



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112421804 B

(45) 授权公告日 2021.12.17

(21) 申请号 202011434508.4

(22) 申请日 2020.12.10

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112421804 A

(43) 申请公布日 2021.02.26

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学
地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西
大直街92号

(72) 发明人 崔淑梅 王得安 张剑韬 朱春波
宋凯 别致

(74) 专利代理机构 哈尔滨市阳光惠远知识产权
代理有限公司 23211
代理人 刘景祥

(51) Int. Cl.
H02J 50/90 (2016.01)
H02J 50/20 (2016.01)
H02J 50/12 (2016.01)
H02J 50/40 (2016.01)
H02J 7/00 (2006.01)
B63G 8/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 111313564 A, 2020.06.19
CN 108557039 A, 2018.09.21
CN 107612152 A, 2018.01.19
CN 106314732 A, 2017.01.11
CN 109515661 A, 2019.03.26
CN 111823916 A, 2020.10.27
CN 111559269 A, 2020.08.21
JP 2017225272 A, 2017.12.21
US 2018319473 A1, 2018.11.08
Chan Anyapo等. Wireless Power Transfer for Autonomous Underwater Vehicle. 《2020 IEEE PELS Workshop on Emerging Technologies: Wireless Power Transfer》. 2019,
Zhengchao Yan等. A Rotation-Free Wireless Power Transfer System With Stable Output Power and Efficiency for Autonomous Underwater Vehicles. 《IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS》. 2019,
冯华逸等. 自主导航小车无线快速充电系统设计. 《广东电力》. 2018, 第31卷(第11期),

审查员 冯欣

权利要求书2页 说明书7页 附图5页

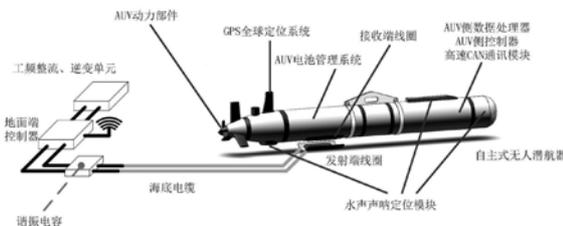
(54) 发明名称

一种自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法

(57) 摘要

本发明公开了一种自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法,属于自主式无人潜航器的无线充电领域。自主式无人潜航器能实现自主导航返坞,接驳坞站设有能容纳无人潜航器本体的空间,接驳坞站的前端设有喇叭口型引导机构,液压机械臂径向安装在接驳坞站的内壁上,绝缘橡胶夹具安装在液压机械臂的前端,发射端线圈内嵌在绝缘橡胶夹具的内部。本发明提出的一种自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法,可以对不同口径、不同线圈

安装位置的无人潜航器实现自主返航、精准对位引导回充,且具有较高的互操作性,自动化程度高。



CN 112421804 B

1. 一种自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法,基于一种具有互操作性的自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导系统,包括:AUV本体和智能化水下无线充电接驳平台,

所述AUV本体上安装有水声声呐定位模块、GPS全球定位系统、接收端线圈、电池、电池管理系统、数据处理器、控制器、高速CAN总线和动力部件,其中,所述接收端线圈安装在所述AUV本体的表面,并与所述电池连接;

所述智能化水下无线充电接驳平台,包括接驳坞站、海底电缆、工频整流逆变单元、发射端控制器、谐振电容、绝缘橡胶夹具、液压机械臂和发射端线圈,所述海底电缆、工频整流逆变单元、发射端控制器、谐振电容和发射端线圈依次连接,所述接驳坞站设有能容纳所述AUV本体的空间,所述接驳坞站的前端设有喇叭口型引导机构,所述液压机械臂径向安装在所述接驳坞站的内侧壁上,所述绝缘橡胶夹具安装在所述液压机械臂的前端,所述发射端线圈内嵌在所述绝缘橡胶夹具的内部,

所述水声声呐定位模块,用于扫描并识别所述接驳坞站的喇叭口型引导机构;

所述GPS全球定位系统,用于对AUV进行定位,并为所述AUV本体提供导航功能;

所述电池管理系统,用于检测所述电池的电量;

所述数据处理器,用于实时计算所述发射端线圈和接收端线圈组成的磁耦合机构的耦合系数、互感、接驳坞站和AUV本体的相对坐标、AUV速度和方向矢量信息,并通过所述高速CAN总线传递给所述控制器;

所述控制器,用于控制所述水声声呐定位模块、GPS全球定位系统、接收端线圈、电池管理系统、数据处理器和动力部件执行各自功能;

所述高速CAN总线,分别连接所述水声声呐定位模块、GPS全球定位系统、接收端线圈、电池管理系统、数据处理器、动力部件和控制器,用于上述各部件间的信息传导;

所述接收端线圈,和所述发射端线圈组成磁耦合机构,用于接收电能,以对所述电池进行无线充电,

所述液压机械臂设置有多组,对应的,所述发射端线圈和接收端线圈设置有同样多组,当进行充电时,所述发射端线圈和接收端线圈均绕满整个AUV本体的周向的一圈,

发射端线圈和接收端线圈均为弧形结构,且弧度一致,

每个发射端线圈和接收端线圈均采用多组小线圈串联的结构,

每个发射端线圈和接收端线圈均由4组小线圈串联而成,每组小线圈 90° 共 360° ,

所述接驳坞站中设置有增压压力机,用于在充电前施压排出接驳坞站中的海水,

其特征在于,所述的自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法包括以下步骤:

步骤一、AUV在执行任务过程中,电池管理系统检测到电池电量即将低于返程到接驳坞站所需电量,电池管理系统通过高速CAN总线发送返程指令给控制器,控制器命令AUV即刻开始返航;

步骤二、控制器启动GPS全球定位系统,进行AUV远程定位并实现自主返航,利用GPS导航功能使AUV导航至接驳坞站的前端,抵达坞站前端后控制器发送指令打开水声声呐定位模块;

步骤三、AUV利用水声声呐扫描并识别出坞站前端的喇叭口型引导机构,控制AUV前进,

驶入具有无线充电功能的接驳坞站；

步骤四、AUV本体完全驶入接驳坞站后，接驳坞站侧壁通过液压器件释放多个液压机械臂，其中液压机械臂前端连接有绝缘橡胶制成的夹具，夹具内部嵌入有磁耦合机构发射端线圈，用于对AUV本体进行初步的y、z方向位置固定，确保原副边线圈直接间隙gap值稳定；

