

苹果采摘机械手设计

马月强

河南省驻马店市平舆县农业农村局

DOI:10.12238/as.v8i3.2850

[摘要] 此设计制作的手持机械手是以苹果为主要采集对象,其主要构造为采摘机和伸缩杆。在设计前期,要对市场现状、产品水平、应用前景等进行深入的市场调查,对市场中的苹果采收机械手进行现场调查,对市场中的苹果采收机械手的性能和构造进行调查,为下一步的设计和研发工作奠定基础;这款采集机械手是由电动机控制的,可以实现剪断树枝和抓拽树枝的功能,并且可根据实际情况自动调整机械手与目标之间的距离;然后对主要零部件进行强度校验,以保证设计的可行性和可靠性;最后,面向大批量产品,利用CAD绘图软件,将该产品的零件图纸和装配图纸全部用CAD绘图系统制作出来。

[关键词] 苹果; 手持式; 机械手; 电机驱动; 强度校核

中图分类号: S661.1 **文献标识码:** A

Design of Apple Picking Robot Arm

Yueqiang Ma

Agricultural and Rural Bureau of Pingyu County

[Abstract] The handheld robotic arm designed and produced in this study mainly collects apples, and its main structure consists of a picking machine and a telescopic rod. In the early stage of design, it is necessary to conduct in-depth market research on the current market situation, product level, application prospects, etc., conduct on-site investigations on apple harvesting robotic arms in the market, investigate the performance and structure of apple harvesting robotic arms in the market, and lay the foundation for the next step of design and research and development work; This collection robot is controlled by an electric motor and can achieve the functions of cutting and pulling tree branches. It can also automatically adjust the distance between the robot and the target according to the actual situation; Then perform strength verification on the main components to ensure the feasibility and reliability of the design; Finally, for large-scale products, using CAD drawing software, all part drawings and assembly drawings of the product are created using a CAD drawing system.

[Key words] Handheld; manipulator; Motor drive; strength checking

引言

在过去的数十年里,由于我国的发展,农业机械化的兴起,带动了我国果树产业的迅速发展,同时也带动了我国果树采收设备的发展,使得采收机械的发展迅速,各种采收设备应运而生。它们的功能和作用就是降低人力、降低损失、降低产量、加快生产的效率、适应采收的时节、缩短工作时间、提高经济效益、增加利润。

1 苹果采摘机械手总体方案设计

1.1 设计内容。(1)采收设备:快速、精确、可靠地采集苹果;(2)可伸缩的机械手:可使胳膊伸展;(3)手持式装置:提高采集机械手的稳定性,减少操作人员的腕部的疲劳。

1.2 采摘机械手末端执行器的选择。终端操纵杆必须可以大幅度提高采收作业的速度,减少作业时间,从而减少生产费用,

提高利润,从而达到以下的作用:

(1)采用挠性加工工艺,以防止对苹果的表层造成损害,减少对苹果的破坏;(2)对命令作出反应,减少工作时间,增加工作的生产力;(3)适用范围广,可适用于各种大小的苹果;(4)该采集机械手结构紧凑,结构简单,质量较好,便于长期操作。

目前,苹果采收机械手的终端操作机构可分为三类:

(1)牵引采集机;(2)吸收型尾矿机;(3)剪断型截割机

根据以上三种类型的操作方式及优点,本文设计了一种手持型采收机械手,该机械手采用了一种新型的操作方式,该操作方式采用了一种新型的操作方式。工作时,用半圆形的采收钳将苹果包好,用刀把切掉。这种组合结构不仅能防止夹紧型末端操纵杆对树枝和幼芽造成损伤,而且还能减少其对位置的高精度、工作效率低下的缺陷^[1]。

1.3 采摘机械手驱动方式的选择。当前,采集机械手的驱动方式有三种:气压驱动、电动驱动和液压驱动,总结了三种传动模式的优点和不足后,我们选择了电动驱动。

1.4 采摘机械手机械臂的选择。该方案使用可伸缩棒作为机械手与末端操纵件相结合,该伸缩棒包括两套短棒,两套短棒间通过箍环相连,通过可伸缩棒的结构可以随时调整端头执行器的位置,并在工作完成后将两个杠杆收缩到最小,节省了空间。

2 采摘机械手采摘器的设计

2.1 采摘电机的选择。

2.1.1 电机类型的选择。电动机的传动方式有两种。步进马达与伺服马达的各项性能指标比较,无论是体积还是质量结构,伺服马达都优于步进马达,并且具有较大的转矩、较高的响应能力、较高的位置精度、较少的振动及噪声,故本课题选用了伺服马达作为动力来源。

2.1.2 电机型号选择。本次设计选用GA12-N10型号的BF系列伺服电机,该电机的电压范围为8-12V,功率为20W。

2.2 丝杆螺母副的选型与校核。一般螺杆的尺寸有国家规定,所以要考虑使用条件,载荷,转速等因素,可以选用螺杆的类型,结构,型号和尺寸。

2.2.1 型号选择。(a)按用途和构造需求;选定了螺纹等部分零件的断面,并对其进行了相应的工艺设计,其中还包含了周期和预压;(b)常规丝杠对的主要参数的确定;(c)选择丝杆型号。

