

第5章

PLC数字量控制系统梯形图程序设计方法

本章主要介绍常用的数字量控制系统梯形图的设计方法，主要有经验设计法和顺序控制设计法。

经验设计法实际上是沿用了传统的继电器-接触器系统电气原理图的设计方法，即在一些典型单元电路的基础上，根据被控对象对控制系统的具体要求，不断地修改和完善梯形图。有时需要多次反复调试和修改梯形图，最后才能得到较为满意的结果，一般可用于较简单的梯形图程序设计。

根据顺序功能图设计梯形图时，可以用位存储器来代表各步。当某一步为活动步时，对应的存储器位状态为 1；当条件转换满足时，该步的后续步变为活动步，前级步变为非活动步。

5.1 梯形图的经验设计

5.1.1 启动、保持、停止控制电路

启动、保持、停止控制电路简称为启保停电路，因为该电路是具有记忆功能的电路，所以在梯形图中应用范围很广，如图5-1(a)所示。

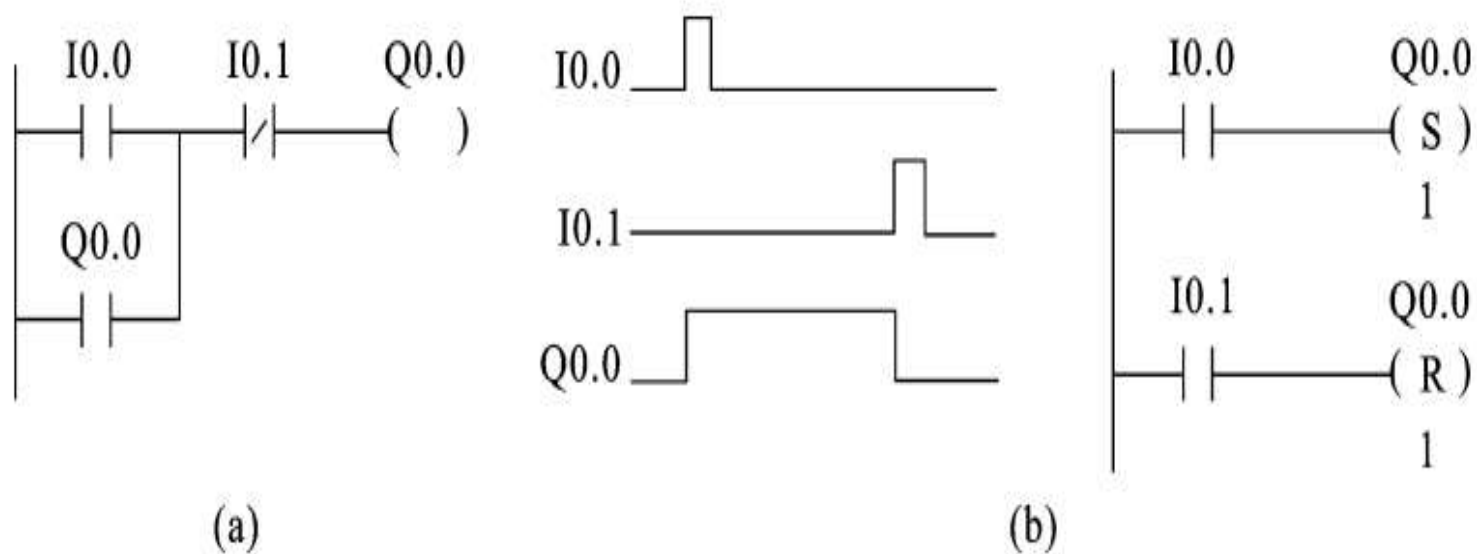


图5-1 有记忆功能的电路

按下起点按钮I0.0，其常开触点闭合，使Q0.0线圈接通。如图5-1(b)所示。

5.1.2 电动机正、反转控制电路

电动机正、反转控制电路如图5-2所示。

图5-2(a)中SB1为正转启动按钮，SB2为反转启动按钮，SB3为停止按钮，KM1为正转接触器，KM2为反转接触器。实现电动机正、反转功能的梯形图如图5-2(b)所示。该梯形图是由两个启动、保持、停止控制电路的梯形图，再加上二者之间的互锁触点构成。

