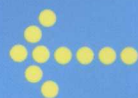


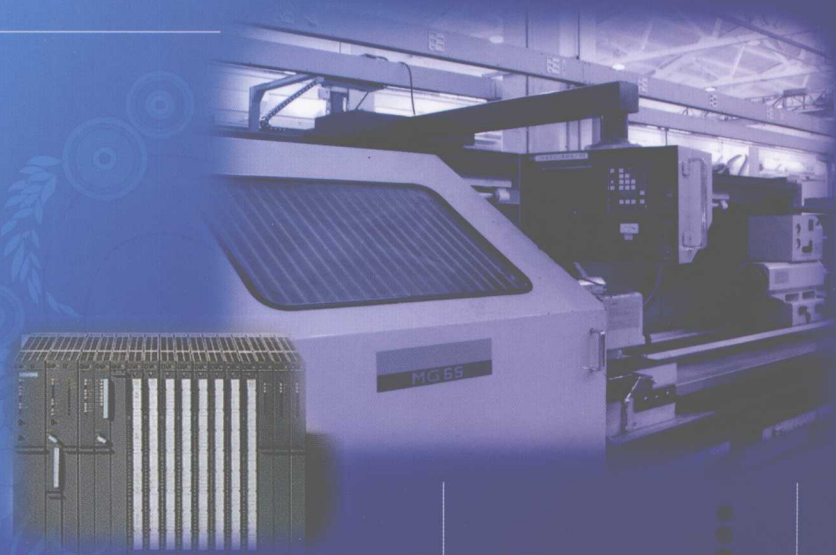
21世纪可编程序控制器应用技术丛书

XIMENZI S7 XILIE PLC DE YINGYONG YU WEIHU



西门子S7系列 PLC 的应用与维护

刘美俊 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪可编程序控制器应用技术丛书

西门子 S7 系列 PLC 的应用与维护

刘美俊 编著



机械工业出版社

本书全面介绍了 S7-200、S7-300/400 PLC 的硬件模块、编程指令, STEP 7-Micro/WIN、STEP 7 编程软件的使用, 西门子 WinCC 组态软件的性能特点、使用方法, S7-300/400 PLC 的通信与组网, 以及 PLC 控制系统的设计方法与安装维护。

本书注重工程应用, 内容较多取自生产第一线, 通过实例引导读者, 注意选择有价值的典型实例来介绍 PLC 的应用技术。全书内容兼有普遍性和具体性, 言简意赅, 便于读者理解和自学。

本书既可供从事工业自动化相关工作的技术人员阅读和培训, 也可作为本专科院校自动化、电气工程和机电一体化等专业的教学参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

西门子 S7 系列 PLC 的应用与维护/刘美俊编著. —北京: 机械工业出版社, 2008. 2

(21 世纪可编程序控制器应用技术丛书)

ISBN 978-7-111-23439-5

I. 西… II. 刘… III. 可编程序控制器 IV. IP332. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 017978 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 靳 平 版式设计: 冉晓华 责任校对: 李秋荣

封面设计: 陈 沛 责任印制: 杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2008 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 29.75 印张 · 739 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-23439-5

定价: 50.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器 (PLC) 是综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术的一种通用自动控制装置, 在工业自动化、机电一体化、传统产业技术改造等方面得到了非常广泛的应用, 已成为现代工业控制的支柱之一。SIMATIC S7 系列 PLC 是西门子全集成自动化系统中的控制核心, 它将先进控制思想、现代通信技术和 IT 技术的最新发展集于一身, 它在 CPU 运算速度、程序执行效率、故障自诊断、联网通信、面向控制工艺和运动对象的功能集成, 以及实现故障安全的容错与冗余技术等方面都取得了公认的成就。

SIMATIC S7-300/400 系列 PLC 的编程组态软件 STEP 7 具有界面友好、易于使用的特点, 能够为上位机提供功能强大的软件平台。此外, SIMATIC S7-300/400 PLC 集成了强大的通信功能, PROFIBUS 已成为全球公用的工业现场总线标准的主导者; 特别是新一代工业以太网标准 PROFINet 的提出, 为以太网在工业领域更大范围的应用提供了技术保障。依赖集成统一的通信, SIMATIC S7-300/400 系列 PLC 在实现车间级、工厂级、企业级, 乃至全球企业链的生产控制与协同管理中起到重要的作用。

为了使广大工程技术人员能够全面、系统、深入地掌握 PLC 应用技术, 本书以工程应用为目的, 在广泛吸收国内外先进标准、先进设计思想的基础上, 结合作者十多年来应用西门子 PLC 的实践经验和理论教学体会, 全面系统地介绍了西门子 S7 系列 PLC 的性能特点、组成模块与硬件连接要求, PLC 的选型原则与控制系统的设计方法, S7 指令系统编程与 S7-200、S7-300/400 编程软件的使用方法。

为了使读者尽快熟悉并掌握 S7 系列 PLC 的编程技巧和应用技术, 作者对全书的内容和结构进行了精心组织和安排; 第 1 章介绍了 PLC 的基础知识; 第 2~4 章分别介绍了 S7-200、S7-300/400 的硬件, 包括各模块的基本结构、性能参数及特点、安装与连接要求等; 第 5 章介绍了 S7-200、S7-300/400 PLC 编程指令的使用及编程方法, 并提供了大量常用的典型程序与编程实例, 这些程序可以直接供设计者使用和参考; 第 6 章阐述了 S7 系列 PLC 的工具软件——STEP 7-Micro/WIN、STEP 7, 包括软件的安装与使用方法, 程序编写步骤与要点, PLC 程序的检查、仿真、在线调试、在线诊断的具体方法与步骤等; 第 7 章介绍了西门子 WinCC 组态软件的性能特点、使用方法及应用举例; 第 8 章重点讲述了 S7-300/400 PLC 的通信与组网, 包括 S7 的几种典型网络的结构、通信原理、主要通信模块、组态方法等, 并提供了实例; 第 9 章详细介绍了 PLC 控制系统的设计方法与安装维护, 以及 PLC 控制系统的维护方法与抗干扰措施。第 10 章介绍了 S7 系列 PLC 的实际应用案例。

