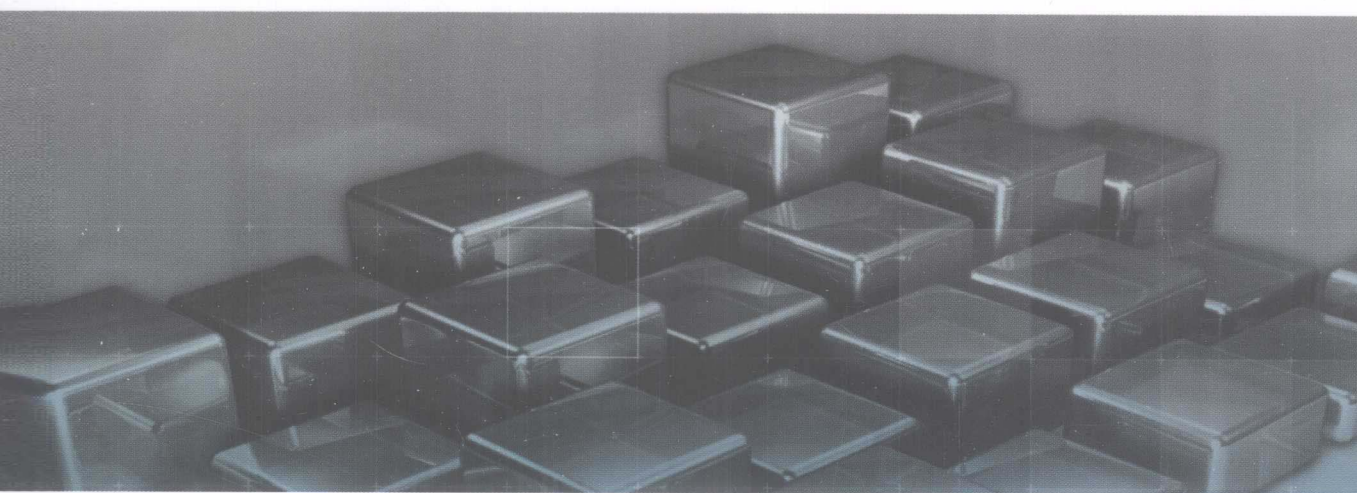


PLC现场工程师
应该具备
哪些条件



PLC XIANCHANG
GONGCHENGSHI
GONGZUO ZHINAN

应该了解哪些
PLC以外的
知识



PLC

现场遇到
问题怎样
处理



现场工程师 工作指南

黄海燕
冰

主编
何衍庆

副主编



化学工业出版社

PLC

现场工程师 工作指南

黄海燕
黎 冰

主编
何衍庆 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 现场工程师工作指南/黄海燕主编. —北京: 化学工业出版社, 2011.10

ISBN 978-7-122-12186-8

I. P… II. 黄… III. 可编程序控制器-指南 IV. TM571.6-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 178459 号

责任编辑: 宋 辉

文字编辑: 徐卿华

责任校对: 洪雅姝

装帧设计: 王晓宇

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: 北京市振南印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 20½ 字数 517 千字 2012 年 1 月北京第 1 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: 59.00 元

版权所有 违者必究

自 20 世纪 70 年代初第一套可编程控制器问世以来, 可编程控制器日益受到用户欢迎, 并得到普及和推广, 其功能和性能均获得极大提高和改进, 目前, 可编程控制器集数据采集、程序控制、参数调节和网络数据通信等功能于一体, 实现了从简单的单机逻辑控制和顺序控制, 到复杂的连续控制和批量控制等控制功能, 它正成为自动控制和机电一体化的重要支柱。

2005 年我国成立由中国机电一体化技术应用协会为首的 PLCopen 中国组织 (PC5), 迈出可喜步伐, 它标志着我国与国际标准接轨的决心。国内致力开发自主知识产权的 IEC61131-3 编程系统的工作也取得长足进展, 极大促进和加快我国自动化控制设备的发展。但标准推广介绍、资料翻译、可编程控制器标准产品的各级认证和授权等还有大量工作要做。

我国可编程控制器的应用也如雨后春笋, 发展迅速, 但是因可编程控制器系统的调试通常在整个建设工程的最后阶段, 因此, 时间紧、任务重。而应用型技术人员匮乏, PLC 现场工程师既不熟悉工艺生产过程, 对仪表、机械设备等知识也了解较少, 因此, 延时误工的情况时有发生。为提高我国可编程控制器的应用水平, 提高 PLC 现场工程师的技能, 我们编写了本工作指南。本指南内容包括工艺生产过程的知识、机械设备的知识和仪表、计算机的知识, 同时, 提供了 PLC 的编程语言知识, 便于工程师能够了解和掌握可编程控制器的安装、调试等工作, 多快好省地完成 PLC 的现场各项工作。本指南也可作为 DCS 等计算机控制装置现场工程师的应用指南。