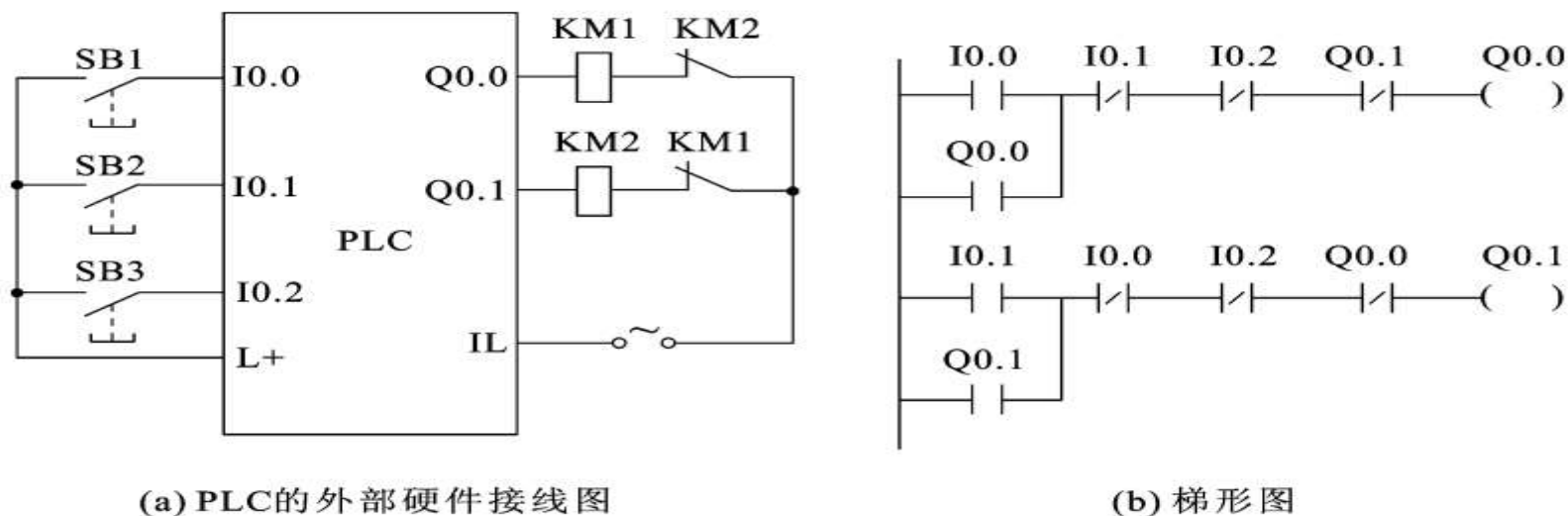


图5-2 电动机的正反转控制电路

应该注意的是：

图5-2虽然在梯形图中已经有了内部软继电器的互锁触点(Q0.0与Q0.1)，但在外部硬件输出电路中还必须使用KM1、KM2的常闭触点进行互锁。这是因为PLC内部软继电器互锁只相差一个扫描周期，而外部硬件接触器触点的断开时间往往大于扫描周期，来不及响应。例如，Q0.0虽然断开，但可能KM1的触点还未断开，在没有外部硬件互锁的情况下，KM2的触点可能接通，引起主电路短路，因此，必须采用软硬件的双重互锁。

5.1.3 定时器和计数器的应用电路

S7-300系列PLC的定时器最长的定时时间为3276.7s，如果需要更长的定时时间，可以使用定时器和计数器组合的长延时电路。

1. 用计数器设计长延时电路

如果需要更长的延时时间，可用计数器和特殊位存储器组成长延时电路，如图5-3所示。

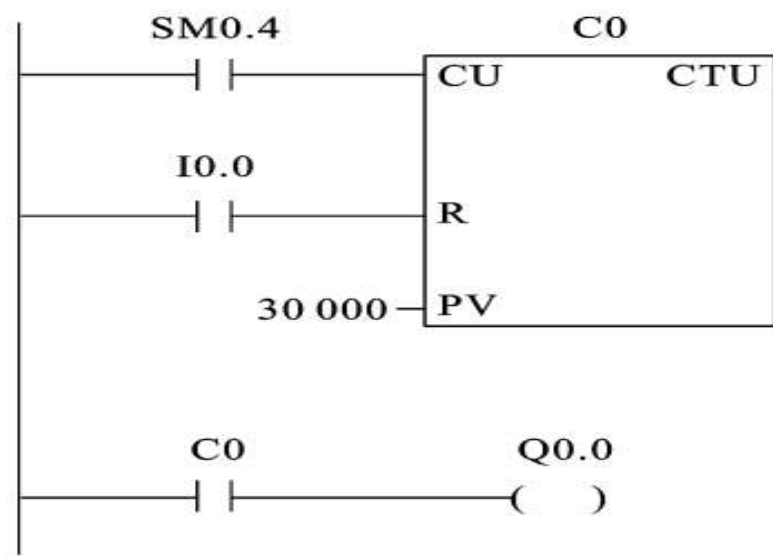


图5-3 长延时电路

2. 用定时器设计延时接通/延时断开电路

电路的控制要求如图5-4所示。使用I0.1控制Q0.1，当I0.1的常开触点闭合时，定时器T37开始延时，10s后T37的常开触点闭合，使延时定时器T38的线圈通电，T38的常开触点闭合，使Q0.1的线圈通电。当I0.1触点断开时，T37线圈断电，T37常开触点断开，断开延时定时器T38开始延时，8s后T38的延时时间到，其常开触点断开，使Q0.1线圈断电。

