



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114080902 A

(43) 申请公布日 2022. 02. 25

(21) 申请号 202111382297.9

(22) 申请日 2021.11.22

(71) 申请人 华南农业大学

地址 510642 广东省广州市天河区五山路
483号

(72) 发明人 莫嘉嗣 陈健欢 闫国琦

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 林梅繁

(51) Int.Cl.

A01D 46/30 (2006.01)

A01D 91/04 (2006.01)

B25J 15/00 (2006.01)

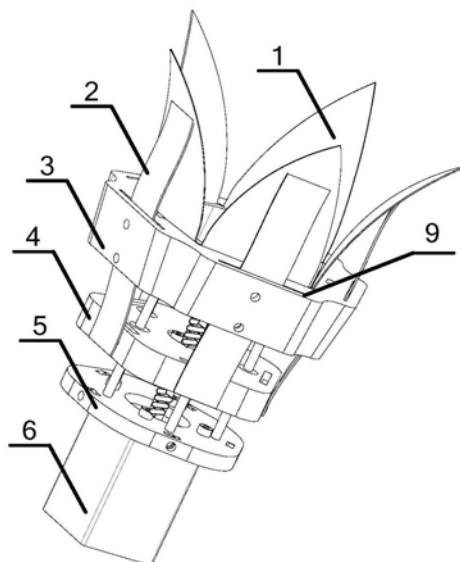
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种柔顺包络式小浆果采摘机械爪及果实
采摘方法

(57) 摘要

本发明涉及水果选择性采摘机器人的末端执行器,为一种柔顺包络式小浆果采摘机械爪及果实采摘方法,本发明采摘机械爪包括柔顺手指部分和驱动控制部分,柔顺手指部分包括“梁-梁”接触的并联柔顺指,并联柔顺指包括多组相配合的变形内梁和变形外梁,并联柔顺指通过电机驱动产生变形实现“花瓣式”的开合从而采摘果实。本发明提出了包络弱接触式采摘方式可实现果实的弱接触、低损伤采摘,为水果采摘末端执行器的小型化、开环式控制提供了解决方案,可对易损伤水果实现低损伤采摘。



1. 一种柔顺包络式小浆果采摘机械爪, 其特征在于, 包括柔顺手指部分和驱动控制部分; 其中:

柔顺手指部分包括“梁-梁”接触的并联柔顺指和上法兰, “梁-梁”接触的并联柔顺指包括多组相配合的变形内梁和变形外梁, 变形内梁下端固定于上法兰的内梁固定槽中, 变形内梁上端与变形外梁连接, 变形外梁下端在上法兰的外梁导向槽中上下移动;

驱动控制部分包括丝杆、丝杆电机、下法兰、移动滑块和多根直线导轨, 丝杆电机与下法兰固定连接; 直线导轨的数量与并联柔顺指中相配合的变形外梁与变形内梁的组数相同, 每根直线导轨的一端与下法兰固定连接; 移动滑块嵌有与直线导轨数量相同的直线轴承和一个位于中心的丝杆螺母, 丝杆螺母将丝杆电机的旋转运动转换成直线运动, 在直线导轨与直线轴承的约束下, 移动滑块上下平移运动, 并带动变形外梁的下端在上法兰的外梁导向槽约束下做上下平移运动;

变形外梁为驱动梁, 与移动滑块连接; 变形内梁为被动梁; 当移动滑块往上运动时, 变形内梁、变形外梁因“梁-梁”接触约束均产生向内变形而使机械爪呈包络式闭合, 当移动滑块往下运动时, 变形内梁、变形外梁因“梁-梁”接触约束均产生向外变形而使机械爪张开。

