

图解西门子 S7 系列 PLC 应用丛书

图解西门子 S7-200 系列

PLC 应用 88 例

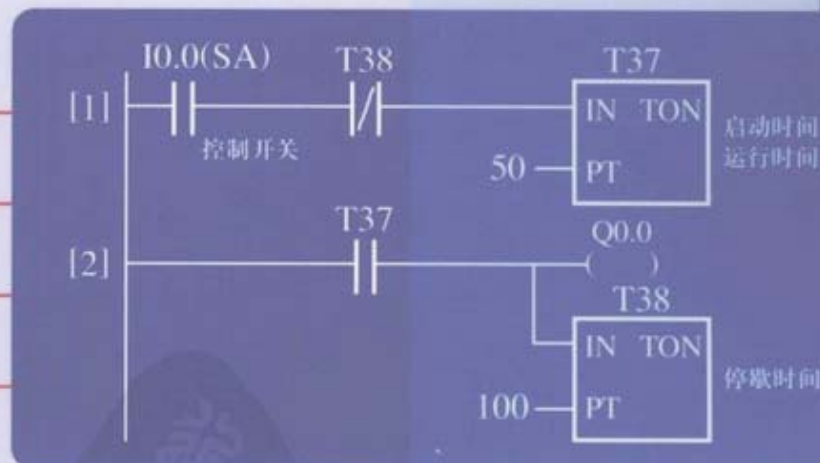
▲ 电动机

▲ 机床电气

▲ 一般机械设备

▲ 物料传送设备

▲ 建筑设备



■ 郑凤翼 金沙 主编



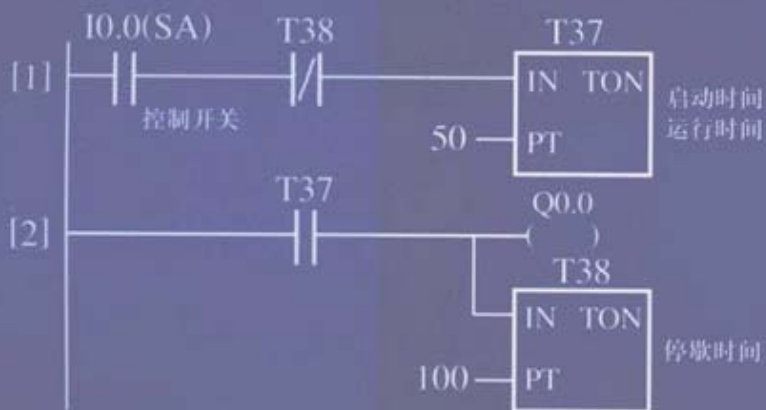
电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

图解西门子 S7 系列 PLC 应用丛书

图解西门子 S7-200 系列 PLC 应用 88 例



策划编辑：富 军
责任编辑：毕军志
封面设计：孙焱津

本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。

ISBN 978-7-121-08412-6



9 787121 084126 >

定价：39.80 元

图解西门子 S7 系列 PLC 应用丛书

图解西门子 S7—200 系列 PLC 应用 88 例

郑凤翼 金沙 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



内 容 简 介

本书以西门子 S7—200 系列 PLC 为例,在详细介绍识读 PLC 梯形图方法和技巧的基础上,精选 88 个应用实例,讲述各种电动机、机床、一般机械设备、木料传送设备、建筑设备等的 PLC 控制,以便广大读者在工作中推广使用。

本书深入浅出、图文并茂,适合广大初、中级电工人员阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

图解西门子 S7—200 系列 PLC 应用 88 例/郑凤翼,金沙主编. —北京:电子工业出版社,2009.4

(图解西门子 S7 系列 PLC 应用丛书)

ISBN 978-7-121-08412-6

I. 图… II. ①郑… ②金… III. 可编程序控制器 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 030093 号

策划编辑:富 军

责任编辑:毕军志

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 24.25 字数: 620.8 千字

印 次: 2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 39.8 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zls@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。



目 录

| | |
|--|----|
| 第 1 章 导读 | 1 |
| 1.1 S7—200 系列 PLC 的系统配置与常用指令 | 1 |
| 1.2 本书写作特点 | 8 |
| 1.3 识读 PLC 梯形图和指令语句表的方法和步骤 | 10 |
| 1.4 梯形图中的基本电路程序 | 17 |
| 【例 1-1】 瞬时接通/延时断开电路 | 18 |
| 【例 1-2】 延时接通/延时断开电路 2 例 | 18 |
| 【例 1-3】 长时间定时电路 3 例 | 20 |
| 【例 1-4】 闪烁电路 | 23 |
| 【例 1-5】 脉冲发生器电路 4 例 | 24 |
| 【例 1-6】 计数器应用电路 2 例 | 28 |
| 【例 1-7】 分频电路 | 30 |
| 【例 1-8】 比较电路(译码电路) | 31 |
| 【例 1-9】 优先电路 2 例 | 32 |
| 【例 1-10】 报警电路 3 例 | 34 |
| 第 2 章 电动机的 PLC 控制 | 40 |
| 【例 2-1】 用一般指令编程的电动机单向运行的 PLC 控制 | 40 |
| 【例 2-2】 用置位复位指令编程的具有过载报警的电动机单向运行的 PLC 控制电路 | 42 |
| 【例 2-3】 具有点动调整功能的电动机启动、停止控制电路 | 43 |
| 【例 2-4】 电动机单向间歇运行的 PLC 控制 | 45 |
| 【例 2-5】 单按钮控制的电动机的启动、停止控制电路 3 例 | 46 |
| 【例 2-6】 电动机正反转的 PLC 控制 | 49 |
| 【例 2-7】 直接转换的电动机正反转运行控制 | 52 |
| 【例 2-8】 行程开关控制的自动循环控制电路 | 54 |
| 【例 2-9】 交流电动机 Υ - Δ 降压启动的 PLC 控制(一) | 56 |
| 【例 2-10】 交流电动机的 Υ - Δ 减压启动的 PLC 控制(二) | 58 |
| 【例 2-11】 三相感应电动机的串电阻减压启动控制 | 60 |
| 【例 2-12】 三相感应电动机的串自耦变压器减压启动控制 | 61 |
| 【例 2-13】 串电阻减压启动和反接制动控制电路 | 62 |
| 【例 2-14】 单管能耗制动控制电路 | 64 |
| 【例 2-15】 3 台电动机 Υ - Δ 减压顺序启动逆序停止的 PLC 控制 | 66 |
| 【例 2-16】 三台电动机 $M_1 \sim M_3$ 的启动/停止控制 | 73 |
| 【例 2-17】 三台电动机的顺序启动控制 | 76 |
| 【例 2-18】 步进控制指令编程的 3 台电动机 M_1 、 M_2 、 M_3 的 PLC 控制 | 80 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| | 【例 2-19】 用比较指令编程的电动机顺序启动的 PLC 控制 | 86 |
| | 【例 2-20】 三台电动机顺序延时启动、逆序延时停机控制电路 | 88 |
| | 【例 2-21】 用移位寄存器指令编程的四台电动机 $M_1 \sim M_4$ 的 PLC 控制(一) | 90 |
| | 【例 2-22】 用移位寄存器指令编程的四台电动机 $M_1 \sim M_4$ 的 PLC 控制(二) | 93 |
| 第 3 章 | PLC 在机床电气控制系统中的应用 | 99 |
| | 【例 3-1】 CA6140 普通车床的 PLC 控制 | 99 |
| | 【例 3-2】 C650 型卧式车床的 PLC 控制 | 102 |
| | 【例 3-3】 Z3040 型摇臂钻床的 PLC 控制 | 108 |
| | 【例 3-4】 深孔钻组合机床的 PLC 控制 | 115 |
| | 【例 3-5】 双头钻床的控制 | 119 |
| | 【例 3-6】 M7130 平面磨床的 PLC 控制 | 122 |
| 第 4 章 | PLC 在一般机械设备控制中的应用 | 126 |
| | 【例 4-1】 通风机监控运行的 PLC 控制 | 126 |
| | 【例 4-2】 锅炉引风机和鼓风机的控制 | 128 |
| | 【例 4-3】 电动葫芦升降测试系统控制 | 130 |
| | 【例 4-4】 简易桥式起重机的控制 | 133 |
| | 【例 4-5】 剪板机的控制 2 例 | 136 |
| | 【例 4-6】 毛皮剪花机控制 | 143 |
| | 【例 4-7】 某轮胎内胎硫化机 PLC 控制 | 146 |
| | 【例 4-8】 弯管机控制 | 149 |
| | 【例 4-9】 洗车自动清洗 | 152 |
| | 【例 4-10】 多种液体混合装置的 PLC 控制 3 例 | 154 |
| | 【例 4-11】 食品或药品成型设备的 PLC 控制 | 165 |
| 第 5 章 | PLC 在物料传送设备控制中的应用 | 169 |
| | 【例 5-1】 单处卸料运料小车自动往返控制 3 例 | 169 |
| | 【例 5-2】 多种工作方式的单处卸料运料小车自动往返控制(用启-保-停电路模式编程) | 175 |
| | 【例 5-3】 多种工作方式的运料小车运行的 PLC 控制(用顺序控制寄存器指令编程) | 184 |
| | 【例 5-4】 两处卸料的选料小车的 PLC 控制 | 189 |
| | 【例 5-5】 采用移位指令编程的小车运行的 PLC 控制 | 193 |
| | 【例 5-6】 三级传送带顺序启动、逆序停止的 PLC 控制 | 198 |
| | 【例 5-7】 四节传送带的 PLC 控制 | 200 |
| | 【例 5-8】 用功能指令编程的台车的呼车控制 | 205 |
| | 【例 5-9】 传送带的 PLC 控制 | 211 |
| 第 6 章 | PLC 在建筑设备控制中的应用 | 214 |
| | 【例 6-1】 仓库大门的 PLC 控制 | 214 |
| | 【例 6-2】 使用启-保-停电路的编程自动门控制系统 | 217 |
| | 【例 6-3】 水塔供水系统的 PLC 控制 | 221 |
| | 【例 6-4】 根据压力上、下限变化对 4 台水泵进行恒压供水的控制 | 226 |
| | 【例 6-5】 电梯的 PLC 控制 | 229 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| | 【例 6-6】 喷泉控制电路 | 247 |
| 第 7 章 | 机械手、大小铁球分选和交通信号灯的 PLC 控制 | 251 |
| | 【例 7-1】 用启-保-停电路模式编程的机械手运动的 PLC 控制 | 251 |
| | 【例 7-2】 用子程序和移位寄存器指令编程的机械手的 PLC 控制 | 263 |
| | 【例 7-3】 通过传送带传送工件的机械手的 PLC 控制 | 275 |
| | 【例 7-4】 大小球分拣的 PLC 控制 | 282 |
| | 【例 7-5】 十字路口交通信号指挥灯的 PLC 控制(一) | 290 |
| | 【例 7-6】 十字路口交通信号指挥灯的 PLC 控制(二) | 294 |
| | 【例 7-7】 十字路口交通信号指挥灯的 PLC 控制(三) | 299 |
| | 【例 7-8】 用置位、复位指令编程的十字路口交通信号灯的 PLC 控制 | 305 |
| | 【例 7-9】 人行横道交通信号灯的 PLC 控制 | 316 |
| 第 8 章 | 灯光、抢答器、密码锁及洗衣机的 PLC 控制 | 325 |
| | 【例 8-1】 楼梯灯的 PLC 控制 | 325 |
| | 【例 8-2】 用顺序控制指令 SCR 编写的舞台灯光的 PLC 控制 | 327 |
| | 【例 8-3】 彩灯的 PLC 控制 | 328 |
| | 【例 8-4】 采用时基脉冲结合计数器编程的彩灯控制 | 330 |
| | 【例 8-5】 彩环广告牌的 PLC 控制 | 333 |
| | 【例 8-6】 节日彩灯的 PLC 控制 | 337 |
| | 【例 8-7】 天塔之光的 PLC 控制 | 339 |
| | 【例 8-8】 彩灯的 PLC 控制 | 344 |
| | 【例 8-9】 用计数器指令与比较指令编程的密码锁的 PLC 控制 | 348 |
| | 【例 8-10】 简单的 3 组抢答器的 PLC 控制(一) | 350 |
| | 【例 8-11】 简单的 3 组抢答器的 PLC 控制(二) | 352 |
| | 【例 8-12】 带数码管显示的抢答器的 PLC 控制 | 356 |
| | 【例 8-13】 较复杂的三组抢答器的 PLC 控制 | 359 |
| | 【例 8-14】 全自动洗衣机的 PLC 控制 | 362 |
| 第 9 章 | PLC 在模拟量控制中的应用 | 368 |
| | 【例 9-1】 在自动称重混料控制系统的应用 | 372 |
| | 参考文献 | 378 |

第 1 章

导 读



1.1 S7—200 系列 PLC 的系统配置与常用指令

为了便于读者查阅,本节给出了 S7—200 系列 PLC 的系统配置与常用指令,如表 1-1 ~ 表 1-14 所示。

表 1-1 S7—200 系列 PLC 的系统配置

| 描 述 | CPU221 | CPU222 | CPU224 | CPU226 | CPU226XM |
|--------------------|--|--|--|--|--|
| 用户程序大小 | 2KB | 2KB | 4KB | 4KB | 8KB |
| 用户数据大小 | 1KB | 1KB | 2.5KB | 2.5KB | 5KB |
| 输入映像寄存器 | I0.0 ~ I15.7 | I0.1 ~ I15.7 | I0.0 ~ I15.7 | I0.0 ~ I15.7 | I0.0 ~ I15.7 |
| 输出映像寄存器 | Q0.0 ~ Q15.7 | Q0.0 ~ Q15.7 | Q0.0 ~ I15.7 | I0.0 ~ I15.7 | Q0.0 ~ Q15.7 |
| 模拟量输入(只读) | — | AIW0 ~ AIW30 | AIW0 ~ AIW62 | AIW0 ~ AIW62 | AIW0 ~ AIW62 |
| 模拟量输出(只写) | — | AQW0 ~ AQW30 | AQW0 ~ AQW62 | AQW0 ~ AQW62 | AQW0 ~ AQW62 |
| 变量存储器(V) | VB0 ~ VB2047 | VB0 ~ VB2047 | VB0 ~ VB5119 | VB0 ~ VB5119 | VB0 ~ VB10239 |
| 局部存储器(L) | LB0 ~ LB63 | LB0 ~ LB63 | LB0 ~ LB63 | LB0 ~ LB63 | LB0 ~ LB63 |
| 位存储器(M) | M0.0 ~ M31.7 | M0.0 ~ M31.7 | M0.0 ~ M31.7 | M0.0 ~ M31.7 | M0.0 ~ M31.7 |
| 特殊存储器(SM) 只读定时器 | SM0.0 ~ SM179.7 SM0.0 ~ SM29.7 | SM0.0 ~ SM299.7 SM0.0 ~ SM29.7 | SM0.0 ~ SM549.7 SM0.0 ~ SM29.7 | SM0.0 ~ SM549.7 SM0.0 ~ SM29.7 | SM0.0 ~ SM549.7 SM0.0 ~ SM29.7 |
| 有记忆接通延迟 1 ms | 256(T0 ~ T255) | 256(T0 ~ T255) | 256(T0 ~ T255) | 256(T0 ~ T255) | 256(T0 ~ T255) |
| 有记忆接通延迟 10 ms | T0、T64 | T0、T64 | T0、T64 | T0、T64 | T0、T64 |
| 有记忆接通延迟 100 ms | T1 ~ T4、T65 ~ T68 T5 ~ T31 T69 ~ T95 | T1 ~ T4、T65 ~ T68 T5 ~ T31 T69 ~ T95 | T1 ~ T4、T65 ~ T68 T5 ~ T31 T69 ~ T95 | T1 ~ T4、T64 ~ T68 T5 ~ T31 T69 ~ T95 | T1 ~ T4、T65 ~ T68 T5 ~ T31 T69 ~ T95 |
| 接通/关断延迟 1 ms | T32、T96 | T32、T96 | T32、T96 | T32、T96 | T32、T96 |
| 接通/关断延迟 10 ms | T33 ~ T36 T97 ~ T100 | T33 ~ T36 T97 ~ T100 | T33 ~ T36 T97 ~ T100 | T33 ~ T36 T97 ~ T100 | T33 ~ T36 T97 ~ T100 |
| 接通/关断延迟 100 ms | T37 ~ T63 T101 ~ T225 | T37 ~ T63 T101 ~ T225 | T37 ~ T63 T101 ~ T225 | T37 ~ T63 T101 ~ T225 | T37 ~ T63 T101 ~ T225 |

续表

| 描 述 | CPU221 | CPU222 | CPU224 | CPU226 | CPU226XM |
|------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| 计时器 | C0 ~ C255 | C0 ~ C255 | C0 ~ C255 | C0 ~ C255 | C0 ~ C255 |
| 高速计数器 | HC0、HC3、HC4、HC5 | HC0、HC3、HC4、HC5 | HC0 ~ HC5 | HC0 ~ HC5 | HC0 ~ HC5 |
| 顺序控制继电器(S) | S0.0 ~ S31.7 | S0.0 ~ S31.7 | S0.0 ~ S31.7 | S0.0 ~ S31.7 | S0.0 ~ S31.7 |
| 累加寄存器 | AC0 ~ AC3 | AC0 ~ AC3 | AC0 ~ AC3 | AC0 ~ AC3 | AC0 ~ AC3 |
| 跳转/标号 | 0 ~ 255 | 0 ~ 255 | 0 ~ 255 | 0 ~ 255 | 0 ~ 255 |
| 调用子程序 | 0 ~ 63 | 0 ~ 63 | 0 ~ 63 | 0 ~ 63 | 0 ~ 63 |
| 中断程序 | 0 ~ 127 | 0 ~ 127 | 0 ~ 127 | 0 ~ 127 | 0 ~ 127 |
| 正/负跳转 | 256 | 256 | 256 | 256 | 256 |
| PID 回路 | 0 ~ 7 | 0 ~ 7 | 0 ~ 7 | 0 ~ 7 | 0 ~ 7 |
| 端口 | 端口 0 | 端口 0 | 端口 0 | 端口 0 | 端口 0 |

表 1-2 特殊标志位存储器 SM

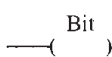

| SM 位 | 功 能 |
|-------|---|
| SM0.0 | 该位始终为 1 |
| SM0.1 | 该位在首次扫描时为 1,可用于调初始化子程序 |
| SM0.2 | 若保持数据丢失,则该位在一个扫描周期中为 1。该位可用做错误存储器位,或用来调用特殊启动顺序功能 |
| SM0.3 | 开机后进入 RUN 方式,该位将 ON 一个扫描周期。该位可用做在启动操作之前给设备提供一个预热时间 |
| SM0.4 | 该位提供了一个高低电平各为 30 s、周期为 1 min 的时钟脉冲 |
| SM0.5 | 该位提供了一个高低电平各为 0.5 s、周期为 1 s 的时钟脉冲 |
| SM0.6 | 该位为扫描时钟,本次扫描时置 1,下次扫描置 0。可用做扫描计数器的输入 |
| SM0.7 | 该位指示 CPU 工作方式开关的位置(0 为 TERM 位置,1 为 RUN 位置)。当开关在 RUN 位置时,用该位可使自由端口通信方式有效,当切换至 TERM 位置时,CPU 可以与编程设备正常通信 |
| SM1.0 | 零标志,当执行某些指令的结果为 0 时,将该位置 1 |
| SM1.1 | 错误标志,当执行某些指令的结果溢出或检测到非法数据时,将该位置 1 |
| SM1.2 | 负数标志,当执行数学运算,其结果为负数时,将该位置 1 |
| SM1.3 | 试图除以零时,将该位置 1 |
| SM1.4 | 当执行 A'IT(Add to Table)指令时,试图超出表范围时,将该位置 1 |
| SM1.5 | 当执行 LIFO 或 FIFO 指令时,试图从空表中读数时,将该位置 1 |
| SM1.6 | 当试图把一个非 BCD 数转换为二进制数时,将该位置 1 |
| SM1.7 | 当 ASCII 码不能转换为有效的十六进制数时,将该位置 1 |

注:其他特殊存储器标志位可参见 S7—200 系统手册。

表 1-3 S7-200 系列 PLC 触点指令

| 指令 | | 梯形图符号 | 数据类型 | 操作数 | 指令功能 |
|------|---------|----------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 标准触点 | 动合 | LD bit | BOOL | I、Q、V、M、SM、S、T、C、L、能流 | 装载,动合触点与左侧母线相连。由动合触点开始的逻辑行或梯级 |
| | | A bit | | | 与,动合触点与其他程序段相串联 |
| | | O bit | | | 或,动合触点与其他程序段相并联 |
| | 动断 | LDN bit | | | 非装载,动断触点与左侧母线相连接。由动断触点开始的逻辑行或梯级 |
| | | AN bit | | | 非与,动断触点与其他程序段相串联 |
| | | ON bit | | | 非或,动断触点与其他程序段相并联 |
| 立即触点 | 动合 | LDI bit | I | 立即半载,动合立即触点与左侧母线相连接。由动合立即触点开始的逻辑行或梯级 | |
| | | AI bit | | 立即与,动合立即触点与其他程序段相串联 | |
| | | OI bit | | 立即或,动合立即触点与其他程序段相并联 | |
| | 动断 | LDNI bit | | 立即非装载,动断立即触点与左侧母线相连接。由动断立即触点开始的逻辑行或梯级 | |
| | | ANI bit | | 立即非与,动断立即触点与其他程序段相串联 | |
| | | ONI bit | | 立即非或,动断立即触点与其他程序段相并联 | |
| 取反 | NOT bit | — | 取反,改变能流输入的状态 | | |
| 正负跳变 | 正 | EU bit | — | 检测到一次正跳变,能流接通一个扫描周期 | |
| | 负 | ED bit | — | 检测到一次负跳变,能流接通一个扫描周期 | |

表 1-4 S7-200 系列 PLC 线圈指令

| 指令 | | 梯形图符号 | 数据类型 | 操作数 | 指令功能 |
|-------|-----|---|------------------|--|-------------------|
| 输出 | = |  | 位:BOOL | Q、V、M、SM、S、T、C、L | 将运算结果输出到某个继电器 |
| 立即输出 | = I |  | 位:BOOL | Q | 立即将运算结果输出到某个继电器 |
| 置位与复位 | S |  | 位:BOOL N:BYTE | 位:I、Q、V、M、SM、S、T、C、L N:IB、QB、VB、SMB、SB、LB、AC、*VD、*LD、*AC、常数 | 将从指定地址开始的 N 个位置位 |
| | R |  | 位:BOOL N:BYTE | 位:I、Q、V、M、SM、S、T、C、L N:IB、QB、VB、SMB、SB、LB、AC、*VD、*LD、*AC、常数 | 将从指定地址开始的 N 个位置复位 |

续表

| 指令 | 梯形图符号 | 数据类型 | 操作数 | 指令功能 |
|---------------|-------|--------------------|---|------------------------|
| 立即置位与 立即复位 | | 位: BOOL N: BYTE | 位: I、Q、V、M、SM、S、T、 C、L N: IB、QB、VB、SMB、SB、 LB、AC、* VD、* LD、 * AC、常数 | 立即将从指定地址开始的 N 个 点置位 |
| | | 位: BOOL N: BYTE | 位: I、Q、V、M、SM、S、T、 C、L N: IB、QB、VB、SMB、SB、 LB、AC、* VD、* LD、 * AC、常数 | 立即将从指定地址开始的 N 个 点复位 |

注:带“*”的存储单元具有变址功能。

表 1-5 定时器指令

| 指令的表 达形式 | 接通延时定时器 | 有记忆接通延时定时器 | 断开延时定时器 |
|---------------|--|---------------------|--------------------|
| | TON T × × , PT | TONR T × × , PT | TOF T × × , PT |
| 操作数的范 围及类型 | T × × : (WORD) 常数 T0 ~ T255 IN: (BOOL) I、Q、V、M、SM、S、T、C、L、能流 PT: (INT) IW、QW、VW、MW、 SMW、T、C、LW、AC、AIW、* VD、* LD、* AC、常数 | | |

表 1-6 计数器指令

| 指令的表 达形式 | 加计数器指令 | 减计数器指令 | 加减计数器指令 |
|---------------|---|--------------------|---------------------|
| | CTU C × × , PV | CTD C × × , PV | CTUD C × × , PV |
| 操作数的范围 及类型 | C × × : (WORD) 常数 C0 ~ C255 CU、CD、LD、R (BOOL) I、Q、V、M、SM、S、T、C、L、能流 PV: (INT) IW、QW、VW、MW、 SMW、T、C、LW、AC、AIW、* VD、* LD、* AC、常数 | | |

表 1-7 整数加法和整数减法指令

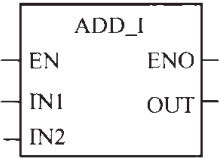
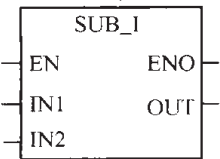
| 指令的表达形式 | 操作数的含义及范围 | 指令功能及指令对标志位的影响 |
|---|--|---|
| $+I\ IN1, IN2$  | $IN1, IN2: IW, QW, VW, MW, SMW, SW, T, C, LW, AC, AIW, *VD, *AC, *LD$ 常数 $OUT: IW, QW, VW, MW, SMW, SW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD$ | 整数的加法和减法指令把两个 16 位整数相加或相减,产生一个 16 位结果 (OUT) 这些指令影响下面的特殊存储器位: SM1.0(零);SM1.1(溢出);SM1.2(负) |
| $-I\ IN1, IN2$  | 在 LAD 中: $IN1 + INW = OUT$ $IN1 - IN2 = OUT$ 在 STL 中: $IN1 + OUT = OUT$ $OUT - IN1 = OUT$ | |

表 1-8 数值比较指令

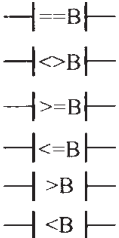
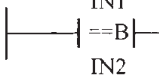
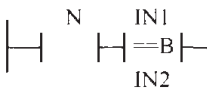
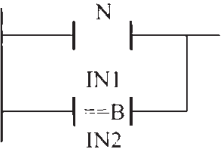
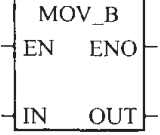
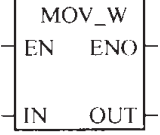
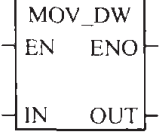

| 触点基本类型 | 从母线取用比较触点 | 串联比较触点 | 并联比较触点 |
|--|---|--|--|
| (以字节比较为例)  | $LDB = IN1, IN2$  | $LD\ Bit$ $AB = IN1, IN2$  | $LD\ Bit$ $OB = IN1, IN2$  |
| | $LDB =, LDB <$ $LDB >, LDB < >$ $LDB < =, LDB > =$ | $AB =, AB <$ $AB >, AB < >$ $AB < =, AB > =$ | $OB =, OB <$ $OB >, OB < >$ $OB < =, OB > =$ |
| 操作数的含义及范围 | $IN1, IN2: (BYTE) IB, QB, VB, MB, SMB, SB, LB, AC, *VD, *LD *AC, 常数$ $IN1, IN2: (INT) VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, AIW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD, 常数$ $IN1, IN2: (DINT) ID, QD, VD, MD, SMD, SD, LD, AC, *VD, *LD *AC, HC, 常数$ $IN1, IN2: (REAL) ID, QD, VD, MD, SMD, SD, LD, AC, *VD, *LD *AC, 常数$ $OUT: (BOOL) I, Q, V, M, SM, S, T, C, L, 能流$ | | |

表 1-9 字节、字、双字、实数传送指令

| 传送方式 | 字节传送 | 字传送 | 双字传送 | 实数传送 |
|-----------|---|---|---|---|
| 指令的表达形式 | $MOV_B\ IN, OUT$  | $MOV_W\ IN, OUT$  | $MOV_DW\ IN, OUT$  | $MOV_R\ IN, OUT$  |
| 操作数的含义及范围 | $IN: IB, QB, VB, MB, SMB, SB, LB, AC, *VD, *AC, *LD, 常数$ $OUT: QB, VB, MB, SMB, SB, LB, AC, *VD, *AC, *LD$ | $IN: IW, QW, VW, MW, SMW, SW, T, C, LW, AIW, AC, *VD, *AC, *LD, 常数$ $OUT: IW, QW, VW, MW, SW, SMW, T, C, LW, AC, AQW, *VD, *AC, *LD$ | $IN: ID, QD, VD, MD, SMD, SD, LD, AC, HC, &IB, &QB, &MB, &SB, &T, &C, *VD, *AC, *LD, 常数$ $OUT: VD, ID, QD, MD, SMD, SD, LD, AC, *VD, *AC, *LD$ | $IN: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, 常数, *VD, *AC, *LD$ $OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD$ |

注:标有“&”的存储单元为指针。

表 1-10 字节、字、双字左移和右移指令

| 项 目 | 指令的表达形式 | 操作数含义及范围 | | |
|--------|---------|----------|-------|--|
| 字节右移指令 | | 输入/输出 | 类 型 | 操作数范围 |
| | | IN | BYTE | IB、QB、VB、MB、SMB、SB、LB、AC、* VD、* LD、* AC、常数 |
| 字节左移指令 | | OUT | BYTE | IB、QB、VB、MB、SMB、SB、LB、AC、* VD、* AC、* LD |
| | | | | |
| 字右移指令 | | 输入/输出 | 类 型 | 操作数范围 |
| | | IN | WORD | IW、QW、VW、MW、SMW、SW、LW、T、C、AC、AIW、* VD、* LD、* AC、常数 |
| 字左移指令 | | OUT | WORD | IW、QW、VW、MW、SMW、SW、T、C、LW、AC、* VD、* AC、* LD |
| | | | | |
| 双字右移指令 | | 输入/输出 | 类 型 | 操作数范围 |
| | | INT | KWORD | ID、QD、VD、MD、SMD、SD、LD、AC、HC、* VD、* LD、* AC、常数 |
| 双字左移指令 | | OUT | DWORD | ID、QD、VD、MD、SMD、SD、LD、AC、* VD、* LD、* AC |
| | | | | |

表 1-11 字节、字、双字循环移位指令

| 项 目 | 指令的表达形式 | 操作数含义及范围 | | |
|--------|---------|----------|------|--|
| 字节循环右移 | | 输入/输出 | 类 型 | 操作数范围 |
| | | IN | BYTE | IB、QB、VB、MB、SMB、SB、LB、AC、* VD、* LD、* AC、常数 |
| 字节循环左移 | | OUT | BYTE | IB、QB、VB、MB、SMB、SB、LB、AC、* VD、* AC、* LD |
| | | N | BYTE | IB、QB、VB、MB、SMB、SB、LB、AC、* VD、* LD、* AC、常数 |

续表

| 项 目 | 指令的表达形式 | 操作数含义及范围 | | |
|--------|---------|----------|-------|---|
| 字右循环移 | | 输入/输出 | 类 型 | 操作数范围 |
| | | IN | WORD | IW、QW、VW、MW、SMW、SW、LW、T、C、AC、AIW、*VD、*LD、*AC、常数 |
| 字左循环移 | | OUT | WORD | IW、QW、VW、MW、SMW、SW、T、C、LW、AC、*VD、*AC、*LD |
| | | N | BYTE | IB、QB、VB、MB、SMB、SB、LB、AC、*VD、*LD、*AC、常数 |
| 双字循环右移 | | 输入/输出 | 类 型 | 操作数范围 |
| | | INT | DWORD | ID、QD、VD、MD、SMD、SD、LD、AC、HC、*VD、*LD、*AC、常数 |
| 双字循环左移 | | OUT | DWORD | ID、QD、VD、MD、SMD、SD、LD、AC、*VD、*LD、*AC |
| | | N | BYTE | IB、QB、VB、MB、SMB、SB、LB、AC、*VD、*LD、*AC、常数 |

表 1-12 移位寄存器指令

| 项 目 | 指令的表达形式 | 操作数含义及范围 | | |
|---------|---------|-------------|------|---|
| 移位寄存器指令 | | 输入/输出 | 类 型 | 操作数范围 |
| | | DATA, S-BIT | BOOL | I、Q、V、M、SM、S、T、C、L |
| | | N | BYTE | IB、QB、VB、MB、SMB、SB、LB、AC、*VD、*LD、*AC、常数 |

表 1-13 跳转及标号指令

| 指令的表达形式 | | 操作数的含义及范围 |
|-------------------|-------------------|--------------------|
| 跳转指令 JMP N | 标号指令 LBL N | N: WORD 常数 0 ~ 255 |

表 1-14 子程序指令

| 指令的表达形式 | | 数据类型及操作数 |
|----------------------------|------------------------|--|
| 子程序调用指令: CALL SBR-N | 子程序条件返回指令: CRET | N: WORD 常数 CPU221、CPU222、CPU224、 CPU226: 0 ~ 63 CPU226XM: 0 ~ 127 |



1.2 本书写作特点

1. 在 PLC 的 I/O 接线图、梯形图和语句表上添加注解说明

在不改变原有的 PLC 的 I/O 接线图、梯形图和语句表的基础上,对每个电器元件和编程元件都添加注解说明,解释和说明该电器元件和编程元件的作用,如图 1-1、图 1-2 所示。由于已在 PLC 的 I/O 接线图、梯形图和语句表中,对每个电器元件和编程元件都添加了解释说明,因此,一般来讲,在文字叙述中,就不再介绍该电器元件和编程元件的作用。

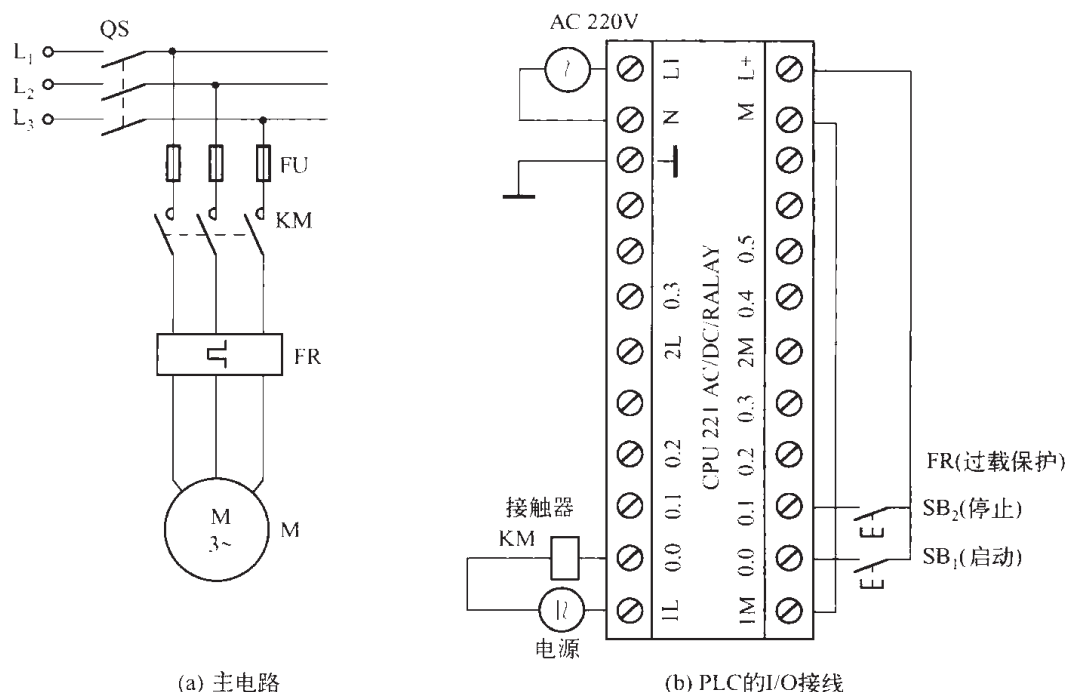


图 1-1 电动机的 PLC 控制电路

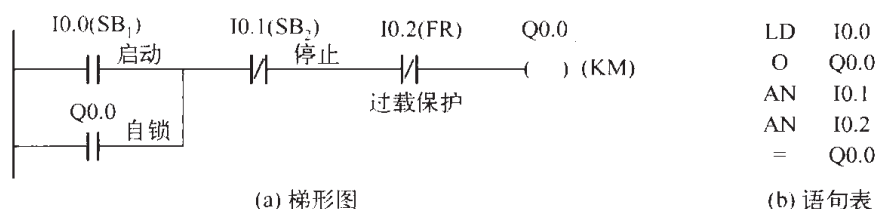
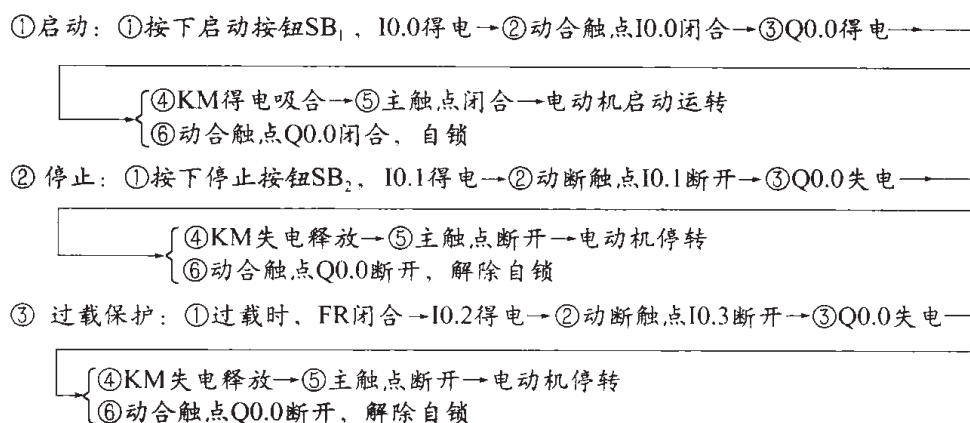


图 1-2 电动机启动电路的梯形图和语句表

此外,对同一控制过程,有的采用不同的指令或不同的电路程式进行编程,以加深读者对指令和电路程式编程的理解。

2. 电路工作过程的描述

采用电器元件和编程元件动作顺序和文字叙述相结合的方法来说明梯形图和语句表,进而说明电路的工作原理。图 1-1、图 1-2 所示电路的电器元件和编程元件动作顺序如下。



值得注意的是,电路工作过程应按扫描过程的顺序进行描述,并且在每个扫描周期中,应按输入采样、程序执行、输出刷新的顺序来进行描述。

3. 编程元件线圈、动合触点、动断触点的表示

每个编程元件都有线圈、动合触点、动断触点,它们均用同一文字符号表示,在梯形图中可由图形符号来区别,在指令语句表中可由指令助记符来区别,但在文字叙述中,就不易区别,为此在文字符号前加前缀来区别,不加前缀表示线圈,加“◎”前缀表示动合触点,加“#”前缀表示动断触点,例如,“I0.0”表示输入继电器线圈、“◎I0.0”表示输入继电器 I0.0 的动合触点、“#I0.0”表示输入继电器 I0.0 的动断触点。

4. 编程元件在梯形图和指令语句表中位置的表示

编程元件在梯形图中分梯级(或称段),在指令语句表中分段(或称逻辑行,在指令语句表中,逻辑行由自然行组成,并且段与梯级相对应)。梯级与段用方括号[]表示,方括号内的阿拉伯数字表示梯形图梯级,也表示指令语句表中的段。

在编程元件的线圈、触点的后面加方括号[],如#I0.0[1]、Q0.1[5]、◎T0[8]。其中,#I0.0[1]表示输入继电器 I0.0 的动合触点在梯形图的第1梯级和语句表的第1段;Q0.1[5]表示输出继电器 Q0.1 的线圈在梯形图的第5梯级和语句表的第5段;◎T0[8]表示定时器 T0 的动断触点在梯形图的第8梯级和语句表的第8段。

5. 扫描过程顺序的描述

识读 PLC 梯形图和语句表的过程同 PLC 扫描用户过程一样,从左到右、自上而下逐线(支路)识图。在程序的执行过程中,在同一周期内,前面的逻辑运算结果影响后面的触点,即执行的程序用到前面的最新的中间运算结果;但在同一周期内,后面的逻辑运算结果不影响前面的逻辑关系。该扫描周期内除输入继电器以外的所有内部继电器的最终状态(线圈导通与否、触点通断与否),将影响下一个扫描周期各触点的通与断。

为此,给出扫描周期的顺序,如图 1-3 所示,实线方框内的顺序号表示在该扫描周期内编程元件的动作顺序,实线箭头表示扫描周期的顺序,带斜线的实线箭头表示在该

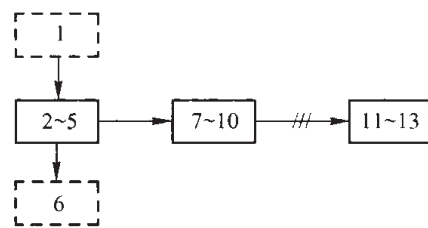


图 1-3 扫描周期的顺序的表示

过程中有多个扫描周期。虚线方框内的顺序号表示输入、输出设备电器元件的动作顺序,实线箭头指向输出设备的电器元件。

值得注意的是,只有在一个扫描周期的输出刷新阶段,CPU 才将输出映像寄存区中的状态信息转存到输出锁存器中,刷新其内容,改变输出端子上的状态,然后再通过输出驱动电路驱动被控的输出设备(负载),这才是 PLC 的实际输出,这是一种集中输出的方式。输出设备的状态要保持一个扫描周期。



1.3 识读 PLC 梯形图和指令语句表的方法和步骤

对于一般的 PLC 控制系统,都给出 PLC 控制电路与梯形图。PLC 控制电路包括 PLC 控制电路主电路与 PLC 的 I/O 接线。这就是识读 PLC 梯形图和指令语句表的原始资料。

1. 总体分析

(1) 系统分析

依据控制系统所需完成的控制任务,对被控对象的工艺过程、工作特点以及控制系统的控制过程、控制规律、功能和特征进行详细分析。明确输入、输出的物理量是开关量还是模拟量,明确划分控制的各个阶段及其特点,阶段之间的转换条件,画出完成的工作流程图和各执行元件的动作节拍表。

(2) 看 PLC 控制电路主电路

通过看 PLC 控制电路主电路进一步了解工艺流程和对应的执行装置和元器件。

(3) 看 PLC 控制系统的 I/O 配置表和 PLC 的 I/O 接线图

通过看 PLC 控制系统的 I/O 配置表和 PLC 的 I/O 接线图,了解输入信号和对应输入继电器编号、输出继电器的分配及其所接对应的负载。

在没有给出输入/输出设备定义和 I/O 配置的情况下,应根据 PLC 的 I/O 接线图或梯形图和指令语句表,定义输入/输出设备和配置 I/O。

(4) 通过 PLC 的 I/O 接线图了解梯形图和语句表

PLC 的 I/O 接线是连接 PLC 控制电路主电路和 PLC 梯形图的纽带。

接触器—继电器电路图中的交流接触器和电磁阀等执行机构用 PLC 的输出继电器来控制,它们的线圈接在 PLC 的 I/O 接线的输出端。按钮、控制开关、限位开关、接近开关等用来给 PLC 提供控制命令和反馈信号,它们的触点接在 PLC 的 I/O 接线的输入端。

① 根据用电器(如电动机、电磁阀、电加热器等)主电路控制电器(接触器、继电器)主触点的文字符号,在 PLC 的 I/O 接线图中找出相应控制电器的线圈,并可得知控制该控制电器的输出继电器,再在梯形图或语句表中找到该输出继电器的梯级或程序段,并将相应输出设备的文字代号标注在梯形图中输出继电器的线圈及其触点旁。

② 根据 PLC I/O 接线的输入设备及其相应的输入继电器,在梯形图(或语句表)中找出输入继电器的动合触点、动断触点,并将相应输入设备的文字代号标注在梯形图中输入继电器的触点旁。值得注意的是,在梯形图和语句表中,没有输入继电器的线圈。

2. 梯形图和指令语句表的结构分析

采用一般编程方法还是采用顺序功能图编程方法。采用顺序功能图编程时是单序列结构还是选择序列结构、并行序列结构,是使用启保停电路、步进顺控指令进行编程还是用置位复位指令进行编程。

另外,还要注意在程序中使用了哪些功能指令,对程序中不熟悉的指令,还要查阅相关资料。

3. 梯形图和指令语句表的分解

由操作主令电路(如按钮)开始,查线追踪到主电路控制电器(如接触器)动作,中间要经过许多编程元件及其电路,查找起来比较困难。

无论多么复杂的梯形图和指令语句表,都是由一些基本单元构成的。按主电路的构成情况,利用逆读溯源法,把梯形图和指令语句表分解成与主电路的用电器的(如电动机)相对应的几个基本单元,然后利用顺读跟踪法,一个环节一个环节地分析,再利用顺读跟踪法把各环节串起来。

将梯形图分解成若干个基本单元,每一个基本单元可以是梯形图的一个梯级(包含一个输出元件)或几个梯级(包含几个输出元件),而每个基本单元相当于继电器接触器控制电路的一个分支电路。

(1) 按钮、行程开关、转换开关的配置情况及其作用

在 PLC 的 I/O 接线图中有许多行程开关和转换开关,以及压力继电器、温度继电器等。这些电器元件没有吸引线圈,它们的触点的动作是依靠外力或其他因素实现的,因此必须先找到引起这些触点动作的外力或因素。其中行程开关由机械联动机构来触压或松开,而转换开关一般由手工操作。这样,使这些行程开关、转换开关的触点,在设备运行过程中便处于不同的工作状态,即触点的闭合、断开情况不同,以满足不同的控制要求,这是看图过程中的一个关键。

这些行程开关、转换开关的触点的不同工作状态,单凭看电路图难于搞清楚,必须结合设备说明书、电器元件明细表,明确该行程开关、转换开关的用途;操纵行程开关的机械联动机构;触点在不同的闭合或断开状态下,电路的工作状态等。

(2) 采用逆读溯源法将多负载(如多电动机电路)分解为单负载(如单电动机)电路

根据主电路中控制负载的控制电器的主触点文字符号,在 PLC 的 I/O 接线图中找出控制该负载的接触器线圈的输出继电器,再在梯形图和指令语句表中找出控制该输出继电器的线圈及其相关电路,这就是控制该负载的局部电路。

在梯形图和指令语句表中,很容易找到该输出继电器的线圈电路及其得电、失电条件,但引起该线圈的得电、失电及其相关电路就不容易找到,可采用逆读溯源法去寻找。

① 在输出继电器线圈电路中串、并联的其他编程元件触点,这些触点的闭合、断开就是该输出继电器得电、失电的条件。

② 由这些触点再找出它们的线圈电路及其相关电路,在这些线圈电路中还会有其他接触器、继电器的触点。

③ 如此找下去,直到找到输入继电器(主令电器)为止。

值得注意的是,当某编程元件得电吸合或失电释放后,应该把该编程元件的所有触点所带动的前后级编程元件的作用状态全部找出,不得遗漏。

找出某编程元件在其他电路中的动合触点、动断触点,这些触点为其他编程元件的得电、失电提供条件或者为互锁、联锁提供条件,引起其他电器元件动作,驱动执行电器。

(3) 将单负载电路的进一步分解

控制单负载的局部电路可能仍然很复杂,还需要进一步分解,直至分解为基本单元电路。

(4) 分解电路的注意事项

① 若电动机主轴连接有速度继电器,则该电动机按速度控制原则组成停车制动电路。

② 若电动机主电路中接有整流器,表明该电动机采用能耗制动停车电路。

4. 集零为整,综合分析

把基本单元电路串起来,采用顺读跟踪法分析整个电路。综合分析时应注意以下几个方面。

① 分析 PLC 梯形图和语句表的过程同 PLC 扫描用户过程一样,从左到右、自上而下,按梯级或程序段的顺序逐级分析。

② 值得指出的是,在程序的执行过程中,在同一周期内,前面的逻辑运算结果影响后面的触点,即执行的程序用到前面的最新中间运算结果;但在同一周期内,后面的逻辑运算结果不影响前面的逻辑关系。该扫描周期内除输入继电器以外的所有内部继电器的最终状态(线圈导通与否、触点通断与否),将影响下一个扫描周期各触点的通与断。

③ 某编程元件得电,其所有动合触点均闭合、动断触点均闭合。某编程元件失电,其所有已闭合的动合触点均断开(复位),所有已断开的动断触点均闭合(复位)。因此编程元件得电、失电后,要找出其所有的动合触点、动断触点,分析其对相应编程元件的影响。

④ 按钮、行程开关、转换开关闭合后,其相对应的输入继电器得电,该输入继电器的所有动合触点均闭合,动断触点均断开。

再找出受该输入继电器动合触点闭合、动断触点断开影响的编程元件,并分析使这些编程元件产生什么动作,进而确定这些编程元件的功能。值得注意的是,这些编程元件有的可能立即得电动作,有的并不立即动作而只是为其得电动作做准备。

在继电器—接触器控制电路中,停止按钮和热继电器均用动断触点,为了与继电器—接触器控制的控制电路相一致,在 PLC 梯形图中,同样也用动断触点,这样一来,与输入端相接的停止按钮和热继电器触点就必须用动合触点。在识读程序时必须注意这一点。

⑤ 继电器电路图中的中间继电器和时间继电器的功能用 PLC 内部的辅助继电器和定时器来完成,它们与 PLC 的输入继电器和输出继电器无关。

⑥ 设置中间单元。在梯形图中,若多个线圈都受某一触点串并联电路的控制,为了简化电路,在梯形图中可设置用该电路控制的辅助继电器,辅助继电器类似于继电器电路中的中间继电器。

⑦ 时间继电器瞬动触点的处理。除了延时动作的触点外,时间继电器还有在线圈得电或失电时马上动作的瞬动触点。对于有瞬动触点的时间继电器,可以在梯形图中对应的定时器的线圈两端并联辅助继电器,后者的触点相当于时间继电器的瞬动触点。

⑧ 外部联锁电路的设立。为了防止控制正反转的两个接触器同时动作,造成三相电源短路,除了在梯形图中设置与它们对应的输出继电器的线圈串联的动断触点组成的软互锁电路外,还应在 PLC 外部设置硬互锁电路。

5. 识读 PLC 梯形图示例

在分析 PLC 控制系统的功能时,可以将它想象成一个继电器控制系统中的控制箱,其外部接线图描述了这个控制箱的外部接线,梯形图或语句表是这个控制箱的内部“线路图”,梯形图中的输入继电器和输出继电器是这个控制箱与外部世界联系的“接口继电器”,这样就可以用分析继电器电路图的方法来分析 PLC 控制系统。在分析时可以将梯形图或语句表中输入继电器的触点想象成对应的外部输入器件的触点或电路,将输出继电器的线圈想象成对应的外部负载的线圈。外部负载的线圈除了受梯形图的控制外,还可能受外部触点的控制。

以 3 台电动机的延时顺序启动、分别定时关机或同时关机的顺序控制为例进行分析。其梯形图如图 1-4 所示。

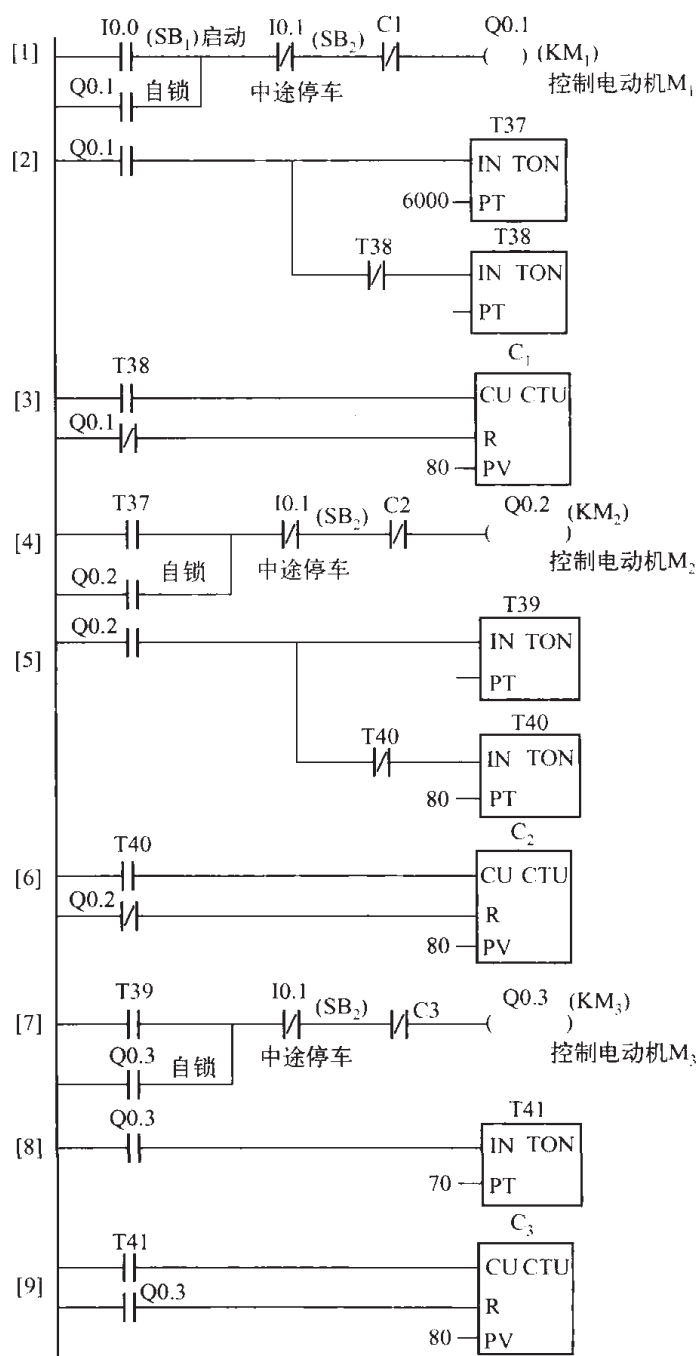


图 1-4 梯形图

1) 控制要求

该电路有 3 台电动机,每隔 10 min 启动一台,每台运行 8 h 后自动关机,运行过程中可随时使电动机同时停机。

2) 编程结构分析

首先在图 1-4 中,根据输入继电器的标志符 I,找出各输入继电器相对应的动合触点与动断触点,再根据输出继电器的标志符,找出输出继电器 Q0.1~Q0.3 及其相对应的动合触点与动断触点,并标注在图 1-5 中。这样,就可以找出 Q0.1~Q0.3 的得电、保持与失电条件,如表 1-15 所示。

表 1-15 Q0.1~Q0.3 的得电、保持与失电条件

| 输出继电器 | 得电条件 | 保持条件 | 失电条件 |
|---------|----------------------------|----------|-----------------------------------|
| Q0.1[1] | ◎I0.1[1](SB ₁) | ◎Q0.1[1] | #I0.1[1](SB ₂)、#C1[1] |
| Q0.2[4] | ◎T37[4] | ◎Q0.2[4] | #I0.1[1](SB ₂)、#C2[4] |
| Q0.3[7] | ◎T38[7] | ◎Q0.3[7] | #I0.1[1](SB ₂)、#C3[7] |

由此可见,该电路采用一般编程方法。利用定时器指令 T37[2]、T39[5]控制电动机 M₁→M₂→M₃ 延时启动;利用定时器指令与计数器指令(T38[2]与 C1[3]、T40[5]与 C2[6]、T41[8]与 C3[9])配合控制电动机 M₁、M₂ 或 M₃ 运动 8 h 后自动停机。

3) 采用逆读溯源法进行分析

根据表 1-15,采用逆读溯源法进行分析。

(1) M₁→M₂→M₃ 的延时启动

若使电动机 M₁ 启动←KM₁ 得电吸合←Q0.1[1]得电←◎I0.0[1]闭合←I0.0 得电←启动按钮 SB₁ 闭合。这样,按下启动按钮 SB₁,使 Q0.1[3]得电并自锁→KM₁ 得电吸合→电动机 M₁ 启动。

若使电动机 M₂ 启动←KM₂ 得电吸合←Q0.2[4]得电←◎T37[4]闭合←T37[2]得电←Q0.1[2]闭合。这样,Q0.1[1]得电后,使电动机 M₁ 启动,同时使 T37[2]得电,通过 T37 使 Q0.2[4]得电→使电动机 M₂ 启动,实现 M₁→M₂ 延时启动。

若使电动机 M₃ 启动←KM₃ 得电吸合←Q0.3[7]得电←◎T39[7]闭合←T39[5]得电←Q0.2[4]闭合。这样,Q0.2[4]得电后,使电动机 M₂ 启动,同时使 T39[5]得电,通过 T39 使 Q0.3[7]得电→使电动机 M₃ 启动,实现 M₂→M₃ 延时启动。

由此可见,按下启动按钮 SB₁,能实现 3 台电动机的顺序延时启动。

(2) M₁、M₂ 或 M₃ 运行 8 h 的自动停机

若使电动机 M₁ 运行 8 h 后停止运动←KM₁ 失电释放←#C1[1]断开←C1[3]计数 80 次←◎T38[3]闭合 80 次←T38[2]自复位定时器,应工作 80 次←◎Q0.1[2]闭合。这样,Q0.1[1]得电后,使电动机 M₁ 启动,同时使 T38[2]得电,通过 T38 使 C1[3]计数→C1[3]计数到 80 次→#C1[1]断开→Q0.1[1]失电→电动机 M₁ 停转。

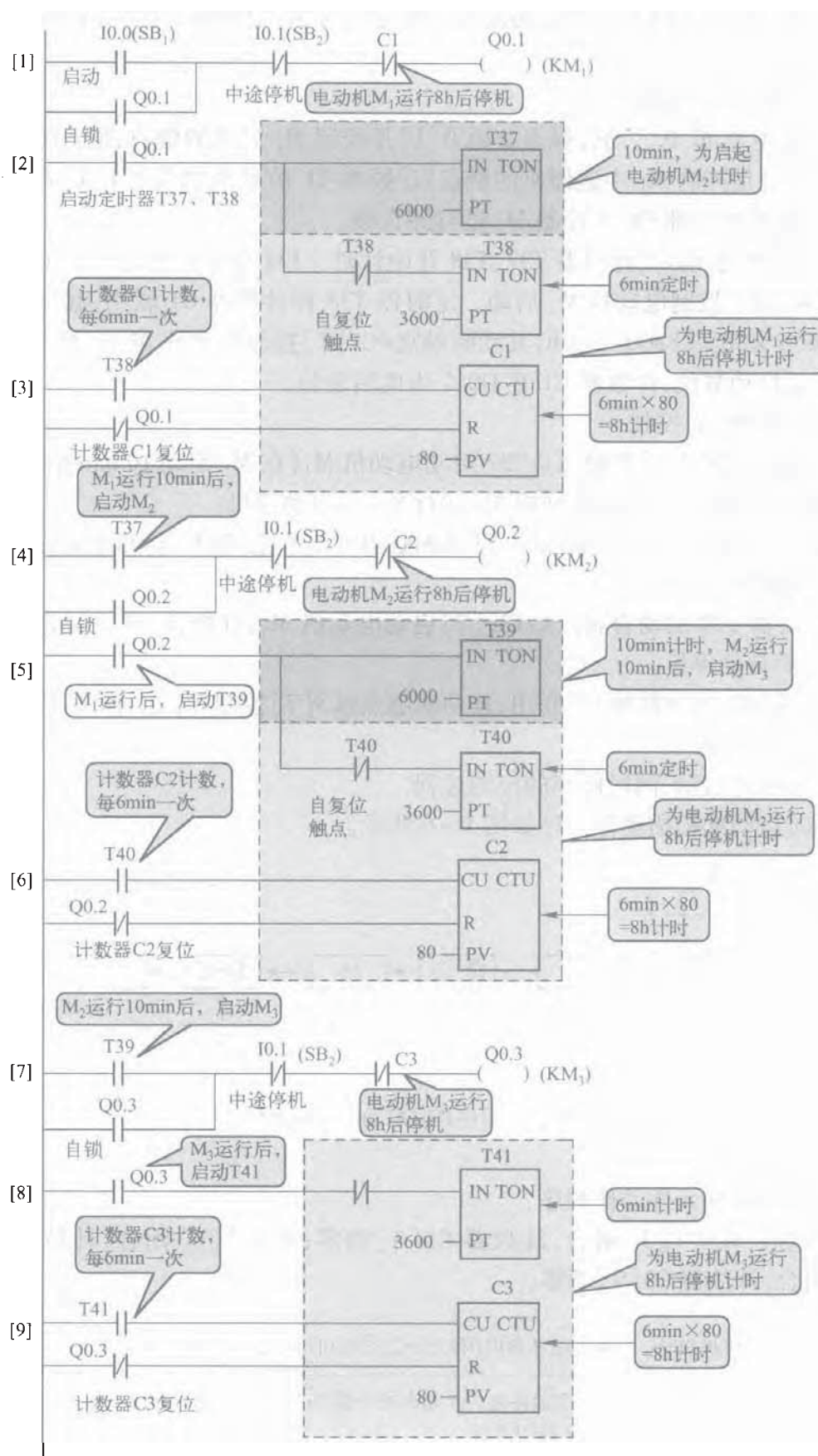


图 1-5

电动机 M_1 、 M_2 运行 8 h 后停止运动的工作过程与 M_1 电动机相同,不再赘述。

4) 识读要点

(1) 电动机 M_1 的控制

① 输入继电器 $I0.0$ 的动合触点 $\odot I0.0[1]$ 是控制 M_1 启动的触点,输入继电器 $I0.1$ 的动断触点 $\#I0.1[1]$ 是控制 M_1 中途停机的触点;计数器 $C1$ 的动断触点 $\#C1[1]$ 控制 M_1 运行 8 h 后自动停机;输出继电器 $Q0.1$ 控制 M_1 运行并自锁。

② 电动机 M_1 启动后,定时器 $T37$ 、 $T38$ 开始计时。 $T38$ 计时时间为 600 s (10 min),其动合触点 $\odot T37[4]$ 用于控制电动机 M_2 启动。定时器 $T38$ 和计数器 $C1$ 联用,起定时扩展作用,定时时间为 $360 \text{ s} \times 80 = 28800 \text{ s} = 8 \text{ h}$,其动断触点 $\#C1[1]$ 控制电动机 M_1 运行 8 h 后自动停机。定时器 $T38$ 是自动复位,计数器 $C1$ 在 $Q0.1$ 失电后复位。

(2) 电动机 M_2 的控制

① 由定时器 $T37$ 的动合触点 $\odot T37$ 启动电动机 M_2 (在 M_1 启动 10 min 后 M_2 启动),计数器 $C2$ 的动断触点 $\#C2[4]$ 控制电动机 M_2 运行 8 h 后自动停机。

② 定时器 $T40$ 与计数器 $C2$ 联用,其动断触点 $\#C3[7]$ 控制 M_3 运行 8 h 后自动停机。

(3) 电动机 M_3 的控制

① 由定时器 $T39$ 的动合触点 $\odot T39[7]$ 启动电动机 M_3 ,计数器 $C3$ 的动断触点 $\#C3[7]$ 控制 M_3 在 8 h 后自动停机。

② 定时器 $T41$ 与计数器 $C3$ 联用,其动断触点 $\#C3[7]$ 控制 M_3 运行 8 h 后自动停机。

5) 电路工作过程

(1) 顺序延时启动、同时停车的控制过程

顺序延时启动的扫描动作顺序如图 1-6 所示。

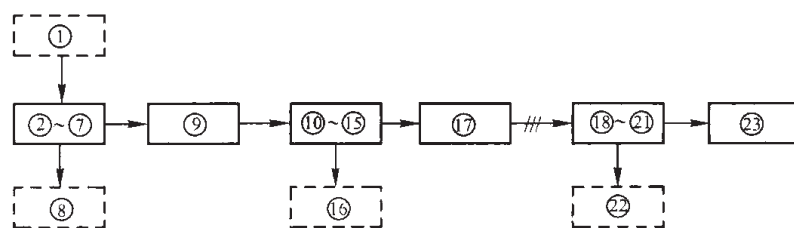
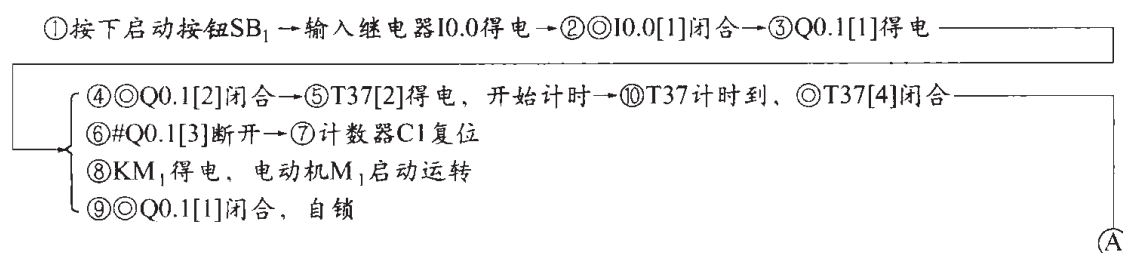
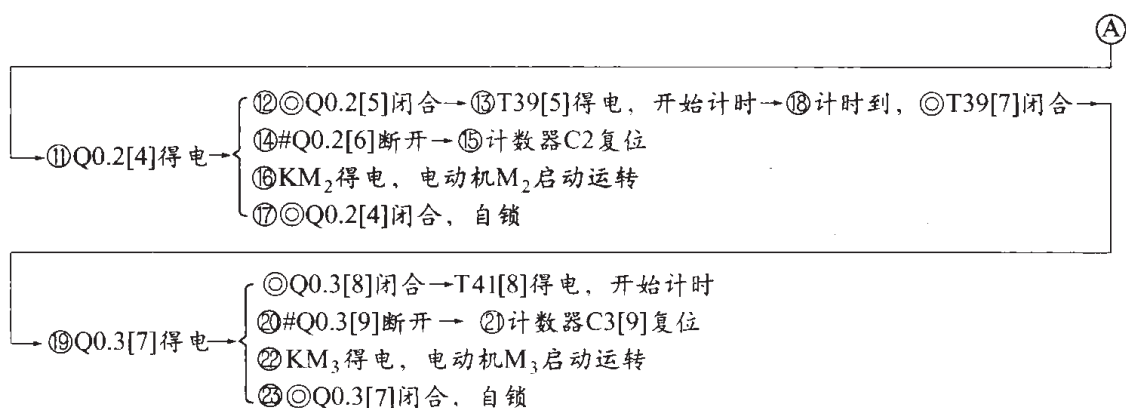


图 1-6 顺序延时启动的扫描动作顺序

电器元件和编程元件动作顺序:

PLC 上电后: $\#Q0.1[3]$ 闭合,计数器 $C1[3]$ 清零; $\#Q0.2[6]$ 闭合,计数器 $C2[6]$ 清零; $\#Q0.3[9]$ 闭合,计数器 $C3[9]$ 清零。





电动机同时停机:按下中途停机按钮 SB₂ → 输入继电器 IO.1 得电 → # IO.1[1]、# IO.1[4]、# IO.1[7] 均断开 → Q0.1、Q0.2、Q0.3 失电 → KM₁、KM₂、KM₃ 失电 → 电动机 M₁、M₂、M₃ 停转。

(2) 每台电动机运行 8 h 后自动停机控制过程

以电动机 M₁ 为例介绍运行 8 h 后自动停机控制,其扫描动作顺序如图 1-7 所示。

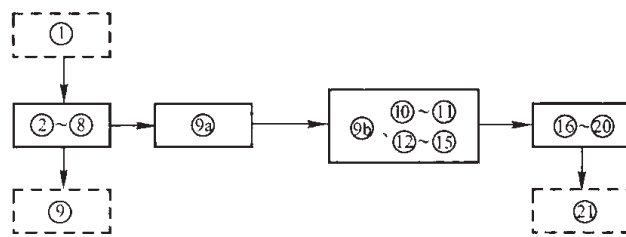
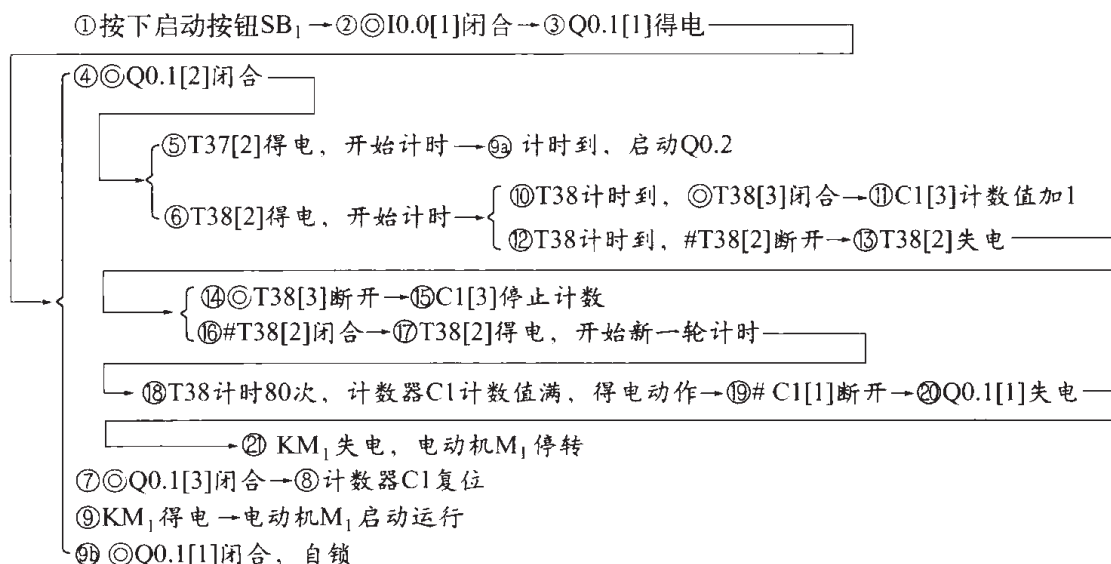


图 1-7 电动机 M₁ 运行 8 h 后自动停机控制的扫描动作顺序

电器元件和编程元件动作顺序:



1.4 梯形图中的基本电路程序

实际的 PLC 程序是由基本电路程序扩展和叠加而成的。因此,如果掌握了这些基本程序的设计原理和编程技巧,对于编写一些大型的、复杂的应用程序是非常有利的。在编写 PLC

程序的过程中,除了正确应用这些基本电路之外,还应注意电路程序之间的配合和在程序中的顺序问题。

【例 1-1】 瞬时接通/延时断开电路

该电路要求在输入信号有效时,马上有输出,而输入信号撤销后,输出信号延时一段时间才消失。如图 1-8 所示为该电路的梯形图、语句表及时序图。

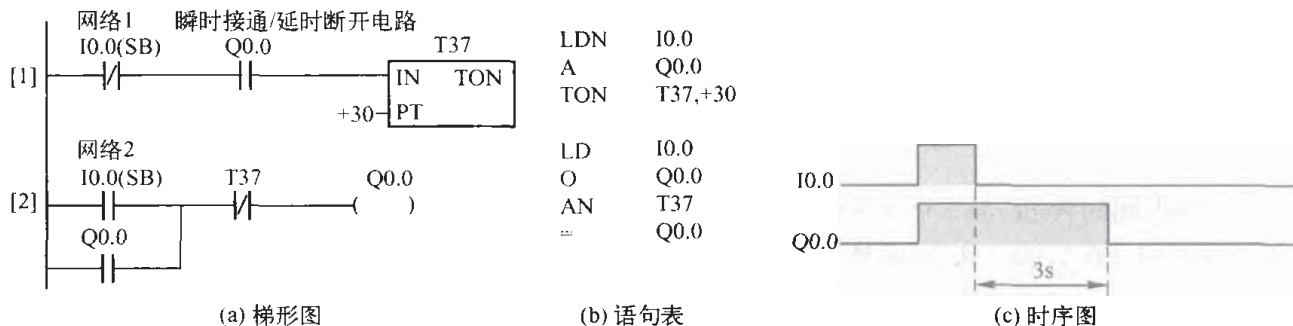
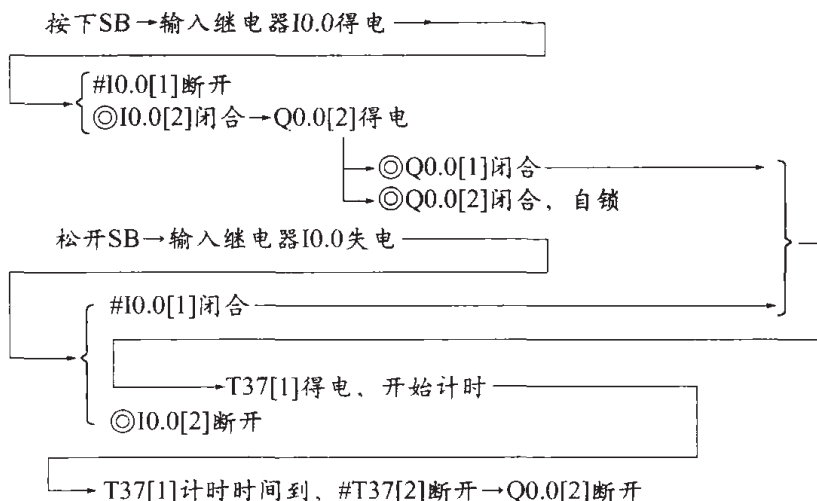


图 1-8 瞬时接通/延时断开电路的梯形图、语句表及时序图

电路工作过程:



【例 1-2】 延时接通/延时断开电路 2 例

【例 1-2-1】 延时接通/延时断开电路(一)

如图 1-9 所示为该电路的梯形图、语句表及时序图。

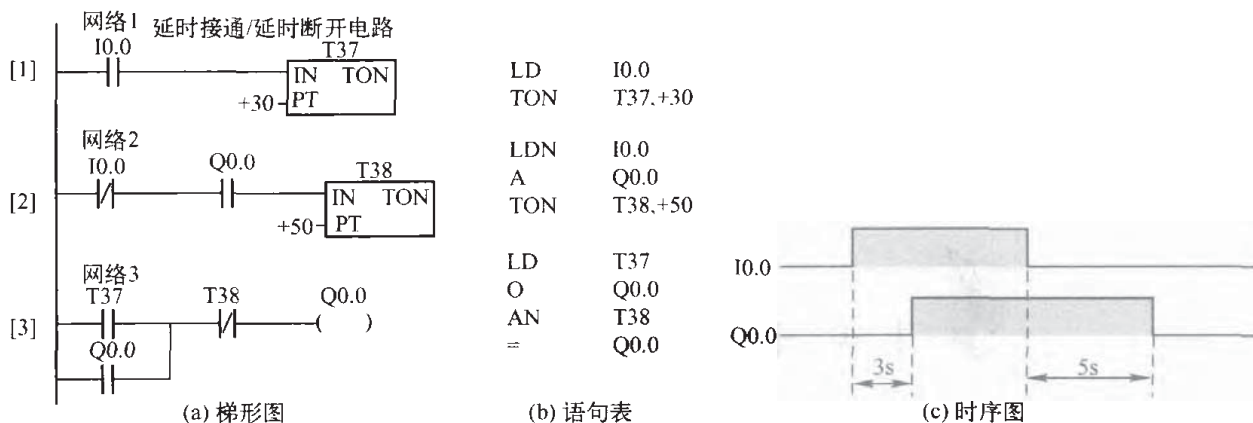
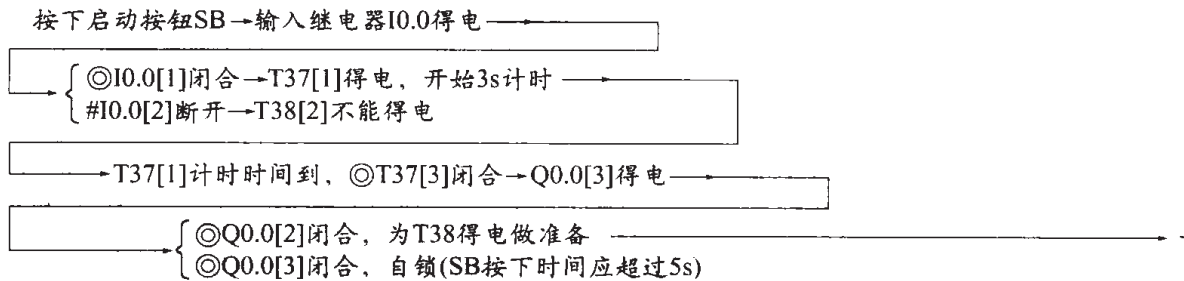


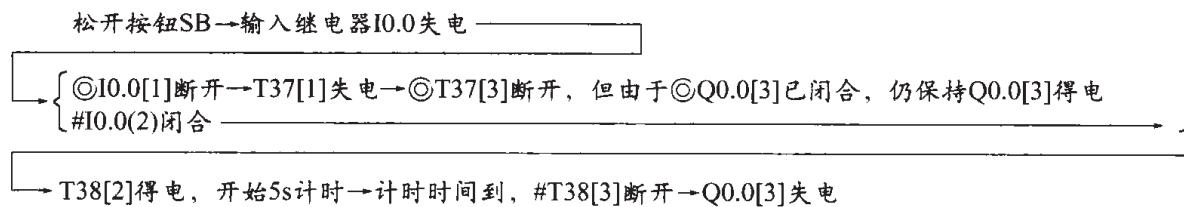
图 1-9 瞬时接通/延时断开电路的梯形图、语句表及时序图

电路工作过程:

(1) 延时接通



(2) 延时断开



【例 1-2-2】 延时接通/延时断开电路(二)

如图 1-10 所示为该电路的梯形图、语句表。

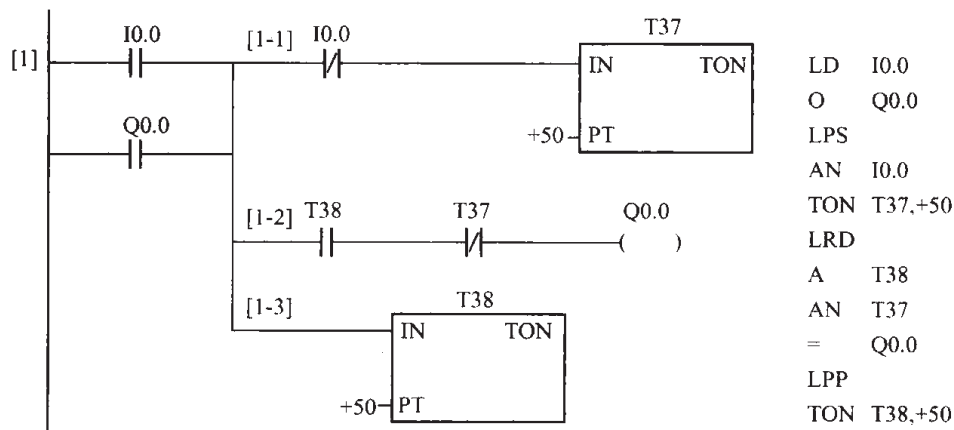
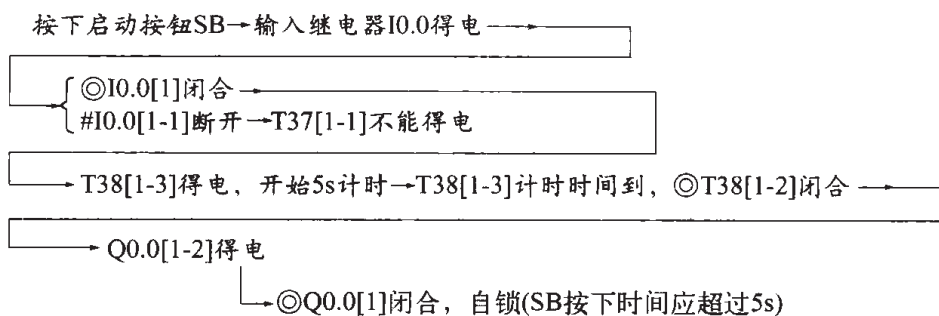


图 1-10 延时接通/延时断开电路的梯形图、语句表

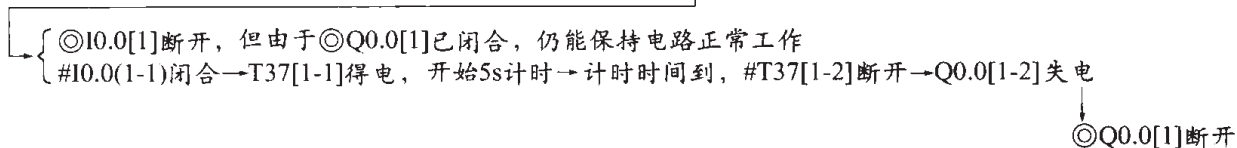
电路工作过程:

(1) 延时接通



(2) 延时断开

松开按钮SB→输入继电器I0.0失电



【例 1-3】 长时间定时电路 3 例

每一种 PLC 的定时器都有它自己的最大计时时间, S7—200 系列 PLC 接通或断开延时定时器的最大计时时间为 3276.7 s。如果需要计时的时间超过了定时器的最大计时时间, 就可以考虑将多个定时器、计数器联合使用, 以扩大其延时时间。

【例 1-3-1】 多个定时器串级使用的长定时电路(一)

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。其梯形图、语句表和时序图如图 1-11 所示。

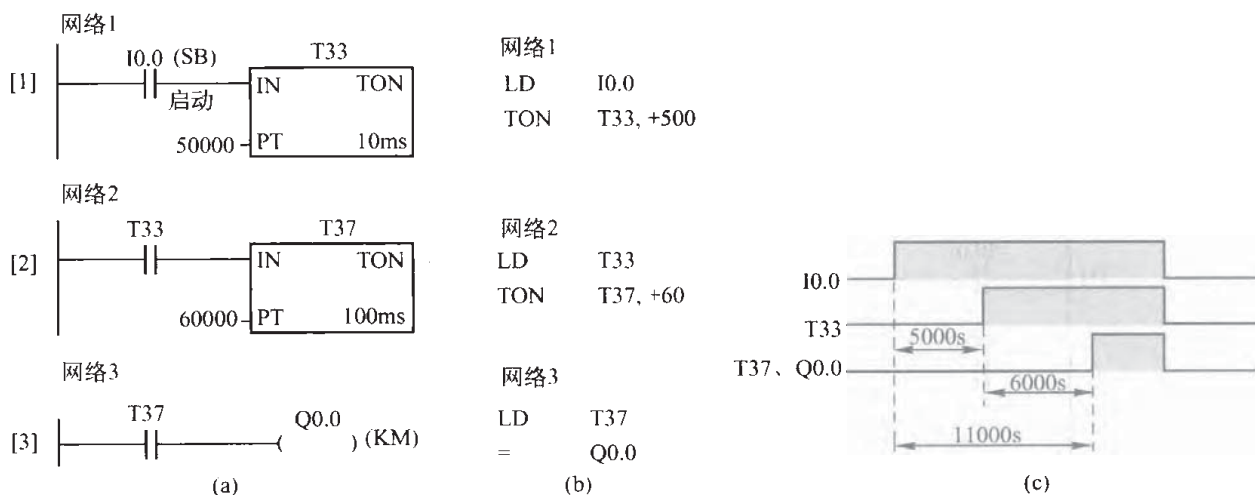
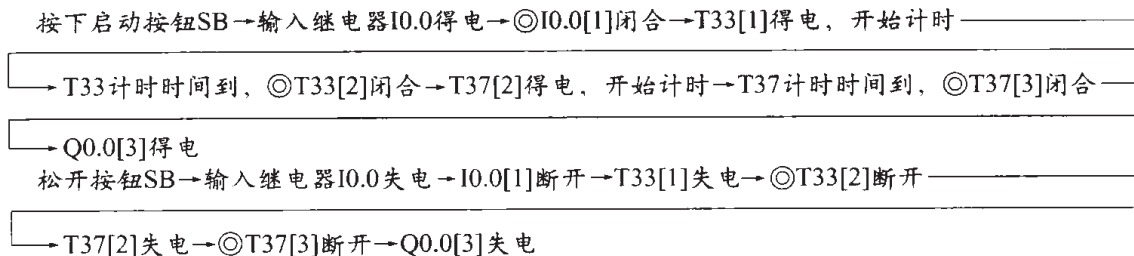


图 1-11 梯形图、语句表和时序图

电路工作过程:



【例 1-3-2】 定时器和计数器连接, 形成等效倍乘的定时电路

将一个定时器和一个计数器连接, 形成一个等效倍乘的定时器, 其梯形图、语句表和时序图如图 1-12 所示。T37[1]组成一个设定值为 10 s 的自复位定时器, 定时器的触点◎T37[2]每 10 s 接通一次, 每次接通为一个扫描周期。计数器 C0 对脉冲◎T37[2]进行计数, 当计数值达到设定值 100 次后, 计数器的动合触点 C0[3]闭合, 使 Q0.0 动作, 经过的延时时间为:

$$(\text{定时器设定时间 } t_1 + \text{扫描周期 } \Delta t) \times \text{计数器次数 } n$$

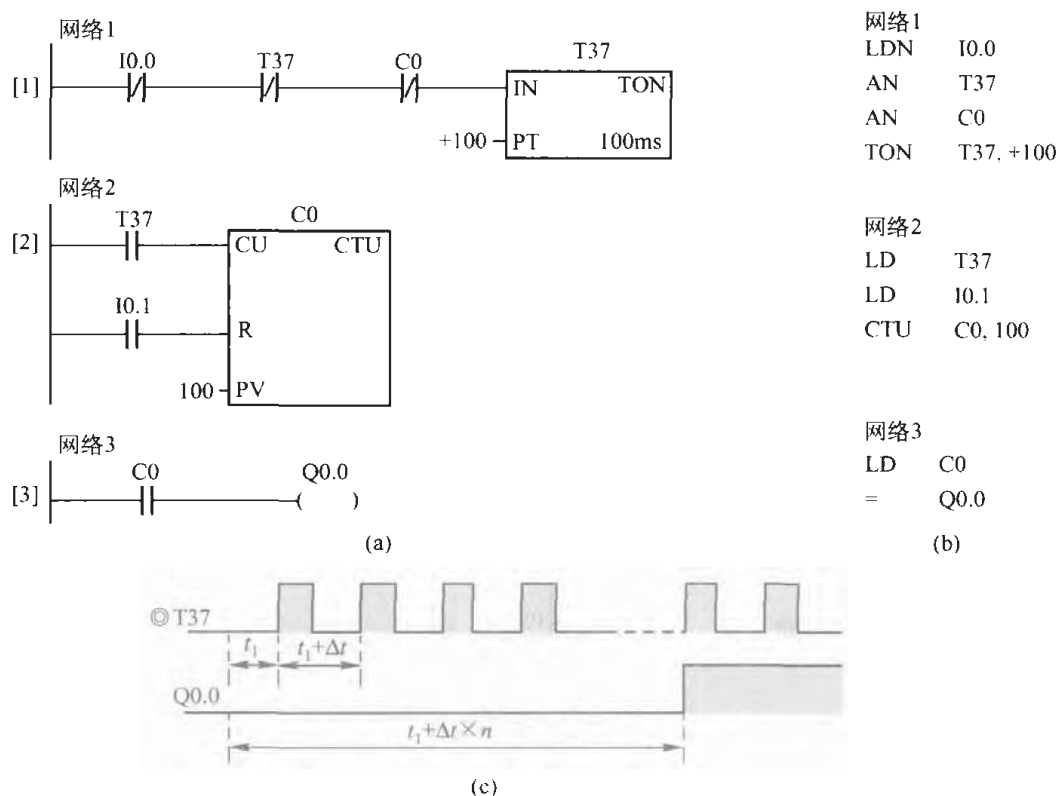
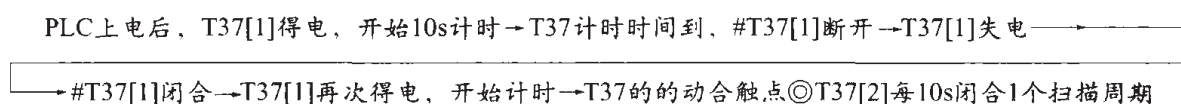


图 1-12 梯形图、语句表和时序图

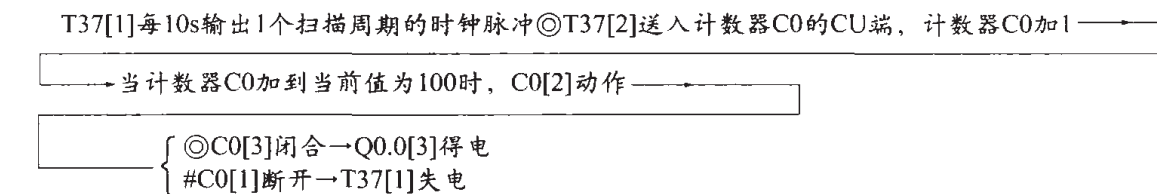
由于 Δt 很短,可以近似认为输出 $Q0.0$ 的延时时间为 $t_1 \times n$,即一个定时器和一个计数器连接,等效定时器的延时时间为定时器的设定值和计数器设定值之积。

电路工作过程:

(1) T37[1]组成自复位定时器



(2) 计数器 C0 工作过程



【例 1-3-3】 一个定时器和多个计数器连接,形成的长定时器电路

该电路的梯形图和语句表如图 1-13 所示。在输入信号 $I0.0$ 接通后, $T38$ 每隔 1 min 产生一个脉冲,是分钟计时器。 $C0$ 每小时产生一个脉冲,是小时计时器。当 5 h 计时时间到, $C1$ 为 ON,这时 $C2$ 再计时 20 min, $Q0.0$ 为 ON,即总计时时间为 5 h 20 min。经过 5 h 20 min 后将输出继电器 $Q0.0$ 置位。

初始化脉冲 $SM0.1$ 和外部复位按钮 $I0.1$ 对计数器起复位作用。

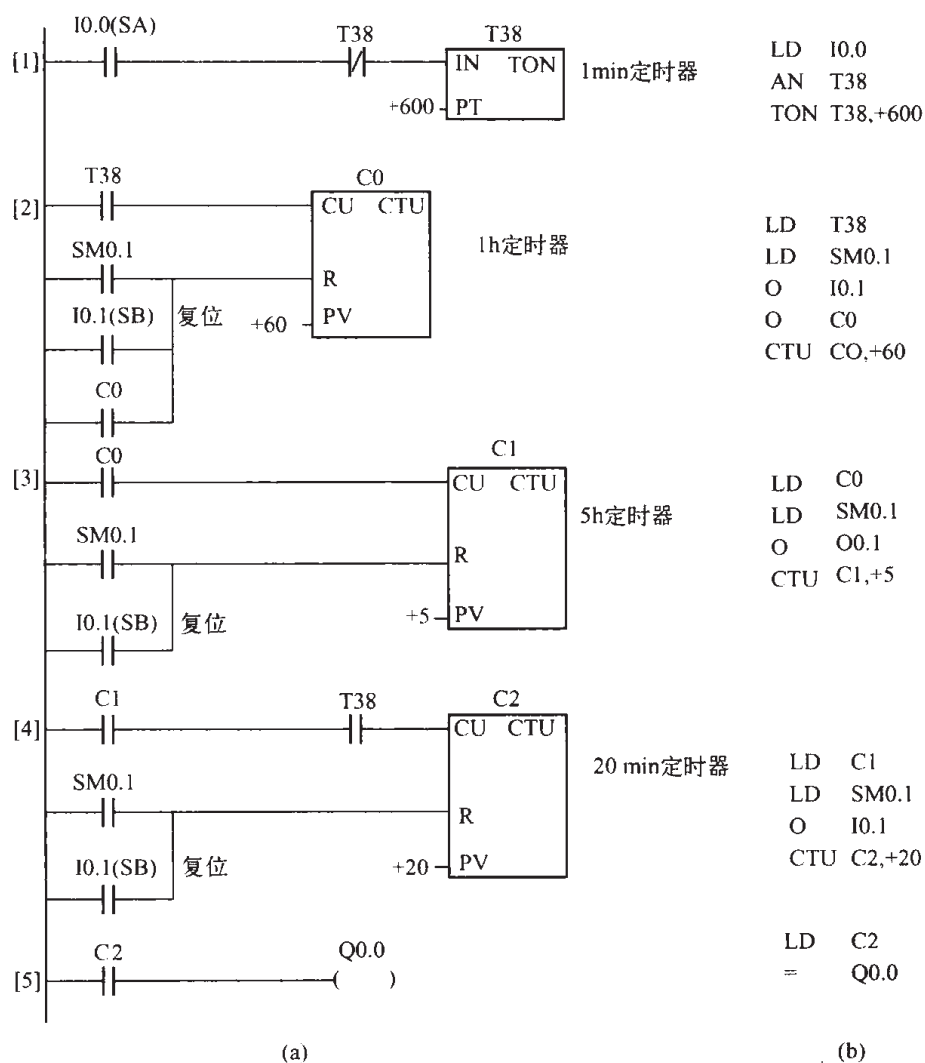
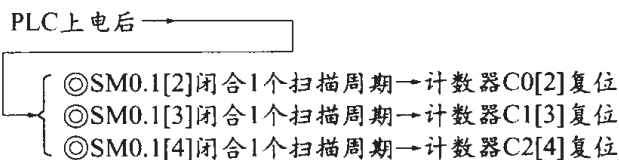


图 1-13 梯形图和语句表

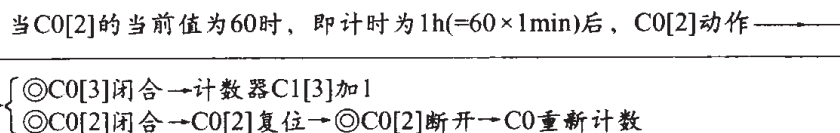
电路工作过程:



(1) 1 min 计时器

合上启动按钮 SA → 输入继电器 I0.0 得电 → ⊙I0.0[1] 闭合 → 1 min 自复位定时器 T38[1] 得电, 开始计时 → T38[1] 每 1 min 输出 1 个持续时间为 1 个扫描周期的时钟脉冲, 即 ⊙T38 每 1 min 闭合 1 个扫描周期 → 计数器 C0[2] 加 1。

(2) 1 h 计时器



(3) 5 h 计时器

当C1[3]当前值为5时, 即计时为5h(5×1h)后, C1[3]动作→◎C1[4]闭合

(4) 20 min 计时器

在◎T38[4]的1 min时钟脉冲作用下

→计数器C2[4]加1→当计数器C2[4]的当前值为20时, 即计时间为5h20min, C2[4]动作

→◎C2[5]闭合→Q0.0[5]得电

(5) 停止工作与复位

断开SA→输入继电器I0.0失电→◎I0.0[1]断开→T38[1]失电、整个电路停止工作。

当复位按钮SB闭合后→输入继电器I0.1得电→

- ◎I0.1[2]闭合→计数器C0[2]复位
- ◎I0.1[3]闭合→计数器C1[3]复位
- ◎I0.1[4]闭合→计数器C2[4]复位

【例 1-4】 闪烁电路

闪烁电路也称为振荡电路, 该电路用在报警、娱乐等场合。可以控制灯光的闪烁频率, 又可以控制灯光的通断时间比; 同样的电路也可以控制其他负载, 如电铃、蜂鸣器等。闪烁电路实际上就是一个时钟电路。它可以是等间隔的通断, 也可以是不等间隔的通断。

如图 1-14 所示为一种闪烁电路的梯形图和语句表。

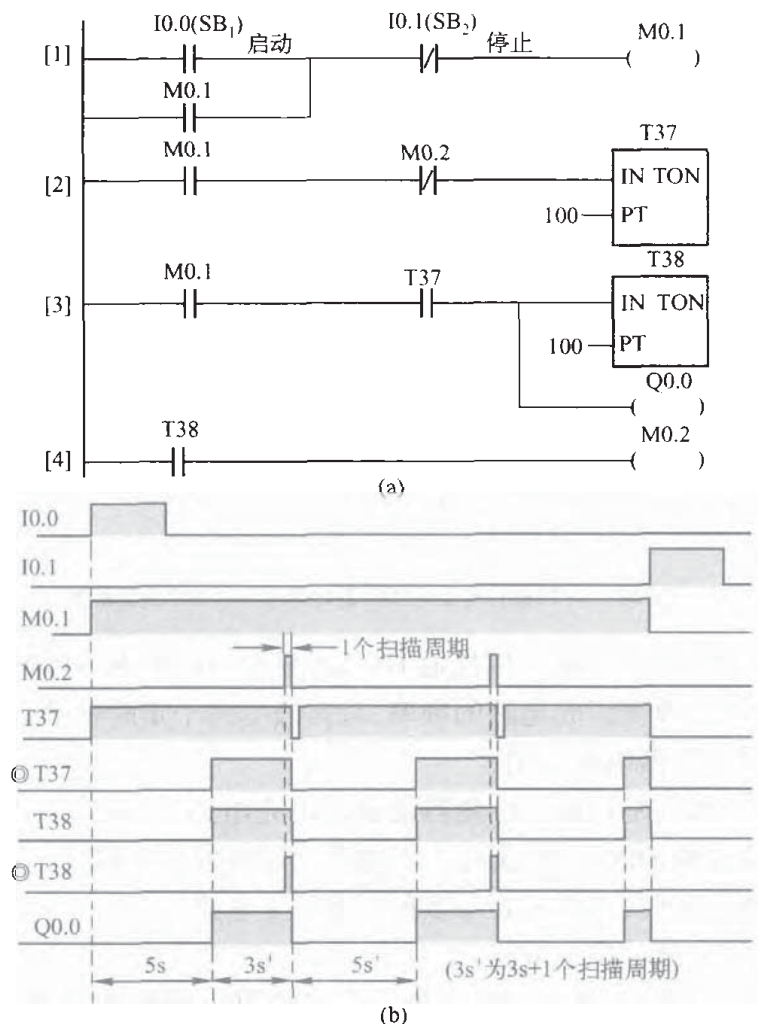
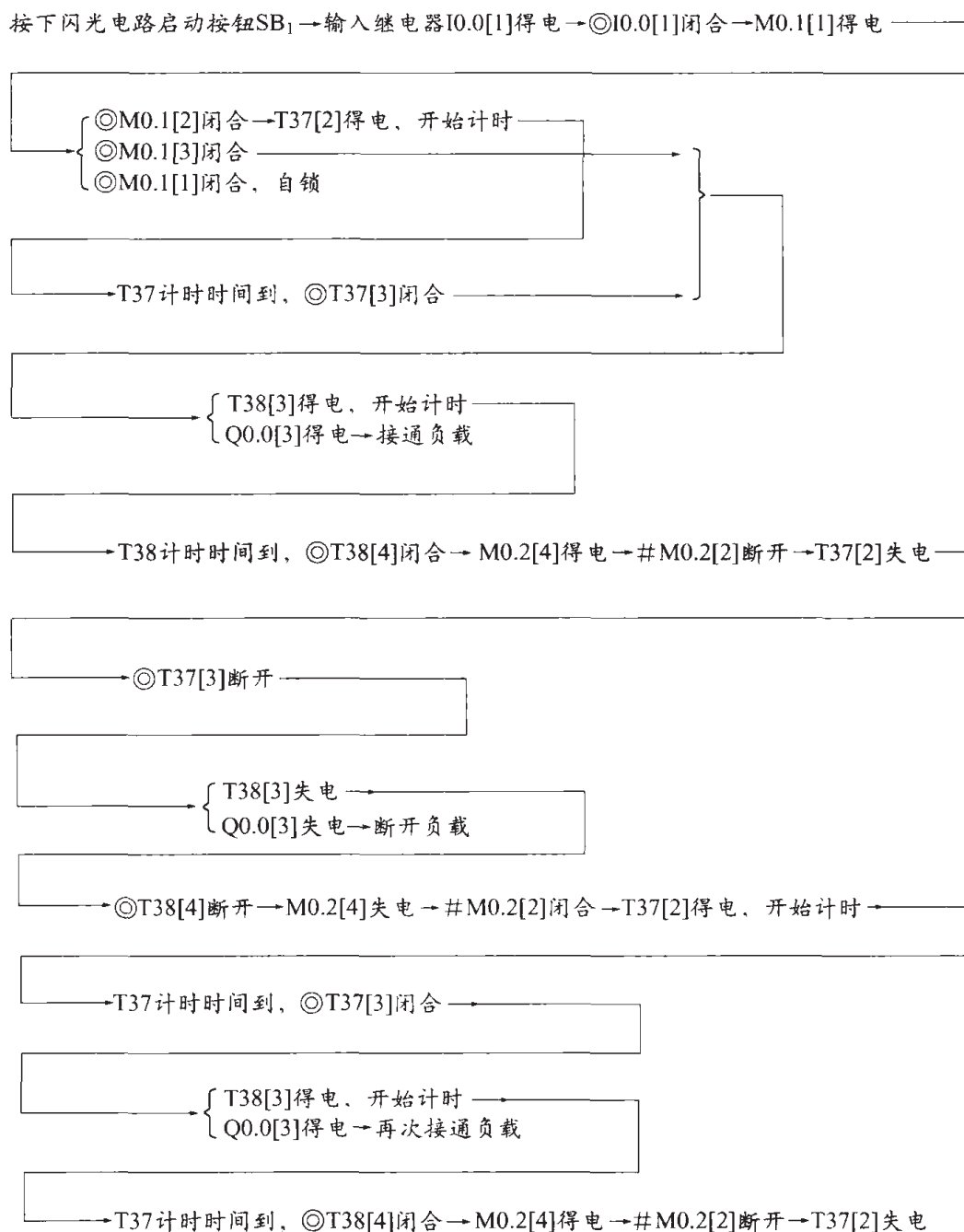


图 1-14 闪烁电路的梯形图和语句表

电路工作过程：



这样,输出 Q0.0 上所接的负载灯以接通 10 s, 断开 10 s 的频率不停地闪烁,直到按下闪光停止输入按钮 I0.1。若想改变闪光电路的频率,只需改变两个定时器的设定值即可。

【例 1-5】脉冲发生器电路 4 例

无论是用两个定时器还是用两个计数器组成的闪光电路,实际上都可以看做脉冲发生电路,改变闪光的频率和通断的时间比,实际上就是改变脉冲发生电路的频率和脉冲宽度。在实际应用中,为满足不同的需要,往往需要有多种脉冲发生电路。

【例 1-5-1】顺序脉冲发生电路

如图 1-15(a)所示为用三个定时器产生一组顺序脉冲的梯形图程序,顺序脉冲波形如图 1-15(b)所示。

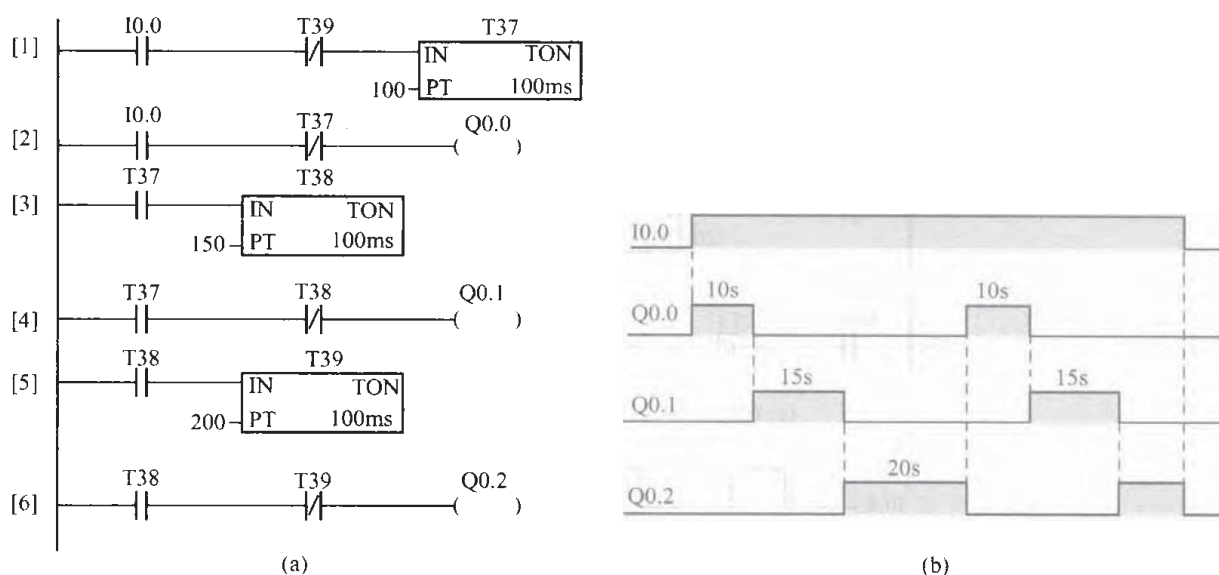
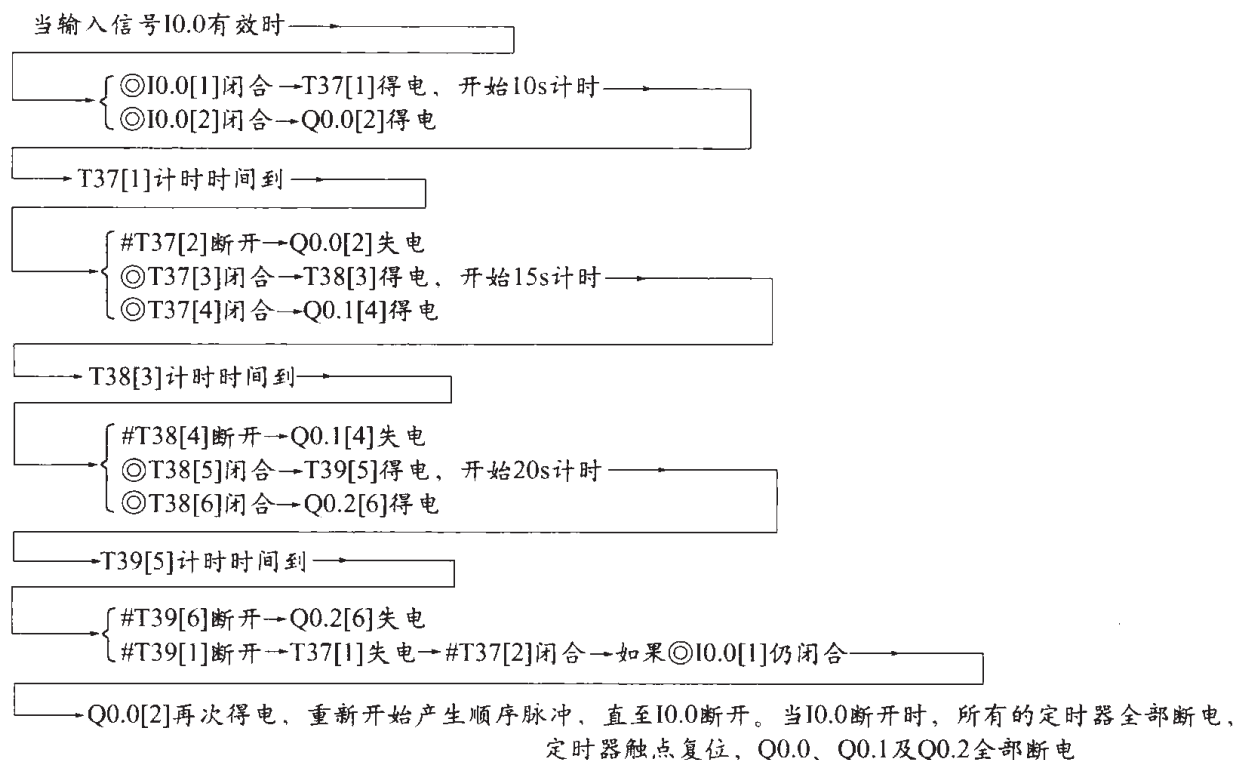


图 1-15 顺序脉冲发生电路的梯形图与波形图

电路工作过程:



【例 1-5-2】 脉冲宽度可控制电路

在输入信号宽度不规范的情况下,要求在每一个输入信号的上升沿产生一个宽度固定的脉冲,该脉冲宽度可以调节。需要注意的是,如果输入信号的两个上升沿之间的距离小于该脉冲宽度,则忽略输入信号的第二个上升沿。如图 1-16 所示为该电路的梯形图、语句表及时序图。该程序的关键,通过 M0.0[1] 的动合触点 ©M0.0[2],作为 T37 的计数输入,使 Q0.0 不论在 I0.0 的宽度大于或小于 2s 时,都可使 Q0.0 的宽度为 2s。该例中,通过调节 T37 设定 PT 值的大小,就可控制 Q0.0 的宽度。该宽度不受 I0.0 接通时间长短的影响。

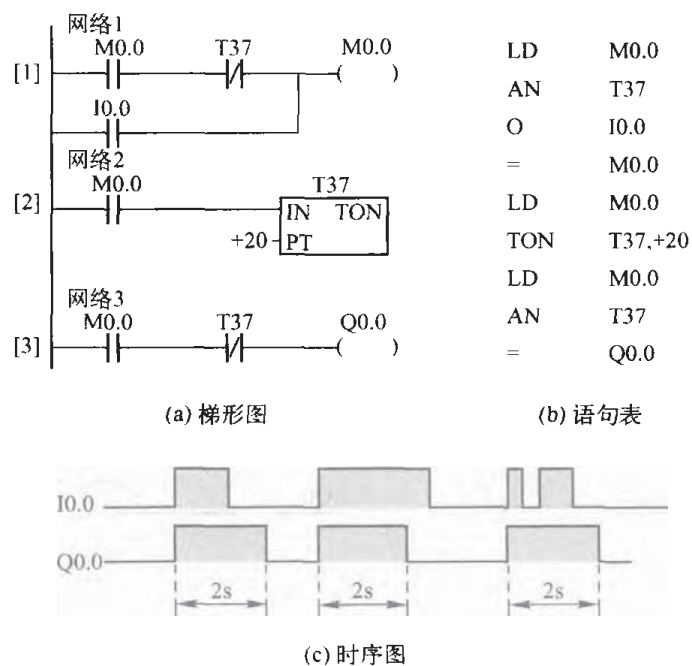
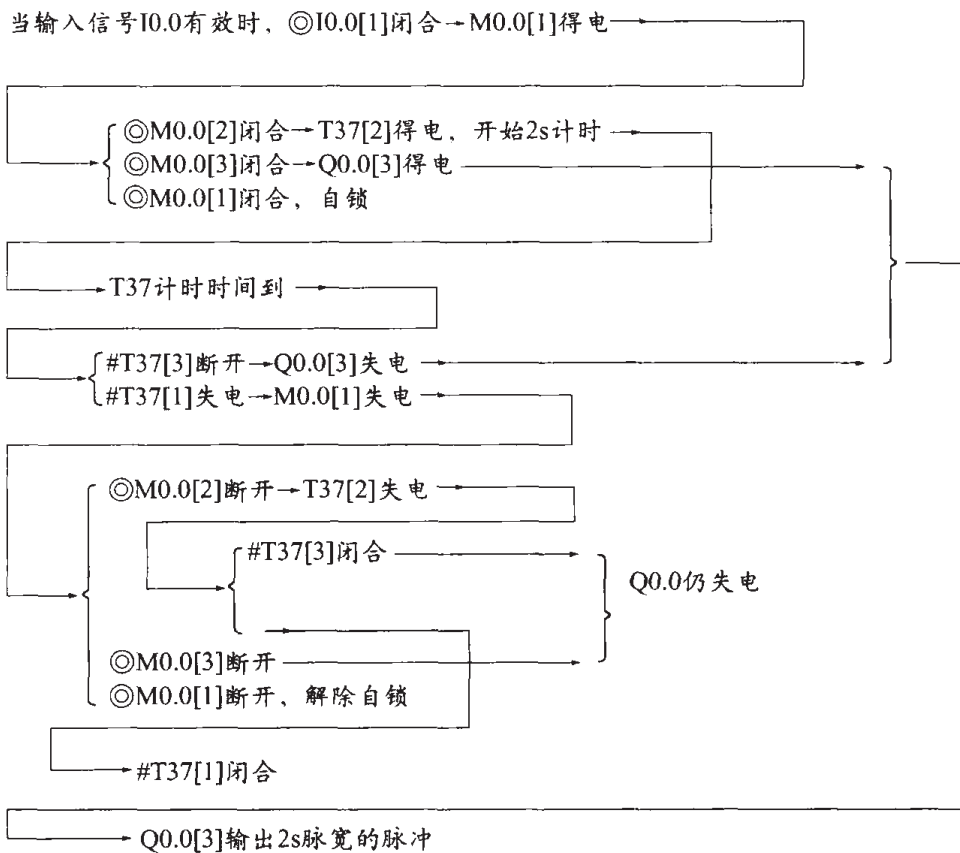


图 1-16 脉冲宽度可控制电路的梯形图、语句表及时序图

电路工作过程：



【例 1-5-3】 延时脉冲产生电路

要求在输入信号后，停一段时间后产生一个脉冲。该电路常用于获取启动或关断信号。如图 1-17 所示为该电路的梯形图、语句表及时序图。

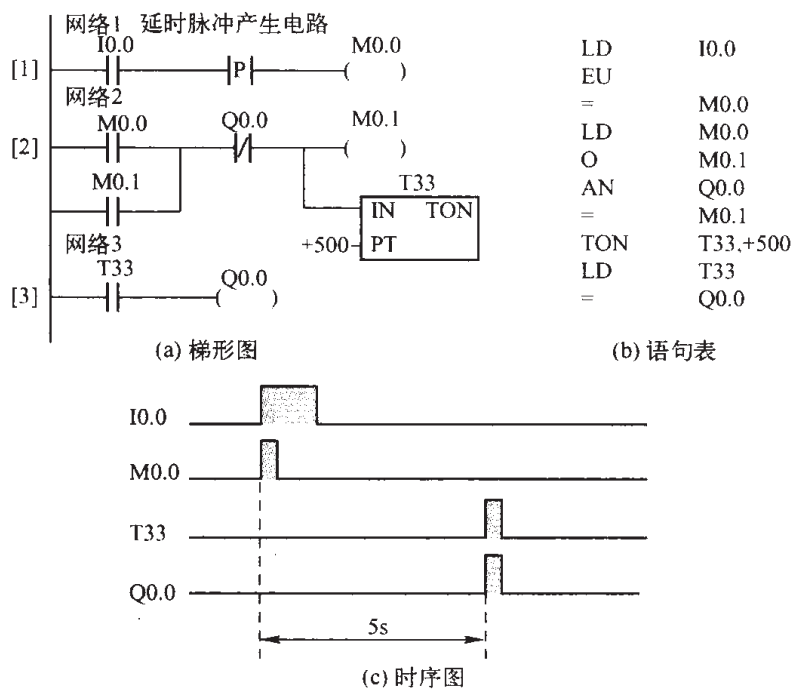
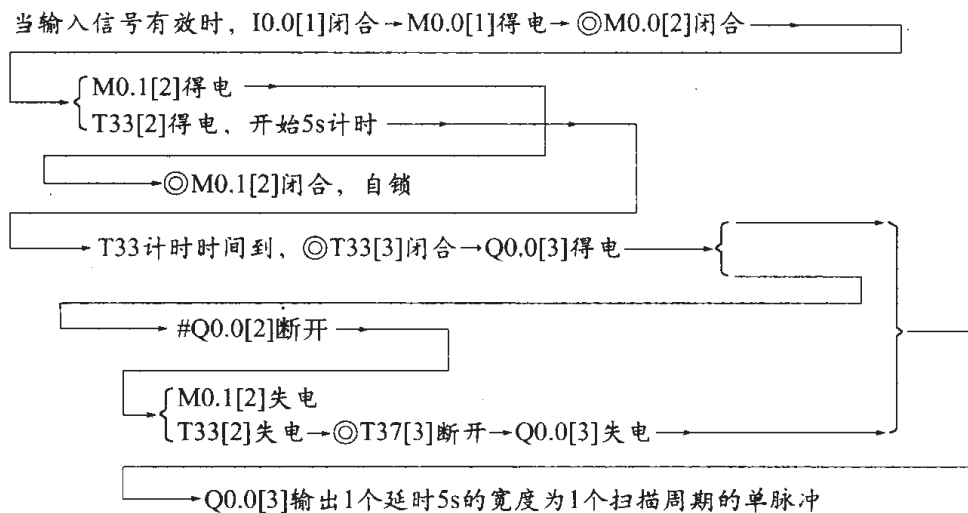


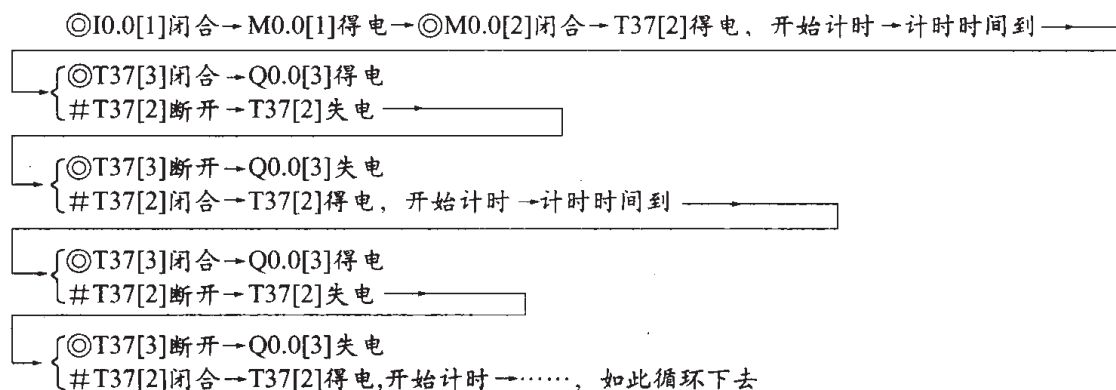
图 1-17 延时脉冲产生电路的梯形图、语句表和时序图

电路工作过程：



【例 1-5-4】 定时器自复位的脉冲信号产生电路

定时器自复位的脉冲信号产生电路梯形图如图 1-18 所示。其电路工作过程：



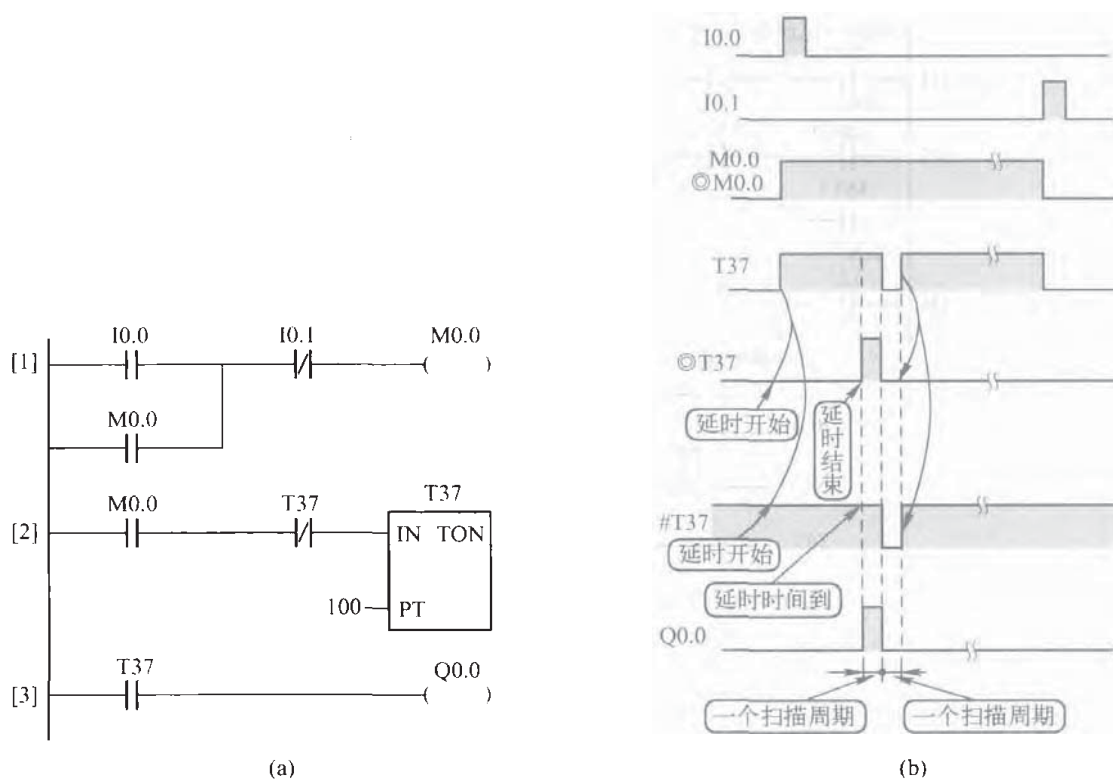


图 1-18 定时器自复位的脉冲信号产生电路梯形图

【例 1-6】 计数器应用电路 2 例

计数器与定时器一样,也有最大计数值。S7—200 系列 PLC 的计数器的最大计数值为 32 767。当需要计数的数值超过了这个最大计数值时,可以将两个或多个计数器串级组合,以达到扩大计数器范围的目的。除此之外,计数器还可以单独或与定时器结合实现延时功能。

【例 1-6-1】 3 个计数器串级组合电路

3 个计数器串级组合电路的梯形图与语句表如图 1-19 所示。

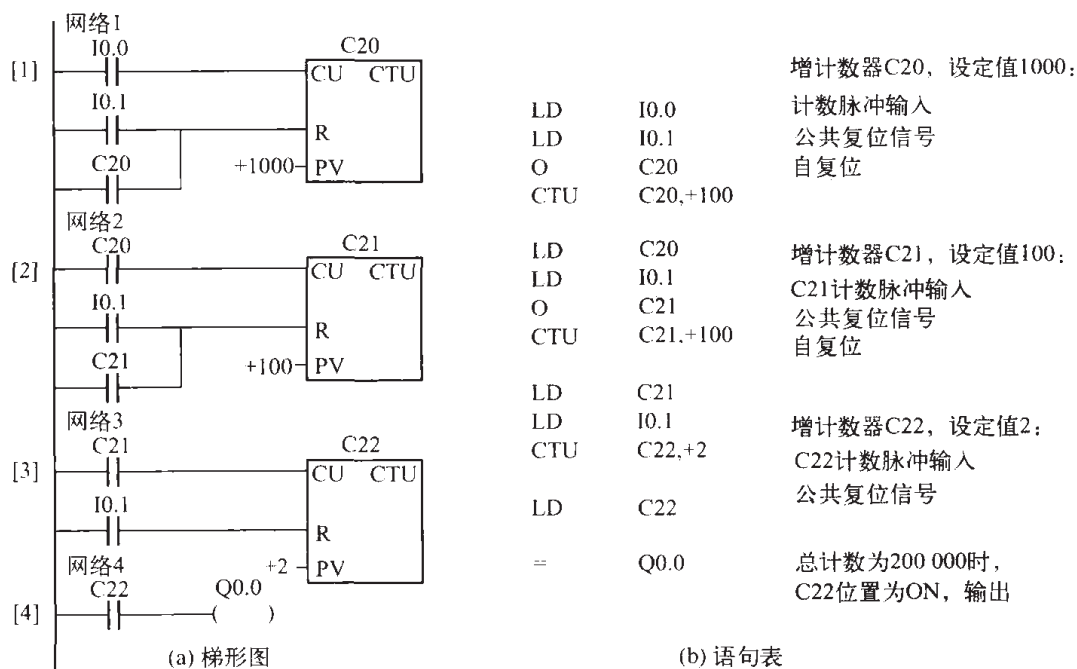


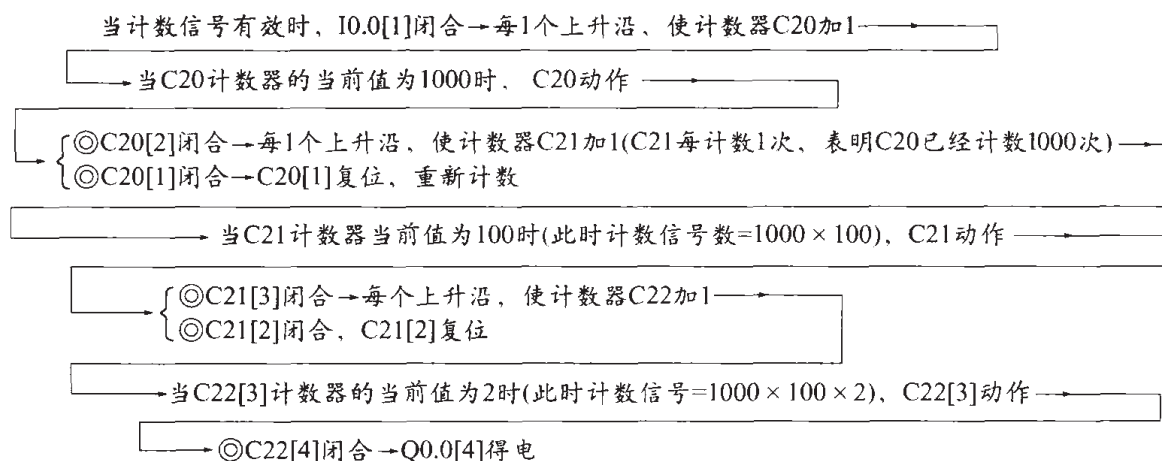
图 1-19 3 个计数器串级组合电路的梯形图与语句表

计数信号为 I0.0, 它作为 C20[1] 的计数端输入信号, 每一个上升沿使 C20 计数 1 次; C20 的动合触点 ©C20[2] 作为计数器 C21[2] 的计数输入信号, C20 计数到 1000 时, 使计数器 C21[2] 计数 1 次; C21 的动合触点 ©C21[3] 作为计数器 C22[3] 的计数输入信号, C21 每次计数到 100 时, C22 计数 1 次。这样当总计数信号数 = $1\ 000 \times 100 \times 2 = 200\ 000$ 时, 即当 I0.0 的上升沿脉冲数到 200 000 时, Q0.0 才被置位。

I0.1 为外置公共复位信号。此外, C20 计数到 1000 时, 在使计数器 C21 计数 1 次之后的下一个扫描周期, 它的动合触点 ©C20[1] 使自己复位; 同理, C21 计数到 100 时, 在使计数器 C22 计数 1 次之后的下一个扫描周期, 它的动合触点 ©C21[2] 使自己复位。

电路工作过程:

首先使复位信号 I0.1 有效, ©I0.1[2]、[3]、[4] 闭合, 使计数器 C20、C21、C22 复位, 然后撤销复位信号, ©I0.1[2、3、4] 断开。



【例 1-6-2】 应用一个计数器的延时电路

只要提供一个时钟脉冲信号作为计数器的计数输入信号, 计数器就可以实现定时功能, 时钟脉冲信号的周期与计数器的设定值相乘就是定时时间。时钟脉冲信号可以由 PLC 内部特殊存储器标志位产生 (如 S7-200 系列 PLC 的 SM0.4、SM0.5 等), 也可以由连续脉冲发生程序产生, 还可以由 PLC 外部时钟电路产生。

如图 1-20 所示为采用计数器实现延时的梯形图和语句表, 由 SM0.5 产生周期为 1 s 的时钟脉冲信号。

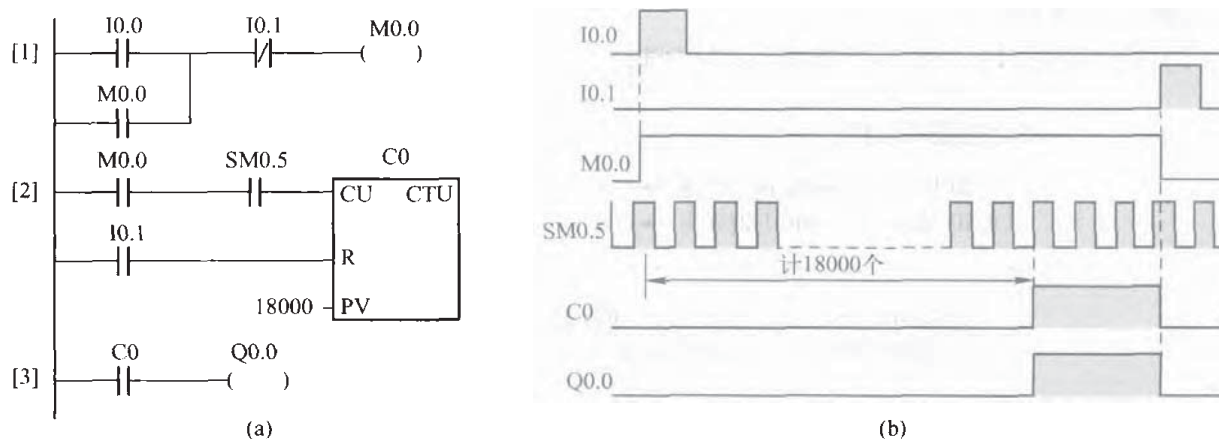
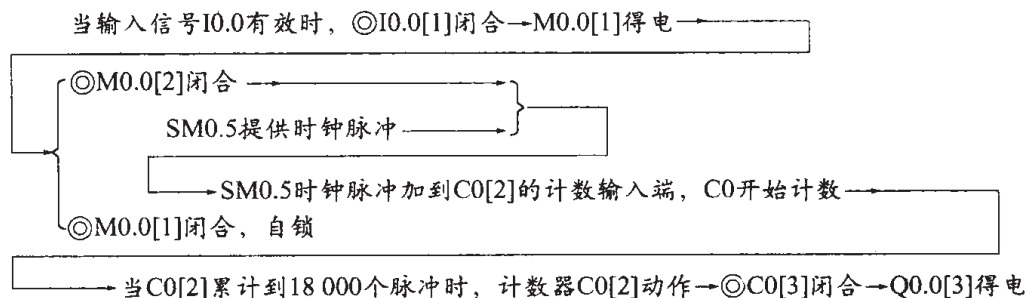


图 1-20 采用计数器实现延时的梯形图和语句表

电路工作过程：



从 \odot I0.0[1] 闭合到 Q0.0[3] 动作的延时时间为 $18\,000 \times 1 = 18\,000\text{ s}$ 。

【例 1-7】分频电路

在许多控制场合，需要对控制信号进行分频。以二分频为例，要求输出脉冲 Q0.0 是输入信号脉冲 I0.1 的二分频。如图 1-21 所示为二分频电路的梯形图、语句表和时序图。

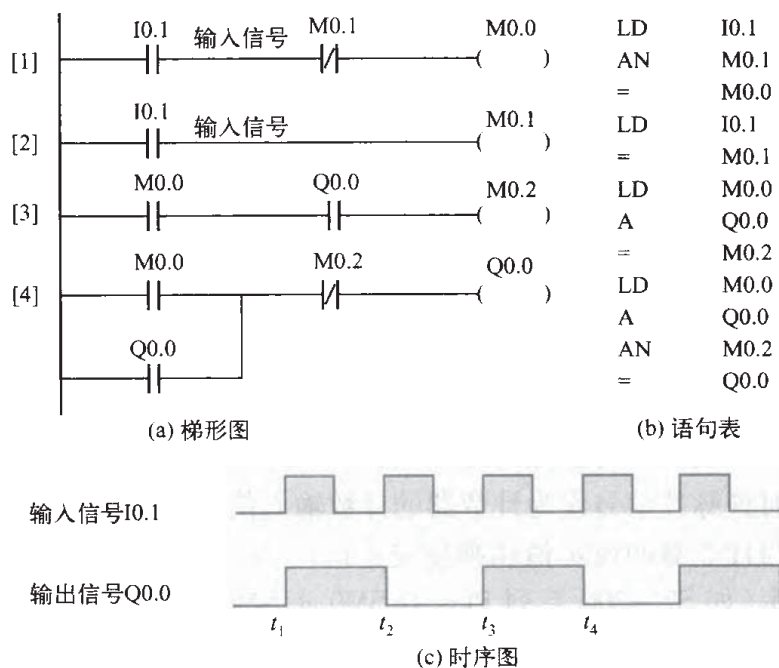
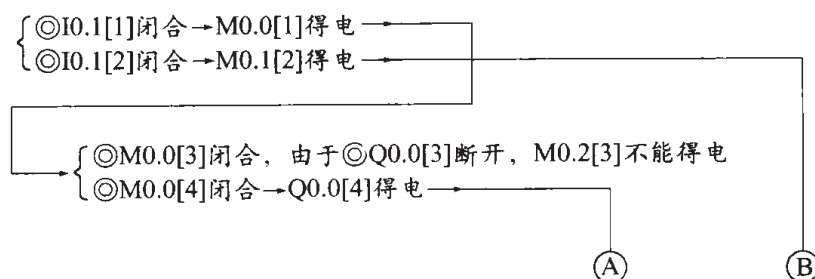


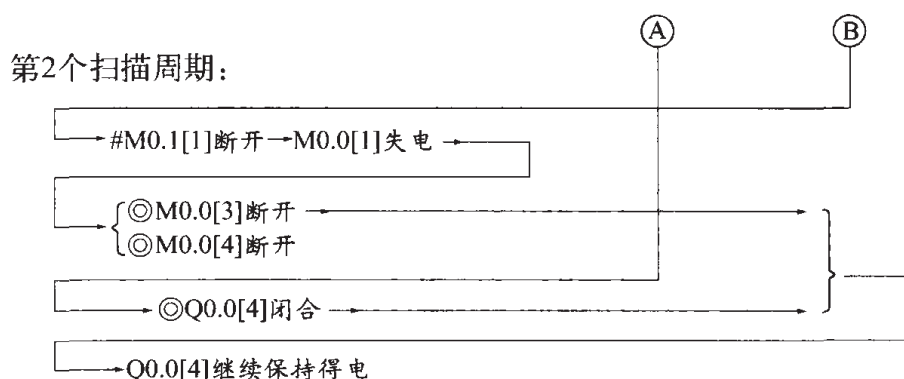
图 1-21 二分频电路的梯形图、语句表和时序图

电路工作过程：

(1) 输入信号 I0.1 第 1 次有效 (t_1 时刻起)

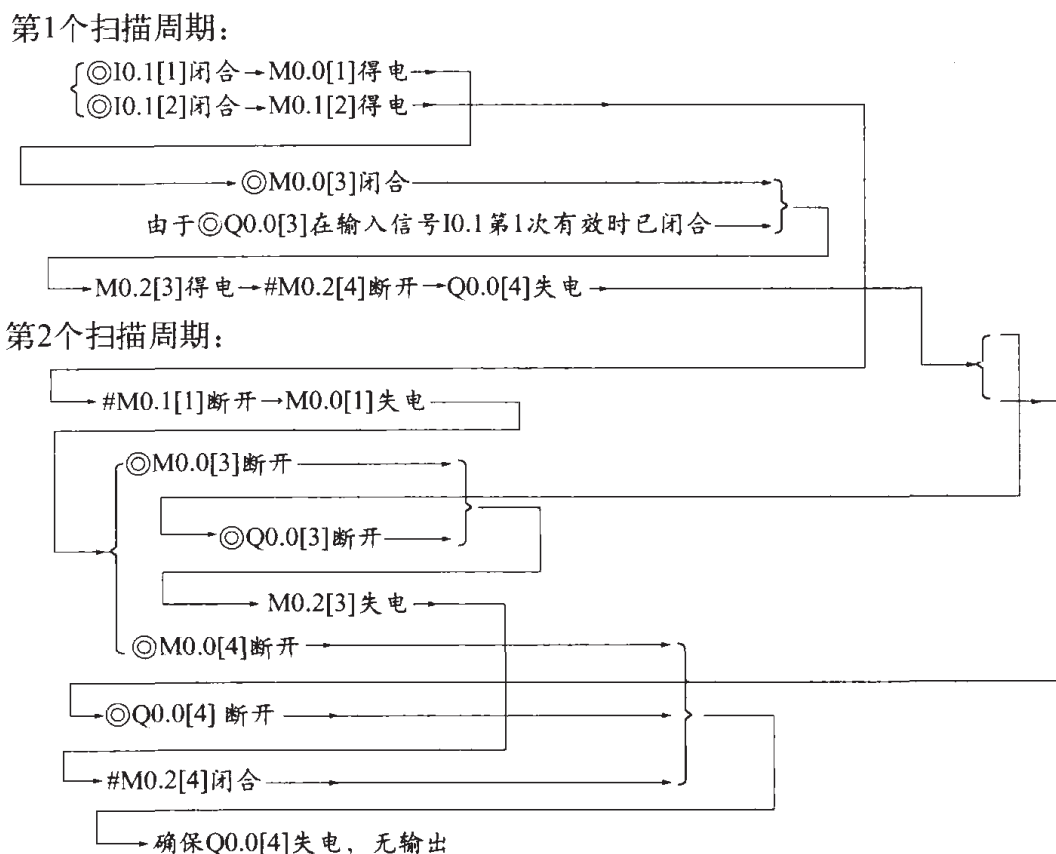
第 1 个扫描周期：





此后这部分程序虽然经过多次扫描,但由于 M0.0[1] 仅得电 1 个扫描周期, M0.2[3] 不可能得电。但 Q0.0 对应的动合触点 ⊙Q0.0[3] 闭合,为 M0.2[3] 得电做好了准备。

(2) 输入信号 I0.1 第 2 次有效(t_2 时刻起)



以后,虽然 I0.1 继续存在,但由于 M0.0 是单脉冲信号,虽多次扫描第[4]段,输出线圈 Q0.0 也不可能得电。

(3) 输入信号 I0.1 第 3 次有效(t_3 时刻起)

从 t_3 时刻,输入 I0.1 第三次出现(ON), M0.0 上又产生单脉冲,输出 Q0.0 再次接通。 t_4 时刻,输出 Q0.0 再次失电……得到输出正好是输入信号的二分频。这种逻辑每当有控制信号时,就将状态翻转(ON→OFF→ON→OFF),因此也可用做触发器。

【例 1-8】 比较电路(译码电路)

比较电路能够按照预先设定的输出要求,对输入信号进行,接通某一电路输出。如图

1-22 所示的比较电路能对输入信号 I0.0、I0.1 进行比较,接通某一路的输出。

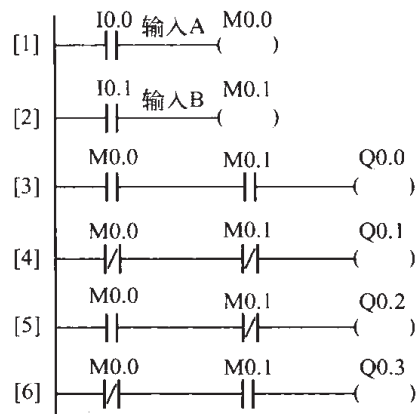
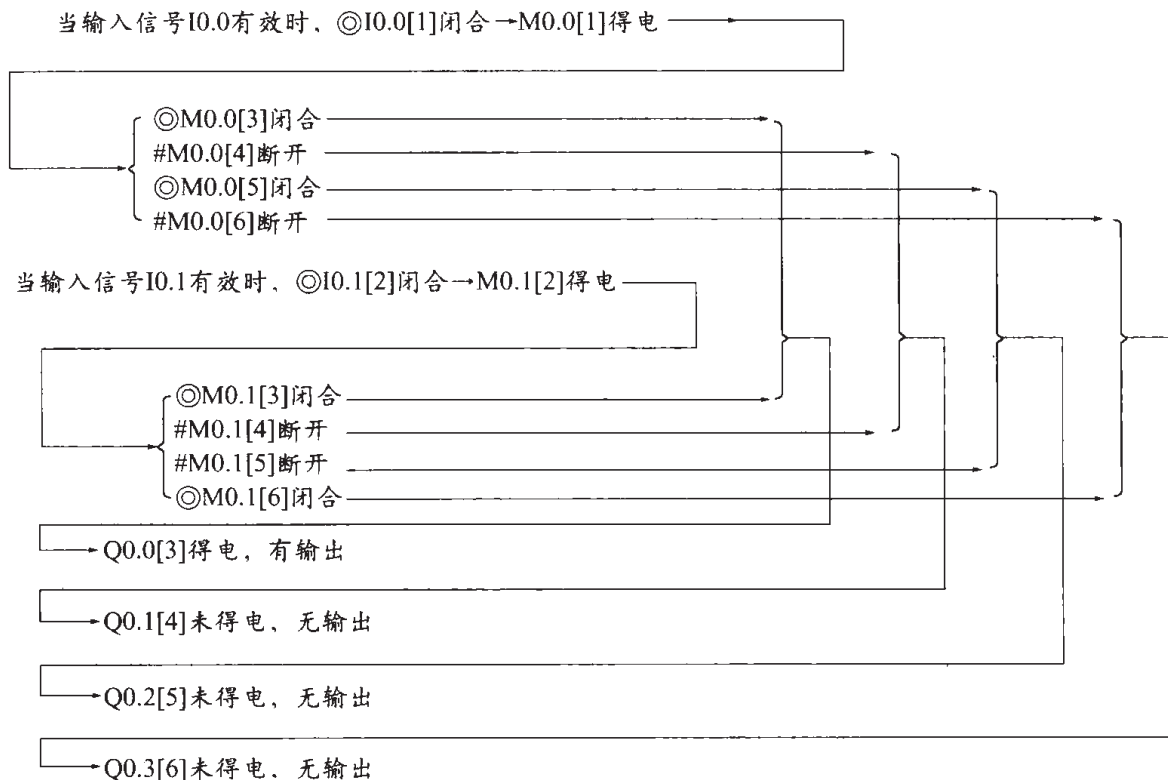


图 1-22 比较电路

电路工作过程:



同理,当 I0.0、I0.1 都不接通时,Q0.1 有输出。

当 I0.0 接通,I0.1 不接通时,Q0.2 有输出。

当 I0.0 不接通,I0.1 接通时,Q0.3 有输出。

【例 1-9】 优先电路 2 例

【例 1-9-1】 两个输入信号的优先电路

两个输入信号的优先电路如图 1-23 所示,输入信号 I0.0 和 I0.1 先到者取得优先权,后到者无效。

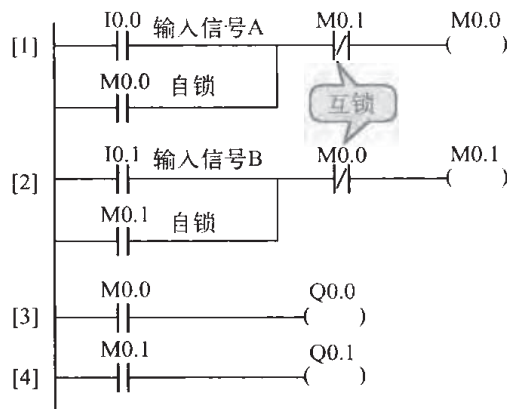
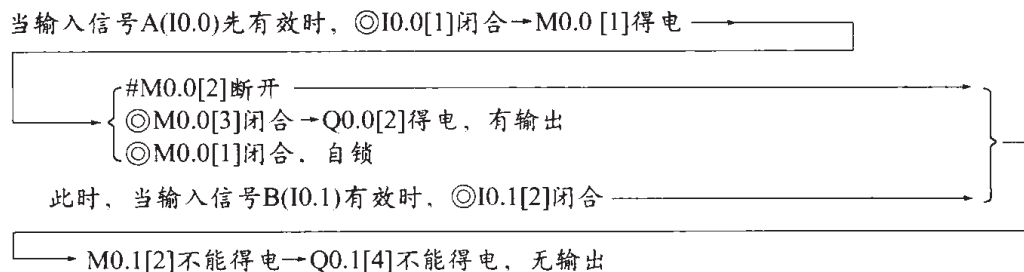


图 1-23 两个输入信号的优先电路

电路工作过程：



同理,当输入信号 B (I0.1) 先有效时, Q0.1 [4] 有输出、而 Q0.0 [3] 无输出

【例 1-9-2】多个输入信号的优先电路

在多个故障检测系统中,有时可能当一个故障产生后,会引起其他多个故障,这时如果能准确地判断哪一个故障是最先出现的,则对于分析和处理故障是极为有利的。

图 1-24 为 4 输入信号优先控制电路。

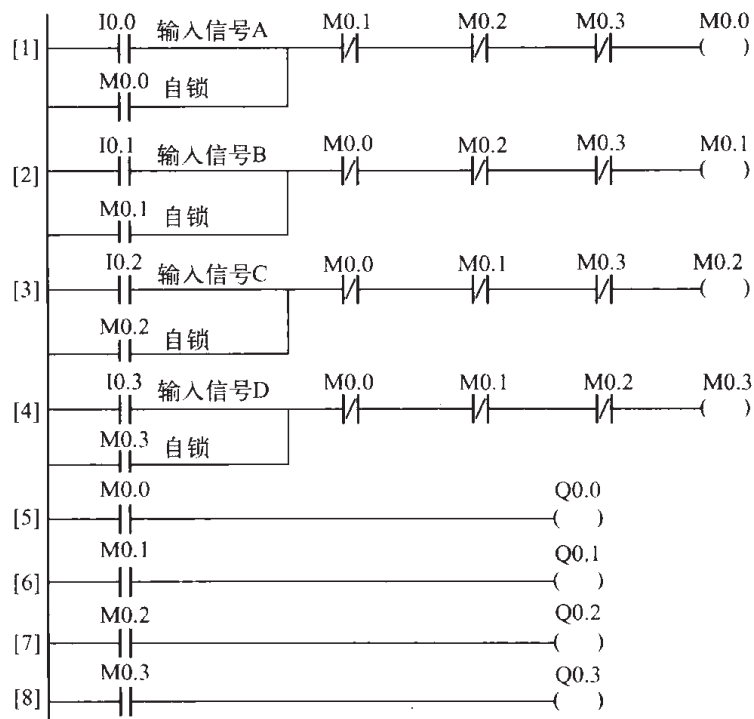


图 1-24 4 输入信号优先控制电路

电路工作过程：

其工作过程与图 1-23 相似,在 4 个输入信号 I0.0 ~ I0.3 中任何一个信号首先出现,例如,输入 I0.1 首先出现,则 M0.1 接通,其动断触点 M0.1 全部打开,这时,以后到来的输入信号 I0.0、I0.2、I0.3 都无法使 M0.0、M0.2、M0.3 接通,从而可以迅速判断出 I0.0 ~ I0.3 中哪一个输入信号是首发信号。

【例 1-10】 报警电路 3 例

报警是电气自动控制中不可缺少的重要环节,标准的报警功能应该是声光报警。当故障发生时,报警指示灯闪烁,报警电铃或蜂鸣器鸣响。操作人员知道故障发生后,按消铃按钮,把电铃关掉,报警指示灯从闪烁变为长亮。故障消失后,报警灯熄灭。另外还应设置试灯、试铃按钮,用于平时检测报警指示灯和电铃的好坏。报警指示灯采用闪烁控制。

【例 1-10-1】 一种故障报警电路

梯形图和语句表如图 1-25 所示,时序图如图 1-26 所示,PLC 的 I/O 接线如图 1-27 所示。

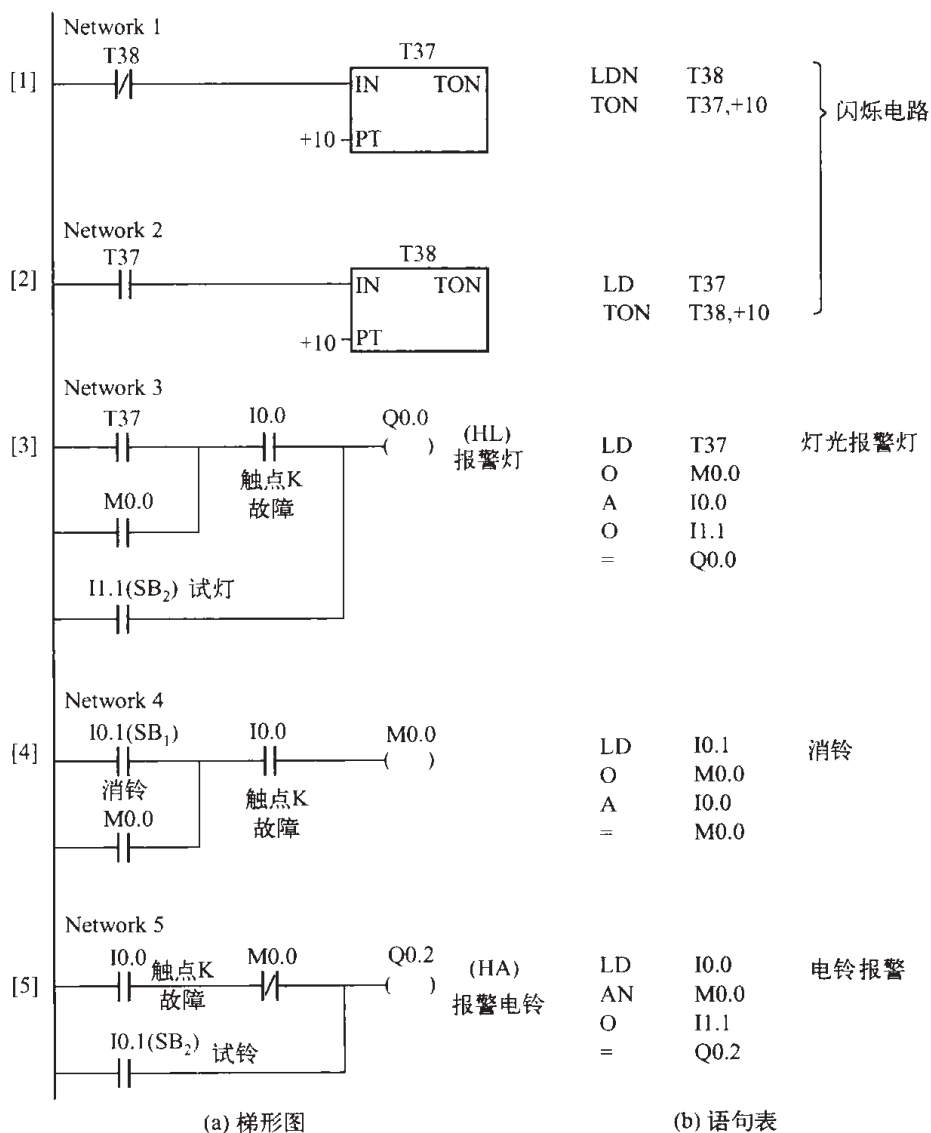


图 1-25 梯形图和语句表

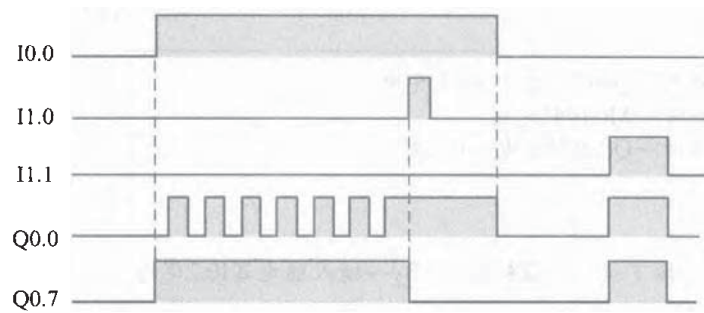


图 1-26 时序图

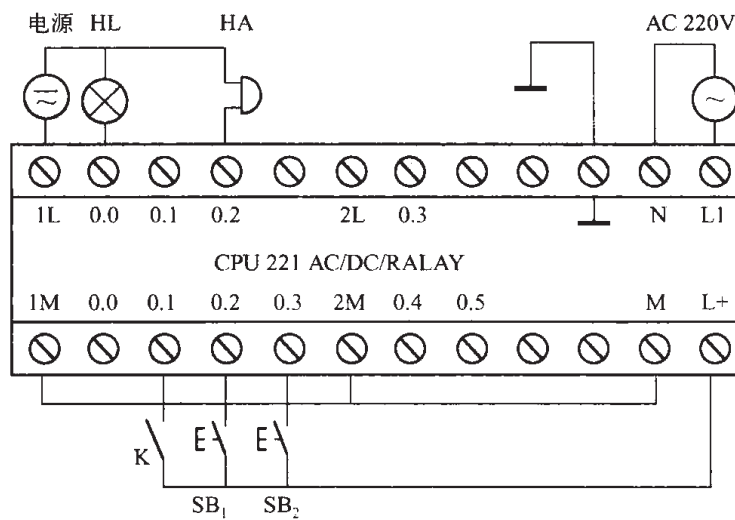
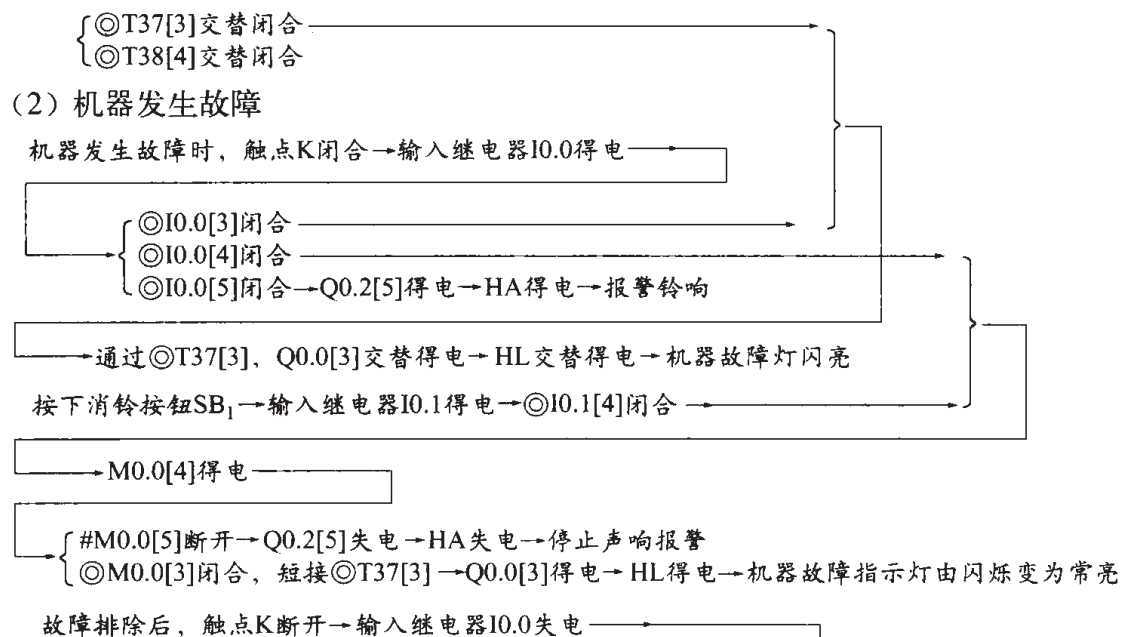
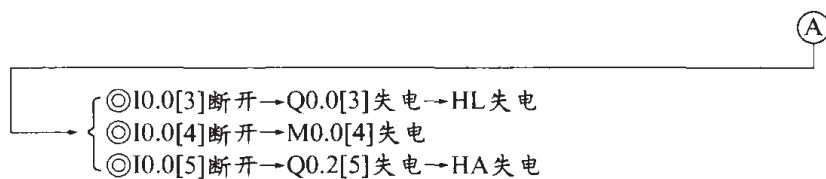


图 1-27 PLC 的 I/O 接线

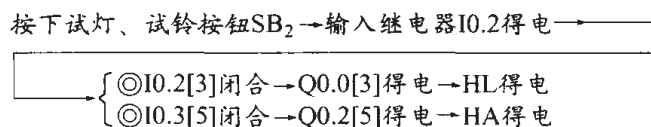
电路工作过程：

(1) T37[1] 和 T38[2] 组成闪烁电路, 以使故障指示灯闪烁





(3) 试灯、试铃



【例 1-10-2】两种故障报警电路

(1) 控制要求

报警信号有两个,分别来自 1[#]、2[#]泵站电动机的过载信号。对报警指示灯来说,一种故障对应于一个指示灯,但一个系统只能有一个电铃。

(2) PLC 的 I/O 配置

表 1-16 为 PLC 的 I/O 配置。PLC 的 I/O 接线如图 1-28 所示。梯形图如图 1-29 所示。

表 1-16 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|------------------------|--------------|-----------------|------------------------|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| K ₁ | 1 [#] 电动机过载故障 | I0.0 | HL ₁ | 1 [#] 电动机故障指示 | Q0.0 |
| K ₂ | 2 [#] 电动机过载故障 | I0.1 | HL ₂ | 2 [#] 电动机故障指示 | Q0.1 |
| SB ₁ | 消铃按钮 | I0.2 | HA | 报警电铃 | Q0.2 |
| SB ₂ | 试灯、试铃按钮 | I0.3 | | | |

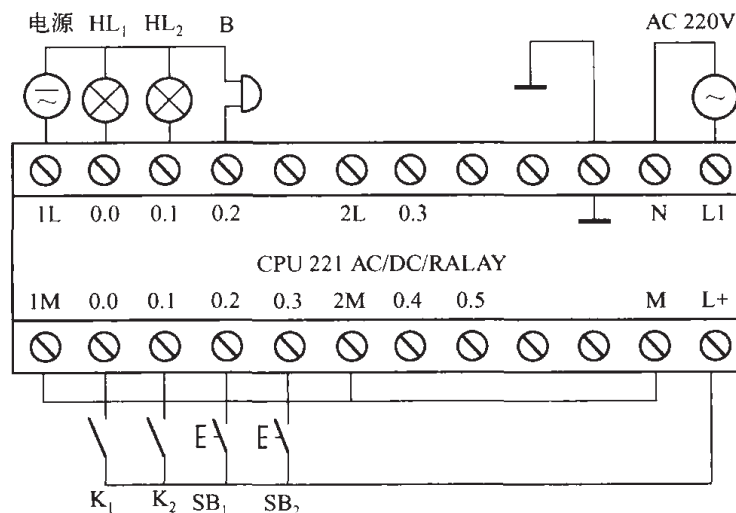


图 1-28 PLC 的 I/O 接线

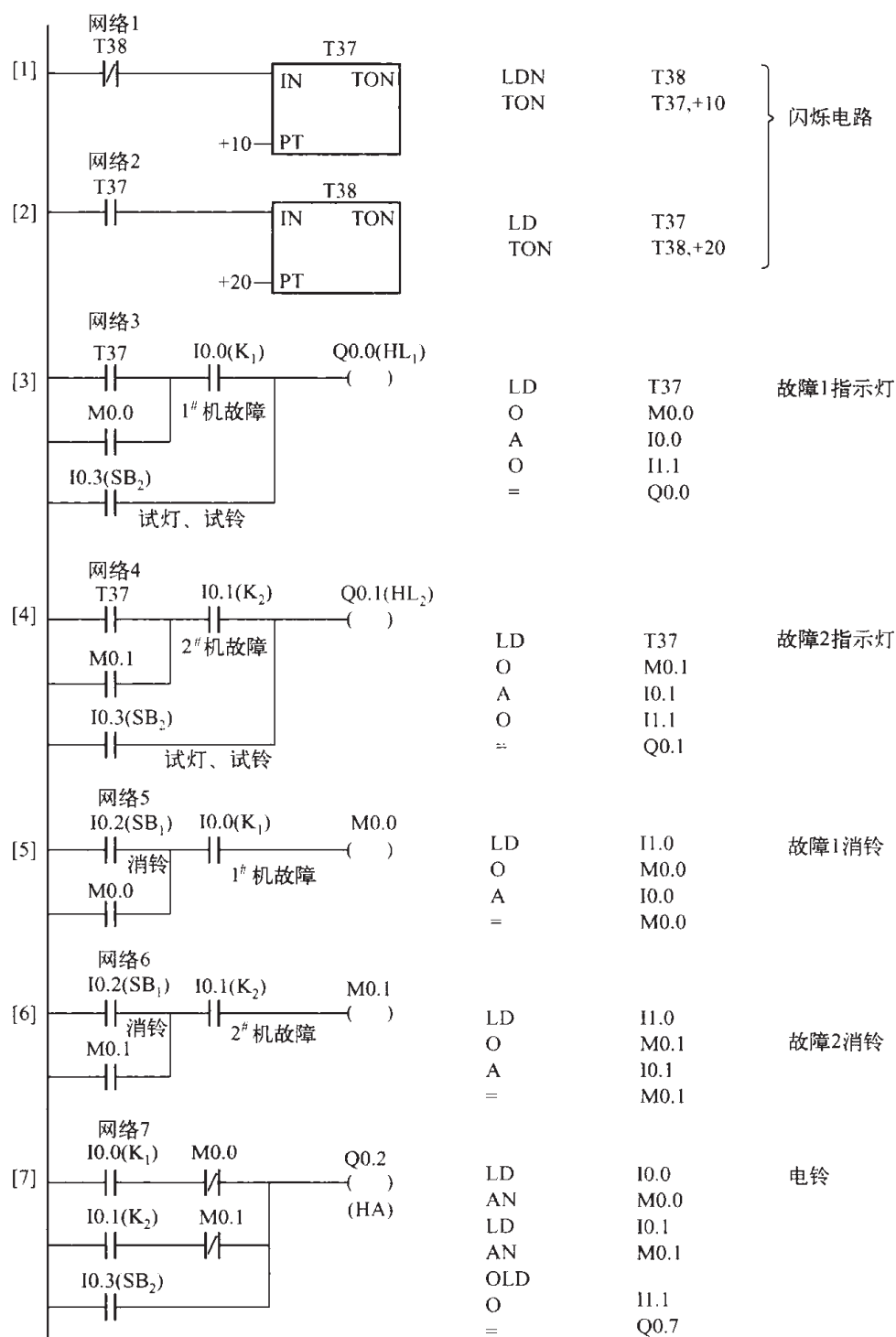


图 1-29 梯形图

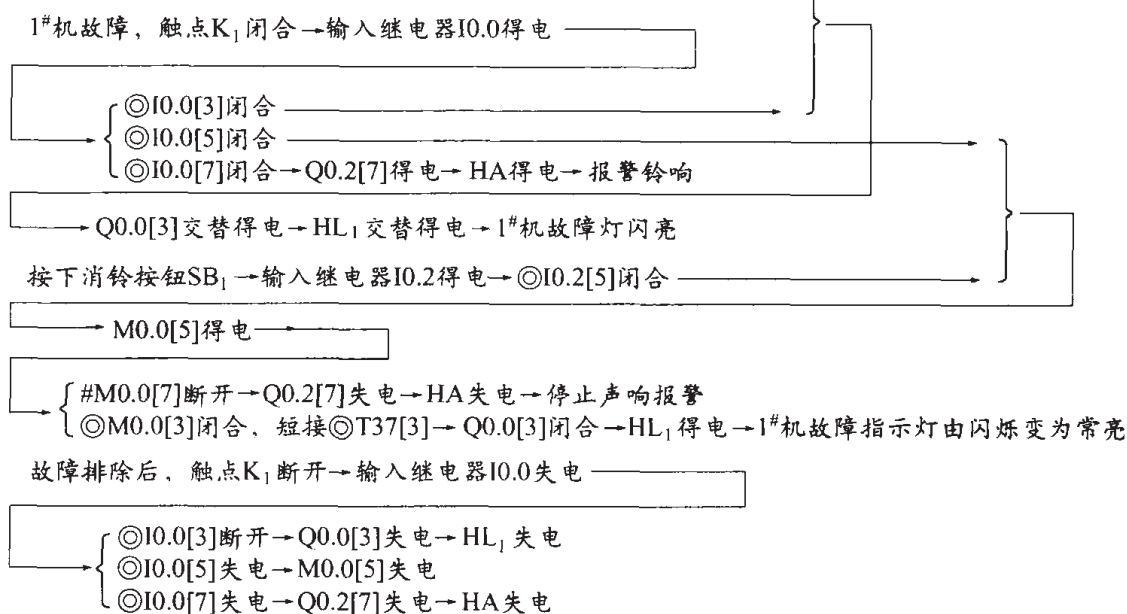
(3) 电路工作过程

① T37[1]和T38[2]组成闪烁电路，以使故障指示灯闪烁：

{ ◎T37[3]交替闭合
◎T38[4]交替闭合

A

② 1#机故障:

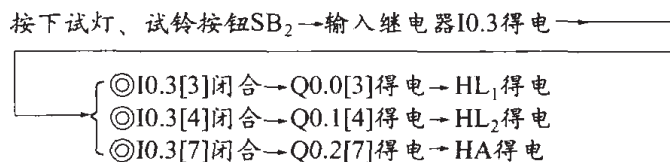


③ 2#机故障:

2#机故障时的电路工作过程与1#相同

当任何一种故障发生时,按消铃按钮后,不能影响其他故障发生时报警电铃的正常鸣响。

④ 试灯、试铃:



【例 1-10-3】 报警电路

该报警电路的梯形图及语句表如图 1-30 所示。I0.0 外接报警启动信号, I0.1 外接报警复位按钮; Q0.0 控制报警蜂鸣器, Q0.1 控制报警闪烁灯, 闪烁效果为报警灯的亮与灭, 间隔为 1 s。

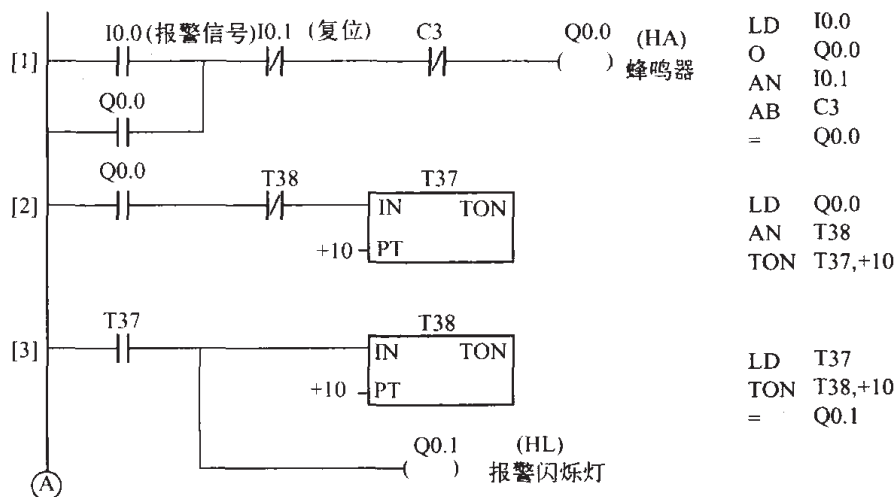


图 1-30 报警电路的梯形图及语句表

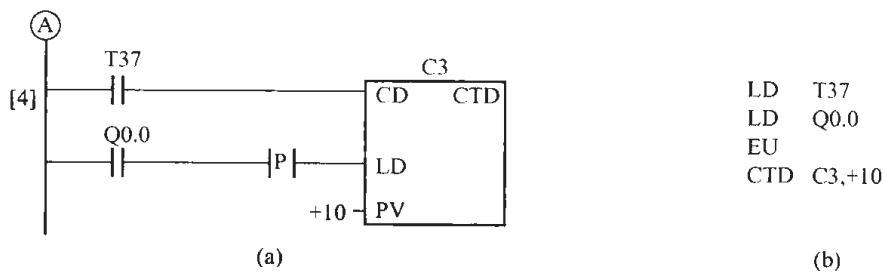
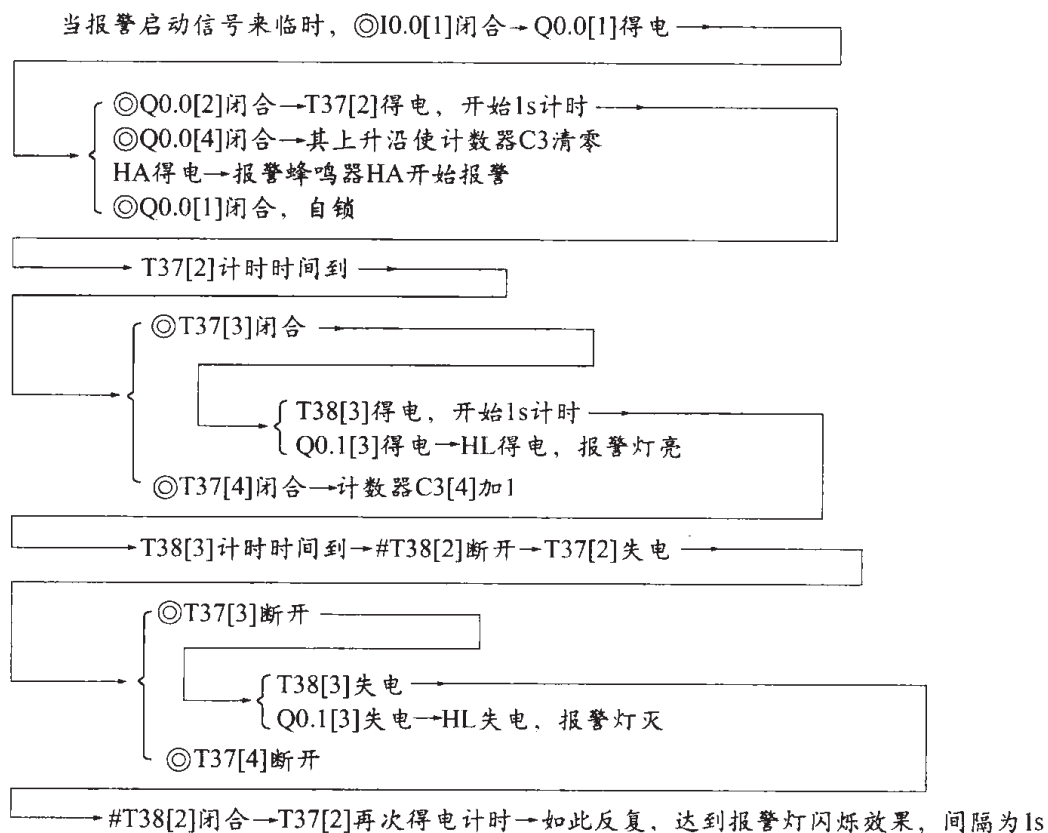


图 1-30 报警电路的梯形图及语句表(续)

电路工作过程:



计数器 C3 的作用是, 当 C3[4] 计数到 10 次后, 动断触点 #C3[1] 断开 \rightarrow Q0.0[1] 失电 \rightarrow HA 失电断开, 警报停止(蜂鸣器停止报警, 报警灯熄灭)。当然也可以通过复位按钮(动断触点 #I0.1[1] 断开)解除警报。

第2章

电动机的 PLC 控制

【例 2-1】 用一般指令编程的电动机单向运行的 PLC 控制

1. PLC 的 I/O 配置与 PLC 控制电路

电动机的启动与停止是最常见的控制,通常需要设置启动按钮、停止按钮及接触器等电器进行控制,PLC 的 I/O 配置如表 2-1 所示。PLC 的控制电路如图 2-1 所示。

表 2-1 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|------|--------------|------|-----|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 停止按钮 | I0.0 | KM | 接触器 | Q0.1 |
| SB ₂ | 启动按钮 | I0.1 | | | |
| FR | 过载保护 | I0.2 | | | |

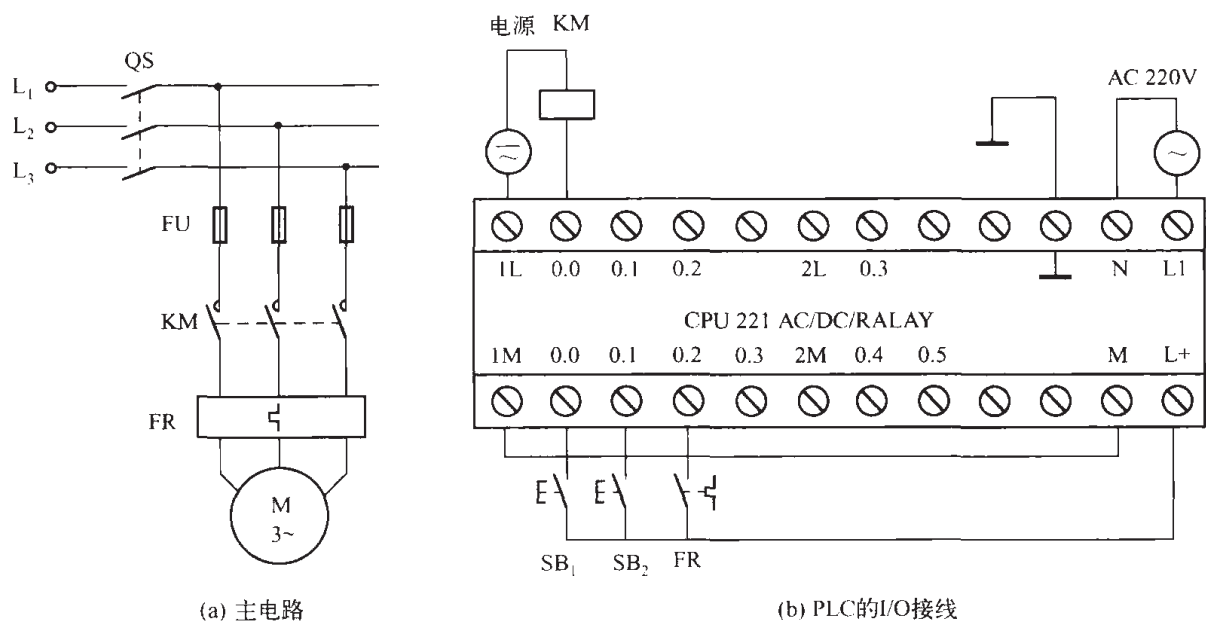


图 2-1 PLC 的控制电路

2. 梯形图

如图 2-2 所示为 PLC 控制电路的梯形图。

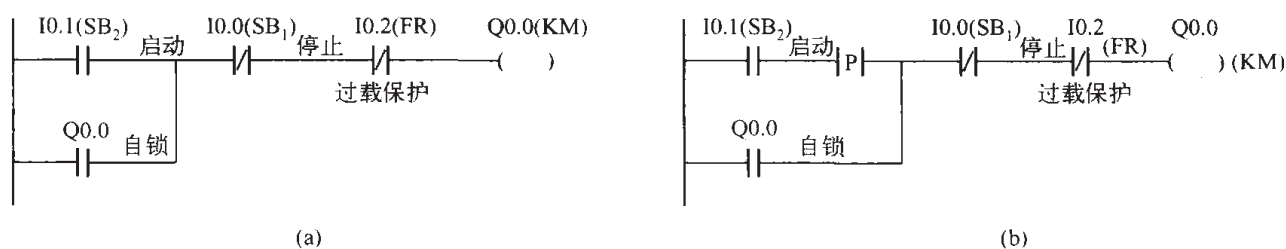


图 2-2 梯形图

3. 识读要点

图 2-2 中的启动信号 I0.1 (启动按钮 SB₂) 和停止信号 I0.0 (停止按钮 SB₁) 持续为 ON 的时间一般都很短, 这种信号称为短信号。启—保—停电路最主要的特点是具有“记忆”功能, 按下启动按钮 SB₂, I0.1 的动合触点接通, 如果这时未按停止按钮和过载保护没有动作, I0.0 和 I0.2 的动断触点接通, Q0.0 的线圈“得电”, 它的动合触点同时接通。放开启动按钮, I0.1 的动合触点断开, “能流”经 Q0.0 的动合触点和 I0.0 和 I0.1 的动断触点流过 Q0.0 的线圈, Q0.0 仍为 ON, 这就是所谓的“自锁”或“自保持”功能。按下停止按钮或过载保护动作, I0.0 或 I0.2 的动断触点断开, 使 Q0.0 的线圈“失电”, 其动合触点断开, 以后即使放开停止按钮和过载保护不动作, I0.0 和 I0.2 的动断触点恢复接通状态, Q0.0 的线圈仍然“失电”。

很容易看出, 该梯形图与继电器控制电路图在图形结构上是非常一致的。为了以后的叙述方便, 将这一梯形图叫做启—保—停电路。它是梯形图的最基本的单元电路, 包含了一个梯形图支路的所有要素:

- (1) 使支路的输出线圈启动(置 1)的条件, 此处为 I0.1。
- (2) 使支路的线圈保持的条件, 此处为 Q0.0。
- (3) 使支路的线圈停止(置 0)的条件, 此处为 I0.0。

4. 电路工作过程

(1) 启动

①按下启动按钮 SB₂ → 输入继电器 I0.1 得电 → ②动合触点 I0.1 闭合 →
 → ③输出继电器 Q0.0 得电 → ④接触器 KM 得电 → ⑤主触点闭合, 电动机启动运行
 ↳ ⑥动合触点 Q0.0 闭合, 自锁

(2) 停机

①按下停止按钮 SB₁ → 输入继电器 I0.0 得电 → ②动断触点 I0.0 断开 →
 → ③输出继电器 Q0.0 失电 → ④接触器 KM 失电 → 主触点断开, 电动机停转
 ↳ ⑤动合触点 Q0.0 断开, 解除自锁

(3) 过载保护

①过载时, FR 闭合 → 输入继电器 I0.2 得电 → ②动断触点 I0.2 断开 →
 → ③输出继电器 Q0.0 失电 → ④接触器 KM 失电 → 主触点断开, 电动机停转
 ↳ ⑤动合触点 Q0.0 断开, 解除自锁

在实际电路中,启动信号和停止信号可能由多个触点组成的串、并联电路提供。

【例 2-2】用置位复位指令编程的具有过载报警的电动机单向运行的 PLC 控制电路

1. PLC 控制电路

PLC 控制电路的主电路同图 2-1(a), PLC 的 I/O 接线如图 2-3(a)所示。

2. 梯形图

图 2-3(b)为 PLC 控制电路的梯形图。

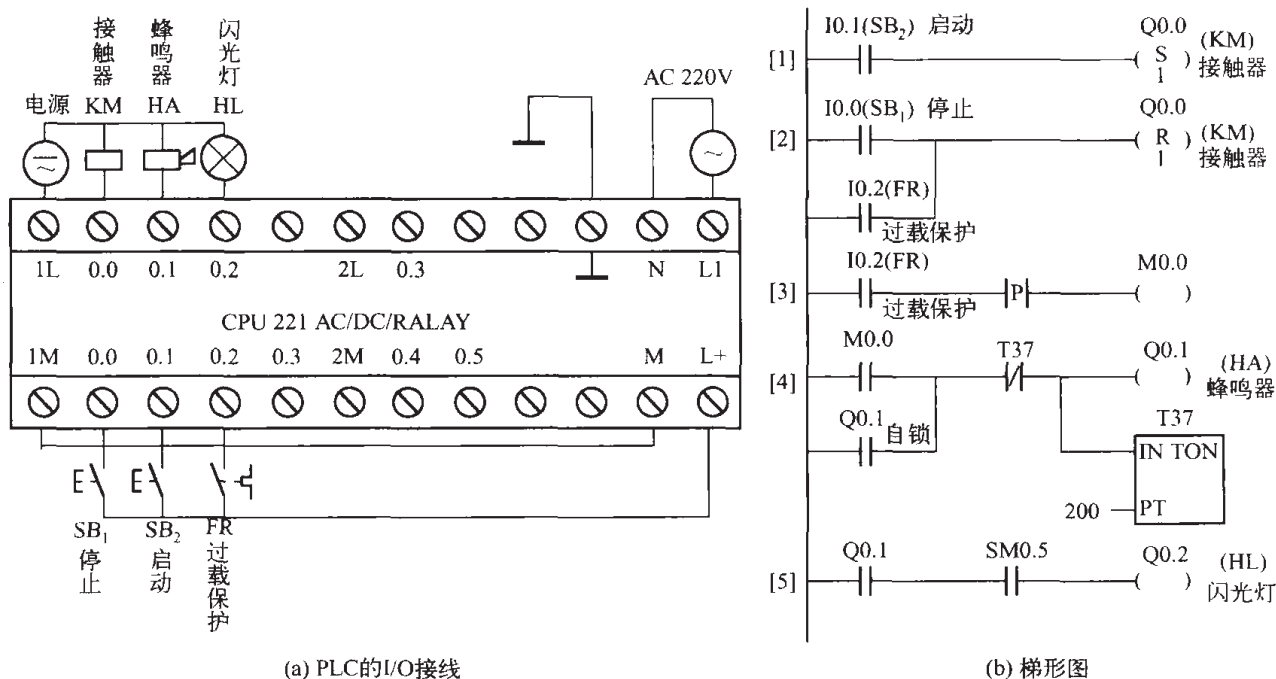


图 2-3 PLC 的 I/O 接线和梯形图

3. 电路工作过程

(1) 启动

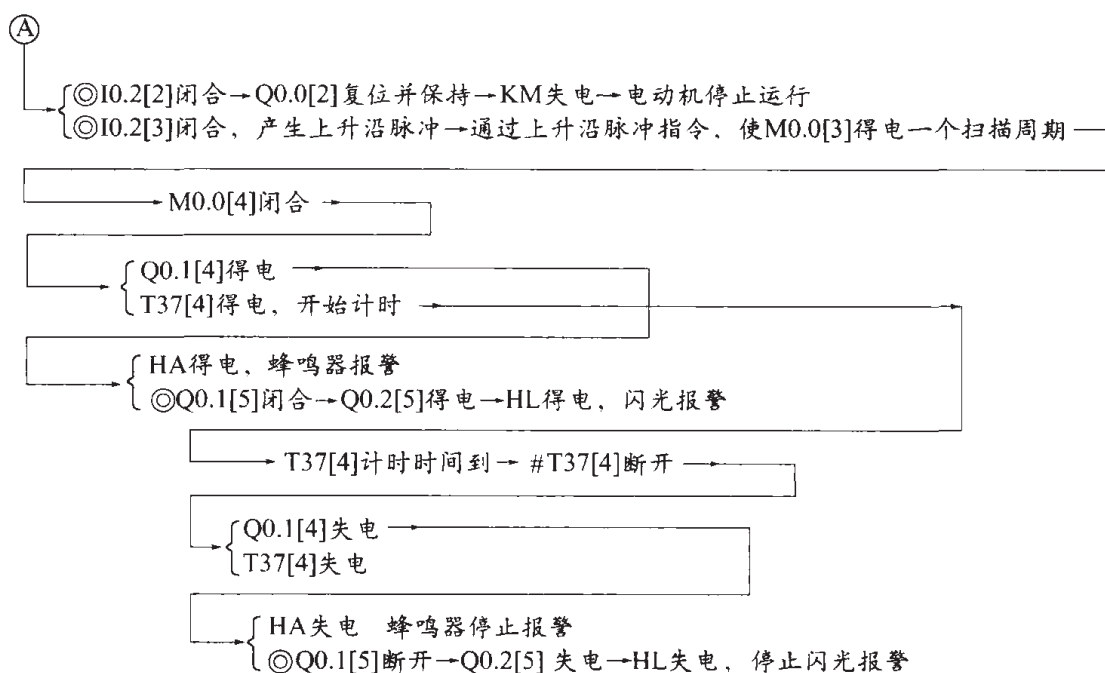
按下启动按钮SB₂→输入继电器I0.1得电→①I0.1[1]闭合→
→Q0.0[1]置位并保持→KM得电→电动机启动运行

(2) 停止

按下停止按钮SB₁→输入继电器I0.0得电→②I0.0[2]闭合→
→Q0.0[2]复位并保持→KM失电→电动机停止运行

(3) 过载保护及声光报警

过载时, FR闭合→输入继电器I0.2得电→
③



【例 2-3】 具有点动调整功能的电动机启动、停止控制电路

1. PLC 的 I/O 配置和 PLC 的控制电路

有些设备的运动部件的位置常常需要进行调整, 这就要用到点动调整功能。这样除了上述启动按钮、停止按钮外, 还需要增添点动按钮 SB_3 , PLC 的 I/O 配置如表 2-2 所示。

表 2-2 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|--------|------|--------------|------|-----|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB_1 | 停止按钮 | I0.0 | KM | 接触器 | Q0.0 |
| SB_2 | 启动按钮 | I0.1 | | | |
| SB_3 | 点动按钮 | I0.2 | | | |
| FR | 热继电器 | I0.3 | | | |

PLC 控制电路的主电路同图 2-1(a), PLC 的 I/O 接线如图 2-4 所示。

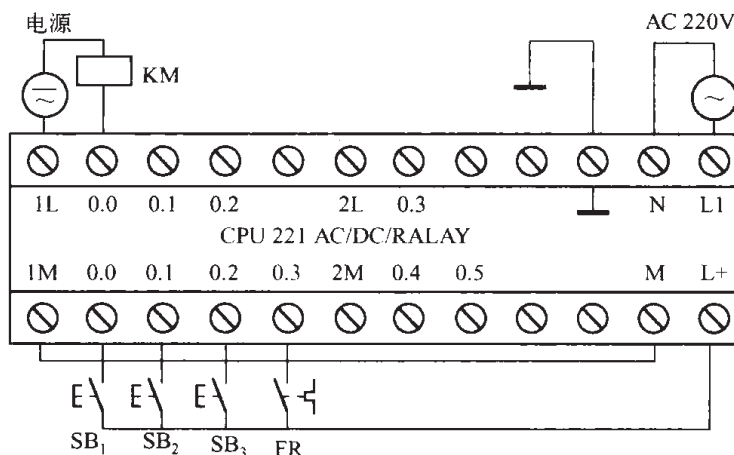


图 2-4 PLC 的 I/O 接线

2. 梯形图

如图 2-5 所示为 PLC 控制电路的梯形图。

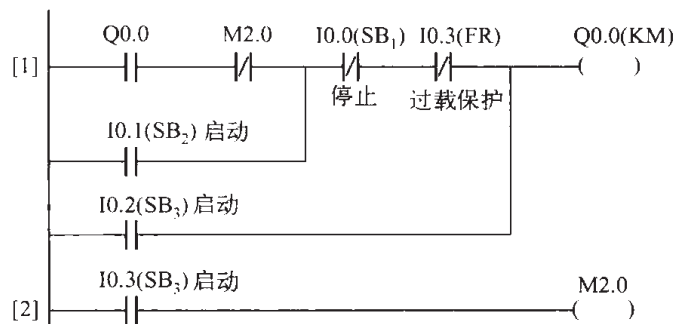


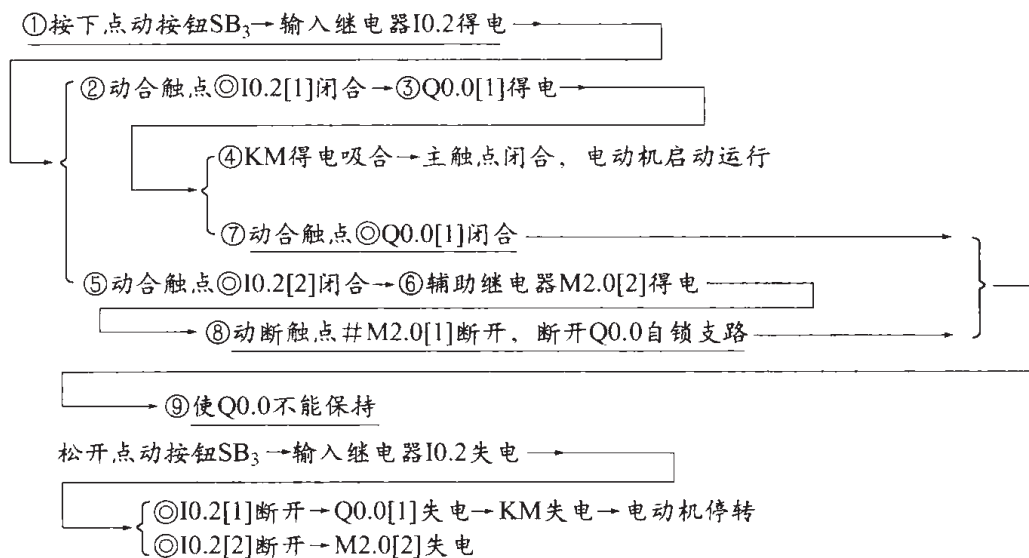
图 2-5 梯形图

3. 识读要点

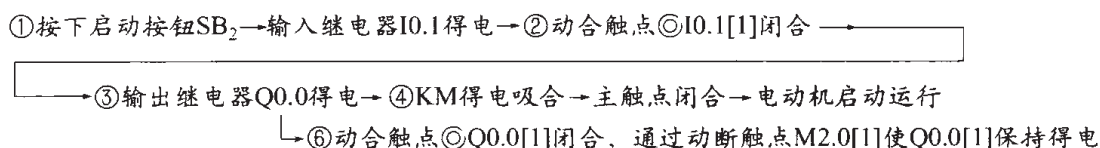
在继电器控制电路中,点动的控制是采用复合按钮实现的,即利用动合、动断触点的先断后合的特点实现的。而 PLC 梯形图中的“软继电器”的动合触点和动断触点的状态转换是同时发生的,这时,可采用图 2-5 所示的位存储器 M2.0 及其动断触点来模拟先断后合继电器的特性。该程序中运用了 PLC 的周期循环扫描工作方式而造成的输入、输出延迟响应来达到先断后合的效果的。注意:若将 M2.0 内部线圈与 Q0.1 输出线圈两个线圈的位置对调一下,则不能产生先断后合的效果。

4. 电路工作过程

(1) 点动



(2) 连续运行



【例2-4】电动机单向间歇运行的PLC控制

1. 控制要求

电动机运行一段时间后自动停止,停止一段时间后自动启动,如此循环。

2. PLC控制电路

PLC控制电路的主电路同图2-1(a),PLC的I/O接线如图2-6所示。

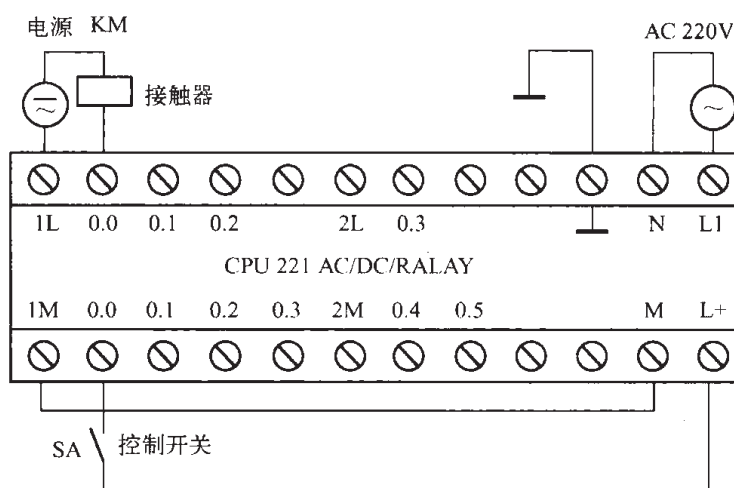


图 2-6 PLC 的 I/O 接线

3. 梯形图和时序图

如图 2-7 所示为 PLC 控制电路的梯形图和时序图。从时序图可以看出,电动机的运行时间由定时器 T37 的设定值控制,停止时间由定时器 T38 的设定值控制。设定时间可根据实际要求确定。

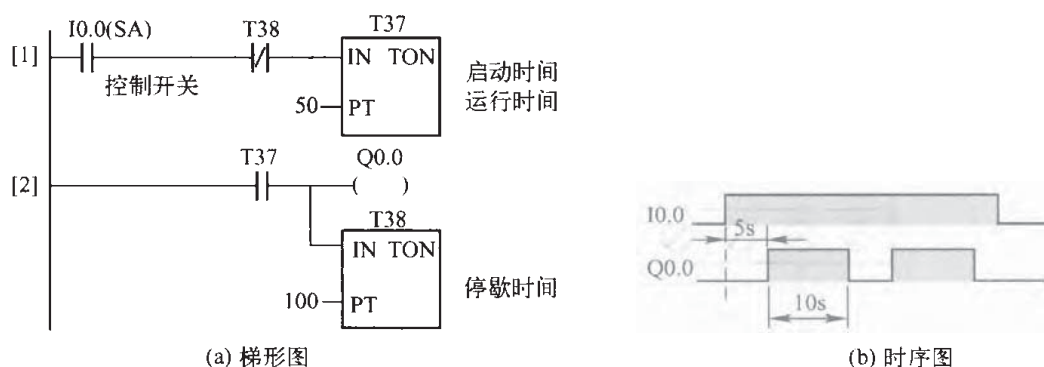
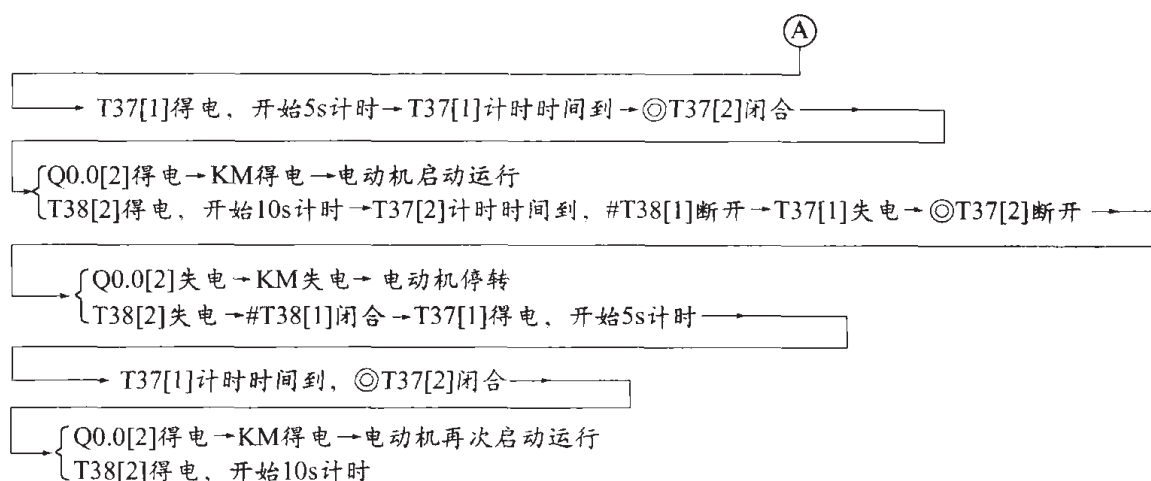


