

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2019.05.016

# 石蜡油自动灌装装置的研发

赵 锐, 林 盛, 王 春\*, 高 鹏, 牛 铭

(大连交通大学 机械工程学院, 辽宁 大连 116028)

**摘要:**针对润滑脂生产过程中石蜡油的手动灌装工序费时费力,精度和实时性难以保证等问题,根据对工艺流程和现场布局分析,研发了一套能自动补料、称重和灌装的石蜡油自动灌装装置。该装置的机械结构以铝型材作基材,采用了上下式分布结构,集补料、称重和灌装工序于一体;设计了电气控制系统的架构,给出了系统硬件组成,编写了 PLC 的模拟量信息采集和称重控制器的通讯程序,并给出了相应梯形图和人机界面的组态。研究表明:该装置结构简单、运行平稳、灌装精度高,可大大提高润滑脂生产的自动化程度。

**关键词:**自动灌装;机械结构;电气控制;PLC

中图分类号:TH69;TH39;TP278

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2019)05-0529-05

## Development of automatic filling device for paraffin oil

ZHAO Rui, LIN Sheng, WANG Chun, GAO Peng, NIU Ming

(School of Mechanical Engineering, Dalian Jiaotong University, Dalian 116028, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of time-consuming for laboring manual filling process of paraffin oil in the process of grease production, and difficulty in ensuring accuracy and real-time performance, an automatic filling device of paraffin oil that can automatically fill material, weigh and fill was studied, which based on the analysis of technological process and field layout. The mechanical structure of the device was made of aluminum profile as the base material, and the up-down distribution structure was adopted to integrate feeding, weighing and filling processes. PLC was adopted as the control system for electrical control, the structure of the control system was designed, the hardware composition of the control system to be raised. Based on PLC, the program of analog quantity information collection and communication with the weighing controller was compiled. The corresponding trapezoidal diagram and the configuration of man-machine interface were written. The results indicate that the device has the advantages of simple structure, smooth operation, high filling precision, greatly improves production automation.

**Key words:** automatic filling; mechanical structure; electrical control; PLC

## 0 引 言

润滑脂主要用于降低机械摩擦,防止机械磨损,同时还起到保护金属、防止氧化腐蚀的作用。润滑脂的生产原料包括石蜡油(也称矿物油或者白油)、稠化剂和添加剂等。石蜡油是从原油中分馏出来的无色无味的混合物,其中又可以分为轻质石蜡油和一般石蜡油两种,而轻质石蜡油的比重和粘稠度较低<sup>[1]</sup>。

在润滑脂的生产过程中,石蜡油的灌装还需要

工人操作,没有实现自动化。石蜡油灌装生产过程中,需要定时定量添加石蜡油到混料机,定量的控制精度要求在 $\pm 30$  g之内,定时则是需要等待混料机下达定量信息,然后人工称重,再等待混料机下达添加石蜡油的指令。整个过程需要一位工人实时等候,从下达定量信息至称重完成大约需要 2 min 的时间。这种石蜡油灌装工艺费时费力、人工成本高,且精度和实时性很难保证。目前液体灌装设备在市面上种类较多,由上海恒刚研发的半自动活塞式称重

收稿日期:2018-12-17

作者简介:赵锐(1993-),男,山东菏泽人,硕士研究生,主要从事数控技术与装备自动化方面的研究。E-mail:zhaorui\_0409@163.com

通信联系人:王春,男,教授。E-mail:chunw@djtu.edu.cn

式灌装机灌装量需要手动调节;由南京世伦研发的液体自动称重配料设备,称重精度高、速度快,但其结构复杂、占地面积大。

为解决上述问题,本研究将设计一套石蜡油自动灌装装置,以实现润滑脂生产的自动化。

## 1 总体结构设计

### 1.1 技术要求

对石蜡油自动灌装装置的研发,本文提出以下要求:

(1)工作介质为石蜡油,粘度  $20 \text{ Pa} \cdot \text{s} \sim 25 \text{ Pa} \cdot \text{s}$  (跟水的粘度近似),主要是完成石蜡油的灌装来实现润滑脂生产的自动化;

(2)每次灌装最大质量  $5 \text{ kg}$ ,灌装量由混料机 PLC 通过 MODBUS 通讯给定,灌装精度控制在  $\pm 30 \text{ g}$  之内;

(3)管路采用对接式接口方便维修,设备结构简单,运行稳定安全可靠,满足使用要求;

