

基于实验测试分析的刀版布置优化研究

杨海奎, 王仪明, 施向东, 张磊

(北京印刷学院, 北京 102600)

摘要: 通过对双肘杆机构的平压平模切机在实际工况下的振动分析, 利用丹麦 B&K 振动测试系统及 FBD 压力测试系统, 得到了模切刀痕线及橡胶条的压力大小, 并比较得出了平衡刀的数量是影响模切压力均匀性的重要因素。根据研究结论, 可确定模切版的刀版布置优化方案, 进而保证模切压力的均匀性, 提高模切精度。

关键词: 模切压力; 平衡刀; 振动测试

中图分类号: TS803 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)21-0078-04

Study on Knife Layout Optimization Based on Experiments

YANG Hai-kui, WANG Yi-ming, SHI Xiang-dong, ZHANG Lei

(Beijing Institute of Graphic Communication, Beijing 102600, China)

Abstract: Vibration analysis was carried out on die-cutting machine elbows bar mechanism in the actual conditions. Denmark B & K vibration test system and Japan FBD pressure test system were used to test die-cutting knife marks line and the pressure of the rubber strip. It was concluded that the number of balance knife is an important factor influencing the uniformity of cutting pressure. The purpose was to provide reference for determining knife layout to ensure the uniformity of die-cutting pressure and improve precision of die-cutting.

Key words: die-cutting pressure; balance knife; vibration test

模切压痕机构是模切机的核心部分, 其模切精度直接影响产品的质量和整机的工作效率。模切压力是模切机的重要参数。在作业中, 压力过大, 会使模切刀刃切到底纸, 易损坏模切刀; 压力不足, 无法完成预定作业。关于双肘杆模切机压力的大小问题, 国内外都在进行这方面的研究。Tsay D M^[1] 等对模切机从动件运动规律进行了分析研究, 并尝试将样条函数运用到凸轮机构的运动学和动力学设计中; R. L. Norton^[2] 等做了对模切机凸轮机构的加工误差对动力学性能的影响研究, 得出了凸轮设计调配的一些实践方法; 张选生^[3] 等探索了用回路法分析自动模切机双肘杆机构, 分析了双肘杆机构的运动特性。成刚虎^[4] 用达朗贝尔原理对双肘杆机构进行了动态静力求解, 并且对双肘杆机构进行优化设计。杨广义^[5] 做过对整个模压机构工作过程中的模切压力进行分析, 得出了几种可能会影响模切压力的因素。此外, 很多高等院校也进行了模切设备的开发与研究, 但大多都未定量

的交待出模切压力的大小。

笔者通过对双肘杆机构的平压平模切机进行了实际的现场测试并对测后数据进行了相关分析, 准确得到了模切刀痕线及橡胶条的压力大小, 并系统的分析了模切板图文分布不满时, 平衡刀数量对模切板压力的影响, 为生产厂家减小模切板成本, 提高产品质量指出了改进方向。

1 双肘杆机构的模切压力分析

1.1 模切压力的产生及测试原理

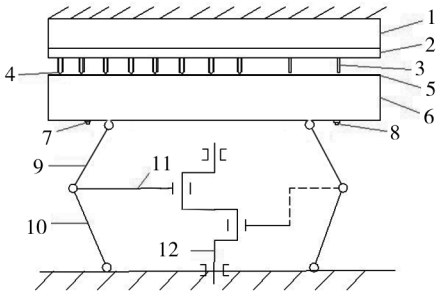
双肘杆机构的平压平模切机模切原理见图 1, 模切压力是由运动的下平台和固定的上平台合压完成的^[6], 动力由主轴 12 传来, 通过连杆 11 和上、下肘杆 9、10 的作用, 驱动活动平台 6 相对于上平台 1 上下往复运动。模压刀版 2 位于上、下平台之间, 在模切压痕过程中, 印品在施压机构的作用下通过模切刀版作

