

智能制造高技能人才培养规划丛书

西门子 S7-200 SMART PLC 编程技术

工控帮教研组 编著

· 零基础入门，学练结合，轻松上手 ·

· 学习案例源自实践 ·

· 所学技能与岗位需求紧密贴合 ·



S7-200



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S7-200 SMART PLC 编程技术

工控帮教研组 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

为适应中国小型自动化需求，西门子公司特定制了一款高性价比的小型 PLC 产品——S7-200 SMART，由于其具有诸多优点，逐年应用越来越广。目前市面上讲解该系列的书籍较少，为了满足初学者的需求，本书特选择 S7-200 SMART 进行讲解。

全书共分 11 章，根据学习进度由浅入深编排内容。第 1、2 章主要讲解 S7-200 SMART 硬件选型、输入/输出接线及编程软件的应用。第 3 章开始讲解编程基础，包括 PLC 常用数据类型、数制之间的转换、S7-200 SMART 提供了哪些存储区及各存储区的寻址方法、基本的位逻辑指令应用、定时器和计数器的应用。第 4 章讲解了顺序控制指令、跳转指令、循环指令、移位指令、传送指令、比较指令、转换指令、实时时钟指令、整数四则运算指令及子程序的应用等。第 5~9 章讲解了 S7-200 SMART 高级功能的应用，包括中断的应用、高速计数的应用、高速脉冲输出运动控制的应用、模拟量及 PID 应用、通信功能的应用。第 10 章讲解了 S7-200 SMART 控制系统的整体设计思路及注意事项。第 11 章作为选修内容，主要针对的是没有电气控制基础的人员，讲解了常用电气设备和传感器的原理及选型应用。

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 S7-200 SMART PLC 编程技术/工控帮教研组编著. —北京: 电子工业出版社, 2019.1
(智能制造高技能人才培养规划丛书)

ISBN 978-7-121-35024-5

I. ①西… II. ①工… III. ①PLC 技术—程序设计—教材 IV. ①TM571.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 209184 号

策划编辑: 张楠

责任编辑: 康霞

印刷: 北京京师印务有限公司

装订: 北京京师印务有限公司

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: 787×1092 1/16 印张: 15.5 字数: 397 千字

版次: 2019 年 1 月第 1 版

印次: 2019 年 5 月第 2 次印刷

定价: 56.00 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, 88258888。

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。

本书咨询联系方式: (010) 88254579。

前言

PREFACE

随着德国工业 4.0 的提出，以及我国《中国制造 2025》的推进，中国制造业向智能制造方向转型已是大势所趋。智能制造是《中国制造 2025》的核心，工业机器人是智能制造最具代表性的装备。根据 IFR（国际机器人联合会）发布的最新报告，2016 年全球工业机器人销量继续保持高速增长。2017 年全球工业机器人销量约 33 万台，同比增长 14%。其中，中国工业机器人销量 9 万台，同比增长 31%。IFR 预测，未来十年，全球工业机器人销量年平均增长率将保持在 12% 左右。

当前，机器人替代人工生产已经成为未来制造业的必然，工业机器人作为“制造业皇冠顶端的明珠”，将大力推动工业自动化、数字化、智能化的早日实现，为智能制造奠定基础。然而，智能制造发展并不是一蹴而就的，而是从“自动信息化”“互联化”到“智能化”层层递进、演变发展的。智能制造产业链涵盖智能装备（机器人、数控机床、服务机器人、其他自动化装备）、工业互联网（机器视觉、传感器、RFID、工业以太网）、工业软件（ERP/MES/DCS 等）、3D 打印及将上述环节有机结合起来的自动化系统集成及生产线集成等。

根据智能制造产业链的发展顺序，智能制造首先需要实现自动化，然后实现信息化，再实现互联网化，最后才能真正实现智能化。工业机器人是实现智能制造前期最重要的工作之一，是联系自动化和信息化的重要载体。智能装备和产品是智能制造的实现端，围绕汽车、机械、电子、危险品制造、国防军工、化工、轻工等应用需求，工业机器人将成为智能制造中智能装备的普及代表。

由此可见，智能装备应用技术的普及和发展是我国智能制造推进的重要内容，工业机器人应用技术是一个复杂的系统工程，工业机器人不是买来就能使用的，还需要对其进行规划集成，把机器人本体与控制软件、应用软件、周边的电气设备等结合起来，组成一个完整的工作站，方可进行工作。通过在数字工厂中工业机器人的推广应用，不断提高机器人作业的智能水平，使其不仅能替代人的体力劳动，而且能替代一部分脑力劳动。因此，以工业机器人应用为主线构造智能制造与数字车间关键技术的运用和推广显得尤为重要，这些技术包括机器人与自动化生产线布局设计、机器人与自动化上下料技术、机器人与自动化精准定位技术、机器人与自动化装配技术、机器人与自动化作业规划与示教技术、机器人与自动化生产线协同工作技术及机器人与自动化车间集成技术，通过建造机器人自动化生产线，利用机器手臂、自动化控制设备或流水线自动化推动企业技术改造向机械化、自动化、集成化、生态化、智能化方向发展，从而实现数字车间制造过程中物质流、信息流、能量流和资金流的智能化。

