



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116552764 A

(43) 申请公布日 2023. 08. 08

(21) 申请号 202310566707.8

(22) 申请日 2023.05.19

(71) 申请人 中山大学

地址 510275 广东省广州市海珠区新港西路135号

(72) 发明人 徐小明 区咏运 聂文萱 张敏
刘思怡 赵艺伟 韩路路

(74) 专利代理机构 广东南北知识产权代理事务
所(普通合伙) 44918

专利代理师 李思坪

(51) Int. Cl.

B63H 1/36 (2006.01)

B60F 3/00 (2006.01)

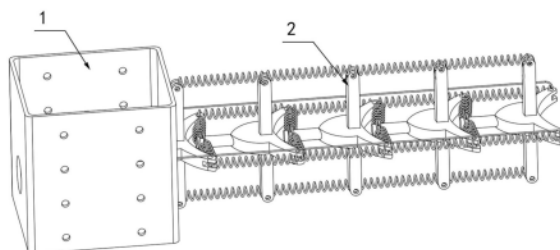
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

一种仿鳄鱼机器人尾部

(57) 摘要

本发明涉及仿生机器人技术领域,特别公开了一种仿鳄鱼机器人尾部,包括驱动装置和尾部主体;驱动装置包括绳驱机构,驱动装置上安装有尾部主体,绳驱机构分别绳驱连接尾部主体的两侧,绳驱机构用于带动尾部主体进行摆动;尾部主体包括多个关节和多组弹簧构件;多个关节依次分离排布于同一轴线上,相邻的关节间连接固定有多组弹簧构件,多组弹簧构件用于实现相邻的关节间的转动连接;在绳驱机构的带动下,整个尾部主体中相互分离的关节通过多组弹簧构件进行转动,从而实现少驱动电机控制仿鳄鱼机器人尾部进行摆尾的目的,彻底解决了现有仿鳄鱼机器人尾部需要多电机控制摆尾的问题。



1. 一种仿鳄鱼机器人尾部,其特征在于,
包括驱动装置和尾部主体;
所述驱动装置包括绳驱机构,所述驱动装置上安装有所述尾部主体,所述绳驱机构分别绳驱连接所述尾部主体的两侧,所述绳驱机构用于带动所述尾部主体进行摆动;
所述尾部主体包括多个关节和多组弹簧构件;
多个所述关节依次分离排布于同一轴线上,相邻的所述关节间连接固定有多组所述弹簧构件,多组所述弹簧构件用于实现相邻的所述关节间的转动连接。
2. 根据权利要求1所述的一种仿鳄鱼机器人尾部,其特征在于,
所述弹簧构件包括第一弹簧、第二弹簧和第三弹簧;
所述关节包括弧形板、轴向杆和径向杆;
相邻所述弧形板的两侧均连接固定有所述第一弹簧;
所述弧形板的外弧面连接固定所述轴向杆,所述轴向杆与相邻所述弧形板的两侧均连接固定有所述第二弹簧;
所述弧形板的两侧平面均连接固定有所述径向杆,两所述径向杆布置于同一轴线上,相邻所述径向杆的端部均连接固定所述第三弹簧。
3. 根据权利要求2所述的一种仿鳄鱼机器人尾部,其特征在于,
所述第二弹簧的弹性系数大于所述第一弹簧的弹性系数和所述第三弹簧的弹性系数。
4. 根据权利要求3所述的一种仿鳄鱼机器人尾部,其特征在于,
所述第一弹簧的弹性系数、所述第二弹簧的弹性系数与所述第三弹簧的弹性系数的比例为0.3:2:1至0.8:4:1。
5. 根据权利要求2所述的一种仿鳄鱼机器人尾部,其特征在于,所述轴向杆和所述径向杆相互垂直布置。
6. 根据权利要求2所述的一种仿鳄鱼机器人尾部,其特征在于,
所述弧形板的外弧面还连接固定有凸体,所述凸体沿远离所述驱动装置的方向逐渐变宽。
7. 根据权利要求6所述的一种仿鳄鱼机器人尾部,其特征在于,
所述凸体的外弧面上设有贯通孔,所述贯通孔连接固定所述轴向杆。
8. 根据权利要求6所述的一种仿鳄鱼机器人尾部,其特征在于,
所述驱动装置还设有外壳,所述外壳的侧壁上设有插孔,所述插孔连接固定邻近所述驱动装置的所述凸体。
9. 根据权利要求8所述的一种仿鳄鱼机器人尾部,其特征在于,
所述绳驱机构包括电机、摇杆和驱动绳;
所述外壳上连接固定所述电机和所述摇杆,所述电机传动连接所述摇杆,所述摇杆的两端分别连接固定所述驱动绳,所述驱动绳连接固定任意所述弧形板的两端。

