

自动化技术轻松入门丛书

# S7-200 SMART PLC

## 完全精通教程

主 编 向晓汉

副主编 向定汉

主 审 苏高峰

机械工业出版社



机械工业出版社

本书从基础和实用出发,涵盖的主要内容分为两个部分,第一部分(第1~5章)为基础篇,主要介绍S7-200 SMART系列PLC的硬件和接线、STEP7-Micro/WIN SMART软件的使用、PLC的编程语言、编程方法与调试;第二部分(第6~10章)为提高与应用篇,包括PLC的通信、PLC在运动控制的应用、PLC在变频调速系统中的应用和可编程序控制器系统集成等。

本书内容丰富,重点突出,强调知识的实用性,每章中都配有大量实用的例题,便于读者模仿学习,大部分实例都有详细的软件、硬件配置清单,并配有接线图和程序。另外每章配有习题供读者训练之用。本书的配套光盘中有重点内容的对应程序和操作视频资料。

本书可供学习S7-200 SMART系列PLC的工程技术人员使用,也可以作为大中专院校机电类、信息类专业的教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

S7-200 SMART PLC 完全精通教程 / 向晓汉主编. —北京:机械工业出版社, 2013.8

(自动化技术轻松入门丛书)

ISBN 978-7-111-43442-9

I. ①S… II. ①向… III. ①plc 技术—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第168539号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:时静

责任编辑:时静 尚晨

责任印制:李洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2017年8月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·21.75印张·537千字

3501—4700册

标准书号:ISBN 978-7-111-43442-9

定价:56.00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

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

随着计算机技术的发展，以可编程序控制器、变频器调速和计算机通信等技术为主体的新型电气控制系统已经逐渐取代了传统的继电器电气控制系统，并广泛应用于各行业。由于西门子 S7-200 系列 PLC 具有很高的性价比，因此在工控市场占有非常大的份额，应用十分广泛，而 S7-200 SMART 系列 PLC 是 S7-200 系列 PLC 升级版，且价格略低，可以预见其有广泛的应用前景。为了使读者能更好地掌握相关知识，我们在总结长期的教学经验和工程实践的基础上，联合相关企业人员，共同编写了本书，力争使读者通过“看书”就能学会 S7-200 SMART 系列 PLC。本书力求简单和详细，基础部分用较多的小型实例引领读者入门，让读者在学完入门部分后，能完成简单的工程。提高与应用部分精选工程的实际案例，供读者模仿学习，提高读者解决实际问题的能力。

我们在编写过程中，将一些生动的操作实例融入到书中，以提高读者的学习兴趣。本书与其他相关书籍相比，具有以下特点。

(1) 用实例引导读者学习。该书的大部分章节用精选的实例讲解。

(2) 重点的实例都包含软硬件的配置方案图、接线图和程序，为确保程序的正确性，程序已经在 PLC 上运行通过。

(3) 对于比较复杂的实例，本书配有操作视频，便于读者学习。

(4) 该书实例易于工程移植。

全书共分 10 章。第 1 章由无锡雷华科技有限公司的唐克彬编写；第 2、3 章由桂林电子科技大学的向定汉教授编写；第 4、5、6 章由无锡职业技术学院的向晓汉编写；第 7 章由无锡雷华科技有限公司的陆彬编写；第 8、9 章由无锡雪浪环保科技有限公司的刘摇摇编写；第 10 章由无锡雷华科技有限公司的欧阳慧编写。本书由向晓汉任主编，向定汉任副主编，苏高峰任主审。

由于作者水平有限，缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

作 者

# 目 录

前言	
第 1 章 可编程序控制器基础	1
1.1 概述	1
1.1.1 PLC 的发展历史	1
1.1.2 PLC 的主要特点	2
1.1.3 PLC 的应用范围	3
1.1.4 PLC 的分类与性能指标	3
1.1.5 PLC 与继电器控制系统的比较	4
1.1.6 PLC 与微机的比较	5
1.1.7 PLC 的发展趋势	5
1.1.8 PLC 在我国的使用情况	6
1.2 可编程序控制器的结构和工作原理	6
1.2.1 可编程序控制器的硬件组成	6
1.2.2 可编程序控制器的工作原理	9
1.2.3 可编程序控制器的立即输入、输出功能	11
1.3 接近开关	11
1.3.1 接近开关的功能	11
1.3.2 接近开关的分类和工作原理	12
1.3.3 接近开关的选型	13
1.3.4 应用接近开关的注意事项	14
重点难点总结	17
习题	17
第 2 章 S7-200 SMART 系列 PLC 的硬件介绍	18
2.1 S7-200 SMART 系列 PLC 概述	18
2.1.1 西门子 S7 系列模块简介	18
2.1.2 S7-200 SMART 系列 PLC 的产品特点	19
2.2 S7-200 SMART CPU 模块及其接线	20
2.2.1 S7-200 SMART CPU 模块的介绍	20
2.2.2 S7-200 SMART CPU 模块的接线	23
2.3 S7-200 SMART 扩展模块及其接线	25
2.3.1 数字量 I/O 扩展模块	26
2.3.2 模拟量 I/O 扩展模块	26
2.3.3 其他扩展模块	29



2.4	S7-200 SMART 的安装	33
2.4.1	安装的预留空间	33
2.4.2	安装 CPU 模块	33
2.4.3	扩展模块的连接	34
2.4.4	信号板的安装	34
2.4.5	接线端子的拆卸和安装	35
2.5	最大 I/O 配置与电源需求计算	36
2.5.1	模块的地址分配	36
2.5.2	最大 I/O 配置	36
2.5.3	电源需求计算	37
	重点难点总结	39
	习题	39
第 3 章	S7-200 SMART PLC 编程软件使用入门	40
3.1	STEP7-Micro/WIN SMART 编程软件的简介与安装步骤	40
3.1.1	STEP7-Micro/WIN SMART 编程软件简介	40
3.1.2	STEP7-Micro/WIN SMART 编程软件的安装步骤	41
3.2	STEP7-Micro/WIN SMART 的使用	44
3.2.1	STEP7-Micro/WIN SMART 软件的打开	44
3.2.2	STEP7-Micro/WIN SMART 软件的界面介绍	44
3.2.3	创建新工程	52
3.2.4	保存工程	53
3.2.5	打开工程	53
3.2.6	系统块	55
3.2.7	程序调试	64
3.2.8	交叉引用	67
3.2.9	工具	68
3.2.10	帮助菜单	69
3.2.11	用户自定义指令库	69
3.3	用 STEP7-Micro/WIN SMART 建立一个完整的项目	72
3.4	仿真软件的使用	80
3.4.1	仿真软件简介	80
3.4.2	仿真软件 S7-200 SIM 2.0 的使用	80
	重点难点总结	82
	习题	82
第 4 章	PLC 的编程语言	83
4.1	S7-200 SMART PLC 的编程基础知识	83
4.1.1	数据的存储类型	83
4.1.2	元件的功能与地址分配	85
4.1.3	STEP7 中的编程语言	90





4.2	位逻辑指令	91
4.2.1	基本位操作指令	91
4.2.2	置位/复位指令	94
4.2.3	置位和复位优先双稳态触发器指令	95
4.2.4	边沿触发指令	95
4.2.5	逻辑栈操作指令	96
4.3	定时器与计数器指令	97
4.3.1	定时器指令	97
4.3.2	计数器指令	105
4.3.3	基本指令的应用实例	109
4.4	功能指令	117
4.4.1	比较指令	117
4.4.2	数据处理指令	119
4.4.3	移位与循环指令	123
4.4.4	算术运算指令	127
4.4.5	功能指令的应用	142
4.5	S7-200 SMART PLC 的程序控制指令及其应用	146
4.5.1	跳转指令	146
4.5.2	指针	147
4.5.3	循环指令	147
4.5.4	子程序调用指令	148
4.5.5	中断指令	151
4.5.6	暂停指令	155
4.5.7	结束指令	155
4.5.8	顺控继电器指令	155
4.5.9	程序控制指令的应用	157
	重点难点总结	158
	习题	158
<b>第 5 章</b>	<b>逻辑控制编程的编写方法</b>	<b>162</b>
5.1	顺序功能图	162
5.1.1	顺序功能图的画法	162
5.1.2	梯形图编程的原则	172
5.2	逻辑控制的梯形图编程方法	173
5.2.1	利用基本指令编写梯形图指令	174
5.2.2	利用顺控指令编写逻辑控制程序	177
5.2.3	利用功能指令编写逻辑控制程序	179
5.2.4	利用复位和置位指令编写逻辑控制程序	180
	重点难点总结	181
	习题	181



第 6 章 S7-200 SMART PLC 的通信及其应用 .....	183
6.1 通信基础知识 .....	183
6.1.1 通信的基本概念 .....	183
6.1.2 RS-485 标准串行接口 .....	184
6.1.3 PLC 网络的术语解释 .....	185
6.1.4 OSI 参考模型 .....	186
6.2 S7-200 SMART PLC 自由口通信 .....	188
6.3 S7-200 SMART PLC 之间的自由口通信 .....	191
6.4 S7-200 SMART PLC 与个人计算机之间的自由口通信 .....	195
6.4.1 S7-200 SMART PLC 与超级终端之间的自由口通信 .....	195
6.4.2 S7-200 SMART PLC 与个人计算机（自编程序）之间的自由口通信 .....	198
6.5 S7-200 SMART PLC 与三菱 FX 系列 PLC 之间的自由口通信 .....	201
6.6 S7-200 SMART PLC 与 S7-200 PLC 之间的自由口通信 .....	205
6.7 S7-1200 PLC 与 S7-200 SMART PLC 之间的自由口通信 .....	207
6.8 以太网通信 .....	213
6.8.1 工业以太网通信简介 .....	213
6.8.2 S7-200 SMART PLC 与 HMI 之间的以太网通信 .....	214
6.9 Modbus 通信 .....	217
6.9.1 Modbus 通信概述 .....	217
6.9.2 S7-200 SMART PLC 之间的 Modbus 通信 .....	219
6.9.3 S7-200 SMART PLC 与 S7-200 PLC 之间的 Modbus 通信 .....	223
6.9.4 S7-200 SMART PLC 与 S7-1200 PLC 之间的 Modbus 通信 .....	224
重点难点总结 .....	228
习题 .....	229
第 7 章 S7-200 SMART PLC 的运动控制及其应用 .....	230
7.1 S7-200 SMART PLC 的运动控制基础 .....	230
7.2 PLC 控制步进电动机 .....	235
7.2.1 步进电动机简介 .....	235
7.2.2 S7-200 SMART PLC 的高速输出点控制步进电动机 .....	237
7.3 PLC 控制伺服系统 .....	246
7.3.1 伺服系统简介 .....	246
7.3.2 直接使用 PLC 的高速输出点控制伺服系统 .....	247
重点难点总结 .....	249
习题 .....	249
第 8 章 PLC 在变频器调速系统中的应用 .....	250
8.1 三相异步电动机的机械特性和调速原理 .....	250
8.1.1 三相异步电动机的机械特性 .....	250
8.1.2 三相异步电动机的调速原理 .....	252
8.1.3 变频器的发展 .....	254



8.1.4	变频器的分类	257
8.2	西门子 MM440 变频器	259
8.2.1	认识变频器	259
8.2.2	西门子 MM440 变频器使用简介	261
8.3	变频器多段调速	265
8.4	变频器模拟量调速	271
8.4.1	模拟量模块的简介	271
8.4.2	模拟量调速的应用	272
8.5	运输站变频器的通信调速	275
8.5.1	USS 协议简介	275
8.5.2	USS 通信的应用	275
8.6	使用变频器时电动机的制动和正反转	280
8.6.1	电动机的制动	280
8.6.2	电动机的起停控制	281
8.6.3	电动机的正反转	282
8.6.4	电动机的正反转 (PLC 控制)	284
	重点难点总结	285
	习题	285
<b>第 9 章</b>	<b>S7-200 SMART PLC 的其他应用技术</b>	<b>287</b>
9.1	S7-200 SMART PLC 在 PID 中的应用	287
9.1.1	PID 控制原理简介	287
9.1.2	利用 S7-200 SMART PLC 进行电炉的温度控制	290
9.2	高速计数器的应用	295
9.2.1	高速计数器的简介	295
9.2.2	高速计数器的应用	297
9.2.3	高速计数器在转速测量中的应用	300
	重点难点总结	306
	习题	307
<b>第 10 章</b>	<b>可编程序控制器系统集成</b>	<b>308</b>
10.1	交通灯 PLC 控制系统	308
10.1.1	绘制时序图	309
10.1.2	PLC 的 I/O 分配	309
10.1.3	控制系统的接线与测试	309
10.1.4	编写控制程序	310
10.2	行车呼叫 PLC 控制系统	314
10.2.1	软硬件配置	314
10.2.2	编写程序	316
10.3	步进电动机自动正反转 PLC 控制系统	318
10.3.1	软硬件配置	319



10.3.2 运动轴组态 .....	319
10.3.3 编写程序 .....	324
10.4 刨床 PLC 控制系统 .....	326
10.4.1 软硬件配置 .....	326
10.4.2 编写程序 .....	327
10.5 物料搅拌机的 PLC 控制 .....	329
10.5.1 硬件系统集成 .....	329
10.5.2 编写 PLC 程序 .....	331
10.5.3 设计触摸屏项目 .....	334
重点难点总结 .....	336
习题 .....	336
参考文献 .....	337

机械工业出版社

## 可编程序控制器基础

本章介绍可编程序控制器的历史、功能、特点、应用范围、发展趋势、在我国的使用情况、结构和工作原理等知识，使读者初步了解可编程序控制器，为学习本书后续内容做好准备。

### 1.1 概述

可编程序控制器（Programmable Logic Controller）简称 PLC，国际电工委员会（IEC）于 1985 年对可编程序控制器作了如下定义：“可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字、模拟的输入和输出，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设备，都应按易于与工业控制系统连成一个整体，易于扩充功能的原则设计。PLC 是一种工业计算机，其种类繁多，不同厂家的产品有各自的特点，但作为工业标准设备，可编程序控制器又有一定的共性。”

#### 1.1.1 PLC 的发展历史

20 世纪 60 年代以前，汽车生产线的自动控制系统基本上都由继电器控制装置构成的。当时每次改型都直接导致继电器控制装置的重新设计和安装，福特汽车公司（FORD）的老板曾经说，无论顾客需要什么样的汽车，福特的汽车永远是黑色的，从侧面反映汽车改型和升级换代比较困难。为了改变这一现状，1969 年，美国的通用汽车公司（GM）公开招标，要求用新的装置取代继电器控制装置，并提出十项招标指标，要求新的装置具备编程方便、现场可修改程序、维修方便、采用模块化设计、体积小、可与计算机通信等功能。同一年，美国数字设备公司（DEC）研制出了世界上第一台可编程序控制器 PDP-14，并在美国通用汽车公司的生产线上试用成功，取得了满意的效果，可编程序控制器从此诞生。由于当时的 PLC 只能取代继电器接触器控制，功能仅限于逻辑运算、计时、计数等，所以称为“可编程逻辑控制器”。伴随着微电子技术、控制技术与信息技术的不断发展，可编程序控制器的功能不断增强。美国电气制造商协会（NEMA）于 1980 年正式将其命名为“可编程序控制器”，简称 PC，由于这个名称和个人计算机的简称相同，容易混淆，因此在我国，很多人仍然习惯称可编程序控制器为 PLC。可以说



PLC 是在继电器控制系统基础上发展起来的。

由于 PLC 具有易学易用、操作方便、可靠性高、体积小、通用灵活和使用寿命长等一系列优点，因此，很快就在工业中得到了广泛的应用。同时，这一新技术也受到其他国家的重视。1971 年日本引进这项技术，很快研制出日本第一台 PLC，欧洲于 1973 年研制出第一台 PLC，我国从 1974 年开始研制，1977 年国产 PLC 正式投入工业应用。

