



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110977943 B

(45) 授权公告日 2020.12.29

(21) 申请号 201911248599.X

审查员 潘玉芬

(22) 申请日 2019.12.09

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110977943 A

(43) 申请公布日 2020.04.10

(73) 专利权人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

(72) 发明人 蒋维涛 刘红忠 张鸿健 韩捷
牛东

(74) 专利代理机构 西安智大知识产权代理事务
所 61215

代理人 贺建斌

(51) Int. Cl.

B25J 9/00 (2006.01)

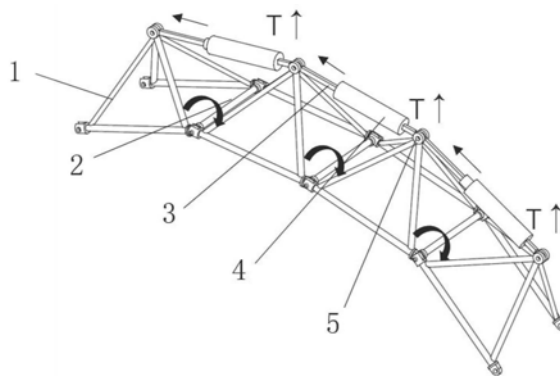
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种驱动/传动一体的多级变体结构

(57) 摘要

一种驱动/传动一体的多级变体结构,包括多个四棱锥桁架,相邻的两个四棱锥桁架底面通过桁架连杆连接,四棱锥桁架锥顶和活塞推杆连接,活塞推杆和活塞套筒配合连接,活塞套筒的固定端和另一四棱锥桁架锥顶连接;活塞套筒底部均固定一个柔性驱动,柔性驱动和活塞推杆连接,柔性驱动的内部腔室填充液气相变材料,柔性驱动外壁上缠有限位纤维,活塞套筒内壁贴有电加热设备;通过对电加热设备进行功率调节,使液气相变材料在温度的调控下发生部分可逆的液气相变,使柔性驱动实现轴向的伸长或收缩,带动活塞推杆做往复运动,实现了驱动与传动构件的一体化;本发明具有简单灵活,易于控制,反应迅速,运动精度高,便于生产和组装,可循环使用的优点。



1. 一种驱动/传动一体的多级变体结构,其特征在于:包括多个四棱锥桁架(1),相邻的两个四棱锥桁架(1)底面通过桁架连杆(2)连接;四棱锥桁架(1)锥顶和活塞推杆(3)通过圆柱销(5)连接,活塞推杆(3)和活塞套筒(4)配合连接,活塞套筒(4)的固定端通过圆柱销(5)和另一四棱锥桁架(1)锥顶连接;

所述的活塞套筒(4)底部均固定一个柔性驱动(6),柔性驱动(6)和活塞推杆(3)相接,柔性驱动(6)的内部腔室填充液气相变材料(9),柔性驱动(6)外壁上缠有限位纤维(7),活塞套筒(4)内壁贴有电加热设备(8)。

2. 根据权利要求1所述的一种驱动/传动一体的多级变体结构,其特征在于:通过对电加热设备(8)进行功率调节,液气相变材料(9)在温度的调控下发生部分可逆的液气相变,使柔性驱动(6)实现轴向的伸长或收缩,带动活塞推杆(3)做往复运动;柔性驱动(6)既起到驱动作用,又起到传动作用,实现了驱动与传动构件的一体化。

3. 根据权利要求1所述的一种驱动/传动一体的多级变体结构,其特征在于:所述的四棱锥桁架(1)由杆件连接而成,所有杆件的直径 $d=0.01-10\text{mm}$,底面杆长度 $L_1=0.1-150\text{mm}$,棱杆长度 $L_2=0.1-200\text{mm}$,棱杆与底面杆所在平面的夹角 $\alpha=30^\circ-60^\circ$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种驱动/传动一体的多级变体结构,其特征在于:所述的活塞推杆(3)底面直径 $d_1=0.01-20\text{mm}$;所述的活塞套筒(4)内径 $d_2=0.01-20\text{mm}$,总长度 $L_3=0.1-100\text{mm}$,活塞推杆(3)的行程 $L=0.1-60\text{mm}$ 。