本书具有下列特点:

- 1) 全书系统、全面地论述了 S7 系列 PLC 的组成和应用技术、组网和通信技术, 条理清楚、介绍翔实, 内容兼有普遍性和具体性;
- 2) 注重工程应用, 通过实例引导读者, 注意选择有价值的典型实例来介绍 PLC 的应用技术;
- 3) 突出实用性, 强调 PLC 的安装与维护方法, 内容较多取自生产一线, 面向广大工程

技术人员。例如书中介绍的 PLC 输入、输出端的硬件保护电路等,是作者自己设计,已在多个控制系统中得到了应用,极大地提高了系统的可靠性;

4) 写作力求精练,言简意赅,便于读者理解和自学。

本书在编写过程中,刘群、刘天任、石基、刘景俊、凌江南、章绍东、李立、李光中等同志参与了录入和校对工作,本书参考了国内外专家、学者最新发表的论文和著作,以及西门子公司技术资料,作者在此一并致谢。

由于作者水平有限,书中难免存在错误和不妥,恳请广大读者批评指正,不胜感谢。

作者

目 录

前言

第1章 概述 1

1.1 PLC性能简介 1

1.1.1 PLC的定义及特点 1

1.1.2 PLC的主要功能 3

1.1.3 PLC的应用领域 4

1.2 PLC的结构与工作原理 5

1.2.1 PLC的基本结构 5

1.2.2 PLC的工作原理 7

1.3 PLC的分类 10

1.3.1 按结构分类 11

1.3.2 按控制规模分类 11

1.3.3 按控制性能分类 12

1.4 SIMATIC S7系列PLC的发展 12

第2章 S7-200 PLC 14

2.1 S7-200 PLC硬件构成 14

2.1.1 S7-200 PLC的基本结构 14

2.1.2 CPU模块 14

2.1.3 数字量输入/输出模块 18

2.1.4 模拟量输入/输出模块 21

2.1.5 通信模块 25

2.2 S7-200 PLC的系统配置 26

2.2.1 扩展模块的数量与编址 26

2.2.2 内部电源的负载能力 27

2.2.3 扩展实例 27

第3章 S7-300 PLC 30

3.1 S7-300 PLC概述 30

3.2 系统结构及特点 31

3.3 电源及CPU模块 33

3.3.1 电源模块 33

3.3.2 CPU模块 34

3.4 输入/输出模块 38

3.4.1 数字量输入/输出模块 38

3.4.2 模拟量输入/输出模块 45

3.4.3 模拟值的表示 50

3.4.4 模拟量输入模块与传感器的连

录

接 54

3.4.5 传感器的连接 57

3.4.6 热电偶的连接 59

3.4.7 模拟量输出模块的连接 60

3.4.8 模拟量模块的诊断与中断 62

3.5 其他模块 63

3.5.1 计数器模块 63

3.5.2 位置控制与检测模块 64

3.5.3 称重模块 67

3.5.4 通信处理器模块 68

3.5.5 接口模块及连接器 69

3.5.6 测试模块 70

3.5.7 人机操作界面(HMI) 70

3.6 S7-300的系统配置 72

3.7 S7-300的I/O编址 73

第4章 S7-400 PLC 76

4.1 S7-400 PLC概述 76

4.2 S7-400 PLC的基本结构 77

4.3 电源模块及CPU模块 81

4.3.1 电源模块的特性 81

4.3.2 CPU模块 83

4.4 输入/输出及功能模块 87

4.4.1 数字量输入/输出模块 87

4.4.2 模拟量输入/输出模块 91

4.4.3 功能模块 95

4.5 通信及接口模块 97

4.5.1 通信模块 97

4.5.2 接口模块 99

4.6 S7-400H容错系统概述 100

4.7 S7-400 PLC的扩展 102

4.7.1 扩展配置要求 102

4.7.2 扩展形式 102

第5章 S7-200、300/400 PLC的指令

系统及编程 107

5.1 S7-200 PLC的编程基础 107

5.1.1 编程语言 107

5.1.2 数据类型	108	6.1.5 用编程软件监视与调试程序	230
5.1.3 存储器区域	110	6.2 STEP 7 编程软件的使用	232
5.1.4 寻址方式	116	6.2.1 S7-300/400 用户程序的模块化 结构	233
5.2 S7-200 PLC 的基本指令及编程	118	6.2.2 STEP 7 的安装与图标说明	236
5.2.1 位逻辑指令	120	6.2.3 创建项目	241
5.2.2 定时、计数指令	129	6.2.4 在 OB1 中创建程序	243
5.2.3 应用举例	136	6.2.5 创建一个具有功能块和数据块的 程序	244
5.3 S7-200 的功能指令	139	6.2.6 对功能块的编程	248
5.3.1 传送指令	143	6.2.7 对共享数据块的编程	252
5.3.2 比较指令	143	6.2.8 使用多重背景编程	252
5.3.3 数学运算指令	145	6.3 S7-PLCSIM 仿真软件	257
5.3.4 逻辑运算指令	148	6.3.1 S7-PLCSIM 的主要功能	257
5.3.5 移位和循环移位指令	149	6.3.2 S7-PLCSIM 的使用方法	258
5.3.6 程序控制指令	152	6.3.3 S7-PLCSIM 的应用举例	259
5.3.7 PID 回路指令	157	6.3.4 仿真 PLC 与真实 PLC 的区别	260
5.4 S7-300/400 PLC 的编程基础	164	第 7 章 WinCC 组态软件	262
5.4.1 编程语言与数据类型	164	7.1 监控组态软件概述	262
5.4.2 存储区功能与状态字	170	7.1.1 组态软件的系统构成	262
