



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104015199 B

(45)授权公告日 2017. 04. 19

(21)申请号 201410233696.2

(22)申请日 2014.05.29

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104015199 A

(43)申请公布日 2014.09.03

(73)专利权人 中广核检测技术有限公司

地址 518000 广东省深圳市福田区上步中路1001号科技大厦1506

专利权人 苏州热工研究院有限公司
中国广核集团有限公司

(72)发明人 吴健荣 洪茂成 马官兵 王贤彬

王可庆 田浩志 朱传雨 李明

林戈 陈怀东

(74)专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有
限公司 32103

代理人 李艳 孙仿卫

(51)Int.Cl.

B25J 18/04(2006.01)

B25J 19/02(2006.01)

B25J 9/08(2006.01)

G01N 29/04(2006.01)

G01N 29/265(2006.01)

审查员 杨喜飞

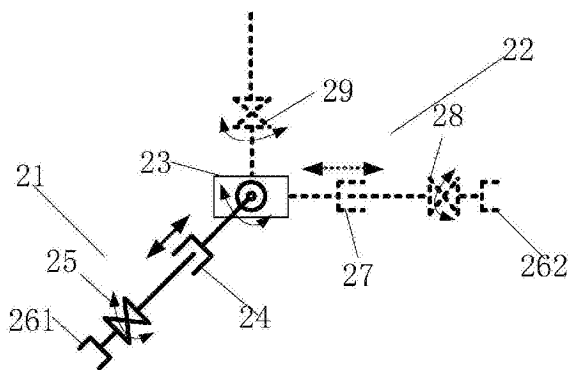
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种机械臂及基于该机械臂的检测机器人

(57)摘要

本发明公开了一种机械臂及基于该机械臂的检测机器人。其中机械臂包括具有第一关节、可伸缩的第二关节及第一探头的第一扫查臂；第一关节的输出轴与第二关节的一端连接，用于通过旋转带动第二关节摆动；第一探头安装于第二关节的另一端，用于发送超声波以进行超声检测；或：机械臂包括具有第一关节、可伸缩的第二关节、可旋转的第三关节及第一探头的第一扫查臂，第三关节的旋转轴心线的延伸方向与第二关节的伸缩方向相同；第一关节的输出轴与第二关节的一端连接，用于通过旋转带动第二关节摆动；第三关节的一端与第二关节的另一端连接；第一探头安装于第三关节的另一端，用于发送超声波以进行超声检测。通过本发明可实现高效准确的检测。



1. 一种机械臂,其特征在于,所述机械臂包括第一扫查臂;

所述第一扫查臂包括模块化的第一关节、可沿自身轴向伸缩的第二关节及第一探头,所述第一关节的输出轴与所述第二关节的一端连接用于通过旋转带动所述第二关节摆动,所述第一探头安装于所述第二关节的另一端用于发送超声波以进行超声检测;或,所述第一扫查臂包括模块化的第一关节、可沿自身轴向伸缩的第二关节、可绕自身轴心线转动的第三关节及第一探头,所述第三关节的轴心线方向与所述第二关节的伸缩方向相同,所述第一关节的输出轴与所述第二关节的一端连接用于通过旋转带动所述第二关节摆动,所述第三关节的一端与所述第二关节的另一端连接,所述第一探头安装于所述第三关节的另一端用于发送超声波以进行超声检测,所述第三关节包括第二固定座、蜗轮蜗杆副、通过链条驱动所述蜗轮蜗杆副的蜗杆的第三电机组件、与所述蜗轮蜗杆副的蜗轮同轴连接且穿设在所述第二固定座腔体内的转动轴,所述第三关节的第二固定座与第二关节可拆卸式的连接,所述第三关节的转动轴上设有所述第一探头,所述转动轴通过轴承与所述第二固定座相连,所述轴承采用多层油封进行密封和/或所述固定座的腔体内充有气体,所述第三关节还包括具有两个第二同步带轮及同步带的第二同步带轮机构和第三编码器,所述转动轴通过所述第二同步带轮机构的一个第二同步带轮连接所述第三编码器和/或所述第三电机组件的电机末端设置有第四编码器;

所述机械臂还包括第二扫查臂;

所述第二扫查臂包括模块化的可沿自身轴向伸缩的第四关节及第二探头,所述第四关节的一端与所述第一关节的固定座连接,所述第二探头安装于所述第四关节的另一端用于发送超声波以进行超声检测;或,所述第二扫查臂包括模块化的可沿自身轴向伸缩的第四关节、可绕自身轴心线旋转转动的第五关节及第二探头,所述第五关节的轴心线的延伸方向与所述第四关节的伸缩方向相同,所述第四关节的一端与所述第一关节的固定座相连,所述第五关节的一端与所述第四关节的另一端连接,所述第二探头安装于所述第五关节的另一端用于发送超声波以进行超声检测,所述第五关节包括第二固定座、蜗轮蜗杆副、通过链条驱动所述蜗轮蜗杆副的蜗杆的第三电机组件、与所述蜗轮蜗杆副的蜗轮同轴连接且穿设在所述第二固定座腔体内的转动轴,所述第五关节的第二固定座与第四关节可拆卸式的连接,所述第五关节的转动轴上设有所述第二探头,所述转动轴通过轴承与所述第二固定座相连,所述轴承采用多层油封进行密封和/或所述固定座的腔体内充有气体,所述第五关节还包括具有两个第二同步带轮及同步带的第二同步带轮机构和第三编码器,所述转动轴通过所述第二同步带轮机构的一个第二同步带轮连接所述第三编码器和/或所述第三电机组件的电机末端设置有第四编码器;

