

研究简报

# 轻便型风能增氧机的设计和应用\*

## DESIGN AND APPLICATION OF HANDY WIND ENERGY AERATOR

徐学渊 徐颂波

(浙江水产学院, 舟山 316101)

Xu Xueyuan and Xu Songbo

(Zhejiang Fisheries College, Zhoushan 316101)

关键词 风能增氧机, 设计, 应用

KEYWORDS wind energy aerator, design, application

自然界存在着巨大的风能,它大大超过水的能量,也大于液体和固体燃料能量的总和。国际气象组织(WMO)提出风的储量为  $3 \times 10^{16}$  kW,其中可利用的为  $2 \times 10^{16}$  kW<sup>[1]</sup>。这说明风能储量之丰富,而人们目前对它的利用还远远不够。将风能应用到水产养殖业上,更是微乎其微。目前在鱼、虾养殖业中流行的各种增氧机的能源几乎全都采用电能,然而我国电能供应紧张,地面的风能储量却极为丰富,约为 16 亿 kW,其中可利用的约有 1.6 亿 kW,仅次于美国和苏联,居世界第三位<sup>[2]</sup>,尤其东南沿海及岛屿,最高的风能密度大于  $200 \text{ W/m}^2$ 。所以引用风能作动力,设计、研制风能增氧机,无论是现在、还是将来,都是一件十分有意义、有价值的工作。

国外把风能应用到水产养殖业早有报道。国内由苏州市水产研究所等单位研制的风力机组是由二台独立的风力机,分别带动空压机和水泵,优点在于一台向池塘底输送压缩空气增氧,另一台抽吸外河新鲜水补充池内水的溶氧不足,保证池水中有足够的溶解氧量。但是,该机组体积庞大、成本昂贵,只适用小面积池塘;由上海渔机所设计的 YLF-100 型简易风力增氧机,风轮为立轴式,由于风叶在水平位置,不受风向影响,风叶轴直接带动形似螺旋桨的搅水桨轮,结构简单、造价较低,但是,该机的风能利用系数不及卧轴式风轮,风叶直径 0.90m,机高 1.70m,桨轮直径只有 0.35m 左右,整机质量 105kg,该机增氧范围小、效益欠佳;由福建省船舶及海洋工程设计研究院设计的 3C 型风力增氧机,采用卧轴式风轮,风能利用系数较高,在水中的三个增氧头可同时工作,所以增氧效果比前者好,但风叶旋转直径有 4m,机高 2.40m,整机质量 150kg,结构复杂、体大不轻便。

为解决上述问题,本文提供一种从 1989 年起受国家实用新型专利权保护,与现有耗电量 1.5kW 叶轮式增氧机相比较,功效相同、大小相仿的轻便型风能增氧机。

### 轻便型风能增氧机的设计基础

通常把  $3 \sim 20 \text{ m/s}$  的风速称为有效风速,依此计算风能密度 ( $\text{W/m}^2$ )<sup>[3]</sup>。风轮的每只叶片与风轮

\* 本文曾提交给中国水产学会第五次会员代表大会暨学术年会(1991年11月6日—10日),并在学术讨论的分组会上宣读。

收稿年月:1991年11月;1992年2月修改。

的旋转面均保持一定的倾斜夹角(即安装角)。当气流以速度  $v$  流经风轮时,会不对称地流过每只风叶。由机翼理论可知,风叶分别得到风速传给它的  $F$  及  $F'$ ,它们在水平方向的分力分别为  $x$  及  $x'$ ,构成阻力,垂直方向的分力分别为  $y$  及  $y'$ ,在旋转平面内形成力偶矩,因而构成扭力矩,使风轮旋转,从而对外输出功。风轮把全部能量完全吸收时,单位时间的功与实际输出功之比为输出系数,以  $K_L$  表示<sup>[3]</sup>。风轮轴为卧式,又是高速风轮  $K_L$  值就大,效率较高,但启动特性不如低速风轮。对于满足鱼、虾养殖工况的风能增氧机来说,至关重要是低风速运行性能和自启动性能都要好。经比较,本设计采用由三张风叶组成的风轮,风轮轴为卧式的高速风轮作为动力头,取代电动机,因  $K_L$  值大,低风速运行性能好,至于启动扭力矩较小的问题,可由下面增氧总成的新颖结构来解决:增氧头形式选择依据:1. 根据国内、外历年测试资料,都表明叶轮式增氧动力效率  $1.6\sim 3(\text{kgO}_2/\text{kW}\cdot\text{h})$ <sup>[1,2](1,2)</sup> 为最高。2. 经国内十余年现场使用结果表明,叶轮式增氧效果为最佳。是由于叶轮的作用能产生水跃、水波、负压进气,增大水体气、液的接触面积,延长了水与空气的接触时间,不断地破坏已生成的双膜(气膜和液膜——双膜理论<sup>[6]</sup>),并不断搅匀水体、更新液面,这些都可使氧分子加速溶入水体<sup>[6](3)</sup>。其它种类的增氧机在大面积池塘里是无法全面做到的。既然叶轮式增氧在国内外一致评价增氧效果为最佳,本设计的水下增氧头形式就采用了叶轮式。

