

辽东湾海域富营养化评价指标体系的构建

周艳荣^{1,2} 张 巍³ 温国义^{1,2}

(1. 国家海洋局海洋溢油鉴别与损害评估技术重点实验室 青岛 266033;

2. 国家海洋局北海环境监测中心 青岛 266033; 3. 青岛理工大学琴岛学院土木工程系 青岛 266106)

摘 要 通过回顾近几十年来多位学者针对辽东湾海域富营养化开展的研究工作, 提出将层次分析法应用到辽东湾海域富营养化评价当中, 建立一套指标评价体系。根据各评价因子的层次关系构造判断矩阵, 应用 Matlab 6.5 计算软件编程, 确定各指标的权重, 建立以富营养化水文因素和生态因素两方面指标为基础的综合评价指数模型, 对辽东湾海域富营养化进行综合评价。

关键词 富营养化; 评价指标体系; 层次分析法

富营养化是由氮、磷等营养物质含量过多所引起的水质污染现象。海水中的营养物质连同某些有机物质的存在形式和浓度直接导致海水富营养化, 长期以来一直是藻类生态学家和海洋环境学家关注的焦点, 其影响浮游植物的生长、繁殖和代谢, 是赤潮形成和发展的物质基础^[1-2]。

1 辽东湾海域污染现状

辽东湾为半封闭式海湾, 海水交换能力很弱。根据 2002—2008 年中国海洋环境质量公报显示, 辽东湾海域的主要污染物为无机氮和活性磷酸盐。辽河、大凌河、小凌河、五里河和六股河等在此流入渤海, 除丹东市外, 辽宁省其余 13 个城市的水系污染物全部输送到辽东湾。辽东湾沿岸滩涂广阔, 人工养殖场、盐场和海水浴场均在大量开发扩建, 养殖场死亡鱼、贝类和饵料废弃物直接入海, 还有人类、牲畜和禽类的排泄物以及农田施用的化肥和农药也随着雨水的冲刷进入海域之中, 这些污染源均向辽东湾输送大量的有机物质和营养盐。

1998—1999 年辽东湾连续发生特大赤潮, 面积分别达到 5 000 km² 和 6 000 km², 仅 1998 年赤潮造成海洋水产业的直接经济损失就约 5 亿元。渤海碧海行动计划指出, 渤海海域富营养化指数高达 4.4, 其中辽东湾的富营养化指数高达 29.36, 已处在严重的富营养状态, 极易引发赤潮^[4]。从渤海 1977—2005 年赤潮分布图上可以看出辽东湾仍是我国赤潮多发区之一 (图 1)。

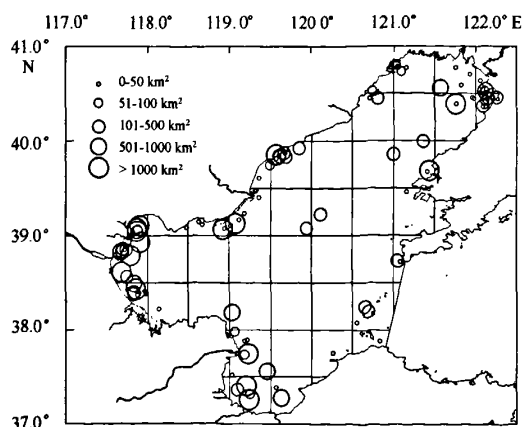


图 1 1977—2005 年渤海赤潮分布

2 辽东湾海域富营养化研究综述

目前评价海水富营养化程度的模型和方法很多,如单项指标法、综合指数法、模糊综合评判法、灰色模式识别法和人工神经网络评价法等。国内外诸多学者采用不同的方法并从不同的角度对海洋中营养盐结构和富营养化进行研究,日本的村上影男和冈市友利等在 20 世纪 70 年代初就提出水质富营养化的划分及评价模式^[5-6]。

目前我国对水质富营养化水平还没有统一的评价标准。邹景忠教授在 1983 年对渤海湾富营养化与赤潮问题进行初步探讨^[7],并于 1985 年提出评价海湾富营养化的方法。之后,围绕海湾营养盐结构及富营养化,国内诸多学者开展大量工作^[8-12]。邵秘华教授于 1993—1995 年连续对辽宁省附近海域水质状况进行分析研究^[13-14]。

