

番茄收获机齿轮泵传动设计与试验

Design and test of gear pump transmission of tomato harvester

郝朝会¹ 杨学军¹ 周军平¹ 张志彬²

HAO Zhao-hui¹ YANG Xue-jun¹ ZHOU Jun-ping¹ ZHANG Zhi-shan²

(1. 中国农业机械化科学研究院, 北京 100083; 2. 山东新华医疗器械股份有限公司, 山东 淄博 255086)

(1. Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China;

2. Shinva Medical Instrument Co., Ltd., Zibo, Shandong 255086, China)

摘要:设计番茄收获机齿轮泵圆弧齿同步带传动装置。进行同步带轮的选型和设计计算,对张紧装置进行分析设计,对张紧力进行核算,并进行整机空载试验。结果表明:设计的番茄收获机齿轮泵圆弧齿同步带传动装置运行平稳可靠,皮带震动较小,带温正常,油缸、发动机、刹车制动等运行正常,结构设计合理,能够满足番茄收获机齿轮泵正常工作要求。

关键词:番茄收获机;齿轮泵;同步带;传动装置;设计

Abstract: In order to solve the unreliable problem of the v-belt drive of the gear pump in tomato harvester, the transmission device of circular arc tooth synchronous belt of tomato harvester gear pump was designed. The selection and design calculation of synchronous belt pulley, the analysis and design of the tension device and calculation of tension was carried out. The no load test of the whole machine shows that: the arc tooth belt transmission of tomato harvester gear pump worked smoothly and reliably, the belt vibration was relatively small, the belt temperature was normal, the oil cylinder, motor and brake ran well, and the structure design was reasonable. The device can satisfy the work requirements of tomato harvester gear pump.

Keywords: tomato harvester; gear pump; synchronous belt; transmission device; design

新疆地区得天独厚的天然和地理条件,适宜于加工型番茄的大面积种植。近些年,在政府和市场的引导下,加工型番茄的种植得到了长足发展。由于种植面积增加和人力采收成本高、采收时间长等限制,使得人工采收已经满足不了加工型番茄的收获,而加工型番茄机械化收获具有采收效率高、时间短、成本低等优势,得到了新疆市场的认可。

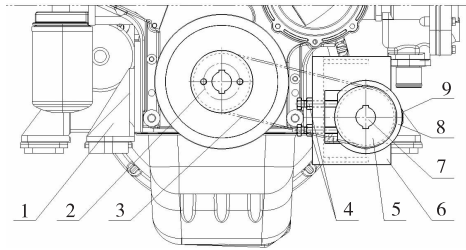
现在新疆地区的加工型番茄收获机主要以国外进口为主,而中国的番茄收获机还不能很好地满足市场的要求,但进口机器适应性不佳、维修成本高、价格昂贵,限制了新疆地区加工型番茄机械化收获的良好发展,因此加工型番茄收获

机的国内化亟需解决^[1-3]。

为满足新疆地区加工型番茄机械化收获的国内化需求,笔者所在单位研制的 4FZ-2 型番茄收获机,采用全液压驱动,行走系统为闭式控制柱塞发动机,其余发动机和油缸均为开式系统,其中振动分离发动机、整机油缸、转向、刹车、换挡等由一组三联齿轮泵提供油压,三联齿轮泵的动力来自柴油发动机风扇端主轴,为双联 V 带传动,但由于 V 带加工精度差、预紧力以及长时间运动变形等原因,容易打滑失效,并且三联齿轮泵转轴容易磨损失效,造成整机可靠性较差。同步带传动是通过带齿和齿轮的啮合传动动力和运动的,具有带传动、链传动和齿轮传动的优点。因此,本研究拟在前期研究^[4-6]的基础上,改进三联齿轮泵传动装置为同步带传动,并加轴承座过度装置,以便有效保护三联泵转子,旨在解决番茄收获机齿轮泵传动过程中传动失效的问题,提高其传动的可靠性和稳定性。

1 总体方案设计

4FZ-2 型番茄收获机配备玉柴柴油发动机 YC6B160Z-T20,基于安装空间及动力配置考虑,三联齿轮泵传动装置安装在发动机风扇端主轴,三联齿轮泵通过螺栓固定在带导槽的轴承固定座上,转子通过花键联接接到从动轮轴,并装在轴承上,见图 1。