所述第一关节包括:第一固定座、安装在所述第一固定座上的第一电机组件、由所述第一电机组件驱动转动的主动链轮、通过链条与所述主动链轮相传动的从动链轮、与所述从动链轮相传动的蜗轮蜗杆二级减速器;

所述蜗轮蜗杆二级减速箱的输出轴与所述第二关节的一端可拆卸式的连接,用于通过旋转带动所述第二关节摆动;

所述第一关节还包括具有两个第一同步带轮以及连接在所述两个第一同步带轮之间的同步带的第一同步带轮机构和用于检测所述第一同步带轮机构转动角度的第一编码器;

其中一个第一同步带轮与所述蜗轮蜗杆二级减速器的输出轴相连,另一个第一同步带

轮与所述第一编码器相连；

所述第二关节或所述第四关节包括：

依次套设的多个伸缩臂、第二电机组件、与所述第二电机组件相连的齿轮副、与所述齿轮副相连的丝杠螺母以及一端与所述丝杠螺母相连且另一端与最内侧的伸缩臂相连的丝杠螺杆，所述伸缩臂的轴向与所述丝杠螺杆的轴向相平行；所述第二电机组件驱动所述齿轮副旋转并进而带动所述丝杠螺母旋转；位于两个伸缩臂之间的伸缩臂上设置有两个滑轮且每个所述滑轮上绕设有一段绳，所述每段绳的两端分别固定连接于所述两个伸缩臂的不同端，同一伸缩臂的不同滑轮上的绳的绕设方向相反；

所述伸缩臂均具有相对的第一端和第二端；

所述第二关节的最外层的伸缩臂的第一端连接于所述第一关节的输出轴，所述第二关节的最内层的伸缩臂的第二端连接于所述第三关节；

所述第四关节的最外层的伸缩臂的第一端连接于所述第一关节的固定座，所述第二关节的最内层的伸缩臂的第二端连接于所述第五关节。

2. 根据权利要求1所述的机械臂，其特征在于，所述第二电机组件的电机末端设置有第二编码器；

和/或；

所述最内侧或最外侧的伸缩臂上设置有感应器，所述电机组件的支撑架上设置有接近开关，所述感应器和所述接近开关用于初始位置、终止位置的标定和限位保护。

3. 一种检测机器人，其特征在于，所述检测机器人包括如权利要求1-2中的任一项所述的机械臂；

所述检测机器人还包括：可沿自身轴向伸缩的主立柱、一端连接于所述主立柱且另一端可拆卸地连接于被测试的压力容器上的至少两个支撑腿、一端与所述第一关节可拆卸式的连接且另一端与所述主立柱的下部相连并绕所述主立柱的轴向旋转的主旋转关节；

所述主立柱的中轴线与被测试的压力容器的轴心线相重合；所述第二关节在所述第一关节输出轴的带动下绕一垂直于所述主立柱轴向的方向摆动。

一种机械臂及基于该机械臂的检测机器人

技术领域

[0001] 本发明属于核电站在役检查无损检测领域,尤其涉及一种用于CEPR型核电站反应堆压力容器检测的机械臂及基于该机械臂的检测机器人。

背景技术

[0002] 核反应堆压力容器是核电站最为重要的部件之一,是核电厂整个寿期内唯一不可更换的大型部件。图1所示为现有技术中CEPR型核反应堆压力容器的结构示意图。结合图1所示,压力容器1包括筒体10、法兰11、半球形的下封头12、管嘴13。其中,筒体10由自上至下依次相焊接的管嘴段筒体101、堆芯段筒体102以及过渡环段筒体103组成。管嘴段筒体101的上部与所述法兰11相焊接,法兰11的上端面上沿其周向开设有一圈螺栓孔111,螺栓孔111用于连接半球形的上封头以及在检测时用于插设导向柱,法兰11具有与该圈螺栓孔111正对的一圈螺栓孔韧带区112。管嘴段筒体101沿其周向间隔地开设有多管嘴13,部分管嘴13用于与进水主管道(图中未示出)相连通、另一部分管嘴13用于与出水主管道(图中未示出)相连通,管嘴13的末端焊接有一圈安全端14,安全端14与进水/出水主管道相焊接,安全端14与管嘴13为异种金属焊接。过渡环段筒体103的内壁上沿其轴向间隔地开设有多导向块16,导向块16与过渡环段筒体103相焊接。压力容器1的基体金属的所有内壁上均焊接有一层用于防腐内部堆焊层。整个压力容器1的役前/在役的检查项包括:a、内部堆焊层扫查;b、过渡环段与各导向块16之间的连接焊缝扫查;c、法兰11的螺栓孔111螺纹扫查;d、管嘴段筒体101与管嘴13之间的连接焊缝扫查;e、管嘴13与安全端14之间的异种金属连接焊缝扫查;f、管嘴段筒体101与堆芯段筒体102之间、堆芯段筒体102与过渡环段筒体103之间的环焊缝扫查;g、过渡环段筒体103与下封头12之间的环焊缝扫查;h、基体金属与内部堆焊层之间的结合区扫查;i、法兰11的螺栓孔韧带区112扫查。。

