



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113859530 B

(45) 授权公告日 2022.07.19

(21) 申请号 202111305000.9

(22) 申请日 2021.11.05

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113859530 A

(43) 申请公布日 2021.12.31

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所  
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 岳杰顺 王一伟 王广航 肖志坚  
王傲 卞真东 杜特专 黄仁芳  
王静竹

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11390  
专利代理师 焦海峰

(51) Int.Cl.

B64C 35/02 (2006.01)

B63G 8/14 (2006.01)

B60F 5/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109229376 A, 2019.01.18

US 2016363938 A1, 2016.12.15

CN 109573025 A, 2019.04.05

CN 109279004 A, 2019.01.29

US 2015102155 A1, 2015.04.16

CN 111890859 A, 2020.11.06

CN 109050918 A, 2018.12.21

CN 108058796 A, 2018.05.22

CN 112937804 A, 2021.06.11

审查员 齐佳林

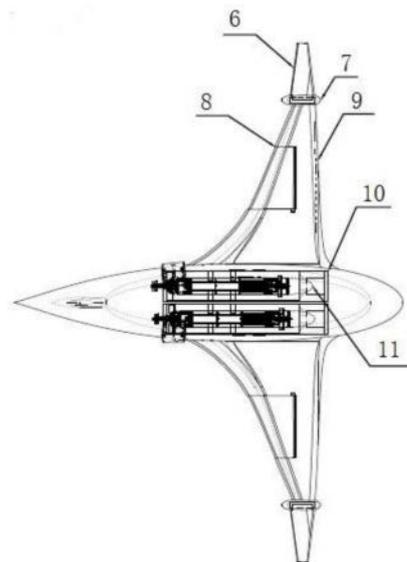
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种携带AUV的多栖跨介质航行器

(57) 摘要

本发明属于航行设备技术领域,针对现有技术中存在的利用跨介质航行器进行AUV的布放回收处于空白阶段的技术问题,本发明的目的在于提供一种携带AUV的多栖跨介质航行器,航行器机身设置为仿海豚构型,航行器机身的腹部设置为载荷仓,航行器机翼的翼尖处通过变形机构安装可变形水翼,可变形水翼可以充当水翼,提供升力,也可以形成机翼的一部分,增大机翼面积。从而在水和空气两种不同介质间完成滑行运动过渡以及自主地连续航行,能满足多栖、高速、高耐波性、高隐蔽性等高性能要求,提高了回收AUV的可靠性及成功率。



1. 一种携带AUV的多栖跨介质航行器,包括航行器机身,沿航行器机身的两侧对称设置的机翼以及尾部设置的方向舵,其特征在于,所述航行器机身设置为仿海豚构型,航行器机身的腹部设置为载荷仓,载荷仓内携带AUV,航行器机翼的翼尖处安装可变形水翼;

所述可变形水翼通过切换不同的机翼尖端翼与机翼平面的角度,在水和空气两种不同介质间完成滑行运动过渡以及自主地连续航行;

所述可变形水翼在水面航行时,翼尖与翼面垂直充当水翼;可变形水翼在水下或空中航行时展开翼尖,翼尖与翼面平行且形成机翼的一部分,增大机翼面积;

航行器机翼的翼尖处通过变形机构安装可变形水翼,所述变形机构包含变形机构整流罩、可变形机构转轴、可变形水翼舵机和舵机传动装置,所述可变形水翼上固定连接可变形机构转轴,可变形机构转轴通过舵机传动装置和可变形水翼舵机连接,变形机构整流罩设置在可变形水翼舵机的外侧,通过可变形水翼舵机驱动切换可变形水翼与机翼平面的不同角度;

所述载荷仓内设置有布放回收装置,布放回收装置包括布放回收筒以及在其末端设置的回收对接口,回收对接口通过折叠收入容纳到载荷舱内。

2. 根据权利要求1所述一种携带AUV的多栖跨介质航行器,其特征在于,所述机翼采用前掠飞翼气动布局结构,以矩形翼为基础,机翼前缘向前掠7度左右。

3. 根据权利要求1所述一种携带AUV的多栖跨介质航行器,其特征在于,所述机翼设置为平凸翼型,机翼的翼载荷设置在180克/平方分米,航行器机身和翼展的比率设置在0.8左右,展弦比设置为5-6。

