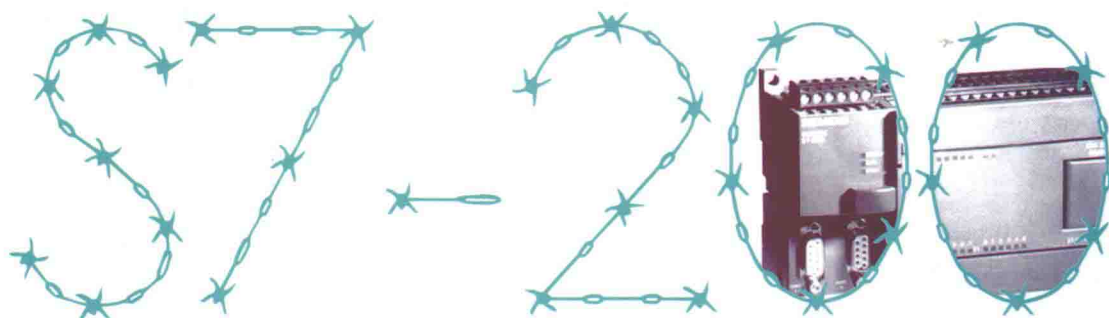


· 陈在平
· 刘文芳 编著

西门子 S7-200 PLC 系统设计 与应用实例



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

西门子 S7-200PLC 系统 设计与应用实例

陈在平 刘文芳 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从工程应用角度出发介绍了可编程序控制器的基本结构、工作原理及工作过程,并阐述了可编程序控制器控制系统设计的基本原则、一般步骤、硬件配置、系统应用程序设计实例。在此基础上,重点介绍了西门子 S7-200 可编程序控制器的结构、功能模块、编程环境等。同时,以典型应用实例为背景,阐述了相应的指令应用技巧、功能模块应用、系统配置方法及工程应用等。考虑到目前工业控制系统网络通信功能的实际需要,书中介绍了 S7-200 可编程序控制器的 PPI 通信技术及 Zigbee 无线通信模块在西门子 S7-200 可编程序控制器中实现无线通信的具体方法、配置步骤及应用实例。

本书既可作为相关领域技术人员的入门读物,也可供大中专院校自动化、机电一体化等专业学生参考,同时还可作为职业培训学校相关课程的培训教材。

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

西门子 S7-200PLC 系统设计与应用实例/陈在平,刘文芳编著. —北京:电子工业出版社,2015.4
ISBN 978-7-121-25814-5

I. ①西… II. ①陈… ②刘… III. ①plc 技术 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 069039 号

策划编辑:张 榕

责任编辑:康 霞

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:北京季蜂印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:16 字数:410 千字

版 次:2015 年 4 月第 1 版

印 次:2015 年 4 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前言

《《《《《 PREFACE

可编程序控制器在现代工业企业的生产、加工与制造过程中起着十分重要的作用，近年来，可编程序控制器的功能获得了进一步提升，从而越来越受到广大工程技术人员的青睐。然而，工程技术人员在可编程序控制器的应用过程中经常会遇到许多困难，特别是在进行可编程序控制器控制系统设计、指令运用及编程技巧方面尤为如此。为了满足广大工程技术人员在可编程序控制器实际应用过程中的需要，本书主要从应用角度出发介绍可编程序控制器的基本结构、基本工作原理及基本工作过程。根据可编程序控制器控制系统设计的基本原则，阐述可编程序控制器系统设计的一般步骤、系统控制模式的选择确定、系统硬件的配置选择，以及系统应用（程序）软件设计等方面内容，并给出了具体实例。

在此基础上，重点阐述西门子 S7-200 系列可编程序控制器的基本结构、功能模块、编程环境等，同时从工程应用角度出发，以典型应用实例为背景，介绍相应可编程序控制器的指令系统，以及指令应用技巧、主要功能模块应用、系统配置方法及可编程序控制器系统具体应用实例等方面的内容。考虑到目前工业控制系统网络通信功能的实际需要，在本书中介绍了 S7-200 可编程序控制器的 PPI 通信功能与具体应用。由于近年来实际工程中无线通信的应用越加广泛，本书特别详细地介绍了 Zigbee 无线通信协议模块在西门子 S7-200 系列可编程序控制器中实现无线网络通信的具体方法、配置步骤，以及具体工程应用实例。

纵观本书所涉及的内容可以看出，本书的目的就是旨在帮助广大工程技术人员尽快了解与熟悉西门子 S7-200 系列可编程序控制器的主要功能与特点、指令的使用与应用技巧，从而为工程技术人员解决实际工程问题提供有力帮助。书中各部分内容均采用实例进行讲解，并辅以大量图形，通俗易懂，初学者完全可以快速入门。本书可作为工业自动化领域技术人员的入门读物，也可供大中专院校自动化、机电一体化专业学生参考，同时还可作为职业培训学校可编程序控制器应用技术课程的培训教材。

