

基于真空吸盘的饮水桶自动套袋设备结构设计

范孝良, 刘一操

(华北电力大学, 保定 071003)

摘要: **目的** 日常饮用水水桶受到紫外线直接照射易变色变质, 需要在水桶外部套上塑料袋进行保护。传统人工套袋效率低、劳动强度大, 为此, 设计一套饮用水水桶自动套袋设备。 **方法** 以普通饮用水桶的套袋包装为研究对象, 自动套袋原理模仿人工套袋进行取袋、撑开袋口、提起水桶、套袋和打结封口等5个主要步骤。通过对人工套袋过程的分析, 基于真空吸盘撑开袋口的可靠性及一般机械手运动的可行性, 采用模块化设计了饮水桶套袋的自动包装设备, 包括自动送袋机构、撑袋机械手和抓桶机械手等3个模块。 **结果** 运用Pro/Engineer软件建立了三维模型, 对相关参数进行了确定, 设计套袋速度为300桶/小时。 **结论** 实现了饮水桶自动套袋设备结构设计, 自动化程度高, 操作方便, 经济可行。不仅能提高了桶装饮用水罐装效率, 而且减少了灌电站人力资源配备, 为饮水桶自动套袋包装提供了借鉴。

关键词: 饮水桶; 真空吸盘; 自动套袋; 结构设计

中图分类号: TB486+.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)19-0077-05

Equipment Structure Design for Automatic Packaging of Drinking Bucket Based on Vacuum Sucker

FAN Xiao-liang, LIU Yi-cai

(North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

ABSTRACT: Objective In order to avoid drinking water bucket discoloration or deterioration caused by direct exposure to the ultraviolet, water plants always require plastic bags to protect the bucket. The traditional manual bagging has low efficiency and heavy intensity of labor, therefore, a new automatic bagging equipment for drinking water buckets was designed. **Methods** The ordinary drinking water bucket packaging was taken as the research object, and the automatic bagging principle imitated the 5 steps of manual bagging process, including taking the bags, open the bags, lifting the buckets, bagging and sealing the opening. By analyzing the principle of manual bagging process, based on the reliability of bag opening by vacuum sucker and the feasibility of general manipulator movement, the automatic packaging equipment for drinking water bucket was designed using block-based design. The equipment was composed of automatic bag delivery device, bag opening manipulator and bucket grabbing manipulator. **Results** 3D model was built using Pro/Engineer software, the related parameters were determined and the designed packaging rate was 300 barrels per hour. **Conclusion** Equipment structure design for water bucket automatic bagging was realized, which was highly automatic, simple and economically feasible. This design could not only improve the filling efficiency of drinking water buckets, but also decrease the labor requirement of the water plants, which provides reference for drinking water bucket automatic packaging.

KEY WORDS: drinking water bucket; vacuum sucker; automatic packaging; structure design

收稿日期: 2014-01-23

作者简介: 范孝良(1962—), 男, 河北承德人, 硕士, 华北电力大学教授、硕士研究生导师, 主要研究方向为数字化设计与制造。

通讯作者: 刘一操(1988—), 男, 四川泸州人, 华北电力大学硕士研究生, 主攻数字化设计。

近年来,随着人民生活水平的提高,桶装饮用水大为普及。据不完全统计,全国平均每天消耗掉180万桶矿泉水^[1]。日常使用的矿泉水饮水桶为18.9 L,高460 mm,直径260 mm。如果采用优质PC为原料、用注拉吹工艺生产,其售价在40元/只左右,且每只桶反复使用100次后就要报废,一只新桶的寿命只有2年^[2]。为了避免水桶受到紫外线直接照射而变色,提高水桶防冲击能力,降低破裂机率,使水桶更加坚固耐用、美观,需要在饮水桶外部套上塑料袋进行保护^[3]。目前,在桶装饮用水灌水电站,灌装完后一般由人工对水桶进行套袋,每天大量的饮水桶需要套袋,且灌好水的水桶质量接近20 kg,人工套袋劳动强度特别大、效率低。随着人力成本的上升,灌水电站迫切需要饮水桶自动套袋设备。为此,受某灌水电站委托,设计了一套饮水桶自动套袋设备。