收稿日期: 2012-09-01

基金项目: 国家科技支撑计划课题资助(2012BAF13B05); 北京印刷学院校级科研团队专项资助

作者简介: 杨海奎(1987-), 男, 山东人, 北京印刷学院硕士生, 主攻印刷机械检测与故障诊断。

用于纸张上,纸张内的纤维和填料发生弹性变形,即所谓的压痕成型。而后,随着压力的进一步增加,纸张进入脆性破坏阶段,从而完成模切。在本次测试中,将 FUJIFILM 的感压纸 5 放置在刀线与下平台之间,模切工作时,感压胶片会在受力后,施压区域呈现出红色,其颜色深度随着压力强度的变化而变化。颜色的深浅可以显示出检测的压力大小。



1-上平台;2-模切板;3-平衡刀;4-刀线;5-感压纸;6-下平台;
7-传感器 1;8-传感器 2;9-上肘杆;10-下肘杆;11-连杆;12-主轴

图1 双肘杆机构的模切原理

Fig. 1 Die-cutting principle of dual-elbow-bar

受压后的感压胶片,置入压力测试系统的扫描仪中扫描,对彩色的压力测量胶片进行数字化处理,再通过软件转换成数据,然后就可以进行各种压力分析和压力分布进行量化。扫描精度为 200 dpi,压力计算误差为 10%。

1.2 模切刀痕线及橡胶条的压力描述

对模切板进行压力测试,将感压胶片横贴在动平台上,实际压力测试的感压纸布置见图 2 左半部分,

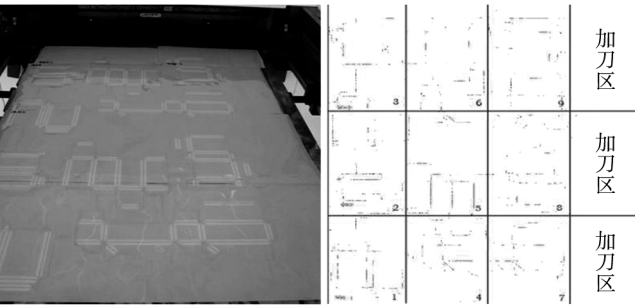


图2 实际工况中的模切压力测量

Fig. 2 Die-cutting pressure measurement
in actual working conditions

将贴在模切板上的感压纸连同模切板锁紧后,升降板进行点动合压,得到的压痕导入富士扫描仪中扫描后转换为如图 2 的右半部分所示,由图 2 可以清晰地看出,模切后感压胶片的受压部分开始变色,刀痕线处

颜色较深,橡胶条部分颜色略浅,而处于右半部分的平衡刀加刀处,经受压后颜色几乎没有变化,说明平衡刀部分所受的模切压力相对较小,为准确的描述模切刀痕线及橡胶条压力的大小,故对感压后的胶片做了放大处理。

如图 3 所示,放大后的局部压痕线及橡胶条压力

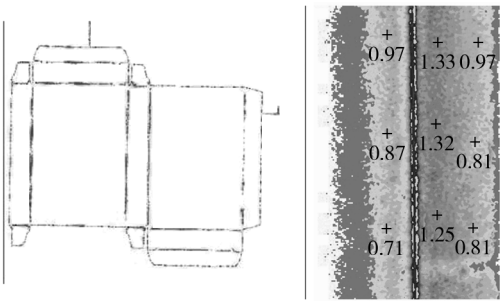


图3 放大后的局部压痕线及橡胶条压力显示

Fig. 3 Amplified display of the local indentation lines
and rubber strip pressure

显示十分明显,刀痕线处压力最大,平均为 28 MPa,橡胶条部分压力略小,在 1 MPa 左右。为了更直观的感知模切压力的分布情况,故对受压区的测试感压胶片结果做了统计分析(见图 2),将受压区域划分为九个区域(除平衡刀外),图中绿色区域的压力是较小的区域,红色区域的压力较大。可以看出 1-9 区域的压力分布情况。而加平衡刀的部分颜色变化不很明显,也就是平衡刀与升降板之间的压力小于切刀与升降板之间的压力。九个区域的实际压力分布值见表 1,受压

