

小型高空电动采果器设计

杨涛清, 邓学雄

(华南理工大学, 广州 510006)

摘要: **目的** 设计出一款安全便捷的小型采果器。**方法** 通过对现有小型采果器的结构原理和操作方法的分析研究,结合新型电动伸缩技术,采用旋刀切割,结合人体机能特征和人体结构特征参数,对采果器的造型和结构进行合理设计,从而设计出一款小型高空电动采果器,并完成了样机的制作。**结论** 经过现场采摘高果树上的水果,证明了该小型高空电动采果器具有安全、实用、便捷等使用效果,达到了设计的要求。

关键词: 农业工程; 收获机具; 产品设计; 采果器; 水果采摘

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)02-0125-05

Small Aerial Electric Fruit Picker Design

YANG Tao-qing, DENG Xue-xiong

(South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT: It designs a small fruit picking device. Through the analysis and research on the structure principle of small fruit picking device and operation method, combined with the new electric telescopic technology, with the method of rotating knife cutting type, and combined with the function of the body and the human body structure characteristic parameters, the shape and structure of the fruit picker to carry on the design, and it designs a small aerial electric fruit picker, and finishes the production of a prototype. By picking the fruit on the tree high field experiments, it proves that the high-altitude electric fruit picking device with safety, practicality, convenient, meet the design requirements.

KEY WORDS: agricultural engineering; harvesting equipment; product design; fruit picker; fruit-picking

中国既是当今世界上最大的水果生产国又是水果消费大国^[1]。据估算,在整个水果生产劳动过程中,水果采摘作业所需要的劳动力占到了33%~50%。由于受到我国地形因素的限制和水果种植是以小户型种植为特征的种植情况,大型的采摘机械并没有得到广泛使用^[2-3]。国外对现代采摘工具的使用和研究已有很长的历史,在20世纪40年代初,法国设计出了由人工操作的简易采果器,得到了农民的广泛使用,并且在以后的美国、日本等国家,小型的采摘工具不断得到了改进和升级。水果采摘工具历经了多年的改进与发展,日本以及欧美等国相继试验成功了多种水果采摘机器人,如采摘柑桔、苹果等的一些机械果实采摘器^[4]。但是小型采摘工具依靠其便携、方便、易用

等优势,仍然没有退出历史的舞台,对于我国以及广大的发展中国家仍然是最实惠的选择,如今众多中小种植户的增长需求带动了简易采摘器的市场。

1 设计的流程规划必要性

产品设计流程是将产品从概念到具体的转变,是有计划、有步骤的过程,高质量的产品设计流程是产品成功开发的重要基石之一。由于设计的产品的类型、技术要求、需求等不同,所采用的设计流程也随着不同。不管是哪种类型的流程,设计流程规划对整个产品开发过程都具有指导性的作用,会影响设计的效率、质量、成功率,因此基于所设计的产品去规划合适

收稿日期: 2015-09-07

作者简介: 杨涛清(1990—),男,广东人,华南理工大学硕士生,主攻工业设计和交互设计。

通讯作者: 邓学雄(1957—),男,广东人,华南理工大学教授,主要研究方向为工业设计和计算机图形学等。

的设计流程就显得非常重要。设计的采果器是一种收获工具,属于实用型的产品,需求明确,设计成本相对较低,适合采用层层递进的瀑布式设计流程,包括了产品规划、方案设计、详细设计和试验分析,每个步骤之间紧紧相扣。

2 现有的采果器分析

发现设计的突破口是找到设计方向的关键。通过对竞争产品的功能、优缺点分析,从而发现可进行优化创新的设计点,这是完成设计的关键第一步。

采果器的主要类型有以下几种。

1) 夹式采果器。人工剪枝采果器的采摘原理是利用夹口上方的切刀,切刀的下方有夹钳,可以将果实茎部先钳住然后剪断,其优点是:外观简洁美观;承受力强;结实耐用。其缺点是:需要准确的操作定位;有可能损坏果实;采摘的水果尺寸会受到限制。