(4)控制方便,外加手自动切换按钮、急停及指示灯等,并可以通过触摸屏设定系统运行过程的各参数。

### 1.2 工艺流程分析

石蜡油自动灌装装置工艺流程主要分 3 部分:补料、称重和灌装,如图 1 所示。

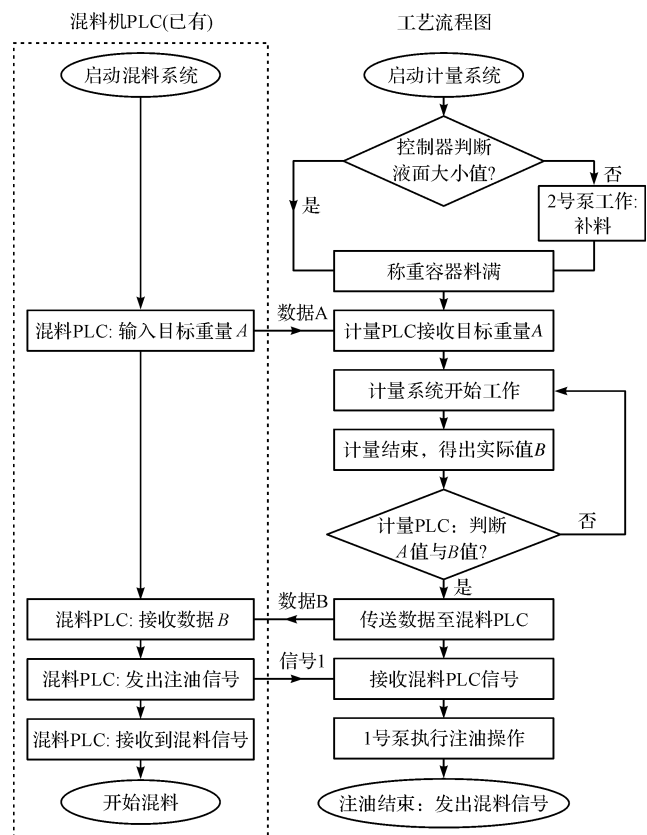


图 1 工艺流程图

(1)补料。由 2 号泵向储料容器进行补料,储量容器内有液位传感器,并通过该装置的 PLC 进行信息处理,当液位低于设定最低液面时,启动 2 号泵进行补料,当液面高于设定最高液面时,关闭 2 号泵结束补料。若在补料过程中原料桶空了,2 号泵就会一直工作,所以在程序编写时,会对 2 号泵的启动进行计时,若启动时间大于正常工作时由启动到停止的时间,说明原料桶空了,系统则会报警并发出蜂鸣声,提醒工作人员更换原料桶;

(2)称重。首先是要接收混料机的目标重量  $A$ ,并通过 PLC 触发称重控制器开始称重,由称重控制器控制开启气动快、慢阀,待接近目标重量时,关闭气动快阀,称重完成后关闭气动慢阀,称重结束后,会把当前的实际值  $B$  与目标值  $A$  进行比对,若比对的误差在设定的误差范围内(一般是  $\pm 30 \text{ g}$ ),则判断此次称重合格,并把称重完成信息即数据  $B$  通知到混料机 PLC,并把合格的石蜡油排放到暂存容器,之后处于等待状态;若比对的误差不在设定的误差范围内,则判断此次称重失败,打开气动排空阀和 1 号泵,把称重失败的石蜡油回放到储料容器后,开始下一轮的称重,直至称重合格;

(3)灌装。混料机 PLC 接收到数据  $B$  后,经过一段时间会发出信号 1 给称重 PLC;称重 PLC 启动 1 号泵,把暂存容器中的介质注入混料机,完成后关闭 1 号泵,这样,合格的介质注入到混料机中。

通过对石蜡油自动灌装装置工艺流程的分析,本设备设计重点为称重部分,即保证灌装精度。为了保证灌装精度,采取以下措施:

(1)在机械结构方面,设计平衡稳定的称重平台,尽量减少外部因素影响称重过程;

(2)选择精度高,速度快的称重模块;