一种仿鳄鱼机器人尾部

技术领域

[0001] 本发明涉及仿生机器人技术领域,特别涉及一种仿鳄鱼机器人尾部。

背景技术

[0002] 两栖机器人在资源探测和水陆救援方面具有重要作用,以鳄鱼为例的两栖机器人在水中前进的动力来源主要是依靠尾部摆动,传统仿生鳄鱼机器人多采用“多段刚体式”的尾部设计,该种多段刚体的尾部设计方案需要使用多个电机进行驱动,传统的多电机控制的模式下,存在造成较大摩擦损耗的问题,即使用者需要定期对各个电机的轴承加润滑油维护,当润滑油加少了会导致电机轴承运转不顺畅,摩擦损耗增大,当润滑油加多了同样会导致摩擦力矩增加,温度升高导致电机失效,因此在长期使用的前提下,传统的多电机结构所需的维护成本较高;并且由于多电机分布在尾部的情况下,会导致尾部过重从而影响结构质量分布,在摆动时传统仿生鳄鱼尾部在惯性作用会引起躯干发生较大的横向窜动,降低了整体游动的稳定性,影响摆动的仿真性;另外,传统的多电机的控制较为复杂导致控制效率的降低。

[0003] 因此,研究一种可使用更少驱动电机实现更为复杂和灵巧的尾部曲线控制的仿鳄鱼机器人尾部具有重要意义。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种仿鳄鱼机器人尾部,以解决现有仿鳄鱼机器人尾部需要多电机控制摆尾的问题。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种仿鳄鱼机器人尾部,包括驱动装置和尾部主体;所述驱动装置包括绳驱机构,所述驱动装置上安装有所述尾部主体,所述绳驱机构分别绳驱连接所述尾部主体的两侧,所述绳驱机构用于带动所述尾部主体进行摆动;所述尾部主体包括多个关节和多组弹簧构件;多个所述关节依次分离排布于同一轴线上,相邻的所述关节间连接固定有多组所述弹簧构件,多组所述弹簧构件用于实现相邻的所述关节间的转动连接。

[0006] 在其中一个实施例中,所述弹簧构件包括第一弹簧、第二弹簧和第三弹簧;所述关节包括弧形板、轴向杆和径向杆;相邻所述弧形板的两侧均连接固定有所述第一弹簧;所述弧形板的外弧面连接固定所述轴向杆,所述轴向杆与相邻所述弧形板的两侧均连接固定有所述第二弹簧;所述弧形板的两侧平面均连接固定有所述径向杆,两所述径向杆布置于同一轴线上,相邻所述径向杆的端部均连接固定所述第三弹簧。

[0007] 在其中一个实施例中,所述第二弹簧的弹性系数大于所述第一弹簧的弹性系数和所述第三弹簧的弹性系数。

[0008] 在其中一个实施例中,所述第一弹簧的弹性系数、所述第二弹簧的弹性系数与所述第三弹簧的弹性系数的比例为0.3:2:1至0.8:4:1。

[0009] 在其中一个实施例中,所述轴向杆和所述径向杆相互垂直布置。

[0010] 在其中一个实施例中,所述弧形板的外弧面还连接固定有凸体,所述凸体沿远离所述驱动装置的方向逐渐变宽。

[0011] 在其中一个实施例中,所述凸体的外弧面上设有贯通孔,所述贯通孔连接固定所述轴向杆。

[0012] 在其中一个实施例中,所述驱动装置还设有外壳,所述外壳的侧壁上设有插孔,所述插孔连接固定邻近所述驱动装置的所述凸体。

[0013] 在其中一个实施例中,所述绳驱机构包括电机、摇杆和驱动绳;所述外壳上连接固定所述电机和所述摇杆,所述电机传动连接所述摇杆,所述摇杆的两端分别连接固定所述驱动绳,所述驱动绳连接固定任意所述弧形板的两端。

[0014] 本发明的有益效果如下:

[0015] 由于多个所述关节依次分离排布于同一轴线上,并且相邻的所述关节间连接固定有多组所述弹簧构件,所以在进行应用时,相邻所述关节相互分离布置,可降低关节间的直接接触所带来的摩擦损耗,多组所述弹簧构件连接固定相邻的所述关节,一方面实现分离关节的连接以避免直接接触的摩擦损耗,另一方面通过该设置降低了整个所述尾部主体的重量,有效解决了摩擦损耗的问题。

[0016] 并且多组所述弹簧可约束相邻关节间由于重力引起的向下位置,多组所述弹簧构件亦可为相邻所述关节提供一定的弹性力,保持相邻的所述关节之间的距离平衡的同时使得所述尾部主体存在明显的弹性,可实现关节间的转动连接,使得该仿鳄鱼机器人尾部的关节在水中运动时呈“正弦波”状,与真实鳄鱼尾部摆动样态相似,提高了整体游动的稳定性,可实现更高仿真程度的摆动。

[0017] 并且由于所述驱动装置上安装有所述尾部主体,所述绳驱机构分别绳驱连接所述尾部主体的两侧,所以在进行应用时,所述驱动装置传动控制绳驱机构进行传动,所述尾部主体两侧的所述绳驱机构在驱动装置的传动下,带动所述尾部主体进行摆动,通过所述绳驱机构与所述尾部主体的配合,降低了控制难度,从而实现较少驱动电机控制所述尾部主体进行摆尾的动作。

