(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110832999 A
(43)申请公布日 2020.02.25

(21)申请号 201911129745.7

(22)申请日 2019.11.18

(71)申请人 北京林业大学
地址 100083 北京市海淀区清华东路35号

(72)发明人 康峰 李守根 李文彬 陈冲冲

(51)Int.Cl.
A01G 3/033(2006.01)

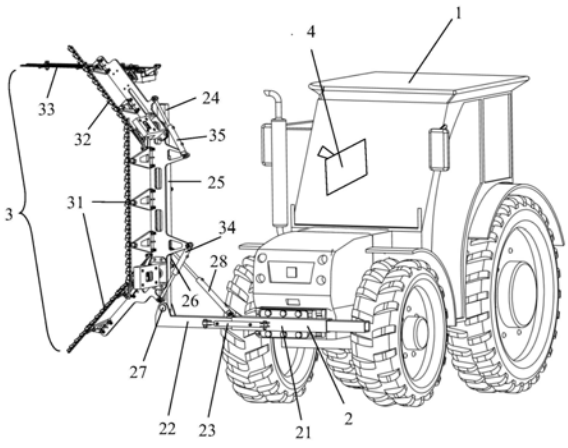
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

一种多段式可变幅剪枝装置

(57)摘要

本发明涉及农林业机械技术领域，尤其涉及一种果树冬季和夏季剪枝的多段式可变幅剪枝装置。发明目的在于提供一种多段式可变幅剪枝装置，旨在解决现有技术中存在的可修剪树形几何形状比较单一的问题。其可分多段适应不同形状的树形修剪需求。如通过控制顶梢剪枝部件、剪枝上部件和剪枝下部件可对果树树冠按侧面墙式和类球形方式进行树形修剪，通过控制顶梢剪枝部件、剪枝上部件和剪枝中下部件可对果树树冠按梯形形状进行树形修剪，同时还可通过调节不同剪枝部件的摆动角度完成其他多段仿形的修剪需求。此外，也可通过控制横向伸缩液压缸和纵向伸缩液压缸调节剪枝部件与移动平台的横向及纵向距离以适应果树树冠位置的远近和高低。



CN 110832999 A

1.一种多段式可变幅剪枝装置,其特征在于:包括移动平台、底座、剪枝部件和控制面板四个部分;移动平台为可在果树行间行走的机动车辆;底座包含横梁和竖梁,可通过驱动器驱动横梁、竖梁运动,从而使剪枝部件相对移动平台作横向移动、纵向移动以及侧向摆动;剪枝部件为多段剪枝部件,其分为剪枝顶梢部件、剪枝上部件与剪枝中下部件,通过调整各剪枝部件位姿形成不同的几何形状,以完成不同需求的多段仿形剪枝。

2.根据权利要求1所述的多段式可变幅剪枝装置,多段剪枝部件的剪枝顶梢部件、剪枝上部件、剪枝中下部件分别包括长、短动刀,通过两把动刀相反方向的往复移动达到切割枝条的目的,两把动刀的往复移动通过曲轴连杆机构实现。

3.根据权利要求1所述的多段式可变幅剪枝装置,多段剪枝部件的剪枝中下部件分为中部件和下部件,中部件和下部件共用一个动力源,从而带动中、下部件各自的长、短动刀同时工作,所述长、短动刀的往复移动通过曲轴连杆机构实现,长、短动刀进行往复移动的同时,中、下部件进行往复摆动。

4.根据权利要求1所述的多段式可变幅剪枝装置,多段剪枝部件的剪枝顶梢部件用于果树顶梢的修剪,其固定于剪枝上部件的底板上,可相对剪枝上部件进行俯仰动作。

5.根据权利要求1所述的多段式可变幅剪枝装置,多段剪枝部件的刀片铆接于刀杆上,刀片位于同一平面上,通过调整刀杆的长度与刀片数量,改变各剪枝部件的割幅。

6.根据权利要求1所述的多段式可变幅剪枝装置,底座的横梁包括横梁底座、横向伸缩梁、横向伸缩驱动器,所述横向伸缩梁由横向伸缩驱动器驱动,在横梁底座的方槽内作横向往复直线移动,底座通过横梁底座固定在移动平台上。

7.根据权利要求1所述的多段式可变幅剪枝装置,底座的竖梁包括竖梁底座、竖梁立柱、纵向移动驱动器,所述竖梁底座可由纵向移动驱动器驱动,沿竖梁立柱作纵向往复直线移动。

8.根据权利要求1所述的多段式可变幅剪枝装置,多段剪枝部件通过中部件底板安装在竖梁底座上,可随竖梁底座一起运动。

一种多段式可变幅剪枝装置

技术领域

[0001] 本发明涉及农林业机械技术领域，尤其涉及一种果树冬季和夏季剪枝的多段式可变幅剪枝装置。

背景技术

[0002] 果树剪枝在果园生产中具有重要意义，可使果树的主枝与侧枝分布均匀，拥有良好的着生位置和角度，有利于果树冠层骨架牢固；改善果树间、果树与环境间的关系，扩大着果面积，提升果品质量和产量；亦可增强冠层通风透光性，增强光合作用，施药时增大药液与枝叶的附着面积，提高药液利用率；还可人为培养和设计非自然果树外形，满足观赏需求。

