

一种新型的海洋探测装置设计

姜霁航 隋沐航 刘嘉毅 范云菲 梁欣

(沈阳城市建设学院, 辽宁 沈阳 110167)

摘要 基于仿生原理, 我们模仿了海扁虫的柔性特点, 并参考这种运动状态, 利用机械结构设计了一个在水里可以自由移动的“探测仪”。由于其形状特点鲜明, 所以能够在各种特殊地形下进行相应的工作作业, 并且它可以实现在不同水质水体下进行相应的上浮、下潜, 进而进行无差别探测检验工作。

关键词 仿生原理 海洋探测装置设计 海扁虫

中图分类号: P71

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)04-0001-03

1 前言

在未来, 仿生机械鱼在海洋产业发展的过程中发挥着重要作用, 它能深入海底进行探测和作业, 除了提高产业人员的安全之外, 还能节省一定的资金开销。

21世纪是人类开发海洋的世纪, 随着海洋开发需求的增长及技术的进步, 适应各种非结构化环境的水下机器人将会得到迅猛的发展。可以预见, 仿生机械鱼以其效率高、机动性好、噪音低、对环境扰动小的优势将得到广泛应用。

目前, 仿生机械鱼市场正处于初级阶段, 大多数是安装了特定的传感器, 类似于鱼雷的设备, 再与全球各地与船舶结合使用。仿生机器鱼获得的信息有助于科学家预测水底的环境变化, 推测全球变暖的程度, 还可搭载水质传感器, 监测一系列水质参数。同时有望用于军事方面, 完成军事侦察、反潜、防鱼雷等特殊任务, 应用非常广泛, 前景一片大好。

不断完善仿生机械鱼的运动机理, 随着研究的深入及驱动装置的不断优化, 未来的仿真机械鱼将会效率更高, 灵活性更强, 性能与真正的鱼更加接近。^[1]

随着人工智能、自动控制、计算机技术等多种学科的进一步发展, 仿生机械鱼将会具有信息交互、环境感知等能力, 在紧急情况下可实现自我保护, 从而进入更危险的环境工作, 完成更复杂的任务。水体污染的形式多种多样, 产生水体污染的具体水域情况各不相同, 其产生的污染因素也大不相同, 并且污染程度不一样, 使得普通机器对于水质检测的难度大大增加。想要对具体污染对症处理, 首先需要对水质进行具体分析, 因此需要机器具有一定的水质细致化分析能力和能在多种环境下工作的适应性能力, 进而得以分析所测量水域的实际水质情况, 并能取得良好反馈。

据此原因, 我们小组设计了仿生海扁虫来对水中的污染物进行实时的监测, 并通过污染物的含量对水质做出基本判断, 运用物联网技术将实时数据传输到移动设备上, 让研究人员对不同区域的水质都能方便快捷地了解判断, 以便于进行更深层次的研究。

本设计结合水中“海扁虫”的运动特点、形状及大小, 利用简单的机械结构做出的仿生鱼可以达到上述的基本要求, 并且由于其形状特点鲜明, 还可以适用于比较复杂的地形。

2 “海扁虫”的结构设计和运动原理

根据海扁虫的整体结构, 身体扁平, 运动时两翼柔性煽动来促使其运动, 本文设计的结构利用曲轴转动带动滑块进行主运动, 再由另一根杆来锁定滑块的行程, 本作品采用抗弯折和耐腐蚀性比较强, 同时整体质量又比较轻的碳纤维杆。为了模仿海扁虫的匀速前游, 在均匀的水流中计算胸鳍模型产生的推力(等于鳃鱼躯干受到的流体阻力)以及流场结构, 结果发现, 推力具有小幅振荡的特征, 流场出现了反卡门涡街的流场结构。基于涡动力学的涡量矩理论, 分析了流场的动量及动量的变化, 从而建立了推力与尾涡之间的关联关系。分析结果表明: (1)平均推力等于反卡门涡街的横向间距、胸鳍模型的波动频率和反卡门涡的强度三者的乘积; (2)在一个波动周期内, 鱼体获得了两个推力峰值, 这是与周期内脱出的一对正负涡有关。以海扁虫的基本运动作为模板, 利用其波浪运动稳定性的特点设计出波动胸鳍的构造, 同时运用曲轴滑块结构相互配合运动, 增加其稳定性和平衡性。这只仿生海扁虫与靠摆动尾鳍游动的普通机器鱼不同, 它靠身体两侧的鳍状防水材料薄膜产生波浪, 借此推动身躯。通过这种起伏运动, 仿生海扁虫可以控制自

身运动。利用电机作为牵引,加以无线电为媒介,实现相应遥控,一同构建运动板块。可实现近似于海扁虫的波浪状运动,并通过螺旋桨控制其转向。同时运用其形态结构合理布置构建安装检测模块,通过检测模块对水质可以进行相应的测量,可发现多种污染物加以物联网技术可将结果传达到手机上,实现对于水质的实时监控测量。

