

# 葫芦岛近岸冬季海水重金属含量分布及评价

宫少军

天津市地质研究和海洋地质中心, 天津

收稿日期: 2023年10月25日; 录用日期: 2023年12月19日; 发布日期: 2023年12月27日

## 摘要

文章以葫芦岛冬季近岸海水水质为研究对象, 运用《海水水质标准》的评价方法, 分析海水重金属含量分布和特征。结果表明: 海水中的As、Zn、Pb和Cd元素含量呈中间高, 离岸和两边低之势, Cu元素含量大体为离岸浓度变高; 通过对评价区各项环境因子含量和各类水体标准值进行比较, Cu元素含量均达到一类水质要求, Pb元素评价指标属于较清洁。Zn、Cd和As重金属均属于严重污染海域。表明评价区总体属于重度污染海域。

## 关键词

葫芦岛, 海水重金属, 海洋环境

# Distribution and Assessment of Heavy Metal Content in Nearshore Seawater in Huludao during Winter

Shaojun Gong

Tianjin Geological Research and Marine Geology Center, Tianjin

Received: Oct. 25<sup>th</sup>, 2023; accepted: Dec. 19<sup>th</sup>, 2023; published: Dec. 27<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Using the evaluation method of "Seawater Quality Standards", the study analyzes the distribution and characteristics of heavy metal content in seawater. The results indicate that the contents of As, Zn, Pb, and Cd elements in seawater are relatively high in the middle and low on both sides. The concentration of Cu element is generally higher offshore. By comparing the contents of various environmental factors and water quality standards in the evaluation area, the Cu element content meets the requirements of Class I water quality, while the Pb element evaluation index belongs to

a relatively clean category. Zn, Cd, and As heavy metals are all serious pollutants in the area, indicating that the evaluation area is generally a heavily polluted marine area.

## Keywords

Huludao, Heavy Metal in Seawater, Marine Environment

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

葫芦岛市位于中国辽宁省东部，是一个美丽而充满活力的城市。该市地处渤海湾畔，拥有得天独厚的地理位置和丰富的自然资源。葫芦岛市是中国东北地区重要的沿海城市之一，也是辽宁省的重要经济和文化中心[1]。葫芦岛海岸线长度为 303.49 km，包括自然岸线 104.65 km、人工岸线 198.84 km。近年来，辽宁海岸带围填海工程项目不断开发，受周边开发、人为破坏、海浪侵蚀等因素影响严重，人工痕迹愈加明显，面临外来的威胁压力逐渐加大，沙滩、滨海湿地、基岩岸线、滩涂等生态功能退化明显，并有进一步恶化趋势，亟需保护和修复；在带来经济效益的同时，海湾面积大量减少，1991~2015 年各类围填海面积共增加约 50.67 km<sup>2</sup>，长期以来工程区岸线侵蚀情况严重，道路、防浪墙、自然山体等破损明显，防灾能力亟需提高。人工围填海改变了海湾的潮流系统，海底淤积冲刷改变剧烈，生态功能退化，环境恶化、资源衰退，造成海湾资源严重破坏[2]。因此，葫芦岛市需要加强对海岸带的保护和修复工作。这不仅有助于恢复沙滩、滨海湿地、基岩岸线和滩涂等生态功能，还能提高海湾的防灾能力。在追求经济效益的同时，必须认识到围填海工程对海湾生态系统的负面影响，采取可持续的开发方式，以确保海洋资源的可持续利用。只有这样，葫芦岛市才能保护自己的海湾资源，实现可持续发展的目标。

