

一种新型单向步进传动棘爪的改进设计

倪佐涛^{1,2}, 李思忍¹, 龚德俊¹, 陈永华¹, 徐永平¹

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要: 介绍了一种新型的基于离合方式工作的、能够进行单向传动的棘爪机构, 阐述了改进前后棘爪结构的不同之处, 并详细介绍了该棘爪机构如何带动测量平台在水下垂直方向运动。该机械装置具有结构简单、工作可靠、易于加工、成本低廉外的特点, 由棘爪机构等部件组成的测量平台在上浮下潜工作过程中不需要系统自身电能进行驱动, 很好地解决了海上测量中的能量供应问题。可以应用到其他需要单方向传动的方面。

关键词: 单向传动机构; 棘爪机构; 开合特性; 自驱动; 设计与改进

中图分类号: TP122

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)05-0037-04

海洋环境监测和资源调查中, 经常需要对海水动力环境的不同剖面的相关参数(如温度、盐度、深度和光学特性等等)进行长期、定点、实时、立体的测量。这就需要有一个携带传感器的测量平台能够全天候、长期的连续定点观测。中国科学院海洋研究所研制的“波浪驱动自持式多功能海洋要素垂直剖面测量系统”就是这样的一套系统。它通过利用海上的波浪能, 驱动测量平台进行下潜运动, 下潜过程中不消耗系统自身的任何能量, 上浮过程中由测量平台自身正浮力完成, 达到了节能、长期、立体的海洋要素测量。该系统由浮球、引导钢缆、测量平台、锚定系统组成, 示意图如图 1 所示。在这套系统

中, 安装于测量平台上的单向步进传动棘爪是系统组成的关键部件。

该系统的工作过程是: 在待测海域表面投放一个随波性良好的浮球, 在浮球下端悬挂一根包塑引导钢缆, 包塑引导钢缆另一端连接张紧锤装置、储链和锚系重物等装置。该包塑引导钢缆呈垂直海底状态, 可在波浪驱动下随浮球上下运动。测量平台通过安装在其一侧的棘爪与包塑引导钢缆连接, 通过包塑引导钢缆和棘爪传递波浪的能量, 使测量平台在波浪的能量驱动下向下运动。当测量平台到达设定的下限深度, 控制系统发出信号, 棘爪松开, 测量平台利用自身浮力上升, 在上升过程中测量平台所携带的传感器开始测量、存储各个海洋要素参数。当上升到设定的上限深度, 传感器关闭测量, 控制系统发出信号, 使棘爪重新闭合抓紧, 在波浪的驱动下再次进行下潜。该系统的核心部件是一种具有自动打开和锁紧功能的单向步进式传动棘爪机构, 该机构巧妙地利用了弹簧的恢复作用力和物体间的接触静摩擦力原理, 合理设计利用了转臂运动的受限位置。转臂旋转在不同位置决定了静摩擦力的存在与否, 而静摩擦力的作用又会将转臂限制在不同的位置, 使棘爪处于抓紧或松开的两种工作状态。这样, 静摩擦力和转臂位置相互配合并相互制约, 从而形成了机构的不同的工作状态^[1]。它能够有效地传递

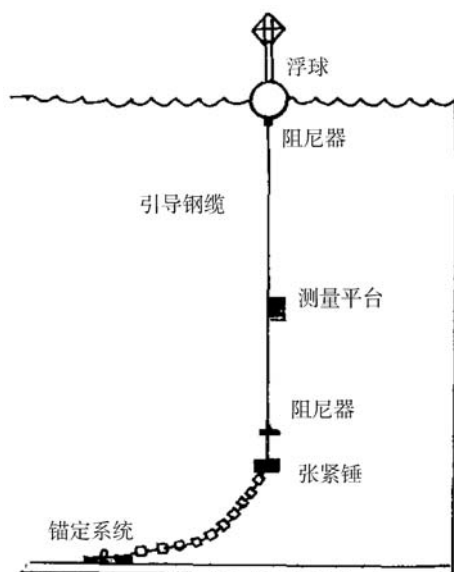


图 1 波浪驱动式海洋要素垂直剖面测量系统

Fig. 1 Wave-powered vertical profiler for long-term multipurpose observations in ocean

收稿日期: 2009-09-01; 修回日期: 2009-12-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40776061); 中国科学院重要方向项目(KZCX2-YW-JS203)

作者简介: 倪佐涛(1975-), 男, 山东青岛人, 助理研究员, 主要从事海洋仪器设备开发, 电话: 0532-82898737, E-mail: nizuotao07@qdio.ac.cn