5.4.3 寻址方式	175	7.1.2 组态软件的主要作用及性能	264
5.5 S7-300/400 PLC 的基本指令及其编 程	177	7.2 WinCC 软件	266
5.5.1 位逻辑指令	177	7.2.1 WinCC 软件的性能特点	266
5.5.2 定时器指令	185	7.2.2 WinCC 的系统结构及选项	268
5.5.3 计数器指令	189	7.2.3 SCADA 系统的基本功能	269
5.6 S7-300/400 PLC 的功能指令及编程	192	7.3 WinCC 的组态	274
5.6.1 装载与传送指令	194	7.3.1 创建 WinCC 项目	274
5.6.2 比较指令	196	7.3.2 过程值归档	281
5.6.3 移位指令	197	7.3.3 组态报警记录	285
5.6.4 运算指令	200	7.3.4 打印消息顺序报表	293
5.6.5 控制指令	203	7.3.5 打印变量记录运行系统报表	295
5.6.6 功能模块	206	第 8 章 S7-300/400 PLC 的通信与 网络	298
5.7 梯形图编程规则	210	8.1 通信与网络的基本知识	298
5.7.1 继电器线路与程序梯形图的转 换	210	8.1.1 数据通信基础	298
5.7.2 梯形图的优化	213	8.1.2 工业控制局域网	302
5.7.3 典型梯形图的设计	213	8.1.3 开放系统互连模型	304
第 6 章 S7-200、300/400 PLC 的编程 软件	217	8.1.4 IEEE 802 局域网参考模型及标 准	305
6.1 STEP7-Micro/WIN32 编程软件	217	8.1.5 现场总线	307
6.1.1 编程软件的主要功能	217	8.2 S7-300/400 的集成通信网络	311
6.1.2 通信连接与参数设置	217	8.2.1 工厂自动化系统的典型结构	311
6.1.3 应用窗口说明	220		
6.1.4 编程软件的使用	222		

8.2.2	S7-300/400 的通信网络	312	9.4.3	电源的抗干扰措施	403
8.2.3	S7 通信的分类	314	9.5	PLC 控制系统的维护与诊断	404
8.3	MPI 网络与全局数据通信	315	9.5.1	PLC 控制系统的维护	404
8.3.1	MPI 网络	315	9.5.2	PLC 控制系统的诊断与处理	405
8.3.2	MPI 的通信及组态	317	9.5.3	PLC 的故障查找方法及处理	406
8.4	AS-I 接口网络	326	9.6	S7-300/400 PLC 的在线诊断	411
8.4.1	AS-I 的网络结构及技术指标	326	9.6.1	PLC 诊断的基本步骤	411
8.4.2	AS-I 的通信原理	329	9.6.2	PLC 诊断符号与诊断信息	412
8.4.3	AS-I 的工作过程	332	9.6.3	PLC 诊断注意点	414
8.4.4	AS-I 的主站模块	333	第 10 章 PLC 的工程应用实践	415	
8.5	工业以太网	343	10.1	S7-200 PLC 在炉温控制系统中的应 用	415
8.5.1	工业以太网概述	343	10.1.1	温度控制系统的组成	415
8.5.2	工业以太网的连接	344	10.1.2	硬件电路设计	416
8.5.3	工业以太网的交换技术	346	10.1.3	软件设计	418
8.5.4	工业以太网的网卡与通信处理 器	347	10.2	S7-200 PLC 在数控系统中的应 用	421
8.5.5	工业以太网的通信	348	10.2.1	数控平台控制系统	421
8.6	PROFIBUS 现场总线	353	10.2.2	PLC 控制程序设计	422
8.6.1	PROFIBUS 的主要构成	353	10.3	S7-200 PLC 在电梯控制系统中的应 用	425
8.6.2	PROFIBUS 协议及通信方式	354	10.3.1	系统概述	425
8.6.3	PROFIBUS 的数据传输与总线 拓扑	359	10.3.2	系统设计	425
8.6.4	PROFIBUS 的开放式接口	366	10.3.3	指示灯程序的设计	426
8.6.5	PROFIBUS-DP	368	10.4	S7-300 PLC 在轧机控制系统中的应 用	427
8.6.6	建立一个 S7-300 硬件组态实 例	372	10.4.1	系统概述	427
第 9 章 PLC 控制系统的设计与维 护		380	10.4.2	系统工作原理及硬件配置	428
9.1	PLC 控制系统设计概述	380	10.4.3	软件的设计	429
9.1.1	系统设计原则与主要内容	381	10.5	S7-300 PLC 在钢铁生产线中的应 用	430
9.1.2	系统设计和调试的主要步骤	381	10.5.1	系统概述	430
9.2	PLC 控制系统的结构设计与选型	383	10.5.2	系统网络结构及配置	431
9.2.1	控制结构和方式的选择	383	10.5.3	PLC 程序设计	432
9.2.2	PLC 的选择	384	10.5.4	变频器参数设置及系统分 析	434
9.3	PLC 的安装	389	10.6	S7-300 PLC 在恒压供水控制系统中的 应用	435
9.3.1	环境技术条件设计	389	10.6.1	系统概述	435
9.3.2	系统供电设计	391	10.6.2	系统组态	436
9.3.3	系统接地设计	396	10.6.3	程序设计	436
9.3.4	外部配线的连接	398	10.7	MPI 网络在水厂自动监控系统中的 应用	439
9.3.5	冗余设计	399			
9.4	提高 PLC 控制系统可靠性的措施	399			
9.4.1	输入端的抗干扰措施	400			
9.4.2	输出端的抗干扰措施	401			

