

# 可编程控制器在生产流水线 控制系统中的应用\*

施 敏 芳

(华侨大学精密机械工程系, 泉州 362011)

**摘要** 介绍一种应用于生产流水线的顺序控制和温度控制的 PLC 控制系统, 并给出该系统的主要功能、I/O 扩展硬件配置和系统的软件设计要点。

**关键词** 可编程控制器, 生产流水线, 顺序控制, 温度控制, I/O 扩展

**分类号** TP 278

目前在工业控制中占有重要比例的生产流水线控制, 例如电视机、计算机的自动装配流水线; 制鞋、印染等轻工和化工行业的生产流水线已部分使用可编程控制器(PLC)控制。其优点: 响应时间快、控制精度高、可靠性好、控制程序可随工艺参数改变、易与计算机接口等。同时使用 PLC 的编程逻辑能提供随要求而改变的“接线网络”, 使得生产线的自动过程可根据产品需要灵活改变。这些都是传统继电器控制所不可比拟的<sup>[1]</sup>。但在现行的某些工业生产流水线的 PLC 控制系统中, 仍存在一些不足之处。也即可编程控制器功能没有充分开发利用, 有些流水线只利用它控制部分参数或用于流水线生产过程工步顺序控制, 而温度(或压力)控制则借助于选用现成的仪器仪表组成。生产过程中的时间、温度等现场参数未能实时显示, 因而不利于监视生产过程的运行状况。因此, 有必要研制一种以可编程控制器为主机, 配置必要的 I/O 扩展电路和软件的控制系统的控制生产流水线的工作过程。它包括顺序控制和温度(或压力)控制, 以及工艺参数的设定、实时数值显示等。

本文将以前电视机装配流水线为例, 介绍上述 PLC 控制系统的主要功能及软、硬件设计。该系统也可应用于其它生产流水线的顺序控制和温度控制。

## 1 系统主要功能

(1) 主机为三菱 F<sub>1</sub>-60MR 可编程控制器, 其部分性能指标如表 1 所示。

该机程序是存贮重复运算的执行方式, 具有 20 种基本逻辑指令和步进功能指令, 90 种功能指令(应用指令); 并可执行数据高速处理、数据传送、算术运算、专用计数器、模拟量数据处理等功能。存贮器可存贮 890 步, 执行速度每步 45 μs。所有输入点均为光电隔离, 输出点为继电器驱动。

\* 本文 1994-11-08 收到

表 1 F<sub>1</sub>-60MR 部分性能指标

	输入点 (X)	输出点 (Y)	定时器 (T)	计数器 (C)	辅助继电器(M)		
					无保持功能	有保持功能	特殊功能
数量	36	24	32	32	128	64	16

- (2) 系统配备外部拨盘开关数值设置模块, 能实现工步时间的设定和温度额定值设定.
- (3) 系统能实现生产流水线的顺序控制, 显示定时工步的时间数值.
- (4) 配备数值显示模块, 能显示实时时间和实时温度数值.
- (5) 对生产过程中需控制温度的工步、进行在线温度检测并控制温度使之达到额定值.
- (6) 可根据产品需要, 灵活修改工艺参数, 包括工步数、时间和温度数值的更改.
- (7) 可监视生产过程的运行状况, 且操作方便、显示直观.

## 2 系统的组成

流水线控制系统硬件组成方框图如 1 所示. 以 F<sub>1</sub>-60MR 可编程控制器为主机, 加上参数

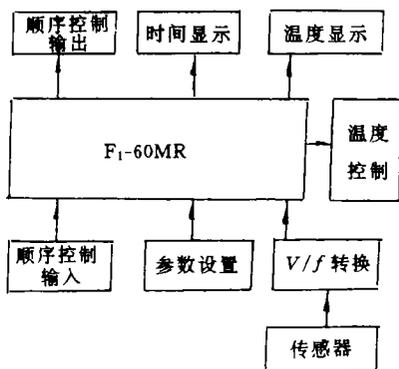


图 1 系统组成方框图

设置、数值显示、顺序控制、V/F 转换和温度控制等方框组成. 其中顺序控制方框用于控制流水线各工步的顺序切换; 参数设置与数值显示方框用于随产品要求更改流水线工艺参数并监视其运行状况; 而传感器(热电偶)、V/F 转换和温度控制等方框则用于对需要进行温度控制的工步实现温度检测及显示, 并控制温度使之达到额定值.