5. 根据权利要求1所述的一种驱动/传动一体的多级变体结构,其特征在于:所述的柔性驱动(6)的直径 $d_3=0.01-16\text{mm}$,长度 $L_5=0.01-60\text{mm}$;柔性驱动(6)内部腔室的直径 $d_4=0.01-6\text{mm}$,长度 $L_4=0.01-20\text{mm}$ 。

6. 根据权利要求1所述的一种驱动/传动一体的多级变体结构,其特征在于:所述的四棱锥桁架(1)、桁架连杆(2)、活塞推杆(3)、活塞套筒(4)与柔性驱动(6)的制备方法按其所需尺度进行选择,大于 1mm 的大尺度时,选用加工方法为机加工或多材料3D打印;微尺度时,选用微纳制造技术,包括微尺度光固化成型或激光选区烧结成型。

7. 根据权利要求1所述的一种驱动/传动一体的多级变体结构,其特征在于:所述的柔性驱动(6)材料为弹性高分子硅胶材料,包括聚二甲基硅氧烷(PDMS)和Ecoflex系列硅橡胶材料,尼龙、热塑性弹性体材料(TPE)或硫化橡胶。

8. 根据权利要求1所述的一种驱动/传动一体的多级变体结构,其特征在于:所述的限位纤维(7)为具有高拉伸强度的聚合物纤维,包括聚酰亚胺纤维、尼龙纤维或碳素纤维。

9. 根据权利要求1所述的一种驱动/传动一体的多级变体结构,其特征在于:所述的液气相变材料(9)是沸点为 $-50^\circ\text{C}-200^\circ\text{C}$ 的低沸点的液体或溶液,包括3M NovecTM7000氟化液、3M NovecTM 7100氟化液或无水乙醇。

10. 根据权利要求1所述的一种驱动/传动一体的多级变体结构,其特征在于:所述的电加热设备(8)为利用电流热效应实现加热的柔性材料或设备,包括聚酰亚胺加热薄膜、感应式加热设备、激光加热设备或近红外加热设备。

一种驱动/传动一体的多级变体结构

技术领域

[0001] 本发明属于机构与微纳制造技术领域,具体涉及一种驱动/传动一体的多级变体结构。

背景技术

[0002] 传统的驱动/传动分离式机械结构,由于其驱动系统的驱动、传动和传感系统相互独立、相对分离,运动过程需多次能量转化,系统效率较低。变体结构相对于传统机械结构,其主要构件依据功能需求进行多自由度灵活运动,结构简单且动精度高,可广泛应用于运动方式复杂且对运动精度要求高的机械结构中,如工业机械臂,太阳能展开帆板,太空望远镜,变体水下深潜器,精密支撑平台等。

[0003] 目前的变体结构,主要是依靠电机驱动、气压驱动或是形状记忆合金驱动,辅助以齿轮传动、丝杠传动、链传动等实现变体结构的变形,额外的电机,气压设备等会增大变体结构整体结构的自重和复杂程度;此外,在实际应用中仍然多为驱动/传动分离式的结构,变体结构整体仍然未能实现驱动/传动构件的一体化,不能充分发挥出变体结构的结构简单轻便,便于控制的优势。此外,对于大型的而且存在大驱动行程需求的变体结构而言,复杂的驱动/传动系统会降低变体结构末端刚度,而且在大悬臂结构中造成末端振颤,会出现机械结构运动精度不足,噪音,功率浪费等问题,这会严重影响诸如机械臂,大尺寸空间展开机构等的应用与发展。因此,亟需发展驱动/传动一体的新型多级变体结构,克服当前传统变体结构中存在的装置复杂,运动精度不足,末端振颤等固有瓶颈问题。

发明内容

[0004] 为了克服上述现有的技术缺点,本发明的目的在于提供了一种驱动/传动一体的多级变体结构,具有简单灵活,易于控制,反应迅速,运动精度高,便于生产和组装,可循环使用的优点。

[0005] 为了达到上述目的,本发明采取的技术方案为:

[0006] 一种驱动/传动一体的多级变体结构,包括多个四棱锥桁架1,相邻的两个四棱锥桁架1底面通过桁架连杆2连接;四棱锥桁架1锥顶和活塞推杆3通过圆柱销5连接,活塞推杆3和活塞套筒4配合连接,活塞套筒4的固定端通过圆柱销5和另一四棱锥桁架1锥顶连接;

[0007] 所述的活塞套筒4底部均固定一个柔性驱动6,柔性驱动6和活塞推杆3连接,柔性驱动6的内部腔室填充液气相变材料9,柔性驱动6外壁上缠有限位纤维7,活塞套筒4内壁贴有电加热设备8。

[0008] 通过对电加热设备8进行功率调节,液气相变材料9在温度的调控下发生部分可逆的液气相变,使柔性驱动6实现轴向的伸长或收缩,带动活塞推杆3做往复运动;柔性驱动6既起到驱动作用,又起到传动作用,实现了驱动与传动构件的一体化。

[0009] 所述的四棱锥桁架1根据设计需求利用桁架连杆2能够在多个方向上将多个四棱锥桁架1扩展连接,并通过多个活塞构件的驱动/传动作用实现驱动/传动一体的多级变体

结构的制备;根据设计需求能够将驱动/传动一体的多级变体结构在大悬臂方向上优化分散布置,构建出高末端强度的驱动/传动一体的多级变体结构。

[0010] 所述的四棱锥桁架1由杆件连接而成,所有杆件的直径 $d=0.01-10\text{mm}$,底面杆长度 $L_1=0.1-150\text{mm}$,棱杆长度 $L_2=0.1-200\text{mm}$,棱杆与底面杆所在平面的夹角 $\alpha=30^\circ-60^\circ$ 。

[0011] 所述的活塞推杆3底面直径 $d_1=0.01-20\text{mm}$;所述的活塞套筒4内径 $d_2=0.01-20\text{mm}$,总长度 $L_3=0.1-100\text{mm}$,活塞推杆3的行程 $L=0.1-60\text{mm}$ 。

[0012] 所述的柔性驱动6的直径 $d_3=0.01-16\text{mm}$,长度 $L_5=0.01-60\text{mm}$,柔性驱动6内部腔室的直径 $d_4=0.01-6\text{mm}$,长度 $L_4=0.01-20\text{mm}$ 。

[0013] 所述的四棱锥桁架1、桁架连杆2、活塞推杆3、活塞套筒4与柔性驱动6的制备方法按其所需尺度进行选择,采用大于 1mm 的大尺度时,选用加工方法为机加工或多材料3D打印等;采用微尺度时,选用微纳制造技术,包括微尺度光固化成型或激光选区烧结成型等。

[0014] 所述的柔性驱动6材料为弹性高分子硅胶材料,包括聚二甲基硅氧烷(PDMS)和Ecoflex系列硅橡胶等材料,尼龙、热塑性弹性体材料(TPE)和硫化橡胶等。

[0015] 所述的限位纤维7为具有高拉伸强度的聚合物纤维,包括聚酰亚胺纤维、尼龙纤维和碳素纤维等。

[0016] 所述的液气相变材料9是沸点为 $-50^\circ\text{C}-200^\circ\text{C}$ 的低沸点的液体或溶液,包括3M Novec™ 7000氟化液、3M Novec™ 7100氟化液和无水乙醇等。

[0017] 所述的电加热设备8为利用电流热效应等实现加热的柔性材料或设备,包括聚酰亚胺加热薄膜、感应式加热设备、激光加热设备和近红外加热设备等。

[0018] 本发明的有益效果:

[0019] 四棱锥桁架1作为最小结构单元,结构稳定性好,刚度高;活塞套筒4内柔性驱动6与活塞推杆3相接,柔性驱动6既充当驱动构件,又起到传动作用,实现了驱动/传动构件的一体化;活塞套筒4内的柔性驱动6只需通过调节电加热设备8的功率即可实现其伸长缩短,带动活塞推杆3做往复运动,控制简单,反应灵敏;同时,四棱锥桁架1可通过桁架连杆2的连接按设计需求进行延长扩展,制成多级变体结构,相较于传统变体结构,结构简单轻便,运动灵活;此外,通过在大悬臂方向上进行优化分散布置,可以解决传统机械臂,大尺度空间展开结构的末端刚度不足问题,可以消除机械结构末端震颤的问题,减小驱动噪音,大幅提高结构末端的运动精度。