4. 根据权利要求1所述一种携带AUV的多栖跨介质航行器,其特征在于,所述机翼处配合设置有副翼,通过副翼偏转实现航行器的横向控制。

5. 根据权利要求4所述一种携带AUV的多栖跨介质航行器,其特征在于,所述副翼面积设置为机翼面积的20%,长度设置为机翼长度的70%。

6. 根据权利要求1所述一种携带AUV的多栖跨介质航行器,其特征在于,所述航行器安装两台涵道螺旋桨发动机,通过发动机提供动力,水下航行阶段采用浮力调节配合涵道螺旋桨滑翔推进的结构。

## 一种携载AUV的多栖跨介质航行器

### 技术领域

[0001] 本发明属于航行设备技术领域,具体涉及一种携载AUV的多栖跨介质航行器。

### 背景技术

[0002] 海洋蕴藏着丰富的海洋矿物资源、化学资源、生物资源和动力资源,对于资源匮乏的我国来说,海洋开发更具有特殊意义。近十几年来,无缆水下机器人(AUV)在石油开发、地貌勘察、科研、水产养殖、水下船体检修清洁、管道检测、水质监测等领域的优势开始逐渐显现,市场也正在快速兴起。与此同时,海洋是我国的主要边疆和走向世界海域的必经战略通道,也是我国维护国家安全和权益的重点区域。在采用AUV等水下潜器进行自主探索海洋的同时,能够稳定安全的布放以及回收AUV是保证探索深海的基本条件,是进行水下作业采样、样本带回分析的重要保障,同时提升了AUV的重复利用率和经济成本。

[0003] 复杂的海洋环境和任务需求向AUV布放回收技术提出了多栖、高速、高耐波性、高隐蔽性等高性能要求。目前,AUV的布放回收主要的方式包括水面母船回收和水下对接回收。水面母船回收是指AUV执任务完成后返回预定海域并靠近母船,通过母船上的吊车等设备将AUV吊起,完成回收。这种方式受环境影响大,当工作海况较大时,母船存在严重的摇晃,AUV浮出水面后同样很难保持稳定,成本高。需要母船等待配合AUV的回收,同时也需要多名技术人员的参与。隐蔽性差,水面母船暴露在海面之上,极易被发现。

[0004] 对于水下布放回收系统,其对接过程更加灵活以及隐蔽。AUV与水下搭载平台的对接及布放方式主要是三种:

[0005] 1. 在AUV艏部安装捕捉绳索、杆类等导向目标的对接机构;

[0006] 2. 以圆锥导向罩、喇叭筒和笼箱类为对接目标的对接方式;

[0007] 3. 平台式对接,即AUV采用飞机降落的原理降落于对接平台上,通过AUV腹下的两个捕捉臂捕捉对接平台上的V字形定位装置,利用锁定机构完成最终定位。但其缺点是定位相对困难、干扰强。

[0008] 2012年,MIT的Fabian等研制出一款微小型两栖无人飞行器,机翼在入水过程中可完全后掠以减小入水冲击,入水后可快速在水下达到平衡。该样机模仿鳶鸟俯冲入水的行为,从空中溅落入水,并没有实现出水的功能。2014年,帝国理工学院的Siddall等人提出跨介质航行器俯冲溅落入水,喷水方式出水的设计方案,折叠机翼提高入水效率,超疏水表面使水滴快速脱落。2016年,他们设计了一款机翼后掠角可变的水空两栖无人飞行器,机头安装牵引螺旋桨,实现空中飞行和水下潜行,利用喷水的方式使飞行器快速出水。2019年,他们改进了喷水方式,利用化学反应爆炸而不是高压气体。

[0009] 国内对跨介质航行器的研究起步较晚,开展跨介质航行器研究的科研机构较少。2011年,南昌航空大学研制了一款油电混合动力的潜水飞机样机,潜水飞机前方和尾部分别布置空气螺旋桨和水下螺旋桨以实现空中飞行和水下航行,该机可在水面滑翔以及水下航行,但未能实现从水面起飞。2015年,北京航空航天大学设计的仿鳶鸟水空两栖无人飞行器可从空中垂直降落水中,机头的空气螺旋桨将飞行器垂直从水下拉出水面,出水和入水

时机翼后掠变体。

[0010] 综上所述,利用跨介质航行器进行AUV的布放回收仍然处于空白阶段。由于存在海流扰动、电磁干扰、对接角度差等不利因素的影响,无法实现AUV远距离运载和安全、快速布放的功能,导致在回收过程中AUV损坏和丢失的风险。因此,针对现有跨介质航行器存在只能单次出入水的限制,如何研发一种携带AUV的多栖跨介质航行器,具有重要的现实意义。