本设计的有关参数如下:风轮直径:1~1.20m;叶片数:3;启动风速: $\leq 3\text{m/s}$ ;额定风速:8m/s;工作风速:3~30m/s;额定功率:0.45kW;叶轮直径:0.50~0.71m;叶轮额定转速:200r/min;水跃直径: $\geq 6\text{m}$ ;负荷水面:4~6ha;机高:1.10m;整机质量:60~80kg。

当达到额定风速 8m/s 时,叶轮也达到额定转速 200r/min。此时,相当 1.5kW 电动叶轮式增氧机的增氧效果,又由于机高 1.10m、整机质量 60~80kg,从而达到设计目的——增氧效果好、小而轻便。

## 轻便型风能增氧机的设计

本设计选用的风轮启动扭力矩不如低速风轮,而且风轮直径又小,却要拖动大的倒圆锥形叶轮,如果用常规结构设计是很难达到设计要求的。为此,本设计的目的是这样实现的:

(1) 将电动机驱动换成风轮驱动外,根据行星齿轮传动和摩擦阻力的基理将倒圆锥形叶轮(以下简称叶轮)改装成行星体。叶轮——行星体空套在叶轮轴上(间隙配合),它既随主轴公转,又藉周围水体(不是轮齿等刚体传动)的摩擦阻力,使绕叶轮轴减速自转(看作相对停滞或打滑)。设主轴转速和叶轮直径不变,叶轮自转转速的高、低,由叶轮轴与主轴间的中心距决定之,中心距越小叶轮自转转速越低、耗能越少,反之则越高。这种机构是本设计的关键,起到减速助力之功能,尤其启动扭力矩比通常结构的增氧机小许多。经测试:用本机构改装单相 40W 微型叶轮式增氧机,将原有直径 94mm、高 28mm、有 3 张宽为 4mm 的小叶片组成的倒圆锥形叶轮,更换成直径 134mm、高 30mm、有 6 张宽为 12mm 的大叶片组成的叶轮,进行测试,并把厂方要求叶轮的吃水深度 1/2 叶轮,调放到叶轮浸在水面下 7mm 左右;测得结果——电流为  $0.30\text{A} < 0.32\text{A}$ (额定电流)——只要选取主轴与叶轮轴之间适当的中心距,便可节能三倍以上。因此,解决了该风轮启动扭力矩的问题,使回转直径为 1~1.20m 的风轮驱动直径为 0.50~0.71m 的叶轮成为可能。

(2) 由于叶轮重心未与主轴回转中心重合,当运转时必产生振动,振动大小由主轴与叶轮轴间中心距决定之,又同风轮转速高低有关。设计时采用安装与叶轮、叶轮轴两者质量之和的平衡块给予制止。

下面结合图 1 说明本设计提出的具体结构的细节及工作情况。

(1) 全国渔业机械仪器产品汇编,1982,国家水产总局渔业机械仪器研究所科技情报研究室。

(2) 渔机化信息编辑部,1989。叶轮式增氧机动力效率已破  $2\text{kgO}_2/\text{kW}\cdot\text{h}$  大关。中国水科院渔业机械仪器研究所。

