

中国水产科学研究院
渔业机械仪器研究所
论文集

TREATISES OF
FISHERY MACHINERY AND INSTRUMENT INSTITUTE OF
CHINESE ACADEMY OF FISHERY SCIENCES

一九八八年十月

OCTOBER 1988

前 言

建所二十五年来,我所先后承担完成的科研项目170多项,曾获国家科委、经委、计委、工业新产品奖、全国科学大会科研成果奖以及部、省级和院重大科研成果奖60余项。这些科研成果对改变我国渔业生产面貌,促进水产生产发展,提高劳动生产率,减轻劳动强度等方面都起过积极的作用,社会效益和经济都较明显,在今后渔业生产的发展中还将长期起着很大作用。

科研成果,不仅是我所宝贵财富,亦是全国、甚至全人类的共同财富,因此,我们将建所以来,主要科研人员经多年艰辛努力而得的劳动结晶和论文加以精选汇集成册,以飨读者,亦为适应当前对外开放政策,供国内外交流参考需要。

並以此书向建国四十周年献礼。

FOREWORD

This year is the 25th anniversary of the founding of FMII. During the past 25 years, the institute accomplished 170 scientific research projects among which about 60 projects were awarded various prizes respectively by National Scientific Committee, Economic Committee, Planning Committee, National Scientific Congress and the authorities at ministerial, provincial or academic level. From viewpoint of social and economic benefits, such scientific research projects have made positive contribution to the improvement of national fishery, development of fishery production, increasing of productivity, saving labor strength, etc. Moreover, they will play an important role in the long term development of fishery production.

The results from the scientific research are not only the wealth of our institute, but also the common wealth of our nation and even the people of the world. Therefore, we have selected our researchers' theses resulted from a long period of efforts and published them in this issue to our readers. The issue will be also the information for domestic or international technical and scientific exchange.

Greet the 40th anniversary of the founding of the People's Republic of China with the issue.

目 录

前 言

本所简介、组织机构和业务范围

增氧机研究报告	丁永良 (1)
小型气力吸鱼机的试验与研究	郑经纶 (17)
利用数字电路技术实现声纳接收的精密 TVG 控制	侯光烈 (27)
论围网尾部起网机的使用前景	章水申 (31)
按国际标准设计绞机卷筒的优化法	沈自申 (42)
织网机械的现况和发展前景	竹润华 (53)
理论计算方法设计渔船耐波性	邱承宗 (58)
拖网渔船主要参数优化设计	汪剑萍 (66)
JS 804型钢质渔船设计	陈仲侯 (73)
对虾颗粒饲料加工机械的应用	陈廉裕 (81)
膨化颗粒饲料机主要部件的剖析	俞燕骏 (85)
平模造粒法和环模造粒法对比	徐国昌 (90)
关于立式泥浆泵的寿命探讨和结构改进	胡伯成 (97)
珠江三角洲万亩连片鱼塘配套渔业机具模式的探讨	蒋 昆 (103)
我国池塘养殖机械的发展历史、现状和趋势	巫道镛 (109)
织网机械的研究	傅廷楷 (114)
SS—8/18型高温高压杀菌装置的改进	何维隼等 (127)
“ZSS—12” 闪发式海水淡化装置的研究	沈义章 (134)
上海万吨冷库工艺设计	赵克瀛 (143)
不冻液间接制冷式冷海水冷藏运输兼作船制冷装置的研制	周国铭等 (150)
开放型冷藏陈列柜及其风幕性能的设计研究	倪叶鑫 (154)
声纳圆柱面阵方向性计算与波束形成	陈 艮 (158)
关于探鱼仪中电路与换能器的衔接问题探讨	石晓天 (169)
探鱼仪记录映象的计算机处理的设想和试验	符锡金 (176)
海面温度卫星红外遥感	莫秦生 (182)
8201A型围网渔船中高压液压甲板捕捞机械研制	徐正轨 (188)
水产品加工机械的现状及其发展前景	陈 生 (200)
鱼类计数方法综述	方荣楠 (208)
用电子计算机设计渔船线型	陈佩琦 (212)
褐藻酸脱水和褐藻胶造粒技术	王真森 (218)
上海郊区池塘养鱼大面积高产片渔机配套初探	陆家驹等 (221)
中国池塘养鱼机械化	丁永良 (230)
2000年我国渔业机械化发展预测	包友申等 (241)
国内外渔用颗粒饲料机现况	巫道镛 (246)

增氧机研究报告

丁永良

(中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所)

提 要

本文以科研和生产为基础,较全面地论述了增氧机的结构、原理、增氧效果及生产效果。最后又提出了新概念,增氧机在向水中增氧的同时也增氮,这一领域尚待研究。

一、概 述

(一) 课题由来

氧气是世界上一切生物(嫌气细菌除外)生存的必要条件,水中溶解氧是鱼类赖以生存的重要条件,鱼类的生长、新陈代谢过程中,饲料和氧气缺一不可。在鱼池中,水中溶解氧主要来源于藻类、浮游植物的光合作用和大气对水面的扩散,前者是主要的,水中溶解氧的消耗主要是有机肥料、饲料残渣、鱼体排泄物等池底堆积物的腐败分解,产生各种还原物质,为还原物质的氧化所消耗。水中缺氧时,水质腐败,鱼类呼吸困难,食欲减退,饲料系数增加。长肉率降低,严重缺氧就会引起“鱼灾”即“浮头”,鱼呈昏迷状,甚至窒息死亡。这种现象在翌晨最易发生,因为届时水中氧气的主要生产者浮游植物由于它本身不仅停止光合作用,而且在夜间自己还要消耗氧气。鱼池要高产密养,必须要增加施肥、投饲量和与其相称的水中溶解氧,因为长期来没有妥善解决人工增氧的手段,所以鱼池单产的增长一直是步子不大,徘徊不前。因此,如何用人工的方法向水中增氧是解决这对矛盾以提高鱼池单产的有效途径,是改革传统的池塘养鱼工艺的一个突破口。

