



高职高专“十一五”规划教材

传感器与可编程 控制技术应用

CHUANGANQI YU KEBIANCHENG KONGZHI JISHU YINGYONG

徐红升 主编



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

传感器与可编程控制技术应用

徐红升

吉 红 王凤桐

李宝利

胡宝银 夏春茂 郑勇峰 梁艳辉

主编

副主编

主审

参编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以传感器与西门子 S7-300PLC 模块选型与安装项目为基础,按照项目引导、任务驱动教学法,选取了企业的典型控制系统工程案例进行系统分析和程序设计。全书共分两个模块,包括基础能力模块和工程案例模块。基础模块介绍了传感器与西门子 S7-300PLC 模块选型与安装和 S7-300 数字量控制及模拟仿真两个项目;工程案例模块介绍了聚乙(丙)烯包装线控制、DOP 生产控制系统和氯碱生产乙炔发生装置控制三个项目。附录中附有项目学习内容、习题及答案。

本书可作为高等职业院校自动化、机电一体化及设备维修等专业的教材,也可以供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

传感器与可编程控制技术应用/徐红升主编. —北京:
化学工业出版社, 2009.4
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-04820-2

I. 传… II. 徐… III. ①传感器-高等学校: 技术
学院-教材②可编程序控制器-高等学校: 技术学院-教材
IV. TP212 TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 021733 号

责任编辑: 高 钰 鲍晓娟
责任校对: 凌亚男

装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 北京市兴顺印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张 11½ 字数 278 千字 2009 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

随着经济全球化进程的不断深入,发达国家的制造能力加速向发展中国家转移,我国已成为全球的加工制造基地,这样就导致了高技能型人才的严重短缺。高职高专院校作为高技能型人才的重要培养基地,如何突破传统的课程设置和教学模式,主动适应未来经济发展对人才的要求,已经成为非常迫切的任务。为了加快培养一大批结构合理、素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型高技能人才的这一建设目标,完善高技能型人才培养体系建设,我们结合高等职业院校的教学要求和办学特点,编写了《传感器与可编程控制技术应用》一书。

本书以最新的编著方法,改变原有教学模式,调整教学顺序,将全部课程按照课程的教学内容分解为若干教学项目(这些项目涵盖传感器与 PLC 课程的整个教学内容,通过每个项目的学习使学生能循序渐进地掌握传感器与 PLC 技术,并且工程实际案例项目设计全部来自于工程实际项目的提炼,使课程教学与生产实际实现零距离的结合),每个教学项目分解为多个任务,列出每个任务的核心知识点、技能点和任务目的,并且列出任务的主要设备清单。在任务教学过程中首先进行任务实施步骤及工艺要求的训练,让学生对项目的任务和具体要求有感性的认识,对在任务实施过程中遇到的问题有求知和解决的兴趣,提高学生的学习的主动性和热情。接着安排项目相关知识和技能的介绍,学生可以带着问题学习相关内容,提高学习的效率,可以取得更好的学习效果。最后介绍本项目的拓展和提高知识,为学生继续深入学习提供指导。

项目学习结束后学生要填写任务报告要求表与任务评价表,通过填写表格学生可以检验自己的学习成果,了解自己的学习情况,确定努力方向,教师可以了解教学效果,调整教学方法和重点。

本书的主要特点如下。

1. 以传感器和可编程控制技术应用为基础,以项目引导、任务驱动教学,从提出训练目的和要求开始,设置训练内容,突出工艺和操作技能的培养。

2. 采用“项目化”教材结构,每个项目为一个知识单元,主题鲜明,重点突出,以其良好的弹性和便于综合的特点适应实践教学环节需求。

3. 在“相关知识与技能”部分,将项目中涉及的理论知识进行梳理,努力使教学不再依赖理论教材。

4. 将每个项目的训练效果进行量化,在“任务评价”中对训练过程进行记录,并相应地给出量化参考标准。

5. 本着实践——认识——再实践——再认识——拓展提高的顺序,遵循认知规律。对课程知识与技能进行重新构建,突出技能的培养和职业习惯的养成,力求做到“教、学、做”一体。

6. 全书共分为两个模块,基础能力模块和工程案例模块。基础模块介绍传感器与西门

子 S7-300PLC 模块选型与安装和 S7-300 数字量控制及模拟仿真两个项目；工程案例模块介绍聚乙烯包装线控制、DOP 生产控制系统和氯碱生产乙炔发生装置控制三个项目。

本书由徐红升、吉红、王凤桐、胡宝银、夏春茂、郑勇峰、梁艳辉等编写。徐红升主编并统稿，吉红、王凤桐任副主编，天津大沽化工有限公司李宝利高级工程师主审。

在本书的编写过程中，参考了有关资料和文献，在此向其作者表示衷心的感谢！由于编者水平有限，且时间仓促，书中难免有疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