表1 受压区划分后的平均压强

Tab. 1 The average pressure
in the divided compression zone

区域	1	2	3	4	5	6	7	8	9
压强/MPa	14.7	15.3	17.7	18.6	17.2	18.7	17.2	16.9	16.5

区域划分后的感压胶片测试结果显示,位于版中间的位置承受的压力最大,版两边的差异并不是很明显。

2 平衡刀的数量对模切精度的影响

2.1 测试方法的选择

在实际的模切生产中,活动平台在整个运动周期中并不是始终垂直方向的往复运动,而是其倾斜角和水平方向位移的大小在一个周期内呈现规律性的变化,即所谓的“左右摇摆,上下起伏”的往复循环运动^[7]。故模切压力受制于其水平方向的偏移和倾斜

角的大小。此时,若模切板并不是满图文模切的话,模切压力的不均匀性就会更加明显,模切压力不均匀会造成模切过程中动、定平台压力产生不平衡,前后肘杆轴磨损不均匀,造成有刀版的地方受力较大,无刀版的地方受力较小。如果设备在此种情况下长期运行工作,就会极易磨损设备,进而影响模切精度。为缩小由于模切板与动平台未完全接触所带来的模切压力不均现象,在实际生产中,往往在图文未布满的区域布置一定数量的平衡刀,以平衡模切压力,进而保证模切精度。但相应模切板对应多少数量的平衡刀才能保证模切效果最好,往往是由设备操作人员靠经验去调节。为验证平衡刀数量对模切精度的影响,测试中选用了如图4所示的模切板,模切板的下侧为模切刀区,上侧为加平衡刀的区域。

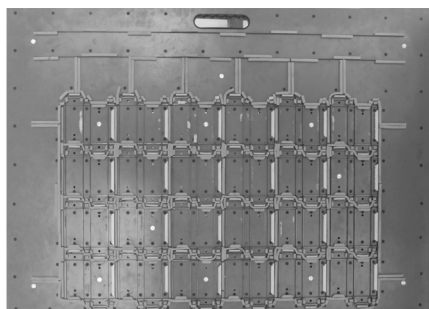


图4 测试用的模切板

Fig. 4 The board used for cutting test

在此次测试中,将丹麦 B&K 的压电式加速度传感器置于动平台的垂直方向,布置2个传感器,如图1所示的7和8,位于左侧的传感器采集的信号为 Signal 1,右侧的传感器采集的信号为 Signal 2,所用的加速度传感器的灵敏度为 0.9122 pc/ms^2 ,可测的频谱范围为 $1 \sim 12.6 \text{ kHz}$ 。当动、定平台在正常工作过程中合压时,传感器就会扑捉到每一次合压带来的冲击,利用在 10 s 内采集冲击幅值后平均的方式,比较刀版和平衡刀区域所受压力的大小。

2.2 模切板的振动测试及量化比较

为找出合理的刀版布置优化方案,在测试过程中,选择图4所示模切刀版挂有2个平衡刀、1个平衡刀、无平衡刀的3种情况进行测试,每个情况下选择 3500 和 4500 张/h 两个速度。此次测试,分析带宽设置为 800 Hz ,根据奈奎斯特定理,分析频率须大于信号中最大频率的2倍以上,以保证原始数据的可信性(PULSE 软件里自定义为采样频率为分析带宽的2.56

