



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114043507 A

(43) 申请公布日 2022. 02. 15

(21) 申请号 202111405021.8

(22) 申请日 2021.11.24

(71) 申请人 南方科技大学

地址 518055 广东省深圳市南山区学苑大道1088号

(72) 发明人 宋超阳 万芳 韩旭东 郭宁
刘小博 田丰

(74) 专利代理机构 北京汇信合知识产权代理有限公司 11335

代理人 孙民兴

(51) Int. Cl.

B25J 13/08 (2006.01)

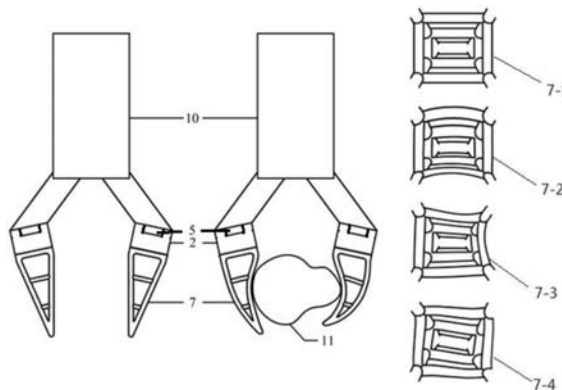
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

力觉传感器、机器人及力觉传感器的应用方法

(57) 摘要

本发明公开了力觉传感器、机器人及力觉传感器的应用方法。该力觉传感器包括柔性交互模块和数据采集模块。柔性交互模块与目标交互物体接触；数据采集模块采集柔性交互模块产生的柔性形变的表征值；基于计算机视觉和计算机深度学习，获取柔性形变对应的目标交互的特性。应用该力觉传感器的机器人不仅能够显著降低硬件成本和结构复杂程度，还能够显著丰富机器人的应用场景。该机器人能够在陆地、水下等非结构化环境下完成高精度物理交互任务。



1. 一种力觉传感器,其特征在于,所述力觉传感器包括:柔性交互模块和数据采集模块;

所述柔性交互模块与所述数据采集模块通过机械结构相连;

所述柔性交互模块与目标交互物体接触;

所述数据采集模块采集所述柔性交互模块产生的柔性形变的表征值;

根据所述柔性形变的表征值得到力觉数据。

2. 根据权利要求1所述的力觉传感器,其特征在于,所述柔性交互模块包括:柔性机构和视觉标记物;

所述柔性机构包括:基于差分刚度原理设计的柔性机构和基于差分刚度原理设计柔性机构的变种机构中的一种;

所述视觉标记物包括:所述柔性机构表面涂上的不同颜色、所述柔性机构表面涂上的几何形状图案、所述柔性机构上额外附着的小球和所述柔性机构表面涂上的二维码中的一种。

3. 根据权利要求2所述的力觉传感器,其特征在于,所述柔性机构包括:被动自适应末端构型、被动复合六维构型和流体驱动伸缩构型。

4. 根据权利要求1所述的力觉传感器,其特征在于,所述数据采集模块中安装:光学传感器、图像传感器和红外传感器中的一种或者多种。

5. 根据权利要求4所述的力觉传感器,其特征在于,所述数据采集模块中选择集成安装:灯源、数据处理模块和数据显示模块的一种或者多种。

6. 根据权利要求4所述的力觉传感器,其特征在于,所述数据采集模块进行防水封装。

7. 一种机器人,包括:柔性交互感知部位、机械臂或者机械腿,其特征在于,所述柔性交互感知部位包括如权利要求1-6任一项所述的力觉传感器;

所述力觉传感器与所述机械臂或者所述机械腿相连接。

8. 根据权利要求7所述的机器人,其特征在于,所述机械臂包括:工业机械臂、协作机械臂、水下机械臂或者机械手的手指部位;

所述机械腿包括:水下机械腿和足式机器人的足底部位。

9. 如权利要求1-6任一项所述力觉传感器的应用方法,其特征在于,所述应用方法的步骤包括:将所述柔性交互模块与目标交互物体接触;所述数据采集模块采集所述柔性交互模块产生的柔性形变的表征值;基于计算机视觉和深度学习,获取柔性形变对应的目标交互的特性。

10. 根据权利要求9所述的应用方法,其特征在于,通过所述柔性形变的表征值与所述目标交互特性得到映射模型;

所述映射模型为神经网络模型;

所述映射模型通过采集带标注的训练数据,经过反向传播学习获得。

力觉传感器、机器人及力觉传感器的应用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及传感器领域,具体涉及力觉传感器、机器人及力觉传感器的应用方法。

背景技术

[0002] 所谓力觉是指机器人作业过程中对来自外部的力的感知,它和压觉不同,压觉力是垂直于力接触表面的力、三维力和三维力矩的感知。机器人力觉传感器是模仿人类四肢关节功能的机器人获得实际操作时的大部分力信息的装置,它直接影响着机器人的力控制性能,是机器人主动柔顺控制必不可少的装置。分辨率高、灵敏度高、线性度高、可靠性好和抗干扰能力强是机器人力觉传感器的主要性能要求。力觉传感器按照传感器安装部位的不同可分为腕力传感器、关节力传感器、握力传感器、脚力传感器和手指力觉传感器等。

