



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102230444 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 02

(21) 申请号 201110154699. 3

(22) 申请日 2011. 06. 09

(71) 申请人 大连理工大学  
地址 116100 辽宁省大连市

(72) 发明人 宿晓辉 刘艳 赵广 孙涛  
赵鹏飞 郭嘉楠 杨冉升

(74) 专利代理机构 大连理工大学专利中心  
21200

代理人 梅洪玉

(51) Int. Cl.

F03B 13/26(2006. 01)

F03B 3/14(2006. 01)

F03B 11/06(2006. 01)

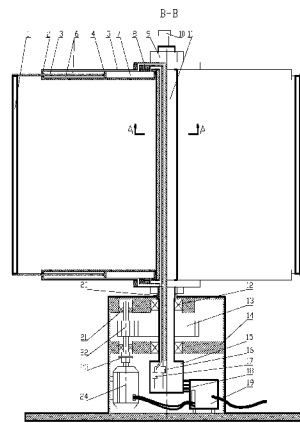
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 6 页

(54) 发明名称

变臂长垂直轴潮流水轮机发电机组

(57) 摘要

本发明一种变臂长垂直轴潮流水轮机发电机组,属于可再生能源开发领域。该发电机组主要由叶片、臂密封、可伸缩臂、活塞、固定臂、缩短用液压缸、伸长用液压缸、支撑轮盘、压紧螺母、潮流速度方向传感器、主轴、主轴轴承、大齿轮、支撑座、液压电站、缩短用液压泵、伸长用液压泵、电刷、集成控制系统、轴颈密封、小齿轮轴轴承、小齿轮轴、联轴器、发电机组成。根据潮流方向和流速,在叶片转动过程中,可伸缩臂动态伸长或缩短,当可伸缩臂的法向与潮流方向平行和垂直时,可伸缩臂分别变为最长和最短,使垂直轴潮流水轮机达到最大的能量捕获效率。还可通过调节可伸缩臂增加该水轮机对低速潮流的自启动能力。本发明可用于江河水流能和海洋潮流能的综合开发利用。



1. 一种变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组,包括叶片(1)、臂密封(2)、可伸缩臂(3)、活塞(4)、固定臂(5)、缩短用液压缸(6)、伸长用液压缸(7)、支撑轮盘(8)、压紧螺母(9)、潮流速度方向传感器(10)、主轴(11)、主轴轴承(12)、大齿轮(13)、支撑座(14)、液压油站(15)、缩短用液压泵(16)、伸长用液压泵(17)、电刷(18)、集成控制系统(19)、轴颈密封(20)、小齿轮轴轴承(21)、小齿轮轴(22)、联轴器(23)和发电机(24);

所述的叶片(1)为NACA翼型中的一种,个数为1-6个,表面光滑;各个叶片预置攻角相同,为 $-10^{\circ}$ 到 $+10^{\circ}$ ;每个叶片有两个固定臂(5);

所述的可伸缩臂(3),截面为NACA翼型、长方形、菱形和流线型中的一种,表面光滑;每个叶片1有两个可伸缩臂3,可伸缩臂3的一端连接叶片1,另一端带有一个矩形或圆形的活塞(4);

所述的固定臂(5),截面为NACA翼型、长方形、菱形和流线型中的一种,表面光滑;固定臂(5)内部为中空结构,中空截面为矩形或圆形;

所述的主轴轴承(12)有两个,一个是止推轴承,另一个是径向轴承,采用液压油站(15)的液压油进行润滑;小齿轮轴轴承(21)有两个,一个是止推轴承,另一个是径向轴承,采用液压油站(15)的液压油进行润滑;

所述的大齿轮(13)和小齿轮轴(22),二者传动比在1:1至20:1,为直齿轮、斜齿轮、人字齿轮中的一种。

2. 根据权利要求1所述的变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组,其特征还在于,用行星齿轮传动机构、多级齿轮传动机构、皮带轮传动机构、液压缸增速机构代替大齿轮(13)、小齿轮轴(22)、小齿轮轴轴承(21)构成增速传动系统。

3. 根据权利要求1或2所述的变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组,其特征还在于,叶片(1)两端分别安装叶端板,叶端板位于叶片(1)和可伸缩臂(3)之间;叶端板表面光滑,是一个薄板,面积大于叶片1的截面积,其形状为圆形、椭圆形或长方形中的一种,叶端板的边缘进行削边处理、流线型处理或NACA翼型形状。

## 变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组

### 技术领域

[0001] 本发明属于可再生能源开发领域,涉及变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组。

### 背景技术

[0002] 能源和环境是人类可持续发展面临的重大问题,发展清洁的可再生能源为世界各国所共识。我国海域辽阔,总面积 470 万平方公里;海岸线曲折漫长,大陆岸线 1.8 万公里,海岛岸线 1.4 万公里,海洋能蕴资源藏量丰富,其中可供开发的潮流能 2000 万千瓦,加之江河水流资源,开发应用前景十分广阔。