20 世纪 80 年代以来，随着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 得到快速发展，（例如 GE 的 RX7i，使用的是赛扬 CPU，其主频达 1GHz，其信息处理能力几乎和个人电脑相当）使得 PLC 在设计、性能价格比以及应用方面有了突破，不仅控制功能增强，功耗和体积减小，成本下降，可靠性提高，编程和故障检测更为灵活方便，而且随着远程 I/O 和通信网络、数据处理和图像显示的发展，已经使得 PLC 普遍用于控制复杂生产过程。PLC 已经成为工厂自动化的三大支柱（PLC、机器人和 CAD/CAM）之一。

### 1.1.2 PLC 的主要特点

PLC 之所以高速发展，除了工业自动化的客观需要外，还有许多适合工业控制的独特的优点，它较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题，其主要特点有以下几方面。

#### 1. 抗干扰能力强，可靠性高

在传统的继电器控制系统中，使用了大量的中间继电器、时间继电器，由于器件的固有缺点，如器件老化、接触不良、触点抖动等现象，大大降低了系统的可靠性。而在 PLC 控制系统中大量的开关动作由无触点的半导体电路完成，因此故障大大减少。

此外，PLC 的硬件和软件方面采取了措施提高其可靠性。在硬件方面，所有的 I/O 接口都采用了光电隔离，使得外部电路与 PLC 内部电路实现了物理隔离。各模块都采用了屏蔽措施，以防止辐射干扰。电路中采用了滤波技术，以防止或抑制高频干扰；在软件方面，PLC 具有良好的自诊断功能，一旦系统的软硬件发生异常情况，CPU 会立即采取有效措施，以防止故障扩大。通常 PLC 具有看门狗功能。

对于大型的 PLC 系统，还可以采用双 CPU 构成冗余系统或者三 CPU 构成表决系统，使系统的可靠性进一步提高。

#### 2. 程序简单易学，系统的设计调试周期短

PLC 是面向用户的设备，PLC 的生产厂家充分考虑到现场技术人员的技能和习惯，采用梯形图或面向工业控制的简单指令形式调试设备。梯形图与继电器原理图很相似，直观、易懂、易掌握，不需要学习专门的计算机知识和语言。设计人员可以在设计室设计、修改和模拟调试程序，非常方便。

#### 3. 安装简单，维修方便

PLC 不需要专门的机房，可以在各种工业环境下直接运行，使用时只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连接，即可投入运行。各种模块上均有运行和故障指示装置，便于用户了解运行情况和查找故障。

#### 4. 采用模块化结构，体积小，重量轻

为了适应工业控制需求，除了整体式 PLC 外，绝大数 PLC 采用模块化结构。PLC 的各部件，包括 CPU、电源、I/O 等都采用模块化设计。此外，PLC 相对于通用工控机，其



体积和重量要小得多。

### 5. 丰富的 I/O 接口模块，扩展能力强

PLC 针对不同的工业现场信号（如交流或直流、开关量或模拟量、电压或电流、脉冲或电位、强电或弱电等）有相应的 I/O 模块与工业现场的器件或设备（如按钮、行程开关、接近开关、传感器及变送器、电磁线圈、控制阀等）直接连接。另外，为了提高操作性能，它还有多种人-机对话的接口模块，为了组成工业局部网络，它还有多种通信联网的接口模块等。

## 1.1.3 PLC 的应用范围

目前，PLC 在国内外已广泛应用于机床、控制系统、自动化楼宇、钢铁、石油、化工、电力、建材、汽车、纺织机械、交通运输、环保以及文化娱乐等各行各业。随着 PLC 性能价格比的不断提高，其应用范围还将不断扩大，其应用场合可以说是无处不在，具体应用大致可归纳为如下几类。

### 1. 顺序控制

这是 PLC 最基本、最广泛应用的领域，它取代传统的继电器顺序控制，PLC 用于单机控制、多机群控制、自动化生产线的控制。例如数控机床、注塑机、印刷机械、电梯控制和纺织机械等。

### 2. 计数和定时控制

PLC 为用户提供了足够的定时器和计数器，并设置相关的定时和计数指令，PLC 的计数器和定时器精度高、使用方便，可以取代继电器系统中的时间继电器和计数器。

### 3. 位置控制

大多数的 PLC 制造商，目前都提供拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块，这一功能可广泛用于各种机械，如金属切削机床、装配机械等。

### 4. 模拟量处理

PLC 通过模拟量的输入/输出模块，实现模拟量与数字量的转换，并对模拟量进行控制，有的还具有 PID 控制功能。例如用于锅炉的水位、压力和温度控制。

### 5. 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算、数据传递、转换、排序和查表等功能，也能完成数据的采集、分析和处理。

### 6. 通信联网

PLC 的通信包括 PLC 相互之间、PLC 与上位计算机、PLC 和其他智能设备之间的通信。PLC 系统与通用计算机可以直接或通过通信处理单元、通信转接器相连构成网络，以实现信息的交换，并可构成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统，满足工厂自动化系统的需要。

## 1.1.4 PLC 的分类与性能指标

### 1. PLC 的分类

#### (1) 按组成结构形式分类

可以将 PLC 分为两类：一类是整体式 PLC（也称单元式），其特点是电源、中央处理



单元、I/O 接口都集成在一个机壳内；另一类是标准模板式结构化的 PLC（也称组合式），其特点是电源模板、中央处理单元模板、I/O 模板等在结构上是相互独立的，可根据具体的应用要求，选择合适的模块，安装在固定的机架或导轨上，构成一个完整的 PLC 应用系统。

## （2）按 I/O 点容量分类

1) 小型 PLC。小型 PLC 的 I/O 点数一般在 128 点以下，如西门子的 S7-200 SMART 系列 PLC。

2) 中型 PLC。中型 PLC 采用模块化结构，其 I/O 点数一般在 256~1024 点之间，如西门子的 S7-300 系列 PLC。

3) 大型 PLC。一般 I/O 点数在 1024 点以上的称为大型 PLC，如西门子的 S7-400 系列 PLC。

## 2. PLC 的性能指标

各厂家的 PLC 虽然各有特色，但其主要性能指标是相同的。

### （1）输入/输出（I/O）点数

输入/输出（I/O）点数是最重要的一项技术指标，是指 PLC 的面板上连接外部输入、输出端子数，常称为“点数”，用输入与输出点数的和表示。点数越多表示 PLC 可接入的输入器件和输出器件越多，控制规模越大。点数是 PLC 选型时最重要的指标之一。

### （2）扫描速度

扫描速度是指 PLC 执行程序的速度。以 ms/K 为单位，即执行 1K 步指令所需的时间。1 步占 1 个地址单元。

### （3）存储容量

存储容量通常用 K 字（KW）或 K 字节（KB）、K 位来表示。这里 1K=1024。有的 PLC 用“步”来衡量，一步占用一个地址单元。存储容量表示 PLC 能存放多少用户程序。例如，三菱型号为 FX2N-48MR 的 PLC 存储容量为 8000 步。有的 PLC 的存储容量可以根据需要配置，有的 PLC 的存储器可以扩展。

### （4）指令系统

指令系统表示该 PLC 软件功能的强弱。指令越多，编程功能就越强。

### （5）内部寄存器（继电器）

PLC 内部有许多寄存器用来存放变量、中间结果、数据等，还有许多辅助寄存器可供用户使用。因此寄存器的配置也是衡量 PLC 功能的一项指标。

### （6）扩展能力

扩展能力是反映 PLC 性能的重要指标之一。PLC 除了主控模块外，还可配置实现各种特殊功能的高功能模块。例如 A-D 模块、D-A 模块、高速计数模块、远程通信模块等。

## 1.1.5 PLC 与继电器控制系统的比较

在 PLC 出现以前，继电器硬接线电路是逻辑、顺序控制的唯一执行者，它结构简单、价格低廉，一直被广泛应用。PLC 出现后，几乎所有的方面都超过继电器控制系统，两者的性能比较见表 1-1。



表 1-1 可编程序控制器与继电器控制系统的比较

序号	比较项目	继电器控制	可编程序控制器控制
1	控制逻辑	硬接线多、体积大、连线多	软逻辑、体积小、接线少、控制灵活
2	控制速度	通过触点开关实现控制，动作受继电器硬件限制，通常超过 10ms	由半导体电路实现控制，指令执行时间段，一般为微秒级
3	定时控制	由时间继电器控制，精度差	由集成电路的定时器完成，精度高
4	设计与施工	设计、施工、调试必须按照顺序进行，周期长	系统设计完成后，施工与程序设计同时进行，周期短
5	可靠性与维护	继电器的触点寿命短，可靠性和维护性差	无触点，寿命长，可靠性高，有自诊断功能
6	价格	价格低	价格高

### 1.1.6 PLC 与微机的比较

采用微电子技术制造的可编程序控制器与微机一样，也由 CPU、ROM（或者 FLASH）、RAM、I/O 接口等组成，但又不同于一般的微机，可编程序控制器采用了特殊的抗干扰技术，是一种特殊的工业控制计算机，更加适合工业控制。两者的性能比较见表 1-2。

表 1-2 PLC 与微机的比较

序号	比较项目	可编程序控制器控制	微机控制
1	应用范围	工业控制	科学计算、数据处理、计算机通信
2	使用环境	工业现场	具有一定温度和湿度的机房
3	输入/输出	控制强电设备，需要隔离	与主机弱电联系，不隔离
4	程序设计	一般使用梯形图语言，易学易用	编程语言丰富，如 C、BASIC 等
5	系统功能	自诊断、监控	使用操作系统
6	工作方式	循环扫描方式和中断方式	中断方式

### 1.1.7 PLC 的发展趋势

PLC 的发展趋势有如下几个方面。

- 1) 向高性能、高速度、大容量发展。
- 2) 网络化。强化通信能力和网络化，向下将多个可编程序控制器或者多个 I/O 框架相连；向上与工业计算机、以太网等相连，构成整个工厂的自动化控制系统。即便是微型的 S7-200 系列 PLC 也能组成多种网络，通信功能十分强大。
- 3) 小型化、低成本、简单易用。目前，有的小型 PLC 的价格只有几百元人民币。
- 4) 不断提高编程软件的功能。编程软件可以对 PLC 控制系统的硬件组态，在屏幕上可以直接生成和编辑梯形图、指令表、功能块图和顺序功能图程序，并可以实现不同编程语言的相互转换。程序可以下载、存盘和打印，通过网络或电话线，还可以实现远程编程。
- 5) 适合 PLC 应用的新模块。随着科技的发展，对工业控制领域将提出更高的、更特殊的要求，因此，必须开发特殊功能模块来满足这些要求。
- 6) PLC 的软件化与微机化。目前已有多家厂商推出了在微机上运行的可实现 PLC 功



能的软件包，也称为“软 PLC”，“软 PLC”的性能价格比比传统的“硬 PLC”更高，是 PLC 的一个发展方向。

微机化的 PLC 类似于 PLC，但它采用了微机的 CPU，功能十分强大，如 GE 的 Rx7i 和 Rx3i 使用的就是工控机用的赛扬 CPU，主频已经达到 1GHz。

### 1.1.8 PLC 在我国的使用情况

#### 1. 国外 PLC 品牌

目前 PLC 在我国得到了广泛的应用，很多知名厂家的 PLC 在我国都有应用。

1) 美国是 PLC 生产大国，有 100 多家 PLC 生产厂家。其中 A-B 公司的 PLC 产品规格比较齐全，主推大中型 PLC，主要产品系列是 PLC-5；通用电气也是知名 PLC 生产厂商，大中型 PLC 产品系列有 RX3i 和 RX7i 等；德州仪器也生产大、中、小全系列 PLC 产品。

2) 欧洲的 PLC 产品也久负盛名。德国的西门子公司、AEG 公司和法国的 TE 公司都是欧洲著名的 PLC 制造商。其中西门子的 PLC 产品与美国的 A-B 的 PLC 产品齐名。

3) 日本的小型 PLC 具有一定的特色，性价比较高，比较有名的品牌有三菱、欧姆龙、松下、富士、日立和东芝等，在小型机市场，日系 PLC 的市场份额占有率曾经高达 70%。

#### 2. 国产 PLC 品牌

我国自主品牌的 PLC 生产厂家有近 30 余家。在目前已经上市的众多 PLC 产品中，还没有形成规模化的生产和名牌产品，甚至还有一部分是以仿制、来件组装或“贴牌”方式生产。单从技术角度来看，国产小型 PLC 与国际知名品牌小型 PLC 差距正在缩小，使用越来越多。例如和利时、深圳汇川和无锡信捷等公司生产的小型 PLC 已经比较成熟，其可靠性在许多低端应用中得到了验证，但其知名度与世界先进厂家还有相当的差距。

总的来说，我国使用的小型可编程序控制器主要以日本的品牌为主，而大中型可编程序控制器主要以欧美的品牌为主。目前国内 95% 以上的 PLC 市场被国外品牌所占领。

## 1.2 可编程序控制器的结构和工作原理

### 1.2.1 可编程序控制器的硬件组成

可编程序控制器种类繁多，但其基本结构和工作原理相同。可编程序控制器的功能结构区由 CPU（中央处理器）、存储器和输入模块/输出模块三部分组成，如图 1-1 所示。

#### 1. CPU（中央处理器）

CPU 的功能是完成 PLC 内所有的控制和监视操作。中央处理器一般由控制器、运算器和寄存器组成。CPU 通过数据总线、地址总线和控制总线与存储器、输入输出接口电路连接。

#### 2. 存储器

在 PLC 中使用两种类型的存储器：一种是只读类型的存储器，如 EPROM 和



EEPROM，另一种是可读/写的随机存储器 RAM。PLC 的存储器分为 5 个区域，如图 1-2 所示。

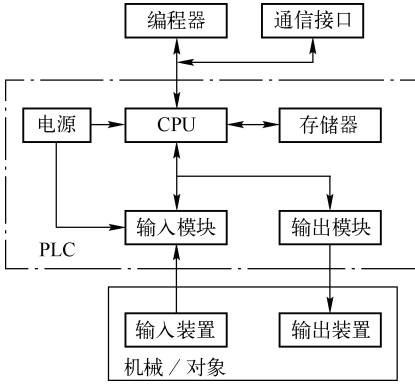


图 1-1 可编程序控制器结构框图



图 1-2 存储器的区域划分

程序存储器的类型是只读存储器 (ROM)，PLC 的操作系统存放在这里，程序由制造商标固化，通常不能修改。也有的 PLC 允许用户对其操作系统进行升级，例如西门子 S7-200 SMART 和 S7-1200。该存储器中的程序负责解释和编译用户编写的程序、监控 I/O 口的状态、对 PLC 进行自诊断、扫描 PLC 中的程序等。系统存储器属于随机存储器 (RAM)，主要用于存储中间计算结果和数据、系统管理，有的 PLC 厂家用系统存储器存储一些系统信息，如错误代码等，系统存储器不对用户开放。I/O 状态存储器属于随机存储器，用于存储 I/O 装置的状态信息，每个输入模块和输出模块都在 I/O 映像表中分配一个地址，而且这个地址是唯一的。数据存储器属于随机存储器，主要用于数据处理功能，为计数器、定时器、算术计算和过程参数提供数据存储。有的厂家将数据存储器细分为固定数据存储器 and 可变数据存储器。用户编程存储器其类型可以是随机存储器、可擦除存储器 (EPROM) 和电擦除存储器 (EEPROM)，高档的 PLC 还可以用 FLASH 存储。用户编程存储器主要用于存放用户编写的程序。存储器的关系如图 1-3 所示。