本书是作者在多年教学与工程实践的基础上，并借鉴国内外相关领域工程技术人员的研究与工程实践成果撰写完成的。在本书编写过程中，得到电子工业出版社的大力支持，特别是得到了张榕副编审的帮助与指导，作者对此表示衷心的感谢，也感谢责任编辑康霞所提出的建设性修改意见，同时还要感谢董子昊为本书所做的工作。

由于作者水平所限，书中难免存在各种缺点与不足，恳请读者给予批评指正。

编 著 者

目录

CONTENTS

第 1 章 可编程序控制器系统概述	(1)
1.1 可编程序控制器系统的产生与定义	(1)
1.2 可编程序控制器系统的技术指标、特点及应用	(3)
1.2.1 可编程序控制器系统的技术指标	(3)
1.2.2 可编程序控制器系统的特点	(4)
1.2.3 可编程序控制器系统的应用	(6)
1.3 可编程序控制器的基本结构与工作原理	(7)
1.3.1 可编程序控制器的硬件系统	(7)
1.3.2 可编程序控制器的软件系统	(12)
1.3.3 可编程序控制器的工作原理	(13)
1.4 可编程序控制器的国内外状况及发展趋势	(17)
1.4.1 可编程序控制器的国内外状况	(17)
1.4.2 可编程序控制器的发展趋势	(18)
第 2 章 可编程序控制器控制系统设计基础与应用实例	(21)
2.1 可编程控制器控制系统设计的基本原则与主要内容	(21)
2.1.1 可编程控制器控制系统设计的基本原则	(21)
2.1.2 可编程控制器控制系统设计的主要内容	(21)
2.2 可编程控制器控制系统设计	(22)
2.2.1 可编程控制器控制系统设计的步骤	(22)
2.2.2 可编程控制器控制系统设计的流程	(23)
2.2.3 可编程控制器控制系统设计的分类	(24)
2.3 可编程控制器控制系统的硬件配置	(25)
2.3.1 处理器 (CPU 模块) 的选择	(26)
2.3.2 I/O 扩展模块的选择	(28)
2.4 可编程控制器控制系统的可靠性设计	(30)
2.4.1 可靠性概念	(30)
2.4.2 抗干扰设计	(31)
2.4.3 环境技术条件设计	(35)
2.4.4 供电系统设计	(37)
2.5 可编程序控制器系统程序设计方法	(38)
2.5.1 可编程序控制器系统程序设计的一般方法	(38)
2.5.2 基于组合逻辑函数法的可编程控制器控制系统程序设计	(39)

2.5.3	组合逻辑设计法应用实例	(43)
2.5.4	基于功能转移图方法的可编程序控制器控制系统程序设计与应用实例	(47)
第3章	西门子可编程序控制器应用基础	(53)
3.1	西门子可编程序控制器概述	(53)
3.2	S7-200 可编程序控制器硬件系统	(53)
3.2.1	S7-200 可编程序控制器硬件系统的基本构成	(53)
3.2.2	S7-200 可编程序控制器主机结构和性能特点	(54)
3.2.3	S7-200 可编程序控制器扩展模块和功能模块	(55)
3.2.4	人机界面 HMI	(57)
3.2.5	S7-200 可编程序控制器的硬件接线	(57)
3.3	S7-200 可编程序控制器的内部资源	(58)
3.3.1	软继电器的概念	(58)
3.3.2	S7-200 可编程序控制器的内存地址	(60)
3.4	S7-200 编程软件 STEP7-Micro/WIN 的使用	(64)
3.4.1	编程软件和运行环境	(64)
3.4.2	编程软件的安装	(65)
3.4.3	建立通信联系	(66)
3.4.4	STEP7-WIN V4.0 软件的基本功能	(67)
3.4.5	系统块的配置	(70)
3.4.6	通信端口设置	(70)
3.4.7	断电数据保持设置	(71)
3.4.8	密码设置	(72)
3.4.9	输出表设置	(73)
3.4.10	输入滤波器设置	(74)
3.4.11	脉冲捕捉位设置	(75)
3.5	使用 STEP7-Micro/WIN 编制用户程序	(77)
3.5.1	编程的准备工作	(77)
3.5.2	用户程序的编写与编译	(78)
3.5.3	程序的下载与上载	(80)
3.5.4	数据块的使用	(80)
3.5.5	交叉引用表的使用	(82)
3.6	程序的运行、监控与调试	(83)
3.6.1	程序的运行	(83)
3.6.2	梯形图程序状态监控及调试	(83)
3.6.3	状态表监控与调试程序	(84)
3.6.4	在 RUN 模式下编辑用户程序	(86)
第4章	西门子可编程序控制器指令系统与指令应用技巧实例	(88)
4.1	S7-200 系列可编程序控制器的数据类型和寻址方式	(88)
4.1.1	数据类型	(88)