通过包塑引导钢缆传递的波浪的能量,从而使测量平台实现垂直往复运动,完成剖面测量。

1 改进前棘爪机械结构和原理

为了能将波浪起伏的能量转换为测量平台的单向步进运动,作者设计了单向步进传动棘爪机构,整个棘爪机构如图2所示。在改进前的设计中,棘爪的左半夹槽(部件3)通过固定衬板(部件2)固定于固定平板(部件1)上,不能自由移动,包塑引导钢缆一直依附于左半夹槽上。右半夹槽(部件4)和转臂(部件7)通过螺栓转轴(部件5)相连。右半夹槽与引导钢缆之间产生摩擦力和安装于转臂上弹簧的恢复力使转臂可以围绕螺栓转轴(部件6)顺时针或逆时针方向旋转。在一个波浪周期中,当浮球从波峰到波谷时,引导钢缆在张紧锤的牵引下下沉,由于弹簧恢复力和夹槽与钢缆之间的摩擦力的共同作用,转臂逆时针转动。当转臂旋转到极限位置时,右半夹槽紧压在包塑引导钢缆上产生向下的接触静摩擦力,棘爪锁紧包塑引导钢缆,如图1所示,包塑引导钢缆和测量平台之间没有相对位移,可以看作为一整体,测量平台随包塑引导钢缆下沉而下潜。在这个过程中,波浪的动能转换为测量平台下降的能量,没有消耗系统本身的任何能量。当浮球从波谷到波峰时,包塑引导钢缆在浮球作用下上行,右半夹槽与包塑引导钢缆之间产生的向上方向的接触摩擦力,带动转臂有顺时针转动的趋势,克服掉弹簧的恢复力作用在转臂上的力矩后,带动转臂绕螺栓转轴呈顺时针方向旋转,使右半夹槽有一个向右上方向的位移,如图1所示,右半夹槽与包塑引导钢缆之间压力迅速降低,接触摩擦力也随之迅速降低,包塑引导钢缆随浮球上浮而上移,此时测量平台由于惯性停在原位置。当浮球再次从波峰到波谷时,弹簧的恢复力和夹槽与包塑引导钢缆之间的静摩擦力再次带动转臂逆时针转动,右半夹槽紧贴包塑引导钢缆,棘爪闭合锁紧包塑引导钢缆。棘爪带动测量平台随包塑引导钢缆的向下运动而下潜。在一个波浪周期中,包塑引导钢缆的小范围上下运动带动测量平台向一个方向做步进运动。周而复始,波浪的上下波动能量通过浮球、包塑引导钢缆、棘爪机构转化为测量平台下潜的能量。在到达位于包塑引导钢缆另一端的测量深度的下限时,通过发出一个开启信号,执行机构让棘爪处于松开状态,测量平台利用自身正浮力在水中顺着包塑引导钢缆上升,同时进行各种测量参

数的获取、存储。到达测量深度的上限时,控制机构发出闭合信号,执行机构使棘爪重新处于锁紧状态,测量平台再次进入下潜状态,为下一个测量过程做好准备。

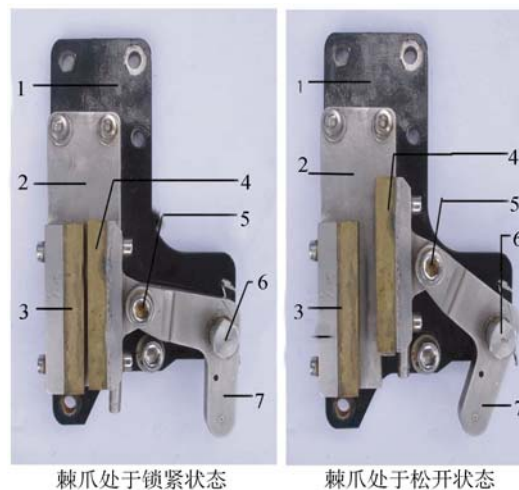


图2 改进前的单向步进传动棘爪

Fig. 2 The one-way, step driving ratchet before the improvement
1.固定平板; 2.固定衬板; 3.左半夹槽; 4.右半夹槽; 5.螺栓转轴; 6.螺栓转轴; 7.转臂
1. bottom plate; 2. lining plate; 3. left clip; 4. right clip; 5. shaft; 6. shaft; 7. whirling arm

