

基于 PLC 的防爆全自动灌装设备控制系统设计

段文军, 石卓栋, 徐志刚, 唐维庄

(北京航天斯达新技术装备公司, 北京 100076)

摘要: **目的** 研究工业物料中易燃、易起泡的化工物料的灌装。**方法** 设计一种自动卸盖、自动液面下灌装、自动上盖的全封闭式自动化防爆液体灌装机, 在自动卸盖工位卸盖后向空桶内充惰性氮气, 在灌装工位进行液面下自动灌装, 始终保证灌装头在液面下灌装, 灌装完成后在上盖工位将桶盖旋上, 灌装和上盖工位设计在密闭间内, 并安装抽风机将密闭间的挥发物抽走。**结果** 在灌装前充满氮气, 使灌装物料不易挥发, 在全液面下灌装不易产生气泡沫, 密闭间的设计保证不污染环境。**结论** 该设备在某化工厂经实际应用, 运行稳定可靠, 适合于易燃工业物料的密闭灌装。

关键词: 自动卸盖; 液面下灌装; 自动上盖

中图分类号: TB486⁺.03

文献标识码: A

文章编号: 1001-3563(2014)05-0058-04

Design of Control System for Explosion-proof Automatic Filling Equipment Based on PLC

DUAN Wen-jun, SHI Zhuo-dong, XU Zhi-gang, TANG Wei-zhuang

(Beijing Aerostandard New Technology Company, Beijing 100076, China)

ABSTRACT: **Objective** To study the filling of chemical materials with flammable and foaming characteristics. **Methods** A fully enclosed explosion-proof automatic liquid filling equipment with automatic lid unloading, automatic filling under the surface and automatic covering was designed. Nitrogen gas was filled into the empty barrel after removing the lid in the unloading station, automatic filling under the surface was performed in the filling station, the filling head was ensured to be always under the surface, and then the lid was screwed in the capping station after the completion of filling. The filling and capping stations were designed in a closed room, and the volatile materials were pumped out of the room by an exhaust fan. **Results** Barrels were filled with nitrogen before filling, to prevent materials from evaporation, while filling under the surface prevented the occurrence of foams, and the closed room avoided pollution of the environment. **Conclusion** The filling equipment has been applied in a chemical enterprise, verified for stable and reliable operation performance, and is therefore suitable for the enclosed filling of flammable industrial materials.

KEY WORDS: automatic cover unloading; filling under the surface; automatic cover loading

在自动化工业包装生产中,全自动的工业液体灌装设备被广泛使用。由于工业液体大多为易爆物,所以采用防爆的灌装生产线成为工业产品生产必不可少的一个重要环节。目前市场上的液体灌装线主要有容积式、电子秤计量式,以及为适应特殊场合的复合式等几种灌装方式^[1-3]。其中电子秤计量式被广

泛应用于工业液体的灌装,此种方式灌装精度高,对灌装原料的温度、黏度等参数适应性强。大灌装量的全自动防爆灌装设备以其灌装精度高,适应各种易爆环境,自动卸盖,快慢双速灌装,自动上盖等优点广泛应用工业易爆液体的灌装。

1 灌装设备的工作原理及组成

200 L 全自动液面下灌装线主要用于工业物料定量灌装^[4-5]。其工艺流程为:人工通过上桶斜坡把空桶推送到空桶爬坡机上,空桶被输送到空桶斜坡滑行线上,然后空桶靠自重下滑到入口工位,经编组后,顺序进入空桶动力输送线上,抱桶机构将空桶抱住旋转,进行自动寻口定位,卸盖装置将桶盖旋下,放置于桶盖输送线上,空桶继续旋转定位,充氮注头下降充氮,充氮完毕后,注头上升,气动推拉门自动打开,待空桶进入灌装工位,桶到位后,气动推拉门自动关闭,同时抱桶机构将桶定位,自动寻口定位后,灌装头下降插入空桶中,自动去皮清零,完成快、慢双速灌装,随着质量的增加灌装头步进上升并始终保持在液面下,并自动显示灌装量,到量时灌装头自动升起,灌装工位轨道输送机自动出桶,空桶顺序入位;已灌装的桶进入上盖工位,经上盖随动定位机构自动定位桶口后,上盖机构经桶盖输送线上取盖将盖旋上,完成后气动推拉门打开,将桶送到重桶区,进而经分桶机构将桶自动分道,到达成品存放区。

在卸盖工位冲入惰性气体,从而保证易挥发的工业物料在灌装时不与空气接触,灌装和上盖工位设计在密闭的空间内,采用专用的通风装置将灌装和上盖时暴露在空气中的挥发物料抽走,从源头尽量减少灌装环境中的易燃物料。

