(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 104666054 A
(43)申请公布日 2015.06.03

(21)申请号 201410623457.8

(22)申请日 2014.11.08

(71)申请人 沈阳工业大学
地址 110870 辽宁省沈阳市经济技术开发区沈辽西路111号

(72)发明人 白殿春 杨俊友 胡俊 董建 孙柏青

(74)专利代理机构 沈阳智龙专利事务所(普通合伙) 21115
代理人 宋铁军 周智博

(51)Int.Cl.
A61H 3/04(2006.01)
A61H 1/02(2006.01)

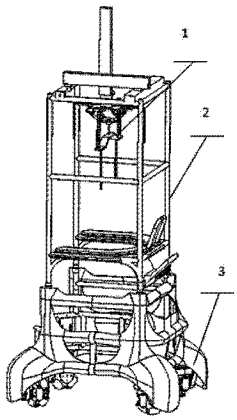
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人

(57)摘要

本发明提供一种带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人，该机器人由辅助躯干运动机构、升降调节机构和全向移动底盘构成，本发明提出的全方位移动悬吊式下肢康复训练机器人在患者进行康复训练提供一种安全、可靠、智能且人性化的设备的同时，也为虚弱老年人延缓步行能力衰退提供了锻炼平台。



CN 104666054 A

1. 一种带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人，其特征在于：该机器人由辅助躯干运动机构（1）、升降调节机构（2）和全向移动底盘（3）构成，全向移动底盘（3）安装在整个机器人的最下方，升降调节机构（2）固定在全向移动底盘（3）上，辅助躯干运动机构（1）固定在升降调节机构（2）上，辅助躯干运动机构（1）下方固定与患者连接机构（10）。

2. 根据权利要求 1 所述的带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人，其特征在于：所述全向移动底盘（3）主体为机械框架本体（11），在机械框架本体下端安装有四个伺服电机（41），伺服电机（41）的输出轴连接有减速装置（13），减速装置与全向移动轮（12）连接，4 个全向移动轮（12）设置在机械框架本体（11）底部。

3. 根据权利要求 1 所述的带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人，其特征在于：所述升降调节机构（2）包括 4 个支撑杆，4 个支撑杆安装在全向移动底盘（3）上，4 个支撑杆之间的上端安装辅助躯干运动机构（1）。

4. 根据权利要求 1 所述的带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人，其特征在于：所述辅助躯干运动机构（1）包括 X、Y、Z 方向的水平执行单元 (90)、旋转执行单元 (40) 及位于水平执行单元下方的弹性作动器（60），X、Y、Z 方向的水平执行单元 (90) 的下端连接旋转执行单元 (40)，旋转执行单元 (40) 通过旋转轴向执行单元（4）连接弹性作动器（60）；X 轴向执行单元（16）安装在辅助躯干运动机构上端前横梁上，Y 轴向执行单元（15）垂直于 X 轴安装在辅助躯干运动机构顶端，Z 轴向执行单元（14）垂直于 Y 轴向执行单元和 X 轴向执行单元安装，形成三维结构；旋转执行单元安装在 Y 轴向执行单元下，其下端通过旋转轴向执行单元（4）与弹性作动器相连，弹性作动器由弹簧机构、Delta 并联机构和检测机构组成，弹簧机构包括测量 X、Y、Z 轴方向力的直线弹簧（8）、Delta 并联机构下端（62）及孔柱（7）构成，孔柱（7）设置在 Delta 并联机构下端（62）的外侧，8 根直线弹簧（8）连接 Delta 并联机构下端（62）及外侧孔柱（7）；Delta 并联机构下端（62）通过连接杆（63）连接 Delta 并联机构上端（61），检测机构安装在连接杆（63）上，旋转编码器（51）及旋转弹簧位于 Delta 并联机构下端（62）上；旋转轴向执行单元（4）的下端连接 Delta 并联机构上端（61）。

5. 根据权利要求 4 所述的带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人，其特征在于：辅助躯干运动机构与患者连接机构（10）相连，与患者连接机构（10）上安装有背带的固定患者躯干的装置。

6. 根据权利要求 5 所述的带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人，其特征在于：辅助躯干运动机构的 Delta 并联机构下端（62）通过测量旋转扭矩的弹簧（9）连接与患者连接机构（10）。