在当今环境可持续发展倍受关注的背景下，海水重金属的含量、分布、归趋、转化以及与影响因素的关系等科学问题引起了国内外学者的高度重视。了解海水中重金属的含量和分布情况对于评估海洋生态系统的健康状况以及制定相关环境保护政策具有重要意义。为了更好地理解海水重金属的含量、分布、归趋、转化及其与影响因素的关系，国内外学者开展了大量的研究工作。通过采集海水样品、沉积物样品以及海洋生物样品，利用各种分析方法和技术手段，他们对海水中重金属的含量进行测定，并研究其空间分布特征，并对海洋水质重金属进行评价。罗鼎晖等对长江口及邻近海域水质环境现状及综合评价，认为劣四类水质主要分布在口内及口门区域[3]。屠建波对天津近岸海域水质状况及变化趋势进行了分析，系统分析了海水水质污染状况、变化趋势以及不同环境监测项目水质类别的情况[4]，庞敏倩对防城港湾长时间序列海水水质变化及其影响因素进行了分析，认为防城港湾海域水质状况总体良好，海水水质污染级别为较好至轻度污染，主要污染与西湾防城江入海径流夏季大量输出有关[5]。同时，他们还通过模拟实验和数学模型的建立，探究海水中重金属的分布及评价。这些研究成果为我们深入了解海水重金属的循环迁移机制提供了重要的科学依据[6]-[12]。辽宁省葫芦岛市海洋水质调查与评价少有研究，为保护葫芦岛近岸海域海洋环境，促进其海洋生态的可持续发展，对海水因子的含量和分类以及海水水质进行采样和评价。依据《海水水质标准》[13]，确定相应指标评价标准和赋权，分析海水质量变化特征。

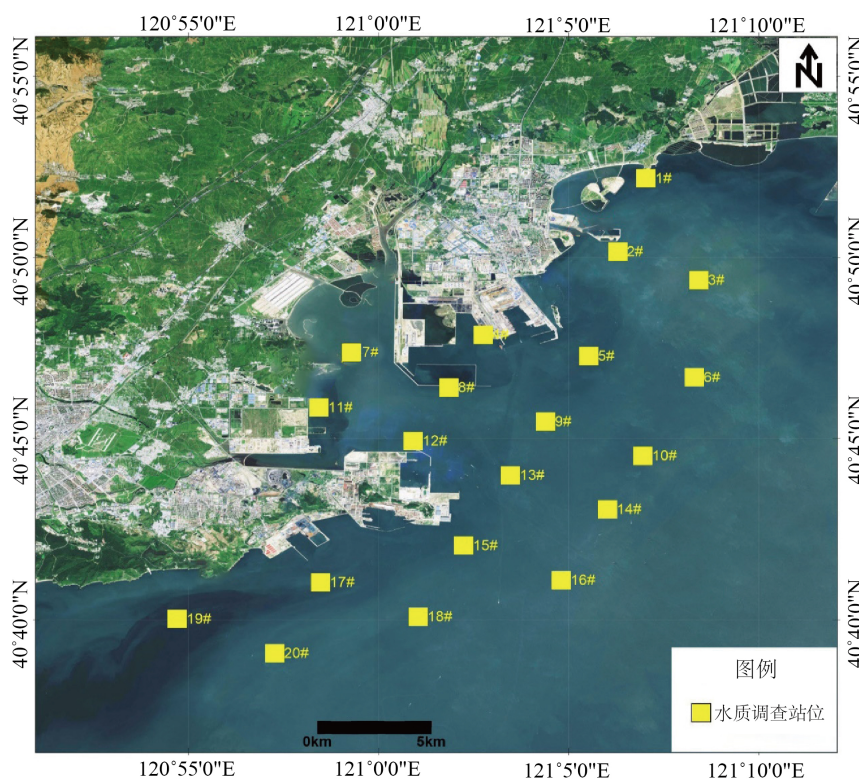
## 2. 研究区概况

天角山海岸带是葫芦岛港以东，其东部和西部分别分布有区域稀缺的自然砂质海滩，中部的基岩岸

线和砾石滩是区域重要的自然岸线资源；此外，也是区域十分重要的山地 - 基岩岸线 - 海岸湿地 - 滩涂生态系统。该海域为一个半封闭的浅水海湾，湾口朝向东，湾口水深达 10 m 以上，平均水深 3.5 m。调查海域潮汐性质属于不规则半潮，潮流运动形式总体表现为往复流，空间分布上外海余流大于湾内，悬沙浓度空间分布上存在由近岸到离岸逐渐升高的趋势[2]。

