

FRESH ORANGE JUICER SQUEEZING DEVICE DESIGN

Xie Yang¹

1 Hubei key Laboratory of Digital Textile Equipment, School of Mechanical Engineering and Automation,
Wuhan Textile University, Wuhan, 430073, China
E-mail: 2054261463@qq.com

Abstract. The purpose of this paper is to design a fresh orange juicer for squeezing juice to meet consumer demand for high quality juice and to improve production efficiency and product competitiveness. Through market research and consumer demand analysis, the key features and functions that a fresh orange juice machine should have are identified, including efficient juice squeezing, easy cleaning and small footprint. This paper analyzes the overall structure of the squeezing device of the fresh orange juice machine, including the selection of the motor part, the analysis of the transmission system, the analysis of the squeezing device, and then determines a scheme. Then the design and calculation of the transmission device belt drive, followed by the design and calculation of the transmission device reducer, and then the design and calculation of other parts of the transmission device, including the selection of the coupling, and the design and calculation of the drive gear set. Finally, the finite element strength checking and analyzing of the juice squeezing device is carried out.

Keywords: Fresh orange; Juice squeezing device; Mechanism design; Strength checking

鲜橙果汁机挤汁装置设计

谢阳¹

1 武汉纺织大学, 湖北省数字化纺织装备重点实验室, 机械工程与自动化学院, 武汉, 430073
E-mail: 2054261463@qq.com

摘要: 本文旨在设计一种挤汁的鲜橙果汁机, 以满足消费者对优质果汁的需求, 提高生产效率和产品竞争力. 通过市场调研和消费者需求分析, 确定了鲜橙果汁机应具备的关键特性和功能, 包括高效挤汁, 易清洁和占地面积小等. 本文对鲜橙果汁机挤汁装置进行总体结构的分析, 包括电动机部分的选择, 传动系统的分析, 挤汁装置的分析, 进而确定一个方案. 然后对传动装置带传动进行设计计算, 再接着对传动装置减速器进行设计计算, 再然后是对传动装置的其他零部件进行设计计算, 包括联轴器的选择, 以及驱动齿轮组进行设计计算. 最后是对挤汁装置进行有限元强度校核分析.

关键词: 鲜橙; 挤汁装置; 机构设计; 强度校核

0 引言

橙类水果以其鲜艳的色泽, 独特的风味和丰富的营养价值而受到消费者的喜爱 [1]. 随着物质生活水平的不断提升, 以及橙子种植技术的革新, 社会对于橙汁的需求量也在不断上涨 [2;3]. 但橙汁获取的技术却一直停滞不前, 出汁率和果汁质量不尽人意, 影响了果汁机产业规模化发展. 为改变现状, 提高出汁率和加强果汁质量, 鲜橙果汁机的技术问题亟待解决.

针对鲜橙榨汁机的操作机制, 结合对榨汁螺杆和过滤组件关键部分的深入研究, 我们致力于开发一套适宜的整机结构参数和机构装配工作参数. 这一设计宗旨是为了优化果汁的提取效率. 设计内容涵盖了设备的外观尺寸, 传动机构, 过滤机制等关键方面, 目的是确保该设备在实际操作中能够实现最高标准的效能和产出.