本书是 PLC 现场工程师的实践指导书, 也是 DCS 现场工程师的重要参考资料。本指南可供刚参加工作的大专院校毕业生作为入门的指导书, 也可供工矿企业、自控工程设计人员、科研开发单位工程技术人员工程设计和应用、安装和维护时的参考资料, 还可作为现场技术人员的培训教材。

本书分 4 章。其中, 第 1 章介绍可编程控制器的基本概念、PLC 现场工程师的任务和应具有的技能。第 2 章是工艺生产过程和设备, 介绍工艺过程的描述、工艺设备的布置、机械设备的知识和电气仪表知识。第 3 章是可编程控制器的相关知识, 介绍可编程控制器基础、标准编程语言等。第 4 章介绍现场调试, 包括现场接线校验、现场调试、故障和干扰分析及处理、竣工资料的完成等。

本书由黄海燕任主编, 黎冰、何衍庆任副主编, 参加本指南编写的还有车运慧、陈伟、倪雁、陈积玉、杭一飞、冯保罗、何乙平、王朋、缪玲梅等。本书的编写工作得到 PLCopen

中国组织 PC5 的积极支持和帮助，得到华东理工大学信息科学与工程学院等单位的关心和支持，PLCopen 中国组织主席彭瑜先生十分关心本指南的编写和出版工作。PLCopen、贝加莱、科维软件、施耐德、SIXNET、通用电气、一方梯队、富士等组织和公司提供了大量资料和技术支持。钱锋、侍洪波、王慧锋、顾幸生、孙自强、凌志浩、王华忠、刘漫丹、王为国、杨洁等先生给予大力支持。吴坚刚、王强、李进、沈伟愿、严伟达、戴自祥、李燕、李成杰、吴杉等先生提供了大量资料和技术支持。此外，洪光明、蒋明华、范秀兰、张胜利、陈天成、顾成达、石学根、潘联宝、周孝英、黄雅明等同志也参加了部分工作并提供了不少建议。谨在此一并表示衷心感谢和诚挚谢意。

由于时间仓促和编著者的水平所限，疏漏在所难免，恳请读者不吝指正。

编著者

PLC

现场工程师工作指南

目录

CONTENTS

1

概述 /1

- 1.1 可编程控制器基本概念 /1
 - 1.1.1 可编程控制器的发展和标准 /1
 - 1.1.2 可编程控制器的基础知识 /8
- 1.2 PLC 现场工程师的任务 /16
 - 1.2.1 PLC 现场工程师的任务 /16
 - 1.2.2 PLC 现场工程师的主要任务 /18
- 1.3 PLC 现场工程师应具有的技能 /23
 - 1.3.1 基本技能 /23
 - 1.3.2 工业仪表和计算机的基础知识 /25
 - 1.3.3 公关和协调技能 /27

2

工艺生产过程和设备 /31

- 2.1 工艺生产过程的描述 /31
 - 2.1.1 概述 /31
 - 2.1.2 工艺生产过程的图形符号 /33
 - 2.1.3 工艺生产过程的文字符号 /43
 - 2.1.4 工艺管道仪表流程图的内容 /52
 - 2.1.5 工艺管道仪表流程图的示例 /54
- 2.2 工艺设备的布置 /57
 - 2.2.1 设备布置图 /57
 - 2.2.2 管口方位图和管道布置图 /63
 - 2.2.3 布置图的示例 /69
- 2.3 机械设备的知识 /72
 - 2.3.1 液压传动装置的图形符号 /72

2.3.2	液压传动的回路	/82
2.3.3	液压系统实践	/96
2.3.4	伺服控制系统	/104
2.4	电气仪表的知识	/110
2.4.1	电气设备控制图	/110
2.4.2	过程测量与控制仪表的功能标志及图形符号	/110
2.4.3	控制室平面布置图和接线图	/126
2.4.4	联锁控制系统原理图和顺序控制系统原理图	/136
2.4.5	电缆表和电缆连接	/142

3

	PLC 知识	/145
3.1	PLC 基础	/145
3.1.1	公用元素	/145
3.1.2	程序组织单元	/160
3.1.3	软件模型、编程模型和通信模型	/182
3.2	标准编程语言	/188
3.2.1	文本类编程语言	/188
3.2.2	图形类编程语言	/200
3.2.3	顺序功能表图编程语言	/212

4

	现场调试	/225
4.1	现场接线校验	/225
4.1.1	概述	/225
4.1.2	数字量信号的检测和调试	/240
4.1.3	模拟量信号的检测和调试	/269
4.1.4	可编程控制器的检测和调试	/280
4.1.5	可编程控制器通信系统的检测和调试	/288
4.2	现场调试	/297
4.2.1	冷态调试	/297
4.2.2	热态调试	/303
4.3	故障和干扰分析及处理	/306
4.3.1	故障和干扰分析	/306
4.3.2	可靠性分析	/313
4.4	竣工资料	/315
4.4.1	竣工资料内容	/315
4.4.2	竣工资料的归档	/317