[0003] 力觉传感器经常装于机器人关节处,通过检测弹性体变形来间接测量所受力。装于机器人关节处的力觉传感器常以固定的三坐标形式出现,有利于满足控制系统的要求。目前出现的六维力觉传感器可实现全力信息的测量,因其主要安装于腕关节处被称为腕力觉传感器。腕力觉传感器大部分采用应变电测原理,按其弹性体结构形式可分为筒式腕力觉传感器和十字形腕力觉传感器。筒式腕力觉传感器具有结构简单、弹性梁利用率高、灵敏度高的特点;而十字形的传感器结构简单、坐标建立容易,但加工精度高。

[0004] 力控制技术尚未实用化的主要原因:一是现有的机器人技术还尚未完全达到实现力控制的水平;二是力控制的理论体系尚未完善。此外,从理论上掌握机器人动作和环境的系统配置及相应的通用机器人语言还有待进一步研究。这一系列研究开发工作需要实现传感器反馈控制,同时还需要具有通用硬件和软件的机器人控制系统。而现在商品化的机器人主要是以位置控制为基础的控制或示教方式。

[0005] 多维力传感器可以提供三维空间内作用的多维力信息,其中常见的是六维力传感器,它可以提供三维空间内沿3个坐标轴的力的大小和力矩。在机器人、医疗和航空领域,六维力传感器为设备的智能、安全操作提供了重要的传感信息,其在智能化与人机交互的场景中具有广阔的应用前景。

[0006] 现有多维力与力矩传感方案往往依赖刚性材料设计的内部机构实现空间运动。感压结构常见的有弹性结构式、Stewart并联结构式和柔性结构式等。这些现有传感器的结构多为刚性圆柱体设计,结构笨重,功能单一,无法直接应用于与物品或者人交互。

[0007] 现有多维力与力矩传感方案往往依赖刚性材料设计的内部机构,实现物理交互过程中的多维运动的运动学表达,一般采用一体化设计,不同传感方案之间缺少互换性,应用场景单一,柔性较差。

[0008] 现有多维柔性力觉传感器在应对复杂环境例如:水下环境,由于内部器件及零件数量众多,往往需要较为复杂的额外器件与设计以实现较好的密封,导致成本较高。

发明内容

[0009] 针对上述问题中存在的不足之处,本发明提供一种力觉传感器,该力觉传感器包

括:柔性交互模块和数据采集模块;柔性交互模块与数据采集模块通过机械结构相连;柔性交互模块与目标交互物体接触;数据采集模块采集柔性交互模块产生的柔性形变的表征值,根据柔性形变的表征值得到力觉数据。目标交互物体包括但不限于人体、机械手操控的物体、地面等。

[0010] 作为本发明的进一步改进,该力觉传感器是基于机器视觉设计的。

[0011] 作为本发明的进一步改进,柔性交互模块包括:柔性机构和视觉标记物;柔性机构包括:基于差分刚度原理设计的柔性机构和基于差分刚度原理设计柔性机构的变种机构中的一种;视觉标记物包括:柔性机构表面涂上的不同颜色、柔性机构表面涂上的几何形状图案、柔性机构上额外附着的小球或者柔性机构表面涂上的二维码中的一种。视觉标记物能够增加数据处理的准确性和鲁棒性。

[0012] 作为本发明的进一步改进,数据采集模块中安装:光学传感器、图像传感器和红外传感器中的一种或者多种。

[0013] 作为本发明的进一步改进,柔性机构包括:被动自适应末端构型,例如,由弹性材料制作的三维网状结构手指;被动复合六维构型,例如,由弹性材料制作的三维网状结构;流体驱动伸缩构型,例如,风琴管形态。该柔性机构的主要功能是将物理交互过程产生的机械运动转化为柔性机构的三维空间运动,其中的物理交互包括由外部作用力引起的物理交互和来自柔性机构内部的物理交互。

[0014] 作为本发明的进一步改进,数据采集模块中选择集成安装:灯源、数据处理模块和数据显示模块的一种或者多种。数据采集模块在某些应用中可结合LED灯增加光源稳定性。数据采集模块还可额外集成数据处理模块,通过计算机视觉或机器学习或深度学习方法,获得柔性形变对应的目标交互的特性。数据处理模块可以以嵌入式计算芯片的形式集成到力觉传感器中,也可以以软件形式运行在用户主机电脑上。在数据处理模块的基础上,还可以额外增加数据显示模块,使得传感器的感知数据可以实时的呈现给用户。

[0015] 作为本发明的进一步改进,数据采集模块进行防水封装,考虑到柔性交互模块与数据采集模块无任何电路连接,且柔性交互模块无任何电子元器件,上述力觉传感器可以应用到水下环境中。

[0016] 本发明还提供一种机器人,该机器人包括:柔性交互感知部位、机械臂或者机械腿。柔性交互感知部位包括上述的力觉传感器,力觉传感器与机械臂或者机械腿相连接。机器人可通过柔性交互感知部位与目标操控物体相接触。力觉传感器可以直接作为机器人的柔性交互感知部位,其不仅能实现传感器的功能,还能够实现与人、物体、地面等进行接触和交互的功能。

