

腐蚀性溶液灌装机的设计

屠凤莲, 段文军, 张斌, 周宇航, 穆国鹏

(北京强度环境研究所, 北京 100076)

摘要: **目的** 研发一种全自动腐蚀性溶液灌装机, 使工人远离化工产品的危害。**方法** 灌装系统中与液体接触的所有零部件都采用耐腐蚀的高分子塑料材质, 尤其是灌装阀, 打破金属灌装阀的传统设计理念, 采用下开阀式塑料灌装阀。输送装置的链条设置在称量装置的秤盘凹槽中, 链条与秤盘互不干涉。链条上设置连杆式拨桶板。**结果** 该腐蚀性溶液灌装机具有超强的抗腐蚀性。连杆式拨桶板可以防止输送线末端出桶加速现象, 解决了包装桶喷溅物料的难题。**结论** 该腐蚀性溶液灌装机自动化程度高、安全性能高, 而且具有结构合理、操作简单、成本低廉等优点, 成功地解决了化工领域腐蚀性溶液灌装难的问题。

关键词: 腐蚀性溶液; 灌装机; 塑料灌装阀; 称量装置; 输送装置

中图分类号: TB486 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)03-0169-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.03.025

Design of Corrosive Solution Filling Machine

TU Feng-lian, DUAN Wen-jun, ZHANG Bin, ZHOU Yu-hang, MU Guo-peng
(Beijing Institute of Structure and Environment Engineering, Beijing 100076, China)

ABSTRACT: The work aims to develop a fully automatic corrosive solution filling machine, so that the workers can be far away from the harm of chemical products. In the filling system, all parts in contact with the liquid were made of high molecular plastic with excellent corrosion resistance, especially the filling valve, as it broke the traditional design concept of metal filling valve, and it was the plastic filling valve opened by valve-stem moving down. The chain of the conveyor was arranged in the tray groove of the weighing device, and the chain and the tray did not interfere with each other. The chain was provided with connecting-rod push plate. The corrosive solution filling machine had strong corrosion resistance. The connecting-rod push plate could prevent sudden acceleration of packaging buckets at the end of the conveyor, thus solving the problem of splashing materials of packaging bucket. The corrosive solution filling machine has the advantages of high automation, high safety performance, reasonable structure, simple operation, low cost and so on. It successfully solves the problem of difficult filling of corrosive solution in chemical industry.

KEY WORDS: corrosive solution; filling machine; plastic filling valve; weighing device; conveyor

在国内化工领域的化学品灌装方面, 早期只有人工用油枪液面上灌装; 由于化学品有挥发性、腐蚀性, 会对人体造成危害。后来一些有经济实力的化工企业开始购买国外进口的自动灌装机, 使工人远离化学品的危害, 但成本高、维修不方便。

近年来国内市场出现了灌装酸碱溶液、消毒液、农药、洗涤剂 5 L 以下小包装自动灌装机, 但灌装

系统主体结构都采用表面喷涂防腐材料的碳钢或不锈钢; 灌装阀也采用传统的上开阀式不锈钢阀。若喷涂的防腐材料破损脱落, 碳钢就被腐蚀; 而不锈钢的耐腐蚀性也是有限的, 长时间接触高腐蚀性溶液同样被腐蚀, 金属材料被腐蚀后存在污染物料的危险。对于 20 L 左右的中桶包装, 国内市场更是没有自动灌装设备^[1-6]。

收稿日期: 2018-04-08

作者简介: 屠凤莲 (1971—), 女, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为包装机械设备的设计与研发。

文中介绍了一种新型的六头直线称量式灌装机，它是全自动化灌装设备，适用 20 L 左右的中桶包装，生产能力可达 800 桶/h，精度可控制在±20 g。该设备具有超强的抗腐蚀性，能够灌装 pH 值趋近 0 的强酸溶液和 pH 值趋近 14 的强碱溶液；也具有更高的安全性，使工人彻底远离了腐蚀性化工产品的危害。

1 结构组成

腐蚀性溶液灌装机形式可以多样化，全自动六头直线称量式灌装机机械结构主要由机架、称量装置、输送装置、接料装置、电控系统、灌装系统、升降装置和封闭罩门等 8 个部分组成^[7-12]，见图 1—3。

