

# 碱面条松散装置方案设计及仿真分析

## Schematic design and simulation study on alkaline noodle loosening device

尹强<sup>1</sup> 杨创<sup>1</sup> 彭辉<sup>1</sup> 张国全<sup>1</sup> 黎想发<sup>2</sup>

YIN Qiang<sup>1</sup> YANG Chuang<sup>1</sup> PENG Hui<sup>1</sup> ZHANG Guo-quan<sup>1</sup> LI Xiang-fa<sup>2</sup>

(1. 武汉轻工大学机械工程学院, 湖北 武汉 430048; 2. 武汉市黎氏面业机械设备有限公司, 湖北 武汉 430051)

(1. College of Mechanical Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan, Hubei 430048, China;  
2. Wuhan Leas' Noodle Industry Machine Equipment Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430051, China)

**摘要:**设计了一种适用于碱面条自动化生产的碱面条松散装置,对其总体方案进行了研究,并对其内壁带有多个搅拌杆的滚筒、滚轮及支架、传动带等进行了结构设计。利用 Adams 软件对碱面条松散装置进行建模,通过运动学仿真从滚筒转速和角加速度 2 个方面验证了设计的合理性;通过动力学仿真测试了传动带的接触力及滚轮接触力,为碱面条松散装置的优化设计及构建碱面条的自动化生产线提供了参考依据。

**关键词:**碱面条松散装置;结构设计;运动学仿真;动力学仿真

**Abstract:** Alkaline noodle loosening device of automated production was designed, and the overall scheme was then researched. It was carried out the research on the structure design of roller with multiple stirring rod, wheel and bracket, conveyor belt and so on, and its parameters were given. Alkaline noodle loosening device was modeled by using Adams software. The rationality of the design was verified through kinematics simulation from the two aspects such as rotary speed and angular acceleration of the roller. The contact force of the conveyor belt and contact force of the roller were tested through dynamic simulation, providing the reference for optimization design of alkaline noodle loosening device and building automatic production line of alkaline noodle.

**Keywords:** alkaline noodle loosening device; structural design; kinematics simulation; dynamics simulation

碱面条作为一种既可作主食又能快速制作成其他各种美食的食品,因经济实惠、味道可口、方便快捷、营养丰富而

广受消费者的青睐。碱面条属于湿面,是最常见的面食之一<sup>[1-4]</sup>。中国碱面条生产工业尚属新兴的产业范围<sup>[5-8]</sup>,主要是小作坊式的生产,卫生条件恶劣、面条质量不过关、工艺流程不合理、生产效率低、成本居高不下等问题相当突出。目前,对碱面条生产工艺及设备的相关研究虽取得了一些成果<sup>[9-16]</sup>,但缺乏系统的研究、生产设备未定型、面条质量缺乏统一的行业标准,这些问题都在很大程度上限制了中国碱面条工业的发展<sup>[17]</sup>。要实现碱面条大规模的自动化生产,必须针对碱面条特定的生产工艺流程,研制出适合碱面条的自动化生产线与特定生产装置。

本研究主要针对碱面条自动化生产中的碱面条松散装置进行详细的功能分析,确定碱面条松散装置结构设计具体实施方案。在此基础上,利用 Adams 对模型进行运动学和力学仿真分析,根据模拟仿真的结果,分析修改设计参数对模型所产生的影响,从而对模型的设计参数进行优化。拟为探究碱面条自动化生产的关键工艺和构建自动化生产线提供技术支持,促进碱面条规模化产业发展和扩大经济效益。

### 1 碱面条松散装置设计

碱面条松散装置主要功能是将生产好的碱面条进行打乱分离,防止碱面条黏连。碱面条的松散处理是面条生产线的最后一道工序。本研究采用内壁带有多个搅拌杆的滚筒结构来对碱面条进行松散处理。

设计思路为:薄壁滚筒内壁均布着许多具有一定倾斜角度的搅拌杆,滚筒通过皮带与电机连接,电机带动滚桶进行滚动。碱面条松散装置总体布局见图 1。具体工作程序:当碱面条从传送装置上进入滚筒后,滚筒在电机的带动下进行滚动,由于搅拌杆具有一定的倾斜度,不仅可使碱面条旋转前行,还可使碱面条松散不黏连。

