

(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
2021年2月18日 (18.02.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/027572 A1

(51) 国际专利分类号:
B62D 63/02 (2006.01) *B66F 11/00* (2006.01)
B62D 57/028 (2006.01) *B60G 11/14* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/105462

(22) 国际申请日: 2020年7月29日 (29.07.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910754164.6 2019年8月15日 (15.08.2019) CN
201910754171.6 2019年8月15日 (15.08.2019) CN

(71) 申请人: 燕山大学(YANSHAN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国河北省秦皇岛市河北大街西段438号, Hebei 066004 (CN)。

(72) 发明人: 周玉林(ZHOU, Yulin); 中国河北省秦皇岛市河北大街西段438号, Hebei 066004 (CN)。赵丽辉(ZHAO, Lihui); 中国河北省秦皇岛市河北大街西段438号, Hebei 066004 (CN)。褚鸿鹏(CHU, Hongpeng); 中国河北省秦皇岛市

河北大街西段438号, Hebei 066004 (CN)。刘毅(LIU, Yi); 中国河北省秦皇岛市河北大街西段438号, Hebei 066004 (CN)。史树阳(SHI, Shuyang); 中国河北省秦皇岛市河北大街西段438号, Hebei 066004 (CN)。

(74) 代理人: 北京孚睿湾知识产权代理事务所(普通合伙)(BEIJING FIWIS-PINNACLE INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国北京市西城区地安门西大街丙28号A302, Beijing 100009 (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, IT, 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: ACTIVE-PASSIVE DIFFERENTIAL SERIES-PARALLEL SUPPORTING LEG, GRAVITY CLOSING-BASED SERIES-PARALLEL SUPPORTING LEG AND SIX-DEGREE-OF-FREEDOM POSTURE ADJUSTMENT ROBOT PLATFORM

(54) 发明名称: 主被动差动混联支腿、基于重力封闭的混联支腿及六自由度调姿机器人平台

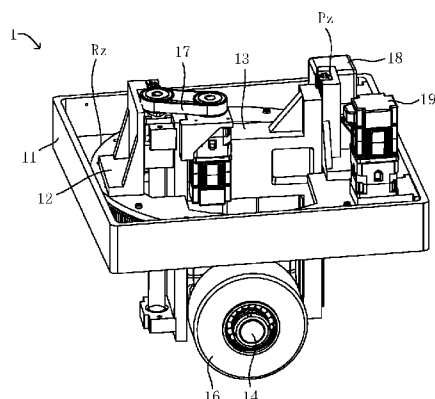


图1

(57) Abstract: An active-passive differential series-parallel supporting leg, a gravity closing-based series-parallel supporting leg and a six-degree-of-freedom posture adjustment robot platform. The six-degree-of-freedom posture adjustment robot platform is constructed by distributing a plurality of supporting legs in parallel, and comprises frames (2, 20), distributed controllers (3, 30), and a plurality of branch-chain parallel legs, wherein the plurality of branch-chain parallel legs are fixedly connected to the frames (2, 20) by means of bases (11, 110). Omnidirectional movement and posture adjustment are fused together, so the problems that an existing posture adjustment platform is inflexible in fixation or movement, excessively complex in structure, too large in occupied space height and large in movement error are solved, and the application range of the six-degree-of-freedom posture adjustment robot platform is effectively expanded.

(57) 摘要: 一种主被动差动混联支腿、基于重力封闭的混联支腿及六自由度调姿机器人平台, 采用多支腿分布并联形式构建成六自由度调姿机器人平台, 其包括车架(2、20)、分布式控制器(3、30)以及多支链并联腿, 其中多支链并联腿通过基座(11、110)与车架(2、20)固联, 将全向运动与调姿融合在一起, 解决了现有调姿平台固定或运动不灵活、结构过度复杂、占用空间高度过大、运动误差大的问题, 有效扩展了六自由度调姿机器人平台的使用范围。

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))。

主被动差动混联支腿、基于重力封闭的混联支腿及六自由度调姿机器人平台

技术领域

本发明涉及重载装备对接和装配辅助设备技术领域，具体涉及一种主被动差动混联支腿、六自由度调姿平台及基于重力封闭的混联支腿。

背景技术

在飞机、轮船、电力等重载装备领域，其产品一般由多个零部件组装而成，因此，在生产过程中常常需要进行零部件之间的对接与装配。但是由于重工领域的零部件体积和质量较大，人工无法直接操作，需要借助六自由度调姿平台进行辅助搬运与装配。

现有的六自由度调姿平台可分为轮式搬运车和麦克纳姆轮搬运车。通常情况下，轮式搬运车和麦克纳姆轮车仅具有平面移动和绕其载物平台法线转动三个自由度，无法实现零部件的空间六自由度位姿调整，因此在零部件对接过程中常常会发生两个零部件无法对接的问题。

现有技术中，例如，公开号 CN109231065A 的专利文献中公开了一种基于全向移动模块的六自由度调姿系统，其将并联机构与车体结合，通过在搬运车上安装多自由度并联调姿机构，实现搬运车的六自由度调姿。通过将多自由度并联调姿机构安装到车体上，虽然可以实现零部件的六自由度调姿，但增加的并联机构使得搬运车的高度大大增加，降低了搬运车的通过性，使其无法完成一些低矮空间的设备对接和装配；并且由搬运车和并联机构组成的调姿系统，其本质上仍属于两套独立的系统，搬运车和并联机构在工作过程中所产生的运动误差相互累加，进而降低了六自由度调姿平台末端的运动精度，不利于零部件的高精度对接和装配。

发明内容

针对现有技术中存在的问题，本发明的目的在于提供了一种主被动差动混联支腿、基于重力封闭的混联支腿及六自由度调姿机器人平台，其属于重载大部件对接和装配操作设备技术领域，是一种适用于低矮空间的主动差动或被动差动混联支腿及六自由度调姿平台；其通过主被动差动混联支腿及六自由度调姿平台将全向运动与调姿融合一起，解决了现有调姿平台固定或运动不灵活、结构过度复杂、占用空间高度过大、运动误差大的问题，有效扩展了六自由度调姿平台的使用范围。

本发明的主被动差动混联支腿包括基座、转向台、升降台、车轮座、车轮及电机减速传动系统；其中转向台与所述基座转动连接，形成转动副 R_z ；升降台与所述转向台滑动连接，形成移动副 P_z ，且移动副 P_z 为主动副，由直线驱动器驱动；车轮座与所述升降台转动连接，形成转动副 R_x ，属于被动副；所述车轮包括第一车轮和第二车轮，分别位于转动副 R_x 的两侧，所述第一车轮与车轮座转动连接，形成转动副 R_{y1} ；所述第二车轮与车轮座转动连接，形成转动副 R_{y2} ，所述第一车轮与所述第二车轮分别由两台电机减速传动系统独立驱动。第一车轮和第二车轮形成同步驱动或主动差动机构驱动，或者单电机驱动差动锥齿轮机构实现同步驱动或被动差速驱动。

六自由度调姿机器人平台采用多支腿分布并联形式构建而成，具体地，其包括车架、分布式控制器以及多支链并联腿即三支腿、或四支腿、或六支腿，其中多支腿通过基座与车架固联，所有各支腿的转动副 R_z 彼此平行，所有各支腿的移动副 P_z 的导轨彼此平行；三支腿的六自由度调姿机器人平台的支腿采用三角形分布；四支腿的六自由度调姿机器人平台的支腿采用正方形或长方形或菱形布局；六支腿六自由度调姿机器人平台的支腿采用日字形布局。

本发明还提供了一种基于重力封闭的混联支腿，其为适用于低矮空间的混联支腿及六自由度全向移动精密调姿平台，解决了现有调姿平台高度过大、全向运动与精密调姿运动分离、系统复杂即操作不连续、运动误差大的等问题，有效拓展了移动调姿平台的使用范围。

本发明的技术方案如下：

一种主被动差动混联支腿，其包括基座、转向台、升降台、车轮座、车轮、转向电机，

所述转向台通过转盘轴承转动连接至所述基座，所述转盘轴承的外周设置有轮齿，所述转向电机设置在所述基座内，所述转向电机输出轴上的传动齿轮与所述轮齿配合进行所述转向台转动及定位；所述升降台上设置有导轨，所述转向台上设置有滑块，所述升降台固连升降电机，所述升降电机通过同步带传动带动直线驱动器进行动作，从而带动所述滑块与所述导轨配合使所述升降台与所述转向台滑动连接，所述车轮座转动连接所述升降台，所述车轮座与升降台转动连接处设有摆动轴承；各车轮转动连接至所述车轮座；所述基座上设有抱闸或离合器，以便控制锁定转向台防止其相对基座转动；所述基座上还设有角度传感器，所述角度传感器连接检测齿轮，检测所述转向台相对所述基座之间的转角。

优选地，所述直线驱动器包括螺母、丝杆、升降电机、轴承座以及同步带，所述螺母与所述转向台固连，所述丝杆的两端均设有轴承座，轴承座与所述升降台固连，所述升降电机通过同步带带动所述丝杆运动从而实现升降台的升降。

优选地，所述升降电机固连至所述升降台，所述升降电机的输出轴连接主动带轮，通过所述同步带带动被动带轮运动，所述被动带轮连接直线驱动器输入端即所述丝杆。也就是说，被动带轮与丝杆输入端固连。

优选地，所述第一车轮与所述车轮座转动连接处设有第一轮轴承，所述第二车轮与车轮座转动连接处设有第二轮轴承。

优选地，当所述混联支腿为驱动腿时，第一车轮和第二车轮中至少有一个为主动轮，或两车轮均为主动。

优选地，所述第一车轮和第二车轮转动运动由行走双电机减速器分别主动差动驱动或由行走单电机通过差动轮系间接驱动。

优选地，所述差动轮系包括与第一车轮固连的第一锥齿轮，与第二车轮固连的第二锥齿轮，同时与第一锥齿轮、第二锥齿轮相啮合的行星锥齿轮，所述行星锥齿轮铰接于行星架上，所述行星架固连于大齿轮的一端面，所述大锥齿轮与车轮座转动连接，且大锥齿轮由与其啮合的驱动小齿轮驱动，所述驱动小锥齿轮与行走单电机的输出轴固连。

优选地，在差动轮系的外壳体上、与行走单电机输出轴线重合位置，与第一第二车轮轴线垂直相交对称设置两转动副，与所述升降台构成转动连接，形成转动副 R_x 。

优选地，所述升降台与所述转向台之间布置独立悬挂，所述独立悬挂连接升降台与转向台；所述独立悬挂由悬挂固定板、弹簧、弹簧撞块、升降撞块、导向柱组成，弹簧压缩行程小于升降台升降行程，升降运动与独立悬挂为并联关系，且升降运动行程大于弹簧长度；所述升降台升降距离大于弹簧长度时，混联支腿为升降电机控制的刚性主动悬挂减振；所述升降台升降距离小于弹簧长度时，升降撞块与弹簧撞块接触，升降电机抱闸打开，混联支腿为基于弹簧的独立悬挂的柔性被动减振；所述主被动减振构成刚柔耦合减振结构；所述独立悬挂结构所述回转台回转中心成中心对称布置，互相抵消对导轨的附加弯矩，不增加对升降导轨的额外载荷。

一种六自由度调姿机器人平台，其包括车架、控制器以及多条混联支腿，各混联支腿中的基座与所述车架固定连接；每条混联支腿中的转动台的转动轴线彼此平行；且每条混联支腿中的升降台的直线导轨彼此平行；至少有两条所述主被动差动混联支腿为驱动腿，所述转向电机、直线驱动器为主动驱动、第一车轮和第二车轮中至少有一个为主动轮或均为主动驱动。所述车架内布置电池组，用于给车架内的分布式控制器和各条混联支腿供电。

所述车架固定连接的全部所述主被动差动混联支腿的所述第一车轮和第二车轮均与地面接触且在接触点垂直地面方向无自由度；所述车架、与所述车架相固定连接的全部所述主被动差动混联支腿与地面构成六自由度调姿平台。

可选地，所述六自由度调姿机器人平台，所述混联支腿的数量为三，且所述混联支腿为主被动差动混联支腿，各主被动差动混联支腿中的基座分别与车架固连。所述三条主被动差动混联支腿呈三角形布置，车架的内部设有分布式控制器及电池组。

可选地，所述的六自由度调姿机器人平台，其特征在于，所述混联支腿的数量为四条，分别设于车架的四个角上，所述四条主被动差动混联支腿中可以有两或者三或者四为均驱动腿。

可选地，所述主被动差动混联支腿数量是六，分别布置于车架的两端或两侧，呈日字形布置，通过增加六自由度调姿平台支腿的数量有效提高平台的承载能力。

可选地，所述车架的四周还可以安装或搭载摄像头、超声波、激光雷达、毫米波雷达等传感器，用来提高六自由度调姿平台对外界环境的感知能力，所述车架上还可以搭载垂直升降台或其他机构或机器人来进一步扩展本六自由度调姿平台的应用范围。

在本发明的另一个实施例中，

一种基于重力封闭的混联支腿，其包括基座、升降台、转向架、车轮座和车轮，所述基座依次与直线驱动器、升降台、转向架和车轮座串联连接，在重力封闭条件下与地面形成局部并联连接；所述车轮包括第一车轮和第二车轮，分别位于车轮架的第一侧或者第二侧，所述第一车轮与车轮座转动连接，形成转动副 Ry_1 ；所述第二车轮与车轮座转动连接，形成转动副 Ry_2 ；所述升降台与所述基座滑动连接，形成作为主动副的移动副 Pz ，所述升降台由直线驱动器驱动，并且所述转向架由设置在升降台上的转向电机驱动而形成转动连接，所述转向架与升降台转动连接形成转动副 Rz ，所述车轮座与所述转向架转动连接形成转动副 Rx ，所述升降台的直线导轨与转动副 Rz 的轴线平行，所述转动副 Rz 的轴线与转动副 Rx 的轴线垂直；所述转动副 Ry_1 和转动副 Ry_2 的轴线同轴，所述转动副 Rx 的轴线与转动副 Ry_1 及转动副 Ry_2 的轴线垂直相交；所述转动副 Rz 的轴线通过所述转动副 Rx 的轴线与转动副 Ry_1 及转动副 Ry_2 的轴线交点。

在实际使用中，基于重力封闭是指车轮与地面接触点之间无垂直方向移动自由度，所述混联支腿中的第一车轮和第二车轮与地面接触，且可相对地面做纯滚运动或车轮沿宽度某点做纯滚动，若将地面看做固定平台，车轮座看做运动平台，则第一车轮、第二车轮、地面、车轮座则构成局部并联结构。进一步地，所述基座通过升降台和转向架与车轮座串联，从而构成一种基于重力封闭的混联支腿，其机构构型为 $PzRzRx(Ry_1+Ry_2)Rp$ 。

优选地，当所述混联支腿为驱动腿时，所述第一车轮和第二车轮中至少有一个为主动轮或两个车轮均为主动构成主动差动运动。

优选地，所述第二车轮为主动轮，第二车轮由行走电机直接驱动或由行走电机通过传动机构间接驱动；优选地，所述第二车轮通过带轮组由行走电机间接驱动，所述行走电机安装于车轮座上，所述带轮组包括第一带轮、同步带、第二带轮，所述第一带轮与行走电机的输出轴固连，所述第二带轮固连于第二车轮的一侧，所述同步带配合安装于第一带轮与第二带轮上。

优选地，所述第一车轮和第二车轮均为主动轮，所述第一车轮和第二车轮分别由两个独立的行走电机分别驱动，当两个行走电机驱动第一车轮和第二车轮同向转动时，可使混联支腿向前行走，当两个行走电机驱动第一车轮和第二车轮异向转动时，形成主动差动驱动工作状态，可使转向架相对升降台发生转动，改变混联支腿的行进方向。

优选地，所述升降台上还设有角度传感器，用于检测转向架相对升降台之间的转角。

优选地，所述升降台上还设有角度传感器，所述升降台上还可设有抱闸或离合器。

优选地，基于重力封闭的混联支腿，其还包括独立悬挂组件结构，所述升降台与所述转向架之间布置独立悬挂组件，所述独立悬挂组件包括悬挂固定板、弹簧、弹簧撞块、升降撞块、导向柱，连接升降台与转向架；所述独立悬挂组件，弹簧压缩行程小于升降台升降行程，升降运动与独立悬挂为并联关系，且升降运动行程大于弹簧长度；所述升降台升降距离大于弹簧长度时，混联支腿为升降电机控制的刚性主动悬挂减振；所述升降台升降距离小于弹簧长度时，升降撞块与弹簧撞块接触，升降电机抱闸打开，混联支腿为基于弹簧的独立悬挂的柔性被动减振；所述主被动减振构成刚柔耦合减振结构。

