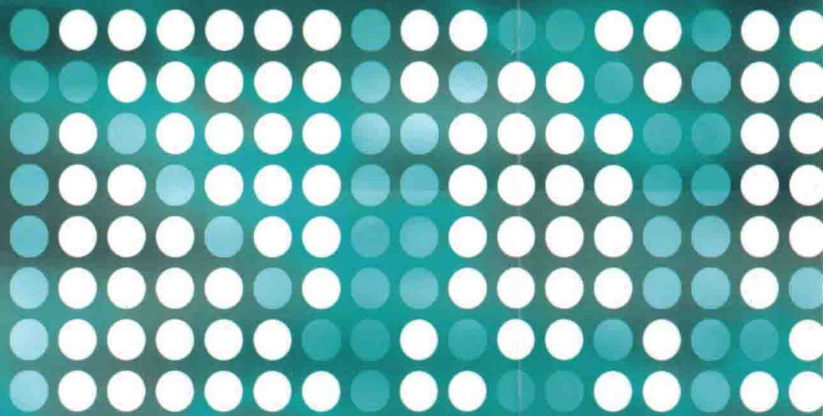




普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等职业技术教育机电类专业规划教材

可编程控制器技术 项目化教程 第2版

刘敏 钟苏丽 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠 电 子 课 件

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等职业技术教育机电类专业规划教材

可编程控制器技术 项目化教程

第2版

主 编	刘 敏	钟苏丽		
副主编	王 莹	席 艳		
参 编	许玲萍	方宝义	孙丽君	刘晓磊
主 审	曲 健	王 超		



机械工业出版社

本书作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,以刘敏教授主编的《可编程控制器技术》为基础,选择西门子 S7-200/300 可编程序控制器(PLC)为主要机型,将 PLC 应用中的典型工作任务提炼为教学项目,以项目为载体,通过学习任务下达、项目化实施、多元化考评和项目拓展来学习可编程序控制器的概念、机床电气控制电路、S7-200 PLC 基本功能及应用、PLC 特殊功能及高级应用、S7-300 PLC 中型机的应用,培养 PLC 应用能力和实践创新能力。

本书用于高职高专电气自动化技术、机电一体化技术等专业的 PLC 课程教学,同时可用作各类院校及工程技术人员的 PLC 培训教材和自学参考书。

为方便教学,本书备有免费电子课件及项目拓展的参考程序,凡选用本书作授课教材的老师均可来电索取,咨询电话:010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器技术项目化教程/刘敏,钟苏丽主编. —2 版. —北京:机械工业出版社,2011.6

普通高等教育“十一五”国家级规划教材 高等职业技术教育机电类专业规划教材

ISBN 978-7-111-34987-7

I. ①可… II. ①刘…②钟… III. ①可编程序控制器—高等职业教育—教材 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 037921 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:于宁 责任编辑:于宁 版式设计:霍永明

责任校对:刘志文 封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2011 年 6 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·19.25 印张·473 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-34987-7

定价:35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前言

本书《可编程控制器技术项目化教程》作为教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是在刘敏教授主编的《可编程控制器技术》基础上，以“职业化、项目化、应用化”的高等职业教育教材理念为指导，为满足高等职业教育 PLC 教学和工程技术人员自学需求而编写出版的。

可编程序控制器（PLC）是自动化技术领域发展极为迅速的一种新型工业控制装置。现代 PLC 技术综合了计算机技术、自动控制技术和网络通信技术，其应用越来越广泛和深入，已进入到系统过程控制、运动控制、通信网络、人机交互等各个工程领域。因此，不但 PLC 应用从业人员，而且很多工程技术人员都在努力了解和掌握 PLC 的设计开发及操作应用，技术市场对 PLC 应用人员的需求越来越大，培养社会急需的 PLC 技术人员成为高等院校的重要任务。目前各高校的“电气自动化技术”和“机电一体化技术”专业大多开设 PLC 课程，把 PLC 技术教育与培训工作纳入标准化、模块化、职业化和制度化的培养体系，通过课程设置、技能培训、证书考核来培养可编程序控制系统设计人员。

本书以培养 PLC 应用能力为目标，根据 PLC 技术发展和高职教育工学结合的要求，选择应用普遍的西门子 S7-200/300 PLC 为主要机型，打破以结构原理、指令系统、编程方法和系统设计为架构的 PLC 学科体系，开发基于工作过程项目化教学模式，将 PLC 现场应用中的典型工作任务提炼为教学项目，以工程应用项目为载体，将实务知识学习和专业技能培训融于项目实施过程。以任务单形式下达学习任务，在 PLC 实训室以边学边做的方式组织项目化实施，通过多元化考评实现学习目标，以拓展项目来提高 PLC 学习能力和实践创新能力。

在内容安排上，本书从基础功能到综合应用分层次推进，将五个单元 18 个项目贯穿起来。单元一了解可编程序控制器的概念；单元二通过三相异步电动机起动和制动控制的 3 个项目认识常用低压电器和机床电气控制电路的控制原理，为 PLC 应用打下专业基础；单元三通过三相异步电动机正反转控制、交通灯控制、小车自动呼叫系统控制、彩灯循环控制、抢答器控制、三相异步电动机 Y- Δ 减压起动控制 7 个项目熟悉位逻辑、定时器/计数器、数据传送/数据比较、移位、数据转换、程序控制等基本指令，掌握西门子 S7-200 PLC 基本结构原理和程序设计方法；单元四通过机电一体化装置上的物料分拣系统控制、机械手控制、加热炉温度控制、两台 S7-200 PLC 的 PPI 通信控制 4 个项目掌握中断系统与高速计数、高速输出、模拟量处理、PID 调节及 PPI 通信等 PLC 特殊功能的高级应用；单元五从柔性自动线控制项目进入西门子 S7-300 PLC 中型机的应用领域，用电动机正反转控制、柔性自动线拆卸分拣站控制等 4 个项目熟悉 S7-300 PLC 硬件组态、指令系统、结构化编程和网络组态，掌握西门子 S7-300 PLC 中型机的应用。

