

文章编号: 1004-7271(2007)01-0040-08

浙江沿海深水网箱养殖模式的研究

陈志海¹, 苗振清¹, 郭远明²

(1. 浙江海洋学院渔业学院, 浙江 舟山 316004;
2. 浙江省海洋水产研究所, 浙江 舟山 316100)

摘要:针对浙江沿海海域自然条件、深水网箱类型特点,提出深水网箱养殖模式设计的基本原则,描述模式诸模块的构成与设计,包括养殖区域、网箱类型、养殖场规模、网箱敷设密度、敷设方式的确定,养殖区布局、鱼类养成技术和环境监控等。同时,以秀山岛青山海区网箱养殖模式为实例进行试验,结果表明:该海域实施的养殖模式,网箱能适用最大潮流2.8节,且具足够的抗风浪能力;养殖的鱼类生长快,病害少,成活率达95%;养殖对海域环境的影响不明显,网箱养殖区的化学指标与未养殖的对照点比较:pH高0.04,溶解氧相差0.18 mg/L, COD、BOD分别变化0.02 mg/L和0.06 mg/L,各种营养盐略有增减,幅度为-0.034~+0.017 mg/L。因此,深水网箱养殖,只要采用合理的养殖模式,既可获得良好的养殖效益,又能有效地控制或避免海洋环境的污染。

关键词:深水网箱;养殖模式;污染预防;浙江沿海
中图分类号:S 954.1 文献标识码:A

Study on the deep sea-cage culture patterns in Zhejiang coastal waters

CHEN Zhi-hai¹, MIAO Zhen-qing¹, GUO Yuan-ming²

(1. Fisheries College, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China;
2. Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, China)

Abstract: In regard to the natural conditions along Zhejiang coastal waters, the type and structure of sea-cage, the basic designing principles were proposed. In addition, its modular structure and design were discussed, which included area selection, cage type and array, farm scale, distribution density, arrangement of culture field, fish culture technology and environmental monitoring. Furthermore, making the culture practice at Qingshan zone of Xiushan island as an example, the experiment was carried on. The results indicated: the net cage that was used in this culture structure at this coastal area was adequate for the 2.8kts maximal tidal current, with the enough ability of anti-wave property. The fish in this net cage grew fast, with little illness. The survival rate of fish can reach 95%. The influence on the cultured environment was unobvious. The chemistry index in the net cage culture area such as pH, D. O., COD and BOD varied 0.04, 0.18mg/L, 0.02mg/L and 0.06mg/L accordingly, compared with the control point of the uncultured area at the same time. Some kinds of nutrient salts in sea water were increasing, some were decreasing. The average amplitude is -

收稿日期: 2006-03-14

基金项目: 教育部重点科技项目(02060)

作者简介: 陈志海(1960-),男,浙江舟山人,高级工程师,主要从事网箱技术方面的研究。Tel: 0580-2556391, E-mail: chen_zh@zjou.net.cn

0.034 to +0.017mg/L. Therefore, as far as cage culture is concerned, only by rational culture model design and its implementation, nice results can be obtained such as high landing, high effectiveness and less pollution.

Key words: deep sea-cage; culture pattern; pollution prevention; Zhejiang costal waters

1998 年来,我国在引进和吸收日本、挪威等国抗风浪网箱技术基础上,先后开发了浮绳式网箱、重力式 HDPE 圆柱形网箱和碟形网箱等多种深水网箱系统^[1-6],并推广应用,特别在浙江省获得了迅速发展,全省现有各类深水网箱 1 800 余只。

国内在深水网箱的结构、水动力特性及鱼类养殖等方面的研究已不少^[1-15],但关于养殖模式的研究未见文献报道。就深水网箱而言,抗风浪性能比传统网箱大大提高,但也有一定的限度;深水网箱在鱼类的适养性,养殖可操作性等方面有其自身特点;另外,在养殖过程中也存在着污染海洋环境的可能性。因此,需要根据养殖海域环境条件,因地制宜设计养殖模式,选择网箱类型,规范养殖行为,使深水网箱养殖业向高产、安全、环保方向发展。

1 浙江沿海海域自然条件

1.1 地理环境

浙江沿海南起 27°N,北至 31°N,浅海水域辽阔,仅 10~20 m 等深线浅海海域达 12 000 km²。沿海岛屿众多,3 053 个大小岛屿大多分布于 20 m 等深线以内,构成一道避风挡浪的天然屏障,为深水网箱养殖提供有利条件。