[0003] 果树剪枝一般分为冬季剪枝和夏季剪枝。冬季剪枝是主要在指落叶后至第二年发芽前这段时期进行修剪，主要集中在1-2月份，主要其目的是去除或剪短一些不必要的枝条以及枯、病虫枝，选留主干枝，培育中心枝、主枝、副主枝等，为生长期实现果树丰产、林木增效奠定良好的生理和树形基础。夏季剪枝则是指在果树生长期内进行的修剪，其目的是抑制新生枝条徒长，促使花芽形成，改善通风透光条件，提高果树产量和果实品质。此外，果树修剪方式主要有两种：精剪和粗剪。精剪即为单枝选择性修剪，就是根据当地的自然条件和树种等特点，按一定原则单枝修剪。精剪技术性强，作业条件复杂，目前只能依靠人工利用修枝剪进行修剪，工作效率低、劳动强度大。随着现代果园(如矮砧密植型苹果、梨、葡萄等)种植规模不断扩大，单纯依靠人工的精剪方式已不能满足实际需求，迫切需要一类机械装置代替人工完成大面积剪枝作业，即粗剪作业。粗剪实为整株几何修剪，在拖拉机上安装可以上下升降、左右转动的外伸作业臂，臂端装有液压驱动的切割器，对树冠按一定的几何形状进行修剪。目前的粗剪机械包括有回转式(圆盘刀、直板刀、飞镖刀)和往复式刀具两大类，刀具交错或均匀布置在单段或多段刀架上，通过液压系统驱动刀具旋转或往复直线运动，并调整刀架位姿，实现粗剪作业。但这些粗剪机械都存在可修剪树形几何形状比较单一的问题，一般只能修剪与地面垂直(或)带有一定锥度的树形，无法修剪较复杂的树形。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种多段式可变幅剪枝装置，旨在解决现有技术中存在的可修剪树形几何形状比较单一的问题。

[0005] 为实现上述目的，本发明采用的技术方案是：

[0006] 1.一种多段式可变幅剪枝装置，其特征在于：包括移动平台、底座、剪枝部件和控制面板四个部分；移动平台为可在果树行间行走的机动车辆；底座包含横梁和竖梁，可通过驱动器驱动横梁、竖梁运动，从而使剪枝部件相对移动平台作横向移动、纵向移动以及侧向摆动；剪枝部件为多段剪枝部件，其分为剪枝顶梢部件、剪枝上部件与剪枝中下部件，通过调整各剪枝部件位姿形成不同的几何形状，以完成不同需求的多段仿形剪枝。

[0007] 2.根据权利要求1所述的多段式可变幅剪枝装置，多段剪枝部件的剪枝顶梢部件、

剪枝上部件、剪枝中下部件分别包括长、短动刀，通过两把动刀相反方向的往复移动达到切割枝条的目的，两把动刀的往复移动通过曲轴连杆机构实现。

[0008] 3.根据权利要求1所述的多段式可变幅剪枝装置，多段剪枝部件的剪枝中下部件分为中部件和下部件，中部件和下部件共用一个动力源，从而带动中、下部件各自的长、短动刀同时工作，所述长、短动刀的往复移动通过曲轴连杆机构实现，长、短动刀进行往复移动的同时，中、下部件进行往复摆动。

[0009] 4.根据权利要求1所述的多段式可变幅剪枝装置，多段剪枝部件的剪枝顶梢部件用于果树顶梢的修剪，其固定于剪枝上部件的底板上，可相对剪枝上部件进行俯仰动作。

[0010] 5.根据权利要求1所述的多段式可变幅剪枝装置，多段剪枝部件的刀片铆接于刀杆上，刀片位于同一平面上，通过调整刀杆的长度与刀片数量，改变各剪枝部件的割幅。

[0011] 6.根据权利要求1所述的多段式可变幅剪枝装置，底座的横梁包括横梁底座、横向伸缩梁、横向伸缩驱动器，所述横向伸缩梁由横向伸缩驱动器驱动，在横梁底座的方槽内作横向往复直线移动，底座通过横梁底座固定在移动平台上。

[0012] 7.根据权利要求1所述的多段式可变幅剪枝装置，底座的竖梁包括竖梁底座、竖梁立柱、纵向移动驱动器，所述竖梁底座可由纵向移动驱动器驱动，沿竖梁立柱作纵向往复直线移动。

[0013] 8.根据权利要求1所述的多段式可变幅剪枝装置，多段剪枝部件通过中部件底板安装在竖梁底座上，可随竖梁底座一起运动。

[0014] 本发明提供的多段式可变幅剪枝装置的有益效果在于：其可分多段适应不同形状的树形修剪需求。如通过控制顶梢剪枝部件、剪枝上部件和剪枝下部件可对果树树冠按侧面墙式和类球形方式进行树形修剪，通过控制顶梢剪枝部件、剪枝上部件和剪枝中下部件可对果树树冠按梯形形状进行树形修剪，同时还可通过调节不同剪枝部件的摆动角度完成其他多段仿形的修剪需求。此外，也可通过控制横向伸缩液压缸和纵向伸缩液压缸调节剪枝部件与移动平台的横向及纵向距离以适应果树树冠位置的远近和高低。

附图说明

[0015] 图1为多段式可变幅剪枝装置的总体结构示意图；

[0016] 图2a为多段式可变幅剪枝装置中的剪枝中下部件结构示意图；

[0017] 图2b为图2a的A部隐去四连杆轴颈曲轴支撑架后的放大图；

[0018] 图3a为多段式可变幅剪枝装置中的剪枝上部件结构示意图；

[0019] 图3b为图3a的B部隐去二连杆轴颈曲轴支撑架后的放大图；

[0020] 图4为多段式可变幅剪枝装置中的顶梢剪枝部件结构示意图；

[0021] 图5为多段式可变幅剪枝装置可修剪的部分树冠几何形状。

[0022] 附图标记：

[0023] 1—移动平台；2—L型底座；3—剪枝部件；4—控制面板；21—横梁底座；22—横向伸缩梁；23—横向伸缩液压缸；24—竖梁立柱；25—竖梁底座；26—纵向移动液压缸；27—横梁铰链；28—侧向摆动液压缸；31—剪枝中下部件；31-1—剪枝中部件；31-2—剪枝下部件；32—剪枝上部件；33—顶梢剪枝部件；34—下部件摆转驱动液压缸；35—上部件摆转驱动液压缸；31a—中部剪枝刀具；31aa—中下部件长动刀；31ab—中下部件短动刀；31ac—刀杆；