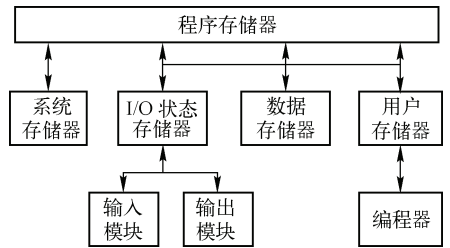


图 1-3 存储器的关系

只读存储器可以用来存放系统程序，PLC 断电后再上电，系统内容不变且重新执行。只读存储器也可用来固化用户程序和一些重要参数，避免因偶然操作失误而造成程序和数据的破坏或丢失。随机存储器 (RAM) 中一般存放用户程序和系统参数。当 PLC 处于编程工作时，CPU 从 RAM 中取指令并执行。用户程序执行过程中产生的中间结果也在 RAM 中暂时存放。RAM 通常由 CMOS 型集成电路组成，功耗小，但断电时内容消失，所以一般使用大电容或后备锂电池保证断电后 PLC 的内容在一定时间内不丢失。

### 3. 输入/输出接口

可编程序控制器的输入和输出信号可以是开关量或模拟量。输入/输出接口是 PLC 内部弱电 (low power) 信号和工业现场强电 (high power) 信号联系的桥梁。输入/输出接口



主要有两个作用，一是利用内部的电隔离电路将工业现场和 PLC 内部进行隔离，起到保护作用；二是调理信号，可以把不同的信号（如强电、弱电信号）调理成 CPU 可以处理的信号（5V、3.3V 或 2.7V 等），如图 1-4 所示。

输入/输出接口模块是 PLC 系统中最大的部分，输入/输出接口模块通常需要电源，输入电路的电源可以由外部提供，对于模块化的 PLC 还需要背板（安装机架）。

### （1）输入接口电路的组成和作用

输入接口电路由接线端子、输入调理和电平转换电路、模块状态显示电路、电隔离电路和多路选择开关模块组成，如图 1-5 所示。现场信号必须连接在接线端子才可能将信号输入到 CPU 中，它提供了外部信号输入的物理接口；调理和电平转换电路十分重要，可以将工业现场的信号（如强电 AC 220V 信号）转化成电信号（CPU 可以识别的弱电信号）；当外部有信号输入时，模块状态显示电路输入模块上有指示灯显示，这个电路比较简单，当线路中有故障时，它帮助用户查找故障，由于氖灯或 LED 灯的寿命比较长，所以这个灯通常是氖灯或 LED 灯；电隔离电路主要利用电隔离器件将工业现场的机械或者电输入信号和 PLC 的 CPU 的信号隔开，它能确保过高的电干扰信号和浪涌不串入 PLC 的微处理器，起保护作用，电隔离电路有三种隔离方式，用得最多的是光电隔离、其次是变压器隔离和干簧继电器隔离；多路选择开关接受调理完成的输入信号，并存储在多路开关模块中，当输入循环扫描时，多路开关模块中信号输送到 I/O 状态寄存器中。PLC 在设计过程中就考虑到了电磁兼容（EMC）。

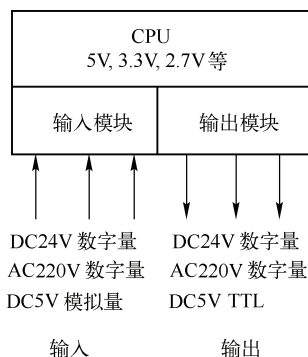


图 1-4 输入/输出接口

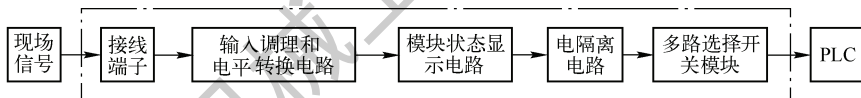


图 1-5 输入接口的结构

输入信号的设备的种类。输入信号可以是离散信号和模拟信号。当输入端是离散信号时，输入端的设备类型可以是限位开关、按钮、压力继电器、继电器触点、接近开关、选择开关、光电开关等，如图 1-6 所示。当输入为模拟量输入时，输入设备的类型可以是压力传感器、温度传感器、流量传感器、电压传感器、电流传感器、力传感器等。

**【关键点】** PLC 的输入和输出信号的控制电压通常是 DC 24V，DC 24V 电压在工业控制中最为常见。

### （2）输出接口电路的组成和作用

输出接口电路由多路选择开关模块、信号锁存器、电隔离电路、模块状态显示电路、输出电平转换电路和接线端子组成，如图 1-7 所示。在输出扫描期间，多路选择开关模块接受来自映像表中的输出信号，并对这个信号的状态和目标地址进行译码，最后将信息送给锁存器；信号锁存器是将多路选择开关模块的信号保存起来，直到下一次更新；输出接口的电隔离电路作用和输入模块的一样，但是由于输出模块输出的信号比输入信号要强得多，因此要求隔离电磁干扰和浪涌的能力更高；输出电平转换电路将隔离电路送来的信号



放大成足够驱动现场设备的信号，放大器件可以是双向晶闸管、晶体管和干簧继电器等；输出端的接线端子用于将输出模块与现场设备相连接。

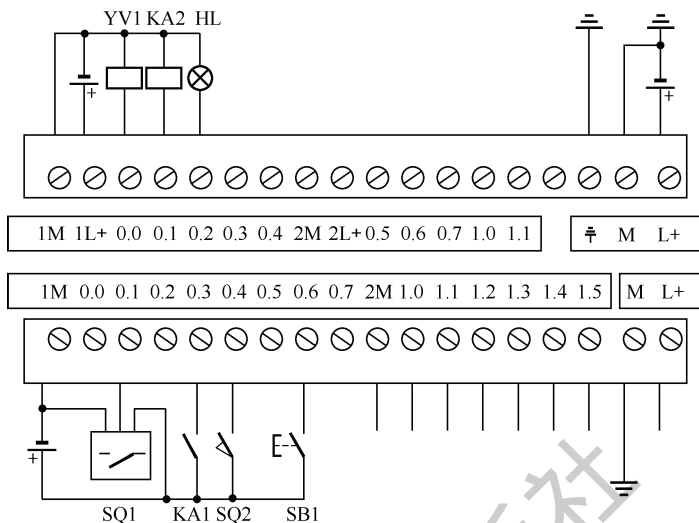


图 1-6 输入/输出接口

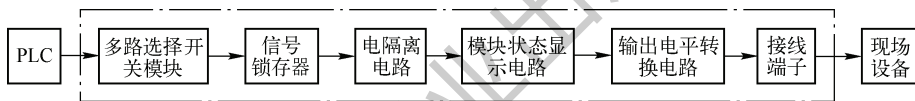


图 1-7 输出接口的结构

可编程序控制器有三种输出接口形式：继电器输出、晶体管输出和晶闸管输出。继电器输出形式的 PLC 的负载电源可以是直流电源或交流电源，但其输出响应频率较慢。晶体管输出的 PLC 负载电源是直流电源，其输出响应频率较快。晶闸管输出形式的 PLC 的负载电源是交流电源。选型时要特别注意 PLC 的输出形式。

输出信号的设备根据离散信号和模拟信号的不同可以分为以下两类。当输出端是离散信号时，输出端的设备类型可以是电磁阀的线圈、电动机起动机、控制柜的指示器、接触器线圈、LED 灯、指示灯、继电器线圈、报警器和蜂鸣器等，如图 1-6 所示。当输出为模拟量输出时，输出设备的类型可以是流量阀、AC 驱动器（如交流伺服驱动器）、DC 驱动器、模拟量仪表、温度控制器和流量控制器等。

## 1.2.2 可编程序控制器的工作原理

PLC 是一种存储程序的控制器。用户根据某一对象的具体控制要求，编制好控制程序后，用编程器将程序输入到 PLC（或用计算机下载到 PLC）的用户程序存储器中寄存。PLC 的控制功能就是通过运行用户程序来实现的。

PLC 运行程序的方式与微型计算机相比有较大的不同，微型计算机运行程序时，一旦执行到 END 指令，程序运行结束。而 PLC 从 0 号存储地址所存放的第一条用户程序开始，在无中断或跳转的情况下，按存储地址号递增的方向顺序逐条执行用户程



序，直到 END 指令结束。然后再从头开始执行，并周而复始地重复，直到停机或从运行（RUN）切换到停止（STOP）工作状态。我们把 PLC 这种执行程序的方式称为扫描工作方式。每扫描完一次程序就构成一个扫描周期。另外，PLC 对输入、输出信号的处理与微型计算机不同。微型计算机对输入、输出信号实时处理，而 PLC 对输入、输出信号是集中批处理。下面具体介绍 PLC 的扫描工作过程。其运行和信号处理示意图如图 1-8 所示。

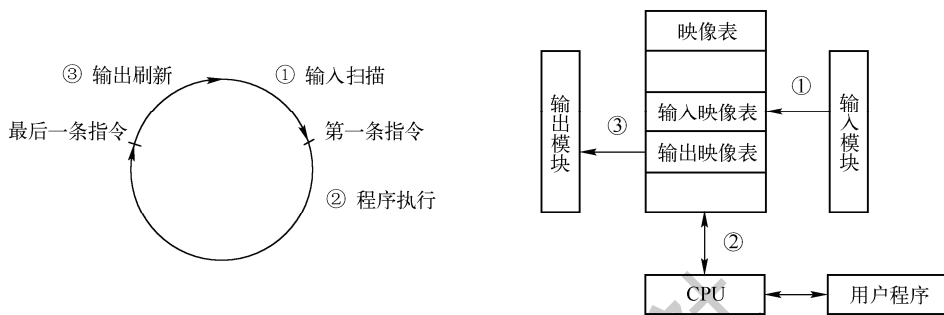


图 1-8 PLC 内部运行和信号处理示意图

PLC 扫描工作方式主要分为三个阶段：输入扫描、程序执行、输出刷新。

### 1. 输入扫描

PLC 在开始执行程序之前，首先扫描输入端子，按顺序将所有输入信号，读入到寄存器——输入状态的输入映像寄存器中，这个过程称为输入扫描。PLC 在运行程序时，所需的输入信号不是现时取输入端子上的信息，而是取输入映像寄存器中的信息。在本工作周期内这个采样结果的内容不会改变，只有到下一个扫描周期输入扫描阶段才被刷新。PLC 的扫描速度快慢取决于 CPU 的时钟速度，一般情况下速度很快。

### 2. 程序执行

PLC 完成了输入扫描工作后，按顺序从 0 号地址开始的程序进行逐条扫描执行，并分别从输入映像寄存器、输出映像寄存器以及辅助继电器中获得所需的数据进行运算处理。再将程序执行的结果写入输出映像寄存器中保存。但这个结果在全部程序未被执行完毕之前不会送到输出端子上，也就是物理输出是不会改变的。扫描时间取决于程序的长度、复杂程度和 CPU 的功能。

### 3. 输出刷新

在执行到 END 指令，即执行完用户所有程序后，PLC 将输出映像寄存器中的内容送到输出锁存器中进行输出，驱动用户设备。扫描时间取决于输出模块的数量。

从以上的介绍可以知道，PLC 程序扫描特性决定了 PLC 的输入和输出状态并不能在扫描的同时改变，例如一个按钮开关的输入信号的输入刚好在输入扫描之后，那么这个信号只有在下一个扫描周期才能被读入。

上述三个步骤是 PLC 的软件处理过程，可以认为就是程序扫描时间。扫描时间通常由三个因素决定，一是 CPU 的时钟速度，越高档的 CPU，时钟速度越高，扫描时间越短；二是 I/O 模块的数量，模块数量越少，扫描时间越短；三是程序的长度，程序长度越短，扫描时间越短。一般的 PLC 执行容量为 1K 的程序约需要的扫描时间是 1~10ms。



## 1.2.3 可编程序控制器的立即输入、输出功能

目前比较高档的 PLC 都有立即输入、输出功能。

### 1. 立即输出功能

所谓立即输出功能就是输出模块在处理用户程序时，能立即被刷新。PLC 临时挂起（中断）正常运行的程序，将输出映像表中的信息输送到输出模块，立即进行输出刷新，然后再回到程序中继续运行，立即输出的示意图如图 1-9 所示。注意，立即输出功能并不能立即刷新所有的输出模块。

### 2. 立即输入功能

立即输入适用于要求对反映速度很严格的情况下，例如几毫秒的时间对于控制来说是十分关键的。立即输入时，PLC 立即挂起正在执行的程序，扫描输入模块，然后更新特定的输入状态到输入映像表，最后继续执行剩余的程序，立即输入的示意图如图 1-10 所示。

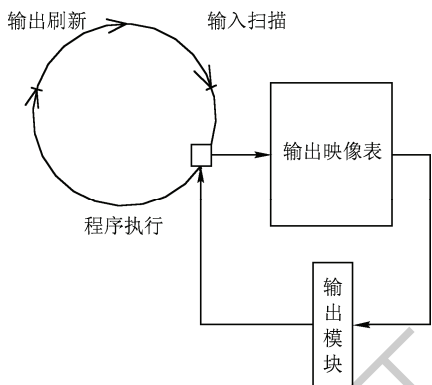


图 1-9 立即输出过程

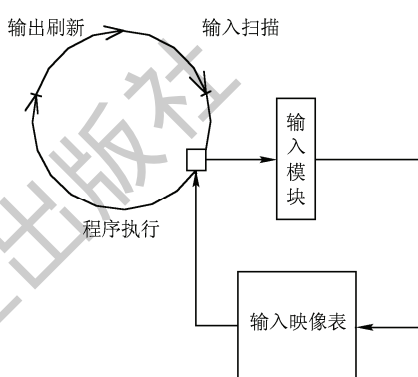


图 1-10 立即输入过程

## 1.3 接近开关

接近开关和 PLC 并无本质联系，但后续章节经常用到，所以以下将对此内容进行介绍。熟悉的读者可以跳过。

接近式位置开关是与（机器的）运动部件无机接触而能操作的位置开关。当运动的物体靠近开关到一定位置时，开关发出信号，达到行程控制及计数自动控制的开关。也就是说，它是一种非接触式无触头的位置开关，是一种开关型的传感器，简称接近开关（Proximity Sensors），又称接近传感器，外形如图 1-11 所示。接近开关有行程开关、微动开关的特性，又有传感性能，而且动作可靠，性能稳定，频率响应快，使用寿命长，抗干扰能力强等。它由感应头、高频振荡器、放大器和外壳组成。常见的接近开关有 LJ、CJ 和 SJ 等系列产品。接近开关的图形符号如图 1-12a 所示，图 1-12b 所示为接近开关文字符号，表明接近开关为电容式接近开关，在画图时更加适用。

### 1.3.1 接近开关的功能

当运动部件与接近开关的感应头接近时，就使其输出一个电信号。接近开关在电路中



的作用与行程开关相同，都是位置开关，起限位作用，但两者是有区别的：行程开关有触头，是接触式的位置开关；而接近开关是无触头的，是非接触式的位置开关。



图 1-11 接近开关

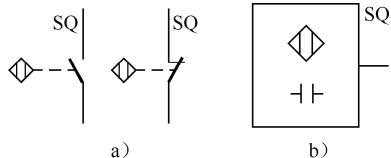


图 1-12 接近开关的图形及文字符号

### 1.3.2 接近开关的分类和工作原理

按照工作原理区分，接近开关分为电感式、电容式、磁感式和光电式等形式。另外，根据应用电路电流的类型分为交流型和直流型。

1) 电感式接近开关的感应头是一个具有铁氧体磁芯的电感线圈，只能用于检测金属体，在工业中应用非常广泛。振荡器在感应头表面产生一个交变磁场，当金属快接近感应头时，金属中产生的涡流吸收了振荡的能量，使振荡减弱以至停振，因而产生振荡和停振两种信号，经整形放大器转换成二进制的开关信号，从而起到“开”、“关”的控制作用。通常把接近开关刚好动作时感应头与检测物体之间的距离称为动作距离。

