

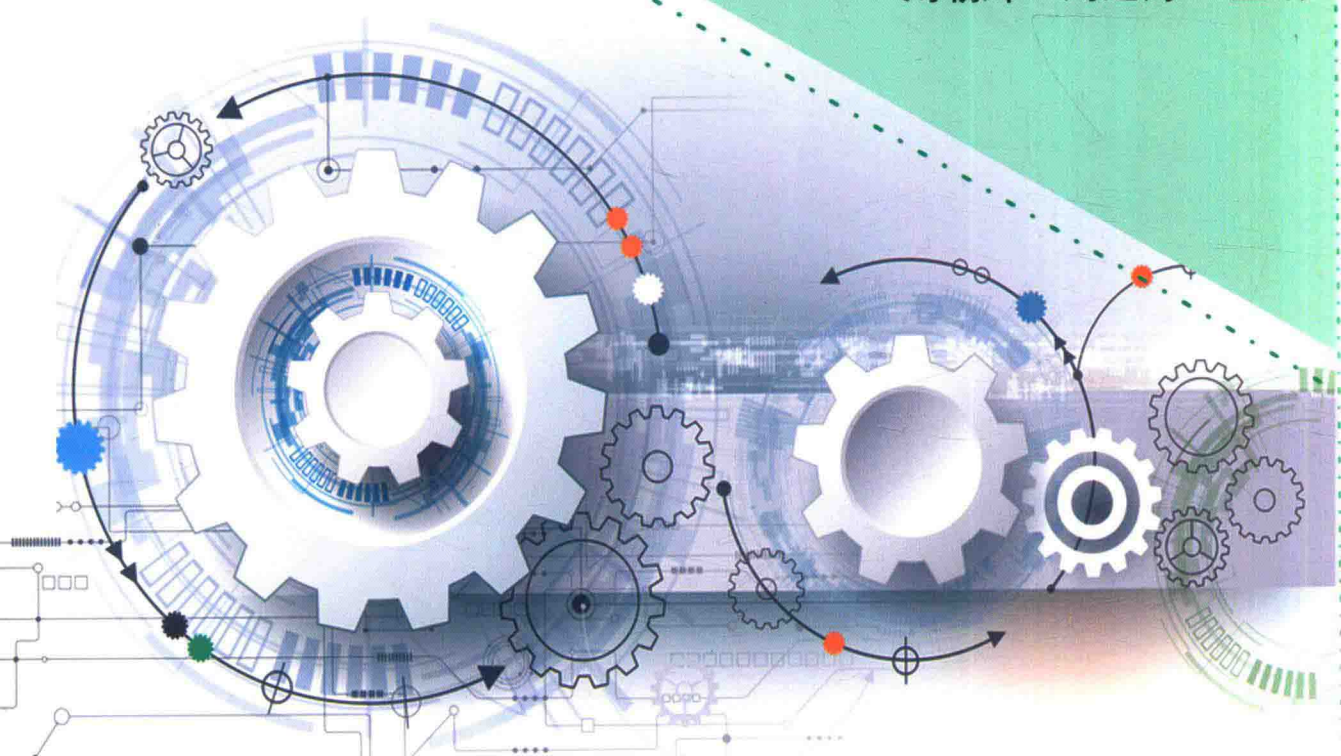
中天实训教程

 中国劳动社会保障出版社

可编程序控制系统设计

KEBIANCHENGXU KONGZHI XITONG SHEJI

刘朝辉 刘建海 主编



中天实训教程

可编程序控制 系统设计

编审委员会

(排名不分先后)

主 任：于茂东

副 主 任：李树岭 吴立国 李 钰 张 勇

委 员：刘玉亮 王 健 贺琼义 邴志刚 董焕和

郝 海 缪 亮 李丽霞 李全利 刘桂平

徐国胜 徐洪义 翟 津 张 娟

本书主编：刘朝辉 刘建海

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

可程序控制系统设计/刘朝辉, 刘建海主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社,
2017

中天实训教程

ISBN 978-7-5167-2970-0

I. ①可… II. ①刘… ②刘… III. ①可程序控制器-控制系统设计-教材
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 088813 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