为使教程有较高的学习指导价值，本书设置了 18 个工程项目并提供了丰富的应用

实例，以便于课程教学组织和工程技术人员自学。本教程建议 140 学时，包括课内 100 学时和课外 40 学时，在“教学做”一体化教室进行 PLC 课程学习。其中，建议单元一至单元四课内 70 学时和课外 30 学时，单元五可作为 PLC 实训集训周的项目进行安排。

本书通过课前下达任务单，课上实施项目过程，课后进行项目拓展，做到课堂内外有任务，项目、作业、考核一体化。通过任务驱动，项目引导，突出 PLC 技术学习的“实用性、工程性、实践性”，符合高职高专学生的学习特点和认知规律，并对考取“可编程控制系统设计师”国家职业资格证书和参加职业技能大赛有指导作用，能够较好地满足培养 PLC 技术应用高技能人才的需要。

本书由烟台职业学院刘敏、钟苏丽任主编，王莹、席艳任副主编，许玲萍、方宝义、孙丽君、刘晓磊参编。由烟台富仕通气动元件公司曲健高级工程师和智达科技有限公司王超高级工程师担任主审和顾问。单元一和单元四由刘敏编写，单元二由席艳编写，单元三由王莹编写，单元五由钟苏丽编写，项目样例和图表等由许玲萍、方宝义、孙丽君、刘晓磊编写。全书由刘敏教授统稿。在本书编写过程中还得到白春涛、徐国林、白静、闫涛等多位老师的热情帮助和支持，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错漏之处，恳请读者批评指正。主编 Email: qliumin@163.com，电话：13806385326。欢迎来函来电。

编 者

目 录

前言

单元一 可编程序控制器的概念	1
一、可编程序控制器的产生及定义	1
二、可编程序控制器的功能、应用及特点	4
三、可编程序控制器与其他工业控制装置的比较	6
四、可编程序控制器的分类与发展	7
五、可编程序控制器应用型人才培	9
单元二 机床电气控制电路	11
项目 1 三相异步电动机的全压启动控制	11
一、学习任务单	11
二、实务知识——常用低压电器	12
三、三相异步电动机的全压启动控制任务分析	27
四、三相异步电动机全压启动控制电路的安装与调试	32
五、项目考评	34
项目 2 三相异步电动机的减压启动控制	36
一、学习任务单	36
二、实务知识——三相异步电动机的电气控制基础	37
三、三相异步电动机的减压启动控制任务分析	40
四、三相异步电动机的减压启动控制电路安装与调试	43
五、项目考评	44
项目 3 三相异步电动机的制动控制	46
一、学习任务单	46
二、实务知识——电气控制电路故障检修	47

三、三相异步电动机的制动控制电路任务分析	50
四、三相异步电动机的制动控制电路安装与调试	54
五、项目考评	54
单元三 西门子 S7-200 PLC 的基本应用（基本控制功能）	56
项目 4 对 S7-200 PLC 的基本认识	56
一、学习任务单	56
二、PLC 的组成和基本工作原理	57
三、S7-200 PLC 的外部结构	63
四、S7-200 PLC 内存结构及寻址方法	65
五、项目考评	72
六、项目拓展	72
项目 5 三相异步电动机正反转控制（位逻辑指令）	74
一、学习任务单	74
二、实务知识——位逻辑指令	75
三、STEP 7-Micro/WIN 编程软件介绍	80
四、项目实施——三相异步电动机的正反转控制	85
五、项目考评	87
六、项目拓展	87
项目 6 交通灯控制（定时器/计数器指令）	89
一、学习任务单	89
二、实务知识——定时器/计数器指令	90
三、项目实施——交通灯控制	95
四、项目考评	97
五、项目拓展	97
项目 7 小车自动呼叫系统控制	