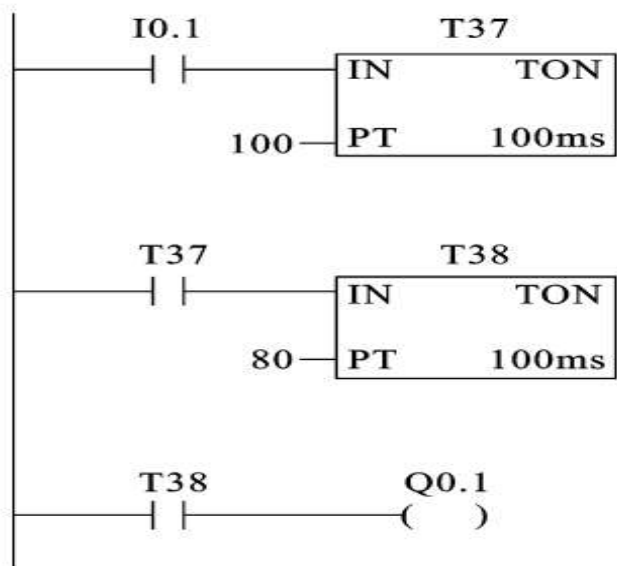


图5-4 延时接通/延时断开电路

使用定时器与计数器组合的长延时电路如图5-5所示。当I0.1为断开状态时，100ms定时器T38和加计数器C1处于复位状态，不能工作。当I0.1为接通状态时，其常开触点接通，T38开始定时。当当前值等于设定值60s时，T38的定时时间到，T38的常闭触点断开，使其自己复位，复位后T38的当前值变为0，同时T38的常开触点闭合，使计数器的当前值加1。

当T38的常闭触点再次闭合时，又重新使T38的线圈通电，从而又开始定时。T38一直这样周而复始的工作，直到I0.1变为OFF为止。由此可知，梯形图的网络1是一个脉冲信号发生器电路，脉冲周期等于T38的设定值(60s)。

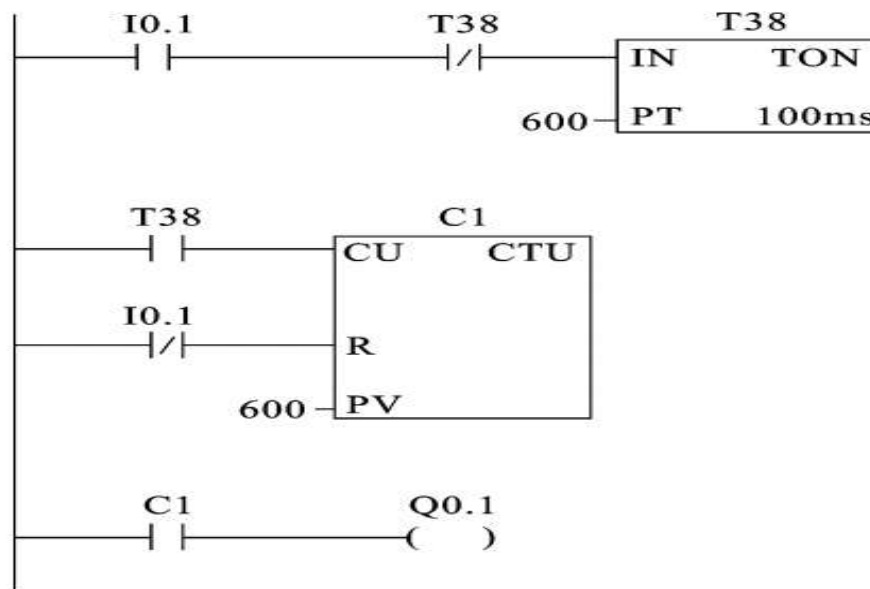


图5-5 用定时器和计数器组合的长延时电路

这种定时器自复的电路只能用于100ms的定时器，如果需要用1ms或10ms的定时器来产生周期性的脉冲，则应使用下面的程序。

```
LDN    M0.1      //T33 和 M0.1 组成脉冲发生器
TON    T33,600   //T33 的设定值为 600 ms
LD     T33
=      M0.1
```

图5-5中T38产生的脉冲送给C1计数，计满600数(即10h)后，C1的当前值等于设定值，C1的常开触点闭合，Q0.1有输出。

设T38和C1的设定值分别为KT和KC，对于100ms的定时器，总的定时时间(s)为 $T=0.1KT \times KC$ 。

5.1.4 经验设计法举例

下面通过水塔水位控制系统的梯形图设计来介绍经验设计法。

图5-6所示为水塔水位控制系统实验面板图。当水池水位低于水池低水位界(S4为ON表示)，阀Y打开进水(Y为ON)，定时器开始定时，4 s后，如果S4还不为OFF，那么阀Y指示灯闪烁，表示阀Y没有进水，出现故障，S3为ON后，阀Y关闭(Y为OFF)。

