

作品简介

| | |
|---------|--|
| 作品名称 | 探测型仿生机器鱼 |
| 主要功能 | <p>探测型仿生机器鱼搭载尾鳍、胸鳍双驱动系统和声/光/磁综合探测系统和仿生动力系统。</p> <p>1、设有无源探测系统用于实施海底目标和海底线缆的路由跟踪和精确定位，通过声发射机和声接收机，实现无人水下航行器的实时跟踪。</p> <p>2、设有无线电通讯装置，实现母船或基地对无人水下航行器的指令注入和通讯控制。</p> <p>3、设有仿生鱼动力，实现零半径转向。</p> |
| 创新点 | <p>1、尾部动力尾鳍形状设计为具有大展弦比的月牙形月牙形尾鳍；</p> <p>2、声/光/磁综合探测系统，外壳体内外设有用于实施海底目标和海底线缆的路由跟踪和精确定位的无源探测系统；</p> <p>3、通讯及导航系统。</p> |
| 国内外水平对比 | <p>国外的研究机构以美国和日本为主，英国、法国等国家对仿生机器鱼也有所研究。日本由 20 世纪 90 年代至今研究出三条仿生机器鱼，具有很强实力；美国是较早研究仿生机器鱼的国家之一，研制出世界上第一条真正意义上的仿生机器鱼“ROto Tuna”。</p> <p>国内仿生机器鱼研究起步较晚，北京航空航天大学、中国科学院自动研究所、哈工程分别研究述三条仿生机器鱼，并应用于考古和微创手术。</p> |
| 应用前景 | <p>1、恶劣环境下工作；</p> <p>2、海洋生物观察；</p> <p>3、海底探测；</p> <p>4、军用方面；</p> <p>5、娱乐方面。</p> |
| 其他 | <p>本产品提供了水下航行器的新思路，对未来海洋航行器的发展具有参考意义。</p> |

参赛作品说明

一、作品名称

探测型仿生机器鱼

二、背景或选题意义

21 世纪是海洋开发的世纪。日前，人类社会不断发展，人口急速增长使得陆地资源越来越有限，于是很多专家学者将眼光投向海洋资源，而在水下工作的发展过程中，仿生机器鱼扮演了非常重要的角色，因此仿生水下机器鱼的研究吸引力越来越多的国内外学者。

传统的水下机器人探测器多采用螺旋桨推进,在效率、机动能力、能耗等方面存在不足。

生物鱼具有卓越的水中运动能力，可以在持久游速下保持低能耗、高效率。在仿生机器鱼的研发过程中，将生物鱼在水中的运动参数高度还原到仿生机器鱼的机械体上,无论从机械外形、游动方式、可控性智能化程度群体协作能力，都不断在逼近真正的鱼类。

仿生机器鱼作为水下机器人行业的一个重要分支，在海洋资源的勘探、民用领域和海洋军事等方面具有广阔的应用前景和巨大的潜在价值，吸引了很多专家和学者的注意，对高智能机器鱼的追求也因此从梦想变为现实。

三、产品介绍

本产品是一款新型仿生鱼探测器。

外部整体为仿生鱼外形，前部壳体为玻璃纤维，后部壳体为软体薄膜。外壳体内设有无缘探测系统，航行器左右辅助翼各设有海洋磁力仪，外壳体艏部设有激光成像仪，外壳内中前部下方两侧设有合成孔径声呐，航行器艏部下方设置前视声呐。航行器设置有尾鳍、胸鳍双驱动系统，尾部三关节驱动系统为主驱动系统，胸鳍驱动系统为辅助驱动系统，可以通过控制左右胸鳍的转动实现零半径转向，通过压载水仓控制重心的位置实现上升和下潜。

四、创新点

1、尾部主驱动系统。尾部动力尾鳍形状设计为具有大展弦比的月牙形月牙形尾鳍比扇形尾鳍产生的推力小，但是月牙形尾鳍效率高于扇形尾鳍，在高频率摆动模式下，大展弦比的刚性尾鳍比弹性尾鳍能产生更大的推力，尾鳍选用刚性材料 PLA。