(数据传送/数据比较指令) ·····	99	四、物料分拣系统运行 ·····	157
一、学习任务单 ·····	99	五、项目考评 ·····	158
二、实务知识——数据传送指令/ 数据比较指令 ·····	100	六、项目拓展 ·····	158
三、项目实施——小车自动呼叫 系统控制 ·····	104	项目 12 取件机械手控制 (高速输出 功能) ·····	159
四、项目考评 ·····	106	一、学习任务单 ·····	159
五、项目拓展 ·····	106	二、实务知识——高速脉冲输出 功能 ·····	160
项目 8 彩灯循环控制 (移位指令) ·····	109	三、项目实施——取件机械手控制 程序设计 ·····	173
一、学习任务单 ·····	109	四、取件机械手的运行 ·····	186
二、实务知识——移位指令 ·····	110	五、项目考评 ·····	187
三、项目实施——彩灯循环控制 ·····	113	六、项目拓展 ·····	188
四、项目考评 ·····	114	项目 13 加热炉温度控制 (模拟量处理 功能) ·····	189
五、项目拓展 ·····	116	一、学习任务单 ·····	189
项目 9 抢答器控制 (数据转换 指令) ·····	117	二、实务知识——模拟量处理模块及 PID 调节功能 ·····	190
一、学习任务单 ·····	117	三、项目实施——加热炉温度控制系统 的设计 ·····	200
二、实务知识——数据转换指令 ·····	118	四、项目考评 ·····	206
三、项目实施——抢答器控制 ·····	124	五、项目拓展 ·····	207
四、项目考评 ·····	126	项目 14 两台 S7-200 PLC 的 PPI 通信控制 (通信功能) ·····	208
五、项目拓展 ·····	127	一、学习任务单 ·····	208
项目 10 三相异步电动机 Y-Δ减压启动 控制 (程序控制指令) ·····	128	二、实务知识——PPI 通信及自由 端口通信 ·····	209
一、学习任务单 ·····	128	三、项目实施——两台 S7-200 PLC 的 PPI 通信控制系统设计 ·····	215
二、实务知识——程序控制指令与子 程序指令 ·····	129	四、两台 S7-200 PLC 的 PPI 通信控制 系统运行 ·····	220
三、项目实施——三相异步电动机 Y- Δ 减压启动控制 ·····	136	五、项目考评 ·····	220
四、项目考评 ·····	138	六、项目拓展 ·····	221
五、项目拓展 ·····	140	单元五 西门子 S7-300 PLC 中型机的 应用 (柔性自动线控制) ···	222
单元四 西门子 S7-200 PLC 的高级应用 (机电一体化系统控制) ·····	141	项目 15 用 S7-300 PLC 实现电动机正 反转控制 (硬件组态) ·····	222
项目 11 物料分拣系统控制 (中断系统与 高速计数功能) ·····	141	一、学习任务单 ·····	222
一、学习任务单 ·····	141	二、实务知识——S7-300 PLC 的结构与	
二、实务知识——中断系统与高速 计数功能 ·····	142		
三、项目实施——物料分拣系统控制 程序设计 ·····	152		

数据类型	223	编程)	267
三、S7-300 PLC 硬件组态与		一、学习任务单	267
程序调试	234	二、实务知识——S7-300 PLC 结构化	
四、电动机正反转控制运行	239	编程	268
五、项目考评	239	三、项目实施——立体仓库站控制程序	
六、项目拓展	240	设计	276
项目 16 柔性自动线拆卸分拣站控制		四、立体仓库站运行	286
(S7-300 PLC 指令系统)	241	五、项目考评	286
一、学习任务单	241	六、项目拓展	287
二、实务知识——S7-300 PLC 指令		项目 18 两个 S7-300 工作站网络组态 ...	288
系统	242	一、学习任务单	288
三、项目实施——拆卸分拣站控制		二、实务知识——S7-300 PLC 网络	
程序设计	256	组态	289
四、拆卸分拣站运行	265	三、网络组态实例	290
五、项目考评	265	四、项目考评	296
六、项目拓展	266	五、项目拓展	297
项目 17 柔性自动线立体仓库站的控制		参考文献	298
(S7-300 PLC 的结构化			

单元一 可编程序控制器的概念

作为计算机技术的应用，可编程序控制器是现代新型工业控制的标志产品。它已成为解决自动控制问题的最有效、最便捷的工具，在工业、农业、商业及各行各业得到广泛应用。

一、可编程序控制器的产生及定义

人类的社会生产实践可以看作是由许许多多的生产过程组成的。在 21 世纪的今天，通过各种机械设备高速、高效、高质量地满足人们的不同需要，已成为生产活动的主要内容。而控制这些机械设备的自动化技术水平，则是社会发展进程的重要标志。

1. 自动控制系统的概念

(1) 自动控制的基本概念 生产机械通常由动力元件、传动机构、工作机构和控制装置四个基本部分组成。例如机床，电动机经由传动机构驱使工作台移动。显然，机床工作台的位置、速度和动作顺序取决于电动机的转角、转速和转向。此时，为满足加工工艺对机床工作台的动作要求，需要准确地对电动机的起动、制动、调速和换向进行控制，控制装置的作用正在于此。如果这个控制过程能够自动进行，这种控制就称为自动控制，其相应的控制技术和控制装置则构成了自动控制系统。因此，自动控制是无需人的直接参与，利用自动控制系统使被控对象（如机床工作台）自动地按人为预定规律运动的一种控制。

(2) 自动控制系统的类型 自动控制系统按被控变量的特性可分为模拟量控制和开关量控制两大类。

1) 模拟量控制系统。模拟量控制系统所控制的是随时间连续变化的模拟量信号，如电压、电流、温度、速度和位移等。这类系统以反馈控制（亦称闭环控制）为主流，接收、采集各项输入信息后，进行数据分析和处理，实现对目标的过程控制。根据控制要求不同又将其分为定值控制系统和随动控制系统。

定值控制系统又称自动调节系统，这种系统的控制输入量为定值或预先确定的变量，要求控制系统排除各种干扰，保持被控量的恒定或按指定要求动作。工业生产中的温度、压力、流量等参数的控制系统、调速系统、机床工作台进给系统等属于此类系统。

随动控制系统又称自动跟踪系统，这种系统的控制输入量是一个事先难以确定的变量，要求控制系统排除各种干扰，使被控量迅速、准确地复现和跟随输入信号的变化。雷达天线的自动跟踪系统、导弹和高炮的自动瞄准系统、机床工作位置检测系统等就属此类系统。

2) 开关量控制系统。开关量控制系统所控制的变量是在时间上断续的离散量信号，如开关的通断、电平的高低、信号的有无、脉冲的数目等，称之为开关量。这类系统以顺序控制（亦称逻辑控制）为主流，输入的开关量信号经逻辑运算处理后实现目标的顺序控制。根据控制要求不同，又将其分为时间顺序控制系统、逻辑顺序控制系统和条件顺序控制系统。