参考文献	/320
------	------

1

CHAPTER 1

概述

可编程控制器是以微处理器为基础,综合计算机、通信、联网以及自动控制技术而开发的新一代工业计算机控制装置。可编程控制器在我国的发展与应用已有近 40 年历史,目前,它已经广泛应用于国民经济的各个工业生产领域,成为提高传统工业装备水平和技术能力的重要设备和强大支柱。

我国可编程控制器的发展与国际上的发展有所不同。国际上可编程控制器的发展是从研制、开发、生产到应用;我国则是从成套设备引进、可编程控制器引进应用、消化移植、合资生产到广泛应用。目前,在我国,可编程控制器仍保持旺盛的发展势头,并不断扩大其应用领域。相应地,国内在可编程控制器的应用中主要存在两个问题:一是一些用户仍在使用不符合国际标准的可编程控制器,因此,使可编程控制器的编程语言众多;另一个问题是应用型技术人员的匮乏。技术人员可以编写有关顺序控制系统程序,但对现场不熟悉,不能满足工业应用的需要。

本章主要介绍可编程控制器的基本概念、发展历史、PLC 现场工程师任务等。

1.1 可编程控制器基本概念

1.1.1 可编程控制器的发展和标准

(1) 可编程控制器的定义

随着计算机技术、控制技术、通信技术等高新技术的发展,可编程控制器的硬件和软件已有很大的发展和改进,因此,对可编程控制器下一个确切定义是困难的。

可编程控制器问世后,1980 年美国电气制造商协会 NEMA (National Electrical Manufacturers Association) 对可编程控制器有如下定义。

可编程控制器是一种数字式电子装置。它使用可编程的存储器来存储指令,并实现逻辑运算、顺序运算、计数、计时和算术运算等功能,实现对各种机械或生产过程的控制。

1982 年,国际电工委员会 (International Electrical Committee) 颁布了可编程控制器标准草案,1985 年提交第二版,1987 年 2 月的第三版对可编程控制器作了如下定义。

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。可编程控制器及其有关的外围设备都应按照易于与工业控制系统形成一个整体，易于扩展其功能的原则而设计。

(2) 可编程控制器的发展

① 可编程控制器的十条招标指标 1968 年美国通用汽车公司 (GM) 根据多品种、小批量、不断翻新汽车品牌战略思想，以降低生产成本，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十条招标指标。

这些指标表明，GM 公司希望研制出一种控制装置，它能尽量减少重新设计和接线工作量，缩短开发周期，减低成本。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。

美国原数字设备公司 (DEC) 中标，并在 1969 年研制出第一台可编程控制器 PDP-14，成功应用于 GM 公司的一条汽车生产流水线。

其后，美国 Modicon 公司也推出同名的 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控制器也研制成功，我国 1974 年开始研制可编程控制器。

② 可编程控制器的发展 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，并促进了它们的发展。

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。

a. 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。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。

b. 扩展阶段。从 20 世纪 70 年代中期到 20 世纪 70 年代末期。可编程控制器开始向多处理器发展，可编程控制器的功能和处理速度大大增强，扩展的功能包括数据的传送、数据的比较和运算、模拟量的运算等功能。它的发展来自两方面。由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。主要产品有 Modicon 公司的 184、284 和 384，西门子公司 SIMATIC S3 系列，富士电机公司的 SC 系列等。

c. 通信阶段。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。通信功能的增强使可编程控制器不仅可下挂就地输入输出模块和远程输入输出模块，也可上连上位机，组成集散控制系统 (DCS)。编程语言除了梯形图编程语言、指令表编程语言外，还出现了顺序功能表图编程语言。这一阶段的产品有西门子公司 SIMATIC S6 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。

d. 开放阶段。从 20 世纪 80 年代中期开始到 20 世纪 90 年代中期。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。这一阶段的产品有西门子公司 SIMATIC S5 系列，Allen-Brandley 公司的 PLC-5 等。

e. 标准和集成阶段。从 20 世纪 90 年代中期开始。IEC 发布可编程控制器的标准草案，

尤其是标准编程语言的颁布,使可编程控制器获得飞跃发展。软件模型的颁布是该阶段的重要标志。采用标准编程语言的软件系统使第三方的软件移植变得方便。系统的集成化和扁平化是该阶段的另一特点。典型产品有 Rockwell 公司的 ControlLogix5500、通用电气公司的 RX 系列等。

