

包装油墨搅拌机搅墨杆空间螺旋轨迹实现与仿真验证

曹 慧

(安徽新闻出版职业技术学院, 合肥 230601)

摘要:以人手搓揉面粉动作为参考,设计了油墨搅拌机构,实现了搅墨杆空间螺旋运动轨迹。通过 Matlab 工程软件编程,对搅墨杆运动轨迹进行了仿真验证,得出了搅墨杆类似人手搓揉面粉动作的二维和三维螺旋状仿真曲线。通过对搅墨机构中的行星轮系自转和公转运动进行分析和仿真计算,验证了电机在不同运转速度下各行星轮运行状况良好。

关键词:搅墨杆;螺旋轨迹;Matlab 仿真

中图分类号: TS801.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)17-0084-04

Realization and Simulation of Space Rolling Track of Packaging Ink Mixer Stirring Rod

CAO Hui

(Anhui Vocational College of Press and Publishing, Hefei 230601, China)

Abstract: Ink mixing mechanism was designed and space rolling track of ink mixing rod was realized by referring to manual mixing flour posture. Space rolling track of ink mixing rod was simulated and validated by simulation based on Matlab project software programming. Two and three dimensional simulation rotary wheel curves similar to manual mixing flour posture were realized. Autorotation and revolution movement of planetary gear train of ink mixing mechanism was analyzed and calculated by simulation. The result showed that the running state of planetary gears is good under different motor speed.

Key words: mixing rod; rolling track; Matlab simulation

包装印刷过程中为了增加包装产品的装潢色彩,衬托装饰品绚丽夺目的效果,需要通过调配专色油墨的方法来实现。油墨的调配一般有 2 种方法,一种主要借助人工人力的方法来进行调配,这种方法一般适合印刷品局部少量用墨的情况;另外一种方法是借助机械运动来进行调配,这种方法不但可以配置出大量包装印刷所需的专色油墨,而且能够大大降低工人的劳动强度,改善工作环境,这种油墨调配机器称为油墨搅拌机^[1],见图 1。

油墨自动搅拌机必须具有低速、高速、间歇式、连续式搅拌功能,油墨在搅拌过程中可实现翻动、剪切,能在短时间内将黄、品、青等油墨与其他油墨添加剂、辅料彻底搅拌均匀。油墨自动搅拌机搅墨功能是通过



图 1 油墨搅拌机

Fig. 1 Ink mixer

过搅拌杆的特殊运动来实现的,这种特殊运动能够保证油墨、辅料间相互渗透、翻转并剪切^[2],因此,搅拌杆运动轨迹优化设计是油墨搅拌机设计中最为核心

收稿日期: 2013-04-13

基金项目: 安徽省省级实验实训示范中心创新项目资助(20101815)

作者简介: 曹慧(1979-),男,安徽望江人,硕士,安徽新闻出版职业技术学院讲师,主要研究方向为包装印刷设备机械优化设计和仿真。

的环节。笔者按照人手搓揉面粉的方法,设计类似于人手动作的机械合成运动,并运用 Matlab 软件对搅拌杆螺旋轨迹进行分析和运动模拟仿真。

1 搅墨机传动系统方案设计

为了实现油墨搅拌机搅拌杆所需的运动轨迹,采用了结构较为简单的内外相互啮合的圆锥齿轮组成的空间行星机构作为动力引导,以便于获得类似于人手搓揉面粉动作的空间螺旋状运动曲线。搅墨机采用串激式微型电动机为动力源,这种电机常用于控制系统中,能够实现机电信号或能量的解算、放大、检测、转换或执行等功能,或用于机械传动负载,并可作为机械的交、直流电源。电机选用标准功率为 450 ~ 600 W,电压为 120 ~ 220 V 的微特电机,通过机械传动系统将动力传递到油墨搅拌杆上,完成平稳、均匀的搅拌油墨功能。

油墨搅拌机传动系统设计方案如下:微型电动机通过带传动和多级圆柱齿轮传动,实现传动系统总传动比 $i = \frac{d_2 z_2 z_5}{d_1 z_1 z_3} = 61.2$,圆柱齿轮带动由圆锥齿轮 6,7,8 以及行星架 G 组成的内外啮合圆锥齿轮行星机构^[3],见图 2。