时间顺序控制系统以确定的时间参数作为控制输入量，要求控制系统保证被控量按预定时间进行顺序动作。交通信号系统、物料输送系统等属于此类系统。

逻辑顺序控制系统以确定的逻辑状态（0 或 1）作为控制输入量，要求控制系统保证被

控量在各设定的逻辑状态到来时进行顺序动作。例如在液体自动配料系统中,当物料液位在几个设定高度时,相应的状态决定了各种物料的加入顺序、加入数量、搅拌机的启停、出料阀门的启闭等动作顺序。在机床夹具控制系统中,工件到位后夹具夹紧,夹紧力足够时开始切削,这个工作顺序不是由时间而是由逻辑状态控制的。

条件顺序控制系统以条件作为控制输入量,某一条件满足时,执行相应的操作,不满足时,执行另外的操作。若干条件并存时,控制系统使被控量按优先级别顺序动作。这类系统的典型例子是电梯系统,电梯的运行顺序由不同的按钮(条件)决定,当几个按钮同时按下时,电梯控制系统识别后按设定的优先级依次工作。

(3) 自动控制的技术手段 人类对生产过程实施自动控制的愿望和实践古已有之,从三国时代木牛流马的神奇到现代计算机的无所不能,自动控制技术日益更新和发展。现将其归类如下:

1) 机械传动控制。这是以原始动力与机构的一系列机械动作来实现预期控制要求的控制技术,由生产机械构成一个控制系统,采用的是直接控制方式。例如风力水车、收割机械等。

2) 电气传动控制。这种控制技术以继电器接触器控制为代表,由电气电路中低压电器的动作来实现对大功率执行元件的顺序控制,采用的是间接控制方式。当开关信号输入时,控制电路经过由许多继电器触点状态组合而成的逻辑运算,将结果按实际要求分配给不同的接触器,接触器即对主电路中的电动机实现预定的控制。这种控制曾经是工业控制的主要技术手段。

3) 计算机控制。20世纪60年代计算机的出现并且迅猛发展,使计算机的应用已经遍及所有领域。计算机技术的两个核心是集成电路模块结构和程序工作方式,通过软件程序的编制就能实现人们的各种控制需求。计算机使控制技术产生了本质的突破和飞跃。

本书介绍的可编程序控制器是计算机技术用于工业控制的一个典范,它以适应性好、可靠性高、功能强大而成为现代工业控制的主流。

2. 可编程序控制器的产生

在工业控制领域,为了实现弱电对强电的控制,使机械设备实现预期的要求,继电器系统曾被广泛使用并占主导地位。虽然它具有结构简单、易学易懂、价格便宜的优点,但其控制过程是由硬件接线的方式实现的。如果某一个继电器损坏,甚至仅仅是一对触点接触不良,就可能造成系统瘫痪,而故障的查找和排除又往往是困难的,需要花费很长时间。如果产品更新换代,则需改变整个系统的控制元件及其组合,重新进行复杂的接线。既要增加硬件的购置费用,又延长了施工周期。可见,继电器控制系统存在着可靠性低、适应性差的缺点,给人们在使用上带来很大的不便和遗憾。

现代社会中各类产品的品种和型号不断地改进和翻新,可谓日新月异,所以产品生产具有多品种、小批量、低成本和高质量的特点。显然,传统的继电器系统已无法满足频繁变动的控制要求,人们开始寻求新的控制系统。20世纪60年代初,大规模生产提出了多机群控的要求,其所配置的继电器系统相当复杂。恰逢此时出现了小型计算机,于是,人们试图用小型计算机系统取代复杂的继电器系统。但小型计算机用于工业控制时带来价格昂贵、输入输出电路不匹配和编程技术复杂等问题,故未能得到推广应用。尽管如此,利用计算机技术进行工业控制的尝试已揭开了现代控制技术的新篇章。

1968年,为使汽车型号不断翻新,以在激烈的市场竞争中取胜,美国通用汽车公司(GM)从用户角度提出了新型控制器应具备的十项条件进行招标,即有名的十项招标指标,之后立即引起了开发热潮。这十项招标指标是:

- 1) 编程简单,可在现场修改和调试程序。
- 2) 维护方便,采用插入式模块结构。
- 3) 可靠性高于继电器控制系统。
- 4) 体积小于继电器控制柜。
- 5) 能与管理中心计算机系统通信。
- 6) 成本可与继电器控制系统相竞争。
- 7) 输入量是115V交流电压(美国电网电压为110V)。
- 8) 输出量为115V交流电压,输出电流在2A以上,能直接驱动电磁阀。
- 9) 系统扩展时,原系统只需作很小变动。
- 10) 用户程序存储器容量至少4KB。

从招标条件中可以看出,新型的工业控制器被设想为将硬件接线逻辑关系转变为软件程序计算,编程语言面向用户,系统易于设计修改,既保留继电器控制系统结构简单、易于掌握、价格便宜的优点,又结合吸收计算机的功能丰富、灵活通用、可靠性高的优点,并且一定要适合在工业环境下运行。

美国数字设备公司(DEC)1969年中标,研制出符合要求的控制器,即世界上第一台可编程序控制器,在通用汽车公司的汽车装配线上首次应用,即获成功。很快,对这项新技术的研究应用从美国、日本、欧洲遍及到全世界。可编程序控制器得到不断的改进和发展,迅速成为现代工业控制的主导产品。

