



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113037132 B

(45) 授权公告日 2022.06.10

(21) 申请号 202110301374.7

B63H 5/10 (2006.01)

(22) 申请日 2021.03.22

B63H 5/125 (2006.01)

B63H 21/17 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113037132 A

审查员 范征

(43) 申请公布日 2021.06.25

(73) 专利权人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街
29号

(72) 发明人 赖东阳 金家楣 刘瑞 王亮

(74) 专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237

专利代理师 韩天宇

(51) Int. Cl.

H02N 2/10 (2006.01)

H02N 2/14 (2006.01)

H02N 2/12 (2006.01)

权利要求书3页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

一种超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统及其方法

(57) 摘要

本发明公开了一种超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统及其方法,系统包含压电驱动单元、两个驱动件、两个螺旋桨和一个转向单元;压电驱动单元包含金属基体和4个压电陶瓷片组;金属基体包含基座、两个作动头;转向单元包含两个转向摆和四根拉簧。工作时,压电驱动单元上的压电陶瓷片组被激励,其金属基体表面质点产生沿轴向的微幅纵波运动,在两端出,通过两个驱动件带动两个螺旋桨进行旋转,从而产生了前进运动;此外,通过改变压电陶瓷的电信号施加方式,压电驱动单元金属基体的圆杆表面质点产生椭圆运动,利用摩擦力改变两个转向摆的运动方向实现矢量推进。



1. 一种超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统,其特征在于,包含压电驱动单元、第一驱动件、第二驱动件、第一螺旋桨、第二螺旋桨和转向单元;

所述压电驱动单元包含金属基体、以及第一至第四压电陶瓷片组;

所述金属基体包含基座、以及第一至第二作动头;

所述基座为长方体,包含第一至第二端面、以及依次相连的第一至第四侧壁,相邻侧壁间的棱均做圆角处理;

所述第一作动头、第二作动头结构相同,均为长方体,均包含第一至第二端面、以及依次相连的第一至第四侧壁;第一作动头的第二端面固定在所述基座的第一端面上,且第一作动头的第二侧壁和基座的第二侧壁在同一平面,第一作动头的第四侧壁和基座的第四侧壁在同一平面;第二作动头的第一端面固定在所述基座的第二端面上,且第二作动头的第二侧壁和基座的第一侧壁在同一平面,第二作动头的第四侧壁和基座的第三侧壁在同一平面,即第一作动头、第二作动头正交设置;

所述第一至第四压电陶瓷片组均包含三片压电陶瓷片,且第一至第四压电陶瓷片组分别一一对应均匀设置在所述基座的第一至第四侧壁上;所述第一至第四压电陶瓷片组中的压电陶瓷片沿其厚度方向同时朝外或同时朝内极化;

所述第一驱动件、第二驱动件结构相同,均包含第一壳体、第二壳体、连杆、第一驱动盘、第二驱动盘、 $2m$ 个驱动杆、以及 d 个压簧, m 均为大于等于2的自然数, d 为大于等于3的自然数;

所述第一壳体、第二壳体结构相同,均包含连接部、过渡部和受力部,其中,连接部、受力部均为两端开口的空心圆柱体,受力部的截面半径大于连接部的截面半径;过渡部为两端开口的空心圆台,其面积较小端面的半径和连接部的截面半径相等,面积较大端面的半径和受力部的截面半径相等;所述过渡部面积较小的一端和连接部的一端同轴固连,面积较大的一端和受力部的一端同轴固连;所述受力部在其内壁设有垂直于其轴线的隔板;所述隔板中心设有供所述连杆穿过的通孔;

所述第一驱动盘、第二驱动盘为半径相同的圆盘,其中,第一驱动盘设置在第一壳体的过渡部中,第二驱动盘设置在第二壳体的过渡部中,第二驱动盘的中心设有通孔;

所述连杆一端位于第二壳体外,另一端从第二壳体连接部的另一端伸入后依次穿过第二驱动盘、第二壳体的隔板、第一壳体的隔板后和第一驱动盘同轴固连;所述连杆在第二驱动盘的通孔处和第二驱动盘同轴固连,且连杆和第二壳体的隔板、第一壳体的隔板均不接触;

所述 $2m$ 个驱动杆中的 m 个驱动杆围绕所述连杆周向均匀设置在第一驱动盘和第一壳体的隔板之间,均一端和第一壳体的隔板固连、另一端和第一驱动盘相抵,且该 m 个驱动杆均不垂直于第一驱动盘; $2m$ 个驱动杆中另外 m 个驱动杆围绕所述连杆周向均匀设置在第二驱动盘和第二壳体的隔板之间,均一端和第二壳体的隔板固连、另一端和第二驱动盘相抵;所述 $2m$ 个驱动杆呈镜面对称;

所述 d 个压簧周向均匀设置在所述第一壳体的隔板、第二壳体的隔板之间,均一端和第一壳体的隔板固连、另一端和第二壳体的隔板固连;

所述第一驱动件连杆伸出其第二壳体的一端和所述第一作动头的第一端面同轴固连,第二驱动件连杆伸出其第二壳体的一端和所述第二作动头的第二端面同轴固连;

所述第一螺旋桨、第二螺旋桨均包含转筒和 n 个桨叶, n 为大于等于2的自然数,所述转筒为圆柱体,其一端中心设有安装孔;所述 n 个桨叶周向均匀设置在转筒的侧壁上;

所述第一驱动件第一壳体连接部远离其第一驱动盘的一端插入所述第一螺旋桨转筒的安装孔中,和第一螺旋桨的转筒固连;所述第二驱动件第一壳体连接部远离其第一驱动盘的一端插入所述第二螺旋桨转筒的安装孔中,和第二螺旋桨的转筒固连;

所述第一螺旋桨、第二螺旋桨桨叶的旋向相反;

所述转向单元包含第一至第二转向摆、以及四根拉簧;

所述第一转向摆、第二转向摆结构相同,均为在其中心沿其长度方向设有通槽的弧面板;

所述第一转向摆、第二转向摆正交设置,其中,第一转向摆套在第一连杆上,其内壁和第一作动头第一端面的四个顶角相抵;第二转向摆套在第二连杆上,其内壁和第二作动头第二端面的四个顶角相抵;