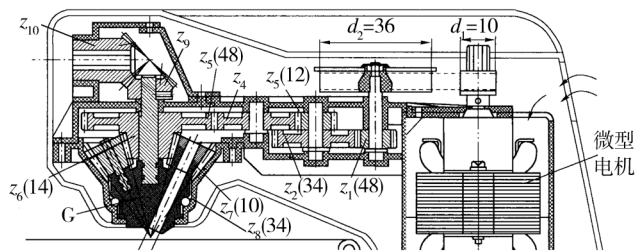


图2 油墨搅拌机传动系统

Fig. 2 Ink mixer transmission diagram

2 搅墨杆空间螺旋运动轨迹实现与仿真

2.1 搅墨杆空间螺旋运动轨迹的实现

由图 2 圆锥齿轮组成的行星轮系中,行星轮 7 的轴线与中心齿轮 6 夹角为一个锐角,大小等于它们的轴间交角。圆锥行星轮 7 在公转时其轴线在空间的运动轨迹是一个以圆锥角为轴交角的圆锥面,而行星轮系在自转时会带动与其固联在一起的油墨搅拌杆绕其动心轴线转动。由此,采用结构较为简单的圆锥齿轮组成的行星轮系,可以使油墨搅拌杆在油墨混合

容器中实现类似于人手搓揉面粉动作的空间螺旋运动曲线。固联在行星轮上与行星轮同步转动的油墨搅拌杆臂上某一动点 D 的运动轨迹是多条螺旋线^[4-5]。图 3 是圆锥齿轮 7 和齿轮 8 啮合位平面展开图,按照图示关系可以得到以下参数方程:

$$\begin{aligned} x &= (r_7 + r_8) \cos \alpha + l \cos \left(\frac{r_7 + r_8}{r_7} \alpha \right) \\ y &= (r_7 + r_8) \sin \alpha + l \sin \left(\frac{r_7 + r_8}{r_7} \alpha \right) \end{aligned} \quad (1)$$

式中, r_7 和 r_8 分别是行星轮 7 和内圆锥齿轮 8 的分度圆半径; l 是搅拌杆上某动点 D 到行星轮轴心间的距离,设计 $l = 60 \text{ mm}$; α 是行星轮 7 绕内圆锥齿轮 8 公转时所产生的角位移。

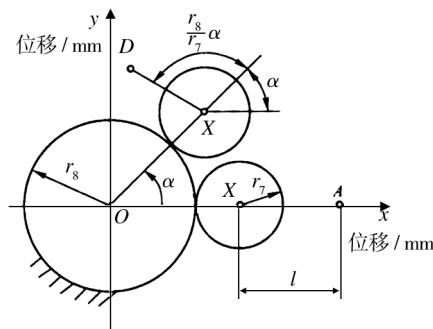


图3 圆锥齿轮啮合平面展开图

Fig. 3 Expand plane of bevel gear meshing

2.2 搅拌杆空间对称旋轮运动轨迹仿真验证

按照上述数学模型和参数,采用 Matlab 软件编程(主要程序请登录安徽新闻出版职业技术学院 安徽省示范实验中心创新项目专栏网站查询和下载),模拟油墨搅拌杆旋转 $360^\circ, 720^\circ, 1080^\circ, 1440^\circ$ 等 4 个阶段工作时的运动轨迹^[6-7],得出如图 4 和图 5 所示的搅墨杆二维和三维运动曲线。

由于设计的行星传动系统中行星轮 7 与内圆锥齿轮 8 传动比是 $\frac{z_8}{z_7} = \frac{34}{10} = 3.4$,也就是说行星轮在公转近 1 周过程中,行星轮 7 会自转带动其固联在油墨搅拌杆上的某动点 A 形成三瓣螺旋线状的运动轨迹,从图 4 中可以得到很好的验证。

由于行星轮 7 与中心轮圆锥齿轮 8 的轴间交角为 $\beta_7 + \beta_8 = 60.45^\circ$,因此搅墨杆上的动点 D 实际形成的运动轨迹应该是空间螺旋线,从而在油墨容器内实现整体、均匀剪切油墨的功能,见图 5。

