(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2025 年 6 月 26 日 (26.06.2025)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2025/129796 A1

(51) 国际专利分类号:
***B25J 19/00*** (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2024/073703

(22) 国际申请日: 2024 年 1 月 23 日 (23.01.2024)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202311781123.9 2023年12月22日 (22.12.2023) CN

(71) 申请人:浙江大学 **(ZHEJIANG UNIVERSITY)** [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号 310058 (CN)。

(72) 发明人:李基拓**(LI, Jituo)**; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号 310058 (CN)。张海鹏**(ZHANG, Haipeng)**; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号 310058 (CN)。龙俊财**(LONG, Juncai)**; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号 310058 (CN)。陆国栋**(LU, Guodong)**; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号 310058 (CN)。

(74) 代理人: 杭州求是专利事务所有限公司 **(HANGZHOU QIUSHI PATENT OFFICE CO., LTD.)**; 中国浙江省杭州市西湖区古墩路701号绿城紫金广场C座1506室 310058 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(54) **Title:** PAPER FOLDING STRUCTURE-BASED OMNIDIRECTIONAL MOBILE ACTUATOR FEATURING HYBRID DRIVING

(54) 发明名称: 一种基于折纸结构的混合驱动全向运动致动器

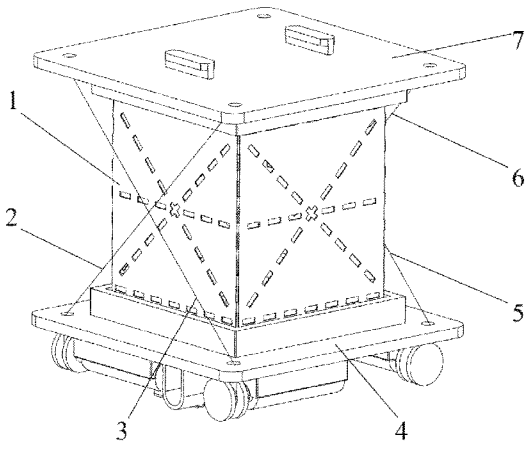



图 1

(57) **Abstract:** A paper folding structure-based omnidirectional mobile actuator featuring hybrid driving, said actuator comprising at least one actuating module, said actuating module comprising a columnar housing (1) that is deformable on the basis of a paper folding structure, an upper cover plate (7), and a lower cover plate (4). The columnar housing (1) is a paper folding structure derived on the basis of waterbomb creases. A cavity for containing gas is formed at the interior of the housing (1), the cavity is open at two ends, and the openings are connected to the upper and lower cover plates, respectively, for blocking the openings. A vent hole in communication with the cavity is formed on the lower cover plate (4), and driving strings arranged to cross one another are used for pulling between the upper and lower cover plates. By means of the cooperation between pneumatic driving and string driving, deformation by retraction, bending, and twisting can be generated on the columnar housing (1), such that the single actuating module is capable of omnidirectional motion. Moreover, there are numerous modes of motion, the number of actuating modules that the actuator includes can be adjusted as needed, modularization and reconstruction are facilitated, and high practical value and prospects of application are achieved in the fields such as soft robots and humanoid robot arms.

WO 2025/129796 A1

[见续页]

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

**(57)** 摘要: 一种基于折纸结构的混合驱动全向运动致动器，致动器包括至少一个致动模块，致动模块包括基于折纸结构能够形变的柱状外壳（1）、上盖板（7）、下盖板（4）。柱状外壳（1）为基于Waterbomb折痕衍生的折纸结构，外壳（1）内部形成容纳气体的腔室，腔室两端敞口，敞口处分别连接用于封堵敞口的上下盖板，下盖板（4）处设置与腔室连通的通气孔，上下盖板间用交叉布置的驱动绳牵引，通过气体与线驱动的配合，柱状外壳（1）可以产生收缩、弯曲、扭转变形，使得单个致动模块具备全向运动能力。运动模式丰富，致动器包括的致动模块个数可以按照需求调整，易于模块化和重构，在软体机器人、类人机器人手臂等领域具有较强的实用价值和应用前景。

# 一种基于折纸结构的混合驱动全向运动致动器

## 技术领域

本发明属于机器人领域，具体涉及一种基于折纸结构的混合驱动全向运动致动器。

## 背景技术

运动致动器是机器人领域的关键零部件，以软体材料制作的运动致动器具有人机交互安全的优点，成为运动致动器发展的重要方向。其中，采用流体驱动的运动致动器，通过对密闭腔体内的流体体积或压力控制，实现运动，通常腔体结构采用较大壁厚以保证结构刚度，但同时也限制了软体机器人的运动范围；采用形状记忆合金和形状记忆聚合物驱动的软体变形致动器通常采用电、热等刺激方式实现预设的运动，但存在可控性差、响应迟滞等缺陷。上述致动器大多运动模式单一，单个模块单元难以同时具备多种运动能力。