## 3 顺序控制

在生产流水线工作过程中, 占有重要位置的是顺序控制. 它根据生产过程所需的工步, 按预定的顺序, 用前一工步动作的终止信号或预定开关的输入, 使下一工步动作开始, 从而依次完成各工步的控制工作<sup>(2)</sup>.

本系统顺序控制由开关顺序选通输入和顺序控制输出组成, 其中开关点数根据生产过程中工步的数量设置. 按工步要求这些开关分别由选用按钮、钮子开关、限位开关、行程开关等组成, 采用单点输入方式. 而有些工步则利用软件定时, 当定时时间达到预定值, 便自动切换工步. 顺序控制输出是各工步输入信号通过 PLC 机处理后, 输出控制信号推动执行元件实现工步切换. 这些执行元件分别由指示灯、继电器、接触器、电磁阀等组成.

现以电视机装配流水线为例说明系统顺序控制工作过程. 电视机装配工艺流程如下: 主板插件→副板插件→机芯调试→粗调→通电老化→高温老化→细调→成品检验→结束. 根据流水线的工艺流程和采用的输入、输出设备, 列出 F<sub>1</sub>-60MR PC 机对电视机装配流水线进行顺序控制的 I/O 端口分配表, 见表 2. 表中: K 为交流接触器, K<sub>M</sub> 为中间继电器, SB 为常开按钮, SP 为行程开关.

表 2 F<sub>1</sub>-60MR 端口分配表

工步名称	输入		定时器	输出	
	编号	名称		编号	名称
启动	X402	SB <sub>0</sub>		Y30	K <sub>0</sub> 灯 0
主板插件	X403	SB <sub>1</sub>	T50	Y31	K <sub>M1</sub> 灯 1
副板插件	X404	SP <sub>2</sub>	T51	Y32	K <sub>M2</sub> 灯 2
机芯调试	X405	SP <sub>3</sub>		Y33	K <sub>3</sub> 灯 3
粗调	X406	SB <sub>4</sub>		Y34	K <sub>M4</sub> 灯 4
通电老化	X407	SB <sub>5</sub>		Y35	K <sub>M5</sub> 灯 5
高温老化	X408	SB <sub>6</sub>		Y36	K <sub>6</sub> 灯 6
细调	X410	SB <sub>7</sub>		Y37	K <sub>7</sub> 灯 7
成品检验	X411	SP <sub>8</sub>		Y537	K <sub>8</sub> 灯 8
取成品			T54		K <sub>9</sub> 灯 9

### 4 参数设置与数值显示

为使流水线能按产品的要求更改工艺参数, 就必需改变可编程控制器内部的数据设定, 并监视其运行状况. 因此, 参数设置和数值显示是系统的重要组成部分. 由于流水线上所需设定的参数较多, 而 PLC 的 I/O 端口点数较少, 为在有限的 I/O 总数情况下, 能设定多组参数和显示其数值, 本设计采用分时控制方式. 选用三组 BCD 码拨盘开关(每组 3 位)、两组八段 LED 显示器(每组 3 位)和译码器 CD4511 芯片组成一个外部参数设置和数值显示电路, 如图 2 所示. 它只要配备相应的控制软件, 就能实现多组参数的设定和数值显示. 例如, 在电视机装配流水线上, 需设定通电老化、常温老化时间及温度值, 采用两组三位 BCD 码拨盘开关并联, 分别设定两工步时间值. 三位 BCD 码拨盘依次接通 F<sub>1</sub>-60MR PC 机的 X<sub>0</sub>, X<sub>2</sub>, ..., X<sub>13</sub> 共 12 个输入点. Y<sub>A</sub>, Y<sub>B</sub> 为选通端, 当 Y<sub>A</sub> 为高电平, 选通 I 组拨盘开关, 读入通电老化工步的时间设定值. 当 Y<sub>B</sub>