图 2-7 梯形图和时序图

4. 电路工作过程

合上控制开关 SA → 输入继电器 I0.0 得电 → I0.0[1] 闭合 →





【例 2-5】 单按钮控制的电动机的启动、停止控制电路 3 例

1. 控制要求

在大多数电气设备的控制中,启动操作和停止操作通常是通过 2 只按钮分别控制的。如果 1 台 PLC 控制多个这种具有启动/停止操作的设备时,势必占用很多输入点。有时为了节省输入点,通过软件编程,实现用单按钮启动/停止控制。

操作方法是:按一下该按钮,输入的是启动信号,再按一下该按钮,输入的则是停止信号……,即单数次为启动信号,双数次为停止信号。

2. PLC 控制电路

PLC 控制电路的主电路同图 2-1(a),PLC 的 I/O 接线如图 2-8 所示。

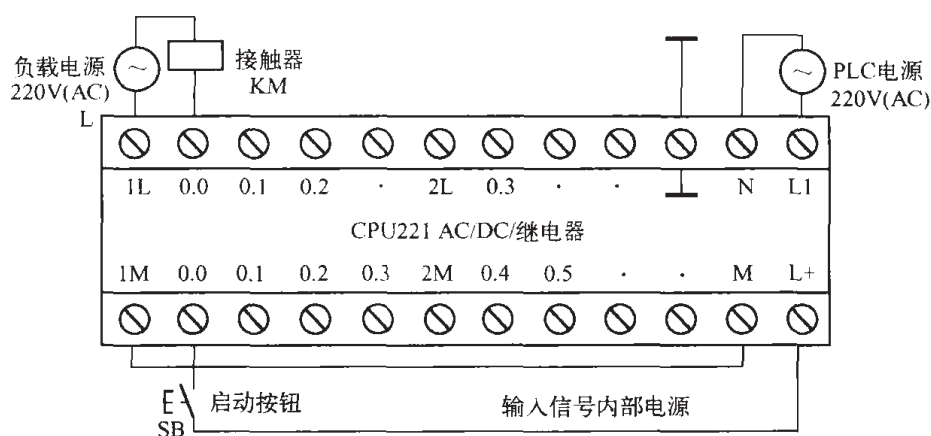


图 2-8 PLC 的 I/O 接线

【例 2-5-1】 利用上升沿指令编程

PLC 控制电路的梯形图如图 2-9 所示,IO.0 作为启动、停止按钮相对应的输入继电器,第一次按下时 Q0.0 有输出,第二次按下时 Q0.0 无输出,第三次按下 Q0.0 又有输出。图中示出了其工作时序图。

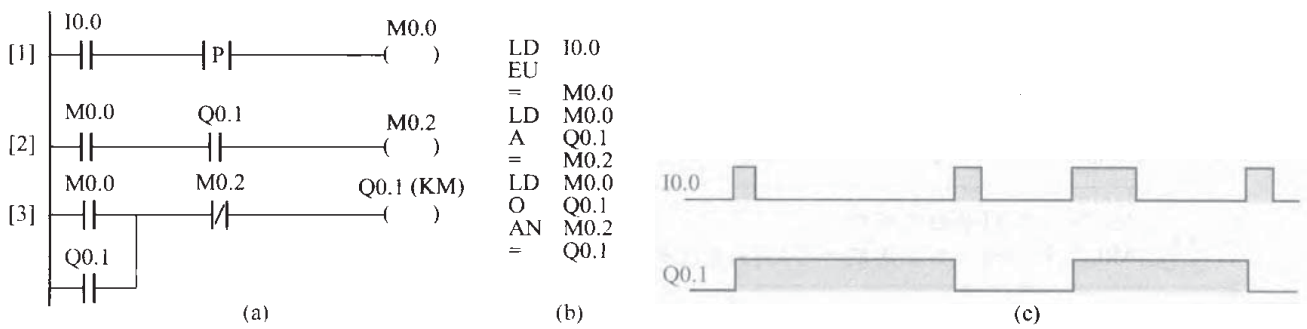
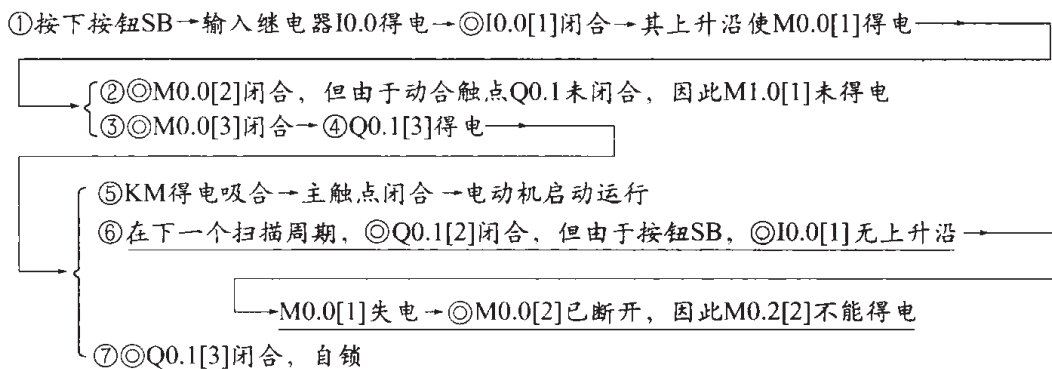


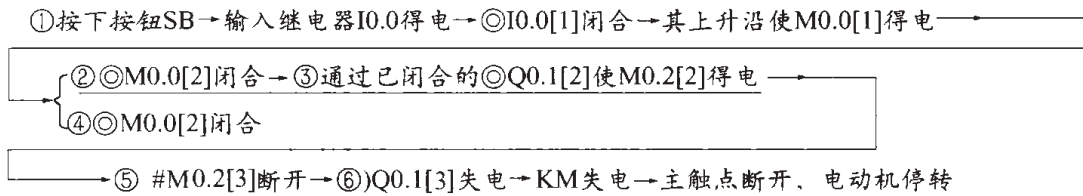
图 2-9 梯形图

(1) 启动,第 1 次按下按钮 SB



然后松开SB→输入继电器I0.0失电→M0.0[1]失电→M1.0[2]、[3]断开

(2) 停止,第 2 次按下按钮 SB



(3) 第 3 次按下 SB 电动机再次启动。

【例 2-5-2】采用上升沿指令和置位复位指令编程的单按钮控制电路 PLC 控制电路的梯形图和语句表如图 2-10 所示。

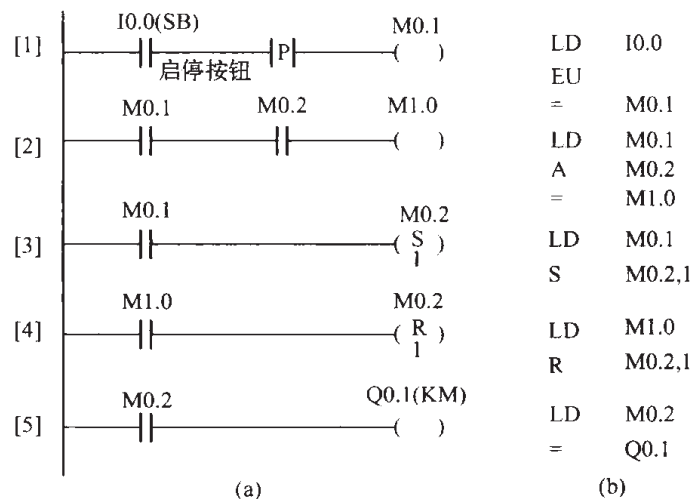
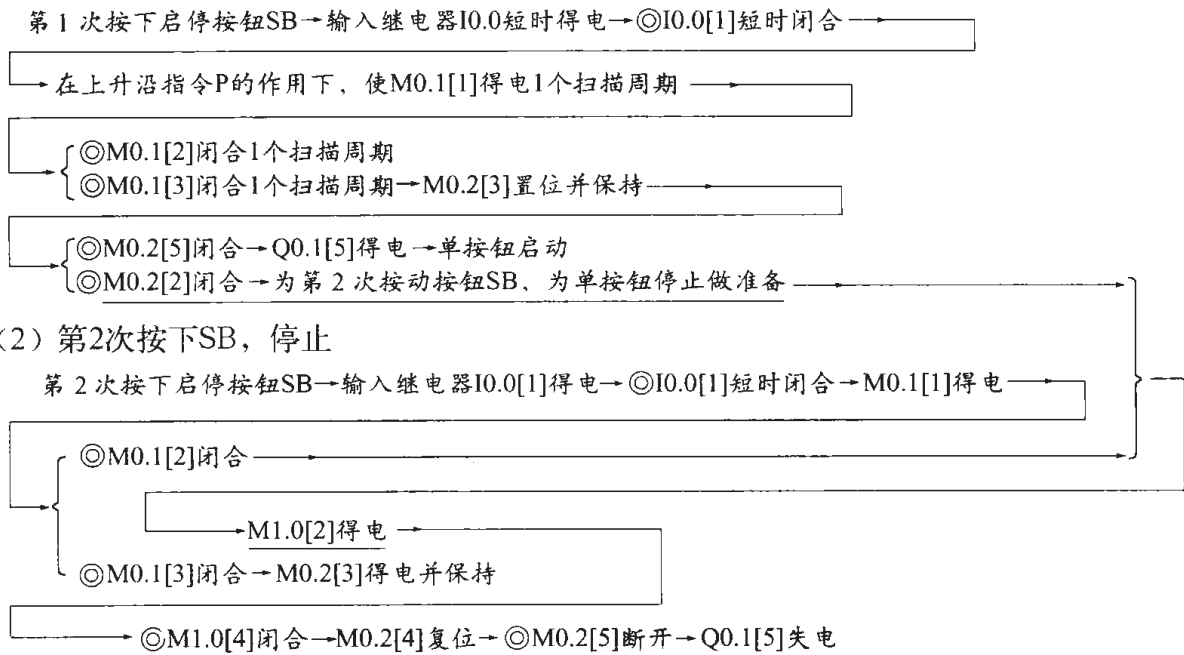


图 2-10 梯形图和语句表

(1) 第 1 次按下 SB, 启动



(3) 第 3 次按下 SB, 电动机再次启动

【例 2-5-3】 用计数器指令编程的单按钮控制
 梯形图和语句表如图 2-11 所示。

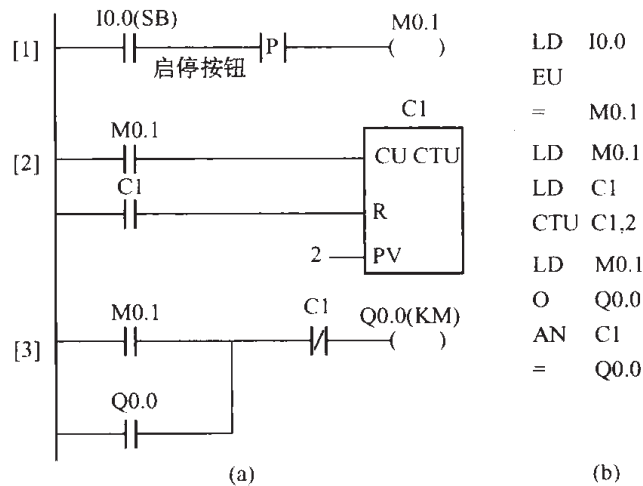
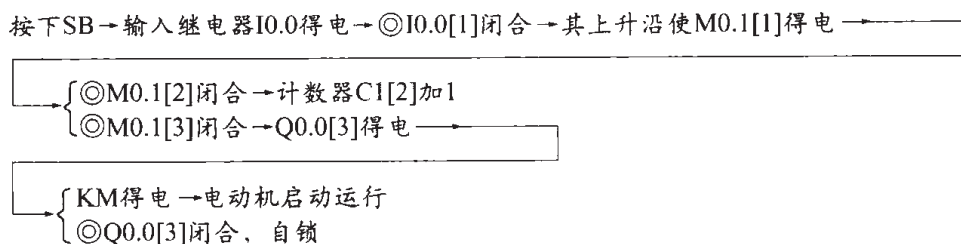
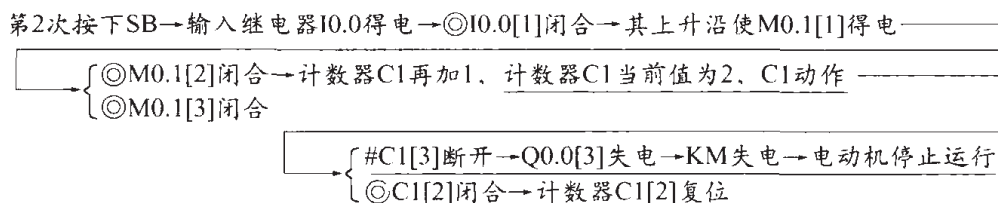


图 2-11 梯形图和语句表

(1) 第 1 次按下 SB 启动



(2) 第2次按下SB,停止



(3) 第3次按下SB,电动机再启动

【例2-6】电动机正反转的PLC控制

1. 控制要求

- ① 用两个按钮控制起停,按动启动按钮后,电动机开始正转。
- ② 正转5 min后,停3 min,然后再开始反转。
- ③ 反转5 min后,停5 min,再正转,依次循环。
- ④ 如果按动停止按钮开关,不管电动机在哪个状态(正转、反转或停止),电动机都要停止运行,不再循环运行。

电动机可逆运行方向的切换是通过两个接触器 KM_1 、 KM_2 的切换来实现的。切换时要改变电源的相序。在设计程序时,必须防止由于电源换相所引起的短路事故,例如,由正向运转切换到反向运转时,当正转接触器 KM_1 断开时,由于其主触点内瞬时产生的电弧,使这个触点仍处于接通状态;如果这时使反转接触器 KM_2 闭合,就会使电源短路。因此必须在完全没有电弧的情况下才能使反转的接触器闭合。

2. 配置表和电路图

PLC的I/O配置如表2-3所示,PLC的控制电路如图2-12所示。

表2-3 PLC的I/O配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|------|--------------|-----------------|----------|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 启动按钮 | I0.0 | KM ₁ | 电动机正转接触器 | Q0.0 |
| SB ₂ | 停止按钮 | I0.1 | KM ₂ | 电动机反转接触器 | Q0.1 |

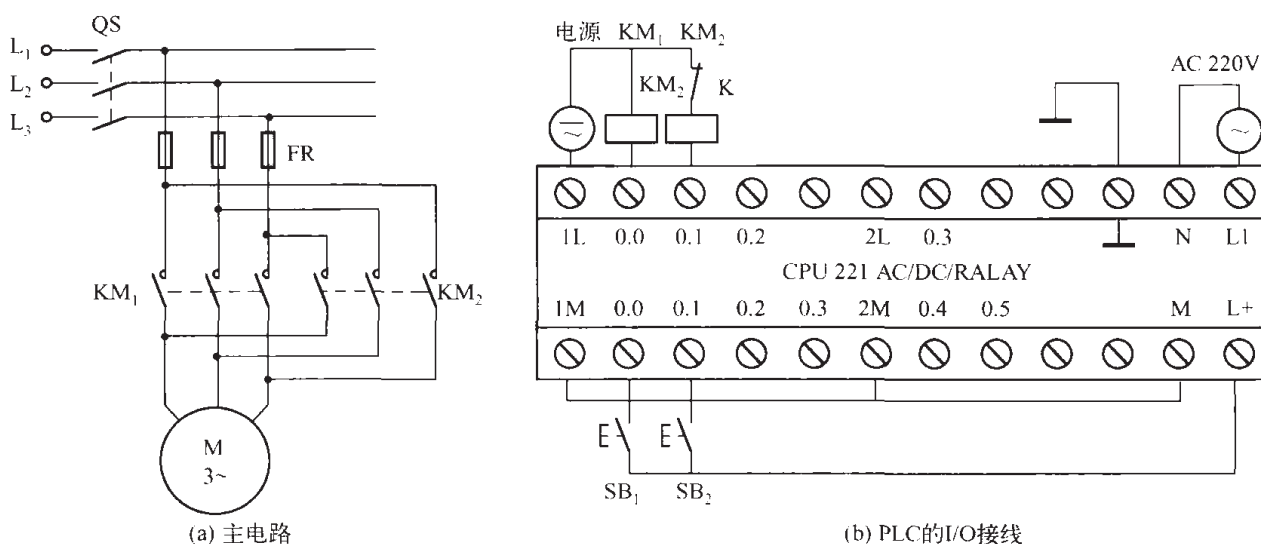


图2-12 PLC的控制电路

3. 顺序功能图和梯形图

图 2-13 和图 2-14 分别为 PLC 控制的顺序功能图和梯形图。

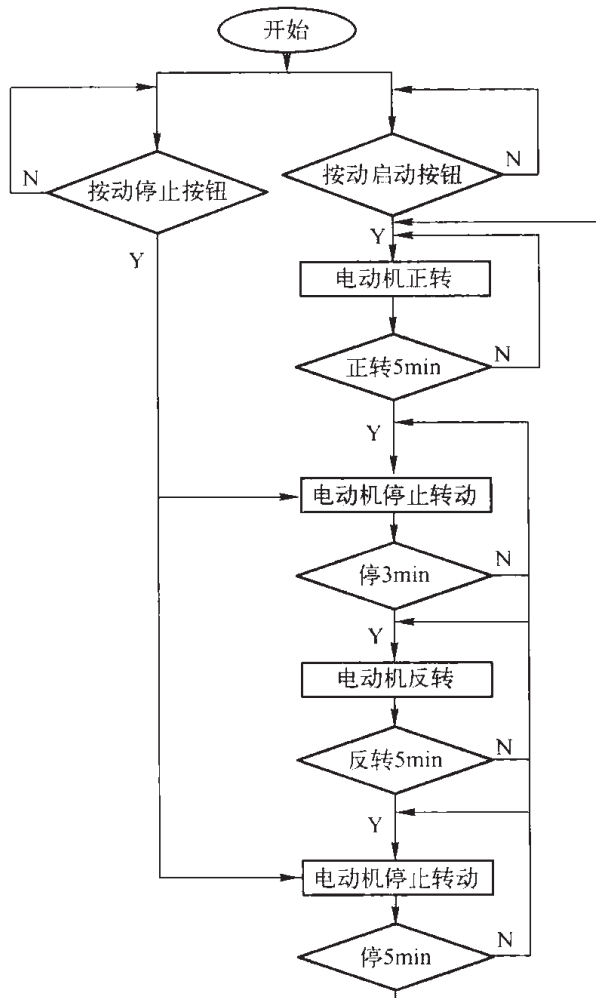


图 2-13 顺序功能图

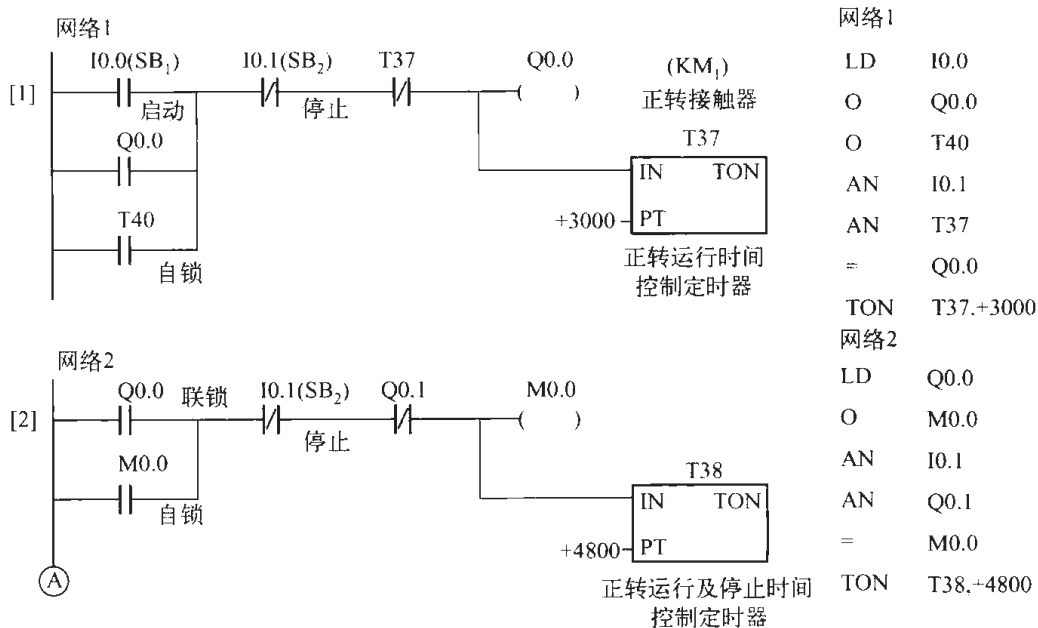


图 2-14 梯形图

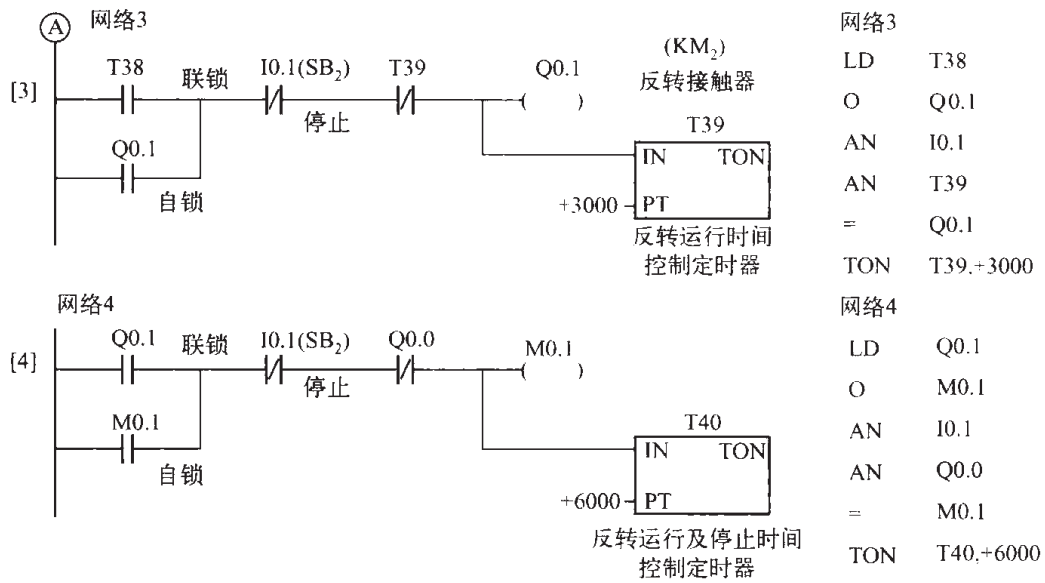
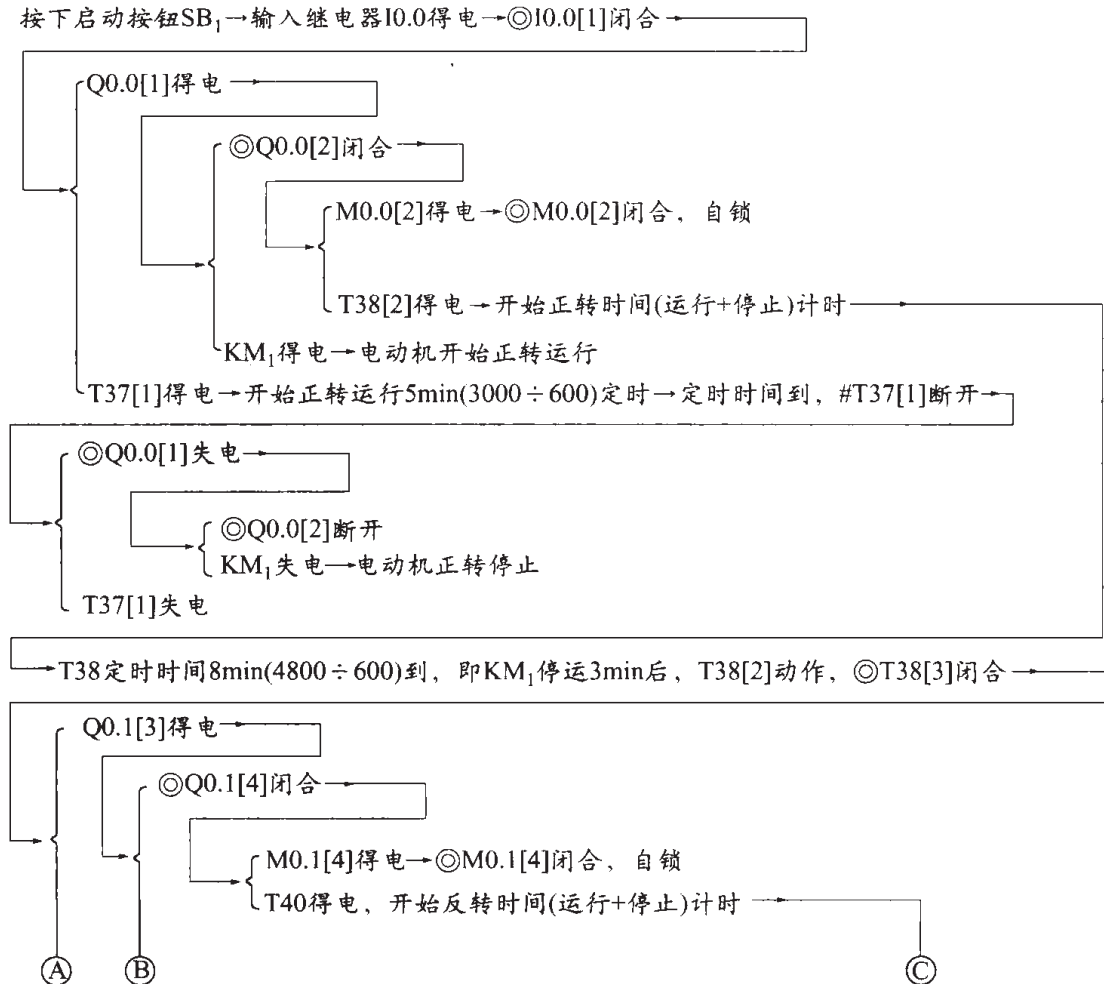
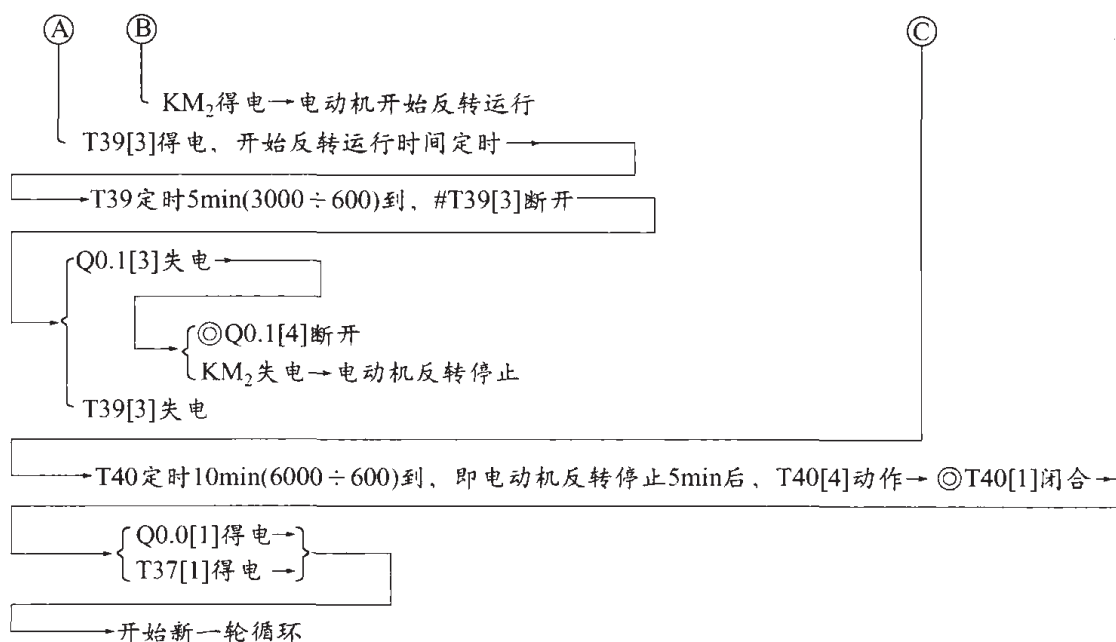


图 2-14 梯形图(续)

4. 电路工作过程

(1) 启动





(2) 停止

按下停止按钮 SB_2 → 输入继电器 $I0.1$ 得电 → # $I0.1[1 \sim 4]$ 闭合 → KM_1 、 KM_2 、T37 ~ T40 失电

【例 2-7】直接转换的电动机正反转运行控制

1. PLC 的 I/O 配置及 PLC 的控制电路

输入信号设有停止按钮 SB_1 、正向启动按钮 SB_2 和反向启动按钮 SB_3 ; 输出信号设有正、反向接触器 KM_1 和 KM_2 。PLC 的 I/O 配置如表 2-4 所示。

表 2-4 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|--------|--------|--------------|--------|----------|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB_1 | 停止按钮 | $I0.0$ | KM_1 | 电动机正转接触器 | $Q0.1$ |
| SB_2 | 正转启动按钮 | $I0.1$ | KM_2 | 电动机反转接触器 | $Q0.2$ |
| SB_3 | 反转启动按钮 | $I0.2$ | | | |
| SB_4 | 启动按钮 | $I0.3$ | | | |

PLC 的控制电路的主电路同图 2-12(a), PLC 的 I/O 接线如图 2-15 所示。

2. 梯形图

由于 PLC 内部处理过程中,同一元件的动合、动断触点的切换没有时间的延迟,因此必须采用防止电源短路的方法,在如图 2-16 所示的梯形图中,采用定时器 T37、T38 分别作为正转、反转切换的延迟时间,从而防止了切换时发生电源短路故障。

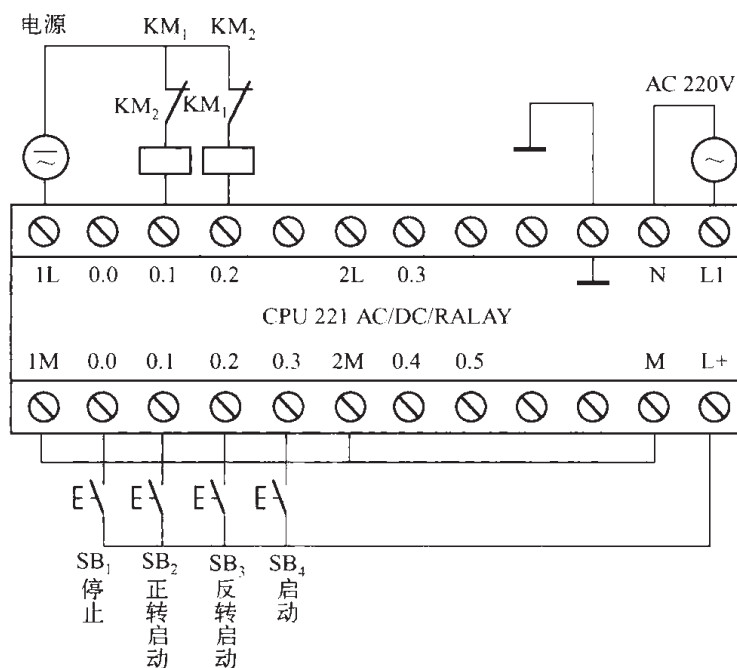


图 2-15 PLC 的 I/O 接线

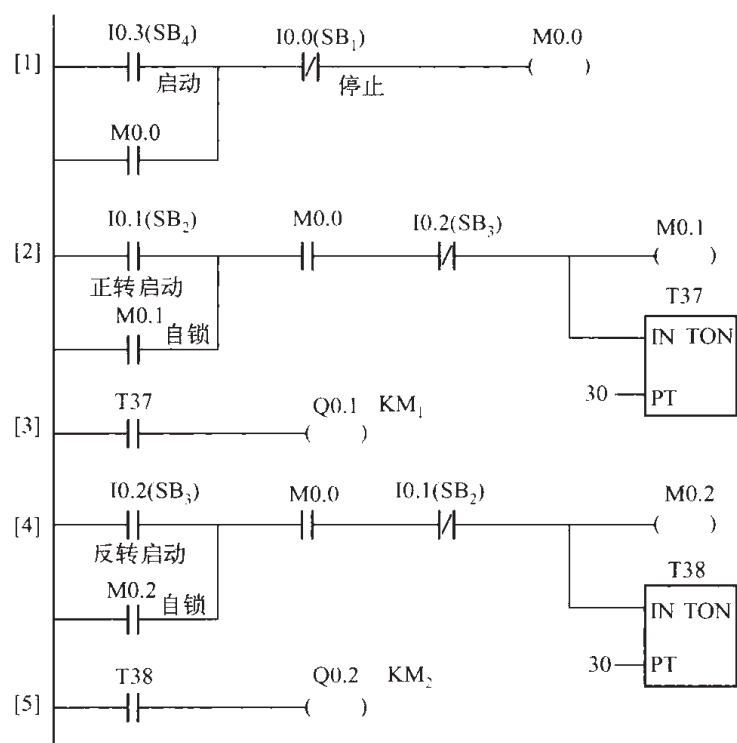


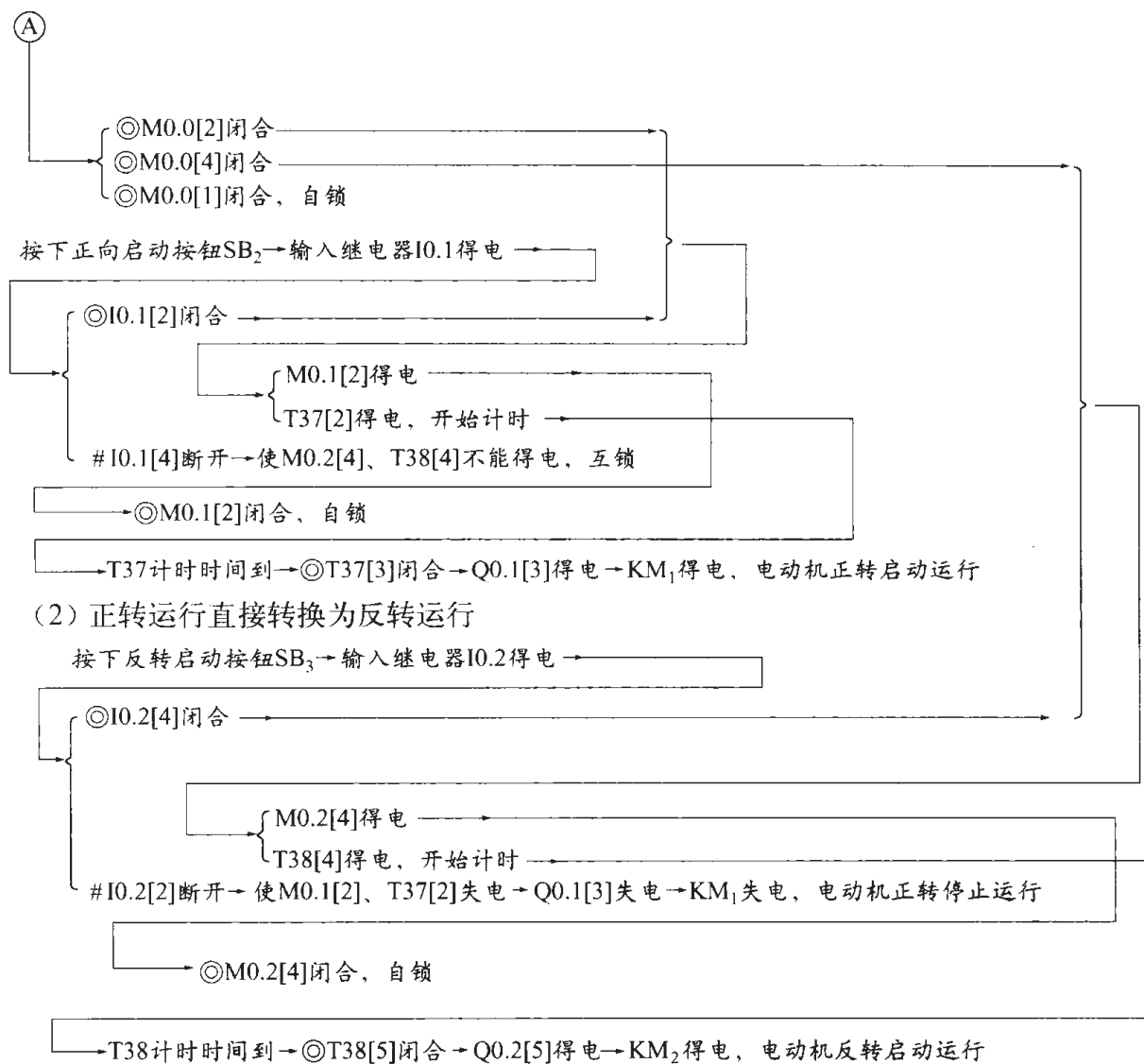
图 2-16 梯形图

3. 电路工作过程

(1) 正转启动

按下启动按钮SB₄→输入继电器I0.3得电→I0.3[1]闭合→M0.0[1]得电→

Ⓐ



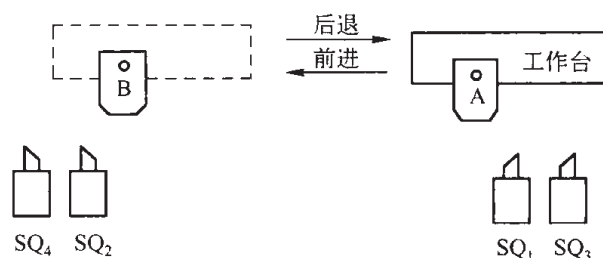
(3) 停止

按下停止按钮 SB_1 → 输入继电器 I0.0[1] 得电 → #I0.0[1] 断开 → M0.0[1] 失电 → 电动机停转

【例 2-8】 行程开关控制的自动循环控制电路

1. 工作示意图、PLC 控制图和梯形图

工作示意图、PLC 控制图如图 2-17 所示, 梯形图如图 2-18 所示。



(a) 工作示意图

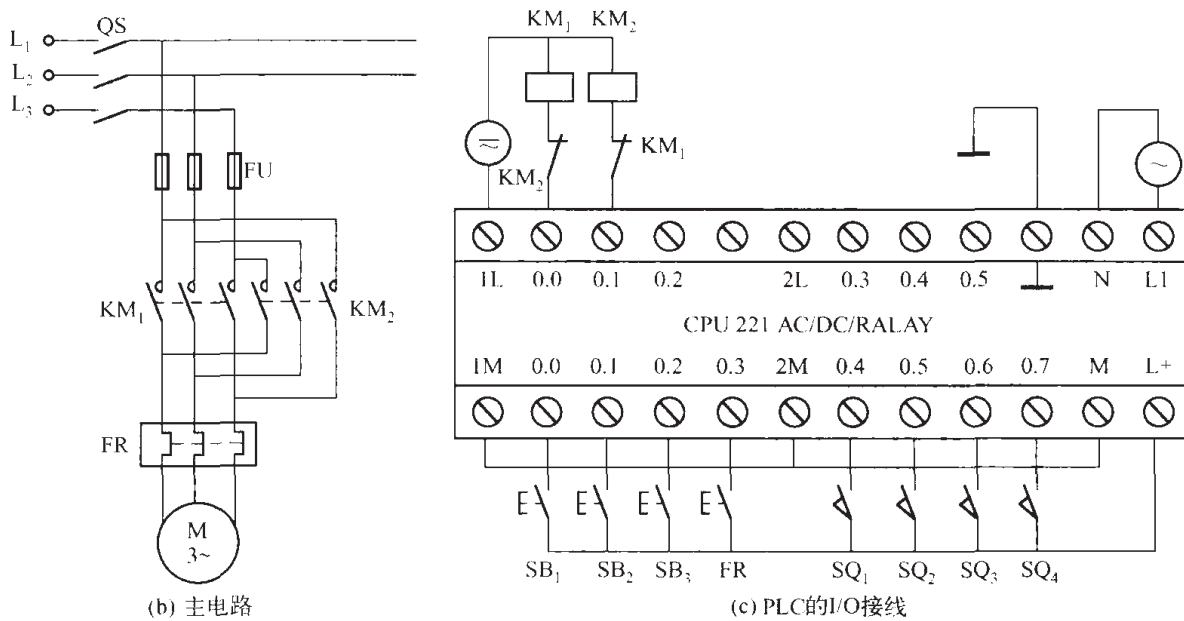


图 2-17 自动循环控制的 PLC 控制电路

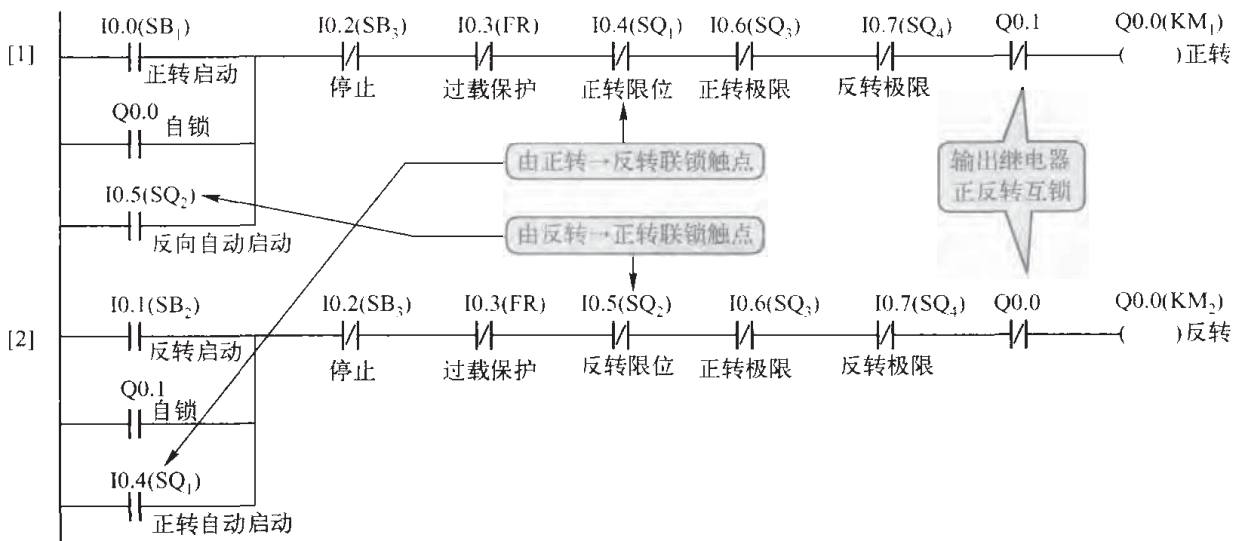
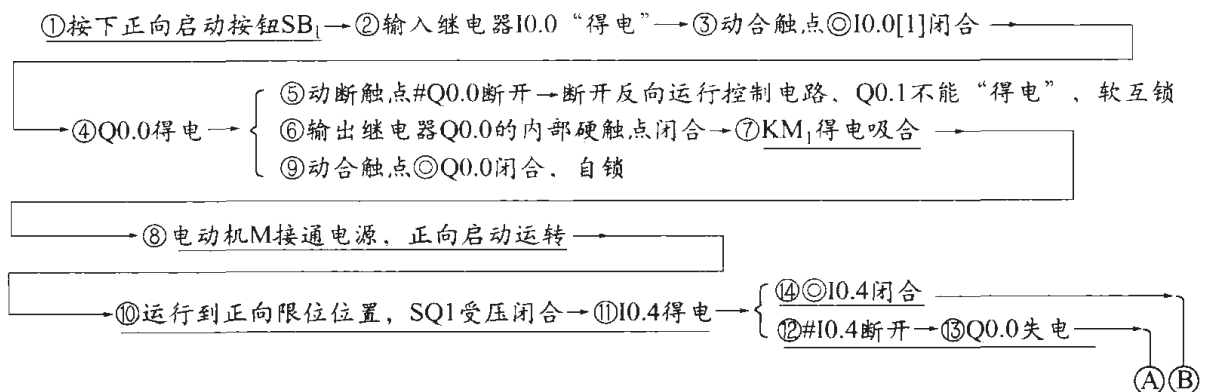
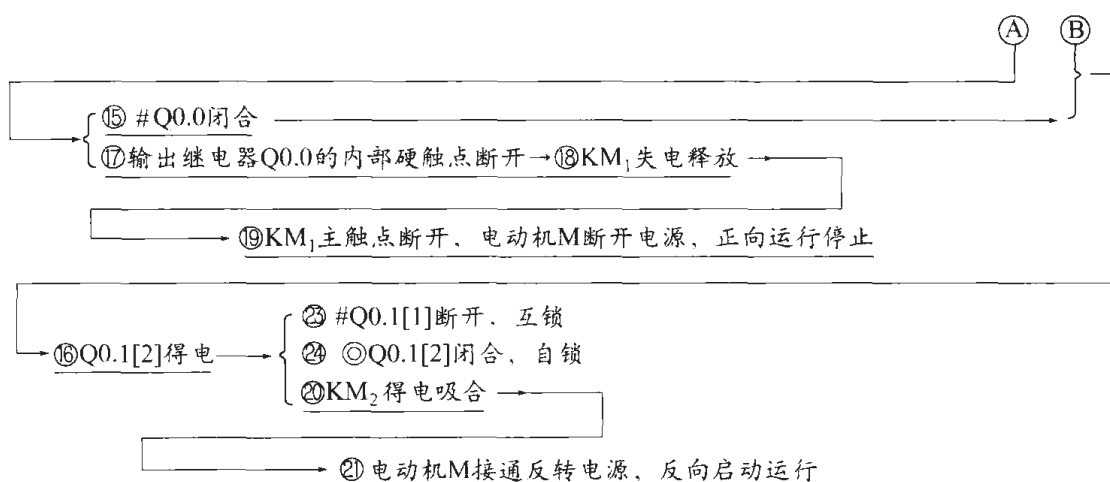


图 2-18 梯形图

2. 工作过程

(1) 正向运行控制





(2) 反向运行控制

反向运行控制的工作过程与正向运行控制的工作过程,不再赘述。

【例 2-9】 交流电动机 Y- Δ 降压启动的 PLC 控制(一)

1. 控制要求

对于较大容量的交流电动机,启动时可采用 Y- Δ 降压启动。电动机开始启动时为 Y 形连接,延时一定时间后,自动切换到 Δ 形连接运行。Y- Δ 转换用两个接触器切换完成,由 PLC 输出点控制。

2. PLC 的 I/O 配置和 PLC 的控制电路

PLC 的 I/O 配置如表 2-5 所示。电动机 Y- Δ 减压启动的 PLC 控制电路如图 2-19 所示,由图 2-19(a)所示的主电路可看出,电动机由接触器 KM_1 、 KM_2 、 KM_3 控制,其中 KM_3 将电动机绕组连接成星形, KM_2 将电动机绕组连接成三角形。 KM_2 与 KM_3 不能同时吸合,否则将产生电源短路,在程序设计过程中,应充分考虑由星形向三角形切换的时间,即当电动机绕组从星形切换到三角形时,由 KM_3 完全断开(包括灭弧时间)到 KM_2 接通这段时间应锁定住,以防电源短路。

表 2-5 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 启动按钮 | I0.0 | KM ₁ | 主接触器 | Q0.0 |
| SB ₂ | 停止按钮 | I0.1 | KM ₂ | Y 接触器 | Q0.1 |
| FR | 过载保护 | I0.2 | KM ₃ | Δ 接触器 | Q0.2 |

在图 2-19(b)所示的 PLC 的 I/O 接线中,在实际使用时由于 PLC 的执行速度快,外部交流接触器动作速度慢,因此在外电路必须考虑互锁,防止发生瞬间短路事故。

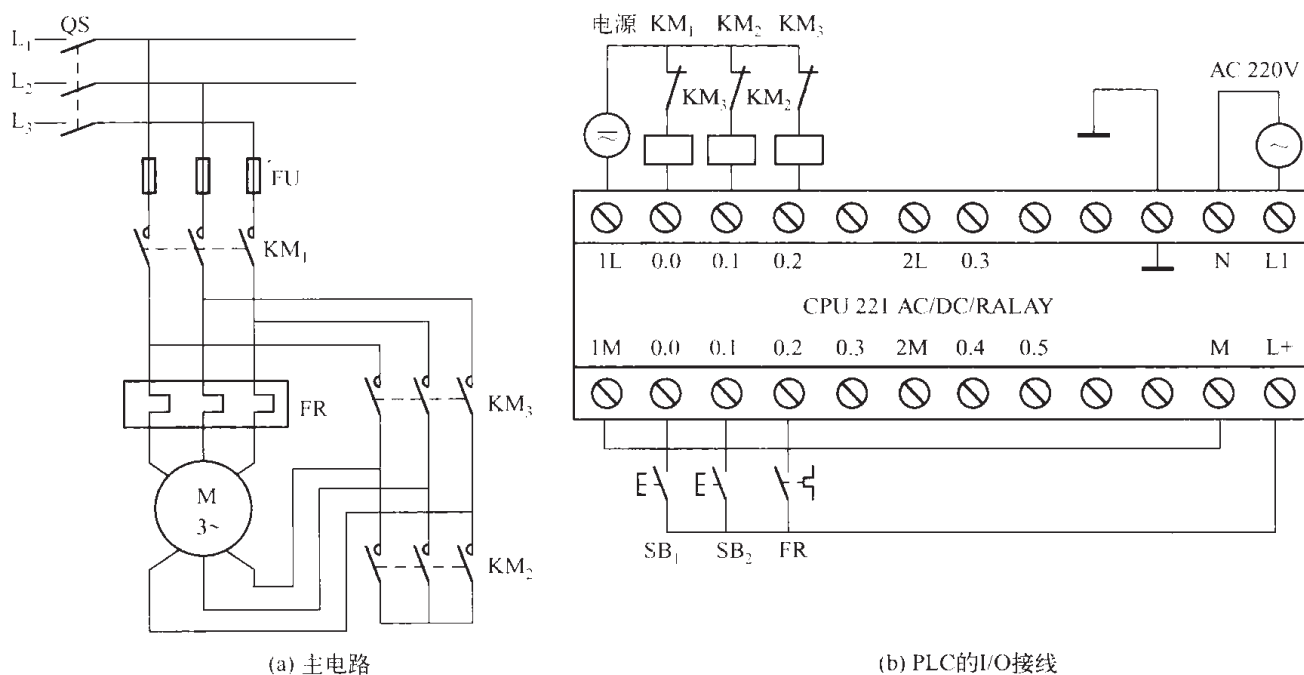


图 2-19 PLC 控制电路

3. 梯形图

图 2-20 为 PLC 控制电路的梯形图。

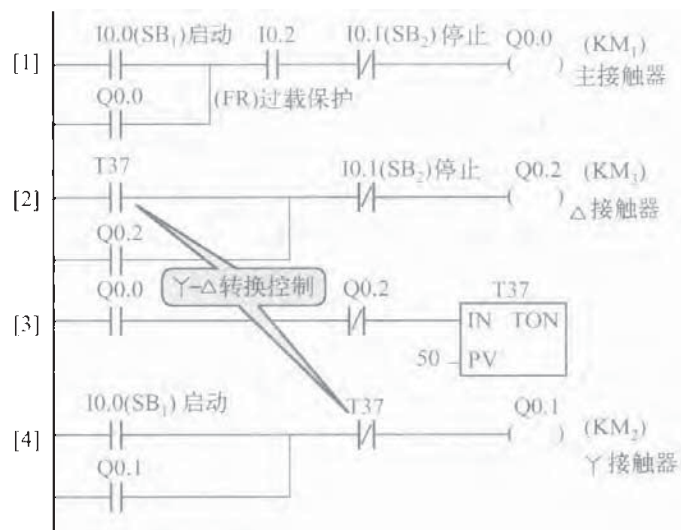
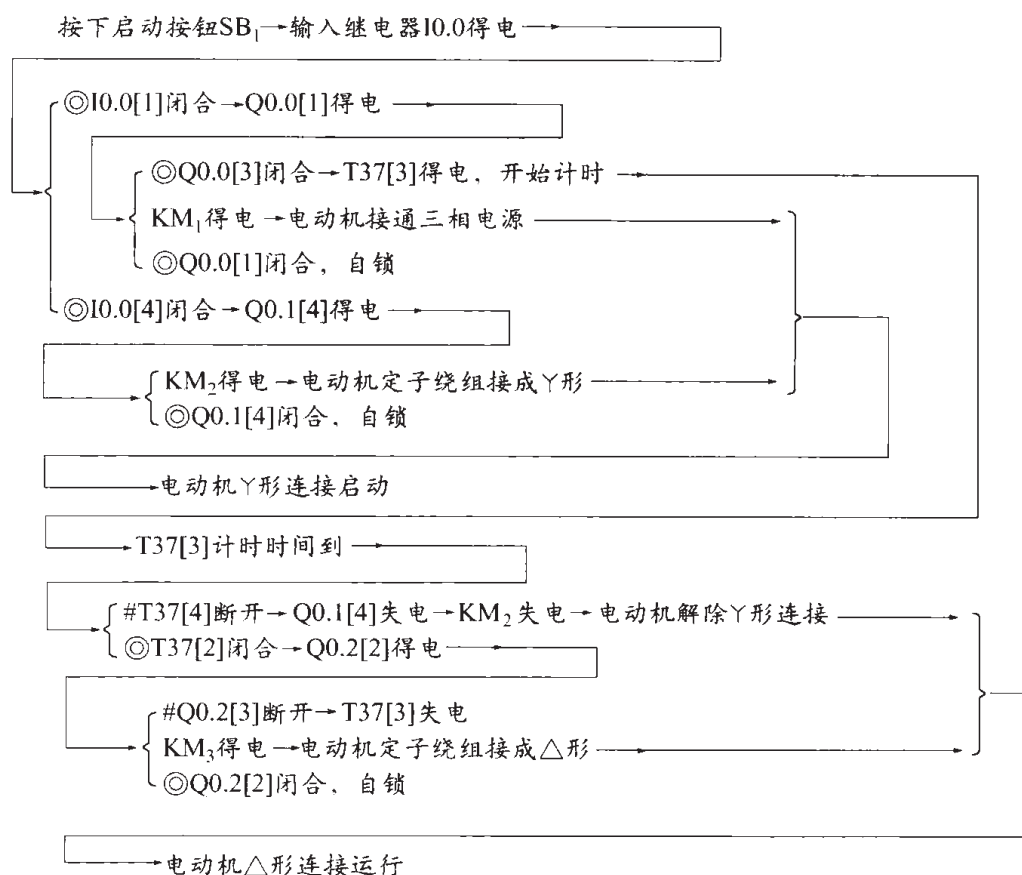


图 2-20 梯形图

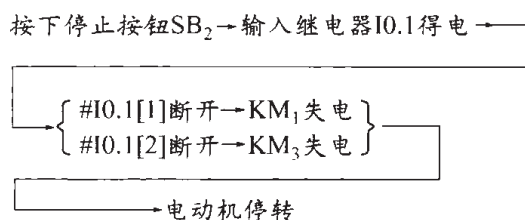
4. 电路工作过程

按启动按钮 SB_1 (I0.0), Q0.0 和 Q0.1 得电并自锁, 主接触器和 γ 接触器吸合, 电动机 γ 接启动, 同时 T37 得电延时, 5 s 后 γ 接触器断电, Δ 接触器吸合, 电动机 Δ 接运行。按停止按钮 I0.1 电动机停止运行。

(1) 启动



(2) 停止



【例 2-10】 交流电动机的Y-Δ减压启动的 PLC 控制(二)

1. PLC 的 I/O 配置和 PLC 控制电路

PLC 的 I/O 配置如表 2-5 所示,PLC 控制电路如图 2-19 所示。

2. 梯形图

如图 2-21 所示,用 T38 定时器使 KM₃ 断电 t_1 (2 s) 后再让 KM₂ 得电,保证 KM₃、KM₂ 不同时得电,避免电源相间短路。定时器 T37、T38、T39 的延时时间 t_1 、 t_2 、 t_3 可根据电动机启动电流的大小、所用接触器的型号,通过实验调整,选定合适的数值。延时时间 t_1 、 t_2 、 t_3 的值过长或过短均对电动机启动不利。

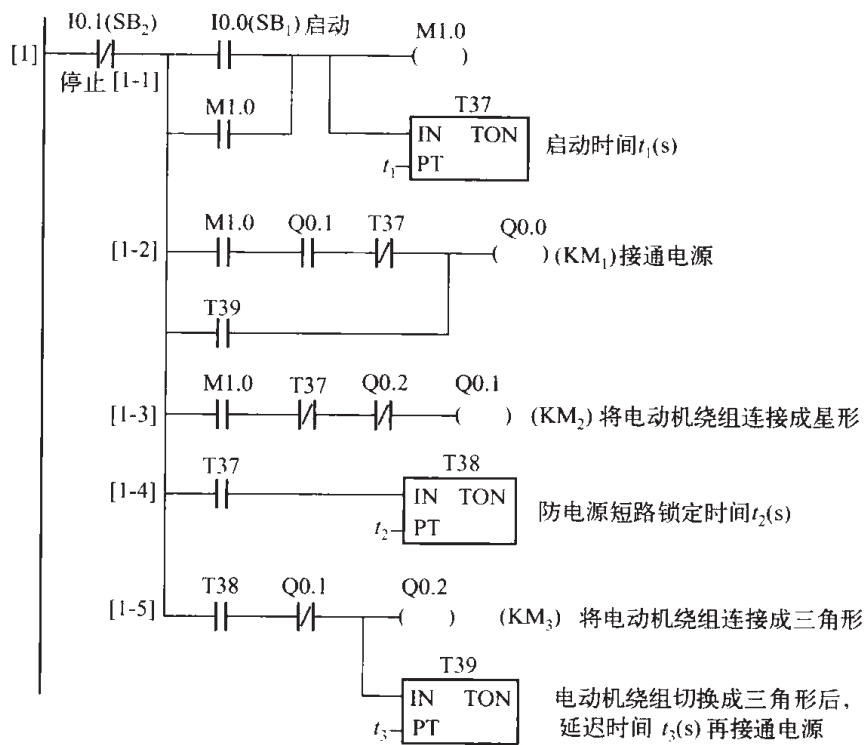
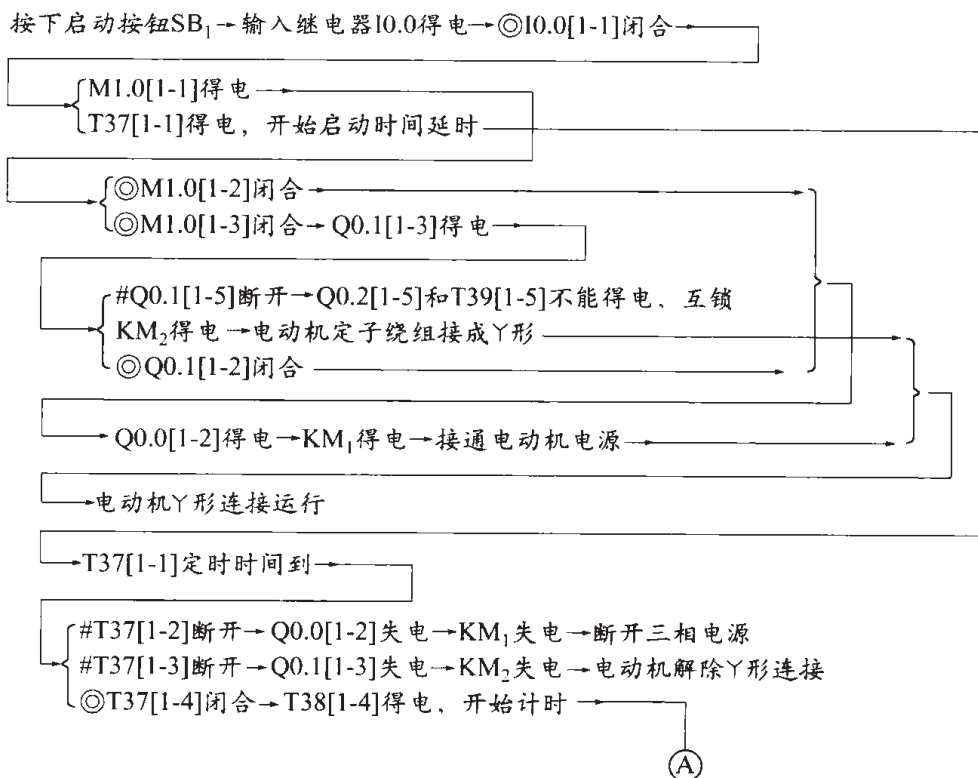
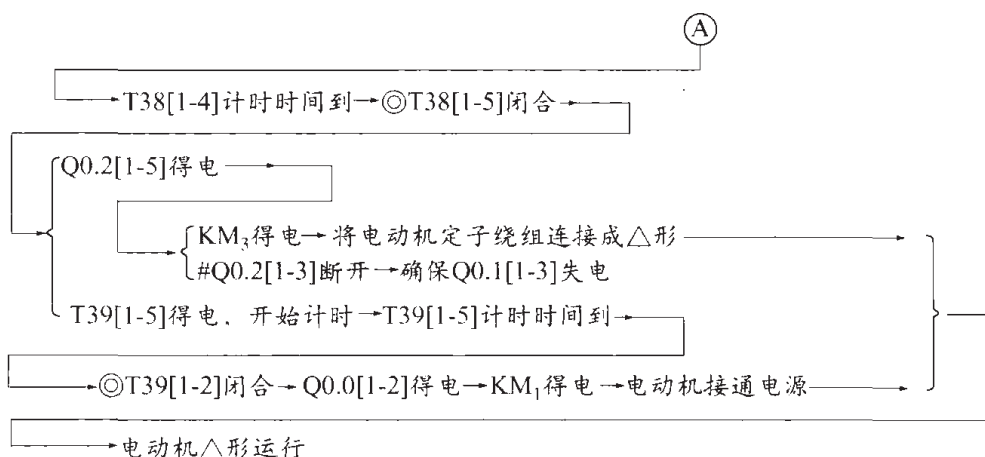


图 2-21 梯形图

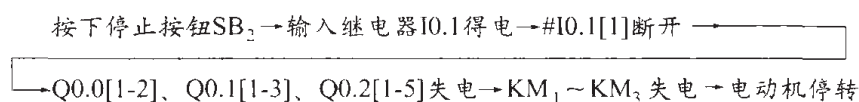
3. 电路工作过程

(1) 启动





(2) 停止



【例 2-11】 三相感应电动机的串电阻减压启动控制

1. PLC 控制电路

图 2-22 为三相感应电动机串电阻减压启动的 PLC 控制电路。

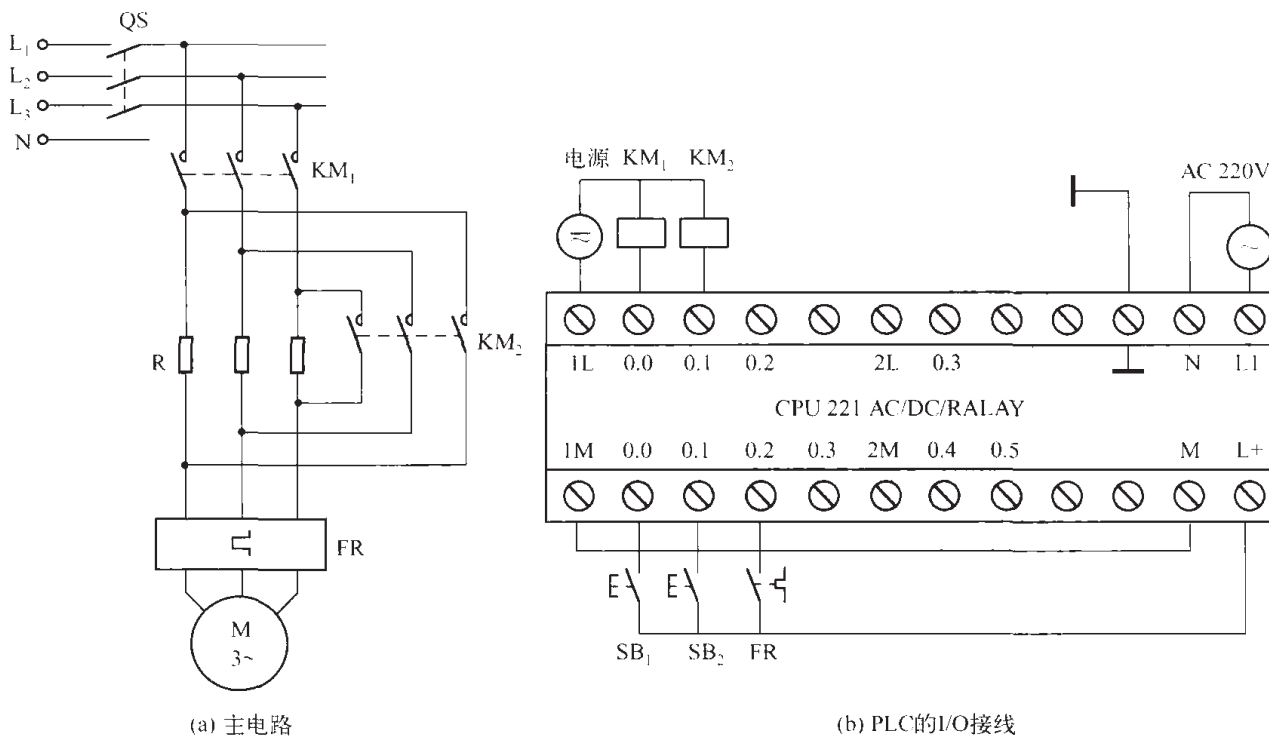


图 2-22 三相感应电动机串电阻减压启动的 PLC 控制电路

2. 梯形图

图 2-23 为 PLC 控制电路的梯形图。

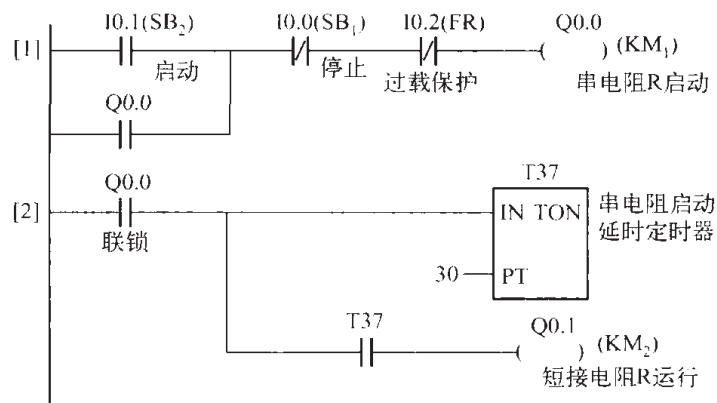
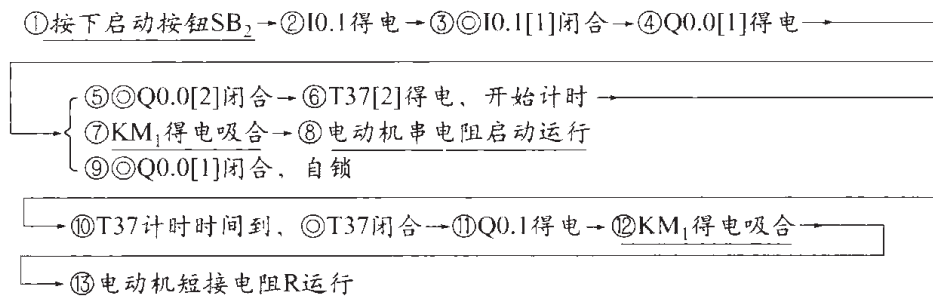


图 2-23 梯形图

3. 电路工作过程



【例 2-12】 三相感应电动机的串自耦变压器减压启动控制

1. PLC 控制电路和梯形图

图 2-24 为三相感应电动机串自耦变压器减压启动的 PLC 控制电路图,其梯形图如图 2-25 所示。

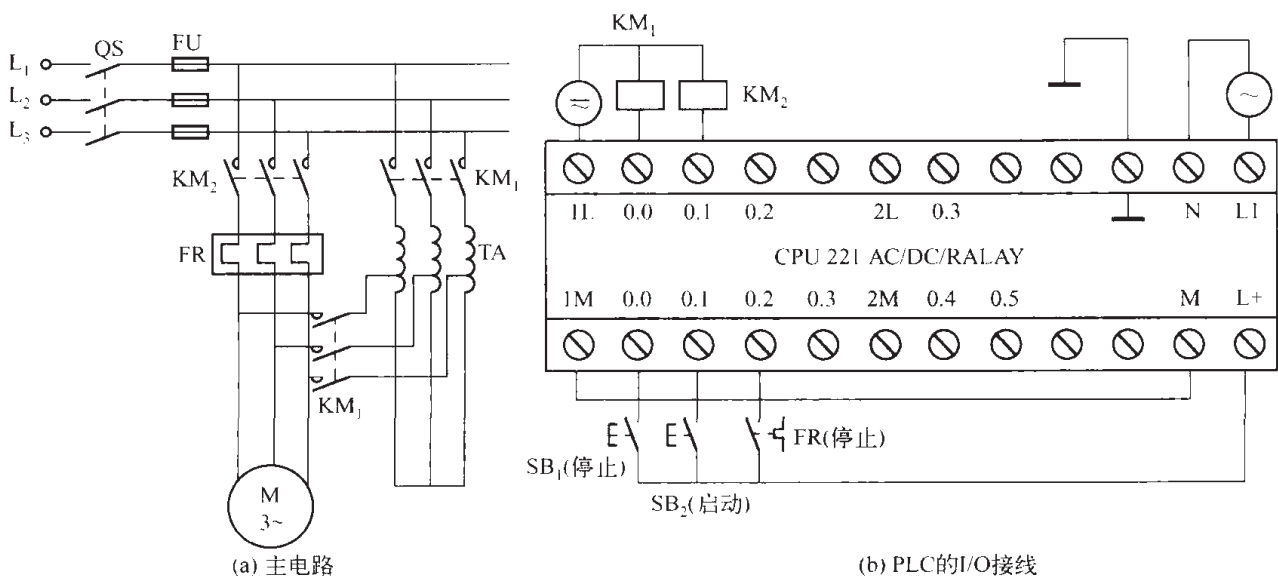


图 2-24 三相感应电动机串自耦变压器减压启动的 PLC 控制电路

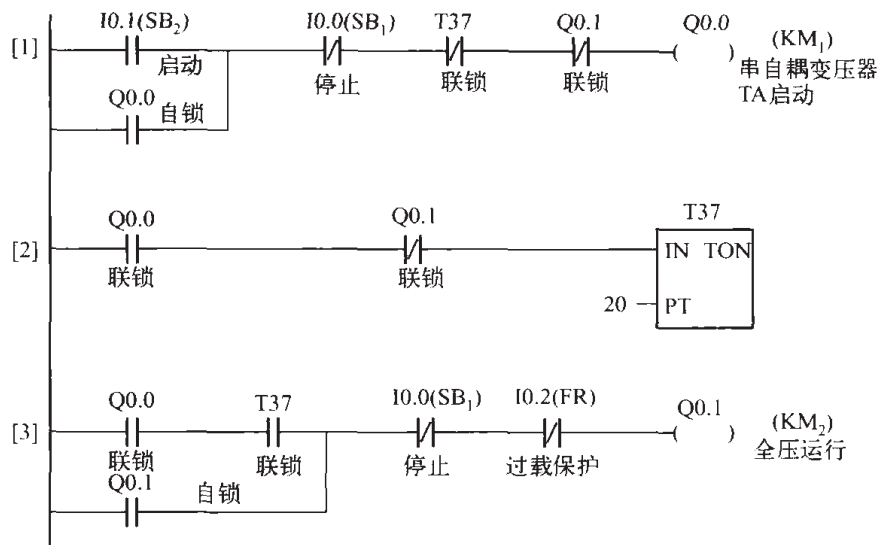


图 2-25 梯形图

2. 电路工作过程



【例 2-13】 串电阻减压启动和反接制动控制电路

1. PLC 控制电路和梯形图

图 2-26 为串电阻减压启动和反接制动控制电路图,其梯形图如图 2-27 所示。

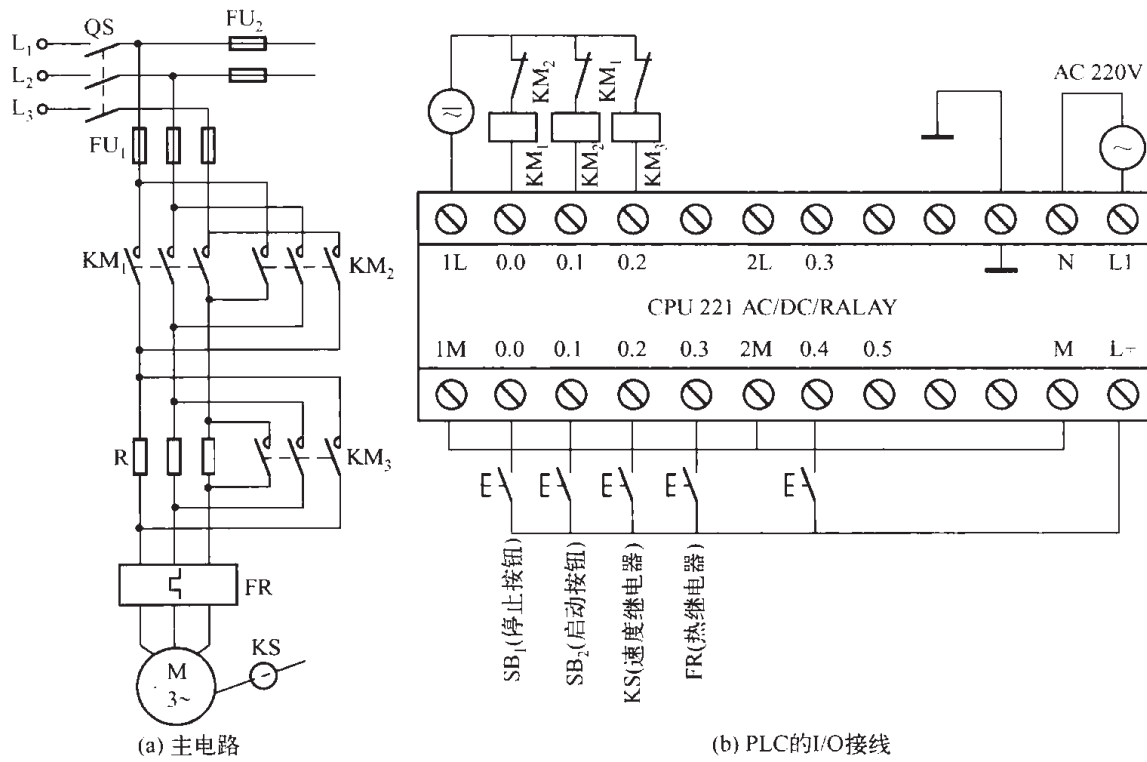


图 2-26 串电阻减压启动和反接制动控制电路图

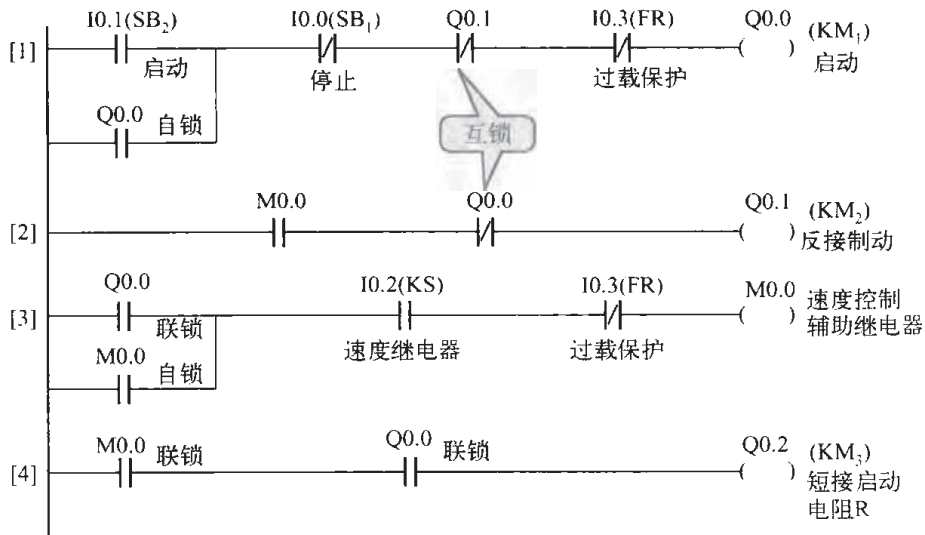


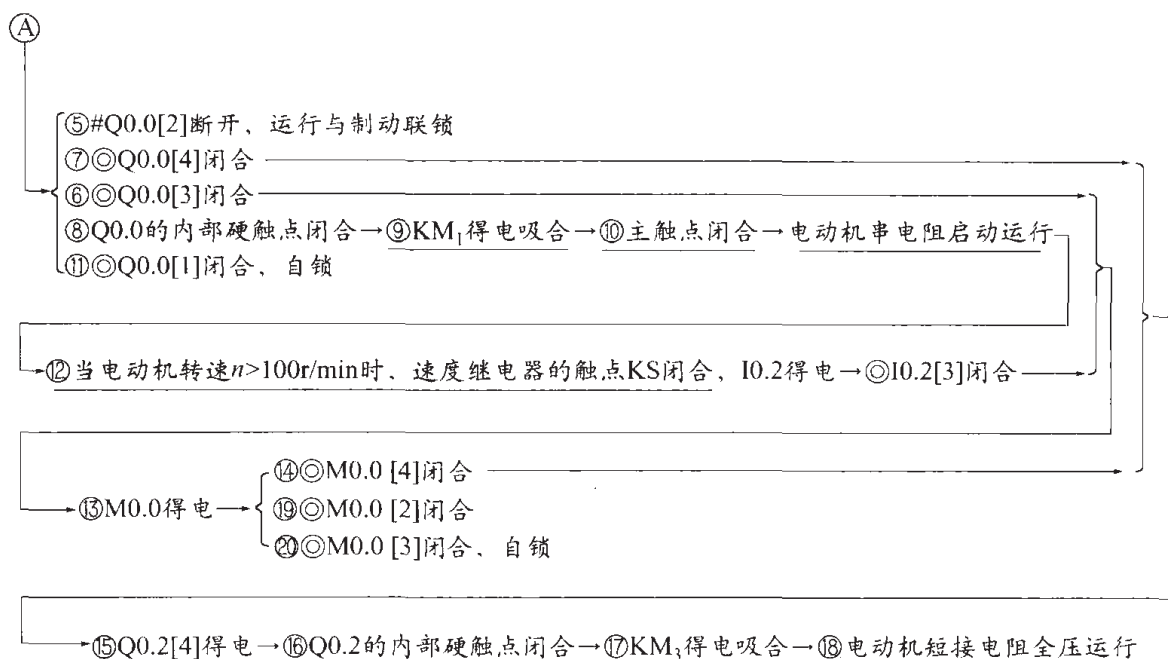
图 2-27 梯形图

2. 电路工作过程

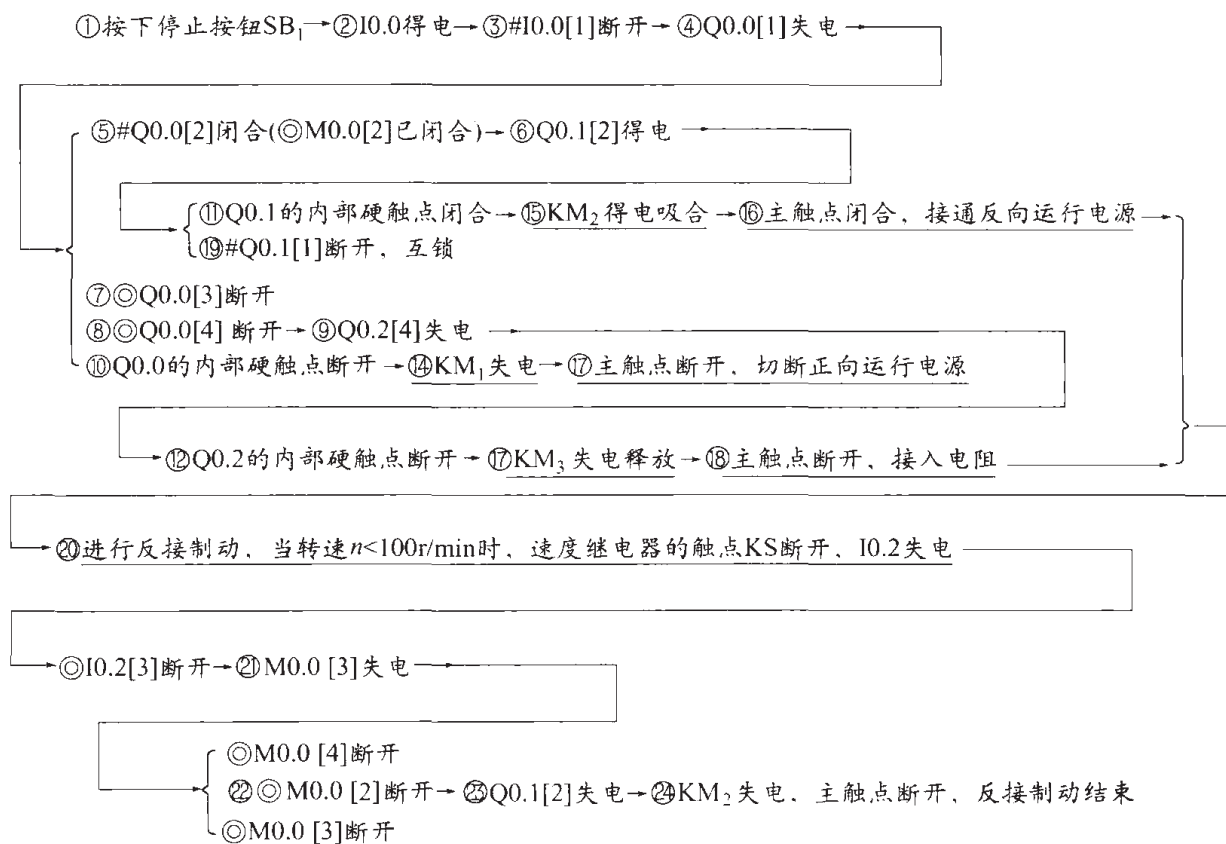
(1) 运行

①按下启动按钮SB₂→②输入继电器I0.1得电→③④I0.1[1]闭合→④Q0.0[1]得电

(A)



(2) 反接制动



【例 2-14】 单管能耗制动控制电路

1. PLC 控制电路和梯形图

图 2-28 为单管能耗制动的 PLC 控制电路, 其梯形图如图 2-29 所示。

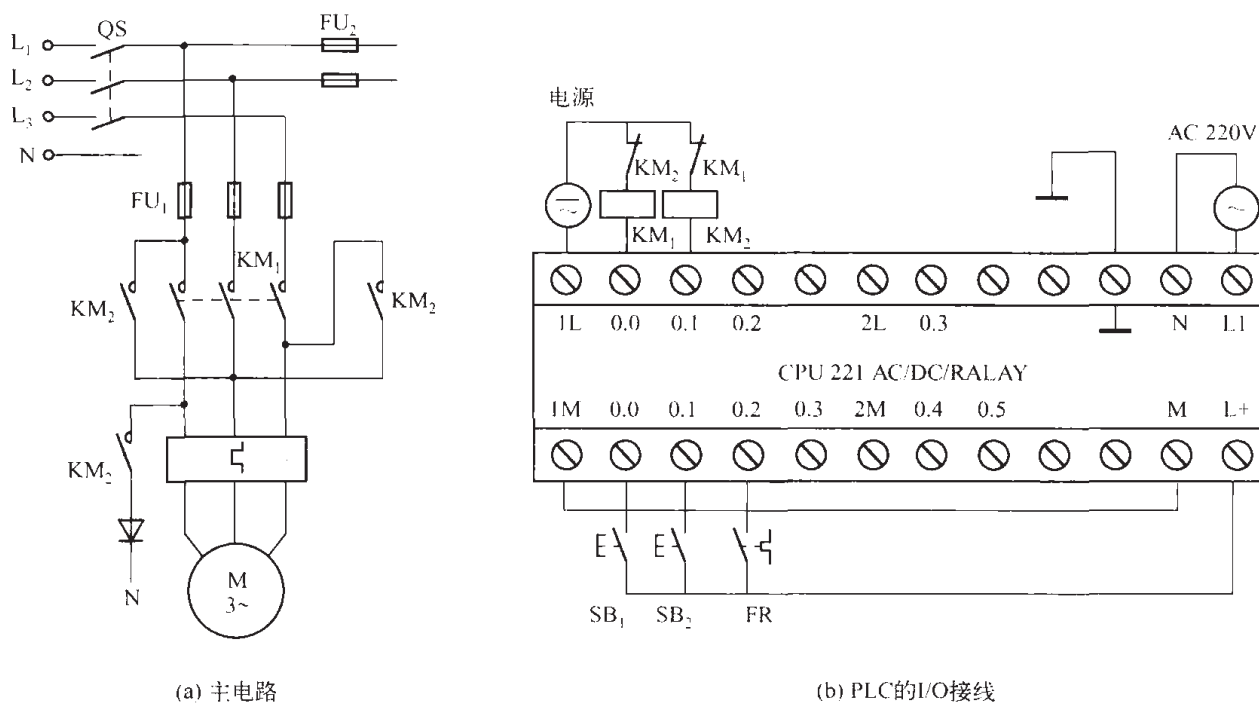


图 2-28 单管能耗制动的 PLC 控制电路

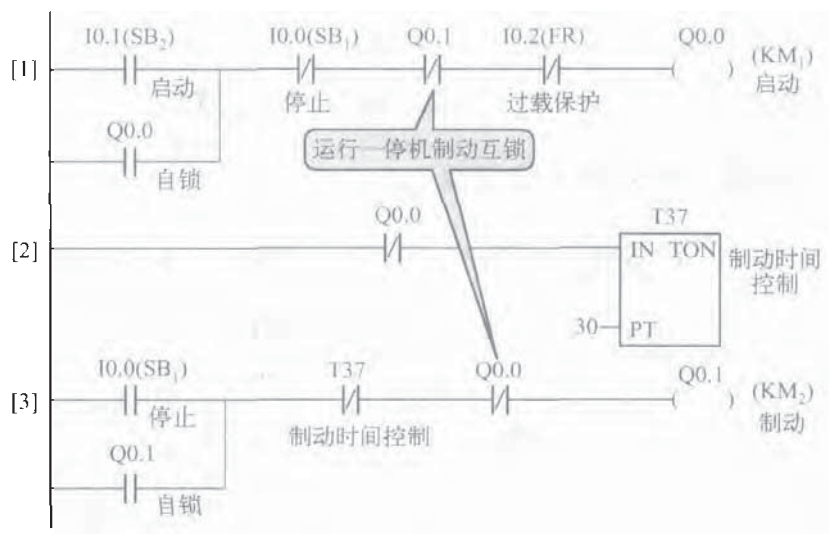


图 2-29 梯形图

2. 电路工作过程

(1) 运行

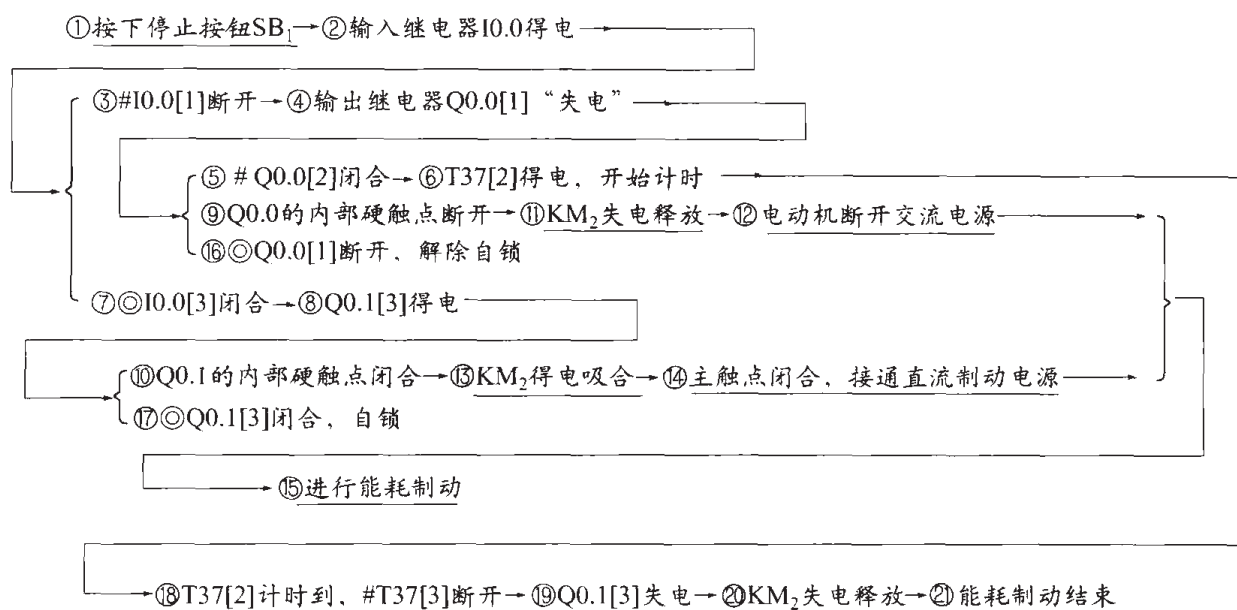
①按下启动按钮 SB_2 →②I0.1得电→③④I0.1[1]闭合→④Q0.0[1]得电

⑤#Q0.0[2]断开, T37[2]不能得电

⑥Q0.1的内部硬触点闭合→⑦ KM_2 得电吸合→⑧主触点闭合, 电动机启动运行

⑨⑩Q0.1[1]闭合, 自锁

(2) 能耗制动



【例 2-15】 3 台电动机 Y-Δ 减压顺序启动逆序停止的 PLC 控制

1. 控制要求

要求 3 台电动机进行 Y-Δ 减压控制,并且顺序启动、逆序停止。

2. PLC 的 I/O 配置和 PLC 的 I/O 接线

表 2-6 为 PLC 的 I/O 配置表。如图 2-30 所示为 PLC 的 I/O 接线图。

表 2-6 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|------|--------------|-----------------|-----------|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 启动按钮 | I0.0 | KM ₁ | 1#电动机Y接触器 | Q0.0 |
| SB ₂ | 停止按钮 | I0.1 | KM ₂ | 1#电动机Δ接触器 | Q0.1 |
| | | | KM ₃ | 1#电动机主接触器 | Q0.2 |
| | | | KM ₄ | 2#电动机Y接触器 | Q0.3 |
| | | | KM ₅ | 2#电动机Δ接触器 | Q0.4 |
| | | | KM ₆ | 2#电动机主接触器 | Q0.5 |
| | | | KM ₇ | 3#电动机Y接触器 | Q0.6 |
| | | | KM ₈ | 3#电动机Δ接触器 | Q0.7 |
| | | | KM ₉ | 3#电动机主接触器 | Q1.0 |

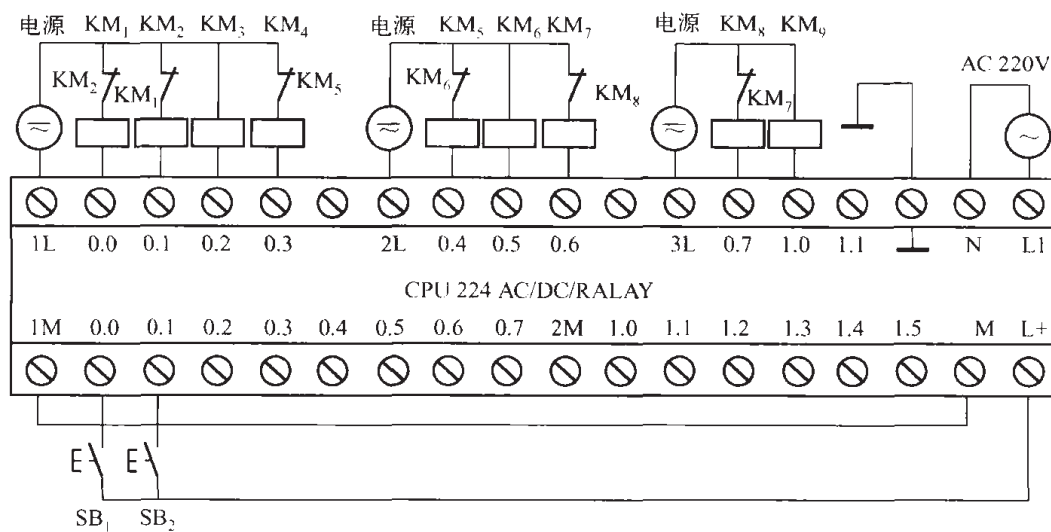


图 2-30 PLC 的 I/O 接线

3. 梯形图

图 2-31 ~ 图 2-37 为各程序的梯形图。

表 2-7 给出了 1# ~ 3# 电动机控制程序中所需的定时器与状态元件。

表 2-7 1# ~ 3# 电动机控制程序中所需的定时器与状态元件

| 电动机 | 1# 电动机 | 2# 电动机 | 3# 电动机 |
|-----------|--------|--------|--------|
| 星-三角延时定时器 | T37 | T38 | T39 |
| 延时启动定时器 | T40 | T41 | — |
| 延时停止定时器 | — | T42 | T43 |
| 启动状态 | S2.0 | S2.1 | S2.2 |
| 停止状态 | S2.5 | S2.4 | S2.3 |

4. 电路工作过程

(1) 初始启动(参见图 2-31)

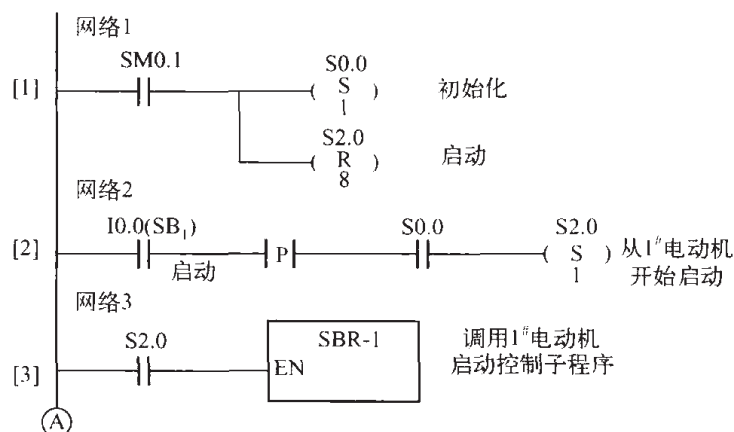


图 2-31 主程序

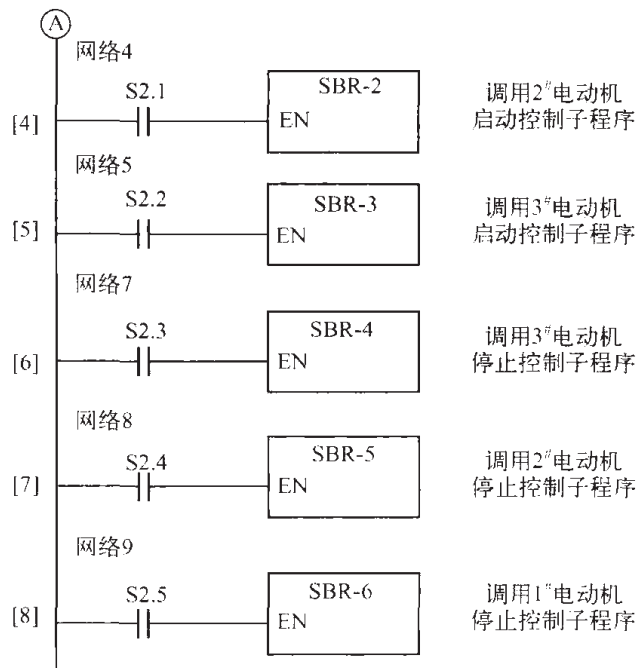
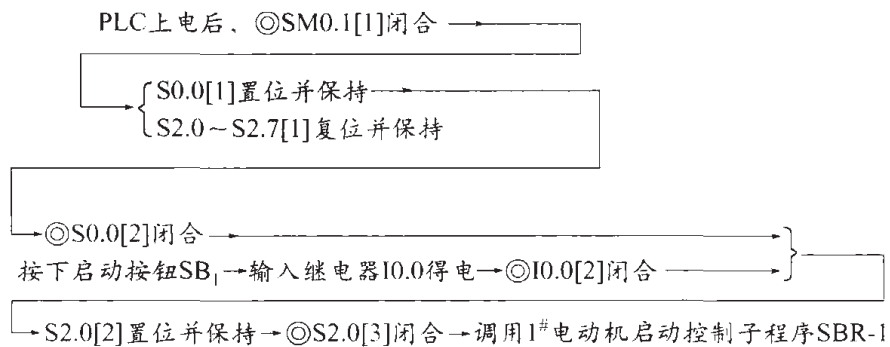


图 2-31 主程序(续)



(2) 1#电动机启动控制子程序 SBR-1 (参见图 2-32)

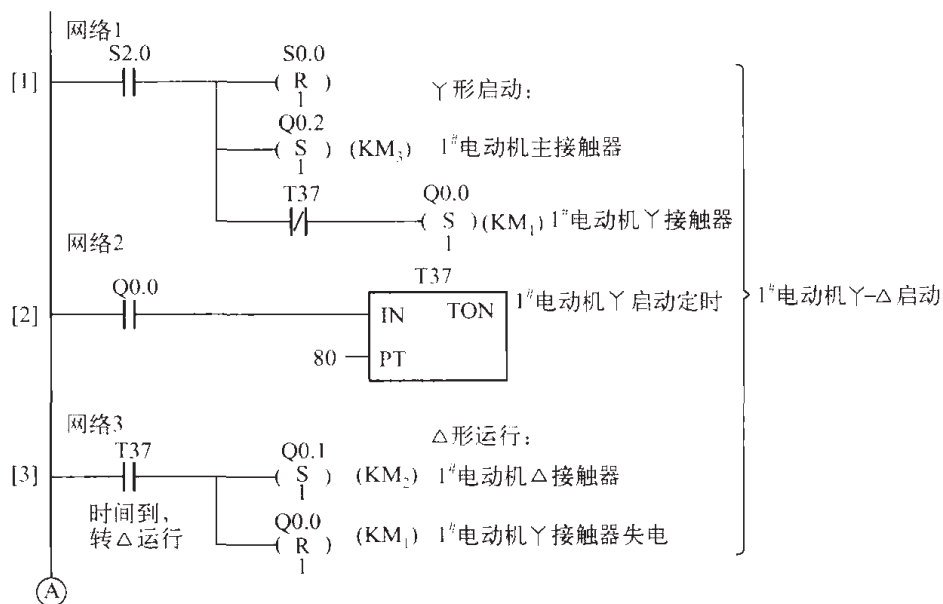
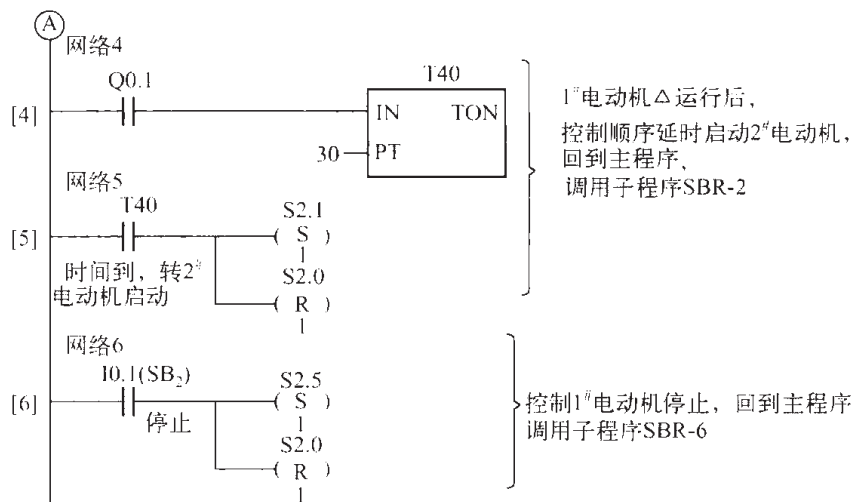
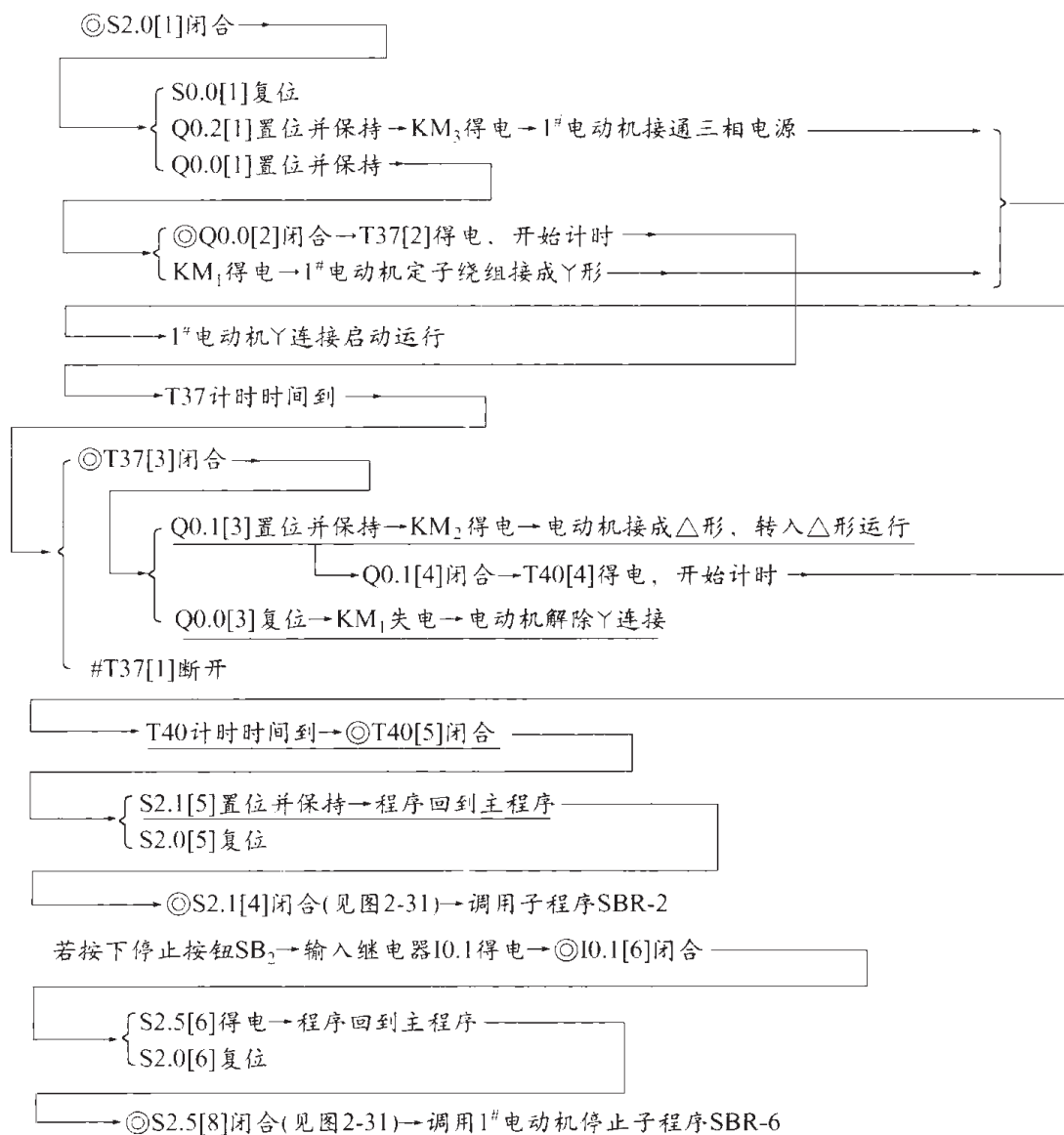
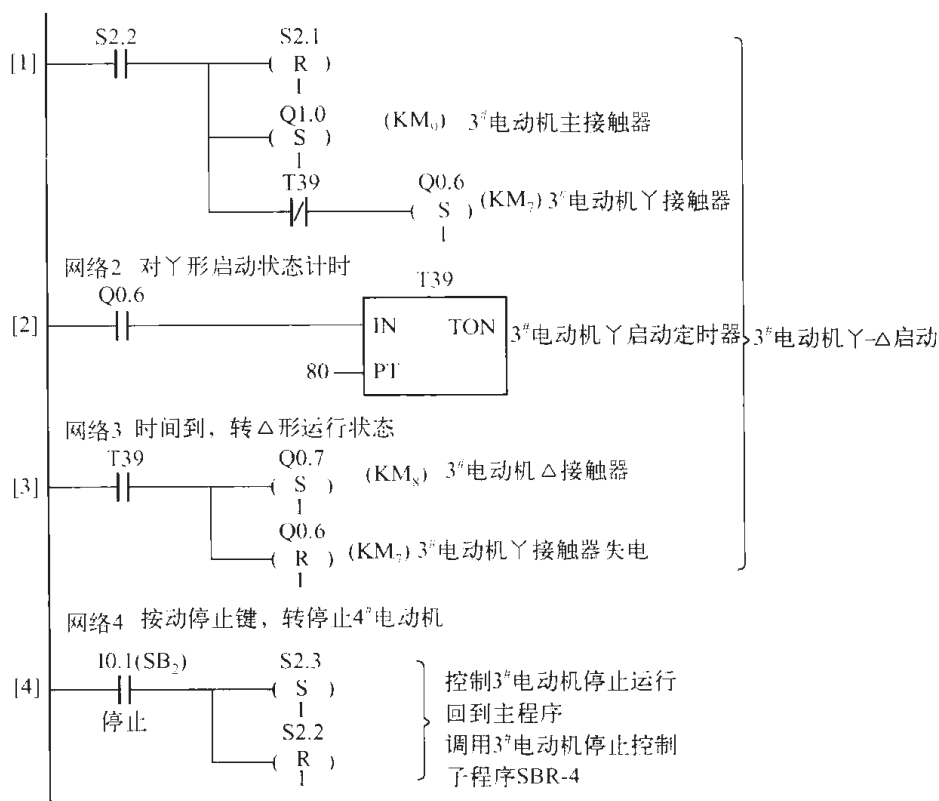
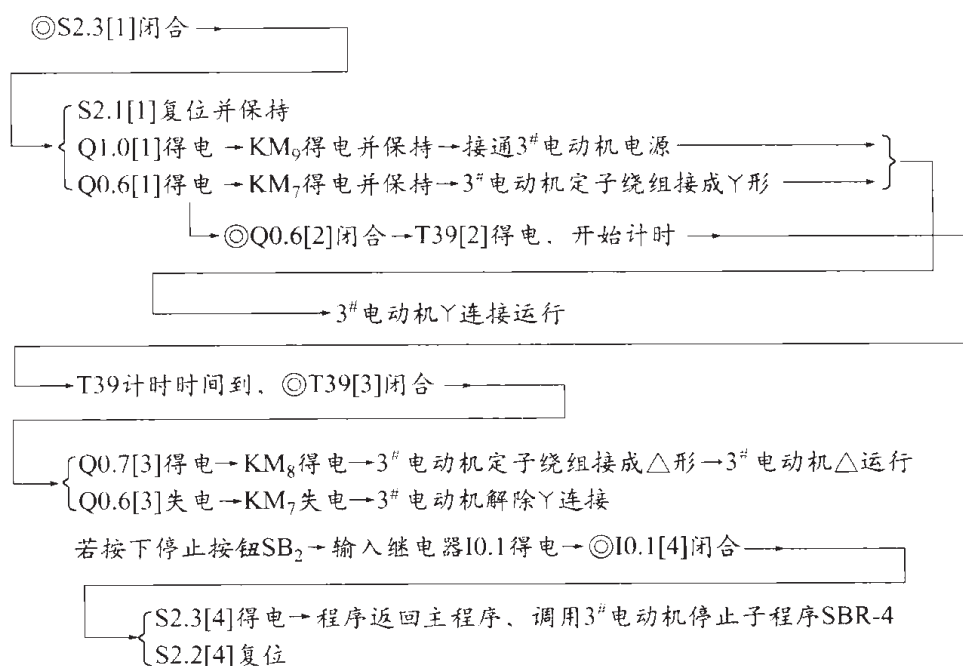
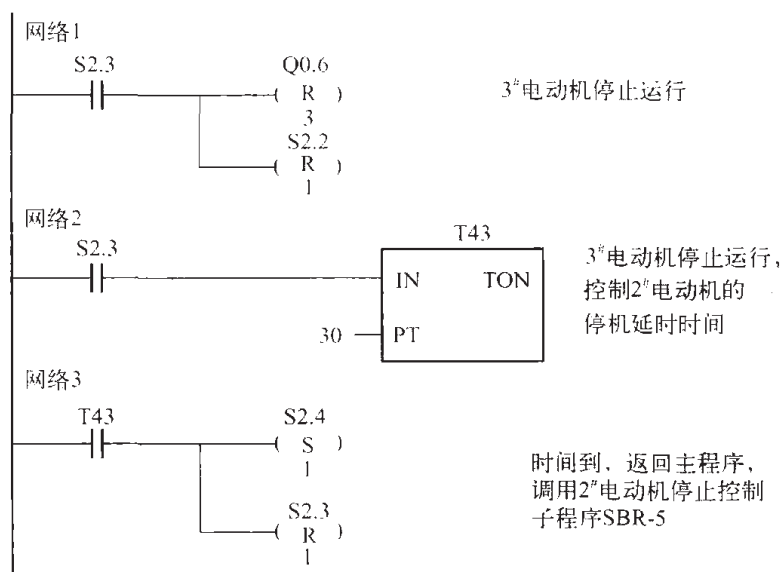


图 2-32 1#电动机启动控制子程序

图 2-32 1[#]电动机启动控制子程序(续)

(6) 3[#]电动机启动控制子程序 SBR-3(参见图 2-36)图 2-36 3[#]电动机启动控制子程序(7) 3[#]电动机停止运行子程序 SBR-4(参见图 2-37)

与图 2-35 所示的 2[#]电动机停止运行子程序 SBR-5 的工作过程相同,不再赘述。

图 2-37 3[#]电动机停止运行子程序 SBR-4【例 2-16】 三台电动机 $M_1 \sim M_3$ 的启动/停止控制

1. 控制要求

- ① 手动操作方式: 分别用每台电动机的启动和停止按钮控制 $M_1 \sim M_3$ 的启停状态。
- ② 自动操作方式: 按下启动按钮, $M_1 \sim M_3$ 每隔 5 s 依次启动; 按下停止按钮, $M_1 \sim M_3$ 同时停止。

2. PLC 的配置表和 I/O 接线

PLC 的 I/O 配置如表 2-8 所示, PLC 的 I/O 接线如图 2-38 所示。

表 2-8 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|-----------------------|--------------|-----------------|-----------------------|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SA | 方式选择开关 | I0.0 | KM ₁ | 控制 M ₁ 接触器 | Q0.0 |
| SB ₁ | 自动启动按钮 | I0.1 | KM ₂ | 控制 M ₂ 接触器 | Q0.1 |
| SB ₂ | 自动停止按钮 | I0.2 | KM ₃ | 控制 M ₃ 接触器 | Q0.2 |
| SB ₃ | M ₁ 手动启动按钮 | I0.3 | | | |
| SB ₄ | M ₁ 手动停止按钮 | I0.4 | | | |
| SB ₅ | M ₂ 手动启动按钮 | I0.5 | | | |
| SB ₆ | M ₂ 手动停止按钮 | I0.6 | | | |
| SB ₇ | M ₃ 手动启动按钮 | I0.7 | | | |
| SB ₈ | M ₃ 手动停止按钮 | I1.0 | | | |

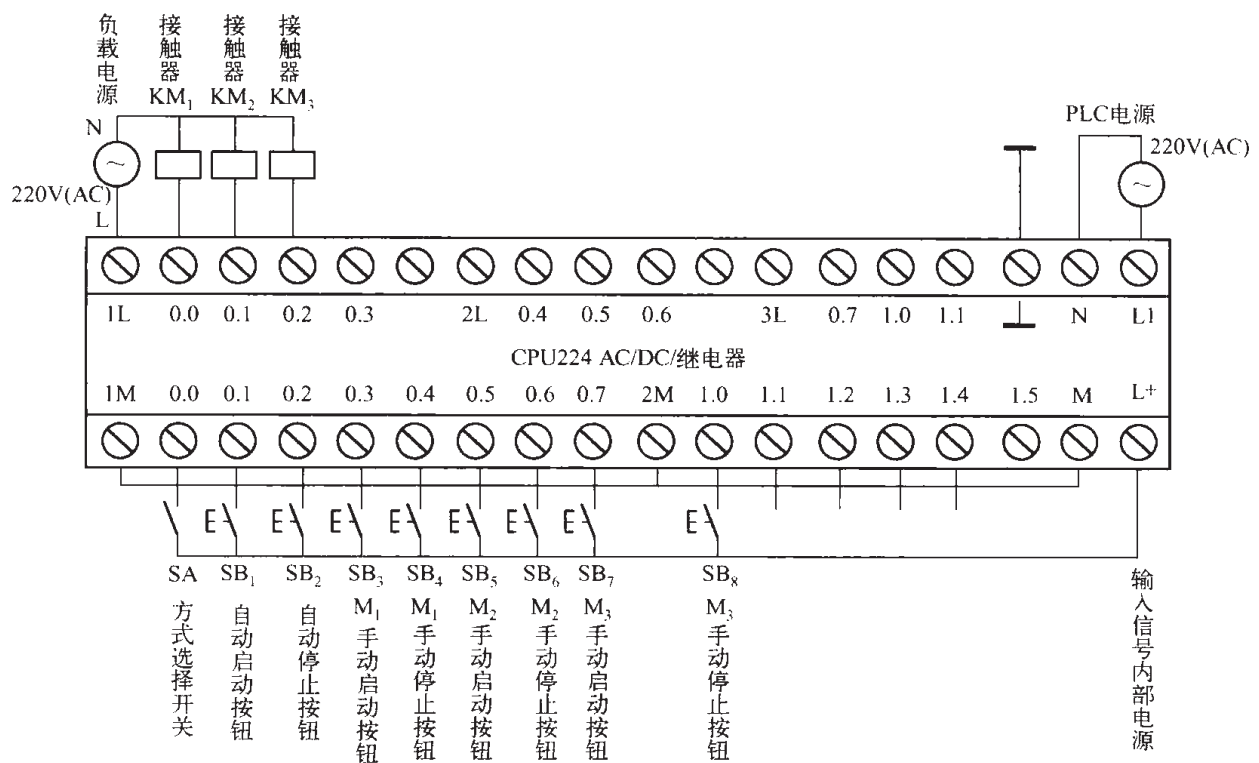


图 2-38 三台电动机启停控制的 PLC 的 I/O 接线

3. 梯形图

图 2-39 为 PLC 控制电路的梯形图。

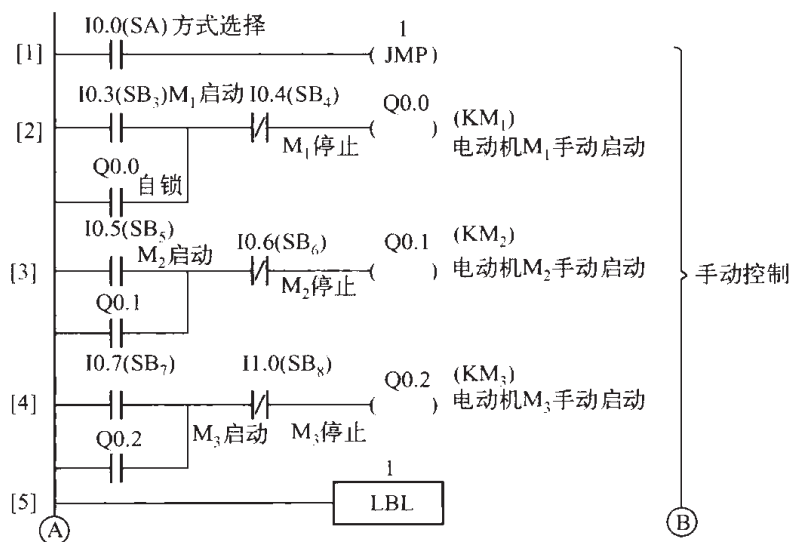


图 2-39 梯形图

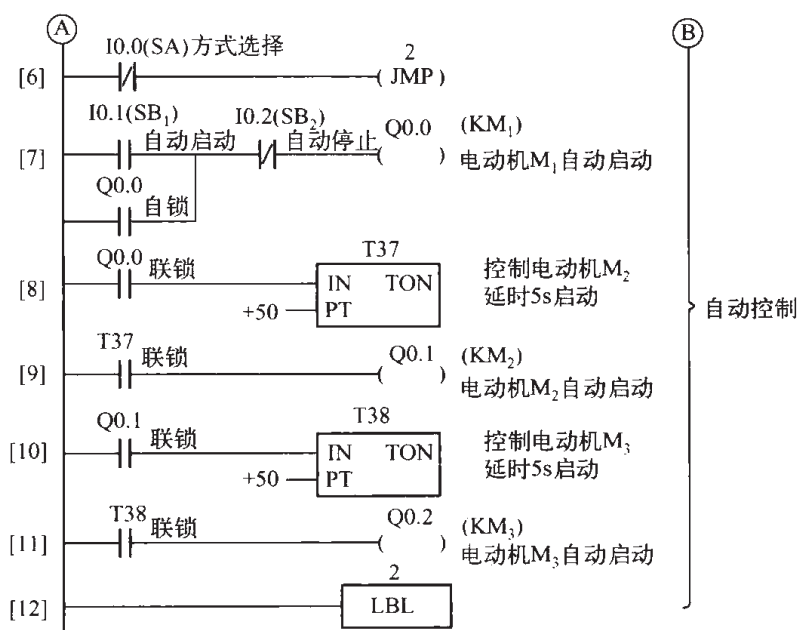


图 2-39 梯形图(续)

4. 电路工作过程

(1) 手动控制

在手动控制方式下，选择开关SA断开→输入继电器I0.0未得电

{

 ◎I0.0[1]断开，执行JMP(1)~LBL(1)之间[1]~[5]的手动控制程序

 #I0.0[6]闭合，跳过JMP(2)~LBL(2)之间[6]~[12]的自动控制程序
 }

电动机 M_1 的手动控制：

按下 M_1 的手动启动按钮 SB_3 → 输入继电器 I0.3 得电 → ◎I0.3[2] 闭合 → Q0.0[2] 得电

{

 KM_1 得电 → 电动机 M_1 启动运转
 }

◎Q0.0[2] 闭合，自锁

按下 M_1 的手动停止按钮 SB_4 → 输入继电器 I0.4 得电 → #I0.4[2] 断开 → Q0.0[2] 失电

{

 KM_1 失电 → 电动机 M_1 停止运转
 }

Q0.0[2] 断开，解除自锁

电动机 M_2 和 M_3 的控制与 M_1 相似，不再赘述。

(2) 自动控制

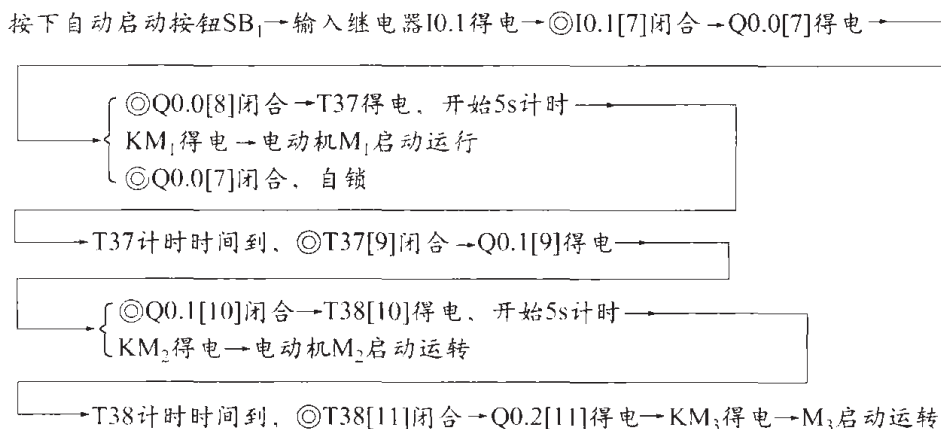
在自动控制方式下，选择开关SA闭合→输入继电器I0.0得电

{

 ◎I0.0[1] 闭合 → 跳过JMP(1)~LBL(1)之间的程序段，不执行

 #I0.0[6] 断开 → 执行JMP(2)~LBL(2)之间的自动控制程序段
 }

① 启动:



② 停止:

按下停止按钮SB₂→输入继电器I0.2得电→#I0.2[7]断开→Q0.0[7]、T37[8]、Q0.1[9]、T38[10]、Q0.2[11]相继失电→KM₁、KM₂、KM₃相继失电→电动机M₁~M₃相继停止运转。

【例 2-17】 三台电动机的顺序启动控制

1. 控制要求

三台电动机相隔 5 s 启动,各运行 10 s 停止,循环往复,其工作时序如图 2-40 所示。

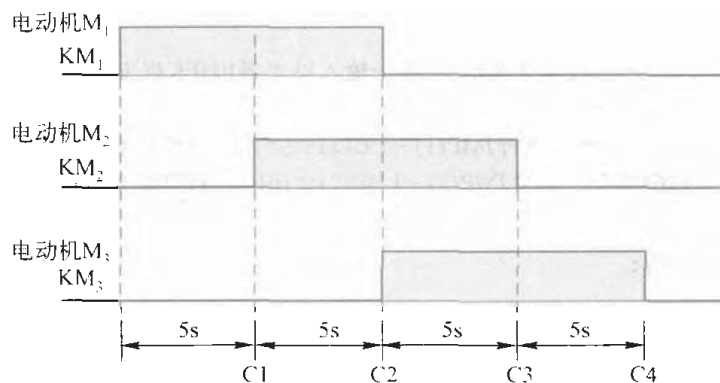


图 2-40 三台电机工作时序图

2. PLC 的 I/O 配置和 I/O 连线

PLC 的 I/O 配置如表 2-9 所示,PLC 的 I/O 接线如图 2-41 所示。

表 2-9 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|------|--------|--------------|-----------------|------------------------|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SA | 工作起始开关 | I0.0 | KM ₁ | 电动机 M ₁ 接触器 | Q0.1 |
| | | | KM ₂ | 电动机 M ₂ 接触器 | Q0.2 |
| | | | KM ₃ | 电动机 M ₃ 接触器 | Q0.3 |

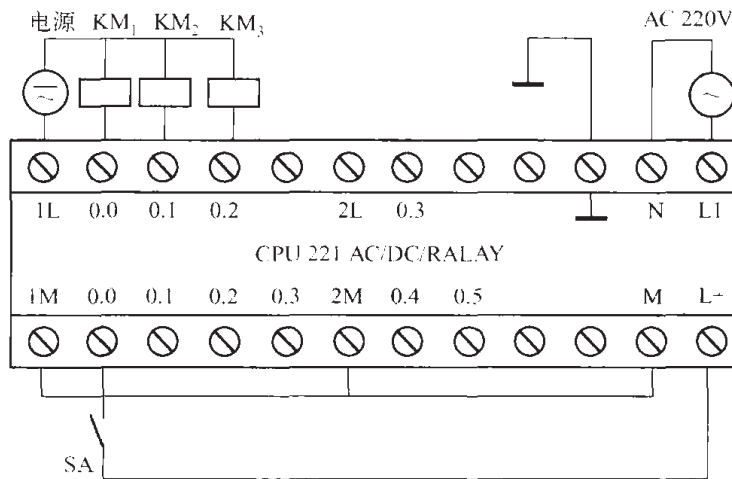


图 2-41 PLC 的 I/O 接线

3. 梯形图

分析图 2-40 时序可知,0 s、5 s、10 s、15 s、20 s 为三台电动机运行周期中电动机运行状态发生变化的时间点,先将三台电动机运行状态变化的时间点用机内器件表达出来,再用这些“点”表示三台电动机的输出。其梯形图如图 2-42 所示。

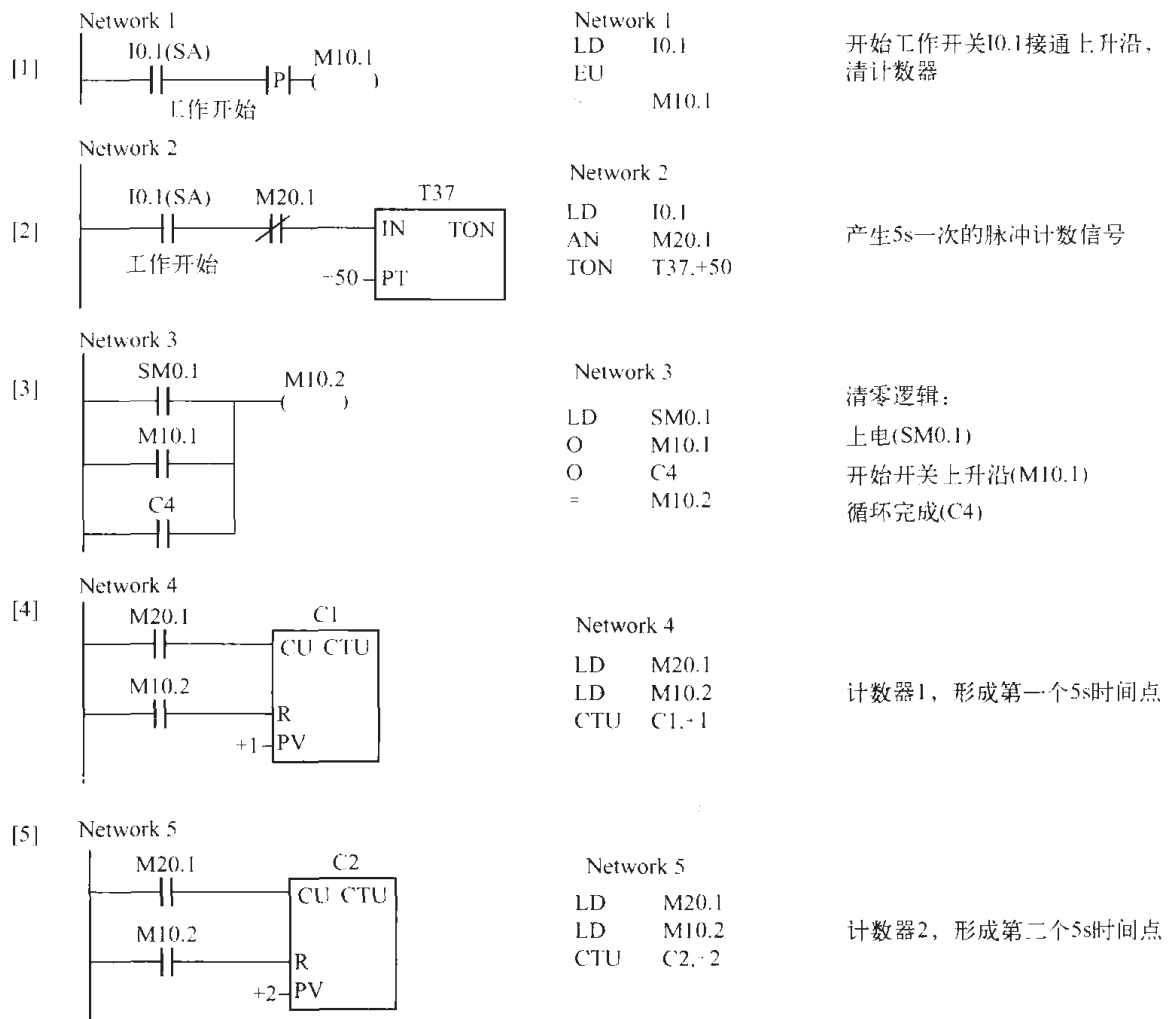


图 2-42 梯形图

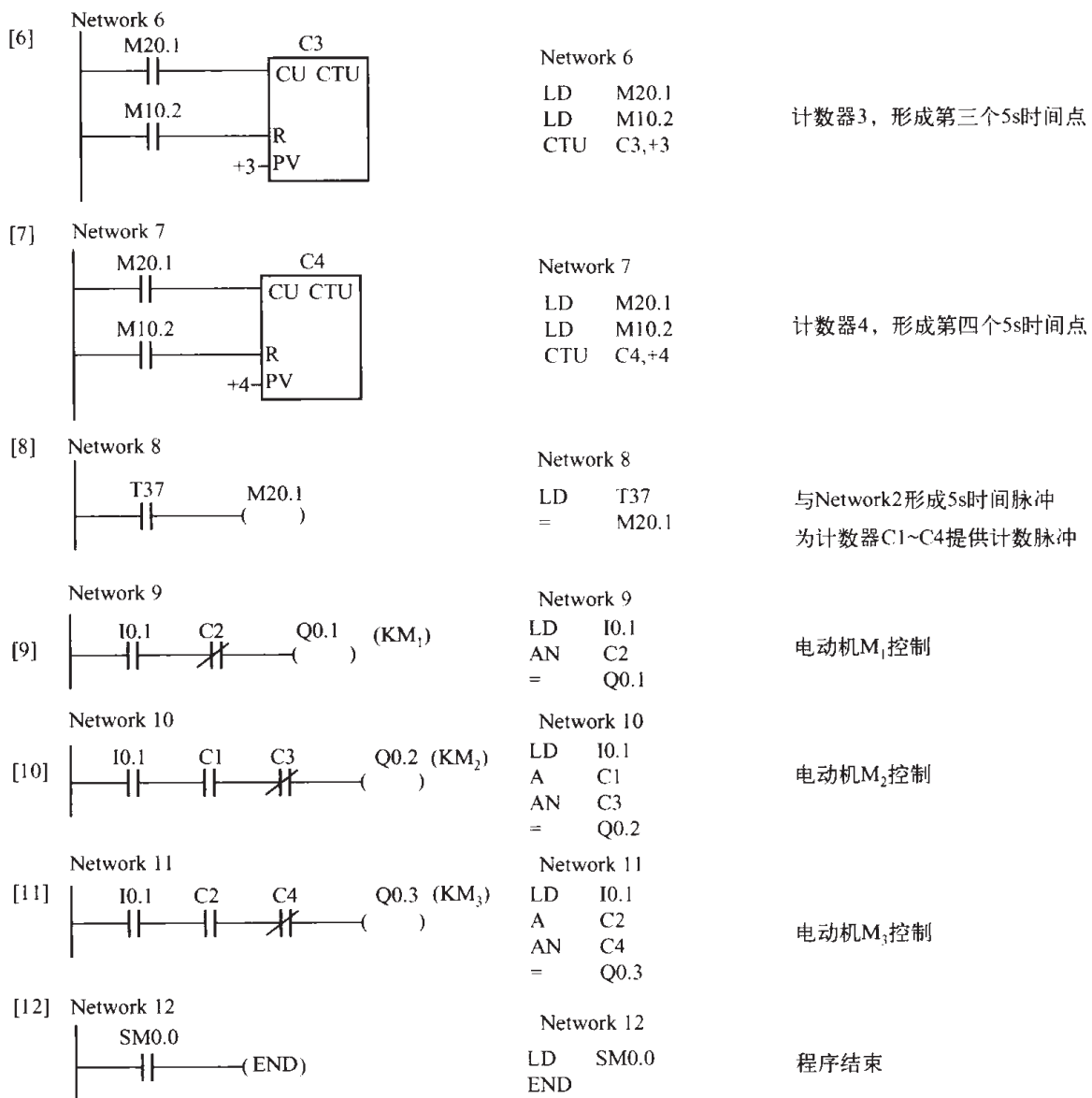
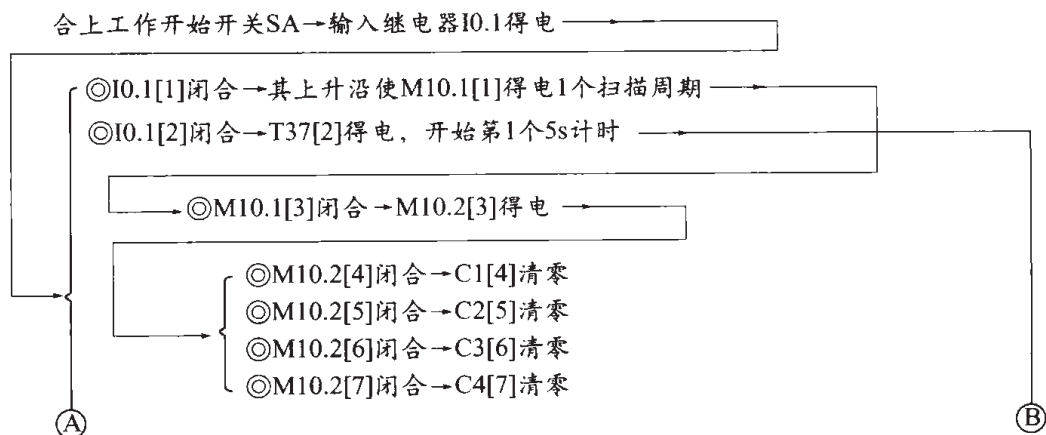
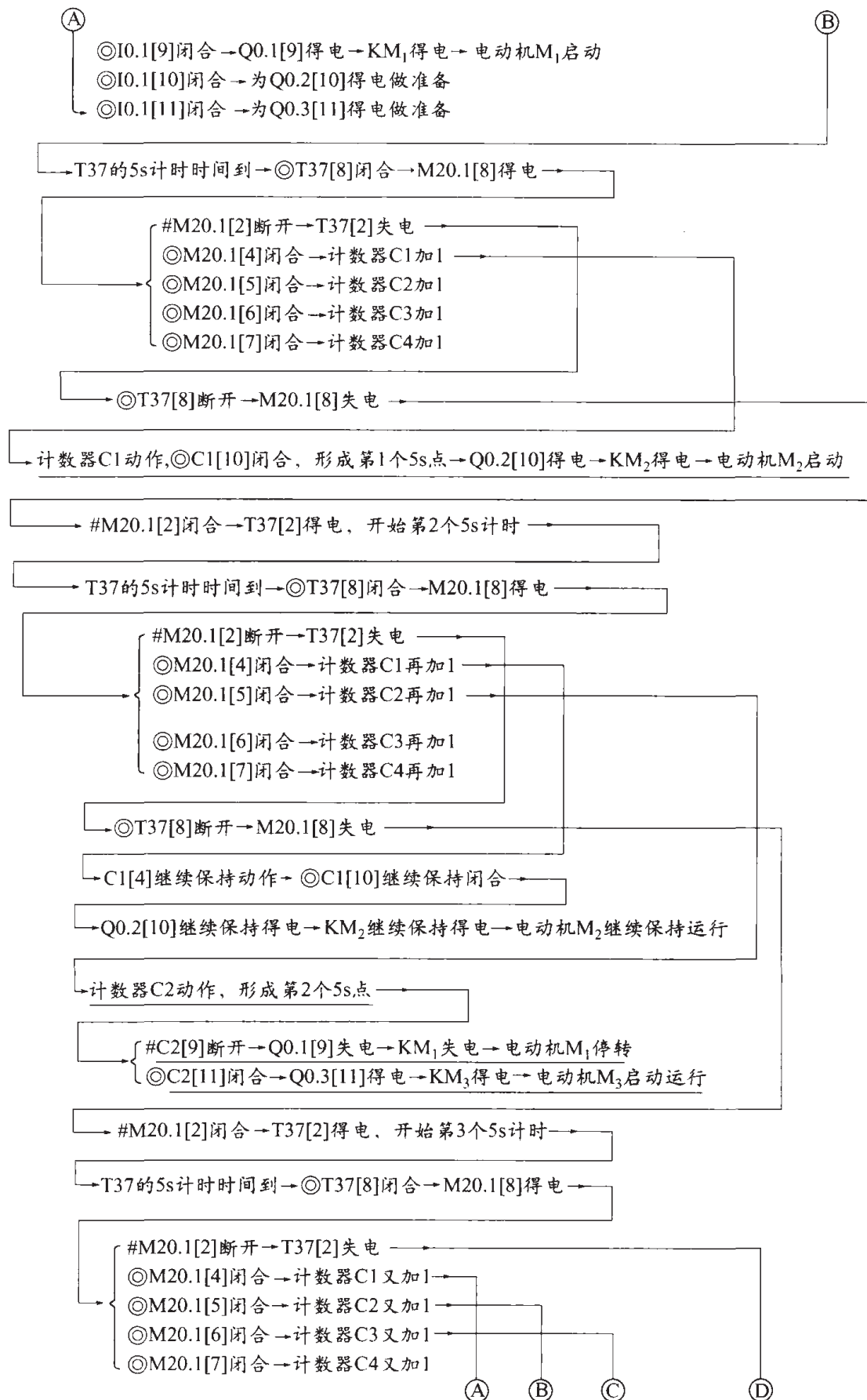
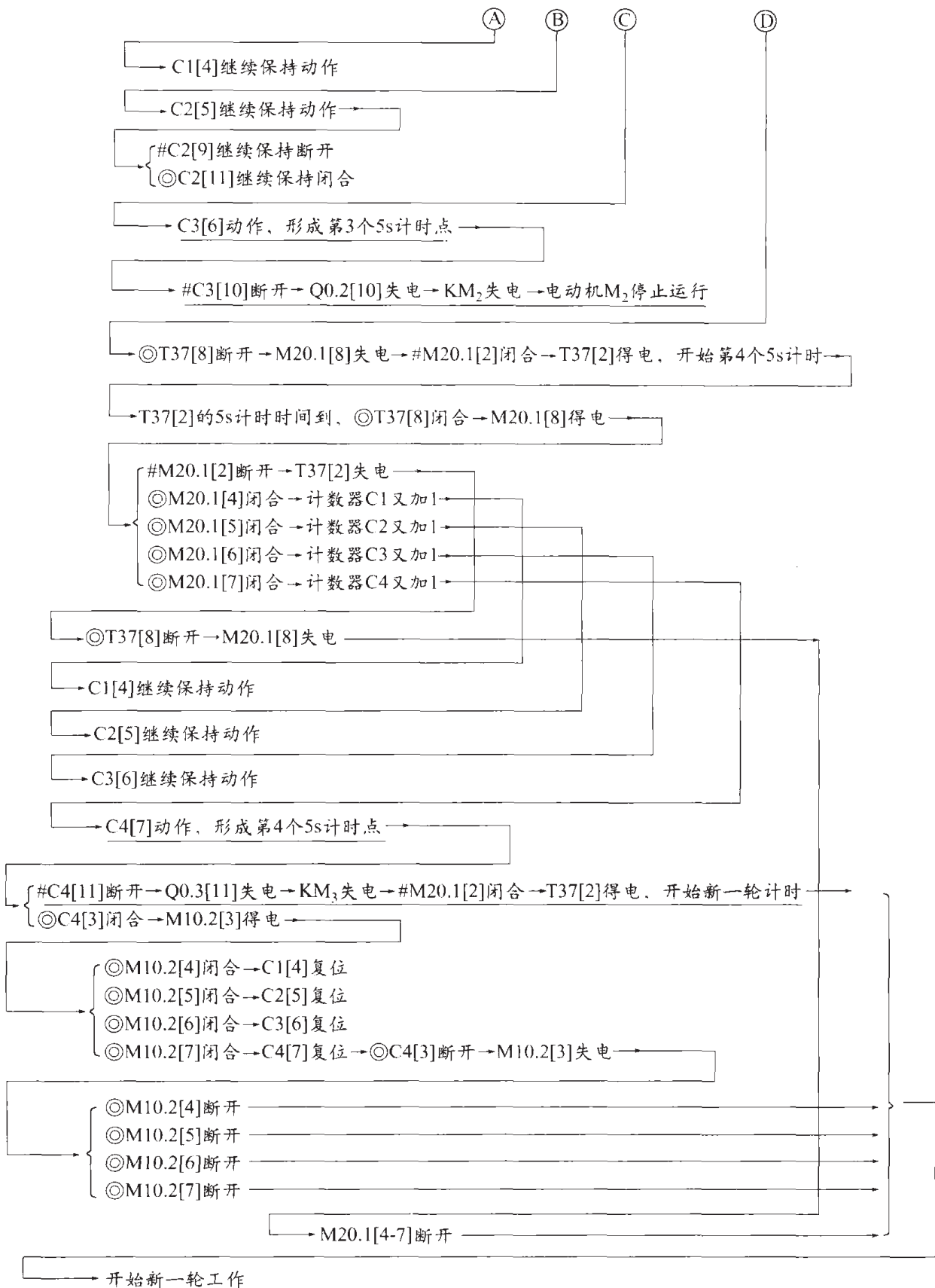


图 2-42 梯形图(续)

4. 电路工作过程





【例2-18】步进控制指令编程的3台电动机M₁、M₂、M₃的PLC控制

1. 控制要求

控制过程示意图如图 2-43 所示。按启动按钮后, M_1 立即启动, 3 s 后 M_2 自动启动, 又经过 4 s, M_3 自动启动; 按停止按钮后, M_3 立即停止, 4 s 后 M_2 自动停止, 又经过 3 s, M_1 自动停止。

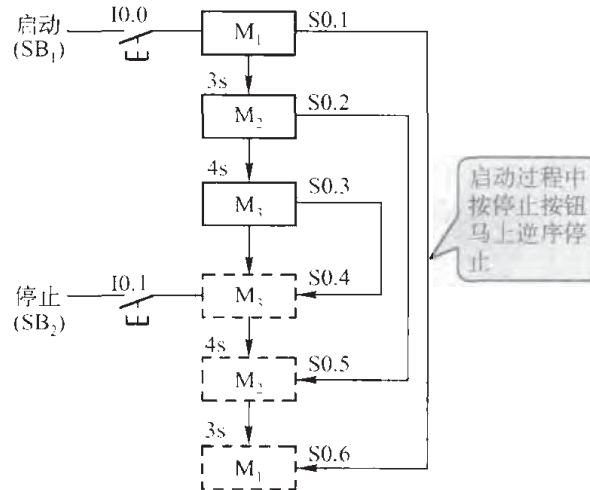


图 2-43 电动机启动/停止控制示意图

2. PLC 的 I/O 配置和 I/O 接线

表 2-10 为 PLC 的 I/O 配置表, 如图 2-44 所示为 PLC 的 I/O 接线图。

表 2-10 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|------|--------------|-----------------|-----|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 启动按钮 | I0.0 | KM ₁ | 接触器 | Q0.0 |
| SB ₂ | 停止按钮 | I0.1 | KM ₂ | 接触器 | Q0.1 |
| | | | KM ₃ | 接触器 | Q0.2 |

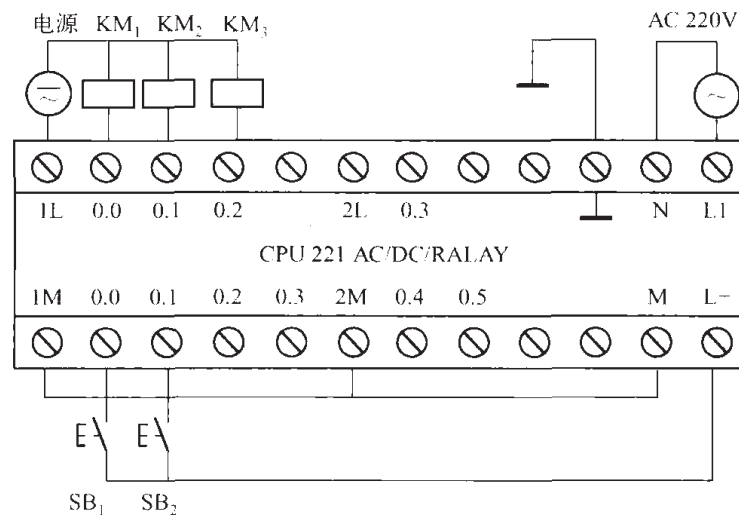


图 2-44 PLC 的 I/O 接线

3. 顺序功能图

图 2-45 为步进控制状态流程图。图 2-46 为 PLC 的梯形图。

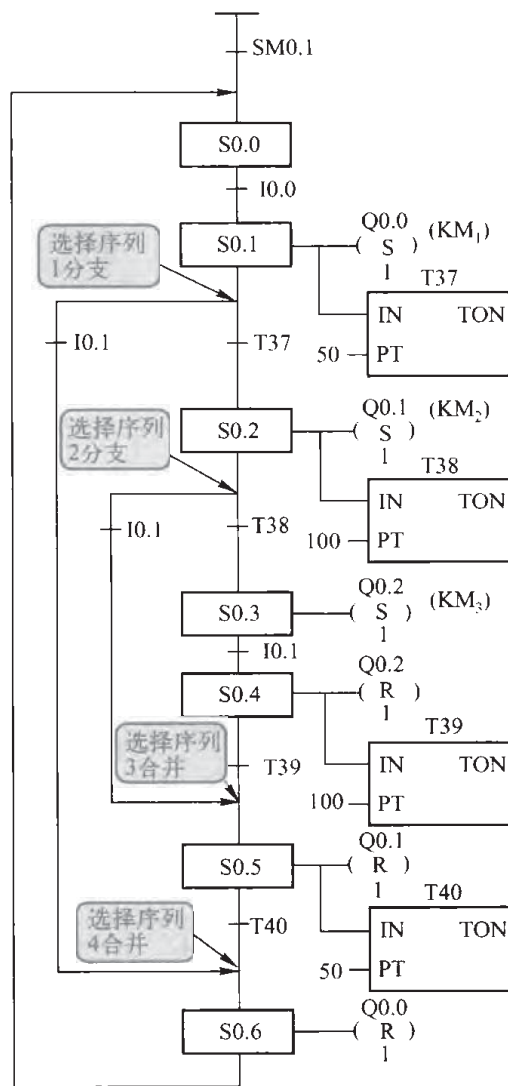
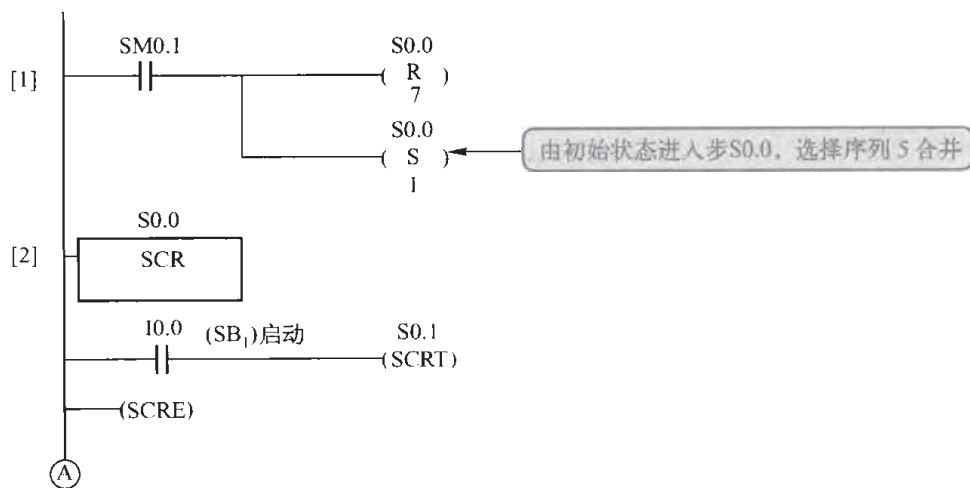
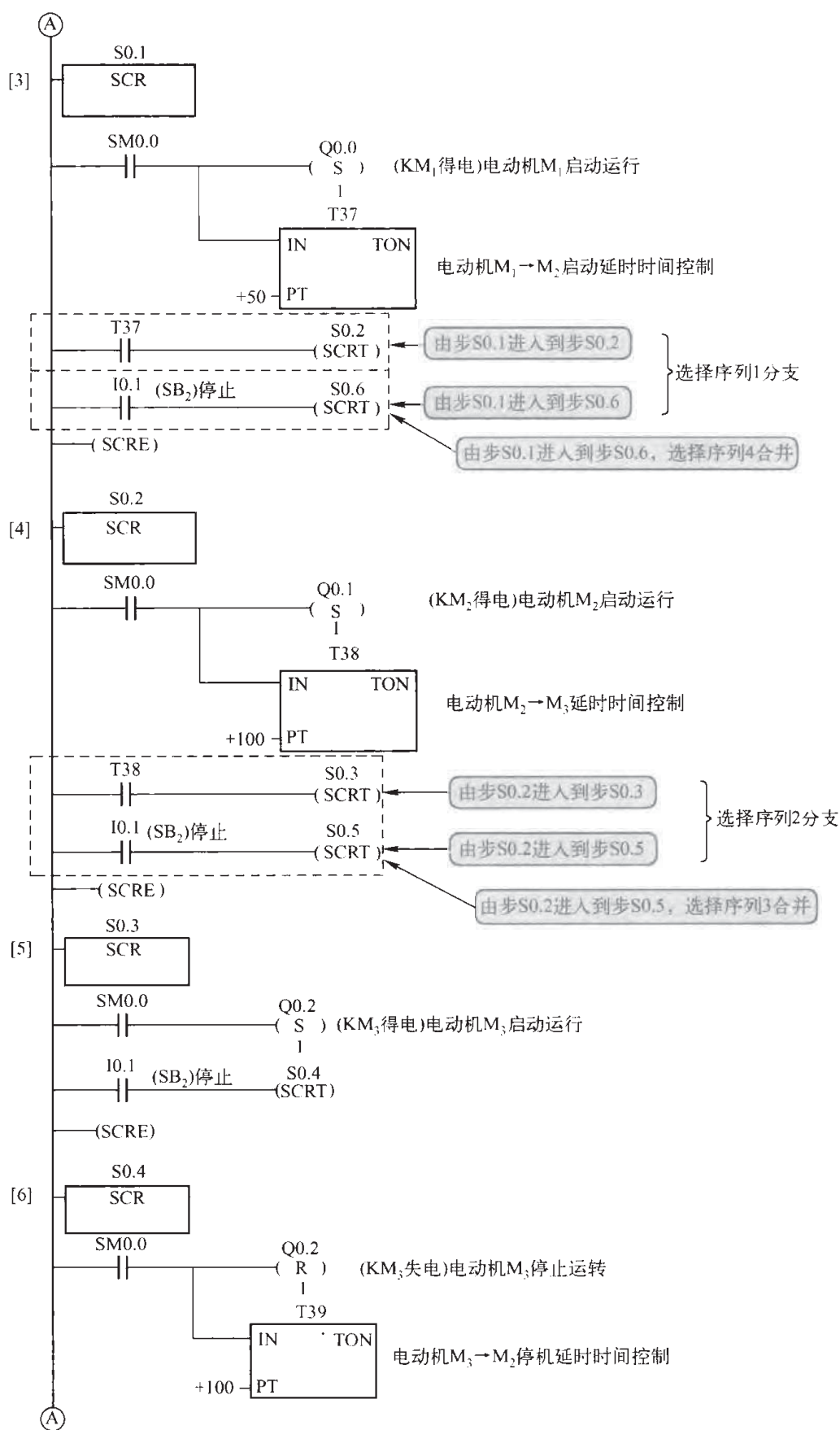


图 2-45 步进控制状态流程图





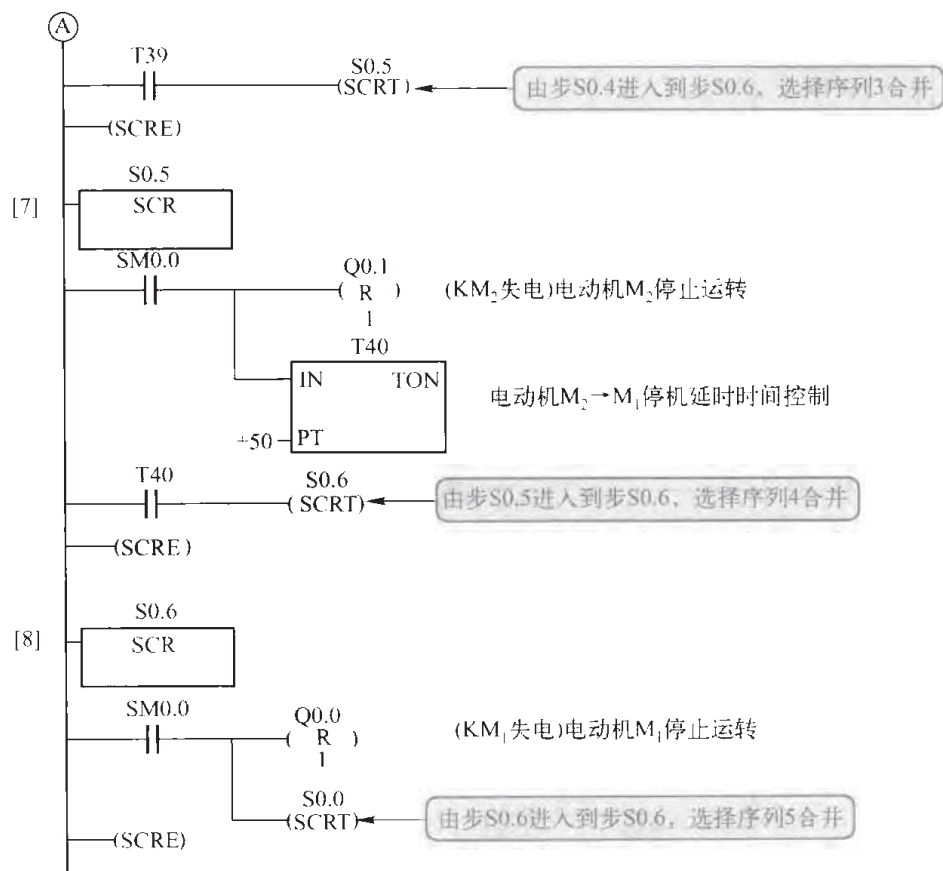
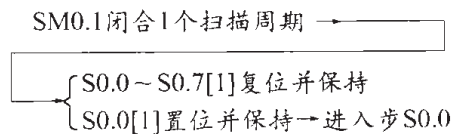


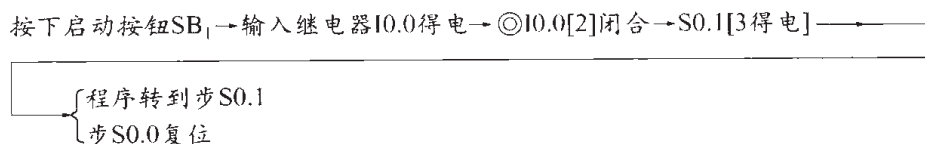
图 2-46 梯形图

4. 电路工作过程

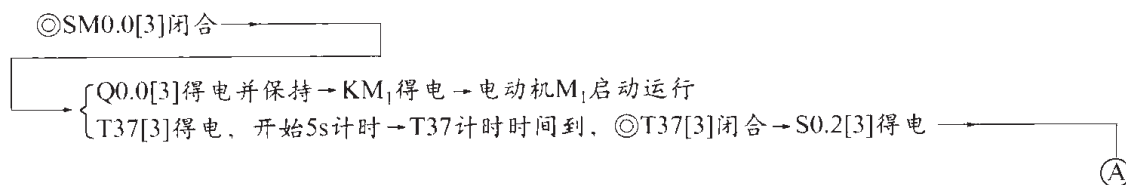
(1) 初始状态

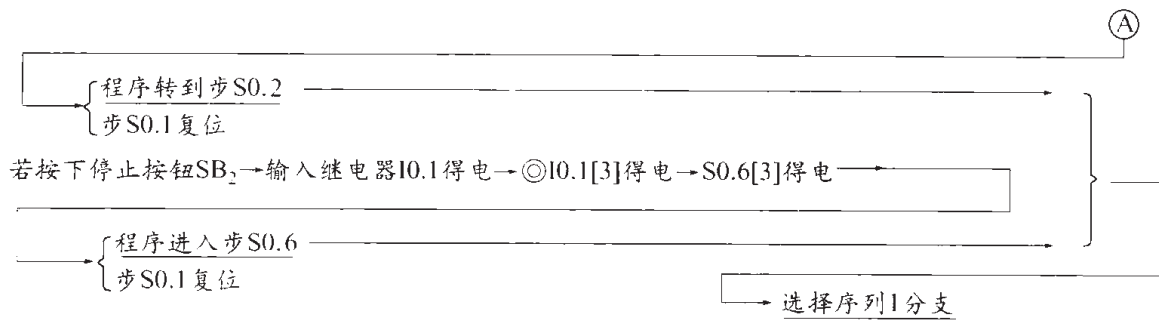


(2) 步 S0.0

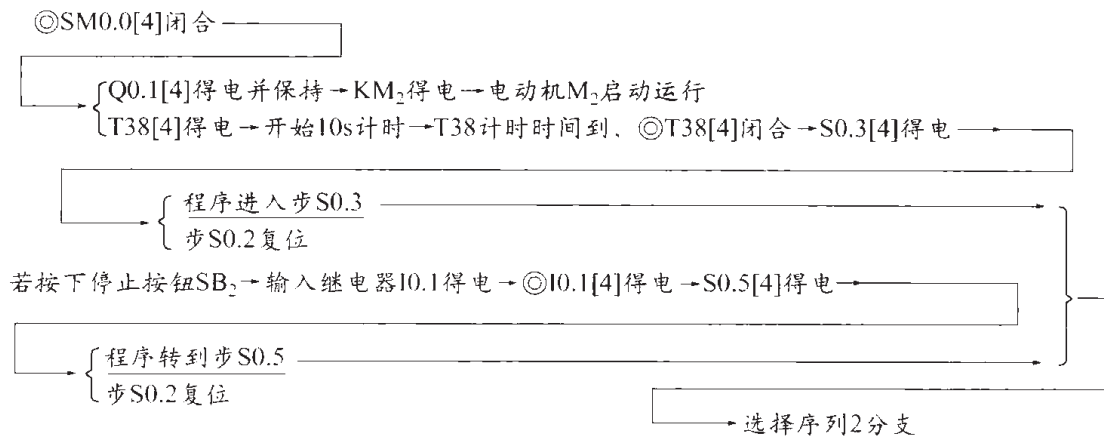


(3) 步 S0.1

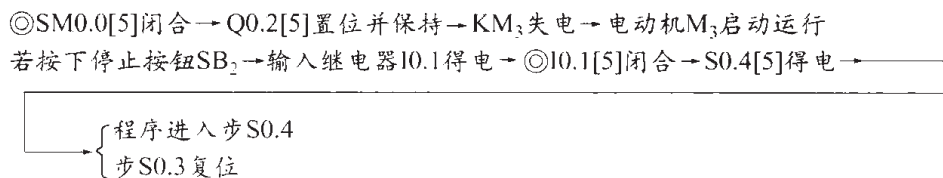




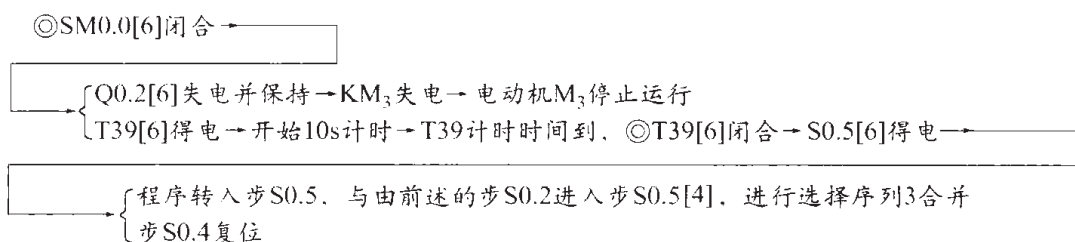
(4) 步 S0.2



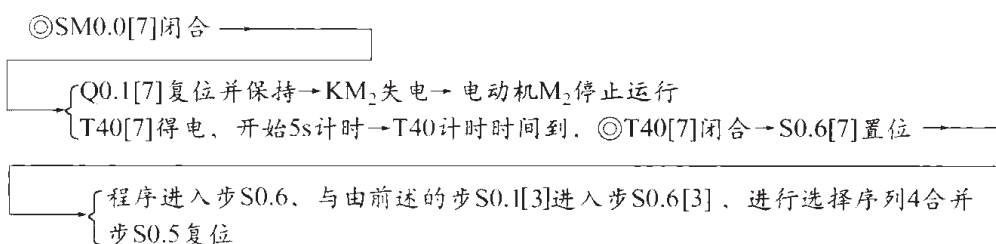
(5) 步 S0.3



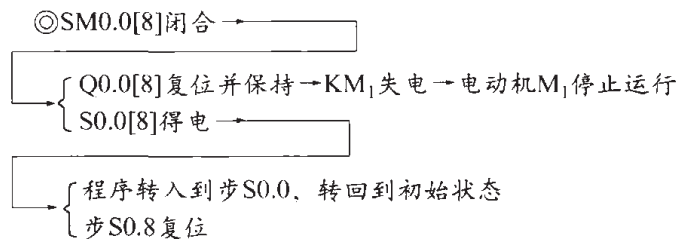
(6) 步 S0.4



(7) 步 S0.5



(8) 步 S0.6



【例 2-19】 用比较指令编程的电动机顺序启动的 PLC 控制

1. 控制要求

有三台电机 M₁、M₂、M₃, 按下启动按钮, 电动机按 M₁、M₂、M₃ 顺序启动; 按下停止按钮, 电动机按 M₃、M₂、M₁ 逆序停止。电动机的启动时间间隔 1 min, 停止时间间隔为 30 s。

2. PLC 的 I/O 配置、PLC 的 I/O 接线

PLC 的 I/O 配置同表 2-10, PLC 的 I/O 接线同图 2-44。

3. 梯形图

图 2-47 为使用比较指令编写的程序, 在程序中电动机的启动和关断信号均为短信号。在图中, 使用了一个断电延时定时器 T38, 断电延时定时器计时到设定值后, 当前值停在设定值处, 而不像通电延时定时器那样继续往前计时。因此 T38 的定时值设定为 610, 这使得再次按启动按钮 I0.0 时, T38 不等于 600 的比较触点为闭合状态, M₁ 能够正常启动。从图中可以看出, 使用一些复杂指令, 可以使程序变得简单。

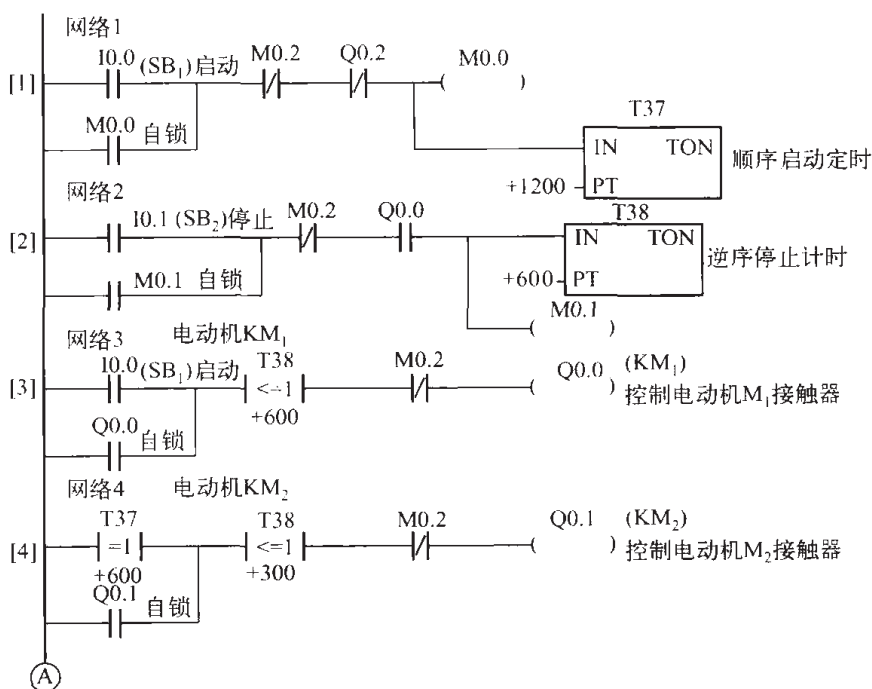


图 2-47 梯形图

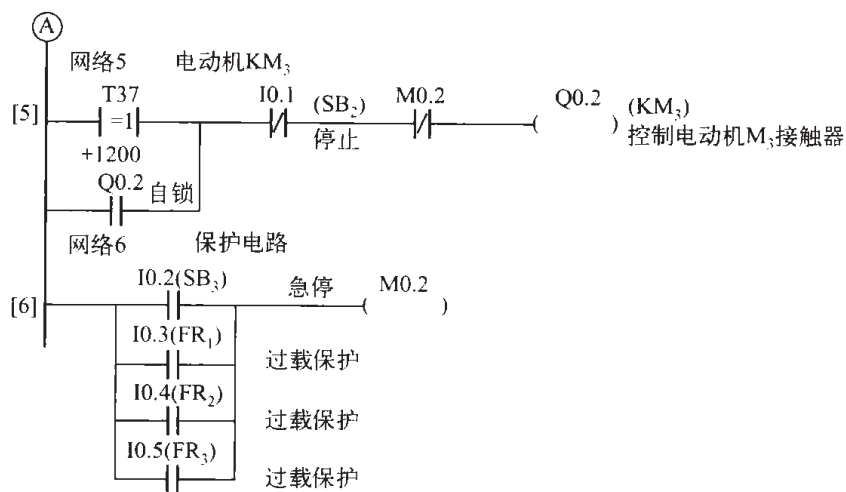
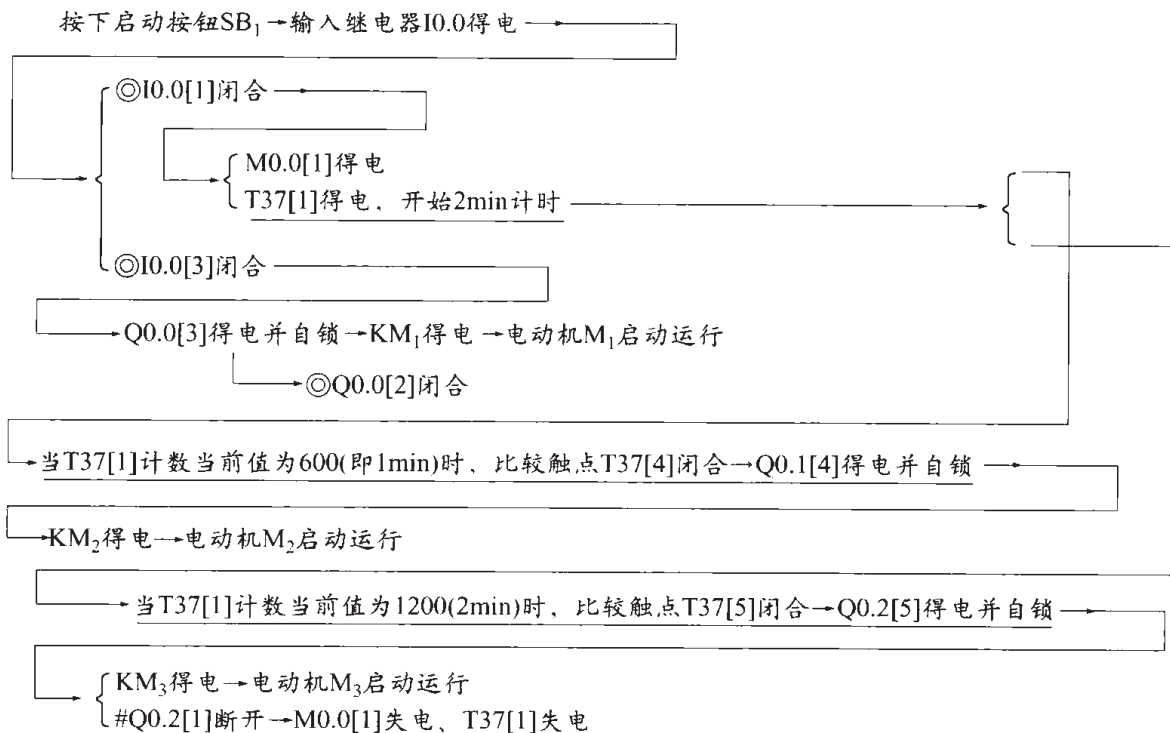


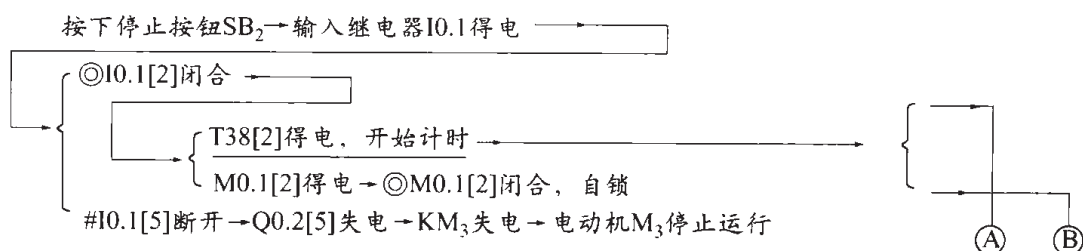
图 2-47 梯形图(续)

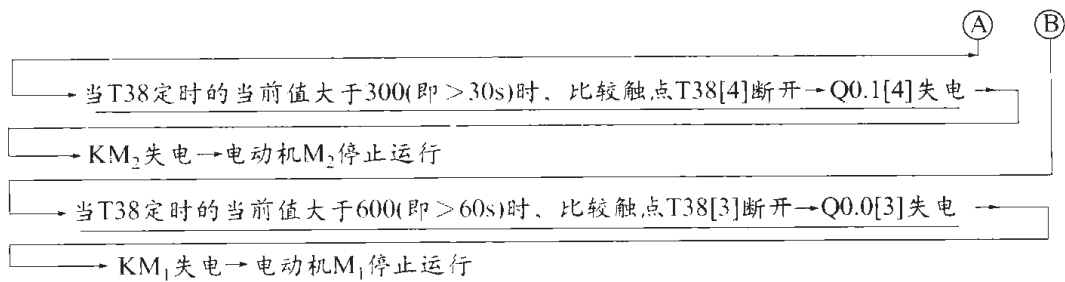
4. 电路工作过程

(1) 启动



(2) 停止





(3) 急停和过载保护

当按下急停按钮 SB₃ 或者过载保护动作时, SB₁、FR₁ ~ FR₃ 闭合→输入继电器 I0.2 ~ I0.5 [6] 得电→
 ◎I0.2 ~ ◎I0.5 [6] 闭合→M0.2 [6] 得电→#M0.2 [1] ~ [5] 断开→Q0.0 [3]、Q0.1 [4]、Q0.2 [5] 断开→KM₁ ~
 KM₃ 失电→电动机 M₁ ~ M₃ 停止运行

【例 2-20】 三台电动机顺序延时启动、逆序延时停机控制电路

1. 梯形图

图 2-48 为三台电动机顺序延时启动、逆序延时停机控制电路的梯形图。

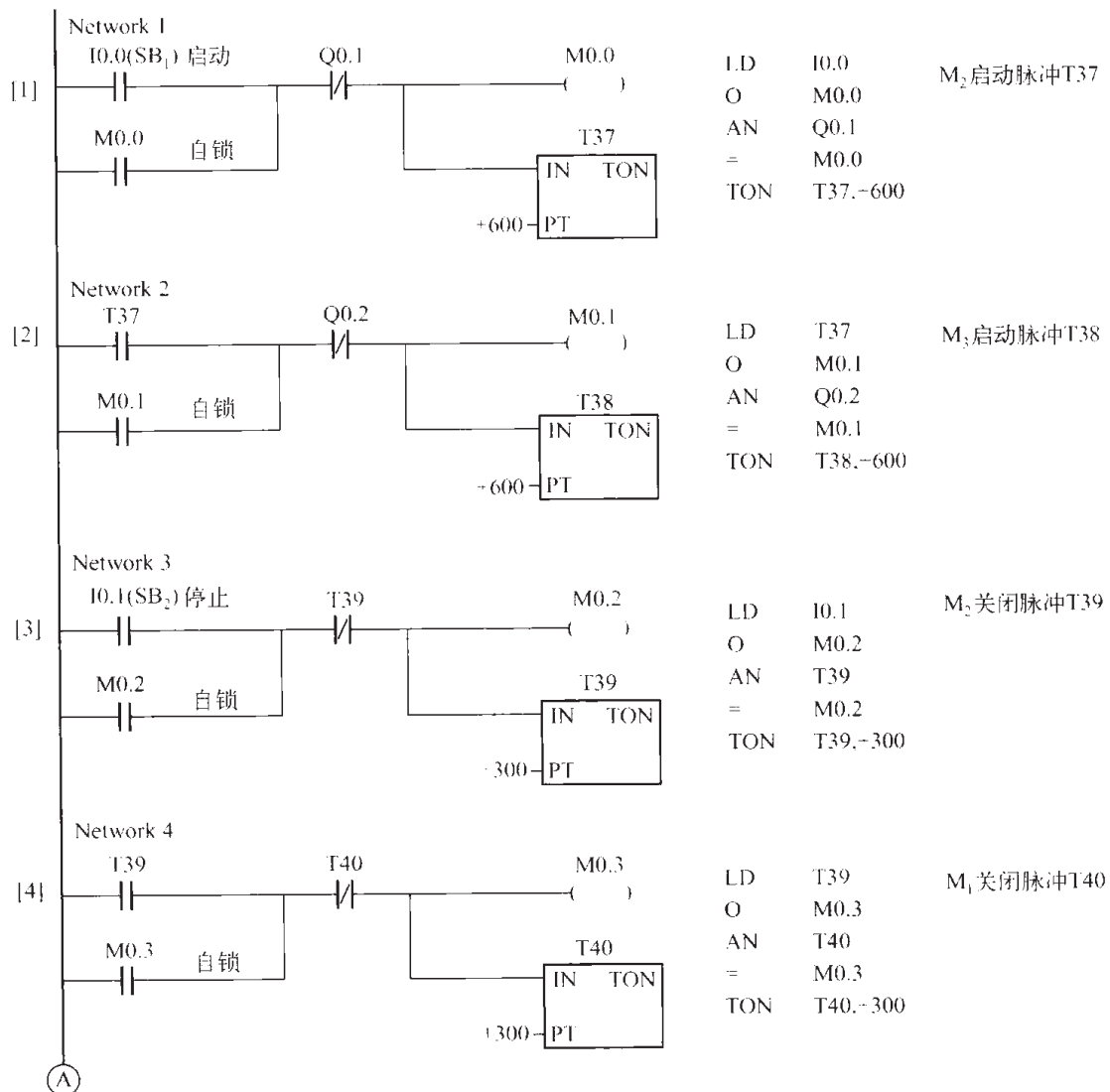


图 2-48 梯形图

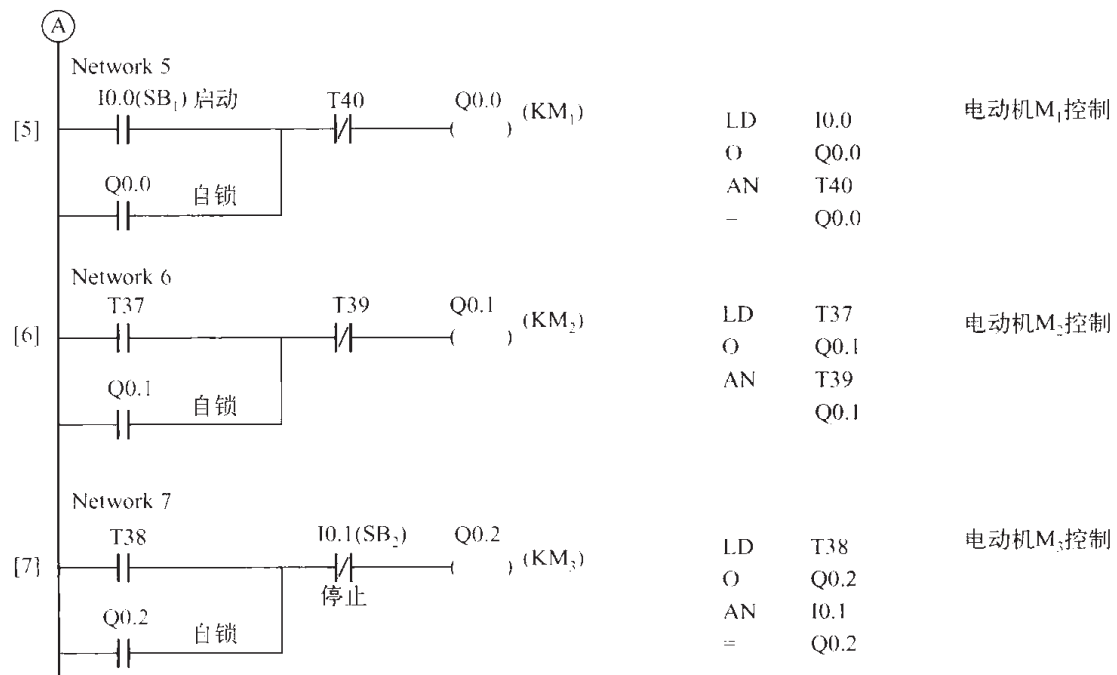
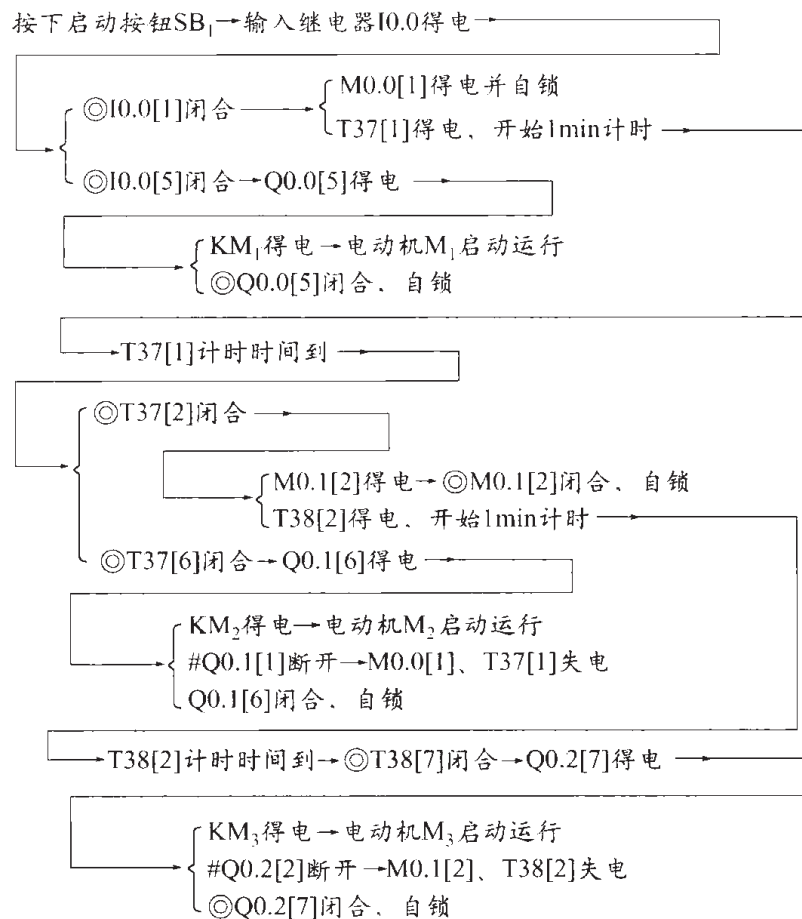


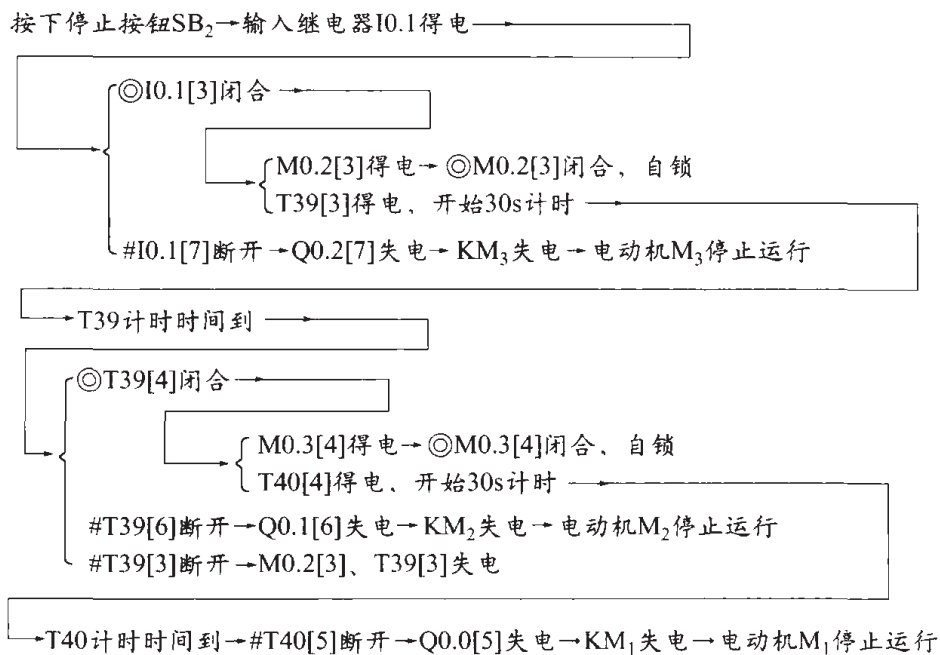
图 2-48 梯形图(续)

2. 电路工作过程

(1) 启动



(2) 停止

【例2-21】用移位寄存器指令编程的四台电动机M₁~M₄的PLC控制(一)

1. 控制要求

启动的顺序为M₁→M₂→M₃→M₄,顺序启动的时间间隔为2min,启动完毕,进入正常运行,直至停车。

2. PLC的I/O配置及I/O接线

表2-11为PLC的I/O配置表。PLC的I/O接线如图2-49所示。

表2-11 PLC的I/O配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|------|--------------|-----------------|-----|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 启动按钮 | I0.0 | KM ₁ | 接触器 | Q0.0 |
| SB ₂ | 停止按钮 | I0.1 | KM ₂ | 接触器 | Q0.1 |
| | | | KM ₃ | 接触器 | Q0.2 |
| | | | KM ₄ | 接触器 | Q0.3 |

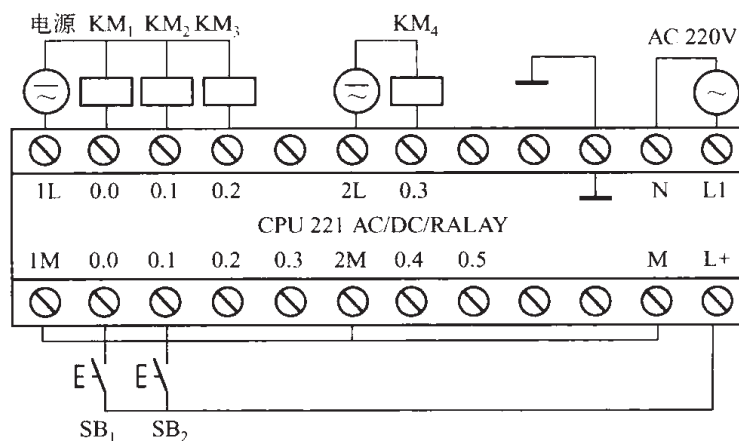


图2-49 PLC的I/O接线

3. 顺序功能图和梯形图

图 2-50 为四台电动机 $M_1 \sim M_4$ 的 PLC 控制的顺序功能图,其梯形图如图 2-51 所示。

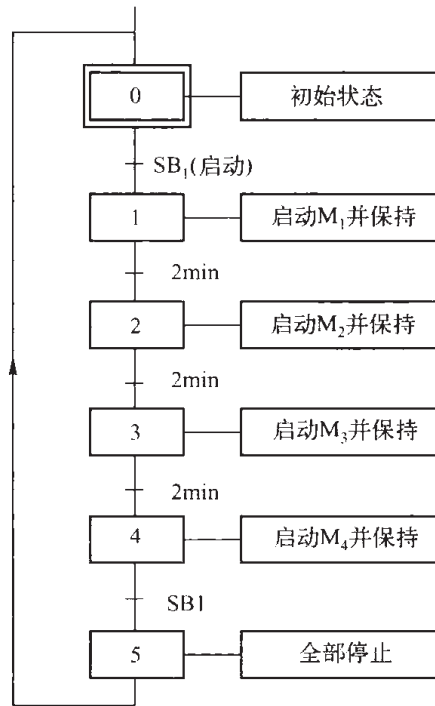


图 2-50 顺序功能图

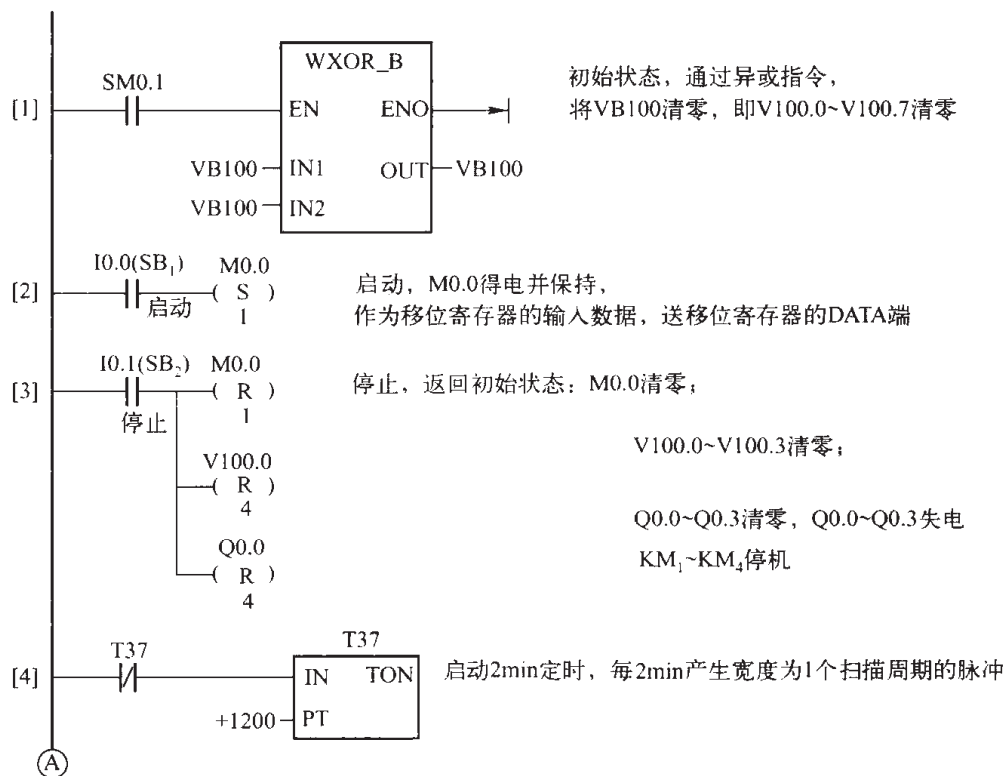
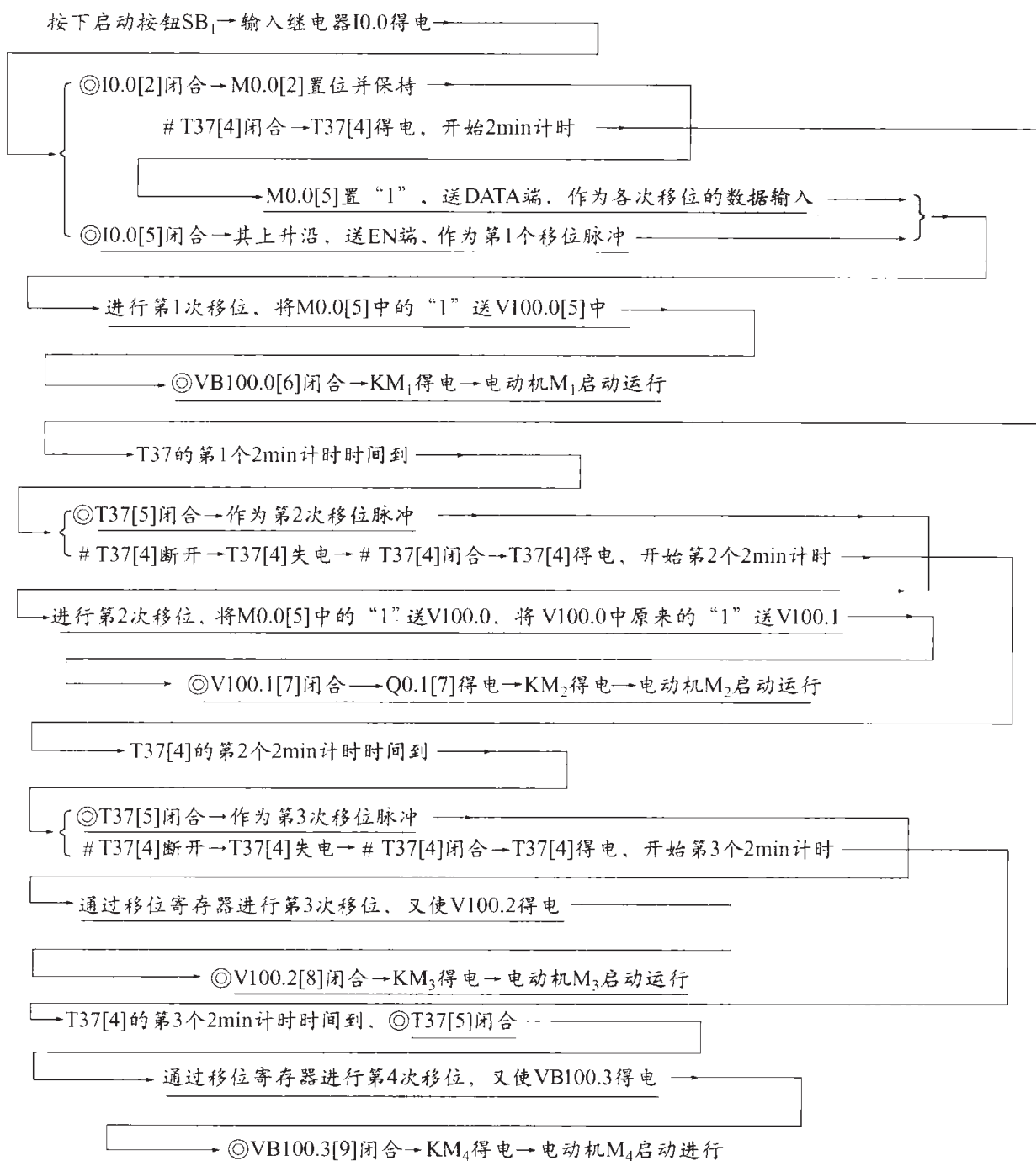
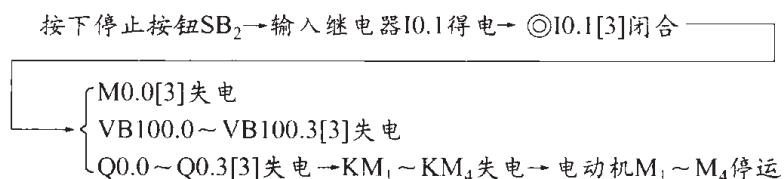


图 2-51 梯形图



(2) 停止



【例2-22】用移位寄存器指令编程的四台电动机M₁~M₄的PLC控制(二)