10.7.1	系统概述	439
10.7.2	控制系统硬件设计	440
10.7.3	系统通信原理及 PLC 程序编制	441
10.8	PROFIBUS 总线技术在网络压机控制系统中的应用	443
10.8.1	系统概述	443
10.8.2	系统硬件组成	443
10.8.3	通信原理分析	444
10.8.4	程序设计	446
10.9	S7-400 PLC 在造纸行业的应用	447
10.9.1	系统概述	447
10.9.2	控制对象分析	448

10.9.3	系统配置	449
10.10	PROFIBUS 总线技术在机械手控制系统中的应用	450
10.10.1	系统概述	450
10.10.2	系统硬件组成	451
10.10.3	系统的通信	451
10.10.4	系统软件设计	452
附录		454
附录 A	S7-200 的 SIMATIC 指令简表	454
附录 B	S7-300/400 的指令一览表	458
附录 C	STEP 7 保留的关键字	462
参考文献		467

第1章 概述

可编程控制器(PLC)是以微处理器为基础,综合了计算机技术、半导体集成技术、自动控制技术、数字控制技术和通信网络技术发展起来的一种通用工业自动控制装置。它面向控制过程、面向用户,适应工业环境,操作方便,可靠性高,成为现代工业控制的三大支柱(PLC、机器人和CAD/CAM)之一。PLC已成为自动化系统的基本手段,PLC控制技术代表着当今自动控制的先进水平,它在各行各业获得了非常广泛的应用。

1.1 PLC性能简介

1.1.1 PLC的定义及特点

在PLC问世之前,工业控制中的顺序控制大部分采用继电器逻辑控制系统,这种控制系统是根据特定的控制要求进行设计的,若控制要求发生变化,则控制柜中的元器件和接线都必须作相应的改变。它有着十分明显的缺点:体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、运行速度慢、适应性差。为了改变这一现状,人们希望寻求一种比继电器逻辑控制更可靠、功能更齐全、响应速度更快、体积更小的新型工业控制装置。

20世纪60年代后期,尽管计算机控制技术已开始用于工业控制领域,但由于计算机本身的技术要求比较复杂以及受当时各种条件的限制,计算机控制技术并未得到广泛使用。1968年,美国最大的汽车制造商——通用汽车(GM)公司为了适应汽车型号不断翻新的需要,以便在激烈竞争的汽车工业中占有优势,提出要研制一种新型的工业控制装置来取代继电器逻辑控制装置,并尽可能减少重新设计继电器逻辑控制系统和重新接线的工作,以降低成本、缩短周期。同时,设想把计算机通用、灵活、功能完备等优点和继电器逻辑控制系统的简单易懂、价格便宜等优点结合起来,并把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化。为此,特拟定了10项公开招标的技术要求:

- 1) 编程简单方便,可在现场修改程序;
- 2) 硬件维护方便,最好是插件式结构;
- 3) 可靠性要高于继电器逻辑控制装置;
- 4) 体积小于继电器逻辑控制装置;
- 5) 可将数据直接送入管理计算机;
- 6) 成本上可与继电器控制装置竞争;
- 7) 输入可以是交流115V(美国标准);
- 8) 输出为交流115V,2A以上,能直接驱动电磁阀;
- 9) 扩展时,原有系统只需作很小的改动;
- 10) 用户程序存储器容量至少可以扩展到4KB。

根据招标要求,1969年,美国数字设备公司(DEC)研制出世界上第一台PLC(PDP-14

型),并在通用汽车公司的自动装配线上试用,获得了成功,从而开创了工业控制新时期。

1. PLC 的定义

1980 年,美国全国电气制造商协会(NEMA)对 PLC 作如下定义:“可编程序控制器是一种数字式的电子装置。它使用可编程的存储器来存储指令,并实现逻辑运算、顺序控制、计数、定时和算术运算功能,用来对各种机械或生产过程进行控制。”

国际电工委员会(IEC)曾于 1982 年 11 月颁布了 PLC 标准草案的第一稿,1985 年 1 月又发表了草案第二稿,1987 年 2 月发表了草案第三稿,该草案对 PLC 作了如下定义:“可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下的应用而设计。它采用可编程的存储器,存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的面向用户的指令,并能通过数字或模拟输入/输出模块,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外部设备,都按易于与工业控制系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”定义强调 PLC 是一种“数字运算操作的电子系统”,说明 PLC 也是一种计算机,是一种抗干扰能力很强的、能直接应用于各种工业环境的专用工业计算机。这种工业计算机采用“面向用户的指令”,因此编程简单方便,除能完成“逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算操作”外,还能通过“数字或模拟输入/输出模块”控制各种生产过程,并且非常易于“扩充”,易于与“工业控制系统连成一个整体”,形成一个强大的网络系统。