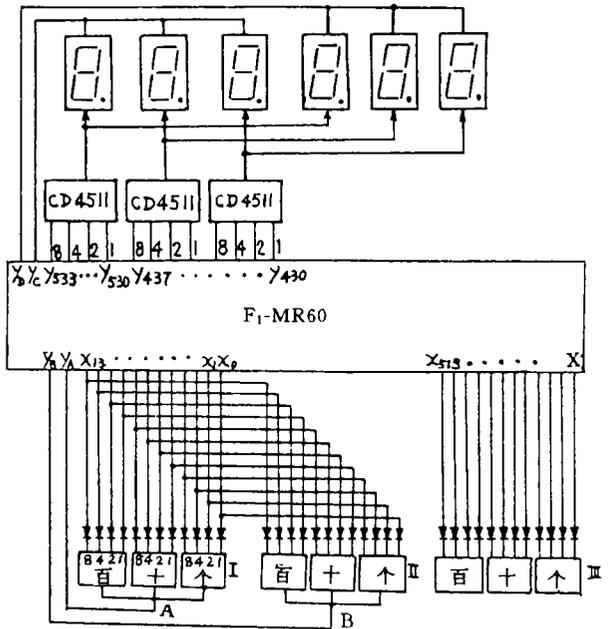


图 2 参数设置及数值显示电路原理图  
(I, II, III 组均为拨盘开关)

为高电平时,选通Ⅰ组拨盘开关,读入常温老化时间定值.而拨盘Ⅱ组用于设定温度值.同时,在软件设计中读入各组数值并给予“识别、判断和存贮”等功能,将设定值存入指定的中间寄存器.

两组三位的LED八段显示器分别用于显示时间实时值和温度实时值.当 $Y_C$ 为低电平,选通Ⅰ组LED显示器,显示实时时间值.当 $Y_D$ 为低电平,选通Ⅱ组LED显示器,显示实时温度值.设计中用F<sub>1</sub>-60MR机输出点 $Y_{430} \sim Y_{437}$ 的输出显示数值的个、十位, $Y_{530} \sim Y_{533}$ 输出显示百位数.

本例中采用分时控制方式实现两组数据的设定和显示以扩展I/O点数.当系统需设置及显示多组数值时,可相应增加拨盘开关和显示器的组数,并增加对应的选通端数.用不同的选通端分别选通各组拨盘开关或显示器,以实现多组数据的设定及显示.这种有软件支持的分时控制方式,实质上扩展了可编程控制器的I/O点数,从而更充分地开发其功能.它具有结构简单、可扩充性好等优点.

## 5 温度检测与控制

在生产流水线工作过程中,有些工序需要进行温度控制(如电视机装配流水线的高常温老化工步).本系统温控部分组成方框图如3所示.它包括实时温度检测和温度控制两种功能.

