(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 107866814 A
(43)申请公布日 2018.04.03

(21)申请号 201711328603.4

(22)申请日 2017.12.13

(71)申请人 清华大学
地址 100084 北京市海淀区100084信箱82分箱清华大学专利办公室

(72)发明人 都东 薛博策 黄佳杰 袁朝龙 王力 戢仁和 张文增

(74)专利代理机构 北京鸿元知识产权代理有限公司 11327
代理人 邸更岩

(51)Int.Cl.
B25J 11/00(2006.01)
G21C 17/08(2006.01)

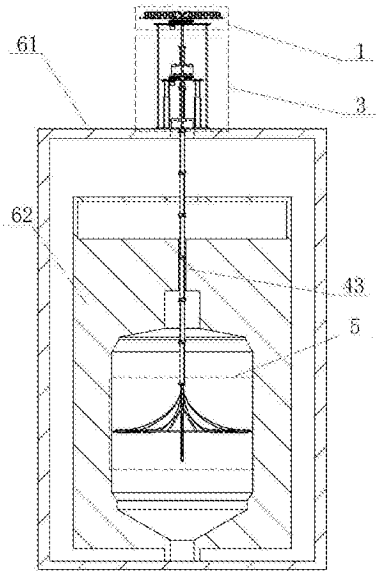
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54)发明名称

用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置

(57)摘要

一种用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其包括驱动单元、升降旋转机构、接管组件和视觉检测机器人装置。该机器人装置采用绳索传动的方式驱动机械臂，能提高视觉检测机器人装置在堆芯腔内高温及辐射条件下工作的可靠性，同时可以灵活方便地改变摄像系统的位姿，对堆芯腔内的构件进行精确的检测，且绳索传动中使用了上导向管组和下导向管组，简化了绳索的导向结构；利用主杆、主杆滑块、曲柄和机械臂构成曲柄滑块机构，在通过尺寸较小的石墨燃料球进料通道时可以收起，进入尺寸较大的堆芯腔后可以展开，能较好地适应堆芯腔入口窄内部宽的特点。本发明结构简单，较好的实现了对球床反应堆堆芯腔内构件进行视觉检测的功能。



CN 107866814 A

1.一种用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：所述装置包括驱动单元(1)、升降旋转机构(3)、接管组件(4)和视觉检测机器人装置(5)；驱动单元(1)设置在升降旋转机构(3)的上方；所述驱动单元(1)包括卷扬机组(11)、绳索组(20)、驱动平台(101)和驱动平台电机(108)，卷扬机组(11)固定在驱动平台(101)上，驱动平台电机(108)通过第一传动机构与驱动平台(101)连接；

所述升降旋转机构(3)固定在球床反应堆(62)的上方，包括升降平台(303)、旋转电机(310)、直线电机(305)、上夹具(302)和下夹具(301)；旋转电机(310)固定在升降平台(303)上，旋转电机(310)的输出轴通过第二传动机构连接在上夹具(302)上；升降平台(303)与直线电机(305)连接；

所述接管组件(4)包括上导向管组(41)、下导向管组(42)和刚性接管(43)，上导向管组(41)固定在驱动单元(1)当中，下导向管组(42)固定在视觉检测机器人装置(5)当中，刚性接管(43)的上部由上夹具(302)或下夹具(301)夹持；所述的刚性接管(43)设置在升降旋转机构(3)内；

所述视觉检测机器人装置(5)包括曲柄滑块机构、至少一个机械臂(54)和至少一个摄像系统(53)；曲柄滑块机构包括主杆(50)、主杆滑块(51)和至少一个曲柄(52)；主杆(50)的上端和刚性接管(43)的下端固接，主杆(50)的底端设有第一滑轮(56)，主杆滑块(51)通过移动副与主杆(50)连接；每个曲柄(52)的一端通过转动副与主杆(50)上部连接，另一端通过转动副与机械臂(54)的近根部连接；每个曲柄(52)与一个机械臂(54)连接，每个机械臂(54)的末端安装一个摄像系统(53)；

每个机械臂(54)包括移动关节和俯仰关节，机械臂(54)的根部通过转动副与主杆滑块(51)连接；所述绳索组(20)包括第一主绳索(201)、第二主绳索(206)和机械臂绳索，绳索组(20)中每件绳索的一端分别与卷扬机组(11)中的一件卷扬机连接，每件绳索的另一端均穿过接管组件(4)；第一主绳索(201)的末端连接到主杆滑块(51)的上端，第二主绳索(206)的末端绕过第一滑轮(56)连接到主杆滑块(51)的下端；每个机械臂(54)均采用一组机械臂绳索带动，其中机械臂第一绳索(202)和机械臂第二绳索(203)的末端分别连接到移动关节的两端，机械臂第三绳索(204)和机械臂第四绳索(205)的末端分别连接到俯仰关节的两端。

2.如权利要求1所述的用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：所述第一传动机构包括第一传动轮(107)、第二传动轮(106)及第一连接盘(105)；第一传动轮(107)与驱动平台电机(108)的输出轴连接，第一传动轮(107)与第二传动轮(106)啮合，第二传动轮(106)通过第一连接盘(105)固定在驱动平台(101)上，第一连接盘(105)通过转动副与驱动平台底板(110)连接；驱动平台电机(108)固定在驱动平台底板(110)上；第二传动机构包括第三传动轮(308)、第四传动轮(307)及第二连接盘(309)；第三传动轮(308)与旋转电机(310)的输出轴连接，第三传动轮(308)与第四传动轮(307)啮合，第四传动轮(307)通过第二连接盘(309)固定在上夹具(302)上，第二连接盘(309)通过转动副与升降平台(303)连接。

3.如权利要求1所述的用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：所述主杆(50)包括上主杆(501)、主杆导轨(502)、下主杆(503)和限位块(504)；上主杆(501)的上端与刚性接管(43)的下部固接，上主杆(501)的下端通过主杆导轨(502)与下主杆(503)的上端连接，限位块(504)固定在下主杆(503)上；第一滑轮(56)通过转动副与下

主杆(503)的下部连接，主杆滑块(51)通过移动副与主杆导轨(502)连接；上主杆(501)通过转动副与曲柄(52)的一端连接。

4.如权利要求1、2或3所述的用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：机械臂(54)包括内连杆(541)、移动关节和俯仰关节；所述移动关节包括连杆导轨(542)、外连杆(543)、第二滑轮(544)和连杆滑块(545)；俯仰关节包括外支架(546)和第三滑轮(547)；内连杆(541)的根部通过转动副与主杆滑块(51)连接，内连杆(541)的中部通过转动副与曲柄(52)的一端连接，连杆导轨(542)的一端与内连杆(541)的一端连接，另一端与外连杆(543)的一端连接，第二滑轮(544)通过转动副与外连杆连接，连杆滑块(545)通过移动副连接在连杆导轨(542)上，连杆滑块(545)与外支架(546)连接，第三滑轮(547)通过转动副连接在外支架(546)上，摄像系统(53)与第三滑轮(547)固接。