鱼池增氧必需实现机械化,1971年上海市作为市重点科研项目下达由我所执行。

(二) 方案探索

向鱼池增氧,首先是引用了一些通用机械设备,进行改装,效果都不显著,感到必需打破常规,引用其他行业的先进技术。为此,1972年初去广东、湖南、江西、浙江、安徽等省的部分工厂、矿山,对有关设备进行了调查,看到了工厂污水处理和矿山浮选设备,得到了启示,从而形成了浮动式叶轮增氧机的设想。

方案探索前后经过了三个阶段:

1. 第一阶段:冲水、射流增氧试验 用4kW、7.5kW,扬程25—35米的高压水泵作冲水人工降雨增氧,一般向水中冲1吨水,增氧不到1克,所以对拯救“浮头”鱼并无效果。后在高压泵出口处串联一组水力射流器,使空气泡混入水柱中喷出,增氧亦不多。

2. 第二阶段:鼓风,充气增氧试验 用不同风压的叶氏鼓风机($0.2\text{kg}/\text{cm}^2$)、水环式压气机($1.2\text{kg}/\text{cm}^2$)、压缩空气机($8\text{kg}/\text{cm}^2$)等风机,采用不同的散气管,悬在池底上

20—30cm，向鱼池增氧，对预防“浮头”有一定效果，但每千瓦风机负荷水面比较小，对小水面是有效的。散气管以微孔塑料管为主，在鱼池中易堵塞，只能换用大孔管，充气溶氧效果较差，且气管布满全池，影响拉网与轮捕轮放。

3. 第三阶段：叶轮、曝气增氧试验。叶轮增氧机是参照污水处理用曝气机和矿山选矿用浮选机向水中充气的原理设计的，怕它效果不显著，因此一开始就造大功率的（7.5kW）。第一台样机由于浮力与重量重心设计不当，而翻身沉机，走了一段弯路，经改装投产后，发现对救“浮头”有了显著效果。1973年在这一基础上在无锡又造了第二台样机，同年投入生产试验，1973年7月在解救河埭公社渔业一队“驳岸池”的一次严重“浮头”中，效果显著而得到了广大农民的肯定，当年并增产了26%，这一方案从此在生产中扎下了根。

（三）试制经过

第一、二阶段与上海市嘉定县水产养殖场、南汇县水产养殖场等单位协作，第三阶段1972年由浙江省加兴锅炉厂负责试制，运上海市青浦县解放公社渔业机械厂，负责试验与改装，1973年3月交南汇县水产养殖场作生产试验，经过生产实践检验与其他方案比较，对解除“浮头”有显著效果，但结构和造型尚待改进，1973年5月在无锡市郊区政府的支持下，与太湖无线电元件厂协作，对增氧机继续研究改进，将阻碍水跃的环形浮筒，改成“三岛式”浮筒，将工艺比较复杂的泵型叶轮改用目前这种管形叶轮，并采用了新型的立式减速器（行星摆线针轮，小齿差）结构紧凑，重量较轻，这种形式是目前各种增氧机的基本形式。但造价比较高，为了降低成本，便于普及，又试制成功了多种三角皮带与齿轮减速器的普及型增氧机。同年无锡市河埭公社农机厂，为了探索不用减速器，而试制成功了多种泵叶喷水增氧机。1974年青浦县解放公社渔机厂，又试制成功了多种蜗轮蜗杆减速器增氧机，为了上下鱼池方便，又采用了双浮筒式。现在三个厂都已基本定型投入批量生产，二年多来已有一百数十台增氧机投产试用，确有实效。经申报上级批准，同意进行增氧机鉴定，作好选优定型工作。

二、型 号

增氧机经过三年多的试制、试验、推广，目前已发展到20多种规格型号，以减速器分类可分成四个系列：

（一）行星减速器系列

主要生产厂无锡市太湖无线电元件厂，有7.5kW、5.5kW、3.0kW三种规格。

（二）蜗轮减速器系列

主要生产厂上海市青浦县解放公社渔机厂，有7.5、5.5、3.0和1.1kW四种规格。

（三）三角皮带齿轮减速器系列

主要生产厂无锡市太湖无线电元件厂，有5.5、3.0、1.5和1.0kW四种规格。

(四) 泵叶喷水系列

主要生产厂无锡市河埭公社农机厂，有5.5、3和1.5kW等三种规格。

经过生产实践检验，其中有六种性能较好，比较受欢迎。1974年开始已投入批量生产，下表后三种目前渔区用得较广泛，73-1型上海已开始引用用于工业污水的三级处理。

1974年开始批量生产的各种增氧机

型 号	73-1 型	73-2型	74-1 型	太湖 3 型	解放3型	河埭 3 型
类 型	叶轮式	叶轮式	叶轮式	叶轮式	叶轮式	喷水式
电动机功率(kW)	7.5	5.5	7.5	3.0	3.0	3.0
电动机转速(转/分)	1450	1450	1450	1450	1450	1450
减速器形式	行星摆线针轮	少齿差	蜗 轮	三角皮带齿轮	蜗 轮	直 接
减速比(i)	1/29	1/25	1/25	1/13	1/15	1/1
叶轮转速(转/分)	50	57	58	110	96	1450
叶轮直径(mm)	1400	1400	1400	920	820	150
浮筒形式×数量	圆筒形×3	圆筒形×3	圆筒形×3	圆筒形×3	双筒形×2	环形×1
水跃直径(m)	9.0	9.0	9.0	6.0	5.0	6.0
负荷面积(亩)	12—15	12—15	12—15	5—8	3—6	3—5
额定电流(A)	10.0	11.0	13.0	5.4	4.6	6.0
制造厂	(1) (2)	(1)	(3) (4)	(1) (5)	(4)	(5)

