

西门子 S7-200 系列 PLC 自学手册

陈忠平 周少华 侯玉宝 李锐敏 编 著

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

西门子 S7-200 系列 PLC 自学手册 / 陈忠平等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2008.8
ISBN 978-7-115-18141-1

I. 西… II. 陈… III. 可 编 程 序 控 制 器 — 技 术 手 册
IV. TP332.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 071204 号

内 容 提 要

本书从实际工程应用出发, 以国内广泛使用的德国西门子 S7-200 系列 PLC 为对象, 讲解 PLC 的基础与实际应用等方面的内容。本书分为基础篇和实践篇。其中基础篇以西门子公司的 S7-200 系列为例, 介绍了 PLC 的结构配置、工作原理、指令系统、编程方法等内容; 并在此基础上介绍了 PLC 控制系统的设计原则、设计步骤、硬件设计、软件设计等。实践篇以工程实践为主线, 通过实例和相关源程序介绍了 PLC 在电动机基本控制电路中的应用、利用 PLC 改造传统机床、PLC 小系统的设计和 PLC 在工程中的设计与应用等内容。

本书语言通俗易懂, 实例的实用性和针对性强。本书既可作为电气控制领域技术人员的自学教材, 也可作为高职高专院校、成人高校、本科院校的电气工程、自动化、机电一体化、计算机应用等专业的参考书。

西门子 S7-200 系列 PLC 自学手册

-
- ◆ 编 著 陈忠平 周少华 侯玉宝 李锐敏
责任编辑 张 伟
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.75
字数: 515 千字 2008 年 8 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2008 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-18141-1/TN

定价: 36.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

目 录

基 础 篇

第 1 章 PLC 基础知识.....	2
1.1 PLC 的组成及工作原理.....	2
1.1.1 PLC 的组成.....	2
1.1.2 PLC 的工作原理.....	8
1.2 PLC 与其他顺序逻辑控制系统的比较.....	9
1.2.1 PLC 与继电器控制系统的比较.....	9
1.2.2 PLC 与微型计算机控制系统的比较.....	10
1.2.3 PLC 与单片机控制系统的比较.....	10
1.3 西门子 S7-200 PLC 的结构.....	11
1.3.1 西门子 S7-200 PLC 的外形与端子介绍.....	12
1.3.2 西门子 S7-200 PLC 的 CPU 模块.....	14
1.3.3 西门子 S7-200 PLC 的扩展功能模块.....	15
1.4 西门子 S7-200 PLC 存储器的数据类型与寻址方式.....	16
1.4.1 数据存储类型.....	16
1.4.2 编址方式.....	17
1.4.3 内部元件功能及地址分配.....	18
1.4.4 寻址方式.....	21
第 2 章 PLC 软件知识.....	23
2.1 PLC 编程语言.....	23
2.1.1 梯形图编程语言.....	23
2.1.2 语句表.....	25
2.1.3 顺序功能图.....	26
2.1.4 功能块图.....	26
2.2 西门子 S7-200 PLC 编程与仿真软件的使用.....	27
2.2.1 西门子 STEP 7-Micro/WIN 的安装.....	27
2.2.2 西门子 STEP 7-Micro/WIN 的窗口组件.....	28
2.2.3 西门子 STEP 7-Micro/WIN 软件编程.....	31

2.2.4	西门子 STEP 7-Micro/WIN 的调试与监控	37
2.2.5	西门子 S7-200 仿真软件的使用	40
2.3	西门子 S7-200 PLC 基本指令	42
2.3.1	位逻辑指令	42
2.3.2	定时器指令	51
2.3.3	计数器指令	54
2.3.4	比较指令	57
2.3.5	程序控制指令	58
2.4	西门子 S7-200 PLC 功能指令	65
2.4.1	传送指令	65
2.4.2	字符串指令	68
2.4.3	移位/循环指令	69
2.4.4	转换指令	73
2.4.5	算术运算指令	80
2.4.6	逻辑运算指令	85
2.4.7	表功能指令	87
2.4.8	中断指令	89
2.4.9	高速计数器与高速脉冲输出指令	92
第 3 章	PLC 系统设计基础	105
3.1	PLC 系统总体设计	105
3.1.1	PLC 系统设计的基本原则	105
3.1.2	PLC 系统设计的基本内容	105
3.1.3	PLC 系统设计的基本步骤	106
3.2	PLC 硬件系统设计	107
3.2.1	PLC 的型号选择	107
3.2.2	输入/输出模块的选择	109
3.2.3	输入/输出点的选择	110
3.2.4	PLC 系统的可靠性设计	110
3.3	PLC 软件系统设计	111
3.3.1	PLC 软件系统设计的方法	111
3.3.2	PLC 软件系统设计的步骤	112
第 4 章	PLC 的安装与维护	114
4.1	PLC 的安装和接线	114
4.1.1	PLC 的安装注意事项	114
4.1.2	PLC 的安装与接线	114

4.2 PLC 的维护和检修	116
4.2.1 维护检查	116
4.2.2 故障排除	117
4.2.3 错误代码	118

实 践 篇

第 5 章 PLC 在电动机基本控制电路中的应用	121
5.1 PLC 在三相异步电动机控制电路中的应用	121
5.1.1 PLC 在三相异步电动机正转控制电路中的应用	121
5.1.2 PLC 在三相异步电动机正反转控制电路中的应用	126
5.1.3 PLC 在三相异步电动机位置与自动循环控制电路中的应用	129
5.1.4 PLC 在三相异步电动机顺序与多地控制电路中的应用	133
5.1.5 PLC 在三相异步电动机降压启动电路中的应用	136
5.1.6 PLC 在绕线转子异步电动机的启动与调速控制电路中的应用	140
5.1.7 PLC 在三相异步电动机制动控制电路中的应用	145
5.1.8 PLC 在多速异步电动机控制电路中的应用	154
5.2 PLC 在三相同步电动机控制电路中的应用	159
5.2.1 PLC 在三相同步电动机启动控制电路中的应用	159
5.2.2 PLC 在三相同步电动机制动控制电路中的应用	162
5.3 PLC 在直流电动机控制电路中的应用	162
5.3.1 PLC 在并励直流电动机控制电路中的应用	162
5.3.2 PLC 在串励直流电动机控制电路中的应用	171
第 6 章 PLC 改造机床控制电路的设计	180
6.1 PLC 改造车床的设计	180
6.1.1 PLC 改造 C6140 车床的设计	180
6.1.2 PLC 改造 C650 车床的设计	184
6.2 PLC 改造钻床的设计	189
6.2.1 PLC 改造 Z37 摇臂钻床的设计	189
6.2.2 PLC 改造 Z3040 摇臂钻床的设计	195
6.3 PLC 改造磨床的设计	200
6.3.1 PLC 改造 M7120 磨床的设计	200
6.3.2 PLC 改造 M7130 磨床的设计	204
6.3.3 PLC 改造 M1432A 万能外圆磨床的设计	208
6.4 PLC 改造铣床的设计	213
6.4.1 PLC 改造 X62W 铣床的设计	213

6.4.2 PLC 改造 X52K 铣床的设计	219
6.5 PLC 改造 T68 镗床的设计	222
6.6 PLC 改造 B690 牛头刨床的设计	227
第 7 章 PLC 小系统的设计	230
7.1 灯光显示类设计	230
7.1.1 报警闪烁灯设计	230
7.1.2 流水灯设计	232
7.1.3 霓虹灯设计	236
7.1.4 天塔之光设计	239
7.1.5 艺术彩灯造型设计	244
7.1.6 交通信号灯模拟控制设计	249
7.2 LED 显示类设计	252
7.2.1 LED 数码管显示设计	252
7.2.2 抢答器设计	259
7.3 电机控制类设计	263
7.3.1 三相步进电机控制设计	263
7.3.2 多台电动机顺序控制设计	266
7.3.3 小车送料控制设计	269
7.3.4 轧钢机控制设计	271
7.3.5 苹果分拣机控制设计	274
7.3.6 多种液体混合装置控制设计	278
第 8 章 PLC 在工程中的设计与应用	283
8.1 PLC 在全自动洗衣机控制系统中的应用	283
8.2 PLC 在传送机械手控制系统中的应用	288
8.3 PLC 在 4 层电梯控制系统中的应用	292
8.4 PLC 在水塔水位控制系统中的应用	299
8.5 PLC 在注塑成型生产线控制系统中的应用	302
附录 1 S7-200 系列特殊标志寄存器	308
附录 2 S7-200 的 SIMATIC 指令集速查表	316
参考文献	321



基 础 篇

第 1 章 PLC 基础知识

第 2 章 PLC 软件知识

第 3 章 PLC 系统设计基础

第 4 章 PLC 的安装与维护

第 1 章 PLC 基础知识

自 20 世纪 60 年代末期世界第一个可编程逻辑控制器（PLC）问世以来，PLC 发展十分迅速，特别是近些年来，随着微电子技术和计算机技术的不断发展，PLC 在处理速度、控制功能、通信能力及控制领域等方面都有新的突破。PLC 将传统的继电器—接触器的控制技术和现代计算机信息处理技术的优点有机结合起来，成为工业自动化领域中最重要、应用最广的控制设备之一，并已成为现代工业生产自动化的重要支柱。

1.1 PLC 的组成及工作原理

1.1.1 PLC 的组成

用 PLC 实施控制，其实质是按一定算法进行输入/输出变换，并将这个变换予以物理实现。输入/输出变换、物理实现是 PLC 实施控制的两个基本点。而输入/输出变换实际上是信息处理，信息处理通常采用通用计算机技术。物理实现要求 PLC 的输入应当排除干扰信号，适应于工业现场。输出应符合工业控制的要求，能方便地实现对被控对象的控制。而通用计算机只考虑信息本身，别的无须考虑。因此 PLC 是微型计算机技术与机电控制技术相结合的产物，是一种以微处理器为核心，用于电气控制的特殊计算机，它采用典型计算机结构，主要由中央处理器（CPU）、存储器、I/O（输入/输出）接口、电源单元、通信接口、I/O 扩展接口等单元部件组成，这些单元部件都是通过内部总线进行连接的，如图 1-1 和图 1-2 所示。

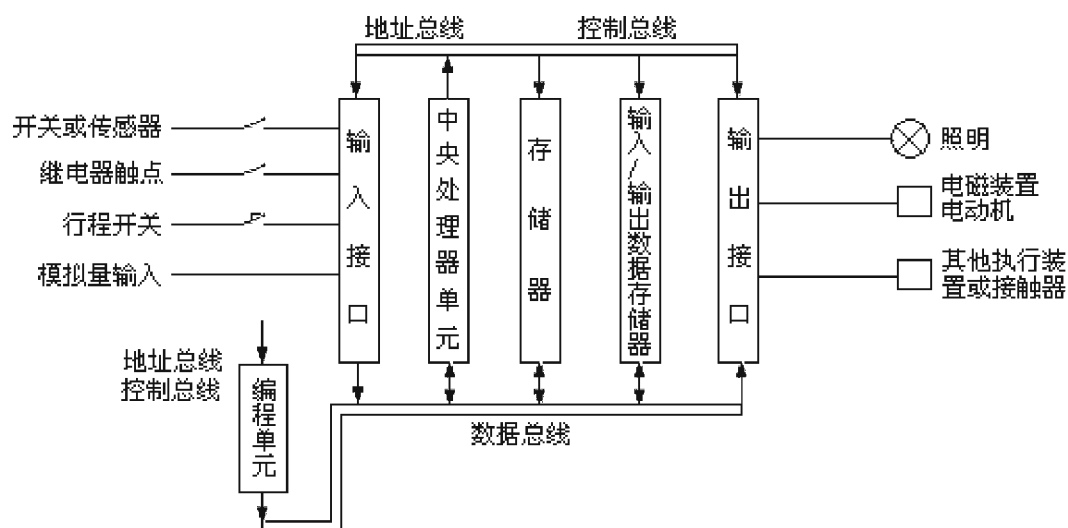


图 1-1 PLC 的硬件系统结构

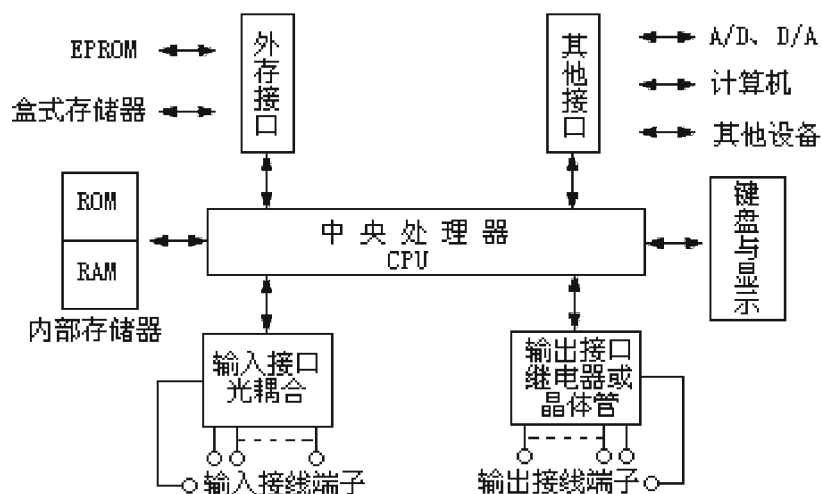


图 1-2 PLC 的逻辑结构

1. 中央处理器 CPU

PLC 的中央处理器与一般的计算机控制系统一样，由运算器和控制器构成，是整个系统的核心，类似于人类的大脑和神经中枢。它是 PLC 的运算、控制中心，用来实现逻辑和算术运算，并对全机进行控制，按 PLC 中系统程序赋予的功能，有条不紊地指挥 PLC 进行工作，主要完成以下任务。

- ① 控制从编程器、上位计算机和其他外部设备键入的用户程序数据的接收和存储。
- ② 用扫描方式通过输入单元接收现场输入信号，并存入指定的映像寄存器或数据寄存器。
- ③ 诊断电源和 PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误等。

④ PLC 进入运行状态后，执行相应工作：从存储器逐条读取用户指令，经过命令解释后，按指令规定的任务产生相应的控制信号去启闭相关控制电路，通俗地讲就是执行用户程序，产生相应的控制信号；进行数据处理，分时、分渠道执行数据存取、传送、组合、比较、变换等动作，完成用户程序中规定的逻辑运算或算术运算等任务；根据运算结果，更新有关标志位的状态和输出寄存器的内容，再由输入映像寄存器或数据寄存器的内容，实现输出控制、制表、打印、数据通信等。

2. 存储器

PLC 中的存储器与普通微机系统的存储器结构类似，它由系统程序存储器和用户程序存储器等部分构成。

(1) 系统程序存储器

系统程序存储器是用 EPROM 或 EEPROM 来存储厂家编写的系统程序，系统程序是指控制和完成 PLC 各种功能的程序，相当于单片机的监控程序或微机的操作系统，在很大程度上它决定该系列 PLC 的性能与质量，用户无法更改或调用。系统程序有系统管理程序、用户程序编辑和指令解释程序、标准子程序和调用管理程序这 3 种类型。

① 系统管理程序：由它决定系统的工作节拍，包括 PLC 运行管理（各种操作的时间分配安排）、存储空间管理（生成用户数据区）和系统自诊断管理（如电源、系统出错，程序语法、句法检验等）。

② 用户程序编辑和指令解释程序：编辑程序能将用户程序变为内码形式，以便于程序的修改、调试。解释程序能将编程语言变为机器语言，便于 CPU 操作运行。

③ 标准子程序和调用管理程序：为了提高运行速度，在程序执行中某些信息处理（I/O 处理）或特殊运算等都是通过调用标准子程序来完成的。

（2）用户程序存储器

用户程序存储器是用来存放用户的应用程序和数据，它包括用户程序存储器（程序区）和用户数据存储器（数据区）两种。

程序存储器用以存储用户程序。数据存储器用来存储输入、输出、内部接点和线圈的状态以及特殊功能要求的数据。

用户存储器的内容由用户根据控制需要可读、可写、可任意修改与增删。常用的用户存储器形式有高密度、低功耗的 CMOS RAM、EPROM 和 EEPROM 3 种。

3. 输入/输出单元（I/O 单元）

输入/输出单元又称为输入/输出模块，它是 PLC 与工业生产设备或工业过程连接的接口。现场的输入信号，如按钮开关、行程开关、限位开关以及各传感器输出的开关量或模拟量等，都要通过输入模块送到 PLC 中。由于这些信号电平各式各样，而 PLC 的 CPU 所处理的信息只能是标准电平，所以输入模块还需要将这些信号转换成 CPU 能够接受和处理的数字信号。输出模块的作用是接收 CPU 处理过的数字信号，并把它转换成现场的执行部件所能接受的控制信号，以驱动负载，如电磁阀、电动机、灯光显示等。

PLC 的输入/输出单元上通常都有接线端子，PLC 的类型不同，其输入/输出单元的接线方式也不同，通常分为汇点式、分组式和隔离式这 3 种接线方式，如图 1-3 所示。

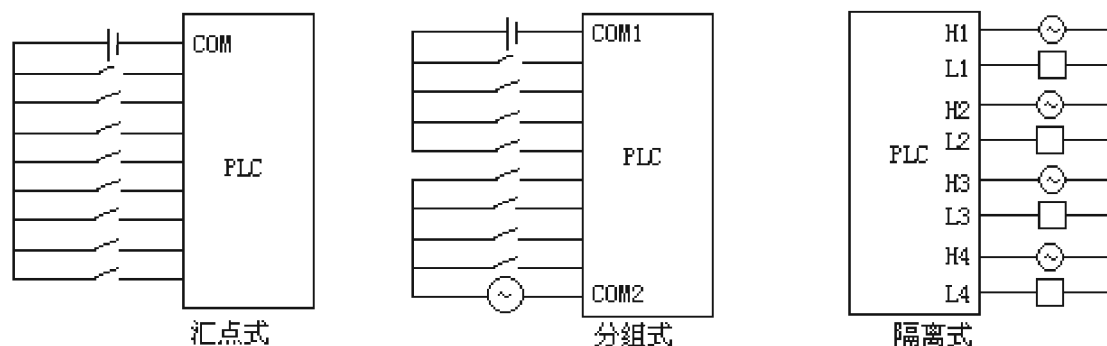


图 1-3 输入/输出单元的 3 种接线方式

输入/输出单元分别只有一个公共端 COM 的接线方式称为汇点式，其输入或输出点共用一个电源；分组式接线方式是指将输入/输出端子分为若干组，每组的 I/O 电路有一个公共点并共用一个电源，组与组之间的电路隔开；隔离式接线方式是指具有公共端子的各组输入/输出点之间互相隔离，可各自使用独立的电源。

PLC 提供了各种操作电平和驱动能力的输入/输出模块供用户选择，如数字量输入/输出模块、模拟量输入/输出模块。这些模块又分为直流与交流、电压与电流等类型。

（1）数字量输入模块

数字量输入模块又称为开关量输入模块，它是将工业现场的开关量信号转换为标准信号传送给 CPU，并保证信息的正确和控制器不受其干扰。它一般是采用光电耦合电路与现场输入信号相连，这样可以防止使用环境中的强电干扰进入 PLC。光电耦合电路的核心是光电耦合器，其结构由发光二极管和光电三极管构成。现场输入信号的电源可由用户提供，直流输入信号的电源也可由 PLC 自身提供。数字量输入模块根据使用电源的不同分为直流输入模块

(直流 12V 或 24V) 和交流输入 (交流 100~120V 或 200~240V) 模块两种。

① 直流输入模块

当外部检测开关接点接入的是直流电压时, 需使用直流输入模块对信号进行检测。下面以某一输入点的直流输入模块为例进行讲解。

直流输入模块的原理电路如图 1-4 所示。外部检测开关 S 的一端接外部直流电源 (直流 12V 或 24V), S 的另一端与 PLC 输入模块的一个信号输入端子相连, 外部直流电源的另一端接 PLC 输入模块的公共端 COM。图中虚线框内是 PLC 内部输入电路, R1 为限流电阻; R2 和 C 构成滤波电路, 抑制输入信号中的高频干扰; LED 为发光二极管。当 S 闭合后, 直流电源经 R1、R2、C 的分压并滤波后形成 3V 左右的稳定电压供给光电隔离耦合器 VLC, LED 显示某一输入点是否有信号输入。光电隔离耦合器 VLC 另一侧的光电三极管接通, 此时 A 点为高电平, 内部+5V 电压经 R3 和滤波器形成适合 CPU 所需的标准信号送入内部电路中。

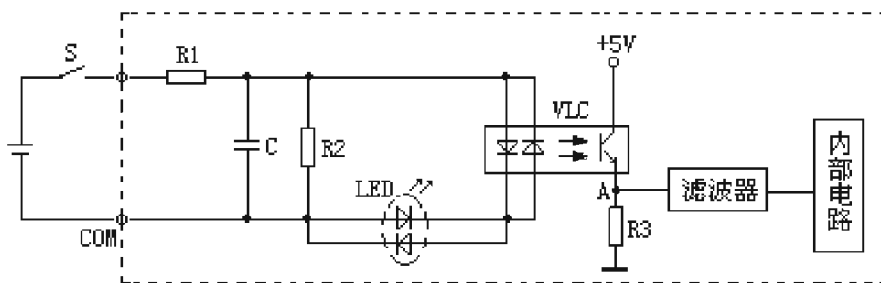


图 1-4 直流输入模块的原理电路

内部电路中的锁存器将送入的信号暂存, CPU 执行相应的指令后, 通过地址信号和控制信号对锁存器中的信号进行读取。

当输入电源由 PLC 内部提供时, 外部电源断开, 将现场检测开关的公共接点直接与 PLC 输入模块的公共输入点 COM 相连即可。

② 交流输入模块

当外部检测开关接点加入的是交流电压时, 需使用交流输入模块进行信号的检测。

交流输入模块的原理电路如图 1-5 所示。外部检测开关 S 的一端接外部交流电源 (交流 100~120V 或 200~240V), S 的另一端与 PLC 输入模块的一个信号输入端子相连, 外部交流电源的另一端接 PLC 输入模块的公共端 COM。图中虚线框内是 PLC 内部输入电路, R1 和 R2 构成分压电路, C 为隔直电容, 用来滤掉输入电路中的直流成分, 对交流相当于短路; LED 为发光二极管。当 S 闭合时, PLC 可输入交流电源, 其工作原理与直流输入电路类似。

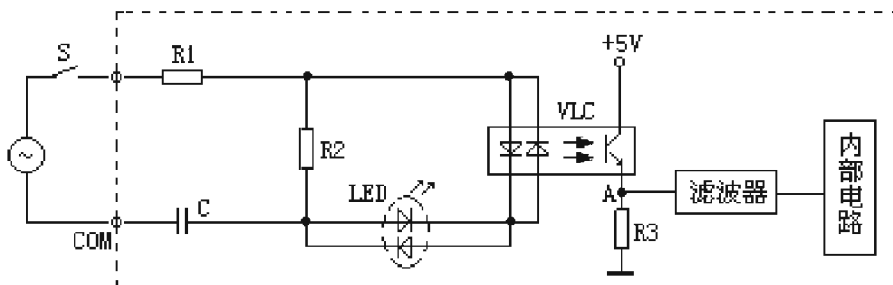


图 1-5 交流输入模块的原理电路

③ 交直流输入模块

当外部检测开关接点加入的是交流或直流电压时,需使用交直流输入模块进行信号的检测,如图 1-6 所示。从图中可以看出,其内部电路与直流输入电路类似,只不过交直流输入电路的外接电源除直流电源外,还可用 12~24V 的交流电源。

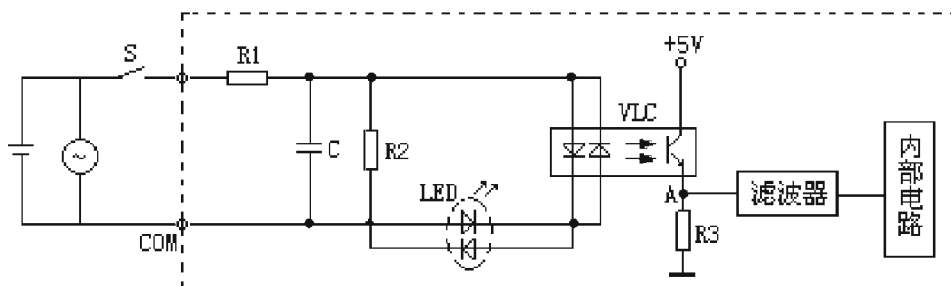


图 1-6 交直流输入模块的原理电路

(2) 数字量输出模块

数字量输出模块又称为开关量输出模块,它是将 PLC 内部信号转换成现场执行机构的各种开关信号。数字量输出模块按照使用电源(即用户电源)的不同,分为直流输出模块、交流输出模块和交直流输出模块 3 种。按照输出电路所使用的开关器件不同,又分为晶体管输出、晶闸管(即可控硅)输出和继电器输出。其中,晶体管输出方式的模块只能带直流负载;晶闸管输出方式的模块只能带交流负载;继电器输出方式的模块既可带交流也可带直流的负载。

① 直流输出模块(晶体管输出方式)

PLC 某 I/O 点直流输出模块电路如图 1-7 所示,虚线框内表示 PLC 的内部结构。它由光电隔离耦合器 VLC、发光二极管 LED、输出电路 VT、稳压管 VD、熔断器 FU 等组成。当某端需输出时,CPU 控制锁存器的对应位为 1,通过内部电路控制 VLC 输出,晶体管 VT 导通输出,相应的负载接通,同时输出指示灯 LED 亮,表示该输出端有输出。当某端不输出时,锁存器相应位为 0,光电隔离耦合器 VLC 没有输出,晶体管 VT 截止,使负载失电,此时指示灯 LED 不亮,负载所需直流电源由用户提供。

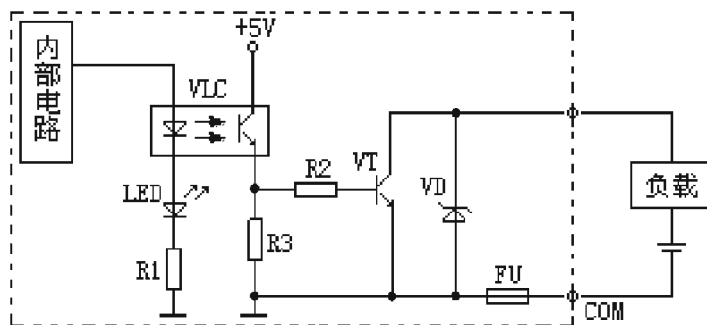


图 1-7 晶体管输出电路

② 交流输出模块(晶闸管输出方式)

PLC 某 I/O 点交流输出模块电路如图 1-8 所示,虚线框内表示 PLC 的内部结构。图中双向晶闸管为输出开关器件,由它组成的固态继电器 K 具有光电隔离作用;电阻 R2 和 C 构成了高频滤波电路,减少高频信号的干扰;浪涌吸收器起限幅作用,将晶闸管上的电压

限制在 600V 以下；负载所需交流电源由用户提供。当某端需输出时，CPU 控制锁存器的对应位为 1，通过内部电路控制 K 导通，相应的负载接通，同时输出指示灯 LED 亮，表示该输出端有输出。

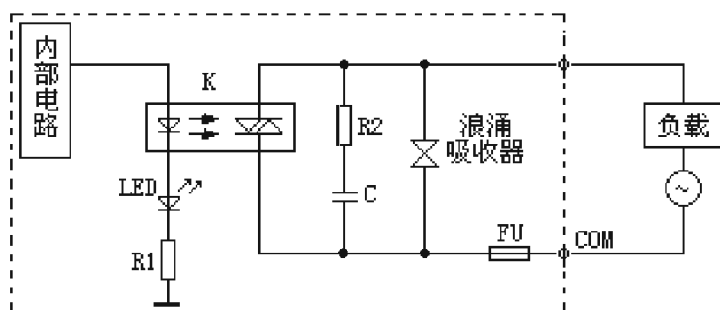


图 1-8 晶闸管输出电路

③ 交直流输出模块（继电器输出方式）

PLC 某 I/O 点交直流输出模块电路如图 1-9 所示，它的输出驱动是继电器 K。K 既是输出开关，又是隔离器件；R2 和 C 构成灭弧电路。当某端需输出时，CPU 控制锁存器的对应位为 1，通过内部电路控制 K 吸合，相应的负载接通，同时输出指示灯 LED 亮，表示该输出端有输出。负载所需交直流电源由用户提供。

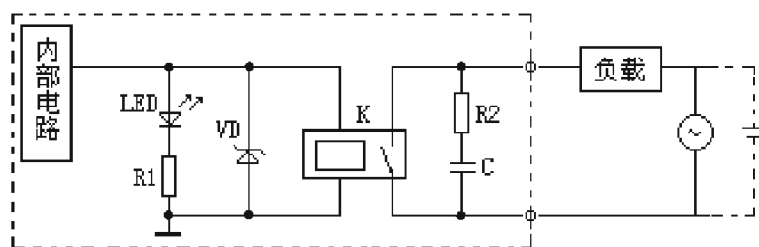


图 1-9 继电器输出电路

通过上述分析可知，为防止干扰和保证 PLC 不受外界强电的侵袭，I/O 单元都采用了电气隔离技术。晶体管只能用于直流输出模块，它具有动作频率高、响应速度快、驱动负载能力小的特点；晶闸管只能用于交流输出模块，它具有响应速度快、驱动负载能力不大的特点；继电器既能用于直流输出模块，也能用于交流输出模块，它的驱动负载能力强，但动作频率和响应速度慢。

（3）模拟量输入模块

模拟量输入模块是将输入的模拟量（如电流、电压、温度、压力等）转换成 PLC 的 CPU 可接收的数字量。在 PLC 中将模拟量转换成数字量的模块又称为 A/D 模块。

（4）模拟量输出模块

模拟量输出模块是将输出的数字量转换成外部设备可接收的模拟量，这样的模块在 PLC 中又称为 D/A 模块。

4. 电源单元

PLC 的电源单元通常是将 220V 的单相交流电源转换成 CPU、存储器等电路工作所需的直流电，它是整个 PLC 系统的能源供给中心，电源的好坏直接影响到 PLC 的稳定性和可靠性。对于小型整体式 PLC，其内部有一个高质量的开关稳压电源，对 CPU、存储器、I/O 单

元提供 5V 直流电源，还可为外部输入单元提供 24V 的直流电源。

5. 通信接口

为了实现微机与 PLC、PLC 与 PLC 间的对话，PLC 配有多种通信接口，如打印机、上位计算机、编程器等接口。

6. I/O 扩展接口

I/O 扩展接口用于将扩展单元或特殊功能单元与基本单元相连，使 PLC 的配置更加灵活，以满足不同控制系统的要求。

1.1.2 PLC 的工作原理

PLC 虽然以微处理器为核心，具有微型计算机的许多特点，但它的工作方式却与微型计算机有很大不同。微型计算机一般采用等待命令或中断的工作方式，如常见的键盘扫描方式或 I/O 扫描方式，若有键按下或 I/O 动作，则转入相应的子程序或中断服务程序；若无键按下，则继续扫描等待。而 PLC 采用循环扫描的工作方式，即顺序扫描、不断循环。

用户程序通过编程器或其他输入设备输入存放在 PLC 的用户存储器中。当 PLC 开始运行时，CPU 根据系统监控程序的规定顺序，通过扫描，可完成各输入点状态采集或输入数据采集、用户程序的执行、各输出点状态的更新、编程器键入响应和显示器更新及 CPU 自检等功能。

PLC 的扫描可按固定顺序进行，也可按用户程序规定的顺序进行。这不仅仅因为有的程序不需要每扫描一次，执行一次，也因为在在一个大控制系统中，需要处理的 I/O 点数较多。通过不同的组织模块的安排，采用分时分批扫描执行方法，可缩短扫描周期和提高控制的实时相应性。

PLC 采用集中采样、集中输出的工作方式，减少了外界干扰的影响。PLC 的循环扫描过程分为输入采样（或输入处理）、程序执行（或程序处理）和输出刷新（或输出处理）3 个阶段。

1. 输入采样阶段

在输入采样阶段，PLC 以扫描方式按顺序将所有输入端的输入状态进行采样，并将采样结果分别存入相应的输入映像寄存器中，此时输入映像寄存器被刷新。接着进入程序执行阶段，在程序执行期间即使输入状态变化，输入映像寄存器的内容也不会改变，输入状态的变化只在下一个工作周期的输入采样阶段才被重新采样到。

2. 程序执行阶段

在程序执行阶段，PLC 是按顺序对程序进行扫描执行，如果程序用梯形图表示，则总是按先上后下、先左后右的顺序进行。若遇到程序跳转指令时，则根据跳转条件是否满足来决定程序的跳转地址。当指令中涉及输入、输出状态时，PLC 从输入映像寄存器中将上一阶段采样的输入端子状态读出，从元件映像寄存器中读出对应元件的当前状态，并根据用户程序进行相应运算，然后将运算结果再存入元件映像寄存器中。对于元件映像寄存器来说，其内容随着程序的执行而发生改变。

3. 输出刷新阶段

当所有指令执行完后，进入输出刷新阶段。此时，PLC 将输出映像寄存器中所有与输出有关的输出继电器的状态转存到输出锁存器中，并通过一定的方式输出，驱动外部负载。

PLC 工作过程除了包括上述 3 个主要阶段外，还要完成内部处理、通信处理等工作。在

内部处理阶段, PLC 检查 CPU 模块内部的硬件是否正常, 将监控定时器复位, 以及完成一些别的内部工作。在通信服务阶段, PLC 与其他带微处理器的智能装置实现通信。

1.2 PLC 与其他顺序逻辑控制系统的比较

1.2.1 PLC 与继电器控制系统的比较

PLC 控制系统与电器控制系统相比, 有许多相似之处, 也有许多不同。现将两控制系统进行比较。

1. 从控制逻辑上进行比较

继电器控制系统控制逻辑采用硬件接线, 利用继电器机械触点的串联或并联等组合成控制逻辑, 其连线多且复杂、体积大、功耗大, 系统构成后, 想再改变或增加功能较为困难。另外, 继电器的触点数量有限, 所以继电器控制系统的灵活性和可扩展性受到很大限制。而 PLC 采用了计算机技术, 其控制逻辑是以程序的方式存放在存储器中, 要改变控制逻辑只需改变程序, 因而很容易改变或增加系统功能。PLC 控制系统连线少、体积小、功耗小, 而且 PLC 中每只软继电器的触点数理论上是不受限制的, 因此其灵活性和可扩展性很好。

2. 从工作方式上进行比较

在继电器控制电路中, 当电源接通时, 电路中所有继电器都处于受制约状态, 即该吸合的继电器都同时吸合, 不该吸合的继电器受某种条件限制而不能吸合, 这种工作方式称为并行工作方式。而 PLC 的用户程序是按一定顺序循环执行, 所以各软继电器都处于周期性循环扫描接通中, 受同一条件制约的各个继电器的动作次序决定于程序扫描顺序, 同它们在梯形图中的位置有关, 这种工作方式称为串行工作方式。

3. 从控制速度上进行比较

继电器控制系统依靠机械触点的动作以实现控制, 工作频率低, 触点的开关动作一般在几十毫秒数量级, 且机械触点还会出现抖动问题。而 PLC 是通过程序指令控制半导体电路来实现控制的, 一般一条用户指令的执行时间在微秒数量级, 因此速度较快, PLC 内部还有严格的同步控制, 不会出现触点抖动问题。

4. 从定时和计数控制上进行比较

继电器控制系统采用时间继电器的延时动作进行时间控制, 时间继电器的延时时间易受环境湿度和温度变化的影响, 定时精度不高且调整时间困难。而 PLC 采用半导体集成电路作定时器, 时钟脉冲由晶体振荡器产生, 精度高, 定时范围一般从 0.1s 到数十分钟甚至更长, 用户可根据需要在程序中设定定时值, 修改方便, 不受环境的影响。PLC 具有计数功能, 而继电器控制系统一般不具备计数功能。

5. 从可靠性和可维护性上进行比较

由于继电器控制系统使用了大量的机械触点, 连线多, 触点开闭时存在机械磨损、电弧烧伤等现象, 触点寿命短, 所以可靠性和可维护性较差。而 PLC 采用半导体技术, 大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成, 其寿命长、可靠性高。PLC 还具有自诊断功能, 能查出自身的故障, 随时显示给操作人员, 并能动态地监视控制程序的执行情况, 为现场调试和维护提供了方便。

继电器控制系统使用机械开关、继电器和接触器，价格较便宜。而 PLC 采用大规模集成电路，价格相对较高。一般认为，在少于 10 个继电器的装置中，使用继电器控制逻辑比较经济；在需要 10 个以上继电器的场合，使用 PLC 比较经济。

从上面的比较可知, PLC 在性能上比继电器控制系统优异。特别是它具有可靠性高、设计施工周期短、调试修改方便, 且体积小、功耗低、使用维护方便的优点, 但其价格高于继电器控制系统。

虽然 PLC 采用了计算机技术和微处理器,但它与计算机相比也有许多不同。现将两控制系统进行比较。

微型计算机除了用在控制领域外,还大量用于科学计算、数据处理、计算机通信等方面。而 PLC 主要用于工业控制。

微型计算机对工作环境要求较高，一般要在干扰小、具有一定温度和湿度的室内使用。而 PLC 是专为适应工业控制的恶劣环境而设计的，适应于工程现场的环境。

微型计算机具有丰富的程序设计语言，如汇编语言、VC、VB 等，其语法关系复杂，要求使用者必须具有一定水平的计算机软硬件知识。而 PLC 采用面向控制过程的逻辑语言，以继电器逻辑梯形图为表达方式，形象直观、编程操作简单，使用者可在较短时间内掌握它的使用方法和编程技巧。

微型计算机一般采用等待命令方式，运算和响应速度快。PLC 采用循环扫描的工作方式，其输入、输出存在响应滞后，速度较慢。对于快速系统，PLC 的使用受扫描速度的限制。另外，PLC 一般采用模块化结构，可针对不同的对象和控制需要进行组合和扩展，具有很大的灵活性和很好的性能价格比，维修也更简便。

微型计算机系统的 I/O 设备与主机之间采用微型计算机联系，一般不需要电气隔离。PLC 一般控制强电设备，需要电气隔离，输入/输出均用“光—电”耦合，输出还采用继电器、晶闸管或大功率晶体管进行功率放大。

微型计算机是通用机，功能完备，价格较高；而 PLC 是专用机，功能较少，价格相对较低。

从以上几个方面的比较可知, PLC 是一种用于工业自动化控制的专用微机控制系统, 其结构简单, 抗干扰能力强, 易于学习和掌握, 价格也比一般的微机系统便宜。在同一系统中, 一般 PLC 集中在功能控制方面, 而微型计算机作为上位机集中在信息处理和 PLC 网络的通信管理上, 两者相辅相成。

单片机具有结构简单、使用方便、价格便宜等优点，一般用于弱电控制。PLC 是专门为

1. 从使用者学习掌握的角度进行比较

2. 从简易程序上进行比较

3. 从可靠性上进行比较

4. 从价格上进行比较

从以上分析可知, PLC 在数据采集、数据处理的通用性和适应性等方面不如单片机, 但 PLC 用于控制时稳定可靠, 抗干扰能力强, 使用方便。

1.3 西门子 S7-200 PLC 的结构

S7-200 是德国西门子公司的产品之一，其注册商标为 SIMATIC。西门子公司的产品最早是 1975 年投放市场的 SIMATIC S3，它实际上是带有简单操作接口的二进制控制器。1979 年，S3 系统被 SIMATIC S5 所取代，该系统广泛使用微处理器。20 世纪 80 年代初，S5 系统进一步升级产生 U 系列 PLC，较常用的机型有 S5-90U、S5-95U、S5-100U、S5-115U、S5-135U、S5-155U。1994 年 4 月，S7 系列诞生，它具有更国际化、更高性能等级、安装空间更小、更良好的 Windows 用户界面等优势，它包括小型 PLC S7-200、中型 PLC S7-300 和大型 PLC S7-400。1996 年，在过程控制领域，西门子公司又提出 PC S7（过程控制系统 7）的概念，将其优势的 WINCC（与 Windows 兼容的操作界面）、PROFIBUS（工业现场总线）、COROS（监控系统）、SINEC（西门子工业网络）及控调技术融为一体。现在，西门子公司又提出 TIA（Totally Integrated

1.3.1 西门子 S7-200 PLC 的外形与端子介绍

1. S7-200 系列 CPU224 型 PLC 的外形

Diagram illustrating the hardware configuration of the PLC, showing the internal components and their connections:

- 状态指示灯 (Status Indicator)
- SF (Set Fault)
- RUN (Run)
- STOP (Stop)
- 可选卡插槽 (Optional Card Slot)
- EEPROM卡 (EEPROM Card)
- 时钟卡 (Clock Card)
- 电池卡 (Battery Card)
- 通信口 (Communication Port)
- I/O单元 LED指示灯 (I/O Unit LED Indicator)
- 工作状态选择开关 (RUN/STOP) (Operating Mode Selection Switch)
- 扩展模块 (Expansion Module)
- 导轨 (Rail)
- 接线端子 (Terminal Block)
- 基本单元 (Basic Unit)
- 在标准35mm DIN导轨上安装的夹子 (Clips mounted on a standard 35mm DIN rail)

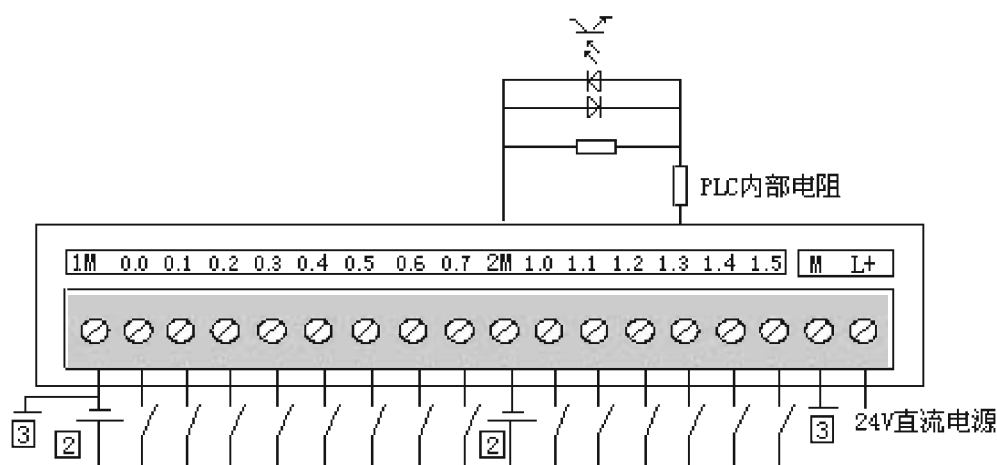
2. S7-200 系列 CPU224 型 PLC 端子介绍

(1) 基本输入端子

(2) 基本输出端子

◆ 12 ◆

器, 由 24V 的直流电源供电, 数字量输出分为 2 组, 每组有一个独立公共端, 分别为 1L 和 2L, 可接入不同的负载电源, 如图 1-12 所示。



- 注：① 实际元件值可变。
 ② ②处可接受任何极性。
 ③ ③处接地可选（下同）。

图 1-11 CPU224 外部输入端子

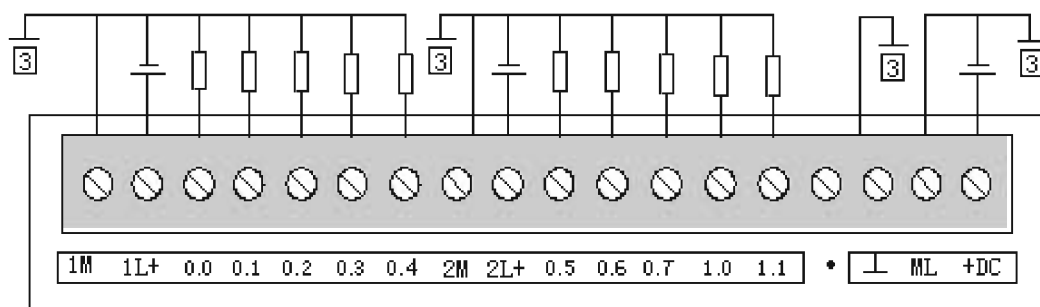


图 1-12 CPU224 晶体管输出端子

继电器输出（型号为 6ES7 212-1BB21-0XB0）由 220V 交流或 24V 直流电源供电，数字量输出分为 3 组，分别为 1L、2L 和 3L，每组的公共端为本组的电源供给端，其中 1L 为 Q0.0~Q0.3 的电源供给端；2L 为 Q0.4~Q0.6 的电源供给端；3L 为 Q0.7~Q1.1 的电源供给端，如图 1-13 所示。

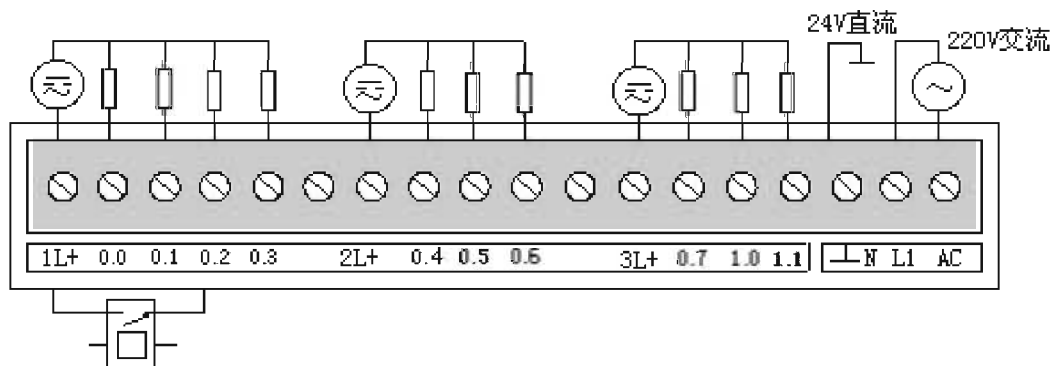


图 1-13 CPU224 继电器输出端子

在输出电路中, CPU224 有 2 个高速脉冲输出端 (Q0.0 和 Q0.1), 其输出频率达 20kHz, 用于 PTO (高速脉冲束) 和 PWM (宽度可调脉冲输出) 高速脉冲输出。

1.3.2 西门子 S7-200 PLC 的 CPU 模块

在 S7-200 的第二代 PLC 产品中, Siemens 为其提供了 5 种不同配置的 CPU 模块, 各模块的主要技术性能如表 1-1 所示。

表 1-1 CPU22X 的主要技术性能

		CPU221	CPU222	CPU224	CPU226	CPU226XM
外形尺寸/ mm×mm×mm		90×80×62		120.5×80×62	190×80×62	
程序存储区/bit		4096		8192		16384
数据存储区/bit		2048		5120		10240
用户存储器类型		EEPROM				
掉电保护时间/h		50		190		
本机 I/O 点数		6 入/4 出	8 入/6 出	14 入/10 出	24 入/16 出	
扩展模块数量		无	2	7		
数字量 I/O 映像/bit		256 (128 入/128 出)				
模拟量 I/O 映像/bit		无	32 (16 入/16 出)	64 (32 入/32 出)		
内部通用继电器/bit		256				
内部计数器/定时器		256/256				
顺序控制继电器/bit		256				
累加寄存器		AC0~AC3				
高速	单相/kHz	30 (4 个)		30 (6 个)		
计数器	双相/kHz	20 (2 个)		20 (4 个)		
脉冲输出 (DC) /kHz		20 (2 路)				
模拟量调节电位器		1		2		
通信口 RS-485		1			2	
通信中断发送/接收		1/2				
定时器中断		2 (1~255ms)				
硬件输入中断		4				
实时时钟		需配时钟卡		内置		
口令保护		有				
布尔指令执行速度		0.37μs/指令				

其中, CPU221 模块有 6 输入/4 输出的共 10 个数字量 I/O 点, 无 I/O 扩展能力, 程序和数据存储容量较小; 4 个独立的 30kHz 高速计数器, 2 路独立的 20kHz 高速脉冲输出; 1 个 RS-485 通信/编程口, 具有 PPI 通信协议、MPI 通信协议和自由方式通信能力, 非常适合于点数少的控制系统。

CPU222 模块有 8 输入/6 输出的共 14 个数字量 I/O 点, 能进行 2 个外部功能模块的扩展, 它包括 6KB 程序和存储器; 4 个独立的 30kHz 高速计数器, 2 路独立的 20kHz 高速脉冲输出; 1 个 RS-485 通信/编程口, 具有 PPI 通信协议、MPI 通信协议和自由方式通信能力, 适合于小点数的微型控制系统。

CPU224 模块有 14 输入/10 输出的共 24 个数字量 I/O 点, 程序和数据存储容量达 13KB, 并能最多扩展 7 个外部功能模块, 最大扩展至 168 路数字量 I/O 点或 35 路模拟量 I/O; 内置时钟, 6 个独立的 30kHz 高速计数器, 2 路独立的 20kHz 高速脉冲输出, 具有 PID 控制器; 1 个 RS-485 通信/编程口, 具有 PPI 通信协议、MPI 通信协议和自由方式通信能力; 其 I/O 端子排可很容易地整体拆卸, 具有较强的控制能力, 因此它是 S7-200 系列中应用最广的产品。

CPU226 模块有 24 输入/16 输出的共 40 个数字量 I/O 点, 程序和数据存储容量达 13KB, 并能最多扩展 7 个外部功能模块, 最大扩展至 248 路数字量 I/O 点或 35 路模拟量 I/O; 内置时钟, 6 个独立的 30kHz 高速计数器, 2 路独立的 20kHz 高速脉冲输出, 具有 PID 控制器; 2 个 RS-485 通信/编程口, 具有 PPI 通信协议、MPI 通信协议和自由方式通信能力; 其 I/O 端子排可很容易地整体拆卸, 适用于控制要求较高、点数多的小型或中型控制系统。CPU226XM 是在 CPU226 的基础上进一步增大了程序和存储空间, 其他指标与 CPU226 相同。

1.3.3 西门子 S7-200 PLC 的扩展功能模块

扩展模块没有 CPU, 作为基本单元输入/输出点数的补充, 只能与基本单元连接使用。连接时是通过扁平电缆将扩展模块与基本单元安装在一条导轨上即可。当 CPU22X 和扩展模块不能安装在同一条导轨上时, 可选用总线延长电缆进行连接, 以适应灵活安装的需求, 如图 1-14 所示。使用总线延长电缆时应注意, 一个 CPU22X 系统只能安装一条 0.8m 的总线延长电缆。

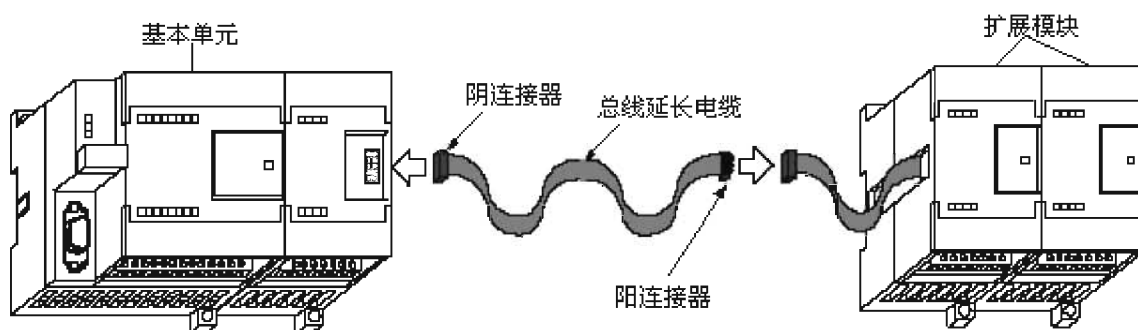


图 1-14 CPU22X 与扩展模块的连接

扩展模块主要有数字量扩展 I/O 模块、模拟量扩展 I/O 模块、通信模块、特殊功能扩展模块。

1. 数字量 I/O 扩展模块

根据实际需求, 可以选用 8 点、16 点和 32 点的数字量扩展 I/O 模块, 如表 1-2 所示。除 CPU221 外, 其他 CPU 模块可以配接多个扩展模块。

表 1-2 数字量扩展 I/O 模块

类 型	型 号	各组输入点数	各组输出点数
输入扩展模块 EM221	EM221 8 点 24V DC 输入	4, 4	—
	EM221 16 点 24V DC 输入	4, 4, 4, 4	—
	EM221 8 点 230V AC 输入	8 点相互独立	—
输出扩展模块 EM222	EM222 4 点 24V DC 输出 5A	—	4 点相互独立
	EM222 4 点继电器输出 5A	—	4 点相互独立
	EM222 8 点 24V DC 输出	—	4, 4

续表

类 型	型 号	各组输入点数	各组输出点数
输出扩展模块 EM222	EM222 8 点继电器输出	—	4, 4
	EM222 8 点 230V AC 输出	—	8 点相互独立
输入/输出扩展模块 EM223	EM223 DC 4 输入/DC 4 输出	4	4
	EM223 DC 4 输入/继电器 4 输出	4	4
	EM223 DC 8 输入/继电器 8 输出	4, 4	4, 4
	EM223 DC 8 输入/DC 8 输出	4, 4	4, 4
	EM223 DC 16 输入/继电器 16 输出	8, 8	4, 4, 8
	EM223 DC 16 输入/继电器 16 输出	8, 8	4, 4, 4, 4

2. 模拟量 I/O 扩展模块

在工业控制中,被控对象常常是模拟量,如压力、温度、流量、转速等。而 PLC 的 CPU 内部执行的是数字量,因此需要将模拟量转换成数字量,以便 CPU 进行处理,这一任务由模拟量 I/O 扩展模块来完成。A/D 扩展模块可将 PLC 外部的电压或电流转换成数字量送入 PLC 内,经 PLC 处理后,再由 D/A 扩展模块将 PLC 输出的数字量转换成电压或电流送给被控对象。

EM231 为模拟量输入模块,它是 4 通道电流/电压输入;EM232 为模拟量输出模块,它是 2 通道电流/电压输出;EM235 为模拟量输入/输出模块,它是 4 通道电流/电压输入、1 通道电流/电压输出。

3. 通信扩展模块

为适应不同的通信要求,CPU22X 系列 PLC 提供了多种通信扩展模块。

EM277, Profibus-DP 从站通信模块,同时也支持 MPI 从站通信;EM241,调制解调器(Modem)通信模块;CP243-1,工业以太网通信模块;CP243-1 IT,工业以太网通信模块,同时提供 Web/E-mail 等 IT 应用;CP243-2, AS-I 主站模块,可连接最多 62 个 AS-I 从站。

4. 特殊功能扩展模块

为完成一些特定的任务,CPU22X 系列还提供了一些特殊功能扩展模块。例如 EM231 TC, 4 输入通道的热电偶输入模块;EM231 RTD, 2 输入通道的热电阻输入模块;EM253, 定位控制模块,它能产生脉冲串,用于步进电机和伺服电机的速度和位置的开环控制。

1.4 西门子 S7-200 PLC 存储器的数据类型与寻址方式

1.4.1 数据存储类型

S7-200 内部元器件的功能相互独立,在数据存储器区中都有一对应的地址,可依据存储器地址来存取数据。

1. 数据长度

计算机中使用的都是二进制数,在 PLC 中,通常使用位、字节、字、双字来表示数据,它们占用的连续位数称为数据长度。

位(bit)指二进制的一位,它是最基本的存储单位,只有“0”和“1”两种状态。在 PLC 中一个位可对应一个继电器,如某继电器线圈得电时,相应位的状态为“1”;若继电器线圈失电或断开时,其对应位的状态为“0”。8 位二进制数构成一个字节(Byte),其中第 7 位为

最高位 (MSB)，第 0 位为最低位 (LSB)。两个字节构成一个字 (Word)，在 PLC 中字又称为通道，一个字含 16 位，即一个通道由 16 个继电器组成。两个字构成一个汉字，即双字 (Double Word)，在 PLC 中它由 32 个继电器组成。

2. 数据类型及数据范围

在 S7-200 系列中，数据存储器中存放数据的类型主要有布尔逻辑型 (Bool)、整数型 (INT) 和实数型 (REAL)。布尔逻辑型数据是由“0”或“1”构成的字节型无符号整数；整数型数据包括 16 位单字和 32 位双字的有符号整数；实数型数据又称浮点型数据，它采用 32 位的单精度数表示。每种数据类型都有一范围，如表 1-3 所示。

表 1-3 数据类型范围

数据长度、类型	无符号整数	有符号整数	实数 (单精度) IEEE 32 位浮点数
字节 B (8 位)	0~255 (十进制)	-128~+127 (十进制)	
	0~FF (十六进制)	80~7F (十六进制)	
字 W (16 位)	0~65535 (十进制)	-32768~+32767 (十进制)	
	0~FFFF (十六进制)	8000~7FFF (十六进制)	
双字 DW (32 位)	0~4294967295 (十进制)	-2147483648~ +2147483648 (十进制)	+1.175495E-38~+3.402823E+38 (正数) -1.175495E-38~-3.402823E+38 (负数) (十进制)
	0~FFFFFFFF (十六进制)	80000000~7FFFFFFF (十六进制)	

3. 常数

常数的数据长度可以是字节、字和双字。CPU 以二进制的形式存储常数，书写常数可以用二进制、十进制、十六进制、ASCII 码或实数等多种形式，其格式如下：十进制数：8721；十六进制常数：16#3BCD；二进制常数：2#1101100010100101；ASCII 码：“good”；实数：+1.175495E-38 (正数)，-3.402823E+38 (负数)。

1.4.2 编址方式

数据存储器的编址方式主要是对位、字节、字、双字进行编址。

1. 位编址

位编址的方式为：(区域标志符) 字节地址.位地址，如 I0.1、Q1.0、V3.5。

2. 字节编址

字节编址的方式为：(区域标志符) B 字节地址，如 IB0 表示输入映像寄存器 I0.0~I0.7 这 8 位组成的字节；VB0 表示输出映像寄存器 V0.0~V0.7 这 8 位组成的字节。

3. 字编址

字编址的方式为：(区域标志符) W 起始字节地址，最高有效字节为起始字节，如 VW0 表示由 VB0 和 VB1 这 2 个字节组成的字。

4. 双字编址

双字编址的方式为：(区域标志符) D 起始字节地址，最高有效字节为起始字节，如 VD100

1.4.3 内部元件功能及地址分配

1. 输入映像寄存器 I

2. 输出映像寄存器 Q

3. 变量寄存器 V

4. 内部标志位寄存器 M

◆ 18 ◆

内部标志位寄存器可按位、字节、字、双字使用，如 M23.2、MB10、MW13、MD24。CPU226 的有效编址范围为 M0.0~M31.7。

5. 顺序控制继电器 S

顺序控制继电器 S 又称为状态元件，用于顺序控制或步进控制。它可按位、字节、字、双字使用，有效编址范围为 S0.0~S31.7。

6. 特殊标志位寄存器 SM

特殊标志位寄存器 SM 用于 CPU 与用户程序之间信息的交换，用这些位可选择和控制 S7-200 CPU 的一些特殊功能。它分为只读区域和可读区域。

特殊标志位寄存器可按位、字节、字、双字使用。CPU224 特殊标志位寄存器的有效编址范围为 SM0.0~SM179.7 字节，其中特殊存储器区的头 30 字节为只读区，即 SM0.0~SM29.7 字节为只读区。

特殊标志位寄存器提供了大量的状态和控制功能，详细说明请参阅附录 1，常用的特殊标志位寄存器的功能如下。

SM0.0: 运行监视，始终为“1”状态。当 PLC 运行时可利用其触点驱动输出继电器，并在外部显示程序是否处于运行状态。

SM0.1: 初始化脉冲，该位在首次扫描为“1”时，调用初始化子程序。

SM0.3: 开机进入 RUN 运行方式时，接通一个扫描周期，该位可用在启动操作之前给设备提供一个预热时间。

SM0.4: 提供 1min 的时钟脉冲或延时时间。

SM0.5: 提供 1s 的时钟脉冲或延时时间。

SM0.6: 扫描时钟，本次扫描时置 1，下次扫描时清 0，可作扫描计数器的输入。

SM0.7: 工作方式开关位置指示，开关放置在 RUN 时为“1”，PLC 为运行状态；开关放置在 TERM 时为“0”，PLC 可进行通信编程。

SM1.0: 零标志位，当执行某些指令结果为“0”时，该位被置 1。

SM1.1: 溢出标志位，当执行某些指令结果溢出时，该位被置 1。

SM1.2: 负数标志位，当执行某些指令结果为负数时，该位被置 1。

SM1.3: 除零标志位，当试图除以 0 时，该位被置 1。

7. 局部存储器 L

局部存储器用来存储局部变量，类似于变量存储器 V，但全局变量是对全局有效，而局部变量只和特定的程序相关联，只是局部有效。

S7-200 系列 PLC 有 64 个字节局部存储器，编址范围为 LB0.0~LB63.7，其中 LB60~LB63.7 是系统为 STEP 7-Micro/WIN32 等软件所保留，其余 60 个字节可作为暂时寄存器或子程序传递参数。

局部存储器可按位、字节、字、双字使用。PLC 运行时，可根据需求动态分配局部存储器。当执行主程序时，64 个字节的局部存储器分配给主程序，而分配给子程序或中断服务程序的局部变量存储器不存在；当执行子程序或中断程序时，将局部存储器重新分配给相应程序。不同程序的局部存储器不能互相访问。

8. 定时器存储器 T

PLC 中的定时器相当于继电器—接触器中的时间继电器，它是 PLC 内部累计时间增量的重要编程元件，主要用于延时控制。

通常定时器的设定值由程序或外部根据需要设定，若定时器的当前值大于或等于设定值时，定时器位被置 1，其常开触点闭合，常闭触点断开。

PLC 中的每个计数器都有一个 16 位有符号的当前值寄存器，用于存储计数器累计的脉冲个数（1~32767）。S7-200 计数器的有效范围为 C0~C255。

在模拟量输入映像寄存器中，1 个模拟量等于 16 位的数字量，即 2 个字节，因此其地址均以偶数进行表示，如 AIW0、AIW2、AIW4。模拟量输入值为只读数据，模拟量转换的实际精度为 12 位。CPU221 没有模拟量输入寄存器，CPU222 的有效地址范围为 AIW0~AIW30；CPU224/226/226XM 的有效地址范围为 AIW0~AIW62。

在模拟量输出映像寄存器中，1 个模拟量等于 16 位的数字量，即 2 个字节，因此其地址均以偶数进行表示，如 AQW0、AQW2、AQW4。模拟量输出值为只写数据，用户只能给它置数而不能读取。模拟量转换的实际精度为 12 位。CPU221 没有模拟量输出寄存器，CPU222 的有效地址范围为 AQW0~AQW30；CPU224/226/226XM 的有效地址范围为 AQW0~AQW62。

高速计数器用来累计比 CPU 扫描速度更快的高速脉冲，其工作原理与普通计数器基本相同。高速计数器的当前值为 32 位的双字长的有符号整数，且为只读数据。单脉冲输入时，计数器最高频率达 30kHz，CPU221/222 提供了 4 路高速计数器 HC0~HC3，CPU224/226/226XM 提供了 6 路高速计数器 HC0~HC5；双脉冲输入时，计数器最高频率达 20kHz，CPU221/222 提供了 2 路高速计数器 HC0 和 HC1，CPU224/226/226XM 提供了 4 路高速计数器 HC0~HC3。

1.4.4 寻址方式

S7-200 将信息存储在不同的存储单元,每个单元都有唯一的地址,系统允许用户以字节、字、双字的方式存取信息。使用数据地址访问数据称为寻址,指定参与的操作数据或操作数据地址的方法,称为寻址方式。S7-200 系列 PLC 有立即数寻址、直接寻址和间接寻址 3 种寻址方式。

1. 立即数寻址

数据在指令中以常数形式出现,取出指令的同时也就取出了操作数据,这种寻址方式称为立即数寻址方式。常数可分为字节、字、双字型数据。CPU 以二进制方式存储常数,指令中还可使用十进制、十六进制、ASCII 码或浮点数来表示。

2. 直接寻址

在指令中直接使用存储器或寄存器的元件名称、地址编号来查找数据,这种寻址方式称为直接寻址。直接寻址可按位、字节、字、双字进行寻址,如图 1-15 所示。可按位、字节、字、双字进行直接寻址的元器件如表 1-4 所示。

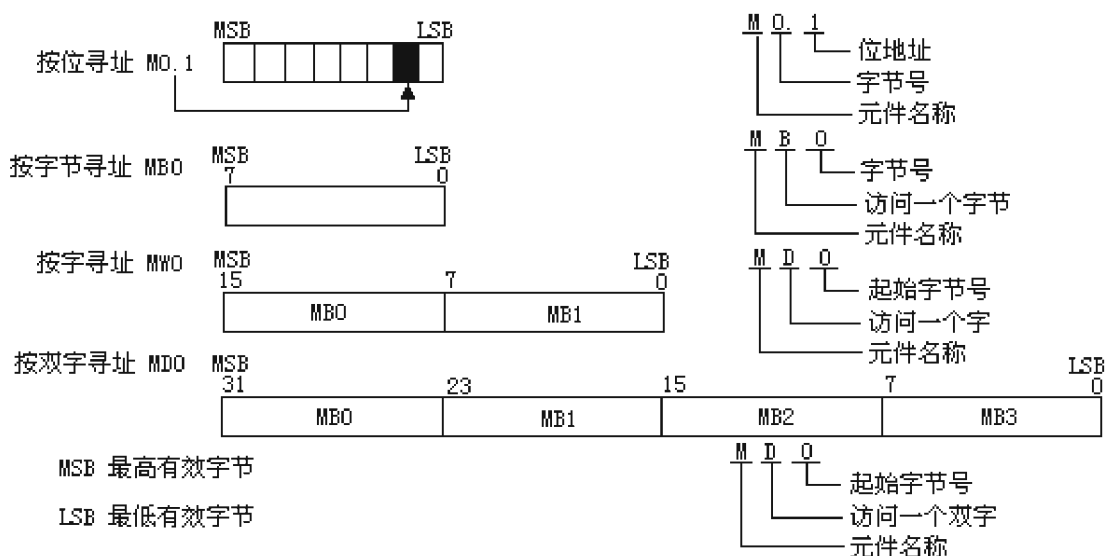


图 1-15 位、字节、字、双字寻址方式

表 1-4

S7-200 系列可直接寻址的内部元器件

元器件符号	所在数据区域	位 寻 址	字 节 寻 址	字 寻 址	双 字 寻 址
I	数字量输入映像区	Ix.y	IBx	IWx	IDx
Q	数字量输出映像区	Qx.y	QBx	QWx	QDx
V	变量存储器区	Vx.y	VBx	VWx	VDx
M	内部标志位寄存器区	Mx.y	MBx	MWx	MDx
S	顺序控制继电器区	Sx.y	SBx	SWx	SDx
SM	特殊标志位寄存器区	SMx.y	SMBx	SMWx	SMDx
L	局部存储器区	Lx.y	LBx	LWx	LDx
T	定时器存储器区	无	无	Tx	无
C	计数器存储器区	无	无	Cx	无
AI	模拟量输入映像寄存器区	无	无	AIx	无

续表

元器件符号	所在数据区域	位 寻 址	字 节 寻 址	字 寻 址	双 字 寻 址
AQ	模拟量输出映像寄存器区	无	无	AQx	无
AC	累加器区	无	任 意		
HC	高速计数器区	无	无	无	HCx

注：① 表中“x”表示字节号。

② 表中“y”表示字节内的位地址。

3. 间接寻址

数据存放在存储器或者寄存器中，在指令中只出现所需数据所在单元的内存地址，需通过地址指针来存取数据，这种寻址方式称为间接寻址。在 S7-200 系列中，可间接寻址的元器件有 I、Q、V、M、S、T 和 C，其中 T 和 C 只能对当前值进行寻址。使用间接寻址时，首先要建立指针，然后利用指针存取数据。

(1) 建立指针

指针为 32 位的双字，在 S7-200 系列中，只能用 V、L 或 AC 作为地址指针。生成指针时需使用双字节传送指令，指令中的内存地址（操作数）前必须使用“&”，表示内存某一位位置的地址。

例如：MOVD &VB200, AC1

这条指令是将 VB200 的地址送入累加器 AC1 中建立指针。

(2) 利用指针存取数据

指针建立好后，利用指针来存取数据。存取数据时同样需使用双字节传送指令，指令中操作数前必须使用“*”，表示该操作数作为地址指针。

例如，执行上条指令后，再执行“MOVD *AC1, AC0”，可将 AC1 中的内容为起始地址的一个字长数据送到 AC0 中。操作过程如图 1-16 所示。

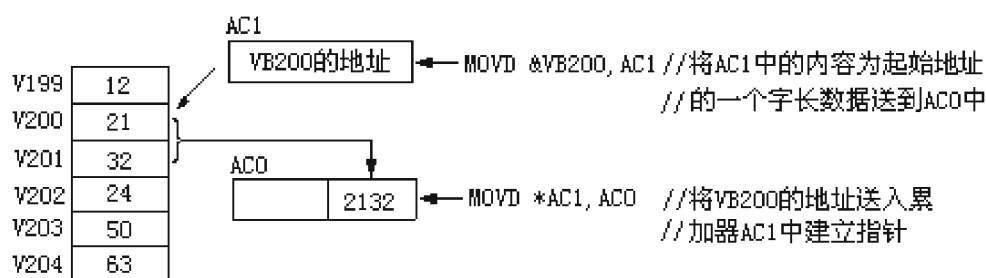


图 1-16 间接寻址

第 2 章 PLC 软件知识

软件系统就如同人的灵魂，可编程控制器的软件系统是 PLC 所使用的各种程序集合。为了实现某一控制功能，需要在一特定环境中使用某种语言编写相应指令来完成。本章主要讲解 S7-200 系列 PLC 的编程语言、编程软件及相关指令。

2.1 PLC 编程语言

PLC 是专为工业控制而开发的装置，其主要使用者是工厂广大电气技术人员，为了适应他们的传统习惯和掌握能力，通常 PLC 采用面向控制过程、面向问题的“自然语言”进行编程。S7-200 系列 PLC 的编程语言非常丰富，有梯形图、助记符、顺序功能流程图、功能块图等，用户可选择一种语言或混合使用多种语言，通过专用编程器或上位机编写具有一定功能的指令。

2.1.1 梯形图编程语言

梯形图 LAD (Ladder Programming) 语言是在继电器—接触器控制系统原理图的基础上演变而来的一种图形语言，它和继电器—接触器控制系统原理图很相似，如图 2-1 所示。梯形图具有直观易懂的优点，很容易被工厂电气人员掌握，特别适用于开关量逻辑控制，它常被称为电路或程序，梯形图的设计称为编程。

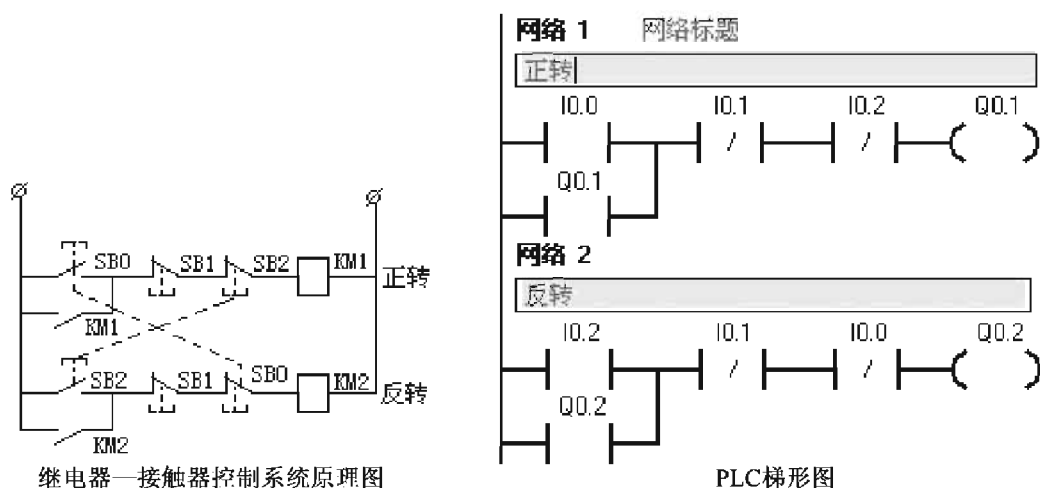
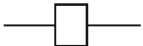
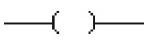
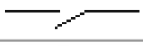


图 2-1 同一功能的两种不同图形

PLC 梯形图中的某些编程元件沿用了“继电器”这一名称，如输入继电器、输出继电器、内部辅助继电器等，但是它们必须不是真实的物理继电器，而是一些存储单元（软继电器），每一软继电器与 PLC 存储器中映像寄存器的一个存储单元相对应。梯形图中采用了类似于继电器—接触器中的触点和线圈符号，如表 2-1 所示。

表 2-1

符号对照表

	物理继电器	PLC 继电器
线圈		
常开触点		
常闭触点		

梯形图的两侧垂直公共线称为公共母线 (Bus bar)，左侧母线对应于继电器—接触器控制系统中的“相线”，右侧母线对应于继电器—接触器控制系统中的“零线”，一般右侧母线可省略。

PLC 梯形图与继电器—接触器控制系统原理图的设计思想一致，它沿用继电器—接触器控制电路元件符号，只有少数不同，信号输入、信息处理及输出控制的功能也大体相同。两者的区别主要有：①继电器—接触器控制电路由真正的物理继电器等部分组成，而梯形图没有真正的继电器，是由软继电器组成；②继电器—接触器控制系统得电工作时，相应的继电器触点会产生物理动断操作，而梯形图中软继电器处于周期循环扫描接通之中；③继电器—接触器系统的触点数目有限，而梯形图中的软触点有多个；④继电器—接触器系统的功能单一，编程不灵活，而梯形图的设计和编程灵活多变；⑤继电器—接触器系统可同步执行多项工作，而 PLC 梯形图只能采用扫描方式由上而下按顺序执行指令并进行相应工作。

尽管梯形图与继电器—接触器电路图在结构形式、元件符号及逻辑控制功能等方面类似，但在编程时，梯形图还需遵循一定的规则，具体如下。

① 编写 PLC 梯形图时，应按从上到下、从左到右的顺序放置连接元件。在 STEP 7-Micro/WIN32 中，与每个输出线圈相连的全部支路形成 1 个逻辑行（即 1 个网络），每个网络起于左母线，最后终于输出线圈或右母线（右母线可以不画出），同时还要注意输出线圈与右母线之间不能有任何触点，输出线圈的左边必须有触点，如图 2-2 所示。

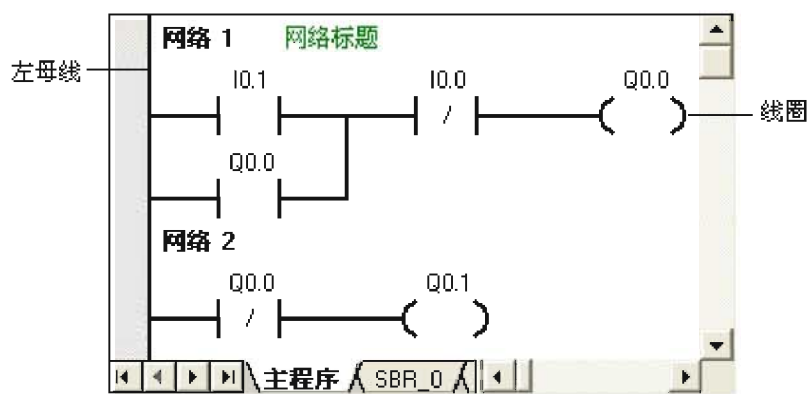


图 2-2 梯形图编程规则 1

② 梯形图中的触点可以任意串联或并联，但继电器线圈只能并联而不能串联，如图 2-3 所示。

③ 在每个网络（每一个逻辑行）中，当几条支路串联时，串联触点多的应尽量放在上面，如图 2-4 所示。

④ 在有几个并联电路相串联时，应将并联触点多的回路放在左边，如图 2-5 所示。这样所编制的程序简洁明了，语句较少。

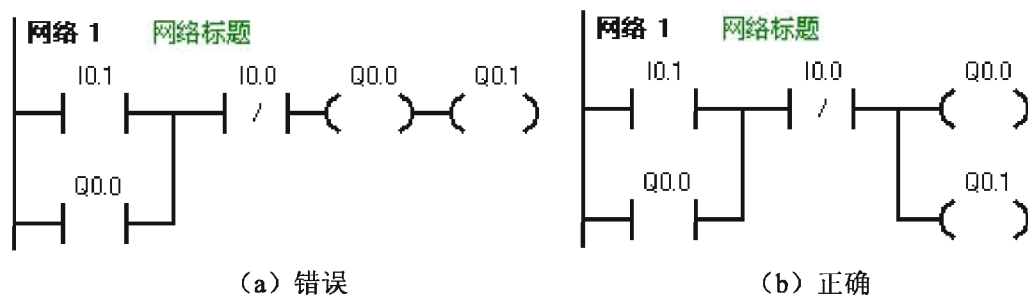


图 2-3 梯形图编程规则 2

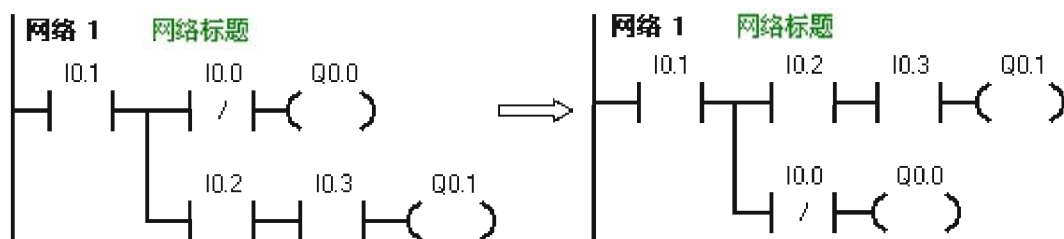


图 2-4 梯形图编程规则 3

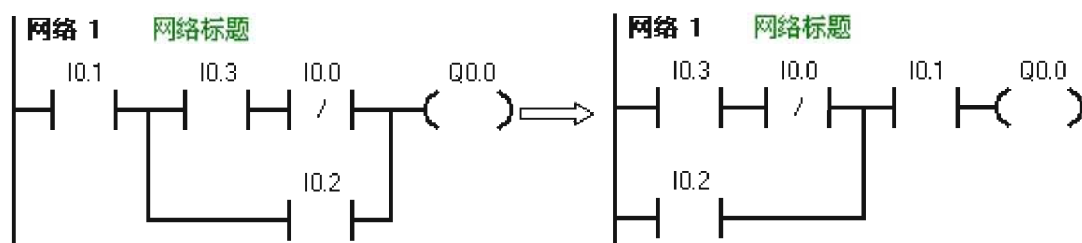


图 2-5 梯形图编程规则 4

⑤ 对于不可编程的梯形图，必须通过等效变换，变成可编程梯形图，如图 2-6 所示。

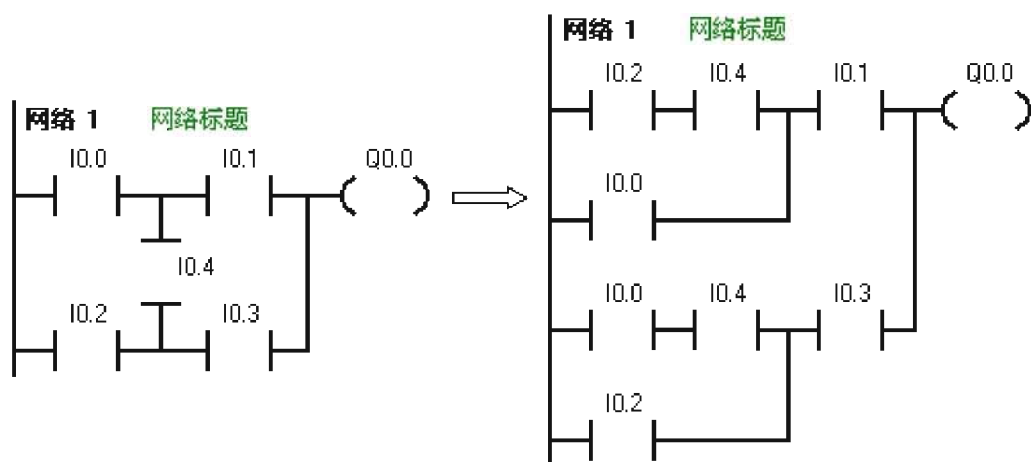


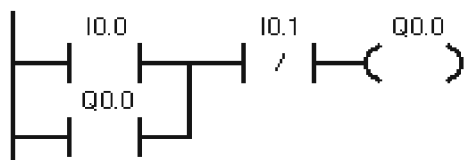
图 2-6 梯形图编程规则 5

⑥ 触点的使用次数不受限制。

2.1.2 语句表

助记符是指使用容易记忆的字符代表可编程控制器的某种操作功能，一条典型指令往往

由助记符和操作数或操作数地址组成。语句表 STL (Statement List) 又称为助记符语言, 它是通过指令助记符来完成控制要求的, 类似于计算机的汇编语言。用户可以直观地根据梯形图, 写出助记符语言程序, 如图 2-7 (b) 所示。不同厂家的 PLC 所采用的指令集不同, 所以对于同一个梯形图, 书写的语句表也不尽相同, 但是对于其他编程语言熟悉的程序员来说, 他们一般喜欢使用这种编程语言。



(a) 梯形图

LD	I0.0
O	Q0.0
AN	I0.1
=	Q0.0

(b) 助记符

图 2-7 同一功能的两种表达方式

2.1.3 顺序功能图

顺序功能图 SFC (Sequential Function Chart) 又称状态转移图, 它是描述控制系统的控制过程、功能和特性的一种图形, 也是设计可编程控制器的顺序控制程序的有力工具。顺序功能图主要由步、动作、启动条件等部分组成, 如图 2-8 所示。

顺序功能图编程法可将一个复杂的控制过程分解为一些具体的工作状态, 把这些具体的功能分别处理后, 再把这些具体的状态依一定的顺序控制要求, 组合成整体的控制程序, 它并不涉及所描述的控制功能的具体技术, 是一种通用的技术语言, 可以供进一步设计和不同专业的人员进行技术交流。

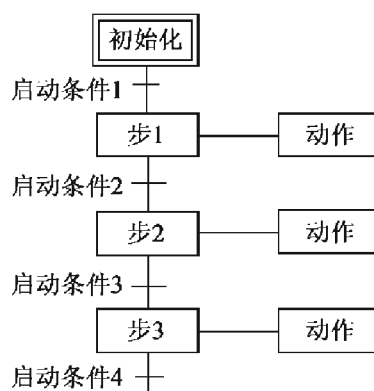
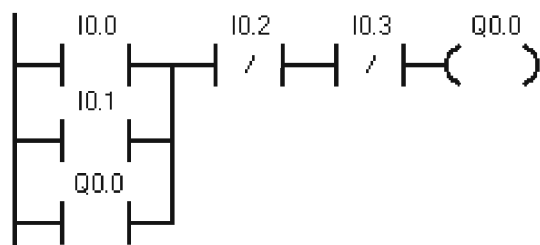


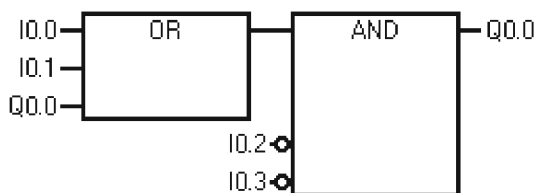
图 2-8 顺序功能图

2.1.4 功能块图

功能块图 FBD (Function Block Diagram) 又称逻辑盒指令, 它是一种类似于数字逻辑门电路的 PLC 图形编程语言, 用逻辑框图来表示各种控制条件。控制逻辑常用“与”、“或”、“非”3 种逻辑功能进行表达, 每种功能都有一个算法。运算功能由方框图内的符号确定, 方框图的左边为逻辑运算的输入变量, 右边为输出变量, 没有像梯形图那样的母线、触点和线圈, 如图 2-9 (b) 所示。



(a) 梯形图



(b) 功能块图

图 2-9 同一功能的两种表达方式

2.2 西门子 S7-200 PLC 编程与仿真软件的使用

STEP 7-Micro/WIN 是基于 Windows 操作系统的编程和配置软件，它是 Siemens 公司专为 S7-200 系列 PLC 设计开发的。该软件功能强大、界面友好，能很方便地进行各种编程操作，同时也可实时监控用户程序的执行状态。

2.2.1 西门子 STEP 7-Micro/WIN 的安装

STEP 7-Micro/WIN 电脑编程软件可以从光盘上进行安装，若没有现成的软件，也可从西门子自动化与驱动集团的中文官方网站 <http://www.ad.siemens.com.cn> 上下载。

双击编程软件包中的 Setup.exe 安装文件，弹出如图 2-10 所示的安装对话框。此对话框的下拉选项中列出了德语、法语、西班牙语、意大利语和英语。选择“英语”作为安装过程中使用的语言后，再根据安装提示进行软件的安装。

在软件安装过程中会弹出如图 2-11 所示的“Set PG/PC Interface”对话框，单击“OK”按钮继续进行软件的安装。



图 2-10 “选择设置语言”对话框

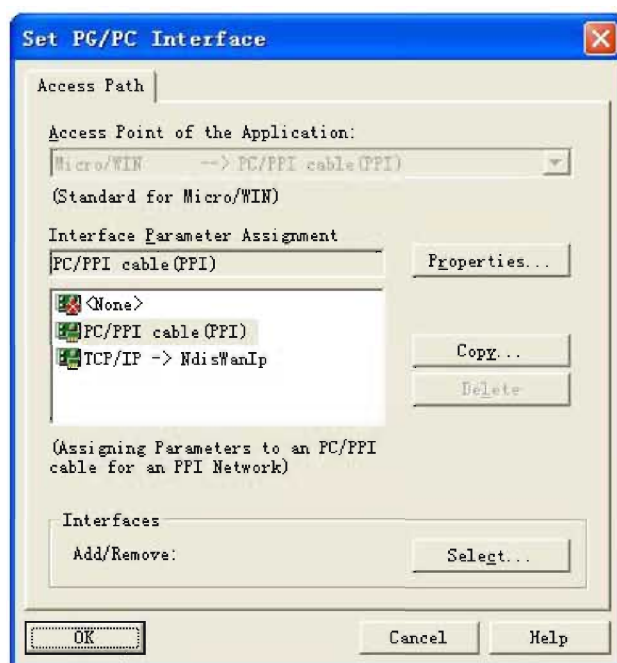


图 2-11 “Set PG/PC Interface”对话框

在计算机中完成了英文版 STEP 7-Micro/WIN 软件的安装后，双击电脑桌面上  图 2-12 标或在“开始→程序”中将 STEP 7-Micro/WIN 软件打开。

STEP 7-Micro/WIN32 V3.2 从 SP1 起，支持完全汉化的工作环境。中英文环境设置方法如下：在菜单 Tools（工具）→Options（选项）中，选择 General（常规）选项卡，可以设置语言环境，如图 2-12 所示。在 Language 中选择“Chinese”后，将软件改变为中文环境。改变设置后，退出 STEP 7-Micro/WIN32，再次启动软件后设置生效。

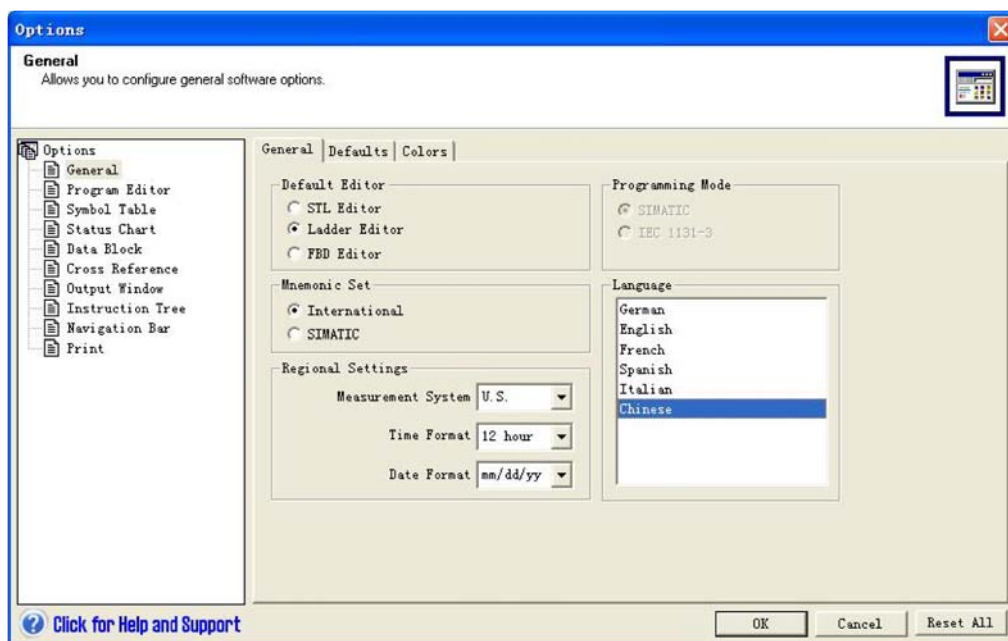


图 2-12 STEP 7-Micro/WIN 中文环境选择

2.2.2 西门子 STEP 7-Micro/WIN 的窗口组件

1. V4.0 STEP 7-Micro/WIN 的窗口界面

V4.0 STEP 7-Micro/WIN 设置为中文环境后，打开的主界面如图 2-13 所示。

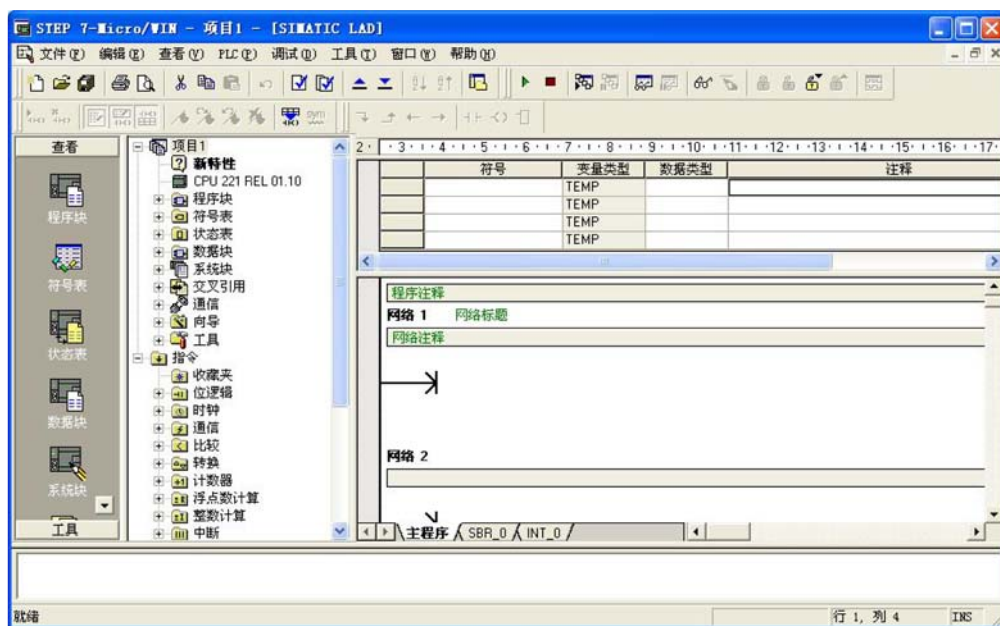


图 2-13 V4.0 STEP 7-Micro/WIN 编辑软件主界面

V4.0 STEP 7-Micro/WIN 编辑软件主界面由浏览条、指令树、菜单栏、工具条、局部变量表、状态栏、输出窗口、程序编辑区等部分组成，如图 2-14 所示。

2. V4.0 STEP 7-Micro/WIN 窗口界面功能介绍

(1) 浏览条

浏览条为编程提供按钮控制，可以实现窗口的快速切换。在 V4.0 STEP 7-Micro/WIN 主界

面上选择“查看”，可实现程序块、符号表、状态图、数据块、系统块、交叉引用、通信及设置 PG/PC 接口窗口的切换；选择“工具”，可实现以太网向导、AS-i 向导、因特网向导、配方向导、数据记录向导、PID 调节控制面板、S7-200 Explorer、TD Keypad Designer 窗口的切换。

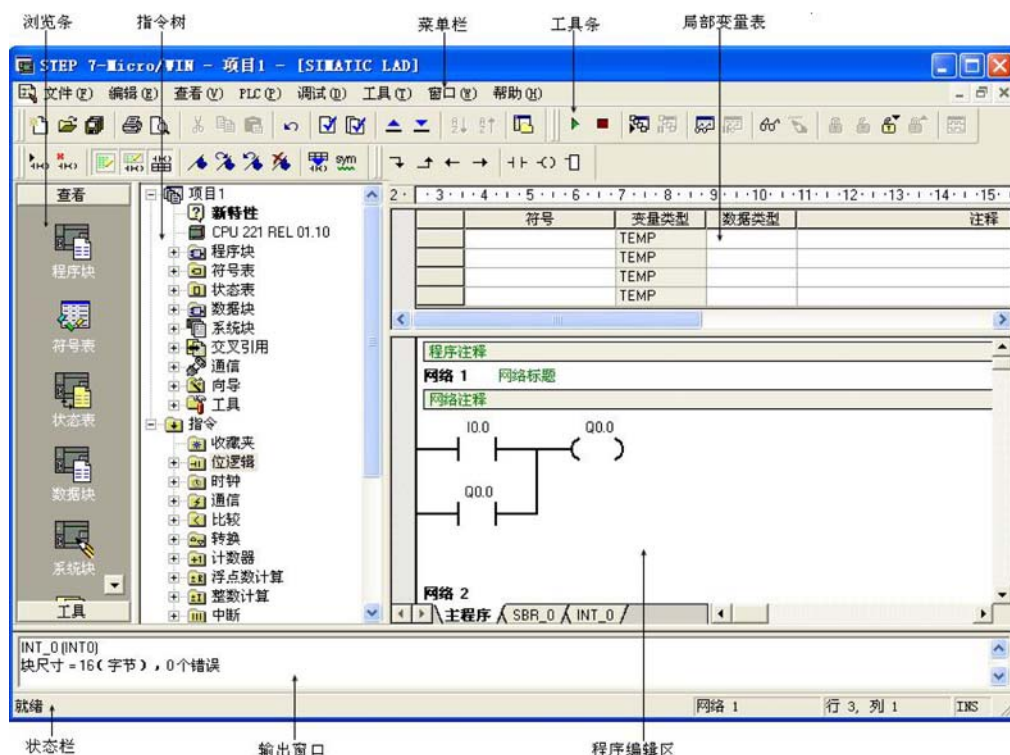


图 2-14 V4.0 STEP 7-Micro/WIN 主界面组成部分

(2) 指令树

指令树以树形结构提供编程时用到的所有快捷操作命令和 PLC 指令，它由项目分支和指令分支组成。

在项目分支中，用鼠标右键单击“项目”，可将当前项目进行全部编译、比较和设置密码；在项目中可选择 CPU 的型号；用鼠标右键单击“程序块”文件夹，可插入新的子程序或中断程序；打开“程序块”文件夹，可以用密码保护本 POU，也可以插入新的子程序、中断程序或重新命名。

指令分支主要用于输入程序，打开指令文件夹并选择相应指令时，拖放或用鼠标左键双击指令，可在程序中插入指令；用鼠标右键单击指令，可从弹出菜单中选择“帮助”，获得有关该指令的信息。

(3) 菜单栏

V4.0 STEP 7-Micro/WIN 有 8 个主菜单：文件（F）、编辑（E）、查看（V）、PLC（P）、调试（D）、工具（T）、窗口（W）、帮助（H），这些菜单允许使用鼠标或对应热键进行操作，各菜单的功能如下。

文件（F）菜单栏提供的操作有：新建、打开、关闭、保存、另存为、设置密码、导入、导出、上载、下载、新建库、添加/删除库、库存储区、页面设置、打印预览、打印、最近使用文件、退出。

编辑（E）菜单栏提供程序的编辑工具，其操作有：撤销、剪切、复制、粘贴、全选、插入、删除、查找、替换、转到。

查看 (V) 菜单栏可以选择不同的程序编辑器：STL (助记符)、梯形图 (LAD)、FDB (功能块图)；可以选择组件进行程序编辑器、符号表、状态图、数据块、系统块、交叉引用、通信、PG/PC 接口参数的设置；还决定其他辅助窗口（如网络表、POU 注释、工具条按钮区、浏览条、指令树等）的打开与关闭。

PLC (P) 菜单栏用于与 PLC 联机时的操作，主要有：改变 PLC 的运行方式（运行、停止），对用户程序进行编译，清除 PLC 程序，电源复位，查看 PLC 的信息，时钟、存储卡的操作，程序比较，PLC 类型选择等。其中对用户程序编译时可以离线进行。

调试 (D) 菜单栏用于联机时的动态调试，它有首次扫描，多次扫描，程序状态，用程序状态模拟运行条件（如读取、强制、取消强制和取消全部强制）等功能。

工具 (T) 菜单栏提供了复杂指令向导（包括 PID 指令、NETR/NETW 指令和 HSC 指令），使复杂指令编程时工作大大简化，还提供了安装文本显示器 TD200 和网络连接的向导等操作。

窗口 (W) 菜单栏可以设置窗口的排放形式，如层叠、水平、垂直。

帮助 (H) 菜单栏可以提供 S7-200 的指令系统及编程软件的所有信息，并提供在线帮助、网上查询、访问等功能。

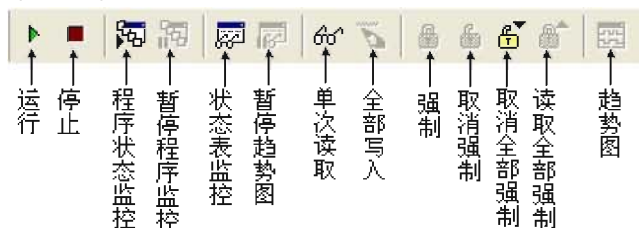
(4) 工具条

工具条为最常用的 STEP 7-Micro/WIN 操作提供了便利的鼠标操作访问，常用工具条分为标准工具条、调试工具条、公用工具条和 LAD 指令工具条。用户可以用“查看”菜单栏中的“工具栏”选项来显示或隐藏这些常用工具条。

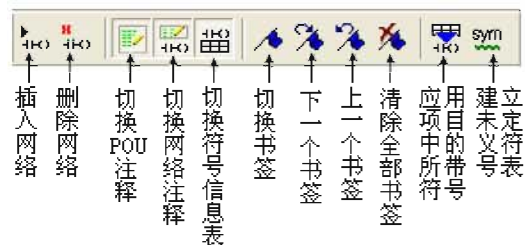
① 标准工具条



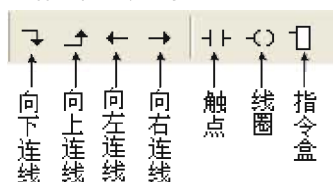
② 调试工具条



③ 公用工具条



④ LAD 指令工具条



（5）局部变量表

每个程序块对应一个局部变量表，局部变量表用来定义局部变量，局部变量只在建立局部变量的 POU 中才有效。例如在带参数的子程序调用中，参数的传递就是通过局部变量表进行的。在局部变量表中建立的变量使用暂时内存；地址赋值由系统处理；变量的使用仅限于建立此变量的 POU。

（6）状态栏

状态栏又称为任务栏，它提供了在 STEP 7-Micro/WIN 中操作时的操作状态信息。

（7）输出窗口

输出窗口用来显示 STEP 7-Micro/WIN 程序编译的结果，如编译结果是否有错误、错误编码和位置等。当输出窗口列出的程序错误时，可用鼠标左键双击错误信息，会在程序编辑区中显示适当的网络。

（8）程序编辑区

用户可以在程序编辑区使用梯形图、助记符或功能块图进行程序的编写。在联机状态下，从 PLC 上载用户程序进行编辑和修改。

2.2.3 西门子 STEP 7-Micro/WIN 软件编程

1. 编程前的设置

编写程序之前需进行相应的设置。

（1）指令集和编辑器的设置

S7-200 系列 PLC 支持的助记符集有 SIMATIC 和国际两种，编程模式有 SIMATIC 和 IEC 1131-3 两种。SIMATIC 是专为 S7-200 PLC 设计的，它可采用 LAD、STL 和 FBD 3 种方式进行编程。IEC 1131-3 是按国际电工委员会（IEC）PLC 编程标准提供的指令系统，作为不同 PLC 厂商的指令标准，可采用 LAD 和 FBD 两种编程方式。单击“工具”菜单栏，选择“选项”，在弹出的“选项”对话框中选择“常规”选项卡，如图 2-15 所示，在此选项卡的对话框中可设置默认编辑器、选择助记符集、编程模式、区域设置以及软件的使用语言环境。

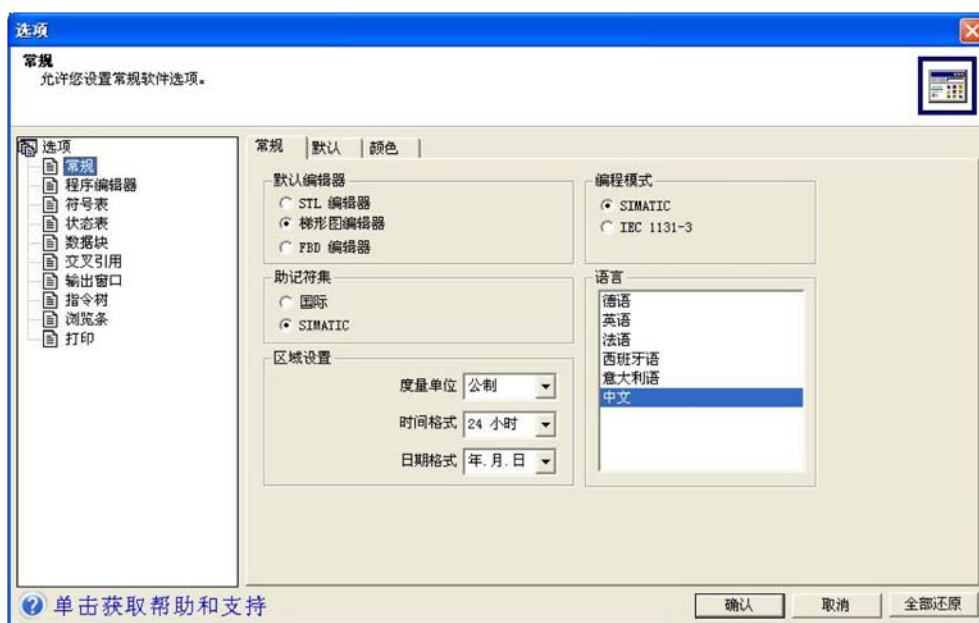


图 2-15 指令集和编辑器的设置

(2) PLC 类型检查

PLC 和运行 STEP 7-Micro/WIN 的计算机连接后，在建立通信或编辑通信设置以前，应根据 PLC 的类型进行范围检查，必须保证 STEP 7-Micro/WIN 中 PLC 类型选择与实际 PLC 类型相符。单击“PLC”菜单栏并选择“类型”，或在指令树的项目分支中用鼠标右键单击 CPU 并选择“类型”，弹出如图 2-16 所示的对话框，在此对话框中选择“读取 PLC”选项即可。



图 2-16 “PLC 类型”对话框

2. 程序的编写

现以一个简单的控制系统为例，介绍怎样用 STEP 7-Micro/WIN 软件进行程序的编写。控制两台三相异步电动机运行的 PLC 外部接线图和梯形图如图 2-17 所示，输入电路使用 CPU 模块提供的 24V 直流电源。按下启动按钮 SB1 后，Q0.0 为 ON，KM1 线圈得电使得 M1 电动机运行，同时定时器 T37 开始定时。当 T37 延时 3s 后，T37 常开触点闭合，Q0.1 为 ON，控制 M2 电动机也得电运行。当 M2 运行 4s 后，T38 延时时间到，其常闭触点打开使 M2 停止运行。当按下停止按钮 SB2 后，Q0.0 为 OFF，KM1 线圈断电，使 T37 和 T38 先后复位。

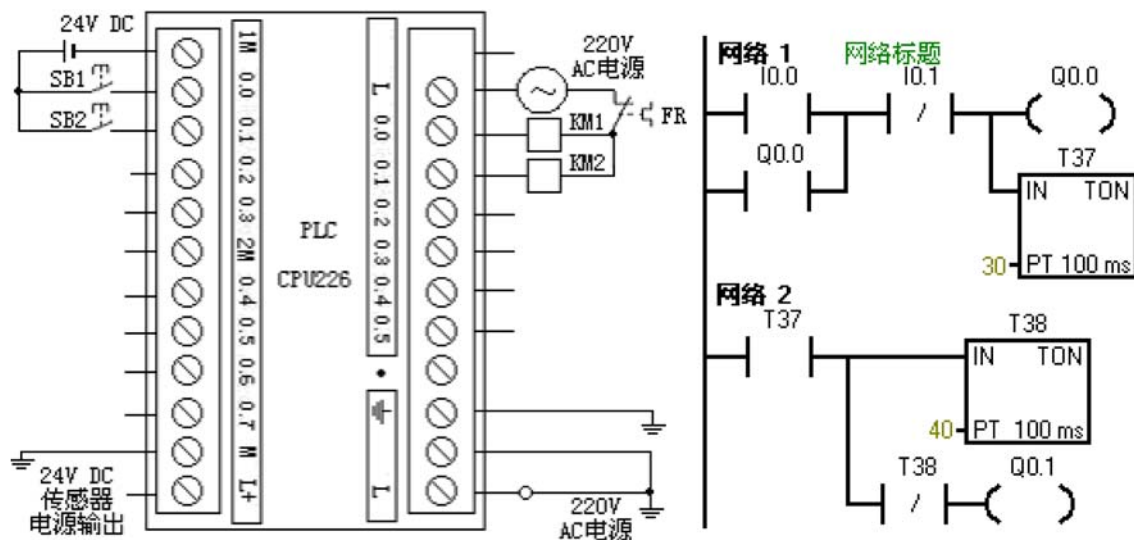


图 2-17 PLC 外部接线图与梯形图

程序的编写操作步骤如下。

(1) 创建一个项目或打开一个已有的项目

执行“文件”→“新建”命令或按工具条最左边的  按钮，可以新建一个项目。执行“文件”→“另存为”命令或按工具条最左边的  按钮，可以保存扩展名为“.mwp”的新建项目。

执行“文件”→“打开”命令或按工具条最左边的按钮，可以打开项目。

(2) 通信参数的设置与在线连接的建立

计算机编程时，一般采用 PC/PPI 电缆或 PPI 多主站电缆连接计算机与 PLC。将 PPI 电缆上标有 PC 的 RS-232 端连接到计算机的 COM 端口，标有 PPI 的 RS-485 端连接到 CPU 模块的通信端口，拧紧连接器上的螺丝。用鼠标左键双击指令树文件夹中的“设置 PG/PC 接口”图标，在弹出的“Set PG/PC Interface”对话框中，选择“PC/PPI cable(PPI)”后单击“Properties...”按钮，弹出如图 2-18 所示的对话框。在此对话框中设置编程软件的通信参数。

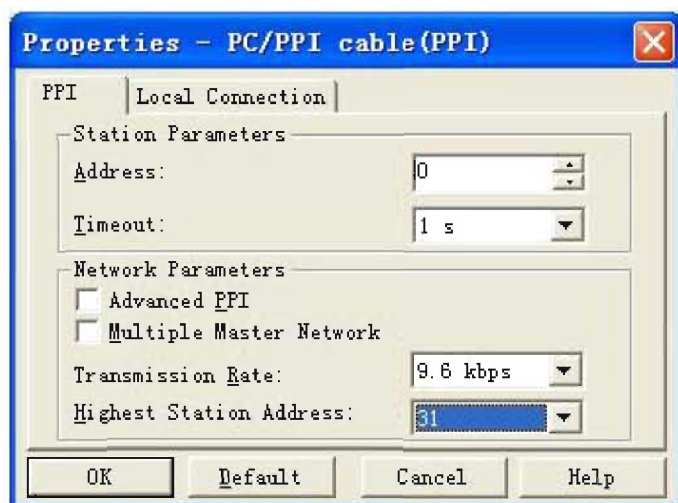


图 2-18 波特率设置对话框

通信双方的波特率应相同，不能确定 PLC 接口的波特率时，可以在“通信”对话框中选择“搜索所有波特率”。与 PLC 通信成功后，用鼠标左键双击指令树文件夹“系统块”中的“通信端口”图标，可以修改 PLC 通信接口的参数。PLC 默认的站地址为 2，波特率为 9600bit/s。用 PPI 电缆上的 DIP 开关设置 PPI 电缆的参数。用 DIP 开关设置的波特率应与编程软件中设置的波特率和用系统块设置的 PLC 波特率一致。用鼠标左键双击指令树文件夹“通信”对话框中“双击刷新”旁边蓝色箭头组成的环形图标，如图 2-19 所示，编程软件将会自动搜索连接在网络上的 S7-200，并用图标显示搜索到的 S7-200，这样计算机与 PLC 就实现了在线连接。



图 2-19 “通信”对话框

(3) 梯形图的输入

程序段网络 1 的输入步骤如下。

① 常开触点 I0.0 的输入步骤如下：首先将光标移至网络 1 中需要输入指令的位置，单击指令树中“位逻辑”左侧的加号，在  上双击鼠标左键输入指令；或者在 LAD 指令工具条中单击 。然后单击“???”并输入地址 I0.0。

② 串联常闭触点 I0.1 的输入步骤如下：首先将光标移至网络 1 中  的右侧，单击指令树中“位逻辑”左侧的加号，在  上双击鼠标左键输入指令；或者在 LAD 指令工具条中单击 。然后单击“???”并输入地址 I0.1。

③ 并联常开触点 Q0.0 的输入步骤如下：首先将光标移至网络 1 中  的下方，单击指令树中“位逻辑”左侧的加号，在  上双击鼠标左键输入指令；或者在 LAD 指令工具条中单击 。再单击“???”并输入地址 Q0.0。然后单击选中  且在 LAD 指令工具条中单击  向下连线。

④ 输出线圈 Q0.0 的输入步骤如下：首先将光标移至网络 1 中  的右侧，单击指令树中“位逻辑”左侧的加号，在  上双击鼠标左键输入指令；或者在 LAD 指令工具条中单击 。然后单击“???”并输入地址 Q0.0。

⑤ 并联定时器指令 T37 的输入步骤如下：首先将光标移至网络 1 中  的下方，单击指令树中“定时器”左侧的加号，在  TON 上双击鼠标左键输入指令。再单击“????”输入定时器号 T37 后按下回车键，光标自动移到预置时间值 (PT)，输入预置时间 30。然后单击选中  且在 LAD 指令工具条中单击  向下连线和  向右连线。

输入完毕后网络 1 的程序段如图 2-20 所示。

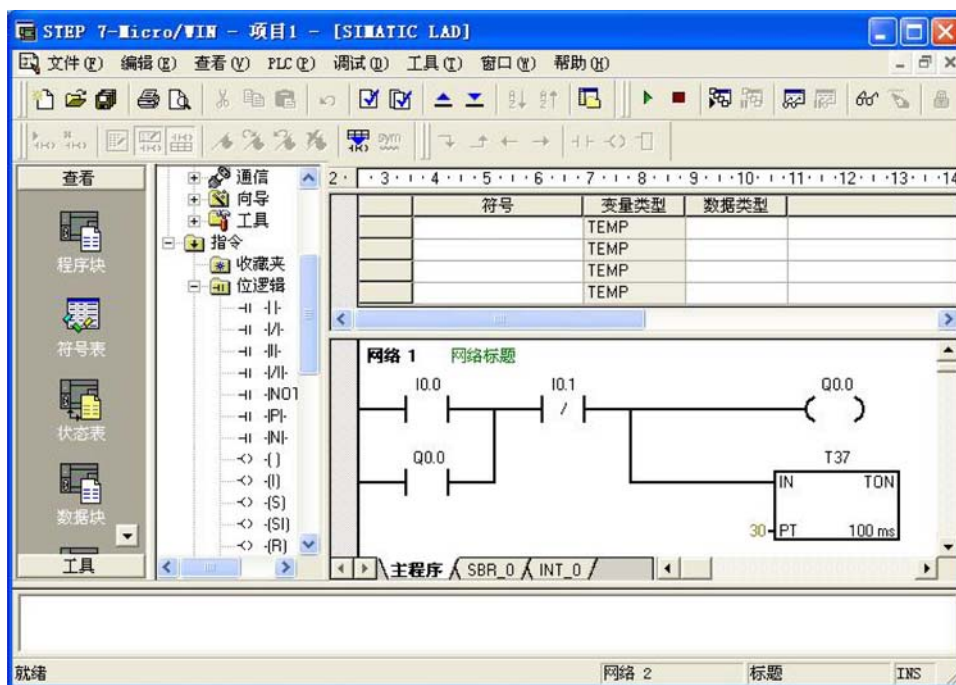


图 2-20 输入程序段网络 1

程序段网络 2 的输入步骤如下。

① 定时器 T37 常开触点的输入步骤如下：首先将光标移至网络 2 中需要输入指令的位置，单击指令树中“位逻辑”左侧的加号，在  上双击鼠标左键输入指令；或者在 LAD 指

令工具条中单击。然后单击“???”并输入地址 T37。

② 定时器指令 T38 的输入步骤如下：首先将光标移至网络 2 中T37 的右侧，单击指令树中“定时器”左侧的加号，在TON 上双击鼠标左键输入指令。再单击“???”输入定时器号 T38 后按下回车键，光标自动移到预置时间值（PT），输入预置时间 40。

③ 常闭触点 T38 的输入步骤如下：首先将光标移至网络 2 中T37 的右下侧，单击指令树中“位逻辑”左侧的加号，在上双击鼠标左键输入指令；或者在 LAD 指令工具条中单击。再单击“???”并输入地址 T38。然后单击选中且在 LAD 指令工具条中单击向下连线和向右连线。

④ 输出线圈 Q0.1 的输入步骤如下：首先将光标移至网络 2 中T38 的右侧，单击指令树中“位逻辑”左侧的加号，在上双击鼠标左键输入指令；或者在 LAD 指令工具条中单击。然后单击“???”并输入地址 Q0.1。

输入完毕后保存的完整网络程序如图 2-21 所示。

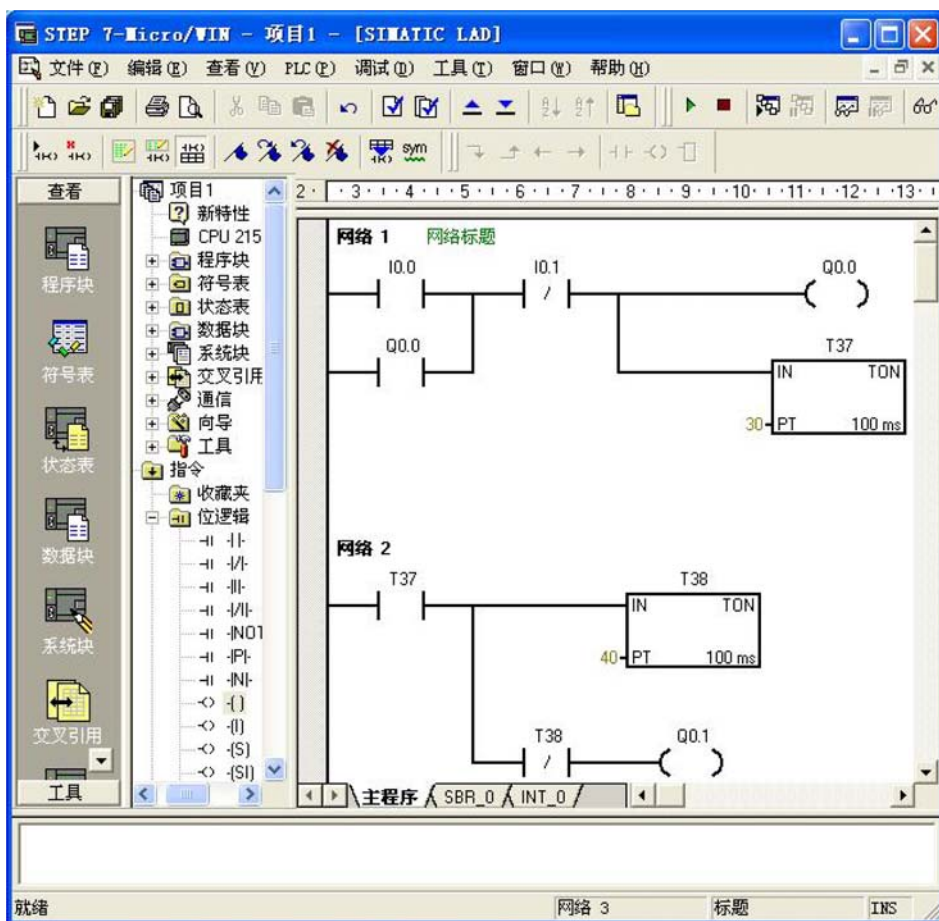


图 2-21 完整的程序

(4) 编写符号表

符号表用符号地址代替存储器的地址，便于记忆。单击浏览条中的符号表按钮，建立如图 2-22 所示的符号表，其步骤如下。

① 在“符号”列键入符号名（如启动），符号名的长度不能超过 23 个字符。在给空号指定地址之前，该符号下有绿色波浪下划线。在给定符号地址后，绿色波浪下划线自动消失。

② 在“地址”列中输入相应地址号（如 I0.0）。

		符号	地址	注释
1		启动	I0.0	启动按钮 SB1
2		停止	I0.1	停止按钮 SB2
3		KM1	Q0.0	控制 M1 电动机
4		KM2	Q0.1	控制 M2 电动机
5				

