

区域海洋功能调整对海域水质状况影响研究

——以大连长兴岛葫芦山湾为例

肖琦¹, 赵素芳², 袁仲杰^{2*}, 高婧^{2,3}

(1. 大连海洋大学, 辽宁 大连 116023; 2. 国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116023;

3. 大连理工大学, 辽宁 大连 116023)

摘要:根据大连长兴岛经济技术开发区葫芦山湾海域 2000—2016 年间 6 次海水水质调查数据, 分析了该区域海洋功能调整对海域水质状况的影响。结果表明: 区域海洋功能调整对海湾内水环境产生了一定的影响, 并有阶段性富营养化趋势出现, 且在湾内进行工业与城镇化功能调整过程中, 表现的尤为突出; 同时, 对该海域进行有机污染指数变化评价, 表明该海域的有机物污染较明显, 有机污染指数达到最大值同样出现在海域功能调整相对剧烈的阶段。根据分析结果给出了区域海洋功能调整过程中海水水质影响研究的结论, 并建议尽快选址实施两岸生产、生活污水的湾外深海排放, 以保护海湾内海水水质环境。

关键词:海洋功能变迁; 葫芦山湾; 水质; 富营养化

中图分类号:X703

文献标识码:A

文章编号:1002-3682(2018)01-0074-06

doi:10.3969/j.issn.1002-3682.2018.01.008

葫芦山湾位于辽宁省大连市长兴岛、西中岛与交流岛之间, 属于半封闭型狭长海湾。因其所在的长兴岛国家级经济技术开发区近年来逐步成为辽宁经济增长热点地区, 湾内海洋功能区划进行了多次调整, 原有的养殖、盐田、保留区陆续调整为港口、工业、城镇区。本次研究利用 2000—2016 年的海洋环境调查数据, 分析葫芦山湾内海水水质受到的影响情况, 并对污染成因进行总结归纳, 为科学规划、管理海湾内海洋功能区提供数据支撑。

1 海洋功能区划调整情况概述

2004—2016 年的 12 a 间, 长兴岛葫芦山湾海域的海洋功能区历经了 4 次调整。在《辽宁省海洋功能区划》(2004 年) 中^①, 葫芦山湾内海域以养殖功能区分布为主^[1]。2007 年随着长兴岛临港工业区的成立, 社会经济发展对海洋空间资源需求预期增加, 当时的海洋功能区划已不满足需求。2008 年《辽宁省海洋功能区划修改方案(长兴岛附近海域)》(2008 年)^②获得批复, 将葫芦山湾湾口至中段的北岸海域海洋功能调整为港口功能区和工业与城镇用海区。2012 年国务院批复了《辽宁省海洋功能区划(2011—2020 年)》^③通过对比不难看出, 改版功能区划在葫芦山湾海域基本延承了 2008 年的区划修改方案, 仅将湾内交流岛附近海域部分保留区进一步调整为了工业城镇用海区。以保障区域建设对港口资源和空间资源的需求。伴随着长兴岛

收稿日期:2018-01-15

作者简介:肖琦(1996-), 女, 学位, 主要从事海洋环境影响方面研究. E-mail: 754846289@qq.com

* **通讯作者:**袁仲杰(1982-), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事海洋环境影响方面研究. E-mail: zjyuan@nmemc.org.cn

(王佳实 编辑)

① 辽宁省人民政府. 辽宁省海洋功能区划(2004)(2004-11-17)[2018-03-12]. http://www.ln.gov.cn/zfxx/zfwj/szfbgtwj/200711/t20071119_145992.html

② 辽宁省人民政府. 辽宁省海洋功能区划修改方案(长兴岛附近海域)(2008 年).(2008-12-11)[2018-03-12]. http://www.ln.gov.cn/zfxx/jrln/wzxw/200812/t20081211_306643.html

③ 辽宁省人民政府. 辽宁省海洋功能区划(2011—2020 年).(2011-08-25)[2018-03-12]. http://www.ln.gov.cn/zfxx/tjdt/201108/t20110825_690443.html