1.2 气候特征

浙江沿海属亚热带和温带过度性海岸生态环境。沿岸多年平均气温 15.9~17.7℃。夏、秋季盛行东南风,冬季受西北气流控制。平均每年有冷空气 12 次,最大风力 10 级,热带气旋及台风是沿海最严重的灾害性天气,平均每年 6 次,以 7~9 月影响严重,最大风力 12 级以上。

1.3 海况特点

浙江沿海岸海水温度主要受气温和沿岸水系影响,水温 2 月份最低,为 8~10℃,8 月份最高,为 25~29℃。盐度 18~31。潮差较大,一般在 1.9~4.2 m 之间。潮流以往复流为主,偏急,有相当多区域在 2 节以上。波浪,平均波高 0.7~1.3 m,台风影响时高的超过 10 m。

2 深水网箱类型特点

2.1 重力式 HDPE 圆柱形网箱

该类网箱为浮式网箱,由 HDPE 圆形框架和圆柱形箱体等构成。规格以周长 40 m、48 m,深 6 m、8 m 为多。网箱抗风力 12 级,抗浪高 5 m,抗流 2 节。养殖操作容易,管理方便。

2.2 浮绳式网箱

网箱由浮绳框架、箱体及锚或桩等组成,是一个全柔性结构。规格:长度(12~20 m)×宽度(10~15 m)×深度(6~10 m),5~6 只为一组。结构简单,抗风浪能力较强,抗流性能较差。

2.3 碟型网箱

网箱系统由中柱、浮环、网衣、沉块和锚铤系统等组成碟型结构。中柱可充气以调节浮力,实现网箱升降。网箱抗流 3 节,抗风速 35 m/s,抗浪高 7 m,养殖容量 3 000 m³^[1]。成本高,操作不方便。

3 深水网箱养殖模式设计

3.1 深水网箱养殖模式设计的前置问题

3.1.1 网箱抗风浪能力

深水网箱多设置于外侧开放或半开放风浪海域,受风浪影响大,特别是台风。网箱结构要具有较强的抗风浪能力,养殖模式的设计须确保不造成网箱结构损坏而发生逃鱼事故为基本条件,以避免重大的经济损失。

3.1.2 网箱适流性

潮流不但对网箱产生阻力负荷和冲击力,是网箱框架、箱体、锚锭系统等强度设计的重要因素,而且对养殖对象产生重要影响。潮流能冲洗网箱内残饵和鱼类排泄物,带进新鲜水体而获得充足的溶解氧和生物饵料。但流速过大,箱体变形严重,鱼类挤压受伤,导致鱼体细菌感染而发病,有时因网箱受流过大,养殖空间急剧变小,鱼类短时间缺氧导致大批死亡。箱体内的流速最好控制在 0.25 m/s 内。

3.1.3 鱼类适养性

鱼类养殖对环境有特定要求。除了水温、盐度、pH 值等各种理化因子外,养殖空间、潮流、波浪、水层以及投饵等各种操作行为对鱼类养殖均有影响。游泳能力强的鱼类使用大规格网箱养殖利于生长;潮流偏急,鱼类消耗体能多,生长速度就慢;海面风浪过大,鱼类摄食困难,也是一种不利因素,等等。养殖模式的设计尽量要符合养殖对象的生态、行为习性,保证鱼类快生长、少病害,有较高的成活率。

3.1.4 养殖可操作性

要维持网箱系统能正常运行,必须有较好的可操作性,能方便从事投饵、鱼类观察、疾病防治、换网、起捕等各种养殖管理。

3.1.5 经济性

网箱养殖和其它经营活动一样,以获取经济效益为最终目标,养殖各个环节要考虑节省成本,提高经济效益,设计的养殖规模要充分体现经济性和实用性。

3.1.6 海域环境污染预防

网箱养殖对海洋生态系统的负面影响主要表现在养殖水域营养负荷增加。养殖过程中的大量残饵分布水中,加上鱼类排泄物,使水体富营养化,导致水域自身污染。网箱养殖对底质的影响也很明显,在底部残饵等有机物不断积累的过程中,使底质向缺氧状态转变,致底质变黑发臭,产生大量硫化物危及鱼类生存。同时,底质理化因子的改变,影响底栖生物群落结构,导致底栖动物数量明显减少^[16]。在养殖中通常使用各种抗生素、消毒剂等化学药品,这些已成为影响海洋环境的重要因子^[17]。因此,在养殖模式确定时,要进行养殖行为对海洋环境影响的预测,并采取预防措施。