### 5.1 温度检测

温度检测电路图如图4所示.采用康铜—铜热电偶测温,把温度值转换为电压值.经

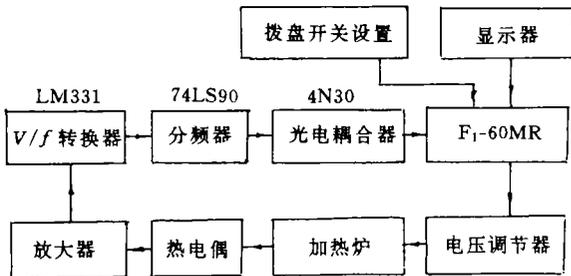


图3 温度控制方框图

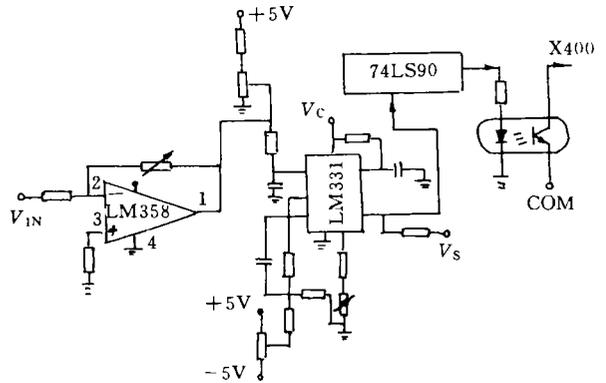


图4 温度检测电路图

LM358运算放大器放大后,送入LM331V/F转换器,将电压值转换为频率值(0~10V/0~10kHz).而后经74LS90分频器分频,输出脉冲信号经光电耦合器4N30,再送入F<sub>1</sub>-60MR的高速计数器对(C660,C661)输入端X400,高速计数器对输入的脉冲信号进行计数.

本设计对实时温度V/F转换值检测的采样周期为10s,采样门宽为2s.由于F<sub>1</sub>-60MR的高速计数器最高计数频率为2kHz.为扩大量程、提高灵敏度,V/F转换后的频率值经分频后再送光电耦合器.而采用光电耦合器的作用是为隔离PLC与外部电路的地端,同时也可放大由分频器输出的脉冲信号电流,以满足PLC机高速计数输入端工作电流(应为1.5~4mA)的要求.所以在分频后加一级光电耦合器.

### 5.2 温度控制

温控硬件电路如图 5 所示. 采用脉宽电压调制器 LM3524 实现电阻加热丝电压的调节. 当实测温度值小于额定温度值时, 在软件控制下  $F_1-60MR$  的输出点  $Y_{536}$  接通, 控制电压调制器升压加热, 使温度值达到额定值. 图 6 为升压开关电压调整器基本电路原理图.

在这电路中,  $Q_1$  用作开关, 开关的时间由脉宽调制器(PWM)控制. 在  $t_{ON}$  时间中,  $Q_1$  导通, 电流从  $V_{IN}$  流出, 能量贮存在  $L_1$  内,  $D_1$  反偏. 输出电流  $I_0$  由贮存在  $C_0$  内的电荷来提供. 当  $Q_1$  截止时( $t_{OFF}$ ), 电压  $V_1$  将上升到  $D_1$  导通点. 输出电流由电源通过  $L_1, D_1$  流入负载.