[0003] 为确定核反应堆压力容器的质量,核电厂和核动力装置的检验规范和大纲中,对压力容器上的各焊缝及筒体、下封头在内的堆焊层等提出了无损检测的强制性要求,并指定分别在投入运行前和运行一定时间间隔后对压力容器实施役前和在役检查。

[0004] 对反应堆压力容器筒体和下封头进行超声检查通常有水浸聚焦检查和接触式检查两大类,其中接触式检查又可分为常规探头检查和相控阵探头检查。其中接触式常规探头必须与压力容器表面保持贴合。而对焊缝的检查需要使多种角度的探头超声波分别从两侧打到焊缝上。

[0005] 现有的检测方案,扫查臂的设计要么其梳状扫查轨迹与反应堆压力容器下封头焊缝的形状不匹配,扫查效率低,要么扫查臂端部的探头与下封头内壁无法贴合。而且 EPR堆型下封头半径与圆筒体半径尺寸有较大差异,现有的设计往往不能兼顾圆筒体和下封头的扫查。

[0006] 上述问题同样也发生在具有类似形状的容器上。

发明内容

[0007] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种机械臂及基于机械臂的检测机器人,以实现弧形和辐射状扫查,提高扫查效率。

[0008] 为实现上述目的,本发明实施例提供一种机械臂,所述机械臂包括第一扫查臂,所述第一扫查臂包括模块化的第一关节、可沿自身轴向伸缩的第二关节及第一探头;

[0009] 所述第一关节的输出轴与所述第二关节的一端连接,用于通过旋转带动所述第二关节摆动;

[0010] 所述第一探头安装于所述第二关节的另一端,用于发送超声波以进行超声检测;

[0011] 或;

[0012] 所述机械臂包括第一扫查臂,所述第一扫查臂包括模块化的第一关节、可沿自身轴向伸缩的第二关节、可绕自身轴心线转动的第三关节及第一探头;所述第三关节的轴心线的延伸方向与所述第二关节的伸缩方向相同;

[0013] 所述第一关节的输出轴与所述第二关节的一端连接,用于通过旋转带动所述第二关节摆动;

[0014] 所述第三关节的一端与所述第二关节的另一端连接;

[0015] 所述第一探头安装于所述第三关节的另一端,用于发送超声波以进行超声检测。

[0016] 优选的,所述机械臂还包括第二扫查臂;

[0017] 所述第二扫查臂包括模块化的可沿自身轴向伸缩的第四关节及第二探头,所述第四关节的一端与所述第一关节的固定座连接,所述第二探头安装于所述第四关节的另一端,用于发送超声波以进行超声检测;

[0018] 或;

[0019] 所述第二扫查臂包括模块化的可沿自身轴向伸缩的第四关节、可绕自身轴心线旋转的第五关节及第二探头;

[0020] 所述第五关节的轴心线的延伸方向与所述第四关节的伸缩方向相同;

[0021] 所述第四关节的一端与所述第一关节的固定座相连,所述第五关节的一端与所述第四关节的另一端连接;所述第二探头安装于所述第五关节的另一端,用于发送超声波以进行超声检测。

[0022] 优选的,所述第一关节包括:第一固定座、安装在所述第一固定座上的第一电机组件、由所述第一电机组件驱动转动的主动链轮、通过链条与所述主动链轮相传动的从动链轮、与所述从动链轮相传动的蜗轮蜗杆二级减速器;

[0023] 所述蜗轮蜗杆二级减速器的输出轴与所述第二关节的一端可拆卸式的连接,用于通过旋转带动所述第二关节摆动。

[0024] 优选的,所述第一关节还包括具有两个第一同步带轮以及连接在所述两个第一同步带轮之间的同步带的第一同步带轮机构和用于检测所述第一同步带轮机构转动角度的第一编码器;

[0025] 其中一个第一同步带轮与所述蜗轮蜗杆二级减速器的输出轴相连,另一个第一同步带轮与所述第一编码器相连。

[0026] 优选的,所述第二关节或所述第四关节包括:

[0027] 依次套设的多个伸缩臂、第二电机组件、与所述第二电机组件相连的齿轮副、与所述齿轮副相连的丝杠螺母以及一端与所述丝杠螺母相连且另一端与最内侧的伸缩臂相连

的丝杠螺杆,所述伸缩臂的轴向与所述丝杠螺杆的轴向相平行;所述第二电机组件驱动所述齿轮副旋转并进而带动所述丝杠螺母旋转;位于两个伸缩臂之间的伸缩臂上设置有两个滑轮且每个所述滑轮上绕设有一段绳,所述每段绳的两端分别固定连接于所述两个伸缩臂的不同端,同一伸缩臂的不同滑轮上的绳的绕设方向相反;

[0028] 所述伸缩臂均具有相对的第一端和第二端;

[0029] 所述第二关节的最外层的伸缩臂的第一端连接于所述第一关节的输出轴,所述第二关节的最内层的伸缩臂的第二端连接于所述第三关节;

[0030] 所述第四关节的最外层的伸缩臂的第一端连接于所述第一关节的固定座,所述第二关节的最内层的伸缩臂的第二端连接于所述第五关节。

[0031] 优选的,所述第二电机组件的电机末端设置有第二编码器;

