



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113277044 B

(45) 授权公告日 2022. 05. 20

(21) 申请号 202110653489.2

B63G 8/22 (2006.01)

(22) 申请日 2021.06.11

B63G 8/18 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

B63B 11/00 (2006.01)

申请公布号 CN 113277044 A

H01Q 1/12 (2006.01)

H01Q 1/34 (2006.01)

(43) 申请公布日 2021.08.20

### (56) 对比文件

(73) 专利权人 天津大学

CN 111634396 A, 2020.09.08

地址 300072 天津市南开区卫津路92号

CN 109250054 A, 2019.01.22

(72) 发明人 杨亚楠 李博 王树新 赵海侗

CN 109018271 A, 2018.12.18

张宏伟 刘玉红

CN 103507929 A, 2014.01.15

JP 2011230627 A, 2011.11.17

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代  
理事务所 12201

JP 2006232070 A, 2006.09.07

GB 201907526 D0, 2019.07.10

专利代理师 刘子文

审查员 万明耀

(51) Int. Cl.

B63G 8/00 (2006.01)

B63G 8/14 (2006.01)

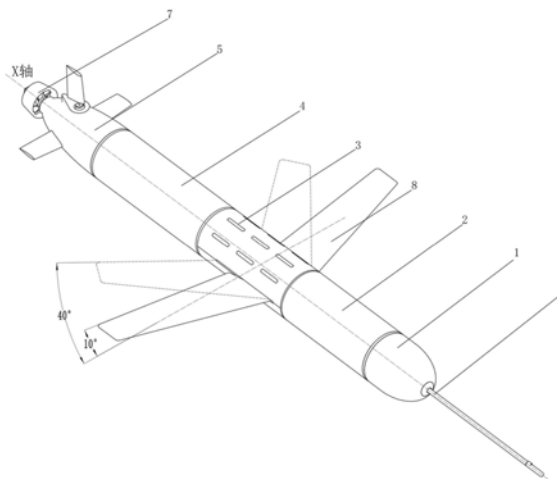
权利要求书4页 说明书11页 附图8页

### (54) 发明名称

一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机

### (57) 摘要

本发明公开一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机,包括头部透水舱、前段耐压舱、中段透水舱、后段耐压舱、尾部透水舱、通讯天线杆、尾部螺旋桨、可变后掠角机翼组件。采用标准系列324毫米直径机体提升水下滑翔机负载能力。采用可动舵翼、尾部螺旋桨提升水下滑翔机的可用航速范围。本发明水下滑翔机具备慢速剖面滑翔(10°小后掠角机翼,航速0.4节至1节)、快速剖面滑翔(40°大后掠角机翼状态,航速1节至2节)、高速剖面滑翔(40°大后掠角机翼,螺旋桨启动,航速2节至4节)三种航行模式。垂直尾舵、水平尾舵对水下滑翔机航向与滑翔姿态角实施高频、快速、精确调控,提升水下滑翔机的姿态稳定性与滑翔轨迹精度。



1. 一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机,其特征在于,包括头部透水舱(1)、前段耐压舱(2)、中段透水舱(3)、后段耐压舱(4)、尾部透水舱(5)、通讯天线杆(6)、尾部螺旋桨(7);所述头部透水舱(1)、前段耐压舱(2)、中段透水舱(3)、后段耐压舱(4)、尾部透水舱(5)沿X轴线方向依次连接构成水下滑翔机的主体部分;

所述头部透水舱(1)包括头部导流罩(9)、外膜保护罩(10)、头部卡箍(11);头部导流罩(9)顶端通过法兰安装平面与通讯天线杆(6)固连;头部导流罩(9)与前段耐压舱(2)由头部卡箍(11)抱紧固连;头部导流罩(9)上预留有透水孔;外膜保护罩(10)放置于头部透水舱(1)内部并安装在前段耐压舱(2)端面处;

所述前段耐压舱(2)包括前耐压壳(13)、前端盖(14)、前肋环盖(15)、深度传感器(16)、抽气插头(17)、启动电插头(18)、天线插头(19)、外膜(20)、通讯数据处理单元(21)、罗盘(22)、油箱支架(23)、油箱组件(24)、中控单元(25)、液压泵(26)、泵联轴器(27)、液压泵电机(28)、泵架(29);前端盖(14)、前肋环盖(15)位于前耐压壳(13)的两个端口处,前肋环盖(15)安装有两个供电插头(15a),前耐压壳(13)、前端盖(14)、前肋环盖(15)共同构成耐压密封舱体,前耐压壳(13)与前肋环盖(15)之间设置有密封沟槽并安装密封圈实现前段耐压舱(2)的径向防水密封;所述深度传感器(16)安装在前端盖(14)舱内端面螺纹孔中,用于测量水下滑翔机下潜深度;所述抽气插头(17)、启动电插头(18)、天线插头(19)均为承压防水型插头并安装在前端盖(14)舱外端面螺纹孔中;通讯数据处理单元(21)与罗盘(22)安装在前端盖(14)的舱内侧,且罗盘(22)保持水平放置,通讯数据处理单元(21)与中控单元(25)交互通讯数据,罗盘(22)传送水下滑翔机姿态数据至中控单元(25);所述前端盖(14)为回转体盘式结构,前端盖(14)的中部设置有凹碗结构;通过外膜保护罩(10)将外膜(20)压入前端盖(14)舱外的端面沟槽内,实现外膜(20)与前端盖(14)凹碗结构之间的密封,外膜(20)与前端盖(14)凹碗结构之间填充有用于调节水下滑翔机浮力状态的液压油;所述油箱支架(23)固定在前端盖(14)舱内端面处并以X轴线回转均布,油箱支架(23)的末端固连油箱组件(24);所述液压泵(26)为齿轮液压泵,液压泵(26)安装于泵架(29)并经泵联轴器(27)与液压泵电机(28)相连;泵架(29)安装至油箱组件(24)并放置液压泵(26)与液压泵电机(28)于油箱组件(24)顶部;所述液压泵电机(28)通过带动液压泵(26)工作,将液压油自油箱组件(24)排入前端盖(14)凹碗结构内实现本发明水下滑翔机的水下泵油与调节浮力过程;

所述中段透水舱(3)由可变后掠角机翼组件(8)、主连接梁(35)、副连接梁(36)、中段蒙皮(37)构成;两段主连接梁(35)左右对称布置,两段副连接梁(36)上下对称布置,所述主连接梁(35)和副连接梁(36)通过螺栓与前段耐压舱(2)和后段耐压舱(4)紧固连接;可变后掠角机翼组件(8)通过螺栓固定在主连接梁(35)上,两个半圆柱体中段蒙皮(37)包覆在主连接梁(35)外侧并构成圆柱形外圆面;所述中段蒙皮(37)上设置有透水槽,中段蒙皮(37)内部为透水空间并能够安放任务载荷传感器和可变后掠角机翼组件(8);

所述后段耐压舱(4)包括后耐压壳(38)、后肋环盖(39)、后端盖(40)、电池组(41)、俯仰调节驱动电机组件、长管套筒(43)、滑块(44)、导轨(45)、传动丝杠(46)、传动螺母(47)前支撑板(48)、后支撑板(49)、底部导轨托架(50)、侧导轨托架(51)、舵机插头(52)、螺旋桨插头(53);后肋环盖(39)、后端盖(40)位于后耐压壳(38)的两个端口处,后耐压壳(38)、后肋环盖(39)、后端盖(40)共同构成耐压密封舱体,后肋环盖(39)上安装有3个供电接头(39a),供

电接头(39a)通过水密缆与前段耐压舱(2)、中段透水舱(3)相连,后肋环盖(39)与后端盖(40)设置有密封沟槽并安装密封圈实现后耐压壳(38)的径向防水密封;舵机插头(52)、螺旋桨插头(53)为承压防水型插头并安装在后端盖(40)外圆面螺纹孔中;舵机插头(52)、螺旋桨插头(53)与尾部透水舱(5)内的电器件连接并实现供电与信号传递;所述电池组(41)为长方体外形,沿水下滑翔机回转轴线放置于后段耐压舱(4)内;电池组(41)的两端面处安装有前支撑板(48)与后支撑板(49);前支撑板(48)和后支撑板(49)的底部和侧边均设置有滑块(44),所述后耐压壳(38)内壁的两侧设置有水平安装凸台(38a),后耐压壳(38)内壁的底部设置有底部安装凸台(38b);底部导轨托架(50)安装在底部安装凸台(38b)上,侧导轨托架(51)安装在水平安装凸台(38a)上;底部导轨托架(50)和侧导轨托架(51)的中部沟槽内均安装有导轨(45),所述滑块(44)与所述导轨(45)滑动连接;电池组(41)重量经滑块(44)、导轨(45)、底部导轨托架(50)、侧导轨托架(51)传递至水平安装凸台(38a)与底部安装凸台(38b)上,并由与凸台一体的后耐压壳(38)承载;在滑块、导轨运动副的约束下,所述电池组(41)仅具有轴向移动自由度;长管套筒(43)为长管结构,长管套筒(43)通过套筒压板(43a)固定在后肋环盖(39)上的法兰安装凸台(39b)上,长管套筒(43)另一端内部嵌有铜制传动螺母(47);俯仰调节驱动电机组件包括绝对码盘(42a)、无刷电机(42b)、行星减速器组合(42c),位于电池组(41)的顶部空间处并与前支撑板(48)的法兰面紧固,传动丝杠(46)由俯仰调节驱动电机组件驱动旋转,并与传动螺母(47)构成一组丝杠螺母传递机构;丝杠螺母传递机构将俯仰调节驱动电机组件的旋转扭矩转化为实现电池组(41)沿导轨运动的轴向推力;

所述尾部透水舱(5)包括尾部导流罩(54)、尾部卡箍(55)、垂直尾舵(56)、水平尾舵(57)、舵机(58)、尾部支架(59);尾部导流罩(54)与后段耐压舱(4)由尾部卡箍(55)抱紧固定;在尾部透水舱(5)内部,尾部支架(59)沿水下滑翔机回转轴线布置,尾部支架(59)根部与后端盖(40)紧固连接,尾部透水舱(5)末端安装有尾部螺旋桨(7);舵机(58)为压力平衡式充油舵机并安装于尾部支架(59)上,用于驱动垂直尾舵(56)和水平尾舵(57);

所述可变后掠角机翼组件(8)通过曲柄滑块机构实现机翼后掠角的调控功能,由底板(8a)、滑台底座(8b)、立式轴承座(8c)、微型导轨(8d)、微型滑块(8e)、弓形滑台(8f)、丝杠(8g)、磁性联轴器(8h)、防水电机组件(8i)、连杆(8j)、机翼(8k)、机翼托架(81)、主轴支座(8m)、主轴(8n)、圆形轴承座(8o)、挡圈(8p)组成;所述弓形滑台(8f)和机翼托架(81)安装有可拆卸转轴,通过连杆(8j)连接,所述微型滑块(8e)和弓形滑台(8f)通过螺栓连接,弓形滑台(8f)设置有内螺纹,与丝杠(8g)配合;机翼(8k)、机翼托架(81)、主轴支座(8m)、主轴(8n)、圆形轴承座(8o)、挡圈(8p)共同组成了左翼组件和右翼组件,机翼(8k)通过螺栓固定在机翼托架(81)上,机翼托架(81)、主轴支座(8m)、圆形轴承座(8o)、挡圈(8p)通过主轴(8n)构成转动副,并通过长螺栓(8q)和套筒(8r)紧固连接;防水电机组件(8i)通过磁性联轴器(8h)带动丝杠(8g)转动,进而依靠弓形滑台(8f)的往复运动改变机翼(8k)的后掠角,后掠角可变范围为 $10^{\circ}$ 至 $40^{\circ}$ 。

2. 根据权利要求1所述一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机,其特征在于,所述水下滑翔机的主体部分直径为324mm,长度为4m,主体部分呈回转鱼雷体外形;可变后掠角机翼组件(8)布置在中段透水舱(3)内部;头部导流罩(9)由密度为 $1.42\text{g}/\text{ml}$ 的聚甲醛树脂制成,为半椭圆形壳状结构,长短轴比为2:1。

