

文章编号: 1674 - 5566(2014)05 - 0796 - 05

## 耕水机检测参数研究

王 玮, 韩梦遐

(中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092)

**摘 要:** 为了制定切实可行的耕水机行业标准, 开展了耕水机检测参数的研究。由于养殖池塘水体受温度、气压、光合作用、水体盐度、养殖鱼类等多种因素影响而不断发生变化, 使耕水机质量较难进行定量分析。为研究耕水机的检测参数, 参考“SC/T 6009 增氧机增氧能力试验方法”的标准检测程序, 利用实验室直径为 6.3 m 的标准水池作为试验平台, 试验水温为 20 ℃, 气压为 101.325 kPa, 初始溶解氧浓度为 0 mg/L, 试验用水为清水, 将 3 种耕水机进行对比试验研究。研究结果表明: (1) 净浮力, 绝缘电阻等基本参数用增氧机标准评判仍然可行; (2) 空载噪声, 增氧能力, 动力效率这几个参数变化较大; (3) 宜增加耕水深度参数, 以适合耕水机的评判。

**研究亮点:** 耕水机是一种正在推广的节能型水质改良机械。为了排除养殖池塘水体温度、气压、光合作用、水体盐度、养殖鱼类等不确定因素的影响, 需定量分析耕水机的质量, 我们运用标准的检测程序、标准的检测设施和按标准换算的环境参数, 对耕水机进行性能对比试验研究, 以确定适合评判耕水机的参数和指标。

**关键词:** 耕水机; 检测; 参数; 标准

**中图分类号:** S 969.32

**文献标志码:** A

为了使养殖池塘不同水层之间的水体得到充分的交换, 减小水层之间溶氧量的差异, 改善底层水体溶氧量不足的状况, 除了在夜间固定开启增氧机械增氧外, 白天也需要开机对养殖池塘的水体进行交换调控<sup>[1]</sup>。近年来, 一些新型的水质改良设备被应用到水产养殖中来, 耕水机就是其中的一种新设备<sup>[2]</sup>。它是利用流体力学的原理, 通过耕板的慢速搅动, 将底层水提升至表层, 形成表层水和底层水的循环流动, 从而打破溶解氧和温度的分层, 改善池塘底层的缺氧状态, 提高池塘水体的有效利用率。国内许多专家对耕水机的性能进行了试验研究<sup>[3-7]</sup>, 丁翔文等对耕水机的实际应用进行了研究<sup>[8-15]</sup>, 周野等对耕水机的推广进行了研究<sup>[16-20]</sup>。研究结果显示, 如果单从促进上下水层水体交换的目的出发, 耕水机的节能效果较明显, 具有能耗低的优势<sup>[21]</sup>, 近些年开始在水产养殖业推广使用, 但尚未制定行业标准。

为了制定切实可行的耕水机行业标准, 开展

了耕水机检测参数的研究。由于养殖池塘中水体受温度、气压、光合作用、水体盐度和养殖鱼类等多种环境因素影响会不断发生变化, 使耕水机的性能检测参数较难进行定量分析, 实验重复性较差。耕水机的检测参数如果不在一个标准平台上进行, 影响因素变化太大, 检测数据就很难有可比性, 无法做全面的定量分析和评估。为研究耕水机的检测参数, 参考“SC/T 6009—1999 增氧机增氧能力试验方法”的标准检测程序<sup>[22]</sup>, 利用实验室直径为 6.3 m 的标准水池作为试验平台对耕水机的净浮率, 绝缘电阻, 空载噪声, 增氧能力, 动力效率, 耕水深度, 耕板形式等参数的检测数据进行比较分析。本研究的目的在于探索制定耕水机标准时的检测参数, 为新产品的推广提供有效的检测依据。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 试验机械种类

已在市场上销售的 YGS3 - 90, YGS - 0.08

收稿日期: 2014-03-26 修回日期: 2014-06-05

基金项目: 农产品质量安全监管项目[农财发(2013)91号]

作者简介: 王 玮(1963—), 女, 研究员, 研究方向为水质改良机械及标准化。E-mail: Da\_wangwei@fmiri.ac.cn

和 GS-16001L 耕水机。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 试验仪器

全部经过计量验证并在计量有效期内的主要仪器:溶氧仪(YSI-58);兆欧表(ZC25-3);精密脉冲声级机(HS5660A);空盒气压表(DYM3);电能综合分析测试仪(DZFC-1);温湿度计(M288-CTH);电子计价台秤(TCS-B)。