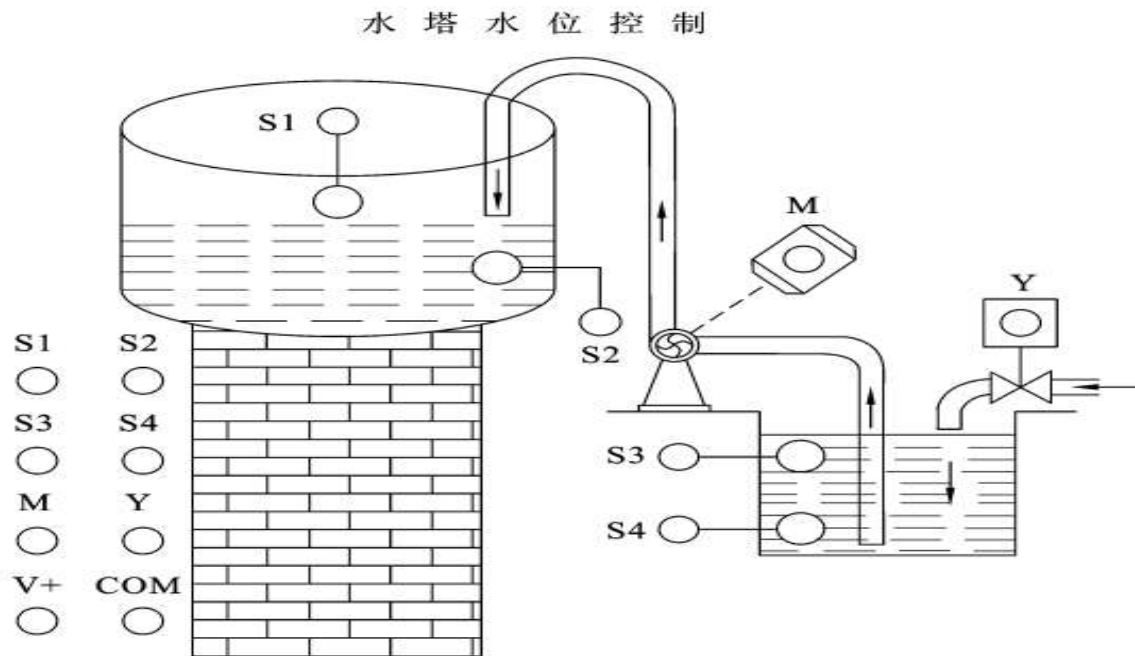


图5-6 实验面板图

当S4为OFF且水塔水位低于水塔低水位界时，S2为ON，电机M运转抽水。当水塔水位高于水塔高水位界时电机M停止。其梯形图见图5-7。

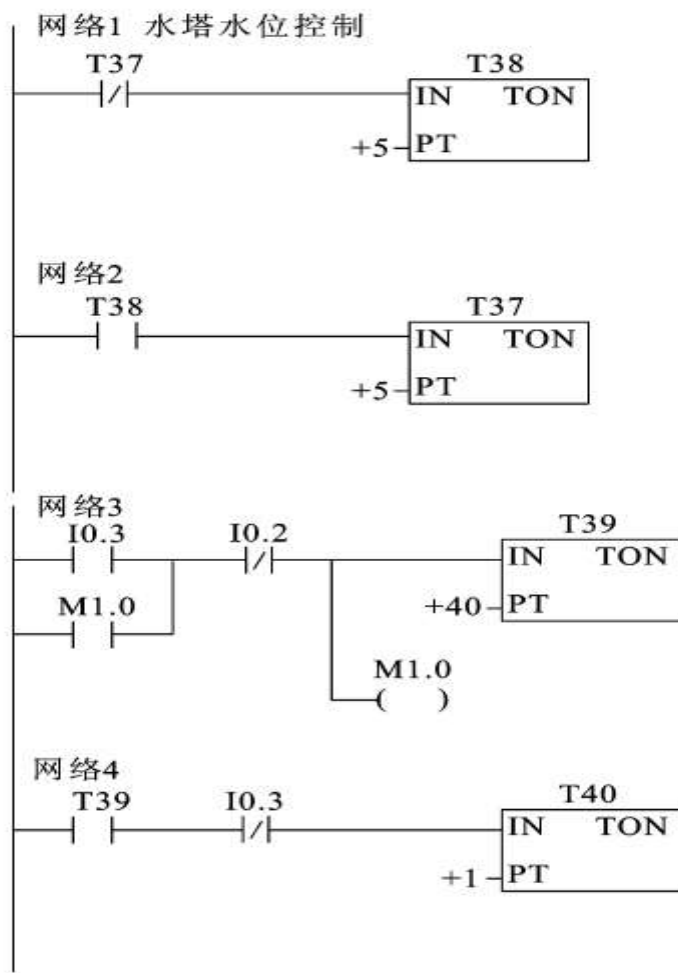
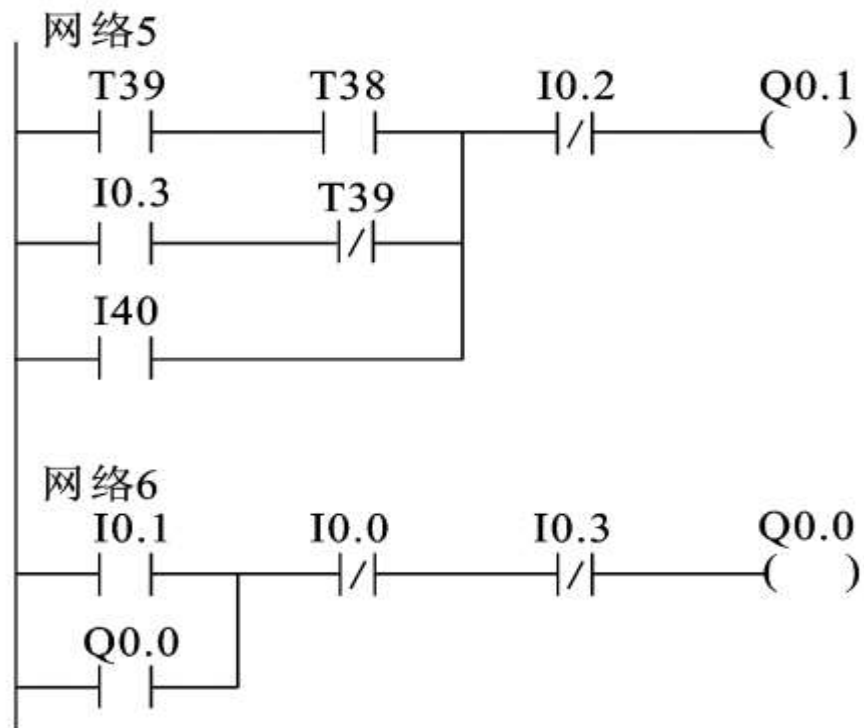