控制系统具有联机保护功能,如无桶不灌,重桶不出不进空桶,超欠量自动声光报警,断气、断电自动切断物料等。电控柜内一旦进入易燃易爆气体时,自动切断动力电源。

2 控制系统设计

2.1 系统的总体方案

该系统是 200 L 大灌装量液面下灌装电子秤称重式防爆灌装设备,采用西门子 S7-200 系列的 PLC 作为控制单元,使用 Eview 触摸屏实现与 PLC 的数据交换处理和监控,西门子的称重模块 SIWAREX MS 作为电子秤与 PLC 的通信模块。该紧凑型模块可以简便的方式安装到 SIMATIC S7-200 自动化系统之中。可直接在 SIMATIC-CPU 中存取当前质量数据,无需添加其他接口。利用变频器控制寻口定位

电机进行快慢双速运转,以实现卸盖和灌装工位既快速又精准的桶口定位。当寻口定位的抱桶器将桶夹紧后先带动桶进行快速旋转,在接近定位器的位置变成慢速旋转,当桶口旋转到定位器的正下方时停止旋转。模拟量输出模块用来控制电气转换器的开关,将标准的 4~20 mA 的电信号转换成经电气转换器后气动阀的开度,减少了大小流量单独进料阀的数量。只采用一个电气转换器实现对灌装大小流量的精确控制,并且可以随意控制阀的开度大小,以减小灌装时由于瞬间关阀对称重系统的冲击。控制系统的总体方案见图 1^[6-12]。

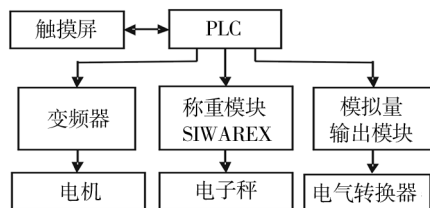


图 1 控制系统方案

Fig. 1 Program diagram of the control system

2.2 防爆设计

客观上很多工业现场满足爆炸条件,当爆炸性物质与氧气的混合浓度处于爆炸极限范围内时,若存在爆炸源,将会发生爆炸,因此必须在此类工厂车间运行的设备采取防爆措施。我国目前的防爆方式主要有有限流限压的本质安全型(ia, ib)、采取隔爆保护外壳的隔爆型(d)、采取隔离措施的正压型(p)、采取特定结构的增安型(e)以及采取特殊设计的特殊型(s)等。国标中防爆等级一般分为矿井下 I 和矿井上工厂 II,工厂一般又分为 A、B、C 等 3 级。可燃性气体引燃温度等级分为 T1-T6。危险场所区域的划分为 0 区、1 区和 2 区^[13-15]。

化工工厂的灌装设备都需要进行防爆设计,并根据用户的防爆要求进行设计,文中的用户防爆要求是 Exd IIBT4,在 1 区使用。在确保安全的情况下,根据用户的要求主要分为电控柜和电控柜外电器件的选用。

电控柜的设计采用正压型防爆电控柜,其设计等级为 Exp II CT6,正压型防爆,防爆等级为最高的 II C,可燃性气体引燃温度等级为 T6,即设备表面的最高耐热温度不超过 T6(85°)。正压防爆技术采用空气或惰性气体换气,并自动计时,用压力控制器控制内部压力,当压力高于设计规定值时,外壳内部电气设备通电,主电源与压力控制器互锁联动,压力低于规

定值就断电。此种方式尤其适用于控制盘、机箱机柜等大容量设备。它使外壳内部的爆炸环境变为“安全区域”,并保持内部始终为正压,即内部气体的压力大于柜外气体的压力,这样普通的电气设备就可以安装在外壳内使用。由于在电控柜上安装使用了触摸屏,所以在触摸屏的外部增加了可视的密闭防护罩,在不点触触摸时是将其密闭。防爆设计控制方案见图 2。

