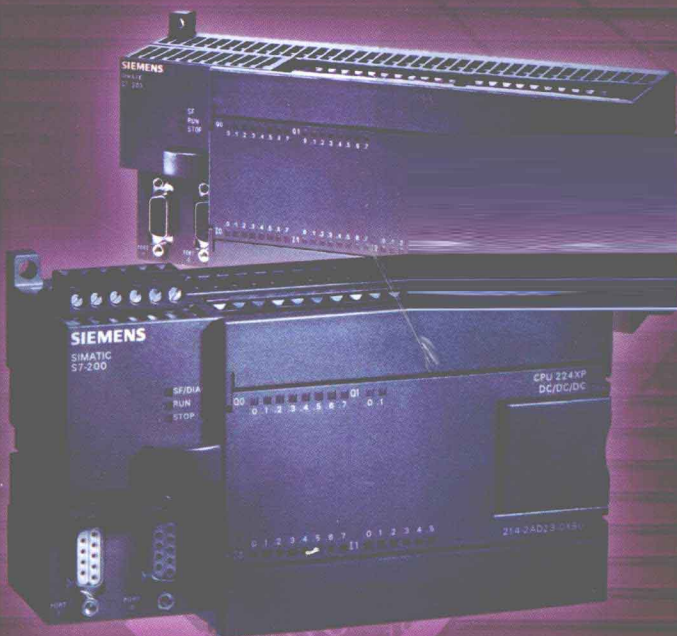


西门子S7-200 PLC 工程应用设计

高安邦 田 敏 俞 宁 等编著
邵俊鹏 姜福祥 徐建俊 主 审



- 内容全面、体系完备，覆盖 PLC 工程应用开发设计的全过程
- 以“授人以渔”的方法，旨在指导读者掌握先进的设计理念和方法
- 给出大量的实际工程应用设计案例，给读者以引导和启迪
- 把握新知、结合实际，详尽介绍 S7-200 PLC 的新知识、新特性、新功能



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电子与电气工程书库

西门子 S7 - 200 PLC 工程应用设计

高安邦	田 敏	俞 宁	崔荣兰	
崔 冰	陈玉华	毕洁廷		编著
刘晓艳	王 玲	姚 薇		
邵俊鹏	姜福祥	徐建俊		主审



机械工业出版社

本书分为上、下两篇。主要以西门子 S7-200 PLC 为控制器件,以工程应用设计为主线,从实用的角度出发,详尽介绍了 PLC 技术的快速入门,PLC 的硬/软件资源,PLC 的编程工具软件,PLC 的编程规则与技巧,PLC 应用系统设计方法,PLC 在机床控制、运动控制、模拟量闭环控制、工业控制网络通信中的工程应用设计以及触摸屏技术在 PLC 工程设计中的应用、组态软件在工程监控系统设计中的应用等。旨在引导 PLC 工程技术人员在掌握正确的设计理念和方法的基础上,以设计案例为示范和样板,举一反三,不断创新,进而设计出 PLC 工程应用的精品。

本书可作为 PLC 工程应用设计人员的指导书,也可作为大专院校相关专业师生的教材和参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

西门子 S7-200 PLC 工程应用设计/高安邦等编著. —北京:机械工业出版社, 2011. 8

(电子与电气工程书库)

ISBN 978-7-111-35776-6

I. ①西… II. ①高… III. ①可编程序控制器 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 180853 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:郝建伟

责任印制:杨 曦

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2011 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·47.75 印张·1184 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-35776-6

定价:99.00 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

序

可编程序控制器 (PLC) 作为一种现代新型工业用控制装置, 具有功能性强、安全可靠、指令系统简单、编程简便易学、易于掌握、体积小、维修工作量少、现场连接方便等一系列显著优点, 不仅可以取代传统的“继电器-接触器”控制系统以实现逻辑控制、顺序控制、定时/计数等各种功能, 大型高档的 PLC 还能像微型计算机那样进行数字运算、数据处理、模拟量调节、运动控制、闭环过程控制以及联网通信等。

目前, PLC 已被广泛应用于机械制造、机床、冶金、采矿、建材、石油、化工、汽车、电力、造纸、纺织、装卸、环保等行业, 其市场份额已经超过了 DCS、智能控制仪表、IPC 等工控设备。在自动化领域, PLC 与数控机床、工业机器人、CAD/CAM 被并称为现代工业技术的四大支柱并已跃居榜首, 尤其在工程项目中的应用越来越广泛。PLC 及其网络现已成为工矿企业中首选的工业控制装置, 由 PLC 组成的多级分布式控制网络也已成为现代工业控制系统的主要组成部分, 其应用的深度和广度也代表了一个国家工业现代化的先进程度。

随着国内各类加工基地的建设, 生产线、加工设备和加工中心的启用, PLC 控制系统的应用还将进一步扩大。因此, 学习 PLC 系统的意义十分重大, 用好 PLC 的意义更为深远; 学用 PLC 技术实现对现代工程设备的稳定可靠控制、提升产品的竞争力, 已成为目前推动这一技术发展的主要驱动力量。

随着 PLC 技术在我国各个应用领域的逐步普及和大量应用, 需要掌握 PLC 产品基础和实用开发技术的工程技术人员群体也在不断扩大, 国内各理工科大学和高职院校都相继开设了 PLC 应用技术专业课程。可见, PLC 应用技术已成为当代理工院校师生、广大工程技术人员竞相掌握的一门重要技能。