(3) 殷肇君等,1988。水产养殖机械,127—132,137—147。上海水产大学。

整机依靠三只浮筒(9)支托于水面工作,不受水位和风向变化影响。上部由三张风叶组成的直径为1~1.20m的风轮(3)、一对藏在箱体内的锥齿轮(4)和迎风装置(5)联结成一体,由迎风装置(5)控制,随风向改变作水平360°范围转动,使风轮(3)始终迎着风向。风轮(3)在风速 $\leq 3\text{m/s}$ 时起动,通过速比1:1的一对锥齿轮(4)换向,由主轴(6)联动增氧总成——被传动机构(1)不停地运转、工作;当风速达到 $8\text{m/s}$ 时,叶轮达到额定增氧转速 $200\text{r/min}$ 。增氧总成——被传动机构(1)由联轴节(7)、平衡块(2)、叶轮轴(10)、直径为 $0.50\sim 0.71\text{m}$ 的带外叶片倒圆锥形叶轮——行星体(8)组成。联轴节(7)的中心开有圆孔与主轴(6)下端连接,它的两侧:一侧安装一根不能自转的叶轮轴(10),在这轴上空套一只轴孔直径比叶轮(10)直径大的叶轮——行星体(8),这样,主轴通过联轴节(7)带着叶轮轴(10)和叶轮(8)绕主轴(6)的轴线旋转——公转,叶轮——行星体(8)外表面受到周围水体阻力影响而减速转动;另一侧(对称方向)为了制止叶轮(8)公转时,因它的重心不在主轴(6)的回转轴线上引发的振动,安装一块与叶轮(8)、叶轮轴(10)两者质量之和的平衡块(2)给予制止。

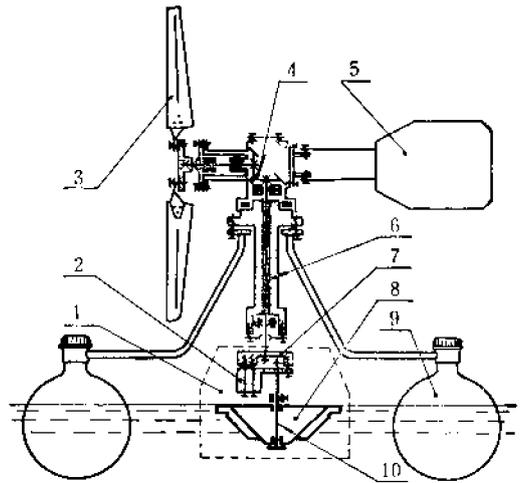


图1 轻便型风能增氧机结构示意图

Fig. 1 Handy wind energy aerator structure system

1. 增氧总成——被传动机构; 2. 平衡块; 3. 风轮; 4. 一对锥齿轮; 5. 迎风装置; 6. 主轴; 7. 联轴节; 8. 带外叶片的倒圆锥形叶轮——行星体; 9. 浮筒; 10. 叶轮轴。

## 轻便型风能增氧机的应用

水产养殖场多数分布在广阔的渔农村及沿海的滩涂、海岛上,那里不是因电力不足,造成机毁鱼亡,就是无电源,不能使用现有的增氧机。轻便型风能增氧机不用电源,适宜于缺电、风力资源却丰富的广阔渔农村地区,因本机风速越大增氧效果越好的特点,尤其适用于沿海滩涂及岛屿提高鱼、虾单位产量之用,并不受使用不当翻机损坏的影响,安全可靠。

然而,人们会不约而同地提出:

### 1. 如遇闷热天气,正是鱼、虾养殖塘里急需增氧时,恰无风怎办?

(1) 由于本设计在 $\leq 3\text{m/s}$ 风速时已启动运转、工作——增氧,随着风速越大,增氧效果越好的特点,在通常情况下是24小时不停地运转工作着,所以该池塘里的含氧量比不用本机的池塘要高、而且分布均匀。一旦遇上闷热无风天气,“贮存”在池塘里的氧可供鱼、虾急用,够维持一昼夜以上(与放养密度有关)。在沿海和岛屿遇到一昼夜闷热无风天气是很少的,更不会闷热多天了,因此可放心。

(2) 如果是高密度养殖鱼、虾,气象预报闷热无风天气又要持续较长时间,也不用急,只要脱卸风轮、锥齿轮,换上 $550\text{W}/1400\text{r/min}$ 的单向(家用电 $220\text{V}$ )电动机,即可运转增氧。

