

For citation: Chen Yi-Xin, Li Xu. Design of transmission mechanism for sweet potato slicer // Grand Altai Research & Education — Issue 1 (24)'2025 (DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2025.01) — EDN: <https://elibrary.ru/ANDLAQ>

UDK 62.231

## DESIGN OF TRANSMISSION MECHANISM FOR SWEET POTATO SLICER

Chen Yi-Xin<sup>1</sup>, Li Xu<sup>2</sup>

1 Hubei key Laboratory of Digital Textile Equipment, School of Mechanical Engineering and Automation, Wuhan Textile University, Wuhan, 430073, China

2 Zhejiang Shengbang Group Co., Ltd, 325024, China  
E-mail: 1301920639@qq.com

**Abstract.** A slicing machine transmission mechanism based on a single motor drive was designed to address the problems of difficulty in clamping and unstable slicing quality in sweet potato processing. The mechanism uses a ratchet mechanism to control the thickness of the slices, combined with chain transmission and bevel gear transmission to achieve power distribution. Its performance is verified through motion simulation and finite element analysis. The results indicate that the transmission system can stably transmit power, meet the requirements of slice thickness adjustment and motion accuracy, and provide theoretical support for the engineering application of sweet potato slicer.

**Key words:** Sweet potato slicer; Motion analysis; Strength verification; transmission

## 红薯切片机传动机构设计

陈怡欣<sup>1</sup>, 李旭<sup>2</sup>

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

2 浙江圣邦集团有限公司, 温州 325024  
E-mail: 1301920639@qq.com

**摘要:** 针对红薯加工中存在的装夹困难, 切片质量不稳定等问题, 设计了一种基于单电机驱动的红薯切片机传动机构。该机构采用棘轮机构控制切片厚度, 结合链传动与锥齿轮传动实现动力分配, 通过运动仿真与有限元分析验证其性能。结果表明, 传动系统能稳定传递动力, 满足切片厚度调节与运动精度要求, 为红薯切片机的工程化应用提供理论支持。

**关键词:** 红薯切片机; 运动分析; 强度校核; 传动装置

### 引言

红薯作为我国第四大粮食作物, 2023 年种植面积超 700 万公顷, 年产量达 1.2 亿吨 [1]。其加工转化率仅为 35%, 远低于发达国家 60% 的水平 [2]。传统手工切片日均处理量仅 50kg, 且厚度偏差达  $\pm 2\text{mm}$ , 难以满足工业化生产需求。现有机械切片设备普遍存在适应性差 (仅适用于直径 8-12cm 红薯), 能耗高等问题, 破损率高达 5-8% [3]。因此, 研发高效, 精准的红薯切片设备具有重要现实意义。目前, 国内外红薯切片设备主要分为离心式和往复式两大类。离心式设备切片效率高 (800kg/h), 但厚度调节范围小 (2-5mm), 且对物料尺寸要求严格。往复式设备适应性较强, 但存在刀片易磨损 (寿命约 300 小时), 能耗高等不足。

## 1 总体设计方案

### 1.1 系统构成与工作流程

传动系统主要由电机, 减速机, 棘轮机构, 链传动及锥齿轮传动组成, 其工作流程有着明确的分工和顺序.

首先, 电机作为整个系统的动力源, 通过皮带轮进行一级减速. 皮带轮减速的作用是将电机较高的转速降低到合适的范围, 以便后续的机构能够稳定运行. 经过减速后, 动力传递给减速机, 减速机进一步降低转速并增大扭矩, 输出转速稳定在 60r/min.

接着, 棘轮机构发挥关键作用. 它将减速机输出的连续旋转运动转换为间歇运动, 这种间歇运动的特性对于控制切片厚度至关重要. 通过棘轮机构的调节, 可以精确地控制每一次切片的厚度, 满足不同用户的需求.

然后, 链传动将动力传递至夹持输送装置. 链传动具有传动效率高, 能在恶劣环境下工作等优点. 在这个系统中, 链传动使得夹持输送装置以 0.62m/s 的线速度稳定运行, 确保红薯能够准确地被输送到切片位置.

最后, 锥齿轮改变动力的方向. 在机械系统中, 有时需要改变动力的传递方向以适应不同的结构布局. 锥齿轮通过特殊的齿形设计, 实现了动力的 90° 转向, 同时驱动喂入装置, 并且实现了 2:1 的速比, 保证了喂入装置的运动速度和切片动作的协调配合.