2) 手抓式采果器。模仿人手采摘的功能,抓住水果后再用力扯下。其优点是:操作简单;采摘速度较快。其缺点是:会扯伤水果;操作时手易疲劳;杆的长度不够。

3) 剪切式摘果器。利用刀片或弧形剪刀对准水果的茎部,通过操动手柄,将水果茎部切断。其优点是:可准确摘取果实;方便分离果实和枝干;可用袋子接住果实。其缺点是:多次摘果后会变重;会增加手的疲劳。

4) 高枝摘果剪:主要用来采摘葡萄、荔枝等这一类的水果,其采摘原理是利用剪杆上固定的剪刀,将剪刀对准水果的茎部,通过控制手柄来实现剪刀的张合,并且可以抓住被剪的果实枝干。其优点是:结构简洁;轻巧便携;果实和枝干易于分离。其缺点是:果实容易掉下来摔坏;每次操作只能剪一次;杆的长度不够。

为了解决现有产品的一些不足,从采果器的采摘方式、省力设计、采摘的高度等方面寻找设计的突破口。

3 采果器设计方案概述

设计方案是在功能分析的基础上,通过构思、筛选,取得理想的设计方案。产品功能原理方案的好坏决定着产品性能和成本,关系到产品的水平及竞争能力,是这一设计阶段的关键,为进一步的细节设计奠定基础。

大多数的水果树的平均高度为5~6 m。在保证便

携的情况下又要保证采果器长度合适,因此设计的采果器采用了可伸缩的形式,即三级伸缩的结构,每一段的杆的长度为1.5 m。第一段杆和第二段杆是采用普通的伸缩杆结构,需要手动来实现伸缩,而在第三段上采用可以电动控制的杆。在摘取较高树上的水果时,可以直接控制手柄上的按钮来控制第三段杆的伸缩从而实现杆的伸长与缩短。对于采果器的采摘形式则选择了剪切式摘果器的形式,都是通过实现果与枝干的分离,一种是剪的形式,见图1a,另一种是切的形式,见图1b,之所以选择切的形式实现果枝分离,是因为设计的摘果器要求切割的形式是通过电动的方式实现的,相对于剪的形式,实现果枝分离所需要的力以及功率更低,因此切的这种形式更适合于设计的摘果器,利用手柄上的按钮实现刀具的启动与停止。在摘取较高处的水果时,长时间的抬手作业会引起手疲劳,需要为采果器设计一个辅助工具减少人的抬臂作业。采摘水果时,操作者使用此采果器,就可以连续采摘到高5 m左右的果实,果实能够掉入采果袋中,而且不会损伤水果。本机采用可伸缩式三节杆,使用刀片进行切割,机械简单、结构紧凑、体积小、操作省力方便、成本低。采果器组成见图2,其中①为手柄,②为支架脚,③为支架,④为夹紧机构,⑤为采果袋支架,⑥为第三段杆(含旋切刀具),⑦为第二段杆,⑧为第一段杆。其中第三段杆上的旋切刀具中,⑨为电机,⑩为刀片。

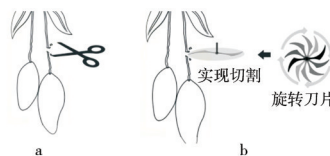


图1 剪切的形式

Fig.1 The form of shear

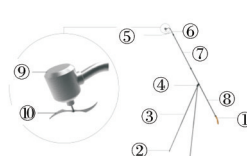


图2 采果器组成

Fig.2 The composition of fruit picker

4 采果器的详细设计分析

产品的详细设计是对产品的各个模块所能实现的功能进行具体的设计,把设计方案中描述的功能方案通过现有的技术或结构创新设计使之能够实现,各个模块的设计是否合理对产品的技术性能有直接的影响。

4.1 采果器电动伸缩杆的内部结构分析

采果器在第三段伸缩杆中采用了新型电动伸缩机构^[5]。通过手柄上的按钮实现杆的伸缩,其结构原

理见图3。该新型伸缩机构采用了直线电动机驱动^[6-7]。直线电动机是由初级与次级之间的磁场相互作用产生推力来实现杆的伸缩。直线电动机的初级装在伸缩杆1段的内壁中,并且分为几段;而直线电动机次级则装在伸缩杆2段的外壁中。吸盘式电磁铁3获得电而产生了一定的吸力将关节6吸附进入伸缩杆1段的腔内后,关节6则不会阻挡伸缩杆2段的运动;在对直线电动机的初级采取分段式供电,次级磁场会受整个初级磁通的影响。在磁场力的作用下,向上运动,实现伸缩杆2段缩回的动作。如果来实现杆的伸长,可对直线电动机的定子初级以反方向的分段式供电。