2.2.2 校核计算。(a)临界转速校核;(b)在这一方案中,螺杆是垂直地设置的,这样螺杆就不会承受横向的负载和偏移,不需要校正螺杆的稳定。(c)常规的线棒的预处理;(d)稳定检验。

螺杆的左侧通过一个双向滚珠支座来确定螺杆的径向和轴向窜动,螺杆的右端部是移动的,通过一个深槽的滚珠支座来实现径向的移动^[2]。

2.3 轴承的选择与校核。

2.3.1 轴承选择。为了承受工作时所受的轴向压力,选择了角面接触式滚珠。

选用的轴承类型:6000外观大小:

$d_1=10\text{mm}$, $D_1=24\text{mm}$, $B_1=8\text{mm}$ 。

2.3.2 轴承校核。(1)选用最大载荷的滚动轴承,由于支撑间距小,所以选用了两个固定轴承。选用的是深沟滚动轴承,其预计使用年限如下:

该轴能受到的径向压力是 $F_{r1}=340.43\text{N}$,

轴向力为 $F_{a1}=159.90\text{N}$,

基本额定静载荷为 $C_{0r}=63.8\text{KN}$ 。

(2)径向当量动载荷 $F_{r1}=\sqrt{F_{NH1}^2+F_{NV1}^2}=$

$\sqrt{543.1^2+187.6^2}=340.43\text{N}$ 公式(3-1)

$F_{r2}=\sqrt{F_{NH2}^2+F_{NV2}^2}=\sqrt{1943.1^2+671.2^2}=2055.8\text{N}$

公式(3-2)

动载荷为 $P_r=0.4F_r+YF_a$, 查得 $Y=1.6$, 则有

$P_r=0.4\times 340.43+1.6\times 159.90=392.012\text{N}$

$L_h=\frac{10^6}{60n}\left(\frac{C_r}{P_r}\right)^{\epsilon}=\frac{10^6}{60\times 960}\left(\frac{51800}{392.012}\right)^{\frac{10}{3}}=53.4\times 10^6>L'_h$ 公式(3-3)

满足要求。

3 伸缩杆设计

3.1 伸缩杆结构设计。该伸缩棒包括内管、外管、螺母套筒、螺杆、联轴器、限位卡套等六个部分。该伸缩棒的工作原理是:电动机开始转动后,将其周向移动转换为伸缩棒的直线往复,电动机在转动时,由螺帽和螺帽进行伸长,当电动机反向时,伸长杠杆就会被缩短。

3.2 伸缩杆设计计算机校核。苹果树的高度一般为3米,可伸缩棒的长度为2.5米。

设 L_1 为内管长度, L_2 为外管长度, L_3 为用于防止内管裂损的内、外管之间预留的承接部分, L_4 为内管与末端采摘器连接部分, L_5 为伸缩杆最大长度。

外管选用外径为30mm,厚度为2mm的空心管,内管选用外径为28mm,厚度为2mm的空心管,中空管道的使用大大降低了产品的品质。

在摘下一个苹果时,伸缩杆会因为本身的重量和顶端的苹果而产生扭曲,所以可以把它看作是一根固定在一头的压力棒。应检查伸长杆的稳定性,采用304不锈钢制成的伸缩棒,其弹性

系数为 $304\text{E}=197\text{Gpa}$, 比例极限 $\sigma_p=275\text{MPa}$, 其许

用安全应力是 137MPa , 结合上表及伸缩杆可承受的最大压力,即为 $F_{\max}=15\text{N}$, $l=2500\text{mm}$, 直径 $d=45\text{mm}$,

规定安全因数 $n_{st}=6-10$ 。

由《材料力学》第九章公式(9-6), 求出

$\lambda_1=\pi\sqrt{E/\sigma_p}=\pi\sqrt{197\times 10^9/275\times 10^6}$ 公式(4-1)

根据《材料力学》中所述,所述伸长棒的一头是固定的,一

头是运动的,所述的伸长棒的横截是一个圆环 $i=\sqrt{I/A}=d/4$

求得它的柔度为:

$\lambda=ul/i=2(2500\times 10^{-3}\text{m})/(31\times 10^{-3}\text{m})\times 1/4=645.16$

公式(4-2)

因为 $\lambda_1\leq\lambda$, 该伸缩杆可用欧拉公式计算临界压力,

得 $\sigma_{cr}F_{cr}/A=\pi^2EI/A(ul)^2$

所以, $F_{cr}=\sigma_{cr}\times A=\pi^2EA/(ul/i)^2$ 公式(4-3)

伸缩杆的工作安全系数为

$$n = F_{cr} / F_{\max} = 13.462 \geq n_{st} \text{ 公式 (4-4)}$$

满足稳定性要求。

3.3 伸缩驱动机构设计。

3.3.1 伸缩电机的选择。(1) 电机类型的选择。本次设计采用伺服电机作为苹果采摘机械手伸缩电机的动力源。(2) 电机型号选择。本次设计选用 GA12-N20 型号的丝杠电机, 该电机的电压范围为 8-12V, 功率为 30W。