通过 Matlab 工程软件仿真,得出油墨搅拌杆的二

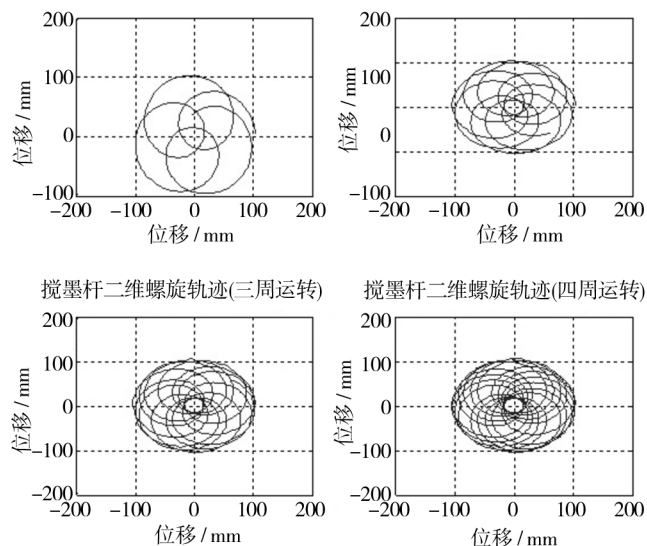


图4 搅墨杆二维旋转轨迹仿真

Fig. 4 Simulation of ink-mixing roller two-dimensional spin track

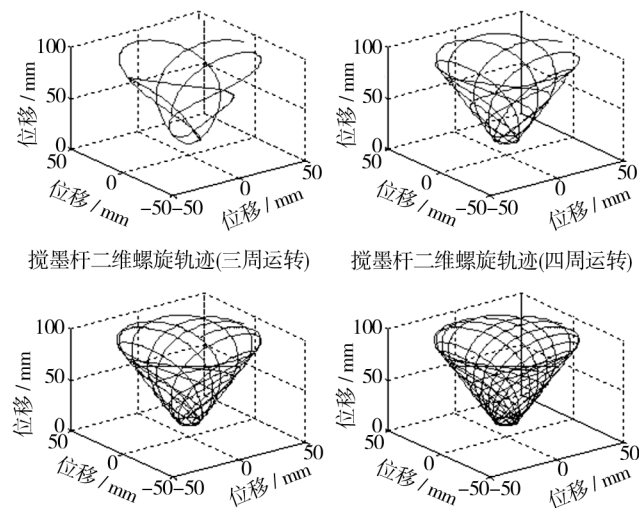


图5 搅墨杆三维旋转轨迹仿真

Fig. 5 Simulation of ink-mixing roller three-dimensional spin track

维和三维运动轨迹是由多条螺旋线相互叠加而成的,且具有一定的对称性,这种叠加的螺旋线运动轨迹有利于油墨在容器内搅动、剪切,与人手搓揉面粉运动轨迹相似。通过 Matlab 工程软件仿真进一步验证了所设计的油墨搅拌机构符合实际要求。

3 行星轮自转和公转运动分析及计算

按照行星轮系工作原理绘制图 6a 所示的圆锥齿轮组成的行星轮系运动示意,并根据行星轮系相对运

动合成的原理,找出中心齿轮 6、行星轮 7 以及行星架 G 间角速度矢量关系式为:

$$\begin{aligned}\omega_7 &= \omega_6 + \omega_{76} \\ \omega_7 &= \omega_G + \omega_{7G}\end{aligned}\quad (2)$$

从式(2)可以看出:

$$\omega_6 + \omega_{76} = \omega_G + \omega_{7G} = \omega_7 \quad (3)$$

式(3)中, ω_6 为中心齿轮 6 的角速度; ω_G 为行星架 G 的角速度; ω_{76} 为行星轮 7 相对齿轮 6 的角速度; ω_{7G} 为行星轮 7 相对行星架 G 的角速度。

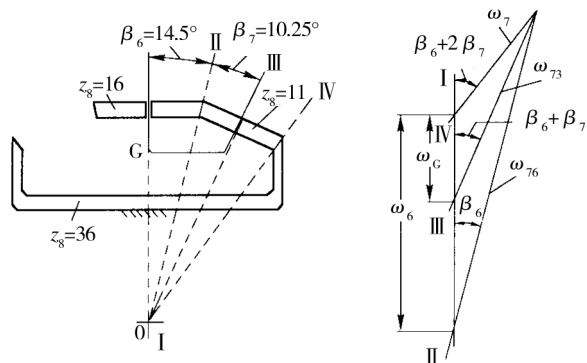


图6 圆锥齿轮行星轮系运动矢量

Fig. 6 Vector diagram of bevel gear in planetary gear train

按照图 6b 中的矢量图进行求解。以 ω_6, ω_7 和 ω_{76} 组成的角速度矢量三角形为模型,求解行星轮 7 绝对角速度为:

$$\omega_7 = \frac{\omega_6 \sin \beta_6}{\sin(2\beta_7)} \quad (4)$$

以 ω_6, ω_7 和 ω_{7G} 组成的角速度矢量三角形为模型,求解行星架 G 的绝对角速度为:

$$\omega_G = \frac{\omega_7 \sin \beta_7}{\sin(\beta_6 + \beta_7)} = \frac{\omega_6 \sin \beta_6 \sin \beta_7}{\sin(2\beta_7) \sin(\beta_6 + \beta_7)} \quad (5)$$

以 ω_6, ω_7 和 ω_{7G} 组成的角速度矢量三角形为模型,求解行星轮 7 相对于行星架 G 的角速度为:

$$\omega_{7G} = \frac{\omega_7 \sin(\beta_6 + 2\beta_7)}{\sin(\beta_6 + \beta_7)} = \frac{\omega_6 \sin \beta_6 \sin(\beta_6 + 2\beta_7)}{\sin(2\beta_7) \sin(\beta_6 + \beta_7)} \quad (6)$$