1 鲜橙果汁机挤汁装置的原理

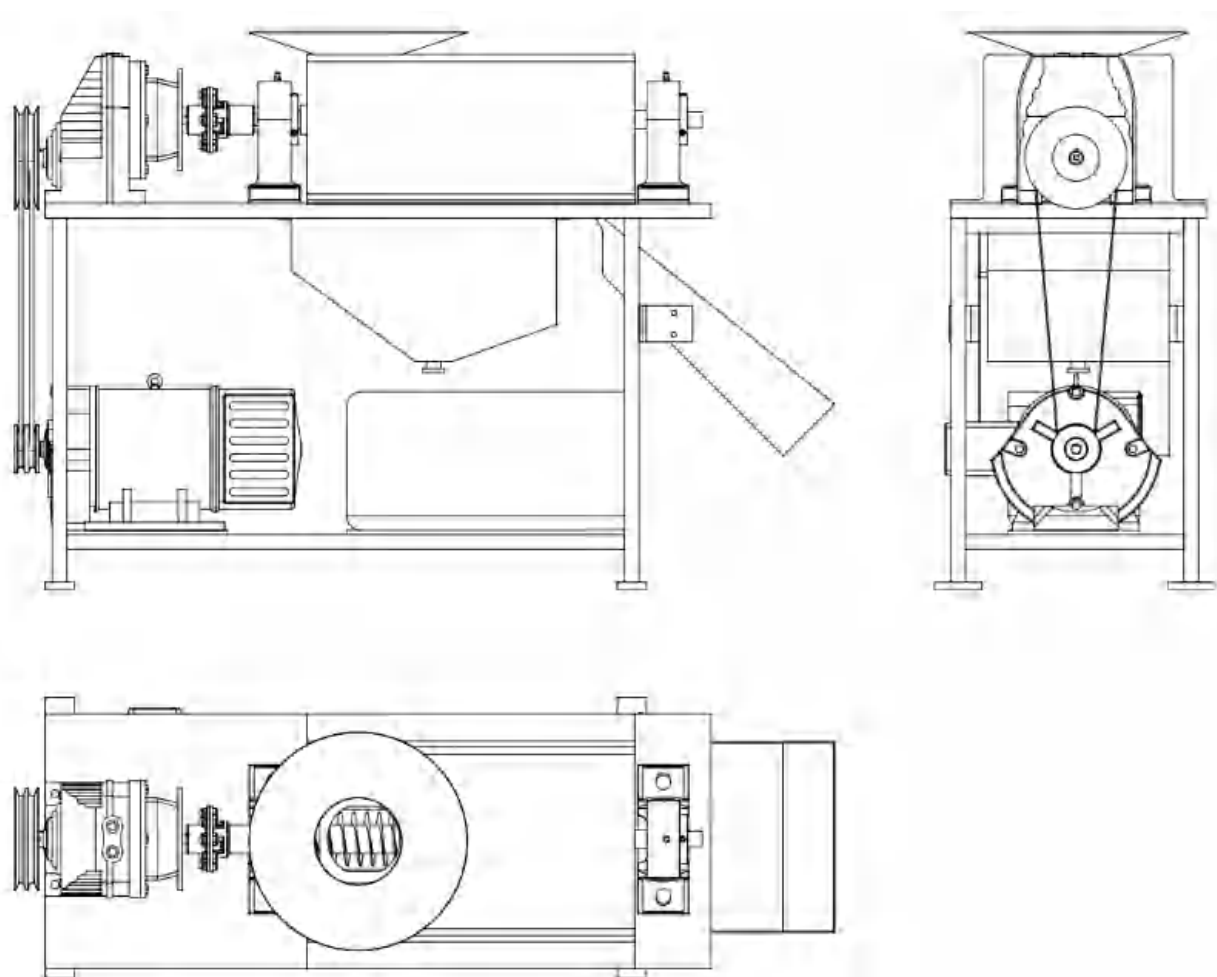


图1 挤汁结构三视图

Fig. 1. Three views of the squeezing structure

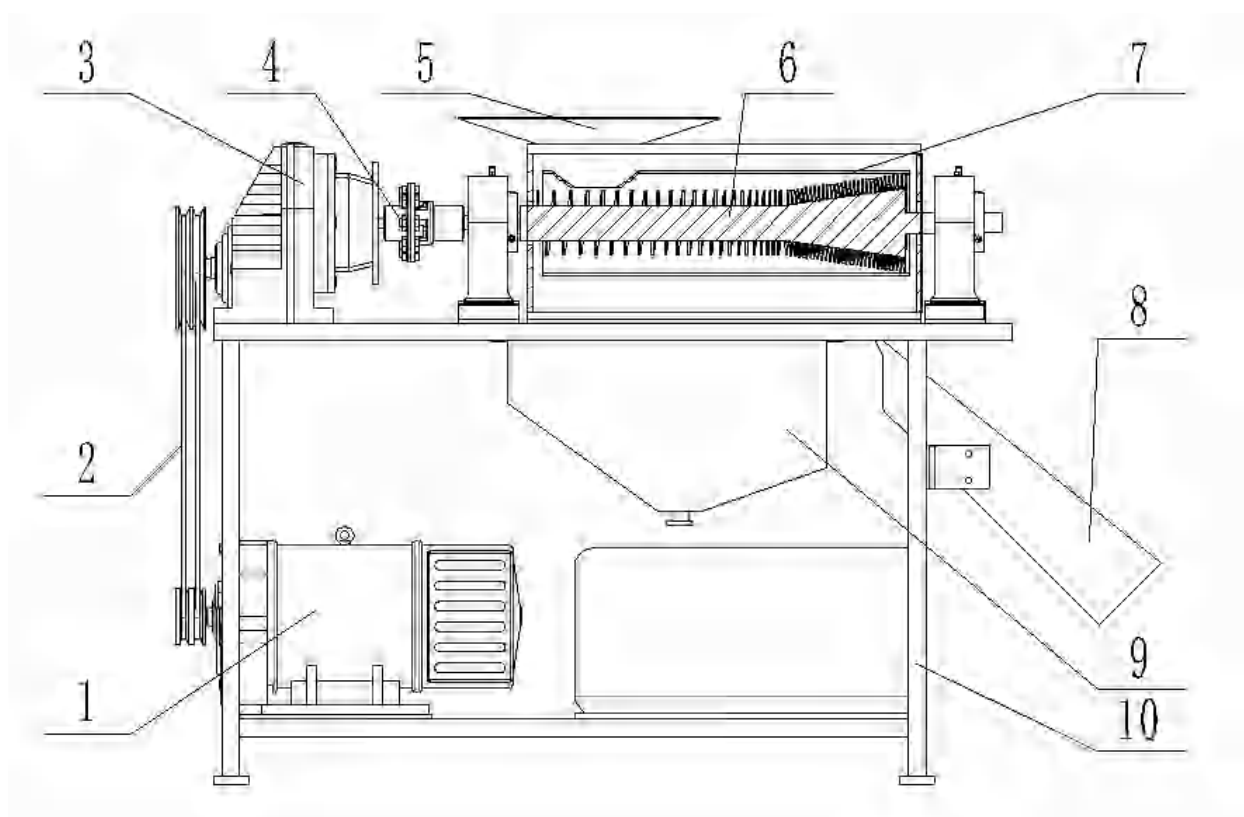


图2 挤汁结构结构简图:

1 – 电动机; 2 – 皮带; 3 – 减速器; 4 – 联轴器; 5 – 进料口; 6 – 螺杆; 7 – 筛筒;
8 – 出料槽; 9 – 出汁斗; 10 – 机架

Fig. 2. Sketch of the structure of the squeezing structure:

1 – motor; 2 – belt; 3 – reducer; 4 – coupling; 5 – inlet; 6 – screw; 7 – sieve;
8 – discharge chute; 9 – juice hopper; 10 – Frame

该机构利用电动机 1 带动皮带 2 驱动减速器 3, 通过联轴器 4 连接减速器 3 和螺杆 6, 使螺杆 6 旋转推动原料前进, 最终通过筛筒 7 将果汁和果渣分离, 最后由出汁斗 9 排出果汁以及由出料槽 8 排出果渣。

首先, 电动机 1 是整个系统的动力来源, 通过皮带 2 传动将动力传递给减速器 3. 减速器 3 的作用是降低电动机 1 的高速转动, 使输出转速适合螺杆 6 的工作要求. 同时, 减速器 3 能够增加输出扭矩, 使螺杆 6 能够更好地压榨原料. 联轴器 4 用于连接减速器 3 和螺杆 6, 并起到传递动力的作用, 同时也可以起到减震和缓冲的作用, 保护机器的正常运行。

进料口 5 是夹持机构将原料放入挤汁机构的位置, 进料口 5 下方是螺杆 6 的压榨区域. 当原料进入压榨区域时, 螺杆 6 开始旋转推动原料前进. 螺杆 6 的设计使得原料被紧密压实, 并在螺杆 6 和压榨区域之间形成高压区域, 从而破裂原料的细胞壁, 使得果汁被释放出来。

螺杆 6 的旋转推动原料向前移动, 同时使得果汁通过螺旋空隙流向筛筒 7 的位置. 筛筒 7 的设计通过控制孔径大小, 可以让果汁流过, 而较大的果渣则被阻挡下来. 这样就实现了果汁和果渣的分离. 分离后的果汁通过筛筒 7 进入出料槽, 再通过出料斗 9 排出。

机架 10 是整个挤汁机构的支撑结构, 承载着各个部件的重量, 并提供稳定的工作平台. 机架的设计和制造要求可以确保整个挤汁机构的结构稳固, 坚固, 并且能够持久耐用.

螺杆是该挤汁机构的核心部件, 以下是关键部件螺杆 6 的介绍.

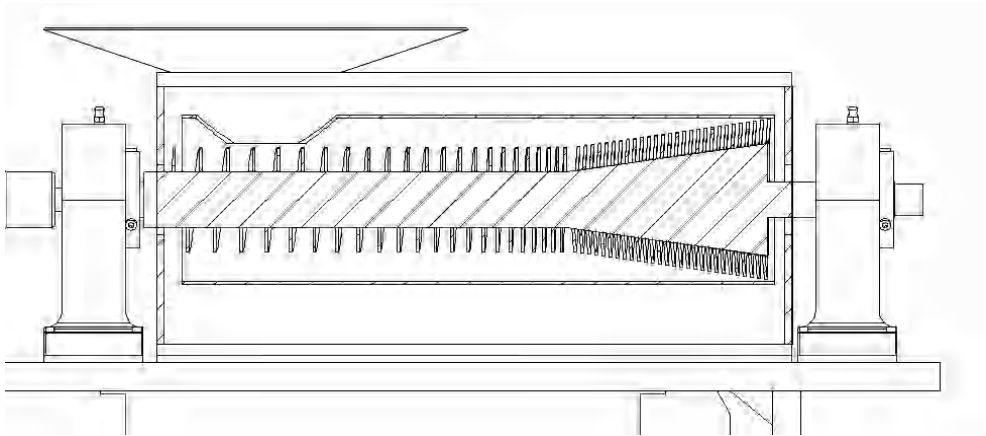


图3 螺杆位置图

Fig. 3. Screw position diagram

挤汁机构中的螺杆是专门设计来适应柑橘类水果的榨汁需求. 螺杆通常由食品级不锈钢制成, 以确保榨汁过程的卫生和安全. 螺杆的设计通常包含特定的几何形状, 比如螺旋槽或螺纹, 这些设计有助于在旋转时对橙子施加均匀的压力, 从而有效地提取果汁. 螺杆的螺距和直径会根据橙子的大小和形状进行优化, 以实现最高的出汁率和最小的果肉浪费. 为了提高榨汁效率, 挤汁机构还可能配备有预切割或预压碎功能, 这有助于在螺杆挤压之前释放更多的果汁 [4].

