

# 不同养殖水体溶解氧与环境因子关系的比较<sup>\*</sup>

郑盛华, 王 宪, 邱海源

(厦门大学海洋与环境学院, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 根据 2003 年 7 月到 2004 年 6 月间对厦门铁道公司东山牙鲆工厂化养殖车间和同安湾网箱养殖区养殖水体水环境监测的资料分析整理而得。研究结果表明: 东山牙鲆养殖车间的  $DO$ 、 $NH_4-N$ 、 $NO_2-N$  均达到了二类渔业水质标准, 但  $COD$  偏高, 超出四类渔业水质标准。在工厂化养殖中, 由于受人为的影响,  $DO$  与其他环境因子不存在线性关系。而在同安湾,  $NH_4-N$ 、 $NO_2-N$ 、 $DO$  和  $COD$  均达到了二类渔业水质标准, 同时  $DO$  与  $COD$ 、 $DO$  与  $NH_4-N$  之间都存在较好线性关系。

**关键词:**  $DO$ ; 环境因子; 养殖水体

中图分类号: X17 P734 S967.3 文献标识码: A 文章编号: 1007-6336(2007)01-0049-04

## Relation between dissolved oxygen and environmental factors in different farming waters

ZHENG Sheng-hua WANG Xian QIU Hai-yuan

(College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract** The chemical characteristics in different farming waters were determined from Jul. 2003 to Jun. 2004. The contents of  $DO$ ,  $NH_4-N$  and  $NO_2-N$  are coincided with the second class fishery water quality standard in Dongshan *Paralichthys olivaceus* farming workshop, but  $COD$  is beyond the fourth class fishery water quality standard. Owing to the anthropic factor in the industrial *Paralichthys olivaceus* farming,  $DO$  isn't linear with other environmental factors. The contents of  $DO$ ,  $COD$ ,  $NH_4-N$  and  $NO_2-N$  are coincided with the second class fishery water quality standard in Tong'an Bay, and  $DO$  is linear with other environmental factors well.

**Key words** dissolved oxygen; environmental factor; farming water

海水养殖中主要是由于有机物积累而导致养殖环境的恶化<sup>[1]</sup>, 如残饵、某些化学药物的积累、放养密度不合理, 以及排泄物超过环境的承受力导致养殖水体自身污染等。网箱养殖是一种精养或半精养的养殖模式, 其养殖活动不仅改变了养殖水体原来的生态结构, 而且长期不断积累的有机污染物以及残留的药物还会影响整个水体, 导致环境容量下降、水质恶化, 最终影响水产养殖的自身发展。研究表明, 网箱养殖对水环境的影响中, 测定出未食的饵料对水环境的影响很大<sup>[2-3]</sup>。由于网箱内鱼类的呼吸耗氧和网箱养殖所排出的废物中有机物质的分解耗氧, 使网箱区的  $DO$  含量降低。几乎所有的研究结果都表明, 网箱区的总悬浮物、总 P、总 N、总 C、BOD、COD 一般均高

于对照区,  $pH$  略低于非养殖区, 盐度和水温则无明显变化, 透明度和  $DO$  明显低于非养殖区<sup>[4-6]</sup>。同安湾是一个半封闭型港湾, 是厦门的主要水产生产基地, 其网箱主要的养殖品种为石斑鱼、真鲷等。由于水产养殖的过度发展, 同安湾的生态环境、养殖牡蛎的质量和水质状况都有不同程度的下降<sup>[7]</sup>。正由于上述原因, 近年来厦门正逐步将网箱养殖迁往东部海域。而工厂化养殖则是一种特定复杂的生态系, 其进水、增氧、饵料投喂的目的是最大限度地满足养殖对象的养殖条件。由于饵料投喂和养殖对象的代谢, 养殖池内水体的  $NH_4-N$  和 BOD 增加,  $DO$  降低, 不利于养殖对象的生长。换水不仅可以将养殖对象的排泄物和残饵排出养殖池, 而且可以向池水中补充  $DO$  供气不

