

可编程控制器在化工过程控制中的应用

史国生, 刘 怀

(南京师范大学 电气与自动化工程学院, 江苏 南京 210042)

[摘要] 通过对某化工系统的过程控制要求分析, 阐述了采用可编程序控制器实现化工过程控制的原理, 给出了流程图. 介绍了化工过程控制系统的信号元件及驱动电器与可编程序控制器的对应 I/O 接点的地址分配、PLC 选型和电气接线. 详细介绍了应用逻辑设计法设计可编程序控制器梯形图程序的思想和方法, 给出了各个控制步骤的逻辑表达式, 编写了实现过程控制的梯形图程序. 体现了过程设计思想的一般规律, 即: 基于工业上的许多过程控制系统都是连续、顺序控制的过程.

[关键词] 过程控制, 可编程控制器, 控制流程图, 梯形图

[中图分类号] TP273 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1672-1292(2005) 03-0028-04

Application of Control System to Reaction System in Chemical Industry Based on PLC

SHIGU sheng LU Huai

(School of Electrical and Automation Engineering, Nanjing Normal University, Jiangsu Nanjing 210042, China)

Abstract On the basis of analyzing the requirement of process control system in chemical industry, the paper illustrates the principle for realizing the process control system with adopting Programmable Logic Controller (PLC), gives the flow chart and introduces the signal components and driver of electrical equipments and the addresses of I/O connectors. It also illustrates how to select PLC and to wire electrical equipments, gives the method and concept for designing state ladder graphics of PLC with logical design method, presents the logical expression equations for every control step, and programs ladder graphics for realizing process control. As continuous control and sequence control are used widely in process control systems, the method for control system in this paper can be applied widely.

Key words process control, program logic controller, control flow chart, ladder graphics

在现代工业控制中, 可编程控制器 (PLC) 已成为工业控制的主要手段和重要的基础控制设备之一. PLC 是一种含有微处理器的数字式电子设备, 随着计算机的飞速发展, PLC 的功能日新月异, 通过丰富的编程语言, 配合各种特殊功能模块, 可以实现各种复杂的逻辑运算、顺序控制、计数、定时、算术运算、PID 调节等, 在各种控制系统中获得了广泛应用, 已成为工业控制领域中最主要的自动化控制装置之一.

本文根据某化工反应过程的控制要求, 介绍三菱 FX_{2N} 可编程控制器在化工过程控制中的应用设计方法——逻辑编程设计法. 该设计方法思路清楚,

控制程序简单明了, 对连续、顺序控制的系统具有设计的一般规律.

1 化工过程控制的原理

某化学反应过程由 4 个容器组成, 如图 1 所示. 容器之间用泵连接, 每个容器都装有检测容器空和满的传感器. SL #1、#2 容器分别用泵 P1、P2 将碱和聚合物灌满, 灌满后传感器发出信号, P1、P2 泵关闭. #2 容器开始加热, 当温度升到 60℃ 时, 温度传感器 ST 发出信号, 关断加热器. 然后, 泵 P3、P4 分别将 #1、#2 容器中的溶液输送到 #3 反应池中, 同时搅拌器启动, 搅拌 60 s. 一旦 #3 反应池

收稿日期: 2005-04-06

作者简介: 史国生 (1951-), 副教授, 主要从事电气控制与可编程序控制器技术的应用、电力传动控制系统、传感器检测等方面的教学与研究. E-mail: shiguosheng@njnu.edu.cn

满或# 1、# 2容器空, 则泵 P3、P4停, 处于等待状态. 当搅拌时间到, 泵 P5将混合液抽入# 4产品池, 直到# 4产品池满或# 3反应池空. 产品由泵 P6抽走, 直到# 4产品池空. 完成一次循环, 等待新的循环开始. 若化学反应过程中停电后恢复供电, 应能在原来的步骤继续自动进行化学反应过程.