编者

2009 年 4 月

目 录

基础能力模块

项目一 传感器与西门子 S7-300PLC 模块选型与安装	1
任务一 西门子 S7-300PLC、导轨、模块、连接器安装	1
一、任务目的	1
二、任务实施步骤及工艺要求	1
三、主要材料、工具与设备	6
四、相关知识与技能	6
五、拓展与提高	12
任务二 传感器的检测及传感器与 PLC 的接口连接	13
一、任务目的	13
二、任务实施步骤及工艺要求	14
三、主要材料、工具与设备	17
四、相关知识与技能	17
五、拓展与提高	20
思考与练习	23
项目二 S7-300 数字量控制及模拟仿真	25
任务一 基本位逻辑功能编程	25
一、任务目的	25
二、任务实施步骤及要求	25
三、主要材料、工具与设备	32
四、相关知识与技能	32
五、程序示例	42
六、拓展与提高	50
任务二 定时器与计数器的使用	52
一、任务目的	52
二、任务实施步骤及要求	52
三、主要材料、工具与设备	58
四、相关知识与技能	58
五、程序示例	63
思考与练习	70

工程案例模块

项目三 聚乙烯包装线	72
任务一 聚乙烯包装线生产工艺	72

一、任务目的	72
二、任务实施步骤及工艺要求	72
三、主要材料、工具与设备	73
四、相关知识与技能	74
任务二 PLC 模块选型与 PLC 输入输出分配	78
一、任务目的	78
二、任务实施步骤及工艺要求	78
三、主要材料、工具与设备	80
四、相关知识与技能	80
任务三 聚乙烯包装线 PLC 控制系统程序设计	81
一、任务目的	81
二、聚乙烯包装线 PLC 控制系统部分 PLC 程序	81
三、相关知识与技能	82
思考与练习	90
项目四 DOP (增塑剂) 生产控制系统	91
任务一 S7-300 PLC 的硬件选型和安装	91
一、任务目的	91
二、任务实施步骤及工艺要求	91
三、主要材料、工具与设备	93
四、相关知识与技能	94
五、拓展与提高	94
任务二 传感器的选型与安装及 PLC I/O 点分配	95
一、任务目的	95
二、任务实施步骤及工艺要求	96
三、主要材料、工具与设备	97
四、相关知识与技能	99
五、拓展与提高	102
任务三 DOP 生产 PLC 控制系统程序设计	107
一、任务目的	107
二、任务实施步骤及工艺要求	107
三、主要材料、工具与设备	115
四、相关知识与技能	115
五、拓展与提高	118
任务四 组态系统图形界面设计	121
一、任务目的	121
二、任务实施步骤及工艺要求	121
三、主要材料、工具与设备	125
四、相关知识与技能	125
五、拓展与提高	128
思考与练习	129

项目五 氯碱生产乙炔发生装置控制	131
任务一 氯碱生产乙炔发生装置生产工艺	131
一、任务目的	131
二、任务实施步骤及工艺要求	131
三、主要材料、工具与设备	133
四、相关知识与技能	133
任务二 PLC 模块选型与 PLC 输入/输出分配	135
一、任务目的	136
二、任务实施步骤及工艺要求	136
三、主要材料、工具与设备	137
四、相关知识与技能	137
任务三 氯碱生产乙炔发生装置 PLC 控制系统程序设计	139
一、任务目的	139
二、任务实施步骤及工艺要求	140
三、主要材料、工具与设备	144
四、相关知识与技能	145
五、拓展与提高	148
思考与练习	151
附录	153
附录一 项目学习工作程序	153
附录二 项目实训指导	154
附录三 项目学习报告	155
附录四 练习题	160
附录五 练习题参考答案	166
参考文献	175

基础能力模块

项目一 传感器与西门子 S7-300PLC 模块选型与安装

任务一 西门子 S7-300PLC、导轨、模块、连接器安装

知识点

1. 电源模块
2. CPU 模块
3. SM 模块
4. 接口模块

技能点

1. 安装导轨
2. 安装模块
3. 电气屏蔽与接地
4. 控制柜布置

一、任务目的

1. 学习 S7-300PLC 硬件的基本知识
2. 学习 S7-300PLC 模块的特性和技术规范
3. 训练硬件的选型
4. 训练西门子 S7-300PLC 模块的安装