[0032] 和/或;

[0033] 所述最内侧或最外侧的伸缩臂上设置有感应器,所述电机组件的支撑架上设置有接近开关,所述感应器和所述接近开关用于初始位置、终止位置的标定和限位保护。

[0034] 优选的,所述第三关节或第五关节包括:

[0035] 第二固定座,蜗轮蜗杆副、通过链条驱动所述蜗轮蜗杆副的蜗杆的第三电机组件、与所述蜗轮蜗杆副的蜗轮同轴连接且穿设在所述第二固定座腔体内的转动轴;

[0036] 所述第三关节的第二固定座与第二关节可拆卸式的连接,所述第三关节的转动轴上设有所述第一探头;

[0037] 所述第五关节的第二固定座与第四关节可拆卸式的连接,所述第五关节的转动轴上设有所述第二探头。

[0038] 优选的,所述转动轴通过轴承与所述第二固定座相连,所述轴承采用多层油封进行密封和/或所述固定座的腔体内充有气体。

[0039] 优选的,所述第三关节或第五关节还包括具有两个第二同步带轮及同步带的第二同步带轮机构和第三编码器;所述转动轴通过所述第二同步带轮机构的一个第二同步带轮连接所述第三编码器;

[0040] 和/或;

[0041] 所述第三电机组件的电机末端设置有第四编码器。

[0042] 本发明实施例还提供了一种检测机器人,包上述所述的机械臂;

[0043] 所述检测机器人还包括:可沿自身轴向伸缩的主立柱、一端连接于所述主立柱且另一端可拆卸地连接于被测试的压力容器上的至少两个支撑腿、一端与所述第一关节可拆卸式的连接且另一端与所述主立柱的下部相连并绕所述主立柱的轴向旋转的主旋转关节;

[0044] 所述主立柱的中轴线与被测试的压力容器的轴心线相重合;所述第二关节在所述第一关节输出轴的带动下绕一垂直于所述主立柱轴向的方向摆动。

[0045] 本发明的有益效果:本发明技术方案,通过第一关节带动第二关节进行摆动,并设置第二关节可伸缩,使得末端的探头能够与下封头的内壁相贴合,实现了弧形和辐射状扫查,提高了扫查效率和准确度。第一机械臂和第二机械臂对称布置,第一机械臂既可以用于下封头焊缝扫查又可以用于筒体焊缝扫查。各个关节模块化可拆卸和独立动作有利于现场快速处理故障,第二关节和第四关节结构完全相同,第三关节和第五关节结构完全相同,关节之间互为备用,有利于提高设备整体抵抗故障风险的能力。

附图说明

[0046] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0047] 图1为本发明现有技术中的反应堆压力容器结构图;

[0048] 图2为本发明机械臂的结构图;

[0049] 图3为本发明第一关节的结构图;

[0050] 图4为本发明第二关节的结构图;

[0051] 图5为本发明第三关节的结构图;

[0052] 图6为本发明检测机器人的结构图。

具体实施方式

[0053] 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。

[0054] 实施例一

[0055] 图2为本发明实施例提供的一种机械臂的示意图。其中,该机械臂包括第一扫查臂21,该第一扫查臂21具体包括第一关节23、可沿自身轴向伸缩的第二关节24、可绕自身轴心线旋转的第三关节25及第一探头261;其中,第三关节25的旋转轴心线的延伸方向与第二关节24的轴向相同。

[0056] 上述第一关节23的输出轴与第二关节24的一端连接,输出轴的旋转会带动第二关节24在上下方向摆动。第三关节25的一端与第二关节24的另一端连接;第一探头261安装于第三关节25的另一端,用于发送超声波以进行超声检测。

[0057] 上述方案中,通过设置第二关节的长度,可使得第二关节摆动的弧形轨迹与下封头的形状相吻合,从而实现高效准确的扫查。该设置也同样适用于其他半球形的容器检测中。

[0058] 而可旋转的第三关节的设置,使得探头可以360°旋转,从而只需要一个探头就可以从多个角度向焊缝发送超声波,从而减少了探头的数量。

[0059] 当然,在本发明的其他实施例中,可以不设置可旋转的第三关节,而通过设置多个探头实现从多个角度向焊缝发送超声波。此时,探头261将直接设置在第二关节24上。

[0060] 需要说明的是,上述扫查臂可以用于下封头的扫查,也可以用于筒体的扫查,在用于筒体的扫查时,只需控制第一关节不动作即可。

[0061] 为提高扫查效率,本发明优选实施例中,机械臂同时包括两个扫查臂,其中第一扫查臂与上述实施例中介绍的扫查臂相同,第二扫查臂包括可沿自身轴向伸缩的第四关节27、可绕自身轴心线旋转的第五关节28及第二探头262。其中,第五关节28的旋转轴心线的延伸方向与第四关节27的轴向相同;第四关节的一端可拆卸的连接在第一关节23的固定座