[0017] 作为本发明的进一步改进,力觉传感器与机械臂或者机械腿相连接。

[0018] 作为本发明的进一步改进,力觉传感器与机械臂或者机械腿的腕部相连接。

[0019] 作为本发明的进一步改进,固定方式优选为转接法兰。

[0020] 作为本发明的进一步改进,机械臂包括:工业机械臂、协作机械臂、水下机械臂或者机械手的手指部位。

[0021] 作为本发明的进一步改进,机械腿包括:水下机械腿和足式机器人的足底部位。

[0022] 本发明还提供一种上述力觉传感器的应用方法,该应用方法的步骤包括:将柔性交互模块与目标交互物体接触;数据采集模块采集柔性交互模块产生的柔性形变的表征

值;基于计算机视觉和计算机深度学习,获取柔性形变对应的目标交互的特性。

[0023] 作为本发明的进一步改进,柔性形变的表征值可以是形变图像变化、光学信号变化或者经计算机视觉提取的标记物特征值,以上表征值可以由单次数据采集获得,也可以是多次数据采集的序列获得。

[0024] 作为本发明的进一步改进,目标交互特性包括柔性机构形变量、接触作用力大小、接触位置、交互物体的形状或者交互物体的软硬程度。

[0025] 作为本发明的进一步改进,通过柔性形变的表征值与目标交互特性得到映射模型,该映射模型可以是神经网络模型,其通过采集带标注的训练数据,经过反向传播学习获得。

[0026] 与现有技术相比,本申请的优点在于:

[0027] 1、本申请的柔性机构,通过柔性机构自身的非线性弹性变形以及三维超材料构型,实现对接触界面实际物理交互形变的三维响应;该柔性机构在受到来自外部环境的侧向作用力时,可以通过其独特设计的网络结构,使其可以实现柔性连杆的凹陷式形变,实现与外部环境的自适应性构型;从而使力觉传感器可以直接作为机器人末端执行器,比如作为机器手指等。力觉传感器在实现自适应抓取的同时,实时感知多维力觉信号。

[0028] 2、本申请能够根据实际交互场景的不同,在不改变整机电气接口的情况下,仅通过机械法兰接口更换不同的柔性机构,实现丰富的多维柔性力觉感知,并与应用场景直接适配;从而大幅度提升本申请的通用性。

[0029] 3、本申请采用基于机器视觉器件作为多维力觉感知的主要传感器,大幅度减少所需的传感器数量,且可获得的传感信号维度相比现有技术中的单一时序信号,具有更加丰富的数据维度。

[0030] 4、本申请采用基于机器学习的数据处理方式,可以实现相同原始数据在不同柔性机构以及复杂场景下的多维力觉感知,无需更换硬件,即可实现不同场景下的多维力觉感知性能。

[0031] 5、本申请可以同时适用于包括陆地及水下在内的丰富场景。

附图说明

[0032] 图1为本发明一种实施例公开的力觉传感器结构示意图;

[0033] 图2为本发明一种实施例公开的柔性机构的四种结构示意图;

[0034] 图3为本发明一种实施例公开的具有力觉传感器的机械手示意图;

[0035] 图4为本发明一种实施例公开的力觉传感器的应用方法流程示意图;

[0036] 图5为本发明一种实施例公开的力觉传感器与人手交互时的变形示意图;

[0037] 图6为本发明一种实施例公开的力觉传感器与线性移动物体交互时的变形示意图;

[0038] 图7为本发明一种实施例公开的具有力觉传感器的机械脚示意图;

[0039] 图中:

[0040] 1柔性交互模块;2数据采集模块;2'数据采集模块支架;3图像传感器;4数据显示模块;5数据处理模块;6第一种被动自适应末端构型;7第二种被动自适应末端构型;7-1第二种被动自适应末端构型的形变一;7-2第二种被动自适应末端构型的形变二;7-3第二种

被动自适应末端构型的形变三;7-4第二种被动自适应末端构型的形变四;8流体驱动伸缩构型;8-1流体驱动伸缩构型的形变一;8-2流体驱动伸缩构型的形变二;8-3流体驱动伸缩构型的形变三;9被动复合六维构型;10机械臂;10' 机械腿;11目标交互物体。

具体实施方式

[0041] 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、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,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的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。

[0042] 下面结合附图对本发明做进一步的详细描述:

[0043] 实施例一、多维柔性力觉传感器

[0044] 如图1所示,本发明提供一种力觉传感器,该传感器具有多维柔性的特点,该传感器包括:柔性交互模块1、数据采集模块2、数据采集模块支架2'、数据显示模块4和数据处理模块5。柔性交互模块1位于最上层,与目标交互物体接触;数据采集模块2通过机械结构与柔性交互模块1的下部相连,数据采集模块支架2'中安装图像传感器3,图像传感器3置于数据采集模块的内部,图像传感器3用于获取柔性交互模块1因接触力产生的柔性形变。数据采集模块2还集成安装数据处理模块5和数据显示模块4。数据处理模块5通过图片传输协议与数据采集模块进行通信,常见的传输接口包括USB、CSI等有线传输形式和WIFI等无线传输形式。数据显示模块4位于数据采集模块支架2'的侧面,数据显示模块4与数据处理模块5相连接,数据显示模块4接收数据处理模块5得出的目标交互特性,以便实时的显示目标交互特性数值。

[0045] 在具体实施过程中,可根据目标交互物体的特点和使用目的,选择不同结构的柔性机构。如图2所示,柔性机构的结构包括:第一种被动自适应末端构型6、第二种被动自适应末端构型7、流体驱动伸缩构型8和被动复合六维构型9。