31ad—梯形刀片;31ae—中下部件剪枝刀具连接杆;31b—刀具支架;31c—中部件底板;31d—下部件剪枝刀具;31e—下部件底板;31f—中下部件长连杆;31g—中下部件短连杆;31h—中下部件四连杆轴颈曲轴;31i—中下部件四连杆轴颈曲轴驱动液压马达;31j—中下部件四连杆轴颈曲轴支撑架;32a—上部剪枝刀具;32aa—上部件长动刀;32ab—上部件短动刀;32ae—上部件剪枝刀具连接杆;32b—上部剪枝刀具支架;32c—上部件底板;32f—上部件长连杆;32g—上部件短连杆;32h—上部件四连杆轴颈曲轴;32i—上部件四连杆轴颈曲轴驱动液压马达;33a—顶梢剪枝刀具;33aa—顶梢长动刀;33ab—顶梢短动刀;33ae—顶梢剪枝刀具连接杆;33c—顶梢部件底板;33f—顶梢部件长连杆;33g—顶梢部件短连杆;33h—顶梢部件四连杆轴颈曲轴;33i—顶梢部件四连杆轴颈曲轴驱动液压马达;33j—顶梢部件俯仰驱动液压马达。

具体实施方式

[0024] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施方式仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0025] 本发明的多段式可变幅剪枝装置,其较佳的具体实施方式如图1至图5所示:

[0026] 如图1所示,本发明的多段式可变幅剪枝装置包括移动平台1,L型底座2,剪枝部件3和控制面板4组成。

[0027] 多段式可变幅剪枝装置中的移动平台1为可在果树行间行走的轮式拖拉机,也可以是其他具有相同功能的移动平台,如履带式或自走式车辆。

[0028] 多段式可变幅剪枝装置中L型底座2的作用是支撑剪枝部件3并调整剪枝部件3与移动平台1的相对位置关系。L型底座2分为横梁和竖梁两部分,其中横梁由横梁底座21,横向伸缩梁22和横向伸缩液压缸23组成,横向伸缩梁22套入在横梁底座21的方槽内,一个横向伸缩液压缸23两端分别铰接于横梁底座21和横向伸缩梁22之上,横向伸缩梁22由横向伸缩液压缸23驱动可在横梁底座21的方槽内作横向往复直线移动;竖梁由竖梁立柱24,竖梁底座25和纵向移动液压缸26组成,竖梁立柱24套入在竖梁底座25的方槽内,在竖梁立柱24和竖梁底座25的背面安装有一个纵向移动液压缸26,如图2a所示,纵向伸缩液压缸26两端分别铰接于竖梁立柱24和竖梁底座25之上,竖梁底座25可由纵向移动液压缸26驱动沿竖梁立柱24作纵向往复直线移动。竖梁立柱24下方末端与横向伸缩梁22外伸末端处通过一个横梁铰链27连接在一起,一个侧向摆动液压缸28的两端分别铰接于横向伸缩梁22和竖梁立柱24之上,竖梁立柱24可由侧向摆动液压缸28驱动以横梁铰链27为中心相对横向伸缩梁22作侧向的往复摆动。L型底座2通过横梁底座21固定在移动平台1的前部。

[0029] 多段式可变幅剪枝装置中的剪枝部件3分为剪枝中下部件31,剪枝上部件32和顶梢剪枝部件33三个部分。剪枝部件3通过中部件底板31c安装在竖梁底座25上,可随竖梁底座25一起运动。

[0030] 如图2a所示,剪枝中下部件31分为中部件和下部件两部分,其中中部件又由中部剪枝刀具31a,连接杆31ae,刀具支架31b和中部件底板31c组成。如图2b所示,中部剪枝刀具31a分别由一把长动刀31aa和一把短动刀31ab并排组合而成,同时保证两个动刀之间留有一定间隙,相互运动时不发生触碰和摩擦。长动刀31aa和短动刀31ab结构基本相同,均是在

一个刀杆31ac上均匀布置若干个梯形刀片31ad，刀片总长80mm，刃部高度54mm，前桥宽23mm，刀片底宽58mm，刀片厚度4mm，滑切角18°，刃口楔角45°，梯形刀片31ad的间距为80mm，两相邻刀片刃口底边间距为22mm。对于不同割幅需求的剪枝刀具，只需要调整刀杆31ac的长度及梯形刀片31ad的个数即可。长动刀31aa和短动刀31ab都分别通过三个连接杆31ae铰接于三个刀架支架31b上，三个刀架支架31b固定在中部件底板31c上。下部件由下部件剪枝刀具31d，连接杆31ae，刀具支架31b和下部件底板31e组成，其中下部件剪枝刀具31d与中部剪枝刀具31a机构基本相同，区别在于下部件剪枝刀具31d的长动刀31aa和短动刀31ab长度约短于中部剪枝刀具31a，长动刀31aa和短动刀31ab分别通过二个连接杆31ae铰接于二个刀架支架31b上，二个刀架支架31b固定在下部件底板31e上。

[0031] 中部件剪枝刀具31a和下部件剪枝刀具31d中的长动刀31aa和短动刀31ab的运动形式完全相同，现以中部件剪枝刀具31a中的长动刀31aa和短动刀31ab为例说明。中部件剪枝刀具31a中的长动刀31aa和一个长连杆31f，一个四连杆轴颈曲轴31h构成了一个偏置曲柄滑块机构，长动刀31aa通过长连杆31f铰接于四连杆轴颈曲轴31h的第二个连杆轴颈处。中部件剪枝刀具31a中的短动刀31ab和一个短连杆31g，以及同一个四连杆轴颈曲轴31h构成了第二个偏置曲柄滑块机构，短动刀31ab通过短连杆31g铰接于四连杆轴颈曲轴31h的第一个连杆轴颈处。