[0003] 潮流具有典型的整体往复性特点,受气候、季节和海洋环境影响,潮流方向还会发生波动。发电是潮流能利用的主要形式,潮流能发电的核心是吸收潮流的水轮机。竖直轴潮流水轮机自启动性能好,适合各方向来流,具有广阔的推广应用前景。

[0004] 潮流能量捕获效率是评价水轮机的核心技术指标。竖直轴潮流水轮机的叶片在旋转一周过程中,叶片所受到的力可以分解为周向力和法向力;周向力与臂长的乘积即为所产生的扭矩,驱动传动系统发电。竖直轴潮流水轮机在旋转一周范围内,对于单个叶片来说,由于叶片方位角的变化,有较大的转角范围周向力处于较小或负值,该周向力与臂长相作用后对于扭矩的贡献较小或产生负扭矩,导致竖直轴潮流水轮机整体潮流能量捕获效率不高。

[0005] 综上,提高竖直轴潮流水轮机各叶片在一周内的周向力或水轮机正扭矩是提高其能量捕获效率的关键。

### 发明内容

[0006] 本发明针对目前竖直轴潮流水轮机能量捕获效率不高的问题,提出了一种变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组。

[0007] 本发明采用的技术方案是:

[0008] 该变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组,包括叶片、臂密封、可伸缩臂、活塞、固定臂、缩短用液压缸、伸长用液压缸、支撑轮盘、压紧螺母、潮流速度方向传感器、主轴、主轴轴承、大齿轮、支撑座、液压油站、缩短用液压泵、伸长用液压泵、电刷、集成控制系统、轴颈密封、小齿轮轴轴承、小齿轮轴、联轴器和发电机。

[0009] 所述的变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组,其所述的叶片为 NACA 翼型中的一种,个数为 1-6 个,表面光滑;各个叶片预置攻角相同,为  $-10^{\circ}$  到  $+10^{\circ}$ ;每个叶片有两个固定臂。

[0010] 所述的变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组,其所述的可伸缩臂,截面为 NACA 翼型、长方形、菱形和流线型中的一种,表面光滑,减小流体的阻力;每个叶片有两个可伸缩臂,可伸缩臂的一端连接叶片,另一端带有一个矩形或圆形的活塞。

[0011] 所述的变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组,其所述的固定臂,截面为 NACA 翼型、长方形、菱形和流线型中的一种,表面光滑,减小流体的阻力;固定臂内部为中空结构,中空

截面为矩形或圆形,固定臂内部中空结构被可伸缩臂的活塞分为缩短用液压缸和伸长用液压缸。

[0012] 所述的变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组,其所述的主轴轴承有两个,一个是止推轴承,另一个是径向轴承,采用液压油站的液压油进行润滑;小齿轮轴轴承有两个,一个是止推轴承,另一个是径向轴承,采用液压油站的液压油进行润滑。

[0013] 其所述的大齿轮和小齿轮轴,二者传动比在 1 : 1 至 20 : 1 之间,为直齿轮、斜齿轮、人字齿轮中的一种。

[0014] 用行星齿轮传动机构、多级齿轮传动机构、皮带轮传动机构、液压缸增速机构代替大齿轮、小齿轮轴、小齿轮轴轴承构成增速传动系统。

[0015] 所述的变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组,其特征还在于,叶片两端分别安装叶端板,叶端板位于叶片和可伸缩臂之间;叶端板表面光滑,是一个薄板,面积大于叶片的截面积,其形状为圆形、椭圆形或长方形中的一种,叶端板的边缘进行削边处理、流线型处理或 NACA 翼型形状,用于减小流体的阻力;叶端板的作用一是减少叶片端部的稍涡损失,二是阻止叶片在潮流中沿展长方向的颤振。

[0016] 各部件连接关系:叶片两端分别固定在上下两个可伸缩臂的一端,可伸缩臂的另一端通过活塞插入固定臂中,可以沿法向在固定臂内滑动;固定臂固定在支撑轮盘上,支撑轮盘套装在主轴上,通过键保证和主轴同步旋转,通过压紧螺母和主轴的阶梯限制支撑轮盘沿轴向的位移;潮流速度方向传感器固定在主轴的上端;主轴通过两个主轴轴承支承在支撑座上,大齿轮通过键套装在主轴上,大齿轮与小齿轮轴啮合,小齿轮轴通过小齿轮轴轴承支承在支撑座上;小齿轮轴通过联轴器连接发电机;液压油站固定在主轴下端,随转轴一起转动;液压油站内部充入适量的液压油,并为每个叶片安装缩短用液压泵和伸长用液压泵各一个;缩短用液压泵和伸长用液压泵分别通过主轴和支撑轮盘的内部通道连接固定臂的缩短用液压缸、伸长用液压缸;集成控制系统通过电刷给液压油站供电、通过电缆传输发电机的电能、通过信号线或无线发报接收潮流速度方向传感器的信号;密封位于固定臂和可伸缩臂之间、轴颈密封位于主轴和支撑座之间,分别实现动静件之间的密封。

