

# 平压平模切机驱动机构创新设计及理论分析

耿武帅, 齐元胜, 王晓华, 薛超志

(北京印刷学院, 北京 102600)

**摘要:** 传统的全自动平压平模切机是以双肘杆机构作为驱动机构, 这种完全的机械结构, 导致传统模切机存在很多弊端, 并且不利于实现数字化控制。因此, 综合目前的研究成果, 通过结合气液增压系统和机械增力机构, 形成了模切机驱动机构设计方案, 并对方案进行了理论分析, 得出了方案的优点、存在的问题以及需要攻克的技术难题, 形成了比较完善的模切机驱动机构设计方案。

**关键词:** 模切机; 驱动机构; 气液增压; 机械增力

**中图分类号:** TB486+.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)11-0061-04

## Creative Design and Theoretical Analysis of Drive Mechanism of Plane Die-cutting Machine

GENG Wu-shuai, QI Yuan-sheng, WANG Xiao-hua, XUE Chao-zhi

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

**Abstract:** The traditional full-automatic plane die-cutting machine has dual-elbow-bar mechanism as drive mechanism. This kind of pure mechanical mechanism brings a lot of drawbacks to traditional plane die-cutting machine, and digital control can not be achieved. Based on the previous work done in optimization design and creative design for the drive mechanism of die-cutting machine, a new drive mechanism of die-cutting machine was designed, which combined hydraulic and pneumatic supercharging system with mechanical force amplifier mechanism. The advantages and disadvantages of the design plan were analyzed. The technical problems needed to be solved were put forward. A relatively complete design of die-cutting machine drive mechanism was introduced.

**Key words:** die-cutting machine; drive mechanism; hydraulic and pneumatic supercharging; force amplifier mechanism

在经济快速发展和物质生活水平不断提高的今天, 人们对于印刷品品质的要求也越来越高, 而传统的印品只重视内在品质而忽略外表的观念, 在某种程度上会削弱印刷企业的市场竞争力。模切压痕作为一项重要的印后加工工艺过程, 因其能提高印品的艺术效果, 提升印品的价值, 越来越受到印刷企业的重视。

模切机作为完成模切压痕工艺过程的主要设备, 它的发展也受到了人们的普遍重视。自 1940 年亨利·博斯特等创造了第一台全自动模切机 AP900<sup>[1]</sup> 开始, 平压平模切机已经经过了 70 多年的发展。目前, 在世界范围内, 绝大多数厂家生产的平压平自动模切

机都是运用双肘杆机构作为动平台的驱动机构, 只有 BOBST 公司的少数机型使用凸轮机构。从当前模切机的发展现状来看, 传统模切机在机构优化<sup>[1-4]</sup>, 性能提高方面都达到了相当高的程度, 在此基础上很难再有大的提升, 并且, 由于传统模切机的机械零件太多, 存在很多弊端, 而且难于实现数字化控制。因此, 寻找一种新的执行机构来取代传统的双肘杆机构就成了一项非常有意义的课题。西安理工大学已经对凸轮机构进行了一定的研究<sup>[5-6]</sup>, 笔者基于前人研究成果, 对模切机驱动机构创新设计进行了探索。

收稿日期: 2011-04-08

基金项目: 北京印刷学院校内重点科研项目(23190111042)

作者简介: 耿武帅(1986—), 男, 山东人, 北京印刷学院硕士生, 主攻数字化制造。

## 1 全自动平压平模切机现状

全自动平压平模切机需要的模切压力很大,目前,绝大多数企业生产的模切机都是使用双肘杆机构来驱动平台上下运动,完成模切过程。双肘杆机构是包括一个三级杆组的复杂十杆机构,整个机构的自由度为 1<sup>[3]</sup>,它的运动原理见图 1,1 为曲轴,2,7 为连杆,3,6

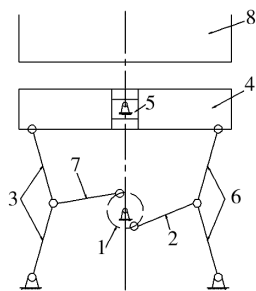


图 1 双肘杆机构

Fig. 1 Sketch of dual-elbow-bar mechanism

为 4 根肘杆,4 为动平台,5 为动平台导向块,8 为上平台。电机通过电磁离合器带动飞轮和蜗轮蜗杆副将动力传到曲轴 1 上,然后曲轴 1 作用于连杆机构 2,7 和肘杆机构 3,6,把电机的旋转运动变为垂直运动,驱动动平台 4 实现上下往复运动,完成模切压痕过程<sup>[7]</sup>。