针对上述软体致动器的缺陷和局限性，本发明结合折纸结构和软体机器人技术提出一种基于折纸结构混合驱动的全向运动致动器。

## 发明内容

本发明提供了一种基于折纸结构混合驱动的全向运动致动器，具有运动模式丰富、柔顺性好、收展比高、质量轻等优点。

本发明采用的技术方案如下：

一种基于折纸结构的混合驱动全向运动致动器，包括至少一个致动模块，所述致动模块包括基于折纸结构能够形变的柱状外壳、上盖板、下盖板；所述柱状外壳为基于Waterbomb折痕衍生的折纸结构，其外壳内部形成容纳气体的腔室，所述腔室两端敞口，敞口处分别连接用于封堵敞口的上下盖板，所述下盖板处设置与腔室连通的通气孔，上下盖板间用交叉布置的驱动绳牵引，通过气动与线驱动的配合，柱状外壳能够产生收缩、弯曲和扭转变形，使得单个致动模块具备全向运动能力。

进一步地，所述折纸结构外壳为蒙皮-折纸结构内芯-蒙皮层叠的柱状结构，其顶部和底部都为敞口；

所述折纸结构内芯4个侧面分别由折痕面和与上下盖板连接的相接面组成，所述侧面包括若干个面板，且面板之间为能够重复弯折材料，用于模拟折痕；所述折痕面和上下相接面分别由1条水平山峰折痕隔开，每侧折痕面由2条斜对角折痕和1条水平折痕组成，根据位置不同能将折痕面分为A、B、C、D四个折痕面；

所述A、C两个折痕面处于初始状态时，斜对角折痕和水平折痕相交于面心并相互打断，形成2条水平的山峰折痕和4条斜对角的山谷折痕，此时折痕面由6个三角形面板组成；

所述B、D两个折痕面相邻的折痕面处于初始状态时，面内的2条斜对角折痕因未被激活而

不发挥作用;水平折痕未被打断,形成1条水平的山谷折痕,山谷折痕两侧的三角形面板合并,此时折痕面由2个长方形面板组成。

进一步地，所述基于折纸结构能够形变的柱状外壳的上下相接面分别与上盖板内层裙边侧面、下盖板内层裙边侧面接触并固定。

进一步地，所述上盖板四角均匀布置4个圆孔用于固定驱动绳，一侧表面设置有2个榫卯结构公头，用于实现多致动模块连接或与其他运动致动器的组合，另一侧表面设置有止口式双层裙边结构，内层裙边高于外层裙边，裙边之间的凹槽用于容纳所述柱状外壳。

进一步地，所述下盖板四角均匀布置4个圆孔用于穿绳，一侧表面设置有4个电机座、1个通气孔和2个榫卯结构母头；所述电机座用于驱动电机固定，所述通气孔用于气体的输入与输出，所述榫卯结构母头用于多致动模块连接或与其他运动致动器的组合；另一侧表面设置与所述上盖板相同的双层裙边结构，所述裙边之间的凹槽用于容纳所述柱状外壳。

进一步地，所述下盖板电机座处固定有驱动电机，所述驱动电机输出轴与绕线轮连接，所述绕线轮负责收纳通过下盖板四角圆孔的驱动绳，所述驱动绳交叉布置，一端固定于绕线轮，一端固定于上盖板四角圆孔；

所述下盖板通气孔处连接气管实现进气，所述气管与驱动电机的电源线一同被收纳在下盖板的束线槽内。

进一步地，所述外壳1外侧与外层裙边内表面间存在间隙，用密封胶填充以实现外壳和下盖板的密封。

进一步地，所述下盖板4上侧表面设置有1圆柱凸台，凸台中空，作为通气孔的延伸段。

本发明的有益技术效果如下：

可以根据需求调整外壳的形变和模态，使致动器可以实现伸缩、弯曲、扭转的全向运动，具有丰富的运动模式；致动器的模块数量可调，可以实现致动器的快速组装和重构；采用线驱动加气动的混合驱动方式，产生拮抗作用，丰富了致动器的形变状态，成本低。

**附图说明**

下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

图1为本发明一个致动模块的结构示意图；

图2为本发明柱状外壳的结构示意图；

图3为本发明折纸单元的折痕示意图；

图4为本发明折纸单元的运动示意图；

图5为本发明上盖板的结构示意图；

图6为本发明下盖板组合的结构示意图；

图7为本发明包括多个致动模块的驱动器的结构示意图。

附图标记：1-外壳；2-第一驱动绳；3-第二驱动绳；4-下盖板；5-第三驱动绳；6-第四驱动绳；7-上盖板；8-第一驱动电机；9-第二驱动电机；10-第三驱动电机；11-第四驱动电机；12-第一绕线轮；13-第二绕线轮；14-第三绕线轮；15-第四绕线轮；16-折纸单元。

**具体实施方式**

下面结合附图对本发明的具体实施方式做进一步详细描述。以下实施例或者附图用于说明本发明，但不用来限制本发明的范围。

如图1-图4所示，本实施例提供了一种基于折纸结构混合驱动的全向运动致动器，包括至少一个致动模块，致动模块包括基于折纸结构能够形变的外壳1、上盖板7、下盖板4。外壳形成用于容纳气体的腔室，腔室两端敞口，上端敞口连接用于封堵的上盖板7，下端敞口连接用于封堵的下盖板4，下盖板4处设置与腔室连通的通气孔，上盖板7与下盖板4间用交叉布置的驱动绳牵引，通过气动与线驱动的配合，致动模块可以实现各种变形形态的切换。