4.1.2	寻址方式	(89)
4.2	S7-200 系列 PLC 的基本逻辑指令	(90)
4.2.1	位逻辑指令	(90)
4.2.2	堆栈的基本概念及逻辑堆栈操作指令	(97)
4.3	S7-200 系列 PLC 的定时器、计数器指令	(99)
4.3.1	S7-200 系列 PLC 的定时器指令	(99)
4.3.2	S7-200 系列 PLC 的计数器指令	(102)
4.4	S7-200 系列 PLC 的程序控制指令	(105)
4.4.1	结束、停止指令及看门狗复位指令	(105)
4.4.2	跳转指令	(106)
4.4.3	循环指令	(107)
4.4.4	诊断 LED 指令	(108)
4.5	基本指令应用及典型环节程序设计	(109)
4.5.1	梯形图编程的基本规则	(109)
4.5.2	典型电路及环节的可编程序控制器程序设计	(110)
4.6	S7-200 可编程序控制器指令应用技巧	(116)
4.6.1	可编程序控制器液体混合控制装置	(116)
4.6.2	可编程序控制器装料小车的自动控制系统	(117)
4.6.3	可编程序控制器智力竞赛抢答装置	(119)
4.6.4	可编程序控制器传输带电动机的运行系统	(120)
4.6.5	可编程序控制器水塔水位自动运行系统	(121)
第 5 章	S7-200 可编程序控制器功能指令及程序设计实例	(123)
5.1	数据传送、移位和填充指令	(123)
5.1.1	传送类指令	(123)
5.1.2	移位和循环移位指令	(124)
5.1.3	字节交换及内存填充指令	(126)
5.1.4	表功能指令	(127)
5.2	运算和数学指令	(130)
5.2.1	算术运算指令	(130)
5.2.2	数学函数指令	(133)
5.2.3	逻辑运算指令	(134)
5.3	转换指令	(135)
5.3.1	标准转换指令	(135)
5.3.2	译码、编码和段码指令	(136)
5.4	子程序	(138)
5.4.1	子程序的作用	(138)
5.4.2	子程序的创建	(138)
5.4.3	子程序调用指令和条件返回指令	(138)
5.4.4	带参数调用子程序	(139)

5.4.5	带参数调用子程序应用实例	(140)
5.5	中断	(141)
5.5.1	中断的几个概念	(141)
5.5.2	中断指令	(143)
5.5.3	中断程序	(144)
5.6	高速计数器	(147)
5.6.1	高速计数器的基本概念	(147)
5.6.2	高速计数器的工作模式	(147)
5.6.3	高速计数器相关的特殊存储器	(149)
5.6.4	高速计数器指令	(151)
5.6.5	高速计数器指令编程向导的使用	(152)
5.7	高速脉冲输出	(154)
5.7.1	高速脉冲输出的概念	(154)
5.7.2	高速脉冲输出指令	(154)
5.7.3	PTO/PWM 编程向导	(155)
5.7.4	PTO/PWM 编程向导使用举例	(157)
5.8	模拟量控制	(163)
5.8.1	模拟量控制的概念	(163)
5.8.2	模拟量控制的使用方法	(164)
5.8.3	模拟量控制的编程应用实例	(167)
5.9	比例/积分/微分回路控制指令	(168)
5.9.1	PID 回路控制的概念	(168)
5.9.2	PID 回路控制的指令	(169)
5.9.3	PID 指令向导	(170)
5.9.4	PID 自整定功能	(175)
5.10	功能指令应用及程序设计	(178)
5.10.1	可编程序控制器控制彩灯的闪烁	(178)
5.10.2	可编程序控制器控制机械手的动作	(181)
第 6 章	顺序功能图 (SFC) 及步进顺控指令与应用实例	(184)
6.1	顺序功能图的基本概念	(184)
6.1.1	顺序功能图的产生	(184)
6.1.2	顺序功能图的组成	(184)
6.1.3	顺序功能图的构成规则	(185)
6.1.4	顺序功能图的绘制举例	(186)
6.2	顺控继电器指令	(186)
6.2.1	顺控继电器指令介绍	(186)
6.2.2	顺控继电器指令使用说明	(187)
6.3	顺序功能图的主要结构类型	(188)
6.3.1	顺序结构	(188)