这种传统机械结构式的模切机驱动机构,存在很多弊端:首先就是零件的品种太多,制造加工难度和装配难度都比较大;其次是在国内,受机械制造业技术水平的限制,许多机械零部件的加工精度不是很高,这就会直接影响到模切机的工作性能;并且还存在着制造成本高、易磨损、机械寿命低、维护难度大、机构必须在润滑油的润滑下工作,容易产生漏油等诸多弊端。

## 2 平压平模切机驱动机构创新方案设计

主要目的是设计一种新型模切机驱动机构来取代传统的双肘杆机构,这种机构要尽可能或者完全抛开机械结构,使用先进的执行元件代替,消除传统模切机驱动机构的弊端,并且能够实现对模切压力、速度等的数字化控制。经过前期的理论研究和数据分析之后,决定设计一种集气、液、机械于一体的新型模

切机驱动机构。该设计是基于幅面为 800 mm × 620 mm 的模切机展开的,2 个最主要的设计参数是模切压力(240 t)和模切速度(8 000 张/小时)。

方案所设计的是一种利用气液增压系统作为动力输入部件,机械二次增力机构作为主要增力机构的新型模切机驱动机构,由于气液增压系统的输出压力和速度成反比,要同时达到模切速度和压力的要求,必须在保证最终输出压力不变的条件下,尽可能降低气液增压系统的输出力,从而提高系统的速度,方案原理见图 2。

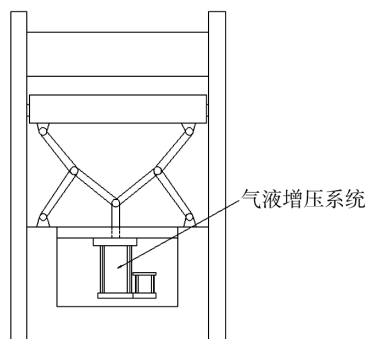


图 2 平压平模切机驱动机构创新设计方案

Fig. 2 Sketch map of the creative design of die-cutting machine drive mechanism

切过程需要的工作压力较大,所以如何进行输入力的放大是方案设计的重点。该设计方案充分考虑了这一点,所设计的气液集成增压系统和机械二次增力机构都能够对输入力进行放大。气液增压系统使用纯气压作为动力源,在系统中密封一部分液压油,利用增压器的大小不同及受压截面积不同,根据帕斯卡能量守恒原理工作。因为压力不变,压强会随着受压面积的变化而变化,当受压面积由大变小时,增压器就会将压力提高数十倍甚至更高的倍数,从而得到一个较大的输出力。气液增压系统分为 3 个工作过程:(1)气动的快进行程,压缩空气作用在储油筒内的液压油表面,液压油驱动力输出,活塞快速运动;(2)气液增力的力行程,压缩空气作用在增压活塞表面,驱动增压活塞运动,挤压液压油,使液压油膨胀,从而产生一个高压输出力;(3)气动的返回行程,压缩空气驱动活塞杆返回,准备进入下一个循环过程。

机械二次增力机构是一种增力效果显著的机构,基本结构原理见图 3,杆 1—6 组成的是双边对称组合单向输入的机械二次增力机构<sup>[8]</sup>,是由 2 个基于角度效应的一次增力机构串联之后形成的。 $F_i$  为输入力,

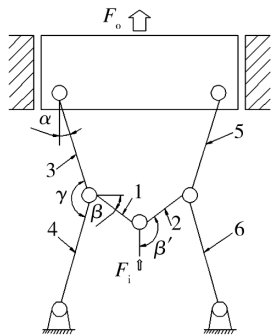


图3 机械二次增力机构

Fig. 3 Sketch of two-step force amplifier mechanism

$F_o$  为放大后的输出力,理论增力系数  $i_t$  和实际增力系数  $i_p$ <sup>[8]</sup> 分别为:

$$i_t = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{\tan \alpha \tan \beta} + 1 \right) \quad (\alpha, \beta \text{ 是理论压力角})$$

$$i_p = \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{\tan(\alpha + \phi) \tan(\beta + \phi)} + 1 \right]$$