图 2-22 符号表

③ 在“注释”列中输入相应的注解。注释是否输入可根据实际情况而定，可以不输入，输入注解时，每项最多只能输入 79 个字符。

④ 建立符号表后，单击“查看”→“符号表”→“将符合应用于项目(S)”，则对应的梯形图如图 2-23 所示。

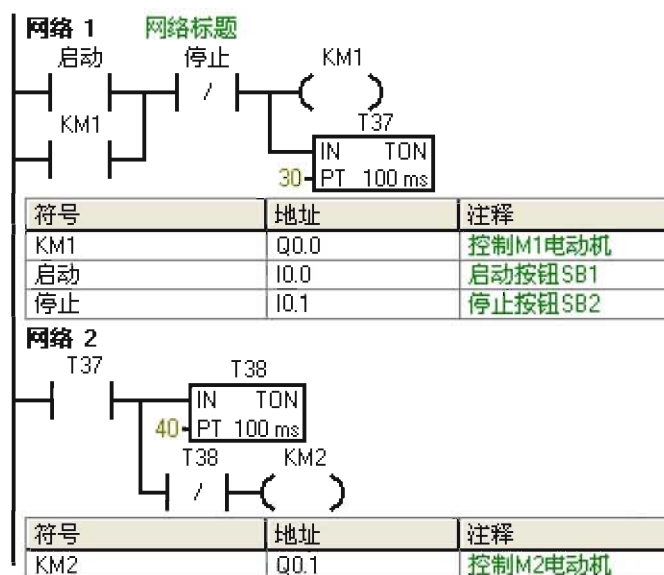


图 2-23 带符号表的梯形图

(5) 编写数据块

数据块用于对 V 存储器（变量存储器）进行初始数据赋值，数字量控制程序一般不需要数据块。

(6) 编程语言的转换

选择“查看”菜单栏，单击 STL、梯形图、FBD 可进入相应的编程环境。若使用梯形图编写程序，在“查看”菜单栏单击 STL 或 FBD，将有相应的语句表或功能块图。若使用 STL 语句表编写程序，在“查看”菜单栏单击梯形图，将有相应的梯形图程序。

(7) 编译程序

单击“PLC”→“编译”（或全部编译）或单击工具条上的  或  按钮，可以分别编译当前打开的程序或全部的程序。编译后在屏幕下部输出窗口显示程序中语法错误的个数、每条错误的原因以及在程序中的位置。用鼠标左键双击某一条错误，将会显示程序编辑器中该错误所在的网络。

(8) 下载程序

程序编译成功后，可将程序下载到 PLC 中。单击菜单栏“文件”→“下载”，在弹出的“下载”对话框中可选择是否下载程序块、数据块和系统块等。设置好后，单击  按钮，开

始下载数据。注意,程序的下载应在 STOP 模式下进行,下载时 CPU 可以自动切换到 STOP 模式,如果 STEP 7-Micro/WIN SP3 中设置的型号与 PLC 型号不符,将出现警告信息,应修改 CPU 型号后再下载。

2.2.4 西门子 STEP 7-Micro/WIN 的调试与监控

在运行 STEP 7-Micro/WIN 编程设备和 PLC 之间建立通信并向 PLC 下载程序后,便可调试并监视用户程序的执行。

1. 工作模式的选择

PLC 有“运行”和“停止”两种不同的工作模式,工作模式不同,PLC 调试操作的方法也不相同。单击“PLC”→“RUN”或“STOP”可选择不同的工作方式,在调试工具条中选择  或  也可选择“运行”或“停止”。

如要使用 STEP 7-Micro/WIN 软件控制 PLC 进入 RUN (运行) 模式,则必须保证 STEP 7-Micro/WIN 和 PLC 之间已经建立了通信,并且必须将 PLC 硬件模式开关设为 TERM (终端) 或 RUN (运行)。将模式开关设为 TERM (终端) 不会改变 PLC 的操作模式,但却允许 STEP 7-Micro/WIN 改变 PLC 的操作模式。位于 PLC 前方的状态 LED 表示当前的操作模式。当程序状态监控或状态表监控操作正在进行时,在 STEP 7-Micro/WIN 窗口右下方处附近的状态栏上会出现一个 RUN/STOP (运行/停止) 指示灯。

(1) 停止工作模式

当 PLC 位于 STOP (停止) 模式时,可以创建和编辑程序,PLC 处于半空闲状态;停止用户程序执行;执行输入更新;用户中断条件被禁用。PLC 操作系统继续监控 PLC (采集 PLC RAM 和 I/O 状态),将状态数据传递给 STEP 7-Micro/WIN,并执行所有的“强制”或“取消强制”命令。当 PLC 位于 STOP (停止) 模式时,可以执行以下操作。

① 使用状态表或程序状态监控查看操作数的当前值(由于程序未执行,相当于执行“单次读取”命令)。

② 可以使用状态表或程序状态监控强制数据;使用状态表写入数值。

③ 写入或强制输出。

④ 执行有限次数扫描,并通过状态表或项目状态查看结果。

(2) 运行工作模式

当 PLC 位于 RUN (运行) 模式时,不能使用“首次扫描”或“多次扫描”功能。可以在状态表中写入和强制数据,也可使用 LAD 或 FBD 程序编辑器强制数据,方法与 STOP (停止) 模式中强制数据相同。还可以执行以下操作[不得从 STOP (停止) 模式使用]。

① 使用状态表采集不断变化的 PLC 数据的连续更新信息(如果希望使用单次更新,状态表监控必须关闭,才能使用“单次读取”命令)。

② 使用程序状态监控采集不断变化的 PLC 数据的连续更新信息。

③ 使用“RUN (运行) 模式中的程序编辑”功能编辑程序,并将改动下载至 PLC。

2. 程序状态显示

当程序下载至 PLC 后,可以用“程序状态监控”功能执行和测试程序网络。

(1) 设置程序编辑器窗口

使用以下一种方法,可以设置程序编辑器窗口,显示测试的程序部分和网络。

① 用鼠标左键单击浏览条的“程序块”按钮,则会打开主程序(OB1) POU;也可以用

② 打开指令树的“程序块”文件夹，用鼠标左键单击分支扩展图标，或双击“程序块”文件夹图标，然后双击主程序（OB1）图标或一个子程序图标或一个中断程序图标，打开所需的 POU。

程序编辑器视图正确设置后，必须启动程序状态，才能开始 PLC 状态数据通信。通常，PLC 应当位于 RUN（运行）模式，监控改动 PLC 数据值的影响。

对于 LAD 和 FBD 程序状态监控，可以单击菜单栏“工具”→“选项”中的程序编辑器标签，以调整图形和字体大小。

用鼠标左键单击“程序状态监控”按钮或单击菜单栏“调试”→“程序状态监控”，开始监控数据状态，并启用调试工具。通过在程序状态中从程序编辑器向操作数写入或强制新数值的方法，可以模拟过程条件。

用鼠标左键直接单击操作数（不要单击指令），然后用鼠标右键直接单击操作数，并弹出菜单中选择“写入”。

用鼠标左键直接单击操作数（不要单击指令），然后从“调试”工具栏单击“强制”图标，或直接用鼠标右键单击操作数（不要单击指令），并从弹出菜单中选择“强制”。

用鼠标左键直接单击操作数（不要单击指令），然后从“调试”工具栏单击“取消强制”图标，或直接用鼠标右键单击操作数（不要单击指令），并从弹出菜单中选择“取消强制”。

从“调试”工具栏单击“取消全部强制”图标。

强制数据用于立即读取或立即写入指令指定 I/O 点，如果 CPU 进入 STOP（停止）模式，则输出被设为强制数值，而不是预先配置的数值。

在程序中强制数据时，程序在每次扫描时将操作数重新设定为该数值，而忽略输入/输出条件或其他正常情况下对操作数有影响的程序逻辑关系。强制可能导致程序操作无法预料，而无法预料的程序操作可能导致人员伤亡或设备损坏。强制功能只是调试程序的辅助工具，切勿为了弥补过程装置的故障而执行强制。仅限合格人员使用强制功能。强制程序数值后，务必通知所有有权维修或调试程序的人员。在不来负载的情况下调试程序时，可以使用强制功能。

① 黄色锁图标 表示该数值已经被“显性”或直接强制为当前正在显示的数值。

② 灰色锁图标  表示该数值已经被“隐性”强制，即不对地址进行直接强制，但存储区落入另一个被显性强制的较大区域中。例如，如果显性强制 VW0，则 VB0 和 VB1 被隐性强制，因为它们包含在 VW0 中。

③ 半锁图标表示数值被“部分”强制。例如，如果显性强制 VB1，则 VW0 被部分强制，因为其中的一个字节 VB1 被强制。

3. 程序状态监视

利用 3 种程序编辑器（LAD、STL、FBD）都可在 PLC 运行时，监视程序对各元件的执行结果，并可监视操作数的数值。

（1）LAD 梯形图程序的状态监视

在梯形图程序状态操作开始之前选择 RUN（运行）模式，执行菜单命令“调试”→“使用执行状态”或用鼠标左键单击“程序状态监控”按钮进入执行状态。PLC 位于 RUN（运行）模式时，会显示彩色状态值和元素，如图 2-24 所示。程序执行状态颜色的含义（默认颜色）如下。

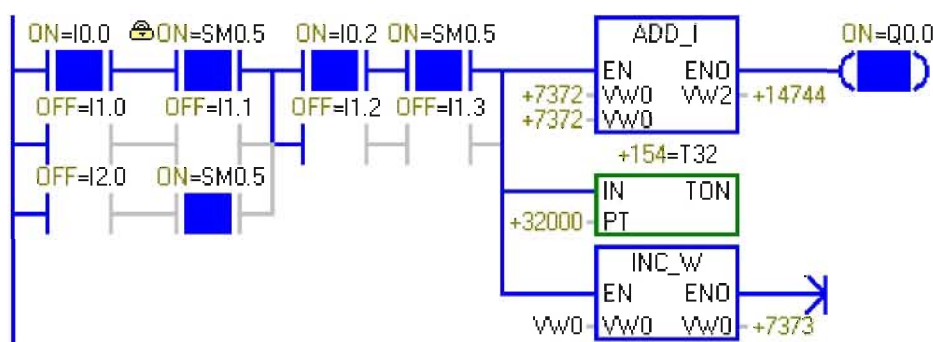


图 2-24 LAD 梯形图程序执行状态监视

- ① 正在扫描程序时，电源母线显示为蓝色。
- ② 图形中的能流用蓝色表示，灰色表示无能流、指令未扫描（跳过或未调用）或位于 STOP（停止）模式的 PLC。
- ③ 触点接通时，指令会显示为蓝色。
- ④ 输出接通时，指令会显示为蓝色。
- ⑤ 指令接通电源并准确无误地成功执行时，SUBR 和指令显示为蓝色。
- ⑥ 绿色定时器和计数器表示定时器和计数器包含有效数据。
- ⑦ 红色表示指令执行有误。

（2）FBD 功能块图程序的状态监视

启动 FBD 功能块图程序状态监视的方法与启动梯形图程序监视的方法相同，执行状态监视如图 2-25 所示。

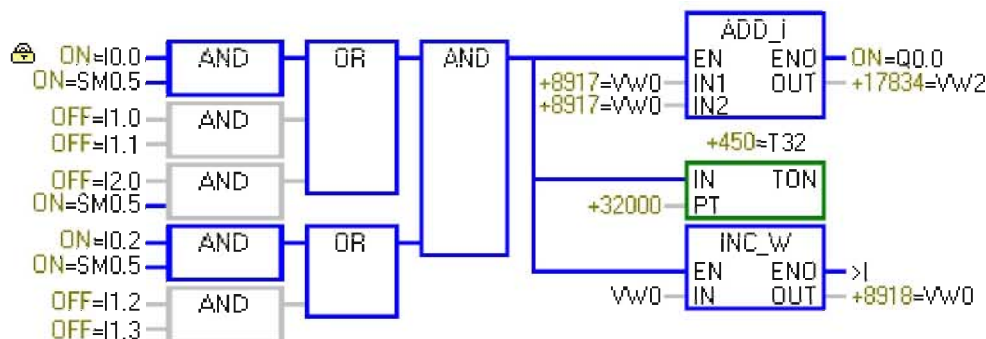


图 2-25 FBD 功能块图程序执行状态监视

（3）STL 助记符程序的状态监视

启动 STL 助记符程序状态监视的方法与启动梯形图程序监视的方法相同, 执行状态监视如图 2-26 所示。

		操作数 1	操作数 2	操作数 3	Q123	中
LD	I0.0	ON			1000	1
A	SM0.5	ON			1000	1
LD	I1.0	OFF			0100	0
A	I1.1	OFF			0100	0
OLD					1000	1
LD	I2.0	OFF			0100	0
A	SM0.5	ON			0100	1
OLD					1000	1
LD	I0.2	ON			1100	1
A	SM0.5	ON			1100	1
LD	I1.2	OFF			0110	0
A	I1.3	OFF			0110	0
OLD					1100	1
ALD					1000	1
LPS					1100	1
MOVW	VW0, VW2	+15919	+15919		1100	1
AENO					1100	1
+I	VW0, VW2	+15919	+31838		1100	1
AENO					1100	1
=	Q0.0	ON			1100	1

图 2-26 STL 助记符程序执行状态监视

4. 执行有限次扫描

可以指定 PLC 对程序执行有限次数扫描 (1~65 535 次扫描)。通过选择 PLC 运行的扫描次数, 可以在程序改变过程变量时对其进行监控。第 1 次扫描时, SM0.1 数值为 1 (打开)。

(1) 执行单次扫描

“单次扫描”使 PLC 从 STOP 转变成 RUN, 执行单次扫描, 然后再转回 STOP, 因此与第 1 次相关的信息不会消失, 其操作步骤如下。

① 执行菜单命令“PLC”→“STOP”或单击调试工具条上按钮, 使 PLC 位于 STOP (停止) 模式。

② 执行菜单命令“调试”→“初次扫描”。

(2) 执行多次扫描

执行多次扫描的操作步骤如下。

① 执行菜单命令“PLC”→“STOP”或单击调试工具条上按钮, 使 PLC 位于 STOP (停止) 模式。

② 执行菜单命令“调试”→“多次扫描”, 弹出如图 2-27 所示的对话框, 在此对话框中输入所需的扫描次数后, 单击“确认”按钮即可。



图 2-27 “执行扫描”对话框

2.2.5 西门子 S7-200 仿真软件的使用

近年来, 在网上流行一种 S7-200 的仿真软件, 该软件可以在网上用 Google 等工具进行搜索, 它是免安装软件, 使用时只要用鼠标左键双击 S7-200 汉化版.exe 图标, 就可以打开它。用鼠标左键单击屏幕中间出现的窗口, 在密码输入对话框中输入密码“6596”就可进入仿真软件, 如图 2-28 所示。

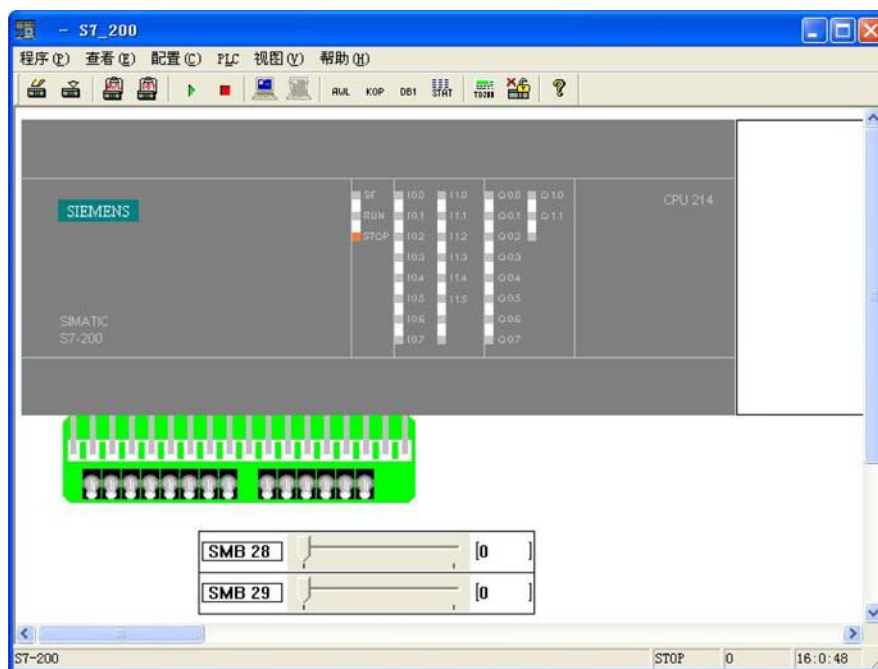


图 2-28 S7-200 汉化版仿真软件界面

使用 S7-200 汉化版仿真软件的操作步骤如下。

① 在 STEP 7-Micro/WIN 中执行菜单命令“文件”→“新建”或在常用工具条中单击图标, 新建一个项目文件。

② 在新建的项目中输入程序, 并保存。执行菜单命令“PLC”→“全部编译”, 对该项目进行全部编译。若编译正确后, 执行菜单命令“文件”→“导出”或用鼠标右键单击某一程序块, 在弹出的“导出”对话框中输入导出的 ASCII 文本文件的文件名, 该文本文件的默认扩展名为“.awl”。

③ 打开 S7-200 汉化版仿真软件, 执行菜单命令“配置”→“CPU 型号”或在已有的 CPU 图案上双击鼠标左键, 弹出如图 2-29 所示的对话框, 在此对话框中输入或读出 CPU 的型号。注意, 在此对话框中设置的 CPU 型号要与 STEP 7-Micro/WIN 项目中 PLC 设置的型号相同。



图 2-29 “CPU 型号”对话框

④ 执行菜单命令“程序”→“载入程序”或用鼠标左键单击工具条中的第 2 个按钮, 弹出“载入程序”对话框, 在此对话框中选择 STEP 7-Micro/WIN 的版本, 按下“确定”按钮后, 在弹出的“打开”对话框中选择在 STEP 7 Micro/WIN 项目中导出的.awl 文件。

⑤ 将先前导出的.awl 文件打开, 会提示无法打开文件(不要管它, 直接确定), 这里出现错误的原因是无法打开数据块和 CPU 配置文件, 载入程序时不要全部载入, 只载入逻辑块

则不会出现错误。

⑥ 执行菜单命令“PLC”→“运行”或用鼠标左键单击工具栏上的绿色三角按钮, 程序开始模拟运行。

2.3 西门子 S7-200 PLC 基本指令

西门子 S7-200 PLC 基本指令有位逻辑指令、定时器指令、计数器指令、比较指令和程序控制指令等。

2.3.1 位逻辑指令

位逻辑指令是 PLC 中常用的基本指令, S7-200 编程时通常采用梯形图或语句表的方式进行。位逻辑梯形图指令有触点和线圈两大类, 触点又分为常开触点和常闭触点两种形式; 位逻辑语句表指令有“与”、“或”、“输出”等逻辑关系。

1. 逻辑取(装载)及线圈驱动指令

用“LD”和“LDN”指令来装载常开触点和常闭触点, 用“=”作为输出指令。

LD (Load): 取指令, 对应梯形图则为常开触点与母线或线路分支点处的连接。

LDN (Load Not): 取反指令, 对应梯形图则为常闭触点与母线或线路分支点处的连接。

= (OUT): 输出指令, 对应梯形图则为线圈驱动。

使用说明如下。

① 在指令中, “//”表示注释。

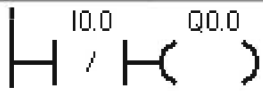
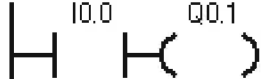
② LD/LDN 可取 I、Q、M、SM、T、C、V、S 的触点。

③ “=”可驱动 Q、M、SM、T、C、V、S 的线圈, 但不能驱动输入映像寄存器 I。当 PLC 输出端不带负载时, 尽量使用 M 或其他控制线圈。

④ “=”可以并联使用任意次, 但不能串联。

例 2-1: 合上电源开关, 没有按下点动按钮时指示灯亮, 按下按钮时电动机转动, 分别使用 PLC 梯形图、基本指令实现这一控制功能。

解: 点动按钮 SB0 与 PLC 输入端子 I0.0 连接, 指示灯与 PLC 输出端子 Q0.0 连接, 电动机 M1 由 KM0 控制, KM0 的线圈与 PLC 输出端子 Q0.1 连接, PLC 控制程序如下。

网 络	LA)	ST
网络 1		LDN I0.0 //没有按下点动按钮 = Q0.0 //指示灯亮
网络 2		LD I0.0 //按下点动按钮 = Q0.1 //电动机运转

2. 触点串联指令

触点串联指令又称逻辑“与”指令, 它包括常开触点串联和常闭触点串联, 分别用 A 和 AN 指令来表示。

A (And): “与”操作指令, 在梯形图中表示串联一个常开触点。

AN (And Not): “与非”操作指令, 在梯形图中表示串联一个常闭触点。

使用说明如下。

① A 和 AN 指令是单个触点串联连接指令，可连续使用，但是同一支路串联触点最多可使用 11 个。

② A、AN 指令可对 I、Q、M、SM、T、C、V、S 的触点进行逻辑“与”操作，和“=”指令组成纵向输出。

例 2-2：在某一控制系统中，SB0 为停止按钮，SB1、SB2 为点动按钮，当 SB1 按下时电动机 M1 启动，此时再按下 SB2，电动机 M2 启动而电动机 M1 仍然工作，如果按下 SB0，则两个电动机都停止工作，试用 PLC 实现这一控制功能。

解：SB0、SB1、SB2 分别与 PLC 输入端子 I0.0、I0.1、I0.2 连接，电动机 M1、M2 分别由 KM0、KM1 控制，KM0、KM1 的线圈分别与 PLC 输出端子 Q0.0 和 Q0.1 连接，PLC 控制程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 AN I0.0 = Q0.0 A I0.2 = Q0.1

3. 触点并联指令

触点并联指令又称逻辑“或”指令，它包括常开触点并联和常闭触点并联，分别用 O 和 ON 指令来表示。

O (Or): “或”操作指令，在梯形图中表示并联一个常开触点。

ON (Or Not): “或非”操作指令，在梯形图中表示并联一个常闭触点。

使用说明如下。

① O/ON 指令可作为并联一个触点指令，紧接在 LD/LDN 指令之后，可连接使用。

② O、ON 指令可对 I、Q、M、SM、T、C、V、S 的触点进行逻辑“或”操作，和“=”指令组成纵向输出。

例 2-3：在两人抢答系统中，当主持人允许抢答时，先按下抢答按钮的进行回答，且指示灯亮，主持人可随时停止回答，分别使用 PLC 梯形图、基本指令实现这一控制功能。

解：设主持人用转换开关 SA 来设定允许/停止状态，甲的抢答按钮为 SB0，乙的抢答按钮为 SB1，抢答指示灯为 HL1、HL2。SA、SB0、SB1 分别与 PLC 输入端子 I0.0、I0.1、I0.2 连接，HL1、HL2 分别与 PLC 输出端子 Q0.0 和 Q0.1 连接，PLC 控制程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O Q0.0 A I0.0 AN Q0.1 = Q0.0
网络 2		LD I0.2 O Q0.1 A I0.0 AN Q0.0 = Q0.1

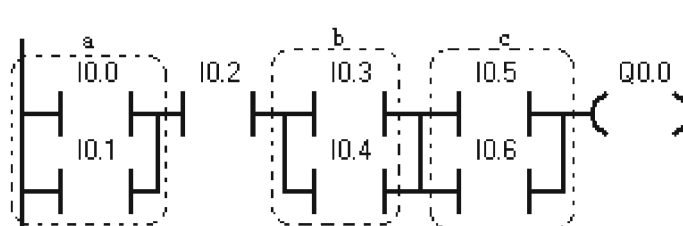
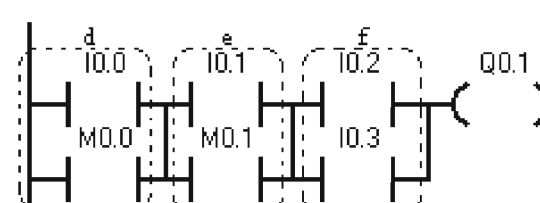
4. 电路块的串联指令

ALD: 块“与”操作指令, 用于 2 个或 2 个以上触点并联在一起的电路块的串联连接。使用说明如下。

① 将并联电路块串联连接进行“与”操作时, 电路块开始用 LD 或 LDI 指令, 电路块结束后用 ALD 指令连接起来。

② ALD 指令不带元件编号, 是一条独立指令。ALD 指令可串联多个并联电路块, 支路数量没有限制。

例 2-4: ALD 的使用如下所示。

网 络	LAD	STL	
网络 1		<pre> LD I0.0 O I0.1 A I0.2 LD I0.3 O I0.4 ALD LD I0.5 O I0.6 ALD = Q0.0 </pre>	
网络 2		编程方法 1	编程方法 2
		<pre> LD I0.0 O M0.0 LD I0.1 O M0.1 ALD LD I0.2 O I0.3 ALD = Q0.1 </pre>	<pre> LD I0.0 O M0.0 LD I0.1 O M0.1 LD I0.2 O I0.3 ALD ALD = Q0.1 </pre>

网络 1 中 a 由 I0.0 和 I0.1 并联在一起然后与 I0.2 串联, 不需要使用串联块命令 ALD; b 由 I0.3 和 I0.4 并联构成一个块再与 I0.2 串联, 因此需要使用 ALD 命令; c 由 I0.5 和 I0.6 并联构成一个块再与块 b 串联, 因此也需要使用 ALD 命令。

网络 2 由块 d、块 e、块 f 串联而成, 因此块 d、块 e 串联时需一个 ALD, 块 f 与前面电路串联时也需一个 ALD, 指令表如编程方法 1 所示。网络 2 的指令表中也可以先将 3 个并联回路写完再书写 ALD, 指令表如编程方法 2 所示。

5. 电路块的并联指令

OLD: 块“或”操作指令, 用于 2 个或 2 个以上触点串联在一起的电路块的并联连接。使用说明如下。

① 将串联电路块并联连接进行“与”操作时, 电路块开始用 LD 或 LDI 指令, 电路块结束后用 OLD 指令连接起来。

② OLD 指令不带元件编号, 是一条独立指令。OLD 指令可并联多个串联电路块, 支路数量没有限制。

例 2-5: OLD 的使用如下所示, 网络 1 的梯形图也可以用 2 种语句表完成。

网 络	LAD	STL	
		编程方法 1	编程方法 2
网络 1		LD I0.0 A I0.2 LD I0.3 AN M0.0 OLD LD I0.4 A M0.1 OLD = Q0.0	LD I0.0 A I0.2 LD I0.3 AN M0.0 LD I0.4 A M0.1 OLD OLD = Q0.0
网络 2		LD I0.0 O Q0.0 LD I0.1 AN M0.0 LD I0.2 A M0.1 OLD ALD LD I0.3 A I0.4 LD I0.5 AN I0.6 OLD OLD = Q0.1	

6. 逻辑堆栈操作指令

在 S7-200 系列 PLC 中采用了模拟堆栈的结构, 用来保存逻辑运算结果及断点的地址, 这种堆栈称为逻辑堆栈。S7-200 系列有一个 9 层的堆栈。常见的堆栈指令有 LPS 逻辑进栈指令、LRD 逻辑读栈指令和 LPP 逻辑出栈指令。

LPS (Logic Push): 逻辑进栈指令, 它是将栈顶值复制后压入堆栈, 栈中原来数据依次下移一层, 栈底值压出丢失。

LRD (Logic Read): 逻辑读栈指令, 它是将逻辑堆栈第 2 层的值复制到栈顶, 2~9 层数据不变, 堆栈没有压入和弹出, 但原栈顶的值丢失。

LPP (Logic Pop): 逻辑出栈指令, 它是将堆栈弹出一级, 原第 2 级的值变为新的栈顶值, 原栈顶数据从栈内丢失。

使用说明如下。

- ① 逻辑堆栈指令可以嵌套使用, 最多 9 层。
- ② 逻辑进栈指令 LPS 和逻辑出栈指令 LPP 必须成对使用, 最先使用 LPS, 最后一次读栈操作应使用 LPP。
- ③ 堆栈指令没有操作数。

例 2-6: OLD 的使用如下所示, 网络 1 中没有逻辑读栈指令; 网络 2 使用了 LPS、LRD 和 LPP 指令; 网络 3 中使用了多次逻辑读栈指令 LRD。从这 3 个网络程序段可以看出, 逻辑进栈指令 LPS 和逻辑出栈指令 LPP 必须成对使用, 使用堆栈指令时不一定要使用逻辑读栈指令 LRD。

◆ 46 ◆

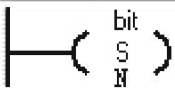
7. 置位/复位指令

S (Set): 置位指令, 使能输入有效后从起始位 S-bit 开始的 n 个位置 1, 并保护。

R (Reset): 复位指令, 使能输入有效后从起始位 S-bit 开始的 n 个位置 0, 并保护。

置位指令和复位指令的格式如表 2-2 所示。

表 2-2 置位和复位指令的格式

指 令	L D	STL
置位		S bit, N
复位		R bit, N

使用说明如下。

① 对位元件来说, 一旦置位, 就保护在通电状态, 除非对它进行复位。

② 对位元件来说, 一旦复位, 就保护在断电状态, 除非对它进行置位。

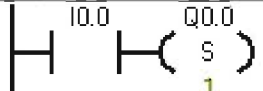
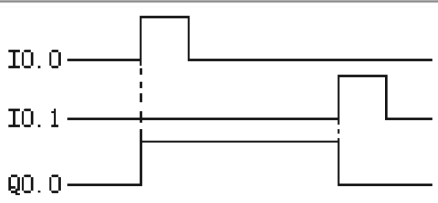
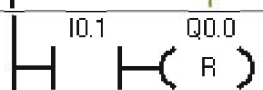
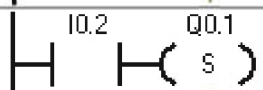
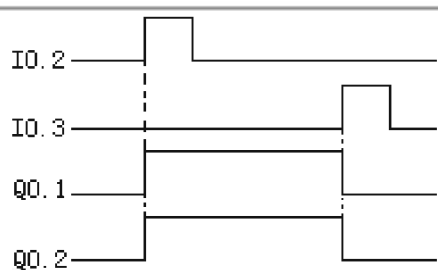
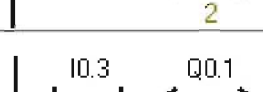
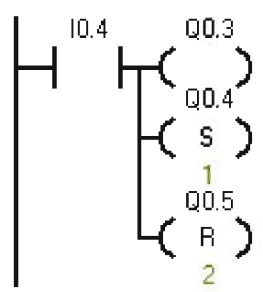
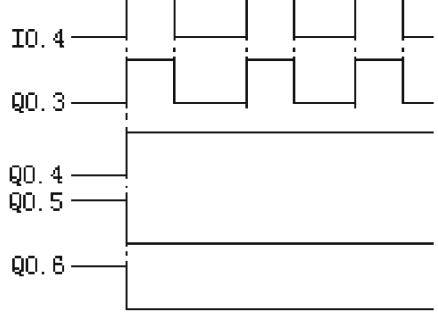
③ 对同一位元件, 可以多次使用置位/复位指令。

④ 由于 PLC 采用扫描工作方式, 当置位、复位指令同时有效时, 写在后面的指令具有优先权。

⑤ 操作数 N 为 VB、IB、QB、MB、SMB、SB、LB、AC、常数、*VD、*AC、*LD, 取值范围为 0~255。

⑥ 操作数 S-bit 为 I、Q、M、SM、T、C、V、S、L。

例 2-7: S/R 指令的使用及时序分析如下。

网 络	LAD	STL	时序分析
网络 1		LD I0.0 S Q0.0, 1	
网络 2		LD I0.1 R Q0.0, 1	
网络 3		LD I0.2 S Q0.1, 2	
网络 4		LD I0.3 R Q0.1, 2	
网络 5		LD I0.4 = Q0.3 S Q0.4, 1 R Q0.5, 2	

8. 脉冲生成指令

EU: 正跳变触发指令, 某操作数出现由 0 到 1 的上升沿时, 使触点闭合, 形成一个扫描周期的脉冲, 驱动后面的输出线圈。

ED: 负跳变触发指令, 某操作数出现由 1 到 0 的下降沿时, 使触点闭合, 形成一个扫描周期的脉冲, 驱动后面的输出线圈。

脉冲生成指令的格式如表 2-3 所示。

表 2-3 脉冲生成指令的格式

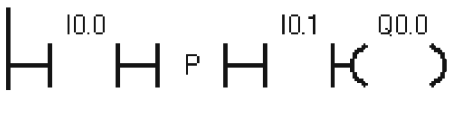
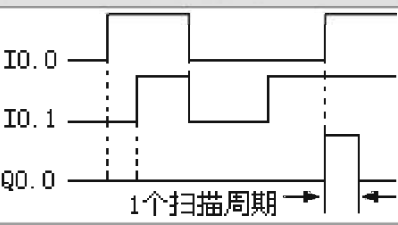
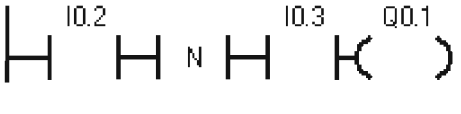
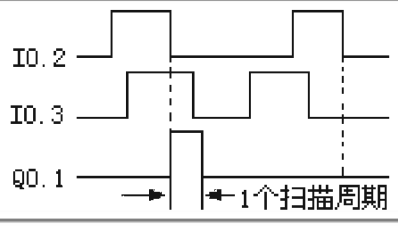
指令	LAD	STL
正跳变		EU
负跳变		ED

使用说明如下。

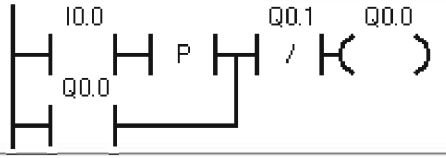
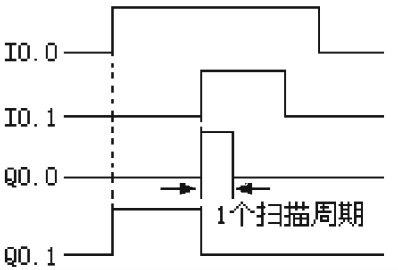
① EU 和 ED 只有在输入信号变化时才有效, 因此一般将其放在这一变化脉冲出现的语句之后, 输出的脉宽为一个机器扫描周期。

② EU、ED 无操作数。

例 2-8: 脉冲生成指令的使用及时序分析如下所示。当检测到 I0.0 由 OFF→ON (上升沿) 且 I0.1 接通时, 输出 Q0.0 接通一个扫描周期; 当检测到 I0.2 由 ON→OFF (下降沿) 且 I0.3 为 ON 时, 输出 Q0.1 接通一个扫描周期。从时序图中可以看出, 若 I0.1 为 OFF, 即使检测到 I0.0 的上升沿, Q0.0 也不接通; 同理, 若 I0.3 为 OFF, 即使检测到 I0.2 的下降沿, Q0.1 也不接通。

网 络	LAD	STL	时序分析
网络 1		LD I0.0 EU A I0.1 = Q0.0	
网络 2		LD I0.2 ED A I0.3 = Q0.1	

例 2-9: 根据梯形图, 画出 Q0.0 和 Q0.1 的时序图, 其中网络 1 和网络 2 控制一组时序, 网络 3 和网络 4 控制另一组时序。

网 络	LAD	时 序 图
网络 1		
网络 2		

续表

网 络	LAD	时 序 图
网络 3		
网络 4		

例 2-10: 利用正跳变触发指令实现二分频, 其指令表及时序图如下所示。在 I0.0 接通上升沿时, 内部继电器 M0.0 接通一个扫描周期, 输出 Q0.0 接通并自锁。当输入 I0.0 的第 2 个脉冲到来时, 内部继电器 M0.1 接通, 其常闭触点 M0.1 打开, 使 Q0.0 断开。

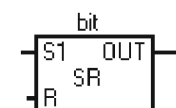
网 络	LAD	STL	时 序 图
网络 1		LD I0.0 EU = M0.0	
网络 2		LD M0.0 A Q0.0 = M0.1	
网络 3		LD M0.0 O Q0.0 AN M0.1 = Q0.0	

9. RS 触发器指令

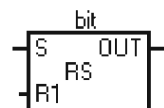
SR: 置位优先触发器指令, 当置位信号 S1 和复位信号 R 都为真时, 输出为真。

RS: 复位优先触发器指令, 当置位信号 S 和复位信号 R1 都为真时, 输出为真。

RS 触发器指令如图 2-30 所示。



(a) SR 指令



(b) RS 指令

图 2-30 RS 触发器指令

使用说明如下。

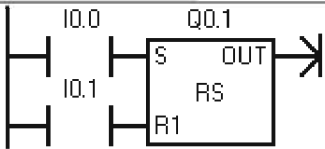
① bit 参数用于指定被置位或者复位的布尔参数, 可选输出反映 bit 参数的信号状态。

② RS 触发器指令的输入/输出操作数为 I、Q、V、M、SM、S、T、C, bit 的操作数为 I、Q、V、M、S。

例 2-11: 脉冲生成指令的使用及时序图如下所示。

网 络	LAD	时 序 图
网络 1		

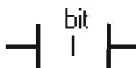
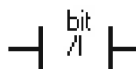
续表

网 络	LAD	时 序 图
网络 2		

10. 立即指令

立即指令是为了提高 PLC 对输入/输出的响应速度而设置的，它不受 PLC 循环扫描工作方式的影响，允许对输入点和输出点直接进行读、写操作。当用立即指令读取输入点的状态时，对 I 进行操作，相应的输入映像寄存器中的值并未更新；当用立即指令访问输出点时，对 Q 进行操作，新值同时写到 PLC 的物理输出点和相应的输出映像寄存器。立即指令有立即触点指令和立即输出指令，如表 2-4 所示。

表 2-4 立即指令

	指 令 名 称	STL	LAD	指 令 功 能
立即触点指令	立即取	LDI bit		立即常开触点
	立即或			
	立即与			
	立即取反	LDNI bit		立即常闭触点
	立即或反			
	立即与反			
立即输出指令		=I bit		立即输出
		SI bit, n		立即置位
		RI bit, n		立即复位

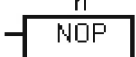
立即触点指令只能对输入继电器进行操作，使用此类指令读取输入点的状态时，将输入点的值读到栈顶，不刷新相应的输入映像寄存器的值。立即输出指令对输出点操作时，把栈顶程序当前值立即复制到指令所指示的物理输出点，并同时刷新输出映像寄存器的内容。立即指令与相应指令的使用方法一致。

11. 取反指令与空操作指令

NOT: 取反指令，又称取非指令，是将左边电路的逻辑运算结果取反，若运算结果为“1”，则取反后变为“0”；若运算结果为“0”，则取反后变为“1”。该指令没有操作数。

NOP: 空操作指令，不做任何逻辑操作，在程序中留下地址以便调试程序时插入指令或稍微延长扫描周期长度，而不影响用户程序的执行。取反指令与空操作指令如表 2-5 所示。

表 2-5 取反指令与空操作指令

指 令 名 称	LAD	STL
取反指令		NOT
空操作		NOP n

使用说明如下。

- ① 取反指令在梯形图中的触点上加写个“NOT”字符，指令语句表中没有操作数，用“NOT”表示。
- ② 空操作指令的 n 范围为 $0 \sim 255$ 。

2.3.2 定时器指令

在传统继电器—交流接触器控制系统中，一般使用延时继电器进行定时，通过调节延时调节螺丝来设定延时时间的长短。在 PLC 控制系统中，通过内部软延时继电器—定时器来进行定时操作。PLC 内部定时器是 PLC 中最常用的元器件之一，用好、用对定时器对 PLC 程序设计非常重要。

S7-200 系列 PLC 定时器用“T”进行表示，它是对内部时钟累计时间增量计时的， $T0 \sim T255$ 总共 256 个增量型定时器。每个定时器均有一个 16 位的当前值寄存器，用以存放当前值；一个 16 位的预置值寄存器，用以存放时间的设定值；还有一个状态位，反映其触点的状态。

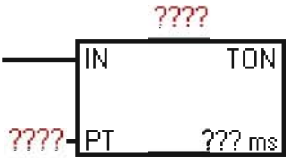
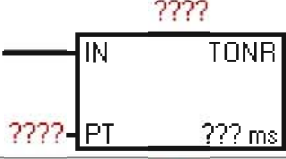
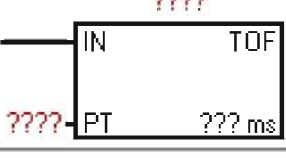
1. 定时器的分类

S7-200 系列 PLC 定时器可按照工作方式的不同和时间间隔（又称时基或时间分辨率）的不同进行分类。

（1）按工作方式的不同进行分类

S7-200 系列 PLC 定时器按照工作方式的不同，可分为 TON 接通延时型（On-Delay Timer）、TONR 保持型（Retentive，又称有记忆接通延时型）和 TOF 断开延时型（Off Delay Timer）3 种类型，如表 2-6 所示。

表 2-6 3 种不同工作方式的定时器

LA D	STL	功能说明
	TON	接通延时型定时器
	TONR	有记忆接通延时型定时器
	TOF	断开延时型定时器

① 接通延时型定时器 TON

接通延时型定时器用于单一间隔的定时，在梯形图中由定时标志 TON、使能输入端 IN、时间设定输入端 PT 及定时器编号 T_n 构成；语句表中由定时器标志 TON、时间设定值输入端 PT 和定时器编号 T_n 构成。

当使能端 IN 为低电平无效时，定时器的当前值为 0，定时器 T_n 的状态也为 0，定时器

没有工作；当使能端 IN 为高电平 1 时，定时器开始工作，每过一个时基时间，定时器的当前值就增 1。若当前值等于或大于定时器的设定值 PT，则定时器的延时时间到，定时器输出点有效，输出状态位由 0 变为 1。定时器输出状态改变后，仍然继续计时，直到当前值等于其最大值 32767 时，才停止计时。

② 保持型定时器 TONR

保持型定时器用于多次间隔的累计定时，其构成和工作原理与接通延时型定时器类似，不同之处在于保持型定时器在使能端为 0 时，当前值将被保持；当使能端有效时，在原保持值上继续递增。

③ 断开延时型定时器 TOF

断开延时型定时器用于断开或故障事件后的单一间隔定时，其构成类似前面两种定时器。

当使能端 IN 为高电平时，定时器输出状态位置 1，当前值为 0，没有工作。当使能端 IN 由高电平跳变到低电平时，定时器开始计时，每过一个时基时间，当前值递增，若当前值达到设定值，则定时器状态位置 0，并停止计时，当前值保持。

(2) 按时基的不同进行分类

按照时间间隔的不同，可将定时器分为 1ms、10ms、100ms 3 种类型。不同的时基标准，定时精度、定时范围和定时器的刷新方式不同。

① 定时精度和定时范围

定时器使能端输入有效后，当前值寄存对 PLC 内部的时基脉冲增 1 计数，最小的计时单位称为时基脉冲宽度，又称定时精度。从定时器输入有效，到状态位输出有效所经过的时间为定时时间， $\text{定时时间} = \text{设定值} \times \text{时基}$ 。当前值寄存器为 16 位，最大计数值为 $2^{16} = 32767$ 。最长定时时间 = 时基 $\times$ 最大定时计数值，时基越大，定时时间越长，但定时精度越差。T0~T255 定时器分属不同的工作方式和时基，其规格如表 2-7 所示。

表 2-7 定时器规格

工 作 方 式	时基/ms	最长定时时间/s	定时器编号
TONR	1	32.767	T0, T64
	10	327.67	T1~T4, T65~T68
	100	3276.7	T5~T31, T69~T95
TON、TOF	1	32.767	T32, T96
	10	327.67	T33~T36, T97~T100
	100	3276.7	T37~T63, T101~T255

② 定时器的刷新方式

1ms 定时器采用中断的方式每隔 1ms 刷新一次，其刷新与扫描周期和程序处理无关，因此当扫描周期较长时，在一个周期内可刷新多次，其当前值可能被改变多次。

10ms 定时器在每个扫描周期开始时刷新，由于每个扫描周期内只刷新一次，因此每次程序处理期间，当前值不变。

100ms 定时器是在该定时器指令执行时刷新，下一条执行的指令即可使用刷新后的结果。在使用时要注意，如果该定时器的指令不是每个周期都执行，定时器就不能及时刷新，还可能导致出错。

2. 定时器使用举例

例 2-12：按下按钮 SB 后，指示灯亮，延时 0.5s 自动熄灭。

解：延时 0.5s 应使用 TON 来实现，查看表 2-7 可知，由于延时时间不长，TON 型的定时器都可使用，在本例中采用 T33 进行延时，设定值为 $0.5\text{s} \div 10\text{ms} = 50$ 。按钮 SB 与 PLC 的 I0.0 连接，指示灯 HL 与 PLC 的 Q0.0 相连。其程序与时序图如下所示。

网 络	LAD	STL	时 序 图
网络 1		<pre> LD I0.0 O Q0.0 AN T33 = Q0.0 AN I0.0 TON T33, 50 </pre>	

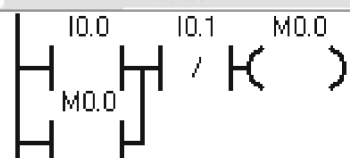
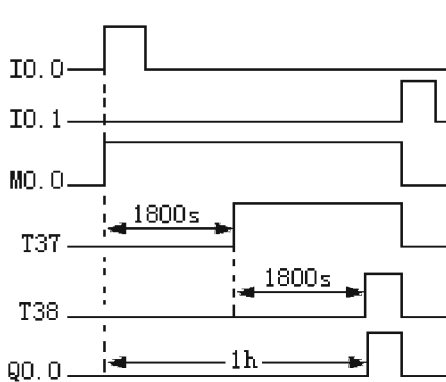
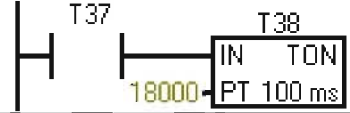
例 2-13：闪光控制。

解：利用两个定时器可构成任意占空比周期性信号输出，在本例中，定时器 T37 产生 3s 的定时，T38 产生 2s 的定时，灯光闪烁周期为 5s。若 I0.0 接通时，Q0.0 接通，同时定时器 T37 开始定时，3s 后，T37 常开触点接通，常闭触点断开，则 Q0.0 断开，同时定时器 T38 开始定时，2s 后，T38 常闭触点断开，则定时器 T37、T38 被复位，其触点恢复常态，从而使 T38 常闭触点重新接通，第 2 个输出周期开始。其程序与时序图如下所示，若要改变闪光的频率，只要改变两个定时器的时间常数即可。如果 T37 和 T38 的设置相同，则 Q0.0 输出一方波。

网 络	LAD	STL	时 序 图
网络 1		<pre> LD I0.0 AN T38 TON T37, 30 </pre>	
网络 2		<pre> LD I0.0 AN T37 = Q0.0 </pre>	
网络 3		<pre> LD T37 TON T38, 20 </pre>	

例 2-14：设计一个延时 1h 的电路。

解：一般 PLC 的一个定时器的延时时间都较短，如果需要延时时间更长的定时器，可采用多个定时器串级使用来实现长时间延时。定时器串级使用时，其总的定时时间为各定时器定时时间之和。 $1\text{h} = 3600\text{s}$ ，因此可采用 T37 和 T38 串联来实现，两个定时器的设定值可以是 18000。当按下启动按钮 SB 时，即 I0.0 闭合，辅助继电器 M0.0 通电自锁，同时 T37 定时器线圈得电开始延时 1800s，若 T37 延时时间到，其延时闭合触点闭合，使 T38 定时器线圈得电开始延时 1800s，若 T38 延时时间到，其延时闭合触点闭合，使 Q0.0 输出。程序及时序图如下所示。

网 络	LAD	STL	时 序 图
网络 1		LD I0.0 O M0.0 AN I0.1 = M0.0	
网络 2		LD M0.0 TON T37, 18000	
网络 3		LD T37 TON T38, 18000	
网络 4		LD T38 = Q0.0	

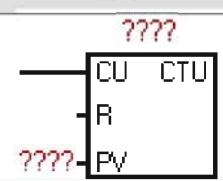
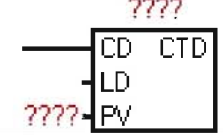
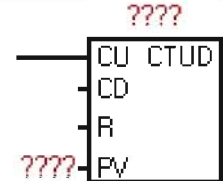
2.3.3 计数器指令

计数器用来累计输入脉冲的次数，它在结构上主要由一个 16 位的预置寄存器、一个 16 位的当前值寄存器和一个状态位组成。若当前值寄存器累计输入脉冲的个数大于或等于预置时，则状态位置 1。

1. 计数器的分类

S7-200 系列 PLC 提供了 3 种类型共 256 个计数器，这 3 种类型分别为 CTU 加计数器、CTD 减计数器和 CTUD 加/减计数器，如表 2-8 所示。

表 2-8 计数器类型

类 型	LAD	STL	编 号 范 围	兑 明
加计数器		CTU	0~255	CU: 加计数器输入端; CD: 减计数器输入端; R: 加计数复位输入端; LD: 减计数复位输入端; PV: 设定值
减计数器		CTD	0~255	
加/减计数器		CTUD	0~255	

(1) 加计数器 CTU (Counter Up)

若复位端 R=1 时，则加计数器的当前值为 0，状态值也为 0。若复位端 R=0，则加计数器输入端每来一个上升沿脉冲时，计数器的当前值增 1 计数，如果当前计数值大于或等于设定值，则计数器状态位置 1，但是每来一个上升沿脉冲时，计数器仍然进行计数，直到当前计数值等于 32767 时，停止计数。

(2) 减计数器 CTD (Counter Down)

若复位输入端 LD=1，则减计数器将设定值装入当前值存储器，状态值为 0。若复位输入

端 LD=0, 则减计数器输入端每来一个上升沿时, 计数器的当前值减 1 计数, 如果当前计数值等于 0, 则计数器状态位置 1, 停止计数。

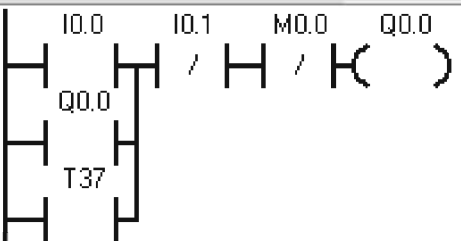
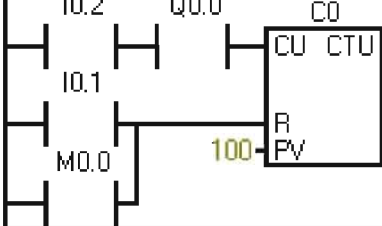
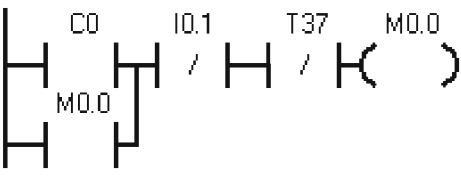
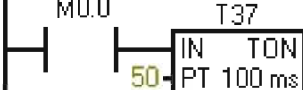
(3) 加/减计数器 CTUD (Counter Up/Down)

加/减计数器有 2 个脉冲输入端, 其中 CU 端用于加计数, CD 端用于减计数。当复位输入端 R=1 时, 当前值为 0, 状态值也为 0。当复位输入端 R=0 时, 加/减计数器开始计数。若 CU 端有一个上升沿输入脉冲时, 计数器的当前值加 1 计数, 如果当前计数值大于或等于设定值, 则计数器状态位置 1。若 CD 端有一个上升沿输入脉冲时, 计数器的当前值减 1 计数, 如果当前值小于设定值, 则状态位清 0。在加计数过程中, 当前计数值达到最大值 32767 时, 下一个 CU 的输入使计数值变为最小值-32768; 同样, 在减计数过程中, 当前计数值达到最小值-32768 时, 下一个 CD 的输入使计数值变为最大值 32767。

2. 计数器使用举例

例 2-15: 用 PLC 控制包装传输系统。要求按下启动按钮后, 传输带电动机工作, 物品在传输带上开始传送, 每传送 100 个物品, 传输带暂停 5s, 工作人员将物品包装。

解: 用光电检测来检测物品是否在传输带上, 若每来一个物品, 产生一个脉冲信号送入 PLC 中进行计数。PLC 中可用加计数器进行计数, 计数器的设定值为 100。启动按钮 SB 与 I0.0 连接, 停止按钮 SB1 与 I0.1 连接, 光电检测信号通过 I0.2 输入 PLC 中, 传输带电动机由 Q0.0 输出驱动。程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 O Q0.0 O T37 AN I0.1 AN M0.0 = Q0.0
网络 2		LD I0.2 A Q0.0 LD I0.1 O M0.0 CTU C0, 100
网络 3		LD C0 O M0.0 AN I0.1 AN T37 = M0.0
网络 4		LD M0.0 TON T37, 50

程序说明: 当按下启动按钮时, I0.0 常开触点闭合, Q0.0 输出传输带运行。若传输带上有物品, 光电检测开关有效, I0.2 常开触点闭合, C0 开始计数。当计数到 100 时, 计数器状态位置 1, C0 常开触点闭合, 辅助继电器 M0.0 有效, M0.0 的两对常开触点闭合, 常闭触点断开。M0.0 的一路常开触点闭合使 C0 复位, 使计数器重新计数; 另一路常开触点闭合开始

延时等待；M0.0 的常闭触点断开，使传输带暂停。若延时时间到，T37 的常闭触点打开，M0.0 线圈暂时没有输出；T37 的常开触点闭合，启动传输带又开始传送物品，如此循环。物品传送过程中，当按下停止按钮时，I0.1 的常闭触点断开，Q0.0 输出无效，传输带停止运行；I0.1 的常开触点闭合，使 C0 复位，为下次启动重新计数做好准备。

例 2-16：设计一个 365 天的定时器。

解：设计一个 365 天的定时器可采用多个定时器串联实现，也可以采用计数器与定时器两者相结合来完成，在此采用计数器与定时器结合来实现。程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 O M0.0 AN I0.1 = M0.0
网络 2		LD M0.0 AN T38 TON T37, 18000
网络 3		LD M0.0 A T37 TON T38, 18000
网络 4		LD T38 LD C0 O I0.1 CTU C0, 8760

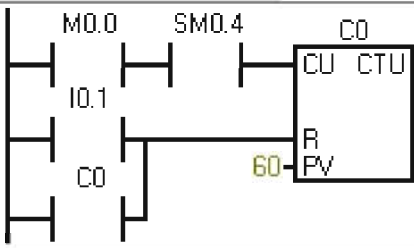
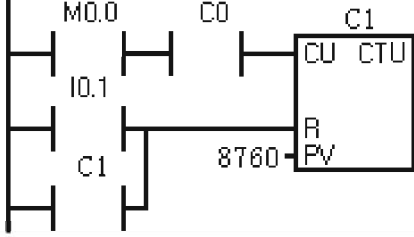
程序说明：当按下启动按钮时，I0.0 常开触点闭合，M0.0 输出线圈有效，T37 开始延时。当 T37 延时 1800s (30min) 时，T37 常开触点闭合，T38 开始延时。当 T38 延时 1800s (30min) 时，T38 常闭触点断开，常开触点闭合。T38 常闭触点断开使 T37、T38 复位，重新开始延时。T38 常开触点闭合，表示延时了 1h，作为计数器 C0 的计数脉冲。由于 365 天=24×365=8760h，因此 C0 的设定值为 8760。当计数器的计数脉冲达到设定值时，C0 常开触点闭合，为下次延时 365 天作准备。在延时过程中，当按下停止按钮时，I0.0 常闭触点打开，停止延时；I0.1 常开触点闭合，使计数器复位。

例 2-17：采用计数器与特殊存储器实现 365 天的延时。

解：通过查阅附录 1 可知，SM0.4 和 SM0.5 都可进行延时，SM0.4 提供 1min 的延时，SM0.5 提供 1s 的延时，下面采用 SM0.4 和计数器来实现 365 天的延时，程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 O M0.0 AN I0.1 = M0.0

续表

网 络	LAD	STL
网络 2		LD M0.0 A SM0.4 LD I0.1 O C0 CTU C0, 60
网络 3		LD M0.0 A C0 LD I0.1 O C1 CTU C1, 8760

程序说明：按下启动按钮时，I0.0 常开触点闭合，M0.0 输出线圈有效，M0.0 常开触点闭合，SM0.4 产生 1min 延时作为 C0 的输入脉冲。1h=60min，因此 C0 的设定值为 60。当 C0 计数 60 次（延时 1h）时，C0 常开触点闭合。C0 的一对常开触点闭合作为本身的复位信号，另一对常开触点闭合作为 C1 的输入脉冲。当 C1 计数 8760 次（延时 365 天）时，C1 常开触点闭合，对本身进行复位。

2.3.4 比较指令

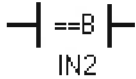
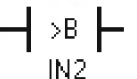
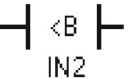
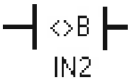
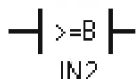
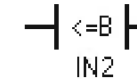
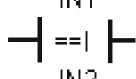
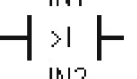
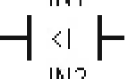
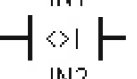
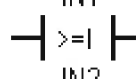
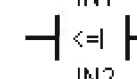
比较指令是将两个操作数 IN1 和 IN2 比较大小，它可对起始触点、并联触点和串联触点进行比较，操作数可以为字节、字、双字、实数。STL 比较指令如表 2-9 所示。

表 2-9 STL 比较指令

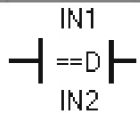
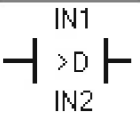
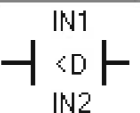
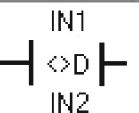
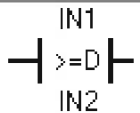
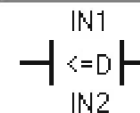
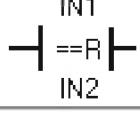
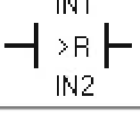
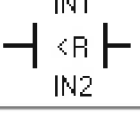
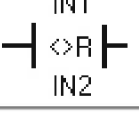
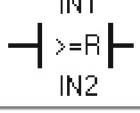
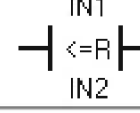
比 较 指 令	起始触点比较	并联触点比较	串联触点比较
字节比较	LDBx IN1, IN2	OBx IN1, IN2	ABx IN1, IN2
字比较	LDWx IN1, IN2	OWx IN1, IN2	AWx IN1, IN2
双字比较	LDDx IN1, IN2	ODx IN1, IN2	ADx IN1, IN2
实数比较	LDRx IN1, IN2	ORx IN1, IN2	ARx IN1, IN2

比较条件有等于（==）、大于（>）、小于（<）、不等于（<>）、大于等于（>=）、小于等于（<=），表 2-9 中的“x”表示比较条件。若满足比较条件时，比较触点闭合，后面的电路被接通；否则比较触点断开，后面的电路不接通。LAD 比较触点指令如表 2-10 所示。

表 2-10 LAD 比较指令

比 较 指 令	等 于	大 于	小 于	不 等 于	大 于 等 于	小 于 等 于
字节比较						
整数比较						

续表

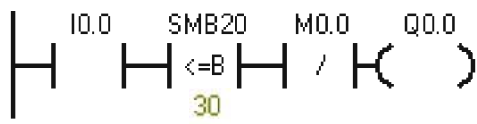
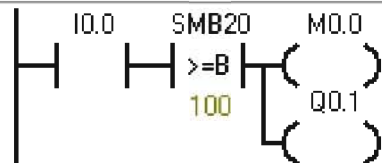
比较指令	等 于	大 于	小 于	不 等 于	大 于 等 于	小 于 等 于
双字比较						
实数比较						

字节比较用于两个字节型整数值的比较，字节比较是无符号的。整数比较用于比较两个一个字长的有符号整数的大小，整数值的范围为 $16\#80000000 \sim 16\#7FFFFFFF$ 。双字比较也是两个有符号整数的比较。实数比较用于 CPU214 以上 PLC 的两个有符号实数的比较，负实数范围为 $-1.174494E-38 \sim -3.402823E+38$ ，正实数范围为 $+1.174494E-38 \sim +3.402823E+38$ 。

比较指令使用举例如下。

例 2-18：PLC 在温度控制系统中的应用，若测量的温度值存放在 SMB20 中，当温度值小于等于 30 时，控制加热器进行加热；当温度值大于或等于 100 时，停止加热，指示灯亮。

解：采用字节比较指令，加热器由 Q0.0 输出控制，指示灯用 Q0.1 输出控制。程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre>LD I0.0 AB<= SMB20, 30 AN M0.0 = Q0.0</pre>
网络 2		<pre>LD I0.0 AB>= SMB20, 100 = M0.0 = Q0.1</pre>

2.3.5 程序控制指令

程序控制指令用于程序运行状态的控制，主要包括结束、看门狗复位、循环、跳转、顺序控制等指令。

1. 结束、暂停与看门狗复位指令

(1) 结束指令

END：条件结束指令，是根据前面的逻辑关系终止用户主程序，返回主程序的第 1 条指令执行。

MEND：无条件结束指令，结束主程序，返回主程序的第 1 条指令执行。

使用说明如下。

① END 指令无操作数，只能在主程序中使用，不能在子程序或中断程序中使用。在梯形图中由结束条件和“END”构成，在语句指令表中由“END”构成。

② MEND 无条件结束指令在梯形图中必须直接与左侧母线相连。

③ 用户必须以无条件结束指令来结束主程序，无条件指令必须在条件结束指令之后。调试程序时，在程序的适当位置插入 MEND 指令可以实现程序的分段调试，但在 STEP 7-Micro/WIN32

编程软件中,主程序的结尾会自动生成 MEND 无条件结束指令,用户不需输入,否则会编译出错。

(2) 暂停指令

STOP: 暂停指令,使 CPU 由 RUN (运行) 状态转到 STOP (停止) 状态,终止用户程序的执行。STOP 指令可以用在主程序、子程序和中断程序中。如果在中断程序中执行 STOP 指令,那么该中断立即终止并且忽略所有挂起的中断,继续扫描程序的剩余部分,在本次扫描的最后将 CPU 由 RUN 状态切换到 STOP 状态。

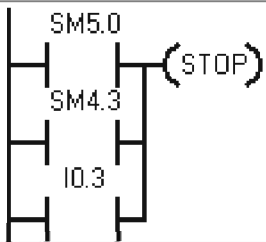
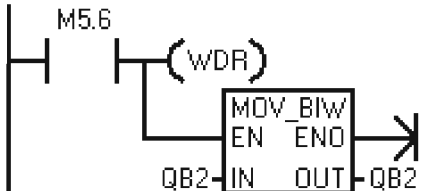
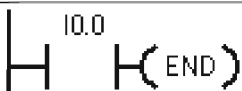
(3) 看门狗复位指令

WDR (Watch Dog Reset): 看门狗复位指令,又称警戒时钟刷新指令,它允许 CPU 的看门狗定时器重新被触发。当使能输入有效时,每执行一次 WDR 指令,看门狗定时器就被复位一次,可增加一次扫描时间。当使能输入无效时,看门狗定时器定时时间到,程序将终止当前指令的执行而重新启动,返回到第 1 条指令重新执行。

看门狗的定时时间为 300ms,正常情况下,若扫描周期小于看门狗定时时间,则看门狗不会复位;若扫描周期等于或大于看门狗定时时间,则看门狗定时器自动将其复位一次。因此,若程序的扫描时间超过 300ms 或者在中断事件发生时,有可能使程序的扫描周期超时,为防止在正常情况下程序被看门狗复位,可将看门狗刷新指令 WDR 插入到程序的适当位置以延长扫描周期,从而有效避免看门狗超时错误。

使用 WDR 指令时,若用循环指令去阻止扫描完成或过度地延迟扫描完成的时间,那么在终止本次扫描之前以下操作过程将被禁止:通信(自由端口方式除外)、I/O 更新(立即 I/O 除外)、强制更新、SM 位更新(SM0 和 SM5~SM29 不能被更新)、运行时间诊断、中断程序中的 STOP 指令等。由于扫描时间超过 25s,10ms 和 100ms 定时器将不会正确累计时间。

例 2-19: 结束、暂停和看门狗指令的应用举例,程序如下所示。

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre>LD SM5.0 O SM4.3 O IO.3 STOP</pre>
网络 2		<pre>LD M5.6 WDR BIW QB2, QB2</pre>
网络 3		<pre>LD IO.0 END</pre>

程序说明: 网络 1 中 SM5.0 是检查 I/O 是否发生错误, SM4.3 是运行时检查编程, IO.3 是外部切换开关,若 I/O 发生错误或者运行中发生错误或者外部开关有效,这 3 个条件中只要有任一条件存在,PLC 由 RUN 状态切换到 STOP 状态。网络 2 中当 M5.6 有效时,允许扫描周期扩展,重新触发 CPU 的看门狗,MOV_BIW 指令是重新触发第 1 个输出模块的看门狗。

网络 3 中当 I0.0 接通时，终止当前扫描周期。

2. 循环与跳转指令

(1) 循环指令

FOR-NEXT: 循环指令，可以用来描述一段程序重复执行一定次数的循环体，它由 FOR 指令和 NEXT 指令两部分组成，FOR 指令标记循环体的开始，NEXT 指令标记循环体的结束，FOR 和 NEXT 必须成对使用。FOR-NEXT 循环指令如图 2-31 所示。

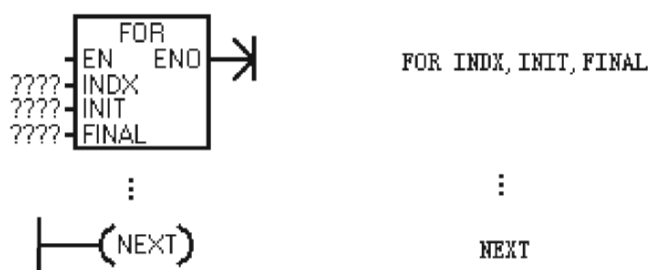


图 2-31 FOR-NEXT 指令格式

FOR 指令中的 INDX 为当前值计数器，INIT 为循环次数初始值，FINAL 为循环计数终止值。假设使能端 EN 有效，给定循环次数初始值为 1，计数终止值为 10，那么随着当前计数值 INDX 从 1 增加到 10，FOR 与 NEXT 之间的程序指令被执行 10 次。如果循环次数初始值大于计数终止值，那么不执行循环体。若循环次数初始值小于计数终止值，则每执行一次循环体，当前计数值增加 1，并且将其结果与终止值进行比较，当它大于终止值时，结束循环。

FOR-NEXT 指令也可以嵌套使用，但最多可以嵌套 8 次。

例 2-20：FOR-NEXT 循环指令的使用如图 2-32 所示，图中①为外循环，②为内循环，该程序的功能请读者自己分析。

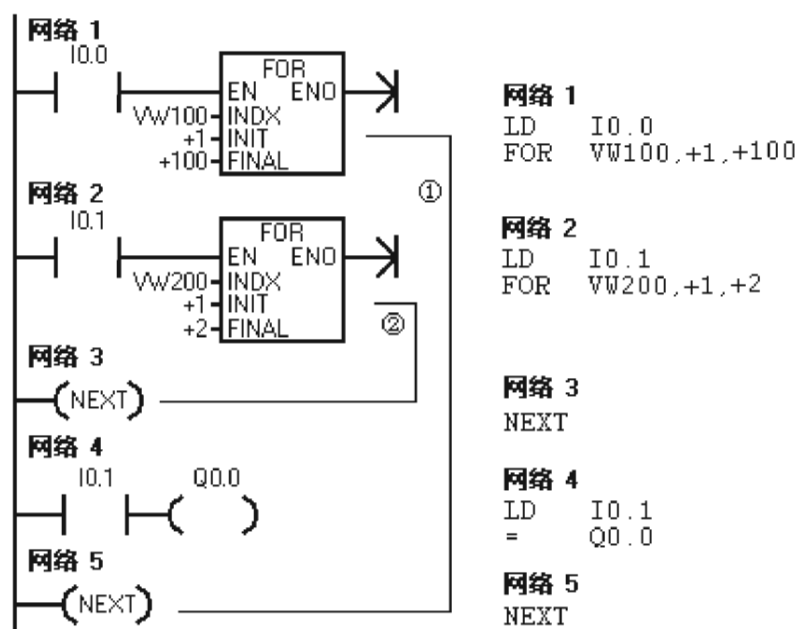


图 2-32 FOR-NEXT 指令应用举例

(2) 跳转指令

JMP: 跳转指令，当输入端有效时，将程序跳转到同一程序 LBL 指定的标号 (n) 处执

行, 其指令格式如图 2-33 所示。

标号指令 LBL 是指令跳转的目标标号, 操作数 n 为 $0 \sim 244$ 。

可以在主程序、同一子程序或同一中断服务程序中使用跳转指令, 且跳转指令和与之相应的标号指令必须位于同一程序内, 但是不能从主程序跳转到子程序, 同样也不能从子程序或中断程序中跳出。

例 2-21: 跳转指令的使用如下。

????
—(JMP)

????
—[LBL]

图 2-33 跳转指令

网 络	LAD	STL
网络 1		LDN SM1.2 JMP 2
网络 2		LD I0.1 = Q0.0
网络 3		LBL 2
网络 4		LD I0.2 = Q0.1 = Q0.2

程序说明: SM1.2 为特殊存储器位, 当执行数学运算, 其结果为负数时, 将该位置 1。此程序段中是指执行数学运算时, 若运算结果为负数, 则顺序执行网络 2; 若运算结果为正数, 则直接跳转到网络 3, 执行网络 4 中的内容。

3. 子程序调用及返回指令

通常将具有特定功能, 并多次使用的程序段编制成子程序, 子程序在结构化程序设计中是一种方便有效的工具。在程序中使用子程序时, 需进行的操作有建立子程序、子程序调用和子程序返回。

(1) 建立子程序

在 STEP 7-Micro/WIN32 编程软件中可采用以下方法建立子程序。

- ① 执行菜单命令“编辑”→“插入”→“子程序”。
- ② 在指令树中用鼠标右键单击“程序块”图标, 并从弹出的菜单选项中选择“插入”下的“子程序”。
- ③ 在“程序编辑器”的空白处单击鼠标右键, 从弹出的菜单选项中选择“插入”下的“子程序”。

建立了子程序后, 子程序的默认名为 SBR_N, 编号 N 从 0 开始按递增顺序生成。在 SBR_N 上单击鼠标右键, 从弹出的菜单选项中选择“重命名”, 可更改子程序的程序名。

(2) 子程序调用

CALL: 子程序调用指令, 将程序控制权交给子程序 SBR_N, 调用子程序时可以带参数, 也可以不带参数, 子程序执行完成后, 控制返回到调用子程序的指令的下一条指令。

CRET: 子程序条件返回指令, 根据它前面的逻辑块决定是否终止子程序。

RET: 子程序无条件返回指令, 它由编程软件自动生成。

子程序调用及返回指令格式如表 2-11 所示。

表 2-11 子程序调用及返回指令格式

指 令	LAD	STL
子程序调用		CALL SBR_0
子程序返回		RET

使用说明如下。

① 在主程序中，最多有 8 层可以嵌套调用子程序；但在中断服务程序中，不能嵌套调用子程序。

② 当有一个子程序被调用时，系统会保存当前的逻辑堆栈，并将栈顶值置 1，堆栈的其他值为 0，把控制权交给被调用的子程序。当子程序完成之后，恢复逻辑堆栈，将控制权交还给调用程序。

③ 如果子程序在同一个周期内被多次调用时，不能使用上升沿、下降沿、定时器和计数器指令。

例 2-22：子程序调用举例如图 2-34 所示。

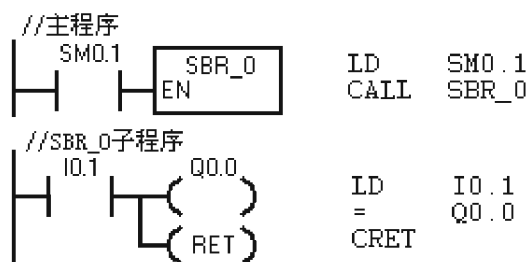
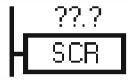


图 2-34 子程序调用

4. 顺序控制指令

在运用 PLC 进行顺序控制时，通常采用顺序功能指令。顺序控制指令可将顺序功能流程图转换成梯形图程序。使用 3 条指令描述程序的顺序控制步进状态：顺序控制开始指令 SCR、顺序控制转移指令 SCRT 和顺序控制结束指令 SCRE。顺序控制程序段是从 SCR 指令开始，到 SCRE 指令结束，指令格式如表 2-12 所示。

表 2-12 顺序控制指令格式

指 令	LAD	STL
顺序控制开始指令		LSCR n
顺序控制转移指令		SCRT n
顺序控制结束指令		SCRE

使用说明如下。

① SCR 只对状态元件 S 有效，不能将同一个 S 位用于不同程序中。例如，若主程序中用了 S0.1 位，子程序中就不能再用它了。

② 当需要保持输出时，可使用置位 S 或复位 R 指令。

③ 在 SCR 段之间不能使用跳转指令，不允许跳入或跳出 SCR 段。

④ 在 SCR 段中不能使用 FOR-NEXT 和 END 指令。

顺序控制指令使用举例如下。

(1) 不带分支的顺序控制

例 2-23：设计一个由 Q0.0 输出一个周期为 2s 的矩形波。

解：首次扫描位 SM0.1 置位 S0.0，从而在首次扫描中激活状态 1，将 Q0.0 置位输出，延时 2s 后，T37 置位，S0.1 切换到状态 2，切换使状态 1 停止，激活状态 2，将 Q0.1 复位输出，

延时 2s 后，T38 置位，S0.0 重新启动输出。输出波形和程序流程图如图 2-35（a）、（b）所示，顺序控制程序编写如下。

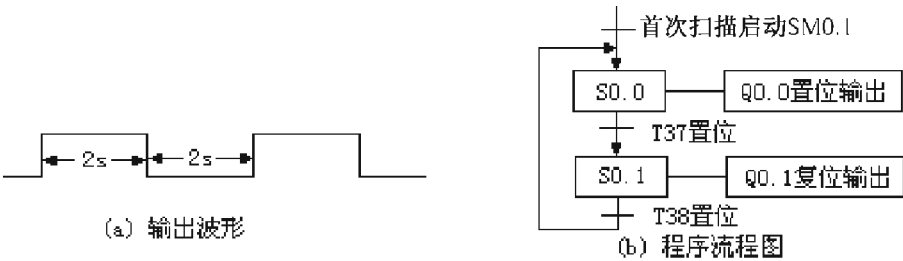


图 2-35 输出波形和程序流程图

网 络	LAD	STL
网络 1		LD SM0.1 S S0.0, 1
网络 2		LSCR S0.0
网络 3		LD SM0.0 S Q0.0, 1 TON T37, 20
网络 4		LD T37 SCRT S0.1
网络 5		SCRE
网络 6		LSCR S0.1
网络 7		LD SM0.0 R Q0.0, 1 TON T38, 20
网络 8		LD T38 SCRT S0.0

(2) 具有分支的顺序控制

在顺序控制功能图中，选择序列的开始称为分支，许多实际控制中，一个顺序控制状态流可能有 2 个或 2 个以上的不同分支控制状态流，如图 2-36（a）所示。当一个控制状态流分成多个分支时，所有的分支控制状态流必须用 SCRT 指令同时激活。

选择性序列的结束称为合并，如图 2-36（b）所示。几个选择性控制流合并到一个状态流时，所有的控制流必须都完成，才能执行下一个状态。

例 2-24：用顺序控制功能红绿灯亮，要求：当闸刀开关合上时，若按下按钮 1，红灯亮 1s；若按下按钮 2，绿灯亮 2s。

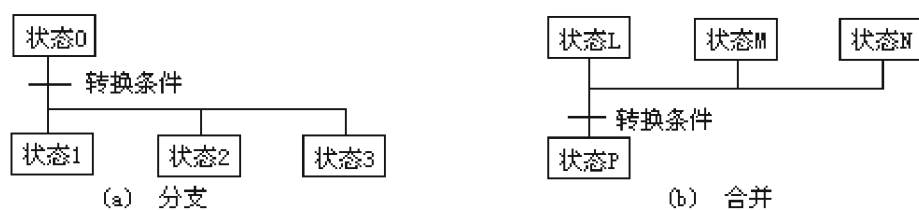


图 2-36 选择性分支、合并顺序控制功能图

解：根据控制要求画出红绿灯顺序控制功能图，如图 2-37 所示。启动条件为按钮 I0.0 置 1，I0.1 控制红灯是否点亮，I0.2 控制绿灯是否点亮，顺序控制程序编写如下。

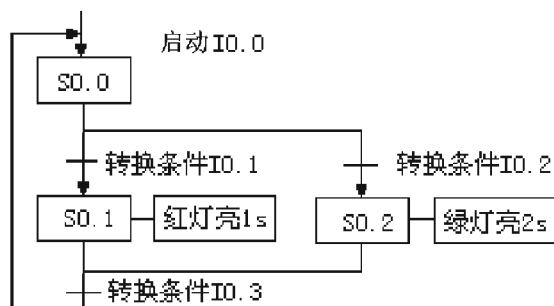
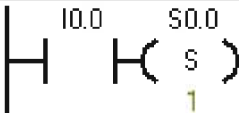
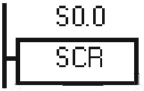
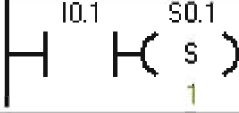
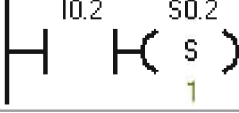
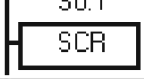
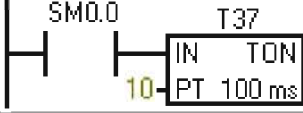
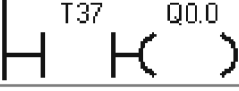
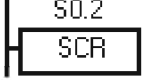
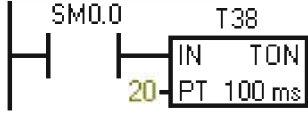
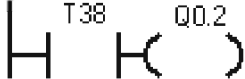
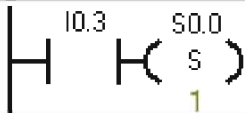


图 2-37 红绿灯顺序控制功能图

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 S S0.0, 1
网络 2		LSCR S0.0
网络 3		LD I0.1 S S0.1, 1
网络 4		LD I0.2 S S0.2, 1
网络 5		SCRE
网络 6		LSCR S0.1
网络 7		LD SM0.0 TON T37, 10
网络 8		LD T37 = Q0.0
网络 9		SCRE
网络 10		LSCR S0.2

续表

网 络	LAD	STL
网络 11		LD SM0.0 TON T38, 20
网络 12		LD T38 = Q0.2
网络 13		SCRE
网络 14		LD I0.3 S S0.0, 1

2.4 西门子 S7-200 PLC 功能指令

西门子 S7-200 PLC 的基本指令有传送指令、字符串指令、移位/循环指令、转换指令、算术运算指令、逻辑运算指令、表功能指令、中断指令及高速计数器与高速脉冲输出指令等。

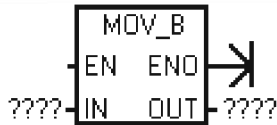
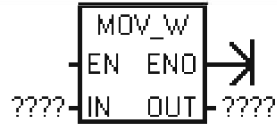
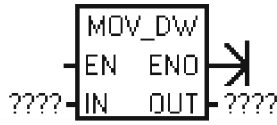
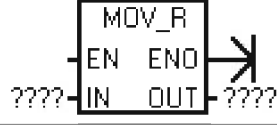
2.4.1 传送指令

传送指令包括数据传送、数据块传送、字节交换、字节立即读/写等指令。

1. 数据传送指令 MOV

数据传送指令 MOV 是将输入的数据（IN）传送到输出（OUT），在传送过程中不改变数据原始值。按传送数据的类型可分为字节传送 MOV_B、字传送 MOV_W、双字传送 MOV_D 和实数传送 MOV_R，如表 2-13 所示。

表 2-13 数据传送指令 MOV

传送类型	LAD	STL	输入数据 IN	输出数据 OUT
字节传送		MOVB IN, OUT	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、常数	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC
字传送		MOVW IN, OUT	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AQW、AC、常数	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AQW、AC
双字传送		MOVD IN, OUT	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、HC、AC、常数	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、HC、AC
实数传送		MOVR IN, OUT	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC、常数	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、HC、AC

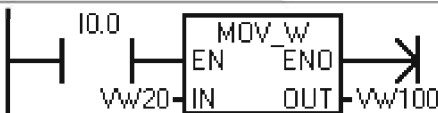
使用说明如下。

① 表 2-13 中 EN 为允许输入端，ENO 为允许输出端，IN 为操作数据输入端，OUT 为

结果输出端。

② ENO=0, 即使能输出断开的错误条件是: SM4.3 (运行时间), 0006 (间接寻址错误)。

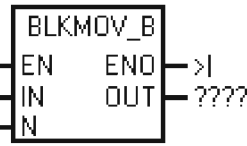
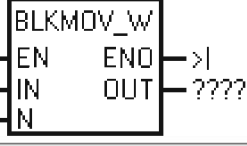
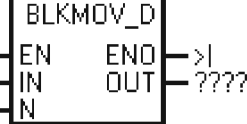
例 2-25: 将变量存储器 VW20 中的 16 位有符号数送入 VW100 中, 程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre>LD I0.0 MOVW VW20, VW100</pre>

2. 数据块传送指令 BLKMOV

数据块传送指令 BLKMOV 将从输入 IN 指定地址的 n 个连续数据传送到从输出 OUT 指定地址开始的 n 个连续单元中。按传送数据的类型不同, 可分为字节块传送 BMB、字块传送 BMW 和双字块传送 BMD, 如表 2-14 所示。

表 2-14 数据块传送指令 BLKMOV

传送类型	LAD	STL	输入数据 IN	输出数据 OUT
字节块传送		BMB IN, OUT	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB
字块传送		BMW IN, OUT	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AQW	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AQW
双字块传送		BMD IN, OUT	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD

使用说明如下。

① N 可以是 VB、IB、QB、MB、LB、AC 和常数, 其数据范围为 1~255。

② ENO=0, 即使能输出断开的错误条件是: 0006 (间接寻址错误), 0091 (操作数超出范围)。

例 2-26: 将 VB10 开始的 3 个字节中的数据送入 VB30 开始的 3 个字节中。

解: 可使用字节块传送指令来实现, 编写程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre>LD I0.0 BMB VB10, VB30, 3</pre>

程序说明: 程序执行后, 将 VB10、VB11、VB12 中的内容分别送入 VB30、VB31 和 VB32 中。

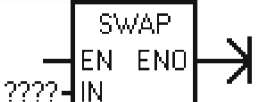
3. 字节交换指令 SWAP

字节交换指令是将输入字 IN 的最高位字节 (高 8 位) 与最低字节 (低 8 位) 进行互换,

交换结果仍存放在输入 IN 指定的地址中。交换指令如表 2-15 所示。

表 2-15

字节交换指令

指 令	LAD	STL	输入数据 IN
字节交换		SWAP IN	VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, TC, AC

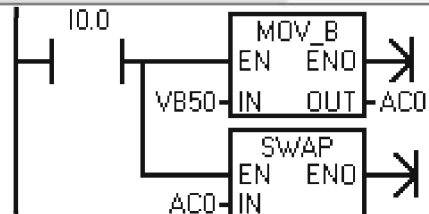
使用说明如下。

① 输入字 IN 为无符号整数型。

② ENO=0，即使能输出断开的错误条件是：SM4.3（运行时间），0006（间接寻址错误）。

例 2-27：将 VB50 的内容传送至 AC0 中，送完后，AC0 中高字节与低字节的内容互换。

解：这是数据传送和字节交换的综合应用，先用数据传送指令进行数据的传送，然后再使用字节交换指令将高 8 位与低 8 位的内容互换。编写程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 MOVB VB50, AC0 SWAP AC0

程序说明：程序执行前，若 VB50 的内容为 A3C5，执行该网络，其过程为：首先将 A3C5 中的内容送入 AC0 中，执行完程序后，AC0 中的内容为 C5A3。

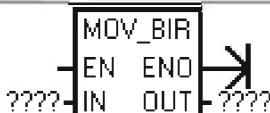
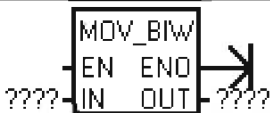
4. 字节立即读、写指令

字节立即读指令 MOV_BIR (Move Byte Immediate Read) 是读取实际输入端 IN 给出的 1 个字节的数值，并将结果写入 OUT，但输入过程映像寄存器并未更新。

字节立即写指令 MOV_BIW (Move Byte Immediate Write) 是从输入端 IN 所指定的存储单元中读取 1 个字节的数值并写入实际输出端 OUT 的物理输出点，同时刷新相应的输出过程映像寄存器。字节立即读、写指令操作数的类型为字节型数据，其指令如表 2-16 所示。

表 2-16

字节立即读、写指令

指令类型	LAD	STL	输入数据 IN	输出数据 OUT
字节立即读		BIR IN, OUT	IB	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC
字节立即写		BIW IN, OUT	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、常数	QB

使用说明如下。

① 字节立即读写指令无法存取扩展模块。

② ENO=0，即使能输出断开的错误条件是：SM4.3（运行时间），0006（间接寻址错误）。

2.4.2 字符串指令

字符串长度指令 **SLEN**: 返回 IN 参数指定的字符串的长度值, OUT 为字节类型。

字符串复制指令 **SCPY**: 将 IN 参数指定的字符串复制到 OUT 指定的地址区中。

字符串连接指令 **SCAT**: 将 IN 参数指定的字符串连接到 OUT 指定字符串的后面。

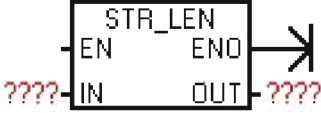
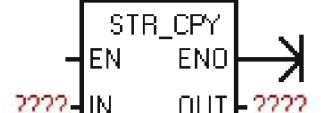
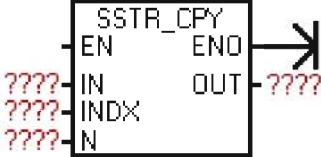
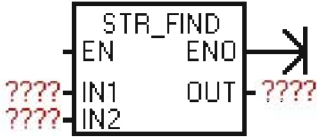
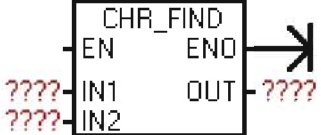
从字符串中复制子字符串指令 **SSCPY**: 从 INDX 指定的字符编号开始, 将 IN 指定的字符串中的 n 个字符复制到 OUT 中, OUT 为字节类型。

字符串搜索指令 **SFND**: 在字符串 IN1 中搜索字符串 IN2, 由字节变量 OUT 指定搜索的起始位置。如果在 IN1 中找到了与 IN2 中字符串相匹配的一段字符, 则 OUT 中会存入这段字符串中首个字符的位置; 如果没有找到, OUT 被清 0。

字符搜索指令 **CFND**: 在字符串 IN1 中寻找字符串 IN2 中的任意字符, 由 OUT 指定搜索的起始位置。如果找到了匹配的字符, 字符的位置被写入 OUT 中; 如果没有找到, OUT 被清 0。

字符串指令如表 2-17 所示。

表 2-17 字符串指令

指 令	LA	STL
字符串长度指令		SLEN IN, OUT
字符串复制指令		SCPY IN, OUT
字符串连接指令		SCAT IN, OUT
从字符串中复制子字符串指令		SSCPY IN, INDX, N, OUT
字符串搜索指令		SFND IN, IN2, OUT
字符搜索指令		CFND IN, IN2, OUT

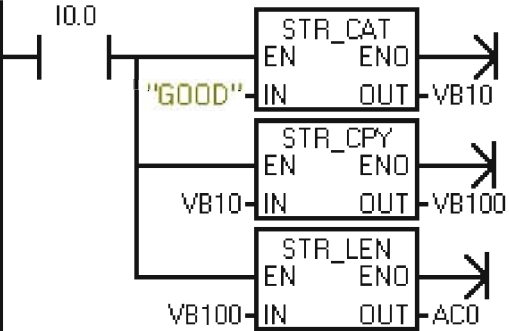
使用说明如下。

① 字符串长度指令 **SLEN**、字符串复制指令 **SCPY**、字符串连接指令 **SCAT** 的 ENO=0, 即使能输出断开的错误条件是: 0006 (间接寻址错误), 0091 (操作数超出范围)。

② 从字符串中复制子字符串指令 **SSCPY**、字符串搜索指令 **SFND** 和字符搜索指令 **CFND** 的 ENO=0, 即使能输出断开的错误条件是: 0006 (间接寻址错误), 0091 (操作数超出范围), 009B (INDX=0)。

例 2-28：将“GOOD”上的字符串附加到 VB10 上的字符串之后，再将 VB10 中的字符串复制到 VB100 中，然后测试 VB100 中的字符串长度，将结果存储在 AC0 中。

解：要实现此功能，先使用字符串连接指令，再使用字符串复制指令，然后使用字符串长度指令，编写程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre>LD I0.0 SCAT "GOOD", VB10 SCPY VB10, VB100 SLEN VB100, AC0</pre>

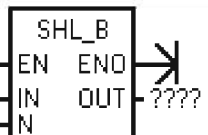
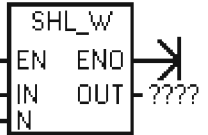
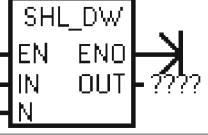
2.4.3 移位/循环指令

根据移位方向的不同，移位/循环指令可分为左移位、右移位、循环左移位、循环右移位等指令。

1. 左/右移位指令

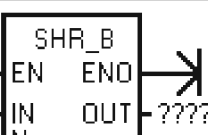
左移位指令 SHL 是将输入端 IN 指定的数据左移 n 位，结果存入 OUT 中。左移位又分字节左移位 SLB、字左移位 SLW 和双字左移位 SLD 指令，如表 2-18 所示。

表 2-18 左移位指令

左移位类型	LAD	STL	输入数据 IN	输出数据 OUT
字节左移位		SLB OUT, n	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC
字左移位		SLW OUT, n	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AC、常数	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AC
双字左移位		SLD OUT, n	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC、HC、常数	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC

右移位指令 SHR 是将输入端 IN 指定的数据右移 n 位，结果存入 OUT 中。右移位又分为字节右移位 SRB、字右移位 SRW 和双字右移位 SRD 指令，如表 2-19 所示。

表 2-19 右移位指令

左移位类型	LAD	STL	输入数据 IN	输出数据 OUT
字节右移位		SRB OUT, n	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC

续表

左移位类型	LAD	STL	输入数据 IN	输出数据 OUT
字右移位		SRW OUT, n	VW、IW、QW、MW、 SW、SMW、LW、T、 C、AC、常数	VW、IW、QW、MW、 SW、SMW、LW、T、 C、AC
双字右移位		SRD OUT, n	VD、ID、QD、MD、 SD、SMD、LD、AC、 HC、常数	VD、ID、QD、MD、 SD、SMD、LD、AC

使用说明如下。

① 左移位和右移位的移位数据存储单元与 SM1.1 溢出端相连，移位时，最后一次被移出的位进入 SM1.1，另一端自动补 0。如果移动的位数 n 大于允许值，实际移位的位数为最大允许值。字节型移位的最大允许值为 8，字型移位的最大允许值为 16，双字型移位的最大允许值为 32。若移位的结果为 0，零标志位 SM1.0 被置 1。

② 在 STL 指令中, 若 IN 和 OUT 指定的存储器不同, 则必须先使用数据传送指令 MOV 将 IN 中的数据送入 OUT 所指定的存储单元。例如:

MOVB IN, OUT

SLB OUT, n

③ 使 ENO=0 的错误条件是：0006（间接寻址错误），SM4.3（运行时间）。

例 2-29: 将 VB50 单元内容左移 4 位, VB60 单元内容右移 3 位, 移位后的数据仍存入原来的存储单元, 并分析移位后的结果。

解：使用左移位和右移位指令即可实现此操作。若 VB50 和 VB60 移位前的存储数据分别为 10110101 和 01011001，执行指令过程如下所示。

网 络	_AD	STL	指令执行过程
网络 1		LD I0.0 SLB VB50, 4 SRB VB60, 3	VB50左移位前 VB50左移4位后 VB60右移位前 VB60右移3位后

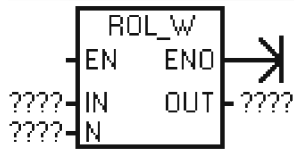
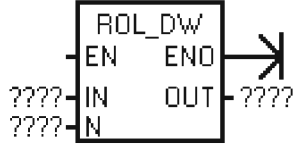
2. 循环左/右移位指令

循环左移位指令是将输入端 IN 指定的数据循环左移 n 位，结果存入 OUT。它有字节循环左移位指令 RLB、字循环左移位指令 RLW 和双字循环左移位指令 RLD，如表 2-20 所示。

循环左移位指令

循环左移位	LAD	STL	输入数据 IN	输出数据 OUT
字节循环左移位		RLB OUT, n	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、常数	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC

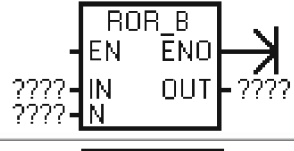
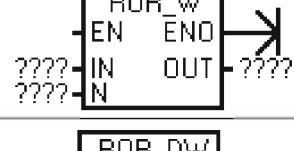
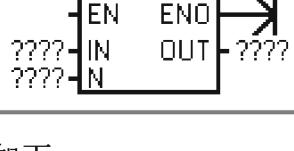
续表

循环左移位	LAD	STL	输入数据 IN	输出数据 OUT
字循环左移位		RLW OUT, n	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AIW、AC、常数	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AC
双字循环左移位		RLD OUT, n	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC、HC、常数	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC

循环右移位指令是将输入端 IN 指定的数据循环右移 n 位，结果存入 OUT。它有字节循环右移位指令 RRB、字循环右移位指令 RRW 和双字循环右移位指令 RRD，如表 2-21 所示。

表 2-21

循环右移位指令

循环左移位	LAD	STL	输入数据 IN	输出数据 OUT
字节循环右移位		RRB OUT, n	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、常数	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC
字循环右移位		RRW OUT, n	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AIW、AC、常数	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AC
双字循环右移位		RRD OUT, n	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC、HC、常数	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC

使用说明如下。

① 循环左移位和循环右移位的移位数据存储单元与 SM1.1 溢出端相连，循环移位是环形的，移位时，被移出来的位将返回到另一端空出来的位置，移出的最后一位数据进入 SM1.1。如果移动的位数 n 大于允许值，则执行循环移位前先将 n 除以最大允许值后取其余数，该余数即为循环移位次数。字节型移位的最大允许值为 8，字型移位的最大允许值为 16，双字型移位的最大允许值为 32。

② 在 STL 指令中，若 IN 和 OUT 指定的存储器不同，则必须先使用数据传送指令 MOV 将 IN 中的数据送入 OUT 所指定的存储单元。例如：

```
MOVB IN, OUT
```

```
SLB OUT, n
```

③ 使 ENO=0 的错误条件是：0006（间接寻址错误），SM4.3（运行时间）。

例 2-30：将 AC0 中的字循环左移 4 位，VW100 中的字循环右移 3 位，移位后的数据仍存入原来的存储单元，并分析移位后的结果。

解：使用字循环左移位和字循环右移位指令即可实现此操作。若 AC0 和 VW100 移位前的存储数据分别为 1001110010110101 和 0101011000110101，则执行指令过程如下所示。

◆ 72 ◆

2.4.4 转换指令

转换指令是对操作数的类型进行转换，并输出到指定的目标地址中去。转换指令包括数据转换、数据的编码和译码、字符串类型转换等指令。

1. 数据转换指令

数据类型主要有字节型、整数型、双整数型和实数型，它使用了 BCD 码、ASCII 码、十进制数和十六进制数。不同功能的指令对操作数类型要求不同，因此，许多指令执行前需对操作数进行类型的转换。它包括 BCD 码与整数之间的转换、字节与整数之间的转换、整数与双字整数之间的转换和双字整数与实数的转换等。

(1) BCD 码与整数之间的转换

BCDI 指令将 IN 端输入的 BCD 码转换成整数，产生的结果送入 OUT 指定的变量中。IN 输入的 BCD 码范围为 0~9999。

IBCD 指令将 IN 端输入的整数转换成 BCD 码，产生的结果送入 OUT 指定的变量中。IN 输入的整数范围为 0~9999，指令如表 2-23 所示。

表 2-23 BCD 码与整数之间的转换指令

指 令	LAD	STL	IN	OUT
BCD 转 整数		BCDI OUT	VW、IW、QW、MW、 SW、SMW、LW、T、C、 AC、*VD、*LD、*AC、 常数	VW、IW、QW、MW、 SW、SMW、LW、T、 C、AIW、*VD、*LD、 *AC
整数转 BCD		IBCD OUT		

使用说明如下。

① BCD 码与整数之间的转换是对无符号操作数进行的，输入 IN 和输出 OUT 的类型为字。

② 指令使 ENO=0 的错误条件是：0006(间接寻址错误)，SM1.6(无效 BCD 数值)，SM4.3(运行时间)。

③ 输入 IN 和输出 OUT 操作数地址最好相同，若不相同，需使用以下指令：

MOV IN, OUT

BCDI OUT

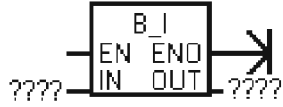
例 2-32：将 VW50 中的 BCD 码转换成整数，并存放到 AC0 中。程序及运行结果如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 MOVW VW50, AC0 BCDI AC0
运行结果	VW50 0100001101010010 → AC0 4352	

(2) 字节与整数之间的转换

字节与整数之间的转换是对无符号操作数进行的，其指令如表 2-24 所示。

表 2-24 字节与整数之间的转换指令

指 令	LAD	STL	IN	OUT
字节转整数		BTI OUT	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、常数	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AC
整数转字节		ITB OUT	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AC、AIW、常数	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC

使用 BTI 指令可将 IN 端输入的字节型数据转换成整数型数据，产生的结果送入 OUT 指定的单元中。使用 ITB 指令可将 IN 端输入的整数型数据转换成字节型数据，产生的结果送入 OUT 指定的变量中。被转换的值应为有效的整数，否则溢出位 SM1.1 被置 1。

使用说明如下。

① BTI 指令使 ENO=0 的错误条件是：0006（间接寻址错误），SM4.3（运行时间）。

② ITB 指令使 ENO=0 的错误条件是：0006（间接寻址错误），SM1.1（溢出或非法数值），SM4.3（运行时间）。

(3) 整数与双字整数之间的转换

整数与双字整数之间的转换指令如表 2-25 所示。

表 2-25 整数与双字整数之间的转换指令

指 令	LAD	STL	IN	OUT
整数转双字整数		ITD OUT	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AIW、AC、常数	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC
双字整数转整数		DTI OUT	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC、常数	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AIW、AC

ITD 指令是将输入 IN 的整数型数据转换成双整数型数据，产生的结果送入 OUT 指定的存储单元中，输入为整数型数据，输出为双整数型数据，要进行符号扩展。

DTI 指令是将输入 IN 的双整数型数据转换成整数型数据，产生的结果送入 OUT 指定的存储单元中，输入为双整数型数据，输出为整数型数据。被转换的输入 IN 值应为有效双整数，否则 SM1.1 被置 1。

使用说明如下。

① ITD 指令使 ENO=0 的错误条件是：0006（间接寻址错误），SM4.3（运行时间）。

② DTI 指令使 ENO=0 的错误条件是：0006（间接寻址错误），SM1.1（溢出或非法数值），SM4.3（运行时间）。

(4) 双字整数与实数的转换

双字整数与实数的转换指令如表 2-26 所示。

表 2-26 双字整数与实数的转换指令

指 令	LAD	STL	IN	OUT
双字整数 转实数		DTR IN, OUT	VD、ID、QD、MD、 SD、SMD、LD、HC、 AC、常数	VD、ID、QD、MD、 SD、SMD、LD、AC
四舍五入 (取整)		ROUND IN, OUT	VD、ID、QD、MD、 SD、LD、AC、SMD、 常数	VD、ID、QD、MD、 SD、SMD、LD、AC
舍去小数 (取整)		TRUNC IN, OUT	VD、ID、QD、MD、 SD、SMD、LD、AC、 常数	VD、ID、QD、MD、 SD、SMD、LD、AC

DTR 指令是将输入 IN 的双字整数型数据转换为实数型数据,产生的结果送入 OUT 指定的存储单元中,IN 输入的为有符号的 32 位双字整数型数据。

四舍五入和舍去小数指令都是实数转换为双字整数的取整指令。执行 ROUND 指令时,实数的小数部分四舍五入;执行 TRUNC 指令时,实数的小数部分舍去。若输入的实数值太大,无法用双字整数表示时,SM1.1 被置 1。

使用说明如下。

① DTR 指令使 ENO=0 的错误条件是: 0006 (间接寻址错误), SM4.3 (运行时间)。

② ROUND、TRUNC 指令使 ENO=0 的错误条件是: 0006 (间接寻址错误), SM1.1 (溢出或非法数值), SM4.3 (运行时间)。

例 2-33: 用实数运算求直径为 32mm 的圆面积, 将结果转换为整数。

解: 圆的面积=圆半径的平方 $\times\pi$, 圆半径的平方可使用 EXP[2 $\times$ LN(32/2)], 编写程序如下。

网 络	AD	STL
网络 1		<pre> LD I0.1 //直径除以 2 等于半径 MOVW 32, AC0 SRW AC0, 1 LN AC0, AC0 SLW AC0, 1 //半径的平方 EXP AC0, AC0 MOVR AC0, AC1 *R 3.14159, AC1 //半径的平方乘以 π ROUND AC1, AC1 //四舍五入取整 </pre>

2. 编码和译码指令

编码指令 ENCO (Encode) 是将输入的字型数据 IN 中为 1 的最低有效位的位数写

入输出字节 OUT 的最低 4 位，即用半字节对一个字型数据 16 位中的“1”位有效位进行编码。

译码指令 DECO (Decode) 是将输入的字节型数据 IN 的低 4 位表示的位号输出到 OUT 所指定的单元对应位置 1，而其他位清 0，即对半字节的编码进行译码，以选择一个字型数据 16 位中的“1”位。编码和译码指令如表 2-27 所示。

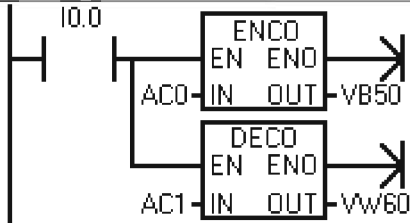
表 2-27 编码和译码指令

	LAD	STL	IN	OUT
编码指令		ENCO IN, OUT	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AC、常数	VB、IB、QB、MB、SMB、LB、SB、AC
译码指令		DECO IN, OUT	VB、IB、QB、MB、SMB、LB、SB、AC、常数	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、T、C、AC

使用说明如下。

- ① 两条指令的输入 IN 为字节型数据，输出 OUT 为字型数据。
- ② 两条指令使 ENO=0 的错误条件是：0006（间接寻址错误），SM4.3（运行时间）。

例 2-34：编码和译码指令的举例，程序如下。

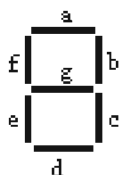
网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 ENCO AC0, VB50 DECO AC1, VW60

3. 7 段显示译码指令

PLC 7 段显示译码指令 SEG (Segment) 是根据输入字节 IN 低 4 位确定的十六进制数 (16#0~F) 产生点亮 7 段显示器各段的代码，并送到输出字节 OUT。7 段显示器的 a~g (D0~D6) 段分别对应于输出字节的第 0~6 位，当输出字节的某位为 1 时，其对应的段显示；当输出字节的某位为 0 时，其对应的段不亮。字符显示与各段的关系如表 2-28 所示。例如要显示数字“3”时，D0、D1、D2、D3、D6 为 1，其余为 0。

表 2-28 字符显示与各段关系

IN	段 显 示	.g f e d c b a	IN	段 显 示	.g f e d c b a
0		00111111	8		01111111
1		00000110	9		01100111
2		01011011	A		01110111
3		01001111	B		01111100
4		01100110	C		00111001
5		01101101	D		01011110
6		01111101	E		01111001
7		00000111	F		01110001

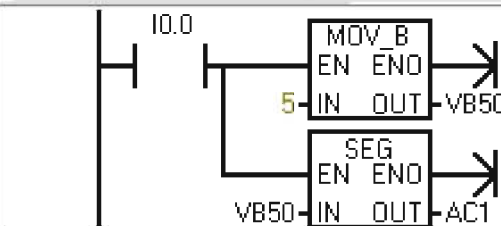


7 段显示译码指令将输入字节 16#0~F 转换成 7 段显示码，指令如表 2-29 所示。

表 2-29 7 段显示译码指令

	LAD	STL	IN	OUT
显示译码		SEG IN, OUT	VB、IB、QB、MB、SMB、LB、SB、AC、常数	VB、IB、QB、MB、SMB、LB、SB、AC

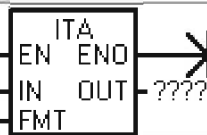
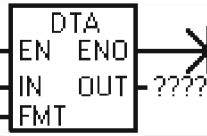
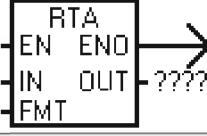
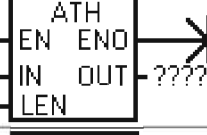
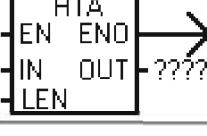
例 2-35：显示字符“3”的程序如下，运行结果是 AC0 中的值为 16#6D（2#0110 1101）。

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 MOVB 5, VB50 SEG VB50, AC1

4. ASCII 码转换指令

ASCII 码转换指令包括整数转换为 ASCII 码指令、双整数转换为 ASCII 码指令、实数转换为 ASCII 码指令、十六进制整数与 ASCII 码相互转换指令，指令如表 2-30 所示。

表 2-30 ASCII 码转换指令

ASCII 码转换指令	LAD	STL
整数转换为 ASCII 码		ITA IN, OUT, FMT
双整数转换为 ASCII 码		DTA IN, OUT, FMT
实数转换为 ASCII 码		RTA IN, OUT, FMT
十六进制整数转换为 ASCII 码		ATH IN, OUT, LEN
ASCII 码转换为十六进制整数		HTA IN, OUT, LEN

(1) 整数转换为 ASCII 码指令 ITA

整数转换为 ASCII 码指令 ITA(Integer To ASCII)把输入端 IN 的有符号整数转换成 ASCII 码字符串，其转换结果存入以 OUT 为起始字节地址的 8 个连续字节的缓冲区中，FMT 指定小数点右侧的转换精度和小数点是使用逗号还是点号。整数转换为 ASCII 码指令的 FMT 操作数如图 2-38 所示，输出缓冲区的大小始终是 8 个字节，nnn 表示输出缓冲区中小数点右侧

的数字位数, nnn 的有效范围为 0~5, 若 nnn=0, 指定小数右侧的位数为 0, 转换时数值没有小数点; 若 nnn>5, 输出缓冲区会被空格键的 ASCII 码填充, 此时无法输出。C 指定整数和小数点的分隔符, 当 C=1 时, 分隔符为 “,”; 当 C=0 时, 分隔符为 “.”, FMT 的高 4 位必须为 0。

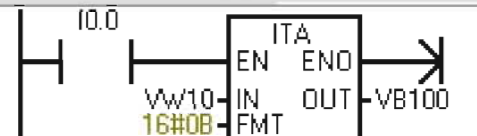
FMT																			
MSB								LSB											
7	6	5	4	3	2	1	0												
0	0	0	0	C	n	n	n												
C=1, 逗号								输入=12											
C=0, 点号								输入=-123											
nnn=小数点右侧的位数								输入=1234											
								输入=-12345											

图 2-38 整数转换为 ASCII 码指令的 FMT 操作数

使用说明如下。

- ① 正数值写入输出缓冲区没有符号位。
- ② 负数值写入输出缓冲区时以负号 (-) 开头。
- ③ 小数点左侧开头的 0 (除去靠近小数点的那个之外) 被隐藏。
- ④ 数值在输出缓冲区 OUT 中是右对齐的。

例 2-36: 将 VW10 中的整数转换为从 VB100 开始的 8 个 ASCII 码字符, 使用 16#0B 的格式, 用逗号作小数点, 保留 3 位小数, 程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre>LD I0.0 ITA VW10, VB100, 16#0B</pre>
运行结果	12345 VW10 ITA VB100 VB101 	1 2 3 4 5 20 20 31 32 2C 33 34 35

(2) 双整数转换为 ASCII 码指令 DTA

双整数转换为 ASCII 码指令 DTA (Double Integer To ASCII) 把输入端 IN 的有符号双字整数转换成 ASCII 码字符串, 其转换结果存入以 OUT 为起始字节地址的 12 个连续字节的缓冲区中。除输入 IN 为双整数、输出为 12 字节外, 其他方面与整数转换为 ASCII 码指令相同。双整数转换为 ASCII 码指令的 FMT 操作数如图 2-39 所示。

FMT																			
MSB								LSB											
7	6	5	4	3	2	1	0												
0	0	0	0	C	n	n	n												
C=1, 逗号								输入=-12											
C=0, 点号								输入=1234567											
nnn=小数点右侧的位数																			

图 2-39 双整数转换为 ASCII 码指令的 FMT 操作数

(3) 实数转换为 ASCII 码指令 RTA

实数转换为 ASCII 码指令 RTA (Real To ASCII) 是将输入端 IN 的实数转换成 ASCII 码字符串, 其转换结果存入以 OUT 为起始字节地址的 3~15 个连续字节的缓冲区中。实数转换为 ASCII 码指令的 FMT 操作数如图 2-40 所示。

FMT															
MSB				LSB											
7	6	5	4	3	2	1	0								
S	S	S	S	C	n	n	n	输入=1234.5	输出	输出+1	输出+2	输出+3	输出+4	输出+5	输出+6
SSSS=输出缓冲区的大小								输入=-0.0004	6	1	2	3	4	.	5
C=1, 逗号 C=0, 点号								输入=-3.78953	6				0	.	0
nnn=小数点右侧的位数								输入=2.34	6			-	3	.	8
									6				2	.	3

图 2-40 实数转换为 ASCII 码指令的 FMT 操作数

S7-200 的实数格式最多支持 7 位小数，若显示 7 位以上的小数，会产生一个四舍五入的错误。图 2-40 中，SSSS 表示输出缓冲区 OUT 的大小，它的范围为 3~15 个字节。输出缓冲区的大小应大于输入实数小数点右边的位数，如实数-3.89546，小数点右边有 5 位，SSSS 应大于 5，至少为 6。

使用说明如下。

- ① 小数点右侧的数值按照指定的小数点右侧的数字位数被四舍五入。
- ② 输出缓冲区的大小应至少比小数点右侧的数字位多 3 个字节。

例 2-37：将 VD10 中的实数转换成从 VB100 开始的 10 个 ASCII 码字符，使用 16#A3 的格式，用点号作小数点，后面跟 3 位小数，程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre>LD I0.0 RTA VD10, VB100, 16#A3</pre>
运行结果		

(4) 十六进制整数与 ASCII 码相互转换指令

ASCII 码 30~39 和 41~46 与十六进制整数 0~9 和 A~F 相对应，使用 ATH 指令可将十六进制整数转换为 ASCII 码字符串；使用 HTA 指令可将 ASCII 码字符串转换为相应的十六进制整数。

ATH 指令将一个从 IN 开始的长度为 LEN 的 ASCII 码字符串转换成从 OUT 开始的十六进制整数；HTA 指令将一个从输入字节 IN 开始的长度为 LEN 的十六进制整数转换成从 OUT 开始的 ASCII 码字符串。ASCII 码和十六进制整数的有效范围为 0~255。

例 2-38：将 VB100~VB102 中存放的 3 个 ASCII 码 34、42、38 转换成十六进制整数。程序及运行结果如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre>LD I0.0 ATH VB100, VB10, 3</pre>
运行结果		

说明：“x”为半字节，表示 VB11 的低 4 位值未改变。

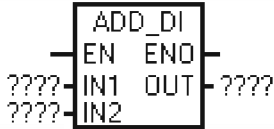
2.4.5 算术运算指令

算术运算指令包括加法、减法、乘法、除法、增 1/减 1 和一些常用的数学函数指令。

1. 加法指令 ADD

加法指令 ADD 是对两个有符号数 IN1 和 IN2 进行相加操作，产生的结果输出到 OUT。它包括整数加法+I、双整数加法+DI 和实数加法+R，其指令如表 2-31 所示。

表 2-31 加法指令

指 令	L AD	STL
整数加法		MOVW IN1, OUT +I IN2, OUT
双整数加法		MOVW IN1, OUT +D IN2, OUT
实数加法		MOVW IN1, OUT +R IN2, OUT

使用说明如下。

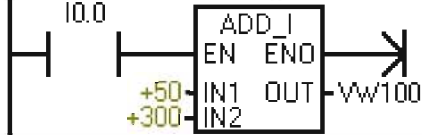
① 若 IN1、IN2 和 OUT 操作数的地址不同，在 STL 指令中，首先用数据传送指令将 IN1 中数据送入 OUT，然后再执行相加运算 IN2+OUT=OUT。若 IN2 和 OUT 操作数地址相同，在 STL 中是 IN1+OUT=OUT，但在 LAD 中是 IN1+IN2=OUT。

② 执行加法指令时，+I 表示两个 16 位的有符号数 IN1 和 IN2 相加，产生一个 16 位的整数和 OUT；+D 表示两个 32 位的有符号数 IN1 和 IN2 相加，产生一个 32 位的整数和 OUT；+R 表示两个 32 位的实数 IN1 和 IN2 相加，产生一个 32 位的实数和 OUT。

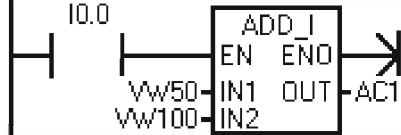
③ 进行相加运算时，将影响特殊存储器位 SM1.0（零标志位）、SM1.1（溢出标志位）、SM1.2（负数标志位）。

④ ENO=0 的错误条件是：SM1.1（溢出）、SM4.3（运行时间）和 0006（间接寻址）。

例 2-39：两个有符号数 50 和 300 相加，将其运算结果送入 VW100 中，程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 MOVW 50, VW100 +I 300, VW100

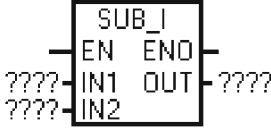
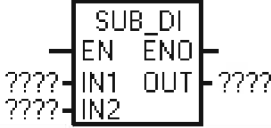
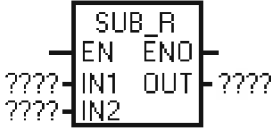
例 2-40：将数据存储器 VW50 和 VW100 中的内容相加（两数均为有符号整数），然后将结果送入 AC1 中，程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 MOVW VW50, AC1 +I VW100, AC1

2. 减法指令 SUB

减法指令 SUB 是对两个带符号数 IN1 和 IN2 进行相减操作，产生的结果输出到 OUT。它包括整数减法-I、双整数减法-DI 和实数减法-R，其指令如表 2-32 所示。

表 2-32 减法指令

指 令	L D	STL
整数减法		MOVW IN1, OUT -I IN2, OUT
双整数减法		MOVW IN1, OUT -D IN2, OUT
实数减法		MOVW IN1, OUT -R IN2, OUT

使用说明如下。

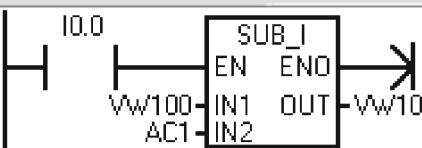
① 若 IN1 与 OUT 两个操作数地址相同，进行减法运算时，在 STL 中执行 $OUT-OUT=OUT$ ，但在 LAD 中是 $IN1-IN2=OUT$ 。

② 执行减法指令时，-I 表示两个 16 位的有符号数 IN1 和 IN2 相减，产生一个 16 位的整数 OUT；-D 表示两个 32 位的有符号数 IN1 和 IN2 相减，产生一个 32 位的整数 OUT；-R 表示两个 32 位的实数 IN1 和 IN2 相减，产生一个 32 位的实数 OUT。

③ 进行减法运算时，将影响特殊存储器位 SM1.0（零标志位）、SM1.1（溢出标志位）、SM1.2（负数标志位）。

④ ENO=0 的错误条件是：SM1.1（溢出）、SM4.3（运行时间）和 0006（间接寻址）。

例 2-41：将 VW100 中的 16 位有符号数减去 AC1 中的 16 位有符号数，运算结果送入 VW10 中，程序如下。

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 MOVW VW100, VW10 -I AC1, VW10

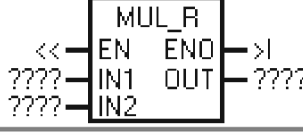
3. 乘法指令 MUL

乘法指令 MUL 是对两个带符号数 IN1 和 IN2 进行相乘操作，产生的结果输出到 OUT。它包括完全整数乘法 MUL、整数乘法*I、双整数乘法*DI 和实数乘法*R，其指令如表 2-33 所示。

表 2-33 乘法指令

指 令	LA)	STL
完全整乘法		MOVW IN1, OUT MUL IN2, OUT

续表

指 令	LA)	STL
整数乘法		MOVW IN1, OUT *I IN2, OUT
双整数乘法		MOVW IN1, OUT *D IN2, OUT
实数乘法		MOVW IN1, OUT *R IN2, OUT