倍),采样线数为 800 ,采用汉宁窗进行加窗^[8]。采集到信号1在转速 4500 张/h 模切板在挂有不同数量平衡刀时的信号见图5。

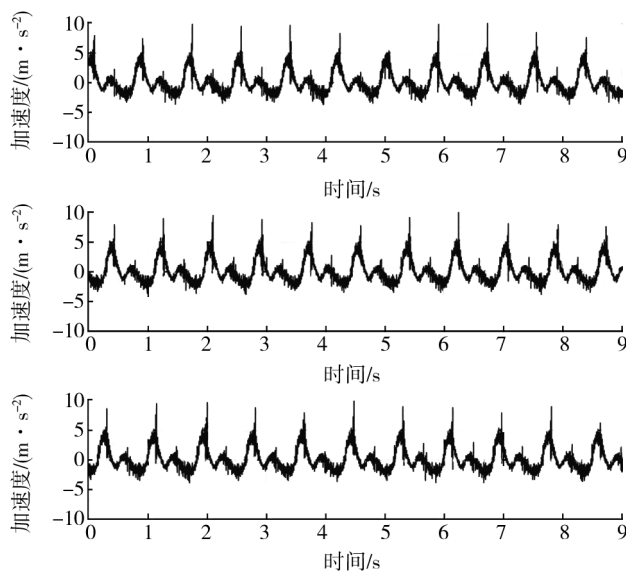


图5 4500 张/h 时不同模切板情况下的冲击

Fig. 5 Shock of different cutting board at 4500 r/h

图5中以清晰的看出 10 s 内动、定模板进行了多次合压,有明显周期信号的部分是动平台上升下降过程中的加速度。而每个周期的峰值处都有一尖锐的突出峰值,这一部分表示的就是模切板与动平台瞬时接触时冲击加速度。因为动平台的质量较大,受到模切板的冲击后快速的衰减,衰减频率一般大于 3000 Hz ,而上图的频率为 1 Hz 左右,所以显示为一条线。瞬时冲击与加速度的关系可以用下式表示:

$$F(t) = m \int_0^t a dt (1 + e) \frac{\pi}{2\tau_L} \sin \frac{n\pi t}{\tau_L} \quad (0 < t < \tau_L) \quad (1)$$

冲击加速度量值的复现应最终归结为对瞬时冲击力和质量的两个量值的测量。因为测量不需要准确的压力值,冲击力与加速度成正比,所以可以通过加速度反映瞬时模切压力的大小。由于模切机工作时,动平台的速度越高,对固定平台的冲击力也越大,从而数据结果也会更加明显,故只对 4500 张/h 的数据结果进行了整理,整理传感器采集到的动、定平台每次合压的冲击幅值见表2。

比较模切板在上述3种情况下,每次动、定平台合压冲击时发现,signal 1处的振动加速度值明显大于 signal 2处的振动加速度值,各信号的平均值也体现了这一点规律,由此可以得到 signal 1处受到的

表2 速度为 4500 张/h 拾取的信号的波峰值

Tab.2 The wave peak of picked up signal at 4500 r/h

信号	平衡刀(个)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	均值
Signal 1(m/s ²)	2	7.81	8.93	9.47	8.68	8.16	7.67	9.1	10	7.98	7.77	8.56
Signal 2(m/s ²)	2	8.15	7.1	6.71	7.79	5.8	7.92	7.39	7.49	7.61	6.11	7.21
Signal 1(m/s ²)	1	7.27	9.78	9.45	9.56	8.15	7.54	9.72	9.89	8.31	7.48	8.72
Signal 2(m/s ²)	1	6.86	8.38	7.57	7.52	6.53	8.22	7.52	7.16	6.26	7.27	7.33
Signal 1(m/s ²)	0	8.47	9.32	8.64	7.88	10.2	8.82	8.7	7.79	8.82	9.28	8.79
Signal 2(m/s ²)	0	6.78	7.31	8.71	5.52	7.77	6.9	6.36	6.6	6.96	6.68	6.96

冲击大于 signal 2 处受到的冲击,由此可以说明 signal 1 处所处的压力要大于 signal 2 处的压力。而 signal 2 处的模切板上安装了平衡刀,即有平衡刀处受到的压力小于正常图文区域的压力值。