柱状外壳1为蒙皮-折纸结构内芯-蒙皮层叠的柱状结构，蒙皮指的是TPU（热塑性聚氨酯橡胶）、kapton（聚酰亚胺）和硅胶等一系列材质生产而成的可变形的薄膜，折纸结构内芯包括4个侧面，侧面由若干块面板组成，面板之间为可重复弯折材料，用于模拟折痕。具体的，每个侧面包括折痕面和上下盖板连接的相接面，折痕面和上下相接面分别由1条水平山峰折痕隔开，折痕面由2条斜对角折痕和1条水平折痕组成，根据位置不同可将折痕面分为A、B、C、D折痕面。

A、C折痕面处于初始状态时，斜对角折痕和水平折痕相交于面心并相互打断，形成2条水平的山峰折痕和4条斜对角的山谷折痕，此时折痕面由6个三角形面板组成。

B、D折痕面处于初始状态时，面内的2条斜对角折痕未被激活，水平折痕未被打断，形成1条水平的山谷折痕，山谷折痕两侧的三角形面板合并，此时折痕面由2个长方形面板组成，该折纸结构能够实现如图4所示的伸缩、弯曲和扭转运动；所述未被激活是指这2条斜对角折痕不发挥作用（等同于没有），原本因该折痕折叠产生的处于6个不同平面的6个三角形被合并，每3个三角形合并在一个平面内（见图4初始状态最右侧的面）。

如图5所示，上盖板7由硬质材料构成，四角均匀布置4个圆孔用于固定牵引用的驱动绳，上盖板7上侧表面设置有2个榫卯结构公头，实现多致动模块连接或与其他运动致动器的组合，上盖板7下侧表面设置有止口式双层裙边结构，内层裙边高于外层裙边，裙边之间存在凹槽。连接时，外壳1内侧的上相接面与上盖板7内层裙边外表面粘合，外壳1外侧与外层裙边内表面间存在间隙，用密封胶填充以实现外壳1和上盖板7的密封。

如图6所示，下盖板4由硬质材料构成，下盖板4上侧表面设置有与上盖板7相同的止口式

双层裙边结构，连接时，外壳1内侧的下相接面与下盖板4内层裙边外表面粘合，外壳1外侧与外层裙边内表面间存在间隙，用密封胶填充以实现外壳1和下盖板4的密封。下盖板4上侧表面设置有1圆柱凸台，凸台中空，作为通气孔的延伸段。所述上盖板7和下盖板4均使用的硬质材料，该硬质材料包括但不限于硬质塑料、硬质金属等材质。

下盖板4下侧表面设置有2个榫卯结构母头、1个通气孔、4个电机座、1个束线槽。榫卯结构母头可实现多致动模块连接或与其他运动致动器的组合；通气孔与气管直连，使得气体能够输入与吸出外壳1、上盖板7、下盖板4形成的密闭腔体；4个电机座分别用于固定第一驱动电机8、第二驱动电机9、第三驱动电机10、第四驱动电机11，第一驱动电机8与第一绕线轮12直连，控制固定在第一绕线轮12上的第一驱动绳2的收紧和放松，第二驱动电机9与第二绕线轮13直连，控制固定在第二绕线轮13上的第二驱动绳3的收紧和放松，第三驱动电机10与第三绕线轮14直连，控制固定在第三绕线轮14上的第三驱动绳5的收紧和放松，第四驱动电机11与第四绕线轮15直连，控制固定在第四绕线轮15上的第四驱动绳6的收紧和放松，所述4个驱动电机的电源线和气管一起收纳在束线槽内。下盖板4四角均匀布置4个圆孔，位于4个绕线轮正下方，使得驱动绳另一端能够穿过下盖板4，固定在上盖板7四角均匀布置的圆孔上。

通过对不同驱动绳进行收紧或放松以及对外壳形成的腔室进行充气，单个致动模块可以实现伸缩运动、全向弯曲运动和双向扭转运动。

表1中给出了致动模块的驱动方式与其对应的变形模式。

表1

| 动作 | 气动 | 线驱动 |
|---|---|---|
| 伸缩 | 正压/负压 | |
| 前侧弯曲 | 正压 | 第一驱动绳2:拉紧；第二驱动绳3:拉紧<br>第三驱动绳5:放松；第四驱动绳6:放松 |
| 后侧弯曲 | 正压 | 第一驱动绳2:放松；第二驱动绳3:放松<br>第三驱动绳5:拉紧；第四驱动绳6:拉紧 |
| 左侧弯曲 | 正压 | 第一驱动绳2: 拉紧；第二驱动绳3:放松<br>第三驱动绳5: 放松；第四驱动绳6:拉紧 |
| 右侧弯曲 | 正压 | 第一驱动绳2:放松；第二驱动绳3:拉紧<br>第三驱动绳5:拉紧；第四驱动绳6:放松 |
| 顺时针扭转 | | 第一驱动绳2:拉紧；第二驱动绳3:放松<br>第三驱动绳5:拉紧；第四驱动绳6:放松 |
| 逆时针扭转 | | 第一驱动绳2:放松；第二驱动绳3:拉紧<br>第三驱动绳5:放松；第四驱动绳6:拉紧 |

如图7所示，本发明实施例还公开了一种组合致动单元，通过对多个上述实施例中的致动模块的组合，可实现更为丰富的伸缩、弯曲、扭转运动模式。如上端致动模块上盖板7通过榫卯结构公头可以安装如抓手、吸盘等末端执行器，底部致动模块下盖板4通过榫卯结构母头可以固定在基座上，形成一种简易的柔性机械臂。