*

北京北苑印刷有限责任公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8.5 印张 158 千字

2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷

定价: 24.00 元

读者服务部电话: (010) 64929211/64921644/84626437

营销部电话: (010) 64961894

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

如有印装差错, 请与本社联系调换: (010) 50948191

我社将与版权执法机关配合, 大力打击盗印、销售和使用盗版
图书活动, 敬请广大读者协助举报, 经查实将给予举报者奖励。

举报电话: (010) 64954652

前言

为加快推进职业教育现代化与职业教育体系建设，全面提高职业教育质量，更好地满足中国（天津）职业技能公共实训中心的高端实训设备及新技能教学需要，天津海河教育园区管委会与中国（天津）职业技能公共实训中心共同组织，邀请多所职业院校教师和企业技术人员编写了“中天实训教程”丛书。

丛书编写遵循“以应用为本，以够用为度”的原则，以国家相关标准为指导，以企业需求为导向，以职业能力培养为核心，注重应用型人才的专业技能培养与实用技术培训。丛书具有以下一些特点：

以任务驱动为引领，贯彻项目教学。将理论知识与操作技能融合设计在教学任务中，充分体现“理实一体化”与“做中学”的教学理念。

以实例操作为主，突出应用技术。所有实例充分挖掘公共实训中心高端实训设备的特性、功能以及当前的新技术、新工艺与新方法，充分结合企业实际应用，并在教学实践中不断修改与完善。

以技能训练为重，适于实训教学。根据教学需要，每门课程均设置丰富的实训项目，在介绍必备理论知识基础上，突出技能操作，严格实训程序，有利于技能养成和固化。

丛书在编写过程中得到了天津市职业技能培训研究室的积极指导，同时也得到了河北工业大学、天津职业技术师范大学、天津中德应用技术大学、天津机电工艺学院、天津轻工职业学院以及海克斯康测量技术（青岛）有限公司、ABB（中国）有限公司、天津领智科技有限公司、天津市翰本科技有限公司的大力支持与热情帮助，在此一并致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，经验不足，时间仓促，书中的疏漏在所难免，衷心希望广大读者与专家提出宝贵意见和建议。

编审委员会

内容简介

本书以天津市公共实训中心 TVT-HLX-T 实训设备为依托编制而成，着重介绍了基本概念、基本理论和基本操作方法，突出知识和技能的实用性，采用任务驱动法，以任务来引领实训教学的设计和实施。全书分为基础篇和提高篇，每篇分为若干任务，每个任务分为“任务描述”“任务分析”“相关知识”“任务实施”等栏目，以完成任务为中心，把知识点融入任务中，在完成任务中学习必要的理论知识。为提升学员分析和解决问题的能力，灵活应用所学的知识，每个任务都设置“任务扩展”栏目，帮助学员进一步拓宽知识面。为方便学习，每个任务的实施都有具体的步骤和评价环节。

本书由天津市机电工艺学院刘朝辉、刘建海主编，天津市现代职业技术学院王慧荣及天津市机电工艺学院张长勇、李学钢、袁伟伟、王森、蔡向禹、方晓群参与编写，天津市职业技能公共实训中心杨鹏审稿。其中，刘朝辉、刘建海负责全书整体构思、每一个任务的策划和部分任务的编写，并对全书进行审核。

本书适用于大学、各类职业院校机电、自动化课程教学，同时也适用于企业员工的培训。

目 录

基础篇

PAGE 1

任务一	单向控制电路的改造	3
任务二	正反转控制电路的改造	19
任务三	Y— Δ 降压启动控制电路的改造	24
任务四	单按钮控制指示灯启停电路程序编制及调试	34
任务五	抢答器控制电路程序编制及调试	41
任务六	十字路口交通灯控制程序编制及调试	47

提高篇

PAGE 61

任务一	送料小车自动往复运动编程与调试	63
任务二	三级带输送机的控制编程与调试	75
任务三	霓虹灯控制系统编程与调试	83
任务四	三位气动阀的逻辑控制编程与调试	98
任务五	自动售货机的系统设计	105
任务六	恒保温箱的远程温度控制	117

基础篇

【实训内容】

可编程序控制是在继电器控制基础上发展起来的技术，本篇力求把可编程序控制知识与继电器控制知识结合起来，基于西门子 S7 - 200 可编程序控制器，首先实现基本控制电路的改造，继而完成基本控制单元的设计与调试。