6.3.2	选择性分支结构.....	(189)
6.3.3	并发性分支结构.....	(190)
6.3.4	跳转和循环结构.....	(192)
6.4	步进顺序控制指令应用实例	(194)
6.4.1	分拣系统控制应用实例	(194)
6.4.2	人行横道线按钮式交通灯控制应用实例	(198)
6.4.3	多台电动机顺序启动逆序停止控制应用实例	(201)
6.4.4	自动生产线装配站控制应用实例	(203)
6.4.5	自动生产线输送站控制应用实例	(208)
第 7 章	S7-200 可编程序控制器的网络通信与应用实例	(216)
7.1	S7-200 可编程序控制器的 PPI 网络通信应用实例	(216)
7.1.1	SIEMENS S7-200PLC 的通信方式	(216)
7.1.2	SIEMENS S7-200PLC 的 PPI 通信网络的建立	(216)
7.1.3	编写主站网络读写程序段	(217)
7.2	Zigbee 无线通信在 S7-200 可编程序控制器的应用实例	(220)
7.2.1	S7-200 可编程控制器的自由口通信	(220)
7.2.2	Zigbee 无线通信单元	(224)
7.2.3	基于 S7-200 可编程控制器自由端口和 Zigbee 无线通信的上位机监测系统应用实例	(229)
附录 A	组态王与 S7-200 可编程控制器的自由口通信程序代码	(237)
参考文献		(244)

第 1 章

可编程序控制器系统概述

可编程序控制器也称可编程控制器。它是以微处理器为基础,综合计算机技术、自动控制技术和通信技术发展起来的一种通用的工业自动控制装置。它具有体积小、功能强、灵活通用与维护方便等一系列优点。特别是它的高可靠性和较强的适应恶劣环境的能力受到用户的青睐。因而,在冶金、化工、交通、电力等领域获得了广泛应用,成为现代工业控制的三大支柱之一。

1.1 可编程序控制器系统的产生与定义

从 20 世纪 20 年代起,人们开始用导线将各种继电器、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,以控制各种生产机械,这就是大家所熟悉的、传统的继电接触器控制系统。该系统结构简单、容易掌握、价格便宜,能在一定范围内(特别是在工作模式固定、工作方式简单的场合)满足自动控制的需要,因而使用面甚广,这使它在一定时期内成为工业控制领域中占主导地位的设备,但是随着生产的发展,控制要求越来越复杂,继电器的类型和数量不得不大量增加,电器之间的连接也变得非常复杂。首先,由于控制柜的体积越来越庞大,大大增加了生产控制柜的难度;其次,在继电接触器控制系统中,即使一个继电器或一条连线出现故障,也会造成整个系统运行的不正常,并且由于系统的复杂,给查找和排除故障带来困难,维修非常不便;另外,当生产工艺或对象改变时,原来的接线和控制柜就要改接或更换,可见继电接触器控制系统的通用性和灵活性都远远不够。为了满足现代生产的需求,人们自然对控制系统提出了更可靠、更经济、更通用、更灵活、易维修等要求。

从 20 世纪 60 年代开始,人们相继开发了各式各样的控制装置来满足上述要求,如半导体逻辑元件控制装置。半导体逻辑元件是一种由半导体电子器件(各种晶体管、电阻、电容和硅可控整流元件等)组成的自动化元件,它种类很多,如各种逻辑门(与、或、非)、触发器、延时元件、振荡器、开关放大器、电平检测器、接近开关、交流可控硅开关等。用这些元件可按某种控制需要构成相应的无触点逻辑控制系统及控制装置;也可用逻辑元件组成通



用的顺序控制装置。最常用的一种顺序控制装置利用二极管矩阵来实现输入/输出逻辑关系,只要改变矩阵板上二极管插头的位置就可以改变动作的顺序,即可大大增加控制系统的灵活性。随后由于小型计算机的出现和大规模的生产,以及多机群控技术的发展,人们也曾试图用小型计算机来实现工业控制的要求,但由于价格昂贵、输入/输出电路的不匹配及编程技术复杂等原因(因为当时计算机的接口技术、编程技术还远远没有达到目前的水平)并未得到推广应用。

到 20 世纪 60 年代末期,美国的汽车制造业竞争趋向激烈,各生产厂家的汽车型号不断更新,其加工的生产线必须随之改变,从而要求对整个控制系统重新配置,1968 年,美国通用汽车公司(GM)公开招标,并对控制系统提出如下具体的要求。

- (1) 编程简单,可在现场修改程序;
- (2) 维修方便,采用模块化结构,即插件式;
- (3) 可靠性高于继电器控制系统,能在恶劣环境下工作;
- (4) 体积小于继电器控制柜;
- (5) 价格便宜,成本可与继电器控制系统竞争;
- (6) 输入/输出可以采用市电,电流达到一定要求(2A 以上),可直接驱动继电器和电磁阀;
- (7) 具有数据通信功能,数据可直接送入管理计算机;
- (8) 易于系统扩展,在扩展系统时只要很小的改变;
- (9) 用户程序存储器容量至少能扩展到 4KB 以上。

