



(10)授权公告号 CN 106475364 B

(45)授权公告日 2018.10.26

(21)申请号 201611189296.1

(22)申请日 2016.12.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106475364 A

(43)申请公布日 2017.03.08

(73)专利权人 中国海洋石油总公司

地址 100010 北京市东城区朝阳门北大街
25号中海油大厦

专利权人 中海油能源发展股份有限公司
中海油能源发展装备技术有限公司
浙江大学

(72)发明人 寿志成 杨灿军 范锦昌 张小康
张理匡 邱卫忠 李冬翌 黄政明
江平

(74)专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 王小荣

(51)Int.Cl.

B08B 9/023(2006.01)

审查员 刘健

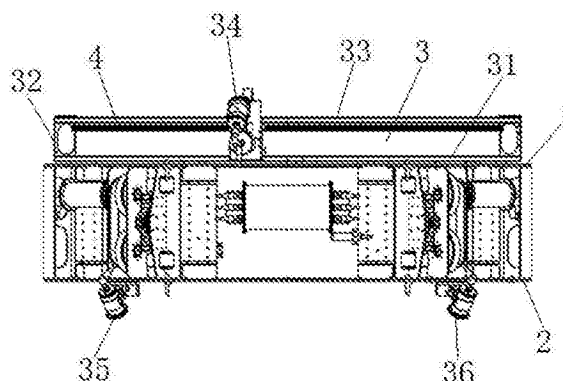
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人

(57)摘要

本发明涉及一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人,该机器人包括机器人行走单元以及设置在机器人行走单元上的移动式清理单元,机器人行走单元包括相互平行设置的上弧形固定板、下弧形固定板以及分别设置在上弧形固定板与下弧形固定板之间的悬磁吸附组件、行走驱动机构及抬升机构,移动式清理单元包括设置在上弧形固定板上的弧形固定支架、设置在弧形固定支架上的弧形齿条以及沿周向移动设置在弧形固定支架上并与弧形齿条相啮合的空化水喷射机构。与现有技术相比,本发明采用空化水射流的方式对水下钢结构管道外表面的海生物进行清理,清理效率高,清理成本低,工作稳定,便于拆装,安全性好,应用范围广。



1. 一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人, 其特征在于, 该机器人包括机器人行走单元以及设置在机器人行走单元上的移动式清理单元, 所述的机器人行走单元包括相互平行设置的上弧形固定板(1)、下弧形固定板(2)以及分别设置在上弧形固定板(1)与下弧形固定板(2)之间的悬磁吸附组件、行走驱动机构及抬升机构, 所述的移动式清理单元包括设置在上弧形固定板(1)上的弧形固定支架(3)、设置在弧形固定支架(3)上的弧形齿条(4)以及沿周向移动设置在弧形固定支架(3)上并与弧形齿条(4)相啮合的空化水喷射机构, 所述的机器人通过悬磁吸附组件吸附在管道表面, 在行走驱动机构的作用下沿管道轴向运动, 并由空化水喷射机构除去管道外表面的海生物;

所述的上弧形固定板(1)与下弧形固定板(2)之间还设有主电路腔固定板, 该主电路腔固定板上设有用于监测机器人位置的液位变送器。

2. 根据权利要求1所述的一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人, 其特征在于, 所述的悬磁吸附组件包括多个沿周向分别布设在上弧形固定板(1)与下弧形固定板(2)之间的永磁块组(37), 所述的永磁块组(37)与管道表面相连一侧的磁场强度大于背离管道表面一侧的磁场强度。

3. 根据权利要求1所述的一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人, 其特征在于, 所述的行走驱动机构包括并列设置在上弧形固定板(1)与下弧形固定板(2)之间的第一轴向行走轮安装板(5)、第二轴向行走轮安装板(6)、设置在第一轴向行走轮安装板(5)与第二轴向行走轮安装板(6)之间的轴向行走轮(7)、设置在第二轴向行走轮安装板(6)外侧的轴向行走轮步进电机安装筒(8)以及设置在轴向行走轮步进电机安装筒(8)内并与轴向行走轮(7)传动连接的轴向行走轮步进电机(9)。

4. 根据权利要求3所述的一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人, 其特征在于, 所述的轴向行走轮步进电机安装筒(8)上设有第一水密接插件(10)。

5. 根据权利要求1所述的一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人, 其特征在于, 所述的抬升机构包括设置在上弧形固定板(1)与下弧形固定板(2)之间的抬升机构连接座(11)、一对沿上弧形固定板(1)与下弧形固定板(2)的径向分别设置在抬升机构连接座(11)上的丝杠固定块(12)、设置在两丝杠固定块(12)之间的丝杠(13)、移动设置在丝杠(13)上并位于两丝杠固定块(12)之间的丝杆螺母(14)、固定设置在丝杆螺母(14)上的径向抬升轮安装架(15)以及设置在径向抬升轮安装架(15)上的径向抬升轮(16)。

6. 根据权利要求5所述的一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人, 其特征在于, 所述的抬升机构连接座(11)上还设有与丝杠(13)相平行的导轨(17)以及滑动设置在导轨(17)上并与径向抬升轮安装架(15)固定连接的滑块(18)。

7. 根据权利要求1所述的一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人, 其特征在于, 所述的弧形固定支架(3)包括设置在上弧形固定板(1)上的下弧形固定支架(31)、一对分别设置在下弧形固定支架(31)两端的弧形固定支架连接板(32)以及设置在两弧形固定支架连接板(32)之间并位于下弧形固定支架(31)上方的上弧形固定支架(33), 所述的弧形齿条(4)设置在上弧形固定支架(33)与下弧形固定支架(31)之间并与弧形固定支架连接板(32)固定连接。