由临港工业区向综合经济区转变,2016 年《辽宁省海洋功能区划(2011—2020 年)(长兴岛海域)修改方案》^①再次获得批复,除了对湾内原有港口航运区、工业与城镇用海区进行了整合外,还将葫芦山湾南岸部分保留区调整为港口航运区和工业与城镇用海区^[1]。葫芦山湾海域海洋功能区调整情况如表 1 所示。

表 1 葫芦山湾海域功能区调整表
Table 1 Table of the function area adjustment in the sea area of the Hulushan Bay

区 位	功能区名称			
	2004 年版	2008 年版	2012 年版	2016 年版
长兴岛西南部	保留区(4.50 km ²)	港口航运区(17.07 km ²)	港口航运区(17.07 km ²)	工业与城镇用海区(17.07 km ²)
	养殖区(12.57 km ²)			
西中岛北部	养殖区(41.45 km ²)	保留区(18.32 km ²)	港口航运区(41.45 km ²)	工业与城镇用海区(41.45 km ²)
		港口航运区(23.13 km ²)		
西中岛东北部	养殖区(2.42 km ²)	工业与城镇用海区(2.42 km ²)	工业与城镇用海区(2.42 km ²)	港口航运区(2.42 km ²)
长兴岛南部、 西中岛东北部	保留区(0.94 km ²)	航道区(2.06 km ²)	保留区(2.06 km ²)	工业与城镇用海区(0.71 km ²)
	养殖区(1.12 km ²)			港口航运区(1.35 km ²)
长兴岛本岛南部	保留区(4.55 km ²)	工业与城镇用海区(17.57 km ²)	工业与城镇用海区(17.57 km ²)	工业与城镇用海区(17.57 km ²)
	养殖区(13.02 km ²)			
交流岛周边	盐田区(134.63 km ²)	航道区(34.76 km ²)	保留区(34.76 km ²)	保留区(34.76 km ²)
		工业与城镇用海区(99.87 km ²)	工业与城镇用海区(99.87 km ²)	工业与城镇用海区(99.87 km ²)

注:括号内数据为各功能区面积

2 调查与研究方法

2.1 现状调查

本次研究采用 2000—2016 年 6 次长兴岛葫芦山湾海域秋季现场监测数据,监测过程中在湾内均布设 6 个站位,全面覆盖本次研究区域。站位布设图与站位坐标如图 1 所示。在监测与分析过程按照《海洋监测规范(GB 17378—2007)》^[2]执行。

2.2 研究方法

根据该海域的特点,本研究评价参数确定为化学需氧量(COD)、无机氮(DIN)、无机磷(DIP)、溶解氧(DO)、石油类;海水水质评价采用《海水水质标准》(GB 3097—1997)^[3]中一类标准;评价方法采用营养状态质量指数法^[4]、有机物污染评价指数法^[5]、单因子标准指数评价法^[6]。无机氮(DIN)质量浓度为 NO₂⁻-N, NO₃⁻-N, NH₄⁺-N 三种氮化物质量浓度之和,无机磷(DIP)质量浓度用 PO₄³⁻-P 质量浓度表示。

营养状态质量指数(NQI)是评价海域富营养化程度的指标。营养状态质量指数(NQI)的大小反映海域水体富营养化情况: NQI<2,富营养化等级为贫营养;2<NQI<3,富营养化等级为中营养; NQI>3,富营养化等级为富营养。NQI 的具体的计算公式^[8]为

$$NQI = \frac{C_{\text{COD}}}{C'_{\text{COD}}} + \frac{C_{\text{T-N}}}{C'_{\text{T-N}}} + \frac{C_{\text{T-P}}}{C'_{\text{T-P}}} \quad (1)$$

式中: NQI 为营养状态质量指数; C_{COD}, C_{T-N}, C_{T-P} 分别为水体的化学需氧量、总氮、总磷的实测质量浓度;