1. 控制要求

要求四台电动机顺序启动和顺序停车。启动时的顺序为M₁→M₂→M₃→M₄, 时间间隔为

1 min。停车时的顺序为 $M_4 \rightarrow M_3 \rightarrow M_2 \rightarrow M_1$ ，时间间隔为 30 s。

2. PLC 的 I/O 配置及 I/O 接线

PLC 的 I/O 配置同表 2-9, PLC 的 I/O 接线同图 2-49。

3. 顺序功能图和梯形图

图 2-52 为符合控制要求的顺序功能图, 梯形图如图 2-53 所示。

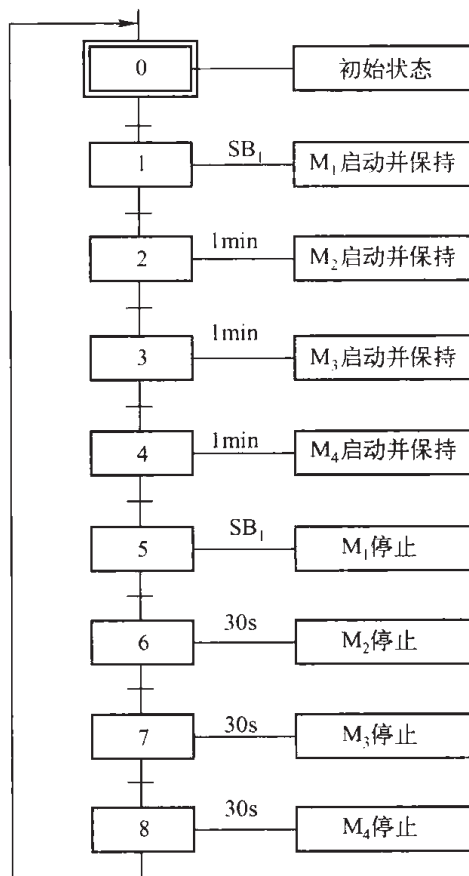
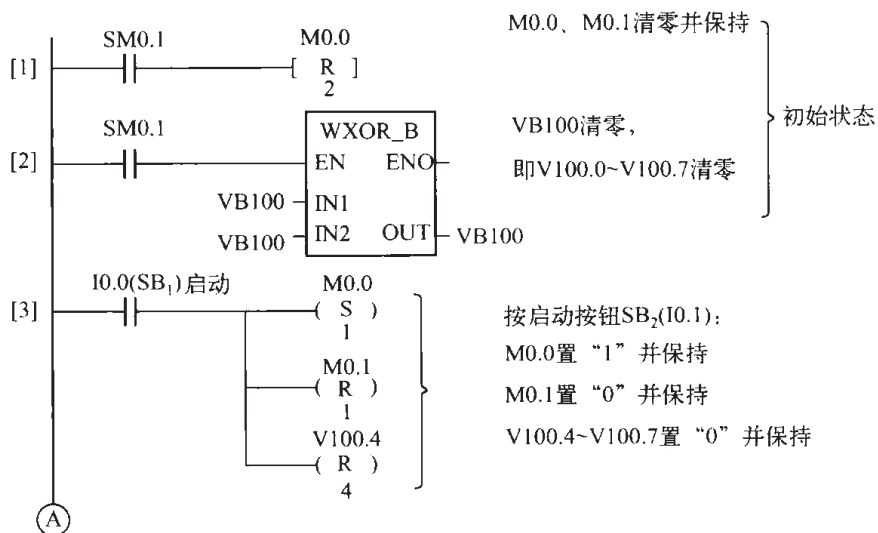


图 2-52 4 台电动机顺序启、停控制的顺序功能图



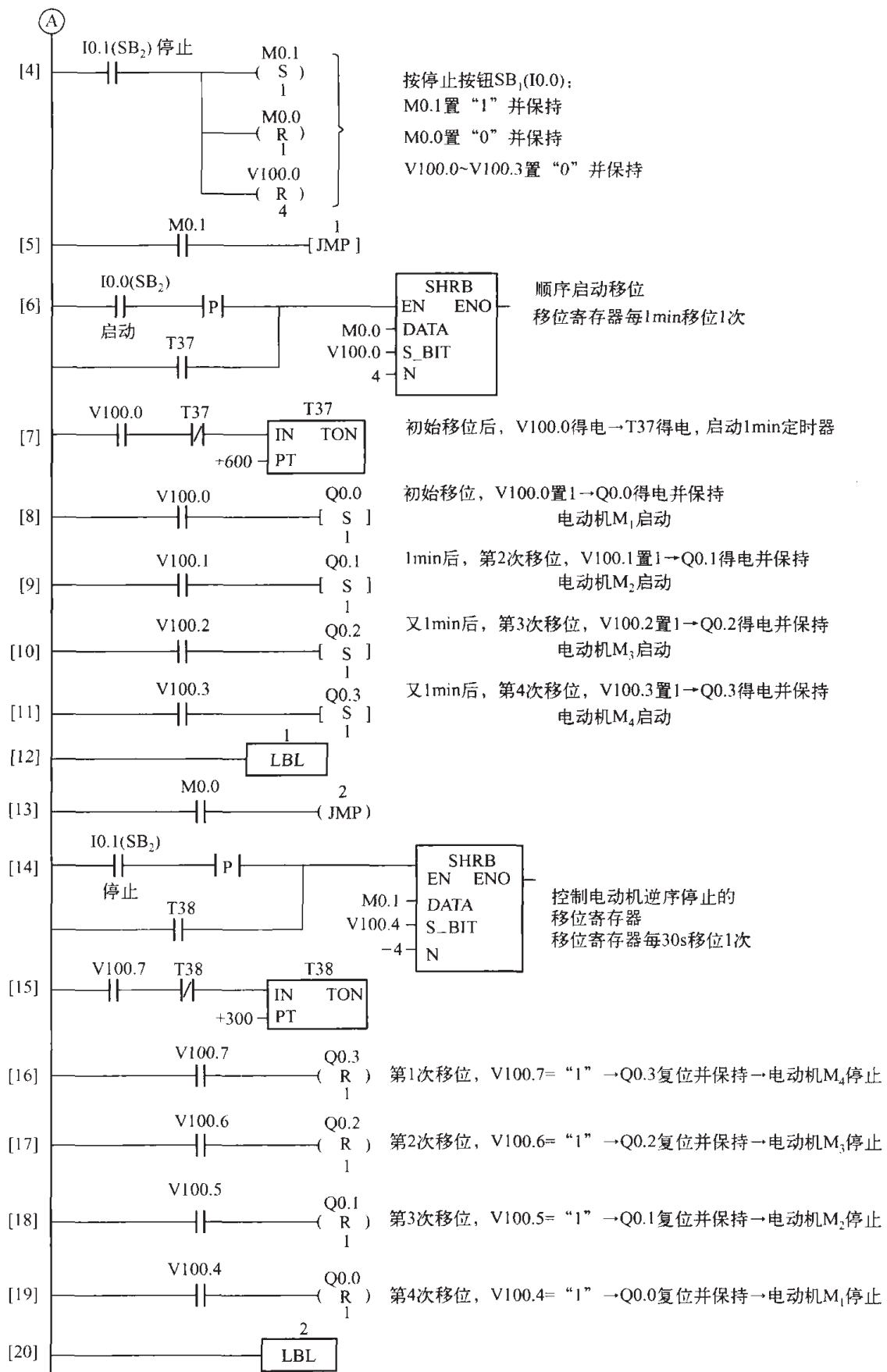


图 2-53 梯形图

4. 看图思路

(1) 初始化。PLC 上电后,初始化脉 SM0.1 闭合 1 个扫描周期[1、2],使 M0.0[1]、M0.1[1]置零并保持;并通过异或指令 VXOR-B[2],使 VB100[2]清零,即 V100.0 ~ V100.7[2]置“0”。

(2) 程序结构。按下启动按钮 SB₁→输入继电器 I0.0 得电→M0.0[3]得电并保持→◎M0.0[13]闭合[13]→跳过 JMP(2) ~ LBL(2)之间[13~20]程序段,不执行。

由于未按停止按钮 SB₂→输入继电器 I0.1 未得电→◎I0.1[4]断开→M0.1[4]未得电→◎M0.1[5]断开,因此,执行 JMP(1) ~ LBL(1)之间[5~12]的程序段。

反之,当按下停止按钮 SB₂→输入继电器 I0.1 得电→◎I0.1[4]闭合→M0.1[4]得电并保持→◎M0.1[5]闭合→跳过 JMP(1) ~ LBL(1)之间[6~12]程序段,不执行。

由上述分析可见,JMP(1) ~ LB(1)间的程序段[5~12]控制 3 台电动机顺序延时启动,JMP(2) ~ LBL(2)间的程序段[13~20]控制 3 台电动机逆序延时停机。

(3) 移位寄存器指令。由于在初始状态下,已对 V100.0 ~ V100.7 清零,因此在初始状态下不会造成 Q0.0 ~ Q0.3 得电

在启动状态下,◎I0.0[3]闭合→M0.0 置 1 并保持,因此移位寄存器[6]的移位数据(DATA 端)始终为“1”。

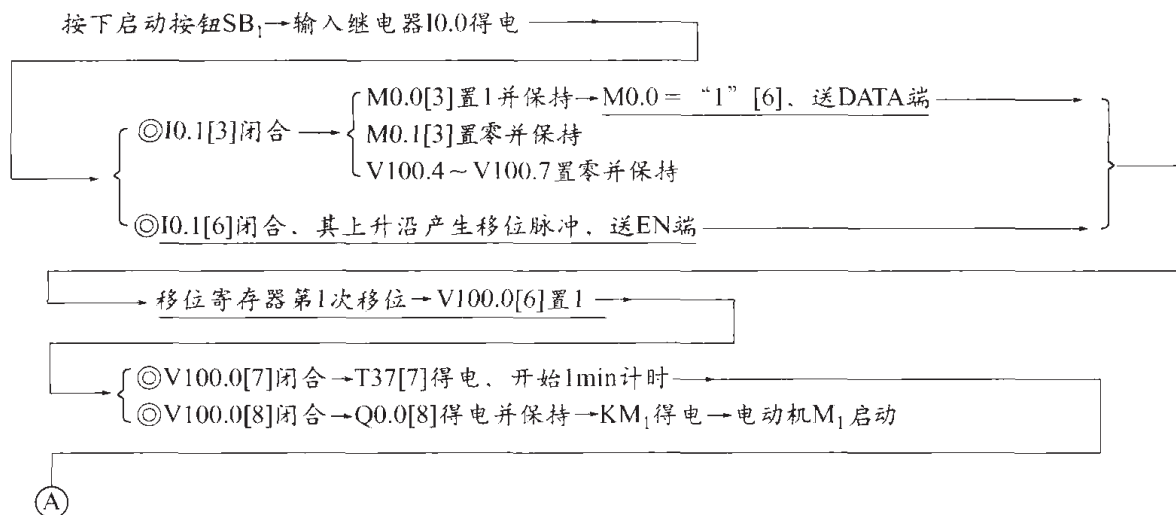
在停机状态下,◎I0.1[4]闭合→M0.0[4]置 0 并保持,因此移位寄存器[14]的移位数据(DATA 端)也始终为“0”。

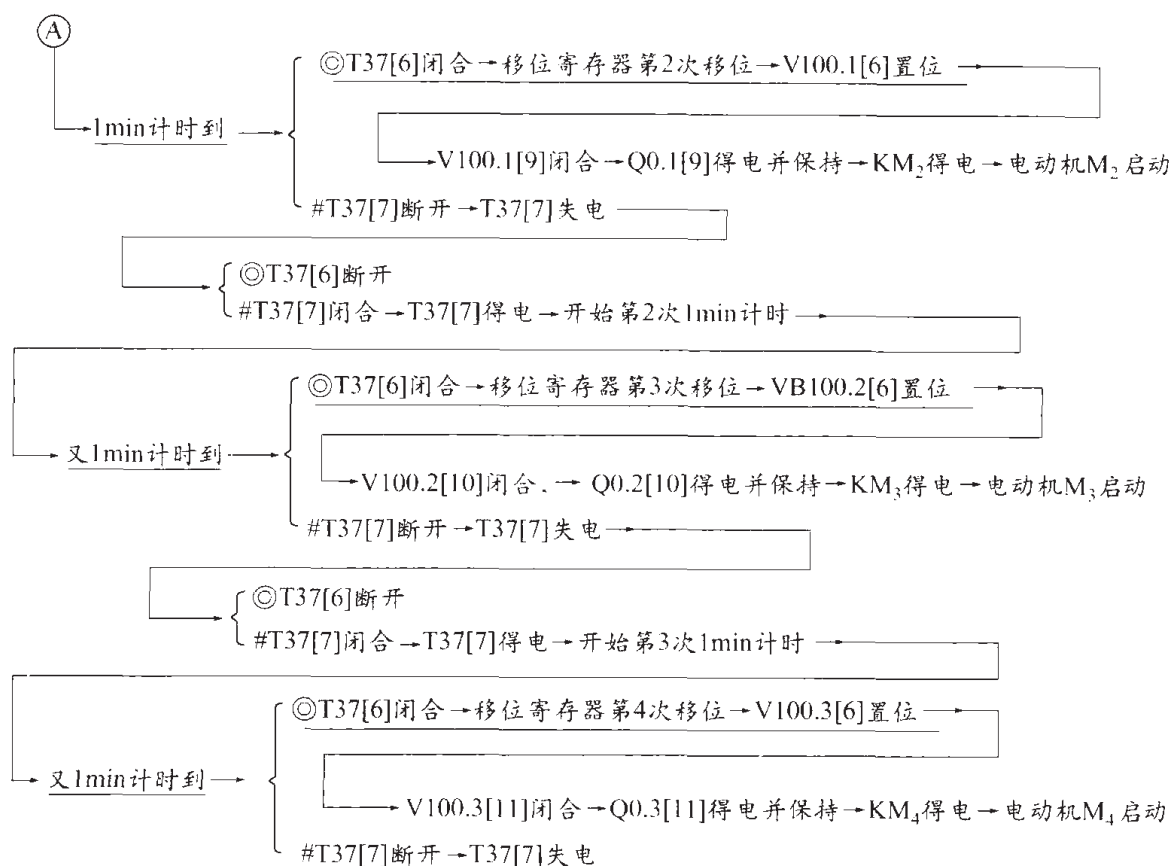
◎I0.0[6]闭合→给移位寄存器[6]送第 1 个移位脉冲;T37 组成自复位脉冲发生器,通过◎T37[5]给移位寄存器[6]送第 2 个~第 4 个移位脉冲。

◎I0.1[14]闭合→给移位寄存器[14]送第 1 个移位脉冲;T38 组成自复位脉冲发生器,通过◎T38[5]给移位寄存器[14]送第 2 个~第 4 个移位脉冲。

5. 电路工作过程

(1) 启动





(2) 停止 [13 ~ 20]

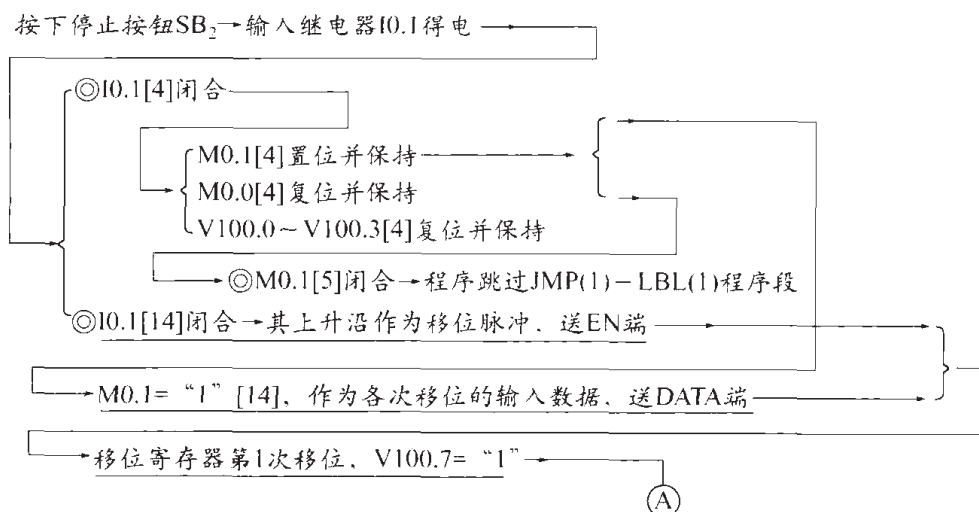
① 移位寄存器移位的最高位

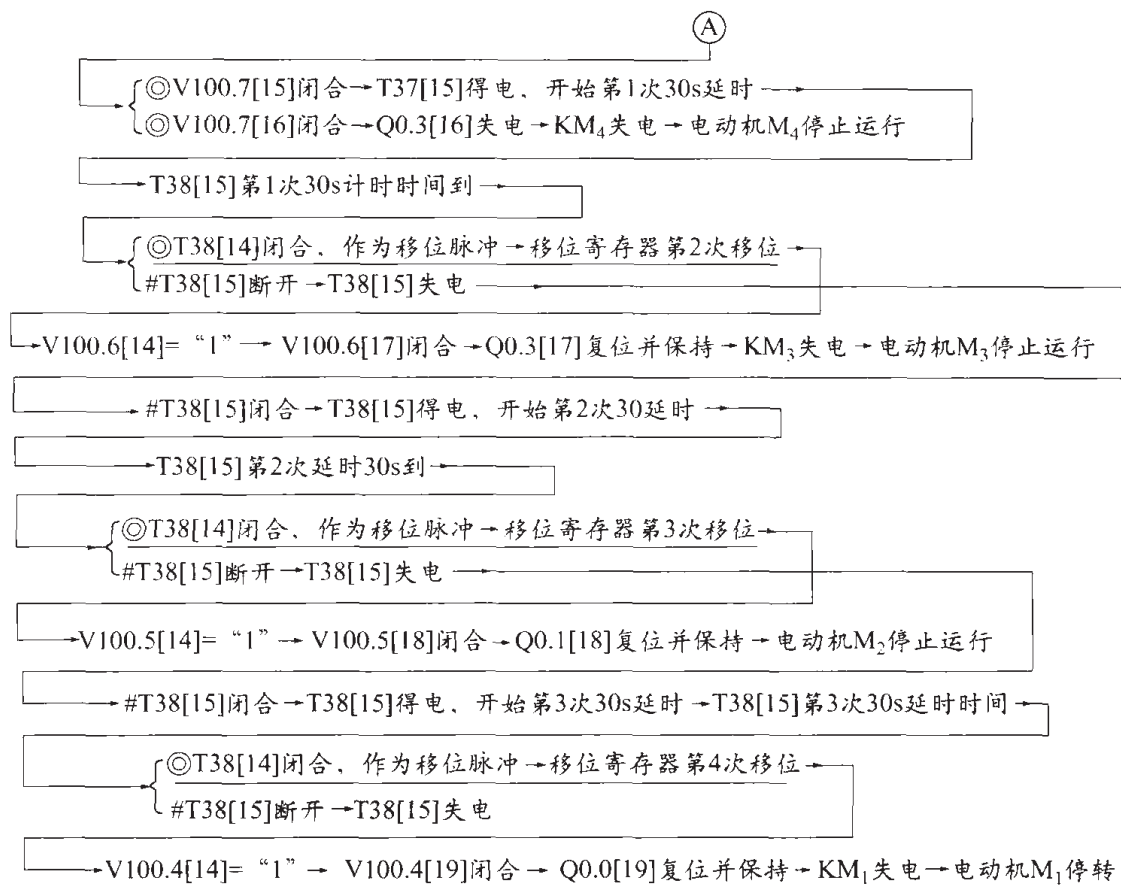
由于移位寄存器的移位时长度 N 为“-4”，移位是从最高字节的最高位移入，从最低字节移出。

最高位的计算： $(N \text{ 的绝对值} - 1 + S_BIT \text{ 的位号}) \div 8 = \text{商} + \text{余数}$ ，余数即是最高位的位号，商与 S_BIT 的字节号之和即是最高位的字节号。

$(|-4| - 1 + 4) \div 8 = \text{商数} 0 + \text{余数} 7$ ，因此最高位为 V100.7。

② 电路工作过程





第3章

PLC 在机床电气控制系统中的应用

采用可编程控制器对机床进行电气控制改造一般只是变更控制电路部分,而对机床主电路通常都原样保留。控制电路的设计方案,通常包括 PLC 的 I/O 接线及梯形图的设计。

将继电器—接触器控制电路的功能换用梯形图实现可以有两种思路。一种思路是套用继电器控制电路的结构设计梯形图,采用这种方式时,先进行电器元件的代换,具体代换方法为按钮、传感器等主令传感设备用输入继电器代替,接触器等执行器件用输出继电器代替,原图中的中间继电器、计数器、定时器则用 PLC 机内的同类功能的编程元件代替。这种方式转换的问题是转换出来的梯形图大多不符合梯形图的结构原则,还需要进行调整。另一种思路是根据继电器—接触器控制电路图上反映出来的电气元件中的控制逻辑要求重新进行梯形图的设计。这种方法可以利用 PLC 中有许多辅助继电器的特点,将继电器控制电路图中的复杂结构化解为简单结构。

【例 3-1】 CA6140 普通车床的 PLC 控制

1. CA6140 普通车床的继电器—接触器电气控制电路

CA6140 普通车床的电气控制电路如图 3-1 所示。

主电动机 M_1 :完成主轴主运动和刀具的纵横向进给运动的驱动,电动机为笼型异步电动机,采用全压启动方式,主轴采用机械变速,正反转采用机械换向机构。

冷却泵电机 M_2 :加工时提供冷却液,防止刀具和工件的温升过高。采用全压启动和连续工作方式。

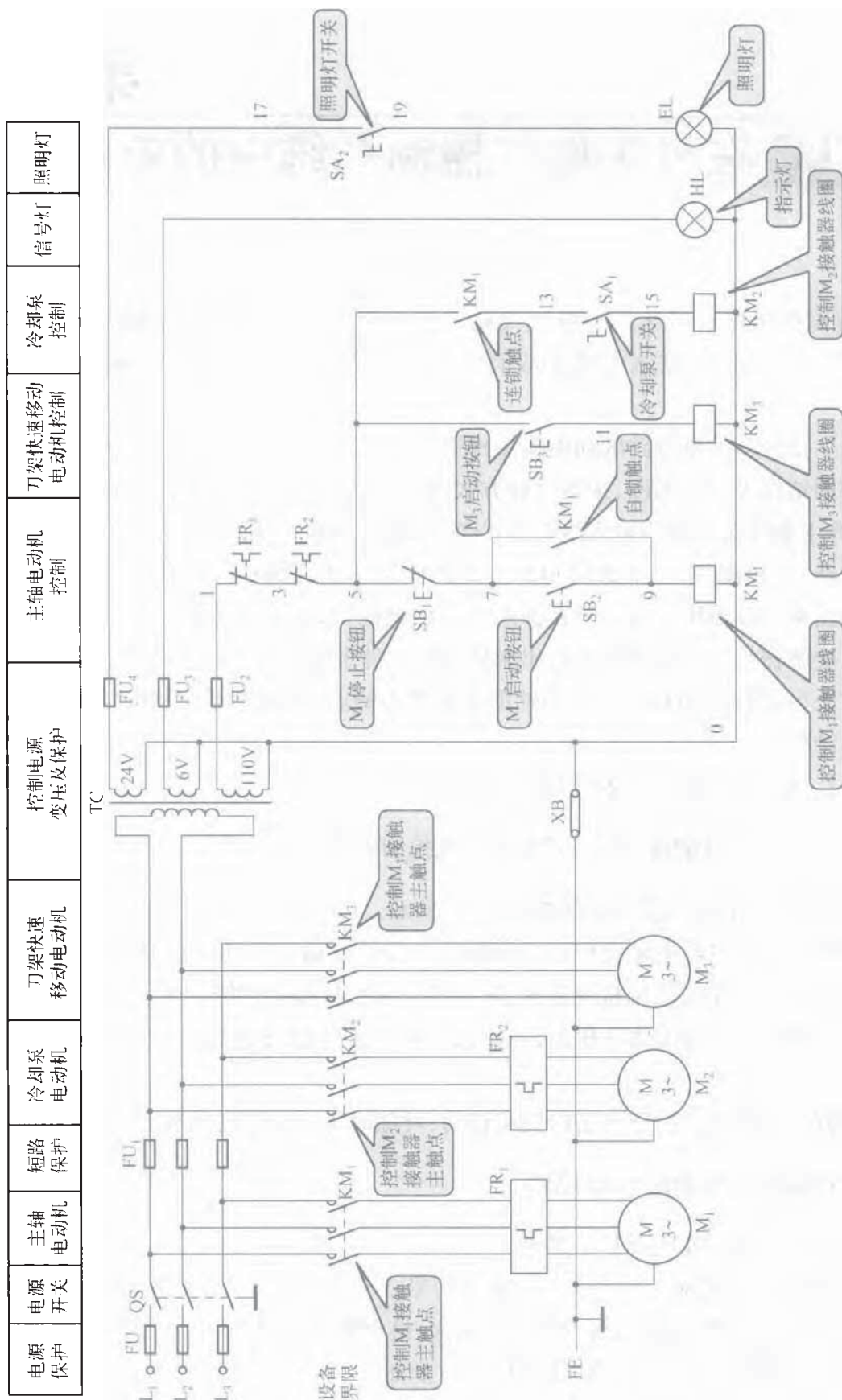
刀架快速移动电机 M_3 :用于刀架的快速移动,可随时手动控制启动和停止。

2. CA6140 普通车床的的 PLC 控制

1) PLC 的 I/O 配置、PLC 的 I/O 接线

由图 3-1 可知,需要输入信号 6 个,输出信号 3 个,全部为开关量。PLC 选用 CPU221 AC/DC/继电器(100~230 VAC 电源/24 VDC 输入/继电器输出)。

输入/输出电器及 PLC 的 I/O 配置如表 3-1 所示。



(a) 主电路

(b) 控制电路

图3-1 CA6140普通车床的继电器-接触器电气控制电路

表 3-1 输入/输出电器与 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|---------------------|-----------|-----------------|--------------------|-----------|
| 符号 | 功能 | | 符号 | 功能 | |
| SB ₂ | M ₁ 启动按钮 | I0.0 | KM ₁ | M ₁ 接触器 | Q0.0 |
| SB ₁ | M ₁ 停止按钮 | I0.1 | KM ₂ | M ₂ 接触器 | Q0.1 |
| FR ₁ | M ₁ 热继电器 | I0.2 | KM ₃ | M ₃ 接触器 | Q0.2 |
| FR ₂ | M ₂ 热继电器 | I0.3 | | | |
| SA ₁ | M ₂ 转换开关 | I0.4 | | | |
| SB ₃ | M ₃ 点动按钮 | I0.5 | | | |

PLC 的控制电路的主电路同图 3-1(a), PLC 的 I/O 接线如图 3-2 所示,图中输入信号使用 PLC 提供的内部直流电源 24 V(DC);负载使用的外部电源为交流 220 V(AC);PLC 的电源为交流 220 V(AC)。

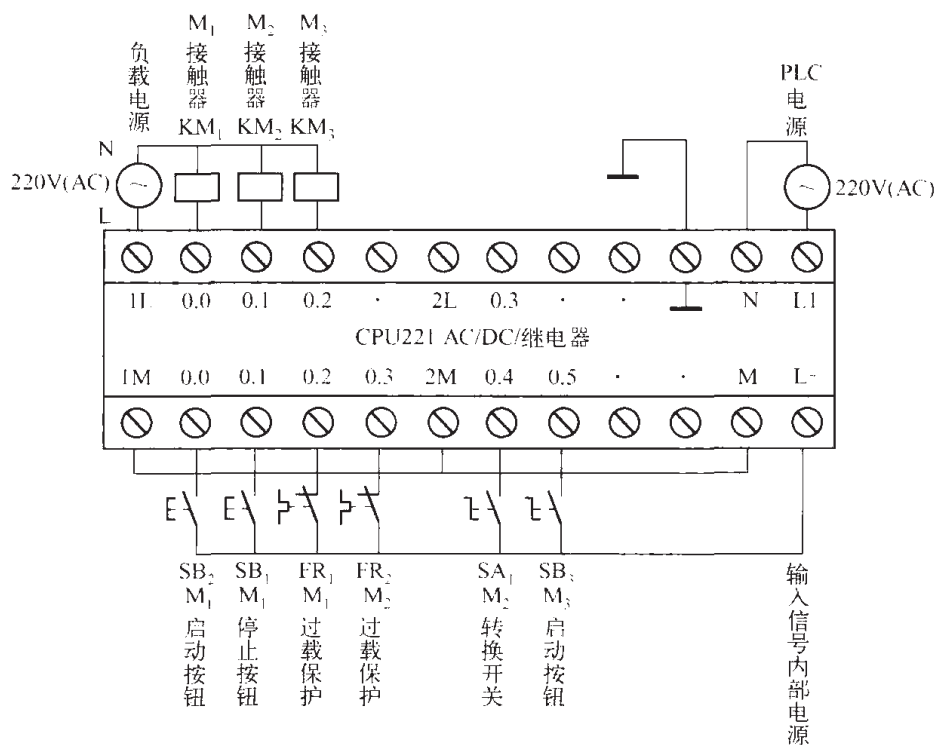


图 3-2 CA6140 型车床 PLC 的 I/O 接线

2) 梯形图

图 3-3 为 CA6140 型车床电气控制梯形图。

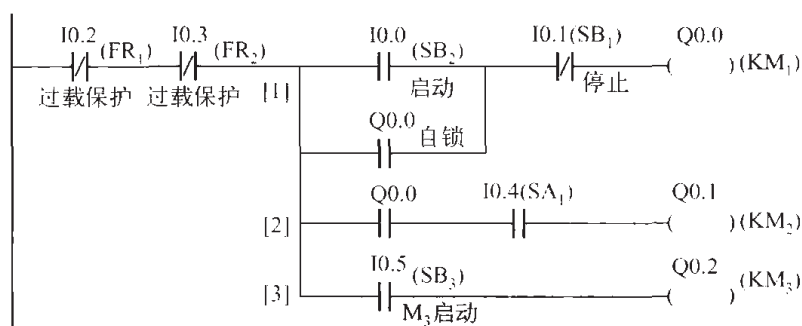
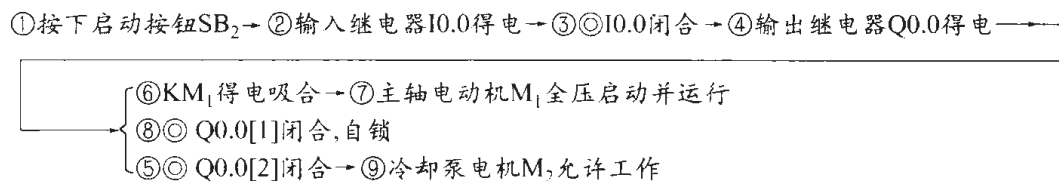
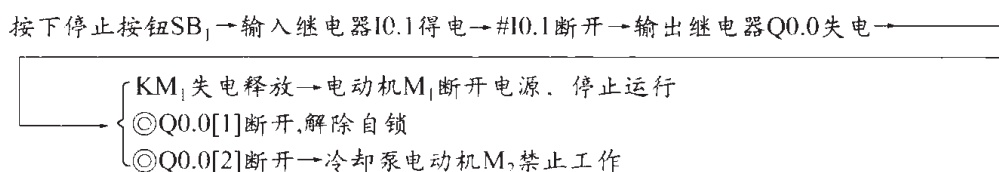


图 3-3 CA6140 型车床电气控制梯形图

3) 电路工作过程

(1) 主轴电动机 M_1 的控制① M_1 运行:② M_1 停止:(2) 冷却泵电机 M_2 的控制

$\odot Q0.0[2]$ 闭合,冷却泵电动机 M_2 允许工作,接下来按下面的顺序执行。

① M_2 运行:

合上转换开关 SA_1 →输入继电器 $I0.4$ 得电→ $\odot I0.4$ 闭合→输出继电器 $Q0.1$ 得电→ KM_2 得电吸合→冷却泵电动机 M_2 全压启动并运行

② M_2 停止:

断开换开关 SA_1 →输入继电器 $I0.4$ 失电→ $\odot I0.4$ 断开→输出继电器 $Q0.1$ 失电→ KM_2 失电释放→冷却泵电动机 M_2 停止运行

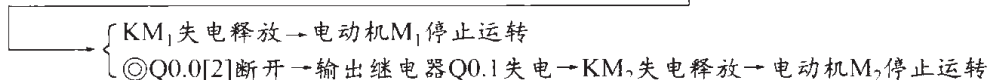
(3) 刀架快速移动电动机 M_3 控制

按下启动按钮 SB_3 →输入继电器 $I0.5$ 得电→ $\odot I0.5[3]$ 闭合→输出继电器 $Q0.2$ 得电→ KM_3 得电吸合→快速移动电动机 M_3 点动运行

(4) 过载及断相保护

热继电器 FR_1 、 FR_2 分别对电机 M_1 和 M_2 进行保护;由于快速移动电动机 M_3 为短时工作制,不需要过载保护。

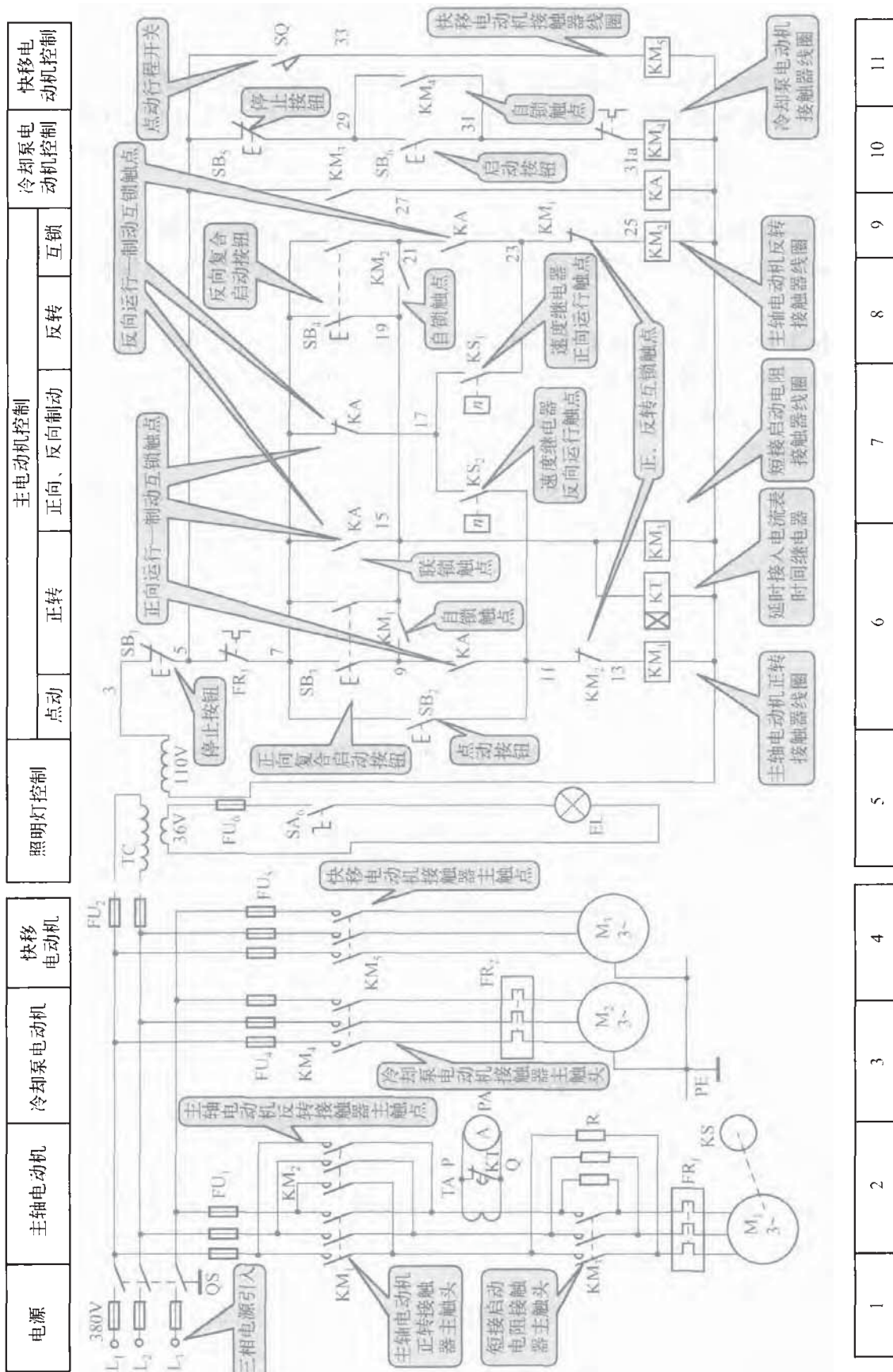
当发生过载或断相时:热继电器 FR_1 或 FR_2 动作→ FR_1 或 FR_2 的动合触点闭合→输入继电器 $I0.2$ 或 $I0.3$ 得电→ $\#I0.2$ 或 $\#I0.3$ 断开→输出继电器 $Q0.0$ 失电→



【例 3-2】 C650 型卧式车床的 PLC 控制

1. C650 型卧式车床的继电器—接触器控制电路

C650 型卧式车床共配置 3 台电动机 M_1 、 M_2 和 M_3 ,电路如图 3-4 所示。



(a) 主电路

(b) 控制电路

图3-4 C650型卧式车床的继电器—接触器控制电路

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|

主电动机 M_1 完成主轴主运动和刀具进给运动的驱动,采用直接启动方式,可正反两个方向旋转,并可进行正反两个旋转方向的电气制动停车。为加工调整方便,还具有点动功能。电动机 M_1 控制电路分为 4 个部分。

① 由正转控制接触器 KM_1 和反转控制接触器 KM_2 的两组主触点构成电动机的正反转电路。

② 电流表 PA 经电流互感器 TA 接在主电动机 M_1 的主电路上,以监视电动机绕组工作时的电流变化。为防止电流表被启动电流冲击损坏,利用时间继电器的动断触点 $KT(P-Q)$,在启动的短时间内将电流表暂时短接。

③ 串联电阻限流控制部分,接触器 KM_3 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而串入了限流电阻 R,以保证电路设备正常工作。

④ 速度继电器 KS 的速度检测部分与电动机的主轴同轴相联,在停车制动过程中,当主电动机转速接近零时,其动合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 M_2 提供切削液,采用直接启动停止方式,为连续工作状态,由接触器 KM_4 的主触点控制其主电路的接通与断开。

快速移动电动机 M_3 由交流接触器 KM_5 控制,根据需要使用,可随时手动控制启停。

为保证主电路的正常运行,主电路中还设置了采用熔断器的短路保护环节和采用热继电器的电动机过载保护环节。

(1) M_1 的点动控制

调整刀架时,要求 M_1 点动控制。合上隔离开关 QS,按启动按钮 SB_2 ,接触器 KM_1 得电, M_1 串接限流电阻 R 低速转动,实现点动。松开 SB_2 ,接触器 KM_1 失电, M_1 停转。

(2) M_1 的正反转控制

合上隔离开关 QS,按正向启动按钮 SB_3 ,接触器 KM_3 得电,中间继电器 KA 得电,时间继电器 KT 得电,接触器 KM_1 得电,电动机 M_1 短接电阻 R 正向启动,主回路中电流表 A 被时间继电器 KT 的动断触点短接,延时 t_s 后 KT 的延时断开的动断触头断开,电流表 A 串接于主电路,监视负载情况。

主电路中通过电流互感器 TA 接入电流表 PA,为防止启动时启动电流对电流表的冲击,启动时利用时间继电器 KT 的动断触点将电流表短接,启动结束,KT 的动断触点断开,电流表投入使用。

反转启动的情况与正转时类似, KM_3 与 KM_2 得电,电动机反转。

(3) M_1 的停车制动

假设停车前 M_1 为正向转动,速度继电器正向动断触点 $KS_1(17 \sim 23)$ 闭合。制动时,按下停车按钮 SB_1 ,使接触器 KM_3 、时间继电器 KT、中间继电器 KA、接触器 KM_1 均失电,主回路中串入电阻 R(限制反接制动电流)。当 SB_1 松开时,由于速度继电器的触点 $KS_1(17 \sim 23)$ 仍闭合,使得 KM_2 得电,电机 M_1 接入反序电源制动。当速度降低, $KS_1(17 \sim 23)$ 断开时,使得 KM_2 失电,制动结束。电机 M_1 反转时的停车制动情况与此类似。

(4) 刀架的快速移动控制

转动刀架手柄压下点动行程开关 SQ 使接触器 KM_5 得电,电动机 M_3 转动,刀架实现快速移动。

(5) 冷却泵电动机控制

按下冷却泵启动按钮 SB_6 ,接触器 KM_4 得电,电动机 M_2 转动,提供冷却液。按冷却泵停止按钮 SB_5 , KM_4 断电, M_2 停止。

2. C650型卧式车床的 PLC 控制

1) PLC 的 I/O 配置及 PLC 的 I/O 接线

在将继电器控制电路改为 PLC 控制时,原系统的各个按钮、热继电器、速度继电器及接触器全都还要使用,并需要分别与 PLC 的 I/O 接口连接。PLC 的 I/O 配置如表 3-2 所示,PLC 控制电路的主电路同图 3-4,PLC 的 I/O 接线图如图 3-5 所示。机床原配的热继电器采用 PLC 机外与接触器线圈连接方式,这样的安排可使过载保护更加可靠。快速移动电动机的控制十分简单,也不通过 PLC,将 KM_5 与行程开关 SQ 串接后直接接入电源。另安排定时器 T37 代替原来电路中的时间继电器 KT。

表 3-2 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|-----------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 停止按钮 | I0.0 | KM ₁ | 主轴正转接触器 | Q0.0 |
| SB ₂ | 点动按钮 | I0.1 | KM ₂ | 主轴反转接触器 | Q0.1 |
| SB ₃ | 正转启动按钮 | I0.2 | KM ₃ | 切断电阻接阻器 | Q0.2 |
| SB ₄ | 反转启动按钮 | I0.3 | KM ₄ | 冷却泵接触器 | Q0.3 |
| SB ₅ | 冷却泵停止 | I0.4 | KM ₅ | 快速电动机接触器 | Q0.4 |
| SB ₆ | 冷却泵启动 | I0.5 | | | |
| KS ₁ | 速度继电器正转触点 | I0.6 | | | |
| KS ₂ | 速度继电器反转触点 | I0.7 | | | |

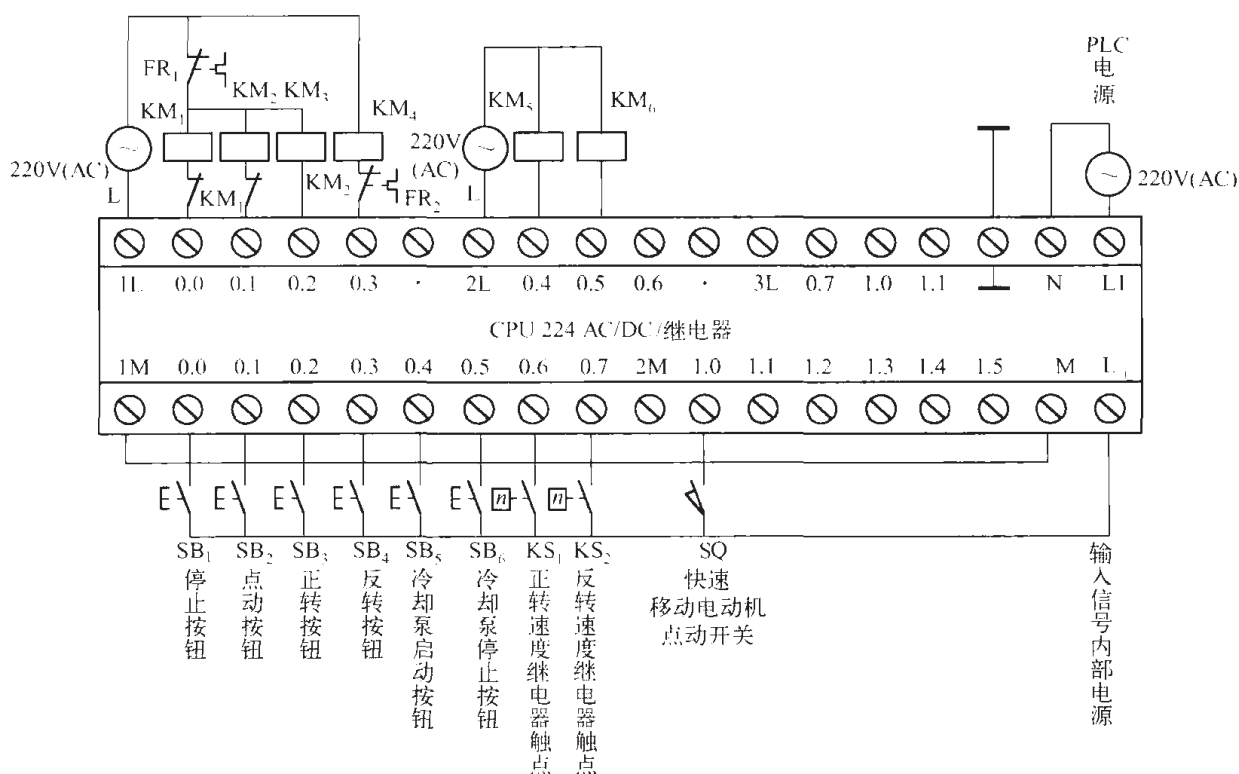


图 3-5 PLC 的 I/O 接线

2) 梯形图

由于继电器接触器电路中无论主轴电动机正转还是反转,切除限流电阻接触器 KM_3 都是首先动作,在梯形图中,安排第一个支路为切除电阻控制支路。在正转及反转接触器控制支路中,综合了自保持、制动两种控制逻辑关系。正转控制中还加有手动控制。

在如图 3-6 所示的梯形图中,用定时器 T37 代替图 3-4 中的时间继电器 KT,并且通过 T37 控制 $Q0.5 \rightarrow KM_6$ 的动断触点 $KM_6(P-Q)$,在启动的短时间内将电流表暂时短接。

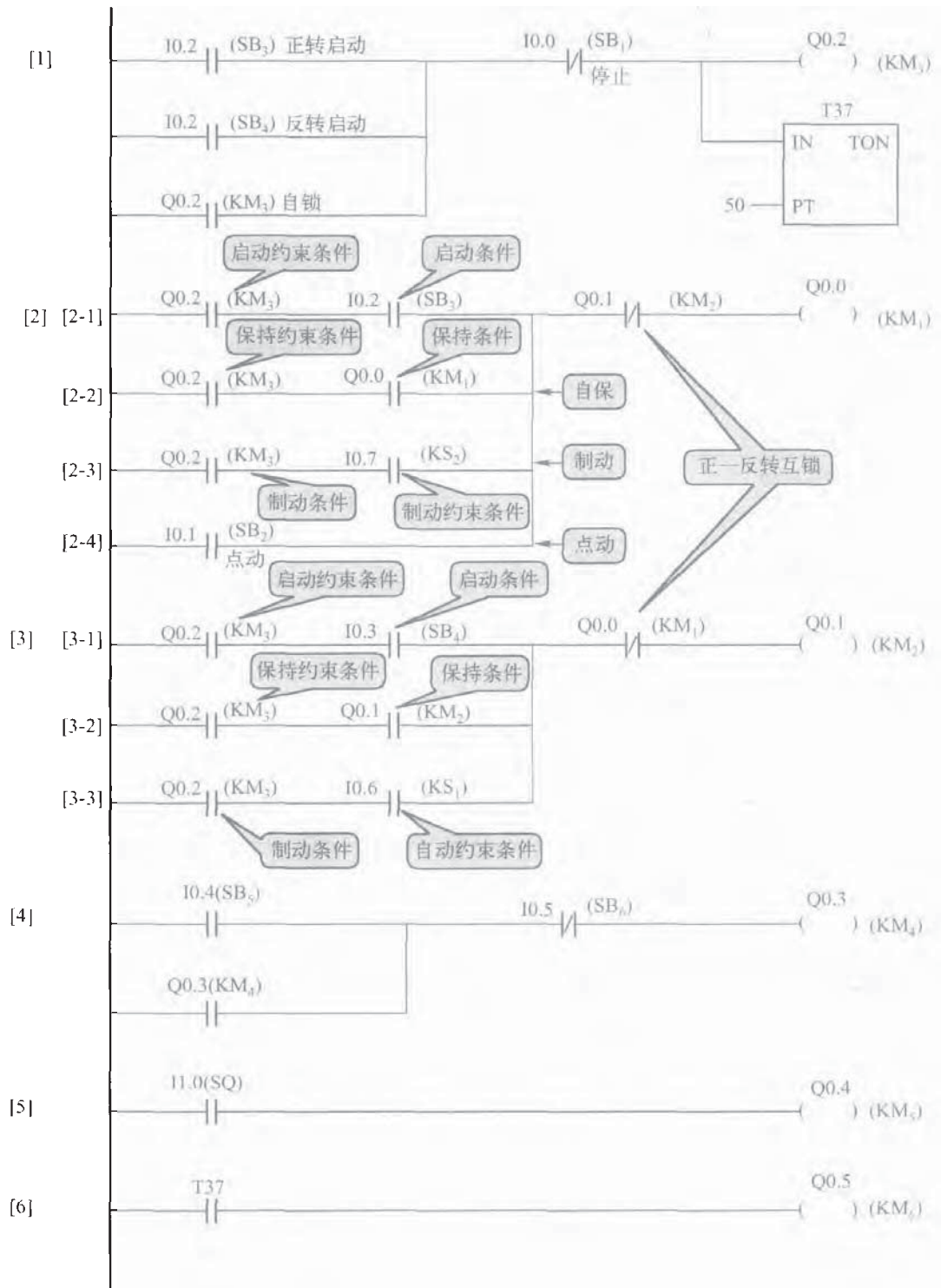
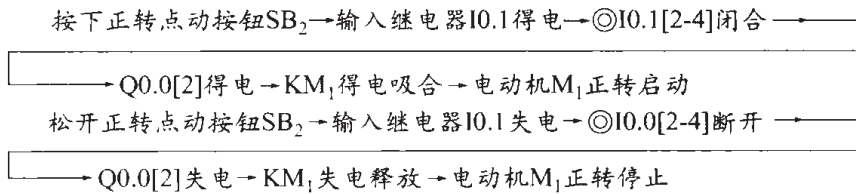


图 3-6 梯形图

3) 电路工作过程

(1) 主轴电动机 M_1 正转点动控制(2) 主轴电动机 M_1 正转控制

主轴电动机 M_1 正转控制扫描周期顺序如图 3-7 所示。

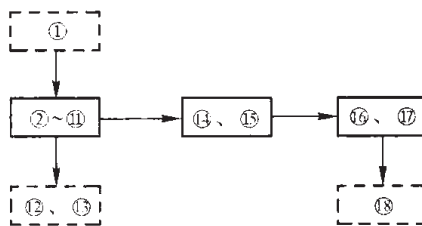
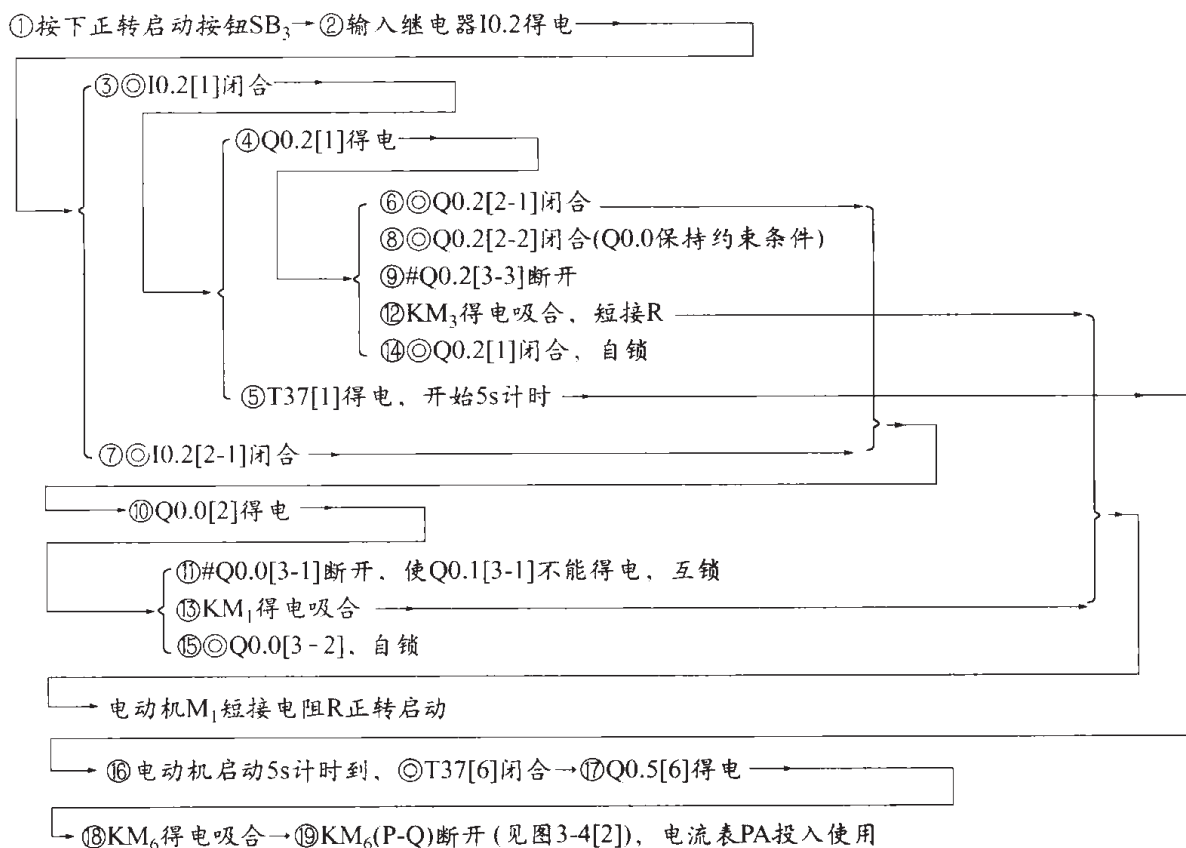
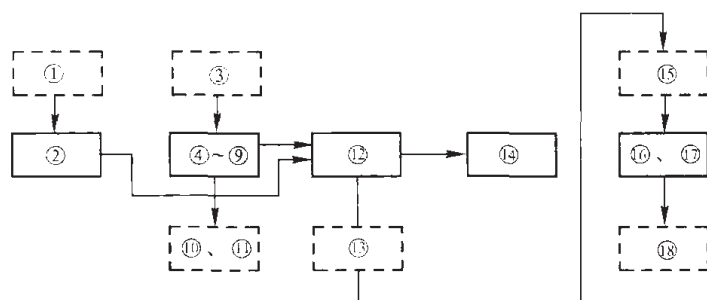
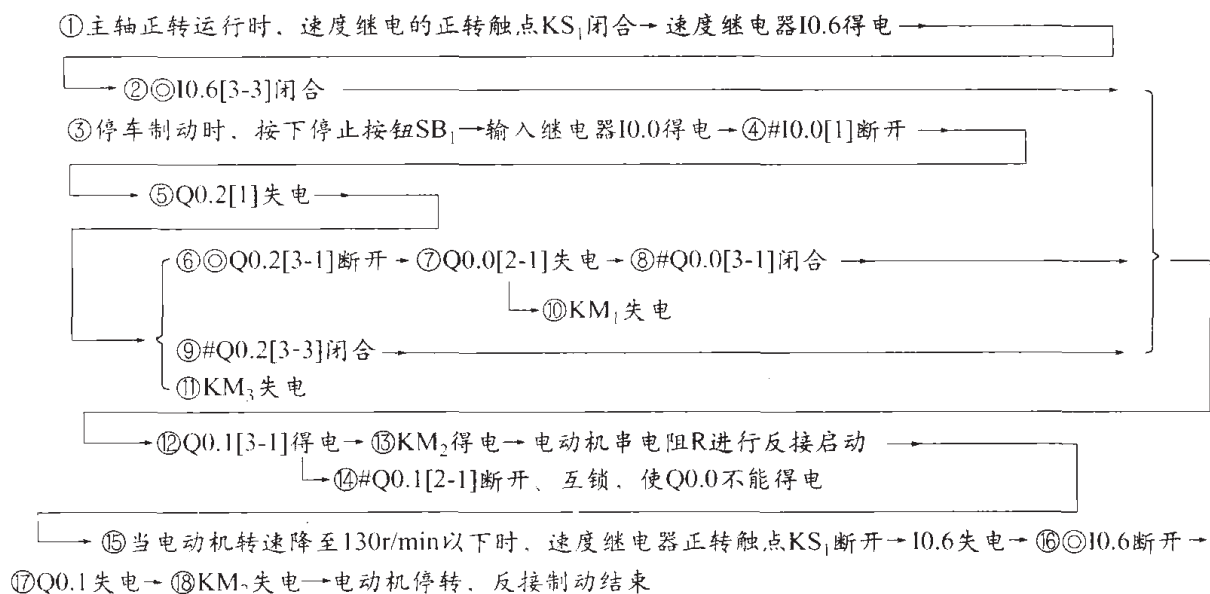


图 3-7 主轴电动机 M_1 正转控制扫描周期顺序

(3) 主轴电动机 M_1 正转停车制动

主轴电动机 M_1 正转停车制动扫描周期顺序如图 3-8 所示。

图 3-8 主轴电动机 M_1 正转停车制动扫描周期顺序

【例 3-3】 Z3040 型摇臂钻床的 PLC 控制

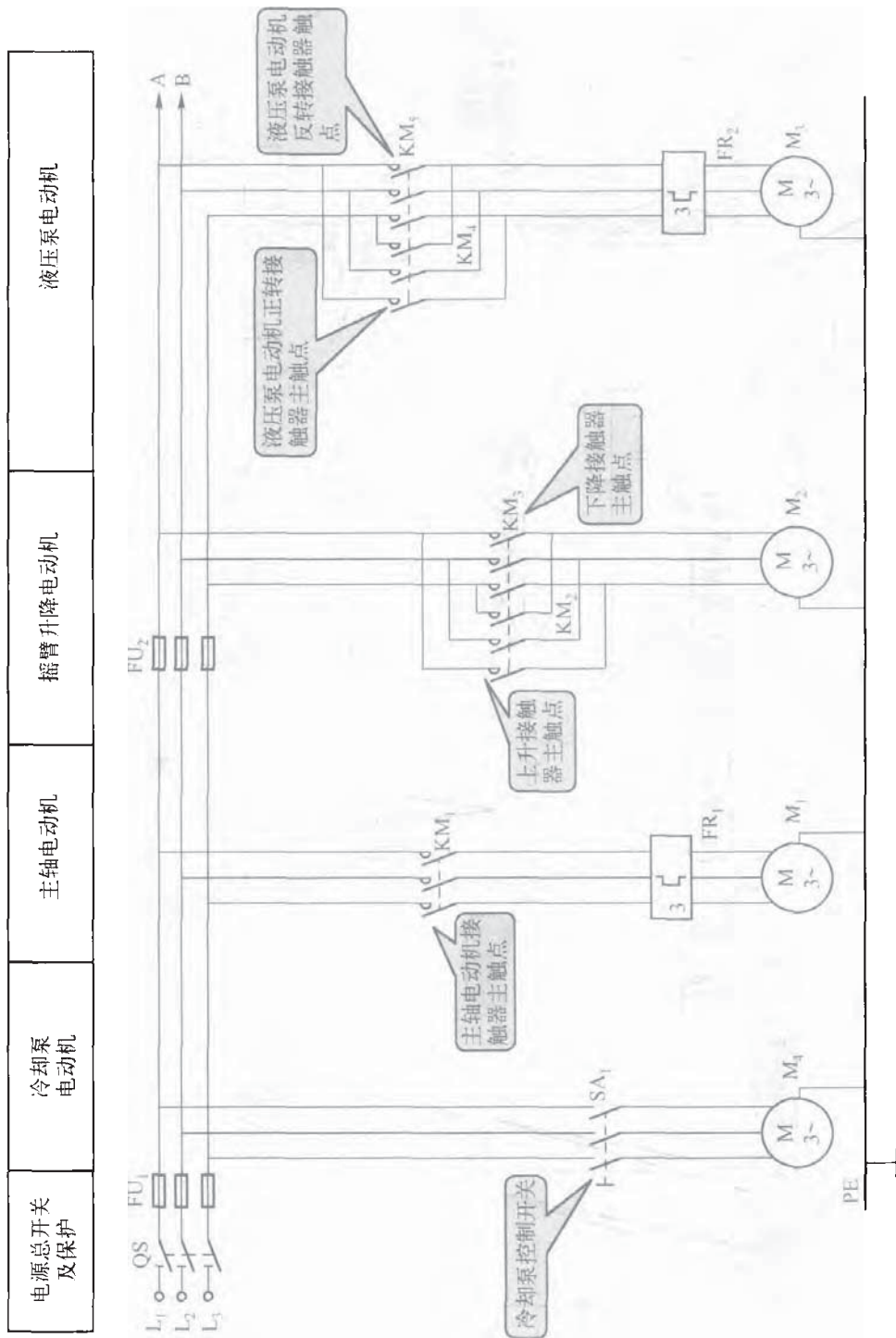
摇臂钻床利用旋转的钻头对工作进行加工，它由底座、内外立柱、摇臂、主轴箱和工作台构成。主轴箱固定在摇臂上，可以沿摇臂径向运动。摇臂借助于丝杆，可以做升降运动，也可以与外立柱固定在一起，沿内立柱旋转。钻削加工时，通过夹紧装置，主轴箱紧固在摇臂上，摇臂紧固在外立柱上，外立柱紧固在内立柱上。

1. Z3040 摇臂钻床的继电器—接触器控制电路

电路如图 3-9 所示，包括电动机 M_1 的控制、摇臂升降电动机 M_2 和液压泵电动机 M_3 的控制、立柱主轴箱的松开和夹紧控制。

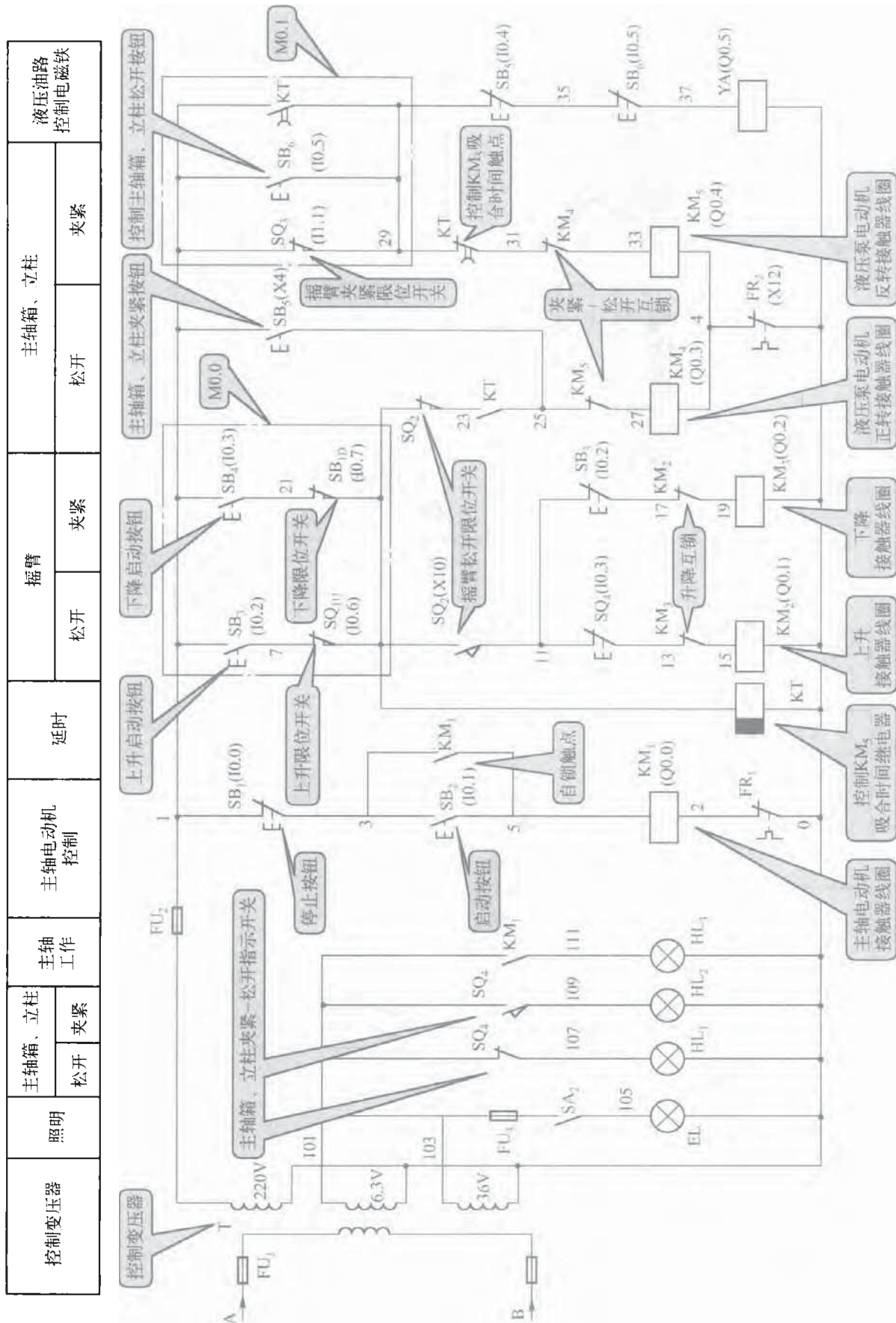
Z3040 摇臂钻床设有 4 台电动机，即主轴电动机 M_1 、冷却泵电动机 M_4 、摇臂升降电动机 M_2 及液压泵电动机 M_3 。主轴电动机提供主轴转动的动力，是钻床加工主运动的动力源。主轴应具有正反转功能，但主轴电动机只有正转工作模式，反转由机械方法实现。冷却泵电动机用于提供冷却液，只需正转。摇臂升降电动机提供摇臂升降的动力，需正反转。液压泵电动机提供液压油，用于摇臂、立柱和主轴箱的夹紧和松开，也需要正、反转。

Z3040 摇臂钻床的操作主要通过手轮及按钮实现。手轮用于主轴箱在摇臂上的移动，这是手动的。按钮用于主轴的启动停止、摇臂的上升下降，立柱主轴箱的放松及夹紧等操作，再配合限位开关实现对机床的调节。



(a) 主电路

图3-9 Z3040摇臂钻床的继电器—接触器控制电路



(b) 控制电路

图3-9 Z3040摇臂钻床的继电器—接触器控制电路(续)

(1) 主轴电动机 M_1 的控制

按下按钮 SB_2 , 接触器 KM_1 得电吸合并自锁, 主轴电动机 M_1 启动运转, 指示灯 HL_3 亮。按下停止按钮 SB_1 时, 接触器 KM_1 失电释放, M_1 失电停止运转。热继电器 FR_1 起过载保护作用。

(2) 摇臂升降电动机 M_2 和液压泵电动机 M_3 的控制

按下按钮 SB_3 (或 SB_4) 时, 断电延时时间继电器 KT 得电吸合, 接触器 KM_4 和电磁铁 YA 得电吸合。液压泵电动机 M_3 启动运转, 供给压力油, 压力油经液阀进入摇臂松开油腔, 推动活塞和菱形块使摇臂松开。同时限位开关 SQ_2 被压住, SQ_2 的动断触头断开, 接触器 KM_4 失电释放, 液压泵电动机 M_3 停止运转。 SQ_2 的动合触头闭合, 接触器 KM_2 (或 KM_3) 得电吸合, 摇臂升降电动机 M_2 启动运转, 使摇臂上升 (或下降)。若摇臂未松开, SQ_2 的动合触头不闭合, 接触器 KM_2 (或 KM_3) 也不能得电吸合, 摇臂就不可能升降。摇臂升降到所需位置时松开按钮 SB_3 (或 SB_4), 接触器 KM_2 (或 KM_3) 和时间继电器 KT 失电释放, 电动机 M_2 停止运转, 摇臂停止升降。时间继电器 KT 延时闭合的动断触头经延时闭合, 使接触器 KM_5 吸合, 液压泵电动机 M_3 反方向运转, 供给压力油。经过机械液压系统, 压住限位开关 SQ_3 , 使接触器 KM_5 释放。同时, 时间继电器 KT 的动合触头延时断开, 电磁铁 YA 释放, 液压泵电动机 M_3 停止运转。

KT 的作用是控制 KM_5 的吸合时间, 保证 M_2 停转、摇臂停止升降后再进行夹紧。摇臂的自动夹紧升降由限位开关 SQ_3 来控制。压合 SQ_3 , 使 KM_2 或 KM_3 失电释放, 摇臂升降电动机 M_2 停止运转。摇臂升降限位保护由上下限位开关 SQ_{1U} 和 SQ_{1D} 实现。上升到极限位置后, 动断触头 SQ_{1U} 断开, 摇臂自动夹紧, 与松开上升按钮动作相同; 下降到极限位置后, 动断触头 SQ_{1D} 断开, 摇臂自动夹紧, 与松开下降按钮动作相同, SQ_1 的两对动合触头需调整在“同时”接通位置, 动作时一对接通、一对断开。

(3) 立柱、主轴箱的松开和夹紧缩控制

按动放松按钮 SB_5 (或夹紧按钮 SB_6), KM_4 (或 KM_5) 吸合、 M_3 启动、供给压力油, 通过机械液压系统使立柱和主轴箱分别放松 (或夹紧), 指示灯亮。主轴箱、摇臂和内外主柱 3 部分的夹紧均由 M_3 带动的液压泵提供压力油, 通过各自的油缸使其夹紧和放松。

(4) 冷却泵电动机 M_4 的控制

冷却泵电动机 M_4 由转换开关 SA_1 控制。

2. Z3040 摇臂钻床的 PLC 控制

1) PLC 的 I/O 配置

表 3-3 为 PLC 的 I/O 配置表。

表 3-3 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------|------------|-----------|--------|------------|-----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB_1 | 主轴停止按钮 | I0.0 | KM_1 | 主轴电动机接触器 | Q0.0 |
| SB_2 | 主轴点动按钮 | I0.1 | KM_2 | 摇臂上升接触器 | Q0.1 |
| SB_3 | 摇臂上升按钮 | I0.2 | KM_3 | 摇臂下降接阻器 | Q0.2 |
| SB_4 | 摇臂下降按钮 | I0.3 | KM_4 | 液压电动机正转接触器 | Q0.3 |
| SB_5 | 主轴箱、立柱松开按钮 | I0.4 | KM_5 | 液压电动机反转接触器 | Q0.4 |
| SB_6 | 主轴箱、立柱夹紧按钮 | I0.5 | YA | | Q0.5 |
| SQ_{1U} | 摇臂上升限位开关 | I0.6 | | | |
| SQ_{1D} | 摇臂下降限位开关 | I0.7 | | | |
| SQ_2 | 摇臂松开限位开关 | I1.0 | | | |
| SQ_3 | | I1.1 | | | |
| FR | 热继电器 | I1.2 | | | |

2) PLC 控制电路、梯形图

主电路同图 3-9(a), PLC 的 I/O 接线如图 3-10 所示, 梯形图如图 3-11 所示。

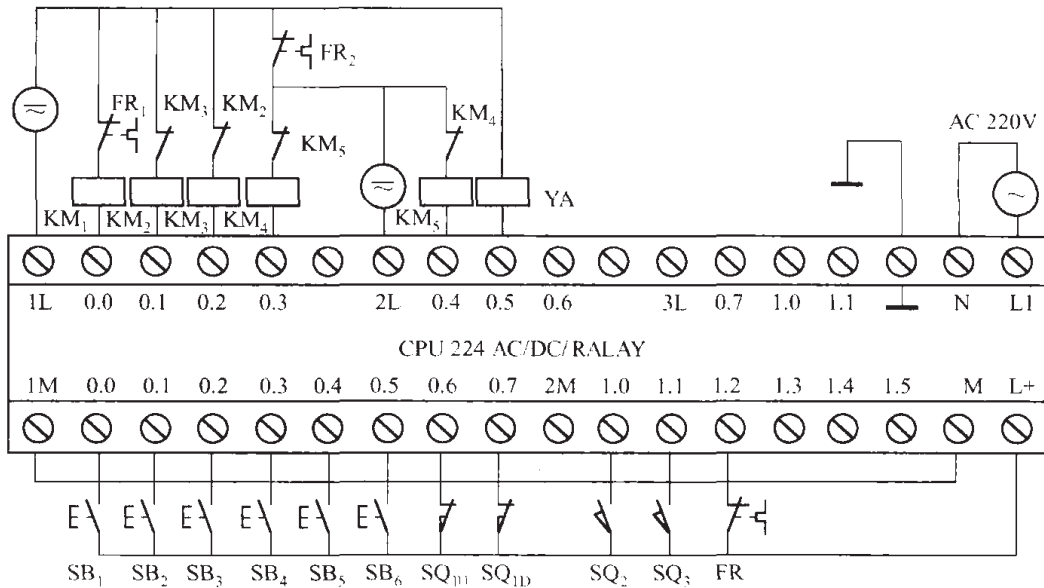


图 3-10 PLC 的 I/O 接线

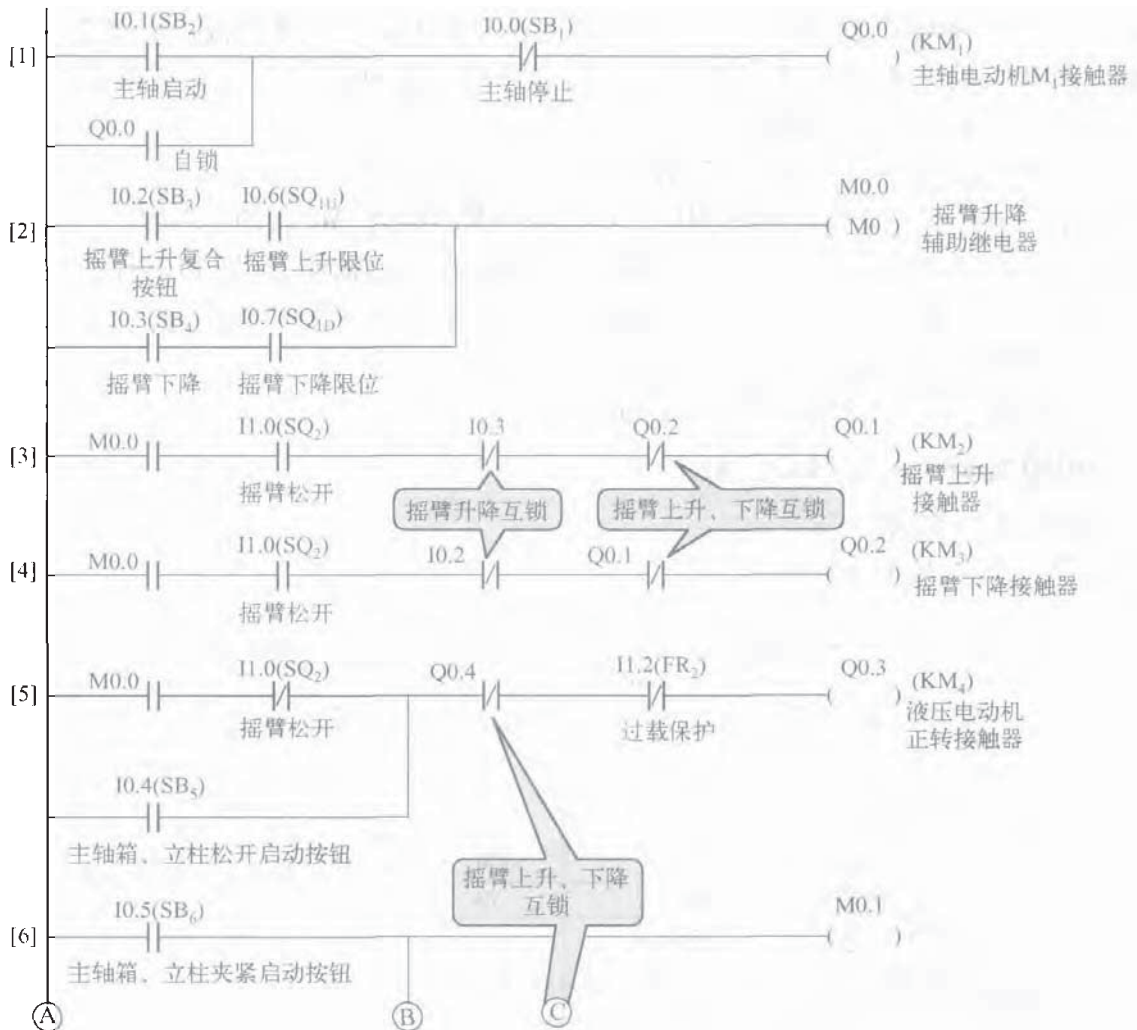


图 3-11 梯形图

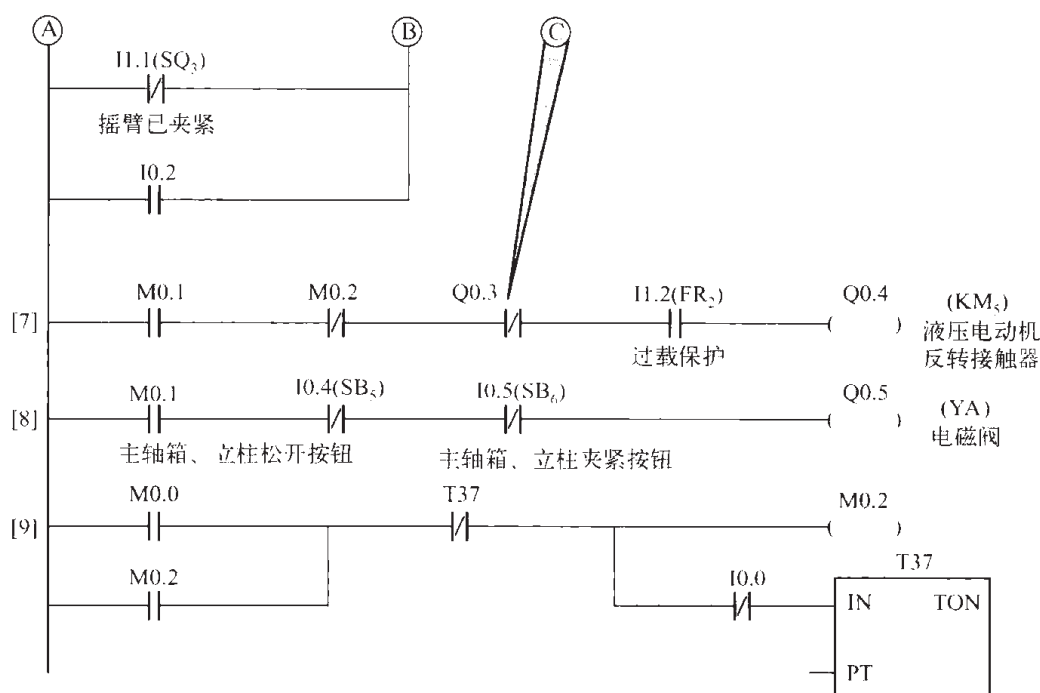


图3-11 梯形图(续)

3) PLC 电路工作过程

(1) 主电动机 M_1 的控制

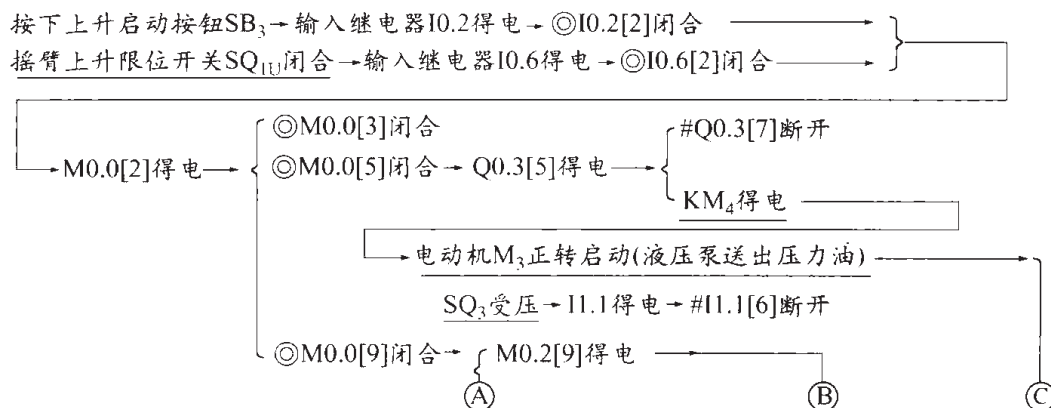
按下 SB_2 → 输入继电器 $IO.1$ 得电 → $\odot IO.1[1]$ 闭合 → 输出继电器 $QO.0[1]$ 得电并自锁 → KM_1 得电吸合 → 主轴电动机 M_1 启动运转。

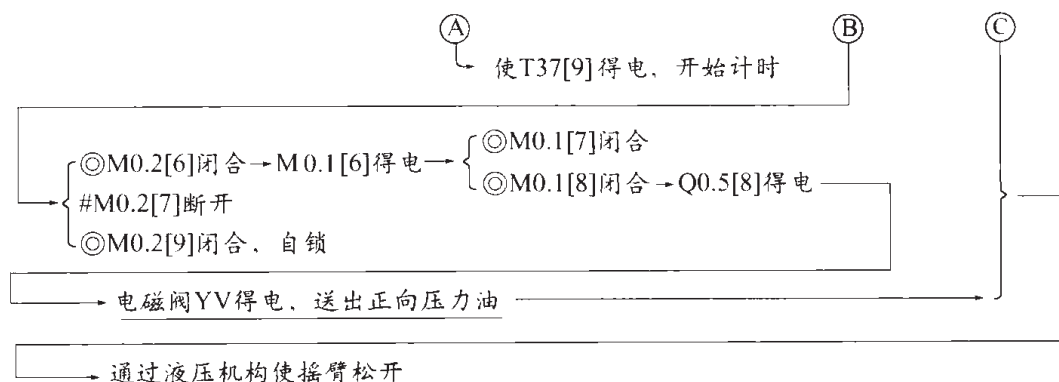
按下 SB_1 → 输入继电器 $IO.0$ 得电 → $\#IO.0[1]$ 断开 → $QO.0[1]$ 失电 → KM_1 失电释放 → 电动机 M_1 停转。

(2) 摇臂的工作

预备状态(摇臂钻床平常或加工工作时): SQ_3 受压 → $I1.1$ 得电 → $\#I1.1[6]$ 断开, SQ_2 未受压 → $I1.0$ 未得电 → $\odot I1.0[3]$ 断开、 $\#I1.0[5]$ 闭合。

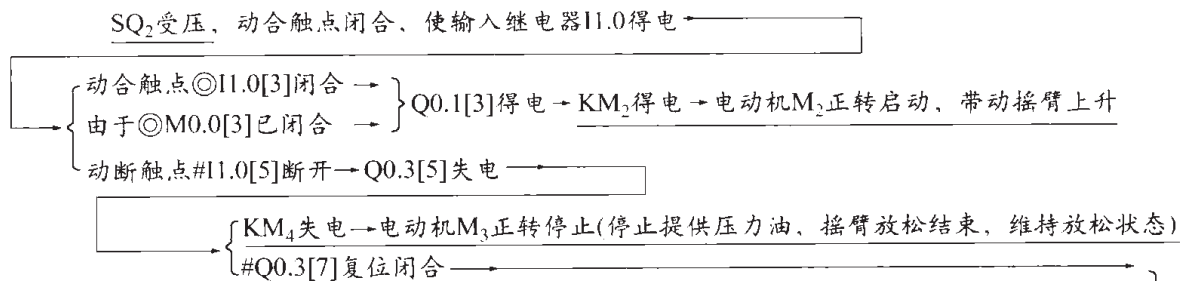
① 摇臂松开:



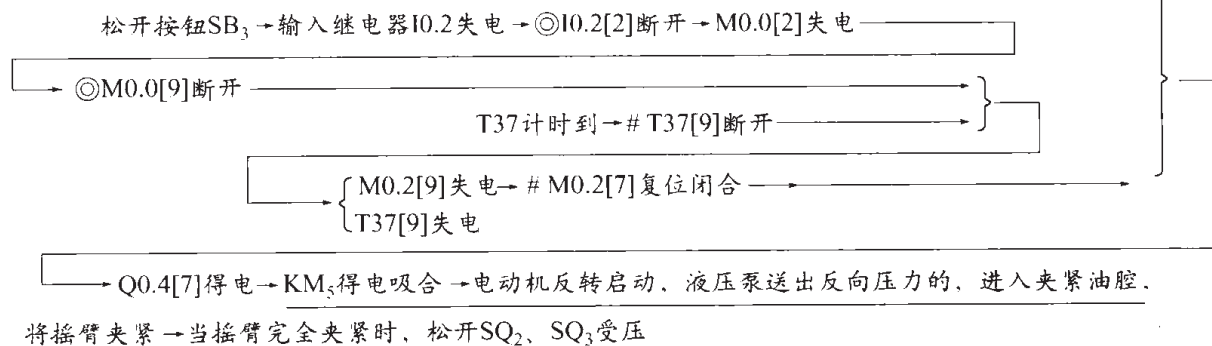


② 摇臂上升:

当摇臂完全松开时, 压下行程开关 SQ_2 , 其动合触点 ($\odot I1.0$) [3]、[4] 闭合, 动断触点 ($\# I1.0$) [5] 断开。



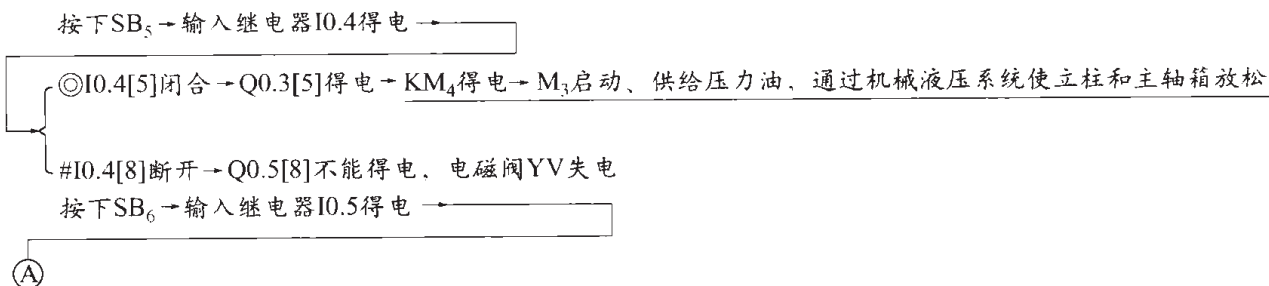
③ 摇臂停止上升、夹紧:

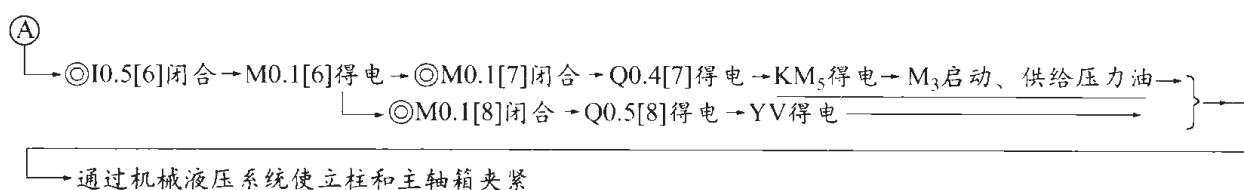


SQ_3 受压, 其动合触点闭合, 使输入继电器 $I1.1$ 得电 \rightarrow $\# I1.1$ [6] 断开 \rightarrow $M0.1$ [6] 失电

$\left\{ \begin{array}{l} \odot M0.1[7] \text{ 断开} \rightarrow Q0.4[7] \text{ 失电} \rightarrow KM_5 \text{ 失电} \rightarrow \text{电动机} M_3 \text{ 反转停止} \rightarrow \text{夹紧结束} \\ \odot M0.1[8] \text{ 断开} \rightarrow Q0.5 \text{ 失电} \rightarrow YV \text{ 失电} \end{array} \right.$

(3) 立柱和主轴的松开与夹紧控制





【例3-4】深孔钻组合机床的PLC控制

1. 控制要求

深孔钻组合机床进行深孔钻削时,为利于钻头排屑和冷却,需要周期性地从工作中退出钻头,刀具进退与行程开关示意图如图3-12所示。

在起始位置O点时,行程开关 SQ_1 被压合,按启动按钮 SB_2 ,电动机正转启动,刀具前进。退刀由行程开关控制,当动力头依次压在 SQ_3 、 SQ_4 、 SQ_5 上时电动机反转,刀具会自动退刀,退刀到起始位置时, SQ_1 被压合,退刀结束,又自动进刀,直到三个过程全部结束。

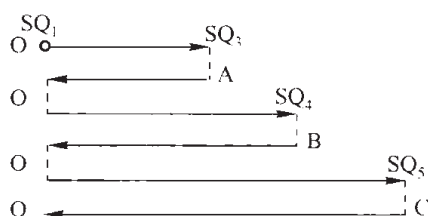


图3-12 深孔钻组合机床工作示意图

2. PLC的I/O配置及I/O接线

如表3-4所示为PLC的I/O配置表,其I/O接线图如图3-13所示。

表3-4 PLC的I/O配置

| 输入设备 | | PLC输入继电器 | 输出设备 | | PLC输出继电器 |
|--------|----------|----------|--------|-----------|----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB_1 | 停止按钮 | I0.1 | KM_1 | 钻头前进接触器线圈 | Q0.1 |
| SB_2 | 启动按钮 | I0.2 | KM_2 | 钻头后退接触器线圈 | Q0.2 |
| SQ_1 | 原始位置行程开关 | I0.3 | | | |
| SQ_3 | 退刀行程开关 | I0.4 | | | |
| SQ_4 | 退刀行程开关 | I0.5 | | | |
| SQ_5 | 退刀行程开关 | I0.6 | | | |
| SB_3 | 正向调整点动按钮 | I0.7 | | | |
| SB_4 | 反向调整点动按钮 | I0.0 | | | |

3. 顺序功能图和梯形图

图3-14为深孔钻顺序功能图,其梯形图如图3-15所示。

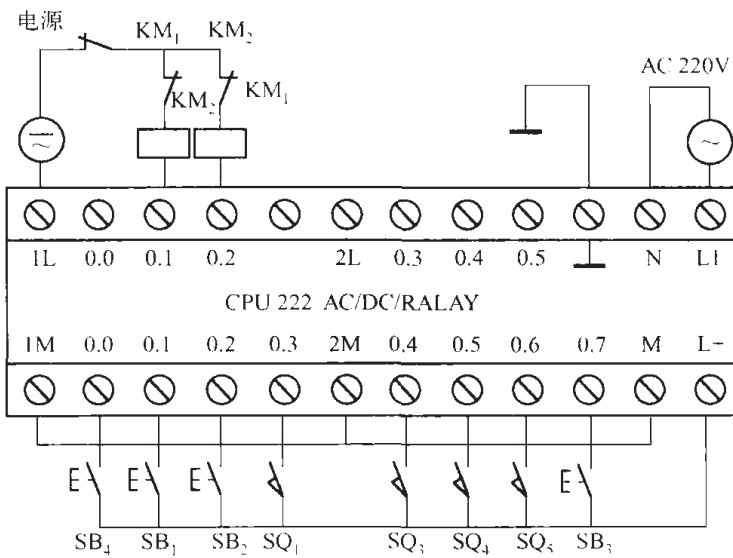


图 3-13 深孔钻控制 I/O 接线图

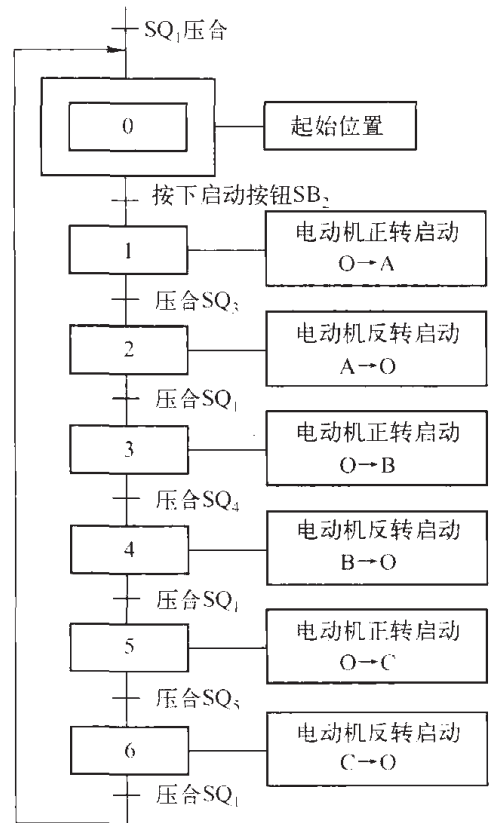


图 3-14 深孔钻顺序功能图

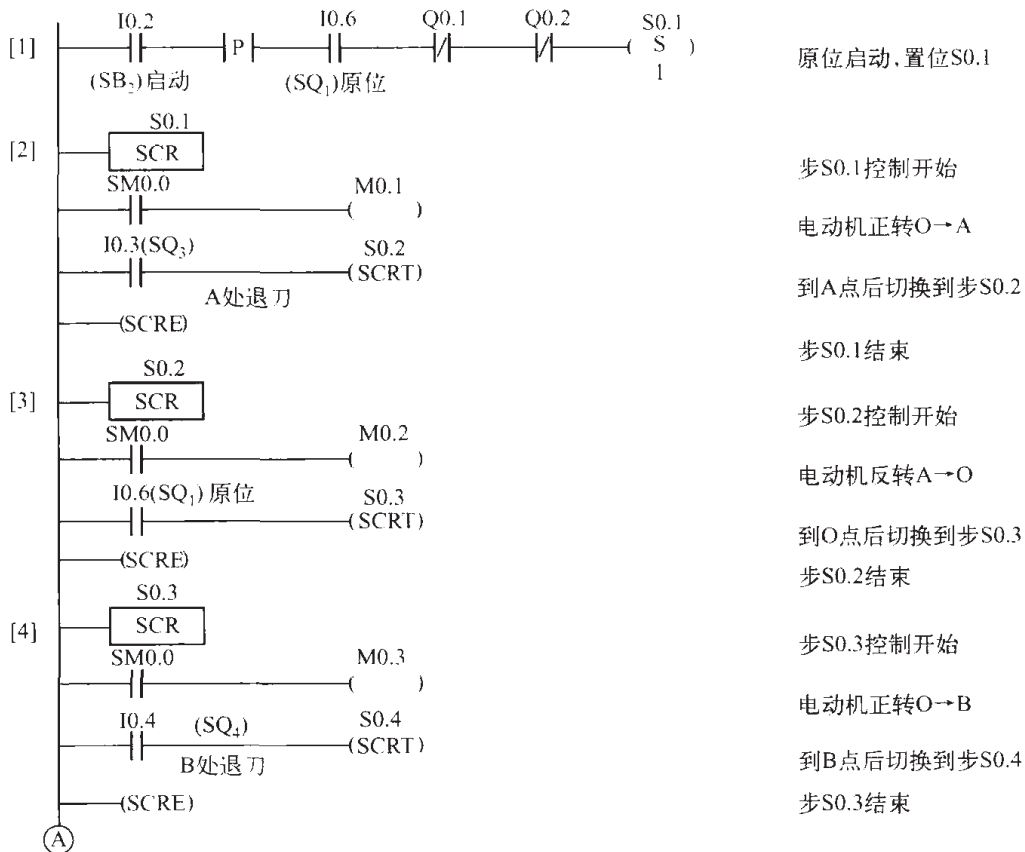


图 3-15 深孔钻的梯形图

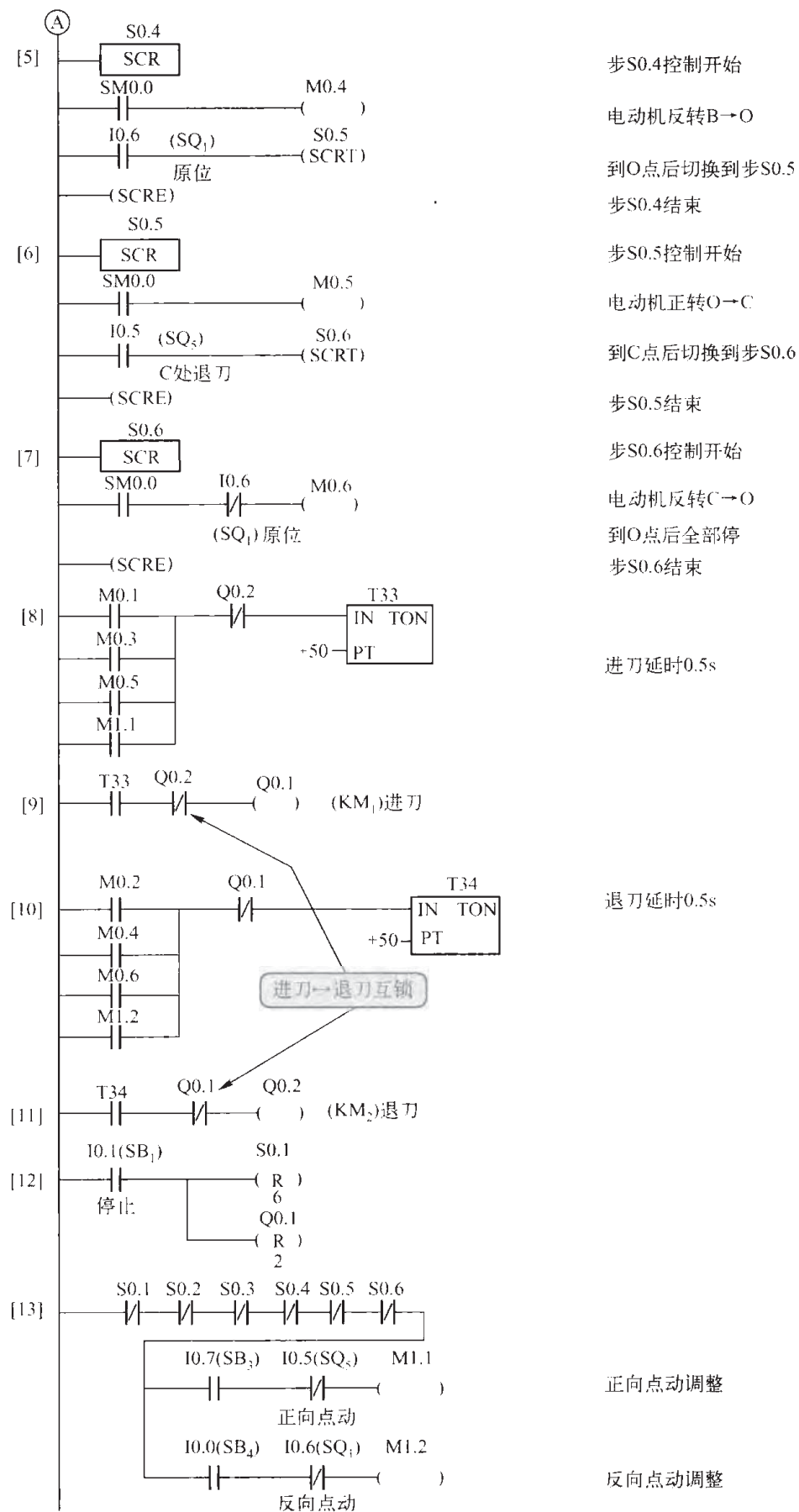


图3-15 深孔钻的梯形图(续)

钻头进刀和退刀是由电动机正转和反转实现的,电动机的正、反转切换是通过两个接触器 KM_1 (正转)、 KM_2 (反转) 切换三相电源线中的任意两相来实现的。为防止由于电源换相所引起的短路事故,软件上采用了换相延时措施,梯形图中的 T33、T34 的延时时间通常设定为 0.1~0.5 s。同时在硬件电路上也采取了互锁措施。PLC 的 I/O 接线图中的 FR 用于过载保护。点动调整时应注意:若在系统启动后再进行调整,需先按停止按钮(即使工件加工完毕停在原位)。

4. 电路工作过程

(1) 运行

按下启动按钮 SB_2 → 输入继电器 I0.2 得电 → $\textcircled{C}I0.2[1]$ 得电 → }
 原始位置行程开关 SQ_1 闭合 → 输入继电器 I0.6 得电 → $\textcircled{C}I0.6[1]$ 闭合 → }
 → $\textcircled{C}I0.2[1]$ 的上升沿使 $S0.1[1]$ 置位并保持,系统进入步 $S0.1$, # $S0.1[13]$ 断开,不能进行点动调整

① 步 $S0.1$:

$\textcircled{C}SM0.0[2]$ 闭合 → $M0.1[2]$ 得电 → $\textcircled{C}M0.1[8]$ 闭合 → 启动定时器 T33, 开始计时 →
 → T33 计时 5s 后, $\textcircled{C}T33[9]$ 闭合 → $Q0.1[9]$ 得电 →
 { KM_1 得电 → 主触点闭合 → 进刀 →
 # $Q0.1[10]$ 断开,使 T34 不能得电,进而使 $Q0.2[11]$ 不能得电,互锁
 → 当进刀到 A 处(见图 3-12),压合行程开关 SQ_3 → 输入继电器 I0.3 得电 → $\textcircled{C}I0.3[2]$ 闭合 → $S0.2[2]$ 置位 →
 { 系统转到步 $S0.2$, # $S0.2[13]$ 断开,不能进行点动调整
 步 $S0.1$ 变为不活动步 → $M0.1[2]$ 失电 → T33[8] 失电 → $Q0.1[9]$ 失电

② 步 $S0.2$:

$\textcircled{C}SM0.0[3]$ 闭合 → $M0.2[3]$ 得电 → $\textcircled{C}M0.2[10]$ 闭合 → 启动定时器 T34, 开始计时 →
 → T34 计时 5s 后, $\textcircled{C}T34[11]$ 闭合 → $Q0.2[11]$ 得电 →
 { KM_2 得电 → 主触点闭合 → 退刀 →
 # $Q0.2[9]$ 断开,使 $Q0.1[9]$ 不能得电,互锁
 → 退刀到 O 处(见图 3-12),压合 SQ_1 → 输入继电器 I0.6 得电 → $\textcircled{C}I0.6[3]$ 闭合 → $S0.3[3]$ 置位 →
 { 系统进入到步 $S0.3$, # $S0.3[13]$ 断开,不能进行点动调整
 步 $S0.2$ 变为不活动步 → $M0.2[3]$ 失电 → T34[10] 失电 → $Q0.2[11]$ 失电

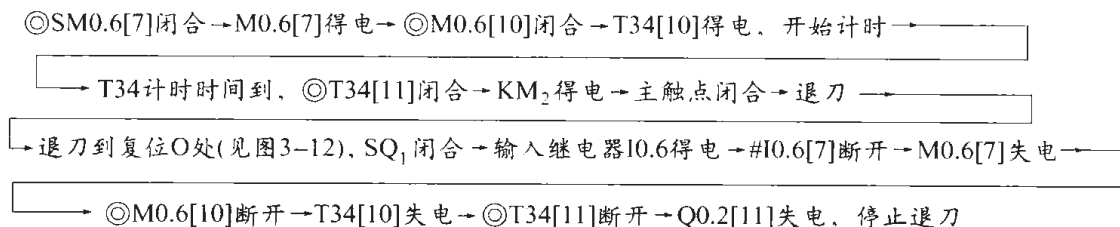
③ 步 $S0.3$:

$\textcircled{C}SM0.0[4]$ 闭合 → $M0.3[3]$ 得电 → $\textcircled{C}M0.3[8]$ 闭合 → 启动定时器 T33, 开始计时 →
 → T33 计时 5s 后, $\textcircled{C}T34[9]$ 闭合 → $Q0.2[9]$ 得电 →
 { KM_1 得电 → 主触点闭合 → 进刀 →
 # $Q0.1[11]$ 断开,使 $Q0.2[11]$ 不能得电,互锁
 → 进刀到 B 处(见图 3-12),压合 SQ_4 → 输入继电器 I0.4 得电 → $\textcircled{C}I0.4[4]$ 闭合 → $S0.4[4]$ 置位 →
 { 系统进入到步 $S0.4$, # $S0.4[13]$ 断开,不能进行点动调整
 步 $S0.3$ 变为不活动步 → $M0.3[4]$ 失电 → T33[8] 失电 → $Q0.1[9]$ 失电

④ 步 S0.4:退刀,与步 S0.2 的工作过程相同。

⑤ 步 S0.5:进刀,与步 S0.3 的工作过程相同。

⑥ 步 S0.6:

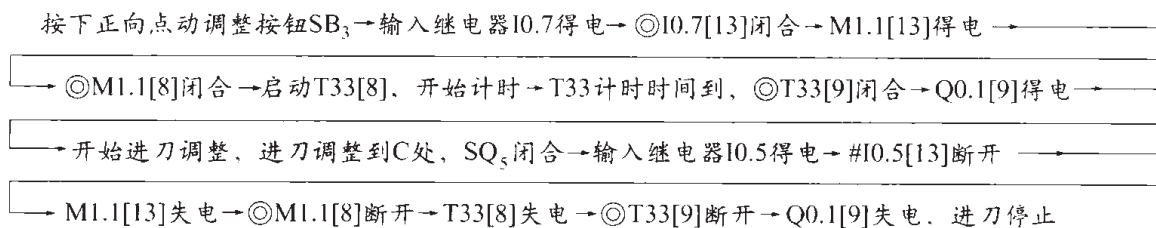


(2) 停止

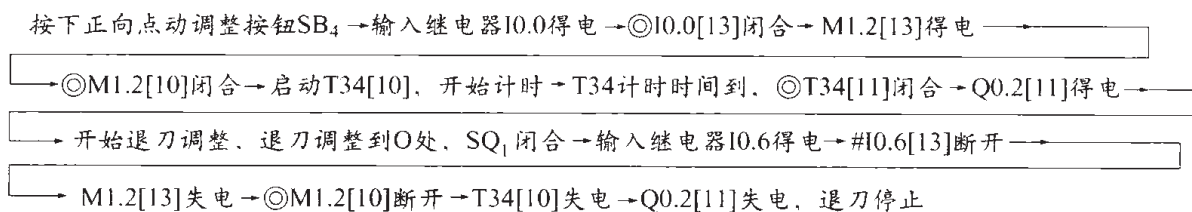
按下停止按钮 SB₁ → 输入继电器 I0.1 得电 → ◎I0.1[12] 闭合 → S0.1 ~ S0.6 复位, Q0.1 ~ 0.2 复位

(3) 点动调整

① 正向点动调整



② 反向点动调整



【例3-5】 双头钻床的控制

1. 控制要求

待加工工件放在加工位置后,操作人员按启动按钮 SB,两个钻头同时开始工作。首先将工件夹紧,然后两个钻头同时向下运动,对工件进行钻孔加工,达到各自的加工深度后,分别返回原始位置,待两个钻头全部回到原始位置后,释放工件,完成一个加工过程。

钻头的上限位置固定,下限位置可调整,由4个限位开关 SQ₁ ~ SQ₄ 给出这些位置的信号。工件的夹紧与释放由电磁阀 YV 控制,夹紧信号来自压力继电器 KP。

两个钻头同时开始动作,但由于各自的加工深度不同,所以停止和返回的时间不同。对于初始的启动条件可以视为一致,即夹紧压力信号到达、两个钻头在原始位置和启动信号到来,则具备加工的基本条件。由于加工深度不同,需要设置对应的下限位开关,分别控制两个钻头的返回。

2. PLC 的 I/O 配置、I/O 接线和梯形图

PLC 的 I/O 配置表如表 3-5 所示,其 I/O 接线图和梯形图分别如图 3-16、图 3-17 所示。

表 3-5 双头钻床控制 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|-----------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| 符号 | 功能 | | 符号 | 功能 | |
| SQ ₁ | 1#钻头上限位开关 | I0.0 | KM ₁ | 1#钻头上升控制 | Q0.0 |
| SQ ₂ | 1#钻头下限位开关 | I0.1 | KM ₂ | 1#钻头下降控制 | Q0.1 |
| SQ ₃ | 2#钻头上限位开关 | I0.2 | KM ₃ | 2#钻头上升控制 | Q0.2 |
| SQ ₄ | 2#钻头下限位开关 | I0.3 | KM ₄ | 2#钻头下降控制 | Q0.3 |
| KP | 压力继电器信号 | I0.4 | | 夹紧控制(YV) | Q0.4 |
| SB | 启动按钮 | I0.5 | | | |

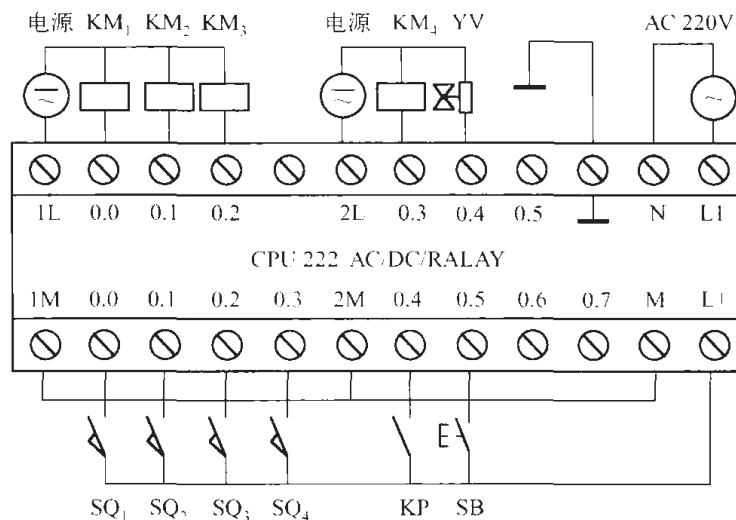


图 3-16 双头钻床 PLC 控制的 I/O 接线

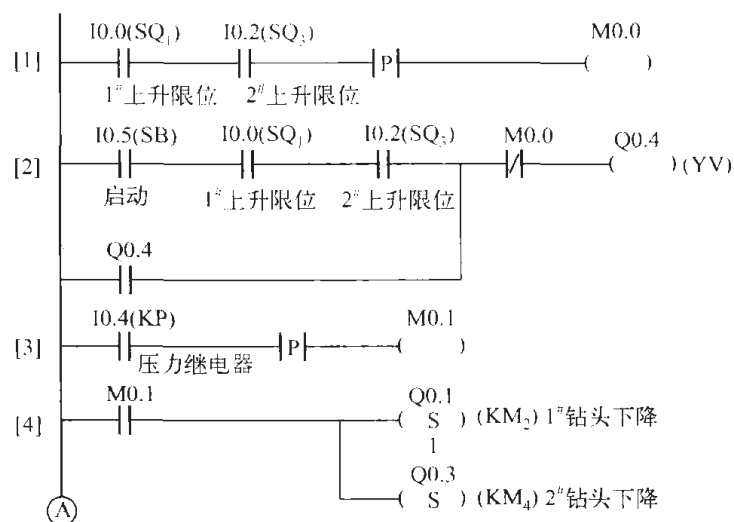


图 3-17 双头钻床 PLC 控制梯形图

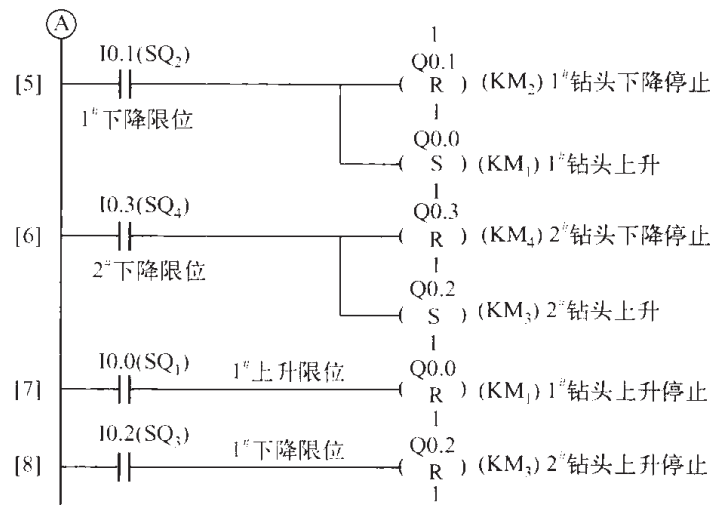
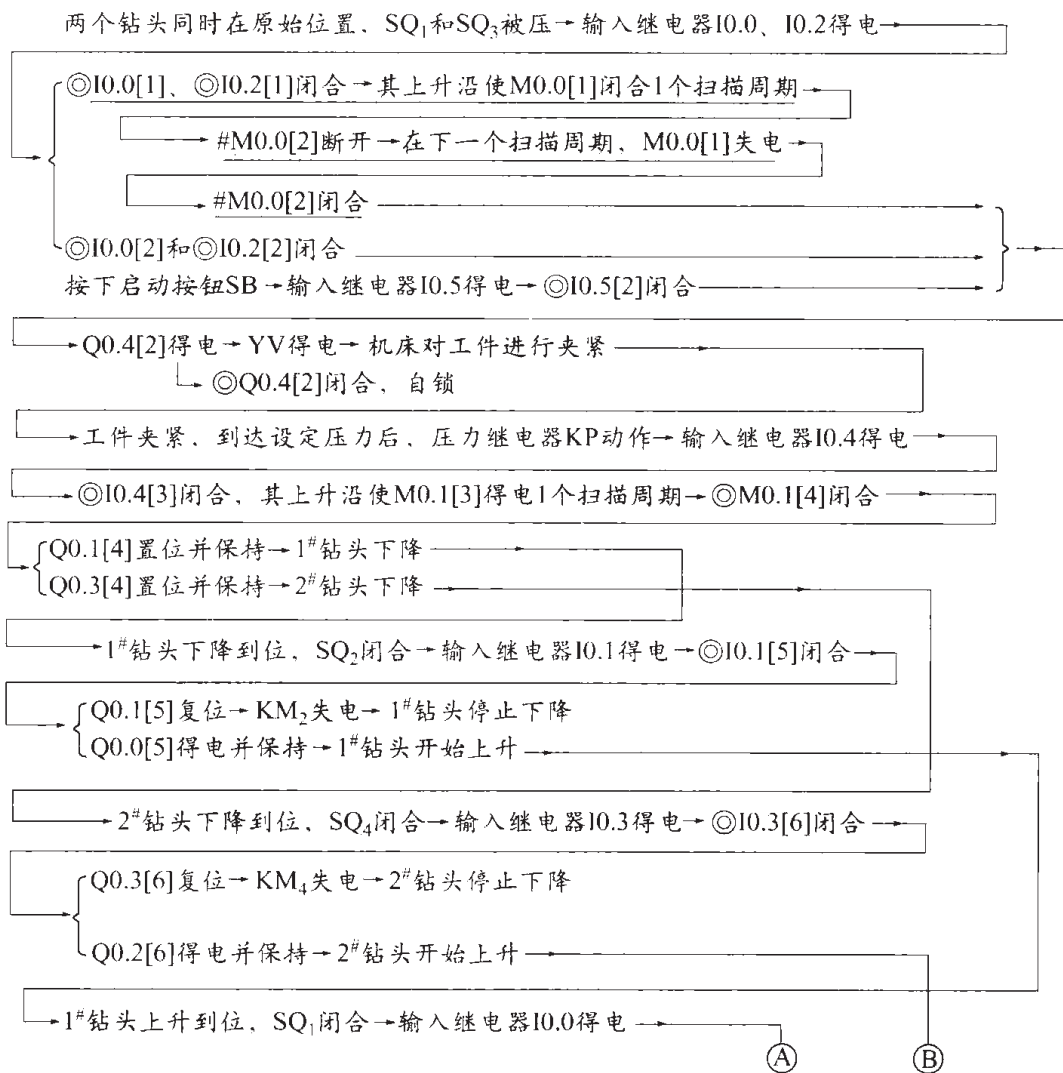
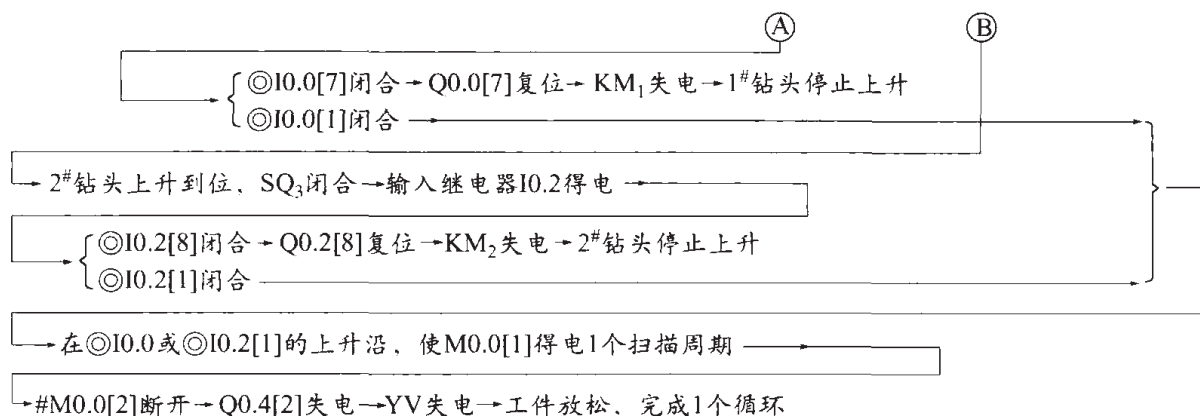


图 3-17 双头钻床 PLC 控制梯形图(续)

3. 电路工作过程





【例 3-6】 M7130 平面磨床的 PLC 控制

磨床是用砂轮的圆周面或端面进行加工的高精密机床。磨床的种类很多,有平面磨床、外圆磨床、内孔磨床、工具磨床等。本节以 M7130 平面磨床为例,对磨床电气控制电路进行分析。

1. M7130 平面磨床的继电器—接触器电气控制电路

平面磨床主要由床身、工作台、电磁吸盘、立柱、滑座和砂轮架等组成。平面磨床的主运动是砂轮的旋转运动,进给运动有垂直进给、横向进给、纵向进给。

M7130 平面磨床的继电器—接触器电气控制电路如图 3-18 所示。

M7130 磨床床对继电器—接触器电机拖动有以下几项控制要求:

- ① 砂轮电动机 M₁:要求单方向旋转,无调速要求。
- ② 液压泵电动机 M₂:为了保证加工精度,减小往复运动产生的惯性冲击,采用液压传动。
- ③ 冷却泵电动机 M₃:为了减少磨削加工时工件的热变形,需采用冷却液冷却;冷却泵电动机与砂轮电动机具有顺序联锁关系,即只有启动砂轮电动机后,才能开动冷却泵电动机。

上述三台电动机只需单方向旋转,都没有调速要求,因此全部选用笼型异步电动机,采用全压启动。

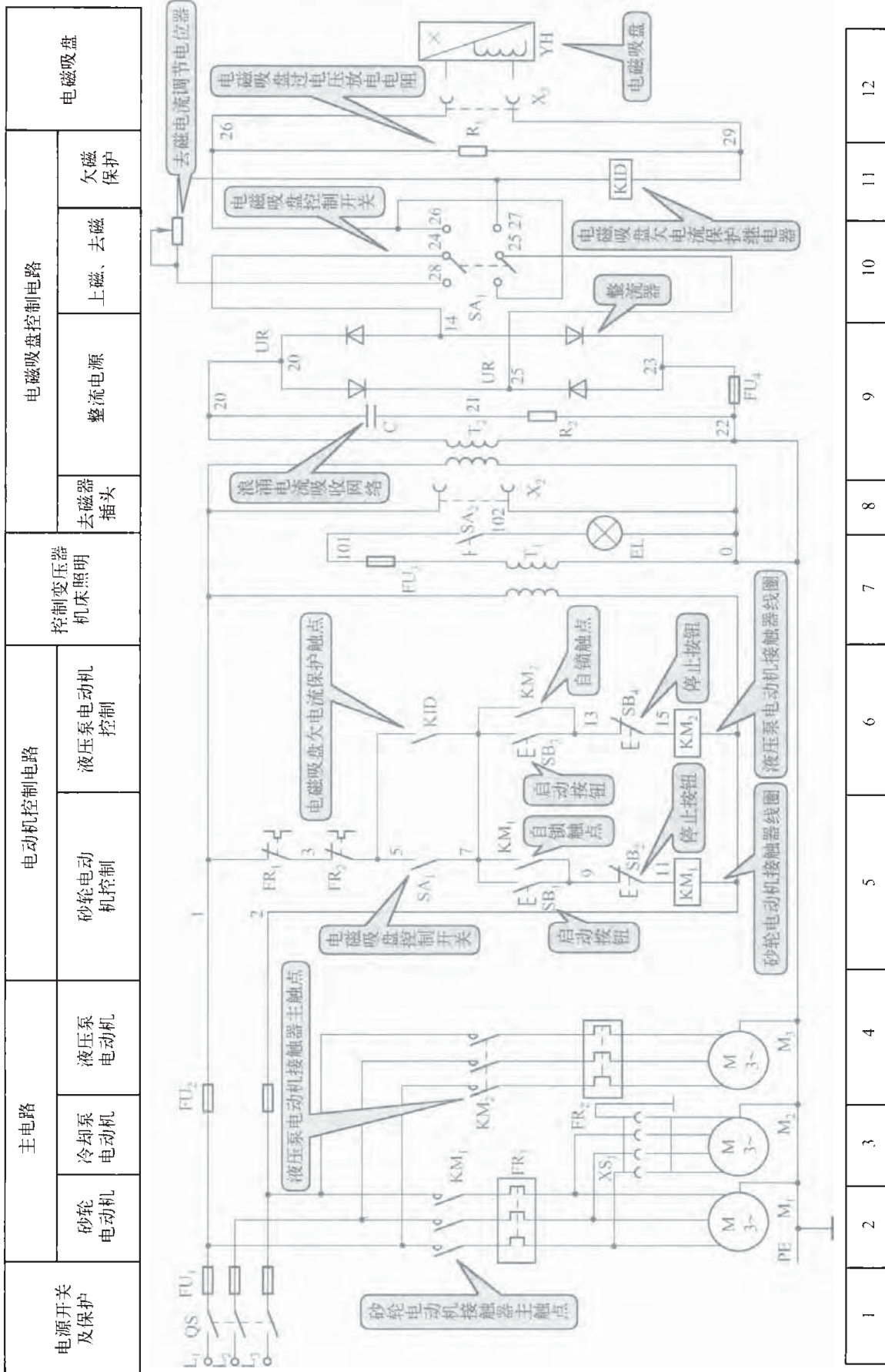
2. M7130 平面磨床的 PLC 控制

当磨床采用 PLC 控制时,控制程序可用经验法进行设计;该控制系统的梯形图程序可以通过继电器控制电路转化得到。磨床在加工时使用电磁吸盘固定工件,为了防止电磁吸盘吸力不足造成事故或影响工件的加工质量,在电磁吸盘电路中安装了欠流继电器,进行失磁保护;同时为了能够加工非导磁材料的工件和设备调试,使用转换开关进行工作方式的选择。

1) 输入/输出电器、PLC 的 I/O 配置以及 PLC 的 I/O 接线

据控制要求可知,需要输入信号 8 个,输出信号 2 个,全部为开关量。按照输入/输出信号类型和数量,PLC 选用 CPU222 AC/DC/继电器(100~230 VAC 电源/24 VDC 输入/继电器输出)。

输入/输出电器与 PLC 的 I/O 配置如表 3-6 所示。



(b) 控制电路

图3-18 M7130平面磨床的继电器—接触器电气控制电路

(a) 主电路

表 3-6 输入/输出电器与 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|---------------------|-----------|-----------------|--------------------|-----------|
| 符号 | 功能 | | 符号 | 功能 | |
| SB ₁ | M ₁ 启动按钮 | I0.0 | KM ₁ | M ₁ 接触器 | Q0.0 |
| SB ₂ | M ₁ 停止按钮 | I0.1 | KM ₂ | M ₂ 接触器 | Q0.1 |
| SB ₃ | M ₂ 启动按钮 | I0.2 | | | |
| SB ₄ | M ₂ 停止按钮 | I0.3 | | | |
| SA ₁ | 工作方式选择开关 | I0.4 | | | |
| KA | 欠流继电器 | I0.5 | | | |
| FR ₁ | M ₁ 热继电器 | I0.6 | | | |
| FR ₂ | M ₂ 热继电器 | I0.7 | | | |

PLC 的控制电路的主电路同图 3-18(a), M7130 平面磨床的 PLC 的 I/O 接线如图 3-19 所示, 输入信号使用 PLC 提供的内部直流电源 24 V(DC); 负载使用的外部电源为交流 220 V(AC); PLC 的电源为交流 220 V(AC)。

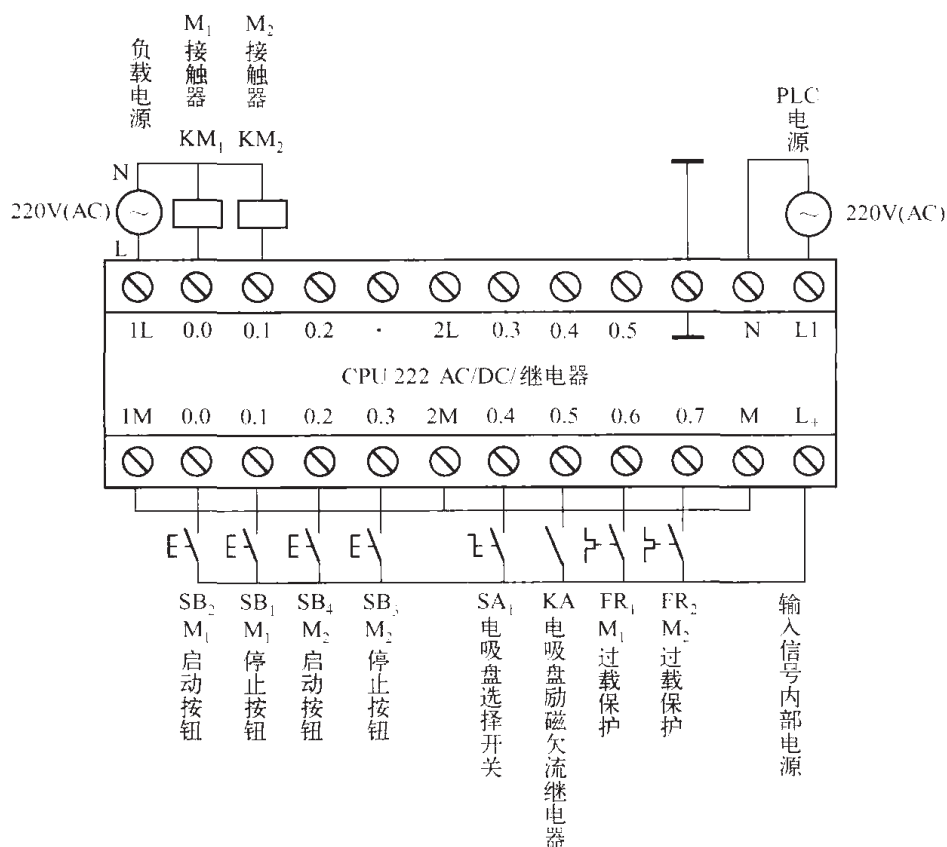


图 3-19 M7130 平面磨床的 PLC 的 I/O 接线

2) 梯形图

控制系统的梯形图如图 3-20 所示。图中欠电流继电器 KA 的动合触点 I0.5 用于失磁保护; 工作方式选择开关 SA₁ 的动合触点 I0.4 用于电磁吸盘的选择。

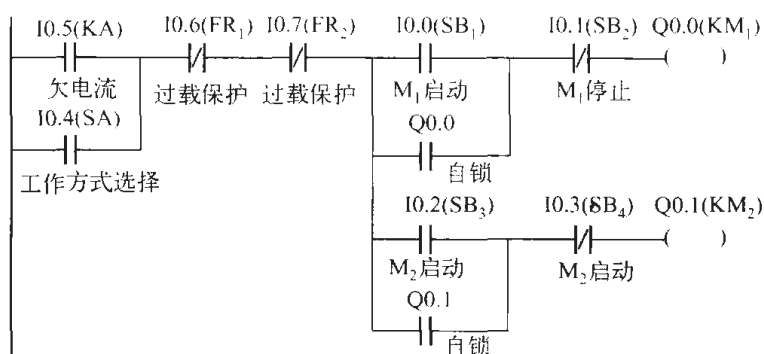


图3-20 M7130平面磨床的电气控制梯形图

3) 工作过程

(1) 砂轮电动机 M_1 的控制

① 启动:

按下启动按钮 SB_2 → 输入继电器 I0.0 得电 → 动合触点 \odot I0.0 闭合 → 输出继电器 Q0.0 得电 →

{ KM_1 得电吸合 → 电动机 M_1 全压启动并运行
动合触点 \odot Q0.0 闭合, 自锁

② 停止:

按下停止按钮 SB_1 → 输入继电器 I0.1 得电 → 动断触点 $\#$ I0.1 断开 → 输出继电器 Q0.0 失电 →

{ KM_1 断电释放 → 电动机 M_1 断开电源, 电动机停止
动合触点 \odot Q0.0 断开, 取消自锁

(2) 液压泵电动机的控制

① 启动:

按下启动按钮 SB_1 → 输入继电器 I0.2 得电 → 动合触点 \odot I0.2 闭合 → 输出继电器 Q0.1 得电 →

{ KM_2 得电吸合 → 电动机 M_2 全压启动并运行
动合触点 \odot Q0.1 闭合, 自锁

② 停止:

按下停止按钮 SB_3 → 输入继电器 I0.3 得电 → 动断触点 $\#$ I0.3 断开 → 输出继电器 Q0.1 失电 →

{ KM_2 断电释放 → 电动机 M_2 断开三相电源, 电动机停止
动合触点 \odot Q0.1 断开, 取消自锁

(3) 冷却泵电动机及电磁吸盘的控制

冷却泵电动机采用插拔插头, 手动控制; 电磁吸盘也是通过插拔插头, 手动控制。

为了确保使用电磁吸盘时能够可靠吸持工件, 在电磁吸盘电路中串联了欠流继电器 KA, 当电磁吸盘吸力不足时, KA 释放, 使磨床停止工作; 当不使用电磁吸盘进行加工或机床调试时, 可将转换开关 SA_1 置去磁位置, 则磨床电路仍能正常工作。

(4) 过载保护

热继电器 FR_1 、 FR_2 分别对电动机 M_1 和 M_2 进行保护; 对冷却泵电动机 M_3 没有设置单独的过载保护。

当发生过载或断相时: ①热继电器 FR_1 或 FR_2 动作 → ② FR_1 或 FR_2 动合触点闭合 → ③输入继电器 I0.6 或 I0.7 得电 → ④动断触点 $\#$ I0.6 或 $\#$ I0.7 断开 → ⑤输出继电器 Q0.0 和 Q0.1 失电 → ⑥ KM_1 和 KM_2 线圈失电释放 → ⑦电动机 M_1 、 M_2 停止运转

第4章

PLC 在一般机械设备控制中的应用

【例4-1】通风机监控运行的 PLC 控制

1. 控制要求

三台通风机用各自的启停按钮控制其运行,并采用一个指示灯显示三台机的运行状态:

- ① 三台风机都不转,指示灯显示平光;
- ② 一台风机运转,指示灯慢闪(设 $T=1\text{ s}$);
- ③ 两台以上风机运转,指示灯快闪(设 $T=0.4\text{ s}$)。

2. PLC 的 I/O 配置、I/O 接线和梯形图

表4-1为 PLC 的 I/O 配置表,其 I/O 接线和梯形图分别如图4-1和图4-2所示。

表4-1 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|--------|-----------|------|------|-----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SA | 监视开关 | I0.0 | | 指示灯 | Q0.0 |
| SB ₁ | 1#风机启动 | I0.1 | | 1#风机 | Q0.1 |
| SB ₂ | 1#风机停止 | I0.2 | | 2#风机 | Q0.2 |
| SB ₃ | 2#风机启动 | I0.3 | | 3#风机 | Q0.3 |
| SB ₄ | 2#风机停止 | I0.4 | | | |
| SB ₅ | 3#风机启动 | I0.5 | | | |
| SB ₆ | 3#风机停止 | I0.6 | | | |

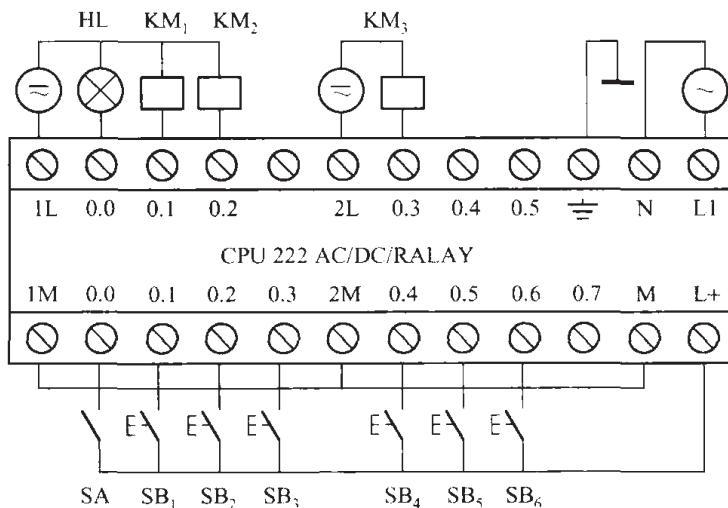


图4-1 PLC 的输入/输出接线

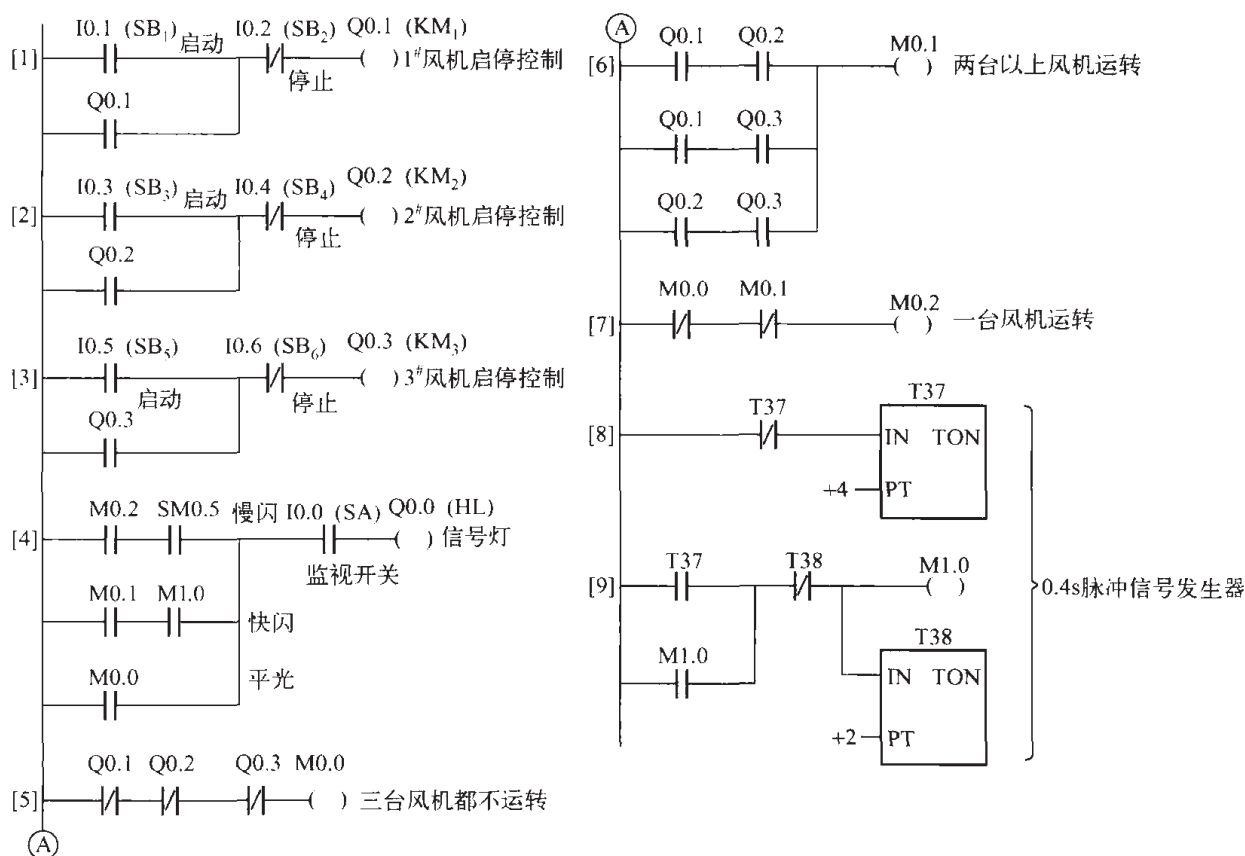


图4-2 通风机监控梯形图程序

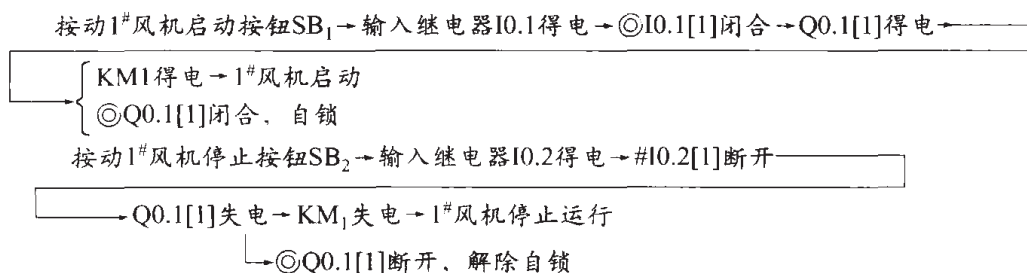
3. 电路工作过程

(1) 0.4 s 脉冲发生器电路

定时器 $T37[8]$ 与其动断触点 $\#T37[8]$ 构成循环计时电路,每隔 0.4 s, $T37$ 的触点转换一次, $T37$ 的动断触点 $\#T37[8]$ 断开、动合触点 $\odot T37[9]$ 闭合。 $\#T37[8]$ 断开 $\rightarrow T37[8]$ 失电 $\rightarrow \#T37[8]$ 闭合 $\rightarrow T37[8]$ 得电, 又开始 0.4 s 计时。 $\odot T37[9]$ 闭合, 辅助继电器 $M1.0[8]$ 得电并自锁, 同时定时器 $T38$ 开始延时, 0.2 s 后 $\#T38[9]$ 断开 $\rightarrow M1.0[9]$ 和 $T38[9]$ 失电, $\#T38[9]$ 闭合。再过 0.2 s 后, 定时器 $T37$ 的动合触点再次接通。如此往复循环, 构成周期为 0.4 s 的闪烁电路。

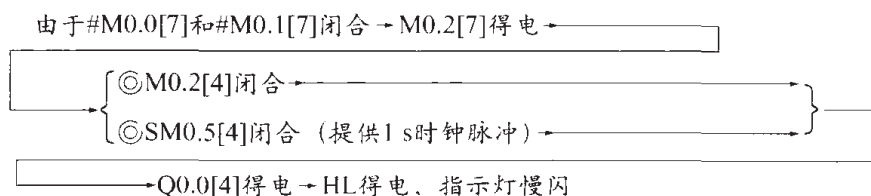
(2) 1#、2#、3# 风机的启停控制

1#、2#、3# 风机控制过程相同, 以 1# 风机为例进行介绍。

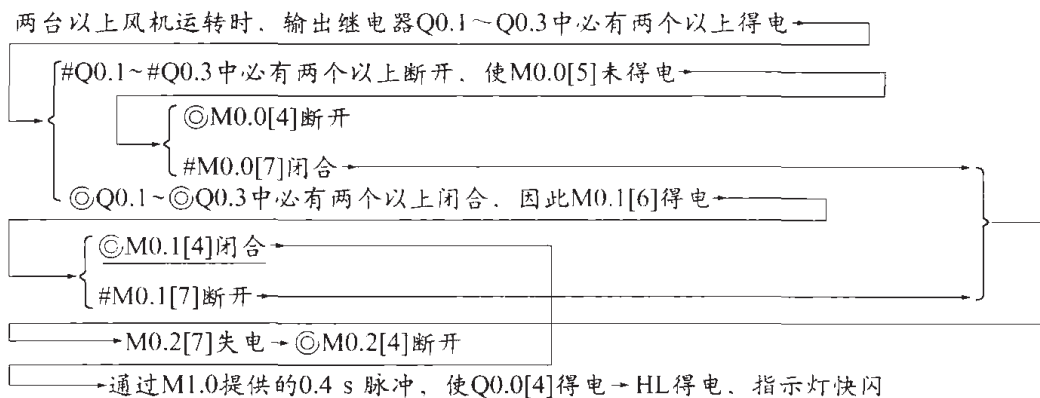


(3) 1 台风机运转的控制

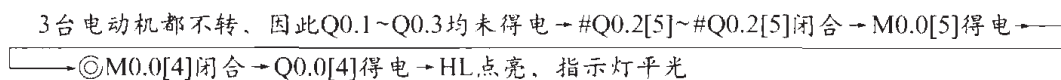
1 台风机运转时,输出继电器 Q0.1、Q0.2、Q0.3 中只有一个得电→#Q0.1[5]、#Q0.2[5]、#Q0.3[5]中必有 1 个断开,因此 M0.0[5]未得电→#M0.0[7]闭合;◎Q0.1[6]、◎Q0.2[6]、◎Q0.3[6]中只有 1 个闭合,因此 M0.1[6]未得电→#M0.1[7]闭合。



(4) 两台以上风机运转的控制



(5) 三台电动机都不转



【例 4-2】 锅炉引风机和鼓风机的控制

锅炉燃料的燃烧需要充分的氧气,引风机和鼓风机为燃料燃烧提供氧气。

1. 控制要求

引风机首先启动,延时 8 s 后鼓风机启动;停止时,按停止按钮,鼓风机先停,8 s 后引风机停。

2. PLC 的 I/O 配置、I/O 接线和梯形图

表 4-2 为 PLC 的 I/O 配置表,其 I/O 接线和梯形图分别如图 4-3 和图 4-4 所示。

表 4-2 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 启动按钮 | I0.0 | KM ₁ | 引风机控制接触器 | Q0.0 |
| SB ₂ | 停止按钮 | I0.1 | KM ₂ | 鼓风机控制接触器 | Q0.1 |

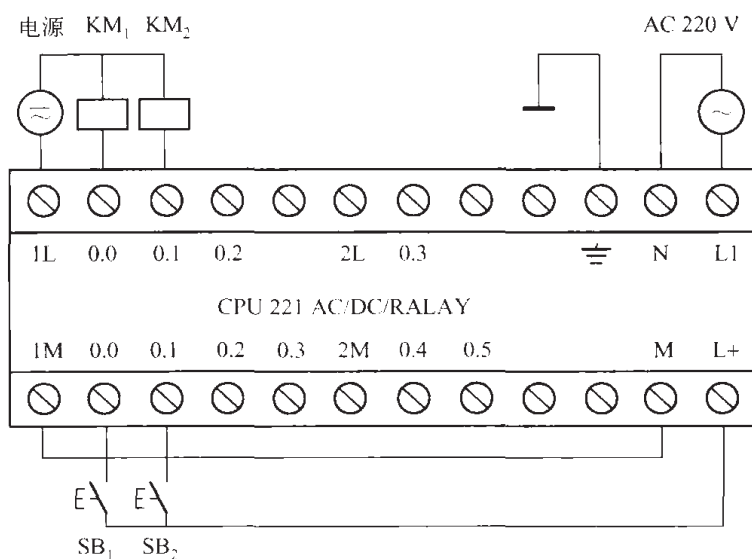


图 4-3 PLC 的 I/O 接线

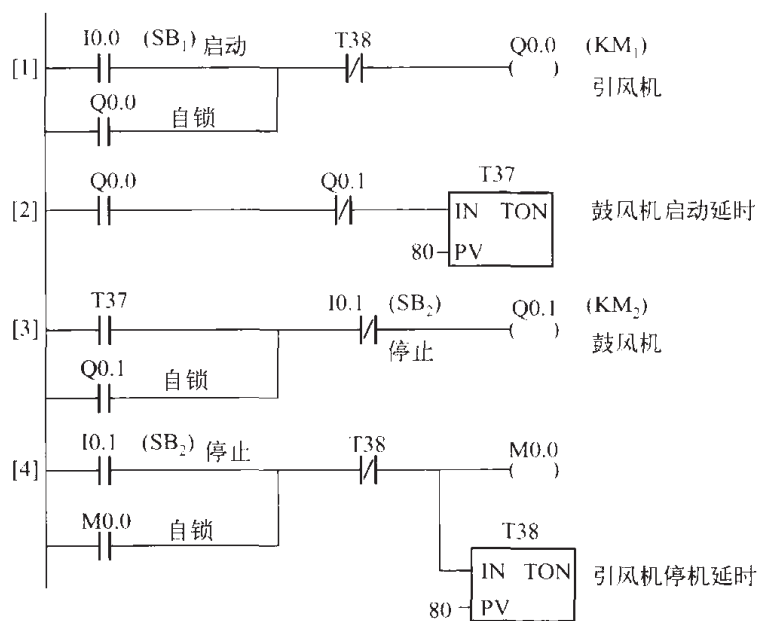
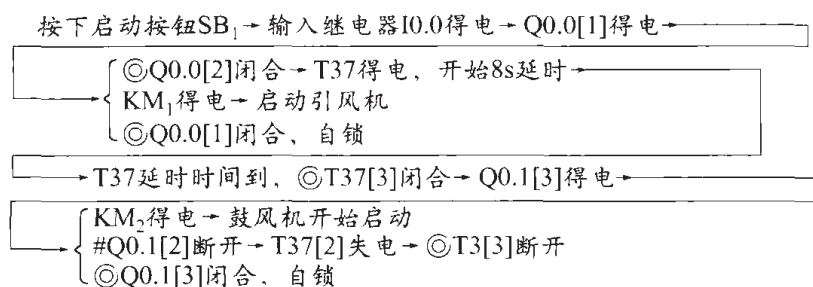


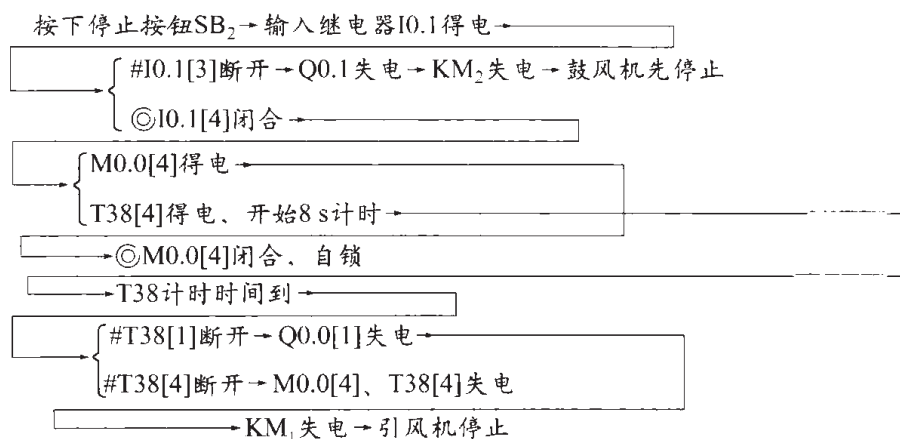
图 4-4 梯形图

3. 电路工作过程

(1) 启动



(2) 停止



【例 4-3】 电动葫芦升降测试系统控制

1. 控制要求

- ① 可手动上升、下降。
- ② 自动运行时,上升6s→停9s→下降9s→停9s,反复运行1h后发出声光信号,并停止运行。

2. PLC 的 I/O 配置、I/O 接线和梯形图

表 4-3 为 PLC 的 I/O 配置表,其 I/O 接线和梯形图分别如图 4-5 和图 4-6 所示。

表 4-3 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|------------|-----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SA | 工作方式(手动、自动)选择开关 | I0.0 | KM ₁ | 电动机正转上升接触器 | Q0.0 |
| SB ₁ | 上升按钮 | I0.1 | KM ₂ | 电动机反转下降接触器 | Q0.1 |
| SB ₂ | 下降按钮 | I0.2 | HA | 声音报警(蜂鸣器) | Q0.2 |
| SB ₃ | 停止按钮 | I0.3 | HL | 灯光报警(指示灯) | Q0.3 |

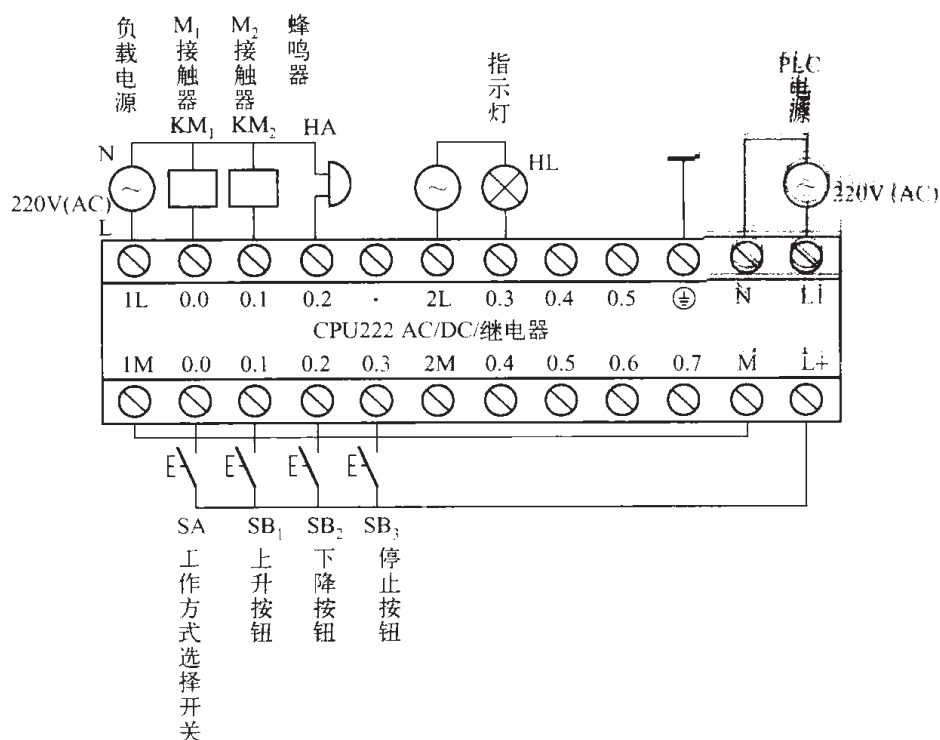


图 4-5 PLC 的 I/O 接线

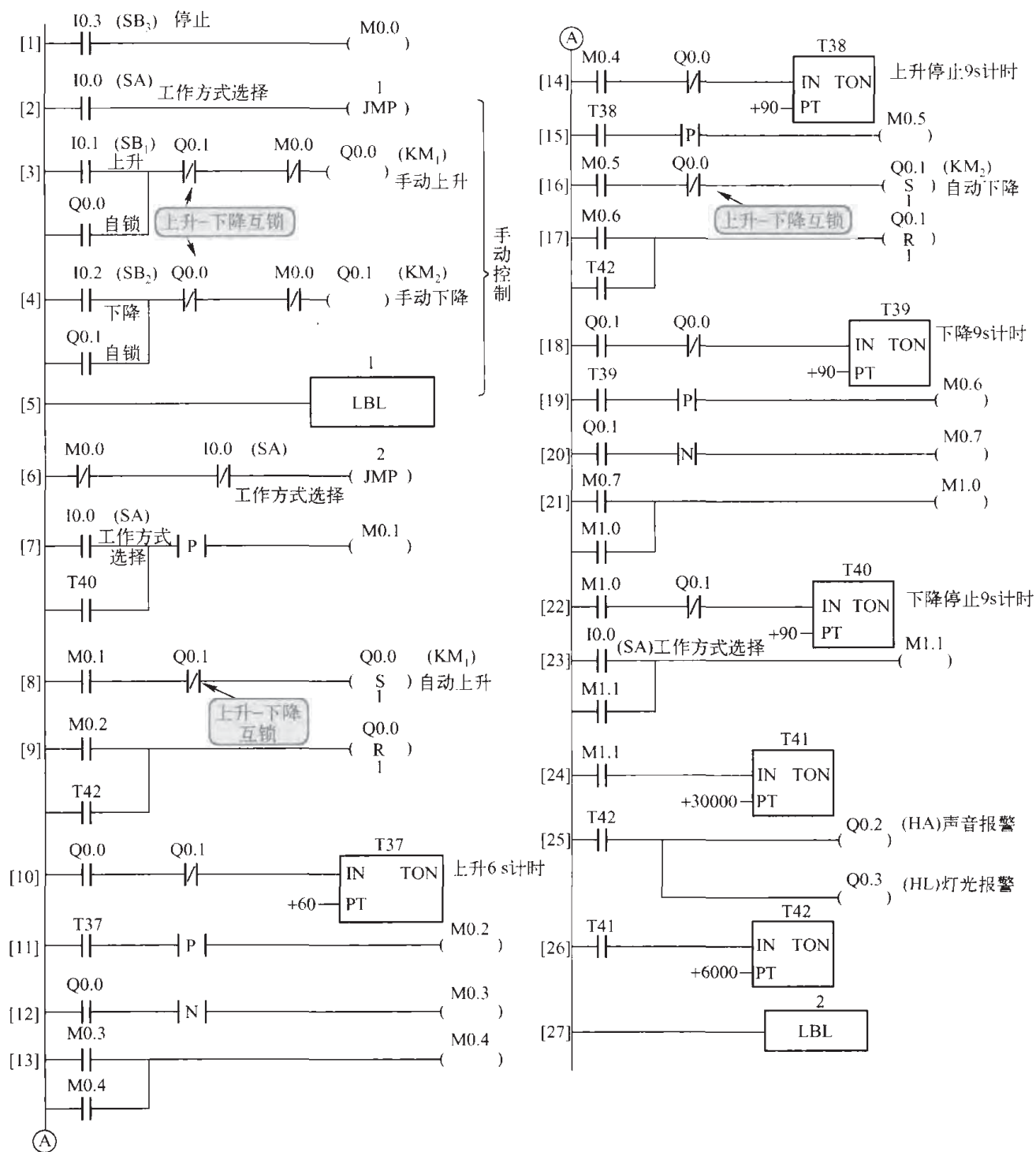


图4-6 梯形图

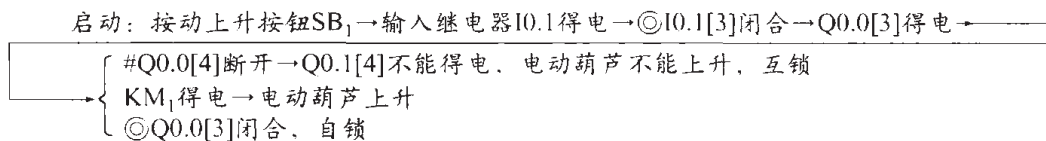
3. 电路工作过程

(1) 手动控制

当选择手动控制方式时，工作方式选择开关SA断开→I0.0不得电→

{ ©I0.0[2]断开→执行JMP 1~LBL 1之间的程序[2]~[5]
 { #I0.0[6]闭合→跳过JMP 2~LBL 2之间的程序[6]~[27]，不执行

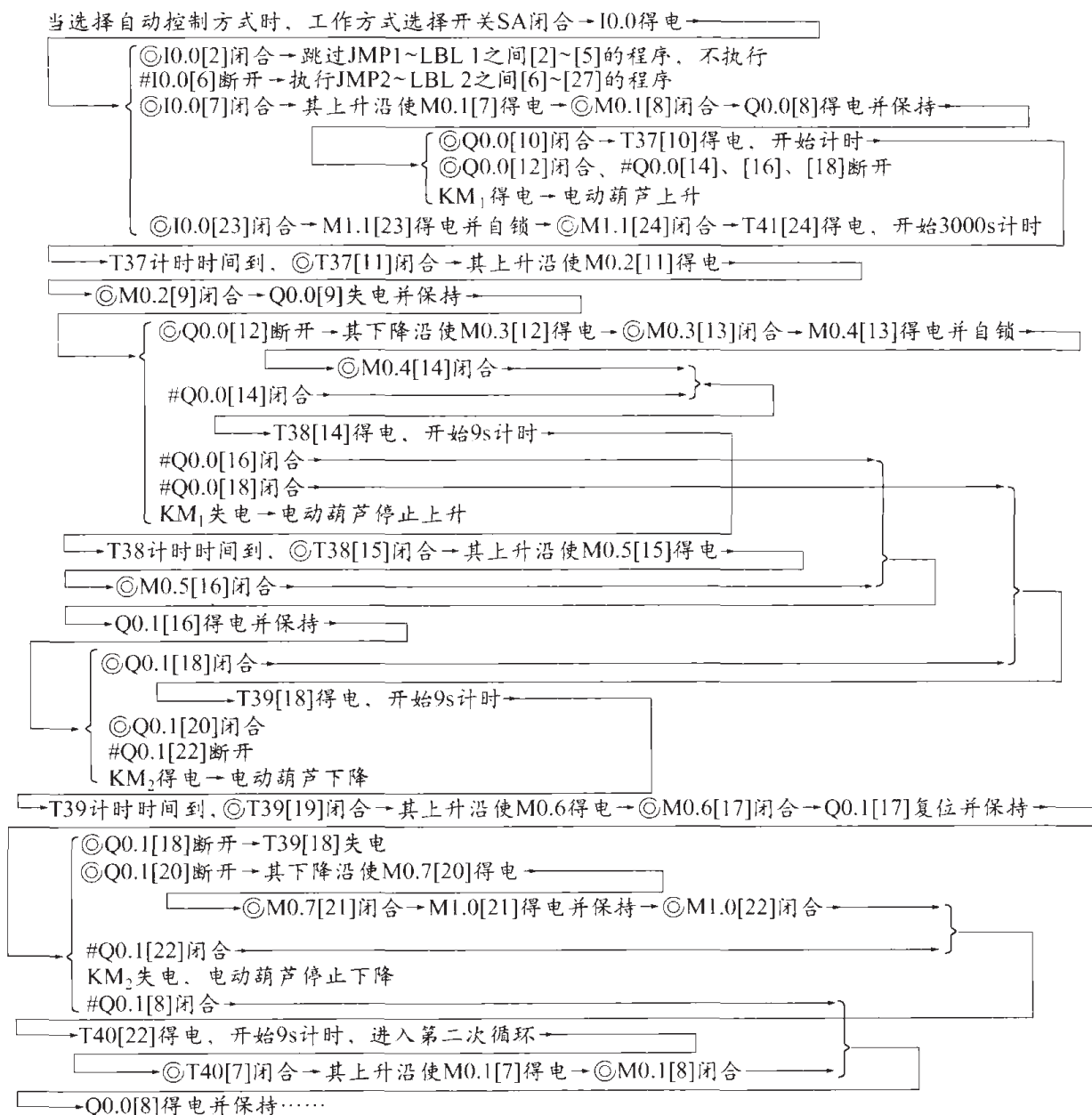
① 上升:



停止: 按下停止按钮 SB₃ → 输入继电器 I0.3 得电 → ◎ I0.3[1] 闭合 → M0.0[1] 得电 → #M0.0[3] 断开 → Q0.0[3] 失电 → KM₁ 失电 → 电动葫芦停止上升

② 下降: 下降工作过程与上升工作过程相同, 不再赘述。

(2) 自动控制



在循环期间, T41[24] 一直在计时, 当计时达到 3000 s 时, ◎ T41[26] 闭合, 启动 T42[26] 计时, 当 T42 计时到 600 s 时, ◎ T42[25] 闭合 → Q0.2[25] 得电, 发出声音信号, Q0.3 通电, 发

出光信号。同时,◎T42[9]和◎T42[17]闭合,使Q0.0和Q0.1断电,电动机停止上升和下降。由于Q0.0和Q0.1断电,T37、T38、T39及T40全部停止计时。由于计时器最大只能计时3276.7s,因此使用T41和T42接力计时1h(3600s)。

#Q0.1[8]和#Q0.2[16]实现互锁,防止电动机的正转和反转同时启动。

【例4-4】 简易桥式起重机的控制

1. 控制要求

① 吊钩升降控制:吊钩是通过电动机拖动钢丝完成升降动作的,电动机的正、反向运转决定吊钩的动作方向,在运转中需要考虑钢丝的极限范围。

② 小车前、后运行控制:起重机运载小车的前后运动也是通过电动机驱动的,在动作过程中,不允许超出起重机的两侧极限位置。

③ 起重机左、右运行控制:起重机左、右运行由拖动电动机带动整个车体在轨道上左、右运动,其运动范围应该控制在轨道离两个尽头一定距离处,以确保设备不会脱离轨道。

④ 声光指示:起重机处于运动过程状态时,要给出铃声和警告;在运转到对应的极限位置时,在驾驶室给出指示灯显示。

2. PLC的I/O配置、I/O接线和梯形图

表4-4为PLC的I/O配置表,其I/O接线和梯形图分别如图4-7和图4-8所示。

表4-4 桥式起重机控制PLC的I/O配置

| 输入设备 | | PLC输入继电器 | 输出设备 | | PLC输出继电器 |
|-----------------|----------|----------|-----------------|--------|----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SA | 电源控制 | I0.0 | KM ₁ | 上升控制 | Q0.0 |
| SB ₁ | 吊钩上升 | I0.1 | KM ₂ | 下降控制 | Q0.1 |
| SB ₂ | 吊钩下降 | I0.2 | KM ₃ | 前进控制 | Q0.2 |
| SB ₃ | 横梁(大车)前进 | I0.3 | KM ₄ | 后退控制 | Q0.3 |
| SB ₄ | 横梁(大车)后退 | I0.4 | KM ₅ | 左行控制 | Q0.4 |
| SB ₅ | 小车左行 | I0.5 | KM ₆ | 右行控制 | Q0.5 |
| SB ₆ | 小车右行 | I0.6 | HL | 极限位置指示 | Q0.6 |
| SQ ₁ | 上升极限 | I1.0 | HA | 警铃 | Q0.7 |
| SQ ₂ | 下降极限 | I1.1 | KM ₇ | 电源控制 | Q1.0 |
| SQ ₃ | 前进极限 | I1.2 | | | |
| SQ ₄ | 后退极限 | I1.3 | | | |
| SQ ₅ | 左行极限 | I1.4 | | | |
| SQ ₆ | 右行极限 | I1.5 | | | |

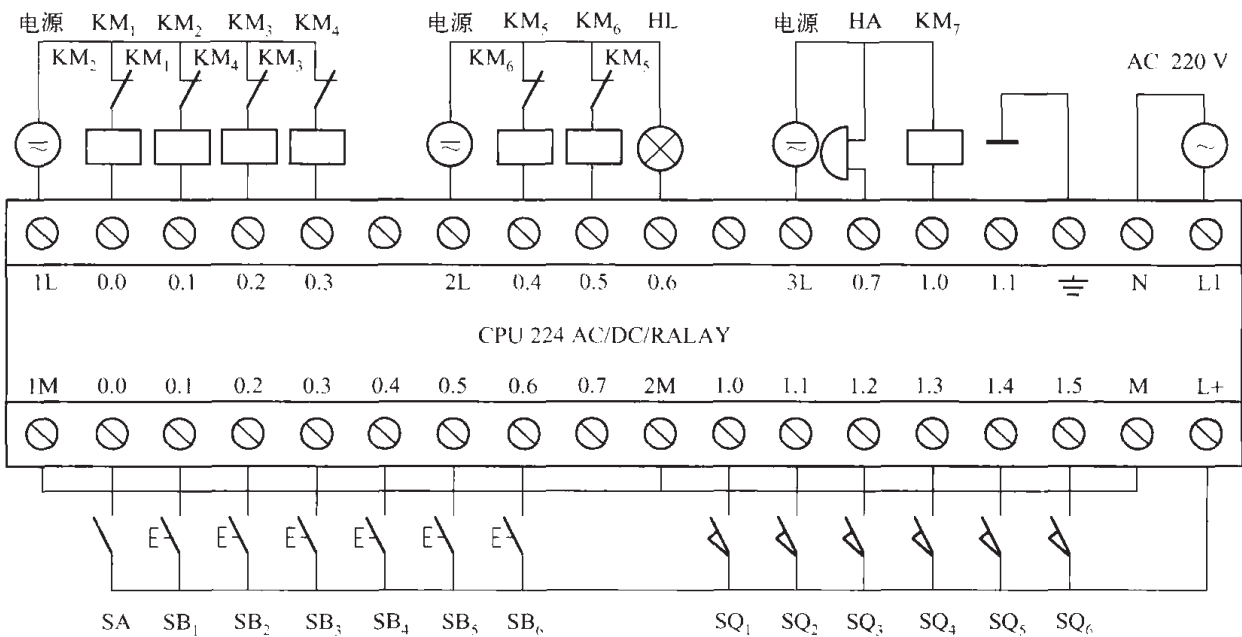


图 4-7 桥式起重机 PLC 控制的 I/O 接线

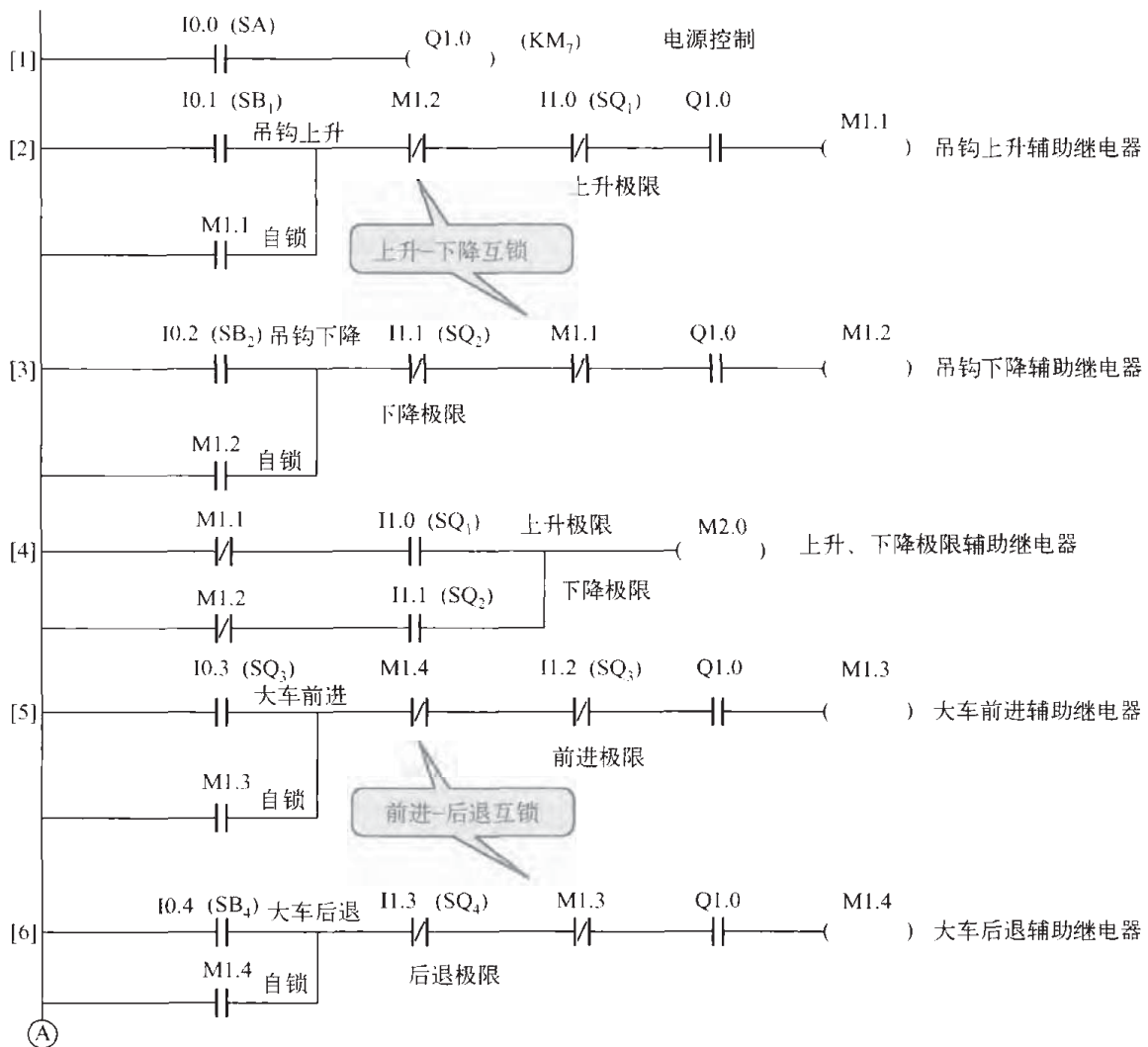


图 4-8 桥式起重机 PLC 控制梯形图

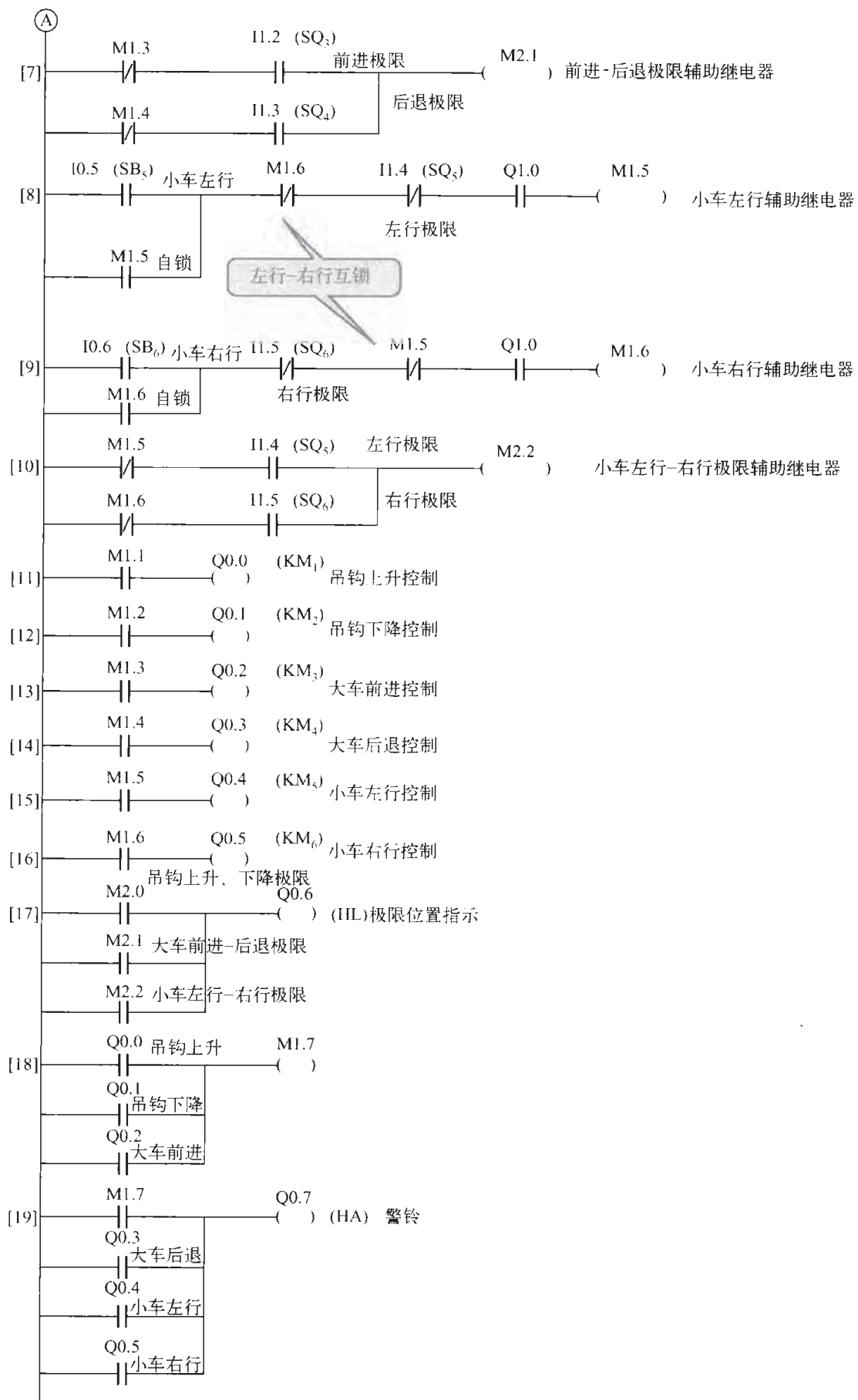
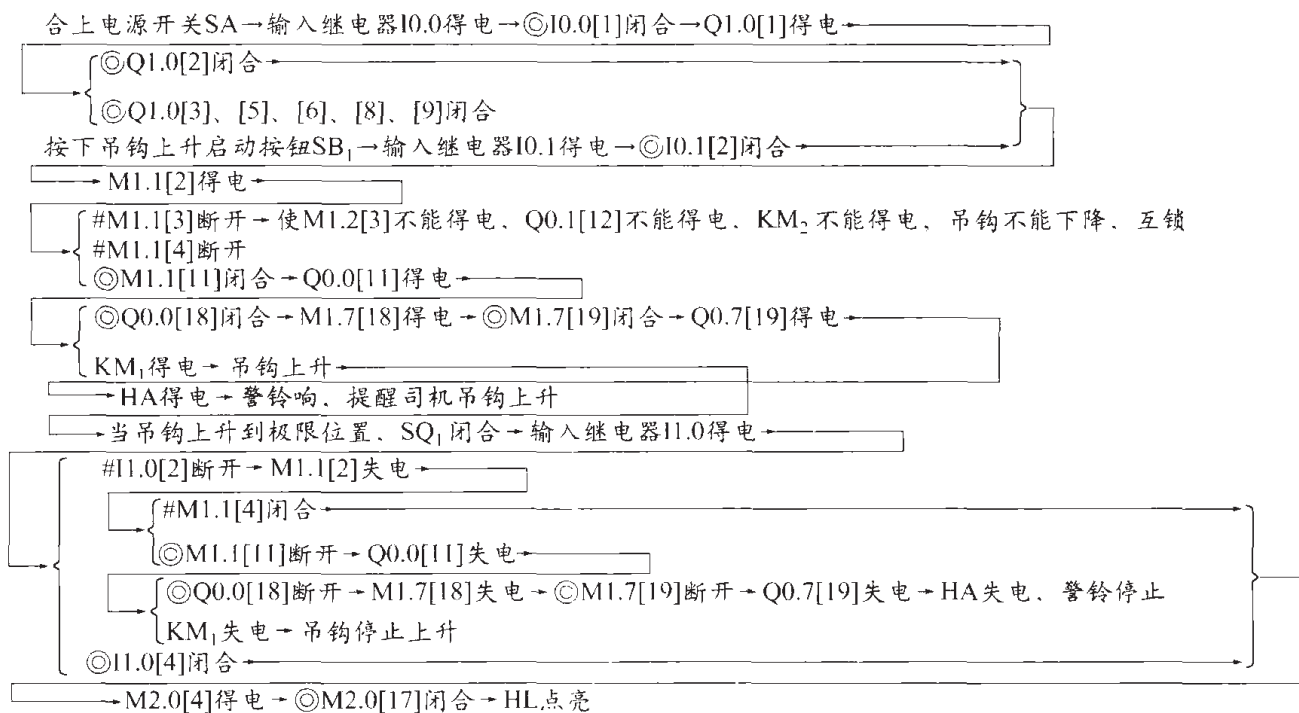


图4-8 桥式起重机 PLC 控制梯形图(续)

3. 电路工作过程

吊钩上升、吊钩下降、大车前进、大车后退、小车主行和小车右行的控制过程基本相同,因此仅介绍吊钩上升的工作过程。



【例 4-5】 剪板机的控制 2 例

图 4-9 为剪板机工作示意图。

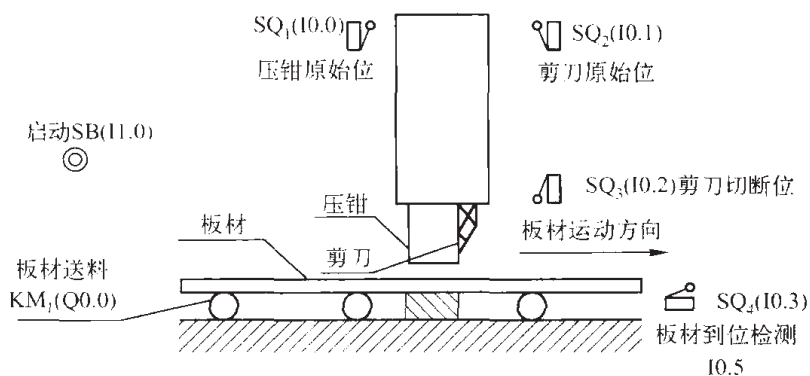


图 4-9 剪板机工作示意图

1. 控制要求

剪板机的控制主要是完成对压钳和剪刀的动作控制。板材运动到位后,压钳向下运动压紧板材,当压力到达设置值时,压力继电器动作。压力继电器动作使剪刀向下运动进行剪切,当剪刀到达剪断位后,压钳和剪刀同时退回到原始位,这一循环结束。

开始时压钳和剪刀在上限位置,限位开关 SQ₁(I0.0)和 SQ₂(I0.1)闭合。按下启动按钮

SB(I1.0),首先板料右行(Q0.0为ON)至限位开关SQ₄(I0.3)动作,然后压钳下行(Q0.1为ON并保持),压紧板料后,压力继电器KP(I0.4)为ON,压钳保持压紧,剪刀开始下行(Q0.2为ON)。剪断板料后,I0.2变为ON,压钳和剪刀同时上行(Q0.3和Q0.4为ON,Q0.1和Q0.2为OFF),它们分别碰到限位开关SQ₁(I0.0)和SQ₂(I0.1)后,分别停止上行。都停止后,又开始下一周期的工作,剪完10块料后停止工作并停在初始状态。

对于一定长度的板材,要求裁剪的件数为10件。

2. PLC的I/O配置和I/O接线

对于压钳的升降控制,在原始位置设置一个检测点,对压住板材后的检测则采用压力继电器实现。也就是说,当压钳在原始位置时给出动作信号,则压钳向下运动直到压力继电器动作,此时等待剪刀工作,完成后退回到原始位置。

对于剪刀的控制,设置原始位置检测,并使用一个限位开关作为板材被剪断的位置检测。剪刀在压钳运动到位后,开始向下运动进行剪断工作,到达剪断位置后,剪刀与压钳同时退回到原始位置。

考虑到一张板材的剪断数量为10件,需要设置一个数目来使剪板机自动完成对整张板材的自动裁剪,这样就可以使用自动送料设备配合完成连续的剪切过程。

PLC的I/O配置如表4-5所示,其I/O接线如图4-10所示。

表4-5 PLC的I/O配置

| 输入设备 | | PLC输入继电器 | 输出设备 | | PLC输出继电器 |
|-----------------|----------|----------|-----------------|--------|----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SQ ₁ | 压钳原始位置检测 | I0.0 | KM ₁ | 板材送料控制 | Q0.0 |
| SQ ₂ | 剪刀原始位置检测 | I0.1 | KM ₂ | 压钳压紧控制 | Q0.1 |
| SQ ₃ | 剪刀切断位置检测 | I0.2 | KM ₃ | 剪刀切断控制 | Q0.2 |
| SQ ₄ | 板材到位检测 | I0.3 | KM ₄ | 压钳退回控制 | Q0.3 |
| KP | 压钳压力检测 | I0.4 | KM ₅ | 剪刀退回控制 | Q0.4 |
| SB | 启动按钮 | I1.0 | | | |

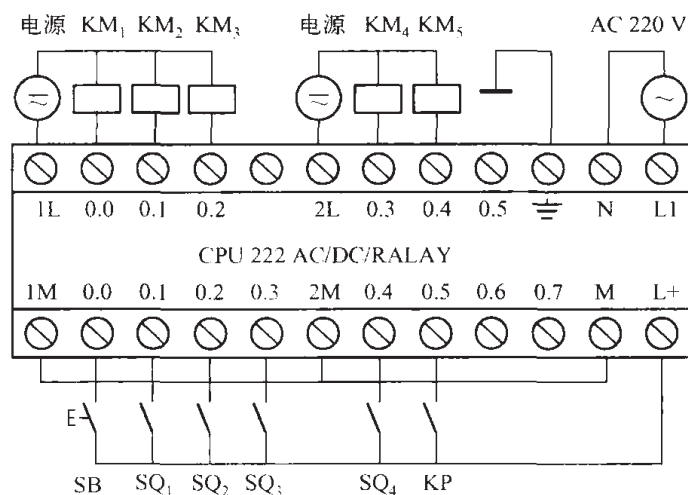


图4-10 PLC的I/O接线

【例 4-5-1】 剪板机控制(一)

1. 顺序功能图

系统的顺序功能图如图 4-11 所示。图中有选择序列、并行序列的分支与合并。步 M0.0 是初始步,加计数器 C0 用来控制剪料的次数,每次工作循环中 C0 的当前值加 1。没有剪完 10 块料时, C0 的当前值小于设定值 10,其动断触点闭合,转换条件 $\overline{C0}$ 满足,将返回步 M0.1,重新开始下一周期的工作。剪完 10 块料后, C0 的当前值等于设定值 10,其动合触点闭合,转换条件 C0 满足,将返回初始步 M0.0,等待下一次启动命令。

步 M0.5、M0.7 是等待步,它们用来同时结束两个并行序列。只要步 M0.5、M0.7 都是活动步,就会发生步 M0.5、M0.7 到步 M0.0 或 M0.1 的转换,步 M0.5、M0.7 同时变为不活动步,而步 M0.0 或 M0.1 变为活动步。

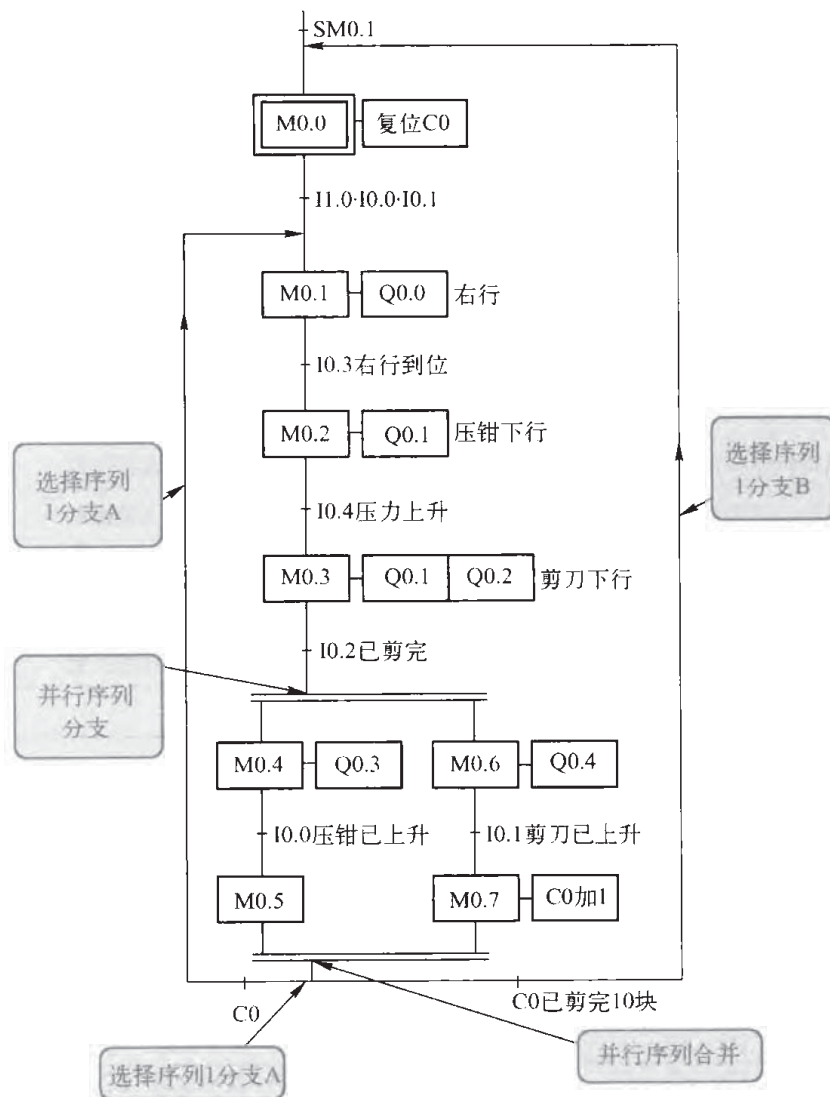


图 4-11 剪板机的顺序功能图

2. 梯形图

图 4-12 为 PLC 的梯形图。

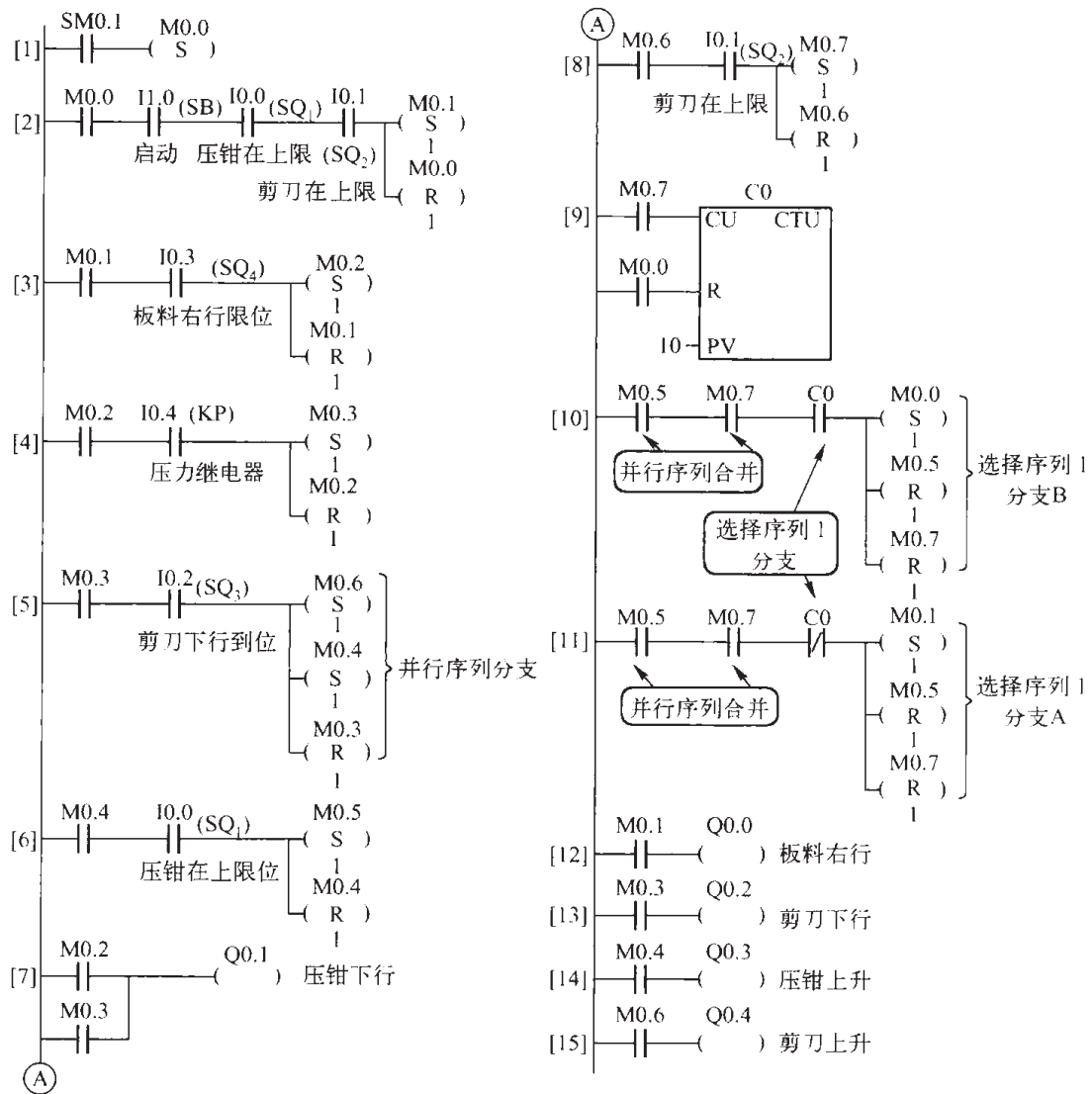
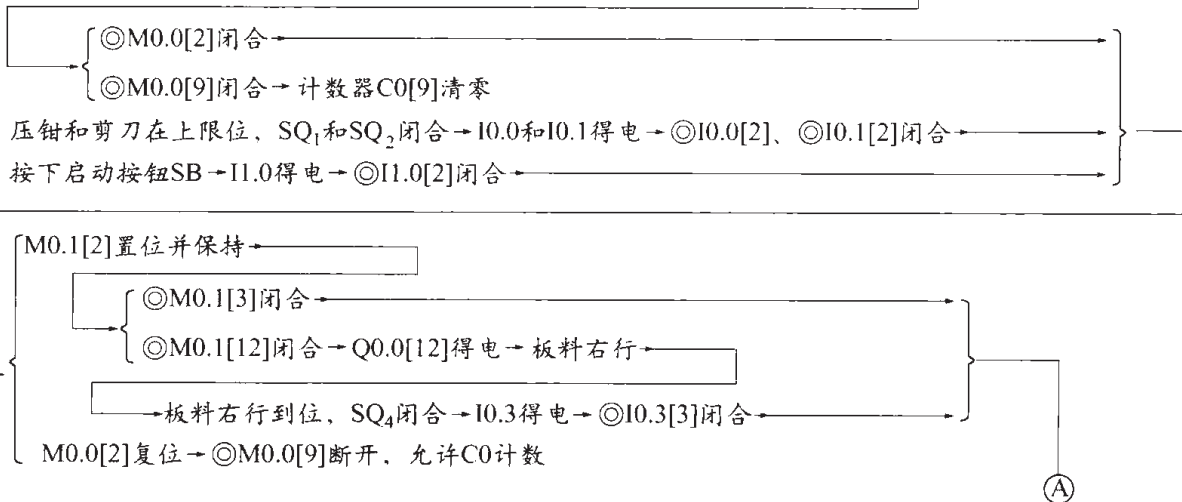
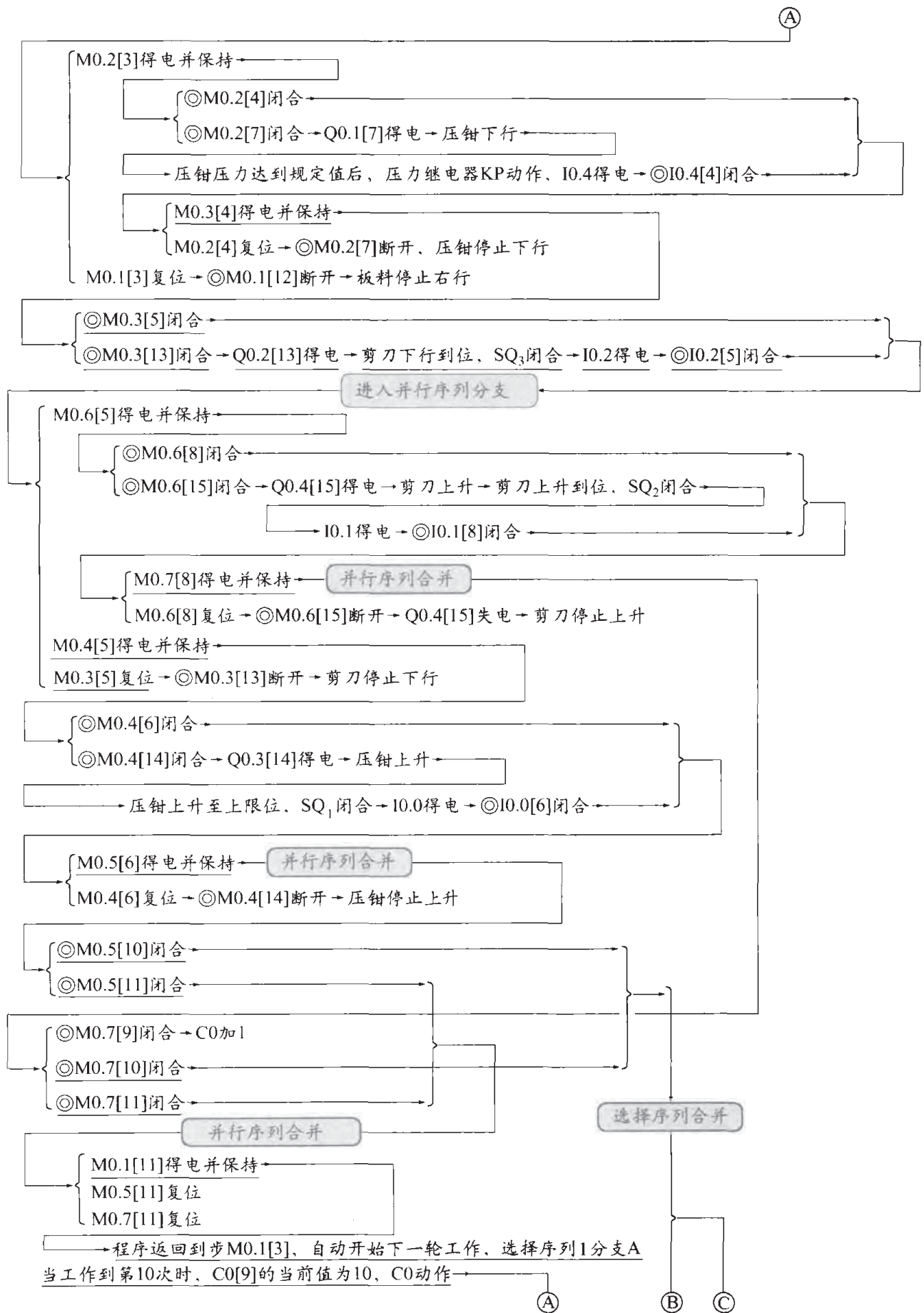


