

# 高低瓦楞纸板夹芯成形装置的开发设计

潘光华, 柏子游, 王冬梅  
(深圳职业技术学院, 深圳 518055)

**摘要:** **目的** 为配合正在研究的具有二次抗冲击性能的高低瓦楞夹芯纸板, 采用瓦楞辊组专利技术中瓦楞辊齿形参数, 开发设计高低瓦楞夹芯纸的成形装置, 验证高低瓦楞夹芯成型的可行性。 **方法** 在确定试验用纸板宽度尺寸、纸板弯曲变形屈服强度等参数的基础上, 计算纸板弯曲成形所需压力值, 确定电机功率, 并根据试验滚压速度, 设计传动系统及其他零部件。 **结果** 电机功率为0.1 kW, 滚压速度为3~15 r/min, 对应的变频调速频率为6~30 Hz, 成形装置装配调试后均达到设计要求。 **结论** 成形装置证明了高低瓦楞夹芯成型的可行性, 由于上、下瓦楞辊高齿进入滚压和低齿进入滚压的力的作用点和方向不同, 导致上瓦楞辊产生轻微的周期性弹跳, 而使成形不充分。

**关键词:** 高低瓦楞夹芯; 瓦楞辊; 成形装置

**中图分类号:** TB486+.02 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)07-0044-04

## Development and Design of High-low Corrugated Medium Molding Device

PAN Guang-hua, BAI Zi-you, WANG Dong-mei  
(Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, China)

**ABSTRACT:** To coordinate with the ongoing research on the high-low corrugated medium board with secondary impact resistance, a molding device for making high-low corrugated medium paper was designed and the feasibility of corrugated medium molding was verified, adopting the corrugated roller gear parameters in the corrugated roller group patent technology. The pressure value required for bending forming of the paper board was calculated and the motor power was determined on the basis of the determined parameters such as test board dimensions, bending deformation and yield strength. And the transmission system and other components were designed according to the test rolling speed. At a motor power of 0.1 kW and a rolling velocity of 3~15 r/min, the corresponding VVVF frequency was 6~30 Hz, and the molding device reached the design requirements of the drawing after assembly debugging. The molding device proved the feasibility of high-low corrugated medium production, but it had an inherent defect due to the different acting points and directions of the force between the high teeth and low teeth of the upper and lower corrugated rollers during rolling, leading to slight periodic bouncing of the upper corrugated roller and thus insufficient molding.

**KEY WORDS:** high-low corrugated medium; corrugated roller; molding device

近年来,对一种比传统瓦楞纸板更具二次抗冲击能力的高低瓦楞夹芯纸板的研究越来越多<sup>[1-4]</sup>。这些研究只涉及高低瓦楞夹芯的结构、使用高低瓦楞辊组滚压生产工艺的方法等层面。虽然瓦楞辊组专利技术<sup>[4]</sup>得出了瓦楞辊组具体的齿形尺寸参数,但目前仍无高低瓦楞夹芯纸板的成形设备。文中设计的装置

是为高低瓦楞夹芯成型的可行性研究提供参考。

## 1 成形装置方案设计

### 1.1 组成部件及功能

由图1所示<sup>[5-7]</sup>,采用夹芯温湿度控制器控制夹芯

收稿日期: 2014-09-04

基金项目: 国家自然科学基金(50905120); 深圳职业技术学院校重点项目(2213K3040005)

作者简介: 潘光华(1964—),男,湖南人,深圳职业技术学院副教授、高级工程师,主要研究方向为印刷包装设备。

通讯作者: 王冬梅(1970—),女,河北人,博士,深圳职业技术学院教授,主要研究方向为运输及环保包装。

纸板成形前的湿度;上瓦楞辊和下瓦楞辊为一对共轭高低辊齿,是夹芯纸板成形的关键部件;涂胶辊与下瓦楞辊接触并同步旋转,给已经成形的瓦楞夹芯齿顶处涂一层粘合剂;控胶器用于控制涂胶辊粘合剂的量;裱纸温湿度控制器控制裱纸板湿度;压力辊与下瓦楞辊接触并能调节压力,与下瓦楞辊同步旋转;传动系统是成形装置的动力来源,采用变频调速,也可手动盘车;机架提供所有部件的安装位置。