一种移动精密调姿平台，其包括车架、控制器以及混联支腿，优选地，所述混联支腿的数量为三条或四条或六条，各混联支腿中的基座与所述车架固定连接；每条混联支腿中的移动副 Pz 的直线导轨相互平行；每条混联支腿中的转动架的转动轴线彼此平行。

优选地，本发明的移动精密调姿平台，其包括至少有两条基于重力封闭的混联支腿为驱动腿，其中转向电机和直线驱动器为主动驱动、第一车轮和第二车轮中至少有一个为主动或均为主动驱动。

与现有技术相比，本发明的优点如下：

本发明从机构学的角度来讲，所述六自由度调姿平台中的车体相当于移动平台，地面相当于固定平台，所述各条混联支腿相当于连接固定平台与移动平台的运动支链，从而构成了一种全新的基于开放定平台（地面）的并联机构——六自由度调姿平台：机构学构型 $3-RzPzRx (Ry1+Ry2) Rp$ 、 $4-RzPzRx (Ry1+Ry2) Rp$ 、 $6-RzPzRx (Ry1+Ry2) Rp$ 。

所述车轮包括第一车轮与第二车轮的驱动形式根据实际需求设计为无电机驱动的被动行走、双电机分别驱动第一车轮与第二车轮实现主动同步驱动或主动差动驱动、单电机通过布置在第一车轮与第二车轮之间的差动轮系主动差动驱动，三种驱动结构形式；第一车轮与第二车轮的主动差动运动实现的所述的主被动差动混联支腿的中心回转运动与通过回转电机实现的中心回转运动冗余，可以有效提高主被动差动混联支腿的中心回转运动精度，并且同时实现轮的行走功能。

通过引入开放的地面作为固定平台，并考虑车轮与地面之间的纯滚动运动（滑动摩擦力远远大于滚动摩擦力）。来设计车体的支腿，可使本发明中的混联支腿除了具有常规行走功能外，还具有调节车体姿态的功能，从而将车体的全向移动与姿态调节有机的整合一起，在实现空间六自由度调姿功能的同时，可提高六自由度调姿平台的在结构空间内运动的任意性；同时，由于所构成的并联机构的多冗余结构特点，所述六自由度调姿平台具有极高的运动精度，从根本上解决了移动不能调姿、调姿不能移动或移动与调姿分系统并存导致机械及控制系统极其复杂的困境，使运动与调姿在结构空间内不受限制，并有效降低六自由度调姿平台的整体高度，使其在一些较低矮的空间中，仍能实现六自由度调姿对接和装配。为智能装配领域提供新技术装备。

移动精密调姿平台作为运输、调姿一体的特种设备，在自动化或智能技术系统中扮演重要角色。在运输目标件过程中，具有主动适应较复杂地面变化而保持运输目标件特定姿态不变的能力，且移动灵活、稳定、可靠，路径与轨迹规划不受限制；在调姿过程中，微运动与调姿运动融合、连续，地点状态均不受限制、且具有高精密调姿能力。

附图说明

为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案，下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。在所有附图中，类似的元件或部分一般由类似的附图标记标识。附图中，各元件或部分并不一定按照实际的比例绘制。

- 图 1 是本发明一实施例示出的一种主被动差动混联支腿的结构示意图；
- 图 2 是本发明一实施例示出的一种主被动差动混联支腿的俯视图；
- 图 3 是本发明一实施例示出的一种主被动差动混联支腿的构型原理图；
- 图 4 是本发明一实施例示出的一种主被动差动混联支腿的爆炸视图；
- 图 5 是本发明又一实施例示出的一种主被动差动混联支腿的结构示意图；
- 图 6 是本发明又一实施例示出的一种主被动差动混联支腿的结构示意图；
- 图 7 是本发明又一实施例示出的一种主被动差动混联支腿的车轮驱动结构示意图；
- 图 8 是本发明又一实施例示出的一种主被动差动混联支腿的车轮被动差动驱动原理图；
- 图 9 是本发明一实施例示出的一种三腿并联六自由度调姿平台的结构示意图；
- 图 10 是图 9 所示的一种三腿并联六自由度调姿平台的内部结构示意图；
- 图 11 是本发明又一实施例示出的一种四腿并联六自由度调姿平台的示意图；
- 图 12 是图 11 所示的一种四腿并联六自由度调姿平台的内部结构示意图；
- 图 13 是本发明又一实施例示出的一种六腿并联六自由度调姿平台的结构示意图；
- 图 14 是本发明又一实施例示出的一种四腿并联六自由度调姿平台机构的构型示意图；
- 图 15 是根据本发明的一实施例示出的一种主被动差动混联支腿的独立悬挂组件的结构示意图；
- 图 16 是如图 15 所示的根据本发明的一实施例示出的一种主被动差动混联支腿俯视示意图；

图 17 是如图 15 所示的本发明的一实施例示出的一种主被动差动混联支腿结构原理图；
图 18 是本发明一实施例示出的一种基于重力封闭的混联支腿结构示意图；
图 19 是本发明一实施例示出的一种基于重力封闭的混联支腿的结构原理图；
图 20 是本发明一实施例示出的一种基于重力封闭的混联支腿爆炸视图；
图 21 是本发明又一实施例示出的一种基于重力封闭的混联支腿的结构示意图；
图 22 是本发明又一实施例示出的一种基于重力封闭的混联支腿的结构示意图；
图 23 是本发明又一实施例示出的一种基于重力封闭的混联支腿的车轮驱动结构示意图；
图 24 是本发明又一实施例示出的一种基于重力封闭的混联支腿的车轮驱动原理图；
图 25 是本发明一实施例示出的一种移动调姿平台结构示意图；
图 26 是图 25 所示的一种移动调姿平台内部结构示意图；
图 27 是本发明又一实施例示出的移动调姿平台示意图；
图 28 是图 27 所示的移动调姿平台内部结构示意图；
图 29 是本发明又一实施例示出的一种移动调姿平台结构示意图；
图 30 是本发明又一实施例示出的一种移动调姿平台机构构型简图；
图 31 为又一实施例示出的一种具有独立悬挂组件的基于重力封闭的混联支腿结构示意图；
图 32 为第四实施例示出的一种具有独立悬挂组件的基于重力封闭的混联支腿俯视示意图；以及
图 33 为第四实施例示出的一种具有独立悬挂组件的基于重力封闭的混联支腿结构原理图。

附图中，

1-混联支腿，2-车架，3-控制器，4-电池组，11-基座，12-转向台，121-转盘轴承，122-滑块，123-直线导轨，13-升降台，131-摆动轴承，14-车轮座，141-第一轮轴承，142-第二轮轴承，15-第一车轮，16-第二车轮，17-直线驱动器，171-螺母，172-丝杆，173-升降电机，174-轴承座，175-同步带，18-角度传感器，181-检测齿轮，19-转向电机，191-传动齿轮，20-抱闸，21-第一力矩传感器，22-行走单电机，221、222、223-行走电机，231、232-第二力矩传感器，24-带轮组，241-第一带轮，242-同步带，243-第二带轮，25-差动轮系，251-驱动锥齿轮，252-行星架，253-大锥齿轮，254-行星锥齿轮，255-第一锥齿轮，256-第二锥齿轮，5-独立悬挂组件、51-悬挂固定板、52-弹簧、53-弹簧撞块、54-升降撞块、55-导向柱。

10-混联支腿，30-控制器，40-电池组，110-基座，1110-滑块，1120-直线导轨，120-升降台，130-转向架，1310-转向轴承，1320-摆动轴承，140-车轮座，1410-第一轴承，1420-第二轴承，150-第一车轮，160-第二车轮，170-直线驱动器，1710-螺母，1720-丝杆，1730-升降电机，1740-轴承座，1750-同步带，180-角度传感器，190-抱闸，20-车架，210-转向电机，第一力矩传感器 200，2210、2220-行走电机，2310、2320-第二力矩传感器，240-带轮组，2410-第一带轮，2420-同步带，2430-第二带轮，250-差动轮系，2510-驱动锥齿轮，2520-行星架，2530-大锥齿轮，2550-第一锥齿轮，2560-第二锥齿轮，50-独立悬挂组件，510-悬挂固定板，520-弹簧，530-弹簧撞块，540-升降撞块，550-导向柱。

具体实施方式

下面将结合附图对本发明技术方案的实施例进行详细的描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案，因此只作为示例，而不能以此来限制本发明的保护范围。

需要注意的是，除非另有说明，本申请使用的技术术语或者科学术语应当为本发明所属领域技术人员所理解的通常意义。

根据本发明的第一方面，提供一种主被动差动混联支腿，混联支腿为主被动差动混联支腿，具体地，其包括基座 11、转向台 12、升降台 13、车轮座 14、第一车轮 15、第二车轮 16 以及电机转速传动系统；其中转向台 12 与基座 11 转动连接，形成转动副 R_z ；升降台 13 与转向台 12 滑动连接，形成移动副 P_z ，且移动副 P_z 为主动副，由直线驱动器 17 驱动；车轮

座 14 与升降台 13 采用转动连接, 形成转动副 Rx, 其属于被动副; 车轮包括第一车轮 15 和第二车轮 16, 第一车轮 15 和第二车轮 16 分别位于转动副 Rx 的两侧。

优选地, 第一车轮 15 与车轮座 14 转动连接, 形成转动副 Ry1; 第二车轮 16 与车轮座 14 转动连接, 形成转动副 Ry2。第一车轮 15 和第二车轮 16 形成同步驱动或主动差动机构驱动, 或者单电机驱动差动锥齿轮机构实现同步驱动或被动差速驱动。根据本发明的实施例, 第一车轮 15 和第二车轮 16 分别由两台电机减速传动系统独立驱动。

转动副 Rz 的轴线与移动副 Pz 直线导轨 123 平行, 移动副 Pz 直线导轨 123 与转动副 Rx 轴线垂直; 转动副 Rx 轴线与转动副 Ry1 及转动副 Ry2 轴线垂直; 转动副 Ry1 和转动副 Ry2 的轴线同轴。第一优选地, 车轮座 14 为交叉叉结构; 具体地, 车轮座 14 为交叉叉形连体轴, 交叉叉形连体轴的两轴线分别为转动副 Rx 轴线、转动副 Ry1 及转动副 Ry2 轴线, 其中两轴线相交并彼此垂直。

在实际使用中, 在重力作用下与地面构成封闭结构, 车轮与地面接触点之间无垂直方向移动自由度, 混联支腿中的第一车轮 15 和第二车轮 16 与地面接触, 且可相对地面做纯滚动运动或轮宽度中心纯滚动, 若将地面看作固定平台, 车轮座 14 看作运动平台, 则第一车轮 15、第二车轮 16、地面、车轮座 14 则构成局部并联结构。当地面不平时, 第一车轮 15 与第二车轮 16 同时绕转动副 Rx 轴线转动, 可随地面变化改变高度, 时刻保持两轮压力不变。进一步地, 基座 11 通过转向台 12 和升降台 13 与车轮座 14 串联, 从而构成一种主被动差动混联支腿。

优选地, 主被动差动混联支腿还包括转向电机 19, 转向台 12 的方向及定位由设置在基座 11 上的转向电机 19 驱动。通过设置转向电机 19, 可主动改变混联支腿中第一车轮 15 与第二车轮 16 的轴向方向, 并保持方向状态稳定性。

为避免转向台 12 在外部干扰力, 来自于地面形状和高度不一致或混联支腿 1 抬起脱离地面接触的情况下发生转动, 影响混联支腿 1 的位置状态和运动精度, 优选地, 基座 11 上还可以设有抱闸 20 或离合器, 替代转向电机 19、被动转向并操控锁止动作, 可锁定转向台 12 防止其相对基座 11 转动, 保持原有状态不变, 或放开被动转向。

优选地, 基座 11 上还设有角度传感器 18, 用于检测或记录转向台 12 相对基座 11 之间的转角。用于控制或保持多腿的状态或转动副 Rx 轴线方向彼此平行或形成一定相对关系、满足直线运动或转向、转弯要求。

当主被动差动混联支腿 1 为驱动腿时, 第一车轮 15 和第二车轮 16 中应至少有一个为主动轮, 即一个为主动另一个为被动或两车轮均为主动。

优选地, 第一车轮 15 和第二车轮 16 中的主动轮由行走电机 221 或行走电机 222 直接驱动, 或通过链条、带轮、齿轮等传动方式由行走电机减速器间接驱动。

优选地, 第一车轮 15 和第二车轮 16 的转动运动由双电机减速器传动系统分别主动差动驱动、或由单电机通过差动轮系间接驱动。

优选地, 差动轮系包括与第一车轮 15 固连的第一锥齿轮 255, 与第二车轮 16 固连的第二锥齿轮 256, 与第一锥齿轮 255、第二锥齿轮 256 相互啮合的行星锥齿轮 254。行星锥齿轮 254 铰接于行星架 252 上, 行星架 252 固连于大锥齿轮 253 的一端面, 大锥齿轮 253 与车轮座 14 转动连接, 且大锥齿轮 253 由与其啮合的驱动锥齿轮 251 驱动, 驱动锥齿轮 251 与设置于行星轮系外壳固联的行走单电机 22 的输出轴固连。在差动轮系的外壳体上, 第一车轮 15、第二车轮 16 对称位置即与行走单电机 22 输出轴线重合位置, 相对第一车轮 15、第二车轮 16 轴线垂直相交对称设置两转轴段, 与升降台 13 采用转动连接, 形成转动副 Rx。第一车轮 15、第二车轮 16 运动状态由转向电机 19 和行走单电机 22 共同驱动与控制。

优选地, 直线驱动器 17 可以是滚珠丝杠、电机减速器组成, 滚珠丝杠中的螺母 171 与转向台 12 固连, 滚珠丝杠中的丝杆 172 通过支撑座与升降台 13 转动连接, 且丝杆 172 由升降台上电机减速器系统驱动。

根据本发明的第二方面, 提供一组大承载的六自由度调姿机器人平台, 其通过采用多支腿分布并联形式构建而成, 其包括车架 2、控制器 3 以及三条、四条、六条的上述任一项中主被动差动混联支腿 1, 混联支腿 1 中的基座 11 与车架 2 固定连接; 每条混联支腿 1 中的转

动副 R_z 轴线彼此平行；每条混联支腿 1 中的移动副 P_z 直线导轨 123 彼此平行；三条腿六自由度调姿机器人平台中的三条腿采用等边三角形或等腰三角形布局设置；四条腿六自由度调姿机器人平台中的四条腿采用正方形或长方形布局设置；六条腿六自由度调姿机器人平台中的六条腿采用日字形布局设置。即六自由度调姿机器人平台包括车架、分布式控制器以及多支链并联腿即三支腿、或四支腿、或六支腿，其中多支腿通过基座与车架固联，所有各支腿的转动副 R_z 彼此平行，所有各支腿的移动副 P_z 的导轨彼此平行；三支腿的六自由度调姿机器人平台的支腿采用三角形分布；四支腿的六自由度调姿机器人平台的支腿采用正方形或长方形或菱形布局；六支腿六自由度调姿机器人平台的支腿采用日字形布局。

优选地，六自由度调姿机器人平台中至少有两条主被动差动混联支腿 1 为驱动腿，即转向电机 19、直线驱动器 17、第一车轮 15 和第二车轮 16 中至少有一个为主动轮或均为主动轮。

优选地，车架 2 内部还设有电池组 4，用于给车架 1 内的分布式控制器 3 和各条混联支腿 1 供电。

优选地，主被动差动混联支腿 1 设有独立悬挂组件 5，独立悬挂组件 5 由悬挂固定板 51、弹簧 52、弹簧撞块 53、升降撞块 54 和导向柱 55，弹簧 52 压缩行程小于升降台 13 升降行程，升降运动与独立悬挂为并联关系，且升降运动行程大于弹簧 52 长度；升降台 13 升降距离大于弹簧 52 长度时，混联支腿 1 为升降电机 173 控制的刚性主动悬挂减振；升降台 13 升降距离小于弹簧 52 长度时，升降撞块 54 与弹簧撞块 53 接触，升降电机 173 抱闸打开，混联支腿 1 为基于弹簧 52 的独立悬挂的柔性被动减振；主被动减振构成刚柔耦合减振结构；独立悬挂组件 5 与回转台回转中心成中心对称布置，互相抵消对直线导轨 123 的附加弯矩，不增加对直线导轨 123 的额外载荷。