1. 柴油发动机 2. 主动同步带轮 3. 同步带 4. 张紧螺栓螺母
5. 从动同步带轮 6. 三联齿轮泵固定装置 7. 从动轮轴 8. 三联齿轮泵轴承座 9. 三联齿轮泵

图 1 三联齿轮泵方案简图

Figure 1 The scheme diagram of three-linkage gear pump

作者简介:郝朝会(1984—),男,中国农业机械化科学研究院工程师,博士。E-mail: kkk-875@163.com

通讯作者:杨学军

收稿日期:2015-03-15

三联齿轮泵在运动过程中,随着管道内油压增大,带轮拉力增大,当管道内油压达到溢流压力时,带轮拉力趋于稳定。同步带传动是通过带和带轮的啮合传递运动和动力,无相对滑动,能够保证恒定的传动比,且传动效率高,预紧力小。圆弧齿同步带较梯型齿同步带啮合更平稳,降低了震动和噪声,同时减小了齿根处应力集中,提高了同步带寿命,而

且载荷分布均匀,承载能力大^[7]。因此,本试验传动机构选用圆弧齿形同步带传动。

三联齿轮泵主要性能参数见表 1。

三联齿轮泵传动技术要求:

- (1) 传动平稳、可靠,震动和噪声小,不干涉。
- (2) 便于拆装,易维护,整机的油缸和发动机正常运转。

表 1 三联齿轮泵主要性能参数
Table 1 Main performance parameters of three-linkage gear pump

项目	公称排量/(mL·r ⁻¹)	额定压力/MPa	转速范围/(r·min ⁻¹)	使用压力/MPa	使用转速/(r·min ⁻¹)	实际最大功率/kW
第一联	25	20.0	600~2 500	15	2 200	13.75
第二联	23	23.5	600~2 500	17	2 200	14.34
第三联	6	27.5	600~2 500	5	2 200	1.10

2 关键零部件设计

2.1 同步带轮设计

4FZ-2 型番茄收获机配备的柴油发动机额定转速为 2 200 r/min,因安装位置限制,带轮节径 $d\leq 105$ mm。为更好地匹配整机性能,初定传动比 i 为 1:1。简化计算,设计功率按式(1)计算:

$$P_d=K_A P$$
 (1)

式中:
 P_d ——设计功率,kW;
 K_A ——工况系数;
 P ——额定功率,kW。

查工况系数 K_A 选型表^[8]得 $K_A=1.5$;因 3 个泵不同时工作,根据实际工作情况,选 $P=10$ kW。得:

$$P_d=15\text{ kW}$$

查《机械设计手册》^[8]中“圆弧齿同步带选型图”,满足发动机和三联泵参数要求,初定同步带选型 8M 或 14M。且带轮节径 $d\leq 105$ mm,故可选 8M40 齿或 14M23 齿,考虑多边形效应,且 8M 最小齿数为 36 齿,14M 最小齿数为 28 齿,故选:8M40 齿同步带轮。

根据实际安装空间限制,以及张紧方式,初定中心距可调,调节范围为: $240\text{ mm}\leq a_0\leq 270\text{ mm}$ 。

带宽 b_s 按式(2)计算:

$$b_s\geq b_{s0}\sqrt[1.14]{\frac{P_d}{K_LK_ZP_0}}$$
 (2)

式中:
 b_{s0} ——选定型号的基准宽度,mm;
 K_L ——圆弧齿带长系数;
 K_Z ——小带轮啮合齿数系数;
 P_0 ——基准额定功率,kW。

查设计计算表^[8]可得: $b_{s0}=20$ mm, $K_L=0.9$, $K_Z=1$, $P_0=7.15$ kW。得:

$$b_s\geq 42.02\text{ mm}$$

限于安装位置狭小,宽度太大会出现干涉,所以 8M40 齿同步带轮不可行,则选 14M23 齿同步带轮,但 14M 最小齿

数为 28 齿,23 齿的相关参数机械手册未给出,只能凭经验设计。带轮齿数越小,同步轮的多边效应越明显,同步带传动的稳定性也相对越差,但同步带最小齿数不是绝对的,只要齿形合理,传动就能相对平稳。查 GB/T 13487—2002《一般传动用同步带》中表 1 可知圆弧齿同步带单位带宽抗强度 14M 是 8M 的 1.33 倍,以此推算,同时考虑安装位置限制等,选 14M23 齿同步带轮带宽 $b_s=30$ mm。

