

大陈洋产卵场保护区综合健康状况评价*

刘明智^{1, 2, 3, 4} 蒋日进^{2, 3, 4①} 杨凡^{1, 2, 3, 4} 印瑞^{2, 3, 4} 朱帅麟^{1, 2, 3, 4}
张洪亮^{2, 3, 4} 李振华^{2, 3, 4} 张亚洲^{2, 3, 4} 王忠明^{2, 3, 4} 李鹏飞^{2, 3, 4}

(1. 浙江海洋大学海洋与渔业研究所 浙江舟山 316021; 2. 浙江省海洋水产研究所 浙江舟山 316021; 3. 农业部重点渔场渔业资源科学观测实验站 浙江舟山 316021; 4. 浙江省海洋渔业资源可持续利用技术研究重点实验室 浙江舟山 316021)

摘要 产卵场保护区建立是养护渔业资源和渔业可持续发展的重要方式, 为验证大陈洋产卵场保护区建立的效果, 以大陈洋产卵场保护区为研究区域, 基于层次分析法(analytic hierarchy process), 以 2018 年春(4 月)、秋(11 月)两季渔业资源和环境调查数据为依据, 从产卵场保护区的环境和生态(一级指标)角度考虑, 建立以污染物、水质、群落结构、资源密度等 7 个二级指标和 26 个三级指标的评价体系, 通过综合健康评价指数(comprehensive health indicator, $I_{c,h}$), 表征大陈洋产卵场保护区健康状况, 并利用 2021 年春(4 月)、秋(11 月)两季渔业资源调查数据与保护区建立初期渔业资源情况进行对比。结果显示: 2018 年大陈洋产卵场保护区春季和秋季 $I_{c,h}$ 分别为 0.514 和 0.511, 均处于亚健康状态。虽然保护区内环境状况优良, 但保护区内生物多样性低, 资源密度和资源补充群体数量不足, 这表明大陈洋产卵场保护区渔业资源情况不容乐观。经过一段时间的恢复, 保护区内渔业资源情况略有所好转, 说明保护区的设立有一定的效果。综合健康评价体系在一定程度上客观地反映了大陈洋产卵场保护区健康状况, 研究结果可为保护区建立效果评价提供基础数据, 也对大陈洋地区的渔业可持续发展具有重要意义。

关键词 产卵场保护区; 健康状况评价; 过度捕捞; 渔业资源

中图分类号 S931 **doi:** 10.11693/hyhz20220600162

产卵场是鱼类早期生活的主要区域, 优质的栖息地环境可以保证鱼类更好地繁衍生息, 从而达到补充渔业资源的目的(陈明千等, 2013)。20 世纪 90 年代以来, 为了满足人类对海洋蛋白质的需求, 海洋捕捞技术迅猛发展形成庞大的捕捞能力(许罕多, 2013)。随着捕捞压力增加, 东海区渔业资源急剧衰退, 浙江省相关部门审时度势, 于 2017 年率先在浙江近岸建立了 10 个产卵场保护区, 以加强幼鱼保护, 促进浙江渔场修复振兴。大陈洋产卵场保护区就是其中之一, 其位于浙江省中部台州湾东南海域, 是大黄鱼、小黄鱼和带鱼等重要经济鱼类生长和繁殖的重要场所(吴常文等, 2002)。大陈洋保护区建立的初期, 保护区内

渔业资源和生态环境等本底情况了解较少, 无法为保护区建立的效果评价提供基础数据, 为此, 本文以大陈洋产卵场保护区为例, 基于 2018 年春(4 月)秋(11 月)两季环境调查与渔业资源调查数据, 综合分析国内外海洋生态系统评价方法(Hershner *et al*, 2007; 叶属峰等, 2007; Platt *et al*, 2008; 刘晴等, 2013), 建立量化产卵场保护区健康状况综合分析评价体系, 利用层次分析法, 分析大陈洋产卵场保护区设立初期健康状况, 并结合 2021 年渔业资源调查数据, 分析保护区建立前后渔业资源变动情况, 探明影响产卵场保护区健康状况的主要因素, 为保护区设立效果评价以及渔业资源的有效利用提供决策支持, 以

* 国家重点研发计划项目, 2018YFD0900903 号, 2019YFD0901204 号; 浙江近海重要经济种类产卵场调查与评价, 3300001496980 号; 浙江省公益性技术应用研究项目 LGN20C190012 号。刘明智, 硕士研究生, E-mail: 609036164@qq.com

通信作者: 蒋日进, 高级工程师, E-mail: jiangridge@163.com

收稿日期: 2022-06-20, 收修改稿日期: 2022-07-17

期为产卵场保护区评价提供一个范例,也为我国海洋产卵场保护区成效评估提供参考。

1 材料与方法

1.1 评价区域与数据来源

大陈洋产卵场保护区位于浙江省台州市东部海域,其范围如图 1 所示。

数据来源于 2018 年春季(4 月)和秋季(11 月)大陈洋产卵场保护区环境调查和渔业资源调查,对比渔业资源数据来源于 2021 年春季(4 月)和秋季(11 月)渔业资源调查。调查站位如图 1 所示。调查船为当地生产性渔业资源调查船。鱼卵、仔稚鱼采集利用浮游生物网(网口直径 80 cm,网目尺寸 0.505 mm)对设定调查站位进行水平拖网与垂直拖网,拖网时