本书采用以任务带知识点的方法，把知识点融入任务中，努力达到把抽象的知识具体化的目的。

建议：本项目中需驱动电动机的程序可先用指示灯模拟，在此基础上再驱动电动机。

- 任务一 单向控制电路的改造
- 任务二 正反转控制电路的改造
- 任务三 Y — Δ 降压启动控制电路的改造
- 任务四 单按钮控制指示灯启停电路程序编制及调试
- 任务五 抢答器控制电路程序编制及调试
- 任务六 十字路口交通灯控制程序编制及调试

【实训目标】

- 1. 掌握西门子可编程序控制器 S7 - 200 的常用指令。
- 2. 掌握西门子可编程序控制器 S7 - 200 的简单程序编制及调试方法。
- 3. 掌握工业电器单元 - 1 的使用方法。
- 4. 掌握工业电器单元 - 2 的使用方法。
- 5. 掌握可编程序控制器单元、编程用计算机系统的使用方法。

【实训设备】

基础篇所用实训设备		
序号	名称	数量
1	TVT - HLX - T 设备主体	一套
2	电源单元	一块
3	工业电器单元 - 1	一块
4	工业电器单元 - 2	一块
5	S7 - 200 PLC 模块	一块
6	S7 - 200 通信电缆	一根
7	连接导线	若干

任务一 单向控制电路的改造

【任务描述】

可编程序控制器控制是在继电器控制的基础上发展起来的。

用可编程序控制器控制三相交流异步电动机电路，实际上是把控制电路转换成控制程序，当要改变控制电路时，只要改变控制程序，即可实现控制要求。

本任务将学习如何利用可编程序控制器实现对三相交流异步电动机进行单向控制。如图 1—1 所示为继电器控制三相异步电动机的单向控制线路，即用按钮和接触器等来控制

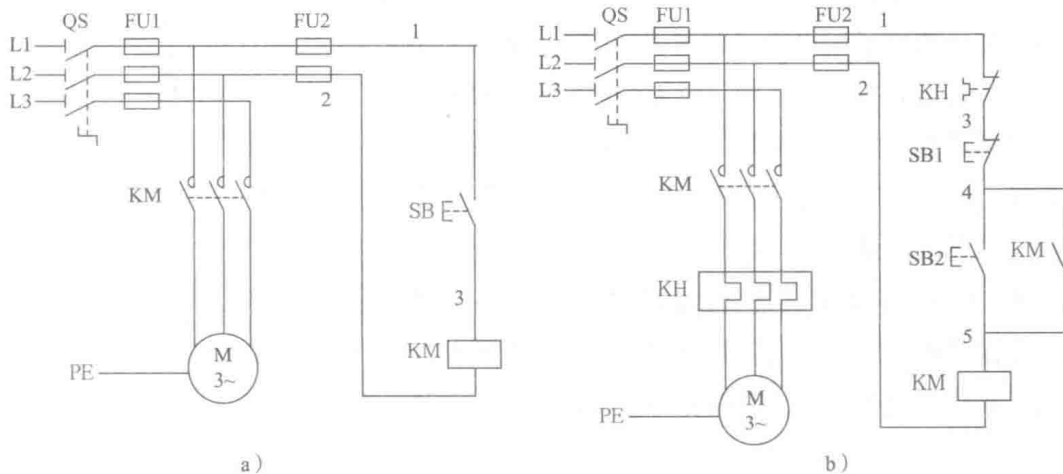


图 1—1 继电器控制三相异步电动机的单向控制线路

a) 点动控制线路原理图 b) 连续运转控制线路原理图

电动机单方向运转的简单控制线路，现用可编程序控制器进行控制。

【任务分析】

点动控制是指按下按钮，电动机就得电运转；松开按钮，电动机就断电停转。这种控制方法常用于电动葫芦和起重电动机控制及车床托板箱快速移动电动机控制等。

在点动控制线路中，主电路由开关 QS、熔断器 FU1、接触器 KM 主触点及电动机 M 组成；控制电路由熔断器 FU2、启动按钮 SB、接触器 KM 线圈组成。

连续运转控制是指按下启动按钮，电动机就得电运转；直到按下停止按钮，电动机才断电停转。这种控制方法常用于车床的主轴控制和冷却液控制等。

在连续运转控制线路中，主电路由开关 QS、熔断器 FU1、接触器 KM 主触点、热继电器 KH 及电动机 M 组成；控制电路由熔断器 FU2、启动按钮 SB2、停止按钮 SB1、热继电器 KH 及接触器 KM 线圈组成。