2. 根据权利要求1所述的柔顺包络式小浆果采摘机械爪, 其特征在于, 变形内梁上端与变形外梁通过面接触方式连接而产生“梁-梁”接触约束。

3. 根据权利要求1所述的柔顺包络式小浆果采摘机械爪, 其特征在于, 变形外梁为直梁, 变形内梁投影呈花瓣状, 花瓣状的变形内梁在向内变形时相邻变形内梁之间的左右侧面曲线呈现相接的状态, 使机械爪呈现“笼”式包络闭合状态。

4. 根据权利要求1所述的柔顺包络式小浆果采摘机械爪, 其特征在于, 并联柔顺指中相配合的变形内梁和变形外梁设有至少3组。

5. 根据权利要求1所述的柔顺包络式小浆果采摘机械爪, 其特征在于, 并联柔顺指中相配合的变形内梁和变形外梁设有5组。

6. 根据权利要求1所述的柔顺包络式小浆果采摘机械爪, 其特征在于, 变形内梁和变形外梁的材质为弹性薄片。

7. 根据权利要求6所述的柔顺包络式小浆果采摘机械爪, 其特征在于, 变形内梁和变形外梁采用0.5mm厚PET弹性塑料片材料。

8. 基于权利要求1所述柔顺包络式小浆果采摘机械爪的果实采摘方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

S1、首先定位浆果位置;

S2、然后使机械爪包络浆果, 当浆果位于机械爪的包络腔中心时, 通过丝杆电机控制变形内梁和变形外梁向内弯曲, 使柔顺并联指闭合以夹持果柄, 再通过拉拽使浆果与母枝分离。

9. 根据权利要求8所述的果实采摘方法, 其特征在于, 步骤S2中机械爪与果实的接触状态包括三种:

无接触状态: 柔顺并联指在闭合过程夹紧果柄拉拽, 果实在包络腔内悬空, 果实与机械爪内部无接触;

弱接触状态: 柔顺并联指触碰果柄使果实提前脱落, 果实落入包络腔中, 靠自重与机械爪内侧接触;

强接触状态:当果实成熟度较低,果柄分离力较大,在拉拽果柄过程中,柔顺并联指与果柄产生滑动,使果实表面与柔顺并联指内侧产生强接触拉拽接触状态。

10.根据权利要求8所述的果实采摘方法,其特征在于,步骤S1通过机器视觉系统定位浆果位置。

一种柔顺包络式小浆果采摘机械爪及果实采摘方法

技术领域

[0001] 本发明涉及水果选择性自动化采摘领域,特别是涉及一种柔顺包络式小浆果采摘机械爪及果实采摘方法。

背景技术

[0002] 除了重要粮食作物外,水果在营养提供、农业多样性等方面扮演重要角色。近年来,小浆果因富含维生素和微量营养素,具有较高的保健营养价值,独特的鲜食风味,逐渐成为市场热门产品,种植量的逐年递增给机械化采收装备提出新需求。小浆果泛指果实较小、柔软多汁的肉质果,常见的有越橘、树莓、草莓、桑葚等,水果机械化采收是农业现代化发展重要方向,但小浆果体积小,皮薄多汁,其娇嫩易损的生物学特性使得小浆果机械化无损采收面临较大挑战。

[0003] 目前小浆果多采用振动采收,通过对果树主干或侧枝施加振动激励使果实脱落,此方式生产效率高,但是同时带来果实损伤大,后续分拣困难等问题,一般用于对果实外观要求不高的果汁、果酱加工。对于需要挑选无损单果的使用场合,例如药用桑葚或鲜食浆果,振动采收的巨大损伤并不能满足市场要求。为了减少振动采收带来的冲击损伤,可使用机器人进行选择采摘,但水果采摘机器人搭载的末端执行器(如机械爪)多采用夹持或包裹方式,刚性夹持容易损伤浆果,而软体包裹体积大,难以小型化,并且刚度不足,难以分离果实。传统采摘机械爪要实现无损采摘,通常要加入力反馈控制,不仅令机械爪结构复杂,降低了鲁棒性,还增加了制造成本和控制难度。