[0032] 长动刀31aa和长连杆31f，长连杆31f和四连杆轴颈曲轴31h的第二和第四个连杆轴颈处均为铰链连接；短动刀31ab和短连杆31g，短连杆31g和四连杆轴颈曲轴31h的第一和第三个连杆轴颈处也均为铰链连接。中部剪枝刀具31a和下部件剪枝刀具31d中的长动刀31aa和短动刀31ab都是由同一个四连杆轴颈曲轴的轴颈分别与一个长连杆31f和一个短连杆31g的一端铰接，长连杆31f和短连杆31g的另一端再分别与长动刀31aa和短动刀31ab铰接。

[0033] 长连杆31f和短连杆31g各有二个，分别属于中部剪枝刀具和下部剪枝刀具。偏置式曲柄连杆机构为切割器割刀的驱动机构。31i为驱动曲轴31h的液压马达。

[0034] 将动刀片铆接在刀杆上，铆装要牢固、紧密，铆在刀杆上的动刀片应在同一平面上。对于不同割幅需求的刀具部件，只需要调整刀杆的长度及动刀片的个数即可。刀片节距80mm，两相邻刀片刃口底边间距为22mm，割刀行程为80mm，可修剪最大枝条直径为30mm。

[0035] 因为本文中刀具上部件、刀具中部件和刀具下部件的刀具运动关系相同，因此为了提高本装置零件的互换性和统一性，刀具上部件、刀具中部件和刀具下部件的曲轴及连杆的长度都相同。

[0036] 由于连接杆31ae是通过铰接方式分别连接于刀具支架31b和中部剪枝刀具31a，因而刀具的实际运动路径为圆弧。加工时需要预留8mm～10mm的空间设计余量以满足刀具的运动。

[0037] 如图3a所示，剪枝上部件32与剪枝中下部件类似，由上部剪枝刀具32a，连接杆32ae，刀具支架32b和上部件底板32c组成。如图3b所示，上部剪枝刀具32a同样分别由一把长动刀32aa和一把短动刀32ab并排组合而成，同时保证两个动刀之间留有一定间隙，长动刀32aa和短动刀32ab的结构分别与长动刀31aa和短动刀31ab相似。长动刀32aa和短动刀32ab都分别通过两个连接杆32ae铰接于两个刀架支架32b上，两个刀架支架32b固定在中部件底板32c上。上部件剪枝刀具32a的长动刀32aa和短动刀32ab与下部件剪枝刀具31d的长

动刀31aa和短动刀31ab长度相等。上部件剪枝刀具32a中的长动刀32aa和一个长连杆32f，一个二连杆轴颈曲轴32h构成了一个偏置曲柄滑块机构，长动刀32aa通过长连杆32f铰接于曲轴32h的连杆轴颈处。上部件剪枝刀具32a中的短动刀32ab和一个短连杆32g，以及同上述曲轴32h构成了第二个偏置曲柄滑块机构。长动刀32aa和长连杆32f，长连杆32f和曲轴32h的连杆轴颈处均为铰链连接，短动刀32ab和短连杆32g，短连杆32g和曲轴32h的连杆轴颈处也均为铰链连接。上部剪枝刀具32a中的长动刀和短动刀都是由同一个曲轴的两个轴颈分别与一个长连杆32f和一个短连杆32g铰接，长连杆32f和短连杆32g的另一端再分别与长动刀32aa和短动刀32ab铰接。32i为驱动曲轴32h的液压马达。

[0038] 如图4所示，顶梢剪枝部件33与剪枝中下部件及剪枝上部件类似，由顶梢剪枝刀具33a，连接杆33ae，顶梢部件底板33c组成。上部剪枝刀具33a同样分别由一把长动刀33aa和一把短动刀33ab并排组合而成，同时保证两个动刀之间留有一定间隙，长动刀33aa和短动刀33ab的结构分别与长动刀31aa和短动刀31ab相似。对于不同割幅需求的剪枝刀具，只需要调整刀杆的长度及梯形刀片的个数即可。长动刀33aa和短动刀33ab分别通过三个连接杆33ae铰接于顶梢部件底板33c。顶梢部件剪枝刀具33a中的长动刀33aa和一个长连杆33f，一个二连杆轴颈曲轴33h构成了一个偏置曲柄滑块机构，顶梢部件剪枝刀具33a中的短动刀33ab和一个短连杆33g，以及同上述曲轴33h构成了第二个偏置曲柄滑块机构。长动刀33aa和长连杆33f，长连杆33f和曲轴33h的连杆轴颈处均为铰链连接，短动刀33ab和短连杆33g，短连杆33g和曲轴33h的连杆轴颈处也均为铰链连接。顶梢部件剪枝刀具33a中的长动刀和短动刀都是由同一个曲轴的轴颈分别与一个长连杆33f和一个短连杆33g铰接，长连杆33f和短连杆33g的另一端再分别与长动刀33aa和短动刀33ab铰接。33i为驱动曲轴33h的液压马达。