传统继电器控制系统控制信号对设备的控制作用是通过线路的接线来实现的。在这种控制系统中，要实现不同的控制要求必须改变控制电路的接线。用可编程序控制器控制三相交流异步电动机电路，实际上是把控制电路转换成控制程序，当要改变控制电路时，只要改变控制程序即可实现控制要求。

【相关知识】

一、TVT-HLX-T 实训设备简介

不同专业、不同行业 and 不同层次的用户所需的被控对象种类繁多，而且很多被控对象的价格不菲，造成了用户学习和培训的困难。TVT-HLX-T 实训设备能较好地解决这一问题。另外，随着技术的发展，对于培训对象的变更以及不同阶段培训目标发生变化而引起的用户需求变更，该设备能保证用户在现有基础上尽量少地追加投资以满足新的实践需求。TVT-HLX-T 现代控制综合实训装置正是为满足用户在教学、培训、鉴定以及竞赛等方面广泛需求的基础上应运而生的。

TVT-HLX-T 实训设备全貌如图 1—2 所示，主要包括八个单元，分别是电源单元，工艺对象部件单元，工艺对象系统单元，工业电器单元-1，工业电器单元-2，器件储存柜，可编程序控制器单元，可编程序控制器编程用计算机系统。

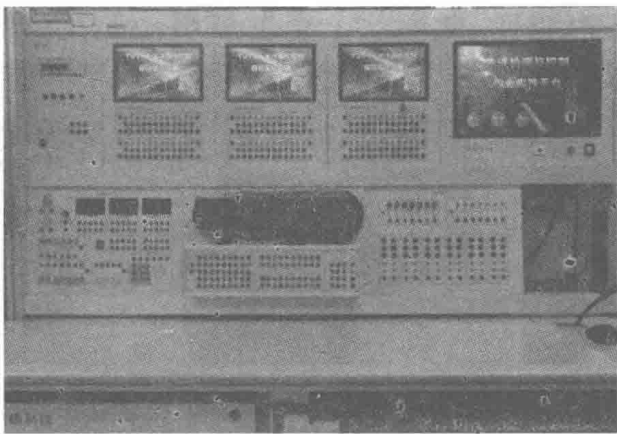


图 1—2 TVT-HLX-T 实训设备全貌

1. 电源单元

如图 1—3 所示，电源单元具有设备上电指示功能，配有上电指示灯，当设备有供电时，指示灯亮。

电源单元可输出三相五线 380 V 交流电源，配三相四极低压断路器及漏电保护器，低压断路器控制整个设备的电源供电。三相五线电源输出端子为 U、V、W、N、PE 端子，可提供三相交流 380 V 和单相交流 220 V 输出电源。PE 端子为保护接地端子。

电源单元提供 2 组直流电源，一组提供 24 V 直流输出，为本设备的可编程控制器单元提供可编程控制器输入、输出工作电源；另一组提供 24 V 和 5 V 直流输出，为本设备的工艺对象部件单元提供工作电源，该组电源在前面板无输出端子，在内部与工艺对象部件单元已连接供电。所有直流电源的输出由直流开关控制通断。

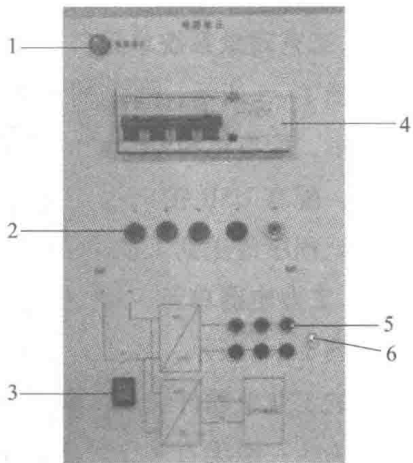


图 1—3 电源单元

- 1—上电指示 2—三相五线电源输出端子
- 3—直流输出控制开关
- 4—低压断路器及漏电保护器
- 5—直流输出端子 6—直流输出指示

2. 工艺对象部件单元

如图 1—4 所示，工艺对象部件单元由 3 块显示屏和接插板等组成，每块显示屏对应其底部的接插板，该单元的功能是在显示屏中显示工艺对象系统中所有涉及的各种工艺对象部件（传感器或执行器等）。

