



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107494194 A

(43)申请公布日 2017.12.22

(21)申请号 201710607698.7

(22)申请日 2017.07.24

(71)申请人 中国农业大学

地址 100193 北京市海淀区圆明园西路2号

(72)发明人 张宾 王学雷 吴泰羽 李传军

黄杰

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 王莹 吴欢燕

(51)Int.Cl.

A01G 23/10(2006.01)

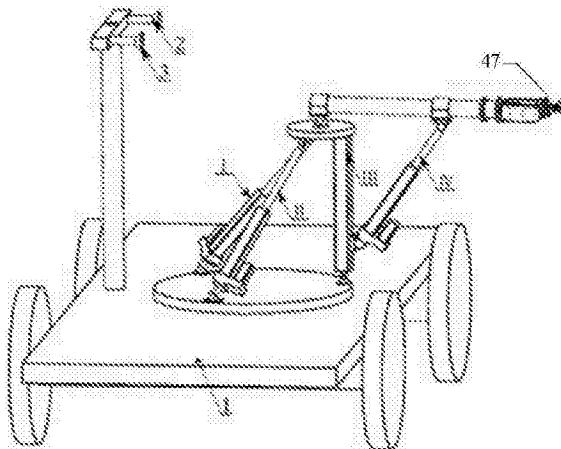
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种割胶机器人

(57)摘要

本发明提供一种割胶机器人，包括移动小车、图像采集装置、五自由度混联机构以及末端执行器，图像采集装置和五自由度混联机构固定在所述移动小车上，五自由度混联机构与所述末端执行器连接；图像采集装置用于采集橡胶树割胶空间初始位置信息，并根据采集到的橡胶树割胶空间初始位置信息控制割胶机器人运动到橡胶树割胶空间初始位置；五自由度混联机构包括一个两自由度并联机构和一个三自由度串联机构，两自由度并联机构和三自由度串联机构共同调节所述末端执行器的位置和工作姿态；末端执行器用于切割橡胶。该割胶机器人具有结构简单、刚度高、全自动化、高效、适用于不同树径等特点，可替代人工割胶，实现割胶自动化，提高了劳动效率。



1. 一种割胶机器人，其特征在于，包括移动小车(1)、图像采集装置、五自由度混联机构以及末端执行器(47)，所述图像采集装置和五自由度混联机构固定在所述移动小车上，所述五自由度混联机构与所述末端执行器(47)连接；所述图像采集装置用于采集橡胶树割胶空间初始位置信息，并根据采集到的橡胶树割胶空间初始位置信息控制割胶机器人运动到橡胶树割胶空间初始位置；所述五自由度混联机构包括一个两自由度并联机构和一个三自由度串联机构，所述两自由度并联机构和三自由度串联机构共同调节所述末端执行器(47)的位置和工作姿态；所述末端执行器(47)用于切割橡胶。

2. 根据权利要求1所述的割胶机器人，其特征在于，所述图像采集装置包括第一摄像头(2)和第二摄像头(3)；所述第一摄像头(2)用于判断前方是否存在橡胶树，所述第一摄像头(2)和所述第二摄像头(3)用于对橡胶树割胶空间初始位置信息进行采集。

3. 根据权利要求1所述的割胶机器人，其特征在于，所述两自由度并联机构包括机座(4)和动平台(5)，所述机座(4)和动平台(5)通过两个SPU型驱动分支以及一个U型约束分支相连接；

所述三自由度串联机构包括三个转动副，所述三自由度串联机构的末端安装末端执行机构。

4. 根据权利要求3所述的割胶机器人，其特征在于，所述SPU型驱动分支包括球铰(6)、第一下连杆(7)、第一上连杆(8)和第一虎克铰(9)；所述U型约束分支包括第二虎克铰(10)和第二连杆(11)；所述第一下连杆(7)一端通过球铰(6)与所述机座(4)连接，另一端连接所述第一上连杆(8)，所述第一上连杆(8)一端通过第一虎克铰(9)与所述动平台(5)连接。

5. 根据权利要求4所述的割胶机器人，其特征在于，所述第一虎克铰(9)和所述第二连杆(11)布置在以所述动平台(5)的下表面中心为圆心的同一圆周上；所述球铰(6)和所述第二虎克铰(10)布置在以所述机座(4)的上表面中心为圆心的同一圆周上。