为了保证主运动的整体滑块做波浪运动,通过计算和实际实验,我们把每个曲轴之间的角度定为 60° 。

在两边运动的设计上,我们在每个滑块的底部安装了12mm长的碳棒,目的是放大主运动的效果,在其上安装“翅膀”,其材料为食品级硅胶,具有很好的伸缩性,可以完美地展现出海扁虫的运动状态。

在其底部还装有空腔,换向阀和螺旋桨,其目的是为了实现在上升和下沉,螺旋桨保证了其在水中阻力的作用下也能够正常的转弯。^[2]

3 “海扁虫”的运动设计计算

3.1 确定主轴辅助轴的位置关系

为了保证两翼的“翅膀”波浪形运动,我们分别在其曲轴的极限位置进行测量,保证在其基础上能进行正常的运动,以其位置建立三角模型,上方顶点的位置为主轴,下方尖角的位置为辅助轴,通过向量计算 $\vec{A} \cdot \vec{B} \times \vec{C} = \vec{A} \times \vec{B} \cdot \vec{C}$ 和 $a^2 + b^2 = c^2$ 勾股定理,得出两轴的垂直距离为26mm。

3.2 主轴-曲轴的角度确定

这是形成波浪形运动的主要结构,为了保证整体的结构和实际的动作过程,根据我们的多次实验,设定为每一个曲折部分的角度为 60° ,形成一个环体轴,类似于摩托车发动机的主轴。经过多次的实际测试,这种角度可以最大程度地呈现出波浪的形状,同时在水中的运动也能达到预期的运动效果。

3.3 运动的自由度分析

本创作的机械结构由两条主轴(曲轴)构成,每一个部分的曲轴带动一个曲柄进行往复运动,可以把它理解成每一个小部分组成在一起,从而进行整体运动。

$$T = NP - P1 - P2 = 1$$

由于机构自由度等于机构原动件数,故该机构有确定运动。

3.4 整体结构的受力分析

承水中阻力:主要来源于运动时设计品的“翅膀” $F = 1/2 \times C \times \rho \times v^2 \times s$ (ρ 为密度, v 为速度, s 为垂直方向横截面积, C 为阻力系数, C 的取值不仅与水

本身性质有关,还与该物体性质,温度等一系列要素有关)。

滑块:自身重力 G ,轴运动时给块的挤压力 F 动,轴面与块接触相对运动时的摩擦力 F 。

轴:自身重力 G ,块作用在轴上的挤压力 F ,轴在电机作用下产生的扭矩 $T = 9550P/n$ (T 为扭矩, P 为电机的输出功率, n 为电机转速)。

4 主要结构曲轴滑块结构的设计思路

本设计产品主要传统结构为曲轴滑块结构,在设计之初,小组想使用轴孔结构来连接各个曲轴,当曲轴旋转时,曲轴中心的横杆会带动滑块向上、向下运动,在整个运动中,曲轴的横杆始终处于滑块内部,在空间上所占活动体积较小,便于节省空间。其中曲轴的宽度用来控制滑块摆动的幅度,当曲轴尺寸越宽,滑块摆动的幅度就会越大,滑块的体积也会越大。在保证滑块体积湿度的情况下,本小组选定了曲轴最合适的宽度^[3]。在此宽度情况下,滑块既能保持较为仿真的摆动幅度,也在最大程度上缩减了体积。因为制作第一版曲轴滑块结构时因打印精度影响,曲轴之间存在不同心的问题,此问题会导致滑块摆动幅度不均匀的情况。而且在滑块与曲轴横杆配合方面,曲轴宽度过短,导致安装时滑块与曲轴配合不良,进而发生卡顿。^[4]

因此团队对结构进行了更改,将曲轴曾经的轴孔结构更改为孔结构,在其中插入碳棒充当连接结构。采用碳棒充当连接结构在于可以根据滑块位置来选择每个曲轴之间的间距,尽管此结构解决了曲轴同心度的问题,但是此结构对于来自于轴向的扭力并没有良好的稳定效果,会出现碳棒与曲轴孔洞发生相对旋转运动状况,导致此曲轴后方的其他曲轴无法传递运动,因此小组采取了新的结构。

因结构在原有基础上增大了曲轴横杆的长度,滑块与曲轴横杆的配合空间进一步增大,安装时的容错率有一定加强。在曲轴结构方面,本组在主体结构上回归了第一版的结构,并且使用了精度较高的打印机。在连接方面,本组将第一版的轴孔连接改为花键连接,花键连接分为六根键,每两根键相差角度为 60° 。这样的结构不仅满足了轴向转动的稳定性,可以防止打滑,在要求各曲轴键差角度安装的前提下,花键的六根键可以提供稳定的6组 60° 组合角度,此结构大大减轻了组装工作的时间和困难程度^[5]。