2) 电容式接近开关的感应头是一个圆形平板电极，与振荡电路的地线形成一个分布电容，当有导体或其他介质接近感应头时，电容量增大而使振荡器停振，经整形放大器输出电信号。电容式接近开关既能检测金属，又能检测非金属及液体。但电容式传感器体积较大，而且价格要贵一些。

3) 磁感式接近开关主要指霍尔接近开关，霍尔接近开关的工作原理是霍尔效应，当带磁性的靠近霍尔开关时，霍尔接近开关的状态翻转（如由“ON”变为“OFF”）。有的资料上将干簧继电器也归类为磁性接近开关。

4) 光电式传感器是根据投光器发出的光，在检测体上发生光量增减，用光电变换元件组成的受光器检测物体有无、大小的非接触式控制器件。光电式传感器的种类很多，按照其输出信号的形式，可以分为模拟式、数字式、开关量输出式。

利用光电效应制成的传感器称为光电式传感器。光电式传感器的种类很多，其中，输出形式为开关量的传感器为光电式接近开关。

光电式接近开关主要由光发射器和光接收器组成。光发射器用于发射红外光或可见光。光接收器用于接收发射器发射的光，并将光信号转换成电信号，以开关量形式输出。

按照接收器接收光的方式不同，光电式接近开关可以分为对射式、反射式和漫射式 3 种。光发射器和光接收器有一体式和分体式两种形式。

5) 此外，还有特殊种类的接近开关，如光纤接近开关和气动接近开关。特别是光纤接近开关在工业上使用越来越多，它非常适合在狭小的空间、恶劣的工作环境（高温、潮湿和干扰大）、易爆环境、精度要求高等条件下使用。光纤接近开关的缺点是价格相对较高。



### 1.3.3 接近开关的选型

常用的电感式接近开关（Inductive Sensor）型号有 LJ 系列产品，电容式接近开关（Capacitive Sensor）型号有 CJ 系列产品，磁感式接近开关有 HJ 系列产品，光电型接近开关有 OJ 系列。当然，还有很多厂家都有自己的产品系列，一般接近开关型号的含义如图 1-13 所示。接近开关的选择要遵循以下原则。

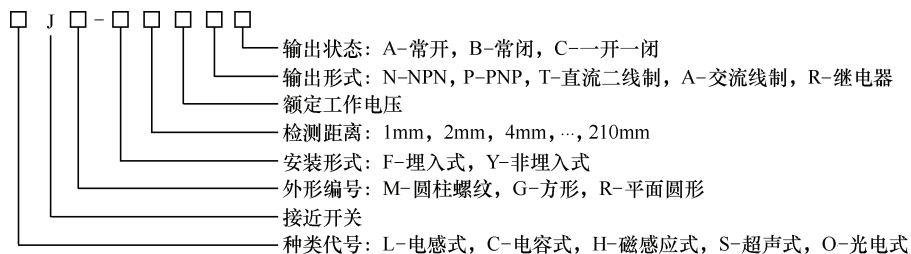


图 1-13 接近开关型号的含义

1) 接近开关类型的选择。检测金属时优先选用感应式接近开关，检测非金属时选用电容式接近开关，检测磁信号时选用磁感式接近开关。

2) 外观的选择。根据实际情况选用，但圆柱螺纹形状的最为常见。

3) 检测距离（Sensing Range）的选择。根据需要选用，但注意同一接近开关检测距离并非恒定，接近开关的检测距离与被检测物体的材料、尺寸以及物体的移动方向有关。表 1-3 列出了目标物体材料对于检测距离的影响。不难发现，感应式接近开关对于有色金属的检测明显不如检测钢和铸铁。常用的金属材料不影响电容式接近开关的检测距离。

表 1-3 目标物体材料对检测距离的影响

序 号	目标物体材料	影响系数	
		感 应 式	电 容 式
1	碳素钢	1	1
2	铸铁	1.1	1
3	铝箔	0.9	1
4	不锈钢	0.7	1
5	黄铜	0.4	1
6	铝	0.35	1
7	紫铜	0.3	1
8	水	0	0.9
9	PVC（聚氯乙烯）	0	0.5
10	玻璃	0	0.5

目标的尺寸同样对检测距离有影响。满足以下一个条件时，检测距离不受影响。

- 当检测距离的 3 倍大于接近开关感应头的直径，而且目标物体的尺寸大于或等于 3



倍的检测距离 $\times$ 3 倍的检测距离（长 $\times$ 宽）。

- 当检测距离的 3 倍小于接近开关感应头的直径，而且目标物体的尺寸大于或等于检测距离 $\times$ 检测距离（长 $\times$ 宽）。

如果目标物体的面积达不到推荐数值时，接近开关的有效检测距离将按照表 1-4 推荐的数值减少。

表 1-4 目标物体的面积对检测距离的影响

占推荐目标面积的比例	影响系数	占推荐目标面积的比例	影响系数
75%	0.95	25%	0.85
50%	0.90		

4) 信号的输出选择。交流接近开关输出交流信号，而直流接近开关输出直流信号。注意，负载的电流一定要小于接近开关的输出电流，否则应添加转换电路解决。接近开关的信号输出能力见表 1-5。

表 1-5 接近开关的信号输出能力

接近开关种类	输出电流/mA	接近开关种类	输出电流/mA
直流二线制	50~100	直流三线制	150~200
交流二线制	200~350		

5) 触头数量的选择。接近开关有常开触头和常闭触头。可根据具体情况选用。

6) 开关频率的确定。开关频率是指接近开关每秒从“开”到“关”转换的次数。直流接近开关可达 200Hz；而交流接近开关要小一些，只能达到 25Hz。

7) 额定电压的选择。对于交流型的接近开关，优先选用 AC 220V 和 AC 36V，而对于直流型的接近开关，优先选用 DC 12V 和 DC 24V。

### 1.3.4 应用接近开关的注意事项

#### 1. 单个 NPN 型和 PNP 型接近开关的接线

在直流电路中使用的接近开关有二线式（2 根导线）、三线式（3 根导线）和四线式（4 根导线）等多种，二线、三线、四线式接近开关都有 NPN 型和 PNP 型两种，通常日本和美国多使用 NPN 型接近开关，欧洲多使用 PNP 型接近开关，而我国则二者都有应用。NPN 型和 PNP 型接近开关的接线方法不同，正确使用接近开关的关键就是正确接线，这一点至关重要。

接近开关的导线有多种颜色，一般情况下，BN 表示棕色的导线，BU 表示蓝色的导线，BK 表示黑色的导线，WH 表示白色的导线，GR 表示灰色的导线。根据国家标准，各颜色导线的作用按照表 1-6 定义。对于二线式 NPN 型接近开关，棕色线与负载相连，蓝色线与零电位点相连；对于二线式 PNP 型接近开关，棕色线与高电位相连，负载的一端与接近开关的蓝色线相连，而负载的另一端与零电位点相连。图 1-14 和图 1-15 所示分别为二线式 NPN 型接近开关接线图和二线式 PNP 型接近开关接线图。



表 1-6 接近开关的导线颜色定义

种 类	功 能	接 线 颜 色	端 子 号
交流二线式和直流二线式（不分极性）	NO（接通）	不分正负极，颜色任选，但不能为黄色、绿色或者黄绿双色	3、4
	NC（分断）		1、2
直流二线式（分极性）	NO（接通）	正极棕色，负极蓝色	1、4
	NC（分断）	正极棕色，负极蓝色	1、2
直流三线式（分极性）	NO（接通）	正极棕色，负极蓝色，输出黑色	1、3、4
	NC（分断）	正极棕色，负极蓝色，输出黑色	1、3、2
直流四线式（分极性）	正极	棕色	1
	负极	蓝色	3
	NO 输出	黑色	4
	NC 输出	白色	2

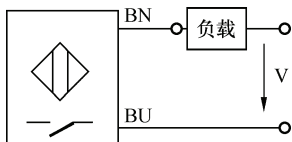


图 1-14 二线式 NPN 型接近开关接线图

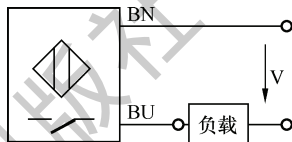


图 1-15 二线式 PNP 型接近开关接线图

表 1-6 中的“NO”表示常开、输出，而“NC”表示常闭、输出。

对于三线式 NPN 型接近开关，棕色的导线与一端负载相连，同时与电源正极相连；黑色的导线是信号线，与负载的另一端相连；蓝色的导线与电源负极相连。对于三线式 PNP 型接近开关，棕色的导线与电源正极相连；黑色的导线是信号线，与负载的一端相连；蓝色的导线与负载的另一端及电源负极相连，如图 1-16 和图 1-17 所示。

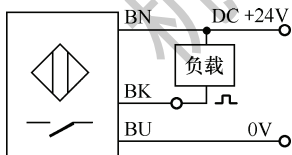


图 1-16 三线式 NPN 型接近开关接线图

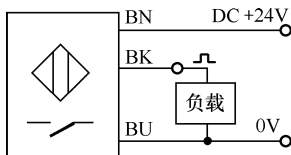


图 1-17 三线式 PNP 型接近开关接线图

四线式接近开关的接线方法与三线式接近开关类似，只不过四线式接近开关多了一对触头而已，其接线图如图 1-18 和图 1-19 所示。

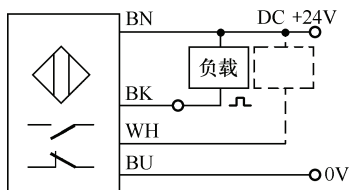


图 1-18 四线式 NPN 型接近开关接线图

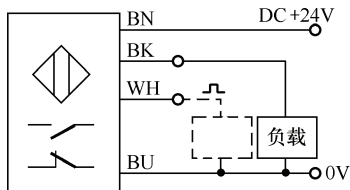


图 1-19 四线式 PNP 型接近开关接线图



## 2. 单个 NPN 型和 PNP 型接近开关的接线常识

初学者通常不能正确区分 NPN 型和 PNP 型的接近开关，其实只要记住一点：PNP 型接近开关是正极开关，也就是信号从接近开关流向负载；而 NPN 型接近开关是负极开关，也就是信号从负载流向接近开关。

**【例 1-1】** 在图 1-20 中，有一只 NPN 型接近开关与指示灯相连，当一个铁块靠近接近开关时，回路中的电流会怎样变化？

**【解】** 指示灯就是负载，当铁块到达接近开关的感应区时，回路突然接通，指示灯由暗变亮，电流从很小变化到 100% 的幅度，电流曲线如图 1-21 所示（理想状况）。



图 1-20 接近开关与指示灯相连的示意图

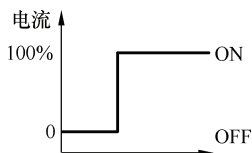


图 1-21 回路电流变化曲线

**【例 1-2】** 某设备用于检测 PVC 物块，当检测物块时，设备上的 DC 24V 功率为 12W 的报警灯亮，请选用合适的接近开关，并画出原理图。

**【解】** 因为检测物体的材料是 PVC，所以不能选用感应接近开关，但可选用电容式接近开关。报警灯的额定电流为： $I_N = \frac{P}{U} = \frac{12}{24} \text{A} = 0.5\text{A}$ ，查表 1-6 可知，直流接近开关

承受的最大电流为 0.2A，所以采用图 1-17 的方案不可行，信号必须经过中间继电器进行转换，原理图如图 1-22 所示，当物块靠近接近开关时，黑色的信号线上产生高电平，其负载继电器 KA 的线圈得电，继电器 KA 的常开触头闭合，所以报警灯 EL 亮。

由于没有特殊规定，所以 PNP 或 NPN 型接近开关以及二线或三线式接近开关都可以选用。本例选用三线式 PNP 型接近开关。

**【例 1-3】** 某设备上有一个两线式 NPN 型接近开关和一个三线式 PNP 型接近开关，控制器是 S7-200 SAMRT，请画出原理图。

**【解】** 一般而言，同一台 PLC 上，最好使用 PNP 或者 NPN 型接近开关中的一种。如果有两种，则必须将 PNP 和 NPN 型接近开关分别设计在不同的输入组中，如图 1-23 所示，三线式 PNP 型接近开关是 PNP 型输入，两线式 NPN 型接近开关是 NPN 型输入。

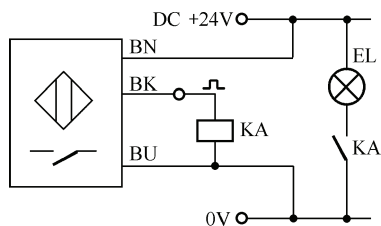


图 1-22 原理图

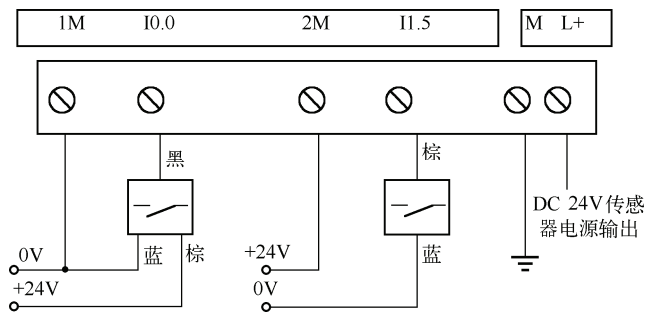


图 1-23 原理图



【关键点】特别要提醒读者，同一台 PLC 中，如果同时设计 PNP 和 NPN 型接近开关是不合理的，因为这样很容易在接线时出错，特别是在检修时，更是如此。

## 重点难点总结

1. PLC 的应用范围。
2. PLC 的工作机理和结构。
3. 接近开关的接线和使用。

## 习题

1. PLC 的主要性能指标有哪些？
2. PLC 主要用在哪些场合？
3. PLC 是怎样分类的？
4. PLC 的发展趋势是什么？
5. PLC 的结构主要有哪几个部分？
6. PLC 的输入和输出模块主要有哪几个部分？每部分的作用是什么？
7. PLC 的存储器可以细分为哪几个部分？
8. PLC 是怎样进行工作的？
9. 举例说明常见的哪些设备可以作为 PLC 的输入设备和输出设备？
10. 什么是立即输入和立即输出？在何种场合应用？
11. S7 系列的 PLC 有哪几类？
12. PLC 控制与继电器控制有何优缺点？
13. 三线式 NPN 型接近开关怎样接线？
14. 电容式和电感式开关传感器的区别是什么？
15. 两线/三线式 NPN 和 PNP 型接近开关怎样接线？
16. PLC 是在（ ）基础上发展起来的。  
A. 继电控制系统    B. 单片机    C. 工业电脑    D. 机器人
17. 工业中控制电压一般是（ ）。  
A. 24V    B. 36V    C. 110V    D. 220V
18. 工业中控制电压一般是（ ）。  
A. 交流    B. 直流    C. 混合式    D. 交变电压
19. 请写出电磁兼容性英文缩写是（ ）。  
A. MAC    B. EMC    C. CME    D. AMC