## 发明内容

[0011] 随着现有复杂的海洋环境和任务需求向AUV布放回收技术提出了多栖、高速、高耐波性、高隐蔽性等高性能要求,针对现有技术中存在的利用跨介质航行器进行AUV的布放回收处于空白阶段的技术问题,本发明的目的在于提供一种携带AUV的多栖跨介质航行器,可以在水、空两种不同流体介质间适应性地实现运动过渡,并且在两种介质中自主地连续航行,提高了回收AUV的可靠性及成功率。

[0012] 本发明采取的技术方案为:

[0013] 一种携带AUV的多栖跨介质航行器,包括航行器机身,沿航行器机身的两侧对称设置的机翼以及尾部设置的方向舵,所述航行器机身设置为仿海豚构型,航行器机身的腹部设置为载荷仓,载荷仓内携带AUV,航行器机翼的翼尖处安装可变形水翼。

[0014] 进一步的,所述可变形水翼通过切换不同的机翼尖端翼与机翼平面的角度,在水和空气两种不同介质间完成滑行运动过渡以及自主地连续航行。

[0015] 进一步的,所述可变形水翼在水面航行时,翼尖与翼面垂直充当水翼;可变形水翼在水下或空中航行时展开翼尖,翼尖与翼面平行且形成机翼的一部分,增大机翼面积。

[0016] 进一步的,航行器机翼的翼尖处通过变形机构安装可变形水翼,所述变形机构包含变形机构整流罩、可变形机构转轴、可变形水翼舵机和舵机传动装置,所述可变形水翼上固定连接可变形机构转轴,可变形机构转轴通过舵机传动装置和可变形水翼舵机连接,变形机构整流罩设置在可变形水翼舵机的外侧,通过可变形水翼舵机驱动切换可变形水翼与机翼平面的不同角度。

[0017] 进一步的,所述机翼采用前掠飞翼气动布局结构,以矩形翼为基础,机翼前缘向前掠7度左右。

[0018] 进一步的,所述机翼设置为平凸翼型,机翼的翼载荷设置在180克/平方分米,航行器机身和翼展的比率设置在0.8左右,展弦比设置为5-6。

[0019] 进一步的,所述机翼处配合设置有副翼,通过副翼偏转实现航行器的横向控制。

[0020] 进一步的,所述副翼面积设置为机翼面积的20%,长度设置为机翼长度的70%。

[0021] 进一步的,所述航行器安装两台涵道螺旋桨发动机,通过发动机提供动力,水下航行阶段采用浮力调节配合涵道螺旋桨滑翔推进的结构。

[0022] 进一步的,所述载荷仓内设置有布放回收装置,布放回收装置包括布放回收筒以及在其末端设置的回收对接口,回收对接口通过折叠收入容纳到载荷舱内。

[0023] AUV布放回收航行器具有体积小、重量轻、能量密度高、多次反复使用、安全和低成本的能源系统。由于航行器的运行工况复杂多变,对于推进器的机动性、操纵性要求很高,需要对实时环境做出快速响应与调整,所述航行器安装两台涵道螺旋桨发动机,通过发动机提供动力,水下航行阶段采用浮力调节配合涵道螺旋桨滑翔推进的结构;航行器采用光

纤陀螺与多普勒计程仪组成推算系统+惯导+GPS(例如星网宇达XW-SC3663定位定向接收机),以满足布放回收系统的使用要求。为了有效的监测、传输数据、协调和回收等,AUV与布放航行器、布放航行器与地面站之间都需要通讯,AUV与航行器之间的通讯方式通过水声通讯,航行器与地面站之间通过4G/5G电磁波通信。

[0024] 本发明的有益效果为:

[0025] 本发明中的航行器机身采用流线型设计,并在底部设置断阶,有利于起飞离水;载荷仓,用于携带1-2枚AUV;发动机,采用两台涵道螺旋桨发动机,有效防止起飞时水花飞溅进入发动机,使用电力能源;方向舵,用于在水下或空中行驶时调整姿态;可变形水翼,可以与翼面形成0-120°角,插入水中可以作为水翼,满足高速水面航行。起飞后可以展开成为机翼的一部分提供飞行时的升力。变形机构,使用舵机驱动,用于调整水翼的角度;副翼,用于调整俯仰滚转姿态;机翼,用于提供升力;布放回收装置,采用碳纤维圆筒结构;AUV,用于执行水下探测任务,为航行器的主要载荷;回收对接口,使用龙骨+柔性材料的结构,完成回收后可以折叠收起。