所述第一转向摆、第二转向摆的四个顶角通过四根拉簧对应相连,使得第一转向摆和第一作动头之间、第二转向摆和第二作动头之间存在预压力,第一转向摆能够沿其通槽相对第一作动头运动,第二转向摆能够沿其通槽相对第二作动头运动;

所述第一转向摆、第二转向摆在相邻拉簧之间设有蒙皮,将压电驱动单元包含在内。

2. 根据权利要求1所述的超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统,其特征在于,所述 m 取3, d 取9, n 取3。

3. 根据权利要求1所述的超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统,其特征在于,第一至第四压电陶瓷片组中压电陶瓷片的表面均涂有硅橡胶或DP460环氧胶水。

4. 基于权利要求1所述的超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统的平动方法,其特征在于,包含以下步骤:

对第一至第四压电陶瓷片组中的压电陶瓷片施加第一信号,所述第一信号为交流谐波信号,在第一信号激励下,压电驱动单元金属基体上产生三阶纵振模态,第一驱动件、第二驱动件的第一驱动盘和第二驱动盘产生垂直于其连杆的微幅椭圆运动,通过摩擦作用使得第一壳体、第二壳体转动,进而带动第一螺旋桨、第二螺旋桨转动,进行平动;

如果需要反向平动,更改第一信号的方向即可。

5. 基于权利要求1所述的超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统的转向方法,其特征在于,包含以下步骤:

令第一转向摆竖直设置、第二转向摆水平设置,第一至第四压电陶瓷片组中的三片压电陶瓷片由第一螺旋桨至第二螺旋桨方向依次为第一、第二、第三压电陶瓷片,并将第二压电陶瓷片组中的第一压电陶瓷片、第四压电陶瓷片组中的第二压电陶瓷片、第二压电陶瓷片组中的第三压电陶瓷片编为A组,将第一压电陶瓷片组中的第一压电陶瓷片、第三压电陶瓷片组中的第二压电陶瓷片、第一压电陶瓷片组中的第三压电陶瓷片编为B组,将第三压电陶瓷片组中的第一压电陶瓷片、第一压电陶瓷片组中的第二压电陶瓷片、第三压电陶瓷片组中的第三压电陶瓷片编为C组,将第四压电陶瓷片组中的第一压电陶瓷片、第二压电陶瓷片组中的第二压电陶瓷片、第四压电陶瓷片组中的第三压电陶瓷片编为D组;

如果需要水平转向:

对A组、D组中的压电陶瓷片施加第一信号,对B组中的压电陶瓷片施加第二信号,对C组

中的压电陶瓷片施加第三信号；

所述第一至第三信号均为交流谐波信号,其中,第一信号和第二信号在时间相位上相差 $\pi/2$,第二信号和第三信号在时间相位上相差 π ,使得压电驱动单元上同时产生三阶纵振和十二阶弯振;通过三阶纵振和十二阶弯振的复合,使得第二作动头表面质点产生平行于水平面的微幅椭圆运动,通过摩擦作用驱动第二转向摆沿水平摆动,改变整体的流线型从而实现水平转向;

如果需要水平反向转向,改变第一信号和第二信号的相位差为 $-\pi/2$ 即可;

如果需要竖直转向:

对B组、C组中的压电陶瓷片施加第一信号,对A组中的压电陶瓷片施加第二信号,对D组中的压电陶瓷片施加第三信号;

所述第一至第三信号均为交流谐波信号,第一信号和第二信号在时间相位上相差 $\pi/2$,第二信号和第三信号在时间相位上相差 π ,使得压电驱动单元上同时产生三阶纵振和十二阶弯振;通过三阶纵振和十二阶弯振的复合,使得第一作动头表面质点产生平行于垂直面的微幅椭圆运动,通过摩擦作用驱动第一转向摆沿上下摆动,改变整体的流线型从而实现竖直转向;

如果需要竖直反向转向,改变第一信号和第二信号的相位差为 $-\pi/2$ 即可。

一种超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统及其方法

技术领域

[0001] 本发明涉及压电作动和水下螺旋桨矢量推进系统领域,尤其涉及一种超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统及其方法。

背景技术

[0002] 海洋在我国国防建设和经济发展中占有举足轻重的地位。由于海洋资源勘探以及国防建设需要,水下推进系统得到了很大发展。螺旋桨矢量水下推进系统实用性强、可靠便捷,技术成熟操作便利,是水下推进系统的主要研究对象。然而,现有的螺旋桨矢量推进系统存在许多缺点,比如,复杂的传动结构导致多种运动耦合使得传动精度下降、深海高压环境下机体以及电机密封困难。

[0003] 压电驱动是一种利用压电材料逆压电效应激发弹性体微幅振动,并通过摩擦作用将振动转换成宏观运动的直接驱动方式。采用压电驱动技术将水下推进系统设计成无包裹结构,压电驱动元件可以直接在海水环境下运行,结构上不会存在密封问题。采用压电驱动的水下螺旋桨矢量推进系统可以直接驱动无需太多传动机构,有利于轻量化、小型化。

[0004] 在专利号为CN201810894895.6的专利《基于纵振的辐条式转子超声电机及其工作方式》中,该超声电机通过一阶纵振实现前进,本专利在其基础上进行了创新,在不间断的前进的同时,通过驱动不同的转子实现不同方向的转向,更加灵活,具有可操作性。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是针对背景技术中所涉及到的缺陷,提供一种超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统及其方法。

[0006] 本发明为解决上述技术问题采用以下技术方案:

[0007] 一种超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统,包含压电驱动单元、第一驱动件、第二驱动件、第一螺旋桨、第二螺旋桨和转向单元;

[0008] 所述压电驱动单元包含金属基体、以及第一至第四压电陶瓷片组;

[0009] 所述金属基体包含基座、以及第一至第二作动头;

[0010] 所述基座为长方体,包含第一至第二端面、以及依次相连的第一至第四侧壁,相邻侧壁间的棱均做圆角处理;