## S7-200 SMART 系列 PLC 的硬件介绍

本章主要介绍 S7-200 SMART 的 CPU 模块及其扩展模块的技术性能和接线方法以及 S7-200 SMART 的安装和电源的需求计算。

### 2.1 S7-200 SMART 系列 PLC 概述

S7-200 SMART 系列 PLC 的 CPU 模块有 9 个型号。其中标准型有 6 个型号，经济型有 3 个型号。标准型 PLC 中有 20 点、40 点和 60 点三类，每类中又分为继电器输出和晶体管输出两种。经济型 PLC 中也有 20 点、40 点和 60 点三类，目前只有继电器输出形式。

#### 2.1.1 西门子 S7 系列模块简介

德国的西门子（SIEMENS）公司是欧洲最大的电子和电气设备制造商之一，生产的 SIMATIC 可编程序控制器在欧洲处于领先地位。其第一代可编程序控制器是 1975 年投放市场的 SIMATIC S3 系列的控制系统。在 1979 年，西门子公司将微处理器技术应用到可编程序控制器中，研制出了 SIMATIC S5 系列，取代了 S3 系列，目前 S5 系列产品仍然有小部分在工业现场使用，在 20 世纪末，西门子又在 S5 系列的基础上推出了 S7 系列产品。最新的 SIMATIC 产品为 SIMATIC S7 和 C7 等几大系列。C7 是基于 S7-300 系列 PLC 性能，同时集成了 HMI（人机界面）。

SIMATIC S7 系列产品分为通用逻辑模块（LOGO!）、S7-200 系列、S7-200 SMART 系列、S7-1200 系列、S7-300 系列、S7-400 系列和 S7-1500 系列七个产品系列。S7-200 是在德州仪器公司的小型 PLC 的基础上发展而来的，因此其指令系统、程序结构、编程软件和 S7-300/400 有较大的区别，在西门子 PLC 产品系列中是一个特殊的产品。S7-200 SMART 是 S7-200 的升级版，是西门子家族的新成员，于 2012 年 7 月发布。其绝大多数的指令和使用方法与 S7-200 类似，其编程软件也和 S7-200 的类似，而且在 S7-200 中运行的程序，大部分都可以在 S7-200 SMART 中运行。S7-1200 系列是在 2009 年才推出的新型小型 PLC，定位于 S7-200 和 S7-300 产品之间。S7-300/400 是由西门子的 S5 系列发展而来，是西门子公司最具竞争力的 PLC 产品。2013 年西门子公司又推出了新品 S7-



1500 系列产品。西门子 PLC 产品系列的定位见表 2-1。

表 2-1 SIMATIC PLC 的定位

序号	控制器	定位	主要任务和性能特征
1	LOGO!	低端的独立自动化系统中简单的开关量解决方案和智能逻辑控制器	简单自动化 作为时间继电器、计数器和辅助接触器的替代开关设备 模块化设计, 柔性应用 有数字量、模拟量和通信模块 用户界面友好, 配置简单 使用拖放功能和智能电路开发
2	S7-200	低端的离散自动化系统和独立自动化系统中使用的紧凑型逻辑控制器模块	串行模块结构、模块化扩展 紧凑设计, CPU 集成 I/O 实时处理能力, 高速计数器和报警输入和中断 易学易用的软件 多种通信选项
3	S7-200 SMART	低端的离散自动化系统和独立自动化系统中使用的紧凑型逻辑控制器模块, 是 S7-200 的升级版本	串行模块结构、模块化扩展 紧凑设计, CPU 集成 I/O 集成了 PROFINET 接口 实时处理能力, 高速计数器和报警输入和中断 易学易用的软件 多种通信选项
4	S7-1200	低端的离散自动化系统和独立自动化系统中使用的小型控制器模块	可升级及灵活的设计 集成了 PROFINET 接口 集成了强大的计数、测量、闭环控制及运动控制功能 直观高效的 STEP7 Basic 工程系统可以直接组态控制器和 HMI 通用型应用和丰富的 CPU 模块种类
5	S7-300	中端的离散自动化系统中使用的控制器模块	高性能 模块化设计, 紧凑设计 由于使用 MMC 存储程序和数据, 系统免维护
6	S7-400	高端的离散和过程自动化系统中使用的控制器模块	特别强的通信和处理能力 定点加法或乘法的指令执行速度最快为 0.03 $\mu$ s 大型 I/O 框架和最高 20MB 的主内存 快速响应, 实时性强, 垂直集成 支持热插拔和在线 I/O 配置, 避免重启 具备等时模式, 可以通过 PROFIBUS 控制高速机器
7	S7-1500	中高端系统	S7-1500 控制器除了包含多种创新技术之外, 还设定了新标准, 最大程度提高生产效率。无论是小型设备还是对速度和准确性要求较高的复杂设备装置, 都一一适用 SIMATIC S7-1500 无缝集成到 TIA 博途中, 极大提高了工程组态的效率

## 2.1.2 S7-200 SMART 系列 PLC 的产品特点

S7-200 SMART 系列 PLC 是在 S7-200 系列 PLC 的基础上发展而来, 它具有一些新的优良特性, 具体有以下几方面。

### 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, 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”，能在应对繁琐的程序逻辑及复杂的工艺要求时表现的从容不迫。

### 4. 以太互联，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。通过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。而且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  $100\text{kHz}$ ，支持 PWM/PTO 输出方式以及多种运动模式，可自由设置运动包络。配以方便易用的向导设置功能，快速实现设备调速、定位等功能。

### 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 固件升级而返厂服务的不便。

### 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，STEP7-Micro/WIN SMART 编程软件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、方便的程序注释功能、强大的密码保护等。在体验强大功能的同时，还能大幅提高开发效率，缩短产品上市时间。

### 8. 完美整合，无缝集成

SIMATIC S7-200 SMART 可编程序控制器、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方案，满足客户对于人机交互、控制、驱动等功能的全方位需求。

## 2.2 S7-200 SMART CPU 模块及其接线

### 2.2.1 S7-200 SMART CPU 模块的介绍

全新的 S7-200 SMART 带来两种不同类型的 CPU 模块——标准型和经济型，全方位满足不同行业、不同客户、不同设备的各种需求。标准型作为可扩展 CPU 模块，可满足对 I/O 规模有较大需求，逻辑控制较为复杂的应用；而经济型 CPU 模块直接通过单机本体满足相对简单的控制需求。

#### 1. S7-200 SMART CPU 的外部介绍

S7-200 SMART CPU 将微处理器、集成电源和多个数字量 I/O 点集成在一个紧凑的盒子中，形成功能比较强大的 S7-200 SMART 系列 PLC，如图 2-1 所示。以下按照图中序号为顺序介绍其外部的各部分的功能。

1) 集成以太网口。用于程序下载、设备组网。这是程序下载更加方便快捷，节省了



购买专用通信电缆的费用。

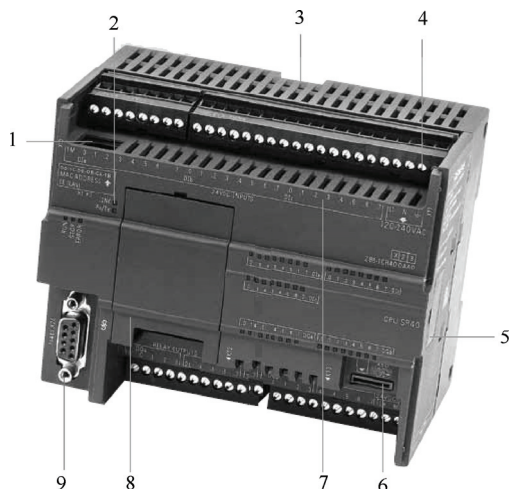


图 2-1 S7-200 SMART PLC 外形

2) 通信及运行状态指示灯。显示 PLC 的工作状态，如运行状态、停止状态和强制状态等。

3) 导轨安装卡子。用于安装时将 PLC 锁紧在 35mm 的标准导轨上，安装便捷。同时此 PLC 也支持螺钉式安装。

4) 接线端子。S7-200 SMART 所有模块的输入、输出端子均可拆卸，而 S7-200 PLC 没有这个优点。

5) 扩展模块接口。用于连接扩展模块，插针式连接，模块连接更加紧密。

6) 通用 Micro SD 卡。支持程序下载和 PLC 固件更新。

7) 指示灯：I/O 点接通时，指示灯会亮。

8) 信号扩展版安装处。信号板扩展实现精确化配置，同时不占用电控柜空间。

9) RS-485 串口。用于串口通信，如自由口通信、USS 通信和 Modbus 通信等。

## 2. S7-200 SMART CPU 的技术性能

西门子公司 CPU 是 32 位的。西门子公司提供多种类型的 CPU，以适用各种应用要求，不同的 CPU 有不同的技术参数，其规格（节选）见表 2-2。读懂这个性能表是很重要的，设计者在选型时，必须要参考这个表格，例如晶体管输出时，输出电流为 0.5A，若使用这个点控制一台电动机的起/停，设计者必须考虑这个电流是否能够驱动接触器，从而决定是否增加一个中间继电器。

表 2-2 ST40 DC/DC/DC 的规格表

常 规 规 范		
序号	技术 参 数	说 明
1	可用电流（EM 总线）	最大 740 mA（DC 5 V）
2	功耗	18 W
3	可用电流（DC 24 V）	最大 300 mA（传感器电源）
4	数字量输入电流消耗（DC 24 V）	所用的每点输入 4 mA



(续)

CPU 特征			
序号	技术参数	说明	
1	用户存储器	程序	24 KB
		用户数据	16 KB
		保持性	最大 10 KB
2	板载数字量 I/O	24 / 16	
3	过程映像大小	256 位输入 (I) / 256 位输出 (Q)	
4	位存储器 (M)	256 位	
5	信号模块扩展	最多 4 个	
6	信号板扩展	最多 1 个	
7	高速计数器	4 个时, 每个 60 kHz, 单相; 2 个时, 每个 40 kHz, A/B 相	
8	脉冲输出	3 个, 每个 100 kHz	
9	存储卡	Micro SD 卡 (可选)	
10	实时时钟精度	120s/月	
性能			
1	布尔运算	0.15 $\mu$ s / 指令	
2	移动字	1.2 $\mu$ s / 指令	
3	实数数学运算	3.6 $\mu$ s / 指令	
支持的用户程序元素			
1	累加器数量	4	
2	定时器的类型/数量	非保持性 (TON、TOF): 192 个 保持性 (TONR): 64 个	
3	计数器数量	256	
通信			
1	端口数	以太网: 1 个 PN 口	
		串行端口: 1 个 RS-485 口	
		附加串行端口: 仅在 SR40 / ST40 上 1 个 (带有可选 RS-232 / 485 信号板)	
2	HMI 设备	每个端口 4 个	
3	连接	以太网: 1 个用于编程设备, 4 个用于 HMI RS-485: 4 个用于 HMI	
4	数据传输速率	以太网: 10 / 100 Mbit/s RS-485 系统协议: 9600bit、19200bit 和 187500 bit/s RS-485 自由端口: 1200~115200 bit/s	
5	隔离 (外部信号与 PLC 逻辑)	以太网: 变压器隔离, DC 1500 V RS-485: 无	
6	电缆类型	以太网: CAT5e 屏蔽电缆 RS-485: PROFIBUS 网络电缆	
数字量输入/输出			
1	电压范围 (输出)	DC 20.4~28.8 V	
2	每点的额定最大电流 (输出)	0.5 A	
3	额定电压 (输入)	4 mA 时 DC 24 V, 额定值	
4	允许的连续电压 (输入)	最大 DC 30 V	



### 3. S7-200 SMART CPU 的工作方式

CPU 前面板即存储卡插槽的上部, 有 3 盏指示灯显示当前工作方式。指示灯为绿色时, 表示运行状态; 指示灯为红色时, 表示停止状态; 标有“SF”的灯亮时, 表示系统故障, PLC 停止工作。

CPU 处于停止工作方式时, 不执行程序。进行程序的上传和下载时, 都应将 CPU 置于停止工作方式。停止方式可以通过 PLC 上的旋钮设定, 也可以在编译软件中设定。

CPU 处于运行工作方式时, PLC 按照自己的工作方式运行用户程序。运行方式可以通过 PLC 上的旋钮设定, 也可以在编译软件中设定。

## 2.2.2 S7-200 SMART CPU 模块的接线

### 1. CPUSx40 的输入端子的接线

S7-200 SMART 系列 CPU 的输入端接线与三菱的 FX 系列的输入端接线不同, 后者不需要接入直流电源, 其电源由系统内部提供, 而 S7-200 SMART 系列 CPU 的输入端则必须接入直流电源。

下面以 CPUSx40 为例介绍输入端的接线。“1M”是输入端的公共端子, 与 DC 24V 电源相连, 电源有两种连接方法对应 PLC 的 NPN 型和 PNP 型接法。当电源的负极与公共端子相连时, 为 PNP 型接法, 如图 2-2 所示, “N”和“L1”端子为交流电的电源接入端子, 通常为 AC 120~240V, 为 PLC 提供电源, 当然也有直流供电的; 而当电源的正极与公共端子相连时, 为 NPN 型接法, 如图 2-3 所示。“M”和“L+”端子为 DC 24V 的电源接入端子, 为 PLC 提供电源, 当然也有交流供电的, 注意这对端子不是电源输出端子。

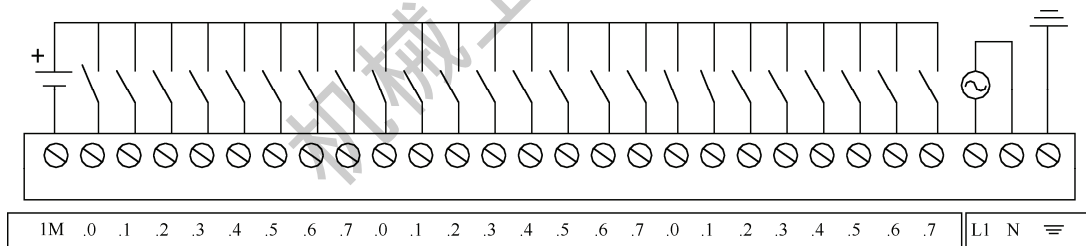


图 2-2 输入端子的接线 (PNP 型)

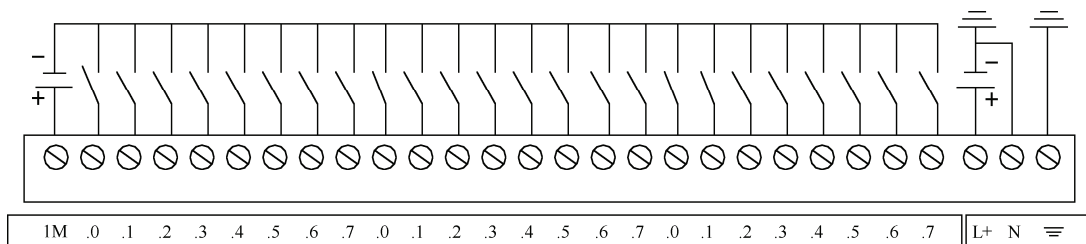


图 2-3 输入端子的接线 (NPN 型)

初学者往往不容易区分 PNP 型和 NPN 型的接法, 经常混淆, 若读者记住以下的方



法,就不会出错:把 PLC 作为负载,以输入开关(通常为接近开关)为对象,若信号从开关流出(信号从开关流出,向 PLC 流入),则 PLC 的输入为 PNP 型接法;把 PLC 作为负载,以输入开关(通常为接近开关)为对象,若信号从开关流入(信号从 PLC 流出,向开关流入),则 PLC 的输入为 NPN 型接法。三菱的 FX 系列(FX3U 除外) PLC 只支持 NPN 型接法。