[0046] 实施例二、机械手

[0047] 柔性交互模块1可以安装在任意机械手的手指末端,包含常见的电动、气动、二指、三指及多指机械手上,用来延长或替代原来的机械指,使之具备感知能力。

[0048] 如图3所示,柔性交互模块1中的柔性机构选用第二种被动自适应末端构型7,第二种被动自适应末端构型7为网状结构。第二种被动自适应末端构型7、机械臂10、数据采集模块2、数据处理模块5和二指机械结构组成机械手。

[0049] 使用该机械手抓取物体时,网状结构的第二种被动自适应末端构型7发生自适应形变包裹目标交互物体11;第二种被动自适应末端构型7会产生第二种被动自适应末端构型的形变一7-1、第二种被动自适应末端构型的形变二7-2、第二种被动自适应末端构型的形变三7-3和第二种被动自适应末端构型的形变四7-4等形变;数据采集模块2获取柔性形变的图像序列和机械指的运动位置信号;基于采集信号与深度学习算法中的神经网络模型,并通过数据处理模块5获得目标交互物体11的软硬程度、接触力大小和接触力的方向。

[0050] 实施例三、力觉传感器的应用方法

[0051] 本发明实施例提供一种上述力觉传感器的应用方法,该应用方法的流程示意图如图4所示,包括以下步骤:

[0052] S1、柔性交互模块1的柔性机构与目标交互物体发生接触形变；

[0053] S2、数据采集模块2获取柔性形变的表征值；

[0054] S3、基于计算机视觉和深度学习算法，获取柔性形变对应的目标交互的特性。

[0055] 实施例四、构建6维力映射模型

[0056] 如图5所示，力觉传感器柔性交互模块1的柔性机构选用流体驱动伸缩构型8，流体驱动伸缩构型8上表面涂膜二维码，流体驱动伸缩构型8通过转接法兰安装在数据采集模块2上，数据采集模块2通过ATI传感器采集数据。

[0057] 使用人手平移或旋转流体驱动伸缩构型8的顶部，流体驱动伸缩构型8可以在6维力的作用下产生柔性形变，同时采集柔性形变的图像（如：流体驱动伸缩构型的形变一8-1；流体驱动伸缩构型的形变二8-2；流体驱动伸缩构型的形变三8-3），并通过ATI传感器识别二维码的6D位姿变化量，将该变化量作为柔性形变的表征值，利用上述采集的训练数据，通过反向传播训练一个深度学习模型，作为柔性形变与6维力映射模型。

[0058] 基于柔性形变与6维力映射模型，获得多维柔性力觉传感器底部所受到的6维力信息，包括3个方向的力和力矩。

[0059] 如图6所示，在图5的基础上在流体驱动伸缩构型8的顶部再连接一个流体驱动伸缩构型8，在顶部流体驱动伸缩构型8的平面涂膜二维码或其它图案特征，使串联的两个流体驱动伸缩构型8发生挤压和拉升的形变，数据采集模块2获取柔性形变的图像，可进一步获得二维码或其它图案特征沿两个流体驱动伸缩构型8中心轴方向的位移量，作为柔性形变的表征值；基于柔性形变与6维力映射模型，获得沿中心轴向的力的信息。

[0060] 该6维力映射模型可以应用到机械臂或者机械腿上，将6维力的信号和通过导纳控制方法来反向指导机械臂或者机械腿的拖动。

[0061] 实施例五、足式机器人

[0062] 如图7所示，本实施例提供一种足式机器人，该足式机器人包括：机械腿10'、柔性交互模块1、数据采集模块2和数据处理模块5。柔性交互模块1的柔性机构选用被动复合六维构型9，目标交互物体11是足式机器人足底的接触物。

[0063] 该足式机器人通过柔性交互模块1、数据采集模块2和数据处理模块5来识别目标交互物体11，从而感知外部环境，然后根据6维力映射模型来反向控制机械腿10'的运动。

[0064] 结论：

[0065] 1、本申请的力觉传感器在实现自适应抓取的同时，实时感知多维力觉信号。

[0066] 2、本申请能够根据实际交互场景的不同，在不改变整机电气接口的情况下，仅通过机械法兰接口更换不同的柔性机构，实现丰富的多维柔性力觉感知，并与应用场景直接适配；从而大幅度提升本申请的通用性。

[0067] 3、本申请采用基于机器视觉器件作为多维力觉感知的主要传感器，大幅度减少所需的传感器数量，且可获得的传感信号维度相比现有技术中的单一时序信号，具有更加丰富的数据维度。

[0068] 4、本申请采用基于机器学习的数据处理方式，可以实现相同原始数据在不同柔性机构以及复杂场景下的多维力觉感知，无需更换硬件，即可实现不同场景下的多维力觉感知性能。