7. 根据权利要求 4 所述的带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人，其特征在于：Delta 并联机构上设置 5 个磁编码器，其中 4 个直线磁编码器（5）安装在并联机构下端的套筒式直线运动机构处，还有一个旋转磁编码器（51）安装在中心处的旋转轴上。

带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人

技术领域

[0001] 本发明属于康复医疗器械领域，公开了一种全方位移动悬吊式下肢康复训练机器人，具体为带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人。

背景技术

[0002] 随着全球老龄化问题日益严峻，脑疾病、运动损伤及交通事故等因素所引发的下肢运动功能性障碍及损伤受训者显著增加。这类患者除了及时的手术治疗和必要的药物治疗外，正确、科学的康复训练对患者运动功能性恢复起到重要作用。针对重症患者及虚弱老人的减重式康复训练，可以辅助其进行步行训练，并具有一定的康复效果，但目前只能在跑步机上进行训练，行走范围，行走方式具有一定的局限性。目前，国内外相关的研究及文献有：美国芝加哥康复研究所研制的机器人Kine assist，能够完成受训者的步态和平衡训练，同时能够承受一定的体重和提供躯干姿态的扭矩。此类机器人的后轮作为驱动控制轮，前轮为转向轮，患者在接受移动训练时由安全设备将上身固定在机器人上，防止摔倒造成二次损伤。根据运动治疗方案，预先设定机器人的行走路径，受训者在医生的指导下跟随机器人完成相应的动作。起到运动康复的目的。但这种康复机器人为非全向移动机器人，患者只能在固定方向移动。上海交通大学方定国等公开的，专利号为201310370758的专利名称为“下肢康复训练机器人”的发明专利，所阐述的下肢康复机器人其机械构架与地面固定，患者进行康复训练时只能固定在一个位置。专利号为201010203502.6的专利名称为“绳索牵引下肢步态康复机器人”的发明专利和专利号为201110027352.2的专利名称为“一种下肢康复训练机器人”的发明专利均用到绳牵引系统。专利号为201410154885.0的专利名称为“下肢康复训练机器人及其训练方法”的发明专利公开了，一种带有腰部固定装置的行走车结构的康复机器人。此种康复机器人无法实现全向移动。分析以上康复机器人，发现现有专利或存在未对患者进行防止二次损伤的保护的问题，或存在机械装置本身不灵活，不能进行全向移动式的辅助训练问题。

发明内容

[0003] 发明目的：本发明提供一种带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人，解决以往的装置所存在的安全性差、可靠性差、不够智能且不够人性化的问题，为患者进行康复训练提供一种安全、可靠、智能且人性化的设备。

[0004] 技术方案：本发明是通过以下技术方案实现的：

一种带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人，其特征在于：该机器人由辅助躯干运动机构、升降调节机构和全向移动底盘构成，全向移动底盘安装在整个机器人的最下方，升降调节机构固定在全向移动底盘上，辅助躯干运动机构固定在升降调节机构上，辅助躯干运动机构下方固定与患者连接机构。

[0005] 所述全向移动底盘主体为机械框架本体，在机械框架本体下端安装有四个伺服电机，伺服电机的输出轴连接有减速装置，减速装置与全向移动轮连接，4个全向移动轮设置

在机械框架本体底部。

[0006] 所述升降调节机构包括 4 个支撑杆，4 个支撑杆安装在全向移动底盘上，4 个支撑杆之间的上端安装辅助躯干运动机构。

[0007] 所述辅助躯干运动机构包括 X、Y、Z 方向的水平执行单元、旋转执行单元及位于水平执行单元下方的弹性作动器，X、Y、Z 方向的水平执行单元的下端连接旋转执行单元，旋转执行单元通过旋转轴向执行单元连接弹性作动器；X 轴向执行单元安装在辅助躯干运动机构上端前横梁上，Y 轴向执行单元垂直于 X 轴安装在辅助躯干运动机构顶端，Z 轴向执行单元垂直于 Y 轴向执行单元和 X 轴向执行单元安装，形成三维结构；旋转执行单元安装在 Y 轴向执行单元下，其下端通过旋转轴向执行单元与弹性作动器相连，弹性作动器由弹簧机构、Delta 并联机构和检测机构组成，弹簧机构包括测量 X、Y、Z 轴方向力的直线弹簧、Delta 并联机构下端及孔柱构成，孔柱设置在 Delta 并联机构下端的外侧，8 根直线弹簧连接 Delta 并联机构下端及外侧孔柱；Delta 并联机构下端通过连接杆连接 Delta 并联机构上端，检测机构安装在连接杆上，旋转编码器及旋转弹簧位于 Delta 并联机构下端上；旋转轴向执行单元的下端连接 Delta 并联机构上端。