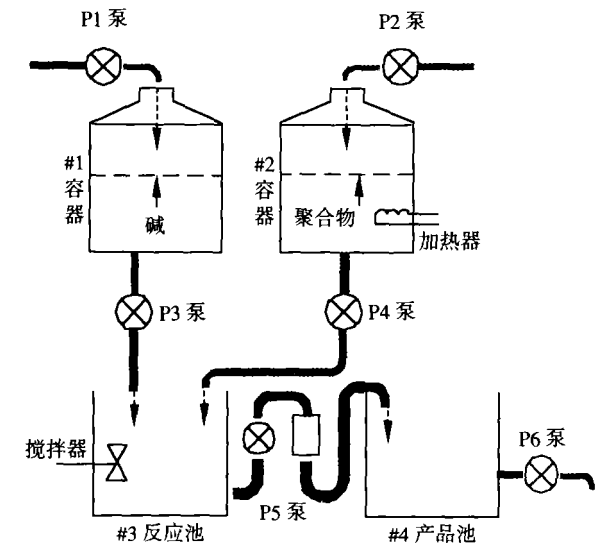


图 1 化学反应过程示意图

根据化工反应过程控制的原理, 可绘出过程控制流程图, 如图 2所示. 控制系统采用半自动工作方式, 即系统每完成一次循环, 自动停止在初始状态, 等待再次启动信号, 才开始下一次循环. 图中 M 8002是三菱 FX_{2N} PLC的特殊辅助继电器, 它可以在 PLC通电时为程序产生一个脉冲, 激活程序处于开始运行状态. 为了保证化学反应过程中停电后恢复供电, 能在原来的步骤继续自动进行化学反应, 应选用 M 500~ M 1023范围的停电保持型辅助继电器.

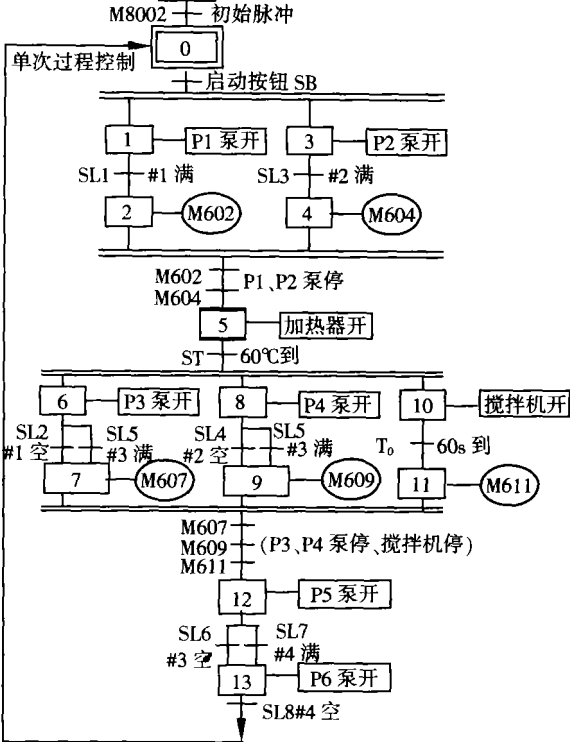


图 2 化工过程控制流程图

2 系统信号元件及驱动电器与 PLC 的 I/O 点地址分配及 PLC 选型

从图 2控制系统状态流程图可知, 信号元件有 10个, 它们的输出信号均为开关量信号, 作为 PLC 的输入控制信号, 其中启动按钮 1个, 传感器检测元件 9个. 接触器有 8个, 需要由 PLC 输出控制信号驱动, 其中 7个用于控制泵的电机和搅拌电机, 1个用于电加热控制.

系统信号元件及驱动电器与 PLC 的 I/O 点地址分配, 以及过程控制流程图中的 14个步骤与 PLC 内部使用的停电保持型辅助继电器编号如表 1所示.