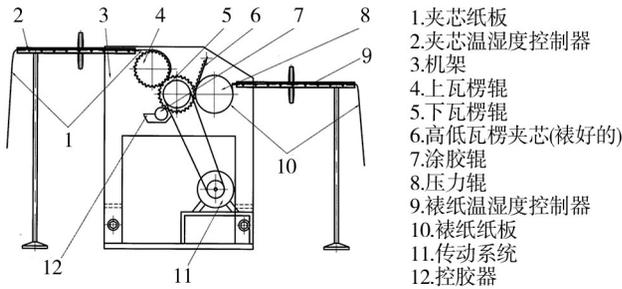


图1 成形装置方案设计

Fig.1 Design of molding device

### 1.2 成形工艺过程

由图1可知,首先,夹芯纸板经过夹芯温湿度控制器,让纸板湿度达到8%~10%后,进入上瓦楞辊和下瓦楞辊之间。由于瓦楞辊齿高低相间,因而夹芯纸板被滚压成高低瓦楞形状,成形后的瓦楞夹芯包裹于下瓦楞辊表面,并随其旋转经过涂胶辊而给成形后的高低瓦楞夹芯齿顶涂一层粘合剂,继续随下瓦楞辊逆时针旋转到达下瓦楞辊与压力辊之间。裱纸纸板经温湿度控制器,使湿度达到8%~10%,再包裹于压力辊表面,并随其顺时针旋转到达下瓦楞辊与压力辊之间;涂有粘合剂的高低瓦楞夹芯与裱纸板在下瓦楞辊与压力辊适当压力作用下粘贴<sup>[8-10]</sup>,最后从下瓦楞辊及压力辊的上方输出。

## 2 高低瓦楞夹芯成形装置传动系统

高低瓦楞夹芯成形装置设计,首先确定传动系统,包括传动系统的构成,电动机的转速、功率、调速方式和范围等运动和动力参数。

### 2.1 成形装置传动系统设计

高低瓦楞夹芯成形装置传动系统见图2,夹芯纸板依靠上瓦楞辊和下瓦楞辊滚压成形。电动机轴带动小皮带轮旋转,通过皮带带动大皮带轮旋转,皮带轮与下瓦楞辊轴通过键固联使下瓦楞辊旋转,上瓦楞辊依靠

弹簧的作用力与下瓦楞辊啮合使上瓦楞辊旋转。主动齿轮与下瓦楞辊轴、从动齿轮与压力辊轴均用键联结,主动齿轮带动从动齿轮使压力辊旋转<sup>[11]</sup>。纸板经上瓦楞辊和下瓦楞辊之间,强制滚压形成高低瓦楞夹芯。

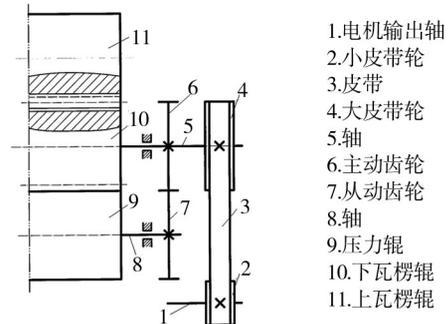


图2 传动系统

Fig.2 Diagram of transmission system

### 2.2 电机的转速及功率设计

#### 2.2.1 确定电机减速机减速比及变频范围

为便于装置设计小巧,小皮带轮的直径 $d_1=75$  mm,大皮带轮的直径 $d_2=150$  mm,主动齿轮的齿数 $Z_1=50$ ,从动齿轮的齿数 $Z_2=50$ ,装置采用变频无级调速<sup>[12]</sup>。

1) 减速机减速比。为便于试验观察,要求下瓦楞辊转速范围为3~15 r/min<sup>[13-14]</sup>,则电机输出轴的转速

$$n_1 = \frac{d_2}{d_1} \times (3\sim 15) = (6\sim 30) \text{ r/min}.$$

选4极(极对数为2)的普通电机,为了在恒转矩下调速,变频器最低频率不小于5 Hz,电机额定转速为 $\frac{60f}{P} = 150$  r/min,其减速机的减速比应不小于25。文中减速机减速比取30。

2) 电机变频范围。若小皮带轮的转速 $n_1$ 范围为6~30 r/min,则电动机额定速度为180~900 r/min。计算得变频器的频率范围为6~30 Hz,在此频率范围内电机可获得恒转矩。