( $\phi$  为杆铰接处当量摩擦角,经计算  $\phi$  取  $0.477^\circ$ )

理论上讲  $\alpha, \beta$  的值越小,增力系数就会越大,也就是说  $\alpha, \beta$  越接近  $0^\circ$ ,增力效果就会越显著,但是在实际中,由于制造和安装精度的影响, $\alpha, \beta$  的值不可能太小,一般取  $3^\circ \sim 5^\circ$ <sup>[9]</sup>。经过增力机构对力的放大,通常能达到 50 倍甚至更高倍数的增力效果。

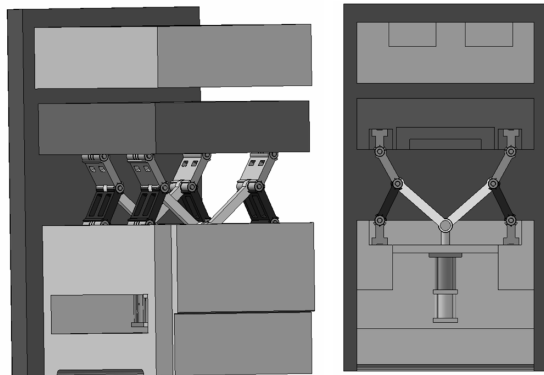
在该方案中由于存在着气液增压系统和机械二次增力机构对输入力进行的多步放大,气液增压系统只需要 2~4 t 的输出力就可以获得一个能够满足预期目标的模切压力输出。并且由于气液增压系统出力比较小,系统的速度就会有大幅度提高,从而更易于满足模切速度的设计要求。

### 3 ADAMS 仿真实验

下面通过 ADAMS 对该方案进行相关运动学分析,需要得到的相关数据是:

- 1) 在动平台行程(30 mm)确定的情况下,模切初始角度  $\gamma$  和终止角度  $\gamma'$ 。
- 2) 完成模切过程气液增压系统的行程  $S_o$ 。
- 3) 理论压力角  $\alpha, \beta$  的变化情况,并由此得到系统的增压倍数,从而计算出气液增压系统所需要的最小输出力。

仿真试验中,首先通过 SolidWorks 进行三维建模,见图 4,然后将其导入 ADAMS 完成各零件运动副的定



a 轴侧图 b 剖视图

图4 机构的三维模型

Fig. 4 Three-dimensional models of the mechanism

义,并进行相关运动学分析。在仿真实验过程中,为了方便所需实验数据的收集,在此做了 2 个转化:①将系统的驱动方式由气液增压活塞杆的上下直线运动转化到杆 4(图 3)的转动;②通过间接测量  $\beta$  的值来得到理论压力角  $\beta$  的值,由图 3 可以得出: $\beta = \beta' - 90^\circ$ 。

通过 ADAMS 仿真实验,所得到的相关数据曲线见图 5~8。

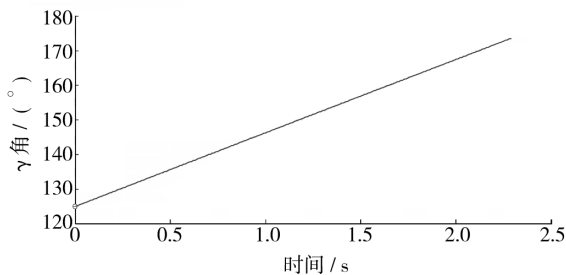


图5  $\gamma$ 角随时间变化曲线

Fig. 5 The variation of angle  $\gamma$  with time

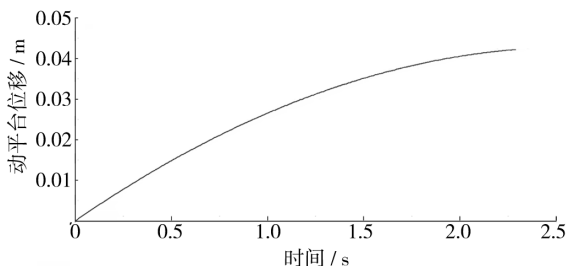


图6 动平台位移随时间变化曲线

Fig. 6 The variation of the displacement of movable table with time

通过对图 5~8 数据曲线的分析,实验所需相关数据整理见表 1。

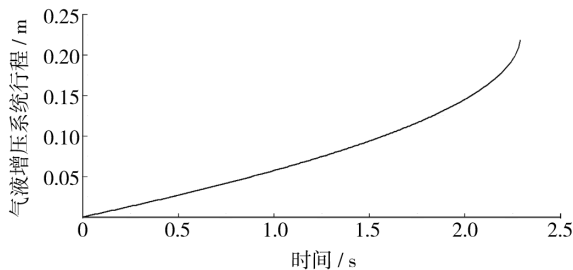


图7 气液增压系统行程随时间变化曲线

Fig. 7 The variation of the displacement of Hydraulic and Pneumatic supercharging system with time