### 3. 样品采集及分析

数据主要来源于天津市地质研究和海洋地质中心于 2020 年冬季在葫芦岛近海海域的水质调查项目。项目共布设了海水水质观测站位 20 个(图 1)，并进行 5 项重金属含量测试(As、Cu、Zn、Cd 和 Pb)。每个站位的样品采集、储存、运输及分析均依据《海洋调查规范》(GB12673-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007)执行。采用环境质量单因子评价标准指数法(表 1)进行海域水质的现状评价，评价标准按照《海水水质标准》(GB3097-1997)，分析海水中化学要素超标因子及其超标原因。



**Figure 1.** The sampling stations for near shore water quality in Huludao during winter  
**图 1.** 葫芦岛冬季近岸水质取样站位

单项水质评价因子  $i$  在第  $j$  取样点的标准指数： $S_{ij} = C_{ij} / C_{si}$ ，  
 式中： $C_{ij}$ ——水质评价因子  $i$  在第  $j$  取样点的实测浓度值，mg/L；  
 $C_{si}$ ——水质评价因子  $i$  的评价标准，mg/L。

### 4. 海水重金属含量的分布特征

根据 20 个取样站位的监测数据(表 2)，采用克里金法的插值方法，利用 ArcGIS 软件绘制重金属含量并进行分析。

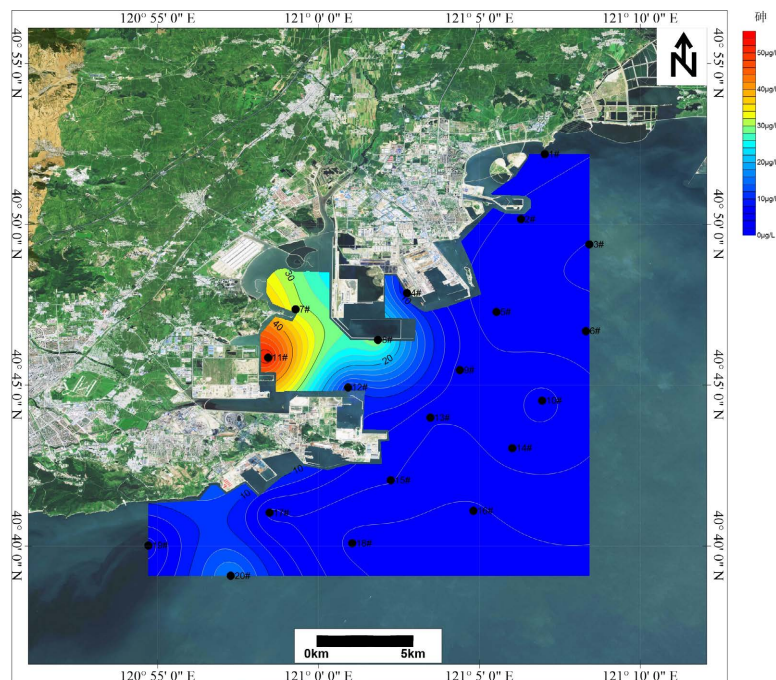
**Table 1.** Single factor evaluation table for heavy metals in seawater**表 1.** 海水重金属单因子评价表

评价项目	评价标准				
	第一类	第二类	第三类	第四类	
铜 $\leq$	0.005	0.010		0.050	
铅 $\leq$	0.001	0.005	0.010	0.050	
锌 $\leq$	0.020	0.050	0.100	0.500	
镉 $\leq$	0.001		0.005	0.010	
砷 $\leq$	0.020	0.030		0.050	