[0008] 辅助躯干运动机构与患者连接机构相连，与患者连接机构上安装有背带的固定患者躯干的装置。

[0009] 辅助躯干运动机构的 Delta 并联机构下端通过测量旋转扭矩的弹簧连接与患者连接机构。

[0010] Delta 并联机构上设置 5 个磁编码器组成，其中 4 个直线磁编码器安装在并联机构下端的套筒式直线运动机构处。还有一个旋转磁编码器安装在中心处的旋转轴上。

[0011] 优点及效果：本发明提供一种带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人，为了达到所述要求，本发明根据分析的人体运动数据设计辅助人体运动的全向移动底盘，辅助躯干运动机构和辅助力柔性解耦机构。根据分析的人体运动范围参数，进行人体工程学研究，优化移动底盘及连接机构模型的机械参数。在建立虚拟样机仿真平台的基础上，通过分析的人体运动速度参数、躯干位置与速度参数，进行虚拟样机仿真测试，优化模型机械参数。根据查阅的体重数据，在虚拟样机平台中对接触力解耦装置进行力测试，优化辅助力解耦机构的弹性及机械参数。最终确定各部分机构参数。本发明提供的全方位移动悬吊式下肢康复训练机器人，采用独特的悬吊式系统，不仅可辅助运动，又能保证患者的安全，为防止患者二次损伤提供保护，采用全向移动底盘，使本发明公开的下肢康复训练机器人可满足任意行走训练路径设定的要求。

[0012] 本发明提出的全方位移动悬吊式下肢康复训练机器人在患者进行康复训练提供一种安全、可靠、智能且人性化的设备的同时，也为虚弱老年人延缓步行能力衰退提供了锻炼平台。

[0013] 综上所述，本发明由于考虑了目标人群的身高、体重、肢体活动范围等生物参数，通过对机器人自由度、结构、机械参数等的合理优化设计来改善不同使用者的舒适性，采用独特的悬挂式系统不仅能辅助运动，也能确保训练过程中的安全性，采用全向移动底盘可为虚弱人群提供训练轨迹重复度高的康复研究平台。同时，也为老年人延缓步行能力衰退提供了锻炼平台。

[0014] 附图说明：

图 1 为全方位移动悬吊式辅助康复机器人整体结构图；

图 2 为辅助躯干运动机构示意图；

图 3 为全方位移动底盘结构示意图；

图 4 为辅助躯干运动机构水平执行单元示意图。

[0015] 具体实施方式：下面结合附图对本发明做进一步的说明：

如图 1 所示，本发明涉及一种带有力反馈的全方位移动悬吊式辅助康复机器人，该机器人由辅助躯干运动机构 1、升降调节机构 2 和全向移动底盘 3 构成，全向移动底盘 3 安装在整个机器人的最下方，升降调节机构 2 固定在全向移动底盘 3 上，辅助躯干运动机构 1 固定在升降调节机构 2 上，辅助躯干运动机构 1 下方固定与患者连接机构 10。

[0016] 所述全向移动底盘 3 主体为机械框架本体 11，在机械框架本体下端安装有四个伺服电机 41，伺服电机 41 的输出轴连接有减速装置 13，减速装置与全向移动轮 12 连接，4 个全向移动轮 12 设置在机械框架本体 11 底部。

[0017] 所述升降调节机构 2 包括 4 个支撑杆，4 个支撑杆安装在全向移动底盘 3 上，起到固定支撑及调节高度的作用，4 个支撑杆之间的上端安装辅助躯干运动机构 1。