2、胸部辅助驱动系统。由微型步进电机和胸鳍构成，两个胸鳍分布在躯体左右两侧；胸鳍和微型步进电机通过螺栓连接固定。

3、导航系统。导航系统包括多普勒计程仪、高度计、自导航声纳和 GPS 天线。通过多普勒计程仪实现水下航行器的航行距离测量；通过高度计实现水下航行器的航行高度测量；通过自导航声纳实现水下航行器的水下导航；通过 GPS 天线实现水下航行器的水面定位。

4、通讯系统。通讯系统包括安装于外壳体内的声发射机、声接收机、紧急应答器和无线电通讯装置。

5、探测系统。探测型仿生机器鱼搭载声/光/磁综合探测系统，外壳体内外设有用于实施海底目标和海底线缆的路由跟踪和精确定位的无源探测系统，该探测系统包括用于海底目标探测的前视声纳、激光成像仪、合成孔径声纳、海洋磁力仪；航行器艏部前端设置有海洋磁力仪，用于海底目标的无源磁探测；航行器外壳体艏部的前端设有激光成像仪，用于海底目标的光学探测；航行器外壳体内中前部下方两侧设有合成孔径声纳，用于海底目标的声学探测；前视声纳设置于航行器艏部下方位置，用于探测正前方和前下方的目标，同时兼顾对障碍的早期预警。

五、具体的系统设计原理

1、设计原理

本产品是一种具有双驱动系统的仿生机器鱼，应用于水下航行器领域。设计了一种结构简单、运动灵活的双驱动仿生机器鱼，尾部三关节驱动系统为主驱动系统，胸鳍驱动系统为辅助驱动系统，可以通过控制左右胸鳍的转动实现零半径转向。

构造特征包括：设计一个尾鳍和两个胸鳍完成对仿生机器鱼的驱动，可以实现快速启动停止和零半径转弯，前部壳体材料是尼龙加玻璃纤维、后部壳体材料为软体薄膜。

（1）动力系统

①尾部主驱动系统由三个舵机、一个尾鳍和一个尾鳍底座构成，舵机和尾鳍形成的驱动方式为三关节驱动。

舵机：选用 20kg 大扭力双轴数字舵机，额定电压 6V，可控范围角度为 180 度，线性好精度高，舵机为金属外壳有利于散热，舵机线长 30cm，重量为 65g。

尾鳍：形状设计为具有大展弦比的月牙形，虽然月牙形尾鳍比扇形尾鳍产生的推力小，但是月牙形尾鳍效率高于扇形尾鳍，在高频率摆动模式下，大展弦比的刚性尾鳍比弹性尾鳍能产生更大的推力，因此尾鳍选用刚性材料 PLA。

②胸部辅助驱动系统由微型步进电机和胸鳍构成，两个胸鳍分布在躯体左右两侧。

微型步进电机：采用合金钢齿轮减速，减速比为 1:63，微型步进电机采用 2 相 4 线，额定电流 0.3A，额定电压 6V，步距角为 18 度，相电阻为 20 欧，线长 3cm，输出轴直径为 3mm，重量为 10g，配备软胶防尘罩。

胸鳍：选用 NACA0012 翼型，弦长为 50mm，材料选用聚甲醛，胸鳍和微型步进电机通过螺栓连接固定。

（2）探测系统

探测型仿生机器鱼搭载声/光/磁综合探测系统，外壳体内外设有用于实施海底目标和海底线缆的路由跟踪和精确定位的无源探测系统，该探测系统包括用于海底目标探测的前视声纳、激光成像仪、合成孔径声纳、海洋磁力仪。

