

深圳市大鹏半岛海域海洋生态环境预警评价*

罗艳¹, 林丽华¹, 黄洪辉², 谢健¹

(1. 国家海洋局南海海洋工程勘察与环境研究院 广州 510300; 2. 中国水产科学研究院南海水产研究所 广州 510300)

摘 要: 海洋生态环境预警就是对由人类活动引起的海洋生态环境恶化以及海洋生态系统是否满足海洋经济可持续发展要求的警告。根据2010年7月和2010年11月在大鹏半岛近岸海域的调查结果,采用一般性的区域生态环境预警方法,对大鹏半岛海域进行海洋生态环境预警评价。2个季节的评价结果均表明:大鹏半岛海域总体生态环境综合质量良好,该海域生态环境处于较安全状态。

关键词: 大鹏半岛海域; 海洋生态环境; 预警评价

1 引言

大鹏半岛位于深圳市龙岗区东南部,包括大鹏、葵涌、南澳三镇^[1]。该半岛介于大鹏湾和大亚湾之间,包括北半岛、南半岛及其间的颈部连接地带,形似哑铃。2011年8月,第26届世界大学生夏季运动会在深圳市举行,大鹏半岛海域就是主要赛场之一。为了保障第26届世界大学生夏季运动会的顺利进行,确保作为大运会主要海上赛场之一的大鹏半岛海域海洋生态环境健康、安全,国家海洋局南海海洋工程勘察与环境研究院委托中国水产科学研究院南海水产研究所于2010年7月和2010年11月对该海域的海洋环境质量现状进行了全面调查,本研究将采用这2次调查结果对大鹏半岛海域进行海洋生态环境预警评价。

2 调查概况

两次调查分别于2010年7月和2010年11月进行,在大鹏半岛海域共布设水质(含叶绿素a)20个站位,沉积物15个(7月)和13个(11月)站位。调查范围包括大鹏湾东部、大亚湾西部和大鹏半岛南部近岸海域。调查采样站位见图1。现场调查采样和分析按照《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007)规定的方法进行。

3 生态环境预警研究进展

预警思想古已有之,但预警一词却是在20世纪50年代冷战时期提出的^[2]。“预警”一词在《辞海》中的解释是警告的意思,事先警告、提醒被告知人注意和警惕。应用较早、较为成熟的是在军事领域中的战略预警概念,之后预警的概念开始在许多领域得到应用。

近几十年,国内外对生态环境预警研究十分重视,已成为生态环境科学研究的热门领域。20世纪70年代德国最早提出了处理一系列大尺度的环境问题(如酸雨、欧洲北海污染和全球气候变化等)的预警原则——即使没有科学的证据,只要假设某些人为活动有可能对生命资源产生某些危险或危害的效应,就应采取适用的技术或措施减缓或取消这些影响^[3]。

自1975年国际上建立全球环境监测系统(GEMS)^[4],开始全球范围的环境质量监测、比较、排序和预警以来,许多学者对环境与生态预警开展了大量的研究工作。例如,英国科学家齐舒姆为首的学派通过出版《区域预测》一书,较好地总结了英国的人口、资源、城市、经济和生态环境等方面的成果,为预警的开展奠定了基础。

以美国学者怀特为首的灾害学派,在洪水风险决策中,发展了新单项预警体系,取得了

* 基金项目: 2009年深圳市海域使用金专项——大鹏半岛海域生态环境预警机制研究。

显著的经济效益和生态效益。以罗马俱乐部为代表的未来学派, 对全球发展进行预测和综合研究, 试图以综合预警方式, 达到整体识别的目的。Ken 于 1999 年提出水生生态系统早期预警系统概念, 并利用微生物作为污染早期预警

指示物。Brent 等 2001 年选择生物监测中的核心变量来对环境变化进行早期预警。近 10 年来, 国外生态环境预警的理论不断完善, 方法和手段不断更新, 从单项预警发展到综合预警, 从专题预警到区域预警。