间 10 min,拖速 2 kn;浮游动植物利用有机玻璃采水器采集 0.5 m 表层水样 500 mL 用于定量分析,并利用浮游生物网(网目尺寸同上)自底至表层垂直拖网采集一次作种类组成分析;甲壳类和鱼类利用有翼单囊贴底拖网(网口周长 50 m,网身长 48 m,网目尺寸 24 mm)采集,拖网时间 30 min,拖速 3 kn;环境数据利用多功能水质检测仪(JFE-AAQ171)同步采集。相关调查方法依据《海洋调查规范》(GB/T 12763.6-2007)(国家质检总局等,2007)和《海洋监测规范》(GB/T 17378.7-2007)(国家质检总局等,2007)。捕捞产量与捕捞渔船功率数据来源于 2018 年大陈洋产卵场保护区所属管辖地区渔业生产统计资料,调查总计收集到 584 艘作业船,其作业方式包括:围网、拖网、刺网、张网、垂钓。

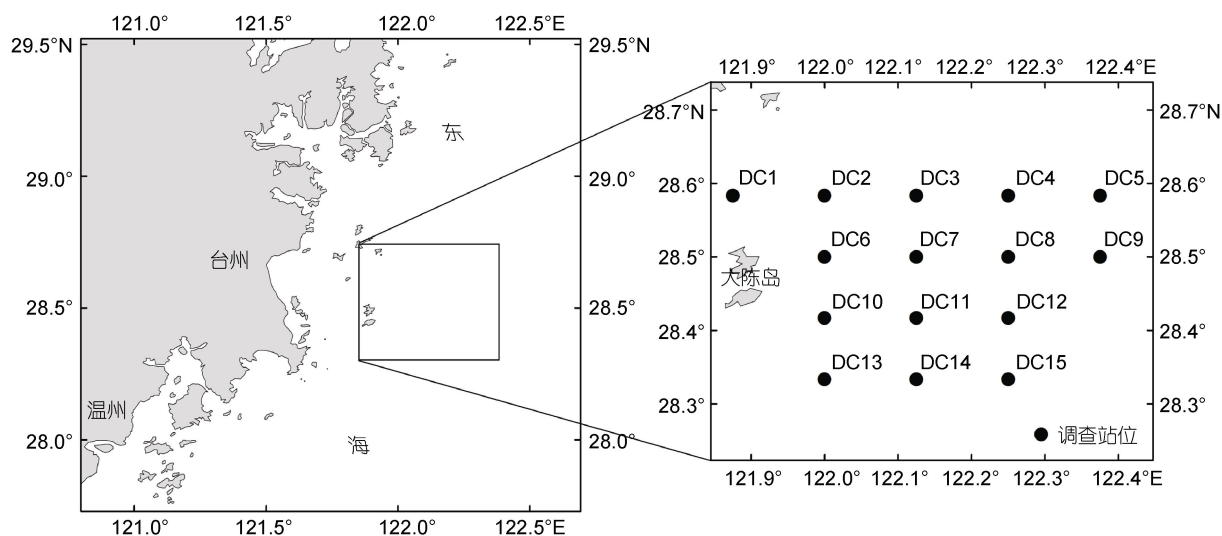


图 1 大陈洋产卵场保护区调查站位

Fig.1 Survey area of Dachenyang spawning ground reserve

1.2 建立评价体系

为了综合评估大陈洋产卵场保护区健康状况,以科学性、充分性、清晰性为原则,通过专家评判,建立较为完整的大陈洋产卵场保护区健康评价体系。评价体系基于生态系统的非生物与生物两大基本组成(沈国英等,2010),将环境(F₁)与生态(F₂) 2 个指标设立为一级指标;环境指标下分为 3 个二级指标:污染物(S₁)、水质(S₂)和景观要素(S₃);生态指标下分为 4 个二级指标:群落结构(S₄)、资源密度(S₅)、人类捕捞(S₆)和特有保护种类(S₇);3 级指标(T₁~T₂₆)见图 2。选取指标尽可能充分地表征大陈洋保护区产卵场环境与结构功能。

富营养化指数的计算公式(王旭等,2015)为

$$E = \frac{D_{c,o} \times P_{d,i} \times N_{d,i} \times 10^4}{45}$$

式中, E 表示富营养化状态指数; $D_{c,o}$ 水体化学需氧量; $N_{d,i}$ 无机氮含量; $P_{d,i}$ 活性磷酸盐含量; 活性磷酸盐含量。

$$C_{PUE} = C/W$$

式中, C_{PUE} 单位捕捞努力量渔获量; C 为捕捞产量; W 为捕捞渔船功率。

1.3 评价方法

1.3.1 产卵场保护区健康评价指标权重确定 根据海洋生态系统评价常用的层次分析法(analytic hierarchy process, AHP), 结合专家打分与相关资料, 确定各项指标对保护区评价的重要程度, 按照 1~9 标

