

(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
2020 年 12 月 3 日 (03.12.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/238331 A1

- (51) 国际专利分类号:
B25J 5/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/079396
- (22) 国际申请日: 2020 年 3 月 14 日 (14.03.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910461042.8 2019 年 5 月 30 日 (30.05.2019) CN
- (71) 申请人: 南方科技大学(SOUTHERN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区学苑大道 1088 号, Guangdong 518055 (CN)。
- (72) 发明人: 宋超阳(SONG, Chaoyang); 中国广东省深圳市南山区南方科技大学创园 7 栋 606, Guangdong 518055 (CN)。 万芳(WAN, Fang); 中
- 国广东省深圳市南山区南方科技大学创园 7 栋 606, Guangdong 518055 (CN)。
- (74) 代理人: 北京汇信合知识产权代理有限公司(BEIJING HUI & XIN IP LAW OFFICE); 中国北京市海淀区上地东路 1 号院 5 号楼 4 层 401-B4, Beijing 100085 (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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,

(54) **Title:** WHEELED ROBOT FOR PHYSICAL INTERACTION APPLICABLE TO UNSTRUCTURED ENVIRONMENT

(54) 发明名称: 一种适用于非结构化环境下进行物理交互的轮式机器人

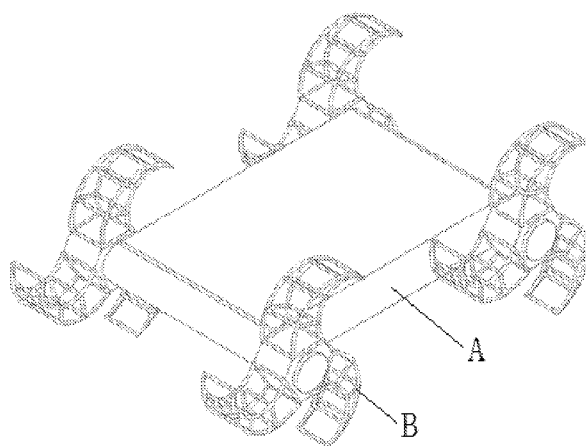


图 1

(57) **Abstract:** A wheeled robot for physical interaction applicable to an unstructured environment, comprising: a wheeled robot main body (A) and a wheel part structure (B). A network structure of the wheel part structure (B) comprises a first basic unit, second basic units, a superimposition of one first basic unit and a plurality of second basic units, or a superimposition of a plurality of second basic units; a first upper layer structure of the first basic unit comprises one first node (1); a first lower layer structure comprises at least three non-collinear second nodes (2); the first node (1) and all the second nodes (2) form a three-dimensional network structure by means of connecting rods (5); second upper layer structures of the second basic units comprise at least two third nodes (3); second lower layer structures comprise at least two fourth nodes (4); the at least two fourth nodes (4) and the at least two third nodes (3) are non-coplanar; the third nodes (3) and the fourth nodes (4) form a three-dimensional network structure by means of the connecting rods (5). When the wheeled robot passes through a complex terrain, the wheel part structure (B) and an external environment geometric structure generate self-adaption.

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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种适用于非结构化环境下进行物理交互的轮式机器人, 包括: 轮式机器人本体(A)和轮部结构(B), 轮部结构(B)的网络结构为第一基本单元、第二基本单元、一个第一基本单元和多个第二基本单元的叠合、或多个第二基本单元的叠合; 第一基本单元的第一上层结构包含一个第一节点(1), 第一下层结构包含至少三个不共线的第二节点(2), 第一节点(1)和所有第二节点(2)通过连杆(5)构成三维网络结构; 第二基本单元的第二上层结构包含至少两个第三节点(3), 第二下层结构包含至少两个第四节点(4), 至少两个第四节点(4)与至少两个第三节点(3)不共面, 所有第三节点(3)和所有第四节点(4)通过连杆(5)构成三维网络结构。当轮式机器人经过复杂地形时, 轮部结构(B)与外部环境几何结构产生自适应性。

一种适用于非结构化环境下进行物理交互的轮式机器人

技术领域

本发明涉及机器人设计技术领域，具体涉及一种适用于非结构化环境下进行物理交互的轮式机器人。

背景技术

现有机器人常采用刚性材质进行结构设计，在应对结构化环境问题中已经形成较为成熟的设计方法，如工业机器人等，但在应对更加广泛的非结构化环境交互时，该设计方法仍具有较大的局限性，往往需要采用较为复杂的机械结构、传动部件、驱动部件等实现复杂的运动功能，在这个过程中，机器人结构的自适应性成为一个重要的设计问题。

通常具有较高环境适应性的机器人可以借助单一结构或仅通过少量改动即可在更加广泛的应用场景下，特别是非结构化环境下，实现各种复杂的功能，这是机器人自适应性的一个重要体现。

现有移动机器人的设计中，往往需要机器人不仅可以在平地上通过一个轮式结构进行高效移动，同时更加希望其可以在复杂崎岖的各种地形环境下进行移动，具有自适应性的移动机器人需要可以在不同的地形下（如高低起伏、崎岖不平等）、不同的环境中（如陆地、沼泽、沙石、水下等）进行高效移动。

为了应对以上问题，现有技术往往通过集成更加复杂的机械结构、驱动方式、传感器件以及控制方法等，实现可以应对以上困难的机器人设计。这类设计往往存在结构复杂、造价昂贵、零件繁多、空间狭小、控制复杂、在特种环境下保护困难等多方面的困难，而提出一个具有通用自适应性的机器人设计方法仍是目前在应对非结构化环境下特殊应用需求的机器人设计领域的一大挑战。

发明内容

针对上述问题中存在的不足之处，本发明提供一种适用于非结构化环境下进行物理交互的轮式机器人。

本发明公开了一种适用于非结构化环境下进行物理交互的轮式机器人，包括：轮式机器人本体和轮部结构，所述轮部结构安装在所述轮式机器人本体上；

所述轮部结构的网络结构采用空间三维网络结构，所述空间三维网络结构基于节点的位置并采用连杆在空间中进行有序组合。

作为本发明的进一步改进，所述空间三维网络结构为第一基本单元、第二基本单元、一个第一基本单元和多个第二基本单元的叠合、或多个第二基本单元的叠合；其中：

所述第一基本单元包括第一上层结构和第一下层结构，所述第一上层结构包含一个第一节点，所述第一下层结构包含至少三个第二节点，至少三个所述第二节点不共线；所述第一节点和所有所述第二节点通过连杆构成三维网络结构，所述连杆连接在两个所述第二节点之间或所述第一节点与第二节点之间；

所述第二基本单元包括第二上层结构和第二下层结构，所述第二上层结构包含至少两个第三节点，所述第二下层结构包含至少两个第四节点，至少两个所述第四节点与至少两个所述第三节点不共面；所有所述第三节点和所有所述第四节点通过连杆构成三维网络结构，所述连杆连接在两个所述第三节点之间、两个所述第四节点之间或所述第三节点与第四节点之间。