\* 收稿日期: 2005-07-14 修订日期: 2005-09-22

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目 (FD2003301)

作者简介: 郑盛华 (1980-), 男, 福建沙县人, 博士研究生, 从事海洋环境化学、海洋有机化学研究, E-mail: amohu@126.com

仅可以补充鱼的耗氧,而且向好氧微生物提供降解排泄物和残饵所需的氧源<sup>[8-9]</sup>。厦门铁道公司东山牙鲆养殖基地位于福建省东山县,是福建省内大型的工厂化海水养殖厂,养殖品种以牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)为主,另外还有东风螺、石斑鱼、鲍鱼等的养殖。本研究针对上述的两种不同养殖环境(工厂化养殖和近海网箱养殖)的水环境进行探讨,并对各自的水质特点进行比较和分析,拟为科学的进行水产养殖提供依据。

## 1 调查研究方法

本实验于 2003 年 7 月到 2004 年 6 月分别对厦门铁道公司东山牙鲆养殖车间的若干个养殖池和同安湾网箱养殖区水体环境进行监测。其间,共采样 4 次,采集网箱养殖区(见图 1)表层水,养

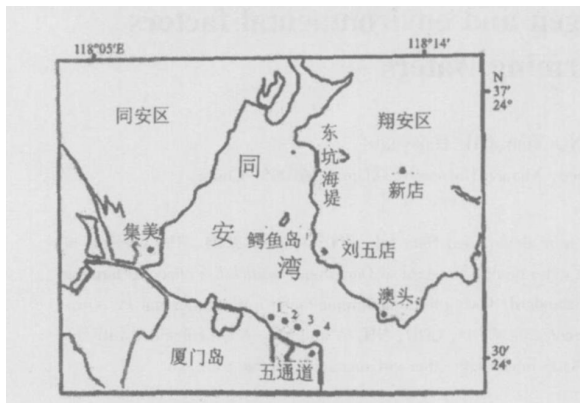


图 1 同安湾采样站位

Fig. 1 Area of survey and sampling stations

殖池进水和出水,主要测定项目有 DO、温度、COD、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、浊度和 pH。其中 COD 采用 COD 测定仪,浊度的测定是采用浊度仪, pH 采用 pH-S-3C 精密酸度计。其他要素的测定方法均来自《海洋监测规范》<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 水质分析结果

表 1 是厦门铁道公司东山牙鲆养殖车间水质监测结果。从表 1 可以看出,东山牙鲆养殖车间进水 DO 的平均值为 6.73 mg/L,波动范围从 6.4 ~ 7.0 mg/L,高于 5 mg/L 的鱼类养殖标准。而出水的 DO 平均值为 4.39 mg/L,波动范围在 3.5 ~ 5.1 mg/L 之间。进水与出水的平均值相差 2.34 mg/L,这是由于工厂化养殖中为了尽可能利用空间,养殖密度大大高于正常养殖对象水平,养殖对象大量消耗  $\text{O}_2$  的原因。另外,由于养殖过程中大量投饵,虽然养殖池可以通过频繁换水来降低水中的 COD,但是饵料的残渣仍有一部分被遗留下来。牙鲆养殖车间进水 COD 的平均值为 7.97 mg/L(波动范围为 6.3 ~ 10.6 mg/L),出水 COD 平均值为 8.69 mg/L(波动范围为 7.0 ~ 10.7 mg/L),按渔业水质标准进行分析,均属于过营养区域(3 ~ 10 mg/L),表明养殖水体中有机物含量较高。在东山牙鲆养殖车间  $\text{NH}_4\text{-N}$  与  $\text{NO}_2\text{-N}$  含量均比较低,其中进水  $\text{NO}_2\text{-N}$  为 0.0027 mg/L,  $\text{NH}_4\text{-N}$  为 0.0206 mg/L,出水的  $\text{NO}_2\text{-N}$  含量是 0.0064 mg/L。