步骤五、利用电磁参量融合的磁耦合机构精准位置感知技术准确的对x方向进行位置对齐，确保接收端线圈进入有效充电区域，液压机械臂实现完全锁紧，增压压力机施压排出坞站中海水，开启无线充电；

步骤六、AUV的电池管理系统检测到系统电量已满，液压机械臂回收，AUV驶出接驳坞站，自主导航到任务区继续执行相关任务，

其中，在步骤五中，包含一种电磁参量融合的磁耦合机构精准位置感知方法，当在AUV缓慢沿x轴方向驶入坞站时，控制器对此过程中耦合系数k和互感M的变化情况进行实时测量，并计算此时互感M相对于纵向坐标函数关系的变化趋势，即互感M相对于纵向坐标函数曲线的斜率KM，若此时 $KM > 0$ ，则表明接收端线圈中心位置尚未达到此时x向偏移下的最大耦合位置；若此时 $KM < 0$ ，则表明接收端线圈中心位置已经过此时x向偏移下的最大耦合位置；同时根据横向偏移下的曲线族，拟合出最佳充电位置以及有效充电区域等信息，最终通过控制器实现AUV在x轴向上的位置对齐操作。

2. 根据权利要求1所述的一种自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法，其特征在于，在步骤五中，在AUV获取到接驳坞站实时相对位置后，引导AUV进行入坞停车的操作，具体的：

首先建立磁耦合机构处于不同位置时，系统效率和功率与位置集合的函数关系，设定满足AUV无线充电需求的最低功率为 P^* ，且充电效率必须满足 $\eta > \eta^*$ ，其中 P^* 值取决于符合于AUV所搭载无线充电系统的参数情况，有下式，

$$\begin{cases} P_o > P^* \\ \eta > \eta^* \end{cases} \quad (1)$$

其中， P_o 为当前无线充电功率， η^* 为最低充电效率，

在AUV磁耦合机构发生偏移时，定义偏移量为 $d(x, y, z, \theta)$ ，AUV的副边线圈设为 L_n ，其中n表示不同的接收端，则此时，对于磁耦合机构的互感值定义为，

$$M_n = f[d(x, y, z, \theta), L_n] \quad (2)$$

得到，

$$A \leq f[d(x, y, z, \theta), L_n] \leq B \quad (3)$$

其中A、B为显示最低功率效率的边界互感值，

根据前述操作步骤，在喇叭口型引导机构和液压机械臂及绝缘橡胶夹具的固定作用下，固定 θ 处于 90° 不变，y、z值几乎处于固定，因此有效充电区域近似地认为仅取决于AUV的轴向偏移距离，即x值，此时有：

$$A \leq f(x) \leq B \quad (4)$$

一种自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法,属于自主式无人潜航器的无线充电领域。

背景技术

[0002] 随着科学技术的进步与发展,各国纷纷开始对海洋资源进行开发和探索,而自主式无人潜航器(Autonomous underwater vehicle,AUV)作为水下资源勘探和军事巡逻的重要设备,成为了目前海洋工程领域的研究热点,具有广泛的经济、科学和军事价值。AUV可以实现灵活的水下无人作业或无人作战,对于近海防御、反侦察巡逻等国防能力具有极大的提升作用。

[0003] 目前,对AUV的充电方式主要为打捞回收直接更换电池或直接采用湿拔插接头进行充电。打捞方式需要人工操作,自动化程度低且容易造成军事目标的暴露,隐蔽性较差,此外频繁的电池更换还会影响电池舱的密封程度;湿拔插充电设备造价昂贵,且存在接头老化等问题易带来漏电等安全隐患,可靠性较差。

[0004] AUV无线充电技术摆脱了传统插拔式有线充电的束缚,其应用优势在于:

[0005] (1) 绝缘性能好:无线充电发射端与接收端外壳采用非金属材料全密封,以磁场的形式传递电能,避免了插拔式有线充电所存在的接触不良问题,提升了系统的可靠性;

[0006] (2) 自动化程度高:AUV可在任务结束后自主实现返航,停靠于接驳坞站或其他形式的水下充电平台实现无线充电,无需人工操作打捞或接头对接;

[0007] (3) 可维护性好:无线充电发射端与接收端电路均实现独立封装与设备隔离,无可动部件,因此可实现免维护;

[0008] (4) 使用寿命长:无机械磨损等问题,且所用的线圈、磁芯等材料使用寿命长,可长期稳定工作。

[0009] 现有方案及存在的问题:

[0010] 现阶段,我国AUV无线充电技术还处于理论研究阶段,水下设备无线充电标准还不完善。由于AUV水下无线充电与地面大功率设备(如电动汽车)的无线充电存在诸多不同,如水体环境和空气环境的区别、水中三维定位和地面二维定位的区别等,使得现在还没有一套成熟的自主式无人潜航器水下无线充电智能对位引导方法。现阶段,具有无线充电功能的AUV通常在任务结束后自主实现返航,停靠于接驳坞站或其他形式的水下充电平台实现无线充电。

[0011] 现有专利或论文中,针对AUV无线充电对位引导功能主要采取有水声声呐、水下摄像头、水下WIFI通讯等定位手段。然而水声声呐定位精度较低,虽能够粗略预估水下充电接驳坞站位置,但是难以精准判断有效充电区域;水下摄像头定位方式仅适合于较小水深深度时的工况,在深水环境下由于周围环境黑暗,图像识别能力会受到严重制约;WIFI的频率波段在水体环境中传播能力衰减较大,通讯能力较差且丢包严重,容易造成通讯中断或数据丢帧而导致系统误判等影响。

[0012] 此外,由于不同型号AUV的口径、长度各不相同,且无线充电接收端线圈的安装位置通常也不同,现有专利或论文中的案例都无法实现具有AUV互操作能力的水下无线充电对位引导功能,只是针对某一特定尺寸和线圈的AUV实现简单的位置辨别,互操作程度低、自动化程度低。

发明内容

[0013] 本发明的目的是提出一种自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法,以解决现有技术中存在的问题。