随着 PLC 技术的广泛应用, 如何更深层次地应用 PLC 技术, 在工程实践中进行 PLC 的更深入的应用开发, 更充分地利用 PLC 产品丰富的内部资源完成复杂项目的开发等问题不断困扰着采用 PLC 技术进行工程项目开发的相关人员。因此, 如何帮助广大高校师生、工程技术人员迅速解决上述难题已然成为一个亟待解决的问题。目前, 解决这些问题的重要手段就是在源头上多下工夫。比如, 编写一些高质量的实用科技图书, 以“授人以渔”的方法, 帮助读者真正掌握 PLC 产品的基础知识和各种实用开发技术, 解决在实际工程项目开发过程中所遇到的各种困扰, 从而更快、更好地完成各种实际项目的开发和设计。

为了满足广大工程技术人员对 PLC 系统设计的需要, 便于读者全面、系统、深入地掌握 PLC 的最新应用技术, 应机械工业出版社邀请, 高安邦教授在继主持编著出版《三菱 PLC 工程应用设计》之后, 承担了这一实用专著, 这是他多年以来从事 PLC 技术教学和科研开发工作的又一丰硕成果。

本书以 PLC 工程应用为目的, 在广泛吸收国外先进标准、先进设计思想的基础上, 全面系统地介绍了 S7-200 系列 PLC 的硬/软件资源以及在顺序控制、机床等设备改造、模拟量控制、运动控制、通信网络、触摸屏技术和组态软件等方面的最新应用技术; 书中精心编排了大量的典型设计案例, 为 PLC 工程应用设计提供了一些示例和样板, 其宗旨是给读者

以引导和启迪，引领 PLC 工程技术人员开发、设计出实用的 PLC 控制系统。

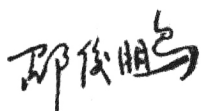
本书具有如下主要特点：

1) 内容全面、体系完备。本书从不同层面和深度，介绍利用 PLC 开发工具进行工程应用开发设计的全过程，内容翔实，覆盖面广。

2) 实践性强、案例典型。本书注重实践性，书中所有案例都已经过验证，均可实现，并具有较强的代表性，读者可通过案例对相应技术点有清晰直观的了解。

3) 把握新知、结合实际。本书对 S7-200 系列 PLC 产品的新知识、新特性、新功能做了详尽的介绍。书中很多技术点都是编著者已经在实际工作中大量运用的，它们是开发经验的提炼和总结，相信会给读者启迪和帮助。

我们热烈祝贺这部学术专著的编辑出版，相信它对提高我国 PLC 工程技术人员的设计能力和水平、提升学院的学术水平和地位、完成学院当前的“十二五规划”中心任务都将起到积极的推动和促进作用；它将为学院的改革建设和创新发展添砖加瓦，并写下浓墨重彩的一笔。



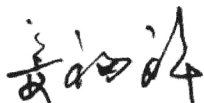
全国机械电子工程专业委员会副主任委员

国家机械学科教学指导委员会委员

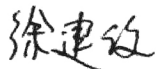
黑龙江省机械工程学会理事

黑龙江省液压与气动学会副理事长

哈尔滨理工大学机械动力工程学院院长/教授/博士生导师



淮安信息职业技术学院副院长/教授/高级工程师



江苏省电机工程学会第八届理事会理论电工及其应用专业委员会委员

江苏省省级名师/淮安市劳模/淮安信息职业技术学院副院长/教授/高级工程师

前 言

可编程序控制器 (PLC) 是近几十年才发展起来的一种新型工业用控制装置。它可以取代传统的“继电器-接触器”控制系统以实现逻辑控制、顺序控制、定时、计数等各种功能,中/大型高档 PLC 还能像微型计算机 (PC) 那样进行数字运算、数据处理、模拟量调节以及联网通信等。它具有通用性强、可靠性高、指令系统简单、编程简便易学、易于掌握、体积小、维修工作量少、现场连接方便等一系列显著优点,已广泛应用于机械制造、机床、冶金、采矿、建材、石油、化工、汽车、电力、造纸、纺织、装卸、环境保护等行业,其市场份额已经超过了 DCS、智能控制仪表、IPC 等工控设备。在自动化领域,PLC 与数控机床、工业机器人、CAD/CAM 并称为现代工业技术的四大支柱并已跃居榜首;尤其在机电一体化产品中的应用越来越广泛,已成为改造和研发机电一体化产品的首选控制器;其应用的深度和广度也代表了一个国家工业现代化的先进程度。

随着各类加工基地的建设,生产线、加工设备和加工中心的启用,PLC 控制系统的应用还将进一步扩大。因此,学习 PLC 系统的意义十分重大,用好 PLC 的意义更为深远;学用 PLC 技术实现对现代工程设备的稳定可靠控制、提升产品的竞争力,已成为目前推动这一技术发展的主要驱动力量。

近年来国内外已出版的 PLC 书籍大部分侧重于介绍 PLC 的一般工作原理,同时结合少量的编程练习和实验,而真正从工程实践的角度详尽介绍 PLC 工程应用设计的书籍并不多见。PLC 控制技术原理与 PLC 工程应用设计严重脱节,读完书籍后,读者不会应用先进的 PLC 技术改造技术落后的传统机电老设备和创新设计机电一体化新产品,甚至不知道 PLC 技术是怎样控制机电设备的,这是目前图书市场上的 PLC 控制技术书籍的严重弊端和缺陷。

为了克服这一弊端和缺陷,我们已于 2011 年 1 月组织编著出版了一部《三菱 PLC 工程应用设计》,由于它浓墨重彩于工程应用设计实践,深受广大读者欢迎。

目前图书市场中有关西门子 S7 系列 PLC 的介绍多为简单的普及性基本知识的介绍,其知识的实用性已远远落后于工程应用开发的时代要求。所以我们又组织编著了这部以西门子 S7 系列 PLC 在工程控制领域的开发应用设计为主线的新作,更具有与时俱进的实用价值。