进入 21 世纪以来,可编程控制器仍保持旺盛的发展势头,并不断扩大其应用领域,目前,可编程控制器已经在各行各业获得广泛应用,并取得可喜经济效益。

③ 我国可编程控制器的发展 我国可编程控制器的发展大致经历下列三个阶段。

a. 初级认识阶段。从 20 世纪 70 年代中后期到 20 世纪 80 年代初期。国际上可编程控制器的发展,引起国内工程界的极大关注。首先是从上海宝钢等多项引进工程中认识了可编程控制器,这些可编程控制器应用于从原料码头到高炉、轧钢、钢管等整个钢铁冶炼以及加工生产线上,取代了传统的继电器逻辑系统、部分模拟量控制和小型 DDC 系统。其后,相继有多家厂商引进工程中配套了大量可编程控制器,应用范围扩展到电站、石油化工、汽车制造、港口和码头等各领域,使技术人员开阔了视野,促进了对可编程控制器的消化移植工作的开展。

b. 引进应用和消化移植阶段。从 20 世纪 80 年代初期到 20 世纪 90 年代初期。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、日本等可编程控制器制造厂商进行合资或引进技术、生产流水线等,使我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,取得明显的经济效益,也反过来促进了可编程控制器的发展。

为促进我国可编程控制器的发展,原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所承担了测试工作,参照国际上 IEC 有关标准,评出了六个首选的我国可编程控制器产品。

c. 发展阶段。从 20 世纪 90 年代初期开始。随着我国开放政策的落实,国外的可编程控制器厂商也纷纷将投资目标定位在我国,并在我国一些城市建立生产厂,设置销售网点和办事处,推动了我国可编程控制器的应用。

1991 年,在原机械电子工业部领导下成立可编程控制器行业协会。1993 年成立的可编程控制器标准化技术委员会为我国可编程控制器的进一步发展打下基础。1999 年我国正式成为 PLCopen 组织的一员。2000 年我国第一部可编程控制器系统设计规定(HG/T 20700—2000)颁布。2005 年国际组织 PLCopen 的中国组织 PC5 正式成立,在中国机电一体化技术应用协会和 PLCopen 国际组织的共同指导下,建立了网站,拓展了业务,组织开展标准化编程语言的推介工作,并着手筹建编程系统测试实验室,开展编程语言培训等工作。可编程控制器的应用已经渗透到国民经济的各行各业,成为企业提高装备技术水平的重要标志。

随着可编程控制器应用的不断深入,国内掀起自主研制开发可编程控制器的高潮,在国外产品强手如林的市场中,国产产品已具有与国外同类产品的竞争力,说明国产可编程控制器发展已进入新的阶段。

④ 可编程控制器编程语言的发展 标准化编程语言的发展来自下列三方面的发展。

a. 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。

b. 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 Multi-prog、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。

c. 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 机和控制网络实现无缝集成。开放的软件环境使编程语言成为重要的条件，由此而开发了新型的编程软件。

1993 年 3 月由国际电工委员会 IEC（International Electro-technical Commission）正式颁布可编程控制器国际标准 IEC1131 第一版（前面添加 6 后作为国际标准的编号）。IEC 61131-3 第二版于 2000 年下半年表决通过，并公布施行。我国也于 2007 年颁布与 IEC 标准等效的国家标准 GB/T 15969。

IEC61131-3 编程语言标准的制订为可编程控制器的发展，为整个工业控制软件的发展，起到十分重要的推动作用。该标准是控制领域第一次制订的有关数字控制软件技术的编程语言标准。它的制订为可编程控制器走向开放系统奠定了坚实基础，也为其他计算机控制装置数字控制软件的开发提供了统一标准。IEC61131-3 标准为解决可编程控制器发展历史上产生的多种编程语言的现实问题提供了可行解，也为可编程控制器和其他计算机控制装置的编程环境提供了标准。

IEC61131-3 是编程控制器的编程语言标准，它是现代软件概念和现代软件工程的机制与传统可编程控制器编程语言的成功结合。它规范和定义可编程控制器编程语言及基本公用元素，为编程控制器的软件发展，制定通用控制语言的标准化开创新的有效途径。

(3) 可编程控制器的现状

可编程控制器从问世至今，已有四十多年历史，目前，可编程控制器的应用早已从机械制造行业的应用向各行各业的应用拓展。例如，在食品加工、炼油化工、冶金、纺织、制浆和造纸、废水处理、制药和电子等行业的应用正如雨后春笋，不断壮大。

可编程控制器的应用亦从顺序逻辑控制向过程控制冗余、安全系统、批量控制等功能发展，从而扩展了它的应用领域。

可编程控制器产品种类越来越多。为满足不断增长的机械和工业过程控制系统的应用需要，已经开发出新一代的结合 PC 功能和可编程控制器可靠性的工业控制器，即可编程自动化控制器（PAC）。

在全球工业计算机控制领域，围绕开放与再开放，过程控制系统、开放式过程控制软件、开放性数据通信协议已经发生巨大变革，几乎到处都有可编程控制器。

随着软可编程控制器（Soft PLC）控制组态软件技术的诞生与进一步完善和发展，安装软 PLC 组态软件和基于工业 PC 控制系统的市场份额正逐步得到增长。这种嵌入式可编程控制器使得工业控制可以应用各个领域的先进技术；此外，可直接在工业 PC 机的操作系统上运行类似 PLC 的软件，用计算机取代 PLC 系统中的主站，可充分应用计算机的开放性接口和通信速度，兼容性好等优势。