二、任务实施步骤及工艺要求

S7-300PLC 的硬件安装主要包括：导轨、电源（PS）、中央处理单元（CPU）、微型存储卡（MMC）、开关量输入模块（DI）、开关量输出模块（DO）、模拟量输入模块（AI）、模拟量输出模块（AO）、多针前连接器、PC 适配器或 CP5611 通信适配器以及功能模块等部件的安装。

1. 安装导轨

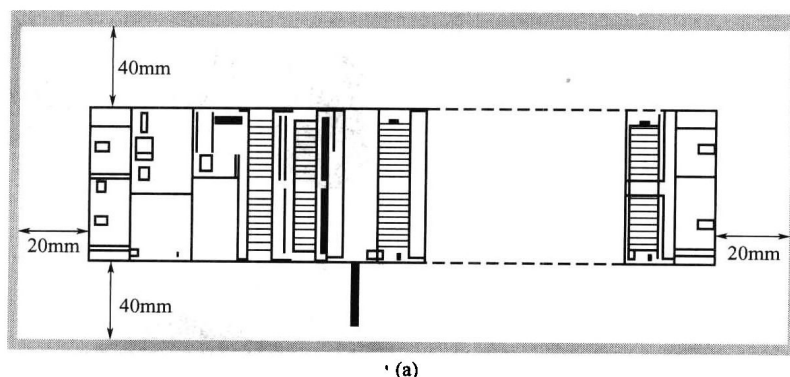
将导轨用螺钉固定在机柜的合适位置上，安装导轨时应留有足够的空间用于安装模块和散热，如图 1-1 所示。

2. 安装电源和 CPU 模块

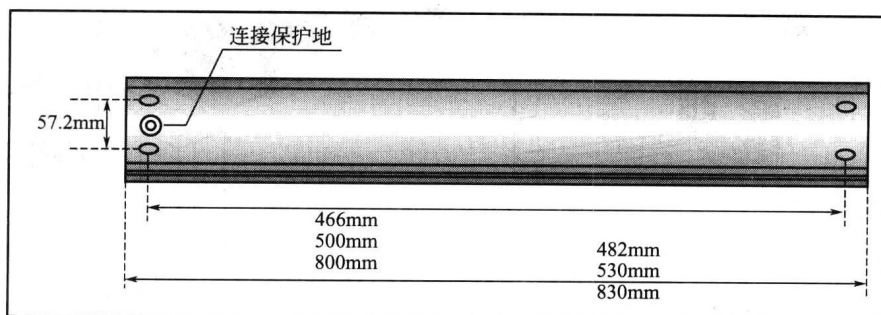
将电源模块 PS 安装在导轨的最左端，接着在其右侧安装 CPU 模块。

① 将电源模块安装在导轨上，用螺丝刀拧紧电源模块上的螺钉，将电源模块固定在导轨上。

② 将总线连接器插入 CPU 模块背部的总线连接插槽中，如图 1-2 所示，将 CPU 模块安装在导轨上电源模块的旁边，如图 1-3 所示，用螺丝刀拧紧 CPU 模块的螺钉，如图 1-4 所示，将 CPU 模块固定在导轨上。



(a)



(b)

图 1-1 导轨安装

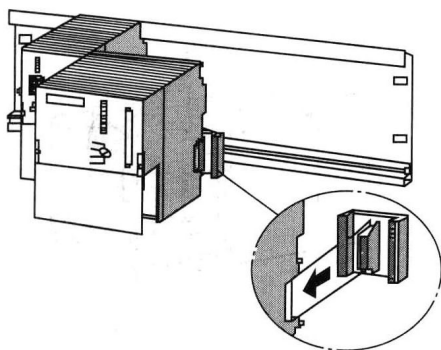


图 1-2 安装总线连接器

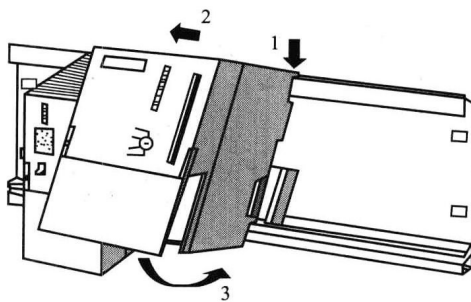


图 1-3 安装 CPU 模块

③ 将 SIMATIC 微存储卡 (MMC) 插入 CPU 模块的插槽中。

3. 安装信号模块

将总线连接器插入信号模块 SM，并将模块安装在 CPU 模块右侧的导轨上。如图 1-5 所示。

说明：每个模块（除了 CPU 以外）都有一个总线连接器。在插入总线连接器时，必须总是从 CPU 开始。为此，应取出最后一个模块的总线连接器，将总线连接器插入另一个模块。最后一块模块不能安装总线连接器。按照接口模块（如果不需要扩展机架可以不接）、信号模块（一般先接输入模块再接输出模块）和功能模块的顺序，将所有模块悬挂在导轨上，将模块滑到左边的导轨上，然后向下回转模块，再拧紧模块上的螺钉将其固定在导轨上。

