

“十三五”普通高等教育规划教材

# 电气控制与S7-1200 PLC 应用技术

王淑芳 编著



电子教案 + S7-1200 PLC 资料 + 项目源文件

<http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

“十三五”普通高等教育规划教材

# 电气控制与 S7 - 1200 PLC 应用技术

王淑芳 编著



机械工业出版社

本书将国际工程认证教育理念、课程改革目标和大学生认知能力相结合,提出通过一个实际工程项目的调研、设计、实施和总结全过程来培养学生系统思维、工程意识、质量与标准以及创新意识。教学需要与项目驱动行为引导教学方法相配合。

本书是自动化系列基础教材之一,是“工业自动化”“电气控制”和“PLC 应用”三门课程主要内容的有机结合。内容包括工业自动化项目设计流程、电气控制系统设计和 S7-1200 系列 PLC 控制系统设计。在内容安排上,以项目为主线,力求逻辑性强,从硬件设计到软件设计的顺序安排内容,从易到难,由浅至深,循序渐进。从知识面上,本书不仅包括电气控制技术、可编程控制技术,还包括网络通信技术、人机界面监控技术,采用西门子新推出的 S7-1200 系列 PLC 以拓展学生知识面,加快知识更新。

本书既可作为高等院校自动化、电气控制、机械工程及自动化及其相关专业的教材,也可以供相关专业技术人员参考使用。

本书配套授课电子课件,需要的教师可登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 免费注册,审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 308596956, 电话: 010-88379753)。

## 图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 S7-1200 PLC 应用技术/王淑芳编著. —北京:机械工业出版社,2016.7

“十三五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-54180-6

I. ①电… II. ①王… III. ①电气控制-高等学校-教材 ②plc 技术-高等学校-教材 IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 151993 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:时静 责任校对:张艳霞

责任印制:常天培

唐山三艺印务有限公司印刷

2016 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·22.5 印张·546 千字

0001-3000册

标准书号: ISBN978-7-111-54180-6

定价:55.00元(含 1DVD)

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

服务咨询热线:(010)88379833

机工官网:[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线:(010)88379649

机工官博:[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

教育服务网:[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

封面无防伪标均为盗版

金书网:[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

# 前 言

继 18 世纪以蒸汽机为象征的第一次工业革命以来，19 世纪末到 20 世纪上半叶电机的出现又引发了第二次工业革命，标志着人类进入了电气化时代。电子信息技术的发展使得生产和消费从工业化向自动化、可视化、远程化和智能化时代转变，推动了 PLC 控制系统的研究与发展。近几十年来，PLC 控制系统的应用领域从汽车制造业发展到钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等各个行业，功能从最初满足汽车制造业必需的开关逻辑控制功能发展到能满足各行业的存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和运算、数字输入和输出功能，以便控制各类机械或生产过程。

本书以灌装自动生产线项目为主线进行内容的编排以培养学生系统思维；通过实际工程项目任务调动学生学习兴趣；通过每个流程需要提交成果并最终完成一个完整项目报告和附件培养学生的工程意识；通过项目范例树立学生的质量与标准意识；以及通过开放式项目培养学生的创新意识。

本书内容包括工业自动化项目设计和实施中的电气控制部分和 PLC 控制部分，详细介绍了工业自动化项目设计理念、流程以及实现过程，包括 PLC 控制系统总体设计、硬件设计、软件设计、人机界面设计和网络通信设计等方面的内容。并以西门子最近推出的 S7 - 1200 系列 PLC 为主要对象，以灌装自动生产线的控制项目为主线，以项目任务卡的方式贯穿始终，突出实践，与时俱进。全书共 9 章，第 1 章为概述，描述了工业自动化的发展及未来。第 2 章介绍了工业自动化项目设计流程以及每个阶段成果，引出全书主线灌装自动生产线项目并进行了调研和总体方案设计。第 3 章主要内容是自动化项目的电气控制，介绍了常用的低压电气设备以及电气控制系统设计规范，并在常用电气控制线路的基础上完成了灌装自动生产线项目的电气控制设计。第 4 章介绍了 PLC 的基本知识，重点在 S7 - 1200 的特点。第 5 章介绍了 S7 - 1200 系列 PLC 的各种模块，实现了灌装自动生产线项目控制系统的硬件设计。第 6 章在指令介绍的基础上设计了项目的控制程序，实现了灌装自动生产线项目手动控制、自动控制、急停和复位等功能，并完成了计数统计和报警功能。第 7 章介绍了 PLC 的网络通信技术，并描述了 S7 - 1200 和 PM125 通过 PROFIBUS DP 进行通信的实例。第 8 章介绍了上位监控系统设计，为灌装自动生产线项目组态了 6 个画面，还设置了报警和用户管理。第 9 章对前述内容进行了整理总结并给出了项目报告格式和使用说明书示例。