3.2 深水网箱养殖模式设计程序

养殖模式设计程序如图 1。

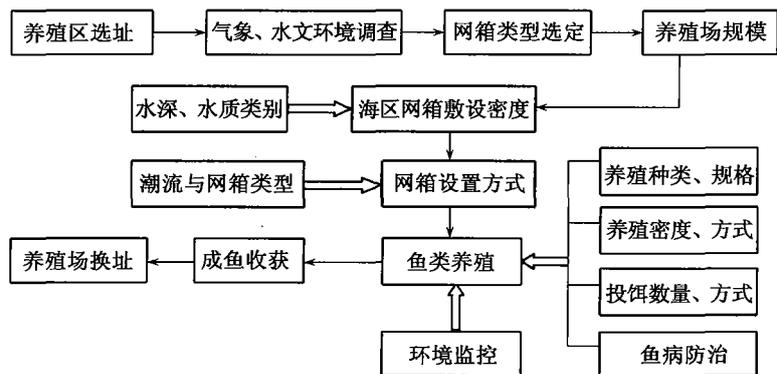
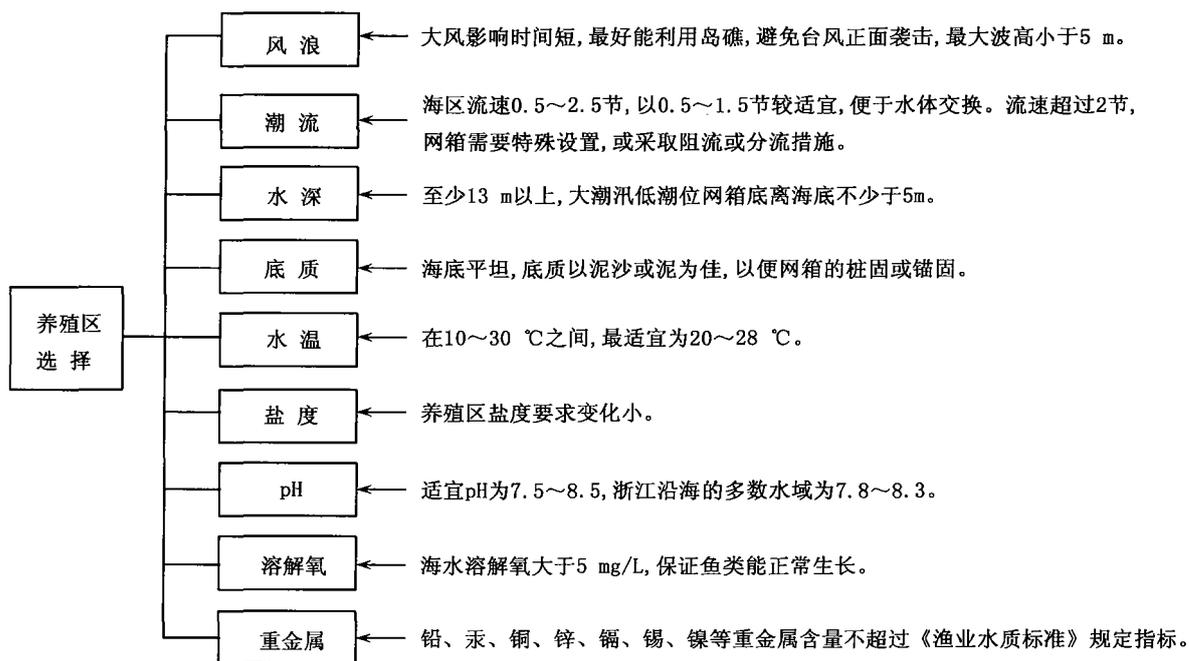