本书分为上、下两篇。上篇为西门子 PLC 工程应用设计基础,主要包含:第 1 章可编程序控制器 (PLC) 的快速入门;第 2 章 S7-200 PLC 的硬/软件资源及其开发应用指南;第 3 章 S7-200 系列 PLC 的编程工具软件;第 4 章 S7-200 PLC 的编程规则与技巧;第 5 章 S7-200 PLC 应用系统设计方法。下篇为西门子 PLC 工程应用设计案例,主要包含:第 6 章 PLC 在机床控制中的工程应用设计;第 7 章 PLC 在运动控制中的工程应用设计;第 8 章 PLC 在模拟量闭环控制中的工程应用设计;第 9 章 PLC 在工业控制网络通信中的工程应用设计;第 10 章触摸屏技术在 PLC 工程设计中的应用;第 11 章 PLC 组态软件在工程监控系统设计中的应用等。

该书的编写是淮安信息职业技术学院创建江苏省首批优秀教学团队 (全省 45 个),提高学院学术水平和学术地位,提升学院核心竞争力的重要核心成果之一;也是十二五发展规划把学院建成“国内一流、国际知名”高水平的高职院的重要建设内容之一。参加本书编

写工作的有高安邦教授（本书策划、立项、前言和第1章）、田敏院长/博士/研究员级高工（第2章、第11章）、俞宁副院长/教授/研究员级高工（第3章、附录A）；崔荣兰高级工程师（第4章）、崔冰讲师/硕士（保定电力职业技术学院，第5章、附录B、附录C）；陈玉华讲师/硕士（第6章、参考文献）；毕洁廷讲师/硕士（第7章）、刘晓艳讲师/硕士（第8章）、王玲讲师/硕士（第9章）、姚薇讲师/硕士（第10章）。

全书由淮安信息职业技术学院特聘教授/哈尔滨理工大学教授/硕士生导师高安邦统稿。由全国机械电子工程专业委员会副主任委员/国家机械学科教学指导委员会委员/哈尔滨理工大学机械动力工程学院院长/博士生导师邵俊鹏教授、淮安信息职业技术学院副院长姜福祥教授、淮安信息职业技术学院副院长/省级名师徐建俊教授担当主审，他们对本书的编写提供了大力支持和提出了最宝贵的编写意见。本书的编写得到了淮安信息职业技术学院、哈尔滨理工大学、保定电力职业技术学院、三亚市老教授协会的大力支持，在此也表示最真诚的感谢！更对本书所引用著作和论文的编著者表示最诚挚的感谢！三亚市老教授协会副会长/哈尔滨理工大学徐饮周教授等多位专家对本书的编写进行了具体指导；邱少华、王宇航、马鑫、陆智华、余彬、邱一启、张纺、武婷婷、司雪美、朱颖、杨俊、周伟、陈忠、陈丹丹、杨智炜、霍如旭、张旭、宋开峰、陈晨、丁杰、姜延蒙、吴国松、朱兵、杨景、赵家伟、李玉驰、张建民、施赛健等同学为本书的编写做了大量的辅助性工作，在此也表示衷心的感谢！

限于编者的水平和经验，书中错误、疏漏和不妥之处在所难免，恳请各位读者和专家批评、指正。

编 者

目 录

序

前言

上篇 西门子 PLC 工程应用设计基础

第 1 章 可编程序控制器 (PLC)