[0014] 一种具有互操作性的自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导系统,包括:AUV本体和智能化水下无线充电接驳平台,

[0015] 所述AUV本体上安装有水声声呐定位模块、GPS全球定位系统、接收端线圈、电池、电池管理系统、数据处理器、控制器、高速CAN总线和动力部件,其中,所述接收端线圈安装在所述AUV本体的表面,并与所述电池连接;

[0016] 所述智能化水下无线充电接驳平台,包括接驳坞站、海底电缆、工频整流逆变单元、发射端控制器、谐振电容、绝缘橡胶夹具、液压机械臂和发射端线圈,所述海底电缆、工频整流逆变单元、发射端控制器、谐振电容和发射端线圈依次连接,所述接驳坞站设有能容纳所述AUV本体的空间,所述接驳坞站的前端设有喇叭口型引导机构,所述液压机械臂径向安装在所述接驳坞站的内侧壁上,所述绝缘橡胶夹具安装在所述液压机械臂的前端,所述发射端线圈内嵌在所述绝缘橡胶夹具的内部。

[0017] 进一步的,所述水声声呐定位模块,用于扫描并识别所述接驳坞站的喇叭口型引导机构;

[0018] 所述GPS全球定位系统,用于对AUV进行定位,并为所述AUV本体提供导航功能;

[0019] 所述电池管理系统,用于检测所述电池的电量;

[0020] 所述数据处理器,用于实时计算所述发射端线圈和接收端线圈组成的磁耦合机构的耦合系数、互感、接驳坞站和AUV本体的相对坐标、AUV速度和方向矢量信息,并通过所述高速CAN总线传递给所述控制器;

[0021] 所述控制器,用于控制所述水声声呐定位模块、GPS全球定位系统、接收端线圈、电池管理系统、数据处理器和动力部件执行各自功能;

[0022] 所述高速CAN总线,分别连接所述水声声呐定位模块、GPS全球定位系统、接收端线圈、电池管理系统、数据处理器、动力部件和控制器,用于上述各部件间的信息传导;

[0023] 所述接收端线圈,和所述发射端线圈组成磁耦合机构,用于接收电能,以对所述电池进行无线充电。

[0024] 进一步的,所述液压机械臂设置有多个,对应的,所述发射端线圈和接收端线圈设置有同样多个,当进行充电时,所述发射端线圈和接收端线圈均绕满整个AUV本体的周向的一圈。

[0025] 进一步的,发射端线圈和接收端线圈均为弧形结构,且弧度一致。

[0026] 进一步的,每个发射端线圈和接收端线圈均采用多组小线圈串联的结构。

[0027] 进一步的,每个发射端线圈和接收端线圈均由4组小线圈串联而成,每组小线圈 90° 共 360° 。

[0028] 进一步的,述接驳坞站中设置有增压压力机,用于在充电前施压排出接驳坞站中的海水。

[0029] 一种具有互操作性的自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法,基于上述的一种具有互操作性的自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导系统,所述的自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法包括以下步骤:

[0030] 步骤一、AUV在执行任务过程中,电池管理系统检测到电池电量即将低于返程到接驳坞站所需电量,电池管理系统通过高速CAN总线发送返程指令给控制器,控制器命令AUV即刻开始返航;

[0031] 步骤二、控制器启动GPS全球定位系统,进行AUV远程定位并实现自主返航,利用GPS导航功能使AUV导航至接驳坞站的前端,抵达坞站前端后控制器发送指令打开水声声呐定位模块;

[0032] 步骤三、AUV利用水声声呐扫描并识别出坞站前端的喇叭口型引导机构,控制AUV前进,驶入具有无线充电功能的接驳坞站;

[0033] 步骤四、AUV本体完全驶入接驳坞站后,接驳坞站侧壁通过液压器件释放多个液压机械臂,其中液压机械臂前端连接有绝缘橡胶制成的夹具,夹具内部嵌入有磁耦合机构发射端线圈,用于对AUV本体进行初步的y、z方向位置固定,确保原副边线圈直接间隙gap值稳定;

[0034] 步骤五、利用电磁参量融合的磁耦合机构精准位置感知技术准确的对x方向进行位置对齐,确保接收端线圈进入有效充电区域,液压机械臂实现完全锁紧,增压压力机施压排出坞站中海水,开启无线充电;

[0035] 步骤六、AUV的电池管理系统检测到系统电量已满,液压机械臂回收,AUV驶出接驳坞站,自主导航到任务区继续执行相关任务。

[0036] 进一步的,在步骤五中,包含一种电磁参量融合的磁耦合机构精准位置感知方法,当在AUV缓慢沿x轴方向驶入坞站时,控制器对此过程中耦合系数k和互感M的变化情况进行实时测量,并计算此时互感M相对于纵向坐标函数关系的变化趋势,即互感M相对于纵向坐标函数曲线的斜率KM,若此时 $KM > 0$,则表明接收端线圈中心位置尚未达到此时x向偏移下的最大耦合位置;若此时 $KM < 0$,则表明接收端线圈中心位置已经过此时x向偏移下的最大耦合位置;同时根据横向偏移下的曲线族,拟合出最佳充电位置以及有效充电区域等信息,最终通过控制器实现AUV在x轴向上的位置对齐操作。

[0037] 进一步的,在步骤五中,在AUV获取到接驳坞站实时相对位置后,引导AUV进行入坞停车的操作,具体的:

[0038] 首先建立磁耦合机构处于不同位置时,系统效率和功率与位置集合的函数关系,设定满足AUV无线充电需求的最低功率为 P^* ,且充电效率必须满足 $\eta > \eta^*$,其中 P^* 值取决于符合于AUV所搭载无线充电系统的参数情况,有下式,

$$[0039] \quad \begin{cases} P_o > P^* \\ \eta > \eta^* \end{cases} \quad (1)$$

[0040] 其中, P_o 为当前无线充电功率, η^* 为最低充电效率,

[0041] 在AUV磁耦合机构发生偏移时,定义偏移量为 $d(x, y, z, \theta)$,AUV的副边线圈设为 L_n ,其中n表示不同的接收端,则此时,对于磁耦合机构的互感值定义为,

[0042] $M_n = f[d(x, y, z, \theta), L_n]$ (2)