**【例 2-1】** 有一台 CPUSx40,输入端有一只三线 PNP 型接近开关和一只二线 PNP 型接近开关,应如何接线?

**【解】** 对于 CPUSx40,公共端接电源的负极。而对于三线 PNP 型接近开关,只要将其正、负极分别与电源的正、负极相连,将信号线与 PLC 的“IO.0”相连即可;而对于二线 PNP 型接近开关,只要将电源的正极分别与其正极相连,将信号线与 PLC 的“IO.1”相连即可,如图 2-4 所示。

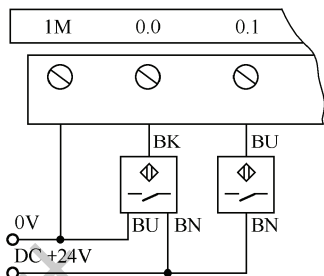


图 2-4 例 2-1 输入端子的接线

## 2. CPUSx40 的输出端子的接线

S7-200 SMART 系列 CPU 的数字量输出有两种形式:一种是 24V 直流输出(即晶体管输出),另一种是继电器输出。标注为“CPUST40 (DC/DC/DC)”的含义是:第一个 DC 表示供电电源电压为 DC 24V,第二个 DC 表示输入端的电源电压为 DC 24V,第三个 DC 表示输出为 DC 24V,在 CPU 的输出点接线端子旁边印刷有“2V DC OUTPUTS”字样,“T”的含义就是晶体管输出。标注为“CPUSR40 (AC/DC/继电器)”的含义是:AC 表示供电电源电压为 AC 120~240V,通常用 AC 220V,DC 表示输入端的电源电压为 DC 24V,“继电器”表示输出为继电器输出,在 CPU 的输出点接线端子旁边印刷有“RELAY OUTPUTS”字样,“R”的含义就是继电器输出。

目前 24V 直流输出只有一种形式,即 PNP 型输出,也就是常说的高电平输出,这点与三菱 FX 系列 PLC 不同,三菱 FX 系列 PLC (FX3U 除外,FX3U 有 PNP 型和 NPN 型两种可选择的输出形式)为 NPN 型输出,也就是低电平输出,理解这一点十分重要,特别是利用 PLC 进行运动控制(如控制步进电动机时)时,必须考虑这一点。

晶体管输出如图 2-5 所示。继电器输出没有方向性,可以是交流信号,也可以是直流信号,但不能使用 220V 以上的交流电,特别是 380V 的交流电容易误接入。继电器输出如图 2-6 所示。可以看出,输出是分组安排的,每组既可以是直流,也可以是交流电源,而且每组电源的电压大小可以不同,接直流电源时,没有方向性。在接线时,务必看清接线图。“M”和“L+”端子为 DC 24V 的电源输出端子,为传感器供电,注意这对端子不是电源输入端子。

在给 CPU 进行供电接线时,一定要分清是哪一种供电方式,如果把 AC 220V 接到 DC 24V 供电的 CPU 上,或者不小心接到 DC 24V 传感器的输出电源上,都会造成 CPU 的损坏。

**【例 2-2】** 有一台 CPUSR40,控制一只 DC 24V 的电磁阀和一只 AC 220V 电磁阀,输出端应如何接线?

**【解】** 因为两个电磁阀的线圈电压不同,而且有直流和交流两种电压,所以如果不经



过转换，只能用继电器输出的 CPU，而且两个电磁阀分别在两个组中。其接线如图 2-7 所示。

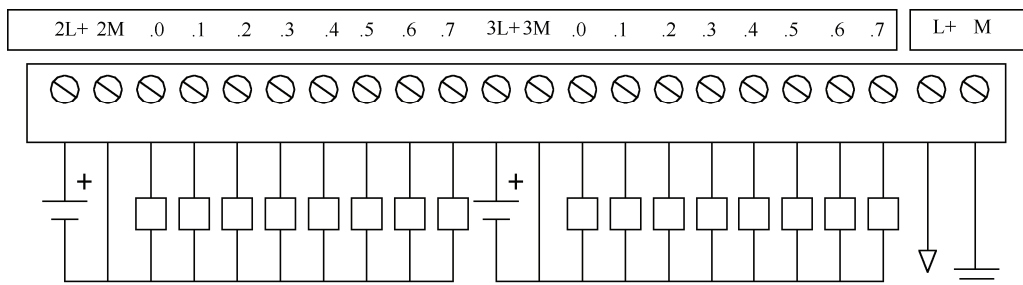


图 2-5 晶体管输出 (PNP 型)

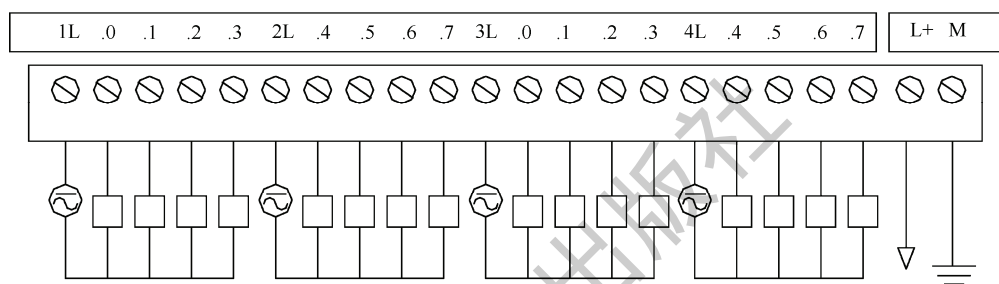


图 2-6 继电器输出

**【例 2-3】** 有一台 CPUST40，控制两台步进电动机和一台三相异步电动机的起/停，三相电动机的起/停由一只接触器控制，接触器的线圈电压为 AC 220V，输出端应如何接线（步进电动机部分的接线可以省略）？

**【解】** 因为要控制两台步进电动机，所以要选用晶体管输出的 CPU，而且必须用 Q0.0 和 Q0.1 作为输出高速脉冲点控制步进电动机，但接触器的线圈电压为 AC 220V，所以电路要经过转换，增加中间继电器 KA，其接线如图 2-8 所示。

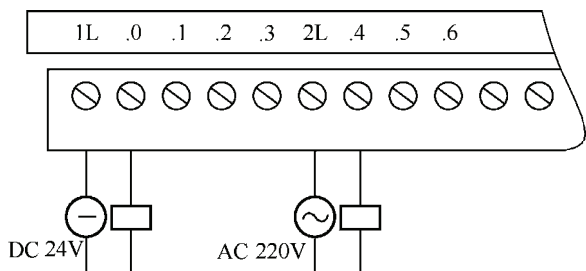


图 2-7 例 2-2 接线图

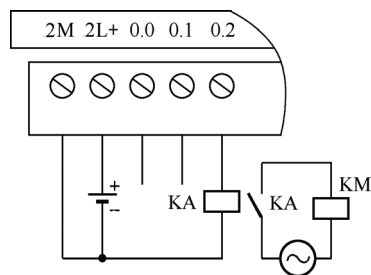


图 2-8 例 2-3 接线图

## 2.3 S7-200 SMART 扩展模块及其接线

通常 S7-200 SMART 系列 CPU 只有数字量输入和数字量输出，要完成模拟量输入、



模拟量输出、通信以及当数字输入、输出点不够时，都应该选用扩展模块来解决问题。S7-200 SMART 系列 CPU 中只有标准型 CPU 才可以连接扩展模块，而经济型 CPU 是不能连接扩展模块的。S7-200 SMART 系列有丰富的扩展模块供用户选用。S7-200 SMART 的扩展模块包括数字量、模拟量输入/输出和混合模块（既能用做输入，又能用做输出）。

### 2.3.1 数字量 I/O 扩展模块

#### 1. 数字量 I/O 扩展模块的规格

数字量 I/O 扩展模块包括数字量输入模块、数字量输出模块和数字量输入输出混合模块，当数字量输入或者输出点不够时可选用。部分数字量 I/O 模块的规格见表 2-3。

表 2-3 数字量 I/O 扩展模块规格表

型 号	输入点	输 出 点	电 压	功率/W	电 流	
					SM 总线	DC 24V
EM DE08	8	0	DC 24V	1.5	105mA	每点 4mA
EM DT08	0	8	DC 24V	1.5	120mA	—
EM DR08	0	8	DC 5~30V 或 AC 5~250V	4.5	120mA	每个继电器线圈 11mA
EM DT16	8	8		2.5	145mA	每点输入 4 mA
EM DR16	8	8		5.5	145mA	每点输入 4 mA，所用的 每个继电器线圈 11 mA

#### 2. 数字量 I/O 扩展模块的接线

数字量 I/O 模块有专用的插针与 CPU 通信，并通过此插针由 CPU 向扩展 I/O 模块提供 DC 5V 的电源。EM DE08 数字量输入模块的接线如图 2-9 所示，图中为 PNP 型输入，也可以为 NPN 型输入。

EM DT08 数字量晶体管型输出模块，其接线如图 2-10 所示，只能为 PNP 型输出。EM DR08 数字量继电器型输出模块，其接线如图 2-11 所示，L+和 M 端子是模块的 DC 24V 供电接入端子，而 1L 和 2L 可以接入直流和交流电源，是给负载供电的，这点要特别注意。可以发现，数字量 I/O 扩展模块的接线与 CPU 的数字量输入输出端子的接线是类似的。

当 CPU 和数字量扩展模块的输入/输出点有信号输入或者输出时，LED 指示灯会亮，显示有输入/输出信号。

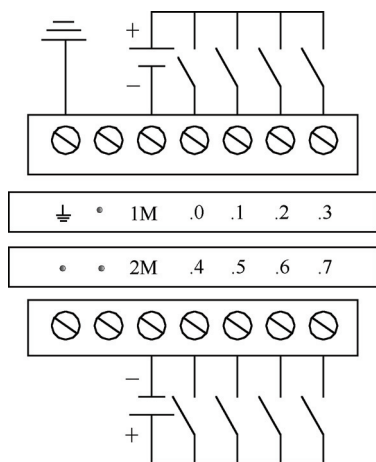


图 2-9 EM DE08 模块接线图

### 2.3.2 模拟量 I/O 扩展模块

#### 1. 模拟量 I/O 扩展模块的规格

模拟量 I/O 扩展模块包括模拟量输入模块、模拟量输出模块和模拟量输入输出混合模块。部分模拟量 I/O 模块的规格见表 2-4。

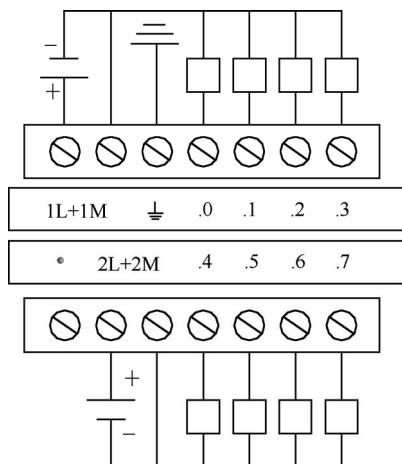


图 2-10 EM DT08 模块接线图

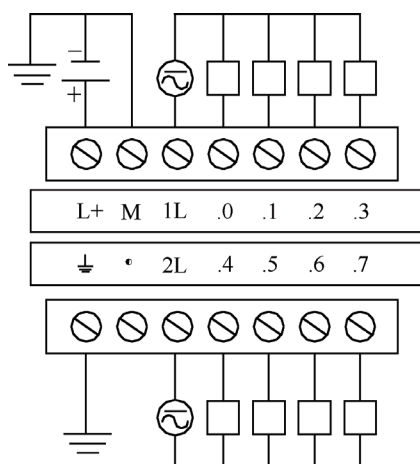


图 2-11 EM DR08 模块接线图

表 2-4 模拟量 I/O 扩展模块规格表

型 号	输 入 点	输 出 点	电 压	功 率/W	电 源 要 求	
					SM 总线	DC 24V
EM AE04	4	0	DC 24V	1.5	80mA	40mA
EM AQ2	0	2	DC 24V	1.5	80mA	50mA
EM AM06	4	2	DC 24V	2	80mA	60mA

## 2. 模拟量 I/O 扩展模块的接线

S7-200 SMART 系列的模拟量模块用于输入/输出电流或者电压信号。模拟量输入模块 EM AE04 的接线如图 2-12 所示，通道 0 和 1 不能同时测量电流和电压信号，只能二选其一；通道 2 和 3 也是如此。信号范围： $\pm 10V$ 、 $\pm 5V$ 、 $\pm 2.5V$  和  $0\sim 20mA$ ；满量程数据字格式： $-27648\sim +27648$ ，这点与 S7-300/400 PLC 相同，但不同于 S7-200 PLC ( $-32000\sim +32000$ )。

模拟量输出模块 EM AQ02 的接线如图 2-13 所示，两个模拟输出电流或电压信号，可以按需要选择。信号范围： $\pm 10V$  和  $0\sim 20mA$ ；满量程数据字格式： $-27648\sim +27648$ ，这点与 S7-300/400 PLC 相同，但不同于 S7-200 PLC。

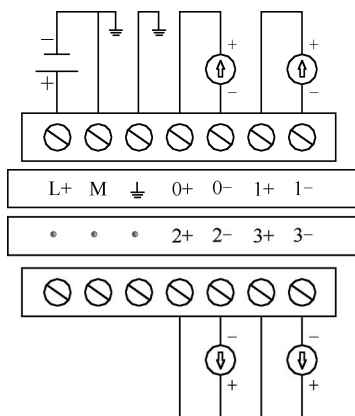


图 2-12 EM AE04 模块接线图

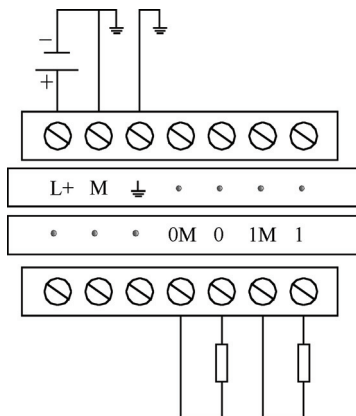


图 2-13 EM AQ02 模块接线图



混合模块上有模拟量输入和输出。其接线图如图 2-14 所示。

模拟量输入模块有两个参数容易混淆，即模拟量转换的分辨率和模拟量转换的精度（误差）。分辨率是 A-D 模拟量转换芯片的转换精度，即用多少位的数值来表示模拟量。若 S7-200 SMART 模拟量模块的转换分辨率是 12 位，能够反映模拟量变化的最小单位是满量程的 1/4096。模拟量转换的精度除了取决于 A-D 转换的分辨率，还受到转换芯片的外围电路的影响。在实际应用中，输入的模拟量信号会有波动、噪声和干扰，内部模拟电路也会产生噪声、漂移，这些都会对转换的最后精度造成影响。这些因素造成的误差要大于 A-D 芯片的转换误差。

当模拟量的扩展模块正常状态时，LED 指示灯为绿色显示，而当供电时，为红色闪烁。

使用模拟量模块时，要注意以下问题。

1) 模拟量模块有专用的插针接头与 CPU 通信，并通过此电缆由 CPU 向模拟量模块提供 DC 5V 的电源。此外，模拟量模块必须外接 DC 24V 电源。

2) 每个模块能同时输入/输出电流或者电压信号，对于模拟量输入的电压或者电流信号选择和量程的选择都是通过组态软件选择，如图 2-15 所示，模块 EM AM06 的通道 0 设定为电压信号，量程为  $\pm 2.5V$ 。而 S7-200 的信号类型和量程是由 DIP 开关设定的。