工艺对象部件单元配有重启复位按钮，当显示屏不能正常显示或出现故障时，按下复位按钮，该单元显示屏将重新启动，系统将正常工作；若复位按钮失效，请关闭电源，记下故障现象并及时联系设备专业维护人员处理。

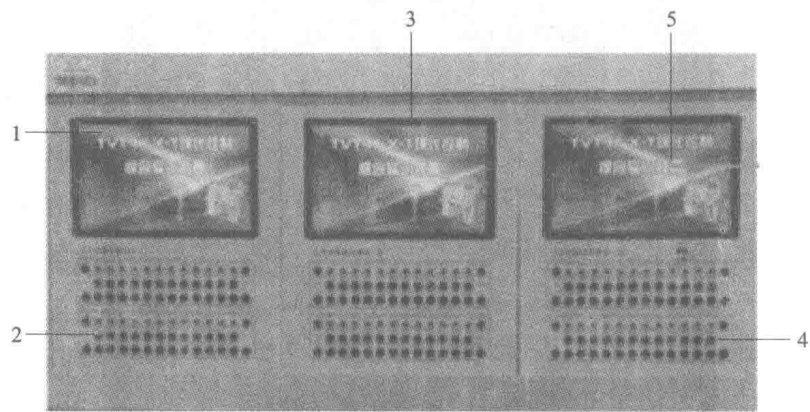


图 1—4 工艺对象部件单元

1、3、5—显示屏 2—接插板 4—复位按钮

3. 工艺对象系统单元

如图 1—5 所示，工艺对象系统单元主要用于模拟演示，配有电源开关，使用时打开电源开系统上电，配有 USB 接口用作与计算机通信，通过该接口把程序传送到工艺对象系统单元。

4. 工业电器单元 -1

如图 1—6 所示，工业电器单元 -1 由三组不同功能的工业电器件组成，一组为指示灯，一组为钮子开关，一组为直流接触器。



图 1—5 工艺对象系统单元

1—USB 接口 2—启动按钮 3—电源开关

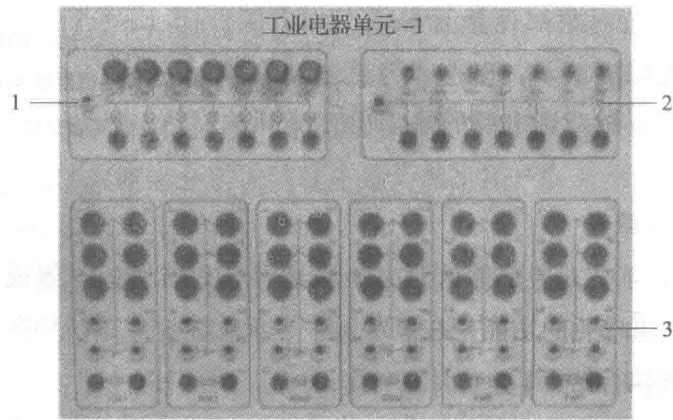


图 1—6 工业电器单元 -1

1—指示灯组 (HL1 ~ HL7) 2—钮子开关组 (SQ1 ~ SQ7)

3—直流接触器组 (KM1 ~ KM6)

指示灯组共 7 盏指示灯 HL1 ~ HL7，共用一个公共端，可作为可编程序控制器输出指示、器件的状态显示、系统运行指示等。

钮子开关组共 7 个钮子开关 SQ1 ~ SQ7，共用一个公共端，可作为可编程序控制器输入信号、系统的启动或停止信号使用。

直流接触器组一共有 6 个接触器 KM1 ~ KM6，由直流电压 24 V 驱动线圈。A1 - A2 接线端子是线圈电源的接入端，L1 - T1、L2 - T2、L3 - T3 端子分别是接触器的三组主触点，NO - NO 接线端子和 NC - NC 接线端子分别为接触器的辅助常开触点和常闭触点。