① 辽宁省人民政府. 辽宁省海洋功能区划(2011—2020 年)(长兴岛海域)修改方案(2015-08-12)[2018-03-12]. [http:// www.ln.gov.cn/zfxx/tjdt/201508/t20150813_1820813.html](http://www.ln.gov.cn/zfxx/tjdt/201508/t20150813_1820813.html)

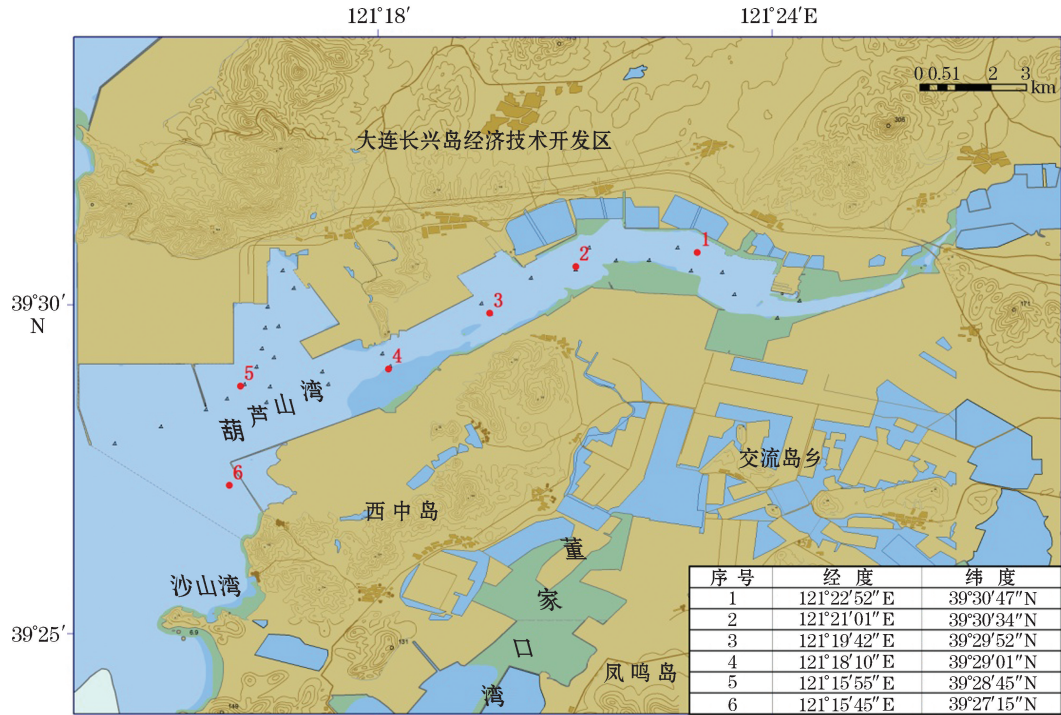


图1 水质调查站位示意图

Fig.1 Locations of the stations for water quality surveys

$C'_{\text{COD}}, C'_{\text{T-N}}, C'_{\text{T-P}}$ 分别为水体的化学需氧量、总氮、总磷的标准质量浓度。

有机物污染评价指数(A)是针对水体有机污染的一种综合评价方法,根据溶解氧、化学需氧量、氨氮的等标污染指数之和来判断水质的有机物污染情况。 $A > 1$ 说明水体受到有机物污染; $A < 1$ 则说明水体没有受到污染。有机污染评价指数(A)的具体计算公式^[8]为

$$A = \frac{\text{COD}_j}{\text{COD}_s} + \frac{\text{DIN}_j}{\text{DIN}_s} + \frac{\text{DIP}_j}{\text{DIP}_s} - \frac{\text{DO}_j}{\text{DO}_s} \quad (2)$$