注：制造厂：(1) 江苏省无锡市太湖无线电元件厂；(2) 上海市沪东造船厂；(3) 上海市渔业机械仪器研究所工厂；(4) 上海市青浦县解放公社渔业机械厂；(5) 江苏省无锡市河埭公社农业机械厂。

三、结 构

各种型号的叶轮增氧机外形大小虽有不同，但基本部件类型是一致的，主要由电动机、减速器、托体、撑架、叶轮、浮筒六个部分组成；

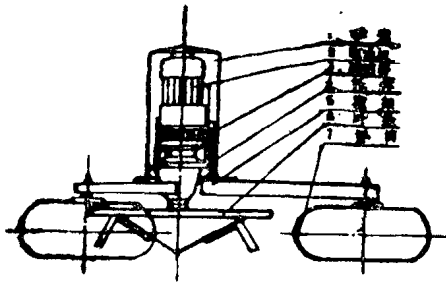


图1 叶轮增氧机结构图

(一) 电动机

是增氧机的动力，采用JO₂型全封闭三相异步电动机，转速1500转/分，由于采用减速器形式不同，分别选用立式电动机与卧式电动机，电动机上有不得通风的电机罩，以防日晒雨淋。采用电动机规格有7.5、5.5、3.0、1.5、1.0kW多种，电源线采用三相四线橡胶软线。电动机接线柱下应加置弹簧垫圈，以防振动脱线。

(二) 减速器

减速器的作用是把叶轮的转速降低，才有可能使小功率电动机带大叶轮，增加水跃直径，提高效率，在试制过程中采用了多种形式：

1. 谐波减速器：是靠一对钢轮和柔轮的啮合变形而减速的，重量轻，结构紧凑，承载负荷高，速比大，但齿轮加工工艺和材料要求高，需要专用刀具加工，寿命较短，且运转时应有良好的散热条件。

2. 摆线针轮减速器：是一对两相位相差180°的行星齿轮，作行星运动而减速的，内齿圈与行星齿轮系摆线针齿啮合，摆线行星齿轮需用专用仿形铣床与摆线磨床加工，但比少齿差减速器材料要求低，只适于成批生产。

3. 少齿差减速器：结构原理基本上与摆线针轮减速器相同，惟内齿与行星齿轮系渐开线齿啮合，渐开线齿轮加工不需要专用设备，适于小批生产，结构紧凑，重量轻，外形美观，噪音较小。但因为没有像摆线针轮减速器那样装置循环油泵，齿轮只能全部浸在润滑油中工作，搅拌热较大。

4. 蜗轮减速器：是靠一对错开90°的蜗轮杆而减速，蜗杆转一圈，蜗轮只走一牙，可一次达到较大速比，噪音小，加工与用材都比较好解决，允许连续运转时间较长，但传递效率比较低。

5. 三角皮带齿轮减速器：系二次减速，第一道用3—4槽三角皮带，第二道用齿轮，敞式齿轮噪音大，可改用齿轮箱。造价低，传递效率高，允许连续运行，制造容易，便于推广，但用材较多，机器比较重。

(三) 托体

系一铸件，它是增氧机各部件的总连接件，上承电动机，下提叶轮，边上连接浮筒支撑架。小型增氧机减速器出轴直接与叶轮轴连接，托体就用一块托板代替。

(四) 叶轮

钢板焊接而成，主体为一倒三角锥体，呈一倒伞形，上焊长短提水板12块起提水作用，叶片间焊管子12根，起搅水作用，管子顶开孔，通大气，叶轮顶的浸没深度为 $\pm 20\text{mm}$ ，叶轮的旋转方向为右旋（顶视）叶轮的制造工艺比较简单，都是直线型和圆型造型，并有良好的对称性，倒转亦不会超负荷。叶轮有较好的通过性，不致因水中有漂浮物而堵塞，可以经常保持最佳工况。现在推广的各种叶轮增氧机，全部采用这种“管形”叶轮。72型增氧机采用的“泵形”叶轮，系蜗轮式造型，制造工艺复杂，通过性较差。

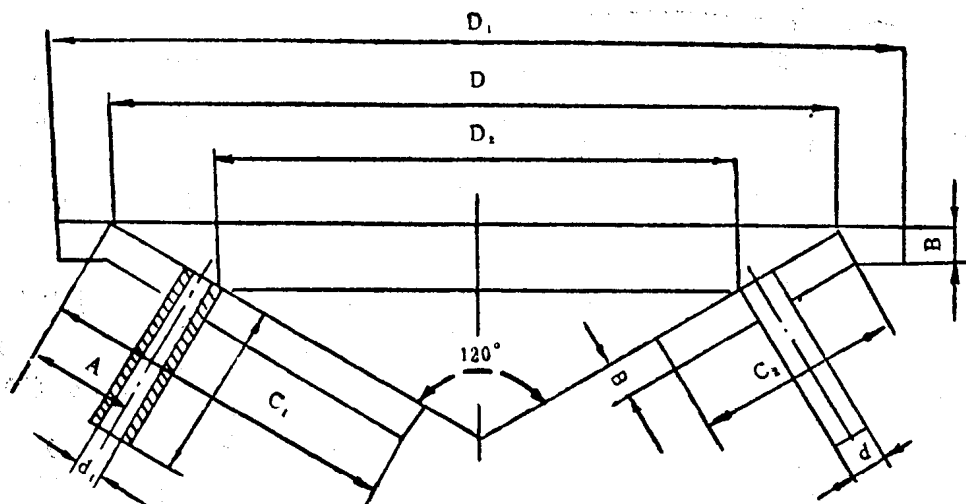


图2 管形叶轮结构主要尺度比例图表

代 号	尺 度	代 号	尺 度	代 号	尺 度
D_1	$1.16D$	A	$0.50C$	C_2	$0.58C_1$
D_2	$0.70D$	B	$0.20C$	d_1	$0.20C$
C	$0.25D$	C_1	$0.50D$	d_2	$0.85d$