[0069] 5、本申请可以同时适用于包括陆地及水下在内的丰富场景。

[0070] 以上仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

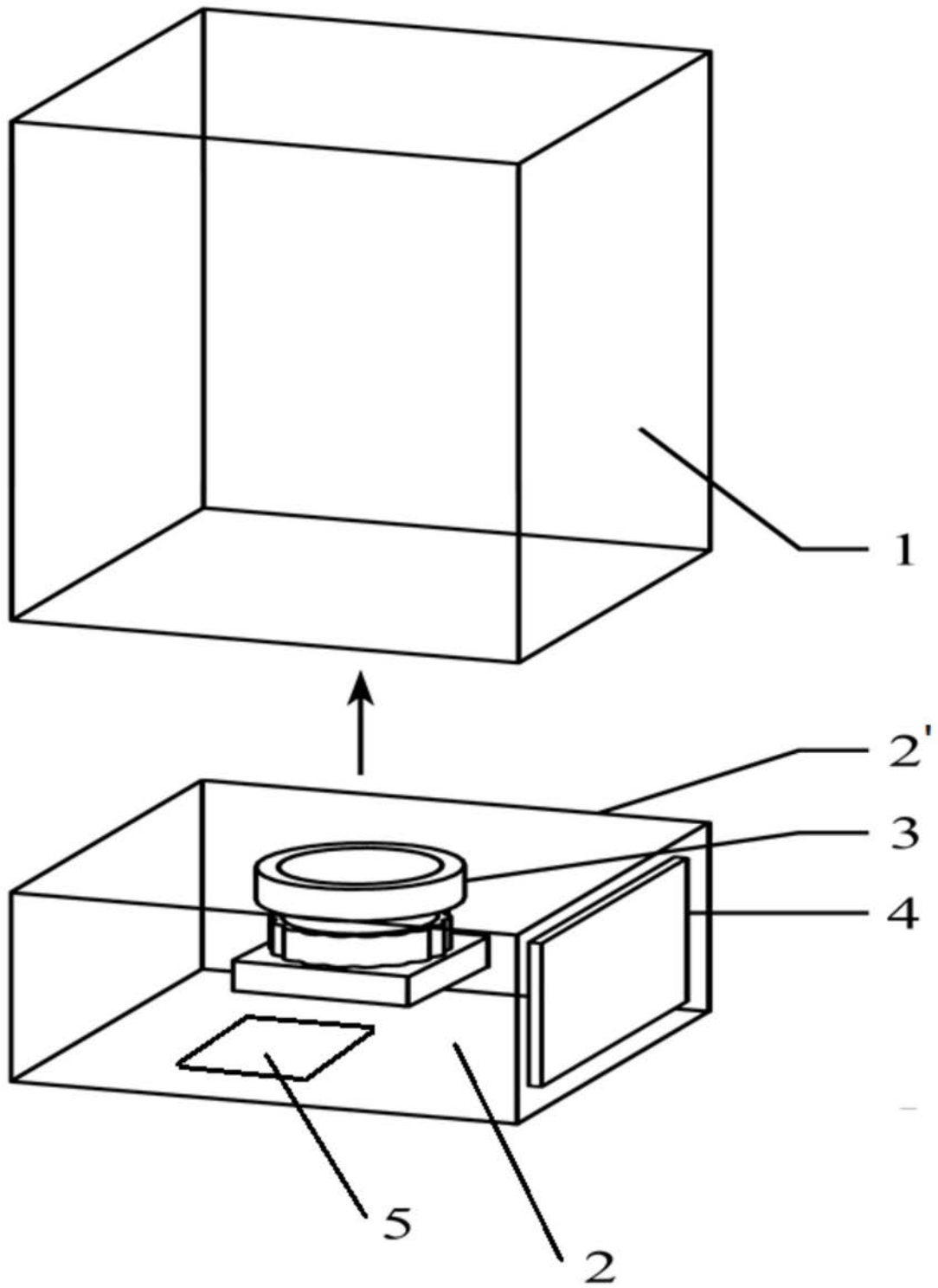


图1

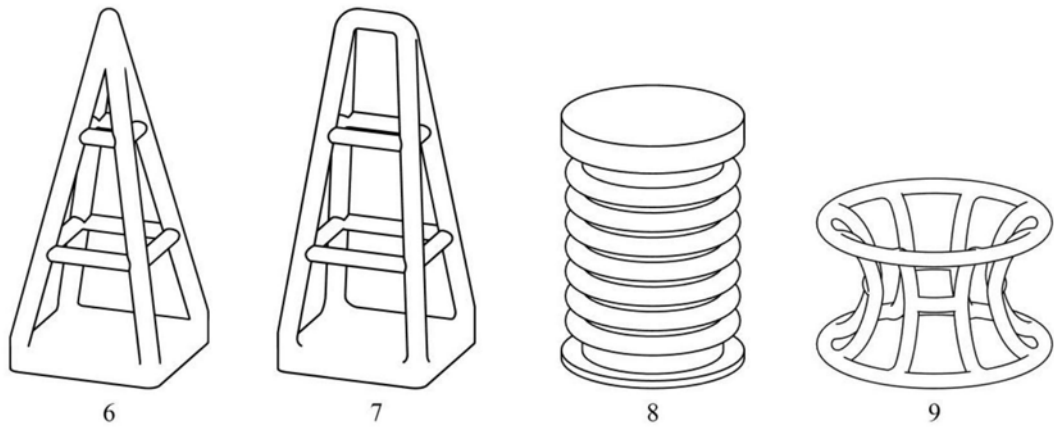


图2