2 原设计存在的不足

在实际使用过程中,该棘爪机构能够达到当初的设计要求,测量平台可以在波浪的驱动下自行下潜。但是由于带动转臂顺时针方向旋转的力只能由右半夹槽与引导钢缆的静摩擦力提供,需要较大的力量才能克服右半夹槽与钢缆之间的初始摩擦力,让转臂顺时针旋转,使棘爪处于松开状态。在波浪周期较长的时候,波浪能量转换为测量平台下潜能量的效果不是很好。

3 改进后的单向步进传动棘爪原理和结构

棘爪机构在工作过程中,可以分为两个过程,一个是棘爪机构从松开状态转换到抓紧状态,棘爪机构与包塑引导钢缆之间的摩擦力和弹簧恢复力共同作用使转臂逆时针旋转到转臂的限位位置,棘爪机构闭合锁紧引导钢缆。测量平台随包塑引导钢缆的下降运动而下沉。另外一个过程是从抓紧状态转换到松开状态,转臂转动所需的摩擦力产生的力矩要先克服弹簧的恢复力产生的力矩后的剩余部分才

能用于带动转臂顺时针旋转，棘爪机构松开，棘爪与包塑引导钢缆之间的压力减小，摩擦力也迅速降低，包塑引导钢缆可以随浮球上浮而上升。测量平台由于惯性停留在原位。改进前的设计中，转臂顺时针转动所需的力由右半夹槽和引导钢缆之间的摩擦力提供，包塑引导钢缆与左半槽之间产生的摩擦力没有参与到转臂的旋转过程中。在改进后的设计中，将左半夹槽与包塑引导钢缆之间的摩擦力设计为也可以提供转臂转动所需力的结构，这样左右半夹槽同时为转臂提供转动所需的摩擦力。同样条件下，减少了转臂旋转所需的初始摩擦力，更好地转换了波浪的能量。结构如图 3 所示。

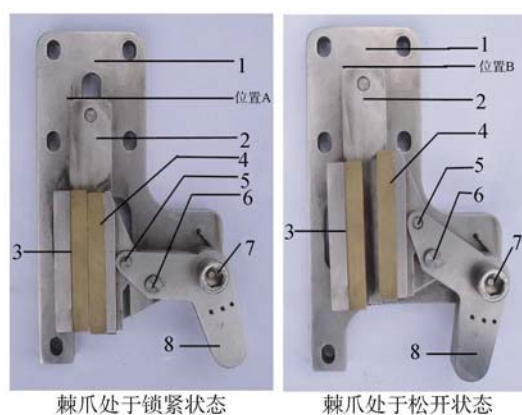


图 3 改进后的单向步进传动棘爪

Fig. 3 The One-way, step-driving ratchet after the improvement
 1. 固定底板; 2. 活动衬板; 3. 左半夹槽; 4. 右半夹槽; 5. 转轴;
 6. 转轴; 7. 螺栓转轴; 8. 转臂
 1. bottom plate; 2. lining plate; 3. left clip; 4. right clip; 5. shaft;
 6. shaft; 7. shaft; 8. whirling arm

在改进后的棘爪结构中，我们在固定底板上开一个键槽，将原设计中的固定衬板改为可以沿垂直方向移动的活动衬板(部件 2)，通过转轴(部件 6)与转臂连接，左半夹槽(部件 3)固定在活动衬板(部件 2)上，左半夹槽与引导钢缆之间的摩擦力通过活动衬板的传递可以作用于转臂(部件 8)上，使转臂围绕螺栓转轴(部件 7)顺时针或者逆时针旋转。右半夹槽通过转轴(部件 5)和转臂连接，围绕螺栓转轴(部件 7)为支点旋转。左半夹槽、右半夹槽和引导钢缆之间的摩擦力共同作用，使转臂围绕螺栓转轴转动。相对于先前设计，使转臂转动的摩擦力由单纯右半夹槽提供改为左半夹槽和右半夹槽一起提供，减少了对初始摩擦力大小的要求。