6. 根据权利要求3所述的割胶机器人，其特征在于，所述三个转动副包括第一转动副(12)、第二转动副(18)和第三转动副(30)；

所述第一转动副(12)由RPR型驱动分支驱动，所述RPR型驱动分支包括依次连接的第四转动副(13)、第三下连杆(14)、第三上连杆(15)和第五转动副(16)；所述第三下连杆(14)一端通过第四转动副(13)与所述第二连杆(11)连接，另一端与所述第三上连杆(15)连接；所述第三上连杆(15)通过所述第五转动副(16)与上臂(17)连接。

7. 根据权利要求6所述的割胶机器人，其特征在于，所述第二转动副(18)包括轴承轴(27)和第一电机(29)，所述轴承轴(27)通过轴套(24)、轴承端盖(26)、第一小圆螺母(21)和第二小圆螺母(22)固定锁紧，所述轴承轴(27)上端设置支撑板(28)，所述第一电机(29)通过螺栓连接电机固定座(19)，所述电机固定座(19)连接轴承支撑座(20)；所述轴套(24)一端连接第一角接触球轴承(23)，所述轴套(24)另一端连接第二角接触球轴承(25)。

8. 根据权利要求6所述的割胶机器人，其特征在于，所述第三转动副(30)包括第二电机(31)和同步带，所述第二电机(31)与同步带连接，驱动同步带转动。

9. 根据权利要求1所述的割胶机器人，其特征在于，所述末端执行器(47)包括：舵机支撑座(32)、舵机(33)、小齿轮(34)、大齿轮(35)、直线位移传感器支撑座(36)、第一直线位移传感器(37)、第二直线位移传感器(38)、第三直线位移传感器(39)、第一直线位移传感器(37)的引出装置(40)、电主轴(42)、安装于电主轴上的铣刀(41)、电主轴固定座(43)；

所述电主轴(42)连接电主轴固定座(43),所述舵机支撑座(32)设置于所述电主轴固定座(43)上,所述舵机(33)设置于舵机支撑座(32)上,所述舵机(33)与所述小齿轮(34)连接,带动小齿轮(34)转动,小齿轮(34)连接大齿轮(35),直线位移传感器支撑座(36)与大齿轮(35)连接,所述第一直线位移传感器(37)沿竖直方向设置在直线位移传感器支撑座(36)上,所述第一直线位移传感器末端设置引出装置(40),用于探测橡胶树竖直方向割痕,控制竖直方向割胶厚度;所述铣刀(41)与所述电主轴(42)连接,所述第二直线位移传感器(38)和第三直线位移传感器(39)分别布置于铣刀(41)上方并与所述铣刀(41)平行,所述第二直线位移传感器(38)和第三直线位移传感器(39)用于控制所述割胶机器人的割胶深度。

10.根据权利要求9所述的割胶机器人,其特征在于,所述末端执行器(47)的大齿轮(35)内部安装深沟球轴承(44),深沟球轴承(44)安装于电主轴固定座(43)的前端凸台上,轴承挡板(45)用于固定深沟球轴承(44)内圈的轴向移动,孔用挡圈(46)用于固定轴承外圈的轴向移动。

## 一种割胶机器人

### 技术领域

[0001] 本发明涉及农业机器人领域,尤其涉及一种割胶机器人。

### 背景技术

[0002] 橡胶作为工业设备和日常生活用品的制造原料,其在工业生产和日常生活中起着举足轻重的作用。但橡胶采集工作量大、难度大,一直以来都是限制其生产效率的瓶颈。目前,我国大部分胶园还是采用人工手持割胶刀进行割胶,虽然近年出现了电动割胶刀,但仍未改变割胶劳动强度大、效率低、安全性差的特点,极大地制约了橡胶产业化、商品化的发展。近年来,随着天然橡胶价格不断下滑,割胶工流失和老龄化问题日益严重,割胶成本急剧增加,传统割胶已经远远满足不了我国橡胶种植业的发展,胶园生产作业与管理的机械化、智能化将是未来发展的必然趋势之一。

[0003] 橡胶是重要的战略物资,在军事国防上应用更是十分广泛,比如,一辆坦克要用八百多千克橡胶;一艘三万吨级的军舰要用六十八吨橡胶,差不多军事装备、空军设施、国防工程都有橡胶的足迹。使用橡胶制做的船舶、帐篷、仓库以及防护用具、浴水服装等品种也很多。至于国防尖端技术需要的耐高温、耐低温、耐油、耐高度真空等特殊性能的橡胶制品更是不可缺少。