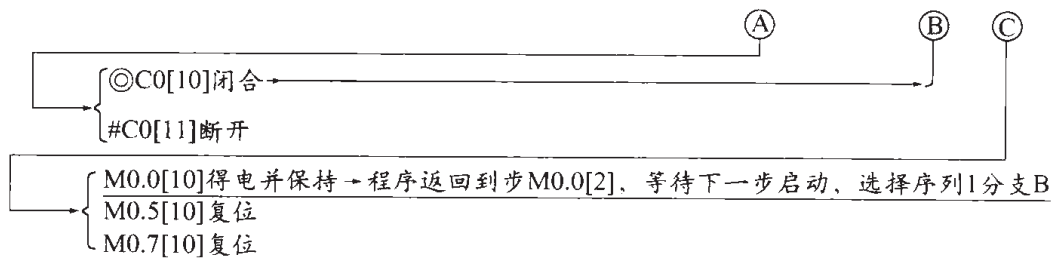
图 4-12 梯形图

3. 电路工作过程

PLC上电后, ◎SM0.1[1]闭合1个扫描周期→M0.0[1]置位并保持→







【例4-5-2】 剪板机控制(二)

1. 梯形图

图4-13为PLC的梯形图。

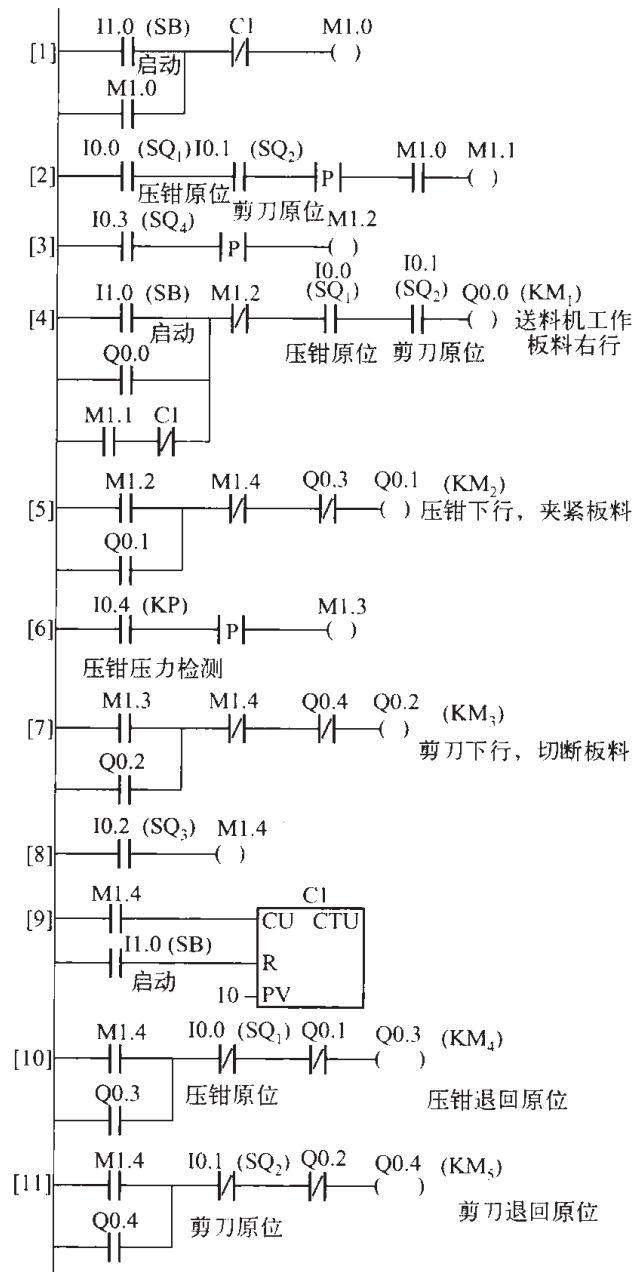
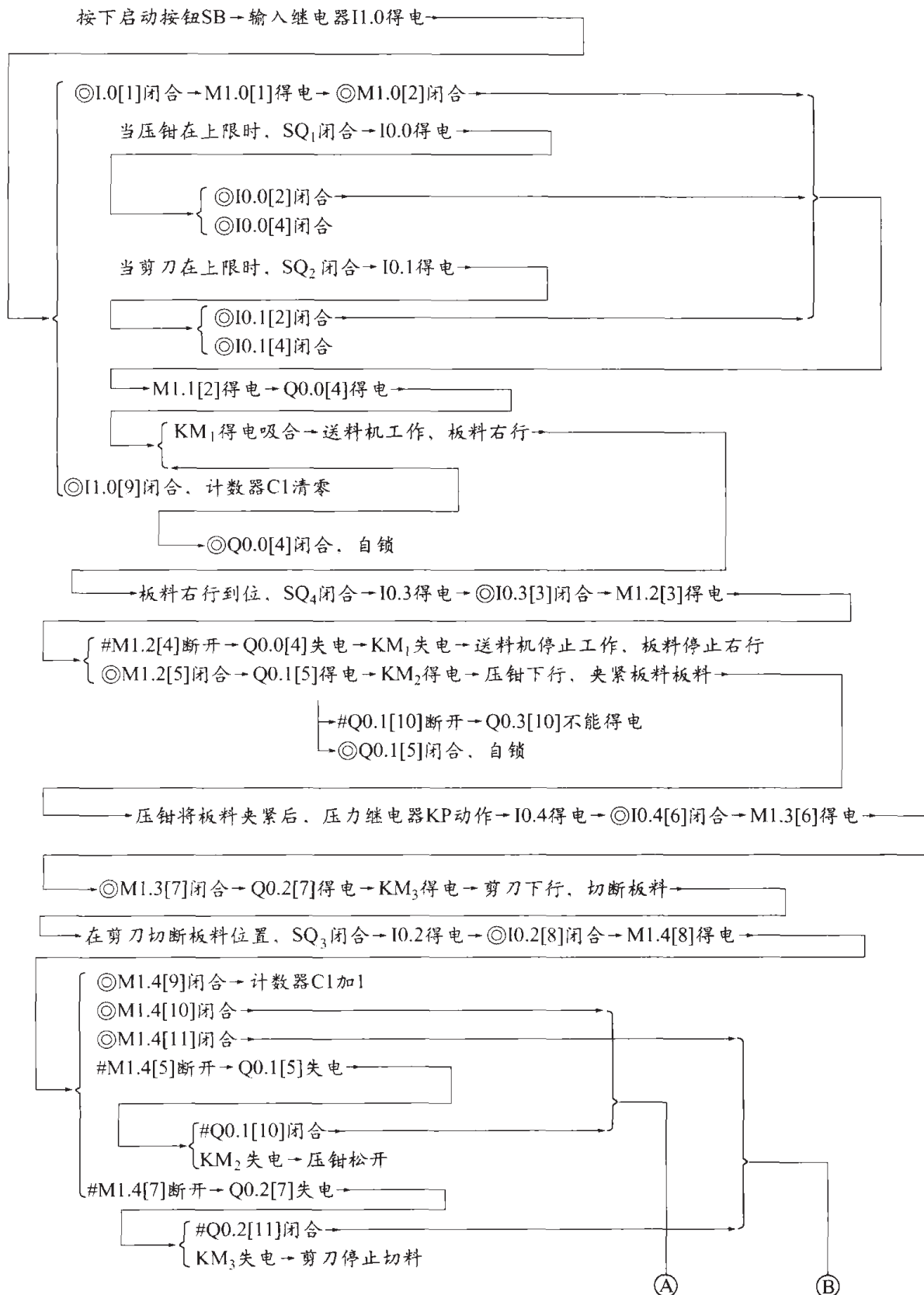
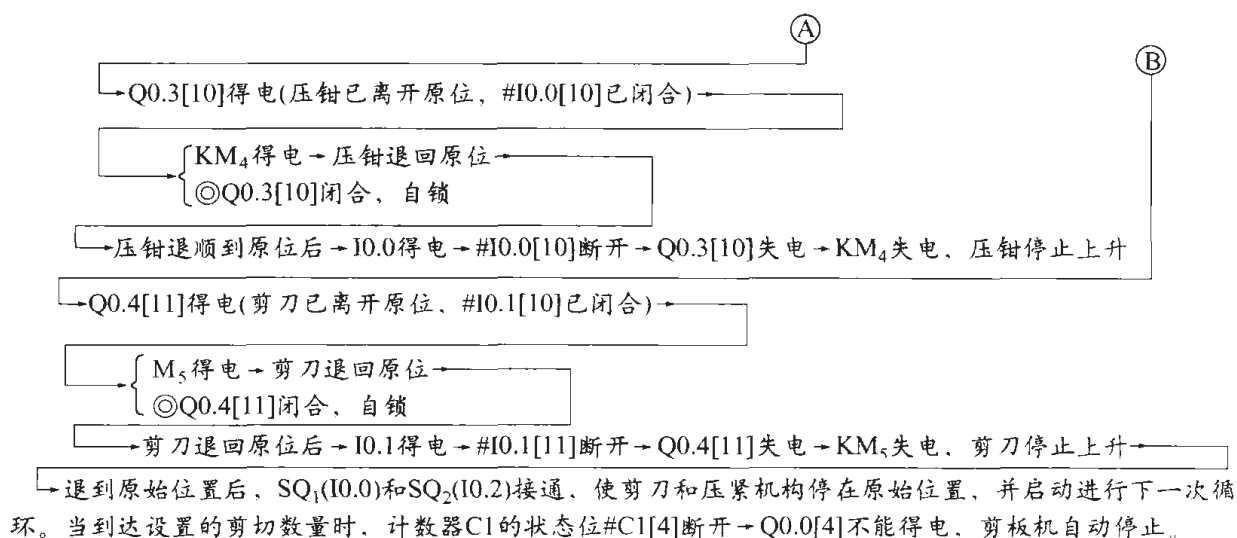


图4-13 梯形图

2. 电路工作过程





【例4-6】毛皮剪花机控制

毛皮剪花机主要由4部分组成,即主轴(旋转刀)、送料传送带、工作台和花板。

1. 控制要求

- ① 开机后工作台和花板回到原始位置。
- ② 按启动按钮,主轴工作,同时工作台前进。工作台前进到位后停止,同时传送带和花板同时动作,花板到位后,传送带和花板停止。传送带和花板停止后延时1s,工作台后退到原位。工作台后退到原位后,花板后退到原位。
- ③ 再按启动按钮,重复上述操作。
- ④ 按停止按钮,程序停止执行。

2. PLC的I/O配置、I/O接线和梯形图

表4-6为PLC的I/O配置表,其I/O接线和梯形图分别如图4-14和图4-15所示。

表4-6 毛皮剪花机PLC控制的I/O配置

| 输入设备 | | PLC输入继电器 | 输出设备 | | PLC输出继电器 |
|-----------------|---------|----------|-----------------|-----------|----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SQ ₁ | 工作台原位检测 | I0.0 | KM ₁ | 主轴电动机控制 | Q0.0 |
| SQ ₂ | 工作台到位检测 | I0.1 | KM ₂ | 传送带电动机控制 | Q0.1 |
| SQ ₃ | 花板原位检测 | I0.2 | KM ₃ | 工作台电动机控制 | Q0.2 |
| SQ ₄ | 花板到位检测 | I0.3 | KM ₄ | 花板电动机正转控制 | Q0.3 |
| SB ₁ | 启动按钮 | I0.4 | KM ₅ | 花板电动机反转控制 | Q0.4 |
| SB ₂ | 停止按钮 | I0.5 | | | |

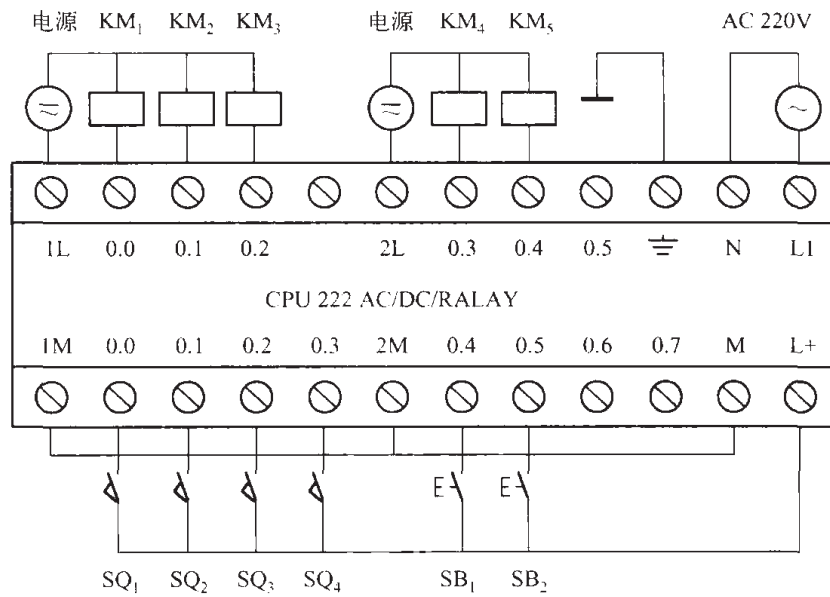


图 4-14 PLC 的 I/O 接线

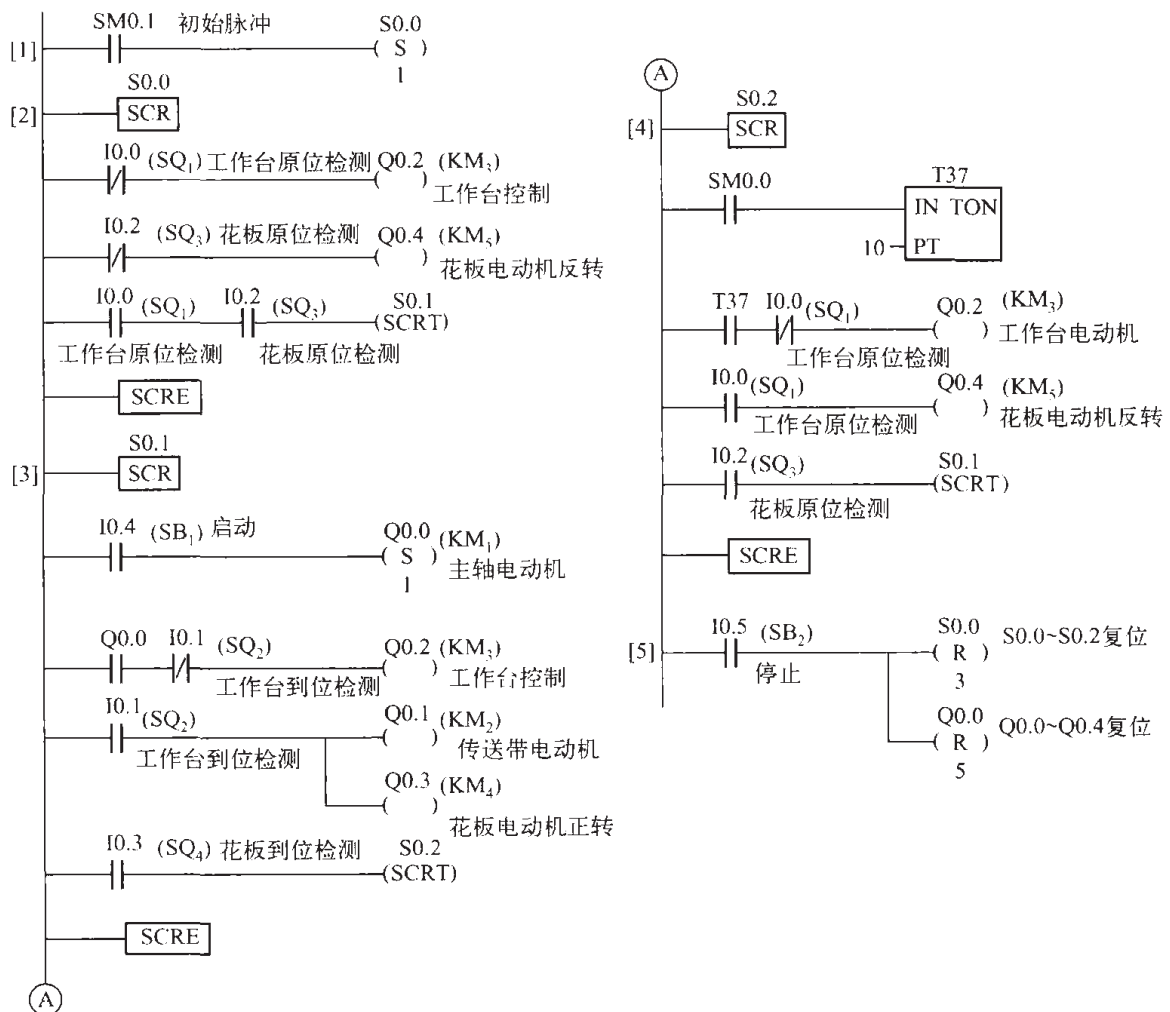
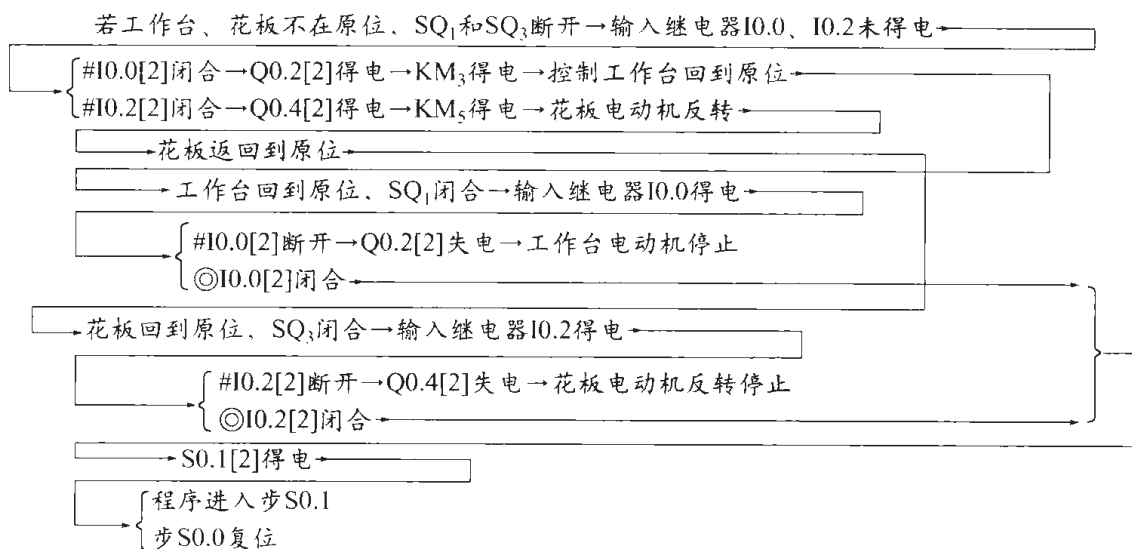


图 4-15 梯形图

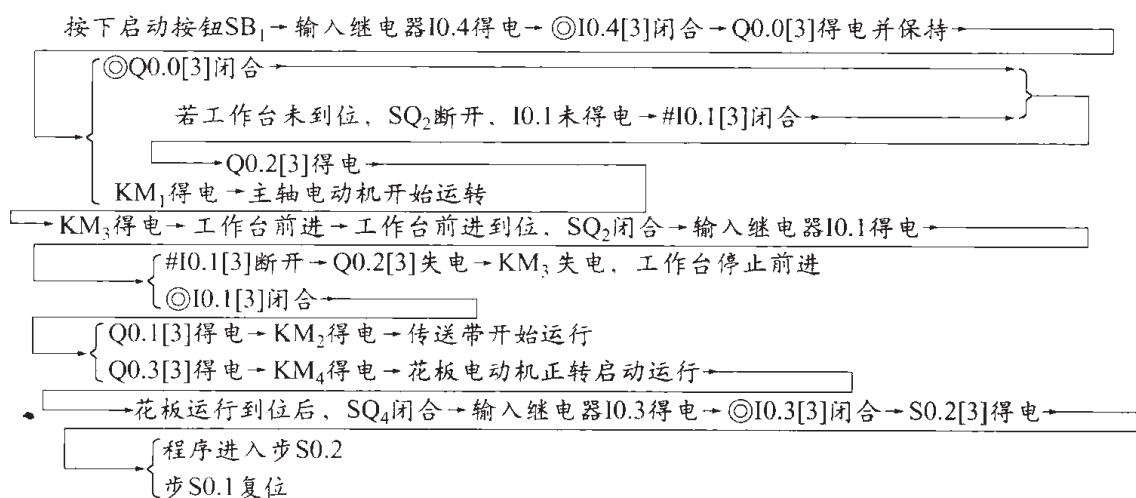
3. 电路工作过程

开机运行, \odot SM0.1[1] 闭合 1 个扫描周期 \rightarrow S0.0[1] 置位并保持, 程序进入步 S0.0。

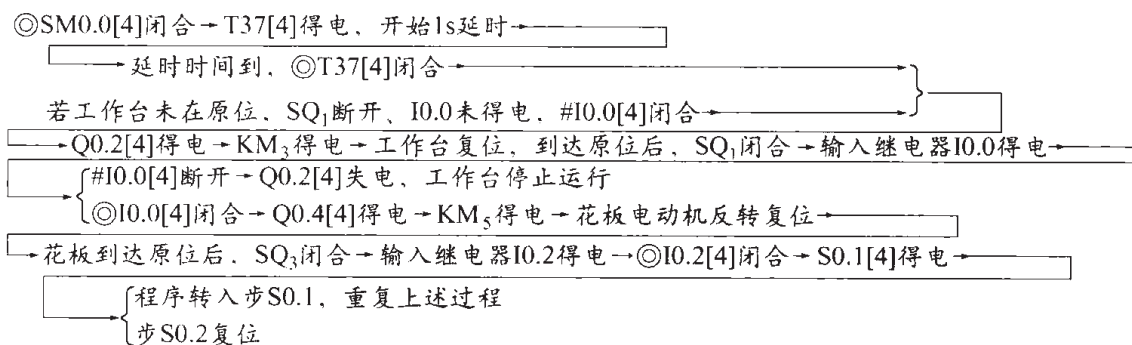
(1) 步 S0.0



(2) 步 S0.1



(3) 步 S0.2



按下停止按钮 $SB_2 \rightarrow$ 输入继电器 I0.5 得电 $\rightarrow \odot I0.5[5]$ 闭合 $\rightarrow S0.0 \sim S0.2$ 复位, $Q0.0 \sim Q0.4$ 复位, 程序停止运行。

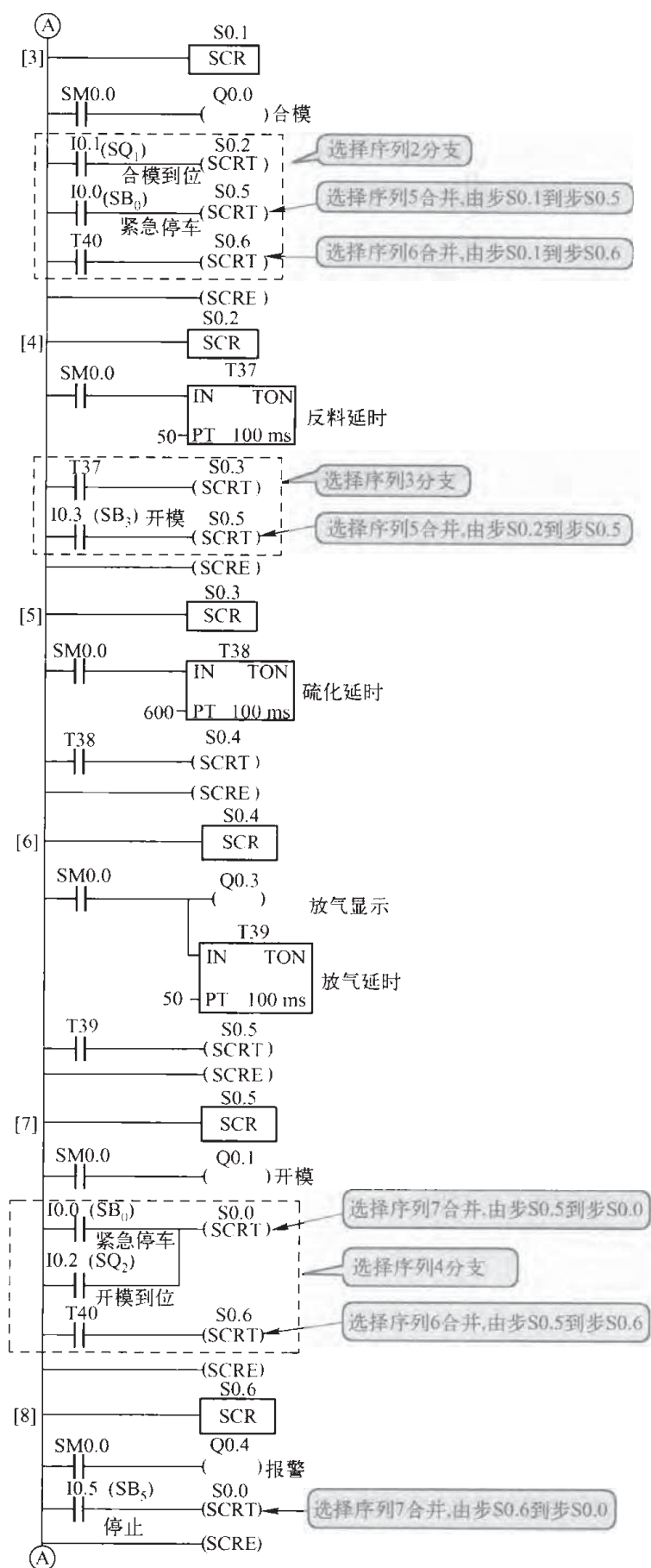


图4-17 梯形图(续)

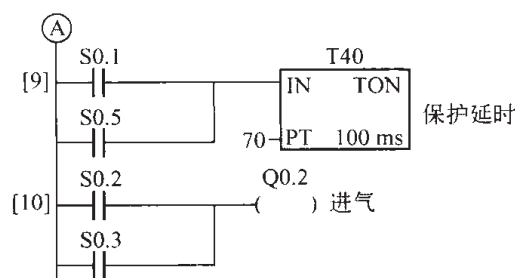
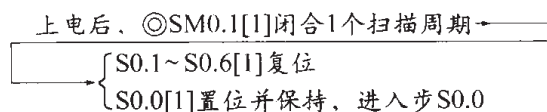
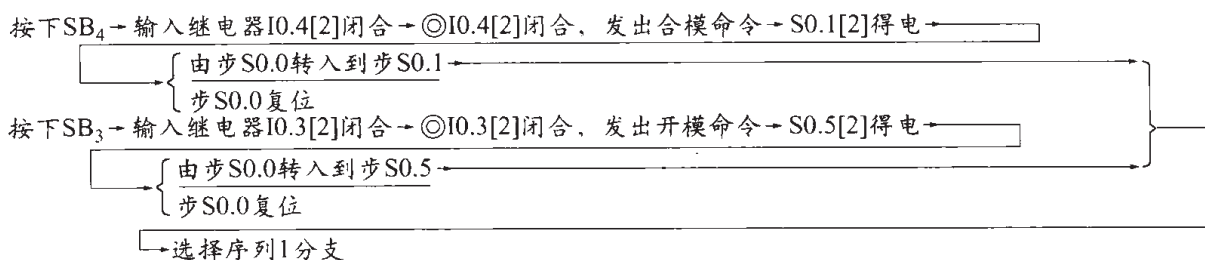


图 4-17 梯形图(续)

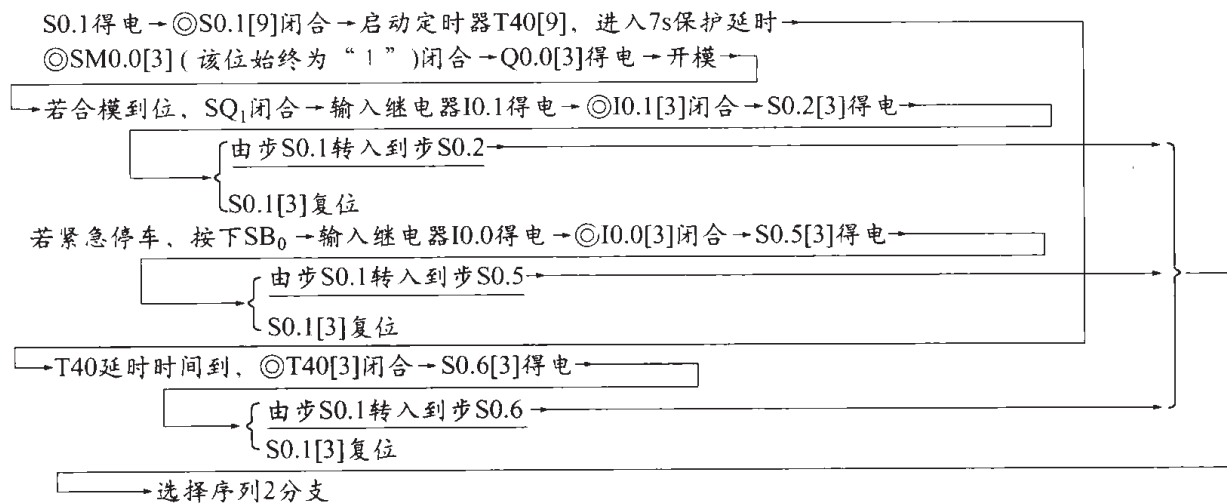
3. 电路工作过程



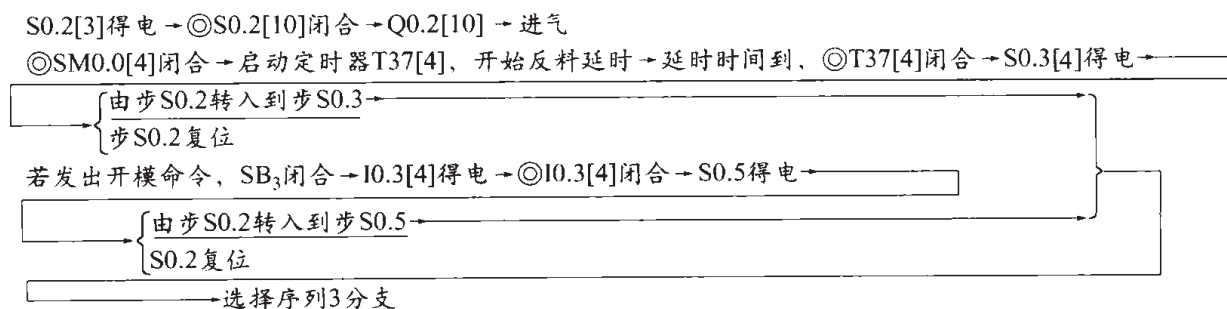
(1) 步 S0.0



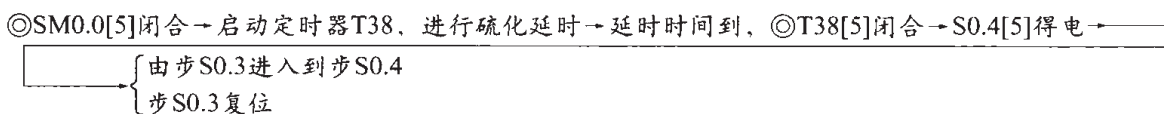
(2) 步 S0.1



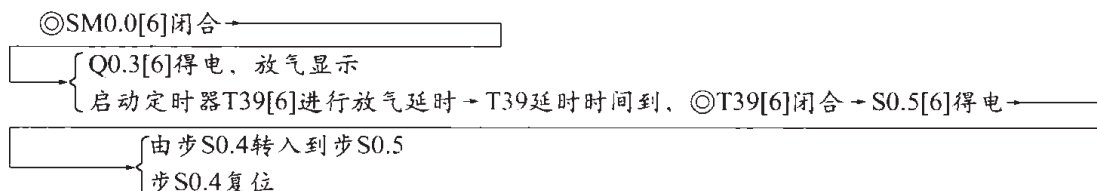
(3) 步 S0.2



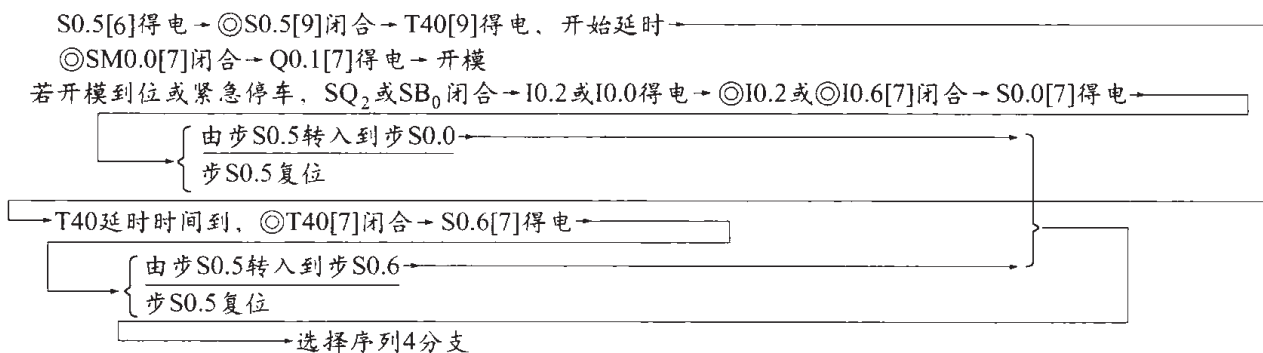
(4) 步 S0.3



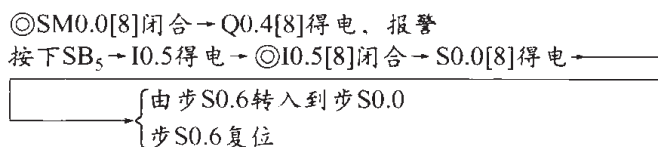
(5) 步 S0.4



(6) 步 S0.5



(7) 步 S0.6



【例4-8】弯管机控制

1. 控制要求

弯管机在弯管时,首先使用传感器检测是否有管。若是没有管,则等待;若是有管,则延迟2s后,电磁卡盘将管子夹紧。随后检测被弯曲的管上是否安装有接头。若没有接头,则弯管机将管子松开推出弯管机等待下一根管子的到来,同时废品计数器计数。若有接头,则弯管机在延迟5s后,启动主电机开始弯管。弯管完成后,正品计数器计数,并将弯好的管子推出弯管机。系统设有启动按钮和停止按钮,当启动按钮按下时,弯管机处于等待检测管子的状态。任何时候都可以用停止按钮停止弯管机的运行。

2. PLC的I/O配置、I/O接线和梯形图

表4-7为PLC的I/O配置表,其I/O接线和梯形图分别如图4-18和图4-19所示。

表 4-7 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|----------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 停止按钮 | I0.0 | K | 电磁卡盘卡紧 | Q0.0 |
| SB ₂ | 启动按钮 | I0.1 | KM ₁ | 推管液压阀接触器 | Q0.1 |
| SK ₁ | 管子检测传感器 | I0.2 | KM ₂ | 弯管主电动机 | Q0.2 |
| SK ₂ | 连接头检测传感器 | I0.3 | | | |
| SQ | 弯管到位检测开关 | I0.4 | | | |

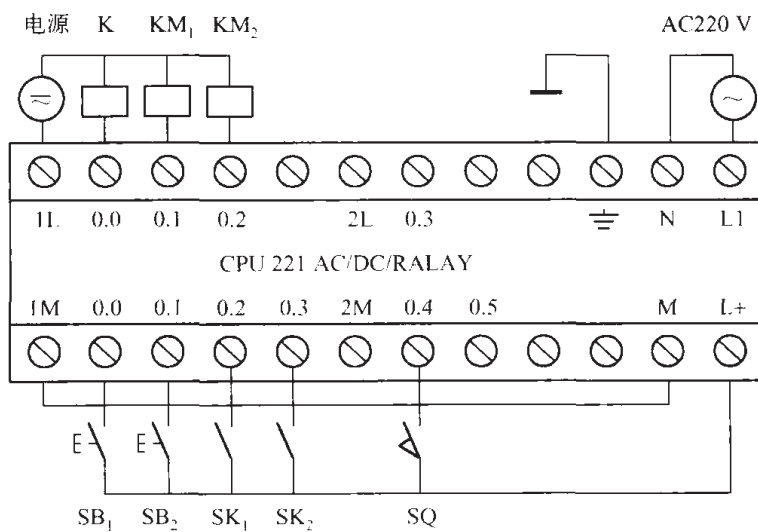


图 4-18 PLC 的 I/O 接线

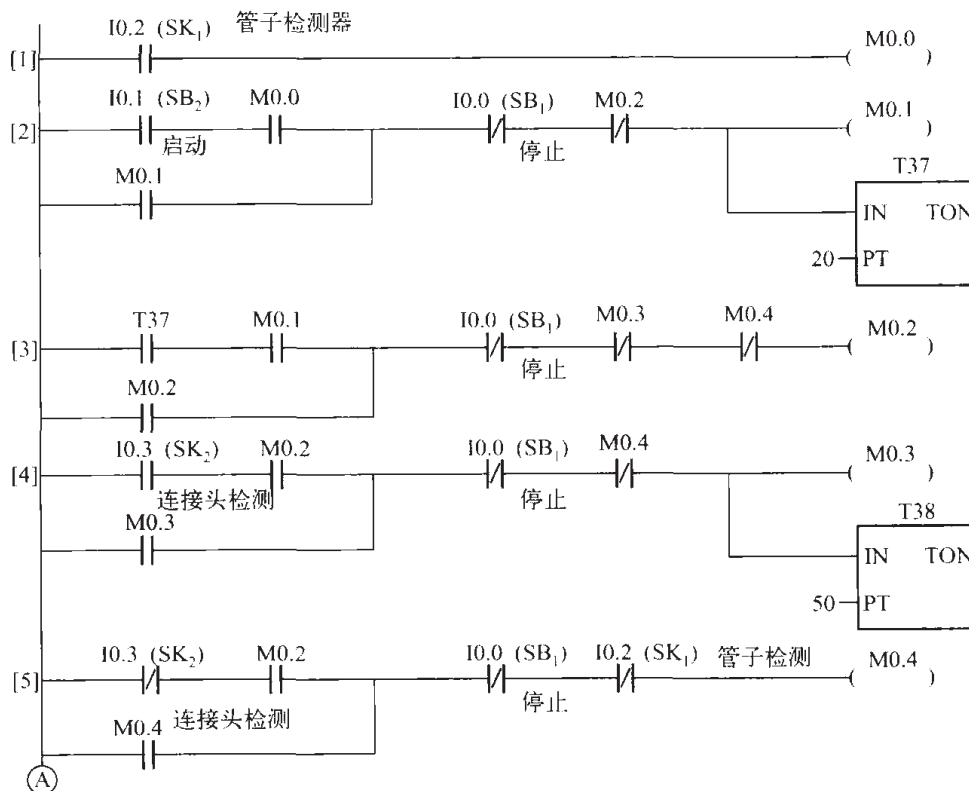
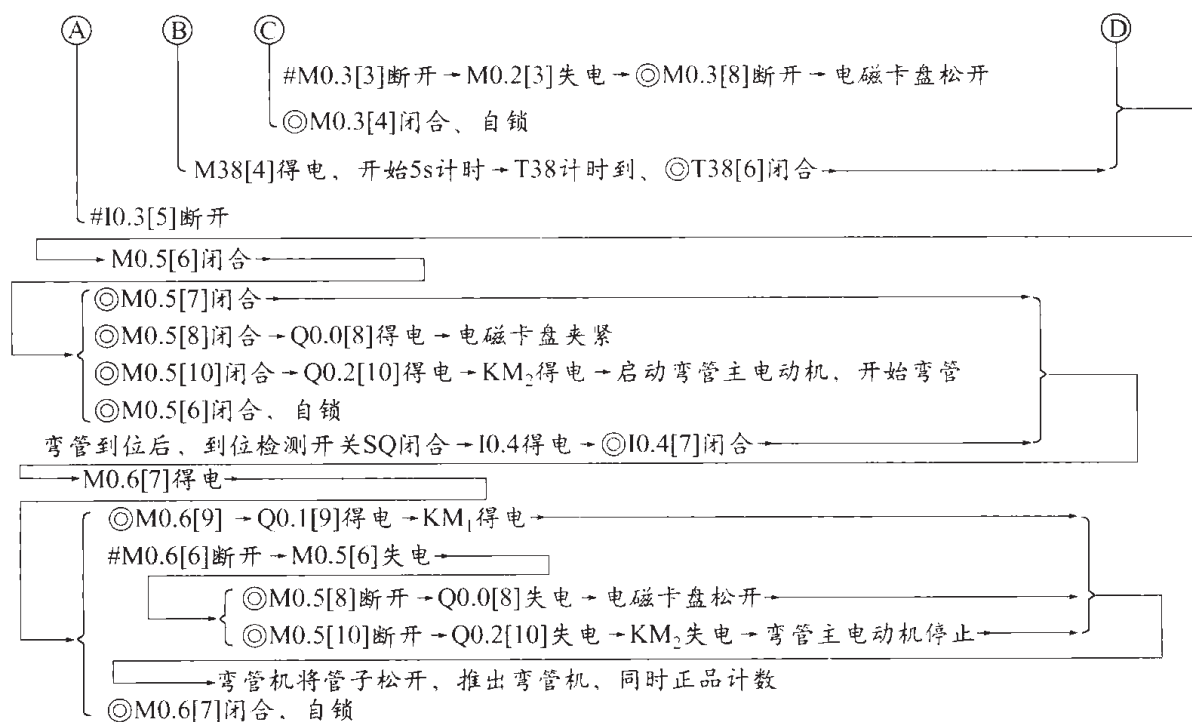


图 4-19 梯形图



【例 4-9】 洗车自动清洗

图 4-20 为一台汽车自动清洗机。清洗机由控制按钮、车辆检测器、喷淋阀门、刷子电动机组成。

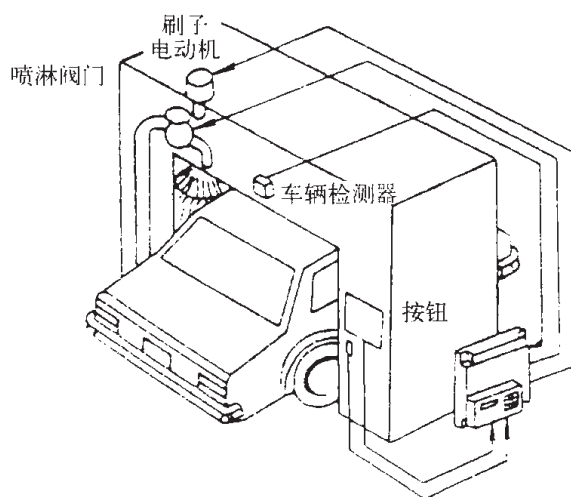


图 4-20 汽车自动清洗机示意图

1. 控制要求

- ① 按下启动按钮 SB₁, 即清洗机开始移动, 同时打开喷淋阀门。
- ② 当检测到进入刷洗距离时, 启动刷子电动机运转进行刷洗, 离开汽车则停止刷车; 同时清洗机停止移动并关闭喷淋阀门, 洗刷结束。

2. PLC 的 I/O 配置和 I/O 接线

表 4-8 为 PLC 的 I/O 配置表, 其 I/O 接线图如图 4-21 所示。

表 4-8 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|----------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 启动按钮 | I0.0 | YV | 喷淋器电磁阀 | Q0.0 |
| SK | 车辆检测器 | I0.1 | KM ₁ | 刷子电动机 | Q0.1 |
| SQ ₁ | 轨道终点限位开关 | I0.2 | KM ₂ | 清洗机电动机 | Q0.2 |
| SQ ₂ | 急停按钮 | I0.3 | HA | 清洗机报警蜂鸣器 | Q0.3 |

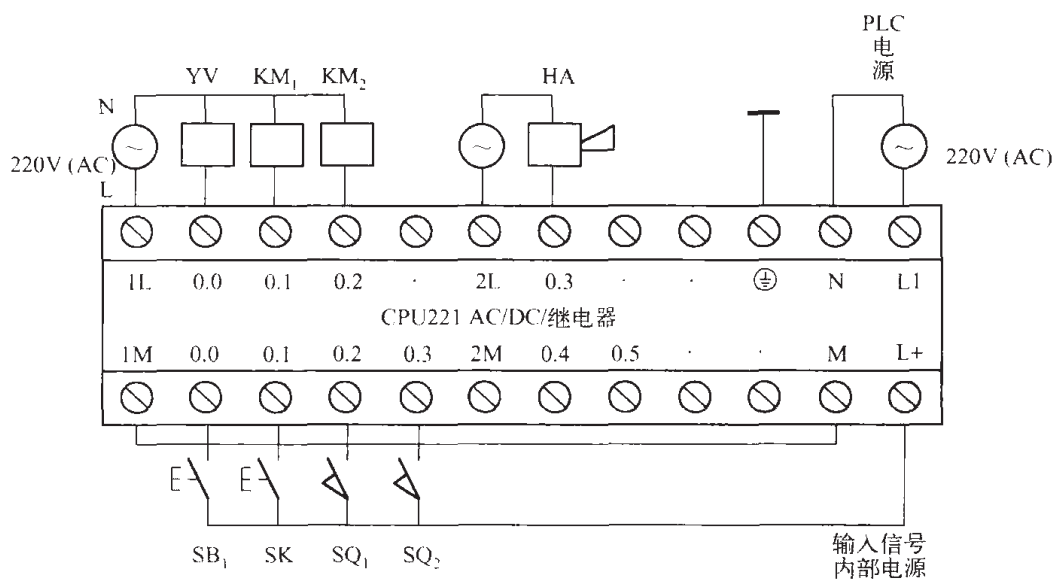


图 4-21 PLC 的 I/O 接线

3. 顺序功能图和梯形图

图 4-22 为 PLC 的顺序功能图,其梯形图如图 4-23 所示。

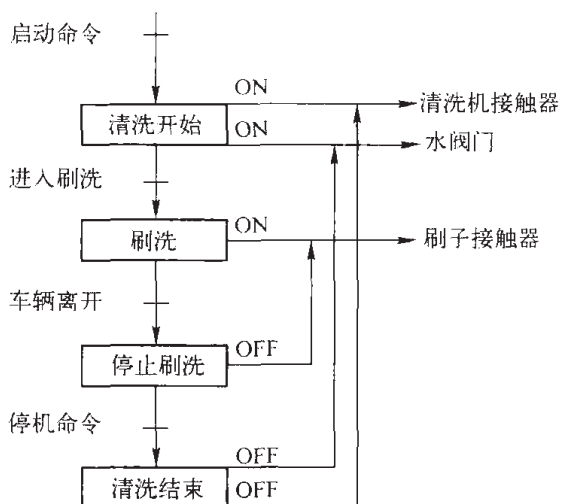


图 4-22 顺序功能图

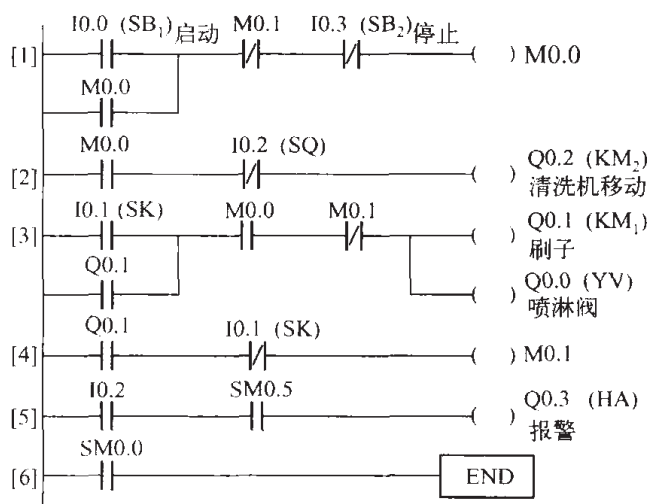
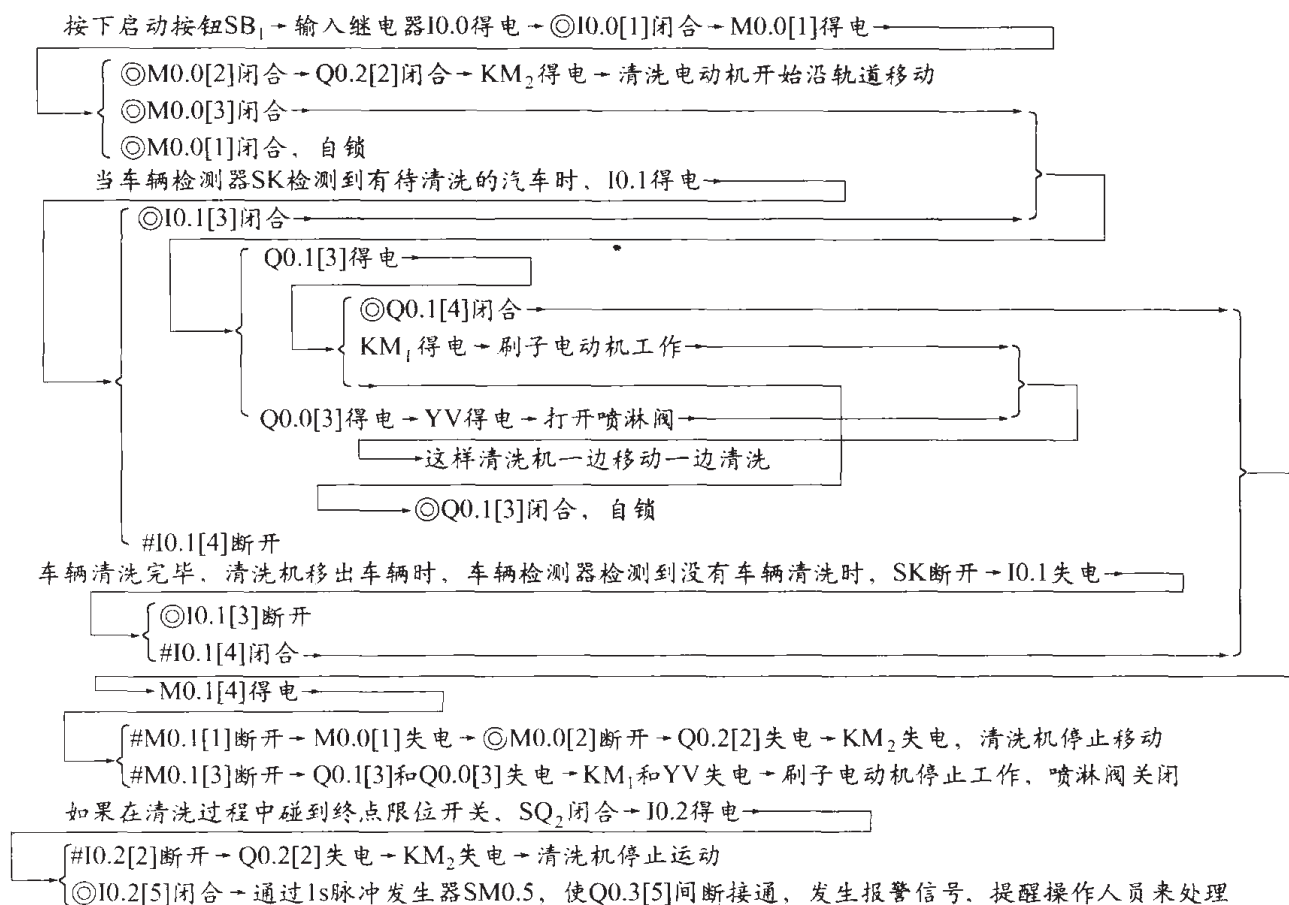


图 4-23 梯形图

4. 电路工作过程



【例 4-10】 多种液体混合装置的 PLC 控制 3 例

1. 控制要求

图 4-24 为多种液体混合装置, 适合如饮料的生产、酒厂的配液、农药厂的配比等。SL₁、SL₂、SL₃ 为液面传感器, 液面淹没时接通; 两种液体的输入和混合液体放液阀门分别由电磁阀 YV₁、YV₂、YV₃ 控制; M 为搅匀电动机, 用于驱动桨叶将液体搅匀混合。

(1) 初试状态

当装置投入运行时, 液体 A、液体 B 阀门关闭 (YV₁ = YV₂ = OFF), 放液阀门打开 20 s, 将容器内残余液体放空后关闭。

(2) 启动操作

按下启动按钮 SB₁, 液体混合装置开始按下列给定规律操作。

① YV₁ = ON, 液体 A 流入容器, 液面上升; 当液面达到 I 处时, SL₂ = ON, 使 YV₁ = OFF, YV₂ = ON, 即关闭液体 A 阀门, 打开液体 B 阀门, 停止液体 A 流入, 液体 B 开始流入, 液面上升。

② 当液面达到 H 处时, SL₁ = ON, 使 YV₂ = OFF, 搅匀电动机 M = ON, 即关闭液体 B 阀门, 液体停止流入, 开始搅拌。

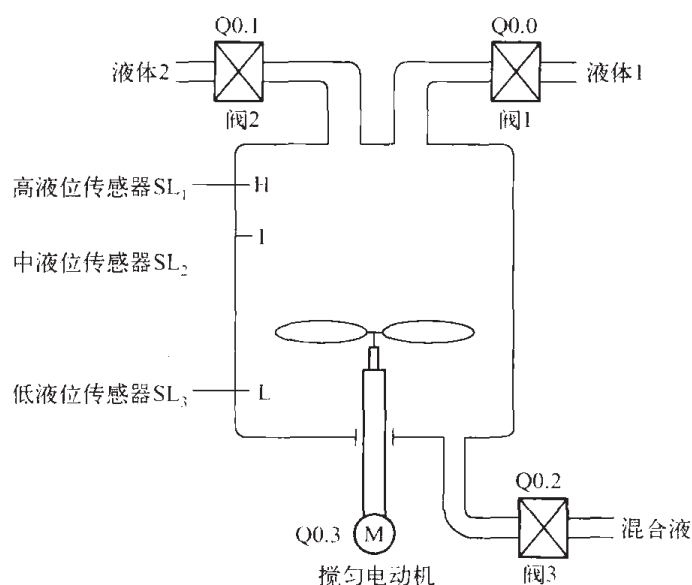


图 4-24 多种液体混合装置示意图

③ 搅匀电动机工作 1 min 后, 停止搅拌 ($M = \text{OFF}$), 放液阀门打开 ($YV_3 = \text{ON}$), 开始放液, 液面开始下降。

④ 当液面下降到 L 处时, SL_3 由 ON 变到 OFF, 再过 20 s, 容器放空, 使放液阀门 YV_3 关闭, 开始下一个循环周期。

(3) 停止操作

在工作过程中, 按下停止按钮 SB_2 , 搅拌器并不立即停止工作, 而要将当前容器内的混合工作处理完毕后 (当前周期循环到底), 才能停止操作, 即停在初始位置上, 否则会造成浪费。

2. 控制流程图、PLC 的 I/O 配置和 I/O 接线

图 4-25 为多种液体混合装置的控制流程图, 其 I/O 配置表和 I/O 接线分别如表 4-9、图 4-26 所示。

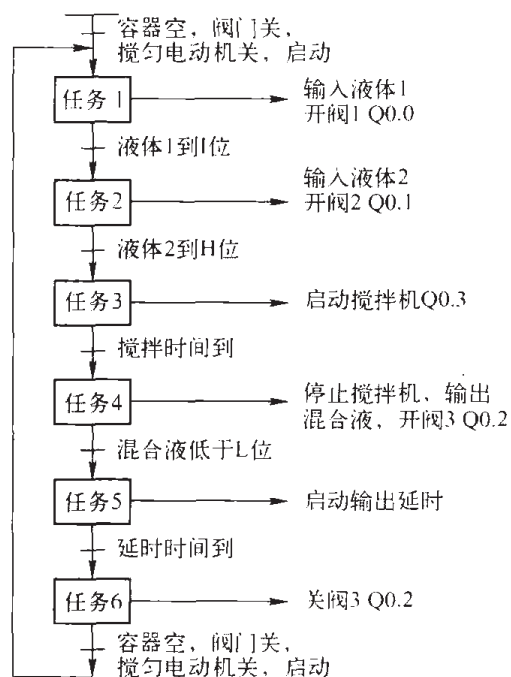


图 4-25 控制流程图

表 4-9 输入/输出设备及 PLC 的 I/O 分配表

| 输入设备 | | 输入继电器 | 输出设备 | | 输出继电器 |
|--------|---------|-------|--------|-----------------|-------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB_1 | 启动按钮 | I0.0 | KM_1 | 液体 A 电磁阀 YV_1 | Q0.0 |
| SB_2 | 停止按钮 | I0.1 | KM_2 | 液体 B 电磁阀 YV_2 | Q0.1 |
| SL_1 | 高液面传感器 | I0.2 | KM_3 | 放液电磁阀 YV_3 | Q0.2 |
| SL_2 | 中间液面传感器 | I0.3 | KM | 搅匀电动机 M | Q0.3 |
| SL_3 | 低液面传感器 | I0.4 | HL | | Q0.4 |

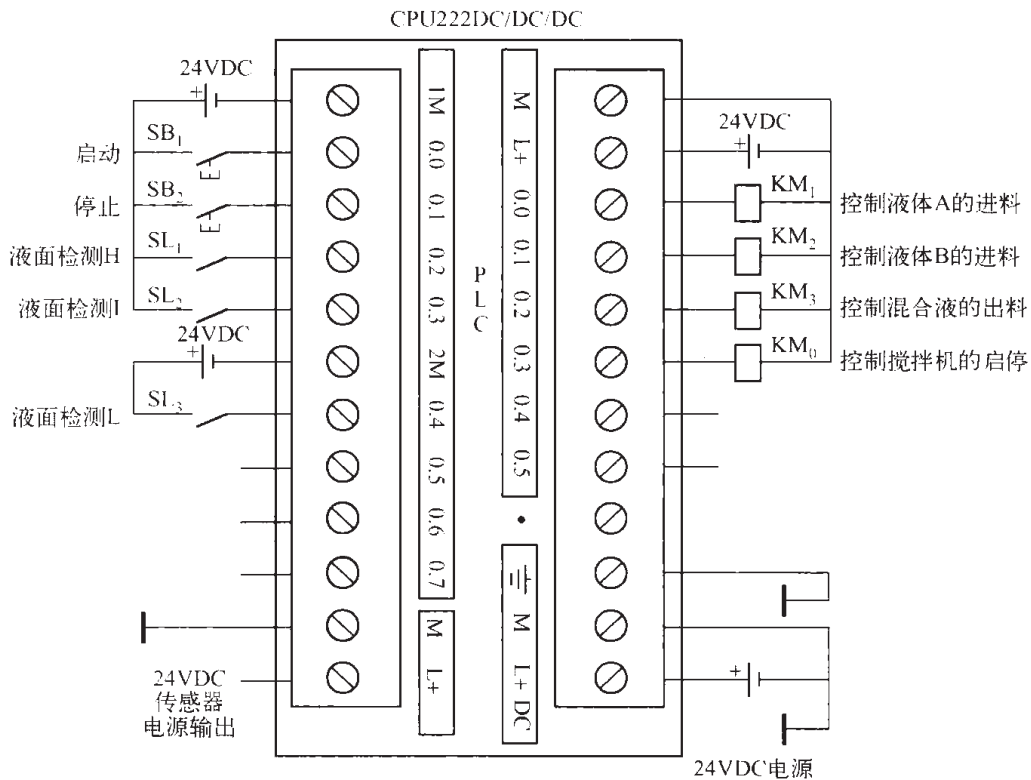


图 4-26 PLC 的 I/O 接线

【例 4-10-1】

梯形图如图 4-27 所示。

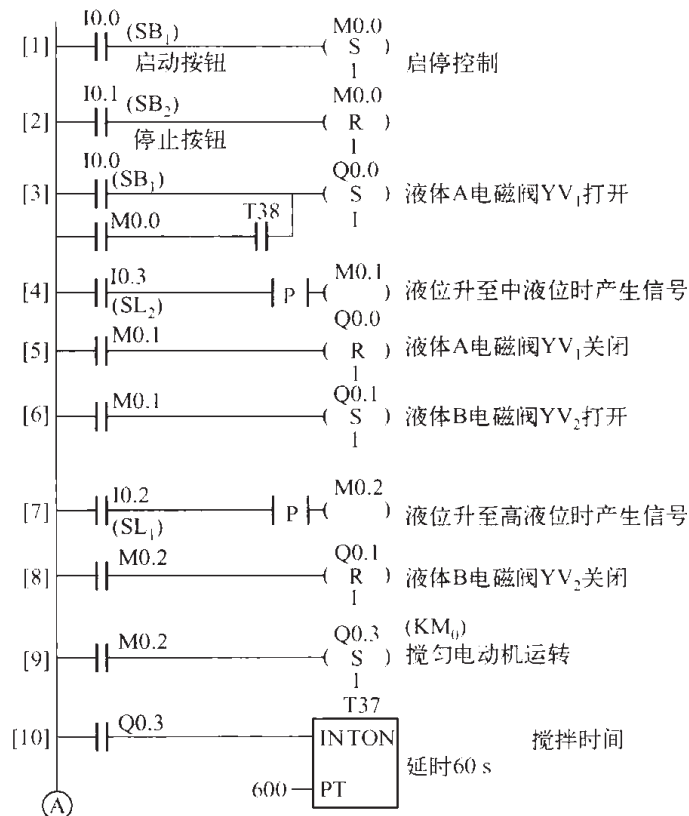


图 4-27 梯形图

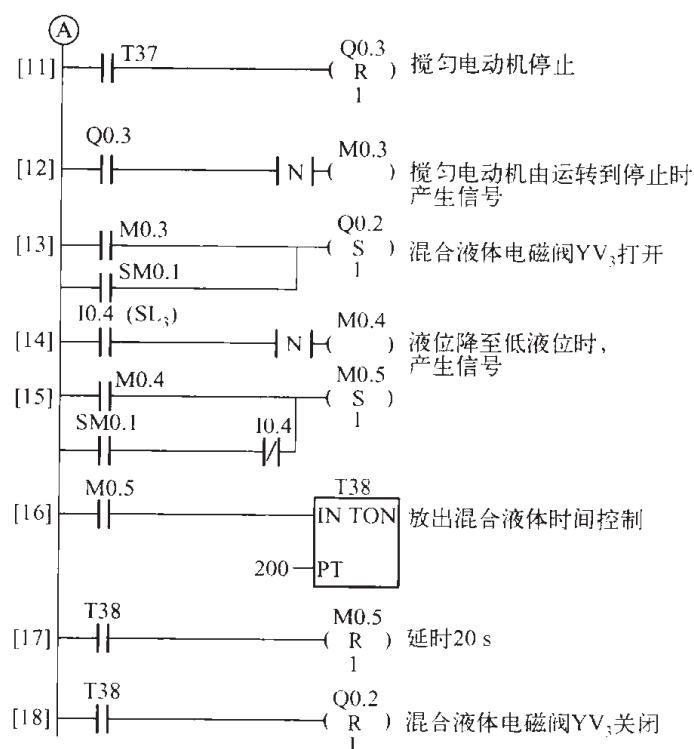


图 4-27 梯形图(续)

电路工作过程:

(1) 初始状态

当系统投入运行时,初始化脉冲信号 SM0.1 [13]、[15] 接通一个扫描周期,使混合液电磁阀打开 20 s,将容器放空后关闭。

◎SM0.1 [13] 闭合 1 个扫描周期 → Q0.2 [13] 置位并保持 → 混合液电磁阀 YV₃ 打开,将容器放空

◎SM0.1 [15] 闭合 1 个扫描周期 → M0.5 [15] 置位并保持 → ◎M0.5 [16] 闭合 → T38 得电,开始 20s 计时

→ T38 计时时间到 →

→ { ◎T38 [17] 闭合 → M0.5 [17] 复位并保持

◎T38 [18] 闭合 → Q0.2 [18] 复位并保持 → YV₃ 关闭

(2) 启动操作

按下启动按钮 SB₁ → 输入继电器 I0.0 得电 →

→ { ◎I0.0 [1] 闭合 → M0.0 [1] 置位并保持 → ◎M0.0 [3] 闭合,为连续运行做准备

◎I0.0 [3] 闭合 → Q0.0 [3] 置位并保持 → YV₁ 得电,液体 A 电磁阀 YV₁ 打开,液体 A 流入容器

(3) 液位上升到中液位 I

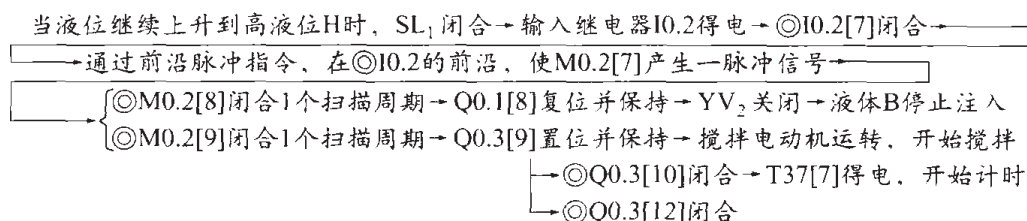
当液体上升到中液位 I 时, SL₂ 闭合 → 输入继电器 I0.3 得电 → ◎I0.3 [4] 闭合 →

→ 通过前沿脉冲指令,在 ◎I0.3 的前沿,使 M0.1 [4] 产生一脉冲信号 →

→ { ◎M0.1 [5] 闭合 1 个扫描周期 → Q0.0 [5] 复位并保持 → YV₁ 关闭 → 液体 A 停止注入

◎M0.1 [6] 闭合 1 个扫描周期 → Q0.1 [6] 置位并保持 → YV₂ 打开 → 液体 B 流入容器

(4) 液体上升到高液位 H



(5) 搅拌均匀后, 放出混合液体

Q0.3[9]得电后, 搅拌电动机工作时, 同时 $\textcircled{C}Q0.3[10]$ 、 $\textcircled{C}Q0.3[12]$ 闭合

$\textcircled{C}Q0.3[10]$ 闭合→T37[10]得电, 开始计时→计时时间到, $\textcircled{C}T37[11]$ 闭合

→Q0.3[11]复位并保持

→ KM_4 失电→搅拌电动机停止

→ $\textcircled{C}Q0.3[12]$ 断开, 即搅拌由运行到停止时, $\textcircled{C}Q0.3[12]$ 由闭合到断开

→通过下降沿脉冲指令, 在 $\textcircled{C}Q0.3[12]$ 的后沿, 使M0.3[12]产生一脉冲信号

→ $\textcircled{C}M0.3[13]$ 闭合→Q0.2[13]置位并保持→ YV_3 打开, 开始放出混合液体

(6) 液位下降到低液位

液位下降到低液位, SL_3 由接通变为断开(液位传感器在液位淹没时为接通状态)、输入继电器I0.4失电→ $\textcircled{C}I0.4[14]$ 断开, $\textcircled{C}I0.4[14]$ 由接通到断开时, 通过下降沿脉冲指令, 在 $\textcircled{C}I0.4$ 的后沿, 使M0.4产生一脉冲信号→ $\textcircled{C}M0.4[15]$ 闭合→M0.5[15]置位并保持→ $\textcircled{C}M0.5[16]$ 闭合→T38[16]得电, 开始计时→计时时间到→

→ $\textcircled{C}T38[17]$ 闭合→M0.5[17]复位并保持

→ $\textcircled{C}T38[18]$ 闭合→Q0.2[18]得电并保持→ YV_3 关闭

→ $\textcircled{C}T38[3]$ 闭合($\textcircled{C}M0.0[3]$ 在开始按下启动按钮 SB_1 时已闭合)→Q0.0[3]置位并保持电磁阀 YV_1 打开, 液体A注入容器, 开始下一个循环

(7) 停止操作

当按下停止按钮 SB_2 →输入继电器I0.1得电→ $\textcircled{C}I0.1[2]$ 闭合→M0.0[2]复位并保持→ $\textcircled{C}M0.0[3]$ 断开→在当前混合液处理完毕使T38动合触点 $\textcircled{C}T38[3]$ 闭合后, Q0.0仍不能重新置位, 即停止运行, 不再循环。

【例4-10-2】用启-保-停电路模式编程的多种液体混合装置的PLC控制

1. 顺序功能图和梯形图

图4-28为用启-保-停电路模式编程的多种液体混合装置的PLC控制的顺序功能图, 其梯形图如图4-29所示。

2. 看图思路

图4-29中的M1.0用来实现在按下停止按钮后不会马上停止工作, 而是在当前工作周期的操作结束后, 才停止运行。M1.0用启动按钮I0.0和停止按钮I0.1来控制。运行时它处于ON状态, 系统完成一个周期的工作后, 步M0.5到M0.1的转换条件 $M1.0 \cdot T38$ 满足, 转换到步M0.1后继续运行。按下停止按钮I0.1后, M1.0变为OFF。要等系统完成最后一步M0.5的工作后, 转换条件 $M1.0 \cdot T38$ 满足, 才能返回初始步, 系统停止运行。图4-29中步M0.5之后有一个选择序列的分支, 当它的后续步M0.0或M0.1变为活动步时, 它都应变为不活动步, 所以应将M0.0和M0.1的动断触点与M0.5的线圈串联。

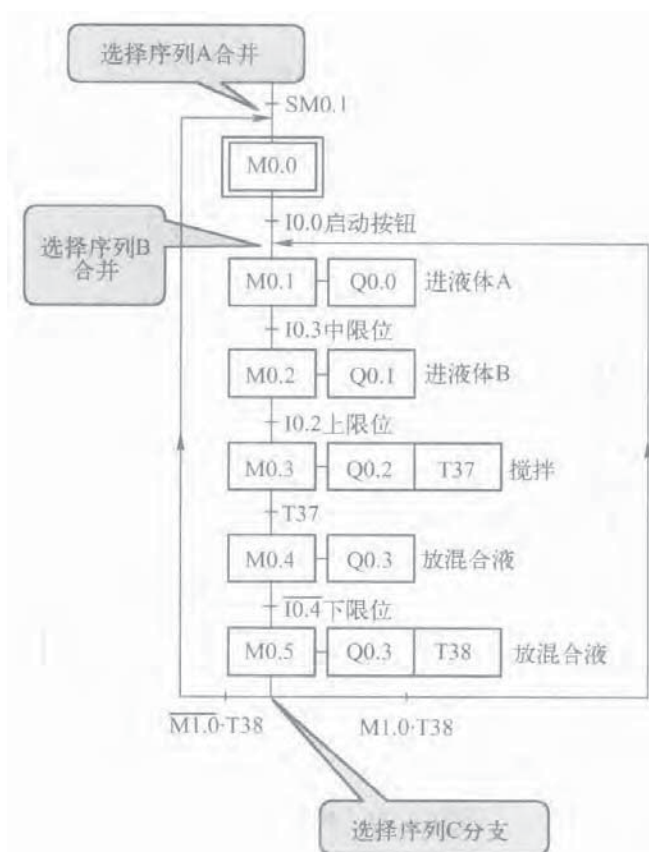


图4-28 顺序功能图

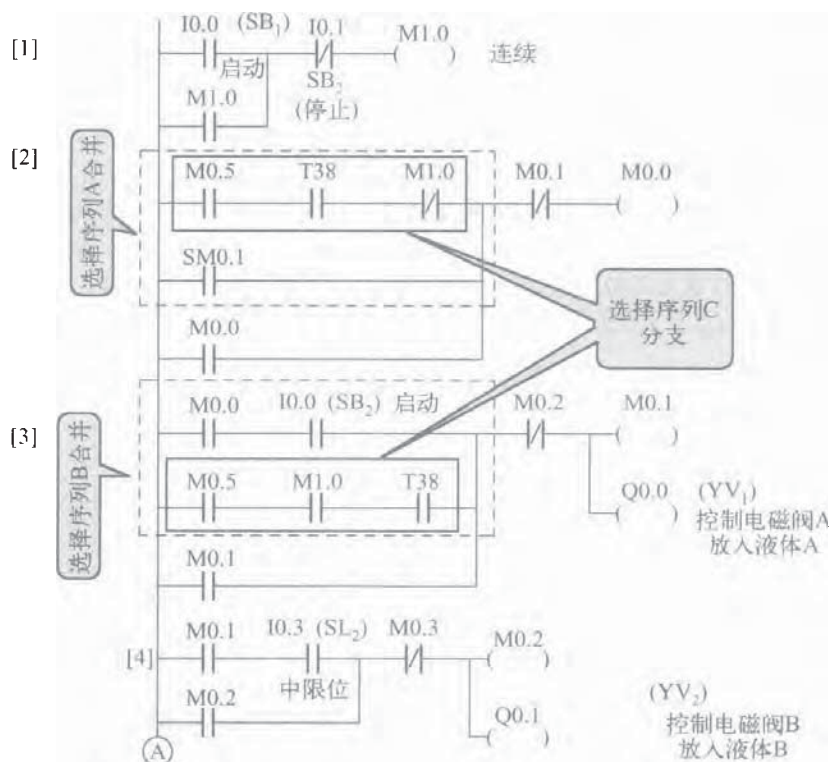


图4-29 梯形图

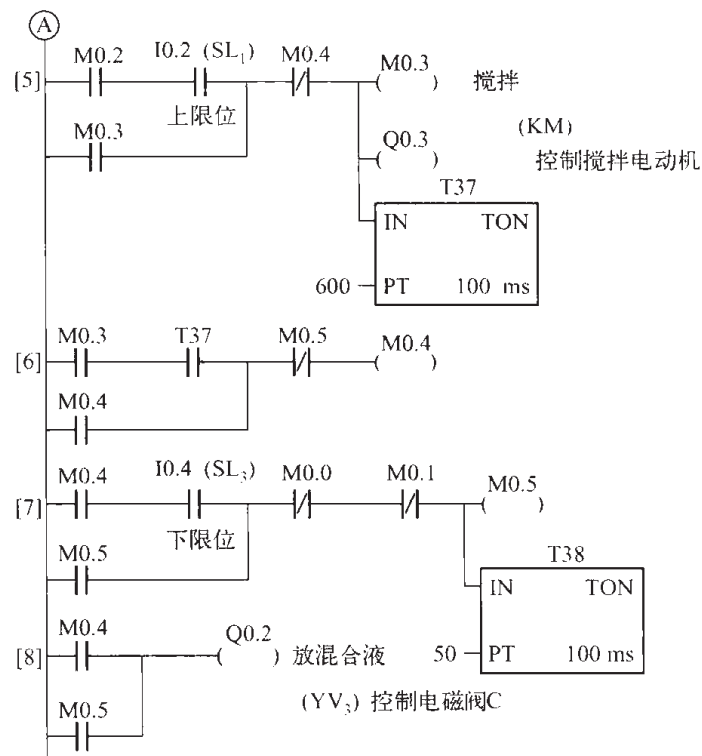
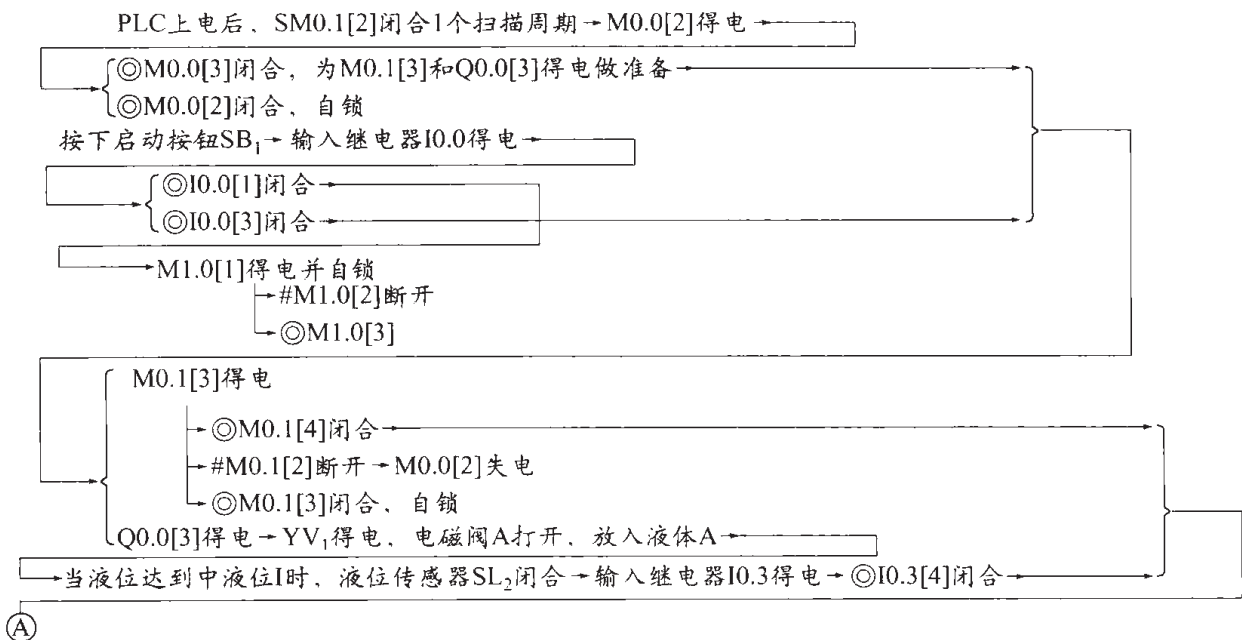
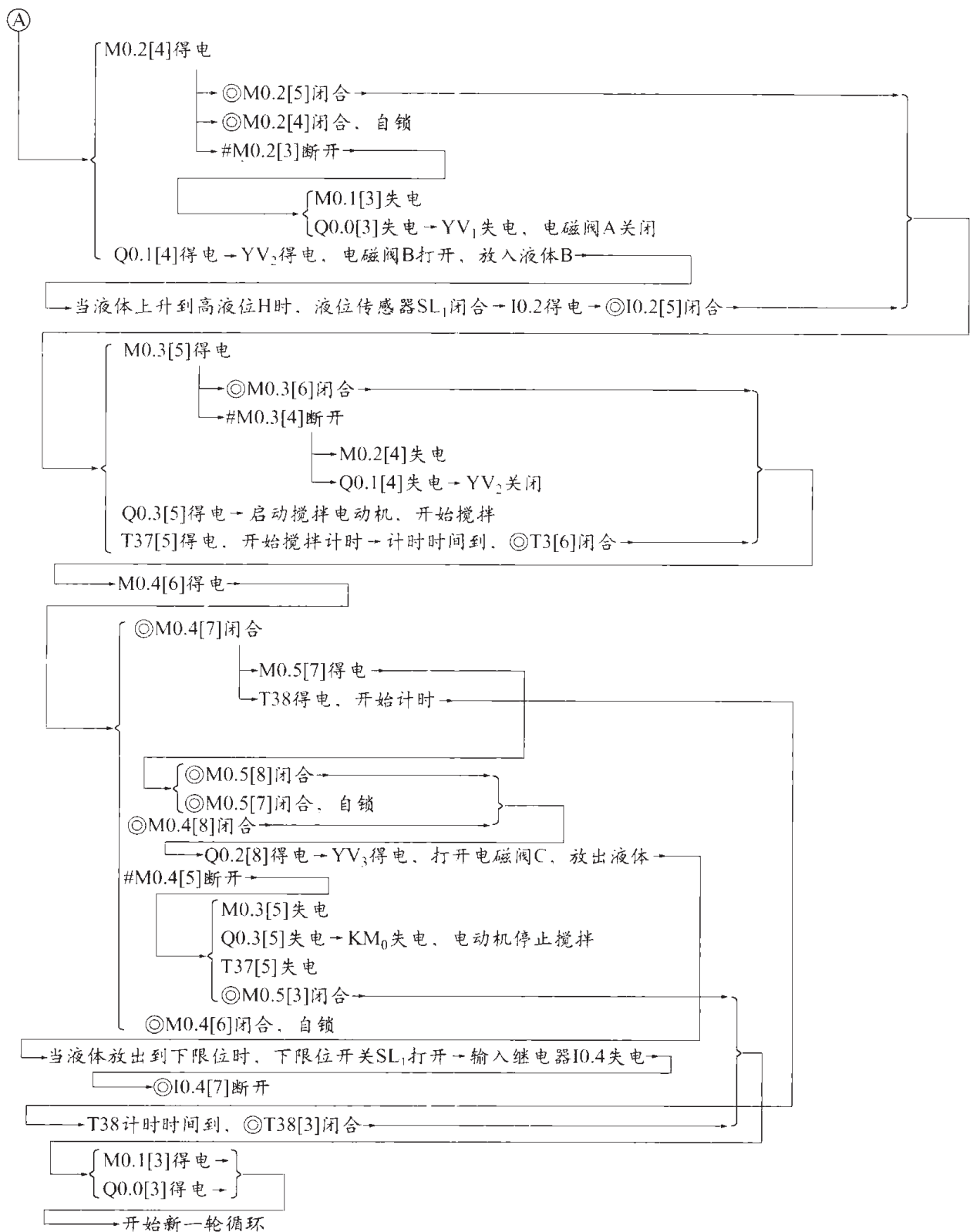


图 4-29 梯形图(续)

步 M0.1 之前有一个选择序列的合并,当步 M0.0 为活动步并且转换条件 I0.0 满足,或步 M0.5 为活动步并且转换条件 M1.0 · T38 满足,步 M0.1 都应变为活动步,即控制 M0.1 的启-保-停电路的启动条件应为 $M0.0 \cdot I0.0 + M0.5 \cdot M1.0 \cdot T38$,对应的启动电路由两条并联支路组成,每条支路分别由 M0.0、I0.0 或 M0.5、M1.0、T38 的动合触点串联而成。

3. 电路工作过程





【例4-10-3】用顺序控制指令编程的液体混合控制装置

1. 顺序功能图和梯形图

图4-30为液体混合控制装置的顺序功能图,其梯形图如图4-31所示。

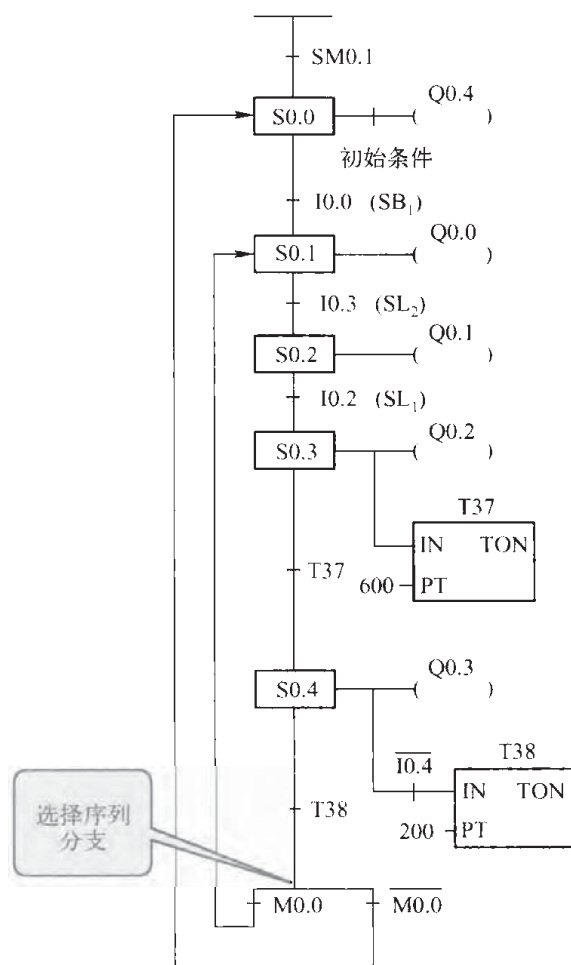


图 4-30 液体混合控制装置的顺序功能图

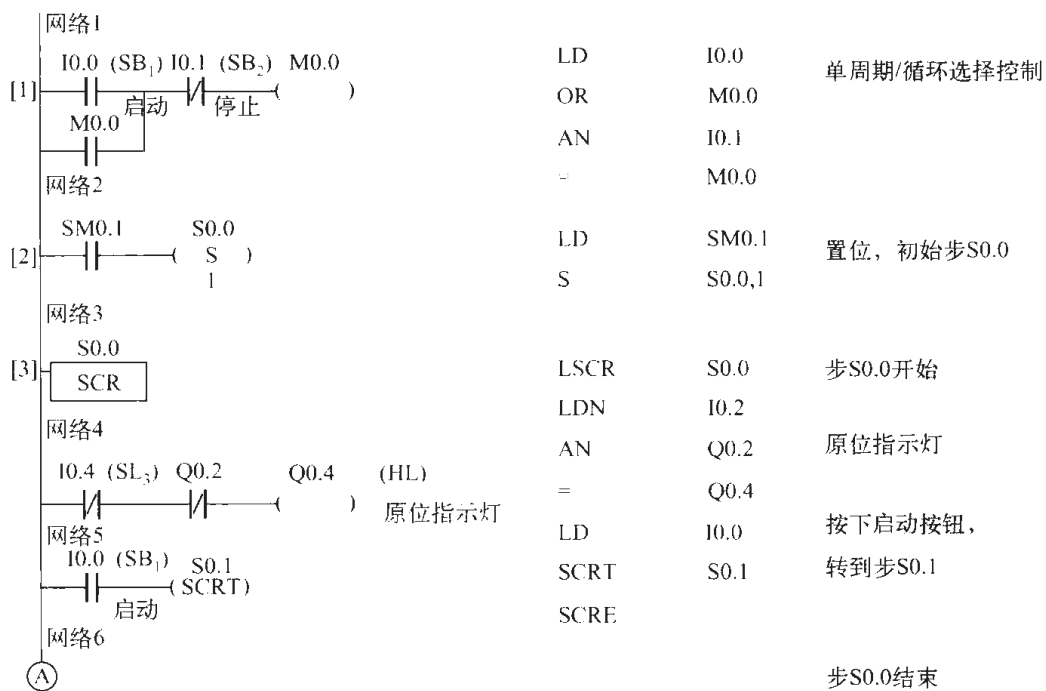


图 4-31 梯形图

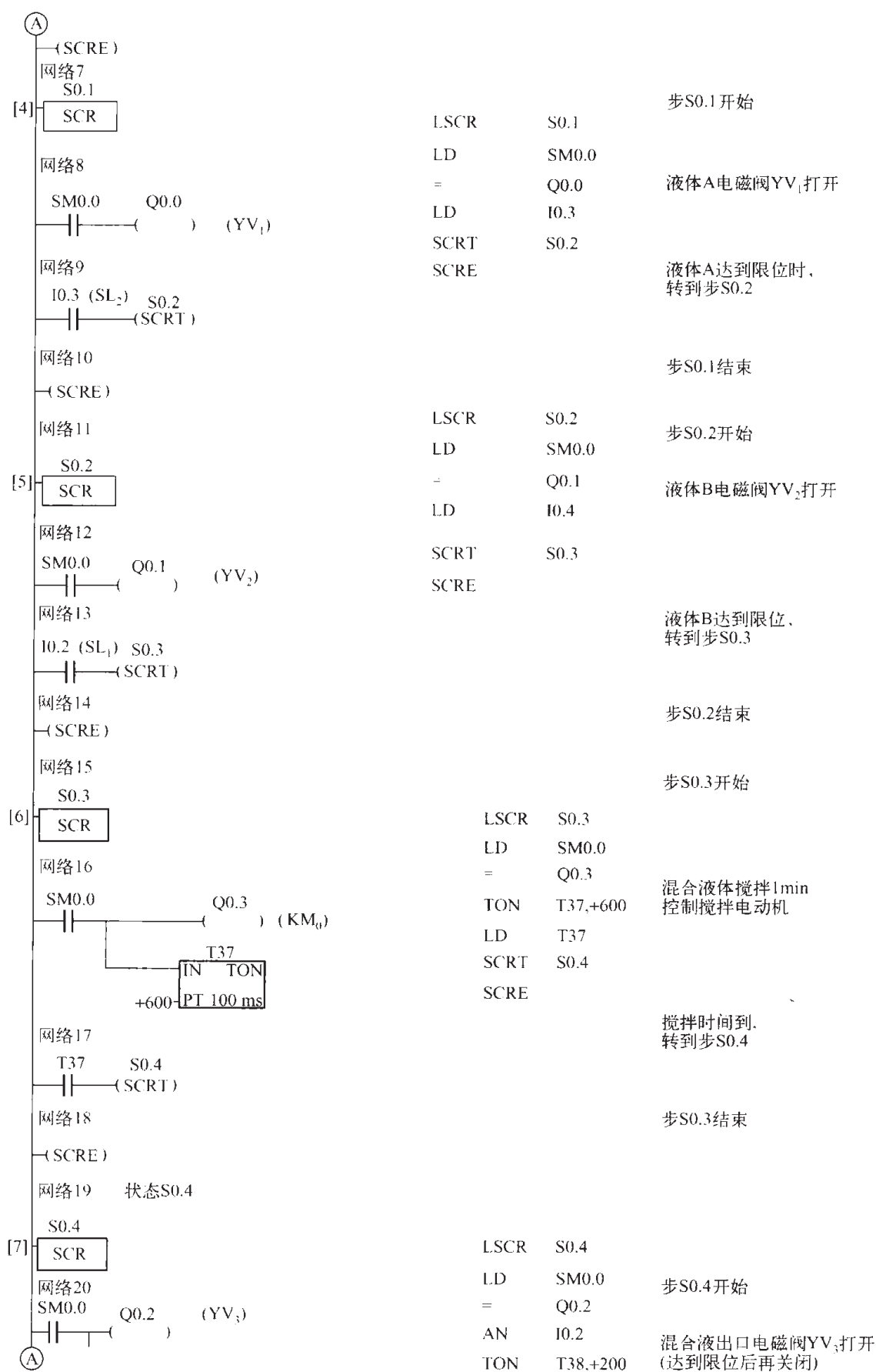


图4-31 梯形图(续)

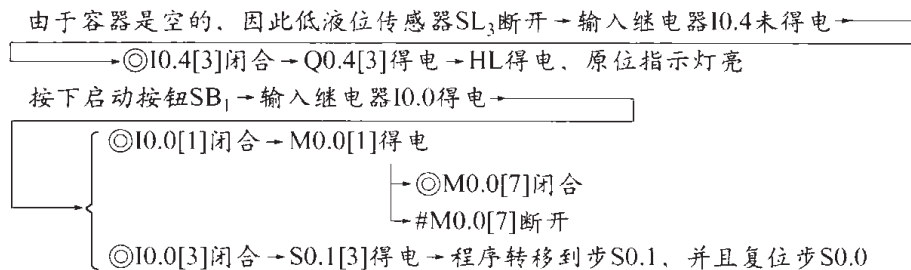


图 4-31 梯形图(续)

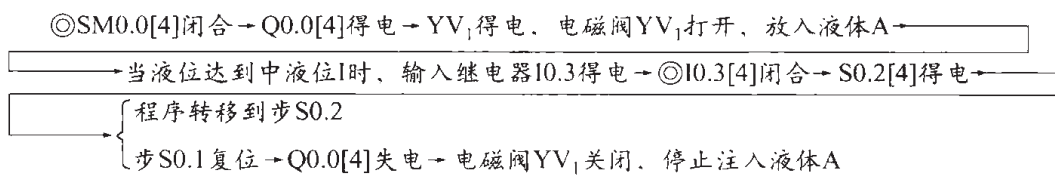
2. 电路工作过程

初始状态, PLC 上电后, \odot SM0.1 闭合 1 个扫描周期 \rightarrow S0.0[2] 置位并保持, 程序进入步 S0.0。

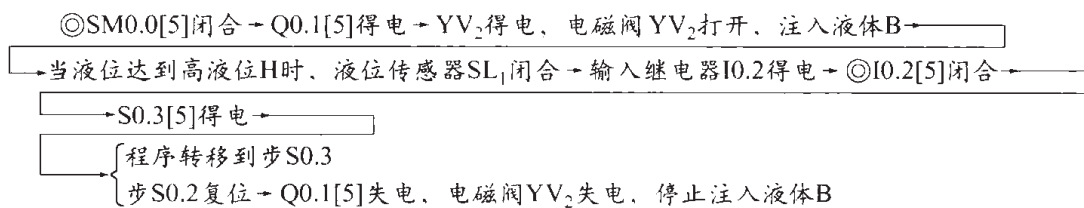
(1) 步 S0.0



(2) 步 S0.1

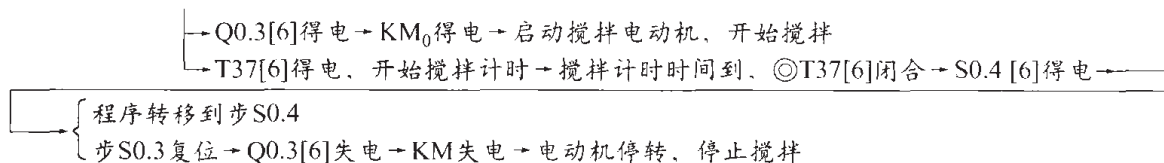


(3) 步 S0.2

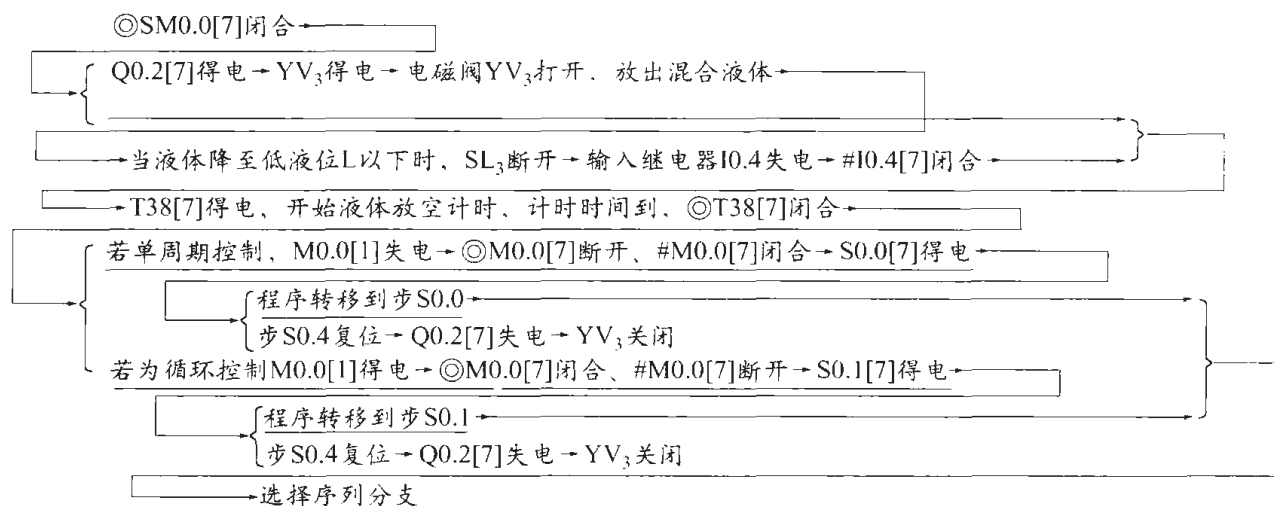


(4) 步 S0.3

◎SM0.0[6]闭合



(5) 步 S0.4



停止操作：按下停止按钮后，要处理完当前循环周期剩余的任务，然后系统停止在初始状态

【例4-11】食品或药品成型设备的PLC控制

1. PLC的I/O配置和I/O接线

表4-10为PLC的I/O配置表,其I/O接线如图4-32所示。

表4-10 PLC的I/O配置

| 输入设备 | | PLC输入继电器 | 输出设备 | | PLC输出继电器 |
|-------------|------------|----------|--------|-----------|----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| PS | 产品检测电眼 | I0.0 | KM | 产品输送皮带电动机 | Q0.0 |
| 动合触点 KT_1 | 外接定时器1动合触点 | I0.1 | KT_1 | 外接定时器1线圈 | Q0.1 |
| 动合触点 KT_2 | 外接定时器2动合触点 | I0.3 | KT_2 | 外接定时器2线圈 | Q0.2 |
| 动合触点 KT_3 | 外接定时器3动合触点 | I0.4 | KT_3 | 外接定时器3线圈 | Q0.3 |
| | | | YV_1 | 印模气阀 | Q0.4 |
| | | | YV_2 | 吹气阀门 | Q0.5 |

2. 顺序功能图和梯形图

图4-33为PLC控制的顺序功能图,其梯形图如图4-34所示。

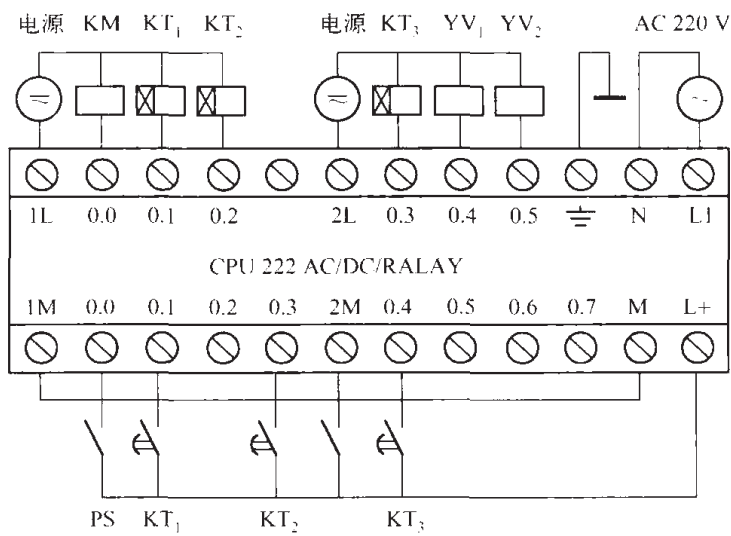


图 4-32 PLC 的 I/O 接线

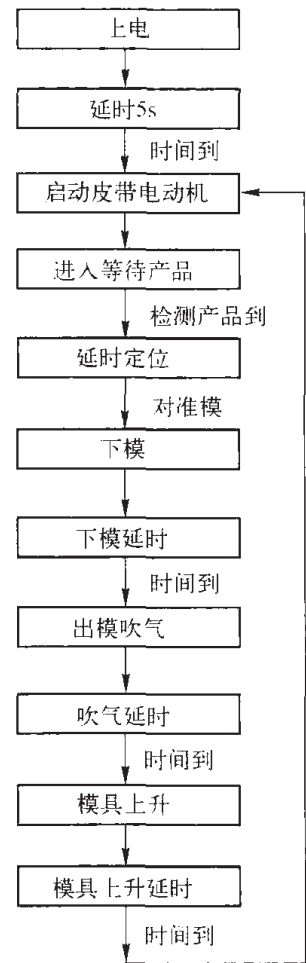


图 4-33 顺序功能图

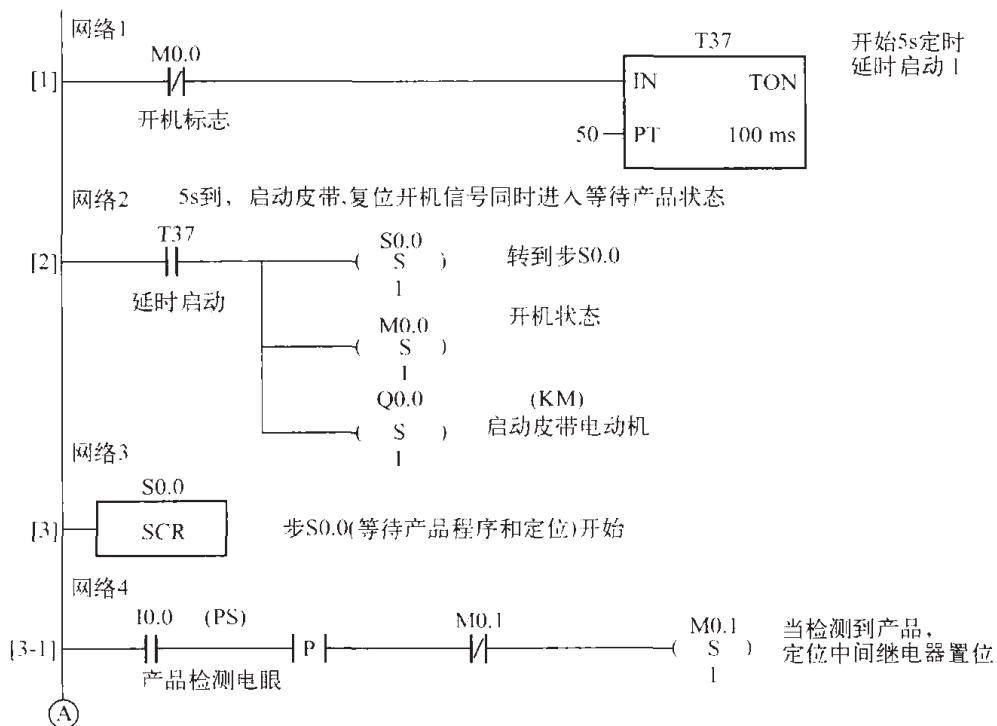


图 4-34 梯形图

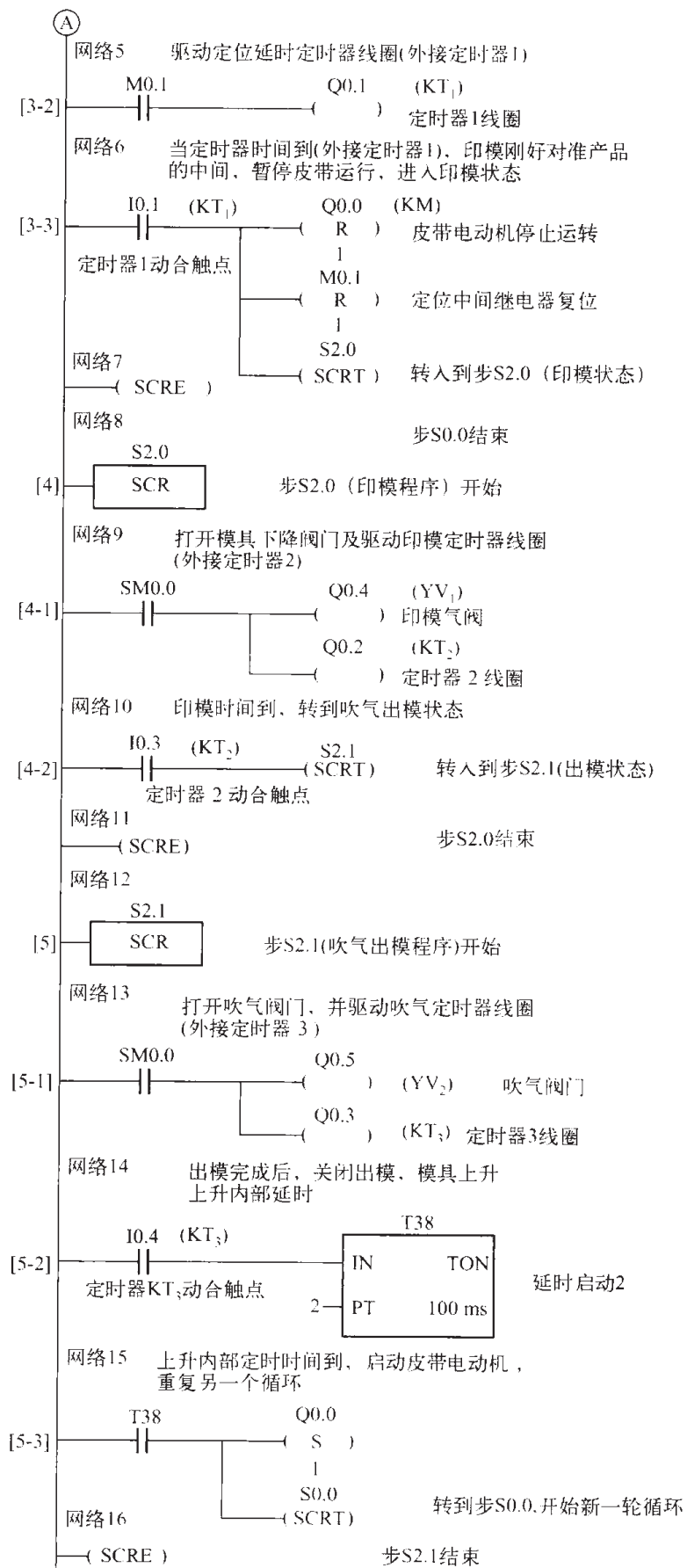
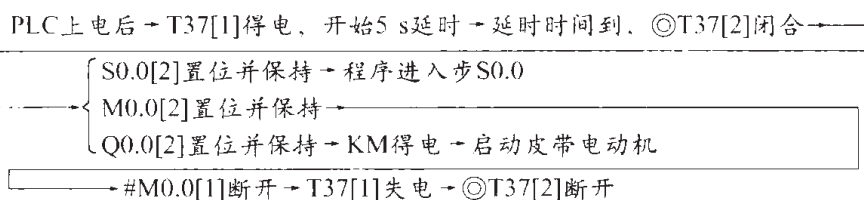


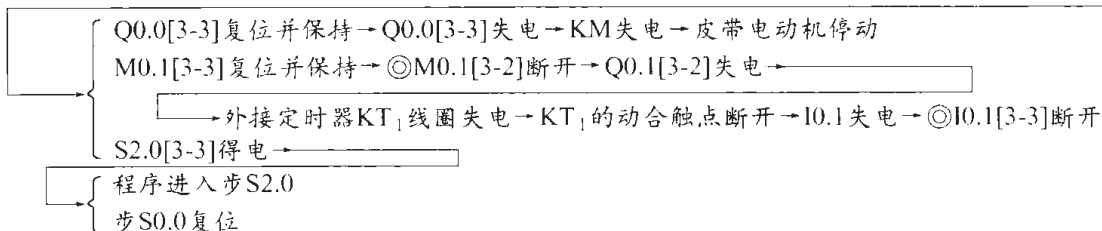
图4-34 梯形图(续)

3. 电路工作过程

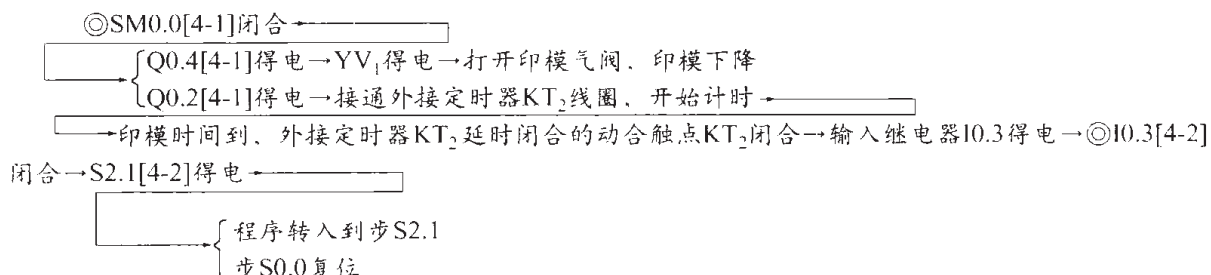


(1) 步 S0.0

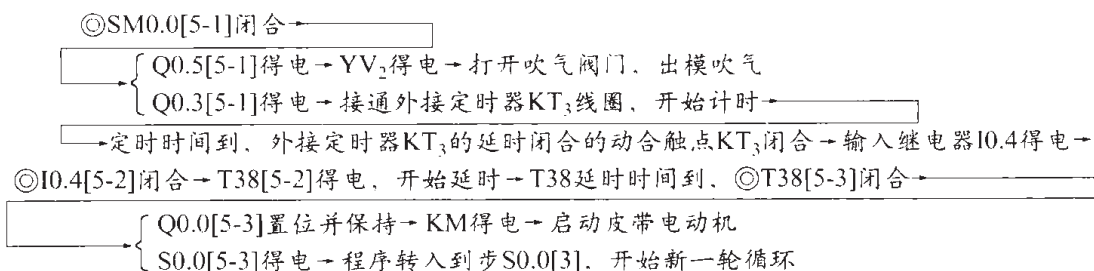
当电眼检测到产品时, 输入继电器I0.0得电 → ◎I0.0[3-1]闭合 → 其上升沿使M0.1[3-1]置位并保持 → ◎M0.1[3-2]闭合 → Q0.1[3-2]闭合 → 接通外接定时器KT₁线圈, 开始定时 → 当定时时间到, 印模刚好对准产品中间, 外接定时器KT₁的延时闭合的动合触点KT₁闭合 → 输入继电器I0.1[3-3]得电 →



(2) 步 S2.0



(3) 步 S2.1



第 5 章

PLC 在物料传送设备控制中的应用

【例 5-1】 单处卸料运料小车自动往返控制 3 例

图 5-1(a) 为小车运行示意图。

1. 控制要求

送料小车启动运行后,首先右行,在到位限位开关 SQ_1 处,停下来装料,30 s 后装料结束,小车开始左行;小车主行至到位限位开关 SQ_2 处,停下来卸料,1 分钟后卸料结束,再右行;右行至到位限位开关 SQ_1 处再装料。这样不停地循环工作,直至按下停止按钮。

2. PLC 控制电路、输入/输出设备、PLC 的 I/O 配置

控制电路如图 5-1(b)、(c) 所示,输入/输出设备及 PLC 的 I/O 配置如表 5-1 所示。

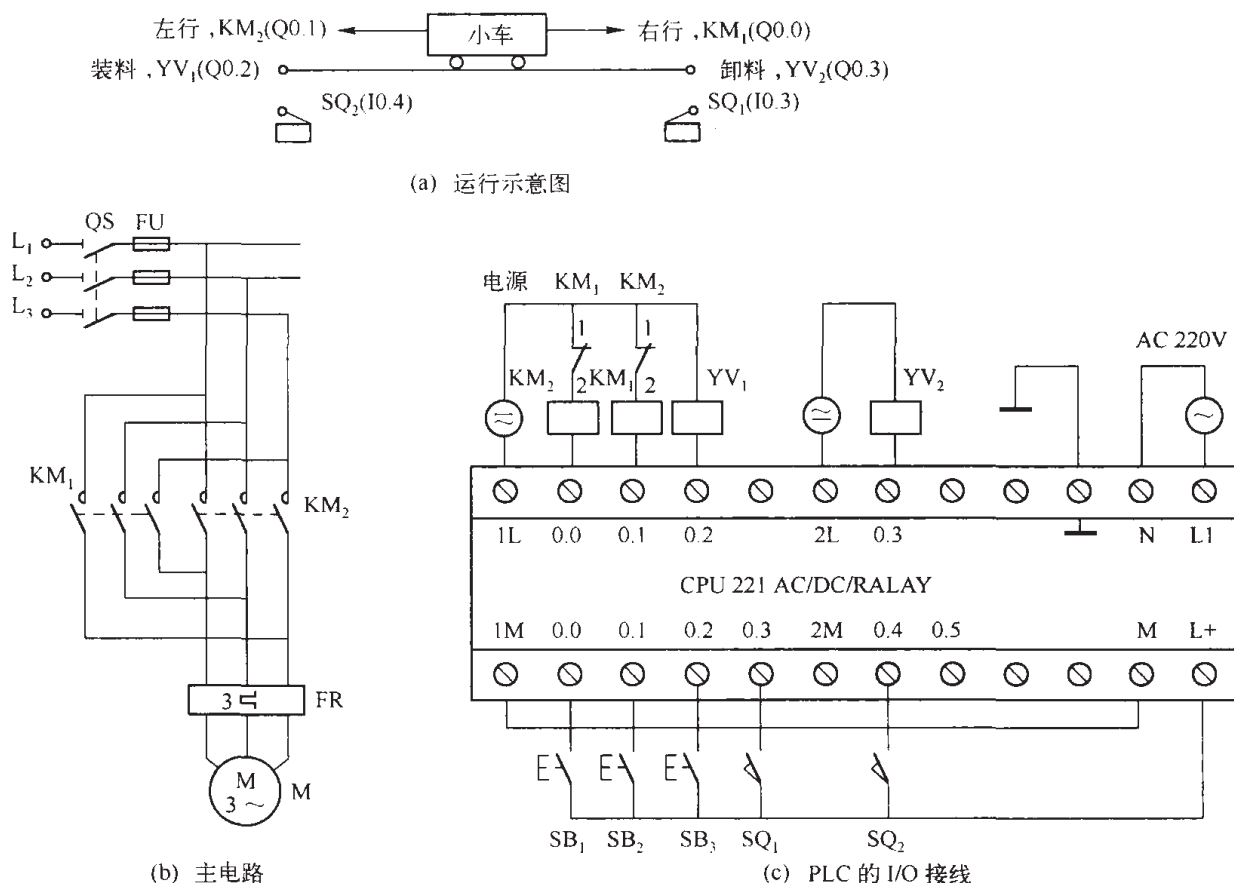


图 5-1 运料小车自动往返的 PLC 控制电路

表 5-1 输入/输出设备及 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|----------|-----------|-----------------|------|-----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 手动右行启动按钮 | I0.0 | KM ₁ | 小车右行 | Q0.0 |
| SB ₂ | 手动左行启动按钮 | I0.1 | KM ₂ | 小车左行 | Q0.1 |
| SB ₃ | 停止按钮 | I0.2 | YV ₁ | 装料 | Q0.2 |
| SQ ₁ | 右行到位限位开关 | I0.3 | YV ₂ | 卸料 | Q0.3 |
| SQ ₂ | 左行到位限位开关 | I0.4 | | | |

【例 5-1-1】 单处卸料运料小车自动往返控制

1. 梯形图

图 5-2 为单处卸料运料小车自动往返控制梯形图。

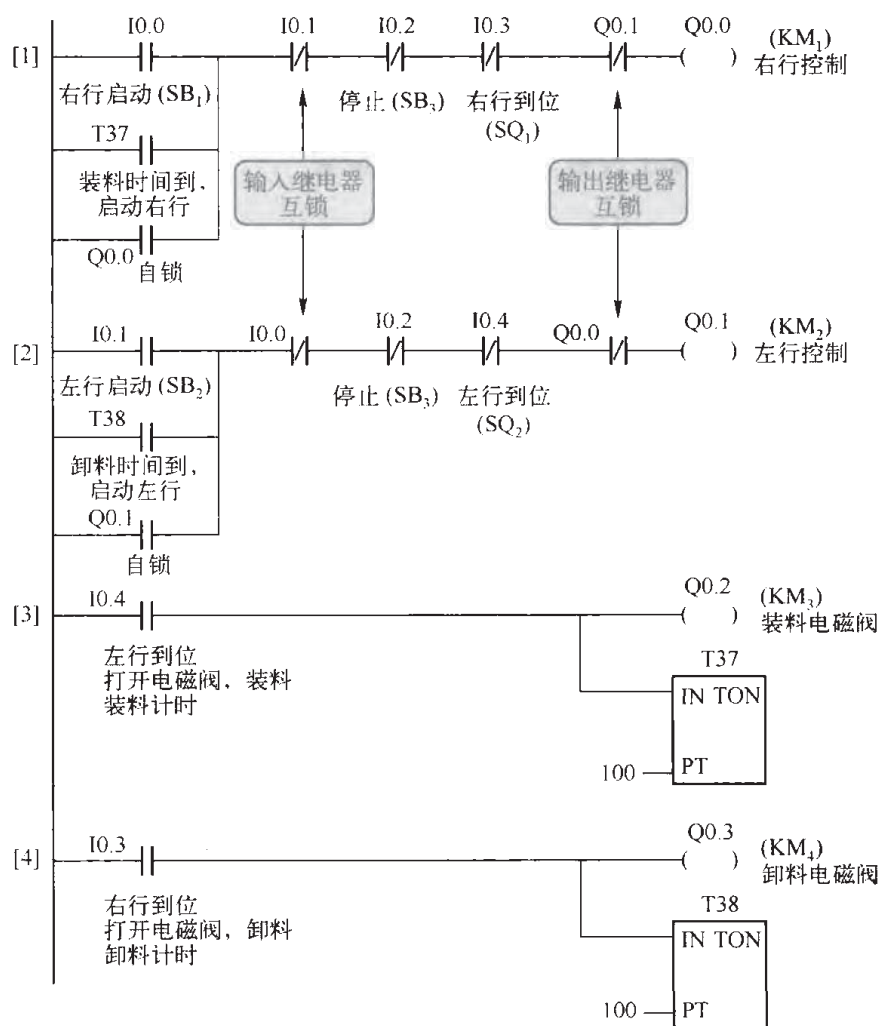


图 5-2 单处卸料运料小车自动往返控制梯形图

2. 识读要点

使用定时器 T37 和 T38 分别完成装料和卸料延时的计时。

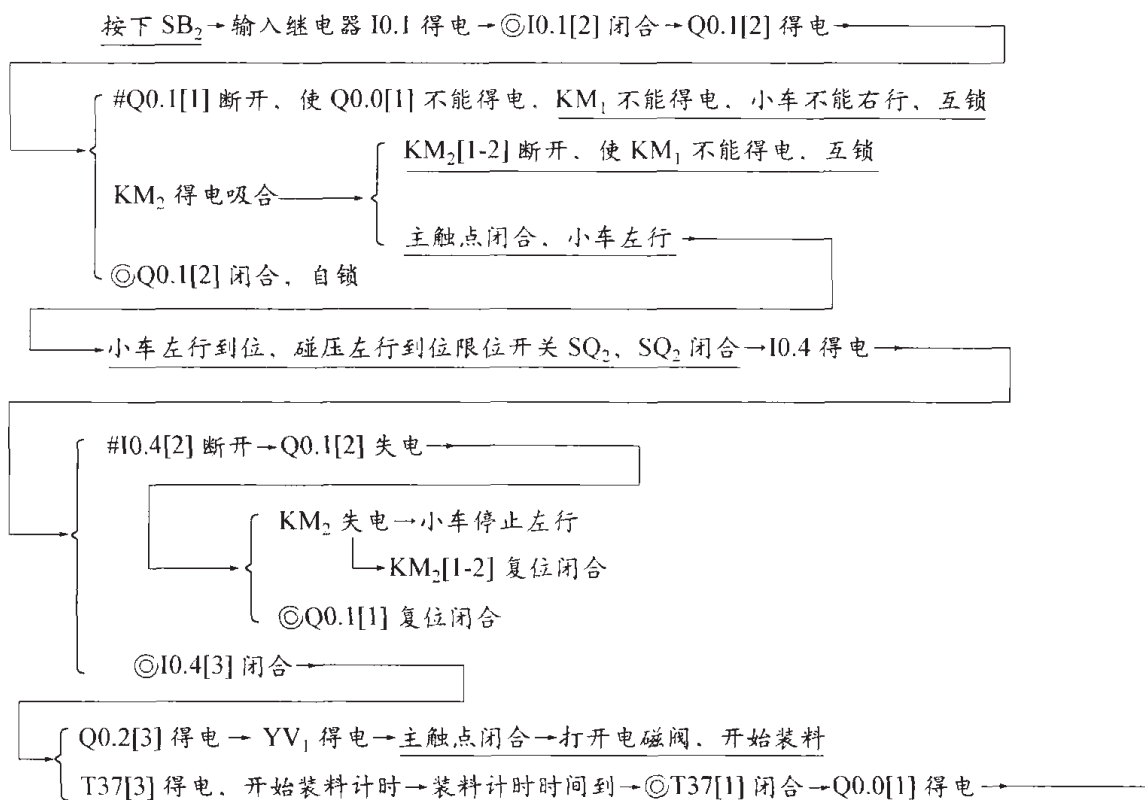
为了使小车能够自动启动,将控制装料、卸料计时的计时器 T37 和 T38 的延时闭合的动合触点分别与手动启动的右行和左行启动按钮 SB₁、SB₂ 控制的右行、左行输入继电器 I0.0、I0.1 的动合触点相并联。

用两个到位限位开关 SQ₁、SQ₂ 控制的输入继电器 I0.3、I0.4 的动合触点分别控制装料、卸料电磁阀及其定时器。

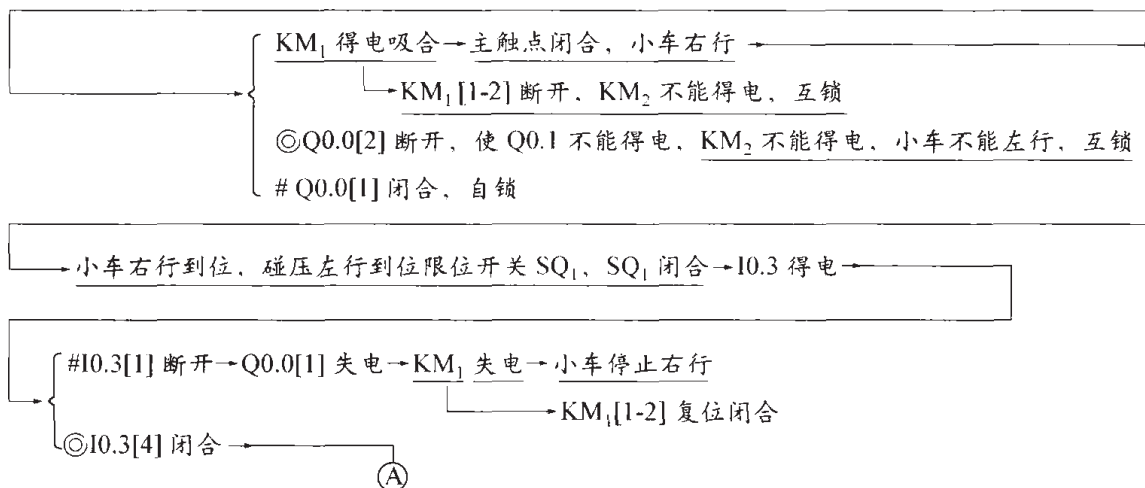
为了使小车能够自动停止,将停止按钮 SB₃ 控制的输入继电器 I0.2 的动断触点分别串入 Q0.0 和 Q0.1 的线圈回路。

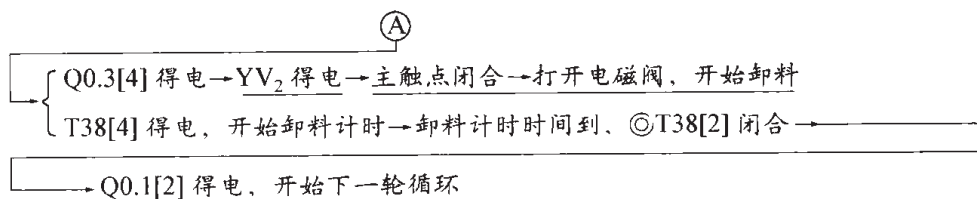
3. 电路工作过程

(1) 小车左行电路工作过程



(2) 小车右行电路工作过程





【例 5-1-2】 采用顺序控制指令编程

1. 梯形图

图 5-3 为采用顺序控制指令编程的梯形图。

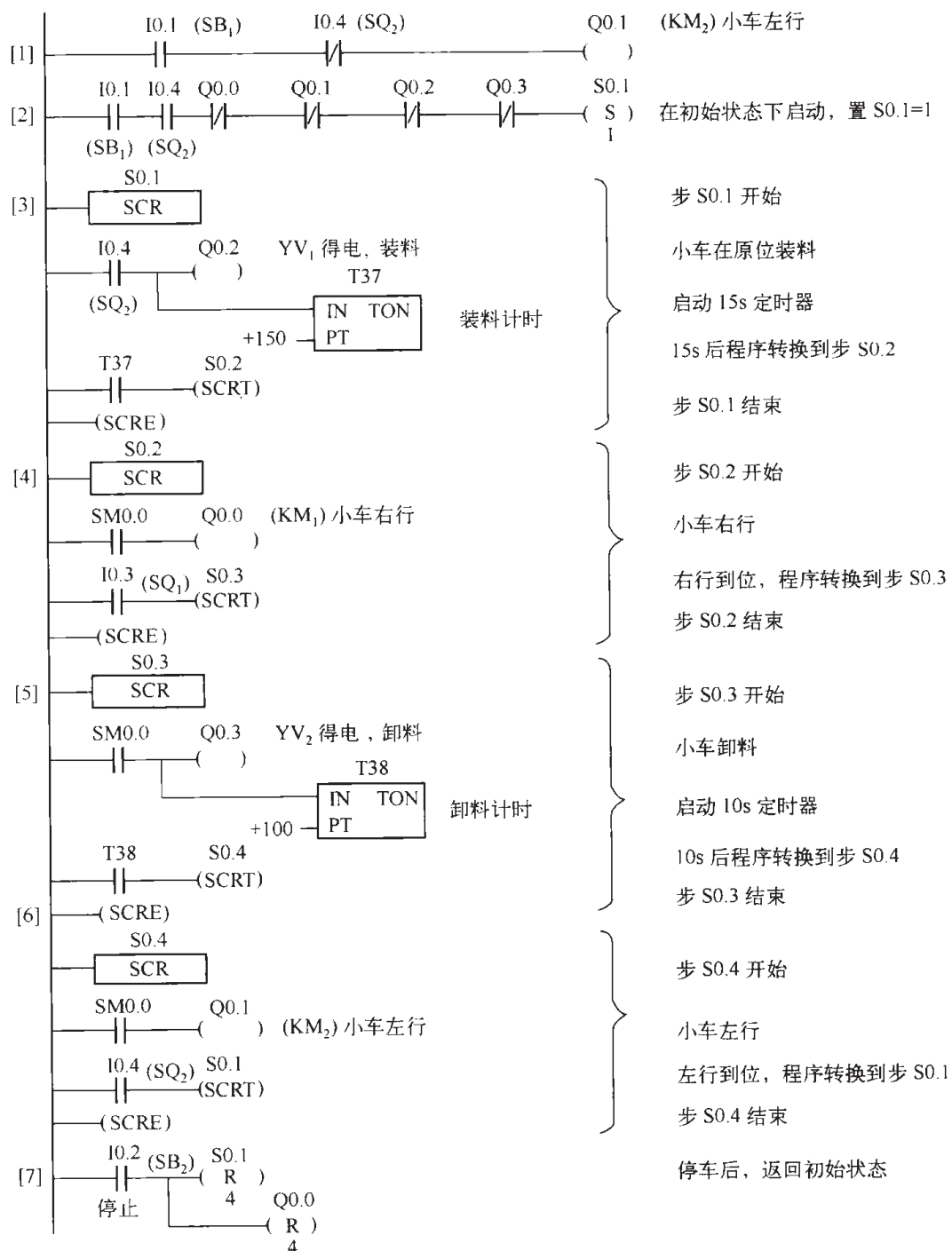
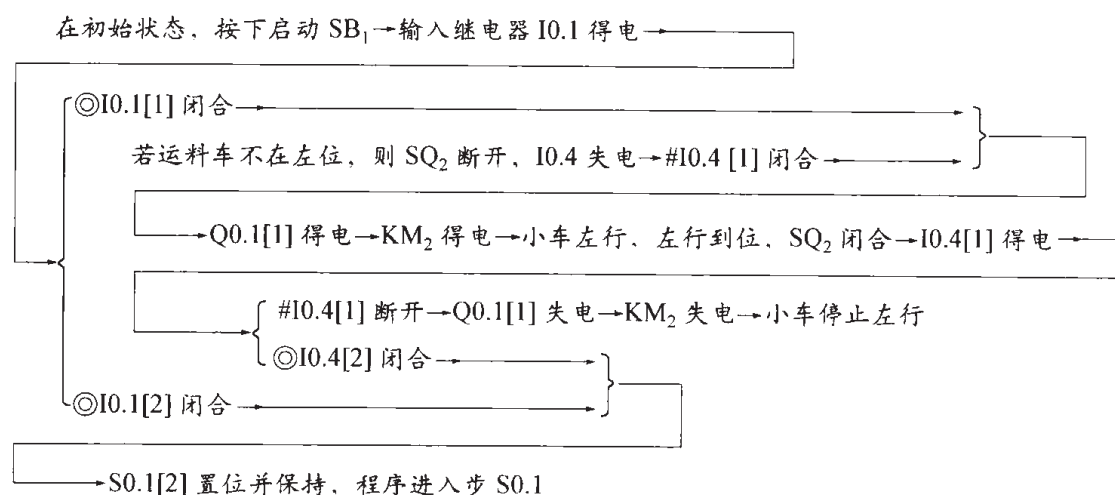


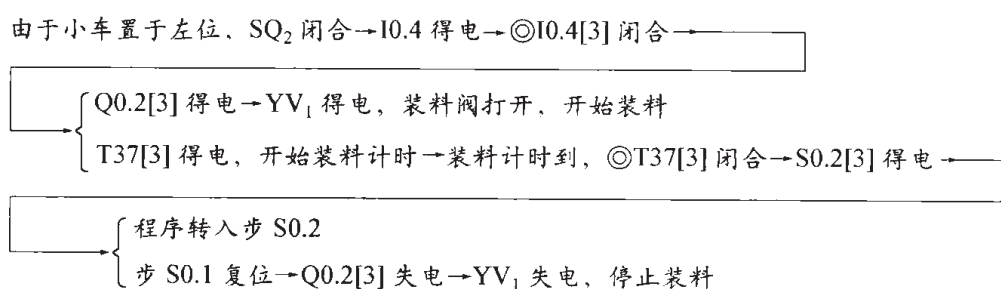
图 5-3 梯形图

2. 电路工作过程

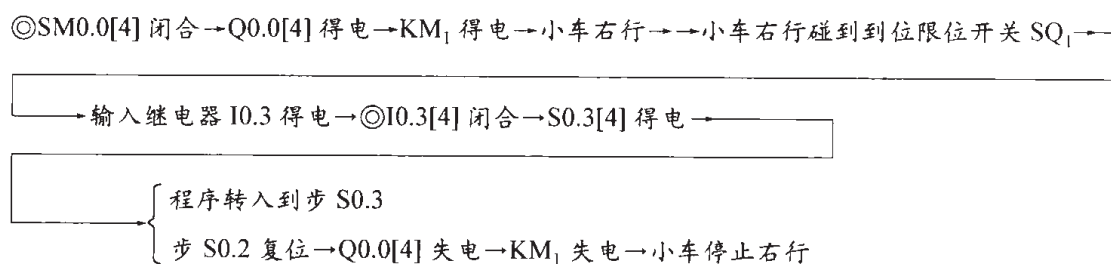
(1) 初始启动



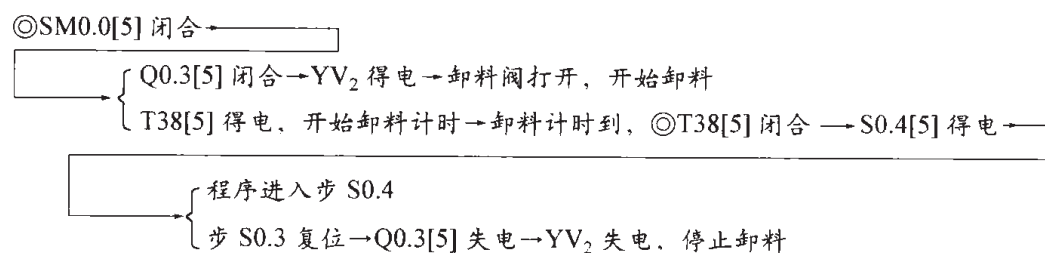
(2) 步 $S0.1$



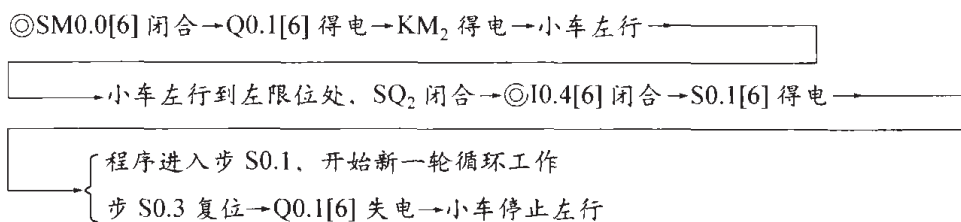
(3) 步 $S0.2$



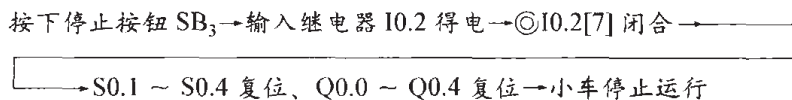
(4) 步 $S0.3$



(5) 步 $S0.4$



(6) 停止



【例 5-1-3】 利用置位、复位指令编程

1. 梯形图

图 5-4 为利用置位、单位指令编程的梯形图。

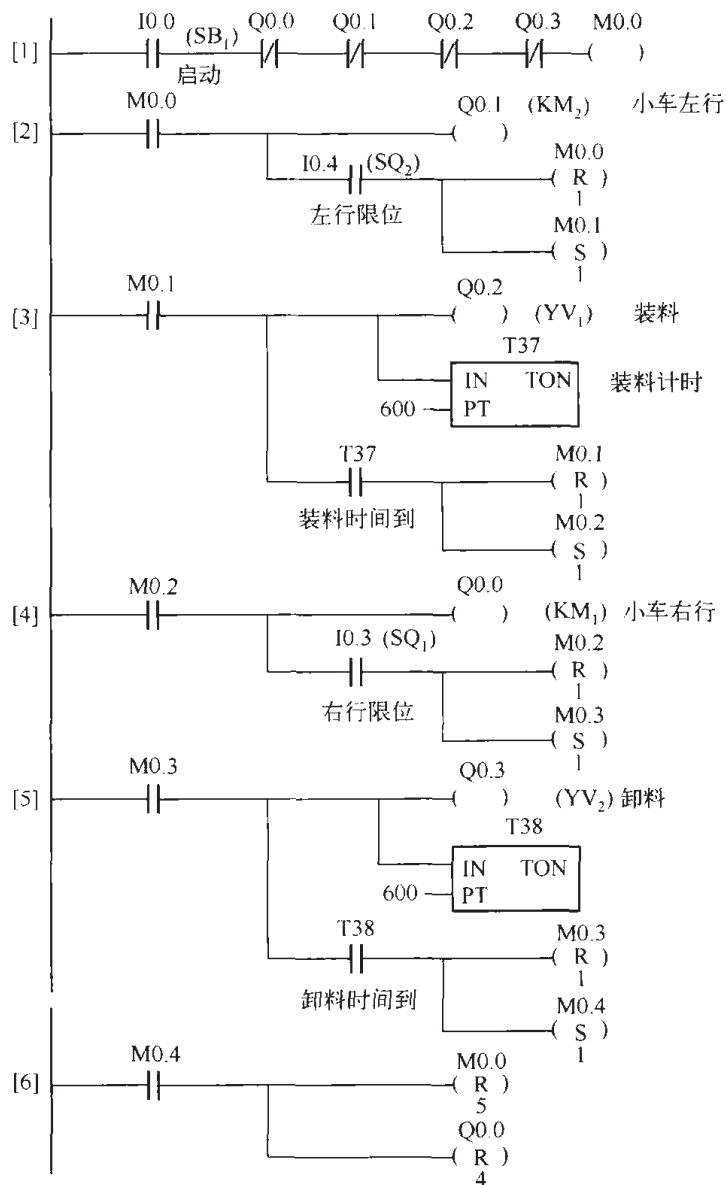
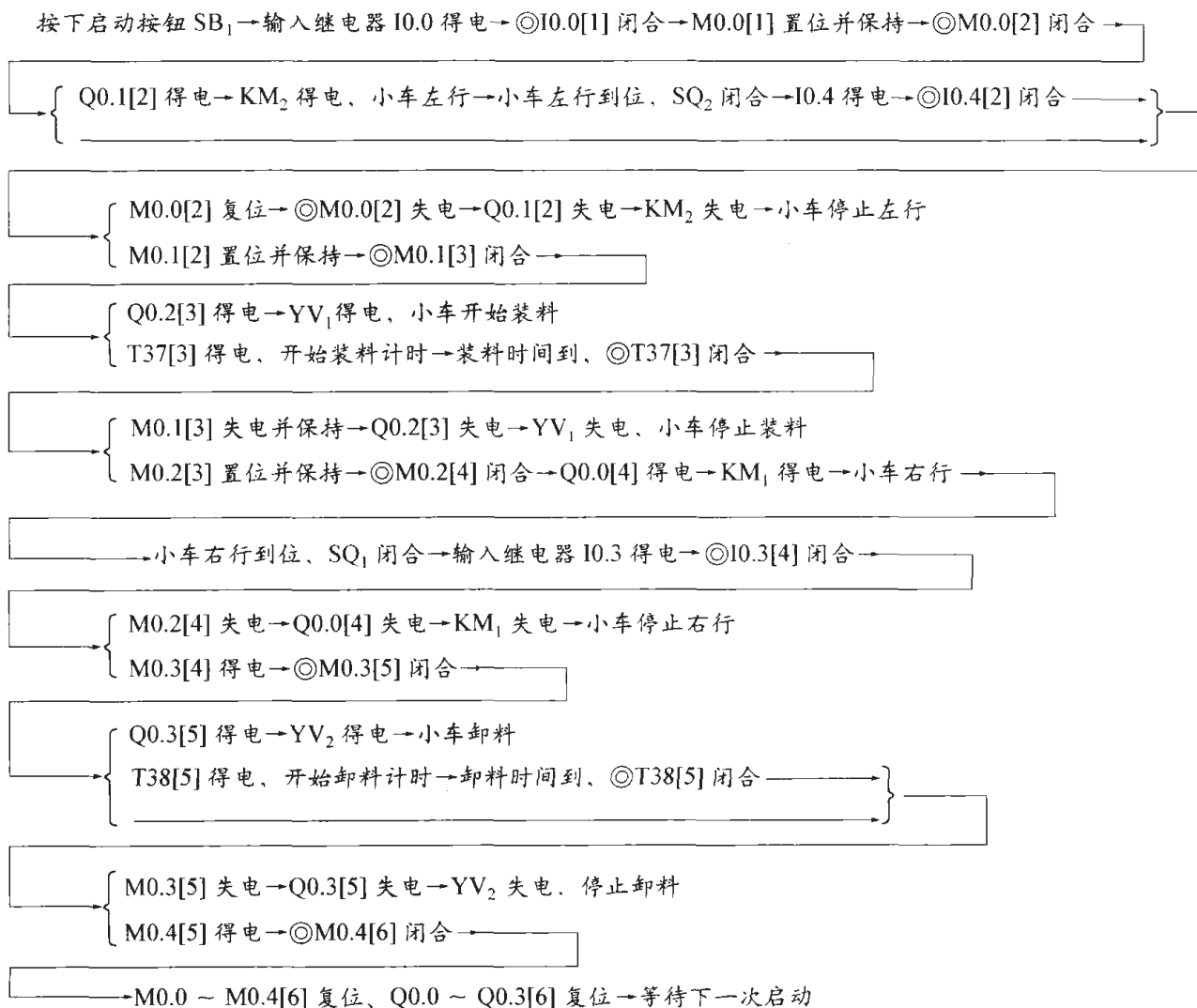


图 5-4 梯形图

2. 电路工作过程



【例5-2】 多种工作方式的单处卸料运料小车自动往返控制(用启-保-停电路模式编程)

1. 控制要求

图5-5为小车送料的工作过程示意图,其循环控制过程如下:

循环开始时,小车处于最左端,此时装料电磁阀 YV_1 得电,开始装料,延时 20 s;装料结束, KM_3 、 KM_5 得电,小车向右快行,碰到限位开关 SQ_2 , KM_5 失电,小车慢行;碰到限位开关 SQ_4 时, KM_3 失电,小车停,电磁阀 YV_2 得电,卸料开始,延时 15 s;卸料结束后, KM_4 、 KM_5 得电,小车向左快行;碰到限位开关 SQ_1 , KM_5 失电,小车慢行;碰到限位开关 SQ_3 , KM_4 失电,小车停,装料开始。如此周而复始。整个工作过程分为装料、右快行、右慢行、卸料、右快行、右慢行 6 个状态。

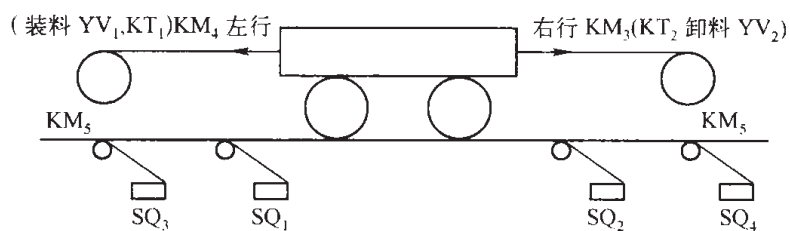


图 5-5 小车送料的工作过程示意图

2. 控制电路、顺序功能图、输入/输出设备、PLC 的 I/O 配置及梯形图

控制电路如图 5-6 所示,顺序功能图如图 5-7 所示,输入/输出设备及 PLC 的 I/O 配置如表 5-2 所示,梯形图如图 5-9 和图 5-10 所示。

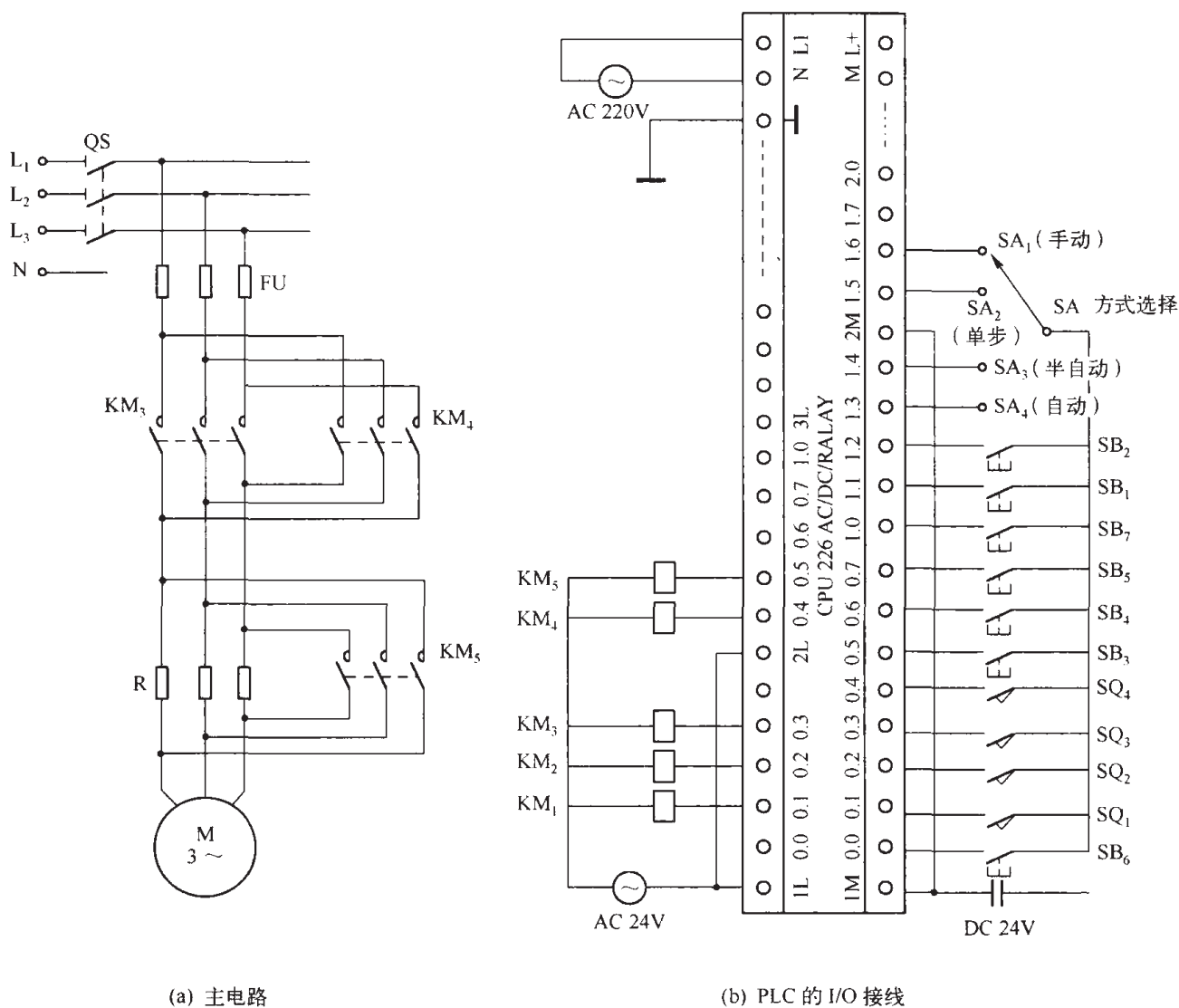


图 5-6 单处卸料运料小车自动往返控制电路

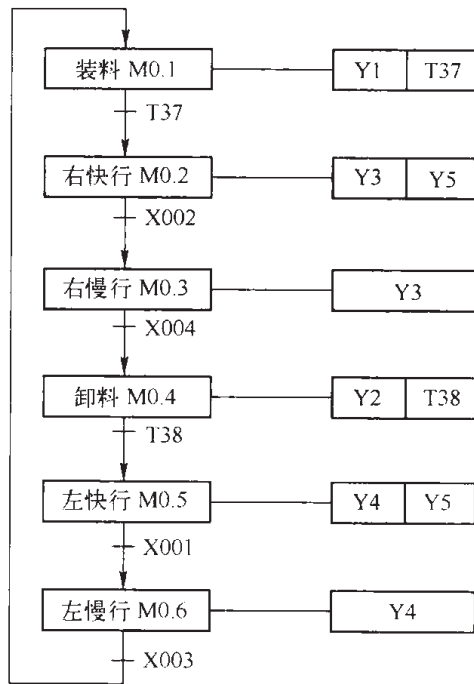


图 5-7 顺序功能图

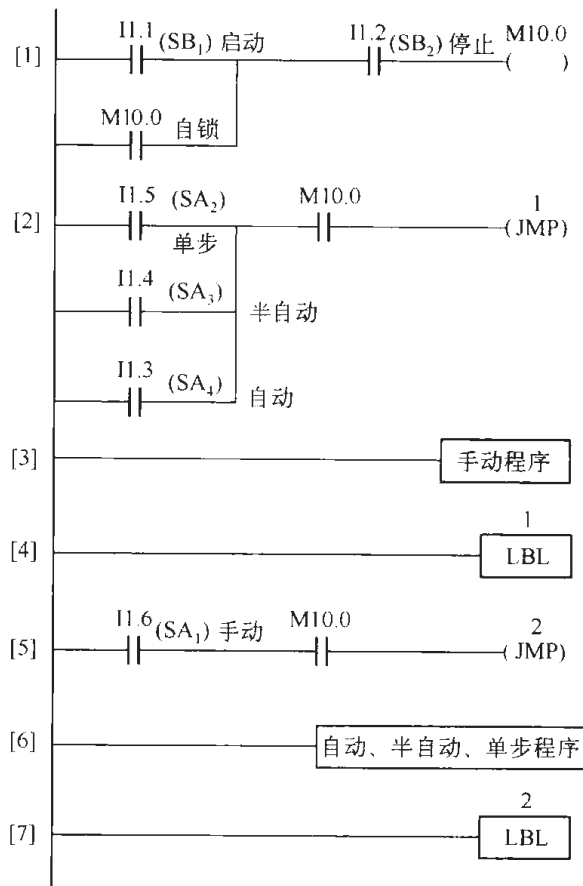


图 5-8 总体梯形图

表 5-2 输入/输出设备及 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|--------------------|---------|-----------|-----------------|-----------------------|-----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SQ ₁ | 左快行限位开关 | I0.1 | KM ₁ | 装料电磁阀 YV ₁ | Q0.1 |
| SQ ₂ | 右快行限位开关 | I0.2 | KM ₂ | 卸料电磁阀 YV ₂ | Q0.2 |
| SQ ₃ | 左行限位开关 | I0.3 | KM ₃ | 右行接触器 | Q0.3 |
| SQ ₄ | 右行限位开关 | I0.4 | KM ₄ | 左行接触器 | Q0.4 |
| SB ₁ | 启动按钮 | I1.1 | KM ₅ | 快速接触器 | Q0.5 |
| SB ₂ | 停止按钮 | I1.2 | | | |
| SB ₃ | 右行手动按钮 | I0.5 | | | |
| SB ₄ | 左行手动按钮 | I0.6 | | | |
| SB ₅ | 装料手动按钮 | I0.7 | | | |
| SB ₆ | 卸料手动按钮 | I0.0 | | | |
| SB ₇ | 自动启动按钮 | I1.0 | | | |
| 触点 SA ₁ | 转换开关 SA | 手动 | I1.6 | | |
| 触点 SA ₂ | | 单步 | I1.5 | | |
| 触点 SA ₃ | | 半自动 | I1.4 | | |
| 触点 SA ₄ | | 自动 | I1.3 | | |

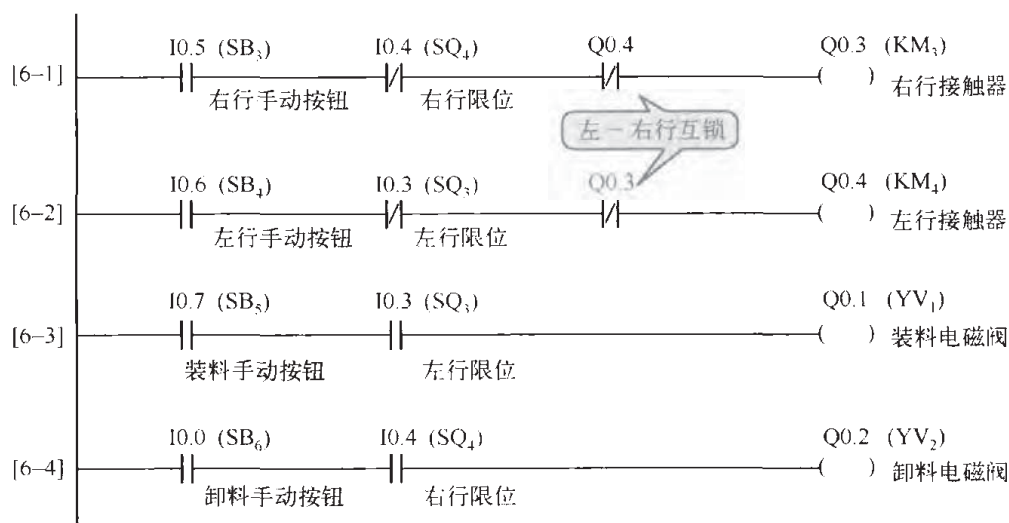


图 5-9 手动控制梯形图

3. 识读要点

用 PLC 中的 6 个辅助继电器 MO.1 ~ MO.6, 分别作为相应 6 个状态的装料、右快行、右慢行、卸料、左快行和左慢行的状态标志, 列出状态表如表 5-3 所示。表中在“输出”栏中“+”表示继电器线圈得电, 在“状态转换条件”栏中的“+”表示该触点闭合。送料小车过程的状态转移图参见图 5-7。

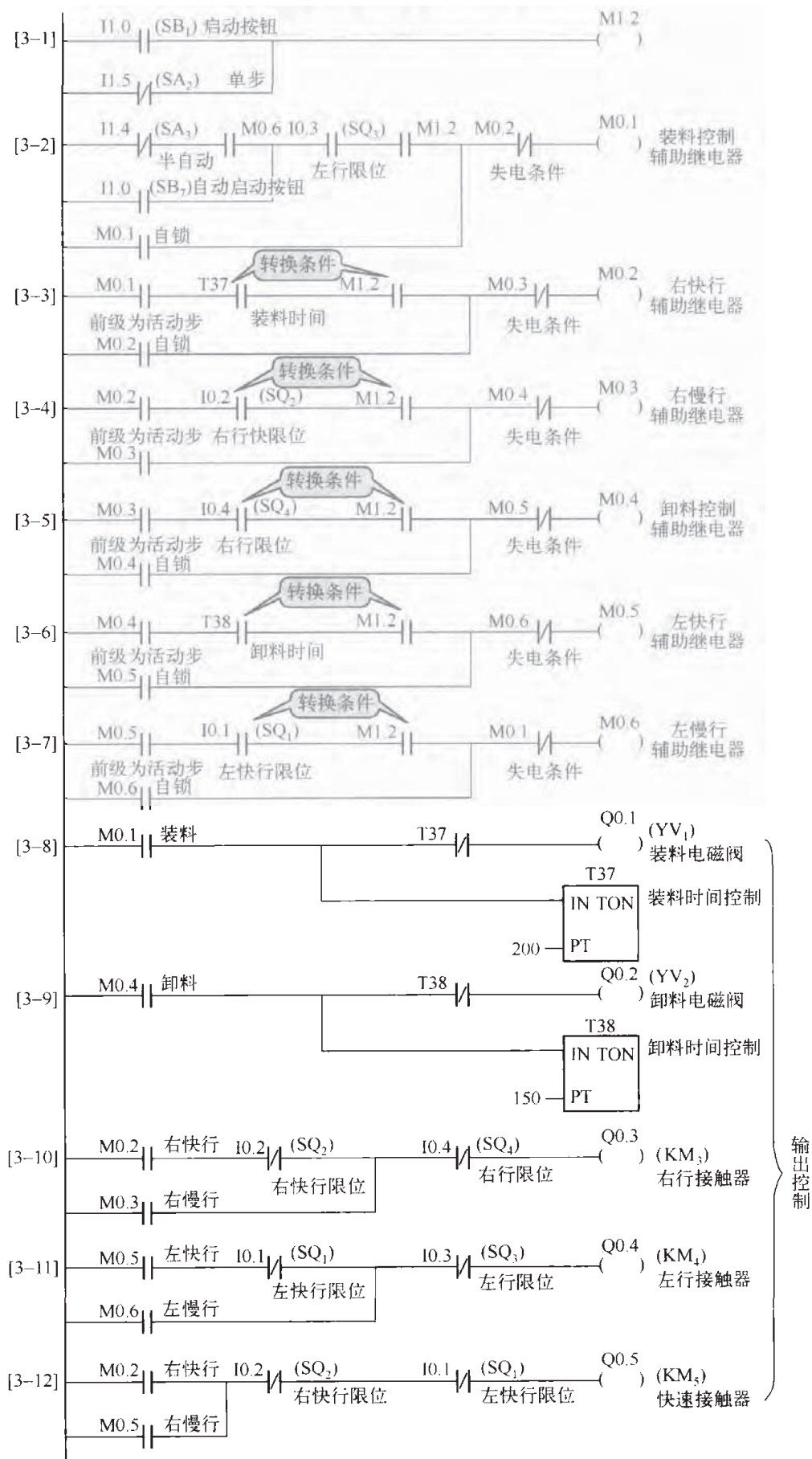


图 5-10 单步、半自动、自动控制梯形图

表 5-3 送料小车状态表

| 状态名称 | 状态标志 | 输 出 | | | | | | | 状态转换条件 | |
|------|------|------|------|------|------|------|----|----|--------|----------|
| | | Q0.1 | Q0.2 | Q0.3 | Q0.4 | Q0.5 | T1 | T2 | | |
| 装料 | M0.1 | + | | | | | | + | | T37 得电 |
| 右快行 | M0.2 | | | + | | + | | | | ◎I0.2 闭合 |
| 右慢行 | M0.3 | | | + | | | | | | ◎I0.4 闭合 |
| 卸料 | M0.4 | | + | | | | | | + | T38 得电 |
| 左快行 | M0.5 | | | | + | + | | | | ◎I0.1 闭合 |
| 左慢行 | M0.6 | | | | + | | | | | ◎I0.3 闭合 |

4. 电路工作过程

(1) 启动(见图 5-8)

按下启动按钮 SB₁→输入继电器 I1.1 得电→◎I1.1[1] 闭合→辅助继电器 M10.0[1] 得电并自锁→

{ ◎M10.0[2] 闭合, 为执行单步、半自动、自动程序段做准备
 ◎M10.0[5] 闭合, 为执行手动程序段做准备

(2) 手动控制

① 初始准备(见图 5-8):

将工作方式选择开关 SA 置于手动位置→

{ 触点 SA₁ 闭合→输入继电器 I1.6 得电→◎I1.6[5] 闭合, 不执行单步、半自动、自动程序段
 触点 SA₂、SA₃、SA₄ 断开→输入继电器 I1.5、I1.4、I1.3 未得电→◎I1.5[5]、◎I1.4[5]、
 ◎I1.3[5] 断开, 执行手动程序段

② 右行(见图 5-9):

按下右行手动按钮 SB₃→输入继电器 I0.5 得电→◎I0.5[6-1] 闭合→Q0.3[6-1] 得电→

{ KM₃ 得电→小车右行→
 #Q0.3[6-2] 断开, 使 Q0.4 不能得电, 小车不能左行, 互锁

→小车右行到位, 碰撞 SQ₄, SQ₄ 闭合→输入继电器 I0.4 得电→

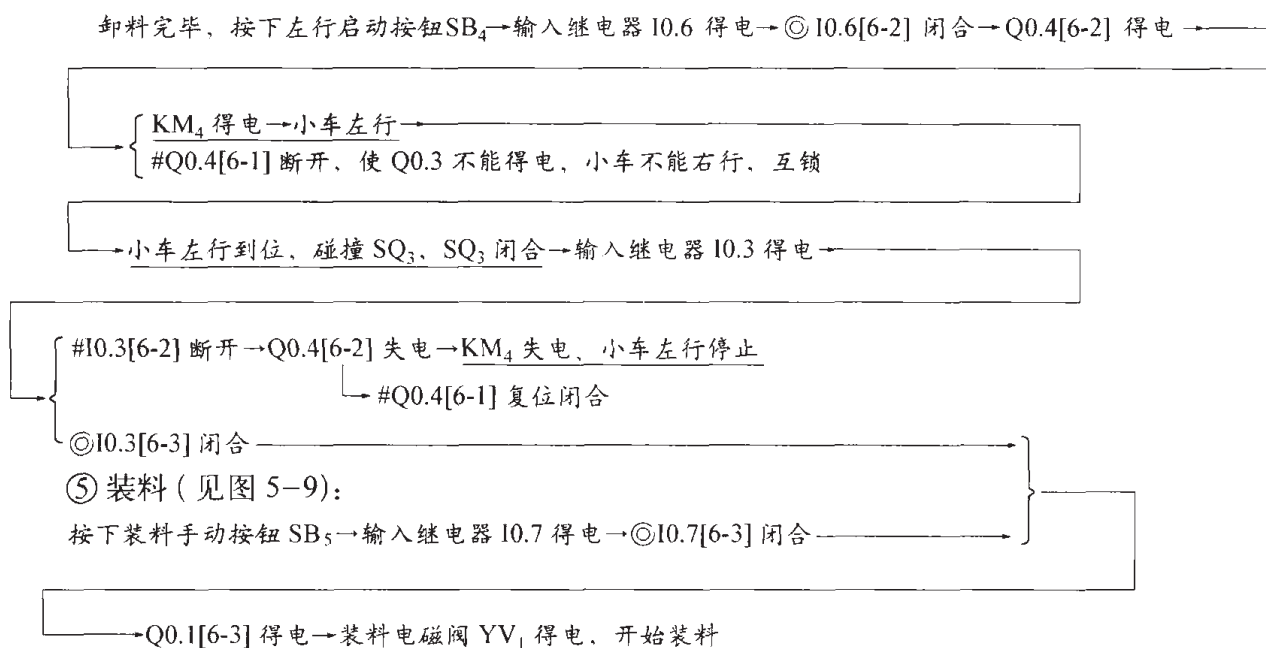
{ #I0.4[6-1] 断开→Q0.3[6-1] 失电→KM₃ 失电、小车右行停止
 #Q0.3[6-2] 复位闭合
 ◎I0.4[6-4] 闭合→

③ 卸料(见图 5-9):

按下卸料手动按钮 SB₆→输入继电器 I0.0 得电→◎I0.0[6-4] 闭合→

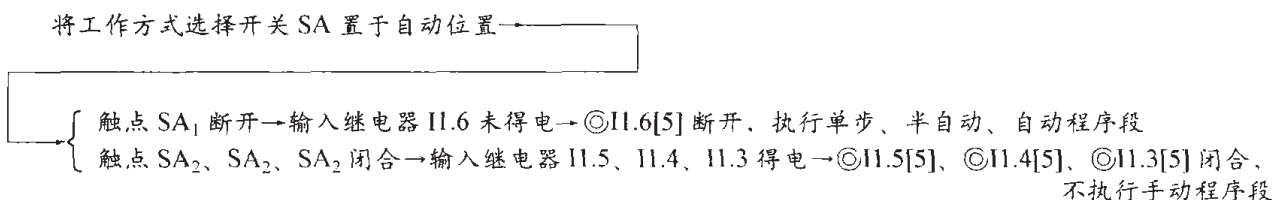
→Q0.2[6-4] 得电→卸料电磁阀 YV₂ 得电, 开始卸料

④ 左行(见图5-9):



(3) 单步、半自动、自动控制(见图5-8、图5-10)

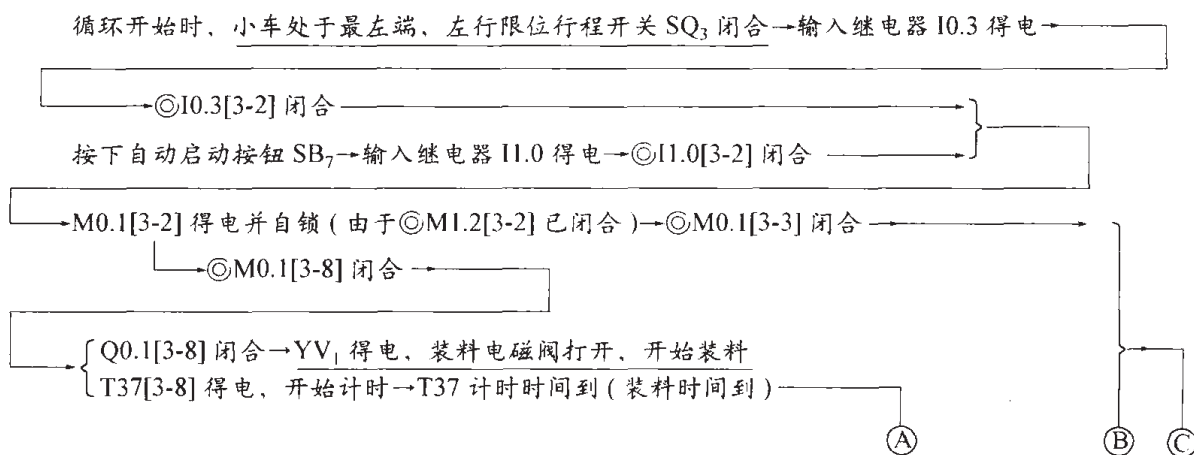
① 初始准备(见图5-8):

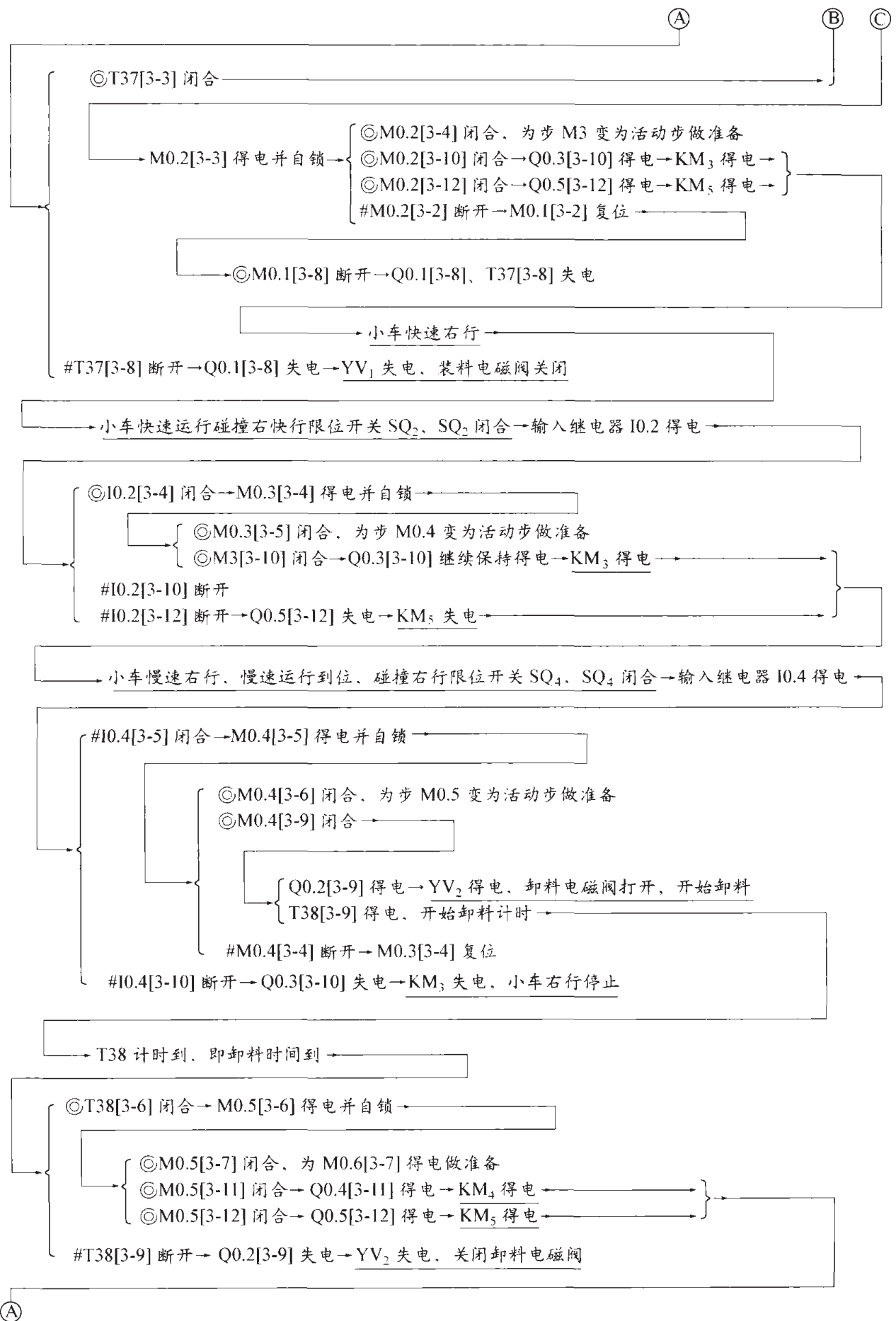


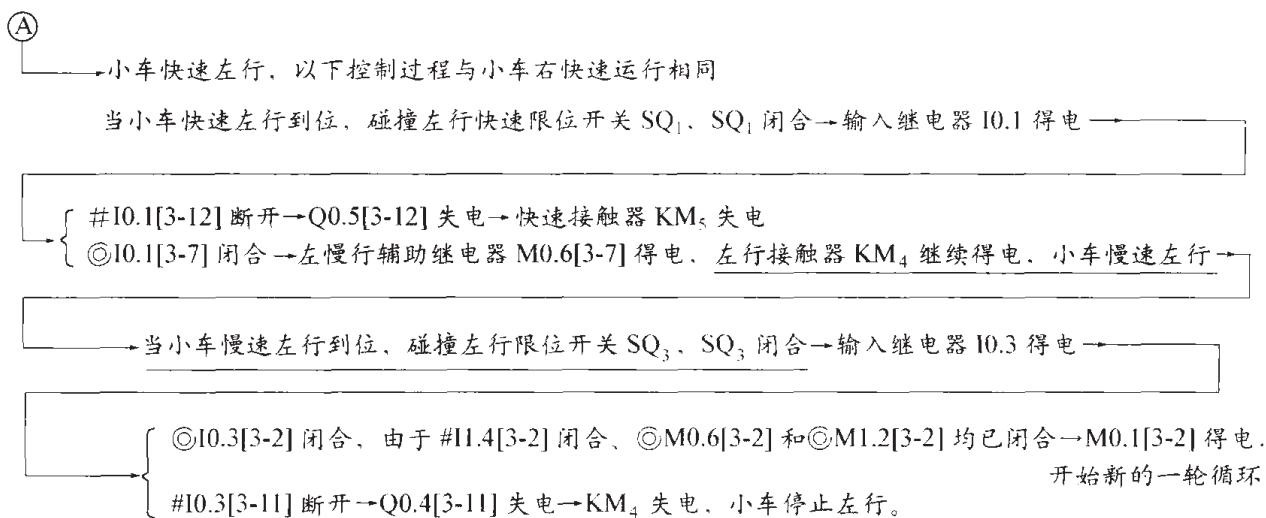
② 自动(见图5-10):

当工作方式选择开关 SA 置于自动位置时,触点 SA_3 、 SA_2 、 SA_1 均断开,输入继电器 I1.4 ~ I1.5 未得电,因此 $\#I1.5[3-1]$ 、 $\#I1.4[3-2]$ 闭合。

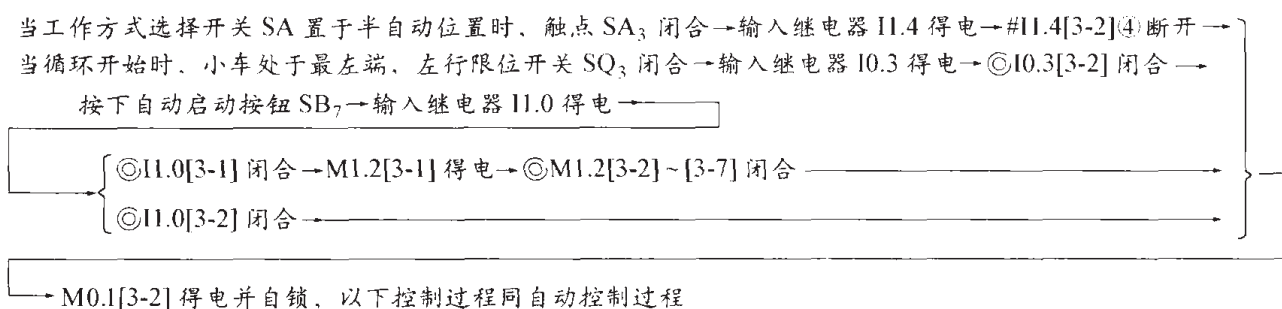
$\#I1.5[3-1]$ 闭合→M1.2[3-1] 得电→ \odot M1.2[3-2] ~ [3-7] 均闭合。







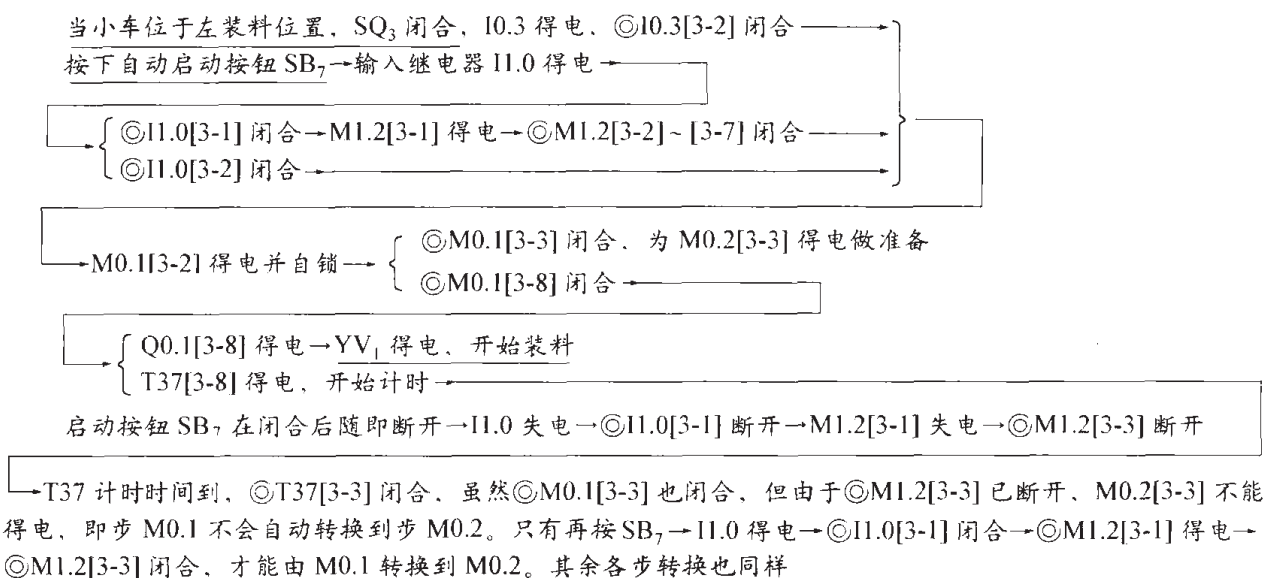
③ 半自动控制(见图 5-10):



但是由步 $M0.6$ 转至步 $M0.1$ 时, 虽然 ◎ $M0.6$ [3-2] 已闭合, 但由于 #11.4[3-2] 已断开, 因此不能使 $M0.1$ [3-3] 得电, 只有按下自动启动按钮 SB_7 , 才能使 $M0.1$ 得电吸合, 进入半自动工作状态。

④ 单步控制(见图 5-10):

当工作方式选择开关 SA 置于单步位置时, 触点 SA_2 闭合 → 输入继电器 11.5 得电 → #11.5[3-1] 断开, 若未按下自动启动按钮 SB_7 (11.0), ◎11.0[3-1] 断开, 则 $M1.2$ [3-1] 未得电, 动合触点 ◎ $M1.2$ [3-2] ~ [3-7] 均断开。



【例 5-3】多种工作方式的运料小车运行的 PLC 控制(用顺序控制寄存器指令编程)

1. 控制要求

图 5-11 为运料小车运行控制的示意图。当小车处于左端时,按下启动按钮,小车向左运行,行进至左端压下前限位开关,翻斗门打开装货,7 s 后关闭翻斗门小车向右运行,行进至右端压下后限位开关,打开小车底门卸货,5 s 后底门关闭,完成一次动作。

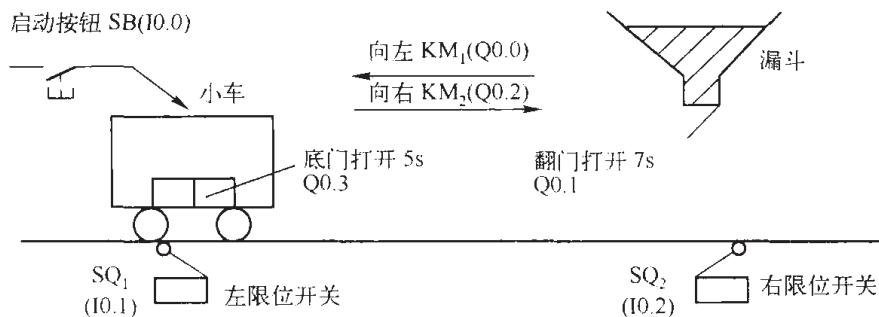


图 5-11 运料小车运行控制示意图

要求控制运料小车的运行有以下几种工作方式：

- ① 手动操作:用各自的控制按钮来一一对应地接通或断开各负载的工作方式。
- ② 单周期操作:按下启动按钮,小车往复运行一次后,停在后端等待下次启动。
- ③ 连续操作:按下启动按钮,小车自动连续往复运行。

2. PLC 的 I/O 接线

图 5-12 为 PLC 的 I/O 接线图。

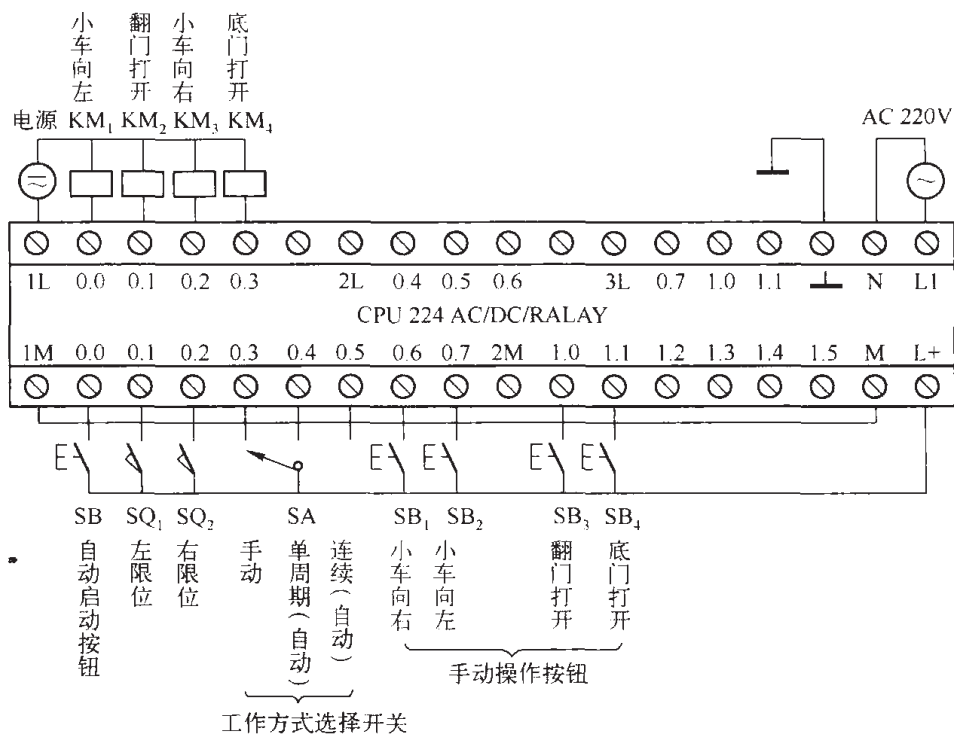


图 5-12 PLC 的 I/O 接线图

3. 梯形图

(1) 总程序

总程序结构如图5-13所示,其中包括手动程序和自动程序两个程序块,由跳转指令选择执行。当方式选择开关SA接通手动操作方式时,触点SA₁闭合,触点SA₂、SA₃断开。触点SA₁闭合→输入继电器I0.3得电→#I0.3[1]断开,执行手动程序。触点SA₂、SA₃断开→输入继电器I0.4、I0.5失电→#I0.4[7]、#I0.5[7]闭合,跳过自动程序不执行。

当方式选择开关SA接通单周期或连续操作方式时,触点SA₁断开,SA₂或SA₃闭合,因此输入继电器I0.3失电、而I0.4或I0.5得电,使#I0.3[1]闭合,而#I0.4[7]或#I0.5[7]断开,使程序跳过手动程序而执行自动程序。

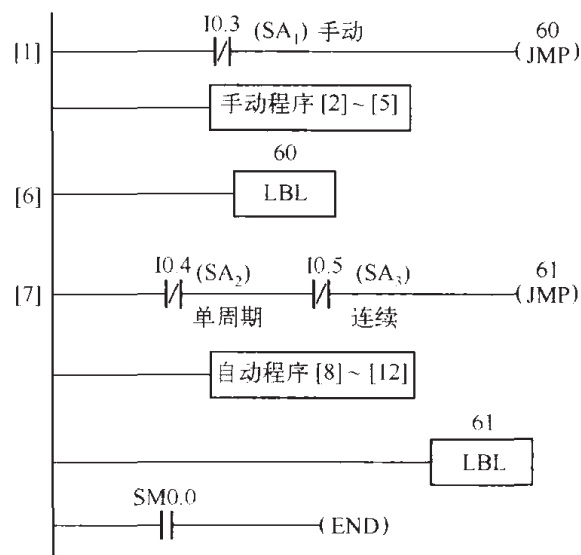


图5-13 总程序结构

(2) 手动控制程序

手动控制方式的梯形图如图5-14所示。

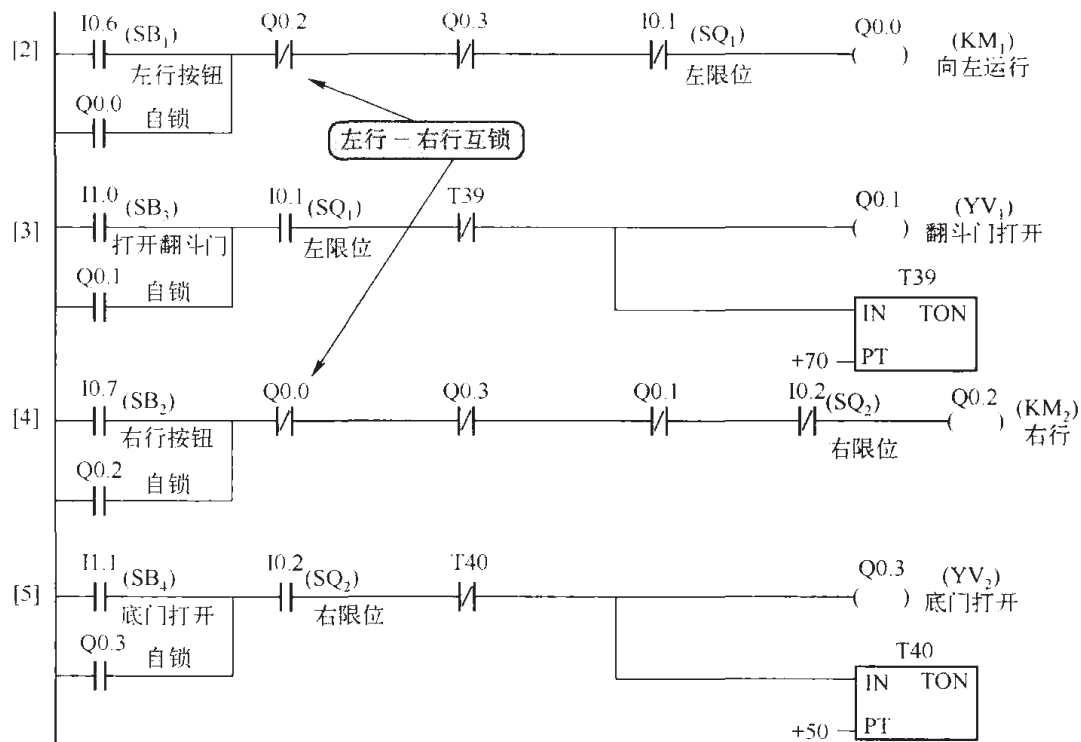


图5-14 手动操作方式的梯形图

(3) 自动控制程序

图5-15为自动运行方式的顺序功能图,其梯形图如图5-16所示。

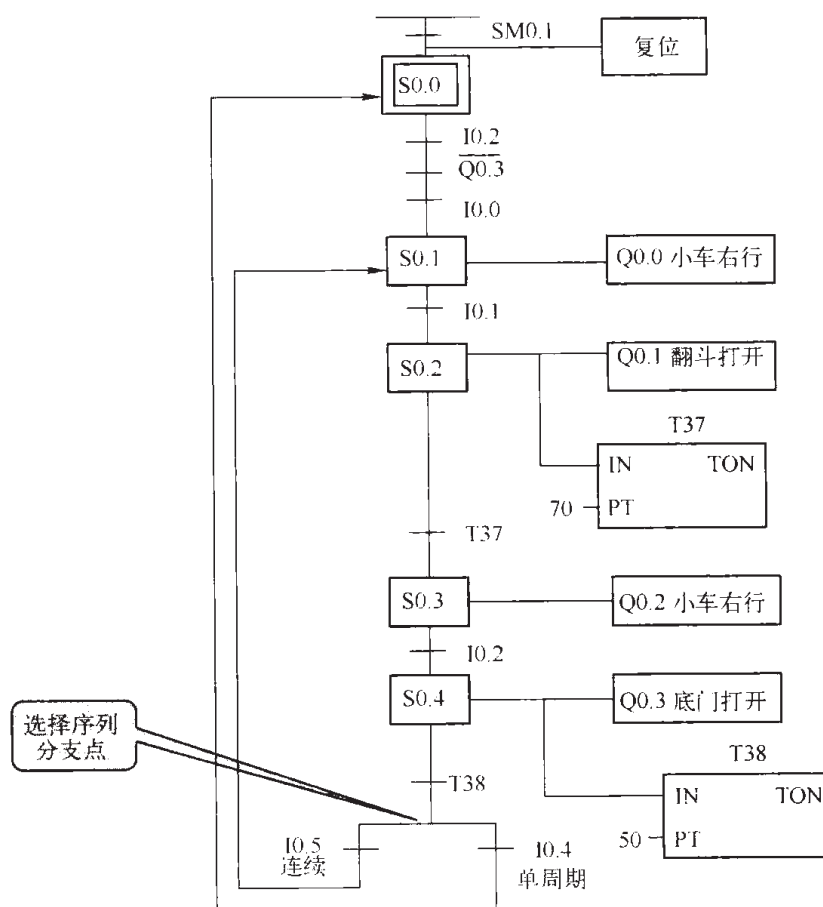
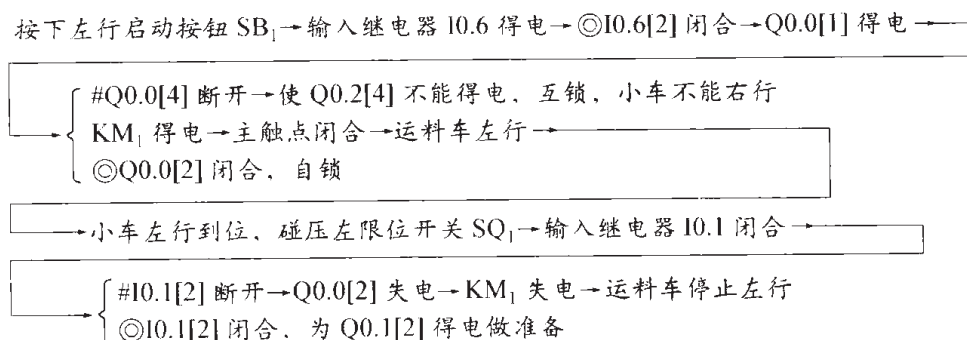


图 5-15 自动运行方式的顺序功能图

4. 电路工作过程

(1) 手动控制电路工作过程(见图 5-14)

① 小车主行:



在手动工作状态下, 只有按 SB_1 、 SB_2 , 能使 $Q0.0[2]$ 或 $Q0.2[4]$ 得电, 运料车能左行或右行。

由于 SQ_1 、 SQ_2 断开, $\odot I0.1[3]$ 、 $\odot I0.2[5]$ 断开, 因此按 SB_3 、 SB_4 , 不能使 $Q0.1[3]$ 、 $Q0.3[5]$ 得电, 不能使 YV_1 、 YV_2 得电。

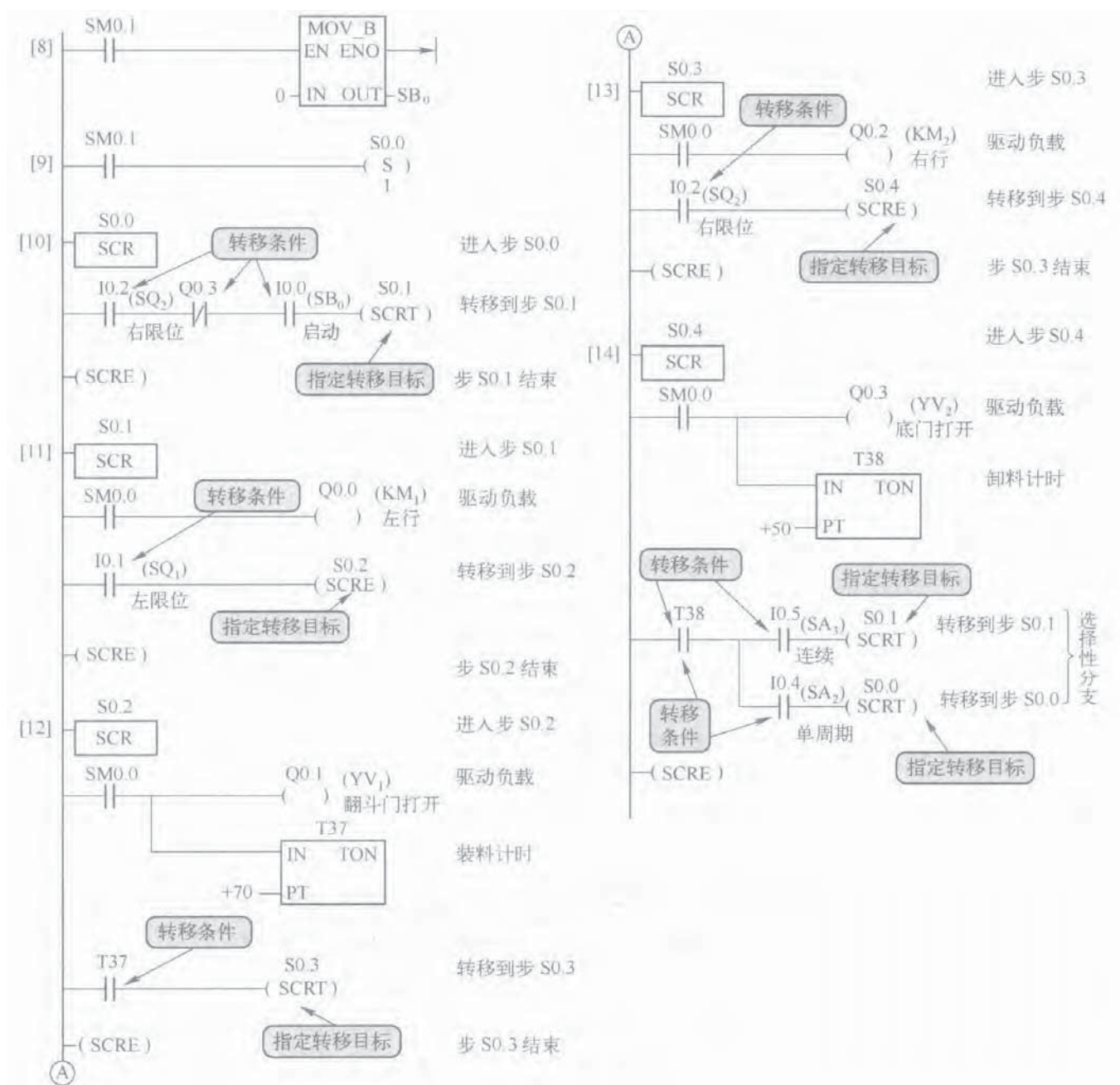
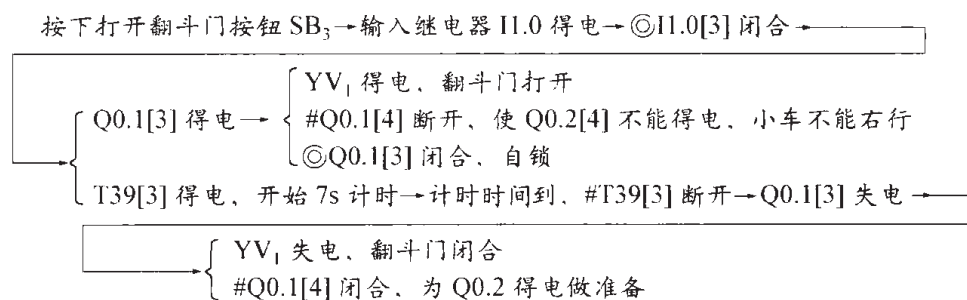
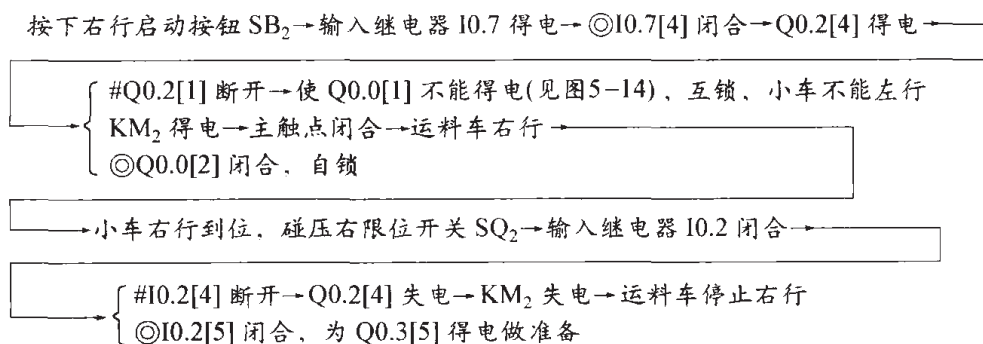