图 1 深水网箱养殖模式设计程序

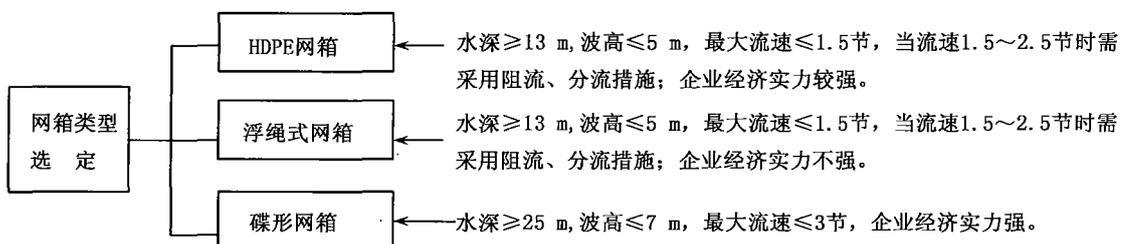
Fig. 1 The figure of deep-sea cage culture patterns designing program

3.3 深水网箱养殖模式的模块与因素构成

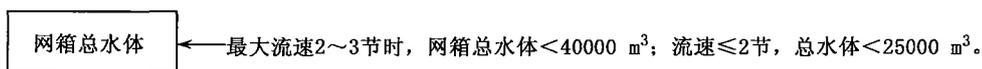
3.3.1 模块 1: 养殖区选择



3.3.2 模块 2: 网箱类型选定



3.3.3 模块 3: 养殖场规模



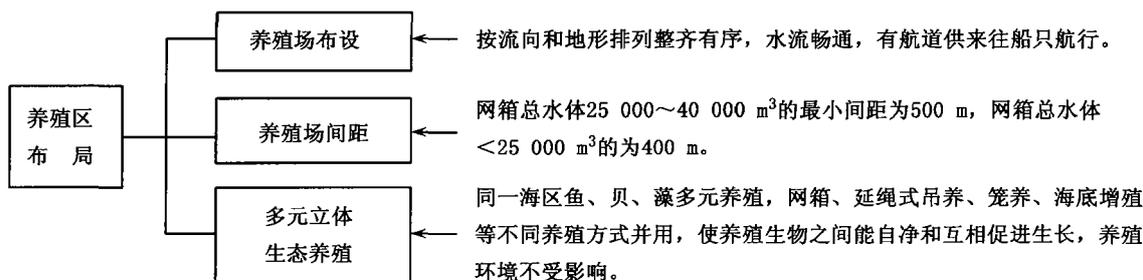
3.3.4 模块 4: 海区网箱敷设密度

根据浙江省深水网箱规划, 为了避免、减少对环境的污染, 深水网箱敷设面积同海区的水质类别、水深有关。

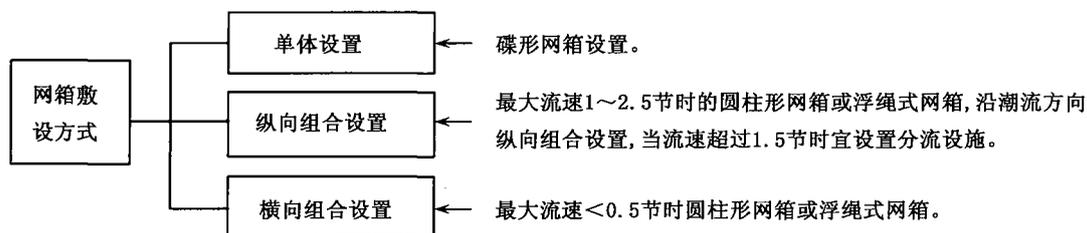


备注: $S_{\text{网箱}}$ —可养网箱面积(m²); $S_{\text{海区}}$ —可养海区面积(m²)