[0004] 橡胶树通过割胶来获取经济产量,橡胶树投产后可割胶30-40年,割胶的劳动投入占整个橡胶生产劳动总收入的70%以上,因此割胶生产是橡胶生产的重要环节,而割胶是一个需要高技术的手工工作,割胶技术和割胶制度的好坏不仅影响产量,还影响生产周期,甚至影响橡胶树的寿命。同时橡胶切割需要凌晨3点钟开始割树,每3个小时收集一次,不但辛苦而且对劳动者身体有害。胶工的大量投入,成为橡胶生产的瓶颈。因此,使用机械割胶成为减少胶工劳动时间和劳动强度,提高效率的重要形式。

[0005] 鉴于现有割胶技术中的缺陷,为了更智能、更自动化的进行割胶作业,急需割胶机器人来替代传统的人工割胶。目前大多数生产线上的工业割胶机器人采用了关节形式的串联割胶机器人,串联割胶机器人的典型结构是由转动机身,转动大臂(或移动大臂),转动小臂(或移动小臂)与具有两个或三个转动自由度的腕关节以及末端执行器组成。这种拓扑结构决定了割胶机器人在工作范围和姿态调整上具有高度的灵活性和柔性,但冗长的悬臂结构却使得割胶机器人的负载能力和动态性能相当有限。并联机构的结构特点在于,多个输入支链共同连接一个动平台,通过多个驱动的协调作用来实现动平台的位姿调整,因此并联割胶机器人具有高刚度,快速和高动态精度等特点。例如包装线上的德尔塔机构以独有的高速特性和高动态精度,使得瓶盖的分拣效率提高了数倍。但并联割胶机器人却因工作范围有限,柔性不足,难以拓展到更为广阔的应用领域。

### 发明内容

[0006] 本发明为解决现有技术的上述缺陷,提供一种割胶机器人,包括:

[0007] 移动小车、图像采集装置、五自由度混联机构以及末端执行器,所述图像采集装置

和五自由度混联机构固定在所述移动小车上，所述五自由度混联机构与所述末端执行器连接；所述图像采集装置用于采集橡胶树割胶空间初始位置信息，并根据采集到的橡胶树割胶空间初始位置信息控制割胶机器人运动到橡胶树割胶空间初始位置；所述五自由度混联机构包括一个两自由度并联机构和一个三自由度串联机构，所述两自由度并联机构和三自由度串联机构共同调节所述末端执行器的位置和工作姿态；所述末端执行器用于切割橡胶。

[0008] 其中，所述图像采集装置包括第一摄像头和第二摄像头；所述第一摄像头用于判断前方是否存在橡胶树，所述第一摄像头和所述第二摄像头用于对橡胶树割胶空间初始位置信息进行采集。

[0009] 其中，所述两自由度并联机构包括机座和动平台，所述机座和动平台通过两个SPU型驱动分支以及一个U型约束分支相连接；

[0010] 所述三自由度串联机构包括三个转动副，所述三自由度串联机构的末端安装末端执行机构。

[0011] 其中，所述SPU型驱动分支包括球铰、第一下连杆、第一上连杆和第一虎克铰；所述U型约束分支包括第二虎克铰和第二连杆；所述第一下连杆一端通过球铰与所述机座连接，另一端连接所述第一上连杆，所述第一上连杆一端通过第一虎克铰与所述动平台连接。

[0012] 其中，所述第一虎克铰和所述第二连杆布置在以所述动平台的下表面中心为圆心的同一圆周上；所述球铰和所述第二虎克铰布置在以所述机座的上表面中心为圆心的同一圆周上。

[0013] 其中，所述三个转动副包括第一转动副、第二转动副和第三转动副；

[0014] 所述第一转动副由RPR型驱动分支驱动，所述RPR型驱动分支包括依次连接的第四转动副、第三下连杆、第三上连杆和第五转动副；所述第三下连杆一端通过第四转动副与所述第二连杆连接，另一端与所述第三上连杆连接；所述第三上连杆通过所述第五转动副与上臂连接。