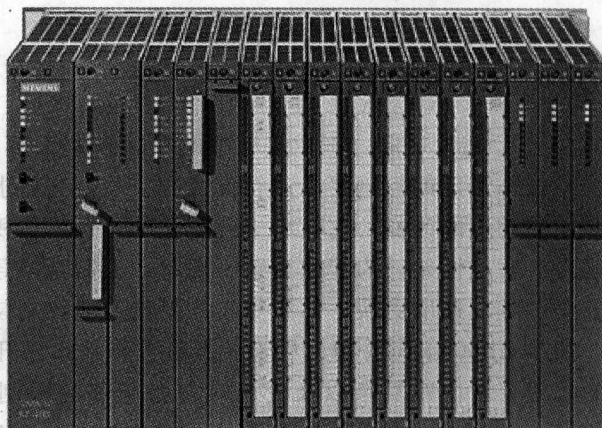


图 1.1-1 为西门子公司 S7-400 PLC

实物

2. PLC 的特点

(1) 通用性强、灵活性好、接线简单

继电器逻辑控制系统是针对各种控制要求专门设计的,只要控制系统改变,其接线就要跟着改动,因而其专用性强,通用性差。另外,继电器触点数目有限,一般每只只有 4~8 对触点,因而继电器逻辑控制系统连线多而且复杂,体积大,其灵活性和扩展性都很差。PLC 是专为在工业环境下应用而设计的,具有面向工业控制的鲜明特点。通过选配相应的控制模块,便可适用于各种不同的工业控制系统。同时,由于 PLC 采用存储逻辑,其控制逻辑以程序方式存储在内部存储器中,当生产工艺改变或生产设备更新时,不必改变 PLC 的硬件,只需改变程序和控制逻辑即可,因此称为“软接线”,其连线少、体积小,加之 PLC 中每只软继电器的触点数理论上无限制,因此,其灵活性和扩展性都很好。另外,PLC 的接线十分方便,只需将输入信号的设备(如按钮、开关等)与 PLC 的输入端子相连,将接受控制的执行元件(如接触器、电磁阀等)与输出端子相连即可。

(2) 功能强、功能的扩展能力强

现代 PLC 具有强大的功能系统,PLC 利用程序可实现任意复杂的控制功能。第一,PLC 利用程序进行定时、计数、顺序、步进等控制,十分准确可靠。而用继电器逻辑控制时,需

要使用大量时间继电器、计数器、步进控制开关等设备,其准确性与可靠性无法与 PLC 相比。第二,PLC 还具有模/数(A/D)和数/模(D/A)转换、数据运算和处理、运动控制等功能,因此,它既可以对开关量进行控制,又可以对模拟量进行控制。第三,PLC 具有通信联网功能,因此它不仅可以控制一台单机、一条生产线,还可以控制一个机群、多条生产线;它既可现场控制,也可远距离地对生产过程进行监控。

目前,PLC 产品已系列化、模块化、标准化,能方便灵活地扩展成大小不同、功能不同的控制系统。组成系统后,即使控制程序发生变化,只要修改软件即可,增强了控制系统的柔性。

(3) 可靠性高、抗干扰能力强

为了确保 PLC 在恶劣的工业环境中能可靠地工作,在设计上强化了 PLC 的抗干扰能力。在硬件方面,采用了电磁屏蔽、滤波、光隔离等一系列抗干扰措施。例如,输入/输出电路都采用了光隔离措施,做到电浮空,有效地隔离了 PLC 内部电路与输入、输出之间的电联系,从而避免了输入、输出部分窜入的干扰信号而引起的故障和误动作;供电系统和输入/输出线路除采用各种模拟滤波外,还加上数字滤波,以消除或抑制高频干扰;对电源变压器、CPU、编程器等主要部件,采用导电、导磁良好的材料进行屏蔽,有效地防止了外界电磁的干扰。在软件上,PLC 采用了故障检测、信息保护和恢复、设置警戒时钟,加强对程序的检查和校验、对程序和动态数据进行后备保护等,进一步提高了可靠性和抗干扰能力。一般 PLC 允许工作环境温度为 60°C ,环境湿度为 $15\% \sim 85\%$ (无结露),PLC 还具有抗振荡、抗噪声、抗射频等能力,因而可靠性极高。

而继电器逻辑控制系统由于使用大量的机械触点,连线多。触点开、闭时会受到电弧的损坏,并有机械磨损,寿命短,因此可靠性和可维护性差。

(4) 定时准确,定时范围宽

PLC 内部提供了许多定时器和计数器元件,通过不同的赋值,可以实现任意范围内的时间定时,且定时准确。而继电器逻辑控制系统中的定时器是靠硬件设备来实现的,其定时范围和定时的准确性均受到很大的限制。

(5) 编程和接线可同步进行

用继电器逻辑控制完成一项控制工程,首先必须按工艺要求画出电气原理图,然后再画出继电器控制柜(屏)的布置和接线图等图样,其设计、安装、装配、接线和试验等工作所需要的时间长,且以后要修改十分不便。而 PLC 控制系统,由于采用软件编程取代继电器硬接线实现控制功能,即使是一个非常复杂的控制,也很容易通过编程来实现,且能事先进行模拟调试,极大地减轻了繁重的现场安装接线工作。另外,由于 PLC 控制系统的硬件可按控制系统的性能、输入/输出点数和内存容量的大小等来选配,使系统的设计、编程和现场接线可同时进行,因而极大地缩短了开发周期,提高了工作效率。

1.1.2 PLC 的主要功能

随着自动化技术、计算机技术及网络通信技术的迅速发展,PLC 的功能日益增多。它不仅实现单机控制,而且能实现多机群控制;不仅能实现逻辑控制,还能实现过程控制、运动控制和数据处理等,其主要功能如下:

(1) 开关量逻辑控制

这是 PLC 的最基本的功能。PLC 具有强大的逻辑运算能力,它提供了与、或、非等各种逻辑指令,可实现继电器触点的串联、并联和串并联等各种连接的开关控制,常用于取代传统的继电器逻辑控制系统。使用 PLC 提供的定时、计数指令,可实现定时、计数功能,其定时值和计数值既可由用户在编程时设定,也可用数字拨码开关来设定,其值可进行在线修改,操作十分灵活方便。