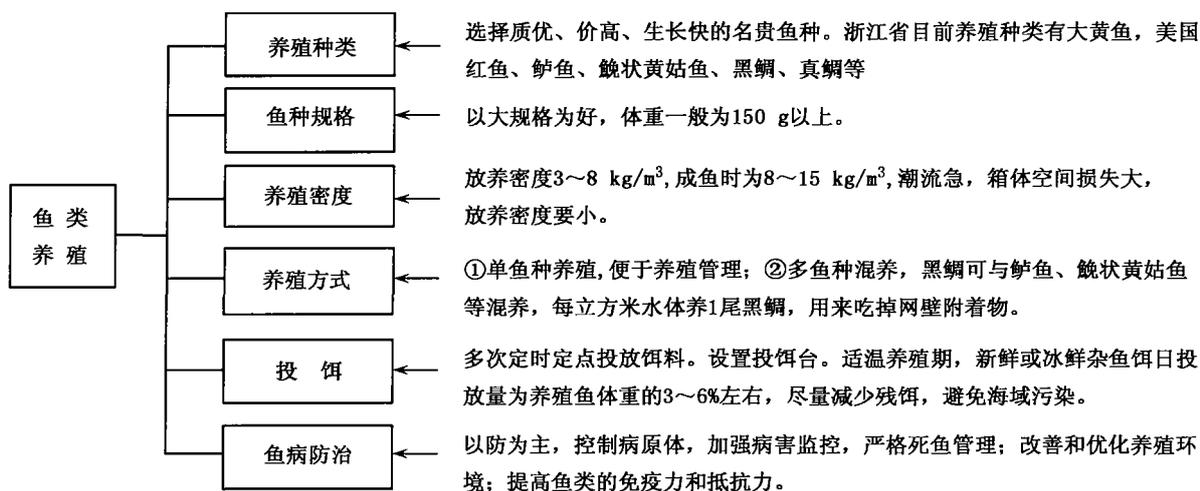
3.3.5 模块5:养殖区布局



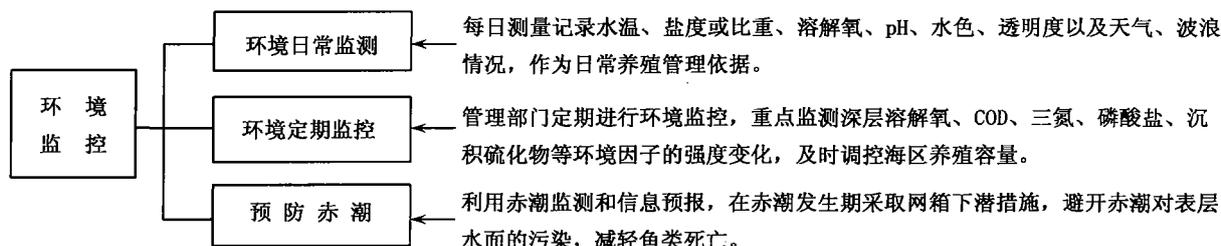
3.3.6 模块6:网箱敷设方式



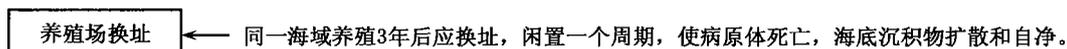
3.3.7 模块7:鱼类养殖



3.3.8 模块8:环境监控



3.3.9 模块9:养殖场换址



4 秀山岛青山海域深水网箱养殖模式实例

4.1 青山海域深水网箱养殖模式

青山海域位于舟山本岛和岱山县秀山岛之间海域,北面靠秀山,东北、东以及东南侧分别与大平山、稻蓬诸小岛相接。青山海域深水网箱养殖模式的因素构成如表 1。

表 1 青山海域深水网箱养殖模式的因素构成

Tab.1 Factors constitution of deep-sea cage culture patterns in Qingshan sea area

编号	模块	因素选定	技术指标及依据
1	养殖区选择	青山海区	风浪、潮流、水深、底质、水温、盐度等环境因子符合深水网箱养殖要求和渔业水质标准
2	网箱类型	HDPE 圆柱形网箱	该海区水深 18~22 m > 13 m; 波高 ≤ 5 m; 大潮最大流速 2.8 节,网箱前部采用阻流装置(网片等)后宜用 HDPE 圆柱形网箱
3	养殖场规模	网箱总水体	养殖场确定网箱总水体为 25 000 m ³ 。该海区最大流速为 2.8 节,在 2~3 节范围内,容许网箱总水体 < 40 000 m ³
4	网箱敷设密度	网箱面积	养殖场网箱面积为 4 000 m ² ,即 20 只网箱。该海区水质为 1~2 类,水深 18~22 m > 15 m,符合: $S_{\text{网箱}} = 1/30S_{\text{海区}}$
5	网箱敷设方式	纵向组合设置	海区最大流速 2.8 节,偏大,通过采取网箱沿流向纵向组合设置产生阻流效应来降低箱内流速,控制在 1 节内,以符合适养条件
6	养殖场布局	网箱排列 养殖场最小间距	网箱排列整齐,留有航道 最小间距 > 500 m
7	鱼类养殖	养殖种类	为大黄鱼、真鲷、鲈鱼、美国红鱼等,具有质优、价高、生长快特点
		鱼种规格	鱼种体重 180~200 g > 150 g,利于成活
		养殖密度	每立方水体 8 尾左右。养殖密度小,以减少鱼类擦伤与发病,促进鱼类生长和环境保护
		养殖方式	单养,便于养殖管理
		投 饵	日投鲜饵为鱼体重的 4% 左右,分次投喂,减少残饵,避免水域污染
		鱼病防治	选择健康鱼种,陆上消毒,控制放养密度,投喂药物和优质饲料,改善养殖环境
8	环境监测	常规项目环境监测	监测温、盐度、溶解氧、水色、pH、天气等,作为养殖管理的依据
9	养殖场换址	养殖场休养	根据环境因子强度变化的监测,3 年后确定养殖场休养一个周期