#### 2.2.2 确定电机功率

1) 瓦楞辊扭力分析。纸板成形时的受力分析见图3( $\theta$ 为单元纸板包角, $F_T$ 为初始张力, $F_T+dF_T$ 为最终张力, $F_N$ 为法向力, $F_c$ 为离心力),作用在瓦楞辊上的力有摩擦力 $f_n$ 及法向力 $F_N$ 的反作用力,其法向力 $F_N$ 通过瓦楞辊中心,只有摩擦力 $f_n$ 的反作用力是瓦楞辊的扭力<sup>[15]</sup>。传统瓦楞纸板成形时,当含水率为8%~10%时,瓦楞的压力(即法向力 $F_N$ )调整到50 N,但传统瓦楞辊的平均楞高约为3 mm,文中瓦楞辊的楞高为10 mm,纸板在每齿上的接触弧长是传统瓦楞辊的10倍左右,考虑到文中装置的温湿度控制器难以让纸板

含水率达到8%~10%，压力需更大，所以法向正压力 $F_N$ 确定为500 N。根据经验，纸板湿度控制在9%~12%之间，摩擦因数按 $\mu=0.4$ 计算比较合理，即摩擦力 $f_N=F_N\mu=200$  N。

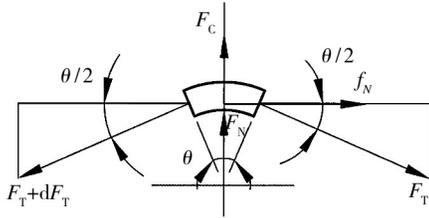


图3 瓦楞齿顶间纸板受力分析

Fig.3 Force analysis of top board of the corrugated teeth

瓦楞辊分度圆直径 $d=0.14$  m，查机械设计手册皮带传动效率 $\eta_1=0.9$ ，大皮带轮(见图2)的扭矩为 $f_N \times \frac{d}{2} / 0.9=16$  N·m；皮带减速比为1/2，则小皮带轮(见图2)的扭矩(即电机输出轴的扭矩)为8 N·m。

2) 确定电机功率。减速机的减速比为30，则摩擦力引起的功率消耗为：电机输出轴的扭矩×减速比÷716.2=0.34 kW。考虑到压力辊、涂胶辊及纸板输送等部件要消耗动力<sup>[16]</sup>，电机功率选0.1 kW可满足要求。

### 3 关键部件设计说明

瓦楞辊部件装配见图4。上瓦楞辊轴上的轴承安装在轴承套的孔内，轴承套上装有滑销，滑销可在墙板的导向槽内滑动。松开锁紧螺钉，旋转调节螺钉，弹簧座下滑而压缩压簧，弹簧力直接作用于轴承套，使上瓦楞辊与下瓦楞辊(图4中未画出)之间的压力得到调节。

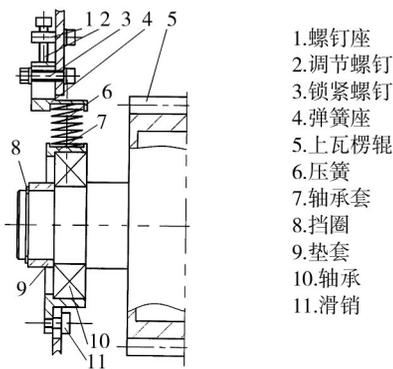


图4 上瓦楞辊部件

Fig.4 Components of the upper corrugated roller

上瓦楞辊齿形尺寸参数见图5，齿形AB段、CD段、EF段、GH段是与两圆弧相切的直线；BC段、FG段是齿

顶圆弧，尺寸半径为2.5 mm；DE段是高齿的齿根圆弧，尺寸半径为2.8 mm；HI段是低齿的齿根圆弧，半径为5.3 mm<sup>[17-18]</sup>。材料为45#钢，齿面全跳动公差为0.03 mm，齿面的表面粗糙度为1.6 μm，齿面淬火硬度为HRC50~55<sup>[19-20]</sup>。由于单件加工，所以齿形加工采用线切割。