[0018] 所述辅助躯干运动机构 1 包括 X、Y、Z 方向的水平执行单元 90、旋转执行单元 40 及位于水平执行单元下方的弹性作动器 60，X、Y、Z 方向的水平执行单元 90 的下端连接旋转执行单元 40，旋转执行单元 40 通过旋转轴向执行单元 4 连接弹性作动器 60；X 轴向执行单元 16 安装在辅助躯干运动机构上端前横梁上，Y 轴向执行单元 15 垂直于 X 轴安装在辅助躯干运动机构顶端，Z 轴向执行单元 14 垂直于 Y 轴向执行单元和 X 轴向执行单元安装，形成三维结构；旋转执行单元安装在 Y 轴向执行单元下，其下端通过旋转轴向执行单元 4 与弹性作动器相连，弹性作动器由弹簧机构、Delta 并联机构和检测机构组成，用于检测患者在 X、Y、Z 方向对机器人的作用力。弹簧机构包括测量 X、Y、Z 轴方向力的直线弹簧 8、Delta 并联机构下端 62 及孔柱 7 构成，孔柱 7 设置在 Delta 并联机构下端 62 的外侧，8 根直线弹簧 8 连接 Delta 并联机构下端 62 及外侧孔柱 7，8 根直线弹簧每 2 根一组；Delta 并联机构用于消除空间多余自由度，将空间运动约束为 X、Y、Z 方向运动。Delta 并联机构下端 62 通过连接杆 63 连接 Delta 并联机构上端 61，检测机构安装在连接杆 63 上，用于检测 Delta 并联机构下端连接杆位移。旋转编码器 51 及旋转弹簧位于 Delta 并联机构下端 62 上，用于检测水平扭矩；旋转轴向执行单元 4 的下端连接 Delta 并联机构上端 61。Delta 并联机构上设置 5 个磁编码器，其中 4 个直线磁编码器 5 安装在并联机构下端的套筒式直线运动机构处。还有一个旋转磁编码器 51 安装在中心处的旋转轴上，通过 Delta 并联机构对转动约束（只剩下 X、Y、Z 方向三自由度），通过构建的弹性悬挂系统，并联机构及检测机构，实现对患者的作用力解耦。

[0019] 辅助躯干运动机构与患者连接机构 10 相连，与患者连接机构 10 上安装有背带的固定患者躯干的装置。

[0020] 辅助躯干运动机构的 Delta 并联机构下端 62 通过测量旋转扭矩的弹簧 9 连接与患者连接机构 10。

[0021] 如图 2 所示，通过 Delta 并联机构对转动约束（只剩下 X、Y、Z 方向三自由度），通过构建的弹性悬挂系统和并联机构，实现对患者的辅助力解耦。患者对机器人的作用力，通过柔性生物力解耦装置，解耦 X、Y、Z 轴方向力及旋转扭矩，并作用于四自由度机器人执行单

元上。弹簧拉力为弹性系数与形变长度的乘积，通过磁编码器检测弹簧位移从而得到弹簧拉力。五个非接触式角度磁编码器位于并联机构的关节处及中心。为本发明进一步的优化设计奠定了技术基础。

[0022] 所述全方位移动底盘结构如图3所示，包括机械框架本体11、全向移动轮12、伺服电机13，可为虚弱人群提供训练轨迹重复度高的康复研究平台。

[0023] 当进行康复训练时，患者站在全方位移动底盘3中，调节升降调节机构2的升降高度，使康复训练机器人适应不同人群，以保证患者的舒适度。同时，患者肩部与辅助躯干运动机构1下端穿戴连接机构固定，可保证患者进行训练时的安全。