近年来，虽然多种因素推动着我国工业机器人在自动化工厂的广泛使用，但是一个越来

越大的问题清晰地摆在我们面前，那就是工业机器人的使用和集成技术人才严重匮乏，甚至阻碍这个行业的快速发展。哈尔滨工业大学机器人研究所所长、长江学者孙立宁教授指出：按照目前中国机器人安装数量的增长速度，对工业机器人人才的需求早已处于干渴状态。目前，国内仅有少数本科院校开设工业机器人的相关专业，学校普遍没有完善的工业机器人相关课程体系及实训工作站。因此，学校老师和学员都无法得到科学培养，从而不能快速满足产业发展的需要。

工控帮教研组结合自身多年的工业机器人集成应用技术和教学经验，以及对机器人集成应用企业的深度了解，在细致分析机器人集成企业的职业岗位群和岗位能力矩阵的基础上，整合机器人相关企业的应用工程师和机器人职业教育方面的专家学者，编制了本套智能制造高技能人才培养规划丛书。按照智能制造产业链和发展顺序，本套丛书分为专业基础教材、专业核心教材和专业拓展教材。

专业基础教材涉及的内容包括触摸屏编程技术、运动控制技术、电气控制与 PLC 技术、液压与气动技术、金属材料与机械基础、EPLAN 电气制图、电工与电子技术等。

专业核心教材涉及的内容包括工业机器人技术基础、工业机器人现场编程技术、工业机器人离线编程技术、工业组态与现场总线技术、机器人与 PLC 系统集成、基于 SolidWorks 的工业机器人夹具和方案设计、工业机器人维修与维护、工业机器人典型应用实训、西门子 S7-200 SMART PLC 编程技术等。

专业拓展教材涉及的内容包括焊接机器人与焊接工艺、机器视觉技术、传感器技术、智能制造与自动化生产线技术、生产自动化管理技术（MES 系统）等。

本教材内容力求源于企业、源于真实、源于实际，然而因编著者水平有限，错漏之处在所难免，欢迎读者朋友们关注微信公众号 GKYXT1508 交流指导，谢谢！

工控帮教研组

目 录

CONTENTS

| | |
|------------------------------------|----|
| 第 1 章 S7-200 SMART 硬件概述 | 1 |
| 1.1 S7-200 SMART 系列 PLC 简介 | 1 |
| 1.2 S7-200 SMART 的基本结构 | 2 |
| 1.3 S7-200 SMART I/O 点的分类及选型 | 3 |
| 1.3.1 输入/输出 (I/O) 点数的估算 | 4 |
| 1.3.2 存储器容量的估算 | 4 |
| 1.3.3 功能的选择 | 4 |
| 1.3.4 机型的选择 | 6 |
| 1.4 S7-200 SMART 扩展模块及信号板简介 | 7 |
| 1.5 S7-200 SMART 外部接线 | 9 |
| 1.6 练习 | 11 |
| 第 2 章 STEP7-Micro/WIN SMART 编程软件介绍 | 12 |
| 2.1 编程软件的介绍及安装 | 12 |
| 2.2 项目创建 | 13 |
| 2.3 系统块的设置 | 14 |
| 2.4 符号表及符号地址的使用 | 16 |
| 2.5 状态图表及程序状态监控的使用 | 17 |
| 2.6 数据块的使用 | 18 |
| 2.7 交叉引用的使用 | 18 |
| 2.8 程序的编写与上/下载 | 19 |
| 2.9 软件的其他常用功能 | 20 |
| 2.10 练习 | 24 |
| 第 3 章 S7-200 SMART 编程基础 | 25 |
| 3.1 S7-200 SMART 编程语言与程序结构 | 25 |
| 3.2 S7-200 SMART 常用的数据类型 | 27 |
| 3.2.1 数制 | 27 |
| 3.2.2 数据类型 | 27 |
| 3.3 数制之间的转换 | 29 |
| 3.4 S7-200 SMART 存储区 | 30 |
| 3.5 直接寻址与间接寻址 | 31 |