5. 工业电器单元-2

如图 1—7 所示，工业电器单元-2 主要由按钮组和指示灯组等组成，主要用作可编程序控制器的输入和输出信号，也可用于程序的模拟调试。

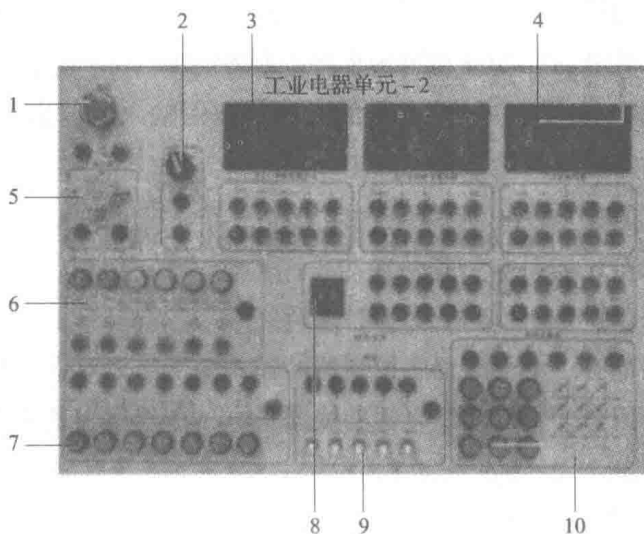


图 1—7 工业电器单元-2

- 1—急停按钮 (SBO) 2—主令开关 (SA) 3—BCD 码数字显示器 4—八段数码管显示
5—蜂鸣器 (HA) 6—指示灯组 (HL1 ~ HL6) 7—按钮组 (SB1 ~ SB7) 8—拨码开关
9—钮子开关组 (S1 ~ S5) 10—矩阵式键盘

6. 可编程序控制器单元

本设备可编程序控制器单元分为西门子 S7-300 和西门子 S7-200 两种型号，本书将以西门子 S7-200 为例。

西门子可编程序控制器有 S7、M7、C7 三个系列，S7-200 型可编程序控制器是西门子公司近年投放市场的小型可编程序控制器，如图 1—8 所示，采用整体式结构，结构简单，功能强大，可靠性高，运行速度快，性价比高，既能单机运行，又有可扩展接口及扩展特殊功能模块。

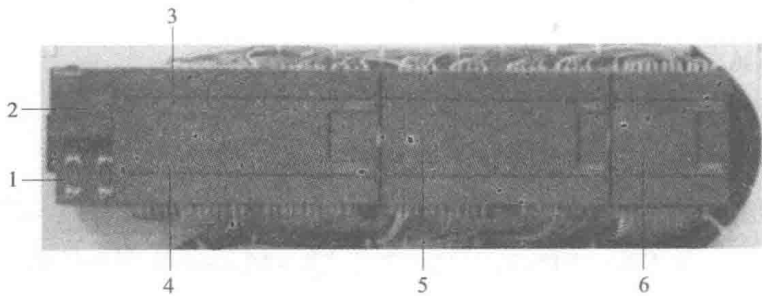


图 1—8 可编程序控制器单元 (S7 -200)

1—通信接口 (0, 1) 2—状态指示灯 3—输出指示灯 4—输入指示灯
5—数字量扩展模块 6—模拟量扩展模块

(1) 工作模式开关。S7 - 200 型可编程序控制器用三挡开关选择 RUN、TERM 和 STOP 三个工作状态，其工作状态由状态 LED 显示，其中 SF 为系统故障指示。

(2) 通信接口。用于 S7 - 200 型可编程序控制器与 PC 或手持编程器进行通信连接。

(3) 输入/输出接口。各输入/输出点的通断状态用输入或输出状态 LED 显示，外部接线接在可拆卸的插座型接线端子板上。

二、西门子 S7 -200 系列可编程序控制器软元件简介

1. 输入继电器 (I)

每个输入继电器都有一个可编程序控制器的输入端子与之对应，用于接收外部开关信号。外部的开关信号闭合，则输入继电器的线圈得电，在程序中其常开触点闭合，常闭触点断开。

2. 输出继电器 (Q)

每个输出继电器都有一个可编程序控制器上的输出端子与之对应。当通过程序使输出继电器线圈导通为 ON 时，可编程序控制器上的输出端开关闭合，它可以作为控制外部负载的开关信号，同时在程序中其常开触点闭合，常闭触点断开。