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：其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部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实施例技术方案的范围。

# 权 利 要 求 书

1.一种基于折纸结构的混合驱动全向运动致动器,其特征在于,包括至少一个致动模块,所述致动模块包括基于折纸结构能够形变的柱状外壳、上盖板、下盖板;所述柱状外壳为基于Waterbomb折痕衍生的折纸结构,其外壳内部形成容纳气体的腔室,所述腔室两端敞口,敞口处分别连接用于封堵敞口的上下盖板,所述下盖板处设置与腔室连通的通气孔,上下盖板间用交叉布置的驱动绳牵引,通过气动与线驱动的配合,柱状外壳能够产生收缩、弯曲和扭转变形,使得单个致动模块具备全向运动能力。

2.根据权利要求1所述的基于折纸结构的混合驱动全向运动致动器,其特征在于,所述折纸结构外壳为蒙皮-折纸结构内芯-蒙皮层叠的柱状结构,其顶部和底部都为敞口;

所述折纸结构内芯4个侧面分别由折痕面和与上下盖板连接的相接面组成,所述侧面包括若干个面板,且面板之间为能够重复弯折材料,用于模拟折痕;所述折痕面和上下相接面分别由1条水平山峰折痕隔开,每侧折痕面由2条斜对角折痕和1条水平折痕组成,根据位置不同能将折痕面分为A、B、C、D四个折痕面;

所述A、C两个折痕面处于初始状态时,斜对角折痕和水平折痕相交于面心并相互打断,形成2条水平的山峰折痕和4条斜对角的山谷折痕,此时折痕面由6个三角形面板组成;

所述B、D两个折痕面相邻的折痕面处于初始状态时,面内的2条斜对角折痕因未被激活而不发挥作用;水平折痕未被打断,形成1条水平的山谷折痕,山谷折痕两侧的三角形面板合并,此时折痕面由2个长方形面板组成。

3.根据权利要求2所述的基于折纸结构的混合驱动全向运动致动器,其特征在于,所述基于折纸结构能够形变的柱状外壳的上下相接面分别与上盖板内层裙边侧面、下盖板内层裙边侧面接触并固定。

4.根据权利要求1所述的基于折纸结构的混合驱动全向运动致动器,其特征在于,所述上盖板四角均匀布置4个圆孔用于固定驱动绳,一侧表面设置有2个榫卯结构公头,用于实现多致动模块连接或与其他运动致动器的组合,另一侧表面设置有止口式双层裙边结构,内层裙边高于外层裙边,裙边之间的凹槽用于容纳所述柱状外壳。

5.根据权利要求1所述的基于折纸结构的混合驱动全向运动致动器,其特征在于,所述下盖板四角均匀布置4个圆孔用于穿绳,一侧表面设置有4个电机座、1个通气孔和2个榫卯结构母头;所述电机座用于驱动电机固定,所述通气孔用于气体的输入与输出,所述榫卯结构母头用于多致动模块连接或与其他运动致动器的组合;另一侧表面设置与所述上盖板相同的双层裙边结构,所述裙边之间的凹槽用于容纳所述柱状外壳。