上,第五关节28的一端与第四关节27的另一端连接;第二探头262安装于第五关节28的另一端,用于发送超声波以进行超声检测。

[0062] 与第一扫查臂的不同在于,第二扫查臂的第四关节与第一关节的固定座相连,因此,不会在第一关节的带动下进行摆动。该第二扫查臂主要用于筒体及焊缝的扫查。

[0063] 在该实施例中,可旋转的第五关节可以不设置,而通过设置多个探头262实现从多角度向焊缝发送超声波,此时,探头262直接设置在第四关节27上。

[0064] 需要说明的是,上述具有连接关系的关节之间的连接是可拆卸式的连接,且各关节是模块化的。其中,第二关节和第四关节的结构相同,第三关节和第五关节的结构相同。在其中一些部件出现故障时,可将对应的部件拆卸下来进行重新组装后使用。当然,如果是第二扫查臂出现故障,可以不用重新组装,直接利用第一扫查臂进行筒体的扫查。

[0065] 其中第一关节上可预留连接主旋转关节29(下文将提到)的接口。

[0066] 以下将对上述各关节的具体组成进行介绍:

[0067] 图3示出了第一关节的一种具体组成,其中该第一关节包括固定座(图中未示出)以及安装在固定座上的电机组件31和蜗轮蜗杆二级减速器32;电机组件31通过传动链36、主动链轮35、张紧链轮37、从动链轮321带动蜗轮蜗杆二级减速器32运动;其中蜗轮蜗杆二级减速器32的输出轴322与第二关节的一端连接,用于通过旋转带动第二关节摆动。

[0068] 其中,蜗轮蜗杆二级减速器32具有大减速比,使得第一扫查臂具有大扭矩,经实验,能够承担1500NM的摆动扭矩。

[0069] 为对输出轴的旋转角度进行测量以随时进行控制,本发明中第一关节还包括具有两个同步带轮331、332以及连接在两个同步带轮之间的同步带333的同步带轮机构和用于检测同步带轮机构转动角度的编码器34。其中同步带轮331与蜗轮蜗杆二级减速器的输出轴322相连,同步带轮332与编码器34相连。这样编码器就能够对同步带轮332的旋转角度进行测量,从而能够得到输出轴322的旋转角度。

[0070] 由于蜗轮蜗杆具有大减速比,上述结构能够实现机械自锁,从而避免了在断电状态下扫查臂的自然下垂带来的危险。

[0071] 图4示出了第二关节(或第四关节)的一种具体结构。参见图4,该第二关节具体包括:

[0072] 依次套设的三层方管(即内筒板45、中筒板46、外筒板47)、设于支撑架49上的电机组件41、与电机组件41相连的齿轮副42、与齿轮副42相连的丝杠螺母43以及一端与丝杠螺母43相连且另一端与内筒板45相连的丝杠螺杆44;电机组件41驱动齿轮副42旋转并进而带动丝杠螺母43旋转。丝杠螺母43的旋转会带动丝杠螺杆44的直线运动,进而带动与丝杠螺杆44相连的内筒板同步直线运动。

[0073] 其中,中筒板46上设置有两个滑轮481、482,且两个滑轮上分别缠绕有钢丝绳,两端钢丝绳的饶舌方向相反。两段钢丝绳的两端均一端固定在内筒板45上,另一端固定在外筒板47上。其固定端如图4中所示的484处。

[0074] 上述内筒板45的一端与第三关节25的固定座相连,外筒板相对的一端与第一关节23的输出轴相连。

[0075] 与第二关节的不同在于,第四关节的最外层的伸缩臂的一端连接于所述第一关节的固定座,第二关节的最内层的伸缩臂的相对一端连接于所述第五关节。

[0076] 当然,在本发明中,可以设置多层方管,多层方管之间通过设于其上直线导轨和滚轮以及缠绕在滚轮上的绳(如钢丝绳)作同步直线运动。

[0077] 在本发明的优选实施例中,可以在第二关节的电机组件41的电机末端设置编码器,以测量电机的转动角度。

[0078] 另外,为进行限位保护,可以在内筒板上设置感应器,在支撑架上设置接近开关,以标定初始位置和终止位置,进而进行限位。

[0079] 图5示出了第三关节(或第五关节)的一种具体结构。如图5所示,该第三关节具体包括:

[0080] 与第二关节可拆卸式连接的固定座51,蜗轮蜗杆副54、通过链传动55与蜗轮蜗杆副54的蜗杆连接的电机组件53、与蜗轮蜗杆副44的位于固定座内腔中的蜗轮同轴连接且穿设在所述第二固定座腔体内的转动轴52,电机组件53、蜗轮蜗杆副54和转动轴52安装在固定座51上。电机组件53通过链传动55带动蜗杆旋转,进而驱动蜗轮绕轴线转动。蜗轮与转动轴52相固定连接,此时,转动轴52相对于固定座51旋转。

[0081] 为保证第三关节能够在水下应用,在用于连接固定座51与转动轴52的轴承处采用多层油封进行动密封,同时在固定座51腔体内接入气压进行气密封。

[0082] 转动轴52上可设置有同步带轮机构56,通过同步带轮机构56连接一个编码器57,编码器57用于反馈转动轴52的角度位置信息。本发明中,还可以在电机组件53的电机尾端设置有一个编码器用于第三关节的位置和速度控制。