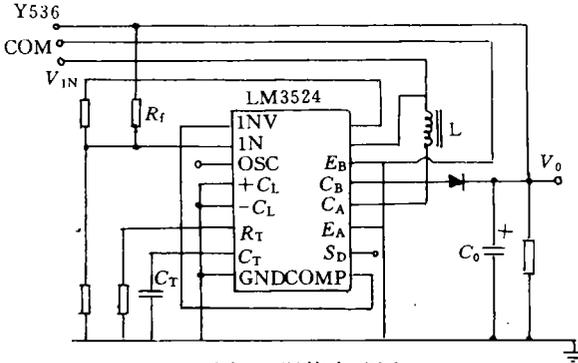


图 5 温控电路图

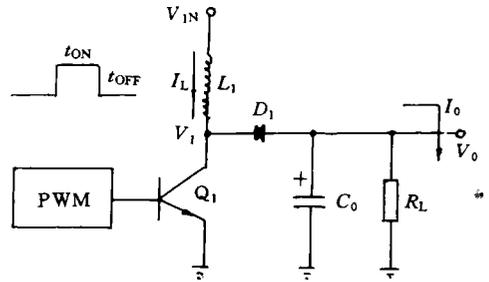


图 6 升压开关调整器原理图

据电原理图推导得:  $f_{OSC} = 1/R_T C_T, L_1 = 2.5 V_{IN}^2 (V_0 - V_{IN}) / f_{OSC} I_0 V_0^2, C_0 = I_0 (V_0 - V_{IN}) / f_{OSC} \Delta V_0 V_0, I_{0max} = I_{IN} V_{IN} / V_0, R_f = 5 (V_0 / 2.5 - 1) k\Omega, V_0 = V_{IN} (1 + t_{ON} / t_{OFF})$ . 本设计取  $R_L = 56 k\Omega, R_T = 12 k\Omega, C_T = 0.068 \mu F, C_0 = 2 \mu F, L_0 = 350 \mu H$ . 试验表明, 上述温控电路设计合理、效果良好.

## 6 系统软件设计

图 7 为流水线工艺流程图, 据此设计系统软件流程图如图 8 所示<sup>[3]</sup>. 它由顺序控制、温度控制、设定值读入、数值输出显示等部分组成. 下面简介设计中的几个关键问题.

### 6.1 顺序控制软件

系统中的顺序控制软件是根据图 8 所示的工艺流程图编制. 利用  $F_1-60MR$  中的状态寄存器  $S600 \sim S612$  存放各工步状态, 并用 STL 指令使  $S600 \sim S612$  的状态按控制顺序移位, 以实现各工步的顺序自动切换.

### 6.2 长时间定时的实现

由于流水线上有些工步(如老化工步)所需时间较长, 一般几个小时, 若仅用 PLD 中的定时器, 则不能实现这么长时间的定时. 为此, 在设计中采用 3 个计数器循环计数来实现. 图 9 为长时间