式中: A 为有机污染指数; $\text{COD}_j, \text{DIN}_j, \text{DIP}_j, \text{DO}_j$ 分别为 $\text{COD}_{\text{MN}}, \text{DIN}, \text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 以及 DO 的实测质量浓度; $\text{COD}_s, \text{DIN}_s, \text{DIP}_s, \text{DO}_s$ 分别为 $\text{COD}_{\text{MN}}, \text{DIN}, \text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 以及 DO 的标准质量浓度。

单因子标准指数法是利用实测数据和标准进行对比,是评价水质现状的一种方法,其计算公式为

$$S_{ij} = C_{ij} / C_{si} \quad (3)$$

式中: S_{ij} 为评价因子 i 在测点 j 的质量指数; C_{ij} 为评价因子 i 在测点 j 的浓度; C_{si} 为调查因子 i 的评价标准值。

3. 评价结果分析与讨论

3.1 营养化程度的变化评价

基于葫芦山湾海域 6 次水质现状调查结果,运用公式(1)计算得出 2000—2016 年该海域营养状态质量指数(NQI)(表 2)。结果显示:在仅有少量水产养殖状态下,NQI 指数较低,呈现贫营养状态;在海湾内围填海改造期间,NQI 指数升高,呈现富营养状态;经过一段时间建设,区域内大型围填海施工强度减弱,污水处理厂等环保设施启用,NQI 指数下降,再呈现贫营养状态;第 2 次海湾内工业项目填海开发阶段,较之前有一定污染防治设施和措施,NQI 指数出现一定程度回升,呈现中营养状态;至 2016 年,海湾内港口、工业

与城镇格局形成, *NQI* 指数恢复, 呈现贫营养状态。由此可见, 区域功能调整引起的围填海改造与该海域富营养化程度呈相关性波动。

表 2 葫芦山湾海域营养状态质量指数(*NQI*)计算表

Table 2 Calculation of the nutritional state quality index (*NQI*) in the sea area of the Hulusan Bay

年 份	COD 质量浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	无机氮质量浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	活性磷酸盐浓度/ $\times 10^{-3} \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	营养状态质量指数
2000	0.95	0.111	11.10	1.77
2007	1.90	0.255	15.25	3.24
2011	1.35	0.154	3.35	1.67
2012	1.31	0.229	2.24	1.95
2014	1.18	0.288	13.7	2.95
2016	1.80	0.074	3.11	1.48

3.2 水质现状评价

3.2.1 有机污染指数的变化评价

根据调查结果, 由公式(2)以一类海水水质限值作为参照标准, 计算得到 2000—2016 年葫芦山湾海域的有机污染评价指数(*A*)(表 3)。结果显示: 除 2011 年和 2016 年以外, 其他监测年份该海域的有机物污染均存在超标现象。不同于 *NQI* 指数的是, 有机污染在湾内改造未启动时, 也存在超标现象, 其原因可能与湾内大规模从事海水增殖殖活动有关。不过, 有机污染评价指数的波动仍与区域海洋功能调整有这较为密切的关系。

表 3 葫芦山湾有机污染评价指数(*A*)计算表

Table 3 Calculations of the organic pollution assessment index (*A*) in the Hulusan Bay

年 份	COD 质量浓度 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	无机氮质量浓度 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	活性磷酸盐质量浓度 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	溶解氧浓度 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	有机污染评价 指数
2000	0.95	0.111	0.011	9.60	1.18
2007	1.90	0.255	0.015	6.88	2.46
2011	1.35	0.154	0.003	7.71	0.91
2012	1.31	0.229	0.002	7.59	1.23
2014	1.18	0.288	0.014	9.65	2.18
2016	1.80	0.074	0.003	8.18	0.11

3.2.2 单因子标准指数评价

对葫芦山湾海域的 COD、无机氮、无机磷、石油类、溶解氧等各项水质指标按照海水水质一类标准进行评价, 评价结果见表 4 和图 2。

表 4 污染物单因子污染指数计算表

Table 4 Calculations of the single factor pollution index of pollutants in the Hulusan