[0083] 基于上述实施例介绍的机械臂,本发明还提供了一种检测机器人。如图6所示,该检测机器人包括上述所述的机械臂,具体为第一扫查臂65和第二扫查臂66。还包括可沿自身轴向伸缩的主立柱61、一端连接于主立柱61且另一端可拆卸地连接于被测试的压力容器以主立柱的中轴线与被测试的压力容器的轴心线相重合的至少两个支撑腿62、一端与所述第一关节可拆卸式的连接且另一端与主立柱61的下部相连并绕主立柱61的轴向旋转的主旋转关节64;主立柱61的轴向与主旋转关节64的旋转轴心线的延伸方向一致。第二关节在第一关节输出轴的带动下绕一垂直于主立柱61轴向的方向摆动

[0084] 以下介绍几种具体的检测方式:

[0085] 1、核反应堆压力容器(RPV)筒体-内部堆焊层

[0086] RPV筒体-内部堆焊层检查主要由第一关节、第二关节、第四关节、第三关节和第五关节几个运动轴定位至指定姿态,然后,由主立柱和主旋转关节两个运动轴联合运动实现全范围扫查。内部堆焊层沿RPV轴线最深位置为10532.5mm,半径方向最大值为 $R=2442.5\text{mm}$,周向扫查角度要求 361° (检查程序规定有 1° 的重叠区域)。主立柱和主旋转关节的运动行程范围可以覆盖检查区域。反应堆压力容器无损检测机器人可以满足检查该区域的要求。此外,扫查运动轴的速度和精度也满足检查程序要求。

[0087] 2、RPV筒体-过渡环段与其内部径向导向块连接焊缝

[0088] 与RPV筒体-内部堆焊层检查类似,RPV筒体-过渡环段与其内部径向导向块连接焊缝主要由第一关节、第二关节、第四关节、第三关节和第五关节几个运动轴定位至指定姿态,然后,由主立柱和主旋转关节两个运动轴联合运动实现全范围扫查。导向块连接焊缝沿RPV轴线最深位置小于9米,半径方向最大值为 $R=2442.5\text{mm}$,周向 361° (检查程序规定有 1° 的重叠区域)。主立柱和主旋转关节的运动范围可以覆盖检查区域。反应堆压力容器无损检测

机器人可以满足检查该区域的要求。第二关节、第四关节有足够的行程,确保检查末端可以缩回导向块内部,实现避障。此外,扫查运动轴的速度和精度也满足检查程序要求。

[0089] 3、RPV筒体-各直段之间的环焊缝

[0090] RPV筒体-各直段之间的检查主要由第一关节、第二关节、第四关节、第三关节和第五关节几个运动轴定位至指定姿态,然后,由主立柱和主旋转关节两个运动轴联合运动实现全范围扫查。各直段之间的环焊缝沿RPV轴线位置分别为3440mm、5782mm和8144mm,半径方向最大值为 $R=2442.5\text{mm}$,周向扫查角度要求 361° (检查程序规定有 1° 的重叠区域)。“主立柱和主旋转关节的运动行程范围可以覆盖检查区域。反应堆压力容器无损检测机器人可以满足检查该区域的要求。此外,扫查运动轴的速度和精度也满足检查程序要求。因此,机器人能够满足RPV筒体-各直段之间的环焊缝的检查需求。

[0091] 4、过渡环段与下封头之间的环焊缝

[0092] 过渡环段与下封头之间的环焊缝的检查主要由下封头扫查臂(第一扫查臂)来完成。

[0093] 主立柱、第二关节、第五关节几个运动轴定位至指定姿态,然后,由主旋转关节和第一关节两个运动轴联合运动实现全范围扫查。过渡环段与下封头之间的环焊缝的理论中心沿RPV轴线位置为8466.8mm,下封头半径值为 $R=2695\text{mm}$,周向扫查角度要求 361° (检查程序规定有 1° 的重叠区域)。主立柱和主旋转关节的运动行程范围可以覆盖检查区域,下封头扫查臂的长度满足 $R=2695\text{mm}$ 的长度要求。反应堆压力容器无损检测机器人可以满足检查该区域的要求。此外,扫查运动轴的速度和精度也满足检查程序要求。因此,机器人能够满足过渡环段与下封头之间的环焊缝的检查需求。

[0094] 5、堆焊层与基体金属结合区

[0095] 堆焊层与基体金属结合区与RPV本体-内部堆焊层检查区域完全相同,主要由筒体扫查臂(第二扫查臂)和下封头扫查臂(第一扫查臂)180度对称布置,并行检查实现。

[0096] 堆焊层与基体金属结合区主要由第一关节、第二关节、第四关节、第三关节和第五关节几个运动轴定位至指定姿态,然后,由主立柱和主旋转关节两个运动轴联合运动实现全范围扫查。堆焊层与基体金属结合区沿RPV轴线最深位置为10532.5mm,半径方向最大值为 $R=2442.5\text{mm}$,周向扫查角度要求 361° (检查程序规定有 1° 的重叠区域)。主立柱和主旋转关节的运动行程范围可以覆盖检查区域。反应堆压力容器无损检测机器人可以满足检查该区域的要求。此外,扫查运动轴的速度和精度也满足检查程序要求。