基于工业 PC 的控制系统除在灵活性方面比传统可编程控制器具有截然不同优势外，还具有能缩短系统投放市场周期，降低系统投资费用，提高从工厂底层到企业办公自动化的数据信息流动效率等优点。

(4) 可编程控制器的展望

可编程控制器主要向两个方向发展。一方面可编程控制器向着大型化方向发展, 另一方面可编程控制器向着小型化方向发展。

① 向大型化方向发展 可编程控制器向大型化方向发展表现在下列方面。

a. 应用领域越来越广泛。尽管传统可编程控制器被应用于离散过程控制领域, 但现在, 可编程控制器已被广泛应用于连续过程控制领域, 而且可编程控制器基于连续过程控制技术的发展趋势正在进一步得到增长。

根据 ARC 公司的市场分析, 全球可编程控制器市场的年平均增长率约为 6%, 而我国可编程控制器市场的年平均增长率达 14%。

b. 与 DCS、FCS、SCADA 的相互渗透, 出现你中有我, 我中有你的情况。为了在工业控制领域占有较大的应用市场, 各制造厂商纷纷学习其他厂商产品的优点, 取长补短, 从而使产品的适用范围更广, 应用规模也从几十点扩展到成百上千点, 功能扩展也从单一的逻辑运算扩展到几乎能满足所有的用户需求。

可编程控制器不仅可以完成模拟量控制, 还可以完成优化、计划和调度等管理功能。加上开放和通信功能的策略, 开放系统的互连使不同产品之间的数据通信成为可能, 也使应用范围趋向多元化。

出现了包括 DCS、PLC 和工业 PC 三种平台模块的通用组态工具, 通用的底板母线, 采用 OPC 技术, 能用于顺序控制、回路控制、批量控制和混合控制, 能进行计算机功能模块的组合, 可连接到以太网实现远程组态、诊断、监视和控制等。

c. 可编程自动化控制器。具有可编程功能的计算机控制装置不断发展。可编程自动化控制器产品成为新秀。近年来已有一些国外公司推出了符合上述 PAC 定义的新型系统, 例如, GE-Fanuc 公司 2003 年推出的 PAC System™ 系统是 PLC 90™ 系列的升级换代产品。在国内, 浙大中自公司的 SunyTDCS9200 产品是符合 PAC 定义的国产 PAC 产品。

d. 向 PCS、MES、ERP 方向发展, 成为过程控制系统的组成部分。ISA SP95 企业与控制系统集成标准规定了企业信息化层次模型。

ERP 是企业资源管理平台。其重点是企业的资源, 其核心思想是财务 ERP, 最终为企业决策层提供企业财务状况, 用于企业决策。MES 是制造管理系统, 其管理对象是生产车间, 其核心是信息集成, 它为经营计划管理层与底层控制之间架起桥梁。

企业信息化层次模型从原来的五层模型向三层模型演变, 实现了体系结构扁平化。

越来越多企业正计划将其所有自动化控制设备逐步连接到企业范围内的信息系统中去。几乎所有可编程控制器制造商在其部分系列产品中提供了以太网连接特性, 有些公司已经确定将 Web 服务器彻底嵌入到其设备内部, 以便充分展现可编程控制器的性能特点。利用可编程控制器的 Web 连接特性, 用户不仅可在任何地方远程监控控制系统的运行状况, 而且可方便地获取所需的任何数据信息。

系统的功能化和系统的集成化成为今后的发展方向。这表明更多的功能将集成在一个控制系统中, 例如, 顺序控制、批量控制和过程控制的集成, 运动控制将分享相同的控制结构体系等。

制造业的发展离不开可编程控制器的发展, MES、ERP、机器人和柔性制造系统等等的实施也离不开可编程控制器的发展。因此, 对可编程控制器提出功能、速度、通信、管理等方面要求, 为可编程控制器向大型化方向发展提供了用武之地。

过程控制领域中最大的发展趋势之一是以以太网技术的发展。为了将以太网技术应用到工厂底层的现场过程控制设备, ODVA 协会建立了标准的技术规范, 即 Ethernet/IP 标准。

e. 硬件性能的发展。可编程控制器的硬件性能有了飞速进展。其处理器字长从 1 位, 向 4 位、8 位、16 位、32 位发展, 大型可编程控制器已采用 64 位处理器。处理速度也大大提高, 它的晶振频率从几 MHz, 发展到几十 MHz、几百 MHz, 直到几 GHz。处理器的数量从单处理器到双处理器, 直到多处理器。存储器容量也成倍增加, 从几 KB 发展到几 MB, 几十 MB, 直到几 GB 等。开放和通信功能的增强使可编程控制器不仅能与同类型的可编程控制器通信, 还可与其他开放的可编程控制器、DCS 和上位机通信, 组成管控一体化的综合自动化系统。因此, 硬件性能的提高, 使可编程控制器向大型化方向有了可喜发展。