[0018] 综上所述,在所述绳驱机构的带动下,整个所述尾部主体中相互分离的所述关节通过多组所述弹簧构件进行转动,从而实现少驱动电机控制仿鳄鱼机器人尾部进行摆尾的目的,彻底解决了现有仿鳄鱼机器人尾部需要多电机控制摆尾的问题。

附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本发明的技术方案,下面将对实施方式中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0020] 图1是本发明第一个实施例方式提供的整体结构示意图;

[0021] 图2是本发明第一个实施例方式提供的整体结构俯视示意图;

[0022] 图3是本发明第一个实施例方式提供的外壳结构示意图;

[0023] 图4是本发明第一个实施例方式提供的关节结构局部示意图一;

[0024] 图5是本发明第一个实施例方式提供的关节结构局部示意图二;

[0025] 图6是本发明第二个实施例方式提供的整体结构示意图;

[0026] 图7是本发明提供的Adams分析装配体示意图；

[0027] 图8是本发明提供的Adams分析图一；

[0028] 图9是本发明提供的Adams分析图二。

[0029] 附图标记如下：

[0030] 1、驱动装置；10、绳驱机构；100、电机；101、摇杆；102、驱动绳；11、外壳；110、插孔；111、控制元件安装孔；112、绳索安装孔；113、安装卡位；

[0031] 2、尾部主体；20、关节；200、弧形板；2000、凸体；201、轴向杆；202、径向杆；21、弹簧构件；210、第一弹簧；211、第二弹簧；212、第三弹簧。

具体实施方式

[0032] 下面将结合本发明实施方式中的附图，对本发明实施方式中的技术方案进行清楚、完整地描述。

[0033] 现有技术中，仿鳄鱼机器人尾部的多电机控制摆尾方式存在多种缺陷，一是摩擦损耗的问题，即在多电机控制下，需要定期对各个电机的轴承加润滑油维护，当润滑油加少时会导致电机轴承运转不顺畅，摩擦损耗增大，当润滑油加多时亦会导致摩擦力矩增加，温度升高，造成电机失效，而在单电机控制下，相互直接接触的转动结构在多次转动后，亦存在较大的摩擦损耗，影响仿鳄鱼机器人尾部的长期使用；二是摆动不真实的问题，即现有技术中电机多分布在尾部结构上，在惯性作用下引起躯干发生较大的横向窜动，从而降低了整体游动的稳定性，进而影响摆动的仿真性；三是控制难度较高的问题，即多电机控制仿鳄鱼机器人尾部摆动需要多个电机协同配合，一旦某个电机出现故障则无法完成指定的仿鳄鱼机器人尾部摆动曲线控制，控制难度较大；四是张拉结构尚未有充足的系统研究，即张拉整体结构在水中的摆动机理研究仍然很不充分，如何通过刚度设计、驱动设计实现更好的摆动效果，仍未有文献进行较为系统的研究。

[0034] 为了解决上述问题，本发明将通过三个方向的技术特征对仿鳄鱼机器人的尾部结构进行改进；一是尾部主体中关节是依次分离排布于同一轴线上，关节间不直接接触，减少了彼此摩擦消耗的情况，有效降低摩擦的损耗；二是相邻关节间转动连接有多组弹簧构件，多组弹簧构件相互配合使得相邻关节实现转动连接，并使关节在水中运动时呈“正弦波”状，提高了摆尾的仿真程度；三是绳驱机构传动连接尾部主体，通过少量电机即可实现尾部主体的控制，提高了控制效率。

[0035] 具体的，本发明提供了一种仿鳄鱼机器人尾部，其第一个实施例如图1至图9所示，包括驱动装置1和尾部主体2；驱动装置1包括绳驱机构10，驱动装置1上安装有尾部主体2，绳驱机构10分别绳驱连接尾部主体2的两侧，绳驱机构10用于带动尾部主体2进行摆动；尾部主体2包括多个关节20和多组弹簧构件21；多个关节20依次分离排布于同一轴线上，相邻的关节20间连接固定有多组弹簧构件21，多组弹簧构件21用于实现相邻的关节20间的转动连接。

[0036] 其中，本申请中的多个关节20是相互分离布置，现有技术中多个关节20通常是直接连接的，关节20间直接连接的设置在彼此转动时，两个关节20的连接处会因转动而产生摩擦，从而会带来摩擦损耗，而本申请通过这样的设置，相互分离的关节20可以避免关节20间摩擦损耗，提高了仿鳄鱼机器人尾部的使用时长。

[0037] 在进行应用时,驱动装置1中的绳驱机构10进行张拉运动后,会带动尾部主体2中关节20的局部旋转中心发生移动,多组弹簧构件21的存在使得关节20又绕着对应的局部旋转中心旋转,调整相应驱动装置1的输出转动频率即可完成指定的曲线摆动,即仿鳄鱼机器人尾部在水中的运动呈“正弦波”状,与真实鳄鱼尾部摆动样态相似,并且可有效降低摩擦的损耗,提高了控制效率,解决了现有技术中因多电机100控制所带来的问题。

[0038] 有关上述的尾部主体2,如图1、图4和图5所示,尾部主体2包括五个分离布置的关节20和关节20间的三组弹簧构件21,通过分离的关节20和弹簧构件21的配合,尾部主体2可在单一驱动装置1的驱动下,实现尾部结构“正弦波”状摆动,可真实模仿鳄鱼尾部的摆动样态。