[0015] 其中，所述第二转动副包括轴承轴和第一电机，所述轴承轴通过轴套、轴承端盖、第一小圆螺母和第二小圆螺母固定锁紧，所述轴承轴上端设置支撑板，所述第一电机通过螺栓连接电机固定座，所述电机固定座连接轴承支撑座；所述轴套一端连接第一角接触球轴承，所述轴套另一端连接第二角接触球轴承。

[0016] 其中，所述第三转动副包括第二电机和同步带，所述第二电机与同步带连接，驱动同步带转动。

[0017] 其中，所述末端执行器包括：舵机支撑座、舵机、小齿轮、大齿轮、直线位移传感器支撑座、第一直线位移传感器、第二直线位移传感器、第三直线位移传感器、第一直线位移传感器的引出装置、电主轴、安装于电主轴上的铣刀、电主轴固定座；

[0018] 所述电主轴连接电主轴固定座，所述舵机支撑座设置于所述电主轴固定座上，所述舵机设置于舵机支撑座上，所述舵机与所述小齿轮连接，带动小齿轮转动，小齿轮连接大齿轮，直线位移传感器支撑座与大齿轮连接，所述第一直线位移传感器沿竖直方向设置在直线位移传感器支撑座上，所述第一直线位移传感器末端设置引出装置，用于探测橡胶树竖直方向割痕，控制竖直方向割胶厚度；所述铣刀与所述电主轴连接，所述第二直线位移传感器和第三直线位移传感器分别布置于铣刀上方并与所述铣刀平行，所述第二直线位移传

感器和第三直线位移传感器用于控制所述割胶机器人的割胶深度。

[0019] 其中,所述末端执行器的大齿轮内部安装深沟球轴承,深沟球轴承安装于电主轴固定座的前端凸台上,轴承挡板用于固定深沟球轴承内圈的轴向移动,孔用挡圈用于固定轴承外圈的轴向移动。

[0020] 本发明提供了一种割胶机器人,该割胶机器人可实现机械自动化割胶代替人工劳动,大大解放了劳动力,实现对橡胶树的自动割胶,减少橡胶树割胶成本,改善胶工的作业条件,使胶工完全从辛苦的割胶劳动中解放出来。本发明所提供的五自由度混联机构具有结构简单、工作空间大、全自动化、高效、适用于不同树径等特点,实现割胶自动化。两个结构完全相同的SPU型驱动分支和一个U型约束分支组成并联机构,大大增加了割胶机器人的刚性。本发明提供的割胶机器人通过末端执行器三个直线位移传感器实现割胶机器人的闭环控制,实现对橡胶树切割深度和割胶耗皮量的控制。本发明提供的五自由度混联机构可用于工业焊接、切割、喷涂等领域,具有较好的推广和使用价值。

## 附图说明

- [0021] 图1为根据本发明实施例提供的割胶机器人的结构示意图;
- [0022] 图2为根据本发明实施例提供的五自由度混联机构结构示意图;
- [0023] 图3为根据本发明实施例提供的第二转动副结构示意图;
- [0024] 图4为根据本发明实施例提供的末端执行器结构示意图;
- [0025] 图5为根据本发明实施例提供的末端执行器大齿轮的装配示意图;
- [0026] 图中,1.移动小车;2.第一摄像头;3.第二摄像头;4.机座;5.动平台;6.球铰;7.第一下连杆;8.第一上连杆;9.第一虎克铰;10.第二虎克铰;11.第二连杆;12.第一转动副;13.第四转动副;14.第三下连杆;15.第三上连杆;16.第五转动副;17.上臂;18.第二转动副;19.电机固定座;20.轴承支撑座;21.第一小圆螺母;22.第二小圆螺母;23.第一角接触球轴承;24.轴套;25.第二角接触球轴承;26.轴承端盖;27.轴承轴;28.支撑板;29.第一电机;30.第三转动副;31.第二电机;32.舵机支撑座;33.高精度舵机;34.小齿轮;35.大齿轮;36.直线位移传感器支撑座;37.第一直线位移传感器;38.第二直线位移传感器;39.第三直线位移传感器;40.引出装置;41.铣刀;42.电主轴;43.电主轴固定座;44.深沟球轴承;45.轴承挡板;46.孔用挡圈;47.末端执行器。