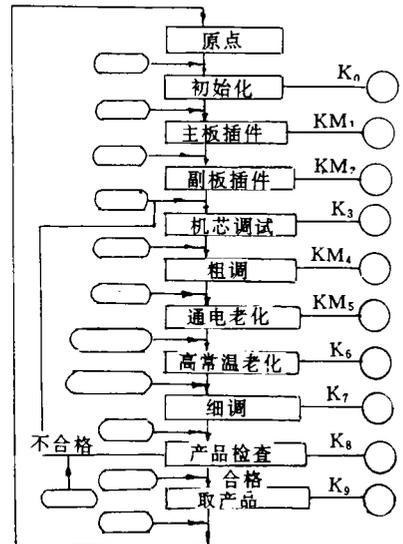


图 7 流水线工艺流程图

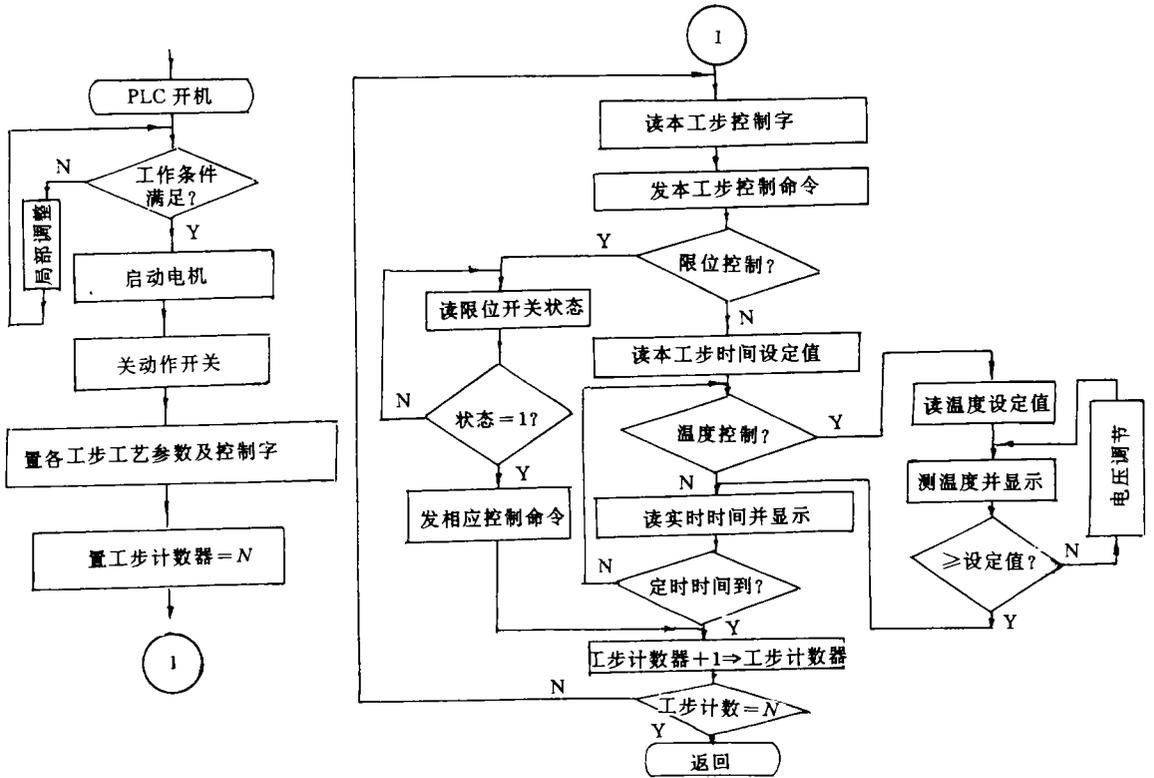


图 8 系统软件流程框图

定时的梯形图。第 1 个计数 C61 对 F<sub>1</sub>-60MR 中 M72 所提供的 100ms 脉冲进行计数,当计数值为 300 时(即 0.5 min),C61 接通,C62 开始对 M72 的 100ms 脉冲计数。当计数值为 300 时(又 0.5 min),C62 接通。而后由 C60 对 C62 所提供的 1min 脉冲进行计数。由于 C60 存放着拨盘开关输入的时间设定值,因此,采用减 1 计数(来一个脉冲减 1)。直到 C60 存放数值为 0,表明达到设定时间值,从而实现长时间的定时。

### 6.3 温度检测与控制的程序设计要点

图 10 为温度检测与控制部分梯形图。高速计数器 C660,C661 对 X400 输入脉冲信号进行计数,在门宽单位时间内 C660,C661 存放着实时检测温度数值。而 PLC 从拨盘开关读入的温度设定值经处理存放在 M260~M273 中,利用 F<sub>1</sub>-60MR 的功能指令 F670 K107 将计数器当前值与 M260~M273 的值比较,由 F671 K660 指令指定计数器地址,当实测值大于或等于预定值,则进位标志 M571 零标志 M572 分别接通,输出点 Y<sub>535</sub>(图 2 中 Y<sub>D</sub>),接通,3 位 LED 显示器显示

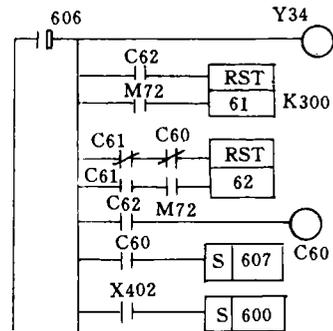


图 9 长时间定时梯形图

实时温度值. 当实测值小于预定值, 则借位标志 M573 接通, 输出点 Y<sub>536</sub> 接通, 输出加温控制信号, 控制电压调制器升压加温. 图 10 中 T55 为计数器 C660 复位定时器, C65 为采样周期定时计数器.