[0039] 操作人员可通过控制面板控制相应的液压电磁阀实现对各个液压缸的动作控制。通过横向伸缩液压缸23驱动横向伸缩梁22在横梁底座21的方槽内作横向往复直线移动；通过纵向移动液压缸26驱动竖梁底座25沿竖梁立柱24作纵向往复直线移动；通过侧向摆动液压缸28驱动竖梁立柱24以横梁铰链27为中心相对横向伸缩梁22作侧向的往复摆动；通过侧向摆动液压缸34驱动剪枝下部件以四连杆轴颈曲轴31h为中心相对剪枝中部件作侧向往复摆动；通过侧向摆动液压缸35驱动剪枝上部件以二连杆轴颈曲轴32h为中心相树剪枝中部件作侧向往复摆动；通过液压马达33j驱动顶梢剪枝部件以二连杆轴颈曲轴33h为中心相对剪枝上部件作侧向往复摆动，摆动幅度为100o。控制面板4通过吸盘吸附于驾驶室玻璃上，方便驾驶人员操控。整个装置的液压系统由单独的液压泵站控制。

[0040] 下面对利用所述多段式可变幅剪枝装置进行不同几何形状的树形修剪作业进行说明，移动平台的行驶方向如图5所示为垂直于纸面向外。

[0041] 侧面墙式形状：如图1、图4和图5(a)，通过液压马达33j、侧向摆动液压缸34和侧向摆动液压缸35控制顶梢剪枝部件33、剪枝上部件32以及剪枝下部件31-2的摆动形成垂直结构，可对果树树冠按侧面墙式形状进行剪枝；

[0042] 梯形形状：如图1、图4和图5(b)，通过液压马达33j、侧向摆动液压缸34、侧向摆动液压缸35和侧向摆动液压缸28控制顶梢剪枝部件33、剪枝上部件32以及剪枝中下部件31的摆动形成梯形结构，可对果树树冠按梯形形状进形剪枝；

[0043] 类球形多边形形状：如图1、图4和图5(c)，通过液压马达33j、侧向摆动液压缸34和

侧向摆动液压缸35控制顶梢剪枝部件33、剪枝上部件32以及剪枝下部件31-2的摆动形成类球形结构，可对果树树冠按类球形多边形形状进行剪枝。

[0044] 以上所列三种几何形状的树形修剪方式仅为典型方式，还可通过控制不同剪枝部件的运动形成其他的几何形状，以完成不同需求的多段仿形剪枝。此外，通过控制横向伸缩液压缸23调节剪枝部件3与移动平台的横向距离以适应果树树冠位置的远近，通过控制纵向移动液压缸26调节剪枝部件3与移动平台的纵向距离以适应果树树冠位置的高低。

[0045] 在本发明的描述中，需要说明的是，术语“上”、“中”、“下”、“横”、“竖”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，或者是该发明产品使用时惯常摆放的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0046] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，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，均应包含在本发明的保护范围之内。