本书获得了北京市青年拔尖人才项目（CIT&TCD201401091）和北京联合大学校企合作特色教材项目的资助，由北京联合大学王淑芳编著完成。在编写过程中，教学团队的席巍、郑业明、李军、李明海、张东波、郭洪红参与了校对工作，西门子（中国）有限公司的元娜、李冰冰、蒙文强等提供了技术支持，在此一并表示真挚的谢意。由于编者水平有限，书中难免存在不足和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 工业自动化控制系统概述</b> .....	1
1.1 工业自动化概念 .....	1
1.2 电气控制的历史与发展 .....	1
1.3 PLC 控制的历史与发展 .....	2
<b>第 2 章 工业自动化项目设计</b> .....	5
2.1 工业自动化项目设计要求 .....	5
2.2 工业自动化项目设计流程 .....	5
2.2.1 确定系统总体控制方案 .....	6
2.2.2 制定电气控制方案 .....	7
2.2.3 确定控制系统的输入输出信号 .....	7
2.2.4 硬件选型与配置 .....	7
2.2.5 I/O 分配 .....	8
2.2.6 PLC 控制系统硬件设计 .....	8
2.2.7 PLC 控制系统软件设计 .....	8
2.2.8 上位监控系统设计 .....	8
2.2.9 现场运行调试 .....	8
2.2.10 项目归档 .....	8
2.3 灌装自动生产线介绍 .....	9
任务一 灌装自动生产线项目调研及整体方案设计 .....	9
<b>第 3 章 工业自动化项目的电气控制</b> .....	13
3.1 电气控制要求 .....	13
3.2 电气设备 .....	13
3.3 常用低压电器设备 .....	14
3.3.1 低压配电电器 .....	14
3.3.2 低压主令电器 .....	15
3.3.3 低压控制电器 .....	17
3.3.4 低压保护电器 .....	19
3.3.5 低压执行电器 .....	21
3.3.6 低压信号电器 .....	24
3.4 电气控制线路设计规范及读图方法 .....	26
3.4.1 电气控制系统线路设计要求及规范 .....	26

3.4.2	电气控制线路读图方法	30
3.5	常用电气控制线路及其保护环节	36
3.5.1	三相异步电动机起停线路及其保护环节	36
3.5.2	三相异步电动机正反转控制线路及其保护环节	37
3.5.3	他励直流电动机串三级电阻起动及其保护环节	38
3.6	灌装自动生产线电气控制方案设计要求	39
任务二	灌装自动生产线电气控制部分设计与实现	40
<b>第4章</b>	<b>PLC 基础</b>	<b>43</b>
4.1	PLC 的产生和定义	43
4.2	PLC 的特点	44
4.3	PLC 的应用	44
4.4	PLC 的分类	45
4.4.1	按照 I/O 点数容量分类	45
4.4.2	按照结构形式分类	46
4.4.3	按照使用情况分类	46
4.5	PLC 的组成	46
4.5.1	中央处理单元 (CPU)	47
4.5.2	存储器	47
4.5.3	输入/输出单元	48
4.5.4	电源	49
4.5.5	I/O 扩展接口	49
4.5.6	通信接口	49
4.5.7	智能单元	49
4.5.8	外部设备	50
4.6	PLC 的工作特点	50
4.6.1	PLC 的扫描周期	51
4.6.2	输入/输出映像寄存器	51
4.6.3	PLC 的输入/输出滞后	52
4.6.4	PLC 的工作模式	52
4.6.5	PLC 的技术性能指标	53
4.7	S7-1200 PLC 的特点	55
<b>第5章</b>	<b>工业自动化项目的 PLC 控制硬件设计</b>	<b>56</b>
5.1	PLC 系统硬件设计步骤与要求	56
5.1.1	计算输入/输出设备	57
5.1.2	PLC 机型选择	57
5.1.3	PLC 容量估算	58
5.1.4	设计电气原理图和接线图	60
5.2	S7-1200 PLC 基本介绍	60
5.2.1	S7-1200 PLC 硬件模块	61