[0039] 对于关节20而言,如图1、图2和图4所示,每个关节20均包括弧形板200、轴向杆201和径向杆202,弧形板200的外弧面连接固定轴向杆201,弧形板200的两侧平面均连接固定有径向杆202,两径向杆202布置于同一竖向轴线上,通过这样的设置,每个关节20由三个轴向的结构构成,即图4中左右轴向的轴向杆201,上下轴向的径向杆202和内外轴向的弧形板200,三个轴向的结构与鳄鱼尾巴中的关节20相似,实现了鳄鱼尾巴结构的高度仿生,除此之外,关节20的结构为多组弹簧构件21的连接提供了结构基础。

[0040] 其中,弧形板200的外弧面还连接固定有凸体2000,凸体2000沿远离驱动装置1的方向逐渐变宽,凸体2000的外弧面上还设有贯通孔,贯通孔连接固定轴向杆201,弧形板200在左右轴线方向的弧形结构设置,使得关节20具有更好的仿生性。

[0041] 需要指出的是,弧形板200两端均设有一对相对布置的第一凸壁,两第一凸壁上设有第一通孔,两第一通孔分别用于连接固定第一弹簧210和第二弹簧211;轴向杆201的端部设有一对相对布置的第二凸壁,两第二凸壁上设有第二通孔,两第二通孔用于连接固定第二弹簧211;径向杆202的端部设有一对相对布置的第三凸壁,两第三凸壁上设有第三通孔,两第三通孔用于连接固定第三弹簧212。

[0042] 并且,凸体2000的设计为一些元件和有效荷载提供了安装位,在不影响其性能的基础上,提高了仿生鳄尾的空间利用率,例如,可仿照在飞机机翼上装载燃油的思想,在凸体的平面平台上安装小型的电源,多个关节上的电源进行串联可对机器人部分设备供电,在保证其仿生性能的同时,也能提高续航能力。或者在凸体上安装备份的小型信号交换装置和微处理器,在仿鳄鱼机器人头部受损无法工作时,尾部中的备份元件也可以发送信号,在一定程度上可以降低失联的概率。

[0043] 进一步的,为了实现关节20结构的稳定性,如图4所示,轴向杆201与径向杆202相互垂直布置,弧形板200两端的连线与轴向杆201和径向杆202形成的平面垂直,通过这样的设置,左右轴向的轴向杆201,上下轴向的径向杆202和内外轴向的弧形板200形成的三个轴向两两相互垂直,结构间力的传导更高效稳定,提高了关节20结构的稳定性。

[0044] 对于弹簧构件21而言,如图1、图2和图5所示,弹簧构件21包括第一弹簧210、第二弹簧211和第三弹簧212,两第一弹簧210分别连接固定在相邻弧形板200的两侧中,两第二弹簧211分别连接固定在轴向杆201与相邻弧形板200的两侧,两第三弹簧212分别连接固定在相邻径向杆202的端部。

[0045] 其中,两第一弹簧210可在尾部主体2摆动时提供一定的弹性力,使得尾部主体2存在明显的弹性,两第二弹簧211在尾部主体2摆动时提供关节20间的弹性力以保持在一定距

离下的相互平衡,两第三弹簧212在尾部主体2摆动时用来约束由于重力引起的各关节20向下的位移。

[0046] 需要指出的是,弹簧间的力不会发生突变,由弹簧连接的五个关节20受力存在相位差,从而导致运动存在相位差,整体来看使得该仿鳄鱼机器人尾部与真实鳄鱼尾部摆动样态相似,即在水中的运动呈“正弦波”状。

[0047] 需要指出的是,两第一弹簧210和两第三弹簧212在尾部主体2摆动下,相邻的关节20会有靠近的趋势,两第二弹簧211因相邻关节20靠近的缘故会产生较大弹力使得关节20与关节20间保持一定距离以达到相互平衡。

[0048] 进一步的,为了实现关节20与关节20间更快相互平衡的功能,如图5所示,第二弹簧211的弹性系数大于第一弹簧210的弹性系数和第三弹簧212的弹性系数,通过这样的设置,第二弹簧211富有弹性,当关节20间的相对位置发生变化时,第二弹簧211均能及时反应。

[0049] 需要指出的是,由于第二弹簧211的弹性系数比较大,当扰动传递到对应的关节20时,旋转中心处的左右两侧第二弹簧211都被轻微拉伸,但力不作用在同一条直线上,产生了一个较小阻碍转动的力矩,使得这种局部转动不会太剧烈,保证扰动传递相对缓慢且连续。

[0050] 进一步的,为了实现弹簧间弹性平衡的作用,第一弹簧210的弹性系数、第二弹簧211的弹性系数与第三弹簧212的弹性系数的比例为0.3:2:1至0.8:4:1。