使用说明如下。

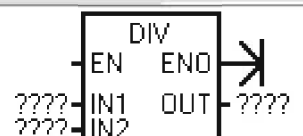
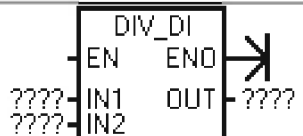
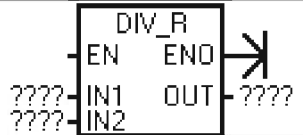
① 执行乘法指令时，完全整数乘法指令 MUL 表示两个 16 位的有符号整数 IN1 和 IN2 相乘，产生一个 32 位的双整数结果 OUT，其中操作数 IN2 和 OUT 的低 16 位共用一个存储地址单元；*I 表示两个 16 位的有符号数 IN1 和 IN2 相乘，产生一个 16 位的整数结果 OUT，如果运算结果大于 32767，则产生溢出；*D 表示两个 32 位的有符号数 IN1 和 IN2 相乘，产生一个 32 位的整数结果 OUT，如果运算结果超出 32 位二进制数范围，则产生溢出；*R 表示两个 32 位的实数 IN1 和 IN2 相乘，产生一个 32 位的实数结果 OUT，如果运算结果超出 32 位二进制数范围，则产生溢出。

② 进行乘法运算时，若产生溢出，则 SM1.1 置 1，结果不写到输出 OUT，其他状态位都清 0。

4. 除法指令 DIV

除法指令 DIV 是对两个带符号数 IN1 和 IN2 进行相除操作，产生的结果输出到 OUT。它包括完全整数除法 DIV、整数除法/I、双整数除法/DI 和实数除法/R，其指令如表 2-34 所示。

表 2-34 除法指令

指 令	L D	STL
完全整除法		MOVW IN1, OUT DIV IN2, OUT
整数除法		MOVW IN1, OUT /I IN2, OUT
双整数除法		MOVW IN1, OUT /D IN2, OUT
实数除法		MOVW IN1, OUT /R IN2, OUT

使用说明如下。

① 执行除法指令时，完全整数除法指令 DIV 表示两个 16 位的有符号整数 IN1 和 IN2 相除，产生一个 32 位的双整数结果 OUT，其中 OUT 的低 16 位为商，高 16 位为余数；/I 表示两个 16 位的有符号数 IN1 和 IN2 相除，产生一个 16 位的整数商结果 OUT，不保留余数；/D 表示两个 32 位的有符号数 IN1 和 IN2 相除，产生一个 32 位的整数商结果 OUT，同样不保留余数；/R 表示两个 32 位的实数 IN1 和 IN2 相除，产生一个 32 位的实数商结果 OUT，不保留余数。

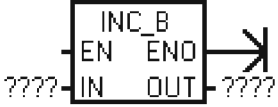
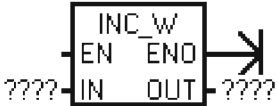
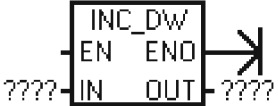
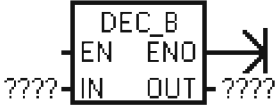
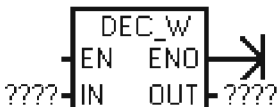
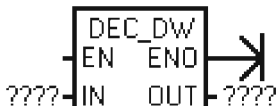
② 除法操作数 IN1 和 OUT 的低 16 位共用一个存储地址单元，因此在 STL 中是 OUT/IN2=OUT，但在 LAD 中是 IN1/IN2。进行除法运算时，除数为 0，SM1.3 置 1，其他算术状态位不变，原始输入操作数也不变。

5. 增 1/减 1 指令

增 1 (Increment) 和减 1 (Decrement) 指令是对字节、字或双字进行增 1 或减 1 操作，指令如表 2-35 所示。

表 2-35

增 1/减 1 指令

指 令	LAD	STL	输入数据 IN	输出数据 OUT
增 1		INCB OUT	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、常数、*VD、*LD、*AC	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、*VD、*LD、*AC
		INCW OUT	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、AC、AIW、LW、T、C、*LD、*AC、*VD、常数	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、AC、AIW、LW、T、C、*LD、*AC、*VD
		INCD OUT	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC、HC、*VD、*LD、*AC、常数	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC、*VD、*LD、*AC
减 1		DECB OUT	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、常数、*VD、*LD、*AC	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、*VD、*LD、*AC
		DECW OUT	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、AC、AIW、LW、T、C、*LD、*AC、*VD、常数	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、AC、AIW、LW、T、C、*LD、*AC、*VD
		DECD OUT	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC、HC、*VD、*LD、*AC、常数	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC、*VD、*LD、*AC

使用说明如下。

① 影响标志位 SM1.0 (零标志位)、SM1.1 (溢出标志位)，SM1.2 (负数标志位)。

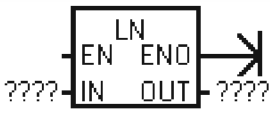
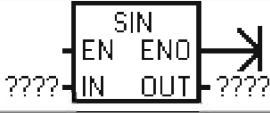
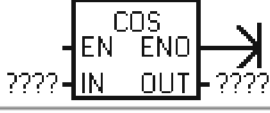
② 在梯形图指令中，IN 和 OUT 可以指定为同一存储单元，这样可节省内存，在语句表指令中不需使用数据传送指令。

③ ENO=0 的错误条件是：SM1.1 (溢出)、SM4.3 (运行时间) 和 0006 (间接寻址)。

6. 常用数学函数指令

常用数学函数指令包括平方根，自然对数，自然指数，三角函数（正弦、余弦、正切）等，指令如表 2-36 所示。

表 2-36 常用数学函数指令

常用函数	LAD	STL	输. 数据 IN	输出数据 OUT
平方根		SQRT IN, OUT	VD、ID、QD、MD、SMD、SD、LD、AC、LD、*VD、*AC、常数	VD、ID、QD、MD、SMD、SD、LD、AC、LD、*VD、*AC
自然对数		LN IN, OUT	VD、ID、QD、MD、SMD、SD、LD、AC、LD、*VD、*AC、常数	VD、ID、QD、MD、SMD、SD、LD、AC、LD、*VD、*AC
自然指数		EXP IN, OUT	VD、ID、QD、MD、SMD、SD、LD、AC、LD、*VD、*AC、常数	VD、ID、QD、MD、SMD、SD、LD、AC、LD、*VD、*AC
正弦		SIN IN, OUT	VD、ID、QD、MD、SMD、SD、LD、AC、LD、*VD、*AC、常数	VD、ID、QD、MD、SMD、SD、LD、AC、LD、*VD、*AC
余弦		COS IN, OUT	VD、ID、QD、MD、SMD、SD、LD、AC、LD、*VD、*AC、常数	VD、ID、QD、MD、SMD、SD、LD、AC、LD、*VD、*AC
正切		TAN IN, OUT	VD、ID、QD、MD、SMD、SD、LD、AC、LD、*VD、*AC、常数	VD、ID、QD、MD、SMD、SD、LD、AC、LD、*VD、*AC

(1) 平方根函数指令 SQRT

平方根函数指令 SQRT (Square Root) 是将输入的 32 位正实数 IN 取平方根，产生一个 32 位的实数结果 OUT。

(2) 自然对数指令 LN

自然对数指令 LN (Natural Logarithm) 是将输入的 32 位实数 IN 取自然对数，产生一个 32 位的实数结果 OUT。

若求以 10 为底的常数自然对数 $\lg x$ ，用自然对数值除以 2.302585 即可实现。

(3) 自然指数指令 EXP

自然指数指令 EXP (Natural Exponential) 是将输入的 32 位实数 IN 取以 e 为底的指数，产生一个 32 位的实数结果 OUT。

自然对数与自然指数指令相结合，可实现以任意数为底、任意数为指数的计算。

(4) 三角函数指令

在 S7-200 系列 PLC 中三角函数指令主要包括正弦函数指令 SIN (Sine)、余弦函数指令 COS (Cosine)、正切函数指令 TAN (Tan)，这些指令分别对输入 32 位实数的弧度值取正弦、余弦或正切，产生一个 32 位的实数结果 OUT。

如果输入的实数为角度值，应先将其转换为弧度值再执行三角函数操作。其转换方法是使用实数乘法指令 *R (MUL_R)，将角度值乘以 $\pi/180^\circ$ 即可。

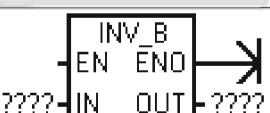
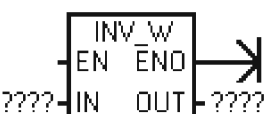
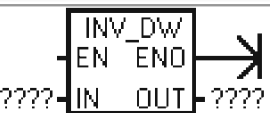
2.4.6 逻辑运算指令

逻辑运算是对无符号数按位进行逻辑“取反”、“与”、“或”和“异或”等操作，参与运算的操作数可以是字节、字或双字。

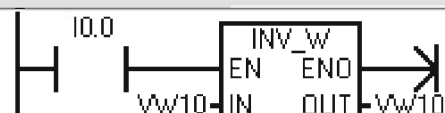
1. 逻辑“取反”指令 INV

逻辑“取反”（Logic Invert）指令 INV，是对输入数据 IN 中的数按位取反，产生结果 OUT，指令如表 2-37 所示。

表 2-37 逻辑“取反”指令

逻辑取反	LAD	STL	输入数据 IN	输出数据 OUT
字节取反		INVB OUT	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、*AC、*LD、常数	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、*AC、*LD、常数
字取反		INW OUT	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、AIW、T、C、AC、*VD、*AC、*LD、常数	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、AIW、T、C、AC、*VD、*AC、*LD
双字取反		INVD OUT	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、AC、LD、HC、*VD、*AC、*LD、常数	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、AC、LD、HC、*VD、*AC、*LD

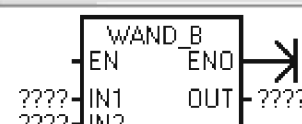
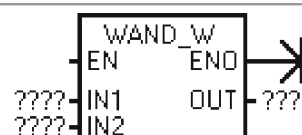
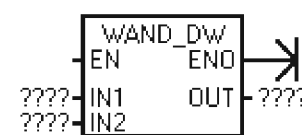
例 2-42：若 VW10 中的内容为“01101100”，将其内容取反，指令及执行过程如下。

网 络	LAD	STL	执行过程
网络 1		LD I0.0 INVW VW10	VW10取反前 01101100 VW10取反后 10010011

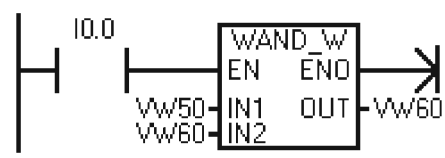
2. 逻辑“与”指令 WAND

逻辑“与”（Logic And）指令 WAND，是对两个输入数据 IN1、IN2 按位进行“与”操作，产生结果 OUT。运算时，若两个操作数的同一位都为 1，则该位逻辑结果为 1，否则为 0。指令如表 2-38 所示。

表 2-38 逻辑“与”指令

逻辑“与”	LAD	STL	输入数据 IN1、IN2	输出数据 OUT
字节“与”		ANDB OUT	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、*AC、*LD、常数	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、*AC、*LD、常数
字“与”		ANDW OUT	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、AIW、T、C、AC、*VD、*AC、*LD、常数	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、AIW、T、C、AC、*VD、*AC、*LD
双字“与”		ANDD OUT	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、AC、LD、HC、*VD、*AC、*LD、常数	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、AC、LD、HC、*VD、*AC、*LD

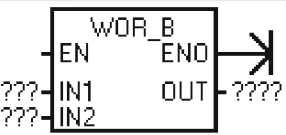
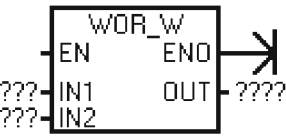
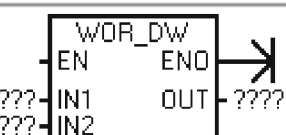
例 2-43: 若 VW50 的内容为“1011000110010110”, VW60 中的内容为“0111011000010101”, 执行逻辑“与”操作, 运行结果存于 VW60 中, 指令及执行过程如下。

网 络	AD	STL	执行过程
网络 1		<pre>LD I0.0 ANDW VW50 , VW60</pre>	“与”操作前 VW50 1011000110010110 VW60 0111011000010101 “与”操作后 VW60 0011000000010100

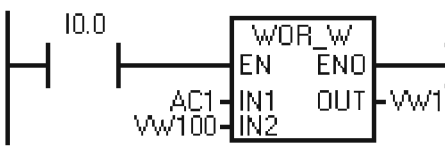
3. 逻辑“或”指令 WOR

逻辑“或”(Logic Or)指令 WOR, 是对两个输入数据 IN1、IN2 按位进行“或”操作, 产生结果 OUT。运算时, 只需两个操作数的同一位中 1 位为 1, 则该位逻辑结果为 1。指令如表 2-39 所示。

表 2-39 逻辑“或”指令

逻辑“或”	LAD	STL	输入数据 IN1、IN2	输出数据 OUT
字节“或”		ORB OUT	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、*AC、*LD、常数	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、*AC、*LD、常数
字“或”		ORW OUT	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、AIW、T、C、AC、*VD、*AC、*LD、常数	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、AIW、T、C、AC、*VD、*AC、*LD
双字“或”		ORD OUT	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、AC、LD、HC、*VD、*AC、*LD、常数	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、AC、LD、HC、*VD、*AC、*LD

例 2-44: 若 AC1 中的内容为“0111001010110101”, VW100 中的内容为“1011011100101100”, 执行逻辑“或”操作, 运行结果存于 VW102 中, 指令及执行过程如下。

网 络	L D	STL	执行过程
网络 1		<pre>LD I0.0 MOVW AC1, VW102 ORW VW100, VW102</pre>	“或”操作前 AC1 0111001010110101 VW100 1011011100101100 “或”操作后 VW102 1111011110111101

4. 逻辑“异或”指令 WXOR

逻辑“异或”(Logic Exclusive Or)指令 WXOR, 是对两个输入数据 IN1、IN2 按位进行“异或”操作, 产生结果 OUT。运算时, 如果两个操作数的同一位不相同, 则该位逻辑结果为 1。指令如表 2-40 所示。

表 2-40 逻辑“异或”指令

逻辑“异或”	LAD	STL	输入数据 IN1、IN2	输出数据 OUT
字节“异或”		XORB OUT	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、*AC、*LD、常数	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、*AC、*LD、常数
字“异或”		XORW OUT	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、AIW、T、C、AC、*VD、*AC、*LD、常数	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、AIW、T、C、AC、*VD、*AC、*LD
双字“异或”		XORD OUT	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、AC、LD、HC、*VD、*AC、*LD、常数	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、AC、LD、HC、*VD、*AC、*LD

例 2-45：若 VW20 中的内容为“1011001010110010”，VW30 中的内容为“1100101001110101”，执行逻辑“异或”操作，结果存于 AC0 中，指令及执行过程如下。

网 络	LAD	STL	执 行 过 程
网络 1		LD I0.0 MOVW VW20, AC0 XORW VW30, AC0	“异或”操作前 VW20 1011001010110010 VW30 1100101001110101 “异或”操作后 AC0 0111100011000111

2.4.7 表功能指令

表功能指令是用来建立和存取字类型的数据表。数据表由表地址、表定义和存储数据这 3 部分组成，如图 2-41 所示。表地址是数据表的第 1 个字地址；表定义由表地址和第 2 个字地址所对应的单元分别存放的两个表参数来定义最大填表数 TL 和实际填表数 EC；存储数据为数据表的第 3 个字地址，用来存放数据。数据表最多可存放 100 个数据（字），不包括指定最大填表数 TL 和实际填表数 EC 的参数，每次向数据表中增加新数据后，EC 加 1。

VW200	0008	TL(最大填表数)
VW202	0004	EC(实际填表数)
VW204	1234	数据0
VW206	5678	数据1
VW208	1223	数据2
VW210	3256	数据3
VW212	XXXX	
VW214	XXXX	

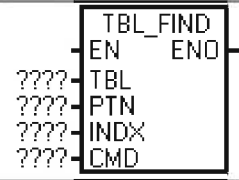
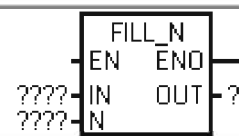
图 2-41 数据表

表功能指令包括填表指令、查表指令、表取数指令和字填充指令。指令如表 2-41 所示。

表 2-41 表功能指令

表功能指令	LAD	STL	功 能 说 明
填表指令		ATT DATA, TBL	向表格（TBL）中增加一个字（DATA）

续表

表功能指令		LAD	STL	功能说明
查表指令			FND= TBL, PATRN, INDX FND<> TBL, PATRN, INDX FND< TBL, PATRN, INDX FND> TBL, PATRN, INDX	在表格 (TBL) 中搜索符合条件的数据在表中的位置 (用数据编号表示, 编号范围为 0~99)
表取数指令	先进 先出		FIFO TBL, DATA	移出表格 (TBL) 中的第 1 个数, 并将该数值移至 DATA 指定存储单元, 表格中的其他数据依次向上移动一个位置
	后进 先出		LIFO TBL, DATA	移出表格 (TBL) 中的最后一个数, 并将该数值移至 DATA 指定存储单元, 表格中的其他数据位置不变
字填充指令			FILL IN, OUT, N	将输入 "IN" 存储器中的字写入 OUT 开始 N 个连续的字存储单元中 (N 范围为 0~255)

使用说明如下。

- ① 要建立表格, 首先须确定表的最大填表数, 然后用表功能指令在表中存取字型数据。
- ② 填表指令 ATT 中数据表内的第 1 个数 DATA 是表的最大长度 TL; 第 2 个数是表内实际填表数 EC, 用来指示已填入表的数据个数。新数据被放入表内上一次填入的数的后面。每向表中增加 1 个新数据时, EC 自动加 1。除 TL 和 EC 外, 数据表最多可以装入 100 个数据。填表指令中 TBL 操作数相差 2 个字节。
- ③ 查表指令中 INDX 用来指定表中符合查找条件的数据的编号; PTN 用来描述查表时进行比较的数据; 命令参数 CMD=1~4, 分别代表 "="、"<>" (不等于)、"<" 和 ">" 的查找条件。若发现一个符合条件的数据, 则 INDX 指向该数据的编号。要查找下一个符合条件的数据, 再次启动查表指令之前, 应先将 INDX+1。若没找到符合条件的数据, INDX 的数值等于 EC。
- ④ 执行表取数指令时, 若一个字型数据从表中取走, 表的实际填表数 EC 值自动减 1。若从空表中取走一个字型数据, 则特殊寄存器标志位 SM1.5 置 1。

例 2-46: 将 VW100 中的数据 2345 填入 VW200 的数据表中, 指令及执行过程如下所示。

LAD	STL	执行过程																																										
	<pre>LD I0.0 ATT VW100, VW200</pre>	执行填表指令ATT前 <table><tr><td>VW100</td><td>2345</td></tr><tr><td>VW200</td><td>0008</td></tr><tr><td>VW202</td><td>0004</td></tr><tr><td>VW204</td><td>1234</td></tr><tr><td>VW206</td><td>1256</td></tr><tr><td>VW208</td><td>3586</td></tr><tr><td>VW210</td><td>8569</td></tr><tr><td>VW212</td><td>XXXX</td></tr><tr><td>VW214</td><td>XXXX</td></tr><tr><td>VW216</td><td>XXXX</td></tr><tr><td>VW218</td><td>XXXX</td></tr></table> TL EC 数据0 数据1 数据2 数据3 → VW212 2345 执行填表指令ATT后 <table><tr><td>VW200</td><td>0008</td></tr><tr><td>VW202</td><td>0005</td></tr><tr><td>VW204</td><td>1234</td></tr><tr><td>VW206</td><td>1256</td></tr><tr><td>VW208</td><td>3586</td></tr><tr><td>VW210</td><td>8569</td></tr><tr><td>VW212</td><td>2345</td></tr><tr><td>VW214</td><td>XXXX</td></tr><tr><td>VW216</td><td>XXXX</td></tr><tr><td>VW218</td><td>XXXX</td></tr></table> TL EC 数据0 数据1 数据2 数据3 数据4	VW100	2345	VW200	0008	VW202	0004	VW204	1234	VW206	1256	VW208	3586	VW210	8569	VW212	XXXX	VW214	XXXX	VW216	XXXX	VW218	XXXX	VW200	0008	VW202	0005	VW204	1234	VW206	1256	VW208	3586	VW210	8569	VW212	2345	VW214	XXXX	VW216	XXXX	VW218	XXXX
VW100	2345																																											
VW200	0008																																											
VW202	0004																																											
VW204	1234																																											
VW206	1256																																											
VW208	3586																																											
VW210	8569																																											
VW212	XXXX																																											
VW214	XXXX																																											
VW216	XXXX																																											
VW218	XXXX																																											
VW200	0008																																											
VW202	0005																																											
VW204	1234																																											
VW206	1256																																											
VW208	3586																																											
VW210	8569																																											
VW212	2345																																											
VW214	XXXX																																											
VW216	XXXX																																											
VW218	XXXX																																											

例 2-47：表取数指令举例，程序及执行过程如下所示。

LAD	STL	执行过程																																							
	<pre>LD I0.0 FIFO VW200, VW100</pre>	FIFO执行前 <table border="1"> <tr><td>VW200</td><td>0008</td><td>TL</td></tr> <tr><td>VW202</td><td>0004</td><td>EC</td></tr> <tr><td>VW204</td><td>1234</td><td>数据0</td></tr> <tr><td>VW206</td><td>1256</td><td>数据1</td></tr> <tr><td>VW208</td><td>3586</td><td>数据2</td></tr> <tr><td>VW210</td><td>8569</td><td>数据3</td></tr> </table> FIFO执行后 <table border="1"> <tr><td>VW100</td><td>1234</td><td></td></tr> <tr><td>VW200</td><td>0008</td><td>TL</td></tr> <tr><td>VW202</td><td>0003</td><td>EC</td></tr> <tr><td>VW204</td><td>1256</td><td>数据0</td></tr> <tr><td>VW206</td><td>3586</td><td>数据1</td></tr> <tr><td>VW208</td><td>8569</td><td>数据2</td></tr> <tr><td>VW210</td><td>XXXX</td><td></td></tr> </table>	VW200	0008	TL	VW202	0004	EC	VW204	1234	数据0	VW206	1256	数据1	VW208	3586	数据2	VW210	8569	数据3	VW100	1234		VW200	0008	TL	VW202	0003	EC	VW204	1256	数据0	VW206	3586	数据1	VW208	8569	数据2	VW210	XXXX	
VW200	0008	TL																																							
VW202	0004	EC																																							
VW204	1234	数据0																																							
VW206	1256	数据1																																							
VW208	3586	数据2																																							
VW210	8569	数据3																																							
VW100	1234																																								
VW200	0008	TL																																							
VW202	0003	EC																																							
VW204	1256	数据0																																							
VW206	3586	数据1																																							
VW208	8569	数据2																																							
VW210	XXXX																																								
	<pre>LD I0.1 LIFO VW200, VW300</pre>	LIFO执行前 <table border="1"> <tr><td>VW200</td><td>0008</td><td>TL</td></tr> <tr><td>VW202</td><td>0004</td><td>EC</td></tr> <tr><td>VW204</td><td>1234</td><td>数据0</td></tr> <tr><td>VW206</td><td>1256</td><td>数据1</td></tr> <tr><td>VW208</td><td>3586</td><td>数据2</td></tr> <tr><td>VW210</td><td>8569</td><td>数据3</td></tr> </table> LIFO执行后 <table border="1"> <tr><td>VW300</td><td>8569</td><td></td></tr> <tr><td>VW200</td><td>0008</td><td>TL</td></tr> <tr><td>VW202</td><td>0003</td><td>EC</td></tr> <tr><td>VW204</td><td>1234</td><td>数据0</td></tr> <tr><td>VW206</td><td>1256</td><td>数据1</td></tr> <tr><td>VW208</td><td>3586</td><td>数据2</td></tr> <tr><td>VW210</td><td>XXXX</td><td></td></tr> </table>	VW200	0008	TL	VW202	0004	EC	VW204	1234	数据0	VW206	1256	数据1	VW208	3586	数据2	VW210	8569	数据3	VW300	8569		VW200	0008	TL	VW202	0003	EC	VW204	1234	数据0	VW206	1256	数据1	VW208	3586	数据2	VW210	XXXX	
VW200	0008	TL																																							
VW202	0004	EC																																							
VW204	1234	数据0																																							
VW206	1256	数据1																																							
VW208	3586	数据2																																							
VW210	8569	数据3																																							
VW300	8569																																								
VW200	0008	TL																																							
VW202	0003	EC																																							
VW204	1234	数据0																																							
VW206	1256	数据1																																							
VW208	3586	数据2																																							
VW210	XXXX																																								

例 2-48：将 VW200 数据表中 4 个字的数据填充为 0，程序及执行过程如下所示。

LAD	STL	执行过程																																				
	<pre>LD I0.0 FILL 0, VW204, 4</pre>	执行填充前 <table border="1"> <tr><td>VW200</td><td>0008</td><td>TL</td></tr> <tr><td>VW202</td><td>0004</td><td>EC</td></tr> <tr><td>VW204</td><td>1234</td><td>数据0</td></tr> <tr><td>VW206</td><td>1256</td><td>数据1</td></tr> <tr><td>VW208</td><td>3586</td><td>数据2</td></tr> <tr><td>VW210</td><td>8569</td><td>数据3</td></tr> </table> 执行填充后 <table border="1"> <tr><td>VW200</td><td>0008</td><td>TL</td></tr> <tr><td>VW202</td><td>0004</td><td>EC</td></tr> <tr><td>VW204</td><td>0</td><td>数据0</td></tr> <tr><td>VW206</td><td>0</td><td>数据1</td></tr> <tr><td>VW208</td><td>0</td><td>数据2</td></tr> <tr><td>VW210</td><td>0</td><td>数据3</td></tr> </table>	VW200	0008	TL	VW202	0004	EC	VW204	1234	数据0	VW206	1256	数据1	VW208	3586	数据2	VW210	8569	数据3	VW200	0008	TL	VW202	0004	EC	VW204	0	数据0	VW206	0	数据1	VW208	0	数据2	VW210	0	数据3
VW200	0008	TL																																				
VW202	0004	EC																																				
VW204	1234	数据0																																				
VW206	1256	数据1																																				
VW208	3586	数据2																																				
VW210	8569	数据3																																				
VW200	0008	TL																																				
VW202	0004	EC																																				
VW204	0	数据0																																				
VW206	0	数据1																																				
VW208	0	数据2																																				
VW210	0	数据3																																				

2.4.8 中断指令

S7-200 系列 PLC 最多有 34 个中断源，分为 3 大类：通信中断、输入/输出（I/O）中断和定时中断，3 个中断优先级别如表 2-42 所示。

表 2-42 中断指令

组中断优先级	中断事件类型	中断事件号	中断事件说明	组内优先级
通信中断 (最高级)	通信口 0	8	通信口 0: 接收字符	0
		9	通信口 0: 发送字符	0
		23	通信口 0: 接收信息完成	0
	通信口 1	24	通信口 1: 接收信息完成	1
		25	通信口 1: 接收字符	1
		26	通信口 1: 发送完成	1
I/O 中断 (中等级)	脉冲输出	19	PTO0 脉冲串输出完成中断	0
		20	PTO1 脉冲串输出完成中断	1

续表

组中断优先级	中断事件类型	中断事件号	中断事件说明	组内优先级
I/O 中断 (中等级)	外部输入	0	I0.0 上升沿中断	2
		2	I0.1 上升沿中断	3
		4	I0.2 上升沿中断	4
		6	I0.3 上升沿中断	5
		1	I0.0 下降沿中断	6
		3	I0.1 下降沿中断	7
		5	I0.2 下降沿中断	8
		7	I0.3 下降沿中断	9
	高速计数器	12	HSC0 当前值等于预置值中断	10
		27	HSC0 输入方向改变中断	11
		28	HSC0 外部复位中断	12
		13	HSC1 当前值等于预置值中断	13
		14	HSC1 输入方向改变中断	14
		15	HSC1 外部复位中断	15
		16	HSC2 当前值等于预置值中断	16
		17	HSC2 输入方向改变中断	17
		18	HSC2 外部复位中断	18
		32	HSC3 当前值等于预置值中断	19
		29	HSC4 当前值等于预置值中断	20
		30	HSC4 输入方向改变中断	21
		31	HSC4 外部复位中断	22
		33	HSC5 当前值等于预置值中断	23
定时中断 (最低级)	定时	10	定时中断 0	0
		11	定时中断 1	1
	定时器	21	定时器 T32 CT=PT 中断	2
		22	定时器 T96 CT=PT 中断	3

中断控制指令有开中断、关中断、中断返回、中断连接、中断分离、中断清除等指令，如表 2-43 所示，表中 INT 和 EVNT 均为字节型常数。

表 2-43 中断控制指令

中断指令	LAD	STL	指令说明
开中断		ENI	允许所有被连接的中断事件
关中断		DISI	全局性地禁止处理所有中断事件，允许中断排队等候，但不允许执行中断程序，直到全局中断允许指令 ENI 重新允许中断
中断返回		CRETI	根据前面的逻辑操作条件，从中断服务程序中返回，编程软件自动为各中断程序添加无条件返回指令

续表

中断指令	LAD	STL	指令说明
中断连接		ATCH INT, EVNT	将中断事件 EVNT 与中断服务程序号 INT 相关联, 并启用该中断事件
中断分离		DTCH INT, EVNT	将中断事件 EVNT 与中断服务程序之间的关联切断, 并禁止该中断事件, 使中断回到不激活或无效状态
中断清除		CEVNT EVNT	从中断队列中清除所有 EVNT 类型的中断事件, 将不需要的中断事件进行清除

使用说明如下。

- ① 在 S7-200 系列 PLC 中外部输入中断是利用输入点 I0.0~I0.3 的上升沿或下降沿产生中断。
- ② 定时中断 0, 把周期时间值写入 SM34; 定时中断 1, 把周期时间值写入 SM35。
- ③ PLC 中的中断指令与计算机原理中的中断不同, 它不允许嵌套。
- ④ 在中断服务程序中禁止使用 DISI、ENI、CALL、HDEF、FOR-NEXT、LSCR、SCRE、SCRT、END 等指令。
- ⑤ 软件编程时, 在“编辑”菜单下“插入”中选择“中断程序”, 可生成一个新的中断程序编号, 进入该程序的编辑区, 在此编辑区中可编写中断服务; 或者在程序编辑器视窗中单击鼠标右键, 从弹出的菜单中选择“插入”→“中断程序”, 也可实现中断程序的编写。

例 2-49: 在 I0.0 的上升沿通过中断使 Q0.0 立即置位, 在 I0.1 的下降沿通过中断使 Q0.0 立即复位, 并解除中断。

解: 这是 I/O 中断服务程序, I0.0~I0.3 的上升沿或下降沿可产生中断。I0.0 上升沿中断, 其中断事件号为 0; I0.1 下降沿中断, 其中断事件号为 3。使用 ATCH 指令进行中断连接, 使用 DTCH 指令分离中断。其程序如图 2-42 所示。

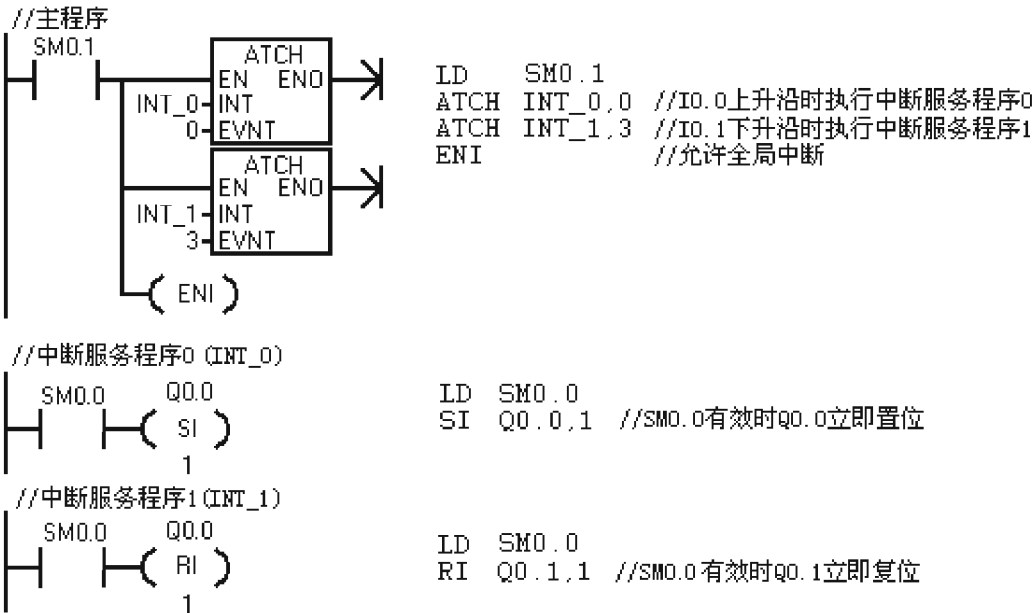


图 2-42 I/O 中断举例

例 2-50：用定时中断 0 实现每隔 4s 时间 QB 加 1。

解：这是定时中断服务程序，定时中断 0 和定时中断 1 的 1~255ms 时间间隔可分别写入特殊存储器 SMB34 和 SMB35 中，修改 SMB34 或 SMB35 中的数值就改变了时间间隔。将定时中断的时间间隔设为 250ms，在定时器 0 的中断程序中，每当一次定时中断到时，VB10 加 1，然后再使用比较触点指令“LD=”判断 VB10 是否等于 16。如果正好等于 16 时，表示中断了 16 次，QB0 加 1。定时中断 0 的中断事件号为 10，其程序如图 2-43 所示。

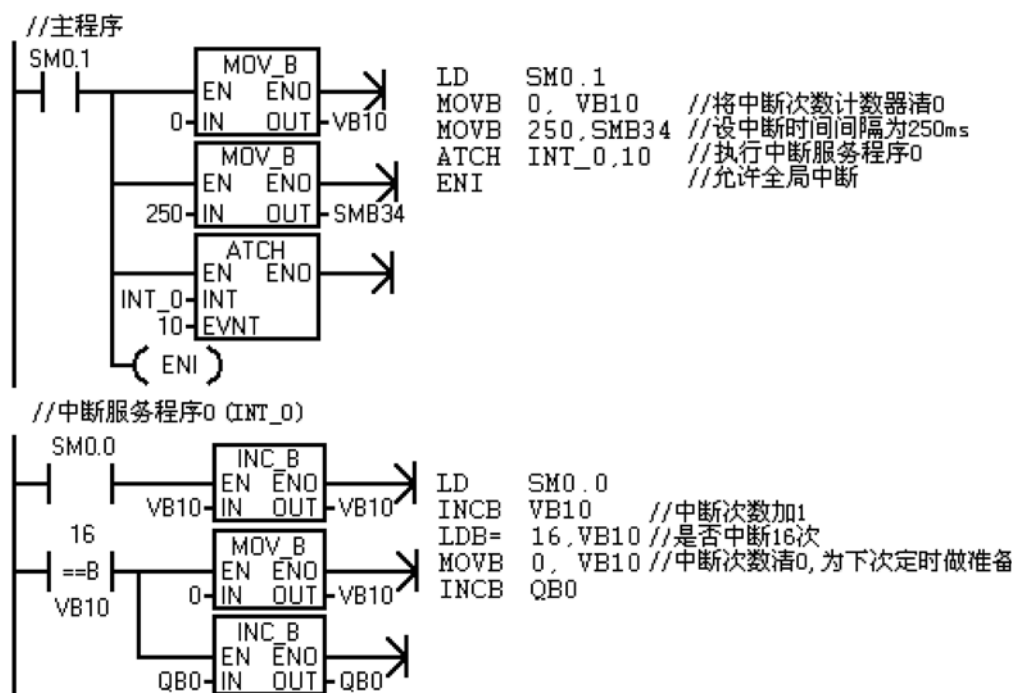


图 2-43 定时器中断举例

2.4.9 高速计数器与高速脉冲输出指令

PLC 的高速处理指令包括高速计数指令、高速脉冲指令和立即类指令 3 类。高速脉冲输出功能是指在可编程控制器的某些输出端有高速脉冲输出，用来驱动负载以实现精确控制。

1. 高速计数器

(1) 高速计数器介绍

S7-200 系列 PLC 提供了 6 个高速计数器 HSC0~HSC5，以响应快速脉冲输入信号。CPU221 和 CPU222 支持 HSC0、HSC3、HSC4、HSC5 这 4 个高速计数器，而没有 HSC1 和 HSC2 这两个计数器；CPU224、CPU226 和 CPU226XM 拥有 HSC0~HSC5 这 6 个高速计数器。高速计数器占用相应输入端子，如表 2-44 所示。

表 2-44 高速计数器占用的输入端子

高速计数器	占用的输入端子	高速计数器	占用的输入端子
HSC0	I0.0、I0.1、I0.2	HSC3	I0.1
HSC1	I0.6、I0.7、I1.0、I1.1	HSC4	I0.3、I0.4、I0.5
HSC2	I1.2、I1.3、I1.4、I1.5	HSC5	I0.4

S7-200 系列 PLC 高速计数器有 4 种工作类型：内部方向控制的单相计数、外部方向控制的单相计数、双脉冲输入的加/减计数、两路脉冲输入的双相正交计数。

① 内部方向控制的单相计数

内部方向控制的单相计数，它只有一个脉冲输入端，通过高速计数器的控制字节的第 3 位来控制计数方向。若高速计数器控制字节的第 3 位为 1，则进行加计数；若该位为 0，则进行减计数，如图 2-44 所示，图中 CV 表示当前值，PV 表示预置值。

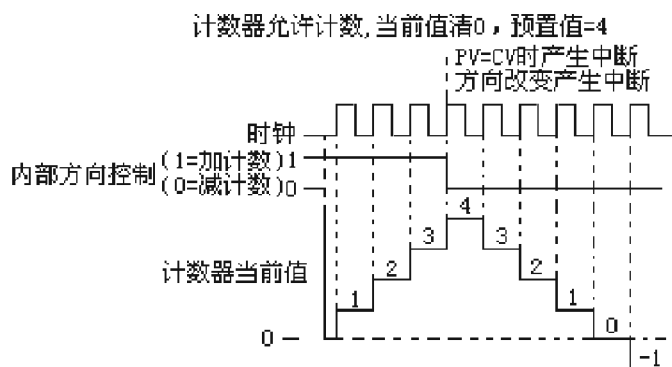


图 2-44 内部方向控制的单相计数

② 外部方向控制的单相计数

外部方向控制的单相计数，它有一个脉冲输入端，有一个方向控制端。若方向控制端等于 1，则进行加计数；若方向控制端等于 0，则进行减计数，如图 2-45 所示。

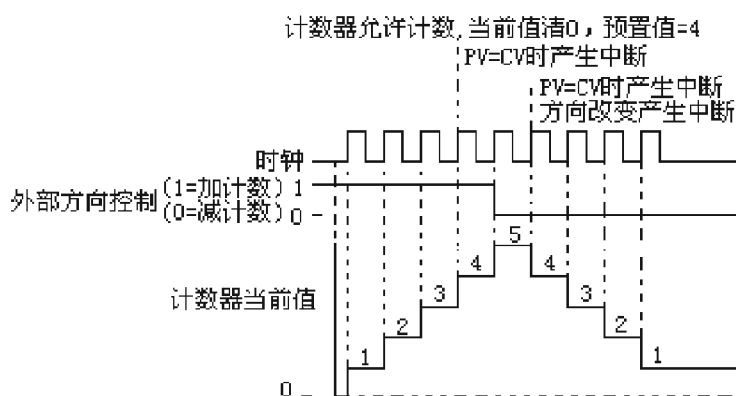


图 2-45 外部方向控制的单相计数

③ 双脉冲输入的加/减计数

双脉冲输入的加/减计数，有两个脉冲输入端，一个是加计数脉冲输入端，另一个是减计数输入端。计数值为两个输入端脉冲的代数和，如图 2-46 所示。

④ 两路脉冲输入的双相正交计数

两路脉冲输入的双相正交计数，有两个脉冲输入端，一个是 A 相，另一个是 B 相。两路输入脉冲 A 相和 B 相的相位相差 90° （正交），若 A 相超前 B 相 90° ，则进行加计数；若 A 相滞后 B 相 90° ，则进行减计数。在这种计数方式下，可选择 1 倍速正交模式（一个时钟脉冲计 1 个数）和 4 倍速正交模式（一个时钟脉冲计 4 个数），如图 2-47 所示。

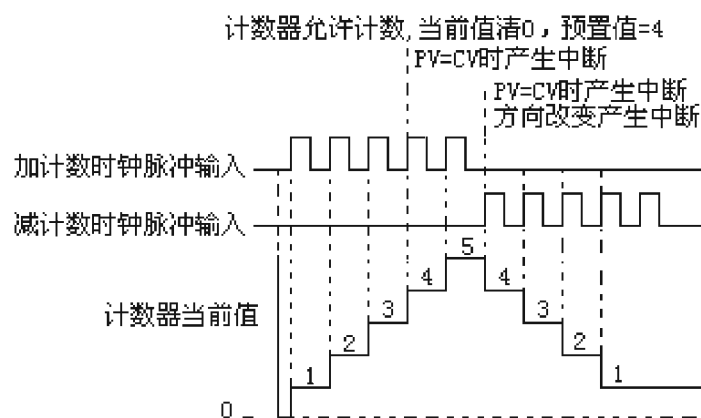
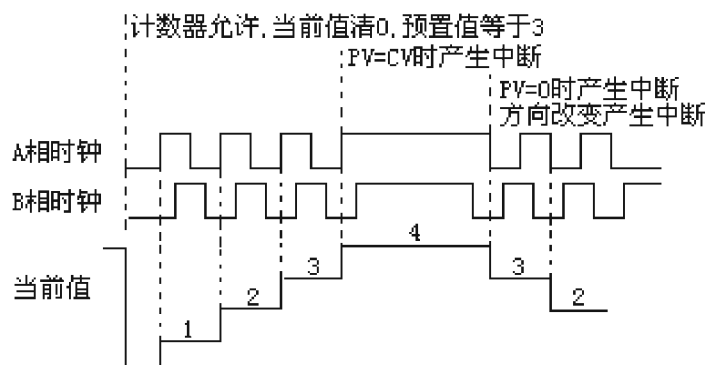
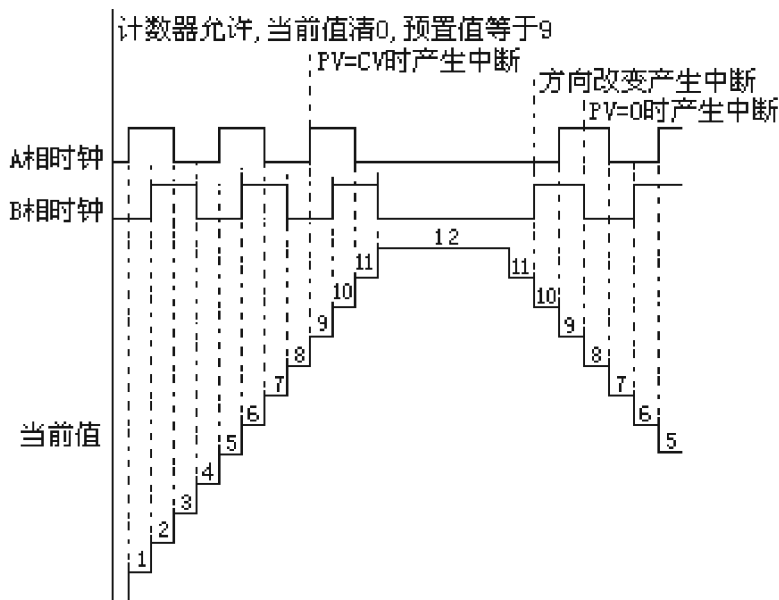


图 2-46 模式 6、7 或 8 时双脉冲输入的加/减计数



(a) 模式 9、10 或 11 时 1 倍速正交计数



(b) 模式 9、10 或 11 时 4 倍速正交计数

图 2-47 两路脉冲输入的双相正交计数

根据有无外部硬件复位输入的启动输入,每种高速计数器类型可以设定为 3 种工作状态:

①无复位、无启动输入;②有复位、无启动输入;③既有复位,又有启动输入。

HSC1 和 HSC2 有模式 0~11 共 12 种工作模式;HSC0 和 HSC4 因没有启动输入,只有模式 0~7 共 8 种工作模式;HSC3 和 HSC5 只有时钟脉冲输入,只有模式 0。模式 0~2 采用

单相内部方向控制的加/减计数；模式 3~5 采用单相外部方向控制的加/减计数；模式 6~8 采用双脉冲输入的加/减计数；模式 9~11 采用两路脉冲输入的双相正交计数。

选用某个高速计数器在某种工作模式下工作后，高速计数器所使用的输入不是任意选择的，必须按系统指定的输入点输入信号，如表 2-45 所示。

表 2-45 高速计数器的工作模式和输入端子的关系

输入端子	功能及说明	占用的输入端子及功能			
		I0.0	I0.1	I0.2	x
HSC 模式	I SC0	I0.0	I0.1	I0.2	x
	I SC1	I0.3	I0.4	I0.5	x
	I SC2	I0.6	I0.7	I1.0	I1.1
	I SC3	I1.2	I1.3	I1.4	I1.5
	I SC4	I0.1			
	I SC5	I0.4			
0	单相内部方向控制的加/减计数，控制字 SM3.7=0，减计数；SM3.7=1，加计数	脉冲输入端			
1				复位端	
2				复位端	启动端
3	单相外部方向控制的加/减计数，方向控制端=0，减计数；方向控制端=1，加计数	脉冲输入端	方向控制端		
4				复位端	
5				复位端	启动端
6	双脉冲输入的加/减计数，加计数有脉冲输入，加计数；减计数有脉冲输入，减计数	加计数脉冲输入端	减计数脉冲输入端		
7				复位端	
8				复位端	启动端
9	两路脉冲输入的双相正交计数，A 相脉冲超前 B 相脉冲，加计数；A 相脉冲滞后 B 相脉冲，减计数	A 相脉冲输入端	B 相脉冲输入端		
10				复位端	
11				复位端	启动端

在定义了计数器和工作模式后，还要设置高速计数器有关控制字节。每个高速计数器都有一个控制字节，它决定计数器是否允许计数、控制计数方向（只对模式 0、1、2 有效）或者对所有其他模式定义初始化计数方向、装载初始值和装载预置值。高速计数器控制字节的位地址分配如表 2-46 所示。

表 2-46 高速计数器控制字节的位地址分配

HSC0	HSC1	HSC2	HSC3	HSC4	HSC5	功能描述
SM37.0	SM47.0	SM57.0		SM147.0		复位有效电平控制位：0，高电平有效；1，低电平有效
	SM47.1	SM57.1				启动有效电平控制位：0，高电平启动有效；1，低电平启动有效
SM37.2	SM47.2	SM57.2		SM147.2		正交计数速率选择位：0，4 倍速计数；1，1 倍速计数
SM37.3	SM47.3	SM57.3	SM137.3	SM147.3	SM157.3	计数方向控制位：0，减计数；1，加计数
SM37.4	SM47.4	SM57.4	SM137.4	SM147.4	SM157.4	向 HSC 写计数方向允许控制位：0，不更新；1，更新计数方向

续表

HSC0	HSC1	HSC2	HSC3	HSC4	HSC5	功 能 描 述
SM37.5	SM47.5	SM57.5	SM137.5	SM147.5	SM157.5	向 HSC 写入预设值允许控制位：0，不更新；1，更新预设值
SM37.6	SM47.6	SM57.6	SM137.6	SM147.6	SM157.6	向 HSC 写入当前值允许控制位：0，不更新；1，更新当前值
SM37.7	SM47.7	SM57.7	SM137.7	SM147.7	SM157.7	HSC 指令执行允许控制位：0，禁止 HSC；1 允许 HSC

每个高速计数器除了控制字节外，还有一个状态字节。状态字节的相关位用来描述当前的计数方向、当前值是否大于或等于预置值，状态位功能如表 2-47 所示。

表 2-47 高速计数器状态字节

HSC0	HSC1	HSC2	HSC3	HSC4	HSC5	功 能 描 述
SM36.5	SM46.5	SM56.5	SM136.5	SM146.5	SM156.5	当前计数方向状态位：0，减计数；1，加计数
SM36.6	SM46.6	SM56.6	SM136.6	SM146.6	SM156.6	当前值等于预置值状态位：0，不相等；1，相等
SM36.7	SM46.7	SM56.7	SM136.7	SM146.7	SM156.7	当前值大于预置值状态位：0，小于或等于；1，大于

每个高速计数器都有一个初始值和一个预置值，它们都是 32 位的有符号整数，如表 2-48 所示。

表 2-48 高速计数器数值寻址

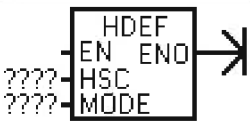
计 数 器 号	HSC0	HSC1	HSC2	HSC3	HSC4	HSC5
初始值	SMD38	SMD48	SMD58	SMD138	SMD148	SMD158
预置值	SMD42	SMD52	SMD62	SMD142	SMD152	SMD162
当前值	HC0	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5

如果当前计数值等于预置值，则内部会产生中断。使用外部复位端的计数模式支持外部复位中断，除模式 0、1 和 2 之外，所有计数器模式还支持计数方向改变中断，每种中断条件都可以分别允许或禁止。

(2) 高速计数指令

高速计数指令 HSC (High Speed Counter) 有高速计数器定义指令 (HDEF) 和高速计数器指令 (HSC) 两条，指令格式如表 2-49 所示。

表 2-49 高速计数指令格式

指 令	LAD	STL	指 令 说 明
HDEF		HDEF HSC,MODE	用来选择高速计数器的输入脉冲、计数方向、复位和启动（即工作模式的选定）
HSC		HSC N	根据高速计数器控制位的状态和按照 HDEF 指令指定的工作模式，控制高速计数器

使用说明如下。

① 使用高速计数器时，需完成以下步骤。

(a) 根据选定的计数器工作模式，设置相应的控制字节。

(b) 使用 HDEF 指令定义计数器号。

(c) 设置计数方向。

(d) 设置初始值。

(e) 设置预置值。

(f) 指定并使能中断服务程序。

(g) 执行 HSC 指令，激活高速计数器。

② 高速计数器指令的初始化步骤如下。

(a) 用初次扫描存储器 SM0.1=1 调用执行初始化操作的子程序，由于采用了子程序，在后续扫描中不必再调用这个子程序，从而减少了扫描时间，使程序结构更加优化。

(b) 初始化子程序中，根据所希望的控制要求设置控制字节 (SMB37、SMB47、SMB57、SMB137、SMB147、SMB157)。例如 SMB37=16#C8，表示使用 HSC0，允许加计数，写入初始值，不装入预置值，运行中不更改方向，若为正交计数时，为 4 倍速正交计数，高电平有效复位。

(c) 执行 HDEF 指令时，设置 HSC 编号 (0~5) 和工作模式 MODE (0~11)。

(d) 使用 MOVD 指令将新的当前值写入 32 位当前寄存器 (SMD38、SMD48、SMD58、SMD138、SMD148、SMD158)。如果将 0 写入当前寄存器中，则是将当前计数值清 0。

(e) 使用 MOVD 指令将预置值写入 32 位预置值寄存器 (SMD42、SMD52、SMD62、SMD142、SMD152、SMD162)。例如执行 MOVD 1000, SMD42，则预置值为 1000。

(f) 为了捕获当前值 CV 等于预置值 PV 中断事件，编写中断子程序，并指定 CV=PV 中断事件 (中断事件号为 13) 调用该中断子程序。

(g) 为了捕获计数方向的改变，将方向改变的中断事件 (中断事件号为 14) 与一个中断程序联系；为了捕获外部复位事件，将外部复位中断事件 (中断事件号为 15) 与一个中断程序联系。

(h) 执行全局中断允许指令 ENI 来允许 HSC 中断。

(i) 执行 HSC 指令，使 S7-200 对高速计数器进行编程。

(j) 退出子程序。

例 2-51：设某传输带的旋转轴上连接了一个 A/B 两相正交脉冲的增量旋转编码器。计数脉冲的个数代表旋转轴的位置，也就是加工器件的传送位移量。编码器旋转一圈产生 10 个 A/B 相脉冲和一个复位脉冲，需要在第 5 和第 8 个脉冲所代表的位置之间接通，并打开电磁阀，对其进行清洗，其余位置时不对加工器件进行清洗。

解：电磁阀的关闭由 Q0.0 进行控制，A 相接 I0.0，B 相与 I0.1 连接，复位脉冲接入 I0.2，利用 HSC0 的 CV=PV (当前值=预置值) 的中断，就可实现此功能。

① 主程序如图 2-48 (a) 所示，用首次扫描时接通一个扫描周期的特殊内部存储器 SM0.1 去调用一个子程序，完成初始化操作。

② 初始化子程序如图 2-48 (b) 所示，定义 HSC0 为模式 10 (两路脉冲输入的双相正交计数，具有复位输入功能)。

③ 中断服务子程序如图 2-48 (c) 所示。

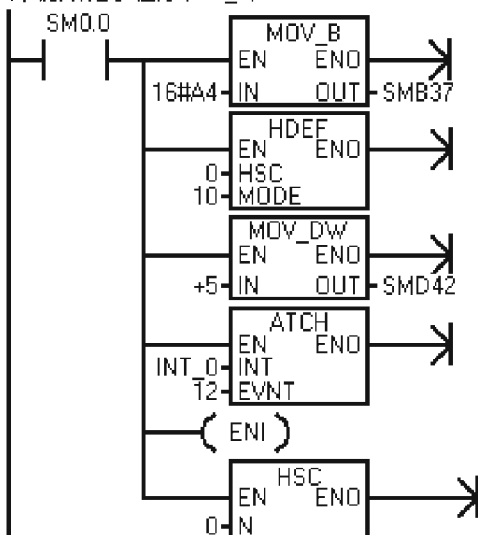
//主程序



```
LD    SM0.1
CALL  SBR_0 //调用SBR_0
```

(a) 主程序

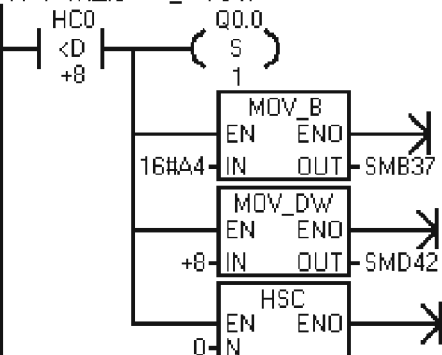
//初始化子程序(SBR_0)



```
LD    SM0.0
MOVB  16#A4,SMB37 //设置HSC0控制字节
HDEF  0, 10      //将HSC0设置为模式10
MOVD  +5, SMD42  //装入预置值5
ATCH  INT_0,12   //连接中断事件12和INT_0
ENI    //允许全局中断
HSC    0         //执行HSC0指令
```

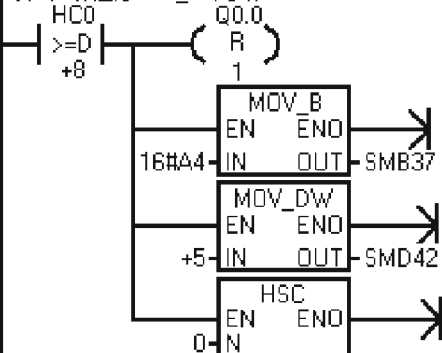
(b) 初始化子程序 SBR_0

//中断程序INT_0 网络1



```
LDD<  HSC0,+8    //计数在5~8之间置位Q0.0
S      Q0.0,1
MOVB  16#A4,SMB37
MOVD  +8,SMD42   //将预置值改为8
HSC    0         //等待下一次中断发生
```

//中断程序INT_0 网络2



```
LDD>= HSC0,+8    //计数超过8复位Q0.0
R      Q0.0,1
MOVB  16#A4,SMB37
MOVD  +5,SMD42   //将预置值改为5
HSC    0         //等待下一次中断发生
```

(c) 中断服务子程序

图 2-48 高速计数器使用举例

2. 高速脉冲输出

每个 CPU 有两个高速脉冲串输出 PTO (Pulse Train Output) 和脉冲宽度调制输出 PWM (Pulse Width Modulation) 发生器, 分别通过数字量输出点 Q0.0 或 Q0.1 输出高速脉冲串或脉

冲宽度可调的波形。

高速脉冲输出指令 PLS 检查为脉冲输出 (Q0.0 或 Q0.1) 设置的特殊存储器位 SM, 然后执行特殊存储器位定义的脉冲操作, 指令如表 2-50 所示。

表 2-50 高速脉冲输出指令 PLS

指 令	LAD	STL	作 数
PLS		PLS Q	Q; 常量 (0 或 1)

(1) 与脉冲输出控制相关的特殊寄存器

在 S7-200 中, 每个 PTO 或 PWM 输出都对应一些 SM 特殊寄存器, 如一个 8 位的状态字节、一个 8 位的控制字节、两个 16 位的时间寄存器、一个 32 位的脉冲计数器、一个 8 位的段数寄存器和一个 16 位的偏移地址寄存器。

① 高速脉冲输出的状态字节

PTO 输出时, 通过状态字节来描述 Q0.0 或 Q0.1 是否空闲、是否产生溢出、是否由用户命令而终止、是否增量计算错误而终止等信息, 如表 2-51 所示。

表 2-51 高速脉冲输出的状态字节

Q0.0	Q0.1	功 能 描 述
SMB66.4	SMB76.4	PTO 包络由于增量计算错误而终止: 0, 无错误; 1, 终止
SMB66.5	SMB76.5	PTO 包络由于用户命令而终止: 0, 无错误; 1, 终止
SMB66.6	SMB76.6	PTO 管线溢出: 0, 无溢出; 1, 上溢/下溢
SMB66.7	SMB76.7	PTO 空闲: 0, 执行中; 1, PTO 空闲

② 高速脉冲输出的控制字节

高速脉冲输出的控制字节通过设置特殊寄存器 SMB67 或 SMB77 的相关位可定义 PTO/PWM 的输出形式、时间基准、更新方式、PTO 的单段或多段输出选择等, 如表 2-52 所示。

表 2-52 高速脉冲输出的控制字节

Q0.0	Q0.1	功 能 描 述
SMB67.0	SMB77.0	PTO/PWM 更新周期值: 0, 不更新; 1, 更新周期值
SMB67.1	SMB77.1	PWM 更新脉冲宽度值: 0, 不更新; 1, 更新脉冲宽度值
SMB67.2	SMB77.2	PTO 更新脉冲数: 0, 不更新; 1, 更新脉冲数
SMB67.3	SMB77.3	PTO/PWM 时间基准选择: 0, 1μs/格; 1, 1ms/格
SMB67.4	SMB77.4	PWM 更新方法: 0, 异步更新; 1, 同步更新
SMB67.5	SMB77.5	PTO 操作: 0, 单段操作; 1, 多段操作
SMB67.6	SMB77.6	PTO/PWM 模式选择: 0, 选择 PTO; 1, 选择 PWM
SMB67.7	SMB77.7	PTO/PWM 允许: 0, 禁止; 1, 允许

③ 其他相关的特殊寄存器

在 S7-200 的高速脉冲输出控制中还有其他相关的特殊寄存器, 用于存储周期值、脉冲宽度值、PTO 脉冲计数值、多段 PTO 进行中的段数等, 设置如表 2-53 所示。

表 2-53 高速脉冲输出的其他相关特殊寄存器

Q0.0	Q0.1	功 能 描 述
SMW68	SMW78	PTO/PWM 周期值（范围：2~65536）
SMW70	SMW80	PWM 脉冲宽度值（范围：0~65536）
SMD72	SMD82	PTO 脉冲计数值（范围：0~4294967295）
SMB166	SMB176	进行中的段数（仅在多段 PTO 操作中）
SMW168	SMW178	包络表的起始位置，用从 V0 开始的字节偏移表示（仅在多段 PTO 操作中）
SMB170	SMB180	线性包络状态字节
SMB171	SMB181	线性包络结果寄存器
SMD172	SMD182	手动模式频率寄存器

（2）PTO 操作

根据管线的实现方式不同，PTO 分为单段管线和多段管线两种工作模式。

① 单段管线模式

PTO 单段管线模式中，每次只能存储一个脉冲串的控制参数。在当前脉冲串输出期间，需要为下一个脉冲更新 SM 特殊寄存器。初始 PTO 段一旦启动了，就必须按照第 2 个波形的要求改变特殊寄存器，并再次执行 PLS 指令。第 2 个脉冲串的属性在管线中一直保持到第 1 个脉冲器发送完成。单段管线模式中的各段脉冲串可以采用不同的时间基准，但是当参数设置不当时，会造成各个脉冲串之间的连接不平稳且使编程复杂烦琐。

② 多段管线模式

PTO 多段管线模式中，在变量存储区 V 建立一个包络表，包络表存放每个脉冲器的参数。执行 PLS 指令时，CPU 自动从 V 存储器区包络表中读出每个脉冲串的参数。多段管线 PTO 常用于步进电机的控制。

包络是一个预先定义的以位置为横坐标、以速度为纵坐标的曲线，它是运动的图形描述。包络表由包络段数和各段构成，每段长度为 8 个字节，由 16 位周期增量值和 32 位脉冲个数组成，其格式如表 2-54 所示。选择多段操作时，必须装入包络表在 V 存储器中的起始地址偏移量（SMW168 或 SMW178），包络表中的时间基准可以选择微秒或毫秒，但是所有周期值必须使用同一个时间基准，且在包络运行时时间基准不能改变。

表 2-54 多段 PTO 包络表的格式

字节偏移量	包络段数	存 储 说 明
VBn	段 1	包络表中的段数 1~255（输入 0 作为脉冲的段数将不产生 PTO 输出）
VBn+1		初始周期（2~65536 时间基准单位）
VBn+3		每个脉冲的周期增量（有符号值-32768~+32767 时间基准单位微秒或毫秒）
VBn+5		脉冲数（1~4294967295）
VBn+9	段 2	初始周期（2~65536 时间基准单位）
VBn+11		每个脉冲的周期增量（有符号值-32768~+32767 时间基准单位微秒或毫秒）
VBn+13		脉冲数（1~4294967295）
VBn+17	段 3	初始周期（2~65536 时间基准单位）
VBn+19		每个脉冲的周期增量（有符号值-32768~+32767 时间基准单位微秒或毫秒）
VBn+21		脉冲数（1~4294967295）

使用高速脉冲串输出时，需按以下步骤完成。

① 确定脉冲发生器及工作模式。根据控制要求选用高速脉冲串输出端，并选择 PTO，确定

PTO 是单段管线模式还是多段管线模式。若要求有多个脉冲串连续输出,则选择多段管线模式。

② 按照控制要求设置控制字节,并写入 SMB67 或 SMB77 中。

③ 写入周期表、周期增量和脉冲数。如果使用单段脉冲,周期表、周期增量和脉冲数需分别设置;若采用多段脉冲,则需建立多段脉冲包络表,并对各段参数分别设置。

④ 装入包络表的首地址。

⑤ 设置中断事件并全局开中断。

⑥ 执行 PLS 指令,使 S7-200CPU 对 PTO 确认设置。

例 2-52:单段 PTO 编程举例,主程序如图 2-49(a)所示,一次性调用初始化子程序 SBR_0; I0.0 接通时调用 SBR_1,改变脉冲周期。SBR_0 子程序如图 2-49(b)所示,用来设定脉冲个数、周期并发出起始脉冲器; SBR_1 子程序如图 2-49(c)所示,用来改变脉冲串周期。

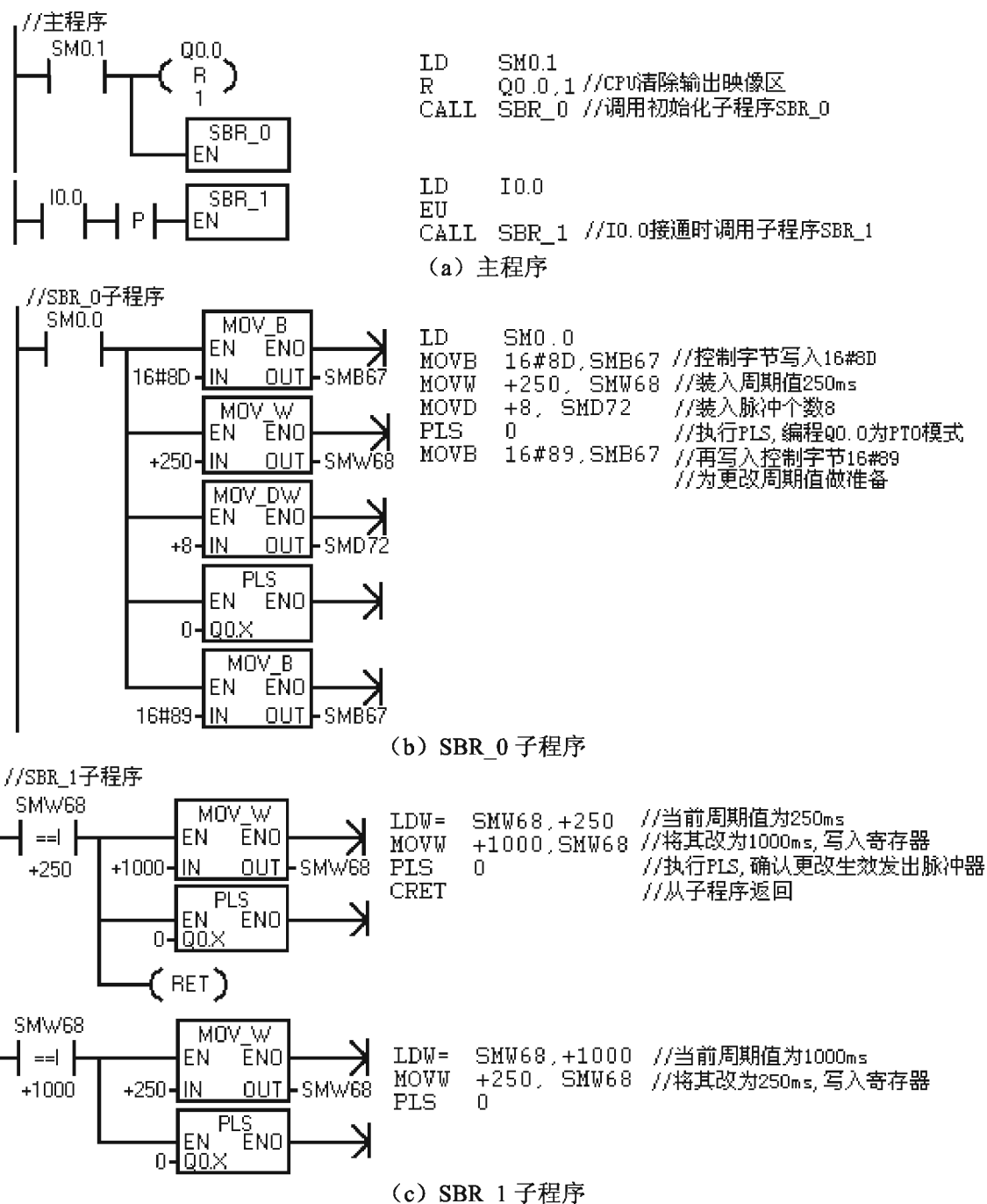


图 2-49 单段 PTO 编程举例

例 2-53：用多段 PTO 对步进电机的加速和减速进行控制，其要求如图 2-50 所示。从 A 点到 B 点为加速运行，从 B 点到 C 点为匀速运行，从 C 点到 D 点为减速运行。

解：从图 2-50 可看出，步进电机分段 1、段 2 和段 3 这 3 段运行。起始和终止脉冲频率为 1kHz（周期为 1000μs），最大脉冲频率为 5kHz（周期为 200μs）。步进电机总共运行了 1000 个脉冲数，其中段 1 为加速运行，有 100 个脉冲数；段 2 为匀速运行，有 800 个脉冲数；段 3 为减速运行，有 100 个脉冲数。根据以下公式，写出表 2-55 所示的包络表（以 VB300 开始作为包络表存储单元）：

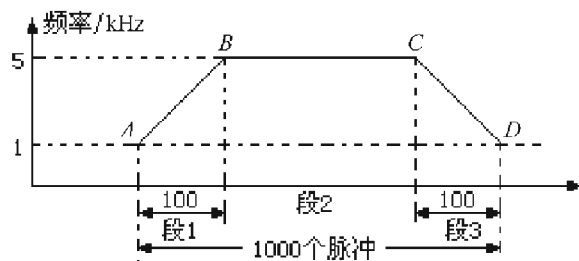


图 2-50 步进电机的加、减速控制

$$\text{段周期增量} = (\text{段终止周期} - \text{段初始周期}) / \text{段脉冲数}$$

表 2-55 步进电机控制包络表

字节偏移量	包络段数	参 数 值	存 储 说 明
VB300	段 1	3	包络表共 3 段
VW301		1000μs	段 1 初始周期
VW303		-8μs	段 1 脉冲周期增量
VD305		100	段 1 脉冲数
VW309	段 2	200μs	段 2 初始周期
VW311		0	段 2 脉冲周期增量
VD313		800	段 2 脉冲数
VW317	段 3	200μs	段 3 初始周期
VW319		8μs	段 3 脉冲周期增量
VD321		100	段 3 脉冲数

主程序如图 2-51(a)所示，清除 Q0.1 输出映像区，在 I0.0 接通时调用初始化子程序 SBR_0，如图 2-51 (b) 所示，图 2-51 (c) 所示为 INT_0 中断输出子程序。

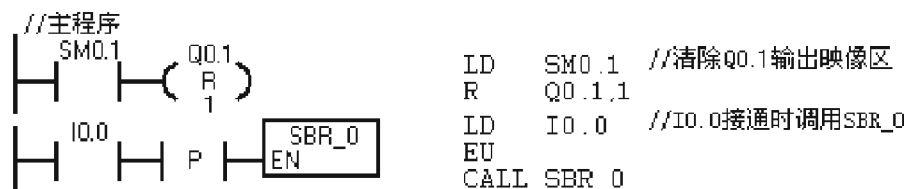
3. PWM 操作

脉冲宽度调制输出 PWM (Pulse Width Modulation) 发生器用来输出占空比可调的高速脉冲，通过同步更新和异步更新可改变 PWM 输出波形特性。

如果不需要改变 PWM 时间基准，就可以进行同步更新。执行同步更新时，波形的变化发生在周期边沿，形成平滑转换。如果需要改变 PWM 时间基准，就必须采用异步更新。异步更新会造成 PWM 功能被瞬时禁止，和 PWM 波形不同步而引起被控设备的振动，因此通常选用一个适合于所有周期时间的时间基准进行 PWM 同步更新。

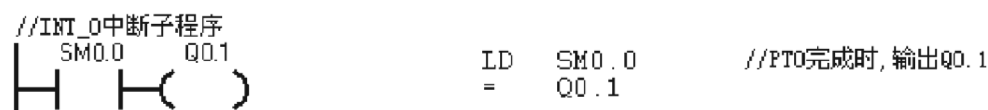
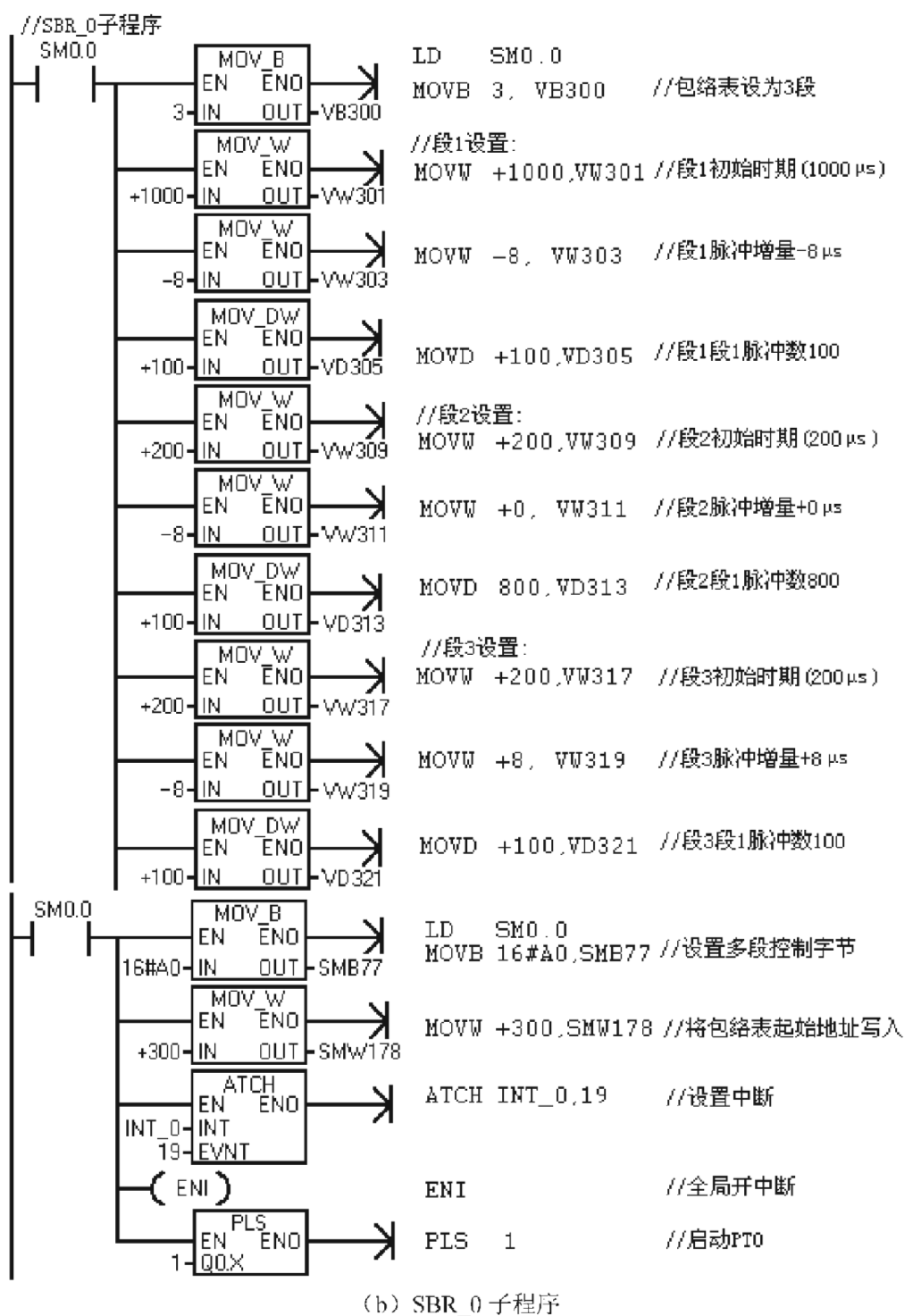
使用 PWM 时，需按以下步骤完成。

- ① 根据控制要求选用高速脉冲输出端，并选择 PWM 模式。



(a) 主程序

图 2-51 步进电机控制程序



(c) INT_0 中断输出子程序

图 2-51 步进电机控制程序 (续)

② 按照控制要求设置控制字节，并写入 SMB67 或 SMB77 中。

③ 按控制要求将脉冲周期值写入 SMW68 或 SMW78 中，将脉宽值写入 SMW70 或 SMW80 中。

例 2-54: 使用 PWM 实现从 Q0.1 输出高速脉冲, 要求脉冲的初始宽度为 100ms, 周期固定 10s, 脉冲宽度每周期递增 10ms, 当脉宽达到 150ms 时, 脉冲又恢复初始宽度重复上述。

//主程序

SM0.1

SBR_0

EN

LD SM0.1

CALL SBR_0 //调用SBR_0

SMW80

M0.0

>=I

R

1

VW100

LDW=> SMW80,VW100 //递增到预置值,重新执行程序

R M0.0,1

IO.0

M0.0

ATCH

EN

ENO

INT_0

INT

0

EVNT

LD IO.0 //IO.0上升沿脉冲中断

A M0.0

ATCH INT_0,0 //脉宽增加时调用INT_0

梯形图	指令表
<pre> //SBR_0初始化子程序 SM0.0 (M0.0) +--- MOV_B ---> SMB77 EN ENO IN OUT 16#DA +--- MOV_W ---> SMW78 EN ENO IN OUT +10000 +--- MOV_W ---> SMW80 EN ENO IN OUT +100 +--- (ENI) +--- PLS ---> Q0.X EN ENO IN OUT 1 +--- MOV_W ---> VW100 EN ENO IN OUT +150 </pre>	<pre> LD SM0.0 S M0.0,1 MOVB 16#DA,SMB77 //设置PWM控制字节 MOVW +10000,SMW78 //设置固定周期 MOVW +100,SMW80 //设置初始脉宽 ENI //启动全局中断 PLS 1 //执行PLS MOVW +150,VW100 //设置脉宽增加范围 </pre>

//中断输出子程序
 SM0.0
 ADD I
 EN ENO
 +10 IN1 OUT SMW80
 SMW80 IN2
 PLS
 EN ENO
 1 Q0.X

LD SM0.0 //MO.0=1时,脉宽递增
 +I +10,SMW80 //PWM输出Q0.1
 PLS 1

图 2-52 PWM 输出控制程序

第3章 PLC 系统设计基础

尽管 PLC 的内部结构与计算机、微机相类似，但其接口电路不相同，编程语言也不一致。因此，PLC 控制系统与微机控制系统的开发过程也不完全相同，需要根据 PLC 本身的特点、性能进行系统设计。

3.1 PLC 系统总体设计

由于可编程控制器应用方便、可靠性高，因而被大量地应用于各个行业、各个领域。随着可编程控制器功能的不断拓宽与增强，它已经从完成复杂的顺序逻辑控制的继电器控制柜的替代物，逐渐进入到过程控制和闭环控制等领域，它所能控制的系统越来越复杂，控制规模越来越宏大，因此如何用可编程控制器完成实际控制系统的应用设计，是每个从事电气控制技术的人员所面临的实际问题。

3.1.1 PLC 系统设计的基本原则

任何一种电气控制系统都是为了实现生产设备或生产过程的控制要求和工艺需求，以提高生产效率和产品质量。因此，在设计 PLC 控制系统时，应遵循以下基本原则。

① 最大限度地满足被控对象提出的要求和各项性能指标。设计前，设计人员除要理解被控对象的技术要求外，还应深入现场进行实地的调查研究，收集资料，访问有关的技术人员和实际操作人员，共同拟定设计方案，协同解决设计中出现的各种问题。

② 在满足控制要求的前提下，力求使控制系统简单、经济，使用及维修方便。

③ 保证控制系统的安全、可靠。

④ 考虑到生产的发展和工艺的改进，在选择 PLC 容量时，应适当留有裕量。

3.1.2 PLC 系统设计的基本内容

PLC 控制系统是由 PLC 与用户输入、输出设备连接而成的，因此，PLC 控制系统设计的基本内容如下。

1. 明确设计任务和技术条件

设计任务和技术条件一般以设计任务的方式给出，在设计任务中，应明确各项设计要求、约束条件及控制方式。

2. 明确用户输入和输出设备

在构成 PLC 控制系统时，除了作为控制器的 PLC，用户的输入/输出设备是进行机型选择和软件设计的依据，因此要明确输入设备的类型（如控制按钮、操作开关、限位开关、传感器等）和数量，输出设备的类型（如信号灯、接触器、继电器等）和数量，以及由输出设备驱动的负载（如电动机、电磁阀等），并进行分类、汇总。

3. 选择合适的 PLC 机型

PLC 是整个控制系统的核心部件, 正确、合理地选择机型对于保证整个系统的技术经济指标起着重要的作用。选择 PLC, 应包括机型的选择、容量的选择、I/O 模块的选择、电源模块的选择等。

4. 合理分配 I/O 端口, 绘制 I/O 接线图

通过对用户输入/输出设备的分析、分类和整理, 进行相应的 I/O 地址分配, 并据此绘制 I/O 接线图。

5. 设计控制程序

根据控制任务、所选择的机型及 I/O 接线图, 一般采用梯形图语言(LAD)或语句表(STL)设计系统控制程序。控制程序是控制整个系统工作的软件, 是保证系统工作正常、安全、可靠的关键。

6. 必要时设计非标准设备

在进行设备选型时, 应尽量选用标准设备, 如果无标准设备可选, 还可能需设计操作台、控制柜、模拟显示屏等非标准设备。

7. 编制控制系统的技术文件

在设计任务完成后, 要编制系统技术文件。技术文件一般应包括设计说明书、使用说明书、I/O 接线图和控制程序(如梯形图、语句表等)。

3.1.3 PLC 系统设计的基本步骤

设计一个 PLC 控制系统需要以下 8 个步骤。

1. 分析被控对象并提出控制要求

详细分析被控对象的工艺过程及工作特点, 了解被控对象机、电、液之间的配合, 提出被控对象对 PLC 控制系统的控制要求, 确定控制方案, 拟定设计任务书。被控对象就是受控的机械设备、电气设备、生产线或生产过程。控制要求主要指控制的基本方式、应完成的动作、自动工作循环的组成、必要的保护和连锁等。

2. 确定输入/输出设备

根据系统的控制要求, 确定系统所需的全部输入设备(如按钮、位置开关、转换开关及各种传感器等)和输出设备(如接触器、电磁阀、信号指示灯及其他执行器等), 从而确定与 PLC 有关的输入/输出设备, 以确定 PLC 的 I/O 点数。

3. 选择 PLC

根据已确定的用户 I/O 设备, 统计所需的输入信号和输出信号的点数, 选择合适的 PLC 类型, 包括机型的选择、容量的选择、I/O 模块的选择、电源模块的选择等。

4. 分配 I/O 点并设计 PLC 外围硬件线路

(1) 分配 I/O 点

画出 PLC 的 I/O 点与输入/输出设备的连接图或对应关系表, 该部分也可在第 2 步中进行。

(2) 设计 PLC 外围硬件线路

画出系统其他部分的电气线路图, 包括主电路和未进入 PLC 的控制电路等。由 PLC 的 I/O 连接图和 PLC 外围电气线路图组成系统的电气原理图。到此为止, 系统的硬件电气线路已经确定。

(1) 程序设计

③ 保护和连锁程序。保护和连锁是程序中不可缺少的部分，必须认真加以考虑。它可以避免由于非法操作而引起的控制逻辑混乱。

② 软件模拟法是在 PLC 中另外编写一套模拟程序，模拟提供现场信号，其简单易行，但时效性不易保证。模拟调试过程中，可采用分段调试的方法，并利用编程器的监控功能。

③ 根据施工图纸进行现场接线，并进行详细检查。

7. 联机调试

全部调试完毕后，交付试运行。经过一段时间的试运行，如果工作正常、程序不需要修改，应将程序固化到 EPROM 中，以防程序丢失。

系统调试好后，应根据调试的最终结果，整理出完整的系统技术文件。系统技术文件包括说明书、电气原理图、电器布置图、电气元件明细表、PLC 梯形图。

3.2 PLC 硬件系统设计

3.2.1 PLC 的型号选择

在作出系统控制方案的决策之前，要详细了解被控对象的控制要求，从而决定是否选用

PLC 进行控制。

随着 PLC 技术的发展, PLC 产品的种类也越来越多。不同型号的 PLC, 其结构形式、指令系统、编程方式、价格等各有不同, 适用的场合也各有侧重。因此, 合理选用 PLC, 对于提高 PLC 控制系统的技术经济指标有着重要意义。

PLC 的选择主要应从 PLC 的机型、容量、I/O 模块、电源模块、特殊功能模块、通信联网能力等方面加以综合考虑。

1. 对输入/输出点的选择

盲目选择点数多的机型会造成一定浪费。要先弄清楚控制系统的 I/O 总点数, 再按实际所需总点数的 15%~20% 留出备用量(为系统的改造等留有余地)后确定所需 PLC 的点数。另外要注意, 一些高密度输入点的模块对同时接通的输入点数有限制, 一般同时接通的输入点不得超过总输入点的 60%; PLC 每个输出点的驱动能力也是有限的, 有的 PLC 其每点输出电流的大小还随所加负载电压的不同而异; 一般 PLC 的允许输出电流随环境温度的升高而有所降低等。在选型时要考虑这些问题。

PLC 的输出点可分共点式、分组式和隔离式几种接法。隔离式的各组输出点之间可以采用不同的电压种类和电压等级, 但这种 PLC 平均每点的价格较高。如果输出信号之间不需要隔离, 则应选择前两种输出方式的 PLC。

2. 对存储容量的选择

对用户存储容量只能作粗略的估算。在仅对开关量进行控制的系统中, 可以用输入总点数乘 10 字/点+输出总点数乘 5 字/点来估算; 计数器/定时器按 (3~5) 字/个估算; 有运算处理时按 (5~10) 字/量估算; 在有模拟量输入/输出的系统中, 可以按每输入/输出一路模拟量需 (80~100) 字的存储容量来估算; 有通信处理时按每个接口 200 字以上的数量粗略估算。最后, 一般按估算容量的 50%~100% 留有裕量。对于缺乏经验的设计者来说, 选择容量时留的裕量要大些。

3. 对 I/O 响应时间的选择

PLC 的 I/O 响应时间包括输入电路延迟、输出电路延迟和扫描工作方式引起的时间延迟(一般在 2~3 个扫描周期)等。对开关量控制的系统, PLC 和 I/O 响应时间一般都能满足实际工程的要求, 可不必考虑 I/O 响应问题。但对模拟量控制的系统、特别是闭环系统就要考虑这个问题。

4. 根据输出负载的特点选型

不同的负载对 PLC 的输出方式有相应的要求。例如, 频繁通断的感性负载, 应选择晶体管或晶闸管输出型的, 而不应选用继电器输出型的。但继电器输出型的 PLC 有许多优点, 如导通压降小, 有隔离作用, 价格相对较便宜, 承受瞬时过电压和过电流的能力较强, 其负载电压灵活(可交流、可直流)且电压等级范围大等。所以动作不频繁的交流、直流负载可以选择继电器输出型的 PLC。

5. 对在线和离线编程的选择

离线编程是指主机和编程器共用一个 CPU, 通过编程器的方式选择开关来选择 PLC 的编程、监控和运行工作状态。编程状态时, CPU 只为编程器服务, 而不对现场进行控制。专用编程器编程属于这种情况。在线编程是指主机和编程器各有一个 CPU, 主机的 CPU 完成对现场的控制, 在每一个扫描周期末尾与编程器通信, 编程器把修改的程序发给主机, 在下一个扫描周期主机将按新的程序对现场进行控制。计算机辅助编程既能实现离线编程, 也能实现在线编

程。在线编程需购置计算机，并配置编程软件。采用哪种编程方法应根据需要决定。

6. 根据是否联网通信选型

若 PLC 控制的系统需要联入工厂自动化网络，则 PLC 需要有通信联网功能，即要求 PLC 应具有连接其他 PLC、上位计算机及 CRT 等的接口。大、中型机都有通信功能，目前大部分小型机也具有通信功能。

7. 对 PLC 结构形式的选择

在相同功能和相同 I/O 点数的情况下，整体式 PLC 比模块式 PLC 价格低且体积相对较小，所以一般用于系统工艺过程较为固定的小型控制系统中。但模块式 PLC 具有功能扩展灵活、维修方便（换模块）、容易判断故障等优点，因此一般适用于较复杂系统和环境差（维修量大）的场合。

3.2.2 输入/输出模块的选择

在 PLC 控制系统中，为了实现对生产机械的控制，需将对象的各种测量参数，按要求的方式送入 PLC。PLC 经过运算、处理后再将结果以数字量的形式输出，此时也是把该输出变换为适合于对生产机械控制的量。因此在 PLC 和生产机械中必须设置信息传递和变换的装置，即输入/输出（I/O）模块。

由于输入和输出信号的不同，所以 I/O 模块有数字量输入模块、数字量输出模块、模拟量输入模块和模拟量输出模块共 4 大类。不同的 I/O 模块，其电路及功能也不同，这直接影响到 PLC 的应用范围和价格，因此必须根据实际需求合理选择 I/O 模块。

选择 I/O 模块之前，应确定哪些信号是输入信号，哪些信号是输出信号，输入信号由输入模块进行传递和变换，输出信号由输出模块进行传递和变换。

对于输入模块的选择要从以下 3 个方面进行考虑。

① 根据输入信号的不同进行选择，输入信号为开关量即数字量时，应选择数字量输入模块；输入信号为模拟量时，应选择模拟量输入模块。

② 根据现场设备与模块之间的距离进行选择，一般 5V、12V 和 24V 属于低电平，其传输距离不宜太远，如 12V 电压模块的传输距离一般不超过 12m。对于传输距离较远的设备，应选用较高电压或电压范围较宽的模块。

③ 根据同时接通的点数多少进行选择，对于高密度的输入模块，如 32 点和 64 点输入模块，能允许同时接通的点数取决于输入电压和环境温度，不宜过多。一般同时接通的点数不得超过总输入点数的 60%。但对于控制过程，比如自动/手动、启动/停止等输入点同时接通的几率不大，所以不需考虑。

输出模块有继电器、晶体管和晶闸管 3 种工作方式。继电器输出适用于交、直流负载，其特点是带负载能力强，但动作频率与响应速度慢。晶体管输出适用于直流负载，其特点是动作频率高，响应速度快，但带负载能力小。晶闸管输出适用于交流负载，其特点是响应速度快，带负载能力不大。因此，对于开关频繁、功率因数低的感性负载，可选用晶闸管（交流）和晶体管（直流）输出；在输出变化不太快、开关要求不频繁的场合，应选用继电器输出。在选用输出模块时，不但要看一个点的驱动能力，还要看整个模块的满负荷能力，即输出模块同时接通点数的总电流值不得超过模块规定的最大允许电流。对于功率较小的集中设备，如普通机床，可选用低电压高密度的基本 I/O 模块；对功率较大的分散设备，可选用高电压低密度的基本 I/O 模块。

3.2.3 输入/输出点的选择

一般输入点和输入信号、输出点和输出控制是一一对应的。分配好后，按系统配置的通道与接点号，分配给每一个输入信号和输出信号，即进行编号。在个别情况下，也有两个信号用一个输入点的，那样就应在接入输入点前，按逻辑关系接好线（如两个触点先串联或并联），然后再接到输入点。

1. 确定 I/O 通道范围

不同型号的 PLC，其输入/输出通道的范围是不一样的，应根据所选 PLC 型号，查阅相应的编程手册，决不可张冠李戴。

2. 内部辅助继电器

内部辅助继电器不对外输出，不能直接连接外部器件，而是在控制其他继电器、定时器/计数器时作数据存储或数据处理用。

从功能上讲，内部辅助继电器相当于传统电控柜中的中间继电器。未分配模块的输入/输出继电器区以及未使用 1:1 链接时的链接继电器区等均可作为内部辅助继电器使用。根据程序设计的需要，应合理安排 PLC 的内部辅助继电器，在设计说明书中应详细列出各内部辅助继电器在程序中的用途，避免重复使用。

3. 分配定时器/计数器

PLC 的定时器/计数器数量分配请参阅本书 2.3.2 节和 2.3.3 节。

3.2.4 PLC 系统的可靠性设计

PLC 系统的可靠性设计主要包括供电系统设计、接地设计和冗余设计。

1. 供电系统设计

通常，PLC 供电系统设计是指 CPU 工作电源、I/O 模板工作电源的设计。

(1) CPU 工作电源的设计

PLC 的正常供电电源一般由电网供电（交流 220V、50Hz），由于电网覆盖范围广，它将受到所有空间电磁干扰而在线路上感应电压和电流。尤其是电网内部的变化，开关操作浪涌、大型电力设备的启停、交直流传动装置引起的谐波、电网短路暂态冲击等，都通过输电线路传到电源中，从而影响 PLC 的可靠运行。在 CPU 工作电源的设计中，一般可采取隔离变压器、交流稳压器、UPS 电源、晶体管开关电源等措施。

PLC 的电源模板可能包括多种输入电压：交流 220V、交流 110V 和直流 24V，而 CPU 电源模板所需要的工作电源一般是 5V 直流电源，在实际应用中要注意电源模板输入电压的选择。在选择电源模板的输出功率时，要保证其输出功率大于 CPU 模板、所有 I/O 模板及各种智能模板总的消耗功率，并且要考虑 30%左右的裕量。

(2) I/O 模板工作电源的设计

I/O 模板工作电源是系统中的传感器、执行机构、各种负载与 I/O 模板之间的供电电源。在实际应用中，基本上采用 24V 直流供电电源或 220V 交流供电电源。

2. 接地设计

为了安全和抑制干扰，系统一般要正确接地。系统接地方式一般有浮地方式、直接接地方式和电容接地方式 3 种。对 PLC 控制系统而言，它属高速低电平控制装置，应采用直接接地方式。由于信号电缆分布电容和输入装置滤波等的影响，装置之间的信号交换频率一般都

低于 1MHz, 所以 PLC 控制系统接地线采用一点接地和串联一点接地方式。集中布置的 PLC 系统适于并联一点接地方式, 各装置的柜体中心接地点以单独的接地线引向接地极。如果装置间距较大, 应采用串联一点接地方式。用一根大截面铜母线 (或绝缘电缆) 连接各装置的柜体中心接地点, 然后将接地母线直接连接接地极。接地线采用截面大于 20mm^2 的铜导线, 总母线使用截面大于 60mm^2 的铜排。接地极的接地电阻小于 2Ω , 接地极最好埋在距建筑物 10~15m 远处, 而且 PLC 系统接地点必须与强电设备接地点相距 10m 以上。信号源接地时, 屏蔽层应在信号侧接地; 不接地时, 应在 PLC 侧接地; 信号线中间有接头时, 屏蔽层应牢固连接并进行绝缘处理, 一定要避免多点接地; 多个测点信号的屏蔽双绞线与多芯对绞总屏蔽电缆连接时, 各屏蔽层应相互连接好, 并经绝缘处理。选择适当的接地处单点接地。PLC 电源线、I/O 电源线、输入信号线、输出信号线、交流线、直流线都应尽量分开布线。开关量信号线与模拟量信号线也应分开布线, 而且后者应采用屏蔽线, 并且将屏蔽层接地。数字传输线也要采用屏蔽线, 并且要将屏蔽层接地。PLC 系统最好单独接地, 也可以与其他设备公共接地, 但严禁与其他设备串联接地。连接接地线时, 应注意以下几点。

① PLC 控制系统单独接地。

② PLC 系统接地端子是抗干扰的中性端子, 应与接地端子连接, 其正确接地可以有效地消除电源系统的共模干扰。

③ PLC 系统的接地电阻应小于 100Ω , 接地线至少用 20mm^2 的专用接地线, 以防止感应电的产生。

④ 输入、输出信号电缆的屏蔽线应与接地端子端连接, 且接地良好。

3. 冗余设计

冗余设计是指在系统中人为地设计某些“多余”的部分, 冗余配置代表 PLC 适应特殊需要的能力, 是高性能 PLC 的体现。冗余设计的目的是在 PLC 已经可靠工作的基础上, 再进一步提高其可靠性, 降低出现故障的概率, 缩短出现故障后修复的时间。

3.3 PLC 软件系统设计

3.3.1 PLC 软件系统设计的方法

PLC 软件系统设计就是根据控制系统硬件结构和工艺要求, 使用相应的编程语言, 编制用户控制程序和形成相应文件的过程。编制 PLC 控制程序的方法很多, 这里主要介绍几种典型的编程方法。

1. 图解法编程

图解法是靠画图进行 PLC 程序设计。常见的主要有梯形图法、逻辑流程图法、时序流程图法和步进顺控法。

(1) 梯形图法

梯形图法是用梯形图语言去编制 PLC 程序。这是一种模仿继电器控制系统的编程方法。其图形甚至元件名称都与继电器控制电路十分相近。这种方法可以很容易地把原继电器控制电路移植成 PLC 的梯形图语言, 对于熟悉继电器控制的人来说, 是最方便的一种编程方法。

(2) 逻辑流程图法

逻辑流程图法是用逻辑框图表示 PLC 程序的执行过程, 反映输入与输出的关系。逻辑流

(3) 时序流程图法

(4) 步进顺控法

2. 经验法编程

3. 计算机辅助设计编程

3.3.2 PLC 软件系统设计的步骤

1. 对系统任务分块

2. 编制控制系统的逻辑关系图

3. 绘制各种电路图

♦ 112 ♦

考虑到输入端的电压和电流是否合适，还要考虑到在特殊条件下运行的可靠性与稳定条件等问题。特别要考虑到能否把高压引导到 PLC 的输入端，若将高压引入 PLC 的输入端，有可能对 PLC 造成比较大的伤害。在绘制 PLC 输出电路时，不仅要考虑到输出信号连接点是否与命名一致，也要考虑到 PLC 输出模块的带负载能力和耐电压能力。此外还要考虑到电源输出功率和极性问题。在整个电路的绘制过程中，还要考虑设计原则，努力提高其稳定性和可靠性。虽然用 PLC 进行控制方便、灵活，但是在电路的设计上仍然需要谨慎、全面。因此，在绘制电路图时要考虑周全，何处该装按钮、何处该装开关都要一丝不苟。

4. 编制 PLC 程序并进行模拟调试

在编制完电路图后，就可以着手编制 PLC 程序了。在编程时，除了注意程序要正确、可靠之外，还要考虑程序简捷、省时、便于阅读、便于修改。编好一个程序块后要进行模拟实验，这样便于查找问题，从而及时修改程序。

第4章 PLC的安装与维护

S7-200 系列 PLC 可靠性较高,能适应恶劣的外部环境。为了充分利用 PLC 的这些特点,实际应用时要注意正确的安装、接线。

4.1 PLC 的安装和接线

4.1.1 PLC 的安装注意事项

1. 安装环境要求

为保证可编程控制器工作的可靠性,尽可能地延长其使用寿命,在安装时一定要注意周围的环境,其安装场合应该满足以下几点。

- ① 环境温度在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。
- ② 环境相对湿度在 $35\%\sim 85\%$ 。
- ③ 不能受太阳光直接照射或水的溅射。
- ④ 周围无腐蚀和易燃的气体,例如氯化氢、硫化氢等。
- ⑤ 周围无大量的金属微粒及灰尘。
- ⑥ 避免频繁或连续的振动,振动频率范围为 $10\sim 55\text{Hz}$,幅度为 0.5mm (峰—峰值)。
- ⑦ 超过 $10g$ (重力加速度)的冲击。

2. 安装注意事项

除满足以上环境条件外,安装时还应注意以下几点。

- ① 可编程控制器的所有单元必须在断电时安装和拆卸。
- ② 为防止静电对可编程控制器组件的影响,在接触可编程控制器前,先用手接触某一接地的金属物体,以释放人体所带静电。
- ③ 注意可编程控制器机体周围的通风和散热条件,切勿将导线头、铁屑等杂物通过通风窗落入机体内。

4.1.2 PLC 的安装与接线

S7-200 系列 PLC 既可以安装在控制柜背板上(面板安装),也可以安装在标准导轨上(DIN 导轨安装);既可以水平安装,也可以垂直安装,如图 4-1 所示。

1. CPU 和扩展模块的安装

S7-200 系列 PLC 的 CPU 和扩展模块都有安装孔,可以很方便地安装在背板上。安装尺寸如表 4-1 所示。

(1) 面板安装法

面板安装法的步骤如下。

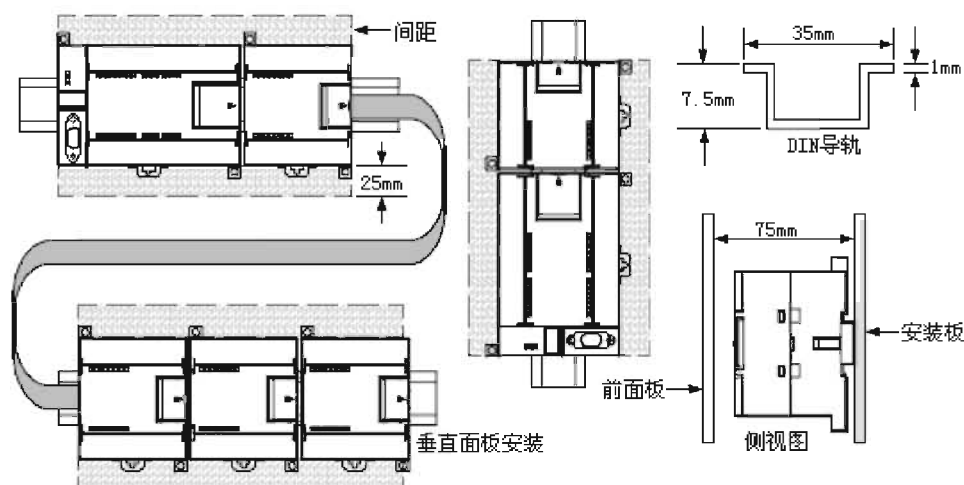


图 4-1 S7-200 系列 PLC 安装方式、方向和间距

表 4-1

S7-200 系列 PLC 的 CPU 和扩展模块安装尺寸

S7-200 模块		宽度 A/mm	宽度 B/mm
CPU221 和 CPU222		90	82
CPU224		120.5	112.5
CPU224XP		140	132
CPU226		196	188
扩展模块: 4 点、8 点直流和继电器 I/O (8I、4Q、8Q、4I/4Q) 及模拟量输出 (2AQ)		46	38
扩展模块: 16 点数字量 I/O (16I、8I/8Q)、模拟量 I/O (4AI、4AI/1AQ)、RTD、热电偶、PROFIBUS、以太网、互联网、定位模块和 Modem 模块		71.2	63.2
扩展模块: 32 点数字量 I/O (16I/16Q)		137.3	129.3

- ① 按照表 4-1 所示的尺寸进行定位, 钻安装孔。
- ② 用合适的螺钉 (M4 或美国标准 8 号螺钉) 将模块固定在背板上。
- ③ 若使用扩展模块, 将扩展模块的扁平电缆连到前盖下面的扩展口。

(2) DIN 导轨安装法

DIN 导轨安装法的步骤如下。

- ① 保持导轨到安装面板的距离为 75mm。
- ② 打开模块底部的 DIN 夹子，将模块背部卡在 DIN 导轨上。
- ③ 若使用扩展模块，将扩展模块的扁平电缆连到前盖下面的扩展口。
- ④ 旋转模块贴近 DIN 导轨，合上 DIN 夹子，仔细检查模块上 DIN 夹子与 DIN 导轨是否紧密固定好，为避免模块损坏，不要直接按压模块正面，而要按压安装孔的部分。

2. 端子排的安装与拆卸

为了安装和替换模块方便，大多数 S7-200 模块都有可拆卸的端子排。

(1) 端子排的安装

端子排的安装步骤如下。

- ① 打开端子排的上盖。
- ② 确保模块上的插针与端子排边缘的小孔对正。
- ③ 将端子排向下压入模块，确保端子块对准了位置并锁住。

(2) 端子排的拆卸

端子排的拆卸步骤如下。

- ① 打开端子排安装位置上盖，以便可以接近端子排。
- ② 把螺丝刀插入端子块中央的槽口中。
- ③ 用力向下压并撬下端子排，可拆下端子排，如图 4-2 所示。

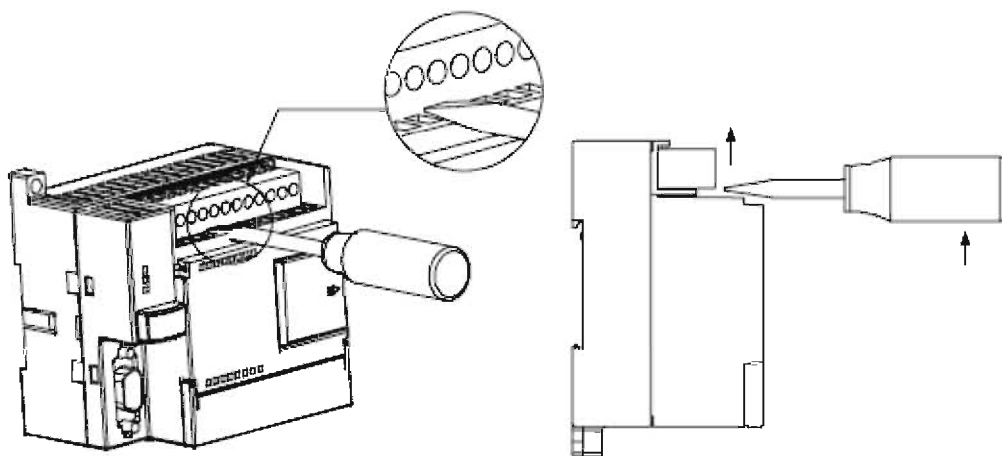


图 4-2 端子排的拆卸

4.2 PLC 的维护和检修

4.2.1 维护检查

可编程控制器的主要构成元器件是以半导体器件为主体，考虑到环境的影响，随着使用时间的增长，元器件总是要老化的，因此定期检修与做好日常维护是非常必要的。要有一支具有一定技术水平、熟悉设备情况、掌握设备工作原理的检修队伍，做好对设备的日常维修。对检修工作要制定一个制度，按期执行，保证设备运行状况最优。每台 PLC 都有确定的检修时间，一般以每 6 个月~1 年检修一次为宜。当外部环境条件较差时，可以根据情况把检修间隔缩短。定期检修的内容如表 4-2 所示。

表 4-2 可编程控制器定期检修内容

序 号	检 修 项 目	检 修 内 容	判 断 标 准
1	供电电源	在电源端子处测量电压波动范围是否在标准范围内	电压波动范围：85%~110%供电电压
2	运行环境	环境温度	0~55℃
		环境湿度	35%~85%RH, 不结露
		积尘情况	不积尘
		振动频率	频率：10~50Hz, 幅度：0.5mm
3	输入、输出用电源	在输入、输出端子处测电压变化是否在标准范围内	以各输入、输出规格为准
4	安装状态	各单元是否可靠固定	无松动
		电缆的连接器是否完全插紧	无松动
		外部配线的螺钉是否松动	无异常
5	寿命元件	电池、继电器、存储器	以各元件规格为准

4.2.2 故障排除

应该说 PLC 是一种可靠性、稳定性极高的控制器，只要按照其技术规范安装和使用，出现故障的概率极低。但是，一旦出现了故障，一定要按表 4-3 所示步骤进行检查、处理。特别是检查由于外部设备故障造成的损坏，一定要查清故障原因，待故障排除以后再试运行。

表 4-3 PLC 硬件故障诊断表

问 题	故 障 原 因	解 决 方 法
输出不工作	被控制的设备产生了损坏	当接到感性负载时（例如电机或继电器），需要接入一个抑制电路
	程序错误	修改程序
	接线松动或不正确	检查接线，如果不正确，要改正
	输出过载	检查输出的负载功率
	输出被强制	检查 CPU 是否有被强制的 I/O
S7-200 上 SF (系统故障) 灯亮(红)	用户程序错误(0003、0011、0012、0014)	对于编程错误，检查 FOR, NEXT, JMP, LBL 和比较指令的用法
	电气干扰(0001~0009)	控制面板良好接地和高电压与低电压不并行引线是很重要的
	元件损坏(0001~0010)	把 24V DC 传感器电源的 M 端子接地
LED 灯全部不亮	保险丝烧断	把电源分析器连接到系统，检查过电压尖峰的幅值和持续时间。根据检查结果，给系统加一个合适的抑制设备
	24V 供电线接反	重新接入
	不正确的供电电压	接入正确供电电压
电气干扰问题	不合适的接地	正确接地
	在控制柜内交叉配线	把 24V DC 传感器电源的 M 端子接地，确保控制面板良好接地和高电压与低电压不并行引线
	对快速信号配置了输入滤波器	增加系统数据块中的输入滤波器的延迟时间

续表

问 题	故 障 原 因	解 决 方 法
当连接一个外部设备时通信网络损坏	如果所有的非隔离设备(例如 PLC、计算机或其他设备)连到一个网络,而该网络没有共同的参考点,通信电缆提供了一个不期望的电流通路,这些不期望的电流可以造成通信错误或损坏电路	购买隔离型 PC/PPI 电缆。当连接没有共同电气参考点的机器时,购买隔离型 RS-485 或 RS-485 中继器

4.2.3 错误代码

S7-200 的每个错误代码都代表相应的含义,如表 4-4 所示。

表 4-4 S7-200 错误代码

类 型	错 误 代 码	描 述
致命错误代码和信息(从 CPU 读出的致命错误)	0000	无致命错误
	0001	用户程序编译错误
	0002	编译后的梯形图程序错误
	0003	扫描看门狗超时错误
	0004	内部 EEPROM 错误
	0005	内部 EEPROM 用户程序检查错误
	0006	内部 EEPROM 配置参数检查错误
	0007	内部 EEPROM 强制数据检查错误
	0008	内部 EEPROM 默认输出表值检查错误
	0009	内部 EEPROM 用户数据、DBI 检查错误
	000A	存储器卡失误
	000B	存储器卡上用户程序检查错误
	000C	存储器卡配置参数检查错误
	000D	存储器卡强制数据检查错误
	000E	存储器卡默认输出表值检查错误
	000F	存储器卡用户数据、DBI 检查错误
	0010	内部软件错误
	0011	比较接点间接寻址错误
	0012	比较接点非法值错误
	0013	存储器卡空或者 CPU 不识别该卡
	0014	比较接口范围错误
程序运行错误代码和信息	0000	无错误
	0001	执行 HDED 之前, HSC 禁止
	0002	输入中断分配冲突并分配给 HSC
	0003	到 HSC 的输入分配冲突、已分配给输入中断
	0004	在中断程序中企图执行 ENI、DISI、HDEF 指令
	0005	第 1 个 HSC/PLS 执行之前, 又企图执行同编号的第 2 个 HSC/PLS
	0006	间接寻址错误
	0007	TODW (写实时时钟) 或 TODR (读实时时钟) 数据错误
	0008	用户子程序嵌套层数超过规定

续表

类 型	错 误 代 码	描 述
程序运行 错误代码 和信息	0009	在程序执行 XMT 或 RCV 时, 通信口 0 又执行另一条 SMT/RCV 指令
	000A	HSC 执行时, 又企图用 HDEF 指令再定义该 HSC
	000B	在通信口 1 上同时执行 XMT/RCV 指令
	000C	时钟存储卡不存在
	000D	重新定义已经使用的脉冲输出
	000E	PTO 个数设为 0
	0091	范围错误, 检查操作数范围
	0092	某条指令的计数域错误 (带计数信息), 检查最大计数范围
	0094	范围错误 (带地址信息), 写无效存储器
	009A	用户中断程序试图转换成自由口模式
	009B	非法指令 (字符串操作中起始位置值指定为 0)
程序编译 错误(非致命)代码	0080	程序太大无法编译, 需缩短程序
	0081	堆栈溢出, 需把一个网络分成多个网络
	0082	非法指令
	0083	无 MEND 或主程序中不允许的指令, 加条 MEND 或删除不正确的指令
	0084	保留
	0085	无 FOR 指令, 加上 FOR 指令或删除 NEXT 指令
	0086	无 NEXT 指令, 加上 NEXT 指令或删除 FOR 指令
	0087	无标号 (LBL、INT、SBR), 加上合适符号
	0088	无 RET 或子程序中不允许的指令, 加上 RET 或删除不正确的指令
	0089	无 RET 或中断程序不允许的指令, 加上 RETI 或删除不正确的指令
	008A	保留
	008B	从/向一个 SCR 段的非法跳转
	008C	标号重复 (LBL、INT、SBR), 重新命名标号
	008D	非法标号 (LBL、INT、SBR), 确保标号数在允许范围内
	0090	非法参数, 确认指令所允许的参数
	0091	范围错误 (带计数器信息), 确认最大计数器范围
	0092	指令计数域错误 (带计数器信息), 确认最大计数范围
	0093	FOR/NEXT 嵌套层数超出范围
	0094	这个错误在运行错误里面标志, 没有问题
	0095	无 LSCR 指令 (装载 SCR)
	0096	无 SCRE 指令或 SCRE 前面不允许的指令
	0097	用户程序包含了非法的数字编码和数字编码的 EV/ED 指令
	0098	在运行模式进行非法编辑 (试图编辑非数字编码的 EV/ED 指令)
	0099	隐含网络段太多
	009B	非法指针
	009C	超出指令最大长度



实 践 篇

第 5 章 PLC 在电动机基本控制电路中的应用

第 6 章 PLC 改造机床控制电路的设计

第 7 章 PLC 小系统的设计

第 8 章 PLC 在工程中的设计与应用



第 5 章 PLC 在电动机基本控制电路中的应用

电气控制线路是把各种接触器、继电器、按钮、行程开关等电器元件，使用导线按照生产要求连接起来组成的控制线路。在生产实践中，一台生产机械的控制线路可以比较简单，也可以相当复杂，但任何复杂的控制线路都是由一些基本线路有机组合起来的。

电气控制电路的实现可以是传统的继电器—接触器控制方法、PLC 可编程控制器控制方法及计算机控制（单片机、EDA 可编程逻辑控制器等）方法等。传统的继电器—接触器控制方法是基本的、应用较广泛的方法，它具有电路直观形象、装置结构简单、价格便宜等特点，但它通用性、灵活性较差。PLC 控制方法采用软件编制程序来完成控制任务，编程时所用到的继电器为内部软件继电器（理论上讲，其触点数量无限，使用次数任意），外部只需在端子上接入相应的输入/输出信号即可。PLC 系统在 I/O 点数及内存容量允许范围内可自由扩充，并且可用编程器在线或离线修改程序，以适应系统控制要求的改变。PLC 由程序中的指令控制半导体电路来实现控制，一般一条用户指令的执行时间在微秒数量级，所以它的速度比传统的继电器—接触器控制要快，且不会出现抖动现象。因此，PLC 控制在性能上比传统的继电器—接触器控制系统优异，本章将介绍 PLC 在电动机基本控制电路中的应用。

5.1 PLC 在三相异步电动机控制电路中的应用

按照控制电动机使用电源的不同，可分为交流电动机控制电路和直流电动机控制电路。交流电动机主要指交流异步电动机和交流绕线式异步电动机。

由于三相鼠笼式异步电动机具有结构简单、价格便宜、坚固耐用、维修方便等优点，因而获得了广泛应用。三相鼠笼式异步电动机的启动有两大类：全压启动和降压启动。全压启动是指在变压器容量允许情况下，以全电压的方式直接启动三相鼠笼式异步电动机；降压启动是指启动时降低电压，待电动机启动后再将电压恢复到额定值，使电动机在额定电压下运行。

5.1.1 PLC 在三相异步电动机正转控制电路中的应用

三相异步电动机的正转控制分为点动控制和单向长动控制。

1. 三相异步电动机点动控制

三相异步电动机点动控制是指当按下按钮时，电动机单向启动运转；当松开按钮时，电动机停止运行。

三相异步电动机点动控制的传统继电器—接触器控制电路原理图如图 5-1 所示。合上闸刀开关 QS，按下点动按钮 SB，交流接触器 KM 线圈得电，KM 主触点闭合，电动机启动旋转；松开点动按钮 SB，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 主触点断开，电动机停止运转。

采用 PLC 进行控制时，只需要 1 个输入点和 1 个输出点，因此 PLC 可选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222。若选用输入点 I0.0 作为点动按钮 SB 的输入点，Q0.0 作为交流接触

器 KM 的输出点，则使用 PLC 控制三相异步电动机点动电路的 I/O 接线图如图 5-2 所示。

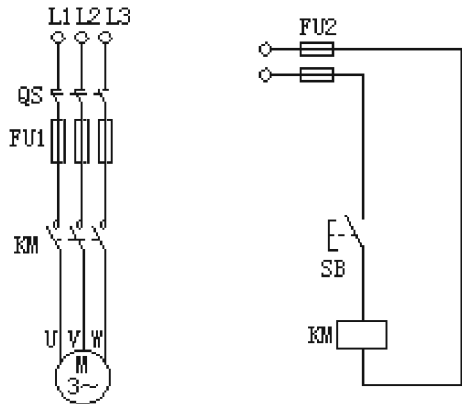


图 5-1 传统继电器—接触器单向点动控制电路原理图

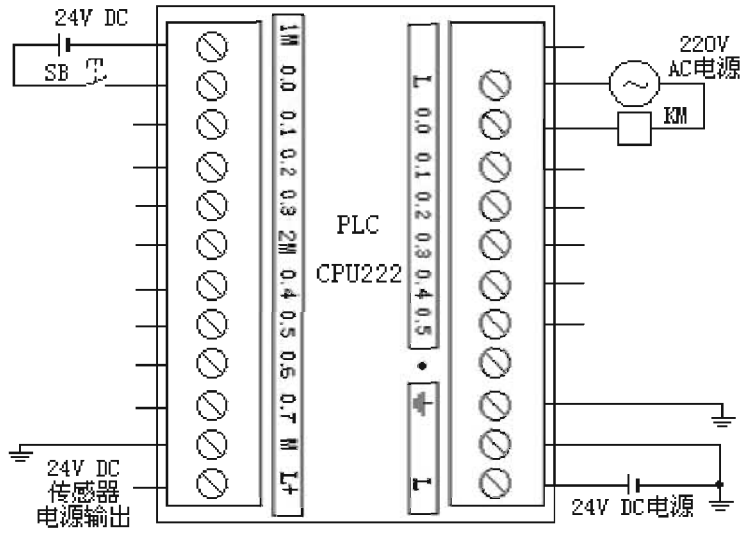


图 5-2 PLC 控制三相异步电动机点动电路的 I/O 接线图

PLC 控制三相异步电动机点动的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-1 所示。

表 5-1 PLC 控制三相异步电动机点动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 = Q0.0

当按下点动按钮 SB 时，输入继电器 I0.0 常开触点闭合，使 Q0.0 输出继电器有效，控制 KM 线圈得电，电动机启动旋转；当松开点动按钮 SB 时，I0.0 恢复初态，Q0.0 输出继电器没有输出，电动机停止运行。

从使用价格来看，传统继电器—接触器控制系统使用机械开关、继电器的接触器，价格较便宜；PLC 采用大规格集成电路，价格相对较高。一般认为在少于 10 个继电器的装置中，使用传统继电器—接触器控制逻辑比较经济；在需要 10 个以上继电器的场合，使用 PLC 比较经济。因此，若采用 PLC 对三相异步电动机进行点动控制是比较浪费的，但任何复杂控制电路都由各种简单电路组成，本章中讲解 PLC 在基本控制电路中的应用只不过是让读者知道如何使用 PLC 在复杂电路中对电动机进行相应控制。