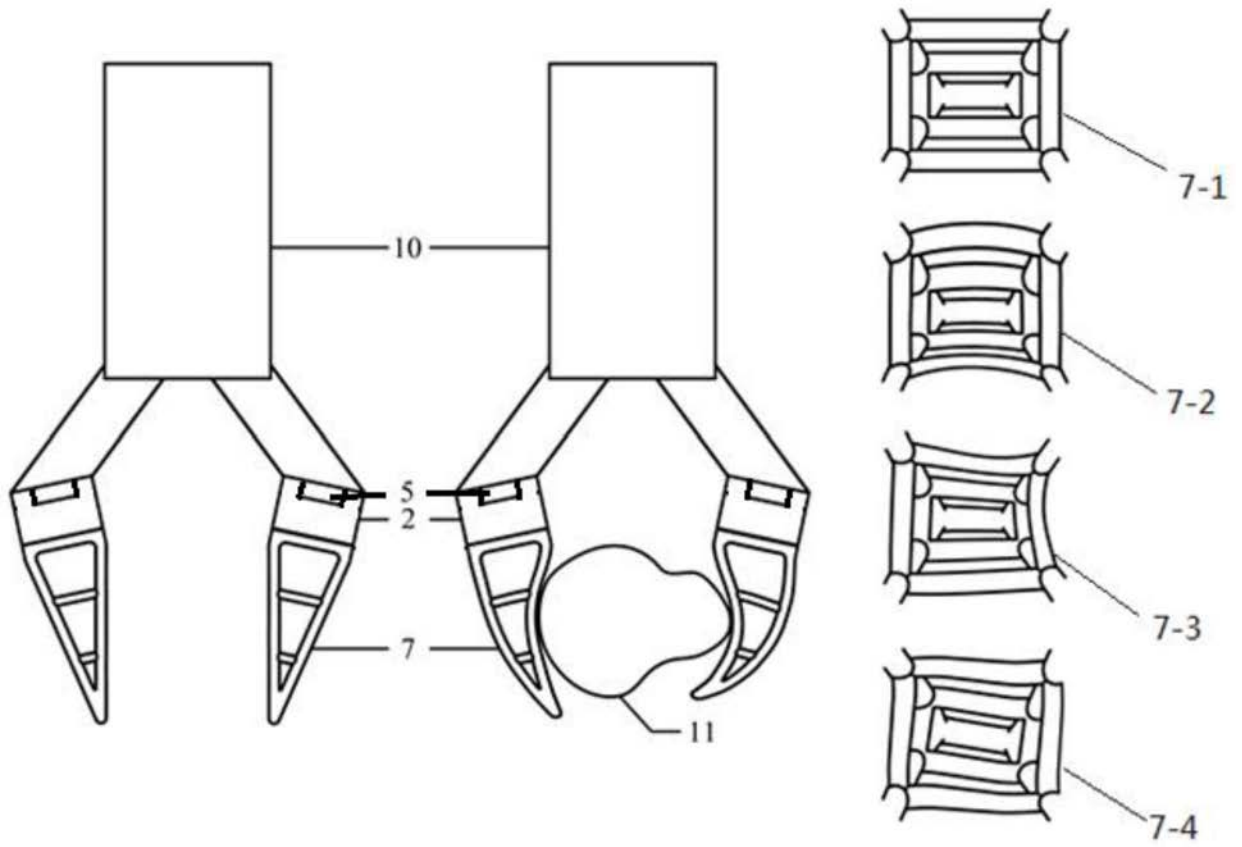


图3

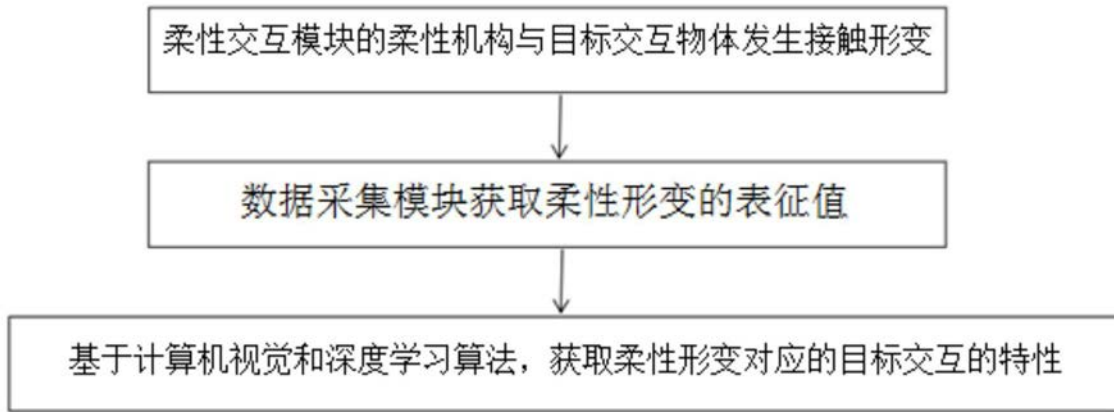


图4

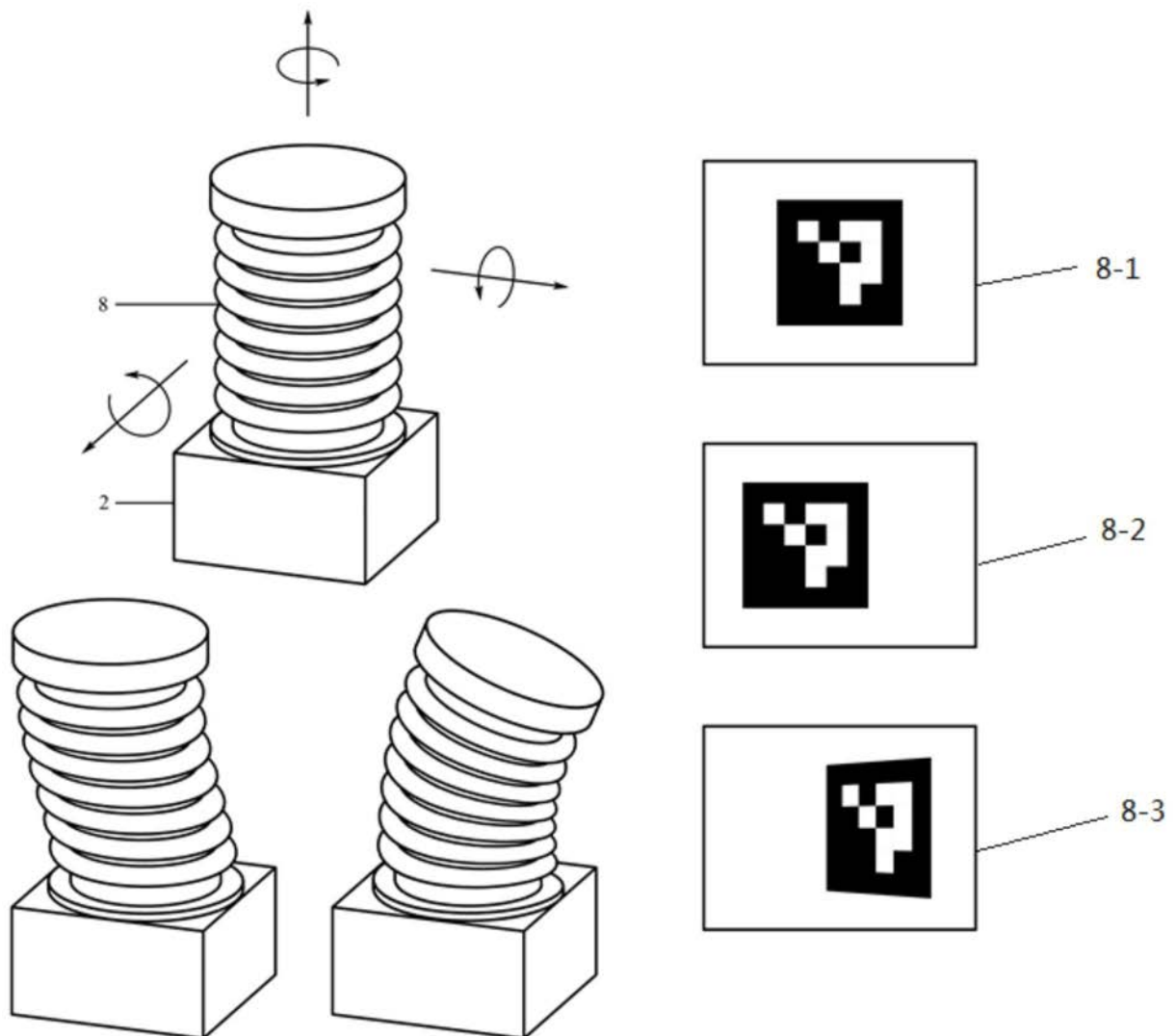