8. 根据权利要求7所述的一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人, 其特征在于, 所述的空化水喷射机构包括设置在上弧形固定支架(33)与下弧形固定支架(31)之

间的滚轮连接架(19)、分别设置在滚轮连接架(19)上下两端的上滚轮组件、下滚轮组件、设置在上滚轮组件与下滚轮组件之间并与弧形齿条(4)相啮合的周向直齿轮驱动组件、设置在滚轮连接架(19)上的空化水喷嘴连接板(24)以及设置在空化水喷嘴连接板(24)上的空化水喷嘴(25)。

9. 根据权利要求8所述的一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人,其特征在于,

所述的上滚轮组件包括设置在滚轮连接架(19)上端的上滚轮固定板(20)以及分别设置在上滚轮固定板(20)上的外上滚轮(21)、内上滚轮(29),所述的内上滚轮(29)及外上滚轮(21)分别位于上弧形固定支架(33)的内外两端并可沿上弧形固定支架(33)的端面滚动;

所述的下滚轮组件包括设置在滚轮连接架(19)下端的下滚轮固定板(22)以及分别设置在下滚轮固定板(22)上的外下滚轮(23)、内下滚轮(30),所述的内下滚轮(30)及外下滚轮(23)分别位于下弧形固定支架(31)的内外两端并可沿下弧形固定支架(31)的端面滚动;

所述的周向直齿轮驱动组件包括设置在滚轮连接架(19)上的周向直齿轮步进电机安装筒(26)、设置在周向直齿轮步进电机安装筒(26)内的周向直齿轮步进电机(27)以及与周向直齿轮步进电机(27)传动连接并与弧形齿条(4)相啮合的周向直齿轮(28)。

10. 根据权利要求1至9任一项所述的一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人,其特征在于,该机器人还包括设置在空化水喷射机构上的第一水下摄像头(34)以及对称设置在下弧形固定板(2)上的第二水下摄像头(35)、第三水下摄像头(36)。

一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人

技术领域

[0001] 本发明属于海洋平台海生物清理技术领域,涉及一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人。

背景技术

[0002] 随着海洋资源的广泛利用,世界上海洋平台的数量不断增加。在海平面±5m的范围内,由于潮涨潮汐的影响,海洋平台中钢结构管道的外表面会周期性地接触空气和海水,使得许多海生物在钢结构管道外表面快速繁殖、生长,例如海蛎子、藤壶等,这些海生物不仅增加了海洋平台的重量,也使得海洋平台受海流的作用面积增大,产生了巨大的安全隐患,因此,必须定期清理钢结构管道外表面的海生物。

[0003] 目前,普遍采用的水下钢结构管道外表面海生物清理方式为人工水下清理,即由潜水员潜入水下,利用携带的喷砂工具打磨管道外表面,以清理管道外表面的海生物。该方式存在如下弊端:

[0004] (1)潜水员存在人身安全隐患,随时可能会有危险发生;

[0005] (2)受天气及海洋状况的影响较大,天气及海况稍有变化,便无法开展清理工作,使得该方式在应用时具有较大局限性;

[0006] (3)海洋平台的水下钢结构管道交错布设,管架结构复杂,使得人工清理的工作量极大;

[0007] (4)喷砂时,在清理掉海生物的同时也会破坏管道外表面的保护层,必须重新上漆才能防止腐蚀,因此加大了后续的工作量,增加了维护成本;

[0008] (5)喷砂清理方式还会加重海洋平台上的灰尘污染和噪声污染。

[0009] 申请公布号为CN103883840A的中国发明专利公开了一种管道防腐层清理机器人,该管道防腐层清理机器人包括:管架体,其中,管架体由截面为半圆的两个管体对接而成,在管架体内设置第一架体和第二架体;驱动组设置在第一架体上;清理机构,设置在第二架体上;打磨机构,设置在第二架体上,且与清理机构相对设置;控制机构,设置在管架体上。上述专利公布的技术方案中,管道防腐层清理机器人能够在一定程度上减轻人工清理的工作量,但其需要预先将两个半圆的管体套设在管道外表面,并通过销轴连接形成管架体,安装与拆卸不便,且不适用于水下工作,无法对水下钢结构管道外表面海生物进行清理。

发明内容

[0010] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种灵活性好且易于拆装的环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人。

[0011] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0012] 一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人,该机器人包括机器人行走单元以及设置在机器人行走单元上的移动式清理单元,所述的机器人行走单元包括相互平行设置的上弧形固定板、下弧形固定板以及分别设置在上弧形固定板与下弧形固定板之间

的悬磁吸附组件、行走驱动机构及抬升机构,所述的移动式清理单元包括设置在上弧形固定板上的弧形固定支架、设置在弧形固定支架上的弧形齿条以及沿周向移动设置在弧形固定支架上并与弧形齿条相啮合的空化水喷射机构,所述的机器人通过悬磁吸附组件吸附在管道表面,在行走驱动机构的作用下沿管道轴向运动,并由空化水喷射机构除去管道外表面的海生物。抬升机构便于将机器人从管道表面取下。

[0013] 上弧形固定板与下弧形固定板的两端通过侧边框相连,上弧形固定板与下弧形固定板之间还设有主电路腔固定板以及分别设置在主电路腔固定板上的主电路腔、线缆固定座,主电路腔内部设有主控板及分别控制各个步进电机的步进电机驱动器,主控板包含一个姿态传感器,用于监测机器人的姿态,并对轴向行走轮的转速进行反馈控制。所述的主电路腔固定板上还设有用于监测机器人位置的液位变送器。