2. 三相异步电动机单向长动控制

三相异步电动机单向长动控制是指当按下启动按钮时,电动机启动并按某方向旋转,此时即使松开启动按钮,电动机仍继续运行;当按下停止按钮时,电动机停止运转。

三相异步电动机单向长动控制的传统继电器—接触器控制电路原理图如图 5-3 所示,这是一种最常用、最简单的控制线路,可实现对电动机的启动、停止和自动控制、远距离控制、频繁操作等。

首先合上刀开关 QS,当按下启动按钮 SB2 时,交流接触器 KM 吸引线圈得电进行动作,使 KM 的主触点闭合,同时 KM 的常开辅助触点也闭合。KM 主触点闭合,使电动机 M 得电,开始启动运行。并联于 SB1 的 KM 常开辅助触点闭合时,即使松开按钮 SB2, KM 吸引线圈仍然保持通电,维持吸合状态。凡是接触器(或继电器)利用自己的辅助触点使线圈继续保护带电的,称为自锁(或自保),这样的辅助触点称为自锁(或自保)触点。由于 KM 的自锁作用,即使 SB2 松开后,电动机 M 仍能继续启动,最后达到稳定运转。

若需停止电动机,只需断开刀开关或按下停止按钮 SB1 即可。当按下停止按钮时,交流接触器 KM 的线圈失电,由于接触器的机械作用,使其主触点和常开辅助触点均断开恢复原始状态,电动机也失去电源而停止运转。此时即使松开停止按钮 SB1,由于自锁触点断开,接触器 KM 线圈不会再通电,电动机不会自行启动。若想再次启动电动机,则只能在刀开关闭合时,按下启动按钮 SB2 其操作才有效。

采用 PLC 进行单向长动控制时,需要 2 个输入点和 1 个输出点,因此 PLC 可选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222。若选用输入点 I0.0 作为长动停止按钮 SB1 的输入点, I0.1 作为长动启动按钮 SB2 的输入点, Q0.0 作为交流接触器 KM 的输出点,则使用 PLC 控制三相异步电动机点动电路的 I/O 接线图如图 5-4 所示。

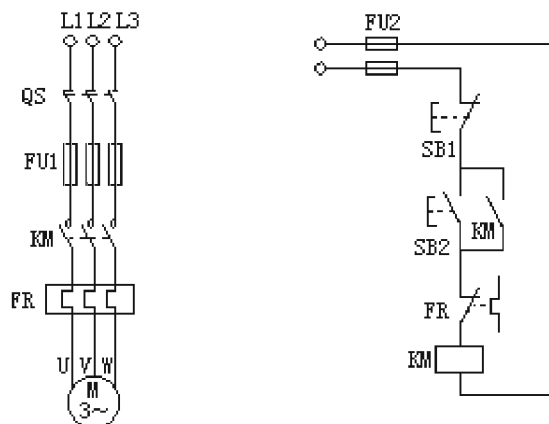


图 5-3 传统继电器—接触器单向长动控制电路原理图

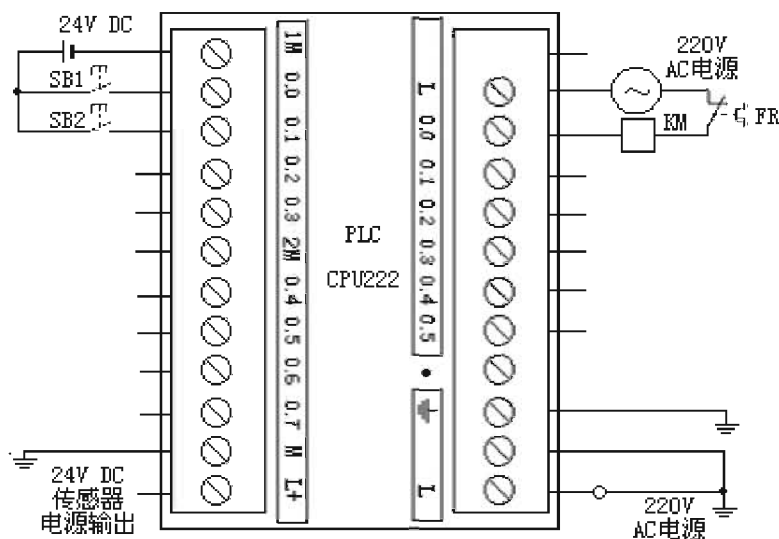
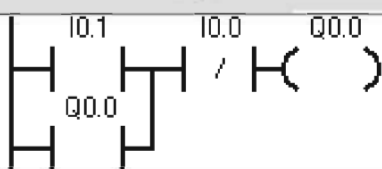


图 5-4 PLC 控制三相异步电动机点动电路的 I/O 接线图

PLC 控制三相异步电动机单向长动的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 5-2 所示。

表 5-2 PLC 控制三相异步电动机单向长动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O Q0.0 AN I0.0 = Q0.0

当按下启动按钮 SB2 时, I0.1 常开触点闭合, Q0.0 输出继电器有效, 控制 KM 线圈得电, 电动机启动旋转。当松开点动按钮 SB1 时, 由于 Q0.0 常开触点闭合, 形成了自锁, 因此电动机继续保持同一方向运转。当按下停止按钮 SB1 时, I0.0 常闭触点打开, Q0.0 输出继电器没有输出, 电动机停止运行。

3. 单向长动和点动的综合控制

单向长动和点动的综合控制如图 5-5 所示, 其主电路图为图 5-5 (a)。图 5-5 (b) 所示是利用手动开关 SA 进行长动与点动控制。当手动开关 SA 打开时, 若按下 SB2, 电动机进行点动运行。当操作者将手动开关 SA 闭合时, 若按下 SB2, KM 线圈得电, 形成自锁, 对电动机进行长动控制。

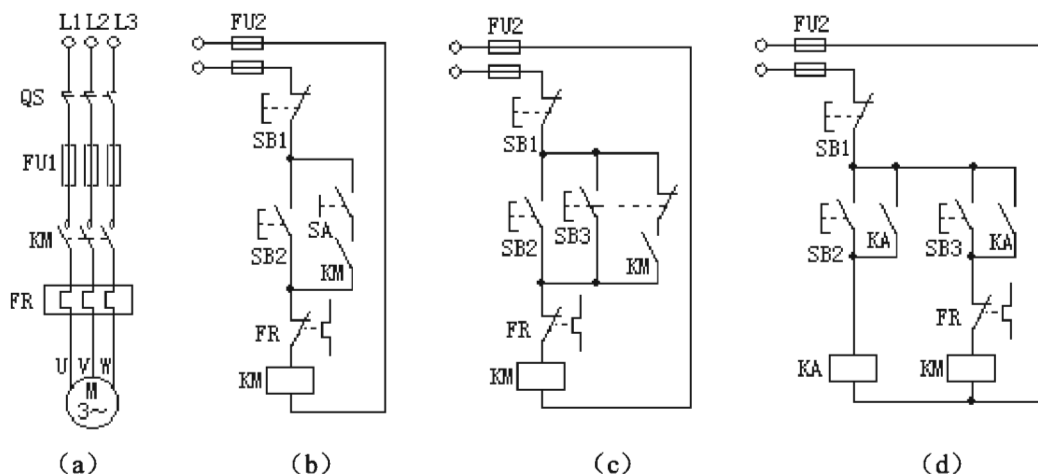


图 5-5 传统继电器—接触器单向长动和点动控制电路原理图

图 5-5 (c) 使用了复合按钮 SB3 来实现点动控制。在初始状态下, 按下按钮 SB2, KM 线圈得电, KM 主触点闭合, 电动机得电启动, 同时 KM 常开辅助触点闭合形成自锁, 使电动机进行长动运行。若想电动机停止工作, 只需按下停止按钮 SB1 即可。工业控制中若需是点动控制时, 在初始状态下, 只需按下复合开关 SB3 即可。当按下 SB3 时, KM 线圈得电, KM 主触点闭合, 电动机启动, 同时 KM 的辅助触点闭合, 由于 SB3 的常闭触点断开, 因此断开了 KM 自锁回路, 电动机只能进行点动控制。

当操作者松开复合按钮 SB3 后, 若 SB3 的常闭触点先闭合, 常开触点后断开, 则接通了 KM 自锁回路, 使 KM 线圈继续保持得电状态, 电动机仍然维持运行状态, 这样点动控制变成了长动控制, 因此在电气控制中称这种情况为“触点竞争”。触点竞争是触点在过渡状态下的一种特殊现象。若同一电器的常开和常闭触点同时出现在电路的相关部分, 当这个电器发生状态变化 (接通或断开) 时, 电器接点状态的变化不是瞬间完成的, 还需要一定时间。常

开和常闭触点有动作先后之别，在吸合和释放过程中，继电器的常开触点和常闭触点存在一个同时断开的特殊过程。因此在设计电路时，如果忽视了上述触点的动态过程，就可能会导致产生破坏电路执行正常工作程序的触点竞争，使电路设计遭受失败。如果已存在这样的竞争，则一定要从电器设计和选择上来消除，如电路上采用延时继电器等。

图 5-5 (d) 采用了中间继电器 KA 实现长动与点动控制。当按下按钮 SB2 时，中间继电器线圈得电，KA 两个常开触点闭合，其中与 SB2 并联的 KA 常开触点实现自锁，使 KA 线圈继续保持通电状态，另一个 KA 常开触点使 KM 线圈得电，对电动机进行长动控制。电动机在长动运行状态时，按下停止按钮 SB1，KA 线圈失电，使 KM 线圈断电，KM 主触点释放，电动机停止运行。在初始状态下，若想进行点动控制时，只需按下 SB3 按钮即可。下面简述实现图 5-5 (d) 的 PLC 控制。

为实现图 5-5 (d) 的 PLC 控制，需使用 3 个输入点和 1 个输出点，图中 KA 中间继电器的控制可使用 PLC 的内部辅助继电器 M0.0 来完成，其输入/输出分配表如表 5-3 所示。

表 5-3 PLC 控制单向长动和点动的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	接触器	KM	Q0.0
单向长动按钮	SB2	I0.1			
单向点动按钮	SB3	I0.2			

使用 PLC 对三相异步电动机单向长动和点动控制电路的 I/O 接线图如图 5-6 所示。

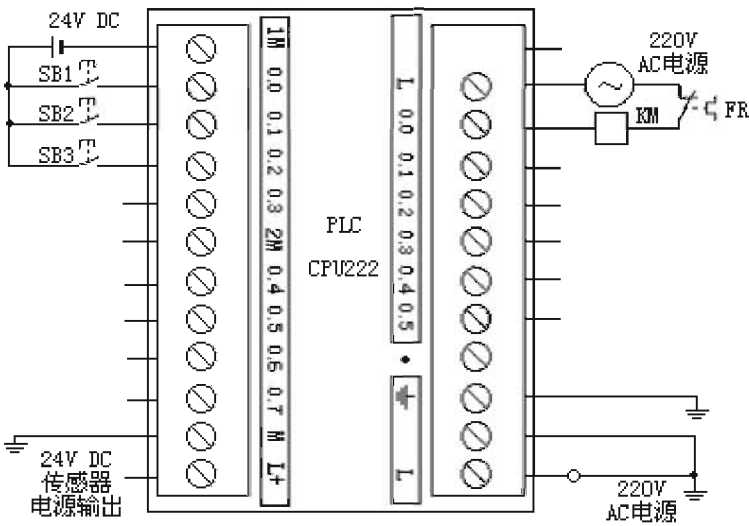


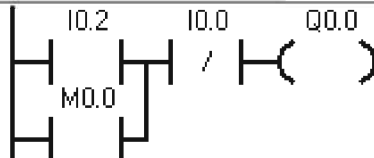
图 5-6 PLC 控制单向长动和点动的 I/O 接线图

PLC 控制三相异步电动机单向长动和点动的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 5-4 所示。

表 5-4 PLC 控制三相异步电动机单向长动和点动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O M0.0 AN I0.0 = M0.0

续表

网 络	LAD	STL
网络 2		LD I0.2 O M0.0 AN I0.0 = Q0.0

网络 1 为单向长动控制,网络 2 为点动控制。当按下点动控制按钮 SB2 时,网络 1 的 I0.1 常开触点闭合,内部辅助继电器 M0.0 线圈得电,使网络 2 的 M0.0 常开触点闭合,Q0.0 输出信号,控制电动机单向长动。当按下停止按钮时,网络 1 和网络 2 将失电无效,电动机停止运转。若没按下长动按钮,需进行点动运行时,只需按下点动按钮 SB3 即可。按下点动按钮 SB3,I0.2 常开触点闭合,Q0.0 得电,电动机启动运行;松开 SB3,I0.2 断开,Q0.0 失电,电动机停止运行。

5.1.2 PLC 在三相异步电动机正反转控制电路中的应用

生产实践中,许多生产机械要求电动机能正反转,从而实现可逆运行,如机床中主轴的正反向运动、工作台的前后运动、起重机吊钩的上升和下降、电梯向上向下运行等。要实现三相异步电动机的正反转,只需改变电动机定子绕组的电源相序即可。

可逆运行控制线路实质上是两个方向相反的单向运行线路的组合。但为了避免误操作引起电源相间短路,必须在这两个相反方向的单向运行线路中加设连锁机构。按照电动机正反转操作顺序的不同,分为“正—停—反”和“正—反—停”两种控制线路。

1. “正—停—反”控制线路

传统继电器—接触器的“正—停—反”控制线路如图 5-7 所示。合上闸刀开关 QS,按下正向启动按钮 SB2 时,KM1 线圈得电,主触点闭合,电动机正向旋转,KM1 的常开辅助触点闭合,形成自锁;KM1 的常闭辅助触点断开,形成互锁,防止误操作时 KM2 线圈得电而引起电源相间短路。电动机若需反转时,必须先按下停止按钮 SB1 切断电动机的正相电源,再按下反转启动按钮 SB3,电动机才能进行反转。

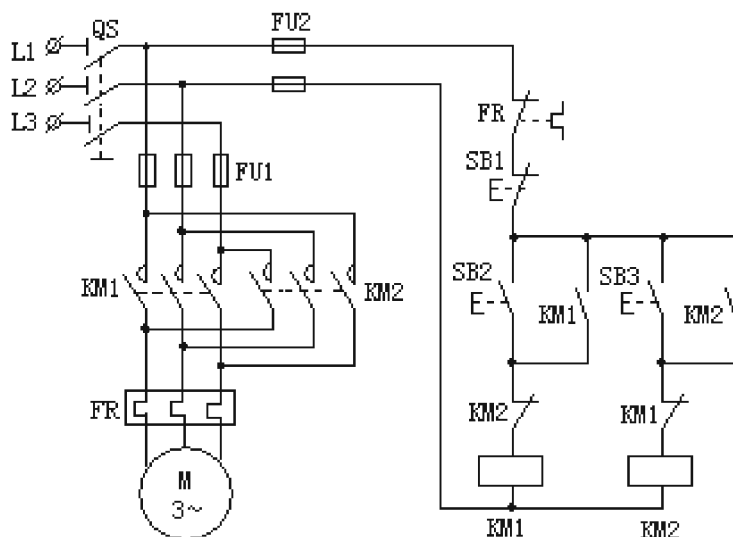


图 5-7 传统继电器—接触器“正—停—反”控制线路

采用 PLC 控制电动机的“正—停—反”，需要 3 个输入点和 2 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-5 所示。

表 5-5 PLC 控制电动机“正—停—反”的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	正向控制接触器	KM1	Q0.0
正向启动按钮	SB2	I0.1	反向控制接触器	KM2	Q0.1
反向启动按钮	SB3	I0.2			

使用 PLC 对三相异步电动机实行“正—停—反”控制的 I/O 接线图如图 5-8 所示。

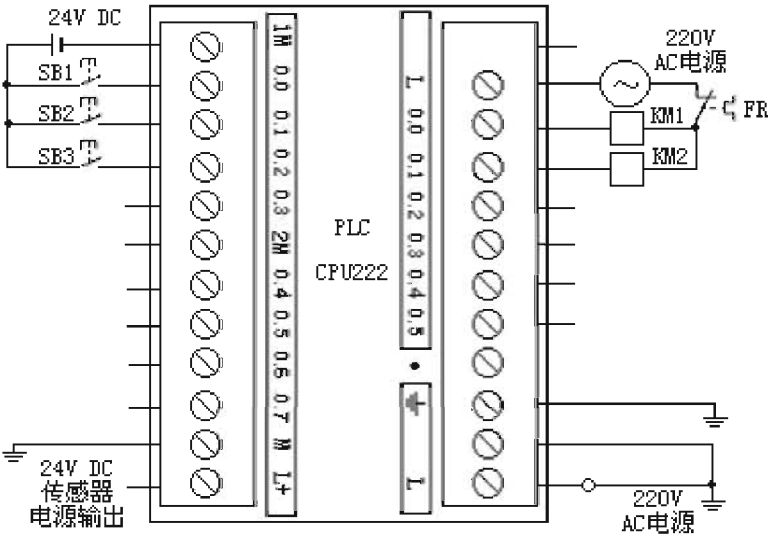


图 5-8 PLC 控制电动机“正—停—反”的 I/O 接线图

PLC 控制电动机“正—停—反”的梯形图（LAD）及指令语句表（STL），如表 5-6 所示。

表 5-6 PLC 控制电动机“正—停—反”的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	! TL
网络 1		LD I0.1 O Q0.0 AN I0.0 AN I0.2 = Q0.0
网络 2		LD I0.2 O Q0.1 AN I0.0 AN I0.1 = Q0.1

网络 1 为正向控制，按下正向启动按钮 SB2 时，I0.1 常开触点闭合，Q0.0 线圈输出，控制 KM1 线圈得电，使电动机正向启动运转，Q0.0 常开触点闭合形成自锁；按下停止按钮 SB1，

I0.0 常闭触点打开, Q0.0 没有输出, KM1 线圈失电, 电动机停止正向运转。网络 2 为反向控制, 其控制过程与网络 1 类似。

2. “正—反—停”控制线路

传统继电器—接触器的“正—反—停”控制线路如图 5-9 所示。合上闸刀开关 QS, 按下正向启动按钮 SB2 时, KM1 线圈得电, 主触点闭合, 电动机正向启动运行。若需反向运行时, 按下反向启动按钮, 其常闭触点断开, 切断 KM1 线圈电源, 电动机正向运行电源切断, 同时 SB3 的常开触点闭合, 使 KM2 线圈得电, KM2 的主触点闭合, 改变了电动机的电源相序, 使电动机反向运行。电动机需要停止运行时, 只需按下停止按钮 SB1 即可实现。

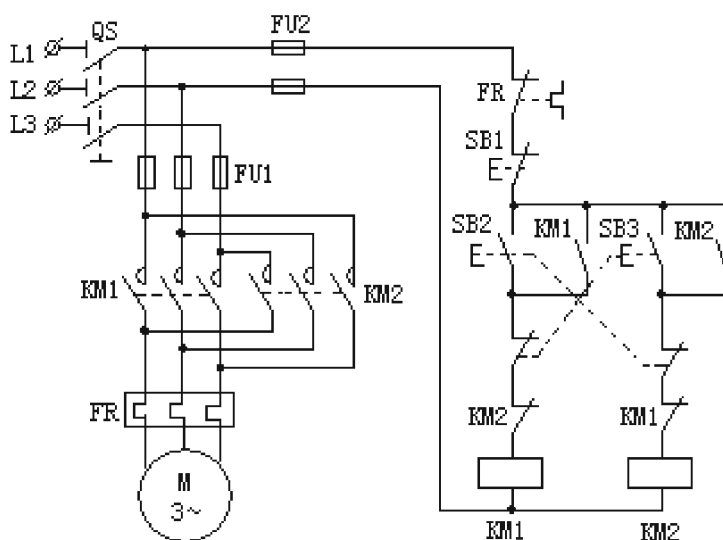
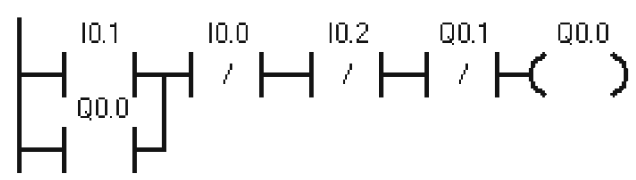
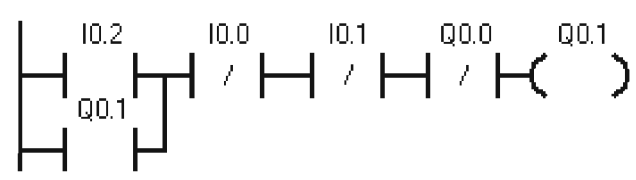


图 5-9 传统继电器—接触器“正—反—停”控制线路

采用 PLC 控制电动机的“正—反—停”，其输入/输出分配表与表 5-5 完全相同, I/O 接线图也与图 5-8 完全相同。

PLC 控制电动机“正—反—停”的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 5-7 所示。

表 5-7 PLC 控制电动机“正—反—停”的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O Q0.0 AN I0.0 AN I0.2 AN Q0.1 = Q0.0
网络 2		LD I0.2 O Q0.1 AN I0.0 AN I0.1 AN Q0.0 = Q0.1

网络1为正向运行控制，按下正向启动按钮SB2，I0.1触点闭合，Q0.0线圈输出，控制KM1线圈得电，使电动机正向启动运行，Q0.0的常开触点闭合，形成自锁。

网络2为反向运行控制，按下反向启动按钮SB3，I0.2的常开触点闭合，I0.2的常闭触点断开，使电动机反向启动运行。

不管电动机是在正转还是反转，只要按下停车按钮SB1，I0.0常闭触点断开，都将切断电动机的电源，从而实现停车。

5.1.3 PLC在三相异步电动机位置与自动循环控制电路中的应用

在生产过程中，有时需控制一些生产机械运动部件的行程和位置，或允许某些运动部件只能在一定范围内自动循环往返。例如在摇臂钻床、万能铣床、镗床、桥式起重机及各种自动或半自动控制机床设计中，经常遇到机械运动部件需进行位置与自动循环控制的要求。

1. 位置控制线路

图5-10所示为位置控制线路原理图，图5-10(a)是行车运行示意图，图5-10(b)所示是传统继电器—接触器位置控制线路原理图。从图5-10(a)中可以看出，行车的前后安装了挡铁1和挡铁2，工作台的两端点分别安装了行程开关SQ1和SQ2。通常将行程开关的常闭触点分别串接在正转控制和反转控制电路中，当行车在运行过程中碰撞行程开关时，控制行车停止运行，达到位置控制的目的。

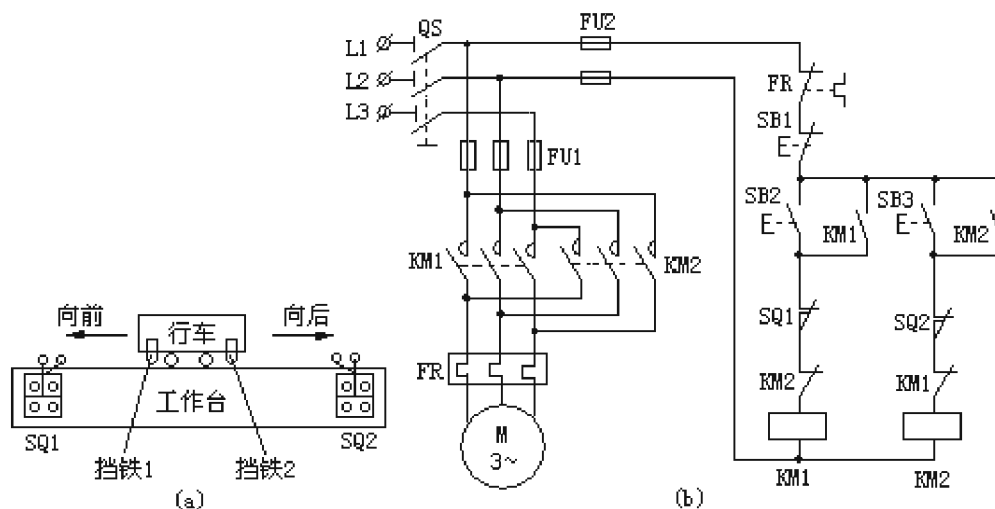


图 5-10 传统继电器—接触器位置控制线路原理图

合上电源刀开关 QS，按下正转启动按钮 SB2，KM1 线圈得电，KM1 常开辅助触点闭合，形成自锁；KM1 常闭辅助触点断开，对 KM2 进行连锁；KM1 主触点闭合，电动机启动，行车向前运行。当行车向前运行到限定位置时，挡铁1碰撞行程开关 SQ1，SQ1 常闭触点断开，切断 KM1 线圈电源。KM1 线圈失电，触点释放，电动机停止向前运行。此时再按下正转启动按钮 SB2，由于 SQ1 触点断开，KM1 线圈仍然不会得电，从而保证行车不会超过 SQ1 所在的位置。

按下反转启动按钮 SB3 时，行车向后运行，SQ1 常闭触点复位闭合。行车向后运行中，各器件的工作状况与正转类似。当挡铁2碰撞行程开关 SQ2 时，行车停止向后运行。行车在

向前或向后运行过程中，只要按下停止按钮 SB1，行车将会停止。

采用 PLC 实现位置控制，需要 5 个输入点和 2 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-8 所示。

表 5-8 采用 PLC 实现位置控制的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	正向控制接触器	KM1	Q0.0
正向启动按钮	SB2	I0.1	反向控制接触器	KM2	Q0.1
反向启动按钮	SB3	I0.2			
正向行程位置控制	SQ1	I0.3			
反向行程位置控制	SQ2	I0.4			

使用 PLC 实现位置控制的 I/O 接线图如图 5-11 所示。

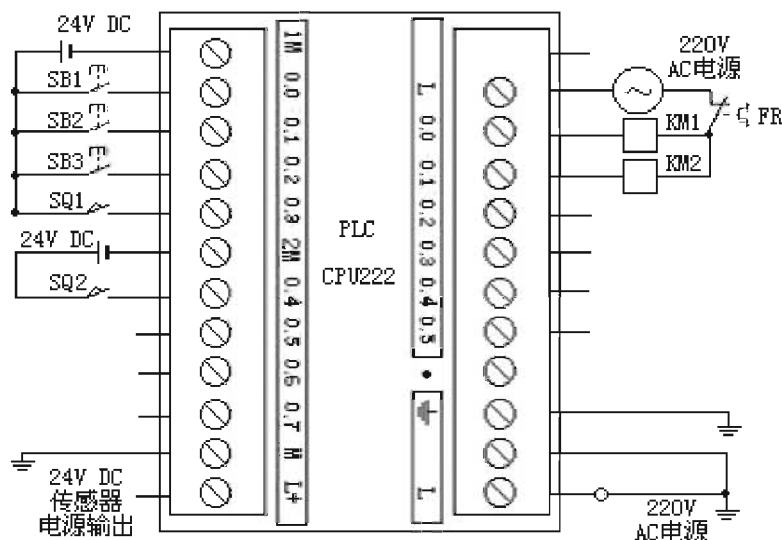


图 5-11 使用 PLC 实现位置控制的 I/O 接线图

采用 PLC 实现位置控制的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-9 所示。

表 5-9 采用 PLC 实现位置控制的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O Q0.0 AN I0.0 AN I0.3 AN Q0.1 = Q0.0
网络 2		LD I0.2 O Q0.1 AN I0.0 AN I0.4 AN Q0.0 = Q0.1

网络1为正向运行控制,按下正向启动按钮SB2时,I0.1常开触点闭合,Q0.0输出线圈有效,控制KM1主触点闭合,行车正向前进。当行车行进中碰到正向限位开关SQ1时,I0.3常闭触点断开,Q0.0输出线圈无效,KM1主触点断开,从而使行车停止前进。

网络2为反向运行控制,按下反向启动按钮SB3时,I0.2常开触点闭合,Q0.1输出线圈有效,控制KM2主触点闭合,行车反向后退。当行车行进中碰到反向限位开关SQ2时,I0.4常闭触点断开,Q0.1输出线圈无效,KM2主触点断开,从而使行车停止后退。

行车在行进过程中,按下停止按钮SB1时,I0.0常闭触点断开,从而控制行车停止运行。

2. 自动循环控制线路

在某些生产过程中,要求生产机械在一定行程内能够自动往返运行,以便对工件连续加工,提高生产效率。行车的自动往返通常是利用行程开关来控制自动往复运动的相对位置,再控制电动机的正反转,其传统继电器—接触器控制线路如图5-12所示。

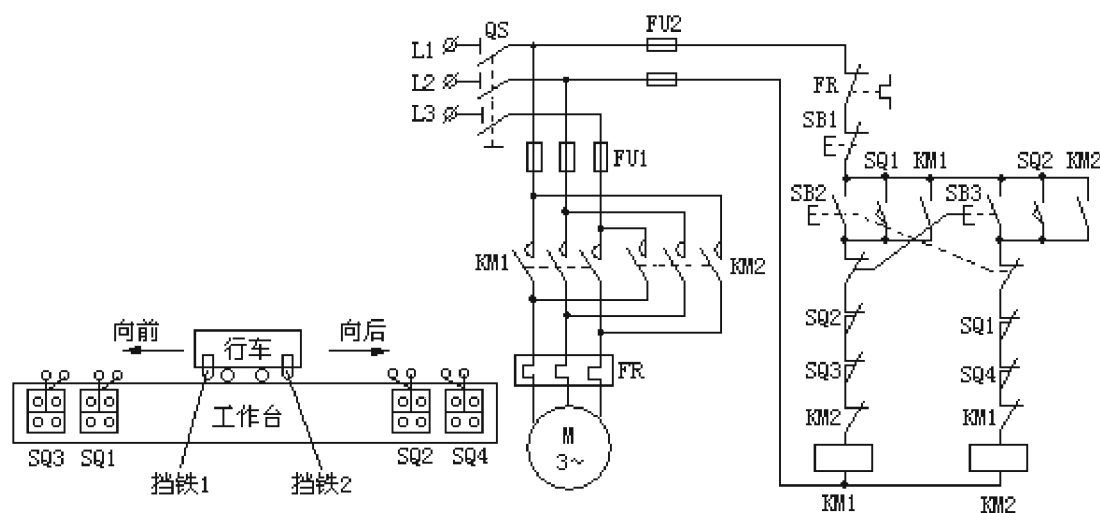


图 5-12 传统继电器—接触器自动循环控制线路原理图

为使电动机的正反转与行车的向前或向后运动相配合,在控制线路中设置了SQ1、SQ2、SQ3和SQ4这4个行程开关,并将它们安装在工作台的相应位置。SQ1和SQ2用来自动切换电动机的正反转,以控制行车向前或向后运行,因此将SQ1称为反向转正向行程开关,SQ2称为正向转反向行程开关。为防止工作台越过限定位置,在工作台的两端还安装SQ3和SQ4,因此SQ3称为正向限位开关,SQ4称为反向限位开关。行车的挡铁1只能碰撞SQ1、SQ3;挡铁2只能碰撞SQ2、SQ4。

合上电源刀开关QS,按下正转启动按钮SB2,KM1线圈得电,KM1常开辅助触点闭合,形成自锁;KM1常闭辅助触点断开,对KM2进行连锁;KM1主触点闭合,电动机启动,行车向前运行。当行车向前运行到限定位置时,挡铁1碰撞行程开关SQ1,SQ1常闭触点断开,切断KM1线圈电源,使KM1线圈失电,触点释放,电动机停止向前运行,同时SQ1的常开触点闭合,使KM2线圈得电。KM2线圈得电,KM2常闭辅助触点断开,对KM1进行连锁;KM2主触点闭合,电动机启动,行车向后运行。当行车向后运行到限定位置时,挡铁2碰撞行程开关SQ2,SQ2常闭触点断开,切断KM2线圈电源,使KM2线圈失电,触点释放,电动机停止向前运行,同时SQ2的常开触点闭合,使KM1线圈得电,电动机再次得电,行车又改为向前运行,实现了自动循环往返转控制。电动机运行过程中,按下停止按钮SB1时,行车将停止运行。若SQ1(或SQ2)失灵,行车向前(或向后)碰

撞 SQ3（或 SQ4）时，强行停止行车运行。启动行车时，如果行车已在工作台的最前端应按下 SB3 进行启动。

采用 PLC 实现自动循环控制，需要 7 个输入点和 2 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-10 所示。

表 5-10 采用 PLC 实现自动循环控制的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	正向控制接触器	KM1	Q0.0
正向启动按钮	SB2	I0.1	反向控制接触器	KM2	Q0.1
反向启动按钮	SB3	I0.2			
反向转正向行程	SQ1	I0.3			
正向转反向行程	SQ2	I0.4			
正向限位	SQ3	I0.5			
反向限位	SQ4	I0.6			

使用 PLC 实现自动循环控制时，由于需要 7 个输入端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-13 所示。

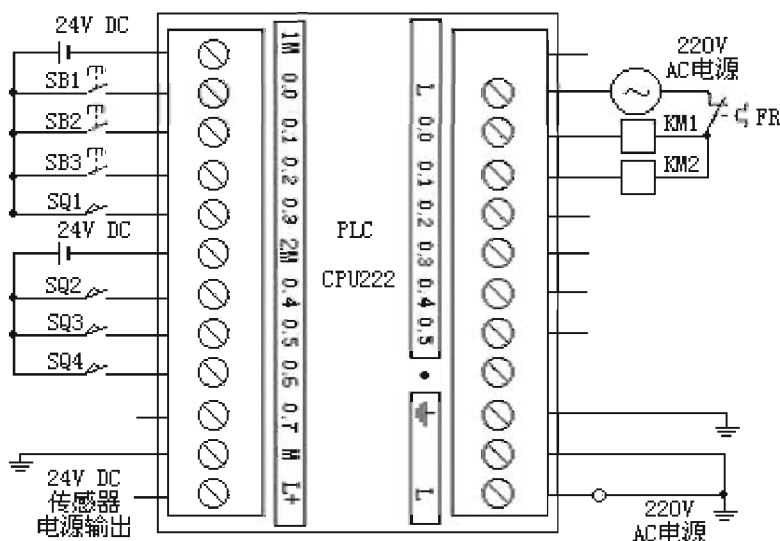


图 5-13 使用 PLC 实现自动循环控制的 I/O 接线图

采用 PLC 实现自动循环控制的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-11 所示。

表 5-11 采用 PLC 实现自动循环控制的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre> LD I0.1 O I0.3 O Q0.0 AN I0.0 AN I0.4 AN I0.5 AN Q0.1 = Q0.0 </pre>

续表

网 络	LAD	STL
网络 2		LD I0.2 O I0.4 O Q0.1 AN I0.0 AN I0.3 AN I0.6 AN Q0.0 = Q0.1

5.1.4 PLC 在三相异步电动机顺序与多地控制电路中的应用

1. 三相异步电动机的顺序控制

所谓三相异步电动机的顺序控制，就是电动机或按预先约定的顺序启动或按预先约定的顺序停止。实际生产中，有些生产设备上装有多台电动机，各电动机所起的作用不同，有时需要将多台电动机按一定的顺序进行启动或停止，如磨床上的电动机要求先启动液压泵电动机，再启动主轴电动机。

图 5-14 所示为两台电动机按顺序控制的传统继电器—接触器线路原理图，图中左部为两台电动机顺序控制主电路，右部为辅助控制电路。

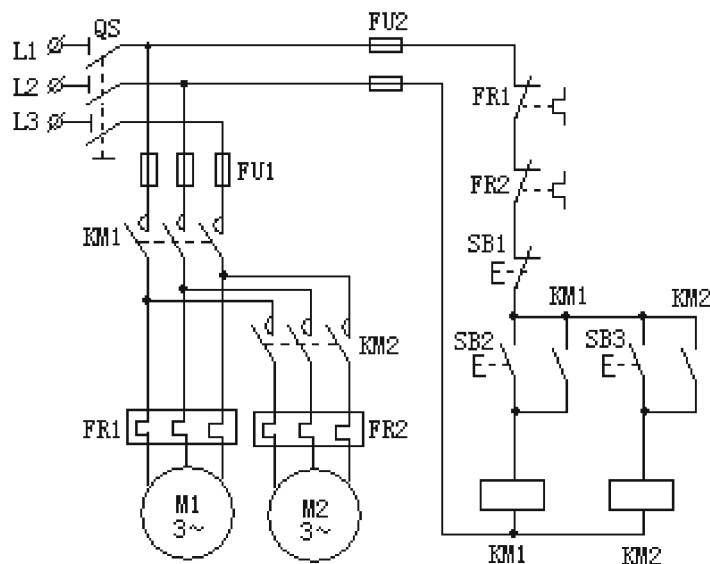


图 5-14 传统继电器—接触器顺序控制线路原理图

合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB2 时，KM1 线圈得电，KM1 常开辅助触点闭合，形成自锁，KM1 主触点闭合，使 M1 电动机启动，并为 M2 电动机启动作好准备。KM1 主触点闭合后，按下 SB3 按钮时，KM2 线圈得电，才使 M2 电动机启动。按下停止按钮 SB1 时，两台电动机同时停止运行。从图中可看出，若 KM1 线圈没有得电，即使按下 SB3 启动按钮，KM2 线圈得电，但 M2 电动机仍不能启动，M2 电动机启动时必须 M1 电动机先启动，因此 M2 与 M1 电动机的工作存在顺序关系。

采用 PLC 实现两台电动机的顺序控制，需要 3 个输入点和 2 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-12 所示。

表 5-12 采用 PLC 实现两台电动机顺序控制的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	M1 电机控制接触器	KM1	Q0.0
M1 启动按钮	SB2	I0.1	M2 电机控制接触器	KM2	Q0.1
M2 启动按钮	SB3	I0.2			

使用 PLC 实现两台电动机顺序控制时, 由于只需要 3 个输入端子和 2 个输出端子, 因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222, 其 I/O 接线图如图 5-15 所示。

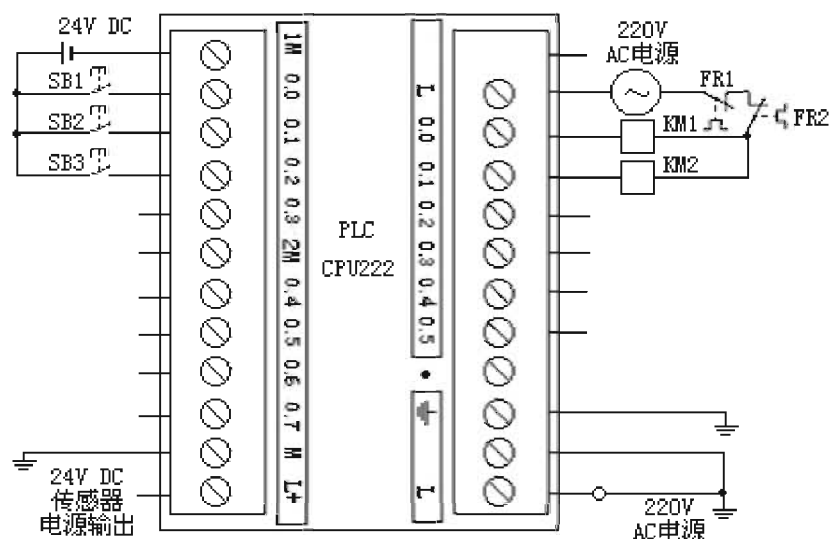


图 5-15 使用 PLC 实现两台电动机顺序控制的 I/O 接线图

采用 PLC 实现两台电动机顺序控制的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 5-13 所示。

表 5-13 采用 PLC 实现两台电动机顺序控制的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O Q0.0 AN I0.0 = Q0.0
网络 2		LD I0.2 O Q0.1 AN I0.0 A Q0.0 = Q0.1

网络 1 为电动机 M1 启动控制, 按下启动按钮 SB2 时, I0.1 常开触点闭合, Q0.0 输出线圈有效, KM1 主触点闭合, 电动机 M1 启动运行。

网络 2 为电动机 M2 启动控制, 按下启动按钮 SB3, 且只有当 Q0.0 有效时 (即必须先启动 M1 电动机), Q0.1 输出线圈才有效, 电动机 M2 才能启动运行。

2. 三相异步电动机的多地控制

在一些大型生产机械或设备上, 要求操作人员能够在不同方位对同一台电动机进行操作

或控制，即多地控制。多地控制是用多组启动按钮、停止按钮来进行的，传统继电器—接触器的多地控制电路图如图 5-16 所示。

多地控制时按钮连接的原则是启动按钮的常开触点并联，停止按钮的常闭触点串联。图中 SB11、SB12 安装在甲地，SB21、SB22 安装在乙地，SB31、SB32 安装在丙地，这样就可以在甲地或乙地或丙地控制同一台电动机的启动或停止。

采用 PLC 对电动机进行三地控制，需要 6 个输入点和 1 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-14 所示。

表 5-14 采用 PLC 对电动机进行三地控制的输入/输出分配表

输 入				输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址	
甲地	停止按钮 1	SB11	M1 电机控制接触器	KM1	Q0.0	
	启动按钮 1	SB12				
乙地	停止按钮 2	SB21				
	启动按钮 2	SB22				
丙地	停止按钮 3	SB31				
	启动按钮 3	SB32				

使用 PLC 对电动机进行三地控制时，由于需要 6 个输入端子和 1 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-17 所示。

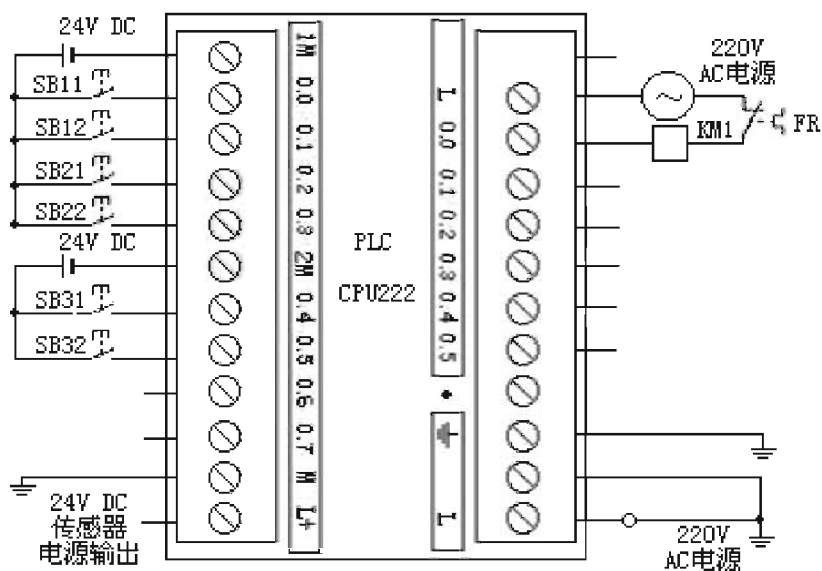
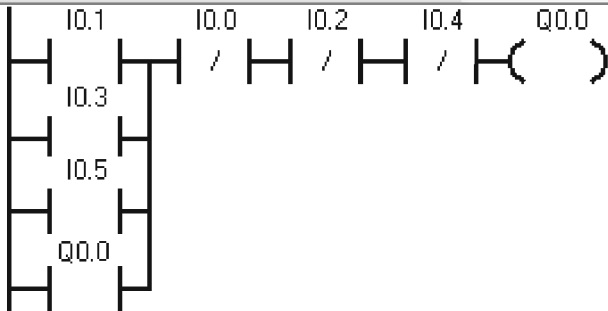


图 5-17 使用 PLC 对电动机进行三地控制的 I/O 接线图

采用 PLC 对电动机进行三地控制的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-15 所示。

表 5-15 采用 PLC 对电动机进行三地控制的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O I0.3 O I0.5 O Q0.0 AN I0.0 AN I0.2 AN I0.4 = Q0.0

5.1.5 PLC 在三相异步电动机降压启动电路中的应用

对于 10kW 及其以下容量的三相异步电动机，通常采用全压启动，但对于 10kW 以上容量的电动机，一般采用降压启动。鼠笼式异步电动机的降压启动控制方法有多种：定子电路串电阻降压启动、自耦变压器降压启动、星形—三角形降压启动、延边三角形降压启动和软启动（固态降压启动器启动）等。

1. 串电阻降压启动控制

当电动机启动时，在三相定子电路中串接电阻，可降低定子绕组上的电压，使电动机在降低了电压的情况下启动，以达到限制启动电流的目的。如果电动机转速接近额定值，应切除串联电阻，使电动机进入全电压下正常工作。传统继电器—接触器串电阻降压启动控制线路原理图如图 5-18 所示。

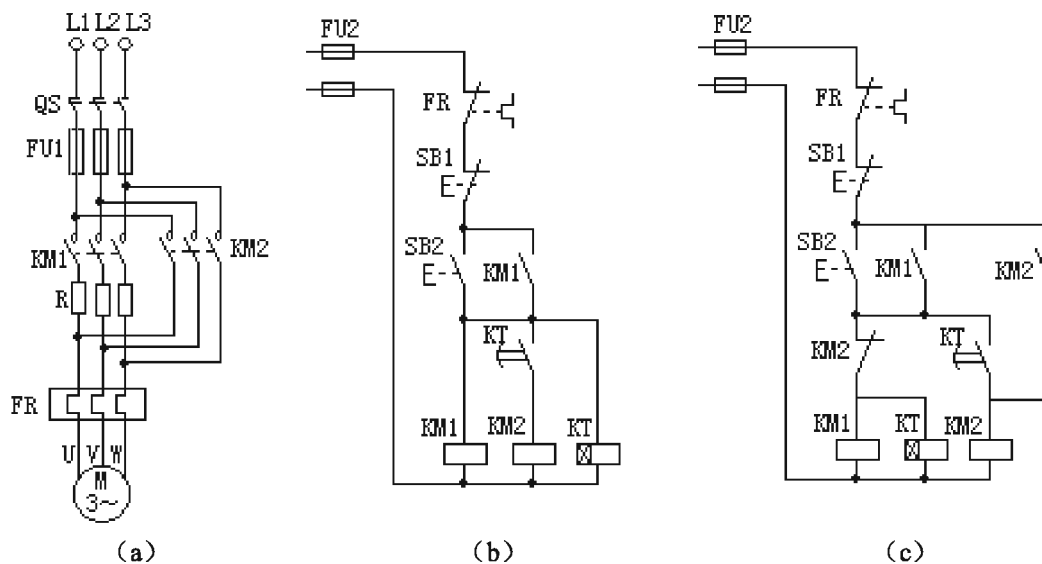


图 5-18 传统继电器—接触器串电阻降压启动控制线路原理图

图 5-18 (a) 所示为主电路，图 5-18 (b)、(c) 所示为辅助控制线路图。图中，KM1 为降压接触器，KM2 为全压接触器，KT 为降压启动时间继电器。对于图 5-18 (b) 来说，合上电源刀开关 QS，按下启动按钮 SB2 时，KM1 和 KT 线圈同时得电。KM1 线圈得电，主触点闭合，主电路的电流通过降压电阻流入电动机，使电动机降压启动，同时 KM1 的辅助触点闭合，形成自锁。KT 线圈得电开始延时，当延时到一定的时候，KT 延时闭合动合触点闭合，使 KM2 线圈得电。KM2 线圈得电，其主触点闭合，短接电阻 R，使电动机在全电压下

进行运转，降压启动过程结束。当按下停止按钮 SB1 时，KM1、KM2 及 KT 线圈的电源电路被切断，各触点相应被释放，电动机停止运行，为下次降压启动做好了准备。

对于图 5-18 (c) 来说，按下启动按钮 SB2，KM1 和 KT 线圈同时得电。KM1 线圈得电，主触点闭合，主电路的电流通过降压电阻流入电动机，使电动机降压启动，同时 KM1 的辅助触点闭合，形成自锁。KT 线圈得电开始延时，当延时到一定的时候，KT 延时闭合动合触点闭合，使 KM2 线圈得电。KM2 线圈得电，其辅助常开触点闭合，形成自锁，辅助常闭触点断开，切断了 KM1 和 KT 线圈的电源，KM2 主触点闭合，使电动机全电压进行运行。同样，当按下 SB1 时，KM2 线圈失电，使电动机停止运转。

采用 PLC 实现图 5-18 (c) 的串电阻降压启动控制，需要 2 个输入点和 2 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-16 所示。

表 5-16 采用 PLC 实现图 5-18 (c) 的串电阻降压启动控制的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	串电阻降压启动接触器	KM1	Q0.0
启动按钮	SB2	I0.1	切除串电阻全压运行接触器	KM2	Q0.1

使用 PLC 实现图 5-18 (c) 串电阻降压启动控制时，由于需要 2 个输入端子和 2 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-19 所示。

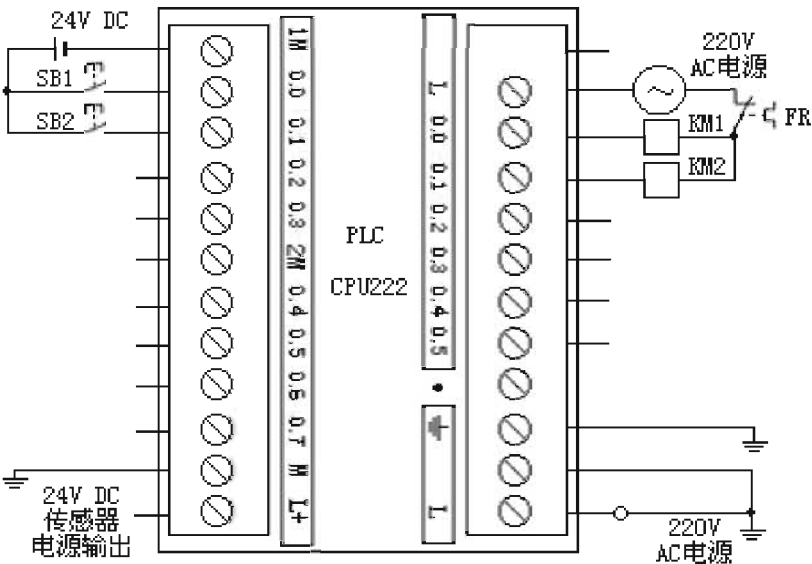


图 5-19 使用 PLC 实现图 5-18 (c) 串电阻降压启动控制的 I/O 接线图

采用 PLC 实现图 5-18 (c) 串电阻降压启动控制的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 5-17 所示。

表 5-17 采用 PLC 实现串电阻降压启动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O M0.0 AN I0.0 = M0.0

续表

网 络	LAD	STL
网络 2		<pre>LD M0.0 LPS AN T37 = Q0.0 LPP TON T37, +50</pre>
网络 3		<pre>LD M0.0 A T37 = Q0.1</pre>

按下启动按钮 SB2 时, 网络 1 的 I0.1 常开触点闭合, 辅助继电器线圈 M0.0 有效, 以控制网络 2 和网络 3。网络 2 的 M0.0 常开触点闭合时, Q0.0 线圈有效, 使 KM1 主触点闭合, 控制电动机串电阻 R 进行降压启动, 同时定时器开始延时。若延时 5s 时, 网络 2 中 T37 定时器的常闭触点断开, KM1 恢复初态, 同时网络 3 中 T37 的常开触点闭合, Q0.1 线圈有效, 使 KM2 主触点闭合, 控制电动机全电压运行。

2. 自耦变压器降压启动

自耦变压器降压启动是将自耦变压器一次侧接在电网上, 启动时定子绕组接在自耦变压器的二次侧上。这样, 启动时电动机定子绕组得到的电压为自耦变压器的二次电压。待电动机转速接近电动机额定转速时, 自耦变压器被切除, 电动机绕组直接与电源相连, 即电动机得到自耦变压器的一次电压, 进入全电压运行状态。传统继电器—接触器自耦变压器降压启动控制线路原理图如图 5-20 所示。

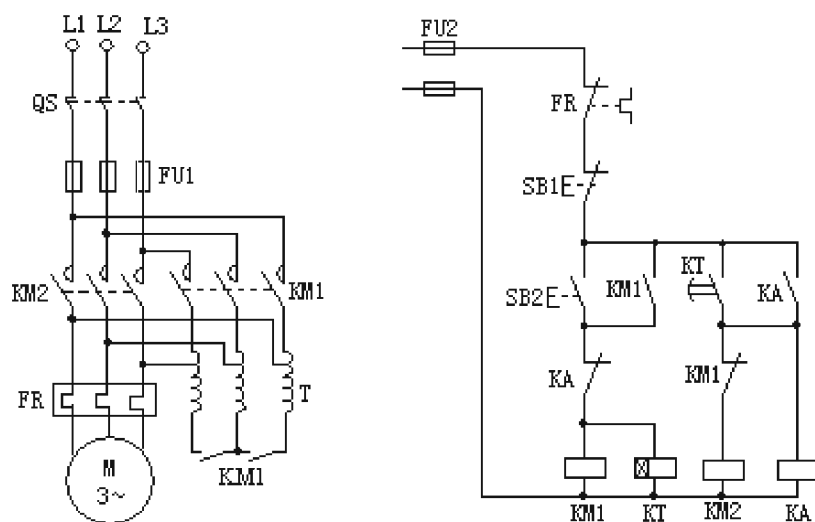


图 5-20 传统继电器—接触器自耦变压器降压启动控制线路原理图

合上电源刀开关 QS, 按下启动按钮 SB2, KM1、KT 线圈得电。KM1 线圈得电, 辅助常开触点闭合, 形成自锁, 主触点闭合, 将自耦变压器接入, 电动机由自耦变压器二次电压供电作降压启动, 辅助常闭触点断开, 电动机降压启动。当电动机转速接近额定转速时, 降压启动时间继电器 KT 的延时闭合动合触点闭合, 使 KA 线圈得电。KA 线圈得电, 其常开触点闭合, 形成自锁, 常闭触点断开, 切断 KM1 线圈的电源。KM1 线圈断电释放, 将自耦变压器从电路切除, 同时 KM2 线圈得电。KM2 线圈得电, 其主触点闭合, 使电源电压全部加

在电动机的定子上,实现电动机的全电压运行。KA 另一常闭触点断开,电动机进入全电压运行状态。当按下 SB1 时, KM2 线圈失电,电动机停止转动。

采用 PLC 实现图 5-20 的自耦变压器降压启动控制时,其输入/输出分配表与表 5-16 相同, I/O 接线图与图 5-19 相同。

采用 PLC 实现自耦变压器降压启动控制的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 可使用表 5-17 中的程序,也可使用表 5-18 中的程序。

表 5-18 采用 PLC 实现自耦变压器降压启动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O Q0.0 AN I0.0 AN Q0.1 TON T37, +50 AN T37 = Q0.0
网络 2		LD T37 O Q0.1 AN I0.0 AN Q0.0 = Q0.1

网络 1 为降压启动控制,网络 2 为全压运行控制。

3. 星形—三角形降压启动控制

星形—三角形降压启动又称为 Y— Δ 降压启动,简称星三角降压启动。启动时,定子绕组先接成星形,待电动机转速上升到接近额定转速时,将定子绕组接成三角形,电动机进入全电压运行状态。传统继电器—接触器的星形—三角形降压启动控制线路原理图如图 5-21 所示。

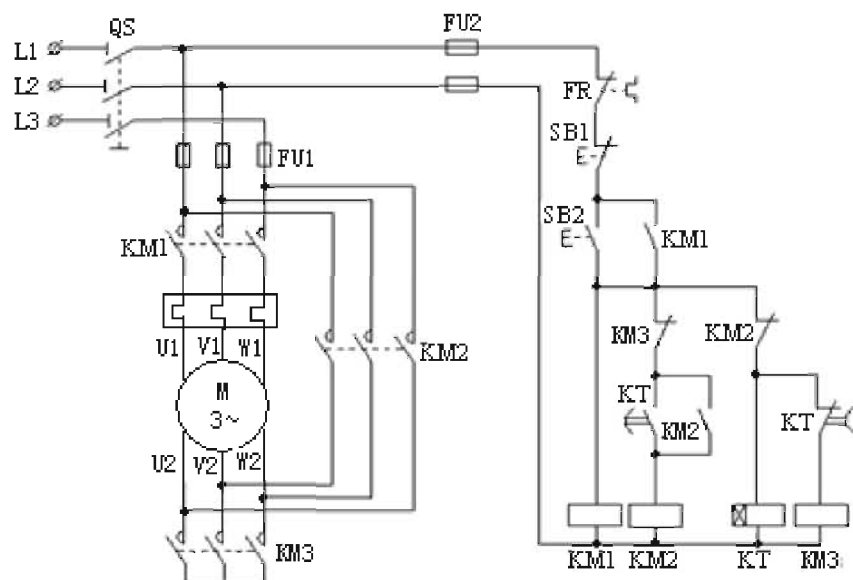


图 5-21 传统继电器—接触器的星形—三角形降压启动控制线路原理图

采用 PLC 实现星形—三角形降压启动的方法与串电阻降压启动及自耦变压器降压启动

的方法相同，在此不再复述。

5.1.6 PLC 在绕线转子异步电动机的启动与调速控制电路中的应用

三相绕线式异步电动机转子绕组可通过铜环经电刷与外电路电阻相接，可减小启动电流，提高转子电路功率因数和启动转矩。通常在要求启动转矩较大的场合，使用绕线式异步电动机。

按照绕线式异步电动机启动过程中转子串接装置不同，有串电阻启动与串频敏变阻器启动两种控制线路。

1. 转子绕组串电阻启动控制线路

串接于三相转子回路中的电阻，一般都连接成星形。在启动前，启动电阻全部接入电路中，在启动过程中，启动电阻被逐级地短接切除，正常运行时所有外接启动电阻全部切除。根据绕线式异步电动机启动过程中转子电流的变化及所需启动时间的特点，控制线路有时间原则控制线路和电流原则控制线路。

(1) 按时间原则组成的绕线式异步电动机启动控制线路

按时间原则组成的传统继电器—接触器绕线式异步电动机启动控制线路原理图如图 5-22 所示，该线路是依靠时间继电器的依次动作来实现自动短接启动电阻的降压启动控制线路。

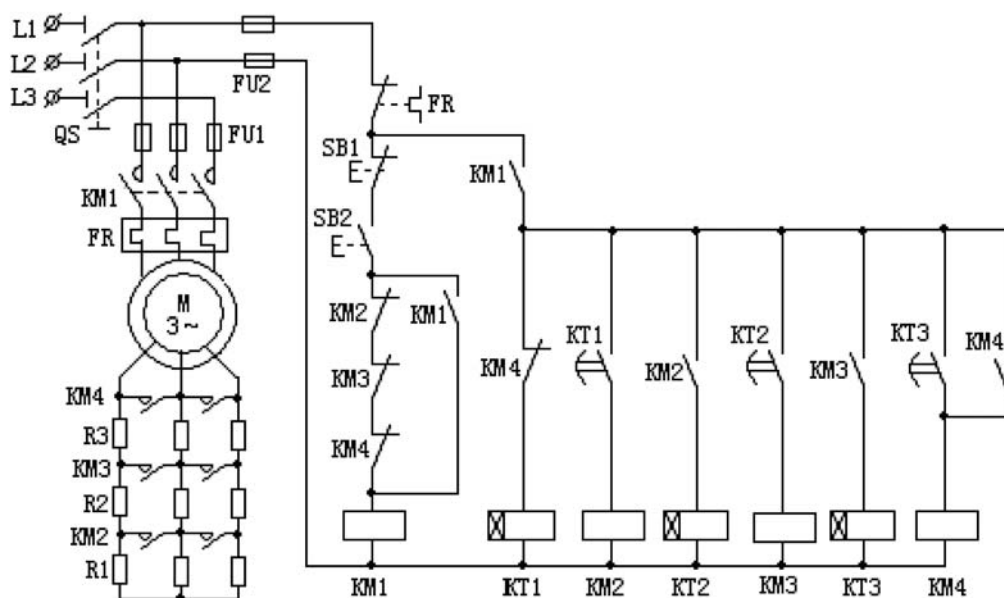


图 5-22 按时间原则组成的传统继电器—接触器绕线式异步电动机启动控制线路

合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB2，KM1 线圈得电，主触点闭合，电动机在启动电阻 R1、R2、R3 全部接入的情况下启动，KM1 常开辅助触点闭合，其中一路常开辅助触点闭合，形成自锁；另一路常开辅助触点闭合，使 KT1 线圈得电。经过一定时间后，KT1 延时动合触点闭合，使 KM2 线圈得电。KM2 线圈得电，主触点闭合，降压电阻 R1 被短接了，启动电阻减小，电流增大，同时 KM2 常开辅助触点闭合，使 KT2 线圈得电。经延时，KT2 延时动合触点闭合，使 KM3 线圈得电。KM3 线圈得电，主触点闭合，降压电阻 R2 被短接，启动电阻进一步减小，电流又增大，同时 KM3 常开辅助触点闭合，使 KT3 线圈得电。KT3 线圈得电延时一段时间后，KT3 延时动合触点闭合，使 KM4 线圈得电。KM4 线圈得电，其主触点闭合，将启动电阻全部切除，使电动机在全电压下运行，常开辅助触点闭合，形成自

锁。当按下停止按钮 SB1 时，KM1 线圈失电，触点释放，电动机停止运转。

使用 PLC 控制按时间原则组成的绕线式异步电动机启动线路时，需 2 个输入点和 4 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-19 所示。

表 5-19 按时间原则组成的绕线式异步电动机启动线路的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	主接触器	KM1	Q0.0
启动按钮	SB2	I0.1	切除电阻 R1	KM2	Q0.1
			切除电阻 R2	KM3	Q0.2
			切除电阻 R3	KM4	Q0.3

使用 PLC 控制按时间原则组成的绕线式异步电动机启动线路时，由于需要 2 个输入端子和 4 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-23 所示。

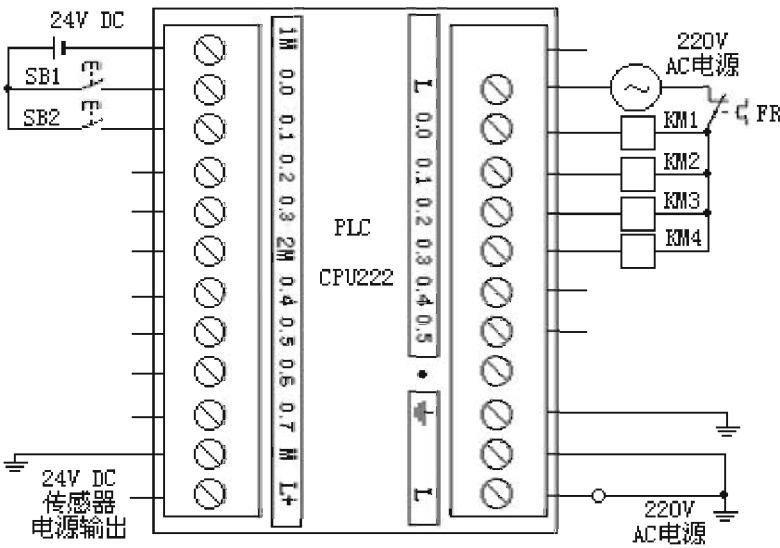


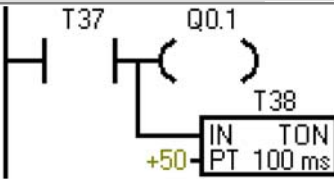
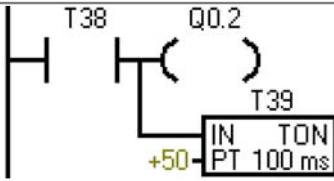
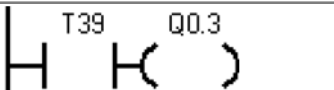
图 5-23 使用 PLC 控制按时间原则组成的绕线式异步电动机启动线路 I/O 接线图

使用 PLC 控制按时间原则组成的绕线式异步电动机启动线路的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-20 所示。

表 5-20 按时间原则启动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 AN Q0.1 AN Q0.2 AN Q0.3 EU = M0.0
网络 2		LD M0.0 O Q0.0 AN I0.0 = Q0.0 TON T37, +50

续表

网 络	LAD	STL
网络 3		<pre>LD T37 = Q0.1 TON T38, +50</pre>
网络 4		<pre>LD T38 = Q0.2 TON T39, +50</pre>
网络 5		<pre>LD T39 = Q0.3</pre>

(2) 按电流原则组成的绕线式异步电动机启动控制线路

按电流原则组成的传统继电器—接触器绕线式异步电动机启动控制线路原理图如图 5-24 所示, 该线路是利用电流继电器根据电动机转子电流大小的变化来控制电阻的分级切除。

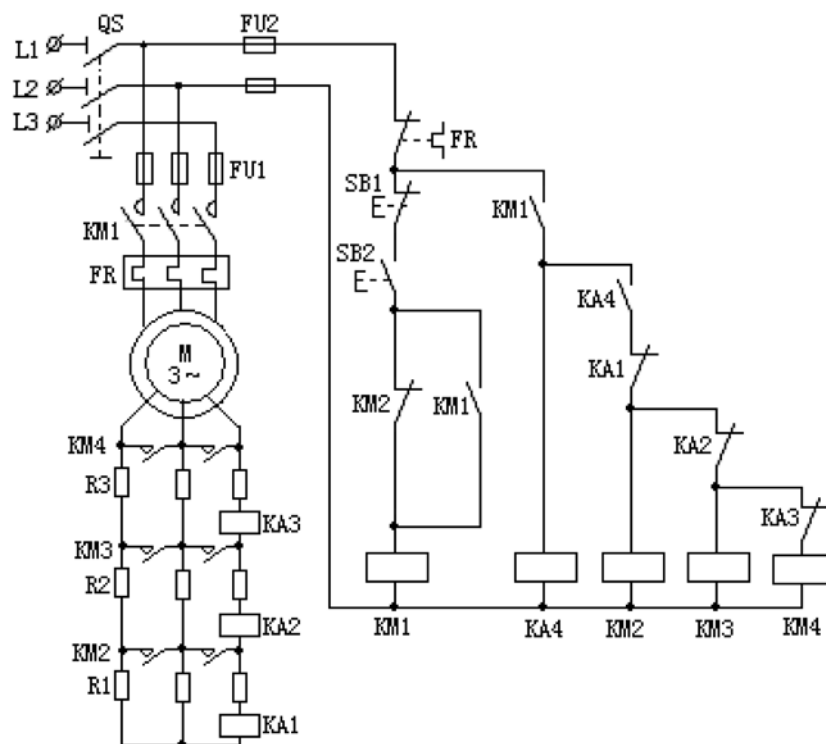


图 5-24 按电流原则组成的传统继电器—接触器绕线式电动机控制线路原理图

合上电源开关 QS, 按下启动按钮 SB2, KM1 线圈得电, 主触点闭合, KM1 常开辅助触点闭合, 其中一路常开辅助触点闭合, 形成自锁; 另一路常开辅助触点闭合, 使中间继电器 KA4 线圈得电。由于刚启动时, 冲击电流很大, KA1、KA2、KA3 的线圈都吸合, 使 KM2、KM3、KM4 线圈处于断电状态, 使启动电阻全部串接在转子上, 达到限流作用。随着电动机转速的升高, 转子电流逐渐减少。当转子的启动电流减小到 KA1 的释放电流时, KA1 释放, 其常闭触点闭合, 使 KM2 线圈得电。KM2 线圈得电, 其主触点闭合, 将启动电阻 R1 短接, 减小启动电阻。由于启动电阻减小, 转子电流上升, 启动转矩进一步加大, 电动机转速上升,

导致转子电流又下降。当转子启动电流降至 KA2 释放电流时，KA2 释放，其常闭触点闭合，使 KM3 线圈得电。KM3 线圈得电，其主触点闭合，将启动电阻 R2 短接，进一步减小启动电阻。如此下去，直到将转子全部电阻短接，电动机启动完毕，进入全电压运行状态。当按下停止按钮 SB1 时，KM1 线圈失电，使电动机停止运行。

使用 PLC 控制按电流原则组成的绕线式异步电动机启动线路时，中间继电器使用 M0.0 进行替代，在 PLC 控制电路中 KA1~KA3 欠电流继电器的触点作为 PLC 输入信号，因此需 5 个输入点和 4 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-21 所示。

表 5-21 按电流原则组成的绕线式异步电动机启动线路的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	主接触器	KM1	Q0.0
启动按钮	SB2	I0.1	切除电阻 R1	KM2	Q0.1
KA1 欠电流继电器触点	KA1	I0.2	切除电阻 R2	KM3	Q0.2
KA2 欠电流继电器触点	KA2	I0.3	切除电阻 R3	KM4	Q0.3
KA3 欠电流继电器触点	KA3	I0.4			

使用 PLC 控制按电流原则组成的绕线式异步电动机启动线路时，由于需要 5 个输入端子和 4 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-25 所示。

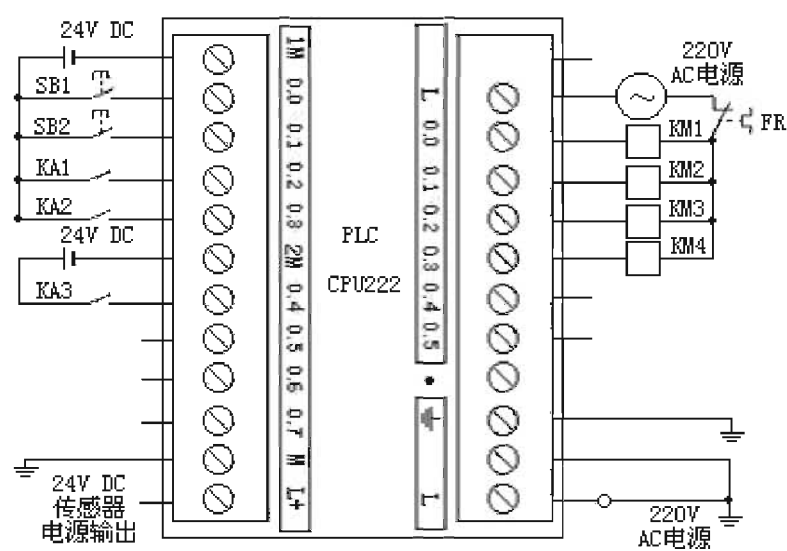


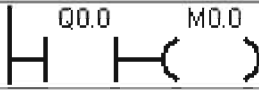
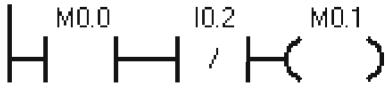
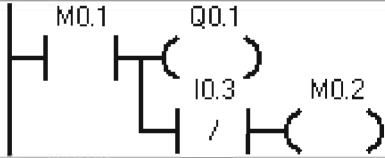
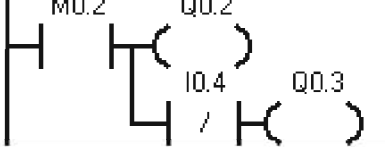
图 5-25 使用 PLC 控制按电流原则组成的绕线式异步电动机启动线路 I/O 接线图

使用 PLC 控制按电流原则组成的绕线式异步电动机启动线路的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-22 所示。

表 5-22 按电流原则启动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 AN I0.0 LDN Q0.1 O Q0.0 ALD = Q0.0

续表

网 络	LAD	STL
网络 2		LD Q0.0 = M0.0
网络 3		LD M0.0 AN I0.2 = M0.1
网络 4		LD M0.1 = Q0.1 AN I0.3 = M0.2
网络 5		LD M0.2 = Q0.2 AN I0.4 = Q0.3

2. 转子绕组串频敏变阻器启动控制线路

转子回路串电阻启动时，由于电阻切除的不连续性，造成电流和转矩突然变化引起机械冲击，并且控制电流较复杂，启动电阻本身比较笨重，能耗大，控制箱体积较大，因此可在转子绕组上串接频敏变阻器来实现。传统继电器—接触器控制的转子绕组串频敏变阻器启动控制线路原理图如图 5-26 所示。

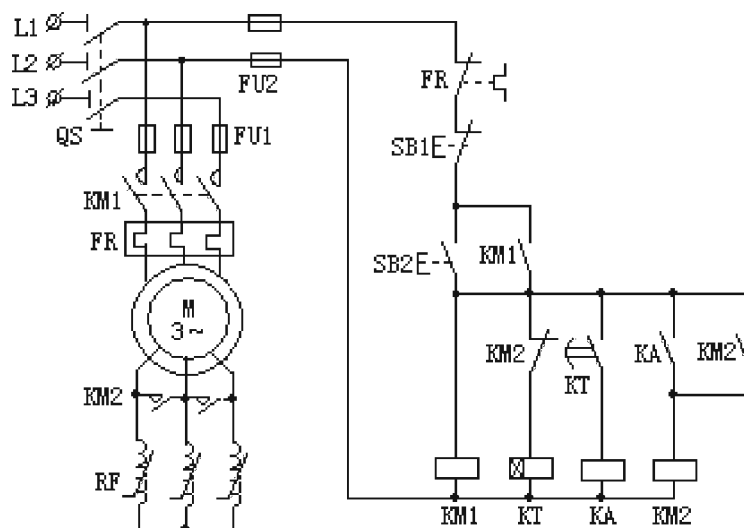


图 5-26 传统继电器—接触器控制的转子绕组串频敏变阻器启动控制线路原理图

合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB2，KM1 线圈得电，主触点闭合，电动机转子绕组串频敏变阻器 RF 降压启动，KM1 常开辅助触点闭合，形成自锁，同时 KT 延时继电器开始延时。当延时时间一到，KT 延时闭合触点闭合，使中间继电器 KA 线圈得电。KA 线圈得电，其常开触点闭合，使 KM2 线圈得电。KM2 线圈得电，其常开触点闭合，形成自锁，主触点闭合，短接频敏变阻器 RF，使电动机在全电压下运行，其常闭触点断开，切断 KT 线圈的电源，从而使 KT 和 KA 相继恢复初态。当按下停止按钮 SB1 时，电动机停止运行。

使用 PLC 控制转子绕组串频敏变阻器异步电动机启动线路时，中间继电器使用 M0.0 进行替代，延时继电器 KT 使用内部定时器 T37 即可，因此只需 2 个输入点和 2 个输出点，其

输入/输出分配表如表 5-23 所示。

表 5-23 PLC 控制转子绕组串频敏变阻器启动线路的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	主接触器	KM1	Q0.0
启动按钮	SB2	I0.1	短接频敏变阻器全压运行	KM2	Q0.1

使用 PLC 控制转子绕组串频敏变阻器异步电动机启动线路时，由于只需要 2 个输入端子和 2 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-27 所示。

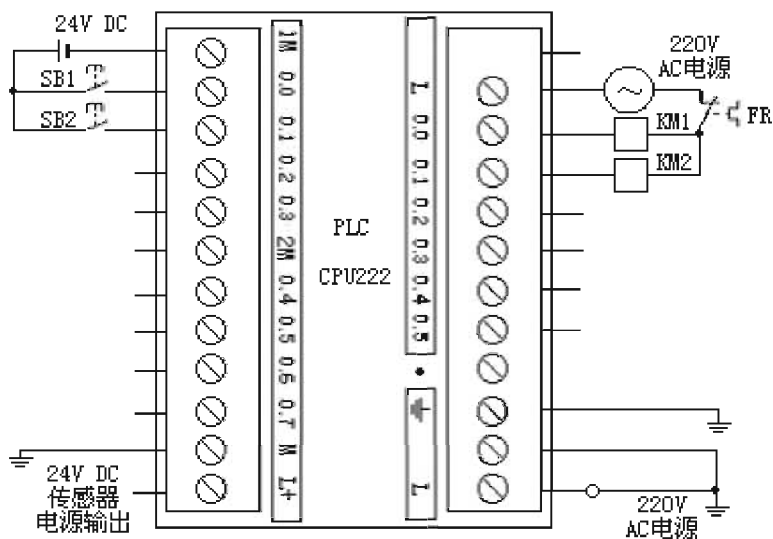


图 5-27 使用 PLC 控制转子绕组串频敏变阻器启动线路 I/O 接线图

使用 PLC 控制转子绕组串频敏变阻器启动线路的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL)，可参考三相异步电动机降压启动中的程序。

5.1.7 PLC 在三相异步电动机制动控制电路中的应用

交流异步电动机定子绕组脱离电源后，由于系统惯性作用，转子需经一段时间才能停止转动，这就使得非生产时间拖长，不能满足生产机械要求迅速停车的要求，也影响劳动生产率。在实际生产中，为了保证工作设备的可靠性和人身安全，实现快速、准确停车，缩短辅助时间，提高生产机械效率，通常对要求停转的电动机采取相应措施，强迫其迅速停车，即对其实行制动控制。

交流异步电动机的制动方法有机械制动和电气制动两种。机械制动是用机械装置来强迫电动机迅速停转，如电磁抱闸制动、电磁离合器制动等。电气制动是使电动机的电磁转矩方向与电动机旋转方向相反以达到制动，如反接制动、能耗制动、回馈制动等。

1. 电磁抱闸制动

电磁抱闸制动是利用电磁制动闸紧紧抱住与电动机同轴的制动轮使电动机迅速停止转动的一种机械制动方式。它分为断电电磁抱闸制动和通电电磁抱闸制动两种。

(1) 断电电磁抱闸制动

传统继电器—接触器断电电磁抱闸制动的控制线路如图 5-28 所示。

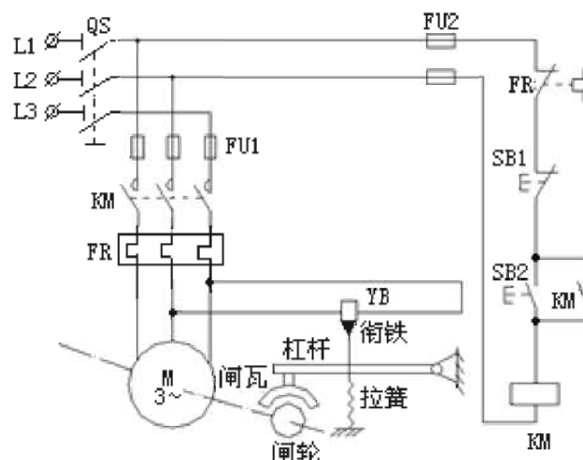


图 5-28 传统继电器—接触器断电电磁抱闸制动的控制线路

合上刀开关 QS，按下启动按钮 SB2，KM 线圈得电，KM 常开辅助触点闭合，形成自锁，主触点闭合，使电动机接通电源，同时电磁抱闸制动器的 YB 线圈得电，衔铁与铁芯吸合，衔铁克服弹簧的作用，迫使制动杠杆向上移动，从而使制动器的闸瓦与闸轮分开，电动机正常启动运行。

当按下停止按钮 SB1 时，KM 线圈失电，常开辅助触点解除自锁，主触点切断电动机电源，同时电磁抱闸制动器的线圈 YB 也失电，衔铁与铁芯分开，在弹簧拉力的作用下，闸瓦紧紧抱住闸轮，使电动机迅速制动而停转。

使用 PLC 控制断电电磁抱闸制动的线路时，只需 2 个输入点和 1 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-24 所示。

表 5-24 PLC 控制断电电磁抱闸制动线路的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	接触器控制	KM	Q0.0
启动按钮	SB2	I0.1			

使用 PLC 控制断电电磁抱闸制动的线路时，只需要 2 个输入端子和 1 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-29 所示。

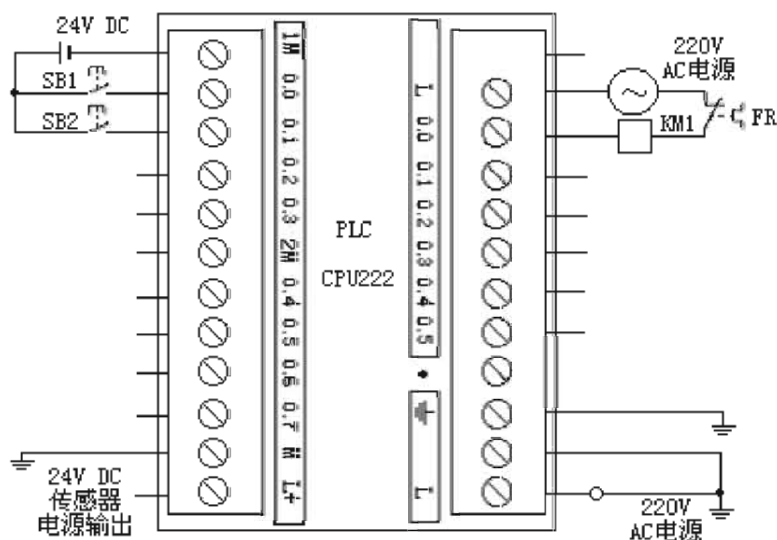


图 5-29 使用 PLC 控制断电电磁抱闸制动 I/O 接线图

使用 PLC 控制断电电磁抱闸制动线路的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-25 所示。

表 5-25 PLC 控制断电电磁抱闸制动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 EU = M0.0
网络 2		LD M0.0 O Q0.0 AN I0.0 = Q0.0

(2) 通电电磁抱闸制动

传统继电器—接触器通电电磁抱闸制动的控制线路如图 5-30 所示。

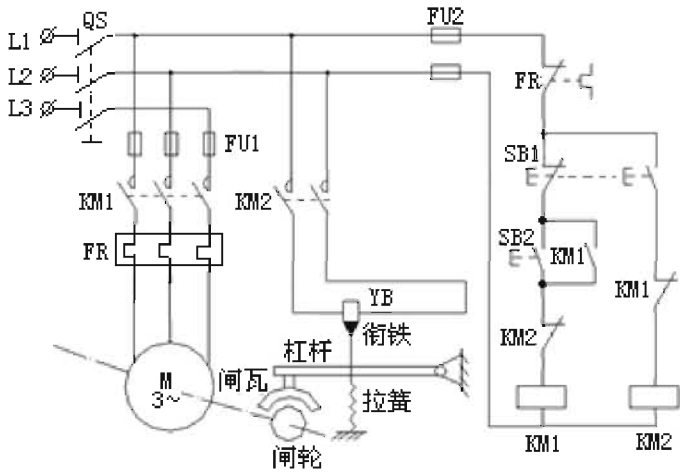


图 5-30 传统继电器—接触器通电电磁抱闸制动的控制线路

合上电源刀开关 QS，按下启动按钮 SB2，KM1 线圈得电，电动机启动运转。当按下停止按钮 SB1 时，KM1 线圈失电，同时 KM2 线圈得电，电磁抱闸制动器 YB 线圈得电产生的磁力克服弹簧的拉力而吸引闸瓦与电动机的闸轮紧紧相抱，使电动机立即停止下来。

使用 PLC 控制通电电磁抱闸制动的线路时，需要 2 个输入点和 2 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-26 所示。

表 5-26 PLC 控制通电电磁抱闸制动线路的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	电动机运行控制	KM1	Q0.0
启动按钮	SB2	I0.1	电动机停止控制	KM2	Q0.1

使用 PLC 控制通电电磁抱闸制动的线路时，需要 2 个输入端子和 2 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-31 所示。

使用 PLC 控制通电电磁抱闸制动线路的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-27 所示。

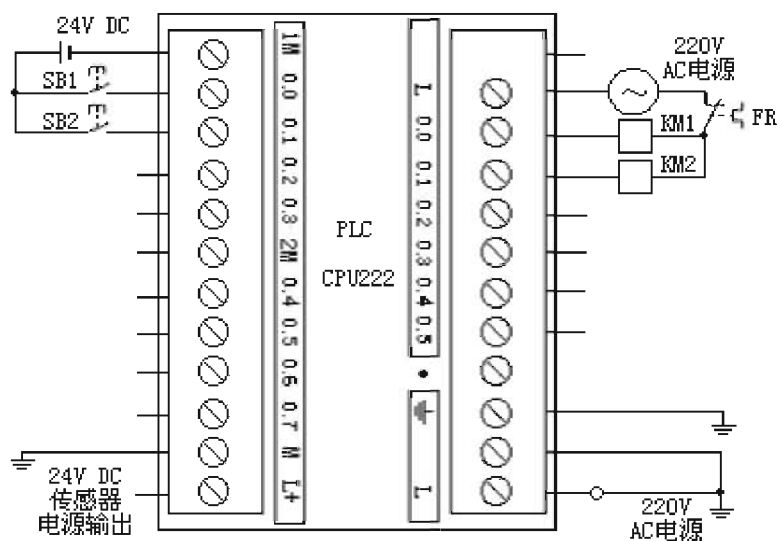
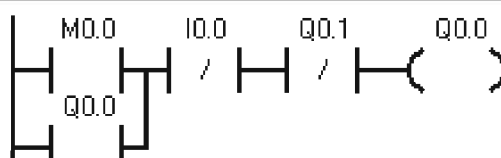
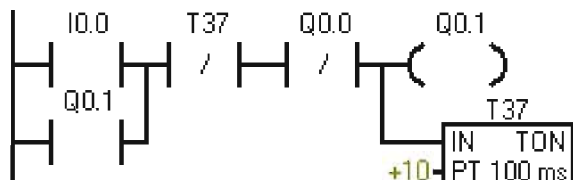


图 5-31 使用 PLC 控制通电电磁抱闸制动 I/O 接线图

表 5-27

PLC 控制通电电磁抱闸制动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 EU = M0.0
网络 2		LD M0.0 O Q0.0 AN I0.0 AN Q0.1 = Q0.0
网络 3		LD I0.0 O Q0.1 AN T37 AN Q0.0 = Q0.1 TON T37, +10

网络 1、网络 2 为电动机启动控制，网络 3 为通电电磁抱闸制动控制，由于传统继电器—接触器控制线路中的制动是通过联动开关来控制的，为了实现此项功能，在 PLC 中可通过延时控制进行，且延时的长短可通过修改延时参数即 T37 来实现。

2. 电动机反接制动

反接制动是改变电动机定子绕组的电源相序，产生一个与转子惯性转动方向相反的反向启动转矩，进行制动。电动机单向反接制动的关键是当电动机转速接近于零时，能自动地立即将电源切断，以免电动机反向启动，所以常采用速度继电器来检测电动机速度变化，当制动接近于零转速（100r/min）时由速度继电器自动切断电源。

电源反接制动时，转子与定子旋转磁场的相对转速接近电动机同步转速的 2 倍，所以定子绕组中的反接制动电流相当于全电压直接启动时电流的 2 倍。为避免对电动机及机械传动系统的过大冲击，延长其使用寿命，通常在 10kW 以上电动机的定子电路中串接对称电阻或不对称电阻，以减小冲击电流。减小制动电流的电阻称为反接制动电阻。电动机反接制动分为单向反接制动和双向反接制动。

(1) 电动机单向反接制动

传统继电器—接触器单向反接制动的控制线路如图 5-32 所示。

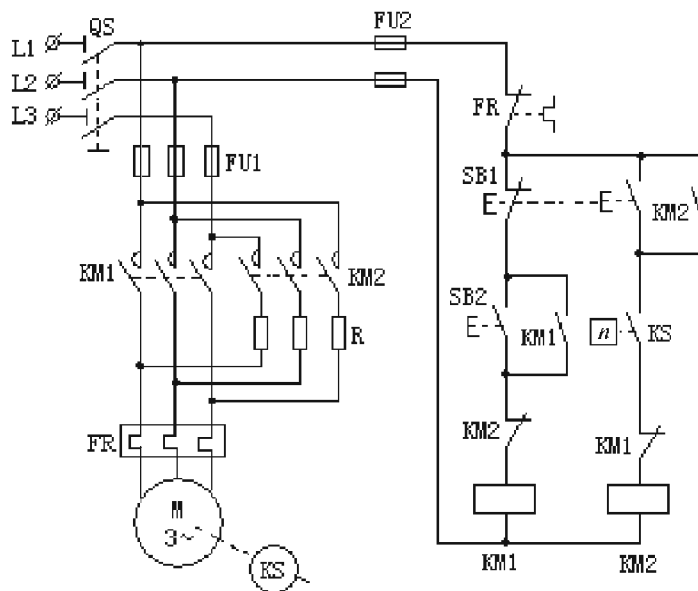


图 5-32 传统继电器—接触器单向反接制动的控制线路

合上电源刀开关 QS，按下正转启动按钮 SB2，KM1 线圈得电并自锁，主触点闭合，电动机在全电压下启动，当电动机转速上升到一定值（140r/min）时，速度继电器 KS 的常开触点闭合，为制动作好准备。按下停止按钮 SB1，KM1 线圈失电，触点释放，自锁解除，但电动机仍以惯性高速旋转。当 SB1 按到底时，其常开触点闭合，使 KM2 线圈得电，改变了电动机定子绕组的电源相序，电动机 M 串接 R 反接制动，电动机转速迅速下降。当转速下降到一定值（100r/min）时，KS 释放，KS 常开触点复位，切断 KM2 线圈电源。KM2 线圈失电，触点释放，断开了电动机的反相序电源，反接制动结束，电动机自然停车至零。

使用 PLC 控制单向反接制动的线路时，速度继电器的常开触点可作为 PLC 的一路输入信号，因此需要 3 个输入点和 2 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-28 所示。

表 5-28 PLC 控制单向反接制动线路的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	单向运行控制	KM1	Q0.0
启动按钮	SB2	I0.1	反接制动控制	KM2	Q0.1
速度继电器	KS	I0.2			

使用 PLC 控制单向反接制动的线路时，需要 3 个输入端子和 2 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-33 所示。

使用 PLC 控制单向反接制动线路的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-29 所示。

(2) 电动机双向反接制动

传统继电器—接触器双向反接制动的控制线路如图 5-34 所示。

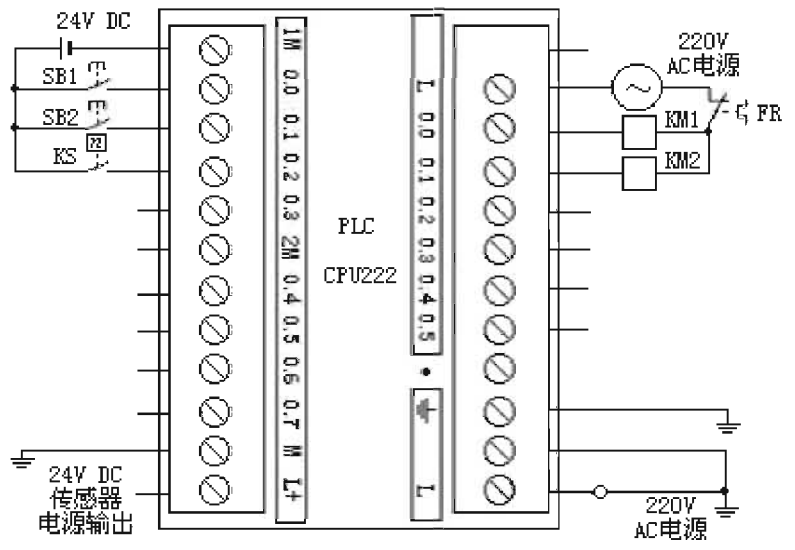


图 5-33 使用 PLC 控制单向反接制动 I/O 接线图

表 5-29 PLC 控制单向反接制动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O Q0.0 AN I0.0 AN Q0.1 = Q0.0
网络 2		LD I0.0 O Q0.1 A I0.2 AN Q0.0 = Q0.1

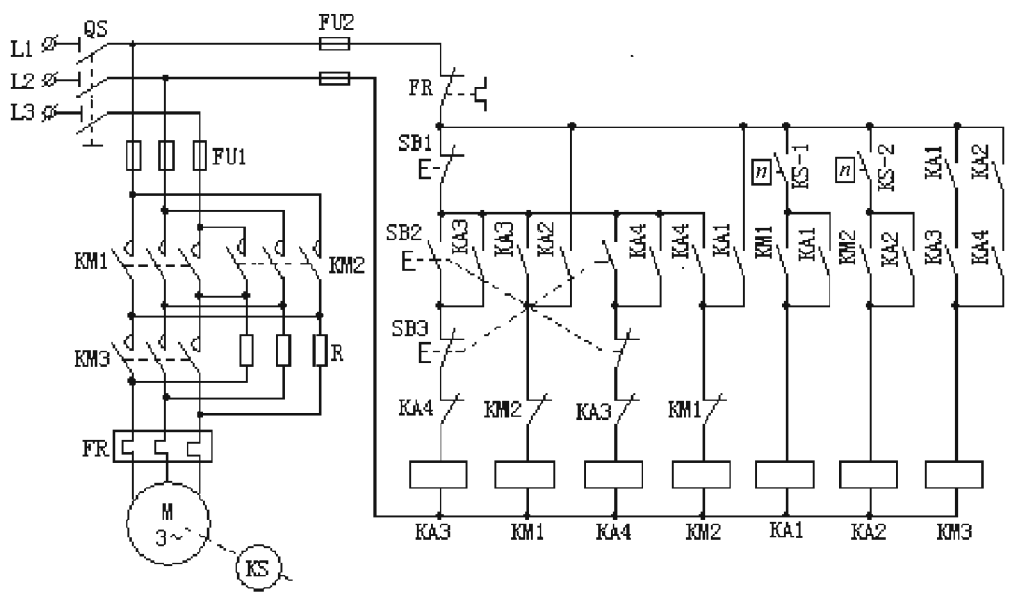


图 5-34 传统继电器—接触器双向反接制动的控制线路

合上电源刀开关 QS，按下正转启动按钮 SB2，正转中间继电器 KA3 线圈得电形成自锁，其常闭触点互锁了中间继电器 KA4 线圈电路。KA3 常开触点闭合，使 KM1 线圈得电。KM1

线圈得电，其常开辅助触点闭合，为制动做好准备，主触点闭合，使电动机定子绕组经电阻 R 获得电源，电动机开始降压启动。当电动机转速达到一定值时，速度继电器 KS-1 常开触点闭合，使中间继电器 KA1 线圈得电并自锁。由于 KA1、KA3 常开触点闭合，使 KM3 线圈得电。KM3 线圈得电，其主触点闭合，短接电阻 R，使电动机在全压下运行。此时按下停止按钮 SB1，KA3 线圈失电，其常开触点被释放，使得 KM1、KM3 线圈相继失电释放它们各自的触点，但此时由于机械惯性，电动机高速旋转，使 KS-1 继续维持闭合状态，KA1 线圈仍然得电。KA1 常开触点闭合，KM1 常闭触点恢复，使 KM2 线圈得电。KM2 线圈得电，其主触点闭合，使电动机定子上的电源相序已经改变了，且电流也减小了，对电动机进行反接制动，电动机转速迅速下降。当电动机转速下降到一定值时，速度继电器的常开触点 KS-1 复位，使 KA1 线圈断电，接触器 KM2 线圈断电释放，反接制动完成。

使用 PLC 控制双向反接制动的线路时，速度继电器的两对常开触点可作为 PLC 的输入信号，中间继电器使用 M 元件来替代，因此需要 5 个输入点和 2 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-30 所示。

表 5-30 PLC 控制双向反接制动线路的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	正向运行控制	KM1	Q0.0
正向启动按钮	SB2	I0.1	反向运行控制	KM2	Q0.1
反向启动按钮	SB3	I0.2			
速度继电器常开触点	KS-1	I0.3			
	KS-2	I0.4			

使用 PLC 控制双向反接制动的线路时，需要 5 个输入端子和 2 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-35 所示。

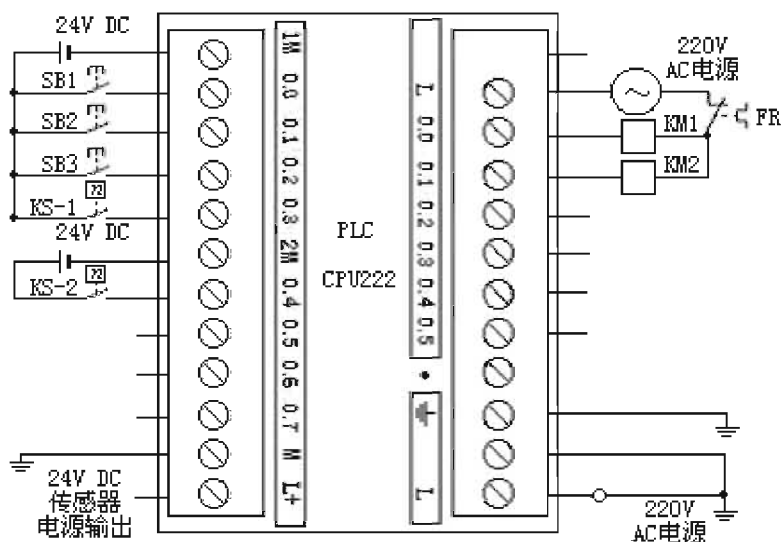
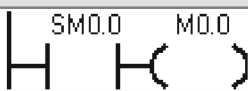
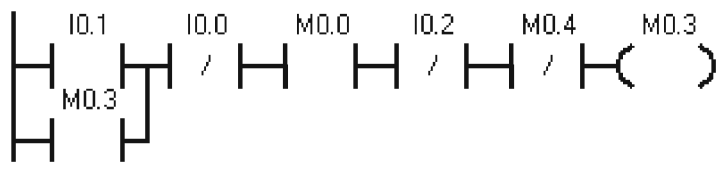
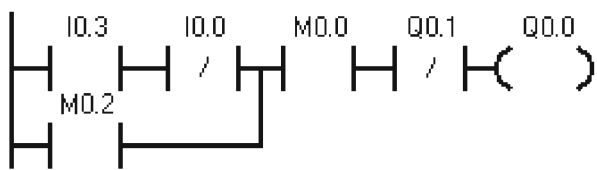
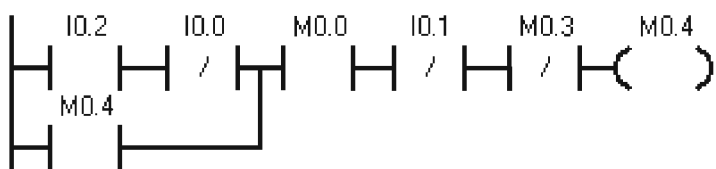
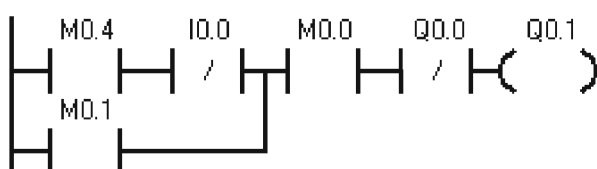
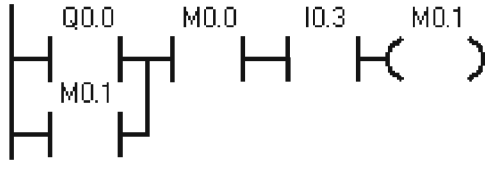
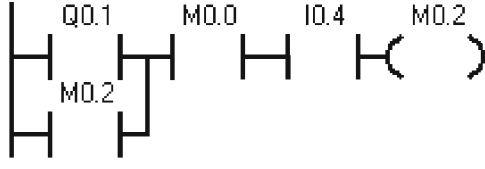
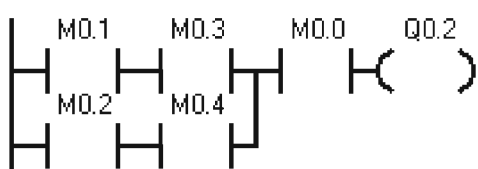


图 5-35 使用 PLC 控制双向反接制动 I/O 接线图

使用 PLC 控制双向反接制动线路的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-31 所示。

表 5-31

PLC 控制双向反接制动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD SM0.0 = M0.0
网络 2		LD I0.1 O M0.3 AN I0.0 A M0.0 AN I0.2 AN M0.4 = M0.3
网络 3		LD I0.3 AN I0.0 O M0.2 A M0.0 AN Q0.1 = Q0.0
网络 4		LD I0.3 AN I0.0 O M0.2 A M0.0 AN Q0.1 = Q0.0
网络 5		LD M0.4 AN I0.0 O M0.1 A M0.0 AN Q0.0 = Q0.1
网络 6		LD Q0.0 O M0.1 A M0.0 A I0.3 = M0.1
网络 7		LD Q0.1 O M0.2 A M0.0 A I0.4 = M0.2
网络 8		LD M0.1 A M0.3 LD M0.2 A M0.4 OLD A M0.0 = Q0.2

3. 电动机能耗制动

能耗制动是一种应用广泛的电气制动方法，它是在电动机切断交流电源后，立即向电动机定子绕组通入直流电源，定子绕组中流过直流电流，产生一个静止不动的直流磁场，而此时电动机的转子由于惯性仍按原来方向旋转，转子导体切割直流磁通，产生感生电流，在感生电流和静止磁场的作用下，产生一个阻碍转子转动的制动力矩，使电动机转速迅速下降，当转速下降到零时，转子导体与磁场之间无相对运动，感生电流消失，制动力矩变为零，电动机停止转动，从而达到制动的目的。传统继电器—接触器能耗制动的控制线路如图 5-36 所示。

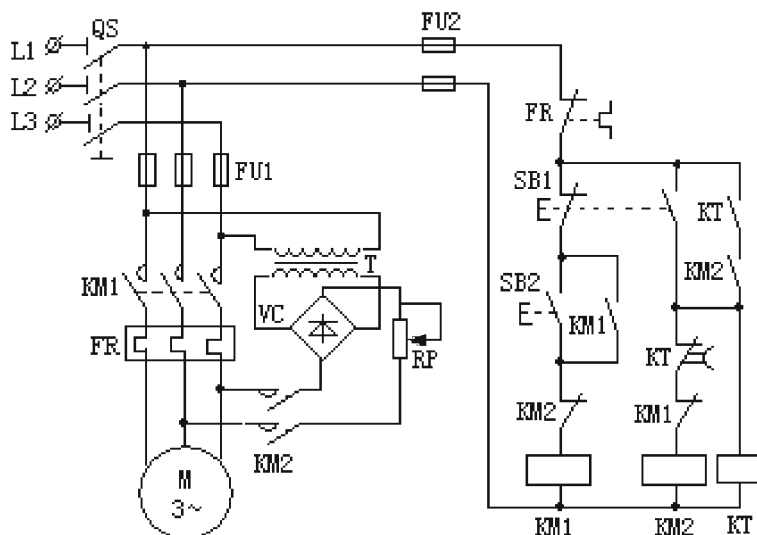


图 5-36 传统继电器—接触器能耗制动的控制线路

合上电源刀开关 QS，按下启动按钮 SB2，KM1 线圈得电，常开辅助触点自锁，常闭辅助触点互锁，主触点闭合，电动机全电压启动运行。需要电动机停止时，按下停止按钮 SB1，KM1 线圈失电，释放触点，电动机定子绕组失去交流电源，由于惯性转子仍高速旋转。同时 KM2、KT 线圈得电形成自锁，KM2 主触点闭合，使电动机定子绕组接入直流电源进行能耗制动，电动机转速迅速下降，当转速接近零时，时间继电器 KT 的延时时间到，KT 常闭触点延时打开，切断 KM2 线圈的电源，KM2、KT 的相应触点释放，从而断开了电动机定子绕组的直流电源，使电动机停止转动，以达到能耗制动的目的。

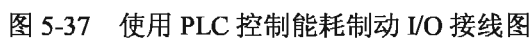
使用 PLC 控制能耗制动的线路时，需要 2 个输入点和 2 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-32 所示。

表 5-32 PLC 控制能耗制动线路的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	启动运行控制	KM1	Q0.0
启动按钮	SB2	I0.1	能耗制动控制	KM2	Q0.1

使用 PLC 控制能耗制动的线路时，需要 2 个输入端子和 2 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-37 所示。

使用 PLC 控制能耗制动线路的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-33 所示。



PLC 控制能耗制动的梯形图及指令语句表

5.1.8 PLC 在多速异步电动机控制电路中的应用

1. 双速异步电动机控制

传统继电器—接触器双速异步电动机的调速控制线路如图 5-38 所示。KM1 为电动机的三角形连接接触器，KM2、KM3 为电动机双星形连接接触器，KT 为电动机低速转换高速的时间继电器。SB2、KM1 控制电动机低速运转，SB3、KM2、KM3 控制电动机高速运转。

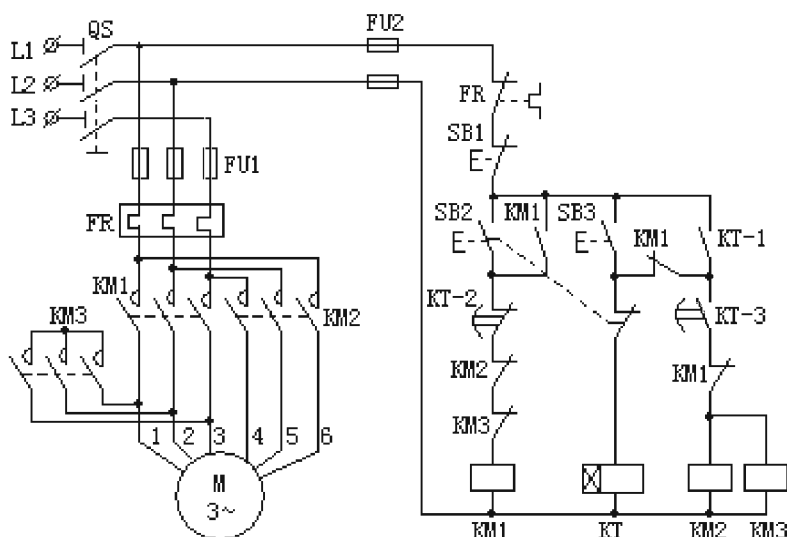


图 5-38 传统继电器—接触器双速异步电动机的调速控制线路

按下△形低速启动按钮 SB2，其常闭辅助触点先断开，常开辅助触点后闭合，使 KM1 线圈得电。KM1 线圈得电，其常开辅助触点闭合，形成自锁，常闭辅助触点断开，对 KM2、KM3 线圈进行互锁，主触点闭合，使电动机定子绕组接成△形低速启动运转。当按下 YY 形高速启动按钮 SB3 时，KT 线圈得电，KT-1 常开触点瞬时闭合自锁。KT 延时一段时间后，KT-2 触点先断开，KT-3 触点后闭合。KT-2 触点断开，使 KM1 线圈失电，KM1 常开辅助触点断开，KM1 常闭辅助触点恢复闭合。KM1 触点释放、KT-3 触点闭合，使 KM2、KM3 线圈得电，它们的常闭辅助触点断开，对 KM1 线圈进行互锁，主触点闭合，使电动机接成 YY 形高速运转。当按下停止按钮 SB1 时，电动机停止运转。

使用 PLC 控制双速异步电动机变极调速时，需要 3 个输入点和 3 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-34 所示。

表 5-34 PLC 控制双速异步电动机变极调速的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	低速运行控制	KM1	Q0.0
低速启动按钮	SB2	I0.1	高速运行控制	KM2	Q0.1
高速启动按钮	SB3	I0.2	高速运行控制	KM3	Q0.2

使用 PLC 控制双速异步电动机变极调速时，需要 3 个输入端子和 3 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-39 所示。

使用 PLC 控制双速异步电动机变极调速的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 5-35 所示。

网络 1 为电动机低速△形控制，若按下低速启动按钮 SB2，I0.1 常开触点闭合，Q0.0 输出线圈控制 KM1 主触点闭合，使电动机进行低速△形旋转。网络 2 和网络 3 为高速 YY 形控制，若按下高速启动按钮 SB3，网络 2 的 I0.2 常开触点闭合，M0.0 线圈有效，控制网络 1 的 Q0.0 输出线圈有效，使电动机首先进行低速△形旋转，同时 T37 进行延时。若延时时间到，其常闭触点断开，同时常开触点闭合，Q0.1 输出线圈和 Q0.2 输出线圈有效，使电动机由△形过渡到 YY 形旋转。

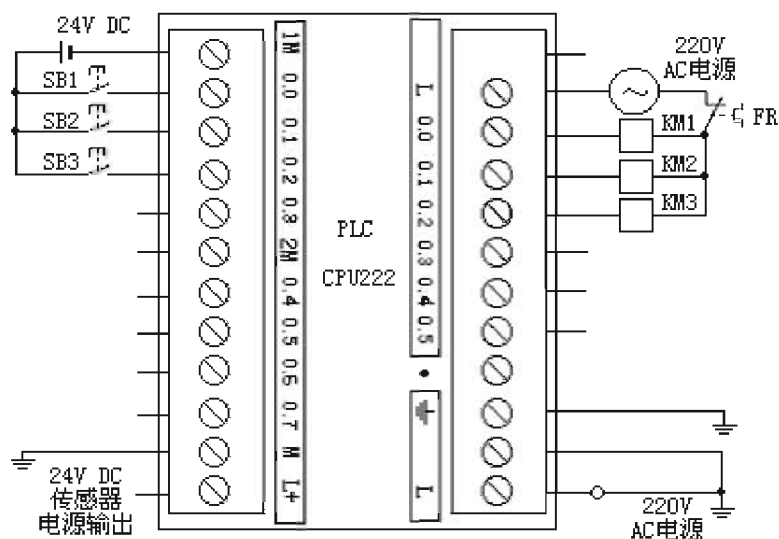
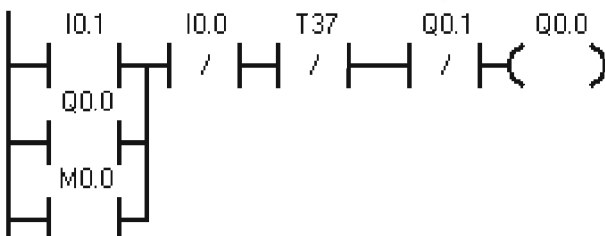
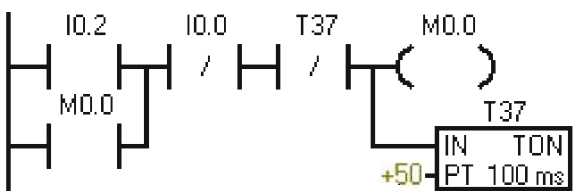
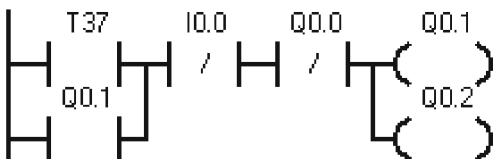


图 5-39 使用 PLC 控制双速异步电动机变极调速的 I/O 接线图

表 5-35 PLC 控制双速异步电动机变极调速的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O Q0.0 O M0.0 AN I0.0 AN T37 AN Q0.1 = Q0.0
网络 2		LD I0.2 O M0.0 AN I0.0 AN T37 = M0.0 TON T37, +50
网络 3		LD T37 O Q0.1 AN I0.0 AN Q0.0 = Q0.1 = Q0.2

2. 三速异步电动机控制

三速异步电动机有 2 套绕组和低速、中速、高速这 3 种不同的转速。其中一套绕组同双速异步电动机一样，当电动机定子绕组接成 Δ 形接法时，电动机低速运行；当电动机定子绕组接成 YY 形接法时，电动机高速运行。另一套绕组接成 Y 形接法，电动机中速运行。

传统继电器—接触器三速异步电动机的调速控制线路如图 5-40 所示。其中，SB1、KM1 控制电动机在 Δ 形接法下低速运行；SB2、KT1、KT2 控制电动机从 Δ 形接法下低速启动到 Y 形接法下中速运行的自动转换；SB3、KT1、KT2、KM3 控制电动机从 Δ 形接法下低速启动到 Y 形中速过渡到 YY 接法下高速运行的自动转换。

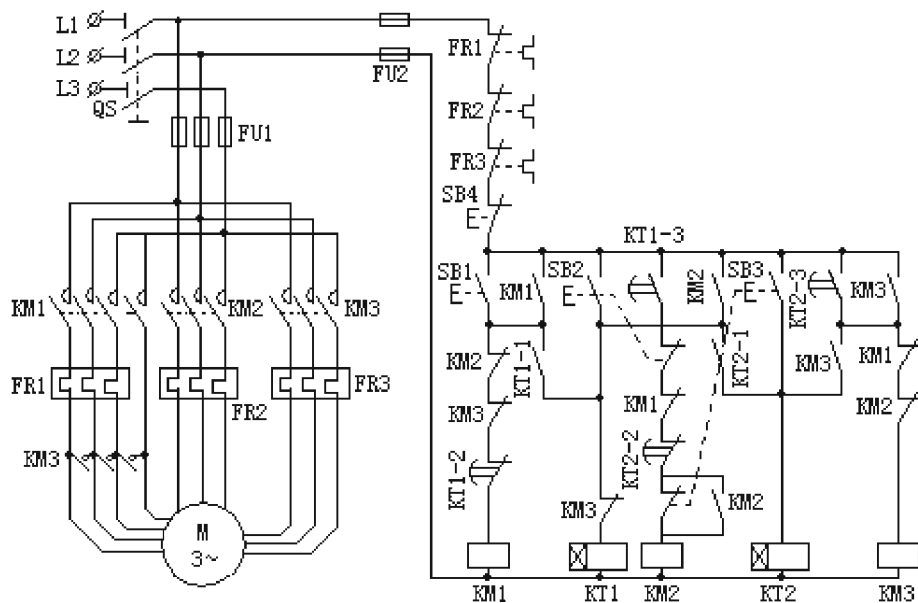


图 5-40 传统继电器—接触器三速异步电动机的调速控制线路

合上电流开关 QS，按下 SB1，KM1 线圈得电，KM1 主触点闭合、常开辅助触点闭合自锁，电动机 M 接成△形接法低速运行，常闭辅助触点断开，对 KM2、KM3 进行连锁。

按下 SB2，SB2 的常闭触点先断开，常开触点后闭合，使 KT1 线圈得电延时。KT1-1 瞬时闭合，使 KM1 线圈得电，KM1 主触点闭合，电动机 M 接成△形接法低速启动，KT1 延时片刻后，KT1-2 先断开，使 KM1 线圈失电，KM1 触点复位，KT1-3 后闭合使 KM2 线圈得电。KM2 线圈得电，KM2 的两对常开触点闭合，KM2 的主触点闭合，使电动机接成 Y 形中速运行，KM2 两对连锁触点断开，对 KM1、KM3 进行连锁。

按下 SB3，SB3 的常闭触点先断开，常开触点后闭合，使 KT2 线圈得电，KT2-1 瞬时闭合，这样 KT1 线圈得电。KT1 线圈得电，KT1-1 瞬时闭合，KM1 线圈得电，KM1 主触点动作，电动机接成△形接法低速启动。经 KT1 整定时间，KT1-2 先分断，KM1 线圈失电，KM1 主触点复位，而 KM1-3 后闭合使 KM2 线圈得电，KM2 主触点闭合，电动机接成 Y 形中速过渡。经 KT2 整定时间后，KT2-2 先分断，KM2 线圈失电，KM2 主触点复位，KT2-3 后闭合，KM3 线圈得电。KM3 线圈得电，其主触点和两对常开辅助触点闭合，使电动机 M 接成 YY 形高速运行，同时 KM3 两对常闭辅助触点分断，对 KM1 连锁，而使 KT1 线圈失电，KT1 触点复位。

不管电动机在低速、中速还是高速下运行，只要按下停止按钮 SB4，电动机会停止运行。

使用 PLC 控制三速电动机变极调速时，需要 4 个输入点和 3 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-36 所示。

表 5-36 PLC 控制三速异步电动机变极调速的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
低速启动按钮	SB1	I0.0	低速运行控制	KM1	Q0.0
中速启动按钮	SB2	I0.1	中速运行控制	KM2	Q0.1
高速启动按钮	SB3	I0.2	高速运行控制	KM3	Q0.2
停止按钮	SB4	I0.3			

使用 PLC 控制三速异步电动机变极调速时, 需要 4 个输入端子和 3 个输出端子, 因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222, 其 I/O 接线图如图 5-41 所示。

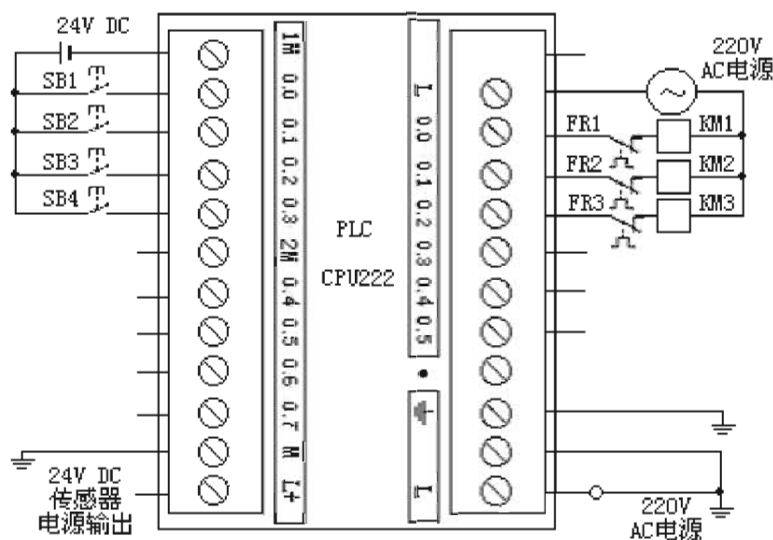


图 5-41 使用 PLC 控制三速异步电动机变极调速的 I/O 接线图

使用 PLC 控制三速异步电动机变极调速的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 5-37 所示。

表 5-37 PLC 控制三速异步电动机变极调速的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 EU = M0.0
网络 2		LD I0.1 EU = M0.1
网络 3		LD I0.2 EU = M0.2
网络 4		LD M0.0 O M0.1 O M0.2 O Q0.0 AN I0.3 AN T37 = Q0.0
网络 5		LD M0.1 O M0.2 O M0.3 AN I0.3 = M0.3 TON T37, +10

续表

网 络	LAD	STL
网络 6		LD T37 AN T38 = Q0.1
网络 7		LD M0.2 O M0.4 AN I0.3 = M0.4 TON T38, +10
网络 8		LD T38 = Q0.2

按下低速启动按钮 SB1 时, 网络 1 中的 I0.0 常开触点闭合, M0.0 在其上升沿到来时闭合一个扫描周期, 控制网络 4 中的 M0.0 常开触点闭合一个扫描周期, 从而使 Q0.0 线圈得电, 控制 KM1 主触点闭合, 电动机接成△形低速运行。