下面结合附图，对本发明中的主被动差动混联支腿及六自由度调姿机器人平台进行详细说明。在不冲突的情况下，下述的实施例及实施方式中的特征可以相互组合。

坐标系说明，如图 1 到图 17 所示，采用同一直角坐标系，Z 轴垂直于水平面，X 轴、Y 轴位于水平面内，第一车轮、第二车轮轴向方向为 Y 轴，滚动方向为 X 轴。

图 1 和图 2 中示出了根据本发明一示例性实施例示出的主被动差动混联支腿 1 的结构示意图，其中混联支腿 1 的机构构型原理图参见图 3。参照图 1 和图 2，混联支腿 1 包括基座 11、转向台 12、升降台 13、车轮座 14、第一车轮 15、第二车轮 16 和直线驱动器 17。转向台 12 转动连接至基座 11，升降台 13 与转向台 12 连接且升降台能够沿着转向台 12 滑动，升降台 13 与直线驱动器 17 相连，升降台 13 依靠直线驱动器 17 进行驱动。车轮座 14 与升降台 13 转动连接，各车轮分别位于车轮座 14 的两侧，第一车轮 15 与车轮座转动连接，第二车轮 16 与车轮座转动连接。转动台上设置有导轨，例如，直线轨道 123，直线驱动器驱动升降台在转向台沿着直线导轨 123 进行滑动。

优选地，基座 11 为中空的无盖箱体，基座的下表面设置有圆形开口，转动台设置有第一开口，各开口配置用于供升降台 13 以及直线驱动器与转动台进行连接。转向台 12 通过转盘轴承 121 可转动安装至基座 11，转盘轴承的外圈设置有轮齿，基座内设置有角度传感器 18 和转向电机 19，转向电机 19 的输出轴连接传动齿轮 191，角度传感器 18，例如，输入端，连接有检测齿轮 181，检测齿轮与传动齿轮均与转盘轴承外圈的轮齿配合，转向电机 19 通过检测齿轮 181 带动转盘轴承 121 进行转动，通过检测齿轮 181 随动，并通过角度传感器输出转盘轴承所转动的角度。

具体地，其中转向台 12 与基座 11 转动连接，形成转动副 R_z ；升降台 13 与转向台 12 滑动连接，形成移动副 P_z ，移动副 P_z 为主动运动副，升降台 13 由直线驱动器 17 驱动。车轮座 14 与升降台 13 转动连接形成转动副 R_x ，第一车轮 15 和第二车轮 16 位于转动副 R_x 的两侧，且第一车轮 15 与车轮座 14 转动连接形成转动副 R_{y1} ，第二车轮 16 与车轮座 14 转动连接形成转动副 R_{y2} 。第一车轮 15 与地面接触形成滚动副 R_{p1} ，第二车轮 16 与地面接触形成滚动副 R_{p2} 。

如图 3 所示，混联支腿 1 中各零件之间形成的运动副满足特定的几何关系，具体地，其中转动副 R_z 轴线与移动副 P_z 轴线不垂直， R_z 轴线与 P_z 轴线最小夹角 ≤ 50 度；移动副 P_z 轴

线与转动副 Rx 轴线不平行, Pz 轴线与 Rx 轴线最小夹角 ≥ 50 度; 转动副 Rx 轴线与转动副 Ry1 或转动副 Ry2 轴线不平行, Rx 轴线与 Ry1 或 Ry2 轴线最小夹角 ≥ 50 度; 转动副 Ry1 和转动副 Ry2 的轴线平行。

优选地, 如图 1 和图 2 所示, 转动副 Rz 轴线与移动副 Pz 导轨平行, 移动副 Pz 导轨与转动副 Rx 轴线垂直; 转动副 Rx 轴线与转动副 Ry1 或转动副 Ry2 轴线垂直。转动副 Ry1 和转动副 Ry2 的轴线同轴。

如图 4 和图 5 所示, 在一实施例中, 直线驱动器 17 为滚珠丝杠, 直线驱动器 17 包括螺母 171、丝杆 172、升降电机 173、轴承座 174 以及同步带 175, 螺母 171 与转向台 12 固连, 螺母 171 设置在转向台 12 的上表面, 优选地, 螺母 171 通过第一支撑板进行支撑固定; 丝杆 172 两端设有轴承座 174, 轴承座 174 与升降台固连, 具体地, 轴承座 174 固连于升降台 13 的一侧, 升降电机 173 通过同步带 175 驱动丝杆 172 旋转。优选地, 直线驱动器 17 也可以是其他能够实现本发明功能的驱动结构, 例如, 液压缸、直线模组和/或类似物, 可根据实际情况进行合理选择, 液压缸、直线模组和/或类似物固定连接在升降台上, 连接升降台与转向台。

如图 4 所示, 为本发明一实施例提供的混联支腿 1 的爆炸结构视图, 为减少混联支腿 1 各零部件连接处的摩擦力, 转向台 12 与基座 11 通过转盘轴承 121 连接。

升降台 13 与转向台 12 之间通过滑块 122 和直线导轨 123 滑动连接, 滑块 122 与转向台 12 固连, 具体地, 滑块 122 设置在转向台 12 的上表面且滑块 122 通过第一支撑板进行固定, 滑块的滑动方向垂直于转向台 12。

直线导轨 123 固连于升降台 13 上, 升降电机 173 固连至升降台 13, 升降电机 173 的输出轴连接主动带轮, 通过同步带 175 带动被动带轮运动, 被动带轮连接直线驱动器 17, 更进一步地, 被动带轮连接至丝杆 172 上端的轴承座的外侧, 带动直线驱动器进行动作。具体地, 升降台 13 为 H 型结构, 升降台 13 的横梁处连接到连接杆, 通过连接杆与车轮座 14 相连, 车轮座 14 与升降台 13 转动连接处设有摆动轴承 131; 第一车轮 15 与车轮座 14 转动连接处设有第一轮轴承 141, 第二车轮 16 与车轮座 14 转动连接处设有第二轮轴承 142。

优选地, 直线导轨 123 设置在升降台 13 的远离升降电机 173 的竖梁的侧部。

通过在移动副 Pz 处设置滑块 122 以及导轨, 例如直线导轨 123, 在转动副 Rz、转动副 Rx、转动副 Ry1 和转动副 Ry2 处设置各轴承, 有效减小混联支腿 1 在运动过程中所产生的摩擦阻力。

优选地, 基座 11 上还设有抱闸 20, 如图 5 所示, 所通过抱闸 20 控制转向台 12 相对基座 11 转动或锁死, 从而避免转向台 12 在外部干扰力或混联支腿 1 抬起的情况下发生转动, 影响混联支腿 1 的运动精度, 其中抱闸 20 也可以用离合器等替代。

为提高混联支腿 1 的控制精度, 转向台 12 与基座 11 转动连接处还可以选择安装角度传感器 18, 角度传感器 18 的输出端安装有检测齿轮 181, 检测齿轮 181 与转盘轴承 121 外周的轮齿啮合, 用来实时监测转向台 12 的转角大小。

如图 6 所示, 在一可选实施例中, 基座 11 上还设有转向电机 19, 转向台 12 由转向电机 19 驱动转动。具体地, 转向电机 19 的输出端安装有传动齿轮 191, 传动齿轮 191 与转盘轴承 121 外周的轮齿啮合, 通过控制转向电机 19 可主动改变转向台 12 的转动方向和转动位置, 进而控制第一车轮 15 和第二车轮 16 的行进方向。转向电机 19 的输出端还可以进一步设有第一力矩传感器 21, 用来实时监测转向台 12 相对基座 11 之间的转向转矩。

当混联支腿 1 为驱动腿时, 第一车轮 15 和第二车轮 16 中至少有一个为主动轮或两个车轮均为主动轮构成主动差动运动。在一可选实施例中, 第二车轮 16 为主动轮, 第二车轮 16 可由行走电机 222 直接驱动, 也可由行走电机 222 通过链条、带轮、齿轮等传动方式间接驱动, 在图 6 所示的实施例中, 第二车轮 16 通过带轮组 24 由行走电机 222 间接驱动, 行走电机 222 安装于车轮座 14 上, 带轮组 24 包括第一带轮 241、同步带 242 和第二带轮 243, 第一带轮 241 与行走电机 222 的输出轴固连, 第二带轮 243 固连于第二车轮 16 的一侧, 同步带 242 配合安装于第一带轮 241 与第二带轮 243 上。

如图 7 所示, 在一可选实施例中, 第一车轮 15 和第二车轮 16 均为主动轮, 第一车轮 15 和第二车轮 16 分别由两个独立的行走电机 221、222 分别驱动, 当两个行走电机 221、222 驱

动第一车轮 15 和第二车轮 16 同向转动时, 可使混联支腿 1 向前或后行走, 当两个行走电机 221、222 驱动第一车轮 15 和第二车轮 16 差动或异向转动时, 可使升降台 13 相对转向台 12 转动, 改变混联支腿 1 的行进方向。为进一步提高第一车轮 15 和第二车轮 16 的控制精度, 行走电机 221、222 的输出端还可安装第二力矩传感器 231、232, 实时监测第一车轮 15 或第二车轮 16 的轮上转矩。

如图 8 所示, 在一可选实施例中, 第一车轮 15 和第二车轮 16 通过差动轮系 25 由行走电机 223 间接驱动。通过一个行走电机 223 同时驱动第一车轮 15 和第二车轮 16, 解决在转向过程中第一车轮 15 和第二车轮 16 转速不同的被动差动问题。

其中, 差动轮系 25 包括与第一车轮 15 固连的第一锥齿轮 255, 与第二车轮 16 固连的第二锥齿轮 256, 与第一锥齿轮 255、第二锥齿轮 256 同时相互啮合的行星锥齿轮 254, 行星锥齿轮 254 与行星架 252 转动连接, 行星架 252 固连与大锥齿轮 253 上, 大锥齿轮 253 与第一车轮 15 的轴转动连接, 且大锥齿轮 253 由与其啮合的驱动锥齿轮 251 驱动, 驱动锥齿轮 251 与行走电机 223 的输出轴固连。第一车轮 15 固连的第一锥齿轮 255 轴线与第二车轮 16 固连的第二锥齿轮 256 的轴线同轴, 并通过转动副支撑在车轮座 14 上, 行走电机 223 及驱动锥齿轮 251 的轴线与行星锥齿轮 254 轴线同轴, 在车轮座 14 上分别设置两段转轴与升降台 13 构成转动连接, 即构成 Rx 转动副并与行星锥齿轮 254 轴线同轴。

如图 9 和图 10 所示是本发明提供的六自由度调姿机器人平台的一实施例, 六自由度调姿机器人平台包括车架 2 和混联支腿 1, 当混联支腿的数量为三个时, 且混联支腿为主被动差动混联支腿, 各主被动差动混联支腿 1 中的基座 11 分别与车架 2 固连。三条主被动差动混联支腿 1 呈三角形布置, 车架 2 的内部设有分布式控制器 3 及电池组 4。

优选地, 三条主被动差动混联支腿 1 中可以有两或者三条为驱动腿, 各驱动腿中的第一车轮 15 或第二车轮 16 至少有一个为主动轮, 分别由驱动电机 221 或 222 带动主动轮转动。车架 2 为由型材焊接而成的框架式结构, 可有效提高车架 2 的承载力, 且车架 2 的外周面安装有装饰板。三条主被动差动混联支腿 1 即 1a、1b、1c 应满足姿态条件, 姿态条件即为每条主被动差动混联支腿中的转动副 Rz 轴线彼此平行、移动副 Pz 导轨彼此平行。

进一步地, 为提高六自由度调姿机器人平台的适用范围, 车架 2 的内部还设有电池组 4, 用来给控制器 3 和各个混联支腿 1 供电, 使本六自由度调姿机器人平台在外部电源供电下工作, 特定环境, 在车载电池供电的情况下, 依然可以正常工作。

六自由度调姿机器人平台具有普通运载车的运载功能, 可实现沿地面任意方向的移动, 以及绕 z 轴及平行 z 轴的任意轴线的转动。同时本六自由度调姿机器人平台还具有调节车架 2 空间姿态的功能, 通过控制三条混联支腿 1 中的直线驱动器 17 同步上下运动, 可实现车架 2 的上下升降运动; 控制三条混联支腿 1 中的直线驱动器 17 异步运动时, 可使车架 2 相对地面发生任意方向倾斜。

具体地, 如图 9 所示, 为区别各个混联支腿, 将不同位置的混联支腿分别命名为 1a、1b 和 1c, 当控制混联支腿 1a 和混联支腿 1b 升高, 同时使混联支腿 1c 降低, 可使车架 2 绕 x 轴转动, 当然也可令混联支腿 1a 和混联支腿 1b 降低, 令混联支腿 1c 升高来实现绕 x 轴的反向转动。当控制混联支腿 1a 升高或降低, 对应地令混联支腿 1b 降低或升高, 可实现车架 2 绕 y 轴的转动。

上述只是对车架 2 的姿态调节控制的简单描述, 在实际控制中, 当车架 2 的姿态发生改变时, 混联支腿中的第一车轮 15 和第二车轮 16 也会发生相应的运动。这是因为将地面当作固定平台时, 第一车轮 15 和第二车轮 16 与地面接触所形成的滚动副 Rp1 和滚动副 Rp2 参与了车架 2 的自由度构建, 因此对车架 2 的姿态进行调整时, 还需要控制第一车轮 15 和第二车轮 16 进行相应的微运动补偿。

如图 11 和图 12 所示是本发明提供的六自由度调姿机器人平台的又一实施例, 在本实施例中车架 2 上连接有四条主被动差动混联支腿 1, 分别设于车架 2 的四个角上, 通过设置四条主被动差动混联支腿 1, 可有效提高六自由度调姿机器人平台的承载面积和承载力, 四条主被动差动混联支腿 1 中可以有两或者三条或者四条为均驱动腿。

在本实施例中, 四条主被动差动混联支腿 1 中有一条为冗余支腿, 通过设置冗余支腿,

一方面可以提高六自由度调姿机器人平台的承载力，另一方面可以提高六自由度调姿平台的稳定性。当四条主被动差动混联支腿中，有一条支腿发生故障时，冗余支腿可代替该故障支腿继续工作或短时保持状态，不影响六自由度调姿机器人平台的正常工作，这对卫星、火箭等重要产品的安装对接安全性至关重要。在每一条主被动差动混联支腿 1 中均设置有位移和力的检测传感器。位移监测用于调姿过程控制位姿与姿态精度，而力监测用于避免出现虚拟腿或过载腿。

车架 2 的四周还可以安装或搭载摄像头、超声波、激光雷达和毫米波雷达，用来提高六自由度调姿机器人平台对外界环境的感知能力，车架 2 上还可以搭载垂直升降台或其他机构或机器人来进一步扩展本六自由度调姿机器人平台的应用范围。

如图 13 所示是本发明提供的六自由度调姿机器人平台的又一实施例，在本实施例中车架 2 上连接有六条主被动差动混联支腿 1，分别设于车架 2 的两端或两侧，通过增加六自由度调姿机器人平台支腿的数量可有效提高平台的承载能力，进一步提高六自由度调姿机器人平台的运动稳定性及移动精度。

如图 15、图 16 和图 17 所示，在一实施例中，升降台 13 与转向台 12 之间布置独立悬挂组件 5，其中独立悬挂组件 5 包括悬挂固定板 51、弹簧 52、弹簧撞块 53、升降撞块 54 以及导向柱 55，弹簧 52 可以是压缩弹簧、蝶形弹簧或者空气弹簧，根据负载与悬挂行程进行合理选择。

如图 15 所示，是本发明又一实施例提供的具有独立悬挂组件的主被动差动混联支腿结构示意图，独立悬挂组件 5 连接升降台 13 与转向台 12，且布置两组，与 P_z 为并联关系；悬挂固定板 5 与转向台 12 固定连接；弹簧 52 与弹簧撞块 53 固定连接；导向柱 55 与悬挂固定板 51 固定连接，且穿过弹簧 52、弹簧撞块 53，形成滑动连接；升降撞块 53 与升降台 13 固定连接，且升降撞块 53 与导向柱 55 滑动连接。