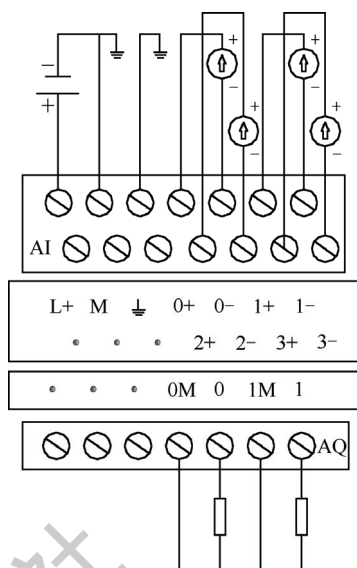


图 2-14 EM AM06 模块接线图

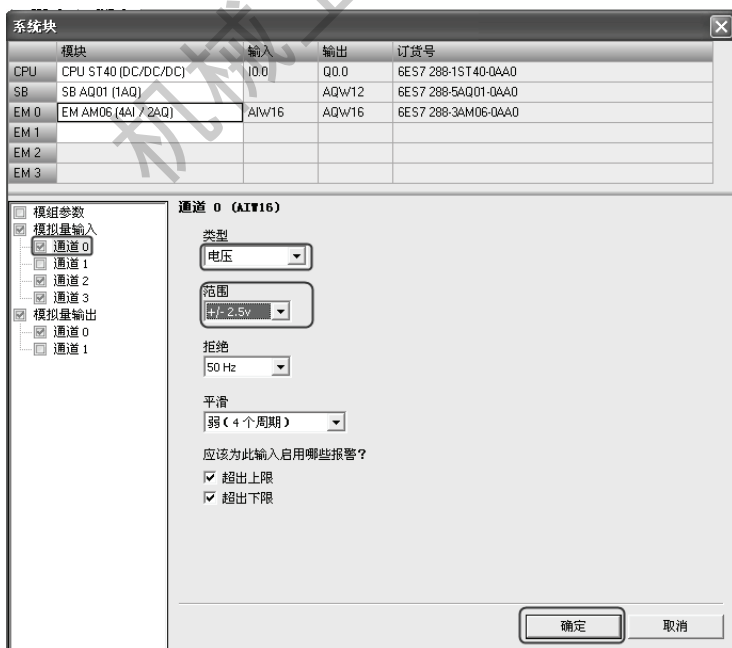


图 2-15 EM AM06 信号类型和量程选择



双极性就是信号在变化的过程中要经过“零”，单极性不过“零”。由于模拟量转换为数字量，是有符号整数，所以双极性信号对应的数值会有负数。在 S7-200 SMART 中，单极性模拟量输入/输出信号的数值范围是 0~27648；双极性模拟量信号的数值范围是 -27648~27648。

3) 对于模拟量输入模块，传感器电缆线应尽可能短，而且应使用屏蔽双绞线，导线应避免弯成锐角。靠近信号源屏蔽线的屏蔽层应单端接地。

4) 一般电压信号比电流信号容易受干扰，所以应优先选用电流信号。电压型的模拟量信号由于输入端的内阻很高（S7-200 SMART 的模拟量模块为 10MΩ），极易引入干扰。一般电压信号是用在控制设备柜内电位器设置，或者距离非常近、电磁环境好的场合。电流信号不容易受到传输线沿途的电磁干扰，因而在工业现场获得广泛的应用。电流信号可以传输的距离比电压信号远得多。

5) 前述的 CPU 和扩展模块的数字量的输入点和输出点都有隔离保护，但模拟量的输入和输出则没有隔离。如果用户的系统中需要隔离，要另行购买信号隔离器件。

6) 模拟量输入模块的电源地和传感器的信号地必须连接（工作接地），否则将会产生一个很高的上下振动的共模电压，影响模拟量输入值，测量结果可能是一个变动很大的不稳定的值。

7) 西门子的模拟量模块的端子排是上下两排分布，容易混淆。在接线时要特别注意，先接下面端子的线，再接上面端子的线，而且不要弄错端子号。

### 2.3.3 其他扩展模块

#### 1. RTD 模块

RTD 传感器种类主要有 Pt、Cu、Ni 热电偶和热敏电阻，每个大类中又分为不同小种类的传感器，用于采集温度信号。RTD 模块将传感器采集的温度信号转化成数字量。EM AR02 热电偶模块的接线如图 2-16 所示。

RTD 传感器有四线式、三线式和二线式。四线式的精度最高，二线式精度最低，而三线式使用较多，其详细接线如图 2-17 所示。I+ 和 I- 端子是电流源，向传感器供电，而 M+ 和 M- 是测量信号的端子。四线式的 RTD 传感器接线很容易，将传感器的一端的 2 根线分别与 M+ 和 I+ 相连接，而传感器的另一端的 2 根线与 M- 和 I- 相连接；三线式的 RTD 传感器有三根线，将传感器的一端的 2 根线分别与 M- 和 I- 相连接，而传感器的另一端的 1 根线与 I+ 相连接，再用一根导线将 M+ 和 I+ 短接；二线式的 RTD 传感器有 2 根线，将传感器的两端的 2 根线分别与 I+ 和 I- 相连接，再用一根导线将 M+ 和 I+ 短接，用另一根导线将 M- 和 I- 短接。为了方便读者理解，图中细实线代表传

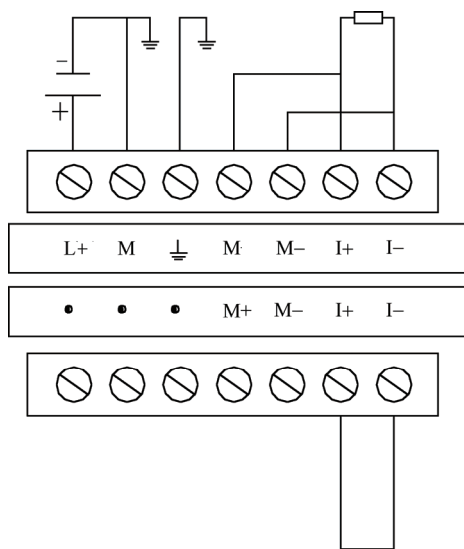


图 2-16 EM AR02 模块的接线



感器自身的导线，粗实线表示外接的短接线。

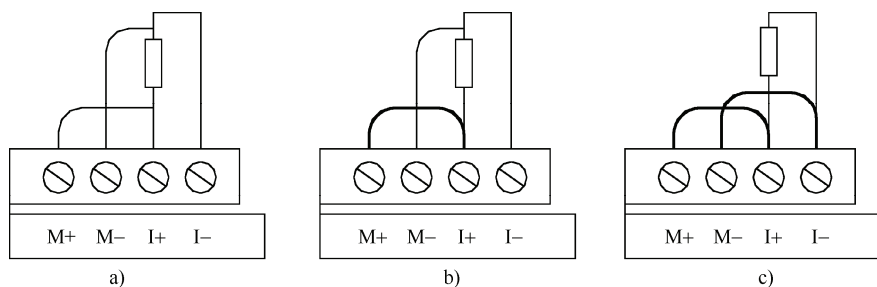


图 2-17 EM AR02 模块的接线 (详图)

a) 四线式 b) 三线式 c) 二线式

## 2. 信号板

S7-200 SMART 系列的 CPU 有信号板，这是 S7-200 所没有的。目前有模拟量输出模块 SB AQ01、数字量输入/输出模块 SB 2DI/2DQ 和通信模块 SB RS-485/RS-232，以下分别介绍。

### (1) 模拟量输出模块 SB AQ01

模拟量输出模块 SB AQ01 只有一个输出点，由 CPU 供电，不需要外接电源。输出电压或者电流，其范围是电流  $0\sim 20\text{mA}$ ，对应满量程为  $0\sim 27648$ ，电压范围是  $-10\sim 10\text{V}$ ，对应满量程为  $-27648\sim 27648$ 。SB AQ01 模块的接线如图 2-18 所示。

### (2) SB 2DI/2DQ 模块

SB 2DI/2DQ 模块是 2 个数字量输入和 2 个数字量输出，输入点是 PNP 型和 NPN 型可选，这与 S7-200 SMART 的 CPU 相同，其输出点是 PNP 型输出。SB 2DI/2DQ 模块的接线如图 2-19 所示。

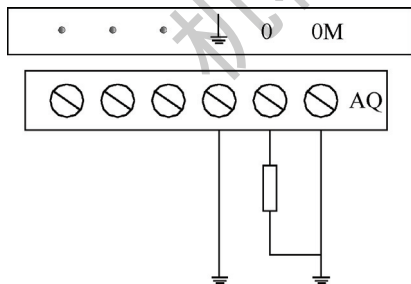


图 2-18 SB AQ01 模块的接线

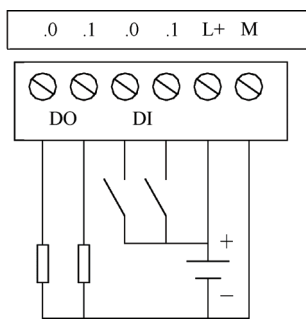


图 2-19 SB 2DI/2DQ 模块的接线

### (3) SB RS-485/RS-232 模块

SB RS-485/RS-232 模块可以作为 RS-232 模块或者 RS-485 模块使用，如设计时选择的是 RS-485 模块，那么在硬件组态时，要选择 RS-485 类型，如图 2-20 所示，在硬件组态时，选择“RS-485”类型。

SB RS-485/RS-232 模块不需要外接电源，它直接由 CPU 模块供电，此模块的引脚的含义见表 2-5。

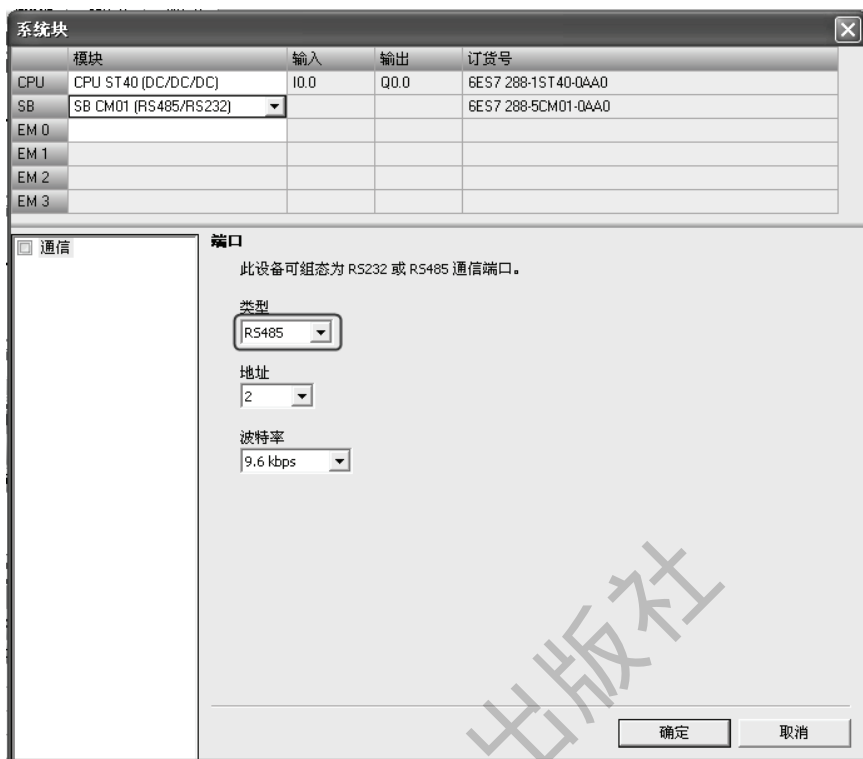


图 2-20 SB RS-485/RS-232 模块类型选择

表 2-5 SB RS-485/RS-232 模块的引脚的含义

引脚号	功能	说明
1	功能性接地	
2	Tx/B	对于 RS-485 是接收+/发送+, 对于 RS-232 是发送
3	RTS	
4	M	对于 RS-232 是 GND 接地
5	Rx/A	对于 RS-485 是接收-/发送-, 对于 RS-232 是接收
6	5V 输出 (偏置电压)	

当 SB RS-485/RS-232 模块作为 RS-232 模块使用时, 接线如图 2-21 所示, 下侧的是 DB9 插头, 代表的是与 SB RS-485/RS-232 模块通信的设备的插头, 而上侧的是模块的接线端子, 注意 DB9 的 RXD 接收数据与模块的 Tx/B 相连, DB9 的 TXD 发送数据与模块的 Rx/A 相连, 这就是俗称的“跳线”。

当 SB RS-485/RS-232 模块作为 RS-485 模块使用时, 接线如图 2-22 所示, 下侧的是 DB9 插头, 代表的是与 SB RS-485/RS-232 模块通信的设备的插头, 而上侧的是模块的接线端子, 注意 DB9 的发送/接收+与模块的 Rx/A 相连, DB9 的发送/接收-与模块的 Tx/B 相连, RS-485 无需“跳线”。

**【关键点】** SB RS-485/RS-232 模块可以作为 RS-232 模块或者 RS-485 模块使用, 但 CPU 上集成的串口只能作为 RS-485 使用。

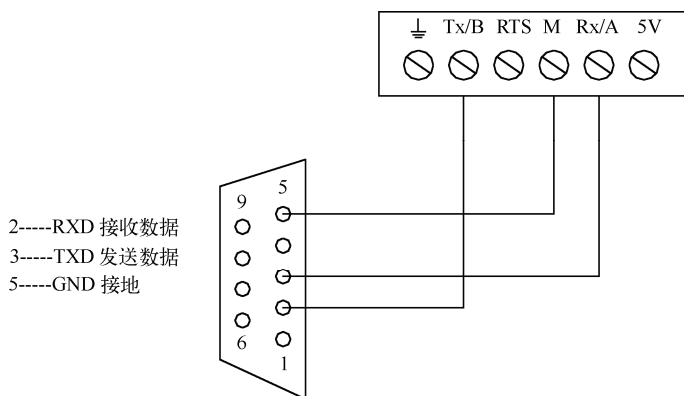


图 2-21 SB RS-485/RS-232 模块—RS-232 连接

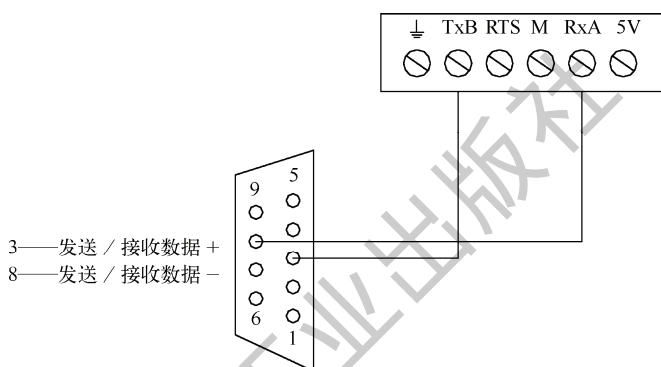


图 2-22 SB RS-485/RS-232 模块—RS-485 连接

### 3. MicroSD

#### (1) MicroSD 简介

MicroSD 是 S7-200 SMART 的特色功能，它支持商用手机卡，支持容量范围是 4~32GB。它有三项主要功能，具体如下。

- ① 复位 CPU 到出厂设置。
- ② 固件升级。
- ③ 程序传输。

#### (2) 用 MicroSD 复位 CPU 到出厂设置

- 1) 用普通读卡器将 CPU 复位到出厂设置，然后将文件复制到一个空的 MicroSD 卡中。
- 2) 在 CPU 断电状态下将包含固件文件的存储卡插入 CPU。
- 3) 给 CPU 上电，CPU 会自动复位到出厂设置。复位过程中 RUN 指示灯和 STOP 指示灯以 2Hz 的频率交替点亮。
- 4) 当 CPU 只有 STOP 灯开始闪烁，表示“固件更新”操作成功，从 CPU 上取下存储卡。