5.2.2	CPU 模块	62
5.2.3	信号板及信号模块	65
5.2.4	集成通信接口及通信模块	68
5.2.5	S7-1200 PLC 硬件安装及规范	70
5.2.6	安装和拆卸 CPU	71
5.2.7	安装和拆卸信号模块	71
5.2.8	安装和拆卸通信模块	73
5.2.9	安装和拆卸信号扩展板	74
5.2.10	拆卸和安装端子板连接器	75
	任务三 灌装自动生产线 PLC 控制系统设计	76
5.3	S7-1200 PLC 硬件接线规范	77
5.3.1	安装现场的接线	77
5.3.2	使用隔离电路时的接地与电路参考点	78
5.3.3	数字量输入接线	78
5.3.4	数字量输出接线	79
5.3.5	模拟量接线	80
	任务四 灌装自动生产线 PLC 控制系统硬件设计及接线	80
<b>第 6 章</b>	<b>工业自动化项目的 PLC 控制软件设计</b>	<b>83</b>
6.1	自动化项目设计软件——STEP 7 Basic	83
6.1.1	STEP 7 Basic 的功能	83
6.1.2	STEP 7 Basic 的安装环境与安装方法	83
6.1.3	STEP 7 Basic 中项目的创建过程	84
6.1.4	新建项目过程中容易出现的问题及解决办法	101
6.1.5	S7-1200 CPU 的密码保护功能	104
6.1.6	程序块的复制保护功能	104
6.1.7	STEP 7 Basic 中程序的上传功能	105
6.1.8	STEP 7 在线帮助功能	112
	任务五 在 STEP 7 软件中建立灌装自动生产线项目并进行硬件组态	113
6.2	STEP 7 编程基础	116
6.2.1	数制和编码	116
6.2.2	数据类型及表示格式	118
6.2.3	存储区的寻址方式	120
6.2.4	STEP 7 Basic 编程语言	121
6.2.5	STEP 7 Basic 指令系统	124
6.3	PLC 的程序结构与编程方法	126
6.3.1	组织块 OB	126
6.3.2	组织块 OB 的优先级	128
6.3.3	功能块 FB 和功能 FC	128
6.3.4	数据块 DB	129

6.3.5	程序块的编辑	131
6.3.6	程序块的编译和下载	133
6.3.7	程序块的监视与程序的调试	135
6.3.8	块的调用	136
6.3.9	PLC 的编程方法	139
6.4	工业自动化项目程序结构及符号表	141
6.4.1	设计项目程序结构	141
6.4.2	创建用户程序结构	142
6.4.3	建立项目变量表	143
任务六	灌装自动生产线 PLC 控制系统程序结构及变量表	150
6.5	工业自动化项目中数字量的处理	154
6.5.1	触点的逻辑关系	154
任务七	设计灌装自动生产线 PLC 控制系统手动运行程序	156
6.5.2	置位输出/复位输出指令	158
6.5.3	边沿检测指令	159
6.5.4	复位优先 SR 锁存/置位优先 RS 锁存指令	161
任务八	设计急停复位等程序和调用功能	163
6.6	工业自动化项目中时间控制方法	169
6.7	工业自动化项目中计数功能	178
任务九	设计灌装自动生产线 PLC 控制系统手动和自动运行程序	183
6.8	工业自动化项目中数据处理方法	187
6.8.1	移动操作指令	187
6.8.2	数学函数指令	189
6.8.3	比较器操作指令	191
6.8.4	转换操作指令	194
任务十	灌装自动生产线 PLC 控制系统统计程序设计	196
6.9	故障诊断与程序调试方法	200
6.9.1	CPU 的在线和诊断功能	201
6.9.2	使用程序编辑器调试程序	206
6.9.3	使用变量表调试程序	208
6.9.4	采用监控与强制表监视、修改和强制变量	208
6.9.5	工具的使用	212
6.10	工业自动化项目中模拟量的处理	217
6.10.1	模拟量输入信号的采集	217
6.10.2	模拟量输入信号的处理	221
任务十一	灌装自动生产线 PLC 控制系统合格检验程序设计	221
6.11	顺序控制编程方法	223
任务十二	灌装自动生产线顺序控制自动运行程序设计	229
<b>第 7 章</b>	<b>PLC 的网络通信技术的应用</b>	<b>234</b>