选用时主要有以下几个步骤:

(1) 根据脉冲当量和最大静转矩初选电机型号。(2) 启动矩频特性校核。

3.3.2 丝杆螺母副的选型与校核。普通丝杠的规格有国家标准, 因此综合考虑使用工况、载荷、转速等因素即可选择丝杠的类型、结构、型号和尺寸。

(1) 型号选择。(a) 根据使用和结构要求。(b) 计算普通丝杠副的主要参数。(c) 选择丝杠型号。(2) 校核计算。(a) 临界转速校核。(b) 在这一方案中, 螺杆是垂直地设置的, 这样螺杆就不会承受横向的负载和偏移, 不需要校正螺杆的稳定和温变。(c) 预压常规的螺钉。(d) 稳定检验。

3.3.3 轴承的选择与校核。(1) 选用支座。为了承受工作时所受的轴向作用力, 选择了角接触球面的滚珠, 简化了计算公式。

选用的轴承类型: 6000. 外观:

$$d1 = 10\text{mm}, D1 = 24\text{mm}, B1 = 8\text{mm}。$$

(2) 轴承校核。①按承载较大的滚动轴承选择其型号, 因支撑跨距不大, 故采用两端固定式轴承组合方式。轴承类型选为深沟球轴承, 轴承的预期寿命取为: $L'h = 29200h$

轴承承受的径向力为 $F_{r1} = 340.43N$,

轴向力为 $F_{a1} = 159.90N$,

基本额定静载荷为 $C0r = 63.8KN$ 。

②径向当量动载荷

$$F_{r1} = \sqrt{F_{NH1}^2 + F_{NV1}^2} = \sqrt{543.1^2 + 187.6^2} = 576.4N \text{ (4-5)}$$

$$F_{r2} = \sqrt{F_{NH2}^2 + F_{NV2}^2} = \sqrt{1943.1^2 + 671.2^2} = 2055.8N \text{ (4-6)}$$

动载荷为 $P_r = 0.4F_r + YF_a$, 查得 $Y = 1.6$, 则有

$$P_r = 0.4 \times 340.43 + 1.6 \times 159.90 = 392.012N \text{ (4-7)}$$

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C_r}{P_r} \right)^{\epsilon} = \frac{10^6}{60 \times 960} \left(\frac{51800}{392.012} \right)^{\frac{10}{3}} = 53.4 \times 10^6 > L'_h \text{ (4-8)}$$

满足要求。

3.4 采摘机械手部位绘制。(1) 软件介绍。此次的毕业设计是

利用CAD技术制作出二维零件和组装图纸, 这一章将对采集机械手的关键零件进行详细的描述。(2) 绘制零件图。首先, 要开启 AutoCAD, 创建一个新的文档, 选取一个适合的模型, 然后开始制作。

第一个步骤是画框和标头: 选择A2图420X594号, 《技术制图标题栏》中的标号在左下方, 见图1-1。



图1-1图框示意图

第二个步骤是在框架内进行采集, 在区域特征标签上使用细点和线条来画中轴线, 使用粗实线进行设计。第三个步骤是利用画框中的画线指示, 在区域内画一个采集三视图。第四个步骤是标记采集捕捉三视图, 根据 AutoCAD 的带注解标签中的命令来标记大小和剖面, 见图1-2。第五个步骤是把技术要求填入设计图的右下角。

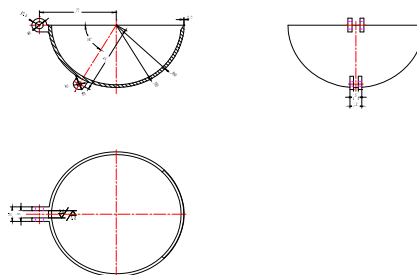


图1-2采摘抓结构三视图

用相同的方法来画其他零件。

4 结论

本论文所设计的是一个可以调整高度, 迅速摘下的苹果, 在收集资料、参考材料、确定设计的方向到正式完成毕业论文的过程中, 让我再次体验了一次, 意识到了自己还没有完全了解的东西, 也意识到了机械系涉及的知识范围非常广泛, 还需要我们不断地学习和实践^[3]。

【参考文献】

- [1] 孙浩. 六自由度苹果采摘机械臂路径规划与仿真分析[J]. 南方农机, 2021, 52(23): 47-50.
- [2] 祝前峰, 陆荣鉴, 李奉顺. 苹果采摘机械的研究现状与发展趋势[J]. 林业机械与木工设备, 2021, 49(05): 4-9+15.
- [3] 朱容芳, 朱煜华. 基于UG的苹果采摘机械臂与末端执行器的结构设计[J]. 农机使用与维修, 2021, (04): 21-22.

作者简介:

马月强(1978--), 女, 汉族, 河南驻马店人, 本科, 工程师, 从事农业机械研究。