

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2015.02.009

新型旋拧封口垃圾自动打包装置

蔡进, 杭鲁滨, 魏炳方, 王国良, 陈俊, 马思轩, 李文星

(上海工程技术大学机械工程学院, 上海 201620)

摘要:针对垃圾自动收集打包处理要求,研制一种新型旋拧封口垃圾自动打包装置,详细阐述了新型装置的同心共驱多指夹紧机构、胶带缠绕封口机构的工作原理;对同心共驱多指夹紧机构和胶带缠绕封口机构运动过程进行受力分析,并根据旋拧摩擦因数求得手指夹持力和胶带缠绕驱动力,为确定单次打包垃圾质量及电机选取提供基础;通过实验分析,该装置有效完成对垃圾袋旋拧封口操作,且运行可靠稳定,具有很高的使用价值。

关键词:垃圾自动收集打包机;同心共驱;胶带缠绕;旋拧;夹紧机构

中图分类号:TH132.4

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2015)02-0037-05

New Type of Garbage-Automatic Packing Device Based on Screwed Sealing mode

CAI Jin, HANG Lubin, WEI Bingfang, WANG Guoliang, CHEN Jun, MA Sixuan, LI Wenxing

(School of Mechanical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: Based on the requirements of garbage automatically collecting and packing, a new type of screwed sealing garbage-automatic packing device was developed. The operation principle of the coaxial driving multi-finger clamping mechanism and tape wrapped sealing mechanism was elaborated in detail. The movement stress analysis of the total concentric driving multi-finger clamping mechanism and tape winding sealing mechanism was conducted. And the fingers gripping force and the driving force of the winding tape based on the screwing friction coefficient was obtained. A basis for determining the weight of a single packaged junk and the selection of motors was provided. By the experimental analysis the proposed device carries out the effective completion of the garbage package and the high stable and reliable operation, and it has high value in use.

Key words: garbage-automatic packing machine; coaxial driving; tape winding; rotary screw; clamping mechanism

为防止垃圾传播细菌、散发异味和蚊虫滋生,避免有害物体危害人体健康和污染环境,对垃圾进行自动收集打包密封处理,改善环境恶化的局面^[1]。目前相关产品都没有能够充分解决垃圾收集打包的问题,因此塑料袋自动打包机的研制及应用对环境保护、资源再利用具有十分重要的意义。

本文基于垃圾自动收集打包处理的要求,采用槽轮机构和齿轮组合传动方式,研制了一种新型旋拧封口垃圾自动打包装置,来完成对塑料袋袋口旋拧封口,实现塑料袋自动打包密封处理^[2-3]。文章详细阐述装置运行机理,并对同心共驱多指夹紧机构和实现胶带缠绕封口机构运动过程进行受力分析,合理确定单次

打包垃圾质量及电机选取,确保机械缠旋拧封口机构的可靠性。该设计突破传统垃圾桶仅是盛放垃圾的容器功能,实现了垃圾收集、胶封打包的一体化操作,使得垃圾在收集打包处理更加便捷、卫生。

1 机械旋拧封口装置工作机理

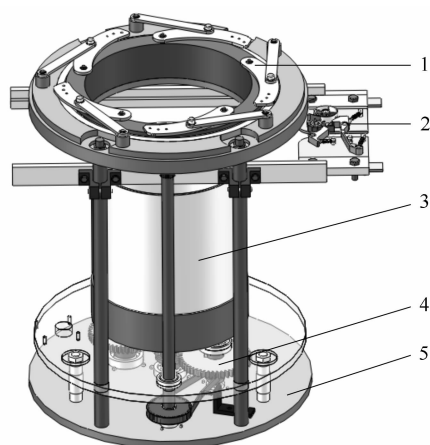
本文设计的新型旋拧封口垃圾自动打包装置主要由同心共驱多指夹紧机构、胶带缠绕封口机构、传动机构、旋转筒以及机架部分等组成,其结构示意图和实物如图1所示。