4. 安装前连接器

打开信号模块的前盖板，将前连接器置于接线位置。将前连接器推入正确的位置，拧紧

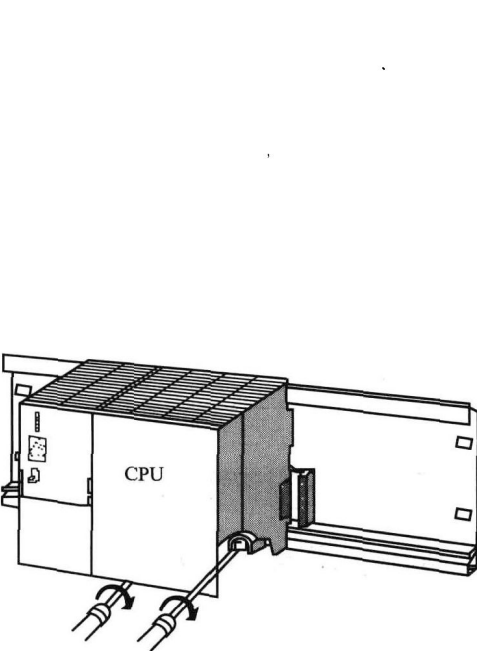


图 1-4 固定 CPU 模块

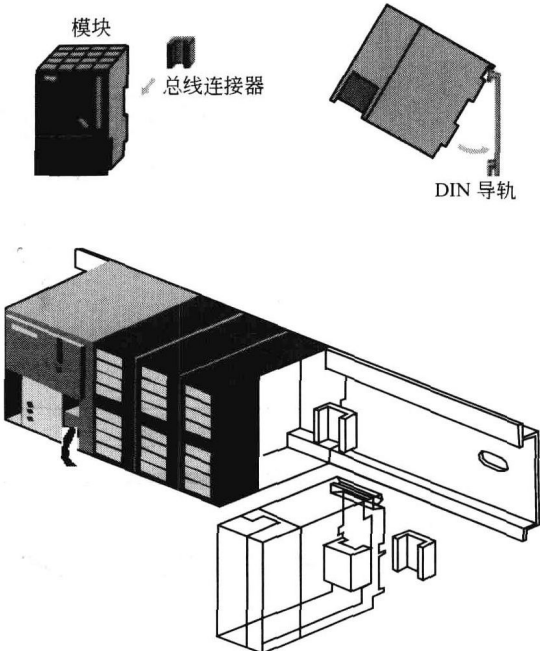


图 1-5 安装信号模块

连接器中心的固定螺钉。如图 1-6 所示。

5. 插入标签条和槽号标签

① 将标签条插入到模块的前面板上。如图 1-7 所示。

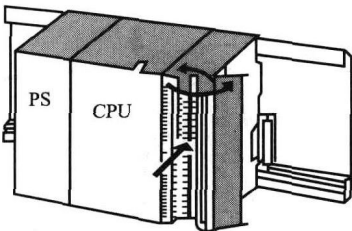


图 1-6 安装前连接器

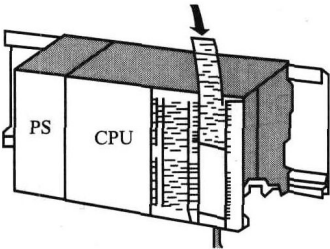


图 1-7 插入标签条

② 贴槽号标签。模块安装完毕后，给每一块模块指定槽号。根据这些槽号，可以在 STEP 7 组态表中更容易指定模块地址。贴槽号标签时按照表 1-1 所示的顺序将槽号标签插入各个模块下端的槽号插槽中。如图 1-8 所示。如果无接口模块（IM）则将槽号 3 空出，CPU 模块后面的信号模块槽号从槽号 4 开始编号。

表 1-1 槽号标签

槽号	模 块	槽号	模 块	槽号	模 块
1	电源模块(PS)	5	信号模块(SM)2	9	信号模块(SM)6
2	CPU 模块	6	信号模块(SM)3	10	信号模块(SM)7
3	接口模块(IM)	7	信号模块(SM)4	11	信号模块(SM)8
4	信号模块(SM)1	8	信号模块(SM)5		