7.1	通信基础知识 .....	234
7.1.1	数据传输方式 .....	234
7.1.2	西门子工业网络通信 .....	234
7.2	S7-1200 支持的通信 .....	236
7.2.1	PROFINET 通信 .....	236
7.2.2	PROFIBUS 通信 .....	236
7.2.3	简易通信模块 .....	236
7.3	PROFINET 通信 .....	237
7.3.1	PROFINET 简介 .....	237
7.3.2	构建 PROFINET 网络 .....	239
7.4	PROFIBUS 通信 .....	241
7.4.1	PROFIBUS 简介 .....	241
7.4.2	PROFIBUS DP .....	242
<b>第 8 章</b>	<b>工业自动化项目上位监控系统设计 .....</b>	<b>247</b>
8.1	人机界面概述 .....	247
8.1.1	HMI 的主要任务 .....	247
8.1.2	HMI 项目设计方法 .....	248
8.1.3	SIMATIC 精简系列面板 .....	248
8.1.4	WinCC (TIA Portal) 简介 .....	249
8.2	建立一个 WinCC Basic 项目 .....	250
8.2.1	直接生成 HMI 设备 .....	250
8.2.2	使用 HMI 设备向导组态画面 .....	251
8.2.3	WinCC Basic 项目组态界面 .....	255
8.3	KTP 600 Basic color PN 触摸屏的通信连接 .....	257
8.3.1	KTP 600 Basic color PN 触摸屏的硬件连接 .....	257
8.3.2	设置 KTP 600 Basic color PN 触摸屏通信参数 .....	258
8.3.3	下载 HMI 组态 .....	262
	任务十三 建立灌装自动生产线上位监控项目 .....	263
8.4	定义变量 .....	263
8.4.1	变量的分类 .....	264
8.4.2	变量的数据类型 .....	264
8.4.3	编辑变量 .....	264
8.5	组态画面 .....	268
8.5.1	设计画面结构与布局 .....	268
8.5.2	创建画面 .....	269
8.5.3	画面管理 .....	270
8.5.4	组态初始画面 .....	278
8.5.5	组态运行画面 .....	282
8.5.6	组态参数设置画面 .....	304

8.5.7 组态趋势视图画面 .....	311
任务十四 组态灌装自动生产线监控画面 .....	314
8.6 报警 .....	315
8.6.1 报警的概念 .....	315
8.6.2 组态报警 .....	318
8.6.3 显示报警信息 .....	322
任务十五 组态灌装自动生产线中的报警 .....	325
8.7 用户管理 .....	325
8.7.1 用户管理的概念 .....	325
8.7.2 用户管理的组态 .....	326
8.7.3 用户管理的使用 .....	329
任务十六 组态用户管理系统 .....	331
8.8 组态功能键 .....	331
任务十七 组态画面中的功能键 .....	338
8.9 WinCC Basic 项目的模拟调试 .....	339
<b>第9章 项目文件整理</b> .....	<b>342</b>
9.1 灌装自动生产线项目报告 .....	342
任务十八 灌装生产线项目报告撰写 .....	343
9.2 灌装自动生产线项目使用说明书 .....	343
任务十九 灌装生产线项目使用说明书撰写 .....	343
<b>参考文献</b> .....	<b>347</b>



# 第 1 章 工业自动化控制系统概述

本章主要介绍工业自动化技术的产生、发展和未来。

## 本章学习要求：

- 1) 了解工业自动化的概念。
- 2) 了解人类为什么要搞自动化。
- 3) 理解自动化的未来发展趋势。

## 1.1 工业自动化概念

所谓的工业自动化是机器设备或生产过程在不需要人工直接干预的情况下，按预期的目标实现测量、操纵等信息处理和过程控制的统称。自动化技术就是探索和研究实现自动化过程的方法和技术。它是涉及机械、微电子、计算机和机器视觉等技术领域的一门综合性技术。采用自动化技术不仅可以把人从繁重的体力劳动、部分脑力劳动以及恶劣危险的工作环境中解放出来，而且能扩展人的器官功能，极大地提高劳动生产率，增强人类认识世界和改造世界的能力。因此，自动化是工业、农业、国防和科学技术现代化的重要条件和显著标志。工业革命是自动化技术的助产士。正是由于工业革命的需要，自动化技术才冲破了卵壳，得到了蓬勃发展。同时自动化技术也促进了工业的进步，如今自动化技术已经被广泛应用于机械制造、电力、建筑、交通运输和信息技术等领域，成为提高劳动生产率的主要手段。而电气与 PLC 控制技术与工业自动化技术一同成长。