**Table 2.** The monitoring data for heavy metal content in seawater samples**表 2.** 海水样品重金属含量监测数据

站位						$\mu\text{g/L}$
	As	Cu	Zn	Cd	Pb	
1	5.09	3.72	23.83	19.44	1.04	
2	3.20	0.92	42.94	17.76	0.92	
3	1.97	2.29	12.19	12.60	0.65	
4	7.43	3.22	50.11	33.44	0.41	
5	2.64	2.82	6243.21	30.25	1.44	
6	2.59	2.62	31.60	14.58	0.63	
7	31.01	2.40	674.28	98.58	1.53	
8	30.48	2.21	293.57	150.19	0.79	
9	5.27	2.24	92.81	26.80	1.00	
10	6.82	3.23	22.34	20.69	0.30	
11	52.45	1.98	314.47	151.02	0.36	
12	9.79	1.48	9793.44	173.45	1.47	
13	4.31	2.48	46.53	25.81	0.25	
14	5.28	1.84	39.51	24.91	1.09	
15	4.17	2.80	31.45	20.81	1.01	
16	1.69	2.86	28.46	19.26	0.40	
17	3.41	2.01	28.76	11.00	0.37	
18	1.41	2.34	14.28	22.17	0.67	
19	1.60	1.95	12.64	8.93	0.95	
20	16.75	0.93	17.71	10.41	1.68	

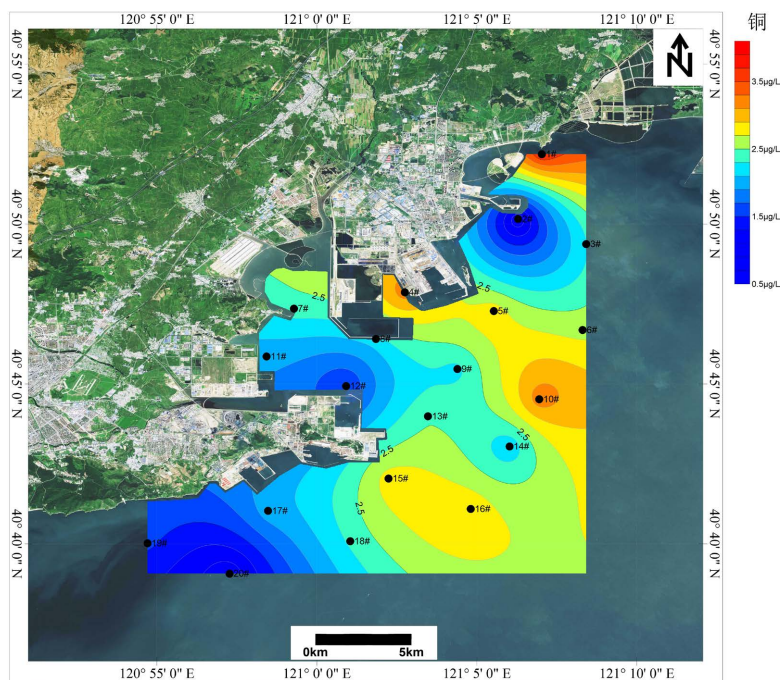
由图 2 所示, 调查区范围内砷浓度由中部向外逐渐降低, 项目区天角山近岸南部海域浓度相对较低。浓度整体介于 1.41~52.5  $\mu\text{g/L}$ , 平均 9.91  $\mu\text{g/L}$ , 最高点为 11 号点, 最低点为 18 号点。