作为本发明的进一步改进，所述连杆为中空柔性杆。

作为本发明的进一步改进，任一所述第二节点和与之距离最近的第二节点通过所述连杆连接；

基于就近原则，所述第一节点和一个或多个第二节点通过所述连杆连接。

作为本发明的进一步改进，任一所述第二节点和与之未连接的一个或多个第二节点通过所述连杆连接；

所述第一节点和与之未连接的一个或多个第二节点通过所述连杆连接。

作为本发明的进一步改进，任一所述第三节点和与之距离最近的第三节点通过所述连杆连接；

任一所述第四节点和与之距离最近的第四节点通过所述连杆连接；

基于就近原则，一个或多个所述第三节点和一个或多个第四节点通过所述连杆连接。

作为本发明的进一步改进，任一所述第三节点和与之未连接的一个或多个第三节点通过所述连杆连接；

任一所述第四节点和与之未连接的一个或多个第四节点通过所述连杆连接；

任一所述第三节点和与之未连接的一个或多个第四节点通过所述连杆连接。

作为本发明的进一步改进，还包括：传感系统；

所述传感系统包括：光源器件、光敏器件和光信号处理器，所述光源器件、光敏器件和光信号处理器安装在所述轮式机器人本体上；

所述光源器件发出的光经光路入口进入所述连杆的中空通道中，并经光路出口传输至所述光敏器件；

所述光信号处理器对所述光源器件和光敏器件的光信号进行处理，转化为所述轮部结构的形变信号，实现传感功能。

作为本发明的进一步改进，所述连杆的中空通道中内嵌单根或多根光纤回路；

所述光源器件发出的光经光路入口进入所述光纤回路中，并经光路出口传输至所述光敏器件处；

所述光信号处理器对所述光源器件和光敏器件的光信号进行处理，转化为所述轮部结构的形变信号，实现传感功能。

与现有技术相比，本发明的有益效果为：

本发明轮式机器人的轮部结构采用空间三维网络结构，该空间三维网络结构基于节点的位置并采用连杆在空间中进行有序组合；当轮式机器人经过复杂地形时，轮部结构的连杆在空间中进行凹陷式形变，产生与外部环境几何结构的自适应性，从而使轮式机器人的轮部结构实现非结构化环境下的物理交互；

在此之上，本发明可直接利用轮部结构连杆的中空结构作为光路或内嵌单根或多根光纤回路，通过光信号处理器测量通光量的变化检测连杆的物理形变量，从而使轮式机器人的轮部结构在交互时实现非结构化环境的物理感知。

附图说明

图 1 为本发明一种实施例公开的轮式机器人的结构示意图；

图 2 为本发明一种实施例公开的第一基本单元的结构示意图；

图 3 为本发明一种实施例公开的第二基本单元的结构示意图；

图 4 为本发明一种实施例公开的轮部结构的网络结构示意图；

图 5 为本发明另一种实施例公开的轮部结构的网络结构示意图；

图 6 为本发明一种实施例公开的传感系统的侧视剖视图；

图 7 为本发明一种实施例公开的物品 X 与第一基本单元接触前后的自适应形变示意图；

图 8 为图 7 中第一基本单元对物品 X 自适应调整后的示意图；

图 9 为本发明另一种实施例公开的物品 X 与第一基本单元接触前后的自适应形变示意图；

图 10 为本发明一种实施例公开的物品 X 与轮部结构接触后的自适应形变示意图。

图中：

A、轮式机器人本体；B、轮部结构；

1、第一节点；2、第二节点；3、第三节点；4、第四节点；5、连杆；6、光源器件；7、光敏器件；8、光信号处理器；9、光路入口；10、光路出口；11、可导入侧面连杆的光路开口；12、形变信号。

具体实施方式

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。

在本发明的描述中，需要说明的是，术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理

解为对本发明的限制。此外，术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

在本发明的描述中，还需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

下面结合附图对本发明做进一步的详细描述：

如图 1 所示，本发明提供一种适用于非结构化环境下进行物理交互的轮式机器人，包括：轮式机器人本体 A 和轮部结构 B，轮部结构 B 安装在轮式机器人本体 A 上；其中：

本发明的轮部结构 B 的网络结构为第一基本单元、第二基本单元、一个第一基本单元和多个第二基本单元的叠合、或多个第二基本单元的叠合；在使用时可根据实际需求选择上述形式的一种。

具体的：

如图 2 所示，本发明的第一基本单元包括第一上层结构和第一下层结构；

第一上层结构包含一个第一节点（A）1；第一下层结构包含至少三个不共线的第二节点 2，不共线的第二节点 2 保证第一节点 1 与第二节点 2 连接后形成的是空间三维网络结构，而不是平面网络结构；

第一节点 1 和所有第二节点 2 通过连杆 5 构成三维网络结构，连杆 5 为中空柔性杆（即具有较高杨氏模量以及形变比例弹性或超弹性材料），也可采用符合需求的其他实心杆件，优选采用中空柔性杆；当选用实心杆件时可在实心杆件上设置供光路通过的通道；连杆 5 连接在两个第二节点 2 之间或第一节点 1 与第二节点 2 之间。其中，本发明的所有节点（包含第一节点和第二节点）连接成一整体，并不对第一节点 1 与第二节点 2 的具体连接方式进行限定，第一节点 1 与第二节点 2 的具体连接方式可根据不同的需求进行设计。

如图 2 所示，本发明示出了下层为 3 个第二节点(a/b)、4 个第二节点(a/b/c) 以及 n 个第二节点（a/b/c/.../n）的第一基本单元结构；其中：

优选的，本发明在上层结构中，若本层内仅一个节点则在本层之内无连杆连接；在下层结构中，任一第二节点通常和与之距离最近的第二节点通过连杆连接。在上下两层结构中，基于就近原则，第一节点通常和一个或多个第二节点通过连杆连接。

进一步优选的，本发明可根据不同场景的实际设计需要，在下层结构中，任一第二节点和与之未连接的一个或多个第二节点通过连杆连接；在上下两层结构中，第一节点和与之未连接的一个或多个第二节点通过连杆连接。

如图3所示，本发明的第二基本单元包括第二上层结构和第二下层结构；第二上层结构包含至少两个第三节点3；

第二下层结构包含至少两个第四节点4，至少两个第四节点4与至少两个第三节点3不共面；

所有第三节点3和所有第四节点4通过连杆5构成三维网络结构，连杆5为中空柔性杆，连杆5连接在两个第三节点3之间、两个第四节点4之间或第三节点3与第四节点4之间。其中，本发明的所有节点（包含第三节点和第四节点）连接成一整体，并不对第三节点3与第四节点4的具体连接方式进行限定，第三节点3与第四节点4的具体连接方式可根据不同的需求进行设计。

优选的，本发明在上层结构中，任一第三节点和与之距离最近的第三节点通过连杆连接；在下层结构中，任一第四节点和与之距离最近的第四节点通过连杆连接；在上下两层结构中，基于就近原则，一个或多个第三节点和一个或多个第四节点通过连杆连接。

进一步优选的，本发明可根据不同场景的实际设计需要，在上层结构中，任一第三节点和与之未连接的一个或多个第三节点通过连杆连接；在下层结构中，任一第四节点和与之未连接的一个或多个第四节点通过连杆连接；在上下两层结构中，任一第三节点和与之未连接的一个或多个第四节点通过连杆连接。

更进一步优选的，需要指出的是，此类基本结构单元也可视为前述基本结构单元的一种特例，即两个具有相同下层节点构型但不同单一上层节点构型的基本单元之间的组合。此时，可以通过连接这两个基本单元的单一上层节点，同时去除其他与该上层节点相连但长度更长的连杆的方式进行结构简