旋拧封口自动打包装置采用槽轮机构和齿轮组合传动方式,通过1个电机驱动依次实现对装满废弃物塑料袋夹紧、旋拧、胶带封口、复位等周期性间歇运动。

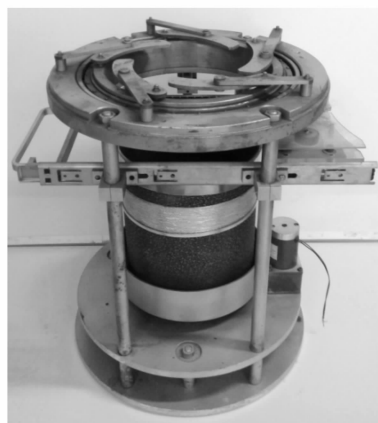
收稿日期:2014-11-07;修回日期:2014-12-17

基金项目:上海市科学技术委员会重点支撑项目(12510501100);上海工程技术大学校启项目(09-15)

作者简介:蔡进(1989),男,江苏阜宁人,硕士研究生,主要研究领域为并联机构学。E-mail:619409412@qq.com



(a) 机械旋拧封口装置示意图



(b) 机械旋拧封口装置实物图

1—同心共驱多指夹紧机构;2—胶带缠绕封口机构;3—旋转桶;
4—传动机构;5—机架

图1 机械旋拧封口装置

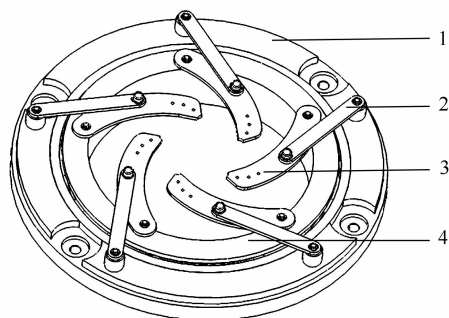
Figure 1 Mechanical screwing sealing device

装置具体工作流程为:电机正转,通过槽轮和齿轮组合传动机构实现同心共驱多指夹紧机构对塑料袋口稳定夹紧;多指夹紧机构夹紧塑料袋后,旋转桶旋转,塑料袋旋拧成束;塑料袋旋拧成束后,旋转筒停止旋转,胶带缠绕封口机构沿导轨移动,对成束塑料袋口进行封口;成束塑料袋封口后,电机反转,驱动多指夹紧机构松开并复位;取出旋转桶中封口后的塑料袋后,胶带缠绕封口机构沿导轨复位^[4-6]。

1.1 同心共驱多指夹紧机构

同心共驱多指夹紧机构采用5个4连杆机构组合而成,其结构示意图如图2所示。该机构主要由机架、连杆、夹紧手指、转动环等组成。当机械旋拧封袋机构开始工作,槽轮与齿轮组合传动系统将电机转动传递给转动环,转动环逆时针转动,夹紧手指旋转收拢,实现对塑料袋口夹紧。当成束塑料袋封口完成后,转动环顺时针转动,夹紧手指旋转松开,以方便将封口后的

塑料袋从旋转桶中取出^[7-8]。



1—机架;2—连杆;3—夹紧手指;4—转动环

图2 同心共驱多指夹紧机构示意图

Figure 2 Schematic diagram of coaxial driving multi-finger clamping mechanism

同心共驱多指夹紧机构夹紧工作过程如图3所示,图3(a)所示为夹紧机构初始状态,5个夹紧手指均匀分布在转动环上;图3(b)为夹紧机构夹紧过程状态,转动环逆时针转动,5个夹紧手指同时向中心点收拢;图3(c)为多指夹紧机构收拢状态,完成对塑料袋夹持。在胶带缠绕封口机完成塑料袋封口后,多指夹紧机构旋转松开,恢复初始状态,其松开过程与夹紧过程运动相反。

1.2 胶带缠绕封口机构

当塑料袋口被夹紧并旋拧成束后,胶带缠绕封口机构移动对成束的塑料袋口进行封口,其结构示意图如图4所示。该机构主要由棘爪、弹簧、挡片、切刀架、刀片、棘轮、胶带圈和胶带等部分组成。

胶带缠绕封口机构对成束的塑料袋封口过程主要包括胶带的剥离与传送、胶带对物体的捆扎及胶带的切断,其工作过程如图5所示。

1) 塑料袋口缠绕初始状态(图5(a))。驱动胶带缠绕封口机构沿导轨向袋束移动,棘轮棘爪的啮合将胶带夹持,且胶带末端粘贴在棘爪上。

2) 袋口粘袋及胶带剥离输送(图5(b))。当袋束接触张紧在棘轮上的胶带粘性面时,袋束与胶带粘结。在封口机构继续相对成束塑料袋口运动过程中,胶带发生剥离并产生张力 F ,且胶带非粘性面张紧在棘轮上,驱动棘轮转动。