如图 16 所示，是又一实施例示出的一种具有独立悬挂组件的主被动差动混联支腿俯视图；独立悬挂组件 5 相对回转台 12 回转中心成中心对称布置，互相抵消对导轨的附加弯矩，不增加对升降导轨的额外载荷。

如图 17 所示，是又一实施例示出的一种具有独立悬挂组件的主被动差动混联支腿结构原理图；弹簧 52 压缩形成小于升降台 13 升降行程，升降运动与独立悬挂为并联关系，且升降运动行程 L_1 大于弹簧长度 L_2 ；当升降台 13 升降距 L_1 离大于弹簧 52 长度 L_2 时，混联支腿为升降电机 173 控制的刚性主动悬挂减振；当升降台 13 升降距离 L_1 小于弹簧 52 长度 L_2 时，升降撞块 54 与弹簧撞块 53 接触，升降电机 173 抱闸打开，混联支腿为基于弹簧 52 的独立悬挂的柔性被动减振，且压缩弹簧可以有效降低丝杠 172 承受载荷，当弹簧压缩量最大时，丝杠载荷为零；主被动减振构成刚柔耦合减振结构。

需要说明的是，所述六自由度调姿机器人平台的支腿的数量可以根据实际工况进行选择，并不局限上图 8 至图 12 中所示出的几种实施案例。所有支腿必须满足姿态条件即为每条主被动差动混联支腿中的转动副 R_z 轴线彼此平行、移动副 P_z 导轨彼此平行。

另一种实施方式，

本实施例提供一种基于重力封闭的主被动差动混联支腿，包括基座 110、升降台 120、转向架 130、车轮座 140、第一车轮 150 和第二车轮 160；其中升降台 120 与基座 110 滑动连接，形成移动副 P_z ，且移动副 P_z 为主动副，由直线驱动器 170 驱动；转向架 130 与升降台 120 转动连接，形成转动副 R_z ；车轮座 140 与转向架 130 转动连接，形成转动副 R_x ；第一车轮 150 和第二车轮 160，分别位于转动副 R_x 的第一、第二两侧，第一车轮 150 与车轮座 140 转动连接，形成转动副 R_{y1} ；第二车轮 160 与车轮座 140 转动连接，形成转动副 R_{y2} 。

移动副 P_z 直线导轨与转动副 R_z 轴线平行，转动副 R_z 轴线与转动副 R_x 轴线交错垂直；转动副 R_x 轴线与转动副 R_{y1} 轴线或转动副 R_{y2} 轴线垂直或正交，转动副 R_{y1} 和转动副 R_{y2} 的轴线方向同轴。

在实际使用中，混联支腿中的第一车轮 150 和第二车轮 160 与地面接触，且可相对地面

做纯滚运动或车轮沿宽度某点圆做纯滚动，若将地面看做固定平台，车轮座看做运动平台，则第一车轮 150、第二车轮 160、地面、车轮座 140 构成局部并联结构。进一步地，基座 110 通过升降台 120 和转向架 130 与车轮座 140 串联，从而构成一种基于重力封闭的混联支腿，其机构构型为 $PzRzRx (Ry1+Ry2) Rp$ 。

基于重力封闭的混联支腿还包括转向电机，转向架 130 由设置在升降台 120 上的转向电机 210，通过设置转向电机 210，可主动改变混联支腿中车轮的轴线方向，即转动副 $Ry1$ 和转动副 $Ry2$ 的轴线的方向。

为避免转向架 130 在外部干扰力或混联支腿抬起的情况下发生转动，影响混联支腿的运动精度及多腿协调性，优选地，升降台 120 上还设有抱闸 190 或离合器，替代转向电机，可锁定转向架 130 防止其相对升降台 120 转动。

升降台 120 上还设有角度传感器 180，用于检测转向架 130 相对升降台 120 之间的转角，并用于实现多腿运动协调控制。即用于控制或保持多腿的状态或转动副 Rx 轴线方向彼此平行或形成一定相对协条关系、满足直线运动或转向、转弯或曲线轨迹运动要求。

当基于重力封闭的混联支腿为驱动腿时，第一车轮 150 和第二车轮 160 中应至少有一个为主动轮。即一个为主动另一个为被动或两车轮均为主动。优选地，第一车轮 150 和第二车轮 160 中的主动轮由行走电机 2210 或行走电机 2220 直接驱动，或通过链条、带轮、齿轮等传动方式由行走电机 2210 或行走电机 2220 间接驱动。或者，第一车轮 150 和第二车轮 160 由两个行走电机 2210、2220 分别驱动形成主动差动驱动或由单电机通过差动轮系间接驱动。

差动轮系包括与第一车轮 150 固连的第一锥齿轮 2550、与第二车轮 160 固连的第二锥齿轮 2560、与第一锥齿轮 2550 及第二锥齿轮 2560 同时相互啮合的行星锥齿轮 2540、大锥齿轮 2530、驱动锥齿轮 2510、行星架 2520。行星锥齿轮 2540 铰接于行星架 2520 上，行星架 2520 固连于大锥齿轮 2530 上，大锥齿轮 2530 与车轮座 140 转动连接，可自由转动，且大锥齿轮 2530 由与其啮合的驱动锥齿轮 2510 驱动，驱动锥齿轮 2510 与行走电机 2230 的输出轴固连。在差动轮系的外壳体上、相对第二车轮 160 等距位置即与行走电机 2230 输出轴线重合位置，相对第二车轮 160 轴线垂直相交、对称设置两转轴段，与转向架 130 采用转动连接，形成转动副 Rx 。第二车轮 160 运动状态由转向电机 210 和行走电机 2230 共同驱动与控制。

优选地，直线驱动器 170 可以是滚珠丝杠，滚珠丝杠中的螺母与基座 110 固连，滚珠丝杠中的丝杆与升降台 120 转动连接，且丝杆由升降电机 1730 驱动。

优选地，基于重力封闭的混联支腿设有独立悬挂组件 50，独立悬挂组件 50 包括悬挂固定板 510、弹簧 520、弹簧撞块 530、升降撞块 540 和导向柱 550，弹簧 520 压缩行程小于升降台 120 升降行程，升降运动与独立悬挂组件为并联关系，且升降运动行程大于弹簧 520 长度；升降台 120 升降距离大于弹簧 520 长度时，混联支腿 10 为升降电机 1730 控制的刚性主动悬挂减振；升降台 120 升降距离小于弹簧 520 长度时，升降撞块 540 与弹簧撞块 530 接触，升降电机 1730 抱闸打开，混联支腿为基于弹簧 520 的独立悬挂组件的柔性被动减振；主被动减振构成刚柔耦合减振结构；独立悬挂组件 50 结构转向架 130 回转中心成中心对称布置，互相抵消对直线导轨 1120 的附加弯矩，不增加对直线导轨 1120 的额外载荷。

根据本发明的第二方面，提供一种全向移动精密调姿平台，包括车架 20、控制器 30 以及三条或四条或六条腿的上述任一项中基于重力封闭的混联支腿 10，混联支腿 10 中的基座 110 与车架 20 固定连接。每条混联支腿 10 中的移动副 Pz 导轨彼此平行；每条混联支腿 10 中的转动副 Rz 轴线彼此平行；三条腿的六自由度移动精密调姿平台中的三条腿采用三角形布局设置；四条腿的六自由度移动精密调姿平台中的四条腿采用正方形或长方形或菱形布局设置；六条腿的六自由度移动精密调姿平台中的六条腿采用日字形布局设置。

优选地，六自由度移动精密调姿平台中至少有两条基于重力封闭的混联支腿 10 整条腿为驱动腿，即转向电机 210、直线驱动器 170、第一车轮 150 和第二车轮 160 中至少有一个为主动轮或均为主动轮。

优选地，车架内部还设有电池组 40，用于无外部电源时给车架内的控制器和各条混联支腿供电。

坐标系说明，图 18 到图 19，采用同一直角坐标系， Z 轴垂直于水平面， X 轴、 Y 轴位于

水平面内，第一车轮、第二车轮轴向方向为 Y 轴，滚动方向为 X 轴。

如图 18 所示，是本发明一示例性实施例示出的一种基于重力封闭的混联支腿的结构示意图，图 18 展示了混联支腿 10 的具体结构，实施例中混联支腿 10 的机构构型原理图可参见图 19。混联支腿 10 包括基座 110、升降台 120、转向架 130、车轮座 140、第一车轮 150、第二车轮 160 和直线驱动器 170。升降台 120 与基座 110 相连，升降台 120 能够沿着垂直于基座 110 的方向往复滑动，转向架 130 可转动地连接至升降台 120，车轮座 140 可转动地连接至转向架 130，通过转向架带动车轮座 140 实现转动，从而带动车轮改变运动方向。

其中升降台 120 与基座 110 之间滑动连接形成移动副 P_z ，移动副 P_z 为主动运动副，由直线驱动器 170 驱动。转向架 130 与升降台 120 转动连接形成转动副 R_z ，车轮座 140 与转向架 130 转动连接形成转动副 R_x ，第一车轮 150 例如第一车轮和第二车轮 160 第二车轮位于转动副 R_x 的两侧，且第一车轮 150 与车轮座 140 转动连接形成转动副 R_{y1} ，第二车轮 160 与车轮座 140 转动连接形成转动副 R_{y2} 。第一车轮 150 与地面接触形成滚动副 R_{p1} ，第二车轮 160 与地面接触形成滚动副 R_{p2} 。

混联支腿 10 中各零件之间形成的运动副满足一定的几何关系，其中移动副 P_z 的导轨方向与转动副 R_z 的轴线方向平行，转动副 R_z 轴线与转动副 R_x 轴线垂直，转动副 R_x 轴线与转动副 R_{y1} 及转动副 R_{y2} 的轴线垂直，转动副 R_{y1} 和转动副 R_{y2} 的轴线相互同轴。

基座 110 为矩形板状结构，升降台 120 为 H 形结构件，转向架 130 为 Y 形结构件，车轮座 140 为十字轴结构；混联支腿 10 中，基座 110 与升降台 120 通过直线导轨 1120 移动连接，升降台 120 与转向架 130 转动连接，转向架 130 与车轮座 140 转动连接；基座 110、升降台 120、转向架 130 和车轮座 140，从上至下依次串联连接。第一车轮 150 和第二车轮 160 同时与车轮座 140 连接，分别与车轮座 140 的十结构两端连接，形成转动副；第一车轮和第二车轮与地面接触，在重力封闭条件下，形成局部并联连接，因此混联支腿 10 为串并混联结构。

如图 20 和图 21 所示，在一实施例中，直线驱动器 170 是滚珠丝杠，直线驱动器 170 包括螺母 1710、丝杆 1720、升降电机 1730、轴承座 1740 和同步带 1750，螺母 1710 与基座 110 固连，丝杆 1720 两端设有轴承座 1740，且轴承座 1740 固连于升降台 120 的一侧，丝杆 1720 由升降电机 1730 通过同步带 1750 及两个同步带轮驱动旋转。直线驱动器 170 也可以是液压缸、直线模组等其他类型驱动，可根据实际情况进行合理选择。

如图 20 所示，为本发明一实施例提供的混联支腿的爆炸结构视图，为减少混联支腿 10 各零部件连接处的摩擦力，升降台 120 与基座 110 通过滑块 1110 和直线导轨 1120 滑动连接，即形成移动副 P_z ，滑块 1110 与基座 110 固连，直线导轨 1120 固连于升降台 120 上且直线导轨的长度方向垂直于升降台 120 的台面；转向架 130 与升降台 120 转动连接处设有转向轴承 1310，车轮座 140 与转向架 130 转动连接处设有摆动轴承 1320；第一车轮 150 与车轮座 140 转动连接处设有第一轮轴承 1410，第二车轮 160 与车轮座 140 转动连接处设有第二轮轴承 1420。通过在移动副 P_z 处设置滑块以及直线导轨，在转动副 R_z 、转动副 R_x 、转动副 R_{y1} 和转动副 R_{y2} 处设置各轴承，能够有效减小混联支腿 10 在运动过程中所产生的摩擦阻力。

如图 21 所示，在一实施例中，升降台 120 上还设有抱闸 190，抱闸 190 的输出端与转向架 130 连接，通过抱闸 190 可控制转向架 130 相对升降台 120 转动或锁死，从而避免转向架 130 在外部干扰力或混联支腿 10 抬起的情况下发生转动，影响混联支腿 10 的运动精度及多腿状态协调，其中抱闸 190 也可以用离合器等替代。为提高混联支腿 10 的控制精度，转向架 130 与升降台 120 转动连接处还可以选择安装角度传感器 180，用来实时监测转向架 130 的转角大小。用于控制和协调各腿之间转动副 R_x 方向及其准确性。

如图 22 所示，在一可选实施例中，升降台 120 上还设有转向电机 210，转向架 130 由转向电机 210 驱动转动，通过控制转向电机 210 可主动改变转向架 130 的转动方向，进而控制第一车轮 150 和第二车轮 160 的行进方向。转向电机 210 的输出端还可以进一步设有第一力矩传感器 210，用来实时监测转向架 130 相对升降台 120 之间的转向转矩。

当混联支腿 10 为驱动腿时，第一车轮 150 和第二车轮 160 中至少有一个为主动轮或两个车轮均为主动构成主动差动运动。如图 22，在一可选实施例中，第二车轮 160 为主动轮，第二车轮 160 可由行走电机 2220 直接驱动，也可由行走电机 2220 通过链条、带轮、齿轮等传

动方式间接驱动,在图 22 所示的实施例中,第二车轮 160 通过带轮组 240 由行走电机 2220 间接驱动,行走电机 2220 安装于车轮座 140 上,带轮组 240 包括第一带轮 2410、同步带 2420、第二带轮 2430,第一带轮 2410 与行走电机 2220 的输出轴固连,第二带轮 2430 固连于第二车轮 160 的一侧,同步带 2420 配合安装于第一带轮 2410 与第二带轮 2430 上。

如图 23 所示,在一可选实施例中,第一车轮 150 和第二车轮 160 均为主动轮,第一车轮 150 和第二车轮 160 分别由两个独立的行走电机 2210、2220 分别驱动,当两个行走电机 2210、2220 驱动第一车轮 150 和第二车轮 160 同向转动时,可使混联支腿 10 向前行走,当两个行走电机 2210、222 驱动第一车轮 150 和第二车轮 160 异向转动时,形成主动差动驱动工作状态,可使转向架 130 相对升降台 120 发生转动,改变混联支腿 10 的行进方向。为进一步提高第一车轮 150 和第二车轮 160 的控制精度,行走电机 2210、222 的输出端还可安装力矩传感器,用来实时监测第一车轮 150 或第二车轮 160 的轮上转矩。

如图 24 所示,在一可选实施例中,第一车轮 150 和第二车轮 160 可通过差动轮系 250 由行走电机 2230 间接驱动。通过一个行走电机 2230 同时驱动第一车轮 150 和第二车轮 160,可以解决在转向过程中第一车轮 150 和第二车轮 160 转速不同或随意性的问题。

其中,差动轮系 250 包括与第一车轮 150 固连的第一锥齿轮 2550,与第二车轮 160 固连的第二锥齿轮 2560,同时与第一锥齿轮 2550、第二锥齿轮 2560 相互啮合的行星锥齿轮 2540,行星锥齿轮 2540 与行星架 2520 转动连接,行星架 2520 固连于大锥齿轮 2530 上,大锥齿轮 2530 与车轮 150 的轴构成转动连接,且大锥齿轮 2530 由与其啮合的驱动锥齿轮 2510 驱动,驱动锥齿轮 2510 与行走电机 2230 的输出轴固连。第一车轮 150 固连的第一锥齿轮 2550 轴线与第二车轮 160 固连的第二锥齿轮 2560 的轴线同轴,并通过转动副支撑在行星轮系壳体即相当于车轮座 140 上,行走电机 2230 及驱动锥齿轮 2510 的轴线与行星锥齿轮 254 轴线同轴,在车轮座 140 上外表面分别设置两段转轴与升降台 120 构成转动连接,即构成 Rx 转动副并与行星锥齿轮 254 轴线同轴。转动副 Rx 的一端与行走电机 2230 输出轴线重合,形成电机轴在内、Rx 在外的复合转动副。行走电机 2210、2220 的输出端设置有第二力矩传感器 2310、2320。