4.2 应用效果评价

4.2.1 网箱抗风浪、抗潮流能力

2002 年来,经受了多次台风和强东北风的袭击,网箱设施完好无损,表明网箱在该海域具有足够的抗风浪能力。网箱在 2.8 节强潮流海区,充分发挥纵向组合的阻流效应,大大降低了箱内流速,缓解了箱体变形,为鱼类提供了一个流速适中,利于生长的养殖环境。

4.2.2 网箱养鱼效果

2003 年泰欣水产养殖有限公司在网箱内放养了大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*)、鲈鱼 (*Lateolabrax japonicus*)、真鲷 (*Chrysophrys major*) 和美国红鱼 (*Sciaenops ocellatus*) 等品种,每只网箱放养 10 000 尾,均显示出较好的适养性。①鱼类生长速度:网箱内养殖空间大,水体交换好,溶解氧高,鱼类生长较快。②病害与成活率:网箱内残饵、鱼类排泄物及时随流带走扩散,水环境好,鱼病少,成活率达到 95%。鱼体色、肉味接近野生。③投饵利用率:即使海区潮流很急,但网箱内流速减缓,投饵不易流失。④波浪对鱼类的影响:台风后,未发现死鱼,鱼类受风浪影响小。

4.2.3 对海区环境的影响

在 2003 年 2 月 12 日和 11 月 15 日,分别对青山海域网箱养殖区进行 2 个航次的水质、底质调查。在网箱区内设 5 个采样点(站位 1~5),并在离网箱 1 海里外设对照点(站位 6),水质监测结果见表 2、3,底质见表 4。

从表 2、3 可看出,网箱养殖区内 pH、溶解氧、COD、BOD 以及亚硝酸盐、氨氮、无机氮、活性磷酸盐等各类营养盐,各站位之间差异不显著,并且和未养殖的对照点也较接近,两次采样检测的数值变化也不

明显,与浙江省沿岸其它渔业水域的含量相近。第二次采样,网箱养殖区内各项化学指标的平均值与对照点比较:pH高0.04,溶解氧相差0.18 mg/L,COD、BOD分别变化0.02 mg/L和0.06 mg/L,各种营养盐略有增减,增幅为-0.034~+0.017 mg/L。

表2 网箱养殖区 pH、溶解氧、COD、BOD 指标
Tab.2 pH, dissolving oxygen, COD, BOD index in deep-sea cage culture area

站位	pH		溶解氧(mg/L)		COD(mg/L)		BOD(mg/L)	
	航次1	航次2	航次1	航次2	航次1	航次2	航次1	航次2
1	7.88	8.04	7.52	8.23	0.55	0.47	0.73	0.51
2	7.86	7.99	7.30	8.10	0.34	0.43	0.27	0.42
3	7.85	8.04	6.93	8.08	0.24	0.27	0.24	0.33
4	7.70	8.05	7.28	8.18	0.40	0.41	0.26	0.64
5	7.71	8.04	7.26	8.80	0.28	0.35	0.23	0.41
6	7.64	7.99	7.09	8.10	0.66	0.41	0.28	0.52

表3 网箱养殖区营养盐指标
Tab.3 Nutrition salt index in deep-sea cage culture area

站位	硝酸盐(mg/L)		亚硝酸盐(mg/L)		氨氮(mg/L)		无机氮(mg/L)		活性磷酸盐(mg/L)	
	航次1	航次2	航次1	航次2	航次1	航次2	航次1	航次2	航次1	航次2
1	0.406	0.365	0.010	0.007	0.029	0.036	0.445	0.408	0.031	0.038
2	0.367	0.357	0.006	0.003	0.034	0.023	0.407	0.407	0.027	0.045
3	0.390	0.357	0.008	0.020	0.021	0.033	0.419	0.419	0.035	0.120
4	0.385	0.331	0.003	0.003	0.022	0.050	0.410	0.410	0.029	0.040
5	0.385	0.374	0.006	0.006	0.040	0.017	0.431	0.431	0.030	0.039
6	0.366	0.391	0.004	0.003	0.028	0.036	0.398	0.398	0.034	0.045