3. 根据权利要求1所述一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机,其特征在于,通讯天线杆(6)为玻璃纤维杆,在通讯天线杆(6)顶部固连有通讯天线(12),通讯天线(12)依托卫星通讯系统实现水下滑翔机与岸站间双向数据的接受与发送。

4. 根据权利要求1所述一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机,其特征在于,所述前耐压壳(13)为6061-T6铝合金圆筒壳,前段耐压舱(2)能够承受500m水深压力;抽气插头(17)用于对前段耐压舱(2)抽气,在水下滑翔机入水航行前设置前段耐压舱的真空度在0.2bar至0.3bar范围内;启动电插头(18)用于对水下滑翔机通电、断电,实现开、关机功能;天线插头(19)与通讯天线(12)连接并将双向通讯数据传送至通讯数据处理单元(21);中控单元(25)用于对水下滑翔机的全部电器件实施自动流程控制;所述外膜(20)由丁腈橡胶制成;外膜(20)与前端盖(14)凹碗结构之间填充的液压油最大容量为6L。

5. 根据权利要求1所述一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机,其特征在于,所述主连接梁(35)、副连接梁(36)为抗挠铝合金梁,中段蒙皮(37)为ABS塑料材质,包覆在主连接梁(35)外侧构成324mm圆柱形外圆面,并通过螺栓紧固;尾部导流罩(54)为密度1.42g/ml聚甲醛树脂制成的薄壳,为半椭圆外形,长短轴比为3.5:1;垂直尾舵(56)位于尾部透水舱(5)轴线上部的纵垂面内,水平尾舵包括两个,分别位于尾部透水舱(5)水平两侧。

6. 根据权利要求1所述一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机,其特征在于,后耐压壳(38)为6061-T6铝合金圆筒壳;绝对码盘(42a)用于记录电池组(41)的移动距离;所述电池组(41)包括机箱(41a)、单体电池(41b)、电池管理器件(41c)、电池插头(41d);机箱(41a)为长方体箱体,采用钣金折弯焊接箱式结构,机箱(41a)包络尺寸1000mm×230mm×190mm;单体电池(41b)采用磷酸铁锂锂离子电池,单体电池(41b)容量105Ah,工作电压2.5V至3.65V,重量2kg,包络尺寸60mm×195mm×37mm;电池组(41)总重量95kg,内部装有45支单体电池(41b),单体电池(41b)每排5支共9排布置,总容量525Ah,工作电压22.5V至32.85V;电池管理器件(41c)位于机箱(41a)内部,对电池组(41)实施过流、过放、过充保护动作;电池插头(41d)位于电池组(41)端部,与供电线连接为全部用电器件供电。

7. 根据权利要求1所述一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机,其特征在于,所述水下滑翔机实施浮力驱动过程的液压油路包括回油油路、泵油油路两条;回油油路在水面实施水下滑翔机由正浮力状态至负浮力状态转变,由前端盖(14)、第一油路接头(34a)、第一油管(33a)、电磁阀(30)、第二油路接头(34b)、油箱组件(24)依次连接组成;泵油油路由油箱组件(24)、第三油路接头(34c)、过滤器(32)、第二油管(33b)、第四油路接头(34d)、第三油管(33c)、液压泵(26)、单向阀(31)、第四油管(33d)、第五油路接头(34f)、第五油管(33f)、第六油路接头(34g)、前端盖(14)依次连接组成;所述油箱组件(24)包括油箱壳(24a)、导向壳(24b)、内膜(24c)、导向滑环(24d)、底座(24e)、位移传感器(24f);油箱壳(24a)设置有螺纹孔并安装第二油路接头(34b)、第三油路接头(34c);油箱壳(24a)与内膜(24c)构成填充液压油的封闭腔体,最大容积6L;导向壳(24b)由周向均布螺栓连接在油箱壳(24a)后部,导向滑环(24d)与橡胶材料制成的内膜(24c)硫化连接;随油箱组件(24)中油量变化,导向滑环(24d)沿着导向壳(24b)轴线伸缩移动,同时带动内膜(24c)变化位置;位移传感器(24f)安装在底座(24e)上,用于检测导向滑环(24d)的伸缩位移,实现油量检测。

8. 根据权利要求1所述一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机,其特征在于,水下滑翔机的航速范围为0.4节至4节,包括三种航行模式:航速为0.4节至1节的慢速

剖面滑翔、航速为1节至2节的快速剖面滑翔、螺旋桨启动且航速为2节至4节的高速剖面滑翔。

9. 一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机的控制方法,基于权利要求1所述水下滑翔机,其特征在于,水下滑翔机包括海面漂浮、启动下潜、下潜滑翔、启动上浮、上浮滑翔五个阶段;具体工作过程为:

水下滑翔机初始为正浮力状态在海面漂浮,仰角姿态,头部通讯天线杆斜向上露出水面,接收岸站的下潜数据指令,进入启动下潜阶段;

在启动下潜阶段,电磁阀通电开启,回油油路导通;因海平面大气压为1bar,前段耐压舱真空度在0.2bar至0.3bar之间,前端盖凹碗结构内的液压油在气压差作用下经回油油路流入至油箱组件,外膜收缩回前端盖凹碗内,水下滑翔机由正浮力变为负浮力状态,电池组向水下滑翔机头部移动,由仰角姿态调整为俯角姿态,水下滑翔机进入到下潜滑翔阶段;水下滑翔机根据岸站指令中的下潜滑翔航速、俯角要求,确定回油液压油体积与电池组向头部的位移;

在下潜滑翔阶段,转动垂直尾舵、水平尾舵以调节水下滑翔机垂直尾舵舵角、水平尾舵舵角对俯仰角姿态、航向角进行实时调整,保持航向角、俯仰姿态角在目标阈值内,在慢速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件保持 $10^{\circ}$ 的最小后掠角,机翼展弦比处于最大值,采用高升阻比机翼形式执行慢速滑翔;在快速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件实施调节,增大机翼后掠角至 $40^{\circ}$ ,机翼展弦比减小,水下滑翔机的迎流水阻系数降低,航速提升至快速剖面滑翔速度范围内;在高速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件保持 $40^{\circ}$ 的最大后掠角,机翼展弦比处于最小值,水下滑翔机的迎流水阻系数最小,尾部螺旋桨开启并根据航速需求设定转速,航速提升至高速剖面滑翔速度范围内;

当水下滑翔机达到设定下潜深度时,进入启动上浮阶段,液压泵电机带动液压泵旋转,液压油自油箱组件,经泵油油路,流入前端盖凹碗结构内,外膜外扩,水下滑翔机由负浮力变为正浮力状态,电池组向水下滑翔机尾部移动,由俯角姿态调整为仰角姿态,水下滑翔机进入到上浮滑翔阶段;水下滑翔机根据岸站指令中的上浮滑翔航速、仰角要求,确定泵油液压油体积与电池组向尾部的位移;

在上浮滑翔阶段,转动垂直尾舵、水平尾舵以调节水下滑翔机垂直尾舵舵角、水平尾舵舵角对俯仰角姿态、航向角进行实时调整,保持航向角、俯仰姿态角在目标阈值内,在慢速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件保持 $10^{\circ}$ 的最小后掠角,机翼展弦比处于最大值,采用高升阻比机翼形式执行慢速滑翔;在快速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件实施调节,增大机翼后掠角至 $40^{\circ}$ ,机翼展弦比减小,水下滑翔机的迎流水阻系数降低,航速提升至快速剖面滑翔速度范围内;在高速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件保持 $40^{\circ}$ 的最大后掠角,机翼展弦比处于最小值,水下滑翔机的迎流水阻系数最小,尾部螺旋桨开启并根据航速需求设定转速,航速提升至高速剖面滑翔速度范围内;

当水下滑翔机上浮返回至海面时,通讯天线杆伸出海面并向岸站报送剖面数据,水下滑翔机完成一个滑翔剖面,等待岸站下达下潜数据指令。

## 一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机

### 技术领域

[0001] 本发明属于新型海洋无人航行器技术领域,具体涉及一种使用可变尾舵与可变后掠机翼实现宽航速范围的324毫米标准直径水下滑翔机。

### 背景技术

[0002] 水下滑翔机是一种依靠垂向浮性状态变化实现在海水中的升沉运动,同时利用机翼将浮力转变为水平驱动力,采用重心调节法改变自身运动姿态与航向,在海洋中以“锯齿形”轨迹运动的低速无人水下航行器,其具有功耗低、自持力强、效费比高等优点,适用于开展大范围、长时序的水下观测、探测、侦测工作,在水下空间具有广阔的应用前景。

[0003] 当前,商用水下滑翔机,如Slocum, Petrel-II, Seawing等型号,广泛采用220mm直径机体,重量通常在50kg至70kg范围内,属于轻型无人水下航行器,但负载能力极其有限约为5kg。多数的水下商用任务传感器均无法在220mm直径水下滑翔机中搭载使用,任务载荷传感器供应商需为水下滑翔机开发专用的小型化产品,如温盐深传感器Seabird GPCTD,海流计Nortek AD2CP等。因此,220mm直径机体限制了水下滑翔机平台的应用范围。

[0004] 商用水下滑翔机因采用低功耗浮力驱动技术及滑翔运动方式,其设计巡航滑翔速度约为0.6节,设计最大航速约为1节,可用航速范围0.4节至1节。上述航速指标尚无法应对强流恶劣海况、黑潮逆流航行、快速潜浮剖面、水下目标跟踪等任务。面对多样化的任务需求与不确定的水文海况条件,需进一步提升水下滑翔机的航速范围,Slocum水下滑翔机增设了尾部辅助推进螺旋桨单元以提升航速。然而,螺旋桨运行导致水下滑翔机在高航速下出现俯仰姿态抖动问题,航行稳定性降低,同时迎流水阻力显著增加,水下滑翔机能耗经济性下降。因此,水下滑翔机螺旋桨辅助推进方式仍需克服诸多技术壁垒。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是为了克服现有技术中的不足,提供一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机。本发明采用无人水下航行器标准系列的324mm直径机体构建水下滑翔机,提升了水下滑翔机主机体尺寸并具备20kg负载能力。本发明采用可变尾舵与可变后掠机翼,将水下滑翔机可用的稳定航行速度范围扩展到0.4节至4节,同时降低了高速航行阶段的水阻力。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0007] 一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机,包括头部透水舱、前段耐压舱、中段透水舱、后段耐压舱、尾部透水舱、通讯天线杆、尾部螺旋桨、可变后掠角机翼组件。所述头部透水舱、前段耐压舱、中段透水舱、后段耐压舱、尾部透水舱,沿X轴线方向依次连接构成水下滑翔机的主体部分,主机体直径324mm,长度约4m,主体部分呈回转鱼雷体外形。

[0008] 所述头部透水舱包括头部导流罩、外膜保护罩、头部卡箍。头部导流罩顶端设计有法兰安装平面用于并与通讯天线杆固连。头部导流罩为密度1.42g/ml聚甲醛树脂制成的薄

壳,为半椭圆外形,长短轴比为2:1,头部导流罩与前段耐压舱由头部卡箍抱紧固连。头部导流罩在回转圆周向预留有透水孔。外膜保护罩置于头部透水舱内部并安装在前段耐压舱端面处。通讯天线杆为轻量化的玻璃纤维杆,在通讯天线杆端部固连卫星通讯天线,通讯天线依托卫星通讯系统实现水下滑翔机与岸站间双向数据的接受与发送。