[0043] 得到,

[0044] $A \leq f(x, y, z, \theta) \leq B$ (3)

[0045] 其中A、B为显示最低功率效率的边界互感值,

[0046] 根据前述操作步骤,在喇叭口型引导机构和液压机械臂及绝缘橡胶夹具的固定作用下,固定 θ 处于 90° 不变, y 、 z 值几乎处于固定,因此有效充电区域近似地认为仅取决于AUV的轴向偏移距离,即 x 值,此时有:

[0047] $A \leq f(x) \leq B$ (4)。

[0048] 本发明的主要优点是:本发明提出的一种自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法,可以对不同口径、不同线圈安装位置的AUV实现自主返航、精准对位引导回充,且具有较高的互操作性,自动化程度高。

附图说明

[0049] 图1是本发明的一种具有互操作性的自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导系统的结构示意图;

[0050] 图2是接驳坞站的结构示意图;

[0051] 图3是本发明的一种具有互操作性的自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法的方法流程图;

[0052] 图4是磁耦合机构接收端线圈在 x 方向偏移时的耦合系数变化情况;

[0053] 图5是有效充电区域辨识流程图;

[0054] 图6是AUV侧磁耦合机构接收端线圈示意图;

[0055] 图7是弧形橡胶夹具中内嵌的磁耦合机构发射端线圈示意图;

[0056] 图8是AUV无线充电系统结构示意图(仅显示一对线圈);

[0057] 图9是液压机械手臂示意图。

具体实施方式

[0058] 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,所描述的实施例仅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。

[0059] 参照图1-图2所示,一种具有互操作性的自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导系统,包括:AUV本体和智能化水下无线充电接驳平台,

[0060] 所述AUV本体上安装有水声声呐定位模块、GPS全球定位系统、接收端线圈、电池、电池管理系统、数据处理器、控制器、高速CAN总线和动力部件,其中,所述接收端线圈安装在所述AUV本体的表面,并与所述电池连接;

[0061] 所述智能化水下无线充电接驳平台,包括接驳坞站、海底电缆、工频整流逆变单元、发射端控制器、谐振电容、绝缘橡胶夹具、液压机械臂和发射端线圈,所述海底电缆、工频整流逆变单元、发射端控制器、谐振电容和发射端线圈依次连接,所述接驳坞站设有能容纳所述AUV本体的空间,所述接驳坞站的前端设有喇叭口型引导机构,所述液压机械臂径向

安装在所述接驳坞站的内侧壁上,所述绝缘橡胶夹具安装在所述液压机械臂的前端,所述发射端线圈内嵌在所述绝缘橡胶夹具的内部。

[0062] 进一步的,所述水声声呐定位模块,用于扫描并识别所述接驳坞站的喇叭口型引导机构;

[0063] 所述GPS全球定位系统,用于对AUV进行定位,并为所述AUV本体提供导航功能;

[0064] 所述电池管理系统,用于检测所述电池的电量;

[0065] 所述数据处理器,用于实时计算所述发射端线圈和接收端线圈组成的磁耦合机构的耦合系数、互感、接驳坞站和AUV本体的相对坐标、AUV速度和方向矢量信息,并通过所述高速CAN总线传递给所述控制器;

[0066] 所述控制器,用于控制所述水声声呐定位模块、GPS全球定位系统、接收端线圈、电池管理系统、数据处理器和动力部件执行各自功能;

[0067] 所述高速CAN总线,分别连接所述水声声呐定位模块、GPS全球定位系统、接收端线圈、电池管理系统、数据处理器、动力部件和控制器,用于上述各部件间的信息传导;

[0068] 所述接收端线圈,和所述发射端线圈组成磁耦合机构,用于接收电能,以对所述电池进行无线充电。

[0069] 进一步的,参照图9所示,所述液压机械臂设置有多个,对应的,所述发射端线圈和接收端线圈设置有同样多个,当进行充电时,所述发射端线圈和接收端线圈均绕满整个AUV本体的周向的一圈。

[0070] 进一步的,参照图6-图8所示,发射端线圈和接收端线圈均为弧形结构,且弧度一致。

[0071] 进一步的,参照图6-图8所示,每个发射端线圈和接收端线圈均采用多组小线圈串联的结构。

[0072] 进一步的,参照图6-图8所示,每个发射端线圈和接收端线圈均由4组小线圈串联而成,每组小线圈 90° 共 360° 。

[0073] 具体的,为了看起来更清晰,图6、7、8仅展示了其中的1个线圈。多小线圈结构要求原、副边线圈数量及大小相同,在其他实施例中,不局限于4组线圈,其他数量的线圈结构也应属于本专利的保护范围之内。

[0074] 由于海水介质的电导率约为 $4\sim 6\text{S/m}$,远高于空气介质,这使得水下无线电能传输系统原边、副边因电位差而产生的电容效应也要明显高于空气介质,同理其他复杂流体介质或浮游生物过多的水介质中也存在类似的分布电容效应。深海中的海水介质的电导率、磁导率与空气存在显著差异,使得水下无线电能传输系统除了需要考虑前述两部分损耗外,需要重点考虑因系统在复杂流体介质下工作过程中产生的高频电磁场而导致的附加电涡流损耗。因此,通过增压机排出无线充电接驳坞站中海水,可以在一定程度上降低海水的附加电涡流损耗,从而提升系统的效率。

[0075] 此外,平面式无线充电磁耦合机构的耦合程度容易受间隙距离影响,间隙的增大会导致磁阻的增大,进而使得耦合系数 k 降低,导致系统效率下降。将发射端线圈嵌入液压机械手臂前端的橡胶夹具中,在实现AUV在 y, z 方向上的固定的同时,可以使得间隙 gap 距离最小化,从而提升了系统的无线电能传输效率。

[0076] 进一步的,所述接驳坞站中设置有增压压力机,用于在充电前施压排出接驳坞站

中的海水。

[0077] 参照图3所示,一种具有互操作性的自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法,基于上述的一种具有互操作性的自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导系统,所述的自主式无人潜航器水下无线充电及智能对位引导方法包括以下步骤:

[0078] 步骤一、AUV在执行任务过程中,电池管理系统检测到电池电量即将低于返程到接驳坞站所需电量,电池管理系统通过高速CAN总线发送返程指令给控制器,控制器命令AUV即刻开始返航;

[0079] 步骤二、控制器启动GPS全球定位系统,进行AUV远程定位并实现自主返航,利用GPS导航功能使AUV导航至接驳坞站的前端,抵达坞站前端后控制器发送指令打开水声声呐定位模块;

[0080] 步骤三、AUV利用水声声呐扫描并识别出坞站前端的喇叭口型引导机构,控制AUV前进,驶入具有无线充电功能的接驳坞站;

[0081] 步骤四、AUV本体完全驶入接驳坞站后,接驳坞站侧壁通过液压器件释放多个液压机械臂,其中液压机械臂前端连接有绝缘橡胶制成的夹具,夹具内部嵌入有磁耦合机构发射端线圈,用于对AUV本体进行初步的y、z方向位置固定,确保原副边线圈直接间隙gap值稳定;

[0082] 步骤五、利用电磁参量融合的磁耦合机构精准位置感知技术准确的对x方向进行位置对齐,确保接收端线圈进入有效充电区域,液压机械臂实现完全锁紧,增压压力机施压排出坞站中海水,开启无线充电;

[0083] 步骤六、AUV的电池管理系统检测到系统电量已满,液压机械臂回收,AUV驶出接驳坞站,自主导航到任务区继续执行相关任务。

[0084] 进一步的,参照图4所示,在步骤五中,包含一种电磁参量融合的磁耦合机构精准位置感知方法,当在AUV缓慢沿x轴方向驶入坞站时,控制器对此过程中耦合系数k和互感M的变化情况进行实时测量,并计算此时互感M相对于纵向坐标函数关系的变化趋势,即互感M相对于纵向坐标函数曲线的斜率KM,若此时 $KM > 0$,则表明接收端线圈中心位置尚未达到此时x向偏移下的最大耦合位置;若此时 $KM < 0$,则表明接收端线圈中心位置已经过此时x向偏移下的最大耦合位置;同时根据横向偏移下的曲线族,拟合出最佳充电位置以及有效充电区域等信息,最终通过控制器实现AUV在x轴向上的位置对齐操作。

[0085] 进一步的,参照图5所示,在步骤五中,在AUV获取到接驳坞站实时相对位置后,引导AUV进行入坞停车的操作,具体的:

[0086] 首先建立磁耦合机构处于不同位置时,系统效率和功率与位置集合的函数关系,设定满足AUV无线充电需求的最低功率为 P^* ,且充电效率必须满足 $\eta > \eta^*$,其中 P^* 值取决于符合于AUV所搭载无线充电系统的参数情况,有下式,

$$[0087] \quad \begin{cases} P_o > P^* \\ \eta > \eta^* \end{cases} \quad (1)$$

[0088] 其中, P_o 为当前无线充电功率, η^* 为最低充电效率,

[0089] 在AUV磁耦合机构发生偏移时,定义偏移量为 $d(x, y, z, \theta)$,AUV的副边线圈设为 L_n ,其中n表示不同的接收端,则此时,对于磁耦合机构的互感值定义为,

$$[0090] \quad M_n = f[d(x, y, z, \theta), L_n] \quad (2)$$

[0091] 得到，

$$[0092] \quad A \leq f(x, y, z, \theta) \leq B \quad (3)$$

[0093] 其中A、B为显示最低功率效率的边界互感值，

[0094] 根据前述操作步骤，在喇叭口型引导机构和液压机械臂及绝缘橡胶夹具的固定作用下，固定 θ 处于 90° 不变， y 、 z 值几乎处于固定，因此有效充电区域近似地认为仅取决于AUV的轴向偏移距离，即 x 值，此时有：