[0014] 所述的悬磁吸附组件包括多个沿周向分别布设在上弧形固定板与下弧形固定板之间的永磁块组,所述的永磁块组与管道表面相连一侧的磁场强度大于背离管道表面一侧的磁场强度。

[0015] 作为优选的技术方案,所述的永磁块组中,沿轴向依次相连的多个永磁块的磁化方向按照“右、下、左、上”的顺序依次循环排列,使永磁块组靠近管道表面的一侧的磁场强度较大,使机器人能够吸附在管道表面,同时,永磁块组背离管道表面的一侧磁场强度较小,降低了永磁块组对管道以外的其它铁质物体的吸引力,避免水中的杂物吸附在机器人上影响机器人的正常工作,因而提高了安全性。

[0016] 作为优选的技术方案,所述的悬磁吸附组件包括6个沿周向分别布设在上弧形固定板与下弧形固定板之间的永磁块组,且左边3个永磁块组与右边3个永磁块组关于上弧形固定板与下弧形固定板的竖直中轴线对称设置,6个永磁块组中,最左端的永磁块组与最右端的永磁块组分别设置在上弧形固定板与下弧形固定板之间的左右两端,其它的4个永磁块组集中分布在上弧形固定板与下弧形固定板之间的中部。

[0017] 所述的行走驱动机构包括并列设置在上弧形固定板与下弧形固定板之间的第一轴向行走轮安装板、第二轴向行走轮安装板、设置在第一轴向行走轮安装板与第二轴向行走轮安装板之间的轴向行走轮、设置在第二轴向行走轮安装板外侧的轴向行走轮步进电机安装筒以及设置在轴向行走轮步进电机安装筒内并与轴向行走轮传动连接的轴向行走轮步进电机。轴向行走轮步进电机带动轴向行走轮在管道外表面沿轴向前进或后退,轴向行走轮步进电机安装筒将轴向行走轮步进电机密封在内部,防止轴向行走轮步进电机中进水而影响正常工作。

[0018] 作为优选的技术方案,所述的行走驱动机构共设有两个,并关于上弧形固定板与下弧形固定板的竖直中轴线对称设置,以保证轴向运动的平衡稳定。

[0019] 所述的轴向行走轮步进电机安装筒上设有第一水密接插件。轴向行走轮步进电机通过第一水密接插件与轴向行走轮步进电机安装筒外部的导线连接,以传递电源和信号,保证了水密性,能够有效地防止电机进水。

[0020] 所述的抬升机构包括设置在上弧形固定板与下弧形固定板之间的抬升机构连接座、一对沿上弧形固定板与下弧形固定板的径向分别设置在抬升机构连接座上的丝杠固定块、设置在两丝杠固定块之间的丝杠、移动设置在丝杠上并位于两丝杠固定块之间的丝杆螺母、固定设置在丝杆螺母上的径向抬升轮安装架以及设置在径向抬升轮安装架上的径向

抬升轮。丝杠的转动带动丝杆螺母沿上弧形固定板与下弧形固定板的径向运动,带动径向抬升轮安装架上的径向抬升轮沿径向运动并逐渐接触管道外表面,之后顶在管道外表面上,并将机器人抬起,使永磁块组脱离管道外表面,便于将机器人从管道外表面取下。

[0021] 作为优选的技术方案,所述的抬升机构共设有两个,并关于上弧形固定板与下弧形固定板的竖直中轴线对称设置,以保证机器人抬升时的平稳和高效。

[0022] 作为优选的技术方案,所述的径向抬升轮安装架上还设有防腐锌块。

[0023] 所述的抬升机构连接座上还设有与丝杠相平行的导轨以及滑动设置在导轨上并与径向抬升轮安装架固定连接的滑块。滑块上开设有圆柱形凹槽,滑块通过圆柱形凹槽套设在导轨上,并可沿导轨滑动。径向抬升轮安装架上的滑块与丝杆螺母同步运动,保持径向抬升轮安装架及径向抬升轮的稳定运动。

[0024] 所述的弧形固定支架包括设置在上弧形固定板上的下弧形固定支架、一对分别设置在下弧形固定支架两端的弧形固定支架连接板以及设置在两弧形固定支架连接板之间并位于下弧形固定支架上方的上弧形固定支架,所述的弧形齿条设置在上弧形固定支架与下弧形固定支架之间并与弧形固定支架连接板固定连接。两个弧形固定支架连接板能够对空化水喷射机构进行周向限位。

[0025] 所述的空化水喷射机构包括设置在上弧形固定支架与下弧形固定支架之间的滚轮连接架、分别设置在滚轮连接架上下两端的上滚轮组件、下滚轮组件、设置在上滚轮组件与下滚轮组件之间并与弧形齿条相啮合的周向直齿轮驱动组件、设置在滚轮连接架上的空化水喷嘴连接板以及设置在空化水喷嘴连接板上的空化水喷嘴。空化水喷嘴通过高压水管与空化水水源连接,由空化水喷嘴喷射出的空化水对管道外表面的海生物进行清理。其中,空化水射流是一种高效的高压水射流,利用了水力机械“汽蚀”的原理,通过人为地在水射流流束内制造许多空泡,利用空泡破裂所产生的强大冲击力来增强射流的作用效果。空化水的水压优选为16Mpa,空化水喷嘴的出口直径优选为1.5mm。