[0009] 前段耐压舱包括前耐压壳、前端盖、前肋环盖、深度传感器、抽气插头、启动电插头、天线插头、外膜、通讯数据处理单元、罗盘、油箱支架、油箱组件、中控单元、液压泵、泵联轴器、液压泵电机、泵架、电磁阀、单向阀、过滤器、油管、油路接头。前耐压壳为6061-T6铝合金圆筒壳,前端盖、前肋环盖位于前耐压壳的两个端口处,前肋环盖上安装有两个供电插头,前耐压壳、前端盖、前肋环盖间在端口处由螺栓紧固并构成耐压密封舱体,前耐压壳与前肋环盖设计有密封沟槽并安装密封圈实现前段耐压舱的径向防水密封,前段耐压舱可承受500m水深压力。深度传感器安装在前端盖舱内端面螺纹孔中,用于测量水下滑翔机下潜深度。抽气插头、启动电插头、天线插头为承压防水型插头并安装在前端盖舱外端面螺纹孔中。抽气插头用于对前段耐压舱抽气,在水下滑翔机入水航行前设置前段耐压舱的真空度在0.2bar至0.3bar范围内。启动电插头用于水下滑翔机上、断电,实现开、关机功能。天线插头与通讯天线连接并将双向通讯数据传送至通讯数据处理单元。通讯数据处理单元与罗盘安装在前端盖的舱内侧,且罗盘保持水平放置,通讯数据处理单元与中控单元交互通讯数据,罗盘传送水下滑翔机姿态数据至中控单元。中控单元安装在油箱组件底部,用于对本发明水下滑翔机的全部电器件实施自动流程控制。

[0010] 前端盖为回转体盘式构型,前端盖中部呈凹碗状结构。外膜由丁氰橡胶制成的柔软薄膜,外膜圆周翻边由外膜保护罩压入前端盖舱外的端面密封沟槽内并实现外膜与前端盖凹碗结构之间的密封,外膜与前端盖凹碗结构之间填充了用于调节水下滑翔机浮力状态的液压油,最大容量为6L。

[0011] 油箱支架固定在前端盖舱内端面处并以X轴线回转均布,油箱支架的末端固连油箱组件。所述液压泵为齿轮液压泵,相较其它类型液压泵,自吸能力强,排量快,最大排油压力6MPa。液压泵安装于泵架并经泵联轴器与液压泵电机相连。泵架安装至油箱组件并放置液压泵与液压泵电机于油箱组件顶部。所述液压泵电机可带动液压泵工作,将液压油自油箱组件排入前端盖凹碗结构内并实现本发明水下滑翔机的水下泵油与调节浮力过程。单向阀、过滤器经油管、油路接头连接分别位于液压泵的出口、入口。电磁阀为两位两通常闭提升式电磁阀,采用直动式工作原理,流速快,关闭状态下零泄漏,可在50psi压差下开启使用,电磁阀用于控制油箱组件与前端盖凹碗结构之间油路的通断。单向阀可防止液压油回流至液压泵出口并起保护作用,过滤器的过滤等级为15 $\mu$ ,可防止液压油中的杂质微粒进入并磨损液压泵。

[0012] 中段透水舱由可变后掠角机翼组件、主连接梁、副连接梁、中段蒙皮构成。主连接梁、副连接梁为抗挠铝合金梁,两段主连接梁左右对称布置,两段副连接梁上下对称布置,通过螺栓与前段耐压舱和后段耐压舱紧固连接。可变后掠角机翼组件通过螺栓固定在主连接梁上,两个半圆柱体中段蒙皮为ABS塑料材质包覆在主连接梁外侧并构成324mm圆柱形外圆面,并通过螺栓紧固。中段蒙皮设计有透水槽,内部为透水空间并可安放任务载荷传感器和可变后掠角机翼组件。

[0013] 后段耐压舱包括后耐压壳、后肋环盖、后端盖、电池组、俯仰调节驱动电机组件、长



管套筒、滑块、导轨、传动丝杠、传动螺母、前支撑板、后支撑板、底部导轨托架、侧导轨托架、舵机插头、螺旋桨插头。后耐压壳为6061-T6铝合金圆筒壳，后肋环盖、后端盖位于后耐压壳的两个端口处，后耐压壳、后肋环盖、后端盖间在端口由螺栓紧固并构成耐压密封舱体，后肋环盖上安装有供电接头，通过水密缆与前段耐压舱，中段透水舱相连接来为其供电，后肋环盖与后端盖设计有密封沟槽并安装密封圈实现后耐压壳的径向防水密封，后段耐压舱可承受500m水深压力。

[0014] 尾部透水舱包括尾部导流罩、尾部卡箍、垂直尾舵、水平尾舵、舵机、尾部支架。尾部导流罩为密度1.42g/ml聚甲醛树脂制成的薄壳，为半椭圆外形，长短轴比为3.5:1，尾部导流罩与后段耐压舱由尾部卡箍抱紧固连。在尾部透水舱内部，尾部支架沿水下滑翔机回转轴线布置，其根部与后端盖紧固连接，末端安装有尾部螺旋桨。三个舵机均为压力平衡式充油舵机，可承受500m水深压力，作为独立单元可置于海水中使用。三个舵机分别安装于尾部支架上，垂直安装的舵机驱动垂直尾舵转动，水平放置的两个舵机分别驱动转动两个水平尾舵转动。垂直尾舵位于尾部透水舱轴线上部的纵垂面内，两个水平尾舵分别位于尾部透水舱水平两侧。

[0015] 进一步的，本发明水下滑翔机实施浮力驱动过程的液压油路包括回油油路、泵油油路两条。回油油路在水面实施水下滑翔机由正浮力状态至负浮力状态转变，由前端盖凹碗结构、第一油路接头、第一油管、电磁阀、第二油路接头、油箱组件依次连接组成；泵油油路用于水下滑翔机由负浮力状态至正浮力状态转变，由油箱组件、第三油路接头、过滤器、第二油管、第四油路接头、第三油管、液压泵、单向阀、第四油管、第五油路接头、第五油管、第六油路接头、前端盖凹碗结构依次连接组成。

[0016] 进一步的，油箱组件包括油箱壳、导向壳、内膜、导向滑环、底座、位移传感器。油箱壳设计有螺纹孔并安装第二油路接头、第三油路接头。油箱壳与内膜构成填充液压油的封闭腔体，最大容积6L。导向壳由周向均布螺栓连接在油箱壳后部，导向滑环与橡胶材料制成的内膜硫化连接。随油箱组件中油量变化，导向滑环沿着导向壳轴线伸缩移动，同时带动内膜变化位置。位移传感器安装在底座上，检测导向滑环的伸缩位移，实现油量检测。

[0017] 进一步的，可变后掠角机翼组件通过曲柄滑块机构实现机翼后掠角的可调功能，主要由底板、滑台底座、立式轴承座、微型导轨、微型滑块、弓形滑台、丝杠、磁性联轴器、防水电机组件、连杆、机翼、机翼托架、主轴支座、主轴、圆形轴承座、挡圈组成。所述弓形滑台和机翼托架安装有可拆卸转轴，通过连杆连接，所述微型滑块和弓形滑台通过螺栓连接，弓形滑台设计有内螺纹，可与丝杠配合。机翼、机翼托架、主轴支座、主轴、圆形轴承座、挡圈共同组成了左翼组件和右翼组件，机翼通过螺栓固定在机翼托架上，机翼托架、主轴支座、圆形轴承座、挡圈通过主轴构成转动副，并通过长螺栓和套筒紧固连接。防水电机组件通过磁性联轴器带动丝杠转动，进而依靠弓形滑台的往复运动改变机翼后掠角，其后掠角可变范围为 $10^{\circ}$ 至 $40^{\circ}$ 。

[0018] 进一步的，所述后端盖为半球形铝合金端盖，舵机插头、螺旋桨插头为承压防水型插头并安装在后端盖外圆面螺纹孔中。舵机插头、螺旋桨插头与尾部透水舱内的电器件连接并实施供电与信号传递。

[0019] 进一步的，所述电池组为长方体外形，长边沿本发明水下滑翔机回转轴线放置于后段耐压舱内。电池组在长边方向两端面处安装有前支撑板与后支撑板。前支撑板在底部



与两垂直侧面安装有三个滑块,后支撑板在底部与两垂直侧面安装有三个滑块。所述后耐压壳内侧圆筒壁设计有八个一体式水平安装凸台和八个一体式底部安装凸台。将两个底部导轨托架安装在八个底部安装凸台,将四个侧导轨托架安装在八个水平安装凸台上。在底部导轨托架的中部沟槽内安装有两根导轨,在四个侧导轨托架的侧壁面安装有四根导轨。所述六个导轨上每个导轨配有一个滚珠式滑块,各个滑块连同电池组可沿导轨做低阻滑动。电池组重量经滑块、导轨、底部导轨托架、侧导轨托架传递至八个水平安装凸台与八个底部安装凸台上,并由与凸台一体的后耐压壳承载。在滑块、导轨运动副的约束下,所述电池组仅具有轴向移动自由度。

[0020] 进一步的,长管套筒为长管结构,长管套筒的一端法兰面通过套筒压板固定在后肋环盖上的法兰安装凸台上,另一端内部嵌有铜制传动螺母。俯仰调节驱动电机组件采用绝对码盘、无刷电机、行星减速器组合,位于电池组的顶部空间处并与前支撑板的法兰面紧固,钢制传动丝杠可由俯仰调节驱动电机组件驱动旋转,并与传动螺母构成一组丝杠螺母传递机构。丝杠螺母传递机构将俯仰调节驱动电机组件的旋转扭矩转化为实现电池组沿导轨运动的轴向推力。绝对码盘用于记录电池组的移动距离。

[0021] 进一步的,电池组包括机箱、单体电池、电池管理器件、电池插头。机箱为长方体箱体,采用钣金折弯焊接箱式结构,机箱边框处进行加强以保证箱体的结构强度,包络尺寸1000mm×230mm×190mm。单体电池采用磷酸铁锂锂离子电池,单体电池容量105Ah,工作电压2.5V至3.65V,重量2kg,包络尺寸60mm×195mm×37mm。电池组总重量95kg,其内部装有支单体电池,单体电池每排5支共9排布置,根据编组方案,采用5串9并方式由叠片式软铜排连接,总容量525Ah,工作电压22.5V至32.85V。电池管理器件位于机箱内部,对电池组实施过流、过放、过充等保护动作。电池插头位于电池组长边方向端部,引出本发明水下滑翔机的供电线,以为全部用电器件供电。

[0022] 进一步的,本发明的舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机可用航速范围为0.4节至4节,包括三种航行模式:慢速剖面滑翔(小后掠角机翼状态,航速0.4节至1节)、快速剖面滑翔(大后掠角机翼状态,航速1节至2节)、高速剖面滑翔(大后掠角机翼状态,螺旋桨启动,航速2节至4节)。

[0023] 本发明还提供一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机的控制方法,水下滑翔机的周期性循环滑翔剖面包括海面漂浮、启动下潜、下潜滑翔、启动上浮、上浮滑翔五个阶段,具体工作过程为:

[0024] 水下滑翔机初始为正浮力状态在海面漂浮,仰角姿态,头部通讯天线杆斜向上露出水面,接收岸站的下潜数据指令,进入启动下潜阶段。

[0025] 在启动下潜阶段,电磁阀通电开启,回油油路导通。因海平面大气压为1bar,前段耐压舱真空度在0.2bar至0.3bar之间,前端盖凹碗结构内的液压油在气压差作用下经回油油路流入至油箱组件,外膜收缩回前端盖凹碗内,水下滑翔机由正浮力变为负浮力状态,电池组向水下滑翔机头部移动,由仰角姿态调整为俯角姿态,水下滑翔机进入到下潜滑翔阶段。水下滑翔机根据岸站指令中的下潜滑翔航速、俯角要求,确定回油液压油体积与电池组向头部的位移。

[0026] 在下潜滑翔阶段,转动垂直尾舵、水平尾舵以调节水下滑翔机垂直尾舵舵角、水平尾舵舵角对俯仰角姿态、航向角进行实时微调,保持航向角、俯仰姿态角在目标阈值内,在

慢速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件保持 $10^{\circ}$ 的最小后掠角,机翼展弦比处于最大值,采用高升阻比机翼形式执行慢速滑翔;在快速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件实施调节,增大机翼后掠角至 $40^{\circ}$ ,机翼展弦比减小,水下滑翔机的迎流水阻系数降低,航速提升至快速滑翔速度范围区间内;在高速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件保持 $40^{\circ}$ 的最大后掠角,机翼展弦比处于最小值,水下滑翔机的迎流水阻系数最小,尾部螺旋桨开启并根据航速需求设定转速,航速提升至高速滑翔速度范围区间内。