在前人研究的基础上,方志刚等于 2001 年对辽东湾近岸海域富营养化状况进行研究,通过参考日本水质有关海水基准以及上田和夫先生为防止赤潮发生而提出的富营养化临界值和富营养化指数,指出富营养化程度以辽东湾中部最为严重;辽东湾中部正是辽河入海处,也是污染物入海量最大的海域,辽东湾近岸海域的富营养化水平较高,破坏海洋的生态平衡,导致海水中藻类过量繁殖和藻类种群的单一化发展;赤潮特征藻类在局部地区已呈优势,在其他条件适合时随时有暴发赤潮的可能^[3]。秦延文等对邻近的渤海湾进行水环境氮、磷营养盐分布特点的研究,指出天津渤海湾海域水体中氮营养盐污染较为严重,尤其是位于第一类环境功能区站位的 DIN 超标率达到 43%^[15]。石强和陈江麟等经过对断面调查资料的分析研究,发现辽东湾是亚硝酸盐氮浓度较高的海域^[16]。邱春霞和邵秘华等对大连湾海域的水化学要素和生物体化学要素的含量水平和分布进行调查研究,发现大连湾海域为富营养化水质且受到有机污染,无机磷超过一类海水水质标准,海水中氮磷比严重失调;各单项指标显示沿岸富营养化和污染程度高于中部和湾口海域,陆源排污是该海域富营养化和有机污染的主要原因

之一^[17]。李艳云和王作敏对大辽河口和辽东湾海域水质溶解氧与 COD、无机氮、磷及初级生产力之间的关系进行研究,发现除初级生产力外,其他因素间存在负相关关系^[18]。王毅和张天相等利用 1995—1999 年的资料对辽东湾北部和辽西沿岸海域的营养盐分布状况进行研究^[19]。曲丽梅和姚德等采用郭卫东等提出的以氮、磷营养盐作为评价参数的新富营养化评价模式对辽东湾进行评价,并指出这种评判方法仅考虑海水中的营养盐情况,没有反映浮游植物等有机物的活动状况^[20]。

3 辽东湾海域富营养化评价综合指标体系的建立

3.1 层次分析法 (AHP) 的提出

前人对辽东湾海域富营养化的研究方法较多,但大多是采用以营养盐为基础的评价方法,即根据无机氮、无机磷、化学需氧量浓度和叶绿素 a 计算富营养化指数,这一现状已不适应我国近岸海域富营养化问题科学研究和海域使用管理的需求^[21]。因此,本研究运用层次分析法 (AHP),从富营养化的水化因素和生态因素两方面选取指标,构建层次分析图,建立辽东湾海域富营养化综合评价体系。

层次分析法 (AHP) 是美国运筹学家 Saaty 教授于 20 世纪 80 年代提出的一种实用的多方案或多目标的决策方法^[22],该方法自 1982 年被介绍到我国以来,以其定性与定量相结合处理各种决策因素的特点以及其系统灵活简洁的优点,迅速地在我国社会经济各个领域内(如能源系统分析、城市规划、经济管理和科研评价等)得到广泛的重视和应用。

3.2 辽东湾海域富营养化评价综合指标体系的建立

辽东湾海域富营养化评价综合指标体系的建立采用层次分析法,拟从水化因素和生态因素两方面选取评价指标,建立递阶层次结构模型。根据层次分析法原理将指标体系分为 4 层(图 2):第一层

即最高层为本项目的预定目标,即辽东湾海域富营养化程度综合指数;第二层为指标体系选取的对象,即水化因素和生态因素;第三层为水化因素和生态因素包含的各个项目,水化因素主要包括盐度、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐和溶解无机氮等,生态因素主要包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物和底栖生物等;第四层为第三层因子的具体体现,主要从浮游动植物和底栖生物的生物多样性指数和优势度等因素中选取。综合指标体系的建立为海水富营养化评价提供了全新的方法。

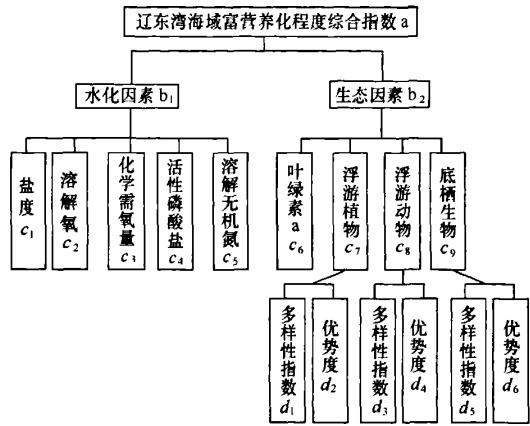


图2 辽东湾海域富营养化综合评价指标递阶层次结构体系

3.3 辽东湾海域富营养化综合评价模型选取研究

选取综合评价模型的第一步是确定综合评价指

标体系中各评价因子的权重。根据层次分析法原理,经过指标相对重要性专家咨询、判断矩阵的一致性检验以及相关计算,最后得到各级值指标的权重。

在确定各级评价因子的基础上,采用综合指数法对调查各站位进行评价。综合评价指数计算公式为:

$$Z = \sum_{i=1}^n A_i \cdot I_i$$

式中: Z 为富营养化综合指数; n 为评价因子的个数; A_i 为评价因子的实际值; I_i 为评价因子的权重。

4 结语

辽东湾海域富营养化评价如果仅停留在营养盐变化的基础上,将无法满科学研究和海域管理的要求。将层次分析法(AHP)应用到海水富营养化评价中,建立的综合评价模型包含水文、化学和生物指标,充分利用已知数据所包含的各种信息反应富营养化的成因,表现出由富营养化引起的一系列症状,突破以往单纯依靠营养盐评价海洋富营养化的常规做法,结合层次分析法确定指标重要性权重,所得评价结论比较客观。该方法的应用对于评价辽东湾的环境质量、研究赤潮灾害、控制环境污染和保护海洋生态环境等都具有重要意义。

参考文献:

[1] FOWLER S W. Critical review of selected heavy metal and chlorinated hydrocarbon concentration in marine environment [J]. Mar Environ Res., 1990, 29: 1-64.

[2] 高素兰. 营养盐和微量元素与黄骅赤潮的关系 [J]. 渤海海洋, 1997, 15 (2): 59-63.

[3] 方志刚, 穆云侠. 渤海辽东湾富营养化的趋势研究 [J]. 环境保护科学, 2001, 27 (105): 16.

[4] 国家环保总局. 渤海碧海行动计划-行动背景 (第二章) [R]. 2002.

[5] 冈市友利. 浅海的污染与赤潮的发生, 内湾赤潮的发生机制 [R]. 东京: 日本水产资源保护协会, 1972: 58-76.

[6] 村上影男. 赤潮与富营养化 [R]. 东京: 公害对策技术同友会, 1976.

[7] 邹景忠, 董丽萍, 秦保平, 等. 渤海湾富营养化和赤潮问题的初步探讨 [J]. 海洋环境科学, 1983 (2): 41-54.

[8] 沈志亮, 陆家平, 刘兴俊. 黄河口及附近海域的无机氮和磷酸盐 [J]. 海洋科学集刊, 1989, 30: 51-79.

[9] 林荣根, 吴景阳. 黄河口沉积物中无机磷酸盐的存在形态 [J]. 海洋与湖沼, 1992, 23 (4): 387-395.

[10] 张均顺, 沈志良. 胶州湾营养盐结构变化的研究 [J]. 海洋与湖沼, 1997, 28 (5): 529-534.

- [11] 郭卫东, 章小明, 杨逸萍, 等. 中国近岸海域潜在性富营养化程度的评价 [J]. 台湾海峡, 1998, 17 (1): 48 - 53.
- [12] 孙丕喜, 王宗灵, 战闰, 等. 胶州湾海水中无机氮的分布与富营养化研究 [J]. 海洋科学进展, 2005, 23 (4): 466 - 471.
- [13] 邵秘华. 大连湾水体中化学要素的分布规律及变化特征 [J]. 海洋科学, 1993, 14 (2): 67 - 68.
- [14] 邵秘华. 北黄海辽宁省海湾水质和底质污染状况再探 [J]. 海洋通报, 1995, 14 (4): 59 - 65.
- [15] 秦延文, 孟伟, 郑丙辉, 等. 渤海湾水环境氮、磷营养盐分布特点 [J]. 海洋学报, 2005, 27 (2): 172 - 176.
- [16] 石强, 陈江麟, 李崇德, 等. 渤海硝酸盐氮和亚硝酸盐氮季节循环分析 [J]. 海洋通报, 2001, 20 (6): 32 - 39.
- [17] 邱春霞, 邵秘华, 李玉娜, 等. 大连湾海域生态环境现状的评估 [J]. 大连海事大学学报, 2005, 31 (1): 77 - 80.
- [18] 李艳云, 王作敏. 大辽河口和辽东湾海域水质溶解氧与 COD、无机氮、磷及初级生产力的关系 [J]. 中国环境监测, 2006, 22 (3): 70 - 72.
- [19] 王毅, 张天相, 徐学仁, 等. 辽东湾北部至辽西沿岸海域营养盐分布及水质评价 [J]. 海洋环境科学, 2001, 20 (2): 63 - 70.
- [20] 曲丽梅, 姚德, 丛丕福. 辽东湾氮磷营养盐变化特征及潜在性富营养评价 [J]. 环境科学, 2006, 27 (2): 263 - 267.
- [21] 纪大伟, 杨建强, 高振会, 等. 莱州湾西部海域枯水期富营养化程度的初步研究 [J]. 海洋通报, 2007, 26 (1): 78 - 81.
- [22] 王莲芬, 许树泊. 层次分析法引论 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1990.