海洋磁力仪：设置于航行器艏部前端，用于海底目标的无源磁探测；

激光成像仪：设置于航行器外壳体艏部的前端，用于海底目标的光学探测；

合成孔径声纳：设置于航行器外壳体内中前部下方两侧，用于海底目标的声呐探测；

前视声纳：设置于航行器艏部下方位置，用于探测正前方和前下方的目标，同时兼顾对障碍的早期预警。

（3）通讯及导航系统

①通讯系统包括安装于外壳体内的声发射机、声接收机、紧急应答器和无线电通讯装置。

声发射机和声接收机：实现无人水下航行器的实时跟踪；

紧急应答器：实现无人水下航行器安全自救和返回；

无线电通讯装置：实现母船或基地对无人水下航行器的指令注入和通讯控制。

②导航系统包括多普勒计程仪、高度计、自导航声纳和 GPS 天线，多普勒计程仪、高度计、自导航声纳均安装于外壳体内，GPS 天线安装于尾部。

多普勒计程仪：实现水下航行器的航行距离测量；

高度计：实现水下航行器的航行高度测量；

自导航声纳：实现水下航行器的水下导航；

GPS 天线：实现水下航行器的水面定位。

2、工作原理

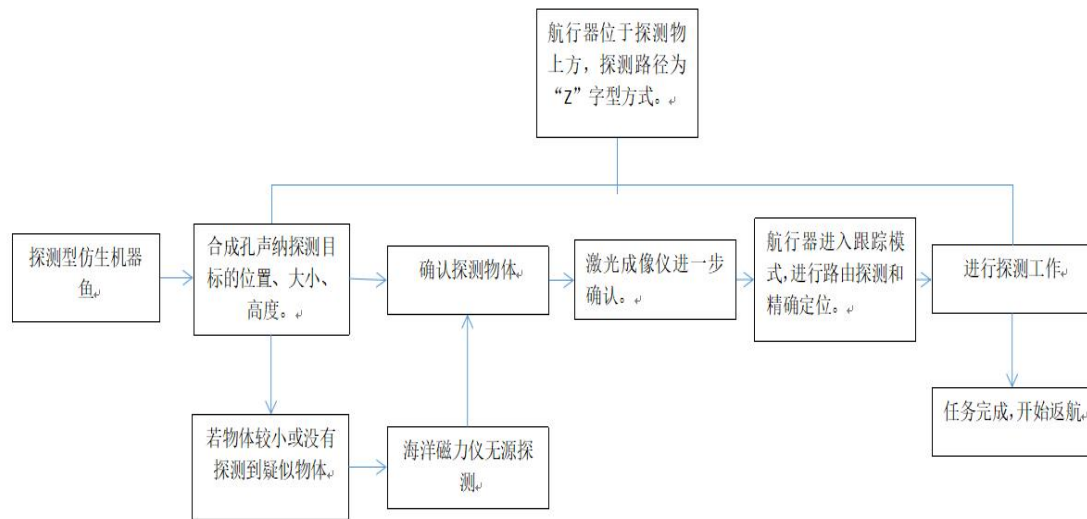
航行器到达待探测的海域并进行区域划分和探测路径规划，便于逐个区域进行海底探测；然后采用合成孔径声纳进行海底扫测；

包括以下两种工况：

（1）若合成孔径声纳探测到疑似目标，根据声图像量出目标的位置、大小和高度，若物体较小，再用海洋磁力仪进行线缆无源探测，确认是否为所需探测的物体，其中航行器位于探测物上方，探测路径为“Z”字型方式，如果探测到磁异常，确认是所需探测的目标，则用激光成像仪进一步进行确认；确认后，航行器进入路由自动跟踪模式，展开探测物的路由探测和精确定位，此时激光成像仪和海洋磁力仪同时开启并展开联合探测作业；

（2）若合成孔径声纳没有探测到疑似目标，可用海洋磁力仪再次对该区域进行精确探测，若磁力数据有异常，说明有所需探测的目标，并用激光成像仪进行进一步确认，此时激光成像仪和海洋磁力仪同时开启并展开联合探测作业；若磁力数据无异常，说明在给定区域内没有所需探测的目标；完成该区域的海底探测后，开始返回航行器探测作业的起始位置，此时关闭激光成像仪和海洋磁力仪，合成孔径声纳依然开启直至到达探测作业的起始位置处；随后，进入下一个待探测的划分区域，继续实施探测任务。