[0024] 具体训练步骤如下：

考虑患者的身高、体重、肢体活动范围、患者运动速度、躯干位置等生物参数，为患者制定相应的康复策略，即对全方位移动底盘进行轨迹及运动速度的设定。

[0025] 患者训练时，站在康复机器人中间，调节升降调节机构2，以适应患者身高，将患者肩部与辅助躯干运动机构下端穿戴连接机构固定。

[0026] 启动电源，康复机器人开始帮助患者进行康复训练，训练过程中人与机器人接触产生时变、不可预测的力对轨迹控制存在干扰，此时，辅助躯干运动机构对辅助力柔性解耦，将人为不定干扰变为已知、可测的干扰进行处理，送入补偿装置，对人为干扰进行抑制控制，过程为：患者随康复机器人做康复训练时，辅助躯干运动机构会受到患者身体的力影响，表现为：患者移动时，执行单元上X、Y、Z轴方向会产生位移，旋转轴会因产生旋转角而产生扭矩，此时，Delta并联机构内的测量弹簧产生形变，弹簧拉力为弹性系数与形变长度的乘积，通过解耦位于并联机构关节处及中心的非接触式角度磁编码器检测弹簧形变从而得到X、Y、Z方向弹簧拉力，进而得到人对机器人X、Y、Z方向作用力。

[0027] 在得到人的力反馈信息后，可以通过调节辅助躯干运动机构进行定向力补偿，并且可以得到患者对机器人的依赖程度。当辅助力逐渐变小时，说明患者在逐渐康复，以此来调整康复策略，对全方位移动底盘的运动轨迹及速度进行重新设定，满足患者在不同康复时期，对康复机器人的依赖程度。达到使患者逐步康复的目的。

[0028] 同时，辅助躯干运动机构对康复患者进行很好的保护，以防止患者在训练过程中的二次伤害。

[0029] 患者对机器人的作用力，通过弹性作动器系统，解耦X、Y、Z轴方向力及旋转扭矩。弹簧拉力为弹性系数与形变长度的乘积，通过磁编码器检测弹簧位移从而得到弹簧拉力。五个非接触式角度磁编码器位于并联机构的关节处及中心。