(2) 模拟量控制

在工业生产过程中,有许多连续变化的量,如温度、压力、流量、液位和速度等都是模拟量。PLC 提供了各种智能模块,如模拟量输入模块、模拟量输出模块、模拟量输入/输出模块、热电阻用模拟量输入模块、热电阻用模拟量输出模块等,通过使用这些模块,把现场输入的模拟量经 A/D 转换后送 CPU 处理;而 CPU 处理的数字结果,经 D/A 转换成模拟量去控制被控设备,以完成对连续量的控制。

(3) 闭环过程控制

使用 PLC 不仅可以对模拟量进行开环控制,而且还可以进行闭环控制。配置 PID 控制单元或模块,对控制过程中某一变量(如速度、温度、电流、电压等)进行 PID 控制。

(4) 定时、定位、计数控制

PLC 具有定时控制的功能,它为用户提供了若干个定时器。定时器的时间可以由用户在编写程序时设定,也可以用拨码开关在外部设定,实现定时或延时控制。

定位控制是 PLC 不可缺少的控制功能之一。PLC 提供了定位模块、脉冲输出模块等智能模块,以实现各种需求的定位控制。

PLC 具有计数控制的功能,它为用户提供了若干个计数器或高速计数模块。计数器的计数值可以由用户在编写程序时设定,也可以用拨码开关在外部设定,实现计数控制。

(5) 网络通信

现代 PLC 具有网络通信的功能,它既可以对远程 I/O 进行控制,又能实现 PLC 与 PLC、PLC 与计算机之间的通信,从而构成“集中管理,分散控制”的分布式控制系统,实现工厂自动化。PLC 通过 RS-232C 接口可与各种 RS-232C 设备进行通信。例如可与计算机、打印机、条码读出器等具有 RS-232C 接口的外部设备相连;通过 RS-422 接口,可与数据存取单元(DU)、人机界面(HMI)相连;通过 RS-485 通信适配器和功能扩充板,可用计算机作为主站,PLC 作为就地控制站,形成一个 PLC 网络系统,对 PLC 进行集中监视管理,从而对整个生产线,乃至整个工厂进行监控。PLC 还可与其他智能控制设备(如变频器、数控装置)实现通信。PLC 与变频器组成联合控制系统,可提高交流电动机的自动化控制水平。

1.1.3 PLC 的应用领域

PLC 是一种很有特色和发展前途的新型工业控制装置,它不仅可以代替传统的继电器逻辑控制系统,使硬件“软”化,并使工业控制装置具有运算、计数、定时、通信和联网等功能;还可用于输入/输出点数较多、控制要求较复杂的工业场合。目前,在各行各业中得到了非常广泛的应用,例如在电力工业中,用于电厂输煤系统、锅炉燃烧系统、汽轮机和锅炉的起动及停止系统、废水处理系统、发电机和变压器监控系统等;在冶金工业中,用于轧钢机、高炉冶炼、配料、钢板卷取控制,包装、进出料场等控制;在机械工业中,用于数控机床、机器人、自动仓库、电镀生产线、热处理等控制;在汽车工业中,用于自动焊接、

装配生产线、涂装流水线等控制；在食品工业中，用于制罐机、饮料灌装生产线、产品包装等控制；在化学工业中，用于化学反应槽、橡胶硫化机、自动配料等控制；在公共事业中，用于电梯、大楼防灾系统、城市交通信号灯等控制。按 PLC 的应用可分为以下几种：

(1) 开关逻辑和顺序控制

这是 PLC 最基本的控制功能，在工业场合应用最为广泛，可代替继电器逻辑控制系统。它既可用于单机控制，又可用于多机群控制及自动化生产线的控制。

(2) 过程控制

PLC 通过模拟量输入/输出 (I/O) 模块，可对温度、流量等连续变化的模拟量进行控制。大中型 PLC 都具有 PID 闭环控制功能，并已广泛用于电力、化工、机械、冶金等行业。

(3) 运动控制

PLC 可应用于对直线运动或圆周运动的控制，如数控机床、机器人、金属加工、电梯控制等。

(4) 多级控制网络系统

PLC 与 PLC 之间、PLC 与计算机之间及其他智能控制设备之间可以联网通信，实现远程数据处理和信息共享，从而构成工厂计算机集成制造系统/企业信息处理系统 (CIMS/CIPS)。

1.2 PLC 的结构与工作原理

1.2.1 PLC 的基本结构

PLC 的种类繁多，但其基本结构及硬件组成则大同小异，一般由中央处理单元 (CPU)、存储器、输入/输出单元、编程器、电源、智能单元 (任选) 等主要部分构成，如图 1.2-1 所示。

(1) 中央处理单元

中央处理单元 (CPU) 是 PLC 的核心部分，它包括微处理器和控制接口电路。微处理器是 PLC 的运算和控制中心，由它实现逻辑运算、数字运算，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，一般来说，小型 PLC 大多采用 8 位微处理器或单片机作为 CPU，如 Z80A、8085、8031 等，这些微处理器具有价格低、通用性好等优点。中型 PLC 大多采用 16 位微处理器或单片机作为 CPU，如 Intel8086、Intel96 系列单片机，这些单片机具有集成度高、运行速度快、可靠性高等优点。大型 PLC 大多采用高速位片式微处理器，它具有灵活性强、速度快、效率高的优点。目前，一些厂家生产的 PLC 中，还采用了冗余技术，即采用双 CPU 或三 CPU 工作，这样进一步提高了系统的可靠性。采用冗余技术可使 PLC 平均