[0051] 其中,由于第三弹簧212主要起着平衡尾部结构重力的作用,基于力矩平衡可以计算得到,第三弹簧212的弹性系数 k_3 的范围约为 $k_3=120\sim 165\cdot m_0$ (kN/m), m_0 为单个关节的质量(单位为kg);其他两种弹簧的弹性系数由第三弹簧212的弹性系数 k_3 决定;第二弹簧211的弹性系数 k_2 为第三弹簧212弹性系数的2~4倍,即 $k_2=2\sim 4\cdot k_3$;第一弹簧210的弹性系数 k_1 对整体摆动刚度影响较大,可以根据需要灵活调整,可为第三弹簧的0.3到0.8倍,即 $k_1=0.3\sim 0.8\cdot k_3$ 。

[0052] 需要指出的是,三个弹簧间的弹性系数的确定,首先根据单个关节质量确定第三弹簧212的弹性系数,再根据第三弹簧212弹性系数确定第一弹簧210和第二弹簧211的的弹性系数,即保持下列关系式即可:

[0053] $120m_0\leq k_3\leq 165m_0, 0.3k_3\leq k_1\leq 0.8k_3, 2k_3\leq k_2\leq 4k_3$

[0054] (k_1, k_2 和 k_3 的单位为kN/m, m_0 的单位为kg)

[0055] 譬如,单个关节的质量为0.03kg。则第三弹簧212的弹性系数 k_3 为3.6~4.95kN/m。第一弹簧210和第二弹簧211的弹性系数范围可由上式计算得到。

[0056] 所以尾部主体2在进行应用时,远离驱动装置的关节20受到绳驱机构10的收缩控制后,使得远离驱动装置的关节20沿关节20与关节20间的局部中心进行旋转,带动与此关节20连接的两第一弹簧210和两第三弹簧212产生弹性形变,对下一个关节20产生扰动,不过这种扰动需要等待弹簧弹性形变才能传递,所以五个关节20间的受力相位和运动相位均存在相差,导致各个关节20的速度不同,即同一时刻受到的水的阻力大小不同,从而导致相邻关节20在图1中内外方向受到水的冲击力是不同的,进而使相邻关节20在内外方向上发生了一个移动,最终使得整个仿鳄鱼机器人尾部在水中的运动呈“正弦波”状。

[0057] 有关上述的驱动装置1,如图1、图2和图3所示,驱动装置1包括外壳11和绳驱机构

10,外壳11上设有固定安装卡位113,固定安装卡位113安装固定绳驱机构10,绳驱机构10控制尾部主体2的关节20进行摆动,可完成指定的曲线摆动。

[0058] 对于绳驱机构10而言,如图2所示,绳驱机构10包括驱动绳102、电机100和摇杆101,外壳11上连接固定电机100,电机100传动连接摇杆101,摇杆101的两端分别连接固定驱动绳102,两驱动绳102分别设于关节20两侧的多个第一弹簧210内以串起多个相邻的第一弹簧210,两驱动绳102远离驱动装置1的一端均连接固定在沿关节20排布方向末尾的弧形板200上,即如图2所示的尾部主体2中最右侧关节20上的弧形板200两端,通过这样的设置,驱动绳102受电机100的传动影响,一侧的驱动绳102收缩,另一侧的驱动绳102相应舒张,相互配合可传动控制关节20的旋转,从而控制整个尾部主体2的摆动。

[0059] 其中,外壳11上连接固定电机100,电机100传动摇杆101,摇杆101的两端分别连接固定绳驱机构10,通过这样的设置,只需调整单电机100转动频率可控制绳驱机构10的摆动频率,即可完成指定的曲线摆动。

[0060] 需要指出的是,电机100一个周期转动情况为平衡位置-旋转远离平衡位置-回到平衡位置,电机100包括但不限于伺服电机100,本领域技术人员可根据自身实际情况进行选择。

[0061] 对于外壳11而言,如图2所示,外壳11的侧壁上设有插孔110、控制元件安装孔111和绳索安装孔112,插孔110连接固定邻近驱动装置1的凸体2000,绳索安装孔112用于安装绳驱机构10的驱动绳102,以此外壳中的驱动绳102能通过绳索安装孔112连接尾部主体2上的关节20,控制元件安装孔111用于安装待与电机100连接的控制元件,通过这样的设置,实现了驱动装置1与尾部主体2的安装固定和传动连接。

[0062] 在进行应用时,如图1所示,绳驱机构10传动控制驱动绳102带动与其相连接的弧形板200往一侧旋转,同时该关节20会绕着它的局部旋转中心旋转,即导致关节20和关节20之间内外侧的两第一弹簧210一个被拉长一个被压缩,此时弧形板200两端点的受力平衡被破坏,从而产生对下一关节20的扰动,但是由于第二弹簧211的弹性系数比较大,当扰动传递到对应的关节20时,旋转中心处的两侧第二弹簧211都被轻微拉伸,但力不作用在同一条直线上,产生了一个较小阻碍转动的力矩,使得这种局部转动不会太剧烈,保证扰动传递相对缓慢且连续,整体来看使得该仿鳄鱼机器人尾部在水中的运动呈“正弦波”状,与真实鳄鱼尾部摆动样态相似。

[0063] 实施例二

[0064] 本发明提供一种仿鳄鱼机器人尾部的第二个实施例,如图6,其与第一个实施例基本一致,区别在于,此时驱动绳102并非连接最右侧关节20的弧形板200,而是连接右数第二个关节20的弧形板200两端。