图 5-16 自动运行方式的梯形图

② 翻斗门打开:

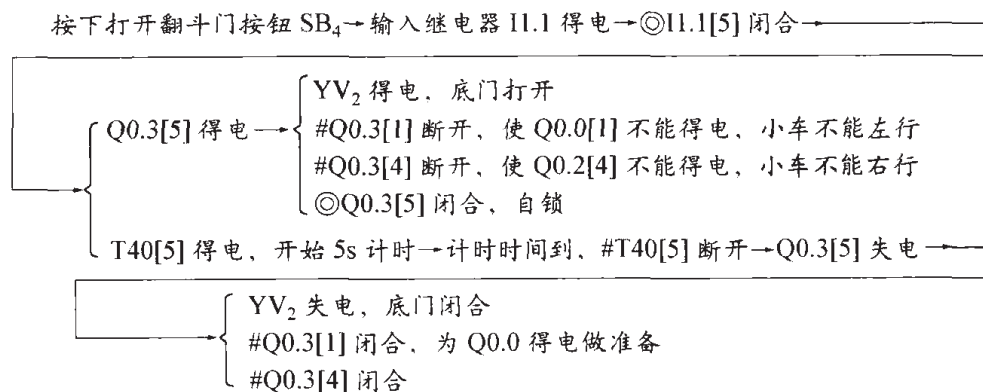


③ 小车右行:



在手动工作状态下, 只有按 SB₁、SB₂, 能使 Q0.0[2] 或 Q0.2[4] 得电, 运料车能左行或右行。由于 SQ₁、SQ₂ 断开, \odot I0.1[3]、 \odot I0.2[5] 断开, 因此按 SB₃、SB₄, 不能使 Q0.1[3]、Q0.3[5] 得电, 不能使 YV₁、YV₂ 得电。

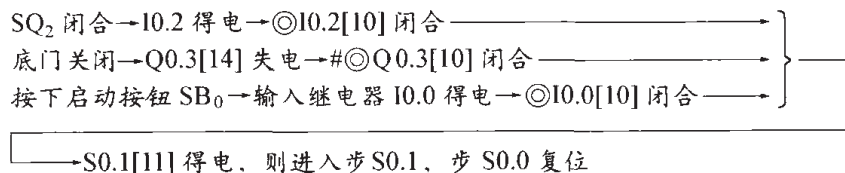
④ 底门打开:



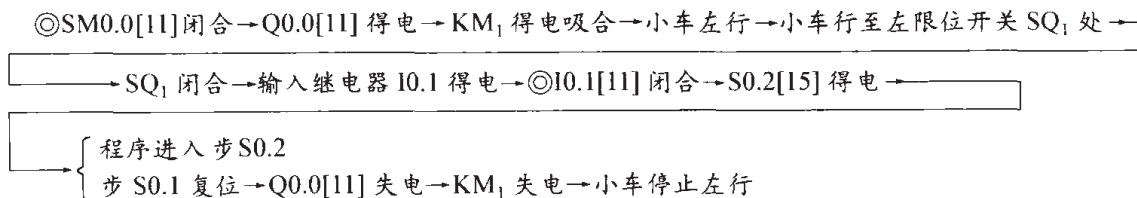
(2) 连续工作或单周期工作

当在 PLC 进入运行状态就选择了单周期或连续工作方式时, 转换开关 SA 的触点 SA₁ 断开而 SA₂、SA₃ 闭合。SA₁ 断开→I0.3 失电→ $\#$ I0.3[1] 闭合, 因此程序将跳过手动程序[2]~[5]; SA₂、SA₃ 闭合→I0.4、I0.5 得电→ $\#$ I0.4[7]、 $\#$ I0.5[7] 断开, 程序将执行自动程序[8]~[12]。

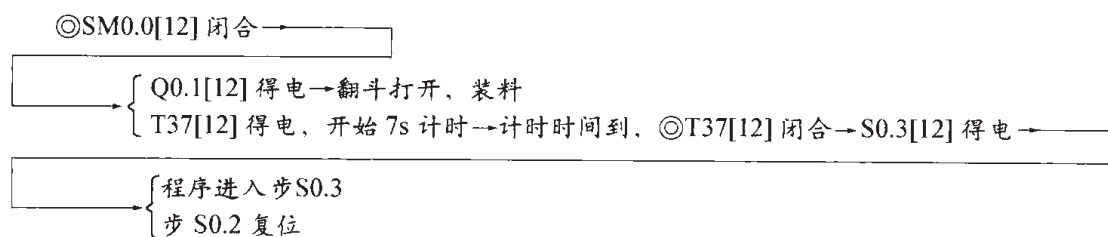
程序一开始, 特殊辅助继电器 SM0.1 的触点 \odot SM0.1[8]、[9] 闭合 1 个扫描周期。 \odot SM0.1[8] 闭合→使 SB0[8] 清零。 \odot SM0.1[9] 闭合→S0.0[9] 得电并保持, 程序进入步 S0.0。此时小车在左端的左限位开关 SQ₂ 处, 并且底门关闭。



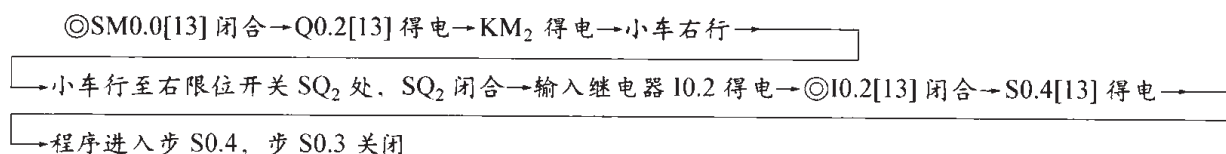
① 步 S0.1[11]:



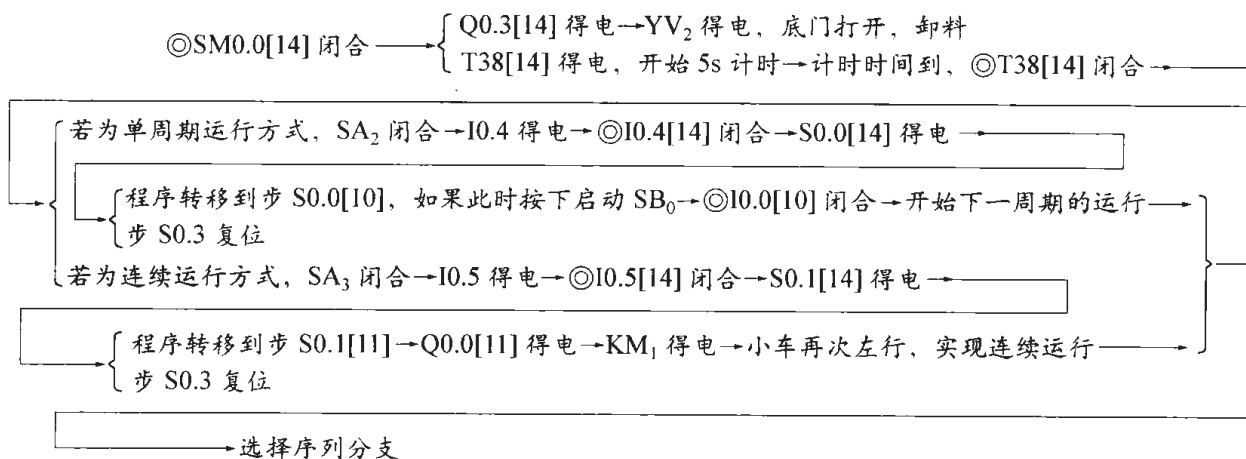
② 步 S0.2[12]:



③ 步 S0.3[13]:



④ 步 S0.4[14]:



【例 5-4】 两处卸料的选料小车的 PLC 控制

在单处卸料系统的基础上,增加了一处中间卸料,如图 5-17 所示。即启动小车后,右行先到中间卸料,再左行装料后,右行至右限位处卸料,如此反复。

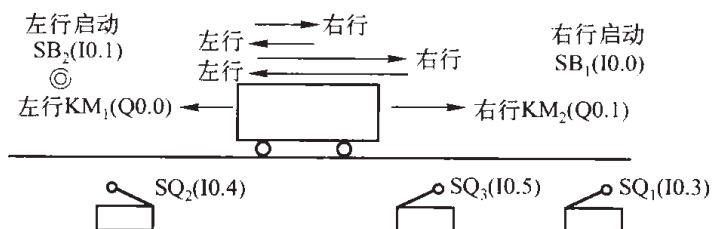


图 5-17 两处卸料的选料小车的小车运行示意图

1. PLC 控制电路和梯形图

图 5-18 为两处卸料的选料小车 PLC 控制电路图,其梯形图如图 5-19 所示。

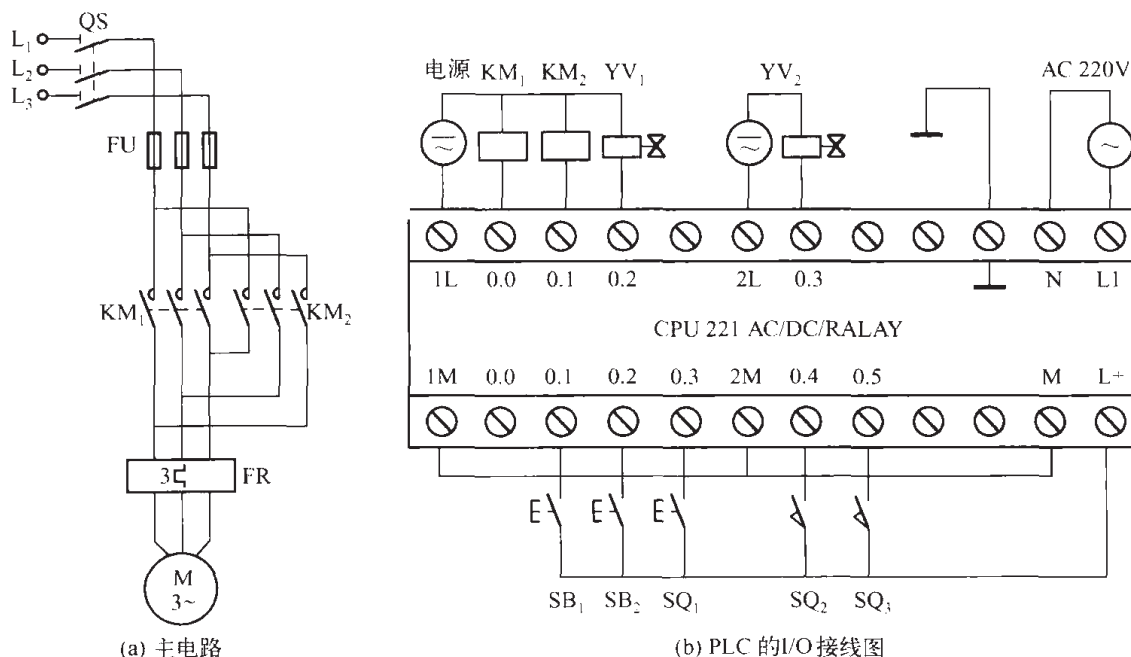


图 5-18 两处卸料的选料小车 PLC 控制电路

2. 识读要点

小车的每一次循环有两次往返,每次往返都要碰撞中间限位开关 SQ_3 。每次循环中第一次右行碰撞中间限位开关 SQ_3 时在此处卸料,但第二次右行碰撞 SQ_3 不停车卸料,而是右行到右限位开关 SQ_2 处卸料。为此,使用一个中间卸料完成标志继电器 $M1.0$,记忆小车在每次循环中是否已经在中间限位处完成过卸料。

(1) 在一个工作周期内,第二次右行中间不停机的控制

由于中间限位开关 $IO.5[SQ_3]$ 的动断触点 $\#IO.5[1]$ 与中间卸料完成标志继电器 $M1.0$ 的动合触点 $\odot M1.0[1]$ 相并联,因此当中间卸料未完成时, $M1.0[5]$ 未得电,触点 $\odot M1.0[1]$ 断开,若小车碰撞中间限位开关 $IO.5[SQ_3]$,触点 $\#IO.5[1]$ 断开,就会使输出继电器 $Q0.0$ 失电,小车停止右行而卸料;若中间卸料已完成,则 $M1.0[5]$ 得电, $\odot M1.0[1]$ 闭合,此时小车碰撞中间限位开关 $IO.5[SQ_3]$,即使 $\#IO.5[1]$ 断开,小车右行也不会停止,一直右行到右限位开关处才会停车卸料。

(2) 中间卸料完成标志继电器 $M1.0[5]$ 的控制

在 $M1.0[1]$ 线圈电路中串联了左行输出继电器 $Q0.1$ 的动断触点 $\#Q0.1[5]$,保证 $M1.0$ 不会在小车右行碰撞中间限位开关 $IO.5[SQ_3]$ 时,由于 $\odot IO.5[5]$ 闭合而使 $M1.0$ 得电;而只能在随后的右行碰撞中间限位开关 $IO.5[SQ_3]$ 的 $\odot IO.5[5]$ 闭合, $M1.0$ 才会得电并自锁,同时在该中间位卸料。此时由于 $\odot M1.0[1]$ 已闭合,在下一次的右行碰撞中间限位开关 $IO.5[SQ_3]$ 时, $\#IO.5[1]$ 断开,输出继电器也不会失电,一直右行到右限位时才停车卸料。此时由于 $M1.0[5]$ 驱动电路中串接了右限位开关 $IO.3[SQ_1]$ 的动断触点 $\#IO.3[5]$, $M1.0[5]$ 又失电,如此反复。

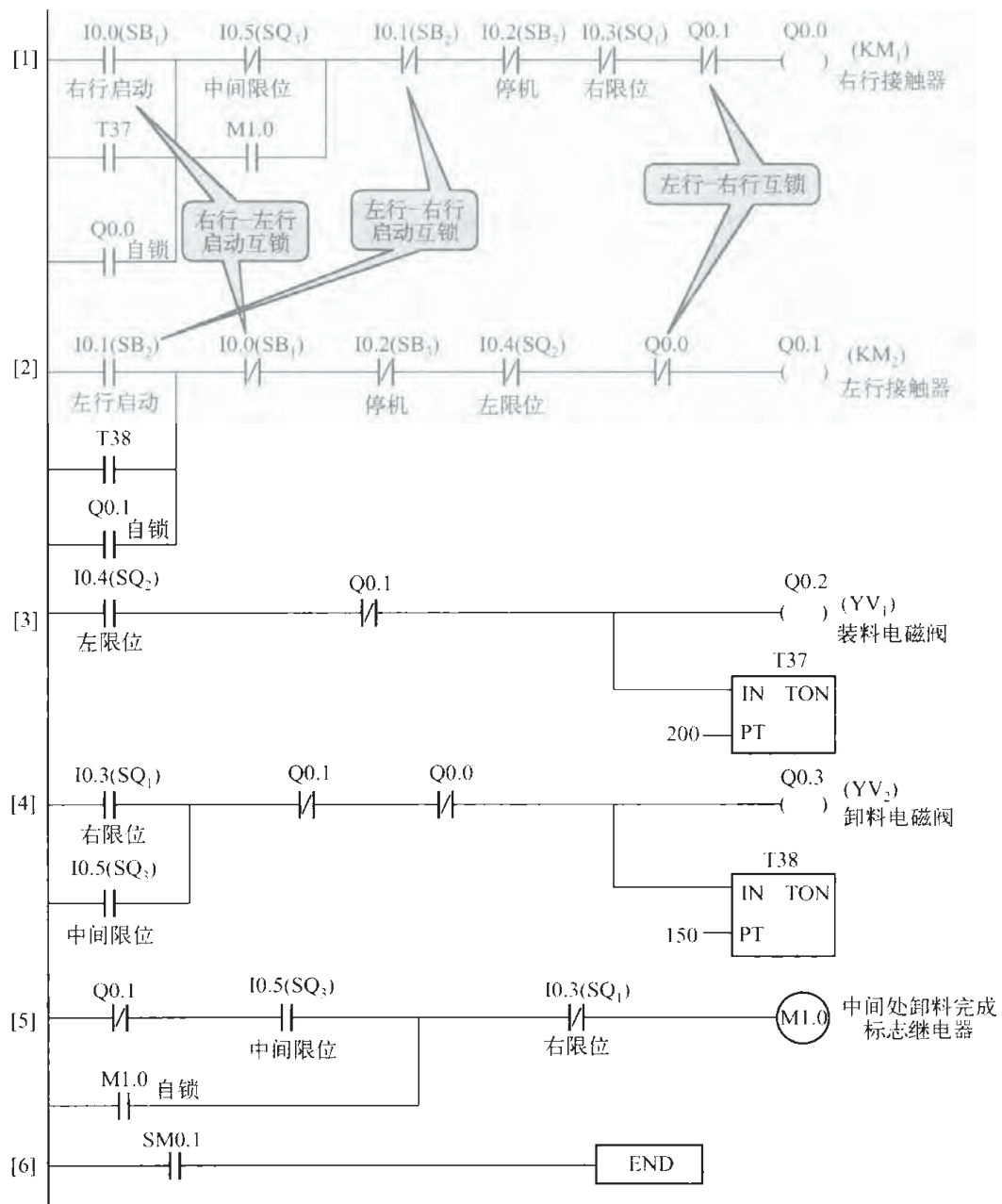
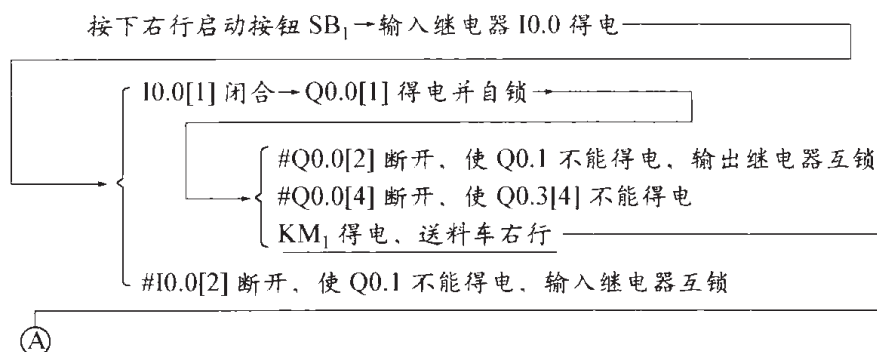


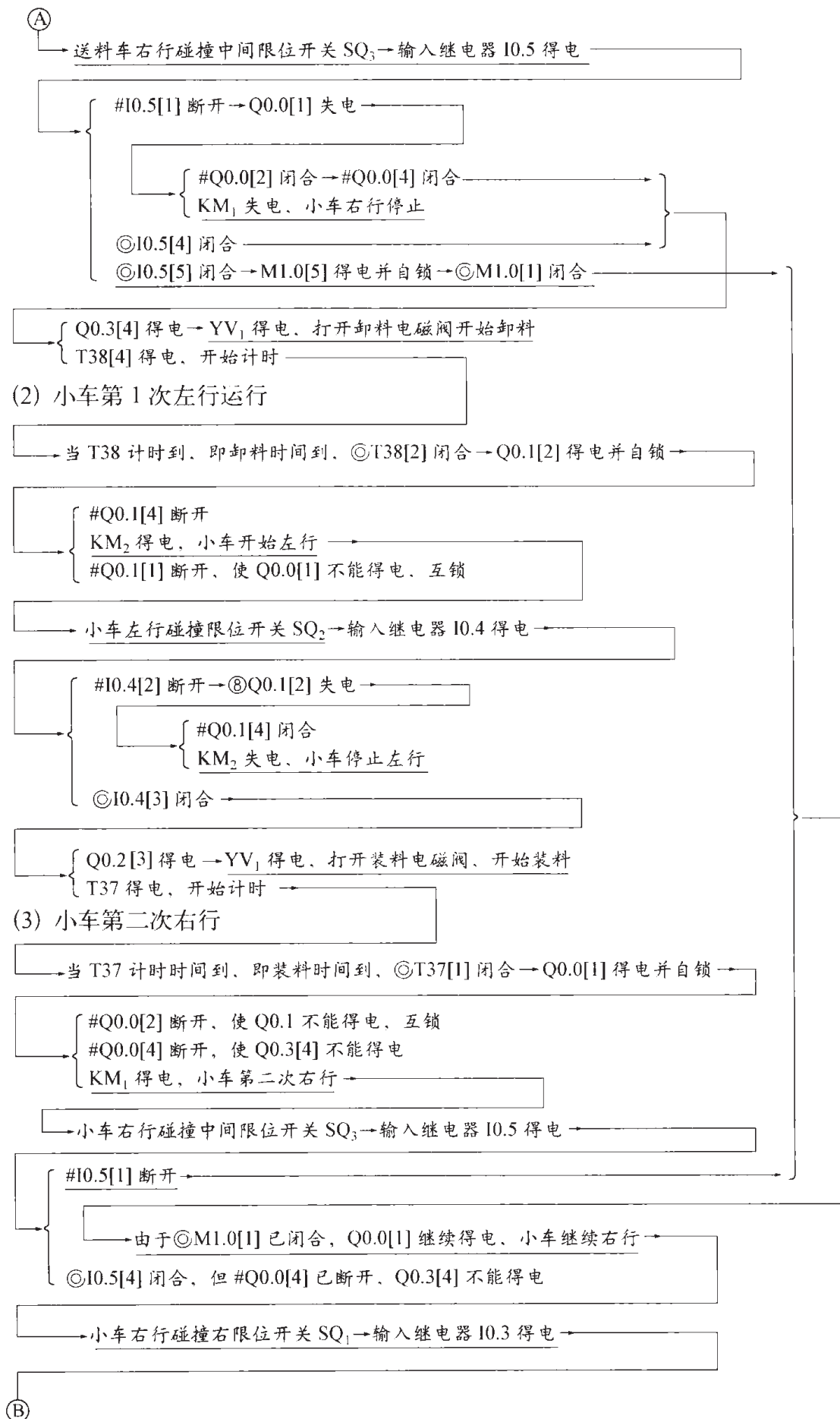
图 5-19 梯形图

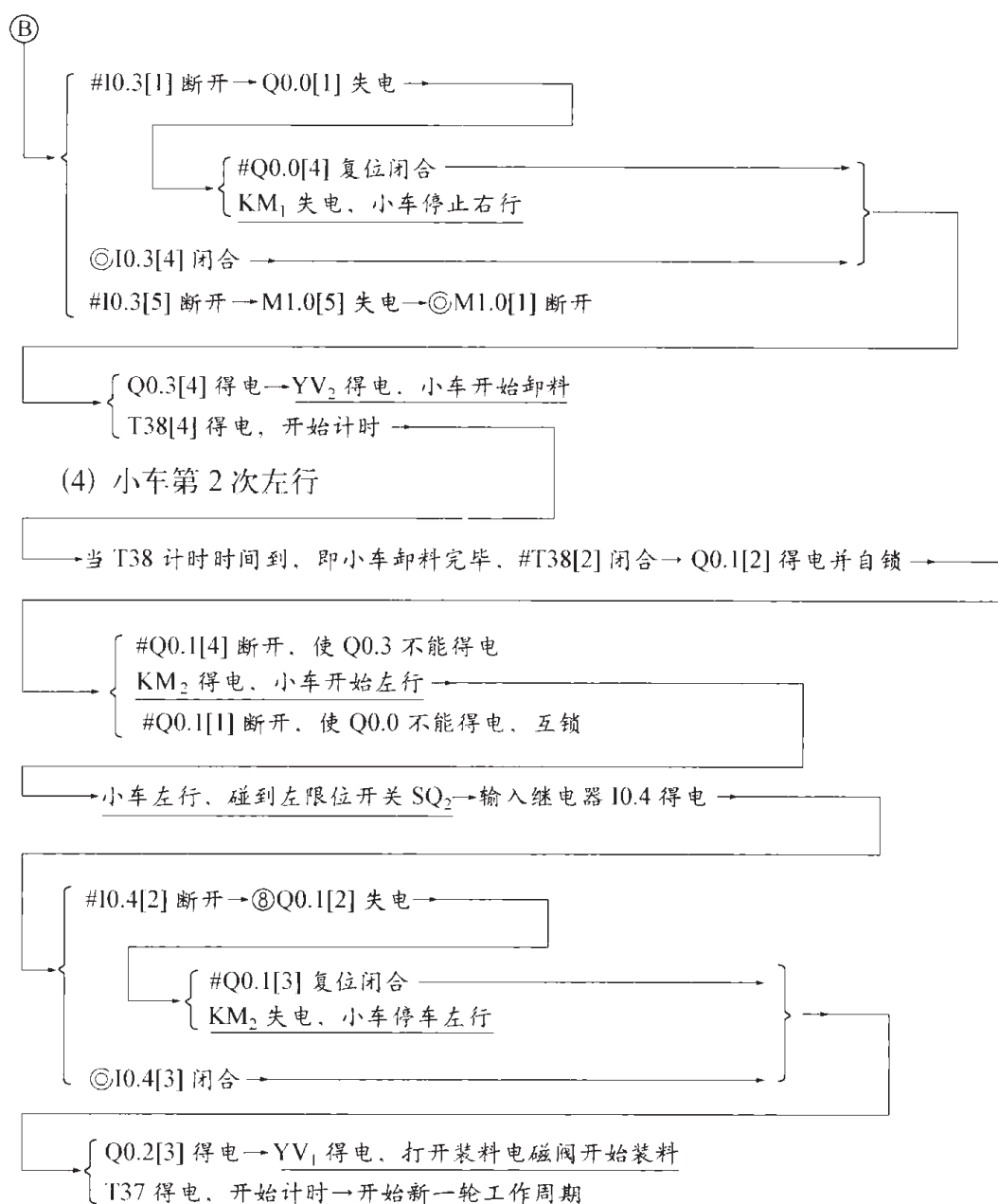
3. 电路工作过程

(1) 小车第 1 次右行运行



A





【例 5-5】 采用移位指令编程的小车运行的 PLC 控制送料小车自动往返工况示意同图 5-17。

1. 控制要求

- ① 按下启动按钮 SB₁ (I0.0), 台车电动机正转 (KM₂-Q0.1)。台车第一次前进, 碰到限位开关 SQ₃ (I0.5) 后, 台车电动机反转 (KM₁-Q0.0), 台车后退。
- ② 台车后退碰到限位开关 SQ₂ (I0.4) 后, 台车电动机 M 停转。停 5 s 后, 第二次前进, 碰到限位开关 SQ₁ (I0.3), 再次后退。
- ③ 当后退再次碰到限位开关 SQ₂ (I0.4) 时, 台车停止。

2. PLC 控制电路、顺序功能图和梯形图

PLC 控制电路同图 5-18, 其顺序功能图和梯形图分别如图 5-20、图 5-21 所示。

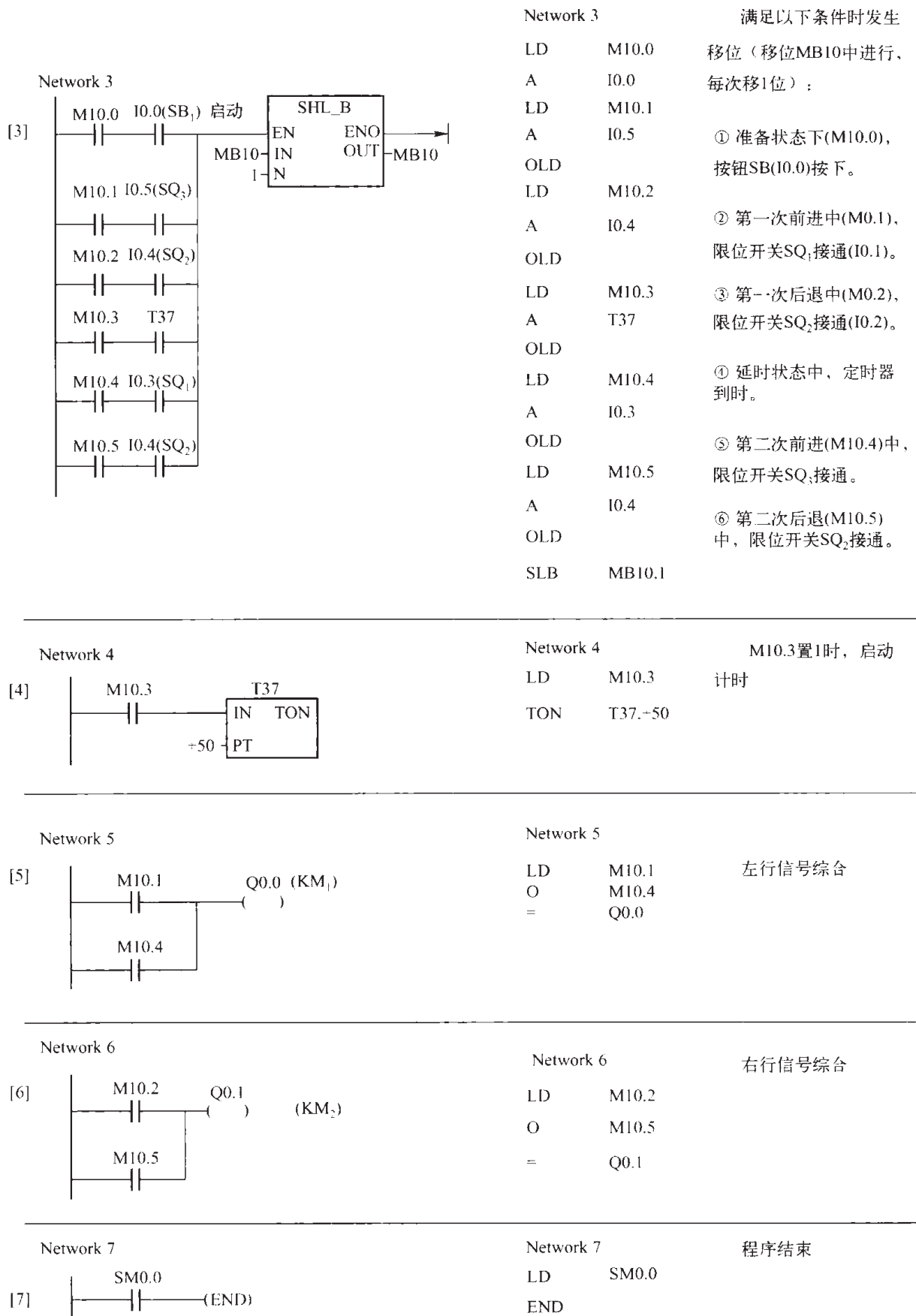


图5-21 梯形图(续)

3. 字节左移位指令在顺序控制中的应用

① 必须采用一个逻辑网络 M0,使得在系统的初始状态时,移位指令的数据输入端 IN 为逻辑“1”,而在其他时刻为逻辑0,这样才能保证 IN 中在任何时刻只有一位为“1”,而其他位为“0”,也就是同一时刻只有一个状态处于动作中。

对于图 5-21 而言,该逻辑网络为: $M10.0 = \overline{M10.1} \cdot \overline{M10.2} \cdot \dots \cdot \overline{M10.5}$

或者表示为: $M10.1 = \#M10.1 \cdot \#M10.2 \cdot \dots \cdot \#M10.5$

② 移位动作由移位脉冲信号 SFT 控制。该移位脉冲信号,一般是由每个状态的转移主令信号提供;同时,为了形成固定顺序,防止意外故障,并考虑到主令信号可能重复使用,每个主令条件必须有约束条件。在移位寄存器中,一般采用上一状态的标志位(M0, M1…)“与”当前要进入状态的主令信号(I1.0, I1.1…)来作为移位脉冲信号,因而有

$$SFT = M0 \cdot I1.0 + M1 \cdot I1.1 + \dots$$

对于图 5-21 而言,该逻辑网络为:

$$SFT = M10.0 \cdot I0.0 + M10.1 \cdot I0.5 + M10.2 \cdot I0.4 + M10.3 \cdot T37 \\ + M10.4 \cdot I0.3 + M10.5 \cdot I0.4$$

或者表示为:

$$SFT = \odot M10.0 \cdot \odot I0.0 + \odot M10.1 \cdot \odot I0.5 + \odot M10.2 \cdot \odot I0.4 \\ + \odot M10.3 \cdot \odot T37 + \odot M10.4 \cdot \odot I0.3 + \odot M10.5 \cdot \odot I0.4$$

图 5-21 所示梯形图中字节左移位指令的移位过程可用如图 5-22 所示的顺序来说明。

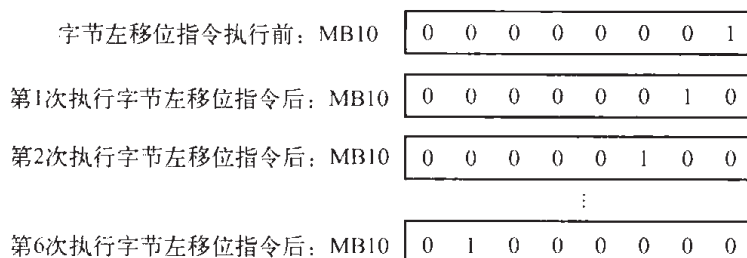
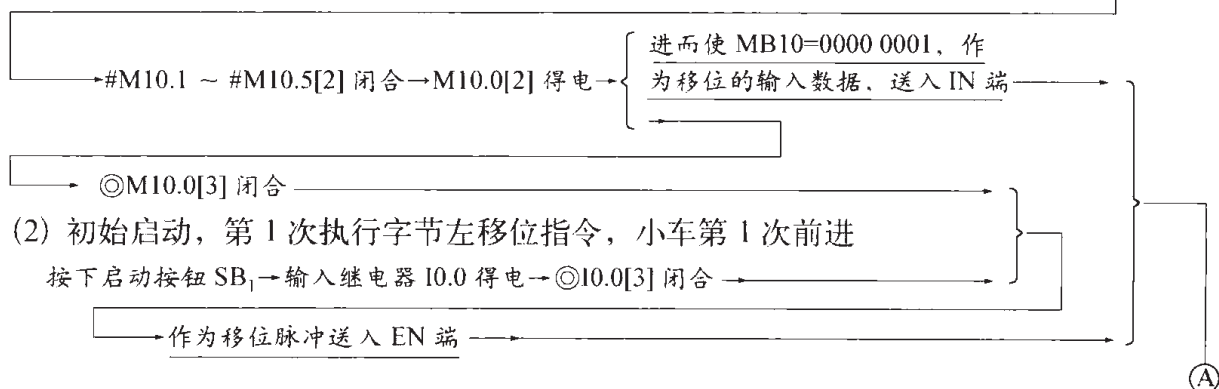


图 5-22 字节左移位指令的移位过程

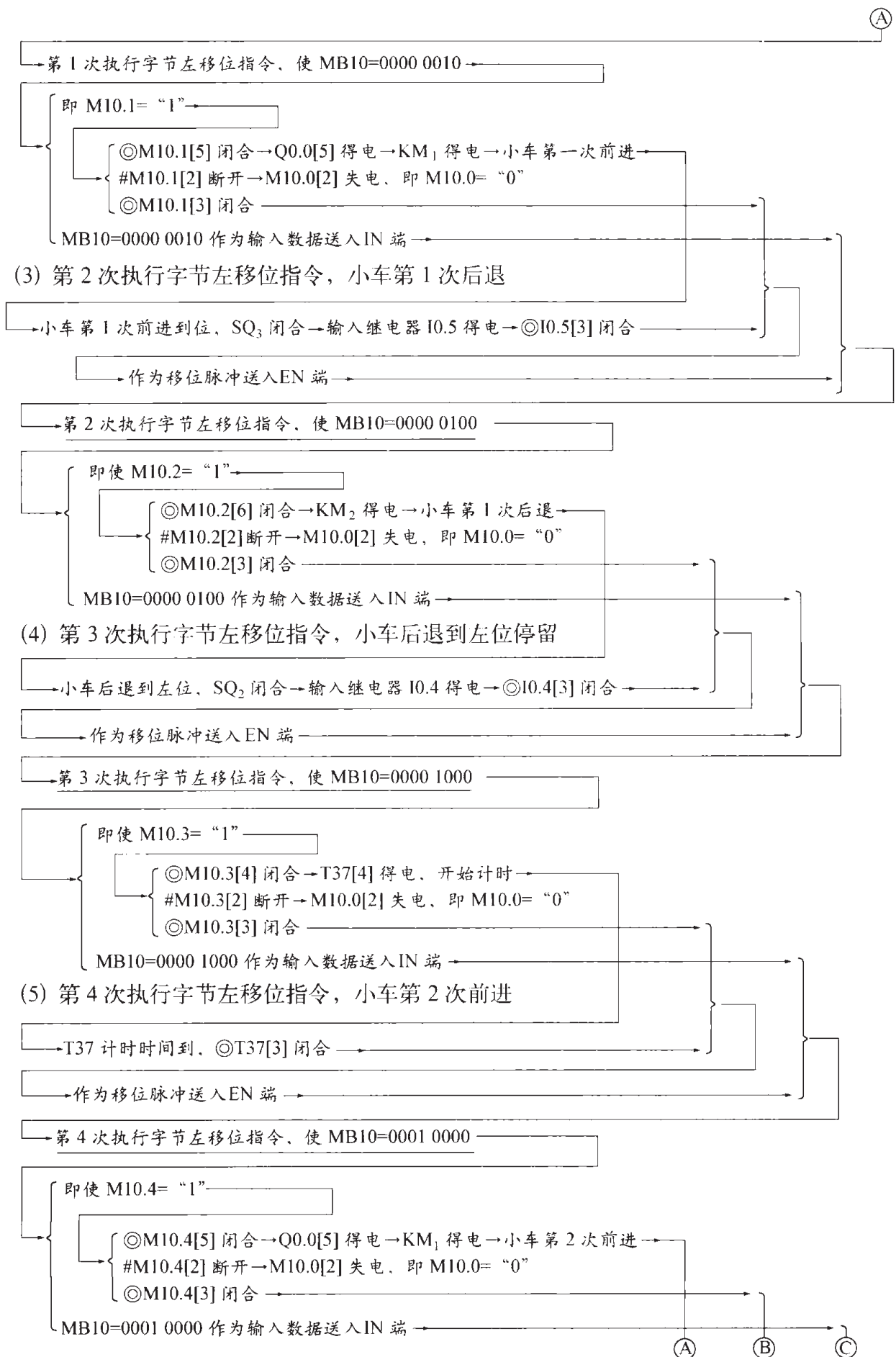
4. 电路工作过程

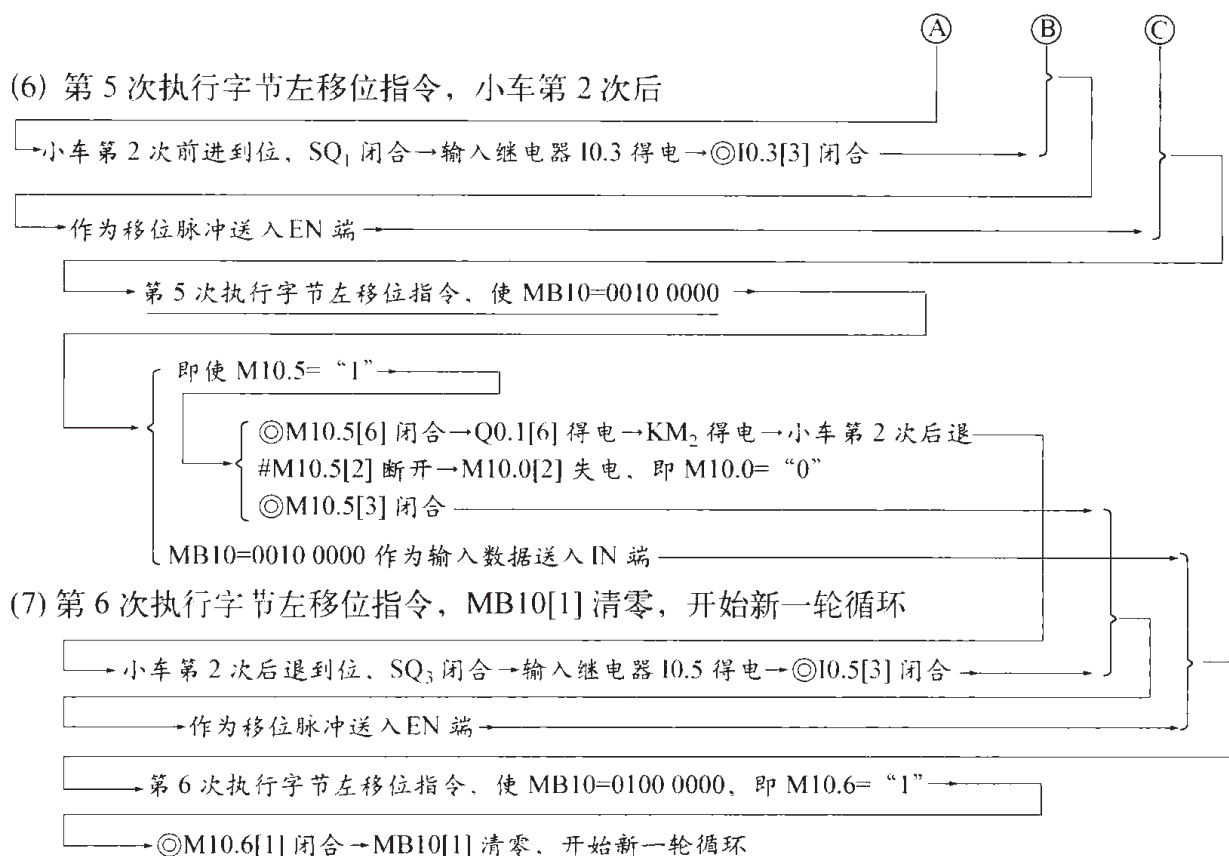
(1) 准备状态

PLC 上电后, SM0.1[1] 闭合 1 个扫描周期, 将 MB10[1] 清零, 使 MB10=0000 0000



(2) 初始启动, 第 1 次执行字节左移位指令, 小车第 1 次前进





【例 5-6】 三级传送带顺序启动、逆序停止的 PLC 控制

1. 控制要求

启动顺序: 传送带 1 启动 → 传送带 1 启动后, 传送带 2 才可以启动 → 传送带 2 启动后, 传送带 3 才可以启动。

停止顺序: 如果要停止传送带, 只有停止传送带 3 才能停止传送带 2, 停止传送带 2 后才能停止传送带 1。

2. PLC 的 I/O 配置、I/O 接线和梯形图

表 5-4 为 PLC 的 I/O 配置表。其 I/O 接线图和梯形图分别如图 5-23 和图 5-24 所示。

表 5-4 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC | 输出设备 | | PLC |
|------------------|----------------------------|-------|-----------------|---------------------------|-------|
| 代 号 | 功 能 | 输入继电器 | 代 号 | 功 能 | 输出继电器 |
| FR ₁ | 电动机 M ₁ 的热保护继电器 | I1.1 | KM ₁ | 传送带电动机 M ₁ 的线圈 | Q1.1 |
| FR ₂ | 电动机 M ₂ 的热保护继电器 | I1.2 | KM ₂ | 传送带电动机 M ₂ 的线圈 | Q1.2 |
| FR ₃ | 电动机 M ₃ 的热保持继电器 | I1.3 | KM ₃ | 传送带电动机 M ₃ 的线圈 | Q1.3 |
| SB ₁₁ | 传送带 I 的停止按钮 | I0.1 | | | |
| SB ₁₂ | 传送带 I 的启动按钮 | I0.2 | | | |
| SB ₂₁ | 传送带 II 的停止按钮 | I0.3 | | | |
| SB ₂₂ | 传送带 II 的启动按钮 | I0.4 | | | |
| SB ₃₁ | 传送带 III 的停止按钮 | I0.5 | | | |
| SB ₃₂ | 传送带 III 的启动按钮 | I0.6 | | | |

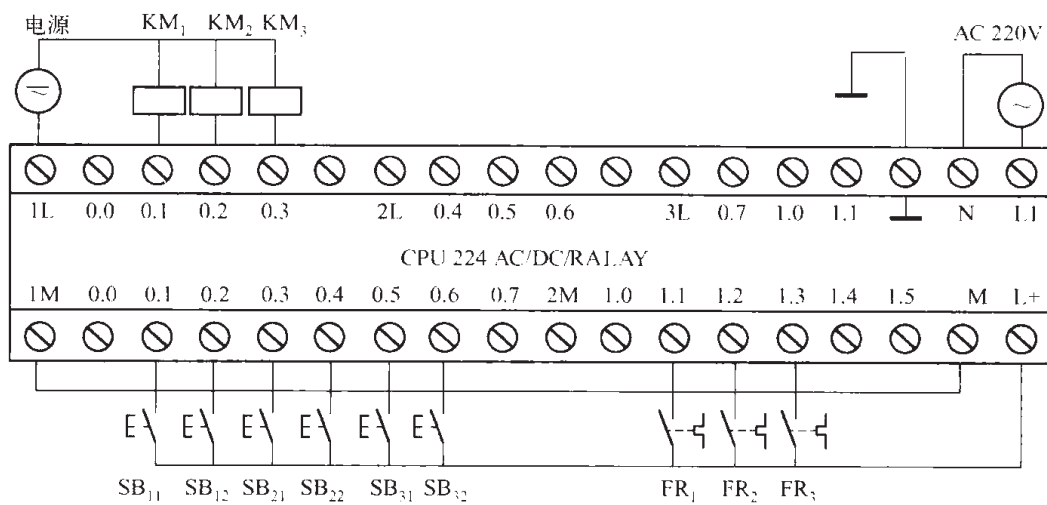


图 5-23 PLC 的 I/O 接线

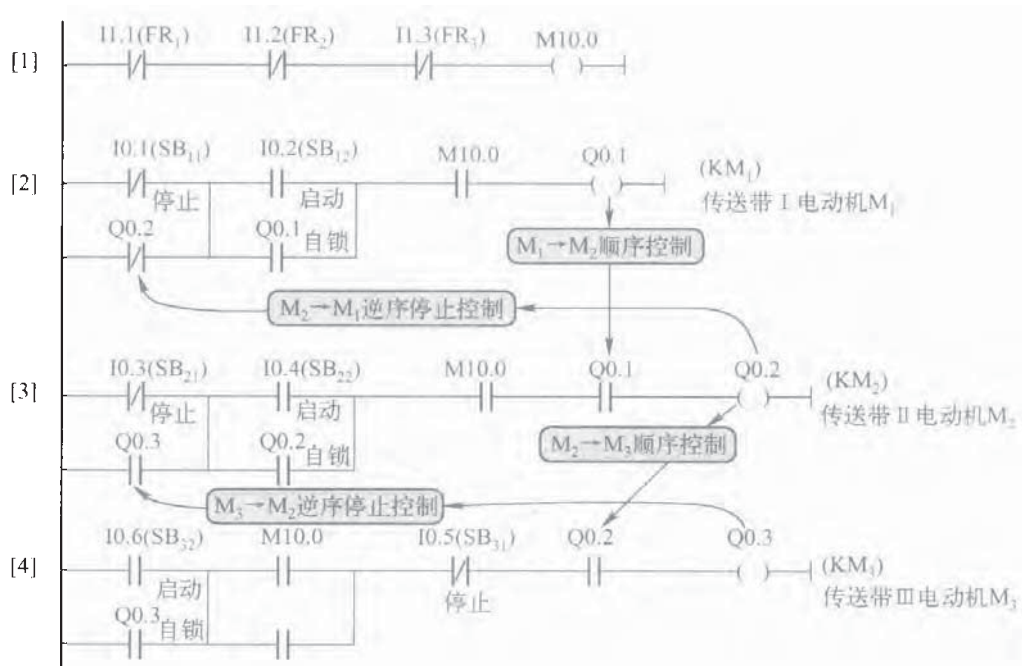
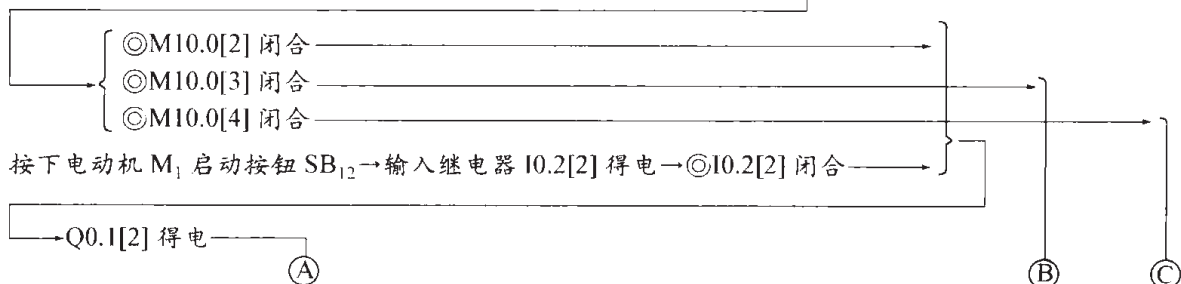


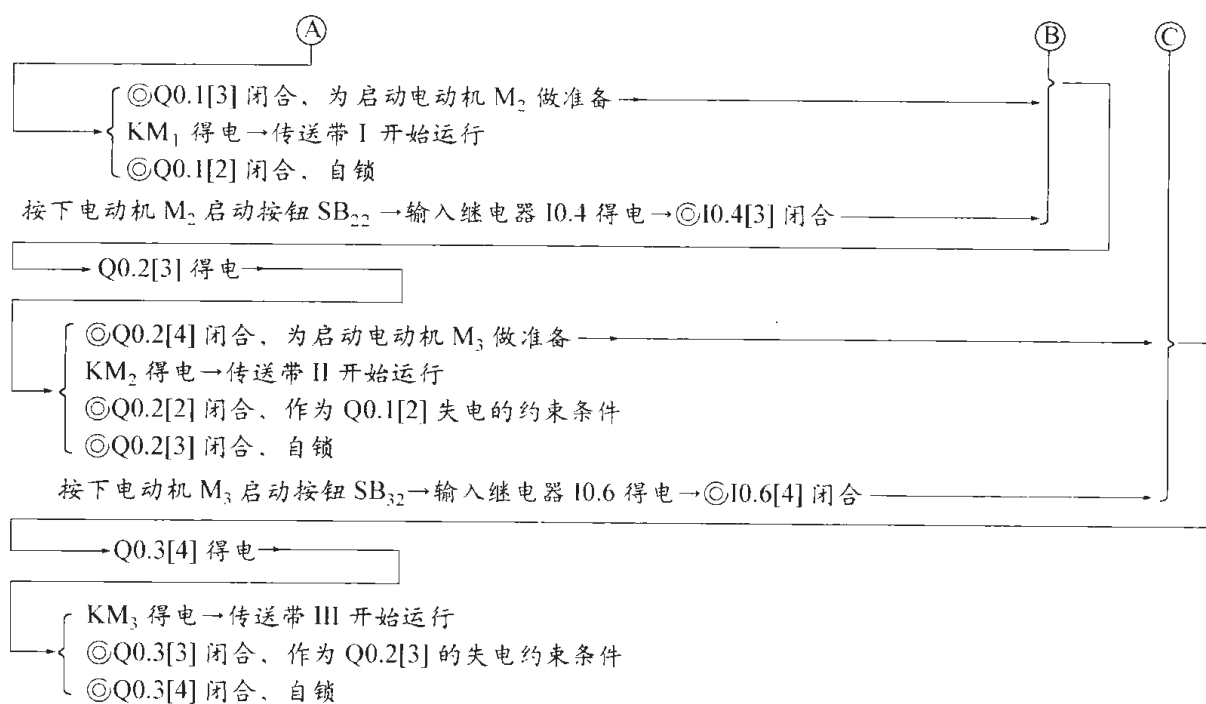
图 5-24 梯形图

3. 电路工作过程

(1) 启动

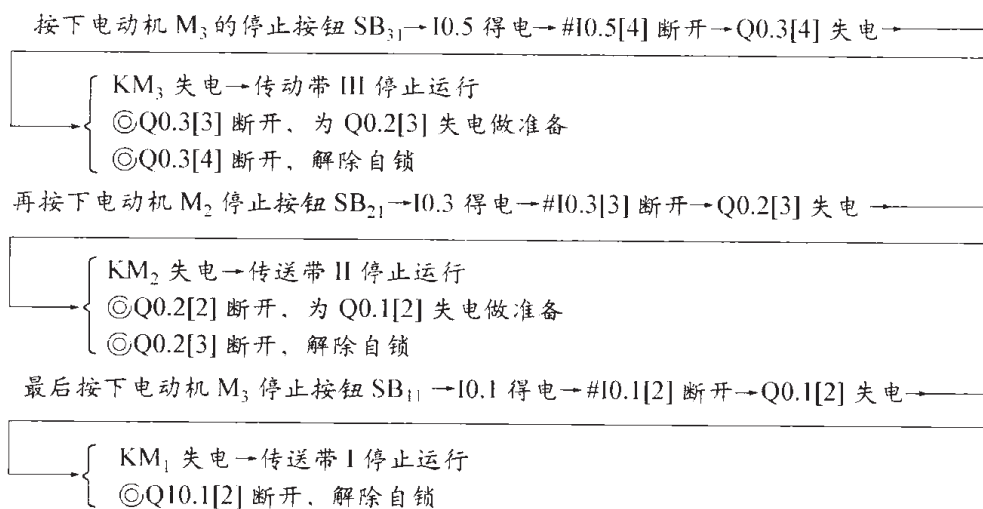
初始工作时，#I1.1 ~ #I1.3[1] 闭合 → M10.0[1] 得电 →





(2) 停止

按下 SB_{11} 、 SB_{21} 均不能使 Q0.1、Q0.2 失电, 即不能使传送带 I、II 停止运行。



【例 5-7】 四节传送带的 PLC 控制

1. 控制要求

一个用四条皮带运输机的传送系统, 分别用四台电动机带动。

启动时先启动最末一条皮带机 D, 经过 5 s 延时, 再依次启动其他皮带机。停止时应先停止最前一条皮带机 A, 待料运送完毕后再依次停止其他皮带机。

当某条皮带机上有重物时, 该皮带机前面的皮带机停止, 该皮带机运行 5 s 后停止, 而该皮带机以后的皮带机待料运完后才停止。在图 5-25 中, 皮带机 C 上有重物, 皮带机 A、B 立即停止, 过 5 s, 皮带机 C 停, 再过 5 s, 皮带机 D 停。

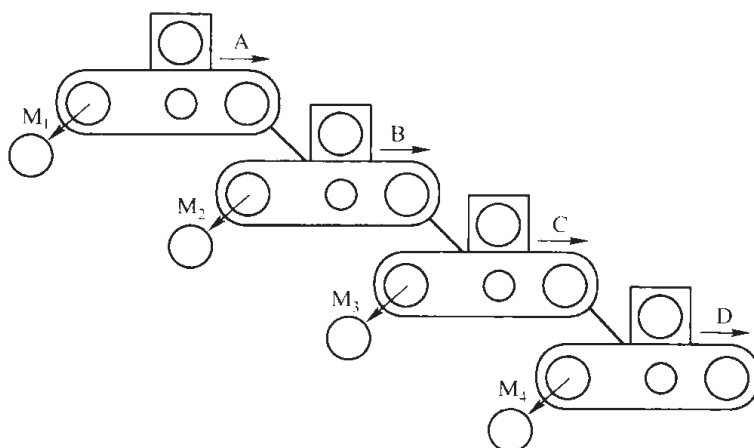


图 5-25 四条皮带运输机的传送系统图

图 5-25 中的皮带机 A、B、C、D，有负载时为“1”，无负载时为“0”。 M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 表示传送电动机，启动、停止用动合按钮来实现。

2. PLC 的 I/O 配置、I/O 接线和梯形图

表 5-5 为 PLC 的 I/O 配置表。其 I/O 接线和梯形图分别如图 5-26 和图 5-27 所示。

表 5-5 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|------|-----------|-----------------|----|-----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 启动按钮 | I0.0 | KM ₁ | | Q0.1 |
| SQ ₁ | | I0.1 | KM ₂ | | Q0.2 |
| SQ ₂ | | I0.2 | KM ₃ | | Q0.3 |
| SQ ₃ | | I0.3 | KM ₄ | | Q0.4 |
| SQ ₄ | | I0.4 | | | |
| SB ₂ | 停止按钮 | I0.5 | | | |

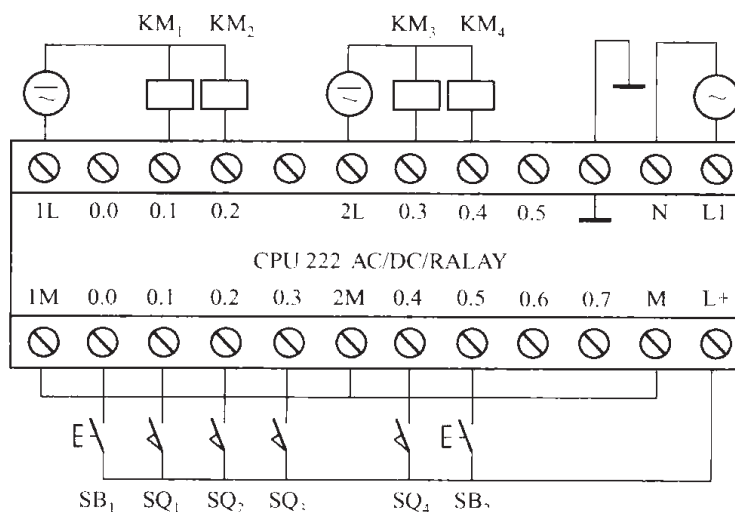


图 5-26 PLC 的 I/O 接线

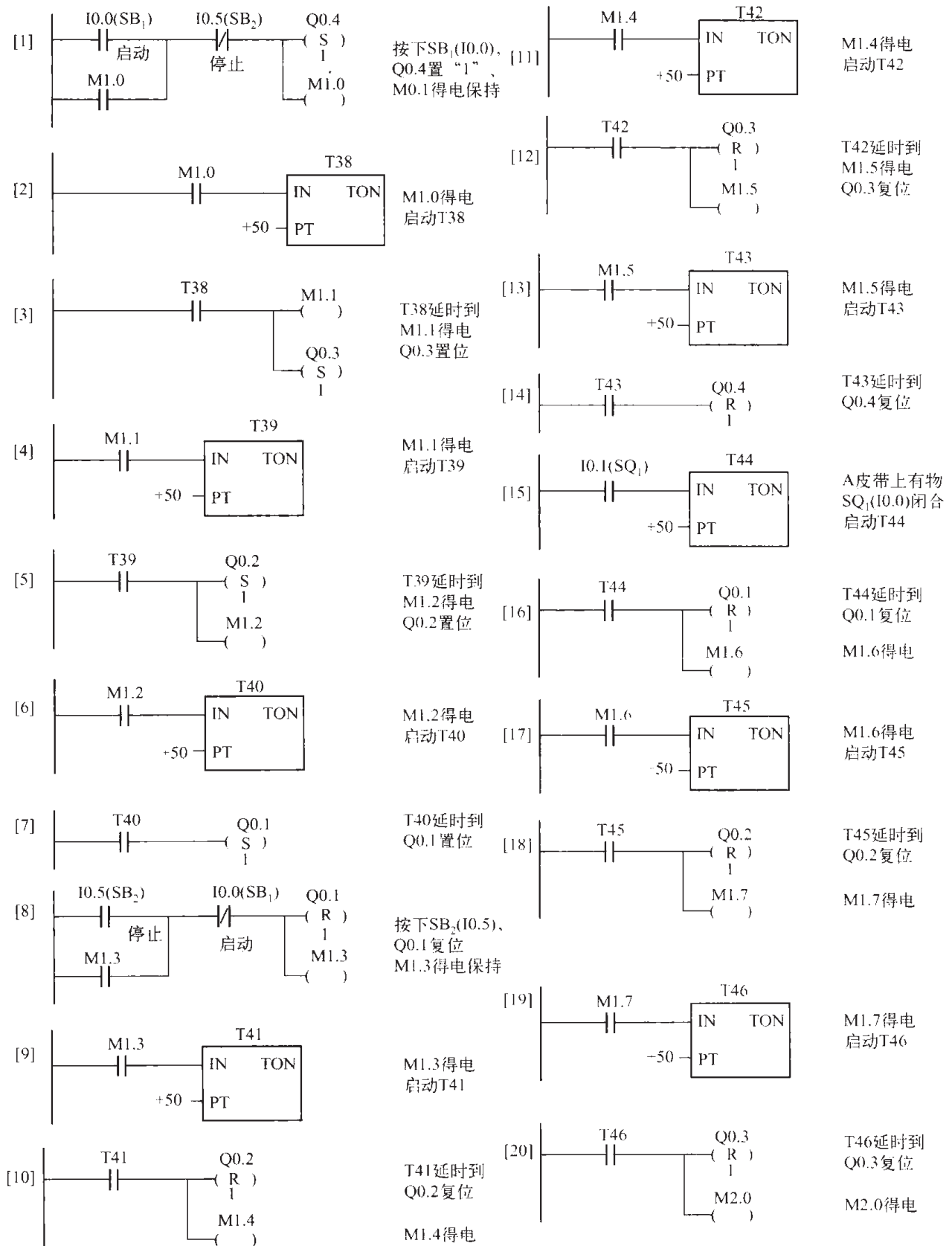


图 5-27 梯形图

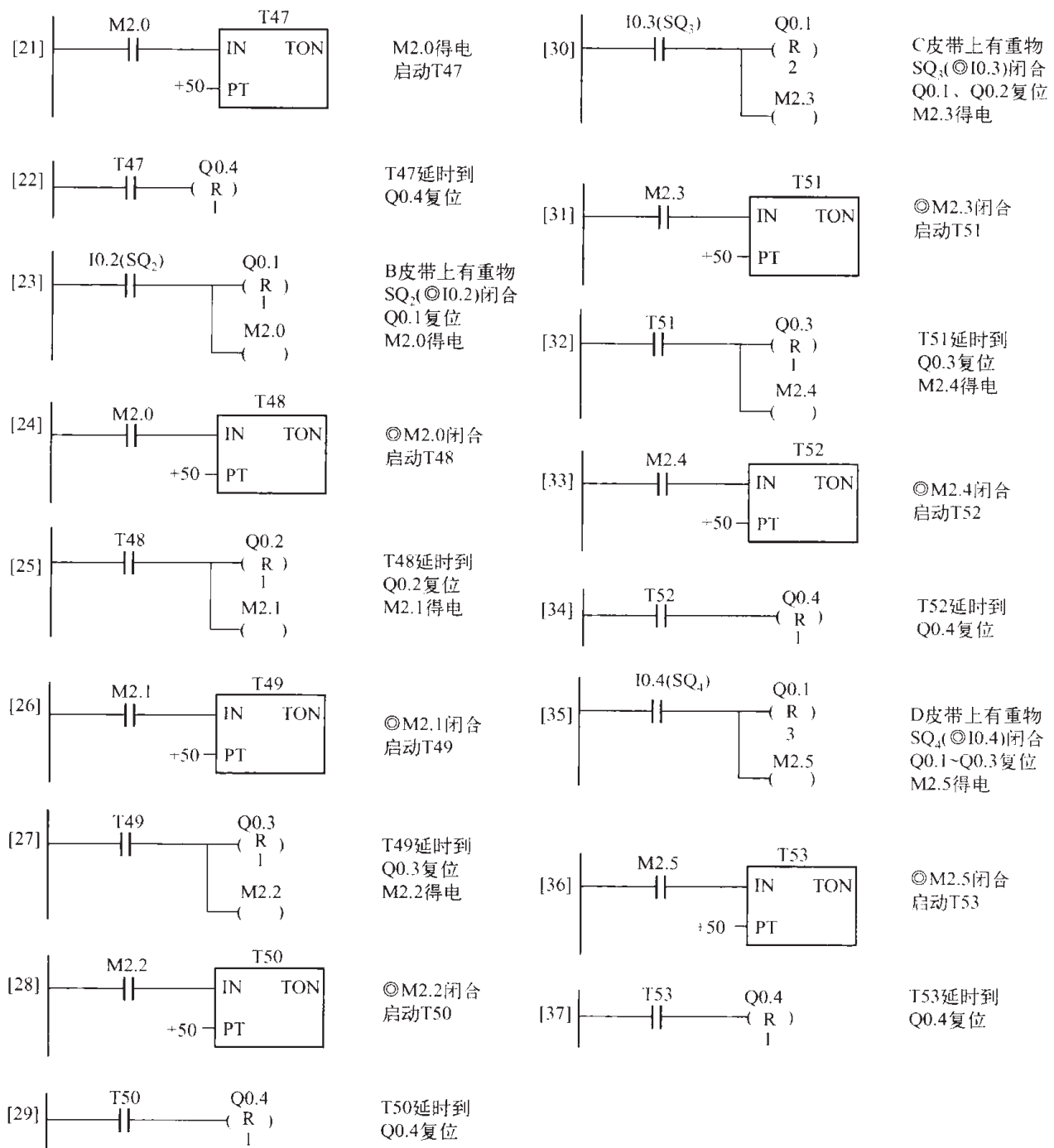
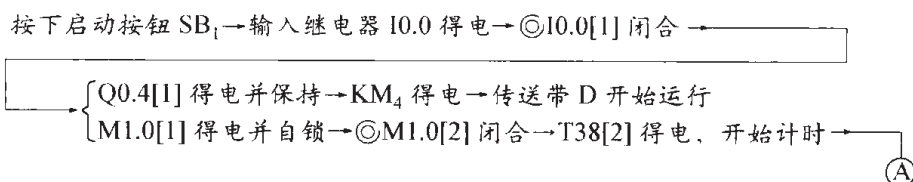
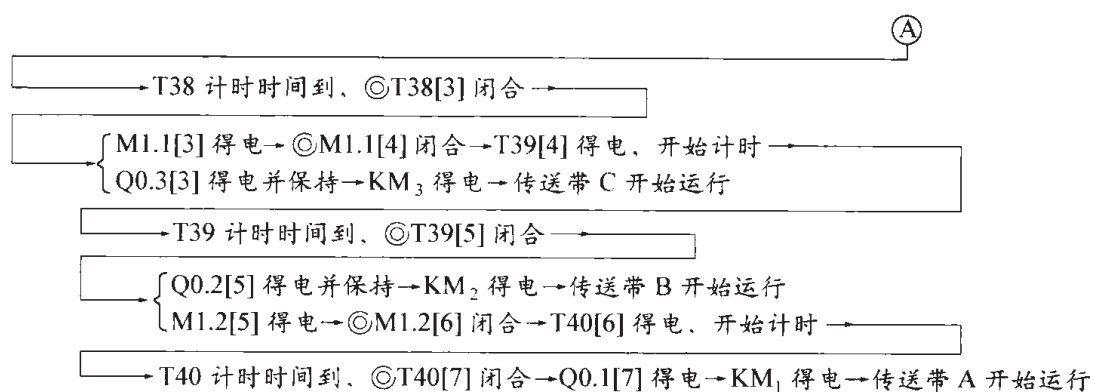


图5-27 梯形图(续)

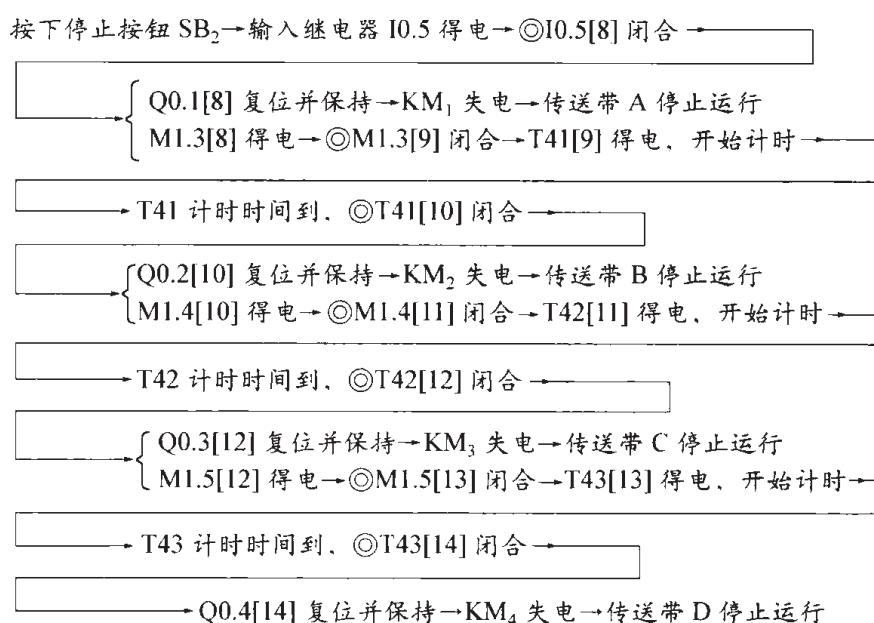
3. 电路工作过程

(1) 顺序启动[1]~[7]

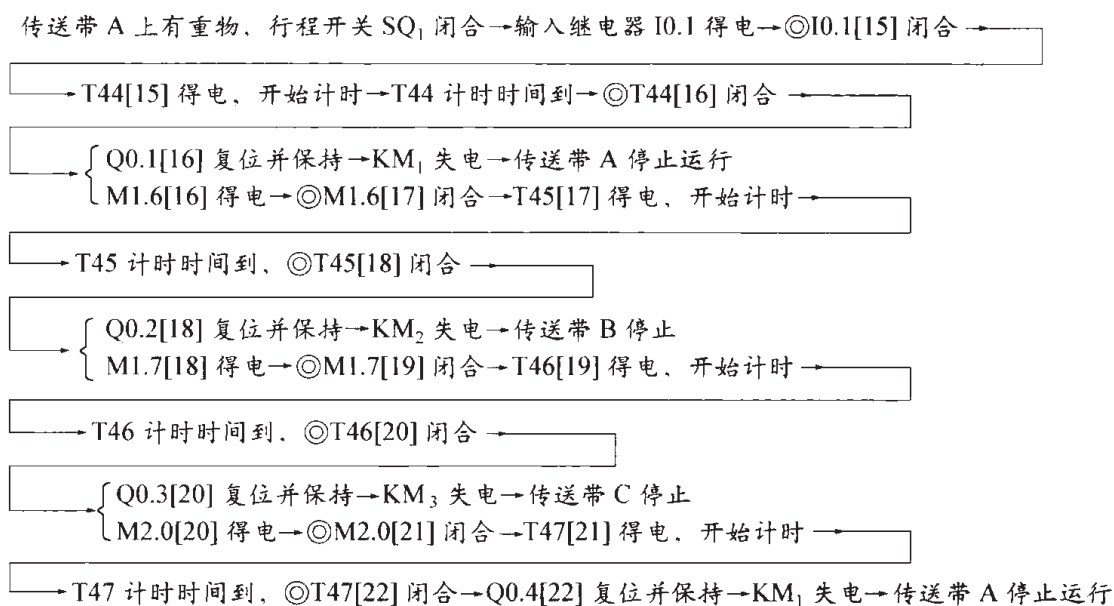




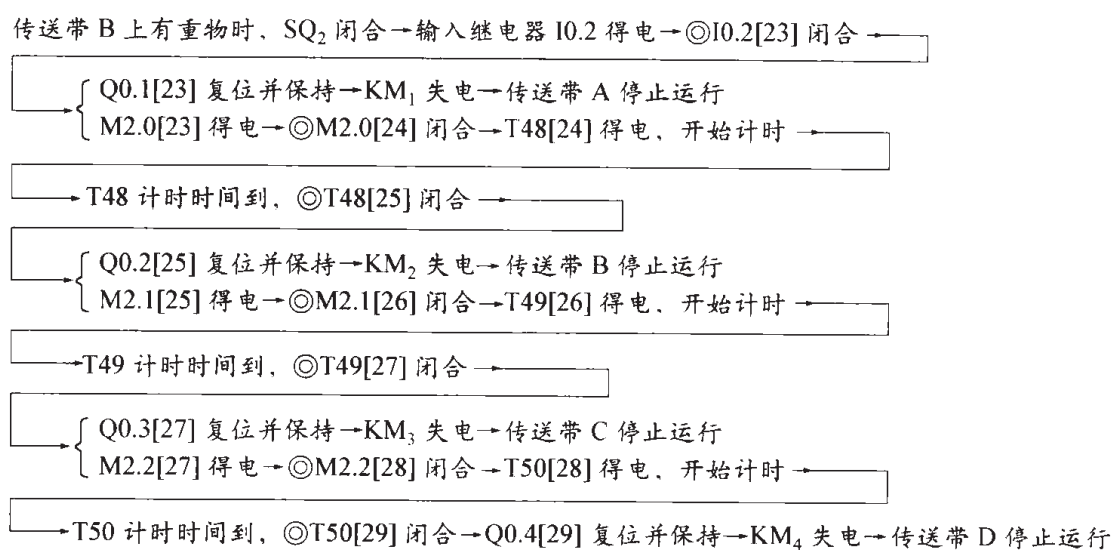
(2) 顺序停止[8] ~ [14]



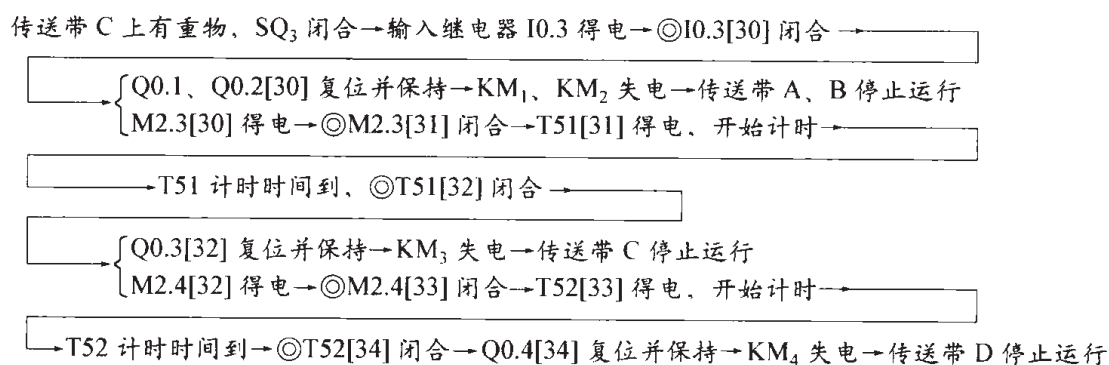
(3) 传送带 A 上有重物时的停止[15] ~ [22]



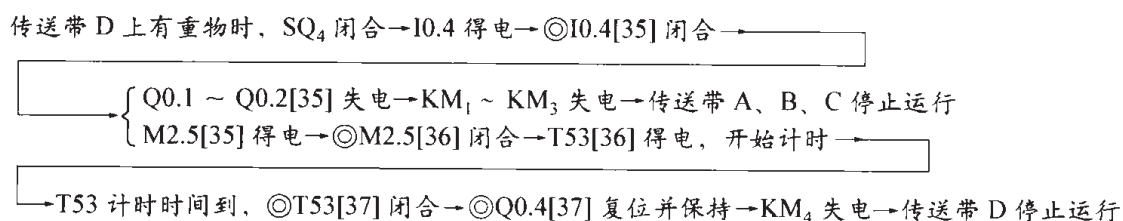
(4) 传送带 B 上有重物时的停止 [23] ~ [29]



(5) 传送带 C 上有物时停止 [30] ~ [34]



(6) 传送带 D 上有重物时停止 [35] ~ [37]



【例 5-8】用功能指令编程的台车的呼车控制

有一部电动运输小车供 8 个加工点使用。各工位的限位开关和呼车按钮布置如图 5-28 所示,图中 SQ 和 SB 的编号也是各工位的编号。 SQ 为滚轮式,可自动复位。

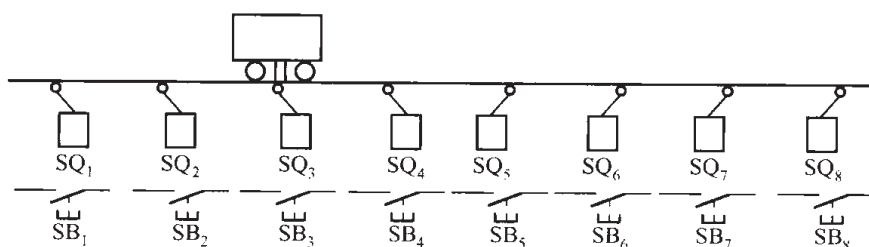


图 5-28 电动运输小车各工位的限位开关和呼车按钮的布置

1. 控制要求

① 送料车开始应能停留在 8 个工作台中任意一个到位开关的位置上。PLC 上电后,车停在某加工点(下称工位)。若没有用车呼叫(下称呼车)时,则各工位的指示灯亮,表示各工位可以呼车。

② 若某工位呼车(按本位的呼车按钮)时,各位的指示灯均灭,表示此后再呼车无效。

③ 停车位呼车则小车不动。当呼车位号大于停车位号时,小车自动向高位行驶;当呼车位号小于停车位号时,小车自动向低位行驶。当小车到达呼车位时自动停车。

④ 小车到达呼车位时应停留 30 s 供该工位使用,不应立即被其他工位呼走。

⑤ 临时停电后再复电,小车不会自动启动。

2. 输入/输出设备、PLC 的 I/O 配置

为了区别,工位依 1~8 编号并各设一个限位开关;为了呼车,每个工位设一呼车按钮,系统设启动及停车按钮各 1 个;小车设正反转接触器各 1 个。每工位设呼车指示灯各 1 个,且并联接于某一输出口上。

每个工位应设置一个限位开关和一个呼车按钮,系统要配置用于启动和停机的按钮,这些是 PLC 的输入元件;小车要用一台电动机拖动,电动机正转小车驶向高位,反转时小车驶向低位,电动机正转和反转各需要一个接触器,是 PLC 的执行元件。另外各工位还要有指示灯作为呼车显示。电动机和指示灯是 PLC 的控制对象。

PLC 的 I/O 配置如表 5-6 所示。

表 5-6 PLC 的 I/O 配置

| 限位开关(停车号) | | 呼车按钮(呼车号) | | 启动、停止 | | 输 出 | |
|-----------------|------|-----------------|------|--------------------------|------|----------|------|
| SQ ₁ | I2.0 | SB ₁ | I1.0 | 系统启动按钮 SB ₁ | I0.0 | 可呼车指示 | Q1.0 |
| SQ ₂ | I2.1 | SB ₂ | I1.1 | 系统停止工作按钮 SB ₂ | I0.1 | 电动机正转接触器 | Q0.0 |
| SQ ₃ | I2.2 | SB ₃ | I1.2 | | | 电动机反转接触器 | Q0.1 |
| SQ ₄ | I2.3 | SB ₄ | I1.3 | | | | |
| SQ ₅ | I2.4 | SB ₅ | I1.4 | | | | |
| SQ ₆ | I2.5 | SB ₆ | I1.5 | | | | |
| SQ ₇ | I2.6 | SB ₇ | I1.6 | | | | |
| SQ ₈ | I2.7 | SB ₈ | I1.7 | | | | |

3. 顺序功能图和梯形图

根据控制要求,绘制出如图 5-29 所示的顺序功能图,其梯形图如图 5-30 所示。为了实现图中功能,选择 S7-221 基本单元 1 台及 EM221 扩展单元 2 台组成系统。程序的编制则拟使用传送比较类指令。其基本原理为分别传送停车工位号及呼车工位号并比较后决定小车的运动方向。

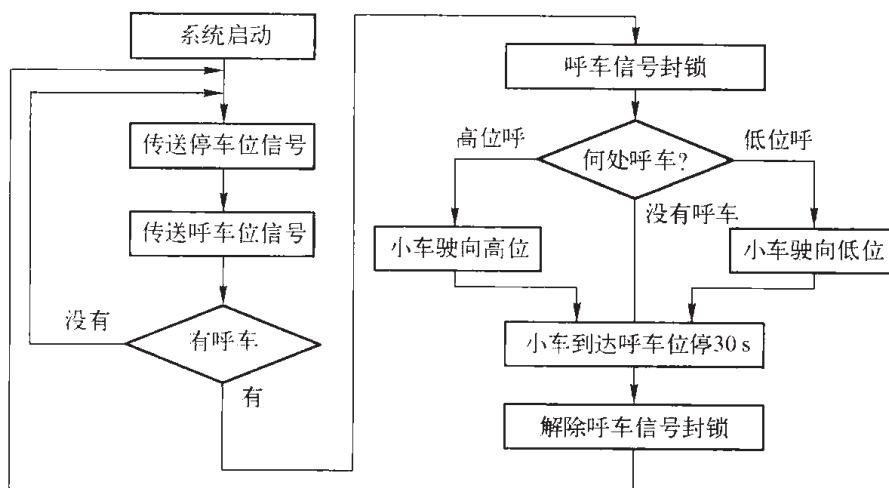


图 5-29 顺序功能图

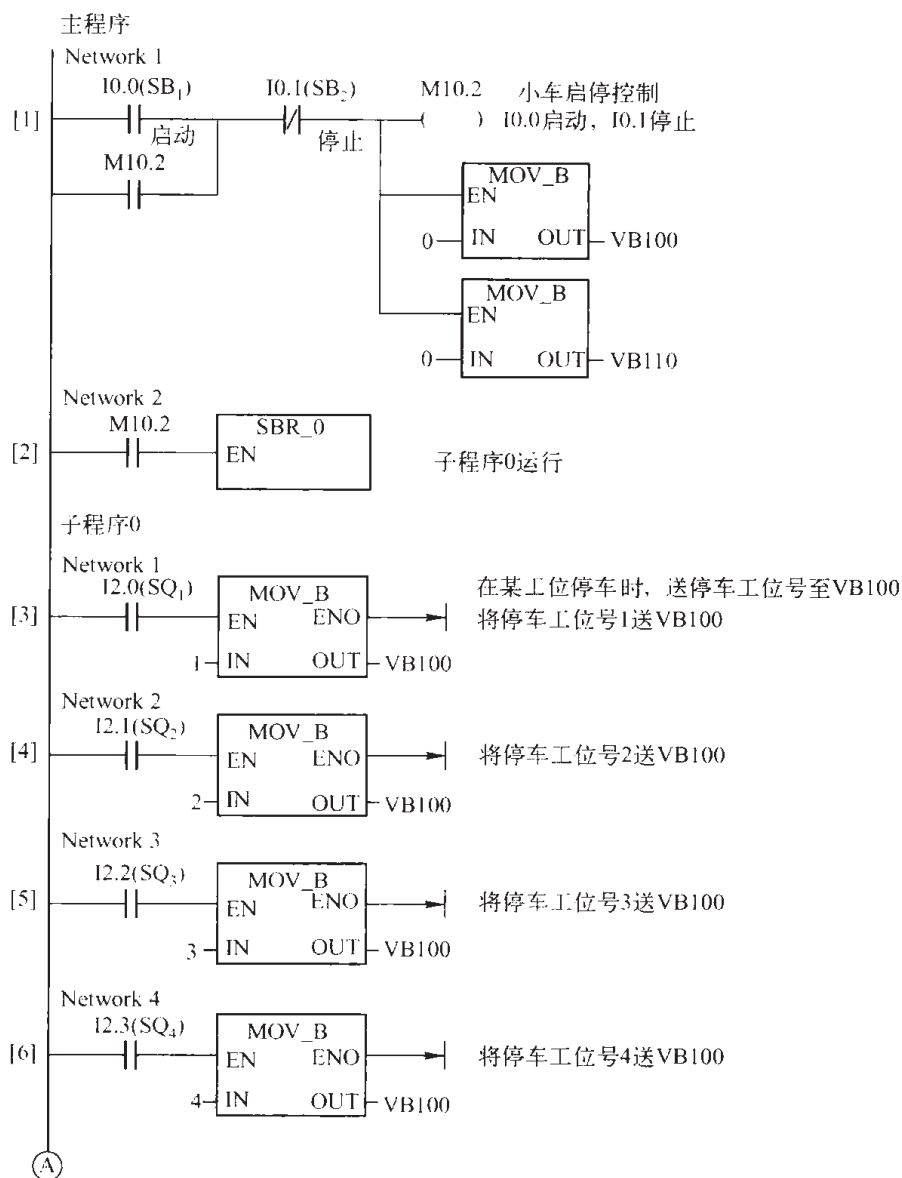


图 5-30 梯形图



图 5-30 梯形图(续)

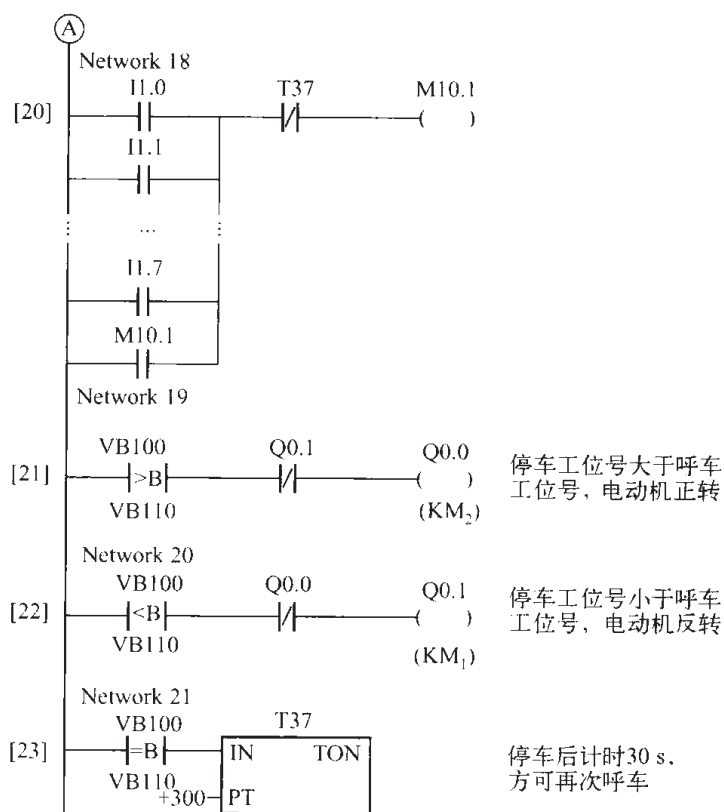


图 5-30 梯形图(续)

4. 识读要点

① 根据控制要求,采用传输指令和比较指令,即先把小车所在的工位号传输到一个内存单元 VB100 中,再把呼车的工位号传输到另一个内存单元 VB110 中,然后将这两个内存单元的内容进行比较。若呼车的位号大于停车的位号,则小车向高位行驶;若呼车的位号小于停车的位号,则小车向低位行驶。

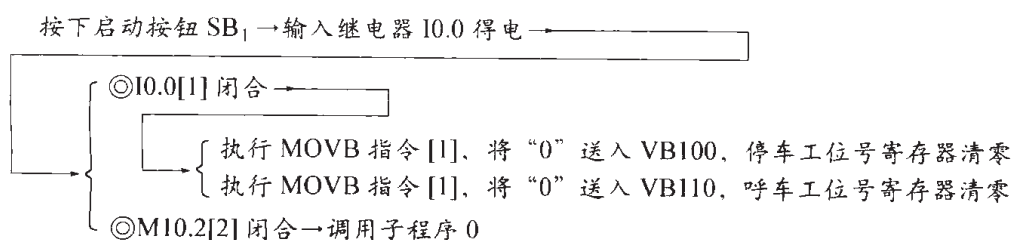
② 若有某工位呼车则应立即封锁其他工位的呼车信号。

③ 小车行驶到位后应在该工位停留一段时间,即延迟一定时间再解除对呼车信号的封锁。

④ M10.1 为呼车封锁中间继电器;M10.2 为系统启动中间继电器。

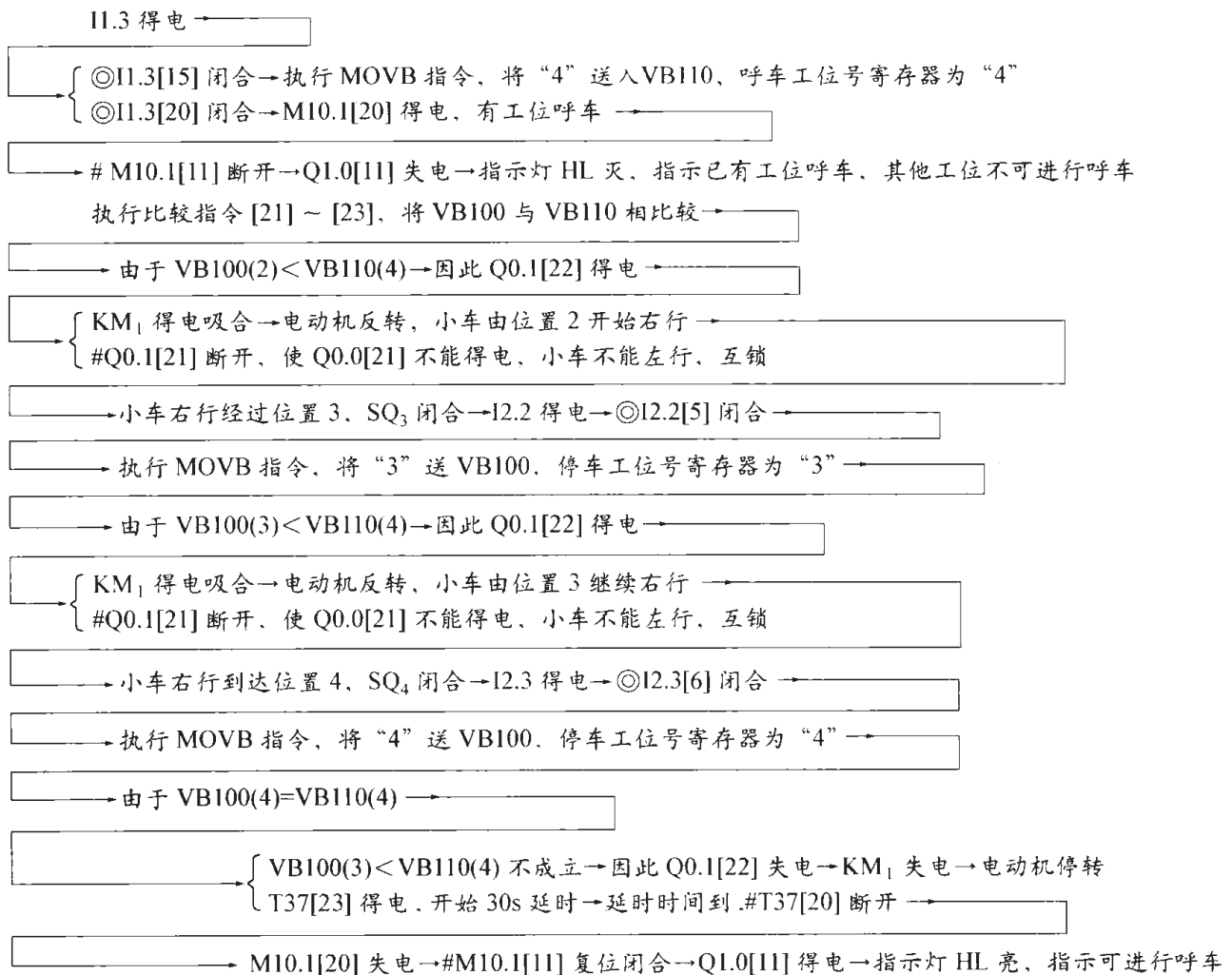
5. 电路工作过程

(1) 启动



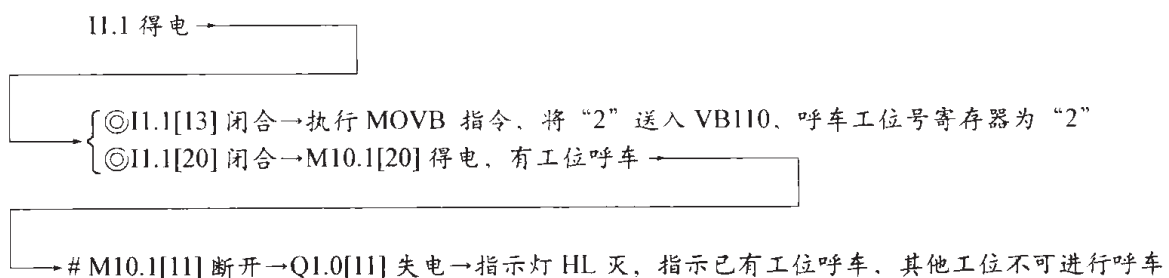
(2) 右行工作过程

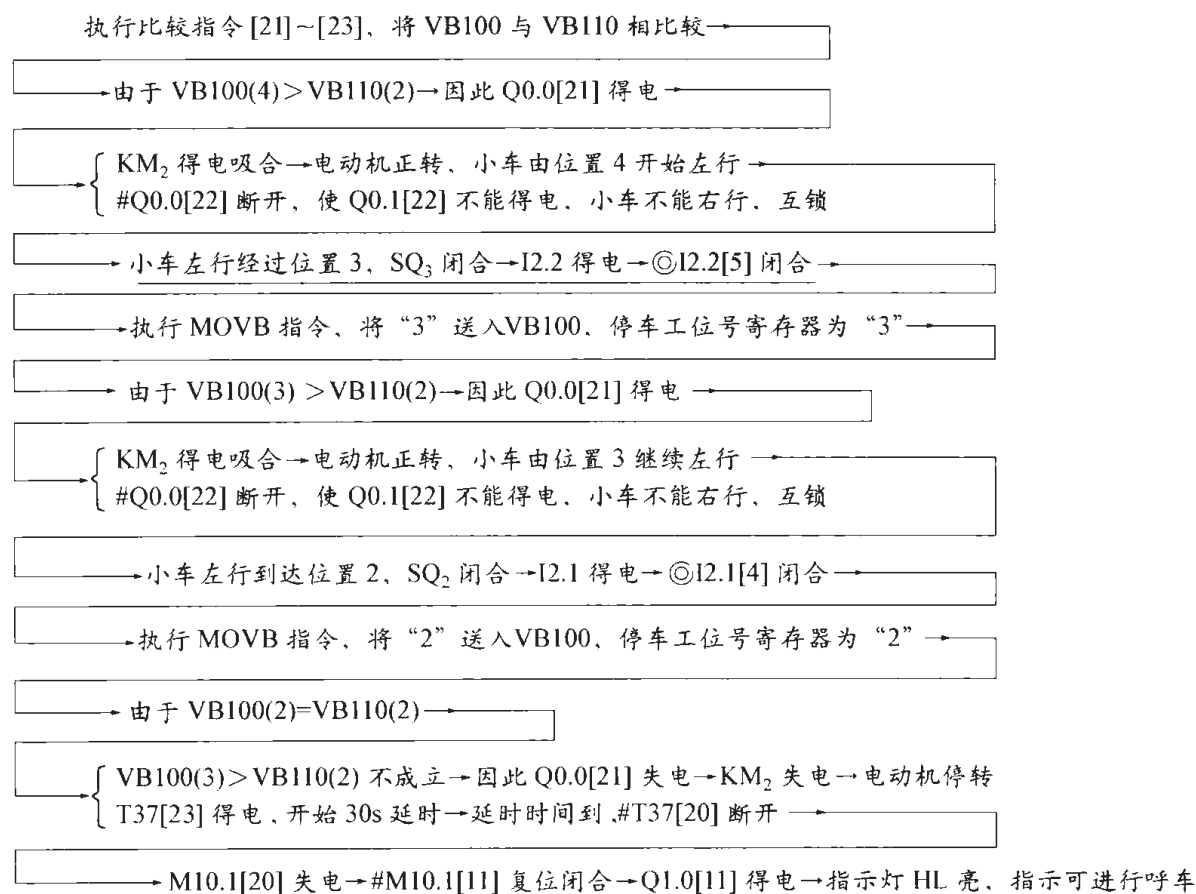
设送料小车现暂停于 2[#]工作台→SQ₂ 闭合→I2.1 得电→◎I2.1 [4] 闭合→执行 MOV_B 指令,将“2”送入 VB100,停车工位号寄存器为“2”。由于#M10.1 [11] 闭合→Q1.0 得电→指示灯 HL 亮,指示可进行呼车。这时 4[#]工作台呼叫→SB₄ 闭合→I1.3 得电。



(3) 左行工作过程

设送料小车现暂停于 4 号工作台→SQ₄ 闭合→I2.3 得电→◎I2.3 [6] 闭合→执行 MOV_B 指令 [6], 将“4”送入 VB100, 停车工位号寄存器为“4”。由于#M10.1 [11] 闭合→Q1.0 [11] 得电→指示灯 HL 亮, 指示可进行呼车。这时 2 号工作台呼叫→SB₂ 闭合→I1.1 得电。





(4) 原位不动

若小车停在 3 位, 而 3 号工作台呼叫, 则小车原位不动。

由于小车停在 3 位 → SQ₃ 受压 → I2.2 得电 → ◎I2.2[5] 闭合 → 执行 MOVB 指令 [5], 将 “3” 送入 VB100, 停车工位号寄存器为 “3”。

3 号工作台呼叫 → SB₃ 闭合 → I1.2 得电 → ◎I1.2[3-3] 闭合 → 执行 MOVB 指令 [4], 将 “3” 送入 VB110, 停车工位号寄存器为 “3”

由于 VB100(3) = VB110(3), 因此执行比较指令 [21] ~ [23] 时, Q0.0、Q0.1 不能得电, KM₂、KM₂ 不能得电 → 电动机停转, 小车原位不动。

而 T37[23] 得电, 开始 30s 延时 → 延时时间到, #T37[20] 断开 →

→ M10.1[20] 失电 → #M10.1[11] 复位闭合 → Q1.0[11] 得电 → 指示灯 HL 亮, 指示可进行呼车

【例 5-9】 传送带的 PLC 控制

1. 控制要求

按下启动按钮, 运货车到位, 传送带开始传送工件。当件数检测仪检测到三个工件时, 推板机推动工件到运货车, 此时传送带停止传送; 当工件送到运货车后, 推板机返回, 传送带又开始传送, 计数器复位, 并准备再重新计数。

2. PLC 的 I/O 配置和梯形图

表 5-7 为 PLC 的 I/O 配置表, 其梯形图如图 5-31 所示。

表 5-7 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|-------|-----------|-----------------|-------|-----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 启动按钮 | I0.0 | KM ₁ | 传送带 | Q0.0 |
| SB ₂ | 停止按钮 | I0.1 | KM ₂ | 推板机正转 | Q0.1 |
| SP | 工件检测 | I0.2 | KM ₃ | 推板机反转 | Q0.2 |
| SQ | 运货车到位 | I0.3 | | | |

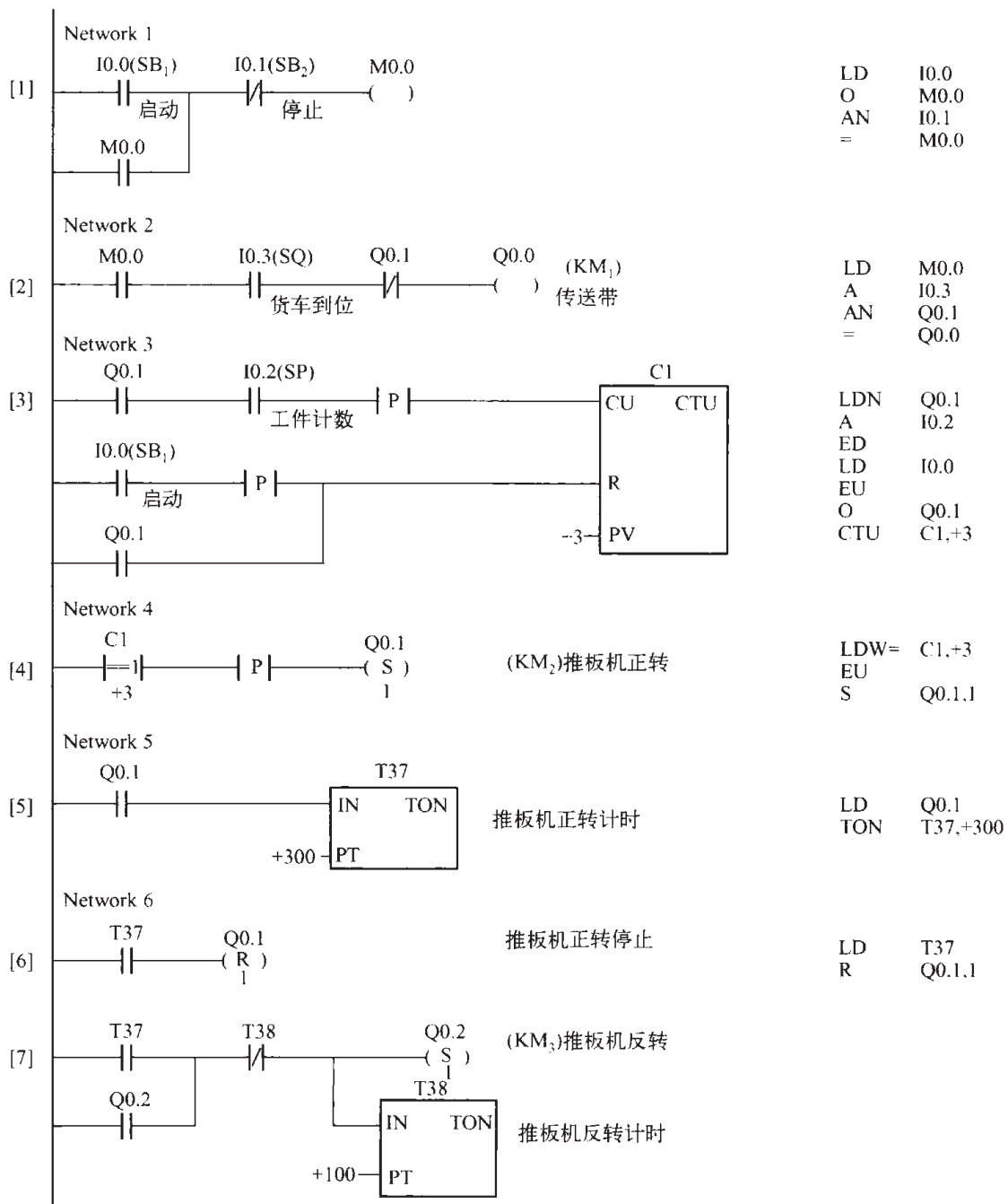
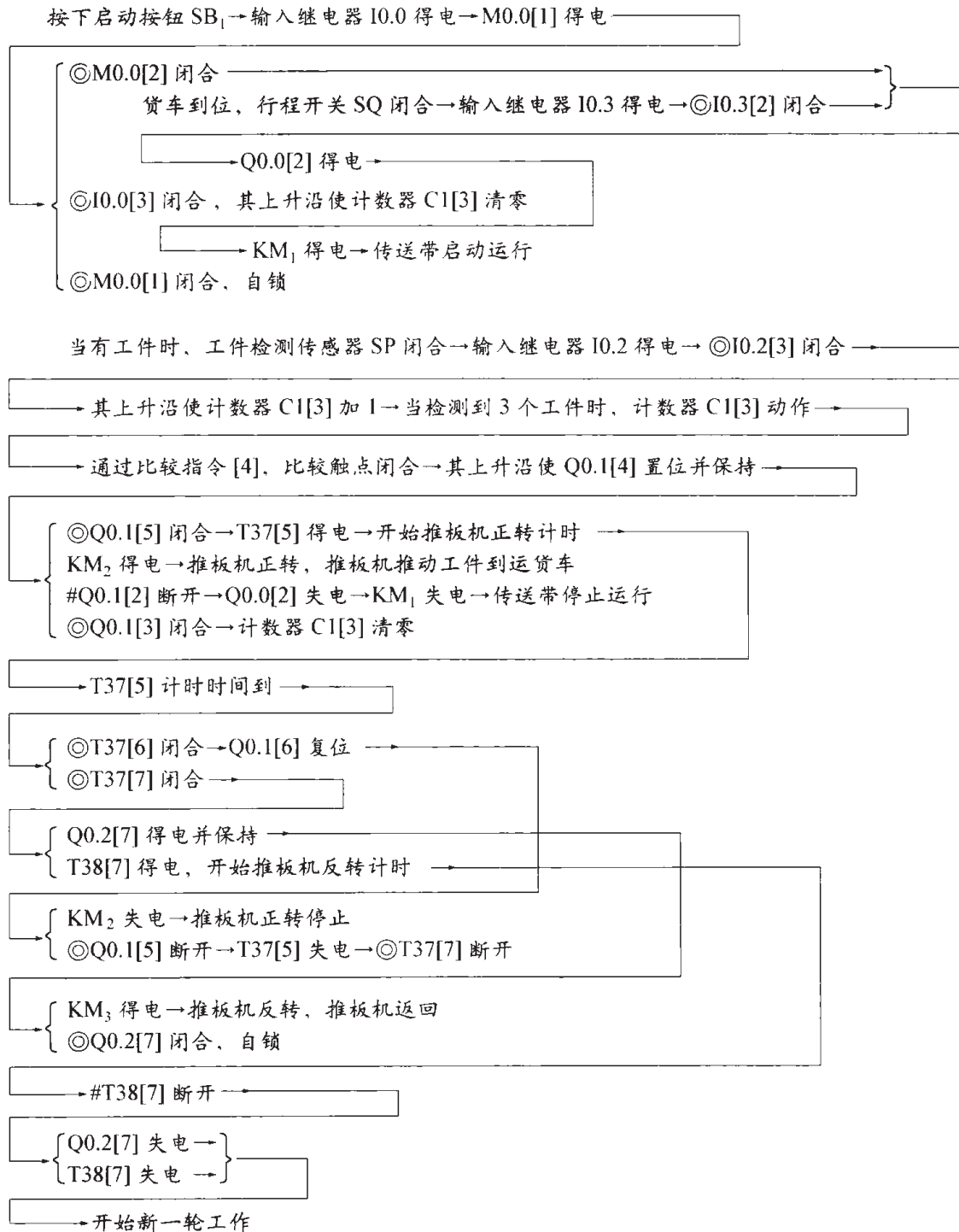


图 5-31 梯形图

3. 电路工作过程



第6章

PLC 在建筑设备控制中的应用

【例6-1】 仓库大门的 PLC 控制

用 PLC 控制仓库大门的自动打开和关闭,以便让车辆进入或离开仓库。如图 6-1 所示为仓库大门控制示意图。

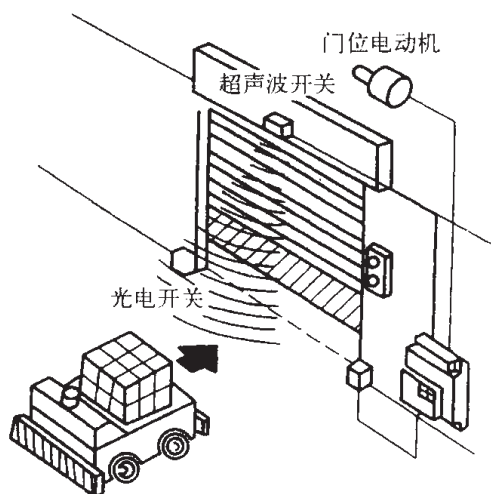


图 6-1 PLC 控制仓库大门控制示意图

1. 控制要求

① 在操作面板上设有 SB_1 和 SB_2 两个动合按钮,其中 SB_1 用来启用大门控制系统, SB_2 用于停止大门控制系统。

② 用两种不同的传感器检测车辆。

用超声波接收开关检测是否有车辆要进入大门。当本单位的车辆驶近大门时,车上发出特定编码的超声波,被门上的超声波接收器识别出,输出逻辑“1”信号,则开启大门。

用光电开关检测车辆是否已进入大门。光电开关由发射头和接收头两部分组成,发射头发出特定频谱的红外光束,由接收头加以接收。当红外光束被车辆遮住时,接收头输出逻辑“1”;当红外光束未被车辆遮住时,接收头输出逻辑“0”。当光电开关检测到车辆已进入大门时,则关闭大门。

③ 门的上限装有限位开关 SQ_1 ,门的下限装有限位开关 SQ_2 。

④ 门的上下运动由电动机驱动,开门接触器 KM_1 闭合时门打开,关门接触器 KM_2 闭合时

门关闭。

2. PLC的I/O配置和I/O接线

表6-1 仓库大门控制PLC的I/O配置

| 输入设备 | | PLC输入继电器 | 输出设备 | | PLC输出继电器 |
|-----------------|------------|----------|-----------------|-------|----------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 启用大门控制系统按钮 | I0.0 | KM ₁ | 开门接触器 | Q0.1 |
| SB ₂ | 停用大门控制系统按钮 | I0.1 | KM ₂ | 关门接触器 | Q0.2 |
| SA ₁ | 超声波开关 | I0.2 | | | |
| SA ₂ | 光电开关 | I0.3 | | | |
| SQ ₁ | 门上限位开关 | I0.4 | | | |
| SQ ₂ | 门下限位开关 | I0.5 | | | |

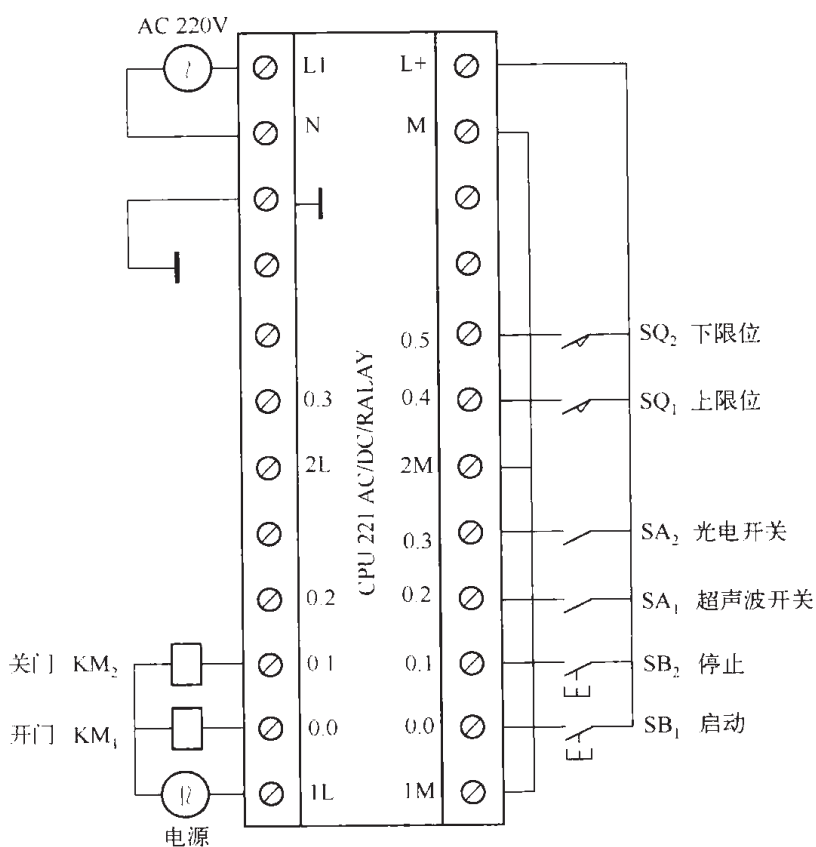


图6-2 仓库大门控制PLC的I/O接线

3. 梯形图

图6-3为仓库大门PLC控制梯形图。

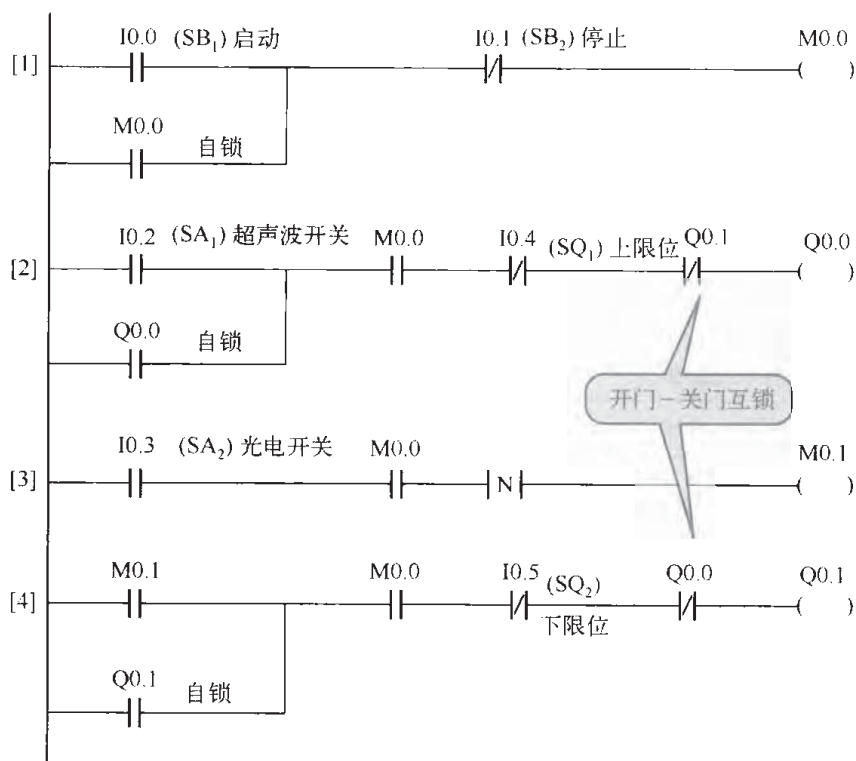
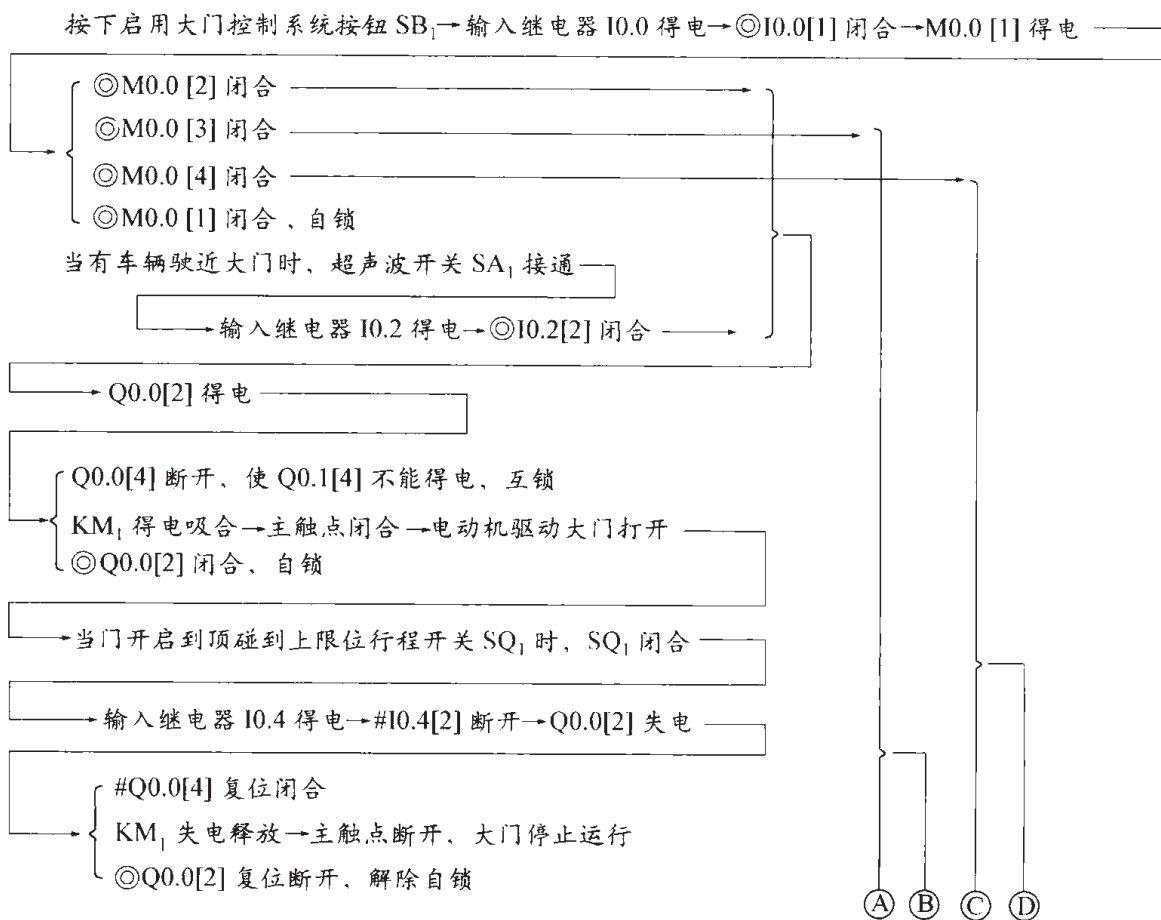
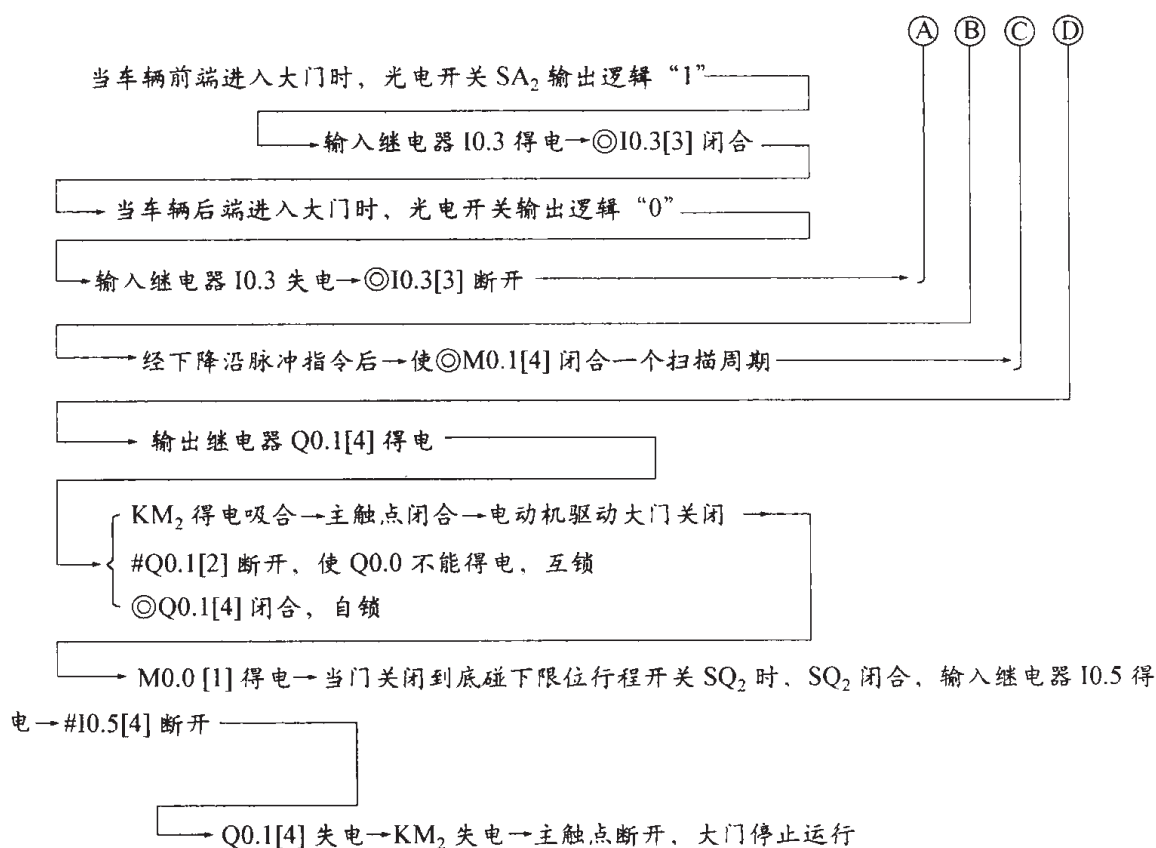


图 6-3 仓库大门 PLC 控制梯形图

4. 电路工作过程





当按下停用大门控制系统按钮 SB_2 , 输入继电器 $I0.1$ 动断触点断开, 内部辅助继电器 $M0.0$ 断开, 其动合触点均断开, 从而使输出继电器 $Q0.0$ 和 $Q0.1$ 不能接通, 因此大门不会动作。

【例6-2】 使用启-保-停电路的编程自动门控制系统

1. 控制要求

许多公共场所都采用自动门, 人靠近自动门时, 感应器 $I0.0$ 为 ON, $Q0.0$ 驱动电动机高速开门, 碰到开门减速开关 $I0.1$ 时, 变为减速开门。碰到开门极限开关 $I0.2$ 时电动机停转, 开始延时。若在 0.5 s 内感应器检测到无人, $Q0.2$ 启动电动机高速关门。碰到关门减速开关 $I0.4$ 时, 改为减速关门, 碰到关门极限开关 $I0.5$ 时电动机停转。在关门期间若感应器检测到有人, 停止关门, $T1$ 延时 0.5 s 后自动转换为高速开门。

2. 自动门控制系统的顺序功能图

图6-4为自动门控制系统的顺序功能图, 其梯形图如图6-5所示。

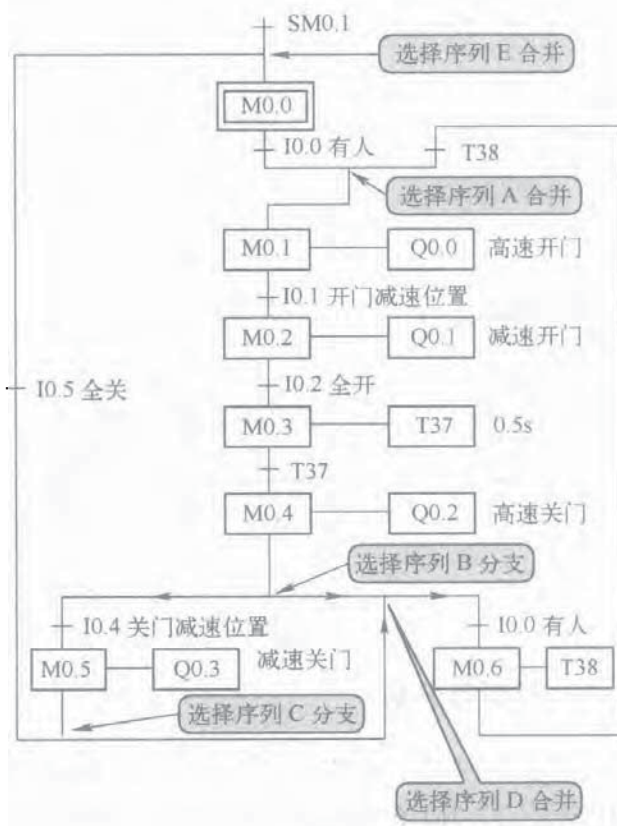


图6-4 自动门控制系统的顺序功能图

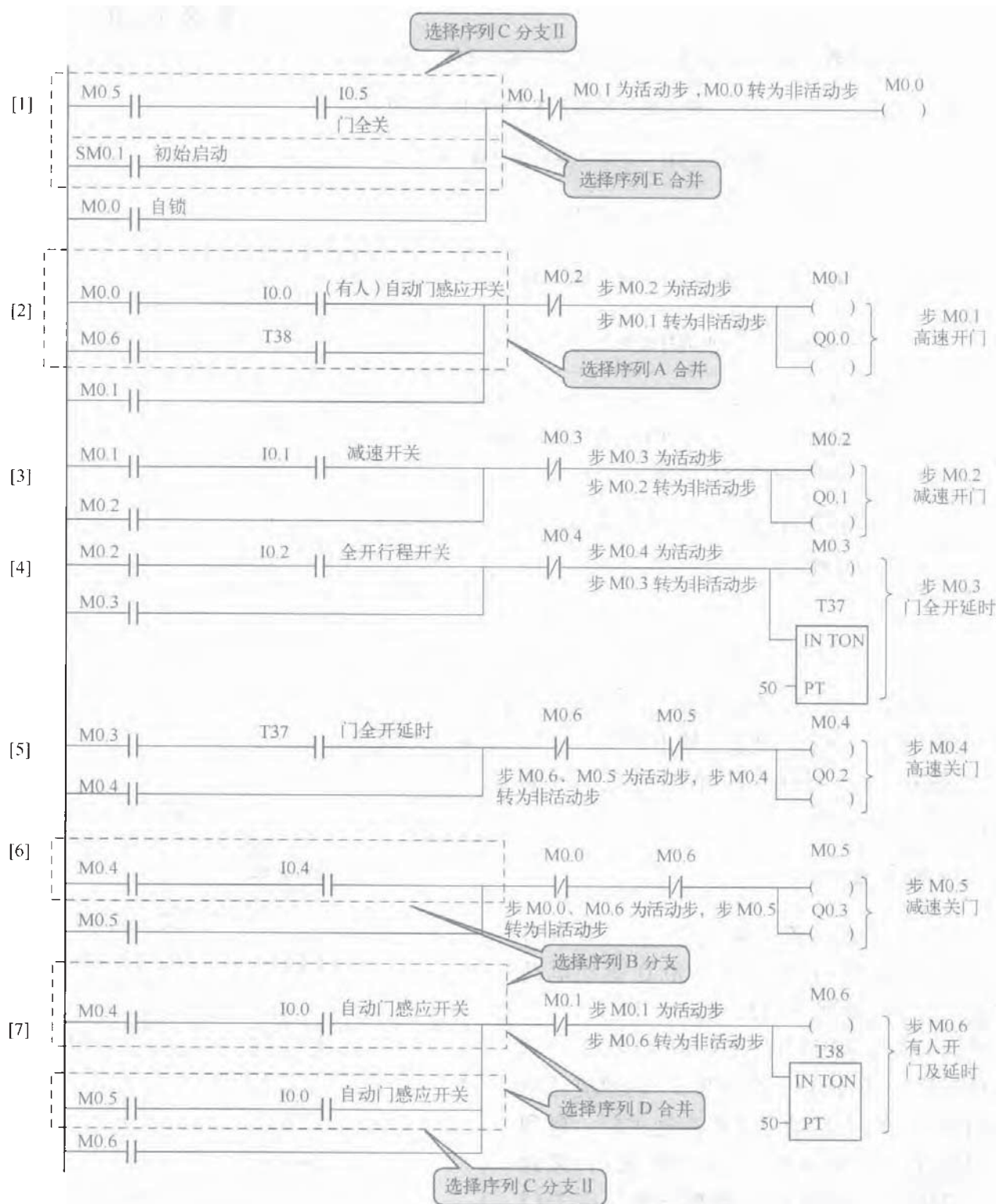


图 6-5 梯形图

3. 控制步分析

在图 6-4 中,步 M0.1 之前有一个选择序列 A 的合并,当步 M0.0 为活动步并且转换条件 I0.0 满足,或 M0.6 为活动步并且转换条件 T38 满足时,步 M0.1 都应变为活动步,即控制 M0.1 的启动、保持、停止电路的启动条件应为 M0.0 和 I0.0 的动合开触点串联电路与 M0.6

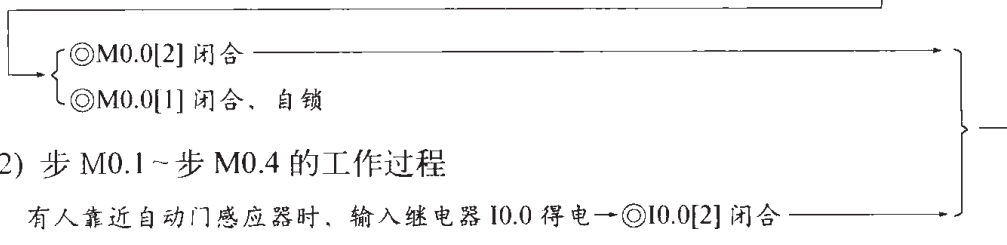
和 T38 的动合触点串联电路进行并联(见图 6-5 中的[2]段)。

在图 6-4 中步 M0.4 之后有一个选择序列 B 的分支,当它的后续步 M0.5、M0.6 变为活动步时,它应变为不活动步,因此需将 M0.5 和 M0.6 的动断触点与 M0.4 的线圈串联(见图 6-5 中的[5]段)。同样 M0.5 之后也有一个选择序列 C 的分支,当它的后续步 M0.0、M0.6 变为活动步时,它应变为不活动步,因此需将 M0.0、M0.6 的动断触点与 M0.5 线圈串联(见图 6-5 中的[6]段)。

4. 电路工作过程

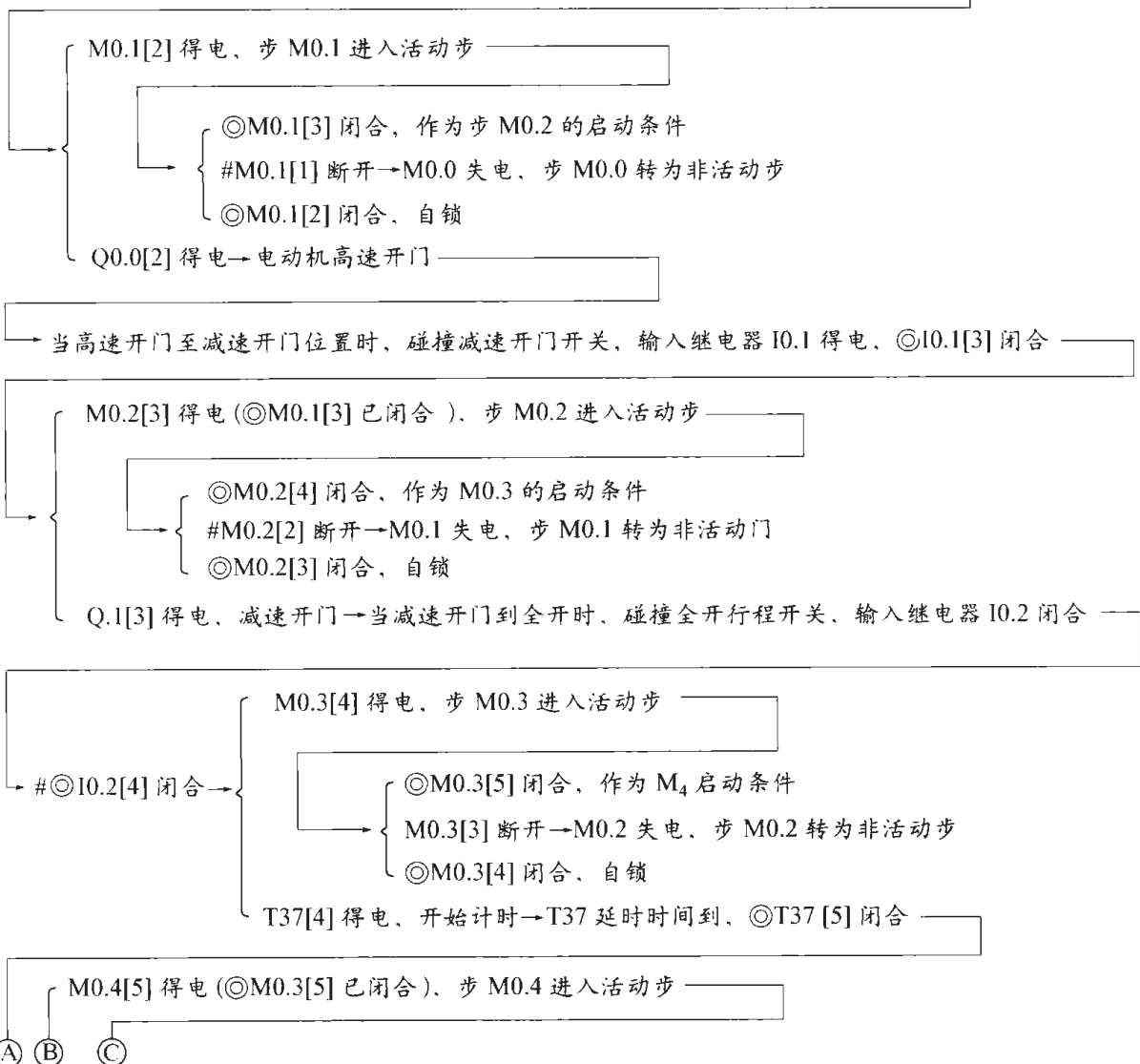
(1) 初始启动

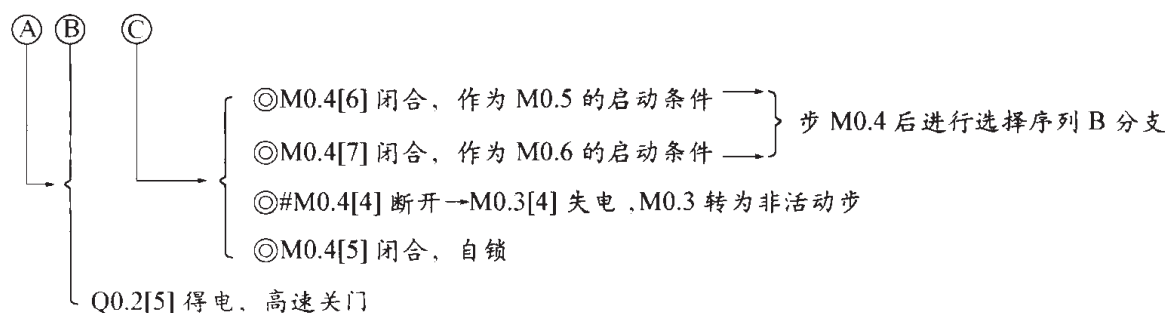
PLC 开始运行后, SM0.1 自动接通 1 个扫描周期→M0.0 得电



(2) 步 M0.1~步 M0.4 的工作过程

有人靠近自动门感应器时,输入继电器 I0.0 得电→◎I0.0[2] 闭合



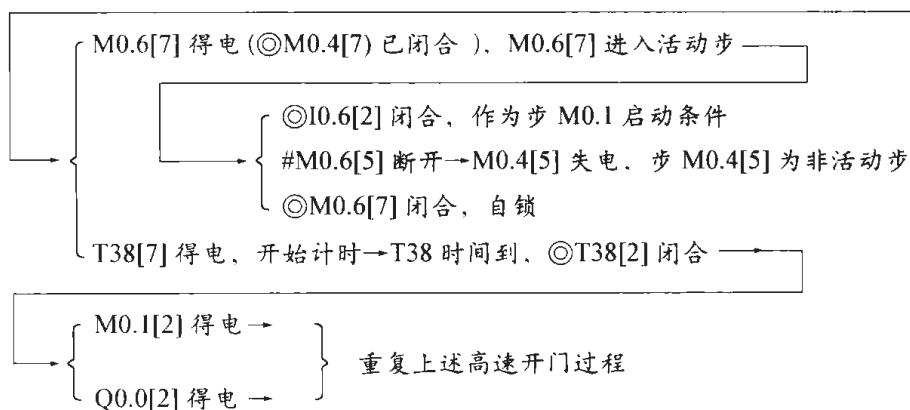


(3) 步 M0.4 后进行选择序列 B 分支

步 M0.4 的进行选择序列 B 分支, M0.4 为活动步, 动合触点 ◎M0.4[6]、◎M0.4[7] 已闭合, 因此由步 M0.4 进入步 M0.5 或 M0.6, 就取决于动合触点 ◎I0.4[6]、◎I0.0[7]。

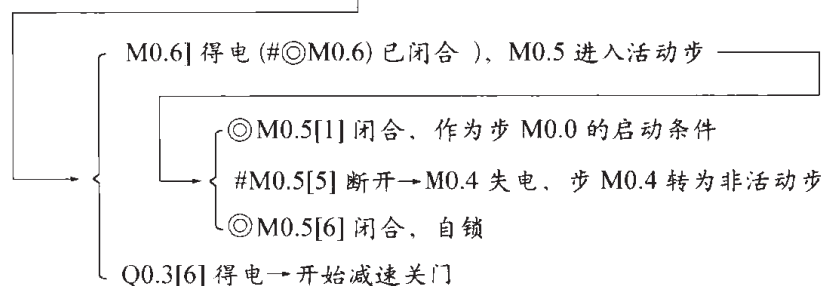
① 有人靠近自动门感应器:

若在高速关门过程中, 有人靠近自动门感应器, 输入继电器 I0.0 得电, ◎I0.0[7] 闭合



② 无人靠近自动门感应器:

若高速关门过程中, 没有人靠近自动门, 即 ◎I0.0[7] 断开, 当高速关门至减速关门位置时, 输入继电器 I0.4 得电 → ◎I0.4[6] 闭合

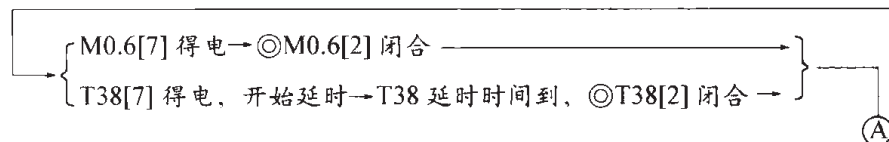


(4) 步 M0.5 后进行选择序列 C 分支

当在关门过程中, M0.5 为活动步时, ◎M.5[6] 闭合、◎M0.7] 闭合。

① 有人靠近自动门感应器:

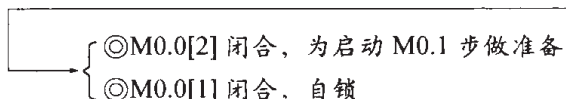
有人靠近自动门感应器, I0.0 得电, ◎I0.0[7] 闭合 (◎M0.5[7] 已闭合)





② 无人靠近自动门感应器:

无人靠近自动门感应器, I0.0 失电, \odot I0.0[7] 断开; 当门全关后, 门全关行程开关闭合, 输入继电器 I0.5 得电 \rightarrow \odot I0.5[1] 闭合 ($\#$ \odot M0.5[1] 已闭合) \rightarrow M0.0[1] 闭合, 步 M0.0 进入活动步 \rightarrow



【例6-3】水塔供水系统的 PLC 控制

某高层住宅屋顶上设有 4.2 m 高的生活水箱, 由设在地下设备层的 2 台水泵为其供水。水箱正常水位变化为 3.5 m, 由安装在水箱内的上、下液位开关 SL_1 和 SL_2 分别对水箱的上限水位和下限水位进行控制。

1. 控制要求

① 两台电动机均采用 Y— Δ 减压启动。

② 设有手动/自动方式转换开关 SA。

在手动方式时(触点 SA_2 闭合、 SA_1 断开), 可由操作者分别启动每台水泵, 水泵之间不进行联动。

在自动方式时, 由上、下液位开关 SL_1 、 SL_2 对水泵的启、停自动控制, 且启动时要联动。

③ 两台水泵互为备用。在正常情况下要求一用一备, 当运行中任意一台机组出现故障, 备用机组应立即投入运行。为了防止备用泵长期闲置而锈蚀, 要求备用机组可在操作台上用按钮任意切换。

④ 在控制台上 2 台水泵的备用状态运行、故障指示及上、液位指示。

2. PLC 控制电路、I/O 配置和梯形图

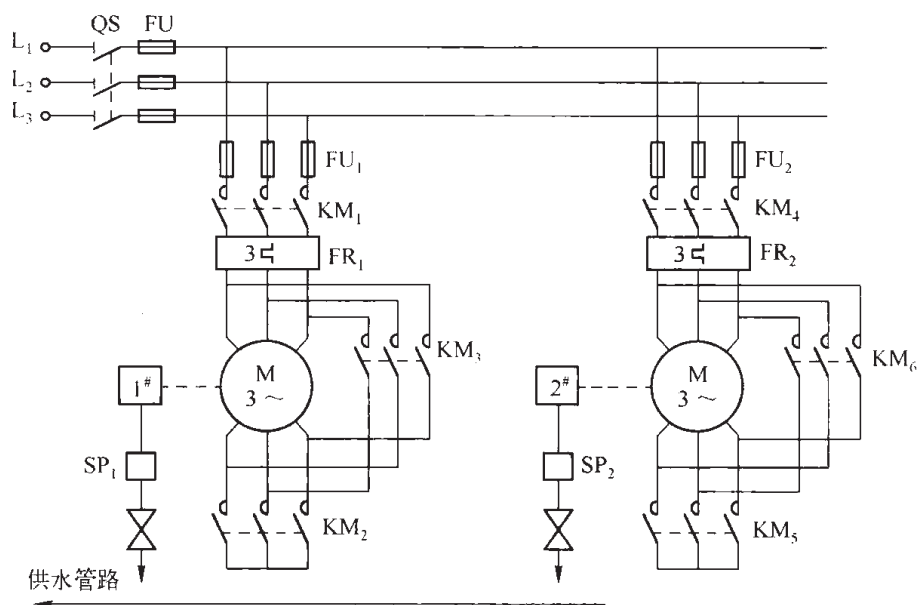
图 6-6 为水塔供水系统的 PLC 控制电路, 其 I/O 配置如表 6-2 所示, 梯形图如图 6-7 所示。

表 6-2 输入/输出设备与 I/O 配置

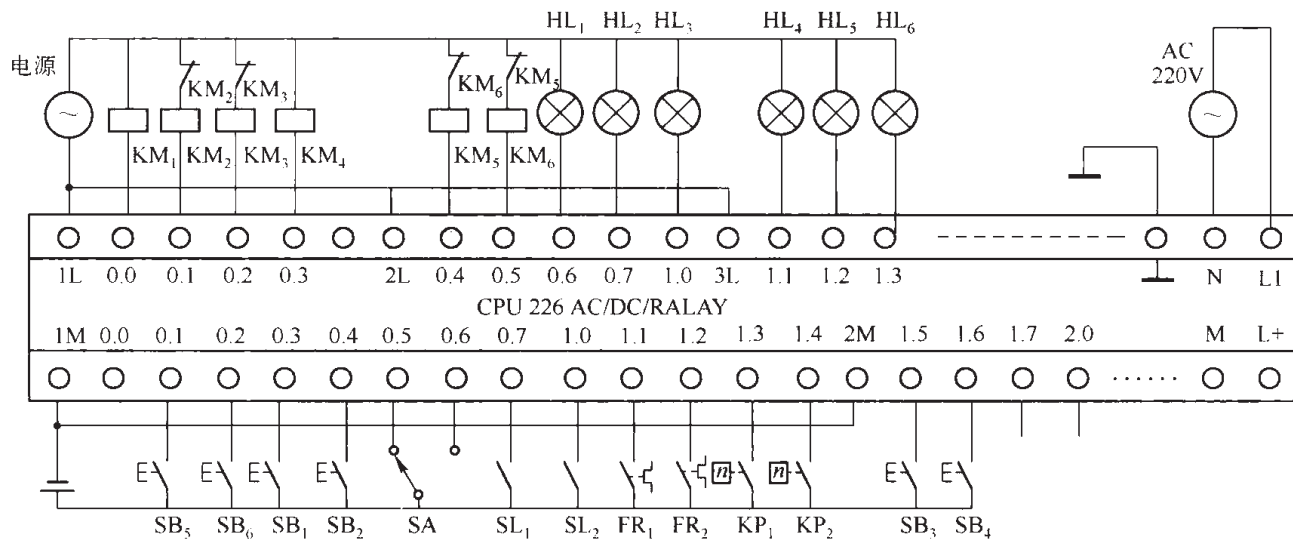
| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|--------------|--------------|-----------------|---------------------|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₅ | 选择 1# 机组备用按钮 | I0.1 | KM ₁ | 1# 电动机电源接触器 | Q0.0 |
| SB ₆ | 选择 2# 机组备用按钮 | I0.2 | KM ₂ | 1# 电动机 Y 接触器 | Q0.1 |
| SB ₁ | 1# 机组手动启动按钮 | I0.3 | KM ₃ | 1# 电动机 Δ 接触器 | Q0.2 |
| SB ₂ | 2# 机组手动启动按钮 | I0.4 | KM ₄ | 2# 电动机电源接触器 | Q0.3 |
| SA ₁ | 选择手动工作方式 | I0.5 | KM ₅ | 2# 电动机 Y 接触器 | Q0.4 |
| SA ₂ | 选择自动工作方式 | I0.6 | KM ₆ | 2# 电动机 Δ 接触器 | Q0.5 |

续表

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|-----------|--------------|-----------------|----------|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SL ₁ | 水位上限触点 | I0.7 | HL ₁ | 1#泵备用指示 | Q0.6 |
| SL ₂ | 水位下限触点 | I1.0 | HL ₂ | 2#泵备用指示 | Q0.7 |
| FR ₁ | 1#电动机热继电器 | I1.1 | HL ₃ | 水位上限报警 | Q1.0 |
| FR ₂ | 2#电动机热继电器 | I1.2 | HL ₄ | 水位下限报警 | Q1.1 |
| SP ₁ | 1#水泵压力继电器 | I1.3 | HL ₅ | 1#机组故障指示 | Q1.2 |
| SP ₂ | 2#水泵压力继电器 | I1.4 | HL ₆ | 2#机组故障指示 | Q1.3 |
| SB ₃ | 1#机组停止按钮 | I1.5 | | | |
| SB ₄ | 2#机组停止按钮 | I1.6 | | | |



(a) 主电路



(b) PLC 的 I/O 接线

图 6-6 水塔供水系统的 PLC 控制电路

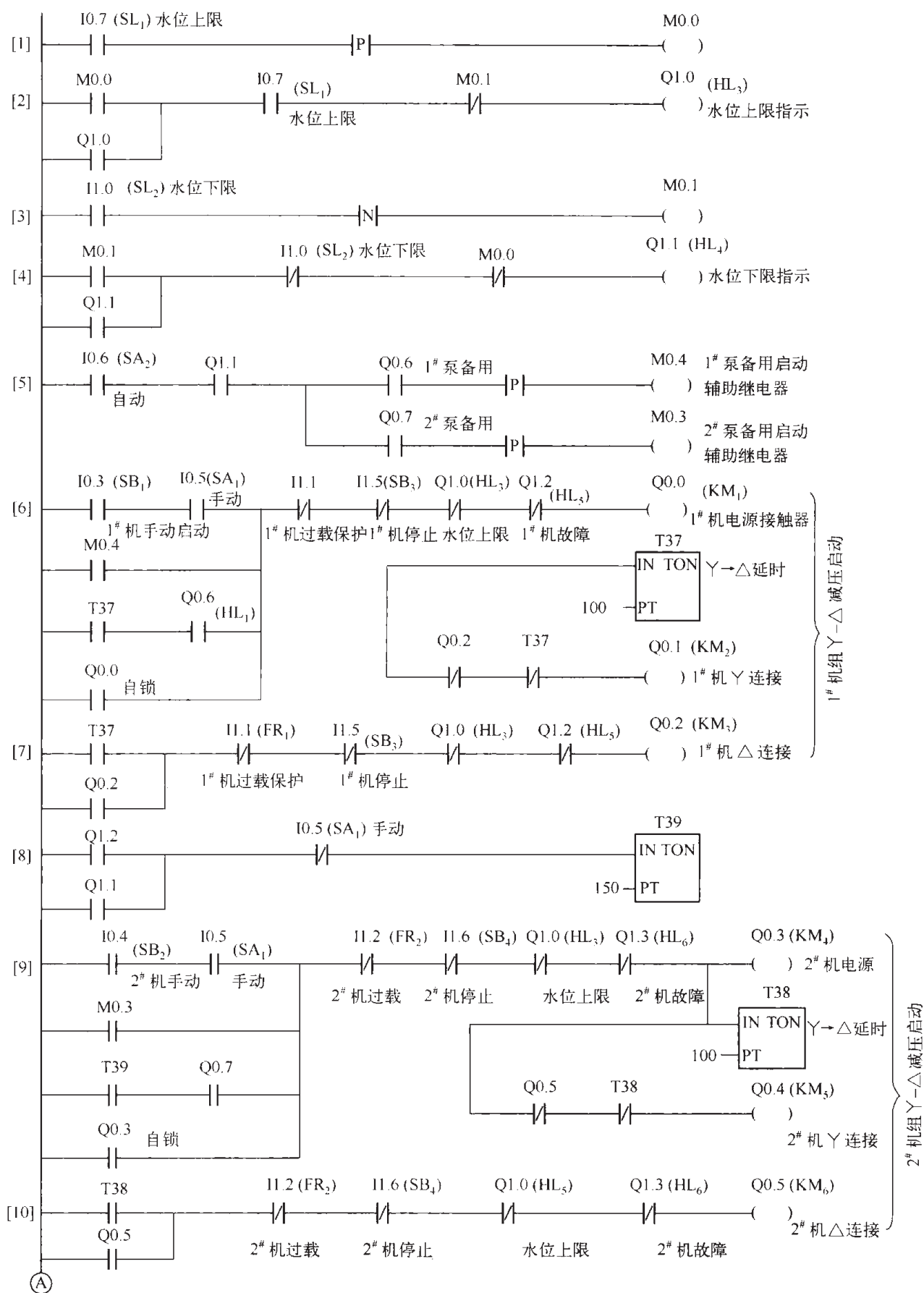


图 6-7 梯形图

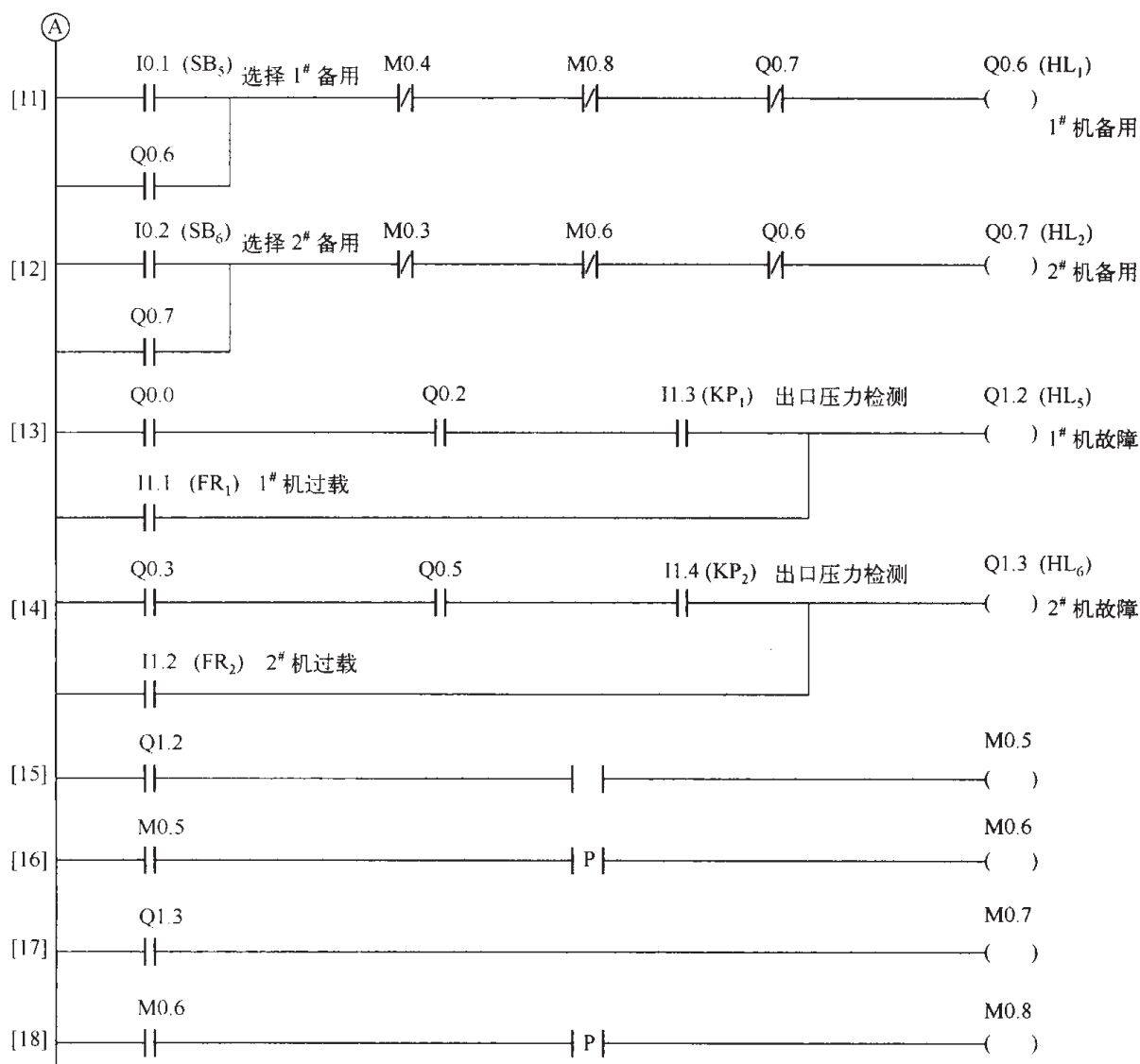


图 6-7 梯形图(续)

3. 电路工作过程

(1) 备用泵选择

若选择 2[#] 泵备用, 按下 2[#] 泵备用按钮 SB6 → 输入继电器 I0.2 得电 → ◎I0.2[12] 闭合 → Q0.7[12] 得电

{ HL₂ 亮, 指示 2[#] 泵备用
 ◎Q0.7[5] 闭合, 为启动 2[#] 备用机组做准备
 #Q0.7[11] 断开 → Q0.6[11] 失电, 清除 1[#] 电动机以前的备用记忆、互锁

(2) 上、下液位指示

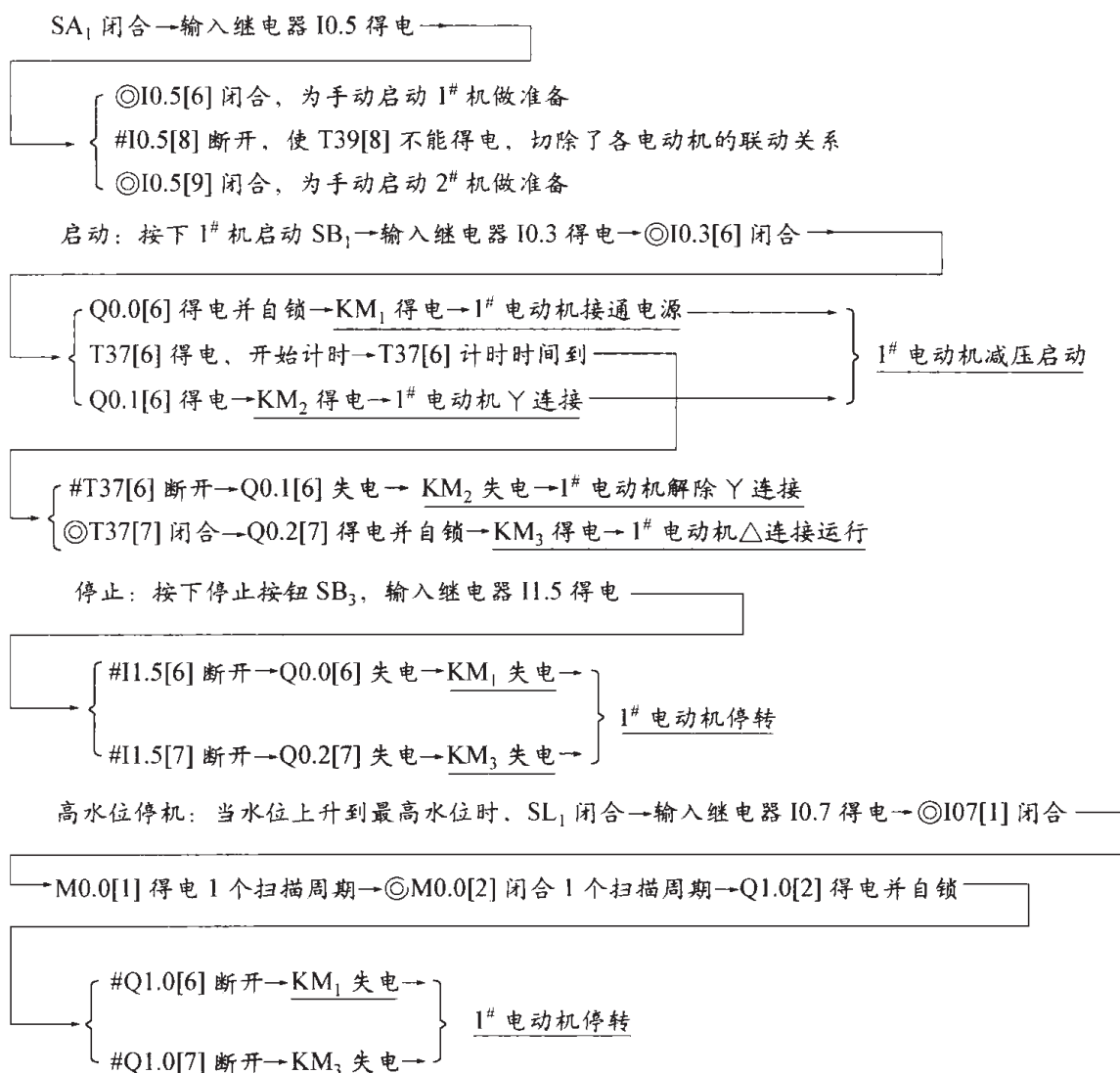
安装在水箱上的水位上、下限开关 SL₁、SL₂ 均为动合型。当水位上升到上限位置, SL₁ 闭合 → 输入继电器 I0.7 得电 → ◎I0.7[1]、[2] 闭合, 在 ◎I0.7[1] 的上升沿产生一个扫描周期的脉冲信号使 M0.0[1] 得电 → ◎M0.0[2] 闭合 → Q1.0[2] 得电并自锁, 使 HL₃ 得电, 发出上限水位指示, 同时 #Q1.0[6]、[7] 或 #Q1.0[9]、[10] 断开, 使 Q0.0[6]、[7], Q0.2[6]、[7] 或 Q0.3

[9]、[10], Q0.5[9]、[10]失电,进而使 KM_1 、 KM_3 或 KM_4 、 KM_6 失电,电动机停止。若水位下降到下限位置, SL_2 断开→输入继电器 I1.0 失电→ $\odot I1.0[3]$ 断开、 $\#I1.0[4]$ 闭合。 $\odot I1.0[3]$ 断开、 $\odot I1.0[3]$ 的下降沿产生 1 个扫描周期的脉冲信号使 M0.1 得电→ $\odot M0.1[4]$ 闭合,使 Q1.1[4] 得电并自锁,发出下限水位指示,同时 $\odot Q1.1[5]$ 闭合($\odot Q0.7[5]$ 已闭合),启动 2# 备用泵。

(3) 机组的手动控制

以 1# 机组为例,其梯形图如图 6-7 中的 [6] ~ [8] 段。

根据控制要求,手动工作方式不进行联动。选择手动工作方式时:



(4) 机组的自动控制

在自动方式下,触点 SA_2 闭合、 SA_1 断开,输入继电器 I0.6 得电→ $\odot I0.6[5]$ 闭合;若选择 2# 机组备用,按下 SB_6 →I0.2 得电→ $\odot I0.2[12]$ 闭合,则 $Q0.7[12]$ 得电并自锁→ $\odot Q0.7[5]$ 闭合,为启动 2# 备用机组做准备;若水位下降到下限位时, SL_2 断开→I1.0 失电→ $\odot I1.0[3]$ 断开,其下降沿通过下降沿脉冲指令,使 M0.1[3] 得电 1 个扫描周期→ $\odot M0.1[4]$ 闭合 1 个扫描周期→Q1.1[4] 得电并自锁→ $\odot Q1.1[5]$ 闭合,其上升沿通过上升沿脉冲指令,使 M0.4[5] 得电 1 个扫描周期, $\odot M0.4[6]$ 也闭合 1 个扫描周期→使 $Q0.0[6]$ 得电吸合并自锁, T37[6]、

Q0.1[6]也得电,1#电动机Y启动,以下控制过程同手动。

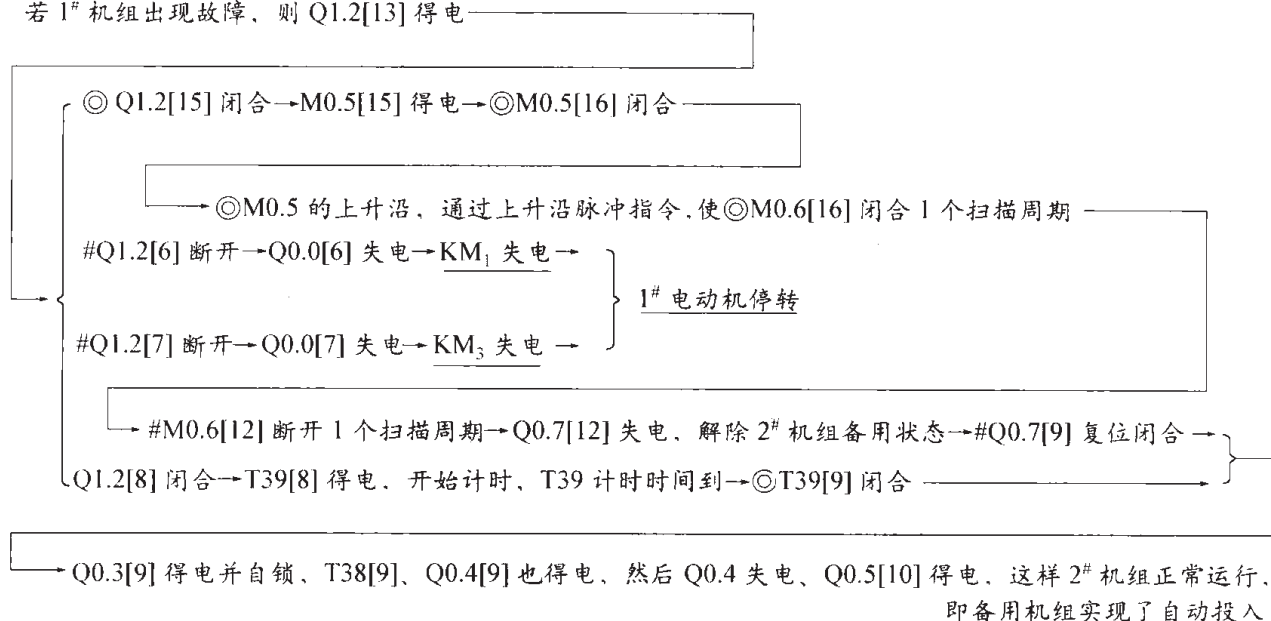
(5) 工作机组故障、备用机组投入

① 机组故障的检测:

对机组的两种故障进行检测:① 机组正常运行(Q0.0[6]与Q0.2[7]得电,或Q0.3[9]与Q0.5[10]得电),但出水压力仍很低,KP₁或KP₂断开,使输入继电器I1.3、I1.4得电,使#I1.3[13]或Q1.4[14]闭合;② 电动机过载,输入继电器I1.1、I1.2得电,使◎I1.1[13]、◎I1.2[14]闭合。当上述两条件之一出现时,使Q1.2[13]或Q1.3[14]得电,使HL₂或HL₆点亮,发出1#机组或2#机组故障指示。

② 备用机组投入:设1#机组为工作机组,2#机组为备用机组。

若1#机组出现故障,则Q1.2[13]得电



【例 6-4】 根据压力上、下限变化对 4 台水泵进行恒压供水控制

1. 控制要求

① 水泵启停控制:根据主管道给出的压力信号决定水泵的启停,当压力低于正常压力时启动一个水泵,若 10 s 后仍低,则启动下一台;当压力高于正常压力时,切断一台水泵,若 10 s 后仍高,则切断下一台。

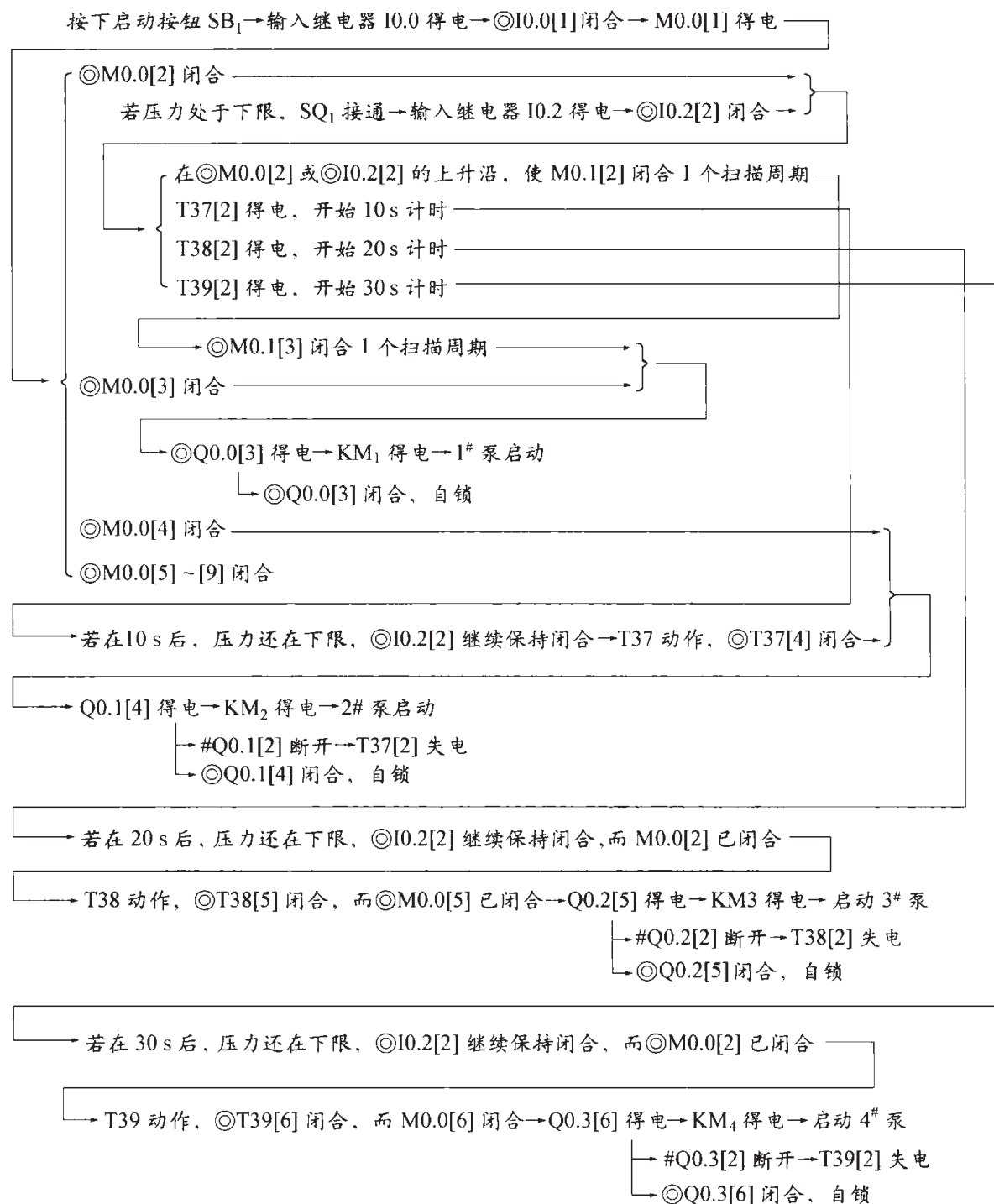
② 水泵的启停切换原则:恒压供水系统主要由 4 个水泵完成对主管道供水压力的维持,考虑到电动机的保护,要求 4 台水泵轮流运行。需要接通时,首先启动停止时间最长的那台水泵,而需要切断的则先停止运行时间最长的那台水泵。

2. PLC 的 I/O 配置、I/O 接线和梯形图

表 6-3 为恒压供水控制 PLC 的 I/O 配置表,其 I/O 接线和梯形图分别如图 6-8 和图 6-9 所示。

3. 电路工作过程

(1) 启动

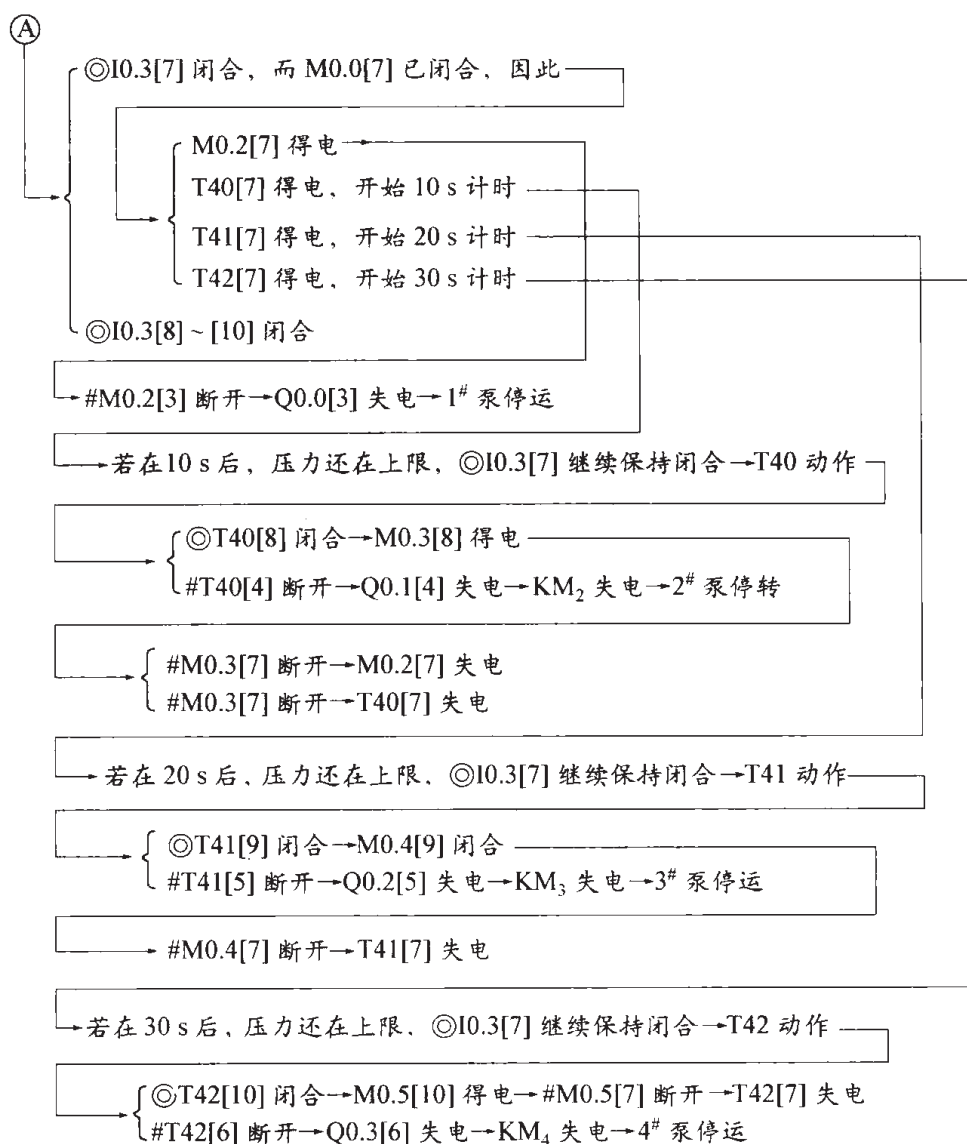


(2) 若 4# 泵启动后, 到达压力上限, 则 SQ₁ 断开、SQ₂ 闭合

SQ₁ 断开 → ◎I0.2[2] 断开 → T37 ~ T39[2] 失电

SQ₂ 闭合 → 输入继电器 I0.3 得电 →

Ⓐ



这样,根据压力的变化,自动按照控制规律增减水泵,实现恒压供水。

【例 6-5】 电梯的 PLC 控制

1. 电梯的构造

电梯是一种特殊的起重运输设备,由轿厢及配重、拖动电动机及减速传动机械、井道及井道设备、召唤系统及安全装置构成。轿厢是载人或装货的部位,配重是为了改变电梯电动机负载的特性以提高电梯安全性而设置的。如图 6-10 所示为电梯拖动系统示意图,电梯的轿厢及配重分系在钢丝绳的两端,钢丝绳跨挂在曳引轮上,曳引轮经减速机构由电动机拖动,形成轿厢的上下运动。

井道指建筑物中用于安装电梯并提供电梯运行的通道,轿厢及配重都是在井道中运

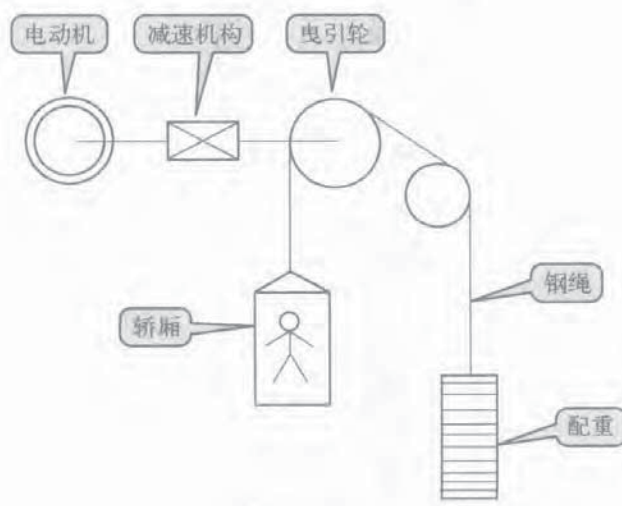


图 6-10 电梯拖动系统示意图

行的。井道在各楼层都设有门厅及呼梯设备。门厅有门厅门,厅门顶部装有层楼指示器,用于指示电梯的运行方向及电梯所在的位置。门厅里还设有呼梯盒,用于在每层站召唤电梯。呼梯盒常安装在厅门外离地面 1 m 左右的墙壁上,基站与顶站只有一个按钮,中间层站有上呼与下呼两个按钮,按钮下带有呼梯记忆灯。基站的呼梯盒上还设有钥匙开关,供司机开关电梯。为了实现轿厢的正常运行及准确停车,井道中往往要安装许多定位装置及安全设备。井道的顶部和底部还设有冲顶及蹲底的缓冲设备。

轿厢内的自动门机是用来实现电梯的开门及关门。电梯门分厅门及轿厢门,当电梯停靠某层时,此层的厅门在轿厢门的带动下开启及关闭。电梯的操纵箱也安装在轿厢内,供司机及乘客对电梯发布操作命令。上面设有与电梯层站数相同的内选层按钮(带内选记忆指示灯),上下行启动按钮(带上下行记忆指示灯),开关门按钮,急停按钮,风扇、照明、层楼指示灯的控制开关,电梯运行状态选择钥匙开关(选择电梯运行状态为自动运行、司机状态或检修状态)等。

电梯的安全设备有:安全窗及其开关、安全钳及其开关、限速器及其开关等,安全窗位于轿厢的顶部,供应急情况下疏散乘客,当安全窗打开时,电梯不准运行。安全钳是为了防止电梯曳引钢绳断裂及超速运行的机械装置,用以在上述情况下将轿厢夹持在轨道上。限速器是检测电梯运行速度的装置,当电梯超速运行时,限速器动作,带动安全钳使电梯停止运行。极限开关、强迫换速开关是电梯位置安全装置,当电梯运行至上下极限位置时仍不停车,上下限开关动作,发出停车信号,若仍不能停车,将压下强迫停车开关,强制电梯停止运行,若还不能停车,将通过机械装置带动极限开关切断曳引电动机电源,以达到停车的目的,避免电梯出现冲顶与蹲底事故。

2. 电梯的控制要求

(1) 电梯位置的确定与显示

轿厢中的乘客及门厅中等待乘坐电梯的人都需要知道电梯的位置,因而轿厢及门厅都设有显示楼层标志的电梯位置显示装置。此外,电梯的运行还需要更加准确的电梯位置信号,以满足制动停车等控制的需要。传统电梯的位置信号一般由设在井道中的位置开关,如磁感应器提供,当轿厢上设置的隔磁板插入感应器时,发出位置信号,并启动楼层指示,如图 6-11 所示。

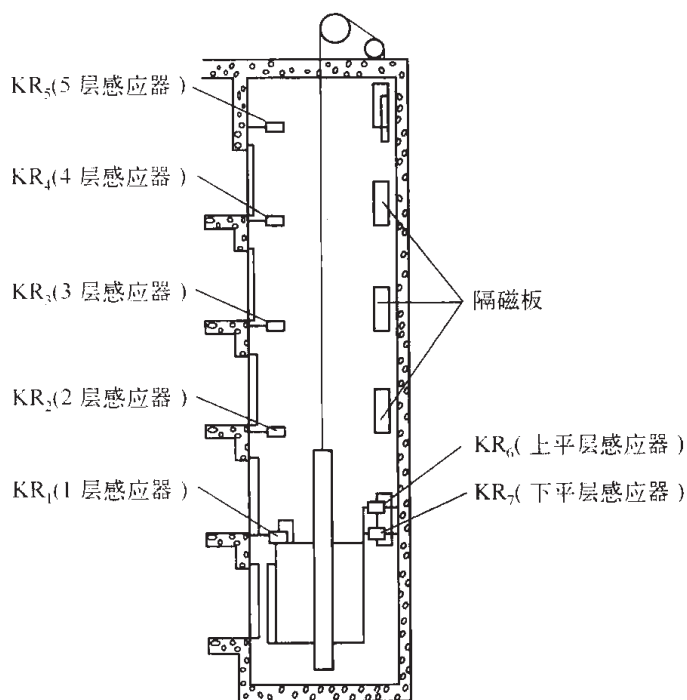


图 6-11 电梯的平层、停层装置

(2) 轿厢内的运行命令及门厅的召唤信号

司机及乘客可按下轿厢内操控盘上的选层按钮选定电梯运行的目的楼层,此为内选信号。按钮按下后,该信号应被记忆并使相应的指示灯点亮。在门厅等候电梯的乘客可以按门厅的上行或下行召唤信号,此为外唤信号。该信号也需记忆并点亮门厅的上行或下行指示灯,这些保持信号在要求得到满足时应能自动消号。

(3) 电梯自动运行时的信号响应

电梯自动运行时应根据内选及外唤信号,决定电梯的运行方向及在哪些站点停站。一般情况下,电梯按先上后下的原则安排运送乘客的次序,而且规定在运行方向确定之后,不响应中途的反向呼唤要求,直到到达本方向的最远站点才开始返程。

(4) 轿厢的启动与运行

轿厢在运行方向确定,轿厢门已关好时启动运行,运行的初始阶段是加速运行阶段,其后是稳定运行阶段。

(5) 轿厢的平层与停车

轿厢运行后需确定在哪一层站停车,平层是指停车时,轿厢的底与门厅“地平面”应相平齐,一般规定有具体的平层误差,如平层时两平面相差不得超过5 mm。平层停车过程需在轿厢底面与停车楼面相平之前开始,先是减速,再是制动,以满足平层的准确性及乘客的舒适感。传统电梯的平层开始信号由平层感应器发出。如图6-11所示,上平层感应器 KR_6 及下平层感应器 KR_7 装在轿厢顶部,隔磁板安装在井道壁上。上行时, KR_6 首先插入隔磁铁板,发出减速信号,电梯开始减速,至 KR_7 插入隔磁铁板时,发出开门及停车信号,电动机停转,抱闸抱死,下行时 KR_7 首先插入隔磁铁板,发出减速信号,电梯开始减速,至 KR_6 插入隔磁铁板时,发出开门及停车信号。

(6) 安全保护

电梯的安全保护很多,如前边提到的冲顶与蹲底,断钢丝绳,轿厢内人员的跌落、逃生等保护,还有消防运行等多项措施。

3. PLC控制电路、梯形图、电器元件表

PLC控制电路如图6-12所示,电梯电器元件表如表6-4所示,梯形图如图6-13所示。

表6-4 5层5站电梯电器元件表

| 元件符号 | 名称及作用 | 元件符号 | 名称及作用 |
|--------------------|-----------|------------------------|------------|
| KM_1 | 上行接触器 | SQ_5 | 基站开关 |
| KM_2 | 下行接触器 | SQ_6 | 开门到位开关 |
| KM_3 | 高速接触器 | SQ_7 | 关门到位开关 |
| KM_4 | 低速接触器 | SQ_8 | 开门调整开关 |
| KM_5 | 启动接触器 | SQ_9 、 SQ_{10} | 关门调整开关 |
| $KM_6 \sim KM_8$ | 制动接触器 | $SQ_{11} \sim SQ_{15}$ | 1~5楼厅门锁开关 |
| KM_9 | 开门接触器 | SQ_{16} | 轿门关闭到位开关 |
| KM_{10} | 关门接触器 | SQ_{17} | 上限位开关 |
| SQ_{18} | 下限位开关 | HL_{13} | 4楼上呼记忆灯 |
| SQ_{19} | 上行强迫停止开关 | HL_{14} | 4楼下呼记忆灯 |
| SQ_{20} | 下行强迫停止开关 | HL_{15} | 5楼下呼记忆灯 |
| SB_1 | 开门按钮 | SA_1 | 运行状态选择钥匙开关 |
| SB_2 | 关门按钮 | SA_2 | 基站开关梯钥匙开关 |
| SB_3 | 上行启动按钮 | SQ_1 | 安全窗开关 |
| SB_4 | 下行启动按钮 | SQ_2 | 安全钳开关 |
| $SB_5 \sim SB_9$ | 1~5楼轿内选层钮 | SQ_3 | 限速器开关 |
| $1SB_1 \sim 4SB_1$ | 1~4楼上行外呼钮 | SQ_4 | 轿内急停开关 |
| $2SB_2 \sim 5SB_2$ | 2~5楼下行外呼钮 | 1KR | 1楼感应器 |
| 1HL~5HL | 1~5层层楼指示灯 | 2KR | 2楼感应器 |
| 6HL~7HL | 上行、下行指示灯 | 3KR | 3楼感应器 |

续表

| 元件符号 | 名称及作用 | 元件符号 | 名称及作用 |
|----------------------------------|-------------|-----------------|--------|
| HL ₆ 、HL ₇ | 操纵箱上下行指示记忆灯 | 4KR | 4楼感应器 |
| HL ₈ | 1楼上呼记忆灯 | 5KR | 5楼感应器 |
| HL ₉ | 2楼上呼记忆灯 | 6KR | 上平层感应器 |
| HL ₁₀ | 2楼下呼记忆灯 | 7KR | 下平层感应器 |
| HL ₁₁ | 3楼上呼记忆灯 | SQ | 电源开关 |
| HL ₁₂ | 3楼下呼记忆灯 | SB ₀ | 极限开关 |

注:根据电梯的特殊要求, KM₁ 与 KM₂、KM₉ 与 KM₁₀ 需选用带机械互锁的接触器。

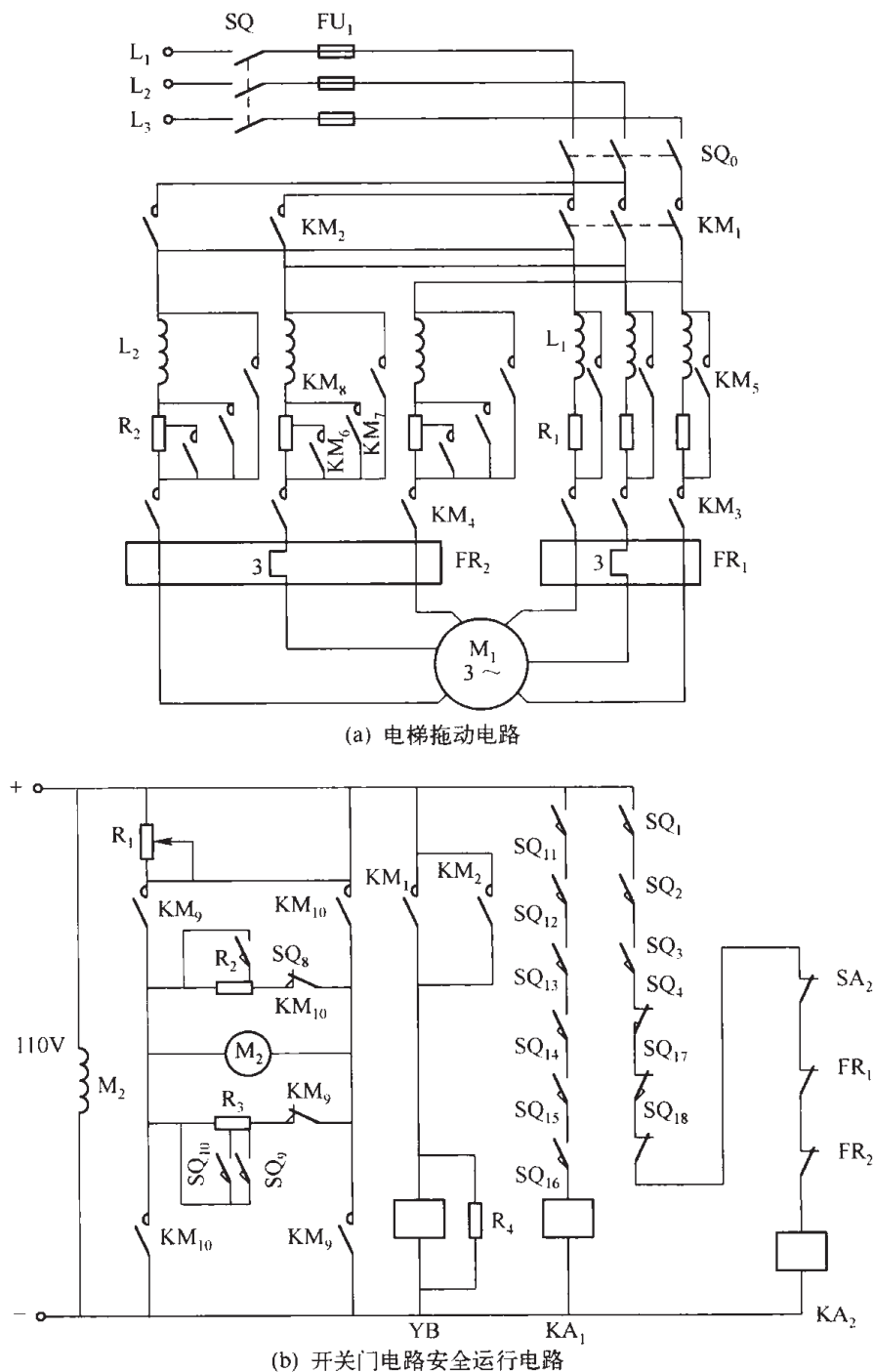
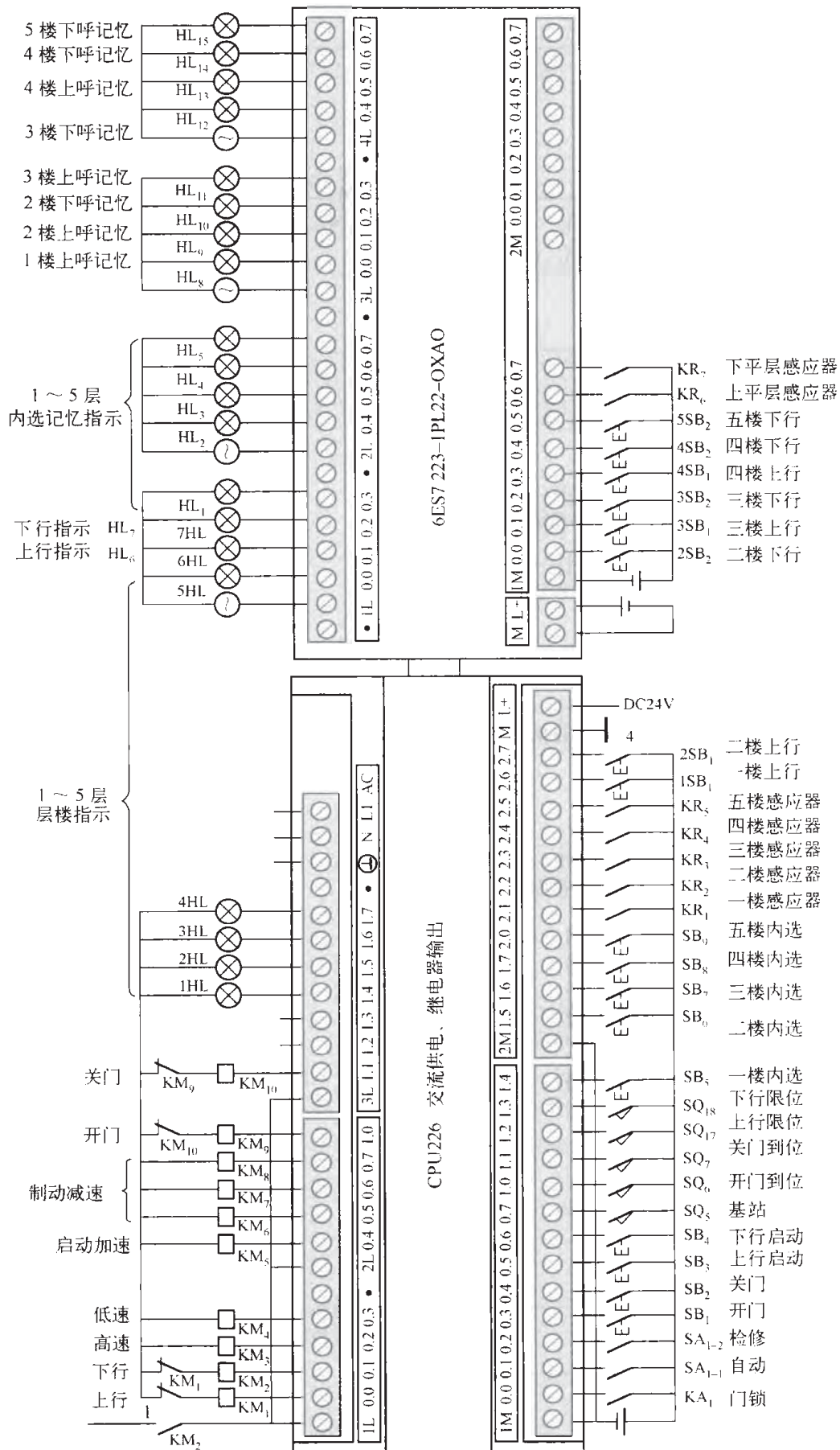


图 6-12 PLC 控制电路



(c) PLC的I/O接线

图6-12 PLC控制电路(续)