正如人类产生的 300 万年在地球 46 亿年生命史上只是短短的一瞬间，人类短短的 6000 年文明史在人类历史中也是短短的一瞬间，从 18 世纪 60 年代开始的第一次工业革命（蒸汽时代）距今只有 300 多年，19 世纪 70 年代开始的第二次工业革命（电气时代）距今只有短短的 100 多年，20 世纪四五十年代以来的第三次工业革命（信息时代）距今不过几十年。

电气与 PLC 控制跨越电气时代和信息时代，伴随计算机、信息技术和网络技术的发展而发展，在人类工业控制领域发挥不可替代的作用。以智能制造为主导的第四次工业革命旨在通过充分利用信息通信技术和网络空间虚拟系统——信息物理系统（Cyber - Physical System）相结合的手段，将工业向智能化转型。而工业自动化的发展也必将在此过程中发展出新的硬件设备与软件顺应工业 4.0 的潮流，并发挥重要作用。《中国制造 2025》优先推进制造业数字化、网络化和智能化发展，为工业自动化的发展提供了更广阔的空间。

## 1.2 电气控制的历史与发展

电气控制技术是通过各类电动机为动力的传动装置和系统的继电接触器控制，以实现

工业生产过程自动化的控制技术。电气控制系统是其中的主干部分，在国民经济各行业中的许多部门得到广泛应用，是实现工业自动化的重要手段。随着科学技术的不断发展、生产工艺的不断改进，特别是计算机技术的应用，新型控制策略的出现，不断改变着电气控制技术的面貌。在控制方法上，从手动控制发展到自动控制；在控制功能上，从简单控制发展到智能化控制；在操作上，从笨重发展到信息化处理；在控制原理上，从单一的有触点硬接线继电器逻辑控制系统发展到以微处理器或微计算机为中心的网络化自动控制系统。现代电气控制技术综合应用了计算机技术、微电子技术、检测技术、自动控制技术、智能技术、通信技术和网络技术等先进的科学技术成果。继电器 - 接触器控制系统至今仍是许多生产机械设备广泛采用的基本电气控制形式，也是学习更先进电气控制系统的基础。它主要由继电器、接触器、按钮和行程开关等组成，由于其控制方式是断续的，故称为断续控制系统。它具有控制简单、方便实用、价格低廉、易于维护以及抗干扰能力强等优点。但由于其接线方式固定，灵活性差，难以适应复杂和程序可变的控制对象的需要，且工作频率低，触点易损坏，可靠性差。工业控制要求呼唤新技术的产生以解决电气控制自身的问题。

### 1.3 PLC 控制的历史与发展

由于大力发展工业自动化是加快传统产业改造提升、提高企业整体素质、提高国家整体国力、调整工业结构、迅速搞活大中型企业的有效途径和手段，国家将继续通过实施一系列工业过程自动化高技术产业化专项，用信息化带动工业化，推动工业自动化技术的进一步发展，加强技术创新，实现产业化，解决国民经济发展面临的深层问题，进一步提高国民经济整体素质和综合国力，实现跨越式发展。PLC（Programmable Logic Controller，可编程逻辑控制器）伴随工业自动化技术的发展得以产生与发展，也必将随着工业自动化技术的新要求日新月异。它以软件手段实现各种控制功能、以微处理器为核心，解决了继电 - 接触器系统自身的缺点。它具有通用性强、可靠性高、能适应恶劣的工业环境，指令系统简单、编程简便易学、易于掌握，体积小、维修工作少、现场连接安装方便等一系列优点，正逐步取代传统的继电器控制系统，广泛应用于冶金、采矿、建材、机械制造、石油、化工、汽车、电力、造纸、纺织、装卸和环保等各个行业的控制中。在自动化领域，PLC 与 CAD/CAM、工业机器人并称为现代工业自动化的三大支柱，其应用日益广泛。PLC 技术是以硬接线的继电器 - 接触器控制为基础，逐步发展为既有逻辑控制、计时、计数，又有运算、数据处理、模拟量调节、联网通信等功能的控制装置。它可通过数字量或者模拟量的输入、输出满足各种类型机械控制的需要。PLC 及有关外部设备，均按既易于与工业控制系统联成一个整体，又易于扩充其功能的原则设计，已成为生产机械设备中开关量控制的主要电气控制装置。PLC 发展历史起源于 1968 年美国通用汽车公司提出取代继电器控制装置的要求。1969 年，美国数字设备公司研制出了第一台可编程控制器 PDP - 14，在美国通用汽车公司的生产线上试用成功，首次采用程序化的手段应用于电气控制，这是第一代可编程序控制器，称 Programmable，是世界上公认的第一台 PLC。1969 年，美国研制出世界第一台 PDP - 14。1971 年，日本研制出第一台 DCS - 8。1973 年，德国研制出第一台 PLC。1974 年，中国研制出第一台 PLC。20 世纪 70 年代初出现了微处理器。人们很快将其引入可编程控制器，使 PLC 增加了运算、数据传送及处理等功能，完成了真正具有计算机特征的工业控制装置。此时的 PLC