[0027] 当水下滑翔机达到设定下潜深度时,进入启动上浮阶段,液压泵电机带动液压泵旋转,液压油自油箱组件,经泵油油路,流入前端盖凹碗结构内,外膜外扩,水下滑翔机由负浮力变为正浮力状态,电池组向水下滑翔机尾部移动,由俯角姿态调整为仰角姿态,水下滑翔机进入到上浮滑翔阶段。水下滑翔机根据岸站指令中的上浮滑翔航速、仰角要求,确定泵油液压油体积与电池组向尾部的位移。

[0028] 在上浮滑翔阶段,转动垂直尾舵、水平尾舵以调节水下滑翔机垂直尾舵舵角、水平尾舵舵角对俯仰角姿态、航向角进行实时微调,保持航向角、俯仰姿态角在目标阈值内,在慢速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件保持 $10^{\circ}$ 的最小后掠角,机翼展弦比处于最大值,采用高升阻比机翼形式执行慢速滑翔;在快速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件实施调节,增大机翼后掠角至 $40^{\circ}$ ,机翼展弦比减小,水下滑翔机的迎流水阻系数降低,航速提升至快速滑翔速度范围区间内;在高速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件保持 $40^{\circ}$ 的最大后掠角,机翼展弦比处于最小值,水下滑翔机的迎流水阻系数最小,尾部螺旋桨开启并根据航速需求设定转速,航速提升至高速滑翔速度范围区间内。

[0029] 当水下滑翔机上浮返回至海面时,通讯天线杆伸出海面并可向岸站报送剖面数据,水下滑翔机完成一个滑翔剖面,等待岸站下达下潜数据指令。

[0030] 与现有技术相比,本发明的技术方案所带来的有益效果是:

[0031] 1. 本发明采用了324mm直径机体构建水下滑翔机,将水下滑翔机主机体直径尺寸由220mm提升至324mm,是一型中型量级无人飞行器,负载能力由5kg提升至20kg。本发明提升了水下滑翔机任务传感器搭载能力,降低了对任务传感器重量、体积的约束,水下滑翔机将适用于更多的应用场景。

[0032] 2. 本发明水下滑翔机采用了无人水下航行器标准系列的324mm直径,提升了水下滑翔机的通用性,满足无人水下航行器标准化、谱系化发展需求。

[0033] 3. 本发明采用可动舵翼、尾部螺旋桨方案将水下滑翔机的可用航速范围由0.4节至1节提升到0.4节至4节。相比商用水下滑翔机单一的慢速剖面滑翔航行模式,本发明的水下滑翔机具备慢速剖面滑翔( $10^{\circ}$ 小后掠角机翼,航速0.4节至1节)、快速剖面滑翔( $40^{\circ}$ 大后掠角机翼,航速1节至2节)、高速剖面滑翔( $40^{\circ}$ 大后掠角机翼,螺旋桨启动,航速2节至4节)三种航行模式。

[0034] 4. 本发明设置了用于安装任务载荷传感器的中段透水舱。中段透水舱开放空间大,空间规则,不同类别的任务传感器可灵活布置安装,此种布局结构提升了水下滑翔机集成任务载荷的开放性与灵活性。相较任务传感器布置在滑翔机头部、尾部方案,在中段透水舱布置任务载荷传感器方案可降低任务载荷对水下滑翔机本体衡重特性(质心、浮心位置)的影响。

[0035] 5. 本发明采用了耐压壳直接承载电池组方案以代替220mm直径水下滑翔机的肋环

与轴线梁组合承载电池组方案。220mm直径水下滑翔机电电池组质量约为15kg至20kg,本发明324mm直径水下滑翔机的电池组质量提升至95kg。本方案中取消了用于支撑电池组的轴线梁,结构简化,构成电池组的单体电池在圆截面中的布置不受轴线梁占用空间的干扰,更加灵活,实现了大尺寸单体电池的布置。本方案电池组重量载荷由内壁凸台直接传递至后耐压壳上,耐压壳的受力均匀性得到提升。

[0036] 6. 本发明采用垂直尾舵方案代替商用水下滑翔机的电池包 $\pm 90^\circ$ 滚转方案来实施水下滑翔机的航向调节。可动垂直尾舵布置于尾部透水舱,便于组装、标定、调试。相比电池包的齿轮滚转驱动机构,可动垂直尾舵由模块化的舵机实施驱动,集成度高,结构紧凑。可动垂直尾舵的调节动作响应快,可高频使用。此外,滚转调节方案中电池包需采用偏质心设计,导致耐压舱内电池填充密度降低。

[0037] 7. 相比商用水下滑翔机采用轴线移动电池包方案调节滑翔俯仰角,本发明增加了水平尾舵并在滑翔过程中对水下滑翔机俯仰角实施高频微调。轴线移动电池包方案能耗高,电池包移动速度慢,适于缓慢、大角度调节水下滑翔机俯仰角,仅在水面位置、最深下潜深度位置使用。在滑翔过程中,受海流、海水密度变化、螺旋桨开启的影响,俯仰角会出现抖动、偏离目标值现象,水平尾舵方案能耗低,可高频使用,保持俯仰角在设定目标值区间,提升水下滑翔机的姿态稳定性与滑翔轨迹精度。

[0038] 8. 本发明采用可变后掠机翼方案取代固定机翼,可变后掠机翼根据滑翔速度条件与航行模式需求调节机翼后掠角,调节范围从 $10^\circ$ 至 $40^\circ$ ,增强了水下滑翔机在宽航速范围中的航行适应性。后掠角减小,机翼展弦比增大,升阻比增大,适于在慢速阶段使用,提升滑翔能耗经济性;后掠角增大,机翼展弦比减小,阻力系数降低,适于在高速航行阶段使用,提升水下滑翔机在高航行条件下的姿态稳定性,降低迎流水阻力。

[0039] 9. 相比商用水下滑翔机天线杆布置于尾部方式对尾部螺旋桨工作产生干扰,本发明天线杆布置于水下滑翔机头部顶端处,螺旋桨布置于尾部,头部天线杆与尾部螺旋桨无物理干涉与工作干扰。

[0040] 10. 液压泵为齿轮液压泵,相较其它类型液压泵,自吸能力强,排量快,最大排油压力6MPa。

[0041] 11. 导轨上配有滚珠式滑块连同电池组可沿导轨做低阻滑动。电池组重量经滑块、导轨、底部导轨托架、侧导轨托架传递至水平安装凸台与底部安装凸台上,并由与凸台一体的后耐压壳承载。

## 附图说明

[0042] 图1为本发明整体外形示意图;

[0043] 图2a至图2c为头部透水舱和前段耐压舱结构示意图;

[0044] 图3a至图3d为中段透水舱结构示意图;

[0045] 图4a至图4d为后部耐压舱结构示意图;

[0046] 图5为尾部透水舱结构示意图;

[0047] 图6为本发明的三种水下运行模式示意图;

## 具体实施方式

[0048] 以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0049] 如图1所示,本发明提出了一种舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机,其主要包括头部透水舱1、前段耐压舱2、中段透水舱3、后段耐压舱4、尾部透水舱5、通讯天线杆6、尾部螺旋桨7、可变后掠角机翼组件8。头部透水舱1、前段耐压舱2、中段透水舱3、后段耐压舱4、尾部透水舱5沿X轴线方向依次连接构成本发明水下滑翔机的主体部分,主机体直径324mm,长度约4m,主体部分呈回转鱼雷体外形。可变后掠角机翼组件8布置在中段透水舱3内部。

[0050] 如图2a所示,头部透水舱1包括头部导流罩9、外膜保护罩10、头部卡箍11。头部导流罩9顶端设计有法兰安装平面用于并与通讯天线杆6固连。头部导流罩9为密度1.42g/ml聚甲醛树脂制成的薄壳,为半椭圆外形,长短轴比为2:1,头部导流罩9与前段耐压舱2由头部卡箍11抱紧固连。头部导流罩9在回转圆周向预留有透水孔。外膜保护罩10置于头部透水舱1内部并安装在前段耐压舱2端面处。通讯天线杆6为轻量化的玻璃纤维杆,在通讯天线杆6端部固连卫星通讯天线12,通讯天线12依托卫星通讯系统实现水下滑翔机与岸站间双向数据的接受与发送。

[0051] 如图2a,2b和2c所示,前段耐压舱2包括前耐压壳13、前端盖14、前肋环盖15、深度传感器16、抽气插头17、启动电插头18、天线插头19、外膜20、通讯数据处理单元21、罗盘22、油箱支架23、油箱组件24、中控单元25、液压泵26、泵联轴器27、液压泵电机28、泵架29、电磁阀30、单向阀31、过滤器32、油管、油路接头。前耐压壳13为6061-T6铝合金圆筒壳,前端盖14、前肋环盖15位于前耐压壳13的两个端口处,前肋环盖15安装有两个供电插头15a,前耐压壳13、前端盖14、前肋环盖15间在端口处由螺栓紧固并构成耐压密封舱体,前端盖14与前肋环盖15设计有密封沟槽并安装密封圈35实现前段耐压舱2的径向防水密封,前段耐压舱2可承受500m水深压力。

[0052] 如图2a所示,油箱组件24包括油箱壳24a、导向壳24b、内膜24c、导向滑环24d、底座24e、位移传感器24f,弹簧24g。油箱壳24a设计有螺纹孔并安装油路接头34b、油路接头34c。油箱壳24a与内膜24c构成填充液压油的封闭腔体,最大容积6L。导向壳24b由周向均布螺栓连接在油箱壳24a后部,导向滑环24d与橡胶材料制成的内膜24c硫化连接。随油箱组件24中油量变化,导向滑环24d沿着导向壳24b轴线伸缩移动,同时带动内膜24c变化位置。位移传感器24f安装在底座24e上,检测导向滑环24d的伸缩位移,实现油量检测;弹簧24g置于底座24e与导向滑环24d之间,便于在充排油过程中导向滑环24d能够及时复位。

[0053] 如图2a,2b所示,深度传感器16安装在前端盖14舱内端面螺纹孔中,用于测量水下滑翔机下潜深度。抽气插头17、启动电插头18、天线插头19为承压防水型插头并安装在前端盖14舱外端面螺纹孔中。抽气插头17用于对前段耐压舱2抽气,在水下滑翔机入水航行前设置前段耐压舱的真空度在0.2bar至0.3bar范围内。启动电插头18用于水下滑翔机上、断电,实现开、关机功能。天线插头19与通讯天线12连接并将双向通讯数据传送至通讯数据处理单元21。通讯数据处理单元21与罗盘22安装在前端盖14的舱内侧,且罗盘22保持水平放置,通讯数据处理单元21与中控单元25交互通讯数据,罗盘22传送水下滑翔机姿态数据至中控单元25。中控单元25安装在油箱组件24底部,用于对本发明水下滑翔机的全部电器件实施

自动流程控制。

[0054] 如图2b所示,前端盖14为回转体盘式构型,前端盖14中部呈凹碗状。外膜20由丁腈橡胶制成的柔软薄膜,外膜20圆周翻边由外膜保护罩10压入前端盖14舱外的端面密封沟槽14a内并实现外膜20与前端盖14凹碗结构之间的密封,外膜20与前端盖14凹碗结构之间填充了用于调节水下滑翔机浮力状态的液压油,最大容量为6L。

[0055] 如图2a,2c所示,油箱支架23固定在前端盖14舱内端面处并以X轴线回转均布,油箱支架23的末端固连油箱组件24。液压泵26为齿轮液压泵,相较其它类型液压泵,自吸能力强,排量快,最大排油压力6MPa。液压泵26安装于泵架29并经泵联轴器27与液压泵电机28相连。泵架29安装至油箱组件24并放置液压泵26与液压泵电机28于油箱组件24顶部。液压泵电机28可带动液压泵26工作,将液压油自油箱组件24排入前端盖14凹碗结构内并实现本发明水下滑翔机的水下泵油与调节浮力过程。单向阀31、过滤器32经油管、油路接头连接分别位于液压泵26的出口、入口。电磁阀30为两位两通常闭提升式电磁阀,采用直动式工作原理,流速快,关闭状态下零泄漏,可在50psi压差下开启使用,电磁阀30用于控制油箱组件24与前端盖14凹碗结构之间油路的通断。单向阀31可防止液压油回流至液压泵26出口并起保护作用,过滤器32的过滤等级为15 $\mu$ ,可防止液压油中的杂质微粒进入并磨损液压泵26。