管形叶轮的主要特点：

1. 叶轮的提水能力（近似计算）：

$$Q_{\text{水}} \approx 30nD^3 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

(3-1)

n ——叶轮转速（转/分）

D ——叶轮直径（m）

2. 叶轮重载轴功率：

$$N_{\text{重轴}} = \frac{N_{\text{叶轮}}}{\eta_{\text{总}}} = \frac{K \times n^3 \times D^5}{\eta_{\text{电}} \times \eta_{\text{传}}} \text{ (kW)}$$

(3-2)

$N_{\text{叶轮}}$ ——叶轮消耗功率（kW）

$\eta_{\text{总}}$ ——总传递效率（%）

K ——系数 5.5×10^{-6}

n ——叶轮转速 (转/分)

D ——叶轮直径 (m)

$\eta_{\text{电}}$ ——电动机效率 (80—85%)

$\eta_{\text{传}}$ ——减速器效率 (%) 取

摆线针轮减速器0.88

少差齿减速器0.87

蜗轮减速器0.75

三角皮带齿轮减速器0.86

三角皮带齿轮箱减速器0.94

3. 叶轮功率测定: 叶轮的浸没深度不同, 所需功率亦不同。因为叶轮自重较大, 所以空载负荷较大。而重载负荷主要是顶上横的提水板所消耗, 只要它露出水面, 功率消耗即显著下降, 管子消耗的功率是不大的, 叶轮的浸没深度, 是指静水位而言, 叶轮在工作时会产生升力, 使整机提高 ncm , 动水位线在静水位线下几厘米, 静态的叶轮吃水深度较动态为深。

叶 轮 功 率 测 定

叶 型	浸 没 度 (mm)	转 速 (转/分)	功率测定 (kW)			增氧机自转 周 期 (秒/转)
			空 载	负载右转	负载左转	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
泵型($\phi 1200$)	$\pm 0-60$	44	3.42	5.81 3.70	4.75 3.70	25
管型($\phi 1200$)	$\pm 0-25$ —60	50	3.78	— 5.25 —	6.50 5.76 3.95	120

注: 泵型叶轮用蜗轮减速器、管型叶轮用摆线针轮减速器。

(五) 撑架

均系钢管或槽钢, 用以连接浮筒与托体, 有的用 2 根, 有的用 4 根, 有的还装有水位调节装置。为了便于水上操作, 有的还在撑架上加置一踏栅。

(六) 浮筒

系铁板焊接而成, 有环形、三岛形、双筒形三种, 现在多数采用三岛形, 双筒形便于上下鱼池, 流动救鱼, 并便于控制水流方向, 以便在狭长形鱼池的二端, 也能获得良好的曝气增氧效果。近来为了改善水流状况, 而将三岛形的圆形浮筒改为流线型, 并在试验玻璃钢浮筒。

四、原 理

(一) 基本理论

人工向水中增氧, 主要是把大气中的氧输入水体中, 这方面机理尚未完全搞清, 没有形

成完整的理论，只有二个比较流行的基本概念。

1. 双膜概念：大气与水面的界面间存在双膜，即气膜与液膜，大气中的氧气要经过双膜向水中扩散，双膜是氧分子扩散的主要阻力，双膜的厚度是运动粘滞度的函数，搅动气液二体可以减薄双膜，增加气液界面接触面积，提高液面更新频率，扩大氧在水中的浓度梯度，以提高氧的转移扩散速度。

2. 三相概念：水中有生物，包括细菌，微生物，浮游生物，氧的转移还与生物细胞有关，氧的转移还应包括通过生物细胞周围液膜的扩散作用，这就是氧转移的“气、液、固”三相概念。也有理论认为氧可以直接转移入生物细胞，或气泡直接转移入生物细胞，生物细胞与气泡相互吸附，三者没有液膜存在，这种直接转移与三相转移相比是次要的，在有的场合是不足道的。但是，如果水中无生命的溶解物愈高，例如水体受到污染，氧在水中的转移就愈慢。

(二) 工作原理

增氧机浮于水面工作，移动方便，不受水位变化的影响，增氧机在鱼池中运转的主要机械作用有三个，即增氧、搅水、曝气，是在运转过程中同时完成的，增氧机的增氧原理是水跃、液面更新、负压进气等联合作用的结果。喷水增氧机的主要作用是液面更新。

1. 水跃：叶轮在水面旋转，产生离心力，中央产生负压区，将底层的水提上来，产生轴向上升流，由于叶片及管子的甩力，使水从叶轮中央向四周甩出，产生水平流与水跃，这二流的混合流形成伴流，使池水呈螺旋状运动，全池水体流向复杂而有规律。使水体沿轮轴从池底流向水面，向四周扩散，流速逐步递减，再从池的外圈回流到池底，形成水体的循环。