### 1.2.2 试验条件

利用直径为 6.3 m 的标准水池作为试验平台,水温为 20 ℃(不同水温通过计算,换算到 20 ℃);气压为 101.325 kPa;初始溶氧浓度为 0 mg/L;气温与水温之差不大于 10 ℃;一般试验规定用清水,为了排除试验用水可能受污染的影响,每次试验后应测定试验用水的  $\alpha$ 、 $\beta$  值,对数据进行修正, $\alpha$  用于修正氧质量转移系数, $\beta$  用于修正饱和和溶解氧值。试验用水是自来水,且使用不超过 8 次,经过试验计算, $\alpha$ 、 $\beta$  都接近 1,所以  $\alpha$ 、 $\beta$  修正值为 1。溶氧测点在圆周方向 120° 均布,深度位于水面垂直方向,按水深的 1/4、1/2 和 3/4 均匀分布<sup>[23]</sup>,试验注水深度 1.5 m。

### 1.2.3 耕水机试验步骤

(1)用电子计价台秤等检测耕水机净浮率。(2)用精密脉冲声级机检测耕水机空载噪声。(3)将氯化钴溶解后均匀洒入水体,并开启耕水机搅拌均匀后,再均匀洒入亚硫酸钠溶液,开动耕水机搅拌,待水体溶氧量降至接近零并开始回升时开始记录溶氧值。(氯化钴、亚硫酸钠的用量按标准规定的要求,氯化钴为 2 g/m<sup>3</sup>,亚硫酸钠为 100 g/m<sup>3</sup>)。(4)增氧性能试验时,按规定间隔时间记录水体的溶氧量和温度,并同步记录输入功率、电流、电压,直到溶氧量接近该水温溶氧饱和值的 75%~80% 时,停止试验。(5)耕水深度试验时,按规定间隔时间记录三个不同深度水体的溶氧值。

## 1.3 数据处理

测试的参数有净浮力、绝缘电阻、空载噪声、耕水深度、增氧能力和动力效率,增氧能力和动力效率需要根据所测的值进行处理,其他参数直接用测量值。

### 1.3.1 增氧能力

为消除试验时水温不同对溶氧值检测数据

的影响,将任意水温下的氧质量转移系数  $K_{La}(T)$  换算到 20 ℃ 时氧质量转移系数  $K_{La}(20)$ 。

#### (1) 氧质量转移系数

任意水温下的氧质量转移系数  $K_{La}(T)$  为

$$K_{La}(T) = \frac{\ln \frac{C_s - C_1}{C_s - C_2}}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

式中: $K_{La}(T)$  为任意水温下的氧质量转移系数 ( $\text{h}^{-1}$ ); $C_1$ 、 $C_2$  为  $t_1$ 、 $t_2$  时的溶解氧值 ( $\text{mg/L}$ ); $t_1$ 、 $t_2$  为  $C_1$ 、 $C_2$  时的读数时刻 ( $\text{min}$ ); $C_s$  为水温为 20 ℃ 时的饱和溶氧值 ( $\text{mg/L}$ );标准推荐为 9.17  $\text{mg/L}$ ;  $T$  为试验时水温 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

则水温为 20 ℃ 时试验用水的氧质量转移系数  $K_{La}(20)$  为

$$K_{La}(20) = \frac{K_{La}(T)}{1.024^{(T-20)}} \quad (2)$$

#### (2) 增氧能力 $Q_s$

$$Q_s = K_{La}(20) \times V \times C_s \times 10^{-3} \quad (3)$$

式中: $V$  为试验用水的体积 ( $\text{m}^3$ )。

计算步骤为根据测得的各组溶解氧值,计算每个取样点每一个时刻的亏氧 ( $C_s - C_t$ ) 值;按公式(1)计算  $K_{La}(T)$ ,按公式(2)计算  $K_{La}(20)$ ;按公式(3)计算每个取样点的  $Q_s$ ,然后取各个取样点的  $Q_s$  值的平均值作为该次试验  $Q_s$  值的结果值;将二次试验的  $Q_s$  结果再取平均值作为整个试验的  $Q_s$  结论值。