## 具体实施方式

[0027] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0028] 为便于说明,用S、U、R、P分别表示五自由度混联机构各运动分支中的球副、虎克铰、转动副和移动副,它们的组合构成分支运动链结构。图1中,I、II表示两个结构完全相同的SPU型驱动分支,III表示U型约束分支,IV表示RPR型驱动分支。

[0029] 图1为根据本发明实施例提供的割胶机器人的结构示意图,如图1所示,该割胶机器人包括:

[0030] 移动小车1、图像采集装置、五自由度混联机构以及末端执行器47，所述图像采集装置和五自由度混联机构固定在所述移动小车上，所述五自由度混联机构与所述末端执行器47连接；所述图像采集装置用于采集橡胶树割胶空间初始位置信息，并根据采集到的橡胶树割胶空间初始位置信息控制割胶机器人运动到橡胶树割胶空间初始位置；所述五自由度混联机构包括一个两自由度并联机构和一个三自由度串联机构，所述两自由度并联机构和三自由度串联机构共同调节所述末端执行器47的位置和工作姿态；所述末端执行器47用于切割橡胶。

[0031] 具体地，移动小车上设置有图像采集装置和五自由度混联机构，图像采集装置用于采集橡胶树割胶空间初始位置信息，并根据采集到的橡胶树割胶空间初始位置信息控制割胶机器人运动到橡胶树割胶空间初始位置，为开始割胶做好准备。

[0032] 五自由度混联机构包括一个两自由度并联机构和一个三自由度串联机构，其中，两自由度并联机构增强割胶机器人的承载能力和刚度，所述三自由度串联机构增强机器人的灵活性、柔性和工作空间，所述两自由度并联机构和三自由度串联机构共同调节所述末端执行器47的位置和工作姿态，实现末端执行器47五自由度的切割工作。

[0033] 鉴于串、并联割胶机器人各自的优缺点，本申请在割胶机器人拓扑结构上进行规划，采用结构简单、工作空间大、全自动化、高效、适用于不同树径的五自由度混联机构。五自由度混联机构与末端执行器47连接，用于高效、全自动化切割橡胶。

[0034] 本发明实施例提供的割胶机器人，割胶机器人上设置的五自由度混联机构具有结构简单、工作空间大、全自动化、高效、适用于不同树径等特点，利用五自由度混联机构调节所述末端执行器的位置和工作姿态，实现末端执行器五自由度的切割工作，该割胶机器人可实现机械自动化割胶代替人工劳动，大大解放了劳动力，实现对橡胶树的自动割胶，减少橡胶树割胶成本，改善胶工的作业条件，提高割胶劳动的效率。

[0035] 在上述实施例的基础上，图像采集装置包括第一摄像头2和第二摄像头3；所述第一摄像头2用于判断前方是否存在橡胶树，所述第一摄像头2和所述第二摄像头3用于对橡胶树割胶空间初始位置信息进行采集。

[0036] 图2为根据本发明实施例提供的五自由度混联机构结构示意图，如图2所示，两自由度并联机构包括机座(4)和动平台(5)，所述机座(4)和动平台(5)通过两个SPU型驱动分支以及一个U型约束分支相连接；

[0037] 所述三自由度串联机构包括三个转动副，所述三自由度串联机构的末端安装末端执行机构。

[0038] 两个结构完全相同的SPU型驱动分支和一个U型约束分支组成两自由度并联机构，大大增加了割胶机器人的刚性，并联机构还具有高速和高动态精度的特点，可以增加该割胶机器人割胶的速度和精度。三自由度串联机构包括三个转动副R，三个转动副结构加强了割胶机器人的灵活性和柔性。末端执行机构安装于所述三自由度串联机构的末端。

[0039] 如图2所示，所述SPU型驱动分支包括球铰6、第一下连杆7、第一上连杆8和第一虎克铰9；所述U型约束分支包括第二虎克铰10和第二连杆11；所述第一下连杆7一端通过球铰6与所述机座4连接，另一端连接所述第一上连杆8，所述第一上连杆8一端通过第一虎克铰9与所述动平台5连接。

[0040] 球铰是一种的空间连接铰，它有两个部件组成，球与球壳。该铰只允许两部件绕公

共的球心相对转动,限制它们三方向的相对移动。

[0041] 虎克铰是轴线通过同一点的两个转动副的组合,该铰链允许构件有两个相对转动的自由度。因其具有两个独立转角范围较大、间隙小、抗拉强度高并且在加工中精度也易于保证的特点,所以广泛地应用在各种形式的并联机构中。SPU型驱动分支由球铰6、第一下连杆7、第一上连杆8和第一虎克铰9构成,U型约束分支包括第二虎克铰10和第二连杆11。