3. 可编程序控制器的定义

最初的可编程序控制器主要用于顺序控制,虽然采用了计算机的设计思想,但实际只能进行逻辑运算,故称作可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller),简称PLC。

随着计算机技术的发展及微处理器的应用,可编程序控制器的功能不断扩展和完善,早已远远超出逻辑控制、顺序控制的范围,具备了模拟量控制、过程控制以及远程通信等强大功能。经过调查,美国电气制造商协会(NEMA)将其正式命名为可编程序控制器(Programmable Controller),简称PC。但为了与个人计算机(Personal Computer)的专称PC相区别,常常把可编程序控制器仍简称为PLC。本书亦将可编程序控制器称作PLC。

可编程序控制器在不断地发展,对它的定义也不是一成不变的。国际电工委员会(IEC)于1982年颁布了可编程序控制器标准草案,1985年提交了第2版,1987年的第3版对可编程序控制器定义如下:“可编程序控制器是专为在工业环境下应用而设计的一种数字运算操作的电子装置,是带有存储器、可以编制程序的控制器。它能够存储和执行指令,进行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作,并通过数字式和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的外围设备,都应按易于工业控制系统形成一个整体、易于扩展其功能的原则设计。”

图1-1为西门子PLC外形图。

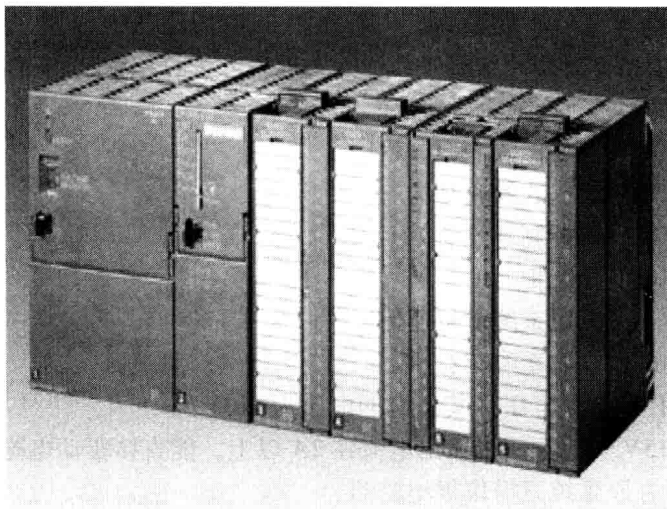


图 1-1 西门子 PLC 外形图

二、可编程序控制器的功能、应用及特点

事实上,可编程序控制器是一种以微处理器为基础、带有指令存储器和输入输出接口、综合了微电子技术、计算机技术、自动控制技术、通信技术的新一代工业控制装置。可编程序控制器以其丰富的功能、显著的特点而得到广泛的应用。

1. 可编程序控制器的功能

可编程序控制器有丰富的功能指令和功能模块,主要功能有:

(1) 逻辑运算和定时计数功能——开关量控制功能 PLC 设置有“与”、“或”、“非”等逻辑运算指令,能够描述继电器触点的串联、并联、复合串并联等各种连接关系,还为用户提供了若干个定时器和计数器,并设置了定时和计数指令。定时值和计数值可由用户编程时设定,并可在运行中被读出或修改。因此可以取代继电器进行逻辑组合与顺序控制。

(2) 数据处理和数字量与模拟量的转换功能——模拟量控制功能 PLC 设置有数据传送、比较、运算、移位、位操作、数制转换等数据处理指令和打印输出指令,并可对存储器间接寻址。PLC 可配有模数转换(A-D)和数模转换(D-A)模块,能实现对模拟量的测量与控制。

(3) 数据发送和接收功能——通信功能 PLC 设置有数据发送和接收指令,可与计算机、其他 PLC 和外设之间建立连接,具有通信联网功能。

(4) 中断处理功能 PLC 设置有中断指令,通过中断响应,及时得到所输入状态的变化信息,能够进行故障检测和提高运行速度。

(5) 监控和自诊断功能 PLC 设置有报警和运行信息的显示。它在系统发生异常时自动停止运行并发出报警信号,能够保护和恢复现场,还能通过软件进行故障检测和程序校验。

(6) 扩展功能 PLC 主机上设有输入输出扩展接口,通过专用模块配置可扩大信息处理范围和实现功能扩展。例如,配置扩展 I/O 模块,可增加输入输出点数,配置智能 I/O 模块可使 PLC 增加伺服电动机控制、闭环过程控制、温度控制、远程通信等专项特殊功能。

2. 可编程序控制器的应用

可编程序控制器的功能决定了应用,其主要的的应用范围归纳如下:

(1) 开关量的逻辑控制 这是可编程序控制器最基本的应用。用 PLC 取代传统的继电器控制,完成开关量逻辑运算和进行逻辑控制。可用于机床电控、食品加工机、印刷机械、高炉上料、电梯、货物存取、装配生产线等机械设备和生产线的逻辑动作控制。

(2) 模拟量的过程控制 可编程序控制器能够实现模拟量的控制,配上闭环控制(PID)模块后即可对温度、压力、流量、液面高度等连续变化的模拟量进行闭环过程控制,使变量保持在设定值上。可用于加热炉、轧钢、反应堆、酿酒等生产流程和工艺过程的控制。