[0017] 本发明的有益效果如下:

[0018] 1、适合不同方向的潮流,可以根据潮流方向,调节竖直轴潮流水轮机可伸缩臂,当可伸缩臂的法向和潮流方向平行时,可伸缩臂伸长至最长,当可伸缩臂的法向和潮流方向垂直时,可伸缩臂缩短至最短,使变臂长竖直轴潮流水轮机达到最大的能量捕获效率。

[0019] 2、可以根据潮流流速调节可伸缩臂,使竖直轴潮流水轮机输出功率相对稳定。

[0020] 3、通过调节可伸缩臂,增加竖直轴潮流水轮机对于低速潮流的自启动性能。

[0021] 本发明可用于江河水流能和海洋潮流能的综合开发利用,可以发电并网、驱动,也可以发电储存为仪器设备提供独立的电源,所产生的电能清洁无污染。

## 附图说明

[0022] 图 1 是本发明的变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组结构示意图。

[0023] 图 2 是本发明的变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组俯视图。

[0024] 图 3 是本发明的变臂长竖直轴潮流水轮机发电机组安装三个叶片时主轴液压通道布局图。

- [0025] 图 4 是本发明实施例两种计算状态示意图。
- [0026] 图 5 是本发明实施例两种状态叶片周向力随转角变化曲线。
- [0027] 图 6 是本发明实施例两种状态叶片法向力随转角变化曲线。
- [0028] 图 7 是本发明实施例两种状态水轮机扭矩随转角变化曲线。
- [0029] 图中 :1 叶片 ;2 臂密封 ;3 可伸缩臂 ;4 活塞 ;5 固定臂 ;
- [0030] 6 缩短用液压缸 ;7 伸长用液压缸 ;8 支撑轮盘 ;9 压紧螺母 ;
- [0031] 10 潮流速度方向传感器 ;11 主轴 ;12 主轴轴承 ;13 大齿轮 ;14 支撑座 ;15 液压油站 ;16 缩短用液压泵 ;17 伸长用液压泵 ;18 电刷 ;19 集成控制系统 ;20 轴颈密封 ;21 小齿轮轴轴承 ;22 小齿轮轴 ;23 联轴器 ;24 发电机。

### 具体实施方式

[0032] 如图所示,本发明的变臂长垂直轴潮流水轮机发电机组,由叶片 1、臂密封 2、可伸缩臂 3、活塞 4、固定臂 5、缩短用液压缸 6、伸长用液压缸 7、支撑轮盘 8、压紧螺母 9、潮流速度方向传感器 10、主轴 11、主轴轴承 12、大齿轮 13、支撑座 14、液压油站 15、缩短用液压泵 16、伸长用液压泵 17、电刷 18、集成控制系统 19、轴颈密封 20、小齿轮轴轴承 21、小齿轮轴 22、联轴器 23、发电机 24 组成。

[0033] 工作过程和原理 :潮流速度方向传感器 10 将潮流的信息传输给集成控制系统 19,集成控制系统 19 将其内部储能器电能供给液压油站 15,根据预先设定的程序,启动缩短用液压泵 16 或伸长用液压泵 17,高压液压油通过主轴 11 和支撑轮盘 8 内部的液压通道进入缩短用液压缸 6 或伸长用液压缸 7,改变可伸缩臂 3 的臂长,使垂直轴潮流水轮机在当前潮流流速下自启动;水轮机启动以后,根据预先设定的程序和潮流方向,动态改变可伸缩臂 3 的臂长,使垂直轴潮流水轮机所产生的扭矩达到最佳。水轮机扭矩经主轴 11、大齿轮 13、小齿轮轴 22、联轴器 23 传递给发电机 24,发电机 24 所产生的电能传输给集成控制系统 19 的储能器,集成控制系统 19 将储能器中的小部分电能通过电刷供给液压油站 15,大部分通过电缆传输至电网。

[0034] 具体实施步骤 :

[0035] (1) 根据所在海域潮流的流速,翼型水力性能,功率需求等,采用数值仿真计算能量捕获效率随尖速比变化规律,找到能量捕获效率最大点对应的最佳尖速比。

[0036] (2) 根据潮流流速和最佳尖速比,优化水轮机动态臂长,以能量捕获效率最大为优化目标,确定水轮机在各种流速下的臂长变化规则。

[0037] (3) 按照图 1 所示设计、加工、安装变臂长垂直轴潮流水轮机发电机组。

[0038] 实施例 :

[0039] 以单叶片变臂长垂直轴潮流水轮机发电机组为例,将本发明的仿真效果说明如下 :

[0040] (1) 潮流条件 :潮流流速 2m/s。

[0041] (2) 设计结果 :水轮机转速 55 转 / 分,单叶片,叶片翼型为 NACA0025,叶片弦长 0.15m,展长 1.5m,叶片预置攻角  $0^{\circ}$ ,不考虑转轴、臂等阻力及动态效应。