[0026] 所述的上滚轮组件包括设置在滚轮连接架上端的上滚轮固定板以及分别设置在上滚轮固定板上的外上滚轮、内上滚轮,所述的内上滚轮及外上滚轮分别位于上弧形固定支架的内外两端并可沿上弧形固定支架的端面滚动;

[0027] 所述的下滚轮组件包括设置在滚轮连接架下端的下滚轮固定板以及分别设置在下滚轮固定板上的外下滚轮、内下滚轮,所述的内下滚轮及外下滚轮分别位于下弧形固定支架的内外两端并可沿下弧形固定支架的端面滚动;

[0028] 所述的周向直齿轮驱动组件包括设置在滚轮连接架上的周向直齿轮步进电机安装筒、设置在周向直齿轮步进电机安装筒内的周向直齿轮步进电机以及与周向直齿轮步进电机传动连接并与弧形齿条相啮合的周向直齿轮。周向直齿轮步进电机带动周向直齿轮在弧形齿条表面沿着弧形齿条的周向移动,使空化水喷嘴能够对管道外表面的各个区域均匀喷射空化水,保证对管道外表面各个区域的海生物均进行清理。在周向直齿轮移动的过程中,内上滚轮及外上滚轮分别沿着上弧形固定支架的内端面或外端面滚动,内下滚轮及外下滚轮分别沿着下弧形固定支架的内端面或外端面滚动,保持空化水喷射机构运动时的平衡并能够将空化水喷射机构移动设置在弧形固定支架上。

[0029] 所述的周向直齿轮步进电机安装筒上设有第二水密接插件。

[0030] 空化水喷射机构的两侧还设有轴向密毛刷及径向密毛刷,用于及时清理海水中进

入移动式清理单元中的杂物,保证移动式清理单元的稳定流畅工作。

[0031] 该装置还包括设置在空化水喷射机构上的第一水下摄像头以及对称设置在下弧形固定板上的第二水下摄像头、第三水下摄像头。第一水下摄像头能够对空化水喷射机构周围的水下环境及前方待清理区域进行实时监控,第二水下摄像头及第三水下摄像头能够对机器人后方周围的水下环境及已清理区域进行实时监控,保证清理效果以及清理过程的安全性,并根据实际情况控制清理的进程。第一水下摄像头通过第一水下摄像头固定架设置在空化水喷射机构上,第二水下摄像头及第三水下摄像头分别通过第二水下摄像头固定架、第三水下摄像头固定架设置在下弧形固定板上。

[0032] 本发明在实际应用时,将机器人套设在管道外部,并通过悬磁吸附组件吸附在管道外表面,行走驱动机构带动机器人沿管道轴向运动,同时空化水喷射机构沿管道周向往复移动,对管道外表面的海生物进行清理;清理结束后,抬升机构中的径向抬升轮沿径向移动并顶在管道外表面,将机器人抬起,使悬磁吸附组件脱离管道外表面,即可将机器人从管道表面取下。

[0033] 与现有技术相比,本发明具有以下特点:

[0034] 1) 采用空化水射流的方式对水下钢结构管道外表面的海生物进行清理,具有比传统机械清理更高的清理效率,并比高压水射流更加节能,更加适应水下作业环境,不仅减少了潜水员的工作量,同时降低了潜水员人工清理的安全隐患,并能够适用于各种天气及海况,应用范围广,清理效果好,清理成本低;

[0035] 2) 上弧形固定板、下弧形固定板及弧形固定支架形成的环抱式结构与管道的曲率相适配,能够使机器人与管道外表面良好贴合,并通过悬磁吸附组件将机器人吸附在管道外表面,保证了机器人工作的稳定性和安全性,避免发生侧翻;

[0036] 3) 空化水喷射机构与弧形齿条相啮合,便于沿管道周向往复移动,减少了行走驱动机构的工作量,提高了清理效率和工作稳定性;

[0037] 4) 悬磁吸附组件与抬升机构相配合,既能够保证机器人与管道表面的强吸附力,提高工作稳定性,又便于将机器人轻松地从管道表面取下,灵活性好。

附图说明

[0038] 图1为实施例中机器人的整体结构示意图;

[0039] 图2为实施例中机器人的俯视结构示意图;

[0040] 图3为实施例中悬磁吸附组件的结构示意图;

[0041] 图4为实施例中永磁块组的磁化方向排列示意图;

[0042] 图5为实施例中行走驱动机构的结构示意图;

[0043] 图6为实施例中抬升机构的结构示意图;

[0044] 图7为实施例中空化水喷射机构的结构示意图;

[0045] 图8为实施例中空化水喷射机构的俯视结构示意图;

[0046] 图9为实施例中空化水喷射机构的右视结构示意图;

[0047] 图中标记说明:

[0048] 1—上弧形固定板、2—下弧形固定板、3—弧形固定支架、4—弧形齿条、5—第一轴向行走轮安装板、6—第二轴向行走轮安装板、7—轴向行走轮、8—轴向行走轮步进电机安

装筒、9—轴向行走轮步进电机、10—第一水密接插件、11—抬升机构连接座、12—丝杠固定块、13—丝杠、14—丝杆螺母、15—径向抬升轮安装架、16—径向抬升轮、17—导轨、18—滑块、19—滚轮连接架、20—上滚轮固定板、21—外上滚轮、22—下滚轮固定板、23—外下滚轮、24—空化水喷嘴连接板、25—空化水喷嘴、26—周向直齿轮步进电机安装筒、27—周向直齿轮步进电机、28—周向直齿轮、29—内上滚轮、30—内下滚轮、31—下弧形固定支架、32—弧形固定支架连接板、33—上弧形固定支架、34—第一水下摄像头、35—第二水下摄像头、36—第三水下摄像头、37—永磁块组。