伸缩杆内部的传输电流使用金属片,采用贴壁设计,将金属片贴在伸缩杆上,见图4。

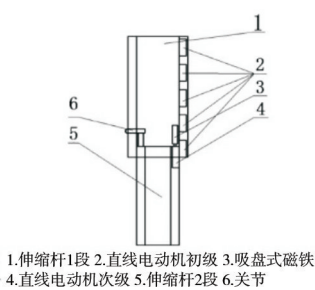


图3 第二段与第三段杆的内部结构
Fig.3 The internal structure of the second and third rod

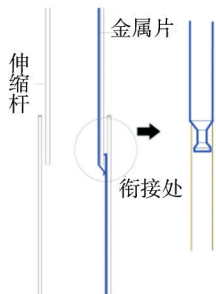


图4 杆内线路布局
Fig.4 Within the rod line layout

4.2 采果器的手柄设计分析

手柄的形状、尺寸、结构直接影响着操作者的握持力、握持强度以及工具的操作舒适性,手柄直径大小和跨度的选择,要考虑不同结构形状和操作时手臂的施力等要求^[8]。参考工具设计的相关参数原则、使用工具时腕关节动作状态和人体手部尺寸^[9,10],从而获得操作者的手部基本形态,并对手部姿势状态进行模拟^[11]。手柄的长度主要取决于手掌宽度,而且要保证握柄的尾端不能压迫到手掌,把手长度应为100 mm~125 mm;手柄采用了圆形设计,使手掌与握把间的接触面积最大;根据腕关节动作状态分析,可以得出弯曲式工具易于操作,且能降低疲劳。

设计的手柄为见图5,手柄上有3个按钮:按钮①和按钮③分别控制第三段杆的伸出和缩进,按钮②控制刀片的启动和停止。因为采果器是户外使用的,所以在采果器的手柄内装有可充电的蓄电池。

4.3 采果器的支架设计分析

因为操作者在使用采果器进行摘果作业时,需要

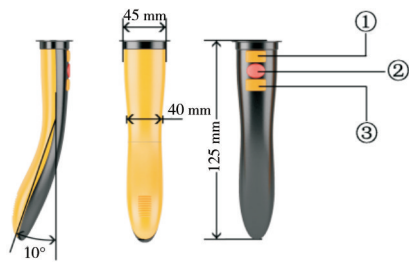


图5 手柄的尺寸
Fig.5 The size of the handle

长时间地进行抬臂作业,这样会造成手臂的疲劳,降低效率。为了解决这个问题,设计了一个简易便携的支架作为辅助工具,减少操作者抬臂作业的疲劳。支架结构见图6,支架可伸缩,最大张开角度为60°,夹紧活动机构为轻质的金属结构,在竖直方向和水平方向都能够灵活转动。

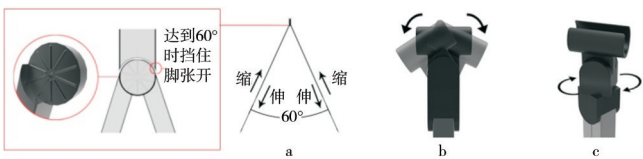


图6 支架结构
Fig.6 Support structure

4.4 采果器的刀具与采果袋设计分析

刀具和采果袋设计见图7,对于采果器旋切刀具的刀片则是采用了尼泊尔军刀的设计方案,尼泊尔军刀以劈砍效果佳而著称,其弯曲的刀片特征适合于切割枝叶,应用于采果器的旋切刀具设计能提高切割效果。而采果袋的支架采用水桶提手的设计原理和方法,使采果袋与地面保持垂直状态。采果器的旋切刀具在采果袋上方,当水果茎部被切断时,保证水果能掉落在采果袋里。



