

# 全自动液体定量灌装机控制系统设计

李明<sup>1</sup>, 李丽娟<sup>1</sup>, 杨松<sup>1</sup>, 程国清<sup>2</sup>

(1. 南京工业大学, 南京 210009; 2. 常熟三禾精工科技有限公司, 苏州 215000)

**摘要:**设计了一种主要用于有毒、易挥发性液体的全自动液体定量灌装机。其控制部分设计主要包括 PLC 控制空桶的输送、桶口的定位、液体定量灌装、满桶的输送等工作。采用的计量仪表为 F701 称重控制器, 通过 PLC 的控制实现精确称量。在整个液体的定量灌装过程中, 不需要人工接触灌装液体, 设备能够实现全自动的系统工作。对设备系统的软件、硬件进行了详细介绍与分析。

**关键词:**液体定量灌装机; PLC; 气动元件; 称重控制器; 触摸屏

**中图分类号:** TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)05-0078-04

## Design of Automatic Quantitative Liquid Filling Machine Control System

LI Ming<sup>1</sup>, LI Li-juan<sup>1</sup>, YANG Song<sup>1</sup>, CHENG Guo-qing<sup>2</sup>

(1. Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China; 2. Changshu Precision Machinery & Technology Co. Ltd., Suzhou 215000, China)

**Abstract:** A kind of automatic quantitative liquid filling machine mainly used for filling toxic and volatile liquid was designed. The control part includes bucket conveying, bung hole positioning and quantitative liquid filling and pailful of transportation and other work under PLC control. The measuring instrument is F701 weighing controller, which achieve precise weighing through PLC control. In the whole quantificational filling process, people are not needed to contact filling liquid. The machine will complete working process automatically. The hardware and software design of automatic quantitative liquid filling machine control system was introduced and analyzed in detail.

**Key words:** quantitative liquid filling machine; programmable logic controller; pneumatic component; weighing controller; touch screen

液体定量灌装技术广泛应用于化工、饮料、石油和医疗等生产领域中。在液体灌装设备中, 将灌装枪移动到灌装桶桶口位置是整个灌装设备的关键问题。现在的很多灌装设备采取的是人工摇动灌装枪头至灌装桶桶口的方式, 该方式以下 3 点欠缺: 一是由作业人员人工对孔, 因此工人的劳动强度比较大; 二是对孔时间长, 耽误了灌装时间, 影响液体灌装机的灌装效率; 三是难于保证灌装枪与灌装桶口达到恰到好处的对准度, 一旦出现偏位, 哪怕是极低的几率, 会造成灌装液体的外流, 既影响灌装作业场所的清洁, 又造成液体的浪费, 以及腐蚀、有毒性液体对工人的危害。一小部分设备的定位灌装桶桶口系统部分, 通过选购国外如美国康耐视公司、日本基恩士公司等的机器视觉系统, 能够实现液体定量灌装的全自动化, 但是进口的机器视觉系统价格比较昂贵, 增加了设备成本<sup>[1]</sup>。

为了解决上述问题, 液体灌装机用的灌装桶自动输送装置<sup>[2]</sup>巧妙地利用一种机械机构设计实现了灌装设备中灌装桶桶口自动定位的问题。与前两者采用的方案相比, 方案不仅能够实现寻找灌装桶桶口工序的自动化, 同时很大程度地降低了成本, 节约了灌装过程的时间, 实现灌装过程的全自动化。文中在液体灌装机用的灌装桶自动输送装置的机械结构的基础上, 对全自动液体定量灌装设备的控制系统进行了详细介绍与分析。