比较模切板装 2 个平衡刀、1 个平衡刀、无平衡刀的加速度均值差时发现,2 个平衡刀时 Signal 1 和 Signal 2 平均值的差为 1.35 m/s²,一个平衡刀时 Signal 1 和 Signal 2 平均值的差为 1.39 m/s²,无平衡刀时 Signal 1 和 Signal 2 平均值差为 1.83 m/s²。对此装 2 个平衡刀和不装平衡刀可以看出,装 2 个平衡刀信号间的冲击值差要小于不装平衡刀时信号间的冲击值差,因此,装平衡刀有利于缩小因图文未布满模切板而带来的压力不均等现象。在比较模切板装 2 个平衡刀、1 个平衡刀、无平衡刀 3 种情况下信号间的冲击值差时发现,信号间的冲击值差随着平衡刀数量的增加而不断减小,测试结果表明,对于该模切板而言,加两个平衡刀效果最好。

通过传感器采集到的信号对动、定平台的合压力进行定性分析,可以反映出升降板与模切板之间压力的分布情况;在此基础上,根据不一样的模切板加对应数量的平衡刀,确定相应的刀版布置优化方案,有利于平衡模切压痕过程中所带来的模切压力不均现象,保护模切设备,保证模切精度。

3 结论

1) 用 FBD 压力测试系统,经过实际的工程测试得到了双肘杆机构平压平模切机模切刀痕线及橡胶条处所受压力的数值大小,找出了升降板与模切板之间压力的分布情况。

2) 现场测试的数据统计结果来看,模切板在半版生产中造成的压力不均匀性更为明显,本文通过振

动测试的方法找出了刀版与平衡刀区域所受压力的差异性,提出了一种对模切刀版优化布置的新思路,对实际的模切加工生产来说有较强的参考价值。

参考文献:

[1] TSAY D M, HUEY C O J. Cam Motion Synthesis Using Spline Functions [J]. Trans ASME J of Mechanisms Transmlssions and Automation in Design, 1988, 110(2): 161-165.

[2] NORTON R L. Effect of Manufacturing Method on Dynamic Performance of Cams—An Experimental Study [J]. Mechanism and Machine Theory, 1988, 23(3): 191-208.

[3] 张选生, 柴三中. 用回路法分析自动模切机双肘杆机构 [J]. 包装工程, 2005, 26(12): 51-57.

ZHANG Xuan-sheng, CHAI San-zhong. Motion Analysis of the Dual-elbow-bar Mechanism of the Die-cutting Machine Using the Loop Method [J]. Packaging Engineering, 2005, 26(12): 51-57.

[4] 成刚虎, 柴三中, 张选声. 模切机施压机构的运动特性分析与优化设计 [J]. 西安理工大学学报, 2006, 22(3): 249-252.

CHENG Gang-hu, CHAI San-zhong, ZHANG Xuan-sheng. Motion Analysis and Optimum Design of the Dual-elbow-bar Mechanism of the Die-cutting Machine [J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2006, 22(3): 249-252.

[5] 杨广义, 成刚虎. 全自动平压平模切机的模切压力分析 [J]. 包装与食品机械, 2004, 22(1): 20-22.

YANG Guang-yi. CHENG Gang-hu. Analysis of Press of Auto-platen Die Cutting Machine [J]. Packaging and Food Machinery, 2004, 22(1): 20-22.

[6] 薛超志, 齐元胜, 张伟. 模切机机架的有限元分析 [J]. 包装工程, 2011, 32(9): 62-65.

XUE Chao-zhi, QI Yuan-sheng, ZHANG Wei. Finite Element Analysis of Die Cutter Frame [J]. Packaging Engineering, 2011, 32(9): 62-65.