| | | |
|------------|---------------------------|-----------|
| 3.6 | 位逻辑指令概述及应用 | 34 |
| 3.7 | 定时器与计数器的应用 | 39 |
| 3.7.1 | 定时器 | 39 |
| 3.7.2 | 计数器 | 41 |
| 3.8 | 练习 | 42 |
| 第4章 | S7-200 SMART 的应用指令 | 46 |
| 4.1 | 顺序控制指令的应用 | 46 |
| 4.2 | 跳转指令 | 50 |
| 4.3 | 循环指令 | 51 |
| 4.4 | 移位及循环移位指令的应用 | 53 |
| 4.5 | 传送指令的应用 | 57 |
| 4.6 | 比较指令的应用 | 60 |
| 4.7 | 转换指令的应用 | 60 |
| 4.7.1 | 字节与整数之间的转换 | 60 |
| 4.7.2 | 整数与双整数之间的转换 | 61 |
| 4.7.3 | 双整数与实数(浮点数)之间的转换 | 61 |
| 4.7.4 | 七段数字显示译码(SEG) | 62 |
| 4.7.5 | BCD码与整数之间的转换 | 63 |
| 4.8 | 实时时钟指令及定时锁机应用 | 63 |
| 4.9 | 整数四则运算及递增递减指令应用 | 66 |
| 4.10 | 浮点数运算指令应用 | 68 |
| 4.11 | 子程序调用与局部变量的使用 | 71 |
| 4.12 | 练习 | 77 |
| 第5章 | 中断及中断程序的编写 | 80 |
| 5.1 | 中断的基本概念 | 80 |
| 5.2 | 中断的分类 | 80 |
| 5.3 | 中断事件类型和优先级 | 81 |
| 5.4 | 中断程序的编写 | 82 |
| 5.5 | 练习 | 86 |
| 第6章 | 高速计数的应用 | 88 |
| 6.1 | 高速计数的概念与外部接线 | 88 |
| 6.2 | 高速计数器的计数模式及控制字节 | 90 |
| 6.2.1 | 高速计数器的计数模式 | 90 |
| 6.2.2 | 高速计数器的控制字节 | 92 |
| 6.3 | 高速计数程序的编写 | 92 |
| 6.3.1 | 高速计数器指令 | 92 |
| 6.3.2 | 高速计数程序的编写步骤 | 93 |

| | | |
|---------------|--------------------------------|------------|
| 6.4 | 高速计数向导的应用 | 96 |
| 6.5 | 练习 | 100 |
| 第 7 章 | 高速脉冲输出运动控制 | 102 |
| 7.1 | 伺服与步进系统简介 | 102 |
| 7.1.1 | 伺服系统 | 102 |
| 7.1.2 | 步进系统 | 105 |
| 7.2 | 脉宽调制输出 (PWM) | 112 |
| 7.3 | 运动控制向导的组态 | 116 |
| 7.4 | 常用运动控制子程序的应用 | 125 |
| 7.5 | 练习 | 129 |
| 第 8 章 | 模拟量及 PID 应用 | 131 |
| 8.1 | S7-200 SMART 模拟量转换关系 | 131 |
| 8.2 | PID 控制简介 | 134 |
| 8.3 | PID 向导组态 | 139 |
| 8.4 | PID 面板的使用与自整定 | 142 |
| 8.5 | 练习 | 144 |
| 第 9 章 | S7-200 SMART 的通信功能 | 145 |
| 9.1 | 通信功能概述 | 145 |
| 9.1.1 | 串行通信 | 145 |
| 9.1.2 | 串行通信的端口标准 | 146 |
| 9.2 | S7-200 SMART 通信端口及连接资源 | 147 |
| 9.3 | Modbus RTU 通信 | 150 |
| 9.3.1 | Modbus 协议简介 | 150 |
| 9.3.2 | RTU 通信帧结构 | 151 |
| 9.3.3 | RTU 通信帧错误校验方式 | 152 |
| 9.3.4 | Modbus 库的使用及编程 | 153 |
| 9.4 | USS 协议 | 164 |
| 9.5 | GET/PUT 以太网通信 | 167 |
| 9.5.1 | S7-200 SMART 之间的以太网通信 | 167 |
| 9.5.2 | S7-200 SMART 与其他 S7 PLC 的以太网通信 | 169 |
| 9.6 | 练习 | 169 |
| 第 10 章 | PLC 控制系统的应用设计 | 171 |
| 10.1 | PLC 控制系统的总体设计 | 171 |
| 10.1.1 | PLC 控制系统的类型 | 171 |
| 10.1.2 | PLC 控制系统设计的基本原则 | 173 |
| 10.1.3 | PLC 控制系统的设计步骤 | 173 |

| | | |
|---------------|----------------------------|------------|
| 10.1.4 | 减少 PLC 输入和输出点数的方法 | 175 |
| 10.2 | 提高 PLC 控制系统可靠性的措施 | 178 |
| 10.2.1 | 供电系统设计 | 178 |
| 10.2.2 | 接地设计 | 181 |
| 10.2.3 | PLC 输入/输出电路设计 | 182 |
| 10.2.4 | 电气柜结构设计 | 184 |
| 10.2.5 | 现场布线图设计 | 185 |
| 10.2.6 | 冗余设计 | 185 |
| 10.2.7 | 软件抗干扰方法 | 185 |
| 10.2.8 | 工作环境处理 | 186 |
| 10.3 | PLC 控制系统的设计 | 187 |
| 10.3.1 | 实例: 三级皮带运输机 | 187 |
| 10.3.2 | 实例: 利用 SMART 两轴运动控制走异形轨迹 | 191 |
| 10.3.3 | 实例: 利用 PLC 控制实现 PID 变频恒压供水 | 202 |
| 10.4 | 实践知识拓展 | 207 |
| 10.5 | 练习 | 212 |
| 第 11 章 | 电气控制基础及传感器应用 (选修) | 215 |
| 11.1 | 电工基础知识 | 215 |
| 11.2 | 常用电气设备原理及应用 | 215 |
| 11.3 | 常见电气控制电路 | 225 |
| 11.4 | 光电开关、接近开关的应用及选型 | 227 |
| 11.5 | 现场一次仪表、二次仪表应用及选型 | 229 |
| 11.5.1 | 温度传感器 | 229 |
| 11.5.2 | 压力传感器 | 230 |
| 11.5.3 | 流量检测仪表 | 231 |
| 11.5.4 | 物位检测仪表 | 233 |
| 11.5.5 | 称重仪表简介 | 237 |
| 11.6 | 练习 | 239 |