经过此设计,本曲轴滑块结构可以在保证安装简单、强度可靠、结构稳定的情况下进行规定动作的运行。

5 “海扁虫”的功能特点

“波浪状前进”的运动方式,使仿生海扁虫在工作时运动更加稳定,检测模块中的传感器用于探测水中的污染物,并绘制河水的3D污染图。这种机器鱼形似鲤鱼,身上装备有探测传感器,可以发现水中的多种污染物,如轮船泄漏的燃油或其他化学物等。^[6]

它的形状比较特殊,可以适用于在狭小的空间工作,例如城市的水渠、溪流等。并且这种结构还适用于环境比较恶劣的地段,由于其自身运动特点,环境因素不会给其太多压力。不同于传统的机械鱼在遇到涡流或者激流时容易失去平衡不能正常工作,我们的仿生海扁虫由于细长的结构,可以达到很稳定的运动状态,即使遇到特别大的海浪使其侧翻,也可以通过单边运动使其重新达到正常的状态。利用这点可以在下水道这类对于人来说难以工作的地方代替人类进行作业,这样不仅节省了人力,还提高了安全系数^[7]。

另外,还可以对水质进行分析,运用物联网技术实时将结果传递到手机中,所采用的最主要结构主体为3D打印技术,可批量生产。

6 “海扁虫”的主要创新点

与寻常机械仿生鱼不同,本组所设计的“机械海扁虫”以其自身运动方式为模板,利用它的运动特点设计出波动胸鳍的结构来增强稳定性,使整体运动形式更加平稳合理,适合用于多种水域工作。通过海扁虫侧鳍的摆动能消除螺旋桨产生的与推进方向垂直的涡流,产生与推进方向一致的涡流,使其具有更加理想的流体力学性能,从而提高效率。在机械结构方面,在以往已有的机械鱼的基础上,进行了机械结构的优化,在增加灵活度、减小负载、节省能源等方面都有了新的想法,并在随后的仿生实验中得以论证。在姿态及方向控制方面,改变了大多数仿生鱼的尾鳍驱动,背鳍转向控制模式,选用符合流体力学及其自身构造的胸鳍及螺旋桨配合驱动控制转向模式,使“机械海扁虫”自身运动平衡,不会出现翻身、直立等非正常运动情况,就算是侧翻也可以很快地恢复到正常的运动状态。

7 “海扁虫”应用场景及未来展望

现阶段,在水质监测方面,仿生海扁虫作为水下移动平台,能够搭载各种水质传感器,监测包括叶绿素、含氧量、pH值、电导率等参数在内的各种水质参数。在生物研究方面,仿生海扁虫可以辅助生物学家研究鱼类游动机理,探索鱼游生物学现象,例如鱼群效应、

反卡门涡街等^[8]。

未来,仿生机海扁虫可以在海洋产业发展的过程中发挥重要作用。它能深入海底进行探测和作业,除了提高产业人员的安全之外,还能带来巨大的新增收入。不断完善仿生机海扁虫的运动机理,随着研究的深入及驱动装置的不断优化,未来的仿真机械鱼将会效率更高,灵活性更强,性能与真正的海扁虫更加接近。随着人工智能、自动控制、计算机技术等多种学科的进一步发展,仿生机海扁虫将会具有信息交互、环境感知等能力,在紧急情况下可实现自我保护,从而进入更危险的环境工作,完成更复杂的任务。单个仿生机海扁虫的活动范围和能力都是有限的,在将来,仿生机海扁虫的设计应向群体性发展,研究出具有高机动性、高效率、高协作性的群体化仿生机海扁虫,能在复杂环境下进行水下作业,进行海洋监测,海洋生物观察研究及军事方面的作业。

8 结语

综上所述,由于本文设计的形态结构具有机动灵活、结构简单的特点,使其有了一定的伪装性和观赏性,同时形态结构的内部合理分布,也让其具有了相应的噪音低、适应性强、造价相对较低等特点。它可以适应于多种不同的水域,可以提供相应多种探测任务的特有平台,因此可用于科研探测或执行危险任务。并且还可以在此之上进一步改进,让其更具有使用合理性,也能进行特定改装,增加其在不同水体水域工作的专业性,有望为水资源生态平衡的改善以及水资源生态治理增加一份助力。

参考文献:

- [1] 彭斐,葛海江.三轮全方位移动机器人运动模型及其控制方法研究[J].工业控制计算机,2020(03):77-80.
- [2] 李明鑫,宁萌,陈海卫.一种新型软体驱动器的设计与研究[J].机械科学与技术,2021(01):33-39.
- [3] 同[1].
- [4] 董虎,王保兴,李巍,等.基于单向气动驱动器的软体手变形机理[J].东华大学学报(自然科学版),2020(02):288-296,303.
- [5] 同[2].
- [6] 黄庭威,石琛.便携式软体康复手套的研究[J].机电工程技术,2020(11):88-91.
- [7] 同[4].
- [8] 同[6].