2012 年罗源湾海域环境质量现状评价与分析

任保卫

（福建省海洋环境与渔业资源监测中心　福州　350003）

摘　　要：文章根据 2012 年 8 月对福建罗源湾海域的环境质量调查结果，结合海洋功能区划对海洋环境质量现状进行了评价与分析，并综合分析了海水中富营养化程度，沉积物中重金属的富集程度与生态风险效应。结果表明：该海域水质中除活性磷酸盐、无机氮和石油类存在超标外，其他环境因子均符合功能区划要求的海水水质标准。沉积物中除滴滴涕外，其他因子均符合海洋沉积物标准。20％的站位富营养化指数大于 1，该海区的富营养化程度较低。沉积物中铅的富集程度相对较大，沉积物重金属的潜在生态危害轻微。

关　键　词：罗源湾；水质；沉积物；环境质量评价

1　引言

罗源湾位于福建省东北部，北邻宁德三沙湾，南隔黄岐半岛与闽江口连接，是半封闭海湾，总面积 179.56 km^2，可门口水道和北侧航道水深均大于 10 m，最大水深达 74 m，湾内自然条件优越，湾内浅海滩涂广阔，渔业养殖丰富，是福建省重要的海水养殖和港口开发的海域[1-2]。1999 年罗源湾被科技部批准为“全国科技兴海”海水养殖示范基地，现已建成网箱养鱼、浅海吊养牡蛎、对虾、锯缘青蟹、梭子蟹、藻类、种苗培育、养鳗等生产基地；罗源湾港区作为福建省重要港口建设项目，2000 年被省政府确定为福州港深水外港，2004 年度确定为海峡西岸经济区主枢纽港，并且临港工业多样化，落地有山东鲁能集团、华东船厂、亿鑫钢铁、德盛镍业、宇星彩板、三金高速线材、田丰机械、源鑫建材、宇星彩板、时代包装材料、蓝之湾游艇等。

本研究根据 2012 年 8 月对罗源湾海域调查得到的水质和表层沉积物资料，结合福州市海洋功能区划和福建省海洋功能区划，对该海域的环境质量状况进行初步的分析与评价，并综合分析水质中富营养程度和沉积物中重金属的富集程度及潜在生态风险效应。为罗源湾的海洋生态文明建设和环境保护规划合理模具提供基础资料，对罗源湾的进一步开发建设与保护，改善海洋生态环境、促进海洋经济的可持续发展具有重要的意义。

2　采样与方法

2.1　采样及样品处理

在调查海域内设置了 15 个水质和 8 个沉积物监测站位（图 1 和表 1）。水质监测项目包括：pH 值、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮、石油类、重金属（铜、铅、镉、汞）和砷；沉积物监测项目包括：石油类、六六六、滴滴涕、多氯联苯、有机碳、硫化物、重金属（铜、铅、镉、汞）和砷。样品的采集、贮存、运输和预处理及其实验室内的分析测定均按《海洋监测规范》中规定的方法进行。

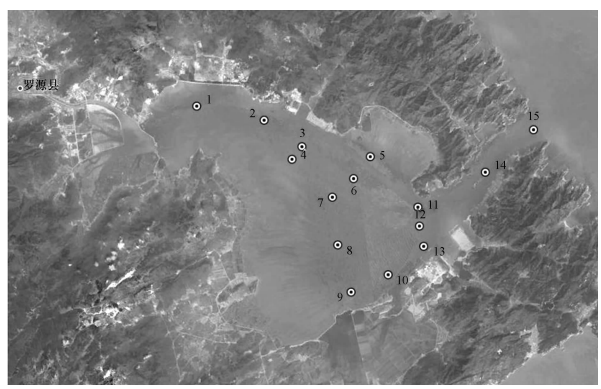

图 1　监测站位

表 1 监测站位

站位号	东经/（°）	北纬/（°）	监测介质
1	119.646 111	26.469 444	水、沉积物
2	119.682 222	26.458 056	水、沉积物
3	119.701 111	26.442 500	水、沉积物
4	119.694 722	26.436 944	水
5	119.738 056	26.433 056	水
6	119.727 222	26.423 333	水、沉积物
7	119.714 167	26.415 556	水、沉积物
8	119.713 611	26.391 667	水
9	119.717 500	26.367 500	水、沉积物
10	119.739 167	26.373 611	水
11	119.760 556	26.405 000	水、沉积物
12	119.760 000	26.395 556	水
13	119.760 833	26.385 278	水、沉积物
14	119.800 278	26.417 778	水
15	119.830 000	26.435 556	水