[0004] 综上所述,选择性采摘机器人是小浆果采摘的理想方式,但要解决损伤问题,则末端执行器的设计至关重要,为满足小浆果的无损采摘,小型化、开环控制的柔顺包络式小浆果采摘机械爪是一种合适的解决方案。

发明内容

[0005] 针对现有技术所存在的问题,本发明的目的是提供一种柔顺包络式小浆果采摘机械爪及果实采摘方法,采用柔顺并联机构作为采摘机械爪的手指,柔顺并联指采用弹性薄片加工而成,易于加工装配,成本低;并通过优化设计实现了包络式的采摘,机械爪整体结构紧凑,可实现小型化设计,开环化控制和低损伤率采摘,易于集成到选择性采摘机器人上实现自动化采摘。

[0006] 本发明采摘机械爪采用如下技术方案来实现:一种柔顺包络式小浆果采摘机械爪,包括柔顺手指部分和驱动控制部分;其中:

[0007] 柔顺手指部分包括“梁-梁”接触的并联柔顺指和上法兰,“梁-梁”接触的并联柔顺指包括多组相配合的变形内梁和变形外梁,变形内梁下端固定于上法兰的内梁固定槽中,变形内梁上端与变形外梁连接,变形外梁下端在上法兰的外梁导向槽中上下移动;

[0008] 驱动控制部分包括丝杆、丝杆电机、下法兰、移动滑块和多根直线导轨,丝杆电机与下法兰固定连接;直线导轨的数量与并联柔顺指中相配合的变形外梁与变形内梁的组数

相同,每根直线导轨的一端与下法兰固定连接;移动滑块嵌有与直线导轨数量相同的直线轴承和一个位于几何中心的丝杆螺母,丝杆螺母将丝杆电机的旋转运动转换成直线运动,在直线导轨与直线轴承的约束下,移动滑块上下平移运动,并带动变形外梁的下端在上法兰的外梁导向槽约束下做上下平移运动;

[0009] 变形外梁为驱动梁,与移动滑块连接;变形内梁为被动梁;当移动滑块往上运动时,变形内梁、变形外梁因“梁-梁”接触约束均产生向内变形而使机械爪呈包络式闭合,当移动滑块往下运动时,变形内梁、变形外梁因“梁-梁”接触约束均产生向外变形而使机械爪张开。

[0010] 在优选的实施例中,变形外梁为直梁,变形内梁投影呈花瓣状,花瓣状的变形内梁在向内变形时相邻变形内梁之间的左右侧面曲线呈现相接的状态,使机械爪呈现“笼”式包络闭合状态。

[0011] 本发明的果实采摘方法基于上述柔顺包络式小浆果采摘机械爪,具体包括以下步骤:

[0012] S1、首先定位浆果位置;

[0013] S2、然后使机械爪包络浆果,当浆果位于机械爪的包络腔中心时,通过丝杆电机控制变形内梁和变形外梁向内弯曲,使柔顺并联指闭合以夹持果柄,再通过拉拽使浆果与母枝分离。

[0014] 本发明采用柔顺并联机构作为采摘机械爪的手指,柔顺并联指采用弹性薄片加工而成,易于加工装配,成本低;并通过优化设计实现了包络式的采摘,机械爪整体结构紧凑,小型,不需要额外的传感器,易于选择性水果采摘机器人集成,适合自动化作业。包络式的采摘方式,降低了果实与机械爪的接触受力,免于夹持,可实现低损伤、保留完整果实外皮的目的,适用于例如药用桑葚等需要保留完整果实的应用场合。

[0015] 相对于现有技术,本发明具有如下优点和有益效果:

[0016] 1、电机驱动,控制可靠有效,避免了气动器件的非线性影响,电驱动易于集成到机器人系统中;

[0017] 2、柔性的并联指,具备力适应性,不需要额外的传感器控制开度与夹持力,易于小型化设计;