为了验证和计算微特电机在不同转速情况下各行星轮运转状况,式(4)~(6)为数学模型,用 Matlab 软件编程进行计算^[8],Matlab 程序运行结果见表 1。

通过表 1 数据可以看出,电机在低、中、高不同的转速下,各行星轮自转和公转速度符合实际要求,即搅墨杆可以在不同速度下进行搅墨工作,从而进一步验证了基于螺旋状运动轨迹的搅墨机构设计的合理性。

表 1 不同电机转速下行星轮速度仿真运算结果
Tab.1 Simulation results of planet wheel speed with
different motor speed r/min

电机转速	6 056
锥齿轮 6 转速	183.672
锥齿轮 7 转速	128.352
行星锥齿轮 H 公转速度	50.338
行星锥齿轮 H 自转转速度	182.133
电机转速	10 235
锥齿轮 6 转速	274.112
锥齿轮 7 转速	179.152
行星锥齿轮 H 公转速度	73.258
行星锥齿轮 H 自转转速度	252.163
电机转速	15 863
锥齿轮 6 转速	389.564
锥齿轮 7 转速	279.106
行星锥齿轮 H 公转速度	117.136
行星锥齿轮 H 自转转速度	388.103

4 结论

通过对搅墨机构的运动分析,借助 Matlab 软件编程仿真验证,结果表明采用结构简单的圆锥齿轮行星轮系作为引导,可以使油墨搅杆在油墨混合容器中实现类似于人手搓揉面粉动作的空间螺旋运动曲线,并且此机构可以实现高速、低速等不同速度下的搅拌功能,各行星轮运转可靠。

参考文献:

[1] 丁蒙蒙. 专色油墨配色系统的研究[D]. 无锡:江南大学,2011.
DING Meng-meng. Study on the Spot-color Ink Color Matching System[D]. Wuxi:Jiangnan University,2011.

(上接第 83 页)

SONG Shao-yun,ZHANG Guo-quan,WU Chun-hui,et al. Graphical Method Design of Turning Package Mechanism in Wrapping Machine of Industrial Explosive[J]. Demolition Equipments and Materials,2009,38(4):33-35.
[6] 张翔,陈建能. 机械优化设计[M]. 北京:科学出版社,2012.
ZHANG Xiang, CHEN Jian-neng. Mechanical Optimization

[2] 张冬梅. 挂链式搅拌机的研究及优化设计[D]. 青岛:山东大学,2006.
ZHANG Dong-mei. Research and Optimal Design of Hanging Chain for Mixer[D]. Qingdao:Shandong University,2006.
[3] 郭仁生. 机械工程设计分析和 MATLAB 应用[M]. 机械工业出版社,2008:56-57.
GUO Ren-shen. Mechanical Engineering Design Analysis and Application of MATLAB[M]. Mechanical Industry Publishing House,2008:56-57.
[4] 魏战冲. 旋轮加载轨迹与方式对多道次普通旋压成形的影响[J]. 塑性工程学报,2011(3):16-17.
WEI Zhang-chong. Effect of Load Roller Track and the Multiprocess Conventional Spinning[J]. Journal of Plasticity Engineering,2011(3):16-17.
[5] 郭仁生. 空间对称旋转轨迹行星机构的分析和设计[J]. 机械设计与制造,2005,1:38-39.
GUO Ren-sheng. The Analyze and Design of Planetary Mechanism Ased to Get Symmetrical Rotary Curve in Space[J]. Mechanical Design and Manufacture,2005,1:38-39.
[6] 张丽. 基于 Matlab 的蜂窝纸板缓冲包装系统参数辨识[J]. 包装工程,2011,32(2):36-37.
ZHANG Li. Parameter Identification of Honeycomb Paper-board Cushioning Package System Based on Matlab[J]. Packaging Engineering,2011,32(2):36-37.
[7] 张涛. 基于 Matlab 的包装容器结构尺寸优化设计方法[J]. 包装工程,2008,29(3):56-57.
ZHANG Tao. Optimal Design Method Containers' Structure Based on Matlab[J]. Packaging Engineering,2008,29(3):56-57.
[8] 张德丰. Matlab 基础与工程应用[M]. 北京:清华大学出版社,2012.
ZHANG De-feng. Matlab Fundamentals and Its Application in Engineering[M]. Beijing:Tsinghua University Press,2012.

Design[M]. Beijing: Science Press,2012.
[7] 史丽晨,郭瑞峰. 基于 MATLAB 和 Pro/ENGINEER 的机械优化设计[M]. 北京:国防工业出版社,2012.
SHI Li-chen, GUO Rui-feng. Mechanical Optimization Design Based on MATLAB and Pro/ENGINEER[M]. Beijing: National Defence Industry Press,2012.