图5

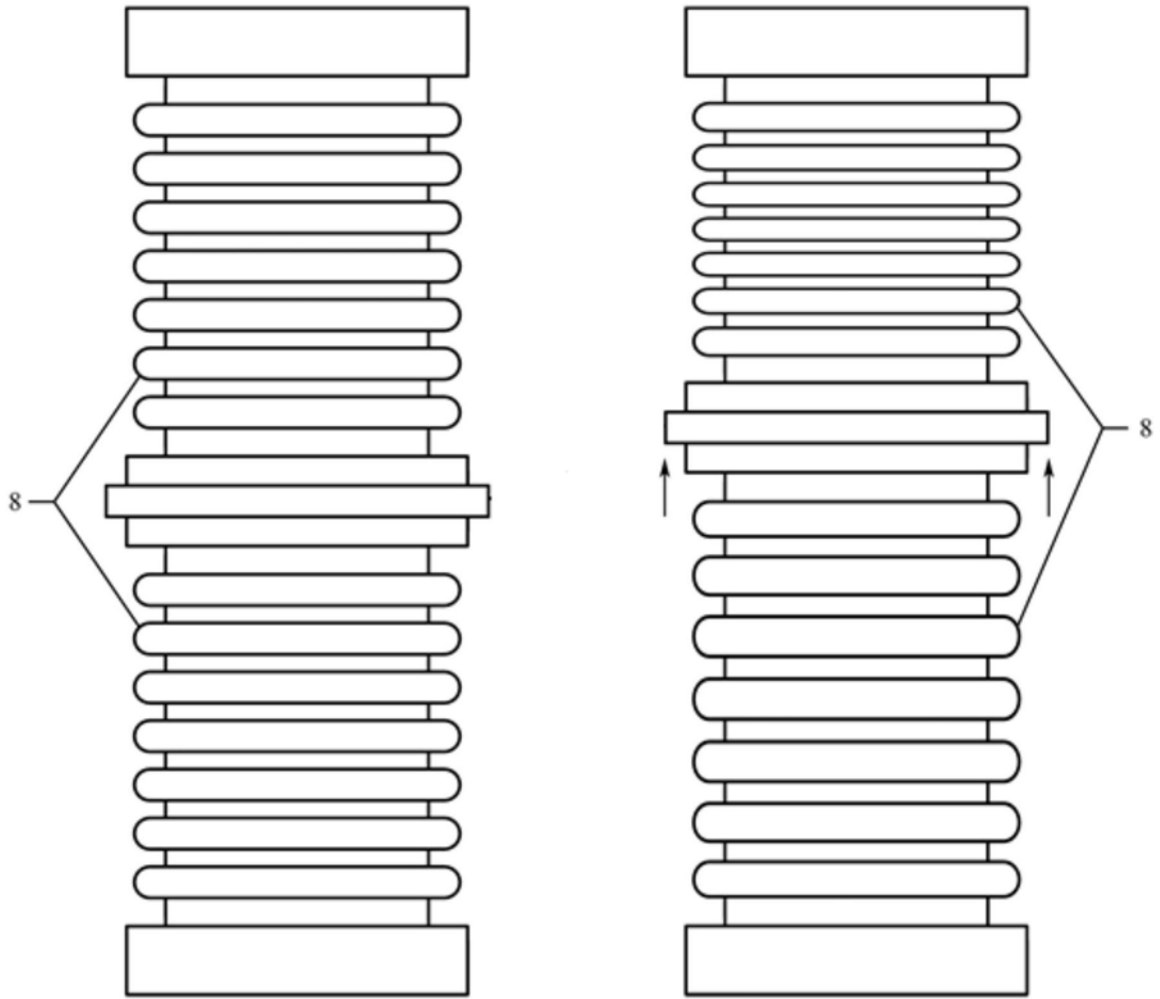


图6

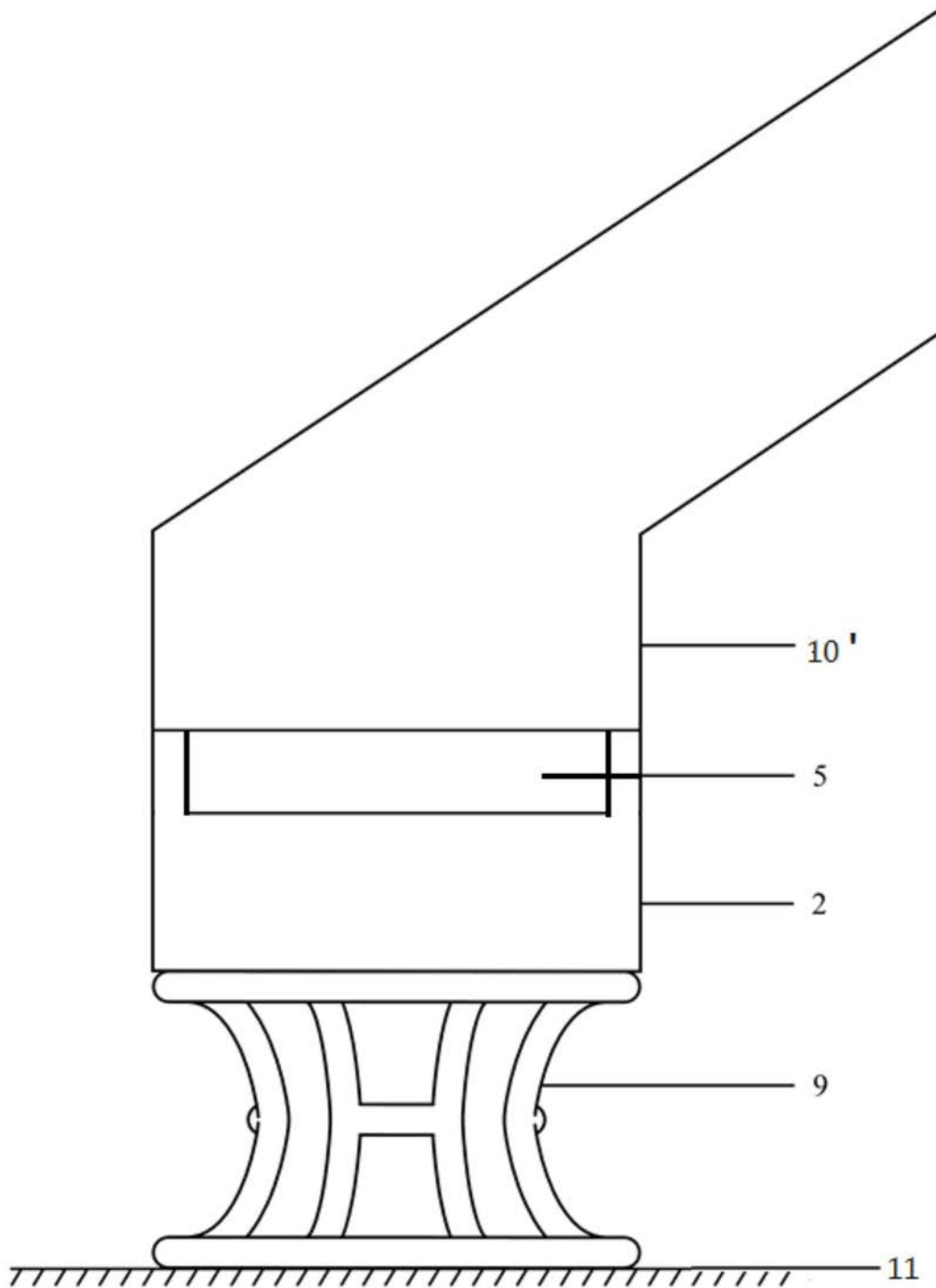


图7