综上,主动同步带轮和从动同步带轮选型为:槽型:14M;齿数 Z :23 齿;带宽 b_s :30 mm;齿节径 d :102.50 mm。

2.2 三联齿轮泵固定装置设计

发动机在运转过程中会产生振动,其自身也会有纵向和横向振动,如果将三联齿轮泵固定装置安装在发动机支架上,在传动过程中会对同步带产生冲击负荷^[9],从而使同步带折曲失效,影响整机可靠性。因此,三联齿轮泵的安装要固定在发动机机体上,减小因发动机振动而带来的冲击负荷。

三联齿轮泵固定装置通过 4 个 M12 螺栓固定在发动机上,形如悬臂梁结构,带有导轨,为减小因负载变化而产生的冲击负荷使固定支架发生振动引起的皮带折曲失效,设计底板厚度为 20 mm,同时加筋处理,见图 2。

2.3 三联齿轮泵轴承座设计

三联齿轮泵双联 V 带传动中双联 V 带直接固定在三联齿轮泵转轴上,由于 V 带压轴力作用,使得三联齿轮泵转轴

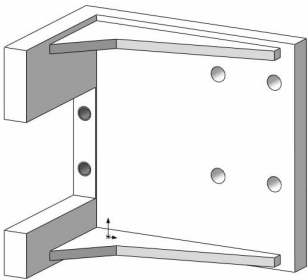


图 2 三联齿轮泵固定装置

Figure 2 The fixing device of three-linkage gear pump

受到径向力,长时间运动,转轴会发生变形,油封失效,最终三联齿轮泵磨损掉,为避免三联齿轮泵磨损失效,设计了带导槽的轴承座,使压轴力作用在过渡轴上,从而避免对三联齿轮泵转轴的损伤;并考虑实际安装空间和运动情况,设计以润滑脂为润滑方式,定期打油。三联齿轮泵轴承座见图 3。

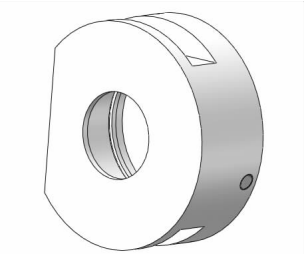


图 3 三联齿轮泵轴承座

Figure 3 The bearing seat of three-linkage gear pump

2.4 张紧机构设计

同步带在传动过程中,为保证可靠性,必须要进行适当地张紧,使皮带具有一定的初拉力。张紧力的选取,至关重要,张紧力过小会使同步带在运转中因啮合不良而发生跳齿现象,在跳齿的瞬间,可能因拉力过大而使带断裂或带齿断裂,同步带传递运动的精度降低,带的振动噪音变大;张紧力过大则会导致皮带表层压力过大,带和带轮之间的摩擦力增大,造成皮带发热量大,当橡胶皮带工作在 85℃ 以上较长一段时间后,橡胶成分会变硬,由于运转弯曲导致背部开裂,致使皮带大面积区域磨损,皮带齿部剪切或断裂,使带的寿命降低,传动噪音增大,皮带由于齿部剪切也会导致拉伸性断裂。同时轴和轴承上的载荷增大,加剧轴承的发热和使轴承寿命降低。因此,适宜的张紧力是保证同步带传动正常工作的重要条件^[10,11]。

同步带紧边张力 F_1 、松边张力 F_2 和张紧力 F_0 分别为:

$$F=\frac{1\ 250P_d}{V} \tag{3}$$

式中:

F ——同步带所受力,N;

P_d ——设计功率,kW;

V ——带速,m/s。

由式(3)可得, $F_1=1\ 589\ \text{N}$, $F_2=318\ \text{N}$ 。

$$F_0=0.5(F_1+F_2) \tag{4}$$

式中:

F_0 ——同步带所受张紧力,N;

F_1 ——同步带紧边张力,N;

F_2 ——同步带松边张力,N;