[0011] 所述第一作动头、第二作动头结构相同,均为长方体,均包含第一至第二端面、以及依次相连的第一至第四侧壁;第一作动头的第二端面固定在所述基座的第一端面上,且第一作动头的第二侧壁和基座的第二侧壁在同一平面,第一作动头的第四侧壁和基座的第四侧壁在同一平面;第二作动头的第一端面固定在所述基座的第二端面上,且第二作动头的第二侧壁和基座的第一侧壁在同一平面,第二作动头的第四侧壁和基座的第三侧壁在同一平面,即第一作动头、第二作动头正交设置;

[0012] 所述第一至第四压电陶瓷片组均包含三片压电陶瓷片,且第一至第四压电陶瓷片组分别一一对应均匀设置在所述基座的第一至第四侧壁上;所述第一至第四压电陶瓷片组

中的压电陶瓷片沿其厚度方向同时朝外或同时朝内极化；

[0013] 所述第一驱动件、第二驱动件结构相同，均包含第一壳体、第二壳体、连杆、第一驱动盘、第二驱动盘、 $2m$ 个驱动杆、以及 d 个压簧， m 均为大于等于2的自然数， d 为大于等于3的自然数；

[0014] 所述第一壳体、第二壳体结构相同，均包含连接部、过渡部和受力部，其中，连接部、受力部均为两端开口的空心圆柱体，受力部的截面半径大于连接部的截面半径；过渡部为两端开口的空心圆台，其面积较小端面的半径和连接部的截面半径相等，面积较大端面的半径和受力部的截面半径相等；所述过渡部面积较小的一端和连接部的一端同轴固连，面积较大的一端和受力部的一端同轴固连；所述受力部在其内壁设有垂直于其轴线的隔板；所述隔板中心设有供所述连杆穿过的通孔；

[0015] 所述第一驱动盘、第二驱动盘为半径相同的圆盘，其中，第一驱动盘设置在第一壳体的过渡部中，第二驱动盘设置在第二壳体的过渡部中，第二驱动盘的中心设有通孔；

[0016] 所述连杆一端位于第二壳体外，另一端从第二壳体连接部的另一端伸入后依次穿过第二驱动盘、第二壳体的隔板、第一壳体的隔板后和第一驱动盘同轴固连；所述连杆在第二驱动盘的通孔处和第二驱动盘同轴固连，且连杆和第二壳体的隔板、第一壳体的隔板均不接触；

[0017] 所述 $2m$ 个驱动杆中的 m 个驱动杆围绕所述连杆周向均匀设置在第一驱动盘和第一壳体的隔板之间，均一端和第一壳体的隔板固连、另一端和第一驱动盘相抵，且该 m 个驱动杆均不垂直于第一驱动盘； $2m$ 个驱动杆中另外 m 个驱动杆围绕所述连杆周向均匀设置在第二驱动盘和第二壳体的隔板之间，均一端和第二壳体的隔板固连、另一端和第二驱动盘相抵；所述 $2m$ 个驱动杆呈镜面对称；

[0018] 所述 d 个压簧周向均匀设置在所述第一壳体的隔板、第二壳体的隔板之间，均一端和第一壳体的隔板固连、另一端和第二壳体的隔板固连；

[0019] 所述第一驱动件连杆伸出其第二壳体的一端和所述第一作动头的第一端面同轴固连，第二驱动件连杆伸出其第二壳体的一端和所述第二作动头的第二端面同轴固连；

[0020] 所述第一螺旋桨、第二螺旋桨均包含转筒和 n 个桨叶， n 为大于等于2的自然数，所述转筒为圆柱体，其一端中心设有安装孔；所述 n 个桨叶周向均匀设置在转筒的侧壁上；

[0021] 所述第一驱动件第一壳体连接部远离其第一驱动盘的一端插入所述第一螺旋桨转筒的安装孔中，和第一螺旋桨的转筒固连；所述第二驱动件第一壳体连接部远离其第一驱动盘的一端插入所述第二螺旋桨转筒的安装孔中，和第二螺旋桨的转筒固连；

[0022] 所述第一螺旋桨、第二螺旋桨桨叶的旋向相反；

[0023] 所述转向单元包含第一至第二转向摆、以及四根拉簧；

[0024] 所述第一转向摆、第二转向摆结构相同，均为在其中心沿其长度方向设有通槽的弧面板；

[0025] 所述第一转向摆、第二转向摆正交设置，其中，第一转向摆套在第一连杆上，其内壁和第一作动头第一端面的四个顶角相抵；第二转向摆套在第二连杆上，其内壁和第二作动头第二端面的四个顶角相抵；

[0026] 所述第一转向摆、第二转向摆的四个顶角通过四根拉簧对应相连，使得第一转向摆和第一作动头之间、第二转向摆和第二作动头之间存在预压力，第一转向摆能够沿其通

槽相对第一作动头运动,第二转向摆能够沿其通槽相对第二作动头运动;

[0027] 所述第一转向摆、第二转向摆在相邻拉簧之间设有蒙皮,将压电驱动单元包含在内。

[0028] 本发明还公开了一种该超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统进一步的优化方案,所述 m 取3, d 取9, n 取3。

[0029] 本发明还公开了一种该超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统进一步的优化方案,第一至第四压电陶瓷片组中压电陶瓷片的表面均涂有硅橡胶或DP460环氧树脂。

[0030] 本发明还公开了一种该超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统的平动方法,包含以下步骤:

[0031] 对第一至第四压电陶瓷片组中的压电陶瓷片施加第一信号,所述第一信号为交流谐波信号,在第一信号激励下,压电驱动单元金属基体上产生三阶纵振模态,第一驱动件、第二驱动件的第一驱动盘和第二驱动盘产生垂直于其连杆的微幅椭圆运动,通过摩擦作用使得第一壳体、第二壳体转动,进而带动第一螺旋桨、第二螺旋桨转动,进行平动;

[0032] 如果需要反向平动,更改第一信号的方向即可。

[0033] 本发明还公开了一种该超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统的转向方法,包含以下步骤:

[0034] 令第一转向摆竖直设置、第二转向摆水平设置,第一至第四压电陶瓷片组中的三片压电陶瓷片由第一螺旋桨至第二螺旋桨方向依次为第一、第二、第三压电陶瓷片,并将第二压电陶瓷片组中的第一压电陶瓷片、第四压电陶瓷片组中的第二压电陶瓷片、第二压电陶瓷片组中的第三压电陶瓷片编为A组,将第一压电陶瓷片组中的第一压电陶瓷片、第三压电陶瓷片组中的第二压电陶瓷片、第一压电陶瓷片组中的第三压电陶瓷片编为B组,将第三压电陶瓷片组中的第一压电陶瓷片、第一压电陶瓷片组中的第二压电陶瓷片、第三压电陶瓷片组中的第三压电陶瓷片编为C组,将第四压电陶瓷片组中的第一压电陶瓷片、第二压电陶瓷片组中的第二压电陶瓷片、第四压电陶瓷片组中的第三压电陶瓷片编为D组;

[0035] 如果需要水平转向:

[0036] 对A组、D组中的压电陶瓷片施加第一信号,对B组中的压电陶瓷片施加第二信号,对C组中的压电陶瓷片施加第三信号;

[0037] 所述第一至第三信号均为交流谐波信号,其中,第一信号和第二信号在时间相位上相差 $\pi/2$,第二信号和第三信号在时间相位上相差 π ,使得压电驱动单元上同时产生三阶纵振和十二阶弯振;通过三阶纵振和十二阶弯振的复合,使得第二作动头表面质点产生平行于水平面的微幅椭圆运动,通过摩擦作用驱动第二转向摆沿水平摆动,改变整体的流线型从而实现水平转向;

[0038] 如果需要水平反向转向,改变第一信号和第二信号的相位差为 $-\pi/2$ 即可;

[0039] 如果需要竖直转向:

[0040] 对B组、C组中的压电陶瓷片施加第一信号,对A组中的压电陶瓷片施加第二信号,对D组中的压电陶瓷片施加第三信号;

[0041] 所述第一至第三信号均为交流谐波信号,第一信号和第二信号在时间相位上相差 $\pi/2$,第二信号和第三信号在时间相位上相差 π ,使得压电驱动单元上同时产生三阶纵振和十二阶弯振;通过三阶纵振和十二阶弯振的复合,使得第一作动头表面质点产生平行于垂

直面的微幅椭圆运动,通过摩擦作用驱动第一转向摆沿上下摆动,改变整体的流线型从而实现竖直转向;

[0042] 如果需要竖直反向转向,改变第一信号和第二信号的相位差为 $-\pi/2$ 即可。

[0043] 本发明采用以上技术方案与现有技术相比,具有以下技术效果:

[0044] 1. 结构简单,无密封装置和复杂传动结构;

[0045] 2. 采用压电驱动技术直接驱动,易于实现小型化、轻量化;

[0046] 3. 采用改变系统整体的流线型实现矢量推进。

附图说明

[0047] 图1是本发明的结构示意图;

[0048] 图2是本发明中金属基体的结构示意图;

[0049] 图3是本发明中第一驱动件的结构示意图;

[0050] 图4是本发明中第一驱动件的剖视示意图;

[0051] 图5是本发明中第一驱动件除去连杆、第一驱动盘、第二驱动盘后的爆炸示意图;

[0052] 图6是本发明中第一螺旋桨和第一驱动件相配合的结构示意图;

[0053] 图7是本发明中转向单元的结构示意图;

[0054] 图8是本发明平动时第一至第四压电陶瓷片组电信号施加以及极化方向剖面示意图;

[0055] 图9是本发明中压电驱动单元三阶纵振模态示意图;

[0056] 图10是本发明平动时的工作状态示意图;

[0057] 图11是本发明转向时压电驱动单元、第一驱动件、第二驱动件的模态示意图;

[0058] 图12是本发明中将第一至第四压电陶瓷片组中的压电陶瓷片分为A、B、C、D四组的示意图;

[0059] 图13是本发明中整体机构平动与转向的原理示意图。

[0060] 图中,1-第一螺旋桨,2-第二螺旋桨,3-第一驱动件,4-第二驱动件,5-转向单元,6-基座,7-第一作动头,8-第二作动头,9-第一壳体,10-第二壳体,11-连杆,9.1-第一壳体的连接部,9.2-第一壳体的过渡部,9.3-第一壳体的受力部,9.4-第一壳体受力部中的隔板,10.1-第二壳体的连接部,10.2-第二壳体的过渡部,10.3-第二壳体的受力部,10.4-第二壳体受力部中的隔板,12-第一驱动盘,13-第二驱动盘,14-驱动杆,15-压簧,16-桨叶,17-转筒,18-第一转向摆,19-第二转向摆,20-蒙皮,21-拉簧,22-第一压电陶瓷片组,23-第二压电陶瓷片组,24-第三压电陶瓷片组,25-第四压电陶瓷片组。

具体实施方式

[0061] 下面结合附图对本发明的技术方案做进一步的详细说明:

[0062] 本发明可以以许多不同的形式实现,而不应当认为限于这里所述的实施例。相反,提供这些实施例以便使本公开透彻且完整,并且将向本领域技术人员充分表达本发明的范围。在附图中,为了清楚起见放大了组件。

[0063] 如图1所示,本发明公开了一种超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统,包含压电驱动单元、第一驱动件、第二驱动件、第一螺旋桨、第二螺旋桨和转向单元。

[0064] 如图2所示,所述压电驱动单元包含金属基体、以及第一至第四压电陶瓷片组;

[0065] 所述金属基体包含基座、以及第一至第二作动头;

[0066] 所述基座为长方体,包含第一至第二端面、以及依次相连的第一至第四侧壁,相邻侧壁间的棱均做圆角处理;

[0067] 所述第一作动头、第二作动头结构相同,均为长方体,均包含第一至第二端面、以及依次相连的第一至第四侧壁;第一作动头的第二端面固定在所述基座的第一端面上,且第一作动头的第二侧壁和基座的第二侧壁在同一平面,第一作动头的第四侧壁和基座的第四侧壁在同一平面;第二作动头的第一端面固定在所述基座的第二端面上,且第二作动头的第二侧壁和基座的第一侧壁在同一平面,第二作动头的第四侧壁和基座的第三侧壁在同一平面,即第一作动头、第二作动头正交设置;