6.根据权利要求5所述的基于折纸结构的混合驱动全向运动致动器,其特征在于,所述下盖板电机座处固定有驱动电机,所述驱动电机输出轴与绕线轮连接,所述绕线轮负责收纳通

过下盖板四角圆孔的驱动绳，所述驱动绳交叉布置，一端固定于绕线轮，一端固定于上盖板四角圆孔；

所述下盖板通气孔处连接气管实现进气，所述气管与驱动电机的电源线一同被收纳在下盖板的束线槽内。

7、根据权利要求5所述的基于折纸结构的混合驱动全向运动致动器，其特征在于，所述外壳1外侧与外层裙边内表面间存在间隙，用密封胶填充以实现外壳和下盖板的密封。

8.根据权利要求5所述的基于折纸结构的混合驱动全向运动致动器，其特征在于，所述下盖板4上侧表面设置有1圆柱凸台，凸台中空，作为通气孔的延伸段。

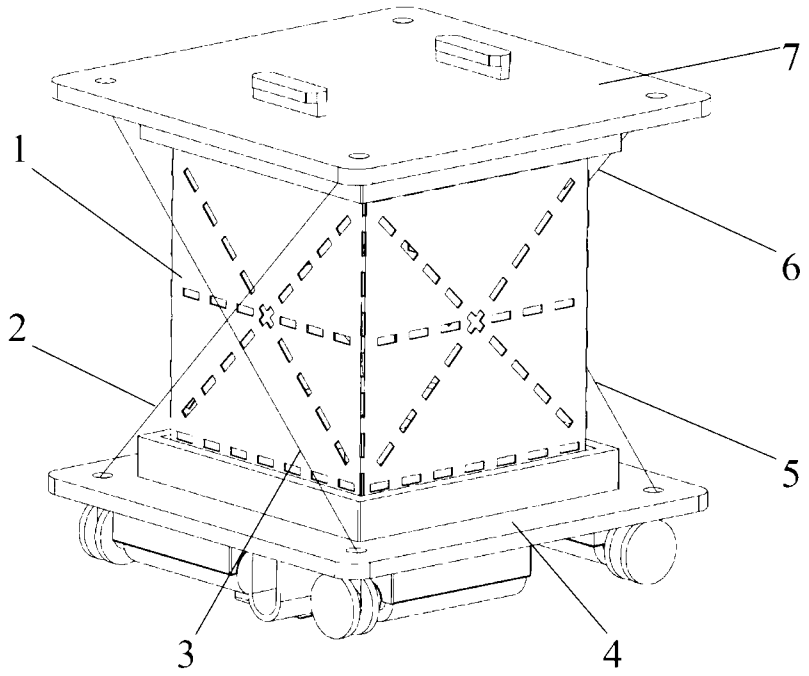



图 1

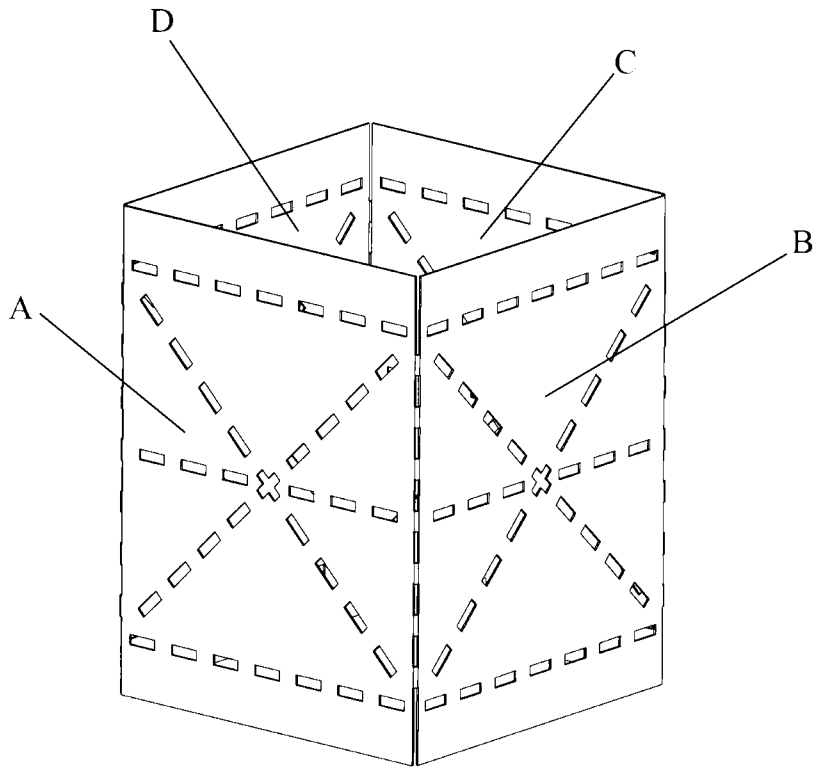



图 2

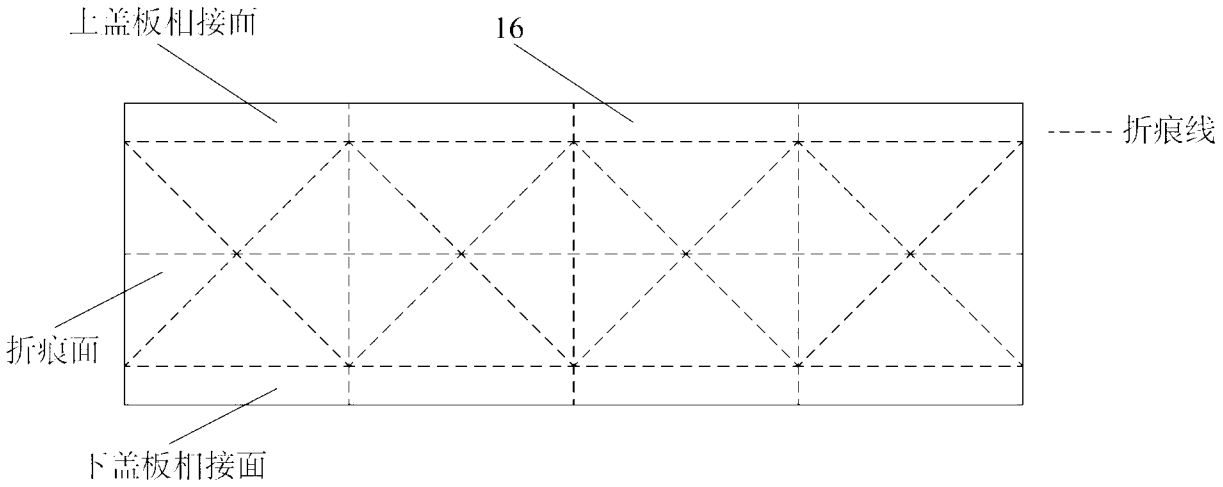



图 3

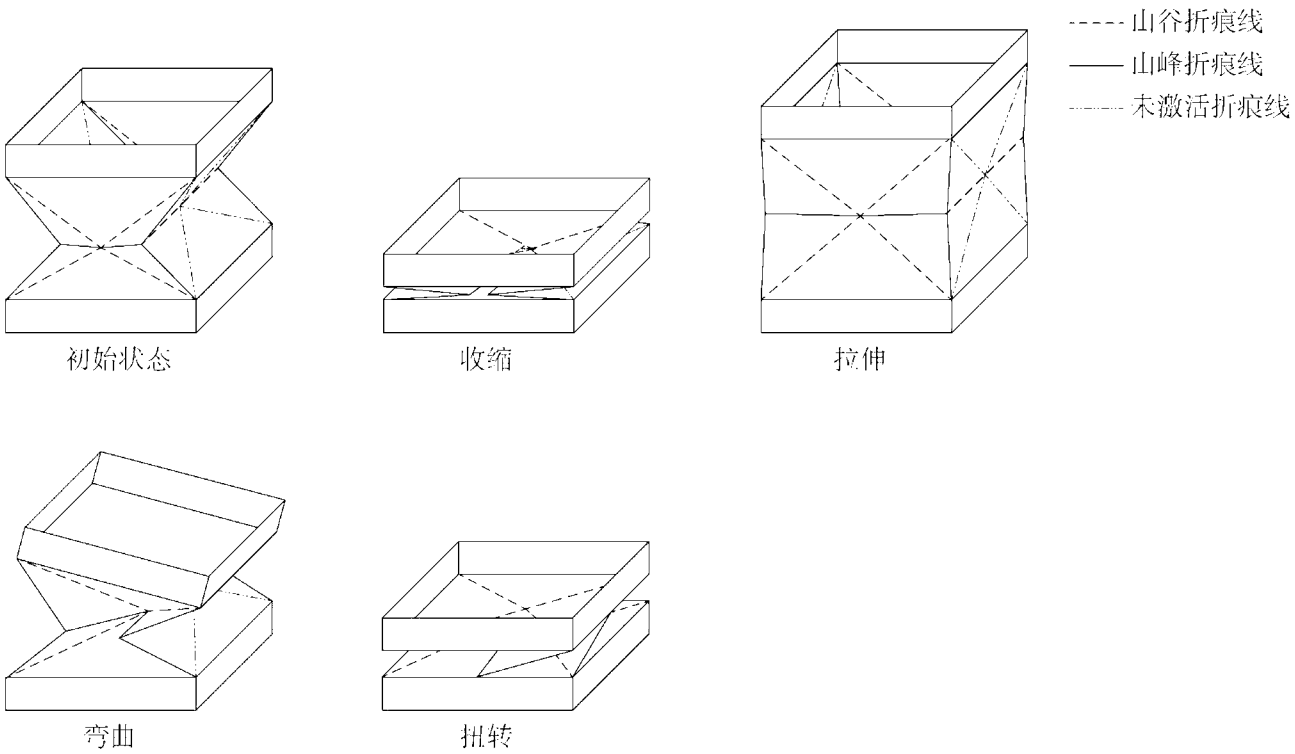



图 4

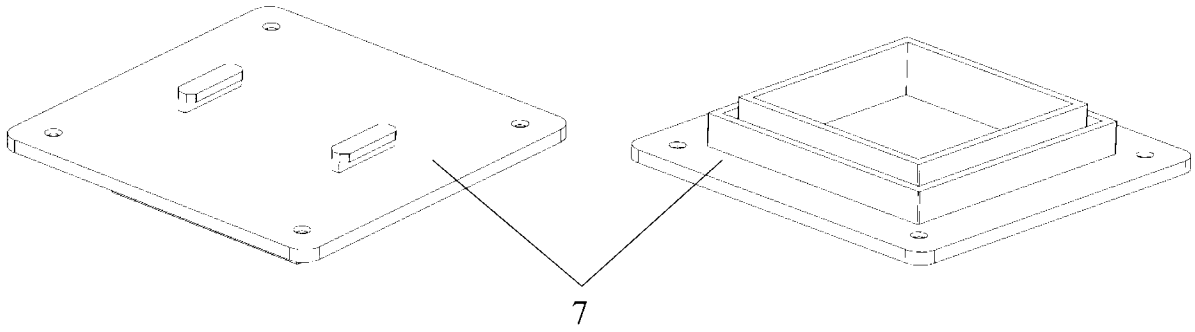



图 5

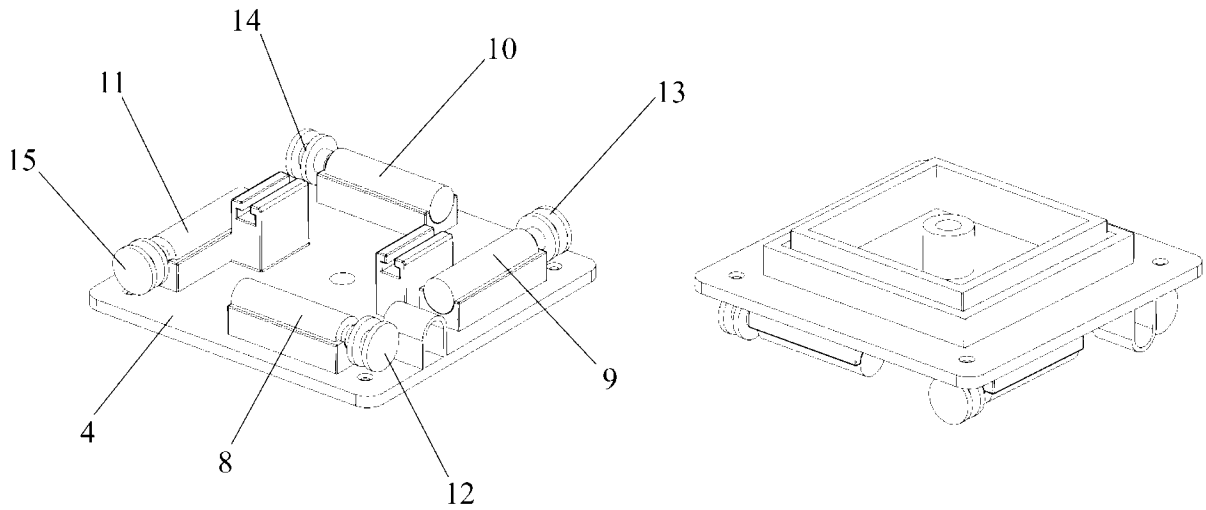



图 6

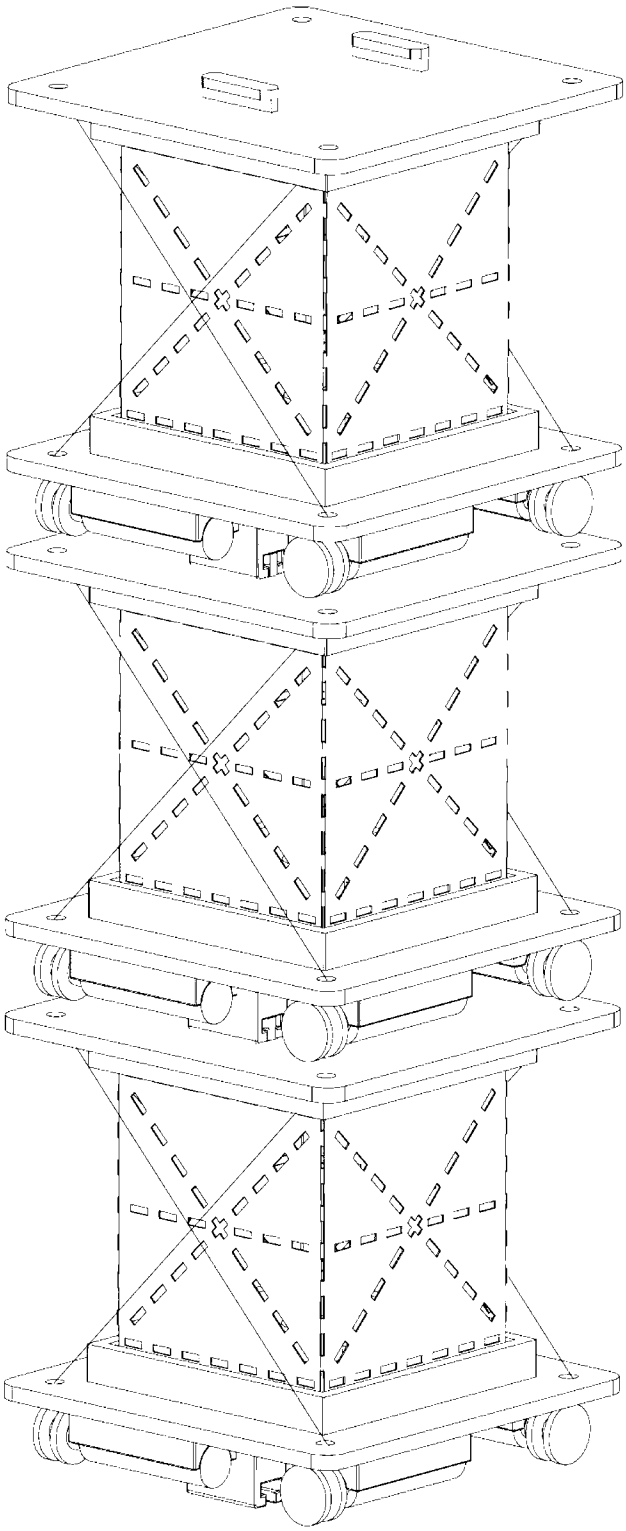