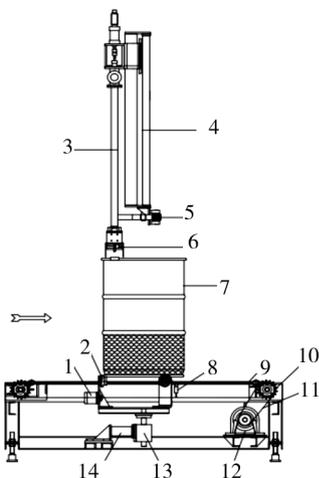
## 1 全自动液体定量灌装机工业要求

### 1.1 工艺流程

全自动液体定量灌装机组成见图 1。全自动液体定量灌装机能够灌装各种有毒、腐蚀性液体, 单桶

收稿日期: 2013-01-08

作者简介: 李明(1986-), 男, 河南人, 南京工业大学硕士生, 主攻模式识别与机器视觉在包装机械中的应用。



1-同步电机;2-滚轮臂;3-灌装枪;4-无杆气缸;5-吸盖装置;6-光电传感器;7-灌装桶;8-接近开关;9-输送带;10:传动齿轮;11:传送带;12:输送电机;13:升降气缸;14:称重传感器

图1 全自动液体定量灌装机组成

Fig. 1 Sketch map of the automatic quantitative liquid filling machine

灌装的容量是 200 L,容许的误差在 0.1 L 范围内。

灌装桶放置于输送机构的输送带后,输送电机启动,输送灌装桶至灌装位置。当到达灌装位置时,接近开关感应到灌装桶,将感应信号传送至 PLC,PLC 控制输送电机停止,升降气缸在 PLC 的控制下开始上升,同时带动滚轮臂结构上升至气缸行程的最大位置,升降气缸停止上升,同步电机开始启动带动滚轮臂运动,灌装桶在滚轮臂的带动下可以旋转。由于灌装桶属于偏心桶,在进行机械结构的设计时,桶口上方的光电传感器与灌装头都处于桶口旋转轨迹圆上,所以当灌装桶旋转至光电传感器的正下方,光电传感器感应到灌装桶桶口边缘时,将信号传送至 PLC,PLC 根据光电传感器的信号,将停止同步电机的运动。当检测到桶口后,吸盖装置在气缸的带动下旋转至灌装桶桶口的正上方,吸取灌装桶的桶盖,在完成吸盖动作后回复到原来的位置。当桶盖被吸取后,开始进行定量灌装过程,PLC 控制无杆气缸带动灌装枪进入到灌装桶中进行液体灌装,称重传感器能够感应到灌装桶中重量的变化,而称重控制器选用的是日本 unipulse 公司的 F701。通过称重仪表端子线将称重传感器与 F701 相连接,在仪表 F701 界面上进行相应的设置能够实现液体的定量灌装,液体灌装的精度得到保障;液体定量灌装结束后,仪表会传送灌装结束标志信号至 PLC,PLC 根据此信号结束定量灌装过

程。PLC 控制无杆气缸带动灌装枪上升至初始位置,吸盖装置旋转至灌装桶桶口位置的正上方将桶盖放置于灌装桶桶口。输送电机启动,将灌装满的灌装桶输送至指定位置。

## 1.2 控制以及工艺要求

1)为了便于操作人员调试设备和检查故障原因,设备能够实现送空桶、检测空桶到达灌装位置、桶口位置检测、液体定量灌装以及满桶输送整个过程的自动化控制和手动化控制,并且能够实现两者之间的切换选择。

(2)实现液体定量灌装的精确度,能够灌装各种有毒、腐蚀性液体,单桶灌装的容量是 200 L,容许的误差在 0.1 L 范围内。

(3)为了方便操作人员处理设备工作过程中的故障,当系统某一部分出现故障(如检测桶口时出现检测失败的情况,灌装枪头就不能顺利通过桶口进入桶内,就会出现灌装枪头顶在桶上和定量灌装时出现超出容许误差的情况等),PLC 会对这些故障进行实时监测,记忆锁存,并通过触摸屏快速显示报警,指明报警类型以及可能存在的故障原因。

(4)为了提高设备的安全性,系统之间各种安全联锁。

(5)为了方便操作人员操作和维修设备,所有的技术参数、工艺参数、操作手册、报警记录、故障原因、维修指南等都通过触摸屏保存。

## 2 PLC 控制系统硬件设计

### 2.1 硬件基本配置

根据全自动液体定量灌装机设备的控制以及工艺要求,硬件配置由日本三菱公司的 PLC-FX3U、触摸屏 GT1275,日本 unipulse 公司的称重控制器 F701、无杆气缸、压力传感器、接近传感器等构成。考虑到系统的可靠性和稳定性,电机、电磁阀、传感器、气缸等均采用进口设备。