3. 通用辅助继电器 (M)

通用辅助继电器的作用和继电器控制系统中的中间继电器相同，它在可编程序控制器中没有输入/输出端子与之对应，因此它不能驱动外部负载。

4. 特殊继电器 (SM)

有些辅助继电器具有特殊功能或用来存储系统的状态变量、控制参数和信息，因此称其为特殊继电器。如 SM0.0 为可编程序控制器运行时恒为 ON 的特殊继电器；SM0.1 为可编程序控制器运行时的初始化脉冲，当可编程序控制器开始运行时只接通一个扫描周期的时间。

5. 变量存储器 (V)

变量存储器用来存储变量。它可以存放程序执行过程中控制逻辑操作的中间结果，也可以使用变量存储器来保存与工序或任务相关的其他数据。

6. 局部变量存储器 (L)

局部变量存储器用来存放局部变量。局部变量与变量存储器所存储的全局变量十分相似，主要区别在于全局变量是全局有效的，而局部变量是局部有效的。局部变量存储器一般用在子程序中。

7. 顺序控制继电器 (S)

顺序控制继电器也称为状态器。顺序控制继电器用于顺序控制或步进控制中。

8. 定时器 (T)

定时器是可编程序控制器中重要的编程元件，是累计时间的内部器件。电气控制的大部分领域都需要用定时器进行时间控制，灵活地使用定时器可以编制出复杂动作的控制程序。

定时器的工作过程与继电接触式控制系统中的时间继电器的原理基本相同，但它没有动触点。使用时要先输入时间设定值，当定时器的输入条件满足时开始计时，当前值从 0 开始按一定的时间单位增加，当定时器的当前值达到设定值时，定时器的触点动作。利用定时器的触点就可以完成所需要的定时控制任务。

9. 计数器 (C)

计数器用来累计输入脉冲的个数，经常用来对产品进行计数或进行特定功能的编程。

使用时要先输入它的设定值。如增计数器，当输入触发条件满足时，计数器开始计数，累计输入端脉冲上升沿的个数，当计数器计数达到设定值时，其常开触点闭合，常闭触点断开。

10. 模拟量输入映像寄存器 (AI)、模拟量输出映像寄存器 (AQ)

模拟量输入电路用以实现模拟量/数字量 (A/D) 之间的转换，而模拟量输出电路用以实现数字量/模拟量 (D/A) 之间的转换。

11. 高速计数器 (HC)

一般计数器的计数频率受扫描周期的影响，不能太高，而高速计数器可累计比 CPU 的扫描速度更快的计数。高速计数器的当前值是一个双字长 (32 位) 的整数，且为只读值。

12. 累加器 (AC)

累加器是用来暂存数据的寄存器，它可以用来存放运算数据、中间数据和结果。S7 - 200 系列可编程序控制器提供 4 个 32 位累加器，分别为 AC0、AC1、AC2 和 AC3。累加器

可进行读写操作。

三、可编程序控制器的几种编程语言

可编程序控制器不采用计算机的编程语言，常用的编程语言有梯形图、语句表、顺序功能图、功能块图等。其中最常用的为梯形图，可编程序控制器的设计和生产至今还没有国际统一标准，不同厂家所采用的语言和符号也不尽相同。但它们编程语言的基本结构和功能却是大同小异。

1. 梯形图 (LAD)

梯形图 (LADDER) 是一种图形编程语言，它是从继电器控制原理图的基础上演变而来的。可编程序控制器的梯形图与继电器控制系统原理图的基本思想是一致的，它沿用继电器的触点（触点在梯形图中又常称为接点）、线圈、串并联等术语和图形符号，同时还增加了一些继电器、接触器控制系统中没有的特殊功能符号。对于熟悉继电器控制线路的电气技术人员来说，梯形图很容易被接受，且不需要学习专门的计算机知识。因此，梯形图是可编程序控制器应用中最基本、最普遍的编程语言。需要说明的是，这种编程方式只能用编程软件通过计算机下载到可编程序控制器当中去。如果使用编程器编程，还需要将梯形图转变为语句表，用助记符将程序输入可编程序控制器中。