航行器完成某海域的探测任务后，返回搭载母船或始发基地，进行能源补充和信息交换。



机器鱼工作流程图

3、产品工图

详见附件一

六、支撑作品的现有理论与技术

1、基于 Talor (1959) 建立的鱼类游动的“抗力水动力学模型”，分析流体-机体相互作用的静力学平衡，再加以考虑热力学和运动学的约束来分析推进机构的动力学。

2、基于 Lighthill 提出的应用于变形体的“细长体理论”，分别从动物学和流体力学方面分析水生动物推进的流体力学原理。

3、基于 Lighthill 提出的鱼类推进的“大摆幅长体理论”，分析鱼类的规则和不规则运动。

4、基于吴耀祖等提出的“二维波板理论”，用线性化无粘流理论系统分析游动推进的水动力学问题。

5、基于童秉纲、程建宇等建立的模拟鱼类游动的三维波动柔板模型，分析鱼的游动和推进性能，提出鱼类最佳游动方式理论。

6、基于 MRF 模型的可靠的图像分割，分析图像的变化。

七、应用前景

1、比较恶劣的工作环境。如要求工作时间长、承载空间有限、不能加载太多能源、机动性高、空间狭窄等场合，采用探测型仿生机器鱼可较好的完成作业任务。

2、海洋生物观察。一般推进器噪声大，很难接近海洋生物，采用静音驱动的探测型仿生机器鱼可解决此问题。

3、海底探测。采用探测型仿生机器鱼可以容易的进入像沉船内部这样环境复杂的海洋空间，从而完成一般潜水所不能完成的作业任务。

4、军用方面。探测型仿生机器鱼主要特点之一便是体积小，这样研制成功的小型潜航武器、无人驾驶仿生秀珍潜艇在军事方面具有很大的应用前景。同时利用探测型仿生机器鱼体积小、成本低、机动性能好的特点，它将在攻击、侦查、扫雷等方面发挥重大作用。

5、娱乐方面。

八、对后续工作意见建议

1、由于材料、加工、驱动等方面的限制，以及对鱼类特殊结构及其功能的认识还有待完善，完全模仿鱼类的外形、结构还比较困难，仿生机器鱼的结构多是对鱼类结构在一定程度上的近似。

2、仿生机器鱼高效、高机动运动的实现，除受外形和机构因素影响外，其游动运动的控制也尤为重要。因此研究仿生机器鱼的实现运动控制方法，通过鳍的波动运动、拍动运动、多鳍协调运动等方式，实现高效、高速高机动三维空间运动和姿态稳定、扰动抑制是仿生机器鱼研究的重要问题。

九、参考文献

[1] 谭本军, 宋宇, 苏娟. 一种新型便携式垂直鱼探仪设计[J]. 传感器与微系统, 2019, 38(11): 85-88.

[2] 何建辉, 李志军, 汤明新, 李键, 区子聪, 陈锐霖, 梁建民. 一种自动识别的仿生机

器鱼系统设计[J]. 南方农机, 2020, 51(01): 19-22.

[3] 吴成通, 何青, 李蕊, 邓洪明. 声纳探鱼系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2019, 38(10): 111-114.

[4] 李云红, 王震亚, 郑婷婷, 王延年, 惠史科. 基于智能手机的便携探鱼仪设计[J]. 国外电子测量技术, 2017, 36(09): 135-138.

[5] 杨敏, 宋士林, 徐栋, 王小丹. 合成孔径声纳技术以及在海底探测中的应用研究[J]. 海洋技术学报, 2016, 35(02): 51-55.