[0042] (3) 仿真状态说明,如图 4 所示 :

[0043] 状态 1 :叶片臂长固定,水轮机外径始终为 0.6m ;

[0044] 状态 2 :叶片变臂长,沿来流方向,叶片臂长最大,为 1.2m,垂直来流方向,叶片臂长最小,为 0.6m,叶片转动轨迹为椭圆形;

[0045] 在垂直来流方向,两种状态截面相等,即两种状态下来流总能量相等。

[0046] (4) 仿真方法 :双盘面多流管算法。

[0047] (5) 仿真结果 :图 5 是两种状态叶片周向力随转角变化曲线,图 6 是两种状态叶片法向力随转角变化曲线,图 7 是两种状态水轮机扭矩随转角变化曲线。

[0048] (6) 结果分析 :图 5 表明,在叶片转动一周过程中,叶片臂长固定时所产生的周向力峰值较小,有较大范围的周向力接近零,而叶片变臂长时,周向力的峰值增加,周向力接近零的范围显著减小;图 6 表明,在叶片转动一周过程中,叶片臂长固定时所产生的法向力在前一半转角范围内为负,另一半为正,其峰值均较小,而叶片变臂长时,法向力分布不变,但峰值增加;图 7 表明,在叶片转动一周过程中,叶片臂长固定时所产生的扭矩峰值较小,有较大转角范围的扭矩接近零,而叶片变臂长时,水轮机扭矩的峰值显著增加,扭矩接近零的范围显著减小,几乎不存在扭矩为负的情况。

[0049] 对上述数据进行后处理,两种状态的尖速比均为 1.73,来流总功率相同,叶片臂长固定时,平均扭矩为 185.7Nm,输出功率为 69.7W,能量捕获效率为 13.6%;而叶片变臂长时,平均扭矩为 559.2Nm,输出功率为 220.8W,能量捕获效率为 41.0%,平均扭矩、输出功率和能量捕获效率均增加了 3 倍以上。

[0050] 综上,竖直轴潮流水轮机在臂长变化过程中,水轮机的平均输出扭矩、输出功率和能量捕获效率均有显著的提高,当水轮机的叶片转动轨迹、叶片数目、翼型等经过优化以后,综合效益会更加突出。

