

DOI:10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2024.02.057

# 基于 PLC 的网链式清洗机控制系统设计与实现

刘培发

(河北光德流体控制有限公司,河北 沧州 061019)

**摘要:**针对清洗机各功能部位的传感器因进水故障导致系统控制紊乱甚至停机的问题,设计一种基于 PLC 和变频器的网链式清洗机控制系统。介绍以 FX5U 为核心的整体控制原理以及结合队列先入先出思想使用一个行程开关来确定工件到达各工序的方法。经实际运行测试,系统运行正常,工件能准确停在各关键位置点上。

**关键词:**PLC;变频器;网链式清洗机;先入先出

**中图分类号:**TP273 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2024)02-0274-03

## Design and Implementation of Control System of Net Chain Cleaner Based on PLC

LIU Peifa

(Hebei Guangde Fluid Control Co., Ltd., Cangzhou 061019, China)

**Abstract:** Aimed at the disorder or even shutdown of sensor system control of each functional part of cleaning machine due to water inlet fault, a mesh chain cleaning machine based on PLC and frequency converter is designed. With FX5U as the core, this paper introduces the whole control principle and the method of using a travel switch to determine the arrival of the workpiece in each process by combining the idea of first in first out queuing. The actual operation tests show that the system operates normally and the workpiece can stop at each key position accurately.

**Keywords:** PLC; frequency converter; net chain cleaning machine; first in first out

### 0 引言

机加工等行业中,加工件表面常带有铁屑、油污、尘土、切削液等杂物,为提高产品的外观质量和使用性能,清洗工序是工件加工完成后的一个较重要的工序。市面上有较多类型的清洗设备,其中网链式超声波清洗机因清洗效率高、设备便于维护而使用较多。

网链式清洗机运行时,一般要求工件在到达相应位置时(例如超声波水槽底部),传动装置停止一定时间后再继续运行,实现此功能的方式大多数是在相应工位放置一检测开关用以确认工件位置,但检测装置因进水发生故障,从而导致设备停机,影响工件清洗效率及后续工序的进行。

针对上述情况,本文设计了一种使用行程开关进行工件位置定位的清洗机,程序通过此开关的输入进行计数,以此确定多个工件位置。目前该设备已在我司常规阀项目部进行了实际测试,设备运行正常,清洗效果良好。

### 1 整体设计

#### 1.1 结构组成

网链式清洗机主要由超声波清洗槽、溢流槽、喷淋装置、风淋装置、加热系统、传动装置等组成,其中超声波清洗槽内部均匀分布一些振子,使得超声波发射到工件表面的效果最佳,强化出油效果<sup>[1]</sup>。清洗机入口与出口处分别放置一光幕开关,用于检测工件盒。超声波溢流槽与喷淋水槽里面分别安有液位开关和温度传感器。网链每隔一定距离便有一个固定挡板,挡板的作用一是固定工件盒,防止其在随网链运动过程中出现侧翻等情况,二是使行程开关碰到挡板时有输出。超声波水槽与超声波溢流槽通过循环泵构成一个水循环系统,超声波溢流槽与喷淋水槽的水相互独立,且均带有过滤装置,具体结构如图 1 所示。

#### 1.2 工作原理

将放有待清洗工件的工件盒放置在传动网链的两个挡板之间,入料口光幕识别一定时间后,传

作者简介:刘培发(1992—),男,河北沧州人,本科,研究方向为非标设备的 PLC 编程,1248310518@qq.com。

动电机以设定速度向前运行,同时系统开始对行程开关的输入进行计数并与超声波位置值、喷淋位置值、风淋位置值进行比较,当内部计数值等于上述 3 个位置设定值时,传动电机减速停止,相应功能区域内的元器件动作,工作指定时间后,传动电机启动,直至工件盒到达下料口光幕开关处,此时一个工件盒的清洗流程结束。

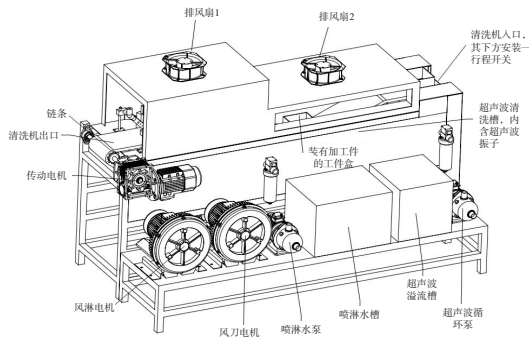


图1 清洗机结构图

当清洗机内部存在多个工件盒时,只要任意一工件盒到达相应功能区域,传动电机便停止运行,当多个工件盒同时到达功能区时,传动电机停止时间由功能区设定时间最长来决定。例如清洗时两个工件盒分别到达超声波水槽和喷淋口下方,超声清洗时间设定为 30 s,喷淋时间设定为 15 s,喷淋水泵在喷淋 15 s 后停止,此时传动电机并不启动,只有在超声波清洗时间到达 30 s 时,传动电机才会继续运行。