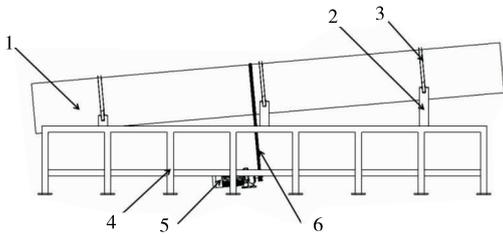
#### 1.1 滚筒

松散装置采用薄壁圆筒形状的滚筒,其内部安装搅拌杆。

**基金项目:**湖北省教育厅科学技术研究计划重点项目(编号: D20161706)

**作者简介:**尹强(1978—),男,武汉轻工大学副教授,博士。  
E-mail: ydqking1210@sina.com

**收稿日期:**2017-07-15



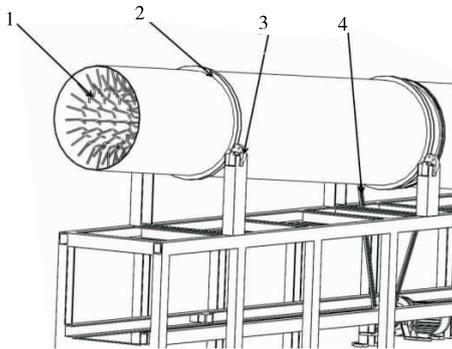
1. 滚筒 2. 滚轮支架 3. 限位支架 4. 机架 5. 电机 6. 传动带

图1 碱面条松散装置总体布局图

Figure 1 Overall layout of alkaline noodle loosening device

由于滚筒和搅拌杆需要与碱面条进行接触。因此在选择滚筒材料时要保证其具有足够的耐磨性、耐腐蚀性、不易生锈、强度高等特点,故选用不锈钢材料。

根据传送的碱面条的宽度及生产效率确定滚筒的直径为 800 mm,滚筒壁厚为 6 mm;搅拌杆直径为 5 mm,长度为 200 mm,按一定的倾斜角度均匀地排列焊接在滚筒内壁上,这样既保证了碱面条能够被分离开,又保证了碱面条能够在滚筒内部向前传输,见图 2。



1. 搅拌杆 2. 限位支架 3. 滚轮 4. 传动带

图2 滚筒

Figure 2 Roller

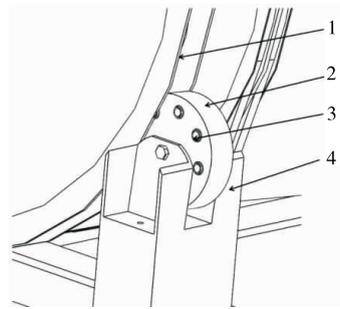
## 1.2 滚轮及支架

由于滚筒是通过滚轮连接倾斜放置在支架上的,为防止滚筒沿水平方向左右滑落,设计了滚轮限位支架进行保护。滚轮限位支架是一个有一定厚度的空心圆环,其内圆直径与滚筒直径相同,2个轮子护栏之间的距离由滚轮的大小来决定。工作时,滚轮的圆柱面是用来支撑滚筒的,当滚筒在皮带的带动下进行滚动时,滚轮可以提供一个很好的支撑作用。滚轮的厚度设计为 40 mm,直径为 150 mm,滚轮通过螺栓与支架进行连接。

为减少滚轮与限位支架的摩擦力,在滚轮的侧表面安装了万向轴球,其结构见图 3。考虑到有多个滚轮对滚筒进行支撑,多个滚轮的表面不可能都与限位支架同时接触,故每个万向轴球通过弹簧一起装配在滚轮上,这样可使万向轴球有一定的伸缩量,保障每个滚轮与限位支架充分接触。

## 1.3 电机及传动带

根据实际工作情况,滚筒工作时的转速为 120 r/min,所需要的转矩约为 1 200 N·m,因此计算出工作时所需功率



1. 限位支架 2. 滚轮 3. 万向球轴承 4. 滚轮支架

图3 滚轮及支架

Figure 3 Wheel and bracket

为 3.77 kW,选取电机的额定功率为 4 kW,转速为 960 r/min,最大扭矩为 2.0 N·m。

由于带传动是一种挠性传动,它具有结构简单、价格低廉、传动平稳以及缓冲吸震等特点。故松散装置的滚筒转动选用带传动形式。由于滚筒直径较大,传动比大,且传动的中心距较大,V带可以通过增加接触面积从而提高摩擦力来传动,因此比较适合用V带传动。因滚筒在制造过程中存在形状误差,选择V带传动能够带动滚筒平稳转动,减少了滚筒在转动过程中的振动。V带传动还可以起到过载保护的作用。带传动具有打滑和疲劳破坏2种主要失效形式,在设计带传动时,要保证传动带在不打滑的前提下具有足够的疲劳强度和寿命。