[0056] 如图2c所示,本发明水下滑翔机实施浮力驱动过程的液压油路包括回油油路、泵油油路两条。回油油路在水面实施水下滑翔机由正浮力状态至负浮力状态转变,由前端盖14凹碗结构、油路接头34a、油管33a、电磁阀30、油路接头34b、油箱组件24依次连接组成;泵油油路用于在水下实施水下滑翔机由负浮力状态至正浮力状态转变,由油箱组件24、油路接头34c、过滤器32、油管33b、油路接头34d、油管33c、液压泵26、单向阀31、油管33d、油路接头34e、油管33e、油路接头34f、前端盖14凹碗结构依次连接组成。

[0057] 如图3a所示,中段透水舱3由可变后掠角机翼组件8、主连接梁35、副连接梁36、中段蒙皮37构成。主连接梁35、副连接梁36为抗挠铝合金梁,两段主连接梁35左右对称布置,两段副连接梁36上下对称布置,通过螺栓与前段耐压舱2和后段耐压舱4紧固连接。可变后掠角机翼组件8通过螺栓固定在主连接梁35上,两个半圆柱体中段蒙皮37为ABS塑料材质包覆在主连接梁35外侧并构成324mm圆柱形外圆面,并通过螺栓紧固。中段蒙皮37设计有透水槽,内部为透水空间并可安放任务载荷传感器和可变后掠角机翼组件8。

[0058] 如图3b、3c和3d所示,可变后掠角机翼组件8通过曲柄滑块机构实现机翼后掠角的可调功能,主要由底板8a、滑台底座8b、立式轴承座8c、微型导轨8d、微型滑块8e、弓形滑台8f、丝杠8g、磁性联轴器8h、防水电机组件8i、连杆8j、机翼8k、机翼托架8l、主轴支座8m、主轴8n、圆形轴承座8o、挡圈8p组成。弓形滑台8f和机翼托架8l安装有可拆卸转轴,通过连杆8j连接,微型滑块8e和弓形滑台8f通过螺栓连接,弓形滑台8f设计有内螺纹,可与丝杠8g配合。机翼8k、机翼托架8l、主轴支座8m、主轴8n、圆形轴承座8o、挡圈8p共同组成了左翼组件和右翼组件,机翼8k通过螺栓固定在机翼托架8l上,机翼托架8l、主轴支座8m、圆形轴承座8o、挡圈8p通过主轴8n构成转动副,并通过长螺栓8q和套筒8r紧固连接。防水电机组件8i通过磁性联轴器8h带动丝杠8g转动,进而依靠弓形滑台8f的往复运动改变机翼8k的后掠角,其后掠角可变范围为10°至40°。

[0059] 如图4a所示,后段耐压舱4包括后耐压壳38、后肋环盖39、后端盖40、电池组41、俯仰调节驱动电机组件、长管套筒43、滑块44、导轨45、传动丝杠46、传动螺母47、前支撑板48、

后支撑板49、底部导轨托架50、侧导轨托架51、舵机插头52、螺旋桨插头53。后耐压壳38为6061-T6铝合金圆筒壳,后肋环盖39、后端盖40位于后耐压壳38的两个端口处,后耐压壳38、后肋环盖39、后端盖40间在端口由螺栓紧固并构成耐压密封舱体,后肋环盖39上安装有3个供电接头39a,通过水密缆与前段耐压舱2,中段透水舱3相连接来为其供电,后肋环盖39与后端盖40设计有密封沟槽并安装密封圈35实现后耐压壳38的径向防水密封,后段耐压舱4可承受500m水深压力。

[0060] 如图4a所示,后端盖40为半球形铝合金端盖,舵机插头52、螺旋桨插头53为承压防水型插头并安装在后端盖40外圆面螺纹孔中。舵机插头52、螺旋桨插头53与尾部透水舱5内的电器件连接并实施供电与信号传递。长管套筒43为长管结构,长管套筒43的一端法兰面通过套筒压板43a固定在后肋环盖39上的法兰安装凸台39b上,另一端安装有铜制传动螺母47。俯仰调节驱动电机组件采用绝对码盘42a、无刷电机42b、行星减速器组合42c,位于电池组41的顶部空间处并与前支撑板48的法兰面紧固,钢制传动丝杠46可由俯仰调节驱动电机组件驱动旋转,并与传动螺母47构成一组丝杠螺母传递机构。丝杠螺母传递机构将俯仰调节驱动电机组件的旋转扭矩转化为实现电池组41沿导轨运动的轴向推力。绝对码盘42a用于记录电池组41的移动距离。

[0061] 如图4a、4b和图4c所示,电池组41为长方体外形,长边沿本发明水下滑翔机回转轴线放置于后段耐压舱4内。电池组41在长边方向两端面处安装有三个前支撑板48与三个后支撑板49。前支撑板48在底部与两垂直侧面安装有三个滑块44,后支撑板49在底部与两垂直侧面安装有三个滑块44。后耐压壳38内侧圆筒壁设计有一体式水平安装凸台38a、一体式底部安装凸台38b。两根底部导轨托架50安装在底部安装凸台38b上,四根侧导轨托架51安装在水平安装凸台38a上。在两根底部导轨托架50的中部沟槽内安装有两根导轨45,在四根侧导轨托架51的侧壁面安装有四个导轨45。六条导轨45上配有滚珠式滑块44,滑块44连同电池组41可沿导轨45做低阻滑动。电池组41重量经滑块44、导轨45、底部导轨托架50、侧导轨托架51传递至水平安装凸台38a与底部安装凸台38b上,并由与凸台一体的后耐压壳38承载。在滑块、导轨运动副的约束下,电池组41仅具有轴向移动自由度。

[0062] 如图4d所示,电池组41包括机箱41a、单体电池41b、电池管理器件41c、电池插头41d。机箱41a为长方体箱体,采用钣金折弯焊接箱式结构,机箱41a边框处进行加强以保证箱体的结构强度,包络尺寸1000mm×230mm×190mm。单体电池41b采用磷酸铁锂离子电池,单体电41b池容量105Ah,工作电压2.5V至3.65V,重量2kg,包络尺寸60mm×195mm×37mm。电池组41总重量95kg,其内部装有45支单体电池41b,单体电池41b每排5支共9排布置,根据编组方案,采用5块电池横向排布构成一单元电池组;再依次纵向排布9排单元电池组,9排单元电池组依次串联的5并9串方式并由叠片式软铜排连接,总容量525Ah,工作电压22.5V至32.85V。电池管理器件41c位于机箱41a内部,对电池组41实施过流、过放、过充等保护动作。电池插头41d位于电池组41长边方向端部,引出本发明水下滑翔机的供电线,以为全部用电器件供电。

[0063] 如图5所示,尾部透水舱5包括尾部导流罩54、尾部卡箍55、垂直尾舵56、水平尾舵57、舵机58、尾部支架59。尾部导流罩54为密度1.42g/ml聚甲醛树脂制成的薄壳,为半椭圆外形,长短轴比为3.5:1,尾部导流罩54与后段耐压舱4由尾部卡箍55抱紧固连。在尾部透水舱5内部,尾部支架59沿水下滑翔机回转轴线布置,其根部与后端盖40紧固连接,末端安装

有尾部螺旋桨7。三个舵机58均为压力平衡式充油舵机,可承受500m水深压力,作为独立单元可置于海水中使用。三个舵机58分别安装于尾部支架59上,分别驱动垂直尾舵56,水平尾舵57转动。垂直尾舵56位于尾部透水舱5轴线上部的纵垂面内,两个水平尾舵57分别位于尾部透水舱5水平两侧。

[0064] 如图6所示,水下滑翔机的周期性循环滑翔剖面包括海面漂浮、启动下潜、下潜滑翔、启动上浮、上浮滑翔五个阶段,本发明的舵翼可变具有宽航速域的324毫米直径水下滑翔机可用航速范围为0.4节至4节,包括三种航行模式:慢速剖面滑翔( $10^{\circ}$ 小后掠角机翼,航速0.4节至1节)、快速剖面滑翔( $40^{\circ}$ 大后掠角机翼,航速1节至2节)、高速剖面滑翔( $40^{\circ}$ 大后掠角机翼,螺旋桨启动,航速2节至4节),具体地工作过程为:

[0065] 水下滑翔机初始为正浮力状态在海面漂浮,仰角姿态,头部通讯天线杆6斜向上露出水面,接收岸站的下潜数据指令,进入启动下潜阶段。

[0066] 在启动下潜阶段,电磁阀30通电开启,回油油路导通。因海平面大气压为1bar,前端耐压舱2真空度在0.2bar至0.3bar之间,前端盖14凹碗结构内的液压油在气压差作用下经回油油路流入至油箱组件24,外膜20收缩回前端盖14凹碗内,水下滑翔机由正浮力变为负浮力状态,电池组41向水下滑翔机头部移动,由仰角姿态调整为俯角姿态,水下滑翔机进入到下潜滑翔阶段。水下滑翔机根据岸站指令中的下潜滑翔航速、俯角要求,确定回油液压油体积与电池组41向头部的位移。

[0067] 在下潜滑翔阶段,转动垂直尾舵56、水平尾舵57以调节水下滑翔机垂直尾舵舵角、水平尾舵舵角对俯仰角姿态、航向角进行实时微调,保持航向角、俯仰姿态角在目标阈值内,在慢速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件8保持 $10^{\circ}$ 的最小后掠角,机翼展弦比处于最大值,采用高升阻比机翼形式执行慢速滑翔;在快速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件8实施调节,增大机翼后掠角至 $40^{\circ}$ ,机翼展弦比减小,水下滑翔机的迎流水阻系数降低,航速提升至快速滑翔速度范围区间内;在高速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件8保持 $40^{\circ}$ 的最大后掠角,机翼展弦比处于最小值,水下滑翔机的迎流水阻系数最小,尾部螺旋桨7开启并根据航速需求设定转速,航速提升至高速滑翔速度范围区间内。

[0068] 当水下滑翔机达到设定下潜深度时,进入启动上浮阶段,液压泵电机28带动液压泵26旋转,液压油自油箱组件24,经泵油油路,流入前端盖14凹碗结构内,外膜20外扩,水下滑翔机由负浮力变为正浮力状态,电池组41向水下滑翔机尾部移动,由俯角姿态调整为仰角姿态,水下滑翔机进入到上浮滑翔阶段。水下滑翔机根据岸站指令中的上浮滑翔航速、仰角要求,确定泵油液压油体积与电池组41向尾部的位移。

[0069] 在上浮滑翔阶段,转动垂直尾舵56、水平尾舵57以调节水下滑翔机垂直尾舵舵角、水平尾舵舵角对俯仰角姿态、航向角进行实时微调,保持航向角、俯仰姿态角在目标阈值内,在慢速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件8保持 $10^{\circ}$ 的最小后掠角,机翼展弦比处于最大值,采用高升阻比机翼形式执行慢速滑翔;在快速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件8实施调节,增大机翼后掠角至 $40^{\circ}$ ,机翼展弦比减小,水下滑翔机的迎流水阻系数降低,航速提升至快速滑翔速度范围区间内;在高速剖面滑翔模式中,可变后掠角机翼组件8保持 $40^{\circ}$ 的最大后掠角,机翼展弦比处于最小值,水下滑翔机的迎流水阻系数最小,尾部螺旋桨7开启并根据航速需求设定转速,航速提升至高速滑翔速度范围区间内。

[0070] 当水下滑翔机上浮返回至海面时,通讯天线杆6伸出海面并可向岸站报送剖面数



据,水下滑翔机完成一个滑翔剖面,等待岸站下达下潜数据指令。

[0071] 本发明并不限于上文描述的实施方式。以上对具体实施方式的描述旨在描述和说明本发明的技术方案,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,并不是限制性的。在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,本领域的普通技术人员在本发明的启示下还可做出很多形式的具体变换,这些均属于本发明的保护范围之内。

[0072] 本发明并不限于上文描述的实施方式。以上对具体实施方式的描述旨在描述和说明本发明的技术方案,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,并不是限制性的。在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,本领域的普通技术人员在本发明的启示下还可做出很多形式的具体变换,这些均属于本发明的保护范围之内。