按下中速启动按钮 SB2 时, 网络 2 中的 I0.1 常开触点闭合, M0.1 在其上升沿到来时闭合一个扫描周期, 控制网络 4 中的 M0.1 常开触点闭合一个扫描周期, 从而使 Q0.0 线圈得电, 控制 KM1 主触点闭合, 电动机接成△形低速启动。而网络 5 中的 M0.1 常开触点闭合一个扫描周期, 使 T37 延时 10s。若延时时间到, T37 的常闭触点断开, 使网络 4 中的 Q0.0 线圈失电, 同时 T37 的常开触点闭合, 控制网络 6 的 Q0.1 线圈得电, 使电动机接成 Y 形中速运行。

按下高速启动按钮 SB3 时, 网络 3 中的 I0.2 常开触点闭合, M0.2 在其上升沿到来时闭合一个扫描周期, 控制网络 4 中的 M0.2 常开触点闭合一个扫描周期, 从而使 Q0.0 线圈得电, 控制 KM1 主触点闭合, 电动机接成△形低速启动。而网络 5 中的 M0.2 常开触点闭合一个扫描周期, 使 T37 延时 10s。若延时时间到, T37 的常闭触点断开, 使网络 4 中的 Q0.0 线圈失电, 同时 T37 的常开触点闭合, 控制网络 6 的 Q0.1 线圈得电, 使电动机接成 Y 形中速过渡。网络 7 中的 M0.2 常开触点闭合一个扫描周期, 使 T38 延时 10s。若延时时间到, T38 的常闭触点断开, 使网络 6 中的 Q0.1 线圈失电, 同时 T38 的常开触点闭合, 控制网络 8 的 Q0.2 线圈得电, 使电动机接成 YY 形高速运行。

5.2 PLC 在三相同步电动机控制电路中的应用

三相同步电动机具有高电压、大容量, 转速恒定, 无启动转矩, 在启动过程中转子绕组产生极高的感生电动势, 调节励磁电流可改变电动机的功率因数等特点。同步电动机的控制和结构与异步电动机相类似, 不同之处是同步电动机的转子绕组需要直流励磁, 因此必须设有励磁电源的控制电路。

5.2.1 PLC 在三相同步电动机启动控制电路中的应用

由于同步电动机没有启动转矩, 所以不能自行启动。同步电动机的启动采用辅助电动机启动法或异步启动法, 通常采用异步启动法。异步启动法也就是在设计 and 制造时, 在转子上加装一套笼式启动绕组作异步启动用。

传统的继电器—接触器同步电动机启动控制线路如图 5-42 所示。图中 KV 为欠电压继电

器, R2 为励磁机磁场电阻, KA 为电流继电器, TA 为电流互感器。

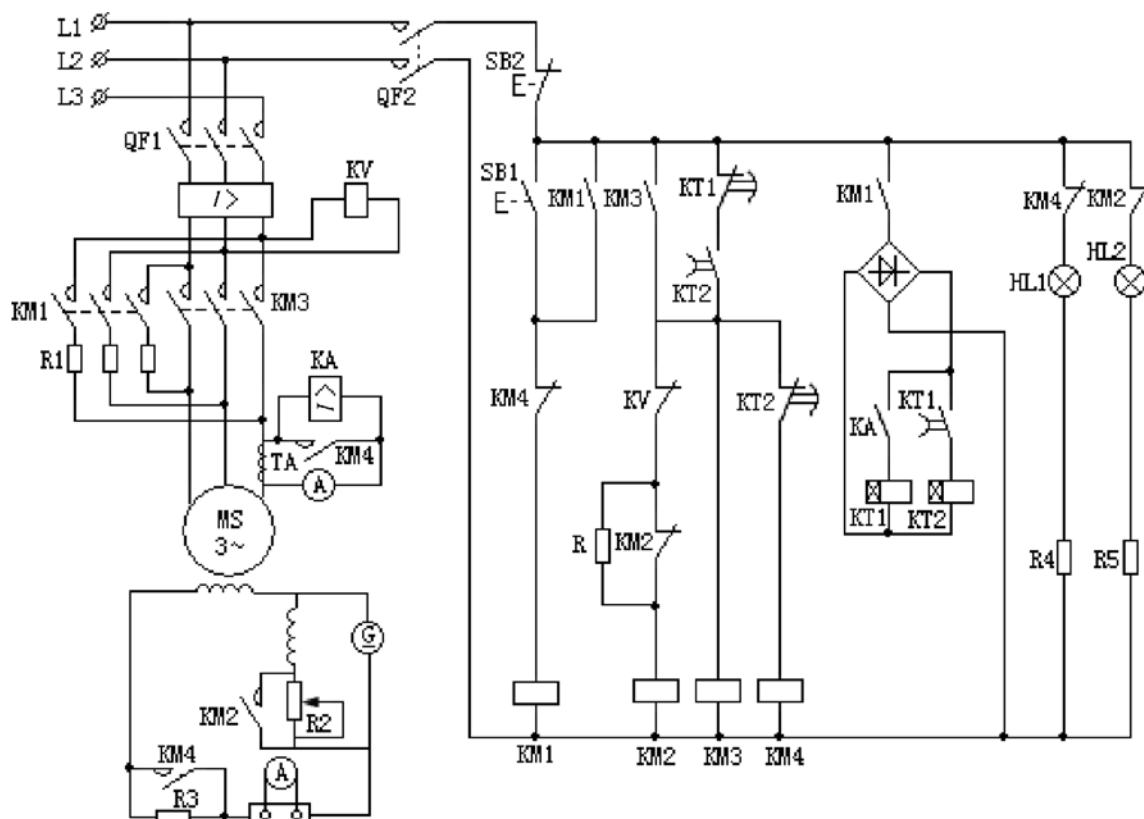


图 5-42 传统继电器—接触器同步电动机启动控制线路

降压启动过程：合上电源开关 QF1，欠电压继电器 KV 得电，KV 常闭触点分断，保证接触器 KM2 处于断电状态。励磁机磁场电阻 R2 保持在调节好的数值，以产生正常的电压值。然后合上 QF2，控制电路有电。

按下启动按钮 SB1，KM1 线圈得电，KM1 其中一对常开触点闭合，形成自锁，KM1 主触点闭合，使 MS 串接电阻 R1 降压异步启动，KM1 另一对常开触点闭合，使桥式整流器有电。由于定子绕组中产生很大的冲击电流，电流继电器 KA 线圈得电，KA 的常开触点闭合，时间继电器 KT1 线圈得电。KT1 线圈得电，KT1 延时闭合的常闭触点瞬时分断，切断了 KM3 的通路；KT1 延时分断的常开触点瞬时闭合，使 KT2 线圈得电。KT2 线圈得电，KT2 延时闭合的常闭触点瞬时分断，切断了 KM4 的通路；KT2 延时分断的常开触点瞬时闭合，为 KM3 得电作好了准备。

当电动机转速接近于准同步转速时，定子绕组中的电流显著减小，KA 线圈失电，KA 常开触点分断，KT1 线圈失电，经 KT1 整定时间，KT1 常闭触点恢复闭合，KT1 常开触点分断。KT1 常闭触点恢复闭合，KM3 线圈得电，KM3 主触点闭合，KM3 常开辅助触点闭合，形成自锁，同步电动机 MS 在全压下继续启动。KT1 常开触点分断，KT2 整定时间到，KT2 常开触点分断，KT2 常闭触点闭合，KM4 线圈通电，KM4 两对主触点闭合，短接电流继电器 KA 的线圈和放电电阻 R3，并加入励磁，KM4 两对常闭辅助触点分断，使 KM1 线圈失电，同时指示灯 HL1 熄灭。KM1 线圈失电，KM1 自锁触点分断，解除自锁，KM1 主触点分断，切除 R1 回路，KM1 常开辅助触点分断，切断整流电路，启动过程结束。

当电网电压降低到一定值时，欠电压继电器 KV 释放，KV 常闭触点恢复闭合，接触器 KM2 线圈得电，其常开触点闭合，将励磁机的磁场电阻 R2 短接，励磁机的输出增加，从而

加大了同步电动机的励磁电流，以保持足够的电磁转矩使电动机正常运行，此时 HL2 亮，指示电动机正在强行励磁。

按下停止按钮 SB2，电动机 MS 停止运行。

使用 PLC 控制同步电动机启动时，需要 4 个输入点和 4 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-38 所示。

表 5-38 PLC 控制同步电动机启动的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
启动按钮	SB1	I0.0	串电阻 R1 降压启动	KM1	Q0.0
停止按钮	SB2	I0.1	强励磁接触器	KM2	Q0.1
电流继电器	KA	I0.2	运行接触器	KM3	Q0.2
欠电压继电器	KV	I0.3	励磁接触器	KM4	Q0.3

使用 PLC 控制同步电动机启动时，需要 4 个输入端子和 4 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-43 所示。

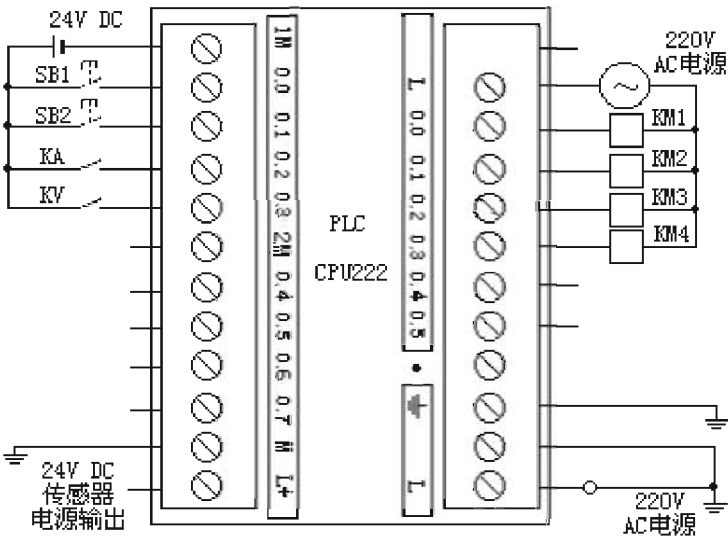


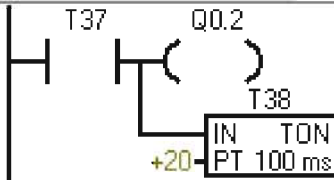
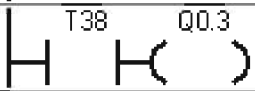
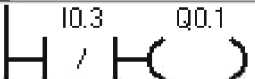
图 5-43 使用 PLC 控制同步电动机启动的 I/O 接线图

使用 PLC 控制同步电动机启动的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-39 所示。

表 5-39 PLC 控制同步电动机启动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 O / I0.1 = M0.0
网络 2		LD M0.0 AN T38 = Q0.0
网络 3		LDN I0.2 A M0.0 TON T37, +20

续表

网 络	LAD	STL
网络 4		LD T37 = Q0.2 TON T38, +20
网络 5		LD T38 = Q0.3
网络 6		LDN I0.3 = Q0.1

网络 1 为启动控制, 按下启动按钮 SB1 时, I0.0 常开触点闭合, M0.0 输出线圈有效。M0.0 常开触点闭合, 网络 2 的 Q0.0 输出线圈有效, 控制 KM1 接触器进行相关动作, 从而使 MS 电动机串联 R1 降压启动, 同时网络 3 的 T37 进行延时。降压启动片刻 (由 T37 延时控制), 网络 4 的 T37 常开触点闭合, 运行接触器 KM3 有效, 短接 R1 电阻, 从而使电动机 MS 全电压下继续启动, 同时 T38 进行延时。全电压启动时间到 (由 T38 延时控制), 网络 5 的 T38 常开触点闭合, Q0.3 输出线圈有效, 控制 KM4 进行动作, 从而短接电流继电器 KA 的线圈和放电电阻 R3, 并加入励磁, 电动机 MS 全电压运行。

同步电动机在运行过程中, 若电网电压过低, 欠电压继电器 KV 释放, KV 常闭触点恢复闭合, 即网络 6 中的 I0.3 闭合, 使接触器 KM2 输出线圈有效, 从而使同步电动机的励磁电流增大, 以保持足够的电磁转矩使电动机正常运行。

5.2.2 PLC 在三相同步电动机制动控制电路中的应用

三相同步电动机的制动均采用能耗制动, 制动时, 首先切断运转的同步电动机定子绕组的交流电源, 然后将定子绕组接入一组外接电阻 R 上, 并保持定子励磁绕组的直流励磁。这时, 同步电动机就成为电枢与 R 并联的同步发电机, 将转动的机械能变换为电枢中的电能, 最终变为热能消耗在电阻 R 上, 使同步电动机受能耗制动停转。

三相同步电动机的能耗制动控制电路与三相异步电动机能耗制动控制电路基本相同, 在此不再重述。

5.3 PLC 在直流电动机控制电路中的应用

直流电动机具有启动转矩大、调速范围广、调速精度高、能够实现无级平滑调速以及可以频繁启动等优点, 因此在需要大范围内实现无级平滑调速或需是大启动转矩的生产机械, 常采用直流电动机进行拖动。直流电动机有串励、并励、复励和他励 4 种, 下面分别介绍并励和串励直流电动的基本控制线路。

5.3.1 PLC 在并励直流电动机控制电路中的应用

1. 并励直流电动机单向旋转启动控制

并励直流电动机单向旋转的传统继电器—接触器启动控制线路如图 5-44 所示。图中 KA1 为欠电流继电器, 作为励磁绕组弱磁保护, 以避免励磁绕组因断线或接触不良引起

“飞车”事故；KA2为过电流继电器，对电动机进行过载和短路保护；电阻R为电动机停车时励磁绕组的放电电阻；VD为续流二极管，使励磁绕组正常工作时电阻上没有电流流入。

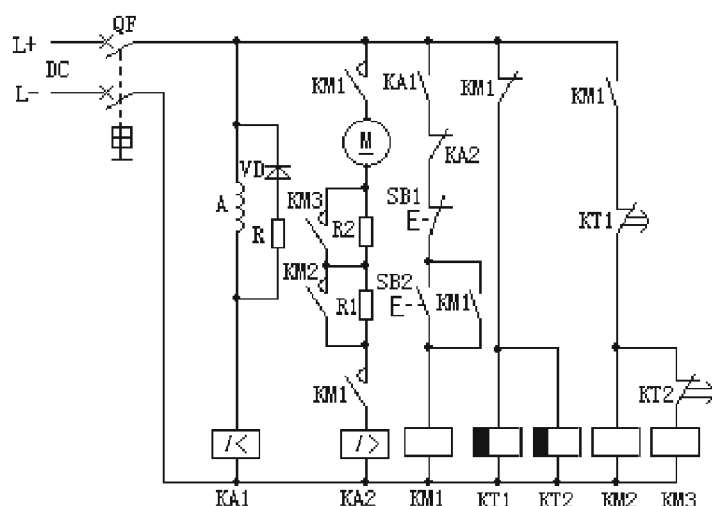


图 5-44 并励电动机的传统继电器—接触器启动控制线路

合上断路器 QF，励磁绕组 A 回路通电，KA1 线圈得电，KA1 常开触点闭合，为启动作好准备。同时，KT1、KT2 线圈得电，KT1、KT2 延时闭合的常闭触点瞬时断开，切断 KM2、KM3 线圈电路，以保证电枢中串入电阻 R1、R2 启动。当按下启动按钮 SB2 时，KM1 线圈得电自锁，主触点闭合，接通电动机电枢回路，电枢串入两级启动电阻启动。同时 KM1 常闭辅助触点断开，切断 KT1、KT2 线圈的电源。KT1 线圈失电，经整定延时，KT1 常闭触点闭合，使 KM2 线圈得电，从而 KM2 主触点短接电阻 R1，电动机 M 串接 R2 继续启动。KT2 线圈失电，经较长的延时后，KT2 常闭触点闭合，使 KM3 线圈得电，从而 KM3 主触点短接电阻 R2，电动机启动过程结束，在额定电枢电压下运转。停止时，按下停止按钮 SB1 即可。

使用 PLC 控制并励直流电动机单向旋转启动时，需要 4 个输入点和 3 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-40 所示。

表 5-40 PLC 控制并励电动机启动的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	主接触器	KM1	Q0.0
启动按钮	SB2	I0.1	串电阻 R1 切除接触器	KM2	Q0.1
欠电流保护触点	KA1	I0.2	串电阻 R2 切除接触器	KM3	Q0.2
过电流保护触点	KA2	I0.3			

使用 PLC 控制并励直流电动机单向旋转启动时，需要 4 个输入端子和 3 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-45 所示。

使用 PLC 控制并励直流电动机单向旋转启动的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-41 所示。

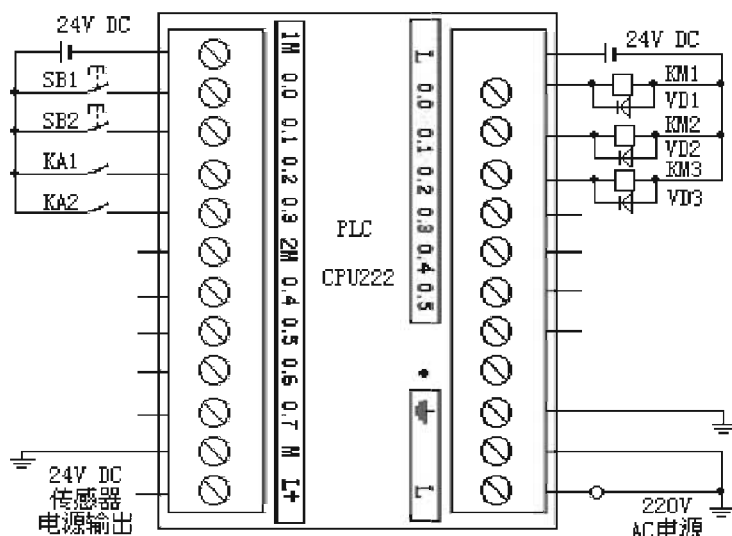


图 5-45 使用 PLC 控制并励直流电动机单向旋转启动的 I/O 接线图

表 5-41 PLC 控制并励直流电动机单向旋转启动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre>LD I0.1 O M0.0 A I0.2 AN I0.3 AN I0.0 = M0.0</pre>
网络 2		<pre>LD M0.0 = Q0.0 TON T37, +20</pre>
网络 3		<pre>LD T37 = Q0.1 TON T38, +20</pre>
网络 4		<pre>LD T38 = Q0.2</pre>

网络 1 为启动控制，当按下启动按钮 SB2，且欠电流继电器 KA1 有效时，M0.0 输出线圈得电，为电动机启动作好准备。网络 2 的 M0.0 常开触点闭合时，Q0.0 输出线圈有效，控制 M1 串联 R1、R2 启动，同时 T37 得电延时。当 T37 延时时间到时，网络 3 的 Q0.1 输出线圈得电，使 KM2 常开触点闭合而短路切除 R1，使电动机串接 R2 继续启动，同时 T38 得电延时。当 T38 延时时间到时，网络 4 的 Q0.2 输出线圈得电，使 KM3 常开触点闭合而短路切除 R2，使电动机启动结束进入正常运转。

2. 并励直流电动机正反转控制

并励直流电动机的传统继电器—接触器正反转控制线路如图 5-46 所示。图中 KM1、KM2 为正反转接触器，KM3 为短接电枢电阻接触器，KT 为时间继电器，R 为启动电阻。

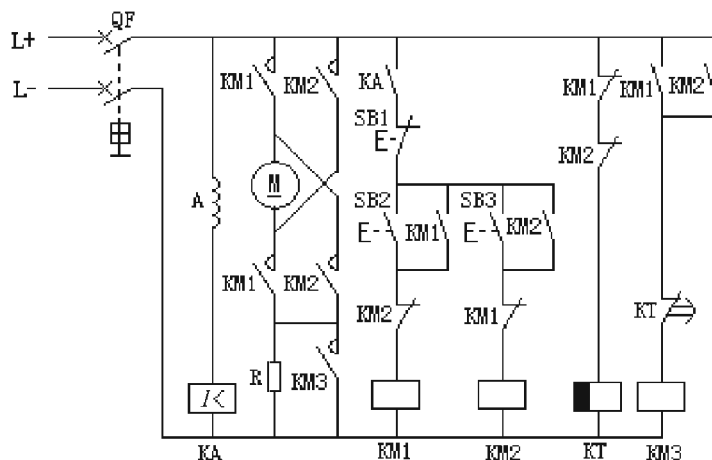


图 5-46 并励直流电动机的传统继电器—接触器正反转控制线路

合上断路器 QF，励磁绕组回路通电，KA 线圈得电，KA 常开触点闭合，为启动作好准备。同时，KT 线圈得电，KT 延时闭合的常闭触点瞬时断开，切断 KM3 线圈电路，以保证电枢中串入电阻 R 启动。当按下正转启动按钮 SB2 时，KM1 线圈得电自锁，KM1 的一组常闭辅助触点断开，对 KM2 线圈进行互锁，主触点闭合，接通电动机电枢回路，电枢串入启动电阻启动。同时 KM1 另一组常闭辅助触点断开，切断 KT 线圈的电源。KT 线圈失电，经整定延时，KT 常闭触点闭合，使 KM3 线圈得电，从而 KM3 主触点短接电阻 R，电动机启动过程结束，在额定电枢电压下正向运转。反向转动时，其控制过程类似。需要电动机停止时，按下停止按钮 SB1 即可。

使用 PLC 控制并励直流电动机正反转时，需要 4 个输入点和 3 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-42 所示。

表 5-42 PLC 控制并励电动机正反转的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	正转控制接触器	KM1	Q0.0
正转启动按钮	SB2	I0.1	反转控制接触器	KM2	Q0.1
反转启动控制	SB3	I0.2	串电阻 R 切除接触器	KM3	Q0.2
欠电流保护触点	KA	I0.3			

使用 PLC 控制并励直流电动机正反转时，需要 4 个输入端子和 3 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-47 所示。

使用 PLC 控制并励直流电动机正反转的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-43 所示。

网络 1 为正转启动控制，按下正转启动按钮 SB2 时，若欠电流继电器 KA 触点闭合，则输出线圈 Q0.0 有效，控制电动机串联降压电阻 R 进行正向启动。网络 2 为反转启动控制，当按下反转启动按钮 SB3 时，若欠电流继电器 KA 触点闭合，则输出线圈 Q0.1 有效，控制电动机串联降压电阻 R 进行反向启动。在降压启动过程中，网络 3 进行延时控制。当 T37 延时时间到，网络 4 的 Q0.2 输出线圈有效，控制 KM3 短路切除降压启动电阻 R，从而使电动机启动结束进入正常运转。

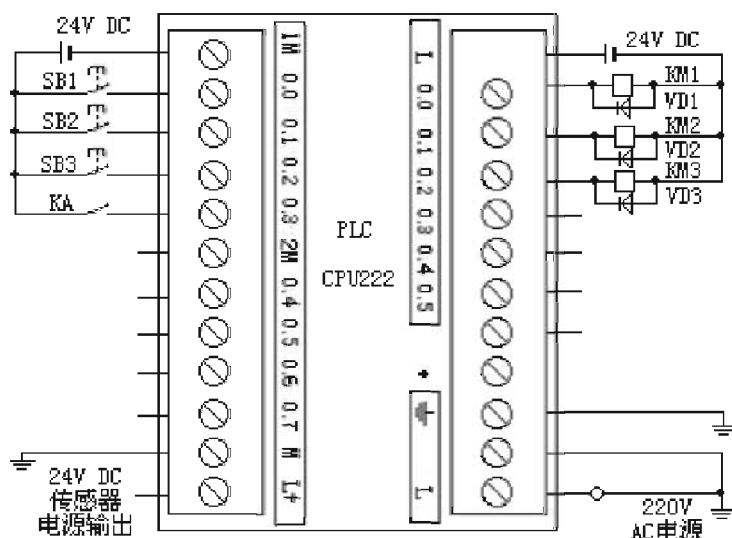
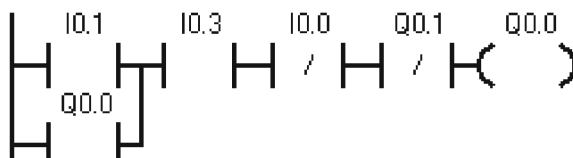
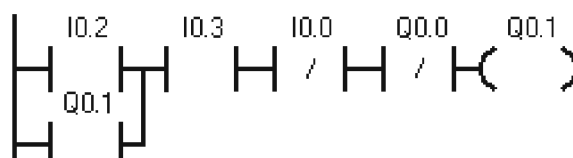
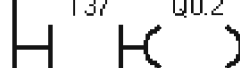


图 5-47 使用 PLC 控制并励直流电动机正反转的 I/O 接线图

表 5-43

PLC 控制并励直流电动机正反转的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O Q0.0 A I0.3 AN I0.0 AN Q0.1 = Q0.0
网络 2		LD I0.2 O Q0.1 A I0.3 AN I0.0 AN Q0.0 = Q0.1
网络 3		LD Q0.0 O Q0.1 TON T37, +50
网络 4		LD T37 = Q0.2

3. 并励直流电动机单向运转能耗制动控制

并励直流电动机单向运转能耗制动的传统继电器—接触器控制线路如图 5-48 所示。图中 KM1、KM2 为正反转接触器，KM3、KM4 为短接电枢电阻接触器；KT1、KT2 为时间继电器；R1、R2 为启动电阻；RB 为制动电阻；KV 为欠电压继电器；KA 为欠电流继电器，实现电动机弱磁保护；电阻 R 和二极管 VD 构成励磁绕组的放电回路，实现过电压保护。

合上断路器 QF，励磁绕组回路通电，KA 线圈得电，KA 常开触点闭合，为启动作好准备。同时，KT1、KT2 线圈得电，KT1、KT2 延时闭合的常闭触点瞬时断开，切断 KM3、KM4 线圈电路，以保证电枢中串入电阻 R1、R2 启动。当按下启动按钮 SB2 时，KM1 线圈得电自锁，主触点闭合，接通电动机电枢回路，电枢串入两级启动电阻启动。同时 KM1 常闭辅助

触点断开, 切断 KT1、KT2 线圈的电源。KT1 线圈失电, 经整定延时, KT1 常闭触点闭合, 使 KM3 线圈得电, 从而 KM3 主触点短接电阻 R2, 电动机 M 串接 R1 继续启动。KT2 线圈失电, 经较长的延时后, KT2 常闭触点闭合, 使 KM4 线圈得电, 从而 KM4 主触点短接电阻 R1, 电动机启动过程结束, 在额定电枢电压下运转。

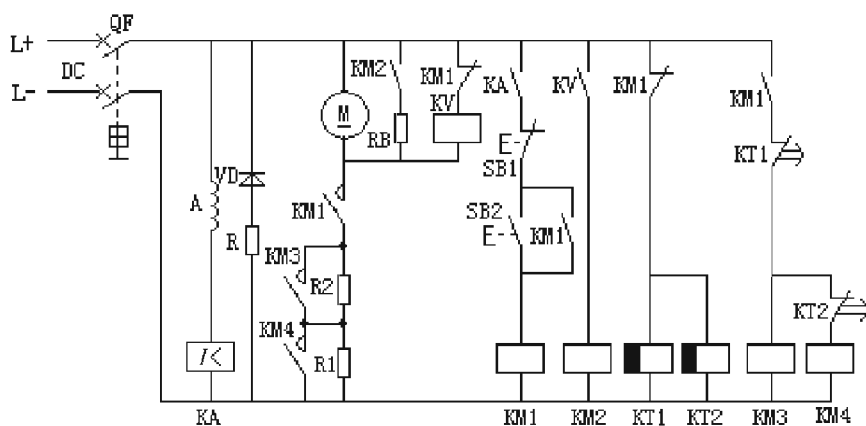


图 5-48 并励直流电动机传统继电器—接触器能耗制动控制线路

按下停止按钮 SB1 时, KM1 线圈失电, KM1 主触点断开, 切断了电枢回路电源, 但电动机由于机械惯性仍转动; KM1 的一组常开辅助触点断开, 使 KM3、KM4 失电, 它们的触点恢复; KM1 另一组常开辅助触点断开, 解除自锁; KM1 的常闭辅助触点闭合, KT1、KT2 线圈得电, 使 KT1、KT2 延时闭合的常闭触点瞬时分断。由于电动机的惯性, 转动的电枢切割磁力线而在电枢绕组中产生感生电动势, 使并接在电枢两端的欠电压继电器 KV 线圈得电。KV 线圈得电, 其常开触点闭合, 使 KM2 线圈得电。KM2 线圈得电, 常开辅助触点闭合, 制动电阻 RB 接入电枢回路进行能耗制动。当电动机转速减小到一定值时, 电枢绕组的感生电动势也随之减小到很小, 使欠电压继电器 KV 释放, KV 触点复位, 断开 KM2 线圈回路, 从而切断了制动回路, 能耗制动完成, 电动机停止转动。

使用 PLC 控制并励直流电动机能耗制动控制时, 需要 4 个输入点和 4 个输出点, 其输入/输出分配表如表 5-44 所示。

表 5-44 PLC 控制并励电动机能耗制动的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
能耗制动按钮	SB1	I0.0	电枢电源接触器	KM1	Q0.0
启动按钮	SB2	I0.1	串电阻 RB 制动接触器	KM2	Q0.1
欠电流继电器	KA	I0.2	串电阻 R1 切除接触器	KM3	Q0.2
欠电压继电器	KV	I0.3	串电阻 R2 切除接触器	KM4	Q0.3

使用 PLC 控制并励直流电动机能耗制动时, 需要 4 个输入端子和 4 个输出端子, 因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222, 其 I/O 接线图如图 5-49 所示。

使用 PLC 控制并励直流电动机能耗制动的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 5-45 所示。

网络 1 至网络 3 为降压启动过程, 在此不再详述。当按下停止按钮 SB1 时, 网络 1 至网络 3 将停止工作, 而欠电压继电器 KV 线圈得电。KV 线圈得电, 其常开触点闭合,

使网络 4 的 I0.3 闭合, Q0.1 输出线圈得电, 从而使 KM2 线圈得电。KM2 线圈得电, 常开辅助触点闭合, 制动电阻 RB 接入电枢回路进行能耗制动。当电动机转速减小到一定值时, 电枢绕组的感生电动势也随之减小到很小, 使欠电压继电器 KV 释放, KV 触点复位即网络 4 中的 I0.3 断开, 断开 KM2 线圈回路, 从而切断了制动回路, 能耗制动完成, 电动机停止转动。

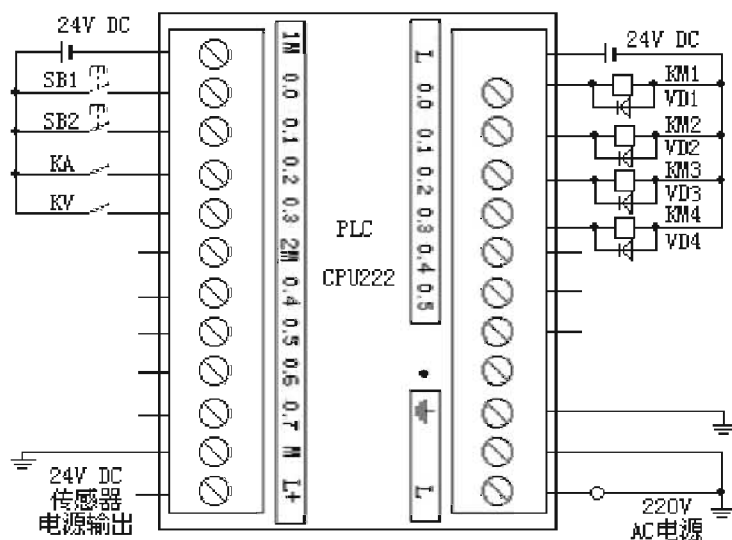
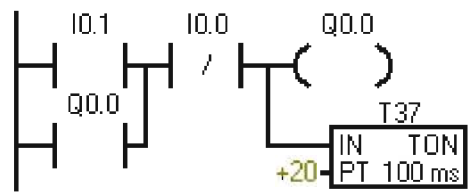
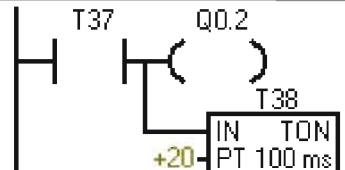
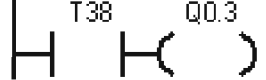
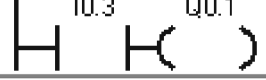


图 5-49 使用 PLC 控制并励直流电动机能耗制动的 I/O 接线图

表 5-45

PLC 控制并励直流电动机能耗制动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre>LD I0.1 O Q0.0 AN I0.0 = Q0.0 TON T37, +20</pre>
网络 2		<pre>LD T37 = Q0.2 TON T38, +20</pre>
网络 3		<pre>LD T38 = Q0.3</pre>
网络 4		<pre>LD I0.3 = Q0.1</pre>

4. 并励直流电动机可逆反接制动控制

反接制动是通过改变电枢两端电压极性或改变励磁电流的方向, 来改变电磁转矩方向, 形成制动力矩, 迫使电动机迅速停转。并励直流电动机的反接制动是通过改变正在运行的电动机电枢绕组两端电压极性来实现的。

并励直流电动机的传统继电器—接触器可逆反接制动控制线路如图 5-50 所示。图中 KV 为电压继电器, KA 为欠电流继电器, R1、R2 为二级启动电阻, RB 为制动电阻, R 是励磁

绕组的放电电阻，SQ1 为正转变反转行程开关，SQ2 为反转变正转行程开关。

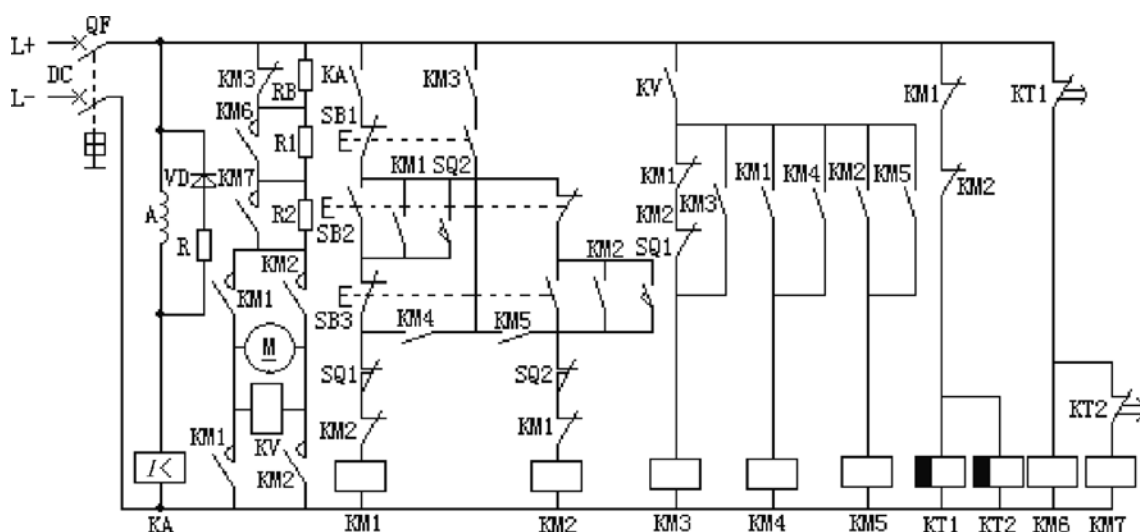


图 5-50 并励直流电动机的传统继电器—接触器可逆反接制动控制线路

合上断路器 QF，励磁绕组回路通电，KA 线圈得电，KA 常开触点闭合，为启动作好准备。同时，KT1、KT2 线圈得电，KT1、KT2 延时闭合的常闭触点瞬时断开，切断 KM6、KM7 线圈电路，以保证电枢中串入电阻 R1、R2 启动。当按下正转启动按钮 SB2 时，KM1 线圈得电自锁，主触点闭合，接通电动机电枢回路，电枢串入两级启动电阻启动。同时 KM1 常闭辅助触点断开，切断 KT1、KT2 线圈的电源。KT2 线圈失电，经整定延时，KT2 常闭触点闭合，使 KM7 线圈得电，从而 KM7 主触点短接电阻 R2，电动机 M 串接 R1 继续启动。KT1 线圈失电，经较长的延时后，KT1 常闭触点闭合，使 KM6 线圈得电，从而 KM6 主触点短接电阻 R1，电动机启动过程结束，在额定电枢电压下正向运转。

电动机正向运转并拖动运动部件作正向移动的过程中，当运动部件上的撞块压下行程开关 SQ1 时，SQ1 常闭触点先断开，使 KM1 线圈失电，KM1 触点复位，此时电动机 M 仍作惯性运转，反电动势 E_n 仍较高，电压继电器 KV 仍保持得电。SQ1 常开触点闭合，KM2 线圈得电，KM2 常开辅助触点闭合，形成自锁，KM2 主触点闭合，改变电动机电枢电压极性，电动机的电枢绕组串入制动电阻 RB 进行反向转动。电动机正向运行过程中，当按下反向启动按钮 SB3 时，电动机也进行反向运转。

在电动机刚进行正向启动时，由于电枢中的反电动势 E_n 为零，电压继电器 KV 不动作，接触器 KM3、KM4、KM5 均处于失电状态；随着电动机转速升高，反电动势 E_n 建立后，电压继电器 KV 得电动作，其常开触点闭合，接触器 KM4 得电，KM4 常开辅助触点均闭合，为反接制动做好了准备。

按下停止按钮 SB1 时，接触器 KM1 失电释放，接触器 KM3 通电闭合，继而接触器 KM2 通电闭合，向直流电动机 M 通入反转电流，使直流电动机 M 反向制动立即停止运行。

使用 PLC 控制并励直流电动机可逆反接制动控制时，需要 5 个输入点和 5 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-46 所示。

使用 PLC 控制并励直流电动机可逆反接制动时，需要 5 个输入端子和 5 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-51 所示。

表 5-46 PLC 控制并励电动机可逆反接制动的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
制动停止按钮	SB1	I0.0	正转接触器	KM1	Q0.0
正转启动按钮	SB2	I0.1	反转接触器	KM2	Q0.1
反转启动按钮	SB3	I0.2	正反转制动接触器	KM3	Q0.2
欠电流继电器	KA	I0.3	串电阻 R1 切除接触器	KM4	Q0.3
欠电压继电器	KV	I0.4	串电阻 R2 切除接触器	KM5	Q0.4

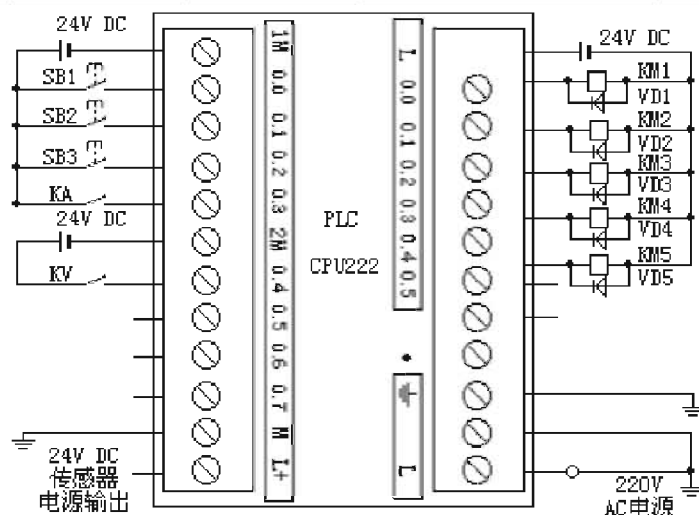


图 5-51 使用 PLC 控制并励直流电动机可逆反接制动的 I/O 接线图

使用 PLC 控制并励直流电动机可逆反接制动的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 5-47 所示。

表 5-47 PLC 控制并励直流电动机可逆反接制动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre> LD I0.1 LD Q0.0 AN M0.2 OLD O Q0.1 A I0.3 AN I0.4 AN I0.0 AN Q0.1 = Q0.0 </pre>
网络 2		<pre> LD I0.2 LD Q0.1 AN M0.3 OLD O Q0.2 A I0.3 AN I0.4 AN I0.0 AN Q0.0 = Q0.1 </pre>

续表

网 络	LAD	STL
网络 3		LD Q0.0 O Q0.1 TON T37, +20
网络 4		LD T37 = Q0.3 TON T38, +20
网络 5		LD T38 = Q0.4
网络 6		LD IO.4 LPS LDN Q0.0 AN Q0.1 O Q0.2 ALD = Q0.2 LRD LD Q0.0 O M0.0 ALD = M0.0 LPP LD Q0.1 O M0.1 ALD = M0.1
网络 7		LD Q0.2 LPS A M0.0 AN Q0.0 = M0.3 LPP A M0.1 AN Q0.1 = M0.2

5.3.2 PLC 在串励直流电动机控制电路中的应用

串励电动机的励磁绕组与电枢绕组串联, 启动时, 磁路未达饱和, 电动机的启动转矩和电枢电流的平方成正比, 从而产生较大的启动转矩。当电动机的转矩增大时, 转速显著下降, 串励电动机能自动保持恒功率运行。

1. 串励直流电动机单向旋转启动控制

串励直流电动机单向旋转的传统继电器—接触器启动控制线路如图 5-52 所示。合上断路

器 QF, KT1 线圈得电, KT1 延时闭合的常闭触点瞬时断开, 使接触器 KM2、KM3 线圈处于断电状态, 保证电动机启动时串入全部电阻 R1 和 R2。按下启动按钮 SB2 时, KM1 线圈得电, 常开辅助触点闭合, 形成自锁, 常闭辅助触点断开, 切断 KT1 线圈电源, KM1 主触点闭合, 电动机在串入 R1 和 R2 下进行启动。同时并接在 R1 两端的 KT2 线圈得电, KT2 延时闭合的常闭触点瞬时分断。KT1 线圈失电, 延时片刻使 KM2 线圈得电。KM2 线圈得电, 其主触点闭合, 短接电阻 R1 和 KT2 线圈, 使电动机串入 R2 继续启动。

KT2 失电延时一定时间, 使 KM3 线圈得电。KM3 线圈得电, 短接了 R2 电阻, 启动过程结束, 电动机在全电压下单向运行。按下停止按钮 SB1, 电动机停止运转。

使用 PLC 控制串励直流电动机启动时, 需要 2 个输入点和 3 个输出点, 其输入/输出分配表如表 5-48 所示。

表 5-48 PLC 控制串励直流电动机启动的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	主接触器	KM1	Q0.0
启动按钮	SB2	I0.1	串电阻 R1 切除接触器	KM2	Q0.1
			串电阻 R2 切除接触器	KM3	Q0.2

使用 PLC 控制串励直流电动机启动时, 需要 2 个输入端子和 3 个输出端子, 因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222, 其 I/O 接线图如图 5-53 所示。

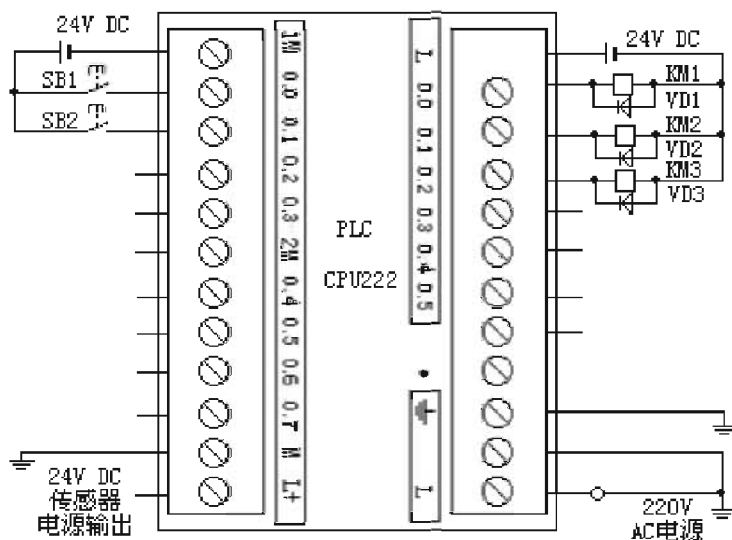


图 5-53 使用 PLC 控制串励直流电动机启动的 I/O 接线图

使用 PLC 控制串励直流电动机启动的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 5-49 所示。

表 5-49

PLC 控制串励直流电动机启动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O Q0.0 AN I0.0 = Q0.0 TON T37, +20
网络 2		LD T37 = Q0.1 TON T38, +20
网络 3		LD T38 = Q0.2

网络 1 为启动控制, 当按下启动按钮 SB2 时, I0.1 常开触点闭合, 输出线圈 Q0.0 有效, 控制 KM1 主触点闭合, 电动机在串入 R1 和 R2 下进行启动, 同时定时器 T37 开始延时。若延时时间到, 网络 2 的 T37 常开触点闭合, 输出线圈 Q0.1 有效, 控制 KM2 主触点闭合, 短路切除 R1, 使电动机在串入 R2 下继续降压启动, 同时定时器 T38 开始延时。若延时时间到, 网络 3 的 T38 常开触点闭合, 输出线圈 Q0.2 有效, 控制 KM3 主触点闭合, 短路切除 R2, 电动机启动结束, 进入全电压运行。如果按下停止按钮 SB1, 网络 1 中 Q0.0 输出线圈无效, 从而使网络 2、网络 3 恢复初始状态, 电动机停止运行。

2. 串励直流电动机正反转控制

串励直流电动机的传统继电器—接触器正反转控制线路如图 5-54 所示。图中 SB1 为停止按钮, SB2 为电动机正向运行启动按钮, SB3 为电动机反向运行启动按钮。

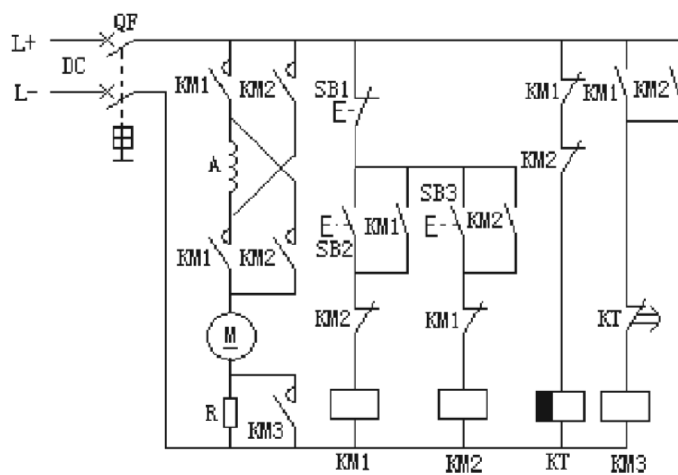


图 5-54 串励直流电动机的传统继电器—接触器正反转控制线路

合上断路器 QF, 按下 SB2 时, KM1 线圈得电, 直流电动机串电阻 R 正向启动运转, 经过一定延时后, KM3 线圈得电, 其主触点短路切除降压启动电阻 R, 使直流电动机在全电压下正向旋转。当按下 SB3 时, KM2 线圈得电, 直流电动机串电阻 R 反向启动运转, 经过一定延时后, KM3 线圈得电, 其主触点短路切除降压启动电阻 R, 使直流电动机在全电压下反向旋转。

使用 PLC 控制串励直流电动机正反转控制时, 需要 3 个输入点和 3 个输出点, 其输入/输出分配表如表 5-50 所示。

表 5-50 PLC 控制串励电动机正反转的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	正转接触器	KM1	Q0.0
正向启动按钮	SB2	I0.1	反转接触器	KM2	Q0.1
反向启动按钮	SB3	I0.2	串电阻 R 切除接触器	KM3	Q0.2

使用 PLC 控制串励直流电动机正反转时，需要 3 个输入端子和 3 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-55 所示。

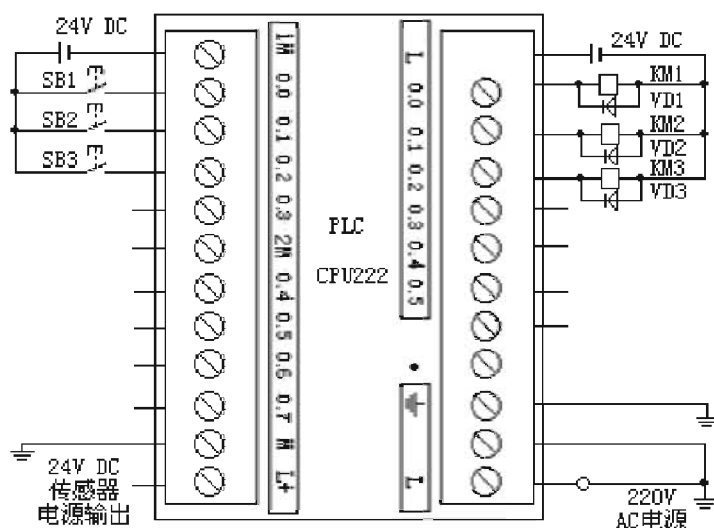
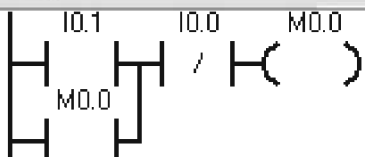
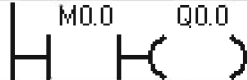
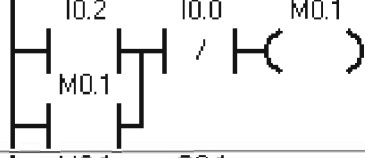
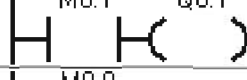
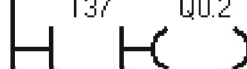


图 5-55 使用 PLC 控制串励直流电动机正反转的 I/O 接线图

使用 PLC 控制串励直流电动机正反转的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-51 所示。

表 5-51 PLC 控制串励直流电动机正反转的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O M0.0 AN I0.0 = M0.0
网络 2		LD M0.0 = Q0.0
网络 3		LD I0.2 O M0.1 AN I0.0 = M0.1
网络 4		LD M0.1 = Q0.1
网络 5		LD M0.0 O M0.1 TON T37, +50
网络 6		LD T37 = Q0.2

网络 1、网络 2 为正转启动控制；网络 3、网络 4 为反转启动控制；网络 5、网络 6 为启动过程中串电阻 R 降压控制。

3. 串励直流电动机能耗制动控制

串励直流电动机的能耗制动分为自励式和他励式两种，下面介绍串励直流电动机的自励式能耗制动控制，有关他励式能耗制动请读者参见相关资料。

自励式能耗制动是指当电动机断开电源后，将励磁绕组反接并与电枢绕组和制动电阻串联构成闭合回路，使惯性运转的电枢处于自励发电状态，产生与原方向相反的电流和电磁转矩，迫使电动机迅速停转。传统继电器—接触器自励式能耗制动控制线路如图 5-56 所示。

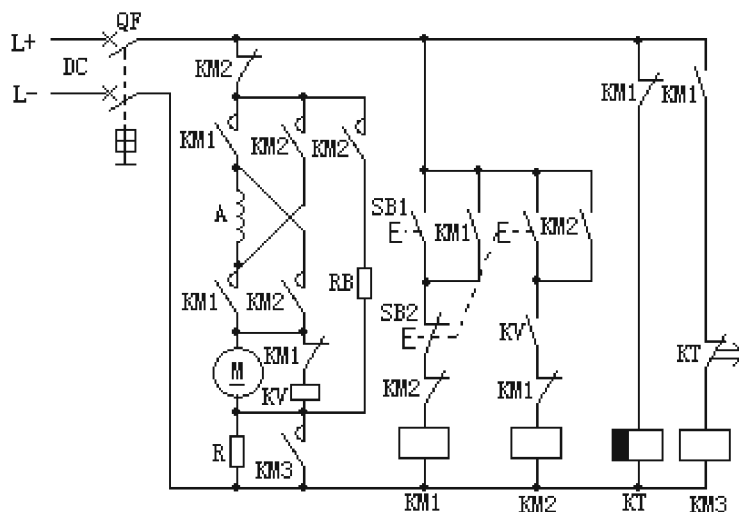


图 5-56 传统继电器—接触器自励式能耗制动控制线路

合上电源开关 QF，时间继电器 KT 线圈得电，KT 延时闭合的常闭触点瞬时分断。按下启动按钮 SB1，接触器 KM1 线圈得电，KM1 触点动作，使电动机 M 串电阻 R 启动后并自动转入正常运转。

按下停止按钮 SB2 时，SB2 常闭触点先分断，其常开触点后闭合。SB2 常闭触点分断，使 KM1 线圈失电，KM1 触点复位，由于惯性，运转的电枢切割磁力线产生感生电动势，KV 线圈得电，KV 常开触点闭合，为 KM2 线圈得电作好准备。SB2 常开触点后闭合，KV 常开触点闭合，使 KM2 线圈得电。KM2 线圈得电，KM2 常闭辅助触点分断，切断电动机电源；KM2 主触点闭合，这时励磁绕组反接后与电枢绕组和制动电阻构成闭合回路，使电动机 M 受制动迅速停转，KV 断电释放，KV 常开触点分断，KM2 线圈失电，KM2 触点复位，能耗制动结束。

使用 PLC 控制串励直流电动机进行自励式能耗制动时，需要 3 个输入点和 3 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-52 所示。

表 5-52 PLC 控制串励直流电动机自励式能耗制动的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
启动按钮	SB1	I0.0	运转接触器	KM1	Q0.0
能耗制动按钮	SB2	I0.1	能耗制动接触器	KM2	Q0.1
电压继电器触点	KV	I0.2	串电阻 R 切除接触器	KM3	Q0.2

使用 PLC 控制串励直流电动机自励式能耗制动时，需要 3 个输入端子和 3 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-57 所示。

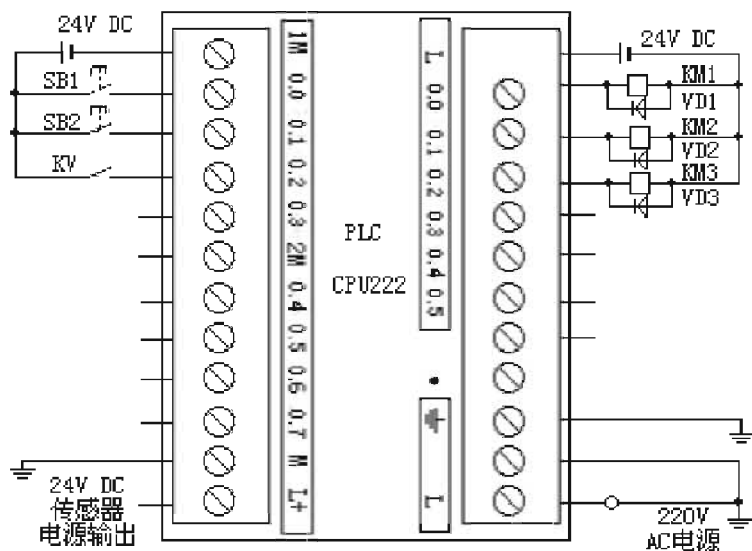
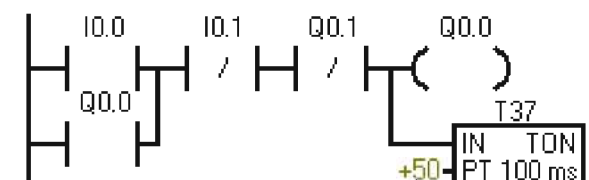
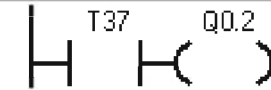
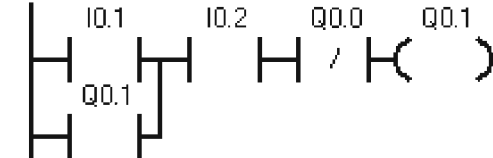


图 5-57 使用 PLC 控制串励直流电动机自励式能耗制动的 I/O 接线图

使用 PLC 控制串励直流电动机自励式能耗制动的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-53 所示。

表 5-53 PLC 控制串励直流电动机自励式能耗制动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 O Q0.0 AN I0.1 AN Q0.1 = Q0.0 TON T37, +50
网络 2		LD T37 = Q0.2
网络 3		LD I0.1 O Q0.1 A I0.2 AN Q0.0 = Q0.1

网络 1 为启动控制，当按下启动按钮 SB1 时，I0.0 常开触点闭合，Q0.0 输出线圈有效，控制电动机串联 R 进行降压启动，同时 T37 延时。当 T37 延时时间到时，网络 2 的 T37 常开触点闭合，Q0.2 输出线圈有效，使 KM3 主触点闭合，短路切断降压电阻 R，从而使电动机全电压运行。当按下停止按钮时，网络 1 中 I0.1 常闭触点断开，使网络 1 和网络 2 恢复初态，由于惯性运转的电枢切割磁力线产生感生电动势，KV 线圈得电，KV 常开触点闭合，网络 3 中的 I0.2 常开触点暂时闭合，Q0.1 输出线圈有效，从而切断 M 电动机的电源，使电动机 M 受制动迅速停转。KV 断电释放，KV 常开触点分断，Q0.1 输出线圈无效，使 KM2 线圈失电，KM2 触点复位，能耗制动结束。

4. 串励直流电动机可逆反接制动控制

串励直流电动机的反接制动可通过位能负载时转速反向法或电枢直接反接法来实现。

位能负载时转速反向法就是强迫电动机的转速反向，使电动机的转速方向与电磁转矩的方向相反，以实现制动。如提升下放重物时，电动机在重物（位能负载）的作用下，转速 n 与电磁转矩 T 反向，使电动机处于制动状态。

电枢直接反接法就是切断电动机的电源后，将电枢绕组串入制动电阻后反接，并保持其励磁电流方向不变的制动方法。采用电枢直接反接法时，不能直接将电源极性反接，否则，由于电枢电流和励磁电流同时反向，起不到制动作用。串励直流电动机的传统继电器—接触器反接制动控制线圈如图 5-58 所示。

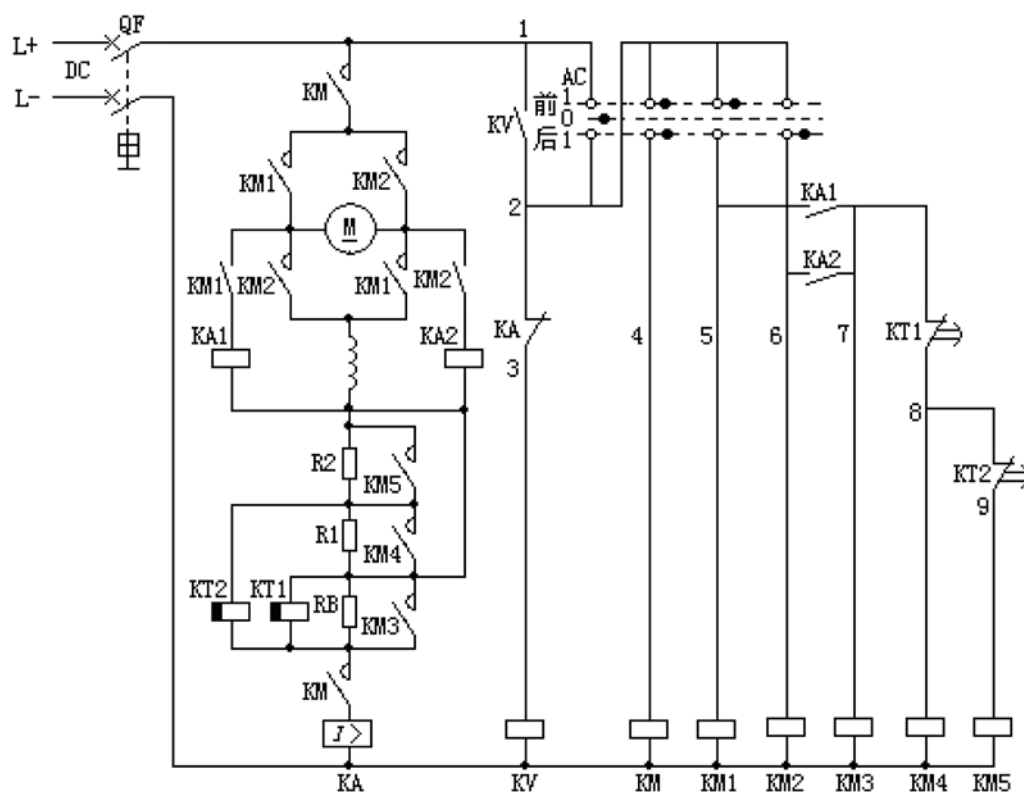


图 5-58 传统继电器—接触器控制的串励直流电动机可逆反接制动线路

图中 AC 是主令控制，用来控制电动机的正反转；KA 是过电流继电器，用来对电动机进行过载和短路保护；KV 是零电压保护继电器；KA1、KA2 是中间继电器；R1、R2 是启动电阻；RB 是制动电阻。

准备启动时，将主令控制器 AC 手柄放在“0”位，合上电源开关 QF，零电压继电器 KV 得电，KV 常开触点闭合自锁。

电动机正转时，将控制器 AC 手柄向前扳向“1”位置，AC 触点 2—4、2—5 闭合，线路接触器 KM 和正转接触器 KM1 线圈得电，它们的主触点闭合，电动机 M 串入二级启动电阻 R1 和 R2 以及反接制动电阻 RB 启动；同时，时间继电器 KT1、KT2 线圈得电，它们的常闭触点瞬时分断，接触器 KM4、KM5 处于断电状态；KM1 的常开辅助触点闭合，使中间继电器 KA1 线圈得电，KA1 常开触点闭合，使接触器 KM3、KM4、KM5 依次得电动作，它们的常开触点依次闭合短接 RB、R1、R2，电动机启动完毕进入正常运转。

若需要电动机反转时，将主令控制器 AC 手柄由正转位置向后扳向反转位置，这时，接触器 KM1 和中间继电器 KA1 失电，其触点复位，电动机在惯性作用下仍沿正转方向转动。但电枢电源则由于接触器 KM1、KM2 的接通而反向，使电动机运行在反接制动状态，而中间继电器 KA2 线圈上的电压变得很小并未吸合，KA2 常闭触点分断，接触器 KM3 线圈失电，KM3 常开触点分断，制动电阻 RB 接入电枢电路，电动机进行反接制动，其转速迅速下降。当转速降到接近于零时，KA2 线圈上的电压升到吸合电压，此时，KA2 线圈得电，KA2 常开触点闭合，使 KM3 得电动作，RB 被短接，电动机进入反转启动运转。若要电动机停转，把主令控制器手柄扳向“0”位置即可。

使用 PLC 控制串励直流电动机进行可逆反接制动时，手柄扳动开关用 SB1、SB2、SB3 进行代替，因此需要 7 个输入点和 6 个输出点，其输入/输出分配表如表 5-54 所示。

表 5-54 PLC 控制串励直流电动机可逆反接制动的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
正转启动按钮	SB1	I0.0	电源接触器	KM	Q0.0
反转启动按钮	SB2	I0.1	正转接触器	KM1	Q0.1
停止按钮	SB3	I0.2	反转接触器	KM2	Q0.2
电流继电器触点 KA	KA	I0.3	串电阻 RB 切除接触器	KM3	Q0.3
电压继电器触点 KV	KV	I0.4	串电阻 R1 切除接触器	KM4	Q0.4
电流继电器触点 KA1	KA1	I0.5	串电阻 R2 切除接触器	KM5	Q0.5
电流继电器触点 KA2	KA2	I0.6			

使用 PLC 控制串励直流电动机可逆反接制动时，需要 7 个输入端子和 6 个输出端子，因此选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，其 I/O 接线图如图 5-59 所示。

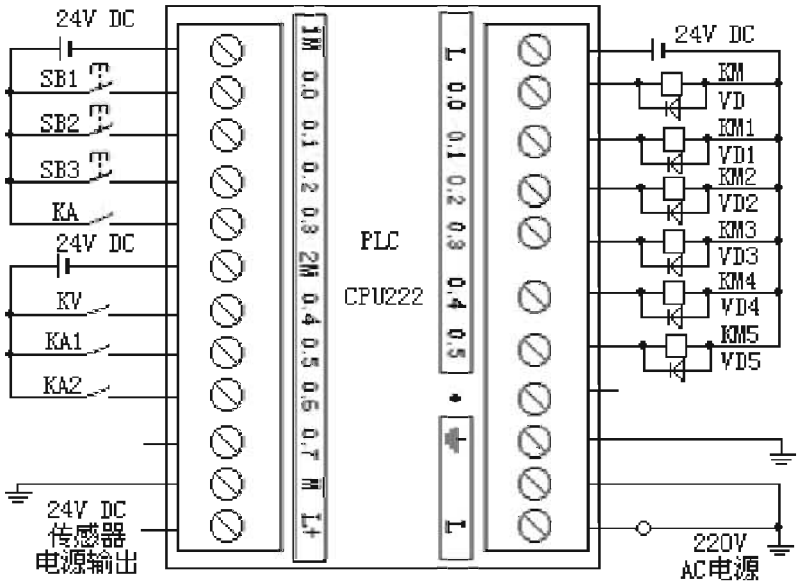


图 5-59 使用 PLC 控制串励直流电动机可逆反接制动的 I/O 接线图

使用 PLC 控制串励直流电动机可逆反接制动的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 5-55 所示。

表 5-55 PLC 控制串励直流电动机可逆反接制动的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LDN I0.2 AN I0.3 AN I0.4 = M0.0
网络 2		LD I0.0 O I0.1 O Q0.0 A M0.0 = Q0.0
网络 3		LD I0.0 O Q0.1 A M0.0 AN I0.1 AN Q0.2 = Q0.1
网络 4		LD I0.1 O Q0.2 A M0.0 AN I0.0 AN Q0.1 = Q0.2
网络 5		LD I0.0 O I0.1 EU M0.0 A M0.1 = M0.1
网络 6		LD I0.5 O I0.6 A M0.0 AN M0.1 = Q0.3
网络 7		LD Q0.0 A M0.0 AN M0.1 TON T37, +20
网络 8		LD T37 A M0.0 = Q0.4 TON T38, +50
网络 9		LD T38 A M0.0 = Q0.5

第 6 章 PLC 改造机床控制电路的设计

由于 PLC 具有可靠性高和应用简便等特点,因此许多复杂设备的电气控制柜正在被 PLC 所代替,PLC 从替代继电器的局部范围进入到过程控制、位置控制、通信网络等领域。本章通过实例介绍 PLC 在机床电气控制线路中的改造应用。

6.1 PLC 改造车床的设计

车床是一种应用极为广泛的金属切削机床,占机床总数的 20%~35%。在各种车床中,普通车床应用得最多,它主要用来车削外圆、内圆、端面、螺纹、螺杆和定型表面,还可通过尾架进行钻孔、铰孔、攻螺纹等加工。

6.1.1 PLC 改造 C6140 车床的设计

C6140 是我国自行设计制造的普通车床,具有性能优越、结构先进、操作方便、外形美观等优点。C6140 普通车床主要由床身、主轴变速箱、进给箱、溜板箱、刀架、尾架、丝杠和光杠等部分组成。

主轴变速箱用来支承主轴和传动其旋转,它包含主轴及其轴承、传动机构、启停及换向装置、制动装置、操纵机构及滑润装置。进给箱用来变换被加工螺纹和导程,以及获得所需的各种进给量,它包含变换螺纹导程和进给量的变速机构、变换螺纹种类的移换机构、丝杠和光杠转换机构以及操作机构等部件。溜板箱用来将丝杠或光杠传来的旋转运动变为直线运动并带动刀架进给,控制刀架运动的接通、断开和换向等操作,刀架用来安装车刀并带动其作纵向、横向和斜向进给运动。

车床的切削运动包括卡盘或顶尖带动工件的旋转主运动和溜板带动刀架的直线进给运动。中小型普通车床的主运动和进给运动一般采用一台异步电动机进行驱动。根据被加工零件的材料性质、几何形状、工作直径、加工方式及冷切条件的不同,要求车床有不同的切削速度,因此车床主轴需要在相当大的范围内改变速度,普通车床的调速范围在 70 以上,中小型普通车床多采用齿轮变速箱调速。车床主轴在一般情况下是单方向旋转的,但在车削螺纹时,要求主轴能正反转。主轴旋转方向的改变可通过离合器或电气的方法实现,C6140 型车床的主轴单方向旋转速度有 24 种(10~1400r/min),反转速度有 12 种(14~1580r/min)。

1. C6140 车床传统继电器—接触器电气控制线路分析

C6140 普通车床由 3 台三相鼠笼式异步电动机拖动,即主轴电动机 M1、冷却泵电动机 M2 和刀架快速移动电动机 M3。主轴电动机 M1 带动主轴旋转和刀架进给运动;冷却泵电动机 M2 用于车削加工时提供冷却液;刀架快速移动电动机 M3 使刀具快速地接近或退离加工部位。C6140 车床传统继电器—接触器电气控制线路如图 6-1 所示,它由主电路和控制电路两部分组成。

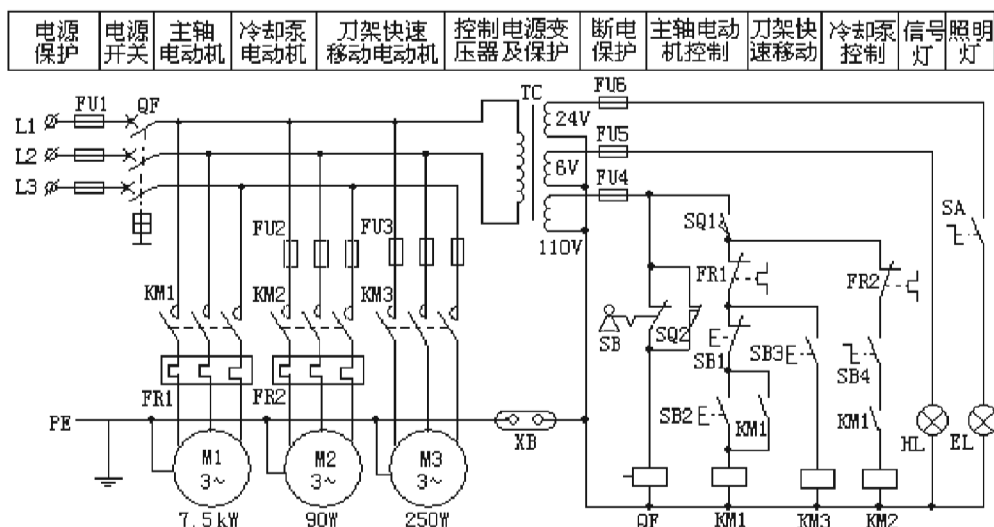


图 6-1 C6140 车床传统继电器—接触器电气控制线路

(1) C6140 普通车床主电路分析

将钥匙开关 SB 向右旋转，扳动断路器 QF 将三相电源引入。主电动机 M1 由交流接触器 KM1 控制，冷却泵电动机 M2 由交流接触器 KM2 控制，刀架快速移动电动机由交流接触器 KM3 控制。热继电器 FR 作过载保护，FU 作短路保护，KM 作失压和欠压保护，由于 M3 是点动控制，因此该电动机没有设置过载保护。

(2) C6140 普通车床控制电路分析

C6140 普通车床控制电路由控制变压器 TC 将 380V 交流电压降为 110V 交流电压作为控制电路的电源，降为 6V 电压作为信号灯 HL 的电源，降为 24V 电压作为照明灯 EL 的电源。在正常工作时，位置开关 SQ1 的常开触点闭合。打开床头皮带罩后，SQ1 断开，切断控制电路电源以确保人身安全。钥匙开关 SB 和位置开关 SQ2 在正常工作时是断开的，QF 线圈不通电，断路器 QF 能合闸。打开配电盘壁龛门时，SQ2 闭合，QF 线圈获电，断路器 QF 自动断开。

① 主轴电动机 M1 的控制

按下启动按钮 SB2，KM1 线圈得电，KM1 的一组常开辅助触点闭合，形成自锁，KM1 的另一组常开辅助触点闭合，为 KM2 线圈得电作好准备，KM1 主触点闭合，主轴电动机 M1 全电压下启动运行。按下停止按钮 SB1，电动机 M1 停止转动。当电动机 M1 过载时，热继电器 FR1 动作，KM1 线圈失电，M1 停止运行。

C6140 普通车床主轴正反转由操作手柄通过双向多片摩擦离合器控制，摩擦离合器还可以起到过载保护作用。

② 冷却泵电动机 M2 的控制

主轴电动机 M1 启动运行后，合上旋转开关 SB4，KM2 线圈得电，其主触点闭合，冷却泵电动机 M2 启动运行。当 M1 电动机停止运行时，M2 也会自动停止运转。

③ 刀架快速移动电动机 M3 的控制

刀架快速移动电动机 M3 的启动由按钮 SB3 和 KM3 组成的线路进行控制，当按下 SB3 时，KM3 线圈得电，其主触点闭合，刀架快速移动电动机 M3 启动运行。由于 SB3 没有自锁，所以松开 SB3 时，KM3 线圈电源被切断，电动机 M3 停止运行。

④ 照明灯和信号灯的 control

照明灯由控制变压器 TC 次级输出的 24V 安全电压供电, 扳动转换开关 SA 时, 照明灯 EL 亮, 熔断器 FU6 作短路保护。

信号指示灯由 TC 次级输出的 6V 安全电压供电, 合上断路器 QF 时, 信号灯 HL 亮, 表示车床开始工作。

2. PLC 改造 C6140 车床控制线路的设计

(1) PLC 改造 C6140 车床控制线路的输入/输出分配表

PLC 改造 C6140 车床控制线路时, 电源开启钥匙开关使用普通按钮开关进行替代, 过载保护热继电器 FR1、FR2 两个触点串联在一起作为一路输入信号, 以节省 PLC 的输入端子。PLC 改造 C6140 车床的输入/输出分配表如表 6-1 所示。

表 6-1 PLC 改造 C6140 车床的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
电源开启钥匙开关	SB	I0.0	主轴电动机 M1 控制	KM1	Q0.0
主轴电动机 M1 停止按钮	SB1	I0.1	冷却泵电动机 M2 控制	KM2	Q0.1
主轴电动机 M1 启动按钮	SB2	I0.2	刀架快速移动电动机 M3 控制	KM3	Q0.2
快速移动电动机 M3 点动按钮	SB3	I0.3	机床工作指示	HL	Q0.3
冷却泵电动机 M2 旋转开关	SB4	I0.4	照明控制	EL	Q0.4
过载保护热继电器触点	FR1、FR2	I0.5			
照明开关 SA	SA	I0.6			

(2) PLC 改造 C6140 车床控制线路的 I/O 接线图

PLC 改造 C6140 车床控制线路时, 需要 7 个输入点和 5 个输出点, 因此 PLC 可选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222。PLC 改造 C6140 车床控制线路的 I/O 接线图如图 6-2 所示, 图中 EL 和 HL 分别串联合适规格的电阻以降低其工作电压。

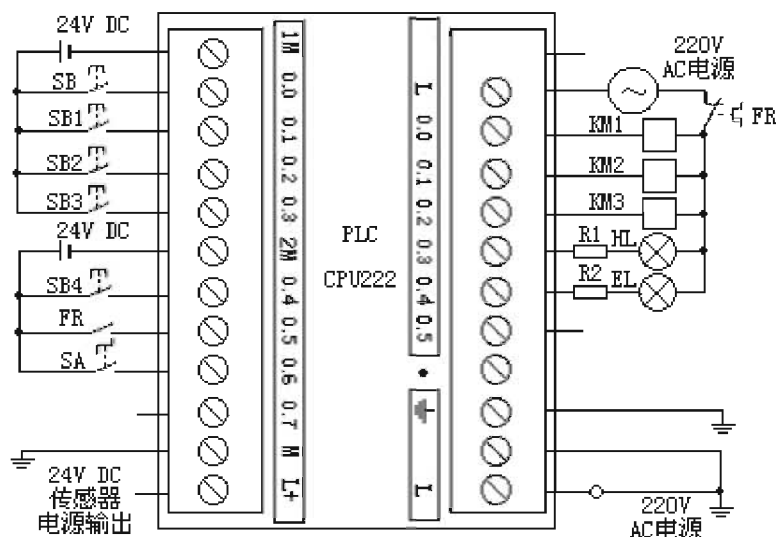


图 6-2 PLC 改造 C6140 车床控制线路的 I/O 接线图

(3) PLC 改造 C6140 车床控制线路的程序设计

PLC 改造 C6140 车床控制线路的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 6-2 所示。

表 6-2 PLC 改造 C6140 车床控制线路的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 AN M0.1 LDN I0.0 A M0.0 OLD = M0.0
网络 2		LDN I0.0 A M0.0 LD I0.0 A M0.1 OLD = M0.1
网络 3		LD I0.2 O Q0.0 A M0.0 AN I0.1 AN I0.5 = Q0.0
网络 4		LD I0.4 A Q0.0 AN I0.5 = Q0.1
网络 5		LD I0.3 A M0.0 AN I0.5 = Q0.2
网络 6		LD M0.0 = Q0.3
网络 7		LD I0.6 AN M0.2 LDN I0.6 A Q0.4 OLD A M0.0 = Q0.4
网络 8		LDN I0.6 A Q0.4 LD I0.6 A M0.2 OLD = M0.2

(4) PLC 改造 C6140 车床控制线路的程序设计说明

网络 1 和网络 2 为单按钮电源控制, 当按下 SB 奇数次时, 电源有效 (即扳动断路器 QF

将三相电源引入), 各电动机才能启动运行; 按下 SB 偶数次时, 电源无效。

网络 3 为主轴电动机 M1 的控制, 当按下主轴电动机 M1 启动按钮 SB2 时, I0.1 输入有效, Q0.0 输出线圈有效, 控制主轴电动机 M1 启动运行; 当按下停止按钮 SB1 或发生过载现象时, Q0.0 输出线圈无效, M1 电动机停止工作。

网络 4 为冷却泵电动机 M2 的控制, 当按下冷却泵电动机 M2 旋转开关 SB4 且主轴电动机 M1 在运行时, Q0.1 输出线圈有效, 冷却泵电动机 M2 进行工作; 当 M1 电动机停止工作或发生过载现象时, Q0.1 输出线圈无效, M2 电动机停止工作。

网络 5 为刀架快速移动电动机 M3 的点动控制, 当按下快速移动电动机 M3 点动按钮 SB3 时, Q0.2 输出线圈有效, 刀架快速移动电动机 M3 启动运行。由于 SB3 没有自锁, 所以松开 SB3 时, KM3 线圈电源被切断, 电动机 M3 停止运行。

网络 6 为 HL 电源指示; 网络 7 和网络 8 为 EL 照明控制, 同样照明开关 SA 按下奇数次时, EL 亮, 照明开关 SA 按下偶数次时, EL 熄灭。

6.1.2 PLC 改造 C650 车床的设计

不同型号的卧式车床, 其主电动机的工作要求不同, 因而其控制线路也有所不同。下面介绍另一型号的卧式车床——C650。

C650 卧式车床主要由床身、主轴、刀架、溜板箱和尾架等部分组成。刀具安装在刀架上, 与滑板一起随溜板箱沿主轴轴线方向实现进给移动, 主轴的转动和溜板箱的移动均由主电机驱动。由于加工的工件比较大, 加工时其转动惯量也比较大, 需停车时不易立即转动, 因此必须有停车制动的功能, 较好的停车制动是采用电气制动方法。为了加工螺纹等工件, 主轴需要正反转, 主轴的转速应随工件的材料、尺寸、工艺要求及刀具的种类不同而变化, 所以要求在相当宽的范围内可进行速度调节。C650 与 C6140 一样, 在加工过程中, 还需要提供切削液, 溜板能够快速移动。

1. C650 车床传统继电器—接触器电气控制线路分析

与 C6140 普通车床一样, C650 车床也由 3 台电动机控制: M1 为主轴电动机, 拖动主轴旋转并通过进给机构实现进给运动; M2 为冷却泵电动机, 提供切削液; M3 为快速移动电动机, 拖动刀架快速移动。C650 车床传统继电器—接触器电气控制线路如图 6-3 所示。

(1) C650 车床主电路分析

电动机 M1 的电路分 3 个部分进行控制: ①正转控制交流接触器 KM1 和反转控制交流接触器 KM2 的两组主触点构成 M1 电动机的正反转; ②电流表 A 经电流互感器 TA 接在主电动机 M1 的主回路上, 以监视电动机工作时的电流变化。为防止电流表被启动电流冲击损坏, 应利用时间继电器 KT 的延时动断触点在启动短时间内将电流表暂时短接掉; ③交流接触器 KM3 的主触点控制限流电阻 R 的接入和切除, 在进行点动调整时, 为防止连续的启动电流造成电动机过载, 应串入限流电阻 R, 以保证电路设备正常工作。速度继电器 KS 的速度检测部分与电动机的主轴同轴相连, 在停车制动过程中, 当主电动机转速低于 KS 的动作值时, 其常开触点可将控制电路中反接制动的相应电路切断, 完成停车制动。

电动机 M2 由交流接触器 KM4 的主触点控制其主电路的接通和断开, 电动机 M3 由交流接触器 KM5 的主触点控制。

为保证主电路的正常运行, 主电路中还设置了熔断器的短路保护环节和热继电器的过载保护环节。

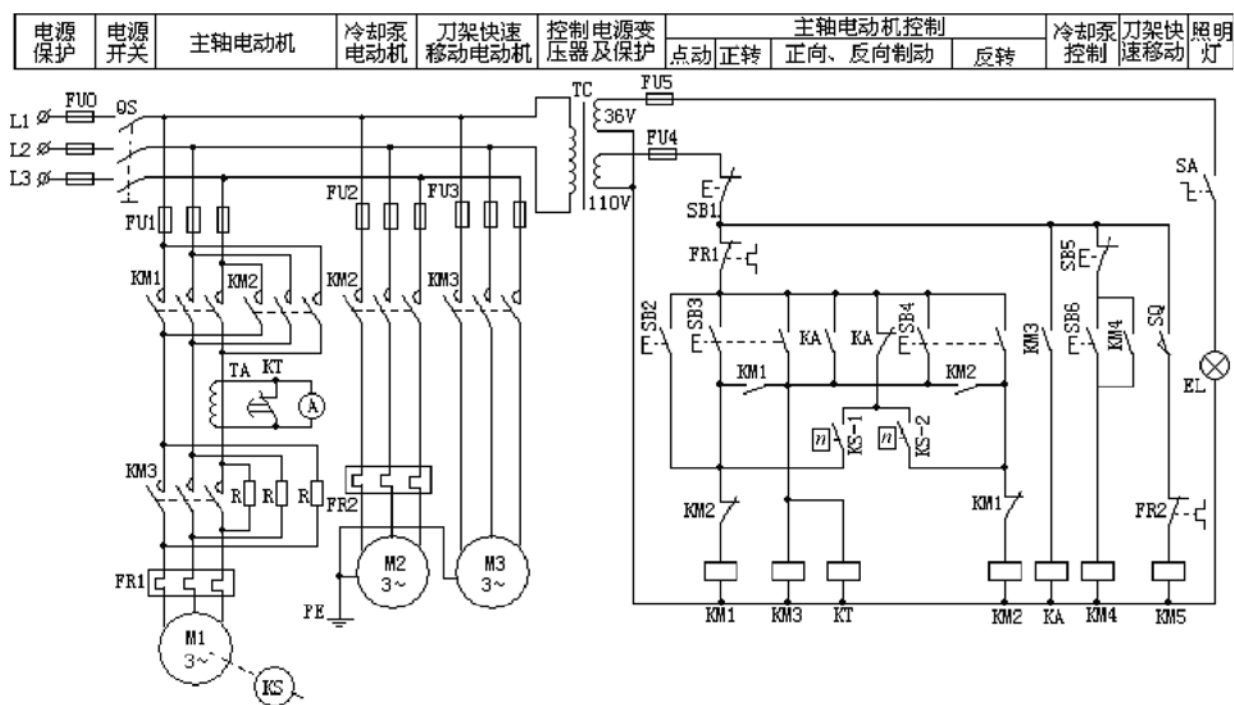


图 6-3 C650 车床传统继电器—接触器电气控制线路

(2) C650 车床控制电路分析

C650 车床控制电路可分为主电动机 M1 的控制电路和电动机 M2 及 M3 的制动电路两部分。由于主电动机控制电路比较复杂，因而还可进一步将主电动机控制电路分为正、反转启动，点动和反接制动等局部控制电路。

① 主电动机正、反转启动控制

按下正转启动按钮 SB3 时，其两常开触点同时闭合，一对常开触点接通交流接触器 KM3 的线圈电路和时间继电器 KT 的线圈电路，时间继电器的常闭触点在主电路中短接电流表 A，以防止电流对电流表的冲击，经延时继开后，电流表接入电路正常工作。KM3 的主触点将主电路中限流电阻短接，其辅助动合触点同时将中间继电器 KA 的线圈电路接通，KA 的常闭触点将停车制动的基本电路切除，其动合触点与 SB3 的动合触点均在闭合状态，控制主电动机的交流接触器 KM1 的线圈电路得电工作并自锁，其主触点闭合，电动机正向直接启动并结束。KM1 的自锁回路由其常开辅助触点和 KM3 线圈上方的 KA 的常开触点组成自锁回路，使电动机保持在正向运行状态。当按下反转启动按钮 SB4 时，电动机将反向直接启动并运行。

② 主电动机点动控制

按下点动按钮 SB2，KM1 线圈得电，电动机 M1 正向直接启动，这时 KM3 线圈电路并没有接通，因此其主触点不闭合，限流电阻 R 接入主电路限流，其辅助动合触点不闭合，KA 线圈不能得电工作，从而使 KM1 线圈电路不能形成自锁，松开按钮，KM1 线圈失电，电动机 M1 停转。

③ 主电动机反接制动控制

C650 卧式车床采用反接制动的方式进行停车，按下停车按钮后开始制动过程。电动机转速接近零时，速度继电器的触点断开，结束制动。当电动机正进行正向运行时，速度继电器 KS 的动合触点 KS1 闭合，制动电路处于准备状态。若按下停车按钮 SB1，将切断控制电源，

使 KM1、KM3、KA 线圈均失电，此时控制反接制动电路工作与不工作的 KA 的动断触点恢复原始状态闭合，与 KS1 触点一起将反向启动交流接触器 KM2 的线圈电路接通。电动机 M1 接入反相序电流，反向启动转矩将平衡正向惯性转矩，强迫电动机迅速停车。当电动机速度趋近于零时，速度继电器触点 KS2 复位断开，切断 KM2 的线圈电路，完成正转的反接制动。在反接制动过程中，KM3 失电，所以限流电阻 R 一直起限流反接制动电流的作用。反转时的反接制动工作过程相似，反转状态下，KS2 触点闭合，制动时接通交流接触器 KM1 的线圈电路，进行反接制动。

④ 冷却泵电动机 M2 的控制

冷却泵电动机 M2 由启动按钮 SB6、停止按钮 SB5 和交流继接触器 KM4 进行控制。按下启动按钮 SB6，KM4 线圈得电，其常开辅助触点闭合，形成自锁，其主触点闭合，冷却泵电动机 M2 启动运行。

⑤ 刀架快速移动电动机 M3 的控制

刀架快速移动是由刀架手柄压动位置开关 SQ，接通快速移动电动机 M3 的控制接触器 KM5 的线圈电路，KM5 的主触点闭合，M3 电动机启动运行，经传动系统驱动溜板带动刀架快速移动。

⑥ 照明灯控制

照明灯由控制变压器 TC 次级输出的 36V 安全电压供电，扳动转换开关 SA 时，照明灯 EL 亮，熔断器 FU5 作短路保护。

2. PLC 改造 C650 车床控制线路的设计

(1) PLC 改造 C650 车床控制线路的输入/输出分配表

PLC 改造 C650 车床控制线路时，照明开关可使用普通的按钮开关代替。PLC 改造 C650 车床的输入/输出分配表如表 6-3 所示。

表 6-3 PLC 改造 C650 车床的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
总停按钮	SB1	I0.0	主电动机 M1 正转控制	KM1	Q0.0
主电动机 M1 正向点动按钮	SB2	I0.1	主电动机 M1 反转控制	KM2	Q0.1
主电动机 M1 正向启动按钮	SB3	I0.2	短接限流电阻 R 控制	KM3	Q0.2
主电动机 M1 反向启动按钮	SB4	I0.3	冷却泵电动机 M2 控制	KM4	Q0.3
冷却泵电动机 M2 停止按钮	SB5	I0.4	快速移动电动机 M3 控制	KM5	Q0.4
冷却泵电动机 M2 启动按钮	SB6	I0.5	电流表 A 短接控制	KM6	Q0.5
快速移动电动机 M3 位置开关	SQ	I0.6	照明灯控制	EL	Q0.6
M1 过载保护热继电器触点	FR1	I0.7			
M2 过载保护热继电器触点	FR2	I1.0			

续表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
正转制动速度继电器常开触点	KS-1	I1.1			
反转制动速度继电器常开触点	KS-2	I1.2			
照明开关 SA	SA	I1.3			

(2) PLC改造C650车床控制线路的I/O接线图

PLC改造C650车床控制线路时,需要12个输入点和7个输出点,因此PLC可选用S7-200系列PLC——CPU226。PLC改造C650车床控制线路的I/O接线图如图6-4所示,图中EL串联合适规格的电阻以降低其工作电压。

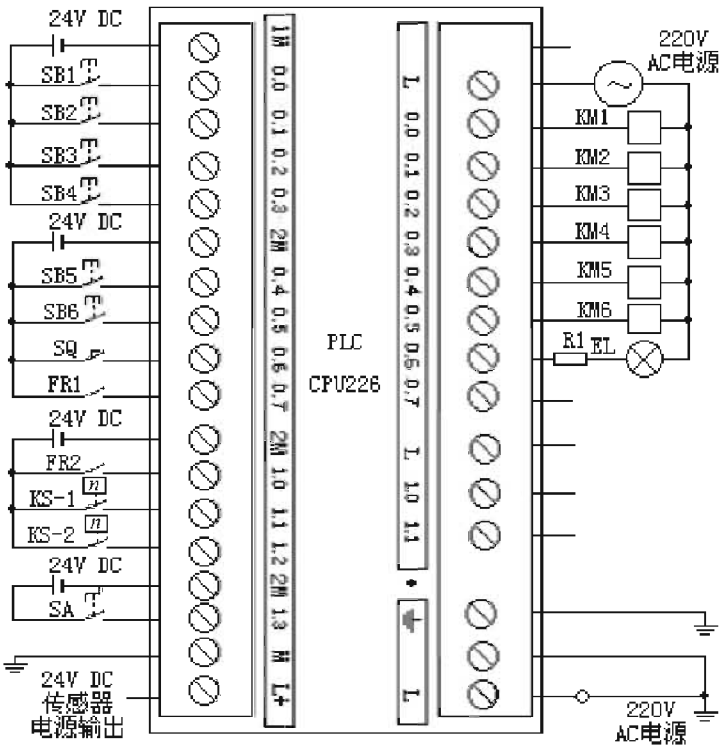


图 6-4 PLC改造C650车床控制线路的I/O接线图

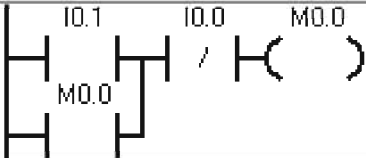
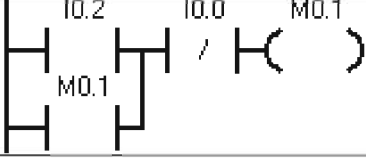
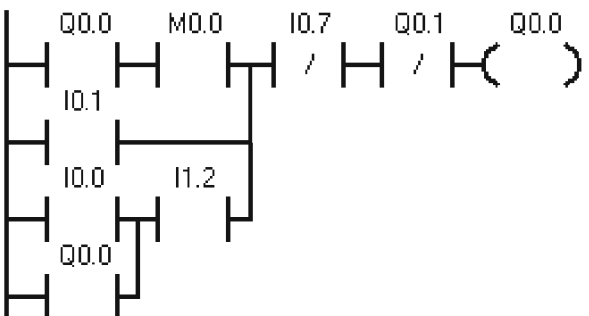
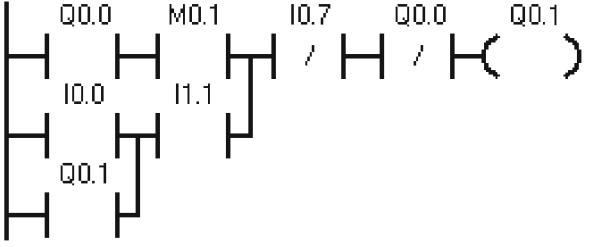
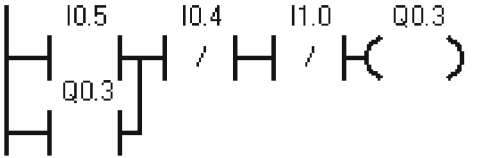
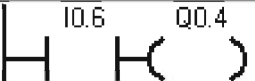
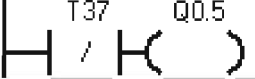
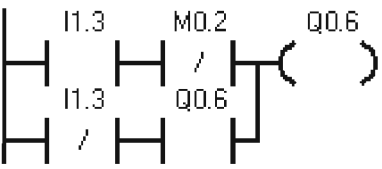
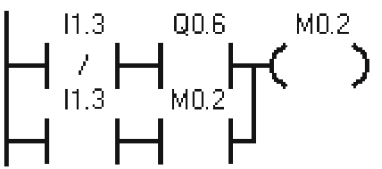
(3) PLC改造C650车床控制线路的程序设计

PLC改造C650车床控制线路的梯形图(LAD)及指令语句表(STL)如表6-4所示。

表 6-4 PLC改造C650车床控制线路的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O I0.2 O Q0.2 AN I0.0 AN I0.7 = Q0.2 TON T37, +50

续表

网 络	LAD	STL
网络 2		LD I0.1 O M0.0 AN I0.0 = M0.0
网络 3		LD I0.2 O M0.1 AN I0.0 = M0.1
网络 4		LD Q0.0 A M0.0 O I0.1 LD I0.0 O Q0.0 A I1.2 OLD AN I0.7 AN Q0.1 = Q0.0
网络 5		LD Q0.0 A M0.1 LD I0.0 O Q0.1 A I1.1 OLD AN I0.7 AN Q0.0 = Q0.1
网络 6		LD I0.5 O Q0.3 AN I0.4 AN I1.0 = Q0.3
网络 7		LD I0.6 = Q0.4
网络 8		LDN T37 = Q0.5
网络 9		LD I1.3 AN M0.2 LDN I1.3 A Q0.6 OLD = Q0.6
网络 10		LDN I1.3 A Q0.6 LD I1.3 A M0.2 OLD = M0.2

(4) PLC改造C650车床控制线路的程序设计说明

网络1为短接限流电阻R控制,当按下正向启动按钮SB3或反向启动按钮SB4时,I0.1或I0.2常开触点闭合,输出线圈Q0.2有效,为主电动机M1的正、反转启动控制作好准备。

网络2为主电动机M1正转启动控制,网络3为主电动机M1反转启动控制。网络4为主电动机M1正向运行控制,若网络2有效,或按下点动按钮SB1,或M1电动机反转KS-2触点闭合进行制动停车时,电动机M1正转。网络5为主电动机M1反向运行控制,若网络3有效,或M1电动机正转KS-1触点闭合进行制动停车时,电动机M1反转。

网络6为冷却泵电动机M2控制,当按下冷却泵电动机M2启动按钮SB6时,常开触点I0.6闭合,输出线圈Q0.3有效,电动机M2启动;当按下冷却泵电动机M2停止按钮SB5时,电动机M2停止。

网络7为快速移动电动机M3控制,当刀架手柄压动位置开关SQ时,M3电动机启动运行,经传动系统驱动溜板带动刀架快速移动。

网络8为电流表A短接控制,电动机M1在正转或反转启动时,先短接电流表A,经T37延时片刻后才将电流表接入电路中。

网络9和网络10为EL照明控制,照明开关SA按下奇数次时,EL亮;照明开关SA按下偶数次时,EL熄灭。

6.2 PLC改造钻床的设计

钻床是一种用来对工件进行钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹及修刮端面的加工机床。钻床按结构形式的不同,可分为立式钻床、卧式钻床、台式钻床、深孔钻床、摇臂钻床等。摇臂钻床是用得较广泛的一种钻床,它适用于单件或批量生产中带有多孔的大型零件的孔加工,是机械加工中常用的机床设备。

6.2.1 PLC改造Z37摇臂钻床的设计

Z37摇臂钻床主要由底座、内立柱、外立柱、摇臂、主轴箱和工作台等部件组成。内立柱固定在底座上,在它外面套着空心的外立柱,外立柱可绕着不动的内立柱回转 360° 。摇臂一端的套筒部分与外立柱滑动配合,借助于丝杆,摇臂可沿着外立柱上下移动,但两者不能作相对转动,因此摇臂与外立柱一起相对内立柱回转。主轴箱是一个复合的部件,它包括主轴及主轴旋转和进给运动(轴向前进移动)的全部传动变速和操作机构。主轴箱安装于摇臂的水平导轨上,可通过手轮操作使它沿着摇臂上的水平导轨作径向移动。当需要钻削加工时,可利用夹紧机构将主轴箱紧固在摇臂导轨上,摇臂紧固在外立柱上,外立柱紧固在内立柱上,以保证加工时主轴不会移动,刀具也不会振动。

工件不很大时,可将其压紧在工作台上加工;若工件较大,则可直接装在底座上加工。根据工件高度的不同,摇臂借助于丝杆可带动主轴箱沿外立柱升降。但在升降之前,摇臂应自动松开;当达到升降所需要位置时,摇臂应自动夹紧在立柱上。摇臂连同外立柱绕内立柱的回转运动依靠人力推动进行,但回转前必须先将外立柱松开。主轴箱沿摇臂上导轨的水平移动也是手动的,移动前也必须先将主轴箱松开。

摇臂钻床的主运动是主轴带动钻头的旋转运动;进给运动是钻头的上下运动;辅助运动

是指主轴箱沿摇臂水平移动、摇臂沿外立柱上下移动以及摇臂连同外立柱相对于内立柱的回转运动。

1. Z37 钻床传统继电器—接触器电气控制线路分析

Z37 钻床传统继电器—接触器电气控制线路如图 6-5 所示, 它由 4 台三相异步电动机进行拖动, 主轴电动机 M2 承担钻削及进给任务, 只要求旋转。主轴的正反转通过摩擦离合器来实现, 主轴转速和进刀量用变速机构调节。摇臂的升降和立柱的夹紧放松由电动机 M3 和 M4 拖动, 要求双向旋转, 冷却泵用电动机 M1 拖动。

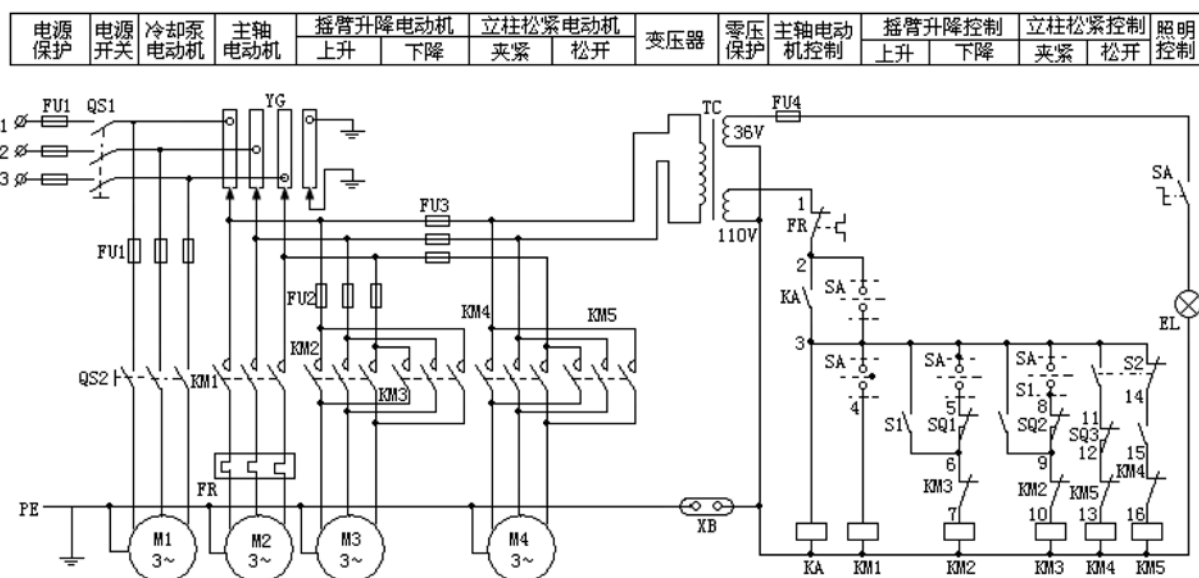


图 6-5 Z37 钻床传统继电器—接触器电气控制线路

(1) Z37 钻床主电路分析

Z37 摇臂钻床共有 4 台三相异步电动机, 其中主轴电动机 M2 由接触器 KM1 控制, 热继电器 FR 作过载保护, 主轴的正、反向控制由双向片式摩擦离合器来实现。摇臂升降电动机 M3 由接触器 KM2、KM3 控制, FU2 作短路保护。立柱松紧电动机 M4 由接触器 KM4 和 KM5 控制, FU3 作短路保护。冷却泵电动机 M1 是由组合开关 QS2 控制的, FU1 作短路保护。摇臂上的电气设备电源, 是通过转换开关 QS1 及汇流环 YG 引入的。

(2) Z37 钻床控制电路分析

合上电源开关 QS1, 控制电路的电源由控制变压器 TC 提供 110V 电压。Z37 摇臂钻床控制电路采用十字开关 SA 操作, 它有集中控制和操作方便等优点。十字开关由十字手柄和 4 个微动开关组成。根据工作需要, 可将操作手柄分别扳在孔槽内 5 个不同位置上, 即左、右、上、下和中间位置。为防止突然停电又恢复供电而造成的危险, 电路设有零压保护环节。零压保护是由继电器 KA 和十字开关 SA 来实现的。

① 主轴电动机 M2 的控制

主轴电动机 M2 的旋转是通过接触器 KM1 和十字开关 SA 控制的。首先将十字开关扳在左边位置, SA 的触点 (2—3) 闭合, 中间继电器 KA 获电吸合并自锁, 为其他控制电路接通作好准备。再将十字开关 SA 扳在右边位置, 这时 SA 的触点 (2—3) 分断后, SA 的触点 (3—4) 闭合, 接触器 KM1 线圈获电吸合, 主轴电动机 M2 通电旋转。主轴的正反转则由摩擦离合器手柄控制。将十字开关扳回中间位置, 接触器 KM1 线圈断电释放, 主轴电

动机 M2 停转。

② 摇臂升降控制

摇臂的放松、升降及夹紧的半自动工作顺序是通过十字开关 SA、接触器 KM2 和 KM3、位置开关 SQ1 和 SQ2 及鼓形组合开关 S1，控制电动机 M3 来实现的。

当工件与钻头的相对高度不合适时，可将摇臂升高或降低来调整。要使摇臂上升，应将十字开关 SA 的手柄从中间位置扳到向上位置，SA 的触点（3—5）接通，接触器 KM2 获电吸合，电动机 M3 启动正转。由于摇臂在升降前被夹紧在立柱上，所以 M3 刚启动时，摇臂不会上升，而是通过传动装置先把摇臂松开，这时鼓形组合开关 S1 的常开触点（3—9）闭合，为摇臂上升后的夹紧作好准备，随后摇臂才开始上升。当上升到所需位置时，将十字开关 SA 扳到中间位置，接触器 KM2 线圈断电释放，电动机 M3 停转。由于摇臂松开时，鼓形组合开关 S1 常开触点（3—9）已闭合，所以当接触器 KM2 线圈断电释放，其连锁触点（9—10）恢复闭合后，接触器 KM3 获电吸合，电动机 M3 启动反转，带动机械夹紧机构将摇臂夹紧，夹紧后鼓形开关 S1 的常开触点（3—9）断开，接触器 KM3 线圈断电释放，电动机 M3 停转。

要使摇臂下降，可将十字开关 SA 扳到向下位置，于是十字开关 SA 的触点（3—8）闭合，接触器 KM3 线圈获电吸合，其余动作情况与上升相似。要使摇臂上升或下降不致超出允许的极限位置，应在摇臂上升和下降的控制电路中分别串入位置开关 SQ1 和 SQ2 作限位保护。

③ 立柱的夹紧与松开控制

钻床工作时，外立柱夹紧在内立柱上。要使摇臂和外立柱绕内立柱转动，应首先扳动手柄放松外立柱。立柱的松开与夹紧是靠电动机 M4 的正反转拖动液压装置来完成的。电动机 M4 的正反转由组合开关 S2 和位置开关 SQ3、接触器 KM4 和 KM5 来实现。位置开关 SQ3 是由主轴箱与摇臂夹紧的机械手柄操作的。拨动手柄使 SQ3 的常开触点（14—15）闭合，接触器 KM5 线圈获电吸合，电动机 M4 拖动液压泵工作，使立柱夹紧装置放松。当夹紧装置完全放松时，组合开关 S2 的常开触点（3—14）断开，使接触器 KM5 线圈断电释放，电动机 M4 停转，同时 S2 的常闭触点（3—11）闭合，为夹紧作好准备。当摇臂转动到所需位置时，只需扳动手柄使位置开关 SQ3 复位，其常开触点（14—15）断开，而常闭触点（11—12）闭合，使接触器 KM4 线圈获电吸合，电动机 M4 带动液压泵反向运转，就可以完成立柱的夹紧动作。当完全夹紧后，组合开关 S2 复位，其常开触点（3—11）分断，常闭触点（3—14）闭合，使接触器 KM4 的线圈失电，电动机 M4 停转。

Z37 摇臂钻床的主轴箱在摇臂上的松开与夹紧和立柱的松开与夹紧是由同一台电动机 M4 拖动液压机构完成的。

④ 照明电路分析

照明电路的电源也是由变压器 TC 将 380V 的交流电压 u 降为 24V 安全电压来提供的。照明灯 EL 由开关 QS3 控制，由熔断器 FU4 作短路保护。

2. PLC 改造 Z37 钻床控制线路的设计

（1）PLC 改造 Z37 钻床控制线路的输入/输出分配表

PLC 改造 Z37 钻床控制线路时，十字开关 SA 用相应的按钮进行替代，照明灯开关 SA1 用按钮替代，冷却泵电动机用按钮和交流继电器进行控制。PLC 改造 Z37 钻床的输入/输出分配表如表 6-5 所示。

表 6-5 PLC 改造 Z37 钻床的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
总停止按钮	SB1	I0.0	主轴旋转控制	KM1	Q0.0
冷却泵电动机控制	SB2	I0.1	摇臂上升控制	KM2	Q0.1
启动电动机控制 SA (2—3)	SB3	I0.2	摇臂下降控制	KM3	Q0.2
主轴旋转控制 SA (3—4)	SB4	I0.3	立柱夹紧控制	KM4	Q0.3
摇臂上升控制 SA (3—5)	SB5	I0.4	立柱松开控制	KM5	Q0.4
摇臂下降控制 SA (3—8)	SB6	I0.5	冷却泵电动机控制	KM6	Q0.5
照明灯开关	SB7	I0.6	照明灯控制	EL	Q0.6
立柱夹紧控制 S2 (3—11)	SB8	I0.7			
立柱松开控制 S2 (3—14)	SB9	I1.0			
鼓形组合开关	S1	I1.1			
位置开关	SQ1	I1.2			
位置开关	SQ2	I1.3			
位置开关	SQ3	I1.4			

(2) PLC 改造 Z37 钻床控制线路的 I/O 接线图

PLC 改造 Z37 钻床控制线路时,需要 13 个输入点和 7 个输出点,因此 PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU224。PLC 改造 Z37 钻床控制线路的 I/O 接线图如图 6-6 所示,图中 EL 串联合适规格的电阻以降低其工作电压。

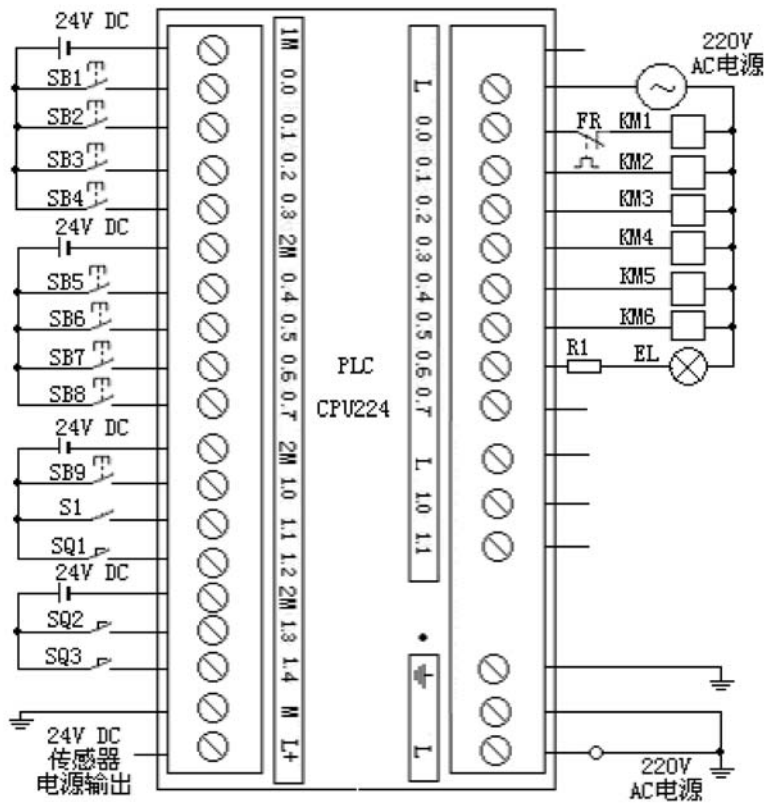


图 6-6 PLC 改造 Z37 钻床控制线路的 I/O 接线图

(3) PLC 改造 Z37 钻床控制线路的程序设计

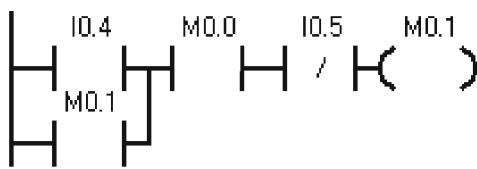
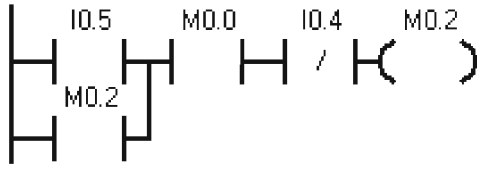
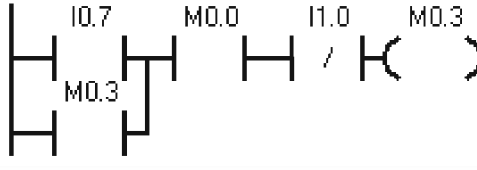
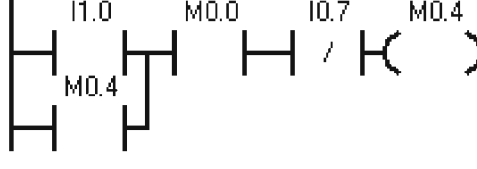
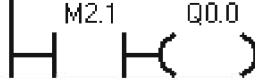
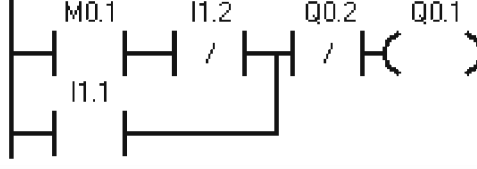
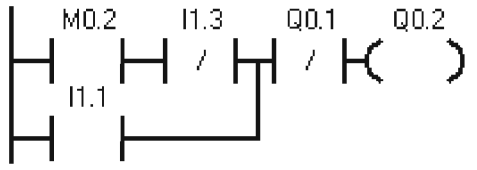
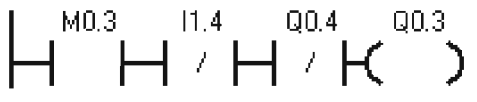
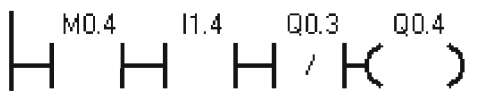
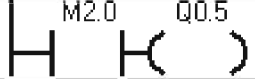
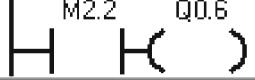
PLC 改造 Z37 钻床控制线路的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 6-6 所示。

表 6-6

PLC 改造 Z37 钻床控制线路的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.2 O M0.0 AN IO.0 = M0.0
网络 2		LD IO.1 AN M1.0 LDN IO.1 A M2.0 OLD A M0.0 = M2.0
网络 3		LDN IO.1 A M2.0 LD IO.1 A M1.0 OLD = M1.0
网络 4		LD IO.3 AN M1.1 LDN IO.3 A M2.1 OLD A M0.0 = M2.1
网络 5		LDN IO.3 A M2.1 LD IO.3 A M1.1 OLD = M1.1
网络 6		LD IO.6 AN M1.2 LDN IO.6 A M2.2 OLD = M2.2
网络 7		LDN IO.6 A M2.2 LD IO.6 A M1.2 OLD = M1.2

续表

网 络	LAD	STL
网络 8		LD IO.4 O M0.1 A M0.0 AN IO.5 = M0.1
网络 9		LD IO.5 O M0.2 A M0.0 AN IO.4 = M0.2
网络 10		LD IO.7 O M0.3 A M0.0 AN I1.0 = M0.3
网络 11		LD I1.0 O M0.4 A M0.0 AN IO.7 = M0.4
网络 12		LD M2.1 = Q0.0
网络 13		LD M0.1 AN I1.2 O I1.1 AN Q0.2 = Q0.1
网络 14		LD M0.2 AN I1.3 O I1.1 AN Q0.1 = Q0.2
网络 15		LD M0.3 AN I1.4 AN Q0.4 = Q0.3
网络 16		LD M0.4 A I1.4 AN Q0.3 = Q0.4
网络 17		LD M2.0 = Q0.5
网络 18		LD M2.2 = Q0.6

(4) PLC改造Z37钻床控制线路的程序设计说明

网络1为电动机启动控制,当按下电动机启动按钮SB3时,M1~M4才能进行启动工作。网络2、网络3为冷却泵启动控制,当按下SB2奇数次时表示启动;按下偶数次时表示停止。网络4、网络5为主轴旋转控制,当按下SB4奇数次时表示启动主轴旋转;按下偶数次时停止主轴旋转。网络6、网络7为照明控制,当按下SB7奇数次时照明灯亮;按下偶数次时照明灯熄灭。

网络8为摇臂上升控制,网络9为摇臂下降控制。网络10为立柱夹紧控制,网络11为立柱松开控制。

当按下SB4奇数次时,网络4的M2.1线圈有效输出,使网络12驱动主轴电动机M2运行。网络13、网络14控制摇臂升降电动机M3进行上升或下降动作。网络15、网络16控制立柱松紧电动机M4进行夹紧或松开动作。网络17控制冷却泵电动机M1工作。网络18控制照明是否点亮。

6.2.2 PLC改造Z3040摇臂钻床的设计

Z3040摇臂钻床由底座、内立柱、外立柱、摇臂、主轴箱和工作台等部件组成。Z3040摇臂钻床主要有主运动、进给运动和辅助运动。主运动是主轴带动钻头的旋转运动;进给运动是钻头的上下运动;辅助运动有摇臂沿外立柱的上下垂直移动、主轴箱沿摇臂水平导轨的径向移动、摇臂连同外立柱一起相对于内立柱的回转运动。

由于钻床的运动部件较多,Z3040摇臂钻床采用多台电动机拖动,主运动和进给运动共用一台电动机拖动,通过机械变速机构调节主轴转速和进刀量。Z3040摇臂钻床主轴调速范围是80(转速25~2000r/min),分16级变速;进给运动的调速范围也是80,最低0.04mm/min,最高3.2mm/min。主轴正反转是通过液压油缸推动正反转摩擦离合器进行控制的。主轴箱、摇臂、内外立柱的夹紧动作采用液压传动菱形块夹紧机构。

1. Z3040钻床传统继电器—接触器电气控制线路分析

Z3040摇臂钻床由主轴电动机M1、摇臂升降电动机M2、液压泵电动机M3和冷却泵电动机M4这4台三相异步电动机进行拖动。4台电动机容量较小,采用直接启动方式。主轴要求正反转,采用机械方法实现,主轴电动机单向旋转。液压泵电动机用来驱动液压泵送出不同流向的压力油,推动活塞、带动菱形块动作来实现内外立柱的夹紧与放松以及主轴箱的夹紧与放松。

主轴箱上装有4个按钮SB1、SB2、SB3、SB4,它们分别是主电动机的停止、启动、摇臂上升、下降控制按钮。主轴箱转盘上的2个按钮SB5、SB6分别为主轴箱及立柱松开按钮和夹紧按钮。Z3040摇臂钻床传统继电器—接触器电气控制线路如图6-7所示,它由主电路和控制电路组成。

(1) Z3040摇臂钻床主电路分析

Z3040摇臂钻床的三相电源由断路器QF控制,熔断器FU作短路保护,主轴电动机M1为单向旋转,由接触器KM1控制,设有热继电器FR1作过载保护。摇臂升降电动机M2由接触器KM2、KM3控制,可进行正反转,因摇臂旋转是短时的,所以不用设置过载保护。液压泵电动机M3由主接触器KM4、KM5控制,可进行正反转,设有热继电器FR2作过载保护。冷却泵电动机M4由组合转换开关SA1控制。