[0026] 本发明的“一种携载AUV的多栖跨介质航行器”,利用气、水动一体化设计,由航行器机身、机翼、载荷仓、发动机、方向舵、可变形水翼、布放回收装置等部件构成。可以在水和空气两种不同介质间稳定地实现滑行运动过渡,并且在两种介质中自主地连续航行。突破原有跨介质航行器只能单次出入水的限制。机身主体腹部部件为搭载舱,携带1-2枚AUV,能够实现AUV远距离运载和安全、快速布放的功能。携带惯导、GPS以及引导装置,入水后可利用装置实现AUV的全方位水下对接与回收,这种全新的布放回收方式能避免海流扰动、电磁干扰、对接角度差等不利因素的影响,提高回收AUV的可靠性及成功率,缩短了、水下回收AUV所耗费的时间,并降低了在回收过程中AUV损坏和丢失的风险。

[0027] 关键部件可变形水翼通过舵机驱动切换不同角度;在水面航行时,可变形水翼与翼面垂直充当水翼,通过切割自由表面,提供升力;在水下或空中航行时展开可变形水翼,可变形水翼与翼面平行且形成机翼的一部分,增大机翼面积。可以实现航行器在水和空气两种不同介质间稳定地实现过渡,连续多次出入水航行。

[0028] 该多栖跨介质航行器能够代替船舶快速到达很远的地方完成AUV的布放回收任务,节约了大量的时间和经济成本。还能解决现有方式的距离受限、隐蔽性不足的问题,同时能配合地面站实现大范围、高密度的水下、空中联合工作。以水面舰船或陆地为基地,快速、隐蔽的到达数十或数百里外的水下空间,完成环境探测、目标识别、情报收集和通讯,将大大地扩展水面舰船或潜艇的任务空间。更重要的是,在未来“以网络为中心”“人类的位置靠后”的任务思想,无人化、智能化的AUV和及其布放回收航行器将成为任务网络的重要节点,发挥越来越重要的作用。

## 附图说明

[0029] 图1为本发明的整体结构示意图;

[0030] 图2为图1的正视图;

[0031] 图3为图1的侧视图;

[0032] 图4为图1的俯视图;

[0033] 图5为本发明中可变形水翼的结构示意图;

- [0034] 图6为图5的正视图；
- [0035] 图7为图5的侧视图；
- [0036] 图8为图5的俯视图；
- [0037] 图9为本发明中水翼翼型外观及流场模拟图；
- [0038] 图10为本发明中水翼翼型不同攻角下的升力及阻力变化图；
- [0039] 图11为本发明中航行器出水 $T=1.504s$ 图；
- [0040] 图12为本发明中航行器入水 $T=1.2s$ 图；
- [0041] 其中,1、航行器机身;2、载荷仓;3、方向舵;4、发动机;5、发动机支架;6、可变形水翼;7、变形机构;8、副翼;9、机翼;10、AUV布放回收装置;11、AUV;12、变形机构整流罩;13、可变形机构转轴;14、可变形水翼舵机;15、舵机传动装置。

### 具体实施方式

[0042] 下面结合附图进一步说明本发明。

[0043] 实施例1

[0044] 如图1、图2、图3和图4所示,一种携带AUV的多栖跨介质航行器,包括航行器机身1,沿航行器机身1的两侧对称设置的机翼9以及尾部设置的方向舵3,方向舵3用于在水下或空中行驶时调整姿态;航行器机身1设置为仿海豚构型,航行器机身1,采用流线型设计,并在底部设置断阶,有利于起飞离水;航行器机身1的腹部设置为载荷仓2,载荷仓2用于携带1-2枚AUV11,AUV11用于执行水下探测任务,为航行器的主要载荷;航行器机翼9的翼尖处通过变形机构7安装可变形水翼6。

[0045] 可变形水翼6通过切换不同的机翼9尖端翼与机翼9平面的角度,可变形水翼6与翼面形成 $0-120^{\circ}$ 角,在水和空气两种不同介质间完成滑行运动过渡以及自主地连续航行。

[0046] 多栖航行器机翼9翼尖采用可变形水翼6。通过可变形水翼舵机14驱动切换不同的可变形水翼6与机翼9平面的角度;可变形水翼6在水面航行时,翼尖与翼面垂直充当水翼,通过切割自由表面,提供升力,满足高速水面航行;可变形水翼6在水下或空中航行时展开翼尖,翼尖与翼面平行且形成机翼9的一部分,增大机翼9面积提供飞行时的升力。