这些要求实际上是提出了将继电器控制系统的简单易懂、使用方便、价格低的优点与计算机的功能完善、灵活性、通用性好的特点结合起来,将继电器控制硬连线逻辑转变为计算机软件逻辑编程的设想。1969 年,美国数字设备公司(DEC)根据上述要求研制出世界上第一台可编程序控制器,并在 GM 公司汽车生产线上首次应用成功。当时人们把它称为可编程序逻辑控制器(PLC, Programmable Logic Controller),但只是用它取代继电器控制,功能仅限于执行继电器逻辑、计时、计数等。可编程序控制器问世后,发展极为迅速。1971 年,日本开始生产可编程序控制器;1973 年,欧洲开始生产可编程序控制器;到现在,世界各国一些著名的电气制造商几乎都在生产 PLC 装置,如美国罗克韦尔自动化公司的 AB、欧洲的西门子、日本的三菱和 OMRON、美国的 GE 等。PLC 已作为一个独立的工业设备被列入生产中,成为当代电控装置的主导。

早期的可编程序控制器主要由分立元件和中小规模集成电路组成,它采用了一些计算机技术但简化了计算机内部电路,对工业现场环境适应性较好,而且指令系统简单,一般只具有逻辑运算功能。随着微电子技术和集成电路的发展,特别是微处理器和微计算机的迅速发展,在 20 世纪 70 年代中期,美、日、德的一些厂家在可编程序控制器中开始更多地引入微机技术,微处理器及其他大规模集成电路芯片成为其核心部分,这使可编程序控制器的性价比产生了新的突破。微处理器(CPU)、只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)等已成为 PLC 的核心。PLC 不仅用逻辑编程取代了硬连线逻辑,还增加了运算、数据传送和处理等功能,而且随着其速度、容量、功能、通信能力等的增强,它已真正成为一种电子计算机工业控制设备。

由于可编程序控制器在不断发展,因此对它下一个确切的定义是困难的。1980 年,可编程序控制器问世后,由美国电气制造商协会(NEMA, National Electric Manufacturer Association)



对可编程序控制器下过如下的定义:

可编程序控制器是一种数字式的电子装置。它使用可编程序的存储器来存储指令,实现逻辑运算、顺序运算、计数、计时和算术运算等功能,用来对各种机械或生产过程进行控制。

1982年,美国国际电工委员会(International Electrical Committee)颁布了可编程序控制器标准草案,1985年提交了第二版,1987年的第三版对可编程序控制器做了如下定义:

可编程序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。可编程序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。

上述定义表明,可编程序控制器是一种能直接应用于工业环境的数字电子装置,它与其他顺序控制装置不同的特点。

1.2 可编程序控制器系统的技术指标、特点及应用

1.2.1 可编程序控制器系统的技术指标

PLC的技术指标很多,主要有5个基本技术指标,即CPU类型、存储器容量、编程语言、扫描速度和I/O点数。

(1) 存储器容量通常用KW或KB、位来表示,这里1KB=1024B。有的PLC以所能存放用户程序的多少衡量。在PLC中,程序指令是按“步”存放的(一条指令往往不止一“步”),一“步”占用一个地址单元,一个地址单元一般占两个字节。例如,一个内存容量为1000步的PLC,可推知其内存为2KB。一般小型机的内存为1KB到几KB,大型机内存为几十KB,甚至可达几十MB。

(2) 扫描速度一般以执行1000步指令所需时间来衡量,故单位为ms/KB,有时也以执行一步指令的时间计,如 μ s/步。目前比较慢的为2.2ms/KB逻辑运算程序,60ms/KB数字运算程序;较快的为1ms/KB逻辑运算程序,10ms/KB数字运算程序;最快的为0.75ms/KB逻辑运算程序。

(3) I/O点数指PLC外部输入/输出端子总数,这是PLC最重要的一项技术指标。一般小型机在256点以下(无模拟量),中型机在256~2048点之间,(模拟量64~128路),大型机在2048点以上(模拟量128~512路)。

(4) 编程语言。不同的PLC编程语言不同,互不兼容,但具有互相转换的可移植性。编程语言的指令条数是衡量PLC软件功能强弱的主要指标。指令越多,编程功能越强。

此外,PLC内部有许多寄存器用来存放变量、中间结果、数据等,还有许多辅助寄存器可供用户使用,因此寄存器的配置也是衡量PLC功能的一项指标。

PLC除了主控模块外,还可配接实现各种特殊功能的高功能模块,如A/D模块、D/A模块、高速计数模块、远程通信模块等。



1.2.2 可编程序控制器系统的特点

可编程序控制器能如此迅速发展的原因是由于它具有通用计算机所不及的一些特点。下面是可编程序控制器的主要特点。

1. 可靠性

对可以维修的产品，可靠性包括产品的有效性和可维修性。可编程序控制器的可靠性高，具体表现在下列方面。

1) 与继电器逻辑控制系统比较

与继电器逻辑控制系统比较，可编程序控制器可靠性提高的主要原因如下。

(1) 可编程序控制器不需要大量的活动部件和电子元件，它的接线也大大减少，与此同时，系统维修简单，维修时间缩短，从而可靠性得到提高。

(2) 可编程序控制器采用了一系列可靠性设计的方法进行设计。例如，冗余设计、掉电保护、故障诊断和信息保护及恢复等，使可靠性得到提高。

(3) 可编程序控制器有较强的易操作性，它具有编程简单、操作方便、维修容易等特点，因此，对操作和维修人员的技能要求降低，操作和维修人员容易学习和掌握，不容易发生操作失误，从而可靠性得到提高。