[0030] 患者与辅助躯干运动机构下端的穿戴机构相连，用悬吊式系统保证康复训练效果的同时，也为训练过程中患者的安全性提供保障。

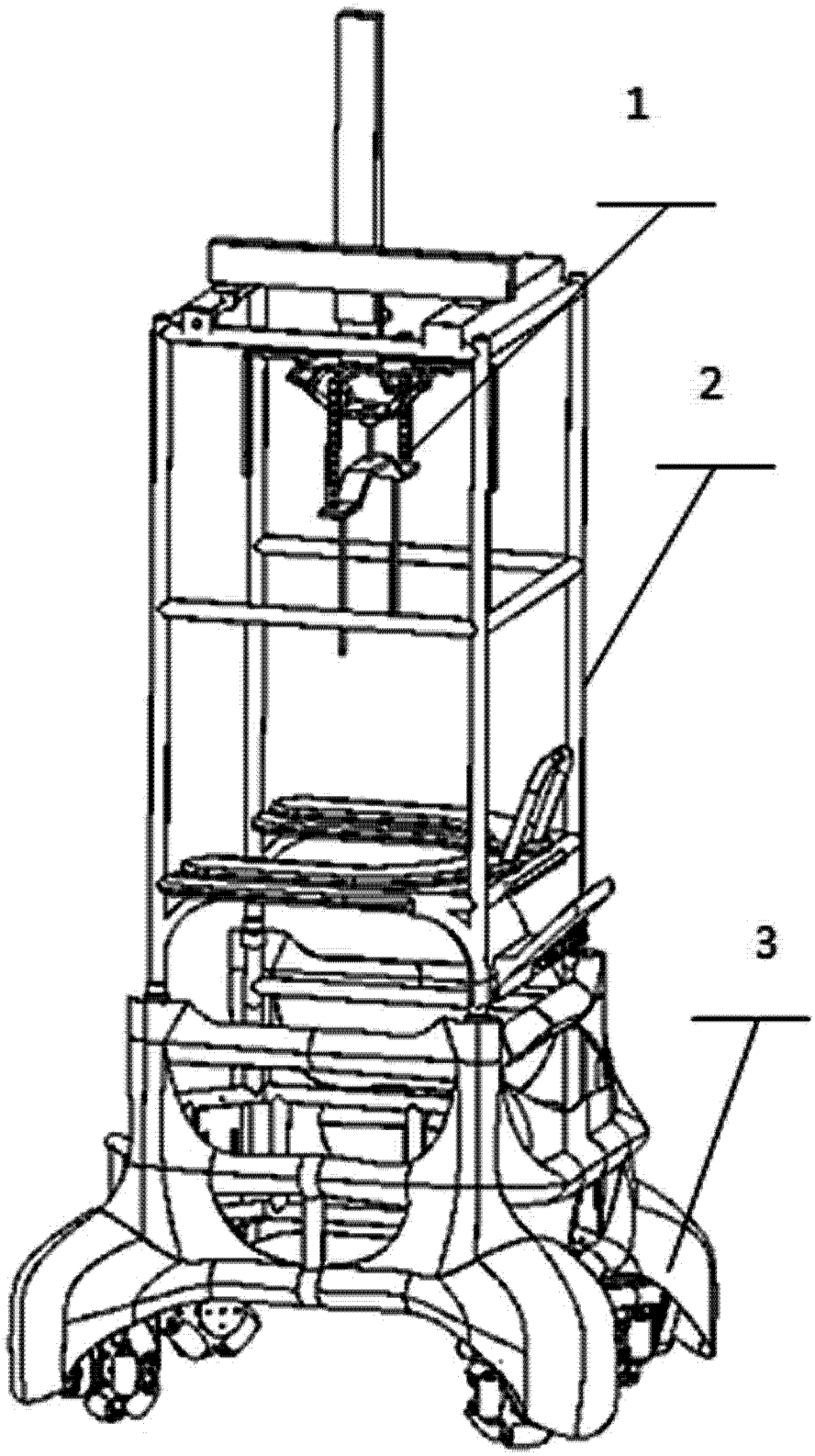


图 1

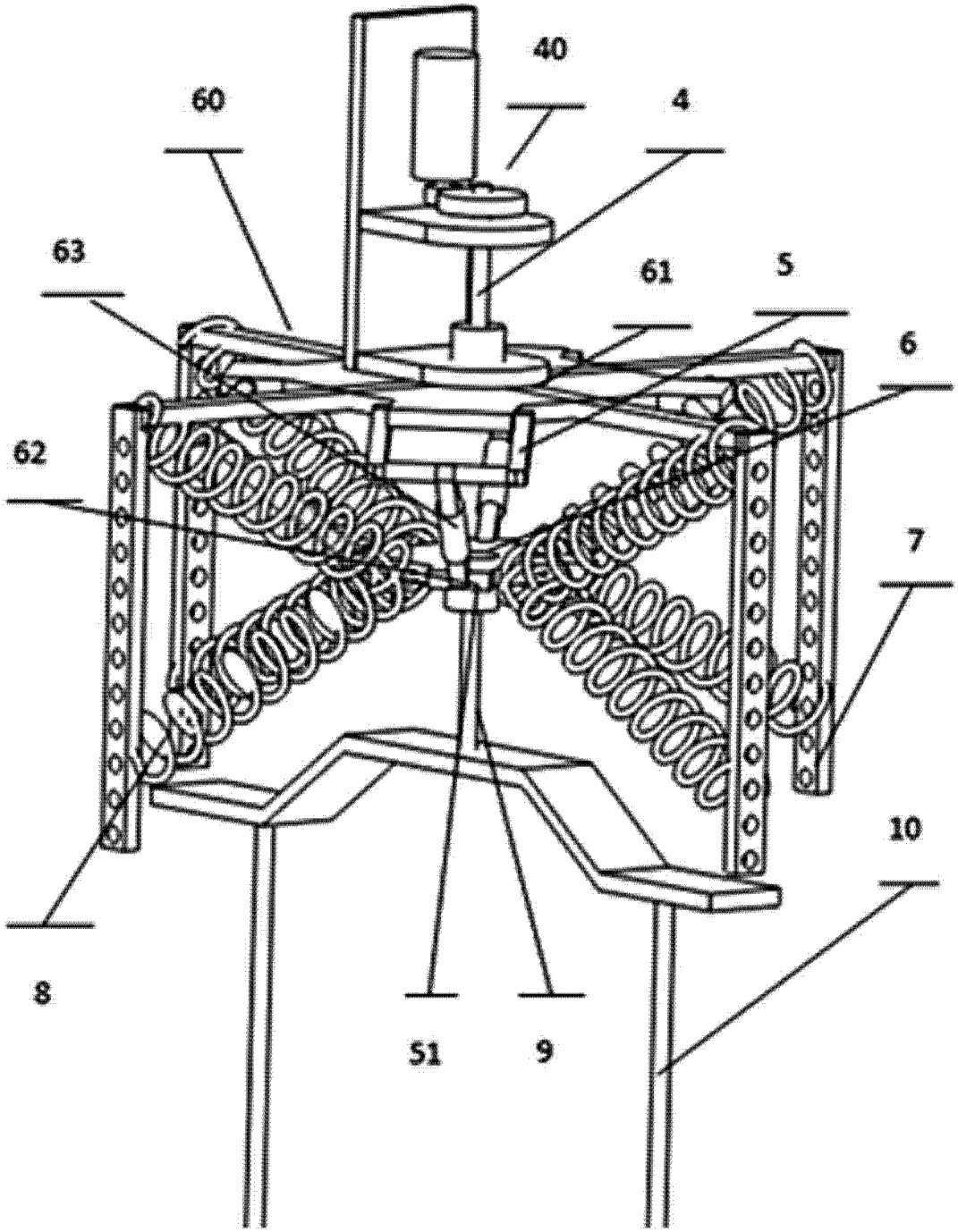


图 2