的快速入门 1

1.1 PLC 概述 1

1.1.1 PLC 的诞生与发展 1

1.1.2 PLC 的定义和标准 8

1.1.3 PLC 的特点、功能及应用 11

1.1.4 PLC 与“继电器-接触器控制系统”、 微机及集散控制系统的比较 15

1.2 PLC 的基本结构及工作原理 18

1.2.1 PLC 的基本结构 18

1.2.2 PLC 的工作原理 26

1.3 PLC 的技术性能 32

1.3.1 基本技术性能 32

1.3.2 PLC 的内存分配及 I/O 点数 33

1.4 PLC 的分类 35

1.5 PLC 的编程语言 39

1.5.1 梯形图 39

1.5.2 指令表 40

1.5.3 顺序功能图 40

1.5.4 功能块图 40

1.5.5 结构文本及其他高级编程 语言 41

习题与思考题 1 41

第 2 章 S7-200 PLC 的硬/软件资源及

其开发应用指南 42

2.1 S7-200 PLC 概述 42

2.1.1 S7-200 PLC 的组成 42

2.1.2 S7-200 PLC 的技术性能指标 44

2.1.3 S7-200 PLC 的接口 47

2.1.4 S7-200 PLC 的配置 48

2.2 S7-200 系列 PLC 的数据存储区及

寻址方式 55

2.2.1 数据存储区 55

2.2.2 指令编址和寻址方式 64

2.3 S7-200 PLC 的基本指令及程序

设计 69

2.3.1 基本逻辑指令 69

2.3.2 顺控步进指令 88

2.3.3 数据处理功能指令 100

2.3.4 其他特殊指令 133

2.3.5 模拟量处理与控制指令 157

习题与思考题 2 166

第 3 章 S7-200 系列 PLC 的编程

工具软件 167

3.1 编程软件的安装 167

3.1.1 系统要求 167

3.1.2 软件安装 167

3.1.3 硬件连接 169

3.1.4 参数设置 170

3.1.5 在线联系 171

3.1.6 建立修改 PLC 通信参数 172

3.2 编程软件的功能 173

3.2.1 基本功能 173

3.2.2 界面 174

3.2.3 各部分功能 174

3.2.4 系统组态 177

3.3 软件的编程 177

3.3.1 程序文件操作 177

3.3.2 编辑程序 179

3.4 调试及运行 189

3.4.1 选择扫描次数 189

3.4.2 状态图表监控 191

3.4.3 运行模式下编辑 194

3.4.4 程序监视 194

3.5 中文版编程工具软件简介	197
3.5.1 中文版编程工具软件概述	197
3.5.2 汉字编程软件菜单	202
3.6 升级版 S7-200 编程软件 STEP7 - Micro/WIN4.0 的基本使用	207
3.6.1 编程软件及编程系统	207
3.6.2 升级版 STEP7 - Micro/WIN4.0 的 编程环境	207
3.6.3 升级版 STEP 7 - Micro/WIN 4.0 软件的使用	217
3.7 STEP 7 - Micro/WIN V4.0 SP5 升级版 编程软件与仿真软件使用指南	221
3.7.1 编程软件概述	221
3.7.2 程序的编写与传送	226
3.7.3 用编程软件监控与调试程序	230
3.7.4 使用系统块设置 PLC 的参数	236
3.7.5 S7-200 仿真软件的使用	242
习题与思考题 3	244
第 4 章 S7-200 PLC 的编程规则与 技巧	245
4.1 S7-200 PLC 程序的结构与编程 规则	245
4.1.1 PLC 程序的结构	245
4.1.2 编程规则和技巧	246
4.2 PLC 的基本电路编程	252
4.2.1 自锁、互锁和联锁控制	252
4.2.2 时间控制	253
4.2.3 方波脉冲发生器	256
4.2.4 分频控制电路	257
4.2.5 报警电路	258
4.2.6 顺序控制	259
4.3 顺序功能图	261
4.3.1 基本概念	261
4.3.2 结构形式	265
4.3.3 顺序功能图的编程方法及梯形图 表示	266
4.4 控制系统设计及编程常用图	275
4.4.1 设备工作要求分析	275
4.4.2 设备信号条件与控制需求	

分析	277
4.4.3 设备控制过程分析	277
4.4.4 程序设计与输入程序	278
习题与思考题 4	278
第 5 章 S7-200 PLC 应用系统 设计方法	279
5.1 PLC 控制系统设计的基本原则、主要 内容与一般步骤	279
5.1.1 系统设计的基本原则	279
5.1.2 系统设计的主要内容和一般 步骤	279
5.2 PLC 控制系统的硬件设计	286
5.2.1 I/O 端子数的简化	286
5.2.2 输入/输出接口电路的选择	289
5.2.3 PLC 供电方式的选择与设计	289
5.2.4 干扰接地方案	291
5.3 PLC 控制系统的软件设计	292
5.3.1 经验设计法	292
5.3.2 “继电器-接触器”控制线路转 换设计法	293
5.3.3 逻辑设计法	296
5.3.4 顺序功能图设计法	298
习题与思考题 5	325

下篇 西门子 PLC 工程应用设计案例

第 6 章 PLC 在机床控制中的工程 应用设计	326
6.1 概述	326
6.1.1 利用 PLC 对机床控制进行改造 的思路	326
6.1.2 利用 PLC 对机床控制进行技术 改造的方法	326
6.1.3 将机床电路图转换成为功能相同 的 PLC 的外部接线图和梯形图 的步骤	327
6.1.4 识读和分析机床 PLC 控制梯形图 和语句表程序的方法和步骤	327
6.2 CA6140 普通车床的 PLC 技术改造	330
6.2.1 CA6140 普通车床的机械结构和主要 运动	330

6.2.2	CA6140 普通车床的“继电器 - 接触器”控制电路	332
6.2.3	CA6140 普通车床的 PLC 技术改造设计	332
6.3	C650 卧式车床的 PLC 技术改造	335
6.3.1	C650 卧式车床的机械结构、运动形式、拖动形式及控制要求	335
6.3.2	C650 卧式车床的电气控制	336
6.3.3	C650 卧式车床的 PLC 技术改造设计	338
6.4	Z3040 摇臂钻床的 PLC 技术改造	342
6.4.1	Z3040 摇臂钻床的机械结构和主要运动	342
6.4.2	Z3040 摇臂钻床的“继电器 - 接触器”控制电路	343
6.4.3	Z3040 摇臂钻床的 PLC 技术改造设计	346
6.5	M7130 平面磨床的 PLC 技术改造	350
6.5.1	M7130 平面磨床的结构组成和主要运动	350
6.5.2	M7130 平面磨床的“继电器 - 接触器”控制电路	351
6.5.3	M7130 平面磨床的 PLC 控制系统设计	353
6.6	组合机床的 PLC 技术改造	355
6.6.1	组合机床的组成结构和工作特点	355
6.6.2	深孔钻组合机床的 PLC 控制系统设计	357
6.6.3	双头钻床的 PLC 控制系统设计	360
6.7	PLC 在数控机床中的工程应用设计	363
6.7.1	数控机床中 PLC 的主要功能	363
6.7.2	PLC 与数据机床之间的信号处理过程	364
6.7.3	数控机床中 PLC 控制程序的编制	364
	习题与思考题 6	368

第 7 章 PLC 在运动控制中的工程

	应用设计	369
7.1	运动控制技术	369
7.1.1	运动控制技术简介	369
7.1.2	运动控制系统的组成和各部分的作用	370
7.2	PLC 采用位控模块的运动控制	373
7.2.1	位控模块概述	373
7.2.2	位控模块的特性及接线	375
7.3	位控模块的编程应用	380
7.3.1	组态位控模块	380
7.3.2	位控指令应用指导	384
7.4	采用位控单元进行位置控制的应用实例	392
7.4.1	长度切割的应用实例 1	392
7.4.2	长度切割的应用实例 2	392
7.5	四轴联动机械手运动控制系统的工程应用设计	394
7.5.1	机械手模型的基本结构及主要功能	394
7.5.2	系统硬件的接线及工作流程	396
7.5.3	系统的硬件配置、原理及应用	401
7.5.4	系统的 PLC 程序设计	422
7.6	六层电梯模型运动控制系统的工程应用设计	430
7.6.1	六层电梯模型的基本结构及主要内容	430
7.6.2	六层电梯模型电气控制系统的硬件配置及控制原理	431
7.6.3	六层电梯模型 PLC 控制系统的有关参数设置及程序设计	443
	习题与思考题 7	459