**Figure 2.** Distribution of As element content in nearshore seawater of Huludao Bay during autumn

**图 2.** 葫芦岛冬季近岸海水 As 元素含量分布

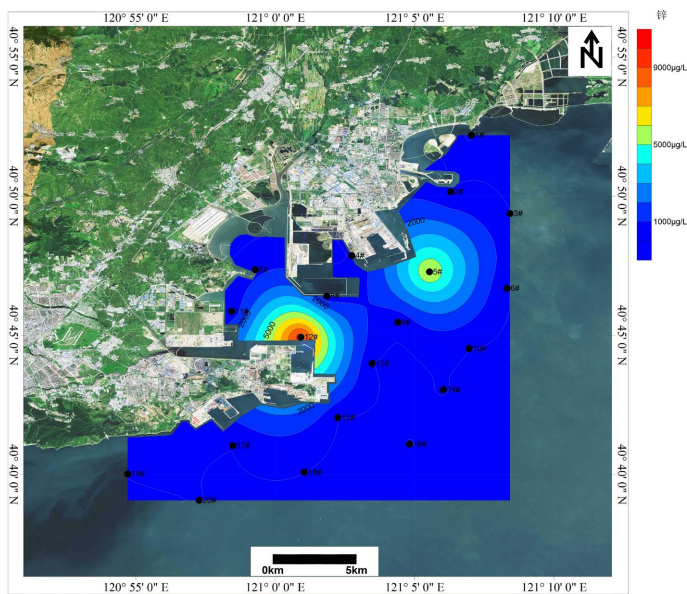
由图 3 所示，调查区范围内铜浓度大体呈东高西低趋势，调查区东北部相对较高，西南部相对较低。整体浓度介于 0.916~3.72 µg/L，平均值 2.31 µg/L，最高点为 1 号点，最低点为 2 号点。



**Figure 3.** Distribution of Cu element content in nearshore seawater of Huludao Bay during autumn

**图 3.** 葫芦岛冬季近岸海水 Cu 元素含量分布

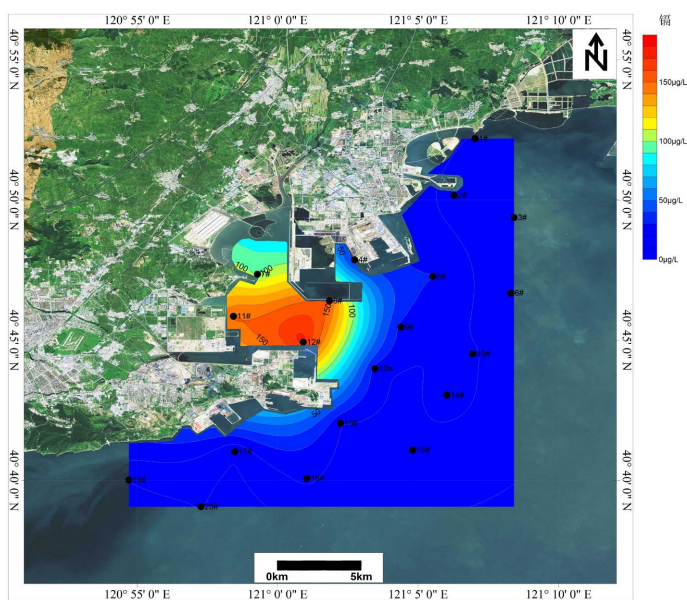
由图 4 所示，调查区范围内锌浓度由中部向外逐渐降低，龙港开发区以北、大笔架山风景区海域以东南相对较高。整体浓度介于 12.2~9793  $\mu\text{g/L}$ ，平均值 891  $\mu\text{g/L}$ ，最高浓度点为 12 号点，最低浓度点为 3 号点。



**Figure 4.** Distribution of Zn element content in nearshore seawater of Huludao Bay during autumn

**图 4.** 葫芦岛冬季近岸海水 Zn 元素含量分布

由图 5 所示，调查区范围内镉浓度由中部向外逐渐降低，龙港开发区以北浓度相对较高。整体浓度介于 10.4~173  $\mu\text{g/L}$ ，平均值 44.6  $\mu\text{g/L}$ ，最高浓度点为 12 号点，最低浓度点为 19 号点。