为微机技术和继电器常规控制概念相结合的产物。个人计算机发展起来后，为了方便和反映可编程控制器的功能特点，可编程逻辑控制器定名为 Programmable Logic Controller (PLC)。20 世纪 70 年代中末期，PLC 进入实用化发展阶段，计算机技术已全面引入可编程控制器中，使其功能产生了飞跃。更高的运算速度、超小型体积、更可靠的工业抗干扰设计、模拟量运算、PID 功能及极高的性价比奠定了它在现代工业中的地位。20 世纪 80 年代初，PLC 在先进工业国家中获得广泛应用。世界上生产 PLC 的国家日益增多，产量日益上升。这标志着 PLC 已步入成熟阶段。20 世纪 80 年代至 90 年代中期，是 PLC 发展最快的时期，年增长率一直保持为 30% ~ 40%。在这时期，PLC 在处理模拟量能力、数字运算能力、人机接口能力和网络能力得到大幅度提高，PLC 逐渐进入过程控制领域，在某些应用上取代了在过程控制领域处于统治地位的 DCS 系统。20 世纪末期，PLC 的发展特点是更加适应于现代工业的需要。这个时期发展了大型机和超小型机、诞生了各种各样的特殊功能单元、生产了各种人机界面单元和通信单元，使应用 PLC 的工业控制设备的配套更加容易。

以西门子公司的自动化技术为例，图 1-1 展示了其工业自动化控制系统的组成。图中 SIMATIC 是 SIEMENS AUTOMATIC 的缩写。在一个全集成自动化 (Totally Integrated Automation, TIA) 平台中，以控制器 PLC 为核心，通过网络技术向下可以连接远程 I/O 从站，向上可以与 HMI 设备进行信息传输，实现了高度一致的数据管理、统一的编程和组态环境以及标准化的网络通信体系结构，为从现场级到控制级的生产及过程控制提供了统一的全集成系统平台。