[0065] 通过这样的设置,尾部主体2包括了主动段和从动段,主动段即关节20两侧设有驱动绳102的尾部主体2部分,关节20在受到驱动绳102的直接带动后会进行转动的部分,即如图6中左数第一个关节20至第五个关节20;从动段即关节20两侧没设有驱动绳102的尾部主体2部分,此段关节20不会受到驱动绳102的直接带动,即如图6中左数第六个关节20,该关节20的摆动受上一个关节20的带动,实现了任意尾部长度的机器人设计,结构可扩展性较强。

[0066] 结合上述第一个实施例至第二个实施例的方式,本领域技术人员可根据实际需求

设定驱动绳102与任意弧形板200的连接固定关系,即可如第一个实施例所示,参照图1和图2,驱动绳102连接在最右侧的关节20上,尾部主体2都为主动段,实现整个尾部主体2的主动驱动,或可如第二个实施例所示,参照图6,驱动绳102连接在右数第二个关节20上,尾部主体2分为主动段和从动段,尾部主体2从动段的长度可根据本领域技术人员相应增加或减少。

[0067] 从上文可知,本申请的基本结构,下文将从动力原理分析进行具体描述。

[0068] Adams分析装配体(Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems,机械系统动力学自动分析)如图7所示,用Adams(Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems,机械系统动力学自动分析)进行了动力响应分析,如图8和图9所示,首先进行多个弹簧、运动副及约束力添加,其中约束力为平行于主干方向指向电机方向的拉力,运动副包括各关节间的球副(即图2中的弧形板200和凸体2000),并施加了阻尼模拟水中环境,再建立两个输入通道及其激振器以产生振动和一个运动学输入通道及其激振器,建立一个输出通道,然后进行模型测试。得到一个系统模态图及各点频率具体值如下图所示,动画显示了固有模态,第*i*阶模态即指系统在做第*i*阶主振动时各个坐标上位移(或振幅)的相对比值。其中前4阶是过阻尼,其余为欠阻尼,可以看出,第三阶和第四阶模态振型影响较大。