(2) Z3040摇臂钻床控制电路分析

控制电路电源由控制变压器TC降压后供给110V电压,熔断器FU3作为短路保护。

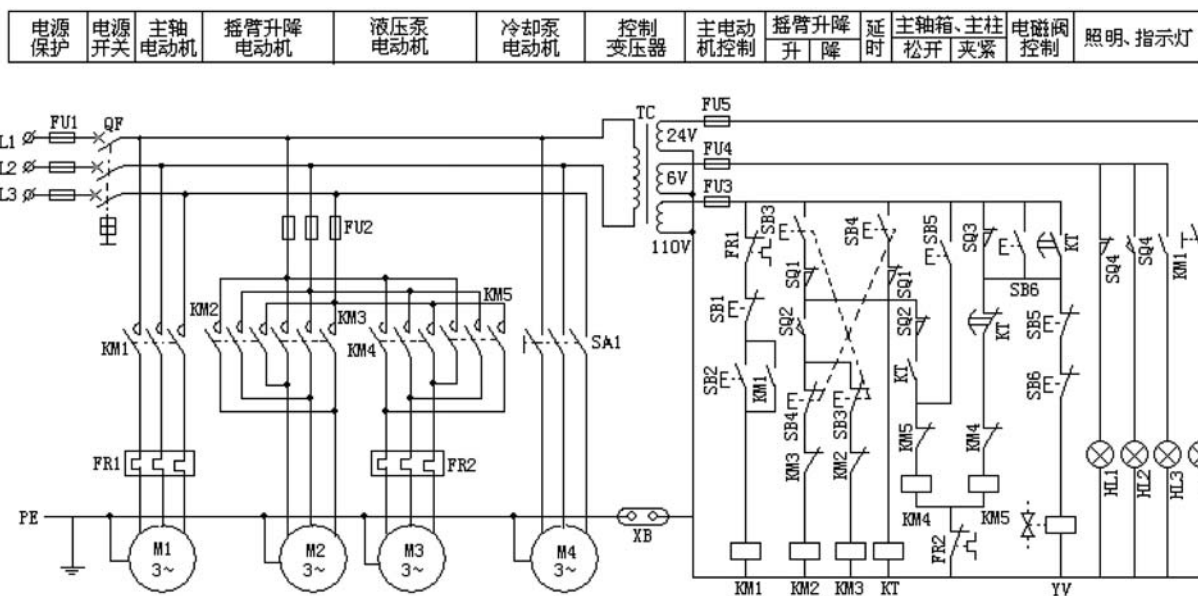


图 6-7 Z3040 摇臂钻床传统继电器—接触器电气控制线路

① 主轴电动机的控制

按下启动按钮 SB2，KM1 线圈得电并自锁，KM1 主触点闭合，使主轴电动机 M1 启动。当按下停止按钮 SB1 时，断开了 KM1 线圈的电源，主轴电动机 M1 停止运行。

② 摇臂松开、升降、夹紧控制

摇臂的松开、升降、夹紧操作是按顺序进行控制的。摇臂上升时，按下上升按钮 SB3，SB3 的常闭触点先断开，切断 KM3 线圈回路，SB3 的常开触点后闭合，时间继电器 KT 线圈得电。KT 两对瞬时常开触点闭合，瞬时常闭触点断开，其中一对触点闭合使 KM4 线圈得电，另一对触点闭合使电磁阀 YV 线圈通电。KM4 线圈得电，从而控制液压泵电动机 M3 启动，拖动液压泵送出压力油，经二位六通阀进入摇臂松开油腔，推动活塞和菱形块，使摇臂松开。同时活塞杆通过弹簧片压动行程开关 SQ2，SQ2 常闭触点断开，接触器 KM4 断电释放，液压泵电动机停止旋转，摇臂维持在松开状态。同时，SQ2 常开触点闭合，使 KM2 线圈得电吸合，摇臂升降电动机 M2 启动旋转，拖动摇臂上升。

当摇臂上升至所需位置时，松开按钮 SB3，接触器 KM2 和时间继电器 KT 同时断电，M2 依惯性停止，摇臂停止上升。时间继电器断电后，经 1~3s 的延时后，KT 常闭触点闭合，使 KM5 线圈得电。KM5 线圈得电，主触点闭合，使液压泵电动机 M3 反转。KT 常开触点断开，使电磁阀 YV 线圈失电。送出的压力油经另一条油路流入二位六通阀，再进入摇臂夹紧油腔，反向推动活塞与菱形块，使摇臂夹紧。

当摇臂夹紧后，活塞杆通过弹簧片压动行程开关 SQ3，使 SQ3 常闭触点断开，从而切断 KM5 线圈电源，液压泵电动机 M3 停止运转，摇臂夹紧完成。

摇臂下降时按下按钮 SB4 即可，其设备操作过程与摇臂上升过程类似。摇臂升降由 SQ1 作限位保护。

③ 主轴箱与立柱的夹紧与松开控制

主轴箱与立柱的夹紧与松开均采用液压操纵，两者是同时进行的，工作时要求二位六通阀 YV 不通电。当要使主轴箱与立柱松开时，按下按钮 SB5，接触器 KM4 通电吸合，M3 电动机正转，拖动液压泵高压油从油泵油路流出，此时 SB5 的常闭触点断开，电磁阀线圈 YV

不通电，压力油经二位六通电磁阀到右侧油路，进入立柱与主轴箱松开油腔，推动活塞和菱形块使立柱和主轴箱同时松开。

按下按钮 SB6，接触器 K5 通电吸合，液压油泵电动机 M3 反转，电磁阀 YV 仍不通电，压力油从油泵左侧油路流出，进入主轴箱及立柱油箱右腔，使二者夹紧。

④ 冷却泵电动机 M4 的控制

扳动手动开关 SA1 时，冷却泵电动机 M4 启动，单向运行。

⑤ 照明和信号指示灯控制

HL1 为主轴箱与立柱松开指示灯，当主轴箱与立柱夹紧时，SQ4 常闭触点断开，此时 HL1 灯熄灭；当主轴箱与立柱松开时，SQ4 常闭触点复位闭合，此时 HL1 灯亮。

HL2 为主轴箱与立柱夹紧指示灯，当主轴箱与立柱松开时，SQ4 常开触点断开，此时 HL1 灯熄灭；当主轴箱与立柱夹紧时，SQ4 常开触点复位闭合，此时 HL2 灯亮。

HL3 为主轴旋转工作指示灯，当主轴电动机工作时，KM1 常开辅助触点闭合，HL3 亮。

EL 为主轴旋转工作照明灯，扳动转换开关 SA 时，EL 亮。

2. PLC 改造 Z3040 摇臂钻床控制线路的设计

(1) PLC 改造 Z3040 摇臂钻床控制线路的输入/输出分配表

PLC 改造 Z3040 摇臂钻床控制线路时，照明开关可使用普通的按钮开关代替，冷却泵电动机由 KM6 控制，其控制开关使用普通的按钮开关代替。PLC 改造 Z3040 摇臂钻床的输入/输出分配表如表 6-7 所示。

表 6-7 PLC 改造 Z3040 摇臂钻床的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
主轴电动机 M1 停止按钮	SB1	I0.0	主轴电动机 M1 控制	KM1	Q0.0
主轴电动机 M1 启动按钮	SB2	I0.1	摇臂电动机 M2 上升控制	KM2	Q0.1
摇臂上升控制	SB3	I0.2	摇臂电动机 M2 下降控制	KM3	Q0.2
摇臂下降控制	SB4	I0.3	主轴箱、立柱松开控制	KM4	Q0.3
立柱放松控制	SB5	I0.4	主轴箱、立柱夹紧控制	KM5	Q0.4
立柱夹紧控制	SB6	I0.5	冷却泵电动机控制	KM6	Q0.5
行程开关	SQ1	I0.6	松开指示	HL1	Q0.6
行程开关	SQ2	I0.7	夹紧指示	HL2	Q0.7
行程开关	SQ3	I1.0	主电动机工作指示	HL3	Q1.0
行程开关	SQ4	I1.1	照明灯控制	EL	Q1.1
冷却泵电动机 M4 控制	SA1	I1.2	电磁阀控制	YV	Q1.2
照明灯控制	SA2	I1.3			

(2) PLC 改造 Z3040 摇臂钻床控制线路的 I/O 接线图

PLC 改造 Z3040 摇臂钻床控制线路时，需要 12 个输入点和 11 个输出点，因此 PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU226。PLC 改造 Z3040 摇臂钻床控制线路的 I/O 接线图如图 6-8 所示，图中照明灯和指示灯串联合适规格的电阻以降低其工作电压。

(3) PLC 改造 Z3040 摇臂钻床控制线路的程序设计

PLC 改造 Z3040 摇臂钻床控制线路的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 6-8 所示。

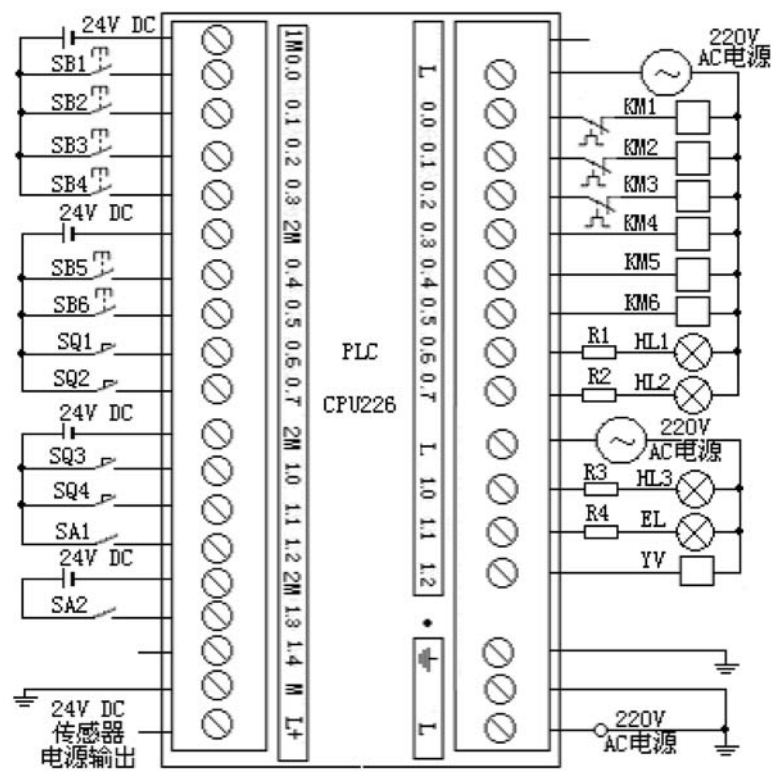
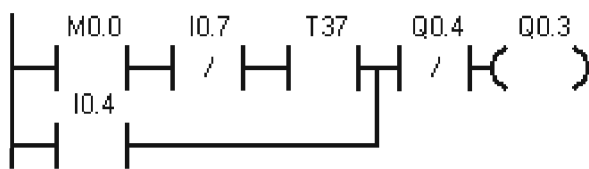
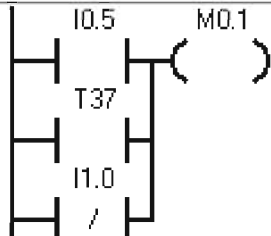
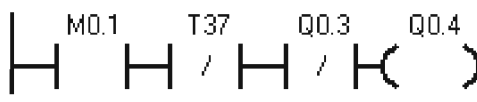
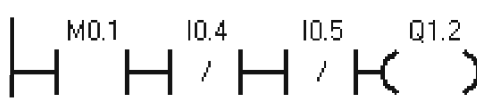
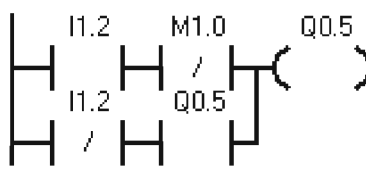
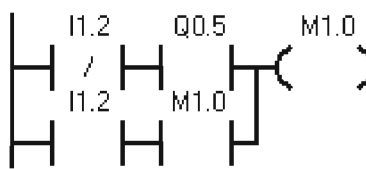
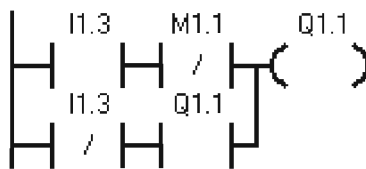
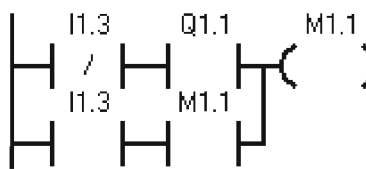
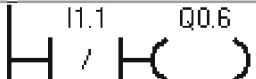


图 6-8 PLC 改造 Z3040 摇臂钻床控制线路的 I/O 接线图

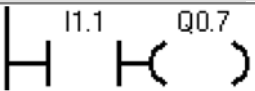
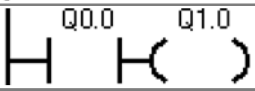
表 6-8 PLC 改造 Z3040 摇臂钻床控制线路的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O Q0.0 AN I0.0 = Q0.0
网络 2		LD I0.2 AN I0.6 LD I0.3 AN I0.6 OLD = M0.0 TON T37, +50
网络 3		LD M0.0 A I0.7 LPS AN I0.3 AN Q0.2 = Q0.1 LPP AN I0.2 AN Q0.1 = Q0.2

续表

网 络	LAD	STL
网络 4		LD M0.0 AN I0.7 A T37 O I0.4 AN Q0.4 = Q0.3
网络 5		LD I0.5 O T37 ON I1.0 = M0.1
网络 6		LD M0.1 AN T37 AN Q0.3 = Q0.4
网络 7		LD M0.1 AN I0.4 AN I0.5 = Q1.2
网络 8		LD I1.2 AN M1.0 LDN I1.2 A Q0.5 OLD = Q0.5
网络 9		LDN I1.2 A Q0.5 LD I1.2 A M1.0 OLD = M1.0
网络 10		LD I1.3 AN M1.1 LDN I1.3 A Q1.1 OLD = Q1.1
网络 11		LDN I1.3 A Q1.1 LD I1.3 A M1.1 OLD = M1.1
网络 12		LDN I1.1 = Q0.6

续表

网 络	LAD	STL
网络 13		LD I1.1 = Q0.7
网络 14		LD Q0.0 = Q1.0

6.3 PLC 改造磨床的设计

磨床是用砂轮周边或端面对工件的表面进行磨削加工的一种精密机床。为适应磨削各种加工表面、工件形状及生产批量的要求，磨床的种类很多，根据用途的不同可分为平面磨床、内圆磨床、外圆磨床、无心磨床以及一些像螺纹磨床、球面磨床、齿轮磨床、导轨磨床等的专用磨床。

6.3.1 PLC 改造 M7120 磨床的设计

M7120 平面磨床是卧轴矩形工作台，它主要由床身、工作台、电磁吸盘、砂轮箱、滑座、立柱等部分组成。

M7120 平面磨床的主要运动是砂轮的旋转运动，磨削时砂轮外圆线速度为 30~50m/s。工作台在床身的水平导轨上作往复（纵向）直线运动，为了运动时换向平稳及容易调整运动速度，采用液压传动。换向是靠工作台的撞块撞床身上的液压开关实现的。立柱可在床身的横向导轨上作横向进给运动，这一运动可以由液压传动，也可用手轮操作。砂轮箱可在立柱导轨上作垂直运动，以实现砂轮的垂直进给运动。

1. M7120 平面磨床传统继电器—接触器电气控制线路分析

M7120 平面磨床传统继电器—接触器电气控制线路如图 6-9 所示。M7120 平面磨床由 4 台电动机控制，其中 M1 是液压泵电动机，M2 是砂轮电动机，M3 是冷却泵电动机，M4 是砂轮升降电动机。砂轮的旋转运动一般不要求调速，M1、M2、M3 都只要求单方向旋转，而 M4 要求能正反转。冷却泵电动机应在砂轮电动机启动后才运转，电磁吸盘应有去磁控制。

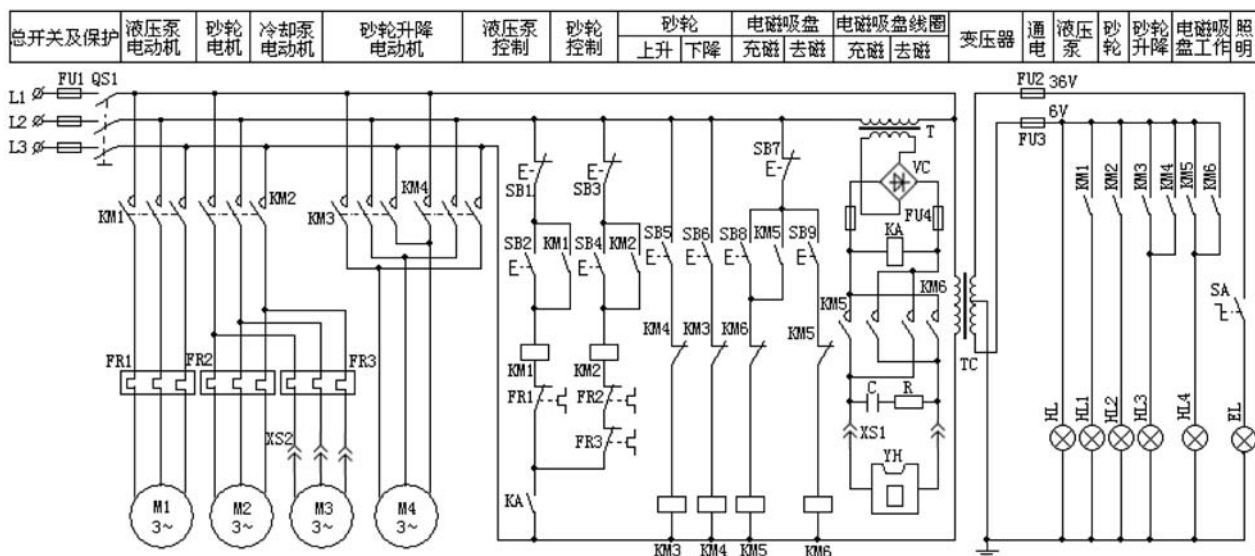


图 6-9 M7120 平面磨床传统继电器—接触器电气控制线路



(1) M7120 平面磨床主电路分析

电源由主开关 QS1 引入,熔断器 FU1 为整个电气线路的短路保护。热继电器 FR1、FR2、FR3 分别为 M1、M2、M3 的过载保护。由于冷却泵电动机和床身是分开的,故冷却泵电动机 M3 用插头插座 XS2 和电源接通。砂轮升降电动机由接触器 KM3 的动合触点控制其正转(砂轮上升),由 KM4 的动合触点控制其反转(砂轮下降)。

(2) M7120 平面磨床控制电路分析

控制电路采用交流 380V 电压,在欠电压继电器 KA 通电后,其动合触点闭合,使液压泵电动机及砂轮电动机的控制回路具备通电的前提条件。

按下启动按钮 SB2, KM1 接触器线圈通电,主触点闭合,使 M1 启动,同时 KM1 的一个常开辅助触点闭合,形成自锁。

SB4 为砂轮电动机启动按钮,按下 SB4,接触器 KM2 线圈得电,其主触点闭合使 M2 启动,若冷却泵已经将插头插座连接,则 M3 同时启动。热继电器 FR2 和 FR3 的动断触点串接于 KM2 的线圈控制回路,不论电动机 M2 和 M3 中任一个过负荷,都会使 KM2 线圈断电, M2 和 M3 同时停转。

砂轮升降电动机 M4 由接触器 KM3 控制其正转(上升), KM4 控制其反转(下降)。由于砂轮上升或下降控制电路内没有自锁触点,当砂轮上升或下降到预定位置时,松开上升按钮 SB5 或下降按钮 SB6,砂轮升降电动机 M4 停止工作。在 KM3 控制电路中串接 KM4 的辅助常闭触点,在 KM4 控制电路中串接 KM3 的辅助常闭触点,以实现互锁,保证 KM3 和 KM4 不能同时通电,避免造成电源短路。

电磁吸盘线圈 YH 采用直流供电,以避免交流供电时工件振动有铁芯发热的缺点。整流装置由整流变压器 T 和桥式整流器 VC 组成,输出 110V 直流电压,熔断器 FU4 作为它的短路保护。电磁吸盘线圈两端并接有电阻 R 和电容 C,形成过电压吸收回路,用以消除线圈两端产生的感应电压的影响。当电源电压过低时,吸盘吸力不足,会导致加工过程中工件飞离吸盘,所以吸盘线圈并接有欠电压继电器 KA,电源电压过低时,串接在 KM1、KM2 线圈控制电路中的 KA 常开触点断开,切断 KM1、KM2 线圈电路,使砂轮电动机 M2 和液压电动机 M1 停止工作,确保安全生产。

电磁吸盘的充磁由交流接触器 KM5 控制,去磁由交流接触器 KM6 控制。SB8 为充磁按钮,SB7 为充磁停止按钮。当按下充磁按钮 SB8 时, KM5 线圈通电,其辅助常开触点闭合,实现自锁。当工件加工完毕后,先按下 SB7 停止充磁,由于吸盘和工件在停止充磁后仍有剩磁,所以还需对吸盘及工件进行去磁。按下去磁按钮 SB9, KM6 线圈得电, KM6 的主触点闭合,使电磁吸盘线圈 YH 通以反向电流,为防止反向磁化,去磁控制采用 SB9 点动控制。

2. PLC 改造 M7120 平面磨床控制线路的设计

(1) PLC 改造 M7120 平面磨床控制线路的输入/输出分配表

PLC 改造 M7120 平面磨床控制线路时,照明开关可使用普通的按钮开关代替, KA 欠电压继电器作为一路输入信号。电源电压过低时, KA 有效,切断 KM1、KM2 线圈电路,使砂轮电动机 M2 和液压电动机 M1 停止工作。各指示灯与相应输出并联,以节省输出端子。PLC 改造 M7120 平面磨床的输入/输出分配表如表 6-9 所示。

表 6-9 PLC 改造 M7120 平面磨床的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
欠电压继电器 KA 触点	KA	I0.0	液压泵电动机 M1 控制	KM1	Q0.0
液压泵停止按钮	SB1	I0.1	M2、M3 电动机控制	KM2	Q0.1
液压泵启动控制	SB2	I0.2	砂轮电动机上升控制	KM3	Q0.2
砂轮停止按钮	SB3	I0.3	砂轮电动机下降控制	KM4	Q0.3
砂轮启动按钮	SB4	I0.4	电磁吸盘充磁控制	KM5	Q0.4
砂轮上升控制按钮	SB5	I0.5	电磁吸盘去磁控制	KM6	Q0.5
砂轮下降控制按钮	SB6	I0.6	电源指示灯	HL	Q0.6
电磁吸盘充磁停止按钮	SB7	I0.7	照明灯	EL	Q0.7
电磁吸盘充磁按钮	SB8	I1.0			
电磁吸盘去磁按钮	SB9	I1.1			
照明灯控制	SA	I1.2			

(2) PLC 改造 M7120 平面磨床控制线路的 I/O 接线图

PLC 改造 M7120 平面磨床控制线路时，需要 11 个输入点和 8 个输出点，因此 PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU226。电磁吸盘线圈控制部分只画出充磁和去磁控制继电器 KM5、KM6 的输出线圈，其余部分不作进一步讨论。PLC 改造 M7120 平面磨床控制线路的 I/O 接线图如图 6-10 所示，图中照明灯和指示灯串联合适规格的电阻以降低其工作电压。

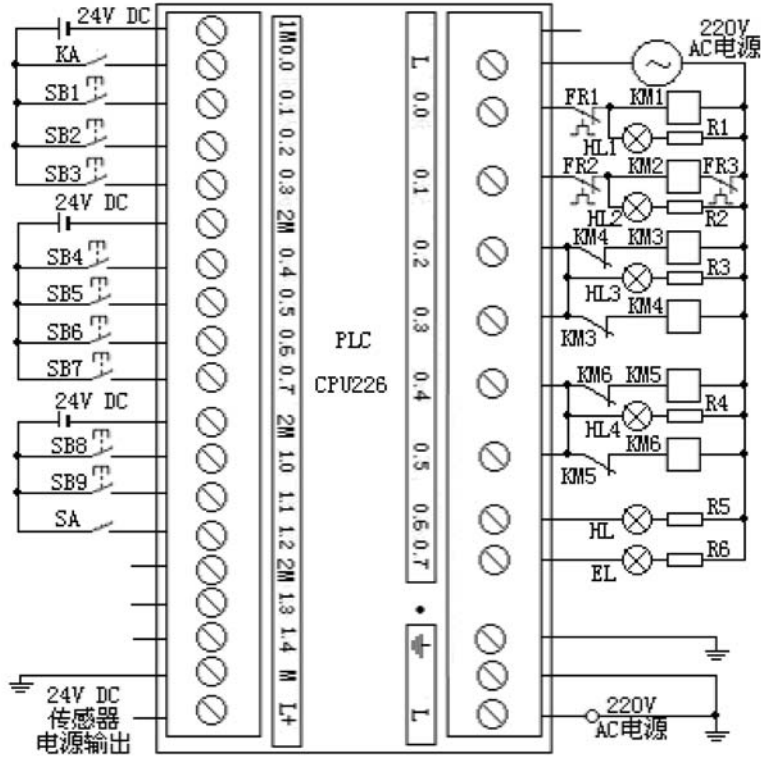
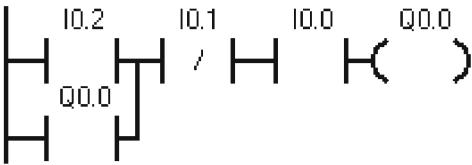
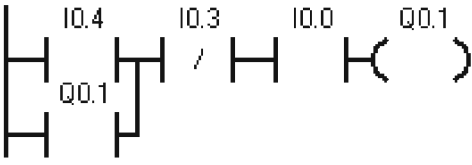
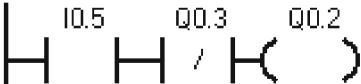
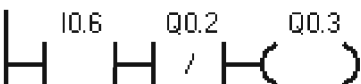
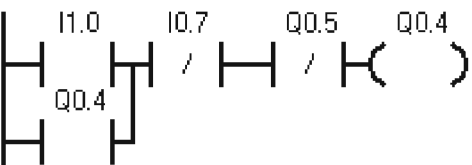
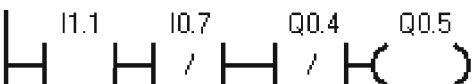
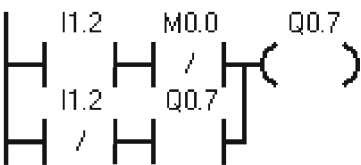
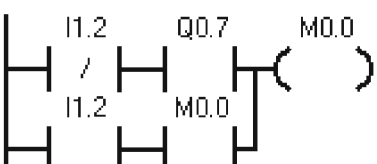


图 6-10 PLC 改造 M7120 平面磨床控制线路的 I/O 接线图

(3) PLC 改造 M7120 平面磨床控制线路的程序设计

PLC 改造 M7120 平面磨床控制线路的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 6-10 所示。

表 6-10 PLC 改造 M7120 平面磨床控制线路的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD SM0.0 = Q0.6
网络 2		LD I0.2 O Q0.0 AN I0.1 A I0.0 = Q0.0
网络 3		LD I0.4 O Q0.1 AN I0.3 A I0.0 = Q0.1
网络 4		LD I0.5 AN Q0.3 = Q0.2
网络 5		LD I0.6 AN Q0.2 = Q0.3
网络 6		LD I1.0 O Q0.4 AN I0.7 AN Q0.5 = Q0.4
网络 7		LD I1.1 AN I0.7 AN Q0.4 = Q0.5
网络 8		LD I1.2 AN M0.0 LDN I1.2 A Q0.7 OLD = Q0.7
网络 9		LDN I1.2 A Q0.7 LD I1.2 A M0.0 OLD = M0.0

(4) PLC 改造 M7120 平面磨床控制线路的程序设计说明

合上电源时, 指示灯 HL 亮, 因此网络 1 中使用 SM0.0 表示电源始终有效, 并驱动 HL 亮。网络 2 和网络 3 中的 I0.0 表示欠电压继电器的输入信号, 当电源电压正常时, 欠电压继电器的 KA 触点闭合, 使 I0.0 有效; 当电源电压过低时, I0.0 无效。网络 2 控制液压泵电动机 M1 工作; 网络 3 控制砂轮电动机 M2 和冷却泵电动机 M3 工作; 网络 4 控制砂轮电动机

上升，网络 5 控制砂轮电动机下降；网络 6 控制电磁吸盘充磁，网络 7 控制电磁吸盘去磁；网络 8、网络 9 为照明灯控制。

6.3.2 PLC 改造 M7130 磨床的设计

M7130 平面磨床是用砂轮磨削加工各种零件的平面，磨削时砂轮和工件接触面积小，发热量少，冷却和排屑条件好，其操作方便，磨削精度和光洁度都比较高，适用于磨削精密零件和各种工具，并可作镜面磨削。

M7130 平面磨床的主要运动是砂轮的旋转运动，磨削时砂轮外圆线速度为 $30 \sim 50\text{m/s}$ 。辅助运动是工作台的纵向往复运动及砂轮的横向和垂直进给运动。工作台在床身的水平导轨上作往复（纵向）直线运动，每完成一次砂轮架横向进给一次，从而对整个平面进行加工。当整个平面磨完一遍后，砂轮在垂直于工件表面的方向移动一次，使工件磨到所需尺寸。

1. M7130 平面磨床传统继电器—接触器电气控制线路分析

M7130 平面磨床传统继电器—接触器的电气控制线路如图 6-11 所示，该线路由主电路、控制电路、电磁吸盘电路和照明电路组成。

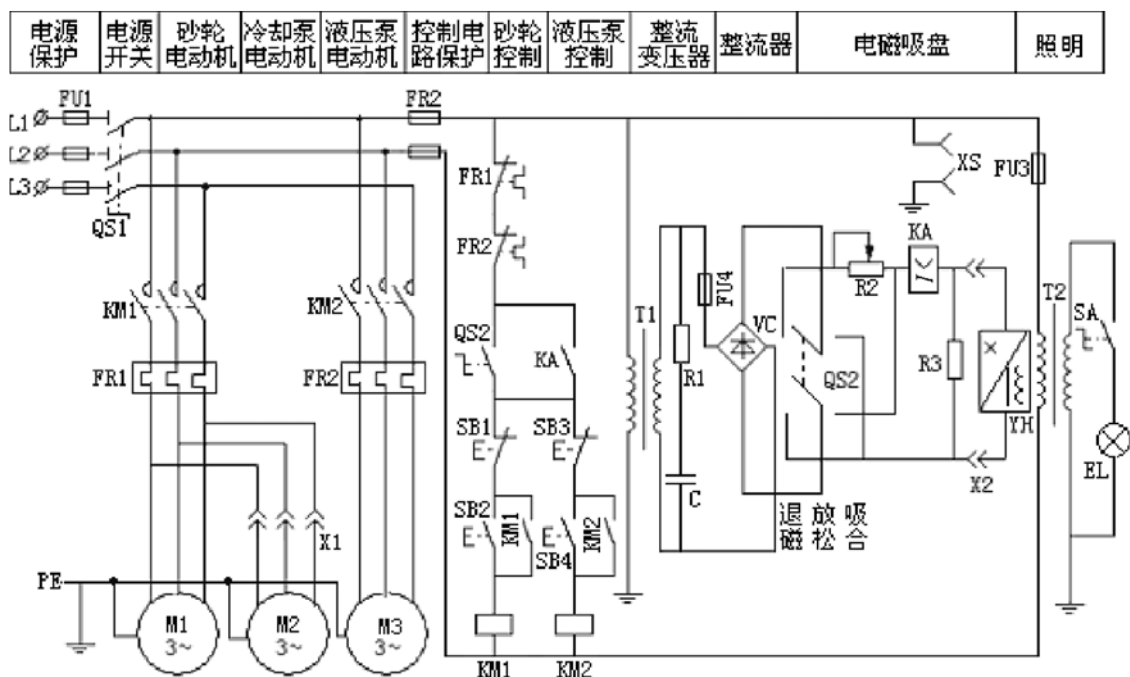


图 6-11 M7130 平面磨床传统继电器—接触器电气控制线路

(1) M7130 平面磨床主电路分析

M7130 平面磨床主电路有 3 台电动机，其中 M1 为砂轮电动机，M2 为冷却泵电动机，M3 为液压泵电动机。总电源由 QS1 引入，3 台电动机共用一组熔断器 FU1 作为短路保护。M1 电动机由 KM1 控制，FR1 作过载保护。由于冷却泵箱和床身是分装的，所以 M2 电动机通过接插器 X1 和砂轮电动机的电源线相连顺序控制，冷却泵电动机的容量较小，因此没有设置过载保护。M3 电动机由 KM2 控制，FR2 作过载保护。

(2) M7130 平面磨床控制电路分析

在 M7130 平面磨床的控制电路中，KM1 线圈和 KM2 线圈分别串接了转换开关 QS2 的

常开触点和欠电流继电器 KA 的常开触点。因此, 3 台电动机的启动必须使 QS2 或 KA 的常开触点闭合才能进行。欠电流继电器 KA 的线圈串接在电磁吸盘 YH 的工作回路中, 当电磁吸盘得电工作时, 欠电流继电器 KA 线圈得电吸合, 使 KA 的常开触点闭合。

当 QS2 和 KA 的常开触点闭合时, 按下启动按钮 SB2, KM1 线圈得电, KM1 常开辅助触点闭合自锁, KM1 主触点闭合, 使砂轮电动机启动运行; 按下启动按钮 SB4, KM2 线圈得电, KM2 常开辅助触点闭合自锁, KM2 主触点闭合, 使液压泵电动机启动运行。在砂轮电动机启动运行中, 将接插器 X1 连接时, 冷却泵电动机顺序启动运行。若按下 SB1 和 SB4 分别控制 KM1 和 KM2 线圈断电, 则相应电动机停止运行。

(3) M7130 平面磨床电磁吸盘电路分析

电磁吸盘是固定加工工件的一种工具, 它是利用电磁吸盘线圈通电时产生磁场的特性吸牢铁磁材料的工件。与机械夹紧装置相比, 电磁吸盘具有夹紧迅速, 操作快速、简便, 不损伤工件, 一次能吸牢多个小工件, 以及磨削中发热工件可自由伸缩、不会变形等优点。

电磁吸盘线圈采用直流供电, 以避免交流供电时工件振动及铁芯发热。电磁吸盘电路包括整流电路、控制电路和保护电路 3 部分。

整流变压器 T1 将 220V 的交流电降为 145V, 经桥式整流器 VC, 输出 110V 直流电压。FU4 为其提供短路保护。

QS2 是电磁吸盘 YH 的转换开关(又称退磁开关), 可将它扳向“吸合”、“放松”、“退磁”3 个位置。当 QS2 扳向“吸合”位置时(触点向右接通), 110V 直流电就接入电磁吸盘 YH, 工件被牢牢吸住。同时欠电流继电器 KA 线圈得电吸合, KA 常开触点闭合, 使 3 台电动机可进行启动控制。当工件加工完后, 将 QS2 扳到“放松”位置(触点处于中间位置), 切断了电磁吸盘 YH 的直流电源, 此时由于工件具有剩磁而不能取下, 因此还需对吸盘及工件进行退磁。将 QS2 扳向“退磁”位置时(触点向左接通), 110V 直流电经 R2 限流, 使 YH 通入电流较小的反向电流以进行退磁。退磁结束时, 将 QS2 扳回到“放松”位置, 将工件取下。当有些工件不易退磁时, 将附件退磁器的插头插入 XS, 使工件在交变磁场的作用下进行退磁。

电磁吸盘的保护电路由放电电阻 R3 和欠电流继电器 KA 组成, 当电源电压过低时, 吸盘吸力不足, 会导致加工过程中工件飞离吸盘, 所以电源电压过低时, 串接在 KM1、KM2 线圈控制回路中的动合触点断开, 切断 KM1、KM2 线圈电路, 使砂轮电动机和液压泵电动机停止工作。电磁吸盘线圈两端并接 R1 和电容 C, 形成过电压吸收电路, 用来消除线圈两端产生的感生电压的影响。

(4) M7130 平面磨床照明电路分析

照明变压器将 380V 交流电降为 36V 的安全电压供给照明电路。将开关 SA 合上时, 照明灯 EL 亮。

2. PLC 改造 M7130 平面磨床控制线路的设计

(1) PLC 改造 M7130 平面磨床控制线路的输入/输出分配表

PLC 改造 M7130 平面磨床控制线路时, 照明开关可使用普通的按钮开关代替, KA 欠电压继电器作为一路输入信号。电磁吸盘转换开关 QS2 用两个按钮开关进行替代, 接插器 X1 可用 KM3 来替代, 并由按钮进行控制。PLC 改造 M7130 平面磨床的输入/输出分配表如表 6-11 所示。

表 6-11 PLC 改造 M7130 平面磨床的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
欠电压继电器 KA 触点	KA	I0.0	砂轮电动机 M1 控制	KM1	Q0.0
砂轮停止按钮	SB1	I0.1	液压泵电动机 M3 控制	KM2	Q0.1
砂轮启动按钮	SB2	I0.2	冷却泵电动机 M2 控制	KM3	Q0.2
液压泵停止按钮	SB3	I0.3	电磁吸盘充磁控制	KM4	Q0.3
液压泵启动按钮	SB4	I0.4	电磁吸盘去磁控制	KM5	Q0.4
冷却泵启动按钮	SB5	I0.5	照明灯	EL	Q0.5
冷却泵停止按钮	SB6	I0.6			
电磁吸盘充磁按钮	SB7	I0.7			
电磁吸盘去磁按钮	SB8	I1.0			
照明灯控制	SA	I1.1			

(2) PLC 改造 M7130 平面磨床控制线路的 I/O 接线图

PLC 改造 M7130 平面磨床控制线路时, 需要 10 个输入点和 6 个输出点, 因此 PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU224。PLC 改造 M7130 平面磨床控制线路的 I/O 接线图如图 6-12 所示, 图中照明灯串联合适规格的电阻以降低其工作电压。

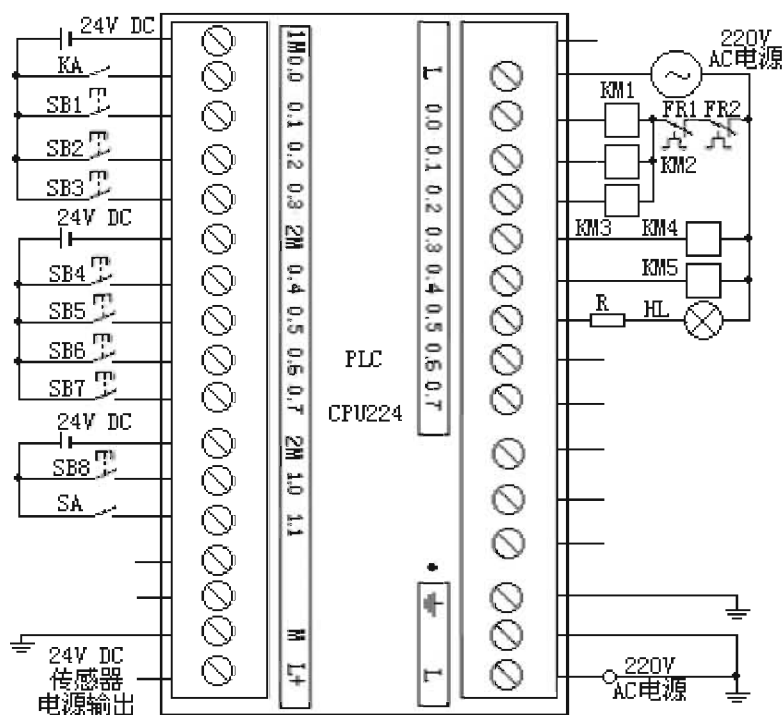
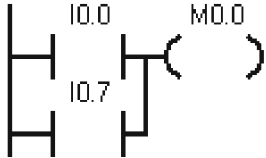
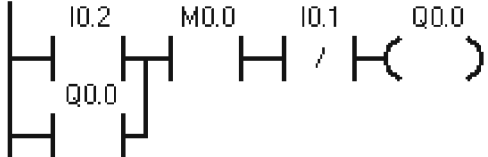
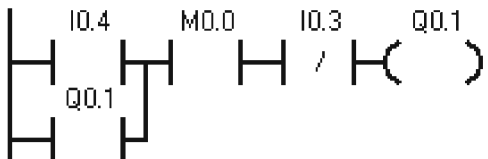
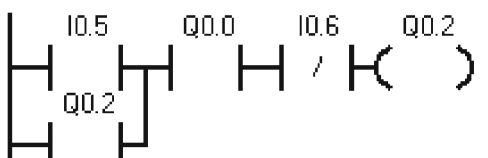
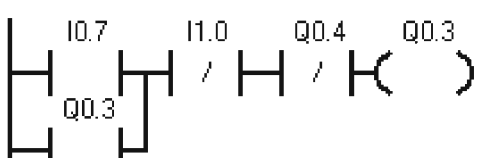
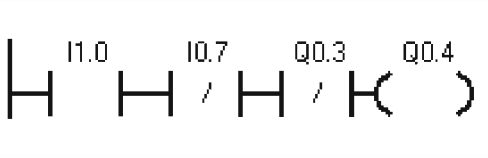
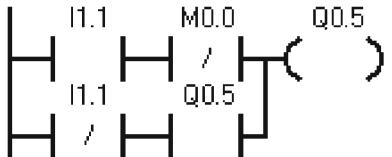
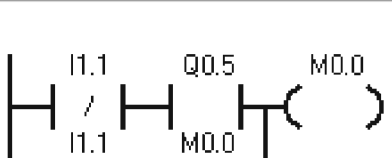


图 6-12 PLC 改造 M7130 平面磨床控制线路的 I/O 接线图

(3) PLC 改造 M7130 平面磨床控制线路的程序设计

PLC 改造 M7130 平面磨床控制线路的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 6-12 所示。

表 6-12 PLC 改造 M7130 平面磨床控制线路的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD IO.0 O IO.7 = M0.0
网络 2		LD IO.2 O Q0.0 A M0.0 AN IO.1 = Q0.0
网络 3		LD IO.4 O Q0.1 A M0.0 AN IO.3 = Q0.1
网络 4		LD IO.5 O Q0.2 A Q0.0 AN IO.6 = Q0.2
网络 5		LD IO.7 O Q0.3 AN I1.0 AN Q0.4 = Q0.3
网络 6		LD I1.0 AN IO.7 AN Q0.3 = Q0.4
网络 7		LD I1.1 AN M0.0 LDN I1.1 A Q0.5 OLD = Q0.5
网络 8		LDN I1.1 A Q0.5 LD I1.1 A M0.0 OLD = M0.0

当 QS2 扳向“吸合”位置(触点向右接通),即 I0.7 常开触点闭合时,110V 直流电接入电磁吸盘 YH,工件被牢牢吸住。同时欠电流继电器 KA 线圈得电吸合,KA 常开触点闭合,使 3 台电动机可进行启动控制,如网络 1 程序所示。网络 2 控制砂轮电动机 M1 和冷却泵电动机 M2,当网络 1 输出有效,且按下砂轮启动按钮 SB2 时,Q0.0 输出线圈有效并自锁,使电动机 M1 启动运行;当按下停止按钮 SB1 时,M1 停止运行。网络 3 控制液压泵电动机 M3,当网络 1 输出有效,且按下液压泵启动按钮 SB4 时,Q0.1 输出线圈有效并自锁,使电动机 M3 启动运行;当按下停止按钮 SB3 时,M3 停止运行。网络 4 控制冷却泵电动机 M2,当网络 1 输出有效,且按下冷却泵启动按钮 SB5 时,Q0.2 输出线圈有效并自锁,使电动机 M2 启动运行;当按下停止按钮 SB6 或 M1 电动机停止运行时,M2 停止运行。因此 M2 电动机必须是在 M1 电动机启动后才能启动,并且 M1 电动机停止运行时 M2 电动机也马上停止运行。网络 5 控制电磁吸盘充磁,当按下充磁按钮 SB7 时,Q0.3 输出有效并自锁。网络 6 采用点动方式控制电磁吸盘去磁。网络 7 和网络 8 为报警灯控制。

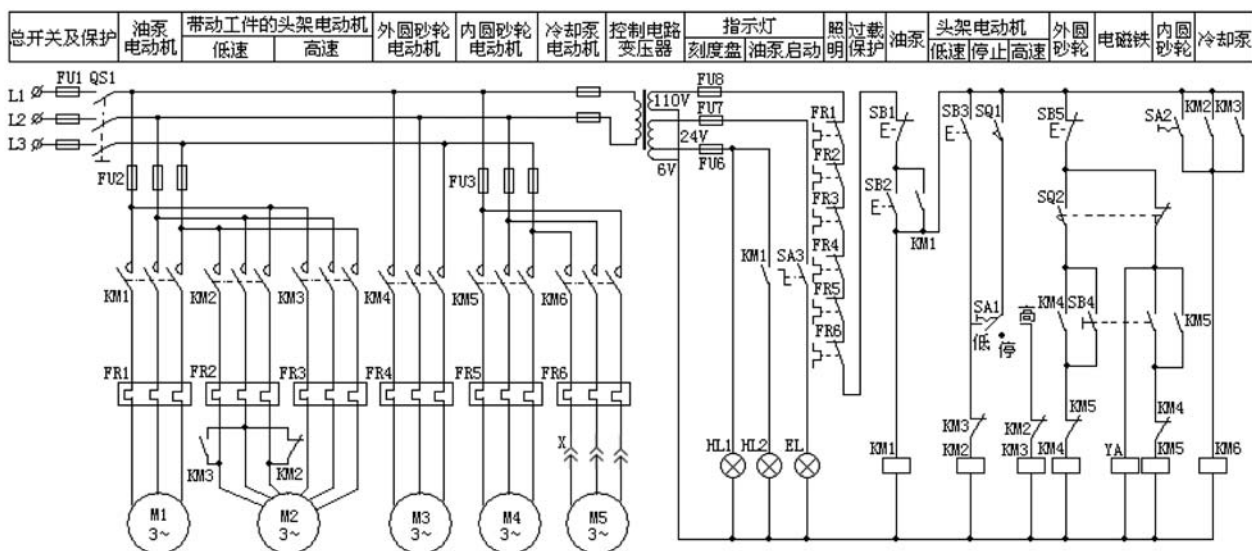


图 6-13 M1432A 万能外圆磨床传统继电器—接触器电气控制线路

按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 线圈得电，KM1 主触点闭合，M1 电动机启动运行。同时 KM1 的两对辅助常开触点闭合，其中一对辅助常开触点闭合，形成电路自锁；另一对辅助常开触点闭合，使指示灯 HL2 亮。按下停止按钮 SB1，接触器 KM1 线圈失电，KM1 主触点断开，M1 电动机停止运行且指示灯 HL2 熄灭。只有 M1 电动机在运行状态时，才能启动其他 4 台电动机工作。

② 头架电动机 M2 的控制

SA1 是头架电动机 M2 的转速选择开关，有“低”、“停”和“高”3 个挡位。若将 SA1 扳向“低”挡位置，按下油泵电动机 M1 的启动按钮 SB2，M1 启动，通过液压传动使砂轮快速前进，当接近工件时，便压合位置开关 SQ1，接触器 KM2 线圈得电，其触点动作，头架电动机 M2 接成△形低速启动运转。若将 SA1 扳向“高”挡位置，按下油泵电动机 M1 的启动按钮 SB2，M1 启动，通过液压传动使砂轮快速前进，当接近工件时，便压合位置开关 SQ1，接触器 KM3 线圈得电，其触点动作，头架电动机 M2 接成 YY 高速启动运转。磨削完毕时，砂轮架退回原位，位置开关 SQ1 复位断开，电动机 M2 自动停转。SB3 作为点动控制，主要是对工件进行校正和调试。

③ 内、外圆砂轮电动机的控制

由于内、外圆砂轮电动机不能同时启动，所以用位置开关 SQ2 对它们进行连锁控制。当进行外圆磨削时，把砂轮架上的内圆磨具往上翻，它的后侧压住位置开关 SQ2，这时，SQ2 的常闭触点断开，切断内圆砂轮的控制电路。SQ2 的常开触点闭合，按下启动按钮 SB4，接触器 KM4 线圈得电，KM4 的主触点和自锁触点闭合，外圆砂轮电动机 M3 启动运转，KM4 连锁触点分断，对 KM5 实现连锁控制。

当进行内圆磨削时，把砂轮架上的内圆磨具往翻下，原被内圆磨具压下的位置开关 SQ2 复位，电磁铁 YA 线圈得电动作，衔铁吸下，砂轮架快速进退的操作手柄锁住液压回路，使砂轮架不能快速退回，以避免磨头的损坏及工件报废情况的发生。按下启动按钮 SB4，接触器 KM5 线圈得电，KM5 的主触点和自锁触点闭合，内圆砂轮电动机 M4 启动运转，KM5 连锁触点分断，对 KM4 实现连锁控制。

④ 冷却泵电动机 M5 的控制

冷却泵电动机 M5 可与头架电动机 M2 同时运转,也可以单独启动或停止。当控制头架电动机 M2 的接触器 KM2 或 KM3 得电动作时,KM2 或 KM3 的辅助常开触点闭合,使接触器 KM6 得电动作,冷却泵电动机 M5 随之自动启动。若修整砂轮时,不需要启动头架电动机 M2,但要启动冷却泵电动机 M5,这时可用开关 SA2 来控制冷却泵电动机 M5。X 是接通冷却泵电动机的电源接插器,插头的插入和拔出必须在电源断开情况下进行。

⑤ 照明及信号指示灯的控制

控制变压器 TC 将 380V 的交流电压降为 24V 的安全电压供给照明,6V 的电压供给信号指示电路。照明灯 EL 由开关 SA3 控制,由熔断器 FU7 作短路保护。HL1 为刻度照明灯,HL2 为油泵指示灯,指示电路由熔断器 FU6 作短路保护。

2. PLC 改造 M1432A 万能外圆磨床控制线路的设计

(1) PLC 改造 M1432A 万能外圆磨床控制线路的输入/输出分配表

PLC 改造 M1432A 万能外圆磨床控制线路时,冷却泵开关 SA2 和照明开关 SA3 可使用普通的按钮开关代替,选择转速开关 SA1 用两个开关进行替代,接插器 X 在此省略,FR1~FR6 这 6 个热继电器触点串联在一起作为 1 路输入信号。PLC 改造 M1432A 万能外圆磨床的输入/输出分配表如表 6-13 所示。

表 6-13 PLC 改造 M1432A 万能外圆磨床的输入/输出分配表

输 入			输 出				
功 能		元 件	PLC 地址	功 能		元 件	PLC 地址
FR1~FR6 热继电器触点		FR	I0.0	油泵电动机 M1 控制		KM1	Q0.0
油泵停止按钮		SB1	I0.1	头架电动机 M2 控制	低速	KM2	Q0.1
油泵启动按钮		SB2	I0.2		高速	KM3	Q0.2
头架电动机点动按钮		SB3	I0.3	外圆砂轮电动机 M3 控制		KM4	Q0.3
内、外圆砂轮启动按钮		SB4	I0.4	内圆砂轮电动机 M4 控制		KM5	Q0.4
内、外圆砂轮停止按钮		SB5	I0.5	冷却泵电动机 M5 控制		KM6	Q0.5
选择转速开关 SA1	低速	SB6	I0.6	电磁铁控制		YA	Q0.6
	高速	SB7	I0.7	电源指示灯		HL1	Q0.7
冷却泵开关 SA2		SB8	I1.0	照明灯		EL	Q1.0
照明灯开关 SA3		SB9	I1.1				
位置开关		SQ1	I1.2				
位置开关		SQ2	I1.3				

(2) PLC 改造 M1432A 万能外圆磨床控制线路的 I/O 接线图

PLC 改造 M1432A 万能外圆磨床控制线路时,需要 12 个输入点和 9 个输出点,因此 PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU226。PLC 改造 M1432A 万能外圆磨床控制线路的 I/O 接线图如图 6-14 所示,FR1~FR6 这 6 个热继电器触点串联在一起用 FR 表示,照明灯和指示灯串联合适规格电阻以降低其工作电压。

(3) PLC 改造 M1432A 万能外圆磨床控制线路的程序设计

PLC 改造 M1432A 万能外圆磨床控制线路的梯形图(LAD)及指令语句表(STL)如表 6-14 所示。

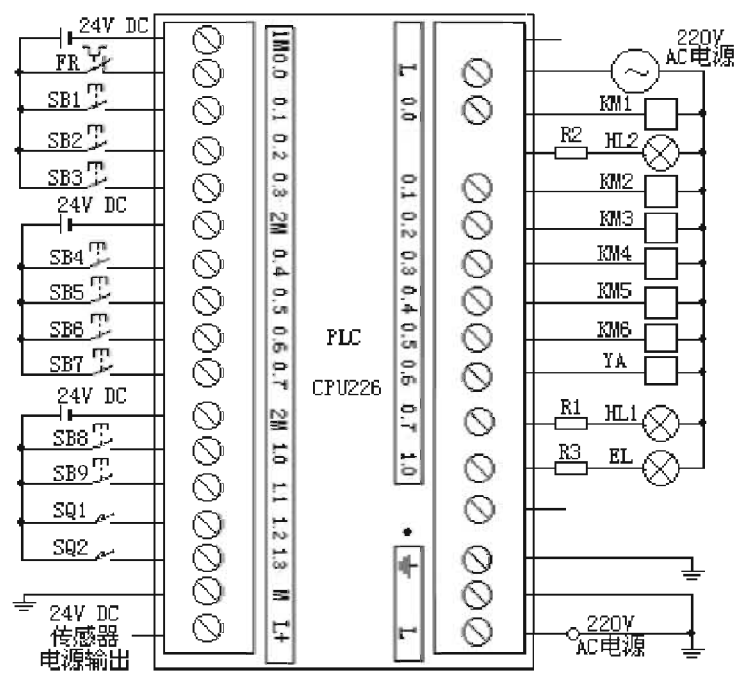
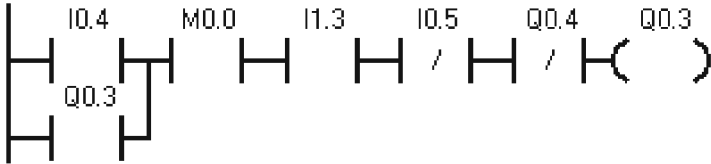
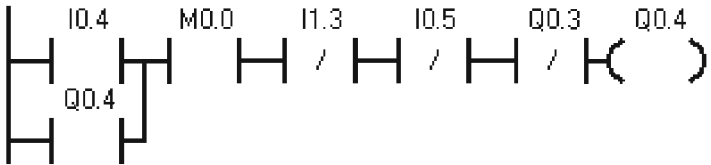
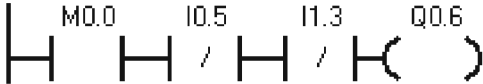
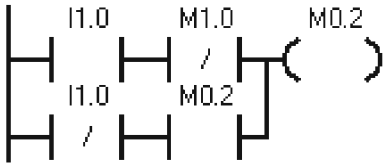
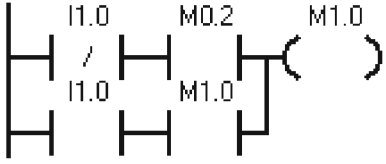
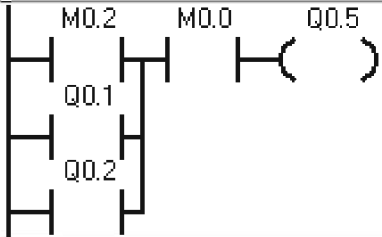
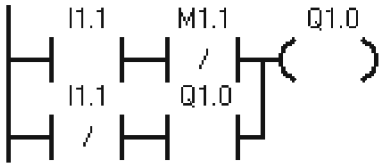
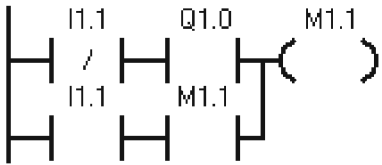


图 6-14 PLC 改造 M1432A 万能外圆磨床控制线路的 I/O 接线图

表 6-14 PLC 改造 M1432A 万能外圆磨床控制线路的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD SM0.0 = Q0.7
网络 2		LD I0.2 O M0.0 AN I0.0 AN I0.1 = M0.0
网络 3		LD M0.0 = Q0.0
网络 4		LD I0.6 O M0.1 AN I0.7 AN Q0.3 = M0.1
网络 5		LD M0.1 O I0.3 A M0.0 = Q0.1
网络 6		LD I0.7 O Q0.2 A M0.0 AN I0.6 AN Q0.1 = Q0.2

续表

网 络	LAD	STL
网络 7		LD I0.4 O Q0.3 A M0.0 A I1.3 AN I0.5 AN Q0.4 = Q0.3
网络 8		LD I0.4 O Q0.4 A M0.0 AN I1.3 AN I0.5 AN Q0.3 = Q0.4
网络 9		LD M0.0 AN I0.5 AN I1.3 = Q0.6
网络 10		LD I1.0 AN M1.0 LDN I1.0 A M0.2 OLD = M0.2
网络 11		LDN I1.0 A M0.2 LD I1.0 A M1.0 OLD = M1.0
网络 12		LD M0.2 O Q0.1 O Q0.2 A M0.0 = Q0.5
网络 13		LD I1.1 AN M1.1 LDN I1.1 A Q1.0 OLD = Q1.0
网络 14		LDN I1.1 A Q1.0 LD I1.1 A M1.1 OLD = M1.1

(4) PLC改造 M1432A 万能外圆磨床控制线路的程序设计说明

合上电源时,指示灯 HL1 亮,因此网络 1 中使用 SM0.0 表示电源始终有效,并驱动 HL1 亮。网络 2 控制各电动机只有当油泵电动机启动后才能启动。网络 3 驱动油泵电动机启动运行。网络 4 和网络 5 控制头架电动机低速启动运行。在网络 5 中, I0.3 常开触点对头架电动机进行点动控制。网络 6 控制头架电动机高速运行。网络 7 控制外圆砂轮电动机运行。网络 8 控制内部砂轮电动机运行。网络 9 控制砂轮架快速进退的操纵手柄锁住液压回路,使砂轮架不能快速退回。网络 10 和网络 11 为 SA 按钮奇数次按下有效控制。网络 12 为冷却泵启动控制。网络 13 和网络 14 为照明灯控制。

6.4 PLC改造铣床的设计

铣床是用铣刀进行铣削的机床,它用来加工平面、斜面和沟槽等,还可用来铣削直齿轮和螺旋面等。铣床的种类很多,按照结构形式和加工性能的不同,可分为卧式铣床、立式铣床、龙门铣床和各种专用铣床等。

6.4.1 PLC改造 X62W 铣床的设计

X62W 万能铣床主要由床身、主轴、悬梁、刀杆支架、工作台、回转盘、横溜板、升降台、底座等几部分组成。床身固定在底座上,内装主轴传动机构和变速机构。床身顶部有水平导轨,上面装着带有一个或两个刀杆支架的悬梁。刀杆支架用来支撑铣刀心轴的一端,心轴的另一端则固定在主轴上,由主轴带动铣刀铣削。刀杆支架在悬梁上以及悬梁在床身顶部的水平导轨上作水平移动,以便安装不同的心轴。在床身的前面有垂直导轨,升降台可沿着它上下移动。在升降台上的水平导轨上,装有可在平行主轴线方向移动的溜板。溜板上部有可转动的回转盘,工作台安装在溜板的水平导轨上,可沿导轨作垂直于主轴轴线的纵向移动。此外,溜板可绕垂直线左右旋转 45° ,所以工作台还能在倾斜方向进给,以加工螺旋槽。

铣床主轴带动铣刀的旋转运动是主运动;铣床工作台的前后(横向)、左右(纵向)和上下(垂直)6个方向的运动是进给运动;铣床其他的运动,如工作台的旋转运动是辅助运动。

1. X62W 万能铣床传统继电器—接触器电气控制线路分析

X62W 万能铣床传统继电器—接触器的电气控制线路如图 6-15 所示,该线路由主电路、控制电路和照明电路 3 部分组成。

(1) X62W 万能铣床主电路分析

X62W 万能铣床由 3 台异步电动机拖动,它们分别是主轴电动机 M1、进给电动机 M2 和冷却泵电动机 M3。主轴电动机 M1 用来拖动主轴带动铣刀进行铣削加工,由换向开关 SA3 控制其运转方向。进给电动机的正反转由 KM3 和 KM4 控制,通过操纵手柄和机械离合器的配合拖动工作台前后、左右、上下 6 个方向的进给运动和快速移动。冷却泵电动机 M3 用来供应切削液,它只能在主轴电动机运行后才能通过扳动手动开关 QS2 进行启动。

(2) X62W 万能铣床控制电路分析

X62W 万能铣床的控制电路由控制变压器照明 T1 输出 110V 电压来提供电源。

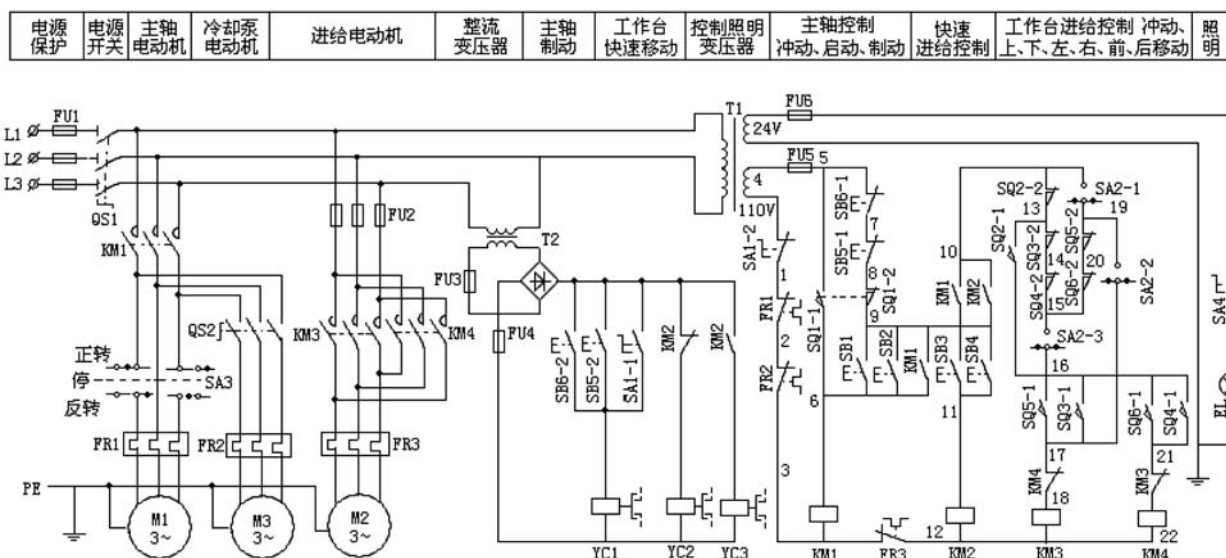


图 6-15 X62W 万能铣床传统继电器—接触器电气控制线路

① 主轴电动机 M1 的控制

主轴电动机 M1 由接触器 KM1 控制，为方便操作，主轴电动机的启动由 SB1 和 SB2 按钮控制，停止由 SB5 和 SB6 控制，以实现两地控制。启动主轴电动机前将 SA3 旋到所需转动方向，合上电源开关 QS1，按下启动按钮 SB1 或 SB2，接触器 KM1 线圈得电并自锁，KM1 主触点闭合，主轴电动机 M1 启动。热继电器 FR1 的常闭触点串接于 KM1 控制电路中作为过载保护。按下停止按钮 SB5 或 SB6 时，SB5-1 或 SB6-1 常闭触点断开，从而切断 KM1 线圈电源，KM1 触点复位，主轴电动机断电惯性运转。同时 SB5-2 或 SB6-2 常开触点闭合，接通电磁离合器 YC1，使主轴电动机 M1 制动停止运转。

主轴电动机 M1 停止运转后，它并不处于制动状态，主轴仍然可以自由转动。在主轴更换铣刀时，为避免主轴转动，应将转换开关 SA1 扳向换刀位置，此时常开触点 SA1-1 闭合，电磁离合器 YC1 得电使主轴处于制动状态，同时常闭触点 SA1-2 断开，控制回路电源被断开，使铣床不能运行，这样可安全更换铣刀。

主轴变速操纵箱装在床身左侧窗口上，主轴变速是由一个变速手柄盘来实现的。当主轴需要变速时，为保证变速齿轮易于啮合，需设置变速冲动控制，它利用变速手柄和冲动位置开关 SQ1 通过机械上的联动机构来完成。变速时，先将变速手柄下压，使手柄的榫块从定位槽中脱出，然后向外拉动手柄使榫块落入第 2 道槽内，使齿轮组脱离啮合。然后旋转变速盘选择转速，把手柄推回原位，使榫块重新落进槽内，使齿轮组重新啮合。在手柄推拉过程中，手柄上装的凸轮将弹簧杆推动一下又返回，此时弹簧杆推动一下位置开关 SQ1，使 SQ1 的常闭触点 SQ1-2 先分断，常开触点 SQ1-1 后闭合，接触器 KM1 瞬时得电动作，电动机 M1 瞬时启动，然后凸轮放开弹簧杆，位置开关 SQ1 触点复位，接触器 KM1 断电释放，电动机 M1 断电，此时电动机 M1 因惯性而旋转片刻，使齿轮系统抖动。齿轮系统抖动时，将变速手柄先快后慢地推进去，齿轮顺序啮合。

② 进给电动机 M2 的控制

工作台的进给运动在主轴启动后方可进行。工作台的进给可在 3 个坐标的 6 个方向运动，进给运动是通过两个操作手柄和机械联动机构控制相应的位置开关使进给电动机 M2 正转或反转来实现的，并且 6 个方向的运动是连锁的，不能同时接通。

当需要圆形工作台旋转时,先将开关 SA2 扳到接通位置,这时触点 SA2-1 和 SA2-3 断开,触点 SA2-2 闭合,电流经 10—13—14—15—20—19—17—18 路径,使接触器 KM3 得电,电动机 M2 启动,通过一根专用轴带动圆形工作台作旋转运动。若不需要圆形工作台旋转时,转换开关 SA2 扳到断开位置,此时触点 SA2-1 和 SA2-3 闭合,触点 SA2-2 断开,以保证工作台在 6 个方向的进给运动,因为圆形工作台的旋转运动和 6 个方向的进给运动也是连锁的。

工作台的左右进给运动由左右进给操作手柄控制。操作手柄与位置开关 SQ5 和 SQ6 联动,有左、中、右 3 个位置,其控制关系如表 6-15 所示。当手柄扳向中间位置时,位置开关 SQ5 和 SQ6 均未被压合,进给控制电路处于断开状态;当手柄扳向左或右位置时,手柄压下位置开关 SQ5 或 SQ6,使常闭触点 SQ5-2 或 SQ6-2 分断,常开触点 SQ5-1 或 SQ6-1 闭合,接触器 KM3 或 KM4 得电动作,电动机 M2 正转或反转。由于在 SQ5 或 SQ6 被压合的同时,通过机械机构已将电动机 M2 的传动链与工作台下面的左右进给丝杠相搭合,所以电动机 M2 的正转或反转就拖动工作台向左或向右运动。

表 6-15 工作台左右进给手柄位置及其控制关系

手 柄 位 置	位置开关动作	接触器动作	电动机 M2 转向	传动链搭合丝杠	工作台运动方向
左	SQ5	KM3	正转	左右进给丝杠	向左
中	—	—	停止	—	停止
右	SQ6	KM4	反转	左右进给丝杠	向右

工作台的上下和前后进给运动是由一个手柄进行控制的。该手柄与位置开关 SQ3 和 SQ4 联动,有上、下、前、后、中 5 个位置,其控制关系如表 6-16 所示。当手柄扳至中间位置时,位置开关 SQ3 和 SQ4 均未被压合,工作台无任何进给运动;当手柄扳至下或前位置时,手柄压下位置开关 SQ3,使常闭触点 SQ3-2 分断,常开触点 SQ3-1 闭合,接触器 KM3 得电动作,电动机 M2 正转,带动着工作台向下或向前运动;当手柄扳向上或后时,手柄压下位置开关 SQ4,使常闭触点 SQ4-2 分断,常开触点 SQ4-1 闭合,接触器 KM4 得电动作,电动机 M2 反转,带动着工作台向上或向后运动。当两个操作手柄被置于某一进给方向后,只能压下 4 个位置开关 SQ3、SQ4、SQ5、SQ6 中的一个开关,接通电动机 M2 正转或反转电路,同时通过机械机构将电动机的传动链与 3 根丝杠(左右丝杠、上下丝杠、前后丝杠)中的一根(只能是一根)丝杠相搭合,拖动工作台沿选定的进给方向运动,而不会沿其他方向运动。

表 6-16 工作台上、下、中、前、后进给手柄位置及其控制关系

手 柄 位 置	位置开关动作	接触器动作	电动机 M2 转向	传动链搭合丝杠	工作台运动方向
上	SQ4	KM4	反转	上下进给丝杠	向上
下	SQ3	KM3	正转	上下进给丝杠	向下
中	—	—	停止	—	停止
前	SQ3	KM3	正转	前后进给丝杠	向前
后	SQ4	KM4	反转	前后进给丝杠	向后

左右进给手柄与上下前后手柄实行了连锁控制,如当把左右进给手柄扳向左时,若又将另一个进给手柄扳到向下进给方向,则位置开关 SQ5 和 SQ3 均被压下,触点 SQ5-2 和 SQ3-2 均分断,断开了接触器 KM3 和 KM4 的通路,电动机 M2 只能停转,保证了操作安全。

6 个进给方向的快速移动是通过两个进给操作手柄和快速移动按钮配合实现的。安装好工

件后,扳动进给操作手柄选定进给方向,按下快速移动按钮 SB3 或 SB4 (两地控制),接触器 KM2 得电, KM2 常闭触点分断,电磁离合器 YC2 失电,将齿轮传动链与进给丝杠分离; KM2 两对常开触点闭合,一对使电磁离合器 YC3 得电,将电动机 M2 与进给丝杠直接搭合;另一对使接触器 KM3 或 KM4 得电动作,电动机 M2 得电正转或反转,带动工作台沿选定的方向快速移动。由于工作台的快速移动采用的是点动控制,故松开 SB3 或 SB4,快速移动停止。

进给变速时与主轴变速时相同,利用变速盘与冲动位置开关 SQ2 使 M1 产生瞬时点动,齿轮系统顺利啮合。

③ 冷却泵电动机 M3 的控制

主轴电动机 M1 和冷却泵电动机 M3 采用顺序控制,当 KM1 线圈得电时,主轴电动机得电启动运行,此时扳动组合开关 QS2 才能使冷却泵电动机 M3 启动。当按下停止按钮 SB5 或 SB6 使主轴电动机停止运行时,冷却泵电动机也会停止工作。

(3) X62W 万能铣床照明电路分析

X62W 万能铣床的照明电路由变压器 T1 提供 24V 的安全电压,转换开关 SA4 控制照明灯是否点亮。FU6 作 X62W 万能铣床照明电路的短路保护。

2. PLC 改造 X62W 万能铣床控制线路的设计

(1) PLC 改造 X62W 万能铣床控制线路的输入/输出分配表

使用 S7-200 系列 PLC 改造 X62W 万能铣床时,其电气控制线路中的电源电路、主电路及照明电路保持不变,在控制电路中,变压器 TC 的输出及整流器 VC 的输出部分去掉。为节省 PLC 的 I/O,可将 M1 的启动按钮 SB1、SB2 共用同一个 I0.0 端子,快速进给启动按钮 SB3 和 SB4 共用同一个 I0.1 端子,M1 停止制动按钮 SB5-1 和 SB6-1 共用同一个 I0.2 端子,M1 停止制动按钮 SB5-2 和 SB6-2 共用同一个 I0.3 端子,上、下、前、后进给控制行程开关 SQ3-2 和 SQ4-2 共用同一个 I0.7 端子,M2 电动机正转控制行程开关 SQ5-1 和 SQ3-1 共用同一个 I1.0 端子,M2 电动机反转控制行程开关 SQ6-1 和 SQ4-1 共用同一个 I1.1 端子,M2 电动机正转控制 KM4 触点和 KM3 线圈由 Q0.2 控制,M2 电动机反转控制 KM3 触点和 KM4 线圈由 Q0.3 控制。PLC 改造 X62W 万能铣床的输入/输出分配表如表 6-17 所示。

表 6-17 PLC 改造 X62W 万能铣床的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
主轴电动机 M1 启动按钮	SB1、SB2	I0.0	主轴电动机 M1 接触器	KM1	Q0.0
进给电动机 M2 启动按钮	SB3、SB4	I0.1	KM2 线圈	KM2	Q0.1
主轴电动机 M1 停止按钮	SB5-1、SB6-1	I0.2	M2 电动机正转控制 KM4 触点、KM3 线圈	KM3	Q0.2
	SB5-2、SB6-2	I0.3	M2 电动机反转控制 KM3 触点、KM4 线圈	KM4	Q0.3
换刀开关	SA1	I0.4	主轴制动	YC1	Q0.4
圆工作台开关	SA2	I0.5	正常进给	YC2	Q0.5
左右进给控制	SQ5-2、SQ6-2	I0.6	快速进给	YC3	Q0.6
上下、前后进给控制	SQ3-2、SQ4-2	I0.7	照明灯	EL	Q0.7

续表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
M2 电动机正转控制	SQ5-1、SQ3-1	I1.0			
M2 电动机反转控制	SQ6-1、SQ4-1	I1.1			
进给冲动控制	SQ2-2	I1.2			
主轴冲动控制	SQ1-2	I1.3			
照明灯开关	SA4	I1.4			

(2) PLC改造 X62W 万能铣床控制线路的 I/O 接线图

为了保证各种连锁功能，将 SQ1~SQ6、SB1~SB6 按图示分别接入 PLC 的输入端，换刀开关 SA1 和圆形工作台转换开关 SA2 分别用其一对常开和常闭触点接入 PLC 的输入端子。输出器件分两个电压等级，一个是接触器使用的 110V 电压，另一个是电磁离合器使用的 36V 直流电。在改造传统 X62W 万能铣床时，需要 13 个输入点和 8 个输出点，因此 PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU226。PLC 改造 X62W 万能铣床的 I/O 接线图如图 6-16 所示。

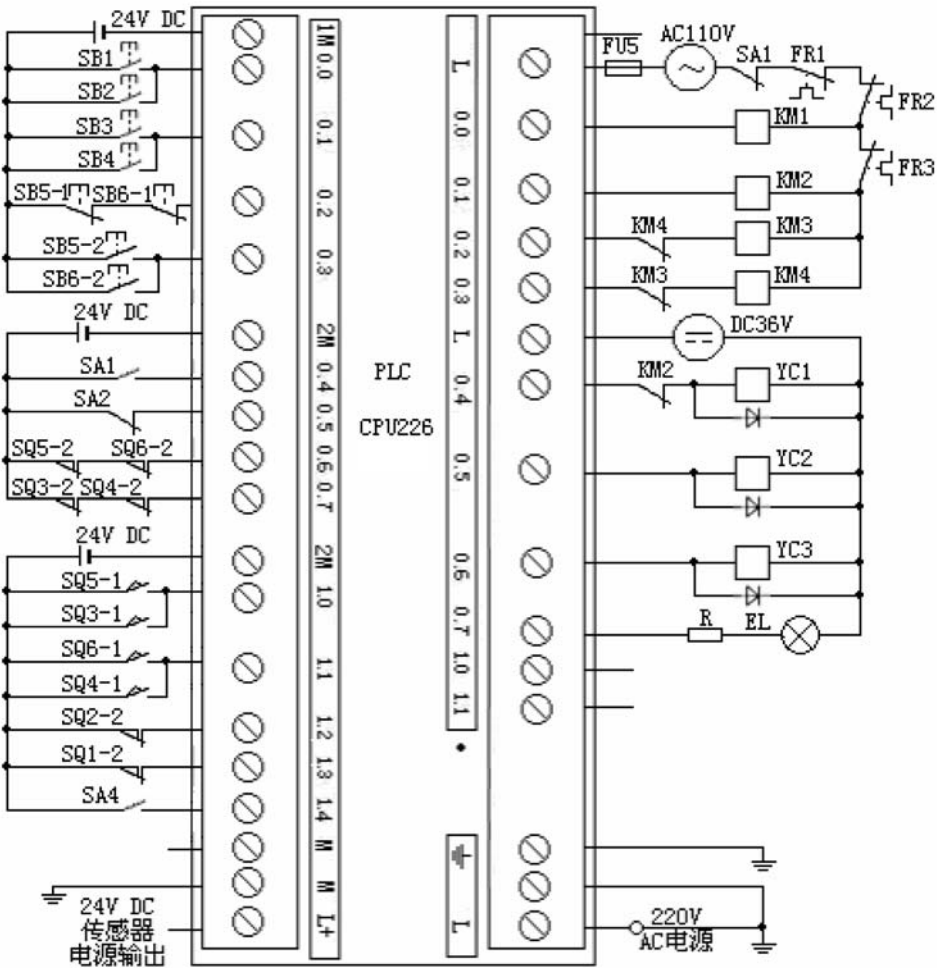
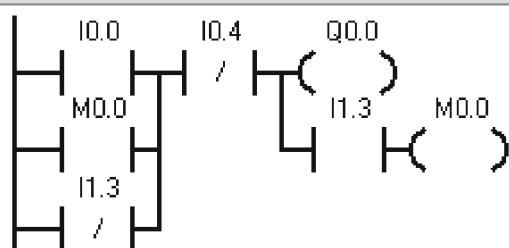
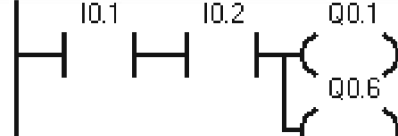
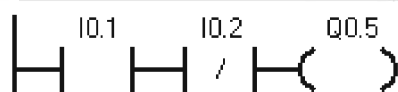
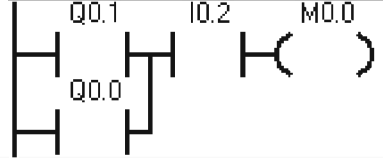
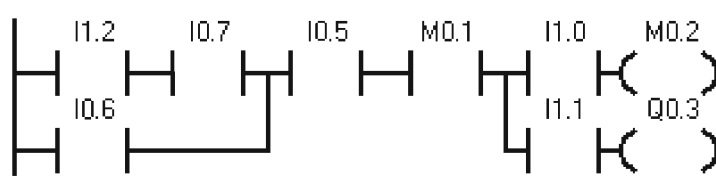
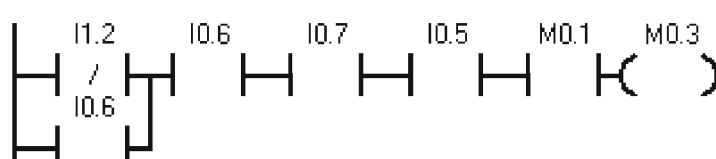
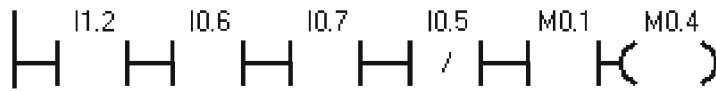
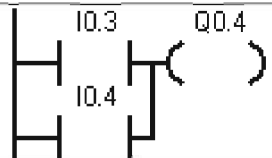


图 6-16 PLC改造 X62W 万能铣床的 I/O 接线图

(3) PLC改造 X62W 万能铣床控制线路的程序设计

PLC改造 X62W 万能铣床控制线路的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 6-18 所示。

表 6-18 PLC 改造 X62W 万能铣床控制线路的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 O M0.0 ON I1.3 AN I0.4 = Q0.0 A I1.3 = M0.0
网络 2		LD I0.1 A I0.2 = Q0.1 = Q0.6
网络 3		LD I0.1 AN I0.2 = Q0.5
网络 4		LD Q0.1 O Q0.0 A I0.2 = M0.0
网络 5		LD I1.2 A I0.7 O I0.6 A I0.5 A M0.1 LPS A I1.0 = M0.2 LPP A I1.1 = Q0.3
网络 6		LDN I1.2 O I0.6 A I0.6 A I0.7 A I0.5 A M0.1 = M0.3
网络 7		LD I1.2 A I0.6 A I0.7 AN I0.5 A M0.1 = M0.4
网络 8		LD I0.3 O I0.4 = Q0.4

续表

网 络	LAD	STL
网络 9		LD M0.2 O M0.3 O M0.4 = Q0.2
网络 10		LD I1.4 AN M1.0 LDN I1.4 A Q0.7 OLD = Q0.7
网络 11		LDN I1.4 A Q0.7 LD I1.4 A M1.0 OLD = M1.0

6.4.2 PLC 改造 X52K 铣床的设计

1. X52K 铣床传统继电器—接触器电气控制线路分析

X52K 立式铣床传统继电器—接触器的电气控制线路如图 6-17 所示，它由 3 台电动机拖动，即主轴电动机 M1、进给电动机 M2 和冷却泵电动机 M3。

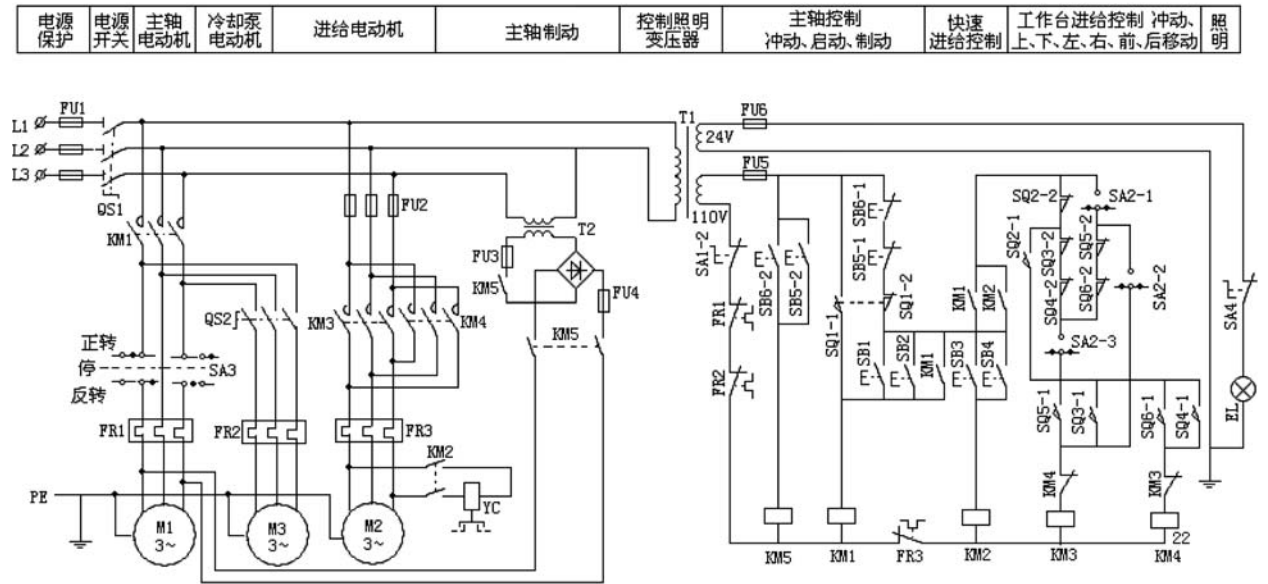


图 6-17 X52K 铣床传统继电器—接触器电气控制线路

将图 6-17 与图 6-15 相比较可见，X52K 立式铣床传统继电器—接触器的电气控制线路除了用接触器 KM5 控制桥式整流实现能耗制动和接触器 KM2 控制快速进给外，其他部分与 X62W 万能铣床相同，控制过程请读者自行分析。

2. PLC 改造 X52K 铣床控制线路的设计

(1) PLC 改造 X52K 铣床控制线路的 I/O 接线图

在改造传统 X52K 铣床时, 需要 13 个输入点和 6 个输出点, 因此 PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU226, 其 I/O 分配请参考表 6-17。PLC 改造 X52K 铣床的 I/O 接线图如图 6-18 所示。

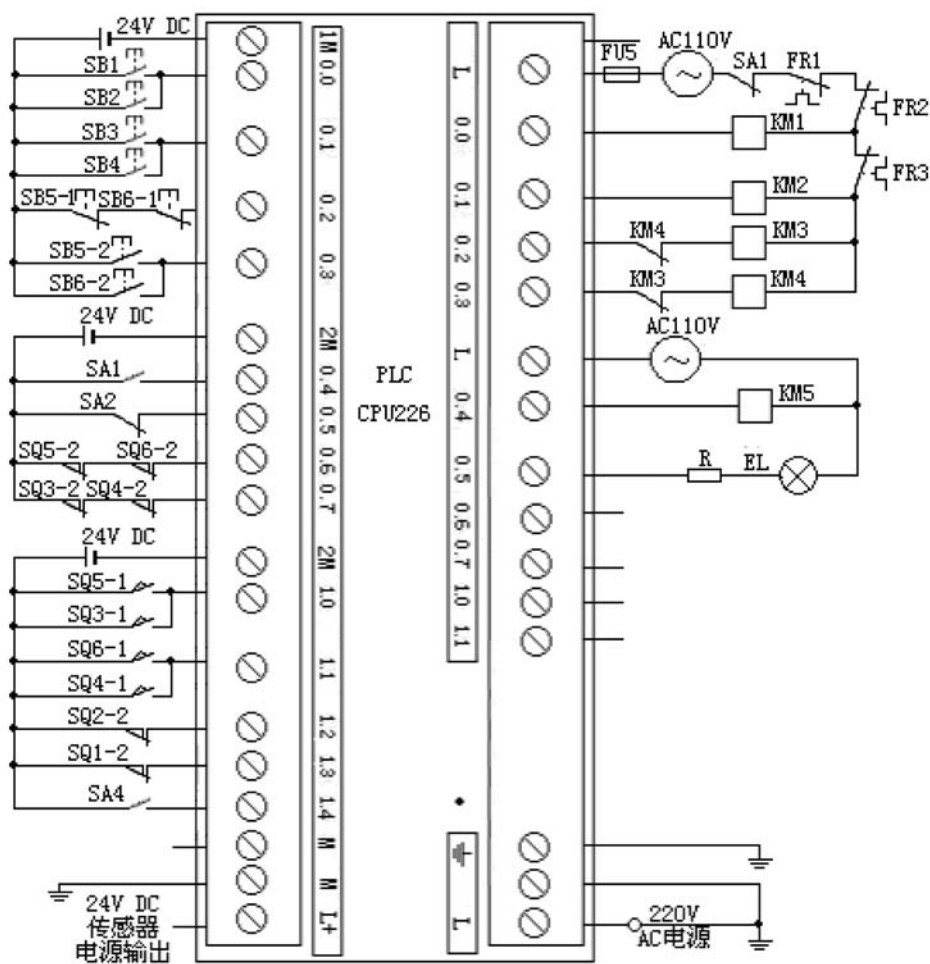


图 6-18 PLC 改造 X52K 铣床控制线路的 I/O 接线图

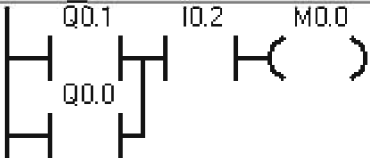
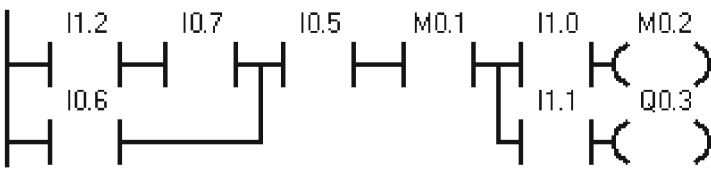
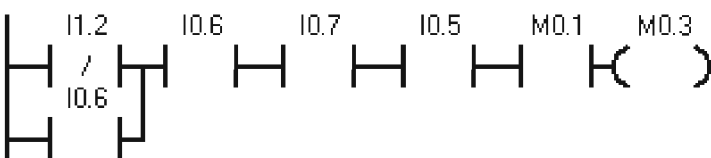
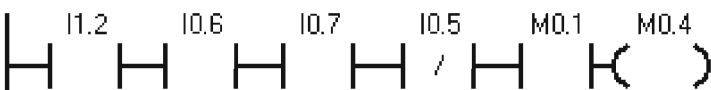
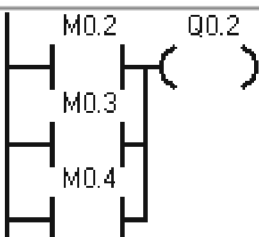
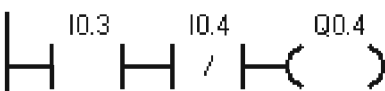
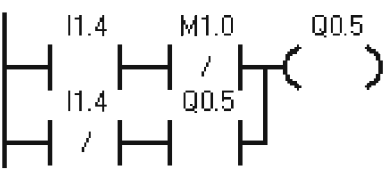
(2) PLC 改造 X52K 铣床控制线路的程序设计

PLC 改造 X52K 铣床控制线路的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 6-19 所示。

表 6-19 PLC 改造 X52K 铣床控制线路的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre> LD I0.0 O M0.0 LD I1.3 O I0.4 = Q0.0 LD I1.3 O M0.0 = Q0.0 </pre>
网络 2		<pre> LD I0.1 O I0.2 = Q0.1 </pre>

续表

网 络	LAD	STL
网络 3		LD Q0.1 O Q0.0 A I0.2 = M0.0
网络 4		LD I1.2 A I0.7 O I0.6 A I0.5 A M0.1 LPS I1.0 A M0.1 LPP I1.1 A I1.0 = M0.2 = Q0.3
网络 5		LDN I1.2 O I0.6 A I0.6 A I0.7 A I0.5 A M0.1 = M0.3
网络 6		LD I1.2 A I0.6 A I0.7 AN I0.5 A M0.1 = M0.4
网络 7		LD M0.2 O M0.3 O M0.4 = Q0.2
网络 8		LD I0.3 AN I0.4 = Q0.4
网络 9		LD I1.4 AN M1.0 LDN I1.4 A Q0.5 OLD = Q0.5

续表

网 络	LAD	STL
网络 10		LDN I1.4 A Q0.5 LD I1.4 A M1.0 OLD = M1.0

6.5 PLC 改造 T68 镗床的设计

镗床是一种精密加工机床，主要用于加工精确的孔和孔间距离要求较为精确的零件。按照用途的不同，镗床分为卧式镗床、立式镗床、坐标镗床、金刚镗床和专用镗床，其中卧式镗床在生产中应用最多。卧式镗床具有万能特点，它不但能完成孔加工，而且还能完成车削端面及内外圆、铣削平面等。

T68 卧式镗床主要由床身、前立柱、镗头架、后立柱、尾座、下溜板、上溜板、工作台等部分组成。镗床主要是用镗刀在工件上镗孔的机床，包括主运动、进给运动和辅助运动。通常，镗刀旋转为主运动，它是指镗轴或平旋盘的旋转运动。镗刀或工件的移动为进给运动，它主要是主轴和平旋盘的轴向进给、镗头架的垂直进给以及工作台的横向和纵向进给。辅助运动包括工作台的回转、后立柱的轴向移动、尾座的垂直移动以及各部分的快速移动等。

1. T68 卧式镗床传统继电器—接触器电气控制线路分析

T68 卧式镗床传统继电器—接触器的电气控制线路如图 6-19 所示，该线路由主电路、控制电路和照明电路 3 部分组成。

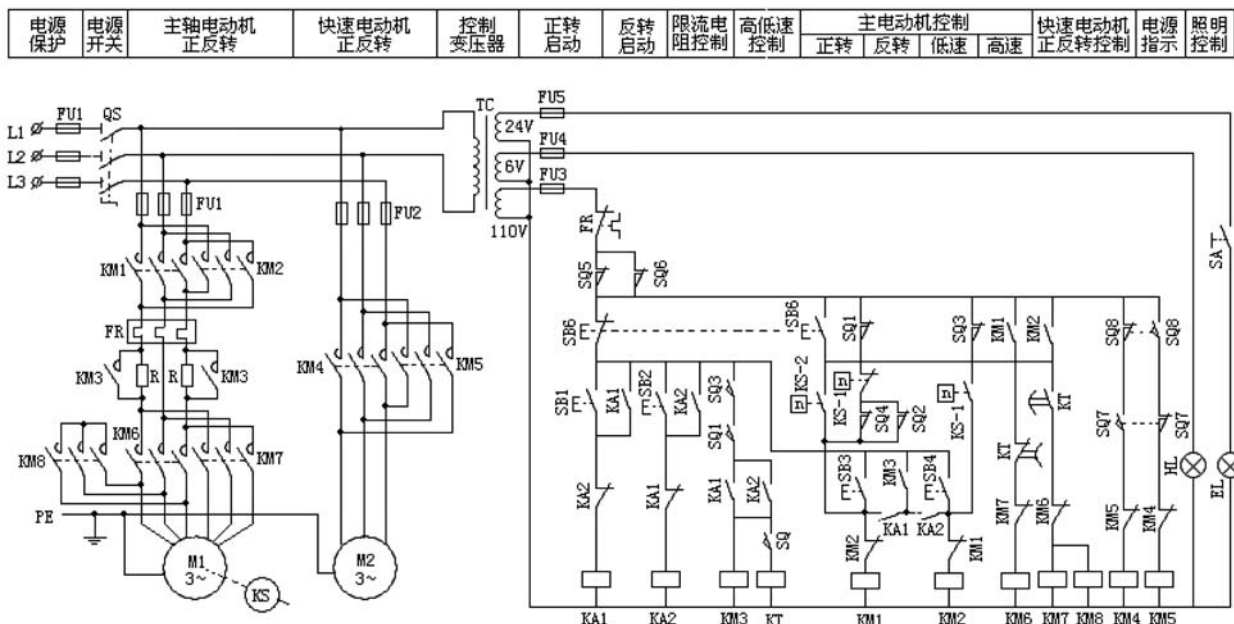


图 6-19 T68 卧式镗床传统继电器—接触器电气控制线路

(1) T68 卧式镗床主电路分析

T68 卧式镗床有 M1 和 M2 两台电动机，其中 M1 为主轴电动机，M2 为快速移动电动机。

M1 由接触器 KM1 和 KM2 控制其正反转, KM6 控制 M1 低速运转, KM7、KM8 控制 M1 高速运转, KM3 控制 M1 反接制动, FR 作为 M1 的过载保护。M2 由 KM4、KM5 控制其正反转, 因 M2 是短时间运行, 因此不需要过载保护。

(2) T68 卧式镗床控制电路分析

T68 卧式镗床的控制电路由控制变压器 TC 输出 110V 电压来提供电源。

① 主轴电动机 M1 的控制

主轴电动机 M1 的控制主要包括点动控制、正反转控制、高低速转换控制、停车控制和主轴及进给变速控制。

合上电源开关 QS, 按下 SB3, KM1 线圈得电, 主触点接通三相正相序电源, KM1 常开触点闭合, 使 KM6 线圈得电, 主轴电动机 M1 绕组接成三角形, 串入电阻 R, 电动机 M1 低速启动。由于 KM1、KM6 此时都不能自锁, 当松开 SB3 时, KM1、KM6 相继断电, M1 断电停车, 这样实现了电动机 M1 的正向点动控制。当按下 SB4 时, 可控制电动机 M1 进行反向点动控制。

SB1、SB2 可控制电动机 M1 进行正反转控制。电动机 M1 启动前, 主轴变速与进给变速手柄置于推合位置, 此时行程开关 SQ1、SQ3 被压下, 它们的常开触点闭合。若选择 M1 为低速运行时, 将主轴速度选择手柄置于“低速”挡位, 此时经速度手柄联动机构使高低速行程开关 SQ 处于释放状态, 其常闭触点断开。按下 SB1, 中间继电器 KA1 线圈得电并自锁, 另一个常开触点 KA1 闭合, 使 KM3 线圈得电。KM3 线圈得电, 常开辅助触点闭合, 使 KM1 线圈得电吸合。KM1 线圈闭合, 其常开辅助触点闭合, 从而使 KM6 线圈得电, 于是 M1 电动机定子绕组接成三角形, 接入正相序三相交流电源全电压低速正向运行。如果按下 SB2, KA2、KM3、KM2 和 KM6 相继动作, 从而使电动机 M1 进行反向运行。

M1 电动机的高低速转换可通过行程开关 SQ 来进行控制。其控制过程如下: 将主轴速度选择手柄置于“高速”挡时, SQ 被压下, 其常开触点闭合。按下 SB1 按钮, KA1 线圈通电并自锁, KA1、KM3、KM6 相继得电工作, 电动机 M1 低速正向启动运行。在 KM3 线圈通电的同时, 由于 SQ 常开触点被压下闭合了, KT 线圈也通电吸合。当 KT 延时片刻后, KT 延时断开触点断开, 切断 KM6 线圈的电源, KT 延时闭合触点闭合, 使 KM7、KM8 线圈得电吸合, 这样使主轴电动机 M1 的定子绕组由三角形接法自动切换成双星形接法, 使电动机自动由低速转变到高速运行。同样, 若将主轴速度选择手柄置于“高速”挡时, 按下 SB2 后, 电动机也会自动由低速运行转到高速运行。

主轴电动机 M1 正向低速运行由 KA1、KM3、KM1 和 KM6 进行控制。欲使 M1 停车, 按下停止按钮 SB6, KA1、KM3、KM1 和 KM6 相继断电释放。由于 M1 正转时速度继电器 KS-1 常开触点闭合, 因此按下 SB6 后, KM2 线圈通电并自锁, 并使 KM6 线圈仍保持得电状态, 但此时 M1 定子绕组串入限流电阻 R 进行反接制动, 当电动机速度降至 KS 复位转速时, KS-1 的常开触点断开, 使 KM2 和 KM6 断电释放, 反接制动结束。

同样, 主轴电动机 M1 正向高速运行中, 按下停车按钮 SB6 时, KA1、KM3、KM1、KT、KM7 和 KM8 相继断电释放, 从而使 KM2 和 KM6 线圈通电吸合, 电动机进行反接制动。

T68 卧式镗床的主轴变速与进给变速可在停车时或运行时进行控制。变速时将变速手柄拉出, 转动变速盘, 选好速度后, 再将变速手柄推回。拉出变速手柄时, 相应的变速行程开

关不受压；推回变速手柄时，相应的变速行程开关压下，其中 SQ1 和 SQ2 为主轴变速行程开关，SQ3 和 SQ4 为进给变速行程开关。

② 快速移动电动机 M2 的控制

主轴箱、工作台或主轴的快速移动由快速移动电动机 M2 来实现。快速移动电动机的转动方向由快速手柄进行控制。快速手柄有 3 个位置，将变速手柄置于中间位置时，行程开关 SQ7、SQ8 未被压下，电动机 M2 停转。若将变速手柄置于正向位置时，SQ7 被压下，其常开触点闭合，KM4 线圈得电，使电动机 M2 正向转动，从而控制相应部件正向快速移动。如果将快速手柄置于反向位置时，SQ8 被压下，KM5 线圈得电，使电动机 M2 反向转动，从而控制相应部件反向快速移动。

(3) T68 卧式镗床照明电路分析

T68 卧式镗床的照明和指示电路由变压器 TC 提供 24V 和 6V 的安全电压，合上电源开关 QS 时，电源指示灯亮，而转换开关 SA 控制照明灯是否点亮。

2. PLC 改造 T68 卧式镗床控制线路的设计

(1) PLC 改造 T68 卧式镗床控制线路的输入/输出分配表

使用 S7-200 系列 PLC 改造 T68 卧式镗床时，其输入/输出分配表如表 6-20 所示。

表 6-20 PLC 改造 T68 卧式镗床的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
主轴停止控制按钮	SB6	I0.0	M1 正转控制	KM1	Q0.0
主轴正转控制按钮	SB1	I0.1	M1 反转控制	KM2	Q0.1
主轴反转点动按钮	SB2	I0.2	限流电阻控制	KM3	Q0.2
M1 的正转点动按钮	SB3	I0.3	M2 正转控制	KM4	Q0.3
M1 的反转点动按钮	SB4	I0.4	M2 反转控制	KM5	Q0.4
高低速转换行程开关	SQ	I0.5	M1 低速（三角形）控制	KM6	Q0.5
主轴变速行程开关	SQ1	I0.6	M1 高速（双星形）控制	KM7	Q0.6
主轴变速行程开关	SQ2	I0.7	M1 高速（双星形）控制	KM8	Q0.7
进给变速行程开关	SQ3	I1.0			
进给变速行程开关	SQ4	I1.1			
工作台或主轴箱进给限位	SQ5	I1.2			
主轴或花盘刀架进给限位	SQ6	I1.3			
快速 M2 电动机正转限位	SQ7	I1.4			
快速 M2 电动机反转限位	SQ8	I1.5			
速度继电器正转触点	KS1	I1.6			
速度继电器反转触点	KS2	I1.7			

(2) PLC 改造 T68 卧式镗床控制线路的 I/O 接线图

在改造传统 T68 卧式镗床时，需要 16 个输入点和 8 个输出点，因此 PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU226。PLC 改造 T68 卧式镗床控制线路的 I/O 接线图如图 6-20 所示，在图中对输入的常闭触点进行了处理，即常闭按钮改用常开按钮。

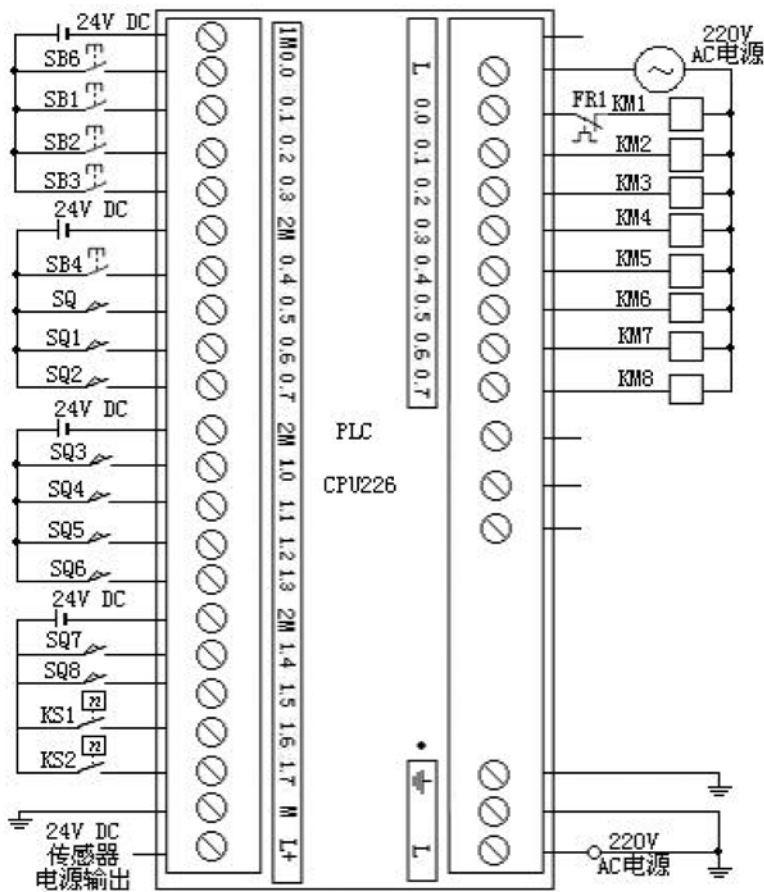


图 6-20 PLC改造 T68 卧式镗床控制线路的 I/O 接线图

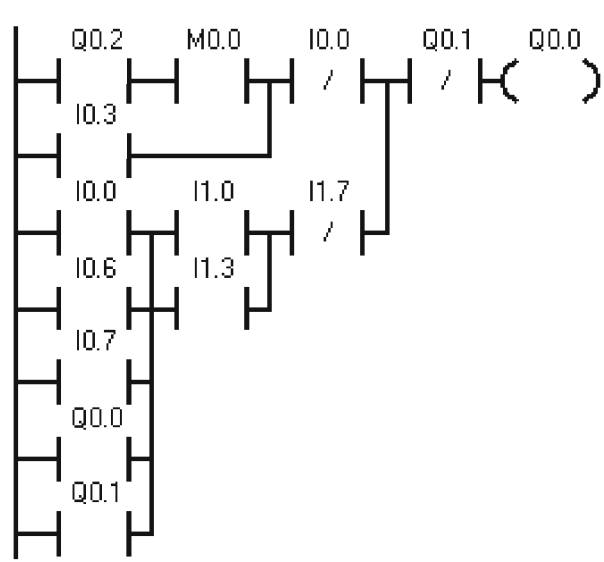
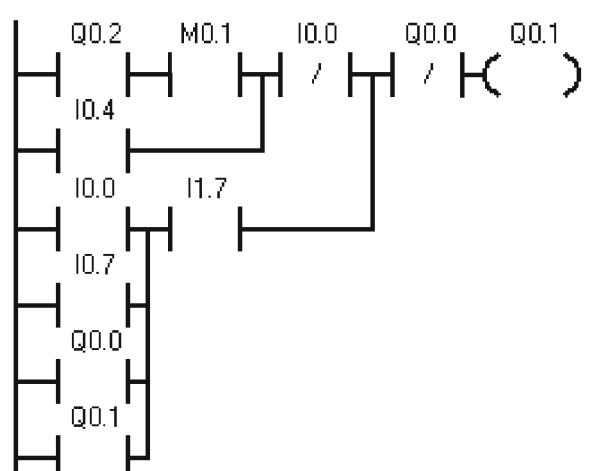
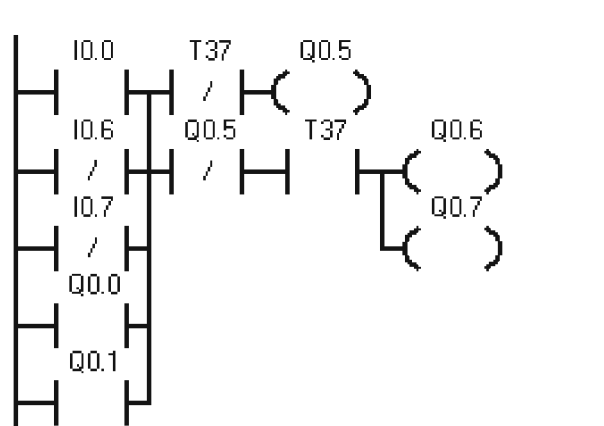
(3) PLC改造 T68 卧式镗床控制线路的程序设计

PLC改造 T68 卧式镗床控制线路的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 6-21 所示。

表 6-21 PLC改造 T68 卧式镗床控制线路的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O M0.1 AN I0.0 AN M0.1 = M0.0
网络 2		LD I0.2 AN I0.0 AN M0.0 = M0.1
网络 3		LD M0.0 O M0.1 AN I0.0 A I0.6 A I0.7 = Q0.2 A I0.5 TON T37, +50

续表

网 络	LAD	STL
网络 4		<pre> LD Q0.2 A M0.0 O I0.3 AN I0.0 LD I0.0 O I0.6 O I0.7 O Q0.0 O Q0.1 LD I1.0 O I1.3 AN I1.7 OLD AN Q0.1 = Q0.0 </pre>
网络 5		<pre> LD Q0.2 A M0.1 O I0.4 AN I0.0 LD I0.0 O I0.7 O Q0.0 O Q0.1 A I1.7 OLD AN Q0.0 = Q0.1 </pre>
网络 6		<pre> LD I0.0 ON I0.6 ON I0.7 O Q0.0 O Q0.1 LPS AN T37 = Q0.5 LPP AN Q0.5 A T37 = Q0.6 = Q0.7 </pre>

续表

网 络	LAD	STL
网络 7		LD I1.4 AN I1.5 AN Q0.4 = Q0.3
网络 8		LD I1.5 AN I1.4 AN Q0.3 = Q0.4

6.6 PLC改造B690牛头刨床的设计

刨床是用刨刀对加工工件的平面、沟槽或成型表面进行刨削的机床。刀具与工件作相对直线运动进行加工，主要用于各种平面与沟槽加工，也可用于直线成型面的加工。用刨床刨削窄长表面时具有较高的效率，它适用于中小批量生产和维修车间。

按其结构的不同，刨床可分为悬臂刨床、龙门刨床、牛头刨床和插床（立刨床）等。悬臂刨床是具有单立柱和悬臂的刨床，其工作台沿床身导轨作纵向往复运动，垂直刀架可沿悬臂导轨横向移动、侧刀架沿立柱导轨垂直移动；龙门刨床是具有双立柱和横梁、工作台沿床身导轨作纵向往复运动、立柱和横梁分别装有可移动侧刀架和垂直刀架的刨床；牛头刨床是刨刀安装在滑枕的刀架上作纵向往复运动的刨床，通常工作作横向或垂直间歇进给运动；插床（立刨床）的刀具在垂直面内作往复运动，工作作进给运动。

1. B690牛头刨床传统继电器—接触器电气控制线路分析

B690牛头刨床传统继电器—接触器的电气控制线路如图6-21所示，该线路由主电路、控制电路和照明电路3部分组成。

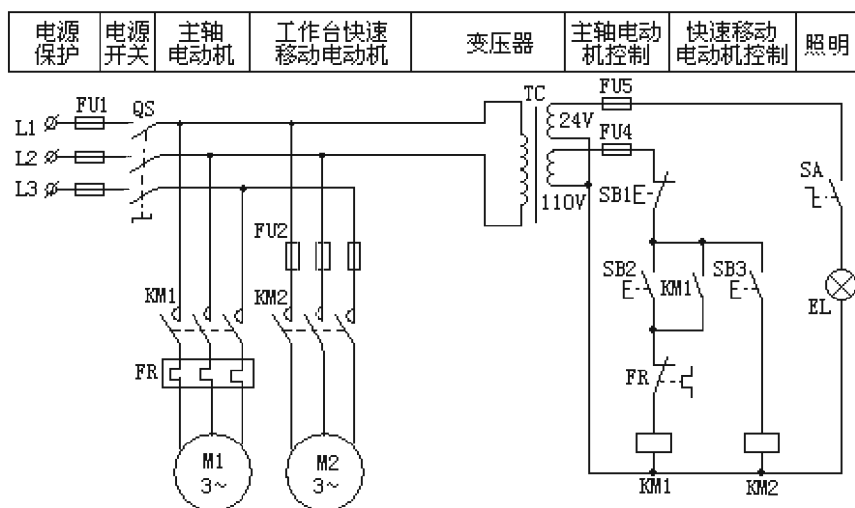


图 6-21 B690牛头刨床传统继电器—接触器电气控制线路

B690牛头刨床由主轴电动机 M1 和工作台快速移电动机 M2 拖动，其中 M1 为长动控制，M2 为点动控制。按下 M1 启动按钮 SB2，KM1 线圈得电，KM1 主触点闭合，M1 电动机得

电启动运行，KM1 辅助常开触点闭合，形成自锁。需要工作台移动时，按下 M2 点动按钮 SB3，KM2 线圈得电，M2 运转工作台快速移动，松开 SB3 时 M2 停止运行。

2. PLC 改造 B690 牛头刨床控制线路的设计

(1) PLC 改造 B690 牛头刨床控制线路的输入/输出分配表

使用 S7-200 系列 PLC 改造 B690 牛头刨床时，其输入/输出分配表如表 6-22 所示。

表 6-22 PLC 改造 B690 牛头刨床的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
总停止按钮	SB1	I0.0	M1 主轴电动机控制	KM1	Q0.0
主轴电动机 M1 启动控制	SB2	I0.1	快速移动电动机 M2 控制	KM2	Q0.1
快速移动电动机 M2 点动控制	SB3	I0.2	照明控制	EL	Q0.2
照明灯按钮	SA	I0.3			

(2) PLC 改造 B690 牛头刨床控制线路的 I/O 接线图

在改造传统 B690 牛头刨床时，需要 4 个输入点和 3 个输出点，因此 PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU221。PLC 改造 B690 牛头刨床控制线路的 I/O 接线图如图 6-22 所示。

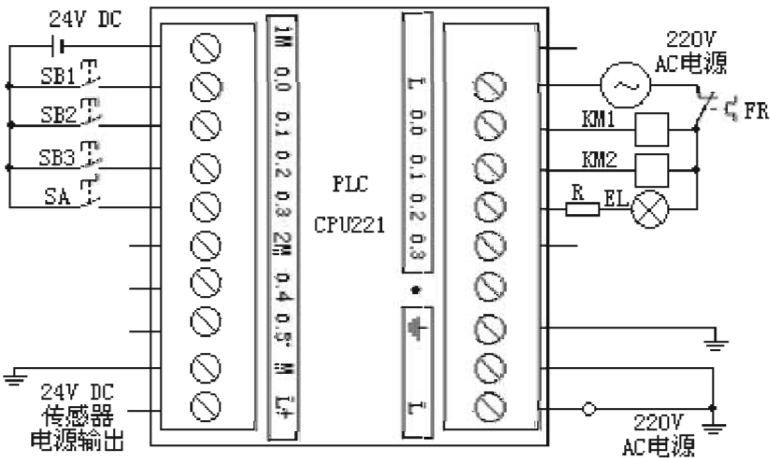


图 6-22 PLC 改造 B690 牛头刨床控制线路的 I/O 接线图

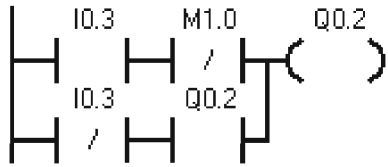
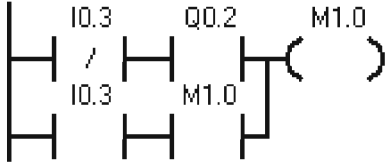
(3) PLC 改造 B690 牛头刨床控制线路的程序设计

PLC 改造 B690 牛头刨床控制线路的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 6-23 所示。

表 6-23 PLC 改造 B690 牛头刨床控制线路的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O Q0.0 AN I0.0 = Q0.0
网络 2		LD I0.2 AN I0.0 = Q0.1

续表

网 络	LAD	STL
网络 3		LD I0.3 AN M1.0 LDN I0.3 A Q0.2 OLD = Q0.2
网络 4		LDN I0.3 A Q0.2 LD I0.3 A M1.0 OLD = M1.0

第 7 章 PLC 小系统的设计

7.1 灯光显示类设计

通过编写程序，使 PLC 控制发光二极管的亮灭，达到不同的显示效果，也可通过发光二极管的亮灭来模拟相应的控制功能。

7.1.1 报警闪烁灯设计

1. 控制要求

- ① 当系统发生故障时，能及时报警，即警灯闪烁，警铃响。
- ② 当操作人员发现故障，按响应开关以示响应时，警灯变为常亮，警铃停响。
- ③ 当故障排除时，报警信号消失，警灯灭。
- ④ 按下检查开关，警灯亮；否则指示灯坏，应进行更换。

2. 控制分析

根据控制要求，画出系统时序图，如图 7-1 所示。

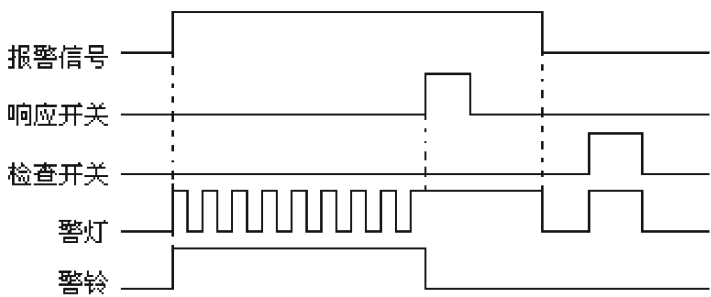


图 7-1 报警控制时序图

3. PLC 的输入/输出分配表

根据控制要求及控制分析，列出 PLC 控制报警闪烁灯的输入/输出分配表，如表 7-1 所示。

表 7-1 PLC 控制报警闪烁灯的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
报警信号	SB1	I0.0	警灯控制	HL	Q0.0
报警响应	SB2	I0.1	警铃控制	KA	Q0.1
信号灯检查	SB3	I0.2			

4. PLC 控制报警闪烁灯的 I/O 接线图

由于系统使用的 I/O 端子较少，PLC 可选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222。PLC 控

制报警闪烁灯的 I/O 接线图如图 7-2 所示。

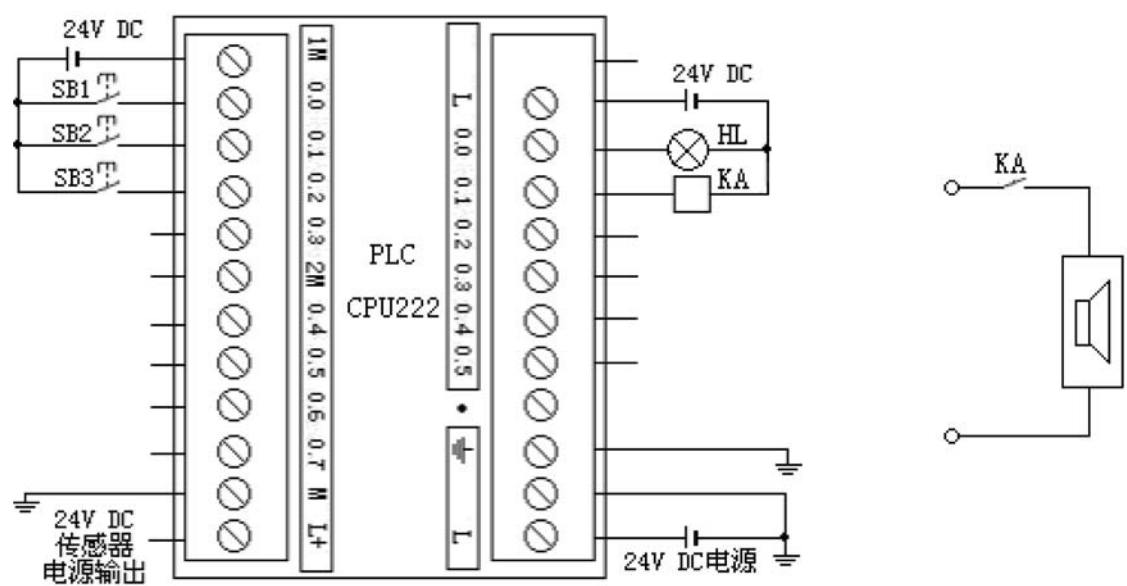


图 7-2 PLC 控制报警闪烁灯的 I/O 接线图

5. 程序设计

根据控制要求设计出 PLC 控制报警闪烁灯的梯形图（LAD）及指令语句表（STL），如表 7-2 所示。

表 7-2 PLC 控制报警闪烁灯的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O M0.0 A I0.0 = M0.0
网络 2		LD I0.0 AN T38 TON T37, 5
网络 3		LD T37 TON T38, 5 = M0.1
网络 4		LD M0.0 O M0.1 O I0.2 = Q0.0
网络 5		LD I0.0 AN M0.0 = Q0.1 END