化，避免连杆交错的结构。

如图 3 所示，本发明示出了上层为 2 个第三节点 (A/B)、下层为 2 个第四节点 (a/b)，上层为 2 个第三节点 (A/B)、下层为 3 个第四节点 (a/b/c)，上层为 2 个第三节点 (A/B)、下层为 4 个第四节点 (a/b/c/d)，上层为 3 个第三节点 (A/B/C)、下层为 3 个第四节点 (a/b/c)，上层为 4 个第三节点 (A/B/C/D)、下层为 4 个第四节点 (a/b/c/d) 的第二基本单元结构；其中：

如图 3a 所示的【四边形式】ABab 构型，通过类似前述第一种具体示例中的分析方法可知该基本结构单元可以实现对以物品 X 为例的外部环境的自适应性包覆和运动稳定效果；

如一种如图 3b 所示的【双三边双四边式】ABabc 构型，可以等效为两个【四面体式】基本结构单元 Aabc 和 Babc 通过下层 abc 的叠加形成的一个复合结构单元，然后将上层的两个节点 A 和 B 进行连接，由于 A 与 a 和 b 的空间距离较近，而 B 仅与 c 的空间距离较近，则可以通过去除 Ac, Ba, Bb 这三根连杆的方式完成结构简化，避免连杆交错的结构，通过类似前述分析可知该基本结构单元可以实现对以物品 X 为例的外部环境的自适应性包覆和运动稳定效果。

如另一种如图 3c 所示的【单四边四三边式】ABabc 构型，可以等效为两个【四面体式】基本结构单元 Aabc 和 Babc 通过下层 abc 的叠加形成的一个复合结构单元，但 Ac 和 Bc 的空间距离基本相等，Aa 和 Bb 的空间距离也基本相等，此时可以通过去除 Ab、Ba 的方式完成结构简化，避免连杆交错的结构，该构型还可以视为是一个以 c 为第一层，ABba 为第二层的金字塔型基本结构单元，通过类似前述分析可知该基本结构单元可以实现对以物品 X 为例的外部环境的自适应性包覆和运动稳定效果。

如另一种如图 3d 所示【三四边双三边式】ABabcd 构型，可以等效为两个【金字塔式】基本结构单元 Aabcd 和 Babcd 通过下层 abcd 的叠加形成一个复合结构单元，但 Aa 和 Ab 的空间距离基本相等，Bc 和 Bd 的空间距离也基本相等，此时可以通过去除 Ac、Ad、Ba、Bb 的方式完成结构简化，避免连杆交错的结构，通过类似前述分析可知该基本结构单元可以实现对以物品 X 为例的外部环境的自适应性包覆和运动稳定效果。

其他情况可根据以上分析以此类推获得其他基本网络结构单元。

此类基本结构单元的另一个特例是当上下两层包含相同数量的连接节点，每层内仅需通过连杆依次连接各相邻节点形成单一闭环结构，两层间通过连杆依次连接对应节点形成三维网络结构，且每层内的各节点可不共面。

如图 3e 所示【双层三边式】ABCabc 构型，上下两层分别包含三个连接节点；

如图 3f 所示【双层四边式】ABCDabcd 构型，上下两层分别包含四个连接节点。

如图 4 所示，在上述第一基本单元与第二基本单元基础上，本发明所设计的轮部结构的网络结构可通过采用一个第一基本单元与多个第二基本单元组合堆叠的方式，每层基本结构单元可分别对物品 X 的不同位置的几何尺寸进行相应的凹陷式形变，通过每层基本结构的自适应性和运动稳定效果的叠加，包括网络结构通过扭转形变产生的自适应性包覆和运动稳定效果，综合提升整体空间网络结构对外部环境的自适应性包覆和运动稳定效果，本发明所涉及的轮部结构的网络结构的一个显著特点是当轮式机器人经过复杂地形时，轮部结构可以从任意侧向角度实现对外部环境进行几何结构自适应以及运动稳定：

如图 4a 所示【多层四面体式】结构：包含顶层的【四面体式】基本结构单元以及底部的多个双层【三边式】基本结构单元组成；

如图 4b 所示【多层金字塔式】结构：包含顶层的【金字塔式】基本结构单元以及底部的多个双层【四边式】基本结构单元组成；

根据不用场景的实际需求，可根据本发明所描述的设计方法进行相应的结构设计，实现轮部结构对外部环境的结构自适应性和运动稳定效果。

优选的，本发明根据不同场景的实际设计需要，每个连杆的几何形状，可以是一般直线，也可以是某种特殊设计的复杂曲线，每个连杆的截面形状可以是圆形、方形或其他任意截面形状。

优选的，每个连杆采用具有一定弹性的材料，即在外力作用下可产生可被检测到的弹性形变，任意连杆内部可采用中空结构，通过检测杆件内部的通光量，实现对杆件弹性形变的感知。

优选的，根据不同场景的实际设计需要，连接节点处实现连杆间连接的方式可以是一般的结构固接（无自由度即连杆间无相对运动自由度）、铰链连

接（一个自由度即连杆间有一个相对转动的运动自由度）、球铰连接（三个自由度即连杆间有两个相对转动加一个绕轴自旋的运动自由度）等多种连接方式。

如图 5 所示，在上述基本单元基础上，本发明所设计的轮部结构的空间网络结构可通过采用多个第二基本结构组合堆叠的方式，每层基本结构单元可分别对物品 X 的不同位置的几何尺寸进行相应的凹陷式形变，通过每层基本结构的自适应性和运动稳定效果的叠加，包括网络结构通过扭转形变产生的自适应性包覆和运动稳定效果，综合提升整体空间网络结构对外部环境的自适应性包覆和运动稳定效果，本发明所涉及的轮部结构的空间网络结构的一个显著特点是可以从任意侧向角度实现对外部环境进行几何结构自适应以及运动稳定：

如图 5a 所示【一种多层复合式】结构：包含顶层的【单四边三三边式】基本结构单元以及底部的多个双层【三边式】基本结构单元组成；

如图 5b 所示【另一种多层复合式】结构：包含顶层的【三四边双三边式】基本结构单元以及底部的多个双层【四边式】基本结构单元组成；

根据不用场景的实际需求，可根据本发明所描述的设计方法进行相应的结构设计，实现机器人本体对外部环境的结构自适应性和运动稳定效果，这一方法可实现的多样化机器人结构。

优选的，本发明根据不同场景的实际设计需要，每个连杆的几何形状，可以是一般直线，也可以是某种特殊设计的复杂曲线，每个连杆的截面形状可以是圆形、方形或其他任意截面形状。

优选的，每个连杆采用具有一定弹性的材料，即在外力作用下可产生可被检测到的弹性形变，任意连杆内部可采用中空结构，通过检测杆件内部的通光量，实现对杆件弹性形变的感知。

优选的，根据不同场景的实际设计需要，连接节点处实现连杆间连接的方式可以是一般的结构固接（无自由度即连杆间无相对运动自由度）、铰链连接（一个自由度即连杆间有一个相对转动的运动自由度）、球铰连接（三个自由度即连杆间有两个相对转动加一个绕轴自旋的运动自由度）等多种连接方式。

本发明可以通过采用具有内部光路的柔性杆件（即具有较高杨氏模量以

及形变比例弹性或超弹性材料), 当杆件产生形变时, 通过测量其光路内或光路内部如光纤的通光介质的通光量变化实现对杆件形变量的计量, 从而实现轮部结构在交互时对物理环境的感知。

具体的:

如图 6 所示, 其所示的结构为基本单元中侧面三角的剖视图; 本发明提供一种轮式机器人的传感系统, 包括: 光源器件 6、光敏器件 7 和光信号处理器 8, 光源器件 6、光敏器件 7 和光信号处理器 8 安装在轮式机器人本体上; 其中:

轮式机器人轮部结构的连杆上设有光路入口 9 和光路出口 10, 并在连接点处设有可导入侧面连杆的光路开口 11; 光源器件 6、光敏器件 7 与光信号处理器 8 相连, 光源器件 6 置于光路入口 9 处, 光敏器件 7 置于光路出口 10 处。

使用时, 光源器件 6 发出的光经光路入口 9 进入连杆 5 的中空通道中, 并经光路出口 10 传输至光敏器件 7; 光信号处理器 8 对光源器件 6 和光敏器件 7 的光信号进行处理, 转化为轮部结构的形变信号 12, 实现传感功能。

进一步, 本发明传感系统光路具体的走向可根据实际需求具体设计, 底部有光路出入口并连接至机器人底座部分, 光源器件可采用发光二极管, 光敏器件可采用光敏传感器。

本发明还提供另一种轮式机器人的传感系统, 包括: 光源器件 6、光敏器件 7 和光信号处理器 8, 光源器件 6、光敏器件 7 和光信号处理器 8 安装在轮式机器人本体上; 其中:

轮部结构的连杆上设有光路入口 9 和光路出口 10, 连杆 5 的中空通道中内嵌单根或多根光纤回路; 并在连接点处设有可导入侧面连杆的光路开口 11; 光源器件 6、光敏器件 7 与光信号处理器 8 相连, 光源器件 6 置于光路入口 9 处, 光敏器件 7 置于光路出口 10 处。

使用时, 光源器件 6 发出的光经光路入口 9 进入光纤回路中, 并经光路出口 10 传输至光敏器件 7; 光信号处理器 8 对光源器件 6 和光敏器件 7 的光信号进行处理, 转化为轮部结构的形变信号, 实现传感功能。

进一步, 本发明传感系统光路具体的走向可根据实际需求具体设计, 底部有光路出入口并连接至机器人底座部分, 光源器件可采用发光二极管, 光

敏器件可采用光敏传感器。

实施例：

本发明以第一基本单元为例对自适应过程进行说明，第二基本单元的自适应过程的原理同第一基本单元一致。

本发明第一基本单元的自适应过程为：

本发明以图 2 中 Aabc 为例，当受到来自具有一定三维几何尺寸物品 X 的外部环境作用力时，与物品 X 接触的边分别产生不同程度的弹性形变对物品 X 的三维几何尺寸形成空间包覆，实现几何形状的自适应性。

如图 7 所示，具有一定空间几何形状的外部环境物品 X 在【四面体式】的一个三边形 Abc 中间的空白区域内；

产生接触前，物品 X 与【四面体式】基本结构单元的相对合运动方向沿虚线箭头所指，虚线箭头指向【四面体式】基本结构单元的一个三边形 Abc 中间空白区域内；

产生接触后，物品 X 与【四面体式】基本结构单元的三边形 Abc 产生接触，三边形 Abc 产生相应的弹性形变；即，原始的连接节点 A、b、c 分别向内侧产生一定量的位移至 A'、b'、c' 位置，三根杆件通过产生的弹性形变实现对物品 X 几何尺寸的适应性。

如图 8 所示，在图 7 所示接触后示意图的情况中，可能由于虚线箭头所表示的作用力不均，加上 A' 点额外受到来自杆件 A'a 的限制，使得三边形 A'bc 产生绕杆件 A'a 的旋转，造成整个【四面体式】基本结构单元的扭转运动，所产生的整体形变进一步加强了对物品 X 几何结构的适应性，当图示三个箭头所示各力瞬时均等式，实现对物品 X 运动稳定的效果。

如图 9 所示，具有一定空间几何形状的外部环境物品 X 在【四面体式】的位置几乎均匀分布在其三边形 Abc 和三边形 Aac 区域内。

产生接触前，物品 X 与【四面体式】基本结构单元的相对合运动方向沿虚线箭头所指，此时由于物品 X 相对【四面体式】基本结构单元几乎同时均匀分布在其三边形 Abc 和三边形 Aac 区域内，即虚线箭头主要指向杆件 Ac 方向；

产生接触后，物品 X 与【四面体式】基本结构单元的杆件 Ac 产生接触，杆件 Ac 产生相应的弹性形变；即，物品 X 主要与杆 Ac 产生接触，使得杆

Ac 产生弹性形变形成对物品 X 几何尺寸的适应性，原始的连接节点 A、c 分别向内侧产生一定量的位移至 A'、c' 位置。

同时，基于图 8 的原理，本发明当物品 X 的对该构型不同连杆作用力不均时，会对其所施加力的那一面形成扭转作用，使得整个【四面体式】构型也随之扭转，进一步加强对物品 X 的自适应性几何包覆，进而实现对物品 X 的运动稳定。

上述仅示出了【四面体式】的轮部结构，当下层连接节点数量超过三个时，采用类似以上方法所形成的【多面体式】网络构型可以视作是多个上述【四面体式】基本构型的叠加，即将下层的连接节点按照三个一组进行分割，分别形成不同的【四面体式】基本构型，然后在共用的连杆处进行重叠叠加，组合成对应的【多面体式】复合网络构型，可通过类似以上方法实现对以物品 X 为例的外部环境的自适应性包覆和运动稳定效果。

本发明第二基本单元的自适应过程为：

上述仅示出了第一基本单元网络结构，当以第二基本单元为例时，即当上层连接节点数量为多个时，采用类似以上方法所形成的【多面体式】网络构型可以视作是多个上述【四面体式】基本构型的叠加；其也可通过类似以上方法实现对以物品 X 为例的外部环境的自适应性包覆和运动稳定效果。

如图 10 所示，以一个如图 4b 的多层金字塔式网络结构为例，当受到外部环境物品 X 来自不同角度的作用时，本发明所涉及的网络结构产生的自适应性形变，其中 a 图为网络结构 Aabcd 的实物模型，b 图为当物品 X 主要从侧面 Aab 作用时产生的自适应性形变，c 图为当物品 X 主要从靠近 Ab 杆件作用时产生的自适应性形变，此时整个网络结构产生逆时针扭转使接触面自适应为侧面 Aab，d 图为当物品 X 主要从靠近 Aa 杆件作用时产生的自适应性形变，此时整个网络结构产生顺时针扭转使接触面自适应为侧面 Aab。

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。

1、一种适用于非结构化环境下进行物理交互的轮式机器人，其特征在于，包括：轮式机器人本体和轮部结构，所述轮部结构安装在所述轮式机器人本体上；

所述轮部结构的网络结构采用空间三维网络结构，所述空间三维网络结构基于节点的位置并采用连杆在空间中进行有序组合。

2、如权利要求1所述的轮式机器人，其特征在于，所述空间三维网络结构为第一基本单元、第二基本单元、一个第一基本单元和多个第二基本单元的叠合、或多个第二基本单元的叠合；其中：

所述第一基本单元包括第一上层结构和第一下层结构，所述第一上层结构包含一个第一节点，所述第一下层结构包含至少三个第二节点，至少三个所述第二节点不共线；所述第一节点和所有所述第二节点通过连杆构成三维网络结构，所述连杆连接在两个所述第二节点之间或所述第一节点与第二节点之间；

所述第二基本单元包括第二上层结构和第二下层结构，所述第二上层结构包含至少两个第三节点，所述第二下层结构包含至少两个第四节点，至少两个所述第四节点与至少两个所述第三节点不共面；所有所述第三节点和所有所述第四节点通过连杆构成三维网络结构，所述连杆连接在两个所述第三节点之间、两个所述第四节点之间或所述第三节点与第四节点之间。