5.如权利要求1所述的用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：绳索组(20)中每件绳索的一端均与卷扬机组(11)中的一个卷扬机连接，另一端依次均穿过上导向管组(41)中的一件上导向管再穿过刚性接管(43)到达主杆(50)的上端、再穿过下导向管组(42)中与该绳索对应的一件下导向管，此后第一主绳索(201)的另一端连接到主杆滑块(51)的上端，第二主绳索(206)的另一端绕过第一滑轮(56)连接到主杆滑块(51)的下端，机械臂第一绳索(202)的另一端连接到连杆滑块(545)的内端，机械臂第二绳索(203)的另一端绕过第二滑轮(544)连接到连杆滑块(545)的外端，机械臂第三绳索(204)的另一端与第三滑轮(547)固接，机械臂第四绳索(205)的另一端与第三滑轮(547)固接。

6.如权利要求1所述的用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：刚性接管(43)包括偶数件剖分管，剖分管两两拼接成一段完整接管后首尾相连，最上方的一对剖分管由上夹具(302)或下夹具(301)夹持，最下面的一对剖分管与主杆(50)的上端固接。

7.如权利要求1所述的用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：摄像系统(53)包括摄像机和照明装置。

8.如权利要求1所述的用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：上导向管组(41)和下导向管组(42)采用橡胶管或波纹管。

用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置

技术领域

[0001] 本发明属于机器人技术领域，特别涉及一种用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置。

背景技术

[0002] 能源问题在人类社会中占有举足轻重的地位，目前，化石能源仍是世界的主流能源，但在气候变化等问题的压力下，核能作为一种清洁环保、储能广阔、技术成熟的能源，越来越受到重视。在核电站反应堆的种类中，球床反应堆因其安全性较好而受到关注。在球床反应堆运行过程中，为了确保其安全性，反应堆需要定期停机进行在役检测，其中对堆芯腔内构件的检测是在役检测的重要部分。堆芯腔内构件主要为构成堆芯结构材料、反射层等处的块状石墨，通常称为结构石墨，在堆内高温及强辐射条件下，结构石墨要承受机械载荷、高温热应力、辐照、化学腐蚀等不利条件的影响，可能受到损伤，出现裂纹，导致堆内石墨构件的完整性受到影响，甚至威胁到反应堆的安全运行，因此需要设计一种视觉检测装置，于在役检测过程中对堆芯腔内构件的完整性进行视觉检测，及时发现构件上的裂纹等缺陷，且能对缺陷进行较为精确的定位，方便维修等后续工作。然而检测的环境较为苛刻，首先，检测时堆芯腔内温度较高且存在残余辐射，威胁到进入堆芯腔内的电子器件的安全，其次，堆芯腔入口狭小，要进入堆芯腔内部须通过石墨燃料球的进料通道，这些通道尺寸较小，而堆芯腔内部截面则较大，且堆芯腔高度也较大，这些都对检测装置的尺寸提出了严苛的要求，此外，为避免对堆芯腔内壁上的构件造成损伤，检测装置不能接触堆芯腔内壁，这又给检测装置的固定带来了难题。

[0003] 对球床反应堆堆芯腔内构件进行视觉检测已有先例，德国的AVR球床反应堆于1985年进行了一次堆芯腔内构件的视觉检测，具体方式是，通过球床堆侧面的石墨燃料球进料管道，用波纹管从反应堆底部将照明设备和摄像设备导入堆芯腔顶部，对堆芯腔顶部的石墨构件进行了视觉检测。其不足之处在于：由于波纹管具有一定的柔性，为了控制摄像系统的位置，波纹管不能从堆芯腔顶部向堆芯腔内延伸过长的距离，导致摄像系统只能在堆芯腔顶部的附近区域进行检测，无法对堆芯腔内所有位置进行检测；同样，由于波纹管具有一定柔性，因此当检测到缺陷后，检测装置难以对缺陷进行定位。

发明内容

[0004] 本发明的目的是为了克服已有技术的不足之处，提供一种用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置。该装置能够通过球床反应堆顶部的石墨燃料球进料通道进入球床反应堆的堆芯腔内部，在不接触堆芯腔内壁的情况下，对堆芯腔内部的构件进行全面的视觉检测并对检测到的缺陷进行定位。

[0005] 本发明的技术方案如下：

[0006] 一种用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：所述装置包括驱动单元、升降旋转机构、接管组件和视觉检测机器人装置；驱动单元设置在升降旋

转机构的上方；所述驱动单元包括卷扬机组、绳索组、驱动平台和驱动平台电机，卷扬机组固定在驱动平台上，驱动平台电机通过第一传动机构与驱动平台连接；所述升降旋转机构固定在球床反应堆的上方，包括升降平台、旋转电机、直线电机、上夹具和下夹具；旋转电机固定在升降平台上，旋转电机的输出轴通过第二传动机构连接在上夹具上；升降平台与直线电机连接；所述接管组件包括上导向管组、下导向管组和刚性接管，上导向管组固定在驱动单元当中，下导向管组固定在视觉检测机器人装置当中，刚性接管的上部由上夹具或下夹具夹持；所述的刚性接管设置在升降旋转机构内；所述视觉检测机器人装置包括曲柄滑块机构、至少一个机械臂和至少一个摄像系统；曲柄滑块机构包括主杆、主杆滑块和至少一个曲柄；主杆的上端和刚性接管的下端固接，主杆的底端设有第一滑轮，主杆滑块通过移动副与主杆连接；每个曲柄的一端通过转动副与主杆上部连接，另一端通过转动副与机械臂的近根部连接；每个曲柄与一个机械臂连接，每个机械臂的末端安装一个摄像系统；每个机械臂包括移动关节和俯仰关节，机械臂的根部通过转动副与主杆滑块连接；所述绳索组包括第一主绳索、第二主绳索和机械臂绳索，绳索组中每件绳索的一端分别与卷扬机组中的一件卷扬机连接，每件绳索的另一端均穿过接管组件；第一主绳索的末端连接到主杆滑块的上端，第二主绳索的末端绕过第一滑轮连接到主杆滑块的下端；每个机械臂均采用一组机械臂绳索带动，其中机械臂第一绳索和机械臂第二绳索的末端分别连接到移动关节的两端，机械臂第三绳索和机械臂第四绳索的末端分别连接到俯仰关节的两端。