2. 如厂方生产的轻便型风能增氧机的振动较大,尤其在风速高的时候,对增氧效果和本机寿命有无影响? 振动对增氧效果没有影响,因为增氧机在增氧工作时,有意要产生水跃和水波,扩大气、水接触面积,对增氧效果有一定好处。但过分振动会影响本机寿命,特别在连接、焊接处,易产生疲劳损坏,所以不希望有过分的振动。尽管轻便型风能增氧机在鱼、虾池塘养殖上应用还无成熟经验,但根据现在和将来发展方向来看,本设计是很有前途的,值得有关部门进一步研究和探讨。本文只提供总体结构设计,关于叶轮自转速和节能方面计算,将另在受国家发明专利权保护的《自转式行星搅拌机机构》一文中阐述。

## 参 考 文 献

- [1] 全国水产养殖增氧机性能统测小组,1985.全国水产养殖增氧机性能统测、评优概况.渔业机械仪器,(5):8.
- [2] 农牧渔业部水产局渔机处供稿,1985.全国水产养殖增氧机性能统测质量评比揭晓.渔业机械仪器,(1):3.
- [3] 沈鸿等,1986.机械工程师手册,101—123;69—72.机械工业出版社.
- [4] 阮云程等,1990.风力机设计与应用,33—37;94—103.上海科学技术出版社.
- [5] 凯纳兹.T.M(李维音等译),1982.水的物理化学处理,319—331.清华大学出版社(京).
- [6] 徐学渊,1984.Y-LX型射搅增氧机.浙江水产学院学报,3(2):187—188.

## 评介《长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼种质资源研究》

李思发教授等的科学论著《长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼种质资源研究》(上海科学技术出版社出版),是我国淡水养殖业近年来的瑰宝之作,现对该论著提出如下述评意见:

鲢、鳙、草鱼是我国淡水养殖鱼类主要当家品种。鲢、鳙为滤食性鱼类,利用天然饵料,生产投资小、产量高、经济效益显著。草鱼是草食性鱼类,食物链短,肉质好,为群众所喜爱的鱼品,且饲料易于解决。这三条鱼在全国淡水鱼总产量中所占比重大、居举足轻重地位。

鱼类的生产性能的提高和改进,有两个因素,环境因素(包括养殖条件和方法)、和鱼类种质因素。前者既是自然的,又是人为的。而后者则是鱼类自身的本质。如不充分,全面,认识其本质,人类是很难利用改造和保护鱼类的种质的。对此,该书的主题思想是非常明确的,为了水产业的发展和提高产品的质量与数量。对今后鲢、鳙、草鱼的生产将起着指导性作用。

该书内容丰富、材料翔实、数据可靠、分析深透、结论全面、不偏不颇。科学意义在于把三条河流的鲢、鳙、草鱼的形态判别搞得一清二楚,并对其产生差异性的产生提出了讨论。对长江中下游不同江段采集的鲢、鳙、草鱼认定为同一个自然种群的长江原种的结论,三个水系的鲢、鳙、草鱼的自然种群的生长速度有明显的差异,长江种群最快,其次为珠江种群,再次为黑龙江种群。这对引进长江种群作为生产单位繁殖用亲鱼找到了可靠根据。特别提出长江的鲢、鳙、草鱼各令平均体长有下降趋势,向我们提出了保护这三种鱼的种质资源的迫切性和必要性,是提前向人们提出必须保护种质资源的严重性。

该论著研究有一定深度,深入到亚细胞水平和分子水平,并从而论证了三条鱼之间的亲缘关系以及趋异进化的机理。

在生产应用方面,也提出了在同一饲养条件下,长江水系的鲢、鳙、鱼生长速度的优越性,对指导生产引进原种作为亲鱼有理论根据,对生产起到提高产量的作用。

该论著对我国渔业资源的现状及保护提出了正确的评估和意见,可作为国家制订资源保护法规、条例提供了依据。最为重要的是得出三条河流的鲢鳙草鱼原种种质的标准参数,是我国首次提出的有规范性的科学数据。该论著为今后研究其它鱼类的种质资源提供了有益的经验。

不足之处是缺少三种鱼的全图和主要器官、组织的墨线图 and 原种照片。

(江西大学 邓宗觉)