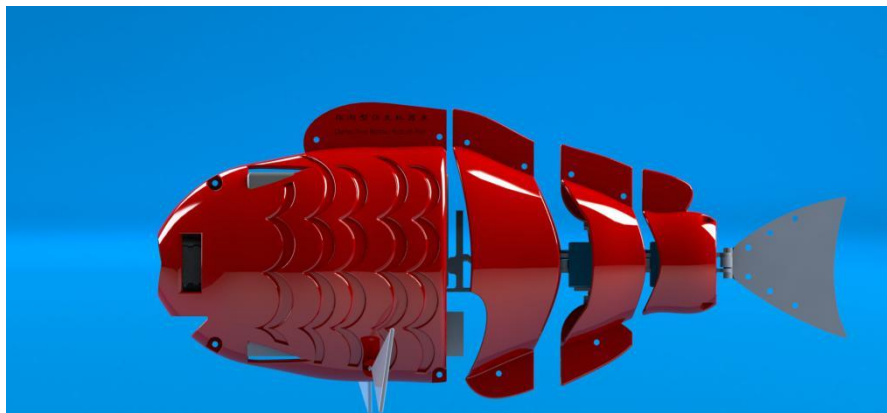
[6] 魏清平, 王硕, 谭民, 王宇. 仿生机器鱼研究的进展与分析[J]. 系统科学与数学, 2012, 32(10): 1274-1286.

[7] 李伟严. 仿生机器鱼的运动控制研究及应用[D]. 天津: 天津大学, 2013: 1-61.

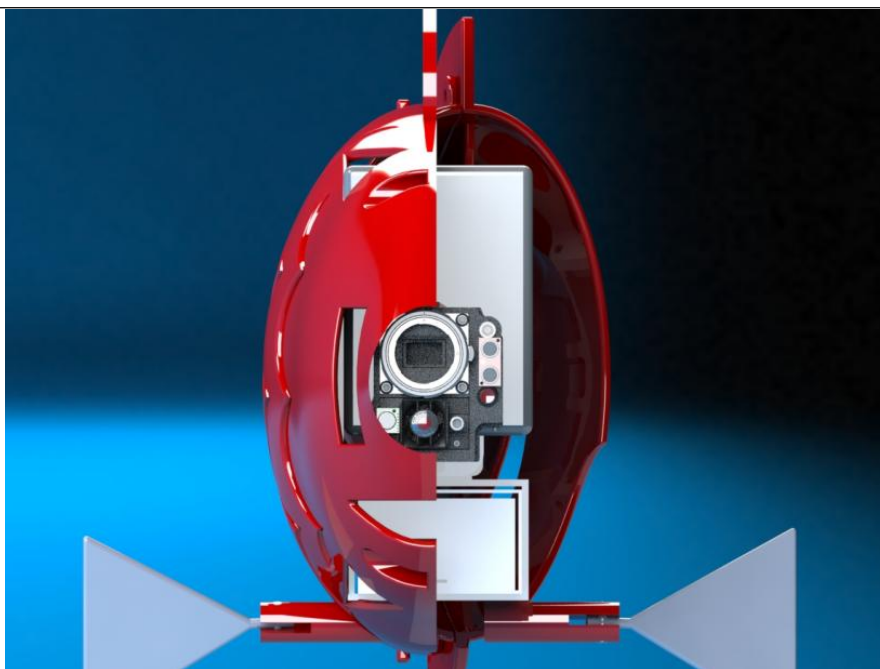
[8] 郑精辉. 基于波动机理的仿生鱼探测器研究[D]. 浙江: 浙江大学, 2007, 1-81.