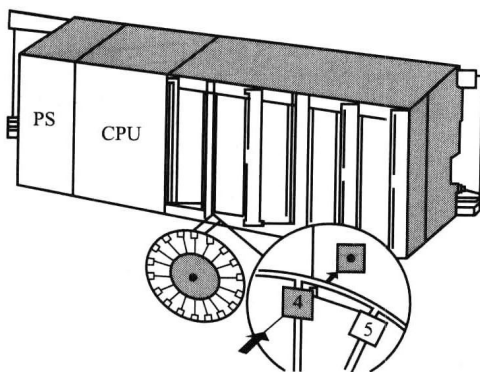


图 1-8 贴槽号标签

6. 接线

① 连接电源 (PS) 模块的接地线和电源线。如图 1-9 所示。

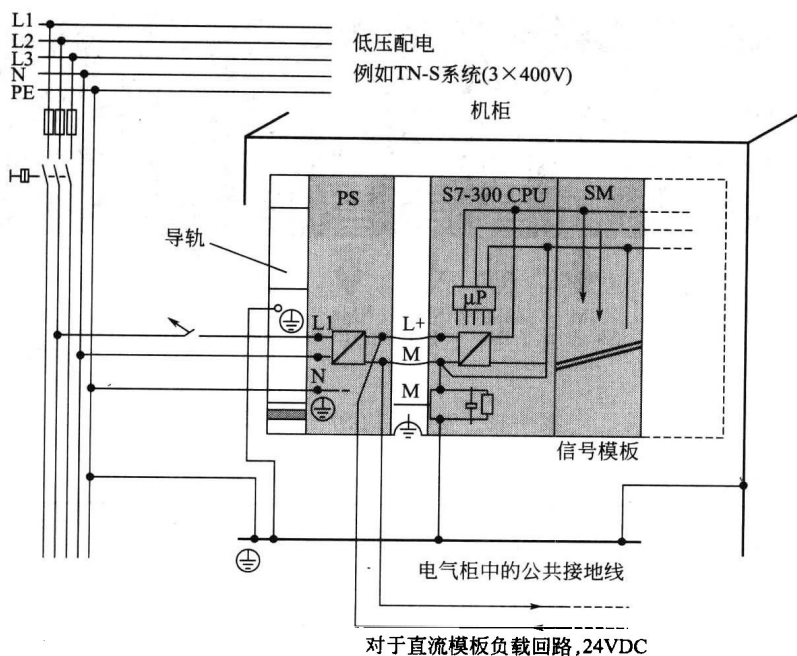


图 1-9 连接电源 (PS) 模块的接地线和电源线

② 连接电源 (PS) 模块和 CPU 模块之间的 U 型电源连接器。

③ 保护接地导线和导轨的连接。导轨已固定在安装表面上。编程器保护接地导体使用 M6 保护接地导线螺栓连接保护接地导线至导轨，保护接地导线的最小截面积为 10mm^2 。图 1-10 示出保护接地导线如何和导轨连接。

④ 屏蔽连接器件。屏蔽连接器件直接连接到导轨上，将固定支架的两个螺栓推到导轨底部的滑槽里，将支架固定在屏蔽电缆需连接的模块下面，将固定支架旋紧到导轨上。屏蔽端子下面带有一个开槽的金属片，将屏蔽端子放在支架一边，然后向下推屏蔽端子到所要求的位置。如图 1-11 所示。