[0018] 3、包络式采摘,多种采摘方式均可降低果实与机械爪的接触受力,可实现低损伤甚至无损伤采摘;

[0019] 4、弹性薄片并联指易于加工、装配,便于维护,成本低。

附图说明

[0020] 图1是本发明一种柔顺包络式小浆果采摘机械爪的打开状态示意图;

[0021] 图2是本发明一种柔顺包络式小浆果采摘机械爪的闭合状态示意图;

[0022] 图3是包络式采摘方式下可能出现的三种果实接触状态示意图,其中A为无接触状态,B为弱接触状态,C为强接触状态;

[0023] 图中:1-内梁,2-外梁,3-上法兰,4-移动滑块,5-下法兰,6-丝杆电机,7-直线导轨,8-丝杆,9-外梁导向槽,10-内梁固定槽。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步详细说明,但本发明的实施方式不限于此。

[0025] 实施例

[0026] 如图1-3所示,本实施例的柔顺包络式小浆果采摘机械爪,包括柔顺手指部分和驱动控制部分;其中:

[0027] ——柔顺手指部分包括:

[0028] “梁-梁”接触的并联柔顺指,采用0.5mm厚PET弹性塑料片材料通过激光切割方式加工而成,“梁-梁”接触的并联柔顺指包括多组大变形外梁2和大变形内梁1,内梁1下端固定于上法兰3的内梁固定槽10中,内梁1上端与外梁2通过面接触方式胶粘连接,外梁2在上法兰3的外梁导向槽9中可上下移动,外梁导向槽9与移动滑块4运动方向平行。在本实施例,并联柔顺指中相配合的变形外梁2与变形内梁1共设有5组。

[0029] ——驱动控制部分包括:

[0030] 丝杆电机6(采用28步进电机带T5丝杆)、下法兰5、直线导轨7和移动滑块4,丝杆电机6与下法兰5通过螺钉固定连接;直线导轨7的数量与并联柔顺指中相配合的变形外梁与变形内梁的组数相同,本实施例中直线导轨7设有5根,每根直线导轨的下端与下法兰5通过顶丝固定连接;移动滑块4嵌有与直线导轨7数量相同的直线轴承和一个丝杆螺母,本实施例中移动滑块4嵌有5个直线轴承和一个T5丝杆螺母,丝杆螺母将丝杆电机6的旋转运动转换成直线运动。在直线导轨7与直线轴承的约束下,移动滑块4可上下平移运动,并带动大变形外梁2的下端在上法兰3的外梁导向槽9约束下做上下平移运动。

[0031] 外梁2作为驱动梁,是长方体直梁。内梁1为被动梁,是“花瓣状”,形状根据包络的形状而定,先通过有限元分析内外梁在组成二自由度柔顺并联机构后的受力弯曲曲线,得到弯曲曲线的方程,然后先将内梁设计成直梁,将5个内梁组装后得到相交曲线,并布尔运算后得到内梁1的“花瓣状”轮廓曲线,将轮廓曲线转化成G代码后激光切割成型。外梁和内梁的材质为弹性薄片,从而能够实现弹性大变形。

[0032] 也就是说,“梁-梁”接触的并联柔顺指,包括规则形状外梁与“花瓣状”内梁,外梁优选为直梁;每根并联柔顺指的外梁为驱动梁,与移动滑块固定连接;移动滑块往上运动带动外梁驱动机械爪闭合,移动滑块往下运动带动外梁驱动机械爪张开。为了实现包络闭合状态,并联柔顺指至少需要3指(即至少需要3组相配合的变形外梁与变形内梁),优选为4~6指,以5指为例,“花瓣状”的变形内梁在向内变形时(即机械爪闭合状态下)相邻变形内梁之间的左右侧面曲线呈现相接的状态,机械爪呈现“笼”式包络闭合状态。