十、附图及数据

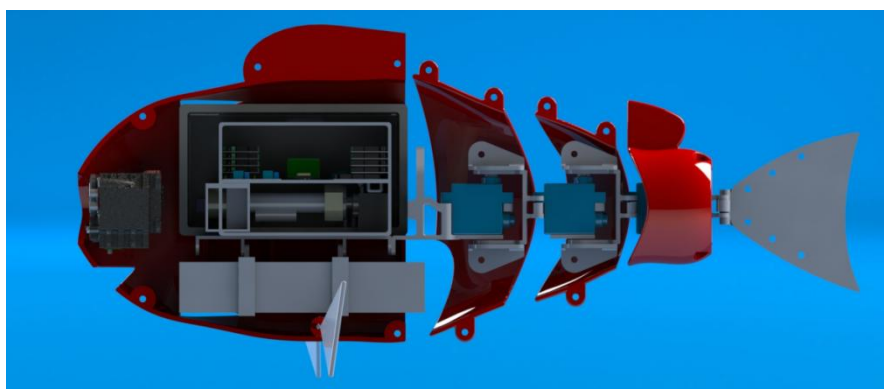
附件一:



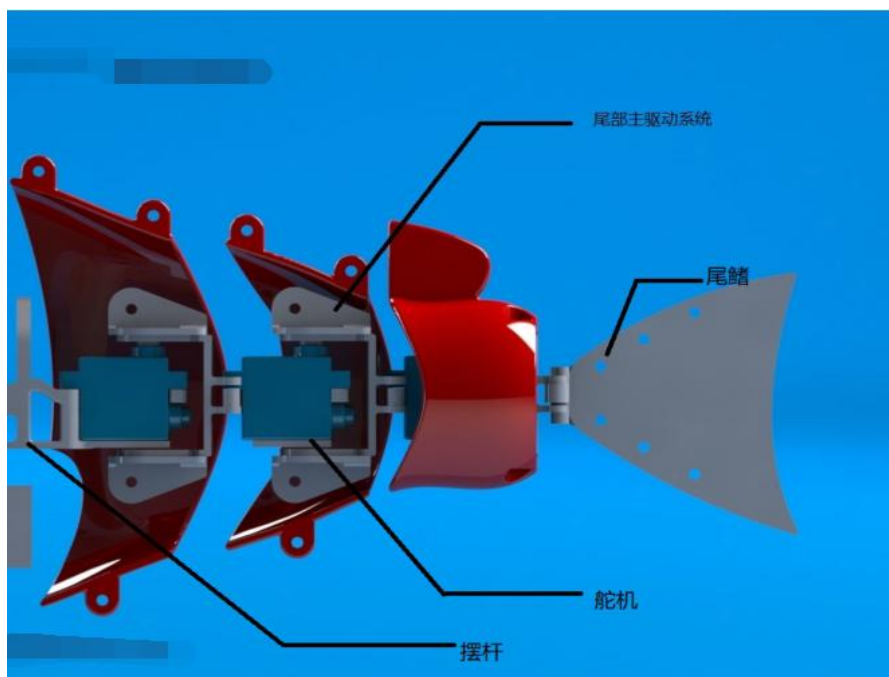
图一. 主视图



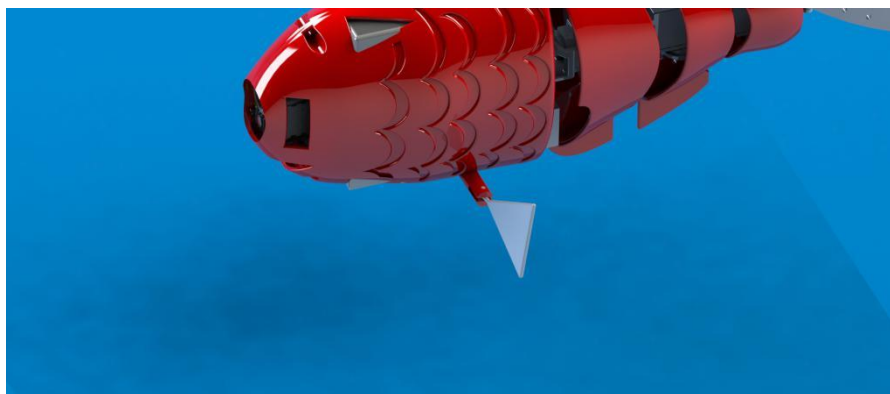
图二. 左视图



图三. 剖视图



图四.主驱动系统局部图



图五.胸部辅助动力装置