表4 网箱养殖区底质状况
Tab.4 Bottom quality state in deep-sea cage culture area

站位	pH		氧化还原电位(mv)		有机碳(%)		硫化物($\times 10^{-6}$)	
	航次1	航次2	航次1	航次2	航次1	航次2	航次1	航次2
1	7.56	7.79	-24	-41	0.58	0.49	0.064	0.064
2	7.57	7.59	-26	-36	0.51	0.53	0.057	0.056
3	7.35	7.42	-29	-24	0.55	0.54	0.098	0.047
4	7.54	8.04	-28	-53	0.49	0.47	0.046	0.063
5	/	7.91	/	-35	/	0.56	/	0.059
6	7.40	7.84	-14	-35	0.55	0.54	0.074	0.061

表4表明,网箱养殖区内,各站位底泥的pH、氧化还原电位、硫化物、有机碳含量较接近,且与对照点相近,两次调查结果无显著变化。

综上所述,青山海域深水网箱养殖对水域生态环境未产生明显的影响,养殖可能产生的微小影响,可通过海域自净得以恢复。

5 结语

深水网箱养殖,应根据海域环境条件和养殖实际,因地制宜设计和实施养殖模式,可获得良好的养殖效果。通过严格控制海区网箱敷设密度、鱼类放养密度、投饵数量,开展养殖区环境监测,实行养殖场休养制度,并利用潮流将养殖区内的残饵等引发海洋污染的物质输送到周边海域,借助海区自净功能,能有效控制或避免养殖海区自身污染,使深水网箱养殖业能与海域环境自然协调,保持生态平衡。

参考文献:

- [1] 钱春茂,周永平.深水抗风浪网箱的应用与改进[J].渔业现代化,2003,(6):28-31.
- [2] 李生尧,苏友山.浮绳式深水网箱养鱼试验[J].现代渔业信息,2003,18(2):21-24.
- [3] 梁超愉,张汉华,郭根喜,等.圆形双浮管升降式抗风浪网箱及养殖技术[J].渔业现代化,2003,(2):6-8.
- [4] 叶燮明.升降式抗风浪深水网箱充气系统原理及参数计算[J].渔业现代化,2002,(2):29-31.
- [5] 李祥木.大型抗风浪深水网箱养鱼发展现状与趋势[J].现代渔业信息,2001,16(12):21-28.
- [6] 姜明成,王秋玲,李德军.胶南市深海抗风浪网箱养殖发展现状与对策[J].齐鲁渔业,2003,20(9):38-40.
- [7] 宋协法,万 荣,黄文强.深海抗风浪网箱锚泊系统的设计[J].青岛海洋大学学报,2003,33(6):881-885.
- [8] 夏泰淳,张 健.深水双锥型网箱的阻力估算[J].上海水产大学学报,2003,12(1):87-91.
- [9] 许文军,徐君卓,陈连源,等.深水网箱网衣防污剂筛选试验[J].上海水产大学学报,2003,12(2):189-192.
- [10] 孙满昌,张 健,钱卫国.飞碟型网箱水动力模型试验与理论计算的比较[J].上海水产大学学报,2003,12(4):319-324.
- [11] 汤 威,孙满昌,袁军亭,等.不同张纲连接系统对碟形网箱浮环安全性能影响的分析[J].上海水产大学学报,2005,14(1):61-65.
- [12] 宋伟华,梁振林,赵芬芳,等.方形网箱波浪水动力学的近似计算[J].浙江海洋学院学报,2003,22(2):95-103.
- [13] 章守宇,刘洪生.飞碟型网箱的水动力学数值计算法[J].水产学报,2002,26(6):519-527.
- [14] 王茂芹,王茂龙,王 军.深水抗风浪网箱养殖技术[J].水产科学,2004,23(6):24-25.
- [15] 林培振.浅议深水抗风浪大网箱的养鱼效果[J].水产科学,2003,22(3):37-38.
- [16] 蒋增杰.鱼类网箱养殖对水环境的影响[J].现代渔业信息,2003,18(7):3-5.
- [17] 徐永健,钱鲁闽.海水网箱养殖对环境的影响[J].应用生态学报,2004,15(3):532-536.