机架主体由不锈钢方管焊接而成，起支撑、固定作用，见图 1。

称量装置包括称量传感器、保护罩、秤盘、支撑架和定位护栏，见图 1。定位护栏固定在秤盘两侧，秤盘固定在称量传感器上，中间设有凹槽，链条在凹槽中行走，但不接触秤盘，可以保证称量传感器的精度；称量传感器固定在支撑架上，外面装有保护罩；支撑架固定在输送装置的 2 个对称支撑侧板之间。

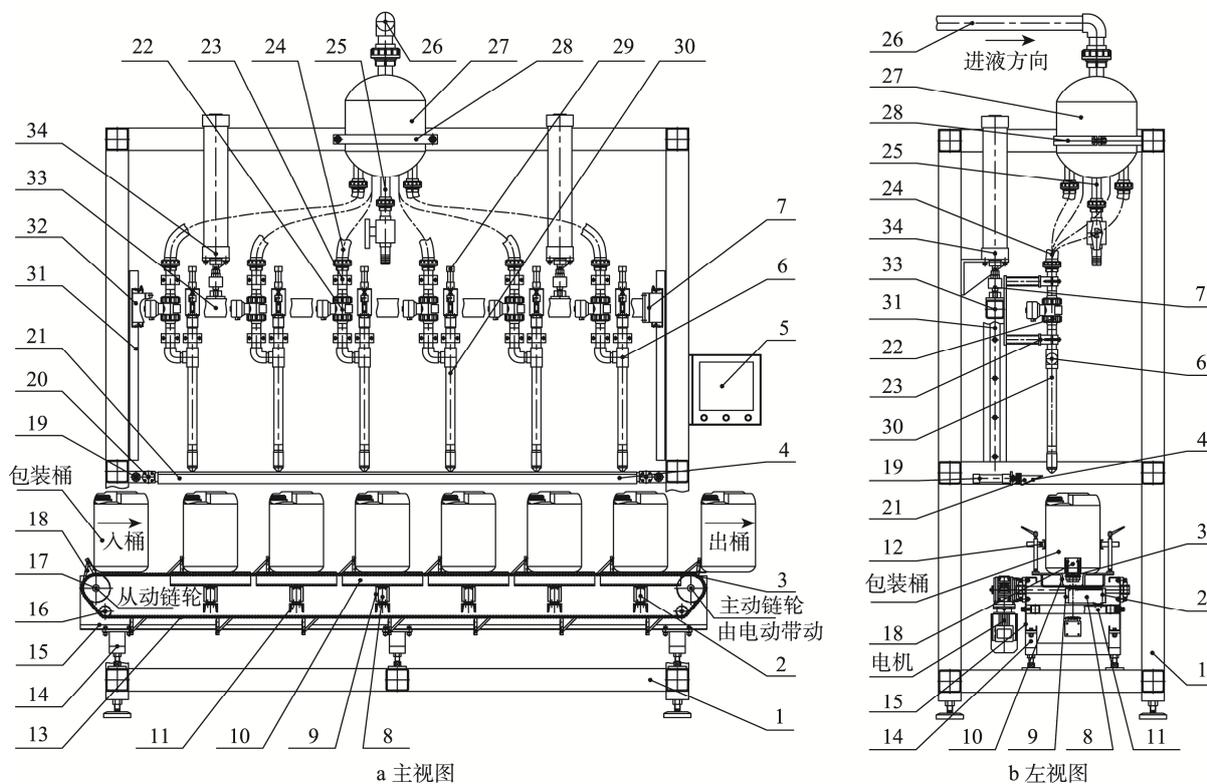
输送装置包括链条、支腿、支撑侧板、张紧轮、链轮和连杆式拨桶板，见图 1。链条缠绕链轮、张紧

轮形成传送带，靠传送带上的拨桶板来运输包装桶；链轮和张紧轮的传动轴安装在 2 个对称的支撑侧板之间，主动链轮在出桶方向，由电机带动，从动链轮在入桶方向；2 个对称的支撑侧板通过支腿固定在机架上。