(3) 机械运动控制 可编程序控制器的运动控制模块可实现对伺服电动机和步进电动机的速度与位置的控制,用于数控机床、工业机器人等。

(4) 建立自动化控制网络 把可编程序控制器作为下位机,与上位的计算机或同级的 PLC 进行通信,完成数据处理和信息交换,可构成“集中管理、分散控制”的集散式控制系统(又称分布式控制系统),实现对整个生产过程的信息管理和功能控制。PLC 是柔性制造系统(FMS)和工厂自动化网络中的基本组成,广泛应用于机械、石油、电力、化工等行业。

(5) 信号连锁与报警 安全生产需要的信号连锁与报警系统可由 PLC 实现,如交通信号控制、状态监视和报警系统等。

3. 可编程序控制器的特点

可编程序控制器专为在工业环境下应用及满足用户需要而设计,因此具有以下显著特点。

(1) 可靠性高,抗干扰能力强 设备的高可靠性指的是平均无故障工作时间(MTBF)长和故障平均修复时间(MTTR)短。可编程序控制器在恶劣工作环境中应用的高可靠性,由以下设计得到保证:

1) PLC 用软件代替大量的中间继电器和时间继电器,硬接线元件少,因触点接触不良造成的故障大为减少,因编程简单、操作方便而使失误减少。且采用精选、冗余、集成化、模块化等措施,使元件寿命长、故障少,故障易于查找。

2) 采用多层次的抗干扰措施,如对 CPU 模块的电磁屏蔽、在电源电路和 I/O 模块中设置滤波电路和在输入输出电路中采用信号光耦合,使 PLC 可与强电设备在同一环境下可靠工作。

3) PLC 带有硬件故障自我检测功能,设置了掉电保护、监控、报警、故障检测等电路和程序,使 PLC 及其系统获得故障自诊断保护。

采用以上措施后,一般可编程序控制器的抗干扰能力可达 1 000V、1 μ s 的窄脉冲的冲击,平均无故障工作时间可高达 5 万~10 万小时。

(2) 柔性好,适用性强,功能完善 设备的柔性是指其在使用过程中的适应性和灵活性。可编程序控制器的柔性表现为:

1) 由于采用程序控制方式,所以在因产品改型而改变工艺流程或更换生产设备时,只需通过程序的编制和更改即可适应生产要求,而不必改变控制装置。这一柔性特点使 PLC 成为柔性制造系统(FMS)中必不可少的控制装备。

2) PLC 已经标准化、系列化、模块化,品种齐全的模块式结构具有扩展的灵活性,用户可根据实际控制要求选用和组合模块,灵活方便地进行系统配置。

3) PLC 不但具有开关量控制、模拟量控制、中断控制等逻辑处理功能,还具有完善的数据运算和数据通信能力,可组成位置控制、温度控制、数控机床等各种工业控制系统。

(3) 易学易用

1) 编程方便。PLC 提供了多种面向用户的编程语言:梯形图、指令语句表、功能图等,其中梯形图语言的符号及表达方式与继电器控制系统的电气电路图类似,极易被工厂电气技术人员接受和掌握。这样,即使不懂计算机原理和语言的人,也能使用 PLC。

2) 操作方便。对 PLC 的操作是指程序的输入和程序的更改,通常采用手持式编程器和个人计算机(PC)进行。编程器直接或由电缆插入 PLC 的相应插座,可工作在编程、运行和监控的不同状态下,用于现场调试和在线修改是非常方便的。通过 PLC 厂商提供的编程软件及通信接口,用户还可以使用个人计算机对 PLC 编程,并对系统进行仿真、测试、监视和控制。

3) 安装接线方便。PLC 用接线端子连接外部接线。因其有较强的带负载能力,可直接驱动一般的电磁阀和交流接触器,用于各种规模的工业控制场合。

(4) 体积小、功耗低 集成电路模块使可编程序控制器达到小型化或超小型化,使其易于装入机械电子设备内部,PLC 是产品实现机电一体化的理想控制设备。

(5) 编程语言有待于标准化 尽管各个厂家生产的可编程序控制器均采用面向用户的梯形图和指令语句表等编程语言,形式上大同小异,但尚未达到完全统一。目前美、英、日、法、德等在其国内已基本实现梯形图等编程语言的标准化,但全球标准化尚有待时日,这为用户使用不同品牌 PLC 时带来不便。

三、可编程序控制器与其他工业控制装置的比较

作为工业控制装置,可编程序控制器与控制系统中的继电器、计算机具有可比性。

1. 可编程序控制器与继电器的比较

可编程序控制器与继电器控制系统都是典型的工业控制装置。从基本控制目标看,两者的开关量控制功能和信号的输入输出形式是相同的。能实现开关量的逻辑和顺序控制。输入信号是按钮、限位开关、光电开关和开关式传感器等,输出信号可直接控制外部负载,如电机、电磁阀、接触器和指示灯等。从设计表达形式看,PLC 的梯形图与继电器的控制电路图是相似的,都采用电气元件符号表示,且十分易于掌握。但可编程序控制器系统与继电器系统在以下几方面的不同表现了两性性能的明显差异。

(1) 组成器件不同 继电器系统由许多真正的继电器——“硬继电器”组成,一般一个中间继电器有 4~8 对机械触点,而 PLC 梯形图中的继电器是“软继电器”。这些软继电器实质上是存储器中每一位触发器,因其内容(状态 0 或 1)可读取任意次数,所以“软继电器”能提供的触点数是无限的,而且不存在机械触点的电蚀问题。