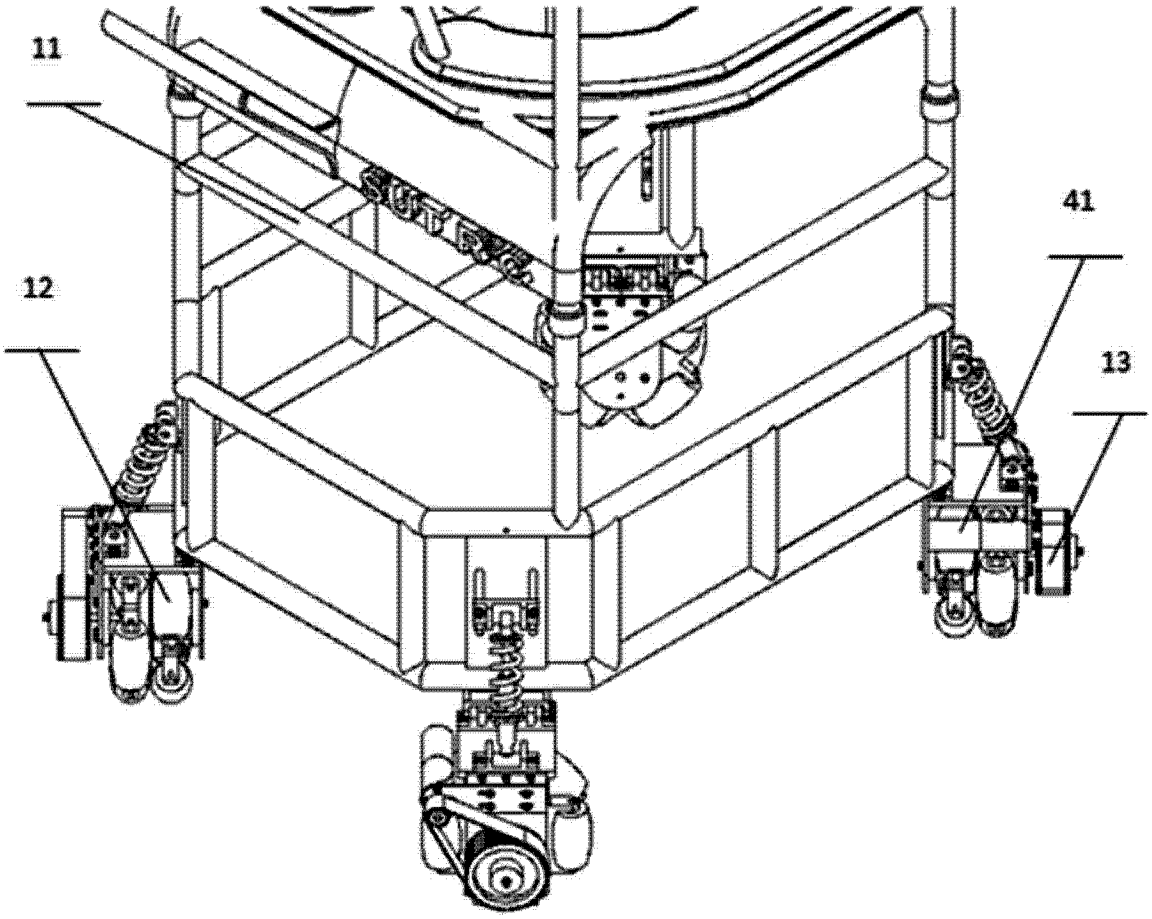


图 3

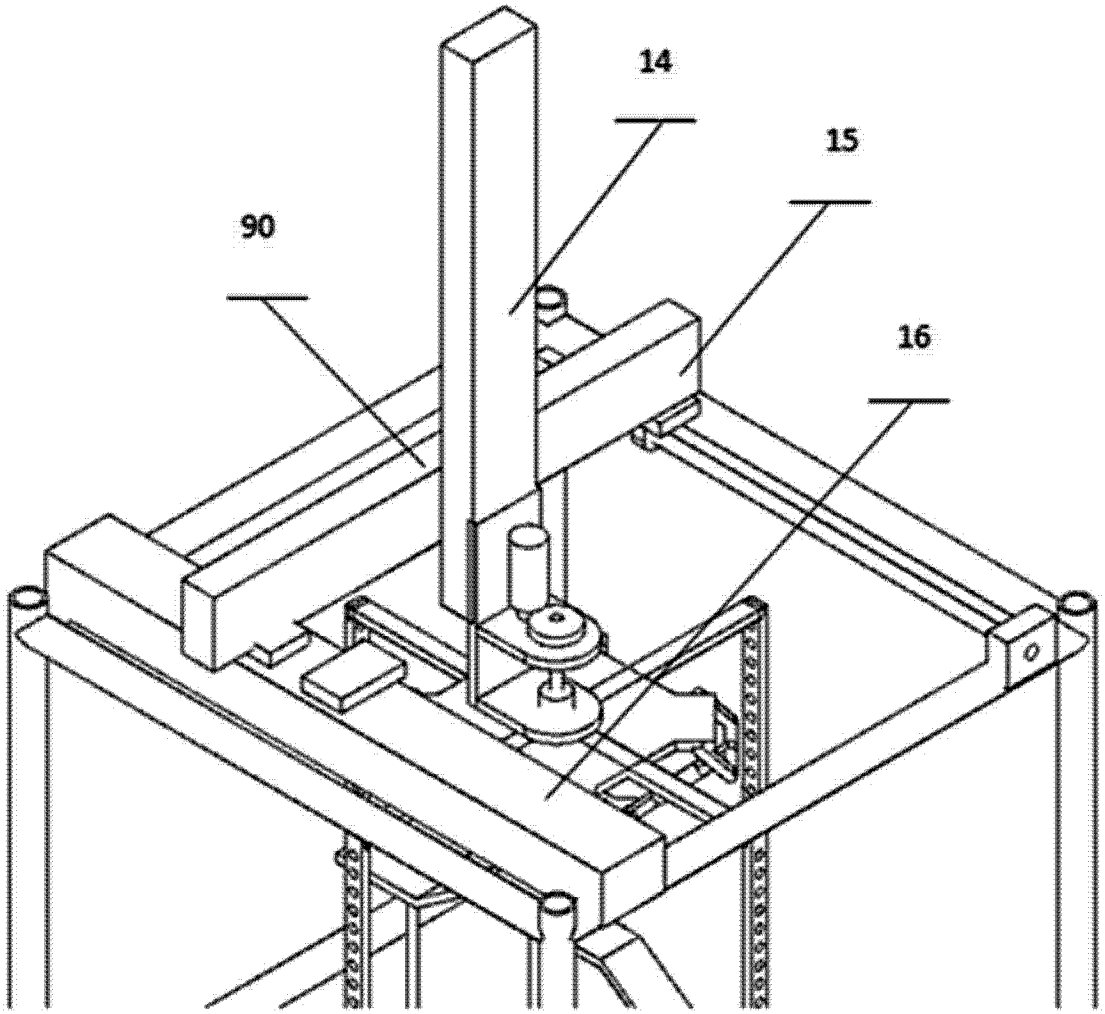


图 4