### 1.2 技术参数

技术参数是整个传动机构设计的关键依据. 电机功率的选择要综合考虑系统的负载需求和运行稳定性. 1.5kW 的功率能够为系统提供足够的动力, 同时又不会造成能源的浪费. 总传动比 15:1 是通过多级减速实现的, 这种合理的传动比分配能够确保各个部件在合适的转速下工作, 提高系统的效率和稳定性. 切片频率为 60次/min, 这是由曲柄滑块机构的设计决定的, 该频率能够保证切片的连续性和效率. 切片厚度调节范围为 1-7mm, 通过棘轮机构的设计, 棘轮齿数为 36, 步距为 0.19mm, 使得切片厚度可以在这个范围内进行精确调节. 喂入速度为 0.31m/s, 是通过链传动的 2:1 速比实现的, 这个速度与切片频率相匹配, 能够保证红薯的切片质量.

## 2 传动机构设计

### 2.1 电机选型与皮带轮设计

在电机选型方面, 选用了 Y100L-6 型电机, 它是一种三相异步电机. 这种电机具有结构简单, 运行可靠, 维护方便等优点. 其额定转速为 940r/min, 在实际应用中, 这个转速对于红薯切片机来说过高, 需要进行减速处理.

采用 SPZ 型 V 带传动来实现一级减速. V 带传动具有传动平稳, 能缓冲吸振, 过载时会打滑从而保护其他部件等优点. 在设计皮带轮时, 中心距选择为

500mm, 这个距离的确定要考虑到皮带的长度, 张力以及整个系统的布局. 小带轮直径为 100mm, 大带轮直径为 300mm, 传动比为 3:1. 通过这样的设计, 电机的转速经过皮带轮传动后, 能够降低到合适的范围.

为了确保皮带轮传动的可靠性, 需要进行一些计算验证. 计算得到有效拉力  $F_e=5.231000 \times 1.5=286.8N$ . 压轴力  $F_Q$  的计算需要考虑皮带的包角和摩擦系数等因素, 根据公式可计算得到压轴力  $F_Q=2 \times 286.8 \times 1.15=660N$ . 这些计算结果要满足 GB/T13575.1-2008 标准要求, 以保证皮带轮传动的安全性和稳定性.

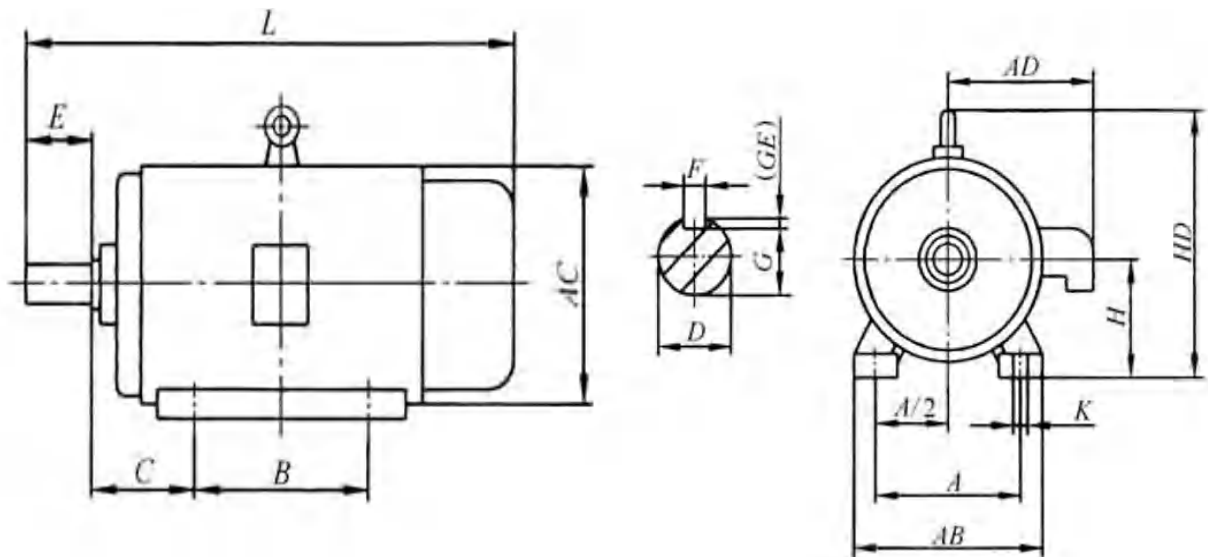


图1 电动机基本尺寸

Figure 1. Basic dimensions of electric motor

## 2.2 减速机设计

减速机采用单级圆柱齿轮减速器, 其主要作用是进一步降低转速并增大扭矩. 传动比设计为 5.22:1, 这个传动比的选择是根据整个系统的转速要求和负载特性来确定的.