[0097] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

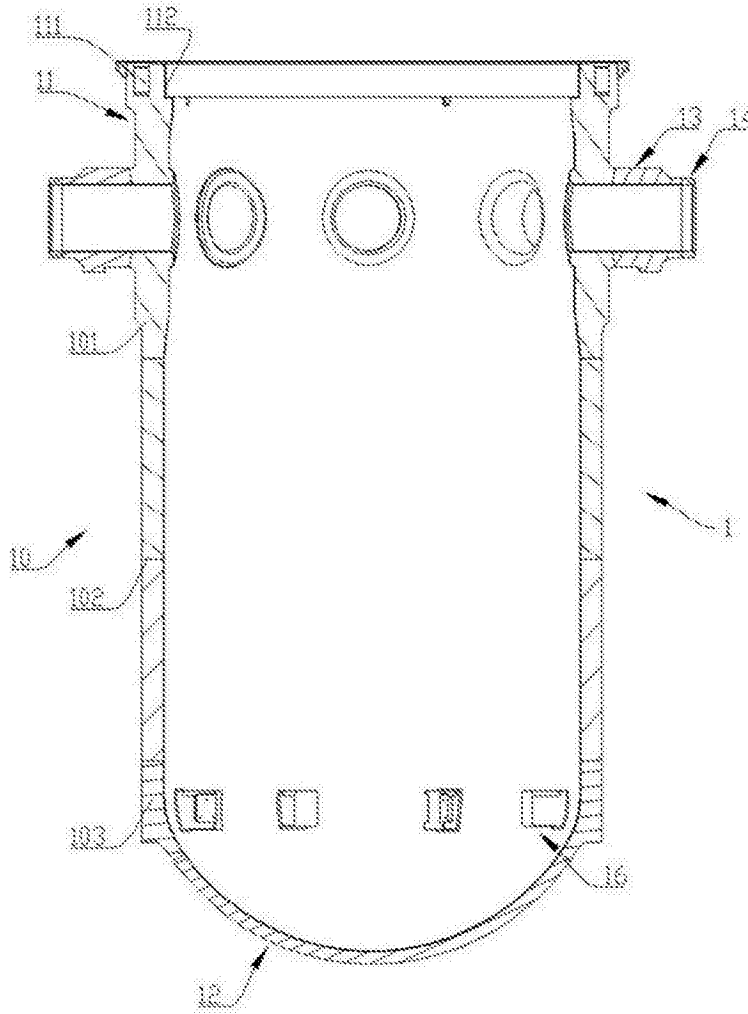


图1

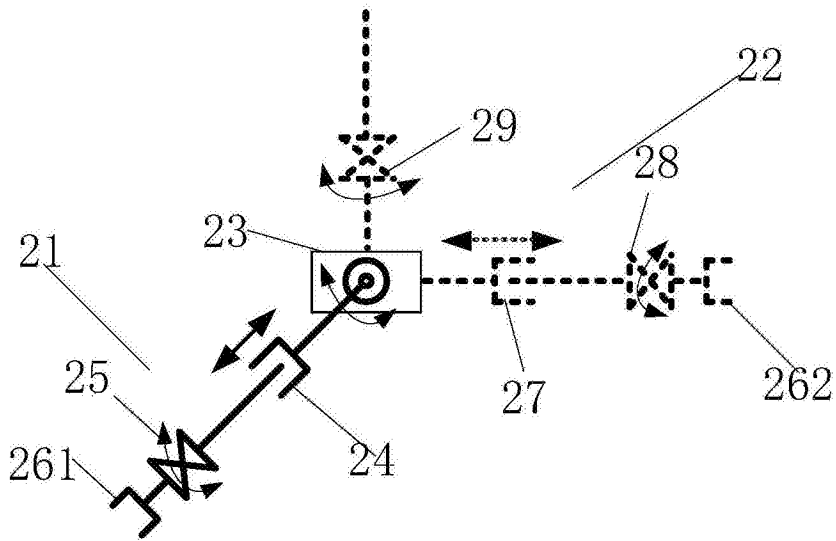


图2