[0068] 所述第一至第四压电陶瓷片组均包含三片压电陶瓷片,且第一至第四压电陶瓷片组分别一一对应均匀设置在所述基座的第一至第四侧壁上;所述第一至第四压电陶瓷片组中的压电陶瓷片沿其厚度方向同时朝外或同时朝内极化。

[0069] 如图3、图4所示,所述第一驱动件、第二驱动件结构相同,均包含第一壳体、第二壳体、连杆、第一驱动盘、第二驱动盘、 $2m$ 个驱动杆、以及 d 个压簧, m 均为大于等于2的自然数, d 为大于等于3的自然数;

[0070] 所述第一壳体、第二壳体结构相同,均包含连接部、过渡部和受力部,其中,连接部、受力部均为两端开口的空心圆柱体,受力部的截面半径大于连接部的截面半径;过渡部为两端开口的空心圆台,其面积较小端面的半径和连接部的截面半径相等,面积较大端面的半径和受力部的截面半径相等;所述过渡部面积较小的一端和连接部的一端同轴固连,面积较大的一端和受力部的一端同轴固连;所述受力部在其内壁设有垂直于其轴线的隔板;所述隔板中心设有供所述连杆穿过的通孔;

[0071] 所述第一驱动盘、第二驱动盘为半径相同的圆盘,其中,第一驱动盘设置在第一壳体的过渡部中,第二驱动盘设置在第二壳体的过渡部中,第二驱动盘的中心设有通孔;

[0072] 所述连杆一端位于第二壳体外,另一端从第二壳体连接部的另一端伸入后依次穿过第二驱动盘、第二壳体的隔板、第一壳体的隔板后和第一驱动盘同轴固连;所述连杆在第二驱动盘的通孔处和第二驱动盘同轴固连,且连杆和第二壳体的隔板、第一壳体的隔板均不接触;

[0073] 所述 $2m$ 个驱动杆中的 m 个驱动杆围绕所述连杆周向均匀设置在第一驱动盘和第一壳体的隔板之间,均一端和第一壳体的隔板固连、另一端和第一驱动盘相抵,且该 m 个驱动杆均不垂直于第一驱动盘; $2m$ 个驱动杆中另外 m 个驱动杆围绕所述连杆周向均匀设置在第二驱动盘和第二壳体的隔板之间,均一端和第二壳体的隔板固连、另一端和第二驱动盘相抵;所述 $2m$ 个驱动杆呈镜面对称;

[0074] 所述 d 个压簧周向均匀设置在所述第一壳体的隔板、第二壳体的隔板之间,均一端和第一壳体的隔板固连、另一端和第二壳体的隔板固连;

[0075] 图5是本发明中第一驱动件除去连杆、第一驱动盘、第二驱动盘后的爆炸示意图。

[0076] 所述第一驱动件连杆伸出其第二壳体的一端和所述第一作动头的第一端面同轴固连,第二驱动件连杆伸出其第二壳体的一端和所述第二作动头的第二端面同轴固连。

[0077] 所述第一螺旋桨、第二螺旋桨均包含转筒和 n 个桨叶, n 为大于等于2的自然数,所

述转筒为圆柱体,其一端中心设有安装孔;所述n个桨叶周向均匀设置在转筒的侧壁上;

[0078] 如图6所示,所述第一驱动件第一壳体连接部远离其第一驱动盘的一端插入所述第一螺旋桨转筒的安装孔中,和第一螺旋桨的转筒固连;所述第二驱动件第一壳体连接部远离其第一驱动盘的一端插入所述第二螺旋桨转筒的安装孔中,和第二螺旋桨的转筒固连;

[0079] 所述第一螺旋桨、第二螺旋桨桨叶的旋向相反。

[0080] 如图7所示,所述转向单元包含第一至第二转向摆、以及四根拉簧;

[0081] 所述第一转向摆、第二转向摆结构相同,均为在其中心沿其长度方向设有通槽的弧面板;

[0082] 所述第一转向摆、第二转向摆正交设置,其中,第一转向摆套在第一连杆上,其内壁和第一作动头第一端面的四个顶角相抵;第二转向摆套在第二连杆上,其内壁和第二作动头第二端面的四个顶角相抵;

[0083] 所述第一转向摆、第二转向摆的四个顶角通过四根拉簧对应相连,使得第一转向摆和第一作动头之间、第二转向摆和第二作动头之间存在预压力,第一转向摆能够沿其通槽相对第一作动头运动,第二转向摆能够沿其通槽相对第二作动头运动;

[0084] 所述第一转向摆、第二转向摆在相邻拉簧之间设有蒙皮,将压电驱动单元包含在内。

[0085] 所述m优先取3,d优先取9,n优先取3。

[0086] 第一至第四压电陶瓷片组中压电陶瓷片的表面均涂有硅橡胶或DP460环氧胶水。

[0087] 本发明还公开了一种该超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统的平动方法,包含以下步骤:

[0088] 如图8所示,对第一至第四压电陶瓷片组中的压电陶瓷片施加第一信号,所述第一信号为交流谐波信号,在第一信号激励下,压电驱动单元金属基体上产生三阶纵振模态,如图9所示,第一驱动件、第二驱动件的第一驱动盘和第二驱动盘产生垂直于其连杆的微幅椭圆运动,通过摩擦作用使得第一壳体、第二壳体转动,进而带动第一螺旋桨、第二螺旋桨转动,进行平动,如图10所示;

[0089] 如果需要反向平动,更改第一信号的方向即可。

[0090] 本发明还公开了一种该超声电机驱动的水下螺旋桨矢量推进系统的平动方法,包含以下步骤:

[0091] 令第一转向摆竖直设置、第二转向摆水平设置,第一至第四压电陶瓷片组中的三片压电陶瓷片由第一螺旋桨至第二螺旋桨方向依次为第一、第二、第三压电陶瓷片,并将第二压电陶瓷片组中的第一压电陶瓷片、第四压点陶瓷片组中的第二压电陶瓷片、第二压电陶瓷片组中的第三压电陶瓷片编为A组,将第一压电陶瓷片组中的第一压电陶瓷片、第三压点陶瓷片组中的第二压电陶瓷片、第一压电陶瓷片组中的第三压电陶瓷片编为B组,将第三压电陶瓷片组中的第一压电陶瓷片、第一压点陶瓷片组中的第二压电陶瓷片、第三压电陶瓷片组中的第三压电陶瓷片编为C组,将第四压电陶瓷片组中的第一压电陶瓷片、第二压点陶瓷片组中的第二压电陶瓷片、第四压电陶瓷片组中的第三压电陶瓷片编为D组,如图12所示;

[0092] 如果需要水平转向:

[0093] 对A组、D组中的压电陶瓷片施加第一信号,对B组中的压电陶瓷片施加第二信号,对C组中的压电陶瓷片施加第三信号;

[0094] 所述第一至第三信号均为交流谐波信号,其中,第一信号和第二信号在时间相位上相差 $\pi/2$,第二信号和第三信号在时间相位上相差 π ,使得压电驱动单元上同时产生三阶纵振和十二阶弯振;通过三阶纵振和十二阶弯振的复合,使得第二作动头表面质点产生平行于水平面的微幅椭圆运动,通过摩擦作用驱动第二转向摆沿水平摆动,改变整体的流线型从而实现水平转向,如图11所示;

[0095] 如果需要水平反向转向,改变第一信号和第二信号的相位差为 $-\pi/2$ 即可;

[0096] 如果需要竖直转向:

[0097] 对B组、C组中的压电陶瓷片施加第一信号,对A组中的压电陶瓷片施加第二信号,对D组中的压电陶瓷片施加第三信号;

[0098] 所述第一至第三信号均为交流谐波信号,第一信号和第二信号在时间相位上相差 $\pi/2$,第二信号和第三信号在时间相位上相差 π ,使得压电驱动单元上同时产生三阶纵振和十二阶弯振;通过三阶纵振和十二阶弯振的复合,使得第一作动头表面质点产生平行于垂直面的微幅椭圆运动,通过摩擦作用驱动第一转向摆沿上下摆动,改变整体的流线型从而实现竖直转向;

[0099] 如果需要竖直反向转向,改变第一信号和第二信号的相位差为 $-\pi/2$ 即可。

[0100] 如图13所示,为整体机构平动与转向的原理示意图。

[0101] 本技术领域技术人员可以理解的是,除非另外定义,这里使用的所有术语(包括技术术语和科学术语)具有与本发明所属领域中的普通技术人员的一般理解相同的意义。还应该理解的是,诸如通用字典中定义的那些术语应该被理解为具有与现有技术的上下文中的意义一致的意义,并且除非像这里一样定义,不会用理想化或过于正式的含义来解释。