如图 25 和图 26 所示,是本发明提供的移动精密调姿平台的一实施例,移动精密调姿平台包括车架 20,以及三条混联支腿 10,混联支链 1 中的基座 110 与车架 20 固连。三条混联支腿 10 呈三角形布置,由车架 20 内部的控制器 30 控制。三条混联支腿 10 中可以有两或者三条为驱动腿,驱动腿中的第一车轮 150 或第二车轮 160 至少有一个为主动轮或两个车轮均为主动,由驱动电机 221 或 222 或同时独立驱动车轮转动。车架 20 为由型材焊接而成的框架式结构,可有效提高车架 20 的承载力,且车架 20 的外周面安装有装饰板。三条混联支腿 10 即 10a、10b、10c 应满足姿态约束条件,姿态条件即为每条混联支腿中的移动副 Pz 导轨彼此平行、转动副 Rz 轴线彼此平行。

进一步地,为提高移动调姿平台的适用范围,除外部供电车架 20 的内部还设有电池组 40,用来给控制器 30 和各个混联支腿 10 供电,使本移动精密调姿平台可以在无外部供电的情况下,依然可以正常工作。

移动精密调姿平台具有普通运载车的运载功能,可实现沿地面任意方向的移动,以及绕垂直地面方向的转动。同时本移动精密调姿平台还具有调节车架 20 空间姿态的功能,通过控制三条混联支腿 10 中的直线驱动器 170 同步上下运动,可实现车架 20 的上下升降运动;控制三条混联支腿 10 中的直线驱动器 170 异步运动时,可使车架 20 相对地面发生倾斜。即实现俯仰运动、横滚运动。

具体地,如图 26 所示,为区别各个混联支腿,将不同位置的混联支腿分别命名为 10a、10b 和 10c,当控制混联支腿 10a 和混联支腿 10b 升高,同时使混联支腿 10c 降低,可使车架 20 绕 x 轴转动,当然也可令混联支腿 10a 和混联支腿 10b 降低,令混联支腿 10c 升高来实现绕 x 轴的反向转动。当控制混联支腿 10a 升高或降低,对应地令混联支腿 10b 降低或升高,可实现车架 20 绕 y 轴的转动。

上述只是对车架 20 的姿态调节控制的简单描述,在实际控制中,当车架 20 的姿态发生改变时,混联支腿中的第一车轮 150 和第二车轮 160 也会发生相应的运动。这是因为将地面当作固定平台时,第一车轮 150 和第二车轮 160 与地面接触所形成的滚动副 Rp1 和滚动副 Rp2

参与了车架 20 的自由度构建，因此对车架 20 的姿态进行调整时，还需要控制第一车轮 150 和第二车轮 160 进行相应的附加微运动。

如图 27、图 28 和图 30 所示是本发明提供的移动精密调姿平台的又一实施例，在本实施例中车架 20 上连接有四条混联支腿 10，分别设于车架 20 的四个角上，呈正方形或长方形布置，通过设置四条混联支腿 10，可有效提高移动精密调姿平台的承载面积，四条混联支腿 10 中可以有两或者三条或者四条为驱动腿。四条混联支腿之间应满足位置与姿态约束条件，姿态条件即为每条混联支腿中的移动副 Pz 导轨彼此平行、转动副 Rz 轴线彼此平行。

在本实施例中，四条混联支腿 10 中有一条为冗余支腿，通过设置冗余支腿，一方面可以提高移动调姿平台的承载力，另一方面可以提高移动精密调姿平台的稳定性。当四条混联支腿中，有一条支腿发生故障时，冗余支腿可代替该故障支腿继续工作，不影响移动精密调姿平台的正常工作，这对卫星、火箭等重要产品的安装对接至关重要。

车架 20 的四周还可以安装或搭载摄像头、超声波、激光雷达、毫米波雷达等传感器，用来提高移动精密调姿平台对外界环境的感知能力，车架 20 上还可以搭载垂直升降台或功能性机构或机器人来进一步扩展本移动精密调姿平台的应用范围。

如图 29 所示是本发明提供的移动精密调姿平台的又一实施例，在本实施例中车架 20 上连接有六条混联支腿 10，分别设于车架 20 的两端或两侧，通过增加移动精密调姿平台支腿的数量可有效提高平台的承载力，进一步提高移动调姿平台的稳定性、可靠性。本实施例针对大重载工况，如运载火箭、大型运输机、重型机器精密调姿对接与安装。

优选地，如图 31、图 32 和图 33 所示，在一实施例中，升降台 120 与转向架 130 之间布置独立悬挂组件 50，其中独立悬挂组件 50 包括悬挂固定板 510、弹簧 520、弹簧撞块 530、升降撞块 540 以及导向柱 550，弹簧 520 可以是压缩弹簧、蝶形弹簧或者空气弹簧，根据负载与悬挂行程进行合理选择。

如图 31 所示，是本发明又一实施例提供的具有独立悬挂组件的基于重力封闭的混联支腿结构示意图，独立悬挂组件 50 连接升降台 120 与转向架 130，且布置两组，与 Pz 为并联关系；悬挂固定板 510 与转向架 130 固定连接；弹簧 520 与弹簧撞块 530 固定连接；导向柱 550 与悬挂固定板 510 固定连接，且穿过弹簧 520、弹簧撞块 530，形成滑动连接；升降撞块 530 与升降台 120 固定连接，且升降撞块 530 与导向柱 550 滑动连接。

如图 32 所示，是又一实施例示出的一种具有独立悬挂组件的基于重力封闭的混联支腿俯视图示意图；独立悬挂组件 50 相对转向架 130 回转中心成中心对称布置，互相抵消对导轨的附加弯矩，不增加对升降导轨的额外载荷。

如图 33 所示，是又一实施例示出的一种具有独立悬挂组件的基于重力封闭的混联支腿结构原理图；弹簧 520 压缩形成小于升降台 120 升降行程，升降运动与独立悬挂组件为并联关系，且升降运动行程 L1 大于弹簧长度 L2；当升降台 120 升降距 L1 离大于弹簧 520 长度 L2 时，混联支腿为升降电机 173 控制的刚性主动悬挂减振；当升降台 120 升降距离 L1 小于弹簧 520 长度 L2 时，升降撞块 540 与弹簧撞块 530 接触，升降电机 1730 抱闸打开，混联支腿为基于弹簧 520 的独立悬挂组件 50 的柔性被动减振，且压缩弹簧可以有效降低丝杠 1720 承受载荷，当弹簧压缩量最大时，丝杠载荷为零；主被动减振构成刚柔耦合减振结构。

最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各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：其依然可以对前述各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各实施例技术方案的范围，其均应涵盖在本发明的权利要求和说明书的范围当中。

15
权利要求书

1、一种主被动差动混联支腿，其包括基座、升降台、车轮座和独立悬挂组件，其特征在于，所述基座通过转盘轴承转动连接有转向台，所述转盘轴承的外周设置有轮齿，转向电机设置在所述基座内，所述转向电机的输出轴上的传动齿轮与所述轮齿配合进行所述转向台转动及定位；

所述升降台上设置有导轨，所述转向台上设置有滑块，所述升降台固连升降电机，所述升降电机通过同步带传动带动直线驱动器进行动作，从而带动所述滑块与所述导轨配合使所述升降台与所述转向台滑动连接；

所述车轮座转动连接所述升降台，所述车轮座与升降台转动连接处设有摆动轴承；所述车轮座设置有转动连接的第一车轮和第二车轮；第一车轮和第二车轮中至少有一个为主动轮，或第一车轮和第二车轮均为主动轮；所述第一车轮和第二车轮的转动运动由行走双电机减速器分别主动同步驱动或者差动驱动，或者由行走单电机通过差动轮系间接驱动；以及

所述独立悬挂组件设置在所述升降台与所述转向台之间，所述独立悬挂组件包括悬挂固定板、弹簧、弹簧撞块、升降撞块和导向柱；在所述独立悬挂组件中，所述弹簧的压缩行程小于升降台的升降行程，升降运动与独立悬挂为并联关系，且升降运动行程大于弹簧长度；所述升降台升降距离大于弹簧长度时，能够为升降电机控制的刚性主动减振；所述升降台的升降距离小于弹簧长度时，升降撞块与弹簧撞块接触，升降电机的抱闸打开，能够因基于弹簧的独立悬挂的柔性而被动减振，且上述主动减振和被动减振构成刚柔耦合减振结构。

2、根据权利要求1所述的主被动差动混联支腿，其特征在于，所述直线驱动器包括螺母、丝杆、升降电机、轴承座以及同步带，所述螺母与所述转向台固连，所述丝杆的两端均设有轴承座，所述轴承座与所述升降台固连，所述升降电机通过同步带带动所述丝杆运动从而实现升降台的升降；所述升降电机固连至所述升降台，所述升降电机的输出轴连接主动带轮，通过所述同步带带动被动带轮运动，所述被动带轮连接直线驱动器输入端，所述输入端为所述丝杆。

3、根据权利要求2所述的主被动差动混联支腿，其特征在于，所述差动轮系包括与第一车轮固连的第一锥齿轮，与第二车轮固连的第二锥齿轮和同时与第一锥齿轮、第二锥齿轮相啮合的行星锥齿轮，所述行星锥齿轮铰接于行星架上，所述行星架固连于大锥齿轮的一端面，所述大锥齿轮与车轮座转动连接，且大锥齿轮由与其啮合的驱动锥齿轮驱动，所述驱动锥齿轮与行走单电机的输出轴固连；在差动轮系的外壳体上、与行走单电机输出轴线重合位置，与第一车轮轴线、第二车轮轴线垂直相交对称设置有两转动副，与所述升降台构成转动连接，形成转动副 Rx。

4、一种含有权利要求1所述主被动差动混联支腿的六自由度调姿机器人平台，其特征在于，其包括车架、控制器以及多条所述主被动差动混联支腿，

所述车架与多条所述主被动差动混联支腿中的基座固定连接；

所述车架设有电池组，用来给所述控制器和所述主被动差动混联支腿供电；

每条所述主被动差动混联支腿中的转动台的转动轴线彼此平行；且每条所述主被动差动混联支腿中的升降台的直线导轨彼此平行；至少有两条所述主被动差动混联支腿为驱动腿，所述转向电机、直线驱动器为主动驱动，第一车轮和第二车轮中至少有一个为主动轮或均为主动轮；与所述车架固定连接的所述主被动差动混联支腿的所述第一车轮和第二车轮均与地面接触且在接触点垂直地面方向无自由度，所述车架、与所述车架相固连的所述主被动差动混联支腿与地面构成六自由度调姿平台。

5、根据权利要求4所述的六自由度调姿机器人平台，其特征在于，所述主被动差动混联支腿的数量为三条时，各主被动差动混联支腿中的基座分别与车架固连，三条主被动差动混联支腿呈三角形布置；

或者当所述主被动差动混联支腿的数量为四条时，分别设于车架的四个角上，四条所述主被动差动混联支腿中有两条或者三条或者四条均为驱动腿；

或者当所述主被动差动混联支腿的数量为六条时，分别布置于车架的两端或两侧且呈日字形布置。

6、根据权利要求4所述的六自由度调姿机器人平台，其特在在于，所述车架的四周安装

或搭载摄像头、超声波、激光雷达或者毫米波雷达，用来提高六自由度调姿平台对外界环境的感知能力，所述车架上还设有搭载垂直升降台或机器人从而扩展应用范围。

7、一种基于重力封闭的混联支腿，其特征在于，其包括基座、升降台、转向架、车轮座和车轮，所述基座依次与直线驱动器、升降台、转向架和车轮座串联连接，在重力封闭条件下形成局部并联连接；

所述车轮包括第一车轮和第二车轮，分别位于车轮架的两侧，所述第一车轮与车轮座转动连接，形成转动副 R_{y1} ；所述第二车轮与车轮座转动连接，形成转动副 R_{y2} ；所述车轮与地面接触点之间无垂直方向移动自由度；以及

所述升降台与所述基座滑动连接，形成作为主动副的移动副 P_z ，所述升降台由直线驱动器驱动，并且所述转向架由设置在升降台上的转向电机驱动而形成转动连接，所述转向架与升降台转动连接形成转动副 R_z ，所述车轮座与所述转向架转动连接形成转动副 R_x ，所述升降台的直线导轨与转动副 R_z 的轴线平行，所述转动副 R_z 的轴线与转动副 R_x 的轴线垂直；所述转动副 R_{y1} 和转动副 R_{y2} 的轴线同轴，所述转动副 R_x 的轴线与转动副 R_{y1} 及转动副 R_{y2} 的轴线垂直相交；所述转动副 R_z 的轴线通过所述转动副 R_x 的轴线与转动副 R_{y1} 及转动副 R_{y2} 的轴线交点。

8、根据权利要求 7 所述的基于重力封闭的混联支腿，其特征在于，当作为驱动腿时，所述第二车轮为主动轮，或所述第一车轮和第二车轮均为主动轮从而构成主动差动运动；当所述第二车轮为主动轮时，第二车轮由行走电机直接驱动或由行走电机通过传动机构间接驱动；当所述第二车轮通过带轮组由行走电机间接驱动时，所述行走电机安装于车轮座上，所述带轮组包括第一带轮、同步带和第二带轮，所述第一带轮与行走电机的输出轴固连，所述第二带轮固连于第二车轮的一侧，所述同步带配合安装于第一带轮与第二带轮上；或者，当所述第一车轮和第二车轮均为主动轮时，所述第一车轮和第二车轮分别由两个独立的行走电机驱动；当两个独立的行走电机驱动第一车轮和第二车轮同向转动时，使第一车轮和第二车轮向前行走，当两个行走电机驱动第一车轮和第二车轮异向转动时，形成主动差动驱动工作状态，使转向架相对升降台发生转动，改变第一车轮和第二车轮的行进方向。

9、根据权利要求 7 所述基于重力封闭的混联支腿，其特征在于，其还包括设置在所述升降台与所述转向架之间的独立悬挂组件，所述独立悬挂组件包括悬挂固定板、弹簧、弹簧撞块、升降撞块和导向柱，连接升降台与转向架；在所述独立悬挂组件中，弹簧的压缩行程小于升降台的升降行程，升降运动与独立悬挂为并联关系，且升降运动行程大于弹簧长度；所述升降台升降距离大于弹簧长度时，能够为升降电机控制的刚性主动减振；所述升降台的升降距离小于弹簧长度时，升降撞块与弹簧撞块接触，升降电机的抱闸打开，能够因基于弹簧的独立悬挂的柔性而被动减振，且上述主动减振和被动减振构成刚柔耦合减振结构。

10、根据权利要求 7 所述基于重力封闭的混联支腿，其特征在于，在所述主动差动运动中，差动轮系包括与第一车轮固连的第一锥齿轮、与第二车轮固连的第二锥齿轮和同时与第一锥齿轮、第二锥齿轮相啮合的行星锥齿轮、大锥齿轮、驱动锥齿轮和行星架；所述行星架铰接于行星锥齿轮上，所述行星架固连于大锥齿轮上，所述大锥齿轮与第一车轮轴转动连接，且大锥齿轮由与其啮合的驱动锥齿轮驱动，所述驱动锥齿轮与行走电机的输出轴固连；所述升降台上还设有角度传感器，所述角度传感器用于检测所述转向架相对升降台之间的转角。