受设备长度影响,清洗机存在最大清洗能力,即清洗机内部所允许出现的最大工件盒数量。只要下料光幕有输入时,传动电机便停止运行。

## 2 控制系统硬件设计

清洗机控制系统主要由传感器模块、控制模块、执行机构组成。控制系统通过传感器模块采集清洗机温度、液位以及开关量输入数据。控制模块中 PLC 负责整个系统的逻辑运算并同时与温控表、变频器采用通信的方式进行数据交换,温控表通过比较实时温度与设定温度对现场加热棒进行通断控制,以达到温控目的,变频器根据设定值控制现场水泵、传动电机的转速。控制系统的总体硬件框图如图 2 所示。

### 2.1 传感器模块设计

传感器模块中的行程开关、光幕开关、液位开关均为主令开关,是用来发布命令,闭合或断开控制电路并改变系统工作状态的电器<sup>[2]</sup>,本次设计

中液位开关选择浮球样式,光幕与浮球开关接线方式为常闭,使系统具备断线检测功能。

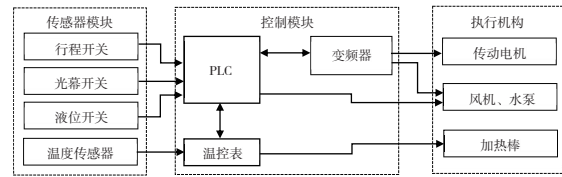


图2 清洗机控制系统框图

温度传感器大体分为热电阻与热电偶,铂热电阻物理、化学性质稳定,感温元件体积小,热响应快<sup>[3]</sup>,因此温度传感器选用 3 线制的 PT100。

### 2.2 控制模块设计

温控表选择宇电 AI-526,此仪表支持 Modbus-RTU 通信,Modbus 协议使不同厂商生产的控制设备可以连成工业网络,方便进行集中控制<sup>[4]</sup>,PLC 选择同时具备以太网端口和 RS485 接口的 FX5U-32MR/ES,接线时要把 PLC 本体模块的终端电阻切换至 110  $\Omega$ ,同时终端设备的 RDA、RDB 端口也要接上 110  $\Omega$  的终端电阻,提高数据传输质量,减小干扰<sup>[5]</sup>。变频器选择台达精巧标准型 MS300,水泵控制方式为 V/F 模式,矢量控制可以分别控制异步电动机定子的转矩电流和励磁电流,使其得到和直流电动机一样的控制性能,因此传动电机控制方式为矢量控制<sup>[6]</sup>。

## 3 程序与 HMI 画面设计

### 3.1 整体程序流程图

待清洗工件需要依次完成超声波清洗、喷淋冲洗、风淋操作,因此 PLC 需要控制传动电机的启停、各工序电机的启停以及各工序的工作时间。因每个工件盒都需要在各工序停止,所以每个工件盒的计数在系统内部都是独立运行,一旦有工件盒到达任意工序时,传动电机需停止运转。整体动作流程如图 3 所示。

### 3.2 使用行程开关确定工件位置功能的原理与实现方法

因所有工件盒共用同一行程开关进行计数并且工件盒是依次放置,先放入的盒子计数值要比后放入的计数值大,最先放置的工件盒最先清洗完成,因此整个清洗过程可近似看作为队列的先入先出,队列中的数据会随着行程开关状态的改变而同时变化。不妨把清洗机最大清洗数量当作队列长度,入料口光幕开关相当于入队操作,而出