### 2.2 控制系统硬件的组成

控制系统由一个电控柜、PLC、称重系统、电源系统、触摸屏系统等组成。全自动液体定量灌装机控制系统的硬件组成见图 2。

控制系统的核心部件 PLC 采用三菱公司的 FX3U 系列编程控制器,该系列编程控制器具有内置高达 64 K 大容量的 RAM 存储器、内置业界最高水平

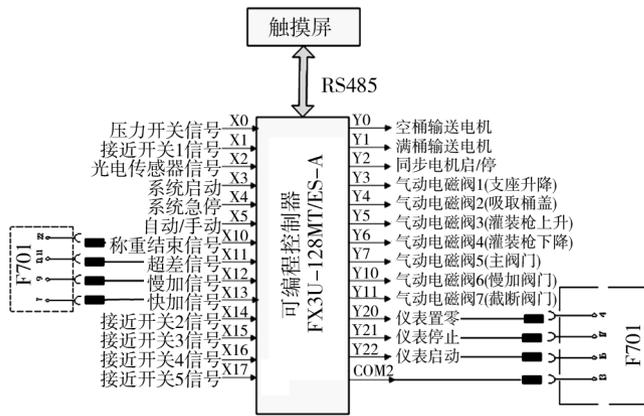


图2 全自动液体定量灌装机控制系统硬件组成

Fig. 2 Hardware constitution of the automatic quantitative liquid filling machine control system

的高速处理  $0.065 \mu\text{s}$ /基本指令、基本单元左侧均可以连接功能强大简便易用的适配器<sup>[4]</sup>。编程软件为三菱公司的 GX Developer。称重系统核心部件选用的为 F701, 通过 DDK57-30240 与 PLC 相连接, 通过 PLC 的控制能够实现仪表自动启动、停止、快加, 慢加等, 同时还具有分档加料、超差报警、去皮重等功能<sup>[3]</sup>, 能够实现高精度的定量灌装。触摸屏系统采用的是三菱公司的 GT1275, 为三菱最新系列的触摸屏, 采用 RS485 进行通讯, 抗干扰能力强, 对运行系统进行监控、控制等。该控制系统不需要采用昂贵的进口机器视觉检测软件就能够实现灌装桶桶口的定位、灌装过程的全自动化, 很好地控制了设备的成本, 提高了竞争力。

### 3 全自动液体定量灌装机控制系统软件设计

#### 3.1 人机操作界面的设计

通过人机界面, 操作人员可以与 PLC 进行信息、数据等的处理与交流。同时人机界面能够更直观地显示整个系统的运行状态, 实时对运行状态进行监控, 当出现报警等故障时, 故障可能原因显示在人机界面上, 对操作人员解决系统故障提供了很大的帮助<sup>[5-6]</sup>。人机界面的组成见图 3。

自动控制模块能够使灌装设备整个过程实现全自动运行; 手动控制模块能让操作人员在手动控制模式时对设备的整个运行过程进行控制, 适合在对设备进行调试或者检查系统出现的故障原因时使用此模式; 实时监控模块监控着系统运行过程中整个运行状

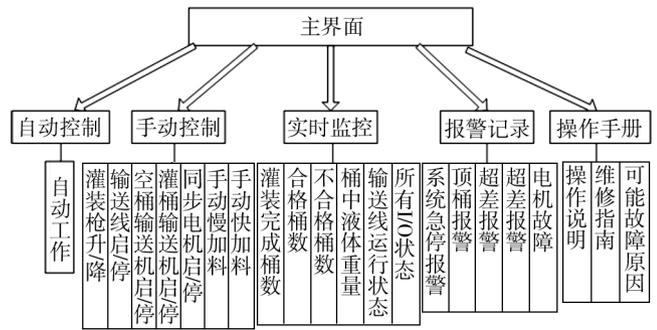


图3 人机界面总体功能结构

Fig. 3 Overall function structure of the human machine interface

态, 便于操作人员对设备运行过程的监控与分析; 报警记录模块记录了在系统运行过程中出现故障或错误的情况, 便于操作人员及时停止系统运行, 检查故障, 增强系统的安全性; 操作手册模块存储了操作说明、维修手册、可能故障原因以及处理方法, 便于操作人员日常对设备的操作和维修。