1 设计思路与工艺分析

分析人工套袋过程,包括取袋、撑开袋口、提起水桶、套袋和打结封口等5个主要步骤,自动套袋也模仿这几个步骤进行。由于塑料袋表面光滑、质地柔软,通过传统机械手从一叠塑料袋中实现袋间分离极为困难。而在产品包装、部件传输和特殊装配等自动生产线上,使用真空吸盘抓取物体的案例越来越多。赵艳妮等^[4]设计了多唇边式真空吸盘,对于表面具有凹坑、凸缘等明显缺陷且质量较大的工件也能吸附搬运;司震鹏等^[5]设计了真空吸附式机械手系统,实现了板件、易碎、表面光滑的物件搬运;滕红华^[6]对真空吸盘吸持物体的动力学进行了详细分析,表明真空吸盘可以很方便地实现工件的吸持、脱开,并且可靠、高效。因此,设计采用真空吸盘来实现自动取袋和撑开袋口过程。真空吸盘吸附原理见图1。在供袋形式上,常见的有卷式和堆叠式,结合真空吸盘撑开袋口的便捷性,选用卷式塑料袋通过自动送袋机构送袋^[7]。

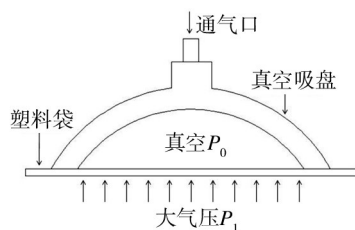


图1 真空吸盘吸附原理

Fig.1 Schematic of adsorbability of multi-lip vacuum sucker

在提起水桶与套袋过程中,灌好水的水桶质量接近20 kg,如果使用机械手夹住桶身翻转水桶进行套袋,则水桶表面容易磨损,对饮水桶的强度及表面光洁度也会造成影响。同时,机械手夹持桶身的方案也不便于水桶套袋过程。为此,采取机械手从水桶顶部夹持水桶颈部,并将水桶提升至一定高度,再运动到撑袋机械手上方,由上至下运动进入撑袋机械手撑好的塑料袋中,完成套袋^[8]。最后打结工作由人工完成。

同时,自动套袋设备要求具有较高的套袋速度、较好的稳定性及成套化指标^[9-11]。稳定性是应用的前提,成套化使工序衔接顺畅、物流输送简便、各机构行程短^[12]。在现有灌水电站厂房内布置新设备还要求其尺寸小、节省空间。由此,采用模块化设计^[13-14],通过对人工套袋过程的分析,将整个套袋设备分解为自动送袋机构、撑袋机械手和抓桶机械手等3个模块。

2 各模块结构设计

2.1 自动送袋机构设计

设计的自动送袋机构见图2,总体尺寸为长1065 mm,宽670 mm,高890 mm。伺服电机为驱动单元,动力先后通过皮带传动组件、链传动单元^[15](如图2中箭头所示作顺时针运转)驱动动力牵引辊。皮带传动组件既传递动力,又降低电机转速起调速作用。动力牵引辊和辅助牵引辊的位置固定,压力牵引辊的位置可以通过高度调节组件进行上下调节,通过中心距控制摩擦力。当中心距一定时,牵引辊依靠摩擦牵引袋子前进。自动送袋机构中辅助牵引辊只起牵引导向作用,压力牵引辊作为从动装置提供压力与摩擦力,以保证牵引不打滑。动力牵引辊和辅助牵引辊直径均为150 mm,长度为360 mm;压力牵引辊直径为100

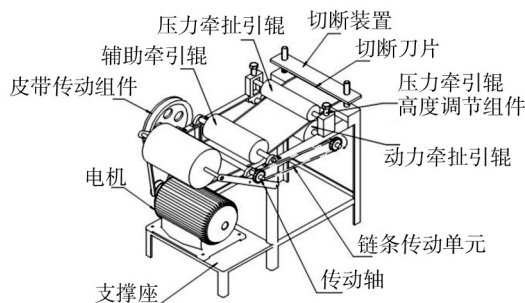


图2 自动送袋机构

Fig.2 Automatic bag delivery device

mm,长度为360 mm。

自动送袋机构工作时,随着牵引辊牵引出袋口,撑袋机械手同时开始撑袋,并以同牵引辊牵引送袋相同的速度离开自动送袋机构。当机构检测到送出1个袋子时,切断装置向下运动,通过片状刀片^[16]将袋子切断。在切断袋子的同时,电机停转,等待撑袋机械手下一次开始撑袋再继续运行。至此,自动送袋机构完成1个工作循环。每次新装塑料袋卷时需要人工牵引袋子经过辅助牵引辊、动力牵引辊和压力牵引辊到达预定工位。