[0042] 如图2所示,第一虎克铰9和所述第二连杆11均匀布置在以所述动平台5的下表面中心为圆心的同一圆周上。

[0043] 球铰6和第二虎克铰10均匀布置在以所述机座4的上表面中心为圆心的同一圆周上。

[0044] 如图2所示,三自由度串联机构包括三个转动副,三个转动副包括第一转动副12、第二转动副18和第三转动副30;

[0045] 所述第一转动副12由RPR型驱动分支驱动,所述RPR型驱动分支包括依次连接的第四转动副13、第三下连杆14、第三上连杆15和第五转动副16;所述第三下连杆14一端通过第四转动副13与所述第二连杆11连接,另一端与所述第三上连杆15连接;所述第三上连杆15通过所述第五转动副16与上臂17连接。

[0046] 图3为根据本发明实施例提供的第二转动副结构示意图,如图3所示,第二转动副18包括电机固定座19、轴承支撑座20、第一小圆螺母21、第二小圆螺母22、第一角接触球轴承23、轴套24、第二角接触球轴承25、轴承端盖26、轴承轴27、支撑板28和第一电机29。

[0047] 其中,轴承轴(27)通过轴套(24)、轴承端盖(26)、第一小圆螺母(21)和第二小圆螺母(22)固定锁紧,所述轴承轴(27)上端设置支撑板(28),所述第一电机(29)通过螺栓连接电机固定座(19),所述电机固定座(19)连接轴承支撑座(20);所述轴套(24)一端连接第一角接触球轴承(23),所述轴套(24)另一端连接第二角接触球轴承(25)。

[0048] 第一角接触球轴承23可同时承受径向负荷和轴向负荷。能在较高的转速下工作。接触角越大,轴向承载能力越高。高精度和高速轴承通常取15度接触角。在轴向力作用下,接触角会增大。

[0049] 如图2所示,第三转动副30包括第二电机31和同步带,所述第二电机31与同步带连接,驱动同步带转动。同步带连接同步带轮,同步带轮传动具有平稳,具有缓冲、减振能力,噪声低的优点。

[0050] 图4为根据本发明实施例提供的末端执行器结构示意图,如图4所示,末端执行器47包括:舵机支撑座32、舵机33、小齿轮34、大齿轮35、直线位移传感器支撑座36、第一直线位移传感器37、第二直线位移传感器38、第三直线位移传感器39、第一直线位移传感器37的引出装置40、电主轴42、安装于电主轴上的铣刀41、电主轴固定座43;

[0051] 所述电主轴42连接电主轴固定座43,所述舵机支撑座32设置于所述电主轴固定座43上,所述舵机33设置于舵机支撑座32上,所述舵机33与所述小齿轮34连接,带动小齿轮34转动,小齿轮34连接大齿轮35,直线位移传感器支撑座36与大齿轮35连接,所述第一直线位移传感器37沿竖直方向设置在直线位移传感器支撑座36上,所述第一直线位移传感器末端设置引出装置40,用于探测橡胶树竖直方向割痕,控制竖直方向割胶耗皮量;所述铣刀41与所述电主轴42连接,所述第二直线位移传感器38和第三直线位移传感器39分别布置于铣刀41上方并与所述铣刀41平行,所述第二直线位移传感器(38)和第三直线位移传感器39用于

控制所述割胶机器人的割胶深度。

[0052] 其中，舵机33是一种位置(角度)伺服的驱动器，适用于那些需要角度不断变化并可以保持的控制系统。舵机33带动小齿轮34转动，小齿轮34带动大齿轮35转动，直线位移传感器支撑座36与大齿轮35连接，进而使第二直线位移传感器38和第三直线位移传感器39垂直指向树心，铣刀41与大齿轮35相互独立，运动互不干涉。

[0053] 具体地，第一直线位移传感器37沿竖直方向布置，在第一直线位移传感器37末端设有引出装置40，该引出装置40末端与橡胶树割痕竖直方向的棱边接触，用于控制割胶机器人在竖直方向的割胶厚度(割胶耗皮量)，该引出装置内部设有弹簧，用于避免末端执行器47运行过程中该引出装置与橡胶树的干涉。