[0033] 本实施例中,每根并联柔顺指的外梁2为驱动梁,与移动滑块4通过螺钉固定连接;移动滑块4往上运动带动5根外梁2往上运动,从而带动内梁1向内弯曲,使机械爪闭合;移动滑块4往下运动带动5根外梁2往下运动,从而带动内梁1往外弯曲,使机械爪张开。

[0034] 本实施例中柔顺包络式小浆果采摘机械爪,其采摘果实状态有三种,分别是:a.夹持果柄后机械爪与果实无接触状态,b.夹持果柄后机械爪与果实弱接触状,c.夹持果实表面的弹性接触状态。

[0035] 以小浆果桑葚为例,果实越成熟,果柄分离力越低,适宜采用拉拽果柄的方法分离果实。果实采摘过程包括以下步骤:

[0036] S1、首先通过机器视觉系统定位浆果位置；

[0037] S2、然后使机械爪包络浆果，当浆果位于机械爪的包络腔中心时，通过丝杆电机控制变形内梁和变形外梁向内弯曲，使柔顺并联指（即机械爪）闭合以夹持果柄，再通过拉拽使浆果与母枝分离。

[0038] 在果实采摘过程的步骤S2中可能出现三种机械爪与果实的接触状态。最理想的状态为柔顺并联指在闭合过程夹紧果柄拉拽，果实在包络腔内悬空，果实与机械爪内部无接触，从而实现无损采摘（图3的A图）；另一种接触状态是采摘中并联指触碰果柄使果实提前脱落，果实落入包络腔中，靠自重与机械爪内侧接触的弱接触状态（图3的B图）；当果实成熟度较低，果柄分离力较大，在拉拽果柄过程中，柔顺并联指与果柄产生滑动，使果实表面与柔顺并联指内侧产生强接触拉拽接触状态（图3的C图）。

[0039] 第一种状态果实与机械爪无接触，因此无接触力，所以不损伤果实；而第二种靠自重接触的接触力主要与接触点和接触角度有关，尽管接触，但属于弱接触因而不会产生损伤；第三种状态产生了弹性接触受力，柔性并联指通过优化设计可实现恒定的弹性力，可根据不同采摘果实的特性设置不同的受力阈值以降低损伤。

[0040] 上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例，而并非是对本发明的实施方式的限定。对于所属技术领域的普通技术人员来说，在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