S7-200 SMART 硬件概述

本章学习目的：对 S7-200 SMART 系列 PLC 所提供的 CPU、信号板及扩展模块有个整体了解，能够根据控制要求合理选型。主要了解 CPU 的供电电压、输入连接 NPN 型与 PNP 型传感器接线方式的不同，继电器与晶体管输出型的优缺点，高速计数功能的通道数及最高频率，高速脉冲输出轴数及最高频率，通信接口型号、个数及扩展性，模拟量输入/输出通道数及模块的合理选择。

1.1 S7-200 SMART 系列 PLC 简介

S7-200 SMART 是西门子公司针对中国小型自动化市场客户要求而设计研发的一款高性价比比小型 PLC，是国内广泛使用的 S7-200 PLC 的更新换代产品，继承了 S7-200 PLC 的优点，同时又有许多 S7-200 PLC 无法比拟的亮点。本书以 V2.3 的硬件及软件版本为准，对其他版本不再做说明。

1) 机型丰富，更多选择

提供不同类型、I/O 点数丰富的 CPU 模块，单体 I/O 点数最高可达 60 点，可满足大部分小型自动化设备的控制需求。另外，CPU 模块配备标准型和经济型供用户选择，对于不同的应用需求，产品配置更加灵活，能够最大限度地控制成本。

2) 选件扩展，精确定制

新颖的信号板设计可扩展通信端口、数字量通道、模拟量通道。在不额外占用电控柜空间的前提下，信号板扩展能更加贴合用户的实际配置，提升产品的利用率，同时降低用户的扩展成本。

3) 高速芯片，性能卓越

配备西门子专用高速处理器芯片，基本指令执行时间可达 $0.15\mu\text{s}$ ，在同级别小型 PLC 中遥遥领先。一颗强有力的“芯”能让您在应对烦琐的程序逻辑、复杂的工艺要求时从容不迫。

4) 以太网，经济便捷

CPU 模块本体标配以太网接口，集成了强大的以太网通信功能，用一根普通的网线即可将程序下载到 PLC 中，方便快捷，省去了专用编程电缆。通过以太网接口还可与其他 CPU

模块、触摸屏、计算机进行通信，轻松组网。

5) 三轴脉冲，运动自如

CPU 模块本体最多集成 3 路高速脉冲输出，频率高达 100 kHz，支持 PWM/PTO 输出方式及多种运动模式，可自由设置运动包络，配备方便易用的向导设置功能，可快速实现设备调速、定位等。

6) 通用 SD 卡，方便下载

本机集成 Micro SD 卡插槽，使用市面上通用的 Micro SD 卡即可实现程序的更新和 PLC 固件升级，极大地方便了客户工程师对最终用户的服务支持，也省去了因 PLC 固件升级返厂服务的不便。

7) 软件友好，编程高效

在继承西门子编程软件强大功能的基础上，融入了更多的人性化设计，如新颖的带状式菜单、全移动式界面窗口、方便的程序注释、强大的密码保护等。在体验强大功能的同时，大幅提高开发效率，缩短产品上市时间。

8) 完美整合，无缝集成

SIMATIC S7-200 SMART 可编程控制器、SIMATIC SMART LINE 触摸屏和 SINAMICS V20 变频器完美整合，为 OEM 客户带来高性价比的小型自动化解决方案，能够满足客户对于人机交互、控制、驱动等功能的全方位需求。