第 8 章 PLC 在模拟量闭环控制中的

	工程应用设计	460
8.1	闭环控制与 PID 控制器	460
8.1.1	模拟量闭环控制系统	460
8.1.2	PID 控制器	462
8.1.3	PLC PID 控制器的实现	464
8.1.4	PID 指令向导的应用	467

8.1.5 PID 参数的整定方法	468	9.2.3 S7-200 PLC 网络通信协议	526
8.2 PID 参数自整定与 PID 调节控制		9.3 S7-200 的通信功能	533
面板	472	9.4 S7-200 的几种典型网络	535
8.2.1 自整定的基本方法与		9.4.1 网络的建立和基本原则	535
过程	472	9.4.2 S7-200 典型网络的组建	537
8.2.2 扩展的回路表	473	9.4.3 S7-200 网络通信参数设置	540
8.2.3 PID 调节控制面板	474	9.5 S7-200 的通信指令	542
8.2.4 PID 参数自整定实例	475	9.5.1 网络读写指令	542
8.2.5 水储罐保持恒定水压的 PID		9.5.2 发送指令与接收指令	543
控制实例	477	9.6 S7-200 网络通信的应用举例	546
8.3 基于 PLC、触摸屏等综合应用的温度		9.6.1 S7-200 PLC 在某汽车发动机	
控制系统工程设计	479	装配线的应用	546
8.3.1 工程设计任务要求	479	9.6.2 S7-200 PLC 在某水电站工程	
8.3.2 恒温箱温度控制系统工程		中的应用	548
设计	479	9.7 PPI 通信实例	550
8.4 基于 PLC、触摸屏、变频器综合应用的		9.7.1 两台 S7-200 实现 PPI 通信	550
水箱水位控制系统工程设计	484	9.7.2 多台 S7-200 实现 PPI 通信	552
8.4.1 工程设计任务要求	484	9.8 无组态连接通信方式的 MPI 通信	
8.4.2 水箱水位控制系统工程设计	484	实例	554
8.5 S7-200 称重模块的工程应用		9.9 PROFIBUS-DP 通信实例	558
设计	488	9.10 工业以太网通信实例	559
8.5.1 SIWAREX MS 称重模块概述	488	9.10.1 由 S7-200 为服务器、S7-400	
8.5.2 SIWAREX MS 称重模块的硬件		为客户机的以太网通信实例	559
连接	489	9.10.2 由 S7-200 为客户机、S7-300 为	
8.5.3 SIWAREX MS 称重模块的		服务器的以太网通信实例	564
参数	491	9.11 自由口通信实例	567
8.5.4 称重模块的命令	495	9.11.1 利用 S7-200 的自由通信口收/	
8.5.5 SIWATOOL MS 的使用	498	发数据	567
8.5.6 SIW AREX MS 的工程应用		9.11.2 利用 S7-200 的自由通信口向	
设计举例	501	打印机发送数据	569
习题与思考题 8	506	9.11.3 利用 S7-200 的自由通信口	
第 9 章 PLC 在工业控制网络通信中的		从条形码接收数据	569
 工程应用设计	507	9.11.4 利用 S7-200 的自由通信口	
9.1 网络通信的基本概念和接口	507	控制调制解调器	574
9.1.1 网络概述	507	9.11.5 利用 S7-200 的自由通信口向上	
9.1.2 网络通信方式	510	位机发送实时信息	577
9.1.3 异步串行通信接口	515	习题与思考题 9	581
9.2 西门子 PLC 网络结构及通信	517	第 10 章 触摸屏技术在 PLC 工程设计	
9.2.1 S7-200 PLC 网络层次结构	517	 中的应用	582
9.2.2 PLC 网络常用通信方式	522	10.1 触摸屏简介	582

10.1.1	触摸屏概述	582
10.1.2	触摸屏技术	582
10.2	触摸屏的分类	583
10.2.1	电阻式触摸屏	583
10.2.2	电容式触摸屏	584
10.2.3	红外线触摸屏	585
10.2.4	表面声波触摸屏	585
10.3	触摸屏操作(组态)软件	586
10.3.1	编程软件 ProTool 的安装	586
10.3.2	新建项目	590
10.3.3	选择画面	594
10.3.4	为画面元素分配端口	599
10.3.5	用户登录与退出	602
10.3.6	输入域	603
10.3.7	状态按钮	604
10.3.8	事件消息	607
10.3.9	棒图	613
10.3.10	输出域	613
10.3.11	下载项目	615
10.4	触摸屏与 PLC 联机实例	616
10.4.1	电动机手动控制	616
10.4.2	电动机变频器控制	624
10.4.3	温度模拟量输入	626
10.4.4	温度手动电加热	630
10.4.5	手动取样传送	634
10.4.6	手动调整转速	638
10.4.7	喷嘴堵塞报警的显示	642
10.4.8	工作时间显示	644
10.4.9	报警显示	646
10.5	触摸屏常见故障及处理方式	647
10.5.1	按照触摸屏类型分类的故障	647
10.5.2	触摸显示器类故障	649