2.2 撑袋机械手设计

设计的撑袋机械手见图3,通过机械臂底座由螺栓固定在地面。前臂可转动,使得手部可以在自动送袋机构和套袋工位之间运动。后臂起支撑腕部和手爪的功能,腕部可以绕着后臂转动,实现撑开袋口和套袋动作。真空吸盘固定在手爪上,可随着手爪合拢或张开。根据18.9 L水桶的外形轮廓,设计出的吸盘为圆弧状,材料采用丁腈橡胶,上下对称结构。真空吸盘是撑袋机械手设计的核心,是顺利完成撑开袋口任务的关键。吸盘成对固定安装在手爪上,经真空通道与真空系统相联通。当吸盘内通真空时,由于负压原因塑料袋口吸附在了吸盘上,吸盘再继续相对运动把袋口撑开。真空吸盘装置主要包括真空泵、气罐、调压器、电磁阀、真空管路和真空吸盘等^[17]。

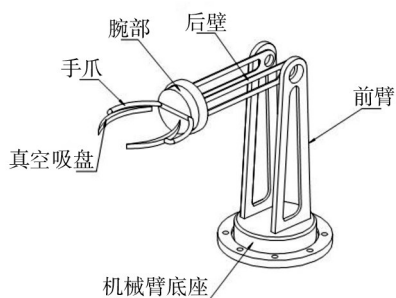


图3 撑袋机械手

Fig.3 Bag opening manipulator

机械手采用关节型机械手,其手臂类似人的上肢关节动作。该机械手运动轨迹虽然较为复杂,但相对于直角坐标型、圆柱坐标型和球坐标型的机械手结构最为紧凑,适合旧厂房空间限制的要求。撑袋机械手的工作流程:首先前臂转动,机械手运动到自动送袋机构处,此时真空吸盘吸附住塑料袋袋口的两侧,随

即手爪张开,袋口即被撑开。同时前臂旋转将塑料袋送往套袋工位,准备套袋。待套袋结束,机械手再转动回到自动送袋机构处。如此循环,实现撑、送袋过程。

2.3 抓桶机械手设计

设计的抓桶机械手见图4,通过机械臂底座由螺栓固定在地面。支撑臂可来回转动,使得抓桶装置可以在输送水桶的皮带输送机 and 套袋工位之间运动。旋转臂和竖直臂均可旋转,以实现抓桶装置的上下移动。抓桶装置固定在竖直臂的末端,其夹紧与松开采用气动方案。虽然实现夹紧的机构较多,比如齿轮机构、杠杆机构、气压或者液压机构,但气压机构具有动作灵活、响应快和清洁性好的特点,更适合食品行业选用^[18]。抓桶机械手的核心机构为抓桶装置,由2个对称的半圆柱体组成,为避免抓桶装置对水桶造成损伤,在夹持部分与桶体之间加一橡胶衬垫。

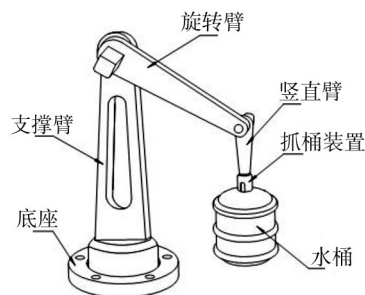


图4 抓桶机械手

Fig.4 Bucket grabbing manipulator

设备采用PLC系统进行控制^[19],设计套袋速度300桶/小时,即单桶套袋时间为12 s,包括撑袋行程时间 t_1 和套袋行程时间 t_2 。其中, t_2 为撑袋机械手从离开自动送袋机构运动到套袋工位,与抓桶机械手将水桶放入袋中的时间之和,估计用时为8 s。再根据送袋机构传动比得出动力牵引辊转速 n 为20 r/min,塑料袋长 L 为0.56 m,动力牵引辊直径 D 为0.15 m,则 $t_1 = \frac{L}{\pi D} \cdot \frac{60}{n} \approx 3.57$ s。计算出实际套袋速度为 $\frac{3600}{t_1 + t_2} \approx 311$ 桶/小时。

整个套袋系统的安装见图5。系统可以实现:撑袋机械手取袋时,如果第1次不成功,可重复取袋,直到取袋成功为止;撑袋机械手在运行过程中,如果发

生掉袋,机械手可从掉袋位置返回重新取袋;当自动送袋机构无袋时,铃声报警,机械手自动复位;掉电时抓桶机械手能自锁,抓取的水桶不会掉落;机械手的各个运动部件按顺序动作,不干扰,衔接顺畅高效。