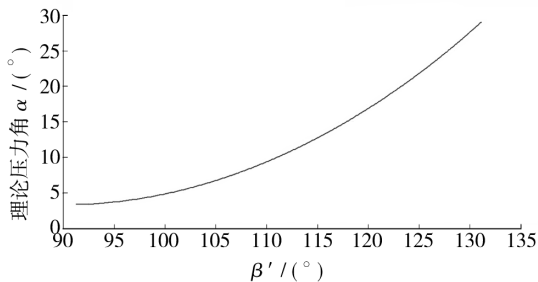
图8 理论压力角  $\alpha$  随  $\beta'$  角变化曲线Fig. 8 The variation of theoretical pressure angle  $\alpha$  with  $\beta'$ 

表1 仿真实验数据

Tab.1 Simulation experiment data

序号	理论压力角 $\alpha / (^{\circ})$	理论压力角 $\beta$ $(\beta = \beta' - 90^{\circ}) / (^{\circ})$	初始角度 $\gamma / (^{\circ})$	终止角度 $\gamma' / (^{\circ})$	气液系统行程 S/mm	理论增 力倍数	实际增 力倍数	气液系统 最小输出力/t
1	3.59	4.0286		173.1794	182.35	113.7	89.7	2
2	3.8123	5.5618		172.7571	173.95	77.5	63.5	2
3	3.9235	6.1864		172.546	170.55	67.8	56.1	3
4	4.0346	6.7539		172.3348	167.45	60.4	50.4	3
5	4.1458	7.2775	133.445	172.1236	164.65	54.5	45.9	3
6	4.3681	8.2257		171.7013	159.45	45.6	39.0	4
7	4.5905	9.0759		171.2789	154.85	39.5	34.0	4
8	4.8128	9.8534		170.8566	150.65	34.7	30.1	4

经上表数据分析可知,方案中将理论压力角  $\alpha, \beta$  分别设计成  $4^{\circ}$  和  $6^{\circ}$ ,气液增压系统输出力为 3 t 就可以满足设计要求,此时气液增压系统行程为 170 mm 左右。

这种方案与传统的模切机构相比,主要做了两方面的变化,一是去除了曲轴、涡轮、蜗杆和飞轮等几个大的机械部件,能够有效地避免传统模切机存在的一些弊端,气液增压系统的使用不仅有利于实现模切过程的数字化控制,而且可以通过控制系统设置一定的保压时间来达到更好的模切压痕效果;二是在能够保证叼纸牙排顺利通过的情况下,将动平台行程由传统的 70 mm 缩短至 30 mm,这也是为了缩短气液增压系统的行程,从而进一步提高模切速度。该方案的可行性较强:现在已经出现了气液增压系统用于烫金机的相关专利<sup>[10]</sup>,为该方案奠定了一定的基础;气液增压系统输出一个较小的力就可以得到满足设计要求的模切压力输出,同时,由于气液增压系统响应速度与输出力成反比,这也将大幅度提高气液增压系统的响应速度,从而易于达到模切速度的预期设计目标;该方案的结构与传统的双肘杆机构有一定的相似之

处,可以在传统模切机设计的基础上将其改造成该方案,减少了设计制造的工作量;与传统模切机驱动机构相比,该方案的设计更易于进行设备的日常维护和维修工作,降低了零部件更换与维修的困难程度。

方案也还存在一些有待解决的问题,虽然在方案中通过多种途径来提高系统的速度,但是从目前来看,在模切速度方面与预期目标还有一定的差距,需要对气液增压系统以及整个系统结构做出更优化的设计才能达到设计要求。另外,如何延长设备的免维护期和使用寿命也是需要进一步研究的问题。

## 4 结论

1) 结合气液增压系统和机械二次增力机构设计出一套新型模切机驱动机构设计方案,并对设计方案进行了理论分析。通过分析可知,这套方案基本能够达到设计的要求,达到减少机械零部件,提高模切性能,有利于实现数字化控制的目标。