1.2 S7-200 SMART 的基本结构

S7-200 SMART 的基本结构如图 1-1 所示。

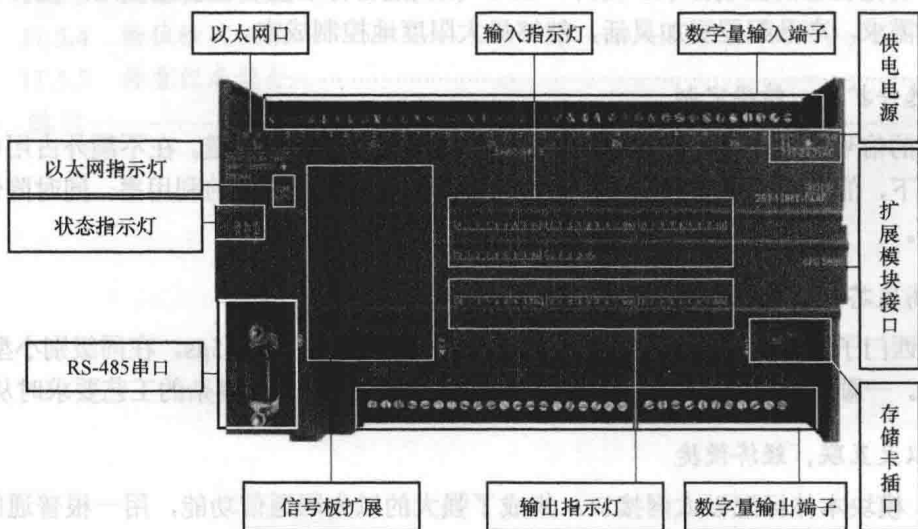


图 1-1

1.3 S7-200 SMART I/O 点的分类及选型

按照 I/O 点的不同, 可分为如图 1-2 所示的类型。

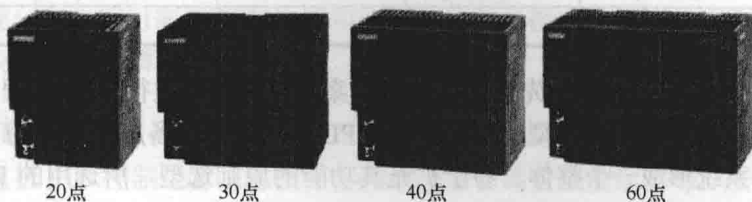


图 1-2

按照可否扩展分为以下两种类型。

- (1) 标准型: 可扩展 CPU, 可以满足对 I/O 点数有较大需求、逻辑较复杂的控制系统。
- (2) 经济型: 不可扩展 CPU, 只能通过本体自带的 I/O 点, 完成简单的控制需求。

按照输出类型分为以下两种类型。

- (1) 继电器型: 可以负载较大电流 (2A) 和电压 (AC 5~250V 或 DC 5~30V), 但响应速度慢 (10ms 左右, 不可输出高速脉冲控制步进或伺服系统), 触点寿命短 (机械寿命 10 000 000 次断开/闭合周期, 额定负载下触点寿命 100 000 次断开/闭合周期)。
- (2) 晶体管型: 响应速度快 (断开到接通最长 1.0 μ s, 接通到断开最长 3.0 μ s, 可输出高速脉冲驱动步进和伺服), 负载的电流 (0.5A) 和电压 (DC 20.4~28.8V) 小, 无触点寿命长。

详细型号分类及重要性能参数如表 1-1 所示。

表 1-1

| CPU 型号 | CR40 | CR60 | SR20 | SR30 | SR40 | SR60 | ST20 | ST30 | ST40 | ST60 |
|--------|------------|------|------------|------|------|------|---------------|---------------|------|------|
| 高速计数 | 4 路 100kHz | | 6 路 200kHz | | | | | | | |
| 高速脉冲输出 | 0 路 | | | | | | 2 路 100kHz | 3 路 100kHz | | |
| 通信端口数量 | 2 | | 2~4 | | | | | | | |
| 扩展模块数量 | 0 | | 6 | | | | | | | |
| 最大开关量 | 40 | 60 | 216 | 226 | 236 | 256 | 216 | 226 | 236 | 256 |
| 最大模拟量 | 0 | | 49 | | | | | | | |

表 1-1 CPU 型号中的“C”表示经济型, “S”表示标准型, “R”表示继电器输出型, “T”表示晶体管输出型, 数字表示 CPU 本体自带的 I/O 点数。要选择合适的 CPU 还要清楚地知道 CPU 具体的输入与输出点数, 如表 1-2 所示。

表 1-2

| CPU 型号 | SR20/ST20 | SR30/ST30 | SR40/ST40 | SR60/ST60 | CR40 | CR60 |
|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 集成的数字 I/O 点数 | 12 输入 8 输出 | 18 输入 12 输出 | 24 输入 16 输出 | 36 输入 24 输出 | 24 输入 16 输出 | 36 输入 24 输出 |

续表

| CPU 型号 | SR20/ST20 | SR30/ST30 | SR40/ST40 | SR60/ST60 | CR40 | CR60 |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------|
| 最大数字量 I/O 点数 | 108 输入 104 输出 | 114 输入 108 输出 | 120 输入 112 输出 | 132 输入 120 输出 | 24 输入 16 输出 | 36 输入 24 输出 |
| 最大模拟量 I/O 点数 | 49 输入 AI 25 输出 AQ | 49 输入 AI 25 输出 AQ | 49 输入 AI 25 输出 AQ | 49 输入 AI 25 输出 AQ | | |
| 可扩展模块数 | 最多 6 块 | | | | 0 块 | |

在进行 PLC 系统设计时, 首先应确定控制方案, 然后就是进行 PLC 工程设计选型。工艺流程的特点和应用要求是设计选型的主要依据。PLC 及有关设备应是集成的、标准的, 按照易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩充其功能的原则选型, 所选用的 PLC 应是在相关工业领域有投运业绩、成熟可靠的系统, PLC 系统的硬件、软件配置及功能应与装置规模和控制要求相适应。熟悉可编程序控制器、功能表图及有关编程语言有利于缩短编程时间, 因此进行工程设计选型和估算时, 应详细分析工艺过程的特点、控制要求, 明确控制任务和范围, 确定所需的操作和动作, 然后根据控制要求, 估算输入/输出点数、所需存储器容量, 确定 PLC 的功能、外部设备特性等, 最后选择有较高性价比的 PLC 和设计相应的控制系统。