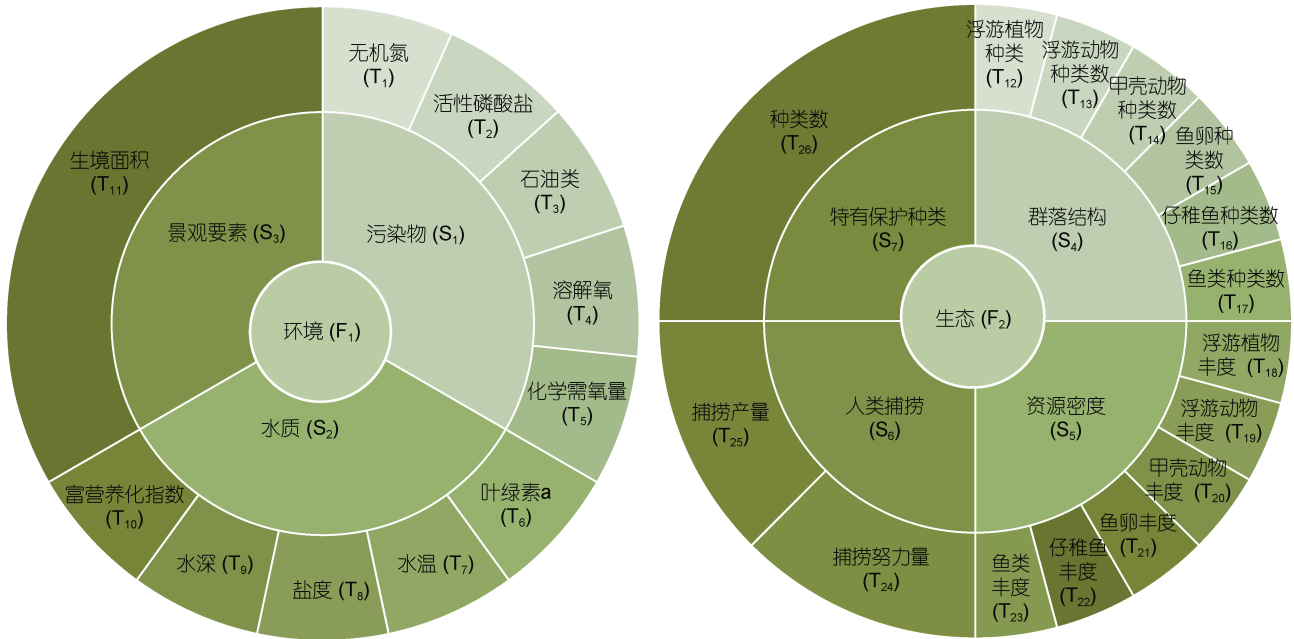


图2 大陈洋产卵场保护区健康评价指标体系

Fig.2 Health assessment system of Dachenyang spawning ground reserve

度构建判断矩阵, 计算各级指标权重值, 并进行一致性检验(consistency test, CT)(王莲芬等, 1990)。最终权重值由一级指标权重与二、三级指标权重值相乘得到大陈洋产卵场保护区健康评价指标的最终权重值 W' 。所有权重计算通过 EXCEL 软件进行计算。

1.3.2 指标数据标准化 由于各个指标间单位与数量级不同, 在计算健康指数之前需要对各项指标根据基准值或范围进行标准化处理, 以此消除量纲影响。基准值或范围选择标准遵循以下原则: 首先参考国家标准, 《海洋环境标准》(GB 3097-1997)(国家环境保护局, 1997)和《近岸海洋生态健康评价指南》(HY/T 087-2005)(国家海洋局, 2005); 若没有国家标准, 则综合参考相关文献(杨杰青等, 2018; 宋海棠等, 2018; 于春梅等, 2021; 朱玉丹等, 2021)。基准值或基准范围见表 1。

赋值计算方法参考韩青鹏等(2022), 具体赋值方法如下: 无机氮、活性磷酸盐、叶绿素 a 、水深、富营养化指数大于等于基准值或基准范围赋值计算公式为 $1 - |(\text{指标值} - \text{基准值}) / \text{基准值}|$, 相反赋值为 1; 石油类、溶解氧、化学需氧量、水温和盐度在基准值或基准范围内重新赋值为 1, 相反赋值为 $1 - |(\text{指标值} - \text{基准值}) / \text{基准值}|$; 群落结构、资源密度、人类捕捞和种类数大于或等于基准值或基准范围的赋值为 1, 小于基准值或基准范围的赋值为 $1 - |(\text{指标值} - \text{基准值}) / \text{基$

准值|。

1.3.3 产卵场保护区综合健康评价指数 依据产卵场各项指标的最终权重值和重新赋值数据, 计算大陈洋产卵场保护区的综合健康指数(comprehensive health indicator)

$$I_{c,h} = \sum_{i=1}^m w'_i \times R_i,$$

式中, W'_i 为指标 i 的最终权重值, R_i 为指标 i 的重新赋值。根据韩青鹏等(2022), 将产卵场保护区健康状况划分为 5 种状态: 极不健康($0 < I_{c,h} \leq 0.2$)、不健康($0.2 < I_{c,h} \leq 0.4$)、亚健康($0.4 < I_{c,h} \leq 0.6$)、较健康($0.6 < I_{c,h} \leq 0.8$)和健康($0.8 < I_{c,h} \leq 1$)。

2 结果

2.1 大陈洋产卵场保护区健康评价指标权重

本次对大陈洋产卵场保护区共设置 3 级指标。对各项指标分别构建判断矩阵并计算权重, 所有矩阵均通过一致性检验($CT < 0.1$)。各项指标的权重值如表 2 所示: 一级指标中, 环境和生态权重值分别为 0.2 和 0.8; 二级指标中, 权重值由大到小依次为水质(0.456)、景观要素(0.304)和污染物(0.240); 生态类别下权重值由大到小依次为资源密度(0.472)、群落结构(0.236)、人类捕捞(0.186)和特有保护种类(0.106); 在三级指标中生境面积和保护区特有种类数的权重占比较大, 均为 1.000。