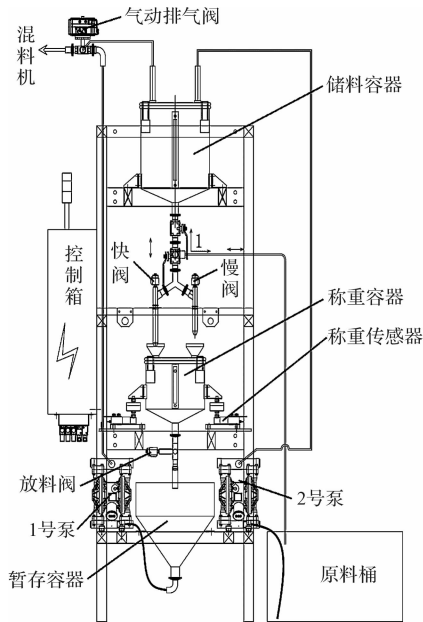
(3)在电气控制方面,每次开机需要对称重模块进行标定;称重完成后进行数据  $A$  和  $B$  比对,若连续 3 次比对失败,程序报警需要再次对称重模块标定;称重合格,排放到暂存容器,设定残余量在许可范围时关闭放料阀。

### 1.3 机械结构设计

机械结构根据工艺流程采取自上而下的设计,利用介质本身的重力,实现石蜡油的自动称重,减少水泵的使用(水泵只有在补料和灌装时使用)。

总体设计方案及现场布局如图 2 所示。

整个机械结构分为 3 部分:储料部分、称重部分和暂存部分<sup>[2-4]</sup>。



(a) 总体设计方案



(b) 现场布局

图2 总体设计方案及现场布局

(1) 储料部分。该装置的最上端为储料容器,容量为 36 L,其上端有两个进料口,左侧为称重不合格石蜡油的进料口,右侧为自动补料进料口,容器内安装有液位传感器,实时通过模拟量采集模块传输至 PLC,实现石蜡油的自动补料;其下端连接有快装三通手阀,手阀一端连接皮管通至原料桶,用于手动排空储料容器,另一端连接快装 Y 型弯头,用于连接控制称重的快阀和慢阀;

(2) 称重部分。为了保证称重的精确性,尽量避免干扰因素,机械方面:上端两个进料口与快慢阀之间是无接触的,下端放料口与暂存部分是无接触的,称重容器为圆桶型,所以称重传感器采用悬梁式高精度桶秤传感器,桶秤传感器的特点是在受力后可以自动调整中心点,为保证称重过程的平稳精确,采用 3 对桶秤传感器呈 Y 型分布安装;控制方面:在称重控制器结束称重,快阀和慢阀在关闭后可能会有石蜡油滴落,此时需要等待数秒后再进行实际值  $B$  和目标值  $A$  的比对,使得测量结果更准确;

(3) 暂存部分。主要是用来暂时存放来自称重容器的石蜡油,所以底部形状设计为漏斗状,便于 1 号泵快速抽干容器内的石蜡油。

与钢铁等其他材料的轧制成形相比,铝型材具有方便拼接、机加工少、份量轻、强度高、耐腐蚀、成本低等优点,故该装置的基础结构框架选用铝型材。

## 2 控制机构设计

### 2.1 硬件选型

通过对工艺流程和机械结构的分析,该装置需要对液位传感器的模拟量和各种输入输出点的逻辑进行判断,故本研究采用由西门子 Step7-200 smart PLC 作为系统的控制器。而针对液位传感器的模拟信号,需要扩展 EM AM03 (2AI/1AQ) 模拟量模块进行模数转换,再由 PLC 进行处理<sup>[5-6]</sup>。自动称重控制器选用欧路达 AD2016D1 型称重控制器,控制器的内部参数可通过标准 MODBUS—RTU 通讯方式实现与 PLC 的实时通讯<sup>[7]</sup>。针对人机界面 HMI,本文采用同系列的 Smart 700 IE V3 触摸屏。

### 2.2 I/O 分配

PLC 的 I/O 分配如表 1 所示。

表 1 PLC 控制的 I/O 分配

输入点		输出点	
启动	I0.0	黄灯	Q0.0
停止	I0.1	绿灯	Q0.1
手动自动切换	I0.2	红灯	Q0.2
复位	I0.3	蜂鸣	Q0.3
急停	I0.4	2号泵	Q0.4
		1号泵	Q0.5
		放料阀	Q0.6
		慢阀	Q0.7
		快阀	Q0.8