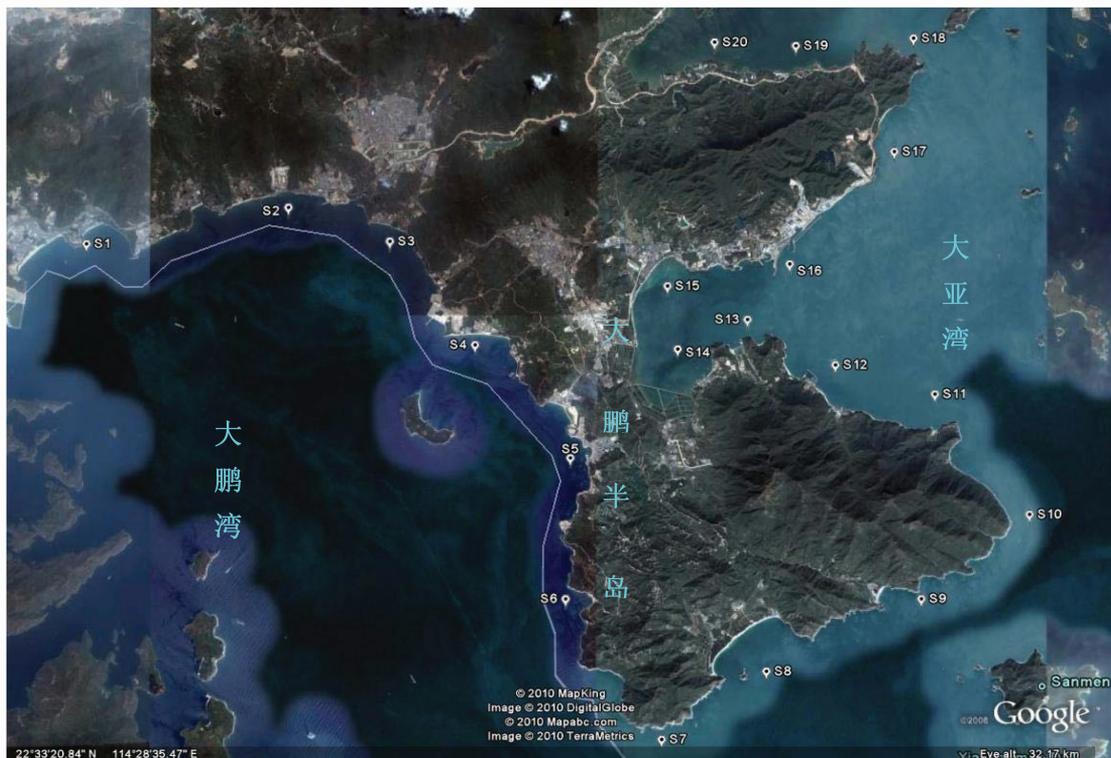


图 1 调查站位

S1、S3、S5、S7、S9、S11~S20 为 7 月沉积物调查站位; S1~S4、S7、S9、S11、S14~S20 为 11 月沉积物调查站位。

我国自 20 世纪 90 年代初才开始有部分学者开展生态环境预警研究^[5], 例如, 傅伯杰^[6]于 1993 年提出区域生态环境预警的概念, 即区域生态环境预警是对区域资源开发利用的生态后果、区域生态环境质量的变化以及生态环境与社会经济协调发展的评价、预测和警报。陈国阶^[7]于 1996 年提出了环境预警的概念, 1999 年正式提出生态环境预警的概念, 即生态环境预警是对人类活动引起的生态系统退化与环境质量恶化进行预测, 并提出及时的警告。认为生态环境预警应集中研究生态系统和环境质量逆变化(退化、恶化)的过程和规律, 作为及时的警告和对策(正向演化不需要预警而只需要研究如何开发、利用和保护)。在其研究中, 对一般环境评价、预测和预警进行了比较, 讨