由于叶轮叶片与管子的强烈搅拌，水面激起水跃与浪花，形成水幕，裹入空气，扩大了气液界面的接触面积，使空气中的氧分子溶入水中。同时将水中令人厌恶的氨、硫化氢、二氧化碳、二氧化硫等有毒气体逸出水面，起曝气作用，所以池水恶化时可嗅到鲜臭味。在池水溶解氧超过饱和的情况下，也能使它逸出水面。水跃还可以降低水温。

2. 液面更新：由于叶轮的输水及提水作用，使气水界不断更新，将底层缺氧的水提至液表，创造了底层缺氧的水与空气接触的机会，液面更新的频率愈高，则充氧的性能愈好，扩散到水体中去的氧分子愈多。使叶轮附近的高氧水，迅速扩散到水体各部去，流动水域，均匀水温与水质，使水中的溶解氧在水平与垂直方向的分布趋于均匀，缩小溶氧梯度，水体愈小，效果愈显著。

叶轮有良好的提水能力，提水高度近似叶轮直径的3倍，在浅水中运转能把底层的浮泥泛起，一年以后机位下就留下一个深潭。

3. 负压进气：叶轮旋转时管子的背后产生负压区，空气即从管子背后的一排气孔中混入水体，形成气泡，又经过叶片与管子的打碎，使小气泡与水进一步混合，形成水花与水膜，使空气中的氧分子溶解于水，这些气泡亦帮助提水与液面更新，使水体雾化程度加剧，水体的比重下降，使叶轮旋转阻力降低，提高叶轮的动力效率。

五、增氧效果

叶轮增氧机在鱼池中运行，因为负荷的水面及水体均较大，平均给予每升的增氧量就很

小, 往往每小时不到1毫克/升。试验证明, 决定鱼池水中溶氧量的仍然是浮游植物的光合作用, 增氧机的增氧速度尚不能改变鱼池的溶氧量昼夜变化的规律。对全池水体来讲, 仅有一个增量, 不能长时间的保持一个常数。对水体的某一点来说, 例如, 上层中午溶氧超饱和, 开了增氧机以后, 与下层缺氧的水对流, 当时溶氧反会降低。因此, 在错综复杂的鱼池环境中要测定增氧机增氧的绝对值是困难的。上海市金山石油化工总厂的污水处理厂1974年造了14台73-1型叶轮增氧机, 在上海市市政工程研究所的主持下, 曾作了增氧机在无氧水中增氧效果的测定, 可计算出增氧机增氧的绝对值。下面就以此测定数据为主要依据, 用公式推导计算其增氧效果与动力效率:

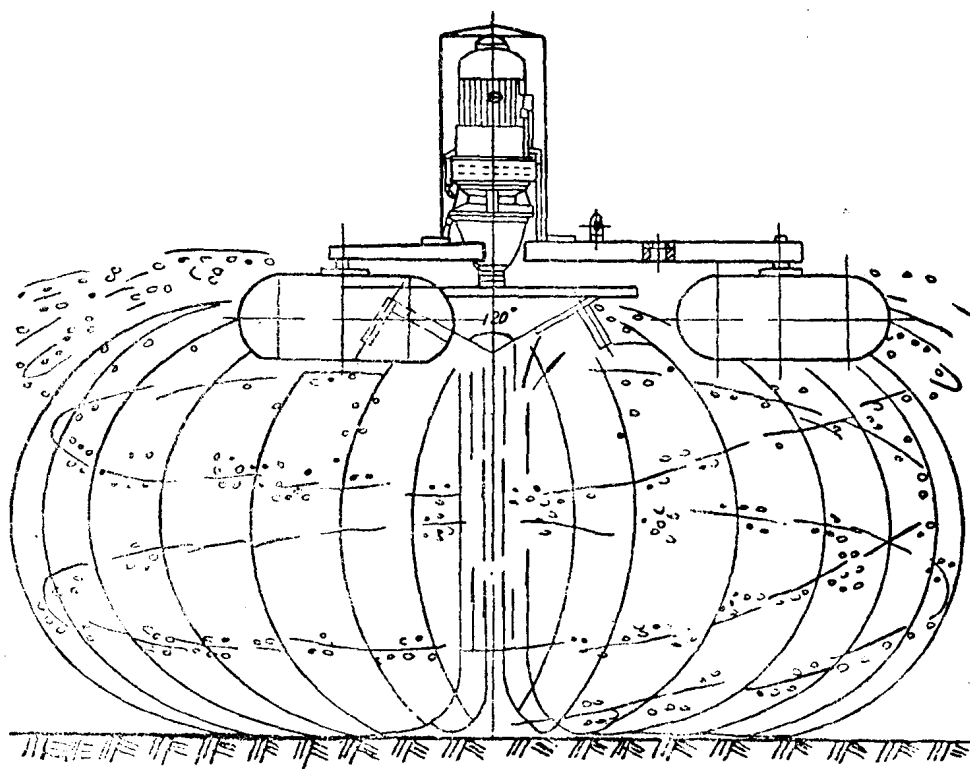


图3 增氧机工作原理图

(一) 测试条件

1. 试验水池: 为上海西郊污水处理厂的污泥沉淀池, 试验前经过清洗, $38.84 \times 9.50\text{m}$ 左右, 狭长缺角, 水体 533m^3 , 水源为自来水, 水温 $9 \sim 9.5^\circ\text{C}$, 气温 8°C , $\text{pH} = 6$, $\text{C}_2 11.46 \text{ ppm}$ 。

2. 试验时间: 1974年12月30日, 天气阴。

3. 试验样机: 为上海市金山石油化工总厂污水处理厂用 7.5kW 行星摆线针轮减速器增氧机, 叶轮最大直径为 $\phi 1400$, 转速 50转/分 , 外缘线速度 3.14m/s , 叶轮浸没深度为 25mm 。