### 2.3 主要 PLC 控制程序

根据技术要求和工艺流程,绘制控制流程图,如图 3 所示。

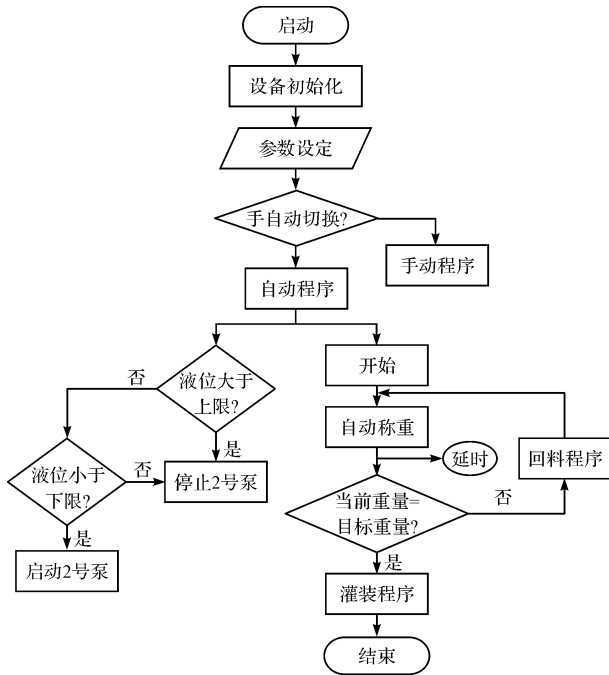


图 3 控制流程图

液位传感器的量程为 0 ~ 0.6 m,传感器将压强信号转换成 4 mA ~ 20 mA 的电流信号,PLC 模拟量模块采集信号,转换成数字量信号<sup>[8]</sup>。在用 Step 7-Micro/WIN SMART 软件编程之前需要对模拟量模块进行组

态,设置模拟量输入类型为电流,范围为 0 ~ 20 mA。由 PLC 读取模拟量模块的 AIW16 存储单元的数字量信息,并通过液位变化量与所读取的数字量之间的变换关系,将当前液位数据保存在 VW10 存储单元内。

自动补料程序如图 4 所示。

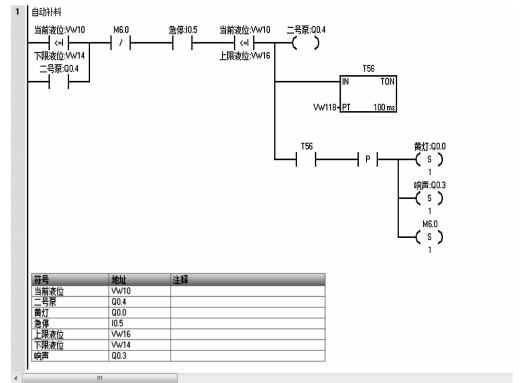


图 4 自动补料程序

该程序通过人机交互界面设定上限和下限液位。当液位低于下限,程序会启动 2 号泵;当液位高于上限,程序会停止 2 号泵,并对 2 号泵导通计时。若在 VW118 所设定的时间内,2 号泵还处在导通状态,则说明原料桶已空,会引发红灯和蜂鸣器报警,强制关闭 2 号泵。在更换原料桶后,通过复位按钮重新恢复自动补料控制。

AD2016D1 称重控制器支持主从形式的标准 MODBUS—RTU 网络通讯协议中的寄存器读写功能。PLC 与称重控制器的数据交换程序如图 5 所示。

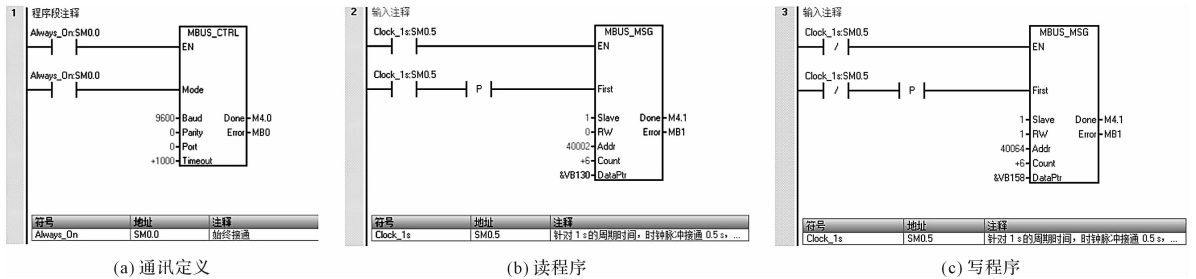


图 5 PLC 与称重控制器的数据交换程序

第一段程序中的 MBUS\_CTRL 用于单个 Modbus RTU 主站,Mode 输入值为 1 时,将 CPU 端口分配给 Modbus 协议并启用该协议;Parity(奇偶校验)设置为与 Modbus 从站设备的奇偶校验相匹配;Port(端口)设置物理通信端口(0 为 CPU 中集