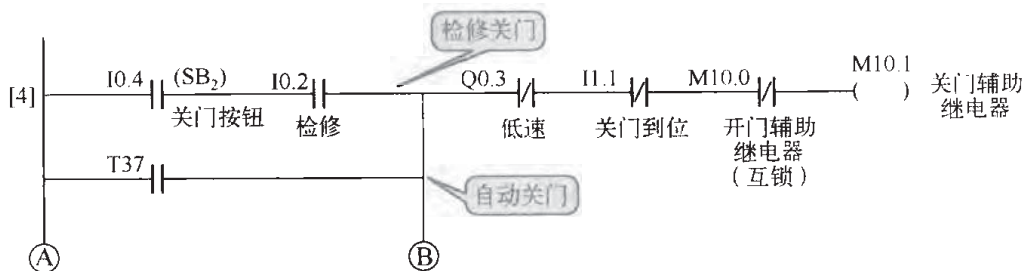
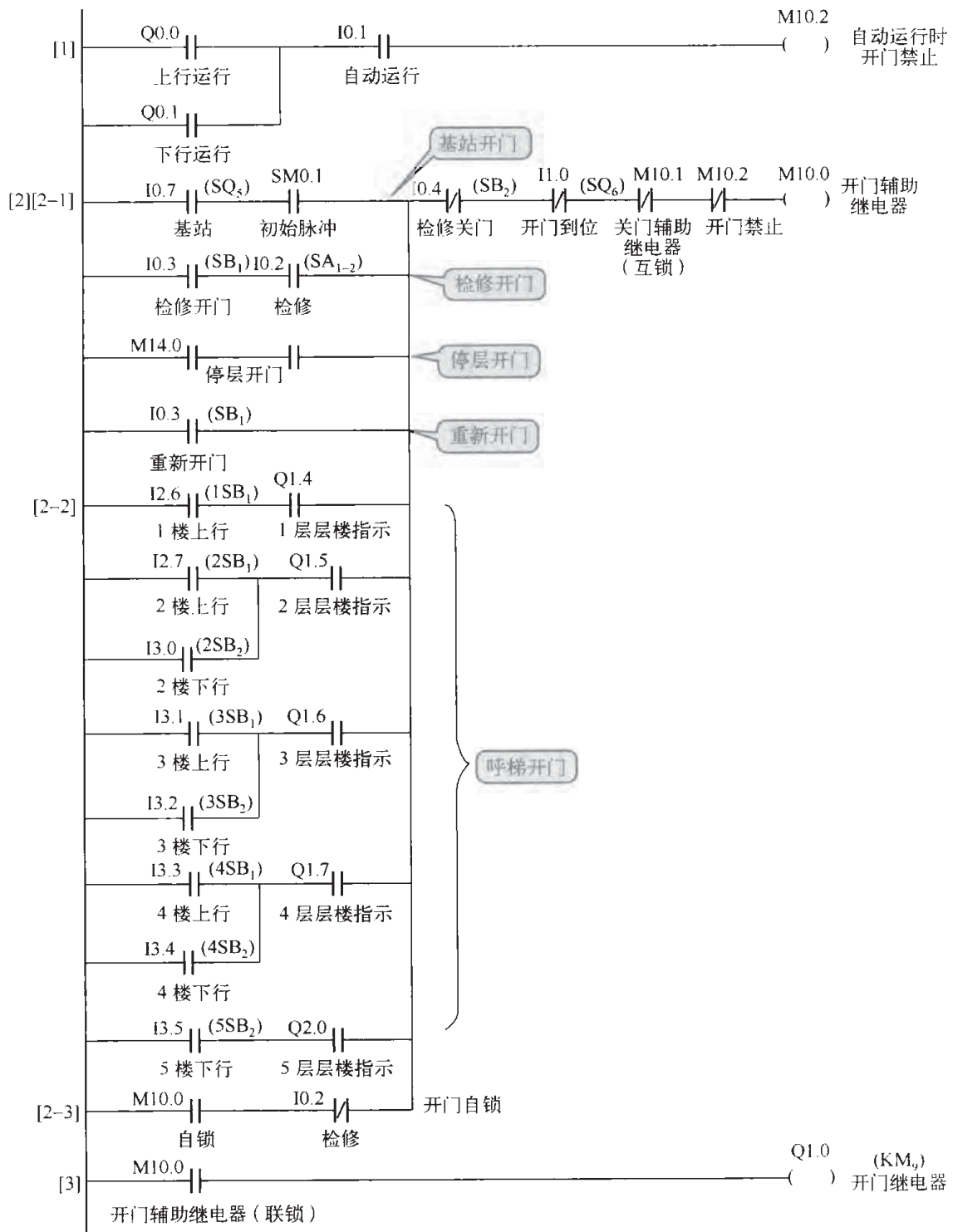
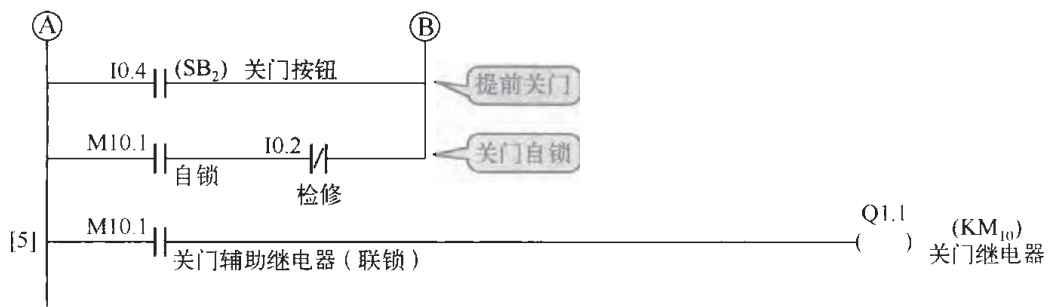
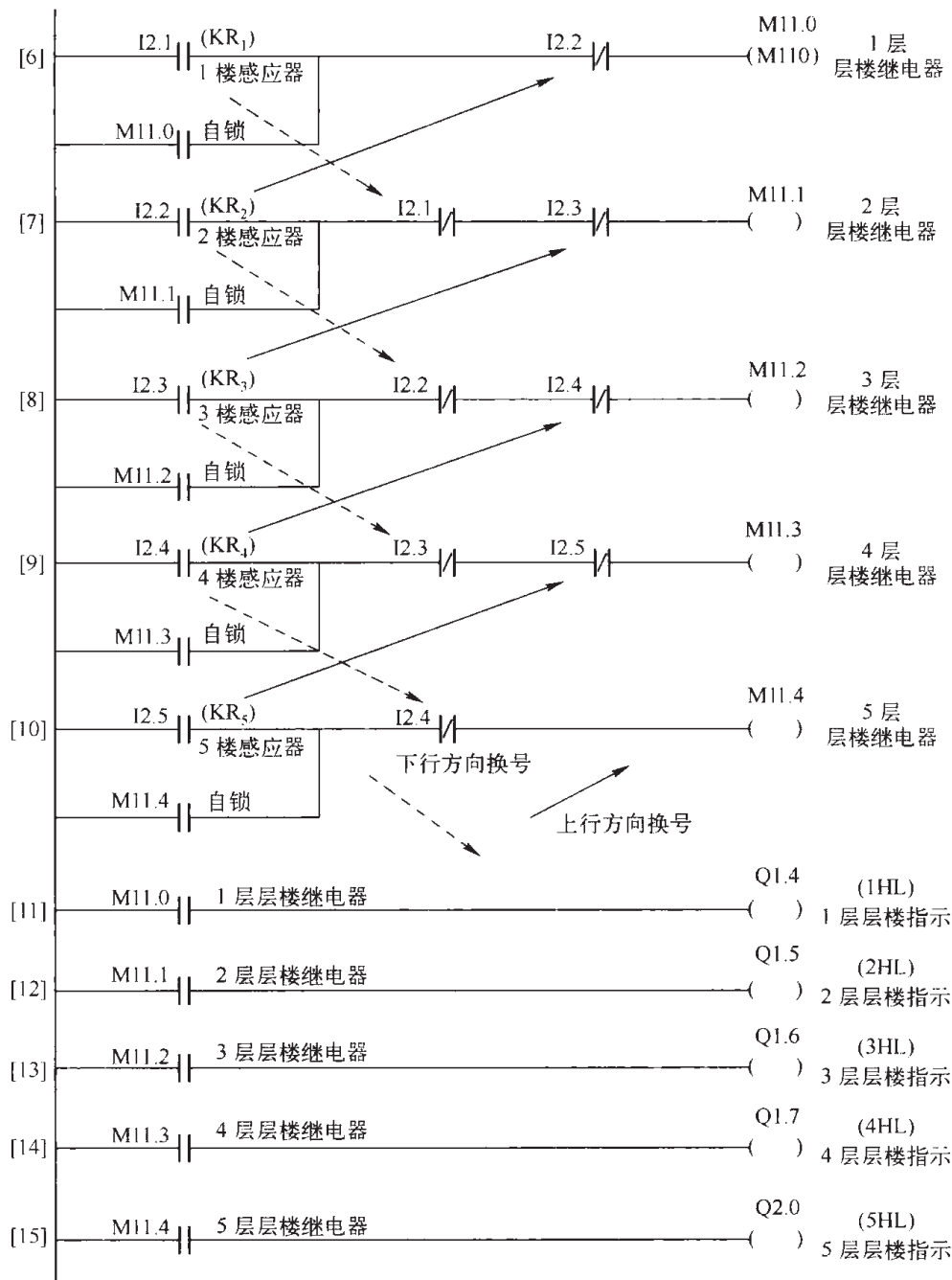


图 6-13 梯形图



(b) 电梯关门控制



(c) 层楼信号产生与消除

图6-13 梯形图(续)

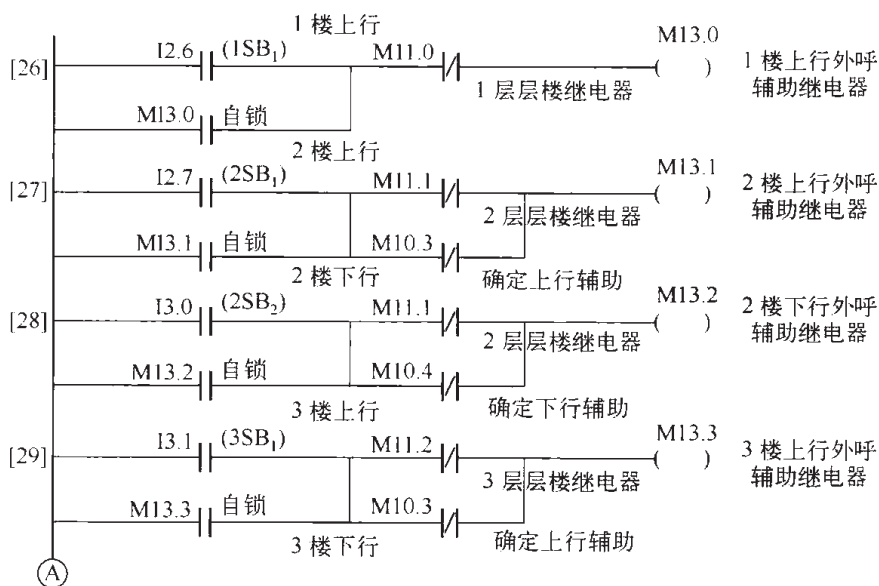
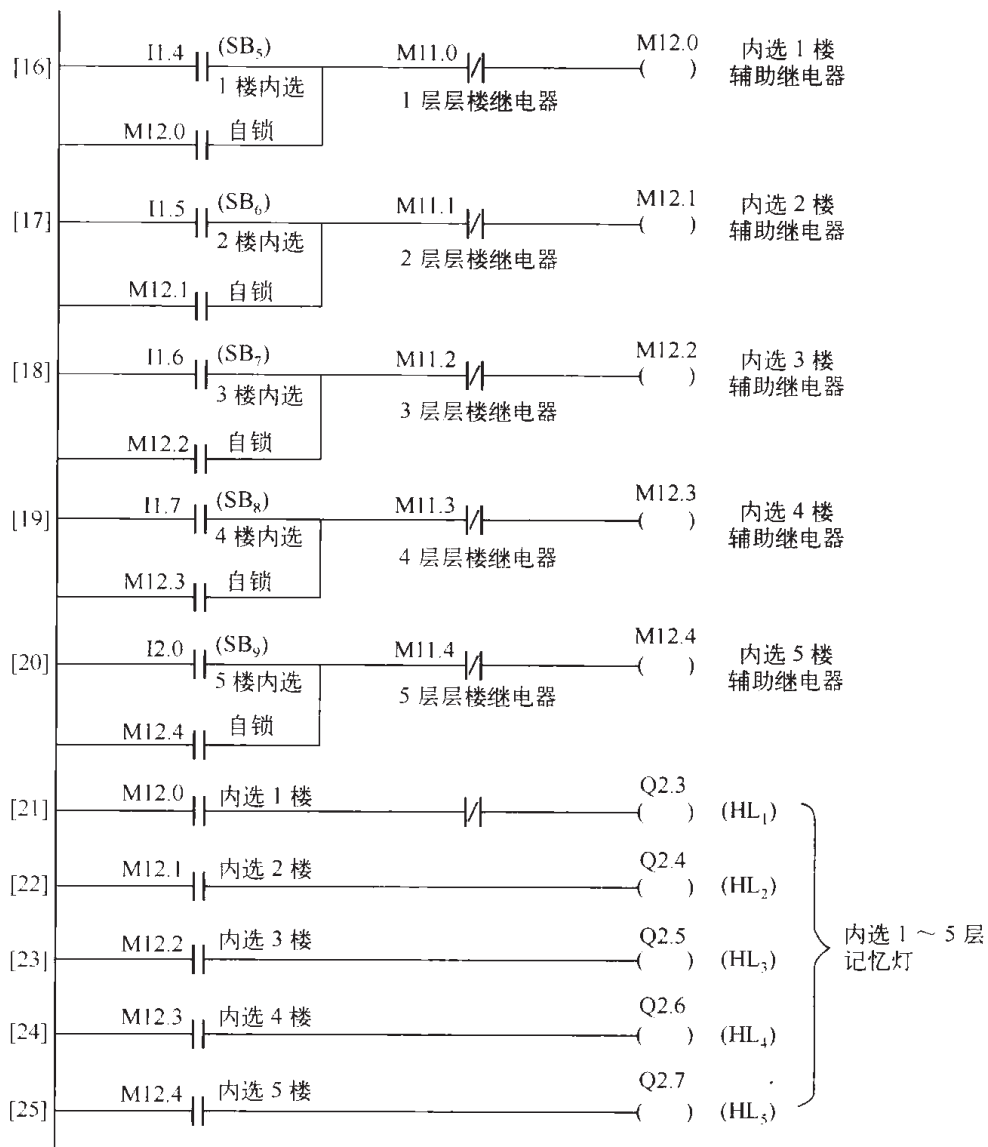


图 6-13 梯形图(续)

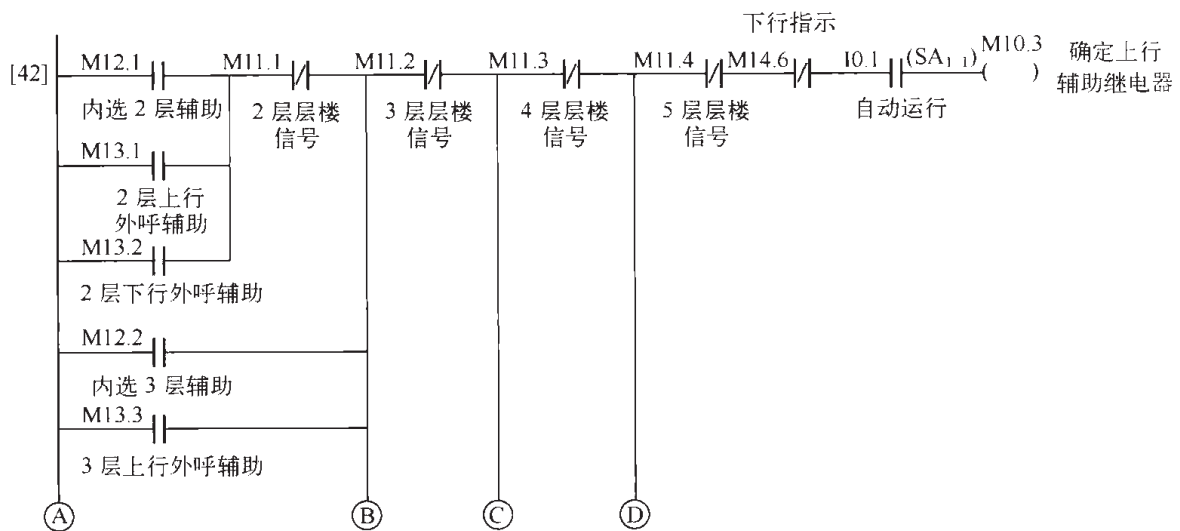
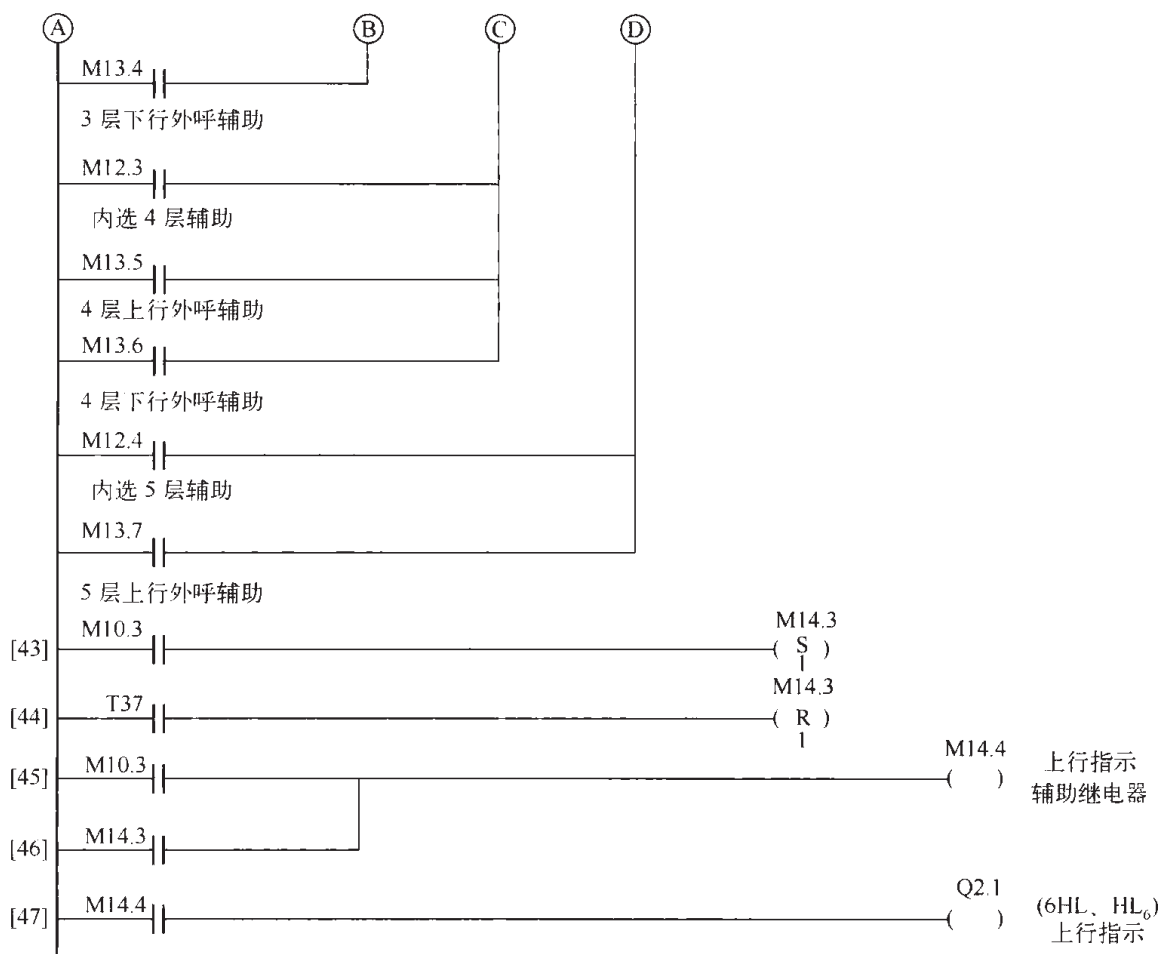


图6-13 梯形图(续)



(f) 电梯上行定向

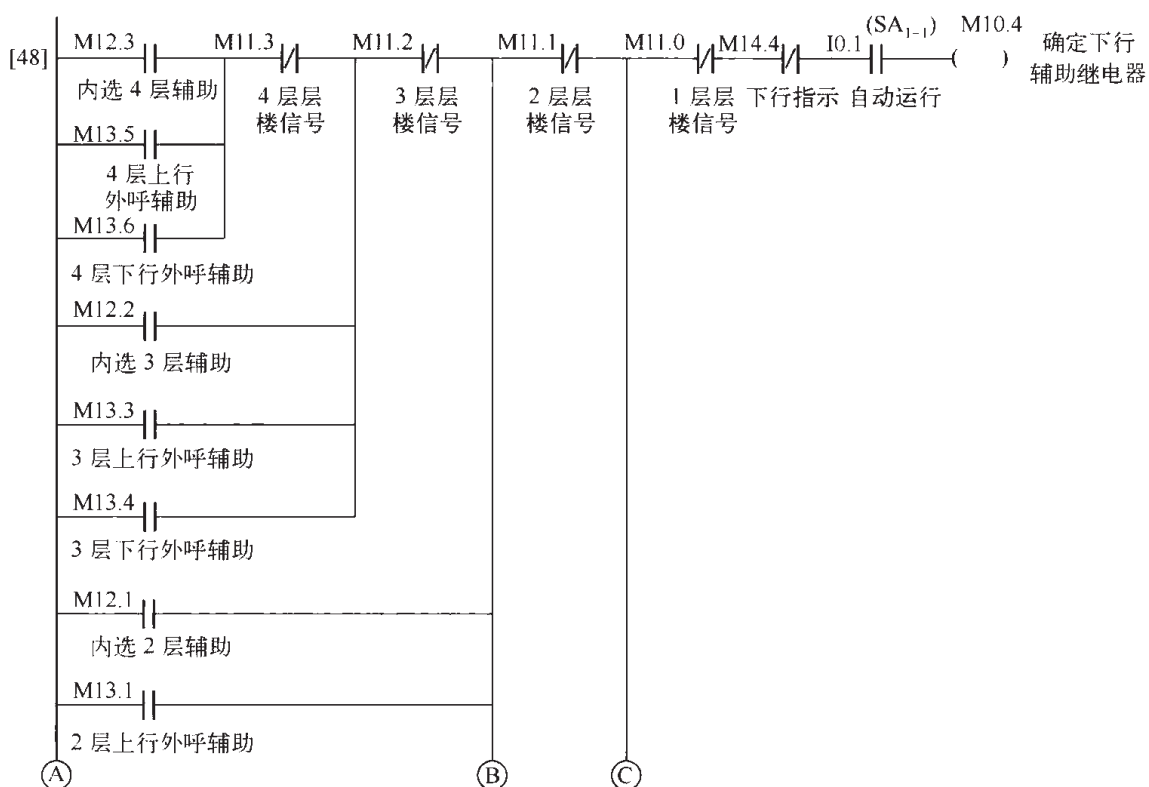


图 6-13 梯形图(续)

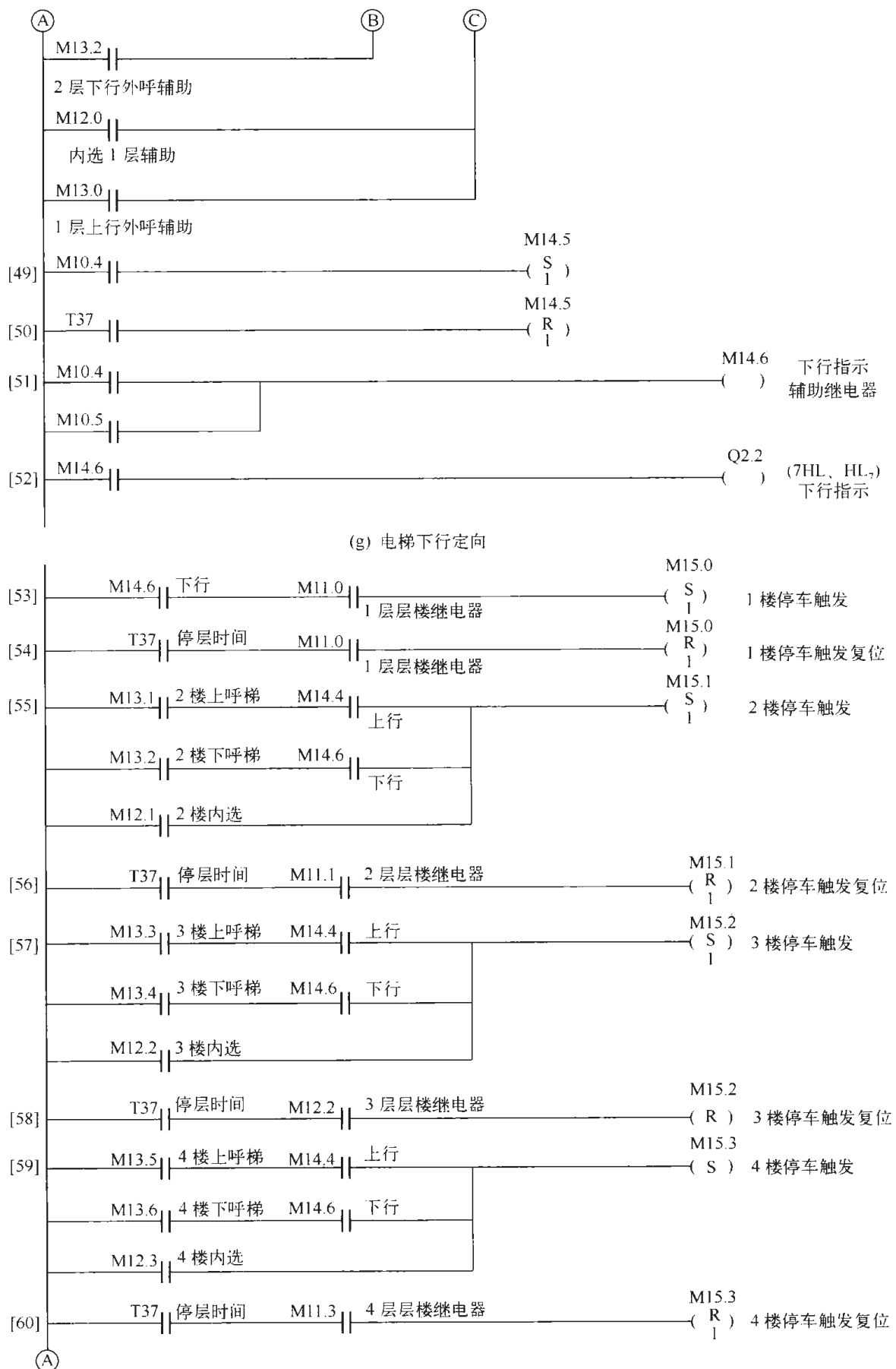


图6-13 梯形图(续)

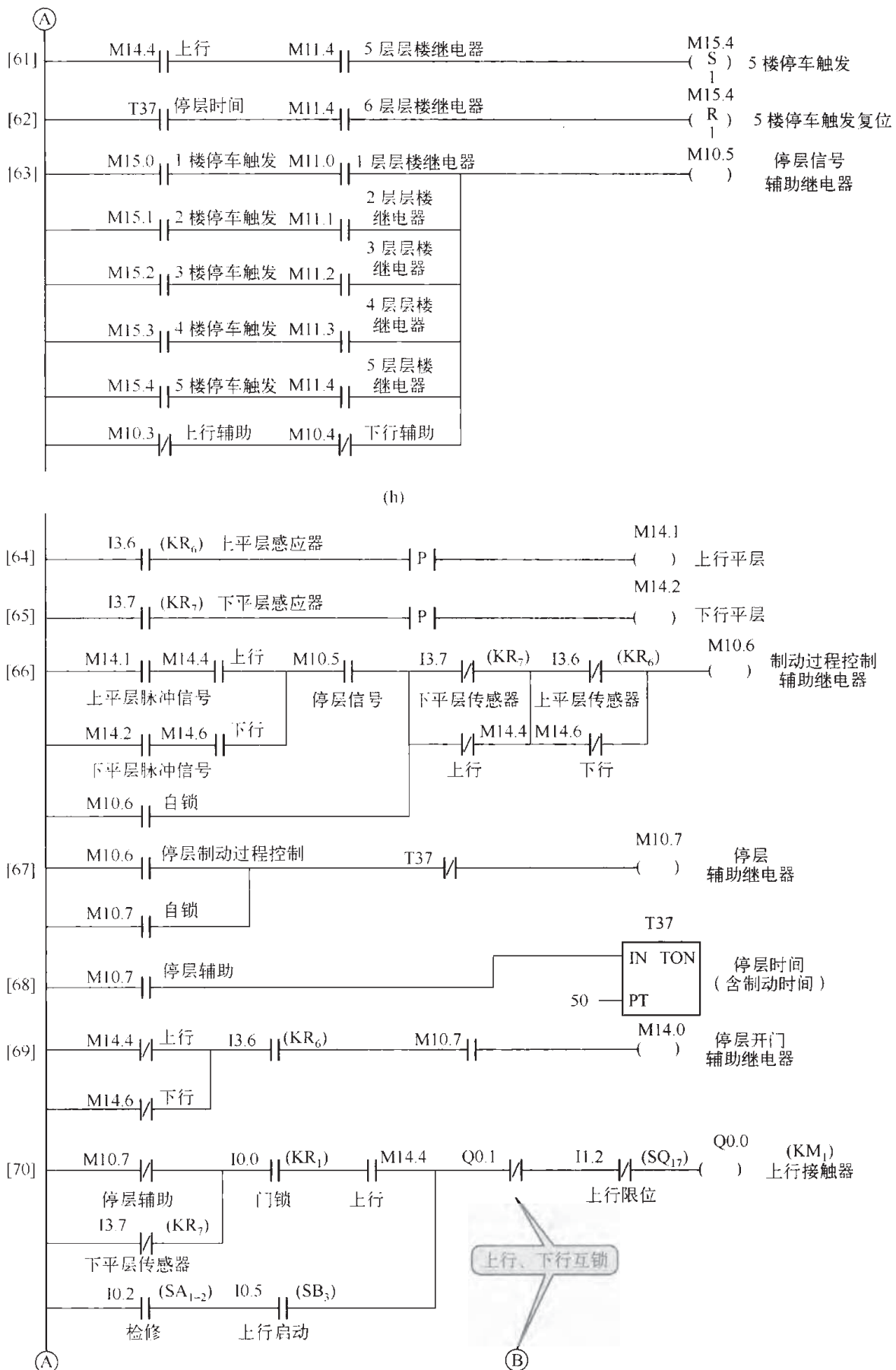


图 6-13 梯形图(续)

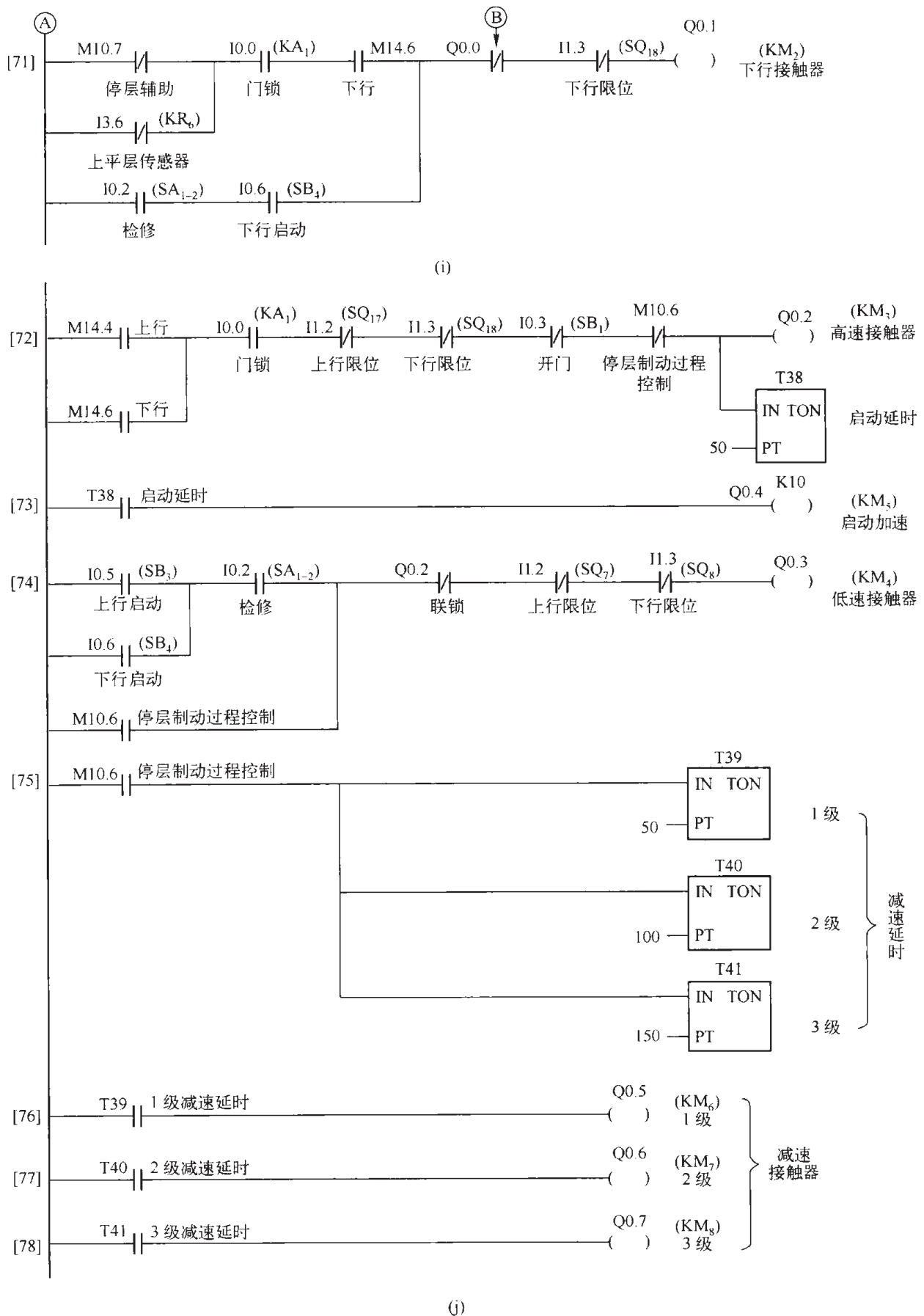


图6-13 梯形图(续)

4. 识图要求

(1) 交流双速电梯的拖动电路

图 6-12(a) 为交流双速电梯的拖动电路。M₁ 为 YTD 系列电梯专用双速笼型异步电动机(6/24 极); KM₁、KM₂ 为电动机正反转接触器, 用于实现电梯上、下行控制; KM₃、KM₄ 为电梯高低速运行接触器, 用以实现电梯的高速或低速运行; KM₅ 为启动加速接触器; KM₆、KM₇、KM₈ 为减速制动接触器, 用以调整电梯制动时的加速度; L₁、L₂ 与 R₁、R₂ 为串入电动机定子电路中的电抗与电阻, 与 KM₅ ~ KM₈ 配合实现电动机的加减速控制。当 KM₁ 或 KM₂ 与 KM₃ 得电吸合时, 电梯将进行上行或下行启动, 延时后 KM₅ 得电吸合, 切除 R₁、L₁, 电梯将转为上行或下行的稳速运行; 当电梯接收到停层指令后, KM₃ 失电释放, KM₄ 得电吸合, 电动机转为低速接法, 串入阻抗制动, 实现上升与下降的低速运行, 且 KM₆ ~ KM₈ 依次得电吸合, 用来控制制动过程的强度, 提高停车制动时的舒适度; 至平层位置时, 接触器全部失电释放, 抱闸抱死, 电梯停止运行。在检修状态时, 电梯只能在低速接法下点动运行。

(2) 门机电路、抱闸电路、门锁及安全运行电路

门电动机为他励直流电动机, 可由 KM₉、KM₁₀ 控制其正反转。KM₉ 接通时, 电阻 R₂ 与电动机电枢并联, 电流由电枢左端流向右端, 电动机正转实现开门, 压下 SQ₈ 时, R₂ 部分被短接, 实现开门调速(减速)。KM₁₀ 得电时, 电动机将反转, 实现关门, 并由 SQ₉、SQ₁₀ 与 R₃ 一起实现关门调速。

在电梯上、下行运行时, 抱闸 YB 应打开, 其线圈应得电。电梯停止运行时, 抱闸应抱死, 其线圈应断电, 因此用 KM₁、KM₂ 控制抱闸线圈 YB 的得电与失电。将所有厅、轿门开关串联在一起, 控制门锁继电器 KA₁, 实现全部门关闭正常后电梯才能运行的控制。这样既可以减少占用 PLC 的输入口, 又便于检修。

将安全窗开关 SQ₁、安全钳开关 SQ₂、限速器开关 SQ₃、轿内急停开关 SQ₄、上下强迫停止开关、基站开关梯钥匙开关 SA₂ 以及热继电器触点 FR₁、FR₂ 串联在一起, 构成安全回路, 控制安全运行继电器 KA₂, 用 KA₂ 的触点控制 PLC 的 RUN 口, 只有当该 KA₂ 得电吸合时, 才允许 PLC 处于运行状态。这样可以节省 PLC 的输入口, 又可以在多种紧急情况下的立即停车。

5. 电路工作过程

1) 电梯的开关门控制

(1) 开门(见图 6-12(b)、图 6-13(a))

① 投入运行前的开门: 将开关梯钥匙插入 SA₂ 内, 如图 6-12(b) 所示, 旋至开梯位置, 则中间继电器 KA₂ 得电吸合, 其动合触点 KA₂(1-2) 闭合, 接通 PLC 电源, 使 PLC 处于运行状态。

电梯投入运行前, 位于基站, 基站行程开关 SQ₅ 闭合 → 输入继电器 I0.7 得电 → ◎I0.7[2-1] 闭合 → }
初始化脉冲继电器 SM0.1 自动接通 1 个扫描周期, ◎SM0.1[2-1] 闭合 1 个扫描周期 → }

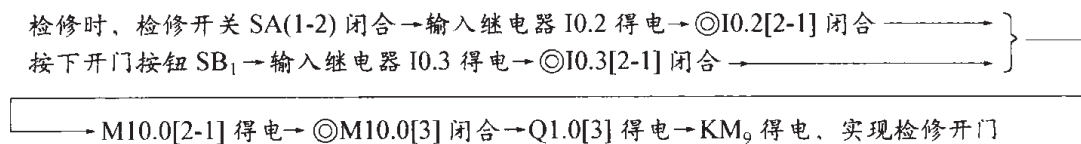
→ M10.0[2-1] 得电 →

◎M10.0[3] 闭合 → Q1.0[3] 得电 → KM₉ 得电, 则电梯自动开门, 乘客或司机进入轿厢,

选层后电梯自动运行

◎M10.0[2-3] 闭合, 自锁

② 电梯检修时开门:在检修状态下,开关门均为手动状态,由关门按钮 SB_1 、开门按钮 SB_2 实施开门与关门。



③ 电梯自动运行时停层开门:

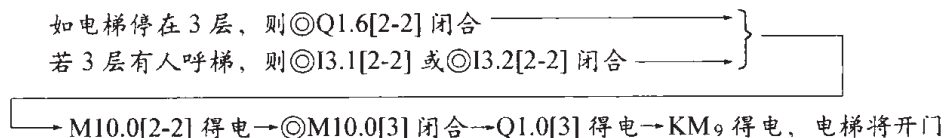
电梯停层时,到平层位置, $M14.0$ 得电 \rightarrow $\textcircled{1}M14.0[2-1]$ 闭合 $\rightarrow M10.0[2-1]$ 得电 \rightarrow $\textcircled{1}M10.0[3]$ 闭合 $\rightarrow Q1.0[3]$ 得电 $\rightarrow KM_9$ 得电,实现电梯开门

④ 电梯关门过程中重新开门:

在电梯关门过程中,若有人或物夹在两门中间,需重新开门,通过开门按钮 SB_1 \rightarrow 输入继电器 $I0.3$ 得电 \rightarrow $\textcircled{1}I0.3[2-1]$ 闭合 $\rightarrow M10.0[2-1]$ 得电 \rightarrow $\textcircled{1}M10.0[3]$ 闭合 $\rightarrow Q1.0[3]$ 得电 $\rightarrow KM_9$ 得电,实施重新开门

⑤ 呼梯开门:

电梯到达某层站后,如果没有人继续使用电梯,电梯将停靠在该层站待命,若有人在该层站呼梯,电梯将首先开门,以满足用梯要求。



若其他层站有人呼梯,电梯将首先定向,并启动运行,到达呼梯层站时再开门,此时开门是按停层开门处理的。

当电梯自动运行时, $M10.2[1]$ 得电, $\#M10.2[2-1]$ 断开,使 $M10.0$ 不能得电,进而使 $Q1.0[3]$ 不能得电, KM_9 不能得电,禁止开门。

(2) 关门(见图 6-12(b)、图 6-13(b))

① 电梯停用后的关门:此时电梯到达基站,司机或乘客离开轿厢,电梯自动关门。司机将开关电梯钥匙插入 SA_2 ,旋到关梯位置,使 KA_2 失电释放,PLC 停止运行,电梯被关闭。

② 自动运行时的关门:

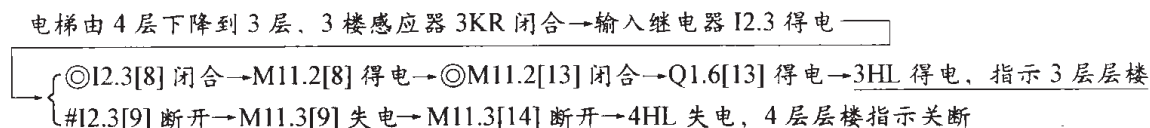
停站时间继电器 $T37[68]$ 延时结束时, $\textcircled{1}T37[4]$ 闭合 $\rightarrow M10.1[4]$ 得电 \rightarrow $\textcircled{1}M10.1[5]$ 闭合 $\rightarrow Q1.1[5]$ 得电 $\rightarrow KM_{10}$ 得电,电梯自动关门

停站时间未到时,可通过关门按钮 SB_2 ($I0.4$) 实现提前关门。超载时电梯不关门,也就不会启动运行

2) 层楼信号的产生与消除(见图 6-13(c))

当电梯位于某一层时,指层感应器 $1KR \sim 5KR$,产生该楼层的信号,以控制指层灯的状态,离开该层时,该楼层信号应被新的楼层信号(上一层或下一层)所取代。

当层的层楼继电器是用上层或下层的层楼信号关断的。例如:



3) 内选指令的登记与消除(见图 6-13(d))

由图 6-13(d)可看出,内选辅助继电器梯形图支路中串接层楼辅助继电器的动断触点。

乘客或司机通过操作轿厢的操纵盘上 1~5 层的选层按钮 $SB_5 \sim SB_9$, 可以选择欲去的楼层。选层信号被登记后,选层按钮下的指示灯 $HL_1 \sim HL_5$ 亮。当电梯到达所选的层楼后,该楼层的层楼辅助继电器得电,其动断触点断开,使该层内选辅助继电器失电,指示灯也熄灭,即内选信号被清除;另外,停靠在某层后,该层的内选信号不能被登记。例如:

电梯在 2 层,按下 4 层内选按钮 $SB_8 \rightarrow I1.7$ 得电 $\rightarrow \odot I1.7[19]$ 闭合 $\rightarrow M12.3[19]$ 得电 $\rightarrow \odot M12.3[24]$ 闭合 $\rightarrow Q2.6[24]$ 得电 $\rightarrow HL_4$ 亮,4 层内选指令被登记

当电梯运行至 4 层时,4 层层楼继电器 $M11.3[9]$ 得电,其动断触点 $\#M11.3[19]$ 断开 $\rightarrow M12.3[19]$ 失电 $\rightarrow \odot M12.3[24]$ 断开 $\rightarrow Q2.6[24]$ 失电 $\rightarrow HL_4$ 熄灭,即 4 楼内选指令被消除

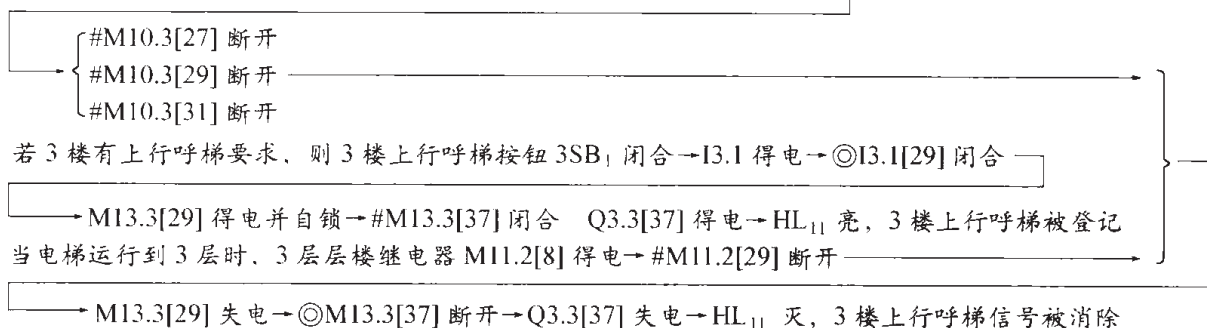
4) 外呼信号的登记与消除(见图 6-13(e))

乘客或司机在厅门外呼梯时,呼梯信号应被接收和记忆。当电梯到达该楼层,且定向方向与目的地方向一致时(基层和顶层除外),呼梯要求已满足,呼梯信号应被消除。

按下外呼按钮时,相对应的外呼辅助继电器得电,外呼按钮下的指示灯亮,表示其呼梯要求已被电梯接收并记忆。而该信号的消除电路是由当层层楼继电器 $M10.0 \sim M11.4[6] \sim [10]$ 的动断触点 $\#M11.0 \sim \#M11.4[26] \sim [33]$ 与运行方向继电器 ($M10.3[42]$ 为上行辅助继电器, $M10.4[48]$ 为下行辅助继电器) 的动断触点 $\#M10.3[26] \sim [33]$ 或 $\#M10.4[26] \sim [33]$ 并联构成的。这样安排是前边提到过的电梯运行中只响应同向呼梯的原则决定的,即电梯运行方向与呼梯目的地方向一致且到达呼梯楼层时,电梯将停止,呼梯要求已满足,呼梯信号被消除。电梯运行方向与呼梯目的地方向相反时,如电梯从 1 楼向上运行(上行),而呼梯要求从 2 楼向下,若有去 3 楼以上的内选层要求及外呼梯要求,电梯到达 2 楼时(无 2 楼上行要求)不停梯,呼梯要求没有满足,呼梯信号不能消除;若 3 楼以上无用梯要求,电梯将停在 2 楼,但呼梯信号(2 下)不能立即消除,待乘客进入轿厢,选层(去 1 楼)后,电梯定向下,则 2 下呼梯信号已满足,呼梯信号被消除。例如:

(1) 电梯上行,其前方有外呼信号

电梯从 1 楼向上运行(上行),上行辅助继电器 $M10.3[42]$ 得电



(2) 电梯上行,其前方有外呼信号

电梯从 1 楼向上运行(上行),上行辅助继电器 $M10.3[42]$ 得电 $\rightarrow \#M10.3[27]$ 、 $[29]$ 、 $[31]$ 断开

2 楼有下行呼梯要求,则 2 楼下行呼梯按钮 $2SB_2$ 闭合 $\rightarrow I3.0$ 得电 $\rightarrow \odot I3.0[28]$ 闭合

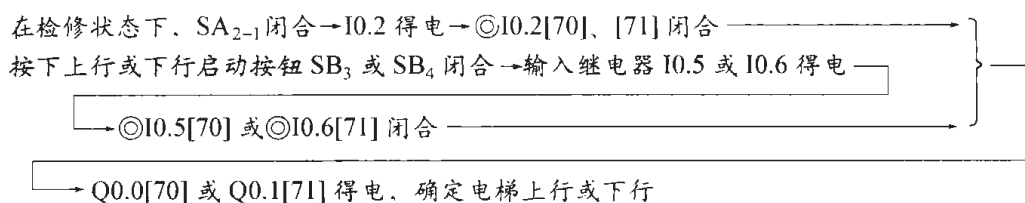
$\rightarrow M13.2[28]$ 得电并自锁 $\rightarrow \odot M13.2[36]$ 闭合 $\rightarrow Q3.2[36]$ 得电 $\rightarrow HL_{10}$ 亮,2 楼下行呼梯被登记

当电梯上行到2层时,2层层楼继电器 M11.1[7]得电→#M11.1[28]断开,但电梯上行而非下行,下行辅助继电器 M10.4[48]失电,其动断触点#M10.4[28]保持闭合,M13.2[28]仍保持得电,2楼下行外呼梯不被消除,电梯不停梯

5) 电梯的定向(见图6-13(f)、(g))

在自动运行状态下,电梯首先应确定运行方向,即定向。电梯的定向只有两种情况,即上行和下行。电梯处于待命状态,接收到内选和外呼信号时,应将电梯所处的位置与内选和外呼信号进行比较,确定是上行还是下行。一旦电梯定向后,内选与外呼对电梯进行顺向运行的要求没有满足的情况下,定向信号不能消除。

(1) 在检修状态下,运行方向直接由上行和下行启动按钮确定



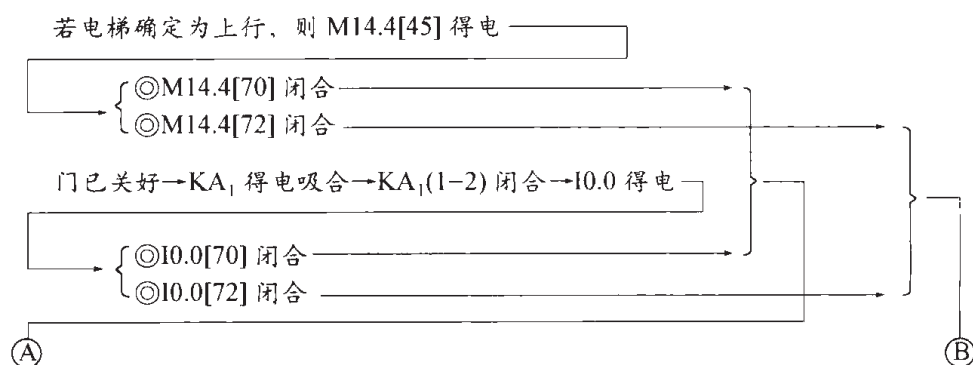
(2) 运行状态下的定向

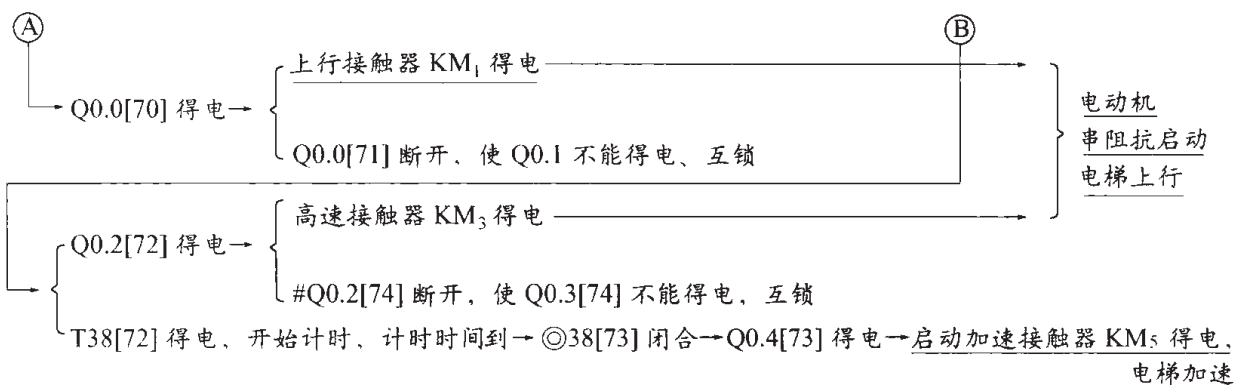
M10.3[42]及M10.4[48]分别为定上行及定下行辅助继电器,它们线圈的工作条件触点块由内外呼信号及电梯位置信号组成,前文中所说的“比较”是通过电梯位置信号对呼梯信号的“屏蔽”实现的,例如,当电梯上行且位于2层时,层楼继电器 M11.1[7]的动断触点#M11.1[42]断开,2层的内选外呼信号都不能使 M10.5[42]得电,因此不能再影响上行状态。

M10.3[42]及M10.4[48]在电梯上行及下行的全过程中,存在不能全程接通的情况,如上行至5楼时,一旦5楼层楼继电器 M11.4[10]接通时,其动断触点#M11.4[42]断开,则 M10.3[42]立即断开,而此时电梯仍处于上行状态,至5楼平层位置时才能停止。为解决这一问题,引入 M14.3[43]~[44]、M14.4[45]、M14.5[49]~[50]、M14.6[51],使上行与下行继电器接通时间延长至上行及下行的全过程。若不使用 M14.3~M14.6,可能会发生下述情况:4楼向上的外呼信号(不存在其他外呼及内选层信号)使电梯上行,电梯至4楼位置,4楼层楼继电器 M11.3[9]得电,#M11.3[42]断开,使 M10.3[42]失电,从电梯至4楼位置到电梯停层开门,乘客进行轿厢内选5层之间楼层的时间内,1、2、3楼的外呼及内选层信号可以使电梯在未完成4楼向上的运动之前确定下行方向。

6) 电梯自动运行时启动、加速和稳定运行环节(见图6-13(h))

电梯启动的条件:①运行方向已确定,即上或下行辅助继电器 M14.4[45]或 M14.6[51]已得电;②门已关好,即门锁继电器 KA₁得电吸合→输入继电器 I0.0得电→ \odot I0.0[70]、[72]闭合。



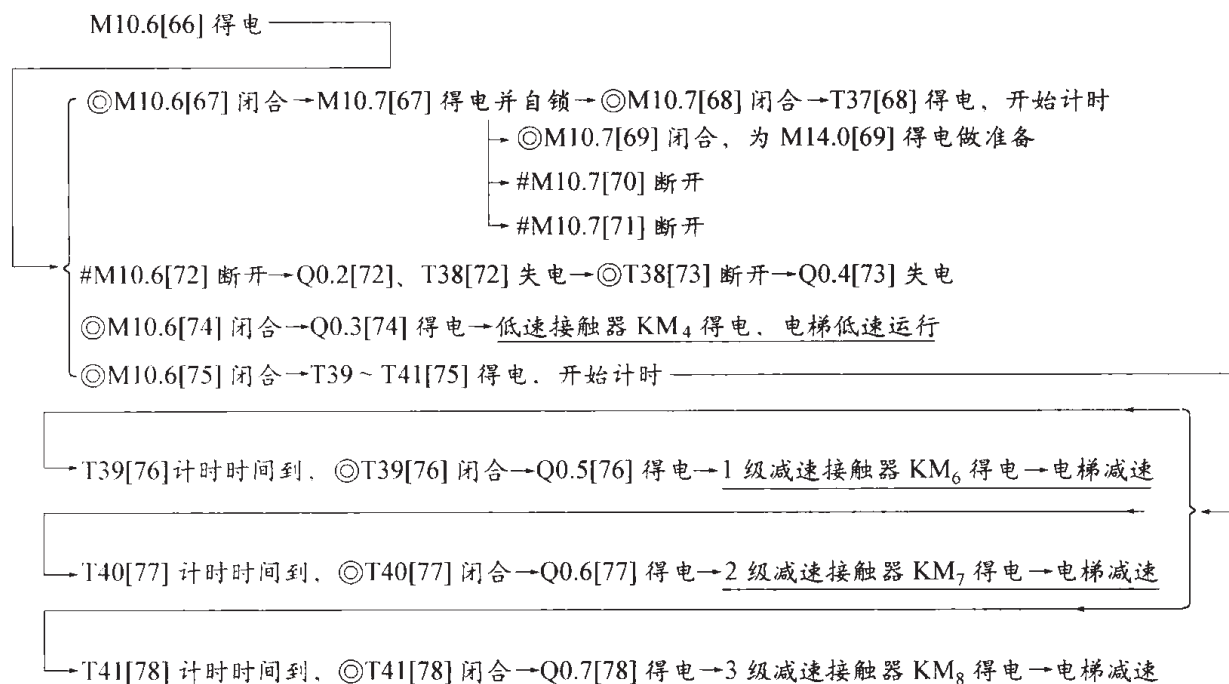


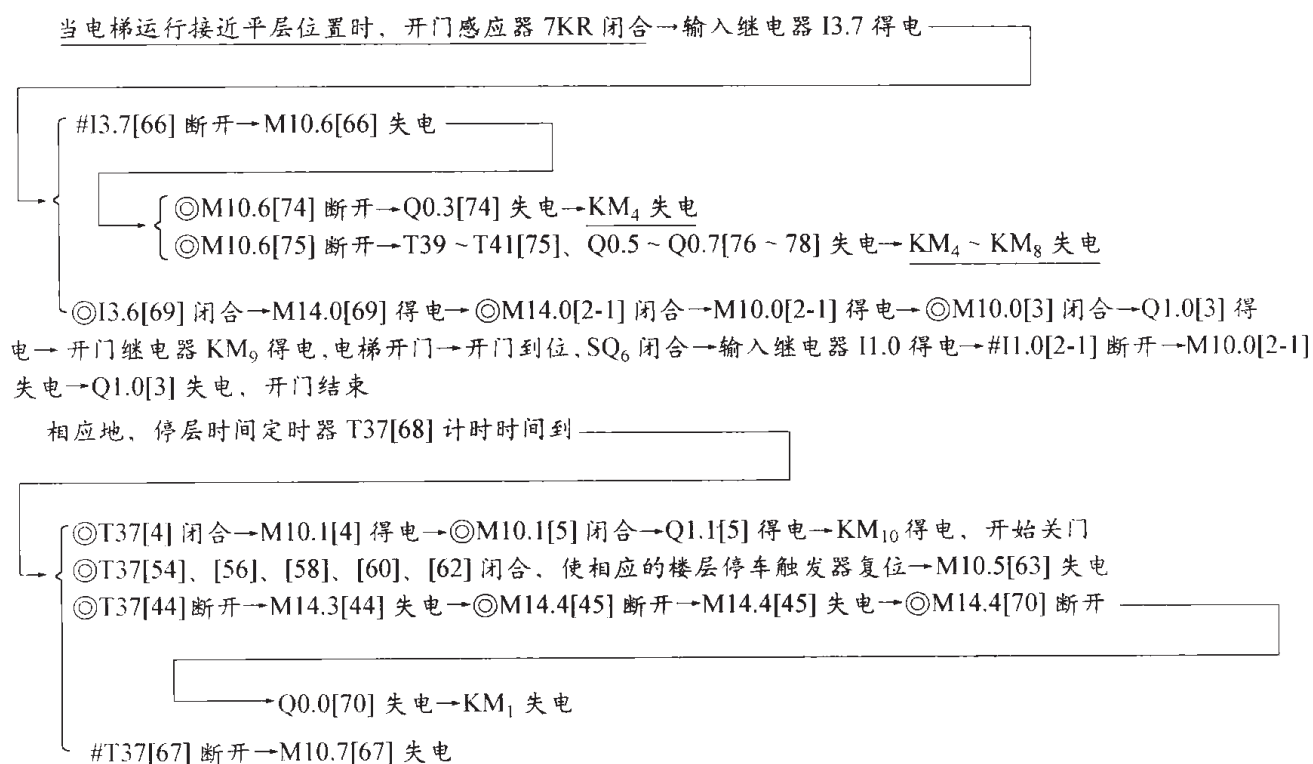
7) 停车制动环节(见图 6-13(i))

电梯在停车制动之前,应首先确定其停层信号,即确定要停靠的楼层,应根据电梯的运行方向与外呼信号的位置和轿内选层信号比较后得出。各层的停车触发信号在下行下呼,上行上呼及内选层信号存在时产生,这些都是符合前边所介绍的停车原则的。当存在触发信号,电梯又运行到当层时产生停车信号。停层信号辅助继电器 M10.5[63] 梯形图支路中 M10.3[42]、M10.4[48] 的动断触点 #M10.3[63]、[63] 和 #M10.4[63] 的作用是为了解决呼梯方向与电梯运行方向相反时的停车问题(如 2 楼向下的外呼信号,使电梯从 1 楼向上运行时, M15.1 不会被触发,至 2 楼位置,靠 M10.3[63]、M10.4 的动断触点 #M10.3、#M10.4[63] 使 M10.5 接通)而设置的。而停车信号的消除是停车时间到, T37[68] 为停层时间定时器。

停层信号产生后,与上下平层感应器配合,进行停车制动。停车制动之前,应先产生停车制动信号,然后由停车制动信号控制接触器实现停车制动。为解决电梯进入平层区间后才出现停车信号致使电梯过急停车的问题,采用上升沿脉冲指令将 $\odot I3.6[64]$ 及 $\odot I3.7[65]$ 变成短信号。

M10.6[66] 得电支路为 $\odot M14.1 \rightarrow \odot M14.4 \rightarrow \odot M10.5 \rightarrow \# I3.7 \rightarrow \# M14.6$ 。





【例 6-6】 喷泉控制电路

1. 控制要求

有 A、B、C 三组喷泉, 其工作过程为:

- ① A 组先喷 5 s;
- ② B、C 组同时喷 5 s, A 组停;
- ③ A、B 组停, C 组喷 5 s;
- ④ A、B 组喷 2 s, C 组停 2 s;
- ⑤ A、B、C 组同时喷 5 s;
- ⑥ A、B、C 组同时停 3 s;
- ⑦ 重复①~⑥。

这样一个工作循环将成 6 个时段, 分别称为时段 1~时段 6, 其时序如图 6-14 所示。

2. 梯形图

图 6-15 为 PLC 的梯形图。

3. 识读要点

梯形图中把 T42 动断触点#T42[3] 串入 T37[3] 线圈控制电路中, 目的是使定时器能周期性地工作进行。把 T42 动断触点#T42[1] 与 M0.1 动断触点#M0.1[1] 并联在 M0.0 线圈控制电路中, 其目的是不论 SB₁(◎I0.1[2]) 何时按下, M0.0 必须到喷完一个周期后才会停止工作。

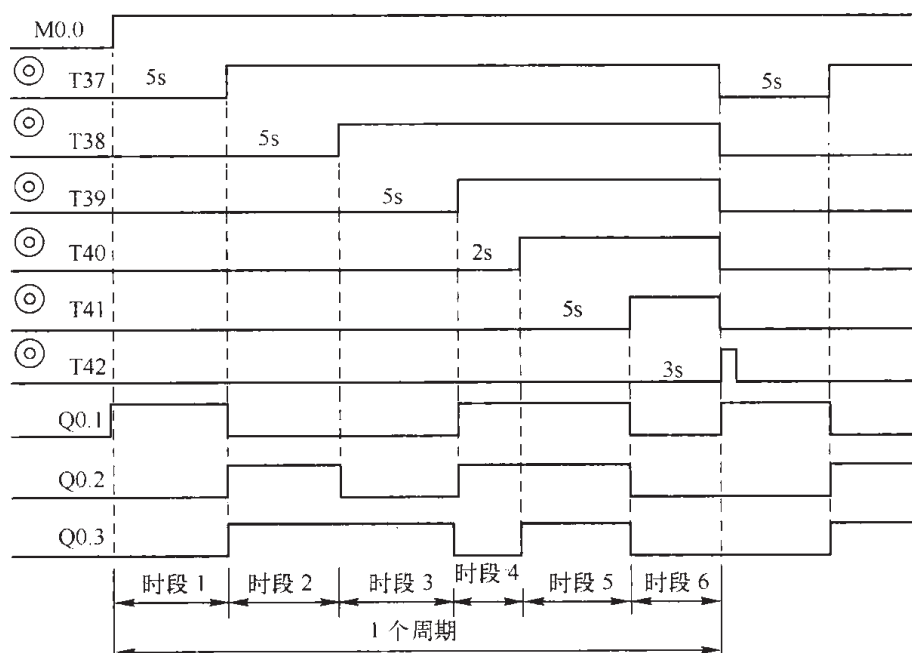


图 6-14 时序图

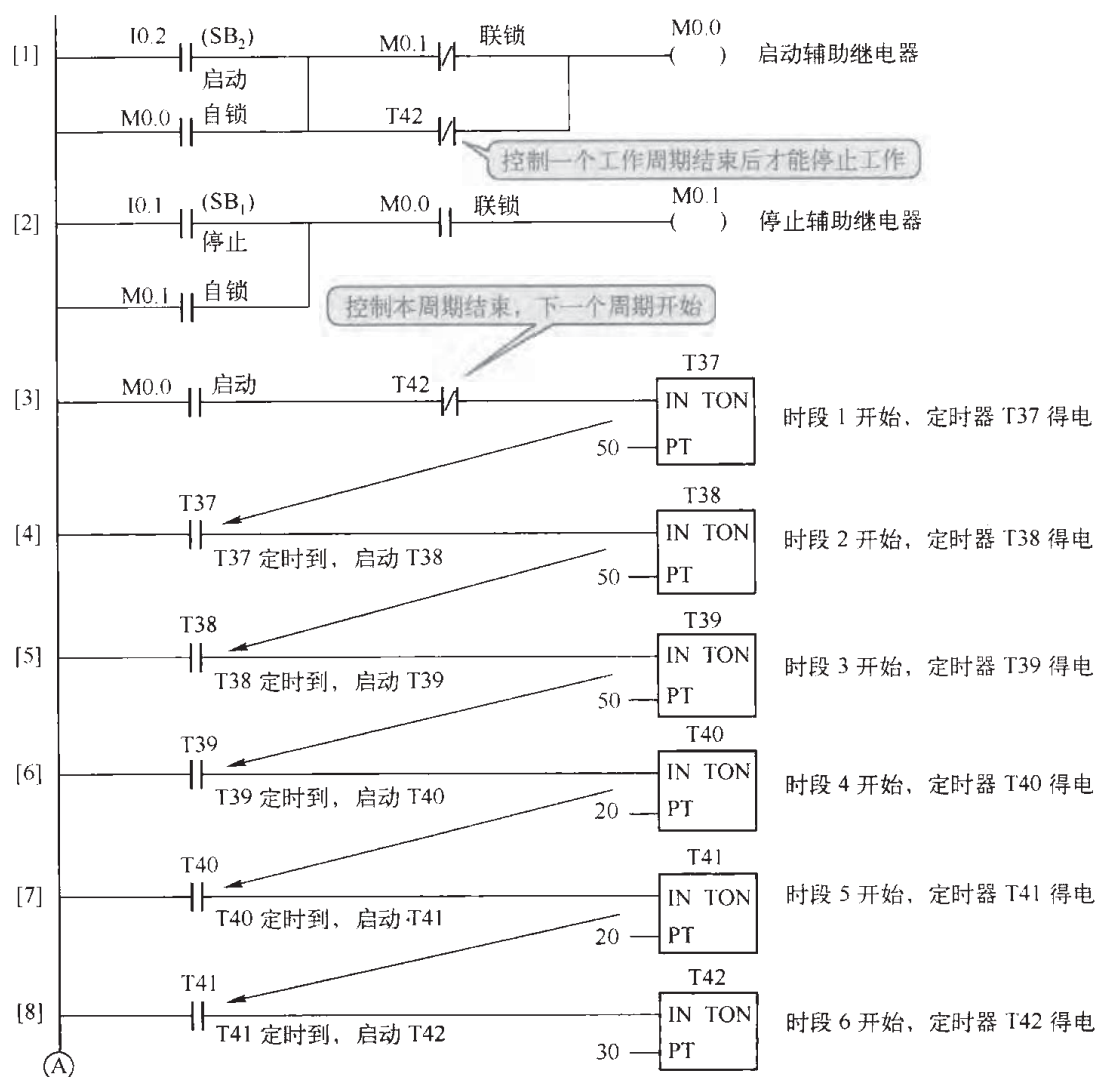


图 6-15 梯形图

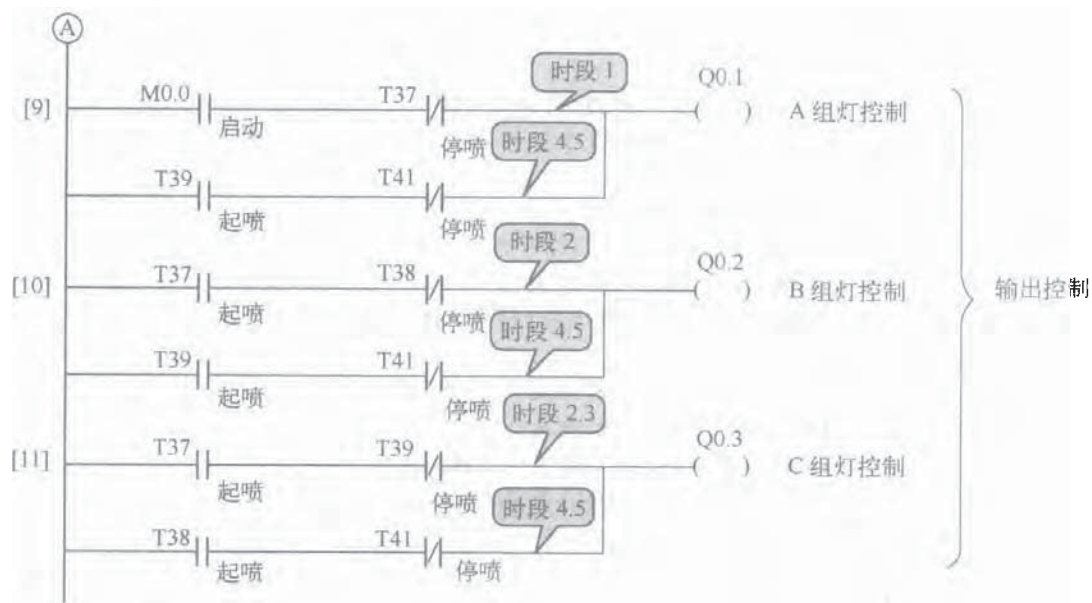


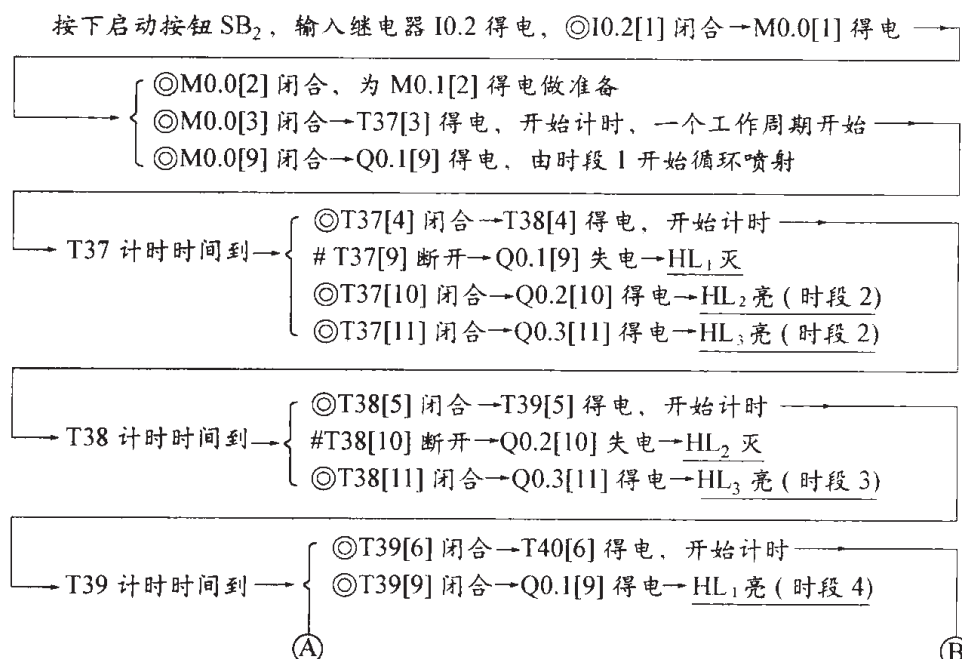
图 6-15 梯形图(续)

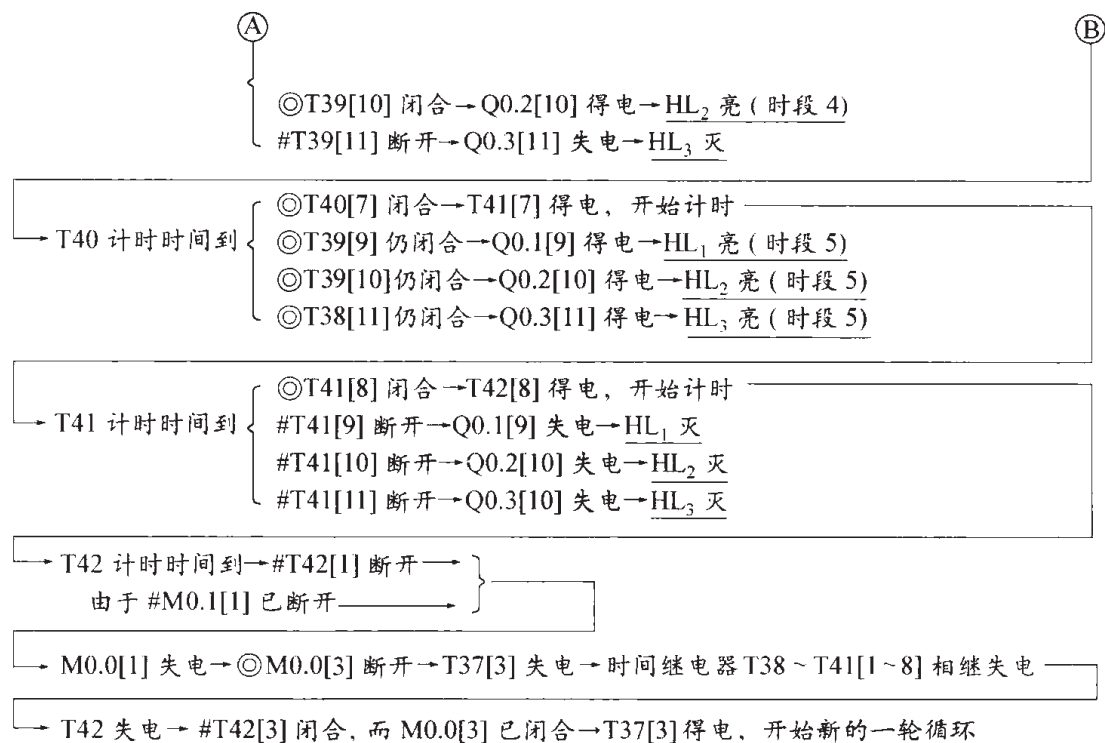
当 T42[8] 计时时间到, #T42[3] 断开→T37[3] 失电→相继使 T37[3]、T38[4]、T39[5]、T40[6]、T41[7]、T42[8] 失电。T42[8] 失电, 其动断触点 #T42[3] 复位闭合→T37[3] 得电, 开始下一个工作循环。

按下停止按钮 SB₁→输入继电器 IO.1 得电→◎IO.1[2] 闭合→M0.1[2] 得电→#M0.1[1] 断开。当一個工作周期未结束, T42[8] 未失电, #T42[1] 保持闭合, 不能使 M0.0 失电; 只有当一个工作周期结束时, T42[8] 计时时间到, #T42[1] 断开→M0.0[1] 失电→◎M0.0[3] 断开→T37[3] 失电→相继使 T38~T42 失电, 即喷完一个周期后才会停止工作。

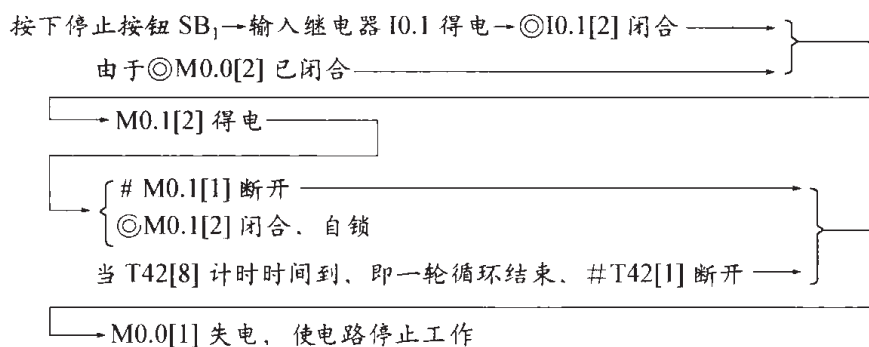
4. 电路工作过程

(1) 启动





(2) 停止



第 7 章

机械手、大小铁球分选和交通信号灯的 PLC 控制

【例 7-1】 用启-保-停电路模式编程的机械手运动的 PLC 控制

某机械手结构如图 7-1 所示。它是一台水平/垂直位移的机械设备,用来将生产线上的工件从左工作台 A 搬到右工作台 B。

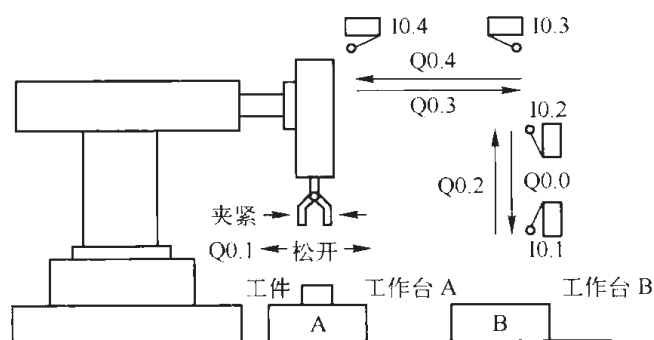


图 7-1 机械手结构示意图

1. 工艺过程与控制要求

如图 7-2 所示为机械手动作示意图。机械手的全部动作由汽缸驱动,而汽缸又由相应的电磁阀控制。其中,上升/下降和左移/右移分别由双线圈二位电磁阀控制。例如,当下降电磁阀通电时,机械手下降;当下降电磁阀断电时,机械手停止下降,但保持现有的动作状态。只有在上升电磁阀通电时,机械手才上升;当上升电磁阀断电时,机械手停止上升。同样,左移/右移分别由左移电磁阀和右移电磁阀控制。机械手的放松/夹紧由一个单线圈二位电磁阀控制,该线通电时,机械手夹紧;该线圈断电时,机械手放松。

机械手右移到位并准备下降时,必须对右工作台进行检查,确认上面无工件才允许机械手下降。通常采用光电开关进行无工件检测。

机械手的动作过程分为 8 步:即从原点开始,经下降、夹紧、上升、右移、下降、放松、上升、左移 8 个动作完成一个周期并回到原点。

开始时,机械手停在原位。按下启动按钮,下降电磁阀通电,机械手下降。下降到位时,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,上升电磁阀通电,机械手上升。上升到位时,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,碰到右限位开关,右移电磁阀断电,右移停止。若此时右工作台上无工件,则光电开关接通,下降电磁阀通电,机械手下降。下降到位时,碰到下降位开关,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。上升到位时,碰到上限位开关,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。左移到原点时,碰到左限位开关,左移电磁阀断电,左移停止,一个周期的动作循环结束。

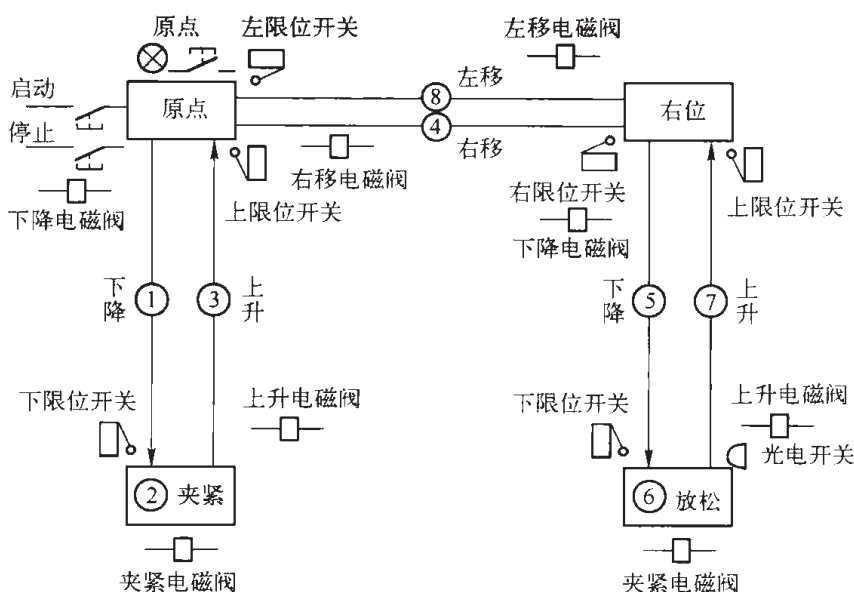


图 7-2 机械手动作示意图

机械手的控制分为手动操作和自动操作两种方式。手动操作分为手动和回原点两种操作方式;自动操作分为步进、单周期和连续操作方式。

① 手动:用按钮对机械手的每一步运动单独进行控制。用 $SB_1 \sim SB_6$ ($I0.5 \sim I1.2$) 对应的 6 个按钮分别独立控制机械手的升、降、左行、右行和夹紧、松开。例如,选择上/下运动时,按下启动按钮,机械手上升;按下停止按钮,机械手下降。当选择左/右运动时,按下启动按钮,机械手左移;按下停止按钮,机械手右移。其他类推。此操作方式主要用于维修。

② 单周期操作:每按一次启动按钮 $SB(I2.6)$ 后,机械手从原点起始步 $M0.0$ 开始,按照图 7-2 所示的顺序自动完成一个周期的动作后停止,返回有效期停留在初始步。若在中途按动停止按钮,机械手停止运行;再按启动按钮,从断点处开始继续运行,回到原点自动停止。

③ 连续操作:在初始状态下,按下启动按钮后,机械手从初始步开始,工作 1 个周期后,又开始搬运下一个工件,自动地、连续不断地周期性循环。若按下停止按钮,机械手并不马上停止工作,而是将完成正在进行的这个周期的动作,返回原点自动停止。

④ 单步操作:从初始步开始,按一下启动按钮,系统转换到下一步,完成该步的任务后,自动停止工作并停留在该步。再按一下启动按钮,又往前走一步。单步方式常用于系统的调试。每按一次启动按钮,机械手前进一个工步(或工序)即自动停止。

⑤ 回原点:在该方式下按动原点按钮时,机械手自动回归原点。

机械手在最上面和最左边且夹紧装置松开时,称为系统处于原点状态(或称初始状态)。在进入单周期、连续和单步工作方式之前,系统应处于原点状态,如果不满足这一条件,可以选择回原点工作方式,然后按启动按钮 $I2.6$,使系统自动返回原点状态,在初始状态,顺序功能图中的初始步 $M0.0$ 为 ON,为进入单周期、连续和单步工作方式做好准备。

2. PLC 的 I/O 配置和 I/O 接线

表 7-1 为 PLC 的 I/O 配置表,其 I/O 接线如图 7-3 所示。

表 7-1 输入/输出设备及 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | 功 能 | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|-------------------|-----|--------------|-----------------|-----|--------------|
| 符 号 | | | | 符 号 | 功 能 | |
| | SQ ₁ | 下限 | I0.1 | YV ₁ | 下降 | Q0.0 |
| | SQ ₂ | 上限 | I0.2 | YV ₅ | 夹紧 | Q0.1 |
| | SQ ₃ | 右限 | I0.3 | YV ₂ | 上升 | Q0.2 |
| | SQ ₄ | 左限 | I0.4 | YV ₃ | 右移 | Q0.3 |
| | SB ₁ | 上升 | I0.5 | YV ₄ | 左移 | Q0.4 |
| | SB ₂ | 左移 | I0.6 | | | |
| | SB ₃ | 松开 | I0.7 | | | |
| | SB ₄ | 下降 | I1.0 | | | |
| | SB ₅ | 右移 | I1.1 | | | |
| | SB ₆ | 夹紧 | I1.2 | | | |
| SA ₁ | SA ₁₋₁ | 手动 | I2.0 | | | |
| | SA ₁₋₂ | 回原点 | I2.1 | | | |
| | SA ₁₋₃ | 单步 | I2.2 | | | |
| | SA ₁₋₄ | 单周期 | I2.3 | | | |
| | SA ₁₋₅ | 连续 | I2.4 | | | |
| | SB ₇ | 启动 | I2.6 | | | |
| | SB ₈ | 停止 | I2.7 | | | |

输出 Q0.1 为 1 时工件被夹紧,为 0 时被松开。工作方式选择开关 SA 的 5 个位置分别对应于 5 种工作方式。为了保证在紧急情况下(包括 PLC 发生故障时)能可靠地切断 PLC 的负载电源,设置了交流接触器 KM。在 PLC 开始运行时按下“负载电源”按钮 SB₀₁,使 KM 线圈得电并自锁,KM 的主触点接通,给外部负载提供交流电源,出现紧急情况时用“紧急停车”按钮 SB₀₂,断开负载电源。

3. 梯形图

(1) 程序的总体结构 - 主程序(见图 7-4)

SM0.0 的动合触点 \odot SM0.0[1]一直闭合,公用程序是无条件执行的。在手动方式下,工作方式选择开关 SA 的触点 SA₁₋₁闭合 \rightarrow 输入继电器 I2.0 得电 \rightarrow \odot I2.0[2]闭合 \rightarrow 执行“手动”子程序。在自动回原点方式下,SA 的触点 SA₁₋₂闭合 \rightarrow 输入继电器 I2.1 得电 \rightarrow \odot I2.1[3]闭合 \rightarrow 执行“回原点”子程序。在其他 3 种工作方式下,SA 的触点 SA₁₋₃、SA₁₋₄或 SA₁₋₅闭合 \rightarrow 输入继电器 I2.2、I2.3 或 I2.4 得电 \rightarrow \odot I2.2[4]、 \odot I2.3[4]或 \odot I2.4[4]闭合 \rightarrow 执行“自动”子程序。

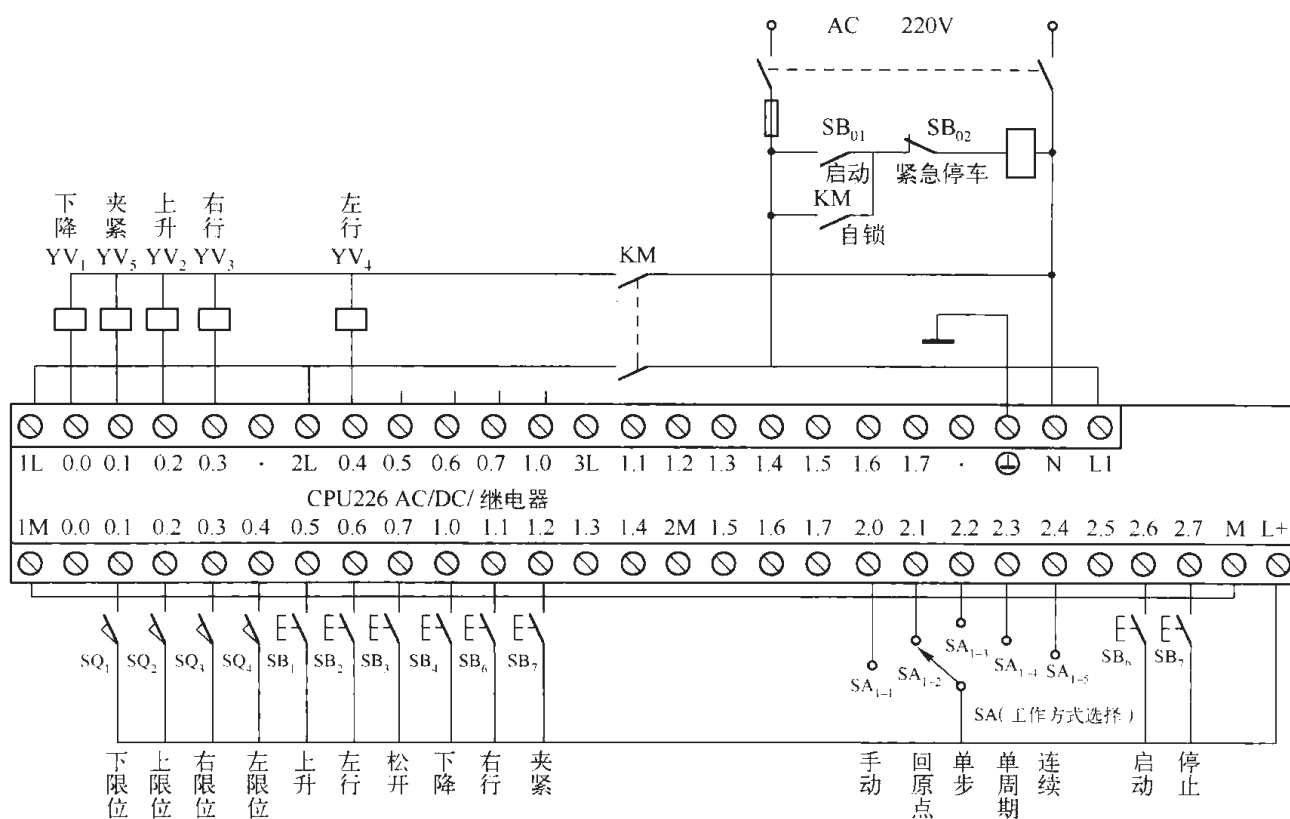


图 7-3 PLC 的 I/O 接线

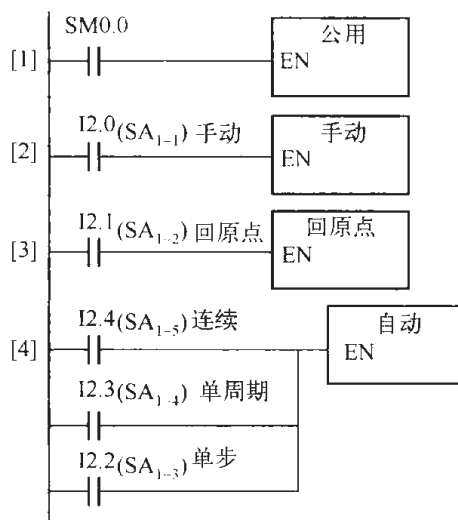


图 7-4 程序总体结构(主程序)

(2) 公用程序(见图 7-5)

公用程序用于处理各种工作方式都要执行的任务,以及处理不同的工作方式间相互切换。

左限位开关 SQ_4 (I0.4)、上限位开关 SQ_2 (I0.2) 的动合触点 $\odot I0.4$ 、 $\odot I0.4[1]$ 和表示机械手松开的 $Q0.1$ 的动断触点 $\odot Q0.1[1]$ 的串联电路接通时,“原点条件” $M0.5[1]$ 得电。

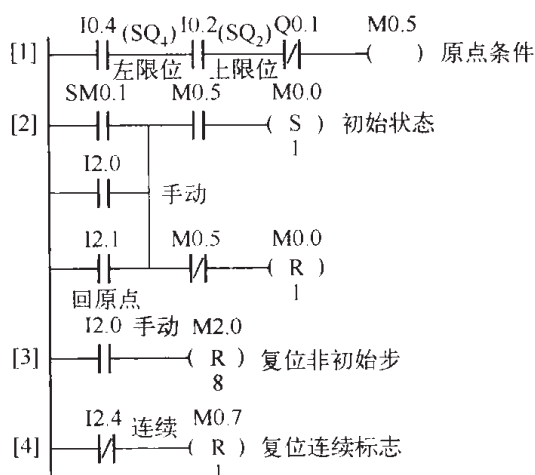
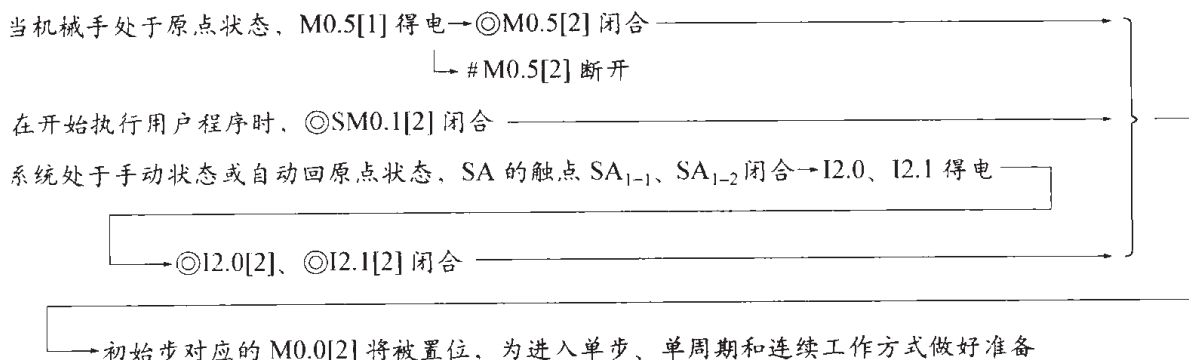


图 7-5 公用程序



如果此时 $M0.5[1]$ 为失电状态, $M0.5[2]$ 断开, $\#M0.5[2]$ 闭合, $M0.0[2]$ 将被复位, $M0.0$ (图 7-8[3]) 断开, 初始步为不活动步, 即使按下启动按钮 $SB_7 \rightarrow I2.6$ 得电 $\rightarrow I2.6$ (图 7-8[3]) 闭合, 也不能进入步 $M2.0$ (图 7-8[3]), 系统不能在单步、单周期和连续工作方式工作。

当系统处于手动工作方式时, 必须将除初始步以外的各步对应的存储器位 ($M2.0 \sim M2.7$) 复位, 否则当系统从自动工作方式切换到手动工作方式, 然后又返回自动工作方式时, 可能会出现同时有两个活动步的异常情况, 引起错误的动作。在非连续方式下, $I2.4$ 的动断触点闭合, 将表示连续工作状态的标志 $M0.7$ 复位。

(3) 手动程序 (见图 7-6)

(4) 自动程序 (单周期、连续和单步工作方式)

图 7-7 为处理单周期、连续和单步工作方式的顺序功能图, 最上面的转换条件 $M0.5 \cdot (SM0.1 + I2.0 \cdot I2.1)$ 与公共程序有关。如图 7-8 所示为用启-保-停电路设计的程序, $M0.0$ 和 $M2.0 \sim M2.7$ 是典型的启-保-停电路模式控制。

单周期、连续和单步这 3 种工作方式主要是用“连续”标志 $M0.7$ 和“转换允许”标志 $M0.6$ 来区分。

(5) 自动回原点程序

自动回原点程序的顺序控制功能图如图 7-9 所示, 梯形图如图 7-10 所示。

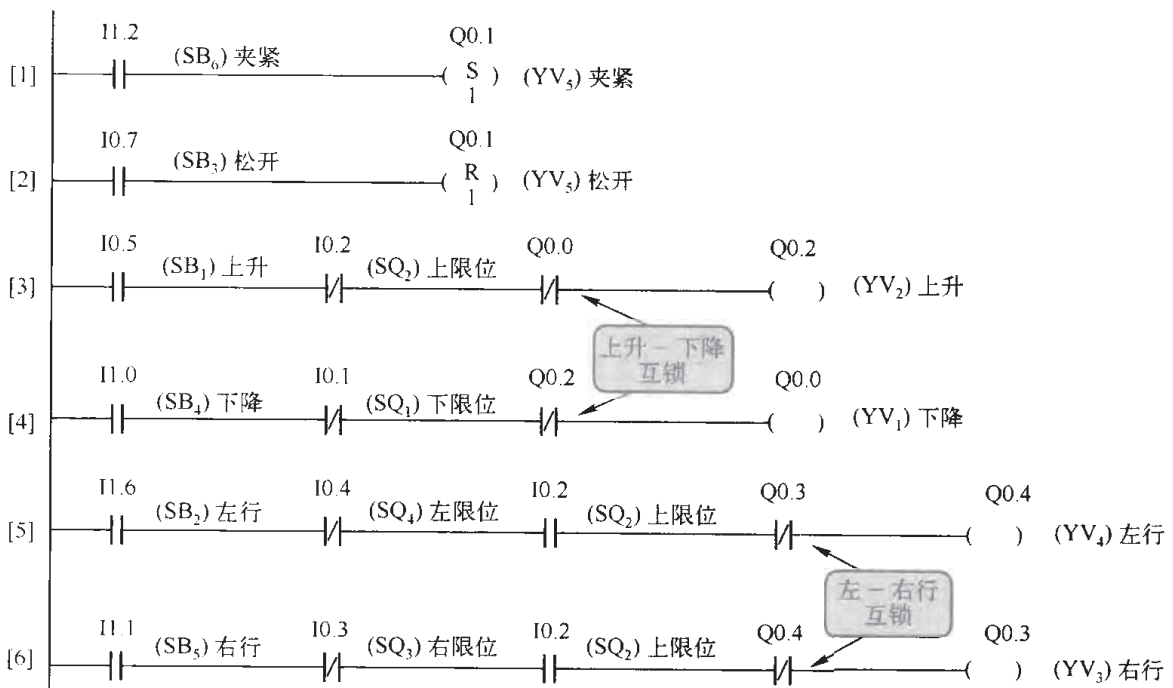


图 7-6 手动程序

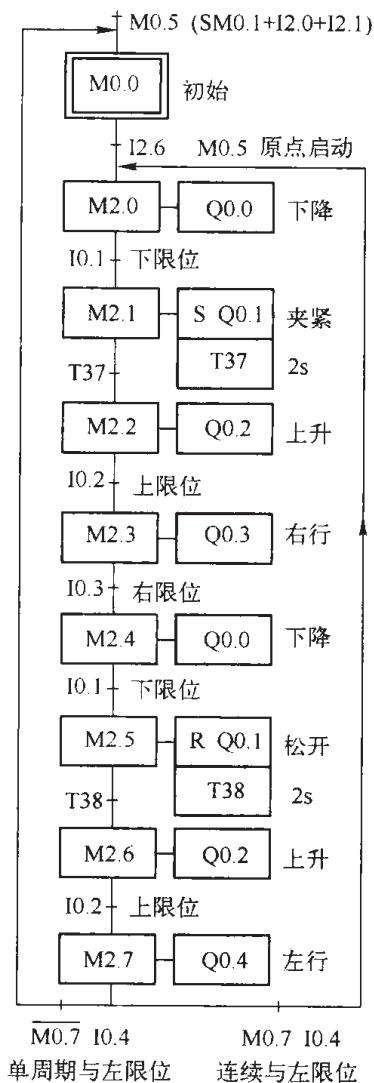


图 7-7 处理单周期、连续和单步工作方式的顺序功能图



图 7-8 自动程序

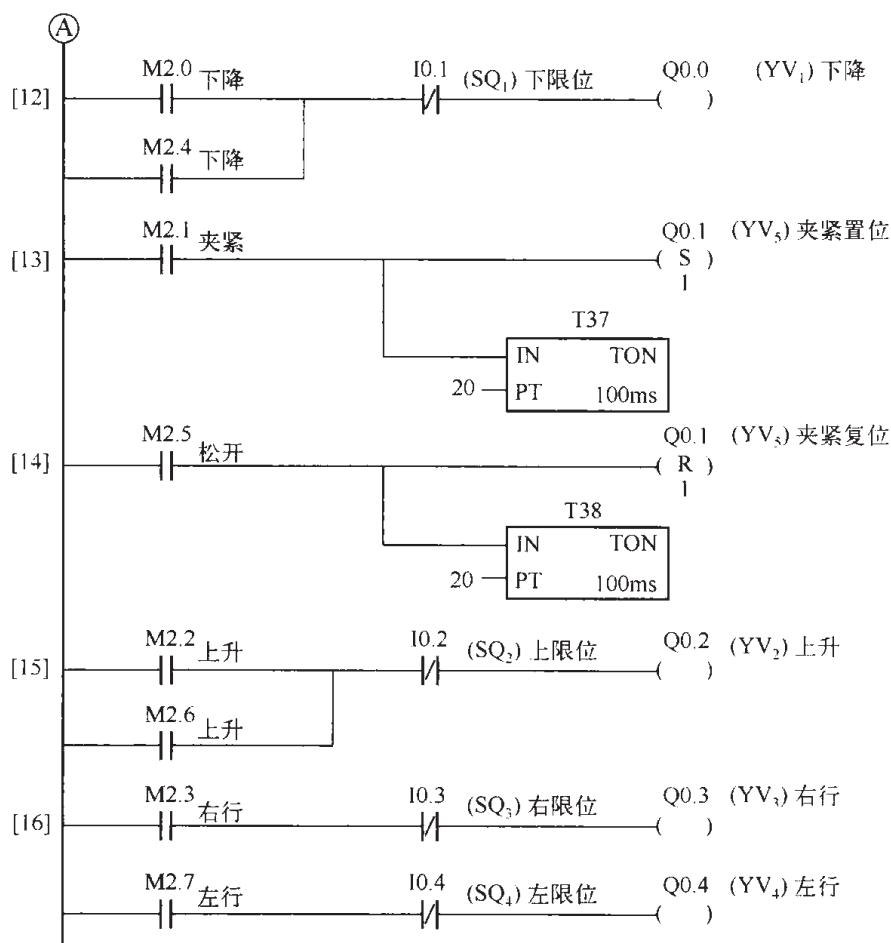


图 7-8 自动程序(续)

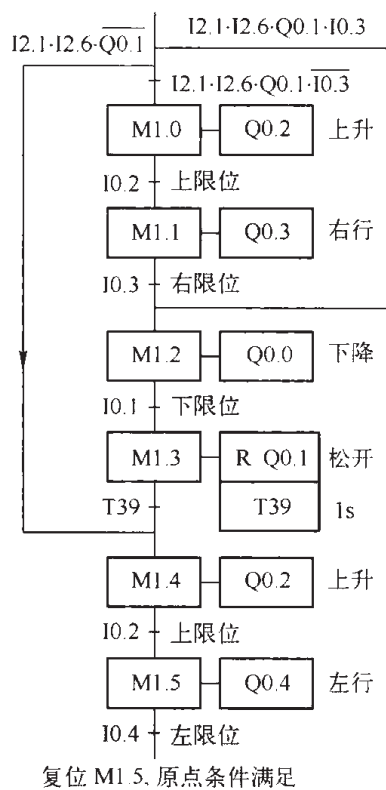


图 7-9 自动回原点程序的顺序控制功能图

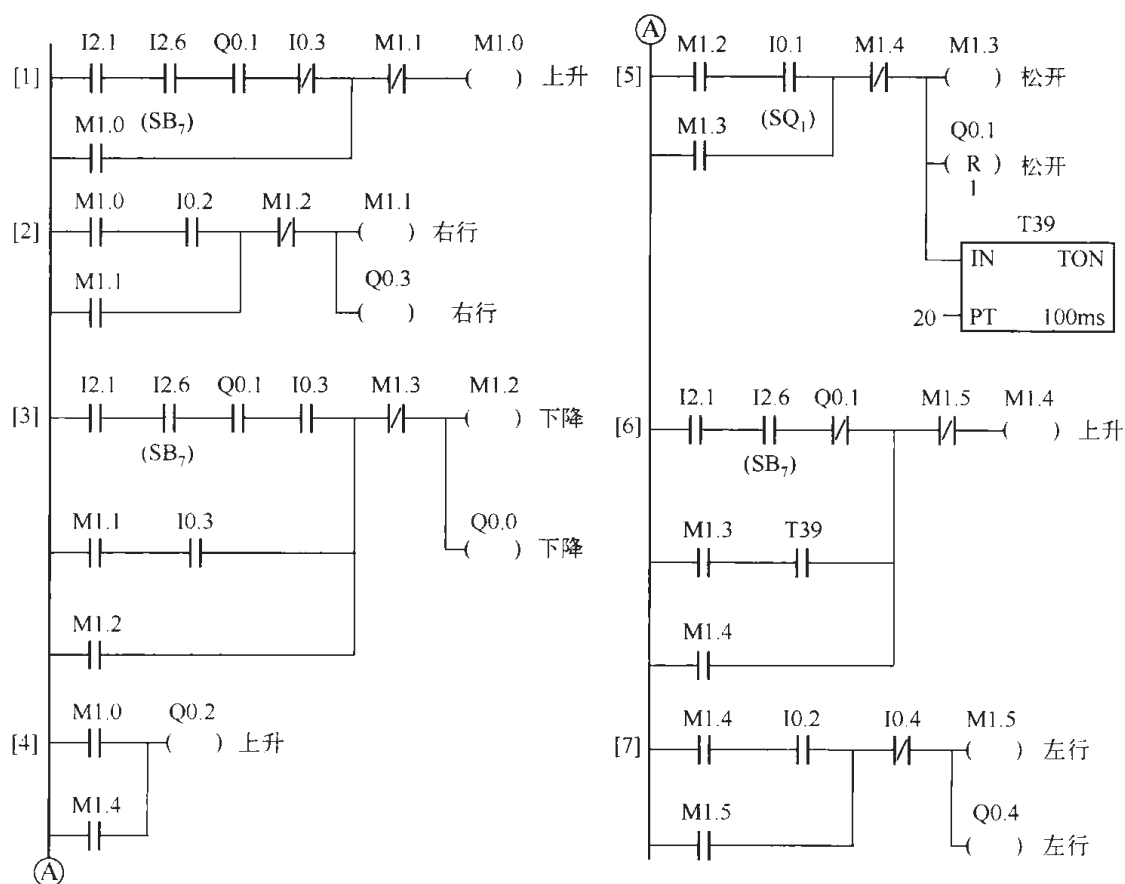


图 7-10 自动回原点程序的梯形图

4. 手动控制工作过程(见图 7-6)

为了保证系统的安全运行,在手动程序中设置了一些必要的联锁:

① 上升与下降之间、左行与右行之间的互锁,防止功能相反的两个输出同时为 ON。

② 用限位开关 $SQ_1 \sim SQ_4$ ($I0.1 \sim I0.4$) 限制机械手移动的范围。

③ 上限位开关 $I0.2$ (SQ_2) 的动合触点 $\odot I0.2[5]$ 、 $[6]$ 与控制左行、右行的 $Q0.4$ 和 $Q0.3$ 的线圈串联,机械手上升到最高位置才能左右移动,以防止机械手在较低位置运行时与别的物体碰撞。

用按钮 SB_6 、 SB_3 控制机械手的夹紧、松开。用按钮 SB_1 、 SB_4 控制机械手的上升、下降。用按钮 SB_2 、 SB_5 控制机械手的左行、右行。

5. 单步工作过程(见图 7-5、图 7-8)

(1) 单步与非单步(单周期与连续)的区分

$M0.6$ 的动合触点串接在每个代表控制步的存储器位的启动电路 $[3] \sim [11]$ 中,它们断开时禁止步的活动状态的转换。如果系统处于单步工作方式, SA_{1-3} 闭合 $\rightarrow I2.2$ 得电 $\rightarrow \#I2.2[2]$ 断开 $\rightarrow M0.6[2]$ 不能得电。在一般情况下,“转换允许”存储器位 $M0.6[2]$ 未得电,不允许步与步之间的转换。当某一步的工作结束后,转换条件满足,如果没有按启动按钮 $SB7$ \rightarrow 输入继电器 $I2.6$ 未得电 $\rightarrow \odot I2.6[2]$ 断开 $\rightarrow M0.6[2]$ 未得电, $M0.6$ 处于失电状态,启-保-停电路的启动电路处于断开状态,不会转换到下一步。一直要等到按下启动按钮 SB_7 $\rightarrow I2.6$ 得电 \rightarrow

◎I2.6[2] 闭合 → M0.6[2] 得电 → ◎M0.6[3] ~ [11] 闭合, 系统才会转换到下一步。

系统工作在连续、单周期(非单步)工作方式时, SA₁₋₃ 断开 → I2.2 未得电 → #I2.2[2] 闭合 → 使 M0.6 一直为得电状态, 串联在各启 - 保 - 停电路的启动电路中的 M0.6 的动合触点 ◎M0.6[3] ~ [11] 接通, 允许步与步之间的转换。

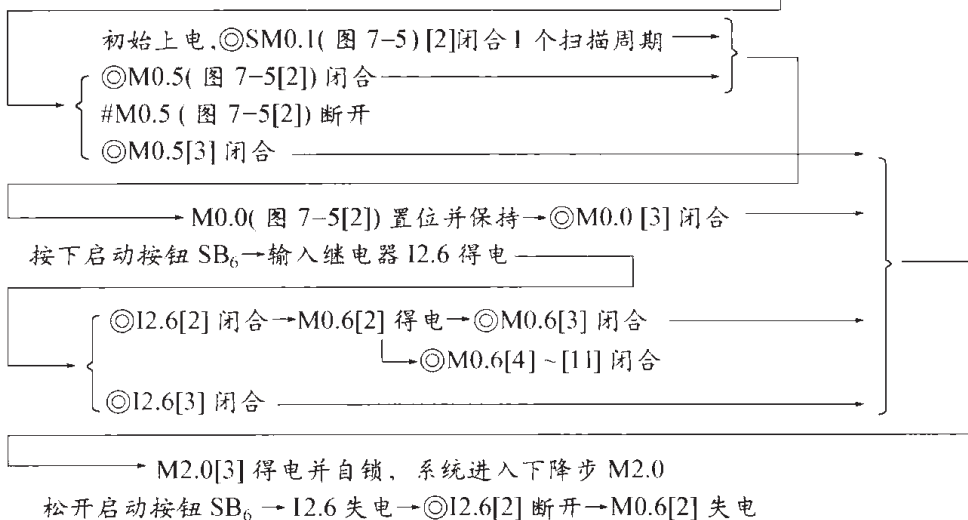
(2) 电路工作过程

在单步工作方式下, 转换开关 SA 的触点 SA₁₋₃ 闭合, SA 的其他触点断开。

由于 SA₁₋₃ 闭合 → 输入继电器 I2.2 得电 → #I2.2[2] 断开 → M0.6[2] 不能得电 → ◎M0.6[3] ~ [11] 未闭合, 因此某段程序执行完后, 程序不会自动转换到下一步

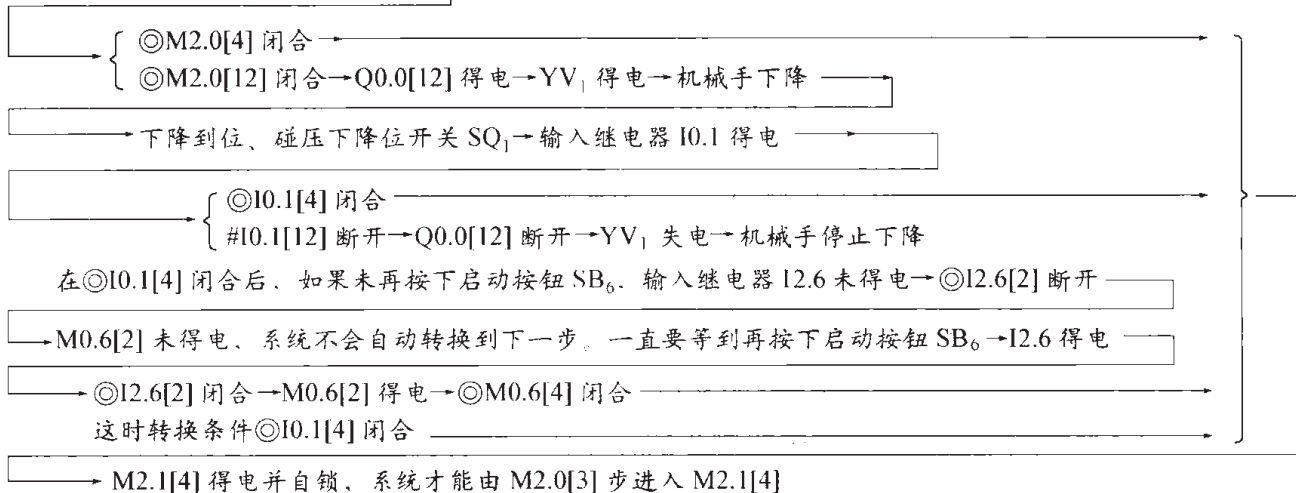
① 启动:

系统处于初始步时的原点状态, 机械手处于左限位、上限位, 因此 SQ₁、SQ₄ 闭合, 输入继电器 I0.2、I0.4 得电, ◎I0.4、I0.2 (图 7-5[1]) 闭合 → M0.5 (图 7-5[1]) 得电 →



② 下降步 M2.0[3]:

M2.0[3] 得电并自锁



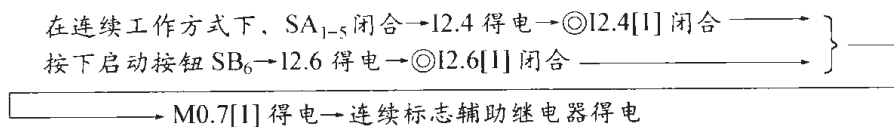
③ 步 M2.1 ~ 步 M2.7

步 M2.1 ~ 步 M2.7 各步的工作过程与步 M2.0 相同, 只是在完成某一步的操作后, 都必须再按一下启动按钮 SB₆, 系统才会转换到下一步。

6. 单周期与连续工作的电路工作过程(见图7-5、图7-8)

(1) 单周期与连续的区别

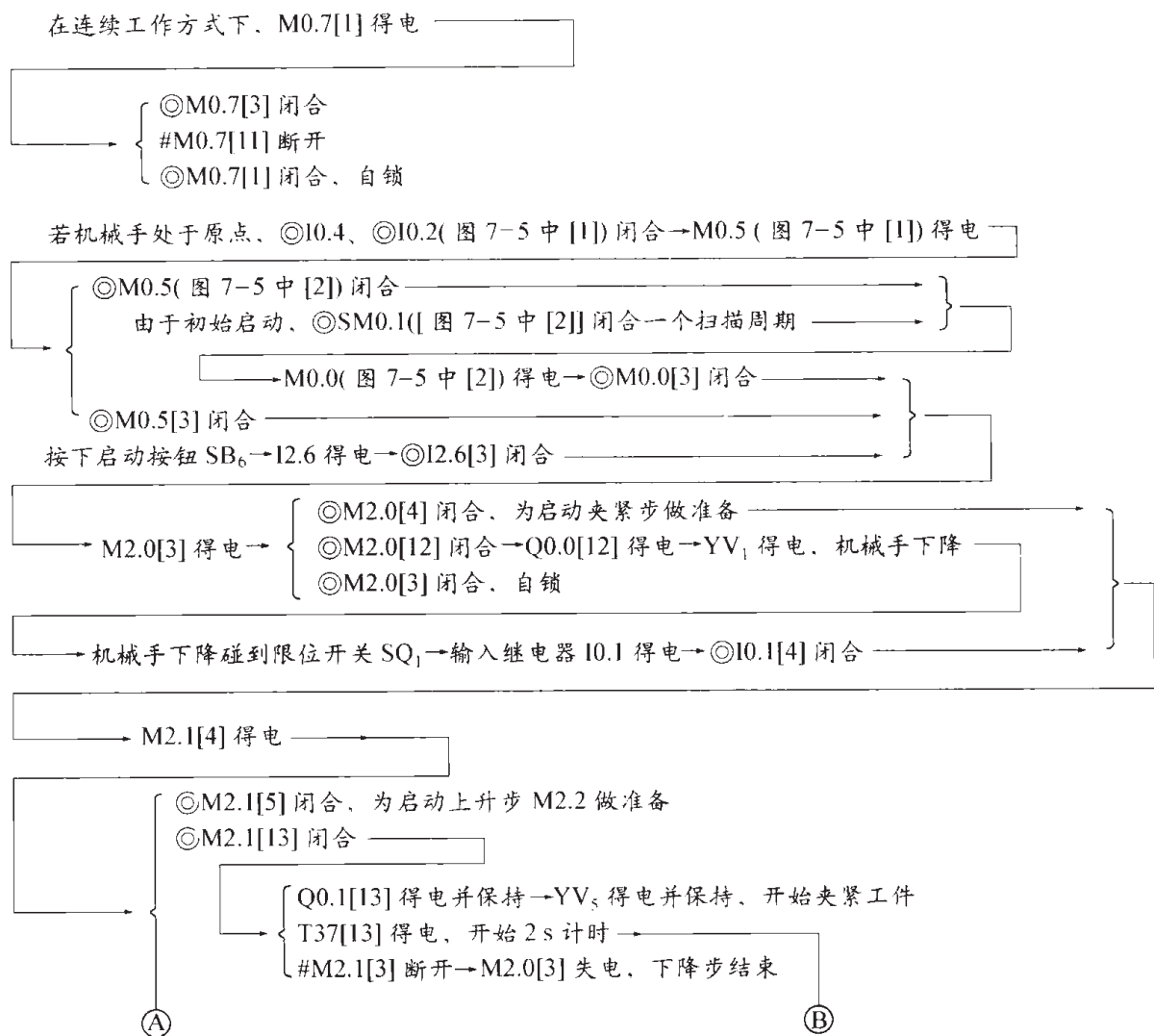
在单周期和连续工作方式下,工作方式选择开关 SA 的 SA₁₋₄和 SA₁₋₅闭合,而 SA₁₋₃(单步工作)断开。由于 SA₁₋₃断开→输入继电器 I2.2 未得电→#I2.2[2]保持闭合→M0.6[2]得电→M0.6[3]~[11]闭合,允许各工作步转换,即允许进行连续和单周期工作。

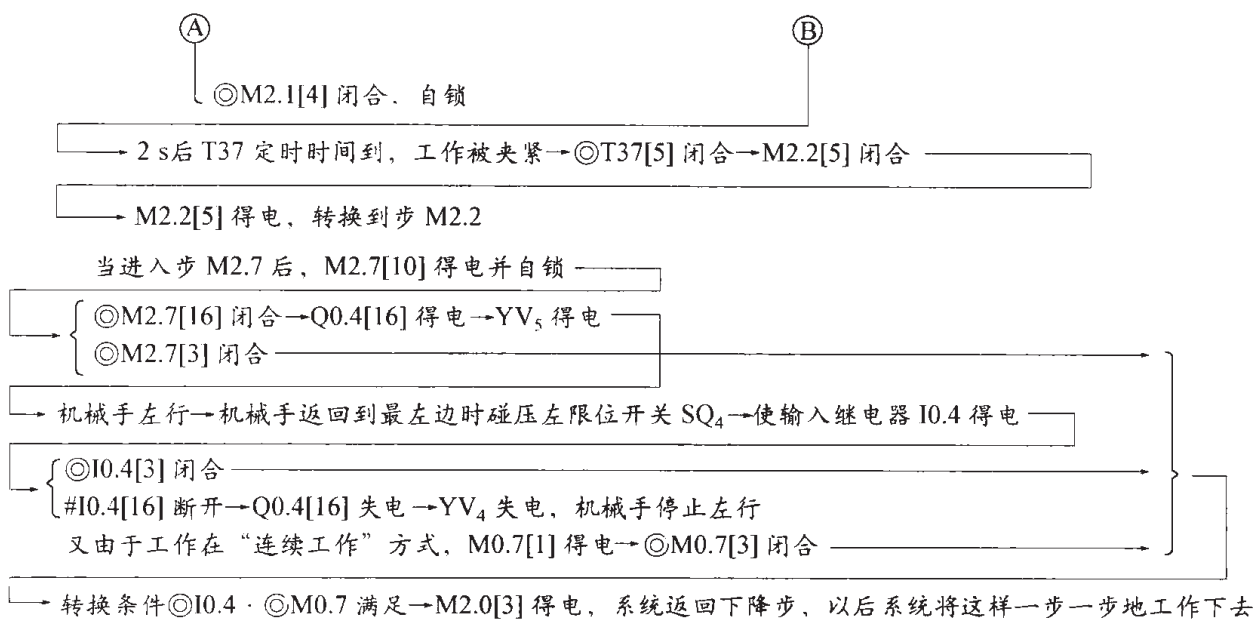


在单周期工作方式下,工作方式选择开关 SA 的触点 SA₁₋₄闭合,而 SA₁₋₅断开。由于 SA₁₋₅断开→I2.4 未得电→I2.4[1]断开,按下启动按钮 SB₆→I2.6 得电→I2.6[1]闭合,但不会使 M0.7[1]得电, M0.7[3]断开,不会进行连续工作。

(2) 连续工作

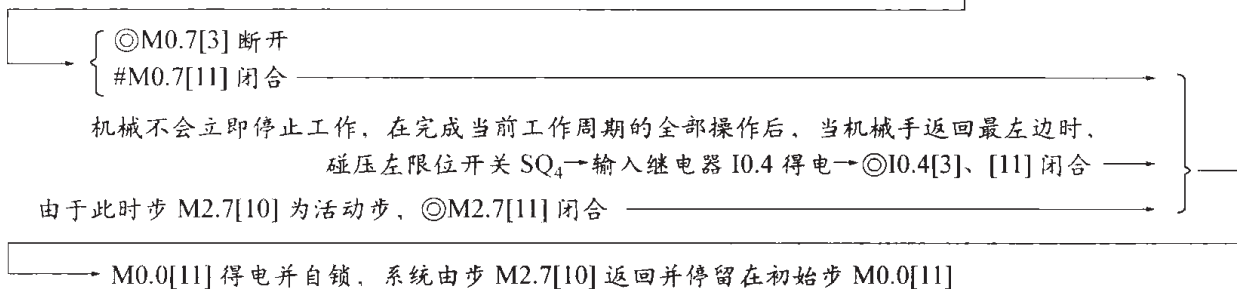
① 启动:





② 停止:

按下停止按钮 SB₈ → 输入继电器 I2.7 得电 → #I2.7[1] 断开 → M0.7[1] 失电



虽然 ① M2.7[3]、① I0.4[3] 闭合, 但由于 ① M2.7[3] 断开, 因此不能使 M2.0 得电, 因此系统不能进入连续工作状态

(3) 单周期工作方式

在单周期工作方式, 转换开关 SA 的触点 SA₁₋₅ 断开、SA₁₋₄ 闭合

由于 SA₁₋₅ 断开 → 输入继电器 I2.4 失电 → ① I2.4[1] 断开, 按下启动按钮 SB₇ → I2.6 得电 → ① I2.6[1] 闭合, 不会使 M0.7[1] 得电, 因此 ① I0.7[3] 断开, 不会进行连续工作。

当机械手在最后一步 M2.7 返回最左边时, 碰压左限位开关 SQ₄ → I0.4 得电 → ① I0.4[11]、[3] 闭合, 因为连续工作标志 M0.7[1] 失电, ① M0.7[3] 断开、#M0.7[11] 闭合, 因此, 转换条件 #M0.7 · ① I0.4 满足, 系统返回并停留在初始步 M0.0, 机械手停止运动。按一次启动按钮, 系统只工作一个周期。

7. 自动回原点程序 (见图 7-9、图 7-10)

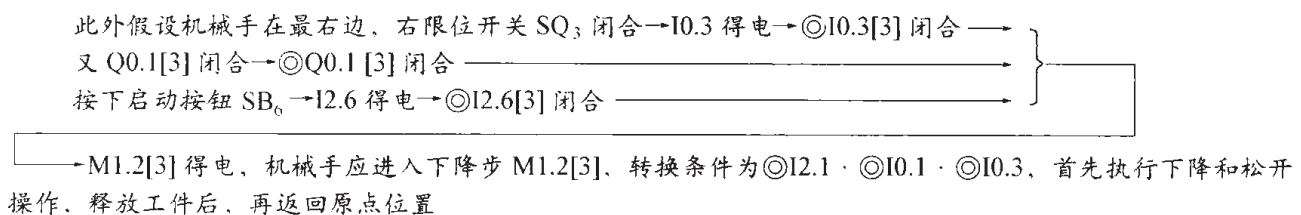
在回原点工作方式下, 转换开关 SA 的触点 SA₁₋₂ 闭合, 其他触点断开。SA₁₋₂ 闭合 → I2.1 得电 → ① I2.1[3] 闭合。

按下启动按钮 SB₆ → 输入继电器 I2.6 得电 → ① I2.6[1]、[3] 闭合。机械手可能处于任意状态中, 根据机械手当时所处的位置和夹紧装置的状态, 可以分为 3 种情况, 采用不同的处理方法。

① 夹紧装置松开, Q0.1 (图 7-8 [13]) 失电, 表明机械手没有夹持工作。Q0.1 失电, \odot Q0.1 [1] 断开, M1.0 [1] 失电 \rightarrow \odot M1.0 [2]、[4] 断开 \rightarrow M1.1 [2]、M1.4 [4] 不能得电; 而 #Q0.1 [6] 闭合, 因此机械手应上升和左行, 直接返回原点位置。按下启动按钮 I2.6, 应进入图 7-10 中的上升步 M1.4, 转换条件为 \odot I2.1 \cdot \odot I2.6 \cdot #Q0.1。

如果机械手已经在最上面, 上限位开关 I0.2 为 ON, 进入上升步后, 因为转换条件已经满足, 将马上转换到左行步。

② 夹紧装置处于夹紧状态, Q0.1 (图 7-8 [13]) 得电, 表明有工件被夹紧, Q0.1 得电, \odot Q0.1 [1] 闭合, M1.0 [1] 得电 \rightarrow \odot M1.0 [2]、[4] 闭合 \rightarrow M1.1 [2]、M1.5 [7] 相继得电; 应将工件搬运到 B 点后再返回原点位置。



如果机械手已经在最下面, 下限位开关 SQ_1 闭合 \rightarrow I0.1 得电 \rightarrow \odot I0.1 [5] 闭合, 进入下降步后, 因为转换条件已经满足, 将马上转换到步 M1.3。

③ 夹紧装置处于夹紧状态, 机械手没有在最右边, 右限位开关 I0.3 为 OFF。按下启动按钮 SB_7 , I2.6 得电, 应进入步 M1.0, 转换条件为 \odot I2.1 \cdot \odot I2.6 \cdot \odot Q0.1 \cdot #I0.3, 首先上行和右行, 将工件搬运到 B 点后再返回原点位置。

如果机械手已经在最上面, 上限位开关 I0.2 为 ON, 进入上升步后, 因为转换条件已经满足, 将马上转换到右行步。

【例 7-2】 用子程序和移位寄存器指令编程的机械手的 PLC 控制

某机械手的结构工作示意图参见图 7-1, 其任务是将工件从工作台 A 搬往工作台 B。

1. 机械结构程工作过程

机械手的动作顺序、检测元件和执行元件的布置参见图 7-2。

该机械手是一个水平/垂直位移的机械设备, 其操作是将工件从左工作台搬运到右工作台, 机械手的所有动作均采用液压驱动。它的上升、下降和左移、右移均采用双线圈三位电磁阀推动液压缸完成。当某个电磁阀线圈得电, 就一直保持当前的机械动作, 直到相反动作的线圈得电为止。例如, 当下降电磁阀线圈得电后, 机械手下降, 即使线圈再失电, 仍保持当前的下降动作状态, 直到上升电磁阀线圈得电为止。机械手的夹紧、放松采用单线圈二位电磁阀推动液压缸完成, 线圈通电时执行夹紧工作, 断电时执行放松动作。

为了使动作准确, 机械手上安装了限位开关 SQ_1 、 SQ_2 、 SQ_3 、 SQ_4 , 分别对机械手进行下降、上升、右行、左行等动作的限位, 并给出了动作到位的信号。另外, 还安装了光电开关 SP, 负责监测工作台 B 上的工件是否已移走, 从而产生无工件信号, 为下一个工件的下放做好准备。

机械手的初始位置在原位, 按下启动按钮后, 机械手将依次完成: 下降 \rightarrow 夹紧 \rightarrow 上升 \rightarrow 右移 \rightarrow 下降 \rightarrow 放松 \rightarrow 上升 \rightarrow 左移 八个动作, 实现机械手一个周期的动作。机械手的下降、上升、左移、右移的动作转换靠限位开关来控制, 而夹紧、放松的动作转换是由时间继电器

来控制的。

为了保证安全,机械手右移到位后,必须在工作台 B 上无工件时才能下降。若上一次搬到右工作台上的工件尚未移走,则机械手应自动暂停等待。为此设置了一只光电开关,以检测“无工件”信号。

2. 控制要求

工作台 A、B 上工件的传送不用 PLC 控制;机械手要求按一定的顺序动作,其流程图如图 7-11 所示。

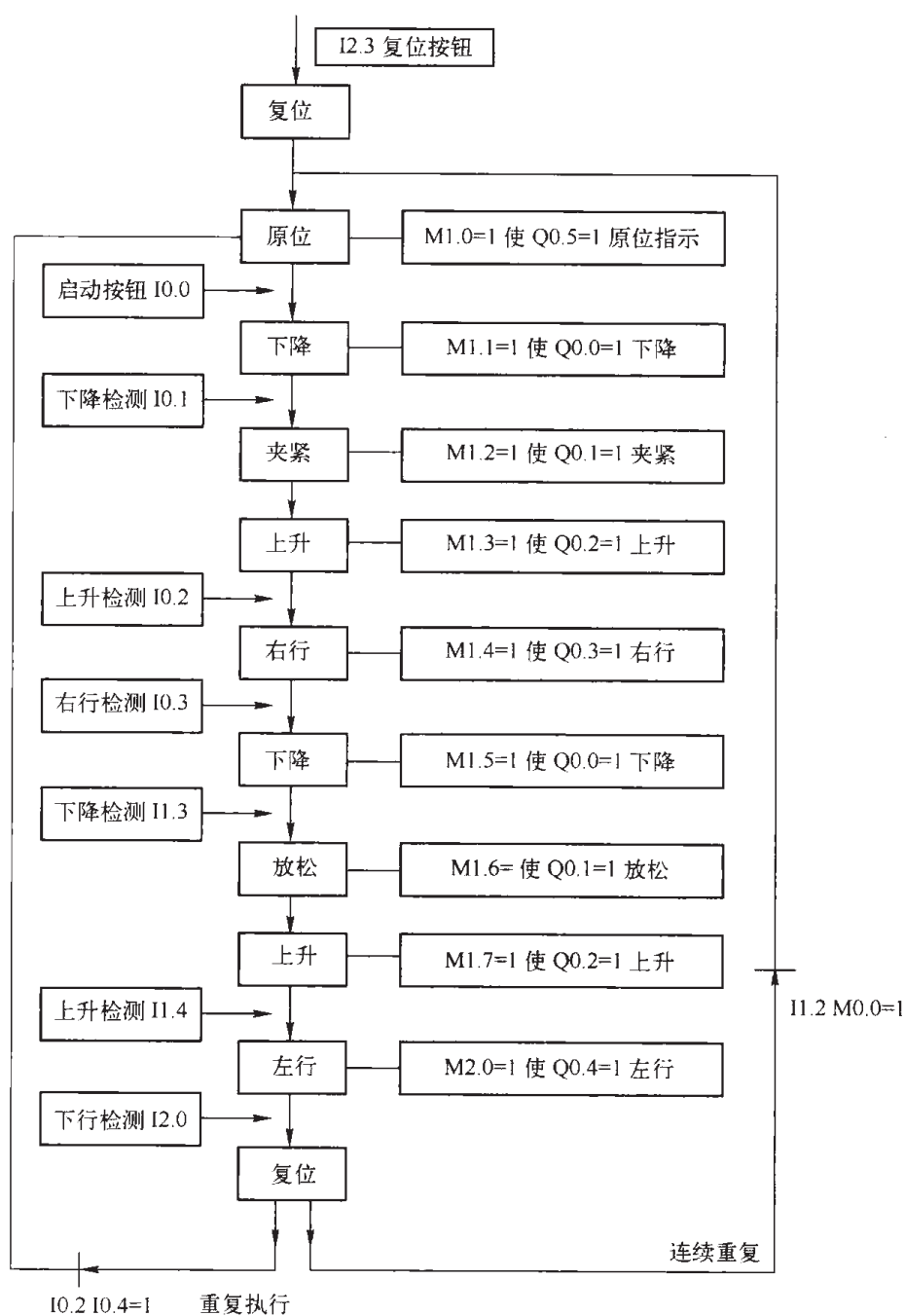


图 7-11 控制系统流程图

启动时,机械手从原点开始按顺序动作。停止时,机械手停止在现行工步上,重新启动时,机械手按停止前的动作继续进行。

为了满足生产要求,机械手设置手动工作方式和自动工作方式,而自动工作方式又分为单步、单周和连续工作方式。

手动工作方式:利用按钮对机械手每一步动作单独进行控制,例如,按“上升”按钮,机械手上升;按“下降”按钮,机械手下降。此种工作方式可使机械手置原位。

单步工作方式:从原点开始,按自动工作循环的工序,每按一下启动按钮,机械手完成一步的动作后自动停止。

单周期工作方式:按下启动按钮,从原点开始,机械手按工序自动完成一个周期的动作后,停在原位。

连续工作方式:机械手在原位时,按下启动按钮,机构自动连续地执行周期动作。当按下停止按钮时,机械手保持当前状态。重新恢复后机械手按停止前的动作继续进行。

3. PLC的I/O配置和I/O接线

表7-2为PLC的I/O配置表,其I/O接线如图7-12所示。

表7-2 输入/输出设备及PLC的I/O配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|------|--------------|
| 符 号 | 功 能 | | 符 号 | 功 能 | |
| SB ₁ | 启动 | I0.0 | KM ₁ | 下降 | Q0.0 |
| SQ ₁ | 下限 | I0.1 | KM ₂ | 夹紧松开 | Q0.1 |
| SQ ₂ | 上限 | I0.2 | KM ₃ | 上升 | Q0.2 |
| SQ ₃ | 右限 | I0.3 | KM ₄ | 右移 | Q0.3 |
| SQ ₄ | 左限 | I0.4 | KM ₅ | 左移 | Q0.4 |
| SP | 无工件检测 | I0.5 | HL | 原位显示 | Q0.5 |
| SB ₂ | 停止 | I0.6 | | | |
| SA ₁ | SA ₁₋₁ | 手动 | I0.7 | | |
| | SA ₁₋₂ | 单步 | I1.0 | | |
| | SA ₁₋₃ | 单周期 | I1.1 | | |
| | SA ₁₋₄ | 连续 | I1.2 | | |
| SB ₃ | 下降 | I1.3 | | | |
| SB ₄ | 上升 | I1.4 | | | |
| SB ₅ | 右移 | I1.5 | | | |
| SB ₆ | 左移 | I2.0 | | | |
| SB ₇ | 夹紧 | I2.1 | | | |
| SB ₈ | 放松 | I2.2 | | | |
| SB ₉ | 复位 | I2.3 | | | |

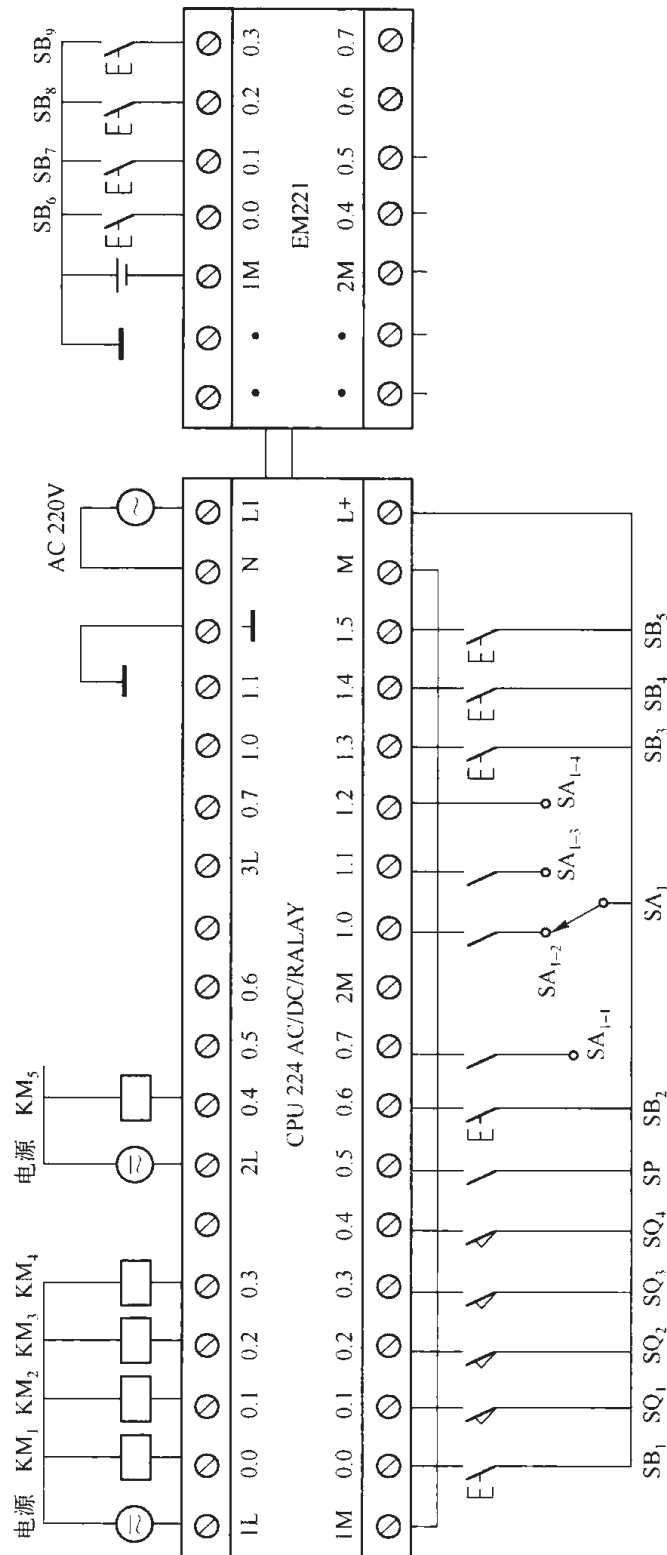


图 7-12 PLC 的 I/O 接线

4. 梯形图

图 7-13、图 7-14、图 7-15 分别为主程序、手动控制程序、自动操作程序的梯形图。

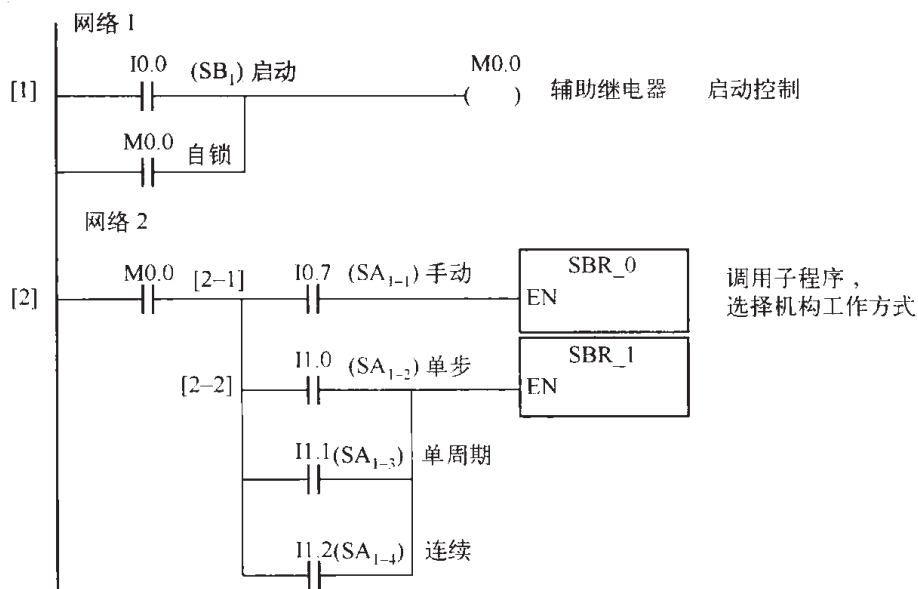


图 7-13 主程序

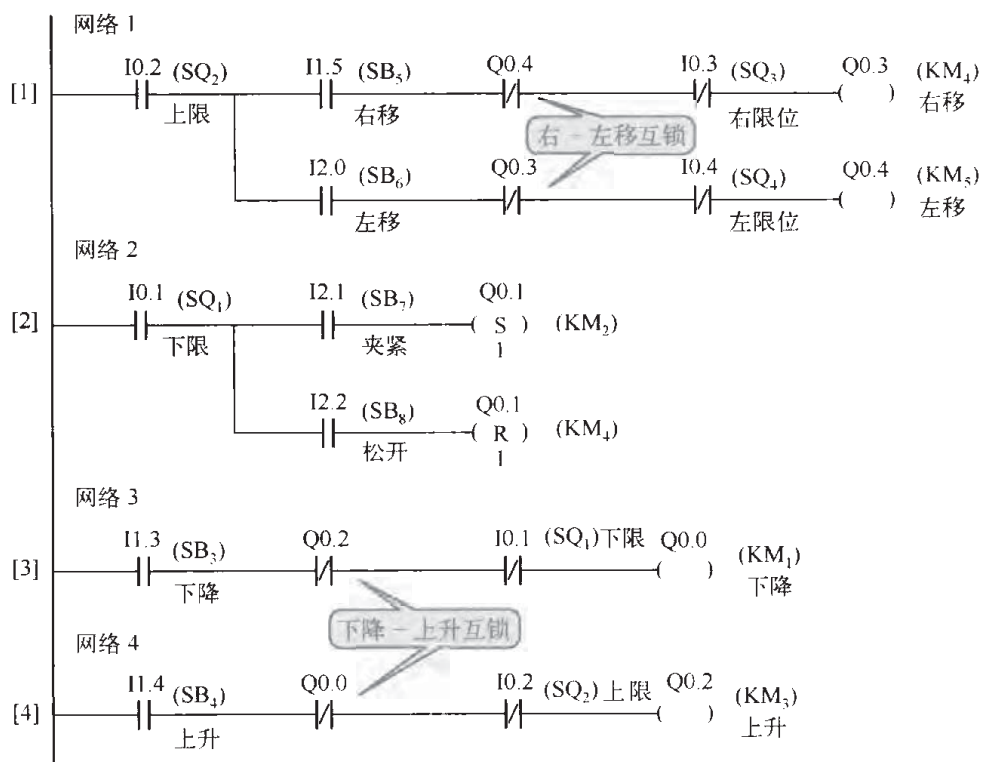


图 7-14 手动控制程序(子程序 0)

手动程序和自动程序分别编成相对独立的子程序模块,通过调用指令进行功能选择。当工作方式选择开关 SA_1 选择手动工作方式时, SA_{1-1} 闭合,输入继电器 $I0.7$ 得电 $\rightarrow \odot I0.7$ (图 7-13[2-1]) 闭合,执行手动工作程序;当工作方式选择开关选择自动方式(单步、单周、连续)时, SA_{1-1} 断开, SA_{1-2} 、或 SA_{1-3} 、或 SA_{1-4} 闭合,使 $I1.0$ 、 $I1.1$ 、 $I1.2$ 分别得电 $\rightarrow \odot I1.0$ 、 $\odot I1.1$ 、 $\odot I1.2$ (图 7-13[2-2]) 闭合,执行自动控制程序。

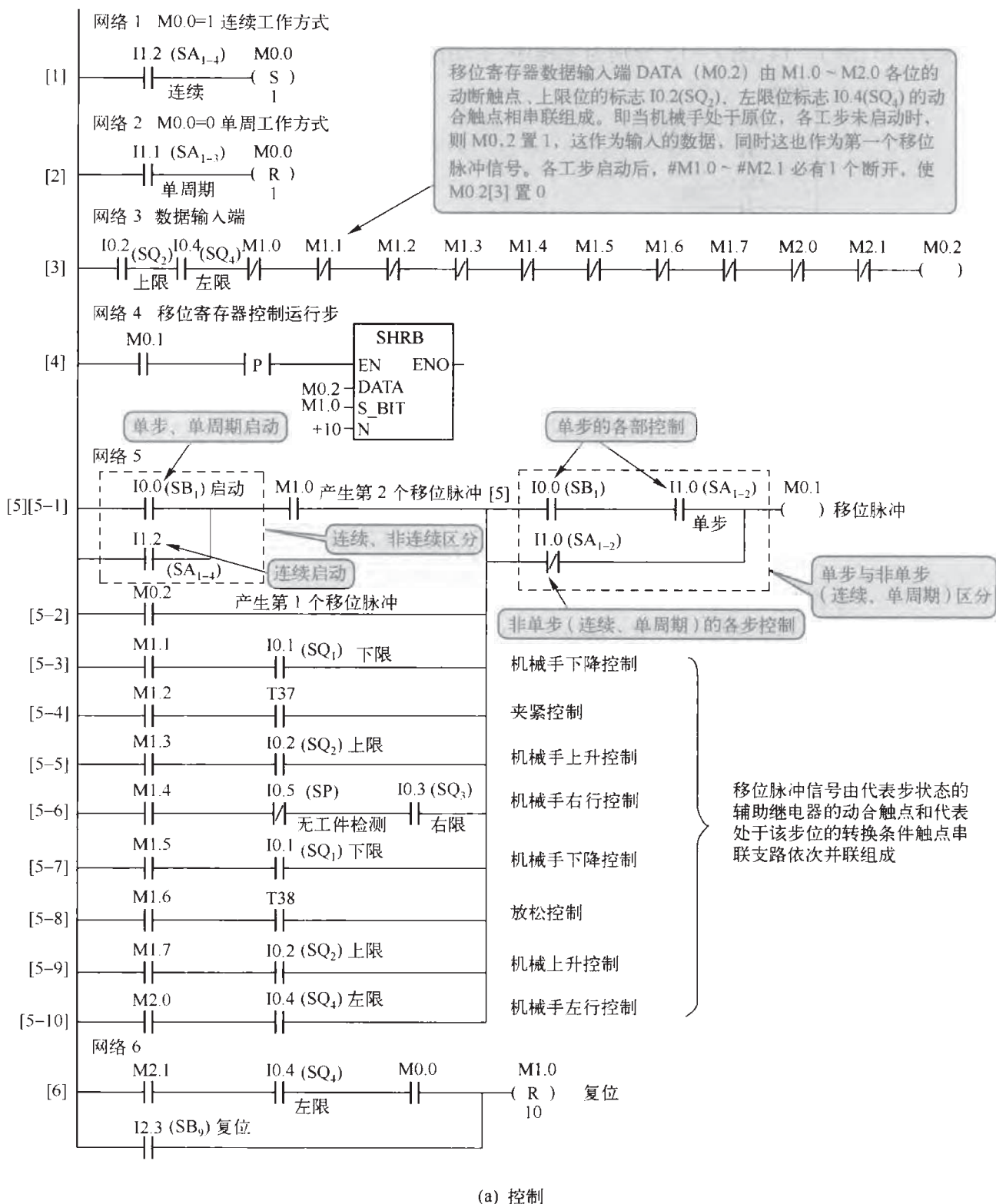
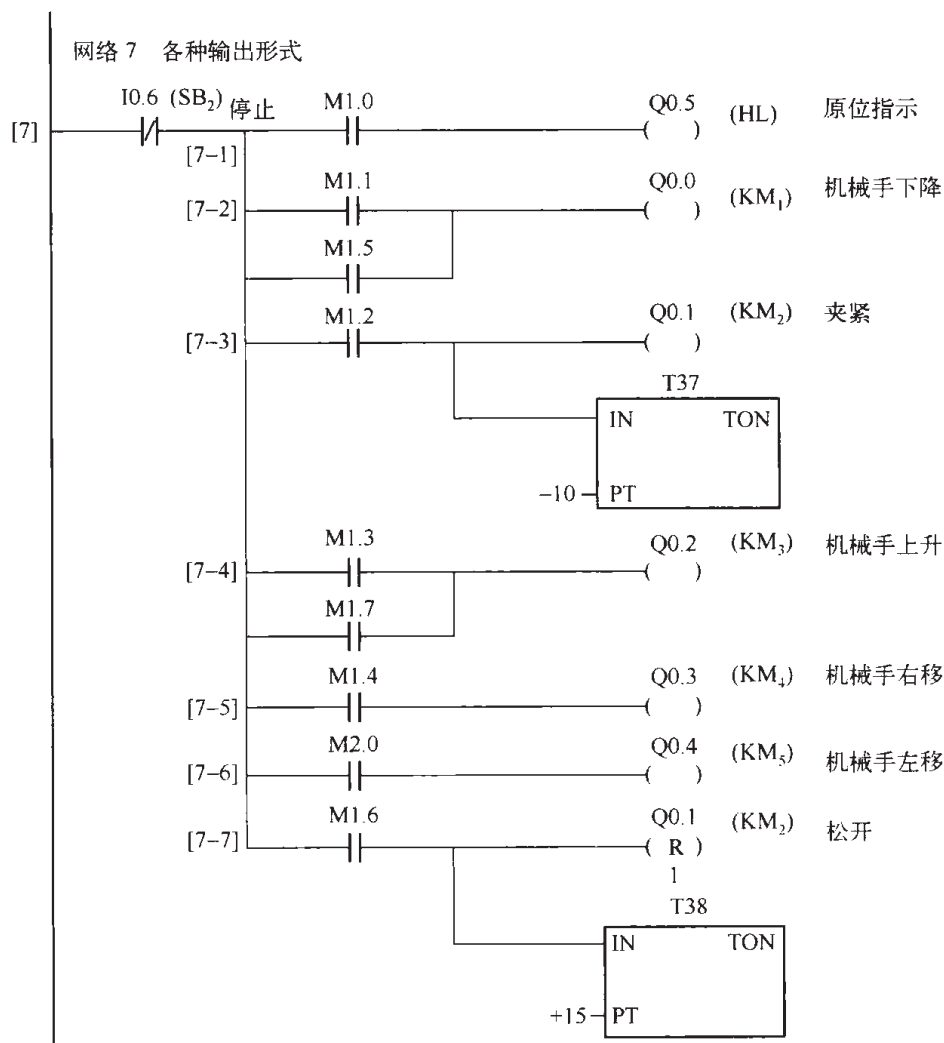


图 7-15 自动操作程序(子程序 1)



(b) 输出

图 7-15 自动操作程序(子程序 1)(续)

5. 移位寄存器指令在顺序控制中的应用

由于移位寄存器具有保持顺序状态和通过相关继电器触点去控制输出的能力,因而,在单序列顺序控制问题中,采用移位寄存器指令要比采用“与”、“或”、“非”构成的等效逻辑网络要简单得多。移位寄存器指令在单顺序控制中的应用原则:

① 移位寄存器的位数至少要与过程的步数或状态数一样多,即移位寄存器中的每一位对应顺序过程中每一步的状态。当该位为逻辑“1”时,表示该步在动作中;为逻辑“0”时,表示该步没有动作。

② 必须采用一个逻辑网络 M0,使得在系统的初始状态时,移位寄存器的数据输入端 DATA 为逻辑“1”,而在其他时刻为逻辑 0,这样才能保证移位寄存器中在任何时刻只有一位为“1”,而其他位为“0”,也就是同一时刻只有一个状态处于动作中。

对单序列顺序控制系统,使用表示系统初始位置的逻辑条件和所有状态的“非”相与来表示这一逻辑网络 M0。若初始位置的逻辑条件为 X0,表示状态的移位寄存器的继电器为 M1, M2, …, Mn, 则逻辑网络 M0 置“1”的逻辑网络逻辑表达式为: $M0 = X0 \cdot \overline{M1} \cdot \overline{M2} \cdot \dots \cdot \overline{Mn}$ 。

初始位置时 $X0 = 1$, 所有状态 $M1, \dots, Mn$ 均为逻辑 0, 其“非”则为逻辑 1, 因此, 逻辑网络 $M0$ 置“1”。而当系统动作到其他状态时, 在 $M1, \dots, Mn$ 中必有一个为逻辑 1, 使 $\overline{M1}, \overline{M2}, \dots, \overline{Mn}$ 中必有一个为逻辑 0, 因此, 逻辑网络 $M0$ 置“0”。

因此, 在初始状态下, 移位寄存器的数据输入端 DATA 为“1”, 在系统动作到其他状态时, 数据输入端 DATA 为“0”。这个逻辑“1”一位一位地在移位寄存器中移动, 每移动一位表明开启下一个状态, 关闭当前状态。

对于图 7-15 而言, 该逻辑网络为:

$$M10.2 = I0.2 \cdot \overline{I1.4} \cdot \overline{M1.1} \cdot \overline{M1.2} \cdot \dots \cdot \overline{M2.1}$$

或者表示为: $M10.1 = \odot I0.2 \cdot \odot I1.4 \cdot \#M1.1 \cdot M1.2 \cdot \dots \cdot M2.1$

③ 移位动作由移位脉冲信号 SFT 控制。该移位脉冲信号, 一般是由每个状态的转移主令信号提供; 同时, 为了形成固定顺序, 防止意外故障, 并考虑到主令信号可能重复使用, 每个主令条件必须有约束条件。在移位寄存器中, 一般采用上一状态的标志位 ($M0, M1, \dots$) “与”当前要进入状态的主令信号 ($I1.0, I1.1, \dots$) 来作为移位脉冲信号, 因而有

$$SFT = M0 \cdot I1.0 + M1 \cdot I1.1 + \dots$$

对于图 5-21 而言, 该逻辑网络为:

$$SFT = \odot M1.1 \odot \cdot I0.1 + \odot M1.2 \cdot \odot T37 + \odot M1.3 \cdot \odot I0.2 + \odot M1.4 \cdot \#I0.5 \cdot I0.3 \\ + \odot M1.5 \cdot \odot I0.3 + \odot M1.6 \cdot \odot T38 + \odot M1.7 \cdot \odot I0.2 + \odot M2.0 \cdot \odot I0.4$$

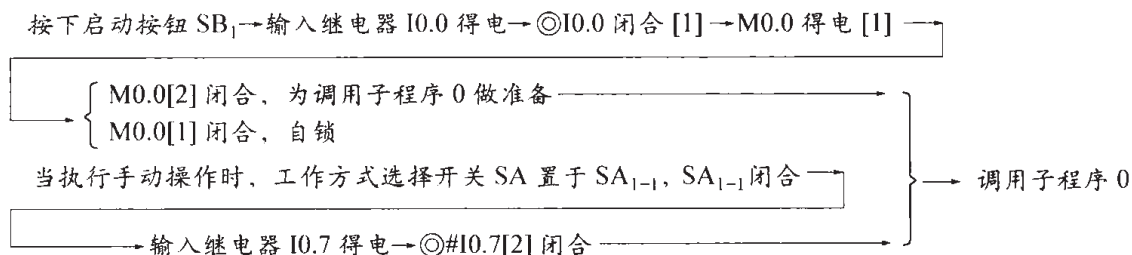
④ 当一个循环完成后, 要对移位寄存器清零。

6. 手动控制电路的工作过程

手动操作不需要按工序顺序动作。手动按钮 $SB_3 \sim SB_8$ ($I1.3, I1.4, I1.5, I2.0, I2.1, I2.2$) 分别控制下降、上升、右移、左移、夹紧、放松各个动作。为了保持系统的安全运行, 还设置了一些必要的联锁保护。其中, 在左右移动的控制环节中加入了 SQ_2 ($I0.2$) 作为上限联锁。由于机械手只有处于上限位置 SQ_2 闭合 $\rightarrow I0.2$ 得电 $\rightarrow \odot I0.2[1]$ 得电时, 才允许左右移动。

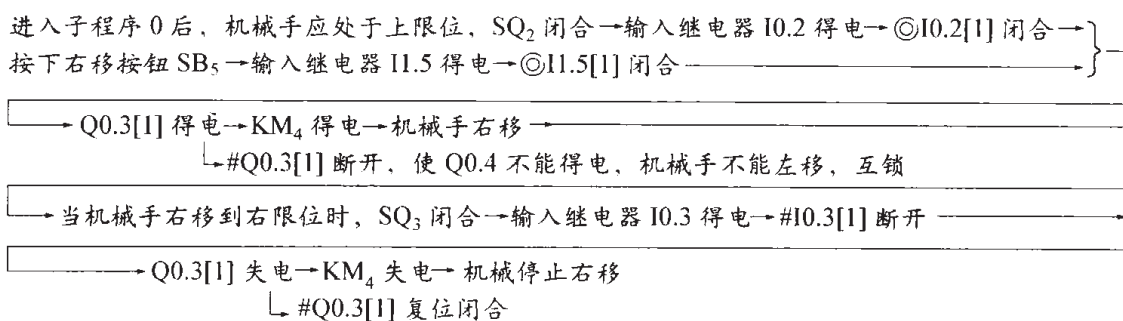
由于夹紧、放松动作选用单线圈双位电磁阀控制, 因此在梯形图中用置位、复位指令来控制 $Q0.1$ (KM_2), 该指令具有保持功能, 并且也设置了机械联锁。由于只有当机械手处于下限, SQ_1 闭合 $\rightarrow I0.1$ 得电时, 才能进行夹紧和放松动作。

(1) 调用子程序 0 (见图 7-13)



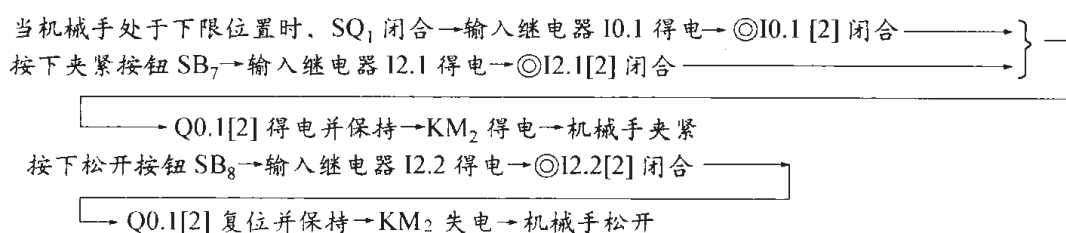
(2) 执行子程序 0 (见图 7-14)

① 机械手左右移动:



机械手左移工作过程与机械右移相同, 不再赘述。

② 机械手夹紧与松开:



③ 机械手上升与下降:

机械手上升与下降与机械手夹紧与松开的控制过程相同, 不再赘述。

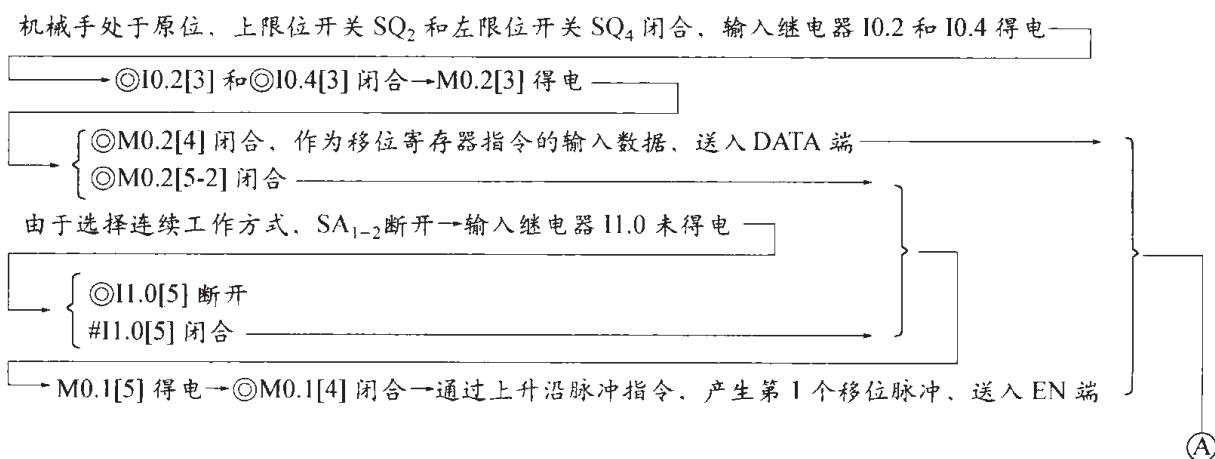
7. 自动操作电路的工作过程

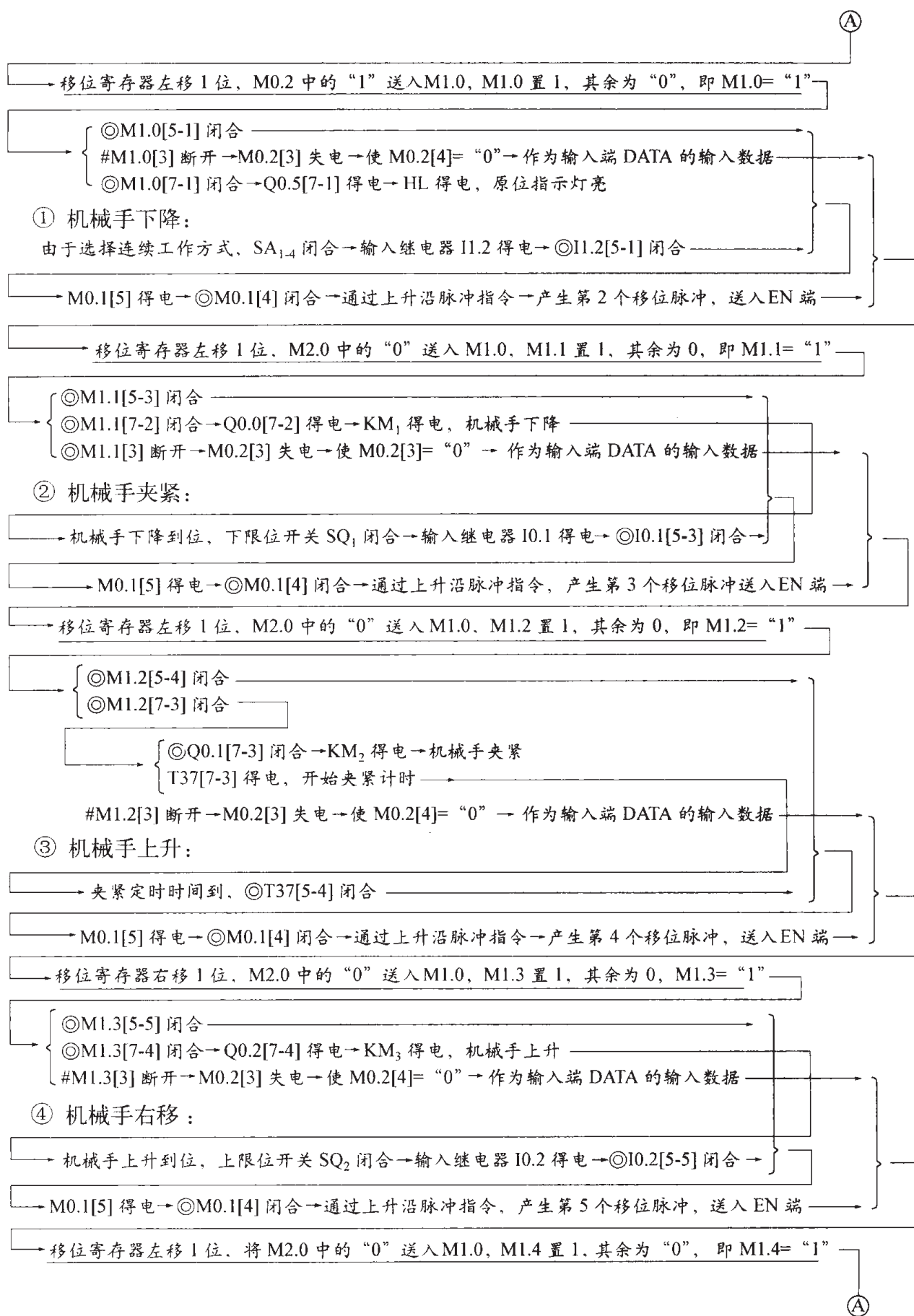
机械手的自动控制程序中包含了单步、单周期或连续运动。执行单周期或连续程序取决于工作方式选择开关 SA。自动操作的梯形图程序如图 7-15 所示。对于单序列顺序控制可用多种方法进行编程, 用移位寄存器也很容易实现这种控制功能, 转换的条件由各行程开关及定时器的状态来决定。

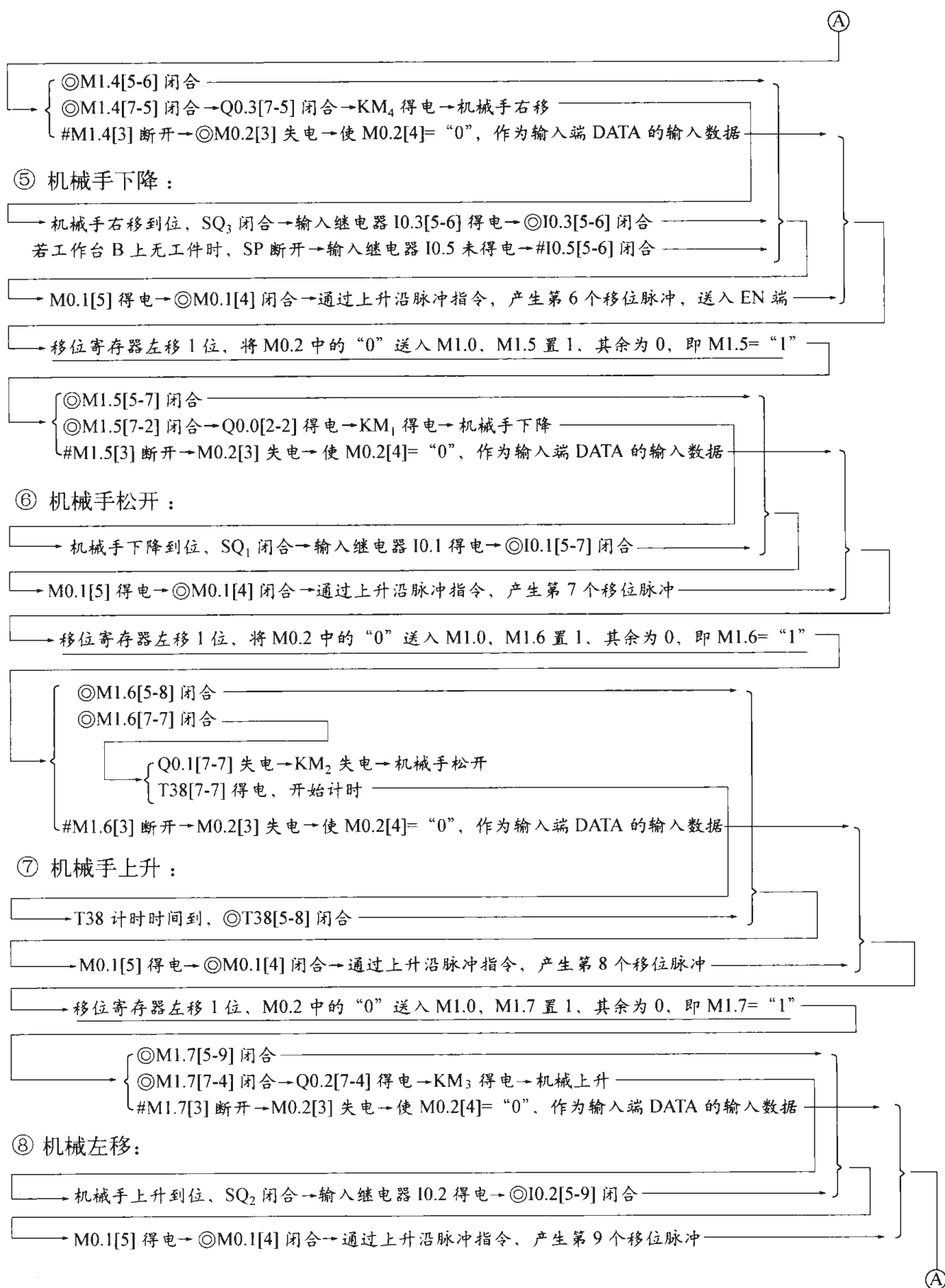
机械手的夹紧和放松动作的控制, 可以采用压力检测、位置检测或按照时间的原则进行控制。该例用定时器 T37 控制夹紧时间, T38 控制放松时间。

机械手的运动主要包括上升、下降、左行、右行、夹紧、放松, 在控制程序中 M1.1、M1.5 分别控制左右下降, M1.2 控制夹紧, M1.6 控制放松, M1.3、M1.7 分别控制左右上升, M1.4、M2.0 分别控制右、左运行, M1.0 控制原位显示。

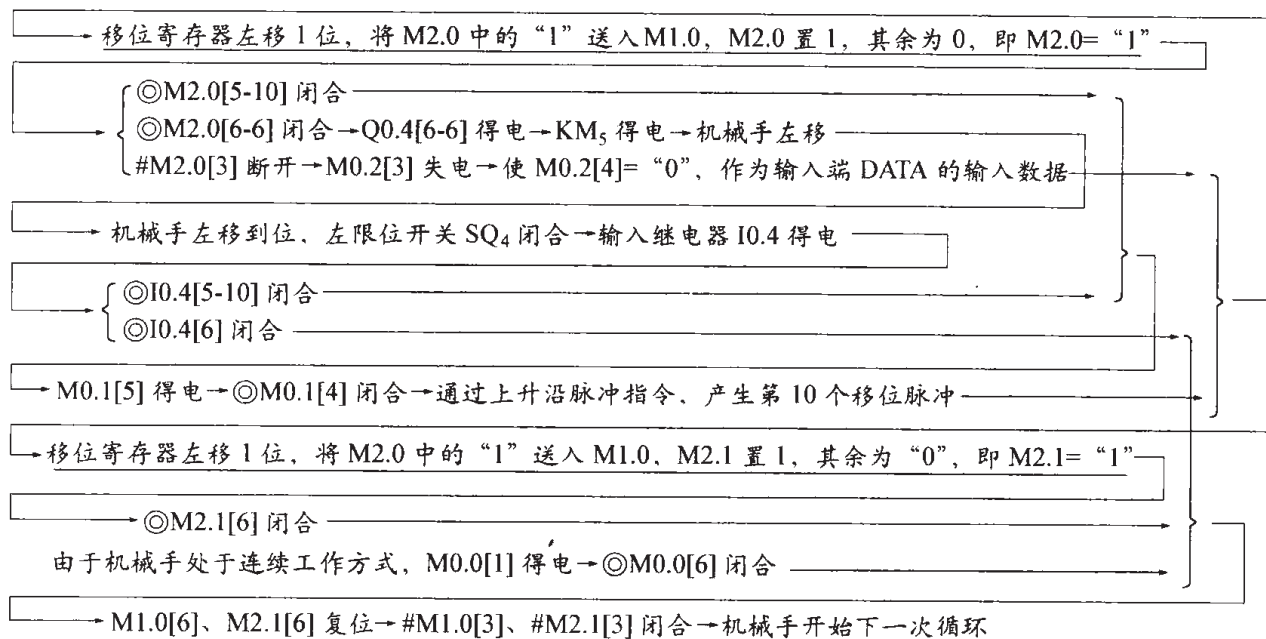
(1) 连续工作方式







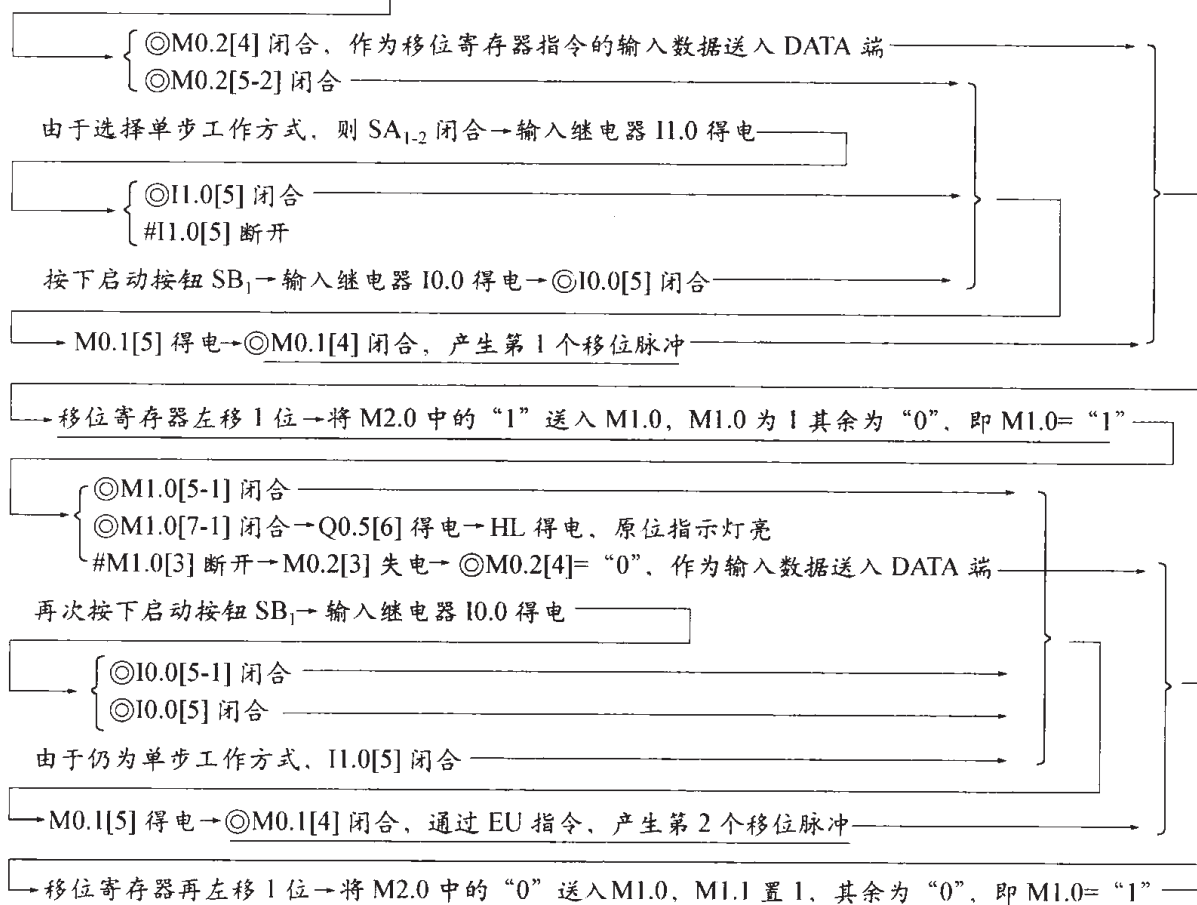
A



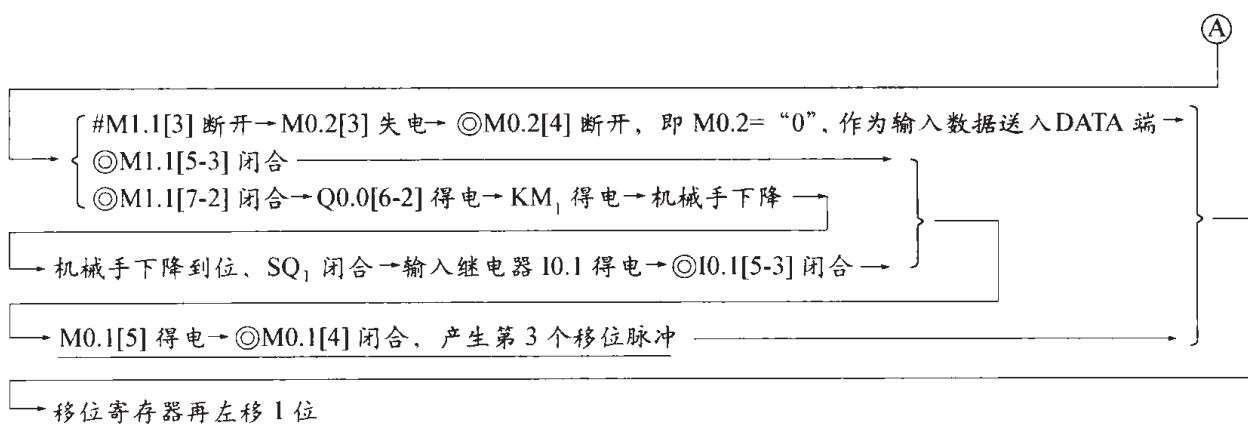
当按下停止按钮 SB₂ → 输入继电器 I0.0 得电 → #I0.6[7] 断开 → Q0.0 ~ Q0.5[7] 失电 → 机械手保持当前状态
 松开 SB₂ 后 → I0.6 失电 → #I0.6[7] 闭合 → 机械手按停止前的动作继续进行

(2) 步进工作方式

机械手处于原位, 上限位开关 SQ₂ 和左限位开关 SQ₄ 闭合, 输入继电器 I0.2 和 I0.4 得电 → ◎I0.2[3] 和 ◎I0.4[3] 闭合 → M0.2[3] 得电



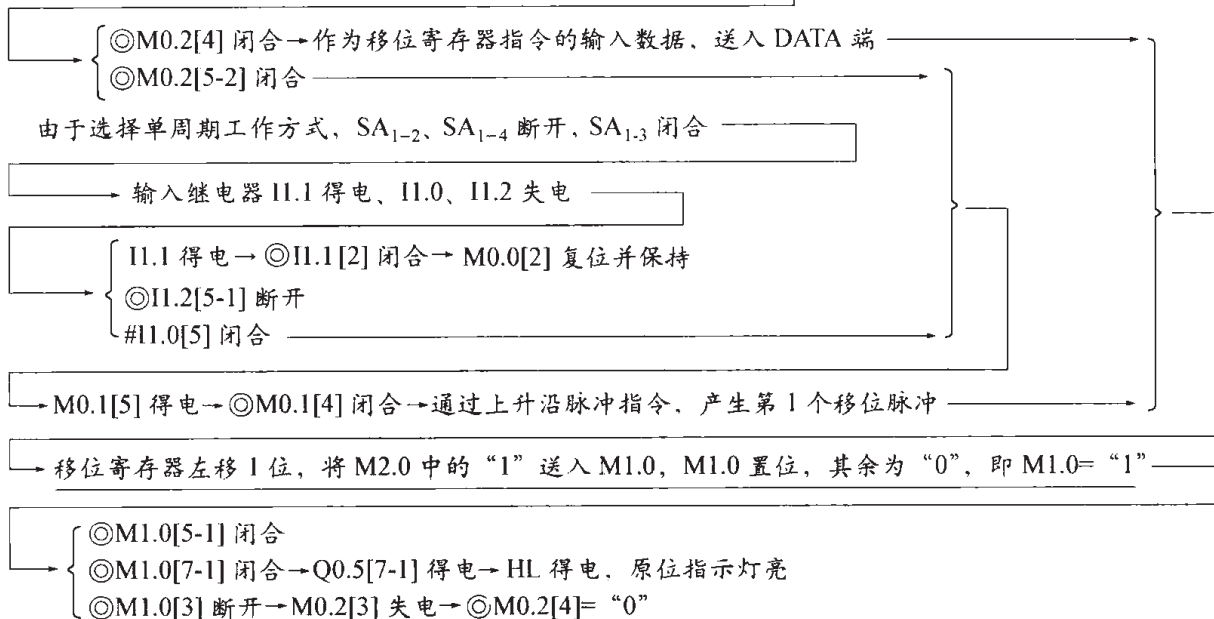
A



机械手完成一步动作后自动停止, 只有再按一次启动按钮 SB₁, 机械手才能进入下一步工作。以下工作过程同自动操作方式电路工作过程, 只是每按下一次启动按钮 SB₁, 机械手完成一步动作后自动停止。

(3) 单周期操作方式

机械手处于原位 → ◎I0.2[3] 和 ◎I0.4[3] 闭合 → M0.2[3] 得电



以下各工作步的控制过程同连续操作方式, 只是在最后一工步时, 由于采用单周期操作方式, SA₁₋₃ 闭合 → 输入继电器 I1.1 得电 → ◎I1.1[2] 闭合 → M0.0[2] 失电并保持 → ◎M0.0[6] 断开, 因此不能使 M1.0 和 M2.1 复位, #M2.1[3] 保持断开状态, 机械回原位后, 处于等待状态。

【例 7-3】 通过传送带传送工件的机械手的 PLC 控制

图 7-16 为通过传送带传送工件的机械手的工作示意图, 其任务是将工件从传送带 A 搬运到传送带 B。

1. 控制要求

按启动按钮后, 传送带 A 运行直到光电开关 PS 检测到物体, 才停止, 同时机械手下降, 下降到位后机械手夹紧物体, 2 s 后开始上升, 而机械手保持夹紧。上升到位左转(注: 此处以机

械手为主体,定左右),左转到位下降,下降到位机械手松开,2 s 后机械手上升。上升到位后,传送带 B 开始运行,同时机械手右转,右转到位,传送带 B 停止,此时传送带 A 运行直到光电开关 PS 再次检测到物体,才停止……,如此循环。

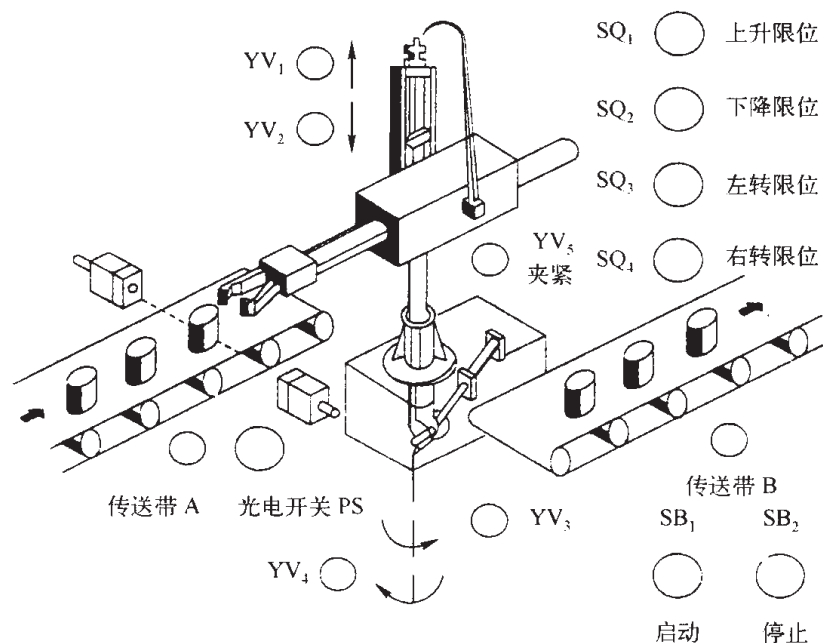


图 7-16 机械手控制示意图

机械手的上升、下降和左转、右转的执行,分别由双线圈两位电磁阀控制汽缸的运动控制。当下降电磁阀通电,机械手下降,若下降电磁阀断电,机械手停止下降,保持现有的动作状态。当上升电磁阀通电时,机械手上升。同样左转/右转也是由对应的电磁阀控制。夹紧/放松则是由单线圈的两位电磁阀控制汽缸的运动来实现的,线圈通电时执行夹紧动作,断电时执行放松动作。并且要求只有当机械手处于上限位时才能进行左/右移动,因此在左右转动时用上限条件作为联锁保护。由于上下运动,左右转动采用双线圈两位电磁阀控制,两个线圈不能同时通电,因此在上/下、左/右运动的电路中需设置互锁环节。

为了保证机械手动作准确,机械手上安装了限位开关 SQ_1 、 SQ_2 、 SQ_3 、 SQ_4 , 分别对机械手进行下降、上升、左转、右转等动作的限位,并给出动作到位的信号。光电开关 PS 负责检测传送带 A 上的工件是否到位,到位后机械手开始动作。

2. 输入/输出设备及 PLC 的 I/O 配置

表 7-3 为输入/输出设备及 PLC 的 I/O 配置表。

表 7-3 输入/输出设备及 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|--------|------|--------------|--------|----|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB_1 | 启动按钮 | I0.0 | YV_1 | 上升 | Q0.1 |
| SB_2 | 停止按钮 | I0.5 | YV_2 | 下降 | Q0.2 |
| SQ_1 | 上升限位 | I0.1 | YV_3 | 右转 | Q0.3 |
| SQ_2 | 下降限位 | I0.2 | YV_4 | 左转 | Q0.4 |

续表

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|------|--------------|-----------------|-------|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SQ ₃ | 右转限位 | I0.3 | YV ₅ | 夹紧 | Q0.5 |
| SQ ₄ | 左转限位 | I0.4 | KM ₁ | 传送带 A | Q0.6 |
| PS | 光电开关 | I0.6 | KM ₂ | 传送带 B | Q0.7 |

3. 顺序功能图和梯形图

图 7-17 为 PLC 的顺序功能图,其梯形图如图 7-18 所示。

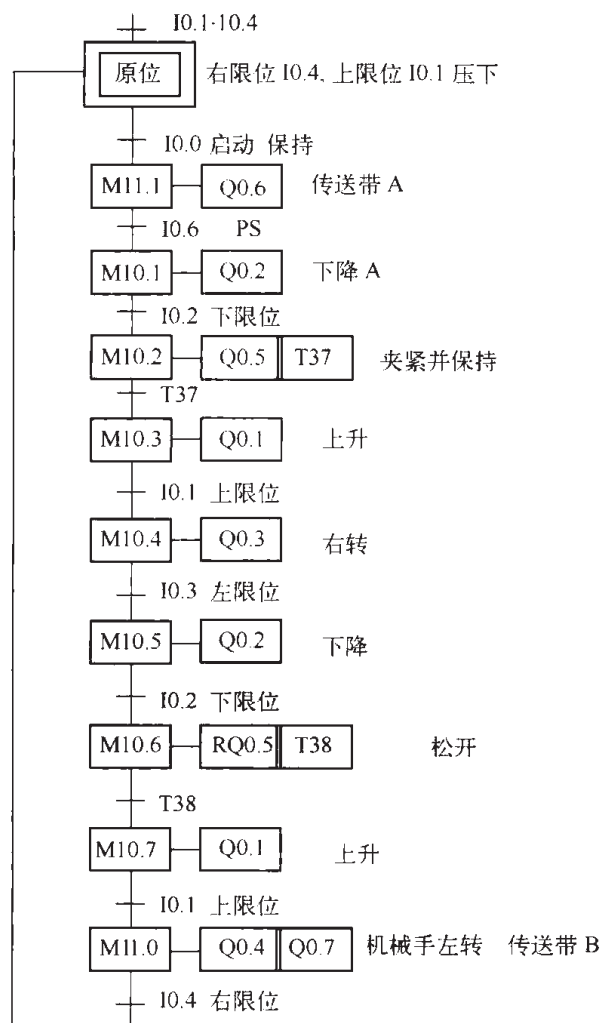


图 7-17 顺序功能图

该例采用移位寄存器编程方法。用移位寄存器 M10.1 ~ M10.7、M11.0 ~ M11.1 位代表流程图的各步,两步之间的转换条件满足时,进入下一步。

移位寄存器的数据输入端 DATA(M10.0)由 M10.1 ~ M11.1 各位的动断触点#M10.1 ~ #M10.7、#M11.0 ~ #M11.1[6]、上升限位的标志位 M1.1 的动合触点◎M1.1[6]、左转限位的标志位 M1.4 的动合触点◎M1.4[6]及传送带 A 检测到工件的标志位 M1.6 的动合触点◎M1.6[6]串联组成,即当机械手处于原位,各工步未启动时,若光电开关 PS 检测到工件,则

M10.0 置 1, 这作为输入的数据, 同时这也作为第一个移位脉冲信号。

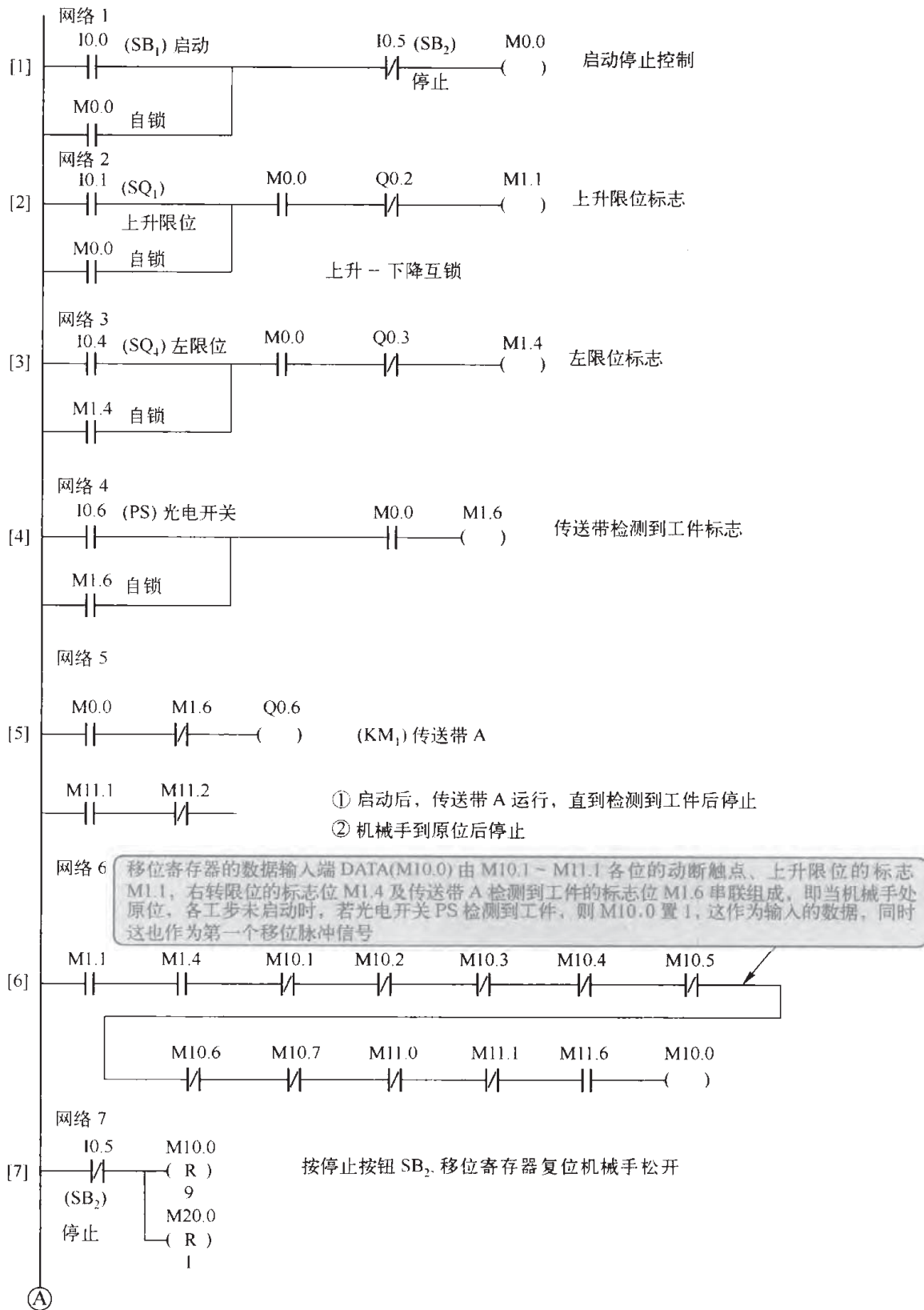


图 7-18 梯形图

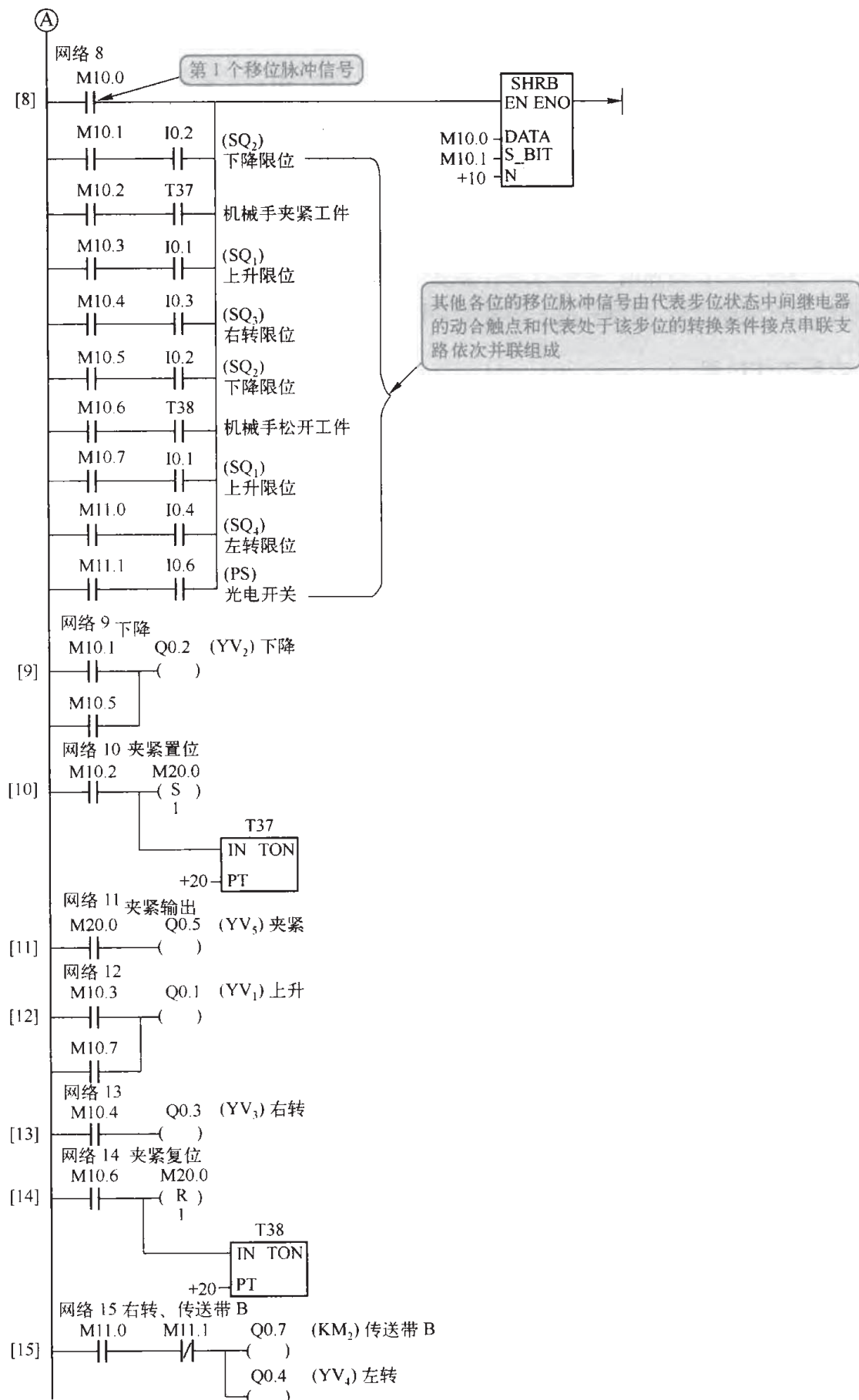
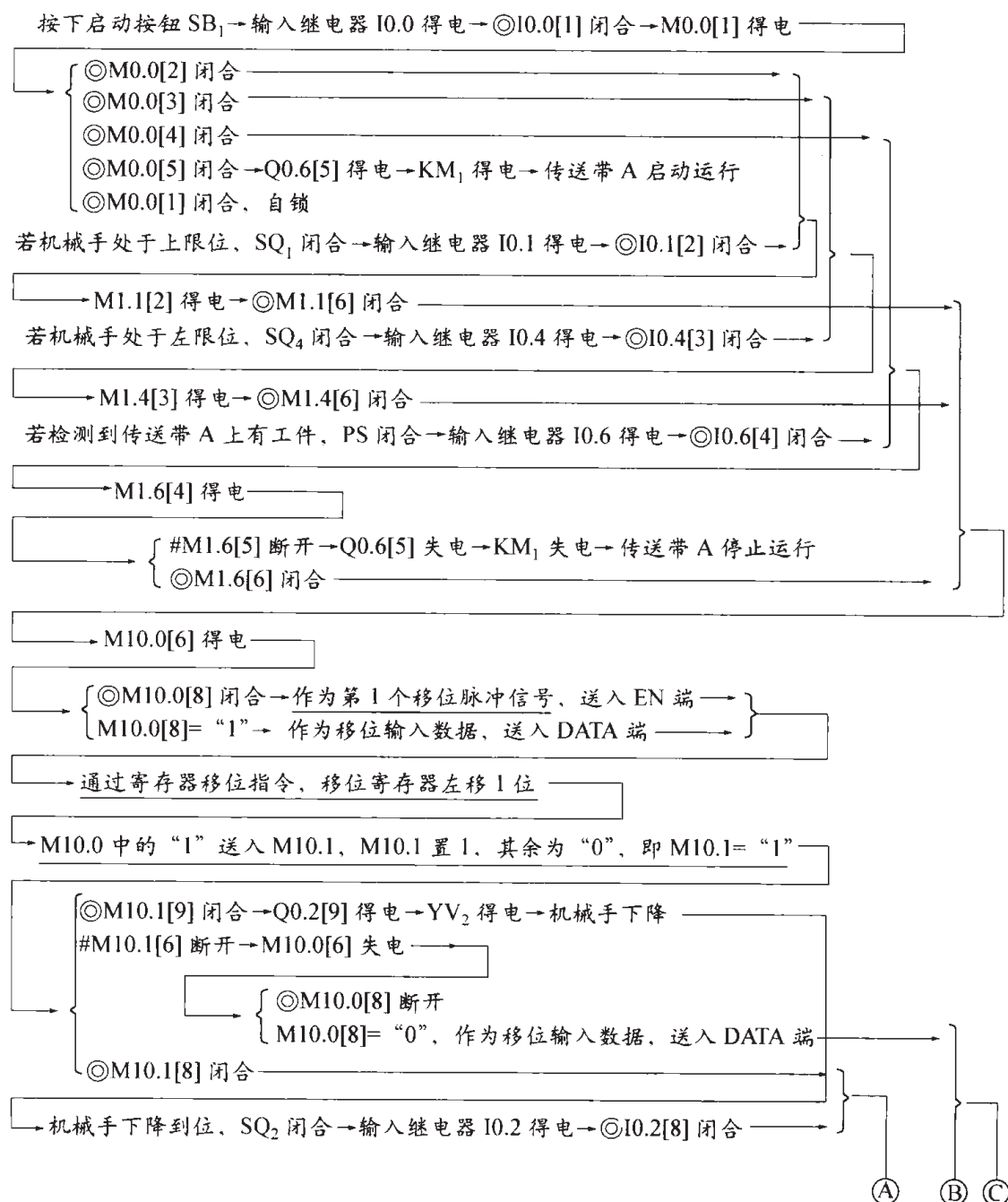