[0007] 本发明所述的一种用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：所述第一传动机构包括第一传动轮、第二传动轮及第一连接盘；第一传动轮与驱动平台电机的输出轴连接，第一传动轮与第二传动轮啮合，第二传动轮通过第一连接盘固定在驱动平台上，第一连接盘通过转动副与驱动平台底板连接；驱动平台电机固定在驱动平台底板上；第二传动机构包括第三传动轮、第四传动轮及第二连接盘；第三传动轮与旋转电机的输出轴连接，第三传动轮与第四传动轮啮合，第四传动轮通过第二连接盘固定在上夹具上，第二连接盘通过转动副与升降平台连接。

[0008] 本发明所述的一种用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：所述主杆包括上主杆、主杆导轨、下主杆和限位块；上主杆的上端与刚性接管的下部固接，上主杆的下端通过主杆导轨与下主杆的上端连接，限位块固定在下主杆上；第一滑轮通过转动副与下主杆的下部连接，主杆滑块通过移动副与主杆导轨连接；上主杆通过转动副与曲柄的一端连接。

[0009] 本发明所述的一种用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：机械臂包括内连杆、移动关节和俯仰关节；所述移动关节包括连杆导轨、外连杆、第二滑轮和连杆滑块；俯仰关节包括外支架和第三滑轮；内连杆的根部通过转动副与主杆滑块连接，内连杆的中部通过转动副与曲柄的一端连接，连杆导轨的一端与内连杆的一端连接，另一端与外连杆的一端连接，第二滑轮通过转动副与外连杆连接，连杆滑块通过移动副连接在连杆导轨上，连杆滑块与外支架连接，第三滑轮通过转动副连接在外支架上，摄像系统与第三滑轮固接。

[0010] 本发明所述的一种用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：绳索组中每件绳索的一端均与卷扬机组中的一件卷扬机连接，另一端均穿过上导向管组中的一件上导向管再穿过刚性接管到达主杆的上端、再穿过下导向管组中与该绳索对

应的一件下导向管，此后第一主绳索的另一端连接到主杆滑块的上端，第二主绳索的另一端绕过第一滑轮连接到主杆滑块的下端，机械臂第一绳索的另一端连接到连杆滑块的内端，机械臂第二绳索的另一端绕过第二滑轮连接到连杆滑块的外端，机械臂第三绳索的另一端与第三滑轮固接，机械臂第四绳索的另一端与第三滑轮固接。

[0011] 本发明所述的一种用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：刚性接管包括偶数件剖分管，剖分管的数量随着工作的进行而改变，剖分管两两拼接成一段完整接管后首尾相连，最上方的一对剖分管由上夹具或下夹具夹持，最下面的一对剖分管与主杆的上端固接。

[0012] 本发明所述的一种用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：摄像系统包括摄像机和照明装置。

[0013] 本发明所述的一种用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置，其特征在于：上导向管和下导向管可采用橡胶管或波纹管。

[0014] 本发明与现有技术相比，具有以下优点和突出性效果：①本发明装置在视觉检测机器人装置利用主杆、主杆滑块、曲柄、机械臂构成曲柄滑块机构，曲柄滑块机构在通过尺寸较小的石墨燃料球进料通道时可以收起，进入尺寸较大的堆芯腔后可以展开，能较好地适应堆芯腔入口窄内部宽的特点；②本发明将驱动装置置于堆芯腔外，采用绳索传动的方式驱动机械臂，能提高视觉检测机器人装置在堆芯腔内高温及辐射条件下工作的可靠性，同时可以灵活方便地改变摄像系统的位姿，对堆芯腔内的构件进行精确的检测，且绳索传动中使用了上导向管组和下导向管组，简化了绳索的导向结构；③本发明装置采用了多段剖分管拼接成刚性接管的方式，将装有摄像系统的视觉检测机器人装置送入堆芯腔内，这样增大了摄像系统在竖直方向的运动范围、能全面检测堆芯腔内的构件，且摄像系统的位置容易确定，因此可以方便地对检测到的缺陷进行定位。

附图说明

[0015] 图1是本发明提供的用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测机器人装置实施例的主视图(剖视反应堆大厅和球床反应堆)。

[0016] 图2是本发明实施例中驱动单元的立体外观图。

[0017] 图3是本发明所示实施例中驱动单元的左视图(剖视部分零件)。

[0018] 图4是本发明所示实施例中升降旋转机构的立体外观图。

[0019] 图5是本发明所示实施例中升降旋转机构局部的左视图(剖视部分零件)。

[0020] 图6是本发明所示实施例中视觉检测机器人装置的立体外观图。

[0021] 图7是本发明所示实施例中视觉检测机器人装置的主杆附近的放大图。

[0022] 图8是本发明所示实施例中机械臂局部的放大图。

[0023] 图9(a)至图9(d)是本发明所示实施例中视觉检测机器人装置的张合自由度的示意图，其中图9(a)、图9(b)、图9(c)、图9(d)分别代表机械臂张合自由度运动过程中的几种姿态。

[0024] 图10是本发明所示实施例中视觉检测机器人装置的伸缩自由度的示意图。

[0025] 图11是本发明所示实施例中视觉检测机器人装置的俯仰自由度的示意图。

[0026] 图中附图标记：1-驱动单元；3-升降旋转机构；4-接管组件；5-视觉检测机器人装

置;11-卷扬机组;101-驱动平台;102-导向管固定板;104-导向管固定块;105-第一连接盘;106-第二传动轮;107-第一传动轮;108-驱动平台电机;110-驱动平台底板;20-绳索组;201-第一主绳索;202-机械臂第一绳索;203-机械臂第二绳索;204-机械臂第三绳索;205-机械臂第四绳索;206-第二主绳索;301-下夹具;302-上夹具;303-升降平台;305-直线电机;307-第四传动轮;308-第三传动轮;309-第二连接盘;310-旋转电机;312-支撑杆;41-上导向管组;42-下导向管组;43-刚性接管;421-第一主下导向管;422-机械臂第一下导向管;423-机械臂第二下导向管;424-机械臂第三下导向管;425-机械臂第四下导向管;426-第二主下导向管;50-主杆;51-主杆滑块;52-曲柄;53-摄像系统;54-机械臂;56-第一滑轮;501-上主杆;502-主杆导轨;503-下主杆;504-限位块;541-内连杆;542-连杆导轨;543-外连杆;544-第二滑轮;545-连杆滑块;546-外支架;547-第三滑轮;549-延长杆;61-反应堆大厅舱室;62-球床反应堆。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图及实施例进一步详细介绍本发明的具体结构、工作原理的内容。

[0028] 图1是本发明设计的用于球床反应堆堆芯腔内构件视觉检测的机器人装置的一种实施例的主视图(剖视反应堆大厅和球床反应堆),包括驱动单元1、升降旋转机构3、接管组件4和视觉检测机器人装置5。