图5-7 梯形图



续图 5-7

表5-1为系统输入输出接线表

输入				输出	
S1	S2	S3	S4	M	Y
I0.0	I0.1	I0.2	I0.3	Q0.0	Q0.1

5.2 继电器电路转换梯形图的方法

5.2.1 基本方法

PLC使用与继电器电路图几乎相似的梯形图语言，如果用PLC改造继电器控制系统，根据继电器电路图来设计梯形图是一条捷径。这是因为原有的继电器控制系统经过长期的使用和考验，已经被证明能够完成系统要求的控制功能，而继电器电路图又与梯形图有很多相似之处，因此可以将继电器电路图“翻译”成梯形图，即用PLC的外部硬件接线图和梯形图程序来实现继电器系统的功能。

这种设计方法一般不需要改动控制面板，保持了系统原有的外部特性，操作人员不用改变其长期形成的操作习惯。

在分析PLC控制系统的功能时，可以将PLC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，梯形图是这个控制箱的内部“线路图”，梯形图中的输入位(I)和输出位(Q)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中输入位的触点想象成对应的外部输入器件的触点，将输出位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。

将继电器电路图转换为与之功能相同的PLC的外部接线图和梯形图的步骤如下。

(1) 了解和熟悉被控设备的工艺过程和机械的动作情况，根据继电器电路图分析和掌握控制系统的工作原理，这样才能做到在设计 and 调试控制系统时心中有数。继电器电路图如图5-8所示。