表 1 厦门铁道公司东山牙鲆养殖车间水质监测结果

Tab. 1 Water quality survey in Dongshan *P. olivaceus* farming workshop of Xiamen Railroad Company

项 目	$t/^\circ\text{C}$	$c/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$				pH	
		DO	COD	$\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$		
1	进水	26.0	6.65	7.73	-	0.0123	7.98
	出水		4.39	7.98	0.0112	0.0340	7.80
2	进水	27.1	6.71	8.58	0.0022	0.0589	8.01
	出水	4.20	8.17	0.0066	0.0402	7.85	
3	进水	27.9	6.46	6.35	0.0030	0.0077	8.00
	出水	3.51	8.85	0.0063	0.0358	7.80	
4	进水	27.1	6.66	7.47	0.0052	0.0140	7.98
	出水	4.63	9.38	0.0079	0.0357	7.80	
5	进水	27.4	6.981	0.51	0.0017	0.0102	8.01
	出水	4.571	0.70	0.0014	0.0464	7.85	
6	进水	26.8	6.92	7.18	0.0016	-	8.04
	出水		5.04	7.03	0.0052	0.0464	7.82
平均	进水		6.73	7.97	0.0027	0.0206	8.00
	出水		4.39	8.69	0.0064	0.0398	7.82

表 2 同安湾网箱养殖区监测结果

Tab 2 Water quality survey of farming area in Tong an Bay

项目	pH	t/°C	c/mg·L <sup>-1</sup>				
			DO	COD	NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	叶绿素 a
1	8.18	18	8.75	1.08	0.02	0.067	
2	8.01	18.5	9.08	0.6	0.018	0.068	0.091
3	7.78	17	6.62	1.51	0.02	0.079	0.178
4	8.39	25	8.2	0.45	0.019	0.077	0.14
平均	8.09		8.16	0.91	0.019	0.0728	0.136

NH<sub>4</sub>-N 为 0.039 8 mg/L, 进出水 NO<sub>2</sub>-N 和 NH<sub>4</sub>-N 的比值约为 1:2 说明养殖水体中氧化还原水平仍然比较稳定, 大部分水质指标都属于二类水质。

由表 2 的结果可见, 同安湾 DO 含量的平均值为 8.16 mg/L, COD 的平均值为 0.91 mg/L, 波动范围在 0.45~1.51 mg/L 之间, 表明养殖水体中有机物含量较低。NO<sub>2</sub>-N 和 NH<sub>4</sub>-N 含量均比东山牙鲆养殖车间高, 其中 NO<sub>2</sub>-N 平均值在 0.019 mg/L, 波动范围为 0.018~0.020 mg/L; NH<sub>4</sub>-N 平均值 0.072 8 mg/L, 波动范围在 0.067~0.079 mg/L。可见同安湾的 DO 含量与东山牙鲆养殖车间进水差不多, 却远高于东山牙鲆车间出水, 而 COD 值大大低于东山进出水的 COD 值。因此, 同安湾的养殖水体比东山牙鲆养殖车间更不容易恶化。但是同安湾的 NH<sub>4</sub>-N 跟 NO<sub>2</sub>-N 均达到东山牙鲆养殖车间进出水的 2-3 倍。由于同安湾水体中微生物的作用, 使得水体中的有机物大量被分解, 产生的 NH<sub>4</sub>-N 与 NO<sub>2</sub>-N 也随之增多, 因此同安湾的 COD 水平也远远低于东山牙鲆养殖车间的进出水。在同安湾, pH 均值在 8.09, 高于东山工厂化养殖的进出水, 而且波动范围较大 (7.78~8.18)。这是因为同安湾水体中含有大量的浮游植物 (叶绿素 a 均值为 0.136 mg/L)。浮游植物的光合作用对养殖水体中的碳酸盐体系产生影响<sup>[11]</sup>, 而在东山牙鲆车间, 由于进水沙滤过程影响, 以及频繁的换水, 浮游植物数量较少。因此白天同安湾 pH 较东山牙鲆车间进出水高, 而且波动范围大。