料口光幕开关相当于出队操作。

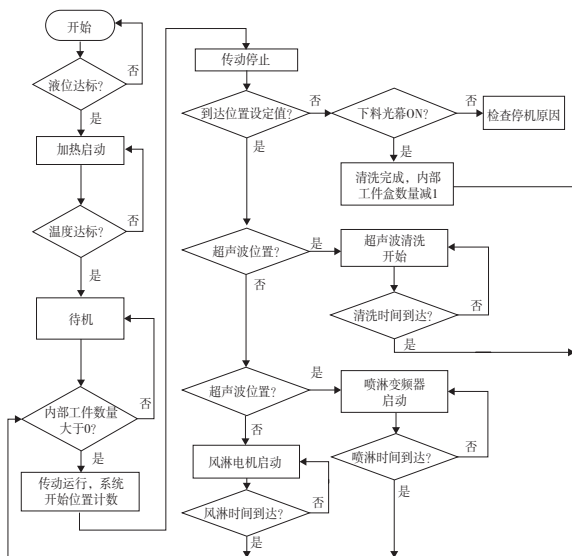


图3 清洗机整体动作流程图

系统内部建立存储工件盒计数值的数组 StatPosCountValue, 数组长度为最大清洗数量。每当上料光幕 i\_bEnableSensor 有输入时, 内部工件数量 StatInsideValue 加 1。在行程开关 i\_bCountSensor 有输入时, StatPosCountValue 数组前 StatInsideValue(含)个元素进行加 1 计数操作, 其程序如图 4 所示。

```

57 //计数光电计数。
58 R_TRIG_2(CLK:= i_bCountSensor);
59 IF R_TRIG_2.q AND StatInsideValue <= i_wMaxWashValue THEN
60   FOR ii := 0 TO i_wMaxWashValue - 1 DO
61     IF StatInsideValue >= ii + 1 THEN
62       StatPosCountValue[ii] := StatPosCountValue[ii] + 1;
63     END_IF;
64   END_FOR;
65 END_IF;

```

图4 行程开关有输入时的 StatPosCountValue 数组计数

当下料光幕 i\_bDisEnableSensor 有输入时, 数组整体向前移动一位, 数组最后一个元素赋值 0, 同时内部工件数量 StatInsideValue 减 1, 其程序如图 5 所示。

```

90 //清洗完成时, 计数数组数据做出栈处理,
91 //即: 将数组首位数据剔除, 将后位数据赋值给前位数据, 末位数据清零
92 R_TRIG_3(CLK:= i_bDisEnableSensor);
93 IF R_TRIG_3.q AND StatInsideValue > 0 THEN
94   IF o_bWashOK THEN
95     FOR ii:= 1 TO i_wMaxWashValue - 1 DO
96       StatPosCountValue[ii-1] := StatPosCountValue[ii];
97     END_FOR;
98     StatPosCountValue[i_wMaxWashValue - 1] := 0;
99     StatInsideValue := StatInsideValue - 1;
100   END_IF;
101 END_IF;

```

图5 下料光幕有输入时的出队操作

计数数组 StatPosCountValue 任意元素到达相关工序所设定的位置范围时, 传动电机停止, 同时相应工序运行系统设定时间。

### 3.3 HMI 画面设计

HMI 泛指操作人员和机器设备交换信息的设备, 即触摸显示屏、操作显示面板等。清洗机触摸屏分别设计了主画面、参数设定、手动操作、IO 监控、报警查看以及配方 6 个底层画面, 在参数设定画面中插入了间接窗口以方便对参数进行集中管理, 部分画面如图 6 所示。



图6 参数设定画面

## 4 结语

该设备长期运行期间, FX5U 偶尔发生 Modbus 通信故障, 使用手持示波器现场查看 Modbus 通信波形, 经大量观测后发现在变频器运行期间, 波形噪声过大, 通信故障时的 A 线与 B 线电压均不在正常值范围之间, 以此判断通信故障原因为变频器所致。检查电控柜及现场电机发现, 电机动力线仅单端接地, 同时柜内动力线与通信线同线槽铺设, 解决方式为重新接地、柜内通信线与动力线分开铺设, 故障解除。

本文设计并制作了一种网链式清洗机。该清洗机的系统能根据需要调整工件在清洗机内部功能区停止位置。长期运行表明, 该清洗机产品覆盖范围广且清洗效果良好, 日清洗工件数量达到预期要求, 设备故障率明显低于车间其他传统网链式清洗机。

### 参考文献:

- [1] 陈天玉. 不锈钢表面处理技术[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2016: 5-7.
- [2] 代颖. 现代低压电器技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2020: 57.
- [3] 戴蓉, 刘波峰. 传感器原理与工程应用[M]. 2版. 北京: 电子工业出版社, 2021: 247.
- [4] 向晓汉. 西门子 PLC 工业通信完全精通教程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013: 58.
- [5] 蔡杏山. 全彩图解三菱 FX3S/3U/3U 系列 PLC 快速入门与提高[M]. 北京: 电子工业出版社, 2021: 327-328.
- [6] 向晓汉. 西门子 SINAMICS G120 S120 变频器技术与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2020: 62.

收稿日期: 2022 - 10 - 11