4. 测氧设备: 采用 YSI 型溶氧测定仪及化学法同时测定, 仅测点在水面下 0.75m , 化学法在表层。

5. 脱氧用药：用亚硫酸钠 (Na_2SO_4) 80kg, 超过一般定量 $100\text{g}/\text{m}^3$ 的42%, 固态直接投池, 水温低溶解慢, 在水体全部脱氧后仍有余量, 所以测定的增氧值是偏低的。

6. 测试定点：仪测法定4个点, 位置见图4—2右上角所示。

(二) 计算公式

1. 增氧速率：在试验条件下的增氧速率为：

$$KLa = 2.303 \times 10g \frac{C_i - C_1}{C_i - C_2} \times \frac{60}{t_2 - t_1} \quad (1/h) \quad (5-1)$$

C_i ——试验温度下, 水的饱和溶解氧 (mg/l)

C_1 ——在 t_1 时测定的溶解氧 (mg/l)

C_2 ——在 t_2 时测定的溶解氧 (mg/l)

KLa ——氧总转系数

在标准状态下 (20°C , 760毫米水银柱时) 增氧速率为：

$$[KLa] S = KLg \times \left[\frac{T_g}{T_e} \times \frac{h_e}{h_g} \right] \quad (1/\text{时}) \quad (5-2)$$

T_g ——标准状态下的水温 (绝对温度)

T_e ——试验条件下的温度 (绝对温度)

h_e ——试验条件下的粘滞度 (厘泊)

h_g ——标准状态下的粘滞度 (厘泊)

2. 饱和溶解氧的换算：

$$O_p = O_z \times \frac{P_s}{760} \quad (\text{mg}/\text{l}) \quad (5-3)$$

O_z ——试验条件下的溶解氧 (mg/l)

P_s ——试验条件下的气压 (mm水银柱)

3. 总增氧量：

$$Q_s = [KLa] s \times v \times (C_s - C_e) / 1000 \quad (\text{kg} \cdot \text{氧}/\text{时}) \dots \quad (5-4)$$

V ——水体体积 (m^3)

C_s ——标准状态下的饱和溶解氧值 (mg/l)

C_e ——测定开始时的溶解氧值 (应 = 0)

4. 动力效率：叶轮有效功率的动力效率, 即实际传递到叶轮轴上有效功的效率, 为理论动力效率：

$$E_{\epsilon_{\text{轴}}} = \frac{Q_s}{(N_{\text{重轴}} - N_{\text{空轴}}) \times \eta_{\text{电}} \times \eta_{\text{传}}} \quad (\text{kg} \cdot \text{氧} / \text{kW} \cdot \text{h}) \quad (5-5)$$

Q_s ——叶轮总增氧量 ($\text{kg} \cdot \text{氧}/\text{h}$)

$N_{\text{重轴}}$ ——叶轮负载轴功率 (kW)

$N_{\text{空轴}}$ ——叶轮空载轴功率 (kW)

$\eta_{\text{电}}$ ——电动机效率 (%)

$\eta_{\text{传}}$ ——减速机传递效率 (%)

$E_{\varepsilon\text{轴}}$ 叶轮的理论动力效率 (kg·氧/kW·h)

叶轮的 ε 实际动力效率, 即增氧机实际用电的动力效率, 为实际动力效率:

$$E_s = \frac{Q_s}{N_{\text{重轴}} \times \eta_{\text{电}} \times \eta_{\text{传}} \times \cos\phi} Q_s \text{ (kg·氧/kW·h)} \quad (5-6)$$

Q_s ——叶轮总增氧量 (kg·氧/h)

$N_{\text{重轴}}$ ——叶轮负载轴功率 (kW)

$\eta_{\text{电}}$ ——电动机效率 (%)

$\eta_{\text{传}}$ ——减速机传递效率 (%)

$\cos\phi$ ——功率因素

E_{ε} ——叶轮的 ε 实际动力效率 (kg·氧/kW·h)

(三) 计算结果

1. 增氧速率的换算结果, 单位 (1/时)

KLa 值

状 态 \ 点 别	测 点 1	测 点 2	测 点 3	测 点 4	平 均
标准状态20°C	0.73	0.77	0.77	0.75	0.755
试验状态9°C	0.54	0.57	0.59	0.64	0.56

因为仪测法较化学法高5%, 所以, 平均值取0.74。

水面(m²)447

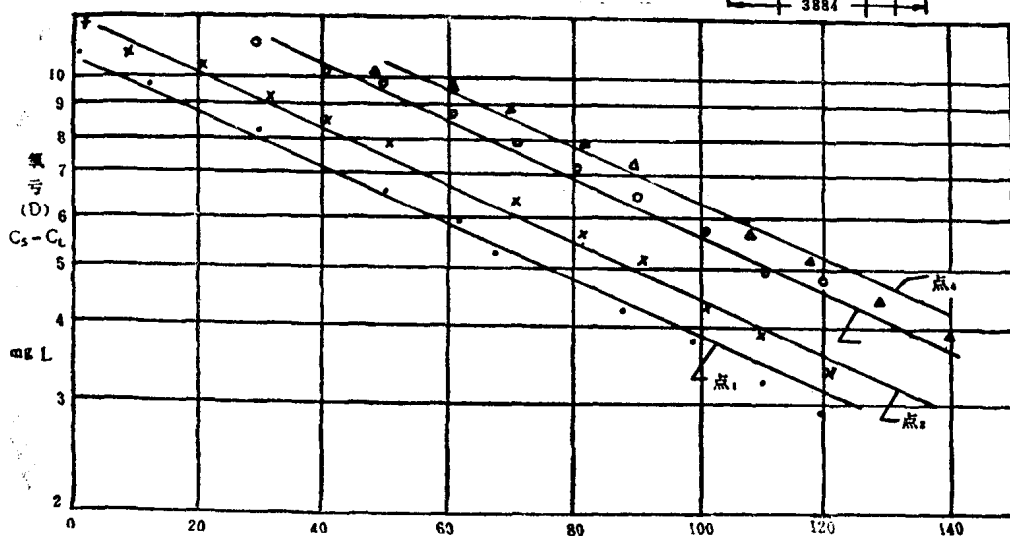
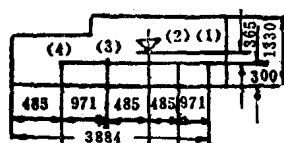
时间1974. 12. 30