3) 棘轮导带及续粘袋口(图5(c))。粘贴着胶带的袋束与棘爪接触,并随着作用力增大,棘轮棘爪脱离啮合并形成一个缺口,袋束从缺口穿过。当袋束通过缺口后,棘爪在弹簧3的作用下带动胶带末端向啮合方向运动,但由于棘爪运动被胶带限制,粘结在袋束上的胶带被拉紧,且呈U型粘贴在袋束上。随着袋束与棘爪间

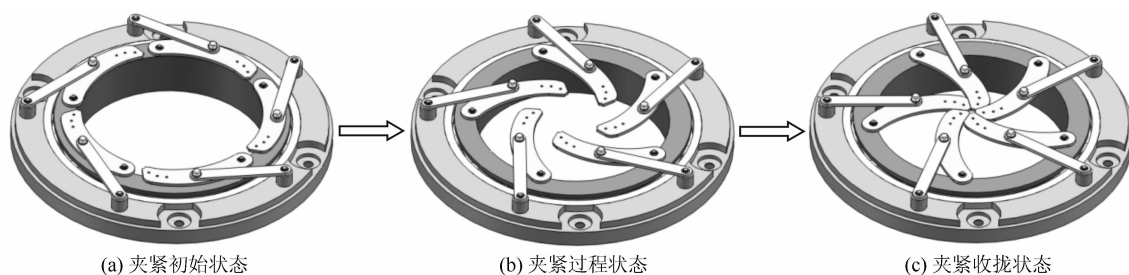


图3 夹紧机构工作流程图

Figure 3 Flow chart of clamping mechanism

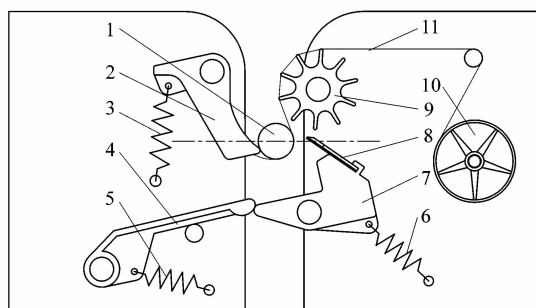
1—捆扎成束后塑料袋(袋束);2—棘爪;3,5,6—弹簧;4—挡片;
7—切刀架;8—刀片;9—棘轮;10—胶带圈;11—胶带

图4 胶带缠绕封口机构示意图

Figure 4 Schematic diagram of tape winding sealing mechanism

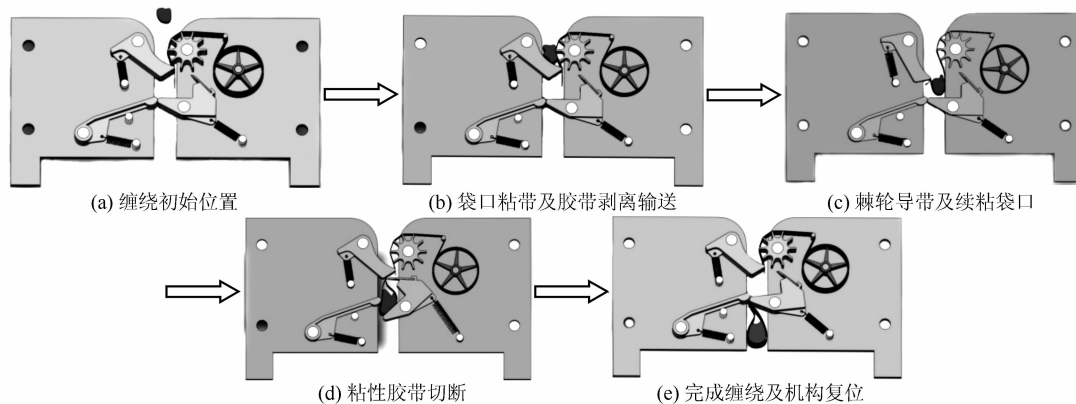


图5 胶带缠绕封口机构工作流程图

Figure 5 Flow chart of tape winding sealing mechanism

的距离加大,粘贴在棘爪上的胶带末端与棘爪分离。

4) 粘性胶带切断(图5(d))。当袋束与切刀架接触后,袋束推动刀架转动,固定在切刀架上刀片旋转并切断粘性胶带。同时,棘爪脱离胶带约束并弹簧3作用下恢复与棘轮啮合,且啮合过程中棘爪上再次被粘贴上胶带切断后的新末端。