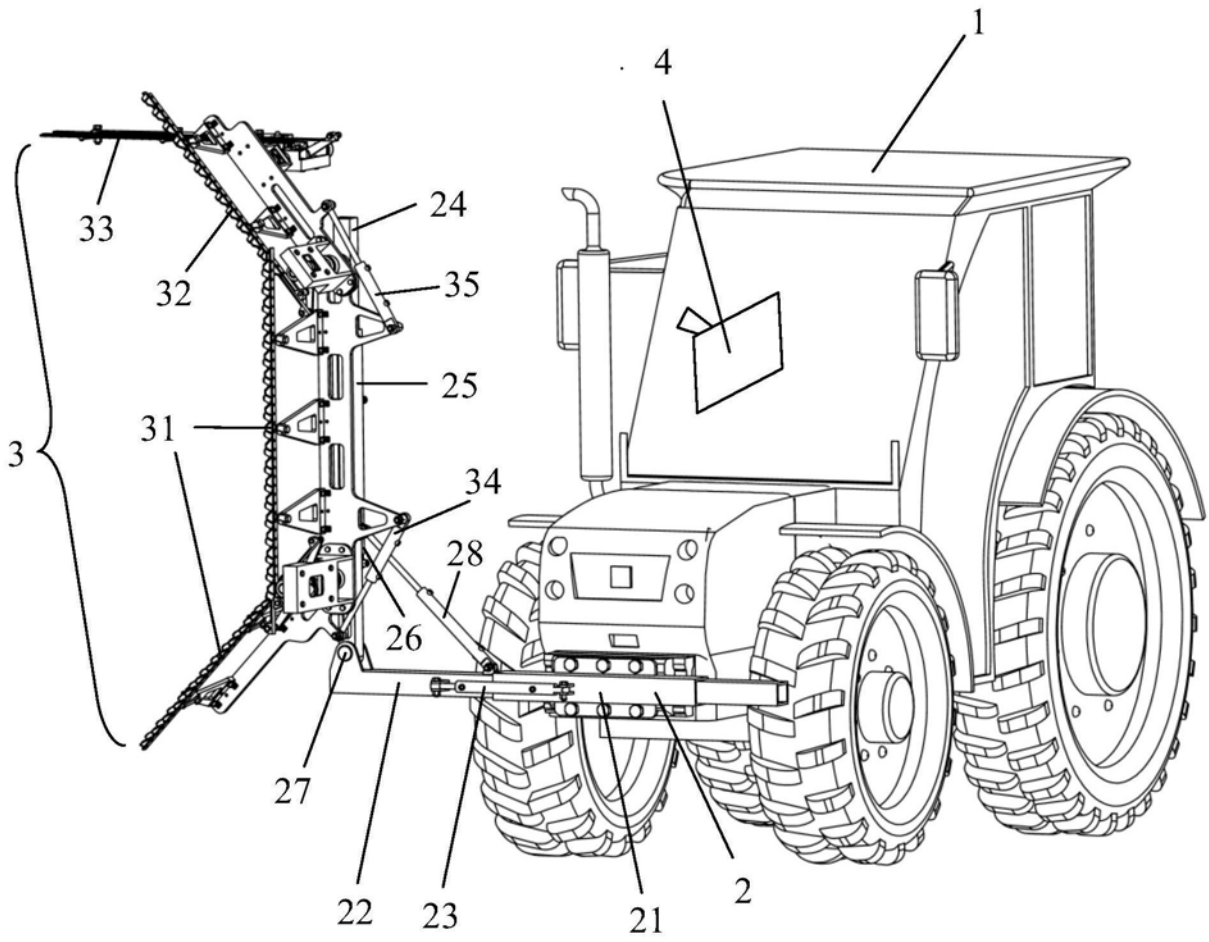


图1

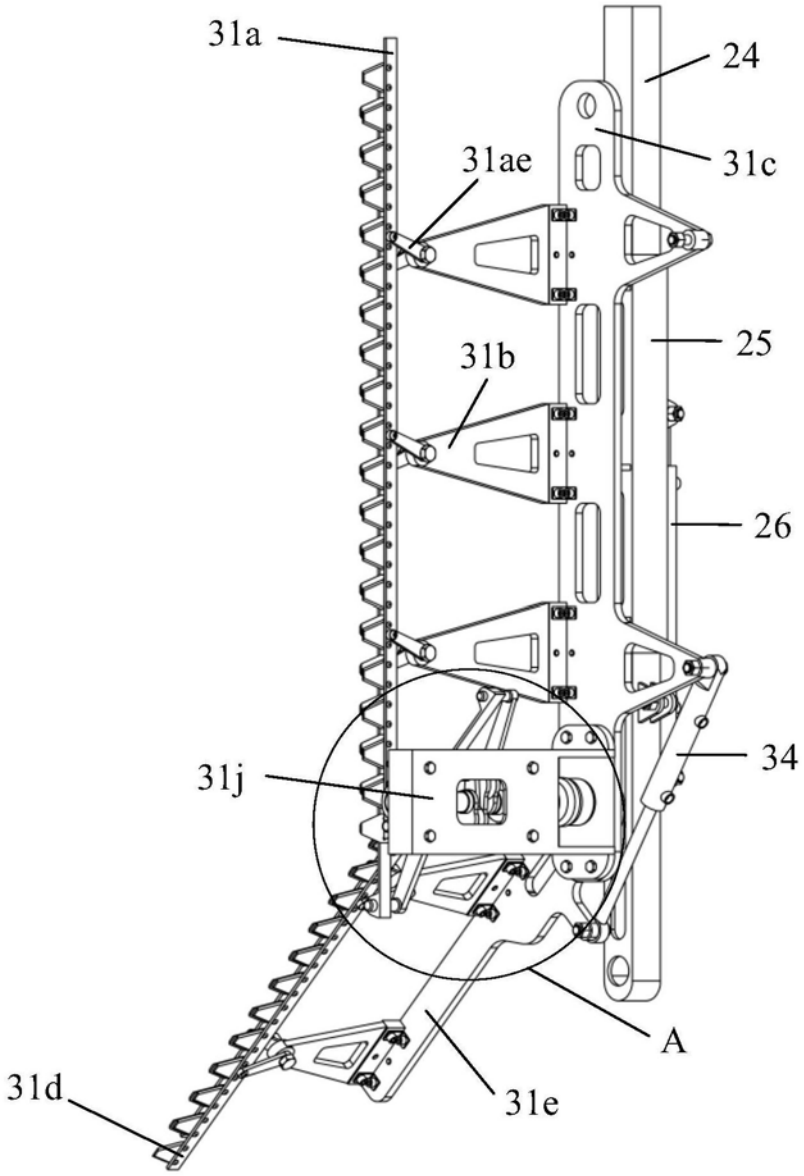


图2a

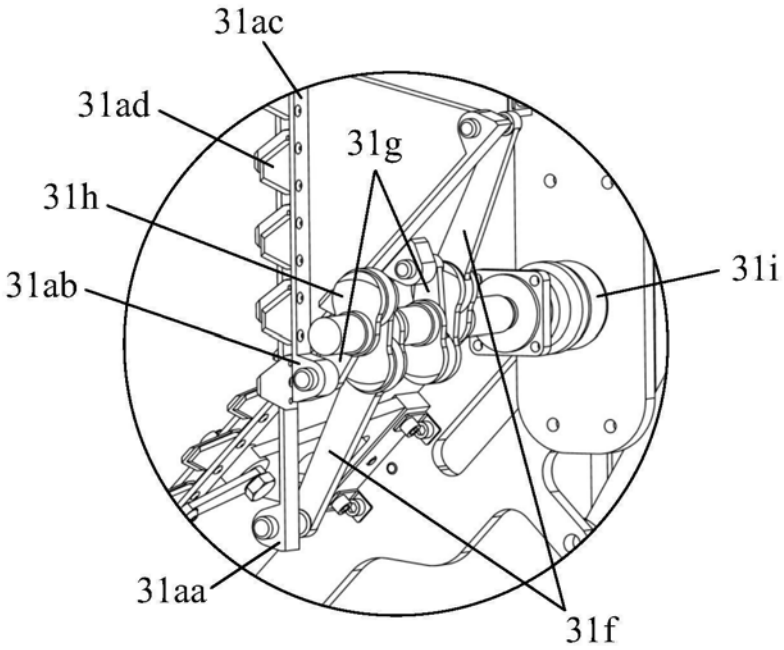


图2b