6. PLC 控制报警闪烁灯的程序设计说明

梯形图网络 1 为系统发生故障时，操作人员是否按响应开关进行响应；网络 2 和网络 3 为产生 1s 的时钟振荡电路；网络 4 控制警灯 HL 指示；网络 5 控制警铃。

当系统发生故障时，产生报警信号，梯形图网络 1 中的 I0.0 闭合，为响应开关动作作好准备；网络 2 中的 I0.0 闭合，开始产生 1s 的时钟振荡以控制网络 4 的 Q0.0 线圈，使警灯 HL 闪烁；网络 5 中的 I0.0 闭合，使警铃发出报警声音。

当操作人员发现故障，按下响应开关时，I0.1 闭合，网络 1 中的 M0.0 线圈工作，网络 1 中 M0.0 常开触点闭合，形成自锁；网络 4 中的 M0.0 常开触点闭合，使警灯 HL 常亮；网络 5 中的 M0.0 常闭触点断开，解除报警声。

当操作人员按下检查开关时，网络 4 中的 I0.2 常开触点闭合，警灯 HL 点亮。如果警灯 HL 不亮，表示警灯已坏，需要更换。

7.1.2 流水灯设计

1. 控制要求

① 按下启动按钮 SB2，8 盏信号灯 HL0~HL7 常亮。

② 按下向左按钮 SB3，8 盏信号灯 HL0~HL7 由右向左进行隔灯闪烁，即 HL0 亮 0.5s 后灭，接着 HL2 亮 0.5s 后灭，然后 HL3 亮 0.5s 后灭……HL7 亮 0.5s 后灭，HL0 亮 0.5s 后灭，接着 HL2 亮 0.5s 后灭，如此循环。

③ 按下向右按钮 SB4 后，更改方向，8 盏信号灯 HL0~HL7 由左向右隔灯闪烁，即 HL7 亮 0.5s 后灭，接着 HL6 亮 0.5s 后灭，然后 HL5 亮 0.5s 后灭……HL0 亮 0.5s 后灭，HL7 亮 0.5s 后灭，接着 HL6 亮 0.5s 后灭，如此循环。

④ 按下停止按钮 SB1，8 盏信号灯全部熄灭。

2. 控制分析

用移位寄存器指令 SHRB 控制信号灯的移位闪烁，8 盏信号灯移位闪烁，须指定 8 位移位寄存器（M10.1~M11.0），移位寄存器的 S_BIT 位为 M10.1，移位寄存器的 N 为 8，当 N 为正数时，向左移位；当 N 为负数时，向右移位。移位寄存器的每一位对应一个输出，如图 7-3 所示。

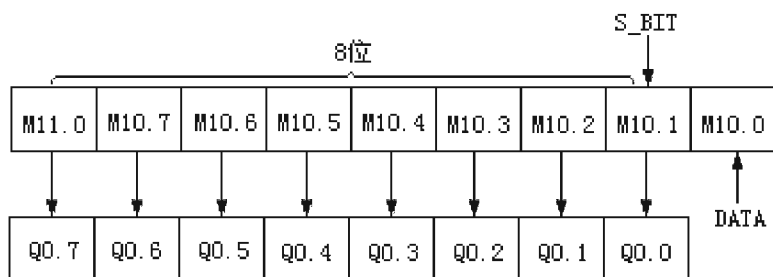


图 7-3 移位寄存器的位与输出对应关系图

在移位寄存器指令 SHRB 中，EN 连接移位脉冲，每来一个脉冲的上升沿，移位寄存器移动一位，要实现向左和向右移动，需要两个移位寄存器。移位寄存器每 0.5s 移一位，因此每个移位寄存器都要有一个 0.5s 的脉冲发生器。

3. PLC 的输入/输出分配表

根据控制要求及控制分析可知，该设计需要 4 个输入和 8 个输出，PLC 控制流水灯的输

入/输出分配表如表 7-3 所示。

表 7-3 PLC 控制流水灯的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	信号灯 HL0	HL0	Q0.0
启动按钮	SB2	I0.1	信号灯 HL1	HL1	Q0.1
向左按钮	SB3	I0.2	信号灯 HL2	HL2	Q0.2
向右按钮	SB4	I0.3	信号灯 HL3	HL3	Q0.3
			信号灯 HL4	HL4	Q0.4
			信号灯 HL5	HL5	Q0.5
			信号灯 HL6	HL6	Q0.6
			信号灯 HL7	HL7	Q0.7

4. PLC 控制流水灯的 I/O 接线图

由于系统需要 4 个输入和 8 个输出 I/O 端子,PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU224, PLC 控制流水灯的 I/O 接线图如图 7-4 所示。

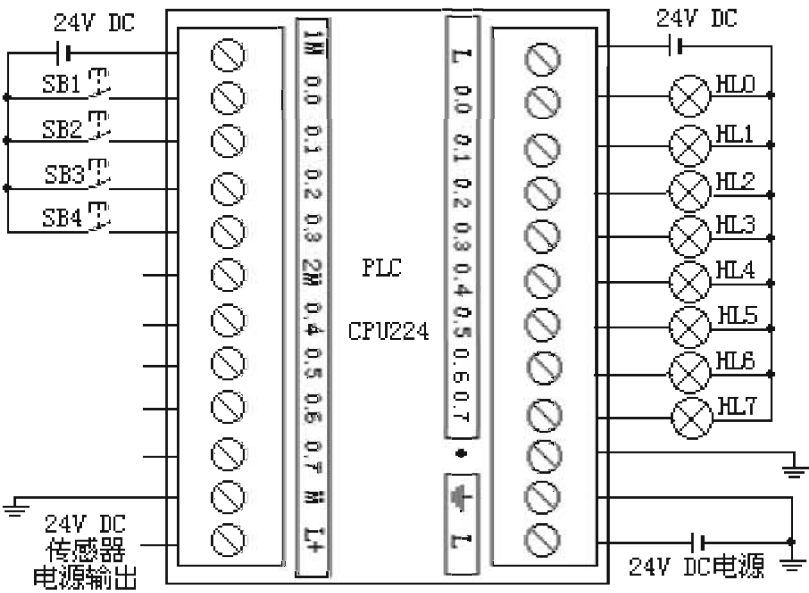


图 7-4 PLC 控制流水灯的 I/O 接线图

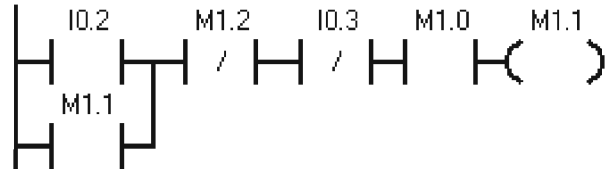
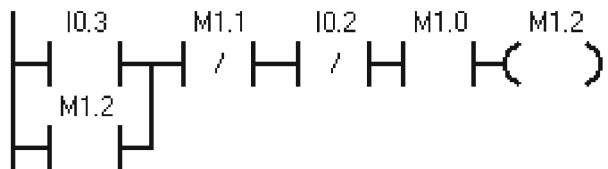
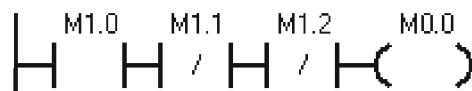
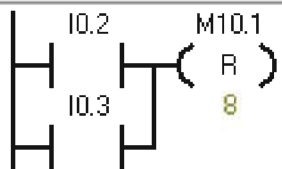
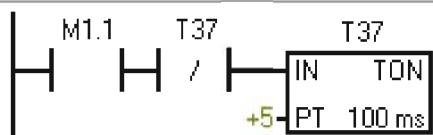
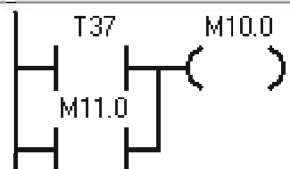
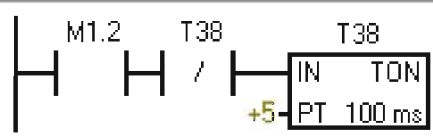
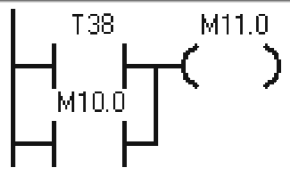
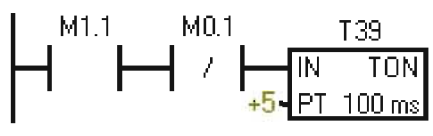
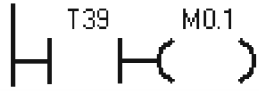
5. 程序设计

根据控制要求设计出 PLC 控制流水灯的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL), 如表 7-4 所示。

表 7-4 PLC 控制流水灯的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.1 O M1.0 AN I0.0 = M1.0

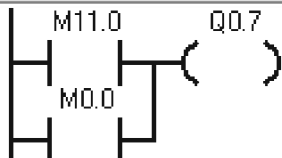
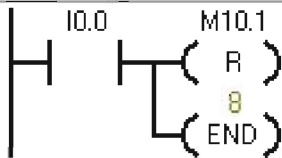
续表

网 络	LAD	STL
网络 2		LD I0.2 O M1.1 AN M1.2 AN I0.3 A M1.0 = M1.1
网络 3		LD I0.3 O M1.2 AN M1.1 AN I0.2 A M1.0 = M1.2
网络 4		LD M1.0 AN M1.1 AN M1.2 = M0.0
网络 5		LD I0.2 O I0.3 R M10.1, 8
网络 6		LD M1.1 AN T37 TON T37, +5
网络 7		LD T37 O M11.0 = M10.0
网络 8		LD M1.2 AN T38 TON T38, +5
网络 9		LD T38 O M10.0 = M11.0
网络 10		LD M1.1 AN M0.1 TON T39, +5
网络 11		LD T39 = M0.1

续表

网 络	LAD	STL
网络 12		LD M0.1 SHRB M10.0, M10.1, +8
网络 13		LD M1.2 AN M0.2 TON T40, +5
网络 14		LD T40 = M0.2
网络 15		LD M0.2 SHRB M10.0, M10.1, -8
网络 16		LD M10.1 O M0.0 = Q0.0
网络 17		LD M10.2 O M0.0 = Q0.1
网络 18		LD M10.3 O M0.0 = Q0.2
网络 19		LD M10.4 O M0.0 = Q0.3
网络 20		LD M10.5 O M0.0 = Q0.4
网络 21		LD M10.6 O M0.0 = Q0.5
网络 22		LD M10.7 O M0.0 = Q0.6

续表

网 络	LAD	STL
网络 23		LD M11.0 O M0.0 = Q0.7
网络 24		LD I0.0 R M10.1, 8 END

6. PLC 控制流水灯的程序设计说明

网络 1 为判断是否按下了启动按钮；网络 2 为判断是否按下了向左移位按钮；网络 3 为判断是否按下了向右移位按钮；网络 4 为判断是否只按了启动按钮而没有按下向左或向右移位按钮，若是，则网络 16~网络 23 中的 M0.0 有效，使 8 盏信号灯 HL0~HL7 常亮。

网络 5 为改变移位方向时，M10.1~M11.0 中的状态复位；网络 6、网络 7、网络 10、网络 11、网络 12 控制数据向左循环移位，实现 8 盏信号灯 HL0~HL7 每隔 0.5s 向左移位闪烁；网络 8、网络 9、网络 13、网络 14、网络 15 控制数据向右循环移位，实现 8 盏信号灯 HL0~HL7 每隔 0.5s 向右移位闪烁；网络 16~网络 23 驱动 8 盏信号灯 HL0~HL7 的亮灭；网络 24 为循环移位 8 次后，将 M10.1~M11.0 中的状态复位。

7.1.3 霓虹灯设计

1. 控制要求

① 用 HL0~HL7 8 个霓虹灯，分别做成“欢迎光临人民邮电”8 个字，当开启电源时 HL0~HL7 8 个霓虹灯闪烁 5 次，每次亮 0.5s，灭 0.5s，

② 闪烁 5 次后，从“欢”字开始移位点亮，每字间隔时间也为 0.5s。

③ 移位完后，循环执行①、②，直至按下停止按钮。

2. 控制分析

8 个霓虹灯闪烁 5 次需使用加计数器 CTU，移位点亮需使用移位寄存器指令 SHRB。当加计数器计数达到 5 次后，需激活移位寄存器进行移位，当移位达到 8 次时，必须将移位寄存器复位，并且重新激活 8 个霓虹灯进行闪烁，以实现系统循环控制要求。

3. PLC 控制霓虹灯的输入/输出分配表

根据控制要求及控制分析可知，该设计只需要 1 个输入和 8 个输出，PLC 控制霓虹灯的输入/输出分配表如表 7-5 所示。

表 7-5 PLC 控制霓虹灯的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
停止按钮	SB1	I0.0	“欢”字灯	HL0	Q0.0
			“迎”字灯	HL1	Q0.1
			“光”字灯	HL2	Q0.2
			“临”字灯	HL3	Q0.3

续表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
	“人”字灯	HL4	Q0.4		
	“民”字灯	HL5	Q0.5		
	“邮”字灯	HL6	Q0.6		
	“电”字灯	HL7	Q0.7		

4. PLC 控制霓虹灯的 I/O 接线图

由于系统需要 1 个输入和 8 个输出的 I/O 端子,PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU224, PLC 控制霓虹灯的 I/O 接线图如图 7-5 所示。

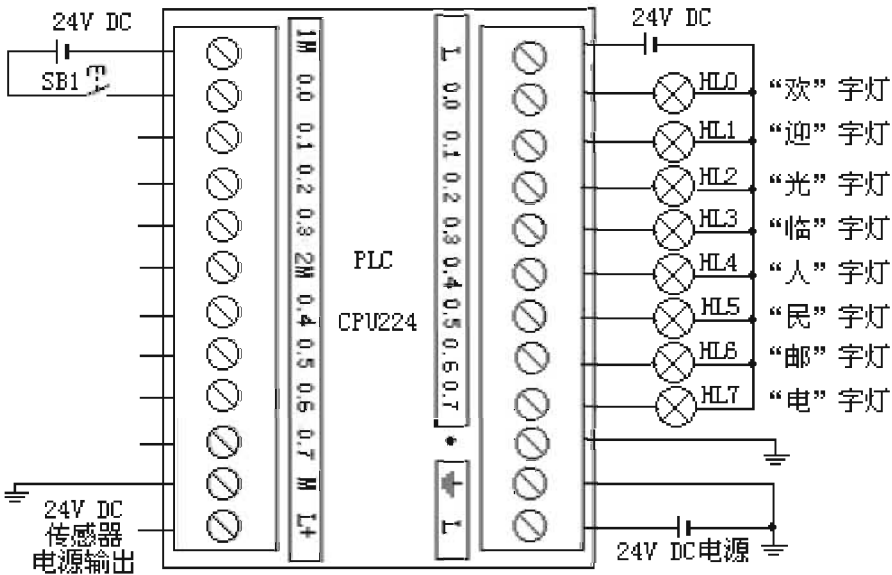


图 7-5 PLC 控制霓虹灯的 I/O 接线图

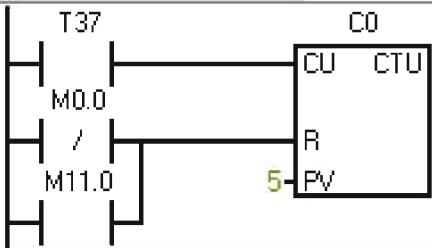
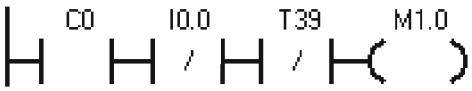
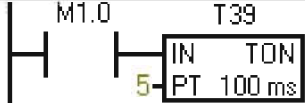
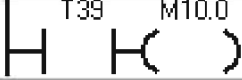
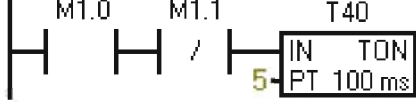
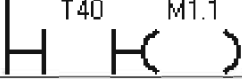
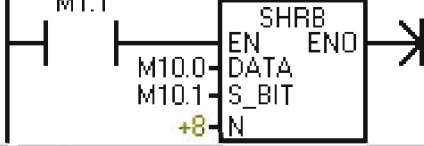
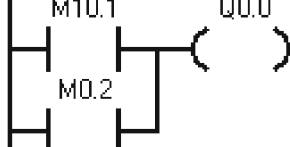
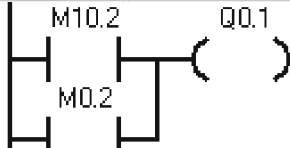
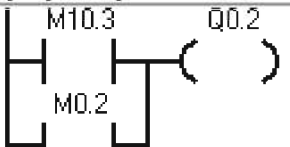
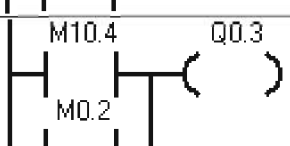
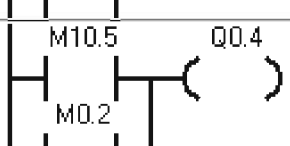
5. 程序设计

根据控制要求设计出 PLC 控制霓虹灯的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL), 如表 7-6 所示。

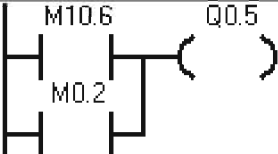
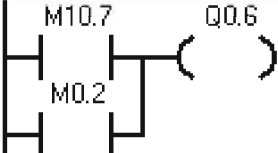
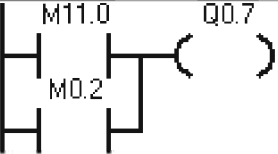
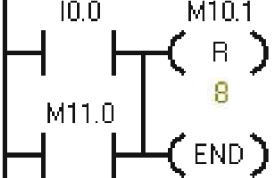
表 7-6 PLC 控制霓虹灯的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD SM0.0 AN I0.0 = M0.0
网络 2		LD M0.0 AN C0 = M0.1
网络 3		LD M0.1 AN T38 TON T37, 5
网络 4		LD T37 TON T38, 5 = M0.2

续表

网 络	LAD	STL
网络 5		<pre>LD T37 LDN M0.0 O M11.0 CTU C0, 5</pre>
网络 6		<pre>LD C0 AN I0.0 AN T39 = M1.0</pre>
网络 7		<pre>LD M1.0 TON T39, 5</pre>
网络 8		<pre>LD T39 = M10.0</pre>
网络 9		<pre>LD M1.0 AN M1.1 TON T40, 5</pre>
网络 10		<pre>LD T40 = M1.1</pre>
网络 11		<pre>LD M1.1 SHRB M10.0, M10.1, +8</pre>
网络 12		<pre>LD M10.1 O M0.2 = Q0.0</pre>
网络 13		<pre>LD M10.2 O M0.2 = Q0.1</pre>
网络 14		<pre>LD M10.3 O M0.2 = Q0.2</pre>
网络 15		<pre>LD M10.4 O M0.2 = Q0.3</pre>
网络 16		<pre>LD M10.5 O M0.2 = Q0.4</pre>

续表

网 络	LAD	STL
网络 17		LD M10.6 O M0.2 = Q0.5
网络 18		LD M10.7 O M0.2 = Q0.6
网络 19		LD M11.0 O M0.2 = Q0.7
网络 20		LD I0.0 O M11.0 R M10.1, 8 END

6. PLC 控制霓虹灯的程序设计说明

网络 1~网络 4 为 8 个霓虹灯闪烁点亮，闪烁时间为 0.5s。网络 5 为闪烁次数。网络 6~网络 11 为 8 个霓虹灯移位点亮控制，当闪烁次数小于 5 次时，网络 6~网络 11 不工作。网络 12~网络 19 驱动 8 个霓虹灯进行显示。当 8 个霓虹灯移位显示完后，网络 20 将 M10.1~M11.0 复位，为下次移位点亮作准备，同时将网络 5 中的计数器清 0，使 8 个霓虹灯重新循环工作。当按下停止按钮时，8 个霓虹灯全部熄灭。

7.1.4 天塔之光设计

1. 控制要求

天塔之光的控制示意图如图 7-6 所示，按下启动按钮后，各灯光的显示规律如下：HL9→HL8→HL7→HL6→HL5→HL4→HL3→HL2→HL1→HL1、HL2、HL9→HL1、HL5、HL8→HL1、HL4、HL7→HL1、HL3、HL6→HL2、HL3、HL4、HL5→HL6、HL7、HL8、HL9→HL1、HL2、HL6→HL1、HL3、HL7→HL1、HL4、HL8→HL1、HL5、HL9→HL1→HL2、HL3、HL4、HL5→HL6、HL7、HL8、HL9→HL9→HL8→HL7→HL6→HL5→HL4→HL3→HL2→HL1……如此循环下去。

2. 控制分析

根据控制要求，天塔之光有 9 个灯，这些灯光是循环移位闪亮，每次循环有 22 步，因此可以使用移位寄存器指令 SHRB 来实现。移位寄存器指令 SHRB 需进行 22 位的移位（M10.1~M10.7、M11.0~M11.7、M12.0~M12.6），每一位

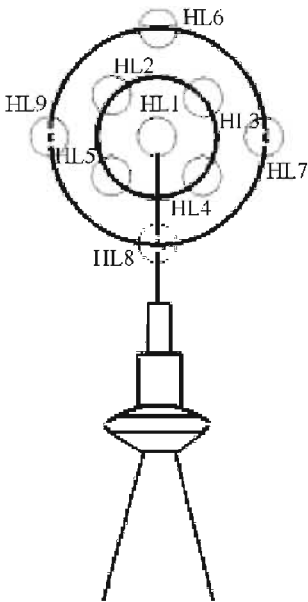


图 7-6 天塔之光控制示意图

对应一步控制相应指示灯，如 HL1 分别在 9、10、11、12、13、16、17、18、19、20 步时被点亮，那么在移位寄存器 M11.1、M11.2、M11.3、M11.4、M11.5、M12.0、M12.1、M12.2、M12.3、M12.4 位时 HL1 均有效，需将 HL1 置 1。

3. PLC 控制天塔之光的输入/输出分配表

根据控制要求及控制分析可知，该设计需要 1 个启动按钮、1 个停止按钮和 9 个输出端子，PLC 控制天塔之光的输入/输出分配表如表 7-7 所示。

表 7-7 PLC 控制天塔之光的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
启动按钮	SB1	I0.0	信号灯 HL1	HL1	Q0.0
停止按钮	SB2	I0.1	信号灯 HL2	HL2	Q0.1
			信号灯 HL3	HL3	Q0.2
			信号灯 HL4	HL4	Q0.3
			信号灯 HL5	HL5	Q0.4
			信号灯 HL6	HL6	Q0.5
			信号灯 HL7	HL7	Q0.6
			信号灯 HL8	HL8	Q0.7
			信号灯 HL9	HL9	Q1.0

4. PLC 控制天塔之光的 I/O 接线图

由于系统需要 2 个输入和 9 个输出的 I/O 端子，PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU224，PLC 控制天塔之光的 I/O 接线图如图 7-7 所示。

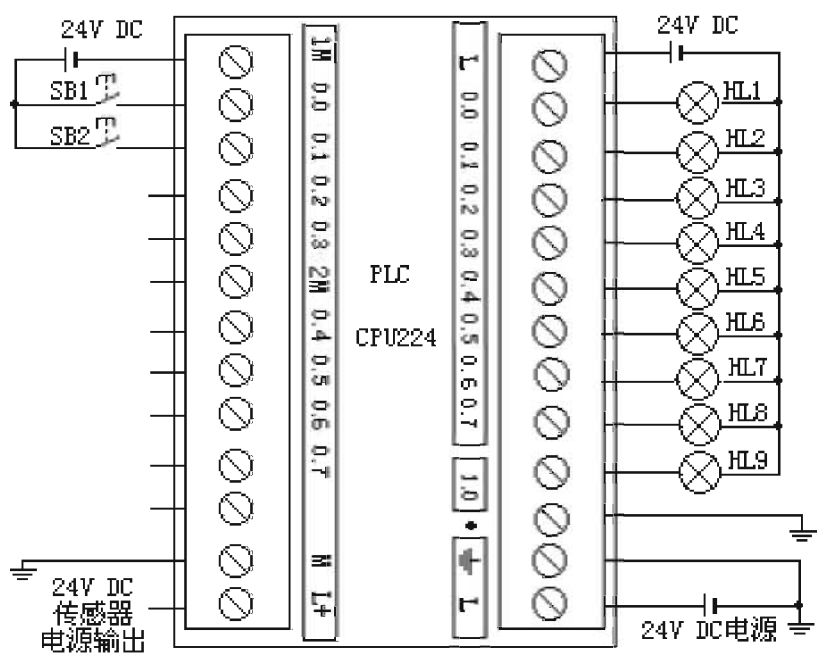


图 7-7 PLC 控制天塔之光的 I/O 接线图

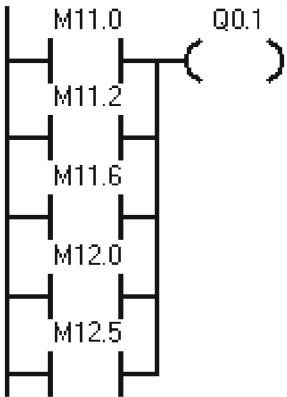
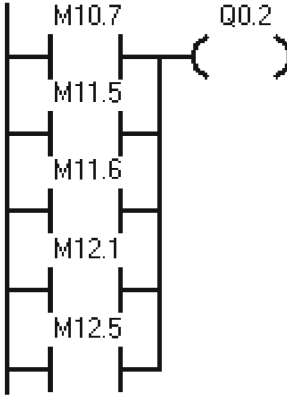
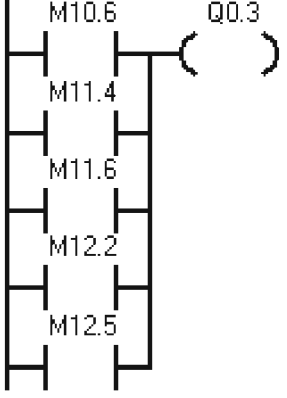
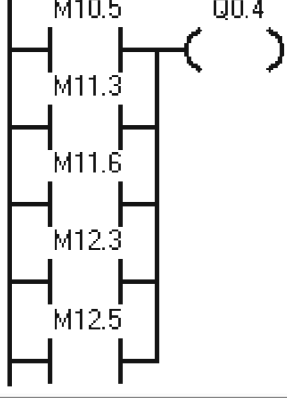
5. 程序设计

根据控制要求设计出 PLC 控制天塔之光的梯形图（LAD）及指令语句表（STL），如表 7-8 所示。

表 7-8 PLC 控制天塔之光的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 O M0.0 AN I0.1 = M0.0
网络 2		LD M0.0 AN M0.1 TON T37, 10
网络 3		LD T37 = M0.1
网络 4		LD M0.0 TON T38, 20 AN T38 = M1.0
网络 5		LD M1.0 O M0.2 = M10.0
网络 6		LD M12.6 TON T39, 10 AN T39 = M0.2
网络 7		LD M0.1 SHRB M10.0, M10.1, +22
网络 8		LD M11.1 O M11.2 O M11.3 O M11.4 O M11.5 O M12.0 O M12.1 O M12.2 O M12.3 O M12.4 = Q0.0

续表

网 络	LAD	STL
网络 9		<pre>LD M11.0 O M11.2 O M11.6 O M12.0 O M12.5 = Q0.1</pre>
网络 10		<pre>LD M10.7 O M11.5 O M11.6 O M12.1 O M12.5 = Q0.2</pre>
网络 11		<pre>LD M10.6 O M11.4 O M11.6 O M12.2 O M12.5 = Q0.3</pre>
网络 12		<pre>LD M10.5 O M11.3 O M11.6 O M12.3 O M12.5 = Q0.4</pre>

续表

网 络	LAD	STL
网络 13		LD M10.4 O M11.5 O M11.7 O M12.0 O M12.6 = Q0.5
网络 14		LD M10.3 O M11.4 O M11.7 O M12.1 O M12.6 = Q0.6
网络 15		LD M10.2 O M11.3 O M11.7 O M12.2 O M12.6 = Q0.7
网络 16		LD M10.1 O M11.2 O M11.7 O M12.3 O M12.6 = Q1.0
网络 17		LD I0.1 R M10.1, 22

6. PLC 控制天塔之光的程序设计说明

网络 1 为启停控制, 网络 2~网络 7 为移位控制, 网络 8~网络 16 为 9 个信号指示灯的亮灭控制, 网络 17 为移位寄存器复位控制。网络 2 和网络 3 延时 2s 作为左移位的使能脉冲; 网络 4 为第 1 次移位时将 M10.0 位置初始值 1; 移位 22 次后, 网络 6 将 M0.2 置 1, 为循环移位作好准备。

7.1.5 艺术彩灯造型设计

1. 控制要求

艺术彩灯的造型如图 7-8 所示, 图中 HL1~HL12 为不同颜色的彩灯, HL1~HL8 均由 4 盏灯组成, HL9~HL12 均由一盏灯组成, 通过改变 PLC 的程序, 可以改变彩灯造型, 显示出不同颜色的灯光, 使之产生千姿百态、五颜六色的显示效果。

按下启动按钮后, 艺术彩灯的显示规律如下: HL1、HL2→HL6、HL7→HL3、HL4→HL8、HL1→HL5、HL6→HL2、HL3→HL7、HL8→HL4、HL5→HL9、HL10→HL11、HL12→HL2、HL3、HL4→HL6、HL7、HL8→HL2、HL1、HL8→HL6、HL5、HL4→HL9、HL12→HL11、HL10→全部闪烁 3 次→HL1、HL2→HL6、HL7……如此循环。

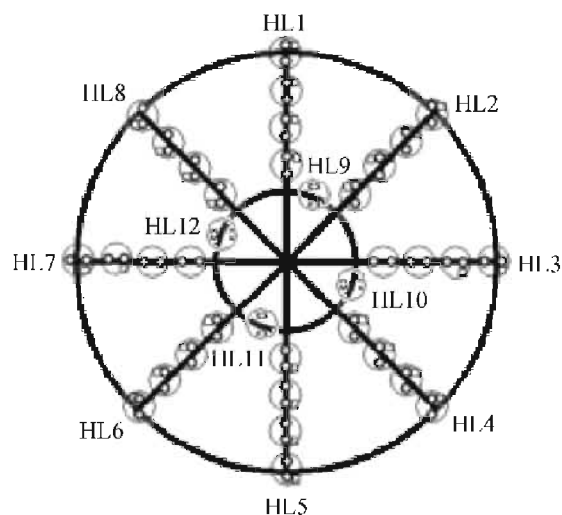


图 7-8 艺术彩灯造型示意图

2. 控制分析

根据控制要求, 艺术彩灯造型 HL1~HL8 均由 4 盏灯组成, 可用 HL1~HL8 来表示, 因此可理解为 12 个控制彩灯。这些灯光刚开始是循环移位闪亮, 每次循环有 16 步, 可用移位寄存器指令 SHRB 来实现。移位寄存器指令 SHRB 需进行 16 位的移位 (M10.1~M10.7、M11.0~M11.7、M12.0), 每一位对应一步控制相应指示灯。当移位寄存器指令 SHRB 移位 16 次后, 要触发计数器计数 3 次, 以控制 HL1~HL12 闪烁 3 次。闪烁 3 次后, 又进行移位控制, 以实现彩灯循环显示。

3. PLC 控制艺术彩灯造型的输入/输出分配表

根据控制要求及控制分析可知, 该设计需要 1 个启动按钮、1 个停止按钮和 12 个输出端子, PLC 控制艺术彩灯造型的输入/输出分配表如表 7-9 所示。

表 7-9 PLC 控制艺术彩灯造型的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
启动按钮	SB1	I0.0	信号灯 HL1	HL1	Q0.0
停止按钮	SB2	I0.1	信号灯 HL2	HL2	Q0.1
			信号灯 HL3	HL3	Q0.2
			信号灯 HL4	HL4	Q0.3
			信号灯 HL5	HL5	Q0.4
			信号灯 HL6	HL6	Q0.5

续表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
	信号灯 HL7	HL7	Q0.6		
	信号灯 HL8	HL8	Q0.7		
	信号灯 HL9	HL9	Q1.0		
	信号灯 HL10	HL10	Q1.1		
	信号灯 HL11	HL11	Q1.2		
	信号灯 HL12	HL12	Q1.3		

4. PLC 控制艺术彩灯造型的 I/O 接线图

由于系统需要 2 个输入和 12 个输出的 I/O 端子，而 CPU224 只有 10 个输出，因此要选用 S7-200 系列 PLC——CPU226，PLC 控制艺术彩灯造型的 I/O 接线图如图 7-9 所示。

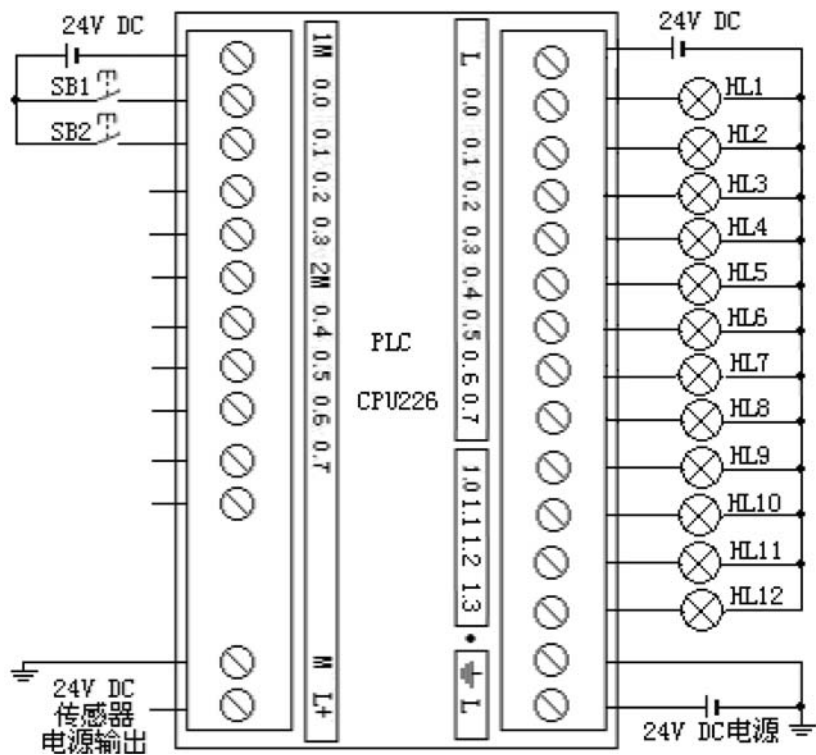


图 7-9 PLC 控制艺术彩灯造型的 I/O 接线图

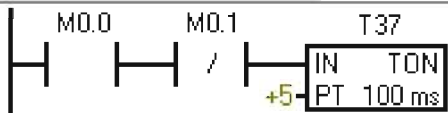
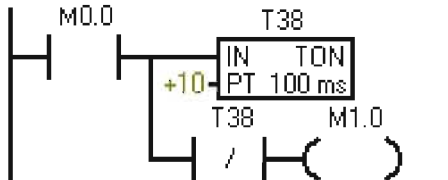
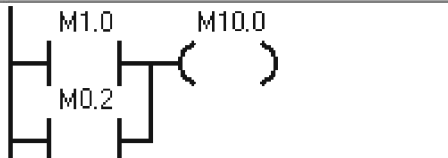
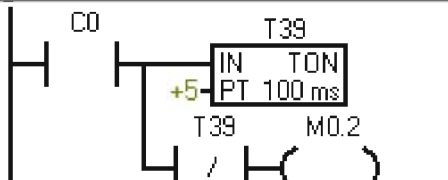
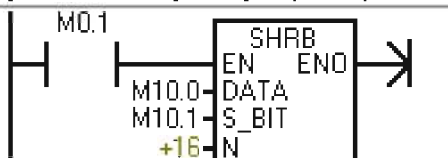
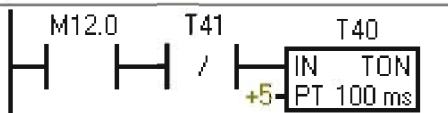
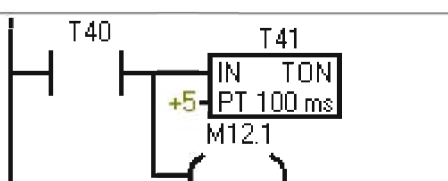
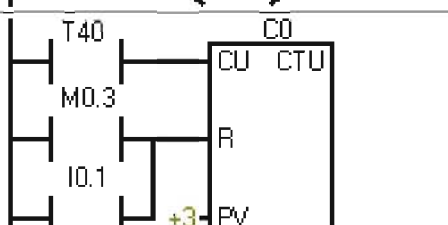
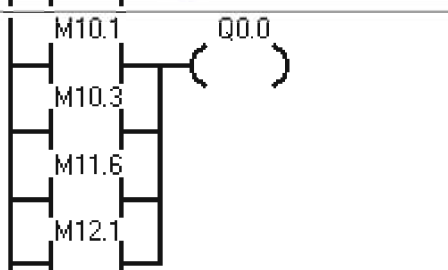
5. 程序设计

根据控制要求设计出 PLC 控制艺术彩灯造型的梯形图（LAD）及指令语句表（STL），如表 7-10 所示。

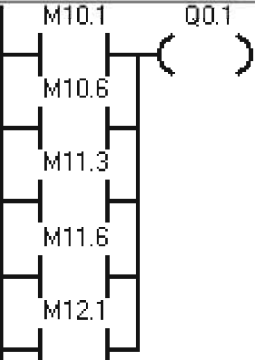
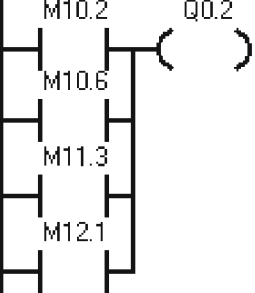
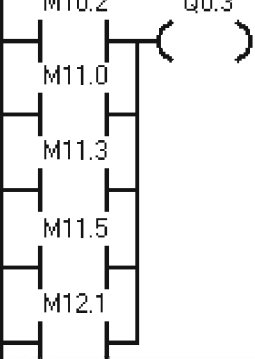
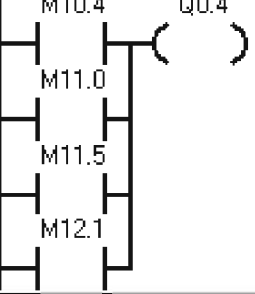
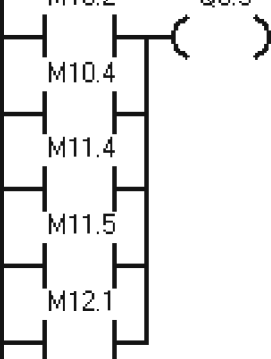
表 7-10 PLC 控制艺术彩灯造型的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre>LD I0.0 O M0.0 AN I0.1 = M0.0</pre>

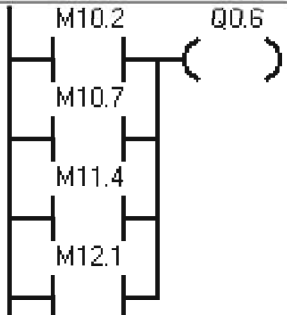
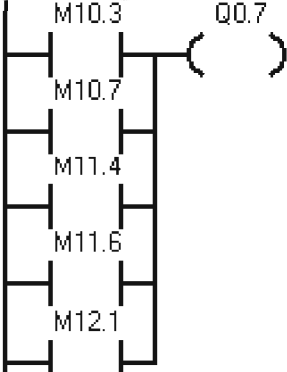
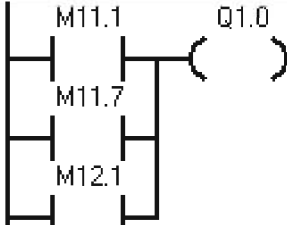
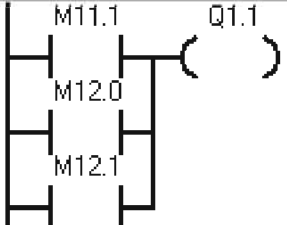
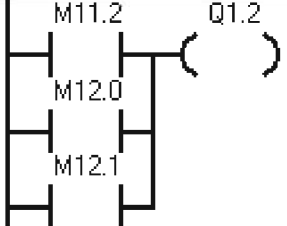
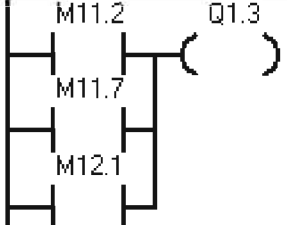
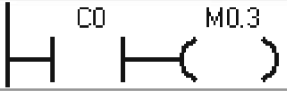
续表

网 络	LAD	STL
网络 2		LD M0.0 AN M0.1 TON T37, +5
网络 3		LD T37 = M0.1
网络 4		LD M0.0 TON T38, +10 AN T38 = M1.0
网络 5		LD M1.0 O M0.2 = M10.0
网络 6		LD C0 TON T39, +5 AN T39 = M0.2
网络 7		LD M0.1 SHR M10.0, M10.1, +16
网络 8		LD M12.0 AN T41 TON T40, +5
网络 9		LD T40 TON T41, +5 = M12.1
网络 10		LD T40 LD M0.3 O IO.1 CTU C0, +3
网络 11		LD M10.1 O M10.3 O M11.6 O M12.1 = Q0.0

续表

网 络	LAD	STL
网络 12		<pre>LD M10.1 O M10.6 O M11.3 O M11.6 O M12.1 = Q0.1</pre>
网络 13		<pre>LD M10.2 O M10.6 O M11.3 O M12.1 = Q0.2</pre>
网络 14		<pre>LD M10.2 O M11.0 O M11.3 O M11.5 O M12.1 = Q0.3</pre>
网络 15		<pre>LD M10.4 O M11.0 O M11.5 O M12.1 = Q0.4</pre>
网络 16		<pre>LD M10.2 O M10.4 O M11.4 O M11.5 O M12.1 = Q0.5</pre>

续表

网 络	LAD	STL
网络 17		LD M10.2 O M10.7 O M11.4 O M12.1 = Q0.6
网络 18		LD M10.3 O M10.7 O M11.4 O M11.6 O M12.1 = Q0.7
网络 19		LD M11.1 O M11.7 O M12.1 = Q1.0
网络 20		LD M11.1 O M12.0 O M12.1 = Q1.1
网络 21		LD M11.2 O M12.0 O M12.1 = Q1.2
网络 22		LD M11.2 O M11.7 O M12.1 = Q1.3
网络 23		LD C0 = M0.3

续表

网 络	LAD	STL
网络 24		<pre>LD M0.3 O I0.1 R M10.1, 16</pre>

6. PLC 控制艺术彩灯造型的程序设计说明

网络 1 为启停控制, 网络 2~网络 7 为移位控制, 网络 9~网络 10 为闪烁 3 次计数控制, 网络 11~网络 22 为 HL1~HL12 信号指示灯的亮灭控制, 网络 24 为移位寄存器复位控制。网络 2 和网络 3 延时 2s 作为左移位的使能脉冲; 网络 4 为第 1 次移位时将 M10.0 位置初始值 1; 移位至 M12.0 位时, 除将相应指示灯点亮外, T40 开始进行计时。当 HL1~HL12 闪烁 3 次后, 网络 6 将 M0.2 置 1, 为循环移位做好准备。网络 8 和网络 9 作为脉冲振荡以控制 M12.1 的通断, 从而使 HL1~HL12 信号指示灯进行闪烁。

7.1.6 交通信号灯模拟控制设计

1. 控制要求

- ① 交通信号灯由一个开关控制启停。
- ② 交通灯分为东西南北 4 个方向, 每个方向均有绿灯、红灯和黄灯, 如图 7-10 所示。
- ③ 按下启动按钮, 先东西方向的绿灯亮, 后南北方向的红灯亮。其中红灯亮 60s, 绿灯持续亮 55s 后, 进行闪亮 3 次, 其闪亮周期为 0.5s (即亮、灭各 0.5s)。绿灯闪亮 3 次后熄灭, 东西方向的黄灯亮, 维持 2s, 之后东西方向的黄灯和南北方向的红灯同时熄灭, 而东西方向的红灯点亮 60s, 南北方向的绿灯亮 55s 后, 闪亮 3 次。南北方向的绿灯闪亮 3 次后熄灭, 南北方向的黄灯亮 2s。黄灯亮 2s 后, 东西方向的绿灯亮, 南北方向的红灯亮, 如此循环执行上述过程。

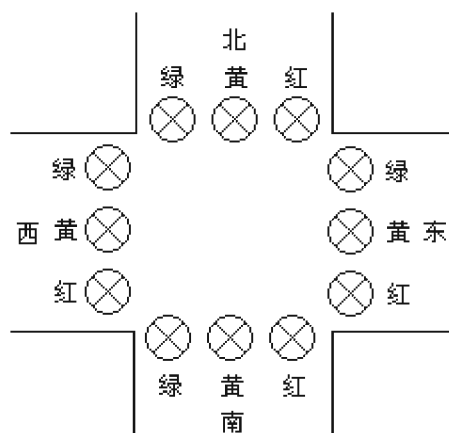


图 7-10 交通信号灯示意图

2. 控制分析

根据控制要求, 画出交通信号灯控制时序图, 如图 7-11 所示。

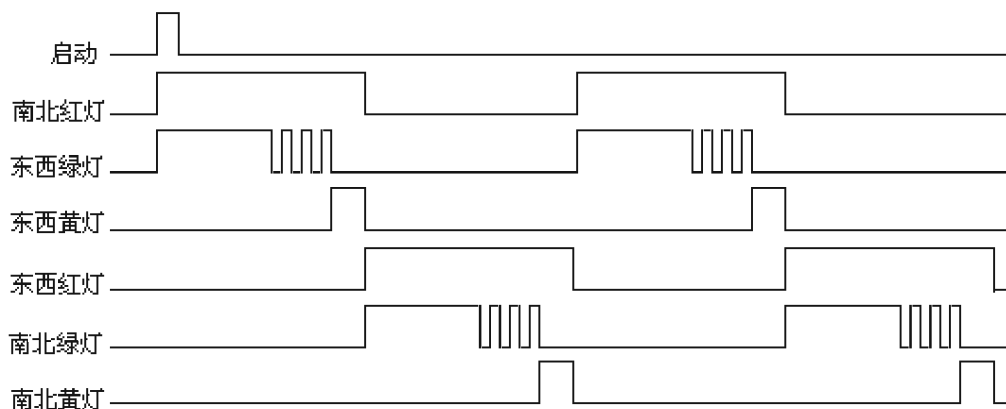


图 7-11 交通信号灯时序图

从图中可以看出,按下启动按钮后,南北方向红灯亮的时间(60s)=东西方向绿灯常亮的时间(55s)+东西方向绿灯闪烁时间(3s)+东西方向黄灯亮的时间(2s)。同样,东西方向红灯亮的时间(60s)=南北方向绿灯常亮的时间(55s)+南北方向绿灯闪烁时间(3s)+南北方向黄灯亮的时间(2s)。

3. PLC 控制交通信号灯的输入/输出分配表

根据控制要求及控制分析可知,该设计需要 1 个启动按钮和 6 个输出端子,PLC 控制交通信号灯的输入/输出分配表如表 7-11 所示。

表 7-11 PLC 控制交通信号灯的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
启动按钮	SB1	I0.0	控制东西方向绿灯亮	HL1	Q0.0
			控制东西方向黄灯亮	HL2	Q0.1
			控制东西方向红灯亮	HL3	Q0.2
			控制南北方向绿灯亮	HL4	Q0.3
			控制南北方向黄灯亮	HL5	Q0.4
			控制南北方向红灯亮	HL6	Q0.5

4. PLC 控制交通信号灯的 I/O 接线图

由于系统使用的 I/O 端子较少,PLC 可选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222,PLC 控制交通信号灯的 I/O 接线图如图 7-12 所示。

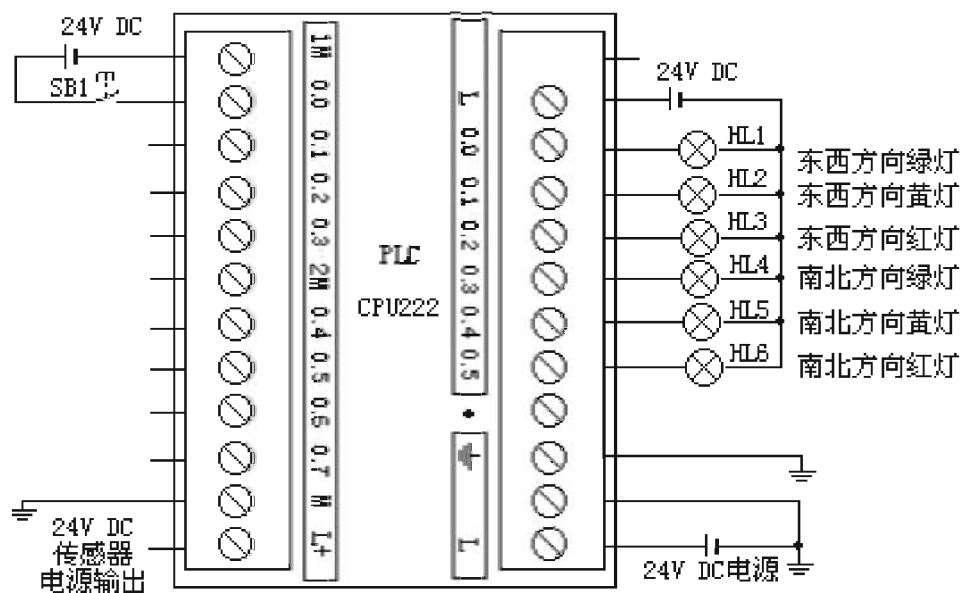


图 7-12 PLC 控制交通信号灯的 I/O 接线图

5. 程序设计

根据控制要求设计出 PLC 控制交通信号灯的梯形图(LAD)及指令语句表(STL),如表 7-12 所示。

表 7-12

PLC 控制交通信号灯的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre>LD I0.0 AN T39 TON T37, +550 TON T38, +580 TON T39, +600</pre>
网络 2		<pre>LDN M0.0 A I0.0 AN Q0.5 = Q0.2 LDN T37 O T41 ALD = Q0.3</pre>
网络 3		<pre>LD T37 AN T38 LPS A T41 TON T40, +5 LPP AN T40 TON T41, +5</pre>
网络 4		<pre>LD T38 AN T39 AN Q0.1 AN Q0.5 = Q0.4</pre>
网络 5		<pre>LD M0.0 AN T42 AN Q0.2 = Q0.5 LDN T37 O T41 ALD AN T38 = Q0.0</pre>
网络 6		<pre>LD T38 AN T39 AN Q0.2 AN Q0.4 = Q0.1</pre>
网络 7		<pre>LD T39 O M0.0 AN T42 = M0.0 TON T42, +600</pre>

7.2 LED 显示类设计

LED (Light Emitting Diode) 发光二极管在 PLC 控制系统中用得也比较多, 主要用来显示相应的数据。LED 由发光二极管构成, 具有结构简单、价格便宜等特点。

通常使用的 LED 显示器是 7 段 LED, 它由 7 个发光二极管组成。这 7 个发光二极管 a~g 呈“日”字形排列, 其结构及连接如图 7-13 所示。当某一发光二极管导通时, 相应点亮某一点或某一段笔画, 通过二极管不同的亮暗组合形成不同的数字、字母及其他符号。

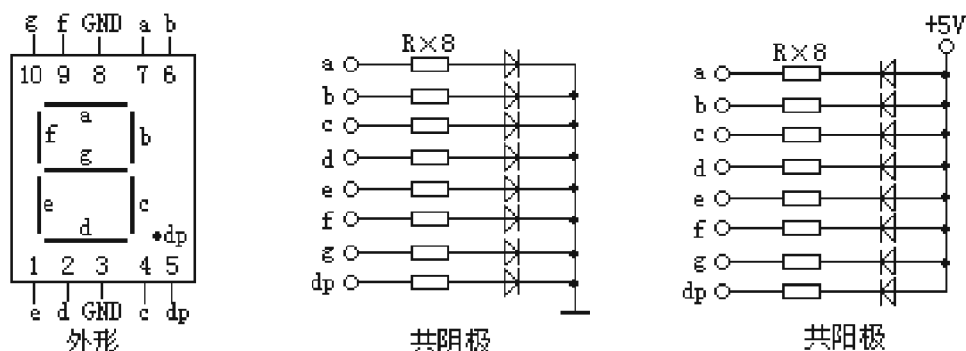


图 7-13 LED 的结构及连接

LED 显示器中发光二极管有两种接法：①所有发光二极管的阳极连接在一起，这种连接方法称为共阳极接法；②所有二极管的阴极连接在一起，这种连接方法称为共阴极接法。共阳极的 LED 高电平时对应的段码被点亮，共阴极的 LED 低电平时对应的段码被点亮。LED 显示器的发光二极管亮暗组合实质上就是不同电平的组合，也就是为 LED 显示器提供不同的代码。

7.2.1 LED 数码管显示设计

1. 控制要求

使用 PLC 控制的 8 段数码管如图 7-14 所示, 按下启动按钮, 由 8 组 LED 发光二极管模拟的 8 段数码管每隔 1s 进行显示, 显示内容依次为 8 个段码 (A、B、C、D、E、F、G、H) 和 16 个字符 (0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F、G、H), 显示完最后一个字符后, 停顿 2s, 再重新开始显示。

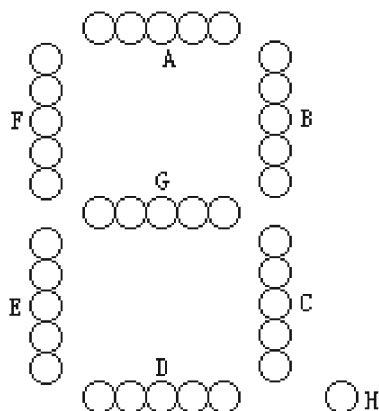


图 7-14 8 段数码管显示

2. LED 显示原理分析

控制相应的 LED 段码点亮，可显示 8 个段码和 16 个字符，如表 7-13 所示。

表 7-13 段码与显示内容的关系

显示内容	对应段码	显示内容	对应段码	显示内容	对应段码
-	A	0	ABCDEF	8	ABCDEF
	B	1	BC	9	ABCD
	C	2	ABGED	A	ABCEFG
-	D	3	ABGCD	b	CDEFG
	E	4	FGBC	[	AFED
	F	5	AFGCD	d	BCDEG
-	G	6	AFEGCD	E	AEFGD
.	H	7	ABC	F	AEFG

若采用 PLC 内部标志位寄存器 M 控制段码点亮，则只需某一个 M 触点就可控制相应的段码显示，如表 7-14 所示。

表 7-14 M 控制段码显示

显示段码	段码显示条件（任意一个触点闭合有效）
段码 A	M10.1、M11.1、M11.3、M11.4、M11.6、M11.7、M12.1、M12.2、M12.3、M12.4、M12.6、M13.0、M13.1
段码 B	M10.2、M11.1、M11.2、M11.3、M11.4、M11.5、M12.1、M12.2、M12.3、M12.4、M12.7
段码 C	M10.3、M11.1、M11.2、M11.4、M11.5、M11.6、M11.7、M12.1、M12.2、M12.3、M12.4、M12.5、M12.7
段码 D	M10.4、M11.1、M11.3、M11.4、M11.6、M11.7、M12.2、M12.4、M12.5、M12.6、M12.7、M13.0
段码 E	M10.5、M11.1、M11.3、M11.6、M11.7、M12.2、M12.3、M12.4、M12.5、M12.6、M12.7、M13.0、M13.1
段码 F	M10.6、M11.1、M11.5、M11.6、M11.7、M12.2、M12.3、M12.4、M12.5、M12.6、M13.0、M13.1
段码 G	M10.7、M11.3、M11.4、M11.5、M11.6、M11.7、M12.2、M12.3、M12.4、M12.5、M12.7、M13.0、M13.1
段码 H	M11.0

3. PLC 控制 LED 数码管显示的输入/输出分配表

根据控制要求及 LED 显示原理分析可知，该设计需要 1 个启动按钮和 8 个输出端子，PLC 控制 LED 数码管显示的输入/输出分配表如表 7-15 所示。

表 7-15 PLC 控制 LED 数码管显示的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
启动按钮	SB1	I0.0	控制段码 A 亮	a	Q0.0
			控制段码 B 亮	b	Q0.1
			控制段码 C 亮	c	Q0.2
			控制段码 D 亮	d	Q0.3
			控制段码 E 亮	e	Q0.4

续表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
			控制段码 F 亮	f	Q0.5
			控制段码 G 亮	g	Q0.6
			控制段码 H 亮	h	Q0.7

4. PLC 控制 LED 数码管显示的 I/O 接线图

由于系统需要 1 个输入和 8 个输出的 I/O 端子,PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU224, PLC 控制数码管显示的 I/O 接线图如图 7-15 所示。

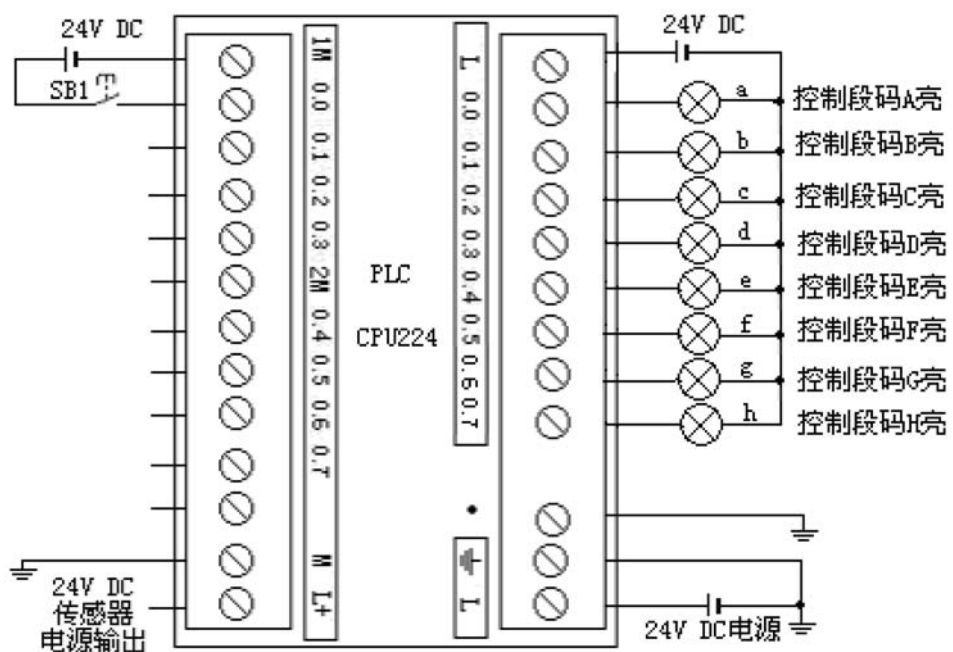


图 7-15 PLC 控制数码管显示的 I/O 接线图

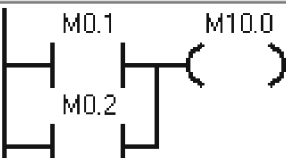
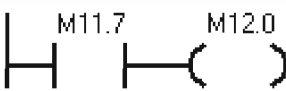
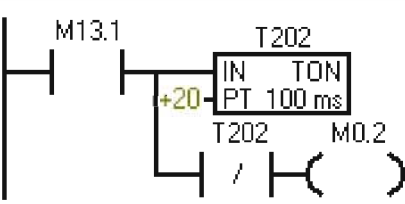
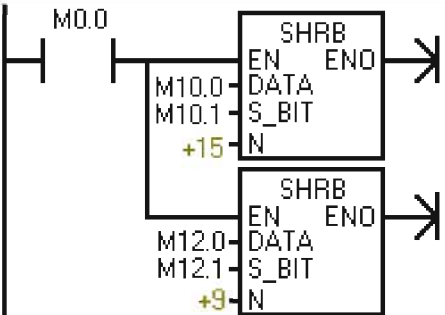
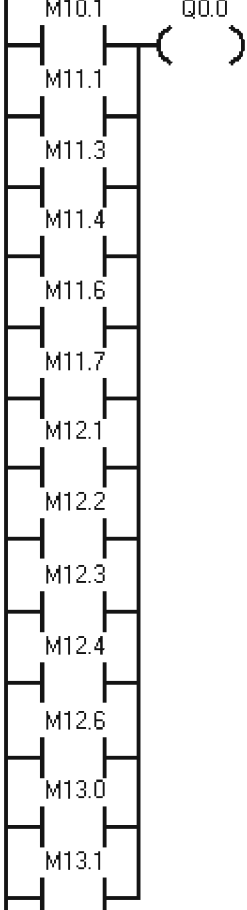
5. 程序设计

根据控制要求设计出 PLC 控制数码管显示的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL), 如表 7-16 所示。

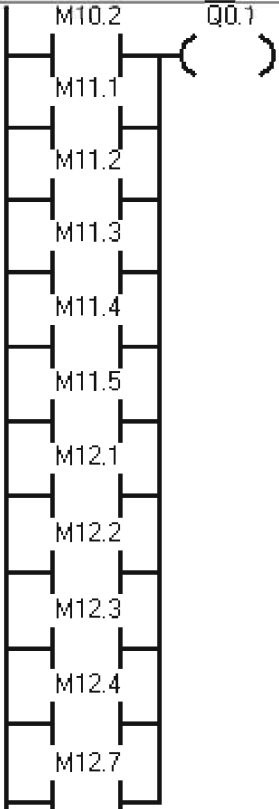
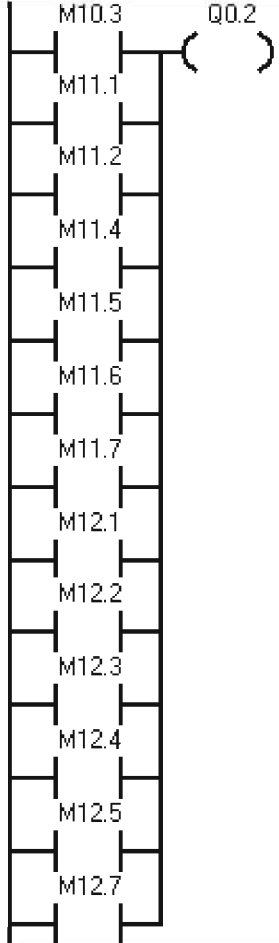
表 7-16 PLC 控制数码管显示的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 AN M0.0 TON T200, +10
网络 2		LD T200 = M0.0
网络 3		LD I0.0 TON T201, +15 AN T201 = M0.1

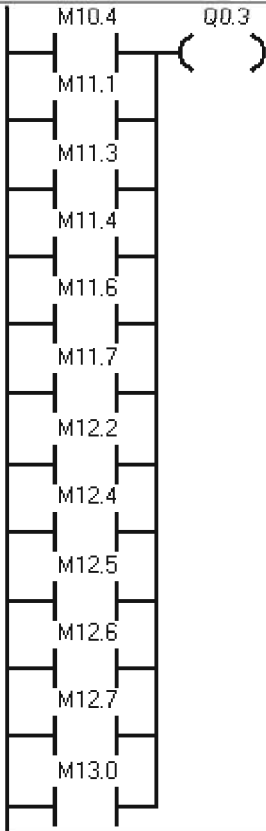
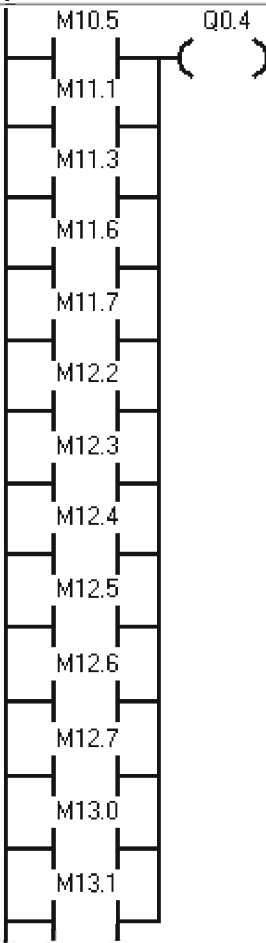
续表

网 络	LAD	STL
网络 4		LD M0.1 O M0.2 = M10.0
网络 5		LD M11.7 = M12.0
网络 6		LD M13.1 TON T202, +20 AN T202 = M0.2
网络 7		LD M0.0 SHRB M10.0, M10.1, +15 SHRB M12.0, M12.1, +9
网络 8		LD M10.1 O M11.1 O M11.3 O M11.4 O M11.6 O M11.7 O M12.1 O M12.2 O M12.3 O M12.4 O M12.6 O M13.0 O M13.1 = Q0.0

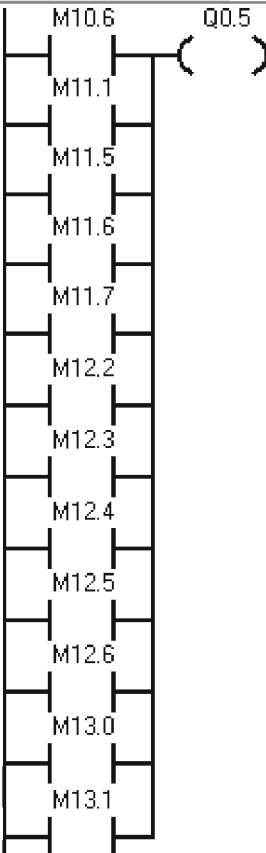
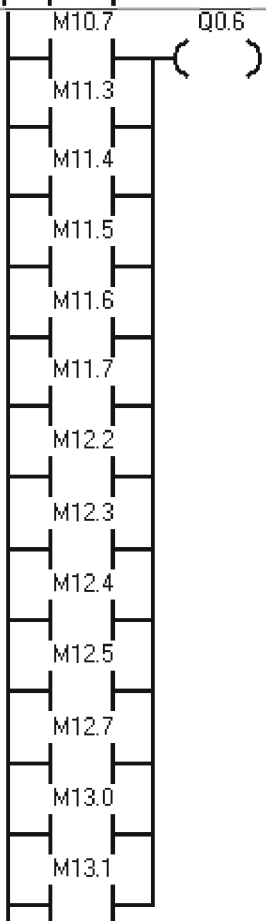
续表

网 络	LAD	STL
网络 9		<pre> LD M10.2 O M11.1 O M11.2 O M11.3 O M11.4 O M11.5 O M12.1 O M12.2 O M12.3 O M12.4 O M12.7 = Q0.1 </pre>
网络 10		<pre> LD M10.3 O M11.1 O M11.2 O M11.4 O M11.5 O M11.6 O M11.7 O M12.1 O M12.2 O M12.3 O M12.4 O M12.5 O M12.7 = Q0.2 </pre>

续表

网 络	LAD	STL
网络 11		<pre>LD M10.4 O M11.1 O M11.3 O M11.4 O M11.6 O M11.7 O M12.2 O M12.4 O M12.5 O M12.6 O M12.7 O M13.0 = Q0.3</pre>
网络 12		<pre>LD M10.5 O M11.1 O M11.3 O M11.6 O M11.7 O M12.2 O M12.3 O M12.4 O M12.5 O M12.6 O M12.7 O M13.0 O M13.1 = Q0.4</pre>

续表

网 络	LAD	STL
网络 13		<pre> LD M10.6 O M11.1 O M11.5 O M11.6 O M11.7 O M12.2 O M12.3 O M12.4 O M12.5 O M12.6 O M13.0 O M13.1 = Q0.5 </pre>
网络 14		<pre> LD M10.7 O M11.3 O M11.4 O M11.5 O M11.6 O M11.7 O M12.2 O M12.3 O M12.4 O M12.5 O M12.7 O M13.0 O M13.1 = Q0.6 </pre>

续表

网 络	LAD	STL
网络 15		LD M11.0 = Q0.7
网络 16		LD I0.0 ED R M10.0, 15 R M12.0, 9

6. PLC 控制数码管显示的程序设计说明

网络 1 延时 1s, M0.0 上升沿; 网络 2 每 1s, M0.0 脉冲一次; 网络 3~网络 7 为循环移位控制; 网络 8~网络 15 分别驱动段码 A~H; 网络 16 为移位寄存器复位控制。

7.2.2 抢答器设计

1. 控制要求

LED 数码管显示的 4 组抢答器控制要求如下。

① 4 组人组成的竞争抢答, 有 4 个对应的按钮, 编号分别为 1、2、3、4。在主持人的主持下, 参赛者通过抢先按下抢答按钮获得答题资格, 抢答开始并且有时间限制。当某一组按下按钮并获得答题资格后, 显示器显示出该组编号, 并使铃发出响声, 同时锁位其他组的抢答器, 使其他组抢答无效。

② 如果在限制时间内参赛者均没有进行抢答, 10s 后蜂鸣器发音提示, 此后抢答无效。

③ 如果主持人在未按下“开始”按钮前, 已有人按下抢答按钮, 属于违规, 并显示违规组的编号, 同时蜂鸣器发音提示, 违规指示灯闪烁, 其他按钮无效。

④ 抢答器设有复位开关, 由主持人控制。

2. 控制分析

根据控制要求可知, 只需一个 LED 数码管即可显示。当第 1 组抢答时, LED 数码管显示器应显示 1, 即段码 B、C 亮, 显示数字 1; 当第 2 组抢答时, 应是段码 A、B、G、E、D 亮, 显示数字 2; 当第 3 组抢答时, 应是段码 A、B、G、C、D 亮, 显示数字 3; 当第 4 组抢答时, 应是段码 F、G、B、C 亮, 显示数字 4。因此也可以使相应的 M 元件有效, 以控制显示相应的数字。

3. PLC 控制抢答器的输入/输出分配表

根据控制要求, 该设计需要 6 个输入和 9 个输出端子, PLC 控制抢答器的输入/输出分配表如表 7-17 所示。

表 7-17 PLC 控制抢答器的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
抢答开始按钮	SB0	I0.0	控制段码 A 亮	a	Q0.0
复位按钮	SB1	I0.1	控制段码 B 亮	b	Q0.1
1 号抢答按钮	SB2	I0.2	控制段码 C 亮	c	Q0.2
2 号抢答按钮	SB3	I0.3	控制段码 D 亮	d	Q0.3

续表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
3 号抢答按钮	SB4	I0.4	控制段码 E 亮	e	Q0.4
4 号抢答按钮	SB5	I0.5	控制段码 F 亮	f	Q0.5
			控制段码 G 亮	g	Q0.6
			控制蜂鸣器		Q0.7
			违规指示		Q1.0

4. PLC 控制抢答器的 I/O 接线图

由于系统需要 6 个输入和 9 个输出的 I/O 端子, PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU224, PLC 控制抢答器的 I/O 接线图如图 7-16 所示。

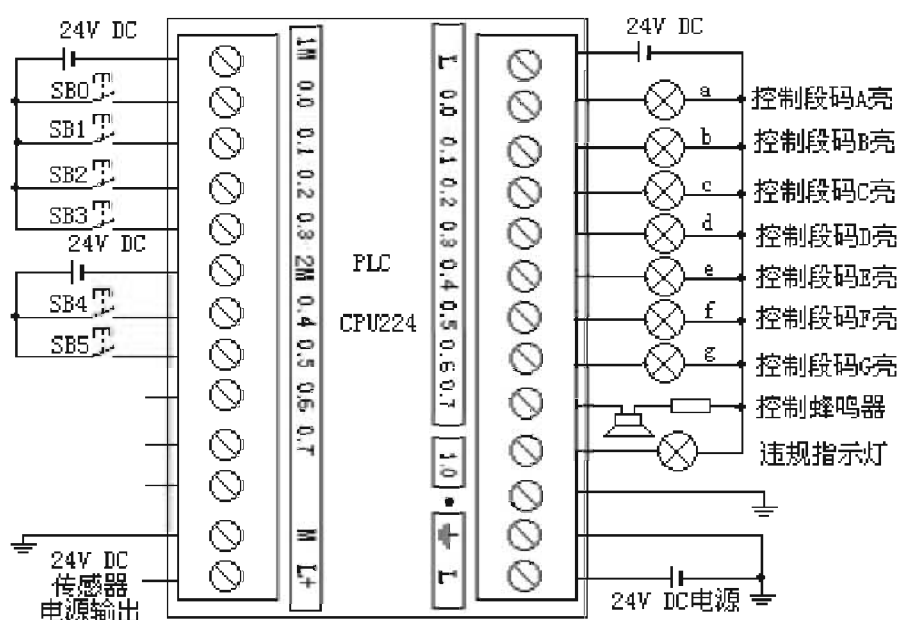


图 7-16 PLC 控制抢答器的 I/O 接线图

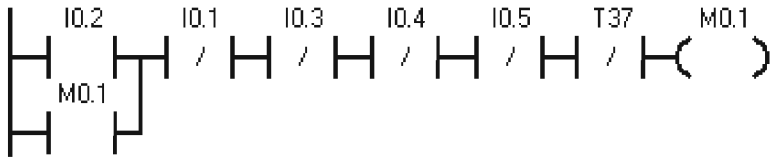
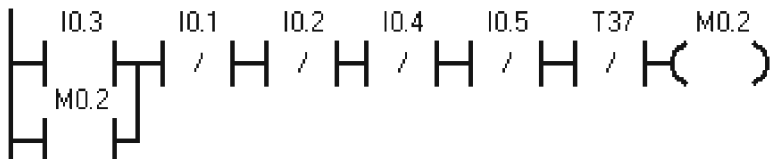
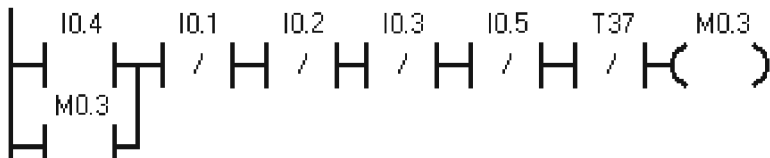
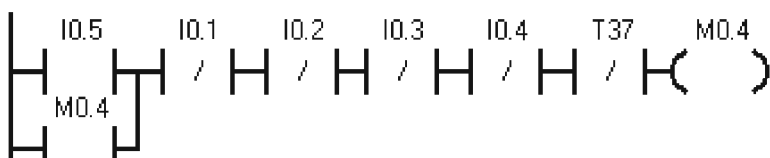
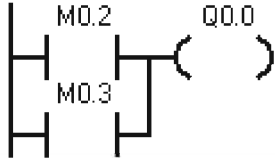
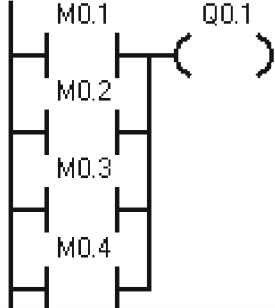
5. 程序设计

根据控制要求设计出 PLC 控制抢答器的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL), 如表 7-18 所示。

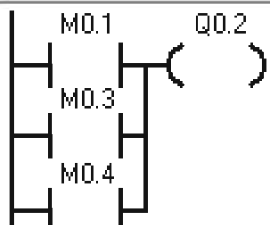
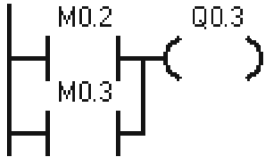
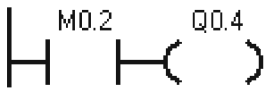
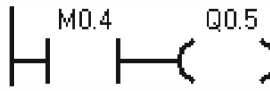
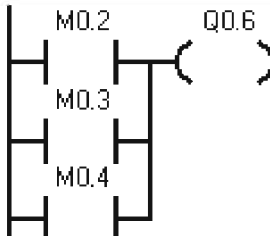
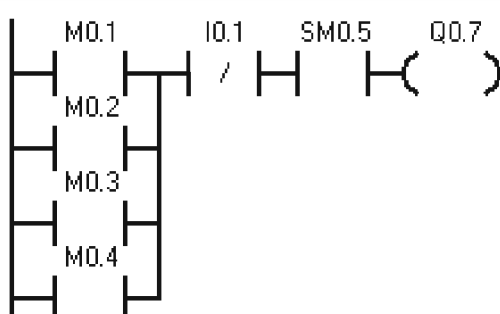
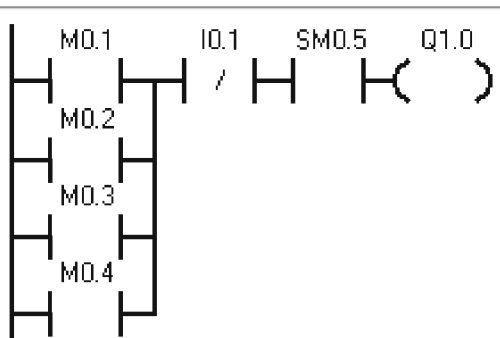
表 7-18 PLC 控制抢答器的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 O M0.0 AN I0.1 = M0.0
网络 2		LD M0.0 AN I0.2 AN I0.3 AN I0.4 AN I0.5 TON T37, +100

续表

网 络	LAD	STL
网络 3		LD I0.2 O M0.1 AN I0.1 AN I0.3 AN I0.4 AN I0.5 AN T37 = M0.1
网络 4		LD I0.3 O M0.2 AN I0.1 AN I0.2 AN I0.4 AN I0.5 AN T37 = M0.2
网络 5		LD I0.4 O M0.3 AN I0.1 AN I0.2 AN I0.3 AN I0.5 AN T37 = M0.3
网络 6		LD I0.5 O M0.4 AN I0.1 AN I0.2 AN I0.3 AN I0.4 AN T37 = M0.4
网络 7		LD M0.2 O M0.3 = Q0.0
网络 8		LD M0.1 O M0.2 O M0.3 O M0.4 = Q0.1

续表

网 络	LAD	STL
网络 9		LD M0.1 O M0.3 O M0.4 = Q0.2
网络 10		LD M0.2 O M0.3 = Q0.3
网络 11		LD M0.2 = Q0.4
网络 12		LD M0.4 = Q0.5
网络 13		LD M0.2 O M0.3 O M0.4 = Q0.6
网络 14		LD M0.1 O M0.2 O M0.3 O M0.4 AN IO.1 A SM0.5 = Q0.7
网络 15		LD M0.1 O M0.2 O M0.3 O M0.4 AN IO.1 A SM0.5 = Q1.0

6. PLC 控制抢答器的程序设计说明

网络 1 为系统启动控制；网络 2 为计时控制；网络 3~网络 6 为锁位控制，当某组先获得答题资格时，锁位其他组的抢答器，使其他组抢答无效；网络 7~网络 13 驱动 7 个段码，使其显示相应组号；网络 14 驱动蜂鸣器；网络 15 控制违规指示灯工作。

7.3 电机控制类设计

7.3.1 三相步进电机控制设计

步进电动机 (Stepping Motor) 又称为脉冲电动机或阶跃电动机, 简称步进电机。步进电机是根据输入的脉冲信号, 每改变一次励磁状态就前进一定角度 (或长度), 若不改变励磁状态, 则保持一定位置而静止的电动机。

步进电机可以对旋转角度和转动速度进行高精度的控制, 所以它的应用十分广泛。例如使用在仪器仪表、机床等设备中都是以步进电机作为其传动核心。

步进电机如同普通电机一样, 也有转子、定子和定子绕组。定子绕组分若干相, 每相的磁极上有极齿, 转子在轴上也有若干个齿。当某相定子绕组通电时, 相应的两个磁极就分别形成 N-S 极, 产生磁场, 并与转子形成磁路。如果这时定子的小齿与转子的小齿没有对齐, 则在磁场的作用下转子将转动一定的角度, 使转子上的齿与定子的极齿对齐。因此它是按电磁铁的作用原理进行工作的, 在外加电脉冲信号作用下, 一步一步地运转, 是一种将电脉冲信号转换成相应角位移的机电元件。

步进电机的种类较多, 如单相、双相、三相、四相、五相及六相等多种类型。三相步进电机有 A、B、C 3 个绕组, 按一定的规律给 3 个绕组供电, 就能使它按要求的规律转动, 如图 7-17 所示。

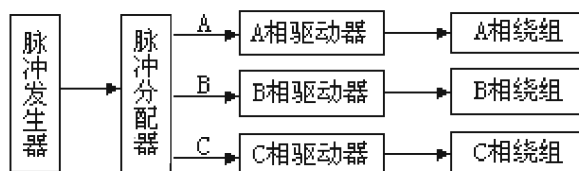
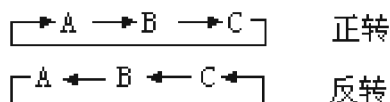


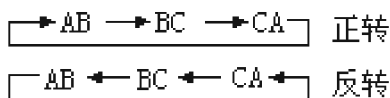
图 7-17 三相步进电机工作原理图

三相步进电机分为三相单三拍、三相双三拍和三相六拍, 它们的通电顺序如下。

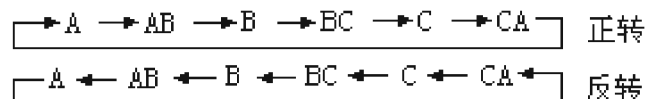
(1) 三相单三拍



(2) 三相双三拍



(3) 三相六拍



1. 控制要求

使用 PLC 控制一个三相六拍的步进电机的运行, 当按下正转启动按钮时, 步进电机进行正转; 当按下反转按钮时, 步进电机进行反转。步进电机有快速和慢速两种情况, 快速为 10 步/秒, 慢速为 1 步/秒。

2. 控制分析

使用移位寄存器 SHRB 可实现三相六拍的步进控制, 若 SHRB 的 N 为正数, 步进电机正

转；若 SHRB 的 N 为负数，步进电机反转。也可使用循环移位指令进行控制，RRB 控制步进电机正转，RLB 控制步进电机反转。步进电机的正反转选择可通过两个按钮进行。给定时器赋不同的初始值可改变步进电机的转速，转速的选择使用 SA 可实现。

3. PLC 控制三相六拍步进电机的输入/输出分配表

根据控制要求分析可知，该设计需要 4 个输入和 3 个输出端子，PLC 控制三相六拍步进电机的输入/输出分配表如表 7-19 所示。

表 7-19 PLC 控制三相六拍步进电机的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
正向启动按钮	SB1	I0.0	A 相输入端		Q0.0
反向启动按钮	SB2	I0.1	B 相输入端		Q0.1
停止按钮	SB3	I0.2	C 相输入端		Q0.2
速度选择按钮	SA	I0.3			

4. PLC 控制三相六拍步进电机的 I/O 接线图

由于系统只需要 4 个输入和 3 个输出的 I/O 端子，PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU222，PLC 控制三相六拍步进电机的 I/O 接线图如图 7-18 所示。

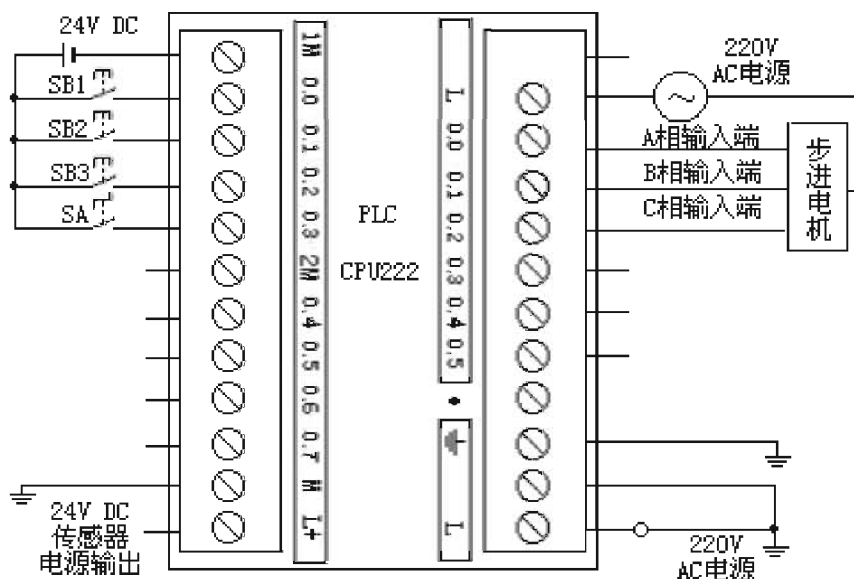


图 7-18 PLC 控制三相六拍步进电机的 I/O 接线图

5. 程序设计

根据控制要求设计出 PLC 控制三相六拍步进电机的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL)，如表 7-20 所示。

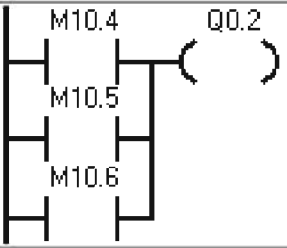
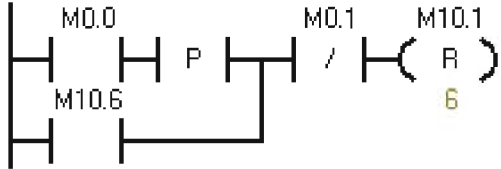
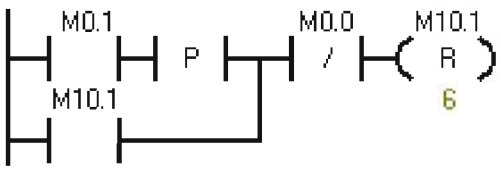
表 7-20 PLC 控制三相六拍步进电机的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		<pre>LD I0.0 OR M0.0 S M0.0 AN I0.1 AN I0.2 R M0.0</pre>

续表

网 络	LAD	STL
网络 2		LD I0.1 O M0.1 AN I0.0 AN I0.2 = M0.1
网络 3		LD M0.0 O M0.1 = M0.2 = M10.0
网络 4		LDN I0.3 MOVW +5, VW0
网络 5		LD I0.3 MOVW +50, VW0
网络 6		LD M0.2 AN T34 TON T33, VW0
网络 7		LD T33 TON T34, VW0
网络 8		LD T33 A M0.0 SHRB M10.0, M10.1, +6
网络 9		LD T33 A M0.1 SHRB M10.0, M10.1, -6
网络 10		LD M10.1 O M10.2 O M10.6 = Q0.0
网络 11		LD M10.2 O M10.3 O M10.4 = Q0.1

续表

网 络	LAD	STL
网络 12		LD M10.4 O M10.5 O M10.6 = Q0.2
网络 13		LD M0.0 EU O M10.6 AN M0.1 R M10.1, 6
网络 14		LD M0.1 EU O M10.1 AN M0.0 R M10.1, 6

6. PLC 控制三相六拍步进电机的程序设计说明

网络 1 为步进电机正转启动控制；网络 2 为步进电机反转启动控制；网络 3 为循环控制置初始值；网络 4、网络 5 为步进电机速度控制程序，若 SA 断开，步进电机以 1 步/秒的速度运行，否则以 10 步/秒的速度运行；网络 6、网络 7 分别将 5（1 步/秒）或 50（10 步/秒）传入数据寄存器 VW0 中；网络 8、网络 9 进行正转移位和反转移位控制；网络 10、网络 11 和网络 12 为 PLC 按移位规律控制步进电机按三相六拍运行；网络 13、网络 14 将移位寄存器进行复位，为下一次循环提供方便。

7.3.2 多台电动机顺序控制设计

1. 控制要求

有 4 台电动机 M1~M4，当按下启动按钮时，首先 M4 电动机得电启动，经过 10s 后，再启动 M3 电动机，M3 运行 10s 后再启动 M2，依次启动其他电动机。按下停止按钮时，先停止 M1 电动机，延时 5s 后再停止 M2 电动机，依次停止其他电动机。

2. 控制分析

根据控制要求，画出顺序控制时序图，如图 7-19 所示。

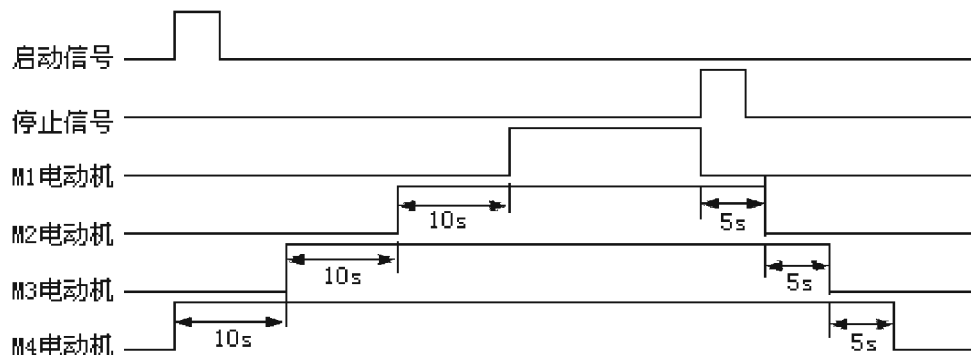


图 7-19 多台电动机顺序控制时序图

3. PLC 控制多台电动机顺序运行的输入/输出分配表

根据控制要求分析可知，该设计需要 2 个输入和 4 个输出端子，PLC 控制多台电动机顺序运行的输入/输出分配表如表 7-21 所示。

表 7-21 PLC 控制多台电动机顺序运行的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
启动按钮	SB1	I0.0	控制 M1 电动机	KM1	Q0.0
停止按钮	SB2	I0.1	控制 M2 电动机	KM2	Q0.1
			控制 M3 电动机	KM3	Q0.2
			控制 M4 电动机	KM4	Q0.3

4. PLC 控制多台电动机顺序运行的 I/O 接线图

由于系统只需要 2 个输入和 4 个输出的 I/O 端子，PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU222，PLC 控制多台电动机顺序运行的 I/O 接线图如图 7-20 所示。

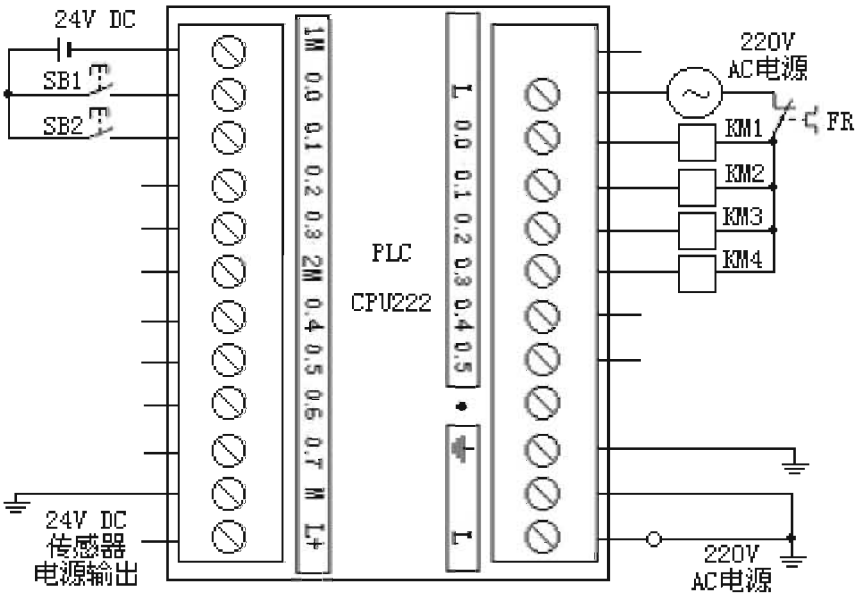


图 7-20 PLC 控制多台电动机顺序运行的 I/O 接线图

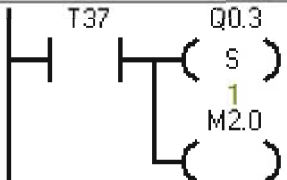
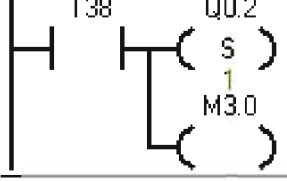
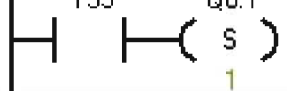
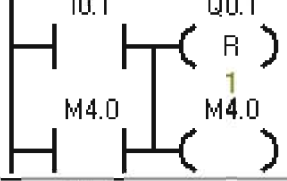
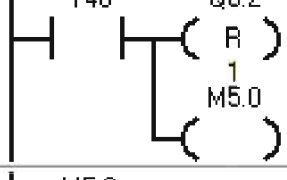
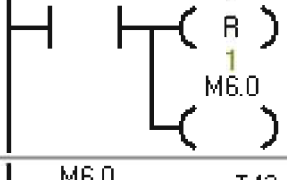
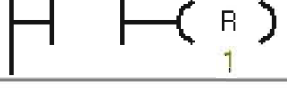
5. 程序设计

根据控制要求设计出 PLC 控制多台电动机顺序运行的梯形图（LAD）及指令语句表（STL），如表 7-22 所示。

表 7-22 PLC 控制多台电动机顺序运行的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 O M1.0 AN I0.1 S Q0.4, 1 = M1.0
网络 2		LD M1.0 TON T37, +100

续表

网 络	LAD	STL
网络 3		<pre>LD T37 S Q0.3, 1 = M2.0</pre>
网络 4		<pre>LD M2.0 TON T38, +100</pre>
网络 5		<pre>LD T38 S Q0.2, 1 = M3.0</pre>
网络 6		<pre>LD M3.0 TON T39, +100</pre>
网络 7		<pre>LD T39 S Q0.1, 1</pre>
网络 8		<pre>LD I0.1 O M4.0 R Q0.1, 1 = M4.0</pre>
网络 9		<pre>LD M4.0 TON T40, +50</pre>
网络 10		<pre>LD T40 R Q0.2, 1 = M5.0</pre>
网络 11		<pre>LD M5.0 TON T41, +50</pre>
网络 12		<pre>LD T41 R Q0.3, 1 = M6.0</pre>
网络 13		<pre>LD M6.0 TON T42, +50</pre>
网络 14		<pre>LD T42 R Q0.4, 1</pre>

6. PLC 控制多台电动机顺序运行的程序设计说明

网络 1 为启动 M4 电动机；网络 2、网络 3 为延时 10s 后启动 M3 电动机；网络 4、网络 5 为延时 10s 后启动 M2 电动机；网络 6、网络 7 为延时 10s 后启动 M1 电动机；网络 8 为按下停止按钮时 M1 电动机停止；网络 9、网络 10 为延时 5s 后停止 M2 电动机；网络 11、网络 12 为延时 5s 后停止 M3 电动机；网络 13、网络 14 为延时 5s 后停止 M4 电动机。

7.3.3 小车送料控制设计

1. 控制要求

小车自动送料控制示意图如图 7-21 所示，初始状态时，小车处于起始位置 A 地。当按下启动按钮后，小车在 A 地等待 1min 进行装料，然后向 B 地前进。到达 B 地时小车等待 2min 卸料后再返回 A 地。返回 A 地等待 1min 又进行装料后，向 C 地运行。直接到达 C 地（途径 B 地时小车不停，继续运行），小车等待 4min 卸完料后，返回 A 地。



图 7-21 小车自动送料控制示意图

2. 控制分析

小车到达 A 地、B 地、C 地位置时，可分别用 SQ0、SQ1、SQ2 来进行控制，因此根据小车运行过程画出如图 7-22 所示的行程时序图。由于小车在第 1 次到达 SQ1 时要改变运行方向，而第 2 次和第 3 次到达 SQ1 时不需要改变运行方向，所以利用计数器的计数功能来决定小车到达 SQ1 时是否改变运行方向。

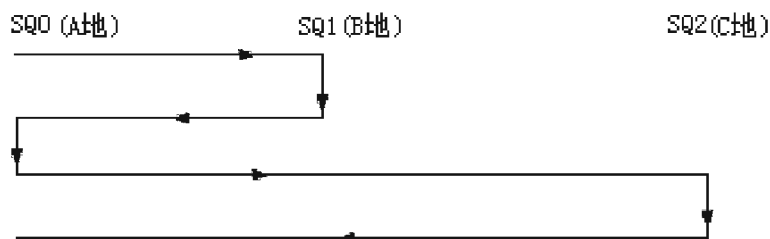


图 7-22 小车行程时序图

3. PLC 控制小车送料的输入/输出分配表

根据控制要求分析可知，该设计需要 5 个输入和 2 个输出端子，PLC 控制小车送料的输入/输出分配表如表 7-23 所示。

表 7-23 PLC 控制小车送料的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
启动	SB1	I0.0	小车前进	KM1	Q0.0
停止	SB2	I0.1	小车后退	KM2	Q0.1
A 地行程控制	SQ0	I0.2			
B 地行程控制	SQ1	I0.3			
C 地行程控制	SQ2	I0.4			

4. PLC 控制小车送料的 I/O 接线图

由于系统只需要 5 个输入和 2 个输出的 I/O 端子, PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU222, PLC 控制小车送料的 I/O 接线图如图 7-23 所示。

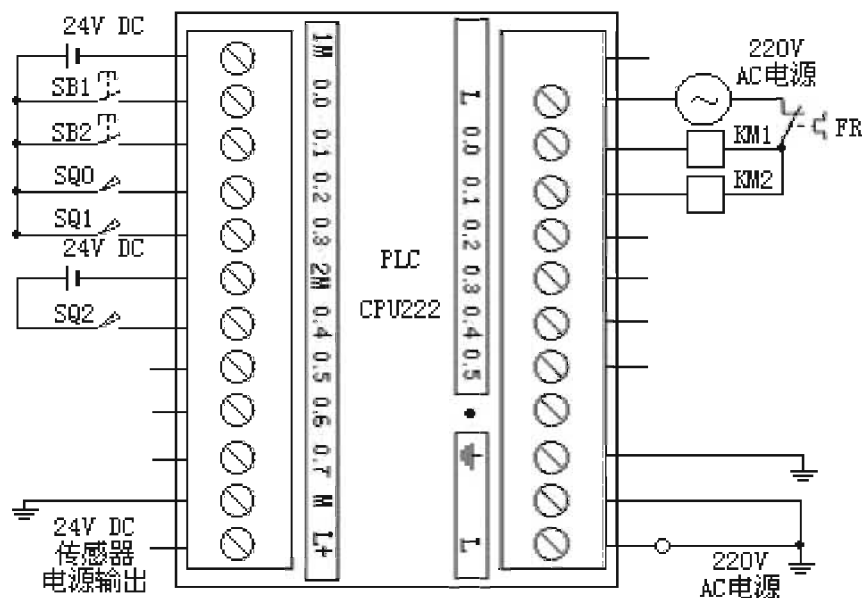
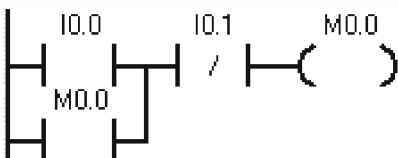
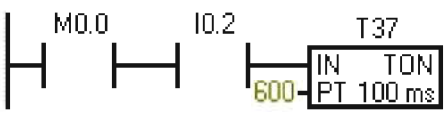
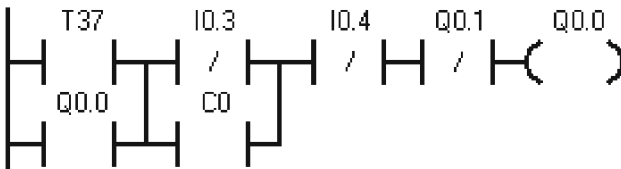
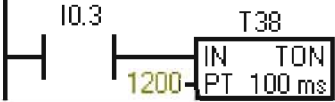


图 7-23 PLC 控制小车送料的 I/O 接线图

5. 程序设计

根据控制要求设计出 PLC 控制小车送料的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL), 如表 7-24 所示。

表 7-24 PLC 控制小车送料的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 O M0.0 AN I0.1 = M0.0
网络 2		LD M0.0 A I0.2 TON T37, 600
网络 3		LD T37 O Q0.0 LDN I0.3 O C0 ALD AN I0.4 AN Q0.1 = Q0.0
网络 4		LD I0.3 TON T38, 1200

续表

网 络	LAD	STL
网络 5		<pre> LD T38 O Q0.1 LD T39 A C0 OLD AN I0.2 AN I0.1 AN Q0.0 = Q0.1 </pre>
网络 6		<pre> LD T37 O C0 AN I0.4 LD I0.4 A Q0.1 CTU C0, 2 </pre>
网络 7		<pre> LD I0.4 TON T39, 2400 </pre>

6. PLC 控制小车送料的程序设计说明

网络 1 启动小车运行；刚启动时小车位于 A 地并压下行开关 SQ0 进行装料，网络 2 表示小车延时装料。若装完料小车向 B 地前进，小车离开 A 地向 B 地前进过程中，定时器 T37 复位，但 Q0.0 的自锁使 Q0.0 继续得电，小车保持前进。当小车到达 B 地压下行开关 SQ1 时，使计数器 C0 计数减 1，如网络 6 所示。由于 SQ1 被压下，使 Q0.0 断电，小车停止前进，如网络 3 所示。SQ1 的常开触点被压下闭合，延时 2min 进行卸料，如网络 4 所示。当延时时间到后，小车自动返回 A 地进行第 2 次装料，如网络 5 所示。T37 开始重新计时，当小车在 A 地停止 1min 后，向 C 地前进。由于 T37 重新计时，使得 C0 计数次数到了预设值，其常开触点闭合，这样，当小车途经 B 地并压下行开关 SQ1 时，小车能继续保持前进方向，使小车一直到达 C 地。当小车到达 C 地并压下行开关 SQ2 时，Q0.0 断电，小车停止前进。此时 SQ2 的常开触点被压下闭合，延时 2min 卸料，如网络 7 所示。当小车在 C 地卸完料后（即 T39 常开触点闭合），Q0.1 闭合使小车自动返回 A 地，如网络 5 所示。

T39 常开触点闭合，并且 Q0.1 有效时使 C0 复位，如网络 6 所示，为下一次小车装料循环作好了准备。

7.3.4 轧钢机控制设计

1. 控制要求

某一轧钢机的模拟控制如图 7-24 所示。图中 S1 为检测传送带上有无钢板传感器，S2 为检测传送带上钢板是否到位传感器；M1、M2 为传送带电动机；M3F 和 M3R 为传送带电动机 M3 的正转和反转指示灯；Y1 为锻压机。

按下启动按钮，M1、M2 运行，待加工钢板存储区中的钢板自动往传送带上运送。若 S1

检测到有钢板在传送带上时，M3 电动机正转，其指示灯 M3F 亮。当传输带上的钢板已过 S1 检测信号且 S2 检测到钢板到位时，电磁阀 YV 动作，M3 电动机反转，其指示灯 M3R 亮。Y1 锻压机向钢板冲压一次，S2 信号消失。当 S1 再次检测到有信号时，M3 电动机正转，如此重复 3 次，停机 1min，将已加工好的钢板放入加工后钢板存储区。

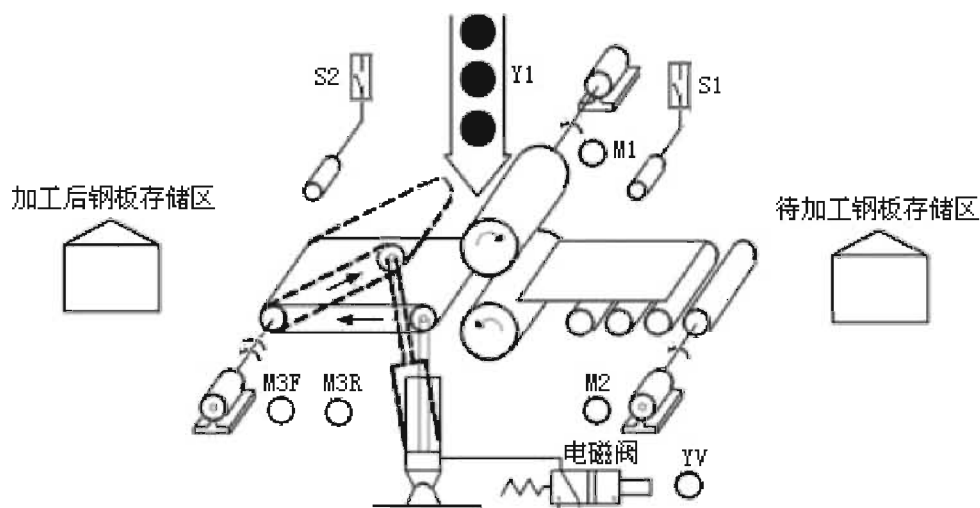


图 7-24 轧钢机的模拟控制示意图

2. 控制分析

根据控制要求可知，该设计有两个检测信号，S1 专用于检测待加工物件是否已在传送带上，S2 用于检测待加工物件是否到达加工点。S1 有效时 M1、M2 工作，M3 正转。S2 有效时，M3 反转，Y1 动作。轧钢机重复 3 次，停机 1min，将已加工好的钢板放入加工后钢板存储区，因此需要计数器和定时器，并且计数达到预设值后还要将其复位。

3. PLC 控制轧钢机的输入/输出分配表

根据控制要求分析可知，该设计需要 4 个输入和 5 个输出端子，PLC 控制轧钢机的输入/输出分配表如表 7-25 所示。

表 7-25 PLC 控制轧钢机的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
启动按钮	SB1	I0.0	控制 M1 电动机	KM1	Q0.0
停止按钮	SB2	I0.1	控制 M2 电动机	KM2	Q0.1
S1 检测信号	S1	I0.2	Y1 锻压控制	KM3	Q0.2
S2 检测信号	S2	I0.3	M3 正转指示	M3F	Q0.3
			M3 反转指示	M3R	Q0.4

4. PLC 控制轧钢机的 I/O 接线图

由于系统只需要 4 个输入和 5 个输出的 I/O 端子，PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU222，PLC 控制轧钢机的 I/O 接线图如图 7-25 所示。

5. 程序设计

根据控制要求设计出 PLC 控制轧钢机的梯形图（LAD）及指令语句表（STL），如表 7-26 所示。

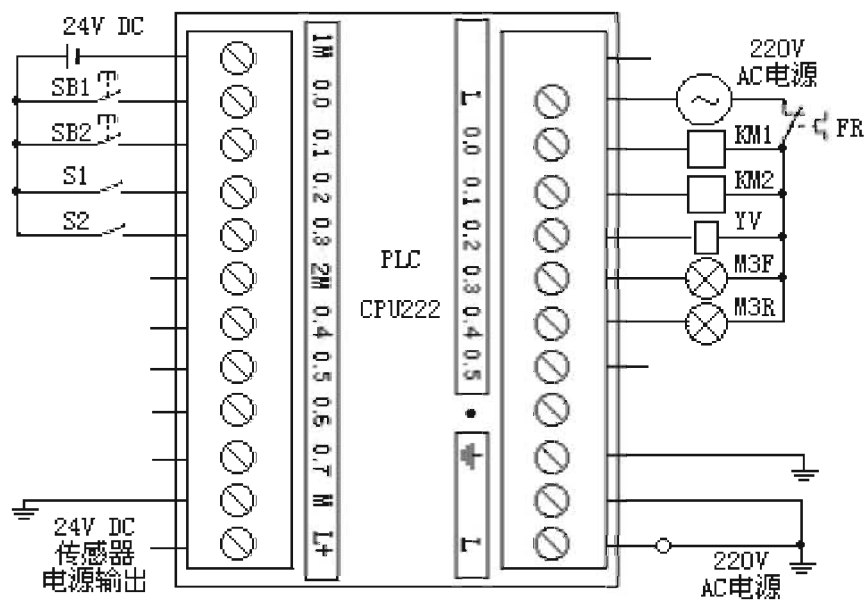
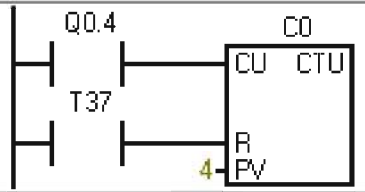
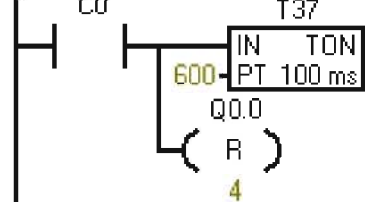


图 7-25 PLC 控制轧钢机的 I/O 接线图

表 7-26 PLC 控制轧钢机的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 O M0.0 AN I0.1 = M0.0
网络 2		LD I0.0 O Q0.0 AN I0.1 = Q0.0 = Q0.1
网络 3		LD I0.2 O Q0.3 AN I0.1 AN I0.3 A M0.0 = Q0.3 S M0.1, 1
网络 4		LD I0.1 O C0 R M0.1, 1
网络 5		LD I0.3 A M0.0 AN I0.3 AN I0.2 A M0.1 = Q0.4 = Q0.2

续表

网 络	LAD	STL
网络 6		<pre>LD Q0.4 LD T37 CTU C0, 4</pre>
网络 7		<pre>LD C0 TON T37, 600 R Q0.0, 4</pre>

6. PLC 控制轧钢机的程序设计说明

网络 1 启动轧钢机开始工作；按下启动按钮，网络 2 驱动 M1 (Q0.0) 和 M2 (Q0.1) 电动机进行工作，将需加工物件从待加工钢板存储区中取出放在传送带上。当 I0.2 有效时 (S1 检测信号)，表示传送带上已放好待加工物件，此时网络 3 驱动 M3 电动机正转，相应的指示灯 M3F (Q0.3) 亮。若物件传送到加工点时，I0.3 有效 (S2 检测信号)，使网络 5 驱动 M3 电动机反转，相应的指示灯 M3R (Q0.4) 亮，并且锻压机冲压一次，网络 6 的计数器 C0 计数 1 次。若计数器没有达到预定值时，M3 电动机正转，重复经过 3 次。若计数超过 3 次，网络 4 使 M0.1 有效，网络 5 使 M3 电动机不反转，网络 7 将 M1、M2、M3、YV 复位恢复初态，T37 延时 1min，将加工好的物件放入加工后钢板存储区中。若延时时间到，T37 常开触点有效，使网络 2 有效，轧钢机又开始重复以上工序。

7.3.5 苹果分拣机控制设计

1. 控制要求

某一苹果分拣机的模拟控制示意图如图 7-26 所示，该系统能将 3 种不同大小的苹果放入相应的集装箱中。开启电源，M5 电动机运行，S1 用来检测传送带上是否有苹果，若检测到有苹果时 HL1 灯亮，没有检测到苹果 HL1 熄灭；S2、S3、S4 为 3 种不同规格苹果检测信号，当检测到某一规格时，HL2 常亮，相应的电动机启动，将苹果放入集装箱中。如果不符合这 3 种规格，则 HL2 闪烁，且 M4 电动机启动，将该苹果放入 4 号集装箱中。S1 继续检测是否有苹果在传送带上，重复相同的操作。

2. 控制分析

根据控制要求可知，当按下启动按钮时，M5 电动机运行以带动传送带运行。S1 检测传送带上是否有苹果，如果传送带上有苹果，则驱动 HL1 并延时片刻，使苹果传送到 S2 检测位置。若 S2 检测有效，M1 电动机工作，将它送入集装箱 1 并驱动 HL2 使其常亮，系统重新对下一个苹果进行检测，否则将苹果传送到 S3 检测位置。若 S3 检测有效，M2 电

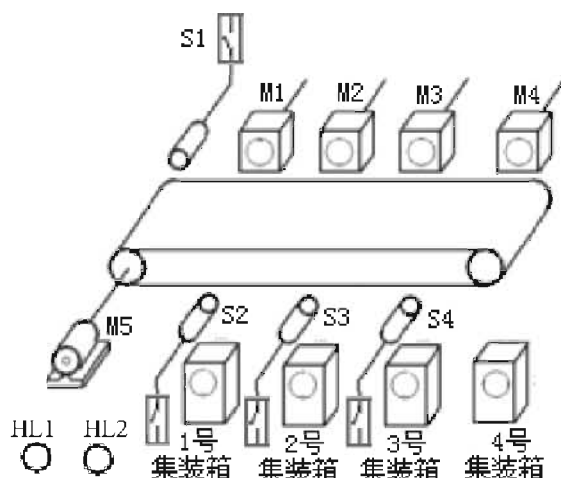


图 7-26 苹果分拣机的模拟控制示意图

动机工作，将它送入集装箱 2 并驱动 HL2 使其常亮，系统重新对下一个苹果进行检测，否则将苹果传送到 S4 检测位置。若 S4 检测有效，M3 电动机工作，将它送入集装箱 3 并驱动 HL2 使其常亮，系统重新对下一个苹果进行检测，否则 M4 电动机工作将它送入 4 号集装箱，表示该苹果不符合规格，且 HL2 闪烁，然后系统重新对下一个苹果进行检测。

根据上述分析可知，它是顺序控制设计。传送带传送苹果到检测位置，可使用定时器延时模拟实现。

3. PLC 控制苹果分拣机的输入/输出分配表

根据控制要求分析可知，该设计需要 6 个输入和 7 个输出端子，PLC 控制苹果分拣机的输入/输出分配表如表 7-27 所示。

表 7-27 PLC 控制苹果分拣机的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
启动按钮	SB1	I0.0	控制 M1 电动机	KM1	Q0.0
停止按钮	SB2	I0.1	控制 M2 电动机	KM2	Q0.1
S1 检测信号	S1	I0.2	控制 M3 电动机	KM3	Q0.2
S2 检测信号	S2	I0.3	控制 M4 电动机	KM4	Q0.3
S3 检测信号	S3	I0.4	控制 M5 电动机	KM5	Q0.4
S4 检测信号	S4	I0.5	控制信号灯 HL1	HL1	Q0.5
			控制信号灯 HL2	HL2	Q0.6

4. PLC 控制苹果分拣机的 I/O 接线图

由于系统需要 6 个输入和 7 个输出的 I/O 端子，PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU224，PLC 控制苹果分拣机的 I/O 接线图如图 7-27 所示。

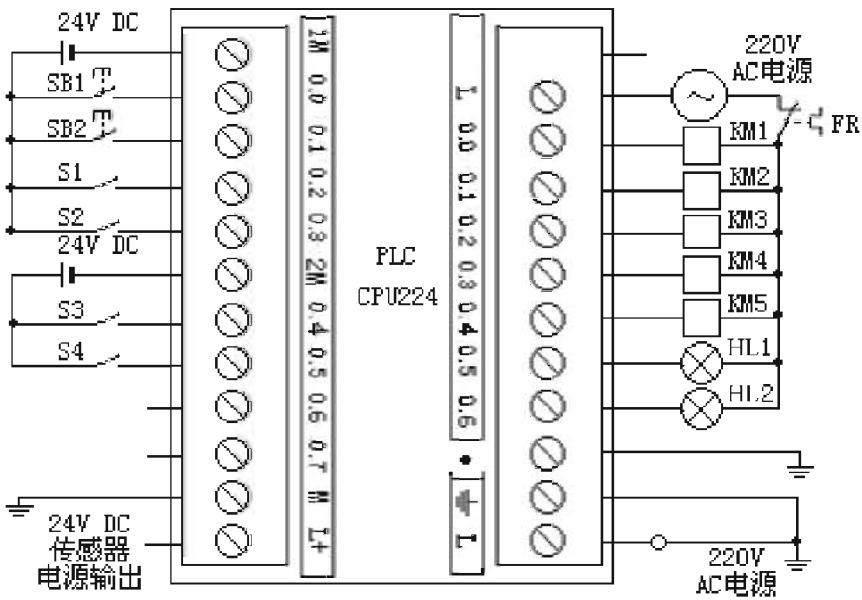


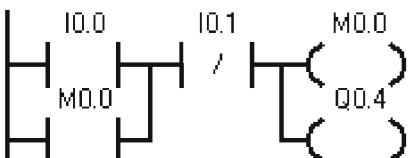
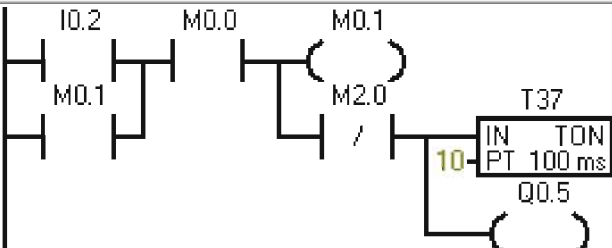
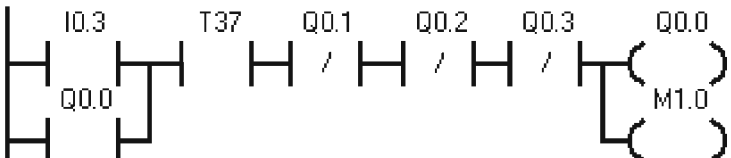
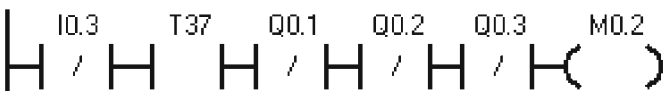
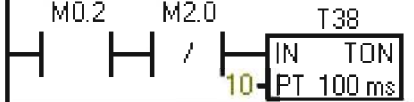
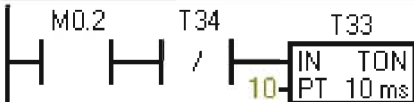
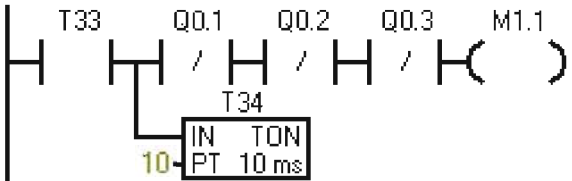
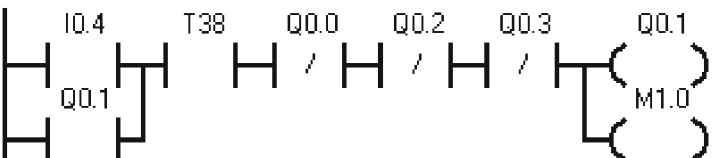
图 7-27 PLC 控制苹果分拣机的 I/O 接线图