习题与思考题 10	650
第 11 章 PLC 组态软件在工程监控系统设计中的应用	652
11.1 组态软件概念	652
11.1.1 组态软件概述	652
11.1.2 组态软件在我国的发展及国内外主要产品介绍	653
11.1.3 组态软件的功能特点及发展方向	654
11.1.4 推动组态软件发展的动力	656
11.2 WinCC 组态软件在工程监控设计中的应用	656
11.2.1 WinCC 组态软件概述	657
11.2.2 WinCC 组态软件使用	658
11.2.3 S7-200 与 WinCC 人机界面应用	669
11.2.4 矿山空气压缩机智能监控系统工程应用设计	674
11.2.5 混料罐控制的 WinCC 监控系统设计	695
11.3 组态王在 PLC 工程控制系统中的应用	704
11.3.1 组态王软件简介	704
11.3.2 组态王在 PLC 控制系统中的应用	707
11.3.3 组态王在 PLC 被控对象仿真中的应用	714
习题与思考题 11	726
附录	728
附录 A S7-200 PLC 工程应用设计快速查找参考信息	728
附录 B 特殊存储器 SMB	735
附录 C 错误代码信息	746
参考文献	749

上篇 西门子 PLC 工程应用设计基础

第 1 章 可编程序控制器（PLC）的快速入门

可编程序控制器（Programmable Logic Controller, PLC）是近几十年才发展起来的一种新型工业用控制装置。它可以取代传统的“继电器 - 接触器”控制系统，实现逻辑控制、顺序控制、定时、计数等各种功能，中/大型高档 PLC 还能像微型计算机（PC）那样进行数字运算、数据处理、模拟量调节以及联网通信等。它具有通用性强、可靠性高、指令系统简单、编程简便易学、易于掌握、体积小、维修工作量少、现场连接方便等一系列显著优点，已广泛应用于机械制造、机床、冶金、采矿、建材、石油、化工、汽车、电力、造纸、纺织、装卸、环境保护等行业，尤其在工程设计中的应用更越来越广泛。在自动化领域，PLC 与数控机床、工业机器人、CAD/CAM 并称为现代工业技术的四大支柱，并跃居首位，已成为改造和研发机电一体化产品最理想的首选控制器；其应用的深度和广度也代表着一个国家工业现代化的先进程度。本章将介绍有关这种新型工业控制器件的结构组成、功能特点、工作原理及编程语言等入门知识。

1.1 PLC 概述

1.1.1 PLC 的诞生与发展

1. PLC 的诞生

可编程序控制器（PLC）是随着科学技术的进步与现代社会生产方式的转变，为适应多品种、小批量生产的需要而发展起来的一种新型的工业控制装置。

PLC 从问世以来，虽然才 40 余年，但由于其具有通用灵活的控制性能、可以适应各种工业环境的可靠性能与简单方便的使用性能，在工业自动化领域取得了广泛的应用。

（1）“继电器 - 接触器控制系统”存在的问题

众所周知，制造业中使用的生产设备与生产过程的控制，一般都需要通过工作机构、传动机构、原动机以及控制系统等部分实现。特别是当原动机为电动机时，还需要对电动机的起/制动、正/反转、调速与定位等动作进行控制。生产设备与生产过程的电气操作与控制部分，称为电气自动控制装置或电气自动控制系统。

最初的电气自动控制装置（包括目前使用的一些简单机械），只是一些简单的手动电器（如刀开关、正反转开关等）。这些电器只适合于电机容量小、控制要求简单、动作单一的场所。

随着科学的迅猛发展和技术的不断进步，生产机械对电气自动控制也提出了越来越高的

要求，电气自动控制装置也逐步发展成了各种形式的现代电气自动控制系统。

作为常用电气自动控制系统的一种，人们习惯于把以继电器、接触器、按钮、开关等为主要器件所组成的逻辑控制系统称为“继电器－接触器控制系统”。

“继电器－接触器控制系统”的基本特点是结构简单、生产成本低、抗干扰能力强、故障检修直观方便、适用范围广。它不仅可以实现生产设备、生产过程的自动控制，而且还可以满足大容量、远距离、集中控制的要求。因此，直到今天，“继电器－接触器控制系统”仍是工业自动控制领域最基本的控制系统之一。

但是，由于“继电器－接触器控制系统”的控制元件（继电器、接触器）均为独立元件，决定了系统的“逻辑控制”与“顺序控制”功能只能通过控制元件间的不同连接实现。因此，它不可避免地存在以下不足：

1) 可靠性差，使用寿命较短，排除故障困难。由于继电器－接触器控制系统采用的是“有触点控制”形式，额定工作频率低，工作电流大，长时间连续使用易损坏触点或出现接触不良等故障，直接影响到系统工作的可靠性。如果一个继电器损坏，甚至某一对触点接触不良，都会影响整个系统的正常运行。查找和排除故障往往是非常困难的，有时可能会花费大量的时间。

2) 通用性、灵活性差，总体成本较高。继电器本身并不昂贵，但是控制柜内部的安装、接线工作量极大，为此整个控制柜的价格是相当高的。当生产流程或工艺发生变化、需要更改控制要求时，控制柜内的元件和接线也需要作相应的变动。通常必须通过更改接线或增减控制器件才能实现，但是这种改造的工期长、费用高，以至于有的用户宁愿放弃旧的控制柜的改造，另外再制作一台新的控制柜；有时甚至需要进行重新设计，因此难以满足多品种、小批量生产的要求。

3) 体积大，材料消耗多。“继电器－接触器控制系统”的逻辑控制需要通过控制电器与电器间的连接实现，安装电器需要大量的空间，连接电器需要大量的导线，控制系统的体积大，材料消耗多。

4) 运行费用高，噪声大。由于继电器、接触器均为电磁器件，在系统工作时，需要消耗较多的电能，同时，多个继电器、接触器同时通/断会产生较大的噪声，对工作环境造成不利的影响。