冗余和安全性能越来越被用户所重视。可编程控制器在安全停机系统领域的应用已有很长一段时间。一些可编程控制器制造商在安全和冗余性应用方面推出相应产品。

数据处理速度越来越快, 功能越来越强。例如, 采用多 CPU 并行处理方式, 提高编程服务和监控服务的处理速度。采用 32 位 RISC 芯片, 提高处理器运算速度。采用高速串行接口 (最大达 115.2Kbps) 和引入 USB 接口 (最大达 12Mbps), 使编程和监控的数据通信速度大大提高。一些可编程控制器产品还提供多个通信接口, 可由多人同时编程或调试。

在内部处理速度提高的同时, 与外部设备的响应速度也大大提高。例如, 采用高性能晶体管, 专用 ASIC 芯片, 专用 A/D 和 D/A 芯片, 通信专用 ASIC 芯片等, 使输入模块响应时间在 1ms, 数模和模数转换速度提高一倍, 通信链接时间缩短。提高系统总线带宽, 使一次传输的数据量增加, 采用成组传送技术实现连续数据的高速批量传送, 采用系统总线实现全局传送等, 大大提高了与外部设备交换数据的速度。

f. 软件功能的发展是可编程控制器向大型化方向发展的重要标志。表现在下列方面。

- 可编程控制器制造厂商对软件的开发进行投资。
- 采用标准化的软件产品。
- 将运动软件包、可编程控制器软件、操作员界面和因特网集成在一起。
- 高等院校等部门开设的可编程控制器等应用课程提高了技术人员的编程能力, 标准化的软件使技术人员再培训时间缩短。

② 向小型化和微型化方向的发展 可编程控制器向小型化和微型化方向的发展主要表现在下列几方面。

a. 在设备级和现场级采用可编程控制器。对一些工业过程的设备控制, 采用化整为零的控制策略, 对这些设备的控制采用配套的可编程控制器, 并配套专用的控制柜和工作站、监视器等。实现现场级控制, 有利于提高控制系统的可靠性。

分散控制, 集中管理。当不同地域的设备在同一控制室监视和控制时, 可在不同设备附近安装小型或微型可编程控制器, 各自完成对设备的控制, 并通过通信网络将设备参数传送到控制室, 这种配置方法符合现场总线控制系统的设计思想, 将功能分散到设备级、现场级, 降低成本和安装费用, 因此, 得到广泛应用。

b. 工业以太网和无线通信技术的发展使小型化和微型化成为可能。工业以太网解决了不同控制装置的通信问题, 可编程控制器制造商发现只需要在可编程控制器上增加以太网接口就可方便地解决各控制装置间的通信和资源共享问题, 因此, 发展小型和微型化的可编程控制器具有更强大的市场竞争力。虽然从目前情况看, 在可编程控制器上提供以太网接口尚

不能实现不同制造商控制装置间的通信,但随着以太网技术的发展,将以太网技术应用于工厂底层的现场控制装置将为时不远。

无线通信技术的发展是可编程控制器向小型和微型化发展的另一动力。目前,主流的 PLC 通信方式依次是:RS232/RS485 串口通信占 86%,4~20mA/0~10V DC 方式占 70%,以太网占 67%,Modbus 占 65%,Profibus 占 64%。根据调查,除了以太网外,采用无线通信方式将成为今后发展方向。

c. 替代嵌入式控制器。随着微型和超微型 PLC 技术的发展和数量的增长,它们已经开始进入新的应用领域。微型 PLC 已经开始替代嵌入式控制器的工作内容。由于微型和超微型 PLC 具有卓越的灵活性、市场开发周期短、适应性强、竞争性的价格等一系列优点,因此,正在诸如商业器具、饮料食品、商业等行业得到飞速发展。一些小型和微型 PLC 已经向工业用户提供了模拟量 I/O、PID 控制回路、通信接口,甚至与企业网络系统相连接的现场总线接口。

20 世纪 90 年代中期以来,一些 PLC 系统已经与操作员面板和其他 HMI 系统一起使用,在有些情况下,PLC 的逻辑处理功能已经被直接集成到 HMI 软件中。

d. 向小型和微型化发展。在提高系统可靠性的基础上,由于半导体集成技术的发展使可编程控制器的体积越来越小,功能越来越强。为减小体积,开发大规模和超大规模的集成电路芯片,采用球栅阵列(BGA)保证在同样封装尺寸下提供足够多的引脚,减少显示用的 LED 和开关等,减少元件。缩短接插件的引脚间距,解决元件散热等设计,使元件和印刷线路板的体积大大缩小。