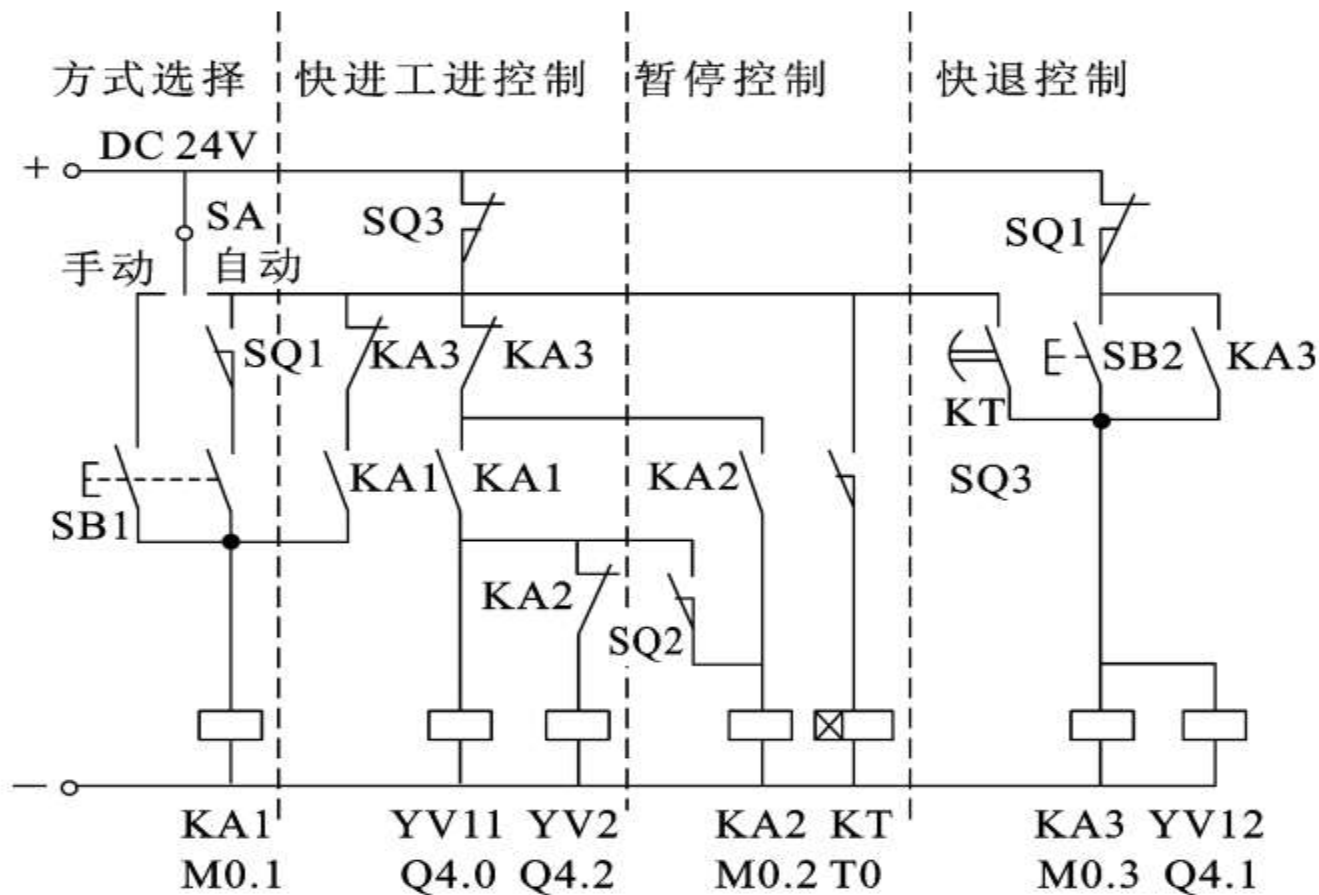


图5-8 继电器电路图

(2) 确定PLC的输入信号和输出负载，以及与它们对应的梯形图中的输入位和输出位的地址，画出PLC的外部接线图。PLC外部接线图如图5-9所示。

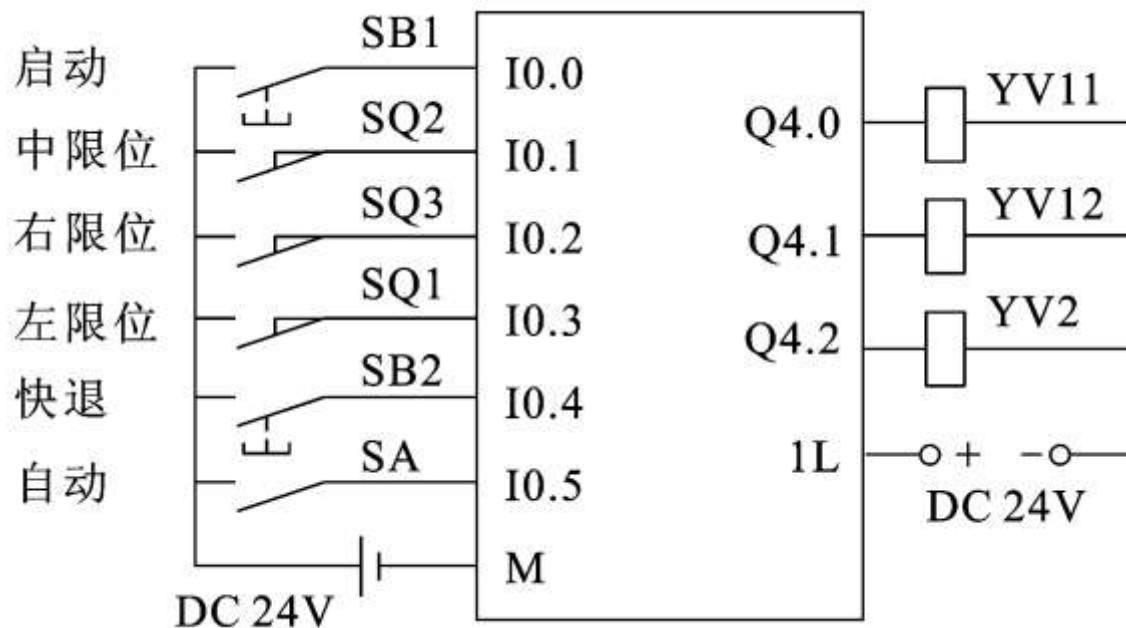


图5-9 PLC外部接线图

(3) 确定与继电器电路图中的中间继电器、时间继电器对应的梯形图中的位存储器(M)和定时器(T)的地址。这一步建立了继电器电路图中的元件和梯形图中编程元件的地址之间的对应关系。