## 2 建模与仿真

### 2.1 设计参数

按照松散装置带传动的相关参数,选择A型普通V带传动,带的根数为2根,小带轮的直径为120 mm,而滚筒的直径为800 mm,中心距为1 455 mm,带速为6 m/s,且单根普通V带的拉力为320 N。因动力学仿真软件Adams中只提供了多楔带、梯形齿、同步带以及普通平带的建模工具,没有提供对于普通V带仿真的相关支持,多楔带可以看作是多根普通V带组成的传动带,因此选用多楔带替代普通V带进行仿真。

Adams/view所提供的多楔带传动中,在建模带轮时,只需要给定带轮的宽度和节圆直径2个基本参数。在此建模的过程中,直接把带轮和松散装置滚筒的外圆直径当做是2个带轮的节圆直径,带轮的宽度,使用的2根普通V带,V带顶部宽度约为20 mm。

### 2.2 创建模型

在Adams/view中创建一个V带传动模型,同时选择3Dlinks的方法,在单元和带轮之间存在接触力。由于带传动中滚筒和带轮都是不锈钢制材料,因此选择带轮的材料为Steel,完成对带轮的创建,见图4。

对皮带轮施加顺时针方向驱动。将松散装置在SolidWorks中建立的模型另存为para-solid格式的文件,导入到Adams中。对具有相对运动的各个零部件之间设置运动副,

滚筒与滚轮之间具有接触关系,将滚筒与大带轮设置固定在一起,小带轮与电机输出端带轮固定在一起,完成整个装置的建模,见图 5。

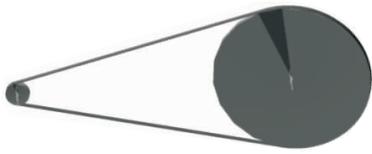


图 4 带传动模型  
Figure 4 Belt drive model



图 5 Adams 中所建立的最终模型  
Figure 5 Final model built in Adams

### 2.3 仿真及分析

2.3.1 运动学仿真 首先将仿真时间设为 6 s,仿真的步数为 600 步,经过多次仿真试验后发现,仿真过程的后半阶段其运动速度会趋于平稳,整个过程在 1 s 后,运动的相关参数基本保持不变,呈匀速转动状态,因此将仿真时间设置为 1 s。图 6、7 分别是滚筒在启动阶段角速度和角加速度的曲线图。

由图 6 可知,滚筒的角速度从  $0^\circ/\text{s}$  慢慢地增加(图中是负方向),当时间为 0.06 s 左右时,速度达到峰值,0.06~0.35 s

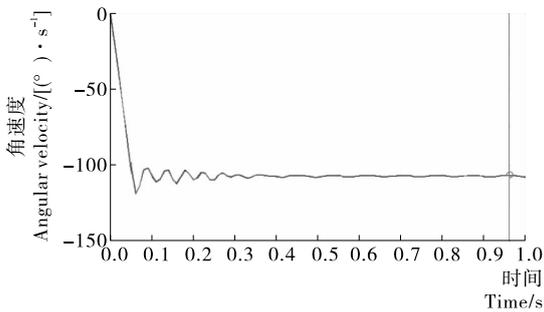


图 6 滚筒转动的速度曲线图  
Figure 6 Speed curve of roller

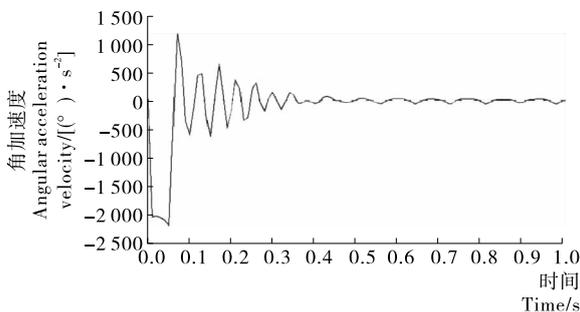


图 7 滚筒转动的角加速度曲线图  
Figure 7 Angular acceleration curve of roller

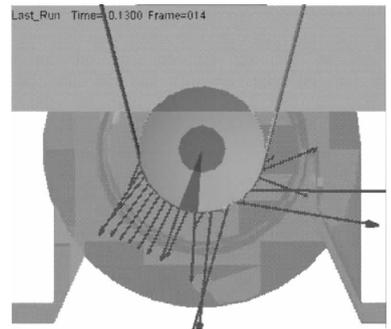
时有小幅的波动,0.35 s 之后速度趋于稳定。由图 7 可知,角加速度从  $0^\circ/\text{s}^2$  慢慢增加,0.05 s 时加速度方向开始突变,0.05~0.45 s 时加速度有一定的波动,之后基本保持稳定,符合匀速传动的特征。经计算带传动打滑率趋近于 1%~2%,此传动设计是合理的,电机能够有效驱动滚筒转动,从而完成碱面条的松散。