表 1 评价指标的基准值
Tab.1 The benchmark values of the assessment indicators

指标	基准值	
	春季	秋季
无机氮(T ₁)/(mg/L)	≤ 0.015	≤ 0.015
活性磷酸盐(T ₂)/(mg/L)	0.003 1~0.015 0	0.003 1~0.015 0
石油类(T ₃)/(mg/L)	≤ 0.05	≤ 0.05
溶解氧(T ₄)/(mg/L)	> 6	> 6
化学需氧量(T ₅)/(mg/L)	≤ 2	≤ 2
叶绿素 <i>a</i> (T ₆) /(mg/g)	≤ 1.15	≤ 1.39
水温(T ₇) / °C	17.07~21.10	19.76~22.68
盐度(T ₈)	28.65~34.19	26.44~34.14
水深(T ₉)/m	20	20
海洋富营养化指数(T ₁₀)	≤ 3	≤ 3
生境面积(T ₁₁)/km ²	本研究保护区面积占浙江近岸产卵场保护区总面积的比值	
浮游植物种类数(T ₁₂)	≥ 127	≥ 140
浮游动物种类数(T ₁₃)	≥ 26	≥ 39
甲壳动物种类数(T ₁₄)	≥ 38	≥ 38
鱼卵种类数(T ₁₅)	≥ 24	≥ 24
仔稚鱼种类数(T ₁₆)	≥ 52	≥ 52
鱼类种类数(T ₁₇)	≥ 83	≥ 83
浮游植物丰度(T ₁₈)/(ind./m ³)	≥ 2.9	≥ 21.6
浮游动物丰度(T ₁₉)/(ind./m ³)	≥ 735.07	≥ 7.03
甲壳动物丰度(T ₂₀)/(×10 ³ ind./km ²)	≥ 371.96×10 ³	≥ 371.96×10 ³
鱼卵丰度(T ₂₁)/(×10 ⁻³ ind./m ³)	≥ 69.58×10 ⁻³	≥ 69.58×10 ⁻³
仔稚鱼丰度(T ₂₂)/(×10 ⁻³ ind./m ³)	≥ 13.13×10 ⁻³	≥ 13.13×10 ⁻³
鱼类丰度(T ₂₃)/(×10 ³ ind./km ²)	≥ 46.46×10 ³	≥ 658.05×10 ³
捕捞努力量(T ₂₄)/(t/kW)	4.16	4.16
捕捞产量(T ₂₅)/t	9 170	9 170
种类数(T ₂₆)/种	5	5

表 2 评价指标的权重值
Tab. 2 The weight value of assessment indicators

一级指标	权重值	二级指标	权重值	三级指标	权重值
环境(F ₁)	0.200	污染物(S ₁)	0.240	无机氮(T ₁)	0.272
				活性磷酸盐(T ₂)	0.164
				石油类(T ₃)	0.085
				溶解氧(T ₄)	0.315
				化学需氧量(T ₅)	0.164
		水质(S ₂)	0.456	叶绿素 <i>a</i> (T ₆)	0.298
				水温(T ₇)	0.298
				盐度(T ₈)	0.158
				水深(T ₉)	0.158
				富营养化指数(T ₁₀)	0.089
		景观要素(S ₃)	0.304	生境面积(T ₁₁)	1.000

续表					
一级指标	权重值	二级指标	权重值	三级指标	权重值
生态(F ₂)	0.800	群落结构(S ₄)	0.236	浮游植物种类数(T ₁₂)	0.040
				浮游动物种类数(T ₁₃)	0.073
				甲壳动物种类数(T ₁₄)	0.112
				鱼卵种类数(T ₁₅)	0.312
				仔稚鱼种类数(T ₁₆)	0.325
				鱼类种类数(T ₁₇)	0.138
				浮游植物丰度(T ₁₈)	0.047
		资源密度(S ₅)	0.472	浮游动物丰度(T ₁₉)	0.047
				甲壳动物丰度(T ₂₀)	0.085
				鱼卵丰度(T ₂₁)	0.340
				仔稚鱼丰度(T ₂₂)	0.340
				鱼类丰度(T ₂₃)	0.141
		人类捕捞(S ₆)	0.186	捕捞努力量(T ₂₄)	0.392
				捕捞产量(T ₂₅)	0.392
		特有保护种类(S ₇)	0.106	种类数(T ₂₆)	1.000

2.2 大陈洋产卵场保护区春秋季节健康评价

对春季大陈洋产卵场保护区进行评价。从环境指标分析污染物中的无机氮含量为 0.423 mg/L, 明显高于基准值水平, 因此处于亚健康状态。活性磷酸盐含量为 0.025 mg/L, 略微超出规定范围, 而石油类、溶解氧、和化学需氧量完全符合规定范围。根据上述几项指标表明保护区污染程度不高。水质指标分别为: 叶绿素 *a*、水温、盐度、水深和富营养化指数。保护区内叶绿素 *a* 含量为 1.60 mg/g, 超出基准值水平, 处于较健康状态。保护区内平均水深春季为 34.97 m, 水深高于基准值。水温、盐度均在基准值范围内, 但富营养化指数为 3.37, 超出基准值范围。大陈洋保护区生境面积为 850 km², 在浙江省近岸 10 大保护区中, 面积大小排在第 5 位。综合环境类别下的二、三级指标分析说明保护区水质较为优良, 污染水平低, 受人为干扰较小, 保护区面积适中, 因此环境指标处于较健康状态。

从生态指标分析, 群落结构中春季的浮游植物种类数为 46 种, 浮游植物丰度为 2.13 ind./m³, 浮游动物种类数比基准值多 1 种, 丰度为 271.52 ind./m³, 严重低于基准值, 因此, 浮游植物种类数处于不健康状态, 其丰度处于较健康状态, 而浮游动物种类数处于健康状态, 浮游动物丰度处于不健康状态。甲壳动物种类数为 31 种, 稍低于基准值水平处于健康状态。鱼卵、仔稚鱼、鱼类种类数分别为 4、9、53 种, 鱼卵种类数处于不健康状态, 仔稚鱼和鱼类处于较健康状态。资源密度中, 除了浮游植物丰度外, 其余资源密度均处于极不健康和亚健康状态。人类捕捞也影