由式(4)可得, $F_0=953.5\ \text{N}$ 。

因安装三联齿轮泵处空间狭小,单独安装张紧轮较困难,且不易维护,可靠性差,考虑用 2 个 M12 螺栓张紧,螺母锁定,见图 4。

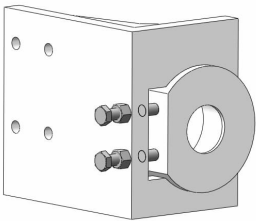


图 4 三联齿轮泵张紧装置

Figure 4 The tension device of three-linkage gear pump

3 试验与结果

3.1 试验基本条件

(1) 试验地点:现代农装科技股份有限公司保定分公司车间进行。

(2) 试验时间:2014 年 12 月。

(3) 柴油发动机参数:品牌:玉柴;型号:YC6B160Z-T20;气缸数:6 个;排量:6.871 L;额定功率:118 kW;额定转速:2 200 r/min;最大扭矩:590 N·m。

3.2 试验结果

三联齿轮泵传动装置空载试验,试验 3 次,每次 30 min,试验结果见表 2。

表 2 三联齿轮泵试验结果

Table 2 Experimental results of three-linkage gear pump

转速/ (r·min ⁻¹)	整机油 缸动作	换挡 动作	转向 动作	刹车 动作	驻车 动作	振动 分离	发动机 运转
900	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常
1 200	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常
1 500	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常
1 800	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常
2 200	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常

由表 2 可知,发动机在不同转速时,三联齿轮泵运转正常,整机油缸动作和功能动作正常,验证了三联齿轮泵结构设计的合理性。

4 结论

(1) 设计了三联齿轮泵同步带传动装置,选用 14M23 齿同步带轮,30 mm 宽度同步带,1:1 传动,传动精确、可靠,避免了 V 带打滑和三联齿轮泵转轴磨损等失效情况,完全满足 4FZ-2 型番茄收获机三联齿轮泵传动要求。

(2) 进行整机空载试验,试验结果表明整机油缸、发动机运行正常,刹车驻车等安全可靠。

(3) 同步带运转平稳,温度正常,纵向振动较小,结构设计合理。但三联齿轮泵传动装置仅做了整机空载试验,还需进行田间试验,进一步调试,使其满足西红柿收获的工况和性能要求。

参考文献

1 谭洪洋,李成松,坎杂,等.加工番茄果秧分离装置的设计及仿真[J].农机化研究,2012,1(1): 84~87.

贮藏期间的生理生化变化时也出现了 POD 酶活双高峰的现象,但并未深入探究,产生该现象的原因还有待于进一步研究;此外,本试验只是用单一的处理方法在低温条件下对佛手瓜果实进行保鲜研究,可进一步探讨几种保鲜方法共同组合使用的复合保鲜方法在佛手瓜或其他果蔬上的应用研究。

参考文献

1 张德纯. 佛手瓜[J]. 中国蔬菜, 2009(5):16.

2 Jiménez-Hernández J, Salazar-Montoya J A, Ramos-Ramírez E G. Physical, chemical and microscopic characterization of a new starch from chayote (*Sechium edule*) tuber and its comparison with potato and maize starches [J]. Carbohydrate Polymers, 2007, 68(4): 679~686.

3 朱瑛. 佛手瓜采后生理及种子休眠特性研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2007.

4 李合生. 现代植物生理学[M]. 高等教育出版社, 2006:18~21.

5 胡花丽, 李鹏霞, 王毓宁, 等. 气调贮藏对草莓细胞壁酶活性的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 98~101.

6 Wang Y, Sugar D. 1-MCP efficacy in extending storage life of ‘Bartlett’ pears is affected by harvest maturity, production elevation, and holding temperature during treatment delay [J]. Postharvest Biology and Technology, 2015, 103: 1~8.

7 Ali A, Ong M K, Forney C F. Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage[J]. Food Chemistry, 2014, 142: 19~26.

8 East A R, Trejo Araya X I, Hertog M L A T, et al. The effect of controlled atmospheres on respiration and rate of quality change in ‘Unique’ feijoa fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 53(1~2): 66~71.

9 邓义才, 赵秀娟. 臭氧的保鲜机理及其在果蔬贮运中的应用[J]. 广东农业科学, 2005(2):67~69.

10 Sisler E C. 1-Alkenes: Ethylene action compounds or ethylene competitive inhibitors in plants[J]. Plant Science, 2008, 175 (1~2): 145~148.

11 Cadena-I Iguez J, Arévalo-Galarza L, Ruiz-Posadas L M, et al. Quality evaluation and influence of 1-MCP on *Sechium edule* (Jacq.) Sw. fruit during postharvest[J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 40(2): 170~176.

12 林永艳, 谢晶, 余江涛, 等. 1-MCP 及壳聚糖对蕃茄贮藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(1): 169~171.