5) 功能局限性大。由于“继电器－接触器控制系统”在精确定时、计数等方面的功能不完善，影响了系统的整体性能，它只能用于定时要求不高、计数简单的场合。

6) 不具备现代工业控制所需要的数据通信、网络控制等功能。

正因为如此，“继电器－接触器控制系统”已难以适应现代工业复杂多变的生产控制要求与生产过程控制集成化、网络化的需要。

(2) PLC 的诞生

为了解决“继电器－接触器控制系统”存在的通用性、灵活性差，功能局限性大与通信、网络方面欠缺的问题，20 世纪 50 年代末，人们曾设想利用计算机功能完备、通用性和灵活性强的特点来解决以上问题。但由于当时的计算机原理复杂，生产成本低，程序编制难度大，加上工业控制需要大量的外围接口设备，可靠性问题突出，使得它在量大面广的一般工业控制领域难以普及与应用。

到了 20 世纪 60 年代末，有人这样设想：能否把计算机通用、灵活、功能完善的特点与

“继电器 – 接触器控制系统”的简单易懂、使用方便、生产成本低的特点结合起来，生产出一种面向生产过程顺序控制，可利用简单语言编程，能让完全不熟悉计算机的人也能方便使用的控制器呢？

这一设想最早由美国最大的汽车制造商——通用汽车公司（GM 公司）于 1968 年提出。当时，该公司为了适应汽车市场多品种、小批量的生产需求，需要解决汽车生产线“继电器 – 接触器控制系统”中普遍存在的通用性、灵活性差的问题，提出了对一种新颖控制器的十大技术要求，并面向社会进行招标。十大技术要求具体如下：

- 1) 编程方便，且可以在现场方便地编辑、修改控制程序。
- 2) 价格便宜，性能价格比要高于继电器系统。
- 3) 体积要明显小于继电器控制系统。
- 4) 可靠性要明显高于继电器控制系统。
- 5) 具有数据通信功能。
- 6) 输入可以是 AC115 V。
- 7) 输出驱动能力在 AC115 V/2 A 以上。
- 8) 硬件维护方便，最好采用“插接式”结构。
- 9) 扩展时，只需要对原系统进行很小的改动。
- 10) 用户存储器容量至少可以扩展到 4 KB。

以上就是著名的“GM 十条”。这些要求的实质内容是提出了将“继电器 – 接触器控制系统”的简单易懂、使用方便、价格低廉的优点与计算机的功能完善、灵活性好、通用性好的优点结合起来，将“继电器 – 接触器控制系统”的硬连线逻辑转变为计算机的软件逻辑编程的设想。

根据以上要求，美国数字设备公司（DEC 公司）在 1969 年首先研制出了全世界第一台可编程序控制器，并称之为“可编程序逻辑控制器”（Programmable Logic Controller, PLC）。该样机在 GM 公司的应用获得了成功。此后，PLC 得到了快速发展，并被广泛用于各种开关量逻辑运算与处理的场合。

早期 PLC 的硬件主要由分立元件与小规模集成电路构成，它虽然采用了计算机技术，但指令系统、软件与功能相对较简单，一般只能进行逻辑运算的处理，同时通过简化计算机的内部结构与改进可靠性等措施，使之能与工业环境相适应。

正因为如此，在 20 世纪 70 年代初期出现过一些由二极管矩阵、集成电路等器件组成的所谓“顺序控制器”；20 世纪 70 年代末期出现过以 MC14500 工业控制单元（Industrial Control Unit, ICU）为核心，由 8 通道数据选择器（MC14512）、指令计数器（MC14516）、8 位可寻址双向锁存器（MC14599）、存储器（2732）等组成的“ICU 可编程序控制器”等产品。这些产品与 PLC 相比，虽然具有一定的价格优势，但最终还是由于其可靠性、功能等多方面的原因，未能得到进一步的推广与发展；而 PLC 则随着微处理器价格的全面下降，最终以其优良的性能价格比，得到了迅猛发展，并最终成为了当代工业自动控制技术的重要支柱之一。

2. PLC 的发展

PLC 技术随着计算机和微电子技术的发展而迅猛发展，由最初的 1 位机发展为 8 位机。随着微处理器 CPU 和微型计算机技术在 PLC 中的应用，形成了现代意义上的 PLC。进入 20

世纪 80 年代以来,随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的迅猛发展,以 16 位和 32 位微处理器构成的微机化 PLC 得到了惊人的发展,使 PLC 在概念、设计、性能价格比以及应用等方面都有了新的突破。不仅控制功能增强,功耗、体积减小,成本下降,可靠性提高,编程和故障检测更为灵活方便,而且远程 I/O 和通信网络、数据处理以及人机界面(HMI)也有了长足的发展。现在 PLC 不仅能得心应手地应用于制造业自动化,还可以应用于连续生产的过程控制系统,所有这些已经使其成为现代工业的四大支柱之一,即使在现场总线技术已成为自动化技术应用热点的今天,PLC 仍然是现场总线控制系统中不可缺少的首选控制器。

总结 PLC 的发展历程,大致经历了 5 个阶段。

(1) 初级阶段

从第一台 PLC 问世到 20 世纪 70 年代中期。这个时期的 PLC 功能简单,主要完成一般的继电器控制系统的功能,即顺序逻辑、定时和计数等,编程语言为梯形图。

(2) 崛起阶段

从 20 世纪 70 年代中期到 80 年代初期。由于 PLC 在取代“继电器-接触器控制系统”方面的卓越表现,所以从它在电气自动控制领域开始普及应用后便得到了飞速的发展。这个阶段的 PLC 在其控制功能方面增强了很多,例如数据处理、模拟量的控制等。