[0069] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也视为本发明的保护范围。

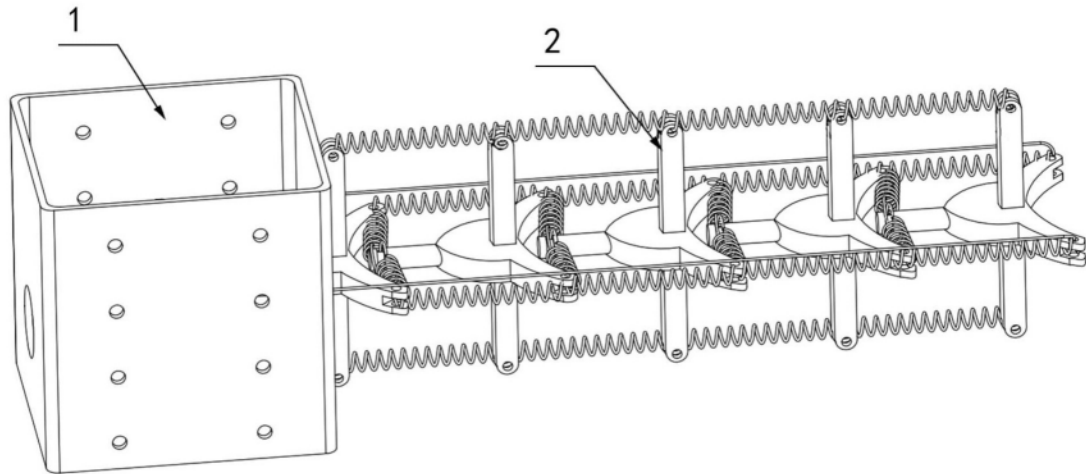


图1

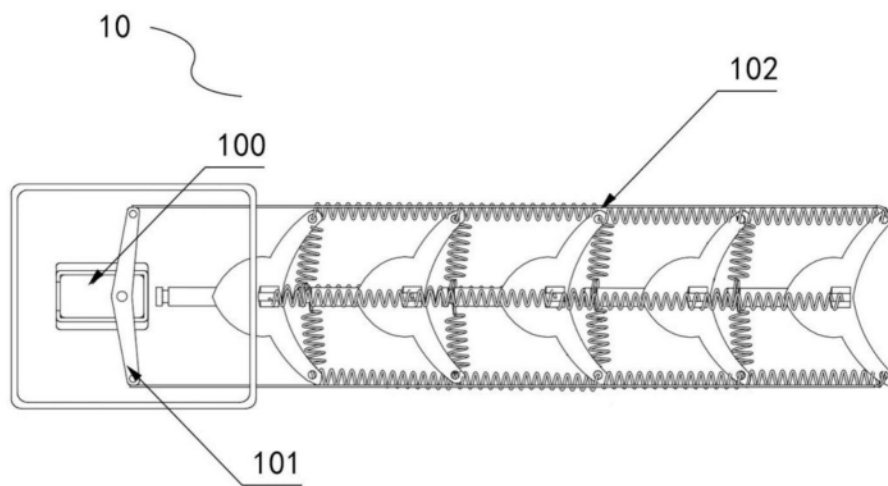


图2

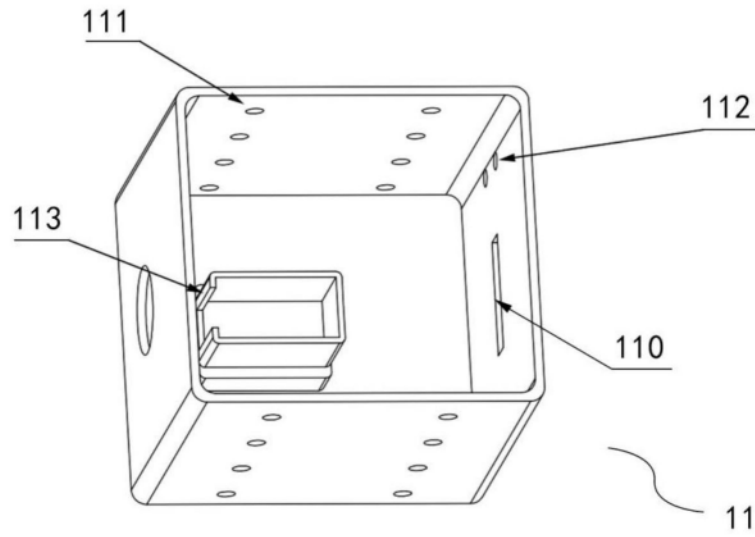


图3

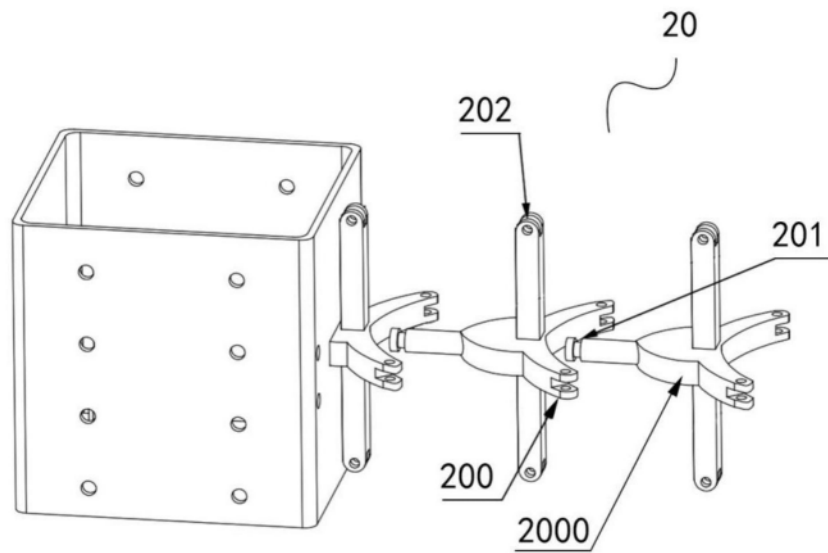


图4

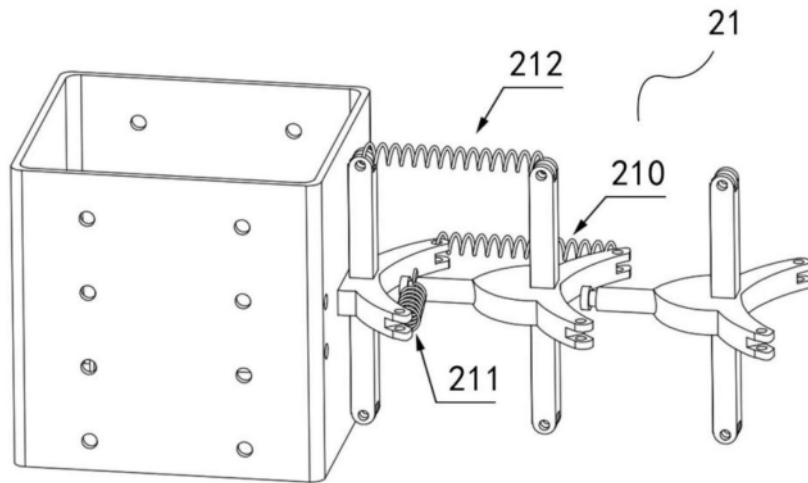


图5

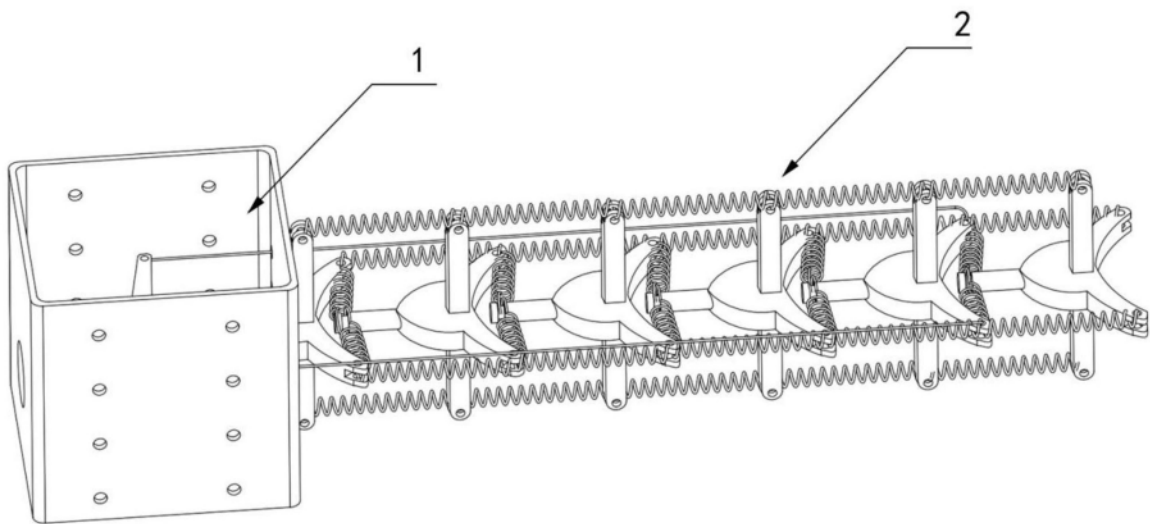


图6

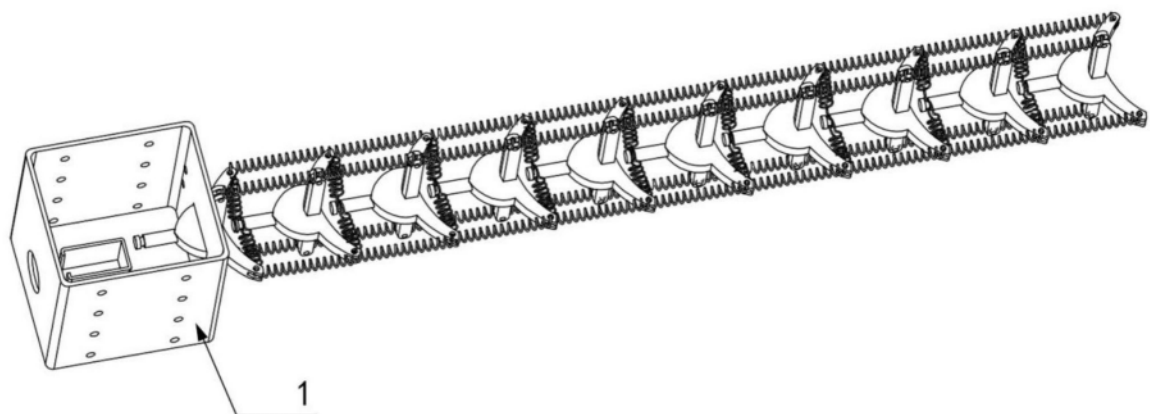


图7

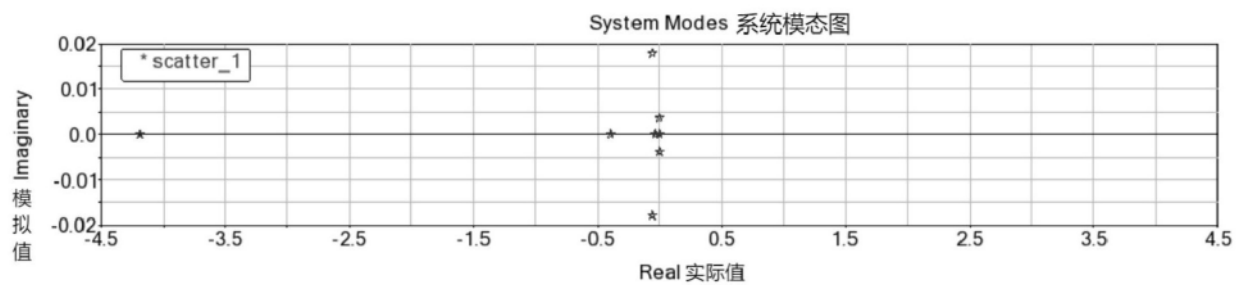


图8

特征值 (Time = 0.0)
频率单位: (Hz)
FREQUENCY UNITS: (Hz)

模数 MODE NUMBER	无阻尼自由振动频率 UNDAMPED NATURAL FREQUENCY	无阻尼自由振动频率 DAMPING RATIO	实际振动频率 REAL	模拟值 IMAGINARY
1	3.207475E-02	1.000000E+00	-3.207475E-02	0.000000E+00
2	3.461178E-02	1.000000E+00	-3.461178E-02	0.000000E+00
3	3.961924E-01	1.000000E+00	-3.961924E-01	0.000000E+00
4	4.188480E+00	1.000000E+00	-4.188480E+00	0.000000E+00
5	1.496662E-05	1.147230E-08	-1.717016E-13	+/- 1.496662E-05
6	3.723268E-03	5.849255E-02	-2.177834E-04	+/- 3.716893E-03
7	6.086606E-02	9.560816E-01	-5.819292E-02	+/- 1.783988E-02

图9