[0054] 进一步地，第二直线位移传感器38和第三直线位移传感器39分别布置于铣刀41上方并与铣刀41平行，第二直线位移传感器(38)和第三直线位移传感器39与橡胶树深度方向的割痕相接触，用于控制割胶机器人的割胶深度。末端执行器47通过接触式直线位移传感器水平方向和竖直方向的实时反馈形成闭环控制，进而控制水平方向的割胶深度和竖直方向的割胶耗皮量。

[0055] 图5为根据本发明实施例提供的末端执行器47大齿轮的装配示意图，如图5所示，末端执行器47的大齿轮35内部安装深沟球轴承44，深沟球轴承44安装于电主轴固定座43的前端凸台上，轴承挡板45用于固定深沟球轴承44内圈的轴向移动，孔用挡圈46用于固定轴承外圈的轴向移动。

[0056] 本发明提供了的割胶机器人，利用五自由度混联机构控制末端执行器进行割胶，五自由度混联机构包括一个两自由度并联机构和一个三自由度串联机构，其中，两自由度并联机构增强割胶机器人的承载能力和刚度，三自由度串联机构增强机器人的灵活性、柔性和工作空间，两自由度并联机构和三自由度串联机构共同调节所述末端执行器的位置和工作姿态，实现末端执行器五自由度的切割工作。该割胶机器人可实现机械自动化割胶代替人工劳动，大大解放了劳动力，实现对橡胶树的自动割胶，减少橡胶树割胶成本，改善胶工的作业条件，提高割胶工作的效率。本发明实施例提供的割胶机器人通过末端执行器三个直线位移传感器实现割胶机器人的闭环控制，可实现对橡胶树切割深度和割胶耗皮量的控制。本发明提供的五自由度混联机构可用于工业焊接、切割、喷涂等领域，具有较好的推广和使用价值。

[0057] 最后应说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然能够对前述各个实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各个实施例技术方案的精神和范围。