表 1 外部电器与 PLC I/O 口地址分配、步骤与使用的辅助继电器编号对照表

| 输入信号 | | | 输出信号 | | | 辅助继电器 | | | |
|------|-------|------|------|--------|------|-------|-------|-----|-------|
| 名称 | 功能 | 编号 | 名称 | 功能 | 编号 | 名称 | 编号 | 名称 | 编号 |
| SB | 启动按钮 | X000 | KM 1 | P1泵接触器 | Y000 | 0步 | M 600 | 10步 | M 610 |
| SL1 | #1容器满 | X001 | KM 2 | P2泵接触器 | Y001 | 1步 | M 601 | 11步 | M 611 |
| SL2 | #1容器空 | X002 | KM 3 | P3泵接触器 | Y002 | 2步 | M 602 | 12步 | M 612 |
| SL3 | #2容器满 | X003 | KM 4 | P4泵接触器 | Y003 | 3步 | M 603 | 13步 | M 613 |
| SL4 | #2容器空 | X004 | KM 5 | P5泵接触器 | Y004 | 4步 | M 604 | | |
| SL5 | #3容器满 | X005 | KM 6 | P6泵接触器 | Y005 | 5步 | M 605 | | |
| SL6 | #3容器空 | X006 | KM 7 | 加热器接触器 | Y006 | 6步 | M 605 | | |
| SL7 | #4容器满 | X007 | KM 8 | 搅拌机接触器 | Y007 | 7步 | M 607 | | |
| SL8 | #4容器空 | X010 | | | | 8步 | M 608 | | |
| ST | 温度传感器 | X011 | | | | 9步 | M 609 | | |

系统共有 18个元器件需要与 PLC 的输入 输出接点连接, 在 PLC选型时, 要考虑 PLC 的 I/O 接

点有一定的裕量, 因此, 控制系统选用 FX_{2N}-32MR 可编程控制器即可满足控制要求, 它有 16个输入

接点, 16 个继电器输出型的接点.

PLC 的 I/O 接点电气连接如图 3 所示.

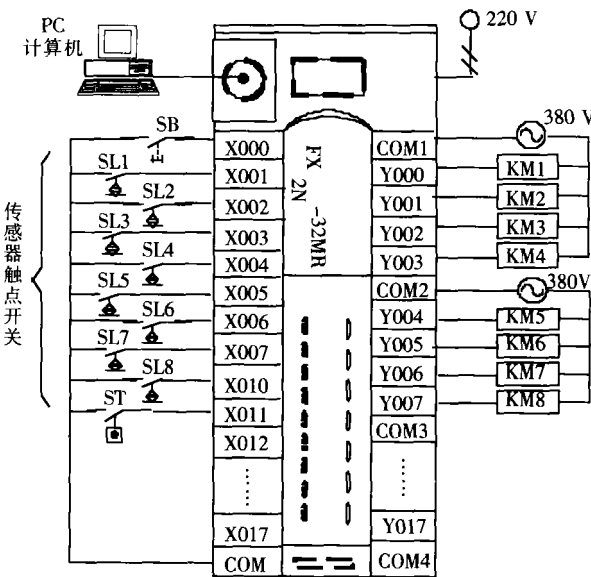


图 3 PLC 的 I/O 电气接线图

3 PLC 梯形图程序的逻辑设计法

从化工过程控制流程图看出, 控制主要是由单流程和并联分支流程两种基本结构组成. 其 14 个控制步序的逻辑表达式表达如下.

3.1 第 0 步逻辑表达式

第 0 步的激活条件是: PLC 通电, M 8002 产生一个初始脉冲, 激活程序处于开始运行状态或第 13 步 P6 泵将 #4 产品池抽空时, 开始重新循环, 即 (M 8002 + M 613 • X010), 第 0 步的关断条件是第 1、3 步使 P1 泵和 P2 泵开启, 即 M 601 和 M 603 都为 ON 时, 第 0 步才被关断. 第 0 步逻辑表达式如下:

$$M 600 = (M 8002 + M 613 \cdot X010 + M 600) \cdot (\overline{M 601} + \overline{M 603})$$