此外,可编程控制器在软件方面也将有较大发展。系统的开放使第三方的软件能方便地在符合开放系统互连标准的可编程控制器上得到移植。除了采用标准化硬件外,采用标准化软件不仅可大大缩短系统开发时间,也能明显提高系统的可靠性。软件的发展也表现在通信软件的应用方面,近年推出的可编程控制器产品都具有开放系统互连和通信的功能,软件将更容易操作和学习,采用标准的编程方法将会得到更广泛的应用。除了系统的软件开发外,与软件配套的软件开发工具和支持软件也相应地得到开发,维护软件功能的增强,对维护人员的技能要求降低,减少了培训费用。基于 Java 的软件、基于 Linux 的软件、面向对象的控件和 OPC 技术等高新技术、开放系统互连和网络技术被广泛应用于软件产品中。运动控制的研究受到重视,相应的软件 and 标准也在开发。

可编程控制器向机械和运动控制领域进军。数控机床中大量应用小型和微型可编程控制器,运动控制领域也广泛应用小型和微型可编程控制器,是小型和微型可编程控制器发展的动力。

(5) 我国可编程控制器发展中存在的问题和对策

① 存在的问题 目前,我国可编程控制器发展中存在的主要问题如下。

a. 硬件产品。我国已经有多家生产可编程控制器的厂商,但产品占市场的份额仅 1% 强,我国可编程控制器产品市场仍是国外产品占绝大多数。因此,开发具有自主知识产权的可编程控制器产品,扩大其知名度仍是十分严峻的问题。

b. 软件。在实际应用中,采用标准编程语言是十分重要的。它不仅可缩短培训时间,也可缩短工期。但有些国外产品为实现其市场份额,大力推广和介绍其产品,虽然它们有符合国际标准编程语言的软件,但并未着力推广。

c. 培训。我国大多数高等院校和中等专科学校已经开设可编程控制器课程,也有一些

培训机构对可编程控制器产品进行培训。但因标准编程语言的培训教材仍不多，市场上仍有不少以某一厂商产品为主介绍该产品的一些教材，使应用受到一定影响。

d. 现场应用技术人员。由于工程技术人员知识的局限性，例如，只对某一可编程控制器产品有所了解，对现场应用中的具体知识了解很少，因此，使现场应用出现问题。

② 对策 为推广和应用可编程控制器，应着重在下列方面进行工作。

a. 政策扶植。有关部门应对国产可编程控制器产品进行政策扶植，采取必要的减免政策，降低产品开发成本，提高产品质量。一些应用单位也应尽量选用国产产品，帮助国产产品上马。

b. 采用标准编程语言。高等院校和中等专科学校应采用标准编程语言的教材，使学生能够适应不同可编程控制器产品的硬件，真正实现一次学习，一劳永逸。

c. 培训。对现场技术人员进行培训，增强技术人员的工程知识和灵活应用能力。

1.1.2 可编程控制器的基础知识

(1) 顺序控制系统

① 控制系统类型 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。另一类是断续量的控制系统，这类控制系统在时间上表现为离散量，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。

随着 PLC 应用的深入，连续控制系统的内容也进入 PLC 的应用领域，因此，为便于现场技术人员学习，这里，对连续控制系统也进行必要的介绍。

a. 连续控制系统。图 1-1 是简单连续控制系统的框图。

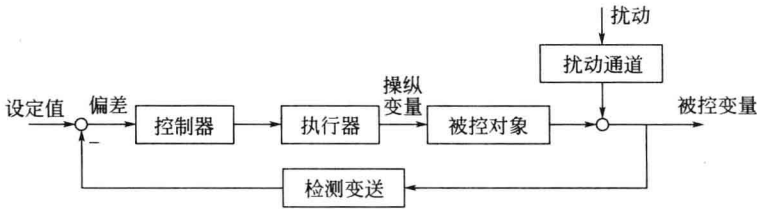


图 1-1 简单控制系统的框图

从图可见，一个简单的连续控制系统由检测变送单元、控制器、执行器和被控对象组成。

• 检测元件和变送器：用于检测被控变量，并将检测到的信号转换为标准信号输出。例如，液位变送器。

• 控制器：用于将检测变送单元的输出信号与设定值信号进行比较，按一定的控制规律对其偏差信号进行运算，运算结果输出到执行器。控制器可以采用模拟仪表的控制器或由微处理器组成的数字控制器，例如，用 DCS 中的控制功能模块等实现。

• 执行器：又称最终环节。它是控制系统环路中的最终元件，直接用于控制操纵变量变化。例如，控制阀接收控制器输出信号，通过改变控制阀节流件的流通面积来改变操纵变量。变频器接收控制器输出信号，通过改变输出频率来改变电动机转速，实现改变操纵变量。

流量的目的。

- 被控对象：需要控制的设备。

图 1-2 是简单连续控制系统的示例。图中，被控对象是储槽液位，执行器是气动薄膜控制阀，控制器可采用模拟控制器或数字控制器，也可采用 PLC 或 DCS 中的 PID 控制模块，检测变送环节是液位变送器或差压变送器。