2) 与通用的计算机控制系统比较

与通用的计算机控制系统比较，可编程序控制器可靠性提高的主要原因如下。

(1) 可编程序控制器是为工业生产过程控制而专门设计的控制装置，它具有比通用计算机控制系统更简单的编程语言和更可靠的硬件。采用了经简化的编程语言，编程的出错率大大降低，而为工业恶劣操作环境设计的硬件使可靠性大大提高，因此可编程序控制器的可靠性较通用计算机控制系统的可靠性有较大提高。

(2) 在可编程序控制器的硬件设计方面，采用了一系列提高可靠性的措施。例如，采用可靠性高的元件；采用先进的工艺制造流水线制造；对干扰的屏蔽、隔离和滤波等；对电源的掉电保护；对存储器内容的保护；采用看门狗和其他自诊断措施；便于维修的设计等。

(3) 在可编程序控制器的软件设计方面也采取了一系列提高系统可靠性的措施。例如，采用软件滤波；软件自诊断；简化编程语言；信息保护和恢复；报警和运行信息的显示等。

一份用户选用可编程序控制器原因的调查报告指出，在各种选用可编程序控制器的原因中，第一位的原因是由于可编程序控制器可靠性高的用户达 93%，其次才是性能和维修方便等原因。可见，可靠性高是可编程序控制器的主要特点。

2. 易操作性

可编程序控制器的易操作性表现在下列 3 方面。

(1) 操作方便。对可编程序控制器的操作包括对程序输入的操作和对程序更改的操作。大多数可编程序控制器采用编程器进行程序输入和更改的操作。编程器至少提供了输入信息的显示，对大中型的可编程序控制器，编程器采用 CRT 屏幕显示，因此程序的输入直接可以显示。更改程序的操作也可直接根据所需的地址编号、继电器编号或接点号进行搜索或顺序寻找，然后进行更改。更改的信息可在液晶屏或 CRT 屏上显示，所以可编程序控制器具有操



作方便的特点。

(2) 编程方便。可程序控制器有多种程序设计语言可供使用。对电气技术人员来说,梯形图由于与电气原理图较为接近,容易掌握和理解,所以有利于程序的编写和学习。采用布尔助记符编程语言时,由于符号是功能的简单缩写,从而十分有利于编程人员编程。虽然功能表图、功能模块图和高级描述语句的编程方法应用尚未普及,但是由于它们具有功能清晰、易于理解等优点,正为广大技术人员所接纳和采用,并发挥出更有效的功能特点。

(3) 维修方便。可程序控制器所具有的自诊断功能对维修人员维修技能的要求降低了。当系统发生故障时,通过硬件和软件的自诊断,维修人员可根据有关故障信号灯的提示和故障代码的显示,或通过编程器和 CRT 屏幕的显示,很快找到故障所在的部位,为迅速排除故障和修复节省了时间。为便于维修工作的开展,有些可程序控制器的制造厂商提供了维修用的专用仪表或设备,提供了故障树等维修用的资料,有些厂商还提供维修用的智能卡件或插件板,使维修工作变得十分方便。

可程序控制器的面板和结构的设计也考虑了维修的方便性。例如,对需维修的部件设置在便于维修的位置;信号灯设置在易于观察的部位;接线端子采用便于接线与更换的类型等。这些设计使维修工作能方便地进行,从而大大节省了维修时间。采用标准化元件和标准化工艺生产流水线作业,使维修用的备品备件简化,也使维修变得方便。

3. 灵活性

可程序控制器的灵活性表现在下列 3 个方面。

(1) 编程的灵活性。可程序控制器采用的编程语言有梯形图、布尔助记符、功能表图、功能模块图和语句描述编程语言,只要掌握其中一种语言就可以进行编程。编程方法的多样性使编程变得方便,拓展了应用面。

由于采用软连接的方法,因此在生产工艺流程更改或者生产设备更换时可以不改变可程序控制器的硬设备,通过程序的编制与更改就能适应生产的需要。这种编程的灵活性是继电器顺序控制系统所不能比拟的。正是由于编程的柔性特点,使可程序控制器能大量替代继电器顺序控制系统,成为当今工业控制领域的重要控制设备。在柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)和计算机集成过程控制系统(CIPS)中,可程序控制器正成为主要的控制设备,得到广泛应用。