[0047] 根据任务模式设计总体技术指标如下:

[0048] 表1 多栖航行器指标

[0049]	机 身 长 度	4.5m	翼展	3.6m	机翼9面积	20m <sup>2</sup> (单侧10m <sup>2</sup> )
	高度	1m	最大起飞重量	100kg	离水速度	50km/h
	巡 航 速 度	300km/h	最大速度	380km/h	最大航程	100km
	有 效 载 荷	60kg	续航时间	1h	下潜深度	10m
	升限	3000m				

[0050] 根据总体技术指标,任务剖面 and 发动机4/推进器的性能参数,以及航行任务剖面等技术要求,确定跨介质航行器的设计方案。根据气/水动性能等条件提出气/水动布局的设计方法。对任务剖面若干设计点进行设计,并分析重量、航程、升阻比变化对设计结果的影响及原因。

[0051] 在实施例1的基础上,本发明的又一实施例,如图1-图4所示,机翼9采用前掠飞翼气动布局结构,以矩形翼为基础,机翼9前缘向前掠7度左右。

[0052] 矩形翼结构简单,制作容易,但是重量较大。前掠翼从根本上克服了翼尖失速问题,因而低速性能好,可用升力大,机翼9的气动效率高。考虑到机翼9的重量和坠水的冲击力,因此,考虑以矩形翼为基础,但是机翼9前缘向前掠7度左右,兼顾性能、重量和结构强度。如图3所示,机翼9布局设计采用前掠飞翼气动布局,机身采用仿海豚构型,翼尖利用可变形为垂直的水翼部分可以抬升机体,切割自由面从而减小起飞时的阻力;空中飞行时可以起到垂尾的同样作用,增加横航向稳定性。

[0053] 考虑到航行器水阻力和风阻力,选用常用的平凸翼型,这种翼型的特点是升力大,尤其是低速飞行时。通过雷诺数和升力系数的计算,升力系数在0.3-0.5之间,因此,参考并选用naca0012翼型。

[0054] 根据公式:

[0055] 建议翼载荷=3.25\*重量的立方根=3.25\*(150000<sup>1/3</sup>)=170(g/dm<sup>2</sup>)

[0056] 参考相近功能机型的翼载荷,机翼9设置为平凸翼型,机翼9用于提供升力,确定翼载荷在180克/平方分米。翼展长度考虑携带和强度,以及参考机身和翼展的比率在0.8左右,因此翼展长度选为3.6m。考虑到飞机重量加机翼9重量大致在150kg(考虑进水,给20%余量)左右,因此机翼9总面积大致在200万平方毫米,那么一边的平均气动弦长定为0.72m(20%余量)。此时展弦比5,符合普通固定翼飞机的展弦比范围(5-6)。展弦比偏小的设计,阻力虽然稍大,但是此时机翼9强度更好,因为降落入水的冲击载荷,对强度有比较高的要

求,因此在目前的设计中,在保证升力足够的条件下,也要保证强度。一般副翼8面积为机翼9的30%-80%,因为不需要太灵敏,选择20%,长度为机翼9长度70%。

[0057] 在实施例1的基础上,本发明的又一实施例,如图5、图6、图7和图8所示,变形机构7包含变形机构整流罩12、可变形机构转轴13、可变形水翼舵机14和舵机传动装置15,可变形水翼6上固定连接可变形机构转轴13,可变形机构转轴13通过舵机传动装置15和可变形水翼舵机14连接,可变形水翼舵机14用于调整可变形水翼6的角度;变形机构整流罩12设置在可变形水翼舵机14的外侧,变形机构整流罩12用于存放变形机构7,并负责局部流场的整流;可变形水翼舵机14用于调整可变形水翼6的角度;舵机传动装置15设置为舵机传动齿轮,通过可变形水翼舵机14驱动切换可变形水翼6与机翼9平面的不同角度。

[0058] 变形机构7用于调整水翼的角度;载荷仓2内设置有布放回收装置,AUV布放回收装置10采用碳纤维制圆筒结构;布放回收装置包括布放回收筒以及在其末端设置的回收接口,回收接口通过折叠收入容纳到载荷舱内。