### 2.2 COD 与 DO 的关系

从图 2 可以看出, 东山牙鲆养殖车间进水 DO 与 COD 之间相关系数 R<sup>2</sup> 为 0.489, 出水 DO 与 COD 之间相关系数 R<sup>2</sup> 为 0.033, 相关性不明显。而根据蒋礼<sup>[11]</sup> 的研究, “水呼吸”耗氧速率与 COD 呈近似的直线关系, 在养殖池中, “水呼吸”耗氧是 DO 消耗的主要方面, 其耗氧量大致可占

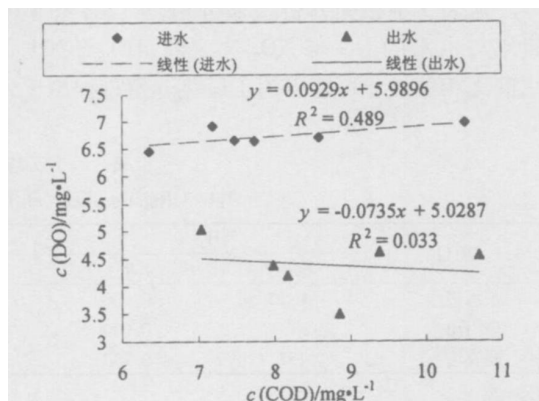


图 2 东山进水、出水 COD 与 DO 的关系

Fig 2 Relation between COD and DO in Dongshan in fall and outside water

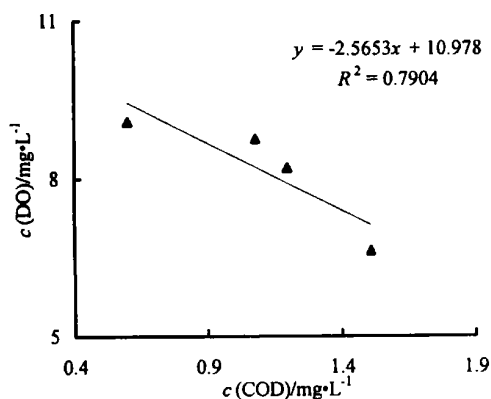


图 3 同安湾 COD 与 DO 的关系

Fig 3 Relation between COD and DO in Tong'an Bay

池塘总耗氧量的 70% 以上<sup>[1~5, 13]</sup>。因此 COD 与 DO 之间应该存在负相关。这是由于工厂化养殖中, 为了提高经济效益, 尽可能提高养殖密度, 必须通过人为方式 (如曝气、吸污或者投放化学试剂等) 改变养殖池的水环境。因此养殖池的 DO 水平很大程度上受到人为行动影响。

从图 3 中可以看出, 同安湾网箱养殖区水体 DO 与 COD 之间存在着负相关, 相关系数 R<sup>2</sup> 为 0.7904, 因为同安湾自然水环境中, 水环境的自

净过程起重要作用。有机物进入同安湾后,除了部分通过潮汐输送到外海,其他残留在湾内,通过微生物的降解作用,最终分解成无机的 N、P 等,由于湾内 DO 水平还比较高,有机物的分解消耗了部分的 DO,因此 DO 与 COD 之间呈现出上述的线性关系。

### 2.3 DO 与 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 的关系

从表 3 中相关分析结果可知,东山牙鲆车间进水与出水的 DO 与  $\text{NO}_2\text{-N}$  之间,DO 与  $\text{NH}_4\text{-N}$  之间无相关性。可能因为工厂化养殖过程由于人