论了与环境预警相关的基本概念, 如环境影响强度、环境影响累积量、环境质量现状、环境标准、环境容量、环境影响响应、环境影响后果等。提出了环境预警数学模式, 包括不良状态预警、恶化趋势预警、临界点预警以及灾害预警等。邵东国等^[8]1999 年开展了内陆河流域生态环境预警方法研究, 建立了预警评价综合指标体系, 并运用神经网络模型进行预警。郭怀成等^[9]于 2004 年提出了湖泊生态系统预警。

从国内外研究的现状和进展来看, 生态环境预警还有许多方面尚待深入探讨。目前存在的主要问题:

(1) 没有成熟的理论体系, 特别是没有明确的定义和系统评价指标体系;

(2) 缺乏完善的定量计算方法。因此, 从

理论和实践 2 个方面深入探讨生态环境预警将是今后研究的重点和趋势。

4 海洋生态环境预警概念

生态环境预警目前还没有统一的概念,但对于不同的预警对象,其实质要求是一致的,即“对人类活动引起的生态系统退化和环境质量恶化问题进行评价、预测,发出及时的警告,并提出防范措施”。因此,海洋生态环境预警就是对由人类活动引起的海洋生态环境恶化以及海洋生态系统是否满足海洋经济可持续发展要求程度的警告。它主要是对一定范围内的海洋生态环境现状进行测度,分析预报不正常状态的时空范围和危害程度,对于可能出现的问题给出防范措施的报警。

施冬菊等^[10]进行了具体的解释,所谓海洋生态环境预警机制,是指通过在海上设立固定的监测站、监测点,定期对海洋生态环境进行常规监测,同时对突发性海洋污染事故、海洋赤潮、海洋灾害等进行应急检测;然后由专家依据监测数据,综合分析生态环境变化趋势以及可能对海洋生产带来的影响;最后把专家意见和建议及时向社会发布,为预防和处置突发性、灾害性事故的发生,提供及时、有效的信息和技术服务,为各级政府提供决策依据。

5 大鹏半岛海域海洋生态环境预警评价

将一般性的区域生态环境预警基本程序(明确警义—分析警兆—预报警度—排除警情)应用到深圳市大鹏半岛海域海洋生态环境预警评价中,其实施过程如图 2 所示。

5.1 明确警义

明确警义是预警的起点,它包括警素和警度 2 个方面。警素即指构成警情的指标,也就是出现了什么样的警情。警度是指警情处于什么状态,也就是它的严重程度。根据多年来对深圳市大鹏半岛海域生态环境连续监测及有关文献^[11-15],经分析,大鹏半岛海域生态环境安全主要存在以下 3 个方面的警情。

(1) 海水养殖区经常发生“反水”死鱼事件,即在养殖区出现海水缺氧和底泥硫化氢释

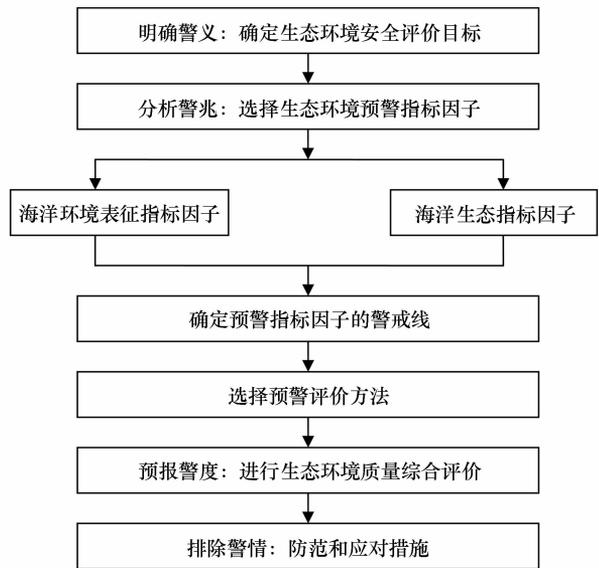


图 2 海洋生态环境预警评价流程

放导致海水发臭的现象,多发生在夏、秋季。

(2) 赤潮灾害频繁爆发,多在春季、夏季和秋季发生。由于海水的富营养化,赤潮暴发风险增加,不仅会对海洋生物和海洋生态系统造成危害,还会导致养殖鱼类、贝类和甲壳类的大量死亡,一些有毒赤潮产生毒辣素在海产品中蓄积甚至危害消费者的身体健康;此外,赤潮发生期间,海水变色影响旅游景观,部分赤潮还能产生泡沫、异味等,影响海水浴场的休闲娱乐功能,对滨海旅游业产生较大冲击。