[0029] 图2是图1所示实施例中驱动单元的立体外观图,图3是图1所示实施例中驱动单元的左视图(剖视部分零件),驱动单元1固定在升降旋转机构3的上方,包括驱动平台101、驱动平台电机108、卷扬机组11、绳索组20和第一传动机构;卷扬机组11包括十件卷扬机,绳索组20包括十件绳索;卷扬机组11固定在驱动平台101上,所述驱动平台电机108通过第一传动机构与驱动平台101连接;第一传动机构包括第一传动轮107、第二传动轮106及第一连接盘105,驱动平台电机108固定在驱动平台底板110上,第一传动轮107与驱动平台电机108的输出轴连接,第一传动轮107与第二传动轮106啮合,第二传动轮106通过第一连接盘105固定在驱动平台101上,第一连接盘105通过转动副与驱动平台底板110连接;接管组件4中的上导向管组41包括十件上导向管,每件上导向管均固定在导向管固定板102和导向管固定块104之间,导向管固定板102和导向管固定块104均固定在驱动平台101上。

[0030] 图4是图1所示实施例中升降旋转机构的立体外观图,图5是图1所示实施例中升降旋转机构局部的左视图(剖视部分零件),升降旋转机构3固定在反应堆大厅舱室61的顶部,包括升降平台303、旋转电机310、直线电机305、上夹具302、下夹具301和第二传动机构;旋转电机310固定在升降平台303上,旋转电机310的输出轴通过第二传动机构连接在上夹具302上;第二传动机构包括第三传动轮308、第四传动轮307及第二连接盘309,第三传动轮308与旋转电机310的输出轴连接,第三传动轮308与第四传动轮307啮合,第四传动轮307通过第二连接盘309固定在上夹具302上,第二连接盘309通过转动副与升降平台303连接;底平台304固定在反应堆大厅舱室61的顶部,直线电机305固定在底平台304上,升降平台303与直线电机305的输出端连接,底平台304通过支撑杆312连接到驱动平台底板110;接管组件4中的刚性接管43包括偶数件剖分管,剖分管的数量随着工作的进行而改变,剖分管两两拼接组成一段完整接管后首尾相连,最上方的一对剖分管由上夹具302或下夹具301夹持;所述的刚性接管43设置在升降旋转机构3内。

[0031] 图6是图1所示实施例中视觉检测机器人装置的立体外观图，图7是图1所示实施例中视觉检测机器人装置的主杆附近的放大图，图8是图1所示实施例中机械臂局部的放大图，视觉检测机器人装置5包括主杆50、主杆滑块51、两件曲柄52、两件机械臂54和两件摄像系统53，两件曲柄52、两件机械臂54及两件摄像系统53各自关于主杆50的轴线中心对称布置，主杆50包括上主杆501、主杆导轨502、下主杆503和限位块504，机械臂54包括内连杆541、移动关节和俯仰关节，其中移动关节包括连杆导轨542、外连杆543、第二滑轮544、连杆滑块545，俯仰关节包括外支架546和第三滑轮547；上主杆501的上端与刚性接管43的下部固接，上主杆501的下端通过主杆导轨502与下主杆503的上端连接，限位块504固定在下主杆503上，第一滑轮56通过转动副与下主杆503的下部连接，主杆滑块51通过移动副与主杆导轨502连接，曲柄52的一端通过转动副与上主杆501连接，另一端通过转动副与内连杆541的中部连接，内连杆541的根部通过转动副与主杆滑块51连接，连杆导轨542的一端与内连杆541的一端连接，另一端与外连杆543的内端连接，第二滑轮544通过转动副与外连杆连接，连杆滑块545通过移动副连接在连杆导轨542上，连杆滑块545通过延长杆549与外支架546连接，第三滑轮547通过转动副连接在外支架546上，摄像系统53与第三滑轮547固接。

[0032] 下导向管组42包括十件下导向管，包括第一主下导向管421、第二主下导向管426、两件机械臂第一下导向管422、两件机械臂第二下导向管423、两件机械臂第三下导向管424和两件机械臂第四下导向管425，其中第一主下导向管421和第二主下导向管426均固定在上主杆501上部和下部之间，机械臂第一下导向管422和机械臂第二下导向管423均固定在上主杆501的上部和内连杆541之间，机械臂第三下导向管424和机械臂第四下导向管425均固定在上主杆501和外支架546之间，如图6、图7和图8所示；绳索组20中每件绳索的一端均与卷扬机组11中的一件卷扬机连接，另一端均穿过上导向管组41中与之对应的一件上导向管再穿过刚性接管43到达上主杆501的上端，此后第一主绳索201的另一端穿过第一主下导向管421连接到主杆滑块51的上端，第二主绳索206的另一端穿过第二主下导向管426后绕过第一滑轮56连接到主杆滑块51的下端，机械臂第一绳索202的另一端穿过机械臂第一下导向管422后连接到连杆滑块545的内端，机械臂第二绳索203的另一端穿过机械臂第二下导向管423后绕过第二滑轮544连接到连杆滑块545的外端，机械臂第三绳索204另一端穿过机械臂第三下导向管424后与第三滑轮547固接，机械臂第四绳索205的另一端穿过机械臂第四下导向管425后与第三滑轮547固接。

[0033] 摄像系统53包括摄像机和照明装置。

[0034] 上导向管组41和下导向管组42可采用橡胶管或波纹管。

[0035] 下面结合附图对本发明的工作原理和过程叙述如下：

[0036] 在驱动装置1、升降旋转机构3、接管组件4的配合下，视觉检测机器人装置5能实现升降、张合、伸缩、俯仰和旋转几种运动形式，这几种运动形式共同配合保证了视觉检测机器人装置5的末端的摄像系统53和能够对整个球床反应堆62的堆芯腔内壁上的堆内构件进行全面的视觉检测。

[0037] 升降运动：视觉检测机器人装置5能够沿着竖直方向进行上下移动。参考图4，初始时，刚性接管43包括的剖分管对数较少，下夹具301夹紧刚性接管43的上部，上夹具302松开；当需要将视觉检测机器人装置5向下移动时，先将一对新的剖分管拼接在现有的刚性接管43上方，之后上夹具302夹紧这一对新接的剖分管，下夹具301松开，直线电机305收缩带