2.2 评价方法与标准

2.2.1 评价方法

本研究采用环境质量评价常用的单项评价标准指数法[3]。一般以评价因子的直属 1.0 作为该因子是否对环境产生污染的分界线，小于 0.5 为未受沾污，介于 0.5～1.0 之间为收到该因子沾污，大于 1.0 表明该因子超过了评价标准中的规定值，已经不能满足该海区海洋功能区划的要求[4]。

2.2.2 评价标准

根据福州市 2006 年海洋功能区划的要求，该海域的主要功能区划有限养区、航道区、锚地区和港口区。另外根据 2012 年福建省海洋功能区划的要求，该海域的主要功能区划有农渔业区和港口航运区，站位 11、站位 13、站位 14 和站位 15 采用《海水水质标准》（GB3097－1997）三类海水水质标准，其余站位水质评价标准采用《海水水质标准》二类海水水质标准；站位 11 和站位 13 的沉积物评价标准采用《海洋沉积物质量》（GB18668－2002）二类标准，其余站位采用一类标准。

3 结果与讨论

3.1 水质现状及评价

罗源湾海域水质现状监测结果见表 2，水质评价标准指数见表 3。

监测海区中 pH 值、溶解氧、化学需氧量、石油类、重金属和砷的变化幅度不大，活性磷酸盐和无机氮变化幅度较大。根据单因子评价法，罗源湾水质整体良好，部分站位存在污染物超标，其中活性磷酸盐有两个站位超海洋功能区划要求的二类水质标准，达到了四类海水水质标准；无机氮有两个站位超二类水质标准，达到了三类海水水质标准；2 号站位的石油类略超二类水质标准。其中 1 号站位超标主要原因是离岸近，受松山排污口等陆源影响较大。

表 2 罗源湾海域水质现状监测结果 mg/L

监测项目	变化范围	平均值
pH 值	7.92～8.30	8.14
溶解氧	5.94～9.78	7.43
化学需氧量	0.35～1.61	0.89
活性磷酸盐	0.004～0.038	0.016
无机氮	0.015 5～0.435 5	0.159
石油类	0.022～0.052	0.038 8
铜	0.000 70～0.001 69	0.000 94
铅	未检出～0.000 31	0.000 093
镉	未检出～0.000 022	0.000 013
汞	0.000 025～0.000 097	0.000 046
砷	0.001 53～0.002 35	0.002 04

表 3 罗源湾海域水质评价标准指数

监测项目	变化范围	平均值	超标站位
pH 值	0～0.657	0.294	0
溶解氧	0～0.803	0.472	0
化学需氧量	0.117～0.537	0.276	0
活性磷酸盐	0.013～1.27	0.530	1、5
无机氮	0.039～1.45	0.510	1、8
石油类	0.11～1.04	0.596	2
铜	0.015～0.118	0.070	0
铅	0～0.062	0.016	0
镉	0～0.004	0.002	0
汞	0.125～0.486	0.230	0
砷	0.039～0.078	0.061	0

3.2 沉积物现状及评价

罗源湾海域表层沉积物现状监测结果见表 4，评价标准指数见表 5。

表 4　罗源湾海域沉积物现状监测结果

监测项目	变化范围	平均值
石油类/10^{-6}	68～344	140.1
有机碳/%	0.674～0.954	0.824
硫化物/10^{-6}	7～106	27.5
铜/10^{-6}	13.1～27.3	23.6
铅/10^{-6}	26.5～33.4	29.4
镉/10^{-6}	0.061 3～0.115	0.091 2
汞/10^{-6}	0.026 1～0.052 5	0.044 7
砷/10^{-6}	5.79～11.1	8.98
六六六/10^{-6}	未检出	未检出
滴滴涕/10^{-6}	0.007 99～0.167	0.043
多氯联苯/10^{-6}	未检出	未检出