[0020] 本发明提出的驱动/传动一体的多级变体结构,单元及整体尺度可按照设计需求进行调整,可广泛应用于各种对运动精度要求较高,且要求结构轻便的悬臂结构中,如工业机械臂,太阳能展开帆板,太空望远镜,变体水下深潜器,精密支撑平台等。本发明具有轻便简单,稳定性高,易于控制,反应迅速,运动精度高,便于生产和组装,可循环使用的优点。

附图说明

[0021] 图1为本发明实施例驱动/传动一体的多级变体结构的整体示意图。

[0022] 图2为本发明实施例驱动/传动一体的多级变体结构的驱动效果图。

[0023] 图3为本发明中活塞套筒4内部的结构示意图。

[0024] 图4为本发明中各构件的尺寸示意图,图(a)为四棱锥桁架1尺寸示意图,图(b)为活塞推杆3尺寸示意图,图(c)为活塞套筒4尺寸示意图,图(d)为柔性驱动6尺寸示意图。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图和实施例对本发明作详细描述。

[0026] 参照图1和图2,一种驱动/传动一体的多级变体结构,包括多个四棱锥桁架1,相邻的两个四棱锥桁架1底面通过桁架连杆2连接,四棱锥桁架1与桁架连杆2均为碳纤维材料制成;四棱锥桁架1锥顶和活塞推杆3通过圆柱销5连接,活塞推杆3和活塞套筒4配合连接,活塞套筒4的固定端通过圆柱销5和另一四棱锥桁架1锥顶连接。

[0027] 参照图3,所述的活塞套筒4底部均固定一个柔性驱动6,柔性驱动6的制备材料为Ecoflex 0030,制备工艺为多材料3D打印;柔性驱动6和活塞推杆3相接,柔性驱动6的内部腔室填充液气相变材料9,液气相变材料9为沸点为35℃的3M Novec™ 7000氟化液,柔性驱动6外壁上缠有聚酰亚胺材料的限位纤维7,活塞套筒4内壁贴有电加热设备8。

[0028] 所述的活塞推杆3和活塞套筒4均为铝合金材料制成。

[0029] 所述的电加热设备8采用聚酰亚胺加热薄膜。

[0030] 参照图4中的(a),所述的四棱锥桁架1由杆件连接而成,所有杆件的直径 $d=7\text{mm}$,底面杆长度 $L1=130\text{mm}$,棱杆长度 $L2=120\text{mm}$,棱杆与底面杆所在平面的夹角 $\alpha=40^\circ$;参照图4中的(b)和(c),所述的活塞推杆3底面直径 $d1=16\text{mm}$,活塞套筒4内径 $d2=16\text{mm}$,总长度 $L3=85\text{mm}$;参照图4中的(d),所述的柔性驱动6的直径 $d3=14\text{mm}$,长度 $L5=40\text{mm}$,柔性驱动6内部腔室的直径 $d4=4\text{mm}$,长度 $L4=20\text{mm}$ 。

[0031] 本发明的工作原理为:

[0032] 参照图1和图2,当需要驱动本发明驱动/传动一体的多级变体结构进行弯曲变形时,给电加热设备8(聚酰亚胺加热薄膜)通电并逐渐加大其功率,电加热设备8升温并加热柔性驱动6内部腔室填充的3M Novec™ 7000氟化液,3M Novec™ 7000氟化液受热汽化,产生的气体使柔性驱动6膨胀变形,由于柔性驱动6外壁缠有限位纤维7,径向膨胀被限制,整体膨胀表现为柔性驱动6的轴向伸长;柔性驱动6伸长推动活塞推杆3运动,柔性驱动6起到驱动作用,又起到传动作用,实现了驱动/传动结构的一体化。多级变体结构的最左端完全固定,与之相连的四棱锥桁架1受到活塞推杆3的推动作用,绕桁架连杆2旋转,从而实现多级变体结构的弯曲变形,本实施例中活塞行程最大可达40mm,多级变体结构的最大弯曲角度可达130°。