[0102] 以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

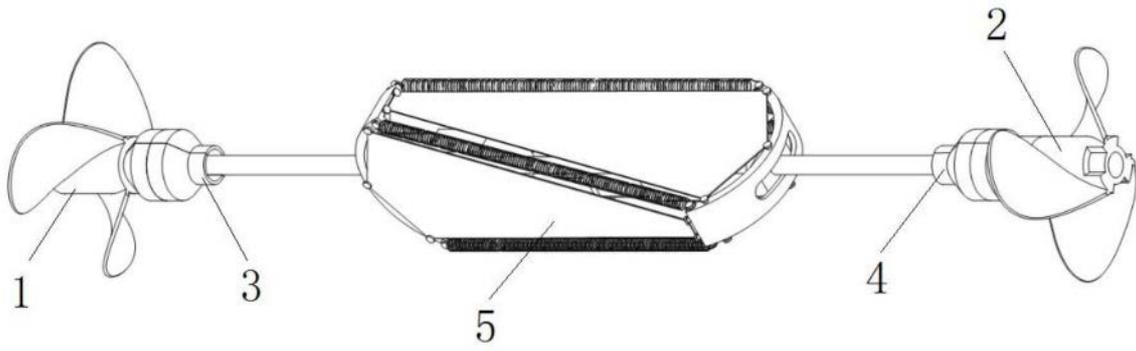


图1

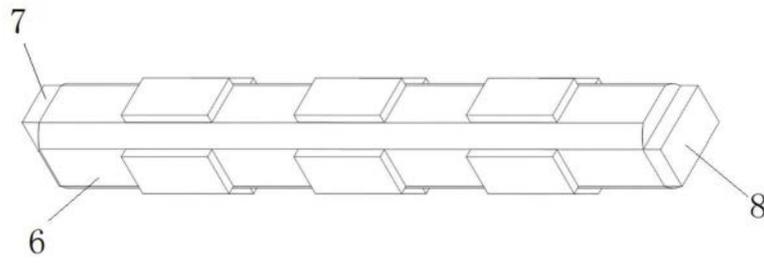


图2

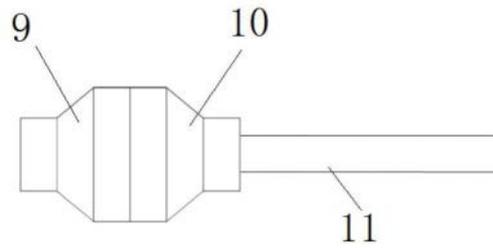


图3

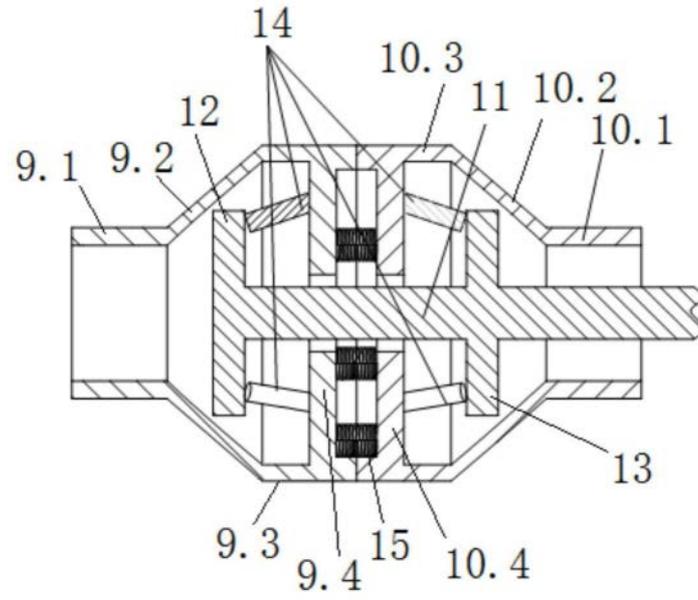


图4

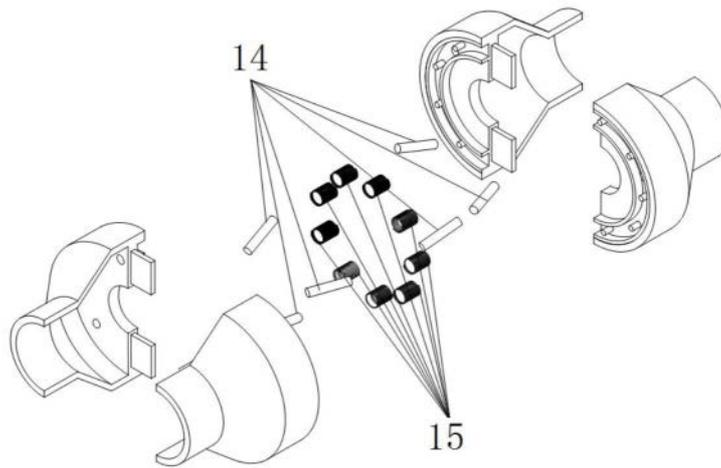


图5

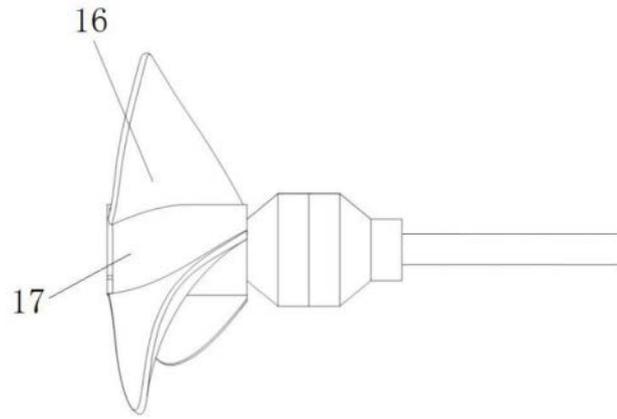