输送装置的连杆式拨桶板包括销轴、竖连杆、斜连杆和拨桶板，见图 2。竖连杆和斜连杆在链条上端铰接在一起，二者的另一端分别铰接在链条的销轴上，两销轴间的链条相当挠性软杆，它与竖连杆、斜连杆组成三角形挠性件连杆机构；2 个相同的连杆机构对称布置在链条两侧；拨桶板固定在 2 个竖连杆上，将 2 个连杆机构连接在一起，因此称为连杆式拨桶板，它可以防止输送线末端出桶加速现象；拨桶板等间距布置在闭环链条上，该间距与灌装阀间距相等。

接料装置包括气缸、导向杆和接料盘，见图 1。接料盘两端对称布置有气缸和导向杆，气缸的缸体固定在机架上，由气缸驱动接料盘沿垂直于传送带方向移动。

电控系统包括电控柜、可编程控制器等，它操纵整个灌装机的各部分协调运动，见图 1。可编程控制器悬挂在机架外侧，可以编写控制程序和显示相关数据，例如：显示包装桶和物料的重量、控制链条的运



1.机架 2.称量装置 3.输送装置 4.接料装置 5.电控系统 6.灌装系统 7.升降装置 8.称量传感器 9.保护罩 10.称盘 11.支撑架 12.定位护栏 13.链条 14.支腿 15.支撑侧板 16.张紧轮 17.链轮 18.连杆式拨桶板 19.气缸 20.导向杆 21.接料盘 22.流量控制阀 23.固定块 24.分液管路 25.清洗排液管路 26.进液管路 27.分液罐 28.固定座 29.开阀气缸 30.灌装阀 31.导轨 32.滑块 33.升降横梁 34.升降气缸

图 1 灌装机结构
Fig.1 Filling machine structure

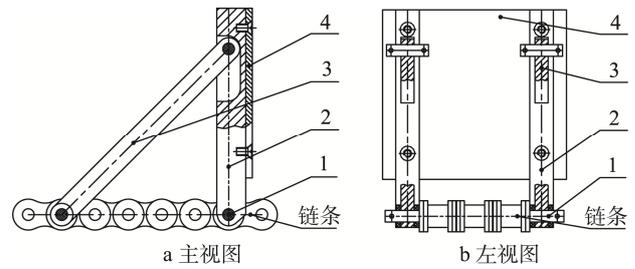
行、控制接料盘的移动、控制灌装阀的开关和大小流量、控制灌装阀的升降等。

灌装系统包括流量控制阀、固定块、分液管路、清洗排液管路、进液管路、分液罐、固定座、开阀气缸和灌装阀，见图 1。分液罐固定在机架上端；各分液管路与分液罐的连接通口均匀分布在同一圆周上；分液罐底部设置有清洗排液管路；分液管路经过软管、流量控制阀连接到灌装阀的进料口；灌装阀固定在升降横梁上，采用下开阀式塑料灌装阀，开阀气缸控制灌装阀的开关；灌装系统中与液体接触的所有零部件都是耐腐蚀的高分子塑料材质。

升降装置包括导轨、滑块、升降横梁和升降气缸，见图 1。导轨竖直固定在机架两侧；升降横梁两端固定在滑块上；滑块和导轨移动连接；升降气缸固定在机架上，活塞杆固定在横梁上端，用以驱动升降横梁及灌装阀上下移动。