5. 程序设计

根据控制要求设计出 PLC 控制苹果分拣机的梯形图（LAD）及指令语句表（STL），如表 7-28 所示。

表 7-28

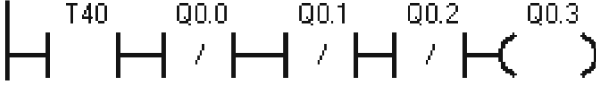
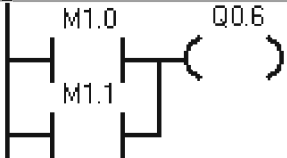
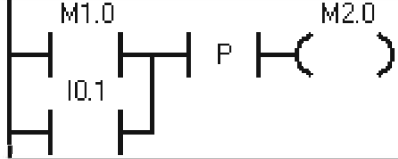
PLC 控制苹果分拣机的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 O M0.0 AN I0.1 = M0.0 = Q0.4
网络 2		LD I0.2 O M0.1 A M0.0 = M0.1 AN M2.0 TON T37, 10 = Q0.5
网络 3		LD I0.3 O Q0.0 A T37 AN Q0.1 AN Q0.2 AN Q0.3 = Q0.0 = M1.0
网络 4		LDN I0.3 A T37 AN Q0.1 AN Q0.2 AN Q0.3 = M0.2
网络 5		LD M0.2 AN M2.0 TON T38, 10
网络 6		LD M0.2 AN T34 TON T33, 10
网络 7		LD T33 LPS AN Q0.1 AN Q0.2 AN Q0.3 = M1.1 LPP TON T34, 10
网络 8		LD I0.4 O Q0.1 A T38 AN Q0.0 AN Q0.2 AN Q0.3 = Q0.1 = M1.0

续表

网 络	LAD	STL
网络 9		LDN I0.4 A T38 AN Q0.0 AN Q0.2 AN Q0.3 = M0.3
网络 10		LD M0.3 AN M2.0 TON T39, 10
网络 11		LD M0.3 AN T36 TON T35, 10
网络 12		LD T35 LPS AN Q0.0 AN Q0.2 AN Q0.3 = M1.1 LPP TON T36, 10
网络 13		LD I0.5 O Q0.2 A T39 AN Q0.0 AN Q0.1 AN Q0.3 = Q0.2 = M1.0
网络 14		LDN I0.5 A T39 AN Q0.0 AN Q0.1 AN Q0.3 = M0.4
网络 15		LD M0.4 AN M2.0 TON T40, 10
网络 16		LD M0.4 AN T98 TON T97, 10
网络 17		LD T97 LPS AN Q0.0 AN Q0.1 AN Q0.2 AN Q0.3 = M1.1

续表

网 络	LAD	STL
		LPP TON T98, 10
网络 18		LD T40 AN Q0.0 AN Q0.1 AN Q0.2 = Q0.3
网络 19		LD M1.0 O M1.1 = Q0.6
网络 20		LD M1.0 O IO.1 EU = M2.0

6. PLC 控制苹果分拣机的程序设计说明

网络 1 为按下启动按钮，M5 电动机就驱动传送带运行。网络 2 为检测到传送带上有苹果时（I0.2 有效），驱动 HL1 常亮并延时 1s 将苹果送到 1 号规格处进行检测。若符合 1 号规格时，I0.3 有效，网络 3 中控制 M1 电动机将其放入 1 号集装箱中，且 HL2 灯常亮。否则网络 3 不工作，网络 4 有效，网络 5 延时 1s，将苹果送到 2 号规格处进行检测。网络 6、网络 7 形成 0.2s 的脉冲驱动 HL2 灯闪烁。若符合 2 号规格时，I0.4 有效，网络 8 中控制 M2 电动机将其放入 2 号集装箱中，断开网络 7 使 HL2 灯常亮。否则网络 8 不工作，网络 9 有效，网络 10 延时 1s，将苹果送到 3 号规格处进行检测。网络 11、网络 12 形成 0.2s 的脉冲驱动 HL2 灯闪烁。若符合 3 号规格时，I0.5 有效，网络 13 中控制 M3 电动机将其放入 3 号集装箱中，断开网络 7 使 HL2 灯常亮。否则网络 13 不工作，网络 14 有效，使网络 15 控制 T40 延时 1s。网络 16、网络 17 形成 0.2s 的脉冲驱动 HL2 灯闪烁。网络 15 中的 T40 延时 1s 后，若苹果到了 4 号位置时，网络 18 控制 M4 电动机工作，将苹果放入 4 号集装箱中。网络 19 控制 HL2 灯点亮的方式，M1.0 使 HL2 常亮，M1.1 使 HL2 闪烁。网络 20 为复位控制。当苹果放入集装箱或按下停止按钮时，恢复初始状态，为下次循环工作作好准备。

7.3.6 多种液体混合装置控制设计

1. 控制要求

多种液体混合装置示意图如图 7-28 所示。图中 L 为低液面，SL3 为低液面传感器；M 为中液面，SL2 为中液面传感器；H 为高液面，SL1 为高液面传感器；YV1~YV4 为电磁阀，YV1~YV3 控制液体流入容器，YV4 控制混合液体从容器中流出；M 为搅拌电动机。

① 初始状态下，装置投入运行时，YV1~YV3 电磁阀关闭，YV4 阀门打开 1min 使容器为空，液位传感器 SL1~SL3 无信号，搅拌电动机未启动。

② 按下启动按钮，电磁阀 YV1 打开，液体 A 流入容器，经过一定时间，当液面达到 L 低液面时，SL3 发出信号，继续流入液体。液体达到中液面 M 时，SL2 液位传感器发出信号，控制电磁阀 YV1 关闭，停止液体 A 流入，同时打开电磁阀 YV2，使液体 B 流入容器。

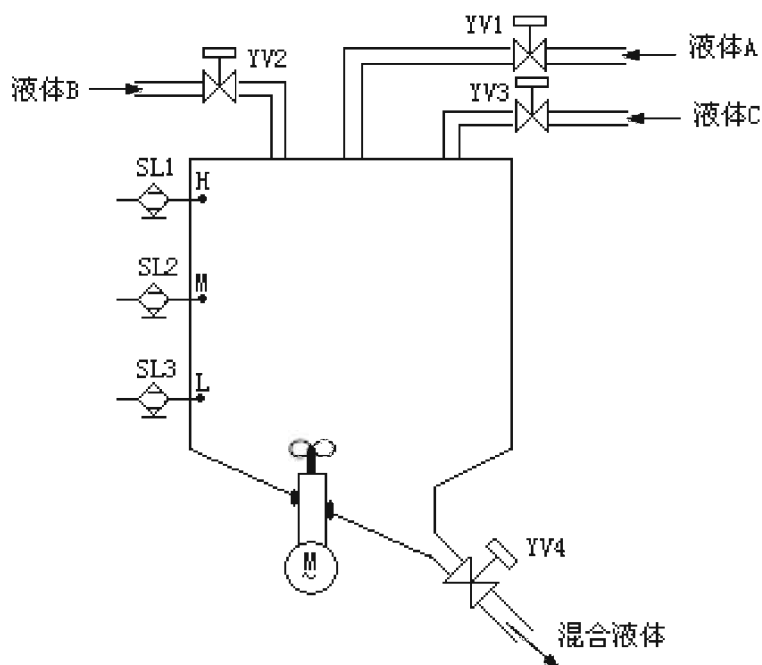


图 7-28 多种液体混合装置示意图

③ 液体达到高液面 H 时，SL1 液面传感器发出信号，控制电磁阀 YV2 关闭，停止液体 B 流入，同时打开电磁阀 YV3，使液体 C 流入容器。

④ 当液体 C 流入容器 2s 后，YV3 电磁阀自动关闭，停止液体 C 流入，同时启动搅拌电动机运行，对液体进行搅拌。

⑤ 经过 2min 的搅拌后，电动机停止运转，电磁阀 YV4 打开，放出混合液体。

⑥ 当液面低于 L 低液面时，低液面传感器 SL3 无信号，延时 20s 后，容器中的液体放完，电磁阀 YV4 关闭，搅拌机又开始执行下一次循环。

⑦ 在中途按下停止按钮时，需将当前的混合液操作处理完毕后，才停止在①状态上。

2. 控制分析

PLC 控制多种液体混合装置需要 1 个启动按钮、1 个关闭按钮、3 个液面检测传感器作为输入控制，4 个电磁阀和 1 个搅拌电动机作为输出控制对象。系统刚上电时，需要对系统进行初始化，因此可用 SM0.1 控制实现。输出控制对象是否有效，可采用置位和复位的方式实现。

3. PLC 控制多种液体混合装置的输入/输出分配表

根据控制要求分析可知，该设计需要 5 个输入和 5 个输出端子，PLC 控制多种液体混合装置的输入/输出分配表如表 7-29 所示。

表 7-29 PLC 控制多种液体混合装置的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
启动按钮	SB1	I0.0	控制液体 A 流入电磁阀	YV1	Q0.0
停止按钮	SB2	I0.1	控制液体 B 流入电磁阀	YV2	Q0.1
高液面检测信号	SL1	I0.2	控制液体 C 流入电磁阀	YV3	Q0.2
中液面检测信号	SL2	I0.3	控制混合液体流出电磁阀	YV4	Q0.3
低液面检测信号	SL3	I0.4	控制搅拌电动机 M	KM	Q0.4

4. PLC 控制多种液体混合装置的 I/O 接线图

由于系统需要 5 个输入和 5 个输出的 I/O 端子,PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU222, PLC 控制多种液体混合装置的 I/O 接线图如图 7-29 所示。

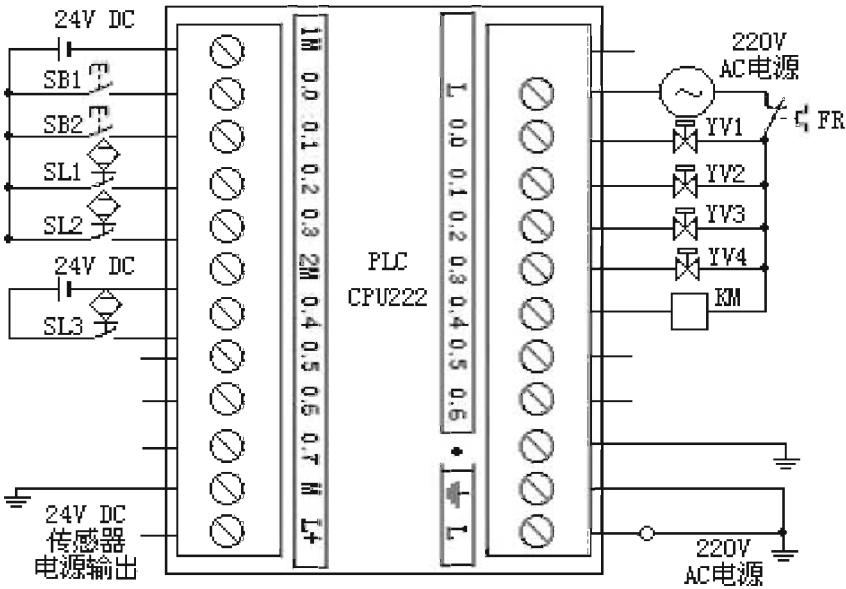


图 7-29 PLC 控制多种液体混合装置的 I/O 接线图

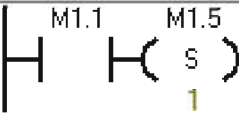
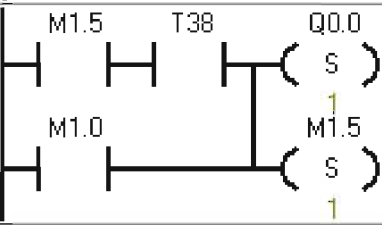
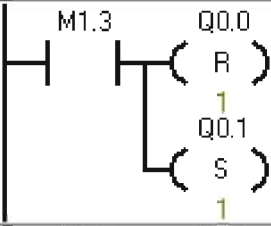
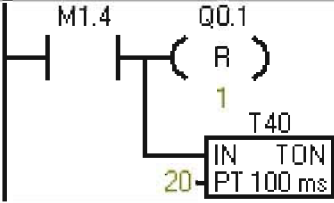
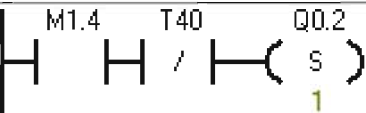
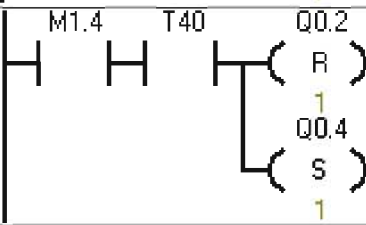
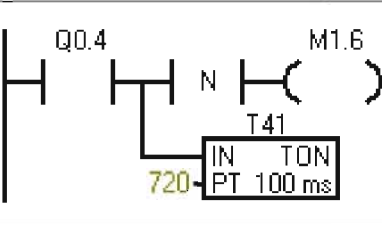
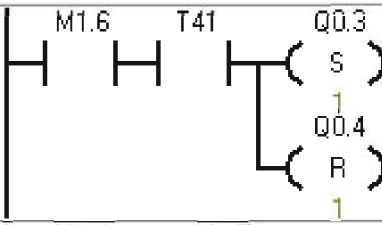
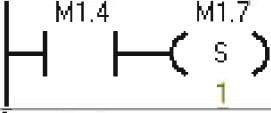
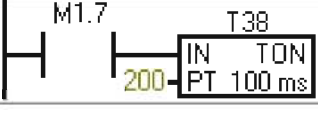
5. 程序设计

根据控制要求设计出 PLC 控制多种液体混合装置的梯形图(LAD)及指令语句表(STL), 如表 7-30 所示。

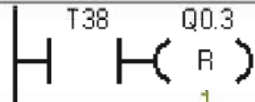
表 7-30 PLC 控制多种液体混合装置的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD SM0.1 O M0.0 AN T37 = M0.0 TON T37, 600
网络 2		LD I0.0 AN M1.5 EU = M1.0
网络 3		LD I0.1 EU = M1.1
网络 4		LD I0.4 EU = M1.2
网络 5		LD I0.3 EU = M1.3
网络 6		LD I0.2 ED = M1.4

续表

网 络	LAD	STL
网络 7		LD M1.1 S M1.5, 1
网络 8		LD M1.5 A T38 O M1.0 S Q0.0, 1 S M1.5, 1
网络 9		LD M1.3 R Q0.0, 1 S Q0.1, 1
网络 10		LD M1.4 R Q0.1, 1 TON T40, 20
网络 11		LD M1.4 AN T40 S Q0.2, 1
网络 12		LD M1.4 A T40 R Q0.2, 1 S Q0.4, 1
网络 13		LD Q0.4 LPS ED = M1.6 LPP TON T41, 720
网络 14		LD M1.6 A T41 S Q0.3, 1 R Q0.4, 1
网络 15		LD M1.4 S M1.7, 1
网络 16		LD M1.7 TON T38, 200

续表

网 络	LAD	STL
网络 17		LD T38 R Q0.3, 1

6. PLC 控制多种液体混合装置的程序设计说明

网络 1 为初始状态控制，初次扫描周期时（即装置投入运行时），YV1~YV3 电磁阀关闭，YV4 阀门打开 1min 使容器为空，液位传感器 SL1~SL3 无信号，搅拌电动机未启动。

网络 2 为启动脉冲，按下启动按钮 SB1，输入继电器 I0.0 接通，网络 8 中的 M1.0 闭合一个扫描周期，M1.5 置位接通使网络 7 中 M1.5 的常开触点闭合，为以后接通 Q0.1 作准备，同时 Q0.0 置位接通，电磁阀 YV1 通电打开，液体 A 开始注入容器中。网络 3 为停止脉冲。

当液面达到 L 时，网络 4 中的 I0.4 闭合，M1.2 准备输出后沿微分脉冲。当液面达到 M 时，网络 5 中的 I0.3 闭合，使 M1.3 输出一个扫描周期宽的脉冲。网络 9 中 M1.3 的常开触点闭合，Q0.0 复位使液体 A 流入电磁阀 YV1 关闭，停止液体 A 流入；同时 Q0.1 置 1，液体 B 流入电磁阀打开，液体 B 流入容器中。

当液面达到 H 时，网络 6 中的 I0.3 闭合，M1.4 输出一个扫描周期宽的脉冲。网络 10 中 M1.4 的常开触点闭合，Q0.1 复位使液体 B 流入电磁阀关闭，停止液体 B 流入。网络 11 使 Q0.2 置位，液体 C 流入容器中。当液体注入了 2s 时，网络 11 中 T40 的常闭触点断开，同时网络 12 中 T40 的常开触点闭合，使 Q0.2 复位，停止液体 C 流入，并且将 Q0.4 置位，启动搅拌电动机 M 工作。

网络 13 为搅拌电动机工作时间设置，若搅拌时间到，网络 14 中将 Q0.3 置位，混合液体流出，Q0.4 复位搅拌电动机停止工作。当混合液体流出低于 L 低液面时，低液面传感器 SL3 无信号。由于网络 6 中 M1.4 线圈有效，从而使网络 15 中的 M1.4 常开触点闭合以控制网络 16 进行延时。网络 16 延时 20s 后，网络 17 中 T38 的常开触点闭合，使 Q0.3 复位，表示容器中的混合液体已经放完，电磁阀 YV4 关闭。

第 8 章 PLC 在工程中的设计与应用

8.1 PLC 在全自动洗衣机控制系统中的应用

全自动洗衣机的洗衣桶（外桶）和内桶是以同一中心安放的。外桶固定，用来盛水；内桶可以旋转，作脱水用。内桶的四周有很多小孔，使内、外桶的水流相等。

洗衣机的进水和排水分别由进水电磁阀和排水阀控制。进水时，通过电控系统打开进水阀，经进水管注入到外桶。排水时，通过电控系统使排水阀打开，将水由外桶排到机外。洗涤正、反转由洗涤电动机驱动波盘正、反转来实现，此时脱水桶并不旋转。脱水时，通过电控系统将离合器合上，由洗涤电动机带动内桶正转进行甩干。高、低水位开关分别用来检测高、低水位。启动按钮用来启动洗衣机工作。停止按钮用来实现手动停止进水、排水、脱水及报警。排水按钮用来实现手动排水。

1. 全自动洗衣机控制系统的控制要求

PLC 投入运行，系统处于初始状态，准备好启动。选择水位，按下启动按钮，电控系统打开进水阀，自来水经进水管注入到外桶。当水到达预设位置时，停止进水并启动洗涤电动机开始洗涤正转。正转洗涤 15s 后洗涤电动机暂停，暂停 3s 后开始洗涤反转，洗涤反转 15s 后暂停 3s，又开始洗涤正转……如此循环，若正、反转洗涤达到 3 次时，开始排水。

水位下降到低水位时，启动洗涤电动机带动内桶正转开始进行脱水并继续排水。脱水 10s 就完成一次从进水到脱水的大循环。然后再启动进水进行洗涤，如此进行 3 次大循环。如果完成了 3 次大循环，则进行洗完报警。报警 10s 后结束全过程，自动停机。

此外，还要求可以按下排水按钮以实现手动排水；按停止按钮可实现手动停止进水、排水、脱水及报警。

2. 全自动洗衣机 PLC 控制分析

由控制要求可知，全自动洗衣机的工作流程如图 8-1 所示。首先打开电源，用户根据衣物的多少进行水位的选择，并有相应信号灯指示。再按下启动按钮，开始注水洗涤衣物。

使用 PLC 控制时，输入设备主要有电源按钮，启动按钮，水位选择按钮（高水位选择按钮、中水位选择按钮、低水位选择按钮），水位开关（高水位开关、中水位开关、低水位开关）及排水按钮等。输出设备主要有电源指示灯，水位选择按钮信号灯（高水位选择信号灯、中水位选择信号灯、低水位选择信号灯），进水电磁阀，洗涤电动机正转接触器，洗涤电动机反转接触器，排水电磁阀，脱水电磁离合器及报警蜂鸣器等。

3. 全自动洗衣机控制系统的 PLC 选型和资源配置

根据控制要求及控制分析，该系统需要 10 个输入点和 10 个输出点，水位开关在此使用行程开关代替，输入/输出分配表如表 8-1 所示。

表 8-1 PLC 控制全自动洗衣机的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
电源按钮	SB1	I0.0	进水电磁阀	YV1	Q0.0
启动按钮	SB2	I0.1	排水电磁阀	YV2	Q0.1
排水按钮	SB3	I0.2	洗涤电动机正转接触器	KM1	Q0.2
水位选择按钮	高水位 SB4	I0.3	洗涤电动机反转接触器	KM2	Q0.3
	中水位 SB5	I0.4	脱水电磁离合器	YC	Q0.4
	低水位 SB6	I0.5	报警蜂鸣器	HA	Q0.5
水位开关	高水位 SQ1	I0.6	水位指示	HL1	Q0.6
	中水位 SQ2	I0.7		HL2	Q0.7
	低水位 SQ3	I1.0		HL3	Q1.0
最低水位开关	SQ4	I1.1		HL4	Q1.1

由于系统需要 10 个输入点和 10 个输出点,PLC 可选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU224, PLC 控制全自动洗衣机的 I/O 接线图如图 8-2 所示。

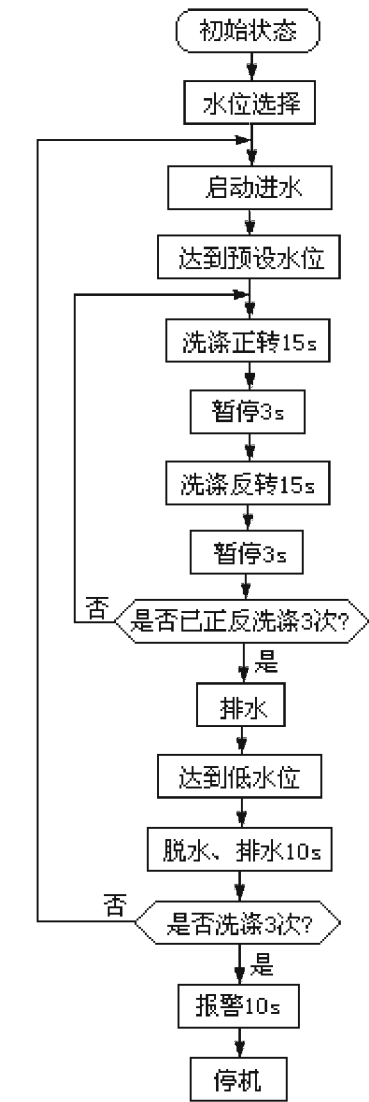


图 8-1 全自动洗衣机工作流程图

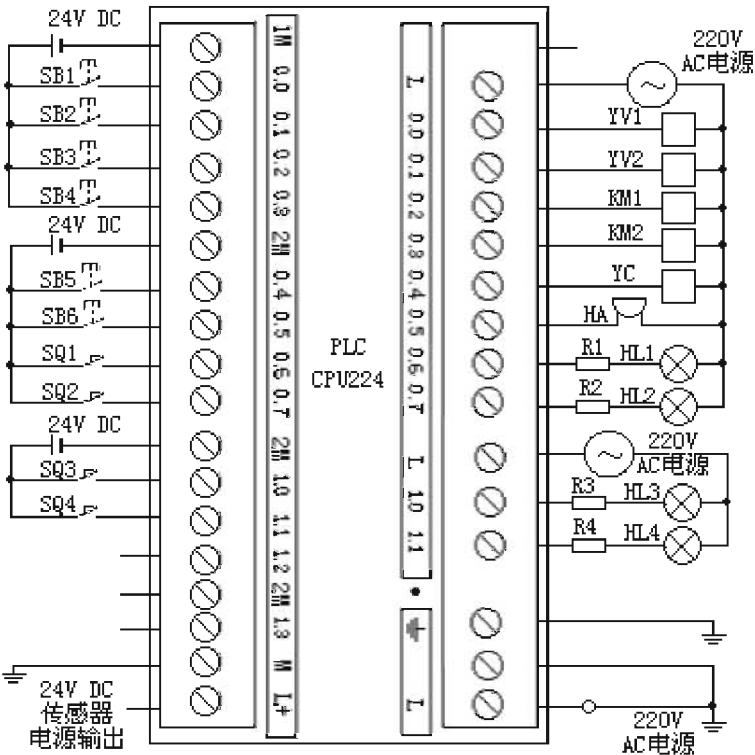


图 8-2 PLC 控制全自动洗衣机的 I/O 接线图

4. 全自动洗衣机控制系统的 PLC 程序设计

为实现自动控制, 需设置 6 个定时器和 2 个计数器。

T37—正洗定时, 定时预置值为 150。

T38—正洗暂停定时, 定时预置值为 30。

T39—反洗定时, 定时预置值为 150。

T40—反洗暂停定时, 定时预置值为 30。

T41—脱水定时, 定时预置值为 100。

T42—报警定时, 定时预置值为 100。

C0—正、反洗循环计数, 计数预置值为 3。

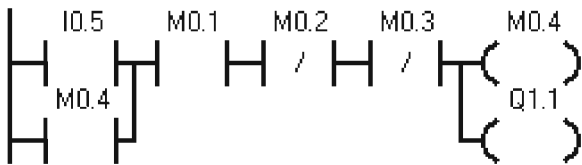
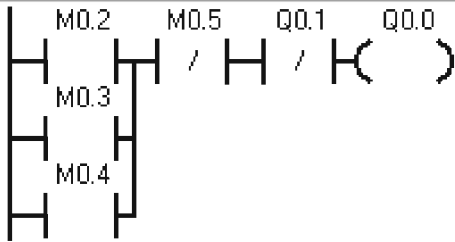
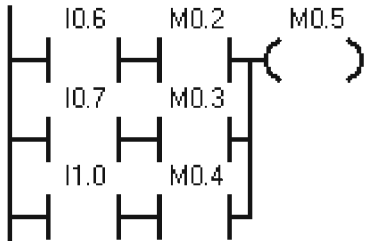
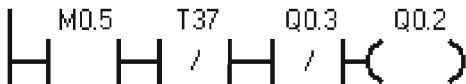
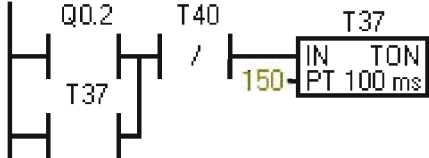
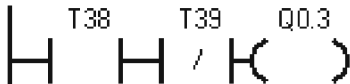
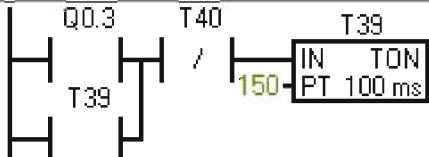
C1—洗涤次数计数, 计数预置为 3。

PLC 控制全自动洗衣机的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 8-2 所示。

表 8-2 PLC 控制全自动洗衣机的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 AN M0.0 LDN I0.0 A Q0.6 OLD AN T42 = Q0.6
网络 2		LDN I0.0 A Q0.6 LD I0.0 A M0.0 OLD = M0.0
网络 3		LD Q0.6 A I0.1 = M0.1
网络 4		LD I0.3 O M0.2 A M0.1 AN M0.3 AN M0.4 = M0.2 = Q0.7
网络 5		LD I0.4 O M0.3 A M0.1 AN M0.2 AN M0.4 = M0.3 = Q1.0

续表

网 络	LAD	STL
网络 6		LD I0.5 O M0.4 A M0.1 AN M0.2 AN M0.3 = M0.4 = Q1.1
网络 7		LD M0.2 O M0.3 O M0.4 AN M0.5 AN Q0.1 = Q0.0
网络 8		LD I0.6 A M0.2 LD I0.7 A M0.3 OLD LD I1.0 A M0.4 OLD = M0.5
网络 9		LD M0.5 AN T37 AN Q0.3 = Q0.2
网络 10		LD Q0.2 O T37 A T40 TON T37, 150
网络 11		LD T37 TON T38, 30
网络 12		LD T38 AN T39 = Q0.3
网络 13		LD Q0.3 O T39 AN T40 TON T39, 150
网络 14		LD T39 TON T40, 30

续表

网 络	LAD	STL
网络 15		LD T40 LD C0 CTU C0, 3
网络 16		LD I0.2 O C0 O Q0.1 A Q0.6 AN T41 = Q0.1
网络 17		LDN I1.1 A Q0.1 = Q0.4 = Q0.2
网络 18		LD Q0.4 TON T41, 100
网络 19		LD T41 LD C1 CTU C1, 3
网络 20		LD C1 O Q0.5 AN T42 A M0.1 = Q0.5
网络 21		LD Q0.5 TON T42, 100

程序设计说明：网络 1 和网络 2 用来接通和断开电源，当按下奇数次时，表示接通电源；当按下偶数次时，表示切断电源。接通电源时，Q0.6 输出线圈有效，控制电源指示灯亮。网络 3 为洗衣机启动控制。用户根据衣物的多少可设置水位的高低，网络 4 用来设置高水位；网络 5 用来设置中水位；网络 6 用来设置低水位。选择不同的水位均有相应的指示灯发亮，Q0.7 指示高水位；Q1.0 指示中水位，Q1.1 指示低水位。水位设置好后，网络 7 中的 Q0.0 输出线圈有效，控制进水电磁阀打开，自来水流入洗衣机内。当洗衣机内的水位达到设置水位时，网络 8 中的相应支路有效，以控制网络 7 中的电磁阀关闭，停止进水。进完水后，网络 9 中的 M0.5 常开触点闭合，输出线圈 Q0.2 有效，控制洗涤电动机正转，开始洗衣。网络 10 用来计洗涤电动机正转的时间，若洗涤电动机正转持续 15s，控制网络 9 的 Q0.2 输出线圈暂时失效，使洗涤电动机停止正转，同时网络 11 中的 T38 也开始计时。

暂停 3s 后, 网络 12 中的 T38 常开触点闭合, 使 Q0.3 输出线圈有效, 控制洗涤电动机反转。网络 13 用来计洗涤电动机反转的时间, 若洗涤电动机反转持续 15s, 控制网络 12 的 Q0.3 输出线圈暂时失效, 使洗涤电动机停止反转, 同时网络 14 中的 T40 也开始计时。暂停 3s 后, 使网络 15 中的 C0 进行加 1 计数。若 C0 中的当前计数值小于 3, 表示洗涤电动机正反转没有进行 3 次。此时网络 9 仍有效, 以控制洗涤电动机正转, 然后再反转, 重复网络 9~网络 15 的运行过程, 当 C0 中的当前计数值等于 3 时, 网络 15 中的计数器 C0 有效, 计数器复位, 同时控制网络 16 中的 C0 常开触点闭合。网络 16 中的 I0.2 表示手动排水, 若 C0 常开触点闭合, 或按下了手动排水按钮时 (即 I0.2 常开触点闭合), Q0.1 输出线圈有效, 控制排水电磁阀打开, 水从洗衣机中流出。同时网络 17 中的 Q0.2 和 Q0.4 输出线圈有效, 以控制洗涤电动机正转和脱水电磁离合器有效, 对衣物进行脱水。当水位降到最低水位时, Q0.2 和 Q0.4 输出线圈无效, 停止脱水。网络 18 用于脱水计时。脱水时间到, 使网络 19 中的 C1 加 1, 若 C1 的当前计数值小于 3, 又重复网络 7~网络 19 中的工作。当网络 19 中 C1 的当前计数值为 3 时, 表示洗衣达 3 次, 此时 C1 自动复位, 同时触发网络 20 进行工作。当 C1 常开触点闭合时, 网络 20 中的 Q0.5 输出线圈有效, 控制蜂鸣器报警。网络 21 用于报警时间的计时, 若持续报警时间达 10s, T42 有效, 使网络 1 中的 T42 常闭触点断开, 自动切断洗衣机电源, 至此洗衣工作结束。

8.2 PLC 在传送机械手控制系统中的应用

机械手是工业自动控制领域中经常遇到的一种控制对象。机械手可以完成许多工作, 如搬物、装配、切割、喷染等, 应用非常广泛。

1. 传送机械手控制系统的控制要求

图 8-3 为某气动传送机械手的工作示意图, 其任务是将工件从 A 点向 B 点移送。气动传送机械手的上升/下降和左行/右行动作分别由两个具有双线圈的两位电磁阀驱动汽缸来完成。其中上升与下降对应的电磁阀的线圈分别为 YV1 和 YV2; 左行与右行对应的电磁阀的线圈分别为 YV3 和 YV4。若某个电磁阀线圈通电, 就一直保持现有的机械动作, 直到相对的另一线圈通电为止。另外, 气动传送机械手的夹紧、松开动作由另一个线圈的两位电磁阀驱动的汽缸完成, 线圈 YV5 通电时夹住工件, 线圈 YV5 断电时松开工件。机械手的工作臂都设有上、下限位和左、右限位的位置开关 SQ1、SQ2、SQ3、SQ4, 夹紧装置不带限位开关, 它是通过一定的延时来表示其夹紧动作的完成。

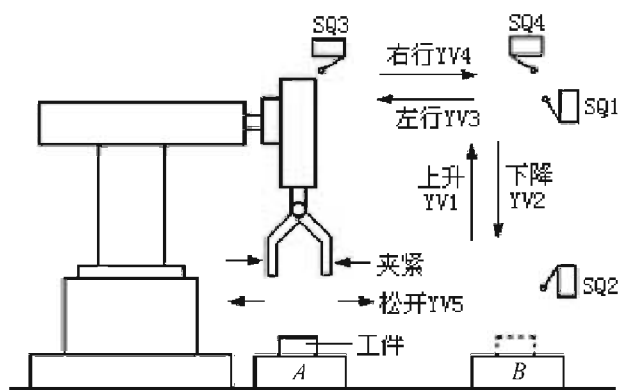


图 8-3 传送机械手工作示意图

2. 传送机械手 PLC 控制分析

从图 8-3 机械手工作示意图中可知, 机械手将工件从 A 点移到 B 点再回到原位的过程有 8 步动作, 如图 8-4 所示。从原位开始按下启动按钮时, 下降电磁阀通电, 机械手开始下降。下降到底时, 碰到下限位开关, 下降电磁阀断电, 下降停止; 同时接通夹紧电磁阀, 机械手

夹紧，夹紧后，上升电磁阀开始通电，机械手上升；上升到顶时，碰到上限位开关，上升电磁阀断电，上升停止；同时接通右移电磁阀，机械手右移，右移到位时，碰到右移限位开关，右移电磁阀断电，右移停止。此时，右工作台无工作，

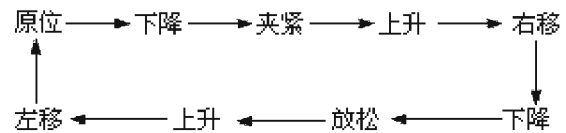


图 8-4 机械手工作流程

下降电磁阀接通，机械手下降。下降到底时碰到下限位开关，下降电磁阀断电，下降停止；同时夹紧电磁阀断电，机械手放松，放松后，上升电磁阀通电，机械手上升，上升碰到限位开关，上升电磁阀断电，上升停止；同时接通左移电磁阀，机械手左移；左移到原位时，碰到左限位开关，左移电磁阀断电，左移停止。至此，机械手经过 8 步动作完成一个循环。

3. 传送机械手控制系统的 PLC 选型和资源配置

根据控制要求及控制分析，该系统需要 6 个输入点和 6 个输出点，输入/输出分配表如表 8-3 所示。

表 8-3 PLC 控制传送机械手的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
启动控制按钮	SB1	I0.0	上升对应的电磁阀控制线圈	YV1	Q0.0
上限位行程开关	SQ1	I0.1	下降对应的电磁阀控制线圈	YV2	Q0.1
下限位行程开关	SQ2	I0.2	左行对应的电磁阀控制线圈	YV3	Q0.2
左限位行程开关	SQ3	I0.3	右行对应的电磁阀控制线圈	YV4	Q0.3
右限位行程开关	SQ4	I0.4	夹紧放松电磁阀控制线圈	YV5	Q0.4
停止控制按钮	SB2	I0.5	原位指示信号灯	HL	Q0.5

由于系统需要 6 个输入点和 6 个输出点，PLC 可选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU222，PLC 控制传送机械手的 I/O 接线图如图 8-5 所示。

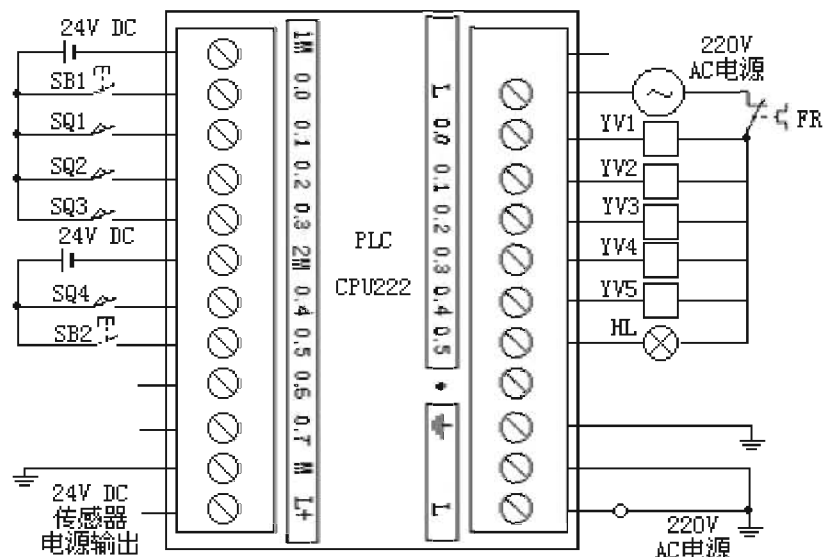


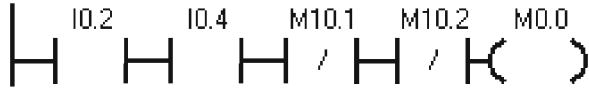
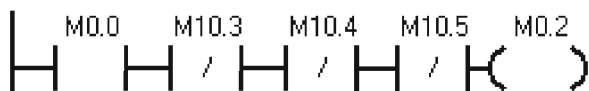
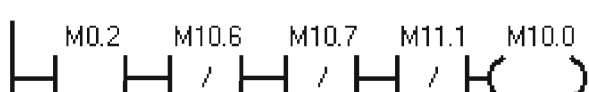
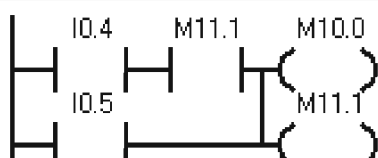
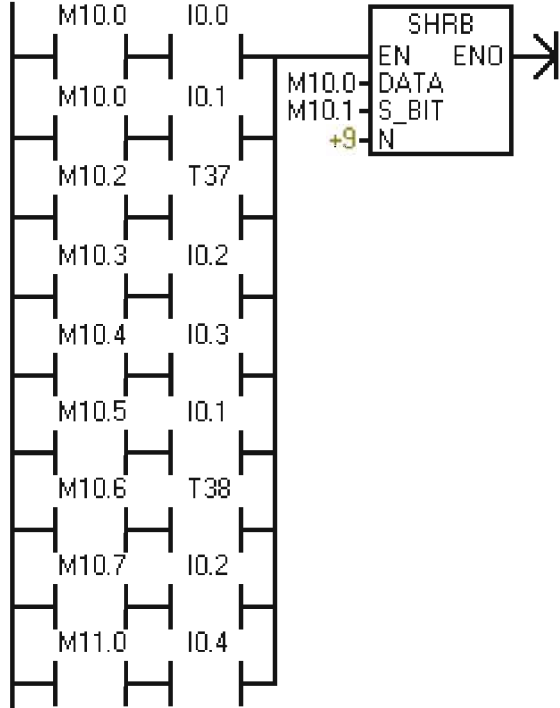
图 8-5 PLC 控制传送机械手的 I/O 接线图

4. 传送机械手控制系统的 PLC 程序设计

PLC 控制传送机械手的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 8-4 所示。

表 8-4

PLC 控制传送机械手的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.2 A I0.4 AN M10.1 AN M10.2 = M0.0
网络 2		LD M0.0 AN M10.3 AN M10.4 AN M10.5 = M0.2
网络 3		LD M0.2 AN M10.6 AN M10.7 AN M11.1 = M10.0
网络 4		LD I0.4 A M11.1 O I0.5 = M10.0 = M11.1
网络 5		LD M10.0 A I0.0 LD M10.0 A I0.1 OLD LD M10.2 A T37 OLD LD M10.3 A I0.2 OLD LD M10.4 A I0.3 OLD LD M10.5 A I0.1 OLD LD M10.6 A T38 OLD LD M10.7 A I0.2 OLD LD M11.0 A I0.4 OLD SHRB M10.0, M10.1, +9

续表

网 络	LAD	STL
网络 6		LD M10.0 = Q0.5
网络 7		LD M10.1 O M10.5 = Q0.0
网络 8		LD M10.2 S M20.0, 1 TON T37, +17
网络 9		LD M20.0 = Q0.1
网络 10		LD M10.3 O M10.7 = Q0.2
网络 11		LD M10.4 = Q0.3
网络 12		LD M11.0 = Q0.4
网络 13		LD M10.6 R M20.0, 1 TON T38, +15

程序设计说明：当机械手处于原位时，上升限位开关 I0.2、左限位开关 I0.4 均处于接通（“1”状态），移位寄存器数据输入端接通，使 M10.0 置“1”，Q0.5 线圈接通，原位指示灯亮。

按下启动按钮，I0.0 置“1”，产生移位信号，M10.0 的“1”移至 M10.1，下降阀输出继电器 Q0.0 接通，执行下降动作，由于上升限位开关 I0.2 断开，M10.0 置“0”，原位指示灯灭。

当下降到位时，下限位开关 I0.1 接通，产生移位信号，M10.0 的“0”移位到 M10.1，下降阀 Q0.0 断开，机械手停止下降，M10.1 的“1”移到 M10.2，M20.0 线圈接通，M20.0 动合触点闭合，夹紧电磁阀 Q0.1 接通，执行夹紧动作，同时启动定时器 T37，延时 1.7s。

机械手夹紧工件后，T37 动合触点接通，产生移位信号，使 M10.3 置“1”，“0”移位至 M10.2，上升电磁阀 Q0.2 接通，I0.1 断开，执行上升动作。由于使用 S 指令，M20.0 线圈具有自保持功能，Q0.1 保持接通，机械手继续夹紧工件。

当上升到位时，上限位开关 I0.2 接通，产生移位信号，“0”移位至 M10.3，Q0.2 线圈断开，不再上升，同时移位信号使 M10.4 置“1”，I0.4 断开，右移阀继电器 Q0.3 接通，执行右

移动作。

待移至右限位开关动作位置, I0.3 动合触点接通, 产生移位信号, 使 M10.3 的“0”移位到 M10.4, Q0.3 线圈断开, 停止右移, 同时 M10.4 的“1”已移到 M10.5, Q0.0 线圈再次接通, 执行下降动作。

当下降到使 I0.1 动合触点接通位置, 产生移位信号, “0”移至 M10.5, “1”移至 M10.6, Q0.0 线圈断开, 停止下降, R 指令使 M20.0 复位, Q0.1 线圈断开, 机械手松开工件; 同时 T38 启动延时 1.5s, T38 动合触点接通, 产生移位信号, 使 M10.6 变为“0”, M10.7 为“1”, Q0.2 线圈再度接通, I0.1 断开, 机械手又上升, 行至上限位置, I0.2 触点接通, M10.7 变为“0”, M11.0 为“1”, Q0.2 断开, 停止上升, Q0.4 线圈接通, I0.3 断开, 左移。

到达左限位开关位置, I0.4 触点接通, M11.0 为“0”, M11.1 为“1”, 移位寄存器全部复位, Q0.4 线圈断开, 机械手回到原位, 由于 I0.2、I0.4 均接通, M10.0 被置“1”, 完成一个工作周期。

再次按下启动按钮, 将重复上述动作。

8.3 PLC 在 4 层电梯控制系统中的应用

随着城市建设的不断发展, 高层建筑不断增多, 电梯在国民经济和生活中有着越来越广泛的应用。电梯作为高层建筑中垂直运行的交通工具已与人们的日常生活密不可分。由于 PLC 控制技术的普及, 大大提高了控制系统的可靠性, 减小了控制装置的体积。

1. 4 层电梯控制系统的控制要求

4 层电梯 PLC 自动控制示意图如图 8-6 所示。图中 SIN1~SIN4 为 4 个霍尔开关, 分别接在 PLC 的 4 个输入点作为控制电梯行程开关, 当电梯经过霍尔开关时, 开关输出为 0 信号。6 个按钮用来控制电梯的上下呼叫, 它还具有显示功能。7 段 LED 用来显示电梯当前所在电梯层数。

电梯有上升控制和下降控制, 其控制要求如下。

(1) 电梯上升控制

① 电梯停于某层, 当有高层某一信号呼叫时, 电梯上升到呼叫层停止。例如电梯在 1 楼, 4 楼呼叫, 则电梯上升到 4 楼停止。

② 电梯停于某层, 当有多个高层信号同时呼叫时, 电梯先上升到低的呼叫层, 停 8s 后继续上升到高的呼叫层。例如电梯在 1 楼, 若 2、3、4 楼同时呼叫, 则电梯先上升到 2 楼, 停止 8s 后继续上升到 3 楼, 到达后再停 8s 上升到 4 楼停止。

(2) 电梯下降控制

① 电梯停于某层, 当有低层某一信号呼

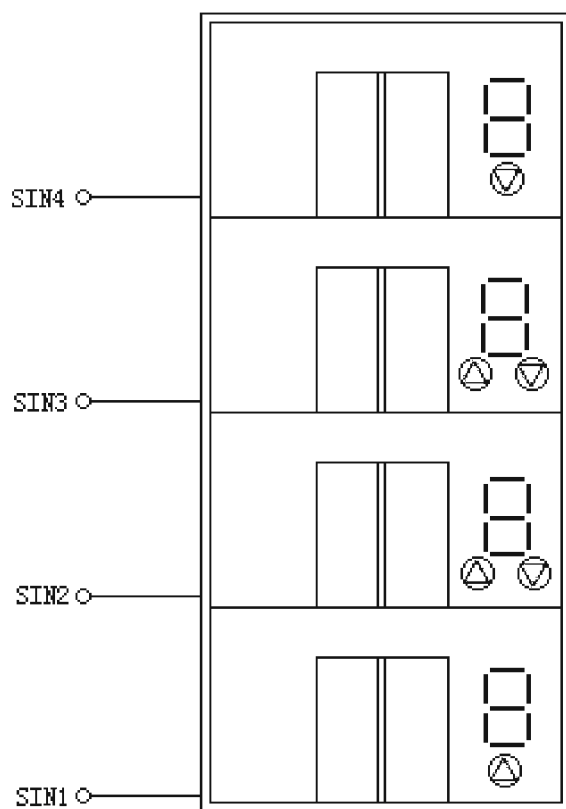


图 8-6 4 层电梯 PLC 自动控制示意图

叫时，电梯下降到呼叫层停止。例如电梯在 4 楼，1 楼呼叫，则电梯下降到 1 楼停止。

② 电梯停于某层，当有多个低层信号同时呼叫时，电梯先下降到高的呼叫层，停 8s 后继续下降到低的呼叫层。例如电梯在 4 楼，若 2、3、4 楼同时呼叫，则电梯先下降到 3 楼，停止 8s 后继续下降到 2 楼，到达后再停 8s 下降到 1 楼停止。

此外，电梯在上升或下降过程中，任何反向呼叫按钮均无效。

2. 4 层电梯 PLC 控制分析

设 1 层上升按钮为 SB0、2 层上升按钮为 SB1、3 层上升按钮为 SB2、4 层下降按钮为 SB3、3 层下降按钮为 SB4、2 层下降按钮为 SB5；1 层上升信号灯为 HL1、2 层上升信号灯为 HL2、3 层上升信号灯为 HL3、4 层下降信号灯为 HL4、3 层下降信号灯为 HL5、2 层下降信号灯为 HL6。每层均有 LED 显示，用来指示当前电梯所在楼层数，因此这些 LED 可以并联在一起，其段码 A、B、C、D、E、F、G、H 将由 PLC 控制。

电梯的上升与下降由电动机的正、反转控制。4 层电梯的工作流程如图 8-7 所示。

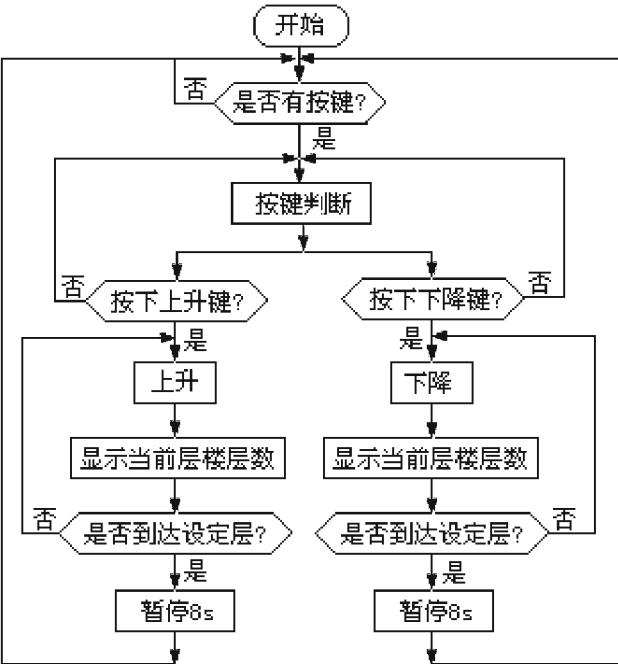


图 8-7 4 层电梯工作流程图

3. 4 层电梯控制系统的 PLC 选型和资源配置

根据控制要求及控制分析可知，该系统需要 10 个输入点和 16 个输出点，输入/输出分配表如表 8-5 所示。

表 8-5 PLC 控制 4 层电梯的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
霍尔传感器 1	SIN1	I0.0	控制段码 A 亮	a	Q0.0
霍尔传感器 2	SIN2	I0.1	控制段码 B 亮	b	Q0.1
霍尔传感器 3	SIN3	I0.2	控制段码 C 亮	c	Q0.2
霍尔传感器 4	SIN4	I0.3	控制段码 D 亮	d	Q0.3
1 层向上按钮	SB0	I0.4	控制段码 E 亮	e	Q0.4

续表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
2 层向上按钮	SB1	I0.5	控制段码 F 亮	f	Q0.5
3 层向上按钮	SB2	I0.6	控制段码 G 亮	g	Q0.6
4 层向下按钮	SB3	I0.7	控制段码 H 亮	h	Q0.7
3 层向下按钮	SB4	I1.0	启动控制	KM0	Q1.0
2 层向下按钮	SB5	I1.1	上升/下降控制	KM1	Q1.1
			1 层向上指示	HL1	Q1.2
			2 层向上指示	HL2	Q1.3
			3 层向上指示	HL3	Q1.4
			4 层向下指示	HL4	Q1.5
			3 层向下指示	HL5	Q1.6
			2 层向下指示	HL6	Q1.7

由于系统需要 10 个输入点和 16 个输出点，PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU226，PLC 控制 4 层电梯的 I/O 接线图如图 8-8 所示。

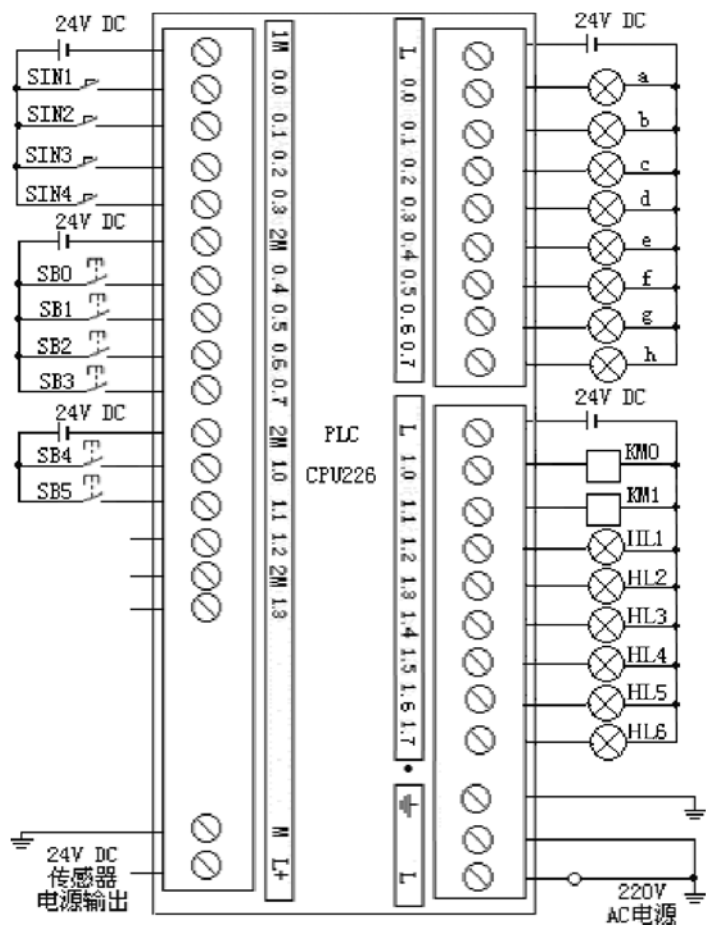


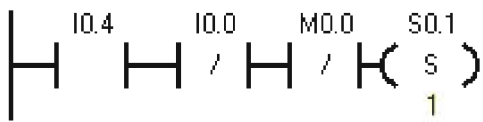
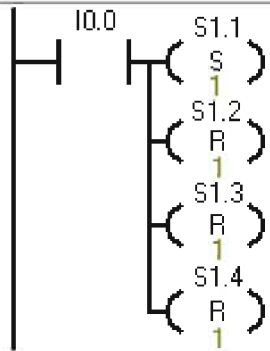
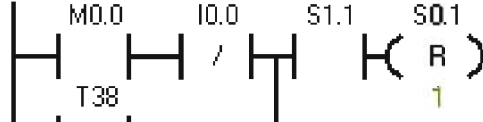
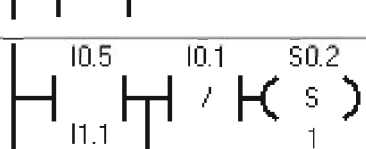
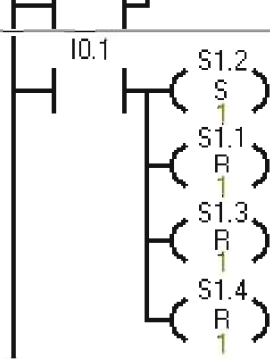
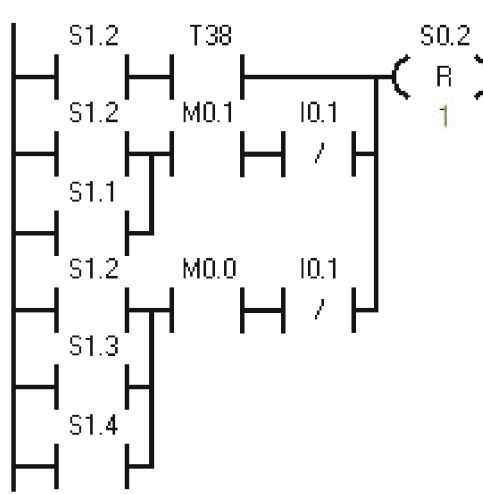
图 8-8 PLC 控制 4 层电梯的 I/O 接线图

4. 4 层电梯控制系统的 PLC 程序设计

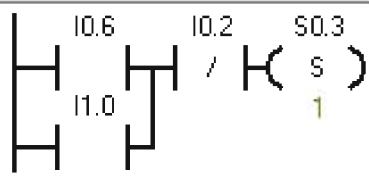
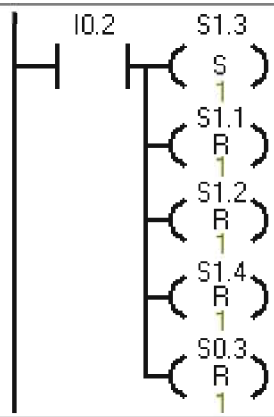
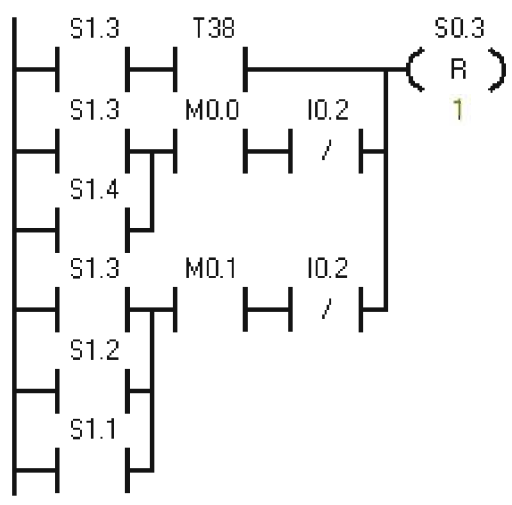
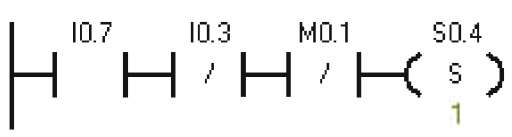
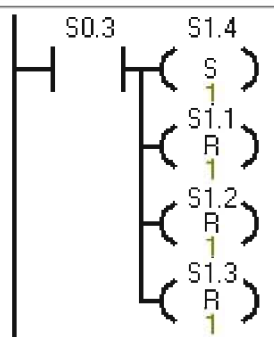
PLC 控制 4 层电梯的梯形图（LAD）及指令语句表（STL）如表 8-6 所示。

表 8-6

PLC 控制 4 层电梯的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.4 AN I0.0 AN M0.0 S S0.1, 1
网络 2		LD I0.0 S S1.1, 1 R S1.2, 1 R S1.3, 1 R S1.4, 1
网络 3		LD M0.0 AN I0.0 O T38 A S1.1 R S0.1, 1
网络 4		LD I0.5 O I1.1 AN I0.1 S S0.2, 1
网络 5		LD I0.1 S S1.2, 1 R S1.1, 1 R S1.3, 1 R S1.4, 1
网络 6		LD S1.2 A T38 LD S1.2 O S1.1 A M0.1 AN I0.1 OLD LD S1.2 O S1.3 O S1.4 A M0.0 AN I0.1 OLD R S0.2, 1

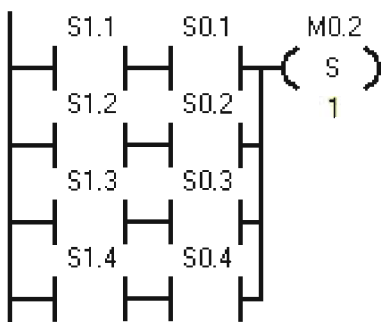
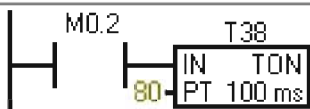
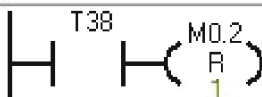
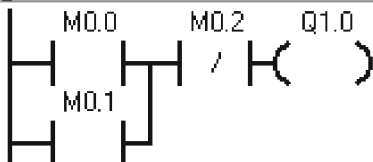
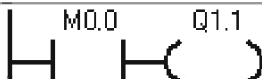
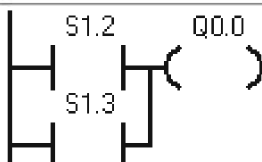
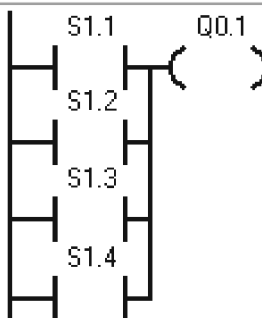
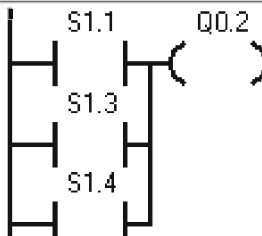
续表

网 络	LAD	STL
网络 7		LD I0.6 O I1.0 AN I0.2 S S0.3, 1
网络 8		LD I0.2 S S1.3, 1 R S1.1, 1 R S1.2, 1 R S1.4, 1 R S0.3, 1
网络 9		LD S1.3 A T38 LD S1.3 O S1.4 A M0.0 AN I0.2 OLD LD S1.3 O S1.2 O S1.1 A M0.1 AN I0.2 OLD R S0.3, 1
网络 10		LD I0.7 AN I0.3 AN M0.1 S S0.4, 1
网络 11		LD S0.3 S S1.4, 1 R S1.1, 1 R S1.2, 1 R S1.3, 1

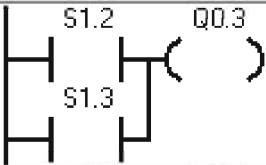
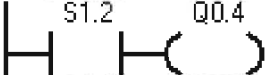
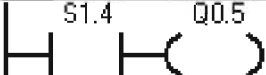
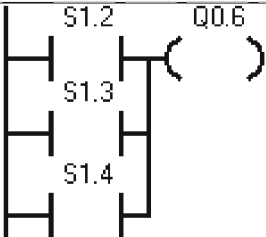
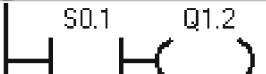
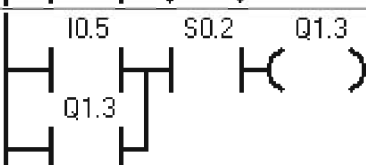
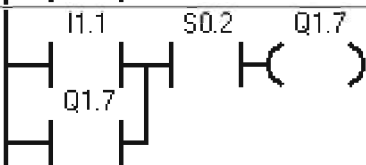
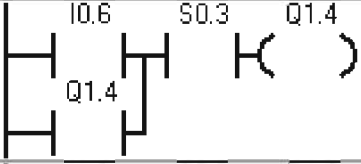
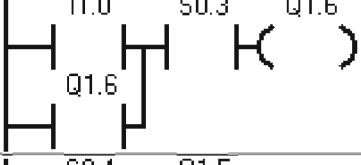
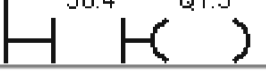
续表

网 络	LAD	STL
网络 12		<pre> LD M0.1 AN I0.3 O T38 A S1.4 R S0.4, 1 </pre>
网络 13		<pre> LD S0.2 O S0.3 O S0.4 LD I0.0 O M0.0 ALD LD I0.1 O M0.0 LD S0.3 O S0.4 ALD OLD LD S0.2 O M0.0 A S0.4 OLD = M0.0 </pre>
网络 14		<pre> LD S0.1 O S0.2 O S0.3 LD I0.3 O M0.1 ALD LD I0.2 O M0.1 LD S0.1 O S0.2 ALD OLD LD I0.1 O M0.1 A S0.1 OLD = M0.1 </pre>

续表

网 络	LAD	STL
网络 15		LD S1.1 A S0.1 LD S1.2 A S0.2 OLD LD S1.3 A S0.3 OLD LD S1.4 A S0.4 OLD S M0.2, 1
网络 16		LD M0.2 TON T38, 80
网络 17		LD T38 R M0.2, 1
网络 18		LD M0.0 O M0.1 AN M0.2 = Q1.0
网络 19		LD M0.0 = Q1.1
网络 20		LD S1.2 O S1.3 = Q0.0
网络 21		LD S1.1 O S1.2 O S1.3 O S1.4 = Q0.1
网络 22		LD S1.1 O S1.3 O S1.4 = Q0.2

续表

网 络	LAD	STL
网络 23		LD S1.2 O S1.3 = Q0.3
网络 24		LD S1.2 = Q0.4
网络 25		LD S1.4 = Q0.5
网络 26		LD S1.2 O S1.3 O S1.4 = Q0.6
网络 27		LD S0.1 = Q1.2
网络 28		LD I0.5 O Q1.3 A S0.2 = Q1.3
网络 29		LD I1.1 O Q1.7 A S0.2 = Q1.7
网络 30		LD I0.6 O Q1.4 A S0.3 = Q1.4
网络 31		LD I1.0 O Q1.6 A S0.3 = Q1.6
网络 32		LD S0.4 = Q1.5

8.4 PLC 在水塔水位控制系统中的应用

在自来水供水系统中,为解决高层建筑的供水问题,修建了一些水塔。水塔水位控制示意图如图 8-9 所示。图中 S1~S4 为液位传感器, M1、M2 为抽水电动机。

1. 水塔水位控制系统的控制要求

当水位低于水池低水位界时, S1 液位传感器输出信号为 1 (即 S1 为 ON), 控制电动机 M1 运转, 水池开始进水, 同时定时器也进行定时, 4s 后, 如果 S1 的输出信号仍为 ON, 表

示进水管内没有进水,出现故障,产生报警。当水位达到 S2 位置时, S2 液位传感器输出信号为 1 (即 S2 为 ON),电动机 M1 停止运行。当水塔水位低于水塔低水位界时,水塔液位传感器 S3 输出信号为 1 (即 S3 为 ON),且 S1 输出信号为 0 时 (即水池内有蓄水),电动机 M2 运转抽水。当水塔水位高于水塔高水位界时 (即 S4 为 1),电动机 M2 停止工作。水池和水塔的进水也可由手动进行控制。

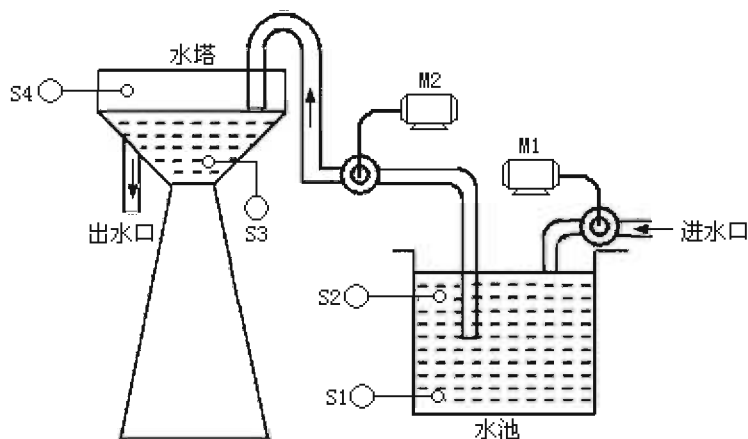


图 8-9 水塔水位控制示意图

2. 水塔水位 PLC 控制分析

由控制要求可知,水塔水位的工作流程如图 8-10 所示。打开电源,首先对水池进行水位检测,若水位低于最低水位时, M1 电动机工作,自来水从进水口流入,若进水口内没有水流入时,表示故障,产生报警。当达到最高水位时, M1 电动机停止工作。当水塔水位低于最低水位,且水池内有水时, M2 电动机工作。当水位达到最高水位时, M2 电动机停止工作。

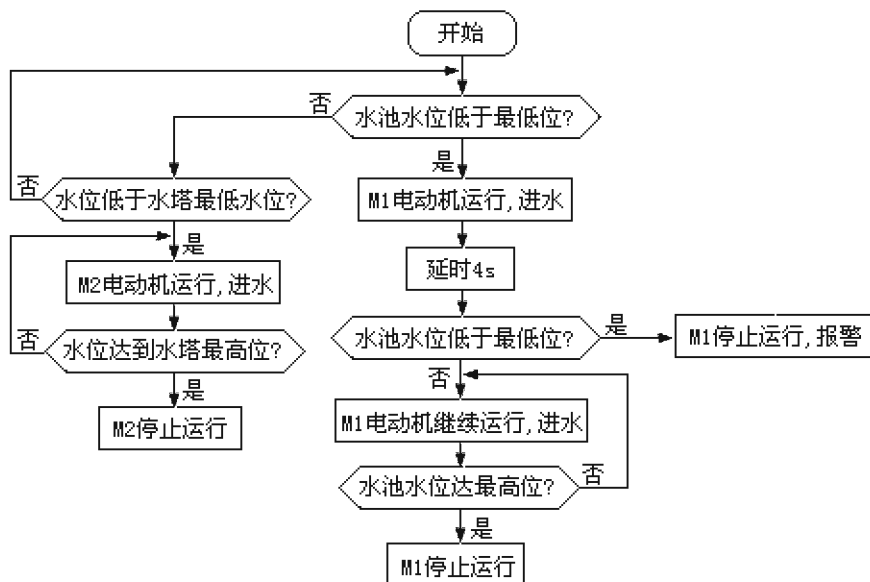


图 8-10 水塔水位控制系统工作流程图

M1 和 M2 电动机均可手动控制,加上电源的开关控制,因此共需要 4 个控制按钮, S1~S4 液位传感器可理解为行程开关,信号为 1 表示为触点闭合,信号为 0 时表示触点断开。M1 和 M2 电动机分别由 KM1 和 KM2 控制。

3. 水塔水位控制系统的 PLC 选型和资源配置

根据控制要求及控制分析可知,该系统需要 8 个输入点和 3 个输出点,输入/输出分配表如表 8-7 所示。

表 8-7 PLC 控制水塔水位的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
液位传感器	S1	I0.0	M1 电动机驱动	KM1	Q0.0
液位传感器	S2	I0.1	M2 电动机驱动	KM2	Q0.1
液位传感器	S3	I0.2	报警灯	HL	Q0.2
液位传感器	S4	I0.3			
电源启动按钮	SB0	I0.4			
电源关闭按钮	SB1	I0.5			
M1 手动开关	SB2	I0.6			
M2 手动开关	SB3	I0.7			

由于系统需要 8 个输入点和 3 个输出点,PLC 可选用 S7-200 系列小型 PLC——CPU224, PLC 控制水塔水位的 I/O 接线图如图 8-11 所示。

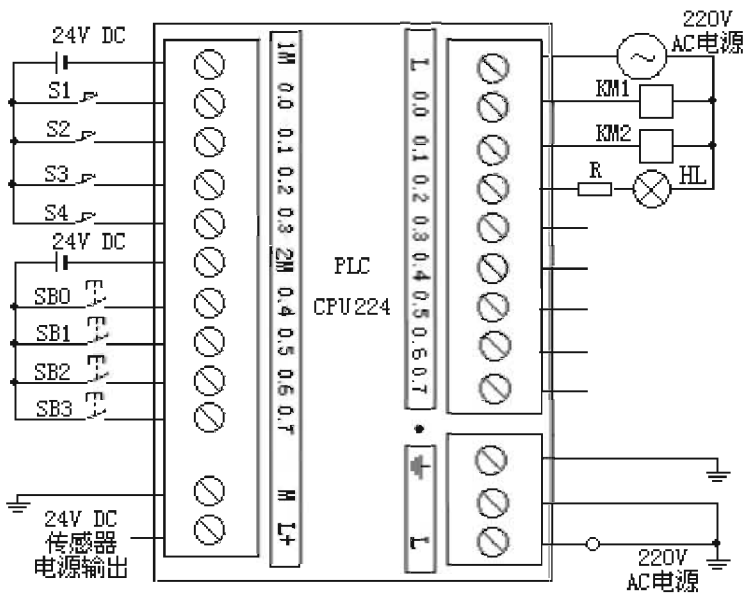


图 8-11 PLC 控制水塔水位的 I/O 接线图

4. 水塔水位控制系统的 PLC 程序设计

为实现水位控制,需设置 3 个定时器。

T37—4s 延时,定时预置值为 40。

T38、T39—报警闪烁,定时预置值为 5。

PLC 控制水塔水位的梯形图 (LAD) 及指令语句表 (STL) 如表 8-8 所示。

表 8-8 PLC 控制水塔水位的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.4 O M0.0 AN I0.5 = M0.0

续表

网 络	LAD	STL
网络 2		LD IO.0 O M0.1 AN IO.1 A M0.0 = M0.1
网络 3		LD M0.1 TON T37, 40
网络 4		LD T37 A IO.0 AN T39 TON T38, 5
网络 5		LD T38 TON T39, 5
网络 6		LD IO.0 AN T39 A T37 LD M0.1 AN T37 OLD LD T37 AN IO.0 OLD AN IO.1 AN M0.2 O IO.6 = Q0.0
网络 7		LD IO.3 O Q0.1 AN IO.4 AN IO.0 A M0.0 O IO.7 = Q0.1
网络 8		LD T39 = Q0.2
网络 9		LD T39 O M0.2 = M0.2

8.5 PLC 在注塑成型生产线控制系统中的应用

在塑胶制品中，按制品的加工方法不同来分类，主要可以分为 4 大类：一为注塑成型产

品；二为吹塑成型产品；三为挤出成型产品；四为压延成型产品。其中应用面最广、品种最多、精密度最高的当数注塑成型产品。注塑成型机是将各种热塑性或热固性塑料经过加热熔化后，以一定的速度和压力注射到塑料模具内，经冷却保压后得到所需塑料制品的设备。

现代塑料注塑成型生产线控制系统是一个集机、电、液于一体的典型系统，由于这种设备具有成型复杂制品、后加工量少、加工的塑料种类多等特点，自问世以来，发展极为迅速，目前全世界 80% 以上的工程塑料制品均采用注塑成型机进行加工。

目前，常用的注塑成型控制系统有 3 种，即传统继电器型、可编程控制器型和微机控制型。近年来，可编程序控制器（简称 PLC）以其高可靠性、高性能的特点，在注塑机控制系统中得到了广泛应用。

1. 注塑成型生产线控制系统的控制要求

注塑成型生产工艺一般要经过闭模、射台前进、注射、保压、预塑、射台后退、开模、顶针前进、顶针后退和复位等工序。这些工序由 8 个电磁阀 YV1~YV8 来控制完成，其中注射和保压工序还需要一定的时间延迟。注塑成型生产工艺流程如图 8-12 所示。

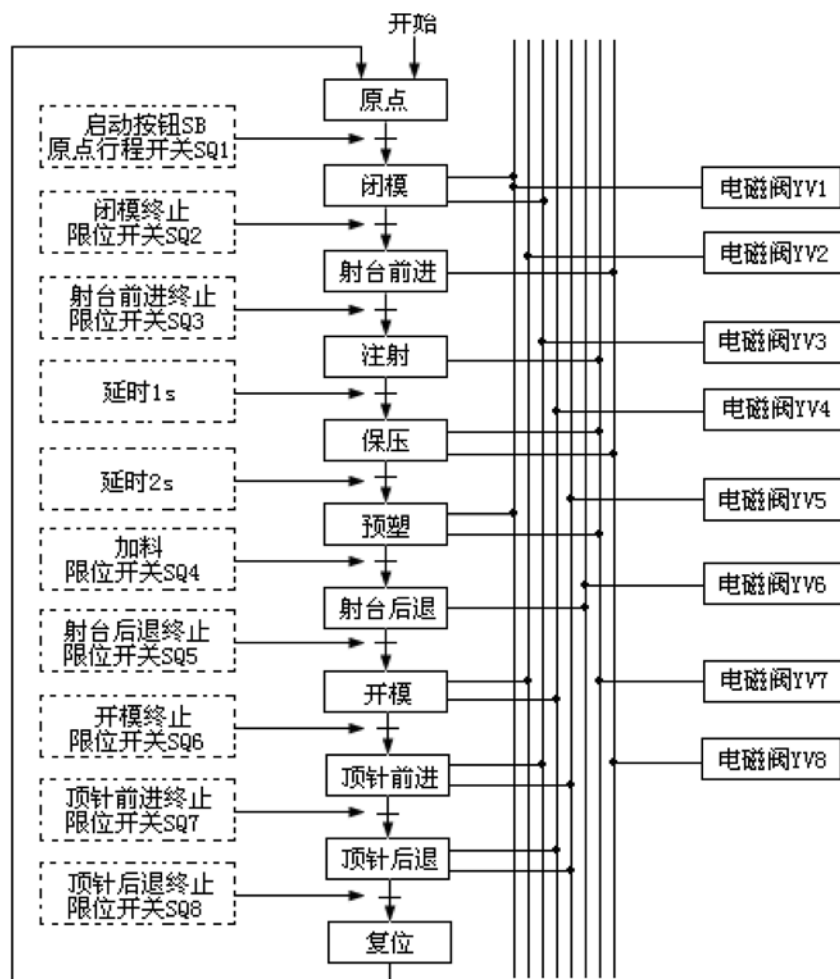


图 8-12 注塑成型生产工艺流程图

2. 注塑成型生产线 PLC 控制分析

从图 8-12 中可以看出，各操作都是由行程开关控制相应电磁阀进行转换的。注塑成型生产工艺是典型的顺序控制，可以采用多种方式完成控制：①采用置位/复位指令和定时器指令；②采用移位寄存器指令和定时器指令；③采用步进指令和定时器指令。本例中将采用步进指令和定时器指令来实现此控制。

从图 8-12 中可知，它由 10 步完成，在程序中需使用状态元件 S0.0~S0.7、S1.0、S1.1。使用 3 条指令描述程序的顺序控制步进状态：顺序控制开始指令 SCR、顺序控制转移指令 SCRT 和顺序控制结束指令 SCRE。顺序控制程序段是从 SCR 指令开始，到 SCRE 指令结束。

首次扫描位 SM0.1 置位 S0.0，从而在首次扫描中激活状态 1。延时 1s 可由 T37 控制，预置值为 10；延时 2s 可由 T38 控制，预置值为 20。

3. 注塑成型生产线的控制系统的 PLC 选型和资源配置

根据控制要求及控制分析可知，该系统需要 10 个输入点和 8 个输出点，输入/输出分配表如表 8-9 所示。

表 8-9 PLC 控制注塑成型生产线的输入/输出分配表

输 入			输 出		
功 能	元 件	PLC 地址	功 能	元 件	PLC 地址
启动按钮	SB1	I0.0	电磁阀	YV1	Q0.0
停止按钮	SB2	I0.1	电磁阀	YV2	Q0.1
原点行程开关	SQ1	I0.2	电磁阀	YV3	Q0.2
闭模终止限位开关	SQ2	I0.3	电磁阀	YV4	Q0.3
射台前进终止限位开关	SQ3	I0.4	电磁阀	YV5	Q0.4
加料限位开关	SQ4	I0.5	电磁阀	YV6	Q0.5
射台后退终止限位开关	SQ5	I0.6	电磁阀	YV7	Q0.6
开模终止限位开关	SQ6	I0.7	电磁阀	YV8	Q0.7
顶针前进终止限位开关	SQ7	I1.0			
顶针后退终止限位开关	SQ8	I1.1			

由于系统需要 10 个输入点和 8 个输出点，PLC 可选用 S7-200 系列 PLC——CPU224，PLC 控制注塑成型生产线的 I/O 接线图如图 8-13 所示。

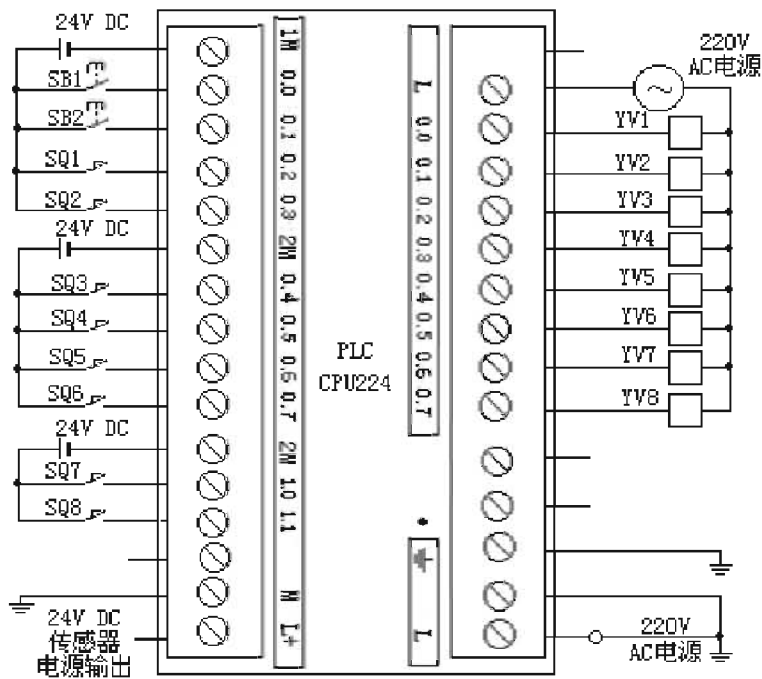


图 8-13 PLC 控制注塑成型生产线的 I/O 接线图

4. 注塑成型生产线的 PLC 程序设计

根据注塑成型生产线生产工艺流程图和 PLC 资源配置，设计出 PLC 控制注塑成型生产线的状态图，如图 8-14 所示。PLC 控制注塑成型生产线的梯形图（LAD）及指令语句表如表 8-10 所示。

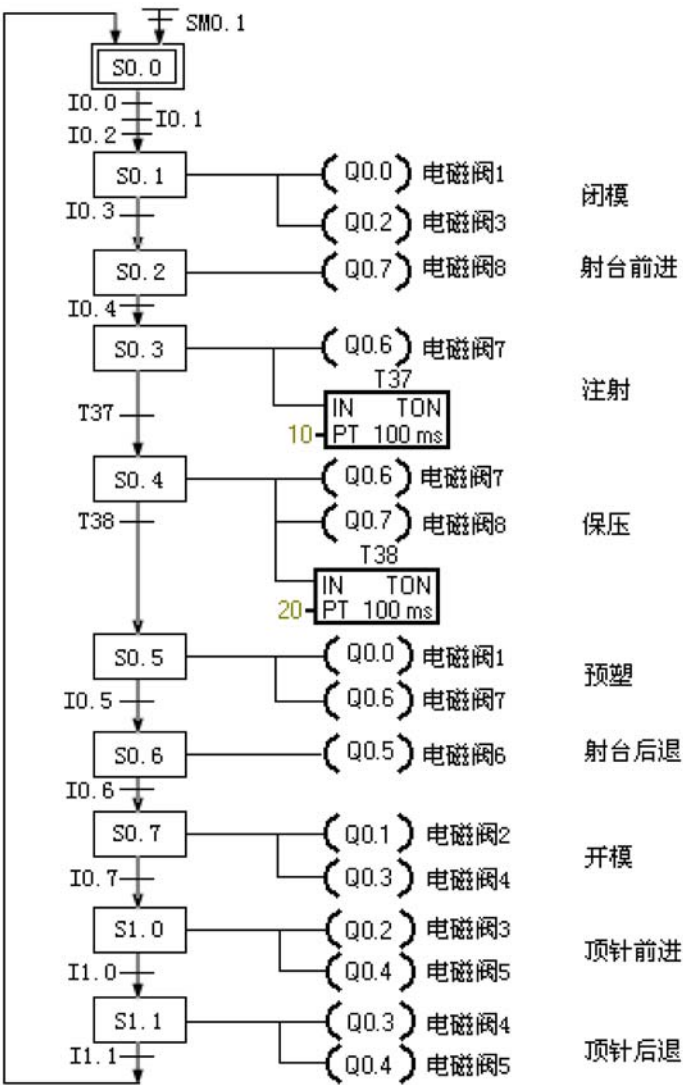
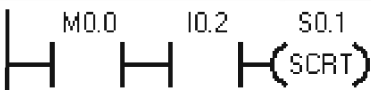
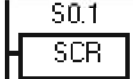
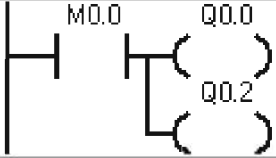
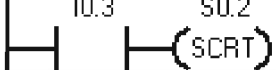
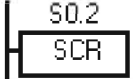
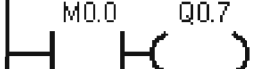
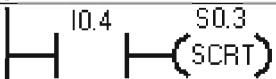
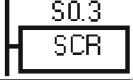
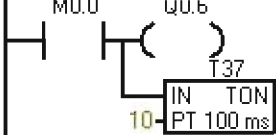
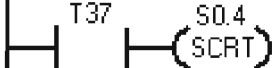
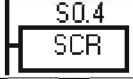
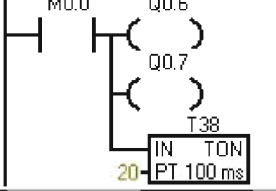
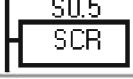


图 8-14 注塑成型生产线 PLC 控制状态流程图

表 8-10 PLC 控制注塑成型生产线的梯形图及指令语句表

网 络	LAD	STL
网络 1		LD I0.0 O M0.0 AN I0.1 = M0.0
网络 2		LD SM0.1 S S0.0, 1
网络 3		LSCR S0.0

续表

网 络	LAD	STL
网络 4		LD M0.0 A I0.2 SCRT S0.1
网络 5		SCRE
网络 6		LSCR S0.1
网络 7		LD M0.0 = Q0.0 = Q0.2
网络 8		LD I0.3 SCRT S0.2
网络 9		SCRE
网络 10		LSCR S0.2
网络 11		LD M0.0 = Q0.7
网络 12		LD I0.4 SCRT S0.3
网络 13		SCRE
网络 14		LSCR S0.3
网络 15		LD M0.0 = Q0.6 TON T37, 10
网络 16		LD T37 SCRT S0.4
网络 17		SCRE
网络 18		LSCR S0.4
网络 19		LD M0.0 = Q0.6 = Q0.7 TON T38, 20
网络 20		LD T38 SCRT S0.5
网络 21		SCRE
网络 22		LSCR S0.5

续表

网 络	LAD	STL
网络 23		LD M0.0 = Q0.0 = Q0.6
网络 24		LD I0.5 SCRT S0.6
网络 25		SCRE
网络 26		LSCR S0.6
网络 27		LD M0.0 = Q0.5
网络 28		LD I0.6 SCRT S0.7
网络 29		SCRE
网络 30		LSCR S0.7
网络 31		LD M0.0 = Q0.1 = Q0.3
网络 32		LD I0.7 SCRT S1.0
网络 33		SCRE
网络 34		LSCR S1.0
网络 35		LD M0.0 = Q0.2 = Q0.4
网络 36		LD I1.0 SCRT S1.1
网络 37		SCRE
网络 38		LSCR S1.1
网络 39		LD M0.0 = Q0.3 = Q0.4
网络 40		LD I1.1 A I0.2 SCRT S0.0
网络 41		SCRE

附录 1 S7-200 系列特殊标志寄存器

特殊寄存器标志位提供了大量的状态和控制功能,特殊寄存器起到了 CPU 和用户程序之间交换信息的作用。特殊寄存器标志位能以位、字节、字或双字等形式使用。

1. SMB0: 系统状态位

- SM0.0 PLC 运行时, 此位始终为 1。
- SM0.1 PLC 首次扫描时为 1, 可以用于初始化子程序。
- SM0.2 如果断电保存的数据丢失, 此位在一个扫描周期中为 1。
- SM0.3 开机后进入 RUN 方式。
- SM0.4 此位提供高低电平各 30s, 周期为 1min 的时钟脉冲。
- SM0.5 此位提供高低电平各 0.5s, 周期为 1s 的时钟脉冲。
- SM0.6 此位扫描时钟, 本次扫描为 1, 下次扫描为 0。可作为扫描计数器的输入。
- SM0.7 指示模式开关的当前位置, 0 为 TERM (终止), 1 为 RUN (运行)。

2. SMB1: 系统状态位

- SM1.0 零标志, 当执行某些结果为 0 时, 该位置 1。
- SM1.1 错误标志, 当执行某些指令的结果为溢出或检测到非法数值时, 该位置 1。
- SM1.2 负数标志, 当执行数学运算的结果为负数时, 该位置 1。
- SM1.3 当尝试用零除时, 该位置 1。
- SM1.4 当执行 ATT (Add To Table) 指令时超出表的范围, 该位置 1。
- SM1.5 执行 LIFO 或 FIFO 指令时, 试图从空表读取数据, 该位置 1。
- SM1.6 当把一个非 BCD 数转换成二进制时, 该位置 1。
- SM1.7 当 ASCII 码不能转换成有效的十六进制数时, 该位置 1。

3. SMB2: 自由端口接收字符缓冲区

SMB2 为自由端口接收的缓冲区, 在自由端口模式下从 PLC 端口 0 或端口 1 接收到的每一个字符。

4. SMB3: 自由端口奇偶校验错误

接收到的字符有奇偶校验错误时, SM3.0 被置 1, SM3.1~SM3.7 暂时保留。

5. SMB4: 队列溢出

- SM4.0 如果通信中断队列溢出时, 该位置 1。
- SM4.1 如果输入中断队列溢出时, 该位置 1。
- SM4.2 如果定时中断队列溢出时, 该位置 1。
- SM4.3 在运行时发现编程有问题, 该位置 1。
- SM4.4 当全局中断允许时, 该位置 1。
- SM4.5 端口 0 发送空闲时, 该位置 1。
- SM4.6 端口 1 发送空闲时, 该位置 1。

SM4.7 当发生强行置位时, 该位置 1。

6. SMB5: I/O 错误状态

SM5.0 有 I/O 错误时, 该位置 1。

SM5.1 I/O 总线上连接了过多的数字量 I/O 点时, 该位置 1。

SM5.2 I/O 总线上连接了过多的模拟量 I/O 点时, 该位置 1。

SM5.3 I/O 总线上连接了过多的智能 I/O 模块时, 该位置 1。

SM5.4~SM5.6 暂时保留。

SM5.7 DP 标准总线出现错误时 (仅限 S7-215), 该位置 1。

7. SMB6: CPU 标识 (ID) 寄存器

SM6.7~SM6.4=0000 为 CPU212/CPU222。

SM6.7~SM6.4=0010 为 CPU214/CPU224。

SM6.7~SM6.4=0110 为 CPU221。

SM6.7~SM6.4=1000 为 CPU215。

SM6.7~SM6.4=1001 为 CPU216。

8. SMB8~SMB21: I/O 模块标识与错误寄存器

SMB8~SMB21 以字节对的形式用于 0~6 号扩展模块。偶数字节是模块标识寄存器, 用于标记模块的类型、I/O 类型、输入和输出的点数, 模块标识寄存器的各位功能如附表 1 所示。奇数字节是模块错误寄存器, 提供该模块 I/O 的错误, 错误标志寄存器的各位功能如附表 2 所示。

附表 1 模块标志寄存器的各位功能

位 号	7	6	5	4	3	2	1	0
标志位	M	T	T	A	I	I	Q	Q
标志	M=0, 模块已插入 M=1, 模块未插入	TT=00, 一般 I/O 模块 TT=01, 保留 TT=10, 非 I/O 模块 TT=11, 保留		A=0, 数字量 I/O A=1, 模拟量 I/O	II=00, 无输入 II=01, 2AI/8DI II=10, 4AI/16DI II=11, 8AI/32DI		QQ=00, 无输出 AA=01, 8AQ/8DQ QQ=10, 4AQ/16DQ QQ=11, 8AQ/32DQ	

附表 2 错误标志寄存器的各位功能

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
标志位	C	ie	0	b	r	p	f	t
标志	C=0, 无错误 C=1, 组态错误	ie=0, 无错误 ie=1, 智能模块错误		b=0, 无错误 b=1, 总线故障或奇偶错误	r=0, 无错误 r=1, 输出范围错误	p=0, 无错误 p=1, 没有用户电源错误	f=0, 无错误 f=1, 熔丝故障	t=0, 无错误 t=1, 终端错误

SMB8 模块 0 识别寄存器。

SMB9 模块 0 错误寄存器。

SMB10 模块 1 识别寄存器。

SMB11 模块 1 错误寄存器。

- SMB12 模块 2 识别寄存器。
 SMB13 模块 2 错误寄存器。
 SMB14 模块 3 识别寄存器。
 SMB15 模块 3 错误寄存器。
 SMB16 模块 4 识别寄存器。
 SMB17 模块 4 错误寄存器。
 SMB18 模块 5 识别寄存器。
 SMB19 模块 5 错误寄存器。
 SMB20 模块 6 识别寄存器。
 SMB21 模块 6 错误寄存器。

9. SMW22~SMW26: 扫描时间

SMW22~SMW26 中分别以 ms 为单位的扫描时间。

SMW22 上次扫描时间。

SMW24 进入 RUN 方式后, 所记录的最短扫描时间。

SMW26 进入 RUN 方式后, 所记录的最长扫描时间。

10. SMB28 和 SMB29: 模拟电位器

SMB28 存储模拟电位 0 的输入值。

SMB29 存储模拟电位 1 的输入值。

11. SMB30 和 SMB130: 自由端口控制寄存器

SMB30 和 SMB130 分别控制自由端口 0 和 1 的通信方式, 用于设置通信的波特率和奇偶校验等, 如附表 3 所示, 并提供选择自由端口方式或使用系统支持的 PPI 通信协议。

附表 3 自由端口控制寄存器标志

位 号	7 6	5	4 3 2	1 0
标志符	p p	d	b b b	m m
标志	pp=00, 不校验 pp=01, 奇校验 pp=10, 不校验 pp=11, 偶校验	d=0, 每字符 8 位数据 d=1, 每字符 7 位数据	bbb=000, 38400bit/s bbb=001, 19200bit/s bbb=010, 9600bit/s bbb=011, 4800bit/s bbb=100, 2400bit/s bbb=101, 1200bit/s bbb=110, 600bit/s bbb=111, 300bit/s	mm=00, PPI/从站模式 mm=01, 自由端口模式 mm=10, PPI/主站模式 mm=11, 保留

12. SMB31 和 SMB32: EEPROM 写控制

SMB31 在用户程序的控制下, 将 V 存储器中的数据存入 EEPROM。

SMB32 在用户程序的控制下, 将保存的数据地址存入 EEPROM。

13. SMB34 和 SMB35: 定时中断时间间隔寄存器

SMB34 定义定时中断 0 的时间间隔 (5~255ms, 以 1ms 为增量)。

SMB35 定义定时中断 1 的时间间隔 (5~255ms, 以 1ms 为增量)。

14. SMB36~SMB65: 高速计数器 HSC0、HSC1 和 HSC2 寄存器

SMB36 HSC0 当前状态寄存器。

- SM36.5 HSC0 当前计数方向位, 1 为增计数。
- SM36.6 HSC0 当前计数等于预设值位, 1 为等于。
- SM36.7 HSC0 当前计数大于预设值位, 1 为大于。
- SMB37 HSC0 控制寄存器。
- SM37.0 HSC0 复位操作的有效电平控制位, 0 为高电平复位有效; 1 为低电平复位有效。
- SM37.2 HSC0 正交计数器的计数速率选择, 0 为 4 倍速; 1 为 1 倍速。
- SM37.3 HSC0 方向控制位, 1 为增计数。
- SM37.4 HSC0 更新方向位, 1 为更新。
- SM37.5 HSC0 更新预设值, 1 为更新。
- SM37.6 HSC0 更新当前值, 1 为更新。
- SM37.7 HSC0 允许位, 0 为禁止; 1 为允许。
- SMD38 HSC0 新的当前值。
- SMD42 HSC0 新的预设值。
- SMB46 HSC1 当前状态寄存器。
- SM46.5 HSC1 当前计数方向位, 1 为增计数。
- SM46.6 HSC1 当前计数等于预设值位, 1 为等于。
- SM46.7 HSC1 当前计数大于预设值位, 1 为大于。
- SMB47 HSC1 控制寄存器。
- SM47.0 HSC1 复位操作的有效电平控制位, 0 为高电平复位有效; 1 为低电平复位有效。
- SM47.2 HSC1 正交计数器的计数速率选择, 0 为 4 倍速; 1 为 1 倍速。
- SM47.3 HSC1 方向控制位, 1 为增计数。
- SM47.4 HSC1 更新方向位, 1 为更新。
- SM47.5 HSC1 更新预设值, 1 为更新。
- SM47.6 HSC1 更新当前值, 1 为更新。
- SM47.7 HSC1 允许位, 0 为禁止; 1 为允许。
- SMD48 HSC1 新的当前值。
- SMD52 HSC1 新的预设值。
- SMB56 HSC2 当前状态寄存器。
- SM56.5 HSC2 当前计数方向位, 1 为增计数。
- SM56.6 HSC2 当前计数等于预设值位, 1 为等于。
- SM56.7 HSC2 当前计数大于预设值位, 1 为大于。
- SMB57 HSC2 控制寄存器。
- SM57.0 HSC2 复位操作的有效电平控制位, 0 为高电平复位有效; 1 为低电平复位有效。
- SM57.2 HSC2 正交计数器的计数速率选择, 0 为 4 倍速; 1 为 1 倍速。
- SM57.3 HSC2 方向控制位, 1 为增计数。
- SM57.4 HSC2 更新方向位, 1 为更新。
- SM57.5 HSC2 更新预设值, 1 为更新。
- SM57.6 HSC2 更新当前值, 1 为更新。
- SM57.7 HSC2 允许位, 0 为禁止; 1 为允许。
- SMD58 HSC2 新的当前值。

SMD62 HSC2 新的预设值。

15. SMB66~SMB85: 监控脉冲输出 PTO 和脉宽调制 PWM 功能

SMB66 PTO0/PWM0 状态寄存器。

SM66.4 PTO0 包络溢出, 0 无溢出; 1 有溢出 (由于增量计算错误)。

SM66.5 PTO0 命令终止, 0 不由用户命令终止; 1 由用户命令终止。

SM66.6 PTO0 管道溢出, 0 无溢出; 1 有溢出。

SM66.7 PTO0 空闲位, 0 空闲; 1 忙。

SMB67 PTO0/PWM0 控制寄存器。

SM67.0 PTO0/PWM0 更新周期, 1 写新的周期值。

SM67.1 PWM0 更新脉冲宽度, 1 写新的脉冲宽度。

SM67.2 PTO0 更新脉冲量, 1 写新的脉冲量。

SM67.3 PTO0/PWM0 基准时间, 0 为 $1\mu\text{s}$; 1 为 1ms 。

SM67.4 同步更新 PWM0, 0 异步更新; 1 同步更新。

SM67.5 PTO0 操作, 0 单段操作; 1 多段操作。

SM67.6 PTO0/PWM0 模式选择, 0 为 PTO0; 1 为 PWM0。

SM67.7 PTO0/PWM0 允许位, 0 禁止; 1 允许。

SMW68 PTO0/PWM0 周期值 (2~65536 倍的时间基准)。

SMW70 PWM0 脉冲宽度值 (0~65536 倍的时间基准)。

SMD72 PTO0 脉冲宽度值 ($1\sim 2^{32}-1$ 倍的时间基准)。

SMB76 PTO1/PWM1 状态寄存器。

SM76.4 PTO1 包络溢出, 0 无溢出; 1 有溢出 (由于增量计算错误)。

SM76.5 PTO1 命令终止, 0 不由用户命令终止; 1 由用户命令终止。

SM76.6 PTO1 管道溢出, 0 无溢出; 1 有溢出。

SM76.7 PTO1 空闲位, 0 空闲; 1 忙。

SMB77 PTO1/PWM1 控制寄存器。

SM77.0 PTO1/PWM1 更新周期, 1 写新的周期值。

SM77.1 PWM1 更新脉冲宽度, 1 写新的脉冲宽度。

SM77.2 PTO1 更新脉冲量, 1 写新的脉冲量。

SM77.3 PTO1/PWM1 基准时间, 0 为 $1\mu\text{s}$; 1 为 1ms 。

SM77.4 同步更新 PWM1, 0 异步更新; 1 同步更新。

SM77.5 PTO1 操作, 0 单段操作; 1 多段操作。

SM77.6 PTO1/PWM1 模式选择, 0 为 PTO1; 1 为 PWM1。

SM77.7 PTO1/PWM1 允许位, 0 禁止; 1 允许。

SMW78 PTO1/PWM1 周期值 (2~65536 倍的时间基准)。

SMW80 PWM1 脉冲宽度值 (0~65536 倍的时间基准)。

SMD82 PTO1 脉冲宽度值 ($1\sim 2^{32}-1$ 倍的时间基准)。

16. SMB86~SMB94、SMB186~SMB194: 端口 0 和 1 接收信息控制

SMB86 端口 0 接收信息状态寄存器。

SM86.0 由于奇偶校验出错而终止接收信息, 1 有效。

SM86.1 因已达到最大字符数而终止接收信息, 1 有效。

- SM86.2 因已超过规定时间而终止接收信息, 1 有效。
- SM86.5 收到信息的结束符。
- SM86.6 由于输入参数错误或缺少起始和结束条件而终止接收信息, 1 有效。
- SM86.7 由于用户使用禁止命令而终止接收信息, 1 有效。
- SMB87 端口 0 接收信息控制寄存器。
- SM87.2 0 与 SMW92 无关; 1 为若超出 SMW92 确定的时间而终止接收信息。
- SM87.3 0 为字符间定时器; 1 为信息间定时器。
- SM87.4 0 与 SMW90 无关; 1 由 SMW90 中的值来检测空闲状态。
- SM87.5 0 与 SMB89 无关; 1 为结束符由 SMB89 设定。
- SM87.6 0 与 SMB88 无关; 1 为起始符由 SMB88 设定。
- SM87.7 0 禁止接收信息; 1 允许接收信息。
- SMB88 起始符。
- SMB89 结束符。
- SMW90 空闲时间间隔的毫秒数。
- SMW92 字符间/信息间定时器超时值 (毫秒数)。
- SMB94 接收字符的最大数 (1~255)。
- SMB186 端口 1 接收信息状态寄存器。
- SM186.0 由于奇偶校验出错而终止接收信息, 1 有效。
- SM186.1 因已达到最大字符数而终止接收信息, 1 有效。
- SM186.2 因已超过规定时间而终止接收信息, 1 有效。
- SM186.5 收到信息的结束符。
- SM186.6 由于输入参数错误或缺少起始和结束条件而终止接收信息, 1 有效。
- SM186.7 由于用户使用禁止命令而终止接收信息, 1 有效。
- SMB187 端口 1 接收信息控制寄存器。
- SM187.2 0 与 SMW192 无关; 1 为若超出 SMW192 确定的时间而终止接收信息。
- SM187.3 0 为字符间定时器; 1 为信息间定时器。
- SM187.4 0 与 SMW190 无关; 1 由 SMW190 中的值来检测空闲状态。
- SM187.5 0 与 SMB189 无关; 1 为结束符由 SMB189 设定。
- SM187.6 0 与 SMB188 无关; 1 为起始符由 SMB188 设定。
- SM187.7 0 禁止接收信息; 1 允许接收信息。
- SMB188 起始符。
- SMB189 结束符。
- SMW190 空闲时间间隔的毫秒数。
- SMW192 字符间/信息间定时器超时值 (毫秒数)。
- SMB194 接收字符的最大数 (1~255)。
- 17. SMW98: 扩展总线错误计数器**
- 当扩展总线出现校验错误时加 1, 系统得电或用户写入零时清 0。
- 18. SMB136~SMB165: 高速计数器 HSC3、HSC4 和 HSC5 寄存器**
- SMB136 HSC3 当前状态寄存器。
- SM136.5 HSC3 当前计数方向位, 1 为增计数。

- SM136.6 HSC3 当前值等于预设值位, 1 为等于。
- SM136.7 HSC3 当前值大于预设值位, 1 为大于。
- SMB137 HSC3 控制寄存器。
- SM137.0 HSC3 复位操作的有效电平控制位, 0 为高电平复位有效; 1 为低电平复位有效。
- SM137.2 HSC3 正交计数器的计数速率选择, 0 为 4 倍速; 1 为 1 倍速。
- SM137.3 HSC3 方向控制位, 1 为增计数。
- SM137.4 HSC3 更新方向位, 1 为更新。
- SM137.5 HSC3 更新预设值, 1 为更新。
- SM137.6 HSC3 更新当前值, 1 为更新。
- SM137.7 HSC3 允许位, 0 为禁止; 1 为允许。
- SMD138 HSC3 新的当前值。
- SMD142 HSC3 新的预设值。
- SMB146 HSC4 当前状态寄存器。
- SM146.5 HSC4 当前计数方向位, 1 为增计数。
- SM146.6 HSC4 当前计数等于预设值位, 1 为等于。
- SM146.7 HSC4 当前计数大于预设值位, 1 为大于。
- SMB147 HSC4 控制寄存器。
- SM147.0 HSC4 复位操作的有效电平控制位, 0 为高电平复位有效; 1 为低电平复位有效。
- SM147.2 HSC4 正交计数器的计数速率选择, 0 为 4 倍速; 1 为 1 倍速。
- SM147.3 HSC4 方向控制位, 1 为增计数。
- SM147.4 HSC4 更新方向位, 1 为更新。
- SM147.5 HSC4 更新预设值, 1 为更新。
- SM147.6 HSC4 更新当前值, 1 为更新。
- SM147.7 HSC4 允许位, 0 为禁止; 1 为允许。
- SMD148 HSC4 新的当前值。
- SMD152 HSC4 新的预设值。
- SMB156 HSC5 当前状态寄存器。
- SM156.5 HSC5 当前计数方向位, 1 为增计数。
- SM156.6 HSC5 当前计数等于预设值位, 1 为等于。
- SM156.7 HSC5 当前计数大于预设值位, 1 为大于。
- SMB157 HSC5 控制寄存器。
- SM157.0 HSC5 复位操作的有效电平控制位, 0 为高电平复位有效; 1 为低电平复位有效。
- SM157.2 HSC5 正交计数器的计数速率选择, 0 为 4 倍速; 1 为 1 倍速。
- SM157.3 HSC5 方向控制位, 1 为增计数。
- SM157.4 HSC5 更新方向位, 1 为更新。
- SM157.5 HSC5 更新预设值, 1 为更新。
- SM157.6 HSC5 更新当前值, 1 为更新。
- SM157.7 HSC5 允许位, 0 为禁止; 1 为允许。
- SMD158 HSC5 新的当前值。
- SMD162 HSC5 新的预设值。

19. SMB166~SMB185: PTO0、PTO1 的包络步数、包络表地址和 V 存储器地址

SMB166 PTO0 的包络当前计数值。

SMB167 保留。

SMB168 PTO0 的包络表 V 存储地址（从 V0 开始的偏移量）。

SMB170~SMB175 保留。

SMB176 PTO1 的包络当前计数值。

SMB177 保留。

SMB178 PTO1 的包络表 V 存储地址（从 V0 开始的偏移量）。

SMB180~SMB185 保留。

20. SMB200~SMB549: 智能模块状态

SMB200~SMB549 预留给智能扩展模块（例如 EM277 PROFIBUS-DP 模块）的状态信息。SMB200~SMB249 为预留给系统的第 1 个扩展模块（离 CPU 最近的模块）；SMB250~SMB299 为预留给系统的第 2 个扩展模块。如果使用版本 2.2 之前的 CPU，应将智能模块放在非智能模块左边紧靠 CPU 的位置，已确保其兼容性。

附录 2 S7-200 的 SIMATIC 指令集速查表

类 型	指 令 名 称	指 令 描 述
布尔指令	LD N	装载（电路开始的常开触点）
	LDI N	立即装载
	LDN N	取反后装载（电路开始的常闭触点）
	LDNI N	取反后立即装载
	A N	与（串联的常开触点）
	AI N	立即与
	AN N	取反后与（串联的常闭触点）
	ANI N	取反后立即与
	O N	或（并联的常开触点）
	OI N	立即或
	ON N	取反后或（并联的常闭触点）
	ONI N	取反后立即或
	LDBx N1, N2	装载字节的比较结果, N1 (x1: <, <=, =, >, >) N2
	ABx N1, N2	与字节比较的结果, N1 (x1: <, <=, =, >, >) N2
	OBx N1, N2	或字节比较的结果, N1 (x1: <, <=, =, >, >) N2
	LDWx N1, N2	装载字比较的结果, N1 (x1: <, <=, =, >, >) N2
	AWx N1, N2	与字比较的结果, N1 (x1: <, <=, =, >, >) N2
	OWx N1, N2	或字比较的结果, N1 (x1: <, <=, =, >, >) N2
	LDDx N1, N2	装载双字的比较结果, N1 (x1: <, <=, =, >, >) N2
	ADx N1, N2	与双字比较的结果, N1 (x1: <, <=, =, >, >) N2
	ODx N1, N2	或双字比较的结果, N1 (x1: <, <=, =, >, >) N2
	LDRx N1, N2	装载实数的比较结果, N1 (x1: <, <=, =, >, >) N2
	ARx N1, N2	与实数的比较结果, N1 (x1: <, <=, =, >, >) N2
	ORx N1, N2	或实数的比较结果, N1 (x1: <, <=, =, >, >) N2
	NOT	栈顶值取反

续表

类 型		指 令 名 称		指 令 描 述
布尔指令	检测	EU		上升沿检测
		ED		下降沿检测
	赋值	= Bit		赋值（线圈）
		=I Bit		立即赋值
	置位	S Bit, N		置位一个区域
		SI Bit, N		立即置位一个区域
	复位	R Bit, N		复位一个区域
		RI Bit, N		立即复位一个区域
	字符串比较	LDSx IN1, IN2		装载字符串比较结果, N1 (x: =, <) N2
		ASx IN1, IN2		与字符串比较结果, N1 (x: =, <) N2
		OSx IN1, IN2		或字符串比较结果, N1 (x: =, <) N2
	电路块	ALD		与装载（电路块串联）
		OLD		或装载（电路块并联）
	栈	LPS		逻辑入栈
		LRD		逻辑读栈
		LPP		逻辑出栈
		LDS N		装载堆栈
		AENO		对 ENO 进行与操作
数学增减 1 函数	加法	+I IN1, OUT		整数加法, $IN1+OUT=OUT$
		+D IN1, OUT		双整数加法, $IN1+OUT=OUT$
		+R IN1, OUT		实数加法, $IN1+OUT=OUT$
	减法	-I IN1, OUT		整数减法, $OUT-IN1=OUT$
		-D IN1, OUT		双整数减法, $OUT-IN1=OUT$
		-R IN1, OUT		实数减法, $OUT-IN1=OUT$
	乘法	MUL IN1, OUT		整数乘整数得双整数
		*I IN1, OUT		整数乘法, $IN1*OUT=OUT$
		*D IN1, OUT		双整数乘法, $IN1*OUT=OUT$
		*R IN1, OUT		实数乘法, $IN1*OUT=OUT$
	除法	DIV IN1, OUT		整数除整数得双整数
		/I IN1, OUT		整数除法, $OUT/IN1=OUT$
		/D IN1, OUT		双整数除法, $OUT/IN1=OUT$
		/R IN1, OUT		实数除法, $OUT/IN1=OUT$
	平方根	SQRT IN, OUT		平方根
	自然对数	LN IN, OUT		自然对数
	自然指数	EXP IN, OUT		自然指数
	正弦数	SIN IN, OUT		正弦数
	余弦数	COS IN, OUT		余弦数
	正切数	TAN IN, OUT		正切数
	加 1	INCB OUT		字节加 1
		INCW OUT		字加 1
		INCD OUT		双字加 1

续表

类 型		指 令 名 称			指 · 描 述	
数学增减 1 函数	减 1	DECB	OUT		字节减 1	
		DECW	OUT		字减 1	
		DECD	OUT		双字减 1	
	PID 回路	PID	Table,	Loop	PID 回路	
定时器和计数器	定时器	TON	Txxx,	PT	接通延时定时器	
		TOF	Txxx,	PT	断开延时定时器	
		TONR	Txxx,	PT	保持型接通延时定时器	
		BITIM	OUT		启动间隔定时器	
		CITIM	IN,	OUT	计算间隔定时器	
	计数器	CTU	Cxxx,	PV	加计数器	
		CTD	Cxxx,	PV	减计数器	
		CTUD	Cxxx,	PV	加/减计数器	
实时时钟	读/写时钟	TODR	T		读实时时钟	
		TODW	T		写实时时钟	
	扩展读/写时钟	TODRX	T		扩展读实时时钟	
		TODWX	T		扩展写实时时钟	
程序控制	程序结束	END			程序的条件结束	
	切换 STOP	STOP			切换到 STOP 模式	
	看门狗	WDR			看门狗复位 300ms	
	跳转	JMP	N		跳到指定的标号	
		LBL	N		定义一个跳转的标号	
	调用	CALL	N (N1…)		调用子程序, 有 16 个可选参数	
		CRET				从子程序条件返回
	循环	FOR NEXT	INDX, INIT, FINAL		FOR-NEXT 循环	
	顺控继电器	LSCR	N		顺序继电器段的启动	
		SCRT	N		顺序继电器段的转换	
		CSCRE				顺序继电器段的条件结束
		SCRE				顺序继电器段的结束
	诊断 LED	DLED	IN		实时时钟	
	传送 移位 循环 填充	传送	MOVB	IN, OUT		字节传送
			MOVW	IN, OUT		字传送
MOVD			IN, OUT		双字传送	
MOVR			IN, OUT		实数传送	
立即读/写		BIR	IN, OUT		立即读物理输入字节	
		BIW	IN, OUT		立即写物理输出字节	
块传送		BMB	IN, OUT, N		字节块传送	
		BMW	IN, OUT, N		字块传送	
		BMD	IN, OUT, N		双字块传送	
交换		SWAP	IN		交换字节	
移位		SHRB	DATA, S BIT, N		移位寄存器	

续表

类 型		指 令 名 称		指 令 描 述
传送 移位 循环 填充	移位	SRB	OUT, N	字节右移 N 位
		SRW	OUT, N	字右移 N 位
		SRD	OUT, N	双字右移 N 位
		SLB	OUT, N	字节左移 N 位
		SLW	OUT, N	字左移 N 位
		SLD	OUT, N	双字左移 N 位
		RRB	OUT, N	字节循环右移 N 位
		RRW	OUT, N	字循环右移 N 位
		RRD	OUT, N	双字循环右移 N 位
		RLB	OUT, N	字节循环左移 N 位
		RLW	OUT, N	字循环左移 N 位
		RLD	OUT, N	双字循环左移 N 位
	填充	FILL	IN, OUT, N	用指定元素填充存储器空间
逻辑操作	逻辑与	ANDB	IN1, OUT	字节逻辑与
		ANDW	IN1, OUT	字逻辑与
		ANDD	IN1, OUT	双字逻辑与
	逻辑或	ORB	IN1, OUT	字节逻辑或
		ORW	IN1, OUT	字逻辑或
		ORD	IN1, OUT	双字逻辑或
	逻辑异或	XORB	IN1, OUT	字节逻辑异或
		XORW	IN1, OUT	字逻辑异或
		XORD	IN1, OUT	双字逻辑异或
	取反	INVB	IN1, OUT	字节取反（1 的补码）
		INW	IN1, OUT	字取反
		INVD	IN1, OUT	双字取反
字符串指令	字符串长度	SLEN	IN, OUT	求字符串长度
	连接字符串	SCAT	IN, OUT	连接字符串
	复制字符串	SCPY	IN, OUT	复制字符串
		SSCPY	IN, INDX, N, OUT	复制子字符串
	查找字符串	CFED	IN1, IN2, OUT	在字符串查找一个字符串
		SFND	IN1, IN2, OUT	在字符串查找一个子字符串
表查找 转换指令	表取数	AFF	TABLE, DATA	把数据加到表中
		LIFO	TABLE, DATA	从表中取数据，后入先出
		FIFO	TABLE, DTAT	从表中取数据，后入后出
	表查找	FND=	TBL, PATRN, INDX	从表 TBL 中查找等于比较条件 PATRN 的数据
		FND<>	TBL, PATRN, INDX	从表 TBL 中查找不等于比较条件 PATRN 的数据
		FND<	TBL, PATRN, INDX	从表 TBL 中查找小于比较条件 PATRN 的数据
		FND>	TBL, PATRN, INDX	从表 TBL 中查找大于比较条件 PATRN 的数据

续表

类	型	指 令 名 称				指 令 描 述	
表查找 转换指令	BCD 码和 整数转换	BCDI		OUT		BCD 码转换成整数	
		IBCD		OUT		整数转换成 BCD 码	
	字节和整数 转换	BTI	IN,	OUT		字节转换成整数	
		ITB	IN,	OUT		整数转换成字节	
	整数和双整 数转换	ITD	IN,	OUT		整数转换成双整数	
		DTI	IN,	OUT		双整数转换成整数	
	实数转换	DTR	IN,	OUT		双整数转换成实数	
		ROUND	IN,	OUT		实数四舍五入为双整数	
		TRUNC	IN,	OUT		实数截位取整为双整数	
	ASCII 码转换	ATH	IN,	OUT,	LEN	ASCII 码转换成十六进制数	
		HTA	IN,	OUT,	LEN	十六进制数转换成 ASCII 码	
		ITA	IN,	OUT,	LEN	整数转换成 ASCII 码	
		DTA	IN,	OUT,	LEN	双整数转换成 ASCII 码	
		RTA	IN,	OUT,	LEN	实数转换成 ASCII 码	
	编码/译码	DECO	IN,	OUT		译码	
		ENCO	IN,	OUT		编码	
		SEG	IN,	OUT		7 段译码	
	字符串转换	ITS	IN,	FMT,	OUT	整数转换为字符串	
		DTS	IN,	FMT,	OUT	双整数转换为字符串	
		STR	IN,	FMT,	OUT	实数转换为字符串	
子字符串转换	STI	IN,	FMT,	OUT	子字符串转换为整数		
	STD	IN,	FMT,	OUT	子字符串转换为双整数		
	STR	IN,	FMT,	OUT	子字符串转换为实数		
中断	中断返回	CRETI				从中断程序有条件返回	
	允许/禁止中断	ENI				允许中断	
		DISI				禁止中断	
	分配/解除中断	ATCH	INT,	EVENT		给中断事件分配中断程序	
	DTCH	EVENT				解除中断事件	
网络	发送/接收	XMT	TABLE,	PORT		自由端口发送	
		RCV	TABLE,	PORT		自由端口接收	
	读/写	NETR	TABLE,	PORT		网络读	
		NETW	TABLE,	PORT		网络写	
	获取/设置	GPA	ADDR,	PORT		获取端口地址	
	SPA	ADDR,	PORT		设置端口地址		
高速计数器	定义模式	HDEF	HSC,	MODE		定义高速计数器模式	
	激活计数器	HSC	N				激活高速计数器
	脉冲输出	PLS	X				脉冲输出

参 考 文 献

- [1] SIEMENS 公司. SIMATIC S7-200 可编程控制器系统手册, 2004.
- [2] 罗宇航. 流行 PLC 实用程序及设计 (西门子 S7-200 系列) [M]. 陕西: 西安电子科技大学出版社, 2007.
- [3] 胡学林. 可编程控制器原理及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [4] 廖常初. PLC 编程及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [5] 田淑珍. 可编程控制器原理及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [6] 王阿根. 电气可编程控制原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [7] 严盈富, 罗海平, 吴海勤. 监控组态软件与 PLC 入门[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [8] 汤自春. PLC 原理及应用技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [9] <http://www.PLC100.com>
- [10] <http://www.chinaautomation.com>
- [11] <http://www.gongkong.com.cn>
- [12] <http://www.chinakong.com>