#### 3.2 PLC 控制软件设计

在设计中根据工艺流程与工艺要求结合设计流程图, 用基本逻辑指令编制出梯形图。在液体灌装设备中, 液体灌装机用的灌装桶自动输送装置巧妙地利用一种机械机构设计实现了灌装设备中灌装桶桶口自动定位的问题, 因此只对全自动液体定量灌装机控制系统中自动寻找桶口部分的程序给出详细分析<sup>[7-9]</sup>。与人工摇动灌装枪头至灌装桶桶口的方式相比, 该控制系统对孔的时间很短, 而且对孔的精度很高, 同时该控制系统软件具有故障检测、安全自锁、自动化程度高、安全性能强等特点。各软元件见表 1,

表1 软元件

Tab. 1 Soft element table

软元件记号	软元件名称	软元件功能说明
X0	压力开关	顶桶检测
X1	接近开关	灌装位置检测
X2	光电传感器	桶口位置检测
X14	接近开关	灌装枪升到顶位标志
X15	接近开关	灌装枪降到顶位标志
X16	接近开关	支座升到顶位标志
Y0	输出继电器	空桶输送电机启/停
Y2	输出继电器	同步电机启/停
Y3	气动电磁阀	支座升降
Y5	气动电磁阀	灌装枪上升
Y6	气动电磁阀	灌装枪下降
M1, M2, M3, M4	辅助继电器	
T1	定时器	100 ms

自动寻找桶口程序的梯形图见图 4。

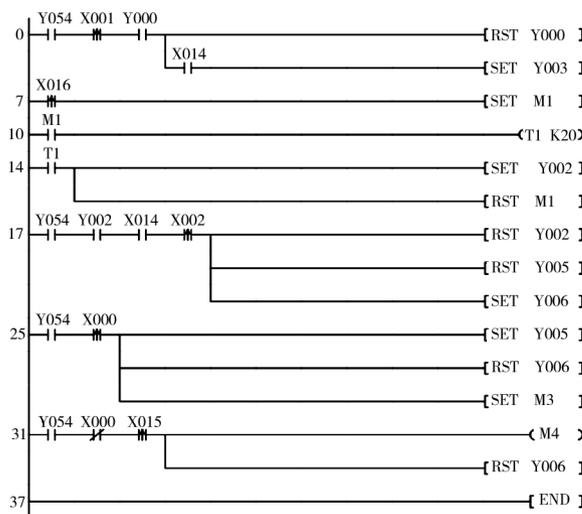


图 4 PLC 梯形图

Fig. 4 PLC ladder diagram

自动寻找桶口控制系统的程序运行过程如下。

(1) 辅助继电器 M1 为系统正常运行标志位,当 M1 接通且空桶输送电机启动运行(Y0 接通),接近开关触发,表示检测到灌装桶被输送到灌装位置,此时停止空桶输送电机运行即 Y0 复位;当灌装枪上升到顶位时接近开关 2 被触发即 X14 接通,此时将气动电磁阀 1 置位使支座上升。

(2) 当支座上升到顶位时,接近开关 4 被触发即 X16 接通,此时将支座上升到顶位的状态保存到辅助继电器 M2 中,同时触发定时器 T1。定时器 T1 的计时单位为 100 ms,设定值为 20 mm。如果直接在支座上升到顶位后立即开始启动同步电机,会出现由于支座上升后没有停稳而同步电机启动造成灌装桶倾倒的现象,所以在此处设置 2 s 的延时,待支座平稳上升到顶位后,再启动同步电机。

(3) 当定时器 T1 的 2 s 延时到达后,启动同步电机即接通 Y2,将带动灌装桶进行旋转。

(4) 当系统正常运行标志位 M1 接通,灌装枪升到顶位即 X14 接通,同步电机在运行中,此时如果同步电机在带动灌装桶旋转的过程中灌装桶桶口突起的边缘,刚好在光电传感器的检测范围内时,光电传感器被触发,X2 接通。检测到灌装桶口,同时将停止同步电机运行,使灌装枪开始下降,即复位 Y2,复位 Y5,置位 Y6。