### 1.3.2 动力效率

计算公式动力效率  $E_s$  按式(4)计算:

$$E_s = \frac{Q_s}{N} \quad (4)$$

式中: $N$  为实测输入功率。

将两次试验的  $E_s$  结果值再取平均值,作为整个试验的  $E_s$  结论值。

## 2 结果与分析

### 2.1 耕水机净浮率和绝缘电阻

耕水机净浮率和绝缘电阻是用于检测耕水机安全的两个参数,叶轮增氧机和水车式增氧机两项标准规定,净浮力应大于 1.25,绝缘电阻应大于 1 M $\Omega$ <sup>[24-25]</sup>,由表 1 可见,耕水机的检测值都在标准范围内,增氧机的检测标准可以适用。

表 1 净浮率和绝缘电阻

Tab. 1 Net buoyancy rate and insulation resistivity

型号	净浮率 /%	绝缘电阻/M $\Omega$
YGS-0.08	2.34	100
YGS3-90	2.12	300
GS-16001L	2.74	200

## 2.2 耕水机空载噪声

耕水机空载噪声参数的检测是为了评价耕水机的机械性能。常用的叶轮增氧机标准规定电动机额定功率小于 1.1 kW 的空载噪声应小于等于 95 dB(A), 额定功率大于 1.1 kW 的空载噪声应小于等于 100 dB(A)。标准规定水车式增氧机电动机额定功率 0.75 kW 的空载噪声应小于等于 78 dB(A), 1.1 kW 的空载噪声应小于等于 80 dB(A), 1.5 kW 的空载噪声应小于等于 80 dB(A)。由表 2 可见与增氧机相比耕水机额定功率较小, 转速较小, 根据国家渔机检测中心多年的检测数据和多家耕水机生产企业的企业标准规定的参数, 空载噪声宜小于 75 dB(A)。

表 2 耕水机空载噪声表

Tab. 2 No-load noise of biofan

型号	电动机额定功率/kW	空载噪声/dB(A)
YGS-0.08	0.06	64.8
YGS3-90	0.09	62.0
GS-16001L	0.12	74.5

## 2.3 增氧能力

叶轮增氧机标准规定应大于 1.2 kg/h, 水车式增氧机标准规定应大于 1.1 kg/h。由表 3 可以观察到耕水机增氧能力较低, 根据国家渔机检测中心多年的检测数据和多家耕水机生产企业的企业标准规定的参数, 合格评价指标为 0.05 kg/h。

表 3 耕水机的增氧能力

Tab. 3 The summary table of biofan oxygen transfer capacity

型号	电动机额定功率/kW	增氧能力/(kg/h)
YGS-0.08	0.06	0.076
YGS3-90	0.09	0.050
GS-16001L	0.12	0.060

## 2.4 动力效率

叶轮增氧机标准规定应大于 1.4 kg/(kW·h),

水车式增氧机标准规定应大于 1.25 kg/(kW·h)。由表 4 可知耕水机动力效率较低, 根据国家渔机检测中心多年的检测数据和多家耕水机生产企业的企业标准规定的参数, 合格评价指标为 0.5 kg/(kW·h)。

表 4 耕水机动力效率表

Tab. 4 The power efficiency of biofan

型号	电动机额定功率 /kW	动力效率 /[kg/(kW·h)]
YGS-0.08	0.06	0.76
YGS3-90	0.09	0.57
GS-16001L	0.12	0.53

## 2.5 耕水深度

受现有标准水池限制, 用直径 6.3 m 标准水池检测耕水机时, 水体注水深度一般增加为 1.5 m, 最深一个溶氧测点深度为 1.125 m, 从表 5 不同深度溶解氧值记录表数据可知, 三个溶氧测点的数据随着耕水机耕水时间增加而变化, 差异较小, 说明耕水深度最小达到 1.125 m。这个溶氧测点测出的溶氧值因为耕水机的作用而变化, 用以标定耕水机的有效作用深度, 这项指标值现暂时用于合格判定, 待适合耕水机检测的标准水池建成后再做标定。

表 5 不同深度溶解氧值记录表

Tab. 5 Dissolved oxygen log sheet at different water depth

记录时间 (h:m:s)	1/4 水深处 溶氧值 / (mg/L)	1/2 水深处 溶氧值 / (mg/L)	3/4 水深处 溶氧值 / (mg/L)
00:00:00	0	0	0
00:12:00	1.260	1.250	1.260
00:40:00	2.130	2.110	2.120
01:22:00	3.320	3.300	3.290
01:50:00	4.010	3.990	3.980
02:18:00	4.640	4.620	4.600
02:46:00	5.210	5.190	5.170
03:14:00	5.740	5.720	5.690