成的 RS-485);Timeout(超时)为等待从站做出响应的毫秒数(可以设置为 1 ms ~ 32 767 ms 之间的任何值)。

第二、三段程序是 PLC 读写控制器内部地址的参数,寄存器地址与数据对照表如表 2 所示。

表 2 寄存器地址与数据对照表(部分)

地址	数据类型	名称	读(03H)写(10H)说明
1	4 字节长整型	实时重量	4 字节长整形数据,可读可写
3	2 字节整型	状态	03 位:定量完成只读
63	4 字节长整型	目标值	可读可写
65	4 字节长整型	快速提前量	可读可写
67	4 字节长整型	慢速提前量	可读可写

其中,实时重量、目标值、快速提前量和慢速提前量均为4字节长整型。根据程序地址定义,其所对应的地址分别为VD130、VD158、VD162和VD164,并通过人机界面进行读写。

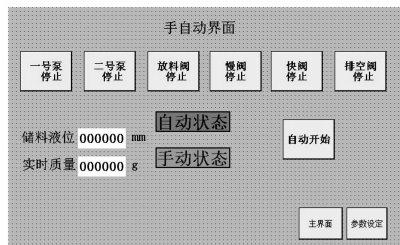
## 2.4 人机界面的设计

人机界面与PLC属于同一系列的产品,两者采用以太网(TCP/IP)通讯。根据工艺流程,人机界面基本包括主界面、手自动界面和参数设定界面。

人机界面如图6所示。



(a) 主界面



(b) 手自动界面



(c) 参数设定

图6 人机界面

## 3 实验及结果

经过安装、调试和与现场混料机的通讯,证明该设备已经可以正常平稳地运行。本文分别对不同质量的石蜡油进行多次称重灌装,灌装结果再次测量,误差范

围均在 $\pm 20$  g之内,符合精度要求。

在效率方面,最大量5 kg称重灌装过程用时60 s,较之前人工灌装,不仅在精度、速度,还是实时性方面表现突出,节省人工成本,提高了生产效率。

## 4 结束语

本研究针对润滑脂生产过程石蜡油灌装工序中存在的精度低、费时费力等问题,通过设计合理的机械结构,运用性能稳定功能强大的可编程逻辑控制器(PLC)控制,开发了集石蜡油自动补料、称重和灌装的石蜡油自动灌装装置,该装置具有以下特点:

(1)机械结构以铝型材为框架采用上下式分布,方便灌装和设备维修;

(2)采用液位传感器和称重控制器,使得装置工作运行平稳可靠,精度更高;

(3)PLC、人机界面和称重控制器之间的实时通讯进行数据的交换和处理,大大提高工作效率。

实际生产证明:该石蜡油自动灌装装置在灌装的实时性和精准度均满足生产需要。

## 参考文献(References):

- [1] 李雪静,潘元青,周惠娟. 润滑脂工业发展概况[J]. 汽车工艺与材料,2003(12):1-3.
- [2] 陶云堂,刘协舫. 食用植物油多头液压灌装机的设计[J]. 武汉工业学院学报,2002(4):39-42.
- [3] 徐德群,王延江. 桶装称重式自动液体灌装机的设计[J]. 包装与食品机械,2014,32(4):26-28.
- [4] 张海青. 动态称重方法及其应用样机[J]. 北京:测试计量技术及仪器,1997,38(12):73-74.
- [5] 廖常初. S7-200PLC 编程及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [6] 杨章勇. 基于PLC控制的取料机系统设计[J]. 科技广场,2013,33(5):215-216.
- [7] 董婷. 一种自动称重包装控制系统设计[J]. 控制工程,2017,24(2):372-377.
- [8] 吕华芳,杨汉波,丛振涛. 基于PLC控制的室内降雨入渗自动检测系统[J]. 农业机械学报,2014,45(9):144-149,160.

[编辑:李辉]

本文引用格式:

赵锐,林盛,王春,等. 石蜡油自动灌装装置的研发[J]. 机电工程,2019,36(5):529-533.

ZHAO Rui, LIN Sheng, WANG Chun, et al. Development of automatic filling device for paraffin oil[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2019, 36(5):529-533.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>