在设计齿轮参数时, 模数  $m$  选择为 2.5mm, 模数是齿轮设计中的一个重要参数, 它决定了齿轮的大小和承载能力 [5]. 齿数  $z_1=20$ ,  $z_2=104$ , 通过这两个齿数的比值可以得到传动比. 分度圆直径  $d_1=mz_1=50mm$ ,  $d_2=mz_2=260mm$ . 齿宽  $b=50mm$ , 接触疲劳强度安全系数  $SH=1.1$ , 安全系数的选择要保证齿轮在长期运行过程中不会因为接触疲劳而损坏.

为了验证减速机的性能, 通过 ANSYS Workbench 进行仿真分析. 仿真结果显示, 最大接触应力为 525MPa, 低于材料的许用应力 620MPa. 这表明减速机的设计在强度方面是可靠的, 能够满足系统的工作要求.

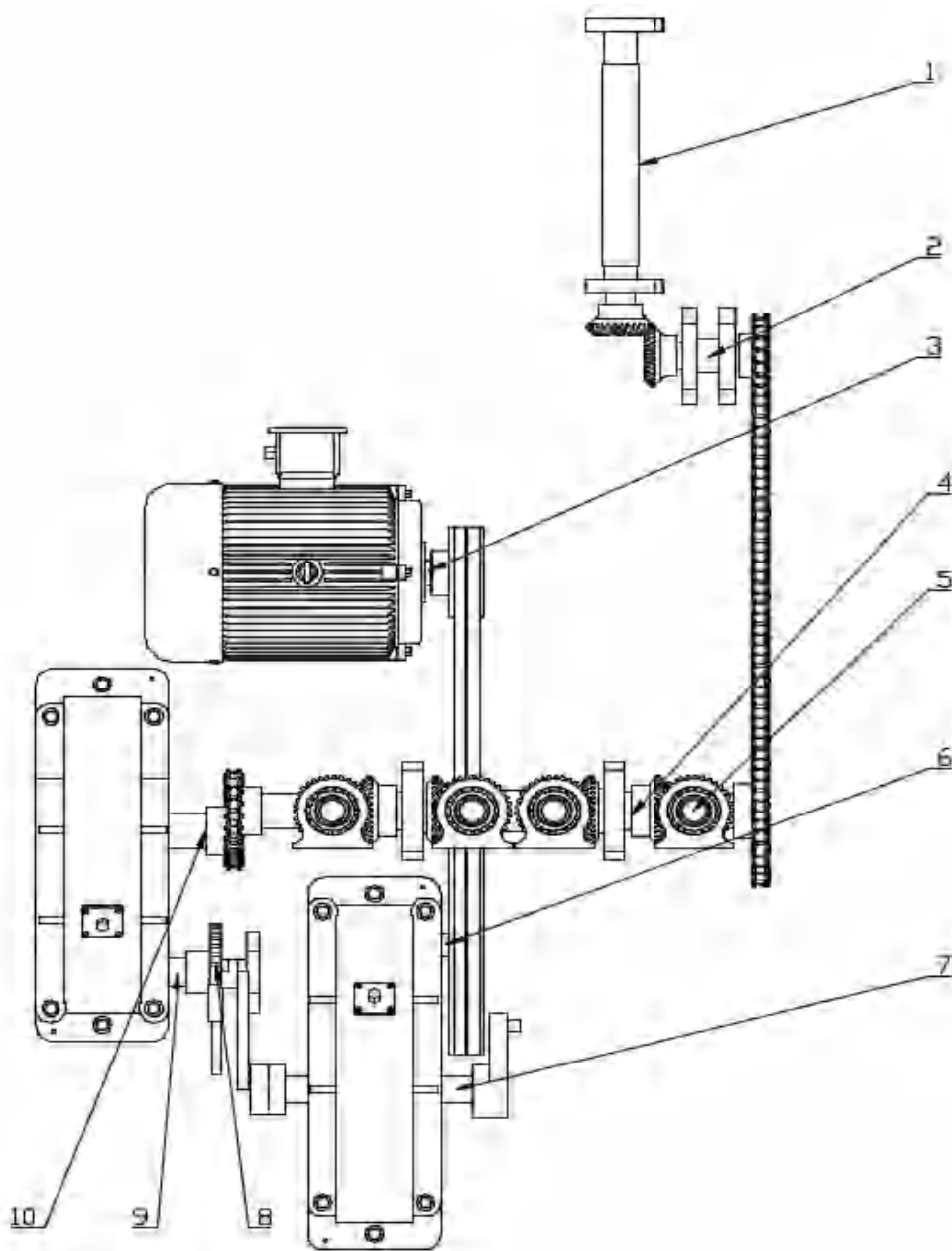


图2 传动示意图:

- 1 – 输送带轴; 2 – 传动轴; 3 – 电机轴; 4 – 传动轴; 5 – 锥齿轮轴; 6 – 输入轴;  
7 – 输出轴; 8 – 棘轮; 9 – 输入轴; 10 – 输出轴

Figure 2. Transmission Diagram

- 1 – Conveyor belt shaft; 2 – Transmission shaft; 3 – Motor shaft; 4 – Transmission shaft;  
5 – Bevel gear shaft; 6 – Input shaft; 7 – Output shaft; 8 – Ratchet;  
9 – Input shaft; 10 – Output shaft

### 2.3 棘轮机构设计

棘轮机构在整个传动系统中起着控制切片厚度的关键作用。采用可变棘轮机构, 棘轮齿数为 36. 这种设计使得棘轮机构具有一定的调节灵活性。

冲击系数  $K_i$  也是棘轮机构设计中需要考虑的重要因素. 计算得到冲击系数  $K_i=0.24$ , 该值小于安全范围的上限 0.5, 说明棘轮机构在运动过程中的冲击较小, 能够保证系统的稳定性和切片质量.

### 3 有限元分析

#### 3.1 传动轴强度校核

传动轴选用 45 钢作为材料, 其直径规格为 40mm, 工作时需承受 268.8Nm 的扭矩载荷. 为精准验证强度性能, 借助有限元分析软件开展系统校核: 首先构建传动轴三维模型并完成网格离散化, 确保网格划分精度满足计算需求; 随后赋予 45 钢材料弹性模量, 泊松比等力学参数, 在模型上精准施加 268.8Nm 扭矩, 同时设置合理约束边界条件. 经软件计算, 输出图4 应力图与图5 应变图数据. 通过剖析云图中应力分布规律及应变响应特征, 明确传动轴在扭矩作用下的高应力区域与变形趋势, 最终验证其强度符合设计预期, 不仅为结构可靠性评估提供科学量化依据, 也为后续优化设计奠定数据基础.