5) 完成缠绕及机构复位(图5(e))。切刀切断胶带后,被袋束从切刀架与挡片形成的通道通过,在切刀架的弹簧6与型面弹簧5的作用下,型面和切刀架自

适应袋束形状的变化,U型胶带闭合粘贴在被捆扎物体上。当袋束从型面和割刀架形成的通道通过后,切刀架在弹簧6的作用下恢复与型面的接触。

2 受力分析

2.1 多指夹紧机构夹持力分析

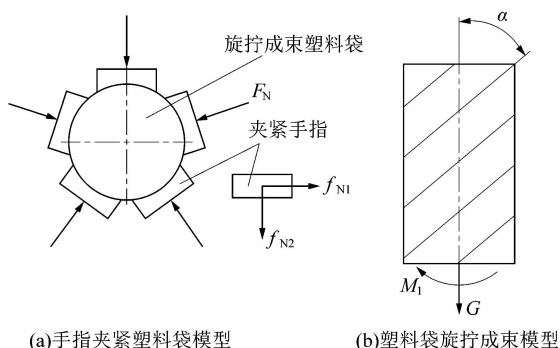
多指夹紧机构夹紧塑料袋口后,旋转桶旋转将塑料袋旋拧成束,由于袋口被夹紧机构夹紧,在旋拧过程中塑料袋口螺旋收缩,塑料袋被向上提起,且夹紧手指受到塑料袋中垃圾质量及螺旋拧紧力矩作用。通过分析手指夹紧力,合理的选择电机及确定单次打包垃圾质量,防止旋拧过程中被夹紧的塑料袋口滑落及转动,确保塑料袋口顺利旋拧成束。塑料袋口旋拧成束完成瞬间,夹紧手指所受力和力矩最大,故在该状态下对成束

袋口及夹紧手指受力分析^[9],其受力模型如图6所示。

图6中 G 为塑料袋中物体重力, M_1 为塑料袋口旋拧时扭矩, α 为塑料袋口旋拧成束后的捻角, R 为袋束半径, F_N 为每个夹紧手指对塑料袋正压力, f_{N_1} 为夹紧手指切向摩擦力, f_{N_2} 为夹紧手指垂直摩擦力。塑料袋旋拧完后瞬间,求得夹紧手指所受扭矩 M_2 为

$$M_2 = M_1 = G \cdot R \cdot \tan \alpha. \quad (1)$$

由克服旋拧扭矩求得手指正压力 F_{N_1} 为



(a)手指夹紧塑料袋模型

(b)塑料袋旋拧成束模型

图6 旋拧成束受力模型

Figure 6 Spiral twist beam mechanical model

$$F_{N_1} = \frac{f_{N_1}}{\mu} = \frac{M_2}{5R\mu} = \frac{G \tan \alpha}{5\mu} \quad (2)$$

式中: μ 为塑料袋相对钢的摩擦因数, $\frac{\mu}{\tan \alpha}$ 为塑料袋旋拧后当量摩擦因数。由克服塑料袋中物体重力所需拉力求得手指正压力 F_{N_2} 为

$$F_{N_2} = \frac{f_{N_2}}{\mu} = \frac{G}{5\mu} \quad (3)$$

以直径为 $\varnothing 60$ cm,长度为80 cm 低压聚乙烯塑料袋为例,其相对钢的静摩擦因数 $\mu = 0.27$,旋拧8圈成束后直径为 $d = 15$ mm,螺旋捻角 $\alpha = 53^\circ$,若塑料袋中物体重力 $G = 100$ N,由式(2)和式(3)求得夹紧手指压力 $F_{N_1} = 98.30$ N, $F_{N_2} = 74.07$ N,因此每个夹紧手指需提供正压力 $F_N \geq 98.30$ N。