(3) 溢油污染事故时有发生,对海洋生态环境和海洋生物资源造成不同程度的危害。

从海洋生态环境质量状况角度,可分为良好、中等和较差 3 个层次,对应于安全、轻警和重警三级警度。

5.2 分析警兆

警兆指标即预警的指标体系。海洋生态系统是一种类型和结构多样化很高、地域性特别强的复杂系统,其影响变化包括内在本质(生态结构功能)和外在表征(环境)的变化。根据大鹏半岛海域生态环境安全的主要警情,结合多年来对该海域生态环境的监测结果分析,提出了 8 项海洋水环境、沉积环境和生态功能因子相结合的海洋生态环境质量评价指标因子。其中海水溶解氧(DO)和沉积物硫化物作为海水养殖的主要警情因子,海水无机氮(DIN)、

活性磷酸盐 ($\text{PO}_4\text{-P}$)、海水透明度和叶绿素 a 作为海水富营养化和赤潮暴发的主要警情因子, 海水石油类则作为船舶石油类排放或溢油风险的警情因子。进而依据多年积累的调查监测数

据, 将各指标因子的最大值和最小值作为确定相对标准的主要依据, 采用累积频率法, 并参照相关标准和研究资料确定各指标因子的警戒线 (表 1)。

表 1 海洋生态环境质量评价指标

序号	评价指标因子	良好	中等	较差
1	海水溶解氧 (DO) / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	5~9	3.5~5	<3.5 或 >9
2	海水无机氮 (DIN) / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	≤ 0.3	0.3~0.5	>0.5
3	海水活性磷酸盐 ($\text{PO}_4\text{-P}$) / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	≤ 0.03	0.03~0.45	>0.45
4	海水石油类 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	≤ 0.05	0.05~0.30	>0.30
5	海水透明度/m	>1.5	0.5~1.5	<0.5
6	沉积环境硫化物 / ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	≤ 300 (干重)	300~600 (干重)	>600 (干重)
7	沉积环境有机碳/%	≤ 2	2~4	>4
8	叶绿素 a / ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	≤ 5	5~15	>15

5.3 评价方法

海洋生态环境质量综合评价和等级划分方法有 2 个步骤 (表 2): ① 根据单个站位各项指标的状况确定单个站位的生态环境质量等级。② 根据区域内各站位的生态环境质量等级来确定区域生态环境质量等级。

表 2 海洋生态环境质量综合等级划分

单个站位生态环境质量等级	区域生态环境质量等级
良好: 溶解氧指标必须为良好, 其余 7 项指标中, 无一指标为较差, 且最多允许一项为中等	良好: 等级为良好的水域面积大于 50%, 且等级为较差的水域面积必须小于 10%
中等: 溶解氧指标必须为良好或中等, 其余 7 项中, 只允许一项指标为较差	中等: 有 10%~20% 水域面积等级为较差; 或大于 50% 的水域面积等级为中等和较差
较差: 溶解氧指标为差, 或 3 项以上的指标为较差	较差: 等级为较差的水域面积大于 20%