13 焦岩, 李保国, 张岩, 等. 冰箱冷藏条件对果蔬贮藏质量的影响 [J]. 食品科学, 2002, 23(6): 150~153.

14 居益民, 周慧娟, 叶正文, 等. 1-MCP 处理对猕猴桃贮藏保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2010, 26(6): 40~43.

15 魏好程, 潘永贵, 仇厚援. 1-MCP 对采后果蔬生理及品质影响的研究进展[J]. 华中农业大学学报, 2003, 22(3): 307~312.

16 姜丽. 不同保鲜处理对紫背天葵品质和生理生化的影响及其 POD 特性研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.

17 Han Cong, Zuo Jin-hua, Wang Qing, et al. Effects of 1-MCP on postharvest physiology and quality of bitter melon (*Momordica charantia* L.) [J]. Scientia Horticulturae, 2015, 182:

86~91.

18 闽嗣藩, 李德荣, 杨寅桂, 等. 佛手瓜果实耐贮性初步研究[J]. 江西农业大学学报, 1997, 19(3):129~131.

19 孔秋莲, 修德仁, 胡文玉, 等. 牛奶葡萄贮藏中 SO₂ 伤害及调控措施研究[J]. 果树学报, 2001, 18(1): 28~31.

20 郝晓玲, 庞侯英, 王英才. 1-MCP 处理对梨枣低温贮藏生理的影响[J]. 食品与机械, 2013, 29(1): 199~201.

21 高海燕. 葡萄 SO₂ 伤害敏感性与果皮结构及生理生化特性关系的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2001.

22 黎继烈, 彭湘莲, 钟海雁, 等. 臭氧保鲜处理对金橘采后生理的影响[J]. 中国食品学报, 2007, 7(3): 112~115.

23 张玉敏, 胡长鹰, 吴宇梅, 等. 气调包装对番石榴贮藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(2): 180~183.

24 Boonkorn P, Gemma H, Sugaya S, et al. Impact of high-dose, short periods of ozone exposure on green mold and antioxidant enzyme activity of tangerine fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 67: 25~28.

25 Hassan F A S, Mahfouz S A. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the postharvest senescence of coriander leaves during storage and its relation to antioxidant enzyme activity [J]. Scientia Horticulturae, 2012, 141: 69~75.

26 庞坤, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 鲜切苹果贮藏期间生理生化变化的影响[J]. 食品与机械, 2008, 24(1): 50~54.

27 孟宇竹, 雷昌贵, 王霞, 等. SOD 抗氧化作用及其在食品工业中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2009(1): 134~137.

28 杜小琴, 李玉, 秦文, 等. 气调贮藏对甜樱桃果实采后生理生化变化的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(8): 314~318.

29 李江华, 王贵禧, 梁丽松, 等. 桐柏大枣气调贮藏期间几种酶活性变化[J]. 食品科学, 2006, 27(6): 234~237.

(上接第 90 页)

2 李成松, 坎杂, 谭洪洋, 等. 加工番茄果秧分离装置运动过程分析 [J]. 农业机械学报, 2012, 4(4): 66~69.

3 李成松, 梁荣庆, 坎杂, 等. 液压振动系统在番茄果秧分离装置中的应用[J]. 农机化研究, 2013, 12(12):233~236.

4 吕超群, 鲁聪达, 刘高进, 等. 基于 MATLAB 的同步带传动优化设计[J]. 机械传动, 2007, 31(5):67~87.

5 张凯凯. 同步带传动的动态性能研究[D]. 西安:陕西科技大学, 2012

6 赖庆辉, 贺双玲, 刘景卫, 等. 翻麻脱粒机机液压传动系统的设计 [J]. 农机化研究, 2008(8):94~96.

7 周鹏. 汽车同步带传动设计方法及传动性能研究[D]. 长春:长春理工大学, 2009.

8 成大先. 机械设计手册(第 3 卷)[M]. 第 5 版. 北京:化学工业出版社, 2011.

9 李心耀, 洪建忠, 将春梅, 等. 同步带传动在离心机配平系统中的应用与研究[J]. 机械传动, 2011, 25(8):94~96.

10 杨玉萍, 季彬彬. 同步带传动中张紧轮安装位置的优化设计[J]. 南通大学学报(自然科学版), 2010, 9(1):68~70.

11 张大为. 同步带传动静态性能与动态性能分析研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2008.