(2) 控制技术不同 继电器控制系统针对固定的生产机械和生产工艺而设计,以硬接线方式安装而成,各个继电器中触点的通断状态(1、0)经电路组合而构成一种固定的逻辑运算关系。以此构建的控制系统不但体积庞大,而且只有重新配线安装才能适应哪怕是生产工艺的微小改变。PLC 以集成电路模块组成,采用计算机技术,由程序实现控制,各种逻辑运算和算术运算均可通过编制修改程序来实现,即不必改变系统硬件就可以实现不同生产过程的控制以及进行在线修改。与继电器系统相比,可编程序控制器系统具有很高的可靠性和极好的柔性。

(3) 工作方式不同 在继电器系统中,当电源接通时,电路中各个继电器都处于受制约状态:或吸合,或断开。这种工作方式被称作并行工作方式。在 PLC 中,程序处于周期性循环扫描中,受同一条件制约的各部分的状态变化次序取决于程序扫描顺序,这种工作方式称作串行工作方式。若将表达形式相同的 PLC 梯形图与继电器控制电路图相比较,会发现由于分别工作在串行与并行方式下,两者的控制结果却不一定相同。

(4) 功能范围不同 继电器控制系统只能进行开关量的控制,实现既定的逻辑、顺序、定时和计数的简单功能。而 PLC 不但有逻辑运算能力,还有算术运算能力,因此,既可进行开关量控制,又能进行模拟量控制,还能实现网络通信,具有十分完善的功能。

可编程序控制器系统以可靠性高、柔性好、功能强、体积小、系统易于开发、扩展、安装和维护的优势取代了继电器控制系统的绝大多数应用场合。而继电器系统因其容易掌握、元件便宜的优点,目前在工艺定型、控制简单的生产过程中仍有使用。

2. 可编程序控制器与计算机的比较

计算机控制系统通常是指由工业微机(单板机、单片机等)、工业控制总线或 PC 组成的系统。控制系统中的计算机与可编程序控制器的结构特征相同:采用功能模块结构,以微处理器、存储器、输入/输出接口和外围设备为主要组成部分。两者都具有很强的数据处理能力,通过程序实现实时控制和过程控制,功能强大,应用范围广。可以说,可编程序控制器就是一种专为工业控制而设计的计算机。不过从工业控制角度看,用于控制系统的可编程序控制器与计算机还是有着以下几方面不同的特性。

(1) PLC 更适合工业现场使用 因为可编程序控制器在设计上对抗干扰能力、可靠性及体积等方面有专门的考虑,所以工业控制的专业性强。而计算机系统通用性强,适合于在计算机房运行。

(2) PLC 的编程语言面向用户 可编程序控制器的梯形图语言符合电气原理图规律,易于接受和掌握,工程技术人员即使不具备计算机知识亦可方便地使用。而计算机系统采用汇编语言或高级语言编程,要求使用者必须具有一定程度的计算机基础知识。

(3) PLC 采用顺序扫描方式工作 可编程序控制器的扫描方式有利于顺序逻辑控制的可靠实施,各个逻辑元素状态的先后次序与时间的对应关系明确。但使输入输出出现滞后现象,响应较慢(为 ms 级)。计算机是中断工作方式,响应速度快(为 μs 级),且容易处理模拟信号。PLC 的中断控制功能主要用于某些状态监测而并非主要工作方式。

(4) PLC 侧重于开关量的逻辑控制 可编程序控制器以逻辑运算为主,存储容量小,体积小,价格便宜;计算机系统侧重于模拟量的过程控制,数据处理量大,芯片配置要求高,价格昂贵。事实上,对于现代工业控制系统,可编程序控制器系统与计算机系统已无严格界限,相互之间的技术渗透和综合应用已成趋势。例如在集散控制系统和工厂自动化网络中,采用计算机集中管理,进行信息处理,采用 PLC 作为下位机完成分散的功能控制。

四、可编程序控制器的分类与发展

1. 可编程序控制器的分类

可编程序控制器产品的种类很多,根据外部特性可将其进行如下分类。

(1) 按点数和功能分类 可编程序控制器实现对外部设备的控制,其输入端子与输出端子的数目之和,称作 PLC 的输入输出点数,简称 I/O 点数。

为了适应信息处理量和系统复杂程度的不同需求,PLC 具有不同的 I/O 点数、用户程序

存储器容量和功能范围,由此可将其分为小型、中型和大型三类。

小型 PLC 的 I/O 点数小于 128 点,用户程序存储器容量小于 4k 字。功能简单,以开关量控制为主,可实现条件控制、顺序控制、定时计数控制。适用于单机或小规模生产过程。

中型 PLC 的 I/O 点数在 128~512 点之间,用户程序存储器容量为 4~8k 字。功能比较丰富,兼有开关量和模拟量的控制能力,具有浮点数运算、数制转换、中断控制、通信联网和 PID 调节等功能。适用于小型连续生产过程的复杂逻辑控制和闭环过程控制。

大型 PLC 的 I/O 点数在 512 点以上,用户程序存储器容量达到 8k 字以上。控制功能完善,在中档机的基础上,扩大和增加了函数运算、数据库、监视、记录、打印及中断控制、智能控制、远程控制的功能。适用于大规模的过程控制、集散式控制系统和工厂自动化网络。

(2) 按结构形式分类 根据可编程序控制器各组件的组合形式,可将 PLC 分为整体式和机架式两大类。

整体式结构的 PLC 是将中央处理单元、存储单元、输入输出模块和电源部件集中配置在一个机箱内,输入输出接线端子及电源进线分装在两侧,并有发光二极管显示输入输出状态。这种 PLC 输入输出点数少、体积小、价格低,便于装入设备内部。小型 PLC 通常采用这种结构。