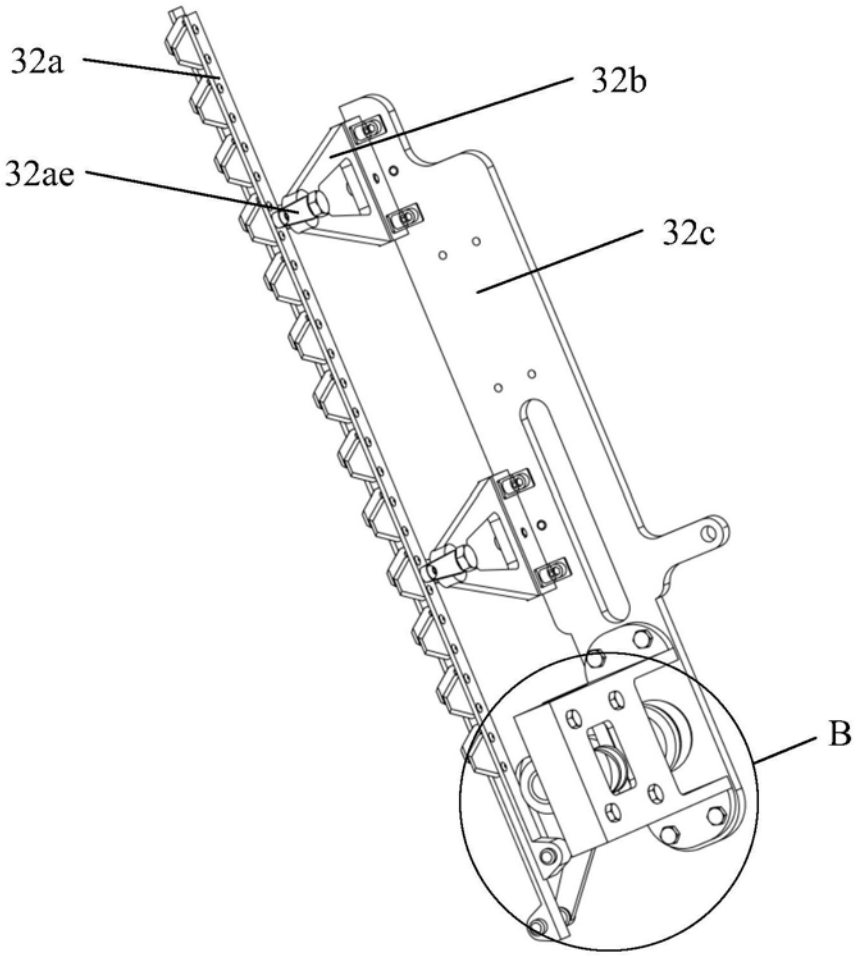


图3a

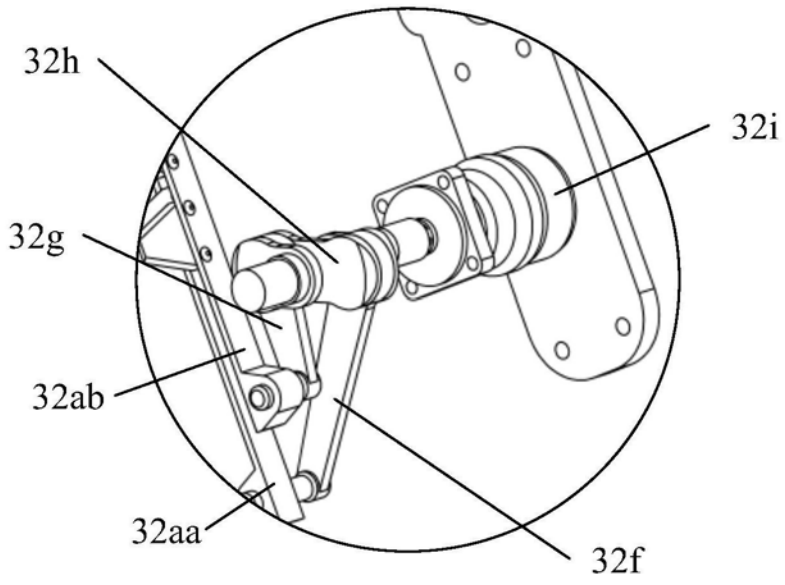


图3b

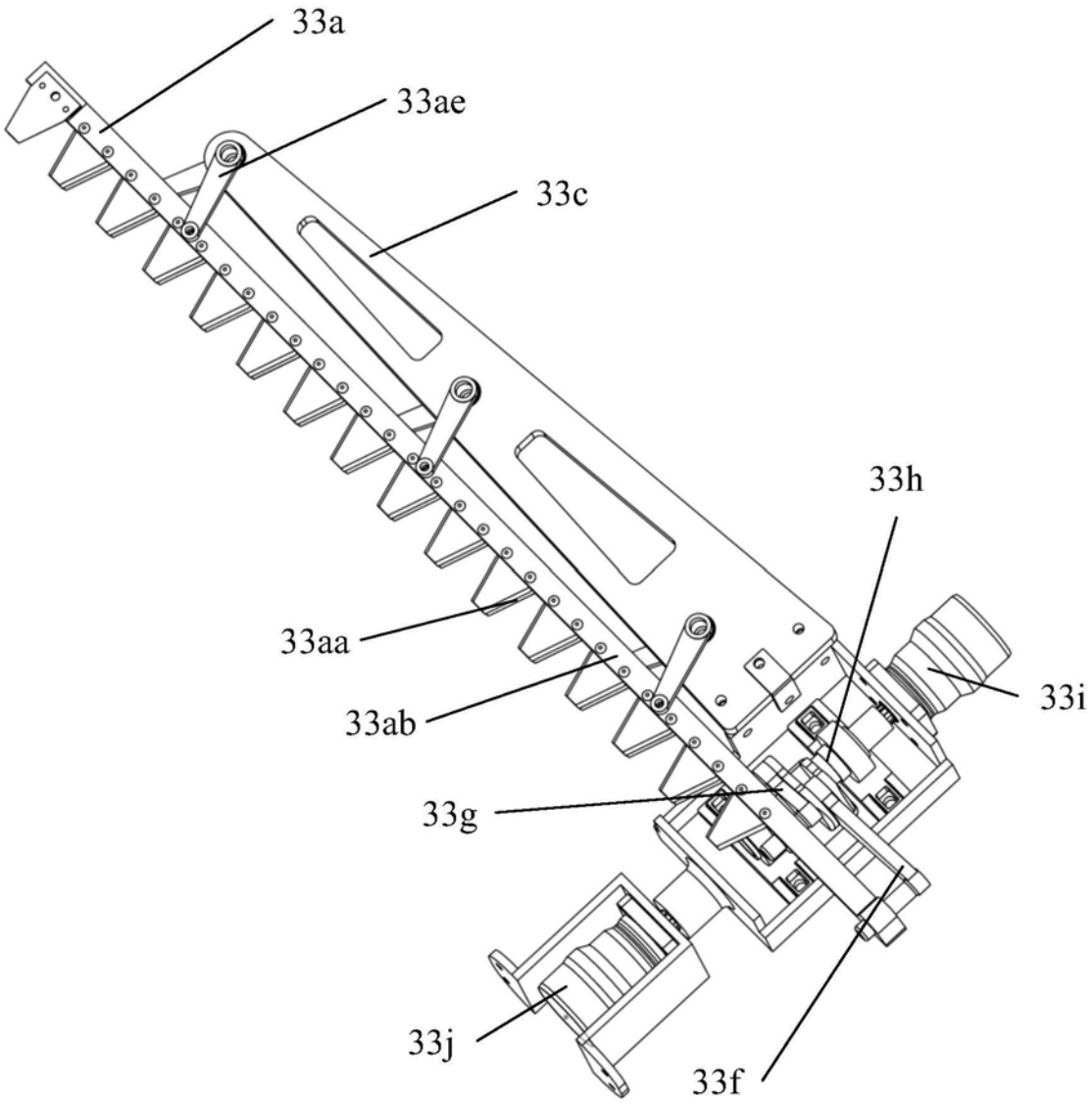


图4