图 7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
**PCT/CN2024/073703**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J 19/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC:B25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT, ENTXT, DWPI, CNKI: 折纸, 致动, 盖, 气, 绳, 索, 线, 缆, 丝, 驱动, fold+, actuat+, cap, cover, gas, pneumatic+, rope, string, line, thread, driv+

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| Y | KR 20230121390 A (KOREA INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY) 18 August 2023 (2023-08-18)<br>description, specific embodiments, and figures 1-16 | 1, 4-8 |
| Y | CN 117086853 A (HUANJIANG LABORATORY et al.) 21 November 2023 (2023-11-21)<br>description, paragraphs 0026-0038, and figures 1-5 | 1, 4-8 |
| Y | CN 116833979 A (WESTLAKE UNIVERSITY) 03 October 2023 (2023-10-03)<br>description, paragraphs 0052-0098, and figures 1-12 | 4-8 |
| A | CN 113199464 A (YANSHAN UNIVERSITY) 03 August 2021 (2021-08-03)<br>entire document | 1-8 |
| A | CN 113580120 A (SHANGHAI UNIVERSITY) 02 November 2021 (2021-11-02)<br>entire document | 1-8 |
| A | CN 113021410 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 25 June 2021 (2021-06-25)<br>entire document | 1-8 |
| A | CN 110394795 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 01 November 2019 (2019-11-01)<br>entire document | 1-8 |