如果还需要安装其他功能模块 (FM) 或通信模块 (CP)，则将模块安装到信号模块后面的导轨上，安装后的 S7-300PLC 如图 1-12 所示。

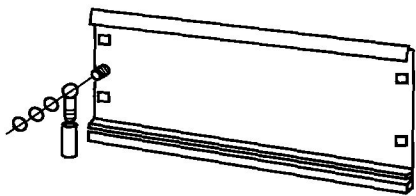


图 1-10 保护接地导线和导轨的连接

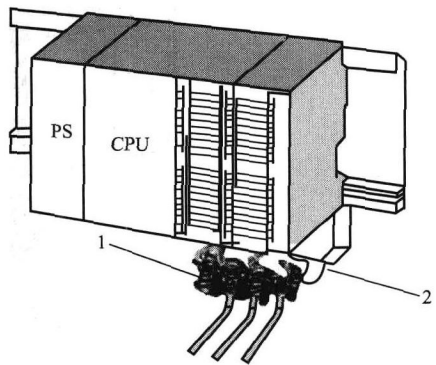


图 1-11 屏蔽的连接器件
1—屏蔽端子；2—支架

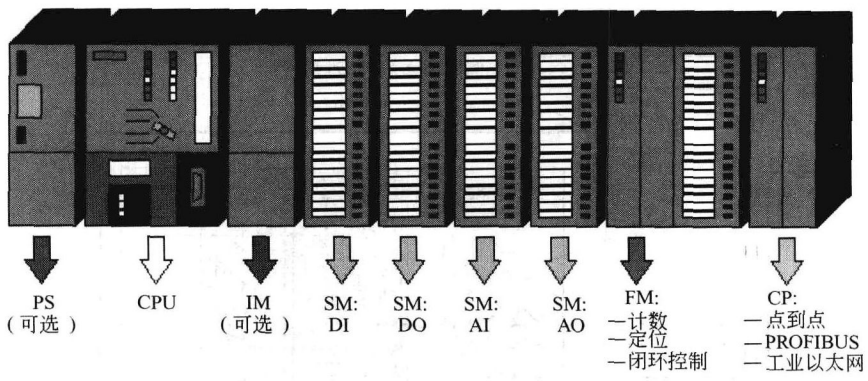


图 1-12 安装后的 S7-300 PLC

三、主要材料、工具与设备

序号	名称	型号与规格	单位	数量	备注
1	导轨	530mm	块	1	
2	电源模块	PS307(5A)	个	1	
3	CPU 模块	CPU 315-2DP	个	1	
4	AI 模拟量输入模块	SM 331	个	1	
5	AO 模拟量输出模块	SM 332	个	1	
6	DI 开关量输入模块	SM 321	个	1	
7	DO 开关量输出模块	SM 322	个	1	
8	工具	螺丝刀、扳手、剥线器等	套	1	
9	劳保用品	工作服、绝缘鞋等	套	1	

四、相关知识与技能

1. S7-300 PLC 的硬件选型

本项目的控制器采用西门子公司 S7-300 型 PLC。S7-300 型 PLC 的重点在于为生产制造工程中系统解决方案提供一个通用的自动化平台。这就是说，S7-300 型 PLC 是用于集中式或分布式结构的优化解决方案。

S7-300 型 PLC 的主要功能有：模块化微型 PLC 系统，满足中、小规模的性能要求；各种性能的模块可以非常好地满足和适应自动化控制任务；当控制任务增加时可以任意扩展；简单实用的分布式结构和多界面网络能力，可以进行 MPI 多点接口，使得应用十分灵活；方便用户和简易的无风扇设计；当控制任务增加时，可自由扩展；大量的集成功能使得功能非常强劲。

(1) CPU 的选型 CPU 的主要功能是进行 PLC 的循环扫描处理，内容包括执行输入采样、执行 PLC 用户程序、内部诊断、通信处理和输出刷新五个方面。

对于 CPU 的选型主要是根据项目的具体要求来选取，S7-300 的 CPU 模块大致可以分为标准型 CPUs (CPU 312; CPU 314; CPU 315-2 DP; CPU 317-2 DP; CPU 318-2)、紧凑型 CPUs (CPU 312C; CPU 313C ; CPU 313C-2PtP; CPU 313C-2DP; CPU 314C -2PtP; CPU 314C -2DP) 和故障安全型 CPUs (CPU 315F-2 DP; CPU 317F-2 DP) 等。其中标准型 CPU 的不同型号可以满足不同控制规模的应用要求，在选型时其具体性能指标可以参照表 1-2。

表 1-2 标准型 CPU 的性能指标

指 标	CPU 313	CPU 314	CPU 315(315-2 DP)	CPU 316-2DP	CPU 318-2
指令/数据	4 K/-	8 K/-	16 (21) K/-	42 K/-	84 K/256 KB
用户存储器	12 KB	24 KB	48 (64) KB	128 KB	128 KB
自由编址	no	no	yes	yes	yes
DI/DO	256	1024	1024	1024	1024
AI/AO	64	256	256	256	256
处理时间/1 Kbin	0.6ms	0.3ms	0.3ms	0.3ms	0.1ms
通信连接	64	64	64	64	512
	128	128	128	128	512
			PROFIBUS-DP 接口;主/从(可带 64 DP 站)	PROFIBUS-DP 接口;主/从(可带 64 DP 站)	PROFIBUS-DP 接口(主/从;125 DP 站);MPI 可用作 DP(12 M)

紧凑型 CPU 有的带有 DI/DO (开关量输入/输出) 和 AI/AO (模拟量输入/输出)，在选型时其具体性能指标可以参照表 1-3。

表 1-3 紧凑型 CPU 的性能指标

指 标	CPU 312C	CPU 313C	CPU 313C-2PtP	CPU 313C-2DP	CPU 314C-2PtP	CPU 314C-2PtP
工作存储器	16 KB	32 KB	32 KB	32 KB	48 KB	48 KB
装载存储器	64K-4MB	64K-8MB	64K-8MB	64K-8MB	64K-8MB	64K-8MB
运行时间 /μs	字处理	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2
	浮点运算	—	6	6	6	6
集成的 I/O	DI/DO	10/6	24/16	16/16	16/16	24/16
	AI/AO	—	—	—	4/2	4/2
集成的技术功能	计数,频率	计数,频率	计数,频率	计数,频率	计数,频率	计数,频率
	—	PID 控制	PID 控制	PID 控制	PID 控制	PID 控制
	—	—	—	—	定位	定位
集成的接口	MPI 接口	有	有	有	有	有
	PROFIBUS-DP	—	—	有,DP V1	—	有,DP V1
	PtP 通信	—	—	—	—	—
扩展设计	1-机架	4-机架	4-机架	4-机架	4-机架	4-机架