5.4 评价结果

采用海洋生态环境质量综合评价和等级划分方法对大鹏半岛海域各调查站位和全海域进行生态环境质量状态预警评价。

2010 年 7 月的评价结果显示 (表 3), 大鹏湾西北部大梅沙海域的 S1 号站生态环境质量等级较差, 对应出现了重警, 这主要是因为该海域当时正暴发赤潮, 浮游植物丰度为 1.69×10^7 cells/L, 其中主要赤潮生物是锥状斯氏藻 (*Scrippsiella trochoidea*), 其丰度达 1.64×10^7 cells/L, 占总生物量的 97.2%, 海水水温为 30.17°C , 溶解氧高达 14.14 mg/L, 透明度为 0.6m。此外, 大亚湾海域的杨梅坑 (S11)、东山湾 (S13~S15) 和哑铃湾海域 (S17~S20) 各站的生态环境质量等级为中等, 对应出现轻警, 主要表现在沉积环境中有机碳以及海水中无机氮、活性磷酸盐和石油类含量浓度较高。

表 3 2010 年 7 月海洋生态环境质量综合等级评价 (各站位)

站位	溶解氧	无机氮	活性磷酸盐	石油类	透明度	硫化物	有机碳	叶绿素 a	等级
S1	差	良	良	良	中	良	良	良	差
S2	良	良	良	良	良	—	—	良	良
S3	良	中	良	良	良	良	良	良	良
S4	良	良	良	良	良	—	—	良	良
S5	良	中	良	良	良	良	良	良	良

续表

站位	溶解氧	无机氮	活性磷酸盐	石油类	透明度	硫化物	有机碳	叶绿素 a	等级
S6	良	良	良	良	良	—	—	良	良
S7	良	良	良	良	良	良	良	良	良
S8	良	良	良	良	良	—	—	良	良
S9	良	良	良	良	良	良	良	良	良
S10	良	良	良	良	良	—	—	良	良
S11	良	良	良	中	良	良	中	良	中
S12	良	良	良	良	良	良	中	良	良
S13	良	良	中	良	良	良	中	良	中
S14	中	中	良	中	良	良	中	良	中
S15	中	差	中	良	良	良	中	良	中
S16	良	良	良	良	良	良	中	良	良
S17	良	良	中	良	良	良	中	良	中
S18	良	差	良	中	中	良	中	良	中
S19	良	良	良	良	良	中	中	良	中
S20	良	中	良	良	良	良	中	良	中

注：“—”为没有做沉积物调查的站位，下同。

从全海域生态环境质量综合评价结果来看(表4), 大鹏半岛海域总体生态环境综合质量等级为良好, 说明夏季该海域生态环境处于较安全状态。

表4 2010年7月海洋生态环境质量综合等级评价(全海域)

项目	良好	中等	较差
站位数	11	8	1
所占海域面积/%	55	40	5
全海域综合等级	良好		

2010年11月的评价结果显示(表5), 生态环境质量等级为中等的站位主要出现在大鹏湾北部溪涌海域(S3), 以及大亚湾海域的东山湾(S15)和哑铃湾海域(S18~S20), 对应出现了轻警, 主要表现在沉积环境中有机碳以及海水中活性磷酸盐含量浓度较高。

从全海域生态环境质量综合评价结果来看(表6), 大鹏半岛海域总体生态环境综合质量等级为良好, 说明秋季该海域生态环境仍处于较安全状态。

表5 2010年11月海洋生态环境质量综合等级评价(各站位)

站位	溶解氧	无机氮	活性磷酸盐	石油类	透明度	硫化物	有机碳	叶绿素 a	等级
S1	良	良	良	良	良	良	良	良	良
S2	良	良	良	中	良	良	良	良	良
S3	良	良	中	良	良	良	中	良	中
S4	良	良	良	良	良	良	良	良	良
S5	良	良	良	良	良	—	—	良	良
S6	良	良	良	良	良	—	—	良	良
S7	良	良	中	良	良	良	良	良	良
S8	良	良	中	良	良	—	—	良	良
S9	良	良	中	良	良	良	良	良	良
S10	良	良	良	良	良	—	—	良	良
S11	良	良	良	良	良	良	良	良	良
S12	良	良	良	良	良	—	—	良	良