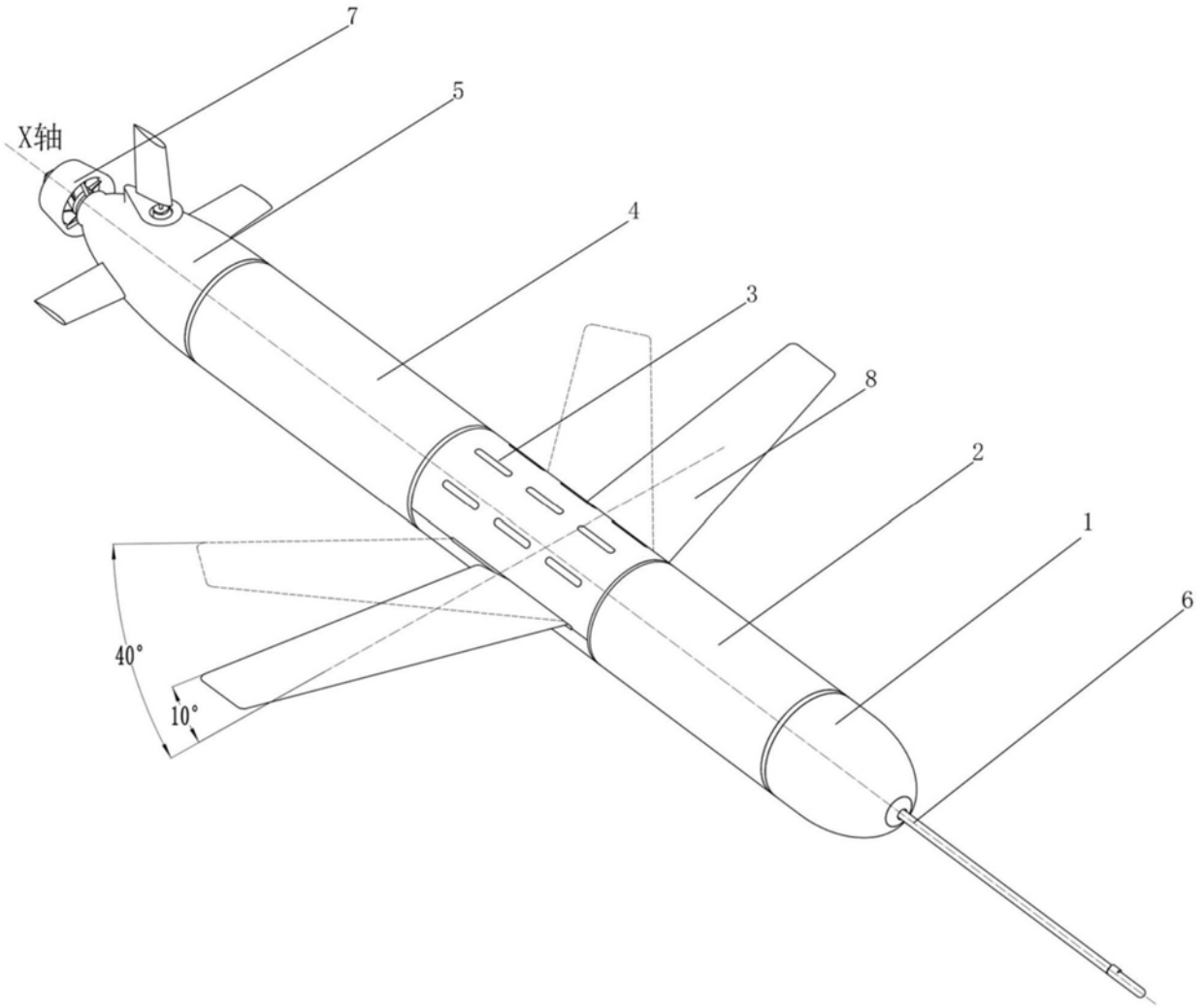


图1

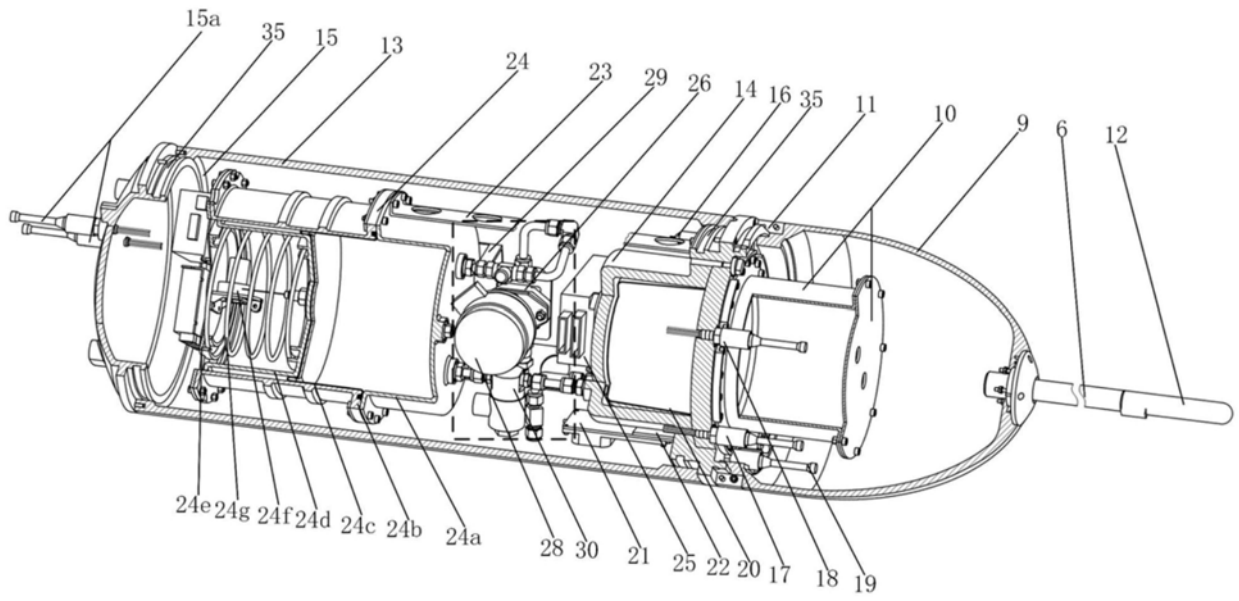


图2a

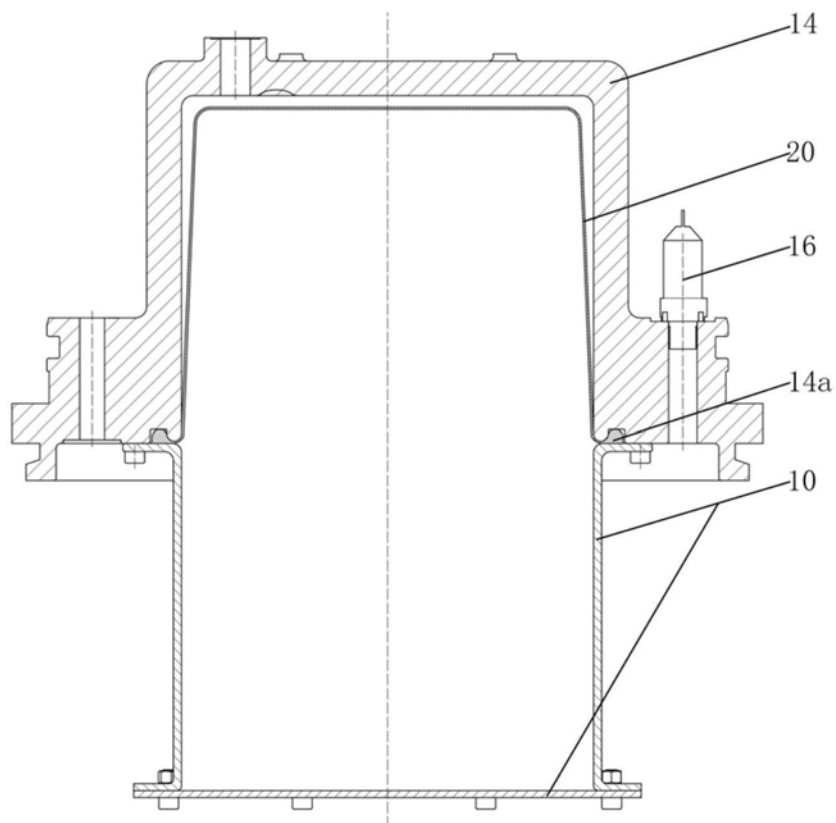


图2b

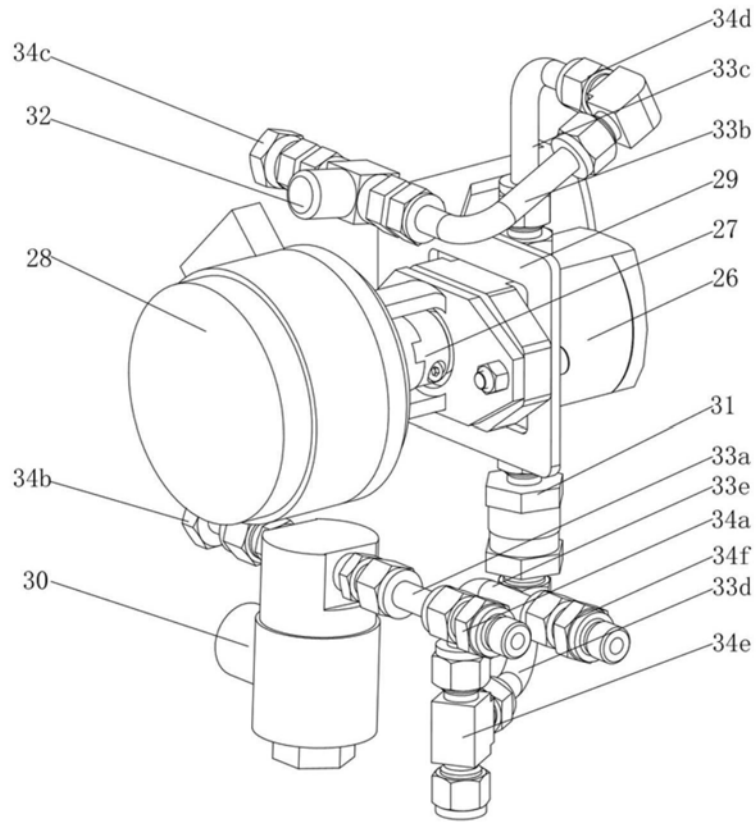


图2c

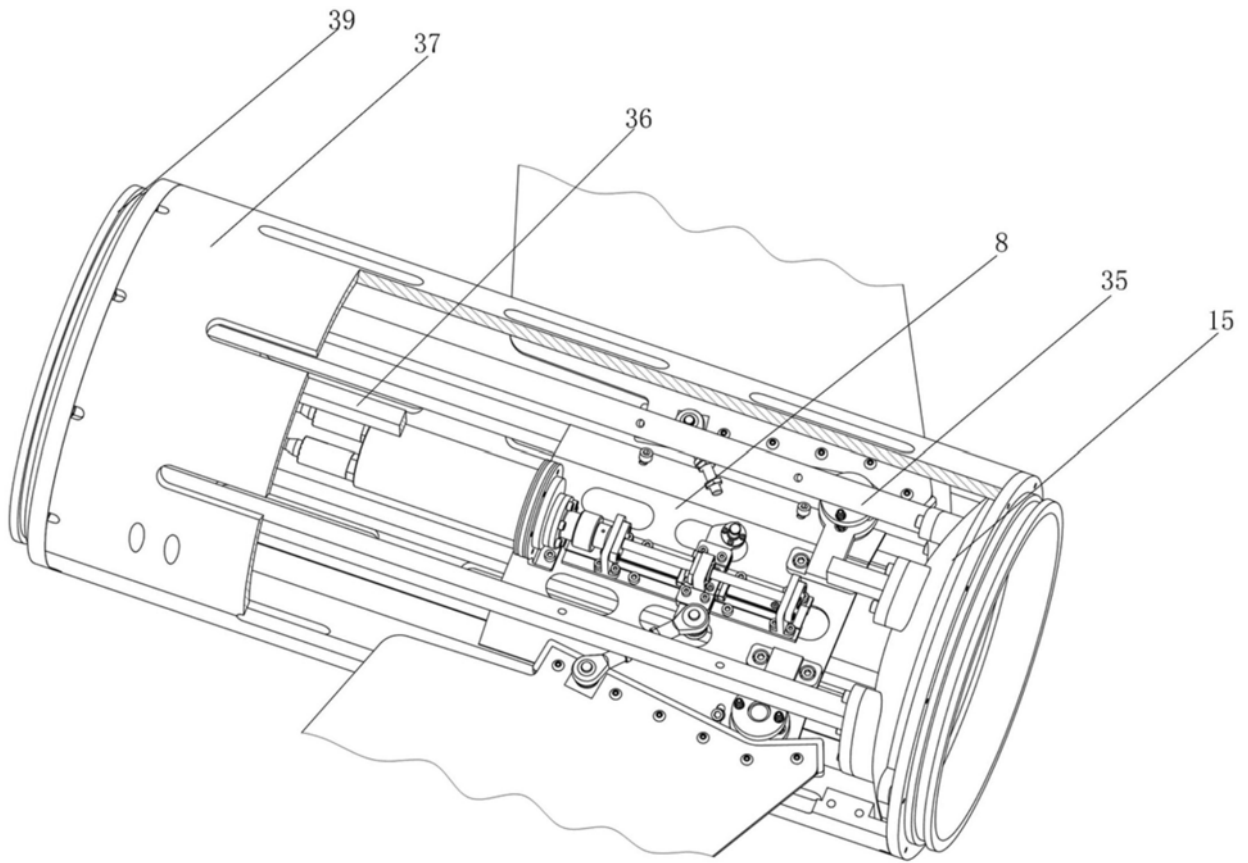