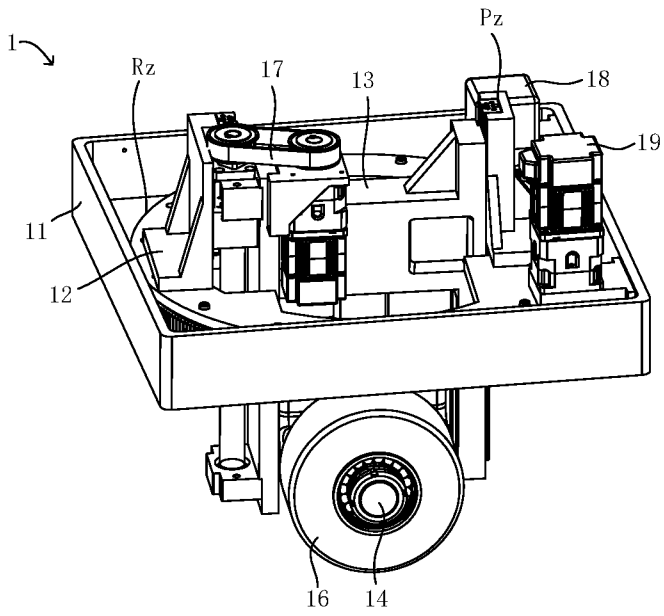


图 1

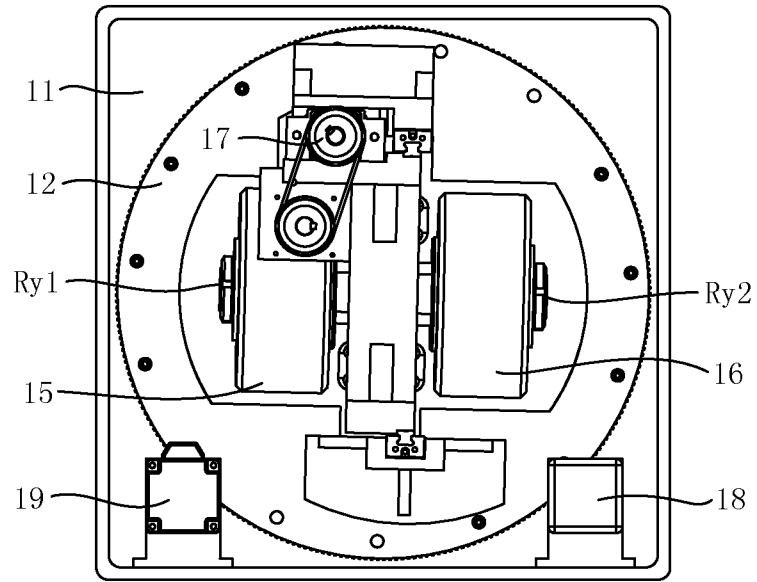


图 2

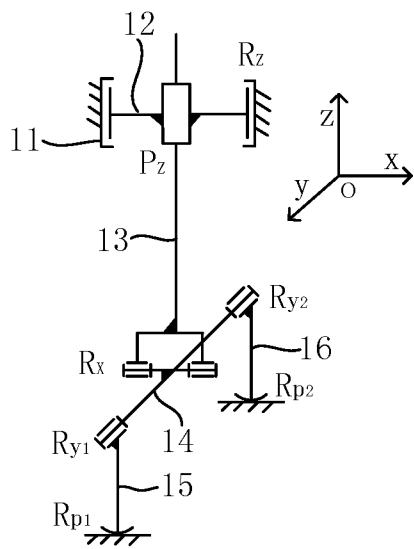


图 3

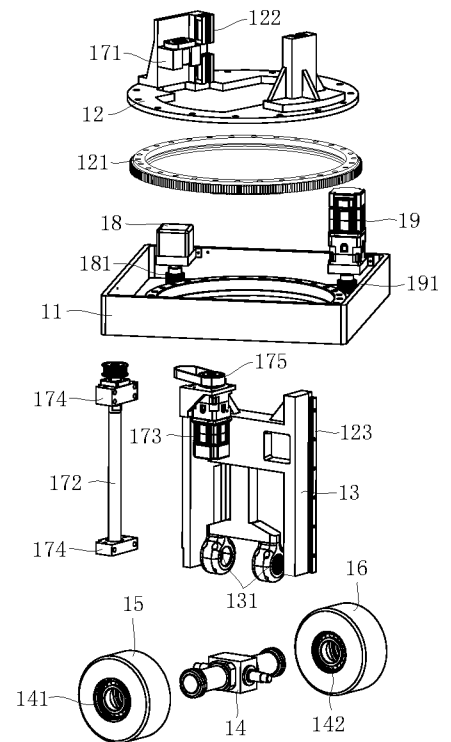


图 4

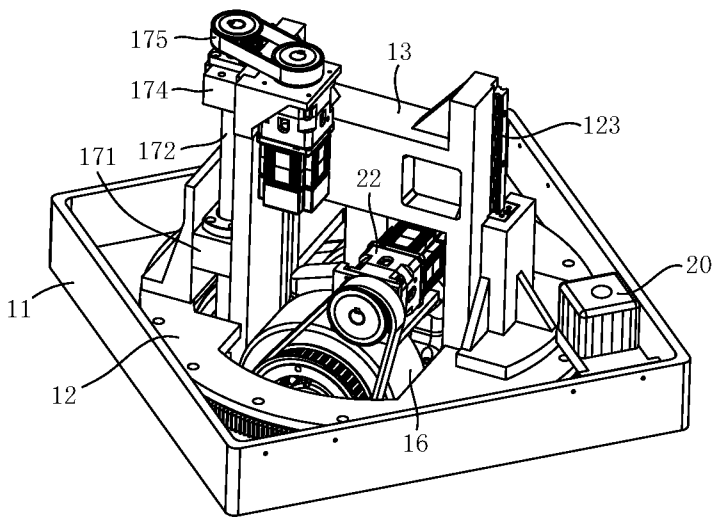


图 5

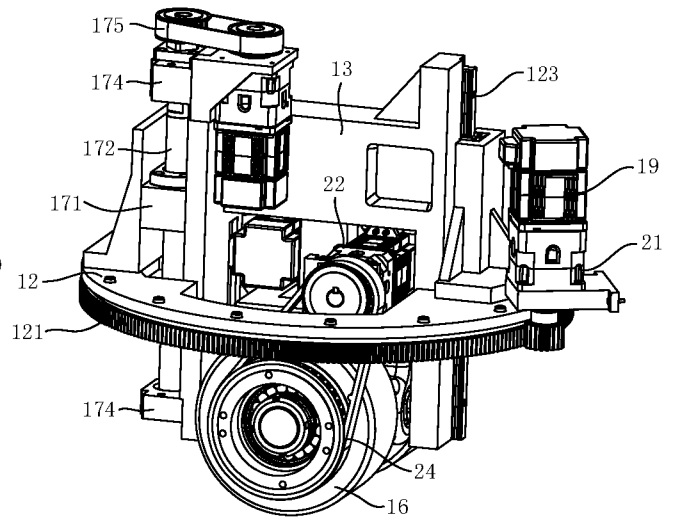


图 6

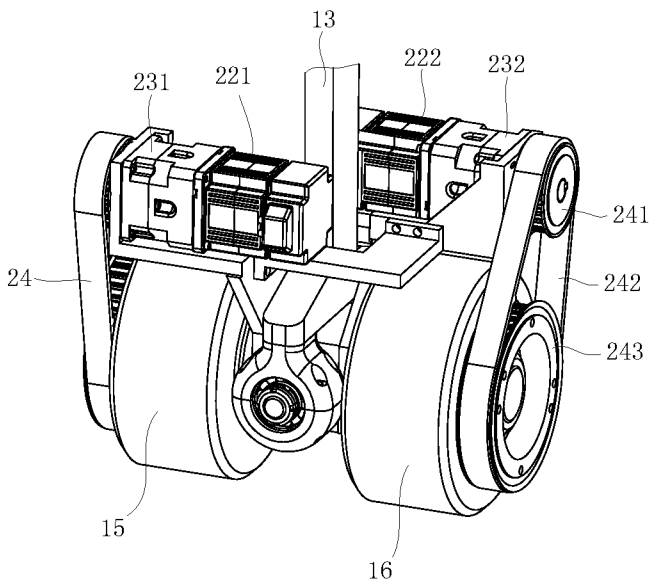


图 7

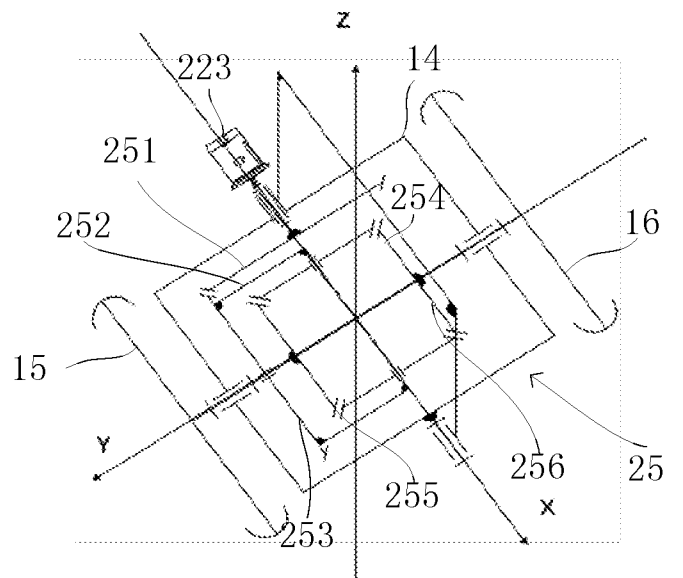


图 8

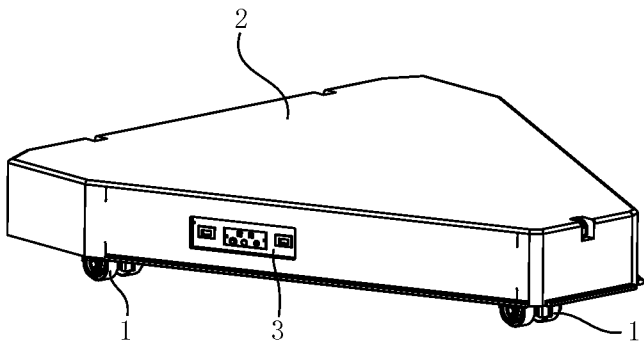


图 9

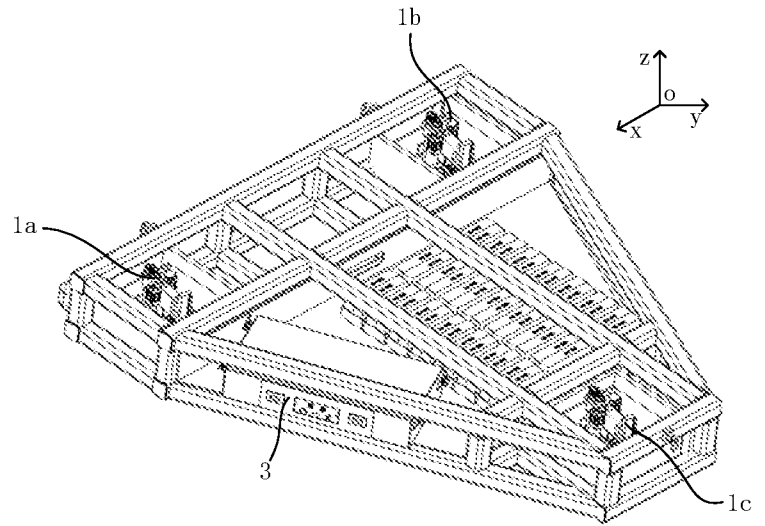


图 10

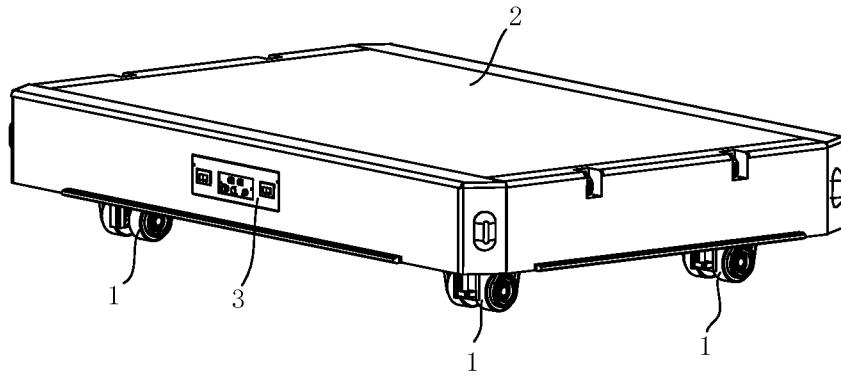


图 11

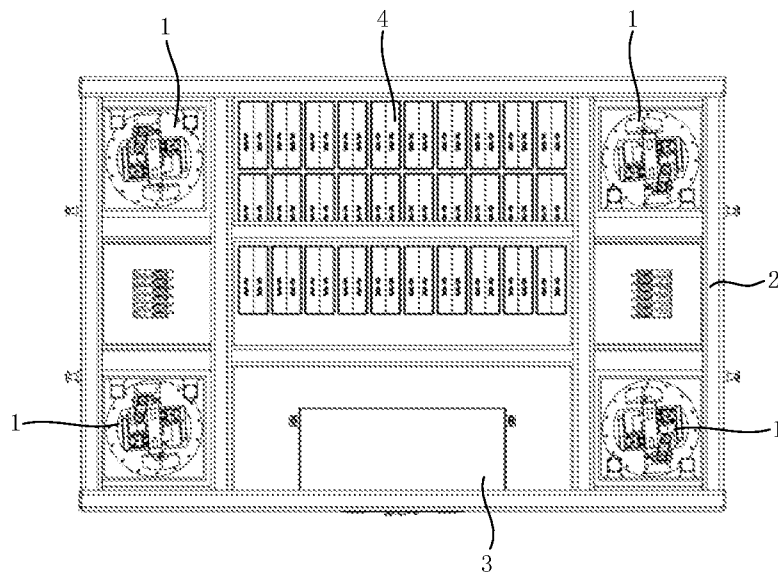


图 12

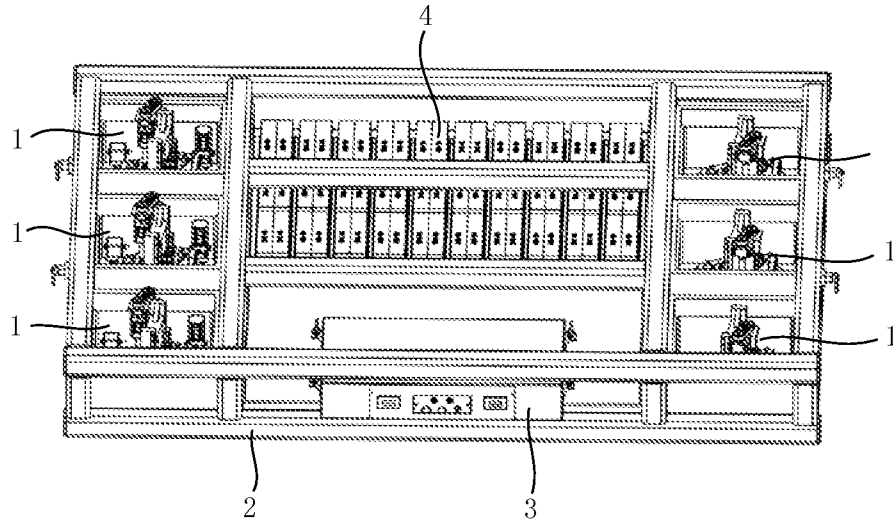


图 13

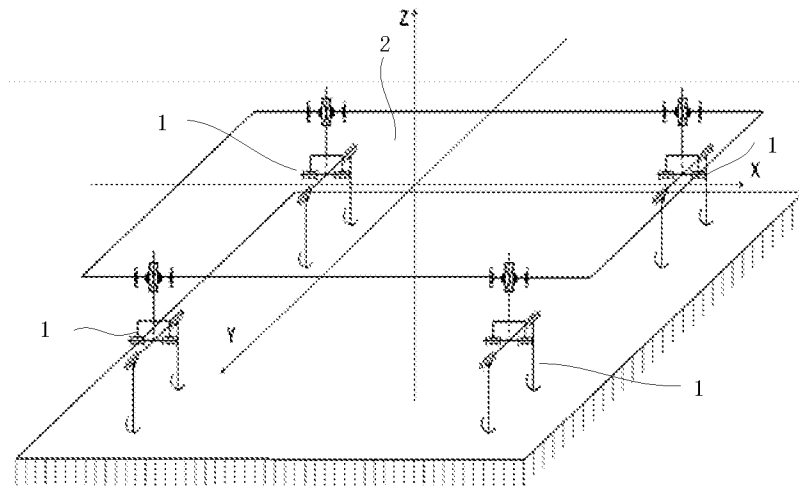


图 14

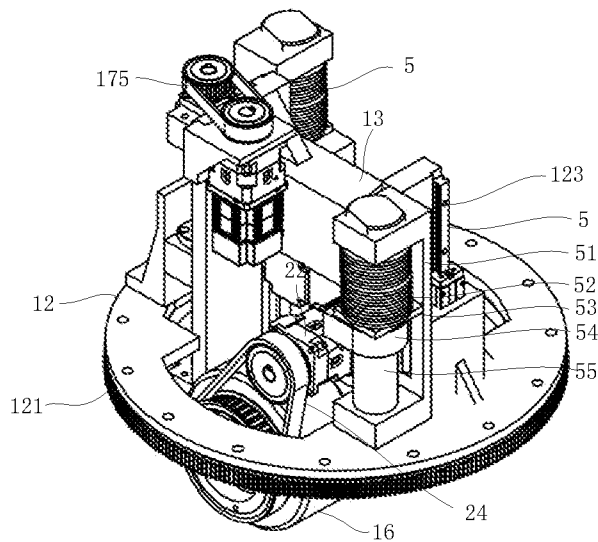


图 15

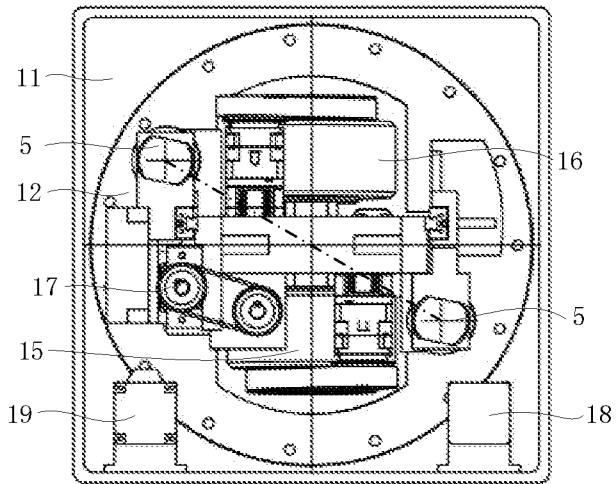


图 16

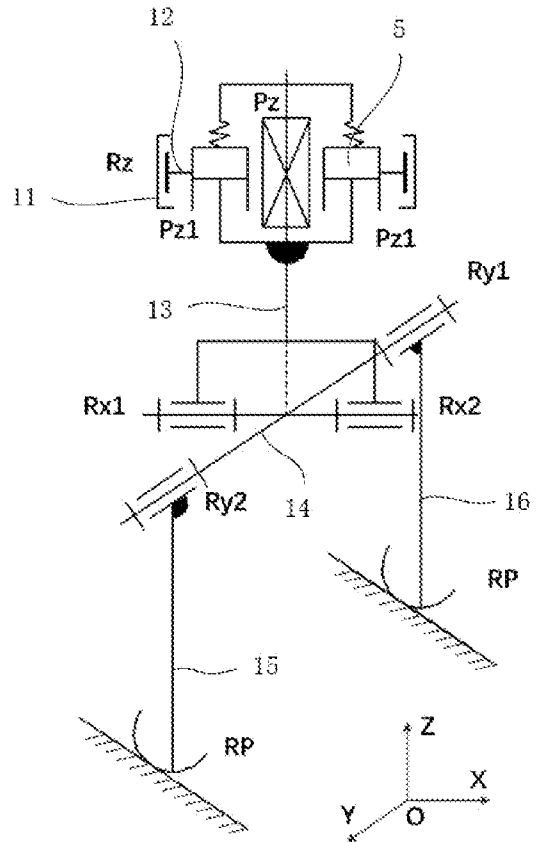


图 17

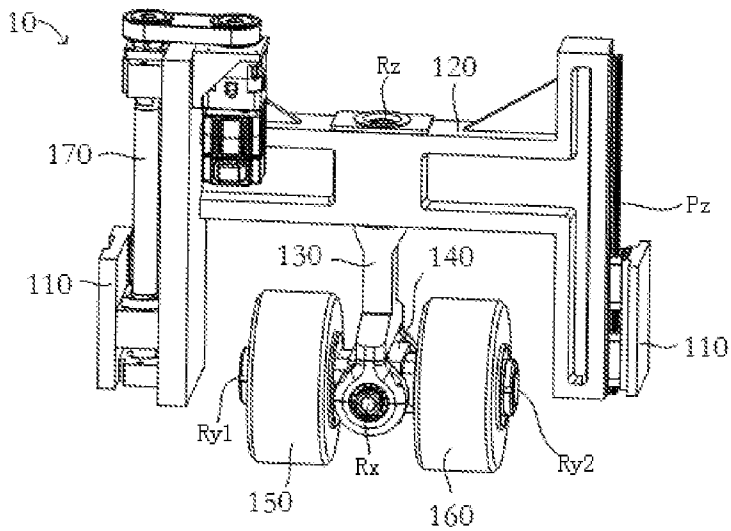


图 18

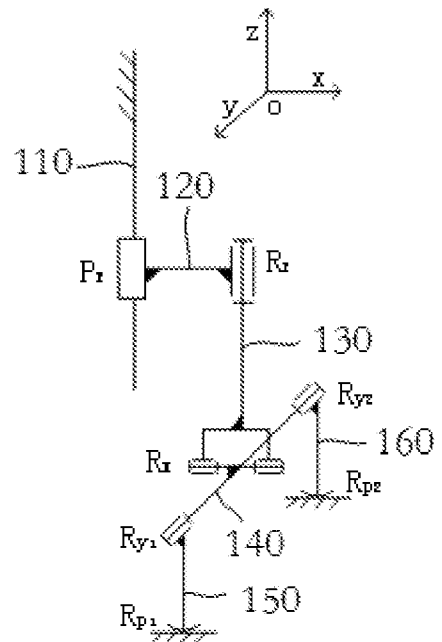


图 19

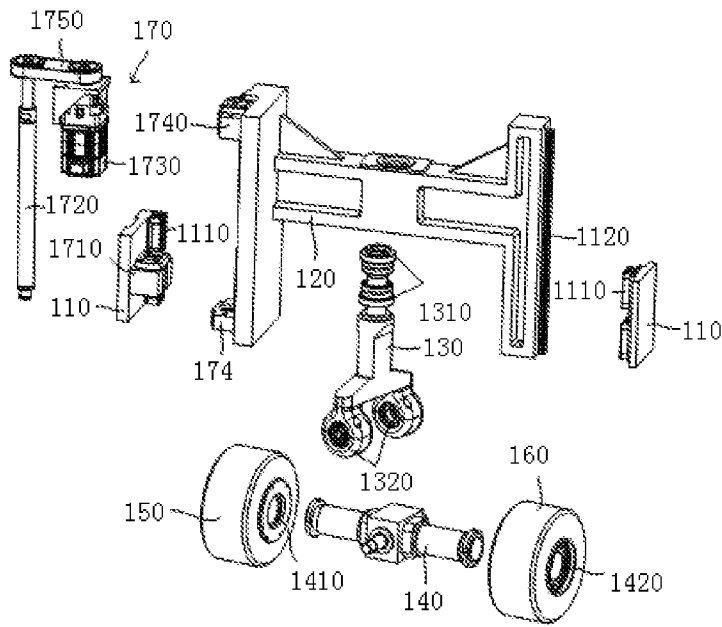


图 20

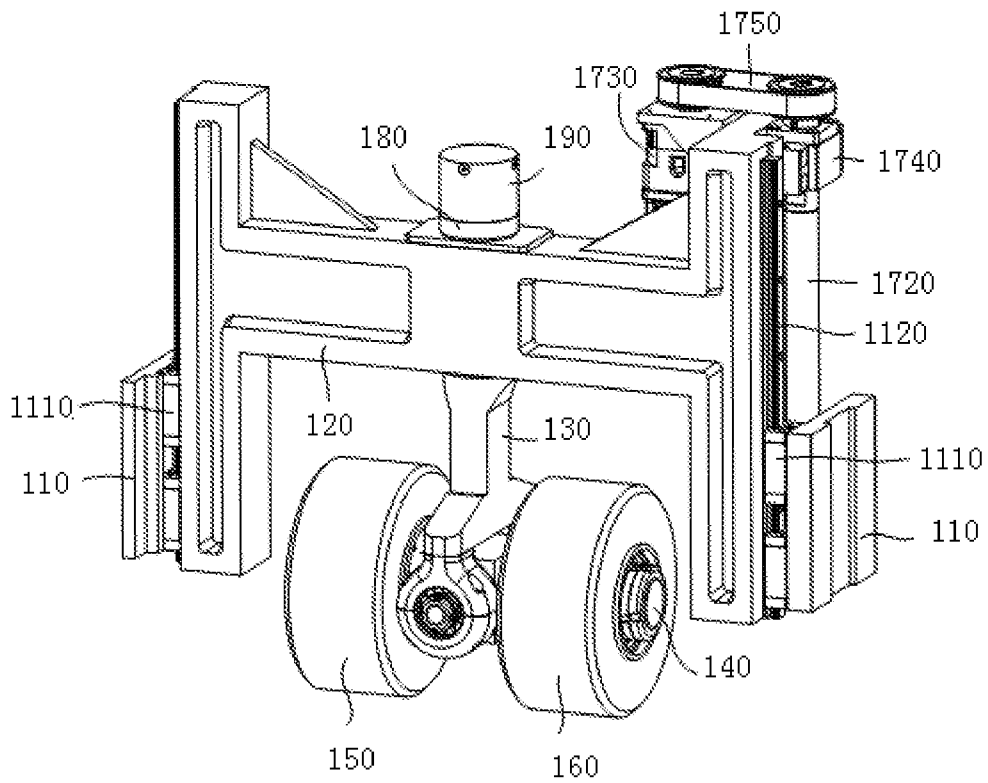


图 21

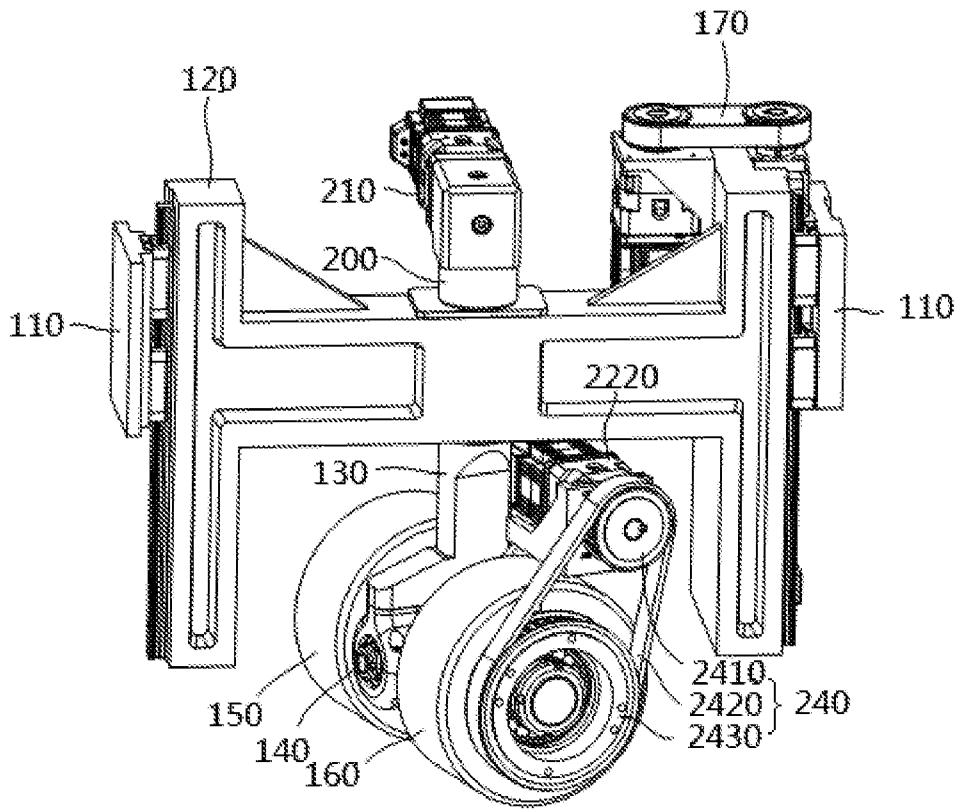


图 22

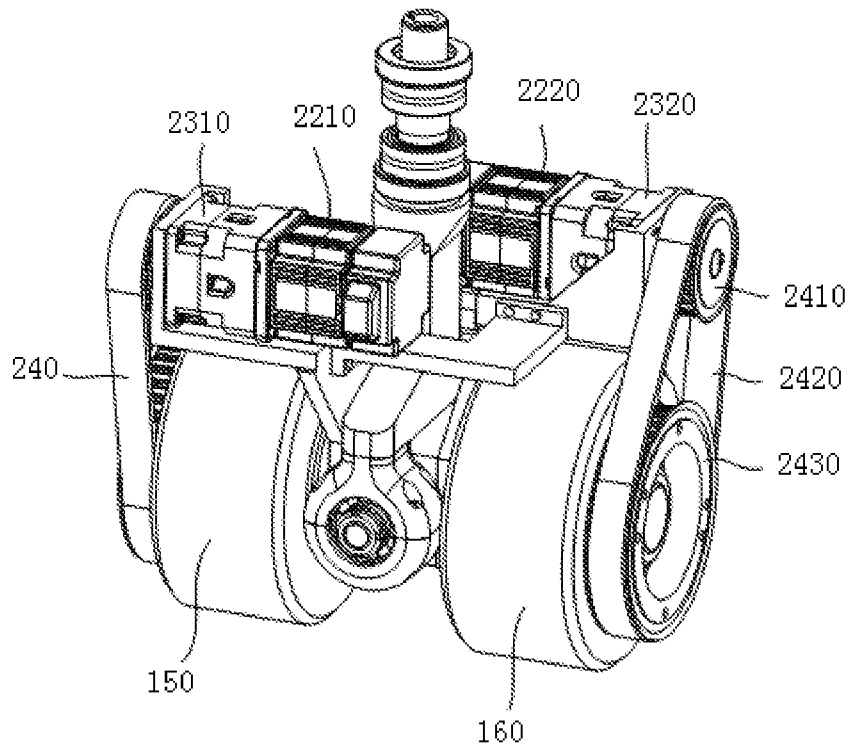


图 23

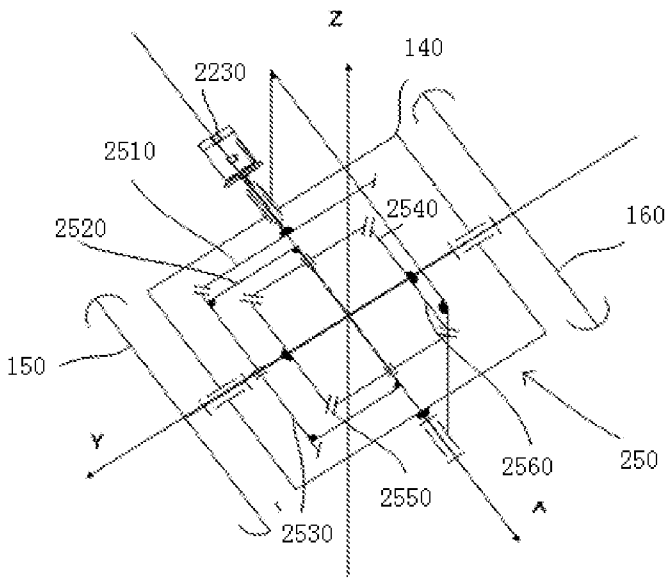


图 24

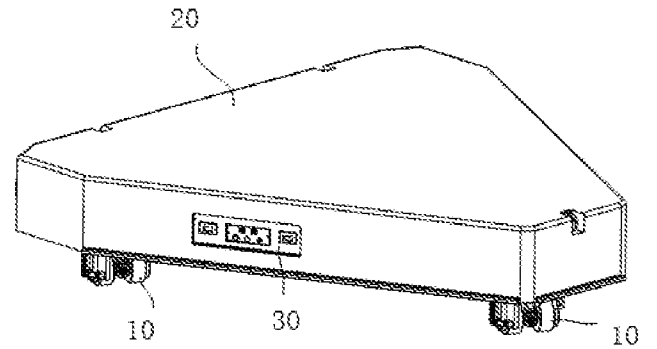


图 25

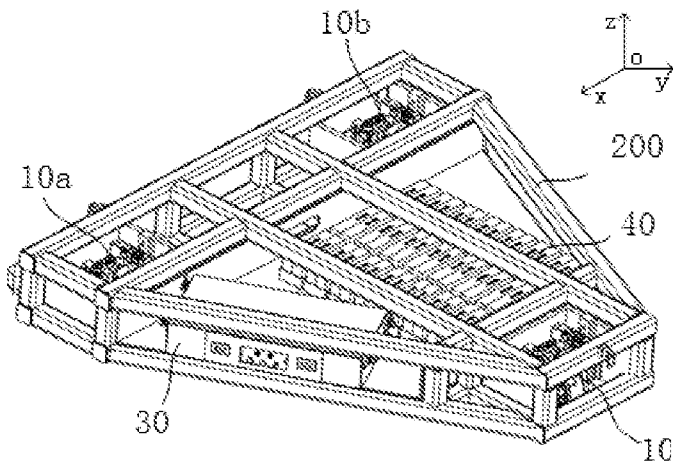


图 26

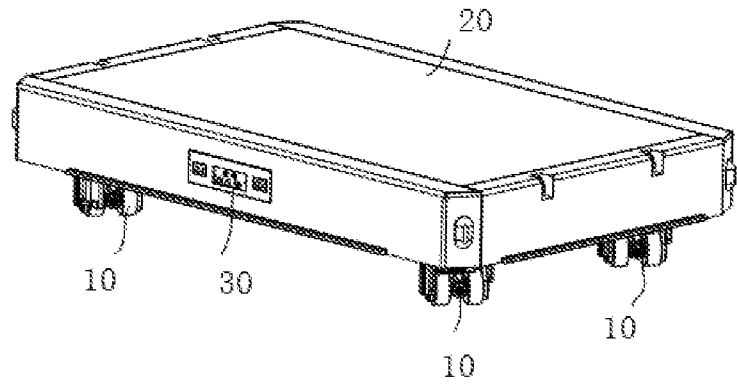


图 27

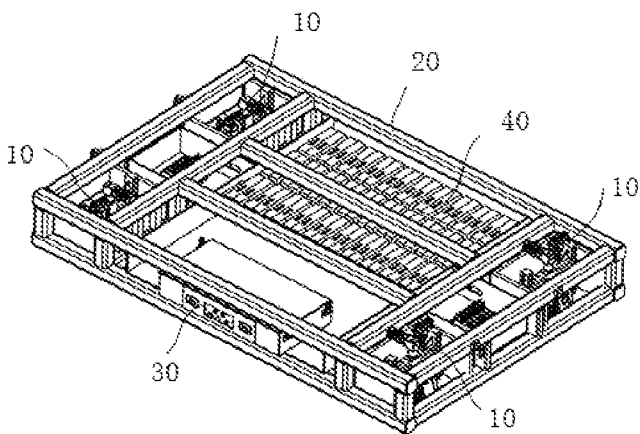


图 28

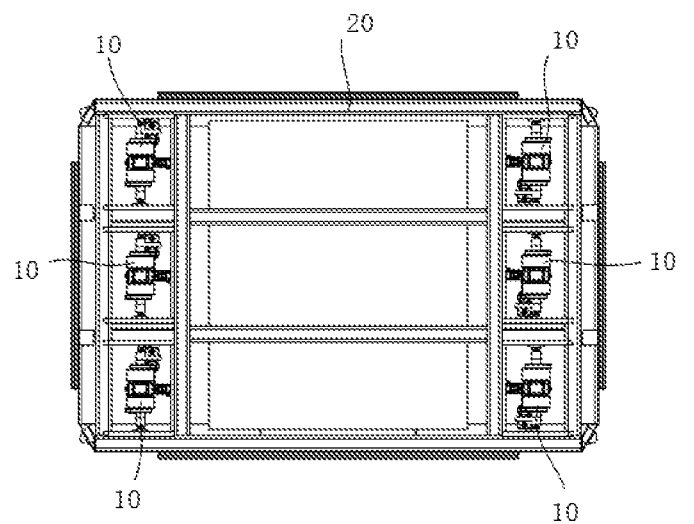


图 29

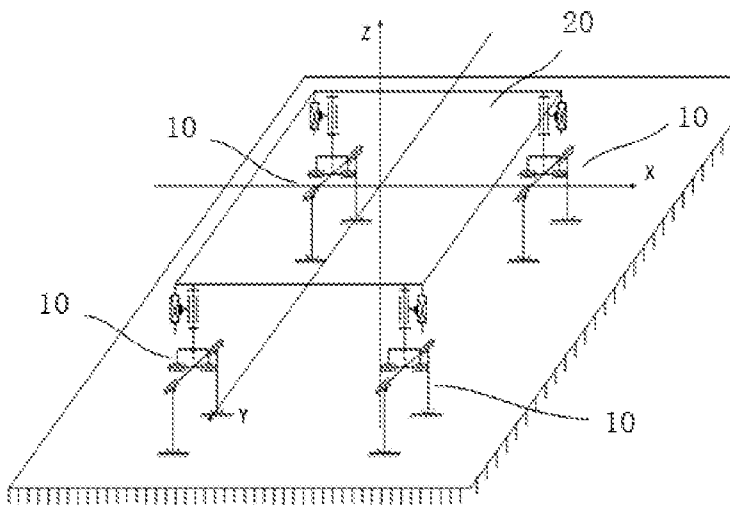


图 30

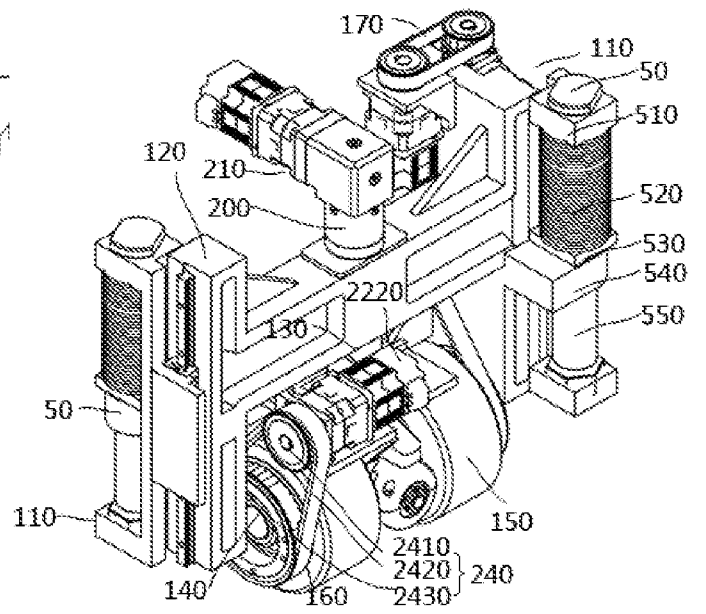


图 31

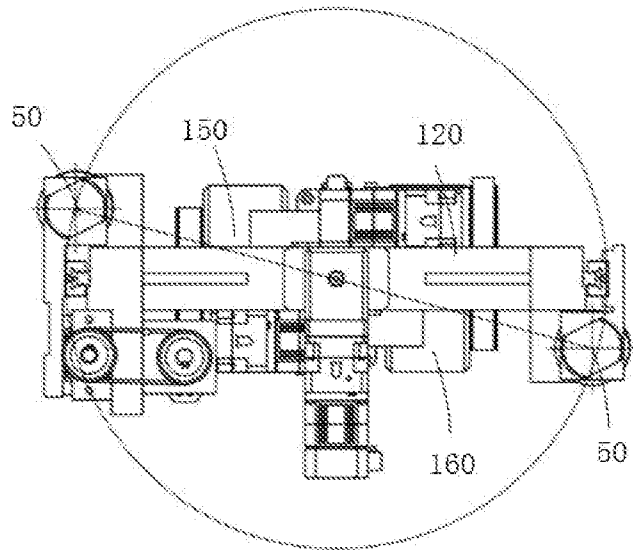


图 32

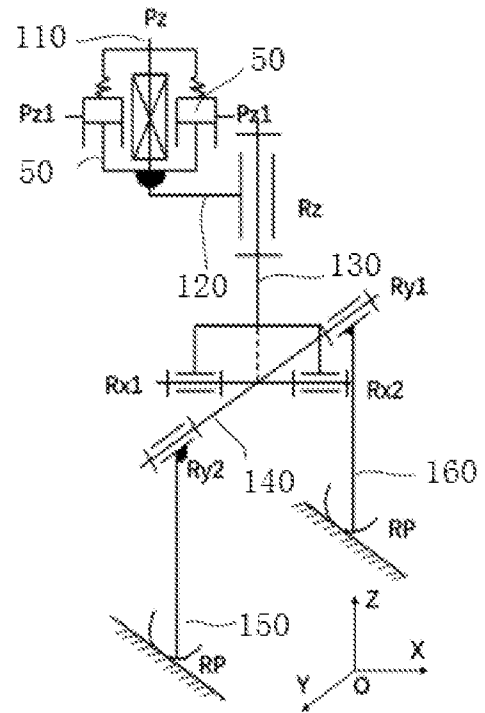


图 33

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/105462

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
B62D 63/02(2006.01)i; B62D 57/028(2006.01)i; B66F 11/00(2006.01)i; B60G 11/14(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) B62D; B66F; B60G		
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) WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: 燕山大学, 周玉林, 赵丽辉, 褚鸿鹏, 刘毅, 史树阳, 自动导引车, 小车, 舵轮, 支腿, 多自由度, 调姿, 机器人, 升降, 导轨, 滑块, 车轮座, 转向, 悬挂, 悬架, 弹簧, 差动, AGV, trolley, steer, leg, multiple, freedom, posture, adjust, robot, lift, guide, rail, slide, suspension, spring, differential.		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110481673 A (YANSHAN UNIVERSITY) 22 November 2019 (2019-11-22) description, specific embodiments, and figures 1-17	1-6
PX	CN 110606142 A (YANSHAN UNIVERSITY) 24 December 2019 (2019-12-24) description, specific embodiments, and figures 1-16	7-10
PX	CN 111071371 A (YANSHAN UNIVERSITY) 28 April 2020 (2020-04-28) description, specific embodiments, and figures 1-17	1-10
Y	CN 206106911 U (QINGHUANGDAO TIANYE TOLIAN HEAVY INDUSTRY CO., LTD.) 19 April 2017 (2017-04-19) description paragraphs 33-41, figures 1-8	7-8