机架式结构的 PLC 将各部分做成独立的模块,如中央处理单元、存储单元、输入模块、输出模块、扩展功能单元和电源模块等,使用时将这些模块分别插入机架底板的插座上。可根据生产实际的控制要求配置各种不同的模块,构成不同的控制系统。这种 PLC 输入输出点数多,配置灵活、方便,易于扩展,大、中型 PLC 通常采用这种结构。

(3) 按使用方向分类 从应用的侧重不同,可将可编程序控制器分为通用型和专用型两类。

通用型 PLC 作为标准工业控制装置可供各类工业控制系统选用,通过不同的配置和程序编制可满足不同的需要。

专用型 PLC 是为某类控制系统专门设计的 PLC,如数控机床专用型、锅炉设备专用型和报警监视专用型等。由于应用的专一性,使控制质量大大提高。

2. 可编程序控制器的发展

(1) PLC 的现状 可编程序控制器经过四十余年的发展,现已形成了完整的工业控制器产品系列,成为工业控制领域中占主导地位的基础自动化设备。据有关资料调查,目前全世界有 PLC 生产厂家数百家,生产的 PLC 品种有 400 多种,总销售量以每年两位数的市场增长率持续发展。其中著名的生产厂商有美国的 AB、GM、DEC 等公司,日本的立石(欧姆龙)、三菱、松下等公司,德国的西门子、BBC、AEG 等公司。由于 PLC 的品种不断增加,产值产量大幅增长,成本价格普遍下降,其应用已渗透到机电、汽车、冶金、化工、轻工、交通、采矿及家用电器等国民经济各个领域,取得了明显的技术经济效益。PLC 在世界各国备受重视,被列为控制领域中不可缺少的战略性产品。日本将发展和应用 PLC 技术作为一项基本国策,指出 PLC 技术、CAD/CAM 和工业机器人为工业自动化的三大技术支柱。

近 20 年来,PLC 在我国的研制、生产和应用也发展很快。特别是在应用方面,随着成

套设备的引进,也配套引进了不少 PLC。如上海宝钢、秦山核电站、陕西彩色显像管厂、北京吉普车生产线和秦皇岛煤码工程等,都引进和使用了大量的 PLC。应用 PLC 对现有设备进行改造,对单机设备进行控制,为批量产品配套和制造机电一体化产品,这在国内已成趋势。随着全球经济一体化时代的到来,我国的 PLC 应用正在加强和普及,这将使我国工业自动化程度提高到一个新水平。

通过技术引进、仿制与合资生产,我国的 PLC 产品有了一定的发展。国内 PLC 生产厂家有 40 多个,产品品种 40 余种。其中天津、无锡、上海、北京等地的几项产品通过了评优测试,为 PLC 国产化奠定了基础。但由于国产 PLC 发展时间短,存在着品种少、产量低、价格高和质量不稳定的现象,还远不能满足国内市场需求。所以目前国内应用的 PLC 主要是美国、日本、德国等国家的产品。

(2) PLC 的发展趋势 可编程序控制器的的发展有两个重要趋势:其一是小型化,向着体积小、价格低、速度快、功能强、标准化和系列化发展,使之适应复杂单机和生产线的控制要求;其二是大型,向着大容量、智能化和网络化发展,使之能与计算机组成集成控制系统。这两个趋势具体表现为以下几个方面。

1) 中央处理器(CPU)的高档化和多元化。采用计算能力更强、控制指令更多、时钟频率更快的 CPU 芯片,使 PLC 的功能增加、速度提高、存储容量能够扩大。现已有 32 位、时钟频率 16MHz 的 CPU 用于 PLC,其每千字扫描时间小于 0.5ms。PLC 通常以字(16 位二进制数)为单位存储和处理信息。

多 CPU 结构是指一个 PLC 采用多个 CPU 的结构,它使 CPU 的中断、网络、智能和容错等功能大大增强。

2) 智能 I/O 单元的不断推出。作为自身带有 CPU 的功能部件,智能 I/O 单元以灵活高效的组合方式使 PLC 除基本功能外,还能实现一些特殊的、专门的功能。已开发的智能 I/O 单元主要有模拟量 I/O、PID 闭环控制、机械运动控制(伺服电动机控制)、温度控制、远程通信、高速计数、中断输入、高级语言单元等,其中有一些常用单元如模拟量 I/O、通信、中断等单元,已与 PLC 做成一体而成为基本功能,而新的智能 I/O 单元正在不断推出。智能 I/O 单元为 PLC 的功能扩展和性能提高提供了极为有利的条件。

3) 软件的标准化。实际应用不但对硬件,而且对软件提出了标准化的要求。近年的 PLC 产品很注重产品的兼容性,大多数已采用 Windows 作为编程和操作的平台,采用符合开放系统互联标准的通信协议(如 MAP)实现通信联网,采用梯形图与高级语言相结合的标准化编程语言进行编程。厂商联合推出的标准化举措极大地方便了用户,为 PLC 的广泛应用起到了积极的推进作用。

五、可编程序控制器应用型人才培养

1. PLC 应用职业需求

可编程序控制器是 20 世纪 60 年代以来发展极为迅速的一种新型工业控制装置。现代 PLC 技术综合了计算机技术、自动控制技术和网络通信技术,其应用越来越广泛和深入,已进入到系统过程控制、运动控制、通信网络、人机交互等各工程领域。因此,不但 PLC 应用从业人员,而且很多工程技术人员都在努力了解和掌握 PLC 的设计开发和操作应用,技术市场对 PLC 应用人员的需求也越来越大。

从 PLC 技术专业人才供需两个方面来看,我国 2004 年 PLC 应用从业人员数量达 7.96