动上夹具302向下移动，上夹具302通过刚性接管43带动视觉检测机器人装置5下移，与此同时卷扬机组11中的每件卷扬机均以相同的速度旋转，以保持绳索组20中的每件绳索都能随着视觉检测机器人装置5的下移而伸长且保持张紧状态；当刚性接管43最上面的一对剖分管运动到下夹具301的夹持范围中时，直线电机305及卷扬机组11停止运动，下夹具301夹紧刚性接管43最上面的一对剖分管，上夹具302松开，这就完成了一段视觉检测机器人装置5的下移过程，之后直线电机305伸长带动上夹具302回到原位，再将一对新的剖分管拼接在现有的刚性接管43上方，重复上述过程，便可继续将视觉检测机器人装置5下移；视觉检测机器人装置5上升的过程以此类推；这便实现了视觉检测机器人装置5的升降运动。

[0038] 张合运动：该运动如图9(a)至图9(d)所示。参考图6及图7，通过控制卷扬机组11中相应卷扬机的运动，使第一主绳索201伸长、第二主绳索206缩短且二者具有相同的运动速度，主杆滑块51便会沿着主杆导轨502向下滑动，机械臂54展开，摄像系统53便随之运动；机械臂54合上时的过程以此类推；这便实现了视觉检测机器人装置5的张合运动。

[0039] 伸缩运动：该运动如图10所示。参考图8，通过控制卷扬机组11中相应卷扬机的运动，使机械臂第一绳索202伸长、机械臂第二绳索203缩短且二者具有相同的运动速度，连杆滑块545便会沿着连杆导轨542向外移动，进而通过延长杆549和外支架546带动摄像系统53移动；连杆滑块545及摄像系统53向内移动的过程以此类推；这便实现了视觉检测机器人装置5的伸缩运动。

[0040] 俯仰运动：该运动如图11所示。参考图8，通过控制卷扬机组11中相应卷扬机的运动，使机械臂第三绳索204伸长、机械臂第四绳索205缩短且二者具有相同的运动速度，第三滑轮547及安装在其上的摄像系统53便绕外支架546上的转动副向上转动；第三滑轮547及摄像系统53向下转动的过程以此类推；这便实现了视觉检测机器人装置5的俯仰运动。

[0041] 旋转运动：视觉检测机器人装置5能绕主杆50的轴线进行旋转。参考图2至图6，上夹具302夹紧刚性接管43，下夹具301松开，旋转电机310通过第三传动轮308、第四传动轮307以及第二连接盘309带动上夹具302转动，进而带动刚性接管43以及视觉检测机器人装置5绕主杆50的轴线转动，同时为了防止绳索组20发生扭转、影响其传动特性，在视觉检测机器人装置5转动的同时，驱动平台电机108通过第一传动轮107、第二传动轮106以及第一连接盘105带动驱动平台101以及所有固定在其上的部件绕主杆50的轴线转动，且与视觉检测机器人装置5有相同的转动速度和方向，这样绳索组20与视觉检测机器人装置5实现同步旋转，绳索组20就不会发生扭转而影响传动性能。

[0042] 检测过程如下：初始时视觉检测机器人装置5处于闭合状态，如图9(a)中的姿态所示，由于下主杆503上的限位块504的存在，曲柄52和上主杆501之间的夹角不会为0，因此主杆滑块51不会被锁死；通过上述的升降运动，将视觉检测机器人装置5下移，使其通过球床反应堆62上部的石墨燃料球进料通道进入球床反应堆62的堆芯腔内部，此后通过上述的张合运动，使视觉检测机器人装置5展开，变为图9(b)、图9(c)、图9(d)等姿态所示，再配合上述的伸缩运动和俯仰运动，就能将摄像系统53调整到合适的位置和姿态，以获取球床反应堆62的堆芯腔内壁的某一位置的图像，此后再配合上述的升降运动和旋转运动，摄像系统53便可检测整个球床反应堆62的堆芯腔内壁上的构件。