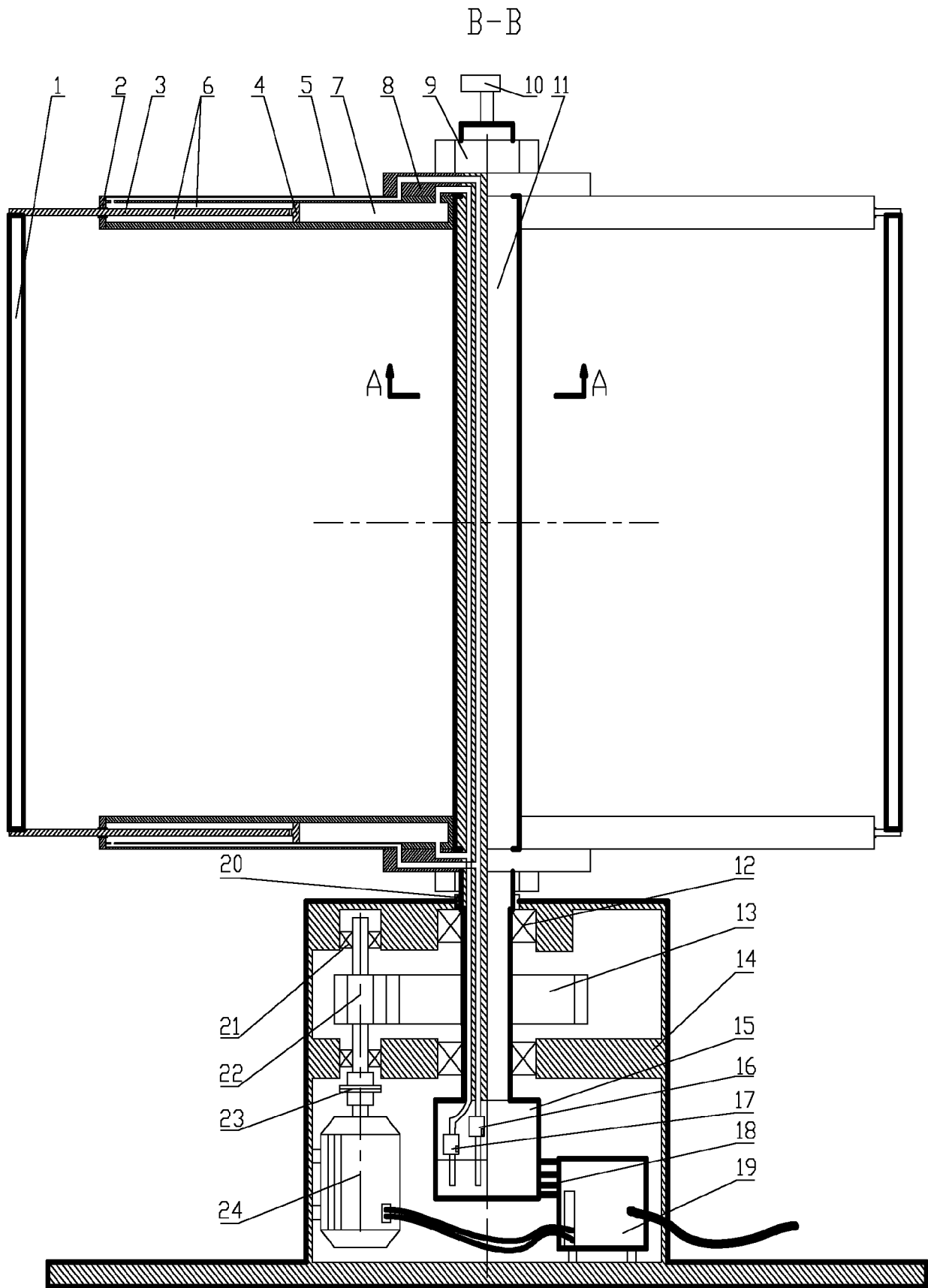


图 1

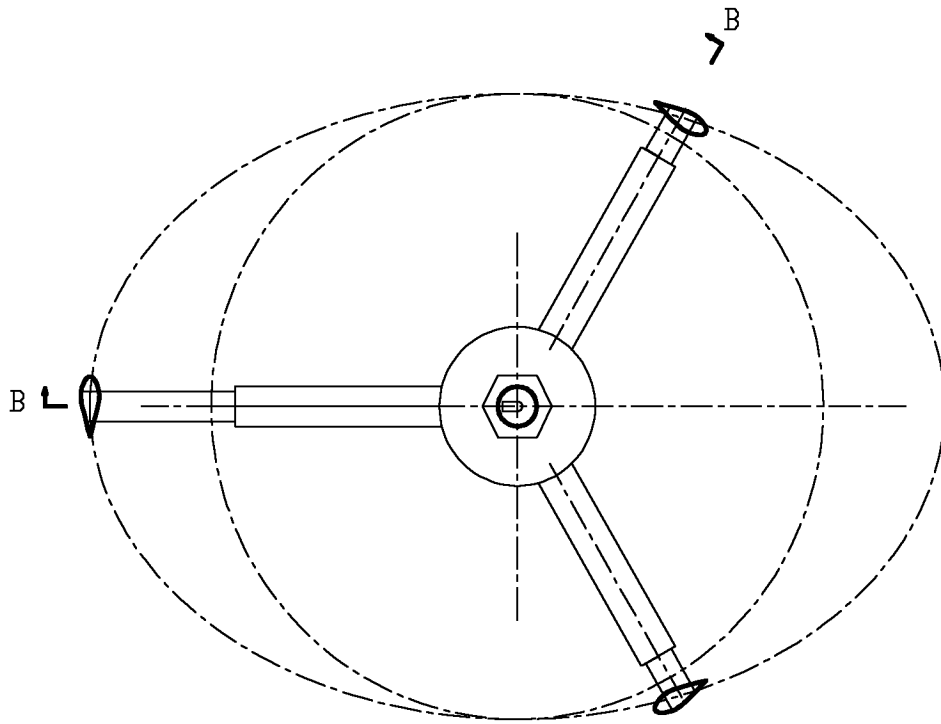


图 2



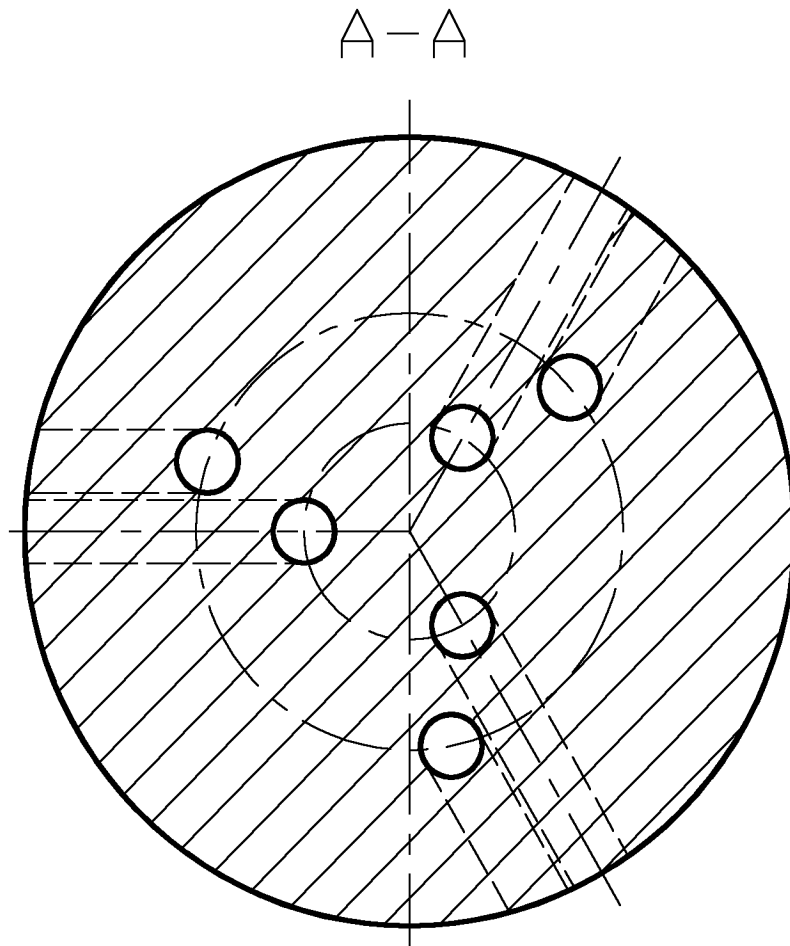