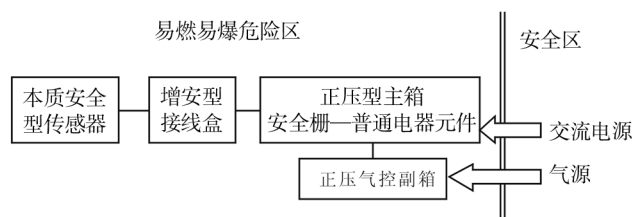


图 2 防爆设计控制方案

Fig. 2 Control program diagram of explosion-proof design

电控柜外的电器主要有电子称、电机、电磁阀、光电传感器等,其中光电传感器选用本质安全型器件,电控柜外元件设计方案见图 3。

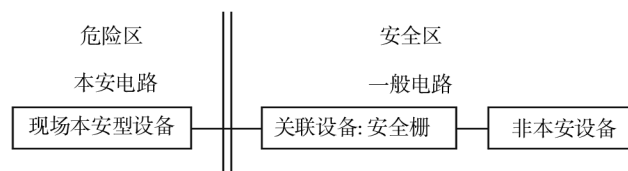


图 3 电控柜外元件设计方案

Fig. 3 Design program diagram of elements outside the cabinet

本质安全电气设备指其内部所有电路在规定的条件下,产生的火花或热效应均不可能引爆。本质安全防爆系统由以下 3 部分组成。

1) 现场本质安全设备。按本安防爆要求,对储能元件回路作特殊设计,使现场设备不会产生由火花或热源引起爆炸。

2) 连接电缆。避免外界电磁场干扰的影响,限制电缆分布参数。

3) 关联设备。安全栅,将从安全区的非本安回路传到危险区本安设备的能量限制在点火极限范围内。安全栅是充当危险区仪表和控制室仪表之间的“界面”。安全栅本身并不是本质安全的,不可以直接安装在危险区,必须安装在安全区或采用隔爆装置进行保护后安装在危险区。

现场的所有传感器都采用本安型传感器,再外加防护罩,通过增安型现场接线盒全部接入电控柜的安全栅

上,构成本安型防爆系统,其防爆形式为 ExibIICT6。

2.3 硬件组成

根据灌装线的生产工艺流程,以及完成其功能所需要的硬件配置,系统的硬件主要由 PLC、称重模块、模拟量输出模块、变频器等组成。硬件安装的电控柜实物见图 4。



图 4 电控柜实物

Fig. 4 Photo of the cabinet

1) PLC 硬件配置与 I/O 分配。采用西门子 S7-200 的 CPU 226 CN 作为基本控制单元,EM223 I16/O16 和 EM223 I8/O8 作为数字量信号模块,EM232 2AQ 作为模拟量信号模块,SIWAREX MS 作为称重模块一起组成控制部分。称重模块主要采集电子秤的模拟量信号并转换为数字量信号传送到 CPU 中,执行动作部件主要有气缸、电机、变频电机以及模拟量开关阀。检测部件主要有光电传感器和气缸磁性传感器。

2) 系统的抗干扰设计。由于控制系统配置有 2 种模拟量模块,所以需要很好的电磁兼容环境,否则会影响电子秤模拟量以及灌装头模拟量阀开度的精确度,造成称量和灌装不准确。影响电磁环境主要有两部分:变频器的输入端以及 24 V 直流电源的输入端,因此分别在变频器的输入端加入 400 V,5 A 的变频器输入端专用滤波器和在直流电源前端加入 220 V,2 A 的交流单相电源滤波器。这主要是基于变频器工作时,输入端对电网及其他数字设备产生干扰的频域特性和交流线路产生的尖峰电磁干扰而设计。

2.4 软件设计

软件设计全部采用模块化结构设计,主要分为手动控制和自动控制,设备按照所完成的功能分为:空桶进入部分、卸盖与冲氮部分、自动定位灌装部分、上盖部分、桶盖输送部分以及成品输出部分等。相应的

自动控制程序设计为:初始化子程序、进空桶子程序、卸盖与充氮气子程序、自动定位灌装子程序、上盖子程序、桶盖输送子程序、成品输送子程序以及电子秤标定校验子程序等。

自动程序运行时,首先通过触摸屏设定各种参数,如灌装大小流量以及各种动作的延时,然后自动运行程序按照顺序依次执行上桶、卸盖、灌装、上盖、成品输送等动作。

灌装精度的控制主要采用双速灌装方式以及误差自动补偿方式。双速灌装即灌装过程中采用大小流量两步灌装,灌装开始时进行大流量灌装,由电子秤反馈灌装质量,当达到大流量灌装阈值时停止大流量灌装,再通过孔子比例阀改为小流量方式继续灌装,当达到小流量阈值时停止灌装。在每次灌装完成时控制系统会自动比较实时灌装量与目标灌装量的误差,并且进行半差补偿,从而保证实时灌装量逐级逼近目标灌装量,以保证灌装的精度。

3 结语

该全自动防爆液体灌装设备实际运行状态良好,运行稳定,各个动作如上桶、卸盖、充氮气、灌装、上盖、成品输送都能顺利执行,且皆为并行进行,保证了整个系统的高速运行。正压防爆设计运行稳定可靠,一旦电控柜内压力低于柜外时,系统自动切断主电源,以保证在易燃环境下运行的安全。此正压型设计的防爆等级高,适用于任何易燃工业物料的密闭式灌装。为以后此类灌装环境的防爆设计提供了参考。