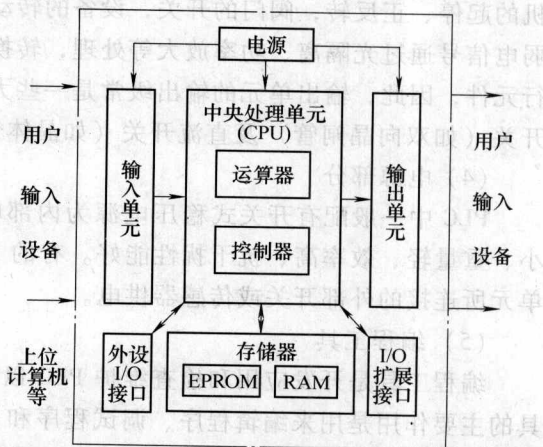


图 1.2-1 PLC 的硬件组成

无故障工作时间达几十万小时以上。

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内部单元之间的可靠的信息交换和最佳的时序配合。

(2) 存储器

PLC 系统中的存储器可以分为以下两种:系统程序存储器和用户程序存储器。

系统程序存储器用于存放 PLC 生产厂家编写的系统程序,并固化在可编程只读存储器 (PROM) 或可擦可编程只读存储器 (EPROM) 中,用户不可访问和修改。系统程序相当于计算机的操作系统,它关系到 PLC 的性能。系统程序包括系统监控程序,用户指令解释程序,标准程序模块、系统调用、管理等程序以及各种系统参数等。用户程序存储器可分为 3 部分:用户程序区、数据区、系统区。用户程序区用于存放用户经编程器或计算机输入的应用程序。用来存储工作数据的区域称数据区,工作数据是经常变化、经常存取的,所以这种存储器必须可读写。系统区主要存放 CPU 的组态数据,例如输入/输出组态、设置输入滤波、脉冲捕捉、输出表配置、定义存储区保持范围、模拟电位器设置、高速计数器配置、高速脉冲输出配置、通信组态等。这些数据是不断变化的,但不需要长久保存,因此采用随机存取存储器 (RAM)。

(3) 输入、输出单元

输入、输出单元是 PLC 的 CPU 与现场输入、输出装置或其他外部设备之间的连接接口部件。输入单元是现场信号进入 PLC 的桥梁,它接收由主令元件、检测元件来的信号。输入方式有两种,一种是数字量输入(也称为开关量或触点输入),另一种是模拟量输入(也称为电平输入)。后者要经过 A/D 转换部件才能进入 PLC。

输入单元均带有光耦合电路,其目的是把 PLC 与外部电路隔离开来,以提高 PLC 的抗干扰能力。为了与现场信号连接,输入单元上设有输入接线端子排;为了滤除信号的噪声和便于 PLC 内部对信号的处理,输入单元内部还有滤波、电平转换、信号锁存电路。

各 PLC 生产厂家都提供了多种形式的 I/O 部件或模块,供用户选用。

输出单元也是 PLC 与现场设备之间的连接部件,其功能是控制现场设备工作(如电动机的起停、正反转,阀门的开关,设备的转动、移动、升降等)。它将经过 CPU 处理过的微弱电信号通过光隔离、功率放大等处理,转换成外部设备所需要的强电信号,以驱动各种执行元件,因此,输出单元的输出级常是一些大功率器件,如机械触点式继电器、无触点交流开关(如双向晶闸管)及直流开关(如晶体管)等。

(4) 电源部分

PLC 中一般配有开关式稳压电源为内部电路供电。开关电源的输入电压范围宽、体积小、重量轻、效率高、抗干扰性能好。有的 PLC 能向外部提供 24V 的直流电源,可给输入单元所连接的外部开关或传感器供电。

(5) 编程工具

编程工具是开发应用和检查维护 PLC 以及监控系统运行不可缺少的外部设备。编程工具的主要作用是用来编辑程序、调试程序和监视程序的执行,还可以在线测试 PLC 的内部状态和参数,与 PLC 进行人机对话等。编程工具可以是专用编程器,也可以是配有专用编程软件包的通用计算机。

(6) 智能单元 除上面介绍的基本硬件组成外, PLC 还有多种智能单元供用户选择。智能单元本身是一个独立的计算机系统。智能单元的工作和 PLC 主 CPU 的工作可以并行进行, 它可以不管 PLC 主 CPU 的状态而独立地连续工作。这种智能接口模块与一般的 I/O 接口模块的主要区别是: 它自身不仅带有微处理器芯片, 而且自身带有存储器和系统程序。它通过系统总线与 CPU 模块相连, 并可在 CPU 模块协调管理下独立地进行工作, 提高处理速度, 便于用户编制程序。根据 PLC 对应各种特殊功能的需要, 智能单元的种类越来越多。它包括 PLC 之间互连的通信处理模块、带有 PID 调节的模拟量控制模块、高速计数器模块、数字位置译码模块、阀门控制模块、中断控制模块等。

1.2.2 PLC 的工作原理

1. 建立 I/O 映像区

在 PLC 存储器内开辟了 I/O 映像区。I/O 映像区的大小由 PLC 的程序决定, 对于系统的一个输入点总有输入映像区的某一位与之相对应。对于系统的每一个输出点都有输出映像区的某一位与之相对应。系统 I/O 点的编址号与 I/O 映像区的映像寄存器地址号相对应。PLC 工作时, 将采集到的输入信号状态存放在输入映像区对应的位上, 将运算结果存放到输出映像区对应的位上。PLC 在执行用户程序时所需“输入继电器”、“输出继电器”的数据取自 I/O 映像区, 而不直接与外部设备发生关系。