#### 6.4 拨盘开关设置值读入与数值显示

温度设定值由 3 位 BCD 码拨盘开关设置. 其个、十、百位分别连接到 F<sub>1</sub>-60MR 输入端 X<sub>500</sub>~X<sub>513</sub>. 利用功能指令 F670 K34 把设定数值读入. 时间设定值由两组 3 位 BCD 码拨盘开关设置, 它们并联接到 PLC 机输入端 X<sub>00</sub>~X<sub>13</sub>. 用于设置上例中通电老化时间和高温老化时间的数值, 分别由输出点 Y<sub>A</sub>, Y<sub>B</sub> 选通后读入. 其软件梯形图如图 11 所示. 数值输出显示用于显示实时温度值或时间值. 由 F<sub>1</sub>-60MR Y<sub>430</sub>~Y<sub>437</sub>, Y<sub>530</sub>~Y<sub>533</sub> 输出. 利用功能指令 F670 K29 把要显示的数值输出, 其软件梯形图如图 12 所示.

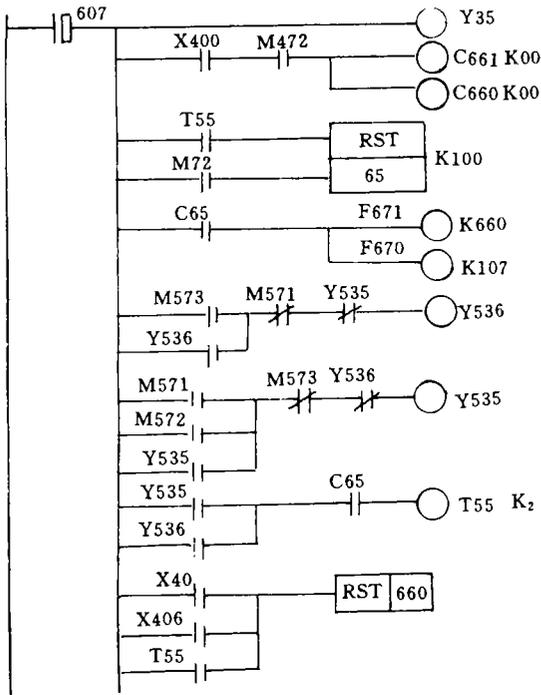


图 10 温度检测与控制梯形图

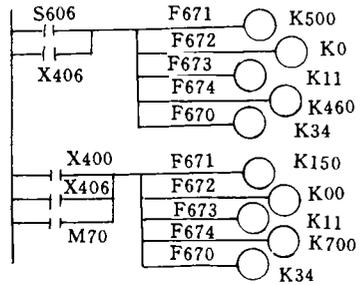


图 11 数值读入梯形图

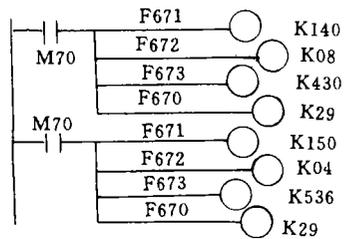


图 12 数值输出梯形图

## 7 结束语

本文所介绍的生产流水线 PLC 控制系统硬件电路及软件程序已研制成功. 在实验室模拟调试运行, 不仅效果良好, 而且工作可靠. 该系统可为设计新型的 PLC 控制生产流水线提供先进方案, 也可为改造老式流水线提供有效途径.

本文为校级科研基金资助项目

## 参 考 文 献

- 1 金广业,李景学. 可编程序控制器原理与应用. 北京:电子工业出版社,1991. 24~26
- 2 耿文学,华熔. 微机可编程序控制器原理、使用及应用实例. 北京:电子工业出版社,1990. 102~105
- 3 何克忠,郑忠恕. 微型计算机过程控制. 北京:国际工业出版社,1992. 284~290

# Application of Programmable Controller to the Control System of Assembly Line

Shi Minfan

(Dept. of Precis. Mech. Eng. , Huaqiao Univ. , 362011, Quanzhou)

**Abstract** A programmable controller is applied to the control system of an assembly line for the use of sequential control and temperature control. The main function of the system, I/O extended hardware components and the gist of software design of the system are also given.

**Keywords** programmable controller, assembly line, sequential control, temperature control, I/O extension