年 份	化学需氧量	无机氮	活性磷酸盐	溶解氧	石油类
2000	0.47	0.56	0.74	0.59	0.47
2007	0.95	1.27	1.02	0.78	0.10
2011	0.67	0.77	0.22	0.76	0.11
2012	0.66	1.15	0.15	0.72	0.15
2014	0.59	1.44	0.92	0.77	0.06
2016	0.90	0.38	0.21	0.65	0.08

结果显示, 溶解氧、石油类和 COD 均达到一类海水水质标准。溶解氧在 2007 年和 2012 年出现污染物

浓度降低现象;活性磷酸盐 2007 年超标;无机氮 2007 年、2012 年、2014 年超标。这主要是由于 2007 年和 2012 年两次较大规模的海湾围填海改造活动引起的海域无机氮污染物浓度升高,导致该海域处于氮素限制状态,引起浮游植物的生长受到抑制同时无机氮的化学氧化是耗氧过程^[7],因此该海域的溶解氧浓度在 2007 年和 2012 年出现下降的趋势。溶解氧浓度的下降会影响浮游动物、鱼类等生物的生长和栖息,有效控制该海域的氮素污染,提高该海域的溶解氧浓度是保证该海域生物生长和栖息的重要保障。葫芦山湾海域海水中石油类污染物浓度呈现逐年下降趋势,并未受到区域海洋功能调整后港口、工业和城镇开发活动增多的影响。这说明对于石油类陆源污染物入海环节进行了有效控制。COD 基本呈现了逐年上升的趋势,符合区域开发向葫芦山湾两岸集中的现状。

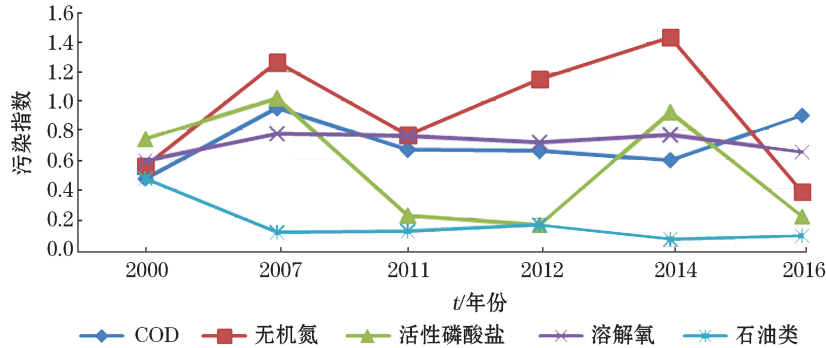


图 2 单因子污染指数变化图

Fig.2 The change of Pollutant single factor pollution index

4 结论与建议

本文在深入阐述海洋功能区划调整情况的基础上,以大连长兴岛经济技术开发区葫芦山湾海域 2000—2016 年间 6 次海水水质调查数据为依据,分析了该区域海洋功能调整对海域水质状况的影响,总体结论和建议如下:

1) 区域海洋功能调整对葫芦山湾海域水质环境造成了一定程度影响,包括海湾功能由养殖向港口、工业和城镇转变过程中,为了拓展海域空间资源实施填海造地,引起了该海域富营养化程度的相关性波动,同时也引起了有机污染指数的相关波动。上述波动均在填海施工强度最大时达到峰值,并于施工强度降低或停止或逐步恢复。

2) 通过对典型污染因子运用单因子指数法分析后,证明海域空间拓展过程中,海湾内机氮污染物浓度升高,导致海水呈氮素限制状态,溶解氧含量下降,进而会影响海洋生态健康程度。湾内海域石油类污染物浓度呈现逐年下降趋势,并未受到区域功能调整影响,可见对于重点工业污染源的控制已经引起各行业的高度重视,并采取了行之有效的措施。

3) 因海湾水动力交换能力弱于开敞海域,随着海湾两岸工业与城镇化程度的提高,即便采取措施进行 COD 等常规污染物的控制,区域环境压力仍在不断升高中。鉴于此种情况,建议尽快选址实施两岸生产、生活污水的湾外深海排放,以保护海湾内海水水质环境。

参考文献 (References):

- [1] GAO J. The analysis for the effect of marine functional transfers on sea-water quality of Hulushan Bay [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2016. 高婧, 海洋功能变迁对葫芦山湾水质影响分析[D]. 大连: 大连理工大学, 2016.