挤汁机构利用旋转的螺杆连续挤压原料, 分离出固体和液体. 螺杆设计多样, 可以根据原料特性和压榨效率要求来定制, 涉及螺纹直径, 形状和螺距等因素. 等直径适用于均匀压力, 变直径适用于不同阶段的压力需求; 连续螺纹适合均匀压榨, 间歇螺纹适合阶段性压榨; 螺距可调以适应不同压力.

本设计采用可调直径和螺距的间歇式螺杆, 适应不同阶段的压榨需求. 螺杆螺旋线分为四个功能区: 第一区负责输送原料, 第二区进行预压缩和初步提取汁液, 第三和第四区通过增强压缩作用进一步挤压原料, 提取更多果蔬汁. 第四区特别设计以增加压力, 提高果汁产量和提取率, 确保压榨过程高效且适应性强.

2 鲜橙果汁机挤汁装置的结构设计

2.1 电机的选型

鉴于该螺杆组件主要承担压榨功能, 因此其设计转速相对较低, 以确保压榨效果的最大化. 在确定适宜的螺杆转速时, 我们借鉴了榨油机械, 油脂加工设备以及食品工业中榨汁机械的转速参数和操作特性 [5]. 通过对比分

表1 电机的型号和参数
Table 1. Motor types and parameters

方案	电动机型号	额定功率	同步转速	满载转速
1	Y80M1-2	0.75	3000	2830
2	Y80M2-4	0.75	1500	1390

析, 选定了符合压榨工艺要求的螺杆转速, 旨在实现高效能转换与物料的温和处理.

在传动比合适范围内, 设带传动的传动比范围 $i = 2 \sim 4$, 设减速器的传动比范围 $i = 5 \sim 10$, 则合理的总传动比范围为 $i = 10 \sim 40$, 故转速的可选范围: $(10 \sim 40) \times 150 = 1500 \sim 6000 \text{r/min}$. 在这一范围内合适的有 1500r/min , 3000r/min 转速的发动机, 本领域中有几种合适的发动机类型, 以下技术参数可互换, 如表1 所示.

2.2 机械传动装置的设计

选定的电动驱动装置在满负荷运行时的转速, 与工作机械的主轴转速之间, 可以计算出传动系统的综合传动比. 这一计算过程涉及对电动驱动单元的额定转速与工作机械所需转速之间的比例关系进行定量分析, 从而确定传动装置的总传动比. 具体的计算方法和得出的传动比数值, 将详细阐述如下:

$$i = \frac{n_m}{n_w} = \frac{1390}{150} = 9.3 \quad (1)$$

在计算机上完成对传动系统的总传动比的计算之后, 应合理地将传动比分配至各个传动级别, 旨在减轻传动系统的负载并提升传动精度. 在进行各级传动比的分配时, 需要综合考虑以下几个关键因素: 首先, 选择适宜的传动级别; 其次, 应简化重量控制流程, 确保每种传动装置的尺寸与其传动比相匹配; 同时, 还需考虑传动过程中可能出现的干扰和噪声问题. 此外, 应避免传动比分配不当导致的性能下降. 基于上述考虑, 对于 V 带传动系统, 推荐的传动比为3; 而对于减速装置, 则建议采用 5 的传动比.

2.3 联轴器的选用

在评估挤汁机构的运行环境及其实际工作条件时, 一个关键因素是自转轴向往位移的产生. 为了适应两轴之间的相对偏移, 移动式联轴器被设计来接受并补偿这种偏差 [6]. 因此, 选用了一种可移动的联轴器, 即横向滑动联轴器, 用以调整 and 补偿两轴间的轴向, 径向和角向偏移. 该横向滑动联轴器由两个半联轴器组件和一个滑动元件构成. 在横向滑动联轴器的两侧, 垂直布置的凸缘和十二个连接器的凹槽共同形成一个运动副, 该运动副通过一个滑块与两个旋转轴相连, 在轴的旋转过程中, 有效补偿径向位移. 联轴器的设计允许一定的轴向位移偏差 (例如, 联轴器允许的最大轴向位移为 $Y0.04d$, 其中 d 为联轴器的直径, m 为单位), 以适应运行中的高负载要求. 然而, 由于偏心旋转可能导致的离心力, 横向滑动联轴器不适用于高速运转, 以减少滑块的径向位移. 此外, 在相对运动期间, 联轴器的传动效率会有所提高, 因此必须定期进行润滑, 以确保其正常运行和延长使用寿命.

2.4 带传动的设计计算

带轮尺寸设计

取计算小带轮的轴孔直径, 小带轮与电动机相连接, 所以取 $d = 28\text{mm}$.

$$d_1 = (1.8 \sim 2)d = (1.8 \sim 2) \times 28 = 49.4\text{mm} \sim 56\text{mm} \quad (2)$$

取 $d_1 = 50\text{mm}$.