(5) 当灌装枪在下降的过程中,灌装枪没有顺利进入桶口中而是顶在桶上,此时压力开关被触发,即

X0 被触发,立刻停止灌装枪下降,将灌装枪上升,并且在触摸屏系统监控界面显示顶桶报警等待操作人员处理即复位 Y6,置位 Y5,置位 M3,M3 为顶桶报警标志位。

(6) 当系统正常运行,灌装枪顺利地进入桶口中然后继续下降。当下降到灌装枪最低位置时,接近开关 3 被触发,即 X15 接通,停止灌装枪下降的同时开始启动称重仪表,即复位 Y6,置位 M4,M4 为称重仪表启动标志位。

## 4 结论

利用精巧的机械结构设计、PLC、气动元件、称重仪表、人机界面相结合的控制方案,与现在大部分企业采用的手动摇动灌装枪进行灌装的同类包装机相比,该控制系统能够实现全自动灌装过程,灌装过程时间大大减少。相对于采用进口机器视觉系统的灌装机,大大降低了设备的成本。同时利用触摸屏对系统进行监控与操作,使灌装机系统操作更方便、更人性化。该控制系统已通过实验,仿真调试成功。设备现场运行性能稳定、安全、可靠、自动化程度高,已经量产,且客户反应良好,提高了企业的生产效率,降低了工人的劳动强度,为企业带来了很好的经济效益。

## 参考文献:

- [1] 岳晓峰,焦圣喜,韩立强. 液体灌装系统中桶口的视觉定位研究[J]. 无损检测,2006,28(12):645-648  
YUE Xiao-feng, JIAO Sheng-xi, HAN Li-qiang. Visual Position Research of the Sprue on the Barrel in Liquid Filling System[J]. Nondestructive Testing, 2006, 28(12): 645-648.
- [2] 程国清. 液体灌装机用的灌装桶自动输送装置: 中国, 201010595702[P]. 2011-06-22  
CHENG Guo-qing. Liquid Filling Machine with Filling Barrel Automatic Conveying Device: China, 201010595702[P]. 2011-06-22.
- [3] 胡强, 张建. 现场总线技术在工业称重仪表中的应用[J]. 衡器, 2012, 41(6): 4-9.  
HU Qiang, ZHANG Jian. The Application of Field Bus Technology in Industrial Weighing Instruments [J]. Weighing Instrument, 2012, 41(6): 4-9.
- [4] 杨勇, 杨际峰. FX3U 在船舶电站准同步并车控制系统中的应用[J]. 船电技术, 2008, 28(3): 167-169.