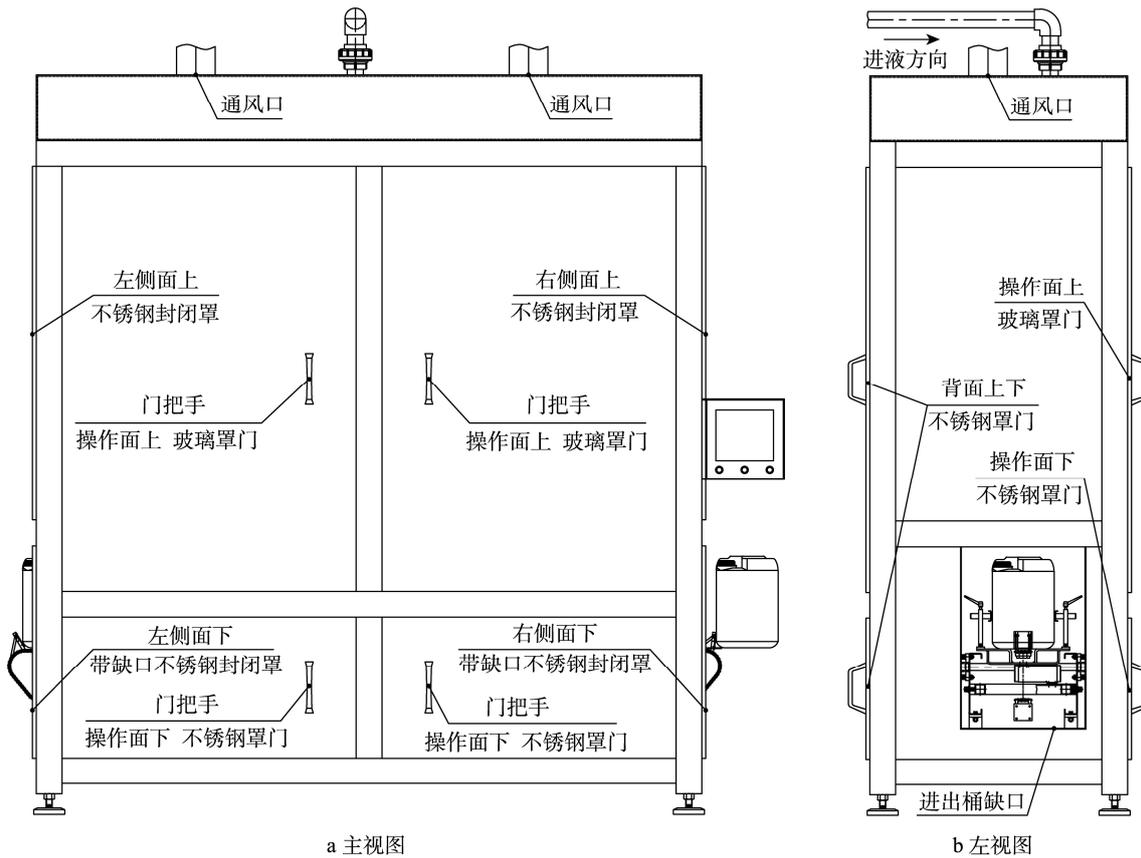
为避免灌装过程中化学产品挥发到空气中而危害工人身体健康，在灌装机外部安装了封闭罩门，

两侧设有进出桶缺口，顶部罩子设有 2 个通风口，废气通过排气管连接到用户回收系统，见图 3。操作面上部安装玻璃罩门，以便观察全自动灌装机的运行情况；操作面下部、灌装机背面的上部和下部全都安装不锈钢罩门，以便设备检修；主机两侧上部和下部都安装封闭罩门，下部留有缺口，方便包装桶进出。



1.销轴 2.竖连杆 3.斜连杆 4.拨桶板
图 2 连杆式拨桶板

Fig.2 The connecting-rod push plate



a 主视图

b 左视图

图 3 封闭罩门示意

Fig.3 Schematic diagram of the covered doors

2 工作原理

腐蚀性溶液灌装机是全自动直线称量式灌装机，为保证灌装精度和避免物料起泡沫问题，灌装模式可

以选择 2 种方式，对不容易起泡沫的液体进行大流量、小流量 2 个阶段灌装；对容易起泡沫的液体进行小流量、大流量、小流量 3 个阶段灌装^[13-16]。下面以 20 L 包装桶为例来说明该类灌装机的工作原理，如图 1 所示，灌装机工作过程分为 3 个阶段。

1) 空桶入位, 准备待灌阶段。液体物料沿进液管路流入分液罐, 再顺着各个分液管路通过流量控制阀进入灌装阀腔体内等待灌装。输送装置将空包装桶等间距运送到灌装工位, 即桶口对准灌装阀头, 继而链条后退一点距离, 使拨桶板与包装桶分离, 以免影响称量传感器的测量精度, 等待称量式灌装。