改进后的系统工作过程也分为两个过程：在浮球从波峰到波谷的过程中，可移动衬板处于如图 3

所示的位置 A，转臂处于极限位置。静摩擦力和弹簧恢复力使左右半夹槽紧贴包塑引导钢缆，棘爪处于闭合锁紧状态，棘爪机构结构位置和先前的没有区别。测量平台和钢缆没有相对位移，可以看作是一个整体。包塑引导钢缆在张紧锤的带动下做下沉运动，测量平台随包塑引导钢缆下降运动而向下运动；当浮球从波谷到波峰的过程中，包塑引导钢缆随浮球上浮做上升运动，测量平台由于惯性停留在原来位置，棘爪的左半夹槽和右半夹槽与引导钢缆之间产生向上的摩擦力，摩擦力产生的力矩克服弹簧恢复力产生的力矩后，带动转臂做顺时针旋转。摩擦力产生的力矩由左半夹槽和右半夹槽与包塑引导钢缆摩擦力共同作用在转臂上产生。转臂的旋转通过螺栓转轴带动了可移动衬板和左半夹槽垂直向上移动，右半夹槽略微向上移动，棘爪由抓紧状态变为松开状态，如图 3 所示位置 B。作用在引导钢缆和夹槽之间的压力降低，摩擦力迅速减小，引导钢缆可以很容易地做滑行上升动作，测量平台由于惯性停留在原处。当浮球再次从波峰到波谷时，夹槽与钢缆之间的摩擦力及弹簧恢复力使转臂再次回到图 3 所示位置 A，棘爪机构重新闭合锁紧包塑引导钢缆，测量平台再次在波浪带动下继续下潜。周而复始，在到达设定测量深度下限时，控制系统发出松开信号，执行机构让棘爪机构处于松开状态，测量平台利用自身具有的正浮力上浮，传感器进行参数测量、存储。到达测量深度上限后，控制系统发出闭合信号，执行机构使棘爪机构重新闭合锁紧，测量平台再次进入下潜过程。

在改进后，我们可以看到，左半夹槽与包塑钢缆之间的摩擦力通过活动衬板传递到转臂上，与右半夹槽一起进行机构的锁紧和松开过程，相对于改进前单纯由右半夹槽与包塑钢缆的摩擦力提供给转臂转动所需的力，改进后，左右半夹槽与包塑钢缆的摩擦力同时带动转臂转动，大大减少了夹槽和引导钢缆之间在测量平台下潜过程中使转臂具有顺时针转动趋势的初始摩擦力，且不影响测量平台的下潜行程，更好地将波浪的波动能量转换为测量平台下潜的能量。在海况较好、波长较长的时候也可以驱动测量平台下潜做测量。降低了海况对系统的影响。

4 总结

根据以上介绍，可以看出此机械有如下的优点：

(1)在波浪驱动作用下可自动执行抓紧和松脱的周期性运动。将小幅度的周期性伸缩运动转换为长距离的步进运动,不需外界提供能源,即可实现驱动测量平台单向下潜移动。(2)充分利用夹槽与引导钢缆之间的摩擦力。该系统采用了左右夹槽同时提供摩擦力,不仅减少了驱动转臂转动的所需摩擦力,而且还可以有效防止棘爪出现抱死现象。(3)波浪能转换效率高。在海况较好波浪起伏运动比较小,浮球的垂直运动距离较短的情况下,依然可以有效地将波浪能转换为测量平台的下潜能量,使测量平台正常工作。(4)用途广。此机械结构同样适用于其他需要单方向传动的类似场合。可以有效地进行运动形式的转化。

参考文献:

- [1] 陈永华,李思忍,龚德俊,等.新型单向步进传动棘爪的设计与制作[J].机械设计与制造,2007,10: 175-176.
- [2] 陈永华,李思忍,龚德俊,等.一种自驱动型单向传动机构的设计与制作[J].机械设计与研究,2007,23(3): 44-45,53.
- [3] 李林齐,熊焰,张文泉.海洋环境自动检测的重要手段——小型多参数海洋环境监测浮标[J].气象水文海洋仪器,2004,3(4): 20-25.
- [4] 黄森彬.机械设计基础[M].北京:机械工业出版社,2001.
- [5] 阎秀华,苗淑杰.机械设计制造基础[M].北京:机械工业出版社,2002.

Improvement of a self-driving, single direction transmission

NI Zuo-tao^{1,2}, Li Si-ren¹, GONG De-jun¹, CHEN Yong-hua¹, XU Yong-ping¹

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Received: Sep., 1, 2009

Key words: single direction transmission; driving ratch; switching characteristics; self driving; design and improve

Abstract: A new mechanism that draws its energy from the ocean surface wavefield is described. We explain the difference between the new and the old mechanism, and how the new mechanism drives the measurement platform to vertically profile in the water column. Besides mechanical simplicity and low cost, the prominent advantage of the structure is not limited by battery capacity. This mechanism can also be used in other situations, where objects are driven to a certain direction.

(本文编辑: 刘珊珊)