#### (3) 用 MicroSD 进行固件升级

- 1) 用普通读卡器将固件文件复制到一个空 MicroSD 卡中。



2) 在 CPU 断电状态下将包含固件文件的存储卡插入 CPU。

3) 给 CPU 上电, CPU 会自动识别存储卡为固件更新卡并且自动更新 CPU 固件。更新过程中 RUN 指示灯和 STOP 指示灯以 2Hz 的频率交替点亮。

4) 当 CPU 只有 STOP 灯开始闪烁, 表示“固件更新”操作成功, 从 CPU 上取下存储卡。

## 2.4 S7-200 SMART 的安装

S7-200 SMART 设备易于安装。S7-200 SMART 可采用水平或垂直方式安装在面板或标准 DIN 导轨上。而且 S7-200 SMART 体积小, 用户能更有效地利用空间。

### 2.4.1 安装的预留空间

S7-200 SMART 设备通过自然对流冷却。为保证适当冷却, 必须在设备上方和下方留出至少 25 mm 的间隙。此外, 模块前端与机柜内壁间至少应留出 25 mm 的深度。预留空间参考如图 2-23 所示。

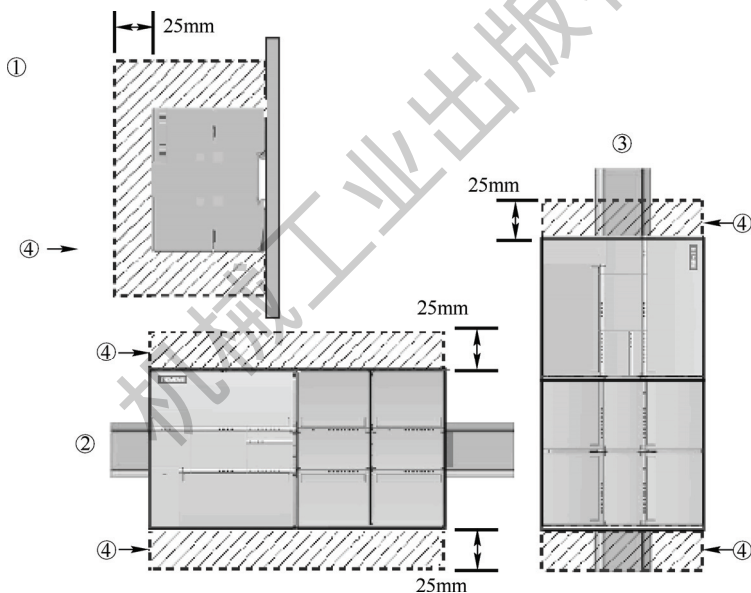


图 2-23 预留空间示意图

### 2.4.2 安装 CPU 模块

CPU 可以很方便地安装到标准 DIN 导轨或面板上。可使用 DIN 导轨卡夹将设备固定到 DIN 导轨上。具体步骤如下。

1) 将 DIN 导轨 (35mm) 按照每隔 75 mm 的间距固定到安装板上。

2) 听到“咔嚓”一声, 打开模块底部的 DIN 夹片, 并将模块背面卡在 DIN 导轨上, 如图 2-24 所示。

3) 如果使用扩展模块, 则将其置于 DIN 导轨上的 CPU 旁。



4) 将模块向下旋转至 DIN 导轨, 听到“咔嚓”一声闭合 DIN 夹片, 如图 2-25 所示。仔细检查夹片是否将模块牢牢地固定到导轨上。为避免损坏模块, 请按安装孔标记, 而不要直接按模块前侧。

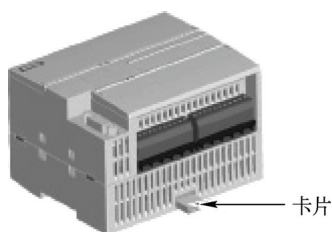


图 2-24 打开卡片

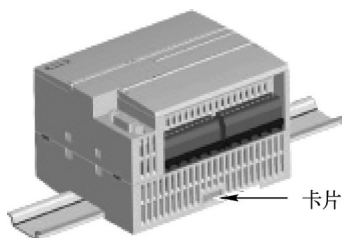


图 2-25 闭合卡片

### 2.4.3 扩展模块的连接

扩展模块必须与 CPU 模块或者其前一个槽位的扩展模块连接, 具体方法是先将 CPU (前一个槽位的扩展模块) 连接插槽上的塑料小盖用一字螺钉旋具拨出来, 插槽是母头, 然后将扩展模块的连接插头插入 CPU 的插槽即可, 如图 2-26 所示。



图 2-26 扩展模块连接图

### 2.4.4 信号板的安装

信号板是 S7-200 SMART 特有的模块, 西门子的其他产品并无信号板, 信号板体积小, 不占用控制柜的空间, 信号板有模拟量和数字量模块。安装信号板的步骤如下。

- 1) 确保 CPU 和所有 S7-200 SMART 设备与电源断开连接。
- 2) 卸下 CPU 上部和下部的端子块盖板。
- 3) 将螺钉旋具插入 CPU 上部接线盒盖背面的槽中。
- 4) 轻轻将盖撬起并从 CPU 上卸下。
- 5) 将信号板直接向下放入 CPU 上部的安装位置中。
- 6) 用力将模块压入该位置直到卡入就位, 如图 2-27 所示。
- 7) 重新装上端子块盖板。

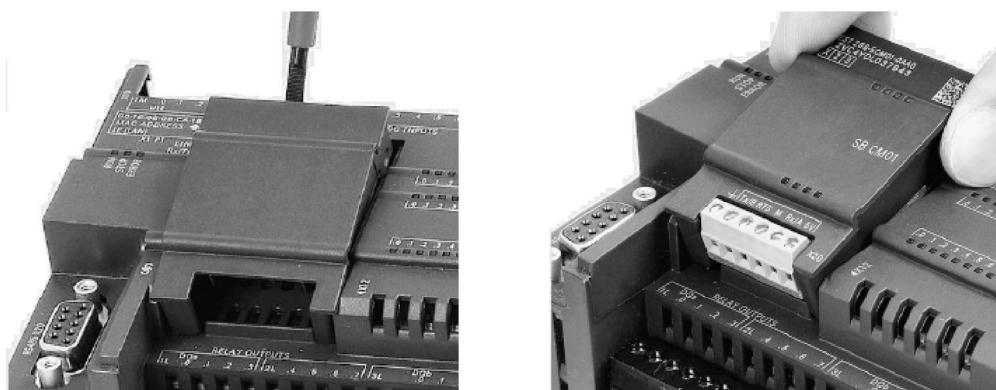


图 2-27 信号板连接图

### 2.4.5 接线端子的拆卸和安装

S7-200 SMART 的接线端子是可以拆卸的，非常方便维护，在不改换接线的情况下，可以很方便地更换 PLC，而 S7-200 系列 PLC 的接线端子是固定的。

#### 1. 接线端子的拆卸

拆卸接线端子的步骤如下。

- 1) 确保 CPU 和所有 S7-200 SMART 设备与电源断开连接。
- 2) 查看连接器的顶部并找到可插入螺钉旋具头的槽。
- 3) 将小螺钉旋具插入槽中。
- 4) 轻轻撬起连接器顶部使其与 CPU 分离。连接器从夹紧位置脱离。
- 5) 抓住连接器并将其从 CPU 上卸下，如图 2-28 所示。



图 2-28 接线端子拆卸图

#### 2. 接线端子的安装

把接线端子对准插槽，压入直到卡入就位即可。



## 2.5 最大 I/O 配置与电源需求计算

### 2.5.1 模块的地址分配

S7-200 SMART CPU 配置扩展模块后，扩展模块的起始地址根据其在不同的槽位而有所不同，这点与 S7-200 是不同的，读者不能随意给定。扩展模块的地址要在“系统块”的硬件组态时，由软件系统给定，如图 2-29 所示。



图 2-29 扩展模块的起始地址示例

S7-200 SMART CPU 最多能配置 4 个扩展模块，在不同的槽位配置不同模块的起始地址均不相同，见表 2-6。

表 2-6 不同的槽位扩展模块的地址

模块	CPU	信号面板	扩展模块 1	扩展模块 2	扩展模块 3	扩展模块 4
I/O 起始地址	I0.0	I7.0	I8.0	I12.0	I16.0	I20.0
	Q0.0	Q7.0	Q8.0	Q12.0	Q16.0	Q20.0
			AIW16	AIW32	AIW48	AIW64
			AQW12	AQW16	AQW32	AQW48

### 2.5.2 最大 I/O 配置

#### 1. 最大 I/O 的限制条件

CPU 的 I/O 映像区的大小限制，最大为 256 个输入和 256 个输出，但实际的 S7-200 SMART CPU 没有这么多，还要受到下面因素的限制。

- 1) CPU 本体的 I/O 点数的不同。
- 2) CPU 所能扩展的模块数目，标准型为 4 个，经济型不能扩展模块。
- 3) CPU 内部+5V 电源是否满足所有扩展模块的需要，扩展模块的+5V 电源不能外接



电源，只能由 CPU 供给。

而在以上因素中，CPU 的供电能力对扩展模块的个数起决定影响，因此最为关键。

## 2. 最大 I/O 扩展能力示例

不同型号的 CPU 的扩展能力不同，表 2-7 列举了 CPU 模块的扩展能力。

表 2-7 CPU 模块的最大扩展能力

CPU 模块	可以扩展的最大 DI/DO 和 AI/AO		5V 电源/mA	DI	DO	AI	AO
CPUCR40	无		不能扩展				
CPU SR20	最大 DI/DO	CPU	740	12	8		
		4×EM DT32 16DT/16DO, DC/DC	-740	64	64		
		4×EM DR32 16DT/16DO, DC/Relay	-720				
		总 计	≥0	76	72		
	最大 AI/AO	CPU	740	12	8		
		1×SB 1AO	-15				1
		4×EM AM06 4AI/2AO	-320			16	8
		总 计	>0	76	72	16	9
CPU SR40/ST40	最大 DI/DO	CPU	740	24	16		
		4×EM DT32 16DT/16DO, DC/DC	-740	64	64		
		4×EM DR32 16DT/16DO, DC/Relay	-720				
		总 计	≥0	88	80		
	最大 AI/AO	CPU	740	24	16		
		1×SB 1AO	-15				1
		4×EM AM06 4AI/2AO	-320			16	8
		总 计	>0	24	16	16	9
CPU SR60/ST60	最大 DI/DO	CPU	740	36	24		
		4×EM DT32 16DT/16DO, DC/DC	-740	100	88		
		4×EM DR32 16DT/16DO, DC/Relay	-720				
		总 计	≥0	88	80		
	最大 AI/AO	CPU	740	36	24		
		1×SB 1AO	-15				1
		4×EM AM06 4AI/2AO	-320			16	8
		总 计	>0	36	24	16	9

以 CPUSR20 为例，对以上表格做一个解释。CPUSR20 自身有 12 个 DI（输入点），8 个 DO（输出点），由于受到总线电流（SM 电流，即 DC+5V）限制，可以扩展 64 个 DI 和 64 个 DO，经过扩展后，DI/DO 分别能达到 76/72 个。最大可以扩展 16 个 AI（模拟量输入）和 9 个 AO（模拟量输出）。表格其余的 CPU 的各项含义与上述类似，在此不再赘述。

### 2.5.3 电源需求计算

所谓电源计算，就是用 CPU 所能提供的电源容量减去各模块所需要的电源消耗量。S7-200 SMART CPU 模块提供 DC 5V 和 DC 24V 电源。当有扩展模块时，CPU 通过 I/O



总线为其提供 5V 电源，所有扩展模块的 5V 电源消耗之和不能超过该 CPU 提供的电源额定值。若不够用则不能外接 5V 电源。

每个 CPU 都有一个 DC 24V 传感器电源，它为本机输入点和扩展模块输入点及扩展模块继电器线圈提供 DC 24V。如果电源要求超出了 CPU 模块的电源定额，可以增加一个外部 DC 24V 电源来供给扩展模块。各模块的电源需求见表 2-8。

表 2-8 各模块的电源需求

型 号		电 源 供 应	
		DC+5V	DC+24V
CPU 模块	CPUSR20	740 mA	300 mA
	CPUST40/SR40	740 mA	300 mA
	CPUST60/SR60	740 mA	300 mA
扩展模块	EM DR16	145mA	4mA/输入, 11 mA/输出
	EM DT32	185mA	4mA/输入
	EM DR32	180mA	4mA/输入, 11 mA/输出
	EM AO02	80mA	40mA (无负载)
	EM AI04	80 mA	50 mA (无负载)
	EM AM06	80mA	60mA (无负载)
	EM AO02	80mA	40mA
信号板	SB 1AO	15mA	40mA (无负载)
	SB 2DI/DO	50 mA	4mA/输入
	SB RS-485/RS-232	50 mA	-----

下面举例说明电源的需求计算。

**【例 2-4】** 某系统由一台 CPUSR40 AC/DC/继电器、3 个 EM 8 点继电器型数字量输出 (EM DR08) 和 1 个 EM 8 点数字量输入 (EM DE08)，问电源是否足够？

**【解】** 首先查表 2-8 可知，计算如下见表 2-9。

表 2-9 电源需求计算

CPU 功率预算	DC 5V	DC 24V
CPUSR40 AC/DC/继电器	740mA	300 mA
减 去		
系统要求	DC 5V	DC 24V
CPUSR40, 24 点输入		24×4 mA = 96 mA
插槽 0: EM DR08	120 mA	8×11 mA = 88 mA
插槽 1: EM DR08	120 mA	8×11 mA = 88 mA
插槽 2: EM DR08	120 mA	8×11 mA = 88 mA
插槽 3: EM DE08	105 mA	8×4 mA = 32 mA
总需求	465 mA	392mA
电流差额	275 mA	-92mA



从表 2-9 可以得出, +5V 是足够的, 而+24V 不够, 还缺 92mA, 因此必须再外接一个大于 92mA 的电源给系统输入和输出供电。

【关键点】配置模块要进行电源需求计算, 一台 CPU 所扩展的模块不能超过 4 个。

## 重点难点总结

1. S7-200 SMART 系列 PLC 的外部接线、扩展模块的接线, 特别是数字量输入、输出模块和模拟量输入/输出模块的接线至关重要。
2. 电源的需求计算既是重点, 也是难点, 特别要学会通过产品手册查询相关参数。

## 习题

1. 举例说明常见的哪些设备可以作为 PLC 的输入设备和输出设备?
2. S7 系列的 PLC 有哪几类?
3. S7-200 SMART 系列 PLC 有什么特色?
4. S7-200 SMART 系列 CPU 有几种工作方式? 下载文件时, 能否使其置于“运行”状态?
5. 使用模拟量输入模块时, 要注意什么问题?
6. 在例 2-2 中, 如果不经过转换能否直接用晶体管输出 CPU 代替? 应该如何转换?
7. 如何进行 S7-200 SMART 的电源需求计算?
8. S7-200 SMART 系列 PLC 的输入和输出怎样接线?
9. 西门子 PLC 有哪几个系列产品? 其定位是什么?
10. PLC 自控系统中, 温度控制可用什么扩展模块? ( )  
A. EM AO02      B. EM AE04  
C. EM AM6      D. EM AR02
11. 西门子 S7-200 SMART 系列 PLC 的基本指令运算时间是 ( )。  
A. 0.15 $\mu$ s      B. 10ms      C. 1.5 ms      D. 3 $\mu$ s
12. 西门子 S7-200 SMART 系列 PLC 最多可以有 ( ) 个点。(含扩展)  
A. 168      B. 128      C. 256      D. 188
13. 以下哪个 PLC 不具备扩展能力? ( )  
A. CPU ST40      B. CPU SR40      C. CPU CR40      D. CPU SR60