续表

站位	溶解氧	无机氮	活性磷酸盐	石油类	透明度	硫化物	有机碳	叶绿素 a	等级
S13	良	良	中	良	良	—	—	良	良
S14	良	良	中	中	良	良	中	良	良
S15	良	良	中	良	良	良	良	良	中
S16	良	良	中	良	良	良	良	良	良
S17	良	良	良	良	良	良	良	良	良
S18	良	良	良	良	中	中	中	良	中
S19	良	中	中	良	中	—	—	良	中
S20	良	良	中	良	良	良	中	良	中

表 6 2010 年 11 月海洋生态环境质量
综合等级评价 (全海域)

项目	良好	中等	较差
站位数	15	5	0
所占海域面积/%	75	25	0
全海域综合等级	良好		

6 结论与讨论

(1) 两个季节的评价结果均表明, 大鹏半岛海域总体生态环境综合质量良好, 该海域生态环境处于较安全状态。但是, 大亚湾海域的东山湾和哑铃湾海域两次生态环境监测评价等级均为中等, 这主要与该两处海域为海水综合养殖区有关, 海水养殖自身污染和养殖生产作业船舶石油类污染物的排放等已对大鹏半岛海域生态环境造成了不利影响, 需要引起注意。

(2) 合理开发利用海洋资源, 维护海洋生态的健康发展, 已成为我国社会和经济可持续发展的重要组成部分。只有充分了解海洋环境状况, 才能更好地保护海洋环境。因此, 加大近岸海域海洋生态环境监测力度, 建立健全海洋生态环境预警机制, 不仅是为主管部门制定有针对性的管理措施提供科学依据, 而且是保护海洋生态环境健康安全、海洋经济可持续发展的迫切需要。

参考文献

- 梁尧钦, 曾辉, 李菁. 深圳市大鹏半岛土地利用变化对植被覆盖动态的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(1): 199—205.
- 关北光. 大学生体质状况预警机制与方法的研究[J]. 乐山师范学院学报, 2010, 25(5): 123—125.
- 张珞平, 陈伟琪, 洪华生. 预警原则在环境规划与管理中的应用[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2004 (43): 221—224.
- 李秀丽, 赵军. 基于 WebGIS 的民勤绿洲生态预警信息系统设计研究[J]. 地理空间信息, 2008, 6(5): 108—110.
- 李万莲. 我国生态安全预警研究进展[J]. 安全与环境工程, 2008, 15(3): 78—81.
- 傅伯杰. 区域生态环境预警的理论及其应用[J]. 应用生态学报, 1993, 4(4): 436—439.
- 陈国阶. 对生态环境预警的探讨[J]. 重庆环境科学, 1996, 18(5): 1—4.
- 邵东国, 李元红. 基于神经网络的干旱内陆河流域生态环境预警方法研究[J]. 中国农村水利水电, 1999(6): 10—12.
- 郭怀成, 刘永, 戴勇立. 小型城市湖泊生态系统预警技术: 以武汉市汉阳地区为例[J]. 生态学杂志, 2004, 23(4): 175—178.
- 施冬菊, 陆建红. 建设海洋生态环境预警机制为海洋经济发展护航[J]. 海洋开发与管理, 2008, 25(1): 37—38.
- 夏华永, 李绪录, 韩康. 大鹏湾环境容量研究 I: 自净能力模拟分析[J]. 中国环境科学, 2011, 31(12): 2031—2038.
- 李绪录, 周毅频, 夏华永. 大鹏湾中叶绿素 a 的多年调查结果及其与环境因子的灰关联分析[J]. 生态环境学报, 2011, 20(12): 1886—1891.
- 邓利, 陈大伟, 黎韵, 等. 深圳大鹏湾和大亚湾近岸海水及潮间带动物的有机锡污染[J]. 热带海洋学报, 2010, 29(4): 112—117.
- 方良, 李纯厚, 杜飞雁, 等. 大亚湾海域浮游动物生态特征[J]. 生态学报, 2010(11): 2981—2991.
- 黄道建, 郭振仁, 陈菊芳, 等. 大亚湾代表水域浮游动物生物量的垂直分布与季节动态研究[J]. 海洋环境科学, 2010, 29(6): 825—828.