(4) 根据上述对应关系画出梯形图，如图5-10所示。

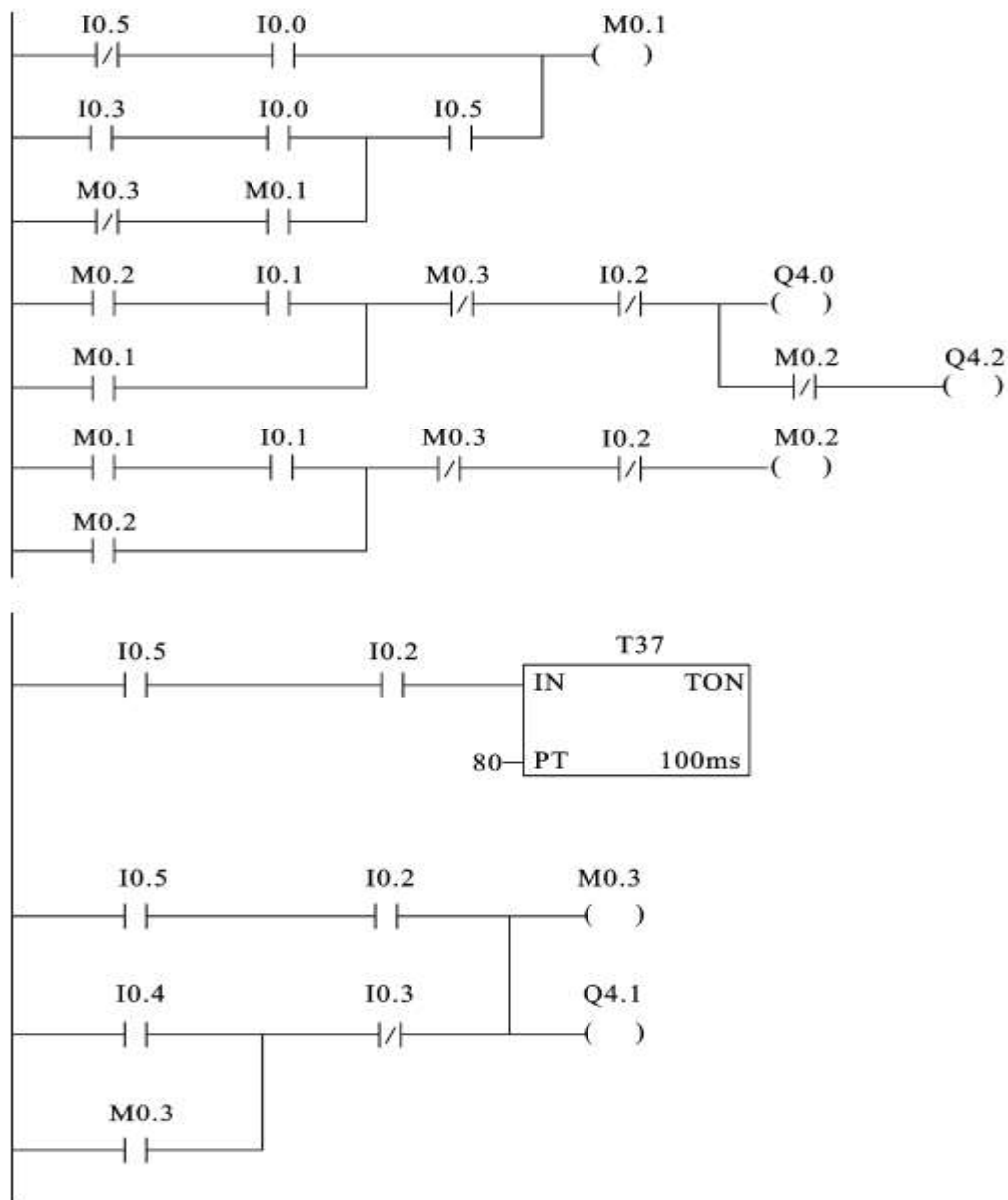


图5-10 梯形图

图5-8所示是某三速异步电动机启动和自动加速的继电器控制电路图，图5-9和图5-10是实现相同功能的PLC控制系统的外部接线图和梯形图。

继电器电路图中的交流接触器和电磁阀等执行机构如果用PLC的输出位来控制，则它们的线圈应接在PLC的输出端。按钮、控制开关、限位开关、光电开关等器件用于给PLC提供控制命令和反馈信号，它们的触点接在PLC的输入端，一般使用常开触点。继电器电路图中的中间继电器和时间继电器(例如图5-8中的KA、KT)的功能可以用PLC内部的位存储器来完成，它们与PLC的输入位、输出位无关。

图5-8中的时间继电器KT的触点是瞬动触点，即该触点在KT的线圈通电的瞬间接通。在梯形图中，在与KT对应的T38功能块的两端并联有M0.2的线圈，可用M0.2的常开触点来模拟KT的瞬动触点。