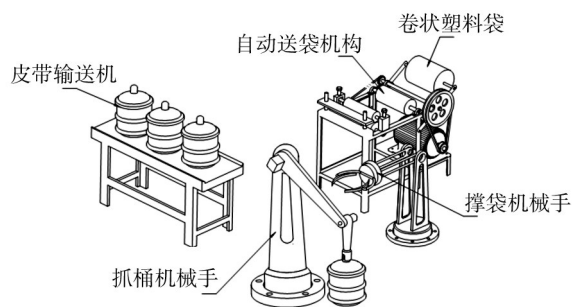


图5 系统安装示意

Fig.5 Equipment installation drawing

3 结语

模仿人工套袋过程设计了自动套袋设备,主要包括自动送袋机构、撑袋机械手和抓桶机械手,并运用Pro/Engineer软件建立了三维模型,对相关参数进行了确定。该设计自动化程度高、操作方便、经济可行,不仅能提高罐装效率,而且减少了灌电站人力资源的配备及运行成本。下一步将加工试制一套中试装置进行试验运行,并将进一步设计集自动套袋、打结、存放于一体的自动化线,进一步提高饮用水灌装的生产效率和自动化程度。

参考文献:

- [1] 郑德亮,李连云,靳同红,等.水桶提升机方案设计[J].现代制造技术与装备,2008(3):17—19.
ZHENG De-liang, LI Lian-yun, JIN Tong-hong, et al. The Design of Bucket Lifted Technique[J]. Modern Manufacturing Technology and Equipment, 2008(3):17—19.
- [2] C B. 广东将限制回收料生产PC饮水桶[J]. 上海塑料, 2008(2):21.
C B. Guangdong will Restrict Recycle Material Production PC Water Bucket[J]. Shanghai Plastics, 2008(2):21.
- [3] 卫荣,汪仕韬.桶装水桶材料鉴别方法的研究[J].中国包装工业,2012(19):5—6.
WEI Rong, WANG Shi-tao. Study of Bottled Water Bucket Material Identification Method[J]. China Packaging Industry, 2012(19):5—6.
- [4] 赵艳妮,孙东明,许平,等.多唇边式真空吸盘的设计[J].真空,2008,45(6):47—49.
ZHAO Yan-ni, SUN Dong-ming, XU Ping, et al. Design of A Multi-Lip Vacuum Sucker[J]. Vacuum, 2008, 45(6):47—49.
- [5] 司震鹏,曹西京,姜小放.真空吸附式机械手系统设计[J].包装与食品机械,2009,27(6):26—30.
SI Zheng-peng, CAO Xi-jing, JIANG Xiao-fang. Robot Vacuum Adsorption System Design[J]. Food & Machinery, 2009, 27(6):26—30.
- [6] 滕红华.真空吸盘吸持物体的动力学分析[J].包装工程,2004,25(2):68—83.
TENG Hong-hua. Dynamics Analysis of Holding Force Applied to Objects by a Vacuum Disc as Pirator[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(2):68—83.
- [7] 黄颖为.递纸机构运动规律的选择原则[J].包装工程,2002,23(6):12—14.
HUANG Ying-wei. Selecting Principle of Swing Transfer Mechanism Follower Law[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(6):12—14.
- [8] LEE S K, LEE J E, KIM M, et al. Die Design in the Complex Shape Drawing of Cross Roller Guide to Improve the Dimensional Accuracy[J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2007, 21(10):1573—1579.
- [9] LIU Xin-hua, LIU You-hui, LI Qi. Virtual Assembly and Simulation of Vibration Sieve Based on a Human-Interface Environment[J]. Procedia Engineering, 2011(15):2988—2992.
- [10] 黄颖为.包装机械结构与设计[M].北京:化学工业出版社,2007.
HUANG Ying-wei. Packaging Machinery Structure and Design[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007.
- [11] FAHHAM H R, FARID M, KHOORAN M. Time Optimal Trajectory Tracking of Redundant Planar Cable-suspended Robots Considering both Tension and Velocity Constraints[J]. Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, 2011, 133(1):68—80.
- [12] 刘鑫,丁毅,陈立民.车身件SKD运输包装中的车载车架结构优化设计[J].包装工程,2013,34(13):62—65.
LIU Xin, DING Yi, CHEN Li-min. Optimal Design of Frame Structure for Car Body in SKD Transport Packaging[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(13):62—65.
- [13] TSENG H E, CHANG C C, LI J D. Modular Design to Support Green Life-cycle Design Engineering[J]. Expert Systems with Applications, 2008, 34(4):2524—2537.
- [14] 贺兵,刘扬.模块化设计在包装机械设计中的应用[J].包装