2.2 胶带缠绕封口机构驱动力分析

胶带缠绕封口机构驱动力大小是决定胶带缠绕封口能否顺利完成的先决条件,在塑料袋旋拧成束后,封口机构以速度 $v = 0.15$ m/s 相对袋束做胶带缠绕封口运动。通过实验分析可得,袋束封口过程中在即将脱离棘爪位置处所需驱动力最大,即 $\varphi = 85^\circ$, $\beta = 30^\circ$ 位置处,如图7所示。在该位置,袋束受到棘爪正压力 F_1 、胶带张力 F 、驱动力 F_2 共同作用。建立力平衡方程为:

$$F_1 \cos \beta - F \cos \varphi = 0, \quad (4)$$

$$F \sin \varphi + F_1 \sin \beta - F_2 = 0. \quad (5)$$

由式(4)和式(5)求得

$$F_2 = F \sin \varphi + F \tan \beta \cos \varphi. \quad (6)$$

以规格为 $40 \mu\text{m} \times 12 \text{ mm} \times 50 \text{ m}$ 的聚丙烯膜粘性胶带为例,当胶带以 $v = 0.15$ m/s 恒定速度剥离时,胶带的剥离力为定值,且剥离力 $F_B = 0.3$ N/mm。已知该封口机构中胶带剥离角 $\theta = 30^\circ$,利用胶带剥离张力 F 计算式^[10]

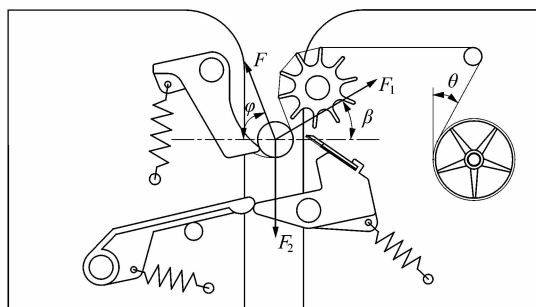


图7 胶带缠绕过程中的受力分析

Figure 7 Stress analysis in process of tape winding

$$F = \frac{F_B}{1 - \cos \theta} \quad (7)$$

求得胶带的剥离张力 $F = 2.24$ N。当袋束在 $\alpha = 85^\circ$, $\beta = 30^\circ$ 位置处,利用公式(6)求得的胶带缠绕机构完成对袋束缠绕所需的驱动力 $F_2 = 2.35$ N,且为理想最小驱动力,棘爪正压力 $F_1 = 0.23$ N。

通过理论分析手指夹持力 F_N 及袋束缠绕封口驱动力 F_2 ,为合理的选择电机及确定单次打包垃圾质量提供基础,保证该装置顺利有效地完成塑料袋打包密封处理。

3 实验分析

为了校验夹紧手指作用力 F_N 和胶带缠绕封口驱动力 F_2 理论计算值是否合理,以及验证多指夹紧机构能否有效地对塑料袋口进行夹紧、胶带缠绕封口机构能否实现对成束后塑料袋进行缠绕封口,对机械旋拧封口机构进行多次试验测试。实验采用的物品有直径为 $\varnothing 60$ cm,长度为80 cm 低压聚乙烯塑料袋,该袋允许装入10 kg 质量的物体,以及规格为 $40 \mu\text{m} \times 12 \text{ mm} \times 50 \text{ m}$ 的粘性胶带。在塑料袋旋拧成束过程中,测得每个夹紧手指对塑料袋正压力 $F_N \geq 93.51$ N时,多指夹紧机构能有效夹紧塑料袋。塑料袋旋拧成束后直径 $d = 15$ mm,胶带缠绕封口机构以 $v = 0.15$ m/s 的速度对袋束做胶带缠绕封口运动,测得 $F_2 \geq 2.73$ N时,封口机构能有效对袋束进行缠绕封口。通过实验测量分析,得出理论计算值合理,并确定选用功率为400 W 电机。多次实验测试,该新型机械旋拧封口装置都能有效地实现对低压聚乙烯塑料袋夹紧、旋拧和胶带缠绕封口,完成对垃圾自动打包处理,且装置运行可靠,具有很高的使用价值。

4 结论

1) 基于垃圾自动收集打包处理要求,研制了一种新型旋拧封口垃圾自动打包装置,依次完成对装满废

(下转第43页)