## 2.6 耕板尺寸

三种耕水机, 耕板尺寸, 形状和安装方式都不同, 但达到的耕水深度基本一致, 增氧能力和动力效率变化也不大, 不作评价参数。

## 2.7 增氧机标准适用性

按 SC/T 6009—1999 增氧机增氧能力试验方法, 直径 6.3 m 的标准水池注水深度为 1.02 m。

为了检测耕水机的耕水深度,宜增加注水深度到 1.5 m。净浮力,绝缘电阻,接地标志,运转平稳性等要求基本可以沿用于耕水机标准。增氧机标准中空载噪声、增氧能力、动力效率三项参数指标对耕水机的评判不适用。宜增加耕水深度参数,以适合耕水机的评判。

### 3 讨论

#### 3.1 耕水深度

耕水机是借用耕田机的概念,利用叶轮带动水体,以促进水体上下流动<sup>[26]</sup>,耕水机的耕水量一般在 900 t/h,耕水深度(1~2)m<sup>[27]</sup>,按 SC/T 6009—1999 增氧机增氧能力试验方法,直径 6.3 m 的标准水池注水深度为 1.02 m;直径 8.0 m 的标准水池注水深度为 1.26 m;直径 10.0 m 的标准水池注水深度为 1.57 m。由于耕水机增氧效果很差,如将其放入直径 8.0 m 或 10.0 m 的标准水池,溶氧测点测出的溶氧值因为耕水机的作用变化很小,难以用来标定耕水机的耕水深度。现用直径 6.3 m 标准水池水体注水深度为 1.5 m,最深一个溶氧测点深度为 1.125 m,这个溶氧测点测出的溶氧值因为耕水机的作用而变化,用以标定耕水机的耕水深度,并不能反映耕水机的实际耕水深度。新标准制定时,应该兼顾耕水机增氧能力低,又有耕水深度要求的特点,如何确定检测耕水机的标准水池尺寸值得研究。而且在实际使用中,池塘形状,面积,养殖种类,养殖密度都会影响耕水机的耕水深度,如何精确测定耕水机的耕水深度值得进一步探讨。

#### 3.2 水质改良效果

耕水机使上层过饱和溶解氧水体和底层的亏氧水体不断进行交换、混合,提高整个水体的溶氧,进而分解养殖水体中的亚硝酸盐、有机沉淀物等有害物质,形成良性循环。按照 SC/T 6009—1999 增氧机增氧能力试验方法,试验用水体是不受污染的清水,所以不考虑各种环境因素对检测值的影响,从而保障检测数据的可重复性。而实际耕水机使用时池塘藻类光合作用及其他环境因素对各项指标影响很大。现有的试验方法没有考虑实际养殖水体中盐度、NH<sub>4</sub>、BOD、COD、SO<sub>2</sub> 浓度变化对溶氧传递的影响,没有定量分析耕水机对亚硝酸盐、有机沉淀物等有害物质的分解作用。如何全面评判耕水机的水

质改良效果值得探讨。

### 4 结论

作为耕水机标准的参数研究,利用标准化的检测手段,参照增氧机的检测标准对净浮力、绝缘电阻、空载噪声、增氧能力、动力效率进行试验研究,试验中还增加了耕板尺寸和耕水深度两个参数。试验结果是:净浮力,绝缘电阻等基本参数用增氧机标准评判仍然可行;空载噪声、增氧能力、动力效率这几个参数变化较大,需重新确定;耕板尺寸对耕水效果影响不大,不作评价参数;宜增加耕水深度参数,以适合耕水机的评判。