小带轮的宽度及直径计算:

$$B = (Z - 1)e = 2f = (3 - 1) \times 15 + 2 \times 9 = 48\text{mm} \quad (3)$$

当 $B < 1.5d$ 时, $L = B$, 因为所得结果不小于, 所以

$$L = (1.5 \sim 2)d = (42 \sim 56)\text{mm} \quad (4)$$

故取 $L = 56\text{mm}$;

$$D_1 = D + 2h = 112 + 2 \times 2.75 = 117.5\text{mm} \quad (5)$$

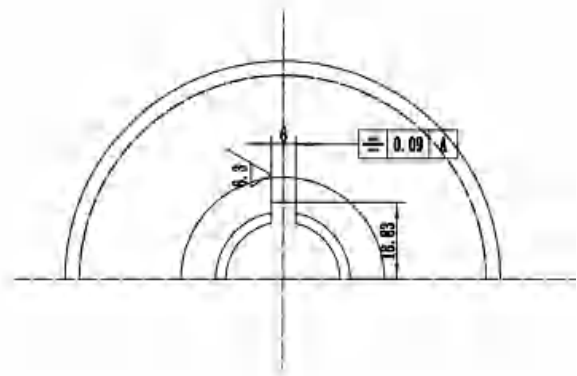
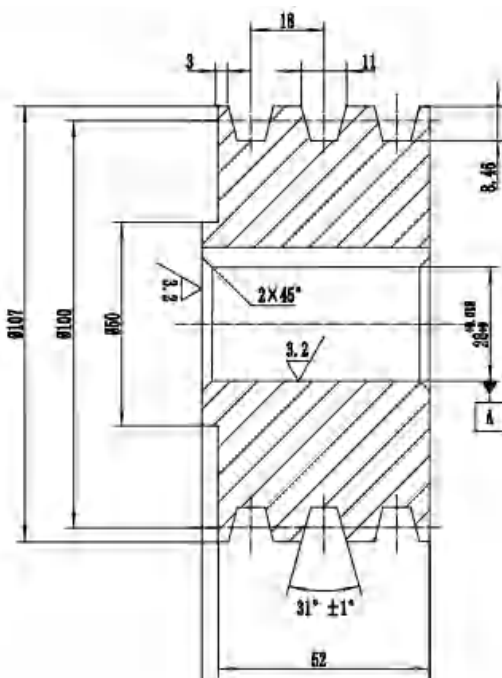


图4 小带轮示图

Fig. 4. Illustration of a small pulley

由于大滑轮轴孔的直径, 与主动轴连接的大滑轮的轴的孔, 直径与主动轴的孔直径相同.

故取 $d = 50\text{mm}$.

$$d_1 = (1.8 \sim 2)d = (1.8 \sim 2) \times 50 = 90\text{mm} \sim 100\text{mm} \quad (6)$$

故取 $d_1 = 90\text{mm}$.

2.5 螺杆的设计计算

(1) 螺杆的尺寸设计

该挤汁机构通过其旋转的螺杆对物料进行连续挤压, 实现固液分离. 螺杆的设计根据物料特性和压榨效率要求, 可通过科学分类方法进行多样化设计. 螺杆的分类涉及螺纹直径, 形态和螺距等参数, 其中等直径和变直径设计适用于不同的压力需求, 连续和间歇螺纹形态适应均匀和阶段性压榨, 等螺距和可变螺距设计则允许在压榨过程中调整压力 [7].

本设计综合考虑加工对象特性, 采用间歇式螺杆, 其直径和螺距均可调整, 以适应不同阶段的压榨需求. 螺杆的螺旋线被设计为四个连续的功能区, 第一阶段负责物料的输送, 第二阶段进行预压缩和初级汁液提取, 第三和第四阶段则通过连续增强的压缩作用, 实现更深层次的物料挤压, 从而有效提取果蔬汁. 第四阶段特别设计以增加压力, 进一步提高果汁的产量和提取率, 确保整个压榨过程的高效性和适应性.