[0059] 如图9所示,水翼采用超空泡翼型SCSB-25-5。翼型不同攻角下的升阻力特性曲线如图10所示。

[0060] 根据载荷量1-2枚AUV11,燃油重量占最大起飞重量的百分比20~30%。确定有效载荷60kg,最大起飞重量100kg。根据通常水上飞机的指标,确定离水速度50km/h,巡航速度300km/h,最大速度380km/h,最大升限3000m。根据任务目标,设计最大航程为100km。续航时间1h。根据布放回收要求,设计下潜深度10m。

[0061] 进一步仿真分析了航行器的出入水运行姿态,证明了其可行性。内容主要包括航行器以10m/s的参考速度,以45°角度从水面飞入、飞出的仿真,分别如图11、图12所示,可以看出,可以预测出该航行器在出水时的载荷突变,便于进行进一步的稳定性设计。

[0062] 在上述实施例的基础上,本发明的又一实施例,机翼9处配合设置有副翼8,副翼8用于调整俯仰滚转姿态,通过副翼8偏转实现航行器的横向控制。

[0063] 副翼8面积设置为机翼9面积的20%,长度设置为机翼9长度的70%。

[0064] 在实施例1的基础上,本发明的又一实施例,航行器安装两台涵道螺旋桨发动机4,发动机4通过发动机支架5固定于机身上;通过发动机4提供动力,使用电力能源,水下航行阶段采用浮力调节配合涵道螺旋桨滑翔推进的结构,有效防止起飞时水花飞溅进入发动机4。

[0065] 此外,该航行器综合多种导航系统,考虑到价格、尺度和精度等原因,目前采用光纤陀螺与多普勒计程仪组成推算系统+惯导+GPS,以满足布放回收系统的使用要求。为了有效的监测、传输数据、协调和回收等,AUV11与布放航行器、布放航行器与地面站之间都需要通讯。目前AUV11与布放航行器之间的通讯方式主要采用水声通讯,布放航行器与地面站之间主要采用4G/5G电磁波通信。AUV11布放回收航行器需要具有体积小、重量轻、能量密度高、多次反复使用、安全和低成本的能源系统。而且由于航行器的运行工况复杂多变,对于推进器的机动性、操纵性要求很高,需要对实时环境做出快速响应与调整。动力采用电池+涵道桨动力,水下航行阶段不需要速度太快,采用浮力调节+涵道桨滑翔推进。

[0066] 以上所述并非是对本发明的限制,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明实质范围的前提下,还可以做出若干变化、改型、添加或替换,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