图 3

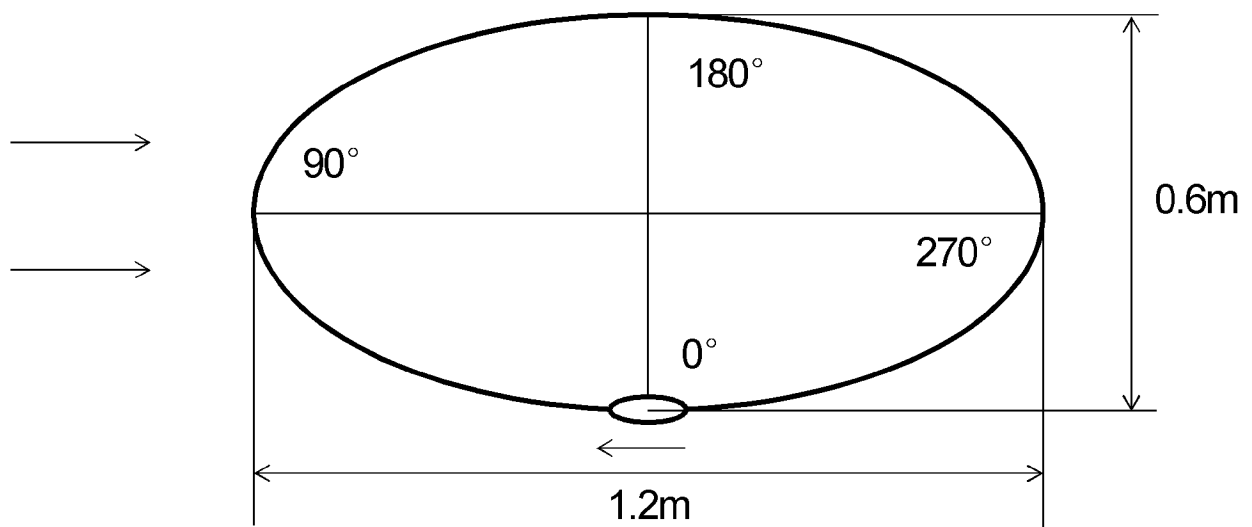


图 4(a)

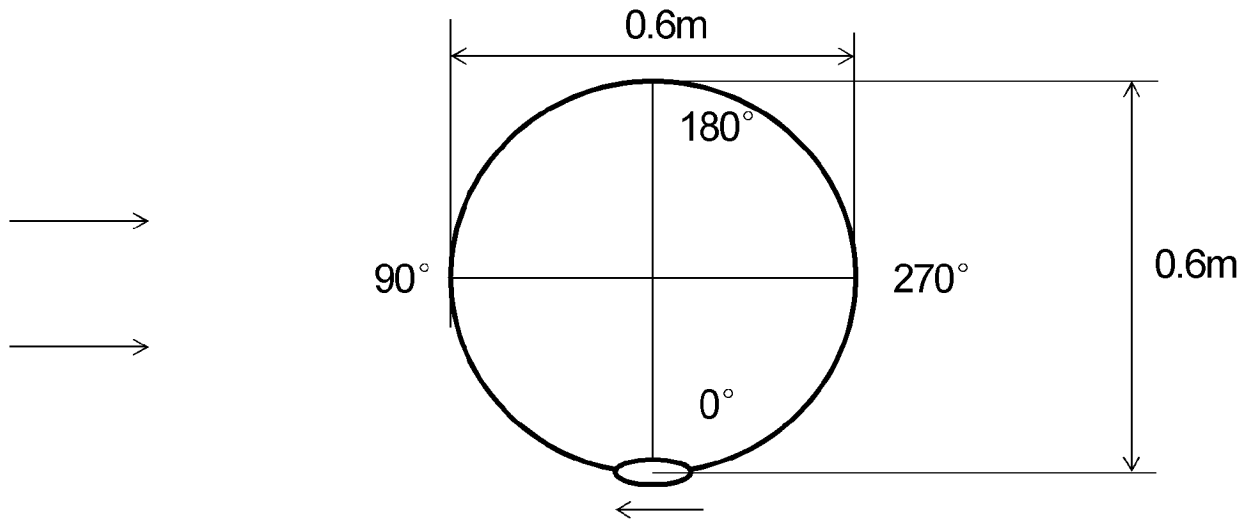


图 4(b)