(2) 扩展的灵活性。可程序控制器的扩展灵活性是它的一个重要特点。它可根据应用的规模不断扩展,即可进行容量的扩展、功能的扩展、应用和控制范围的扩展。它不仅可以通过增加输入/输出单元来增加点数,通过扩展单元来扩大容量和功能,也可以通过多台可程序控制器的通信来扩大容量和功能,甚至可通过与集散控制系统(DCS)或其他上位机的通信来扩展它的功能,并与外部设备进行数据的交换等。这种扩展的灵活性大大方便了用户。

(3) 操作的灵活性。操作的灵活性指设计的工作量大大减少,编程的工作量和安装施工的工作量大大减少,操作十分灵活、方便,监视和控制变得容易。在继电器顺序控制系统中所需的一些操作可以简化,不同的生产过程可采用相同的控制台或控制屏等。

4. 机电一体化

为了使得工业生产过程的控制更平稳、更可靠,向优质高产低耗要效益,对过程控制设



备和装置提出了机电一体化——仪表、电子、计算机综合的要求，而可编程序控制器正是这一要求的产物，它是专门为工业过程控制而设计的控制设备，它的体积大大减小，功能不断完善，抗干扰性能增强，机械与电气部件被有机地结合在一个设备内，把仪表、电子和计算机的功能综合在一起，它已成为当今数控技术、工业机器人、过程流程控制等领域的主要控制设备。

1.2.3 可编程序控制器系统的应用

可编程序控制器的主要功能和应用如下。

1. 开关逻辑和顺序控制

这是可编程序控制器应用最广泛、最基本的场合。它的主要功能是完成开关逻辑运算和进行顺序逻辑控制，从而可以实现各种简单或十分复杂的控制要求。

2. 模拟控制

在工业生产中有许多连续变化的物理量需要进行控制，如温度、压力、流量、液位等，这些都属于模拟量。为了实现工业领域对模拟量控制的广泛要求，目前大部分 PLC 产品都具备处理这类模拟量的功能。特别是在系统中模拟量的控制点数不多，同时混有较多的开关量时，可编程序控制器具有其他控制装置所无法比拟的优势。另外，某些 PLC 产品还提供了典型控制策略模块，如 PID 模块，从而可实现对系统的 PID 等反馈或其他模拟量的控制运算。

3. 定时控制

PLC 具有很强的定时、计数功能，它可以为用户提供数十甚至上百个定时与计数器，其定时时间间隔可以由用户加以设定。对于计数器，如果需要对频率较高的信号进行计数，则可以选择高速计数器。

4. 数据处理

新型 PLC 都具有数据处理的能力，它不仅能进行算术运算、数据传送，而且能进行数据比较、数据转换、数据显示打印等，有些 PLC 还可以进行浮点运算、函数运算。

5. 信号联锁系统

信号联锁是安全生产所需的。在信号联锁系统中，采用高可靠性的可编程序控制器是安全生产的要求。对安全要求高的系统还可采用多重的检出元件和联锁系统，而对其中的逻辑运算等可采用冗余的可编程序控制器实现。

6. 通信

把可编程序控制器作为下位机与上位机或同级的可编程序控制器进行通信，完成数据的处理和信息的交换，实现对整个生产过程的信息控制和管理，因此 PLC 是实现工厂自动化的理想工业控制器。



1.3 可编程序控制器的基本结构与工作原理

可编程序控制器是微机技术和继电器常规控制概念相结合的产物，是在程序控制器、一位微处理机控制器和微机控制器的基础上发展起来的新型控制器。从广义上讲，可编程序控制器是一种计算机系统，只不过它比一般计算机具有更强的与工业过程相连接的输入/输出接口，具有更适用于控制要求的编程语言，具有更适应于工业环境的抗干扰性能。因此，可编程序控制器是一种工业控制用的专用计算机，它的实际组成与一般微型计算机系统基本相同，也是由硬件系统和软件系统两大部分组成的。

1.3.1 可编程序控制器的硬件系统

可编程序控制器的硬件系统由主机系统、输入/输出扩展环节及外部设备组成。

1. 主机系统

可编程序控制器的主机系统由中央处理单元、存储单元、输入/输出单元、输入/输出扩展接口、外部设备接口，以及电源等部分组成。各部分之间通过内部系统总线进行连接。如图 1-1 所示。

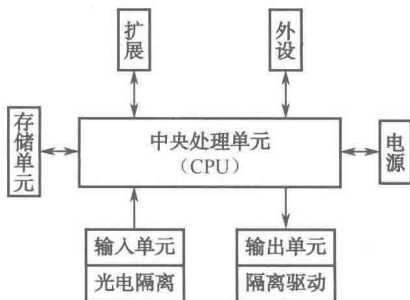


图 1-1 可编程序控制器系统原理框图

1) 中央处理单元 (CPU, Central Processing Unit)