3、如权利要求2所述的轮式机器人，其特征在于，所述连杆为中空柔性杆。

4、如权利要求2所述的轮式机器人，其特征在于，任一所述第二节点和与之距离最近的第二节点通过所述连杆连接；

基于就近原则，所述第一节点和一个或多个第二节点通过所述连杆连接。

5、如权利要求4所述的轮式机器人，其特征在于，任一所述第二节点和与之未连接的一个或多个第二节点通过所述连杆连接；

所述第一节点和与之未连接的一个或多个第二节点通过所述连杆连接。

6、如权利要求2所述的轮式机器人，其特征在于，任一所述第三节点和与之距离最近的第三节点通过所述连杆连接；

任一所述第四节点和与之距离最近的第四节点通过所述连杆连接；

基于就近原则，一个或多个所述第三节点和一个或多个第四节点通过所

述连杆连接。

7、如权利要求 6 所述的轮式机器人，其特征在于，任一所述第三节点和与之未连接的一个或多个第三节点通过所述连杆连接；

任一所述第四节点和与之未连接的一个或多个第四节点通过所述连杆连接；

任一所述第三节点和与之未连接的一个或多个第四节点通过所述连杆连接。

8、如权利要求 1-7 中任一项所述的轮式机器人，其特征在于，还包括：传感系统；

所述传感系统包括：光源器件、光敏器件和光信号处理器，所述光源器件、光敏器件和光信号处理器安装在所述轮式机器人本体上；

所述光源器件发出的光经光路入口进入所述连杆的中空通道中，并经光路出口传输至所述光敏器件；

所述光信号处理器对所述光源器件和光敏器件的光信号进行处理，转化为所述轮部结构的形变信号，实现传感功能。

9、如权利要求 8 所述的轮式机器人，其特征在于，还包括：所述连杆的中空通道中内嵌单根或多根光纤回路；

所述光源器件发出的光经光路入口进入所述光纤回路中，并经光路出口传输至所述光敏器件处；

所述光信号处理器对所述光源器件和光敏器件的光信号进行处理，转化为所述轮部结构的形变信号，实现传感功能。

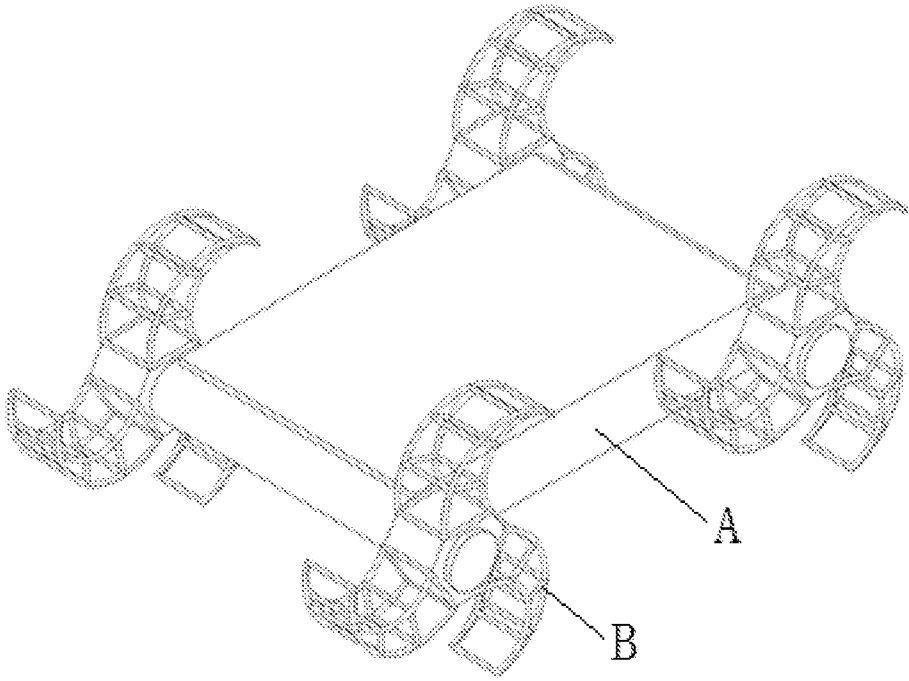


图 1

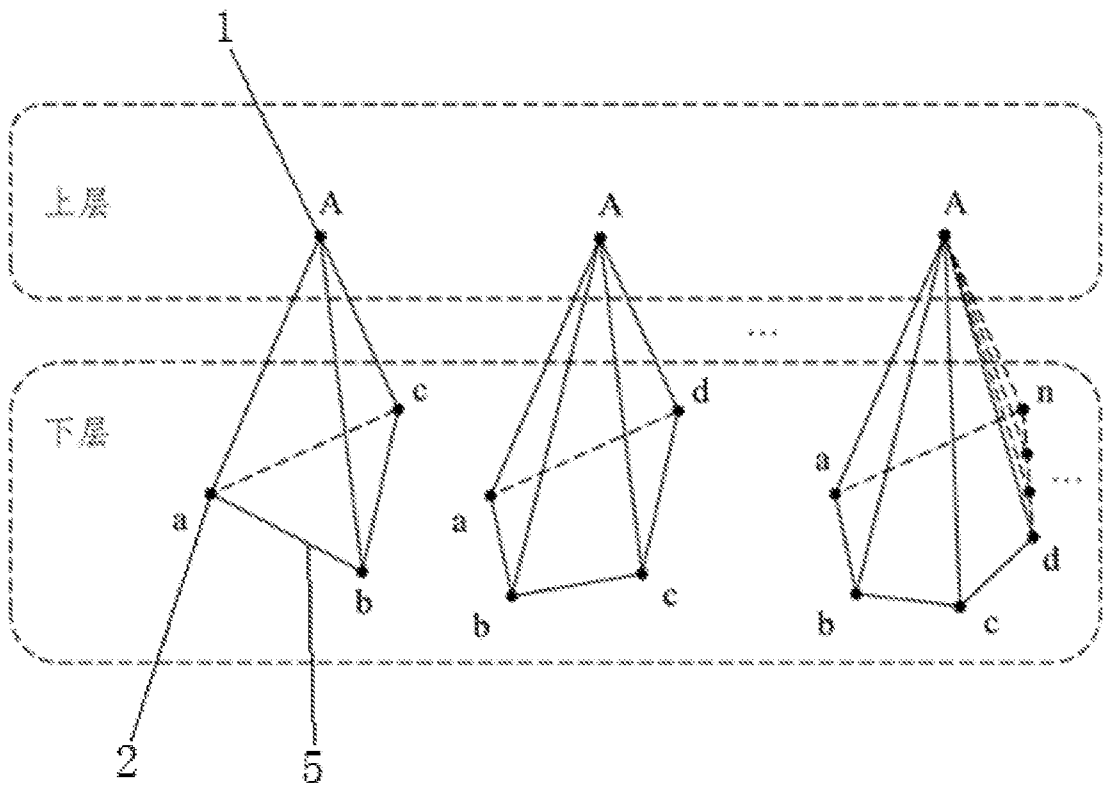


图 2

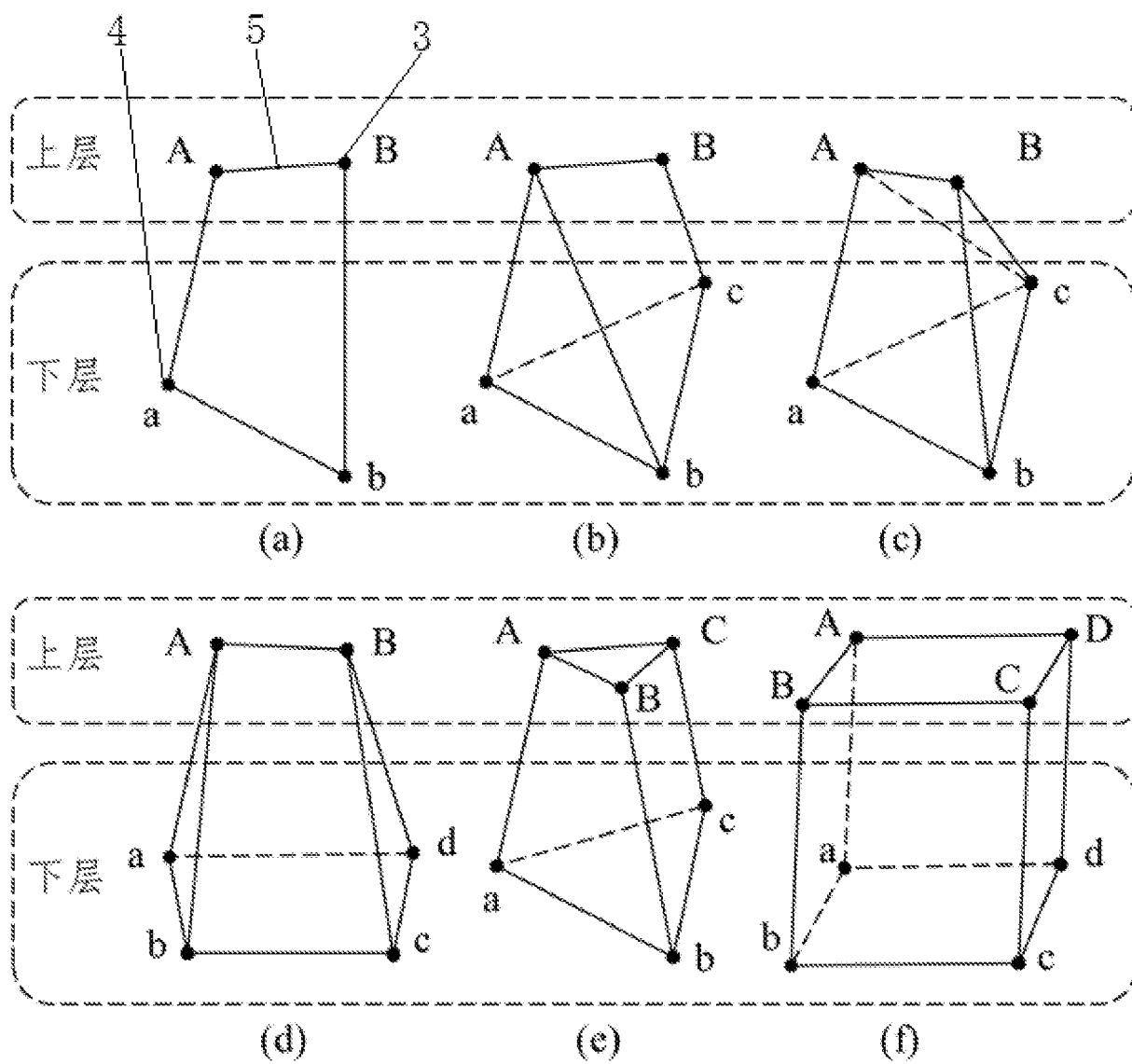


图 3

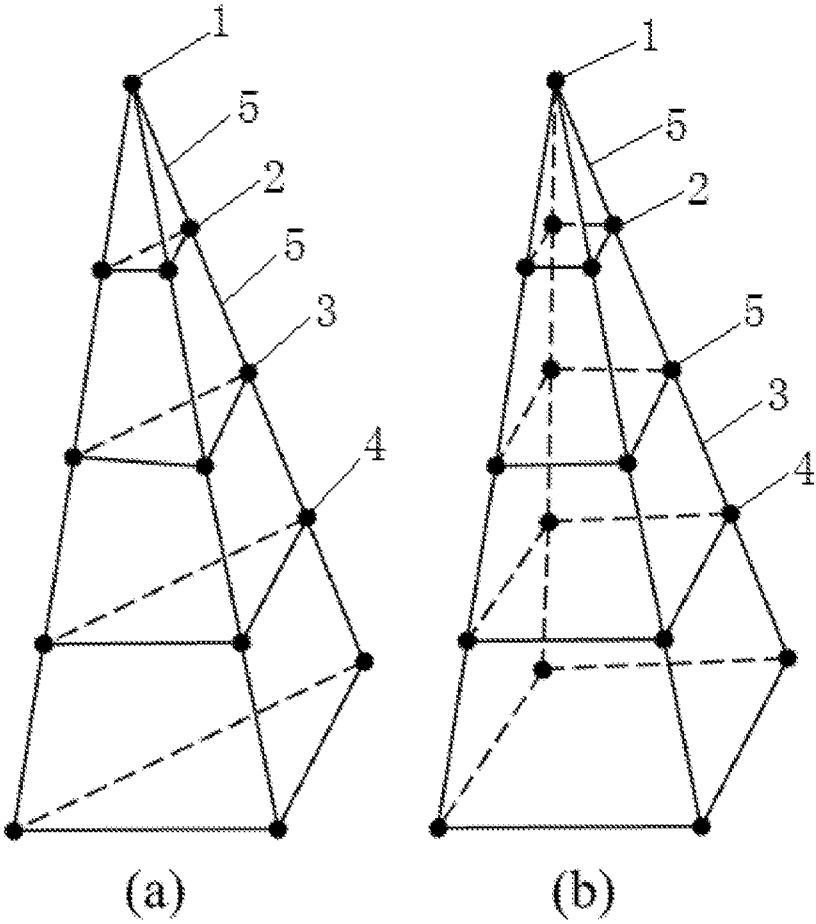


图 4

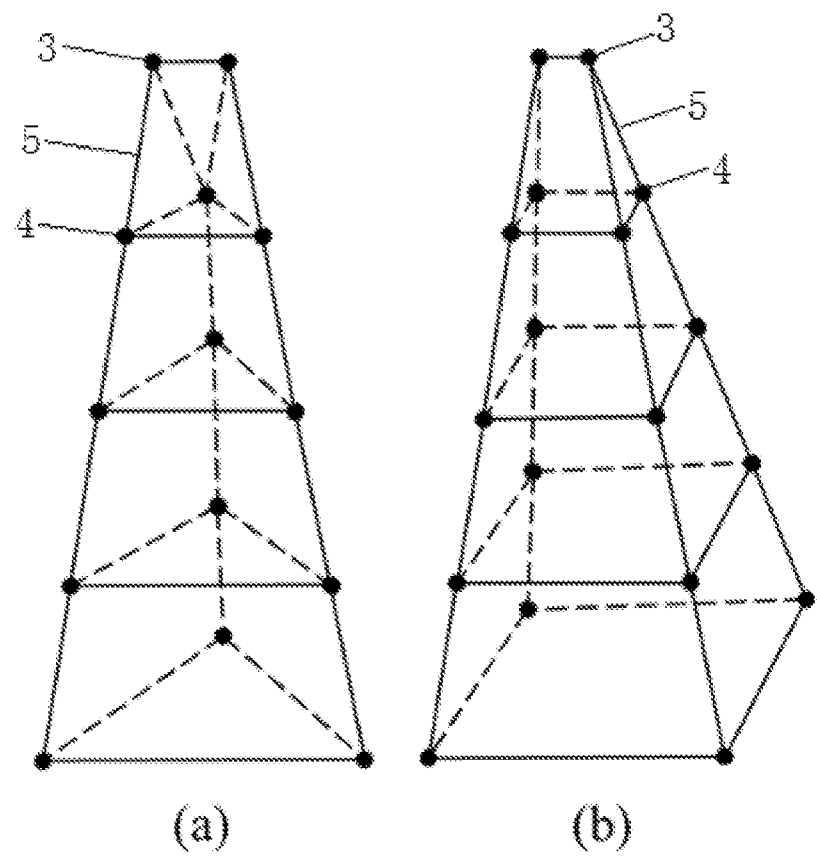


图 5

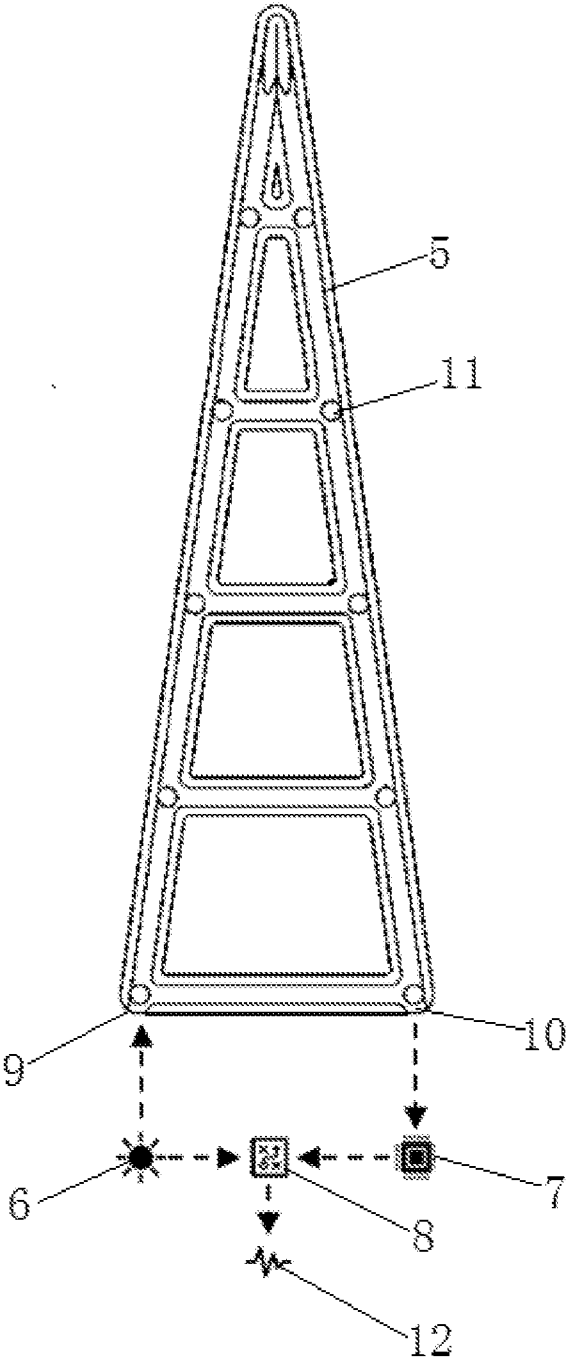


图 6

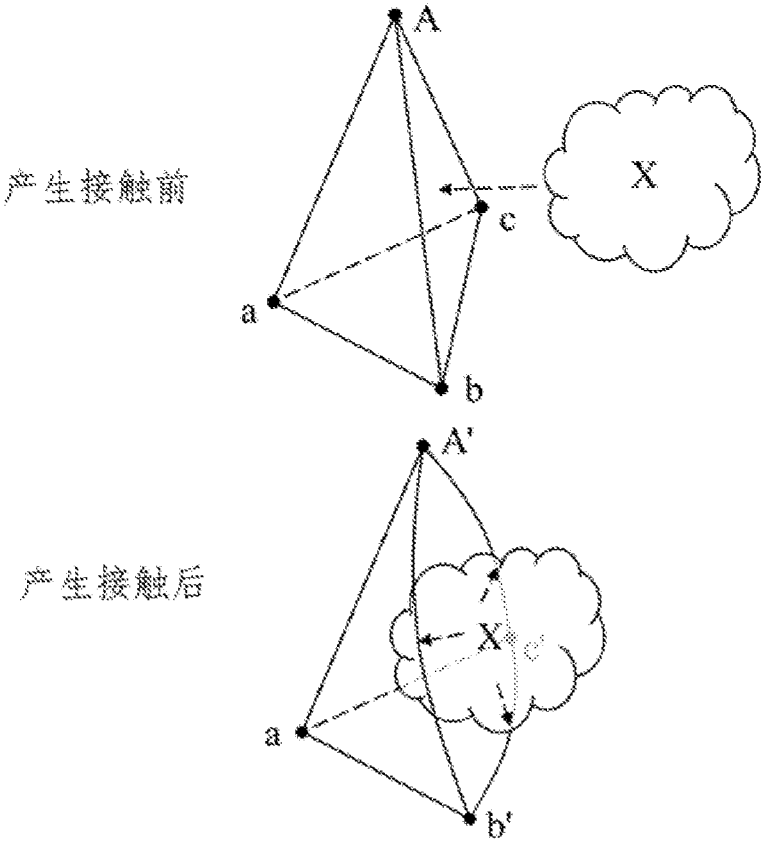


图 7