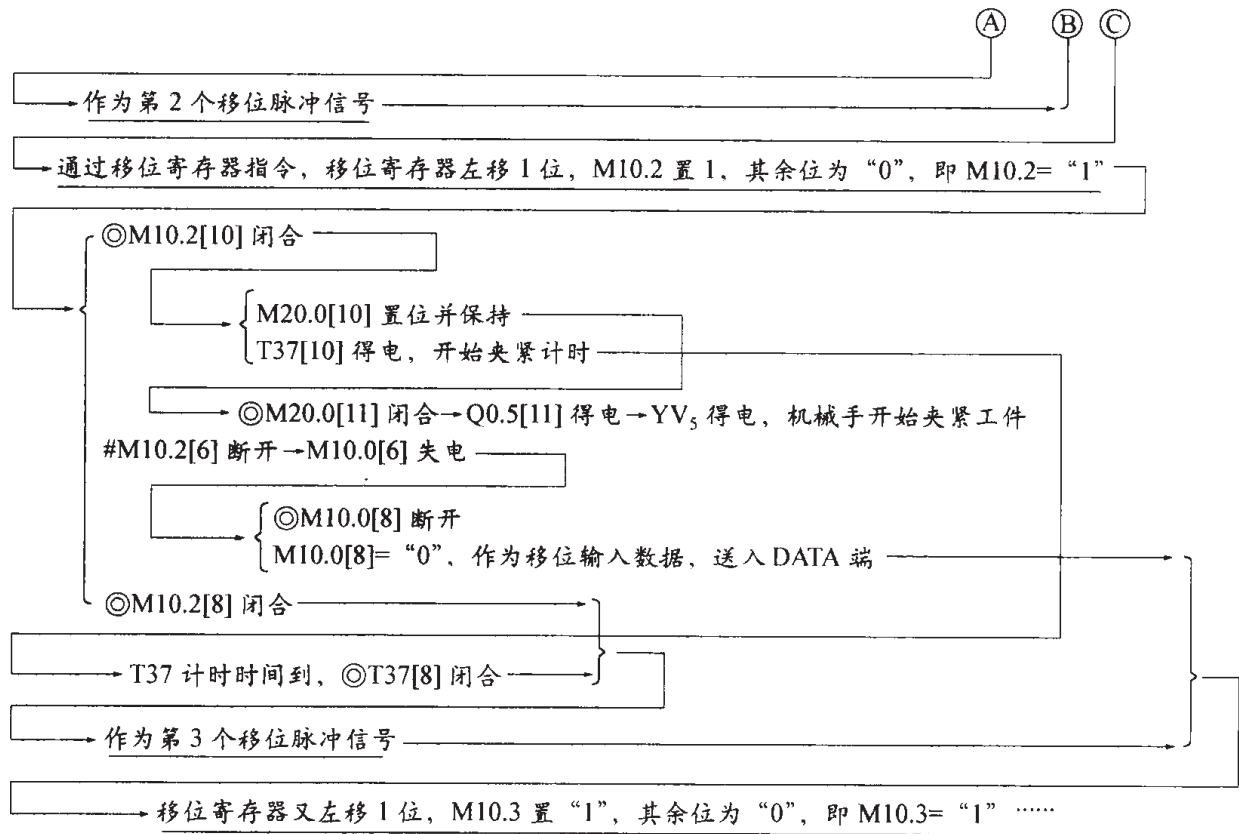
图 7-18 梯形图(续)

以后的移位脉冲信号由代表步位状态中间继电器的动合触点和代表处于该步位的转换条件触点串联支路依次并联组成。

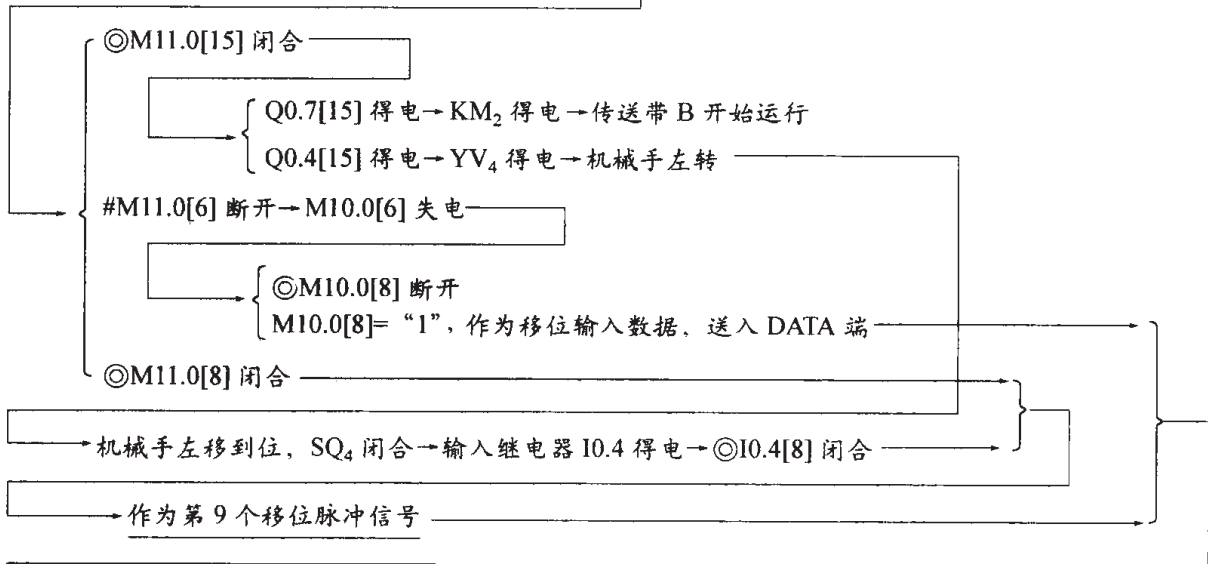
在 M10.0 线圈回路中, 串联 M10.1 ~ M10.7、M11.0 ~ M11.1 各位的动断触点 #M10.1 ~ #M10.7、#M11.0 ~ #M11.1 [6], 是为了防止机械手在还没有回到原位的运行过程中移位寄存器的数据输入端再次置 1, 因为移位寄存器中的“1”信号在 M10.1 ~ M10.7、M11.0 ~ M11.1 之间依次移动时, 各步状态位对应的动断触点总有一个处于断开状态。当“1”信号移到 M11.2 时, 机械手回到原位, 此时移位寄存器的数据输入端重新置 1, 若启动电路保持接通 (M0.0 = 1), 机械手将重复工作。当按下停止按钮时, 使移位寄存器复位, 机械手立即停止工作。若按下停止按钮后机械手的动作仍然继续进行, 直到完成一周期的动作后, 回到原位时才停止工作。

4. 电路工作过程

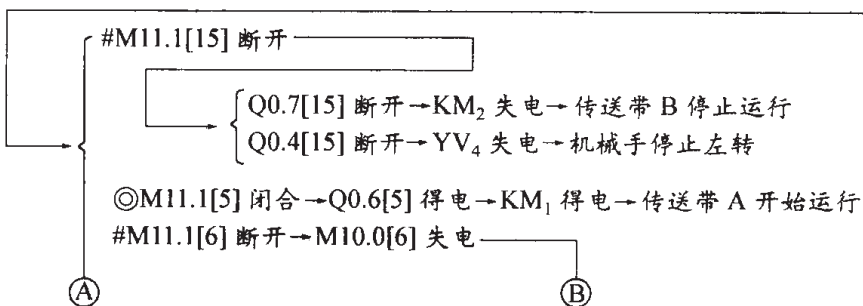


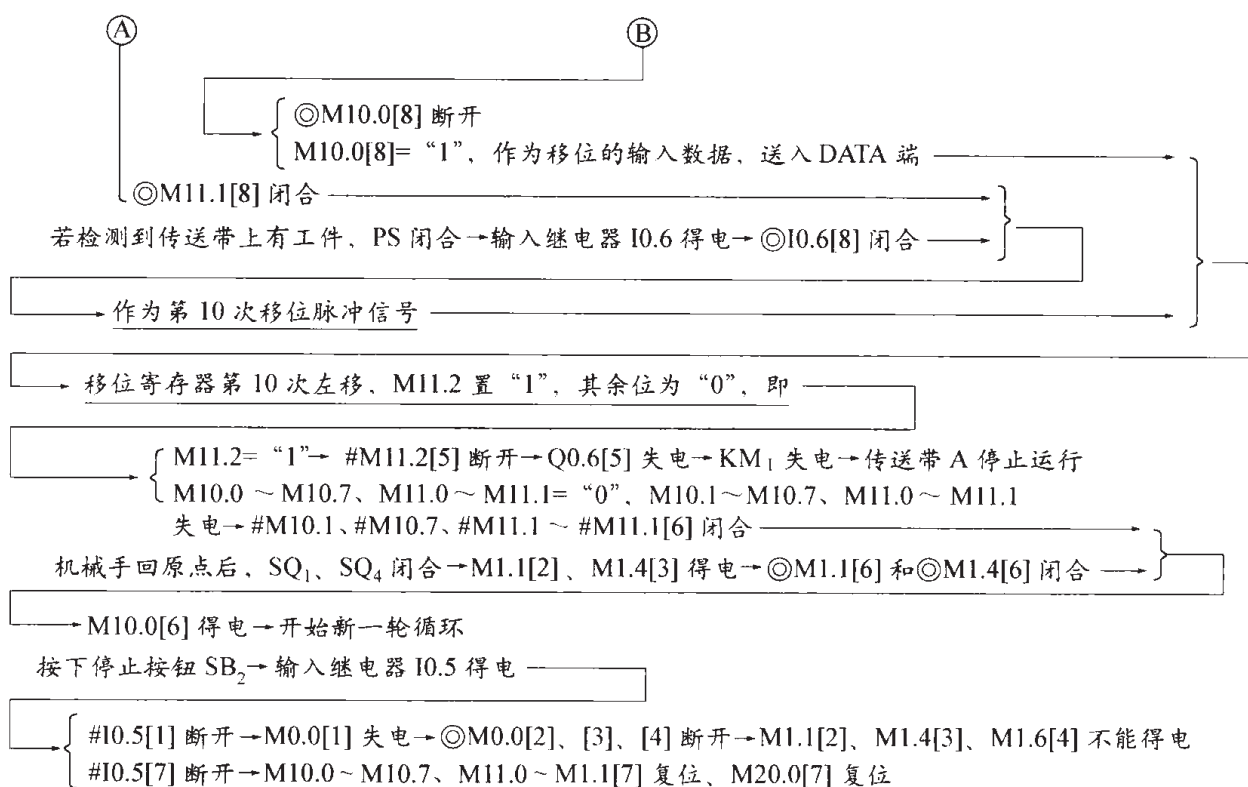


移位寄存器第 8 次左移后，M11.0=“1”



移位寄存器第 9 次左移，M11.1 置“1”，其余位为“0”，即 M11.1=“1”





【例 7-4】大小球分拣的 PLC 控制

1. 控制过程及控制要求

大小球分拣装置示意图如图 7-19 所示。当机械臂处于原始位置时，上限位开关 SQ₁ 和左限位开关 SQ₃ 被压下，抓球电磁铁处于失电状态，这时按下启动按钮后，机械臂下行，当碰到下限位开关 SQ₂ 后停止下行，且电磁铁得电吸球。如果吸住的是小球，则大小球检测开关 SQ 为 ON；如果吸住的是大球，则 SQ 为 OFF。1 s 后，机械臂上行，碰到上限位开关 SQ₁ 后右行，它会根据大小球的不同，分别在 SQ₄（小球）和 SQ₅（大球）处停止右行，然后下行至下限位停止，电磁铁失电，机械臂把球放在小球或大球箱里，1 s 后返回。如果不按停止按钮，则机械臂一直工作下去；如果按下停止按钮，则不管何时再按，机械臂最终都要停止在原始位置。再次按下启动按钮后，系统可以再次从头开始循环工作。

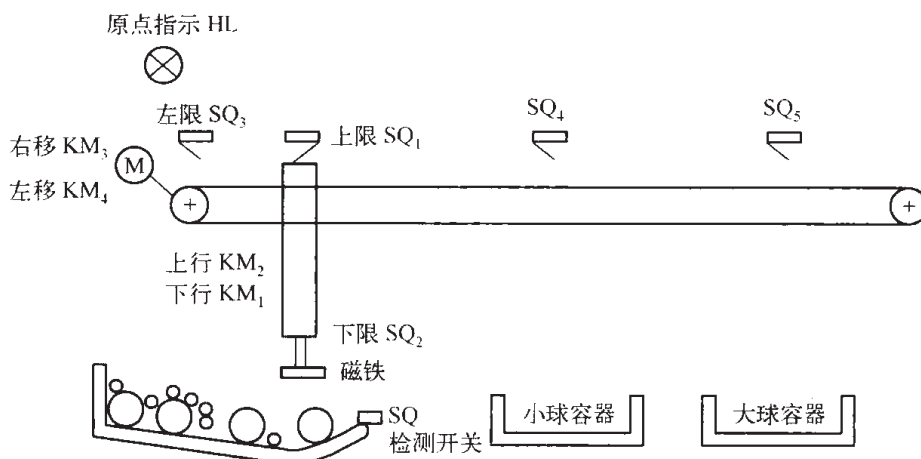


图 7-19 大小球分拣装置示意图

2. PLC 的 I/O 配置和 PLC 的 I/O 接线

表 7-4 为 PLC 的 I/O 配置表,其 I/O 接线如图 7-20 所示。

表 7-4 大小球分拣 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|---------|--------------|-----------------|---------|--------------|
| 符号 | 功能 | | 符号 | 功能 | |
| SB | 启动按钮 | I0.0 | HL | 原始位置指示灯 | Q0.5 |
| SQ ₁ | 左限位开关 | I0.1 | YV | 抓球电磁铁 | Q0.1 |
| SQ ₂ | 下限位开关 | I0.2 | KM ₁ | 下行接触器 | Q0.0 |
| SQ ₃ | 上限位开关 | I0.3 | KM ₂ | 上行接触器 | Q0.2 |
| SQ ₄ | 小球右限位开关 | I0.4 | KM ₃ | 右行接触器 | Q0.3 |
| SQ ₅ | 大球右限位开关 | I0.5 | KM ₄ | 左行接触器 | Q0.4 |
| SQ | 大小球检测开关 | I0.6 | | | |

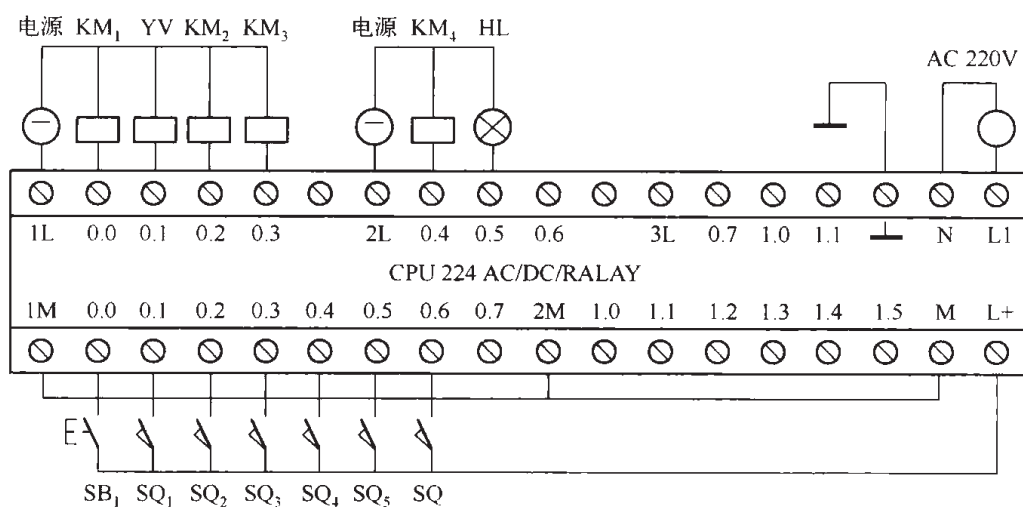


图 7-20 PLC 的 I/O 接线

3. 顺序功能图和梯形图

图 7-21 为 PLC 的顺序功能图,其梯形图如图 7-22 所示。

4. 电路工作过程

(1) 初始状态

◎SM0.1[1] 闭合→SB0[1]、SB1[1] 清零

◎SM0.1[2] 闭合→S0.0[2] 置位并保持→进入步 M0.0

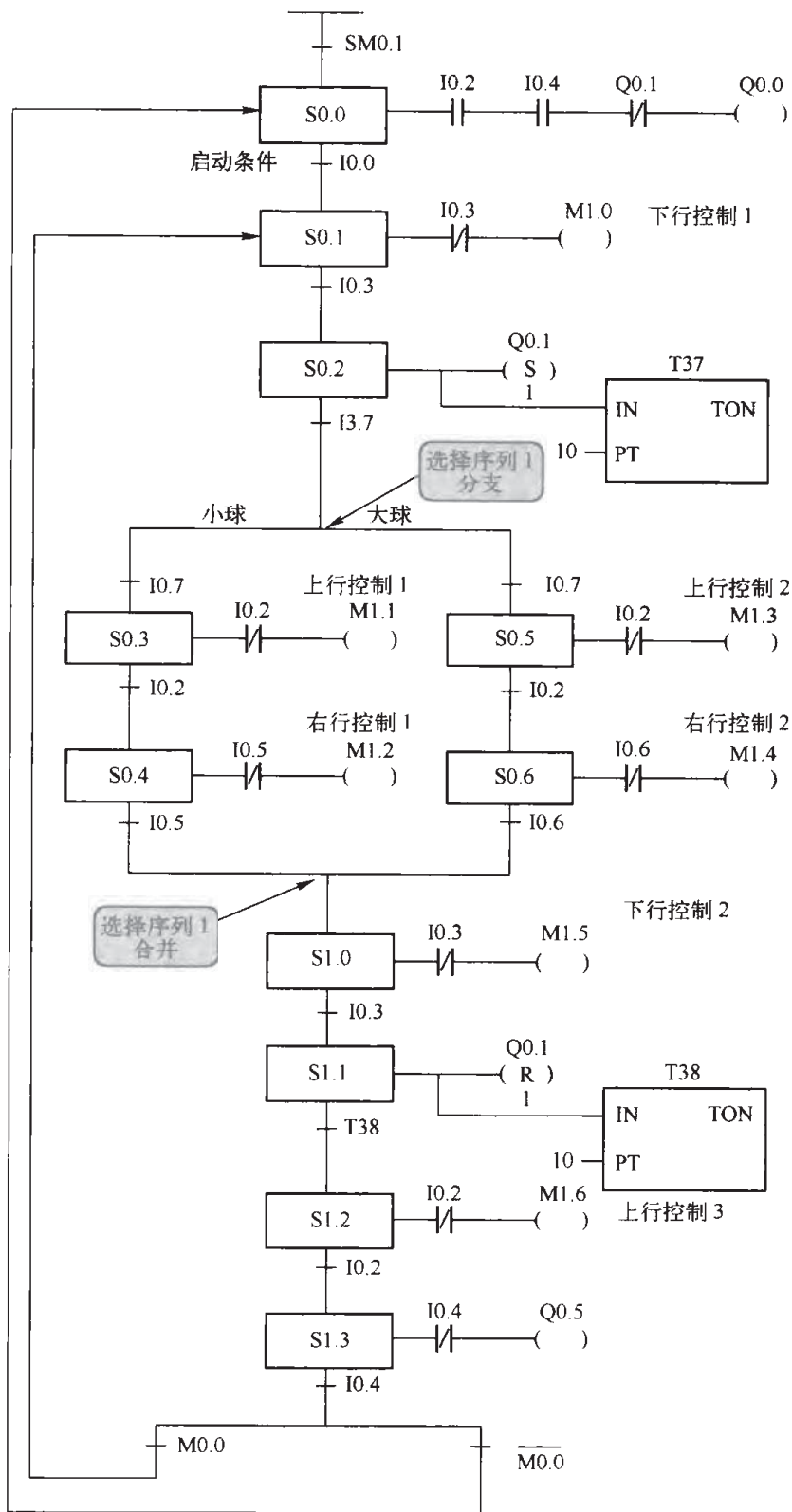


图 7-21 大小球分拣装置的顺序功能图

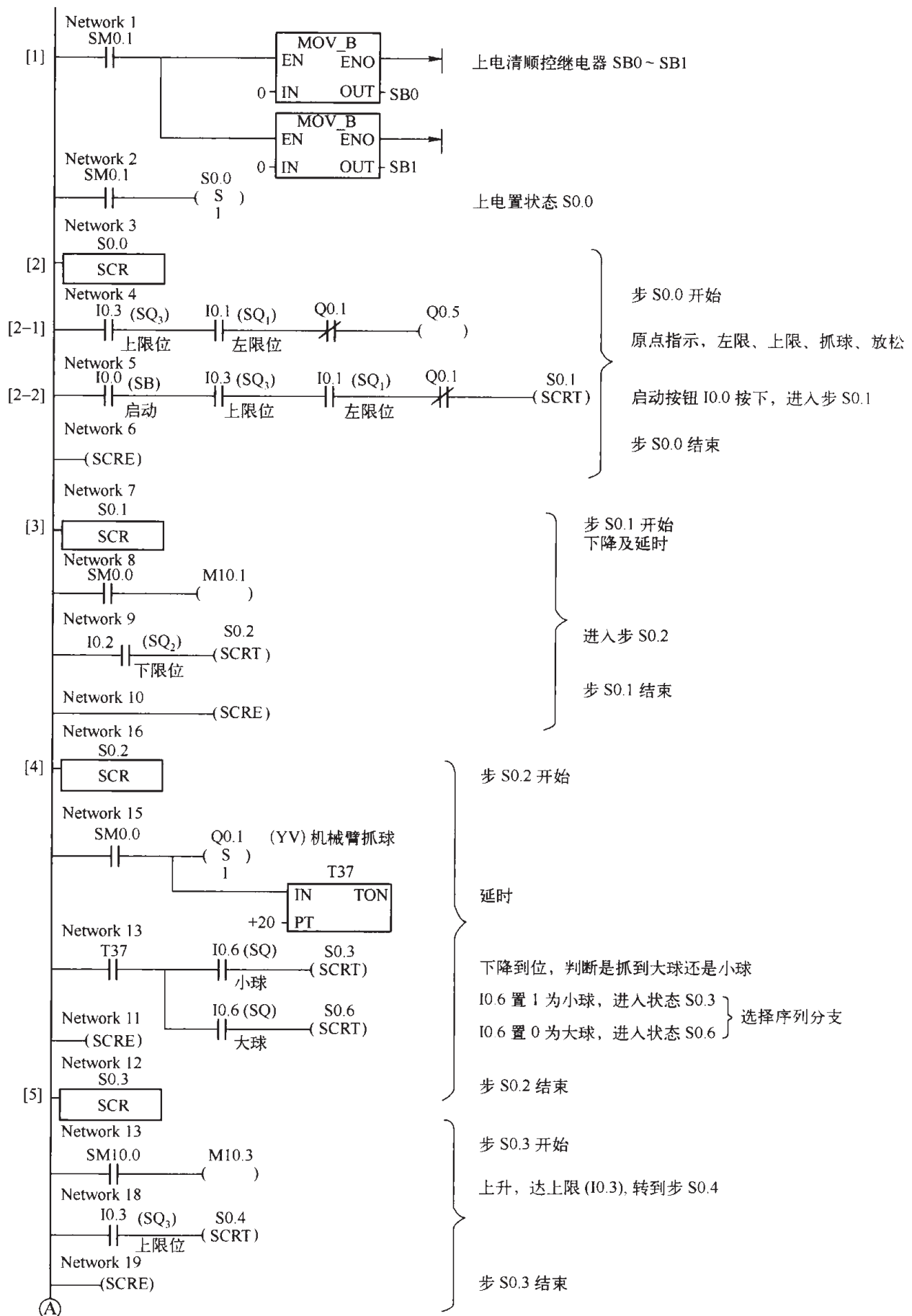


图 7-22 梯形图

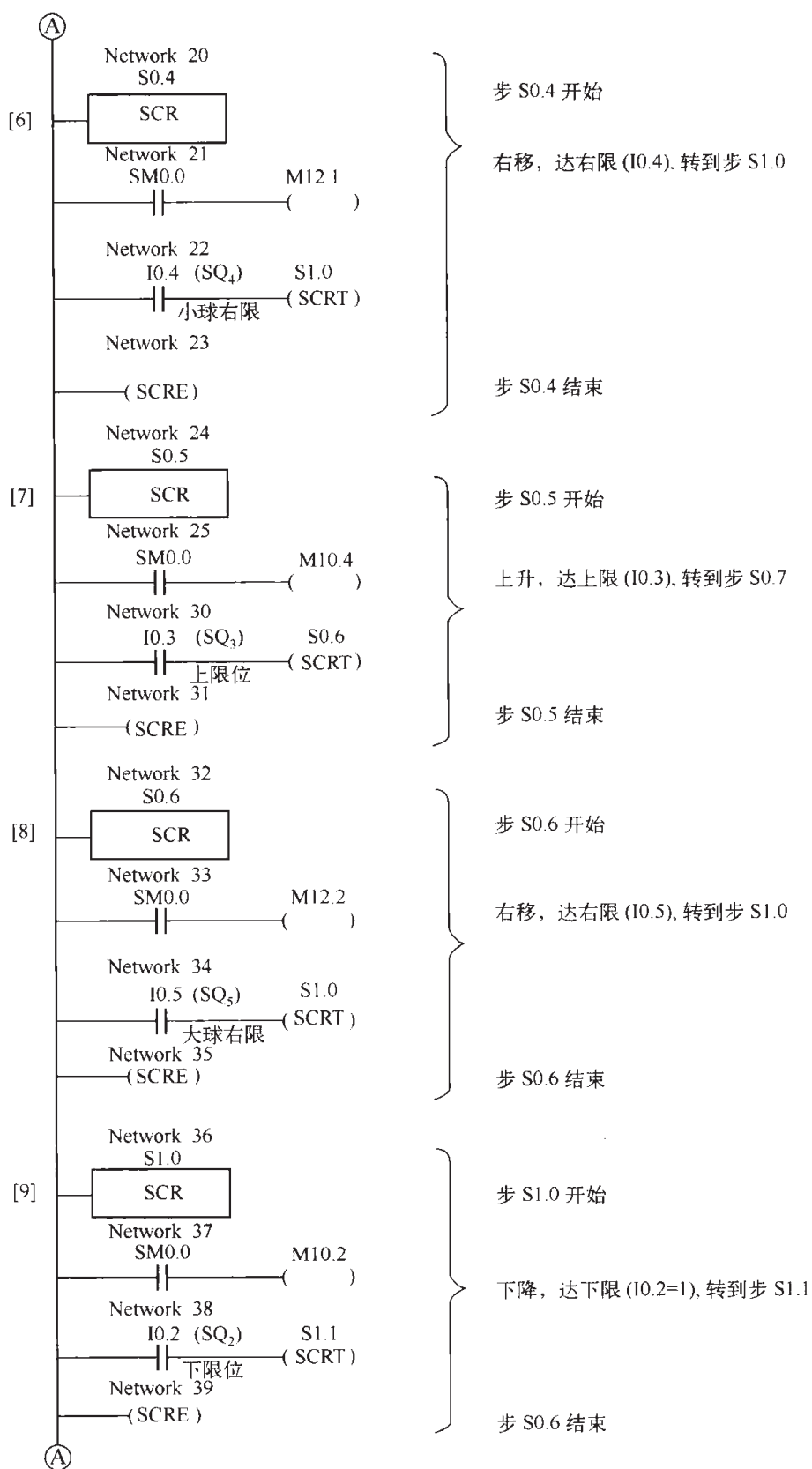


图 7-22 梯形图(续)

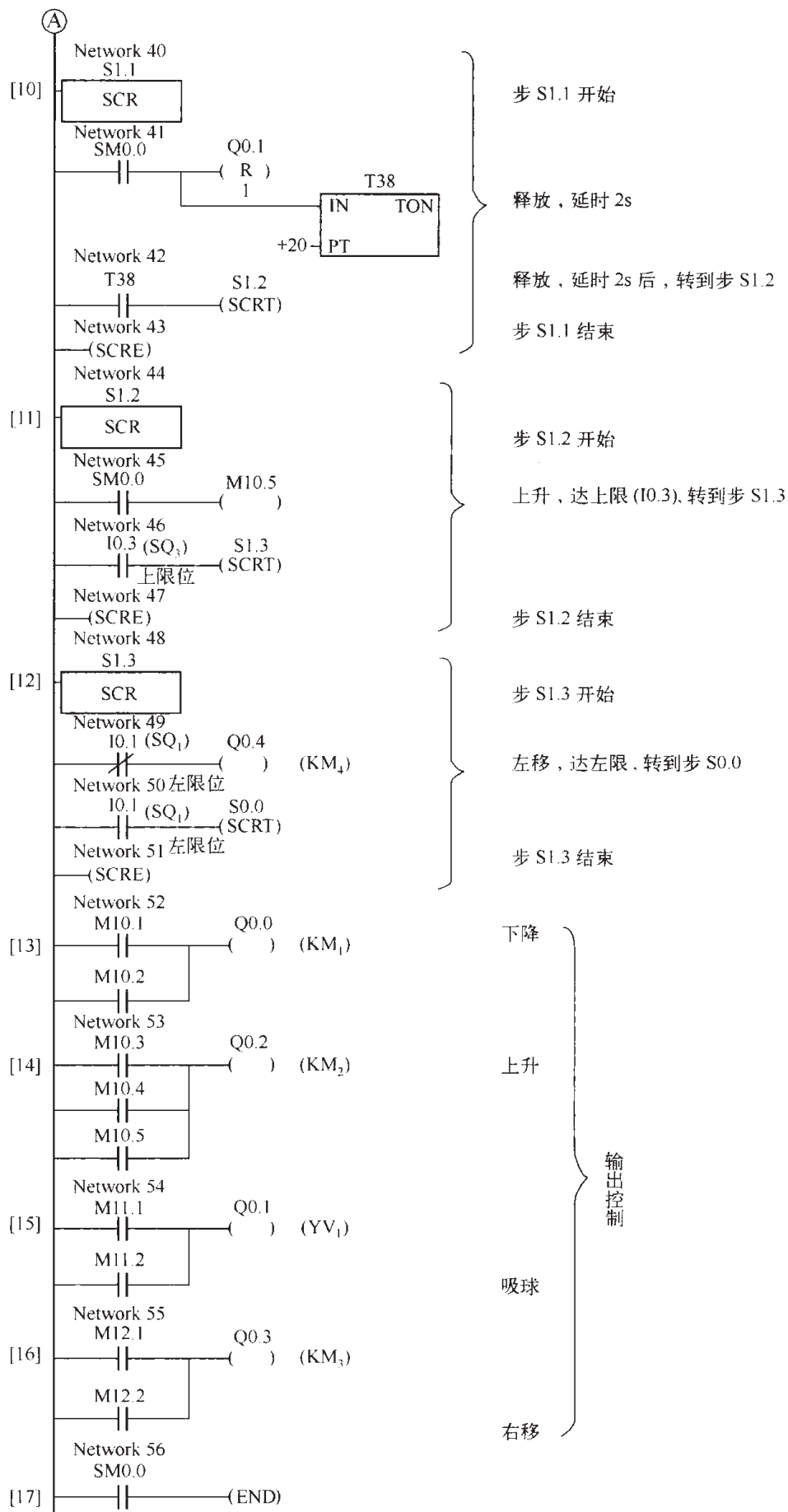
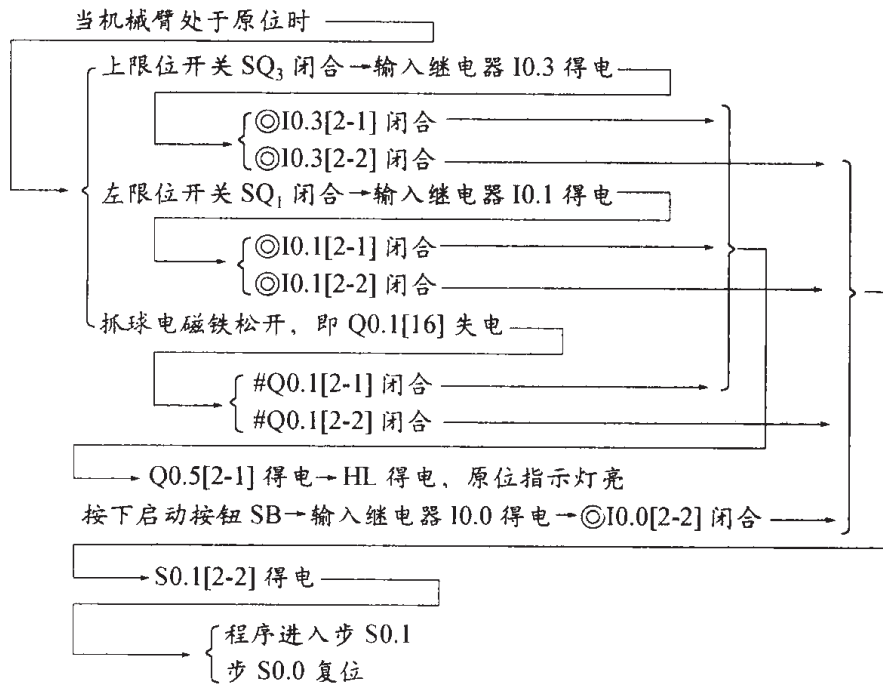
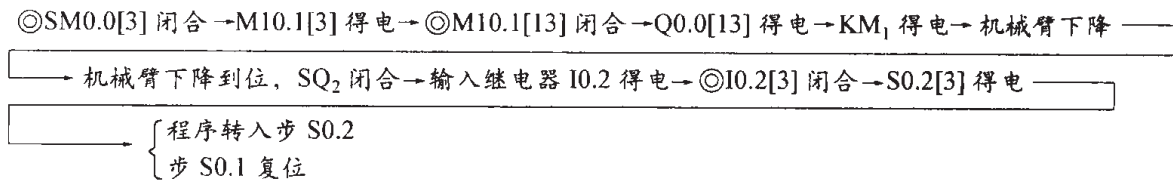


图 7-22 梯形图(续)

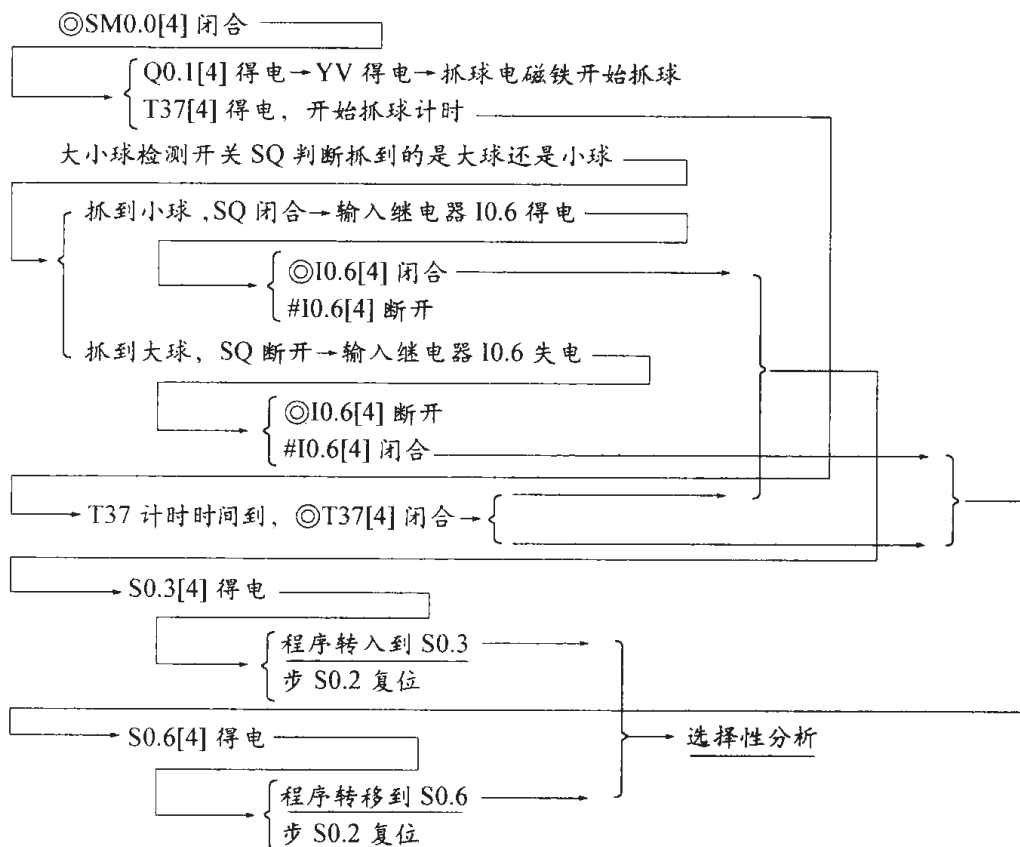
(2) 步 S0.0[2]



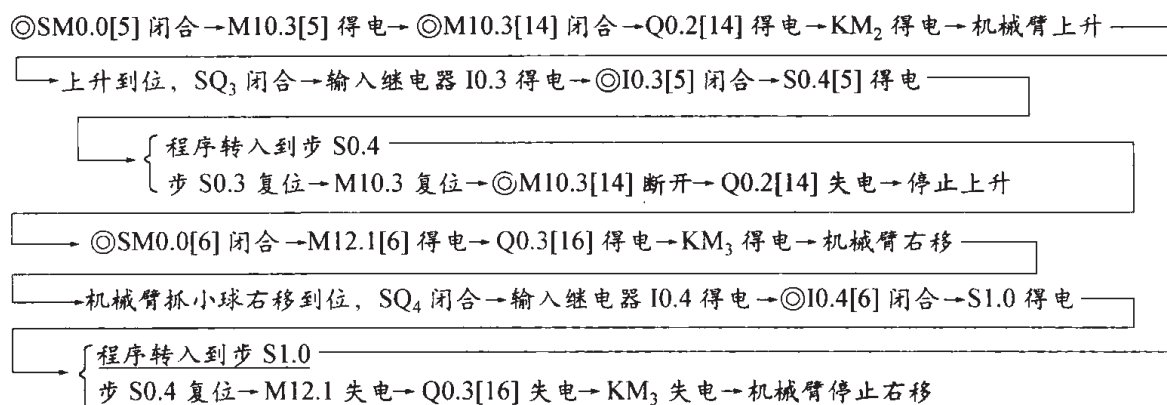
(3) 步 S0.1[3]



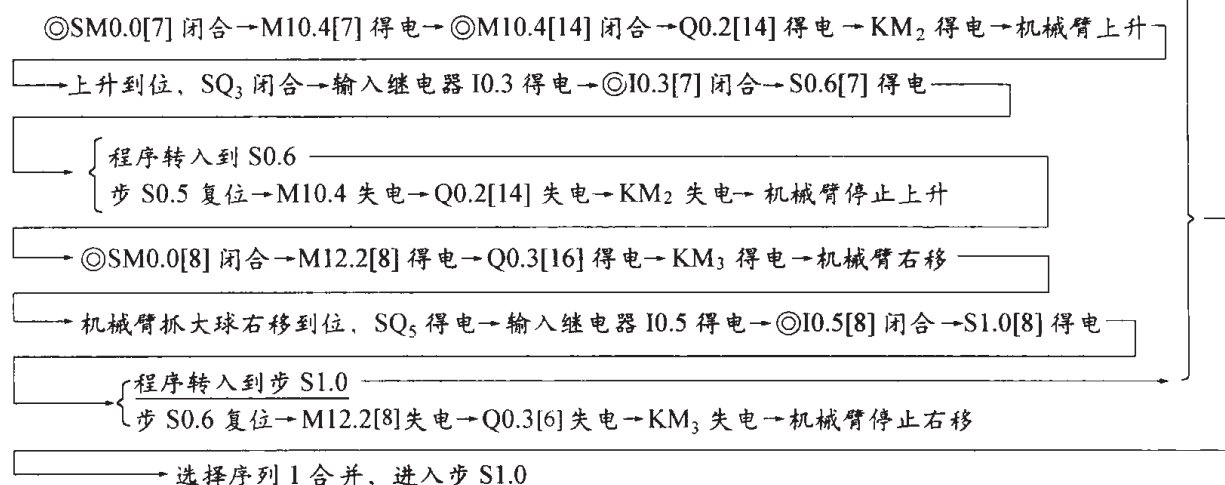
(4) 步 S0.2[4]



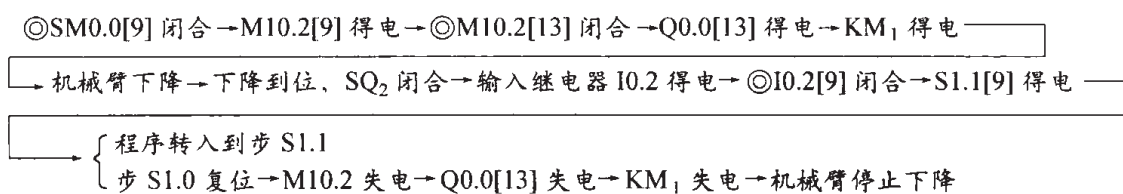
(5) 步 S0.3 ~ 步 S0.4 [5 ~ 6], 选择性分支 1 的分支 I



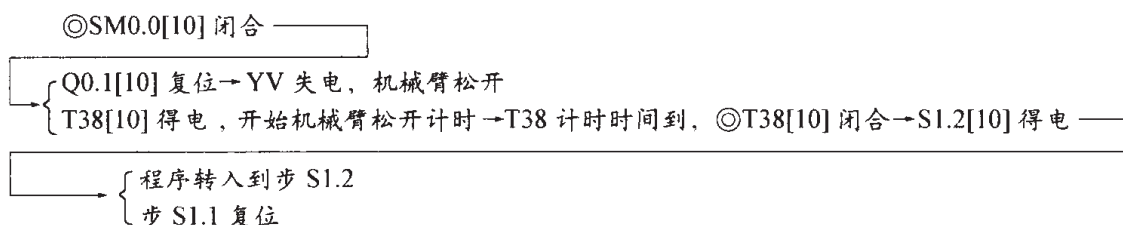
(6) 步 S0.5 ~ 步 S0.6 [7 ~ 8], 选择性分支 1 的分支 II



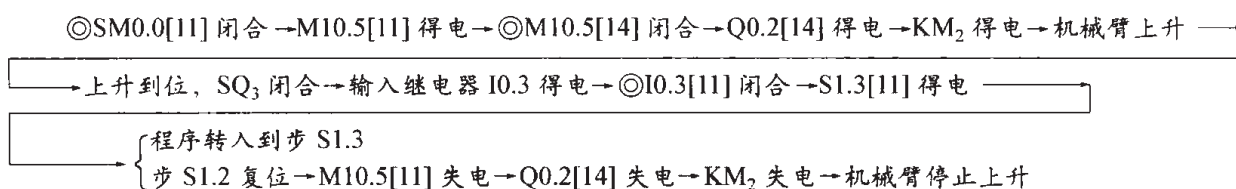
(7) 步 S1.0 [9]



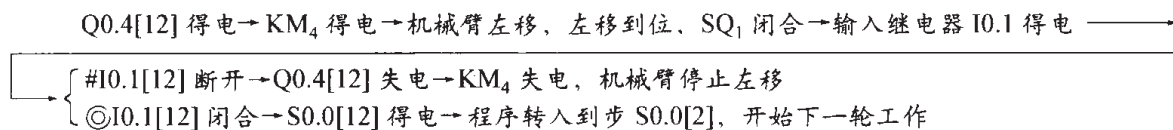
(8) 步 S1.1 [10]



(9) 步 S1.2 [11]



(10) 步 S1.3 [12]



【例 7-5】 十字路口交通信号指挥灯的 PLC 控制(一)

1. 控制要求

当工作人员合上开关 SA₁ 后, 南北方向红灯亮 30 s 期间, 东西方向绿灯亮 25 s 后, 闪烁 3 s 灭, 黄灯亮 2 s; 然后切换成东西方向红灯亮 30 s, 南北方向绿灯亮 25 s 后, 闪烁 3 s 灭, 最后是黄灯亮 2 s, 如此循环。当工作人员合上夜间开关 SA₂ 后, 东西南北两方向的黄灯同时闪烁, 提醒夜间过往人员和车辆在通过十字路口时减速慢行。

由控制要求可知, 各信号灯的亮暗严格按时间先后顺序工作, 是典型的时序控制。状态波形图如图 7-23 所示。图中 HL_{R1}、HL_{G1}、HL_{Y1} 表示东西红、绿、黄灯; HL_{R2}、HL_{G2}、HL_{Y2} 表示南北红、绿、黄灯。

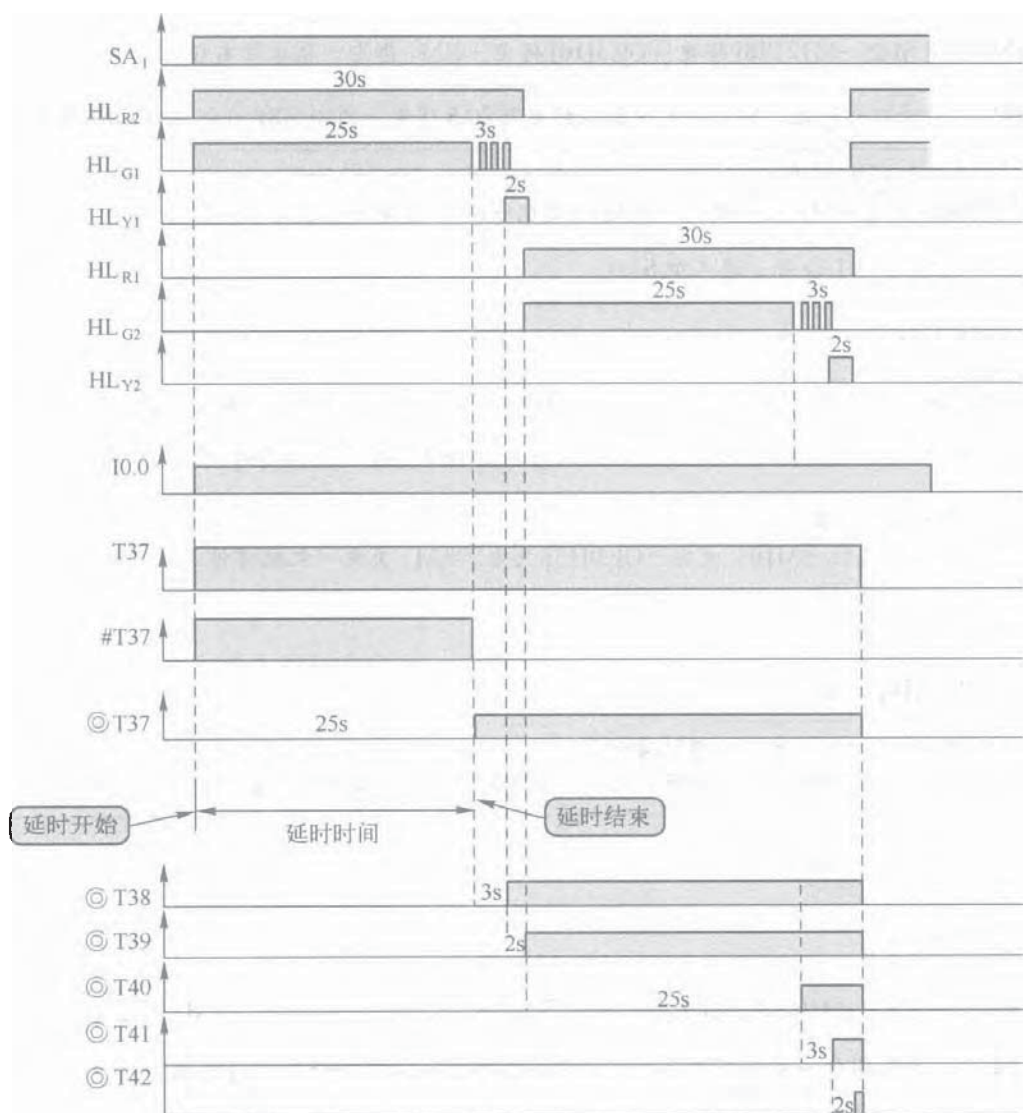


图 7-23 信号灯及各定时器波形图

2. PLC的I/O配置和I/O接线

表7-5为PLC的I/O配置表,其I/O接线如图7-24所示。

表7-5 PLC的I/O配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|------|--------------|------------------|-----|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SA ₁ | 运行开关 | I0.0 | HL _{G1} | 东西绿 | Q0.0 |
| SA ₂ | 夜间开关 | I0.1 | HL _{Y1} | 东西黄 | Q0.1 |
| | | | HL _{R1} | 东西红 | Q0.2 |
| | | | HL _{G2} | 南北绿 | Q0.3 |
| | | | HL _{Y2} | 南北黄 | Q0.4 |
| | | | HL _{R2} | 南北红 | Q0.5 |

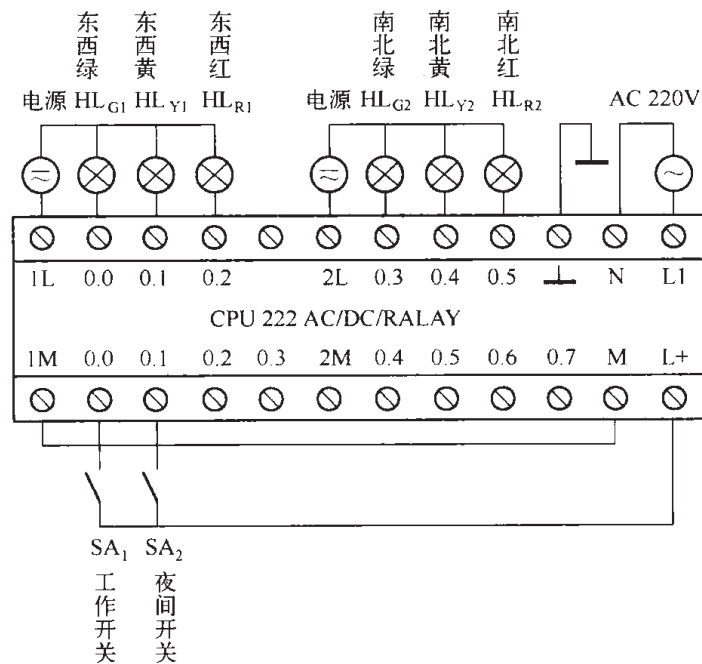


图7-24 PLC的I/O接线

3. 梯形图

根据图7-23所示的各信号灯的波形图关系,可用若干定时器来反映各时间段的特征,然后再依各时间段的特征与HL_{R1}、HL_{G1}、HL_{Y1}和HL_{R2}、HL_{G2}、HL_{Y2}工作过程的对应关系,可得到如图7-25所示的梯形图。在梯形图中,使用了6个定时器T37~T42,1个特殊存储器标志位SM0.5。定时器T37~T42的作用如表7-6所示,其波形见图7-23。

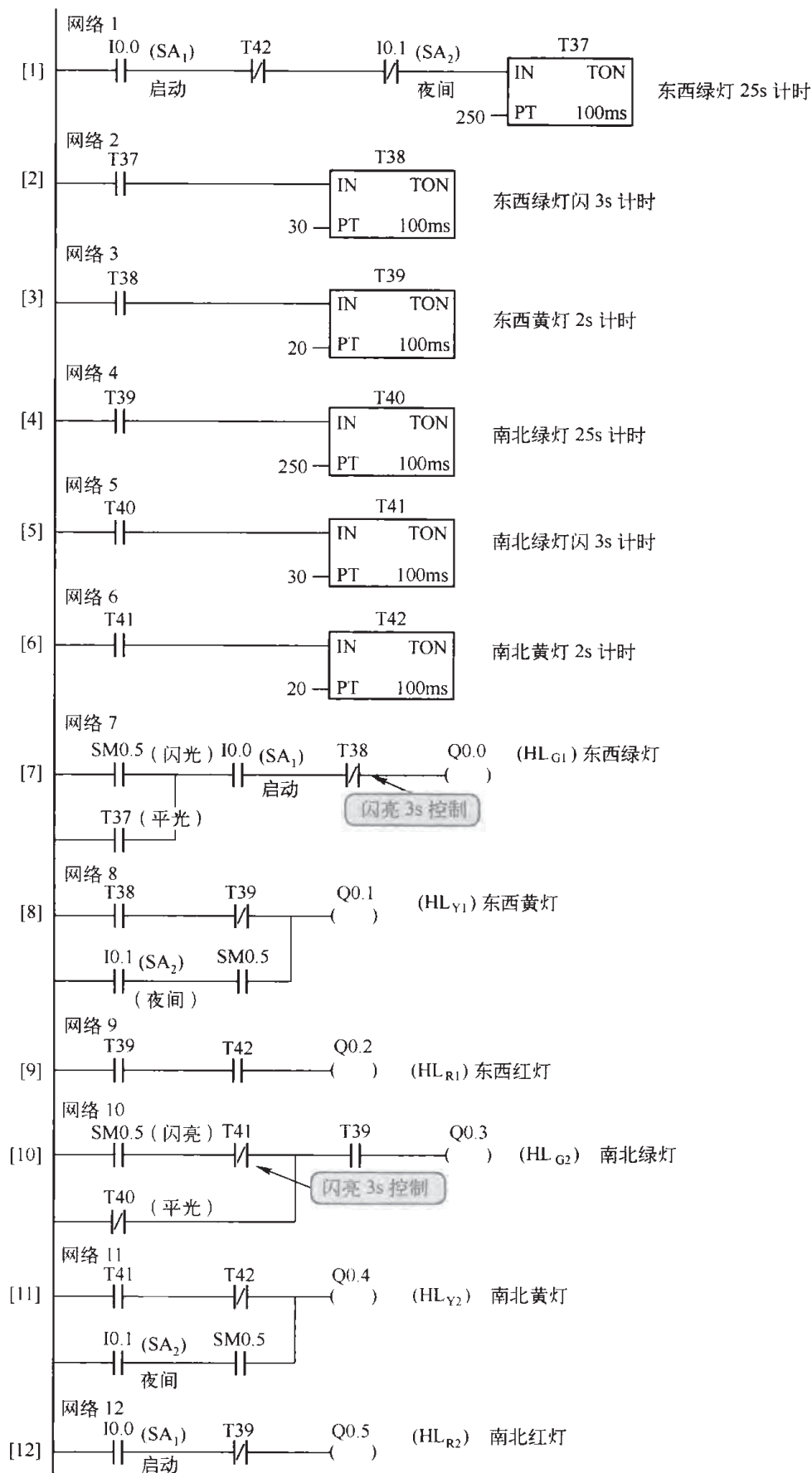


图 7-25 梯形图

表 7-6 定时器 T37 ~ T42 的作用

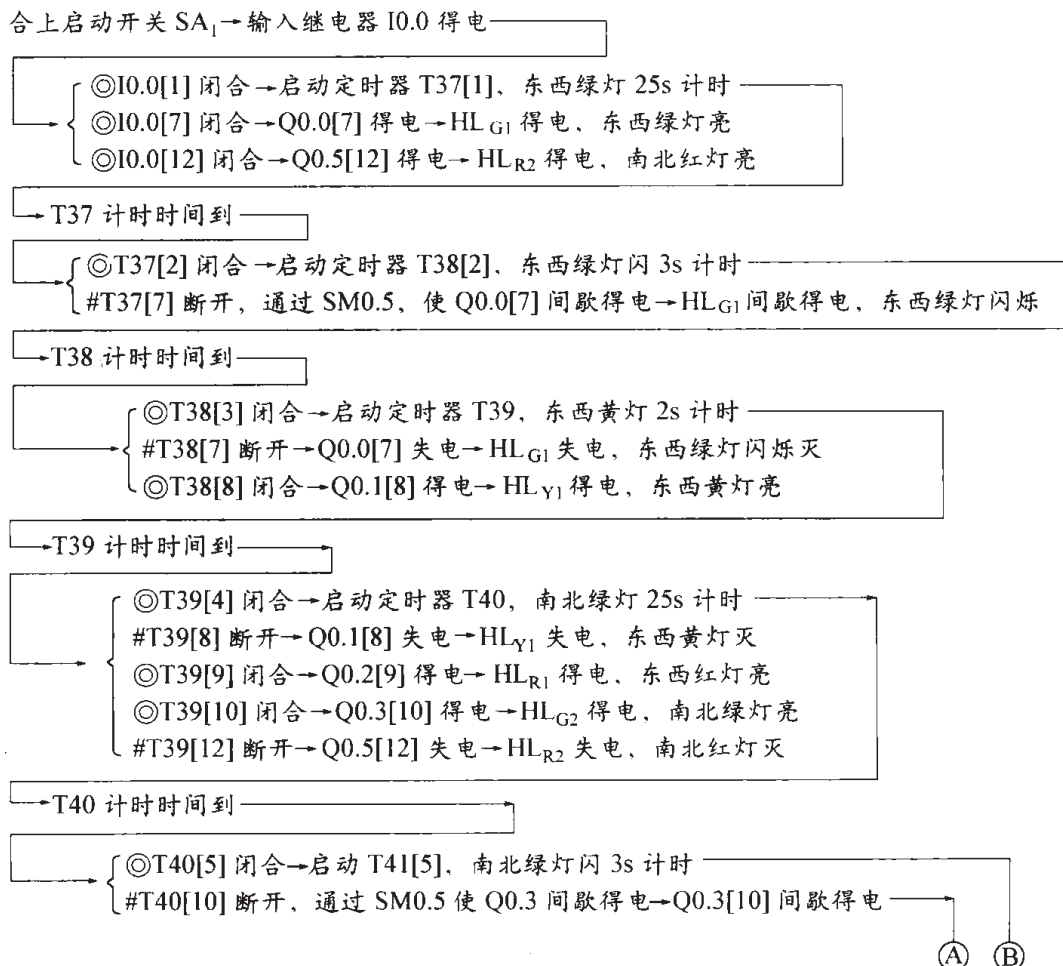
| 定 时 器 | 控制信号灯 | 功 能 |
|-------|-----------------------|----------|
| T37 | HL _{G1} 25 s | 东西绿 25 s |
| T38 | HL _{G1} 3 s | 东西绿闪 3 s |
| T39 | HL _{Y1} 2 s | 东西黄 2 s |
| T40 | HL _{G2} 25 s | 南北绿 25 s |
| T41 | HL _{G2} 3 s | 南北绿闪 3 s |
| T42 | HL _{Y2} 2 s | 南北黄 2 s |

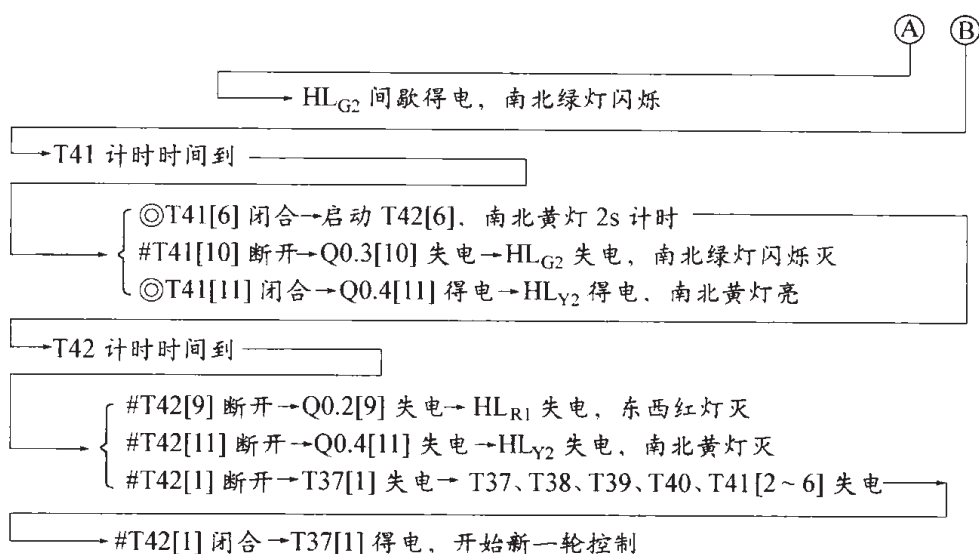
各时间段的特征用 PLC 内部的定时器 T37 ~ T42 予以反映。当工作开关 SA₁ 闭合后, 输入继电器 I0.0 得电, ◎I0.0 闭合, 使 T37 开始延时, 25 s 延时时间到, 其动合触点接通; 使 T38 开始延时, 3 s 延时时间到, 其动合触点闭合; 使 T39 开始延时, 以此类推。当一个定时器计时时间到的时候, 下一个定时器就开始计时, 最后 T42 计时时间到的时候, 将所有定时器线圈断开, 一个周期结束, 下一个周期又开始。

当夜间开关 SA₂ 闭合后, 采用特殊存储器标志位 SM0.5 使东西、南北两方向的黄灯同时闪烁。

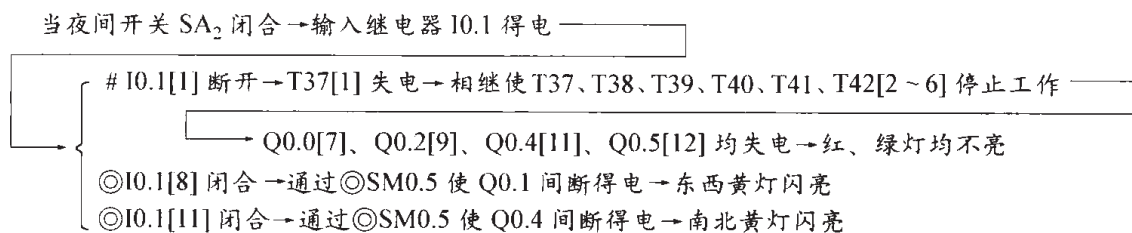
4. 电路工作过程

(1) 运行





(2) 夜间



【例 7-6】 十字路口交通信号指挥灯的 PLC 控制(二)

1. 控制要求

① 正常情况下,信号灯系统开始工作时,先南北方向红灯 HL_{R1} 亮 30 s,东西方向绿灯 HL_{G2} 常亮 25 s、闪亮 3 s(1 s 内通 0.5 s、断 0.5 s),然后东西方向黄灯 HL_{Y2} 亮 2 s,30 s 后东西方向亮红灯 HL_{R2},南北方向亮绿灯 HL_{G1} 和黄灯 HL_{Y1},即周期时间为 60 s,南北和东西采取对称接法(有些路口根据流量的不同采取非对称接法,即同一方向的通行时间和停止时间不对称)。

② 南北方向出现紧急情况时,南北方向绿灯常亮,而东西方向红灯常亮。

③ 东西方向出现紧急情况时,东西方向绿灯常亮,而南北方向红灯常亮。

④ 夜间情况下,东西与南北方向均只有黄灯闪亮(1 s 内通 0.5 s、断 0.5 s)。

根据控制要求,可画出正常运行情况下 HL_{R1}、HL_{G1}、HL_{Y1}、HL_{R2}、HL_{G2}、HL_{Y2} (Q0.0 ~ Q0.5) 的通断关系如图 7-26 所示。

2. PLC 的 I/O 接线

图 7-27 为 PLC 的 I/O 接线图。

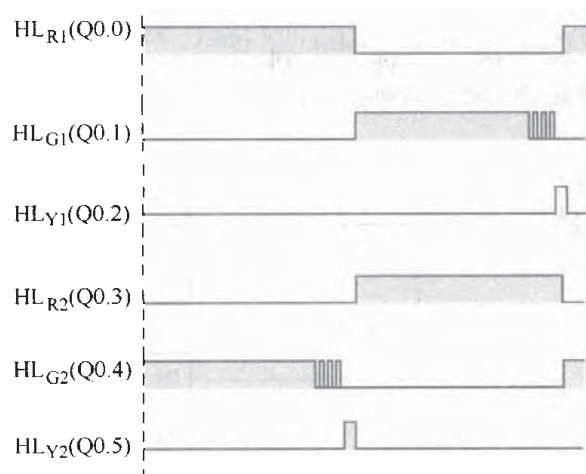
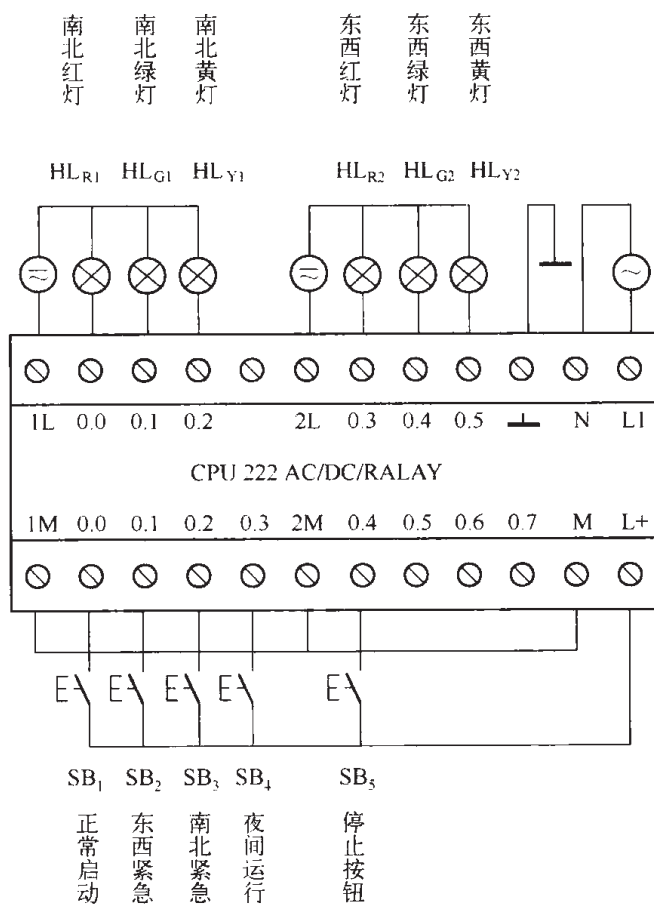
图 7-26 HL_{R1}、HL_{G1}、HL_{Y1}、HL_{R2}、HL_{G2}、HL_{Y2} (Q0.0 ~ Q0.5) 的通断规律

图 7-27 PLC 的 I/O 接线

3. 梯形图

梯形图如图 7-28 所示,使用了 6 个定时器 T37 ~ T42,其波形如图 7-29 所示。

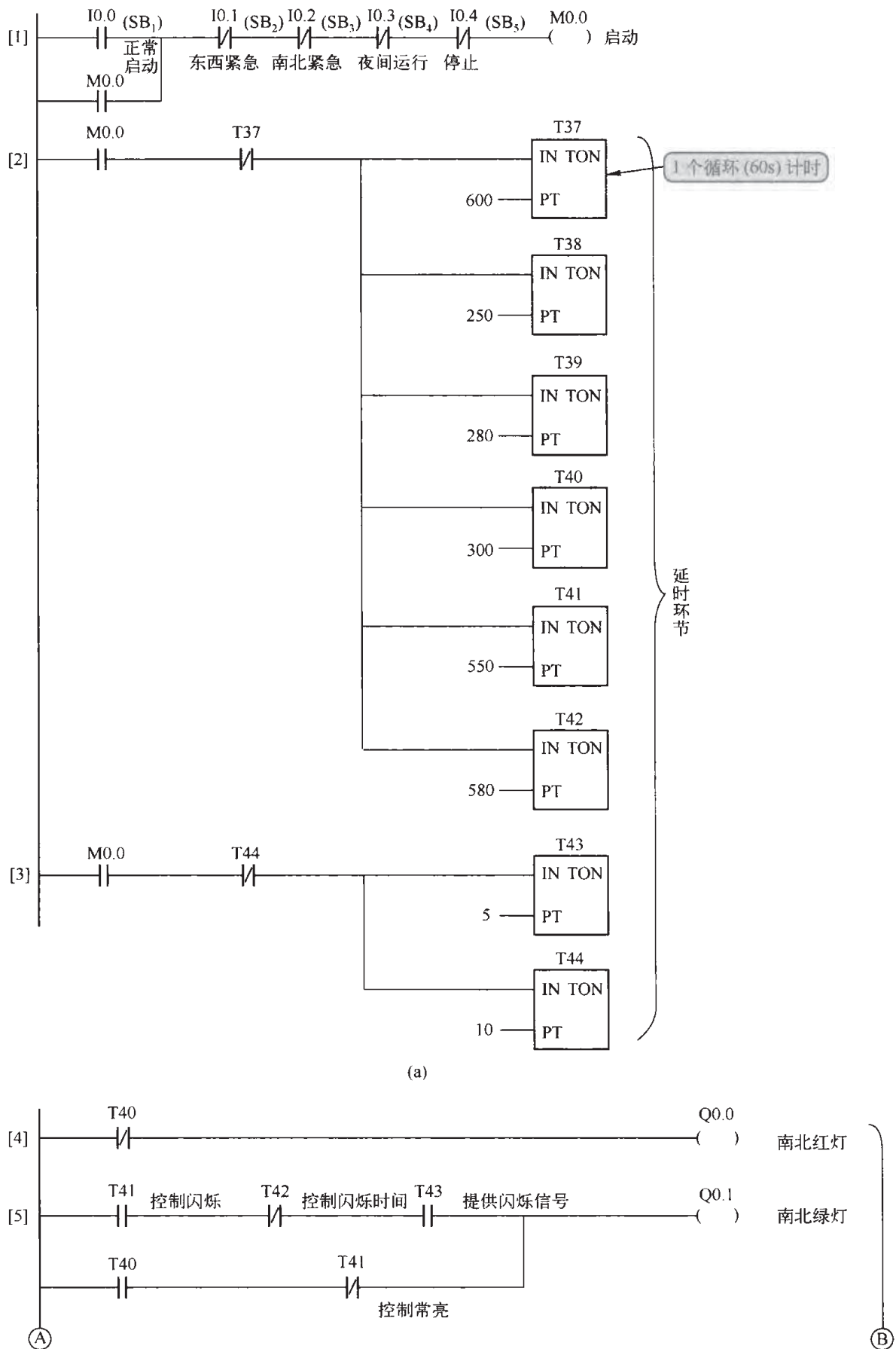


图 7-28 梯形图

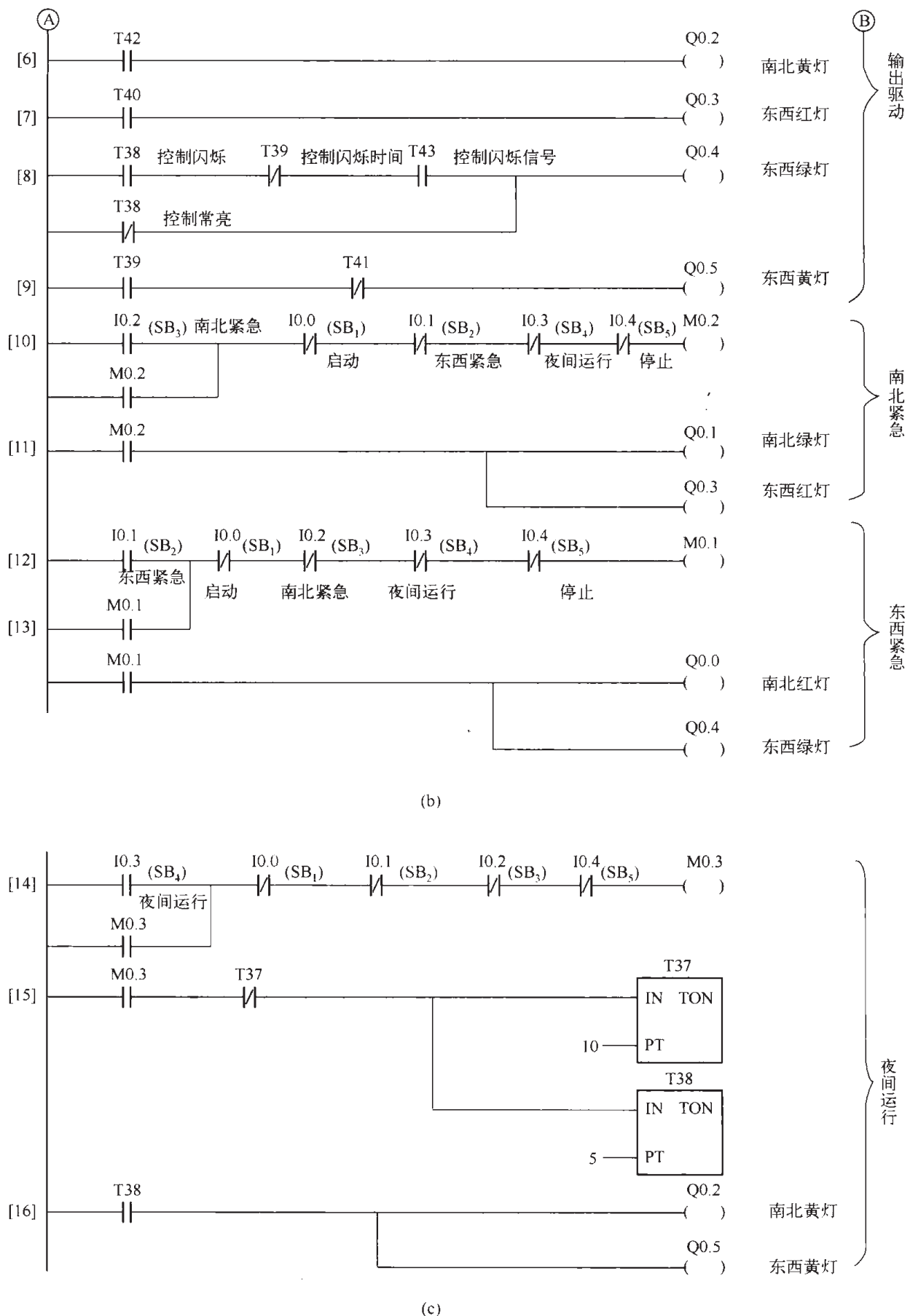


图7-28 梯形图(续)

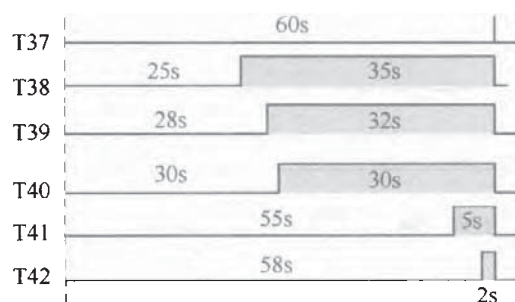
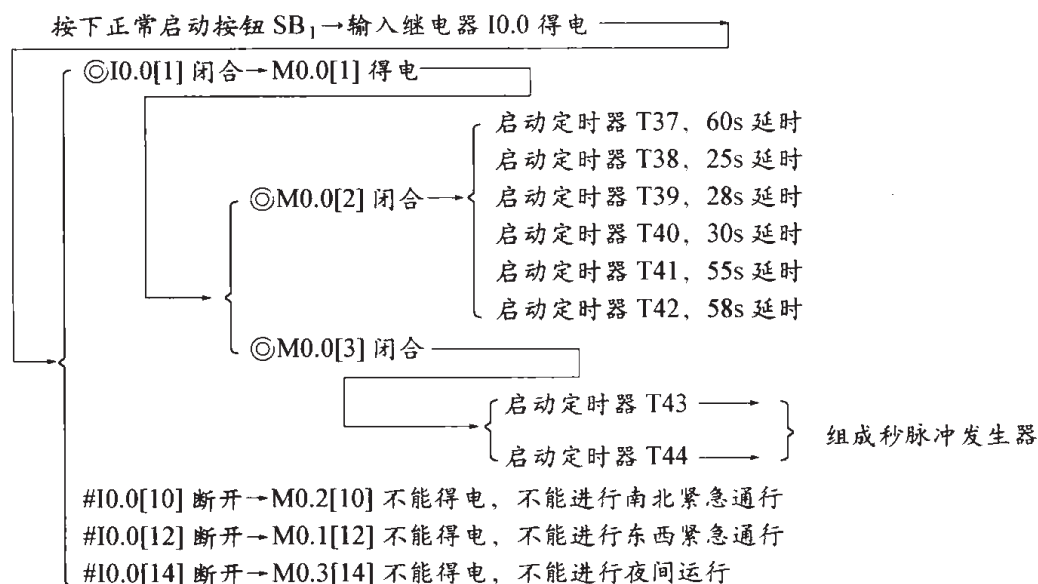


图 7-29 定时器 T37 ~ T42 的波形

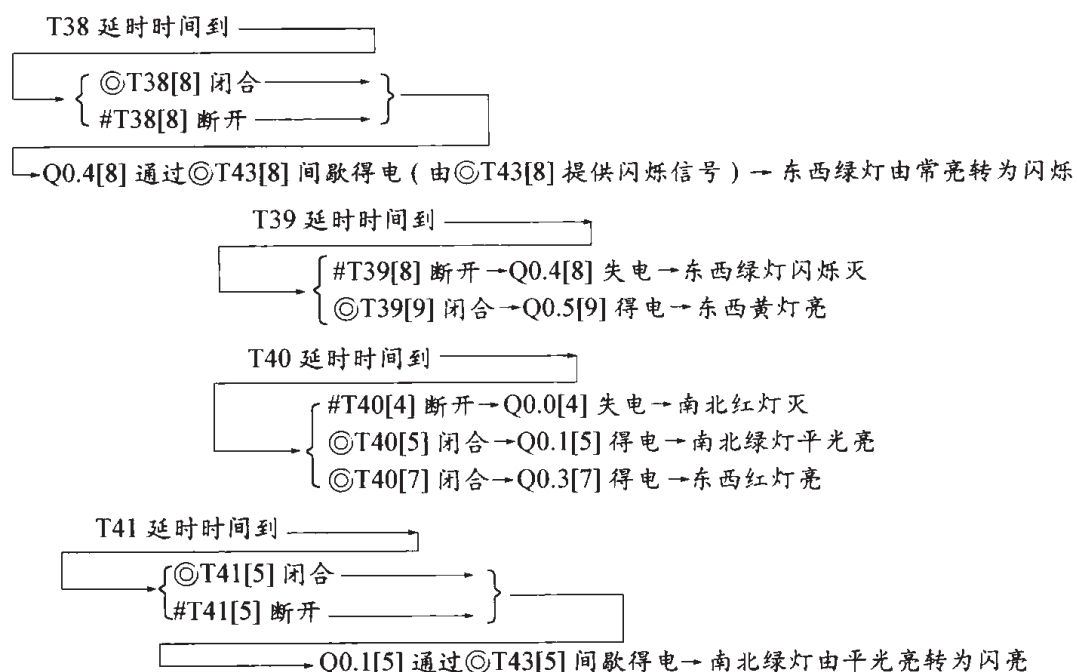
4. 电路工作过程

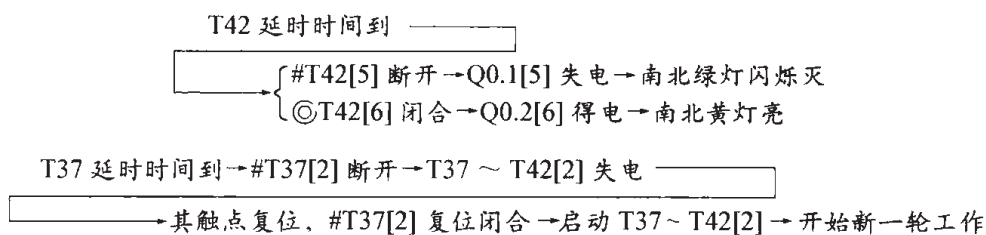
(1) 正常工作



Q0.0[4] 通过#T40[4] 得电 → 南北红灯亮

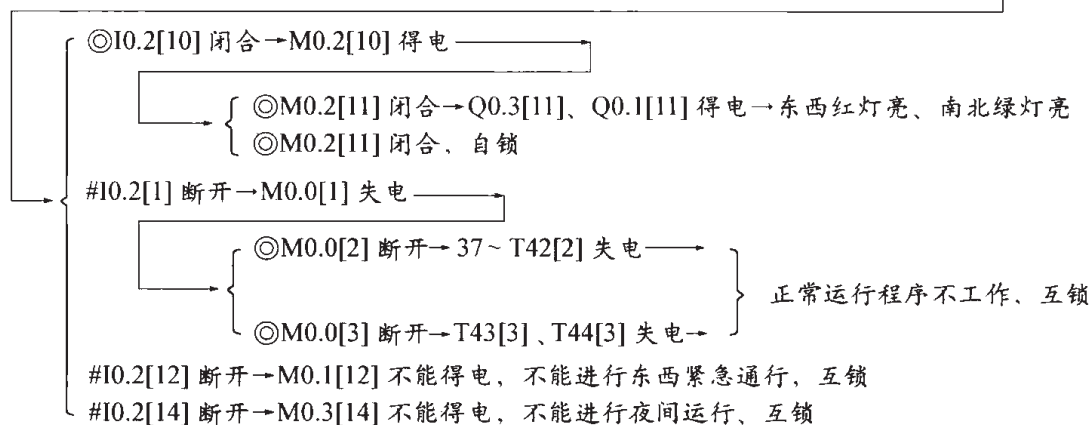
Q0.4[8] 通过#T38[8] 得电 → 东西绿灯平光亮





(2) 南北紧急通行

按下南北紧急通行按钮 SB₃ → I0.2 得电



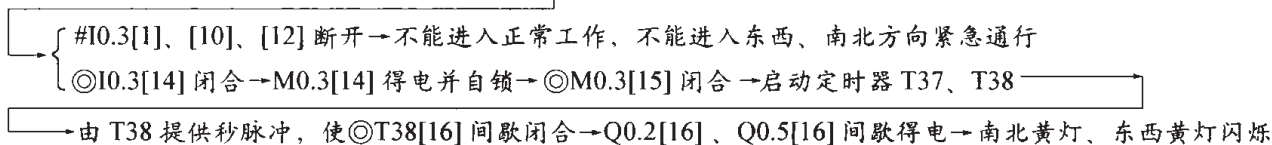
(3) 东西紧急通行

东西紧急通行与南北紧急通行的动作过程相同, 不再赘述。

(4) 夜间运行

定时器 T37、T38 组成秒脉冲发生器。

按下夜间运行按钮 SB₄ → I0.3 得电



【例 7-7】 十字路口交通信号指挥灯的 PLC 控制(三)

1. 控制要求

- ① 接通启动按钮后, 信号灯开始工作, 南北向红灯、东西向绿灯同时亮。
- ② 东西向绿灯亮 25 s, 闪烁 3 次(1 s/次), 接着东西向黄灯亮, 2 s 后东西向红灯亮, 30 s 后东西向绿灯又亮……如此不断循环, 直至停止工作。
- ③ 南北向红灯亮 30 s, 南北向绿灯亮, 25 s 后南北向绿灯闪烁 3 次(1 s/次), 接着南北向黄灯亮, 2 s 后南北向红灯又亮……如此不断循环, 直至停止工作。

交通信号时序图如图 7-30 所示。

2. PLC 的 I/O 配置和 I/O 接线

表 7-7 为 PLC 的 I/O 配置表, 其 I/O 接线如图 7-31 所示。

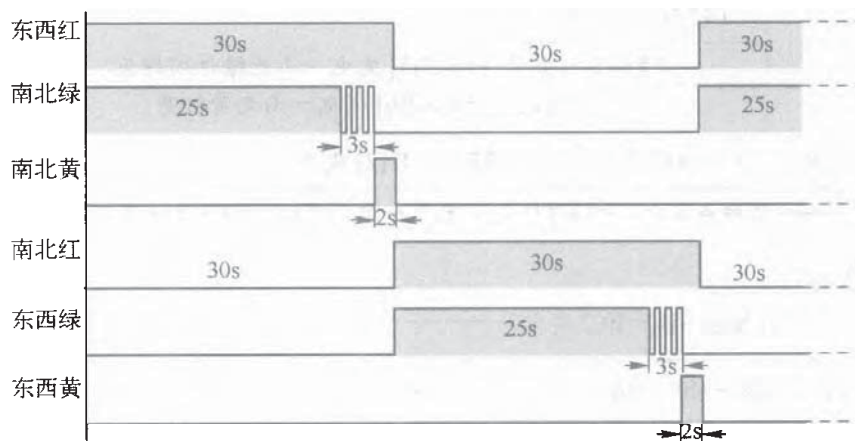


图 7-30 交通信号灯时序图

表 7-7 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|------|--------------|------------------------------------|------|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 启动按钮 | I0.1 | HL ₁ 、HL ₂ | 南北红灯 | Q0.0 |
| SB ₂ | 停止按钮 | I0.2 | HL ₃ 、HL ₄ | 南北绿灯 | Q0.1 |
| | | | HL ₅ 、HL ₆ | 南北黄灯 | Q0.2 |
| | | | HL ₇ 、HL ₈ | 东西红灯 | Q0.3 |
| | | | HL ₉ 、HL ₁₀ | 东西绿灯 | Q0.4 |
| | | | HL ₁₁ 、HL ₁₂ | 东西黄灯 | Q0.5 |

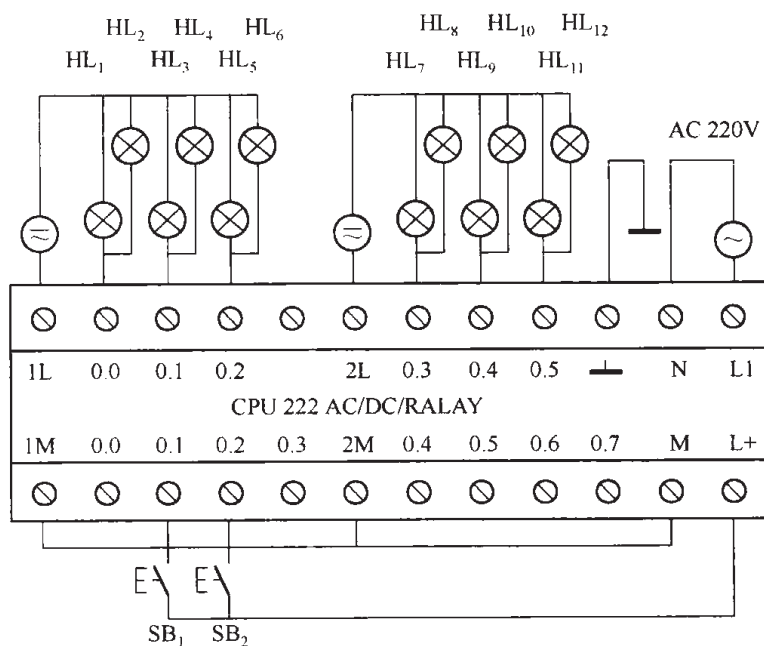


图 7-31 PLC 的 I/O 接线图

3. 顺序功能图和梯形图

图 7-32 为交通信号灯顺序功能图,其梯形图如图 7-33 所示。

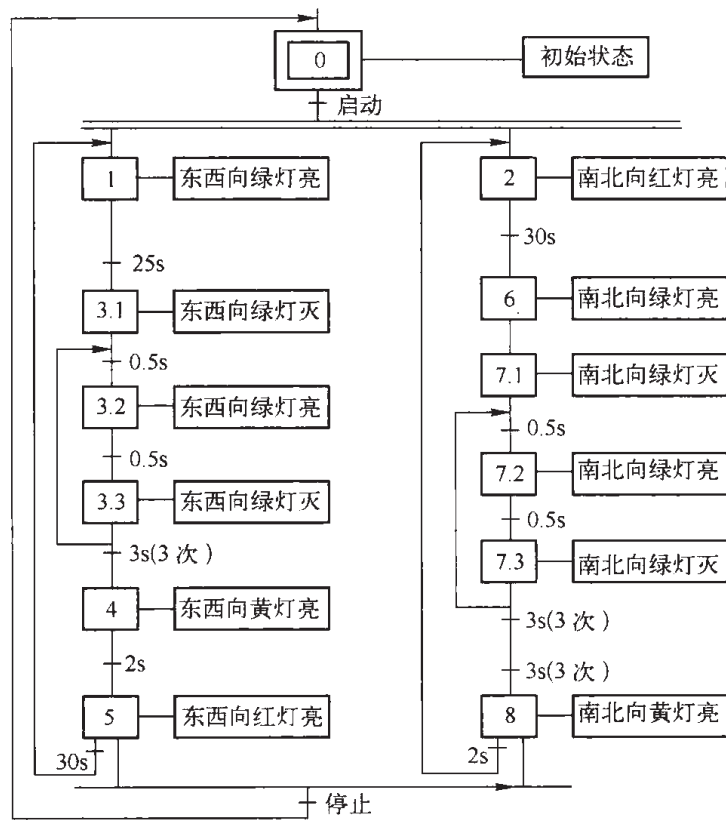


图 7-32 交通信号灯顺序功能图

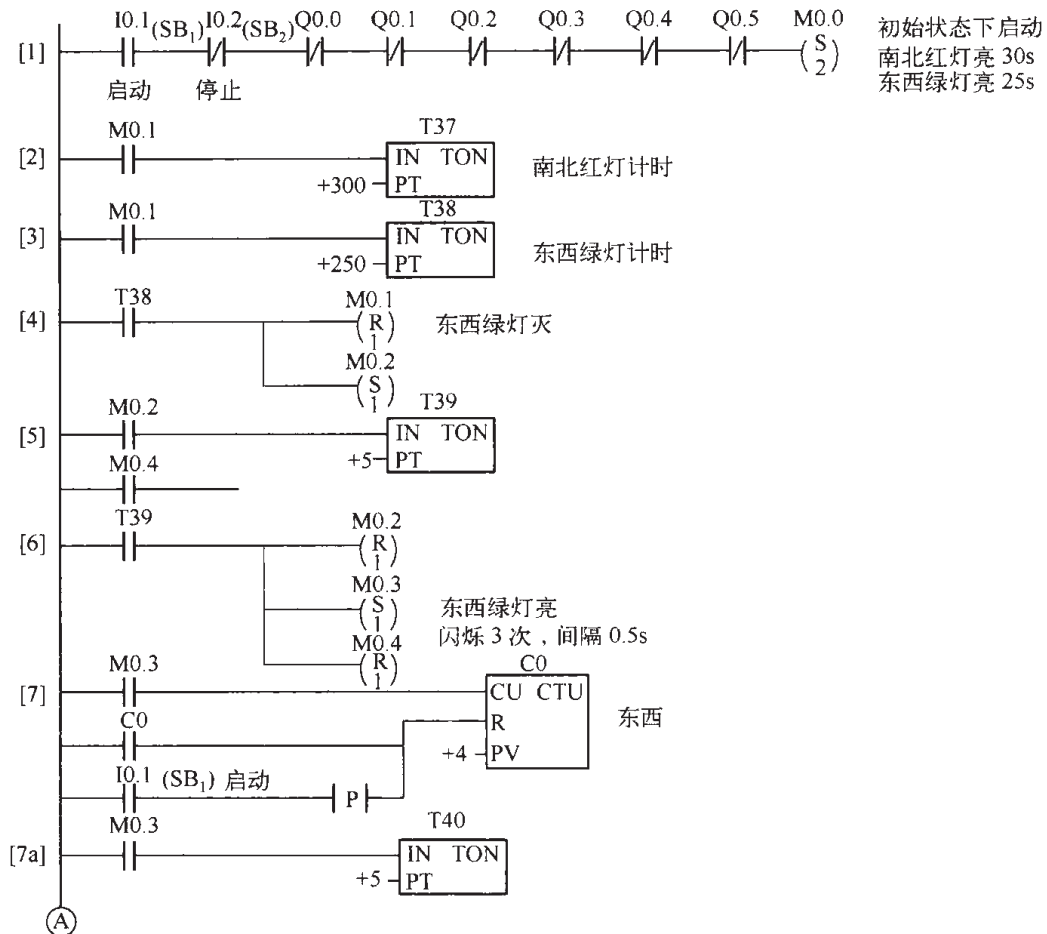


图 7-33 梯形图

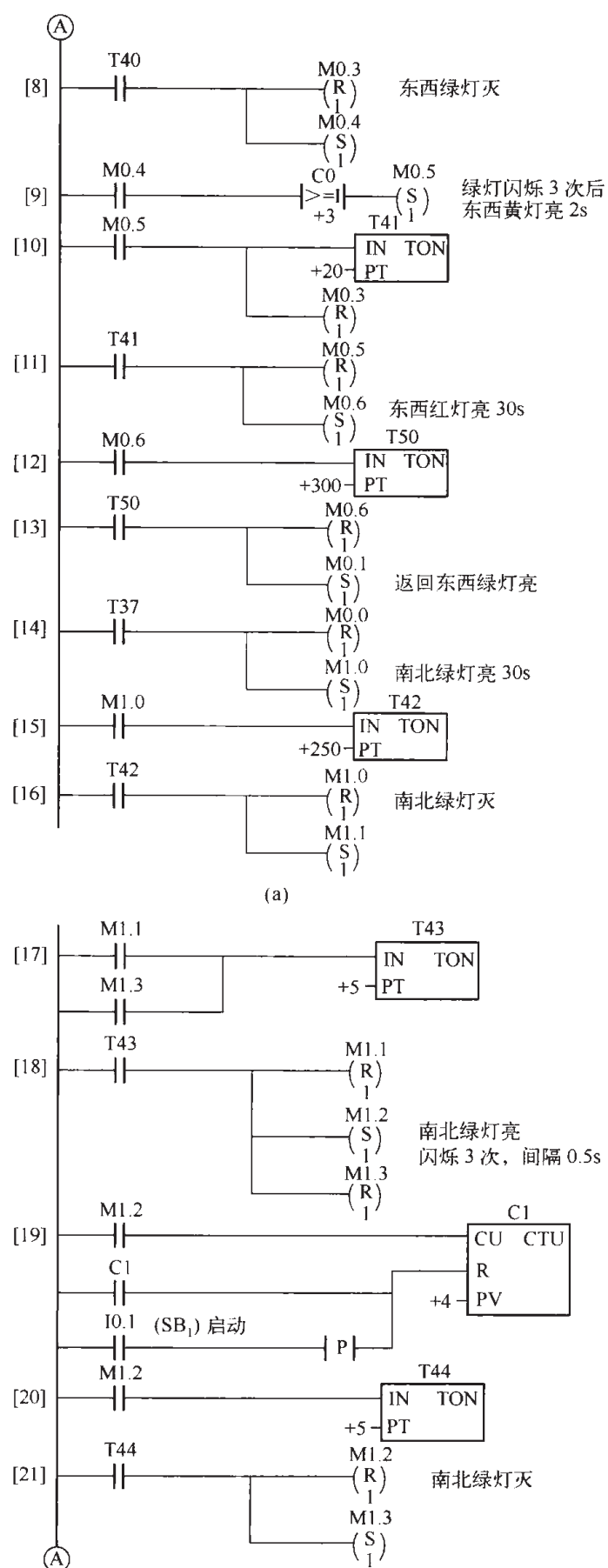


图 7-33 梯形图(续)

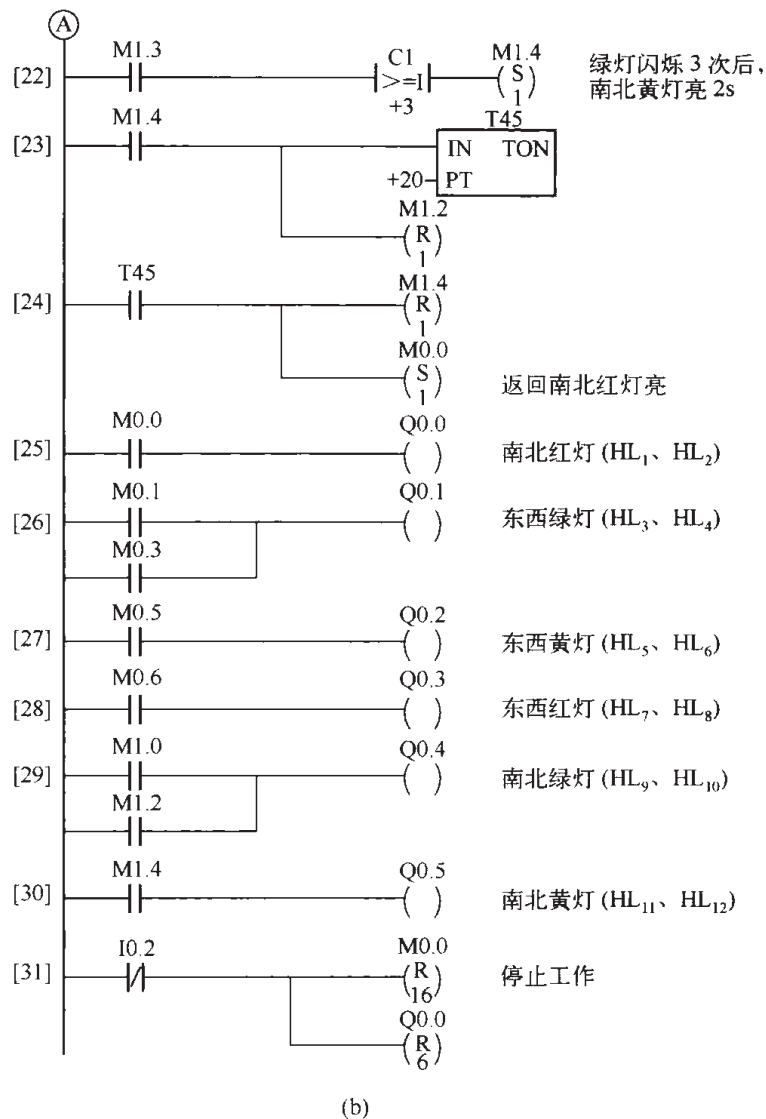
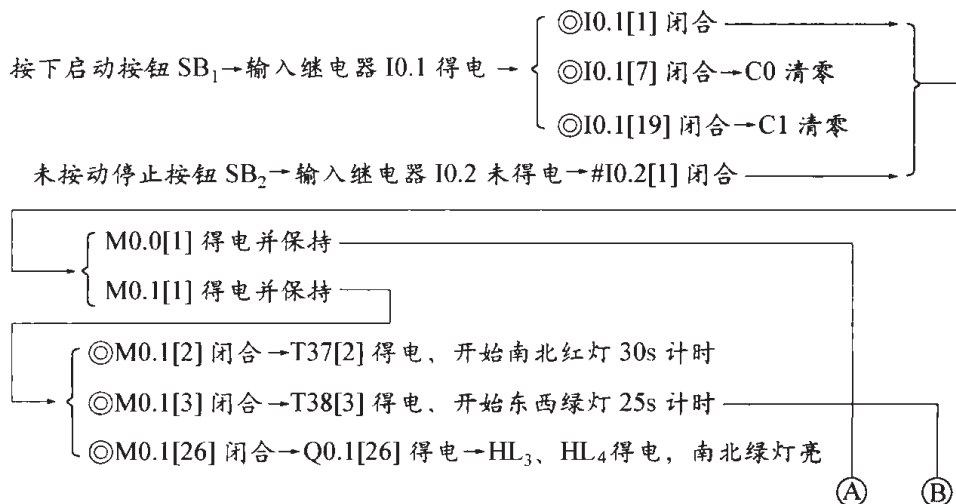
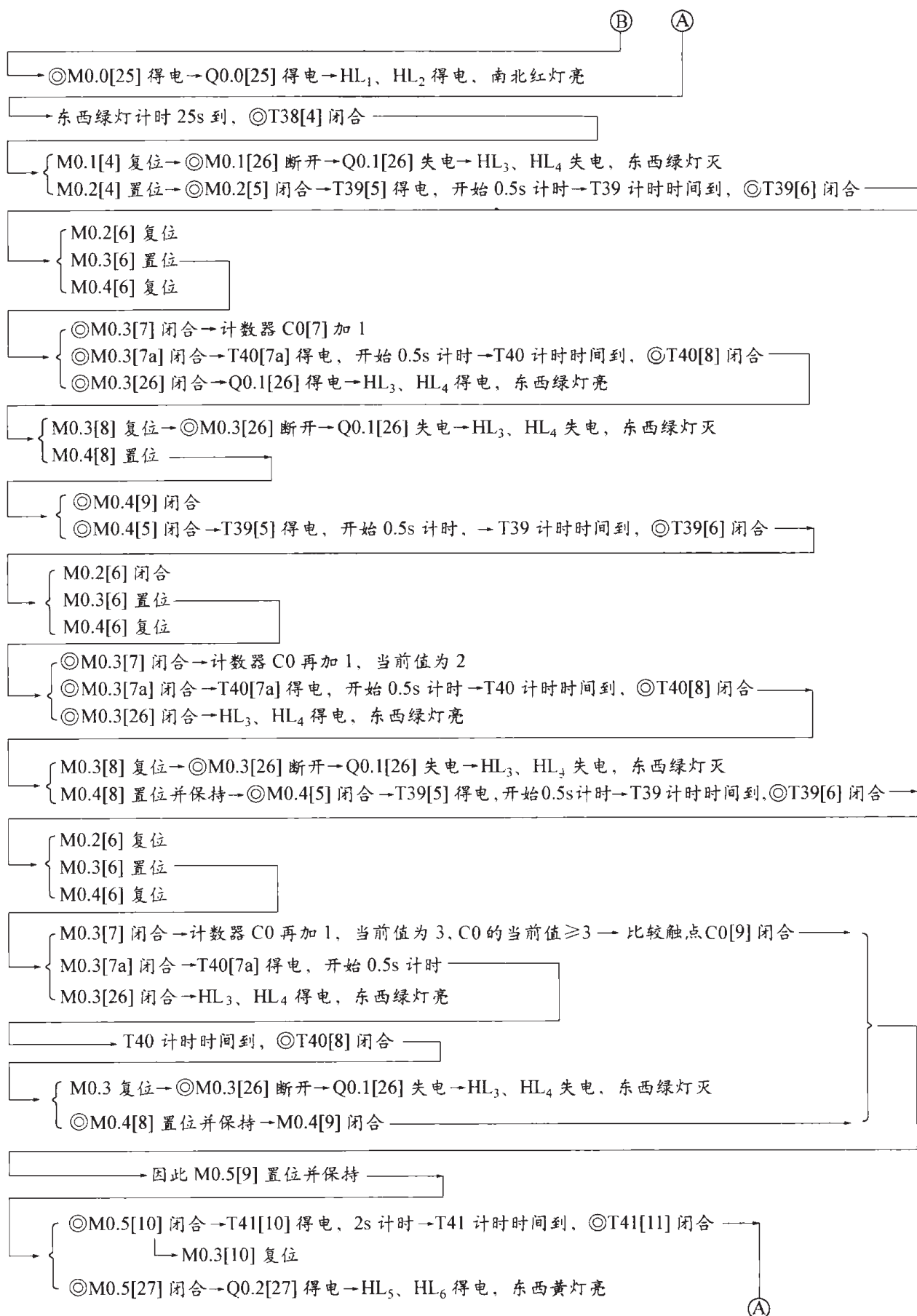
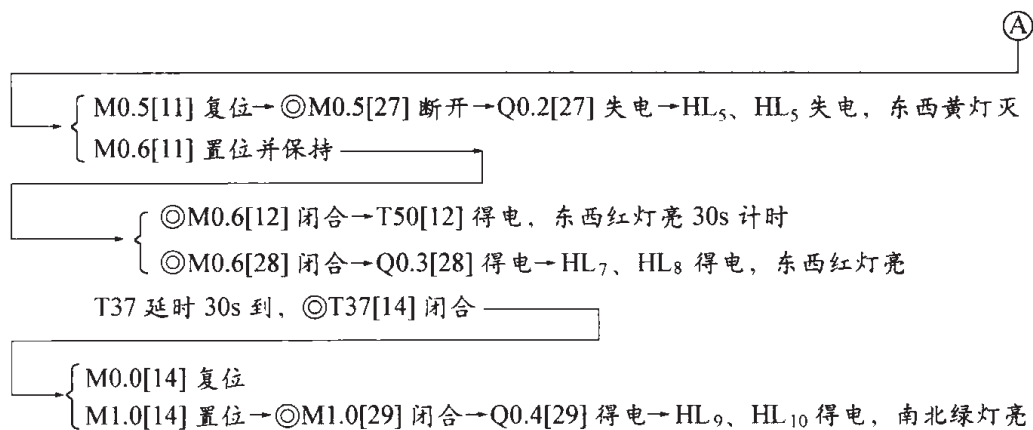


图 7-33 梯形图(续)

4. 电路工作过程







【例 7-8】 用置位、复位指令编程的十字路口交通信号灯的 PLC 控制

某十字路口交通灯示意图如图 7-34 所示,每一方向的车道都有 4 个交通灯:左转绿灯、直行绿灯、黄灯和红灯,每一方向的人行道都有 2 个交通灯:绿灯和红灯。

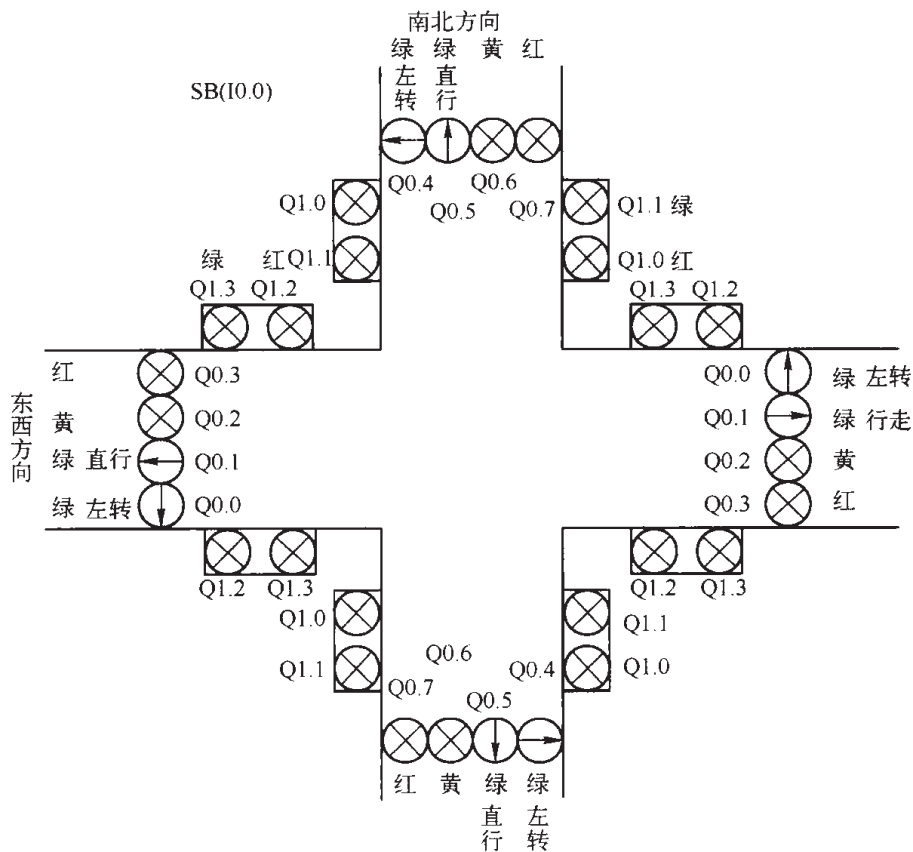


图 7-34 某十字路口交通灯示意图

1. 控制要求

当按下启动按钮时,首先东西向通行,南北向禁止通行,东西向车道的直行绿灯亮,汽车直行,20 s 后直行绿灯闪烁 3 s,随后黄灯亮 3 s,红灯亮,接着车道的左转绿灯亮,汽车左转,20 s 后左转绿灯闪烁 3 s,随后黄灯亮 3 s,红灯亮,在东西向车道直行绿灯亮和闪烁的同时,东西向人行道的绿灯同时亮和闪烁。东西向禁止通行后,转入南北向车道、人行道的通行,顺序与东西向相同。十字路口交通灯的时序如图 7-35 所示。

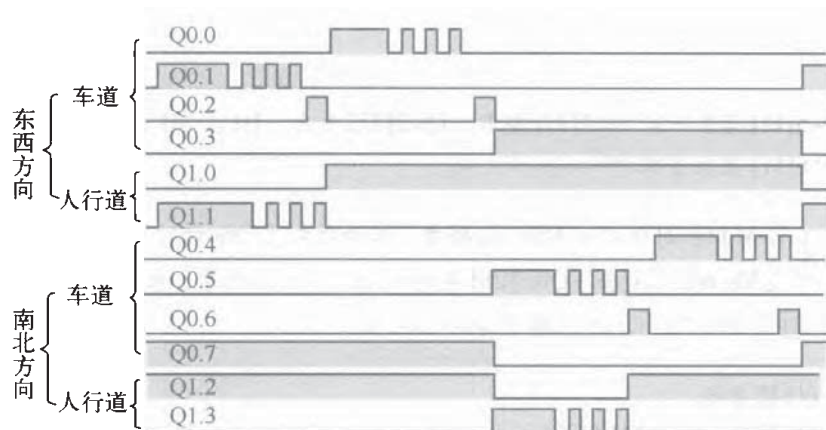


图 7-35 十字路口交通灯的时序图

2. PLC 的 I/O 配置、顺序功能图和梯形图

表 7-8 为 PLC 的 I/O 配置表,其顺序功能图和梯形图分别如图 7-36 和图 7-37 所示。

表 7-8 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|------|----|--------------|------|-----------|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB | 按钮 | I0.0 | | 东西向车道左转绿灯 | Q0.0 |
| | | | | 东西向车道直行绿灯 | Q0.1 |
| | | | | 东西向车道黄灯 | Q0.2 |
| | | | | 东西向车道红灯 | Q0.3 |
| | | | | 南北向车道左转绿灯 | Q0.4 |
| | | | | 南北向车道直行绿灯 | Q0.5 |
| | | | | 南北向车道黄灯 | Q0.6 |
| | | | | 南北向车道红灯 | Q0.7 |
| | | | | 东西向人行道红灯 | Q1.0 |
| | | | | 东西向人行道绿灯 | Q1.1 |
| | | | | 南北向人行道红灯 | Q1.2 |
| | | | | 南北向人行道绿灯 | Q1.3 |

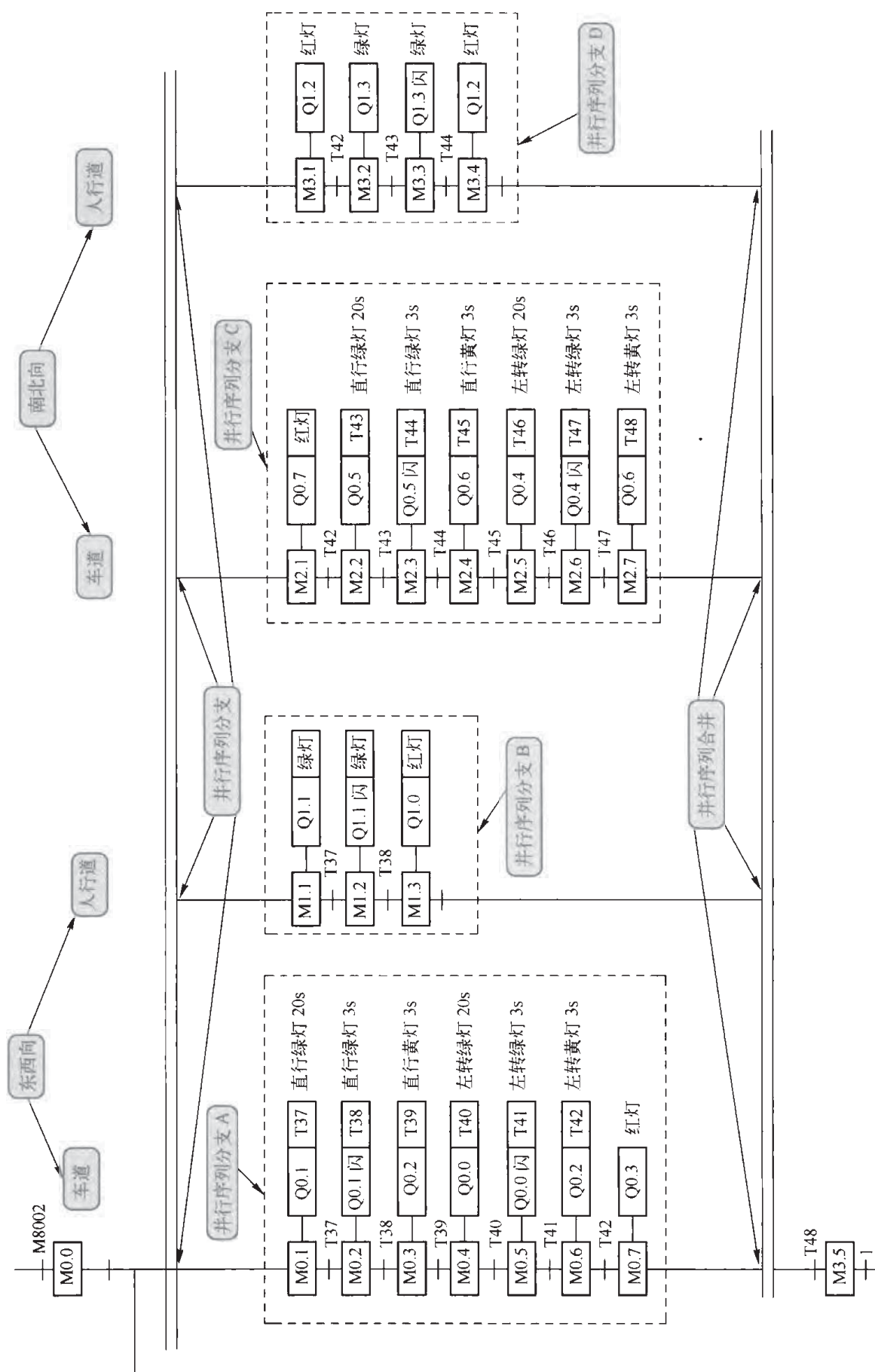


图 7-36 十字路口交通灯的顺序功能图

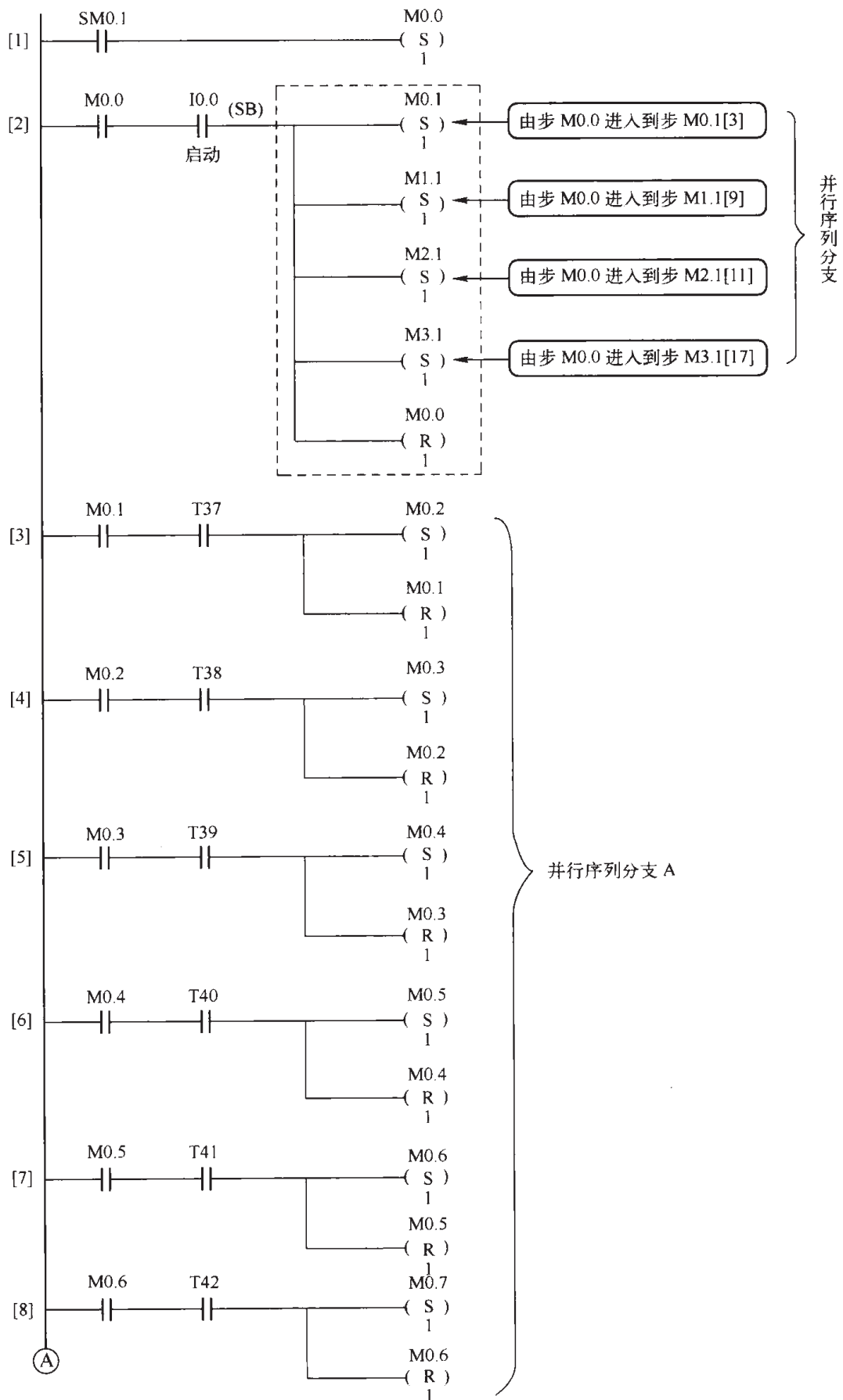


图 7-37 梯形图

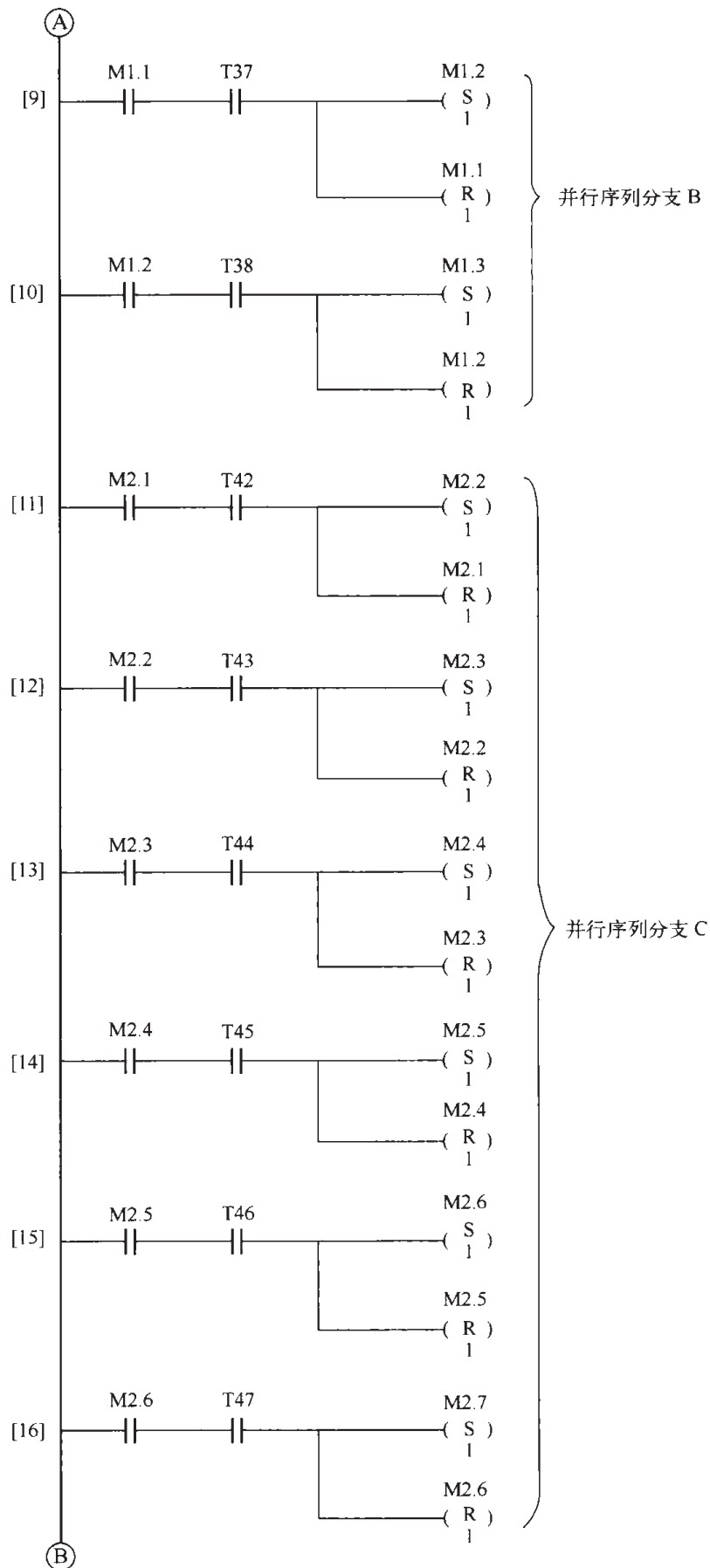


图 7-37 梯形图(续)

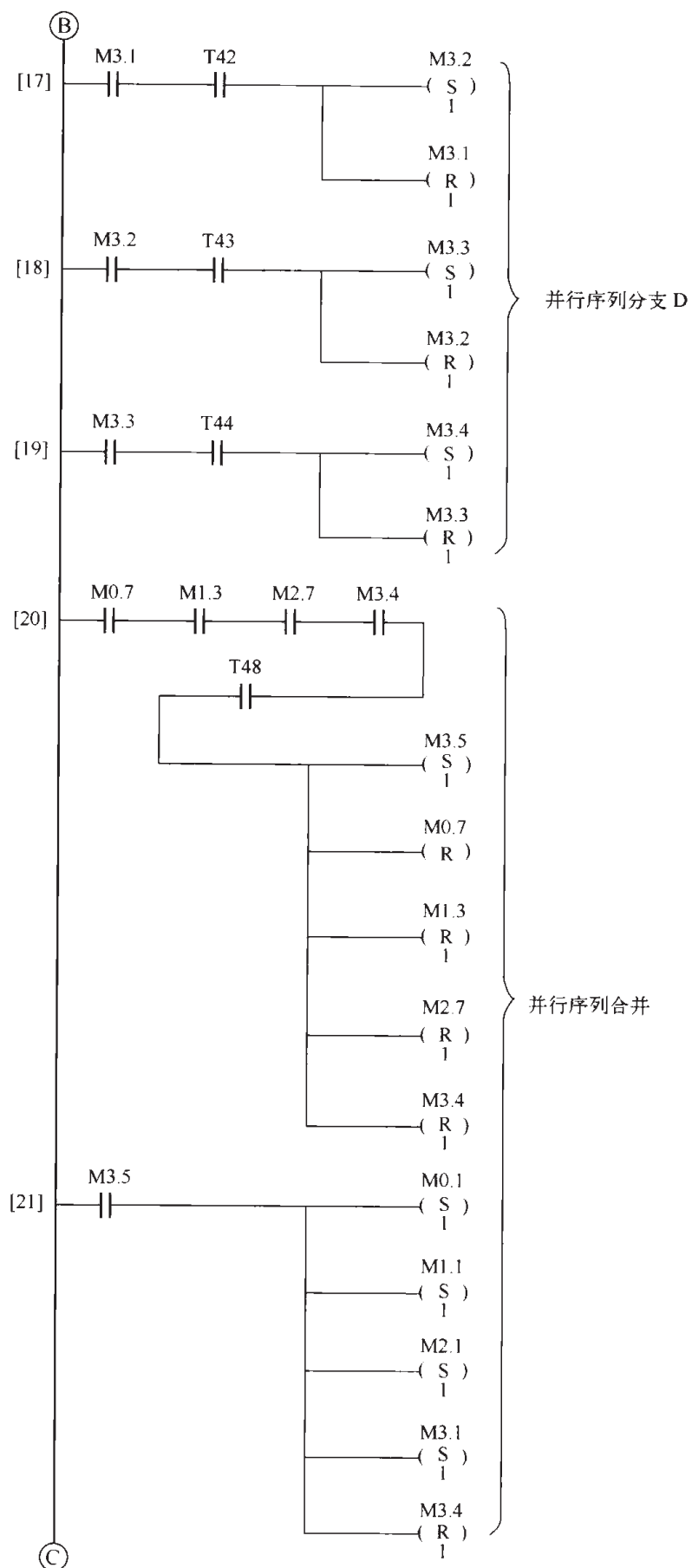


图 7-37 梯形图(续)

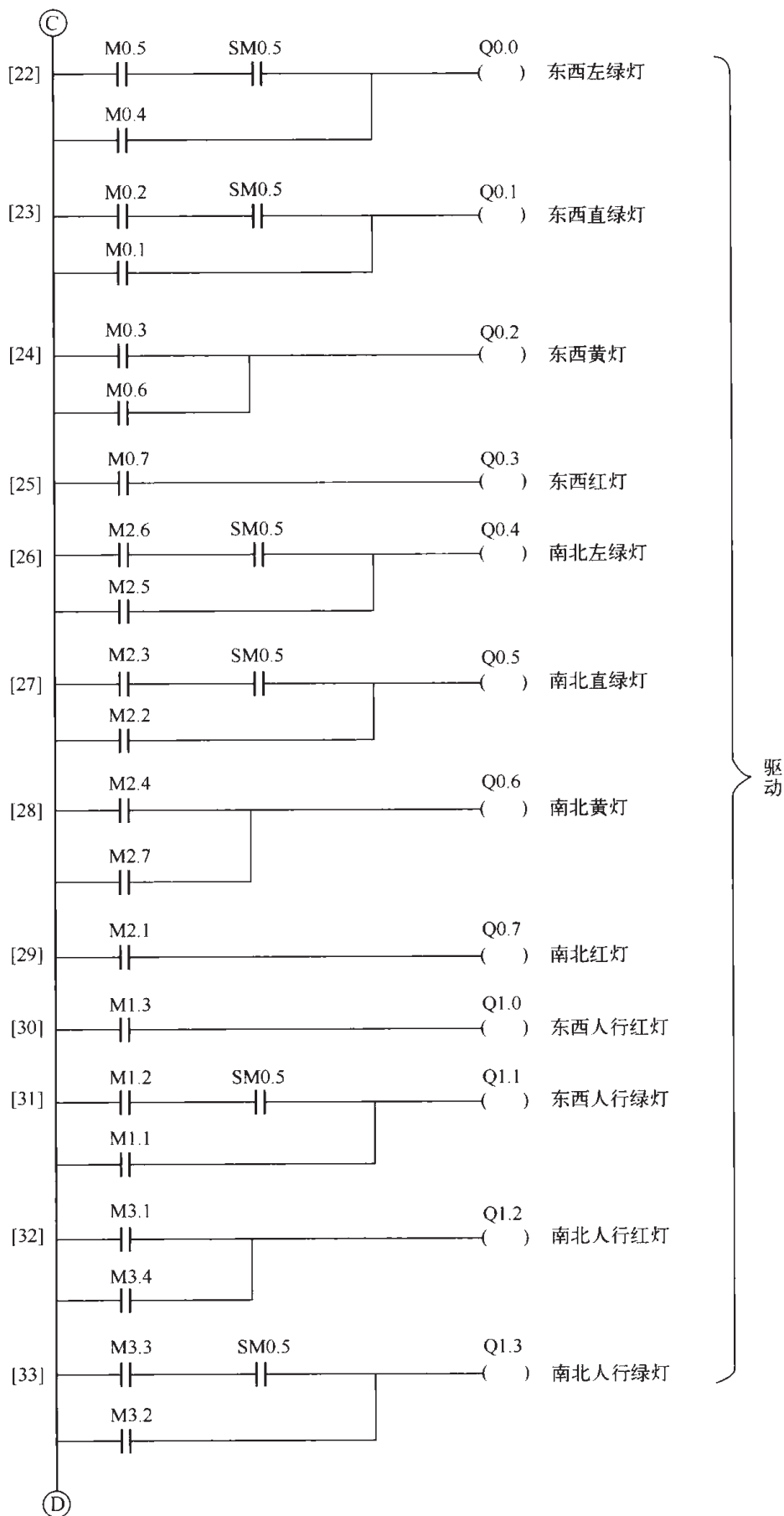


图 7-37 梯形图(续)

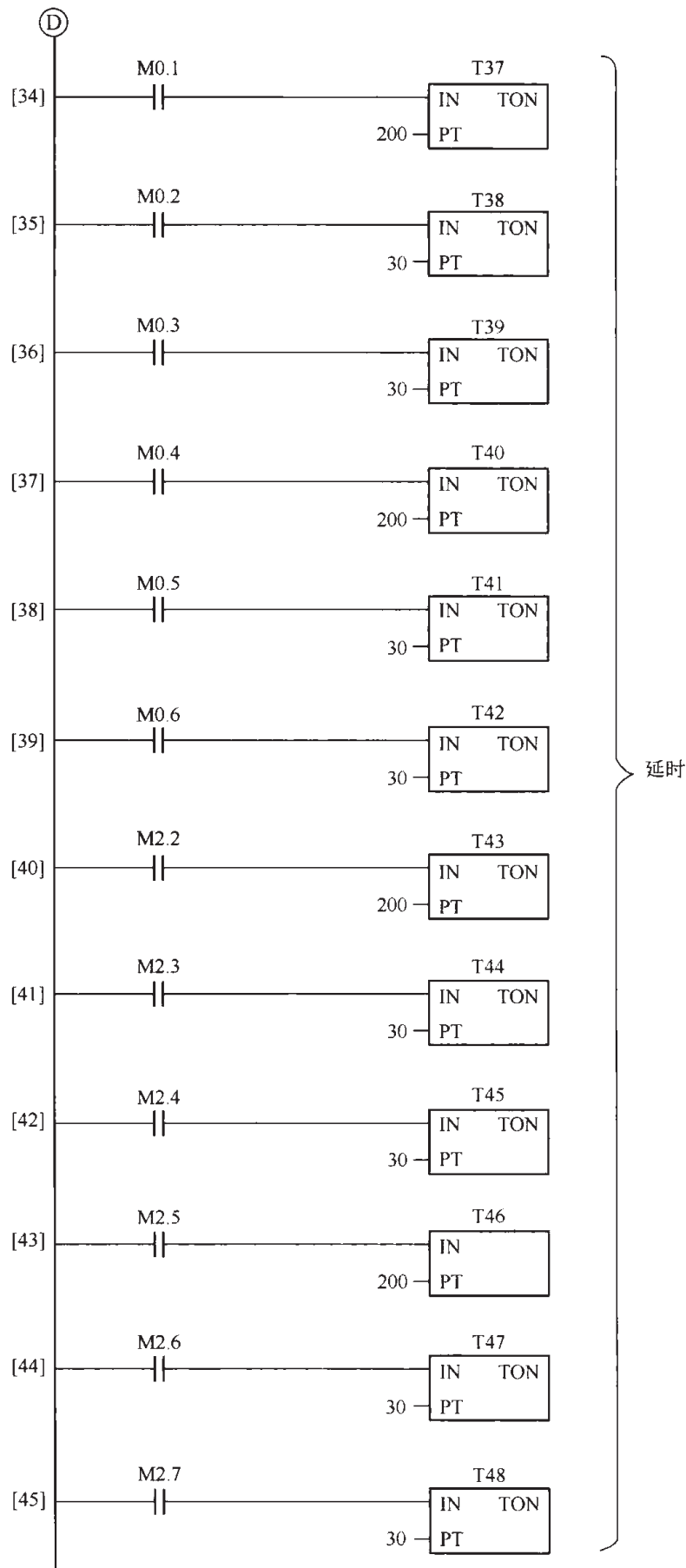
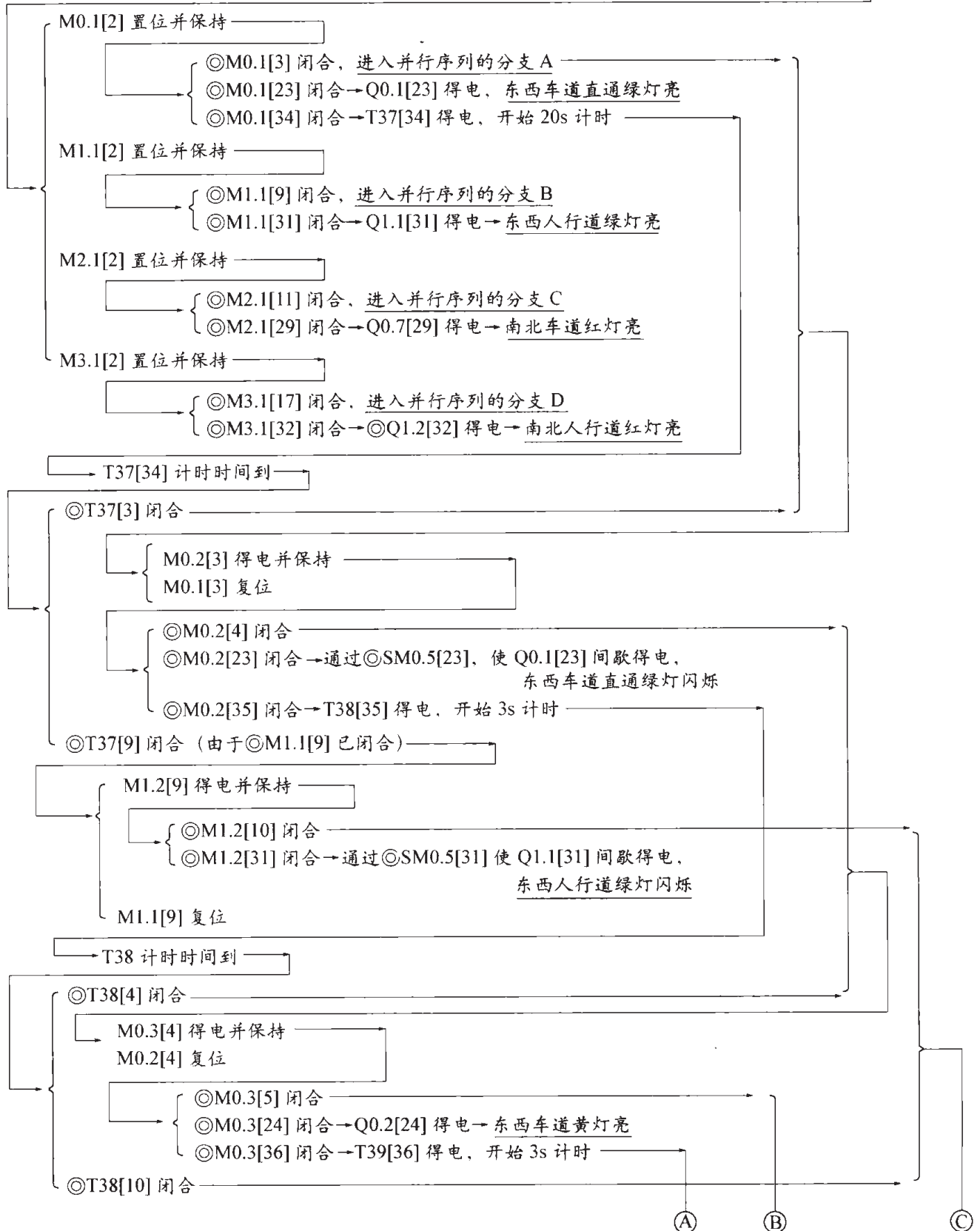
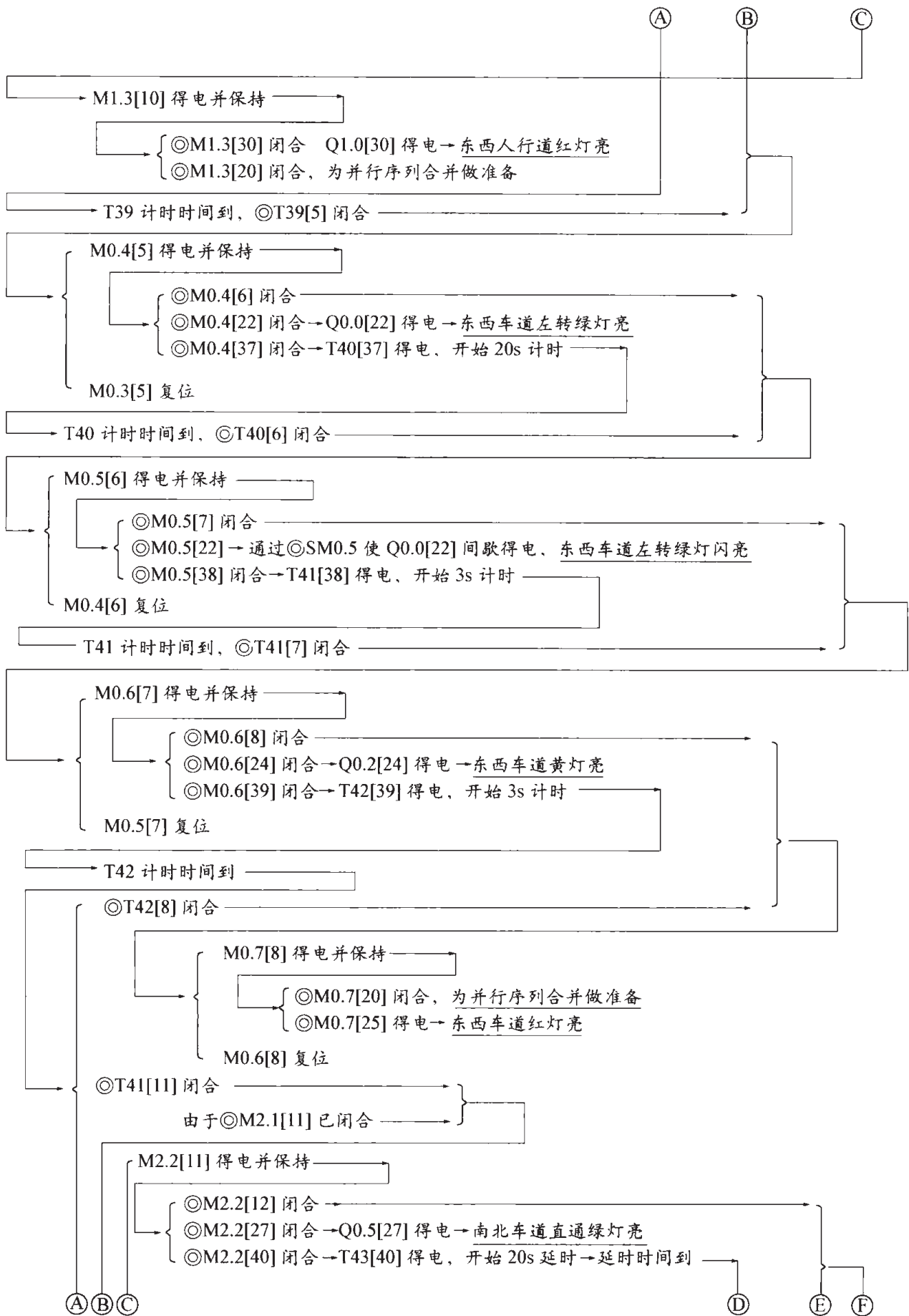


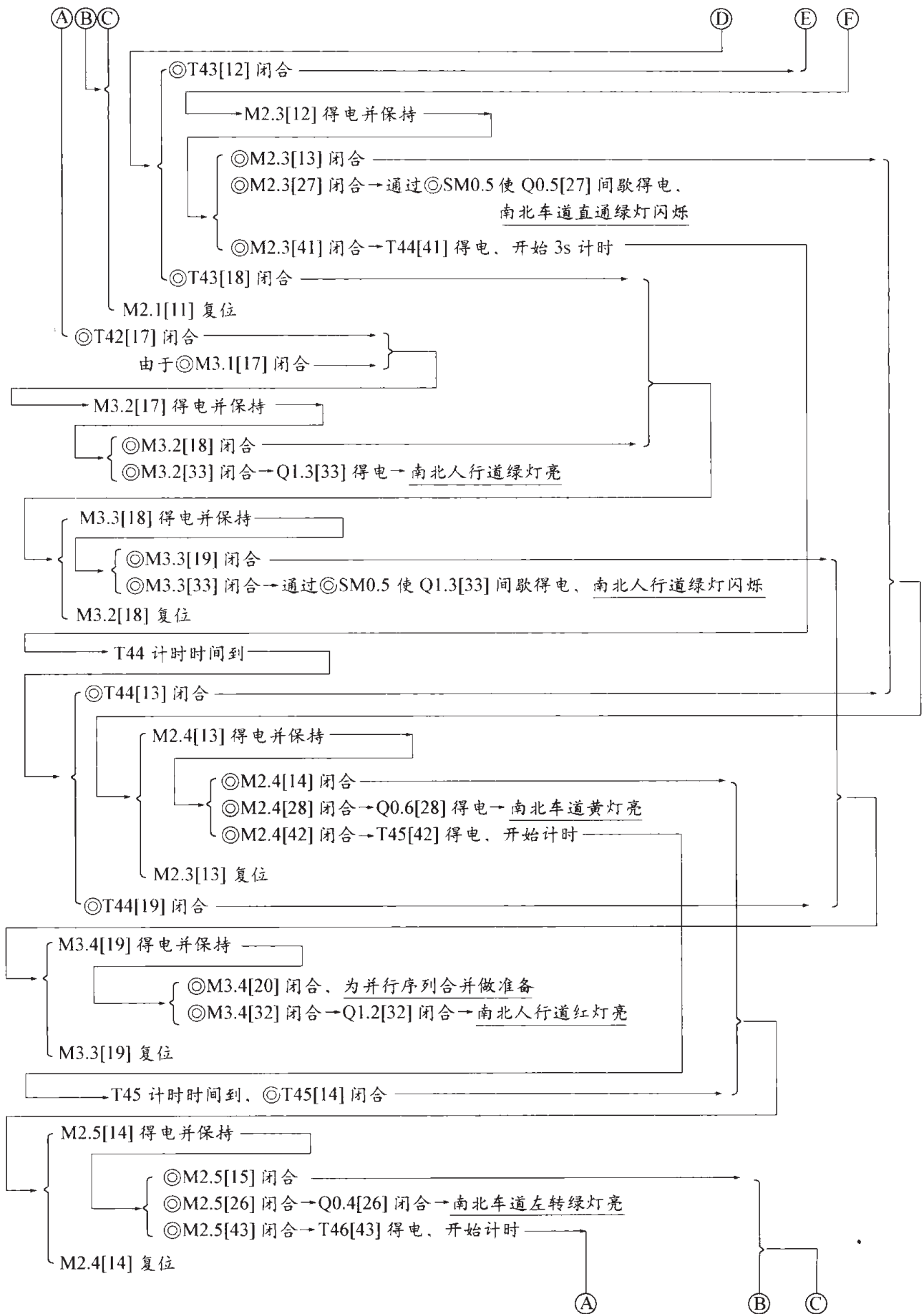
图 7-37 梯形图(续)

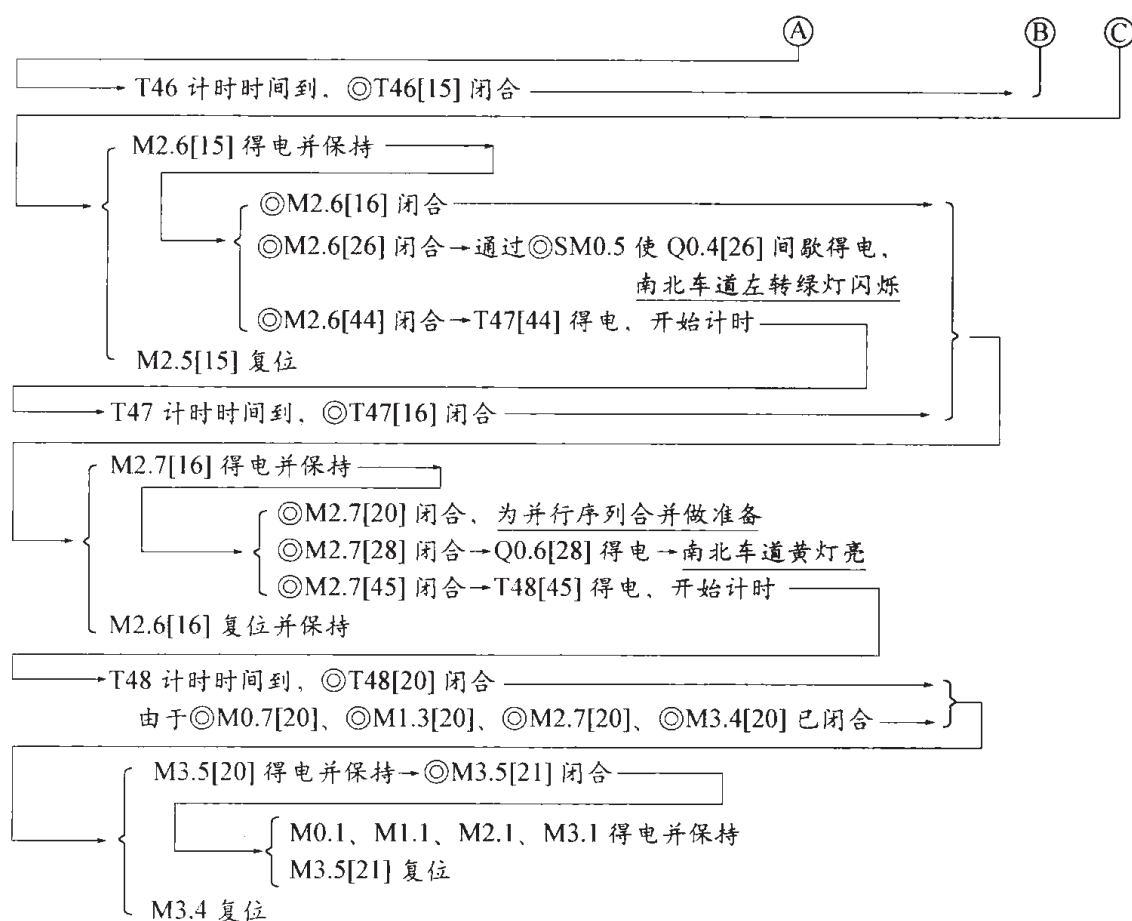
3. 电路工作过程

PLC 上电后, ◎SM0.1[1] 闭合 1 个扫描周期 → M0.0[1] 得电并保持 → ◎M0.0[2] 闭合
 按下启动按钮 SB → 输入继电器 I0.0 得电 → ◎I0.0[2] 闭合









【例 7-9】 人行横道交通信号灯的 PLC 控制

1. 控制要求

图 7-38 为人行道和马路的交通灯控制的示意图和时序图。当行人过马路时,可按下分别安装在马路两侧的按钮 SB_1 (I0.0) 或 SB_2 (I0.1), 则交通灯(红灯、黄灯、绿灯 3 种类型)系统按图 7-38(b)所示的形式工作。在工作期间,任何按钮按下都不起作用。

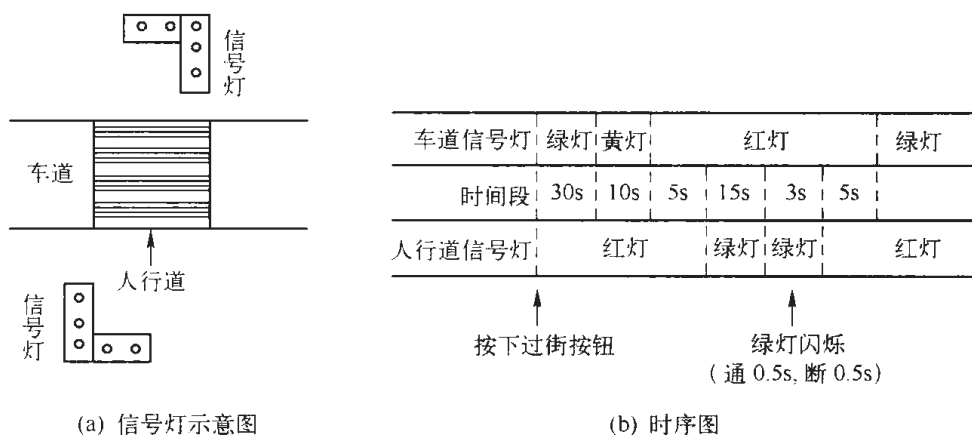


图 7-38 人行道和马路的信号灯示意图及时序图

2. PLC 的 I/O 配置、顺序功能图和梯形图

表 7-9 为 PLC 的 I/O 配置表,其顺序功能图和梯形图分别如图 7-39 和图 7-40 所示。

表 7-9 交通灯控制 I/O 地址分配

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|---------|--------------|------|-----|--------------|
| 代 号 | 功 能 | | 代 号 | 功 能 | |
| SB ₁ | 人行道南面按钮 | | | 绿灯 | Q0.0 |
| SB ₂ | 人行道北面按钮 | | | 黄灯 | Q0.1 |
| | | | | 红灯 | Q0.2 |
| | | | | 红灯 | Q0.3 |
| | | | | 绿灯 | Q0.4 |

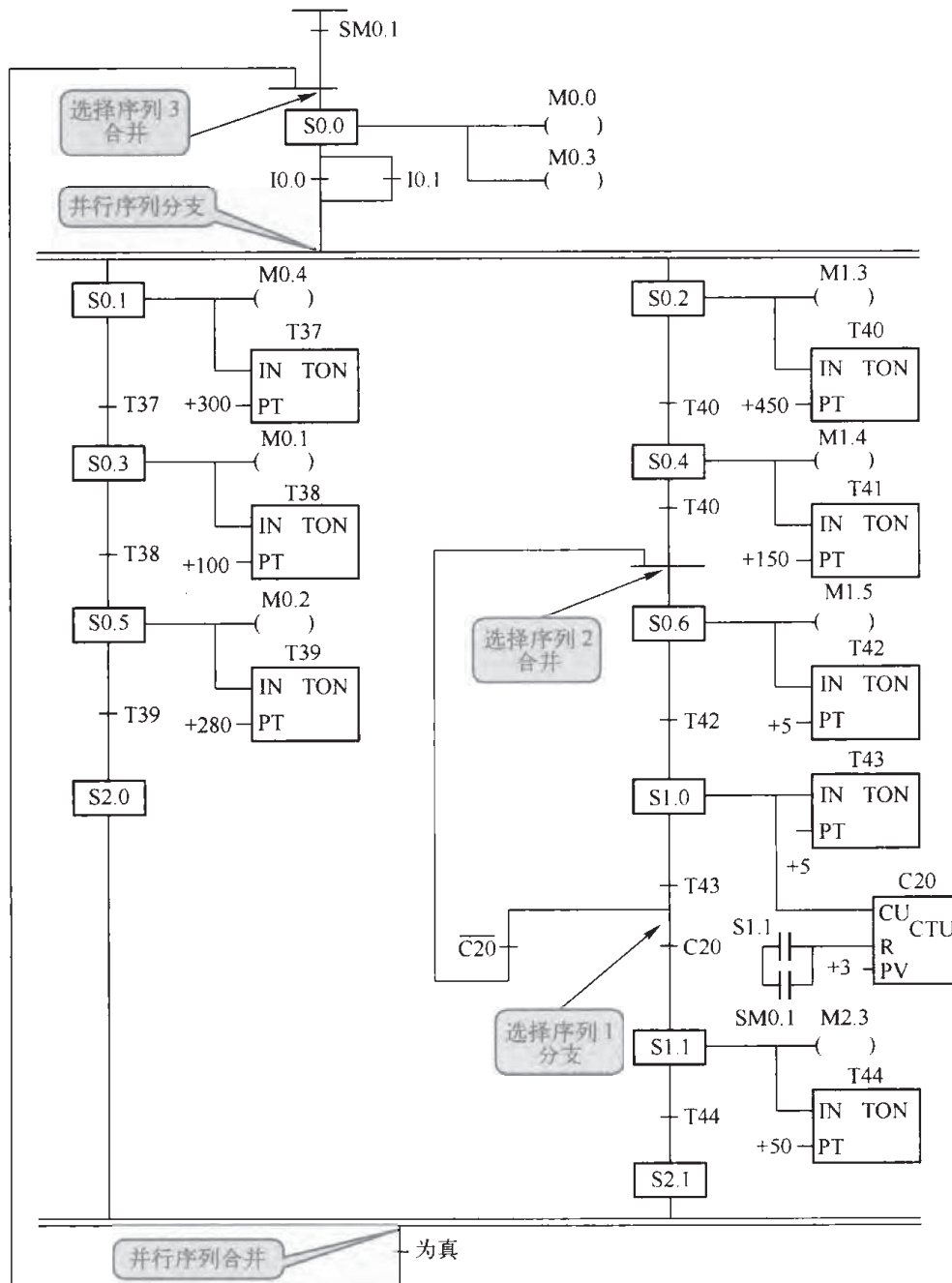


图 7-39 顺序功能图

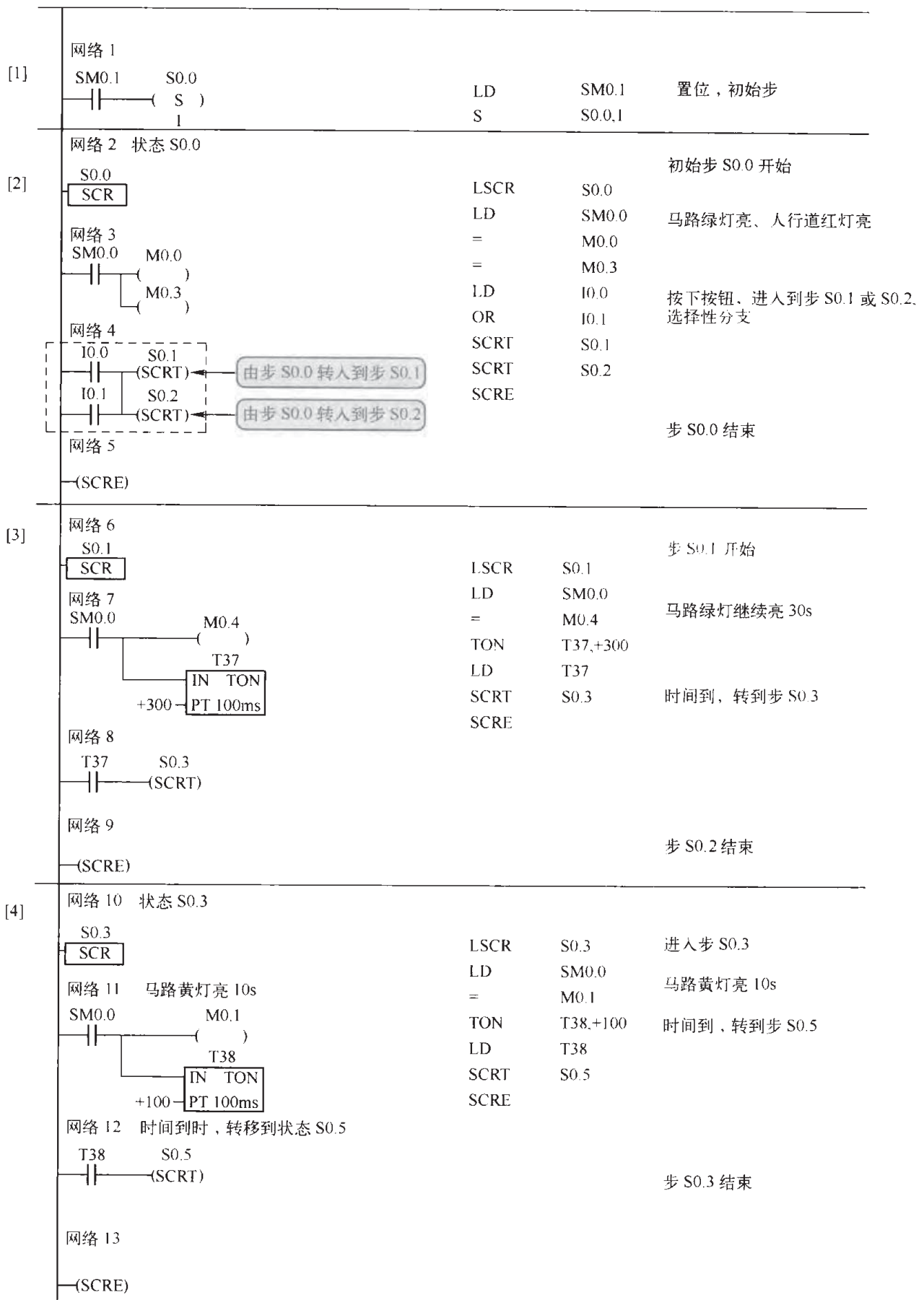


图 7-40 梯形图

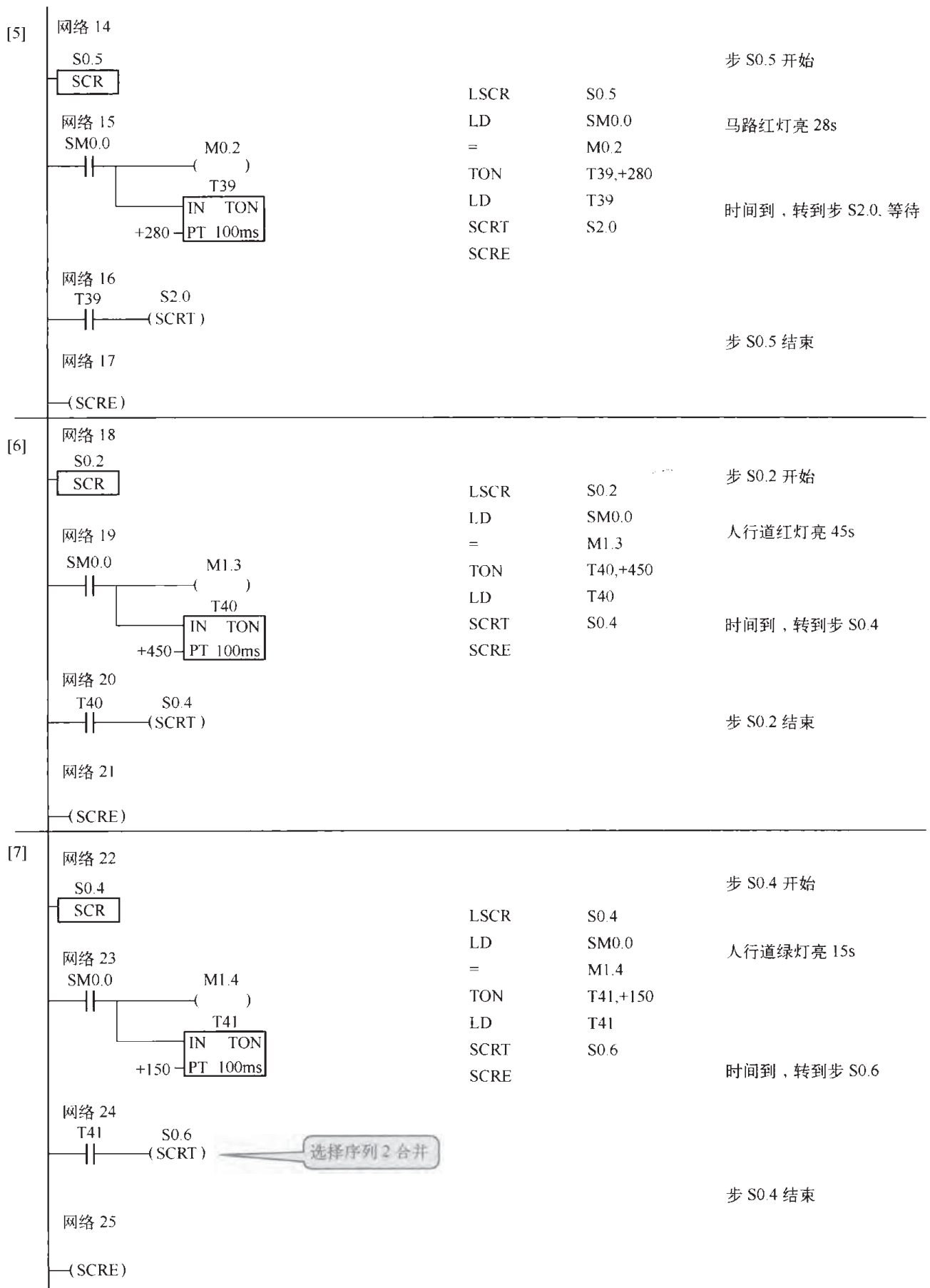


图 7-40 梯形图(续)

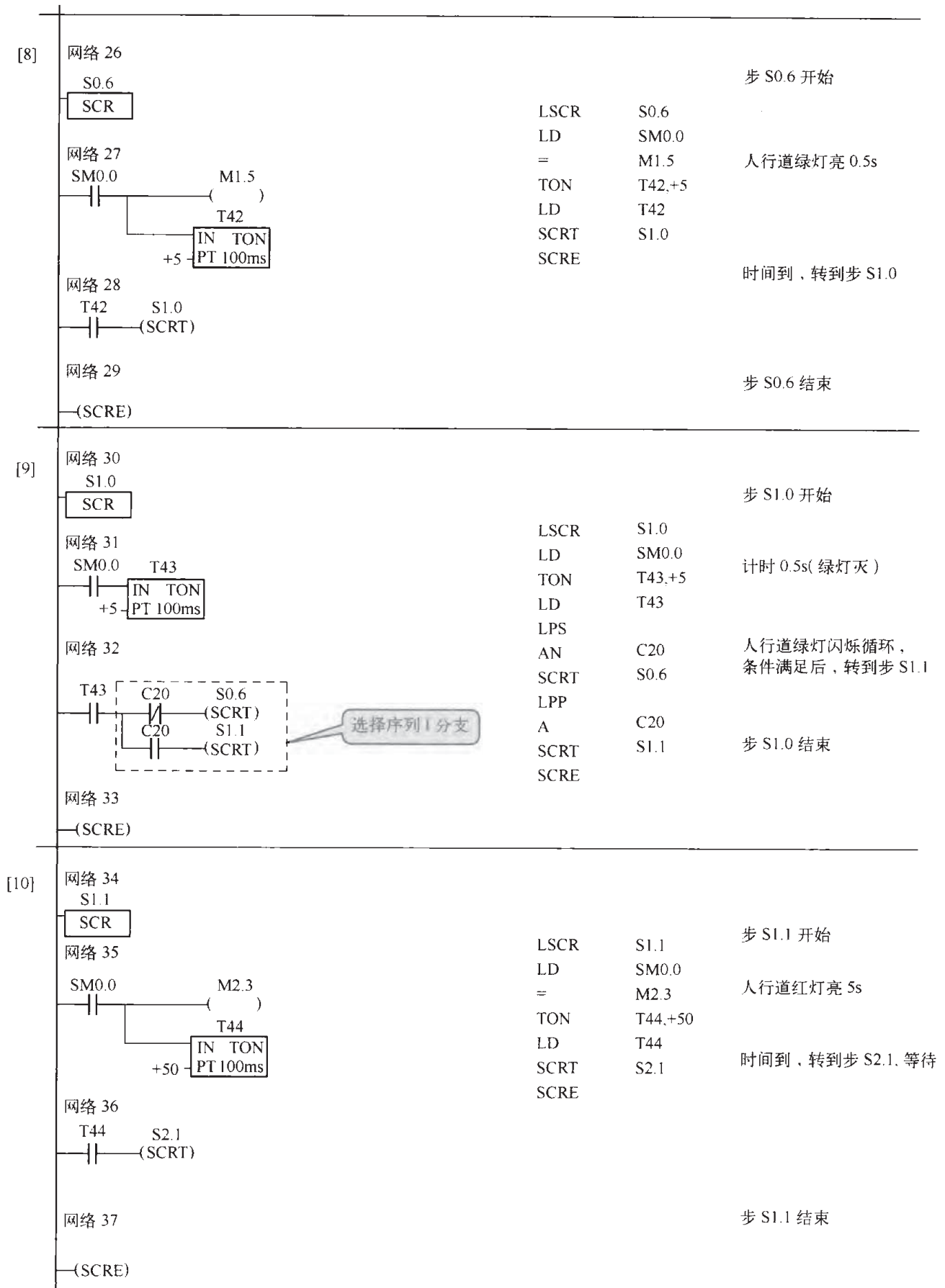


图 7-40 梯形图(续)

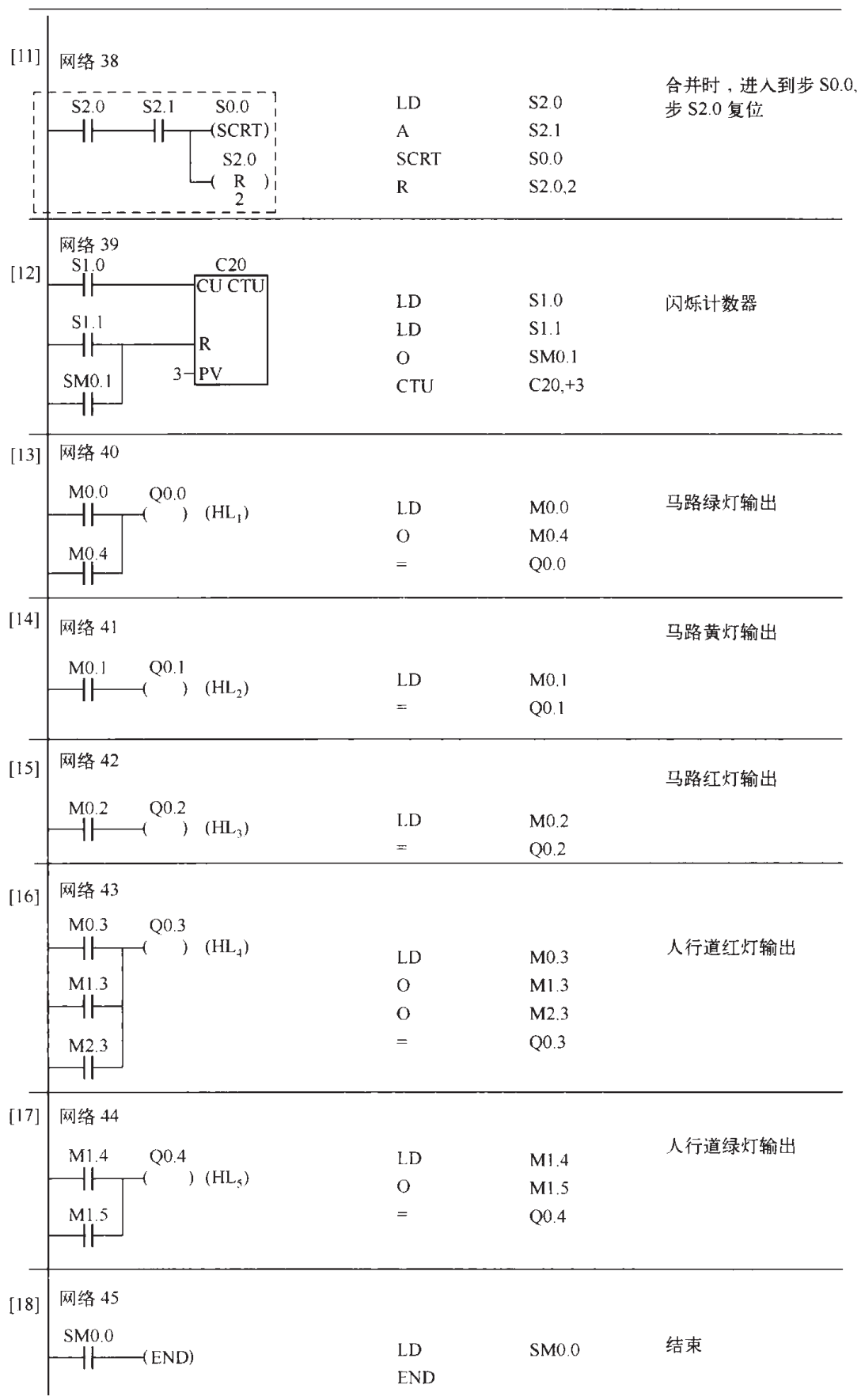
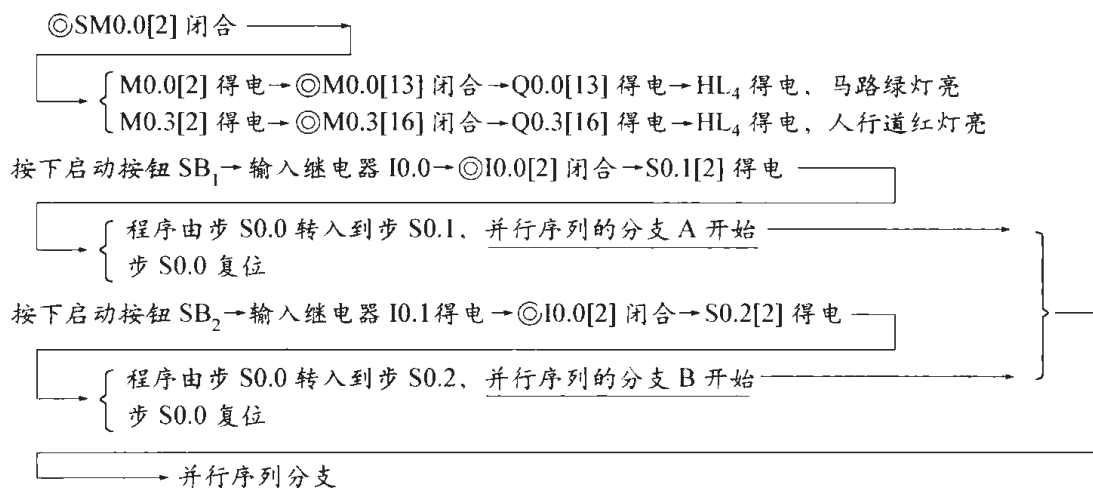


图 7-40 梯形图(续)

3. 电路工作过程

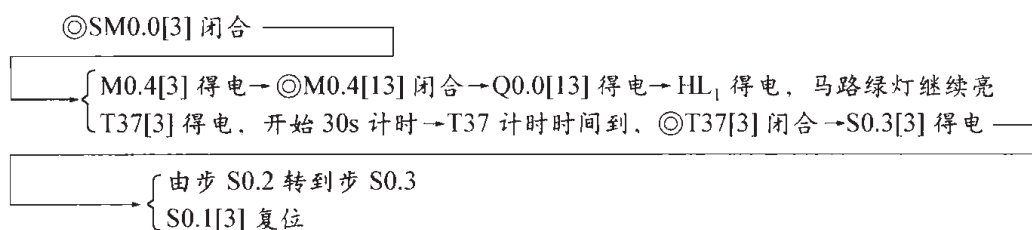
上电后◎SM0.1[1]闭合1个扫描周期→S0.0[1]置位并保持,进入步S0.0。

(1) S0.0[2], 并行序列分支

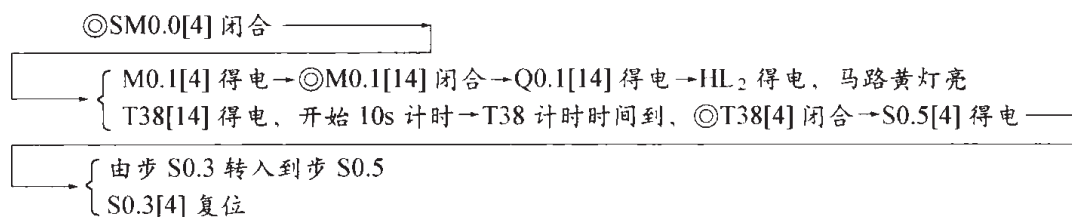


(2) 并行序列的分支 A

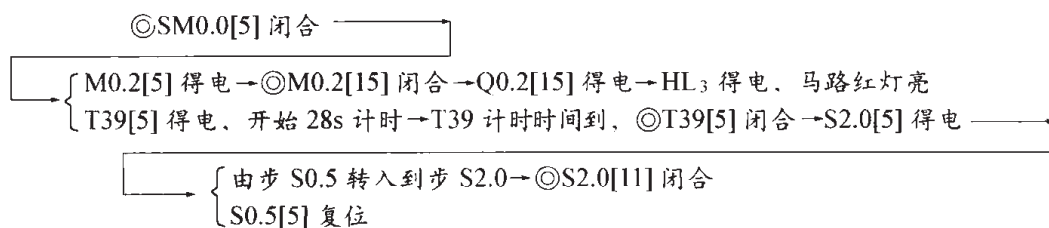
① 步 S0.1[3]:



② 步 S0.3[4]:

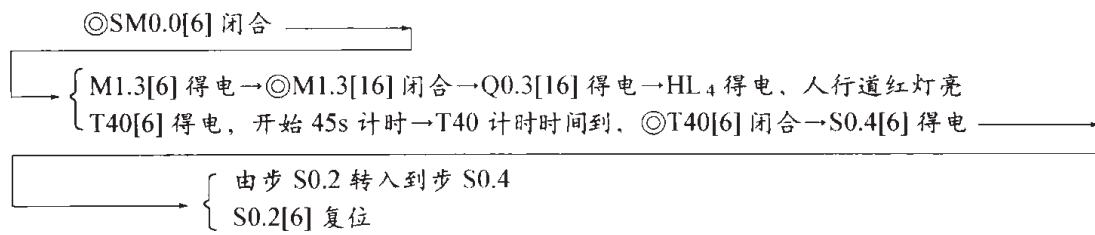


③ 步 S0.5[5]:

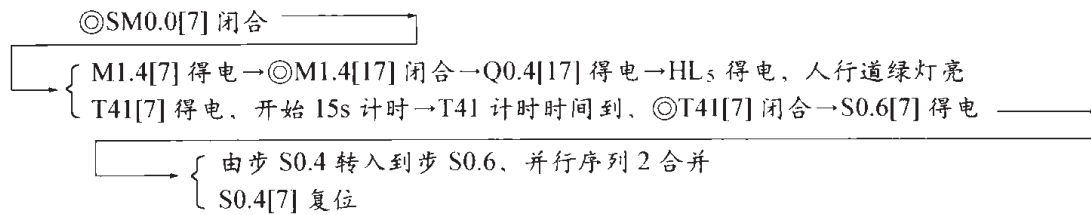


(3) 并行序列的分支 B

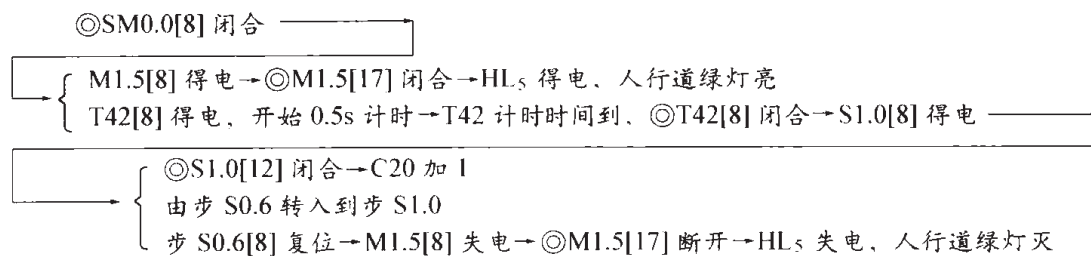
① 步 S0.2[6]:



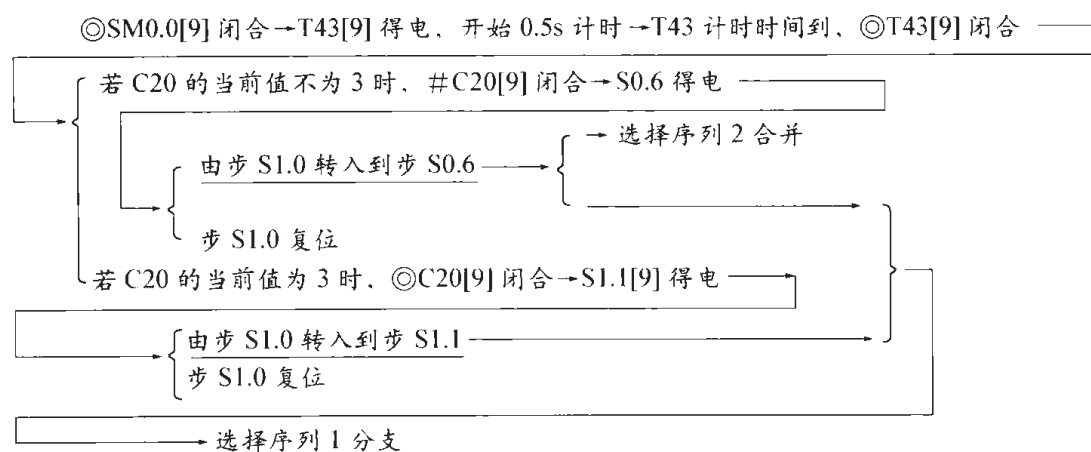
② 步 S0.4[7]:



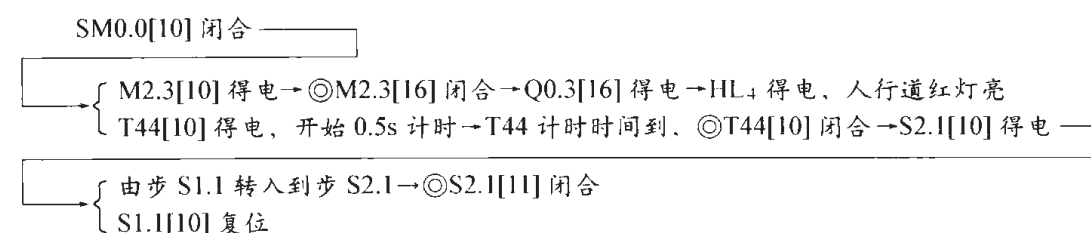
③ 步 S0.6[8]:



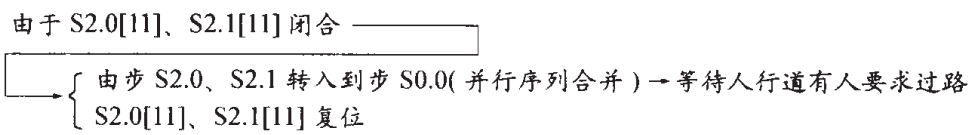
④ 步 S1.0[9]:



⑤ 步 S1.1[10]:



(4) 并行序列合并



第 8 章

灯光、抢答器、密码锁及洗衣机的 PLC 控制

【例 8-1】 楼梯灯的 PLC 控制

1. 控制要求

只用一个按钮控制楼梯灯。当按一次按钮时,楼梯灯亮 6 min 后自动熄灭;当连续按两次按钮时,灯长亮不灭;当按下按钮的时间超过 2 s 时,灯熄灭。

2. PLC 的 I/O 接线和梯形图

图 8-1 为 PLC 的 I/O 接线图,其梯形图如图 8-2 所示。

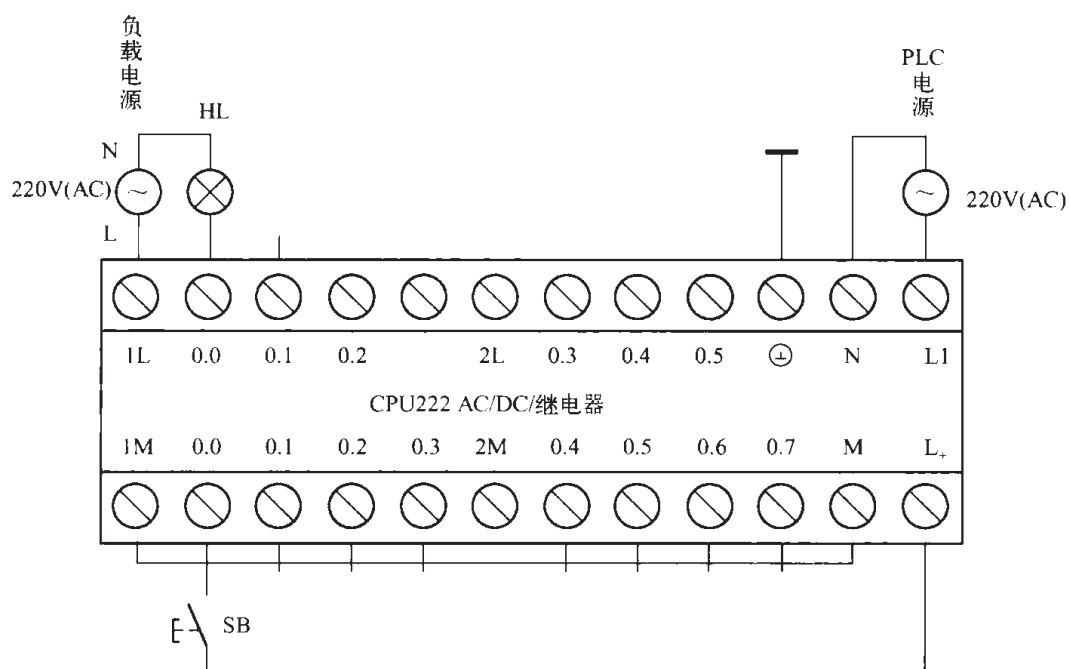


图 8-1 PLC 的 I/O 接线

3. 电路工作过程

(1) 正常操作(按动 1 次按钮 SB,且按动时间不超过 2 s)

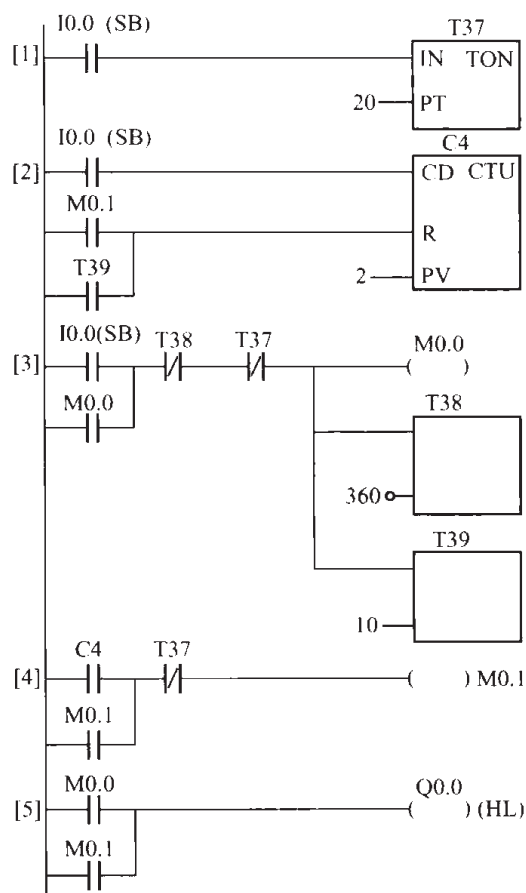
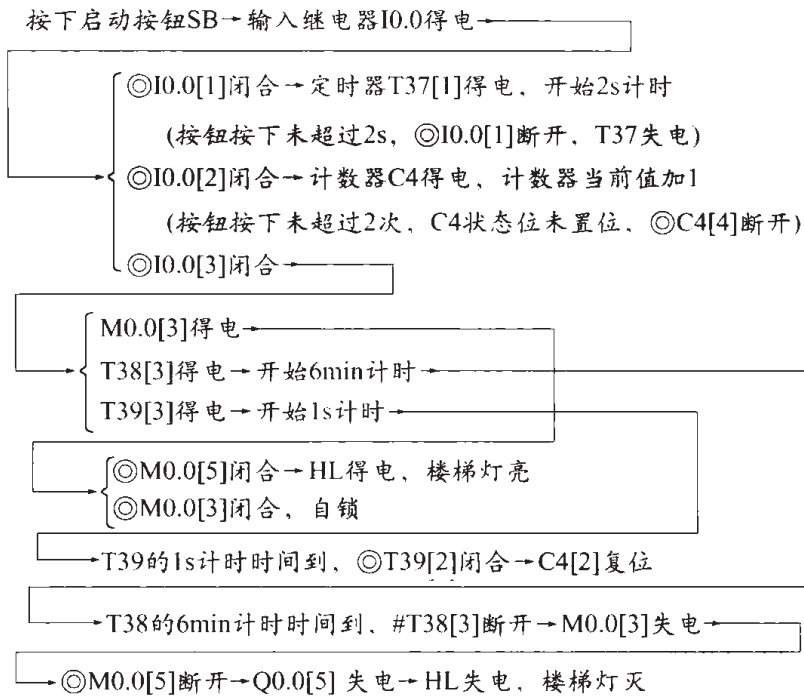
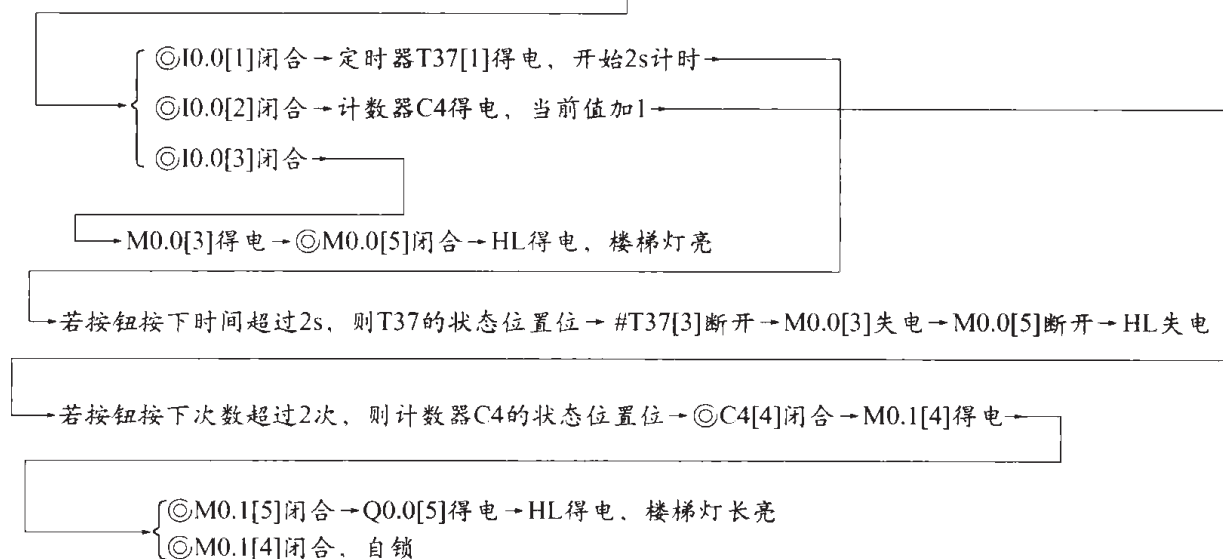


图 8-2 梯形图

(2) 按钮按下超过 2s 或按动 2 次

按下启动按钮SB → 输入继电器I0.0得电 →



【例 8-2】 用顺序控制指令 SCR 编写的舞台灯光的 PLC 控制

1. 控制要求

根据舞台灯光效果的要求, 红灯先亮, 2 s 后绿灯亮, 再过 3 s 后黄灯亮。待红、绿、黄灯全亮 3 min 后, 全部熄灭。

2. 梯形图

如图 8-3 所示为 PLC 的梯形图。

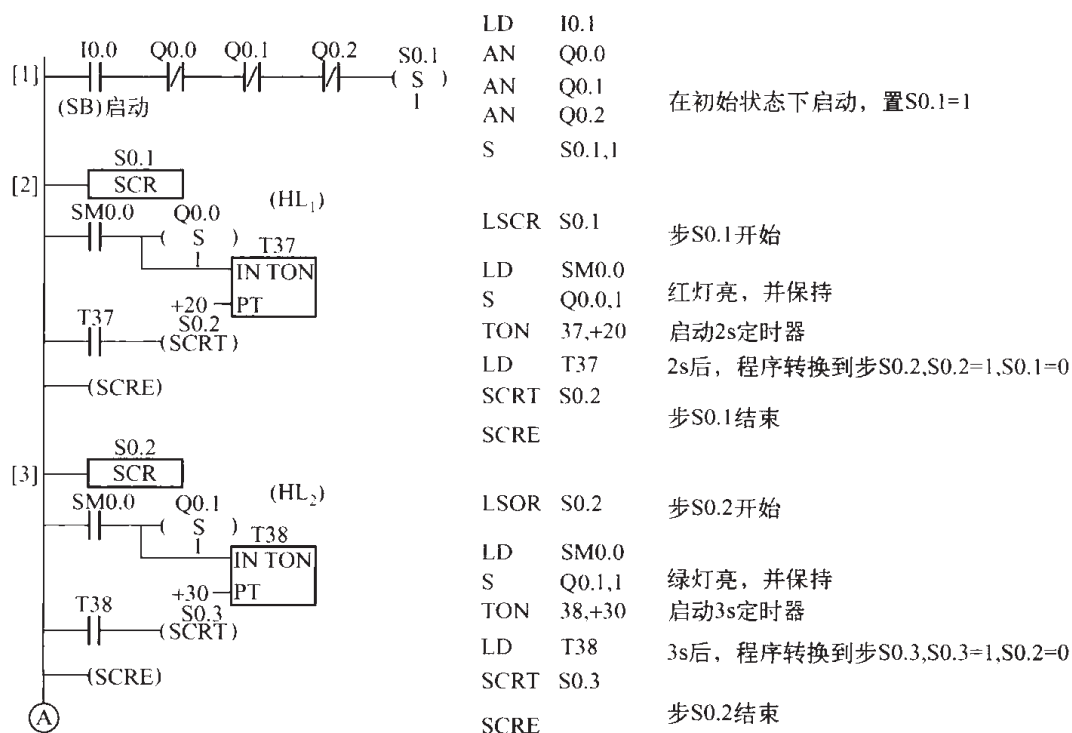


图 8-3 梯形图

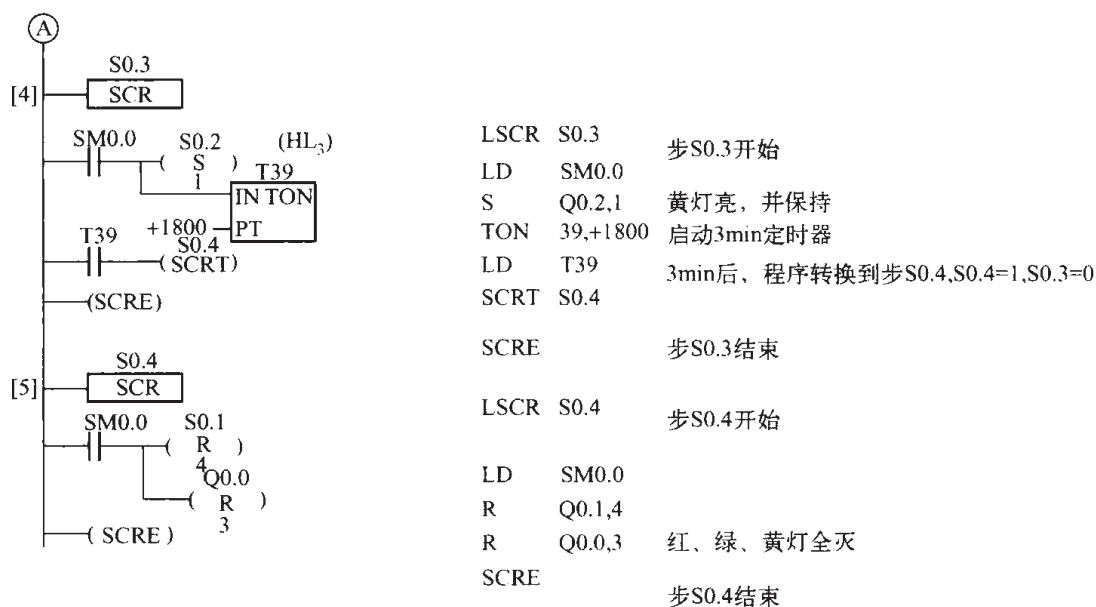
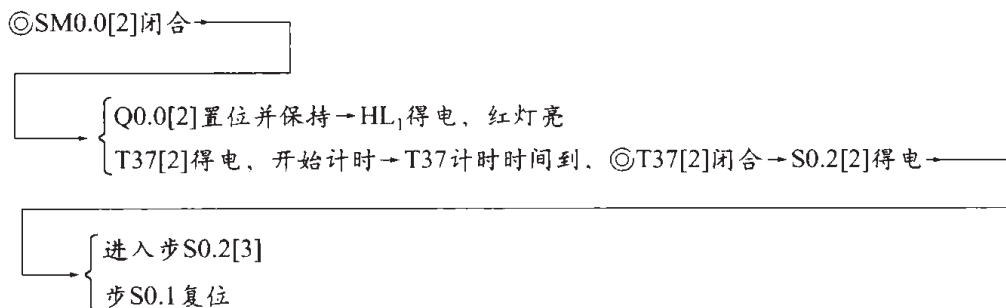


图 8-3 梯形图(续)

3. 电路工作过程

按下启动按钮 SB → 输入继电器 IO.0 得电 → ◎IO.0[1] 闭合 → S0.1[1] 置位并保持, 进入步 S0.1[2]。

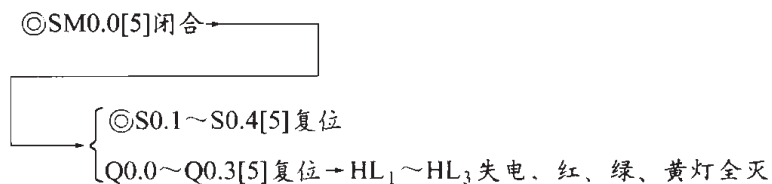
(1) 步 S0.1[2]



(2) 步 S0.2[3]、步 S0.3[4]

其工作过程同步 S0.1[2]。

(3) 步 S0.4[5]



【例 8-3】彩灯的 PLC 控制

1. 控制要求

按下启动按钮, 红灯亮; 10 s 后, 绿灯亮; 20 s 后, 黄灯亮; 再过 10 s 后返回到红灯亮, 如此循环。

2. 输入/输出设备、PLC 的 I/O 配置

输入信号: I0.0 为启动按钮、I0.1 为停止按钮。

输出信号: Q0.0 为红灯、Q0.1 为绿灯、Q0.2 为黄灯。

3. 梯形图

图 8-4 为彩灯控制 PLC 的梯形图。

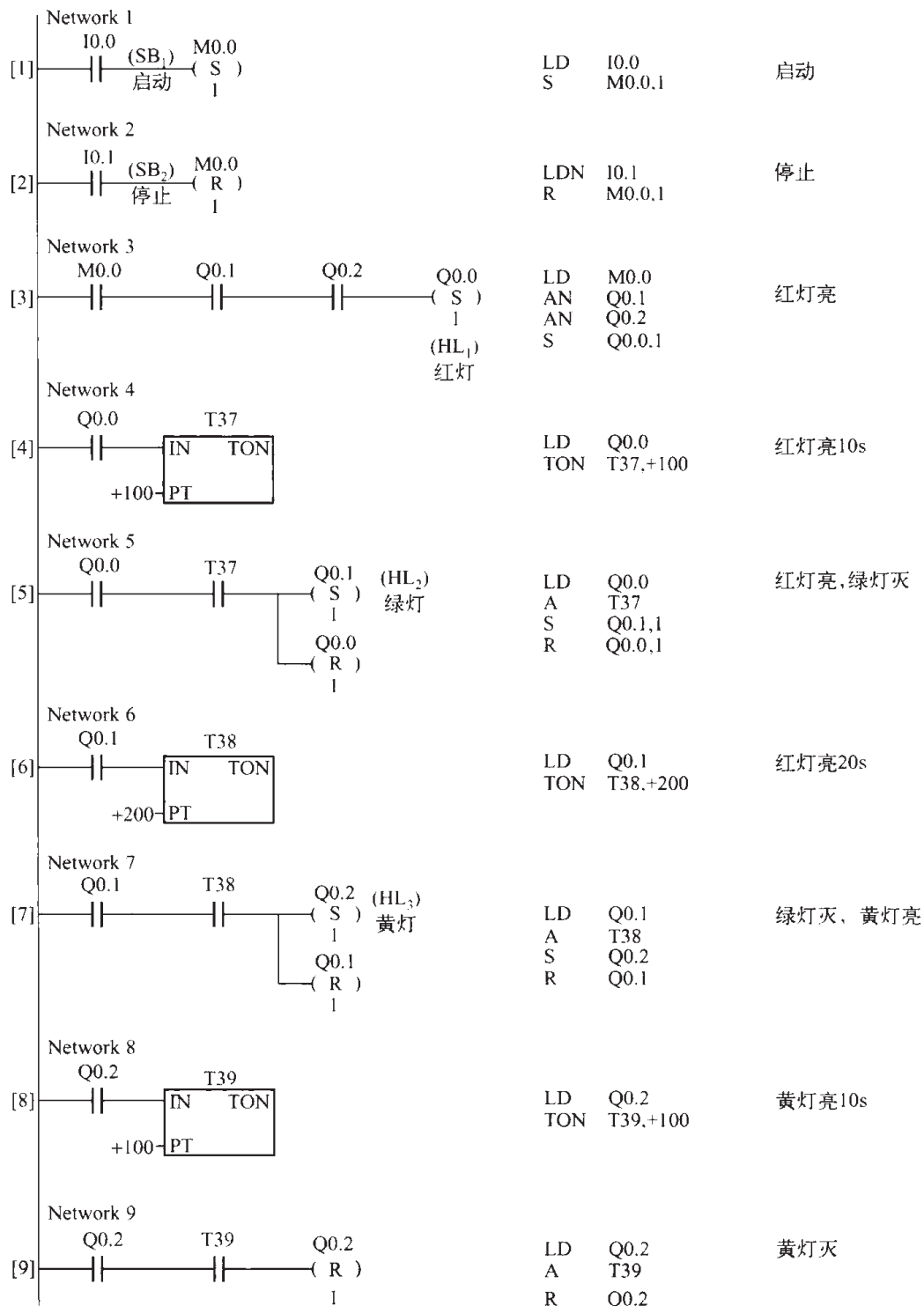
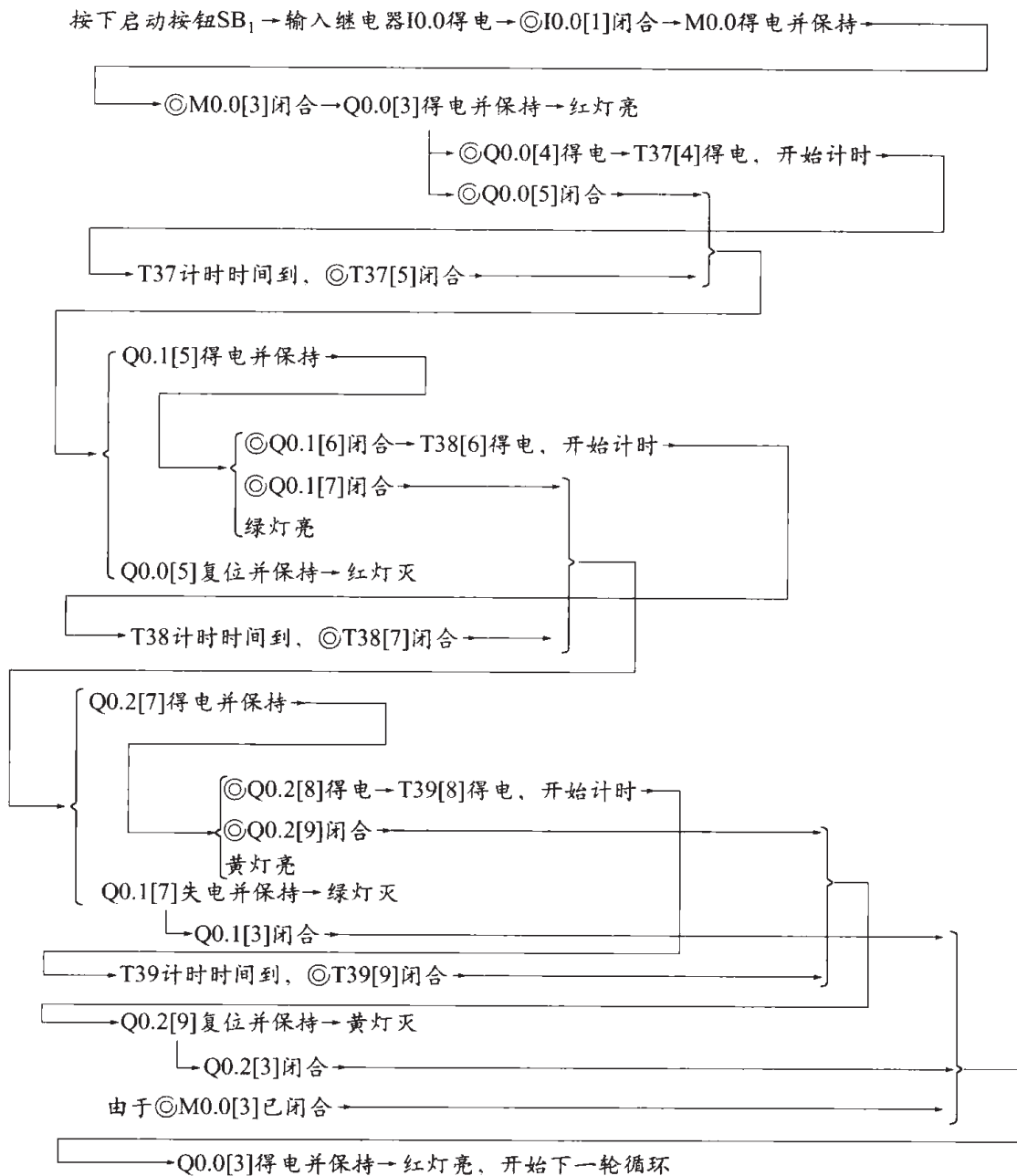


图 8-4 彩灯控制的梯形图

4. 电路工作过程

(1) 启动



(2) 停止

按下停止按钮 SB_2 → 输入继电器 $I0.1$ 得电 → $\#I0.1[2]$ 断开 → $M0.0$ 复位并保持 → $\textcircled{C}M0.0[3]$ 断开, 以下程序不能执行

【例 8-4】 采用时基脉冲结合计数器编程的彩灯控制

1. 控制要求

6 只彩灯 $HL_0 \sim HL_5$ ($Q0.0 \sim Q0.5$), 开始工作后, $Q0.0$ 先亮, 以后每隔 2 s 依次点亮 1 盏灯, 直到 6 盏灯全亮 2 s 后, 每隔 2 s 熄灭 1 盏灯, 直到 6 盏灯全熄 2 s 后再循环。

2. 梯形图

图8-5为PLC的梯形图,采用时基脉冲结合计数器建立每隔2s一个的时间点,采用向输出继电器送数方式实现灯的点亮、熄灭要求。

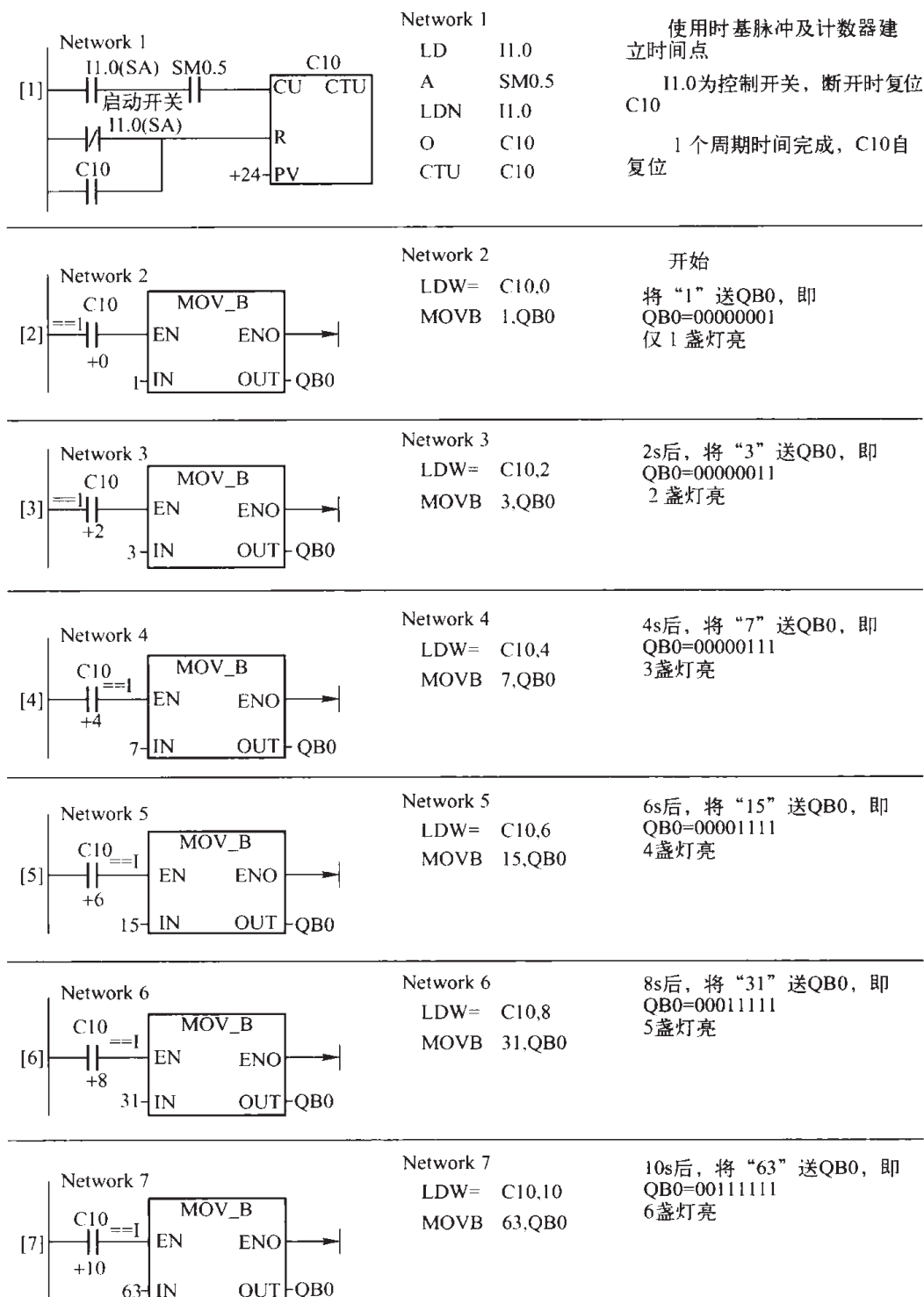


图8-5 梯形图

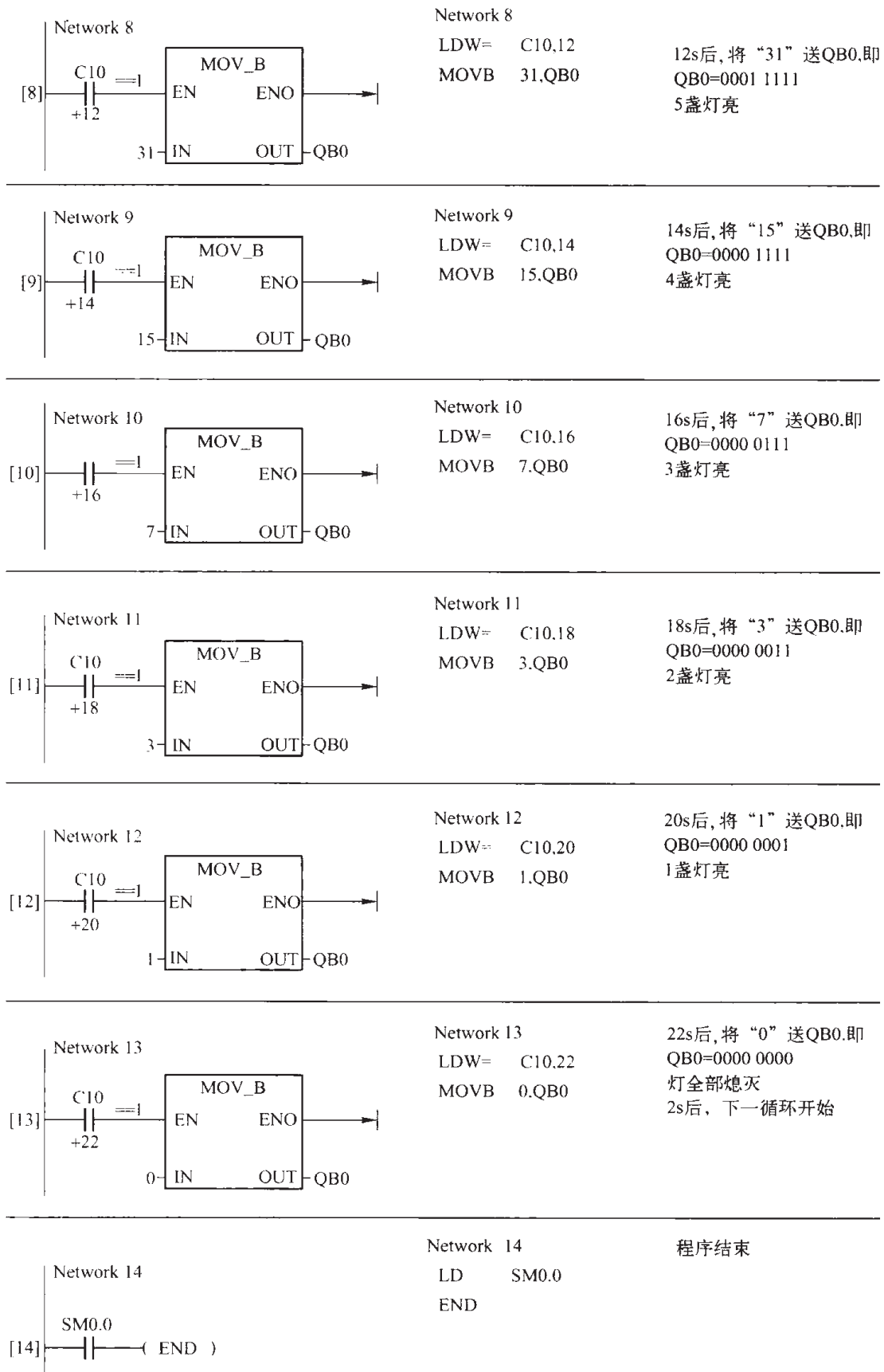


图 8-5 梯形图(续)

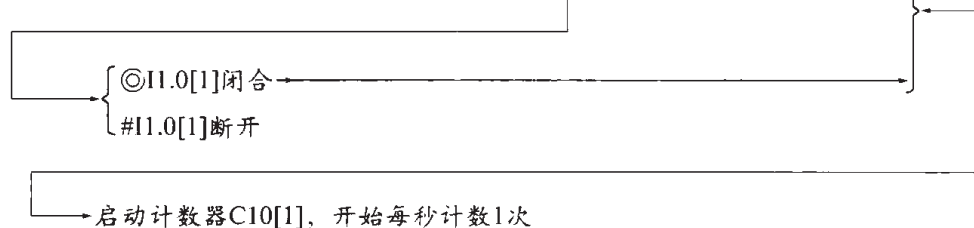
3. 电路工作过程

(1) 启动计数器 C10

PLC上电后, #I1.0[1]闭合→计数器C10复位

SM0.5提供脉冲宽度为0.5s, 周期为1s的时基脉冲→ \odot SM0.5[1]闭合→

合上启动开关SA→输入继电器I1.0得电→



(2) 执行数据传送指令, 点亮彩灯

接下来执行数据传送指令。当C10开始计数, C10[2]=“0”时, 比较触点闭合, 将“1”送入QB0→

→QB0=0000 0001, 即Q0.0=“1”→HL₁得电, 点亮

当C10[1]计数到2时, C10[3]=“2”时, 将“3”送入QB0→

→QB0=0000 0011, 即Q0.0=“1”、Q0.1=“1”→HL₁、HL₂亮

当C10[1]计数到4时, C10[4]=“4”时, 将“7”送入QB0→

→QB0=0000 1111, 即Q0.0=“1”、Q0.1=“1”、Q0.2=“1”→HL₁~HL₃亮

.....