I/O 映像区的建立, 使 PLC 工作时只和内存有关的地址单元所存储的信息状态发生关系, 而系统输出也只给内存某一地址单元设定一个状态, 这样不仅加快了程序执行速度, 而且还使控制系统与外界隔开, 提高了系统的抗干扰能力, 同时控制系统远离实际控制对象, 为硬件标准化生产创造了条件。

2. 循环扫描工作方式

(1) PLC 的工作过程

PLC 加电后, 在系统程序的监控下, 周而复始地按一定的顺序对系统内部的各种任务进行查询、判断和执行, 这个过程实质上是按顺序循环扫描的过程, PLC 的工作过程如图 1.2-2 所示。

1) 初始化: PLC 加电后, 首先进行系统初始化, 清除内部继电器存储区, 复位定时器等。

2) CPU 自诊断: PLC 在每个扫描周期都要进入 CPU 自诊断阶段, 对电源、PLC 内部电路、用户程序的语法进行检查; 定期复位监控定时器 (WDT) 等, 以确保系统可靠运行。

3) 通信信息处理: 在每个通信信息处理扫描阶段, 进行 PLC 之间以及 PLC 与计算机之间的信息交换; PLC 与其他带微处理器的智能设备通信, 如智能 I/O 模块; 在多处理器系统中, CPU 还要与数字处理器交换信息。

4) 与外部设备交换信息: PLC 与外部设备连接时, 在每个扫描周期内要与外部设备交换信息。这些外部设备有编程器、终端设备、显示器、打印机等。

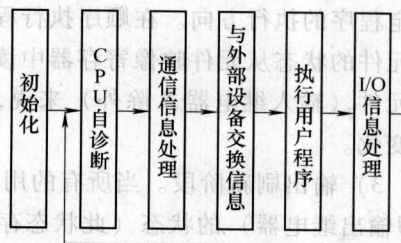


图 1.2-2 PLC 的工作过程

5) 执行用户程序: PLC 在运行状态下, 每一个扫描周期都要执行用户程序。执行用户程序时, 是以扫描的方式按顺序逐条语句扫描处理的, 扫描一条执行一条, 并把运算结果存入输出映像区的对应位中。

6) 输入、输出信息处理: PLC 在运行状态下, 每一个扫描周期都要进行输入、输出信息处理。以扫描的方式把外部输入信号的状态存入输入映像区; 将运算处理后的结果存入输出映像区, 直至传送到外部被控设备。

PLC 周而复始地巡回扫描, 执行上述过程, 直至停机。

(2) 用户程序的扫描过程

PLC 的工作过程与 CPU 的操作方式有关。CPU 有两种操作方式: STOP 方式和 RUN 方式。在扫描周期内, STOP 方式和 RUN 方式的主要差别在于: RUN 方式执行用户程序, 而 STOP 方式不执行用户程序。PLC 对用户程序进行循环扫描可分为三个阶段, 即输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段, 如图 1.2-3 所示。

1) 输入采样阶段。在输入采样阶段, PLC 用扫描方式把所有输入端的外部输入信号的通/断 (ON/OFF) 状态一次写入到输入映像寄存器 (或称输入状态寄存器) 中, 此时输入映像寄存器被刷新。接着进入程序执行阶段, 在程序执行阶段或输出阶段, 输入映像寄存器与外界隔离, 即使外部输入信号的状态发生了变化, 输入映像寄存器的内容也不会随之改变。输入信号变化了的状态, 只是在下一个扫描周期的输入采样阶段才能被读入。也就是说, 在输入采样阶段采样结束之后, 无论输入信号如何变化, 输入映像寄存器的内容保持不变, 直到下一个扫描周期的输入采样阶段, 才重新写入输入端的新状态 (或信息)。

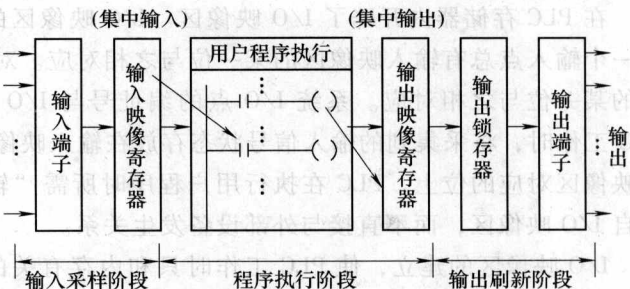


图 1.2-3 PLC 用户程序的工作过程

2) 程序执行阶段。在程序执行阶段, PLC 逐条解释和执行程序。若是梯形图程序, 则按先上后下、先左后右的顺序进行扫描。若程序中有跳转指令, 则根据跳转条件是否满足来决定程序的执行方向。在顺序执行程序时, 所需要的输入状态由输入映像寄存器读出, 其他软元件的状态从元件映像寄存器中读出, 执行结果则写入到元件映像寄存器中。对于每一个软元件 (输入继电器 X 除外) 来说, 元件映像寄存器中所存的内容会随着程序执行的进程而变化。

3) 输出刷新阶段。当所有的用户程序执行完后, PLC 将元件映像寄存器中的输出元件 (即输出继电器) 的状态 (此状态存放在对应的输出映像寄存器中) 转存到输出锁存寄存器中, 经过输出模块隔离和功率放大, 转换成被控设备所能接收的电压或电流信号后, 再去驱动被控制的用户设备 (即外部负载)。

PLC 重复上述三个阶段, 每重复一次的时间即为一个扫描周期。扫描周期的长短与用户程序的长短有关。

对于小型 PLC, 由于 I/O 点数较少, 用户程序较短, 采用集中采样, 集中输出的工作方式, 这样虽然在一定程度上降低了系统的响应速度, 但从根本上提高了系统的抗干扰能力,