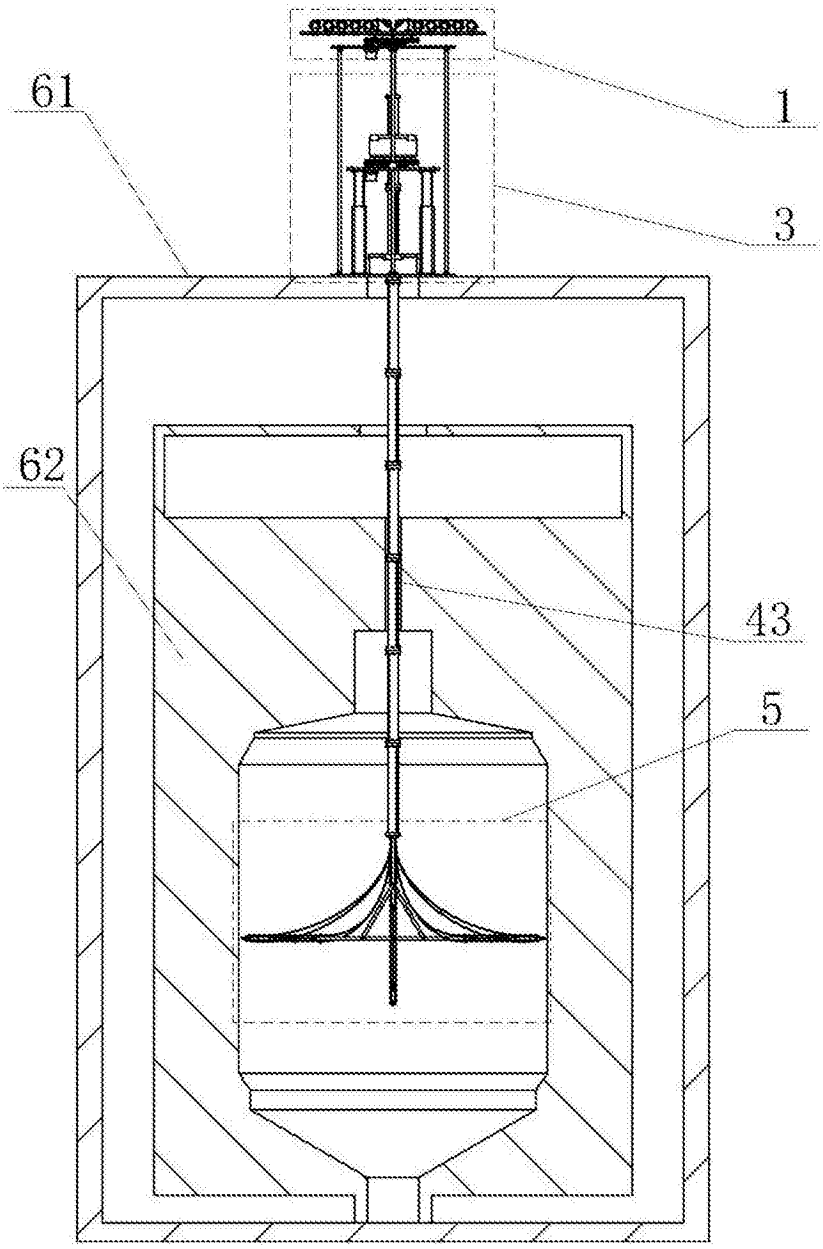


图1

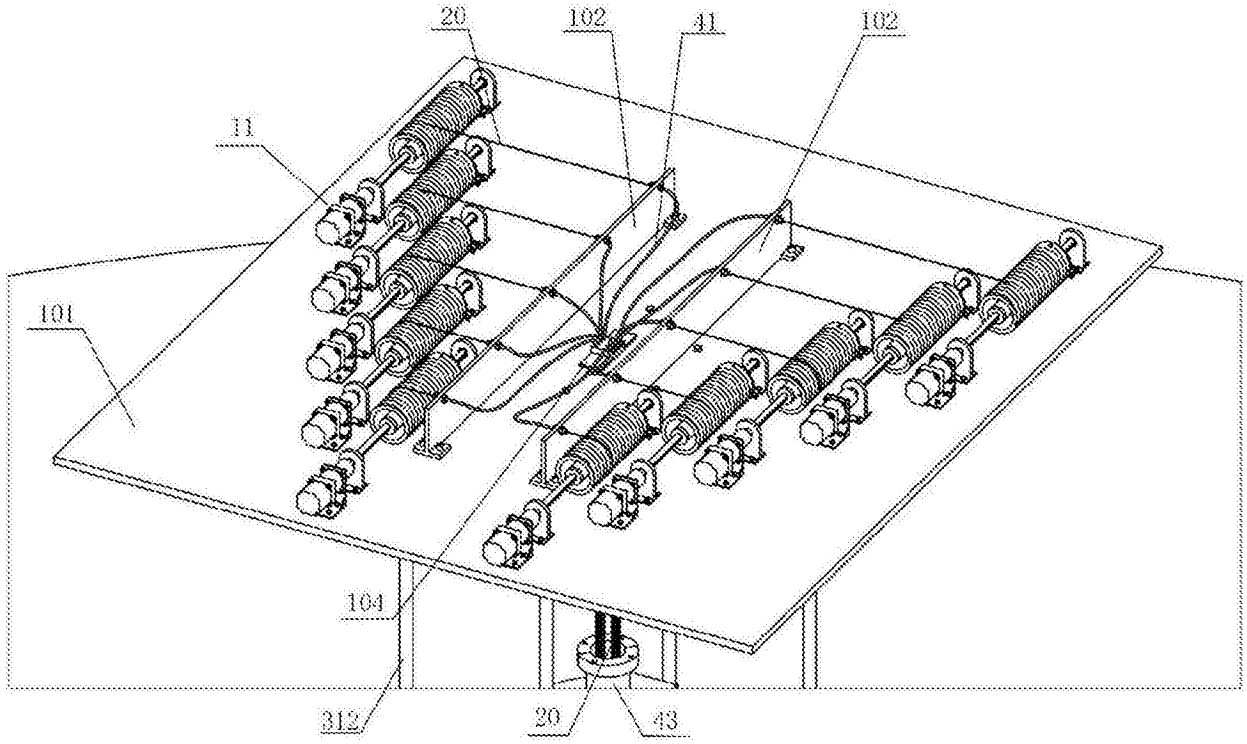

20
102
41
102
11
101
104
312
20
43

图2

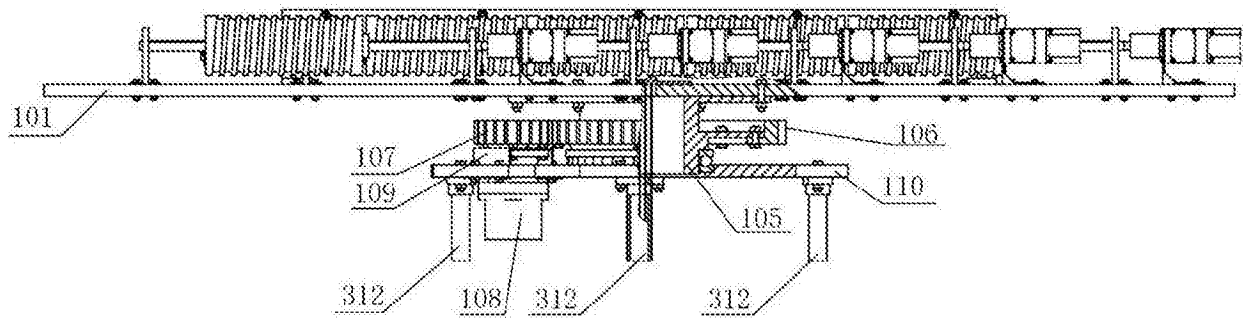

101
107
109
106
110
105
312
108
312
312

图3

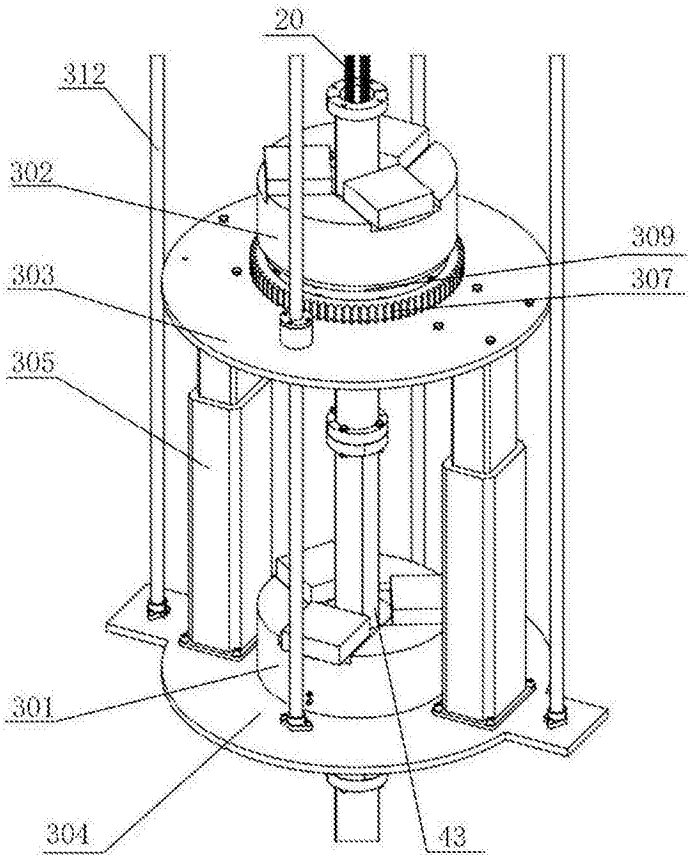

20
312
302
309
303
307
305
301
304
43

图4