表 3 大陈洋产卵场保护区春、秋季健康综合指数
Tab.3 The comprehensive health indicators of Dachenyang spawning ground reserve in spring and autumn

指标	最终权重值(W')	归一化赋值		指标得分	
		春季	秋季	春季	秋季
T ₁	0.013	0.590	0.163	0.008	0.002
T ₂	0.008	0.333	0.133	0.003	0.001
T ₃	0.004	1.000	1.000	0.004	0.004
T ₄	0.015	1.000	1.000	0.015	0.015
T ₅	0.008	1.000	1.000	0.008	0.008
T ₆	0.027	0.603	0.095	0.016	0.003
T ₇	0.027	1.000	1.000	0.027	0.027
T ₈	0.014	1.000	1.000	0.014	0.014
T ₉	0.014	0.252	0.143	0.004	0.002
T ₁₀	0.008	0.874	1.000	0.007	0.008
T ₁₁	0.061	0.815	0.815	0.050	0.050
T ₁₂	0.008	0.362	0.414	0.003	0.003
T ₁₃	0.014	0.962	0.205	0.013	0.003
T ₁₄	0.021	0.816	0.684	0.017	0.014
T ₁₅	0.059	0.308	0.231	0.018	0.014
T ₁₆	0.061	0.692	0.154	0.043	0.009
T ₁₇	0.026	0.639	0.771	0.017	0.020
T ₁₈	0.018	0.734	0.025	0.013	0.000
T ₁₉	0.018	0.369	1.000	0.007	0.018
T ₂₀	0.032	0.089	0.089	0.003	0.003
T ₂₁	0.128	0.030	0.174	0.004	0.022
T ₂₂	0.128	0.023	0.233	0.003	0.030
T ₂₃	0.053	0.158	0.128	0.008	0.007
T ₂₄	0.058	1.000	1.000	0.058	0.058
T ₂₅	0.058	1.000	1.000	0.058	0.058
T ₂₆	0.117	0.800	1.000	0.093	0.117

响着保护区内资源情况,保护区内捕捞努力量为 2.5 t/kW, 低于基准值水平, 捕捞产量平均为 55 024 t, 超出基准值水平。5 种特有保护种类数中, 春季调查中发现了其中 4 种。保护区内生物多样性与资源密度均处于较低水平, 保护区内生态指标整体上处于亚健康状态。结合大陈洋保护区春季环境与生态综合评价结果, 保护区春季综合健康指数为 0.514, 春季保护区处于亚健康状态。

秋季保护区内无机氮含量相较于春季明显升高, 达到 0.551 mg/L, 处于极不健康状态。活性磷酸盐含量也稍高于春季, 为 0.028 mg/L。除上述两种指标外, 污染物其余指标与春季含量相差无几, 均处于基准值范围内。在水质指标中, 叶绿素 *a* 含量为 2.19, 高于基准值水平, 处于较健康状态。平均水深为 37.15 m, 高于基准值。在水质指标内, 除上述指标外其余指标均在基准值范围内。秋季保护区内污染物水平整体上略高于春季, 水质指标与春季相似, 环境指标处于较健康状态。

对秋季生态类指标进行分析, 结果显示: 秋季群落结构指标与春季相比, 除浮游生物种类和鱼类种类数外, 其余指标种类数均低于春季。仅甲壳类与和鱼类种类数指标处于较健康状态, 其他指标处于极不健康、不健康和亚健康状态。资源密度的三级指标

中, 只有浮游动物密度处于健康状态, 仔稚鱼密度处于不健康状态, 浮游植物密度、甲壳动物密度、鱼卵密度、鱼类密度均处于极不健康状态。特有保护种类在秋季调查时全部发现。整体上, 秋季生态健康状况处于亚健康状态。综合秋季情况分析, 2018 年大陈洋产卵场保护区秋季综合健康指数为 0.511, 处于亚健康状态。

2.3 大陈洋产卵场保护区建立前后的渔业资源恢复情况的比较

根据上述结果可知, 大陈洋产卵场保护区建立初期, 生物多样性与资源密度中的大多数指标处于亚健康状态。经过 3 年时间的恢复, 生物多样性与资源密度得到了提升(图 3)。2021 年, 鱼卵的种类数由 2018 年 4 月的 4 种增加到 6 种, 秋季由 3 种增加到 4 种。鱼卵丰度由起初的 69.58×10^{-3} ind./m³ 和 79.32×10^{-3} ind./m³ 增加到 79.67×10^{-3} ind./m³ 和 155.45×10^{-3} ind./m³; 仔稚鱼种类数由原来的 9 种、2 种分别增加到 11 种和 4 种。其丰度由 13.13×10^{-3} ind./m³、 9.34×10^{-3} ind./m³ 增加到 145.32×10^{-3} ind./m³ 和 14.63×10^{-3} ind./m³; 2021 年春季, 保护区内鱼类种类数与建立初期春季相比增加 3 种。鱼类丰度由 46.46×10^3 ind./km² 增加到 663.31×10^3 ind./km²。秋季时, 无论从鱼类种类数还是鱼类丰度, 与建立初期相比均有下降。