#### 参考文献:

- [1] 薛志成. 池塘增氧机的适时使用方法[J]. 现代农业装备, 2009(5):67-68.
- [2] 张树阁. 新型水产养殖机械——耕水机[J]. 农业科技推广, 2008(4):37-38.
- [3] 顾海涛,何康宁,何雅萍. 耕水机的性能及应用效果研究[J]. 渔业现代化, 2010,38(4):40-41.
- [4] 张月平,朱海松. 增氧机与耕水机结合技术研究[J]. 产业与科技论坛, 2013(3):88-89.
- [5] 药林桃,叶厚专,古新序. 耕水机池塘养殖生态效益研究[J]. 南方农机, 2011(5):33-35.
- [6] 张东华,赵莹. 耕水机的独特优势——低能耗低噪音[J]. 海洋与渔业, 2008(8):53-54.
- [7] 曾筱鸿. 耕水机使用性能研究及试验结果分析[J]. 海洋与渔业, 2008(12):54-55.
- [8] 包海岩,张振奎,臧莉,等. 几种不同增氧设施在南美白对虾养殖池的增氧试验[J]. 中国水产, 2009(2):61-62.
- [9] 廖毅强,杨夏. 耕水机在水产养殖业中的作用[J]. 广西农业机械化, 2012(1):26.
- [10] 程儒仿,李丹萍. 耕水机在罗非鱼精养池塘的应用效果分析[J]. 淡水渔业, 2011,41(5):68-73.
- [11] 齐秀英,刘红波,裴晓峰. 耕水机在水产养殖中的应用[J]. 农业科技与装备, 2011(1):38-40.
- [12] 丁翔文,张树阁,孙新超,等. 应用耕水机养殖南美白对虾试验[J]. 农业工程学报, 2010(8):130-135.
- [13] 柴继芳,俞爱萍. 耕水机在南美白对虾养殖中的应用[J]. 现代农业科技, 2010(10):227-228.
- [14] 李贵东,刘洪青. 耕水机在淡水高密度池中的使用效果[J]. 河北渔业, 2010(4):60.
- [15] 吴泊君. 耕水机在池塘养殖中的应用研究[J]. 水产养殖, 2010(3):9-11.
- [16] 周野. 浅谈耕水机的试验与推广[J]. 农业与技术, 2013, 33(8):35.
- [17] 梁欣锐. 浅谈耕水机技术试验与推广[J]. 广西农业机械化, 2011(2):31,39.
- [18] 王东波,陈书安. 临海水产养殖引进自动耕水机械[J]. 农

- 业装备技术,2010(5):12.
- [19] 武小燕. 安徽省耕水机示范推广项目实施效果及经验[J]. 现代农业科技, 2010(15):281-282.
- [20] 陈新源. 耕水机在池塘深水密殖中的广阔前景[J]. 海洋与渔业,2009(4):55-56.
- [21] 顾兆俊,刘兴国,吴娟,等. 养殖池塘水体溶解氧调控效果研究[J]. 水产科技情报,2009,36(6):297-299.
- [22] 王玮,陆庆刚,顾海涛,等. 微孔曝气增氧机试验研究[J]. 水产学报,2010,34(1):97-100.
- [23] 余立新,胡伯成,唐锡良,等. SC/T 6009—1999 增氧机增氧能力试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,1999.
- [24] 余立新,谷坚,陈宁,等. SC/T 6017—1999 水车式增氧机[S]. 北京:中国标准出版社,1999.
- [25] 谷坚,刘晃. SC/T 6010—2001 叶轮式增氧机技术条件[S]. 北京:中国标准出版社,2001.
- [26] 王玮,陈军,刘晃,等. 中国水产养殖水体净化技术的发展概况[J]. 上海海洋大学学报,2010,19(1):41-49.
- [27] AQUATECH JAPAN INC. 日本 Aquatech 公司鳗鱼养殖(水质调查结果)比较实例[EB/OL]. www.aquatech-japan.com/tippledta.pdf.

## Research on the testing parameters of biofan

WANG Wei, HAN Meng-xia

(The National Supervision and Testing Center of Fishery Machinery and Instrument, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** We carried out the research of the testing parameters of biofan in order to formulate the practical and feasible industry standard for it. It is difficult to quantitatively analyze the performance of biofan, because the water in culture pond constantly changes with various factors such as water temperature, air pressure, photosynthesis, water salinity and farmed species, etc. To study the testing parameters of biofan, we utilized the 6.3m diameter laboratory standard tank as a testing platform, and conducted the experiments at 20 °C water temperature, 101.325 kPa air pressure, and 0 mg/L initial concentration of dissolved oxygen, by reference to the standard testing procedures described in the “SC/T 6009 Test methods of oxygen-enriched capacity for aerator”. The comparative experiment was done for three types of biofan in clean water. The experiment results show that it is still feasible to judge the basic parameters such as net buoyancy rate and insulation resistivity by using the criteria of aerator; and the other parameters such as no-load noise, oxygen transfer capacity and power efficiency changed greatly; the parameter of the action depth of biofan should be added to be adapted to the qualification testing of biofan.

**Key words:** biofan; testing; parameter; standard