图7 刀具和采果袋设计
Fig.7 Design of fruit picker blade and fruit bag

5 采果器设计可行性分析

试验的方法是验证设计的产品是否达到设计目

标最直接、最有效的方法。通过实验发现产品暴露出来的问题,以进一步完善相应的设计,提高产品的可靠性与质量。

采果器的杆件在使用时的力学模型见图8。 AB 为采果器杆的最大长度; AC 为两手距离; CB 为伸缩杆伸长后从 C 点到顶端的距离。 A 点有一手柄,质量为 $m_1=0.2\text{ kg}$; B 点是采果器的头质量(包括刀片、电机、铝合金) $m_2=0.8\text{ kg}$;铝合金杆每米质量为 0.4 kg ;第二段中含有电子元器件 0.2 kg ;第三段杆中有电子元器件 0.1 kg ; $AC=0.5\text{ m}$ 。当采果器的头部伸至最高位点时 $AB=5\text{ m}$; C 点为支点,右手对 A 点有一力 F_1 ; 支点 C 有作用力 F , f 为 G , G_1 , G_2 对支点 C 产生的合力; AB 杆与水平的倾角为 α 。根据力矩平衡计算 F_1 , F , f (设杆质量呈均匀分布)。

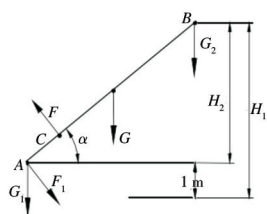


图8 力学模型

Fig.8 Mechanical model

$$\sum M_c = 0$$

$$F_1 \times AC + G_1 \times AC \cos \alpha = G_2 \times (AB - AC) \times$$

$$\cos \alpha + G \times (2.5 - 0.5) \cos \alpha$$

$$G = (0.4 + 0.5 + 0.6) \times 3^{-1} \times 5 \times g = 2.5g$$

$$F_1 = [G_2 \times (AB - AC) \cos \alpha + G \times 2 \cos \alpha - G_1 \times AC \cos \alpha] / AC$$

当 $AB=5\text{ m}$, $AC=0.5\text{ m}$ 时,得到 $F_1=166.6\text{ N}$ 。

当 $\alpha=0^\circ$ 时, $F_1=166.6\text{ N}$ 最大;当 $\alpha=90^\circ$, F_1 为0,但工人的双手要支承 34.3 N 的重力。

当 $\alpha=60^\circ$ 时, $F_1=83.3\text{ N}$;当 $\alpha=75^\circ$ 时, $F_1=43.1\text{ (N)}$;当 $\alpha=80^\circ$ 时, $F_1=28.9\text{ N}$ 。

$$\sum F_x = 0$$

$$f = G \sin \alpha + G_2 \sin \alpha + G_1 \sin \alpha = 34.3 \sin \alpha$$

综合分析:当 $\alpha=80^\circ$, $F_1=28.9\text{ N}$ 时,操作比较轻松,受力状况较好,但人的头部上仰角度较大,易感到累;当 α 为 $70^\circ \sim 75^\circ$ 时,头部上仰角度较小,工作视线好,操作较轻松,操作者可进行较长时间的连续工作,并且起到省力作用。采果器的最大采摘高度约为 5.5 m 。

采果器样机的外观见图9,其中图9d为采果器手柄。采摘过程见图10,顺序依次为采果器靠近水果,启动采果器,切断水果的茎部,水果掉入采果袋。

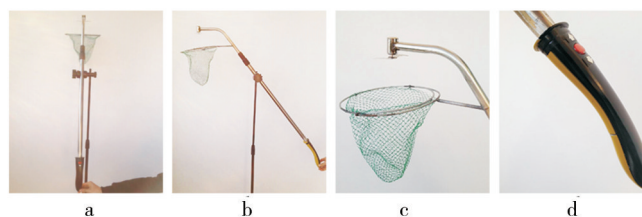


图9 采果器样机

Fig.9 Fruit picker prototype



图10 采摘过程

Fig.10 Picking process

6 结语

这里涉及的小型高空电动采果器是一款新型的高果树采摘工具,其结构简单、体积小、质量轻、造价低,具有良好的采果性能。可广泛用于高枝果实的采摘。可降低因挂果过高而无法采摘所造成的损失,提高采摘的安全性与效率。经采摘实验,达到了预期的目标和要求。从整个设计过程来看,在着手设计一个产品之前规划一个合适的设计流程是非常重要的,规划的设计流程在设计进程中起到了指导性作用,按照所规划的流程一步步进行,使设计过程逐渐清晰明了,有助于设计更加快速有效地完成。本设计获得了2014年全国大学生工业设计大赛广东赛区一等奖、全国大学生工业设计大赛决赛优秀奖,并已获受理专利申请。