图3a

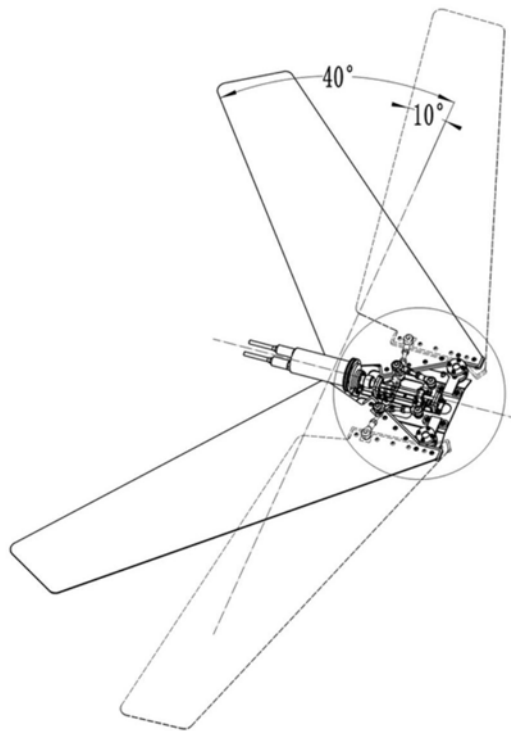


图3b

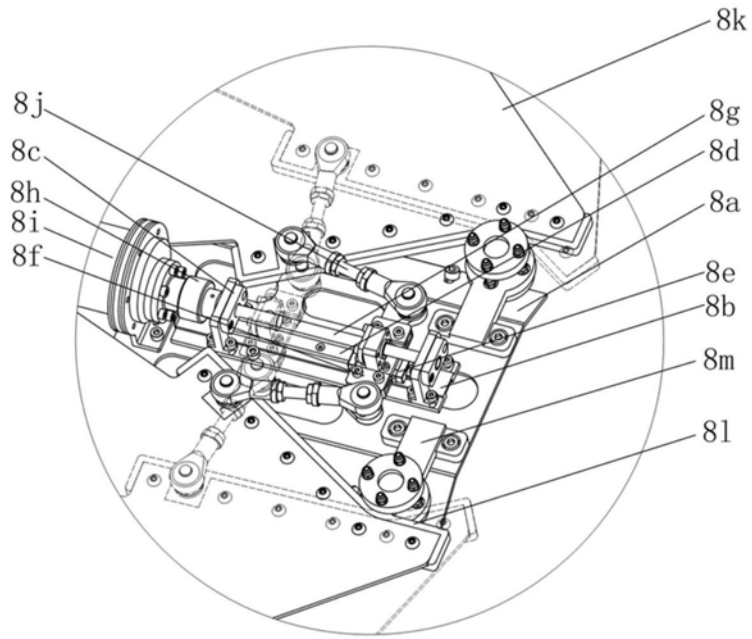


图3c

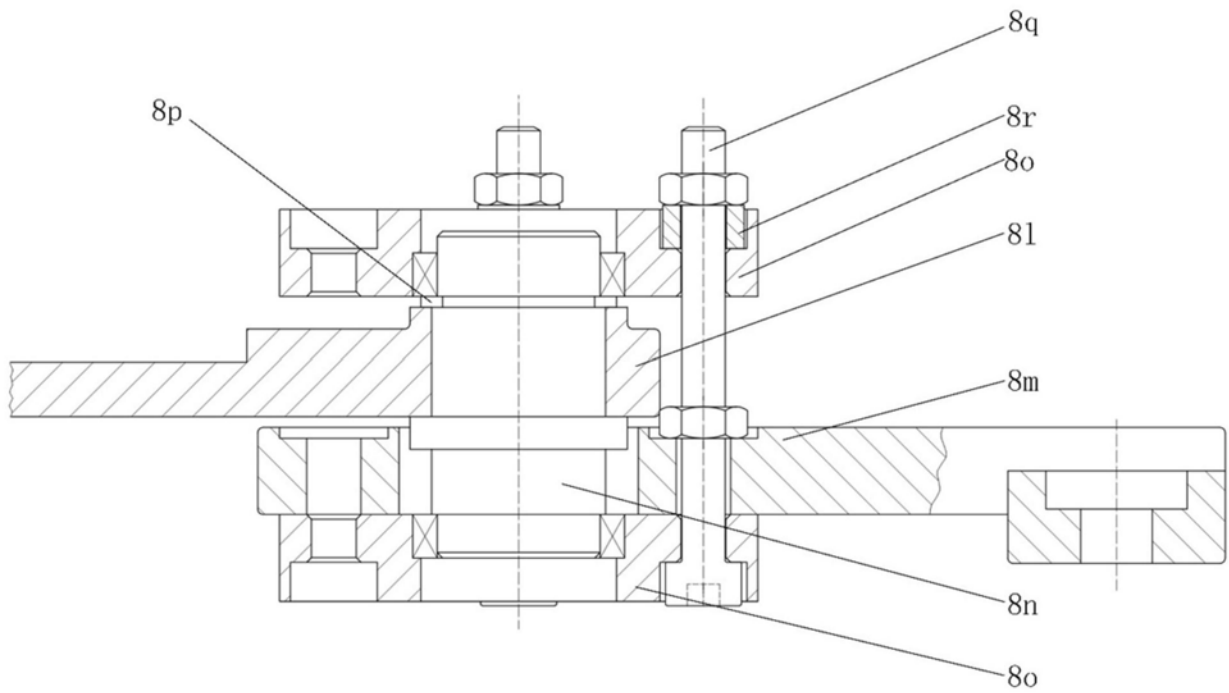


图3d

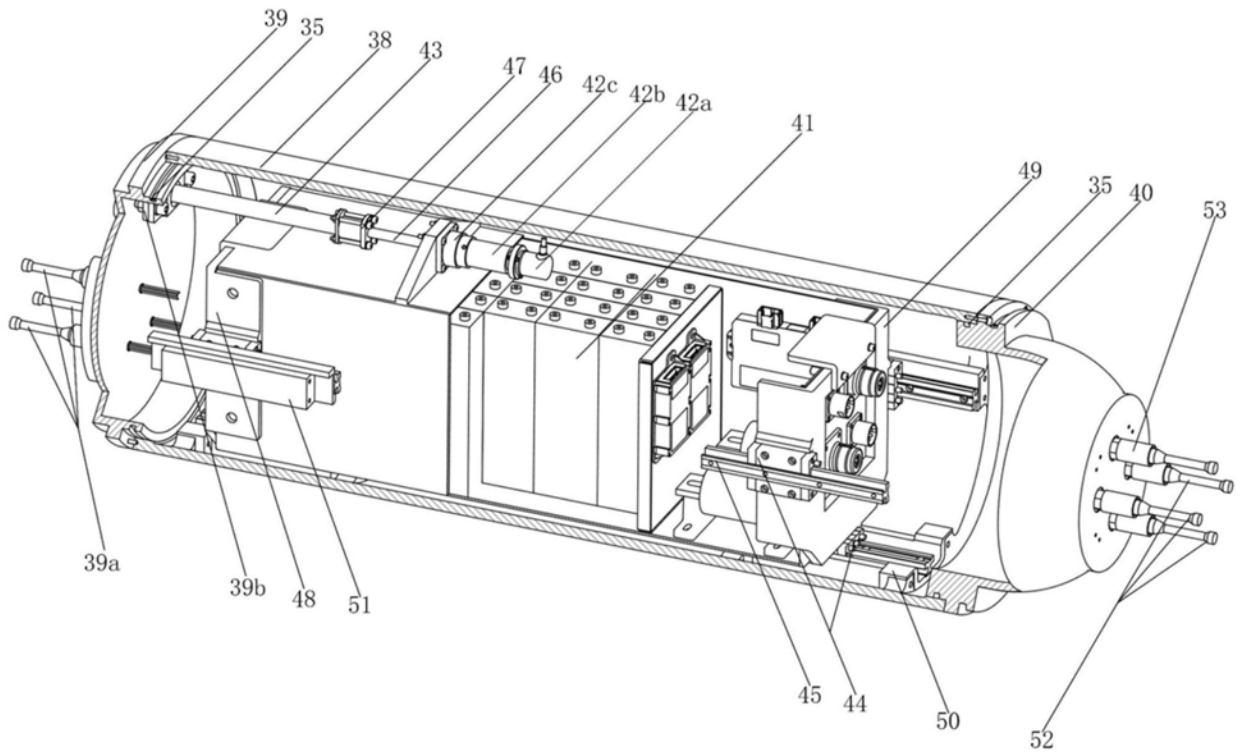


图4a