$$[0095] \quad A \leq f(x) \leq B \quad (4)。$$

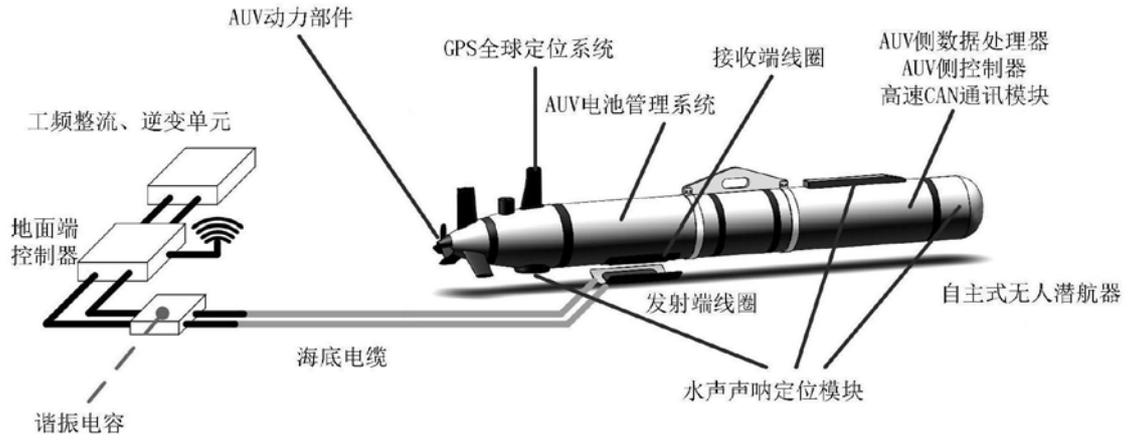


图1

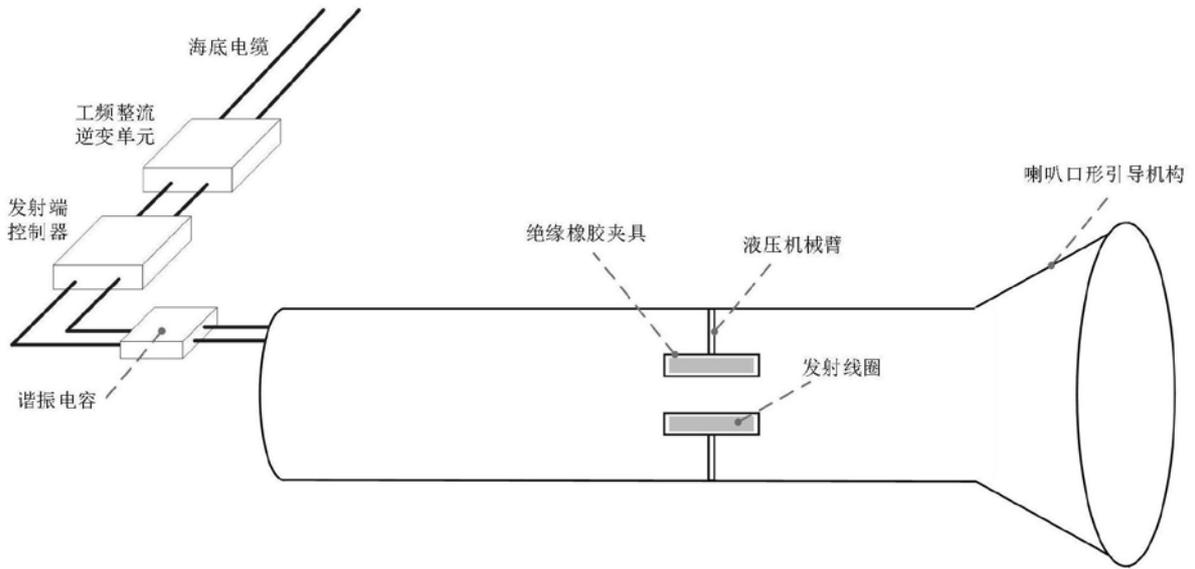


图2