中央处理单元是可编程序控制器的核心部分，它包括微处理器和控制接口电路。微处理器是可编程序控制器的运算控制中心，由它实现算逻运算，协调控制系统内部各部分的工作。它的运行是按照系统程序所赋予的任务进行的。

CPU 的具体作用如下：接收、存储用户程序。扫描方式接收来自输入单元的数据和各状态信息，并存入相应的数据存储区；执行监控程序和用户程序，完成数据和信息的逻辑处理，产生相应的内部控制信号，完成用户指令规定的各种操作；响应外部设备的请求。

可编程序控制器常用的微处理器主要有通用微处理器、单片机或双极型位片式微处理器。通用微处理器按其处理数据的位数可分为 4 位、8 位、16 位和 32 位等。可编程序控制器大多用 8 位和 16 位微处理器。单片机是将微处理器、部分存储器、部分输入/输出接口及连接它们的控制接口电路等集成在一块芯片上的处理器，它具有高集成度、高可靠性、高功能、高速度、低成本等优点。控制接口电路是微处理器与主机内部其他单元进行联系的部件，它主要



有数据缓冲、单元选择、信号匹配、中断管理等功能。微处理器通过它来实现与各个单元之间可靠的信息交换和最佳的时序配合。

2) 存储单元

存储单元是可编程序控制器存放系统程序、用户程序和运行数据的单元。它包括只读存储器 (ROM) 和随机读写存储器 (RAM)。只读存储器在使用过程中只能取出不能存储, 而随机读写存储器在使用过程中能随时取出和存储。只读存储器按照其编程方式不同, 可分为 ROM、PROM、EPROM 和 EEPROM 等。

ROM 又称掩膜只读存储器, 它存储的内容在其制造过程中已确定, 不允许再改变; PROM 是可编程只读存储器, 它存储的内容是用户用编程器一次性写入的, 不能再改变; EPROM 是可擦除可编程只读存储器, 它的存储内容也是用户用编程器写入的, 但是可以在紫外线灯的照射下擦除, 它允许反复多次地擦除和写入; EEPROM 是电擦除可编程只读存储器, 它存储的内容由用户写入, 在写入新内容时, 原来存储的内容会自动清除, 它允许反复多次写入。

由于只读存储器是非挥发性的, 即在断电状态下仍能保持所存储的内容, 因此它被作为可编程序控制器的系统存储器, 存放制造厂商编制的系统程序。用户逻辑解释程序和标准程序模块等组成系统程序, 系统程序对用户来说是透明的, 用户是不能改变的, 它也常被制造厂商存储在 PROM 或 EPROM 内, 安装在可编程序控制器中一起供给用户。随机读写存储器有两种类型: 静态 RAM (SRAM) 和动态 RAM (DRAM)。SRAM 用 D 型触发器来存储写入的内容, 除非写入新的内容或电源关断, 否则它存储的内容可以保持不变; DRAM 用电容来存储写入的内容, 由于电容要放电, 为了维持写入的内容不变, 必须对它进行重复读出和写入操作, 即要有刷新电路配合使用。

由于随机读写存储器是一种挥发性的器件, 即当供电电源关掉后, 其存储的内容会丢失, 因此在实际使用中通常为其配备掉电保护电路, 当正常电源关断后, 由备用电池为它供电, 保护其存储的内容不丢失。随机读写存储器在可编程序控制器中作为用户程序的存储器和数据的存储器。用户程序存储器存放的是用户编制的应用程序。为了调试和修改方便, 总是先把用户程序存放在随机读写存储器中, 经过运行考核、修改完善达到设计要求后, 再把它固化到 EPROM 中。数据存储器存储的内容是可编程序控制器运行过程中产生的各种数据。由于这些数据是不断变化的, 所以用随机读写存储器来组成数据存储器。

3) 输入/输出模块单元

可编程序控制器的对外功能主要是通过各类接口模块的外接线来实现对工业设备和生产过程的检测与控制。通过各种输入/输出接口模块, 可编程序控制器既可检测到所需的过程信息, 又可将处理结果传送给外部过程, 驱动各种执行机构, 实现工业生产过程的控制。通过输入模块单元, 可编程序控制器能够得到生产过程的各种参数; 通过输出模块单元, 可编程序控制器能够把运算处理的结果送至工业过程现场的执行机构实现控制。实际生产中的信号电平多种多样, 外部执行机构所需电流也是多种多样, 而可编程序控制器的 CPU 所处理的只能是标准电平, 由于输入/输出模块单元与工业过程现场的各种信号直接相连, 这就要求它有很好的信号适应能力和抗干扰性能。因此, 在输入/输出模块单元中, 一般均配有电平变换、光电隔离和阻容滤波等电路, 以实现外部现场的各种信号与系统内部统一信号的匹配和信号的正确传递, 可编程序控制器正是通过这种接口实现了信号电平的转换。

为适应工业过程现场不同输入/输出信号的匹配要求, 可编程序控制器配置了各种类型的