- [2] The State Bureau of Quality and Technical Supervision. The specification for marine monitoring: GB 17378—2007[S]. Beijing: China Standard Press, 2007. 国家质量技术监督局. 海洋环境监测规范:GB 17378—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [3] State Environmental Protection Agency. Sea water quality standard: GB 3097—1997[S]. Beijing: China Standard Press, 1997. 国家环境保护总局. 海水水质标准: GB 3097—1997[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [4] State Oceanic Administration. Technical regulations for monitoring marine ecological environment[EB/OL]. (2007-04-12)[2018-03-12] http://www.soa.gov.cn/bmzz/jgbmzz2/zcfzydyqys/201211/t20121107_13849.html. 国家海洋局. 海洋生态环境监测技术规程[EB/OL]. (2007-04-12)[2018-03-12]. http://www.soa.gov.cn/bmzz/jgbmzz2/zcfzydyqys/201211/t20121107_13849.html.
- [5] XU Y, SONG Q H, CHEN W B, et al. Dalian bay sea water quality and pollution trend analysis [J]. Resources and Environment, 2014 (6): 21-24. 许岩, 宋钦浩, 陈文博, 等. 大连湾海域水质状况及污染趋势分析[J]. 环境与资源, 2014(6): 21-24.
- [6] State Environmental Protection Agency. Technical guidelines for environmental impact assessment surface water environment: HT/T 2.3-93[S]. Beijing: Beijing Municipal Research Institute of Environment Protection, 1993. 国家环境保护局. 环境影响评价技术导则 地面水环境: HT/T 2.3-93[S]. 北京: 北京市环境保护科学研究所, 1993.
- [7] GAO F, YUAN Z J, TIAN Z P, et al. Analysis on the characteristics of marine functional changes impact on water quality in Dalian Dayao Bay [J]. Analysis of Green Technology, 2017(20): 32-35. 高范, 袁仲杰, 田振萍, 等. 海洋功能变迁对大连大窑湾海域水质的影响特征分析[J]. 绿色科技, 2017(20): 32-35.

Influence of Regional Ocean Function Adjustment on Sea Water Quality: A Case Study of the Hulushan Bay, Changxing Island, Dalian

XIAO Qi¹, ZHAO Su-fang², YUAN Zhong-jie², GAO Jing^{2,3}

(1. *Dalian Ocean University*, Dalian 116023, China;

2. *National Marine Environmental Monitoring Center*, Dalian 116023, China;

3. *Dalian University of Technology*, Dalian 116023, China)

Abstract: Influences of regional ocean function adjustment on sea water quality are analyzed based on the data obtained in 6 water quality surveys carried out in the Hulushan Bay of the Dalian Changxing Island Economic and Technological Development Zone during the years from 2000 to 2016. The results show that the regional ocean function adjustment has exerted a certain impact on the water quality in the bay, resulting in a trend of stage eutrophication and being particularly prominent in the process of industry and urbanization adjustment. The evaluation of organic pollution index variations indicates that the pollution of organic compounds is more obvious in the study area, and the maximum value of the organic pollution index occurs also in the stage at which the function adjustment of the sea area is relatively severe. Based on the analytic results, conclusions are drawn for the influence of regional ocean function adjustment on sea water quality, and in order to protect the seawater quality and environment in the bay, it is suggested that sites should be chosen as soon as possible to implement the deep-sea discharge of the both-coast production and domestic sewages.

Key words: marine function change; Hulushan Bay; water quality; eutrophication

Received: January 15, 2018