具体实施方式

[0049] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0050] 实施例:

[0051] 如图1-2所示的一种环抱式水下钢结构管道外表面海生物清理机器人,该机器人包括机器人行走单元以及设置在机器人行走单元上的移动式清理单元,机器人行走单元包括相互平行设置的上弧形固定板1、下弧形固定板2以及分别设置在上弧形固定板1与下弧形固定板2之间的悬磁吸附组件、行走驱动机构及抬升机构,移动式清理单元包括设置在上弧形固定板1上的弧形固定支架3、设置在弧形固定支架3上的弧形齿条4以及沿周向移动设置在弧形固定支架3上并与弧形齿条4相啮合的空化水喷射机构,该装置还包括设置在空化水喷射机构上的第一水下摄像头34以及对称设置在下弧形固定板2上的第二水下摄像头35、第三水下摄像头36。机器人通过悬磁吸附组件吸附在管道表面,在行走驱动机构的作用下沿管道轴向运动,并由空化水喷射机构除去管道外表面的海生物。

[0052] 如图3所示,悬磁吸附组件包括多个沿周向分别布设在上弧形固定板1与下弧形固定板2之间的永磁块组37,永磁块组37与管道表面相连一侧的磁场强度大于背离管道表面一侧的磁场强度,永磁块组37的磁化方向排列如图4所示。

[0053] 如图5所示,行走驱动机构包括并列设置在上弧形固定板1与下弧形固定板2之间的第一轴向行走轮安装板5、第二轴向行走轮安装板6、设置在第一轴向行走轮安装板5与第二轴向行走轮安装板6之间的轴向行走轮7、设置在第二轴向行走轮安装板6外侧的轴向行走轮步进电机安装筒8以及设置在轴向行走轮步进电机安装筒8内并与轴向行走轮7传动连接的轴向行走轮步进电机9。轴向行走轮步进电机安装筒8上设有第一水密接插件10。

[0054] 如图6所示,抬升机构包括设置在上弧形固定板1与下弧形固定板2之间的抬升机构连接座11、一对沿上弧形固定板1与下弧形固定板2的径向分别设置在抬升机构连接座11上的丝杠固定块12、设置在两丝杠固定块12之间的丝杠13、移动设置在丝杠13上并位于两丝杠固定块12之间的丝杆螺母14、固定设置在丝杆螺母14上的径向抬升轮安装架15以及设置在径向抬升轮安装架15上的径向抬升轮16。抬升机构连接座11上还设有与丝杠13相平行的导轨17以及滑动设置在导轨17上并与径向抬升轮安装架15固定连接的滑块18。

[0055] 弧形固定支架3包括设置在上弧形固定板1上的下弧形固定支架31、一对分别设置在下弧形固定支架31两端的弧形固定支架连接板32以及设置在两弧形固定支架连接板32之间并位于下弧形固定支架31上方的上弧形固定支架33,弧形齿条4设置在上弧形固定支

架33与下弧形固定支架31之间并与弧形固定支架连接板32固定连接。

[0056] 如图7-9所示,空化水喷射机构包括设置在上弧形固定支架33与下弧形固定支架31之间的滚轮连接架19、分别设置在滚轮连接架19上下两端的上滚轮组件、下滚轮组件、设置在上滚轮组件与下滚轮组件之间并与弧形齿条4相啮合的周向直齿轮驱动组件、设置在滚轮连接架19上的空化水喷嘴连接板24以及设置在空化水喷嘴连接板24上的空化水喷嘴25。

[0057] 上滚轮组件包括设置在滚轮连接架19上端的上滚轮固定板20以及分别设置在上滚轮固定板20上的外上滚轮21、内上滚轮29,内上滚轮29及外上滚轮21分别位于上弧形固定支架33的内外两端并可沿上弧形固定支架33的端面滚动;下滚轮组件包括设置在滚轮连接架19下端的下滚轮固定板22以及分别设置在下滚轮固定板22上的外下滚轮23、内下滚轮30,内下滚轮30及外下滚轮23分别位于下弧形固定支架31的内外两端并可沿下弧形固定支架31的端面滚动;周向直齿轮驱动组件包括设置在滚轮连接架19上的周向直齿轮步进电机安装筒26、设置在周向直齿轮步进电机安装筒26内的周向直齿轮步进电机27以及与周向直齿轮步进电机27传动连接并与弧形齿条4相啮合的周向直齿轮28。

[0058] 机器人在实际应用时,将机器人套设在管道外部,并通过悬磁吸附组件吸附在管道外表面,行走驱动机构带动机器人沿管道轴向运动,同时空化水喷射机构沿管道周向往复移动,对管道外表面的海生物进行清理;清理结束后,抬升机构中的径向抬升轮16沿径向移动并顶在管道外表面,将机器人抬起,使悬磁吸附组件脱离管道外表面,即可将机器人从管道表面取下。

[0059] 上述的对实施例的描述是为便于该技术领域的普通技术人员能理解和使用发明。熟悉本领域技术的人员显然可以容易地对这些实施例做出各种修改,并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中而不必经过创造性的劳动。因此,本发明不限于上述实施例,本领域技术人员根据本发明的揭示,不脱离本发明范畴所做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。