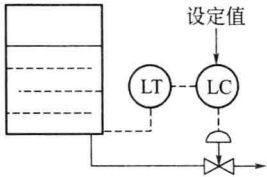


图 1-2 简单控制系统实例

由于被控变量被连续检测，整个控制系统输入和输出变量是时间连续的，因此，被称为连续控制系统。由于被控变量被检测变送并反馈到控制器输入，因此，被称为反馈控制系统。

简单控制系统有两个通道：控制通道和扰动通道。控制通道是操纵变量到被控变量的通道。扰动通道是干扰到被控变量的通道。当扰动影响被控变量时，简单控制系统通过控制通道的调节，改变操纵变量来克服扰动对被控变量的影响。这类控制系统称为定值控制系统。当控制系统的设定值变化时，控制系统同样通过控制通道的调节，改变操纵变量，使被控变量能跟随设定值的变化而变化。这类控制系统称为随动控制系统或伺服控制系统。

采用 PLC 或 DCS 实现控制系统中的控制器功能时，在控制系统中需要添加采样开关，因此，这类控制系统被称为采样控制系统，它可以由常规仪表加采样开关实现，也可以直接由计算机控制装置实现。

- b. 离散控制系统。被控变量在时间上是离散的控制系统。分为下列三类。

- 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。

- 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。由于这类顺序控制系统中，执行操作命令的逻辑顺序关系不变，因此，这类控制系统称为逻辑顺序控制系统。

- 条件顺序控制系统是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。

② 顺序控制系统组成 顺序控制系统的组成见图 1-3。它由五部分组成。

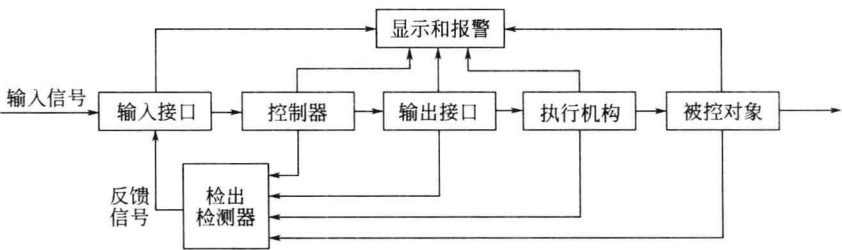


图 1-3 顺序控制系统的组成

a. 控制器。它接受控制输入信号，按一定控制算法运算后，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。

- b. 输入接口。实现输入信号的电平转换。

- c. 输出接口。实现输出信号的功率转换。

- d. 检出检测器。检出或检测被控对象的状态信息。

- e. 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。

③ 顺序控制系统的基本运算 顺序控制系统中,大量信号是数字量或开关量。对数字量或开关量,其基本运算是逻辑运算。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。

a. “与”逻辑运算。“与”逻辑运算又称为“逻辑乘”或“合取”。两个变量 A 和 B 的“与”逻辑运算用下列公式表示。

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

y 是“与”运算结果。可编程控制器的梯形图中,常用 A 和 B 两个常开接点串联后连接线圈 y 实现。

b. “或”逻辑运算。“或”逻辑运算又称为“逻辑加”或“析取”。两个变量 A 和 B 的“或”逻辑运算用下列公式表示。

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

y 是“或”运算结果。可编程控制器的梯形图中,常用 A 和 B 两个常开接点并联后连接线圈 y 实现。

c. “非”逻辑运算。“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。可编程控制器的梯形图中,常用常闭接点 A 连接线圈 y 实现。

d. “异或”逻辑运算。两个变量 A 和 B 的“异或”逻辑运算是 A 与 B 的异(反相), B 与 A 的异(反相)的或运算。两个变量 A 和 B 的“异或”逻辑运算用下列公式表示。

$$y = A \bar{B} + B \bar{A} \quad \text{或} \quad y = A \oplus B \quad (1-4)$$

y 是“异或”运算结果。可编程控制器的梯形图中,常用常闭接点 A 与常开接点 B 串联,常开接点 A 与常闭接点 B 串联,然后并联后连接线圈 y 实现。

e. 逻辑运算的基本运算律。包括交换律、结合律、恒等式和分配律等。

• 交换律

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

• 结合律

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

• 分配律

$$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C \quad (1-7)$$

• 恒等式

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

$$A + 0 = A; A + 1 = 1; A + A = A \quad (1-9)$$

$$A + \bar{A} = 1; A \cdot \bar{A} = 0; \bar{\bar{A}} = A \quad (1-10)$$

• 摩根定理。用于逻辑运算转换

$$A + B = \bar{\bar{A} \cdot \bar{B}}; A \cdot B = \bar{\bar{A} + \bar{B}} \quad (1-11)$$

④ 其他逻辑运算 除了基本逻辑运算外,还可通过基本逻辑运算实现一些复杂运算。例如,闭锁运算、解锁运算等。有些数字信号或开关信号与接通与断开的的时间或次数有关,这时,需要有时间或数量的逻辑运算,例如,定时器逻辑运算、计数器逻辑运算等。

a. 定时器逻辑运算。定时器逻辑运算用于实现计时功能。定时器应包含下列四个基本