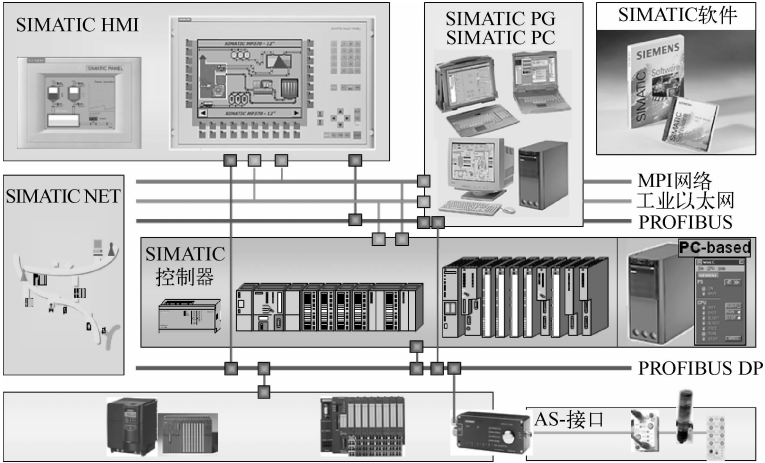


图 1-1 西门子工业自动化系统

随着技术的发展，PLC 技术发展呈现新的动向：①产品规模向大、小两个方向发展。大：I/O 点数达 14336 点、32 位微处理器、多 CPU 并行工作、大容量存储器、扫描速度高速化。小：由整体结构向小型模块化结构发展，增加了配置的灵活性，降低了成本。②PLC 在闭环过程控制中应用日益广泛。③不断加强通信功能。④新器件和模块不断推出。高档的 PLC 除了主要采用 CPU 以提高处理速度外，还有带处理器的 EPROM 或 RAM 的智能 I/O 模块、高速计数模块和远程 I/O 模块等专用化模块。⑤编程工具丰富多样，功能不断提高，编程语言趋向标准化。有各种简单或复杂的编程器及编程软件，采用梯形图、功能图和语句表等编程语言，亦有高档的 PLC 指令系统。⑥发展容错技术。采用热备用或并行工作、多数

表决的工作方式。⑦追求软硬件的标准化。

随着工业信息化深入发展，我国的工业自动化产业将实现由模仿向自主创新、由中国制造向中国创造的转变。我国“十二五”“十三五”期间工业发展的重点是结构调整和产业化升级，其主要目的是提高工业体系结构的合理化，更加适应市场的需求，同时采用新技术改造传统产业的生产过程以提高生产效率和产品质量。传统产业中自动化控制和信息系统列为工业化范围，而信息业的发展则重点放在网络、通信和电子商务等概念和产业上。其实，信息化和传统工业之间有着相互提高和依存的关系。例如，应用信息化和电子技术可以大大提高工业生产过程的自动检测水平和执行机构的准确度与速度等，还可以提高整个生产装置的整体自动化控制和装置间的物料平衡，达到优化装置和过程的效果；应用网络通信技术可以把整个企业的资金信息、物流信息、生产装置状态信息、生产效率信息、生产能力信息、市场信息和采购信息等实时、准确、全面、系统地提供给决策者和管理者，帮助企业决策者和管理者提高决策的实时性和准确性，提高管理者的效率，给用户和管理者提供管理-控制一体化系统和服务，为自动化产品的制造商和应用系统服务带来了很大的发展市场空间。“大数据存储”“数据挖掘”以及“云计算”等新概念的提出与应用也正对工业自动化领域产生深远的影响。在自动化领域中，正在发生一个根本性的变化：真实世界和虚拟世界进一步地融合在一起；现代的信息和通信技术应与传统的工业流程紧密结合并由此改变不同的生产领域。“工业4.0”由德国政府在2013年汉诺威工业博览会上首次提出，寓意人类将迎来以生产高度数字化、网络化和机器自组织为标志的第四次工业革命。这一工业发展新概念一经提出，立即在全球引发了极大关注，掀起了新一轮研究与实践热潮。我国对这一制造业的未来发展趋势也高度关注。李克强总理与默克尔总理共同发表《中德合作行动纲要》，宣布两国将开展“工业4.0”合作，该领域合作有望成为中德未来产业合作的新方向。

## 第2章 工业自动化项目设计

本章主要介绍工业自动化项目设计的流程、规范和标准。结合现代工业应用成果，以工业生产中典型的灌装自动生产线项目为例介绍项目任务、项目分析、项目设计、项目实施、项目验收和项目总结等步骤。

### 本章学习要求：

- 1) 了解工业自动化项目概念。
- 2) 掌握工业自动化项目设计流程。
- 3) 明确每个流程需要提交成果，包括文件和图样。
- 4) 理解工业自动化项目对质量意识和标准的要求。

### 2.1 工业自动化项目设计要求

工业自动化是一种运用控制理论、仪器仪表、计算机和其他信息技术，对工业生产过程实现检测、控制、优化、调度、管理和决策，达到增加产量、提高质量、降低消耗、确保安全等目的的综合性技术，包括工业自动化软件、硬件和系统三大部分。工业自动化技术作为20世纪现代制造领域中最重要技术之一，主要解决生产效率与一致性问题。无论高速大批量制造企业还是追求灵活、柔性和定制化企业，都必须依靠自动化技术的应用。自动化系统本身并不直接创造效益，但它对企业生产过程起着明显的提升作用：①提高生产过程的安全性；②提高生产效率；③提高产品质量；④减少生产过程的原材料、能源损耗。据国际权威咨询机构统计，对自动化系统投入和企业效益方面提升产出比在1:4~1:6之间。特别在资金密集型企业中，自动化系统占设备总投资10%以下，起到“四两拨千斤”的作用。传统的工业自动化系统即机电一体化系统主要是对设备和生产过程的控制，即由机械本体、动力部分、测试传感部分、执行机构、驱动部分、控制及信号处理单元、接口等硬件元素，在软件程序和电子电路逻辑的有目的的信息流引导下，相互协调、有机融合和集成，形成物质和能量的有序规则运动，从而组成工业自动化系统或产品。