表 5　罗源湾海域沉积物评价标准指数

监测参数	变化范围	平均值	超标站位数
石油类	0.068～0.688	0.258	0
有机碳	0.225～0.477	0.383	0
硫化物	0.023～0.353	0.087	0
铜	0.131～0.766	0.581	0
铅	0.204～0.557	0.428	0
镉	0.041～0.23	0.157	0
汞	0.052～0.262	0.196	0
砷	0.089～0.555	0.380	0
六六六	—	—	0
滴滴涕	0.187～8.35	2.09	1～3、6、7
多氯联苯	—	—	0

监测海区各站位的表层沉积物中的污染物浓度变化幅度不大，除 5 个站位的滴滴涕存在超标外，其他污染物均符合海洋沉积物质量一类标准，由于环保部已在 2009 年 5 月 17 日起已禁止在国内生产、流通、使用滴滴涕，引起沉积物超标的原因与历史沉积和沉积物的类型有关。

4　综合分析

4.1　水质富营养化程度分析

近岸富营养化主要是由于营养盐类以及耗氧有机物的输入量出现动态平衡失调而引起的生态异常现象，是发生赤潮的物质基础[5]。本研究选用富营养化指数来衡量监测海区水质的富营养化状况，富营养化指数（E）公式如下

$$E = \frac{COD \times DIP \times DIN}{4\ 500} \times 10^6$$

式中：化学需氧量（COD）、（活性磷酸盐）（DIP）和（无机氮）（DIN）的单位均为 mg/L；当 $E \geqslant 1$ 时即为富营养化。监测海区个展位的富营养化指数（E）见表 6 和图 2。由表 6 可见，各站的富营养化指数在 0.02～1.52 之间，有 20%站位的富营养化指数大于 1，根据图 2 可见，罗源湾西部靠近连江马鼻海域的富营养化程度较高，而该海域主要是养殖区。

表 6　监测海域富营养化指数

站位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
E	1.29	0.87	0.35	1.27	0.69	0.28	0.51	1.52	0.008	0.007	0.21	0.02	0.002	0.34	0.16

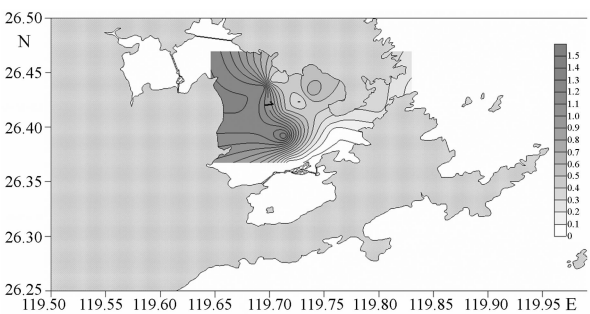

图 2　富营养化指数

4.2　沉积物中重金属的富集特征及潜在生态风险分析

根据研究表明，水体中重金属不易降解，能迅速由水相转入固定相（悬浮物和沉积），最后进入沉积物中。在水系中重金属含量甚微，而且随机性大，易受各种条件（水力、排放）的影响。但沉积物中重金属含量由于累积作用比相应水相中的含量要高，且表现出一定的分布规律[5]。

本研究采用富集系数法来衡量监测海区沉

积物中各种重金属指标在沉积物环境中的富集程度。其计算公式如下：

$$C_f^i = \frac{C_s^i}{C_n^i}$$

式中：C_f^i 为表层沉积物重金属 i 的富集系数；C_s^i 为表层沉积物重金属 i 浓度的实测值；C_n^i 为重金属 i 的参考值，及背景值（选用国际上常用的工业化以前沉积物中重金属的全球背景值），各因子富集系数见表 7，其中铅的富集程度相对较大，其富集系数大于 1。监测海区金属元素的平均富集程度由大到小依次为铅、砷、铜、镉、汞。

根据瑞典科学家 Hakanson[6] 提出的潜在生态位还系数法综合分析监测海区沉积物中重金属潜在的风险效应，其计算公式如下，

$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i, RI = \sum_i^n E_r^i$$

式中：C_f^i 为重金属 i 的富集系数；T_r^i 为重金属 i 的毒性系数，E_r^i 为重金属 i 的潜在生态风险系数，潜在生态风险指数 RI 为某监测站位所有重金属潜在生态风险系数的总和，潜在生态风险系数和风险指数与污染程度的关系见表 8[4]。