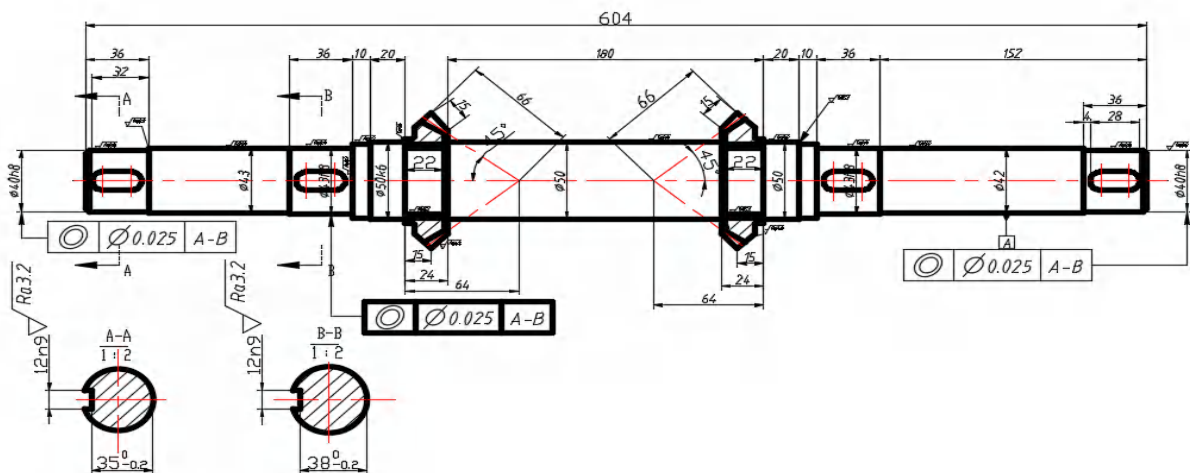


图3 传动轴

Figure 3. Transmission shaft

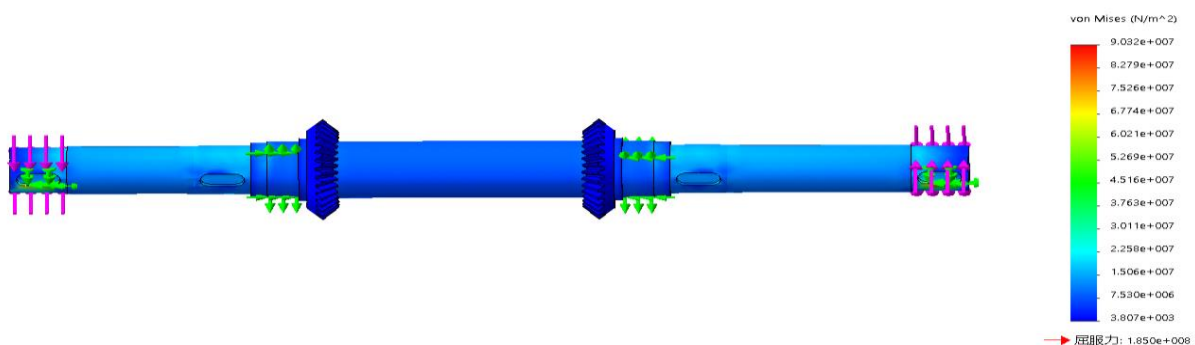


图4 应力图

Figure 4. Stress diagram

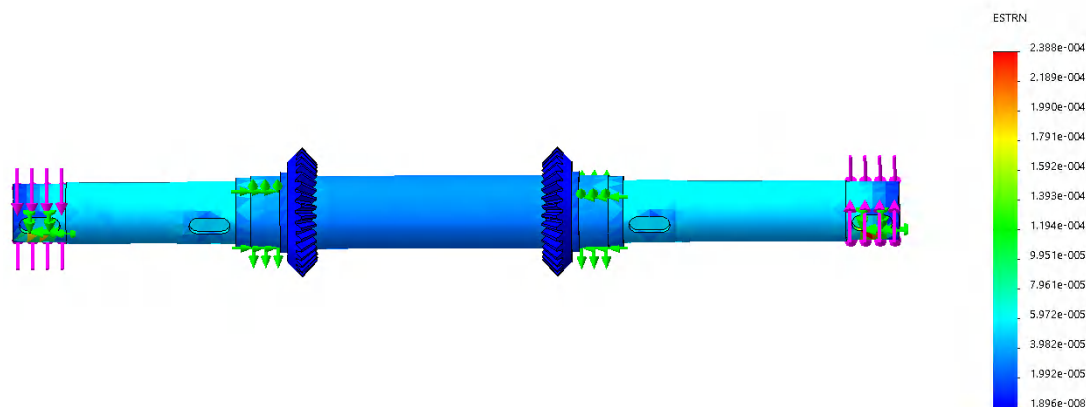


图5 应变图

Figure 5. Strain diagram

## 结束语

本文通过理论分析, 仿真验证与工程实践, 为红薯切片机的工程化应用提供了重要参考. 同时针对红薯加工中存在的装夹困难, 切片质量不稳定及设备适应性差等问题, 设计了一种基于单电机驱动的红薯切片机传动机构, 显著提升了设备的性能与可靠性未来将持续深化智能装备研发, 推动农产品加工技术的革新, 助力农业现代化发展 [4].

## 参考文献

- [1] 新型红薯切片机的设计与性能分析 [J]. 农业机械学报, 2020, 51(5):150-158.
- [2] 基于 PLC 控制的红薯切片机智能化改造 [J]. 食品工业科技, 2019, 40(18).
- [3] Advanced Cutting Technology for Sweet Potato Slicers in the Modern Food Industry [C]. Proceedings of the International Conference on Food Processing Machinery, 2018:45-56.
- [4] 红薯切片机在生物质能源领域的应用前景研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2017.
- [5] Energy – Efficient Design of Sweet Potato Slicers: A Review of Current Trends and Future Directions [R]. United Nations Food and Agriculture Organization, 2016.

## References

- [1] Design and Performance Analysis of a New Sweet Potato Slicer [J]. Journal of Agricultural Machinery, 2020, 51 (5): 150-158.
- [2] Intelligent transformation of sweet potato slicer based on PLC control [J]. Food Industry Technology, 2019, 40 (18).
- [3] Advanced Cutting Technology for Sweet Potato Slicers in the Modern Food Industry [C]. Proceedings of the International Conference on Food Processing Machinery, 2018: 45-56.
- [4] Research on the application prospects of sweet potato slicer in the field of biomass energy [D]. Beijing: China Agricultural University, 2017.
- [5] Energy – Efficient Design of Sweet Potato Slicers: A Review of Current Trends and Future Directions [R]. United Nations Food and Agriculture Organization, 2016.