为活动(换水、吸污、充气等)的结果。而同安湾网箱养殖区水体的  $\text{NH}_4\text{-N}$  与 DO 之间存在负相关,相关系数  $R^2$  为 0.737,而  $\text{NO}_2\text{-N}$  与 DO 之间则没有相关性。调查期间,同安湾的叶绿素 a 的含量为 0.136mg/L,按照水质状况评价标准属于富营养域。而藻类光合作用优先利用的氮营养盐为  $\text{NH}_4\text{-N}$ <sup>[14]</sup>。因此同安湾  $\text{NH}_4\text{-N}$  与 DO 的相关性可能是由于养殖水体中的藻类的繁殖消耗了水体中的  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,同时释放出  $\text{O}_2$ 。

表 3 DO 与其他环境因子的关系

Tab 3 Relation between DO and other environmental factors

项目	$\text{NH}_4\text{-N}$		$\text{NO}_2\text{-N}$		$t$	
	相关性	$R^2$	相关性	$R^2$	相关性	$R^2$
东山进水	0.67	0.006	-33.13	0.090	-0.055	0.033
东山出水	28.37	0.099	-6.49	0.003	-0.083	0.017
同安湾	-152.7	0.737	-680.9	0.357	0.057	0.036

## 3 结 论

东山牙鲆养殖车间的 DO、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$  等均达到了二类渔业水质的标准,而 COD 超出四类水质标准。由于工厂化养殖是一个复杂的生态系统,各环境因子与 DO 之间不存在线性关系。而同安湾是一个相对独立的自然水环境,人为活动带入的有机物通过水体的自净作用在各个环境因子之间达到平衡。因此,同安湾的 COD 较低, $\text{NH}_4\text{-N}$  和  $\text{NO}_2\text{-N}$  值相对较高,但符合二类渔业水质标准。同时 DO 与 COD,DO 与  $\text{NH}_4\text{-N}$  之间都存在较好的线性关系。

### 参考文献:

[1] 罗琳,舒廷飞,温琰茂.水产养殖对近海生态环境的影响[J].水产科学,2002,21(3):28-30.  
 [2] 林永泰,张庆,杨汉运,等.黑龙滩水库网箱养鱼对水环境的影响[J].水利渔业,1995(6):6-10.  
 [3] 贾后磊,温琰茂,谢健.哑铃湾网箱养殖自身污染状况[J].海洋环境科学,2005,24(2):5-7.

[4] CORNEL G E, WHORISKEY F G. The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage, Quebec [J]. Aquaculture, 1993, 109: 101-127.  
 [5] 刘顺科,蒋卫民,田晓丰,等.水磨滩水库网箱养鲤水质恶化的原因及对策[J].水利渔业,1991(6):37-40.  
 [6] 陈德春.投饵式网箱养鱼对水质的影响及保护措施[J].水利渔业,1993(2):23-26.  
 [7] 郑爱榕,蔡明红,张珞平,等.厦门同安湾水质状况评价[J].海洋环境科学,2000,19(2):46-49.  
 [8] 梁翻鹏.工厂化养鱼供水量和供气量的确定[J].海洋水产研究,2002,23(2):71-78.  
 [9] 张起信.牙鲆工厂化养殖中水交换问题[J].海洋科学,1997(2):12-13.  
 [10] GB 17378.4-1998 海洋监测规范[S].  
 [11] 姚宏禄.综合养鱼高产池塘的溶氧变化周期[J].水生生物学报,1988,12(3):199-211.  
 [12] 蒋礼.养鱼池“水呼吸”耗氧速率的研究[J].西南民族学院学报(自然科学版),1997,23(2):151-155.  
 [13] 臧维玲,戴习林,朱正国,等.中国对虾池溶解氧的收支平衡状态[J].海洋学报,1995,17(4):137-141.  
 [14] 师吉华.养殖水体适宜理化因子分析[J].辽宁工学院学报,2003,23(4):39-41.