各站位的重金属潜在生态风险系数和风险指数见表 9。从表 9 中可以看出，各金属因子的潜在生态风险系数及各站位的风险指数均小于其轻微生态危害的划分标准值，表明罗源湾沉积物重金属的潜在生态危害轻微，与 2009 年的监测结果相同[7]，沉积物中重金属危害程度没有加深。各金属元素潜在生态风险系数由大到小依次为：汞、砷、铅、镉、铜；风险指数平均为 28.43，其中 2 号站位最大，11 号站位最小。

表 7 重金属的参照值、毒性系数、富集系数和生态风险系数

金属元素	铜	铅	镉	汞	砷
参照值/10^{-6}	30	25	0.5	0.25	15
毒性系数	5	5	30	40	10
富集系数（平均值）	0.788	1.18	0.182	0.179	0.599

表 8 潜在生态风险系数和风险指数与污染程度的关系

E_r^i 与污染程度		RI 与污染程度	
E_r^i <40	轻微生态危害	RI<150	轻微生态危害
40≤ E_r^i <80	中等生态危害	150≤RI<300	中等生态危害
80≤ E_r^i <160	强生态危害	300≤RI<600	强生态危害
160≤ E_r^i <320	很强生态危害	RI≥600	很强生态危害
E_r^i ≥320	极强生态危害		

表 9 罗源湾沉积物中重金属潜在生态风险系数（E_r^i）和风险指数（RI）

站号	潜在生态风险系数（E_r^i）					风险指数（RI）
	铜	铅	镉	汞	砷	
1	4.38	6.68	5.54	7.70	5.59	29.89
2	4.27	6.06	5.80	8.40	7.13	31.66
3	3.65	5.48	5.18	6.80	5.34	26.45
6	4.02	5.82	6.90	7.49	5.99	30.22
7	4.47	5.80	5.90	7.02	5.86	29.05
9	3.98	6.18	5.38	8.24	7.40	31.18
11	2.18	5.30	3.68	4.18	3.86	19.20
13	4.55	5.76	5.40	7.38	6.73	29.82
平均值	3.94	5.89	5.47	7.15	5.99	28.43

5　结论

（1）监测海区水质中溶解氧、化学需氧量、pH 值、铜、铅、镉、汞、砷等环境因子均符合相应功能区的海水水质标准；活性磷酸盐和无机氮有两个站位超标，1 个站位的石油类超标。

（2）监测海区沉积物中重金属（铜、铅、镉、汞、砷）、有机碳、油类、有机碳、硫化物、六六六、多氯联苯均符合海洋沉积物标准，有 5 个站位的滴滴涕超标。

（3）从水质富营养化程度分析来看，罗源湾各站的富营养化指数在 0.02～1.52 之间，有 20％站位的富营养化指数大于 1，西部靠近连江马鼻的养殖区海域的富营养化程度较高。

（4）监测海区沉积物中铅的富集程度相对较大，另外根据潜在生态危害分析，监测海区沉积物重金属的潜在生态危害轻微。

参考文献

[1] 吴品煌．罗源湾海洋环境现状调查与分析[J]．海洋开发与管理，2009,26(3):40－42.

[2] 蔡清海,杜琦,钱小明．福建罗源湾海洋生态环境研究[J]．湖州师范学院学报，2006,28(2):46－53.

[3] 国家环境保护局．环境影响评价技术导则[M]．北京：中国环境科学出版社，1993.

[4] 余文翎,王峰,李妙聪．大港湾海域环境质量现状评价与分析[J]．海洋开发与管理,2010,27(7):33－38.

[5] 李铁军,郭远明,贾怡然,等．三门湾海域环境质量现状评价与分析[J]．海洋湖沼通报,2011(3):123－128.

[6] HAKANSON L. An ecological risk index for aquatic pollution control:a sedimentological approach[J]. Water Research,1980,14:975－1001.

[7] 陈火荣．罗源湾表层沉积物中间数分布及其潜在风险评价[J]．福建水产,2011,33(1):45－49.