水体(m³)583

水温9—9.5°C

测定水层(m)0.75

$C_s = 11.46$



时间(T)分

图4 氧亏与增氧时间关系

YSI溶氧测定仪测定

2. 总增氧量:

$Q_s = [KLa] S \times Y \times (C_s - C_o) / 1000 \text{ (kg} \cdot \text{氧/h)} = 0.74 \times 533 \times 9.17 / 1000 = 4 \text{ kg} \cdot \text{氧/h}$
 3. 理论动力效率:

$$E_{s\text{轴}} = \frac{Q_s}{(N_{\text{重轴}} - N_{\text{空轴}}) \eta_{\text{电}} \times \eta_{\text{传}}} \text{ (kg} \cdot \text{氧/kW} \cdot \text{h)}$$

$$= \frac{4}{(5.25 - 3.78) \times 0.85 \times 0.88}$$

$$= 3.63 \text{ kg} \cdot \text{氧/kW} \cdot \text{h}$$

4. 实际动力效率:

$$E_s = \frac{Q_s}{N_{\text{重轴}} \times \eta_{\text{电}} \times \eta_{\text{传}} \times \cos \phi} \text{ (kg} \cdot \text{氧/kW} \cdot \text{h)}$$

$$= \frac{4}{5.25 \times 0.85 \times 0.88 \times 0.80}$$

$$= 1.26 \text{ kg} \cdot \text{氧/kW} \cdot \text{h}$$

六、生产效果

1973年以来,上海、江苏、浙江、湖南、江西、广东等省市先后有一百数十台增氧机进行了鱼池生产试验,对防止高产鱼池的“浮头”,就是在广东亚热带地区亦获得了显著的效果。但是,通过生产实践,发现增氧机除了防止“浮头”外,尚有其他积极作用,引起了许多试验单位的重视和兴趣。

已开始向增氧机效果的深度与广度研究探索。初步认为增氧机除了能“曝气增氧,防止浮头”外,对促进鱼池生产尚有三个作用,这些作用又多是互为条件,相互制约,互为因果,不能孤立起来看。但为了便于叙述,特分述如下:

(一) 曝气增氧,防止“浮头”

高产鱼池必须大量施肥投饲,因此,水体生化需氧量很大,水中溶解氧被接近耗尽,即出现超负荷而严重氧亏,届时鱼对水中有害物质格外敏感,在一般情况下无碍生命的含量,会造成致死浓度。所以“浮头”死鱼除了缺氧外,也可能是中毒引起的。

增氧机能兼增氧、曝气的双重作用,除向水中增氧外,对水体中的有毒物质亦同时起到氧化与曝气作用,使毒剂转为气态逸出大气。

“浮头”是多种因素决定的,是非常复杂的。同一种增氧机在同量级的鱼池(同样面积、放养量、投饲量、管理水平)在不同的水温、水质条件下效果亦有高低之分。

增氧机在大鱼池中的增氧效果,与浮游植物光合作用比较是不足道的,只有在小水体中才能左右水中溶氧量的递增速度。如73—1型叶轮增氧机能在2小时内将583t水从无氧增高到8毫克/升以上(9°C)。水中溶氧愈高,增氧速度愈慢。

近三年来生产实践证明,合理与及时地使用增氧机就能防止“浮头”与“暗浮头”死鱼,每kW增氧机一般安全负荷可达2亩,超过2亩,应提前开机。无锡市河埭一队叶轮增氧机每kW最大负荷4.13亩,鱼4.4t,喷水增氧机每kW最大负荷3.33亩,鱼2.6t,可确保安全生产。无锡市河埭二队的“安福池”、“小方池”过去年年长期浮头,称“老浮头”,用了

增氧机每天晚上开就不浮头。一般情况浮头启口时开，半小时能压下去，负荷面积大的应以预防为主，早点开，负荷面积小的，就是严重浮头时开，也能压下去。

初用增氧机的鱼池，由于鱼的先天性保护本能与警戒，突然开会受惊逃避，几天后就习惯了，开机后就集中到增氧机周围的水跃圈外吸氧，密集的鱼群形成一个黑色“鱼圈”，鱼头向心，排列成行。大鱼在前，小鱼在后，青草鱼在前，花白鲢在后，鱼叠鱼的密集不散。鱼池面积大，边缘的鱼不易集中，在开机后片刻，可辅以人工赶集。为此，宜用小功率多机就方便了。

一般装置增氧机的鱼池，在当地降雨量与蒸发量相当，鱼池不漏水的情况下，基本上可以不加水，所以就杜绝了外河水受污染的影响，并减小了带入病原体的机会，也不致因加水增氧而流失肥水。

一般一亩水面每天可吸收大气中的氧约990g，只要鱼池中的水呼吸能自然平衡，不负氧债，即假设这些溶氧对水不发生生化反应，而全部供鱼呼吸之用，那么这些溶氧可供396kg鲤科鱼类一天呼吸之用（24℃），因此亩产400kg以上的高产鱼池，不用人工增氧，在水温高、气压低、施肥量大的情况下，就会经常“浮头”甚至窒息死亡。