工业自动化项目依托一定的工业生产背景，根据设计目标提出要求。自动化领域应用范围涉及生产、生活的方方面面，农业、林业、矿业、地质、电力、新能源和制造等行业都离不开自动化技术。面对国际化的竞争和自动化技术的持续发展，企业需要随之进行生产系统的升级改造或研发新生产系统，就成为自动化工程项目。

### 2.2 工业自动化项目设计流程

自动化控制项目的被控对象一般为机械加工设备、电气设备、生产线或生产过程。控制

方案设计主要包括确定系统控制任务与设计要求、确定系统总体控制方案、确定电气控制方案、确定控制系统的输入输出信号、硬件选型与配置、I/O分配机硬件设计、软件程序设计、施工设计及现场调试等几部分内容。自动化项目设计流程如图 2-1 所示。其步骤通过箭头转移表示，右边方框内是每一步骤的阶段性成果。

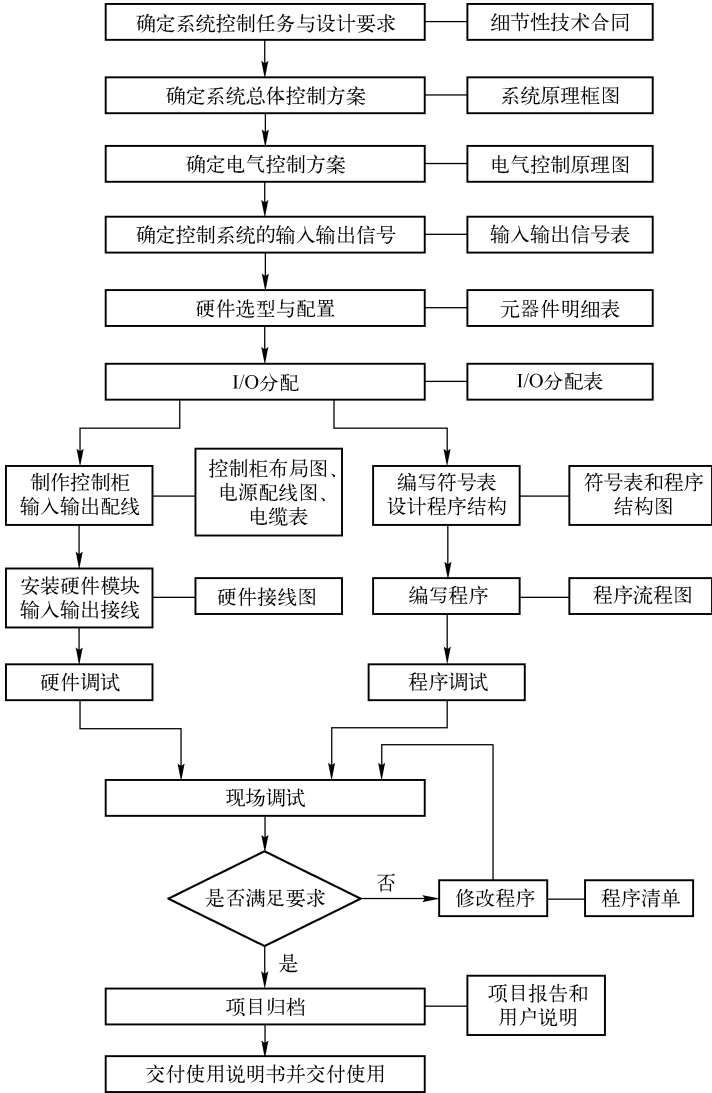


图 2-1 自动化项目设计流程

### 2.2.1 确定系统总体控制方案

接手一项控制工程项目后，需要通过文献调研弄清楚该控制工程的目的、应用对象、需要的工艺流程及需要的设备，提出几种可行性技术方案；与项目合同的甲方进行沟通，弄清楚具体的细节和对方的各种需求，如成本需求、控制可靠性需求，制定明确的系统控制方案并签订甲方认可的细节性技术合同。