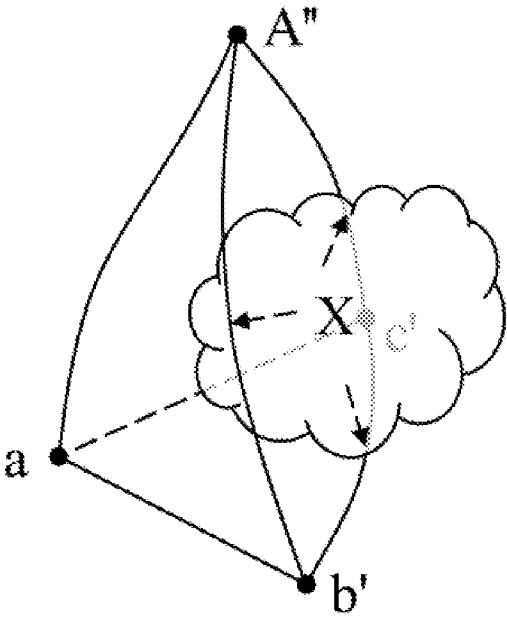


图 8

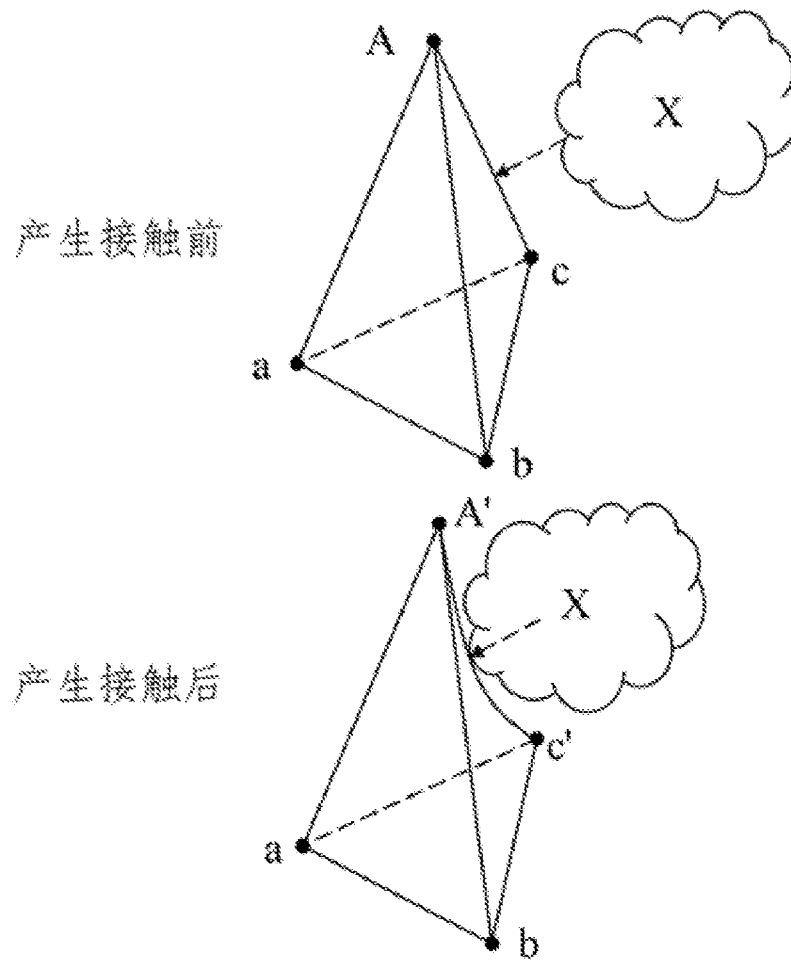


图 9

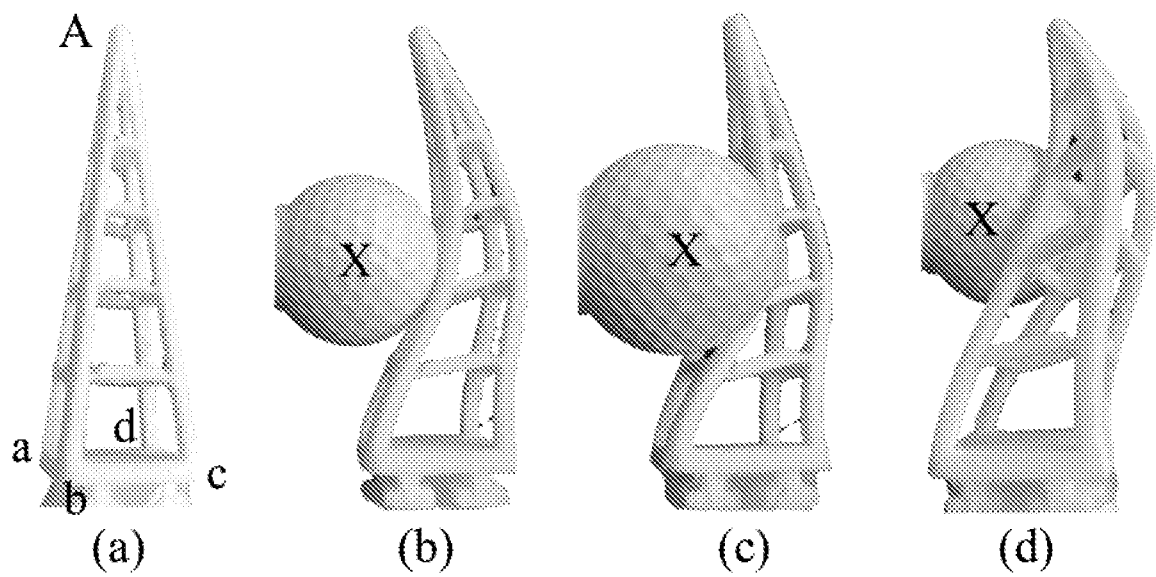


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/079396

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J 5/00(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)

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)

CNABS, SIPOABS, DWPI: 机器人, 执行器, 轮, 交互, 自适应, 柔性, 连杆, 三维, 网格, robot, manipulator, wheel?, alternation, flexible, connect+, rod?, shank?, three dimensional, gridding, adaptive

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110170979 A (SOUTH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 27 August 2019 (2019-08-27) claims 1-9	1-9
A	CN 108482517 A (NINEBOT BEIJING TECHNOLOGY CO., LTD.) 04 September 2018 (2018-09-04) entire document	1-9
A	CN 104699107 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 10 June 2015 (2015-06-10) entire document	1-9
A	WO 2018005346 A1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY et al.) 04 January 2018 (2018-01-04) entire document	1-9
A	JP 2018024073 A (CHANGCHUN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 15 February 2018 (2018-02-15) entire document	1-9