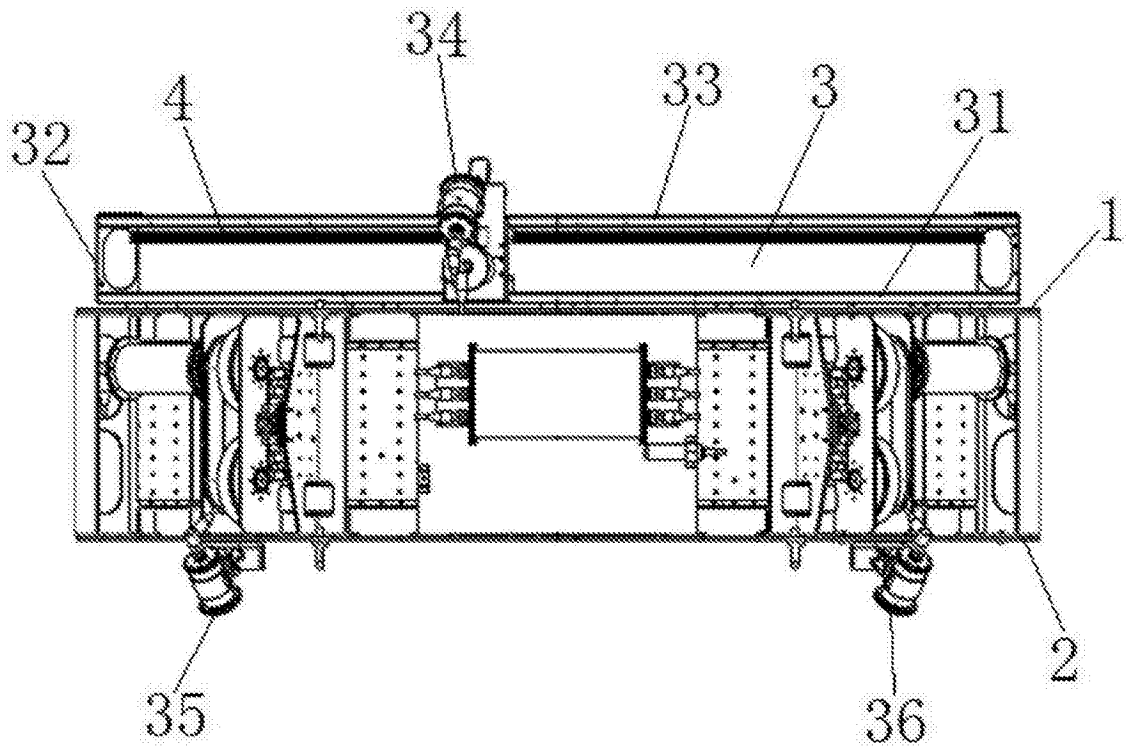


图1

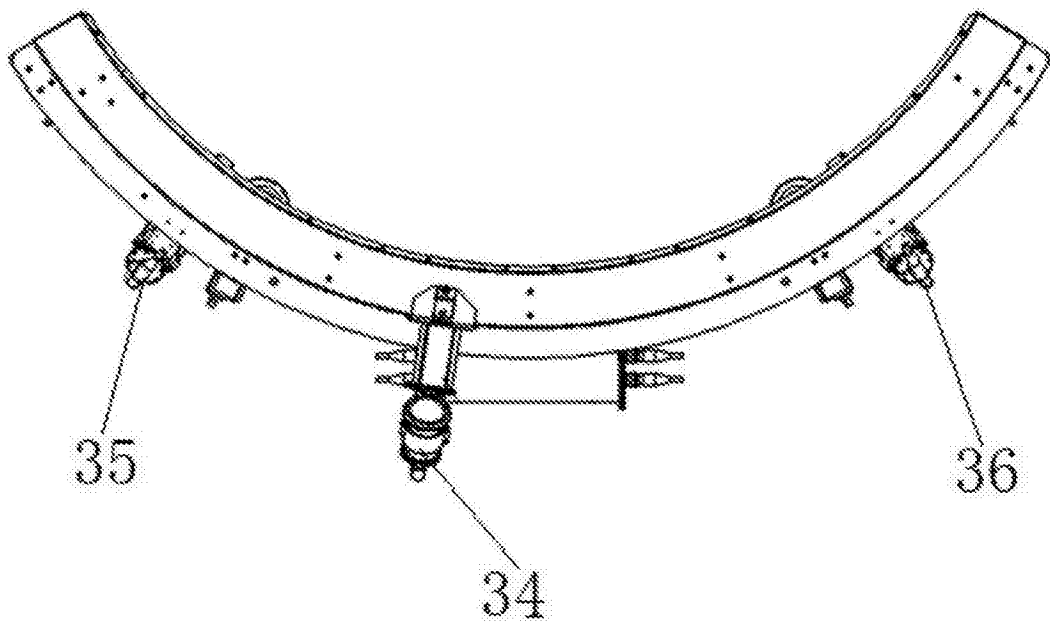


图2

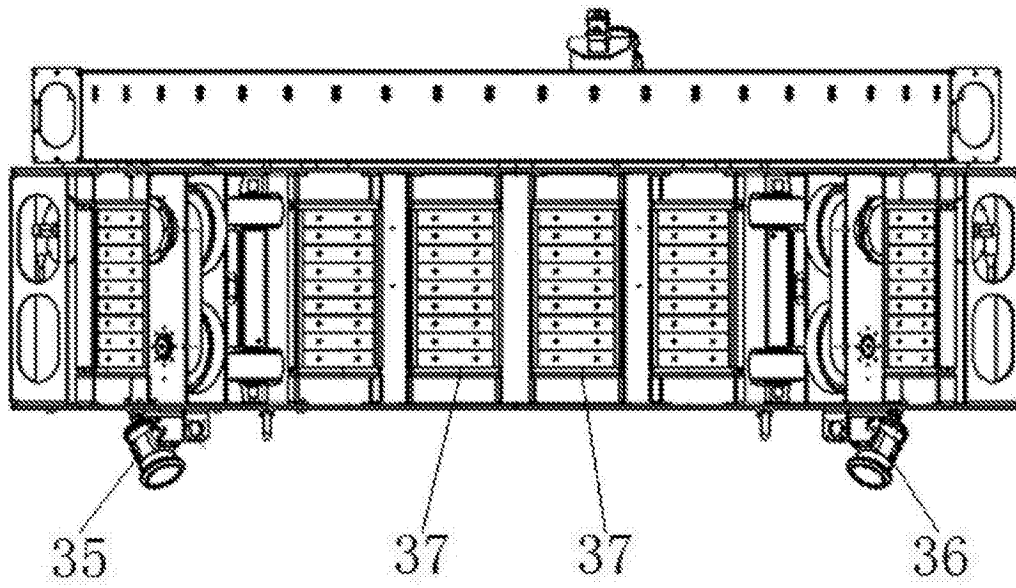


图3