图6

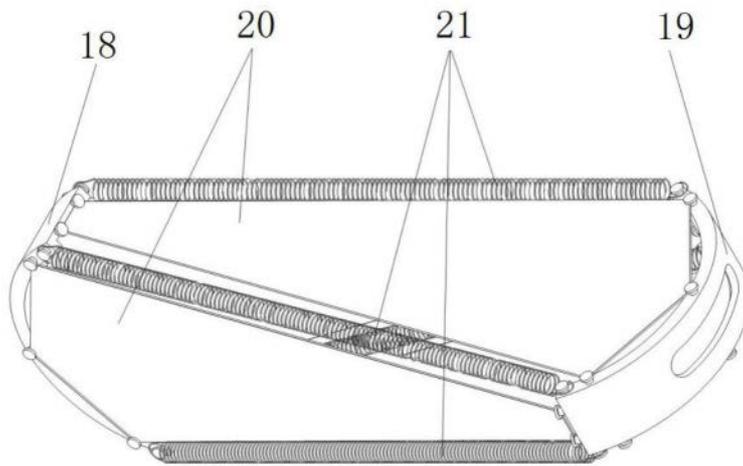


图7

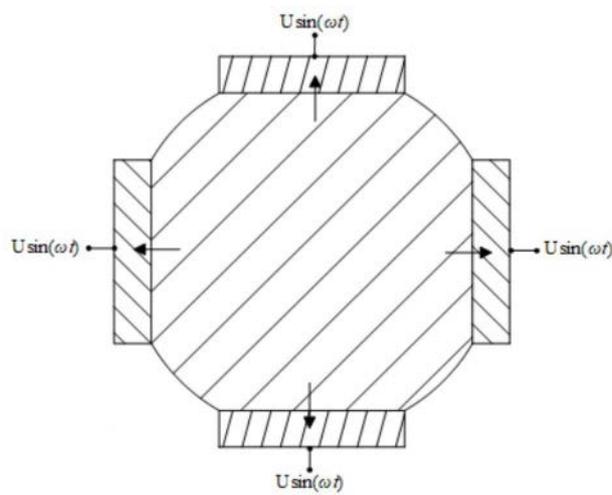


图8

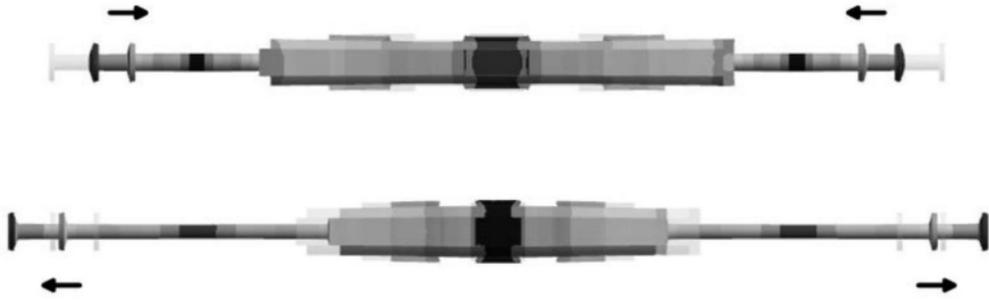


图9

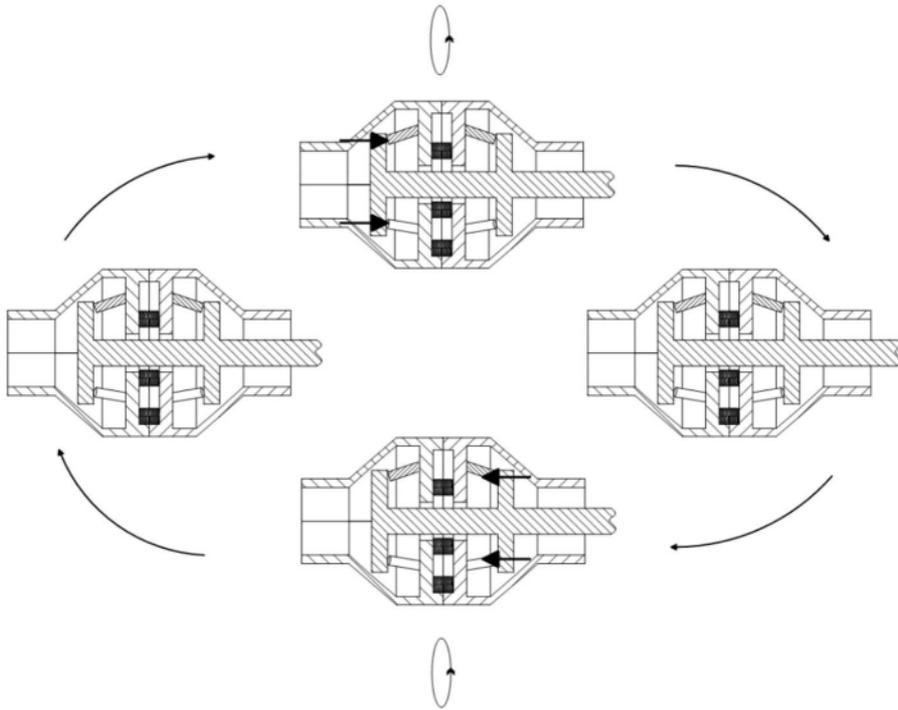


图10

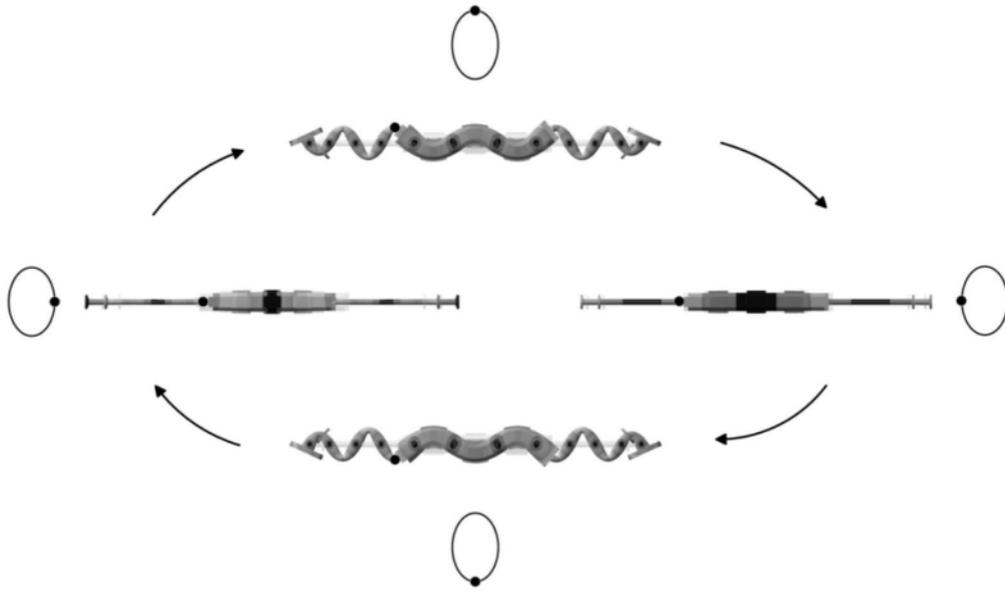


图11

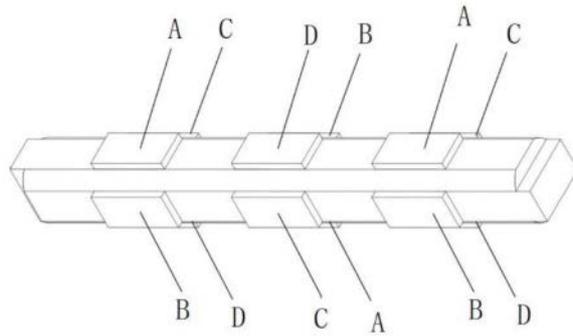


图12

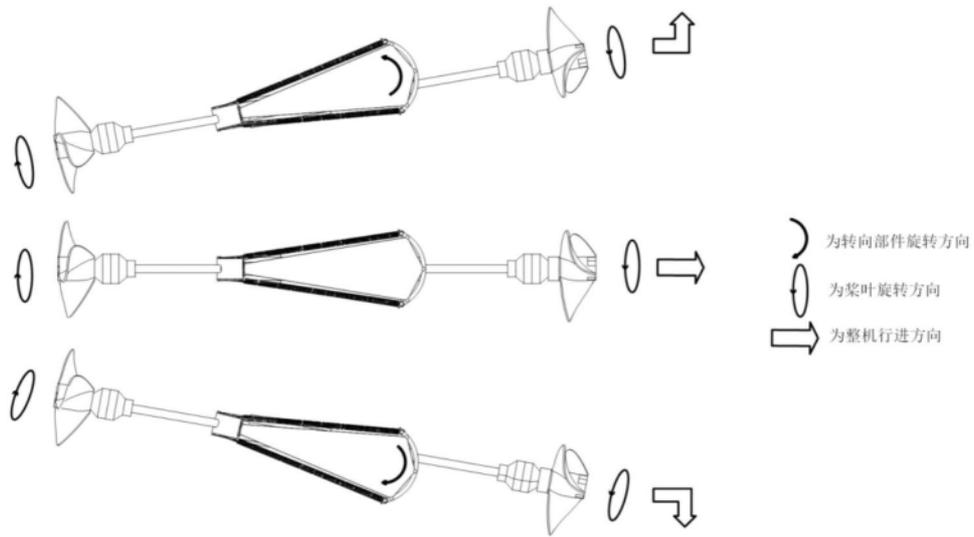


图13