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| **23 July 2024** | **10 August 2024** |

| Name and mailing address of the ISA/CN | Authorized officer |
|---|---|
| **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)**<br>**China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088** | Telephone No. |

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| A | CN 116690533 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 05 September 2023 (2023-09-05)<br>entire document | 1-8 |
| A | US 2015070904 A1 (HARVARD COLLEGE) 12 March 2015 (2015-03-12)<br>entire document | 1-8 |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**
**Information on patent family members**

International application No.
**PCT/CN2024/073703**

| Patent document cited in search report | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|---|---|---|---|
| KR 20230121390 A | 18 August 2023 | KR 102634111 B1 | 06 February 2024 |
| CN 117086853 A | 21 November 2023 | None | |
| CN 116833979 A | 03 October 2023 | None | |
| CN 113199464 A | 03 August 2021 | None | |
| CN 113580120 A | 02 November 2021 | None | |
| CN 113021410 A | 25 June 2021 | None | |
| CN 110394795 A | 01 November 2019 | None | |
| CN 116690533 A | 05 September 2023 | None | |
| US 2015070904 A1 | 12 March 2015 | JP 2015509578 A | 30 March 2015 |
| | | US 9797415 B2 | 24 October 2017 |
| | | KR 20140126407 A | 30 October 2014 |
| | | KR 102044052 B1 | 12 November 2019 |
| | | WO 2013130760 A2 | 06 September 2013 |
| | | WO 2013130760 A3 | 14 November 2013 |
| | | EP 2820311 A2 | 07 January 2015 |
| | | EP 2820311 B1 | 07 December 2016 |

# 国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2024/073703

A. 主题的分类

B25J 19/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC:B25J

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNTXT,ENTXT,DWPI,CNKI:折纸,致动,盖,气,绳,索,线,缆,丝,驱动,fold+,actuat+,cap,cover,gas,pneumatic+,rope,string,line,thread,driv+

C. 相关文件

| 类 型* | 引用文件，必要时，指明相关段落 | 相关的权利要求 |
|---|---|---|
| Y | KR 20230121390 A (KOREA INST IND TECH) 2023年8月18日 (2023 - 08 - 18)<br>说明书具体实施方式，附图1-16 | 1,4-8 |
| Y | CN 117086853 A (浣江实验室 等) 2023年11月21日 (2023 - 11 - 21)<br>说明书第0026-0038段，附图1-5 | 1,4-8 |
| Y | CN 116833979 A (西湖大学) 2023年10月3日 (2023 - 10 - 03)<br>说明书第0052-0098段，附图1-12 | 4-8 |
| A | CN 113199464 A (燕山大学) 2021年8月3日 (2021 - 08 - 03)<br>全文 | 1-8 |
| A | CN 113580120 A (上海大学) 2021年11月2日 (2021 - 11 - 02)<br>全文 | 1-8 |
| A | CN 113021410 A (大连理工大学) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25)<br>全文 | 1-8 |
| A | CN 110394795 A (浙江大学) 2019年11月1日 (2019 - 11 - 01)<br>全文 | 1-8 |

☑ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

| 国际检索实际完成的日期 | 国际检索报告邮寄日期 |
|---|---|
| 2024年7月23日 | 2024年8月10日 |
| ISA/CN的名称和邮寄地址<br>中国国家知识产权局<br>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 | 受权官员<br>卢雁<br>电话号码 (+86) 010-62085392 |

C. 相关文件

| 类 型* | 引用文件，必要时，指明相关段落 | 相关的权利要求 |
|---|---|---|
| A | CN 116690533 A (哈尔滨工业大学) 2023年9月5日 (2023 - 09 - 05)<br>全文 | 1-8 |
| A | US 2015070904 A1 (HARVARD COLLEGE) 2015年3月12日 (2015 - 03 - 12)<br>全文 | 1-8 |

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/073703

| 检索报告引用的专利文件 | | | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 | | | 公布日<br>(年/月/日) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| KR | 20230121390 | A | 2023年8月18日 | KR | 102634111 | B1 | 2024年2月6日 |
| CN | 117086853 | A | 2023年11月21日 | | 无 | | |
| CN | 116833979 | A | 2023年10月3日 | | 无 | | |
| CN | 113199464 | A | 2021年8月3日 | | 无 | | |
| CN | 113580120 | A | 2021年11月2日 | | 无 | | |
| CN | 113021410 | A | 2021年6月25日 | | 无 | | |
| CN | 110394795 | A | 2019年11月1日 | | 无 | | |
| CN | 116690533 | A | 2023年9月5日 | | 无 | | |
| US | 2015070904 | A1 | 2015年3月12日 | JP | 2015509578 | A | 2015年3月30日 |
| | | | | US | 9797415 | B2 | 2017年10月24日 |
| | | | | KR | 20140126407 | A | 2014年10月30日 |
| | | | | KR | 102044052 | B1 | 2019年11月12日 |
| | | | | WO | 2013130760 | A2 | 2013年9月6日 |
| | | | | WO | 2013130760 | A3 | 2013年11月14日 |
| | | | | EP | 2820311 | A2 | 2015年1月7日 |
| | | | | EP | 2820311 | B1 | 2016年12月7日 |