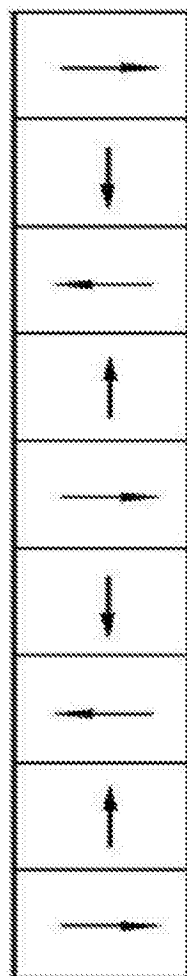


图4

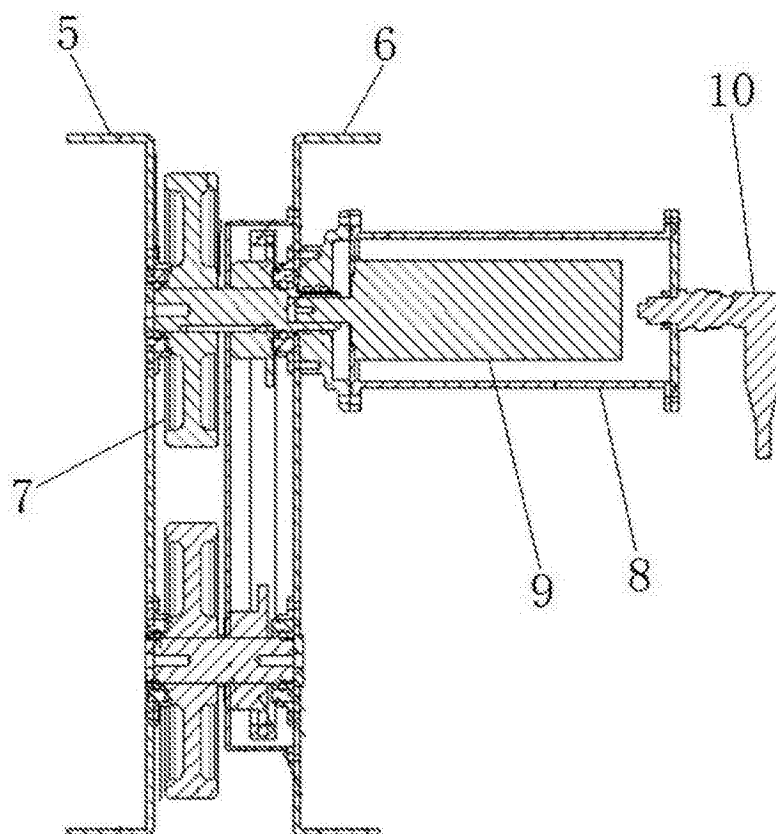


图5

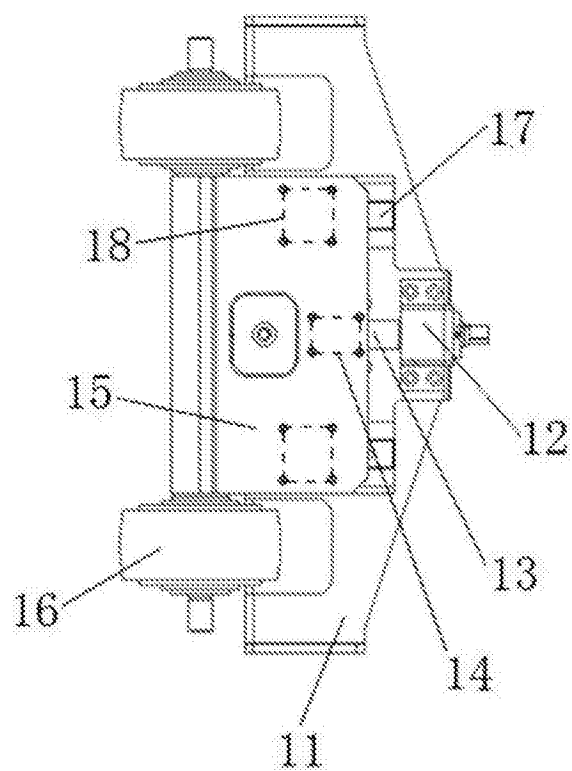


图6