2.3.2 动力学仿真 在整个传动过程中与电机轴相连的小带轮是主动轮,而松散装置的滚筒是从动轮,小带轮上的受力比滚筒表面的受力要大。因此,绘制出小带轮法向接触力的变化曲线(见图 8),由图 8 可知,带单元与小带轮之间的接触是由小变大的,在 0.25 s 时达到峰值(30 N 左右),然后随着紧边过渡到松边,法向接触力不断变小,带单元进入松边,在 0.08 s 时变为 13 N 左右,在 0.08~0.22 s 时有一定的波动,此时接触力相对稳定且小于之前的一段时间,0.22 s 时带单元开始脱离小带轮,接触力逐渐减小,到 0.25 s 时带单元脱离小带轮,接触力减小为 0 N。

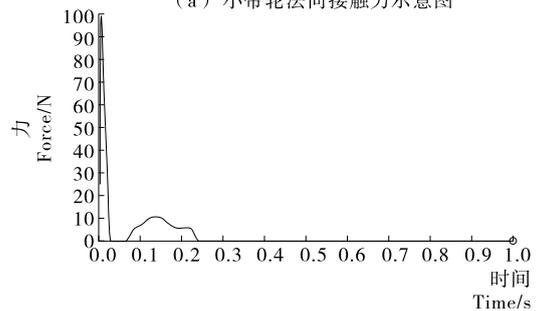
松散装置的稳定性很大程度上取决于滚轮支撑时的受力情况。在 6 个滚轮和支撑座之间分别添加转动副,滚轮与 6 个滚轮分别添加接触,仿真后绘制出其中一处滚轮和滚筒之间的接触受力曲线,由图 9 可知,0.5 s 之前接触力有较大的波动,1.2 s 后接触处所受到的压力基本在 2 500 N 左右。此处分析结果可为滚轮的支架及支撑轴的优化设计提供依据。

### 3 结论

针对目前中国碱面条生产自动化程度不高的现状,对碱



(a) 小带轮法向接触力示意图



(b) 带单元接触力图

图 8 小带轮法向接触力示意图及带单元接触力图  
Figure 8 Contact force sketch of small pulleys and contact force curve of belt unit

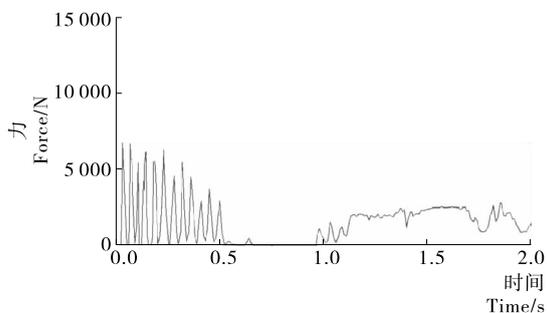


图9 接触受力图

Figure 9 Contact force curve

面条自动化生产中的关键装置——碱面条松散装置进行了研究,在其功能特性需求分析的基础上进行了总体方案设计,详述了滚筒、滚轮、传动带等关键零部件的设计过程。利用 Adams 软件对碱面条松散装置进行建模,通过运动学仿真从滚筒转速和角加速度 2 个方面验证了设计的合理性;通过动力学仿真测试了传动带的接触力及滚轮接触力,为后续碱面条松散装置优化设计及构建碱面条自动化生产线提供了参考依据。

#### 参考文献

- [1] FU B X, ASSEFAW E G, SARKAR A K, et al. Evaluation of durum wheat fine flour for alkaline noodle processing[J]. Cereal Foods World, 2006, 51(4): 178-183.
- [2] MONISHA Chakraborty, GARY A Hareland, FRANK A Manthey, et al. Evaluating quality of yellow alkaline noodles made from mechanically abraded sprouted wheat[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2003, 83(5): 487-495.
- [3] FU Bin-xiao. Asian noodles; History, classification, raw materi-

als, and processing[J]. Food Research International, 2008, 41(9): 888-902.