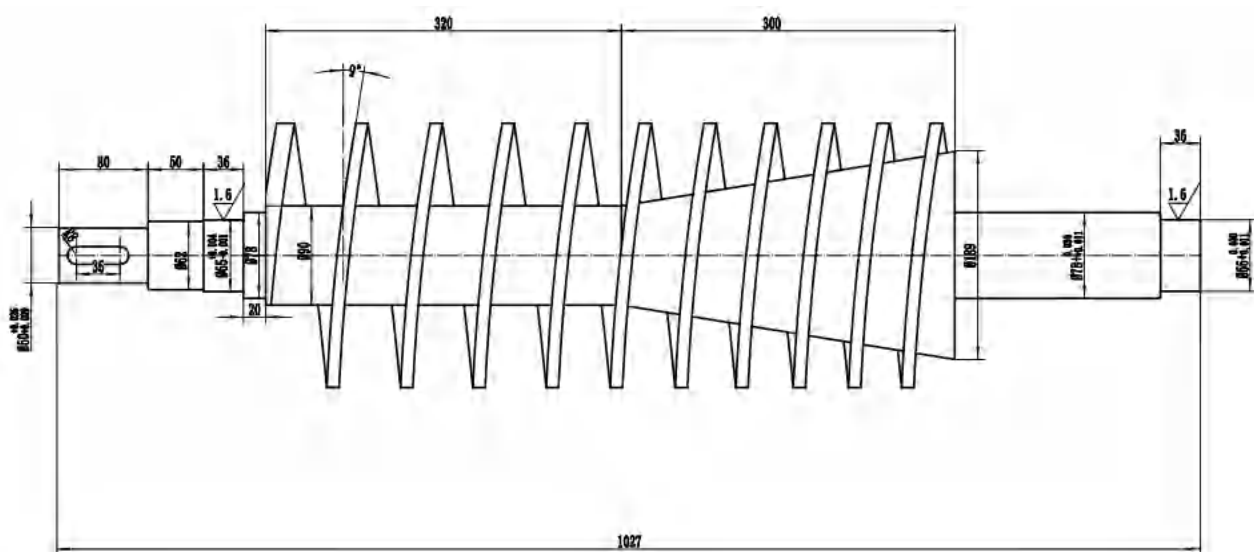


图5 螺杆设计简图

Fig. 5. Screw design sketch

螺杆转速的确定: 由于螺杆的工作性能属于压制类, 故螺杆转速较低. 参考榨汁机和果汁机, 决定选用. 经计算得出取螺杆螺旋送料的断面大径.

(2) 螺杆的材料选取

螺杆作为该挤汁机构的核心组件, 承担着物料输送和压榨的关键作用. 该部件通常采用 304 不锈钢材料制成, 以确保其具备优异的耐腐蚀性能和卫生安全标准, 同时满足食品加工行业的严格标准 [8]. 螺杆的制造过程涉及精密加工技术, 确保其几何尺寸和表面光洁度达到设计要求, 以优化压榨效率并延长使用寿命. 通过这种精心设计和制造的螺杆, 挤汁机构能够高效地完成物料的固液分离, 提取出高质量的橙汁.

根据前面的计算结果, 我们得到了螺旋轴在外部载荷影响下的应力分布图 (见图6), 位移分布图 (见图7) 以及应变分布图 (见图8). 进一步的应力分析揭示了螺旋轴的应力集中区域位于轴的两端, 其中最大的应力值达到了 334.1 兆帕. 考虑到材料的屈服强度为 205 兆帕, 我们采用了 2.0 的安全系数, 据此计算出该结

构的允许应力值为 392.5 兆帕, 这一数值高于实际测得的最大应力值 334.1 兆帕. 基于这一分析, 我们可以得出结论: 所设计的结构输出轴在强度方面满足了项目的设计标准和使用需求.