性强等特点,使得该控制系统最终可实现物料的实时监测,灌装机的自动加料,小车缺料时的自动补料,小车精确定位,灌装机、小车、料仓与主控制器之间的信息交换等功能。

### 参考文献:

- [1] 任建华,王伟,古超. PLC在某化工生产包装线自动控制中的应用[J]. 包装工程,2010,31(3):79-81.  
REN Jian-hua, WANG Wei, GU Chao. Application of PLC in Chemical Manufacturing and Packaging Line[J]. Packaging Engineering,2010,31(3):79-81.
- [2] 袁冬梅,杨英,范然智. 无线远程控制自动小车设计[J]. 制造业自动化,2012,34(4):107-110.  
YUAN Dong-mei, YANG Ying, FAN Ran-zhi. Design on Wireless Remote Control Automatic Car[J]. Manufacturing Automation,2012,34(4):107-110.
- [3] 郝敏钗,乔振民. 基于PLC的自动运料小车的控制[J]. 煤炭技术,2011,30(1):60-61.  
HAO Min-chai, QIAO Zhen-min. Control of Automatic Carriage Based on PLC[J]. Coal Technology,2011,30(1):60-61.
- [4] 叶浩,肖世德,孟祥印,等. 大型养猪场自动喂料小车的设计与实现[J]. 农机化研究,2010(1):146-148.  
YE Hao, XIAO Shi-de, MENG Xiang-yin, et al. Design and Implementation of the Automatic Feeding Vehicle in the Large-scale Breeding Farm of Pigs[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2010(1):146-148.
- [5] 唐岚,陈翀,李声. 核反应堆压力壳螺栓孔检测自动小车的定位[J]. 西南交通大学学报,2005,40(2):237-240.  
TANG Lan, CHEN Chong, LI Sheng. Positioning of Moving Table for Checking Screw Holes of Nuclear Reactor Pressure Vessel[J]. Journal of Southwest Jiaotong University,2005,40(2):237-240.
- [6] 戴冠秀,刘太湖,巩敦卫,等. PLC在运料小车自动控制系统中的应用[J]. 工矿自动化,2005(6):57-59.  
DAI Guan-xiu, LIU Tai-hu, GONG Dun-wei, et al. Application of PLC in Automatic Control of Carriage[J]. Industry and Mine Automation,2005(6):57-59.
- [7] 朱松明. PLC在汽车涂装线自行小车系统中的应用[J]. 起重运输机械,2004(11):35-36.  
ZHU Song-ming. Application of PLC in Automatic Vehicle System of Car Painting Line[J]. Hoisting and Conveying Machinery,2004(11):35-36.
- [8] 闫茹,曹巨江. 基于nRF401的送药小车控制系统设计[J]. 包装与食品机械,2009,27(5):20-21.  
YAN Ru, CAO Ju-jiang. The Design of Feeding Vehicle Control System Base on nRF401[J]. Packaging and Food Machinery,2009,27(5):20-21.
- [9] 刘鹏,王宝光,杨德燕. 中药滴丸自动灌装设备的关键技术研究[J]. 制造业自动化,2004,26(3):65-69.  
LIU Peng, WANG Bao-guang, YANG De-yan. Research on the Key Technology of Traditional Chinese Medicine Pill Automatic Filling Equipment[J]. Manufacturing Automation,2004,26(3):65-69.
- (上接第81页)
- YANG Yong, YANG Ji-feng. Application of FX3U of Quasi-synchronizer Control System in Ship Power Station[J]. Marine Electric & Electronic Engineering,2008,28(3):167-169.
- [5] 肖渊,金守峰,张慧. 基于触摸屏和PLC的B423型针梳机自调匀整装置控制系统设计[J]. 制造业自动化,2009,31(9):104-106.  
XIAO Yuan, JIN Shou-feng, ZHANG Hui. Design of Control System of B423 Gill-boxing based on PLC and Touch Screen[J]. Manufacturing Automation,2009,31(9):104-106.
- [6] 沈于林,孙维连,张晓茹,等. PLC和触摸屏在金相切割机中的应用[J]. 微计算机信息,2009,25(1):80-81.  
SHEN Yu-lin, SUN Wei-lian, ZHANG Xiao-ru, et al. Application of PLC and Touch Screen in the Metallographic Cutter[J]. Microcomputer Information,2009,25(1):80-81.
- [7] 向晓汉. 一种新型的大袋变量包装机[J]. 包装工程,2010,31(11):84-86.  
XIANG Xiao-han. A Novel Big Bag Variable Packaging Machine[J]. Packaging Engineering,2010,31(11):84-86.
- [8] 罗昔柳,边洪瑞,秦迎梅. 基于三菱PLC的智能家居服务系统设计[J]. 控制工程,2009,16(S3):44-48.  
LUO Xi-liu, BIAN Hong-rui, QIN Ying-mei. Mitsubishi PLC-based Smart Home Service System Design[J]. Control Engineering of China,2009,16(S3):44-48.
- [9] 苏宏英,肖永新,庄焕伟. 基于PLC与触摸屏的中央空调变频调速监控系统设计[J]. 机电工程技术,2009,38(6):56-57.  
SU Hong-ying, XIAO Yong-xin, ZHUANG Huan-wei. Design of Centralized Conditioning VVVF Control System Based on PLC and Touch Screen[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology,2009,38(6):56-57.