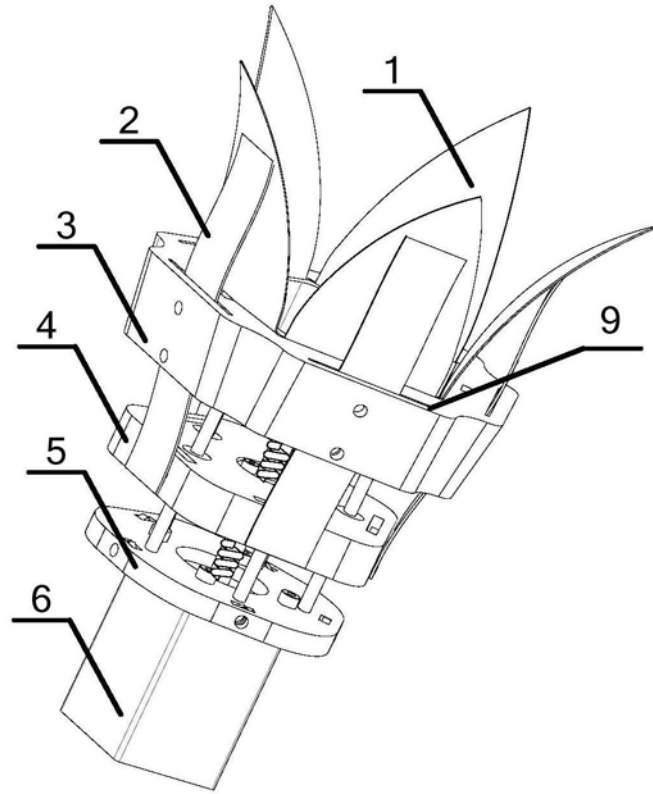


图1

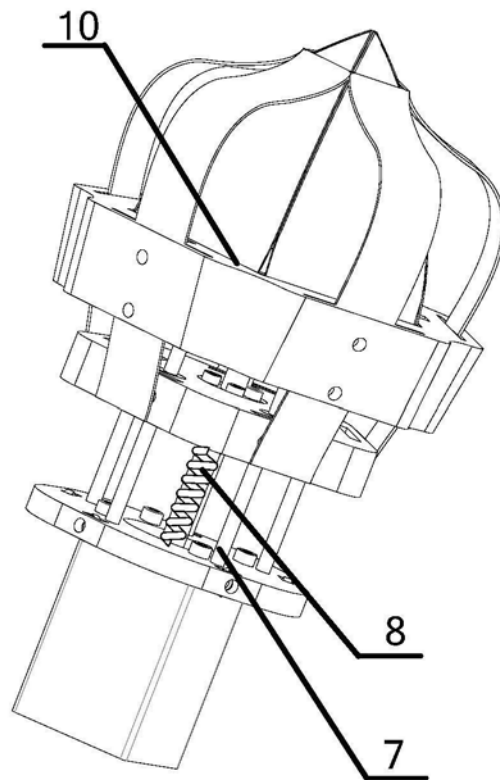
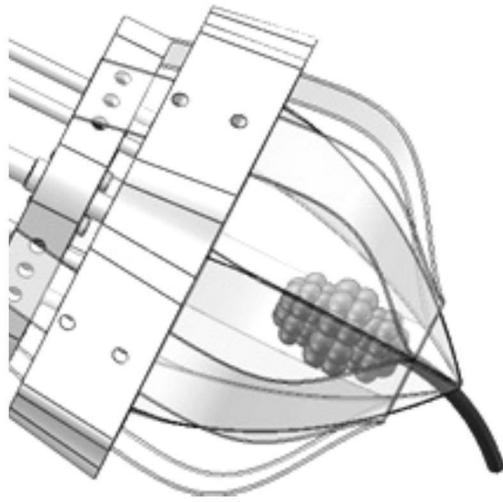
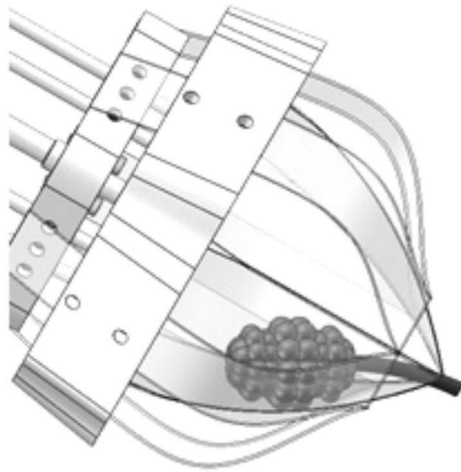


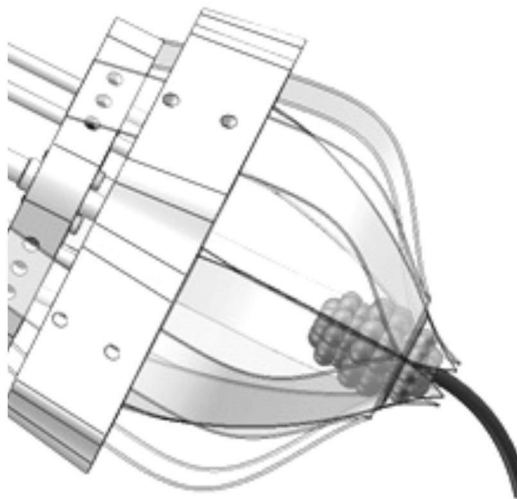
图2



A



B



C

图3