3.2 第 1 步 ~ 第 12 步逻辑表达式

包含了两组并列序列 (即第 1 步 ~ 第 5 步, 第 6 步 ~ 第 12 步). 其逻辑表达式为:

$$M 601 = (M 600 \cdot X000 + M 601) \cdot \overline{M 602} \quad \text{/按启动按钮 SB, P1 泵开, 直到 #1 容器满;}$$

$$M 603 = (M 600 \cdot X000 + M 603) \cdot \overline{M 604} \quad \text{/按启动按钮 SB, P2 泵开, 直到 #2 容器满;}$$

$$M 602 = (M 601 \cdot X001 + M 602) \cdot \overline{M 605} \quad \text{\# 1 容器满后, P1 泵关闭;}$$

$$M 604 = (M 603 \cdot X003 + M 604) \cdot \overline{M 605} \quad \text{\# 2 容器满后, P2 泵关闭;}$$

$$M 605 = (M 602 \cdot M 604 + M 605) \cdot (\overline{M 606} + \overline{M 608} + \overline{M 610}) \quad \text{\# 1、\# 2 容器都满后, 加热器开启;}$$

$$M 606 = (M 605 \cdot X011 + M 606) \cdot \overline{M 607} \quad \text{加温到}$$

60℃, 泵 P3 开启, 直到 #3 池满或 #1 容器空;

$$M 608 = (M 605 \cdot X011 + M 608) \cdot \overline{M 609} \quad \text{加温到 60℃, 泵 P4 开启, 直到 #3 池满或 #2 容器空;}$$

$$M 610 = (M 605 \cdot X011 + M 610) \cdot \overline{M 611} \quad \text{加温到 60℃, 搅拌机开启, 直到 60 s 时间到;}$$

$$M 607 = (M 606 \cdot X002 + M 606 \cdot X005 + M 607) \cdot \overline{M 612} \quad \text{\# 3 池满或 #1 容器空, P3 泵关闭;}$$

$$M 609 = (M 608 \cdot X004 + M 608 \cdot X005 + M 609) \cdot \overline{M 612} \quad \text{\# 3 池满或 #2 容器空, P4 泵关闭;}$$

$$M 611 = (M 610 \cdot T_0 + M 611) \cdot \overline{M 612} \quad \text{搅拌计时;}$$

$$M 612 = (M 607 \cdot M 609 \cdot M 611 + M 612) \cdot \overline{M 613} \quad \text{/ 搅拌时间到, P5 泵开启;}$$

3.3 第 13 步逻辑表达式

第 13 步为单序列结构, 它的激活条件是第 12 步 P5 泵使 #4 产品池注满或 #3 反应池抽空时开始, 即 (M 612 • X007 + M 612 • X006); 第 13 步的关断条件是执行第 0 步时第 13 步结束, 即 M 600 为 ON 时结束. 其逻辑表达为:

$$M 613 = (M 612 \cdot X006 + M 612 \cdot X007 + M 613) \cdot \overline{M 600}$$

$$\quad \text{\# 4 池满或 #3 池空, P5 泵关, P6 泵开.}$$

3.4 执行电器的逻辑表达式

$$Y000 (\text{P1 泵}) = M 601; \quad Y001 (\text{P2 泵}) = M 603$$

$$Y002 (\text{P3 泵}) = M 606; \quad Y003 (\text{P4 泵}) = M 608$$

$$Y004 (\text{P5 泵}) = M 612; \quad Y005 (\text{P6 泵}) = M 613$$

$$Y006 (\text{加热器}) = M 605; \quad Y007 (\text{搅拌机}) = M 610$$

定时器 T₀ 由 M 610 控制.

4 化工过程控制的梯形图程序

根据上面列出的 14 步逻辑表达式编写出的 PLC 梯形图程序及相关注释如图 4 所示.

5 程序调试

图 4 程序通过计算机输入 FX_{2N}-32MR 可编程控制器, 经模拟过程控制运行, 程序实现了控制要求, 在出现停电恢复供电后, 可在原来中断的步序继续执行程序, 进行过程控制, 但是程序中用 T0 控制搅拌时间时, 定时器停电后复位, 恢复供电后计时不准, 改用积算型定时器 T250 后就解决了.

6 结语

本文通过某化工过程控制系统的过程控制要求分析, 阐述了采用可编程序控制器实现化工过程控制的原理, 并给出了过程控制流程图. 介绍了化工过程控制系统的信号元件及驱动电器与可编程序控制器的对应 I/O 接点的地址分配、PLC 的选型和电气接线. 详细介绍了应用逻辑设计法设计可编

程序控制器梯形图程序的思想和方法, 给出了各个控制步骤的逻辑表达式, 编写了实现过程控制的梯形图程序. 基于工业上的许多过程控制系统都是连

续、顺序控制的过程, 本文介绍的逻辑设计思想在这些方面实现可编程序控制器控制具有一定的借鉴应用意义.