可编程序控制器的梯形图虽然是从继电器控制线路图发展而来的，但又与其有一些本质的区别。

(1) 可编程序控制器梯形图中的某些元件沿用了继电器这一名称，如输入继电器、输出继电器、中间继电器等。但是，这些继电器并不是实际存在的物理继电器，而是软继电器，也可以说是存储器。它们当中的每一个都与可编程序控制器的用户程序存储器中数据存储区中的元件映像寄存器的一个具体存储单元相对应。如果某个存储单元为“1”状态，则表示与这个存储单元相对应的那个继电器的线圈得电。反之，如果某个存储单元为“0”状态，则表示与这个存储单元相对应的那个继电器的线圈断电。这样，就能根据数据存储区中某个存储单元的状态是“1”还是“0”，判断与之对应的那个继电器的线圈是否得电。

(2) 可编程序控制器梯形图中仍然保留了动合触点和动断触点的名称，这些触点的接通或断开，取决于其线圈是否得电（这是继电器、接触器的最基本工作原理）。在梯形图中，当程序扫描到某个继电器的触点时，就去检查其线圈是否得电，即去检查与之对应的那个存储单元的状态是“1”还是“0”。如果该触点是动合触点，就取它的原状态；如果该触点是动断触点，就取它的反状态。

(3) 可编程序控制器梯形图中的各种继电器触点的串并联连接，实质上是将这些基本

单元的状态依次取出来,进行逻辑与、逻辑或等逻辑运算。而计算机对进行这些逻辑运算的次数是没有限制的,因此,可在编制程序时无限次使用这些触点,并且可以根据需要采用动合(常开)和动断(常闭)的形式。特别需要注意的是,在梯形图程序中同一个继电器的线圈一般只能使用一次(置位/复位的形式除外)。

2. 语句表(STL)

语句表(Statements List)就是用助记符来表达可编程序控制器的各种功能,类似于计算机的汇编语言,但比汇编语言通俗易懂,它是可编程序控制器最基础的编程语言。所谓语句表编程,是用一个或几个容易记忆的字符来代表可编程序控制器的某种操作功能。这种编程语言可使用简易编程器编程,尤其是在未开发计算机软件时,就只能将已编好的梯形图程序转换成语句表的形式,再通过简易编程器将用户程序逐条输入到可编程序控制器的存储器中进行编程。通常每条指令由地址、操作码(指令)和操作数(数据或器件编号)三部分组成。语句表编程设备简单,逻辑紧凑,系统化程度高,连接范围不受限制,但比较抽象,一般与梯形图语言配合使用,互为补充。目前,大多数可编程序控制器都有语句表编程功能。

3. 顺序功能图(SFC)

顺序功能图(Sequence Function Chart)编程方式采用画工艺流程图的方法编程,也称功能图,只要在每一个工艺方框的输入和输出端标上特定的符号即可。对于在工厂中搞工艺设计的人来说,用这种方法编程,不需要很多的电气知识,非常方便。

不少可编程序控制器的新产品采用了顺序功能图,提供了用于SFC编程的指令,有的公司已生产出系列的、可供不同的可编程序控制器使用的SFC编程器,原来十几页的梯形图程序,SFC只用一页就可以完成。另外,由于这种编程语言最适合从事工艺设计的工程技术人员,因此,它是一种效果显著、深受欢迎、前途光明的编程语言。目前国际电工委员会(IEC)也正在实施并发展这种语言的编程标准。

4. 功能块图(FBD)

这是一种由逻辑功能符号组成的功能块图(Function Block Diagrams)来表达命令的编程语言,这种编程语言基本上沿用半导体逻辑电路的逻辑框图。对每一种功能都使用一个运算方块,其运算功能由方块内的符号确定。常用“与”“或”“非”等逻辑功能表达控制逻辑。和功能方块有关的输入画在方块的左边,输出画在方块的右边。利用FBD可以查到像普通逻辑门图形的逻辑盒指令。它没有梯形图编程器中的触点和线圈,但有与之等价的指令,这些指令是作为盒指令出现的。程序逻辑由这些盒指令之间的连接决定。采用这种编程语言,不仅能简单明确地表达逻辑功能,还能通过对各种功能块的组合,实现加法、乘法、比较等高级功能,所以,它也是一种功能较强的图形编程语言。对于熟悉逻辑