5.2.2 注意事项

梯形图和继电器电路虽然表面上看起来差不多，实际上却有本质的区别。继电器电路是通过同一个继电器的多对触点控制的多个继电器，其状态可能同时变化。而PLC的CPU是串行工作的，即CPU同时只能处理一条与触点和线圈有关的指令。

根据继电器电路图设计PLC的外部接线图和梯形图时应注意以下几方面的问题。

1. 应遵守梯形图语言中的语法规定

例如，在继电器电路图中，触点可以放在线圈的左边，也可以放在线圈的右边，但是在梯形图中，线圈必须放在电路的最右边。

对于图5-8中所示的控制KM1和KT1线圈那样的电路，即两条包含触点和线圈的串联电路组成的并联电路，如果用语句表编程，则需要使用逻辑入栈(LPS)、逻辑读站(LRD)和逻辑出站(LPP)指令；如果将各线圈的控制电路分开来设计(见图5-10)，则可以避免使用堆栈指令。

2. 设置中间单元

在梯形图中，若多个线圈都受某一触点并串联电路的控制，为了简化电路，在梯形图中可以设置用该电路控制的位存储器（如图5-10中的M0.1），它类似于继电器电路中的中间继电器。

3. 尽量减少PLC的输入信号和输出信号

PLC的价格与I/O点数有关，每一输入信号和每一输出信号分别要占用一个输入点和一个输出点，因此，减少输入信号和输出信号的点数是降低硬件费用的主要措施。

与继电器电路不同，梯形图一般只需要同一输入器件的一个常开触点给PLC提供输入信号。并且在梯形图中，可以多次使用同一输入位的常开触点和常闭触点。

在继电器电路图中，如果几个输入器件的触点的串并联电路总是作为一个整体出现，可以将它们作为PLC的一个输入信号，只占PLC的一个输入点。

某些器件的触点如果在继电器电路图中只出现一次，并且与PLC输出端的负载串联(例如，有锁存功能的热继电器的常闭触点)，不必将它们作为PLC的输入信号，可以将它们放在PLC外部的输出回路，仍与相应的外部负载串联。

继电器控制系统中某些相对独立且比较简单的部分，可以继续使用继电器电路控制，这样也同时减少了所需的PLC的输入点和输出点。

4. 设立外部联锁电路

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，应在PLC外部设置硬件联锁电路。图5-8中的KA1-KA3的线圈不能同时通电，因此，除了在梯形图中设置与它们对应的输出位的线圈串联的常闭触点组成的联锁电路外，还应在PLC外部设置硬件联锁电路。

如果在继电器电路中有接触器之间的联锁电路，在PLC的输出回路也应采用相同的联锁电路。

5. 梯形图的优化设计

为了减少语句表指令的指令条数，在串联电路中单个触点应放在右边，在并联电路中单个触点应放在下面。在Q0.3的控制电路中，并联电路被放在电路的最左边。

6. 外部负载的额定电压

PLC的继电器输出模块和双向晶闸管输出模块只能驱动额定电压最高AC220V的负载，如果系统原来的交流接触器的线圈电压为380V，则应将线圈换成220V的，或者设置外部中间继电器。

5.3 顺序控制设计方法

由上面章节的分析可知，用经验设计法设计梯形图时，没有一套固定的方法和步骤可以遵循，具有很大的试探性和随意性，对于不同的控制系统，没有一种通用的容易掌握的设计方法。因此，在复杂的控制系统中一般采用顺序设计法设计。

5.3.1 顺序设计法

所谓顺序设计法，就是指按照生产工艺预先规定的顺序，在各个输入信号的作用下，根据内部状态和时间的顺序，在生产过程中各个执行机构自动地有秩序地进行操作。使用顺序设计法时应首先根据系统的工艺过程，画出顺序功能图，再根据顺序功能图画出梯形图。

顺序功能图是描述控制系统的控制过程、功能和特性的一种图形，也是设计PLC的顺序控制程序的有力工具。顺序功能图并不涉及所描述的控制功能的具体技术，是一种通用的技术语言，可供不同专业人员之间进行讨论和技术交流之用。

5.3.2 顺序功能图的组成

顺序功能图是一种用于描述顺序控制系统控制过程的一种图形。它具有简单、直观等特点，是设计PLC顺序控制程序的一种有力工具。它主要由步、初始步、转换、转换条件、有向连线和动作等组成。下面分别进行介绍。

1. 步

顺序设计法最基本的思想是将系统的一个工作周期划分为若干个顺序相连的阶段，这些阶段称为步(step)，并用编程元件(如位存储器和顺序控制继电器)来代表各步。步是根据输出量的状态变化来划分的。在任何一步之内，各输出量的ON/OFF状态不变，但是相邻两步输出量的状态是不同的。步的这种划分方法使代表各步的编程元件的状态与各输出量的状态之间有着极为简单的逻辑关系。顺序设计法用转换条件控制代表各步的编程元件，让它们的状态按一定的顺序变化，然后用代表各步的编程元件去控制PLC的各输出位。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/487124134126010014>