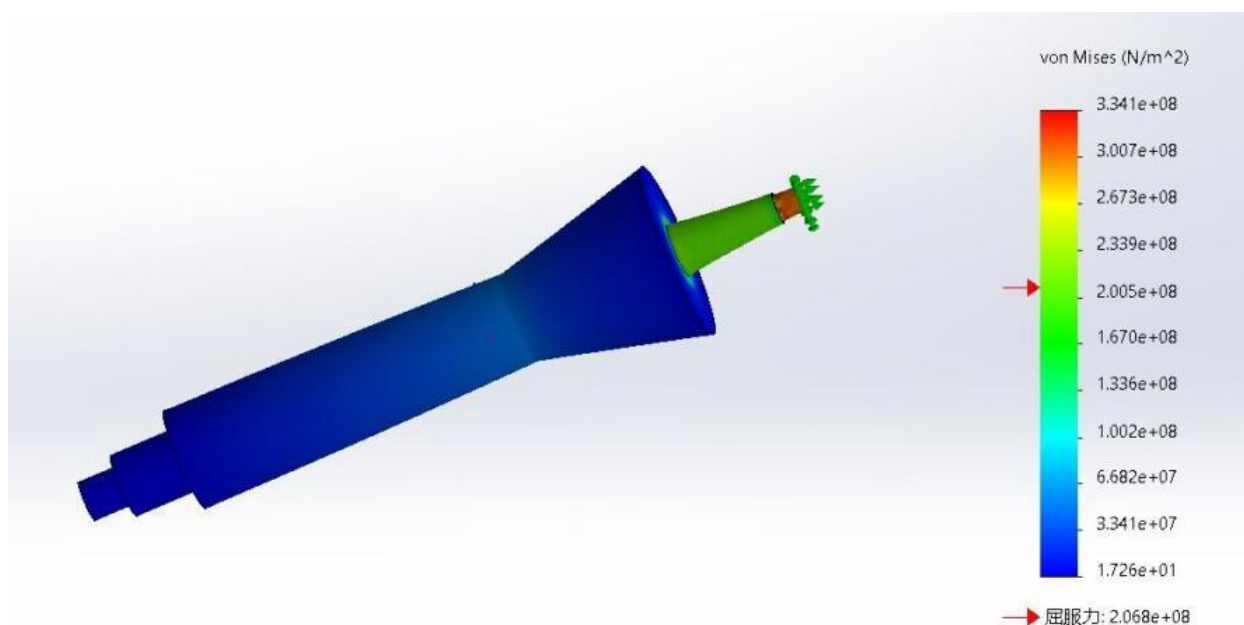


图6 螺旋轴应力云图
Fig. 6. Spiral shaft stress map

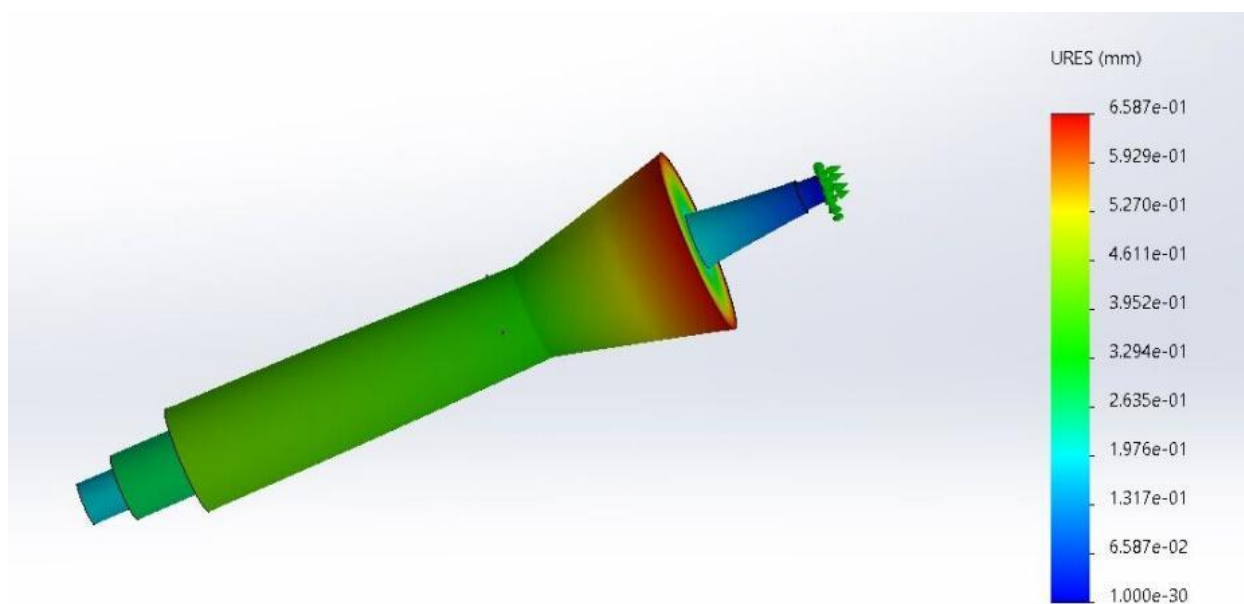


图7 螺旋轴位移云图
Fig. 7. Screw Shaft Displacement Cloud

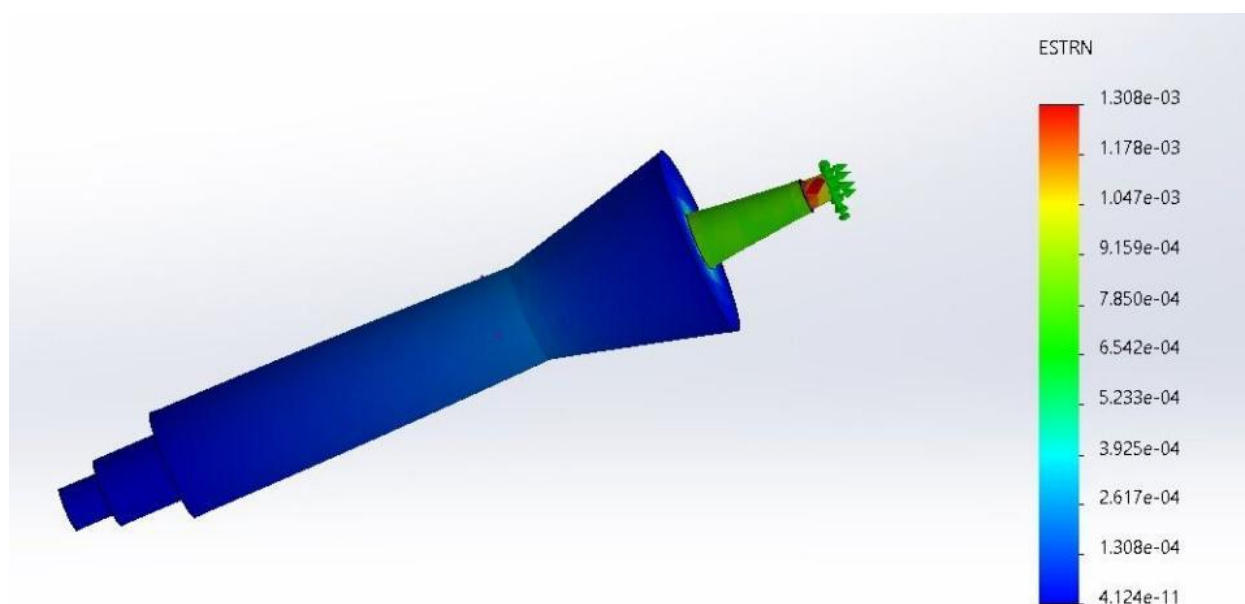


图 8螺旋轴应变云图
Fig. 8. Spiral shaft strain cloud

3 结束语

针对传统的手工去皮挤汁方式费时费力，且存在劳动力成本高和招募工人困难的问题，现有的自动去皮挤汁机虽然能提高效率，但难以稳定控制分离质量。因此，结合自动夹持原理与自动挤汁机相结合，是当前研究的趋势。然而，已有的自动去皮挤汁机结构庞大且不适合中小型商户使用。基于此，我们研究设计了一种横向传送带夹持输送全自动去皮挤汁一体化鲜橙果汁机，旨在解决传统方式的劳动强度大，效率低下和自动机无法稳定控制分离质量等问题。

针对现有鲜橙果汁机的原理和相关机构进行分析，并设计出一种新型设备，采用榨汁螺旋，过滤器，果汁收集器和清洗系统等工作原理，能够实现高效率，低耗能的果汁提取。进一步地，通过应用理论建模与系统分析等先进技术手段，我们完成了对关键组件以及整体机械结构参数的精确确定，并执行了深入的设计工作与性能提升。

参考文献

- [1] 陈佳明, 许鹏彬, 吴焕娜, 等. 潮汕地区橙类优质丰产栽培技术要点 [J]. 农业与技术, 2024, 44(19):73-76. DOI: 10.19754/j.nyyjs.20241015018.
- [2] 范小华. 全面质量管理在果汁饮料企业中的应用与提升策略 [J]. 福建轻纺, 2024, (10):50-53.
- [3] 吴锦文. 论果汁饮料企业生产过程的质量安全管理 [J]. 福建轻纺, 2020, (05):35-39.
- [4] 郑彬, 周林非. 单螺杆挤出机螺杆的结构设计与优化 [J]. 塑料工业, 2020, 48(S1):93-96+124.
- [5] 黄瑞, 王鹏, 张敬修, 等. 农业榨汁机机械结构设计与分析 [J]. 山东农业工程学院学报, 2023, 40(04):41-47. DOI: 10.15948/j.cnki.37-1500/s.2023.04.019.
- [6] Catalin C.G., Radu V.A. Transversal mobile coupling virtual modelling [J]. Annals of the Oradea University: Fascicle Management and Technological Engineering, 2014, XXIII (XIII)

- [7] Johnson A., Kong X. Classification of Screw Systems Composed of Three Planar Pencils of Lines for Singularity Analysis of Parallel Mechanisms [J]. Journal of Mechanisms and Robotics, 2013, 6(2).
- [8] 凤鹏锦, 宁萌, 韦龙星, 等. 植物肉挤出机双螺杆结构与验证 [J]. 包装与食品机械, 2024, 42(02):55-61.