故障安全型 CPU，可以组态为安全型自动化系统，满足安全运行的要求。例如 CPU-315F 带有 PROFIBUS-2DP 主站/从站接口，不需要对故障 I/O 进行额外的布线，使用 PROFIsave 协议的 PROFIBUS-DP 实现与安全有关的通信。

(2) 开关量输入/输出模块和模拟量输入/输出模块的选型 开关量输入/输出模块的选型，要参照具体项目要求的电压/电流范围、通道数量、传感器类型等，参照相应手册的技术参数来选择。

模拟量输入/输出模块的选型要参照具体项目要求的电压/电流范围、通道数量、传感器类型、分辨率、转换时间等，参照相应手册的技术参数来选择。

(3) 其他模块的选型 对于其他模块的选型根据技术手册的参数和控制系统的要求来选型，而 MMC (SIMATIC 微存储卡) 则根据用户程序和数据量以及 CPU 的类型来选择合适的 MMC 卡。

可程序控制器是用来执行具体的控制，具体的工艺要求和工作环境决定了可程序控制器所选 I/O 模块和系统配置的不同。

2. S7-300 模块性能

(1) 电源 (PS) 电源模块提供了机架和 CPU 内部的供电电源，置于 1 号槽位。电源模块用于将 SIMATIC S7-300 连接到 120/230VAC 电源。

本系统采用的电源模块是 PS 307 电源模块 (5A)，其输出电流 5A；输出电压 24VDC；带防短路和开路保护；可以连接单相交流系统（输入电压 120/230 VAC，50/60Hz）；具有可靠的隔离特性；还可用作负载电源。PS 307 电源模块的接线图如图 1-13 所示。

(2) 中央处理器 (CPU) CPU 存储并处理用户程序，为模块分配参数，通过嵌入的 MPI 总线处理编程设备和 PC、模块、其他站点之间的通讯，并可以为进行 DP 主站或从站操作装配一个集成的 DP 接口。各种 CPU 有各种不同的性能，例如，有的 CPU 上集成有输入/输出点，有的 CPU 上集成有 PROFI-BUS-DP 通讯接口等。

本项目的 CPU 模块采用 CPU 315-2DP，带有 MPI 通讯接口和 DP 通讯接口，具有运行及故障指示 (SF——系统故障，BATE 电池故障，DC5V 指示，RUN/STOP 等)，功能选择开关可以选择四种工作状态 (RUN/RUN-P/STOP/MRES)，如图 1-14 所示。

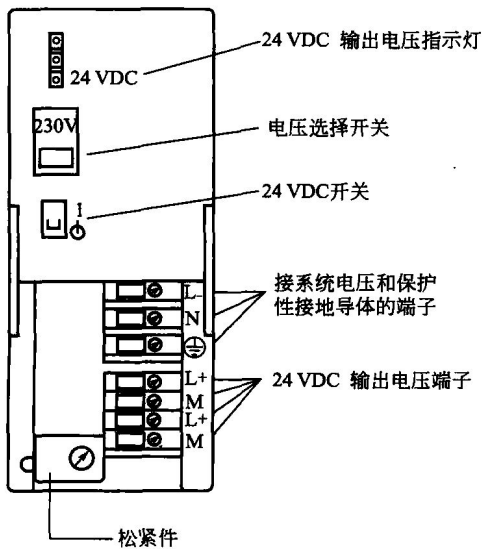


图 1-13 电源模块接线图

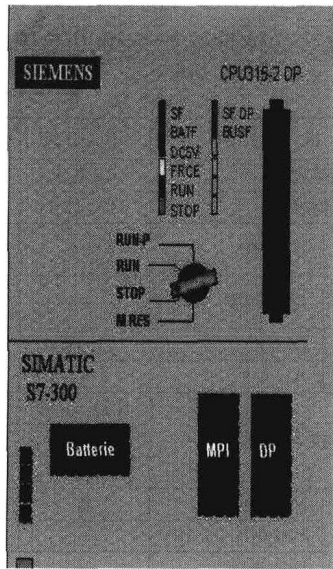


图 1-14 CPU 315-2DP

(3) 信号模块 (SM) 信号模块用于开关量和模拟量输入/输出, 又分为 DI/DO (开关量输入/输出) 和 AI/AO (模拟量输入/输出) 模块, 通常称为 I/O (输入/输出) 模块, 用来测量输入信号并控制输出设备。信号模块可用于数字信号和模拟信号, 还可用于进行连接, 如传感器和启动器的连接。