1.3.1 输入/输出 (I/O) 点数的估算

进行 I/O 点数估算时应考虑适当的余量, 通常根据统计的输入/输出点数, 再增加 10%~20% 的可扩展余量后作为输入/输出点数的估算数据。实际订货时, 还需根据制造厂商 PLC 的产品特点, 对输入/输出点数进行圆整, 如选择 ST30 刚好可满足系统要求, 则考虑余量可选 ST40。

1.3.2 存储器容量的估算

存储器容量是可编程序控制器本身能提供的硬件存储单元大小, 程序容量是存储器中用户应用项目使用的存储单元大小, 因此程序容量小于存储器容量。在设计阶段, 由于用户应用程序还未编制, 因此程序容量在设计阶段是未知的, 需在程序调试之后才能获得。为了设计选型时能对程序容量有一定估算, 通常用存储器容量的估算来替代。

存储器容量的估算没有固定公式, 许多文献资料中给出了不同公式, 大体上都是按数字量 I/O 点数的 10~15 倍, 加上模拟 I/O 点数的 100 倍, 以此数为内存的总字数 (16 位为一个字), 另外再将此数的 25% 作为余量。一般情况下, CPU 内部提供了足够的存储器, 具体以手册为准。

1.3.3 功能的选择

该选择包括运算功能、控制功能、通信功能、编程功能、诊断功能和处理速度等的选择。

1. 运算功能

简单 PLC 的运算功能包括逻辑运算、定时和计数功能; 普通 PLC 的运算功能还包括数

据移位、比较等运算功能；较复杂运算功能有代数运算、数据传送等；高性能 PLC 中还有模拟量的 PID 运算、中断、高速计数、高速脉冲输出等其他高级运算功能。随着开放系统的出现，目前在 PLC 中都已具有通信功能，有些产品具有与下位机的通信，有些产品具有与上位机或上位机的通信，还有些产品具有与工厂或企业网进行数据通信的功能。在设计选型时应从实际应用的要求出发，合理选用所需的运算功能。大多数应用场合只需要逻辑运算、定时和计数功能，有些应用需要数据传送和比较，当用于模拟量检测和控制时，才使用代数运算、数值转换和 PID 运算。

2. 控制功能

控制功能包括 PID 控制运算、前馈补偿控制运算、比值控制运算等，应根据控制要求确定。PLC 主要用于顺序逻辑控制，因此大多数场合常采用单回路或多回路控制器解决模拟量的控制问题，有时也采用专用的智能输入/输出单元完成所需的控制功能，提高 PLC 的处理速度，节省存储器容量。例如，采用 PID 控制单元、高速计数器、带速度补偿的模拟单元、ASCII 码转换单元等。

3. 通信功能

大中型 PLC 系统应支持多种现场总线和标准通信协议（如 TCP/IP），需要时应能与工厂管理网相连接。通信协议应符合 ISO/IEEE 通信标准，应是开放的通信网络。PLC 系统的通信接口应包括串行和并行通信接口（RS-232C/422A/423/485）、RIO 通信接口、工业以太网、常用 DCS 接口等；大中型 PLC 通信总线（含接口设备和电缆）应 1:1 冗余配置，应符合国际标准，通信距离应满足装置的实际要求。

PLC 系统的通信网络中，上级的网络通信速率应大于 1Mb/s，通信负荷不大于额定负荷的 60%。PLC 系统通信网络的主要形式有下列几种：（1）PC 为主站，多台同型号 PLC 为从站，组成简易 PLC 网络；（2）1 台 PLC 为主站，其他同型号 PLC 为从站，构成主从式 PLC 网络；（3）PLC 网络通过特定网络接口连接到大型 DCS 中作为 DCS 的子网；（4）专用 PLC 网络（各厂商的专用 PLC 通信网络）。

为减轻 CPU 的通信任务，根据网络组成的实际需要，应选择具有不同通信功能的（如点对点、现场总线、工业以太网）通信处理器。

4. 编程功能

离线编程方式：PLC 和编程器共用一个 CPU，编程器在编程模式时，CPU 只为编程器提供服务，不对现场设备进行控制。完成编程后，编程器切换到运行模式，CPU 对现场设备进行控制，不能进行编程。这种方式可降低系统成本，但使用和调试不方便。

在线编程方式：CPU 和编程器有各自的 CPU，主机 CPU 负责现场控制，并且在扫描周期内与编程器进行数据交换，编程器把在线编制的程序或数据发送到主机，在下一个扫描周期，主机就根据新收到的程序运行。这种方式成本较高，但系统调试和操作方便，在中大型 PLC 中常采用。