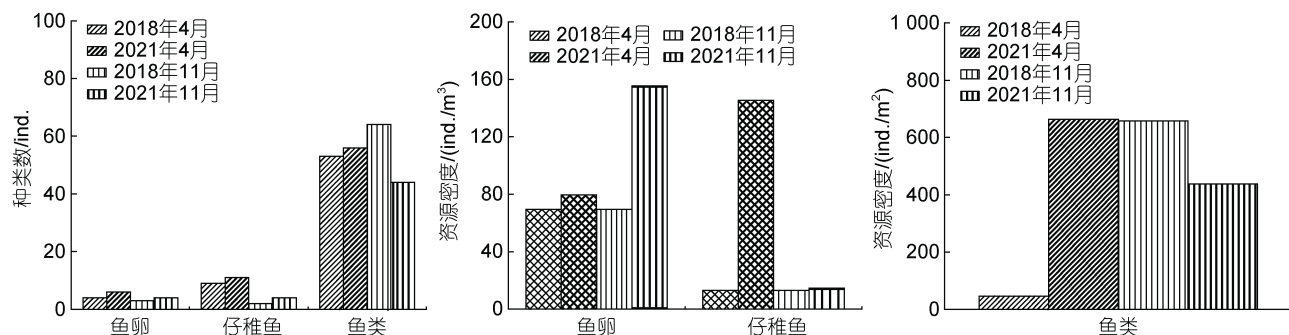


图 3 大陈洋产卵场保护区建立前后渔业资源变动情况

Fig.3 Comparison of fishery resources change in Dachenyang spawning ground reserve

3 讨论

3.1 产卵场保护区健康评价体系建立依据

保护区之所以处于亚健康状态是由多种因素共同耦合所致, 其中环境(F_1)指标是一项不可忽略的因素。水体内营养盐(无机氮、磷酸盐等)、石油类等污染物会影响浮游植物的种类组成和分布密度, 对底层食物链的影响较为强烈, 这种影响会随着食物链的传递而逐渐放大(金显仕, 2020)。在鱼类整个生活

史的早期阶段, 水体环境中的污染物会通过鱼类的循环系统富集于体内, 这种富集会随着食物链的传递, 造成较高营养级生物有机体内污染物水平严重超标。此外, 水体内的污染物会导致一些海洋生物幼体产生免疫抑制, 导致其抗病能力减弱, 加之海洋中的细菌会导致幼体大量死亡(丁鉴锋等, 2013)。本次评价中, 污染物的权重值较小(0.04), 春季和秋季污染物指标也处于较健康的状态。这表明大陈洋保护区污染水平较低, 其受人为影响较小, 基于这一点, 大

陈洋保护区适宜鱼类的生长和繁殖。同样, 水质指标如水温、盐度等不仅决定饵料基础, 还影响鱼类的生长与繁殖(农业部水产局, 1990)。大陈洋保护区水质指标在春季与秋季处于较健康状态, 其生境面积适中, 结合污染物水平, 说明大陈洋产卵场保护环境优良。加之受到陆缘径流和台湾暖流的交汇影响(李鹏等, 2014), 因此, 大陈洋产卵场保护区是天然的优质产卵场。

大陈洋产卵场保护区设立的核心目的是保护主要经济鱼类资源, 修复振兴浙江渔场, 而保护经济鱼类和其他渔业资源的核心是保护鱼卵、仔稚鱼的种类和资源密度。人类捕捞作业也影响着渔业资源变动情况。因此, 4 个二级指标: 群落结构、资源密度、人类活动和特有保护种类所构成的一级指标“生态”(F₂)权重占比高达 0.8。本文在进行产卵场保护区评价时, 将浮游动植物、甲壳类、鱼卵、仔稚鱼、鱼类作为群落结构(S₄)的结构组成。在海洋生态系统中, 浮游动植物作为水生生物重要的食物来源, 其结构与丰度变化不仅会直接影响渔业早期资源, 更会影响到其变动与补充。同时, 其也被视为良好的环境变化指示物(程济生, 2004; 金显仕等, 2005), 成为许多海洋生态系统健康评价中重要指标; 甲壳类作为海洋食物网中重要的一环, 其种类、数量会对海洋生态系统的平衡造成一定影响(卢衍尔等, 2019), 因此将甲壳类纳入到评价体系中; 鱼卵、仔稚鱼和鱼类被视为产卵场保护核心补充群体, 其重要性不言而喻。为了更加清楚地了解保护区内渔业资源情况, 本文将资源密度作为二级指标纳入评价体系内。评价结果显示保护区内资源密度表现出极差的水平, 尤其是仔稚鱼丰度严重不足, 这为渔业资源的补充埋下了隐患。近些年来, 东海区一些主要渔场几乎到了“无鱼可捕”的地步, 一些经济种类濒临灭绝, 种群恢复能力也有所下降, 营养级较高的物种也逐渐被低营养级、低经济价值的物种所替代(赵淑江等, 2015)。渔业资源危机情况愈发严重。

3.2 产卵场保护区亚健康状况原因分析与保护建议

健康评价体系显示建立初期保护区春季和秋季均处于亚健康状态。尽管产卵场污染物含量低、水质优良, 但保护区内生物多样性低, 特别是补充群体资源密度不足。鱼卵、仔稚鱼的种类由 2017 年的 46 种降低到 25 种, 鱼卵、仔稚鱼的资源密度也略有下降(樊紫薇, 2020)。特有保护经济种类中, 大黄鱼、小黄鱼、带鱼、鲳鱼和曼氏无针乌贼的资源密度分别为