增氧机增氧救鱼，并不是同时向全池向成千上万吨水增氧，而主要是向被提升与甩出的水体中进行增氧。按73—1型增氧机每小时可提水2600t，增氧4kg，计算提水的增氧值1.4毫克/升，就是这一值足以维持鲤科鱼类的生存需氧量，因此鱼只能聚集在那里，形成“鱼圈”与“鱼龙”而别无出路，远处就无效。

增氧机救鱼效率：

增氧机救鱼一直只有一个定性概念，没有定量概念，试立以下公式，以获得数量概念。增氧机运转时可达到的最大救鱼负荷，是由增氧机的增氧量除去提水过程中消耗于氧化BODs值而定。

1. 救鱼效率：

$$E_{\text{鱼max}} = \frac{Q_s - (Q_{\text{水}} \times BOD \times 1000 \times \frac{dD}{de})}{O_{\text{鱼}}} \quad (\text{t/h}) \quad (6-1)$$

Q_s ——增氧机的总增氧量（kg·氧/h）

$Q_{\text{水}}$ ——增氧机的提水量（t/h）

BOD_s ——池水的五日生化需氧量（mg/l）

$\frac{dD}{de}$ ——生化需氧量每小时速度常数（0.01）

$O_{\text{鱼}}$ ——每吨鱼每小时耗氧量（g/t）

$E_{\text{鱼max}}$ ——增氧机的最大救鱼能力（t/h）

以73—1型叶轮增氧机为例计算：

$$\begin{aligned} E_{\text{鱼max}} &= \frac{4 \times (2600 \times 2 \times 1000 \times 0.01)}{104.2} \\ &= \frac{3460}{104.2} = 33.15 \text{ t/h} \end{aligned}$$

2. 救鱼动力效率：

$$E_{\text{鱼}_{\text{max}}} \cdot KM = \frac{E_{\text{鱼}_{\text{max}}}}{N_{\text{重轴}}} \quad (\text{t/kW} \cdot \text{h}) \quad (6-2)$$

以73—1型叶轮增氧机为例计算

$$E_{\text{鱼}_{\text{max}}} \cdot \text{kW} = \frac{33.15}{5.25} = 6.3 (\text{t/kW} \cdot \text{h})$$

即每输入增氧机1kg,每小时救鱼6.3t,所以目前无锡市河埭一队叶轮增氧机的最大负荷4.4吨,尚未达到安全上限,因此是安全的。

(二) 搅拌水体, 均匀水质

众所周知, 鱼池中的溶解氧有昼夜变化的规律, 大量施肥投饲的高产鱼池更为明显。上层阳光灿烂, 由于浮游生物的光合作用, 中午可达超饱和。下层光合作用则很差劲, 而水底污染物的生化耗氧量又高(最大达4—5g/m²·日), 在2.5m以下溶氧量由于借贷不平衡, 全天保持在氧亏状态, 甚至低于1mg/l, 使水下生物陷入危境, 鱼池的生物区循环就受到了破坏, 鱼是不可能主动栖息在底层那种环境中的。所以, 深水鱼池可以看到上下二个特性不同的鱼池, 一个重叠于另一个之上。在静水鱼池中“深水养大鱼, 一层水一层鱼”的说法, 尚待进一步研究。

为什么一个鱼池溶氧量上下有显著不同。主要是在静水中溶氧的分子扩散是相当缓慢的。例如上层溶氧量超饱和(9.5mg/l, 18°C)下层6cm处呈氧亏(3mg/l), 要扩散12天才能升高1毫克/升。但是, 向大气中扩散到很快。白天上层超饱和的氧到晚上都是被大气“平衡”去了。

叶轮增氧机有良好的搅拌水体均匀水质的作用, 由于提水、甩水、伴流、湍流、旋流、对流的联合作用, 水面呈3级风浪, 波浪起伏, 上下翻腾, 上层的氧可以迅速地扩散到底层, 提高底层溶氧。因为对流迅速, 上层光合作用与增氧机增氧速度, 落后于氧分子在水中的扩散速度, 所以, 上层溶氧可能会降低, 而上下平衡, 将上层超饱和的氧(中午)贮藏在底层, 供以后消耗。

据厦门水产学院无锡教育小组测定河埭一队“外方池”, 面积4.6亩, 水深2.6m, 水体近8000t, 用3kW叶轮增氧机, 中午运转26分钟, 即使上下层溶氧(8.2和0.5mg/l)达到均匀(4.75mg/l)改变了下层鱼池氧亏, 增加了生产的有效水体, 提高了增氧效果, 减少了溶氧向大气中扩散的无用浪费。

这种搅拌特性还带来了, 加速鱼池物质循环等其他好处。它可以搅上池底残饲, 浮泥, 加速有机物分解扩散的无机化过程, 增加了水体中的悬浮物和磷酸盐等营养盐类。搅上的有机碎屑则可直接被鱼所利用, 促使水体新陈代谢, 预防水质恶化。

浮游生物能在静止的水体中生长, 但搅拌水体能使它迅速繁殖, 代谢旺盛, 增加鱼池初级生产力, 因为:

1. 破坏了夺去水中营养的池面菌膜, 抑制了它的生长, 有利于浮游生物的光合作用, 和大气中的氧向水中的扩散。
2. 帮助了浮游生物的垂直运动, 避免了长时间的强光刺激, 造成时明时暗的环境, 促进细胞分裂, 加速繁殖。
3. 由于增加了底层氧量, 使晚上濒于死亡边缘的浮游生物获得了氧气而新生。并重新