- [4] 侯国泉. 亚洲面条加工技术概述[J]. 粮食加工, 2010, 35(4): 9-13.
- [5] 宋显良, 邓学良, 周文化. 生鲜湿面防霉保鲜技术[J]. 食品与机械, 2013, 29(2): 159-162.
- [6] 岑军健. 工艺创新: 非油炸方便面产业将突破困境[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 5-6.
- [7] 刘兴信. 我国面条产业概况和趋势[J]. 粮油食品科技, 2005, 13(6): 24-25.
- [8] 孟素荷. 中国方便面产业的进步与发展[J]. 食品与机械, 2004, 20(3): 1-3.
- [9] 张钟, 王勇, 戴震亚, 等. 免油炸方便面的生产工艺及设备选型[J]. 包装与食品机械, 2005(6): 32-35.
- [10] 赵延伟, 吕振磊, 王坤, 等. 面条的质构与感官评价的相关性研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(4): 25-28.
- [11] 刘国锋, 徐雪萌, 王德东. 生湿鲜面条的规模化生产及其包装技术[J]. 包装工程, 2004, 25(4): 144-146.
- [12] 崔浩然, 卢大马, 卢伟亮. 大型热干面连续生产线: 中国, 201210298315.X[P]. 2012-11-28.
- [13] 刘海元, 江凤林, 何彩华. 非油炸多味方便热干面的生产方法: 中国, 201210246058.5[P]. 2012-07-17.
- [14] 朱弟生. 方便面的生产工艺及其设备[J]. 农机化研究, 2003(3): 261.
- [15] 赵飞宇. 碱面条(热干面)生产工艺技术研究及关键装置设计[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2016: 32-59.
- [16] 夏宇. 生鲜湿面生产工艺及关键设备的设计[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2014: 23-36.
- [17] 李里特. 我国面条加工技术存在的问题与前景[J]. 郑州粮食学院学报, 2000, 21(3): 12-14.
- [18] 李里特. 我国面条加工技术存在的问题与前景[J]. 郑州粮食学院学报, 2000, 21(3): 12-14.
- [19] 李里特. 我国面条加工技术存在的问题与前景[J]. 郑州粮食学院学报, 2000, 21(3): 12-14.
- [20] 李晓燕, 朱樱, 欧阳泉根, 等. 二苯碳酰二肼光度法测定微量铬的改进[J]. 理化检验: 化学分册, 2016, 52(6): 729-731.
- [21] 高向阳, 高适竹, 张小燕, 等. 微波消解-流动注射化学发光法快速测定调味品中的微量铬[J]. 中国调味品, 2016, 41(10): 101-104, 108.
- [22] 王征帆. 库仑分析法测定富铬酵母中铬含量研究[J]. 中国调味品, 2013, 38(8): 102-103, 120.
- [23] TIWARI S, DEB M K, SEN B K. Cloud point extraction and diffuse reflectance-Fourier transform infrared spectroscopic determination of chromium(VI): A probe to adulteration in food stuffs[J]. Food Chemistry, 2017, 221(4): 47-53.
- [24] 任华莉, 李琪琳, 曾文法. 离子色谱法测定六价铬的研究进展[J]. 广东化工, 2016, 43(9): 239-240.
- [25] 杨晓颖, 丁春光, 闫慧芳. 电感耦合等离子体-质谱法检测全血中铬[J]. 中国职业医学, 2014, 41(2): 208-210.
- [26] 庞向东, 江虹, 张琴, 等. 三波长分光光度法快速测定青苹果中的苹果酸[J]. 食品与机械, 2016, 32(12): 79-82.

(上接第 77 页)

- [4] 吴振, 江建梅, 舒媛, 等. 啤酒酵母及其衍生品的应用研究进展[J]. 中国酿造, 2014, 33(10): 10-13.
- [5] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.123—2014 食品安全国家标准 食品中铬的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [6] BOUTORABI L, RAJABI M, BAZREGAR M, et al. Selective determination of chromium(VI) ions using in-tube electro-membrane extraction followed by flame atomic absorption spectrometry[J]. Microchemical Journal, 2017, 132(5): 378-384.
- [7] 李鑫, 张东雷, 张越, 等. 多方法测定明胶中铬含量[J]. 食品与机械, 2012, 28(4): 100-103.
- [8] 陈意光, 阮文红, 罗东辉, 等. 紫外分光光度法测定食品模拟物中六价铬和铝[J]. 食品与机械, 2012, 28(3): 65-67.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 13088—2006 饲料中铬的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.