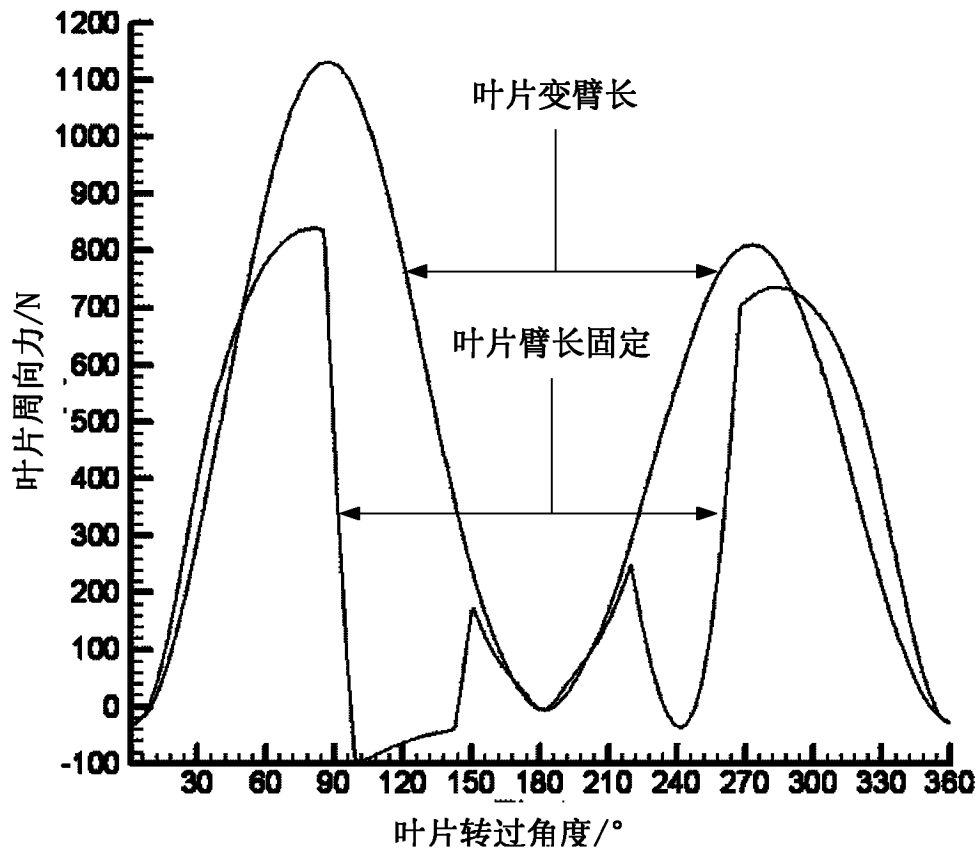


图 5

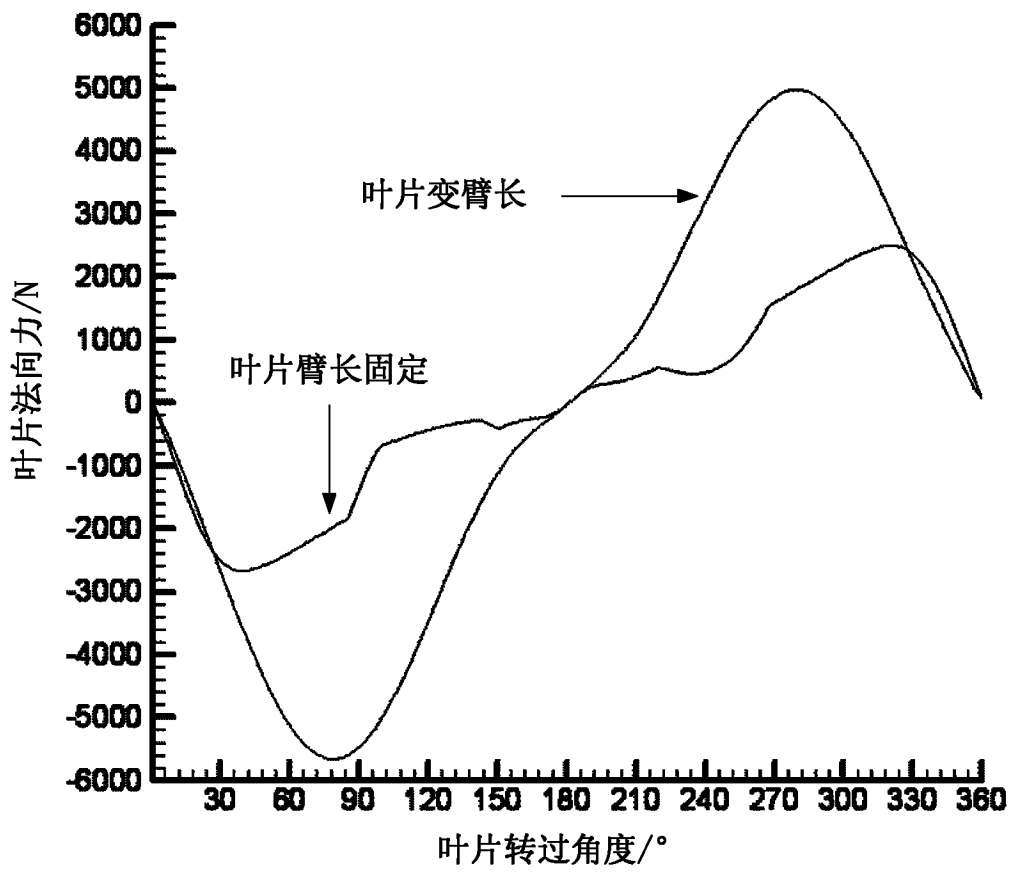