☐ 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

“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

28 May 2020

Date of mailing of the international search report

19 June 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088

China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/079396

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110170979	A	27 August 2019	None			
CN	108482517	A	04 September 2018	WO	2019169824	A1	12 September 2019
CN	104699107	A	10 June 2015	CN	104699107	B	13 October 2017
WO	2018005346	A1	04 January 2018	US	2017368679	A1	28 December 2017
				US	10046820	B2	14 August 2018
JP	2018024073	A	15 February 2018	JP	6377120	B2	22 August 2018
				CN	106113019	A	16 November 2016
				CN	106113019	B	10 July 2018
				KR	20180010943	A	31 January 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/079396

A. 主题的分类

B25J 5/00 (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)

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))

CNABS, SIPOABS, DWPI: 机器人, 执行器, 轮, 交互, 自适应, 柔性, 连杆, 三维, 网格, robot, manipulator, wheel?, alternation, flexible, connect+, rod?, shank?, three dimensional, gridding, adaptive

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
PX	CN 110170979 A (南方科技大学) 2019年 8月 27日 (2019 - 08 - 27) 权利要求1-9	1-9
A	CN 108482517 A (纳恩博北京科技有限公司) 2018年 9月 4日 (2018 - 09 - 04) 全文	1-9
A	CN 104699107 A (北京理工大学) 2015年 6月 10日 (2015 - 06 - 10) 全文	1-9
A	WO 2018005346 A1 (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY等) 2018年 1月 4日 (2018 - 01 - 04) 全文	1-9
A	JP 2018024073 A (UNIV CHANGCHUN SCI & TECHNOLOGY) 2018年 2月 15日 (2018 - 02 - 15) 全文	1-9

☐ 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

“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

2020年 5月 28日

国际检索报告邮寄日期

2020年 6月 19日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

卢雁

电话号码 62085392

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/079396

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	110170979	A	2019年 8月 27日	无			
CN	108482517	A	2018年 9月 4日	WO	2019169824	A1	2019年 9月 12日
CN	104699107	A	2015年 6月 10日	CN	104699107	B	2017年 10月 13日
WO	2018005346	A1	2018年 1月 4日	US	2017368679	A1	2017年 12月 28日
				US	10046820	B2	2018年 8月 14日
JP	2018024073	A	2018年 2月 15日	JP	6377120	B2	2018年 8月 22日
				CN	106113019	A	2016年 11月 16日
				CN	106113019	B	2018年 7月 10日
				KR	20180010943	A	2018年 1月 31日