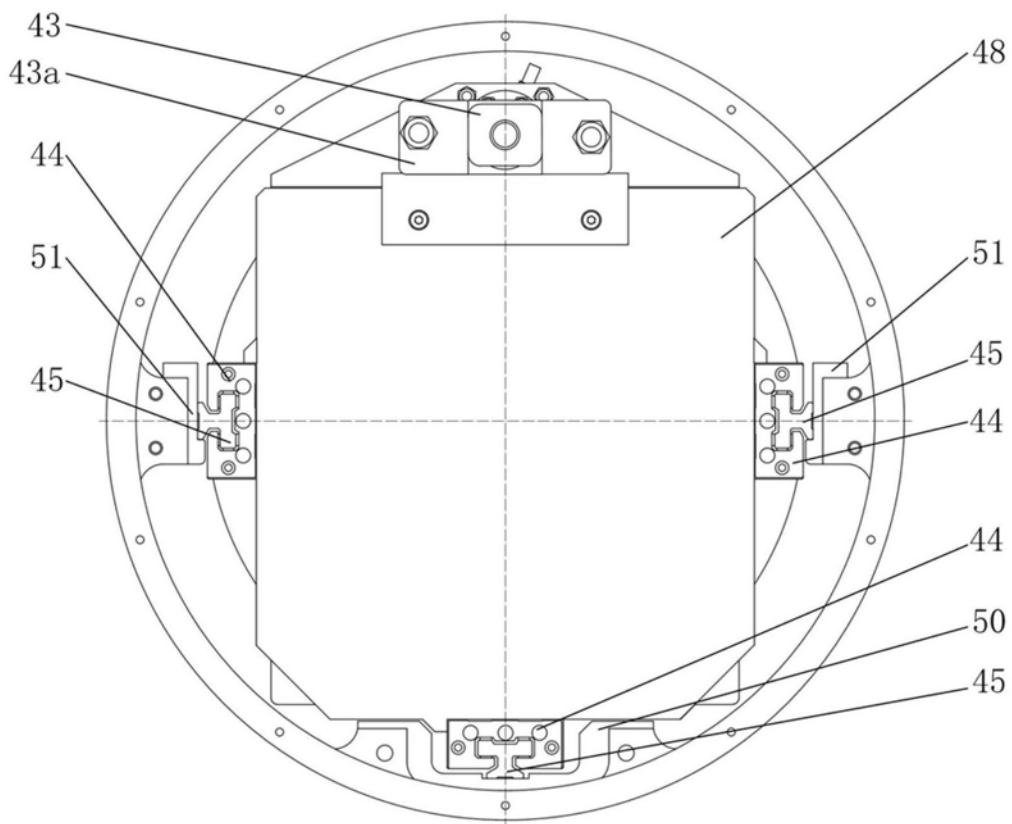


图4b



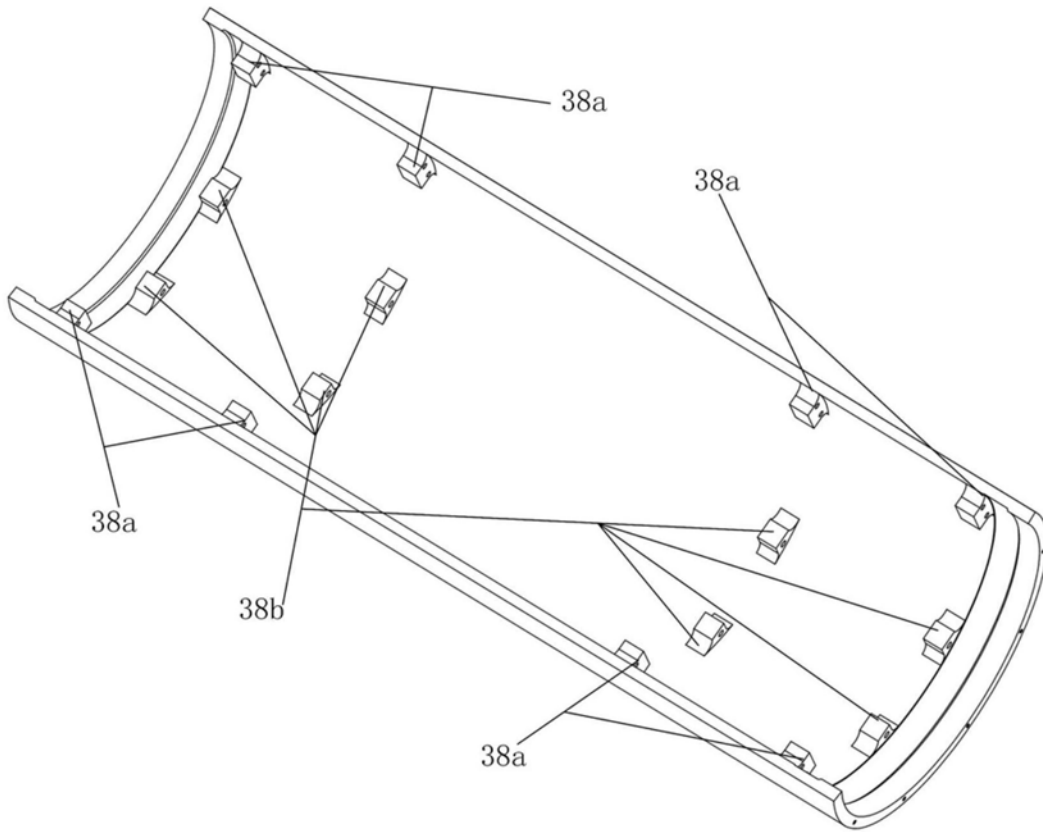


图4c

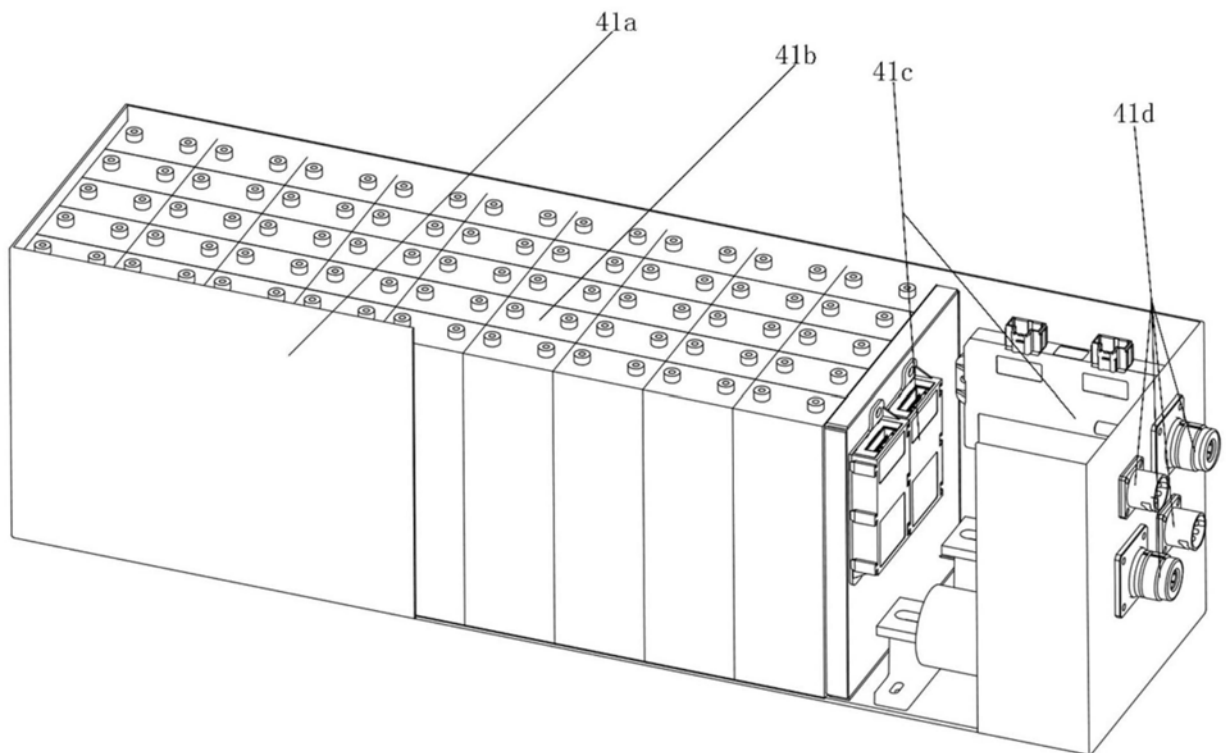


图4d

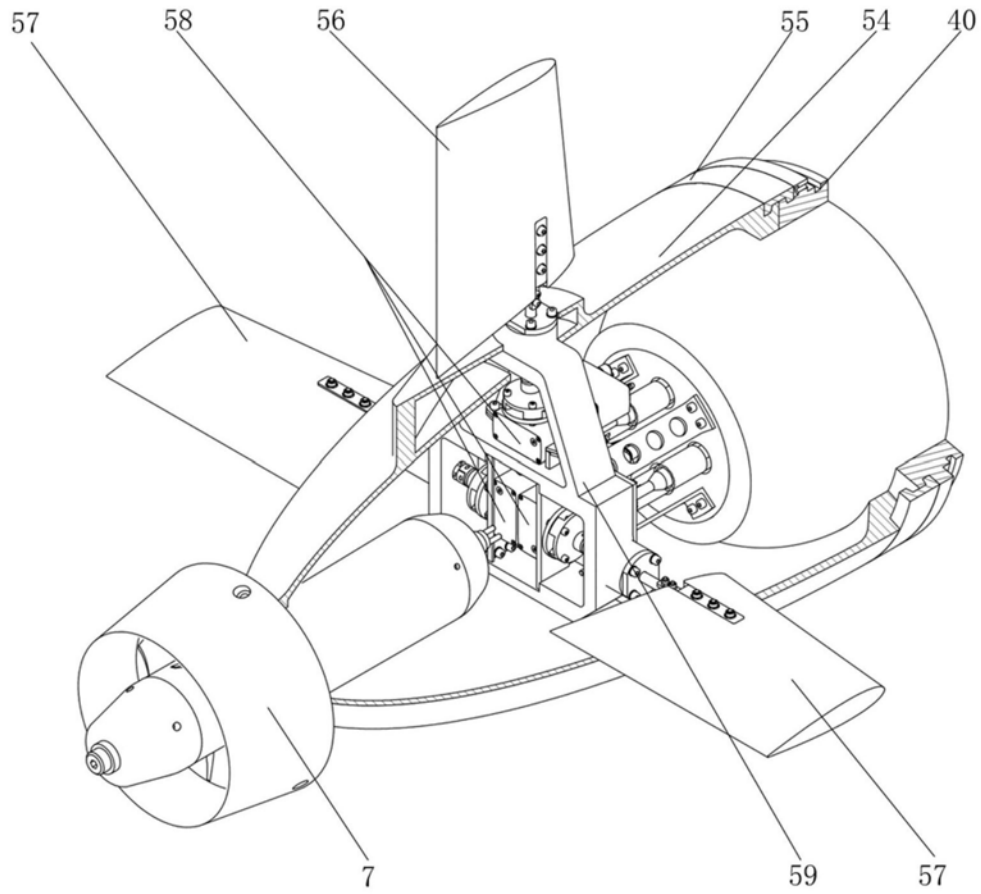


图5

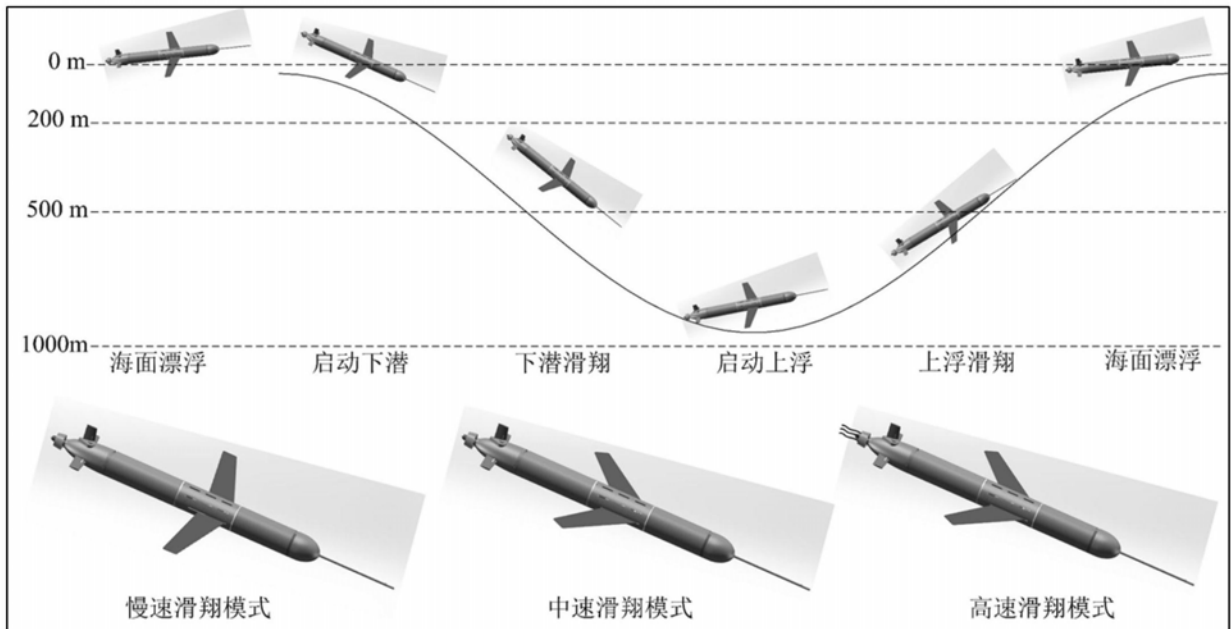


图6