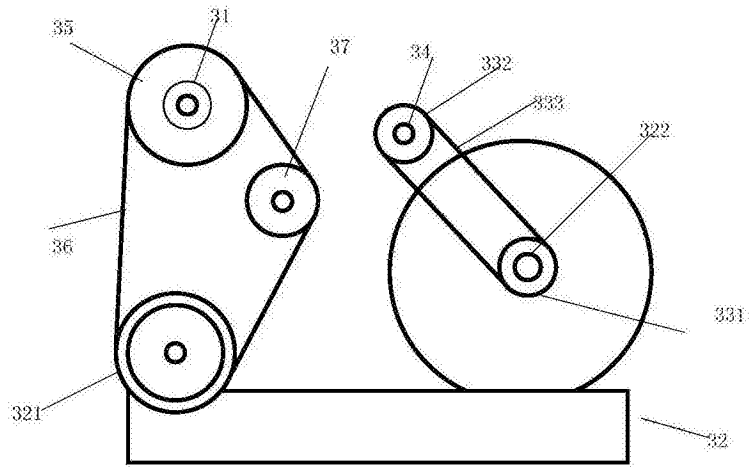


图3

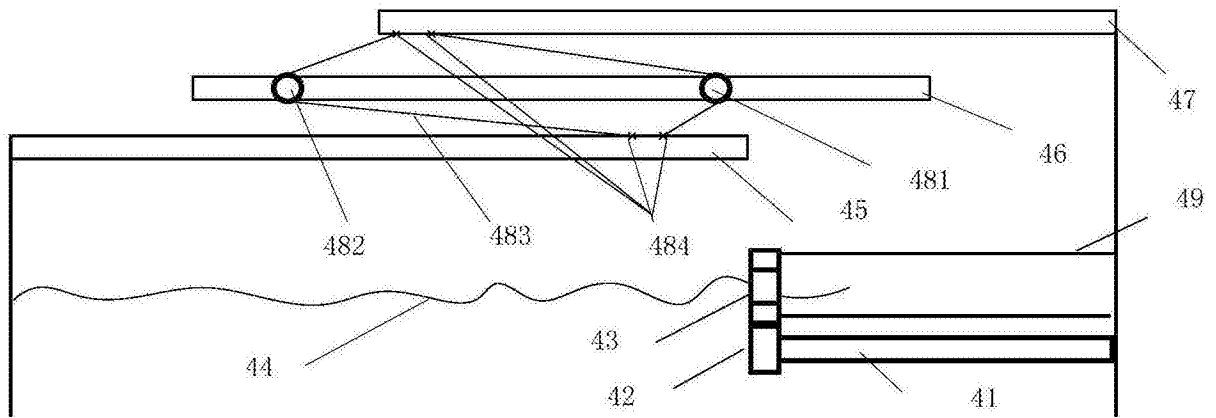


图4

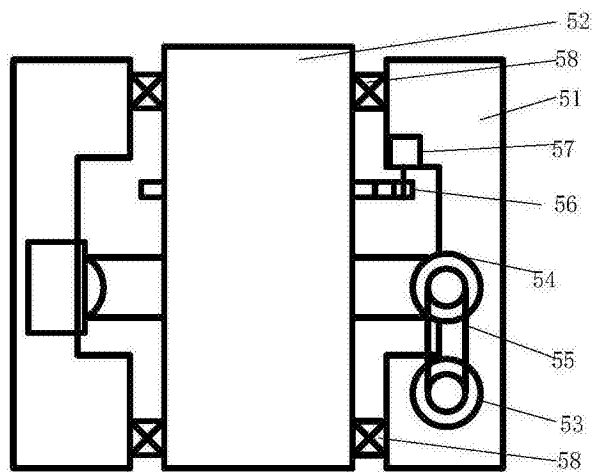


图5

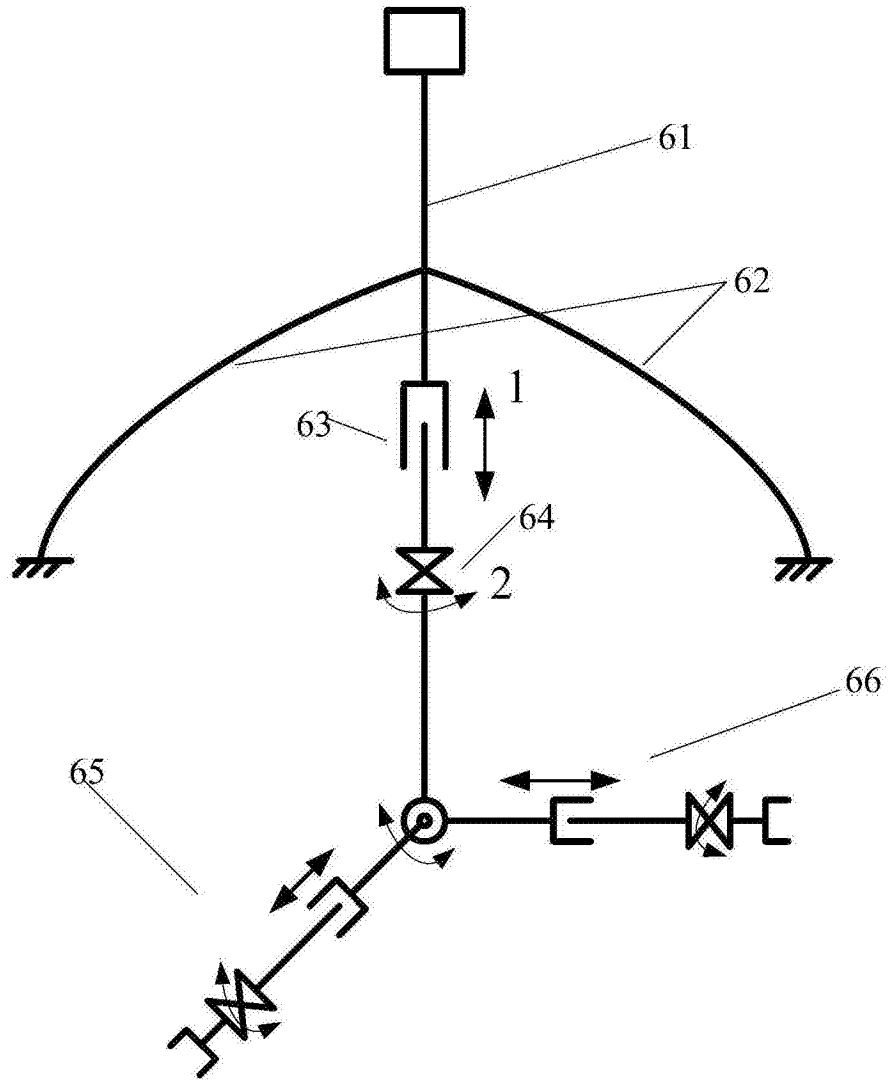


图6