(3) 成熟阶段

从 20 世纪 80 年代初期到 90 年代初期。这之前的 PLC 主要是单机应用和小规模、小系统的应用。但随着对工业自动化技术水平、控制性能和控制范围要求的提高,在大型的控制系统(如冶金、饮料、造纸、烟草、纺织、污水处理等)中,PLC 也展示出了其强大的生命力。对这些大规模、多控制器的应用场合,要求 PLC 控制系统必须具备通信和联网功能。这个时期在大型的 PLC 中一般都扩展了遵守一定协议的通信接口。

(4) 飞速发展阶段

从 20 世纪 90 年代初期到 90 年代末期。由于对模拟量处理功能和网络通信功能的提高,PLC 控制系统在过程控制领域也开始大面积应用。随着芯片技术、计算机技术、通信技术和控制技术的发展,PLC 的功能得到了进一步的提高。PLC 不论从体积、人机界面功能、端子接线技术,还是从内在的性能(速度、存储容量等)、实现的功能(运动控制、通信网络、多机处理等)方面都远非过去的 PLC 可比。20 世纪 80 年代以后是 PLC 发展最快的时期,年增长率一直都保持在 30%~40%。

(5) 开放性、标准化阶段

从 20 世纪 90 年代中期以后。其实关于 PLC 开放性的工作在 20 世纪 80 年代就已经展开;但由于受到各大公司利益的阻挠和技术标准化难度的影响,这项工作进展得并不顺利。所以,PLC 诞生后的近 30 年时间里,各种 PLC 通信标准、编程语言等方面都存在着不兼容的地方,这为在工业自动化中实现互换性、互操作性和标准化带来了极大的不便。现在随着 PLC 国际标准 IEC61131 的逐步完善和实施,特别是 IEC61131-3 标准编程语言的推广,使得 PLC 真正走入了一个开放性和标准化的新时代。

3. PLC 进一步的飞速发展趋势

PLC 总的发展趋势是向高集成度、小体积、大容量、高速度、易使用、高性能、信息化、软 PLC、标准化、与现场总线技术紧密结合等方向发展。

(1) 向小型化、专用化、低成本方向发展

随着微电子技术的发展,新型器件性能的大幅度提高,价格却大幅度降低,使得 PLC 结构更为紧凑,操作使用十分简便。从体积上讲,有些专用的微型 PLC 仅有一块香皂大小。PLC 的功能不断增加,将原来大中型 PLC 才有的功能部分地移植到小型 PLC 上,如模拟量处理、复杂的功能指令和网络通信等。PLC 的价格也不断下降,真正成为现代电气控制系统中不可替代的首选控制装置。据统计,小型和微型 PLC 的市场份额一直保持在 70% ~ 80%,所以对 PLC 小型化的追求永远不会停止。

(2) 向大容量、高速度、信息化方向发展

现在大中型 PLC 采用多微处理器系统,有的采用了 32 位微处理器,并集成了通信联网功能,可同时进行多任务操作,运算速度、数据交换速度及外设响应速度都有大幅度提高,存储容量大大增加,特别是增强了过程控制和数据处理的功能。为了适应工厂控制系统和企业信息管理系统日益有机结合的要求,信息技术也渗透到了 PLC 中,如设置开放的网络环境、支持 OPC (OLE for Process Control) 技术等。

(3) 智能化模块的发展

为了实现某些特殊的控制功能,PLC 制造商开发出了许多智能化的 I/O 模块。这些模块本身带有 CPU,使得占用主 CPU 的时间很少,减少了对 PLC 扫描速度的影响,提高了整个 PLC 控制系统的性能。它们本身有很强的信息处理能力和控制功能,可以完成 PLC 的主 CPU 难以兼顾的功能。由于在硬件和软件方面都采取了可靠性和便利化的措施,所以简化了某些控制系统的系统设计和编程。典型的智能化模块主要有高速计数模块、定位控制模块、温度控制模块、闭环控制模块、以太网通信模块和各种现场总线协议通信模块等。

(4) 人机界面(接口)的发展

HMI (Human-Machine Interface) 在工业自动化系统中起着越来越重要的作用,PLC 控制系统在 HMI 方面的进展主要体现在以下几个方面:

1) 编程工具的发展。过去绝大部分中小型 PLC 仅提供手持式编程器,编程人员通过编程器和 PLC 打交道。首先是把编制好的梯形图程序转换成语句表程序,然后使用编程器一个字符、一个字符地敲到 PLC 内部;另外,调试时也只能通过编程器观察很少的信息。现在手持式编程器已被淘汰,基于 Windows 的编程软件不仅可以对 PLC 控制系统的硬件组态,即设置硬件的结构、类型、各通信接口的参数等,而且可以在屏幕上直接生成和编辑梯形图、语句表、功能块图和顺序功能图程序,并且可以实现不同编程语言之间的自动转换。程序被编译后可下载到 PLC,也可以将用户程序上传到计算机。编程软件的调试和监控功能也远远超过手持式编程器,可以通过编程软件中的监视功能实时观察 PLC 内部各存储单元的状态和数据,为诊断分析 PLC 程序和工作过程中出现的问题带来了极大的方便。

2) 功能更强大。过去在 PLC 控制系统中进行参数的设定和显示非常麻烦,对输入设定参数要使用大量的拨码开关组,对输出显示参数要使用数码管,它们不仅占据了大量的 I/O 资源、而且功能少、接线烦琐。现在各种单色、彩色的显示设定单元、触摸屏、覆膜键盘等应有尽有,它们不仅能完成大量数据的设定和显示,还能直观形象地显示动态图形画面和完成数据处理等功能。

3) 基于 PC 的组态软件。在大中型的 PLC 控制系统中,仅靠简单地显示设定单元已不能解决人机界面的问题,所以基于 Windows 的 PC 成为了最佳的选择。配合适当的通信接口