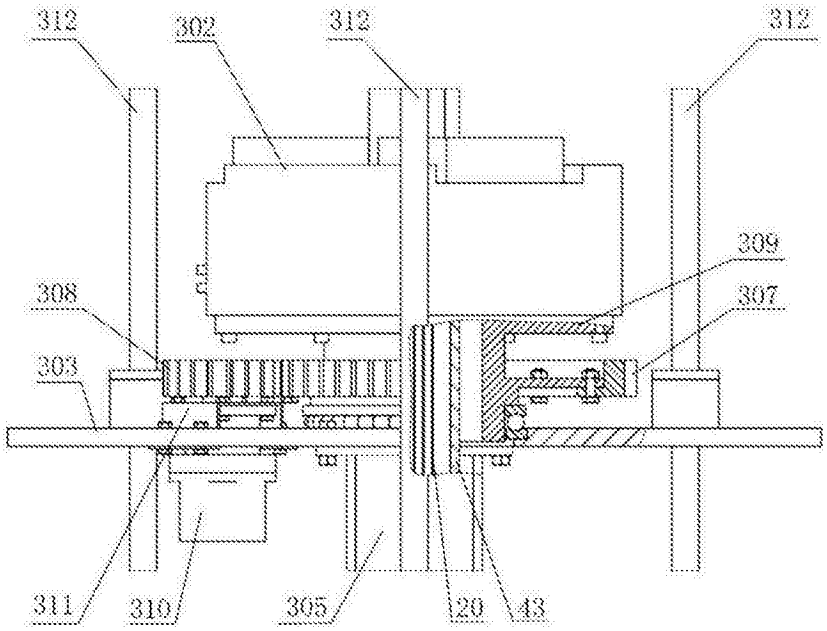

312
302
312
312
309
308
307
303
311
310
305
20
43

图5

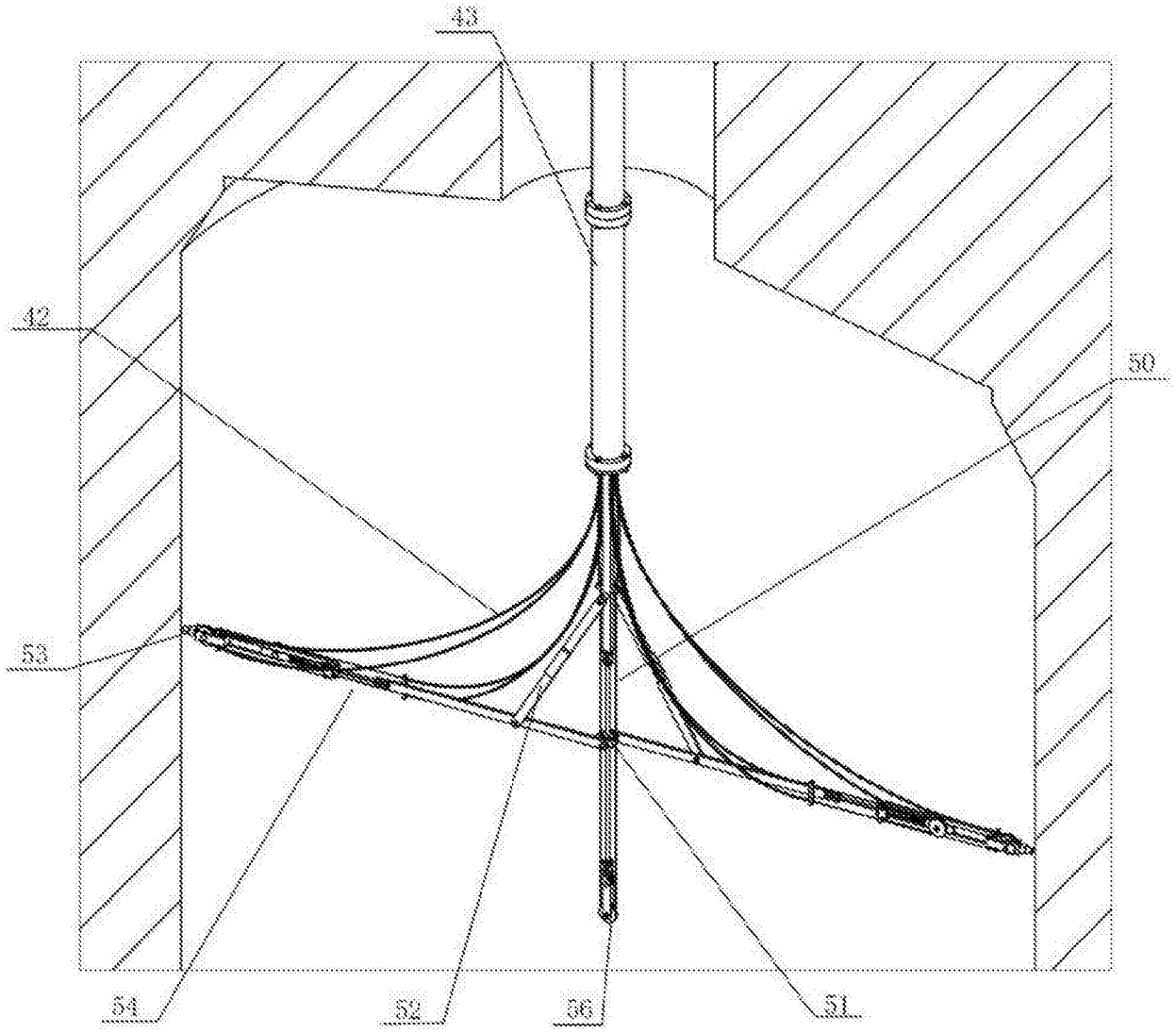


图6

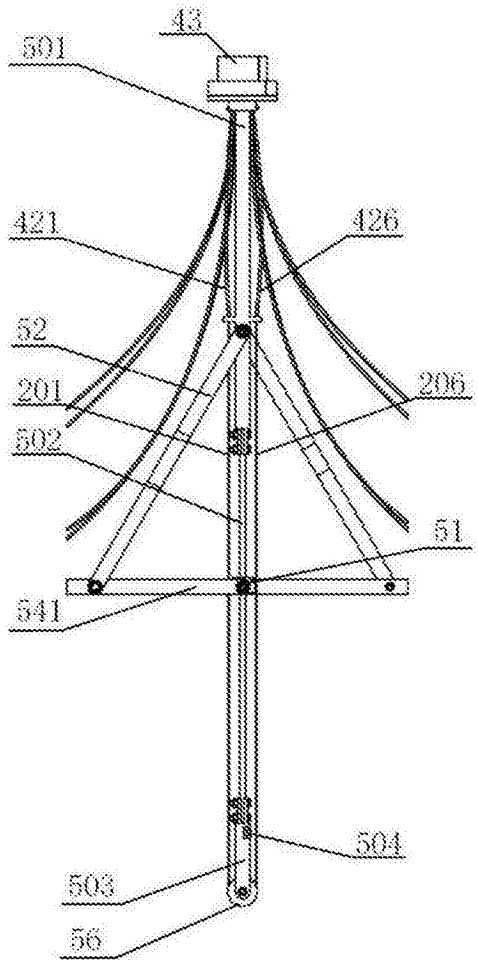

43
501
421
426
52
201
206
502
51
541
504
503
56

图7

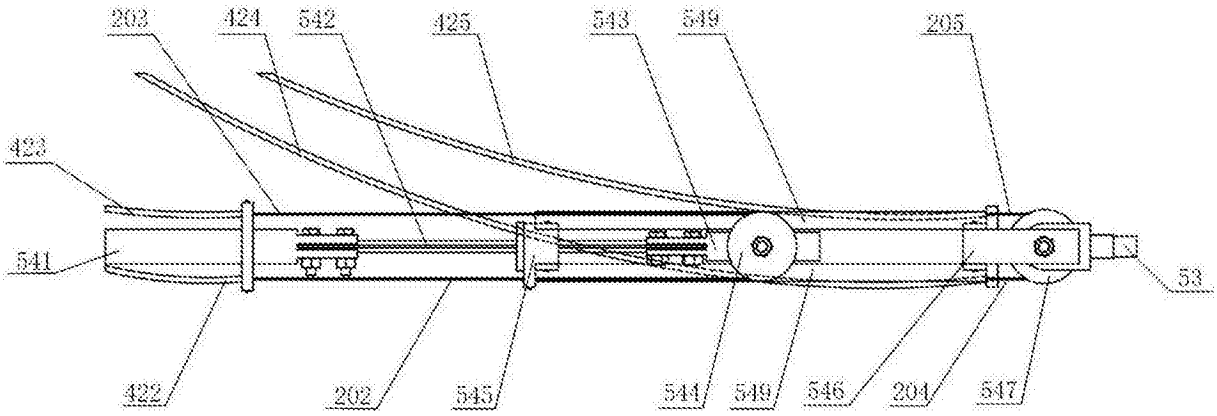

203
424
542
425
543