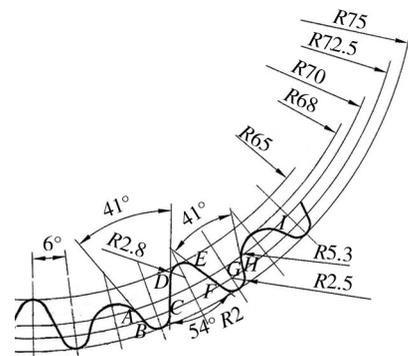


图5 上瓦楞辊齿形

Fig.5 Profile of the upper corrugated roller

## 4 高低瓦楞纸成形试验

### 4.1 实验准备

设备采用文中设计加工装配成的高低瓦楞夹芯成形装置。瓦楞原纸要求纤维结合强度好，纸面平整弹性好，且具有较好的紧度和挺度，含水量控制为10%，水分过小纸脆，瓦楞加工时会发生破裂，水分过大纸软加工成形困难。原纸规格分为A, B, C, D等4个等级，文中采用160 g/m<sup>2</sup>的A级纸。选用901CW彩瓦胶，其具有粘接强度高、不泛潮、干燥速度适中、不霉变、纯水性、无毒、无味、对油墨及纸张无腐蚀、黏度≥3000 mPa·s、固含量≥12%、pH值为7等特性。上瓦楞辊与下瓦楞辊、涂胶辊与下瓦楞辊、压力辊与下瓦楞辊之间的压力根据成形效果进行调节。

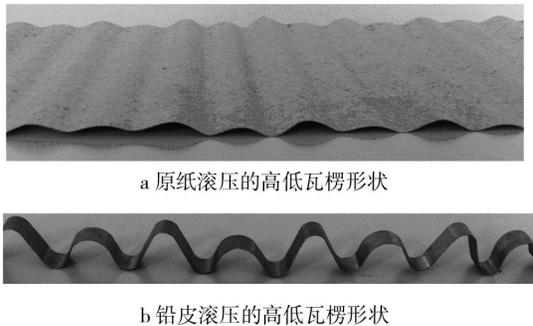
由于实验装置没有设计防止纸张成形后复原的装置，纸张成形后立即复原而使高低瓦楞形状不明显，为了更清楚地检验成形效果，特准备“铅皮”材料。

### 4.2 成形实验操作

取足够长度的夹芯纸板(160 g/m<sup>2</sup>的A纸)及裱纸纸板按图1所示穿纸；调节蒸汽使夹芯纸板及裱纸纸板在预设速度下湿度为10%左右；调节上下瓦楞辊之间的压力、涂胶辊与下瓦楞辊之间压力、压力辊与下瓦楞辊之间压力；先手动盘车，慢慢滚压成形试验，待装置运转正常后，再逐渐加速电动试验，滚压出高低瓦楞夹芯。

### 4.3 试验出的高低瓦楞夹芯齿形

成形装置滚压的样品见图6,图6a为原纸滚压的高低瓦楞形状,图6b为铅皮滚压的高低瓦楞形状。由于铅皮滚压成形后不复原,其滚压的高低瓦楞形状清晰,除低齿形状不均匀外,其余部分形状基本接近设计齿形。



a 原纸滚压的高低瓦楞形状

b 铅皮滚压的高低瓦楞形状

图6 成形装置滚压样品

Fig.6 Rolling sample of the forming device

## 5 结语

不同弹性形变的材料,其形成的高低瓦楞齿形参数完全不同,但在滚压瞬间基本相同,弹性大的材料比弹性小的材料成形后复原程度大、复原速度快,所以样品高低齿形差别很大,证明了形成高低瓦楞完全可以实现。该成形装置是按照原纸成形所必须的主要条件设计各机构,在材料的选择、热处理工艺、加工精度、强度等方面未达到生产设备的设计要求,但作为高低瓦楞夹心成形的可行性试验装置完全合格。

该装置还存在一些缺点,上、下瓦楞辊高齿进入滚压和低齿进入滚压的力的作用点和方向不同,因而导致上瓦楞辊周期性的弹跳,使成形不充分,高速时越明显,这是该滚压方法的固有缺陷,需要进一步研究。该装置没有设计防止纸张滚压成形后复原的机构,因而成形的高低瓦楞原纸在未涂胶及裱纸前,高低瓦楞形状回弹变得不清晰,该问题在传统瓦楞纸板机中已经解决。

### 参考文献:

[1] 王冬梅. 高弹瓦楞纸板: 中国, 200620059241.4[P]. 2006-05-16.  
WANG Dong-mei. High-elastic Corrugated Paperboard: China, 200620059241.4[P]. 2006-05-16.

[2] 王冬梅. 瓦楞辊及瓦楞辊组: 中国, 200720171440.9[P]. 2007-12-07.

WANG Dong-mei. Corrugated Roller and Corrugated Roller-group: China, 200720171440.9[P]. 2007-12-07.