2) 设计方案中气液增压系统使用纯气压作为动

(下转第 71 页)

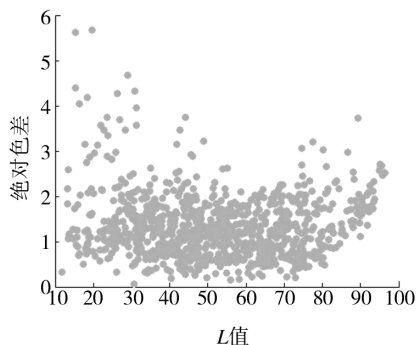


图2 检测样本测量值与仿真值的绝对色差及分布情况

Fig. 2 Absolute  $\Delta E$  between measured value and simulation value of the samples and its distribution

$\leq 6$ , 大部分数据的绝对色差  $\Delta E \leq 3$ , 说明基于 BP 神经网络的 CMYK 到  $L^* a^* b^*$  颜色空间转换模型具有较高的精度。

## 5 结论

在对 BP 神经网络的网络模型和算法进行详细分析的基础上, 利用 Matlab 软件, 采用 EC12002 色靶, 通过大量的数据建立基于 BP 神经网络的 CMYK 与  $L^* a^* b^*$  色彩空间之间的转换模型, 并通过实验确

立了网络模型的具体参数。然后在对数据进行归一化的基础上, 对 BP 神经网络进行了训练和仿真, 得到了较好的效果, 并通过测量样本数据对模型精度进行了评价, 证明了在进行颜色空间转换中, BP 神经网络可以发挥很好的作用。

### 参考文献:

- [1] 李举. 调频加网呈色模型与分色配色模型的研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2007.
- [2] 陈路, 李小东. 基于 BP 神经网络的 CMY 到 XYZ 颜色空间转换算法研究[J]. 包装工程, 2007, 28(7): 63-64.
- [3] 韩力群. 神经网络教程[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2006.
- [4] 飞思科技产品研发中心. 神经网络理论与 Matlab7 实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [5] 杨建刚. 神经网络理论实用教程[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2001.
- [6] 丛爽. 面向 matlab 工具箱的神经网络理论与应用[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1998.
- [7] 曹从军. 色彩管理关键技术 CIE  $L^* a^* b^*$  与 CMYK 变换算法的研究[D]. 西安: 西北大学, 2008.
- [8] 曹从军, 刘强珺. 基于径向基函数神经网络的颜色空间转换研究[J]. 中国印刷与包装研究, 2010, 2(11): 48-51.
- [9] 王西珍, 李言, 成刚虎. 模切机主切机构刚柔耦合动力学特性研究[J]. 包装工程, 2010, 31(21): 68-73.
- [10] 陈凯. 平压平模切机动平台共轭凸轮驱动机构的分析研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2009.
- [11] 肖亚彬. 模切机活动平台驱动机构创新设计[D]. 西安: 西安理工大学, 2006.
- [12] 王西珍. 全自动平压平模切机肘杆机构精度分析及可靠性设计[D]. 西安: 西安理工大学, 2006.
- [13] 陆雯. 绿色化气动执行元件——气动肌腱及其应用研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2006.
- [14] 苏东宁, 钟康民, 李国平. 对称布局的铰杆-杠杆-铰杆三级串联力放大机构及其应用[J]. 机床与液压, 2009, 35(8): 94-96.
- [15] 王昌盛. 一种气液增力烫金模切机: 中国, 200720019906. 3 [P]. 2008-02-13.

(上接第 64 页)

力源, 液压油被密封在系统之中, 不需要独立的液压站, 设备运行过程中产生的噪声较少, 符合绿色环保的设计理念。

3) 所提及的模切机驱动机构创新设计方案能为新型模切机驱动机构的设计提供一定的理论参考。当然, 针对方案中存在着的一些不足和需要攻克的难题, 还需要在以后的工作中不断地进行修改和完善。

### 参考文献:

- [1] 柴三中. 平压平自动模切机主切机构运动特性分析与优化[D]. 西安: 西安理工大学, 2006.
- [2] 李发展, 卢章平. 基于 ADAMS 模切机肘杆机构特性分析[J]. 包装工程, 2010, 31(21): 24-26.
- [3] 赵鑫磊. 改进模切机动态性能方法的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.