参考文献:

- [1] 张吉国,郑芳泉.中国水果生产发展态势:1978—2010[J].新疆农垦经济,2013(2):31—34.
ZHANG Ji-guo, ZHENG Fang-quan. The Development Trend of Fruit Production Chinese: 1978—2010[J]. Xinjiang Farm Research of Science and Technology, 2013(2): 31—34.
- [2] 吴伟斌,赵奔,朱余清.丘陵山地果园运输机的研究进展[J].华中农业大学学报,2013(4):135—142.
WU Wei-bin, ZHAO Ben, ZHU Yu-qing. Research Progress of Hilly Orchard Transporter[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2013(4): 135—142.
- [3] 王伟新,向云,祁春节.中国水果产业地理集聚研究:时空

- 特征与影响因素[J].经济地理,2013,33(8):97—103.
- WANG Wei-xin, XIANG Yun, QI Chun-jie. Study on Geographic Agglomeration of Fruit Industry in China: Spatial-temporal Characteristics and Affecting Factors[J]. Economic Geography, 2013, 33(8): 97—103.
- [4] 顾宝兴,姬长英,王海青.智能移动水果采摘机器人设计与试验[J].农业机械学报,2012,43(6):153—160.
- GU Bao-xing, JI Chang-ying, WANG Hai-qing. Design and Experiment of Intelligent Mobile Fruit Picking Robot[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2012, 43(6): 153—160.
- [5] 吴义成.伸缩机构的研究与设计[J].机电工程技术,2013(9):115—117.
- WU Yi-cheng. Research and Design of Telescopic Mechanism [J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2013 (9): 115—117.
- [6] 张明元,马伟明,何娜.长初级直线电动机分段供电技术综述[J].中国电机工程学报,2013(27):96—104.
- ZHANG Ming-yuan, MA Wei-ming, HE Na. Application of Block Feeding Methods in Long Primary Linear Motors[J]. Proceedings of the CSEE, 2013(27): 96—104.
- [7] 陈梁远,李黎川.往复开关磁阻直线电机的效率最大化控制[J].西安交通大学学报,2012,46(10):15—19.
- CHEN Liang-yuan, LI Li-chuan. Maximum Efficiency Control for Reciprocating Linear Switched Reluctance Motor[J]. Journal of Xi'an Jiao Tong University, 2012, 46(10): 15—19.
- [8] MCCAULEY B. Ergonomics: Foundational Principles, Applications, and Technologies[J]. Ergonomics, 2013(8): 46—47.
- [9] 张建平,吴展齐.人体工程学[M].南京:南京大学出版社,2014.
- ZHANG Jian-ping, WU Zhan-qi. Ergonomics[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 2014.
- [10] 熊兴福,付朝华.基于人手的生理解剖特征的园艺工具设计[J].包装工程,2009,30(8):114—116.
- XIONG Xing-fu, FU Zhao-hua. Design of Gardening Tools Based on Physiological and Anatomical Characteristics of Hand[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(8): 114—116.
- [11] 王金瑾.基于手行为的饮用器皿设计探析[J].包装工程,2014,35(2):68—71.
- WANG Jin-jin. Analysis of Drinking Vessel Design Based on Hand Gesture[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(2): 68—71.

(上接第124页)

- GARRETT J. The Elements of User Experience[M]. Beijing: China Machine Press, 2011.
- [8] 王彪,李黎立,雷亚芳.SOHO家具研究[J].西北林学院学报,2007,22(4):155—158.
- WANG Biao, LI Li-li, LEI Ya-fang. A Study of SOHO Furniture[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(4): 155—158.
- [9] 聂磊.基于用户体验的Win8移动阅读类APP设计研究[D].无锡:江南大学,2013.
- NIE Lei. Design for Mobile Reading APP on Win8 Based on User Experience[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.
- [10] 孙鹏.基于触控手势操作的情境界面[J].包装工程,2014,35(8):96—100.
- SUN Peng. The Gesture-based Context User Interface[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(8): 96—100.