标准化编程语言：S7-200 SMART 支持 3 种编程语言，即顺序功能图（SFC）、梯形图（LD）、功能模块图（FBD），在国内使用最普遍的是梯形图（LD）。编程软件 STEP7-Micro/WIN SMART 提供了 3 种编程语言之间的转换功能，以满足不同编程人员的需求。

5. 诊断功能

PLC 的诊断功能包括硬件和软件的诊断。硬件诊断通过硬件的逻辑判断确定硬件的故障位置，软件诊断分为内诊断和外诊断。通过软件对 PLC 内部的性能和功能进行诊断是内诊断，通过软件对 PLC 的 CPU 与外部输入/输出等部件的信息交换功能进行诊断是外诊断。PLC 诊断功能的强弱直接影响对操作和维护人员技术能力的要求，并且影响平均维修时间。

6. 处理速度

PLC 采用扫描方式工作。从实时性要求来看，处理速度应越快越好，如果信号持续时间短于扫描时间，则 PLC 将扫描不到该信号，从而造成信号数据的丢失。处理速度与用户程序的长度、CPU 处理速度、软件质量等有关。S7-200 SMART 节点响应速度快，基本指令执行时间约 $0.15\mu\text{s}$ ，因此能满足控制要求高、响应要求快的应用需求。

1.3.4 机型的选择

1. PLC 的类型

PLC 按结构分为整体型和模块型两类，按应用环境分为现场安装和控制室安装两类。从应用角度出发，通常可按控制功能或输入/输出点数选型。整体型 PLC 的 I/O 点数固定，用户选择的余地较小，用于小型控制系统；模块型 PLC 提供多种 I/O 卡件或插卡，用户可较合理地选择和配置控制系统的 I/O 点数，功能扩展方便，一般用于大中型控制系统。

2. 输入/输出的选择

输入/输出的选择应考虑与应用要求的统一。例如，对输入，应考虑信号电平、信号传输距离、信号隔离、信号供电方式等应用要求。对输出，应考虑选用的输出类型，通常继电器输出具有价格低、使用电压范围广、寿命短、响应时间较长等特点；晶体管输出适用于开关频繁的场所，但价格较贵，过载能力较差，在要使用步进伺服进行运动控制的系统中必须选用晶体管输出型。

3. 电源的选择

一般 PLC 的供电电源应设计选用 AC 220V 或 DC 24V，与国内电网电压一致（S7-200 SMART 晶体管型采用 DC 24V 供电，继电器型采用 AC 220V 供电）。如果设计的是国外项目，还应考虑国外电网电压，选择适合的电压，如果厂家没有合适电压型号可选择，应选用变压器等供电设备为 PLC 提供合适电源。重要的应用场合应采用不间断电源或稳压电源供电。如果 PLC 本身带有可使用电源时，应核对所提供的电流是否满足应用要求，否则应设计外接供电电源。为防止外部高压电源因误操作而引入 PLC，对输入和输出信号的隔离是必要的，有时也可采用简单的二极管或熔丝管隔离。

4. 冗余功能的选择

1) 控制单元的冗余

(1) 重要的过程单元：CPU（包括存储器）及电源均应 1:1 冗余。

(2) 在需要时也可选用 PLC 硬件与热备软件构成的热备冗余系统、二重化或三重化冗余容错系统等。

2) I/O 接口单元的冗余

- (1) 控制回路的多点 I/O 卡应冗余配置。
- (2) 重要检测点的多点 I/O 卡可冗余配置。
- (3) 根据需要对重要的 I/O 信号, 可选用二重化或三重化的 I/O 接口单元。

5. 经济性的考虑

选择 PLC 时, 应考虑性价比。考虑经济性时, 应同时考虑应用的可扩展性、可操作性、投入产出比等因素, 最终选出较满意的产品。输入/输出点数对价格有直接影响。每增加一块输入/输出, 卡件就需增加一定的费用。当点数增加到某一数值后, 相应的存储器容量、机架、母板等也要相应增加, 因此, 点数的增加对 CPU 选用, 存储器容量、控制功能范围等的选择都有影响。在估算和选用时应充分考虑, 使整个控制系统有较合理的性价比。

1.4 S7-200 SMART 扩展模块及信号板简介

当 CPU 本体自带的 I/O 点不能满足系统要求或需要模拟量输入/输出功能时, 就要考虑选用扩展模块, 要充分发挥 CPU 的扩展性能, 则必须要了解 SMART 提供了哪些扩展模块, 从而合理选择组合模块。SMART 不仅提供了丰富的扩展模块还提供了新颖的扩展信号板。如图 1-3 所示。