图 6

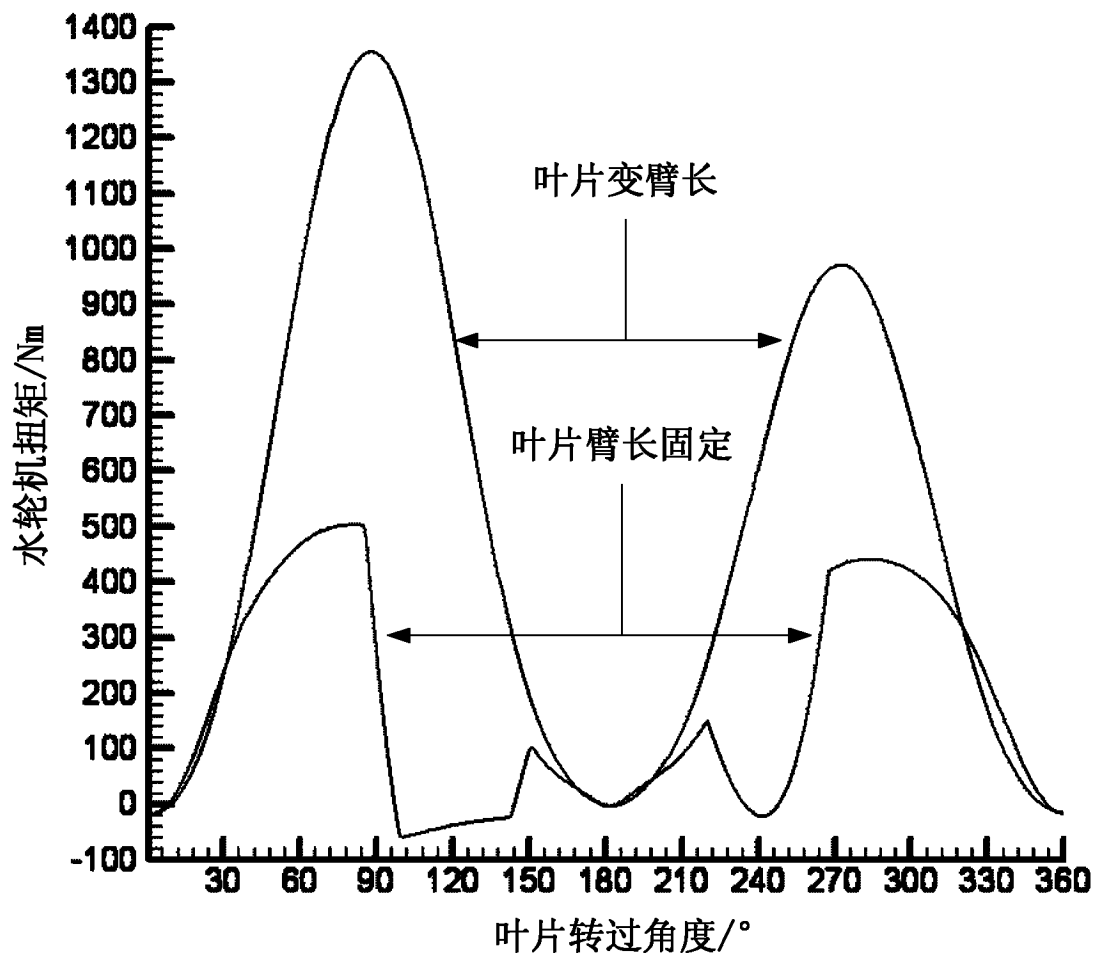


图 7