References

- [1] Chen Jiaming, Xu Pengbin, Wu Huanna, et al. High-quality and productive cultivation of oranges in Chaoshan [J]. Agriculture and Technology, 2024, 44(19):73-76. DOI: 10.19754/j.nyyjs.20241015018.
- [2] Fan S. Application and enhancement strategy of total quality management in juice beverage enterprises [J]. Fujian Light Textile, 2024, (10):50-53.
- [3] Wu Jinwen. On the quality and safety management in the production process of fruit juice beverage enterprises [J]. Fujian Light Textile, 2020, (05):35-39.
- [4] Zheng Bin, Zhou Linfei. Structural design and optimization of single-screw extruder screw [J]. Plastics Industry, 2020, 48(S1):93-96+124.
- [5] Huang R., Wang P., Zhang Jingxiu, et al. Design and analysis of mechanical structure of agricultural juicer [J]. Journal of Shandong Agricultural Engineering College, 2023, 40(04):41-47. DOI: 10.15948/j.cnki.37-1500/s.2023.04.019.
- [6] Catalin C.G., Radu V. A transversal mobile coupling virtual modelling [J]. Annals of the Oradea University: Fascicle Management and Technological Engineering, 2014, XXIII (XIII).
- [7] Johnson A., Kong X. Classification of Screw Systems Composed of Three Planar Pencils of Lines for Singularity Analysis of Parallel Mechanisms [J]. Journal of Mechanisms and Robotics, 2013, 6(2).
- [8] Feng Pengjin, Ning Meng, Wei Longxing, et al. Design and validation of twin-screw structure of plant meat extruder [J]. Packaging and Food Machinery, 2024, 42(02):55-61.