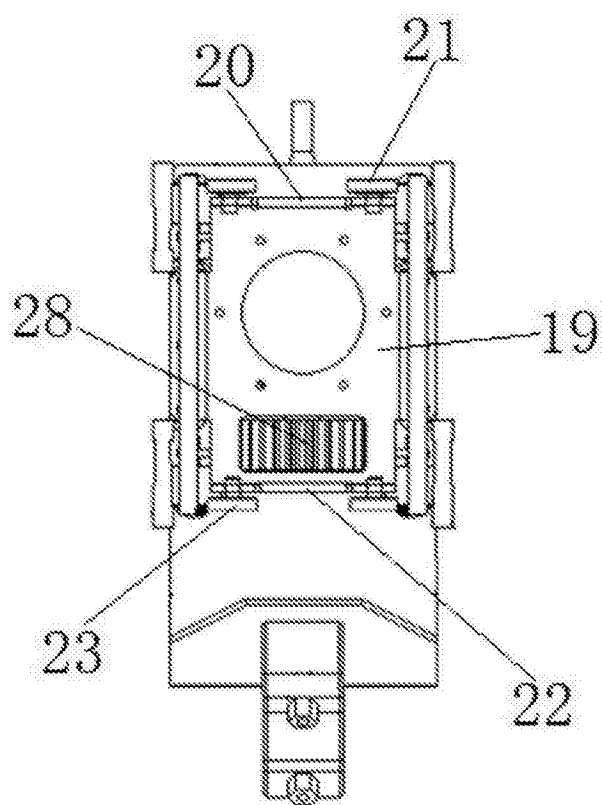


图7

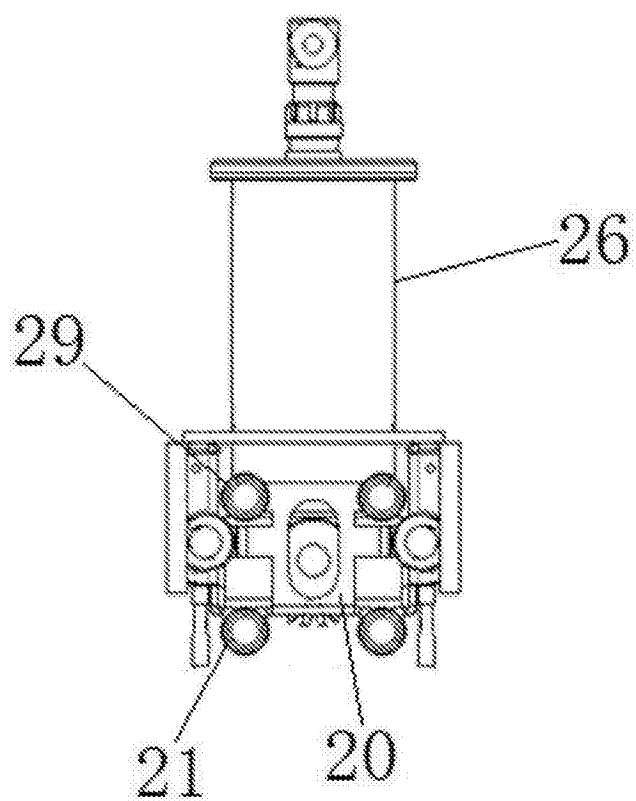


图8

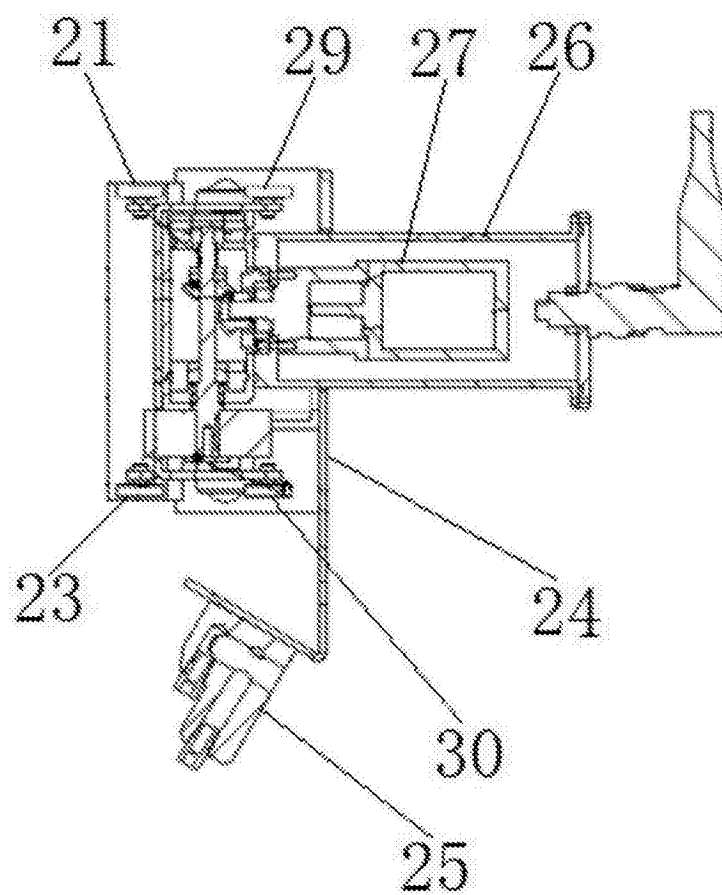


图9