1.56、9.02、9.39、2.99 和 3.25 kg/km², 与历史数据相比, 发生断崖式下降(宋海棠等, 2018), 整个保护区内也难觅其踪迹, 此外一些种类还表现出性成熟加快, 个体繁殖力增大, 死亡率增加, 生态对策由 K 对策转向为 r 对策发展, 即种群结构由复杂变简单, 群体组成由稳定型向补充型发展, 这是由于人类过度捕捞破坏海洋生态原有食物链, 使种群结构遭到破坏、种间关系发生变化所致(朱晓光等, 2009)。通过对比保护区建立前后渔业资源数据可以发现, 保护区内生物多样性与资源密度有恢复的迹象。鱼卵、仔稚鱼二者无论是从种类数还是资源密度均比保护区建立初期略有增加, 但是鱼类的种类数与资源密度在秋季均有下降, 分析其原因主要是由于调查时间(11 月)处于非禁渔期, 大量的渔获物被渔民所捕获, 因此造成鱼类物种多样性降低, 资源密度减少。综合分析, 保护区的建立对大陈洋地区的渔业资源恢复是有效果的, 但效果有限, 这说明渔业资源的恢复是一个缓慢的过程, 需要长此以往地坚持下去。

生物多样性与资源密度的降低通常与环境 and 捕捞有关, 对于大陈洋产卵场保护区来说, 过度捕捞是导致其健康状况恶化最主要的原因。为了满足人类对于海洋资源的需求, 人类的捕捞技术不断更新, 单网渔获量不断提高。在实际的调查走访中发现一些网具甚至连鱼卵也能一网打尽, 严重破坏资源补充群体的数量。近些年来“东海无鱼”的现象时常发生, 渔场资源数量、资源结构逐年下降, 产卵亲体也逐渐减少, 底层与上层鱼类资源严重下降, 这也再次证明捕捞活动对渔业资源影响巨大(赵淑江等, 2015)。在海洋生态系统中, 每个群落的物种都具有同样重要的功能, 任何种群发生变动都会导致整个海洋生态系统产生变故。大陈洋保护区内生物多样性下降, 如果不加以保护, 大陈洋保护区内海洋生态系统平衡会遭到破坏, 将会产生严重的生态危机, 因此, 合理、科学地制定切实可行的渔业资源管理措施和政策才是恢复和保护渔业资源重中之重。对此, 本文提出以下资源保护对策建议: 设置伏季休渔制度, 划定种质资源保护区, 进一步加强渔业资源科研团队的建设, 定期开展渔业与环境调查监测。发挥渔业资源科研团队的力量, 开展资源养护和增殖放流等活动, 通过人为干预努力恢复自然资源。利用人工养殖等手段, 满足人类对海洋蛋白质的需要, 从单纯地向自然掠夺转向自给自足。同时加强宣传, 提高渔民保护资源的意识。

3.3 产卵场保护区评价不足与展望

产卵场保护区评价体系的建立应基于一定的有效性与实用性。目前,对于海洋保护区评价的理论研究与实际案例在国内开展较少,因此,本文体系建立处于萌芽状态,同时体系内的人为影响因素考虑较少,这些数据也难以获得和赋值。建议在今后的海洋保护区评价中不断完善评价指标,建立较为统一规范的评价体系,同时确定保护区、海域等研究范围的基准值,提高评价体系的普适性,为我国海洋保护和相关政策制定提供依据。

4 结论

本研究建立了大陈洋产卵场保护区健康评价体系,在一定程度上客观地反映了大陈洋产卵场保护区健康状况:2018 春秋两季健康状况均处于亚健康状态。保护区内环境、水质较为优良,而生物多样性与资源密度数量较差,这与过度捕捞是密不可分的,因此,合理、科学地捕捞是恢复和保护渔业资源关键。经过 3 年的恢复,保护区内鱼类早期资源的种类数和资源密度有所恢复,证明保护区的建立对渔业资源的恢复是有效的,但恢复效果有限,这也证明渔业资源一旦遭到破坏就很难恢复。保护渔业资源,科学、合理地开发渔业资源是实现渔业资源可持续利用和长久发展的最佳选择。

参 考 文 献

- 丁鉴锋, 闫喜武, 赵力强, 等, 2013. 海洋污染物对菲律宾蛤仔的免疫毒性[J]. 生态学报, 33(17): 5419-5425.
- 于春梅, 蒋日进, 印瑞, 等, 2021. 大陈洋产卵场保护区鱼卵、仔稚鱼的种类组成及其与环境因子的关系[J]. 浙江海洋大学学报(自然科学版), 40(6): 477-485.
- 王旭, 赵旭, 章守宇, 等, 2015. 枸杞岛贻贝养殖水域碳氮磷分布格局[J]. 水产学报, 39(11): 1650-1664.
- 王莲芬, 许数柏, 1990. 层次分析法引论[M]. 北京: 中国人民大学出版社.
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2007. 海洋监测规范 第 7 部分: 近海污染生态调查和生物监测: GB 17378.7-2007[S]. 北京: 中国标准出版社: 1-12.
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2007. 海洋调查规范 第 6 部分: 海洋生物调查: GB/T 12763.6-2007[S]. 北京: 中国标准出版社: 1-15.
- 中华人民共和国国家海洋局, 2005. 近岸海洋生态健康评价指