[0033] 当需要多级变体结构恢复为平直状态时,停止对电加热设备8(聚酰亚胺加热薄膜)供电,停止加热一段时间后,柔性驱动6内腔温度逐渐降低,液气相变材料9由气体逐渐转变液体,柔性驱动6恢复为原来的形状,拉回活塞推杆3,从而带动四棱锥桁架1转动,恢复到图1位置。

[0034] 虽然本发明已以优选实施例披露如上,然其并非用以限定本发明,任何所属技术领域中具有普通技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,当可作些许的更动与润饰,因此本发明的保护范围当视权利要求所界定者为准。

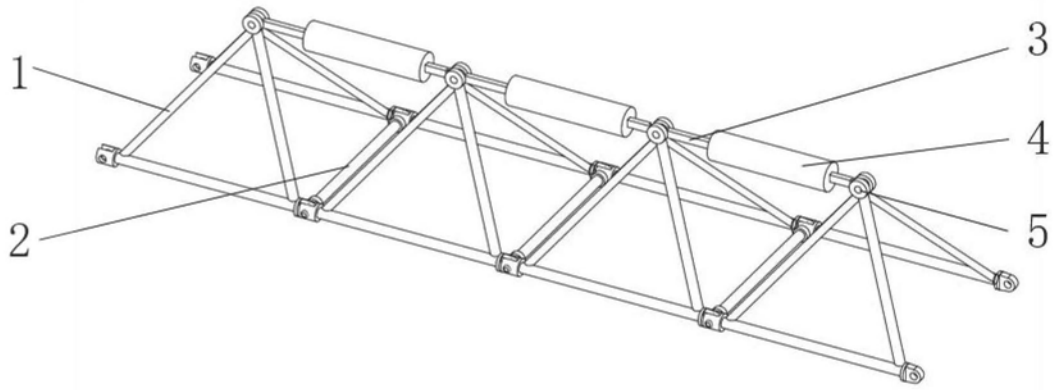


图1

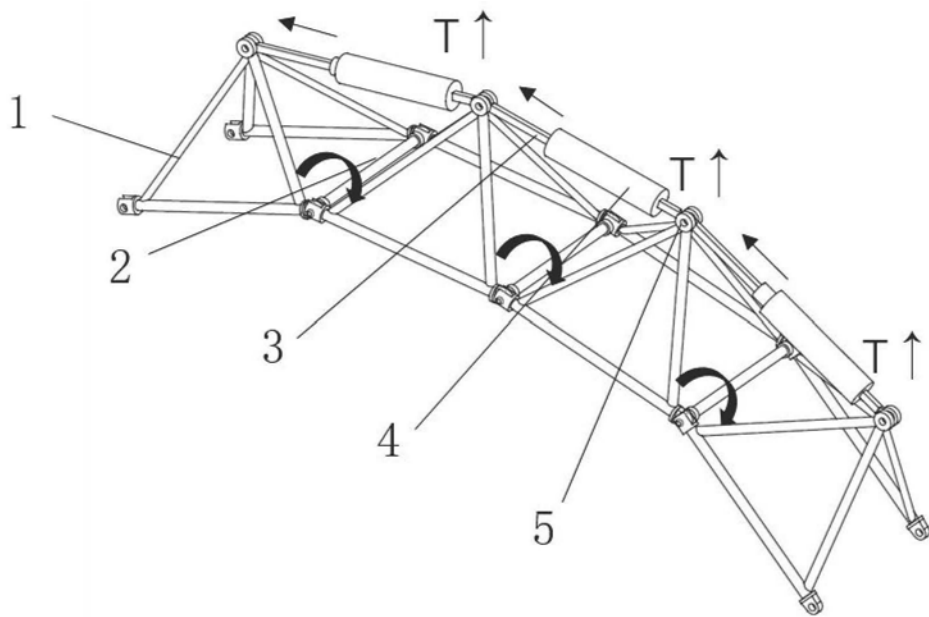


图2

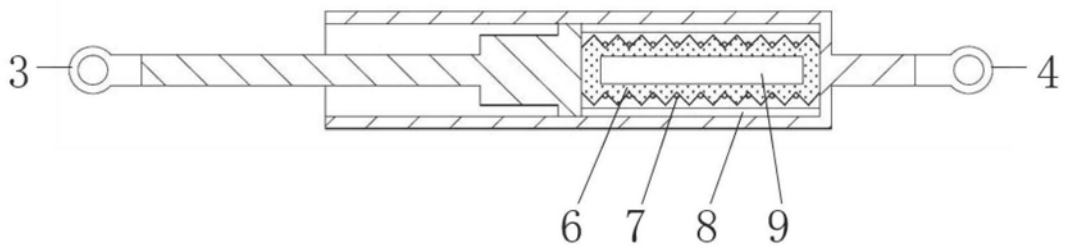


图3

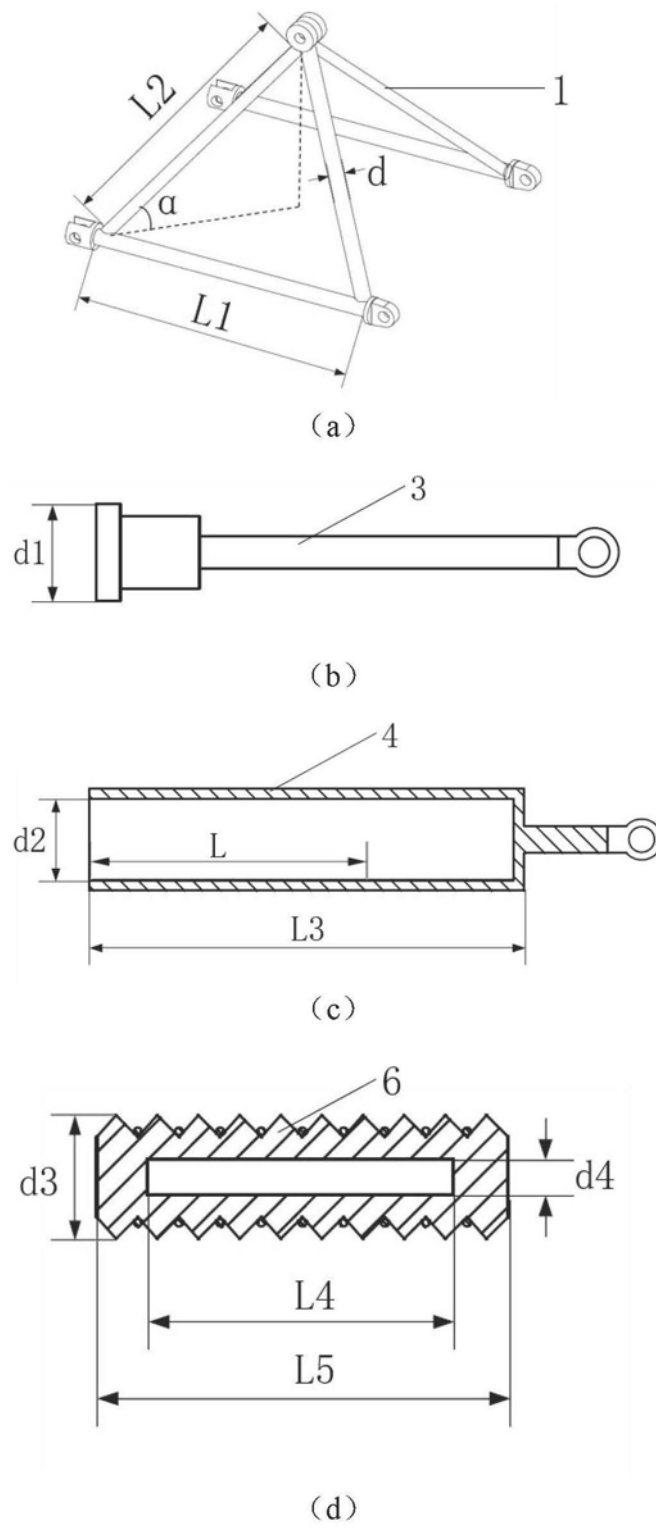


图4