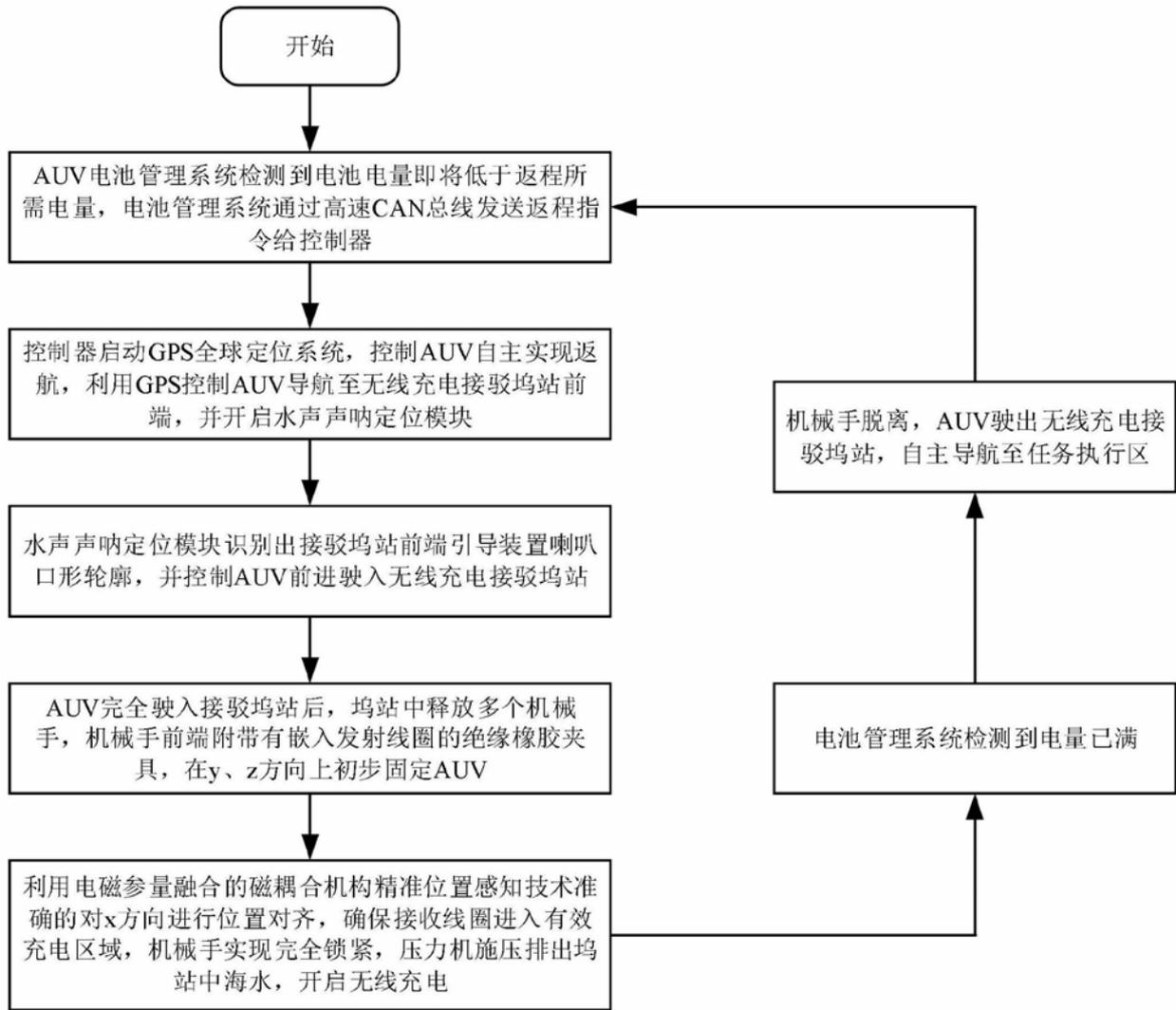


图3

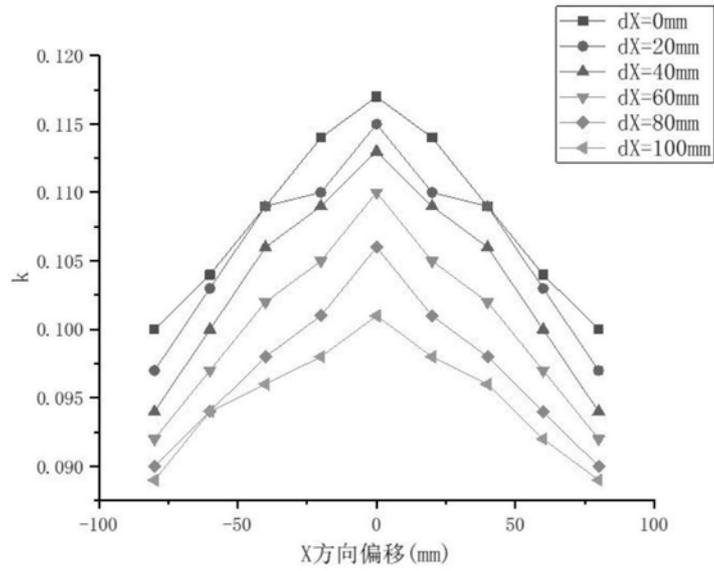


图4

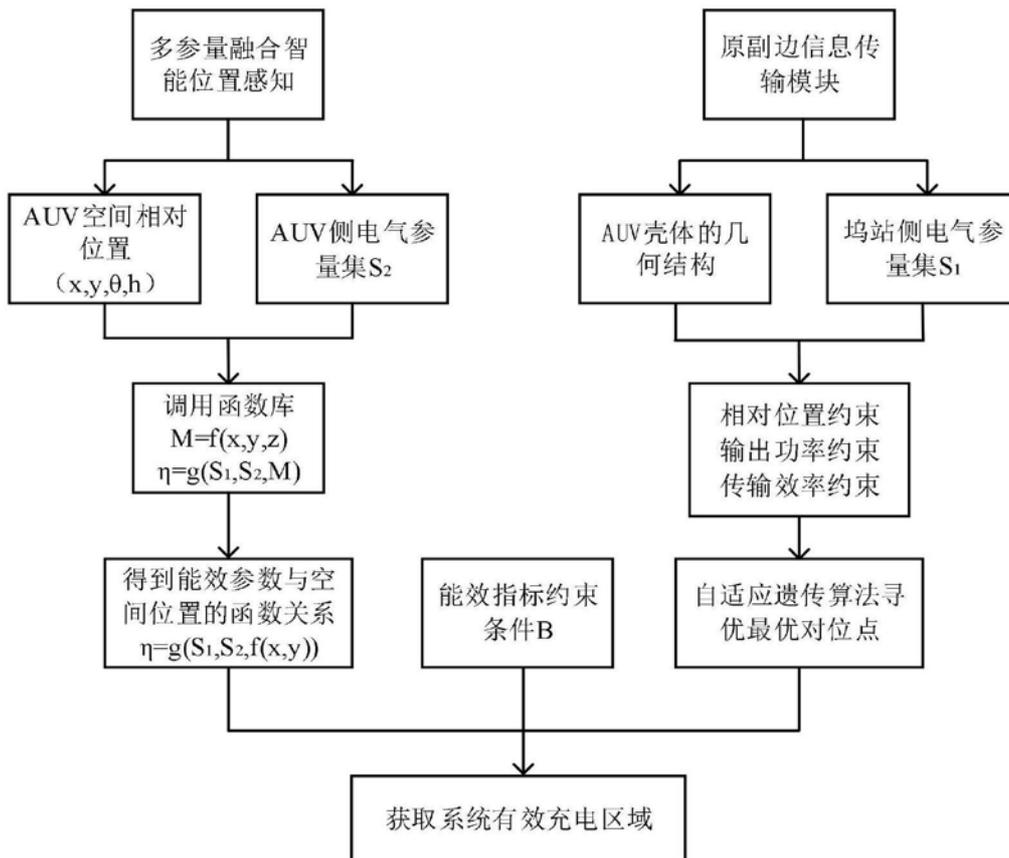


图5

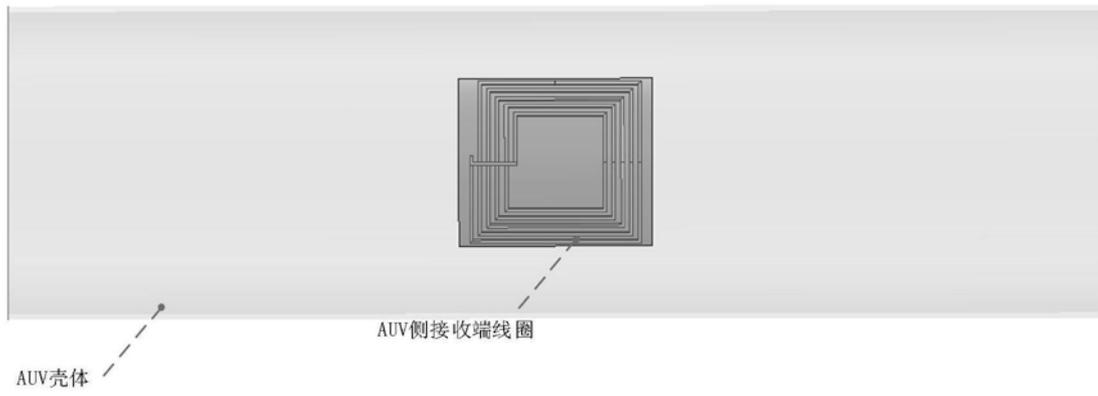