参考文献:

- [1] 尹章伟. 包装机械[M]. 北京:化学工业出版社,2002:32—48,125—126.
YIN Zhang-wei. Packaging Machine[M]. Beijing:Chemical Industry Publishing House,2002:32—48,125—126.
- [2] 孙凤兰,马喜川. 包装机械概论[M]. 北京:印刷工业出版社,2005:28—44.
SUN Feng-lan,MA Xi-chuan. Packaging Machine General-ity[M]. Beijing:Print Industry Publishing House,2005:28—44.
- [3] 屈能胜. 中国食品包装机械发展综述[J]. 中国食品,2004(9):12—14.
QU Neng-sheng. China Food Packaging Machinery Development Review[J]. China Food,2004(9):12—14.
- [4] 赵淮. 包装机械选用手册[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2002:20—23.
- ZHAO Huai. Packaging Machinery Selection Guide[M]. Xi'an:Xi'an University of Electronic Science and Technology University Press,2002:20—23.
- [5] 李文友,胡振泉,叶保华. 高精度桶装液体灌装生产线的研制[J]. 包装与食品机械,2005,23(4):4—6.
LI Wen-you,HU Zhen-quan,YE Bao-hua. The Development of Precision Barreled Filling Machine[J]. Packaging and Food Machinery,2005,23(4):4—6.
- [6] 谢小鹏,王大成. 灌装机控制系统改进设计[J]. 石油化工设备,2000(5):22—24.
XIE Xiao-peng,WANG Da-cheng. Filling Machine Control System to Improve the Design[J]. Petrochemical Equipment,2000(5):22—24.
- [7] 王冬梅. 啤酒灌装生产线自动控制系统的研究与开发[D]. 西安:西安理工大学,2001.
WANG Dong-mei. Beer Filling Production Line Automatic Control Systems Research and Development[D]. Xi'an:Xi'an University of Technology,2001.
- [8] 崔曼. 盒中袋液体软包装灌装技术研究[D]. 无锡:江南大学,2012.
CUI Man. The Filling Technology Research for Bag in Box Liquid Soft Package[D]. Wuxi:Jiangnan University,2012.
- [9] 李玉琳. 灌装机控制系统及关键技术研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2010.
LI Yu-lin. The Control System and Key Technology Research of Filling Machine[D]. Wuhan:Wuhan University of Technology,2012.
- [10] 黄小兰. 基于 PLC 的旋转型灌装机控制系统研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2012.
HUANG Xiao-lan. The Control System Research for Rotary Filling Machine Based on PLC[D]. Wuhan:Wuhan University of Technology,2012.
- [11] 孙茂泉,严伟跃. 称重式液体灌装机控制系统[J]. 轻工机械,2007(6):324—328.
SUN Mao-quan,YAN Wei-yue. The Control System of Weighing Liquid Filling Machine[J]. Light Industry Machinery,2007(6):324—328.
- [12] 杨启龙. 灌装机加塞机构的改进与设计[D]. 武汉:武汉理工大学,2012.
YANG Qi-long. Filling Machine Stoppering Improvement and Design[D]. Wuhan:Wuhan University of Technology,2012.
- [13] 李荫中. 石油化工防火防爆手册[M]. 北京:中国石化出版社,2003:20—58.
LI Yin-zhong. Fire-proof and Explosion-proof Manual for Petroleum and Chemical Industry[M]. Beijing:China Petrochemical Press,2003:20—58.

3 结语

PBS 的酶解与水解是 2 个截然不同的降解过程。酶解过程中 PBS 薄膜的结晶度下降,水解则由于单体或低聚物在聚合物内部结晶,使得 PBS 的结晶度变化较小。PBS 酶解是以表面刻蚀的方式由表及里逐渐进行,材料的厚度和质量随降解时间不断下降。PBS 与酶液接触后,酶分子会在短时间内快速吸附到材料表面,并通过 PBS 酯键水解的方式实现材料的降解。PBS 在酶溶液中有较快的降解速度,降解 9 周后失重率约为 33.2%。PBS 的水解则是以整体侵蚀的方式进行,材料的表面形态和质量并没有出现明显变化。

参考文献:

- [1] BASTIOLI C. Handbook of Biodegradable Polymers [M]. Shropshire: Smithers Rapra Technology, 2005: 1—5.
- [2] TOKIWA Y, CALABIA B. Biodegradability and Biodegradation of Polyesters [J]. Journal of Polymers and the Environment, 2007, 15 (4): 259.
- [3] WANG J, ZHENG L, LI C, et al. Fully Biodegradable Blends of Poly (Butylene Succinate) and Poly (Butylene Carbonate): Miscibility, Thermal Properties, Crystallization Behavior and Mechanical Properties [J]. Polymer Testing, 2012, 31 (1): 39—45.
- [4] ZHU W, WANG X, CHEN X, et al. Miscibility, Crystallization, and Mechanical Properties of Poly (3-hydroxybutyrate-co-4-hydroxybutyrate)/Poly (Butylene Succinate) Blends [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2009, 114 (6): 3923—3931.
- [5] ŻENKIEWICZ M, RICHERT A, MALINOWSKI R, et al. A Comparative Analysis of Mass Losses of Some Aliphatic Polyesters upon Enzymatic Degradation [J]. Polymer Testing, 2013, 32 (2): 209—214.
- [6] LEE C W, KIMURA Y, CHUNG J-D. Mechanism of Enzymatic Degradation of Poly (Butylene Succinate) [J]. Macromolecular Research, 2008, 16 (7): 651—658.
- [7] PHUA Y J, LAU N S, SUDESH K, et al. Biodegradability Studies of Poly (Butylene Succinate)/Organo-montmorillonite Nanocomposites under Controlled Compost Soil Conditions: Effects of Clay Loading and Compatibiliser [J]. Polymer Degradation and Stability, 2012, 97 (8): 1345—1354.
- [8] NISHIDA H, TOKIWA Y. Distribution of Poly (β -hydroxybutyrate) and Poly (ϵ -caprolactone) Aerobic Degrading Microorganisms in Different Environments [J]. Journal of Polymers and the Environment, 1993, 1 (3): 227—233.
- [9] TOKIWA Y, CALABIA B. Biodegradability and Biodegradation of Poly (Lactide) [J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2006, 72 (2): 244.
- [10] DOI Y, KANESAWA Y, KUNIOKA M, et al. Biodegradation of Microbial Copolyesters: Poly (3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) and Poly (3-hydroxybutyrate-co-4-hydroxybutyrate) [J]. Macromolecules, 1990, 23 (1): 26—31.
- [11] CHEE J-W, AMIRUL A A, TENGKU MUHAMMAD T S, et al. The Influence of Copolymer Ratio and Drug Loading Level on the Biocompatibility of P(3HB-co-4HB) Synthesized by Cupriavidus Sp (USMAA2-4) [J]. Biochemical Engineering Journal, 2008, 38 (3): 314—318.
- [12] 孙炳新, 揣成智, 韩春阳, 等. 水生环境下脂肪族聚酯生物降解性能研究进展 [J]. 包装工程, 2012, 33 (11): 129—134.
- [13] SUN Bing-xin, CHUAI Cheng-zhi, HAN Chun-yang, et al. Research Progress in Biodegradation Research of Aliphatic Polyesters Under Aquatic Environment [J]. Packaging Engineering, 2012, 33 (11): 129—134.
- [14] LEE Y H, KANG M S, JUNG Y M. Regulating the Molar Fraction of 4-hydroxybutyrate in Poly (3-hydroxybutyrate-4-hydroxybutyrate) Biosynthesis by Ralstonia Eutropha Using Propionate as A Stimulator [J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2000, 89 (4): 380—383.
- [15] PFERICH G A. Mechanisms of Polymer Degradation and Erosion [J]. Biomaterials, 1996, 17 (2): 103—114.
- [16] BURKERSRODA F V, SCHEDL L, PFERICH A. Why Degradable Polymers Undergo Surface Erosion or Bulk Erosion [J]. Biomaterials, 2002, 23 (21): 4221—4231.

(上接第 61 页)

- [14] 曹建军. 本质安全型防爆火灾自动报警控制系统存在的缺陷及改进建议 [J]. 消防技术与产品信息, 2004 (8): 19—20.
- [15] CAO Jian-jun. Defects and Suggestion for Improvement of Intrinsically Safe Explosion-proof Automatic Fire Alarm Control System [J]. Fire Protection Technology and Product Information, 2004 (8): 19—20.

- [15] 余声扬. 石油企业电气防爆浅谈 [J]. 石油化工安全环保技术, 2007, 23 (1): 11—14.
- [16] YU Sheng-yang. Electrical Explosion-proof on Petroleum Enterprise [J]. Safety and Environmental Protection Technology for Petroleum and Chemical Industry, 2007, 23 (1): 11—14.