① 开关量输入/输出模块。开关量输入模块采用 SM321 32×24VDC, 32 点输入, 带电隔离, 1 信号: 3~30V, 0 信号: -3~5V, 输入电流 7mA, 具有中断能力, 功耗 3.5 W, 电缆 600~1000m, 额定输入电压 24 VDC, 适用于开关和 2/3/4 线 BERO (接近开关)。其电气原理图和端子接线图如图 1-15 所示。

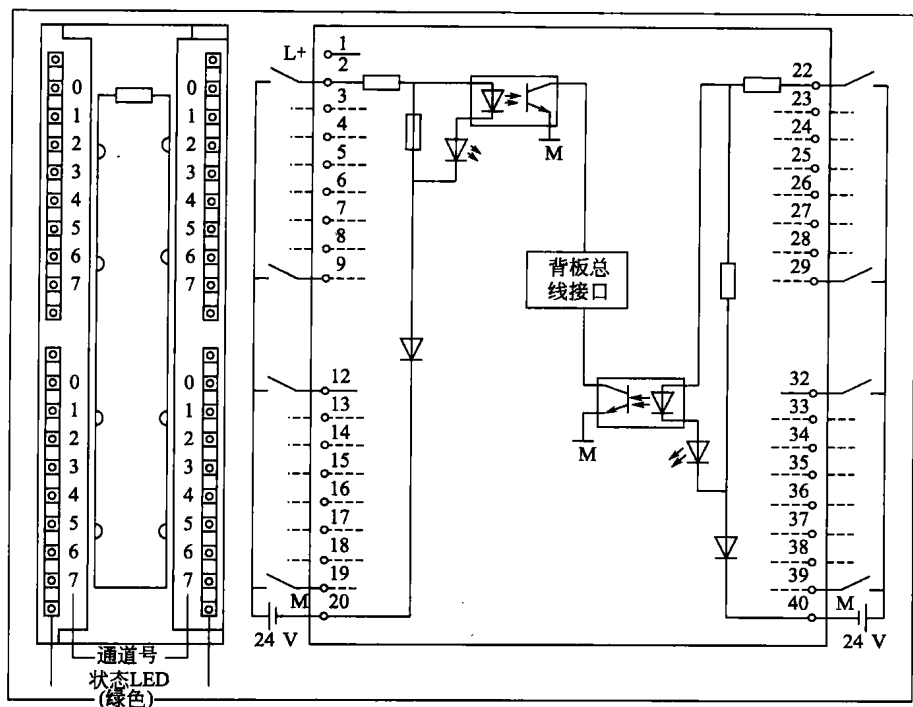


图 1-15 SM321 32×24VDC

开关量输出模块采用 SM322 16×24VDC/0.5A, 为 16 点输出, 带隔离, 8 点为一组, 0.5A 输出电流, 24VDC 额定负载电压。1 信号输出: L+(-0.8V)、电流 500mA, 0 信号: 电流 0.5A, 功耗 4.9 W, 电缆 600~1000m, 适用于电磁阀、直流接触器和指示灯。其电气原理图和端子接线图如图 1-16 所示。

② 模拟量输入/输出模块。模拟量输入模块: 模拟量输入模块又叫 A/D 模块。A/D 模块把模拟信号转换成数字信号。转换速度和分辨率是 A/D 模块的重要指标。

模拟量输出模块: 模拟量输出模块又叫 D/A 模块。D/A 模块把数字信号转换成模拟信号。开关量的位数和转换速度是 D/A 模块的重要指标。

模拟量输入模块采用 SM331 8×12 位, 为 8 点输入, 带电隔离, 测量电压 80mV/10V、电流 0/20mA、电阻 PT/Ni100、电偶 E, N, J, K, 精度 9/12/12/14 位, 转换时间: 4/18/23/103ms, 消耗电流 60mA, 功耗 1.3 W, 电缆 200m。其端子接线图如图 1-17 所示。

模拟量输出模块采用 SM 332 AO 4×12 位, 4 通道×4 输出, 每个输出通道可以编程为: 电压输出/电流输出, 精度 12 位, 隔离背板总线接口和负载电压。SM 332 AO 4×12