Y	CN 106945467 A (CUI, Shulin) 14 July 2017 (2017-07-14) description paragraphs 21-29, figures 1-3	7-8
Y	CN 203460970 U (CHENGDU SIWEI HIGH-TECH INDUSTRIAL PARK CO., LTD.) 05 March 2014 (2014-03-05) description paragraphs 40-42, figures 1-4	8
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 23 September 2020		Date of mailing of the international search report 28 October 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

International application No.

PCT/CN2020/105462

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 110040196 A (SHENYANG AIRCRAFT INDUSTRY GROUP CO., LTD.) 23 July 2019 (2019-07-23) entire document	1-10
A	CN 106476929 A (FOSHAN KINGPENG ROBOT TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 March 2017 (2017-03-08) entire document	1-10
A	DE 202014000755 U1 (HIT HAFEN-UND INDUSTRIE-TECHNIK G.M.B.H.) 11 June 2015 (2015-06-11) entire document	1-10
A	JP H08108855 A (SHINKO ELECTRIC CO., LTD.) 30 April 1996 (1996-04-30) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/105462

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110481673	A	22 November 2019	CN	110481673	B	03 July 2020
CN	110606142	A	24 December 2019	None			
CN	111071371	A	28 April 2020	None			
CN	206106911	U	19 April 2017	None			
CN	106945467	A	14 July 2017	None			
CN	203460970	U	05 March 2014	None			
CN	110040196	A	23 July 2019	None			
CN	106476929	A	08 March 2017	None			
DE	202014000755	U1	11 June 2015	None			
JP	H08108855	A	30 April 1996	JP	3407430	B2	19 May 2003

<p>A. 主题的分类</p> <p>B62D 63/02(2006.01)i; B62D 57/028(2006.01)i; B66F 11/00(2006.01)i; B60G 11/14(2006.01)i</p> <p>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</p>																										
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>B62D; B66F; B60G</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI:燕山大学, 周玉林, 赵丽辉, 褚鸿鹏, 刘毅, 史树阳, 自动导引车, 小车, 舵轮, 支腿, 多自由度, 调姿, 机器人, 升降, 导轨, 滑块, 车轮座, 转向, 悬挂, 悬架, 弹簧, 差动, AGV, trolley, steer, leg, multiple, freedom, posture, adjust, robot, lift, guide, rail, slide, suspension, spring, differential.</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 110481673 A (燕山大学) 2019年 11月 22日 (2019 - 11 - 22) 说明书具体实施方式、附图1-17</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 110606142 A (燕山大学) 2019年 12月 24日 (2019 - 12 - 24) 说明书具体实施方式、附图1-16</td> <td>7-10</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 111071371 A (燕山大学) 2020年 4月 28日 (2020 - 04 - 28) 说明书具体实施方式、附图1-17</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 206106911 U (秦皇岛天业通联重工科技有限公司) 2017年 4月 19日 (2017 - 04 - 19) 说明书第33-41段、图1-8</td> <td>7-8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106945467 A (崔书林) 2017年 7月 14日 (2017 - 07 - 14) 说明书第21-29段、图1-3</td> <td>7-8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 203460970 U (成都四威高科技产业园有限公司) 2014年 