当C10[1]计数到12时, C10[8]=“12”时, 将“31”送入QB0→

→QB0=0001 1111, 即Q0.0=Q0.1=Q0.3=Q0.4=Q0.5=“1”→HL₁~HL₅亮

当C10[1]计数到14时, C10[9]=“14”时, 将“15”送入QB0→

→QB0=0001 1111, 即Q0.0=Q0.1=Q0.3=Q0.4=“1”→HL₁~HL₄亮

.....

当C10[1]计数到22时, C10[8]=“22”时, 将“0”送入QB0→

→QB0=0000 0000, 即Q0.0=Q0.1=Q0.3=Q0.4=Q0.5=“1”→HL₁~HL₅灭

【例8-5】彩环广告牌的PLC控制

图8-6为彩色广告牌示意图。

1. 控制要求

图8-7为彩色广告牌的工作时序图, 按下启动按钮SB₁后, 1环的内环和外环同时亮; 1s后, 1环的内环和外环同时灭, 2环的内环和外环同时亮; 又1s后, 2环的内环和外环同时灭,

……5 环的内环和外环同时亮;又 1 s 后,5 环的内环和外环同时灭,进入下一轮循环。按下停止按钮 SB_2 ,所有灯全灭,循环结束。

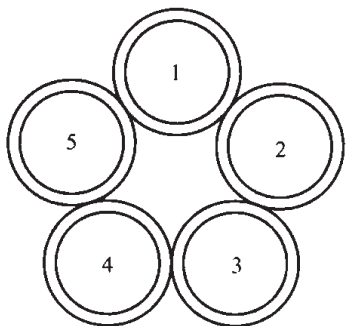


图 8-6 彩色广告牌示意图

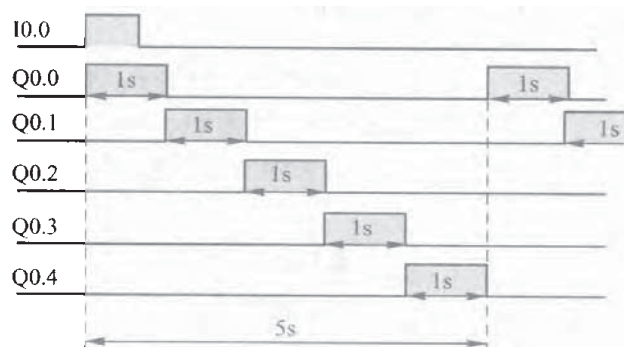


图 8-7 彩色广告牌的工作时序图

2. PLC 的 I/O 配置和 I/O 接线

表 8-1 为 PLC 的 I/O 配置表,其 I/O 接线如图 8-8 所示。

表 8-1 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|--------|------|--------------|--------|--------|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB_1 | 启动按钮 | I0.0 | HL_1 | 1 环内外环 | Q0.0 |
| SB_2 | 停止按钮 | I0.1 | HL_2 | 2 环内外环 | Q0.1 |
| | | | HL_3 | 3 环内外环 | Q0.2 |
| | | | HL_4 | 4 环内外环 | Q0.3 |
| | | | HL_5 | 5 环内外环 | Q0.4 |

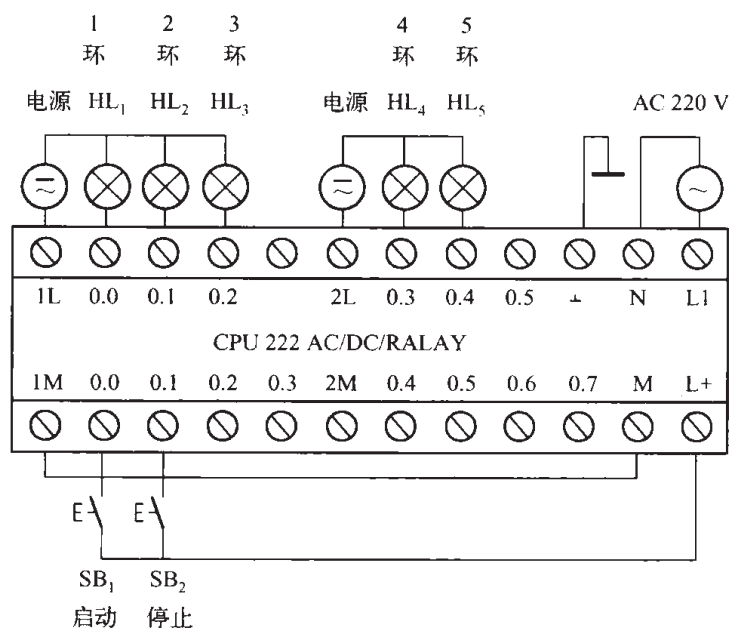


图 8-8 PLC 的 I/O 接线

3. 梯形图

如图 8-9 所示为 PLC 的梯形图。

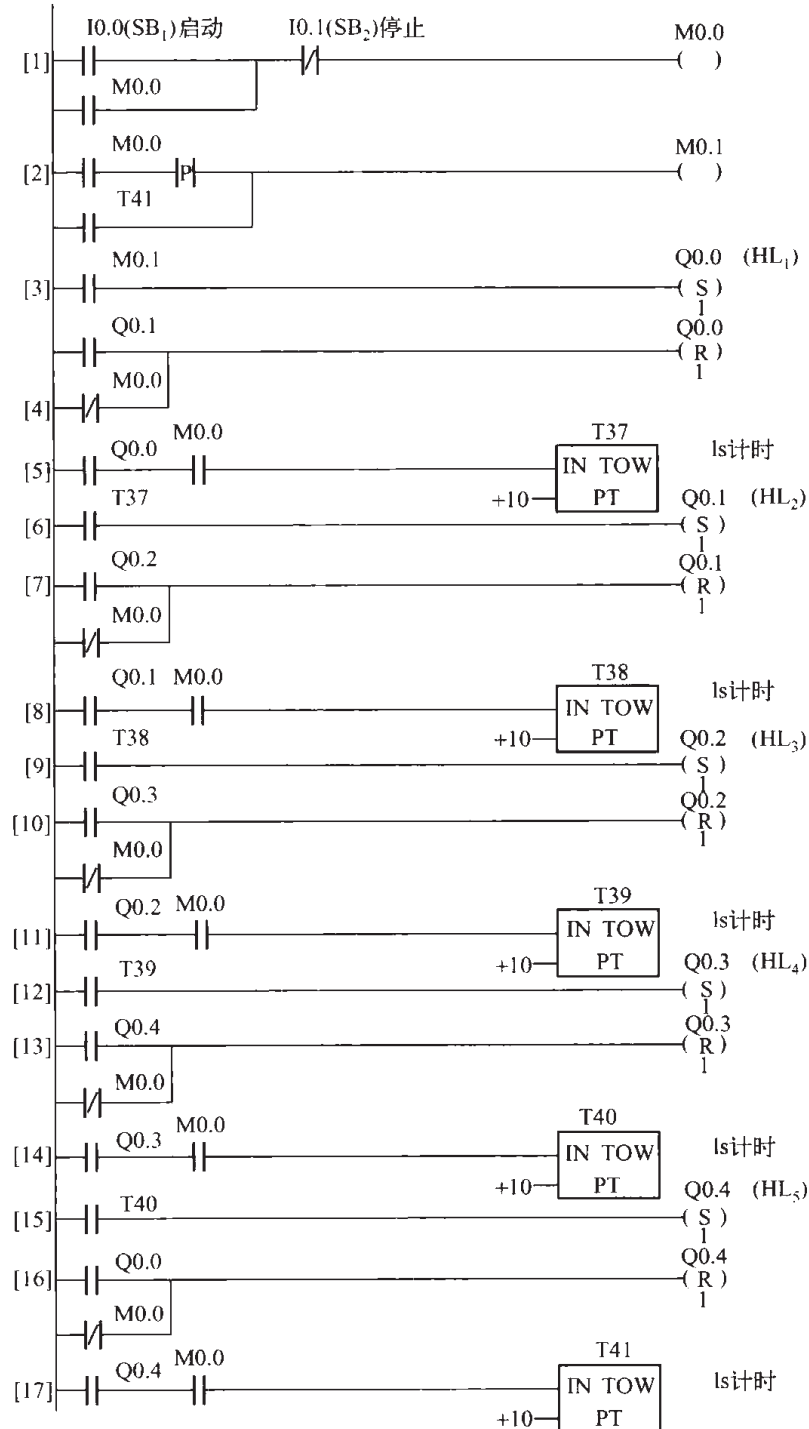


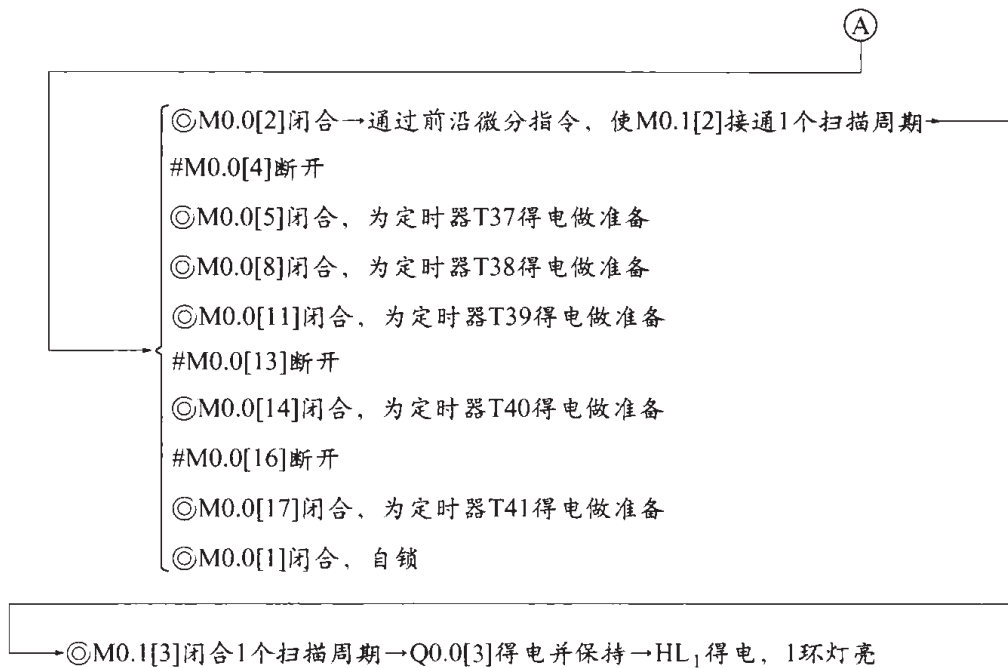
图 8-9 彩环广告牌控制梯形图

4. 电路工作过程

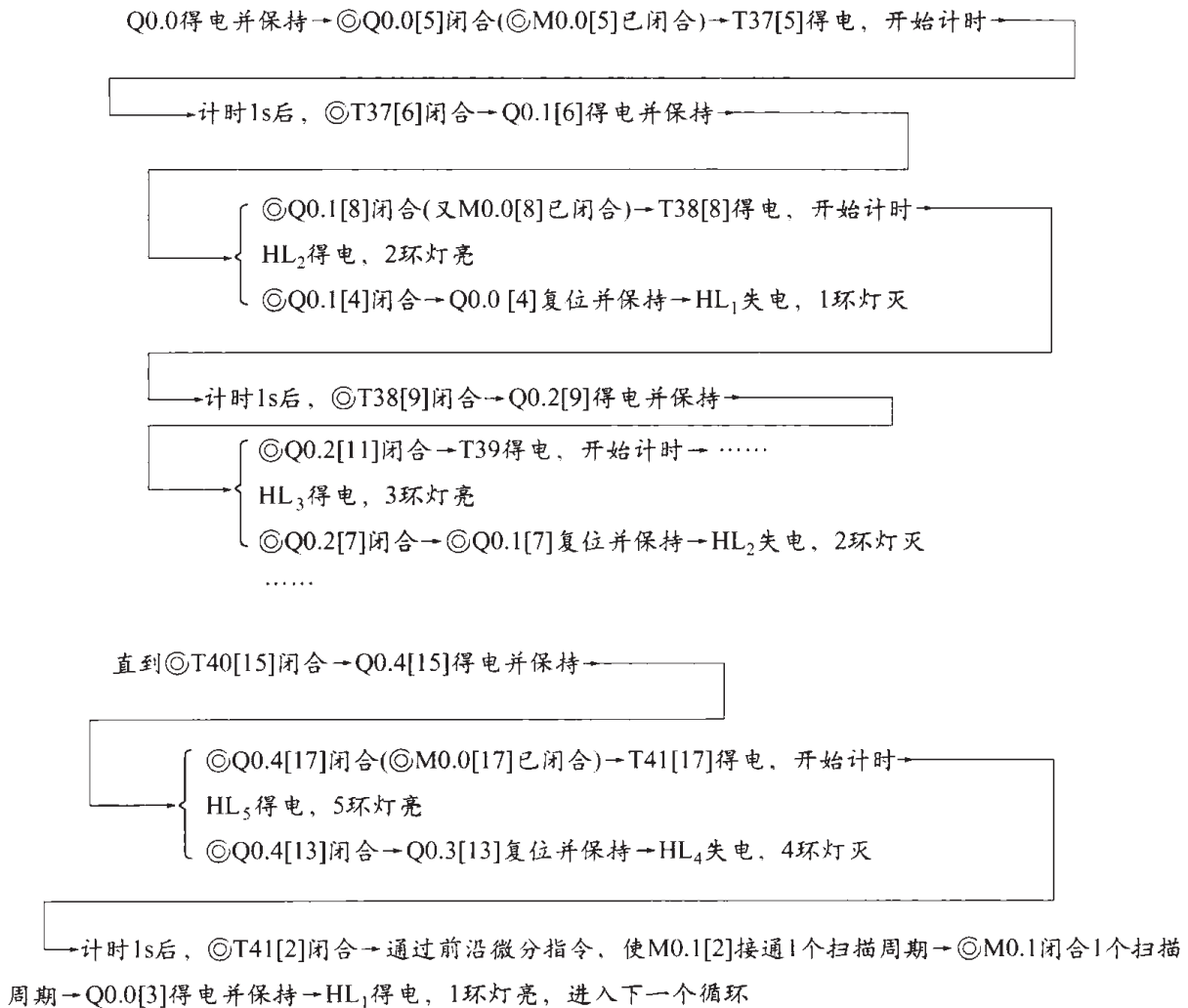
(1) 初始状态

按下启动按钮 SB₁ → 输入继电器 I0.0 得电 → M0.0[1] 得电 →

(A)



(2) 开始循环



【例8-6】 节日彩灯的PLC控制

1. 控制要求

本例所选彩灯变幻花样为跳闪方式:1隔1跳2,回跳1,隔1跳2,回跳1……。其动作时序表如表8-2所示。

表8-2 节日彩灯动作时序表

| 输出 \ 节拍 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| HL ₀ (Q0.0) | + | | | | | | | | | | | + | | + | | |
| HL ₁ (Q0.1) | | | + | | | | | | | | | | | + | | + |
| HL ₂ (Q0.2) | | + | | | + | | | | | | | | | | | + |
| HL ₃ (Q0.3) | | + | | + | | | + | | | | | | | | | |
| HL ₄ (Q0.4) | | | | + | | + | | | + | | | | | | | |
| HL ₅ (Q0.5) | | | | | | + | | + | | + | | | | | | |
| HL ₆ (Q0.6) | | | | | | | | + | | + | | + | | | | |
| HL ₇ (Q0.7) | | | | | | | | | | + | | + | | | + | |

2. 梯形图

图8-10为PLC的梯形图。

该例的节拍是16位,输出是8位,环形分配器由字(16位)循环左移指令ROL-W组成,由自复位定时器T33产生1s的移位脉冲,送入循环左移指令的EN端,使彩灯闪烁频率固定为1Hz。通过数据传送指令MOV_W[2],将16#0001送入MW0,并作为输入数据送入循环左移指令的IN端。

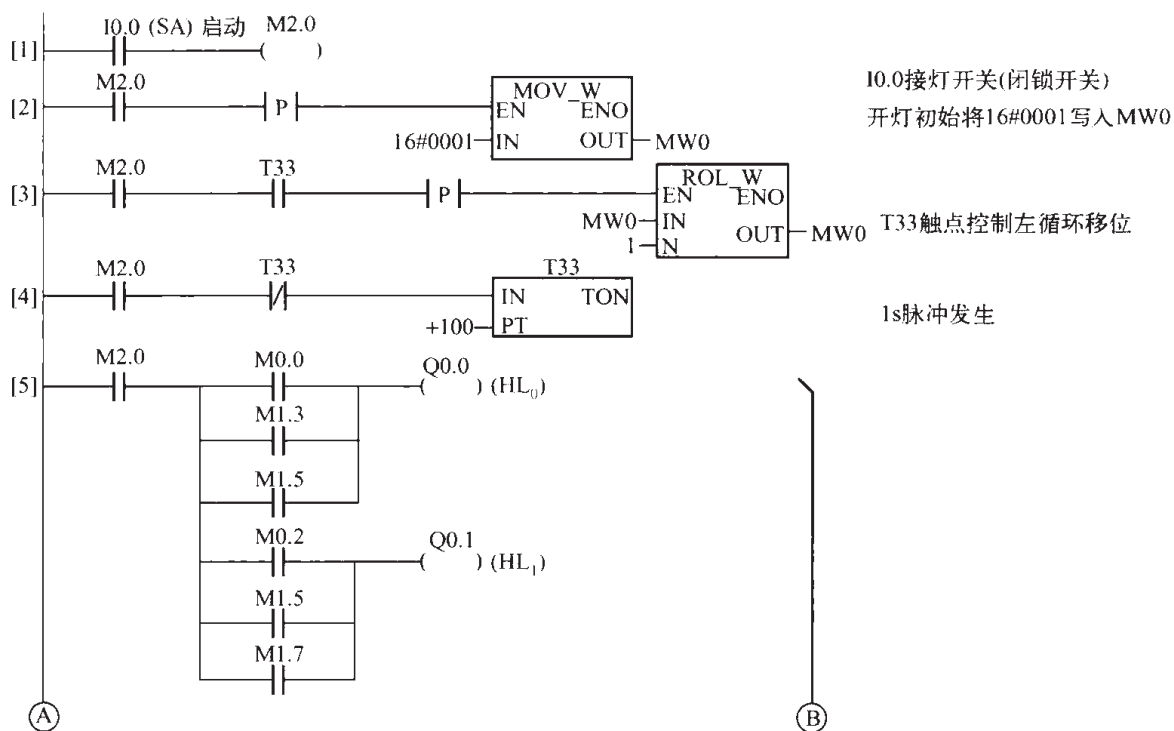


图8-10 梯形图

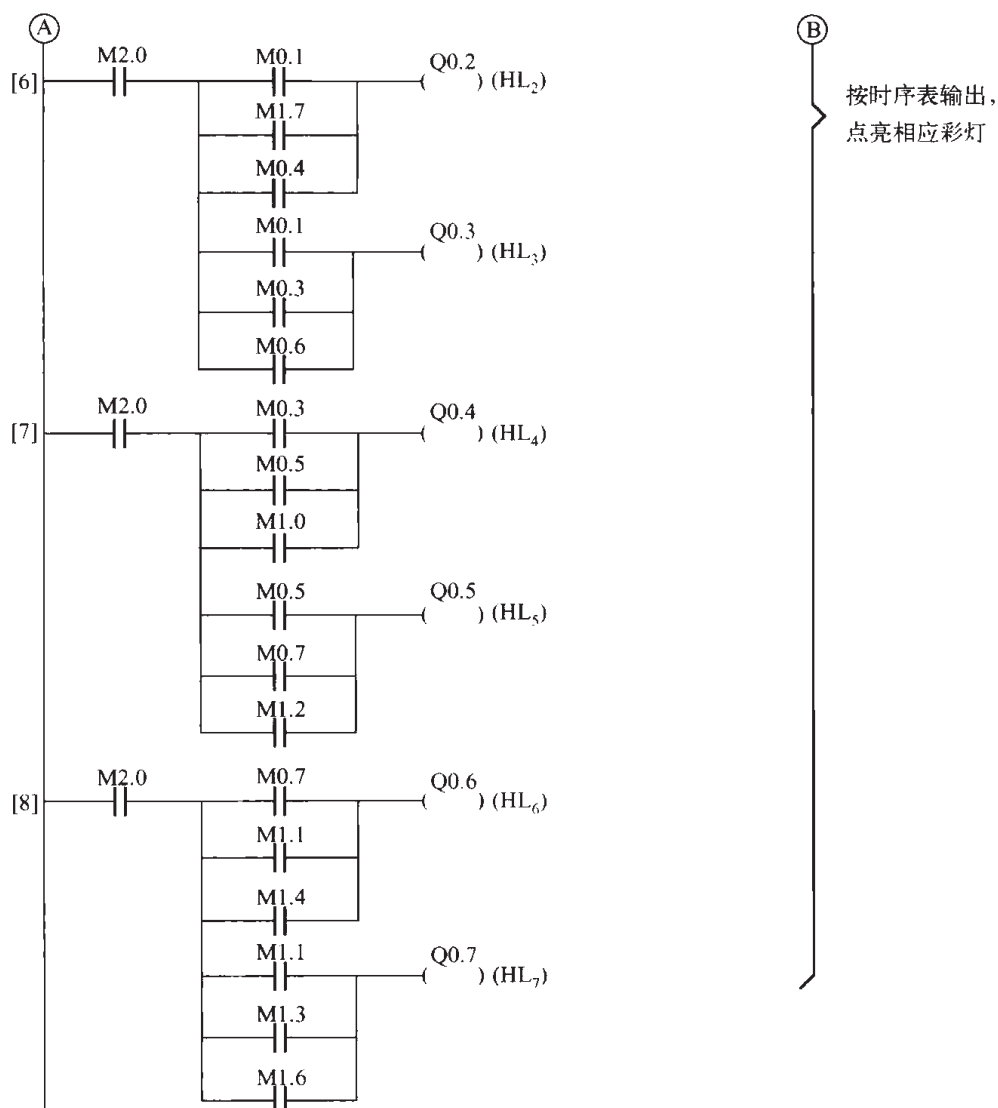
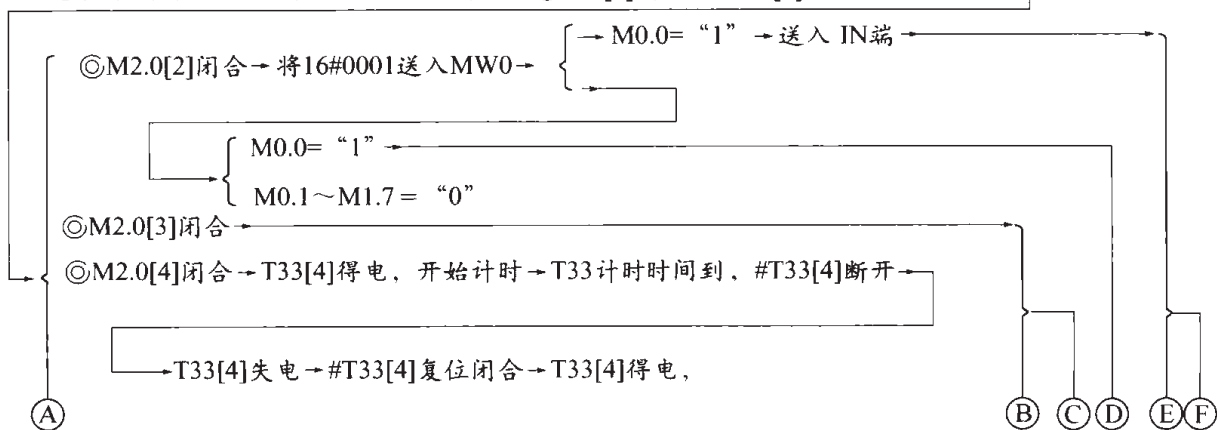


图 8 - 10 梯形图(续)

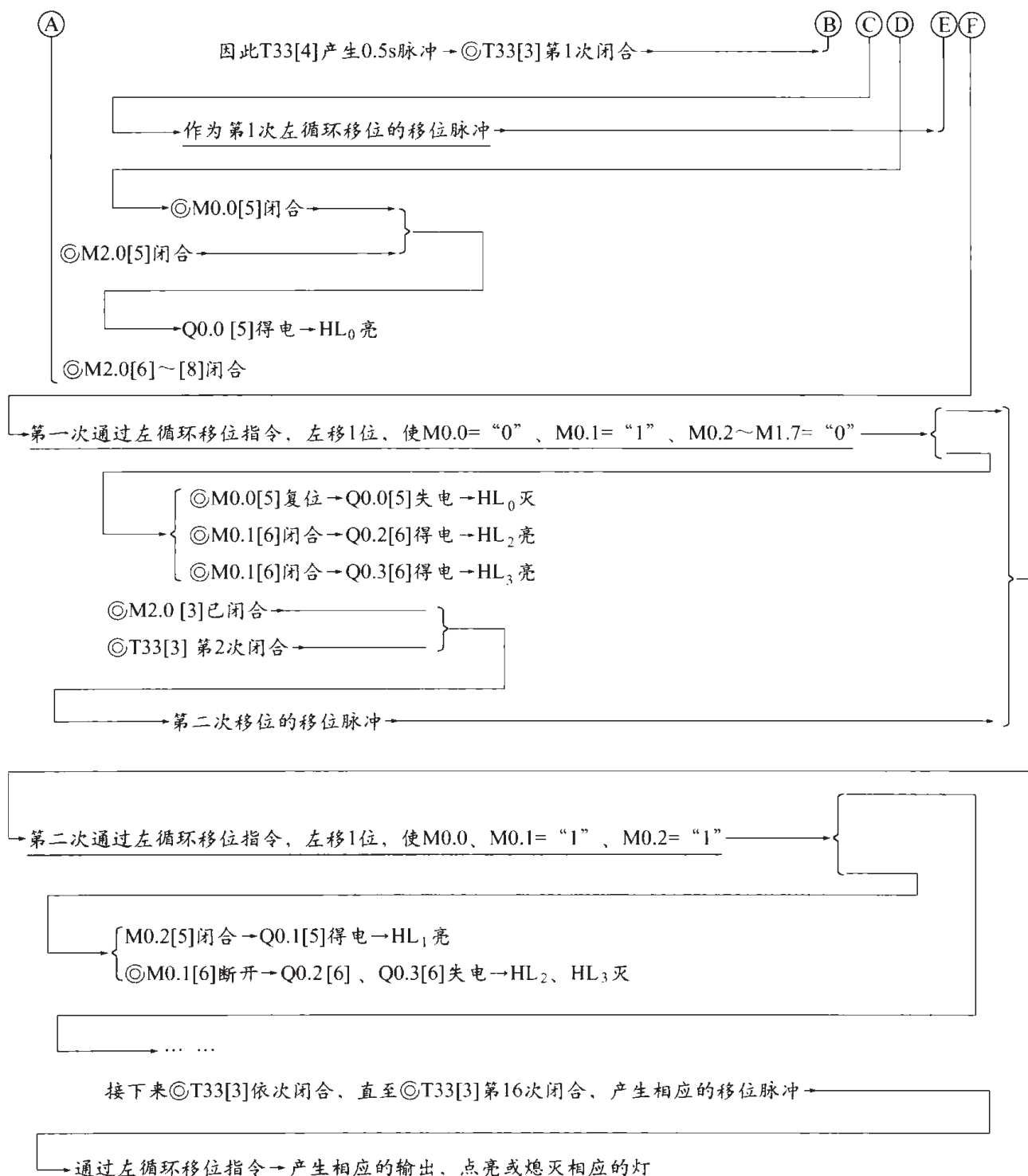
3. 电路工作过程

(1) 启动

合上启动开关SA → 输入继电器I0.0得电 → ©I0.0[1]闭合 → M2.0[1]得电 →



按时序表输出，
点亮相应彩灯



(2) 停止工作

断开SA → 输入继电器I0.0失电 → ◎I0.0[1]断开 → M2.0[1]失电 → ◎M2.0[2]~[6]断开, 电路停止工作

【例8-7】天塔之光的 PLC 控制

图8-11为天塔之光控制示意图。

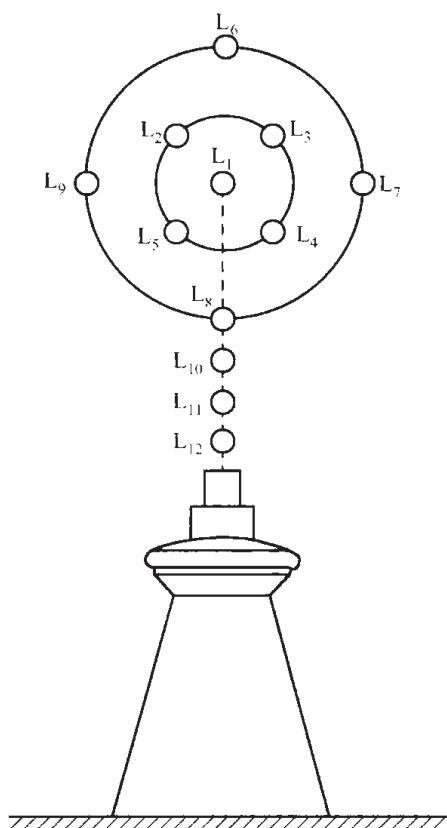


图 8-11 天塔之光控制示意图

1. 控制要求

图 8-11 中天塔的灯光可以用 PLC 控制灯光的闪耀移位及时序的变化等。按下启动按钮,根据如表 8-3 所示的节日彩灯动作时序表,一直循环下去,直至按下停止按钮。

表 8-3 节日彩灯动作时序表

| 节拍 输触 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| HL ₁ | | | | | + | + | + | + | + | + | | | + | + | + | | + | | |
| HL ₂ | | | | | | + | | | | | + | | + | | | | | + | |
| HL ₃ | | | | | | | | + | | | + | | | + | | | | + | |
| HL ₄ | | | | | | | | + | | | + | | | | + | | | + | |
| HL ₅ | | | | | | | + | | | | + | | | | | + | | + | |
| HL ₆ | | | | | | | | | + | | | + | + | | | | | | + |
| HL ₇ | | | | | | | | + | | | | + | | + | | | | | + |
| HL ₈ | | | | + | | | + | | | | | + | | | + | | | | + |

续表

| 节拍 \ 输触 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| HL ₉ | | | | | | + | | | | | | + | | | | + | | | + |
| HL ₁₀ | | | + | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HL ₁₁ | | + | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HL ₁₂ | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2. PLC 的 I/O 配置

表 8-4 为 PLC 的 I/O 配置表。

表 8-4 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|------|--------------|------------------------------------|-----|--------------|
| 代 号 | 功 能 | | 代 号 | 功 能 | |
| SB ₁ | 启动按钮 | I0.0 | HL ₁ ~ HL ₁₂ | 彩灯 | Q0.0 ~ Q1.3 |
| SB ₂ | 停止按钮 | I0.1 | | | |

3. 梯形图

图 8-12 为 PLC 的梯形图。根据灯光闪亮移位,分为 19 步,因此可以指定一个 19 位的移位寄存器(M10.1 ~ M10.7, M11.0 ~ M11.7, M12.0 ~ M12.3),移位寄存器的每一位对应一步。而对于输出,如:HL₁(Q0.0)分别在“5、6、7、8、9、10、13、14、15、16、17”步时被点亮,即其对应的移位寄存器位“M10.5、M10.6、M10.7、M11.0、M11.1、M11.2、M11.5、M11.6、M12.0、M12.1”置位为 1 时,Q0.0 置位为 1,因此需要将这些位所对应的动合触点并联后输出 Q0.0,其他输出以此类推。

由定时器 T37[2]与位继电器 M0.0[3]产生各轮循环的移位脉冲,送入移位寄存器指令的 EN 端。

由定时器 T38[4]与位继电器 M10.0[5]产生第一轮循环的各输入数据,送入移位寄存器指令的 DATA 端。由定时器 T39[4]与位继电器 M0.2[4]产生除第一轮循环外的各轮循环的输入数据,送入移位寄存器指令的 DATA 端。

4. 移位寄存器的最高位

$(N \text{ 的绝对值} - 1 + S_BIT) / 8$,余数就是最高位的位号,高与 S_BIT 的字节号之和为最高位的字节号。

该例的 S_BIT 是 M10.1, N 是 19, $(19 - 1 + 1) / 8 = \text{商} 2 \text{ 余} 3$,因此最高字节号为 $10 + 2 = 12$,位号为 3,即移位寄存器最高位为 I2.3。

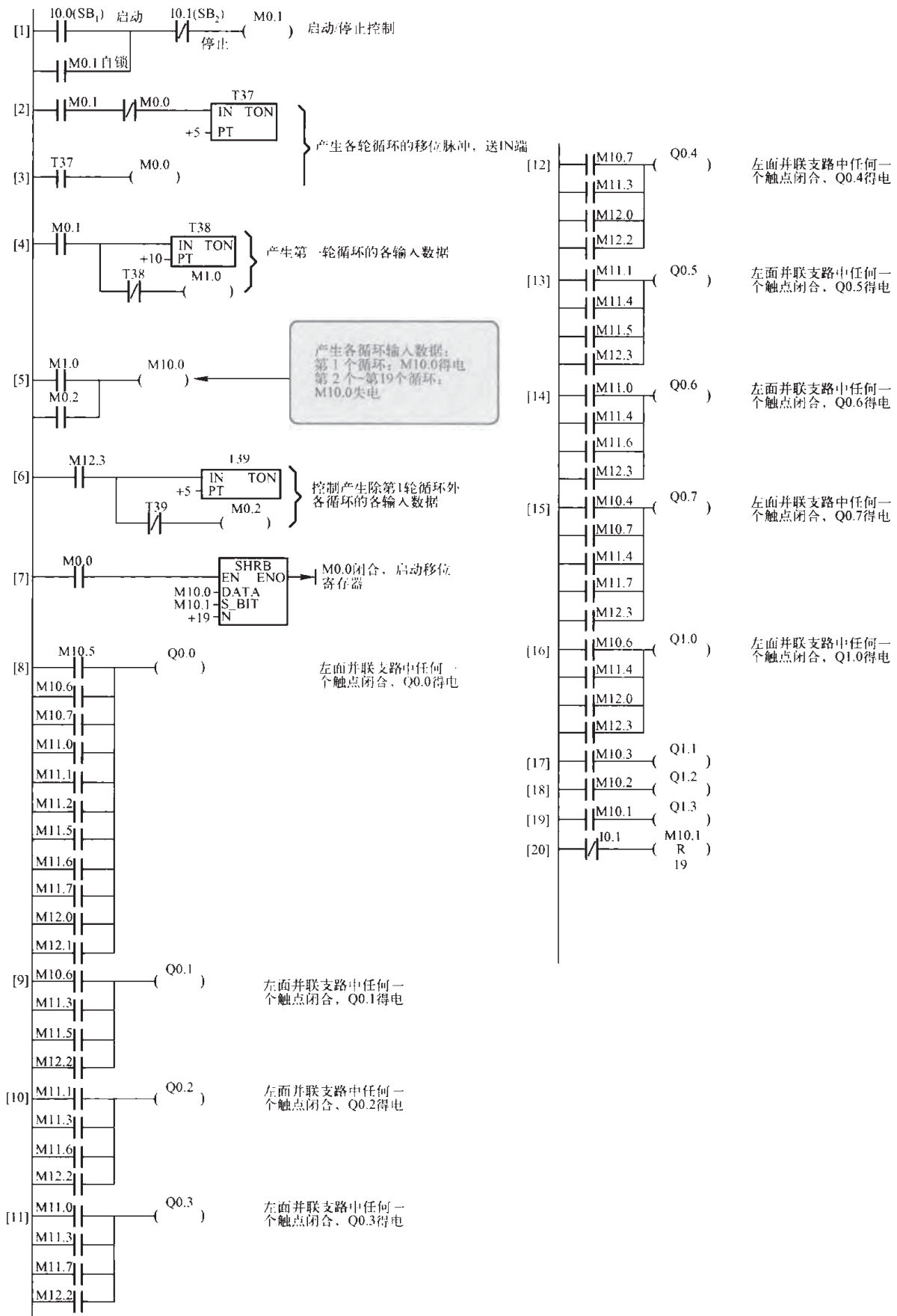
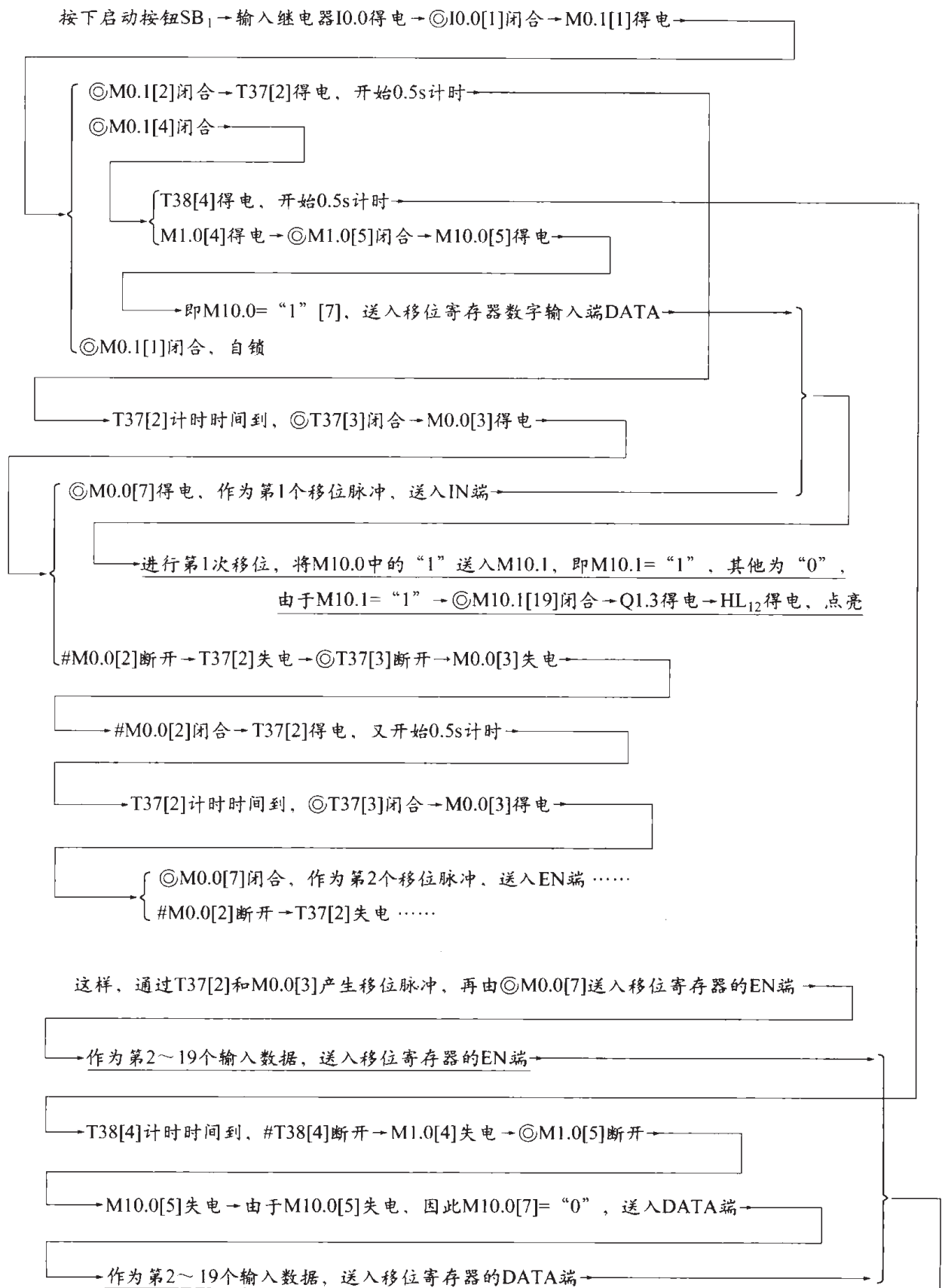


图 8-12 梯形图

5. 电路工作过程



2. PLC的I/O配置和梯形图

表8-6为PLC的I/O配置表,其梯形图如图8-13所示。

表8-6 PLC的I/O配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|------|--------------|-----------------------------------|----|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₁ | 启动按钮 | I0.0 | HL ₁ | 彩灯 | Q0.0 |
| SB ₂ | 停止按钮 | I0.1 | HL ₂ | 彩灯 | Q0.1 |
| | | | HL ₃ | 彩灯 | Q0.2 |
| | | | HL ₄ | 彩灯 | Q0.3 |
| | | | HL ₅ 、HL ₉ | 彩灯 | Q0.4 |
| | | | HL ₆ 、HL ₁₀ | 彩灯 | Q0.5 |
| | | | HL ₇ 、HL ₁₁ | 彩灯 | Q0.6 |
| | | | HL ₈ 、HL ₁₂ | 彩灯 | Q0.7 |

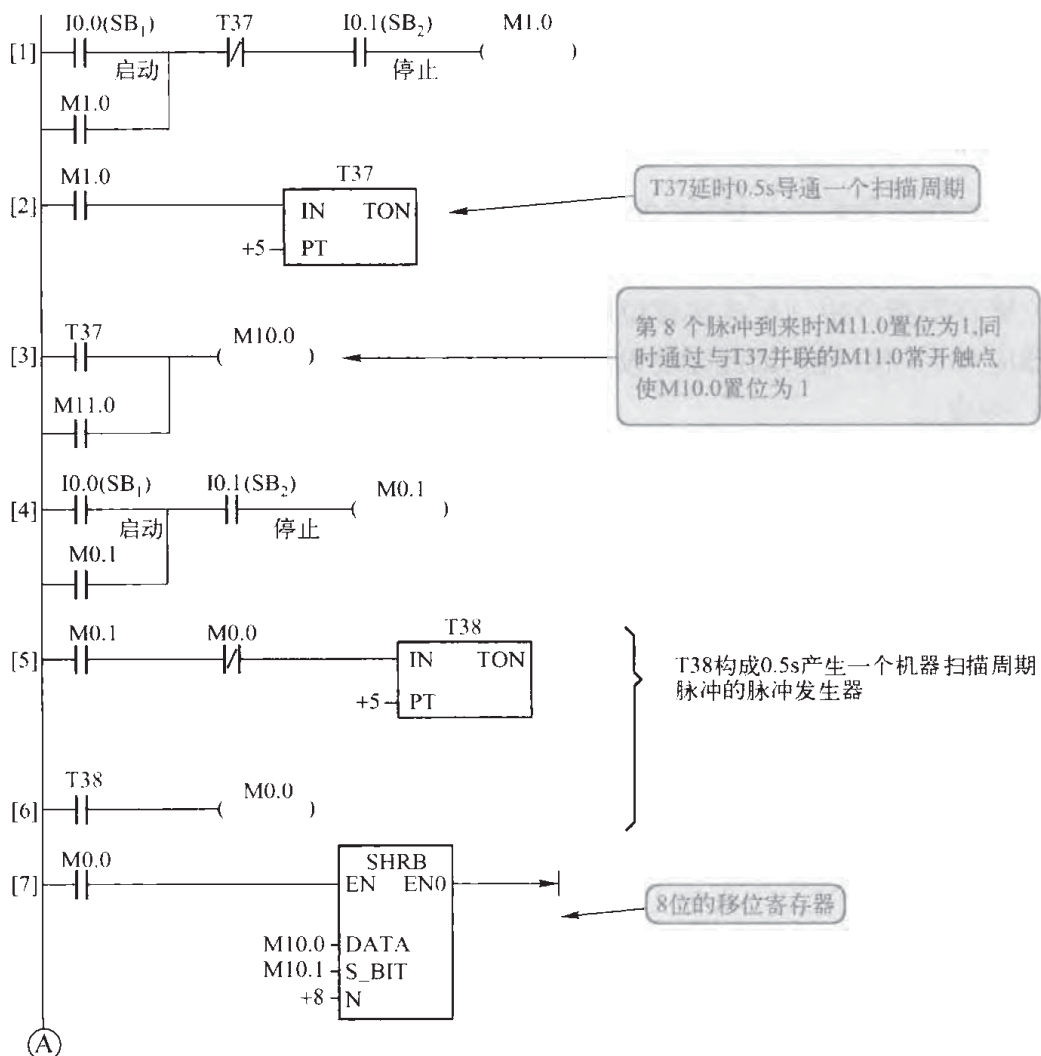


图8-13 梯形图

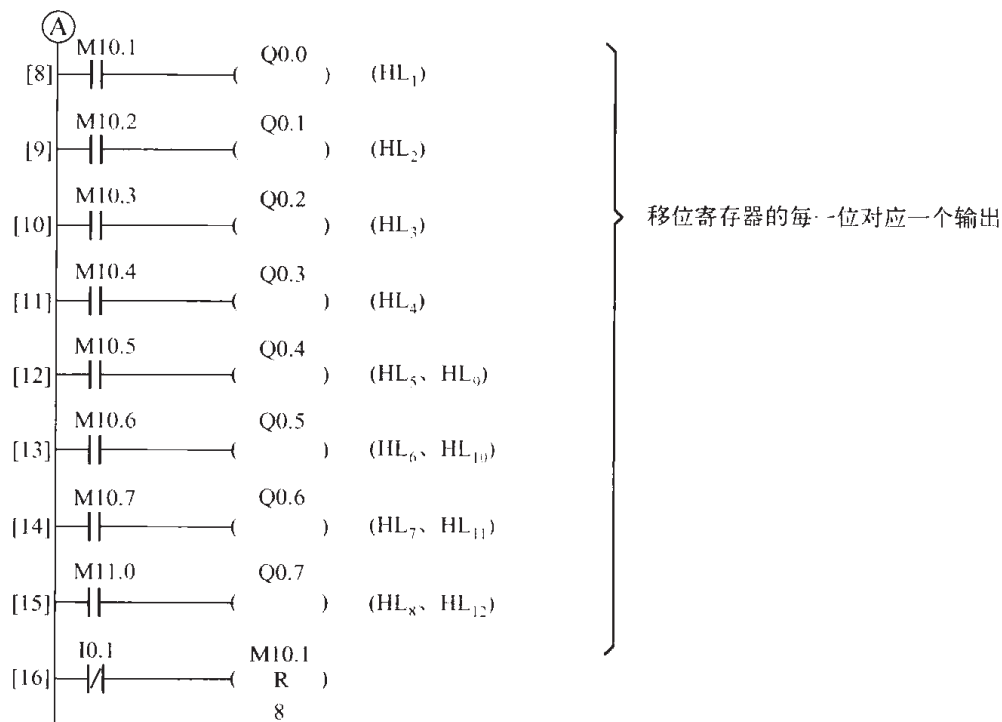


图 8-13 梯形图(续)

3. 识读要点

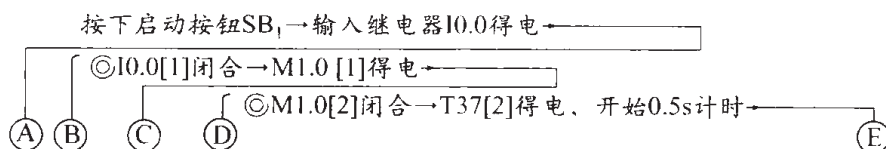
应用移位寄存器控制 8 位输出(Q0.0 ~ Q0.7), 必须指定一个 8 位的移位寄存器(M10.1 ~ M11.0), 移位寄存器的 S_BIT 位为 M10.1, 并且移位寄存器的每一位对应一个输出。

在移位寄存器指令中, 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。移位寄存器应 0.5 s 移一位, 因此需要设计一个 0.5 s 产生一个脉冲的脉冲发生器(由 T38[2] 与 M0.0[3] 构成)。

M10.0 为数据输入端 DATA, 根据控制要求, 每次只有一个输出, 因此只需要在第 1 个移位脉冲到来时, 由 M10.0 送入移位寄存器 S_BIT 位(M10.1)一个“1”, 第 2 个脉冲至第 8 个脉冲到来时由 M10.0 送入 M10.1 的值均为“0”, 这在程序中由定时器 T37 延时 0.5 s 导通一个扫描周期实现, 第 8 个脉冲到来时 M11.0 置位为 1, 同时通过与 T37 并联的 M11.0 动合触点使 M10.0 置位为 1, 在第 9 个脉冲到来时由 M10.0 送入 M10.1 的值又为 1, 如此循环下去, 直至按下停止按钮。按下动断停止按钮(IO.1), 其对应的动断触点接通, 触发复位指令, 使 M10.1 ~ M11.0 的 8 位全部复位。

4. 电路工作过程

(1) 启动





(2) 停止

按下停止按钮 SB₂ → 输入继电器 I0.1 得电 →

{ #I0.1[1] 断开 → M1.0[1] 失电 → ◎M1.0[2] 断开 → T37[2] 失电

{ #I0.1[4] 断开 → M0.1[4] 失电 → ◎M0.1[5] 断开 → T38[5] 失电 → ◎T38[6] 断开 → M0.0[6] 失电

→ M10.1 ~ M11.0 失电 → Q0.0 ~ Q0.7 失电 → HL₁ ~ HL₁₂ 灭

【例 8-9】 用计数器指令与比较指令编程的密码锁的 PLC 控制

1. 控制要求

密码锁控制系统,它有 5 个按键 $SB_1 \sim SB_5$,其控制要求如下:

- ① SB_1 为启动键,按下 SB_1 键,才可进行开锁工作。
- ② SB_2 、 SB_3 为可按压键。开锁条件为: SB_2 设定按压次数为 3 次, SB_3 设定按压次数为 2 次。同时, SB_2 、 SB_3 是有次序的,先按 SB_2 ,后按 SB_3 。如果按上述规定按压,密码锁自动打开。
- ③ SB_5 为不可按压键,一旦按压,警报器就发出警报。
- ④ SB_4 为复位键,按下 SB_4 键后,可重新进行开锁作业。如果按错键,则必须进行复位操作,所有的计数器都被复位。

2. PLC 的 I/O 配置和 I/O 接线

表 8-7 为 PLC 的 I/O 配置表,其 I/O 接线如图 8-14 所示。

表 8-7 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|--------|------|--------------|------|-----|--------------|
| 代 号 | 功 能 | | 代 号 | 功 能 | |
| SB_1 | 开锁键 | I0.0 | KM | 开锁 | Q0.0 |
| SB_2 | 可按压键 | I0.1 | HA | 报警 | Q0.1 |
| SB_3 | 可按压键 | I0.2 | | | |
| SB_4 | 复位键 | I0.3 | | | |
| SB_5 | 报警键 | I0.4 | | | |

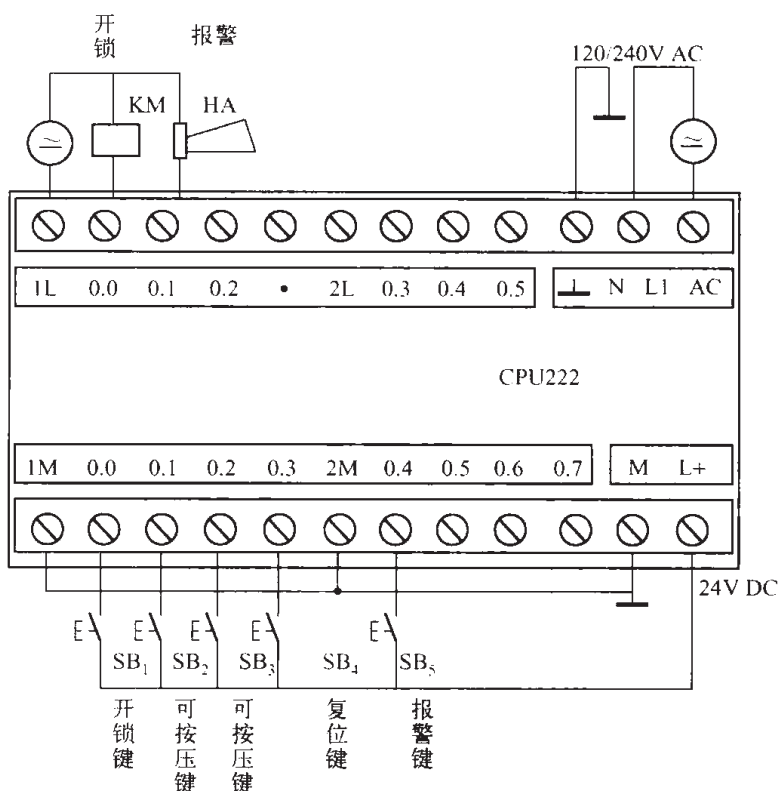


图 8-14 密码锁控制系统 I/O 接线

3. 梯形图

图8-15为PLC的梯形图。

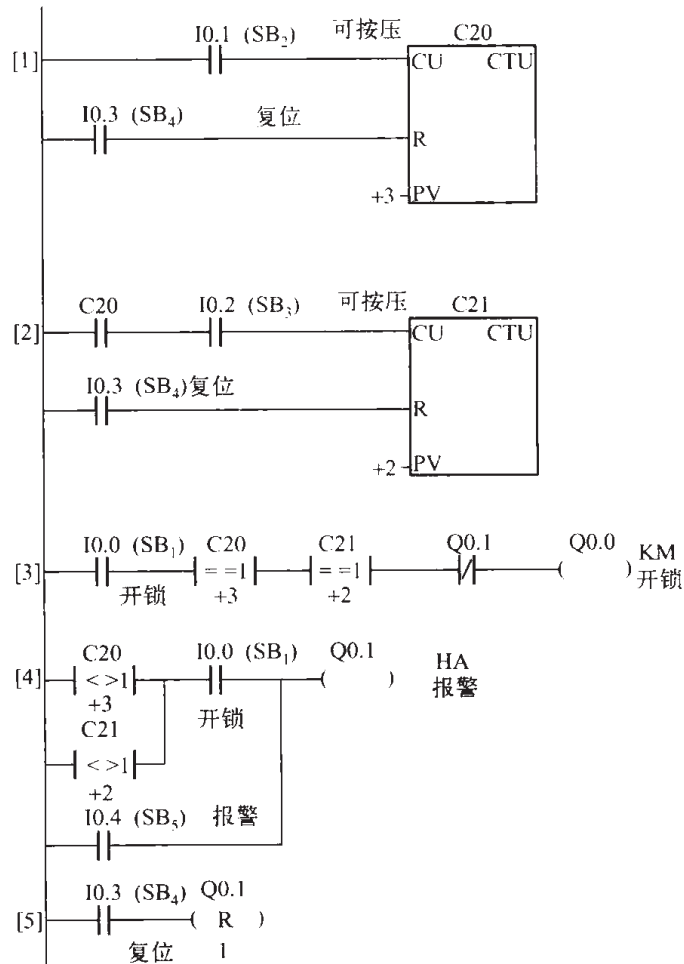
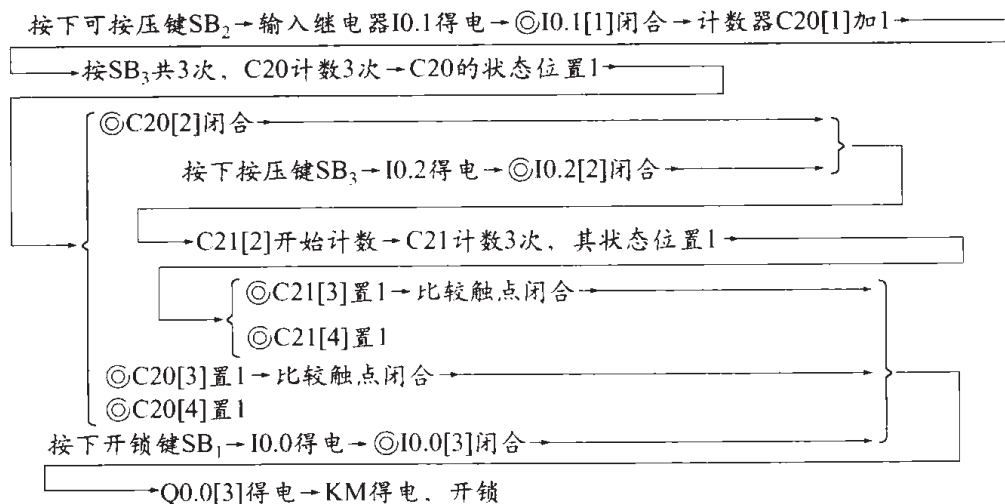


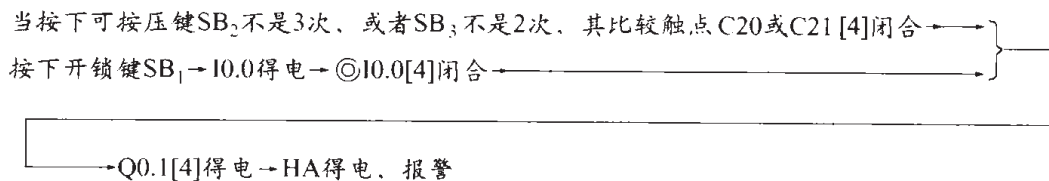
图8-15 密码锁梯形图

4. 电路工作过程

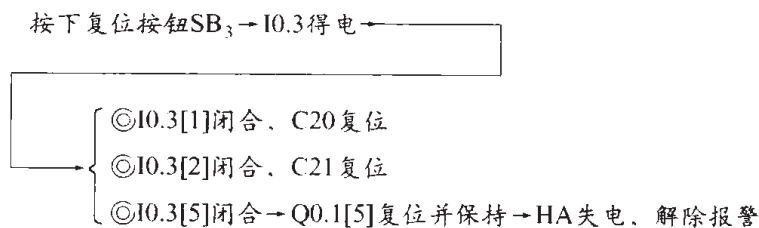
(1) 正常开锁



(2) 不能开锁,报警



(3) 复位



【例 8-10】简单的 3 组抢答器的 PLC 控制(一)

1. 控制要求

儿童 2 人、青年学生 1 人和教授 2 人组成 3 组抢答。儿童任一人按钮均可抢答,教授需二人同时按钮可抢答,在主持人按钮同时宣布开始后 10s 内有人抢答,则幸运彩球转动。

2. PLC 的 I/O 配置

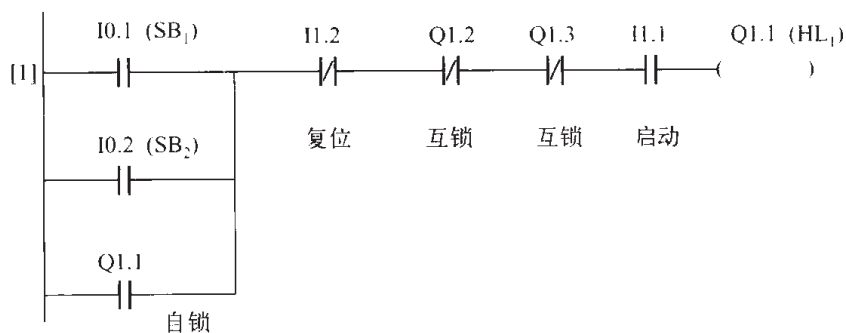
表 8-8 为 PLC 的 I/O 配置表。

表 8-8 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|-----------|--------------|-----------------|---------|--------------|
| 代 号 | 功 能 | | 代 号 | 功 能 | |
| SB ₁ | 儿童 1 抢答按钮 | I0.1 | HL ₁ | 儿童抢答指示灯 | Q1.1 |
| SB ₂ | 儿童 2 抢答按钮 | I0.2 | HL ₂ | 学生抢答指示灯 | Q1.2 |
| SB ₃ | 学生抢答按钮 | I0.3 | HL ₃ | 教授抢答指示灯 | Q1.3 |
| SB ₄ | 老师 1 抢答按钮 | I0.4 | HL ₄ | 彩球 | Q1.4 |
| SB ₅ | 老师 2 抢答按钮 | I0.5 | | | |
| SB ₆ | 主持人开始按钮 | I1.1 | | | |
| SB ₇ | 主持人复位按钮 | I1.2 | | | |

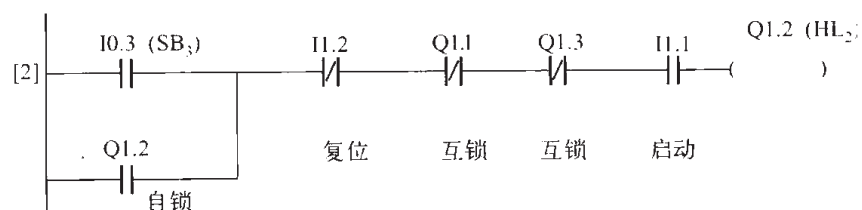
3. 梯形图

图 8-16 为 PLC 的梯形图。



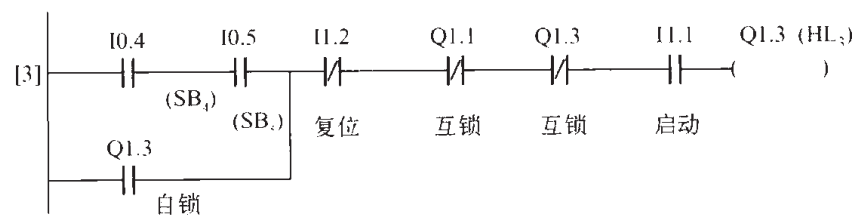
Network 1

```
LD I0.1 AN Q1.2
O I0.2 AN Q1.3 儿童组抢答
O Q1.1 = Q1.1
AN I1.2
```



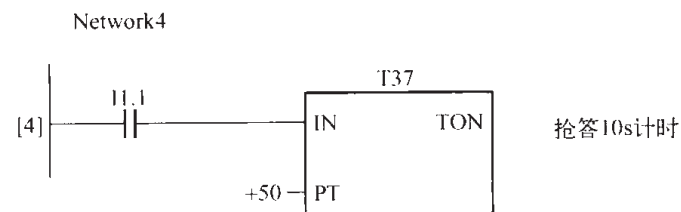
Network 2

```
LD I0.3 AN Q1.1
O Q1.2 AN Q1.3 学生组抢答
AN I1.2 = Q1.2
```



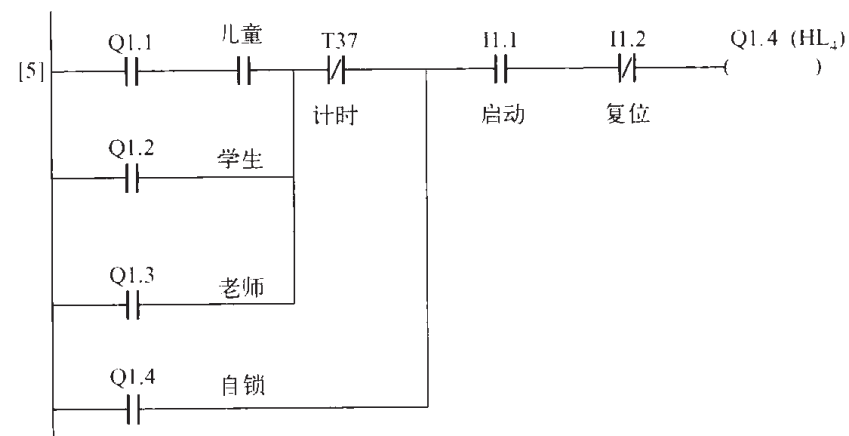
Network 3

```
LD I0.4 AN Q1.1
A I0.5 AN Q1.2 教授组抢答
O Q1.3 = Q1.3
AN I1.2
```



Network 4

```
LD I1.1
TON T37.+50 幸运抢答计时
```



Network 5

```
LD Q1.1 O Q1.4
O Q1.2 A I1.1 彩球控制
O Q1.3 AN I1.2
AN T37 = Q1.4
```

图 8-16 梯形图

4. 电路工作过程

(1) 允许抢答

主持人按下开始抢答按钮SB₆→输入继电器I1.1得电→

- ◎I1.1[1]闭合, 为允许儿童组抢答做准备
- ◎I1.1[2]闭合, 为允许学生组抢答做准备
- ◎I1.1[3]闭合, 为允许老师组抢答做准备
- ◎I1.1[4]闭合, 启动10s定时器
- ◎I1.1[5]闭合, 允许抢答开始
- ◎Q1.1[1]闭合, 自锁

(2) 各组正常抢答

若儿童组开始抢答, SB₁或SB₂闭合→输入继电器I0.1或I0.2得电→◎I0.1[1]或◎I0.2[1]闭合→

→Q1.1[1]得电→◎Q1.1[1]闭合

- HL₁亮, 儿童组抢答灯亮
- #Q1.1[2]断开, 使Q1.2[2]不能得电, 即互锁, 学生组不能抢答
- #Q1.1[3]断开, 使Q1.3[3]不能得电, 即互锁, 老师组不能抢答
- ◎Q1.1[5]闭合→Q1.4[5]得电→HL₅亮, 幸运彩灯转动
- ◎Q1.4[5]闭合, 自锁

学生与老师组抢答与儿童组抢答相同。

(3) 抢答复位或无效

有人抢答后, 主持人按下复位按钮SB₇→输入继电器I1.2得电→

- #I1.2[1]断开→Q1.1[1]失电
- #I1.2[2]断开→Q1.2[2]失电
- #I1.2[3]断开→Q1.3[3]失电
- #I1.2[5]断开→Q1.4[5]失电

当允许抢答开始后, 启动10s定时器后, 在10s内无人抢答, 则#T37[5]断开, 此时抢答无效, 不会使Q1.4[5]得电。

【例8-11】简单的3组抢答器的PLC控制(二)

1. 控制要求

① 参赛者共分三组, 每组桌上设有一个抢答器按钮。当主持人按下开始抢答按钮后, 如果在10s内有人抢答, 则最先按下的抢答按钮信号有效, 相应桌上的抢答指示灯亮。

② 当主持人按下开始抢答按钮后, 如果10s内无人抢答, 则撤销抢答指示灯亮, 表示抢答器自动撤销此次抢答信号。

③ 当主持人再次按下开始抢答按钮后, 所有抢答指示灯熄灭。

2. PLC的I/O配置和I/O接线

表8-9为PLC的I/O配置表, 其I/O接线图如图8-17所示。

表 8-9 抢答器的 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|-----------------|-----------|--------------|-----------------|----------|--------------|
| 代 号 | 功 能 | | 代 号 | 功 能 | |
| SA | 启动/停止转换开关 | I0.0 | HL ₅ | 启动指示灯 | Q0.0 |
| SB ₁ | 抢答按钮 1 | I0.1 | HL ₁ | 1 组抢答指示灯 | Q0.1 |
| SB ₂ | 抢答按钮 2 | I0.2 | HL ₂ | 2 组抢答指示灯 | Q0.2 |
| SB ₃ | 抢答按钮 3 | I0.3 | HL ₃ | 3 组抢答指示灯 | Q0.3 |
| SB ₄ | 开始按钮 | I0.4 | HL ₄ | 撤销抢答指示灯 | Q0.4 |

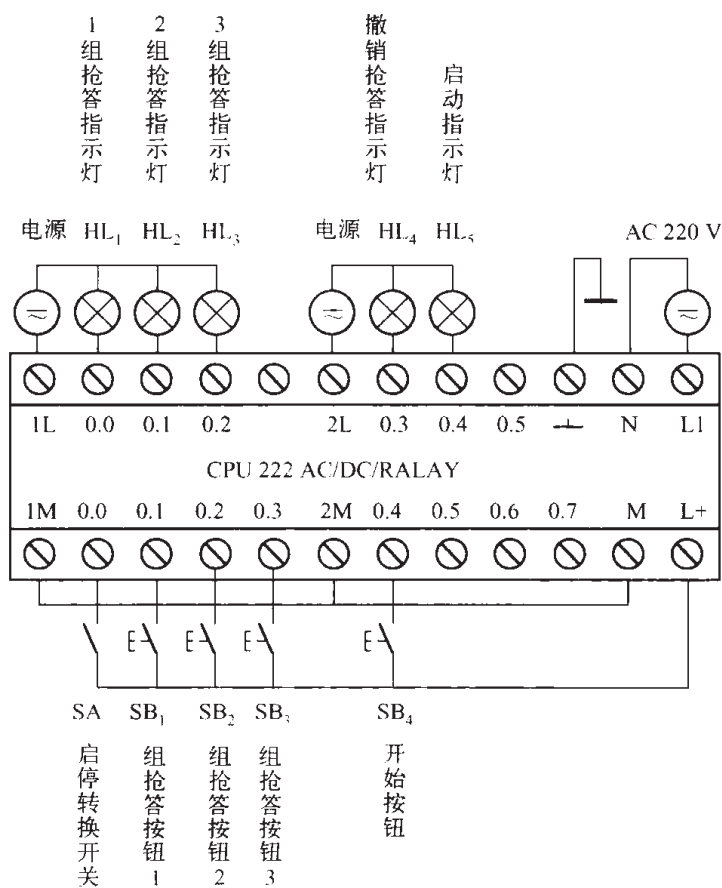


图 8-17 抢答器 PLC 的 I/O 接线

3. 梯形图

图 8-18 为 PLC 的梯形图。

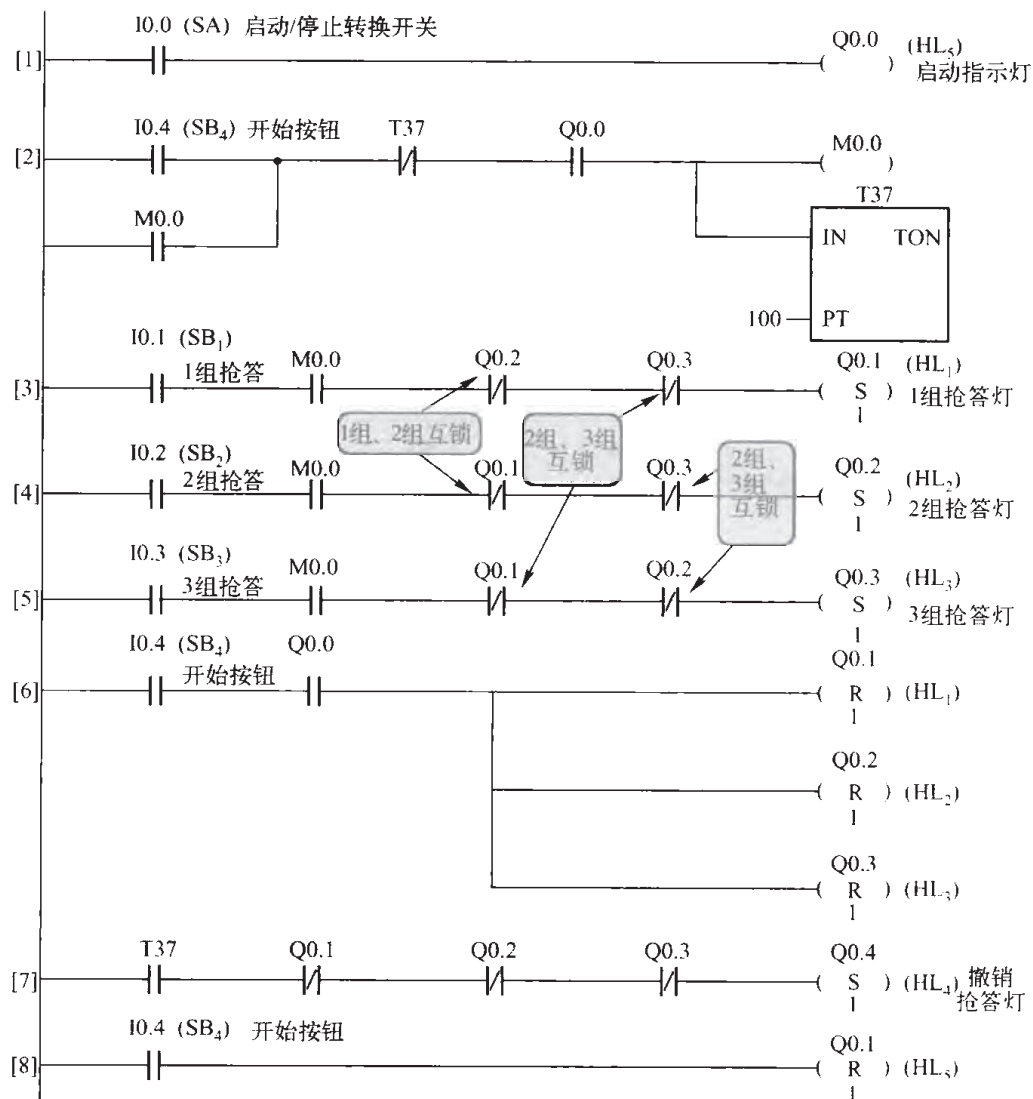
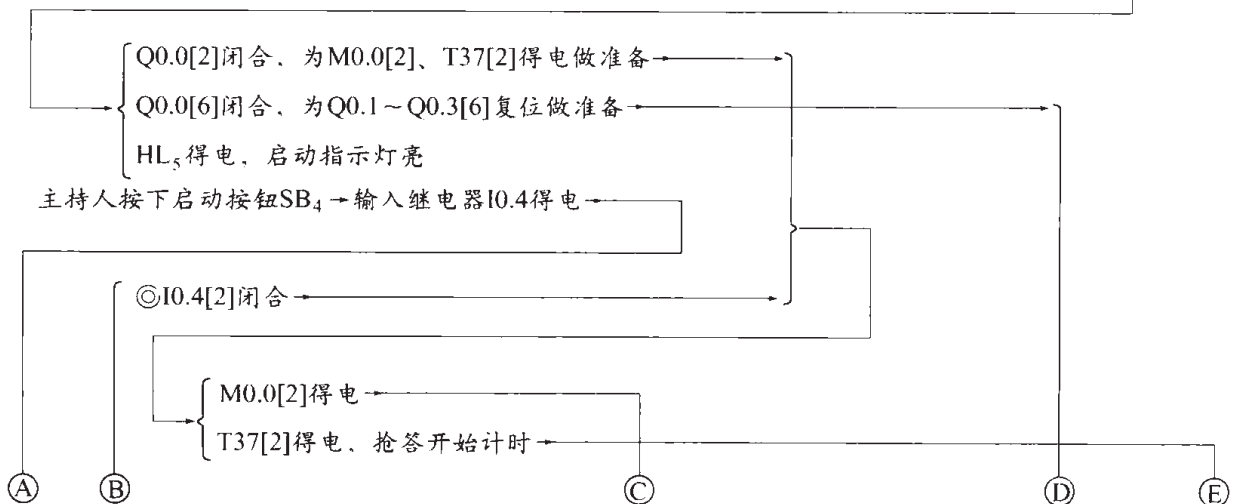
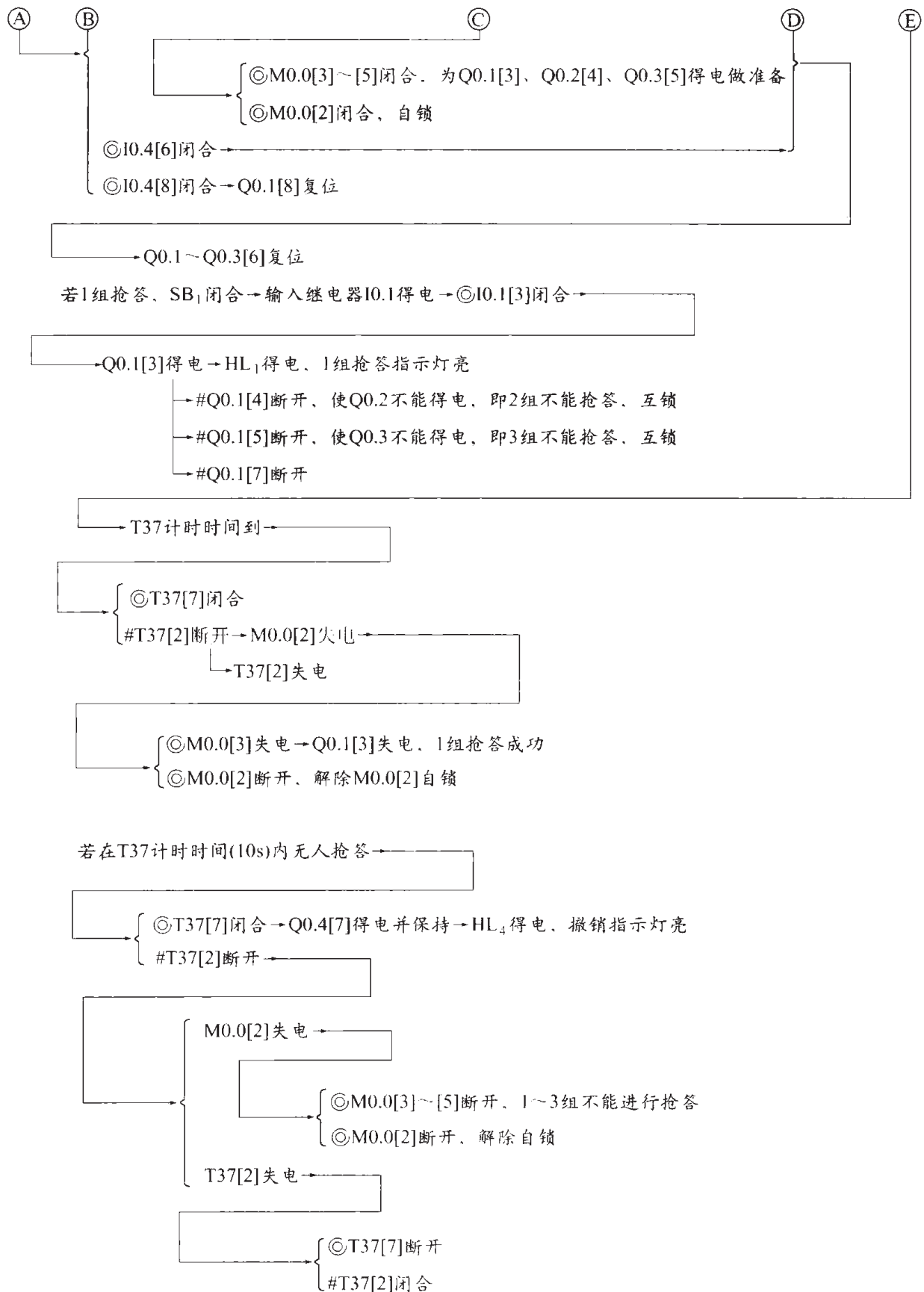


图 8-18 梯形图

4. 电路工作过程

合上启动/停止转换开关SA → 输入继电器I0.0得电 → ①I0.0[1]闭合 → Q0.0[1]得电 →





【例 8-12】带数码管显示的抢答器的 PLC 控制

1. 控制要求

在主持人宣布开始后 10 s 内,若有人抢答,则在主持人台上的绿灯变亮同时抢答成功的组也会有灯亮起;如果在 10 s 内没有人抢答,在主持人台上的红灯亮起。只有主持人再次复位后才可以进行下一次抢答。

2. 梯形图

图 8-19 为 PLC 的梯形图。I0.0、I0.1、I0.2 分别为 3 组抢答器输入,I0.3 为复位输入,T37 为 10 s 定时,Q0.0、Q0.1、Q0.2 分别为 3 组抢答输出。

3. 抢答器数码管输出控制和数码管各段的控制

抢答器数码管输出控制参见 8-19,其中数码管各段的控制如图 8-20 所示。

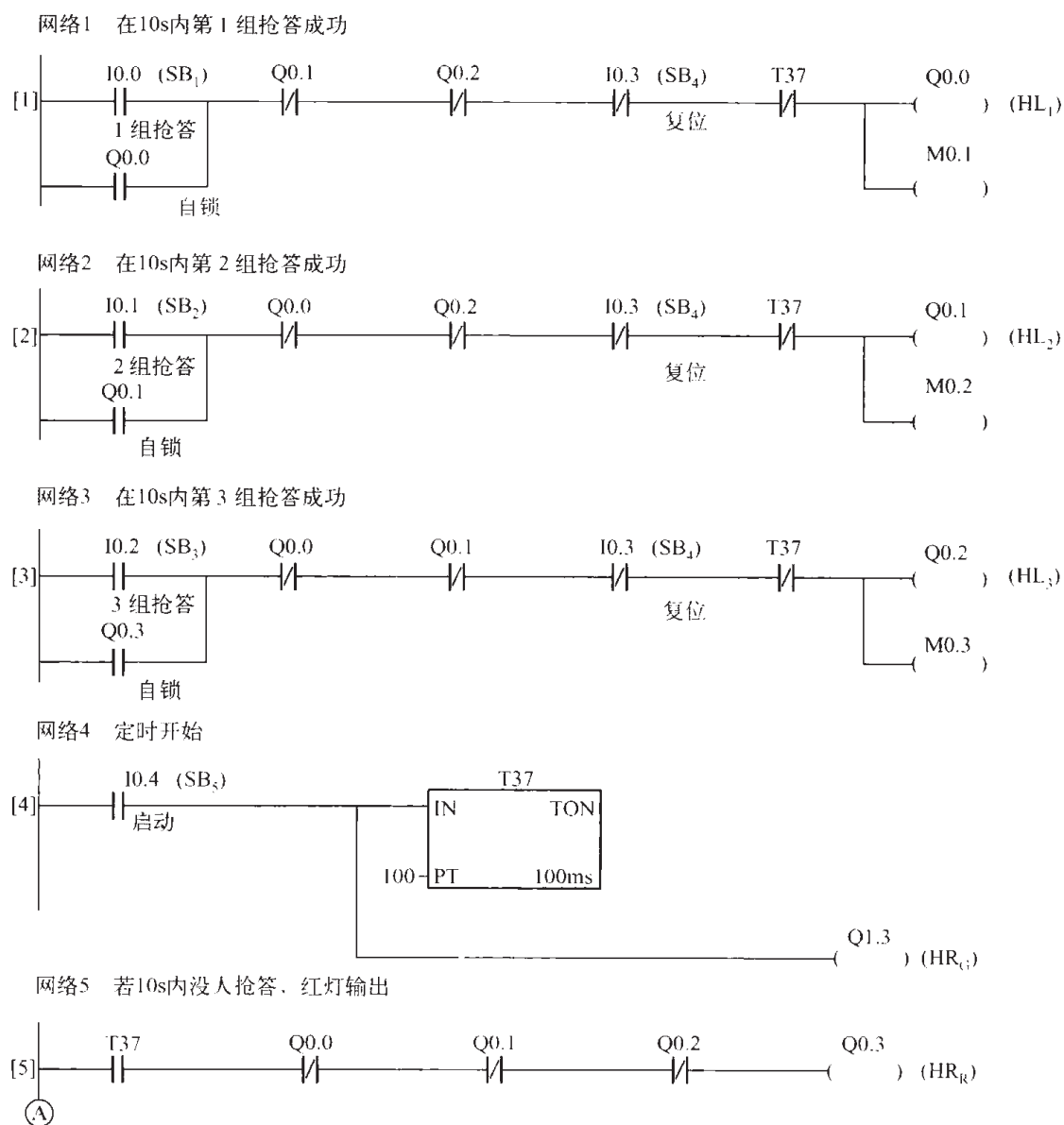


图 8-19 梯形图

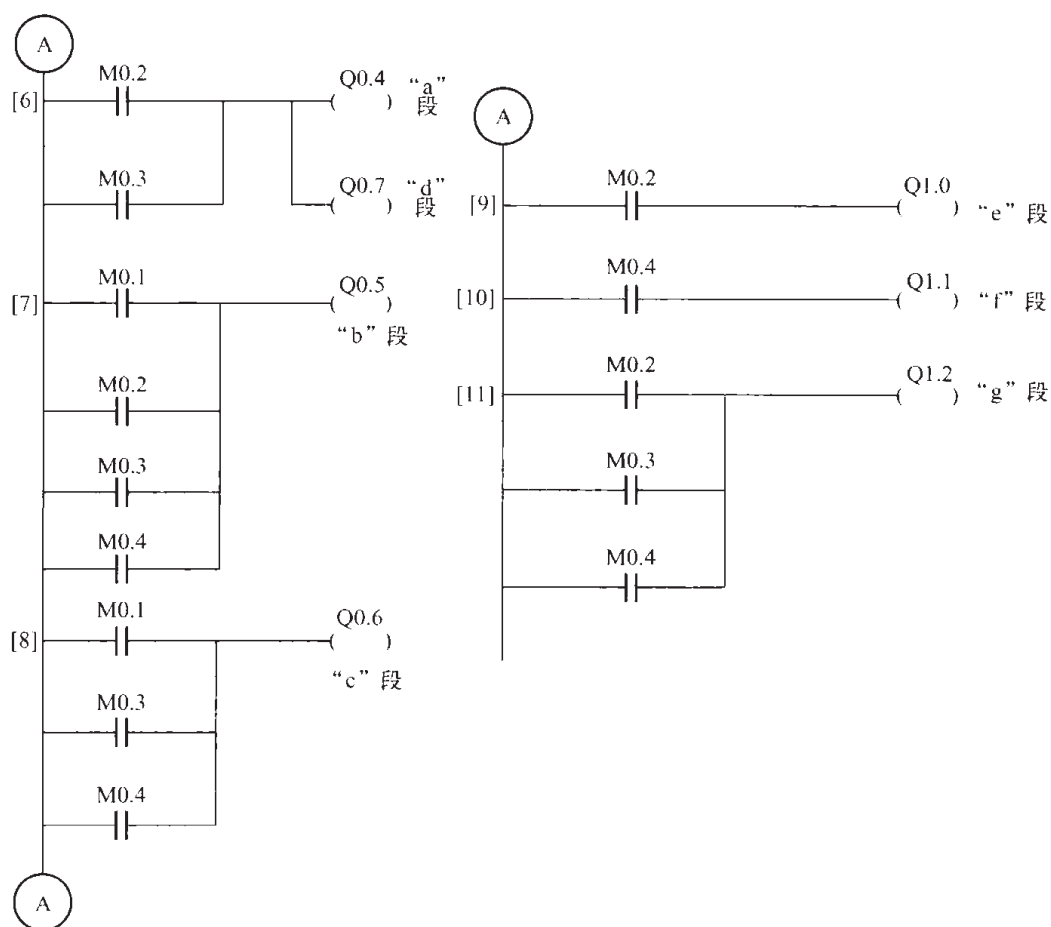


图 8-19 梯形图(续)

| 7段显示的组成 | 用于7段显示的8位数据 | | | | | | | | 7段显示 |
|---------|-------------|---|---|---|---|---|---|---|------|
| | / | g | f | e | d | c | b | a | |
| | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 5 |
| | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 6 |
| | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | A |
| | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | B |
| | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | C |
| | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | D |
| | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | E |
| | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | F |

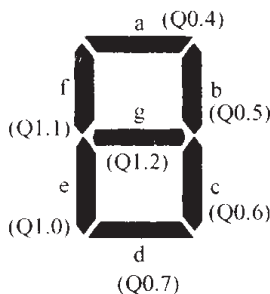
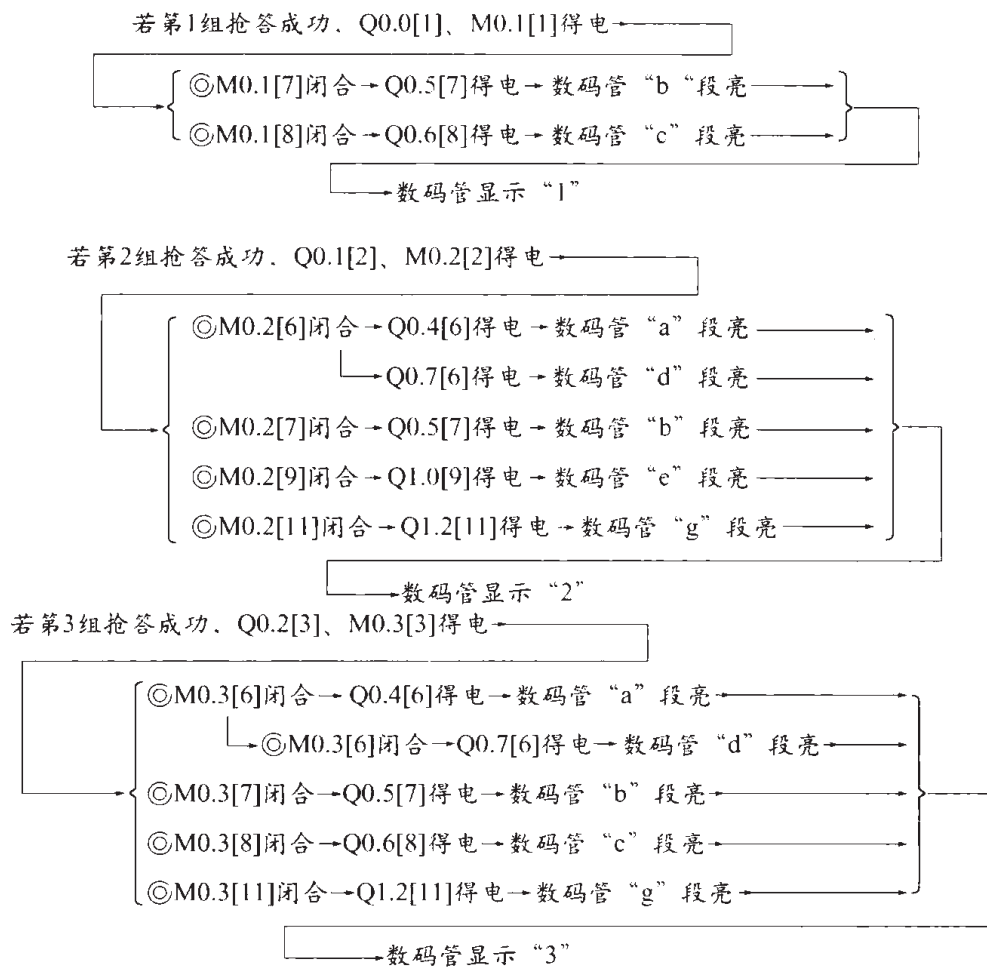
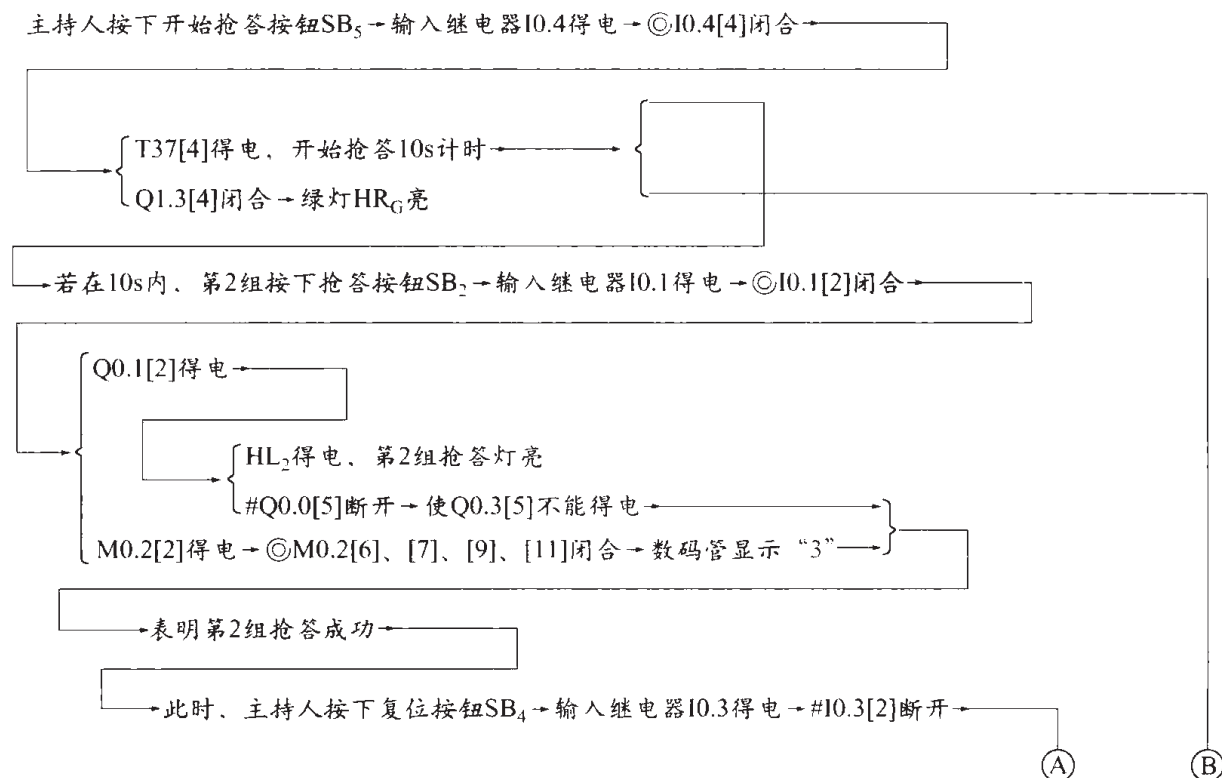
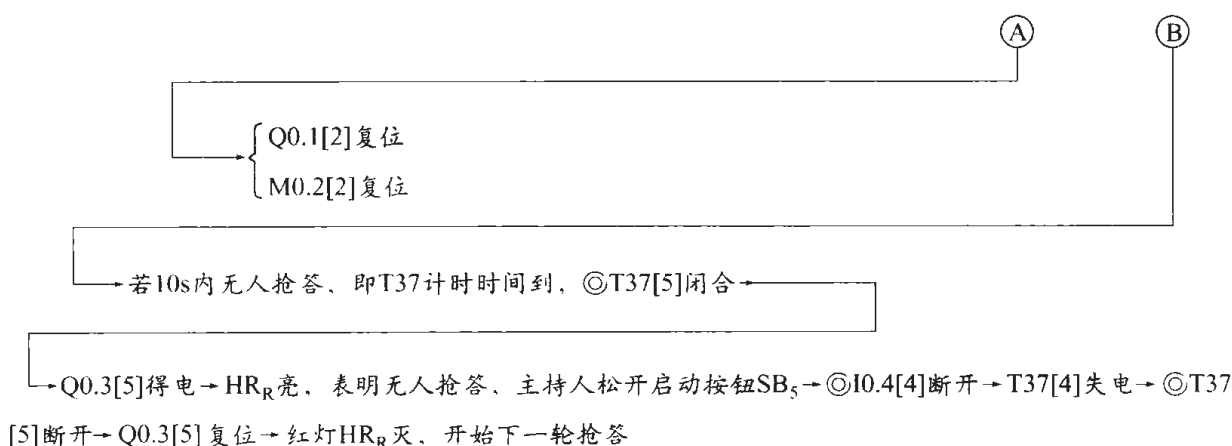


图 8-20 数码管各段的控制



4. 电路工作过程





【例8-13】较复杂的三组抢答器的 PLC 控制

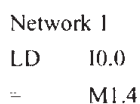
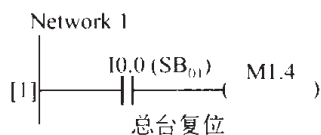
1. 控制要求

主持人总台设有总台灯及总台音响,分台设有分台灯及分台抢答按钮。抢答在主持人给出题目、宣布开始并按下开始按钮后的10s内进行。如果提前抢答,总台灯及分台灯亮,总台音响发声,表示“违例”。10s内无抢答,总台音响发声表示应答时间到,该题作废。正常抢答时,分台灯亮,总台音响发声。抢得答题需在30s内完成,30s到时,总台音响发声,表示答题超时。一个题目终了时,按下总台复位按钮,抢答器恢复原始状态,为下一轮抢答做准备。

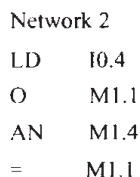
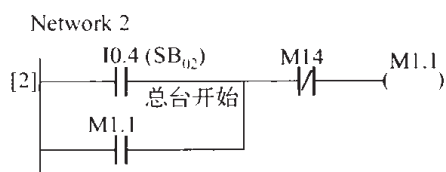
2. PLC 的 I/O 配置和梯形图

表8-10 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | PLC 输入继电器 | 输出设备 | | PLC 输出继电器 |
|------------------|--------|--------------|-----------------|------|--------------|
| 代号 | 功能 | | 代号 | 功能 | |
| SB ₀₁ | 总台复位按钮 | I0.0 | HL ₀ | 总音响台 | Q0.0 |
| SB ₁ | 1#分台按钮 | I0.1 | HL ₁ | 1#台灯 | Q0.1 |
| SB ₂ | 2#分台按钮 | I0.2 | HL ₂ | 2#台灯 | Q0.2 |
| SB ₃ | 3#分台按钮 | I0.3 | HL ₃ | 3#台灯 | Q0.3 |
| SB ₀₂ | 总台开始按钮 | I0.4 | HL ₄ | 总台灯 | Q0.4 |



总台复位功能。M1.4为总台复位继电器, I0.0为总台复位按钮



总台开始信号。I0.4为总台开始按钮, M1.1为总台开始继电器

图8-21 梯形图(续)

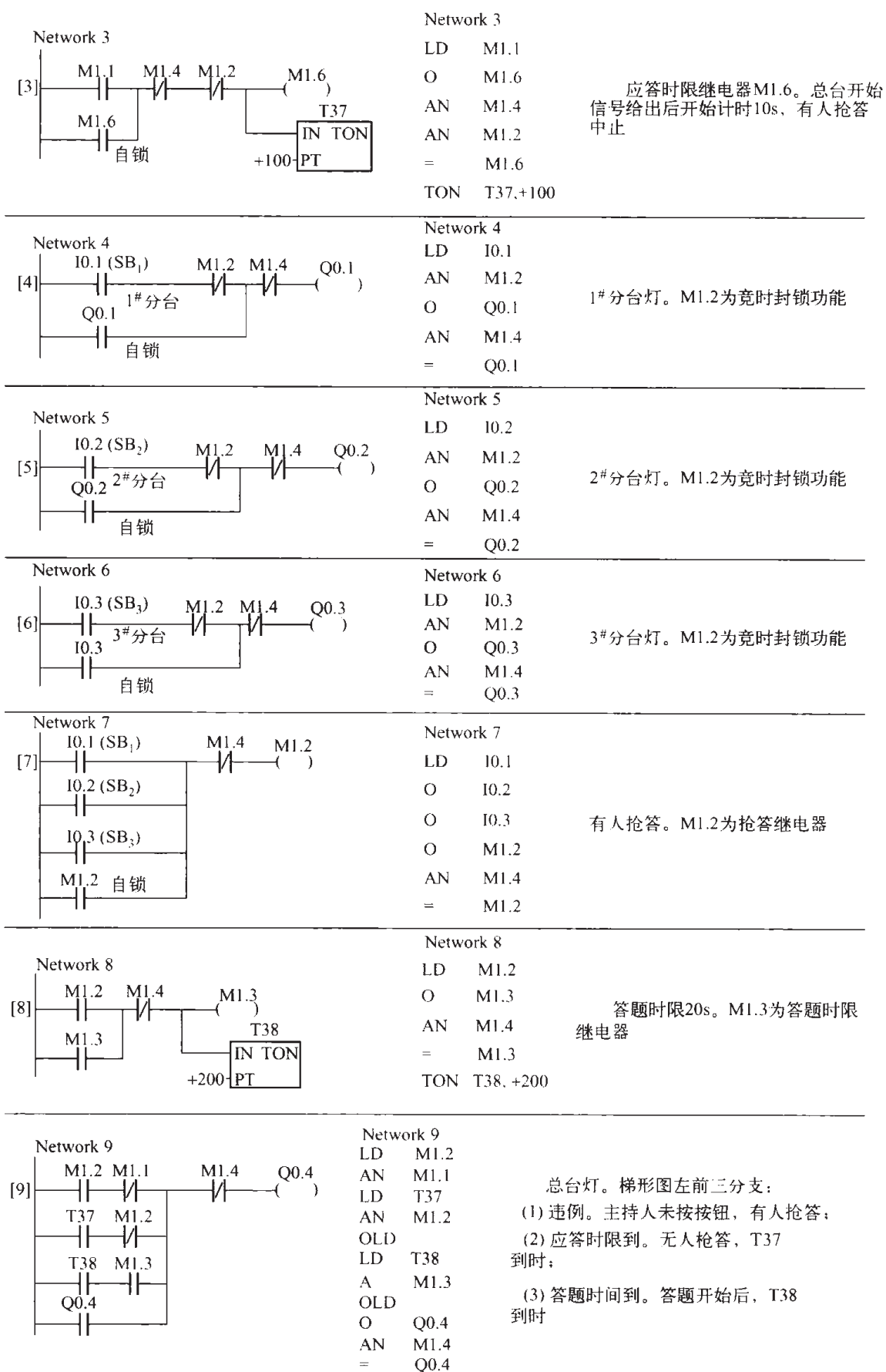


图 8-21 梯形图(续)

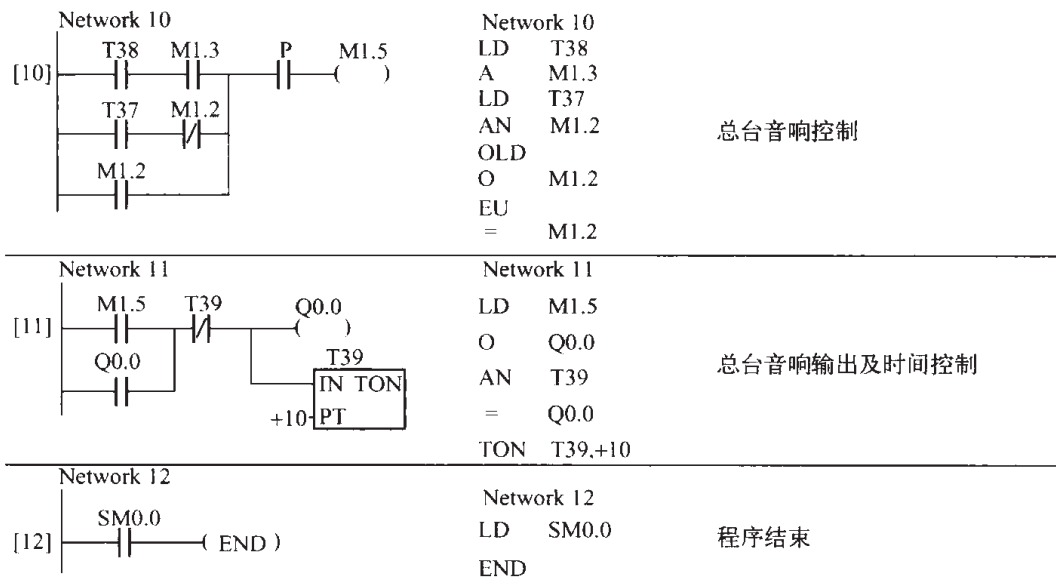
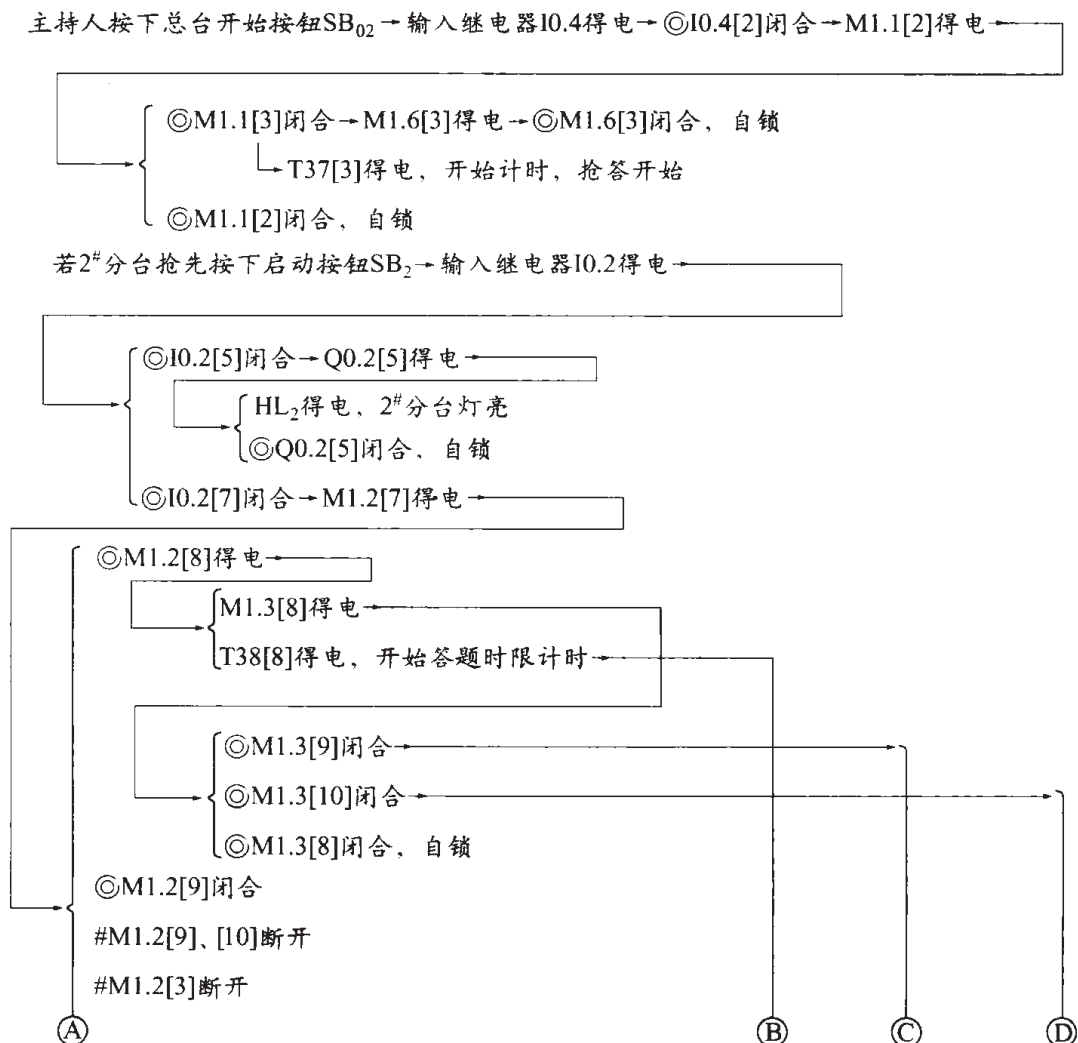
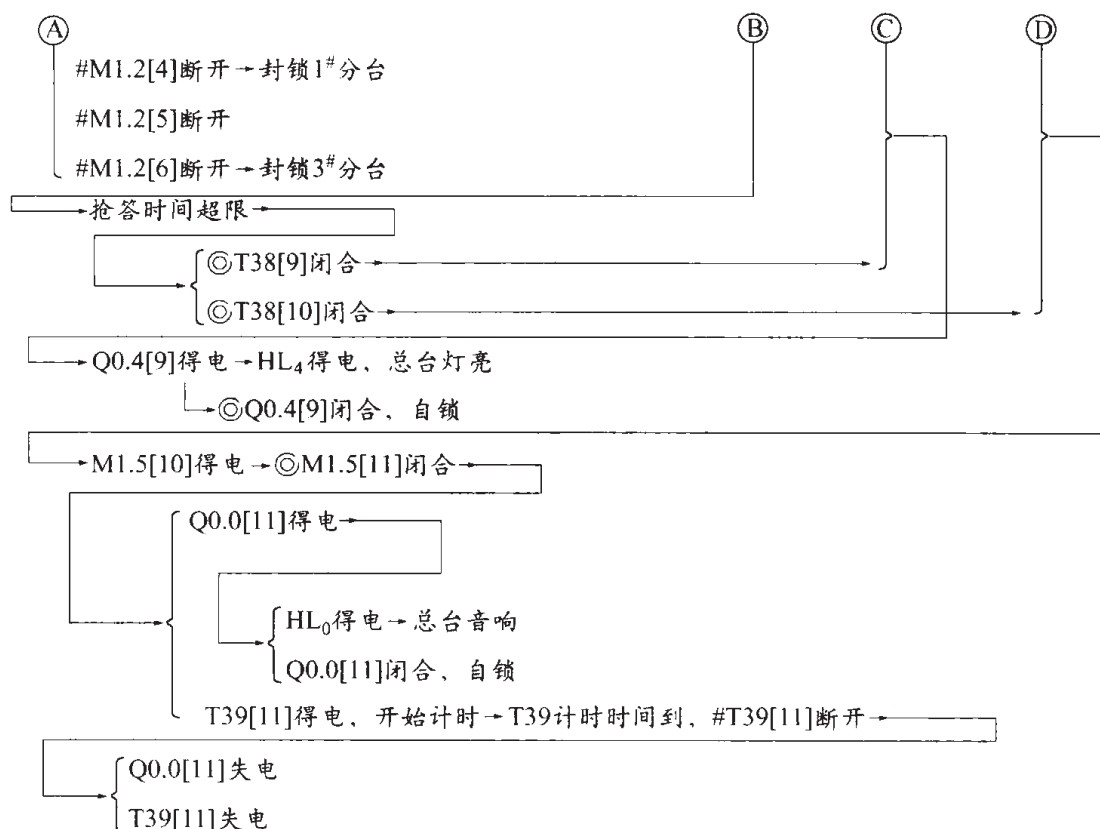


图 8-21 梯形图(续)

3. 电路工作过程

(1) 正常抢答



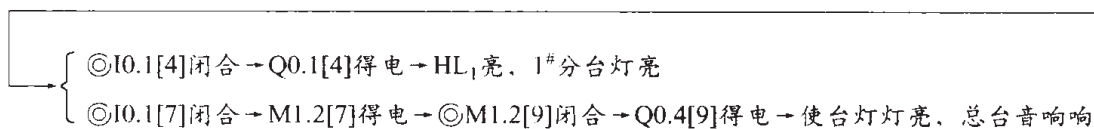


主持人按下总台复位按钮 SB₀₁ → 输入继电器 I0.0 得电 → I0.0[1] 闭合 → M1.4[1] 得电 → #M1.4[2] ~ [9] 断开 → 抢答器恢复原始状态

主持人按下总台启动按钮 SB₀₂ 后, 即 T7 计时时间 10s 内无人抢答, T37[9] 闭合 → Q0.4[9] 得电 → 总台灯亮、总台音响响

(2) 违例抢答

若违例抢答, 例如 1[#] 分台, 在主持人未按总台启动按钮时, 先按下 SB₁ → 输入继电器 I0.1 得电



【例 8-14】全自动洗衣机的 PLC 控制

全自动洗衣机的洗衣桶(外桶)和脱水桶(内桶)是以同一中心安放的。外桶固定,用于盛水。内桶可以旋转,用于脱水(甩干)。内桶的四周有很多小孔,使内、外桶的水流相通。

1. 控制要求

全自动洗衣机的进水和排水分别由进水电磁阀和排水电磁阀来执行。进水时,通过电控系统使进水电磁阀打开,经进水管将注入到外桶。排水时,通过电控系统使排水电磁阀打开,将水由外桶排到机外。洗涤正转、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。

PLC投入运行,系统处于初始状态,准备好启动。启动时开始进水。水满(即水位到达高水位)时停止进水并开始洗涤正转。正转洗涤15s后暂停。暂停3s后又开始反转洗涤。反转15s后暂停。3s后若正、反转未满足3次,则返回从正转洗涤开始;若正、反转满足3次后,则开始排水。

水位下降到低水位时开始脱水并继续排水。脱水10s后即完成一次从进水到脱水的大循环过程。若未完成3次大循环,则返回从进水开始的全部动作,进行下一次大循环;若完成了3次循环,则进行洗完报警。报警10s后结束全中过程,自动停机。

此外,还可以按排水按钮以实现手动排水;按停止按钮以实现手动停止进水、排水、脱水及报警。

2. PLC的I/O配置和I/O接线

表8-11为PLC的I/O配置表,其I/O接线如图8-22所示。

表8-11 全自动洗衣机的PLC的I/O配置

| 输入设备 | | PLC | 输出设备 | | PLC |
|-----------------|-------|-------|-----------------|----------|-------|
| 代号 | 功能 | 输入继电器 | 代号 | 功能 | 输出继电器 |
| SB ₁ | 启动按钮 | I0.0 | YV ₁ | 进水电磁阀 | Q0.0 |
| SB ₂ | 停止按钮 | I0.1 | KM ₁ | 电动机正转接触器 | Q0.1 |
| SB ₃ | 排水按钮 | I0.2 | KM ₂ | 电动机反转接触器 | Q0.2 |
| SQ ₁ | 高水位开关 | I0.3 | YV ₂ | 排水电磁阀 | Q0.3 |
| SQ ₂ | 低水位开关 | I0.4 | YV ₃ | 脱水电磁离合器 | Q0.4 |
| | | | HA | 报警蜂鸣器 | Q0.5 |

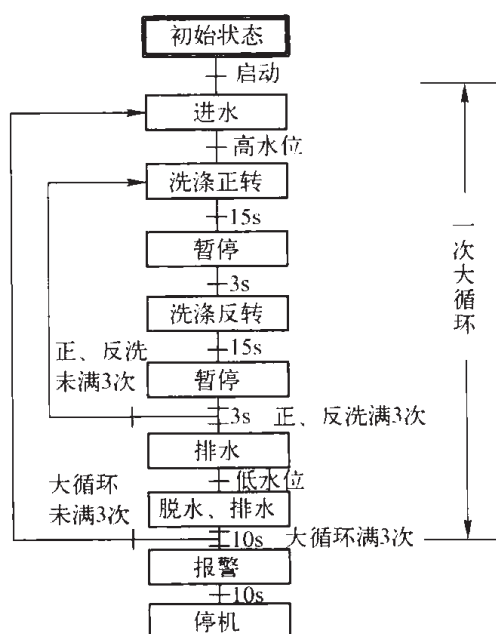


图8-22 全自动洗衣机I/O接线图

3. 顺序功能图和梯形图

如图 8-23 所示为 PLC 的顺序功能图,其梯形图如图 8-24 所示。

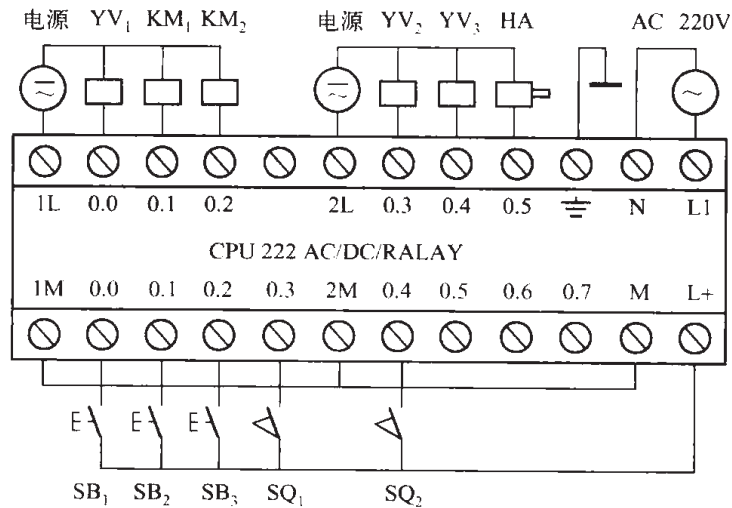


图 8-23 全自动洗衣机控制流程图

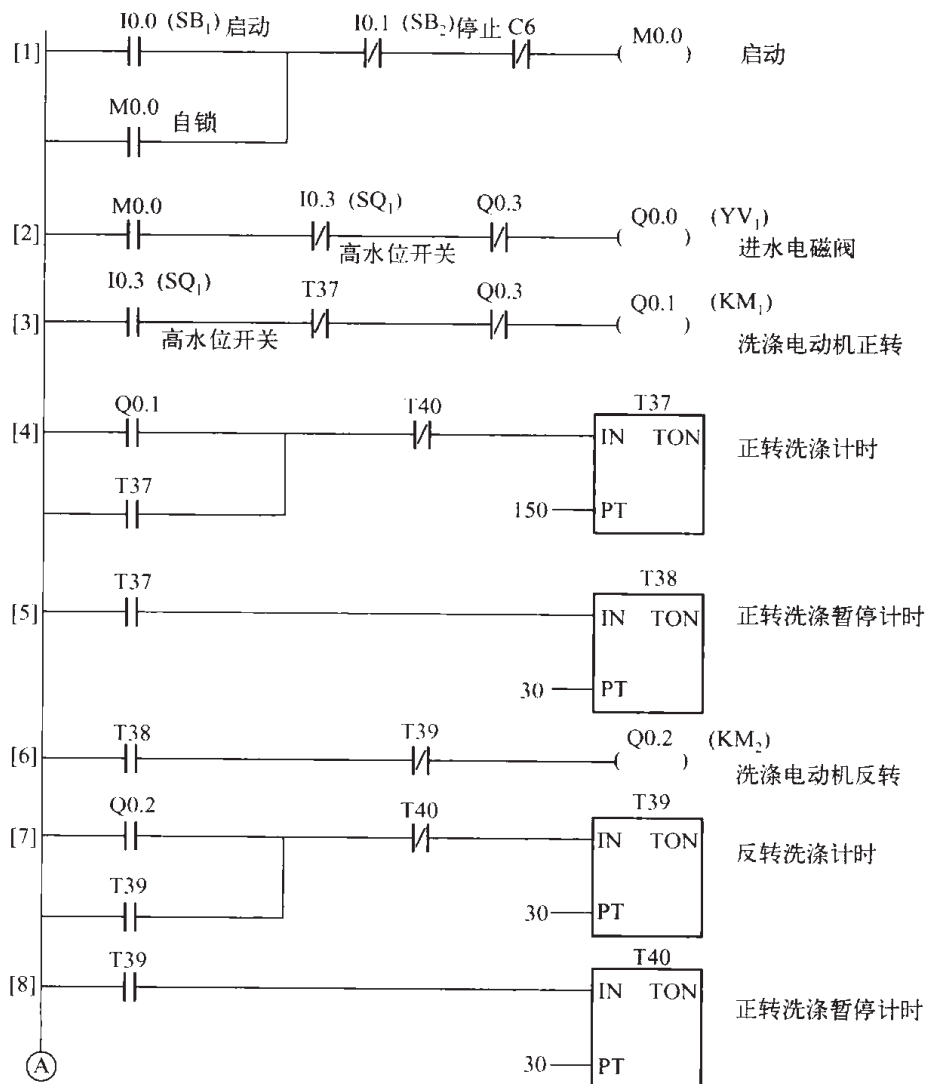


图 8-24 梯形图

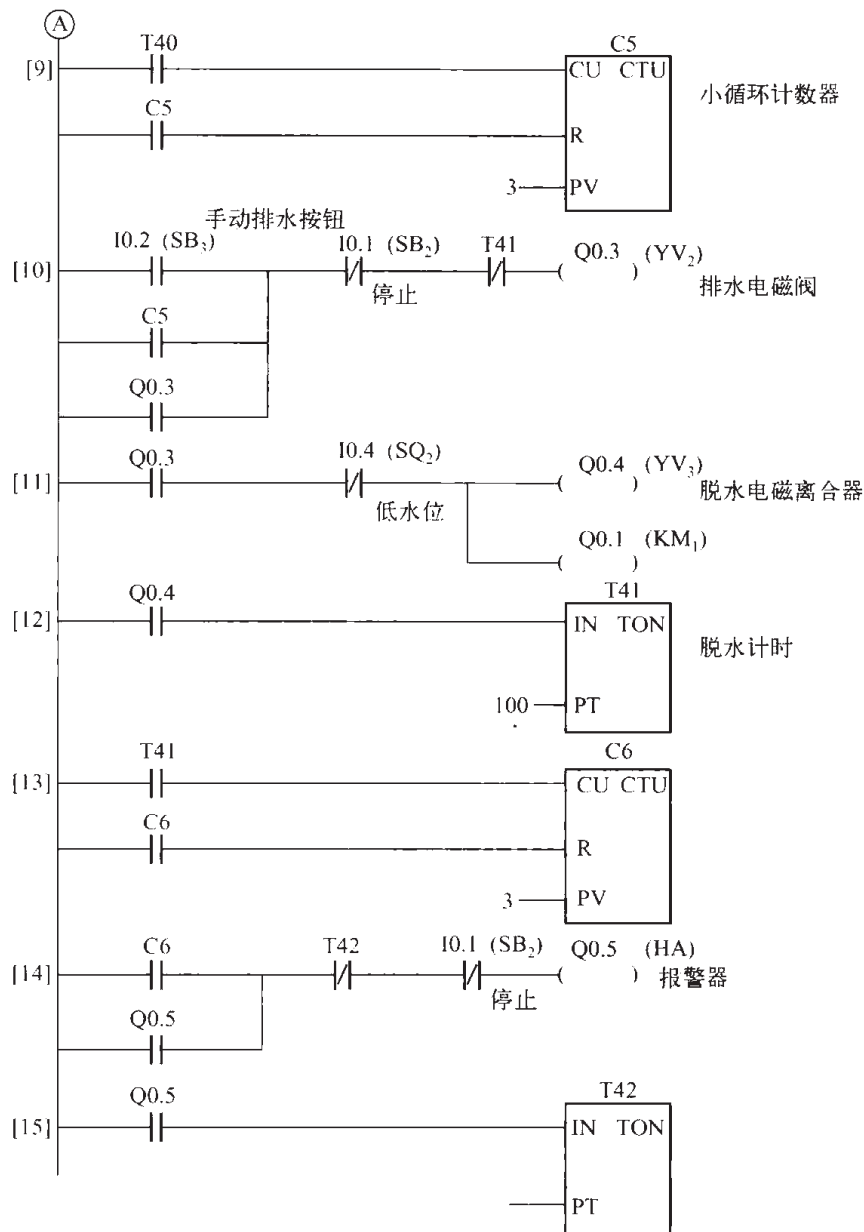
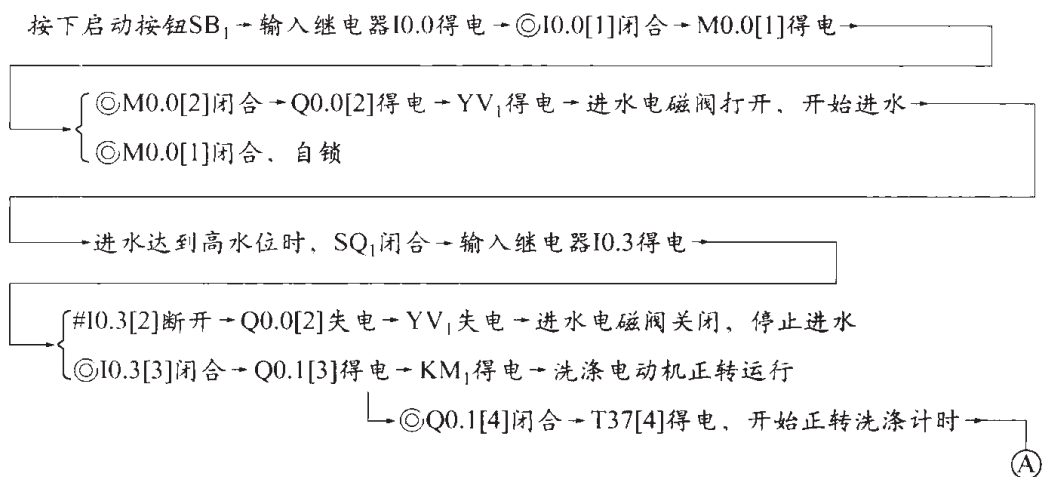
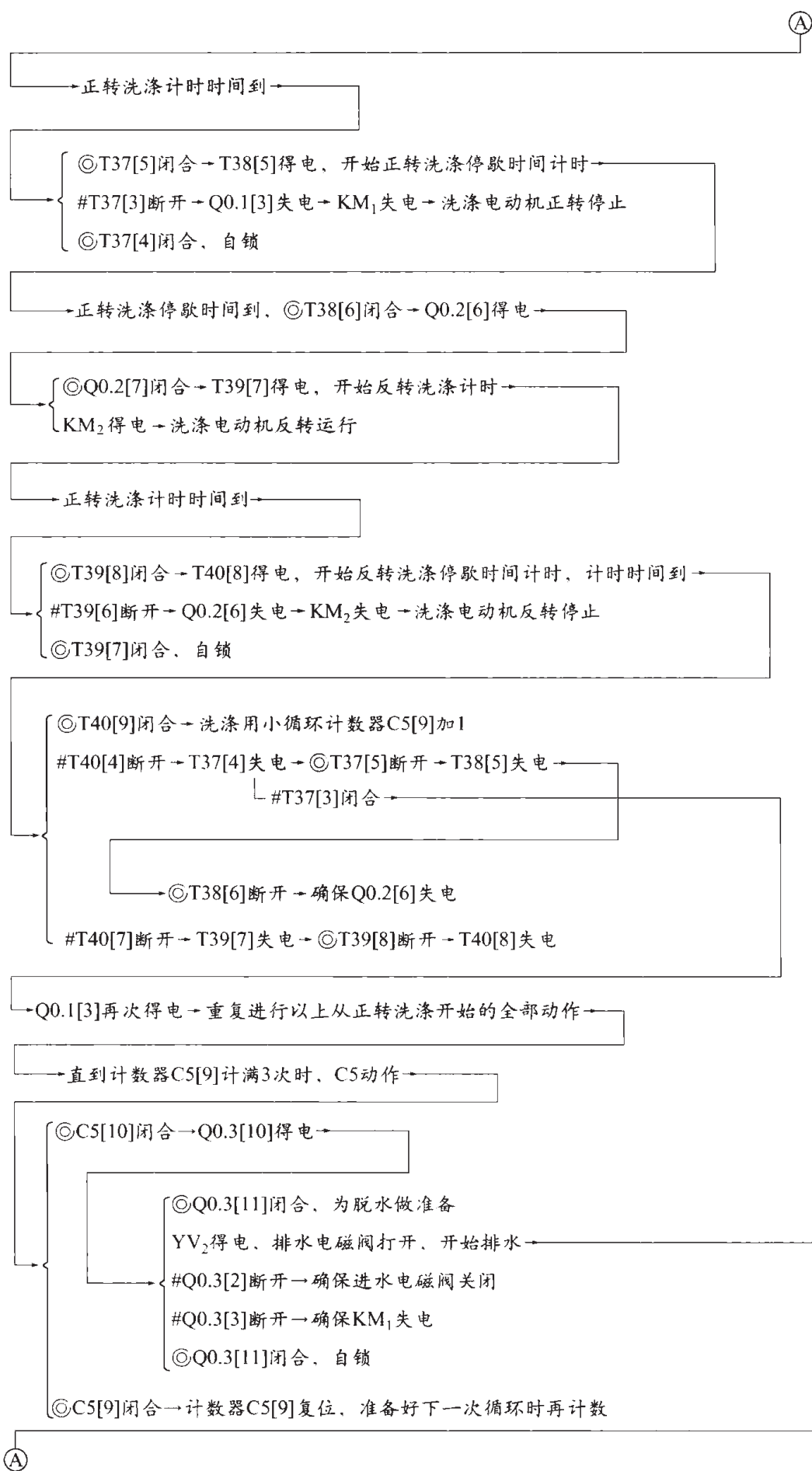
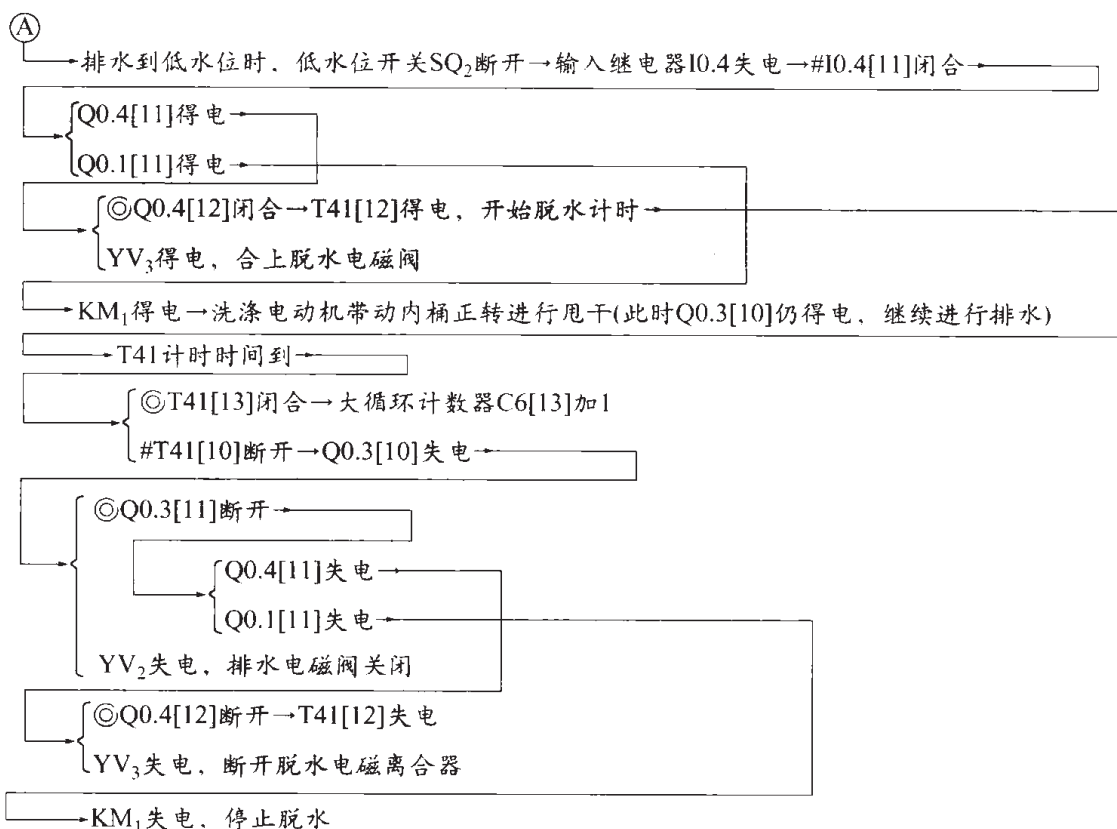


图 8-24 梯形图(续)

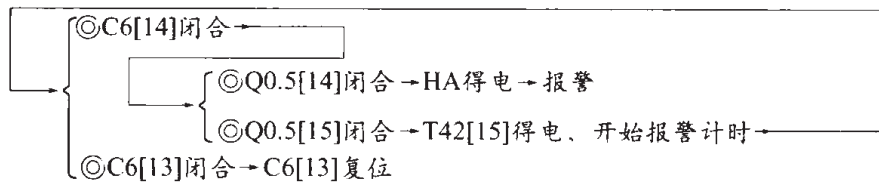
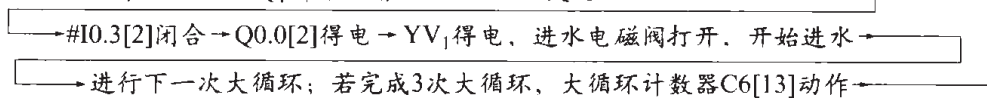
4. 电路工作过程







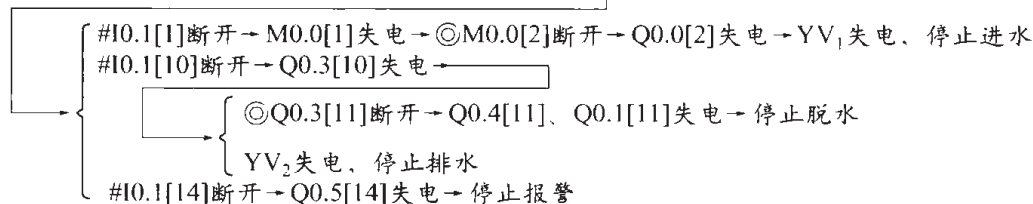
以上完成了一次从进水到脱水的大循环过程。若未完成3次大循环，则返回从进水开始的全部动作。脱水完成后，高水位开关SQ₁断开→输入继电器I0.3失电→



→T42计时时间到，#T42[14]断开→Q0.5[14]失电→◎Q0.5[15]断开→T42[15]失电

按下手动排水按钮SB₃→输入继电器I0.2得电→◎I0.2[10]闭合→Q0.3[10]得电→YV₂得电，实现手动排水

按下停止按钮SB₂→输入继电器I0.1得电→



第 9 章

PLC 在模拟量控制中的应用

PLC 的应用领域不仅仅局限在对开关量的控制系统,在模拟量控制系统中也有着十分广泛的应用。PLC 对模拟量控制是通过模拟量输入接口接收规定范围的电压或电流信号,按照用户程序的要求经过 CPU 的处理,经过模拟量输出接口输出模拟量信号,实现对模拟量的控制。在实际应用中,可通过 PLC 对模拟量处理能力,实现对温度、流量和压力等的控制。

德国西门子公司的 S7—200 系列产品配有模拟量模块,通过这些模块,可实现对模拟量的控制。S7—200 的模拟量模块包括:具有四路模拟量输入端的模拟量输入模块 EM231、具有两路模拟量输出端的模拟量输出模块 EM232、具有四路模拟量输入端和一路模拟量输出端的模拟量输入输出模块 EM235。首先对本章选用的模拟量输入模块 EM231 加以介绍。

1. 模拟量输入模块 EM231

模拟量信号是一种连续变化的物理量,如电压、电流、温度、压力等。在工业控制中,要对这些模拟量进行采样并送给 PLC 的 CPU,必须先对这些模拟量进行模/数(A/D)转换。模拟量输入模块就是用来将模拟信号转换成 PLC 所能接收的数字信号的。生产过程中的模拟信号是多种多样的,因此,一般现场变送器把它们变成统一的标准信号(如 4~20 mA 的直流电流信号、1~5 V 的直流电压信号),然后再送入模拟量输入模块,将模拟量输入信号转换成数字信号,以便 PLC 的 CPU 进行处理。模拟量输入模块一般由滤波、模/数(A/D)转换、光电转换器等组成,如图 9-1 所示。光电转换器有效地防止了电磁干扰,对多通道的模拟量输入单元,通常设置多路转换开关进行通道的切换,并且在输出端设置信号寄存器。

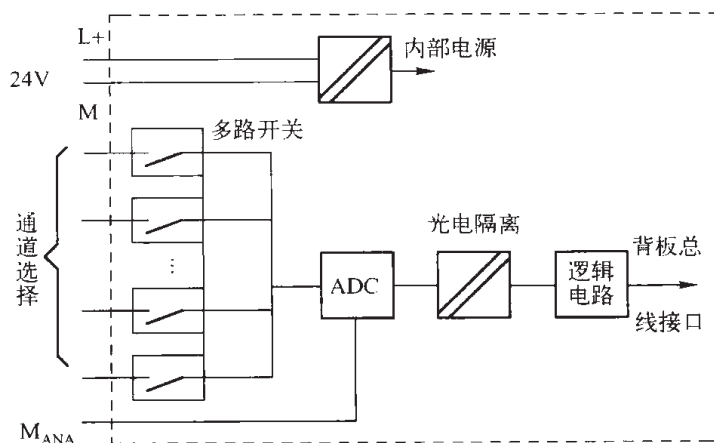


图 9-1 模拟量输入模块方框图

模拟量输入模块设有电压信号和电流信号输入端。输入信号经滤波、放大、模/数(A/D)转换得到的数字量信号,再经光电转换器进入 PLC 内部电路。

模拟量输入模块 EM231 具有 4 个模拟量输入通道。每个通道占用存储 AI 区域 2 个字节,并且从偶数字节开始存放,因此必须从偶数字节开始读取,如 AIW_0 、 AIW_2 、 AIW_4 等。模拟量输入值为只读数据。

1) EM231 接线图

图 9-2 所示为模拟量输入模块 EM231 的接线图。模块上共有 12 个端子,每 3 个端子为一组,可作为一路模拟量的输入通道,共有 4 组输入通道,即 A(RA 、 $A+$ 、 $A-$)、B(RB 、 $B+$ 、 $B-$)、C(RC 、 $C+$ 、 $C-$)、D(RD 、 $D+$ 、 $D-$)。

对于电压信号,只用两个端子,外部电压输入信号与相应回路的“+”、“-”端子相连,如图 9-2 中的 $A+$ 、 $A-$, RA 端不连接。对于电流输入需用 3 个端子,将 R 与“+”短接后,外部电流信号与相应回路的“+”、“-”端子相连,如图 9-2 中的 $C+$ 、 $C-$, RC 与 $C+$ 相连接。对于未用的通道应短接,如图 9-2 中的 $B+$ 、 $B-$ 相连接。

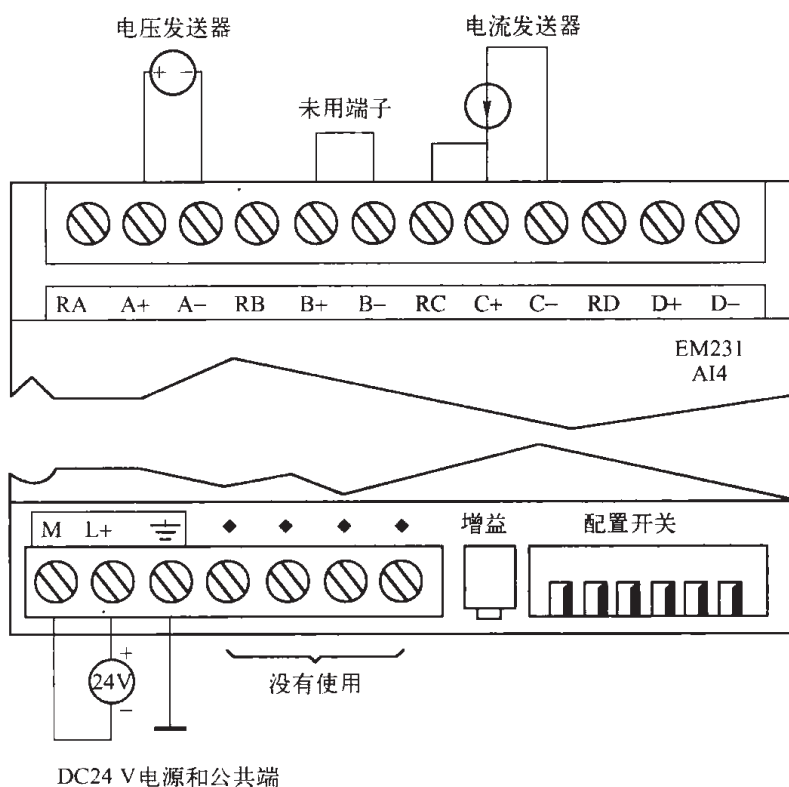


图 9-2 EM231 接线图

为满足共模电压小于 12 V 的要求,在使用 2 线制传感器时,要将信号电压和供电的 M 端采用共同的参考点,使共模电压为信号电压,参见图 9-1,将 2 线制传感器的正端接 $L+$,负端接 $D+$ 。

EM231 模块下部左端 M、 $L+$ 两端子应接入 DC 24 V 电源,右端分别是较准电位器和配置设定开关 DIP。

2) EM231 的技术指标

如表 9-1 所示为 EM231 的主要技术指标。

表 9-1 EM231 的主要技术指标

| 输入类型 | 电压输入 | | 电流输入 |
|------------|----------------------|---------------------|------------|
| | 单极性 | 双极性 | |
| 量程范围 | 0 ~ 10 V, 0 ~ 5 V | ±5 V, ±2.5 V | 0 ~ 20 mA |
| 数据字格式(全量程) | 0 ~ 32 000 | - 32 000 ~ + 32 000 | 0 ~ 32 000 |
| 输入分辨率 | 2.5 mV, 1.25 mV | 2.5 mV, 1.25 mV | 5 μA |
| A/D 转换器分辨率 | 12 位 | | |
| 输入响应时间 | 1.5 ms | | |
| 共模电压 | (信号电压 + 共模电压) ≤ 12 V | | |
| 输入阻抗 | ≥ 10 MΩ | | |

3) EM231 设置和校准

(1) EM231 设置

EM231 设置就是对模拟量模块输入端的种类、极性和量程等参数进行选择。通过调整 EM231 的开关 DIP, 可以选择模拟量模块输入端的种类、极性和量程等参数。

在模拟量输入模块 EM231 电源一侧的输入端子旁, 装有模拟量模块参数设置开关 DIP, 如图 9-3 所示。通过 DIP 开关, 可对模拟量模块输入端的种类、极性和量程等参数进行选择。

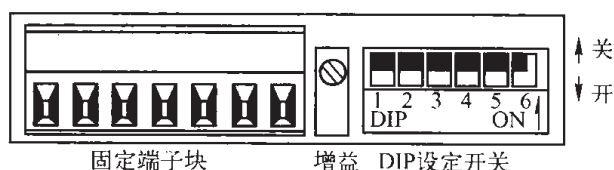


图 9-3 EM231 参数设置开关

开关 DIP 共有 6 个, 其中开关 SW₁ 用于单/双极性选择, 对于电流输入信号只能为单极性; 开关 SW₂ 和 SW₃ 用于量程范围和分辨率选择; 开关 SW₄ ~ SW₆ 未使用, 但必须设置到 OFF 的位置。具体设置如表 9-2 所示, 表中 ON 为接通, OFF 为断开。

表 9-2 EM231 的量程选择

| DIP 开关 | | | 量程范围 | | 分辨率 | | 极性选择 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|---------|------|------|
| SW ₁ | SW ₂ | SW ₃ | 电压 | 电流 | 电压 | 电流 | |
| ON | OFF | ON | 0 ~ 10 V, | | 2.5 mV | | 单极性 |
| | ON | OFF | 0 ~ 5 V | 0 ~ 20 mA | 1.25 mV | 5 μA | |
| OFF | OFF | ON | ±5 V | | 2.5 mV | | 双极性 |
| | ON | OFF | ±2.5 V | | 1.25 mV | | |

DIP 开关决定了模拟量模块输入端的设置, 对于同一个模拟量模块, 各输入端只能为相同的设置, 即 DIP 开关的设置应用于整个模块。此外, 开关设置只有在重新上电后才能生效。

(2) 输入校准

模拟量输入模块在出厂前已经进行了输入校准, 当输入信号与模拟量模块的量程一致时, 通常不需要进行校准。如果输入信号与模拟量模块的量程存在偏差或增益(满程)电位器被

调整过,则需要重新进行输入校准。校准输入的步骤如下:

- ① 断开模拟量模块电源,选择需要的输入量程。
- ② 接通 S7—200 主机模块和模拟量模块电源,使模拟量模块通电稳定 15 min。
- ③ 用一个变送器、一个电压源或一个电流源,将零值信号加到模拟量模块的一个输入端。
- ④ 读取该输入通道在 S7—200 主机模块中的测量值。
- ⑤ 调节模块上的偏置电位器,直到读数为零或需要的数字值。
- ⑥ 将一个满刻度模拟量信号接到模拟量模块的一个输入端,读出 A/D 转换后的值。
- ⑦ 调节模块上增益(满程)电位器,直到读数为 32 000 或需要的数字值。
- ⑧ 必要时,可重复校准偏值和增益过程,以保证准确性。

通过上述操作,可完成模拟量模块输入端的校准。

2. 模拟量控制编程方法

1) 模拟量信号的转换

模拟量输入信号通过 A/D 转换变成 PLC 可识别的数字信号,模拟量输出信号通过 D/A 转换将 PLC 的数字信号转换为模拟量输出信号。在 PLC 的程序设计中为了实现控制需要,将有关的模拟量通过手工计算转换为数字量,具体换算公式说明如下:

(1) 模拟量到数字量的转换公式

$$D = (A - A_0) \frac{(D_m - D_0)}{(A_m - A_0)} + D_0 \quad (9-1)$$

(2) 数字量到模拟量的转换公式

$$A = (D - D_0) \frac{(A_m - A_0)}{(D_m - D_0)} + A_0 \quad (9-2)$$

式中 A_m ——模拟量输入信号的最大值;
 A_0 ——模拟量输出信号的最小值;
 D_m —— A_m 经 A/D 转换得到的数值;
 D_0 —— A_0 经 A/D 转换得到的数值;
 A ——模拟量信号值;
 D —— A 经 A/D 转换得到的数值。

(3) 模拟量信号转换实例

已知 S7—200 的模拟量输入模块加入标准电信号为 4 ~ 20 mA ($A_0 \sim A_m$), 经 A/D 转换后数值为 6400 ~ 32 000 ($D_0 \sim D_m$)。

试分别计算:当输入信号为 8 mA 时,经 A/D 转换后存入模拟量输入寄存器 AIW 中的数值;当已知存入模拟量输入寄存器 AIW 中的数值是 16 000,则对应的输入端信号值:

① 由式(9-1)得 AIW 中的数值 D

$$D = (A - A_0) \frac{(D_m - D_0)}{(A_m - A_0)} + D_0 = (8 - 4) \times \frac{32\,000 - 6400}{20 - 4} + 6400 = 12\,800$$

② 由式(9-2)得输入端信号的值 A 为:

$$A = (D - D_0) \frac{(A_m - A_0)}{(D_m - D_0)} + A_0 = (16\,000 - 6400) \times \frac{20 - 4}{32\,000 - 6400} + 4 = 10 \text{ mA}$$

2) 输入模拟量的读取

输入模拟量模块的分辨率通常以 A/D 转换后的二进制数字量的位数来表示,模拟量输入模块 EM231 的输入信号经 A/D 转换后的数字量数据值是 12 位二进制。该数据值的 12 位在 CPU 中的存放格式如图 9-4 所示。最高有效位是符号位,0 表示正值数据,1 表示负值数据。

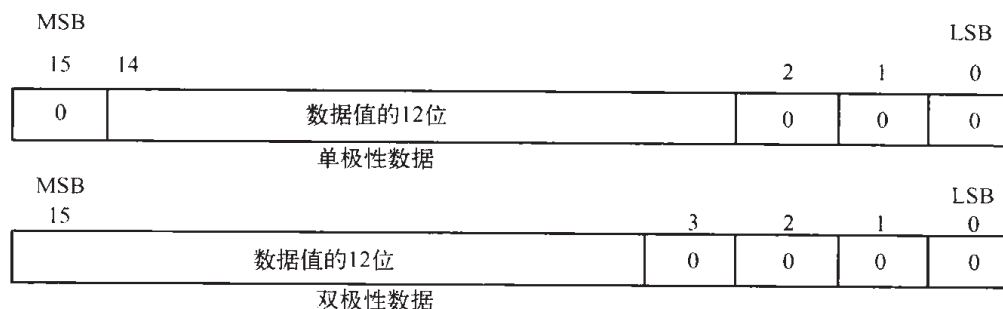


图 9-4 EM231 的输入数据存放格式

(1) 单极性数据格式

对于单极性数据,其存储单元(2 个字节)的第 3 位均为 0,数据值的 12 位(单极性数据)存储在第 3 ~ 14 位区域。这 12 位数据的最大值应为 $2^{15} - 8 = 32\,760$ 。模拟量输入模块 EM231 输入信号经 A/D 转换后单极性数据格式的全量程范围设置为 0 ~ 32 000。

差值 $32\,760 - 32\,000 = 760$ 则用于偏置/增益,由系统完成。由于第 15 位为 0,表示是正值数据。

(2) 双极性数据格式

对于双极性数据,其存储单元(2 个字节)的第 4 位均为 0,数据值的 12 位(双极性数据)存储在第 5 ~ 15 位区域。最高有效位是符号位,双极性数据格式的全量程范围设置为 $-32\,000 \sim +32\,000$ 。

在读取输入模拟量时,利用数据传送指令 MOV_W,可以从指定的模拟量输入通道将其读取到内存中,然后根据极性,利用移位指令或整数除法指令将其规格化,以便于处理数据值部分。

【例 9-1】 在自动称重混料控制系统的应用

1. 控制要求

自动称重混料装置可对多种原料按质量进行准确配料和混合,在工业生产中有着广泛应用。图 9-5 为自动称重混料控制装置示意图,混料罐自重 200 kg,每次混料的最大重量为 60 kg。混料过程如下:

- ① 按下启动按钮,打开进料阀 YV_1 ,向罐内加入原料 A,达到 250 kg 后关闭 YV_1 ,停止进 A 料;
- ② YV_1 关闭的同时打开进料阀 YV_2 ,向罐内加入原料 B,达到 450 kg 后关闭 YV_2 ,停止进 B 料;
- ③ YV_2 关闭的同时启动搅拌机,并打开进料阀 YV_3 ,向罐内加入原料 C,达到 500 kg 后关闭 YV_3 ,停止进 C 料;
- ④ 搅拌机继续工作 5 min 后,打开放料电磁阀 YV_4 开始放料,当混合料全部放完后,关闭放料阀 YV_4 并停止搅拌电动机。

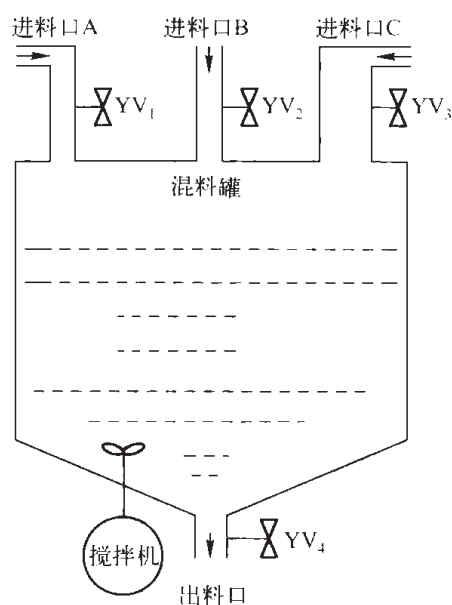


图9-5 自动称重混料控制装置示意图

2. 程序设计思路

自动称重混料控制的梯形图以自锁电路为基础,阀门的开启和关闭控制可通过比较指令实现;混料罐称重可通过质量传感器与质量变送器相连,通过质量变送器将质量信号转换成标准电流信号(4~20 mA)送入模拟量模块EM231的一个输入回路,实现对混料罐质量的检测。

该混料装置一次混料的总质量为500 kg;考虑到罐自重200 kg,以及使用中罐内的少量残留原料,将空罐质量预设为215 kg。为了能够通过比较指令实现对各个质量的准确控制,首先,要得到对应215 kg、450 kg、650 kg和700 kg时,模拟量输入寄存器AIW₀的数值 D_{215} 、 D_{450} 、 D_{650} 、 D_{700} 。根据控制要求,可知: $D_m = 32\ 000$, $D_0 = 6400$, $A_m = 800$ kg, $A_0 = 200$ kg,由公式(9-1)得:

$$D_{215} = (A - A_0) \frac{(D_m - D_0)}{(A_m - A_0)} + D_0 = (215 - 200) \times \frac{32\ 000 - 6400}{800 - 200} + 6400 = 7000$$

$$D_{450} = (A - A_0) \frac{(D_m - D_0)}{(A_m - A_0)} + D_0 = (450 - 200) \times \frac{32\ 000 - 6400}{800 - 200} + 6400 = 17\ 066$$

$$D_{650} = (A - A_0) \frac{(D_m - D_0)}{(A_m - A_0)} + D_0 = (650 - 200) \times \frac{32\ 000 - 6400}{800 - 200} + 6400 = 25\ 600$$

$$D_{700} = (A - A_0) \frac{(D_m - D_0)}{(A_m - A_0)} + D_0 = (700 - 200) \times \frac{32\ 000 - 6400}{800 - 200} + 6400 = 27\ 733$$

3. PLC的I/O接线图和I/O配置表

PLC的I/O接线图如图9-6所示。将模拟量功能模块EM231的输入端设置为单极性电流输入,DIP开关的具体设置为:SW₁和SW₂扳到ON位置,其余开关扳到OFF位置。输入/输出设备及PLC的I/O配置表如表9-3所示。

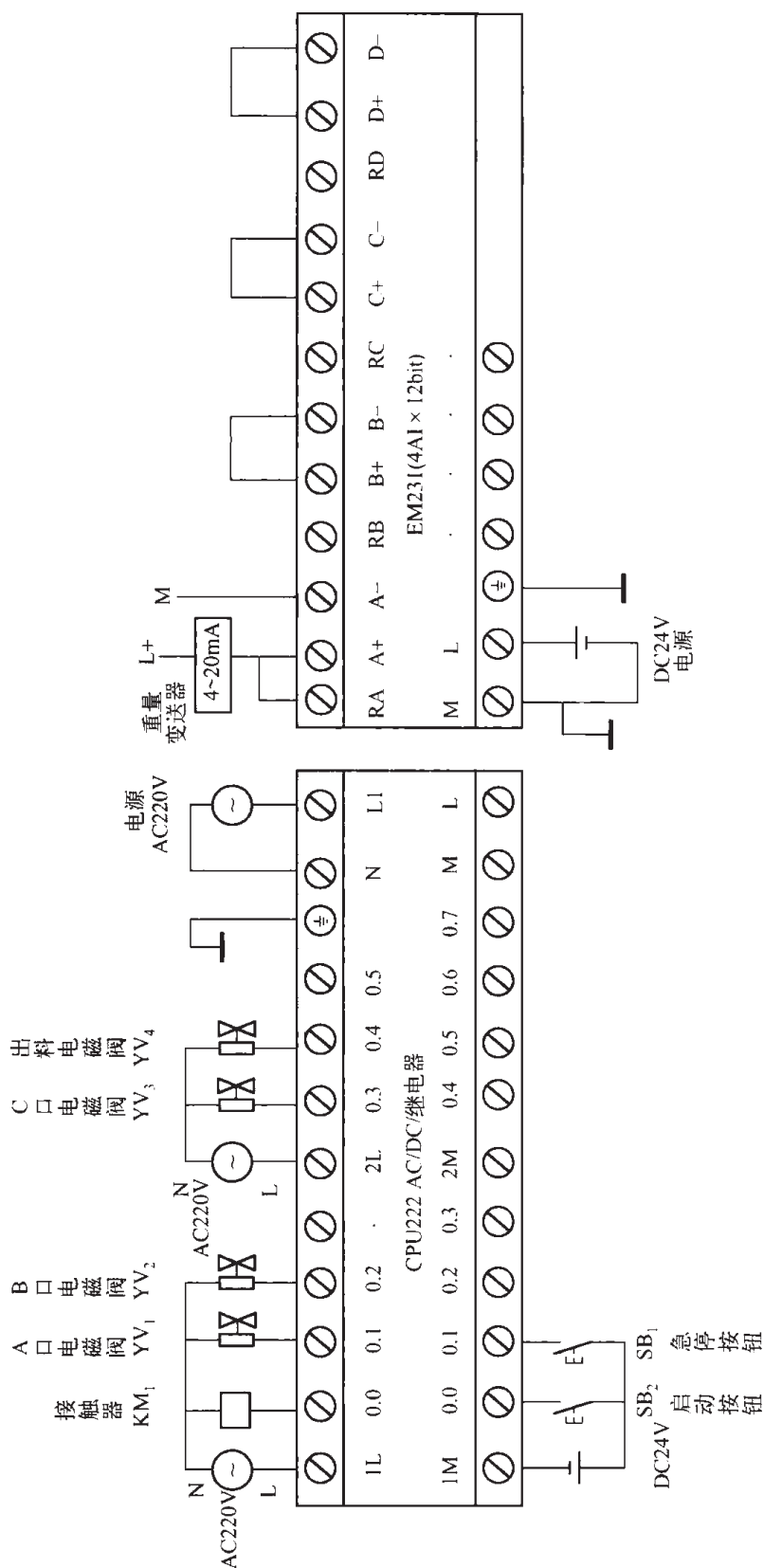


图 9-6 PLC 的 I/O 接线

表 9-3 输入/输出设备与 PLC 的 I/O 配置

| 输入设备 | | | 输出设备 | | |
|-----------------|-------|------------------|-----------------|-------------|-----------|
| 符 号 | 功 能 | PLC 输入继电器 | 符 号 | 功 能 | PLC 输出继电器 |
| SB ₂ | 启动按钮 | I0.0 | KM ₁ | 搅拌电机控制接触器 | Q0.0 |
| SB ₁ | 急停按钮 | I0.1 | YV ₁ | 进料口 A 控制电磁阀 | Q0.1 |
| | 质量变送器 | AIW ₀ | YV ₂ | 进料口 B 控制电磁阀 | Q0.2 |
| | | | YV ₃ | 进料口 C 控制电磁阀 | Q0.3 |
| | | | YV ₄ | 出料口控制电磁阀 | Q0.4 |

4. 梯形图和时序图

图 9-7 为自动称重混料控制的梯形图,其时序图如图 9-8 所示。

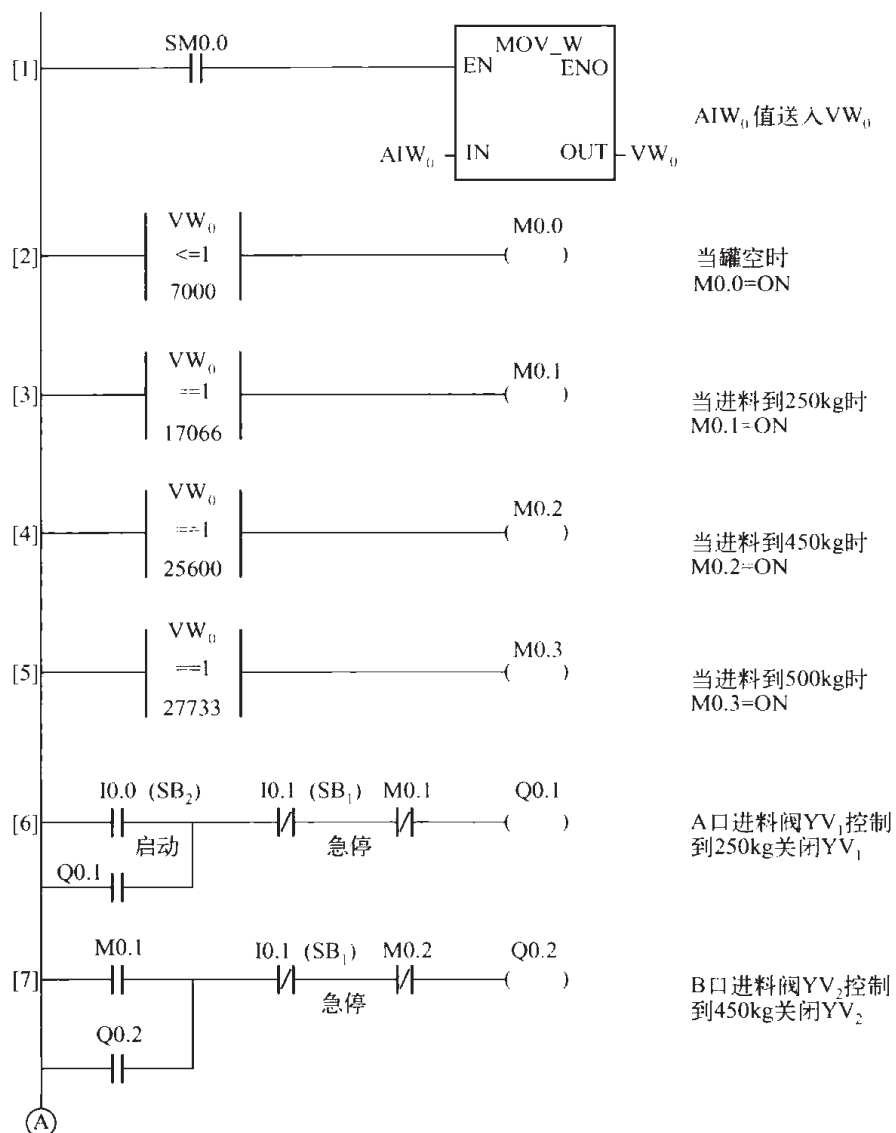


图 9-7 自动称重混料控制的梯形图

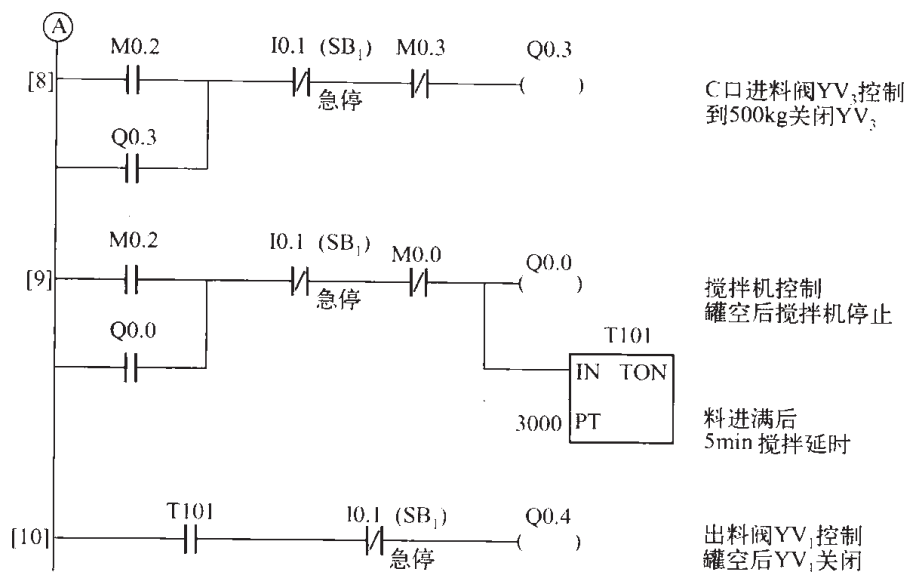


图 9-7 自动称重混料控制的梯形图(续)

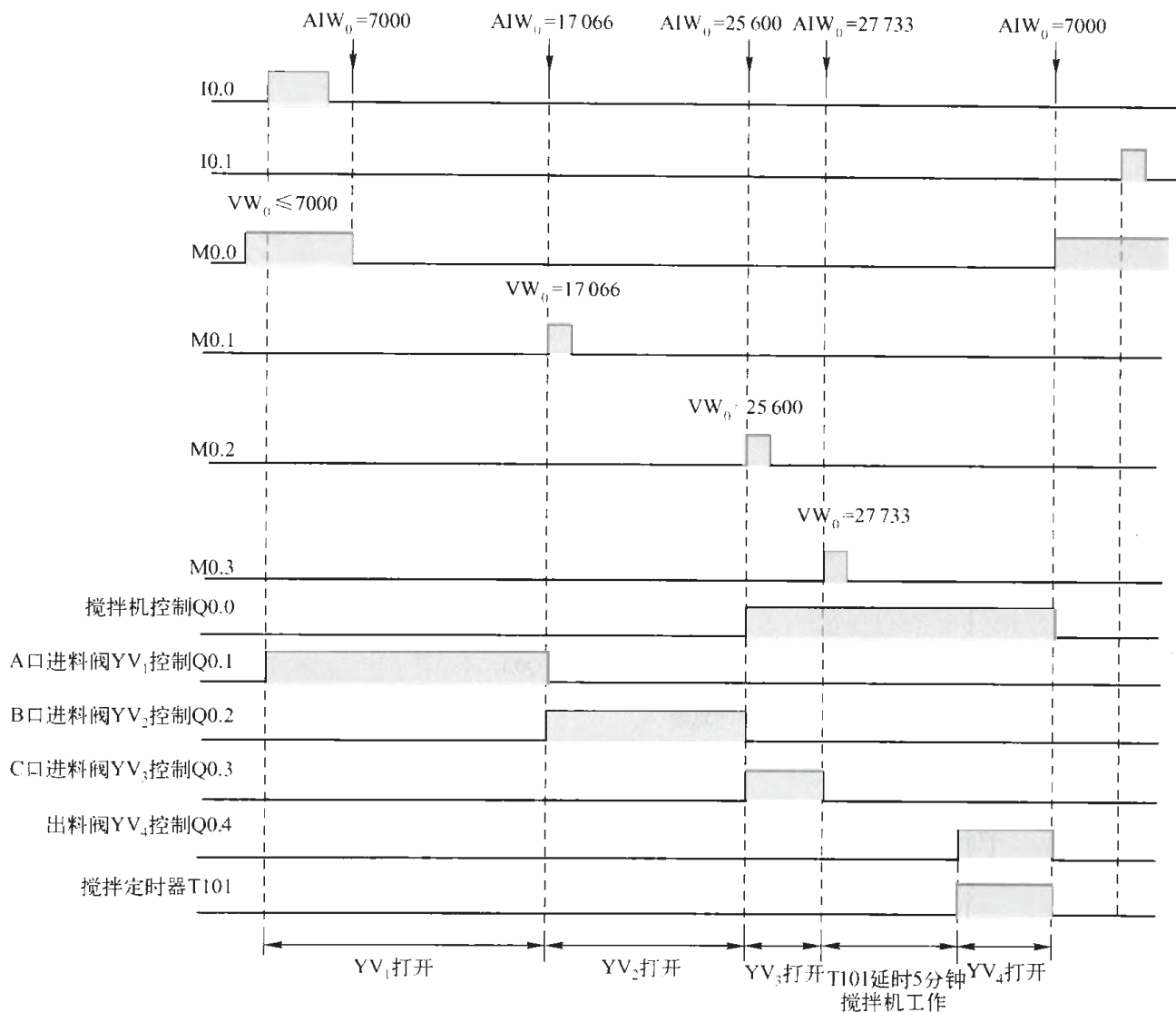


图 9-8 自动称重混料控制的时序图

5. 工作过程

(1) 由进料口 A 进料 250 kg

按下启动按钮SB₂→输入继电器I0.0得电→动合触点©I0.0[6]闭合→输出继电器Q0.1[6]得电并自锁→电磁阀YV₁得电吸合→进料口A打开,开始向混料罐进料

与此同时,质量变送器信号送入AIW₀中→通过传送指令[1]将AIW₀中数据送入VW₀中→通过比较指令[2]~[5],将VW₀中数据与设定值比较,

当VW₀中数据小于等于7000时→比较触点[2]闭合→辅助继电器M0.0[2]得电,表明混料罐处于清空状态。

(2) 由进料口 B 进料 200 kg

当VW₀中数据等于17066时→比较触点[3]闭合→辅助继电器M0.1[3]得电→

动合触点©M0.1[7]闭合→输出继电器Q0.2[7]得电并自锁→电磁阀YV₂得电吸合→进料口B打开,向混料罐进料
 动断触点#M0.1[6]断开→输出继电器Q0.1[6]断电并消除自锁→电磁阀YV₁失电→进料口A关闭

(3) 由进料口 C 进料 50 kg

当VW₀中数据等于25600时→比较触点[4]闭合→辅助继电器M0.2[9]得电→

动合触点©M0.2[8]闭合→输出继电器Q0.3[8]得电并自锁→电磁阀YV₃得电吸合→进料口C打开,向混料罐进料
 动合触点©M0.2[9]闭合→输出继电器Q0.0[9]得电并自锁→接触器KM₁的得电→混料电动机启动,开始混料
 动断触点#M0.2[7]断开→输出继电器Q0.2[7]断电并消除自锁→电磁阀YV₂失电→进料口B关闭

(4) 混料 5 min

当VW₀中数据等于27733时→比较触点[5]闭合→辅助继电器M0.3[5]得电→动断触点#M0.3[8]断开→输出继电器Q0.3[8]断电并消除自锁→

电磁阀YV₃失电→进料口C关闭
 动断触点#Q0.3[9]闭合→定时器T101[9]开始延时5min。搅拌机继续工作。

(5) 排料

定时器T101延时5 min到→动合触点©T101[10]闭合→输出继电器Q0.4[10]得电→电磁阀YV₄得电吸合→排料口打开,开始排料。此时,搅拌机继续工作

当VW₀中数据小于等于7000时,料已排净→比较触点[2]闭合→辅助继电器M0.0[2]得电→动断触点#M0.0[9]断开→

输出继电器Q0.0[9]断电并消除自锁→搅拌机停止工作
 定时器T101[9]断电→动合触点©T101[10]断开→输出继电器Q0.4[10]断电→电磁阀YV₄失电→排料口关闭

如此,完成一次混料过程。

(6) 急停

急停按钮的设置是为了在突发事件时,能够使设备迅速停止工作,避免事故的发生。

按下急停按钮SB₁→输入继电器I0.1得电→动断触点#I0.0[6~10]断开→输出继电器Q0.0、Q0.1、Q0.2、Q0.3、Q0.4断电→接触器KM₁、电磁阀YV₁、YV₂、YV₃、YV₄断电→搅拌电动机停止、进料口A、进料口B、进料口C和出料口关闭

参 考 文 献

- [1] 陈立定. 电气控制与可编程序控制器. 广州:华南理工大学出版社,2001
- [2] 弭洪涛. PLC 应用技术. 北京:中国电力出版社, 2004
- [3] 陈立定. PLC 分析与应用. 北京:电子工业出版社,2004
- [4] 廖常初. PLC 编程及应用. 北京:机械工业出版社, 2004
- [5] 田叔珍. 可编程序控制器原理及应用. 北京:机械工业出版社,2005
- [6] 吴中俊. 可编程序控制器原理及应用. 北京:机械工业出版社,2005
- [7] 王本轶. 机电设备控制基础. 北京:机械工业出版社,2005
- [8] 郑凤翼. 图解 PLC 控制系统梯形图和语句表. 北京:人民邮电出版社,2006
- [9] 施利春. PLC 操作实训. 北京:机械工业出版社,2007
- [10] 吴作明. PLC 开发与应用实例详解. 北京:航空航天大学出版社,2007
- [11] 何献忠. 可编程序控制器应用技术. 北京:清华大学出版社,2007
- [12] 龙志文. SIMATIC S7 PLC 原理及应用. 北京:机械工业出版社,2007
- [13] 戴仙金. 西门子 S7—200 系列 PLC 应用与开发. 北京 :中国水力水电出版社,2001