[3] 魏春梅, 周世棠, 张静. 瓦楞辊的结构动力学仿真[J]. 包装工程, 2004, 25(4): 41-42.  
WEI Chun-mei, ZHOU Shi-tang, ZHAN Jing. Structure Dynamic Simulation for Corrugating Roller[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4): 41-42.

[4] 潘光华, 王冬梅, 柏子游. 瓦楞辊组: 中国, 201320686907.9[P]. 2014-05-21.  
PAN Guang-hua, WANG Dong-mei, BAI Zi-you. Corrugated Roller-group: China, 201320686907.9[P]. 2014-05-21.

[5] 龚发云, 张哲, 魏春梅, 等. 高速单面瓦楞机瓦楞辊机构的中心距运动学方程[J]. 包装工程, 2008, 29(7): 43-45.  
GONG Fa-yun, ZHANG Zhe, WEI Chun-mei, et al. Kinematics Equation of the Center Distance of High-speed Single-sided Corrugating Machine Corrugating Roller[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(7): 43-45.

[6] 程锡璠. 瓦楞成形及有关瓦楞辊的设计问题[J]. 包装与食品机械, 1985(4): 11-19.  
CHEN Xi-pan. Corrugated Forming and Design on Corrugated Roller[J]. Package and Food Machine, 1985(4): 11-19.

[7] 魏春梅, 魏兵, 周世棠. 高速单面瓦楞机系统的研究综述[J]. 包装工程, 2007, 28(5): 175-177.  
WEI Chun-mei, WEI Bing, ZHOU Shi-tang. Overview on High Speed Single Sided Corrugating Machines[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(5): 175-177.

[8] QB/T 1447.1-2000, 单面瓦楞纸板机. 瓦楞辊[S].  
QB/T 1447.1-2000, Single Corrugated Paperboard Manufacturing. Corrugated Roller[S].

[9] WERTHMANN B, HUNGER J, GRIEBENOW W. Study about Hard Particles in Fluting Papers in Relation to Abrasion of Corrugator Roll[J]. Wochenblatt Fur Papier Fabrication, 1979(4): 107.

[10] 熊桂超, 杜群贵. 单面瓦楞机的瓦楞辊机构中心距变动方程[J]. 科学技术与工程, 2011(22): 60-64.  
XIONG Gui-chao, DU Qun-gui. The Equation of the Changing Center Distance of Single-sided Corrugating Machine Corrugating Roller[J]. Science Technology and Engineering, 2011(22): 60-64.

[11] 刘军伟. 包装机械设计方法初探[J]. 装备制造技术, 2012(8): 217-218.  
LIU Jun-wei. The Design Methods of Packaging Machinery[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2012(8): 217-218.

[12] 孙恒. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987.  
SUN Heng. Theory of Machines and Mechanisms[M]. Beijing: Higher Education Press, 1987.

[13] 魏效玲, 李波, 陈蕊, 等. 基于 Solidworks 与 Adams 的瓦楞辊动力学仿真[J]. 包装工程, 2013, 34(11): 77-79.

## 4 结语

提出了一种抑制光晕和阶调逆转现象的HDR图像分层阶调映射的改进算法,此算法对细节层图像中造成光晕和阶调逆转异常信号的梯度进行了有效控制、修正,并通过正规化方法由梯度求解出新的细节层图像和基础层图像,以用于后续映射处理。经测试证明,该算法在去除光晕和抑制阶调逆转方面取得了一定的成效,且能保持原有映射算法的细节再现能力。但是,由于在重建细节层的过程中要求解正规化方程,计算效率相对较低。

