运行状态和运行情况。

⑥ 输入开关量可以是已有标准控制系统的按钮和限位开关的交流115V电压信号(因美国电网电压为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以下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顿时

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(根据当时汽车装配过程的要求提出)。

从上述指标可见,GM 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工作量,缩短开发周期,减低成本。因此,虽然当今可编程控制器产品的标准已远远超过当时提出的指标,但是,这些指标至今仍然是可编程控制器的基本指标。

美国数字设备公司(DEC)中标,并在 1969 年研制出第一台可编程控制器 PDP-14,应用于 GM 公司的一条汽车生产流水线,并取得成功。其后,美国 Modicon 公司也推出了同名的 084 控制器。1971 年,日本推出 DSC-8 控制器,1973 年西欧国家的各种可编程控制器也研制成功,1974 年中国开始研制可编程控制器,1977 年开始工业应用。

(2) 可编程控制器的发展史

可编程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控制器的发展,而可编程控制器的发展又对这些高新技术提出更高更新的要求,促进了它们的发展。

从控制功能来分,可编程控制器的发展大致经历下列五个阶段。

① 初创阶段 从第一台可编程控制器问世到 20 世纪 70 年代中期。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 由中小规模数字集成电路组成,控制功能较简单。典型产品有 Modicon 公司的 084、Allen-Brandley 公司的 PDQ-II、DEC 公司的 PDP-14、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,被称为可编程逻辑控制器(PLC: Programmable Logic Controller)。

② 扩展阶段 从 20 世纪 70 年代中期到 20 世纪 70 年代末期。这一阶段产品的主要控制功能得到较大扩展。扩展的功能包括数据的传送、数据的比较和运算、模拟量的运算等。它的发展主要来自两方面:从可编程控制器发展而来的控制器,主要用于逻辑控制,同时扩展了其他运算功能;从模拟仪表发展而来的控制器,主要用于模拟量控制,同时扩展了逻辑运算功能。因此,按习惯分类,前者被称为可编程逻辑控制器(PLC),后者被称为单回路控制器或多回路控制器。可编程控制器名称的缩写是 PC(Programmable Controller),但为了与个人计算机(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 SIMATIC S3 系列、富士电机公司的 SC 系列等产品。

③ 通信阶段 从 20 世纪 70 年代末到 20 世纪 80 年代中期。这一阶段产品与计算机通信系统的发展有关,并形成了分布式通信网络体系。但是,由于制造厂商各自为政,通信系统也各自成为独立的系统,使各制造厂商产品较难实现互通。由于该阶段对可编程控制器的需求大大增加,产品的功能也得到发展,数学运算功能也有较大扩充,同时,产品的可靠性进一步提高。这一阶段产品有西门子公司的 SIMATIC S5 系列, Gould 公司的 M84、884 等,富士电机公司的 Micro 和得州仪器公司的 TI530 等。

④ 开放阶段 从 20 世纪 80 年代中期开始到 20 世纪 90 年代中期。由于国际标准化组织提出了开放系统互连参考模型,使可编程控制器在开放功能上有较大发展。主要表现为通信系统的开放,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益。这一阶段的产品规模增大,功能不断完善,大中型产品多数采用 CRT 屏幕显示功能,系统的扩展也因通信功能的改善而变得方便。这一阶段产品有西门子公司的 SIMATIC S5 系列、Allen-Brandley

公司的 PLC-5 等。

⑤ 编程语言标准化阶段 从 20 世纪 90 年代中期开始。由于可编程控制器编程标准的制订,使可编程控制器软件系统出现新的飞跃。1992 年成立的 PLCopen 国际组织,致力于编程语言标准化工作,颁布了编程语言的国际标准 IEC61131-3。该阶段的硬件系统也得益于计算机技术和其他高新技术的发展而发展,例如芯片小型化、采用表面安装技术等,此外,人机界面软件广泛应用于可编程控制器系统。这一阶段产品有 Rockwell 自动化公司的 Control Logix 550、西门子公司的 SIMATIC S7 系列等。

1974 年中国开始仿制美国第二代可编程控制器产品,但因元器件质量和技术问题等原因,未能推广。直到 1977 年,中国才研制出第一台具有实用价值的可编程控制器,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,应用规模较小,主要控制方式是开关量控制。

随着中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、日本等可编程控制器制造厂商进行合资或引进技术、生产流水线等,使中国可编程控制器的生产和应用有了较大发展。一些大中型工程项目采用可编程控制器以后,取得明显经济效益,也反过来促进了可编程控制器的发展。该阶段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,应用规模在 1000 点以下。

为了促进中国可编程控制器的发展,原机械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,评出了六个首选的中国可编程控制器产品,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 和上海自力电子设备厂生产的 KK1-IC。这一阶段中国生产的产品在硬件和软件上与国外的产品兼容,有广阔的应用前景。例如,KCK-1 是无锡市电器厂与日本光洋公司的合资公司产品,它与 GE 公司的 GE-FANUC 系列产品完全兼容,上海起重电器厂的产品 CF-40MR 与日本三菱公司的 F 系列产品兼容等。

随着中国开放政策的落实,国外可编程控制器厂商也纷纷将投资目标定位在中国,并在中国一些城市建立生产厂,设置销售网点,推动了中国可编程控制器的应用。近年来,在机电、冶金、轻工、纺织、化工、医药、交通等行业的应用经验表明,可编程控制器是大有发展前途的工业控制装置。它与 SCADA、DCS 等相互集成,互相补充,综合应用,将对中国工业过程控制领域产生巨大的影响。

此外,人机界面软件系统的开发工作也取得良好成绩,一些应用软件获得用户好评,例如组态王、力控、昆仑、紫金桥等国产软件问世,并获得工业应用。

标准化编程语言的发展来自下列三方面的发展。

① 传统可编程控制器编程语言 传统可编程控制器开发了相应编程语言。例如,常用的梯形图编程语言脱胎于电气逻辑图,指令表编程语言是汇编语言的发展。

② 工控软件公司开发的编程语言 以德国 KW-Software (科维) 软件公司的 Multiprog、Infoteam (一方梯队) 软件公司的 OpenPCS 等为代表开发的编程语言,吸取各可编程控制器制造商编程语言的特点,在吸收和开发中形成一套新的国际编程语言标准。

③ 基于工业 PC 的软逻辑 PLC 软逻辑 PLC 是在 PC 机平台运行 Windows 操作环境下,用软件实现可编程控制器功能。编程语言的软件运行于 PC 环境称为软逻辑 PLC。它构成开放的应用系统,能够方便地与来自不同制造商的各种输入输出设备、现场总线、PC 机和控制