算放大器输出电压恢复,电压比较器输出低电平,电磁式离合器分离,分离轮随纸张进给而顺时针旋转。达到单张送纸的目的。在出现重叠送纸时,其流程见图7。

4 结论

将电容传感器应用于包书机送纸机构,将解决因牛皮纸的粗糙度、厚度和硬度较大,平整度较差,分离垫易磨损等缺点,而导致分离垫错误操作而出现重叠送纸的问题。通过理论计算、电路设计制作,表明该方法可以有效检测出重叠牛皮纸被送出的情况。同时,这种方法可以应用于其他的厚度检测设备,为推广到实际应用奠定了理论基础。

参考文献:

- [1] 严美芳,董天波. 复合片材柔性版印刷的关键因素[J]. 包装工程,2012,33(1):122-125.
YAN Mei-fang, DONG Tian-bo. Key Factors of Flexographic Printing for Composite Sheet[J]. Packaging Engineering, 2012,33(1):122-125.
- [2] 王冰,王兆伍. 纸张在弹性胶辊夹持下接触区域的数值分析[J]. 包装工程,2012,33(9):13-17.
WANG Bing, WANG Zhao-wu. Numerical Analysis of Paper Nipped in Rubber Rollers[J]. Packaging Engineering, 2012,33(9):13-17.
- [3] 韩雪涛. 打印机故障维修全程指导[M]. 北京:化学工业出版社,2011.
HAN Xue-tao. Printer Breakdown Maintenance Guide[M]. Beijing:Chemical Industry Press,2011.
- [4] 朱沙. 电容传感器在薄板在线测厚中的应用[J]. 实用测试技术,2000(1):13-17.
ZHU Sha. Capacitance Sensor Sheet Online Thickness Measurement[J]. Practical Measurement Technology, 2000(1):13-17.
- [5] 熊葵容,倪德儒. 电容传感器的边缘效应[J]. 传感器世界,1998(3):16-19.
XIONG Kui-rong, NI De-ru. The Edge of the Effect of the Capacitive Sensor[J]. Sensor World, 1998(3):16-19.
- [6] BAGLIO S, CASTORINA S. A High Sensitivity Conditioning Circuit for Capacitive Sensors Including Stray Effects Compensation and Dummy Sensors Approach[J]. Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2004:874-879.
- [7] 曹英荣. 虚拟式电容测厚系统的研制[D]. 武汉:华中科技大学,2006.
CAO Ying-rong. Research and Development of the System of Thickness Measurement by Virtual Capacitance Sensor[D]. Wuhan:Huazhong University of Science and Technology, 2006.
- [8] 王芸,张国雄,樊玉铭. 基于运算法的电容式液位传感器的设计[J]. 电子测量技术,2008(3):122-124.
WANG Yun, ZHANG Guo-xiong, FAN Yu-ming. Design of Capacitive Sensor for Liquid Level Measurement Based on Operation Method[J]. Electronic Measurement Technology, 2008(3):122-124.
- [9] HONY Ant, FALKNER Hugh. The Use of Capacitance in the Measurement of Angular and Linear Displacement[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 1994,43(6):939-942.
- [10] 任伯峰,陈雷,刘百坚,等. 电压比较器在检测系统中的应用[J]. 仪表技术,2010(10):63-65.
REN Bo-feng, CHEN Lei, LIU Bai-jian, et al. Application of Voltage Comparator in Test System[J]. Instrumentation Technology, 2010(10):63-65.
- [11] 王广武. 运算放大器和电压比较器测试技术的实践应用[J]. 半导体技术,2006(4):280-283.
WANG Guang-wu. The Application of Measuring and Testing Techniques for Operational Amplifiers and Voltage Comparators[J]. Semiconductor Technology, 2006(4):280-283.

(上接第81页)

- [7] 张选生,施向东. 印后加工工艺与设备[M]. 北京:印刷工业出版社,2007.
ZHANG Xuan-sheng, SHI Xiang-dong. Finishing Processes and Equipment[M]. Beijing:Graphic Communications Press,2007.
- [8] 张磊,王仪明,武淑琴,等. 基于实例推理的印刷机传动

- 系统振动分析与研究[J]. 包装工程,2012,33(9):85-89.
ZHANG Lei, WANG Yi-ming, WU Shu-qin, et al. Vibration Analysis and Study of Transmission System of Printing Press Based on Case Reasoning[J]. Packaging Engineering, 2012,33(9):85-89.