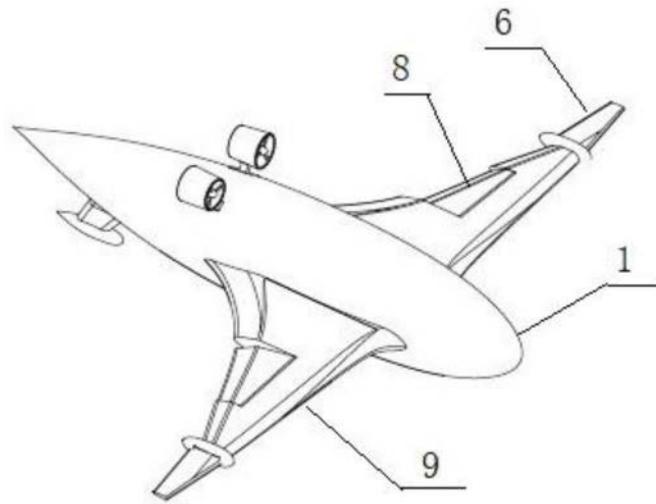


图1

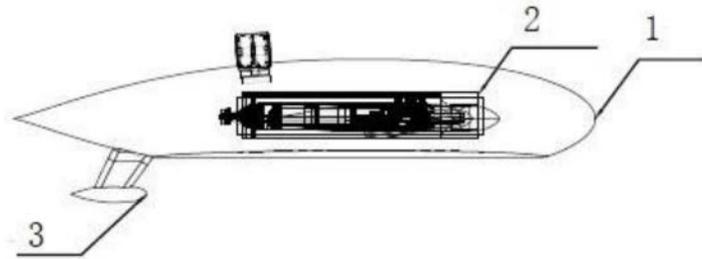


图2

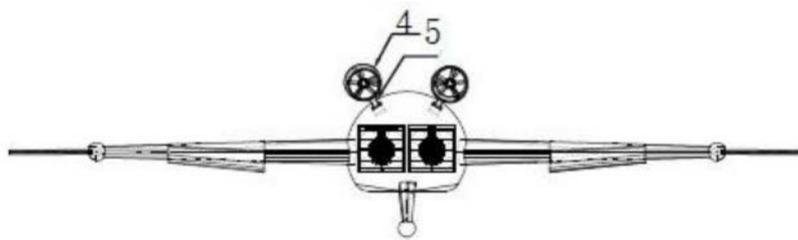


图3

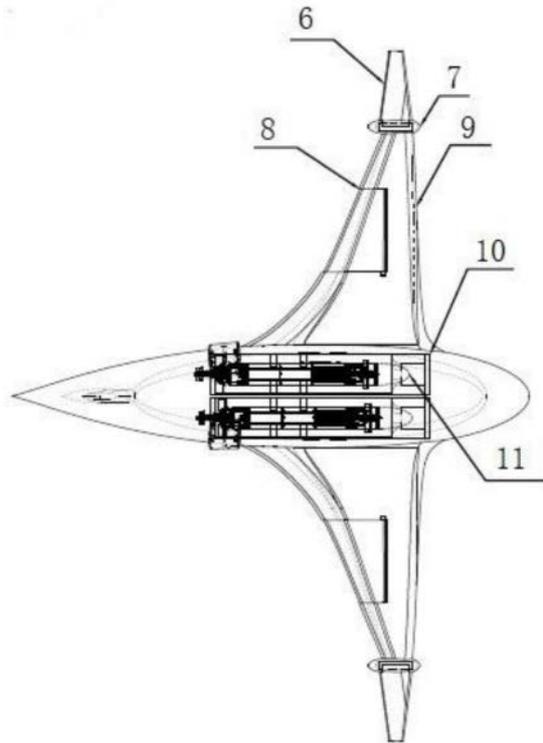


图4

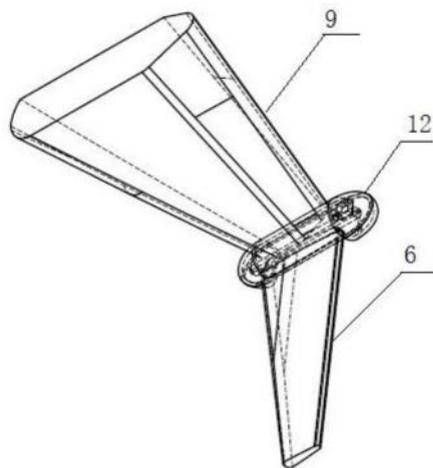


图5

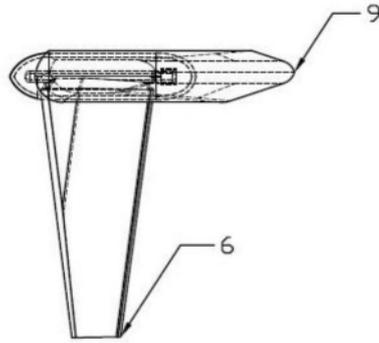