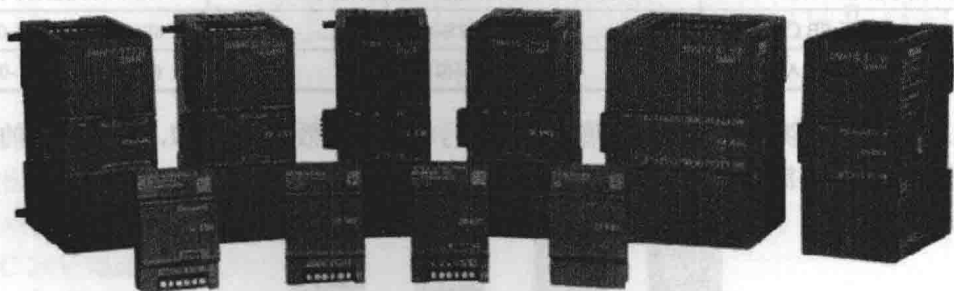


图 1-3

详细型号如表 1-3 所示。

表 1-3

| 模块型号 | 详细参数 | 订货号 |
|---------|------------------------|---------------------|
| EM DE08 | 数字量输入模块, DC 8×24 V 输入 | 6ES7 288-2DE08-0AA0 |
| EM DE16 | 数字量输入模块, DC 16×24 V 输入 | 6ES7 288-2DE16-0AA0 |
| EM DR08 | 数字量输出模块, 8×继电器输出 | 6ES7 288-2DR08-0AA0 |
| EM DT08 | 数字量输出模块, DC 8×24 V 输出 | 6ES7 288-2DT08-0AA0 |

续表

| 模块型号 | 详细参数 | 订货号 |
|---------|---|---------------------|
| EM QT16 | 数字量输出模块, DC 16×24 V 输出 | 6ES7 288-2QT16-0AA0 |
| EM QR16 | 数字量输出模块, 16×继电器输出 | 6ES7 288-2QR16-0AA0 |
| EM DR16 | 数字量输入/输出模块, DC 8×24 V 输入/8×继电器输出 | 6ES7 288-2DR16-0AA0 |
| EM DR32 | 数字量输入/输出模块, DC 16×24 V 输入/16×继电器输出 | 6ES7 288-2DR32-0AA0 |
| EM DT16 | 数字量输入/输出模块, DC 8×24 V 输入/DC 8×24 V 输出 | 6ES7 288-2DT16-0AA0 |
| EM DT32 | 数字量输入/输出模块, DC 16×24 V 输入/DC 16×24 V 输出 | 6ES7 288-2DT32-0AA0 |
| EM AE04 | 模拟量输入模块, 4 输入 | 6ES7 288-3AE04-0AA0 |
| EM AE08 | 模拟量输入模块, 8 输入 | 6ES7 288-3AE08-0AA0 |
| EM AQ02 | 模拟量输出模块, 2 输出 | 6ES7 288-3AQ02-0AA0 |
| EM AQ04 | 模拟量输出模块, 4 输出 | 6ES7 288-3AQ04-0AA0 |
| EM AM03 | 模拟量输入/输出模块, 2 输入/1 输出 | 6ES7 288-3AM03-0AA0 |
| EM AM06 | 模拟量输入/输出模块, 4 输入/2 输出 | 6ES7 288-3AM06-0AA0 |
| EM AR02 | 热电阻输入模块, 2 通道 | 6ES7 288-3AR02-0AA0 |
| EM AR04 | 热电阻输入模块, 4 输入 | 6ES7 288-3AR04-0AA0 |
| EM AT04 | 热电偶输入模块, 4 通道 | 6ES7 288-3AT04-0AA0 |
| EM DP01 | PROFIBUS-DP 从站模块 | 6ES7 288-7DP01-0AA0 |

可供选择的扩展信号板如表 1-4 所示。

表 1-4

| 信号板型号 | 详细参数 | 订货号 |
|------------------------|---------------------------|---------------------|
| 数字量信号板 SB DT04 | DC 2×24V 输入/DC 2×24V 输出 | 6ES7 288-5DT04-0AA0 |
| 模拟量输出信号板 SB AQ01 | 1×12 位模拟量输出 | 6ES7 288-5AQ01-0AA0 |
| 电池信号板 SB BA01 | 支持 CR1025 纽扣电池, 保持时钟约 1 年 | 6ES7 288-5BA01-0AA0 |
| RS-485/232 信号板 SB CM01 | 通信信号板 RS-485/RS-232 | 6ES7 288-5CM01-0AA0 |
| 模拟量输入信号板 SB AE01 | 1×12 位模拟量输入 | 6ES7 288-5AE01-0AA0 |

SMART 设计了新颖的信号板扩展, 通过信号板可以有效定制 CPU, 提供额外的数字量 I/O、模拟量 I/O、电池扩展和通信接口, 不会占用额外的空间。如图 1-4 所示。

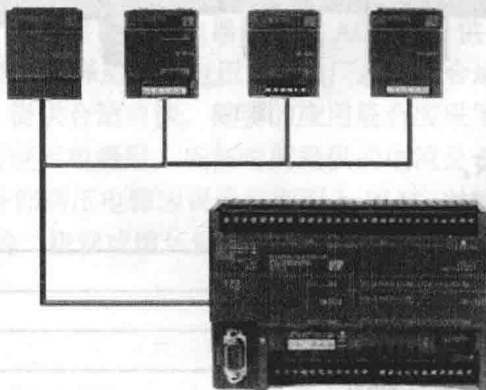


图 1-4