### 参考文献:

- [1] JACK T, GREG T. LCIS: A Boundary Hierarchy for Detail-preserving Contrast Reduction[C]// International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. Los Angeles, 1999: 83—90.
- [2] DURAND F, DORSEY J. Fast Bilateral Filtering for the Display of High-dynamic-range Images[J]. ACM Transactions on Graphics, 2002, 21(3): 257—266.
- [3] FARBMAN Z, FATTAL R, LISCHINSKI D, et al. Edge-preserving Decompositions for Multi-scale Tone and Detail Manipulation[J]. ACM Transactions on Graphics, 2008, 27(3): 1—10.
- [4] SU Z, LUO X N, DENG Z J, et al. Edge-preserving Texture Suppression Filter Based on Joint Filtering Schemes[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2013, 15(3): 535—548.
- [5] SU Z, LUO X N, ARTUSI A. A Novel Image Decomposition Approach and Its Applications[J]. Visual Computer, 2013, 29(10): 1011—1023.
- [6] GU B, LI Wu-jing, ZHU Min-yun, et al. Local Edge-preserving Multiscale Decomposition for High Dynamic Range Image Tone Mapping[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2013, 22(1): 70—79.
- [7] XU L, LU C W, XU Y, et al. Image Smoothing Via L-0 Gradient Minimization[J]. ACM Transactions on Graphics, 2011, 30(6): 1—11.
- [8] HE K M, SUN J, TANG X O. Guided Image Filtering[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2013, 35(6): 1397—1409.
- [9] CHOUDHURY A, MEDIONI G. Hierarchy of Nonlocal Means for Preferred Automatic Sharpness Enhancement and Tone Mapping[J]. Journal of the Optical Society of America a-optics Image Science and Vision, 2013, 30(3): 353—366.
- [10] BAE S M, PARIS S, DURAND F E. Two-scale Tone Management for Photographic Look[J]. ACM Transactions on Graphics, 2006, 25(3): 637—645.
- [11] FATTAL R, LISCHINSKI D, WERMAN M. Gradient Domain High Dynamic Range Compression[J]. ACM Transactions on Graphics, 2002, 21(3): 249—256.
- [12] PEREZ P, GANGNET M, BLAKE A. Poisson Image Editing[J]. ACM Transactions on Graphics, 2003, 22(3): 313—318.
- [13] KIM J H, KIM H, KO S J. New Visualization Method for High Dynamic Range Images in Low Dynamic Range Devices[J]. Optical Engineering, 2011, 50(10): 1—8.
- [14] XIE Z F, LAU R H, GUI Y, et al. A Gradient-domain-based Edge-preserving Sharpen Filter[J]. Visual Computer, 2012, 28(12): 1195—1207.
- [15] KUANG J T, JOHNSON G M, FAIRCHILD M D. iCAM06: A Refined Image Appearance Model for HDR Image Rendering[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2007, 18(5): 406—414.
- [16] 潘光华, 柏子游, 王冬梅. 高低瓦楞辊齿形尺寸参数研究[J]. 包装工程, 2014, 35(9): 47—51.
- [17] PAN Guang-hua, BAI Zi-you, WANG Dong-mei. Research on Tooth Size Parameters of High and Low Corrugated Roller[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(9): 47—51.
- [18] TOKUNO M. Deformable Pneumatic Corrugator Roll Cuts down on Roll Crushing[J]. TAPPI, 1981(3): 64
- [19] 邓帮华, 王群, 张永会, 等. 用于瓦楞辊防护的WC-12Co涂层组织和性能研究[J]. 热喷涂技术, 2011(3): 60—65.
- [20] DENG Bang-hua, WANG Qun, ZHANG Yong-hui, et al. The Microstructure and Performance of WC-12Co Coatings Used on the Corrugated Roller[J]. Thermal Spray Technology, 2011(3): 60—65.
- [21] 生利英. 45钢瓦楞辊表面强化处理工艺的研究[J]. 热加工工艺, 2010(24): 256—257.
- [22] SHENG Li-yin. Study on Surface Strength Treatment Process for Corrugated Roller of 45 Steel[J]. Hot Working Technology, 2010(24): 256—257.

(上接第47页)

WEI Xiao-ling, LI Bo, CHEN Rui, et al. Dynamics Simulation of Corrugated Roller Based on Solidworks and Adams[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(11): 77—79.

- [14] 吴斌方, 袁博, 严明霞, 等. 基于UG和ANSYS软件的瓦楞辊振动与模态分析[J]. 包装工程, 2013, 34(3): 55—58.

WU Bin-fang, YUAN Bo, YAN Ming-xia, et al. Vibration and Modal Analysis of Corrugated Roller Based on UG and ANSYS Software[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(3): 55—58.

- [15] DENIEIS J. The Case for Semi-automatic Transmissions[J]. Automotrve Engineer, 1997, 22(10): 28—31.

- [16] 郭彦峰, 张艳, 王家民. 瓦楞辊参数化设计及CAD系统[J]. 包装工程, 2004, 25(5): 179—181.

GUO Yan-feng, ZHANG Yan, WANG Jia-min. The Corrugated Roller Parametric Design and CAD System[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(5): 179—181.