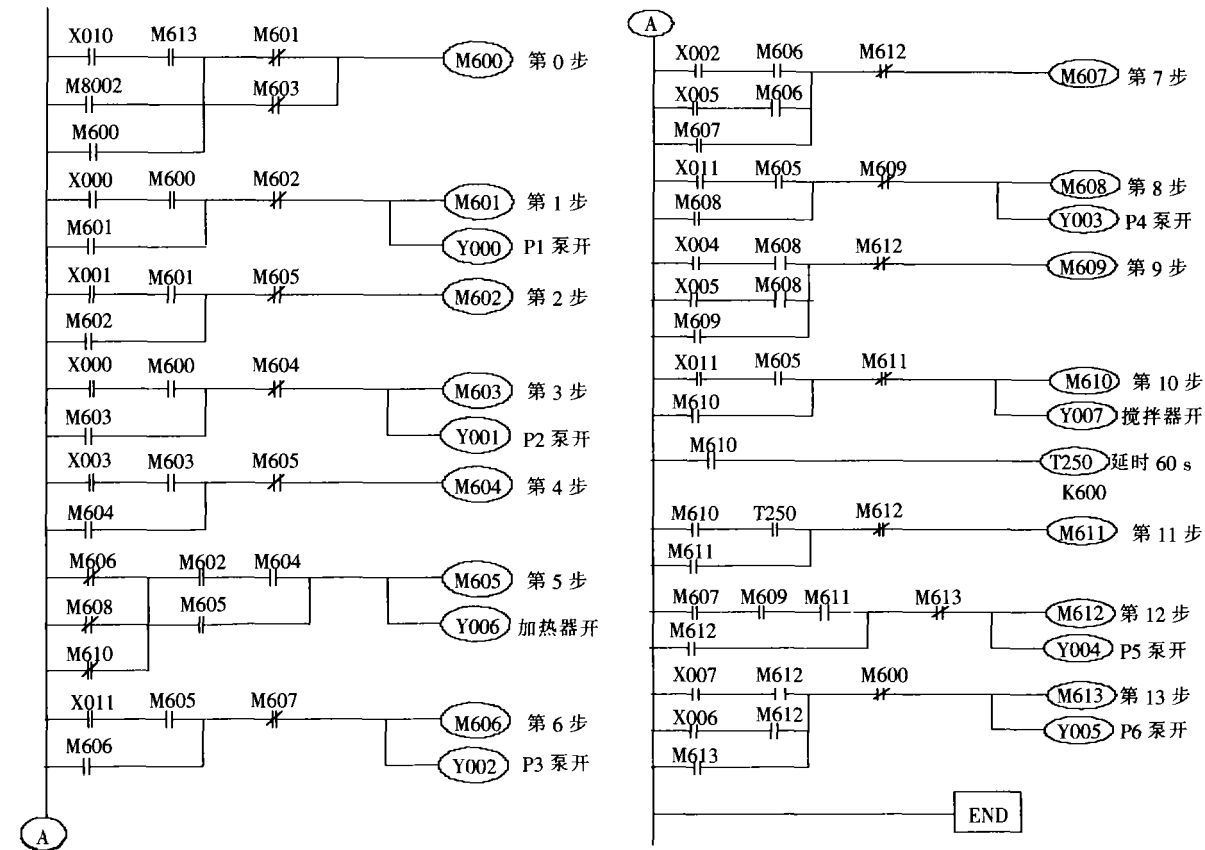


图 4 化学反应过程梯形图控制程序

[参考文献]

[1] 王兆义. 小型可编程序控制器实用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1997

[2] 邓则名, 邝穗芳. 电器及可编程控制器应用技术 [M]. 第 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2002

[3] 史国生. 电气控制与可编程控制技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004

[4] 王永华. 现代电气及可编程控制技术 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002

[责任编辑: 严海琳]