由于输送装置的链条在称量装置的秤盘凹槽中行走, 因此链条与秤盘互不干涉, 不会影响称量精度。每个包装桶是靠链条上的拨桶板拨动才能在秤盘上表面滑动前进, 包装桶被拨桶板运输到位后, 静止在称量装置的秤盘上等待称量和灌装, 链条后退一点距离, 脱离包装桶, 此时链条与秤盘、包装桶都不接触, 称量传感器只计量秤盘和包装桶的重量。

2) 称量式灌装阶段。空桶就位后, 接料装置的气缸驱动接料盘后退; 升降装置的气缸驱动升降横梁携带灌装阀下降, 灌装阀头插入到包装桶底部; 开阀气缸打开阀头进行灌装, 灌装模式根据物料特性和用户要求在可编程控制器中设定, 大小流量由流量控制阀掌控; 当液面下大流量灌装即将到达目标值时, 升降装置驱动灌装阀上升到液面上, 改为小流量灌装直到目标值时, 开阀气缸关闭阀头, 然后升降装置驱动灌装阀上升到初始位置; 继而接料装置的气缸驱动接料盘向前伸出, 在阀头下方收纳关阀后滴落的残液, 避免残液污染秤盘和输送链。

3) 重桶被运送出灌装机, 下一组空桶入位。输送装置将装满物料的重包装桶运送出灌装机, 等待下一组包装桶就位后, 进行下一轮灌装任务。

以上过程只需人工点击开启按钮, 设备自动完成灌装、输送等一系列动作。封闭罩门的存在使工人的安全性得到了进一步保障, 并且工人可以在操作面透过玻璃罩门观察整个生产过程。

3 结构特点

腐蚀性溶液灌装机的特点如下所述。

1) 采用液面下灌装, 减少了液体挥发; 安装封闭罩门并回收挥发的废气, 大大提高了腐蚀性溶液灌装的安全性能。

2) 打破传统设计理念, 整个灌装系统中, 包括灌装阀和流量控制阀在内, 与液体物料接触的所有零部件都采用高分子塑料材质, 可以抵抗强酸、强碱等高腐蚀性溶液的腐蚀; 为避免化工品的挥发和喷溅采用液面下灌装, 灌装阀细长, 阀芯在最下端, 细长的塑料阀杆抗拉不抗压, 根据它的特性采用下开阀方式。

3) 灌装机有自动清洗系统, 当更换灌装物料品种时, 能够实现一键切换自动清洗, 节约了辅助时间, 提高了生产效率。

4) 输送装置的链条在称量装置的秤盘凹槽中行

走, 二者互不干涉, 因此不会影响称量精度。

5) 链条上的拨桶板若采用传统的链条附件固定安装, 则在输送线末端链条围绕链轮做圆周运动时, 拨桶板会始终垂直链条运动的切线方向, 那么拨桶板就会拨动包装桶突然加速。连杆式拨桶板由于有链条作为挠性软杆, 输送线末端链条围绕链轮做圆周运动相当挠性软杆变短, 同时竖连杆上端受到包装桶的向后作用力。作用力通过连杆机构传递到挠性软杆的2个铰点处, 铰点的转动自由度和软杆的变形会使拨桶板向后倾斜, 最终包装桶基本匀速前进, 因此连杆式拨桶板可以有效防止输送线末端出桶加速现象, 解决了装满液体物料的包装桶由于突然加速而喷溅物料的难题。

6) 接料装置的接料盘在阀头下方收纳关阀后滴落的残液, 避免残液污染秤盘和输送链。

7) 该设备具有自动化程度高, 结构简单, 操作方便, 成本低廉等优点。

4 结语

在化工产品的液体灌装领域, 腐蚀性溶液的灌装始终是困扰国人的一大难题, 腐蚀性溶液灌装机是专门针对这一难题而研发的, 其具有超强的抗腐蚀性, 也是安全性能很高的全自动化设备, 使工人远离腐蚀性化工产品的危害。该设备结构简单、成本低廉, 在化工领域的液体灌装方面具有很大的实用价值和更广阔的市场前景。

参考文献:

- [1] 陈军阳. 称量式灌装系统的应用[J]. 工业自动化, 2011, 40(7): 28—29.
CHEN Jun-yang. Application of a New Model Weighting Filler System[J]. Industrial Automation, 2011, 40(7): 28—29.
- [2] 袁峰, 聂惠娟, 王太勇. 一种新型灌装机的功能原理创新设计[J]. 机械设计与制造, 2009, (2): 259—260.
YUAN Feng, NIE Hui-juan, WANG Tai-yong. Function and Principle Innovative Design of a New Bottling Machine[J]. Machinery Design & Manufacture, 2009, (2): 259—260.
- [3] 闻邦椿. 机械设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
WEN Bang-chun. Mechanical Design Manual[M]. Beijing: China Machine Press, 2010.
- [4] JIANG Jun-xia, LI Qin-liang, WU Zhi-chao, et al. Numerical Simulation of Mould Filling Process for Pressure Plate and Valve Handle in LFC[J]. China Foundry, 2010, 7(4): 367—372.
- [5] BARI S, VEALE D. Improvement of BIB Packaging

- Product Filling Valve CIP Performance and Efficiency[J]. Food and Bioproducts Processing. Transactions of the Institution of Chemical Engineers, Part C, 2012, 90(4): 849—857.
- [6] 段文军, 徐志刚, 屠凤莲, 等. 基于无线通讯的旋转称量式灌装旋盖机设计[J]. 包装工程, 2017, 38(9): 65—68.
DUAN Wen-jun, XU Zhi-gang, TU Feng-lian, et al. Rotary Weighing Filling-oriented Capping Machine Based on Wireless Communication[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(9): 65—68.
- [7] 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.
- [8] KALPKJIAN S, SCHMID S. Manufacturing Engineering and Technology[M]. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.
- [9] 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 Research of High Precision Liquid Drum Filling Product Line[J]. Packaging and Food Machinery, 2005, 23(4): 4—6.
- [10] 屠凤莲, 崔岩. 下开阀式塑料灌装阀[J]. 包装工程, 2014, 35(7): 101—103.
TU Feng-lian, CUI Yan. Plastic Filling Valve Opening by Valve-stem Moving Down[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(7): 101—103.
- [11] 李红果, 叶岷, 曹瑞, 等. 中心小流量上开阀式灌装阀[J]. 包装工程, 2017, 38(7): 155—158.
LI Hong-guo, YE Min, CAO Rui, et al. Central-small-flow Filling Valve Opened with Valve Stem Moving Up[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(7): 155—158.
- [12] 林利彬, 张昱, 陆英, 等. 液体灌装机的高精度灌装定量方法[J]. 包装与食品机械, 2017, 35(4): 48—50.
LIN Li-bin, ZHANG Yu, LU Ying, et al. The Liquid Filling Machine Precision Filling Quantitative Method[J]. Packaging and Food Machinery, 2017, 35(4): 48—50.
- [13] 王海兵, 叶鹏, 苗加乐, 等. 重力灌装阀的改进[J]. 轻工机械, 2012, 30(2): 90—93.
WANG Hai-bing, YE Peng, MIAO Jia-le, et al. Improvement on Gravity Filling Valve[J]. Light Industry Machinery, 2012, 30(2): 90—93.
- [14] 屠凤莲, 徐德众, 段文军. 腐蚀性溶液灌装机: 中国, 104973553B[P]. 2017-09-29.
TU Feng-lian, XU De-zhong, DUAN Wen-jun. The Corrosive Solution Filling Machine: China, 104973553B[P]. 2017-09-29.
- [15] 高燕红, 刘茂生. 液体灌装系统方案[J]. 航空精密制造技术, 2009, 45(4): 61—62.
GAO Yan-hong, LIU Mao-sheng. Design of Liquid Filling System[J]. Aviation Precision Manufacturing Technology, 2009, 45(4): 61—62.
- [16] 徐志刚, 冯巍. 液体自校准型直线容积式灌装机: 中国, 101607687A[P]. 2009-12-23.
XU Zhi-gang, FENG Wei. Self-calibration Linear Volumetric Liquid Filling Machine: China, 101607687A [P]. 2009-12-23.