- 南: HY/T 087-2005[S]. 北京: 中国标准出版社: 1-12.
- 卢衍尔, 朱文斌, 梁君, 等, 2019. 韭山列岛海域虾类群落结构与海洋环境因子的关系[J]. 浙江大学学报(理学版), 46(1): 65-77.
- 叶属峰, 刘星, 丁德文, 2007. 长江河口海域生态系统健康评价指标体系及其初步评价[J]. 海洋学报, 29(4): 128-136.
- 朱玉丹, 蒋日进, 周永东, 等, 2021. 大陈洋产卵场保护区甲壳类群落结构特征及其与环境因子的关系[J]. 应用生态学报, 32(4): 1489-1497.
- 朱晓光, 房元勇, 严力蛟, 等, 2009. 高捕捞强度环境下海洋鱼类生态对策的演变[J]. 科技通报, 25(1): 51-55.
- 刘晴, 徐敏, 李飞, 等, 2013. 海州湾生态系统健康诊断[J]. 生态与农村环境学报, 29(3): 301-310.
- 许罕多, 2013. 资源衰退下的我国海洋捕捞业产量增长——基于 1956 年-2011 年渔业数据的实证分析[J]. 山东大学学报(哲学社会科学版)(5): 86-93.
- 农业部水产局, 1990. 黄渤海区渔业资源调查与区划[M]. 北京: 海洋出版社: 1-22.
- 李鹏, 杨世伦, 陈沈良, 2014. 浙南近岸海流季节变化特征[J]. 海洋学报, 36(3): 19-29.
- 杨杰青, 全为民, 史赞荣, 等, 2018. 东海近岸海域浮游动物群落时空分布[J]. 水产学报, 42(7): 1060-1076.
- 吴常文, 朱爱意, 陈志海, 等, 2002. 台州市大陈岛海洋牧场建设的探讨[J]. 中国渔业经济(5): 31-33.
- 沈国英, 施并章, 2010. 海洋生态学[M]. 北京: 科学出版社: 13.
- 宋海棠, 周婉霞, 2018. 浙江渔场渔业资源概述[M]. 北京: 海洋出版社.
- 陈明干, 脱友才, 李嘉, 等, 2013. 鱼类产卵场水力生境指标体系初步研究[J]. 水利学报, 44(11): 1303-1308.
- 国家环境保护局, 1997. 海水水质标准: GB 3097-1997[S]. 北京: 环境科学出版社: 1-20.
- 金显仕, 2020. 渤海渔业种群对环境变化的适应性响应及资源效应[M]. 北京: 中国农业出版社: 7-280.
- 金显仕, 赵宪勇, 孟田湘, 等, 2005. 黄、渤海生物资源与栖息环境[M]. 北京: 科学出版社: 241-261.
- 赵淑江, 吕宝强, 李汝伟, 等, 2015. 物种灭绝背景下东海渔业资源衰退原因分析[J]. 中国科学: 地球科学, 45(11): 1628-1640.
- 韩青鹏, 单秀娟, 陈云龙, 等, 2022. 山东近海产卵场健康状况评价体系[J]. 中国水产科学, 29(1): 79-90.
- 程济生, 2004. 黄渤海近岸水域生态环境与生物群落[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社: 3-386.
- 樊紫薇, 2020. 浙江中部近岸海域鱼卵、仔稚鱼群落结构特征研究[D]. 舟山: 浙江海洋大学.
- Hershner C, Havens K, Bilkovic D M *et al*, 2007. Assessment of Chesapeake bay program selection and use of indicators [J]. EcoHealth, 4(2): 187-193.
- Platt T, Sathyendranath S, 2008. Ecological indicators for the pelagic zone of the ocean from remote sensing [J]. Remote Sensing of Environment, 112(8): 3426-3436.

HEALTH STATUS ASSESSMENT OF THE DACHENYANG SPAWNING GROUND RESERVE

LIU Ming-Zhi^{1, 2, 3, 4}, JIANG Ri-Jin^{2, 3, 4}, YANG Fan^{1, 2, 3, 4}, YIN Rui^{2, 3, 4}, ZHU Shuai-Lin^{1, 2, 3, 4},
ZHANG Hong-Liang^{2, 3, 4}, LI Zhen-Hua^{2, 3, 4}, ZHANG Ya-Zhou^{2, 3, 4}, WANG Zhong-Ming^{2, 3, 4}, LI Peng-Fei^{2, 3, 4}
(1. Marine and Fisheries Institute of Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316021, China; 2. Zhejiang Marine Fisheries Research
Institute, Zhoushan 316021, China; 3. Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources for Key Fishing Grounds,
Zhoushan 316021, China; 4. Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P. R. China/Key Laboratory of Sustainable Utilization of
Technology Research for Fishery Resource of Zhejiang Province, Zhoushan 316021, China)

Abstract Establishment of spawning ground reserve is important to protect fishery resources and the sustainable development. Dachenyang spawning ground reserve was established in 2017 and selected as the research area for study based on the analytic hierarchy process. The data source were from surveys in 2018 on environmental and fishery resource in spring (April) and autumn (November). From the environmental and ecological (first-level indexes) perspectives, an assessment system was established with 7 second-level indexes including pollutants, water quality, community structure, and resource density etc., and 26 third-level indexes. Recent data in spring (April) and autumn (November) of 2021 were used to compare the fishery resources before and after the establishment of the reserve. A comprehensive health indicator was used to assess the health status of the reserve. Results show that the comprehensive health indicator was 0.514 in spring and 0.511 in autumn, both were in sub-health status. Although the environment of the reserve was good, yet the resource density and biodiversity remain low, and the number of resource supplement groups was insufficient. Therefore, the situation of fishery resources is not optimistic. After a period of time of conservation, the situation of fishery resources has been improved, indicating that the reserve is effective. The health status assessment system could objectively reflect the health status of Dachenyang spawning ground reserve. This study provided basic data for the effective assessment of the reserve establishment, and shall help realize sustainable development of fishery resources in this and similar cases.

Key words spawning ground reserve; health status assessment; overexploitation; fishery resources