549
205
423
541
53
422
202
545
544
549
546
204
547

图8



图9a

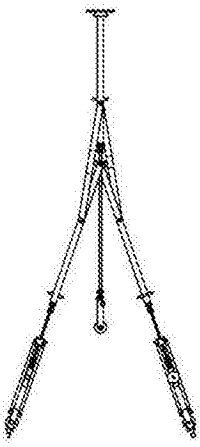


图9b

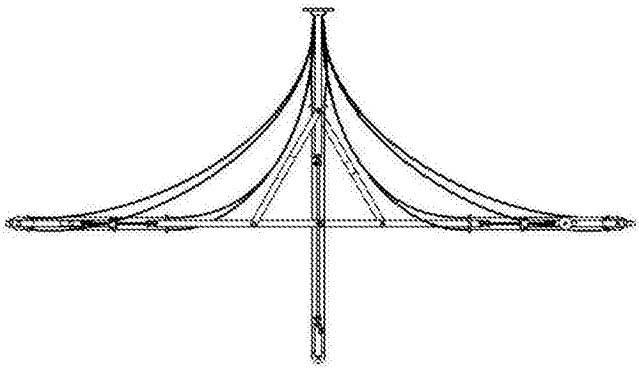


图9c

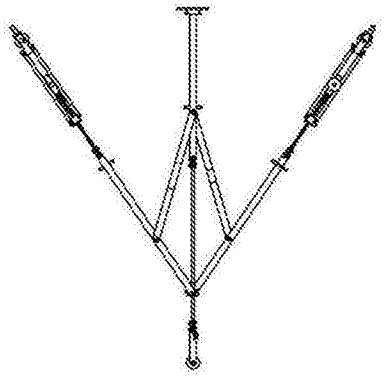


图9d

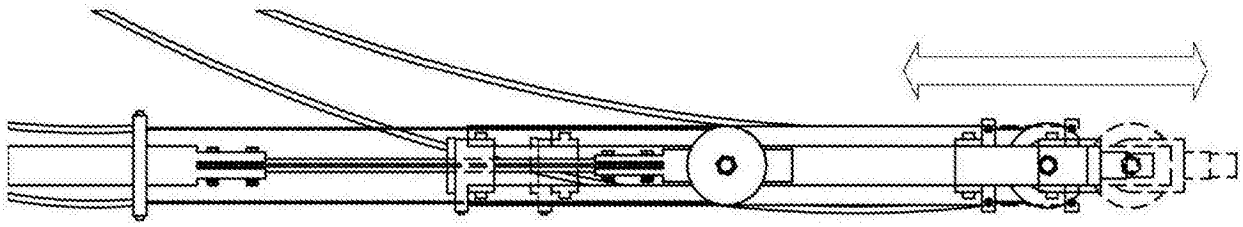


图10

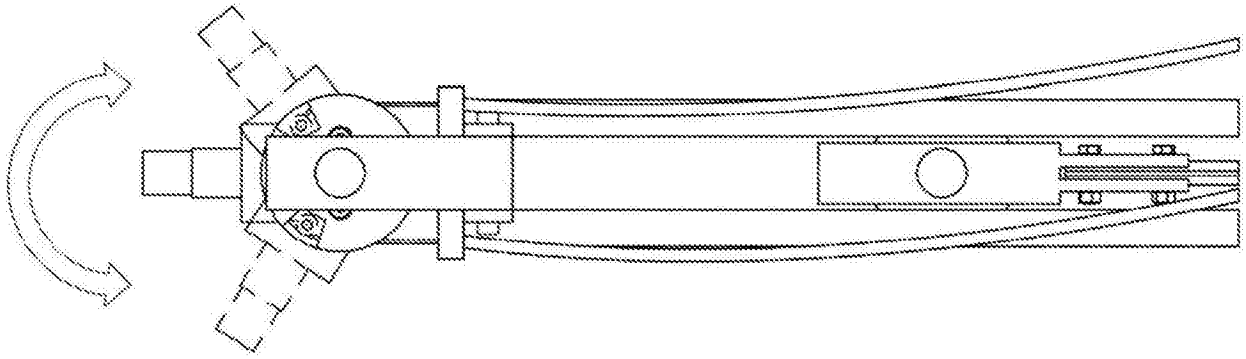


图11