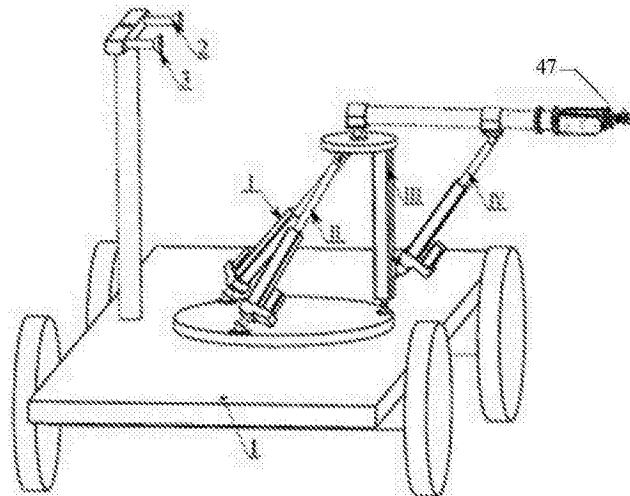


图1

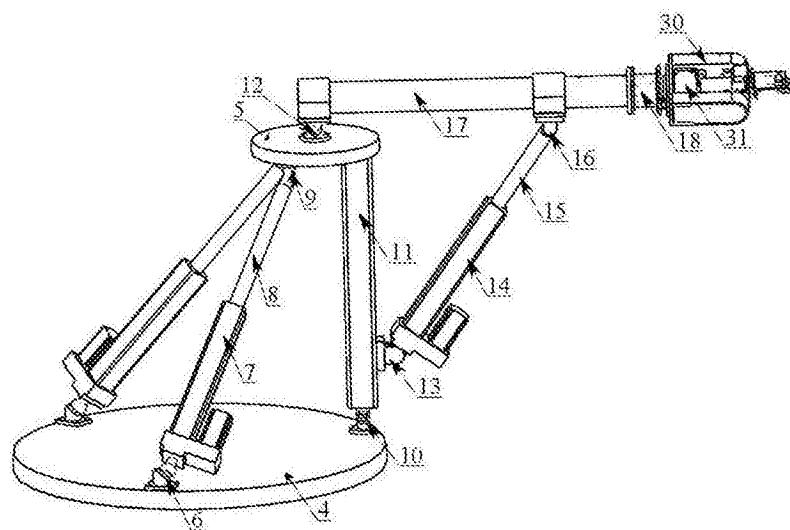


图2

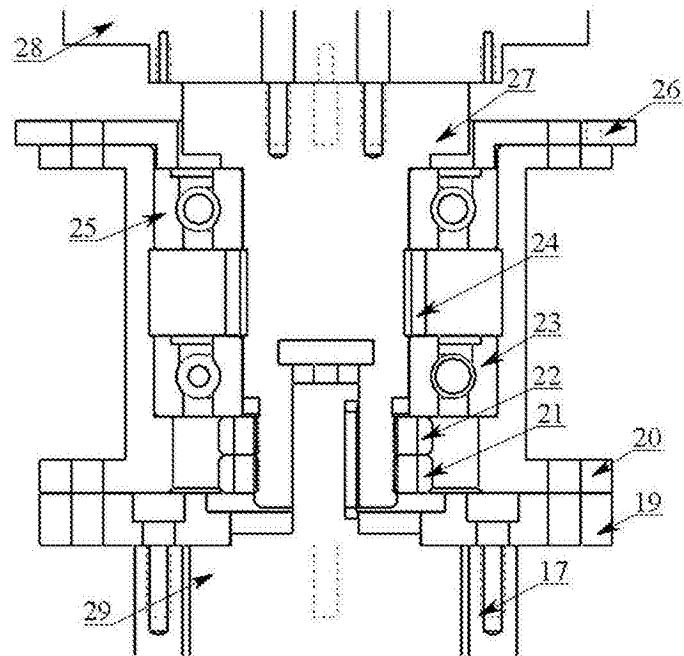


图3

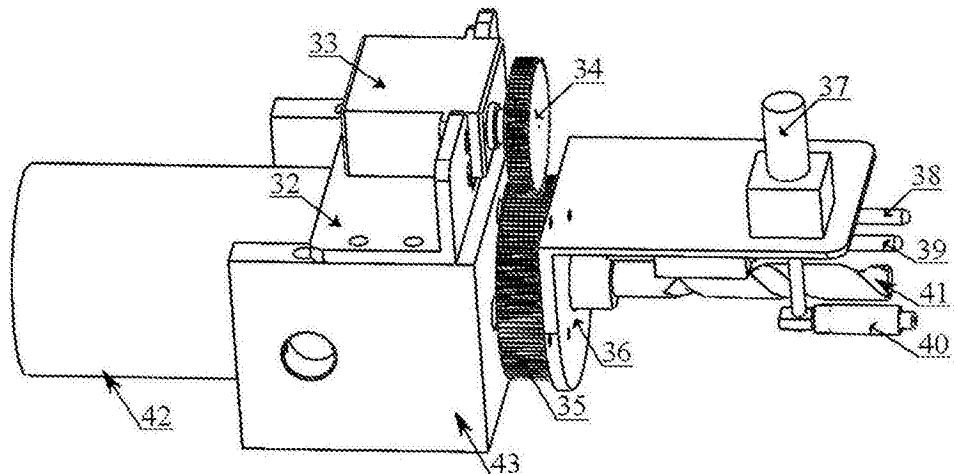


图4

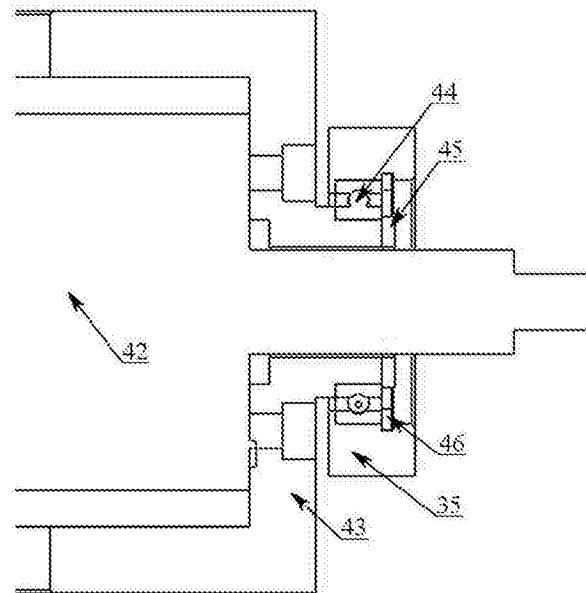


图5