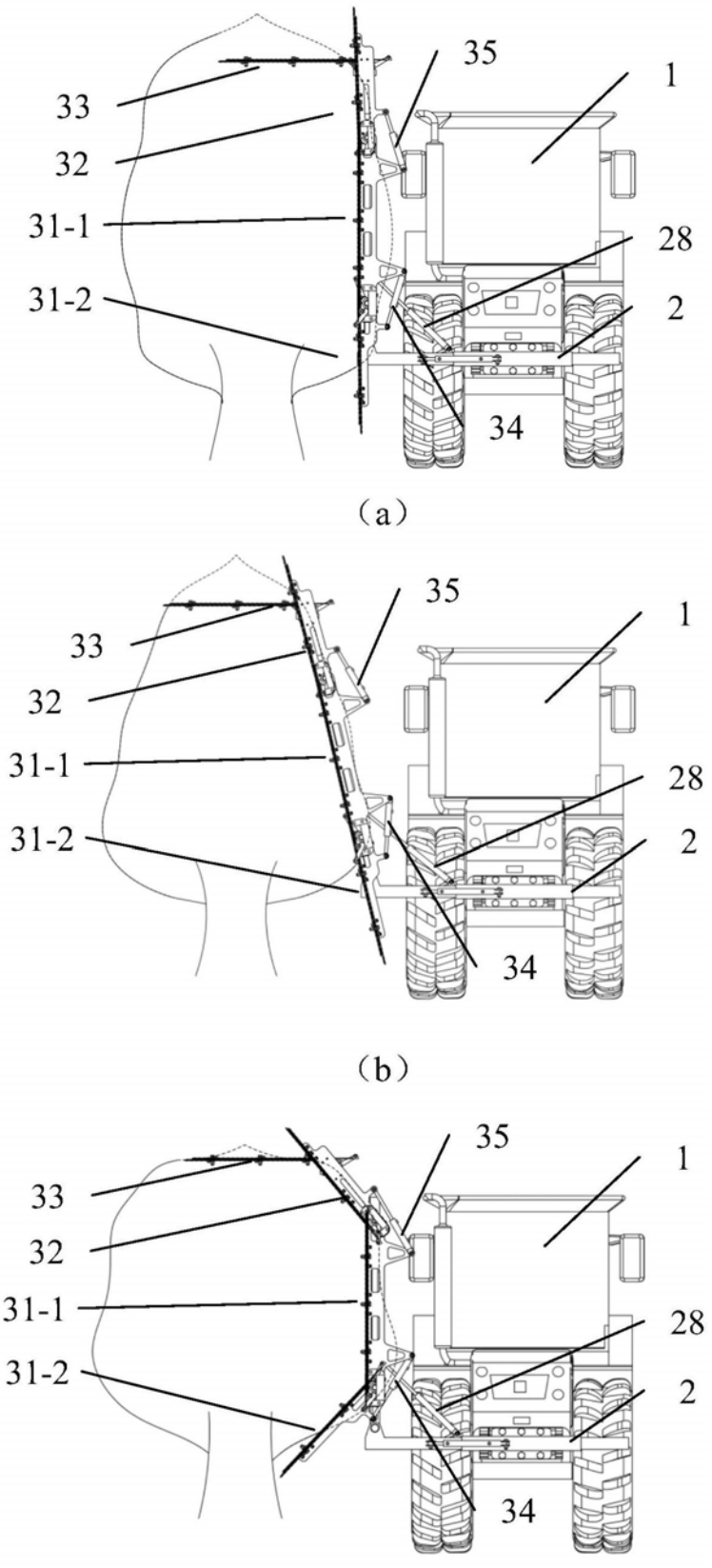

35
1
33
32
31-1
28
31-2
2
34
(a)
35
1
33
32
31-1
28
31-2
2
34
(b)
35
1
33
32
31-1
28
31-2
2
34
(c)

图5