图6

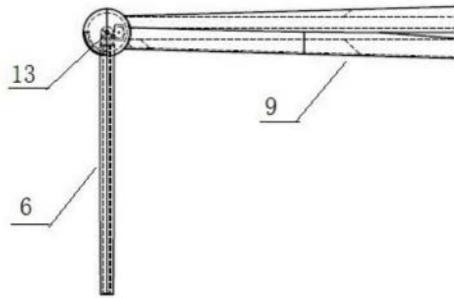


图7

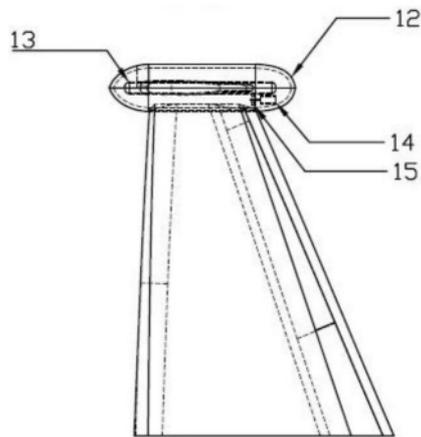


图8



图9

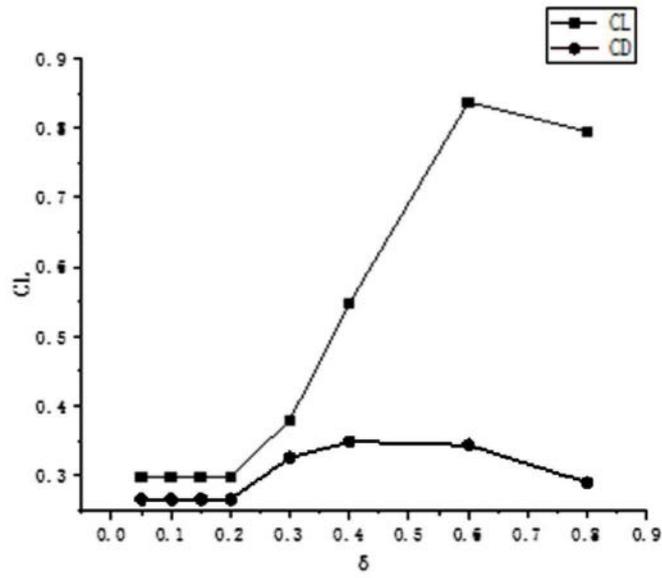


图10

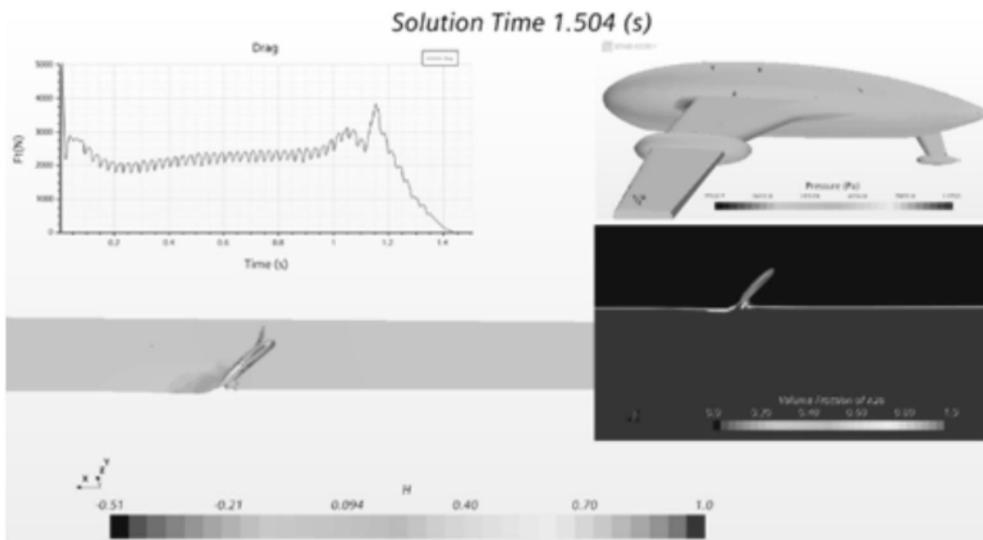


图11

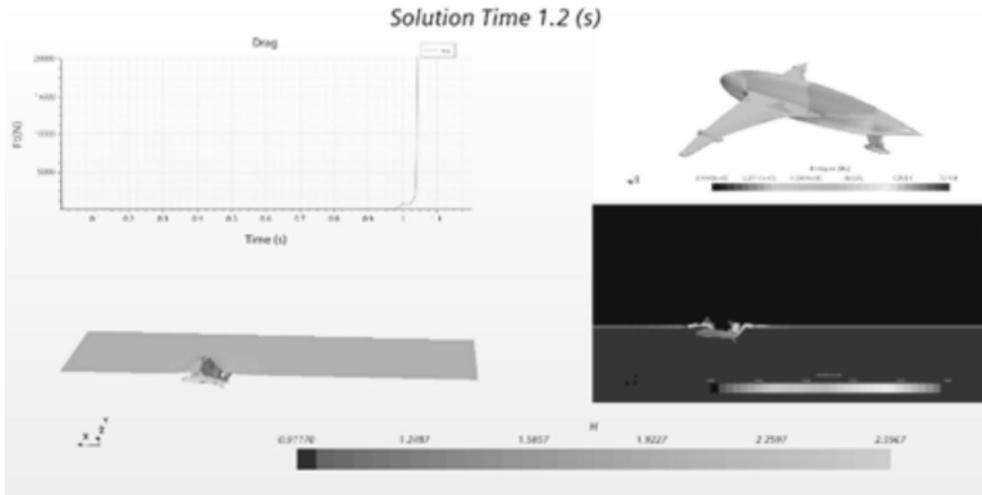


图12