图6

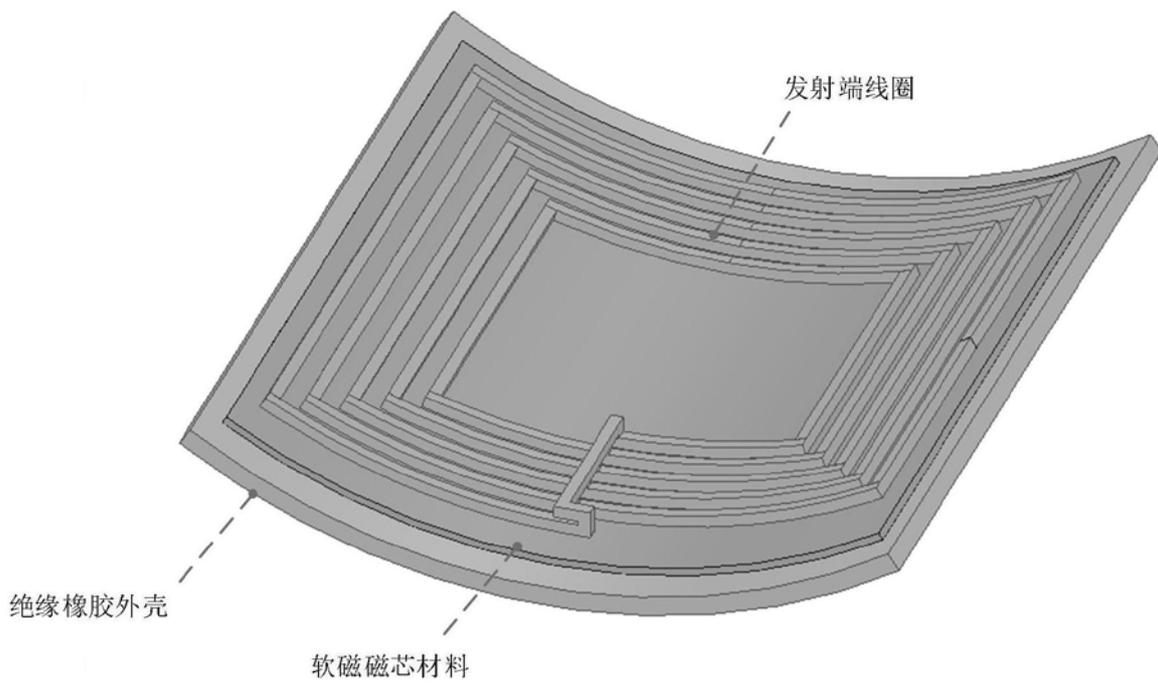


图7

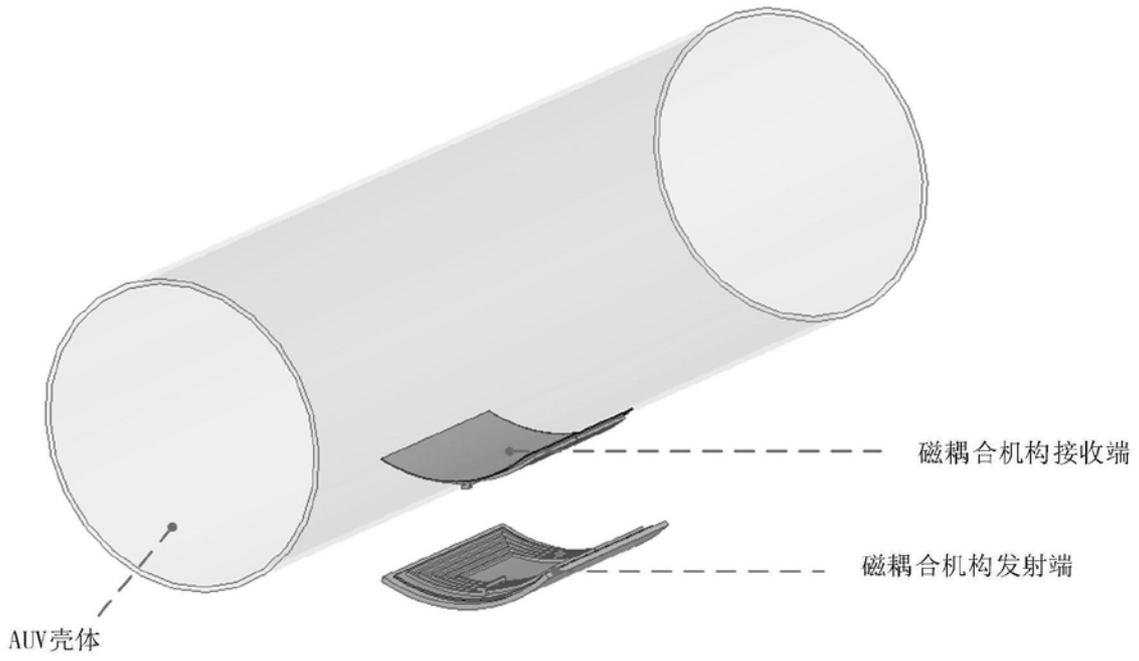


图8

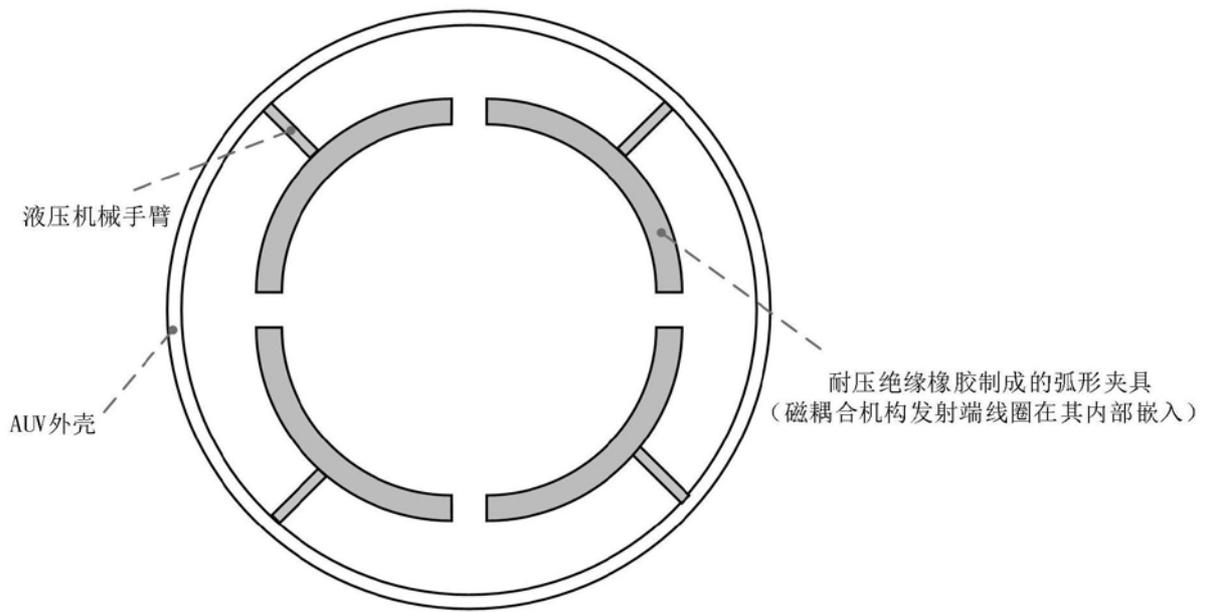


图9