3月 5日 (2014 - 03 - 05) 说明书第40-42段、图1-4</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110040196 A (沈阳飞机工业集团有限公司) 2019年 7月 23日 (2019 - 07 - 23) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 110481673 A (燕山大学) 2019年 11月 22日 (2019 - 11 - 22) 说明书具体实施方式、附图1-17	1-6	PX	CN 110606142 A (燕山大学) 2019年 12月 24日 (2019 - 12 - 24) 说明书具体实施方式、附图1-16	7-10	PX	CN 111071371 A (燕山大学) 2020年 4月 28日 (2020 - 04 - 28) 说明书具体实施方式、附图1-17	1-10	Y	CN 206106911 U (秦皇岛天业通联重工科技有限公司) 2017年 4月 19日 (2017 - 04 - 19) 说明书第33-41段、图1-8	7-8	Y	CN 106945467 A (崔书林) 2017年 7月 14日 (2017 - 07 - 14) 说明书第21-29段、图1-3	7-8	Y	CN 203460970 U (成都四威高科技产业园有限公司) 2014年 3月 5日 (2014 - 03 - 05) 说明书第40-42段、图1-4	8	A	CN 110040196 A (沈阳飞机工业集团有限公司) 2019年 7月 23日 (2019 - 07 - 23) 全文	1-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 110481673 A (燕山大学) 2019年 11月 22日 (2019 - 11 - 22) 说明书具体实施方式、附图1-17	1-6																								
PX	CN 110606142 A (燕山大学) 2019年 12月 24日 (2019 - 12 - 24) 说明书具体实施方式、附图1-16	7-10																								
PX	CN 111071371 A (燕山大学) 2020年 4月 28日 (2020 - 04 - 28) 说明书具体实施方式、附图1-17	1-10																								
Y	CN 206106911 U (秦皇岛天业通联重工科技有限公司) 2017年 4月 19日 (2017 - 04 - 19) 说明书第33-41段、图1-8	7-8																								
Y	CN 106945467 A (崔书林) 2017年 7月 14日 (2017 - 07 - 14) 说明书第21-29段、图1-3	7-8																								
Y	CN 203460970 U (成都四威高科技产业园有限公司) 2014年 3月 5日 (2014 - 03 - 05) 说明书第40-42段、图1-4	8																								
A	CN 110040196 A (沈阳飞机工业集团有限公司) 2019年 7月 23日 (2019 - 07 - 23) 全文	1-10																								
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 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</p>																										
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2020年 9月 23日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2020年 10月 28日</p>																								
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>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</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>刘玲云</p> <p>电话号码 86-10-53960934</p>																								

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 106476929 A (佛山市新鹏机器人技术有限公司) 2017年 3月 8日 (2017 - 03 - 08) 全文	1-10
A	DE 202014000755 U1 (HIT HAFEN-UND INDUSTRIE-TECHNIK G.M.B.H.) 2015年 6月 11日 (2015 - 06 - 11) 全文	1-10
A	JP H08108855 A (SHINKO ELECTRIC CO., LTD.) 1996年 4月 30日 (1996 - 04 - 30) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/105462

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	110481673	A	2019年 11月 22日	CN 110481673 B	2020年 7月 3日
CN	110606142	A	2019年 12月 24日	无	
CN	111071371	A	2020年 4月 28日	无	
CN	206106911	U	2017年 4月 19日	无	
CN	106945467	A	2017年 7月 14日	无	
CN	203460970	U	2014年 3月 5日	无	
CN	110040196	A	2019年 7月 23日	无	
CN	106476929	A	2017年 3月 8日	无	
DE	202014000755	U1	2015年 6月 11日	无	
JP	H08108855	A	1996年 4月 30日	JP 3407430 B2	2003年 5月 19日