- 工程, 2008, 29(10): 140—142.
- HE Bing, LIU Yang. Application of Modular Design in Packaging Machinery Design[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 140—142.
- [15] WU Yang-fang, LIU Hua, SHI Yong-gang. Design a Two-harmonies Transmission Mechanism with Miler Chain[J]. Advanced Materials Research, 2012(503): 867—871.
- [16] 尹章伟, 毛中彦. 包装机械[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- YIN Zhang-wei, MAO Zhong-yan. Packaging Machinery[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [17] 周方. 真空吸附及其在包装机上的应用[J]. 包装工程, 1994, 15(1): 43—45.
- ZHOU Fang. Vacuum Adsorption and Its Application in the Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 1994, 15(1): 43—45.
- [18] 王建军. 搬运机械手仿真设计和制作[J]. 机械设计与制造, 2012(9): 146—148.
- WANG Jian-jun. Simulation Design and Manufacture of Handling Manipulator[J]. Machinery Design & Manufacture, 2012(9): 146—148.
- [19] 齐继阳, 吴倩, 何文灿. 基于PLC和触摸屏的气动机械手控制系统的设计[J]. 液压与气动, 2013(4): 19—22.
- QI Ji-yang, WU Qian, HE Wen-can. Design of Control System of Pneumatic Manipulator with PLC and Touch Screen[J]. Chinese Hydraulics & Pneumatics, 2013(4): 19—22.
-
- (上接第58页)
- 量, 2012(10): 7—10.
- ZHAO Xia. Future Development of the Packaging Machinery Industry[J]. Machinery Industry Standardization & Quality, 2012(10): 7—10.
- [6] 罗书强. 面向成本设计技术在包装机械设计中的应用[J]. 包装工程, 2008, 29(5): 112—125.
- LUO Shu-qiang. Research on Application of Design for Cost in Packaging Machinery Design[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(5): 112—125.
- [7] 严峻. 自动曲线封边机[J]. 家具, 2008(3): 60—61.
- YAN-Jun. Automatic Curved Edgebander[J]. Furniture, 2008(3): 60—61.
- [8] 张继红, 王桥医. 包装机械系统运动方案的创新设计[J]. 包装工程, 2007, 28(2): 72—74.
- ZHANG Ji-hong, WANG Qiao-yi. Creative Design of Packing Machinery System Movement[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(2): 72—74.
- [9] 朱建萍, 王鹏. 包装机械设计方法研究[J]. 包装工程, 2007, 28(7): 89—91.
- ZHU Jian-ping, WANG Peng. Research on the Design Methods of Packaging Machinery[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(7): 89—91.
- [10] 孙靖民. 机械优化设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- SUN Jing-min. Optimization of Mechanical Design[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2004.
- [11] 唐利平. 滚珠丝杆螺母副误差补偿及故障诊断[J]. 中国科技信息, 2006(23): 73—76.
- TANG Li-ping. Ball Screw Pair Error Compensation and Fault Diagnosis[J]. China Science and Technology Information, 2006(23): 73—76.
- [12] 周志红, 文怀兴, 杨东生. 滚珠丝杠安装方式的研究[J]. 制造技术与机床, 2007(8): 140—141.
- ZHOU Zhi-hong, WEN Huai-xing, YANG Dong-sheng. Study on the Installation Method of Ballscrews[J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2007(8): 140—141.
- [13] XU Z Z, LIU X J, LYU S K. Study on Positioning Accuracy of Nut/Shaft Air Cooling Ball Screw for High-Precision Feed Drive[J]. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 2014, 15(1): 111—116.
- [14] 战丽, 林伟芬, 于盛通. 曲线封边机结构分析及其封边系统结构设计[J]. 林业机械与木工设备, 2012, 7(40): 33—35.
- ZHAN Li, LIN Wei-fen, YU Sheng-tong. Structural Analysis of a Curve Edge Banding Machine and Structural Design of Its Edge Banding System[J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2012, 7(40): 33—35.
- [15] 何毅. 机械结构设计中的创新设计应用[J]. 中国科技投资, 2013(20): 173.
- HE Yi. Innovative Design Applications in Mechanical Design[J]. China Venture Capital, 2013(20): 173.