**Figure 5.** Distribution of Cd element content in nearshore seawater of Huludao Bay during autumn

**图 5.** 葫芦岛冬季近岸海水 Cd 元素含量分布

由图 6 所示，调查区范围内铅浓度大体呈西北高东南低的趋势。整体浓度介于 0.245~1.68 μg/L，平均值 0.822 μg/L，最高浓度点为 20 号点，最低点为 13 号点。项目区天角山近岸以北浓度相对较高、以南相对较低。

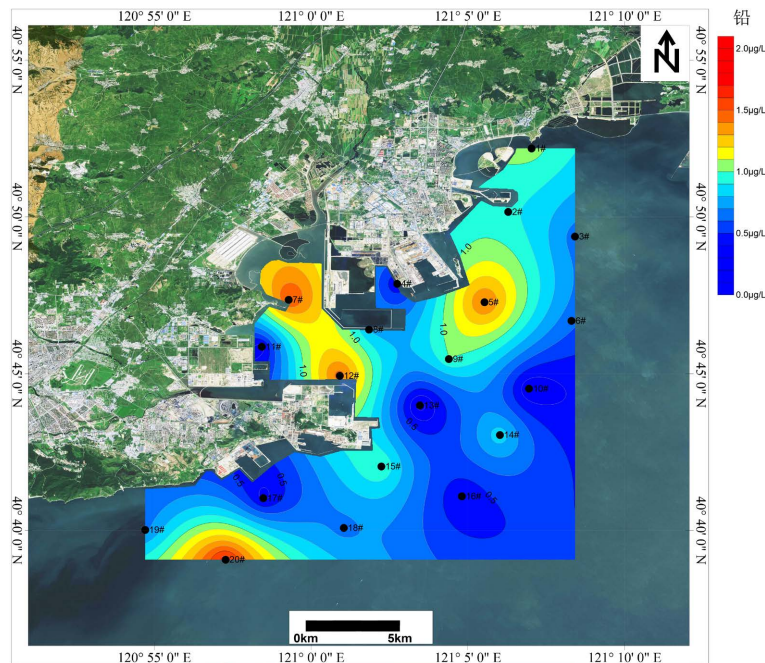


Figure 6. Distribution of Pb element content in nearshore seawater of Huludao Bay during autumn

图 6. 葫芦岛冬季近岸海水 Pb 元素含量分布

### 5. 海水重金属综合质量评价

对各重金属元素质量等级的网格进行叠加比较，依据所有单个元素中质量最差的等级确定该网格的综合质量等级。对综合评价的网格数据集进行等值面提取，并计算各等级水质的海域面积。依据《海水水质标准》(GB 3097-1997)，清洁海域水质符合一类海水水质标准，较清洁海域水质符合二类海水水质标准，轻度污染海域水质符合三类海水水质标准，中度污染海域水质符合四类海水水质标准，严重污染海域水质劣于四类海水水质标准将各重金属元素含量与水质标准值进行比较，研究区的 Cu 元素达到一类水质标准，Pb 均符合《海水水质标准》第二类标准。Zn、Cd 和 As 重金属均存在劣四类站位，锌元素 5 号、7 号、8 号 11 号和 12 号站位劣四类超标，含量最高的为龙港区茨山河出海口的 12 号站，镉元素全部站位四类超标，含量最高的龙港区茨山河出海口 12 号站，砷元素劣四类超标仅为 11 号站，具体见表 3。

Table 3. The evaluation table for heavy metals in seawater station

表 3. 海水样品重金属单因子评价表

站位	评价指标	Cu		Pb		Zn		Cd		As	
		评价结果	标准指数	评价结果	标准指数	评价结果	标准指数	评价结果	标准指数	评价结果	标准指数
1	二类	一类	0.37	二类	0.21	二类	0.48	劣四类	3.89	一类	0.17
2	二类	一类	0.09	一类	0.18	二类	0.86	劣四类	3.55	一类	0.11

## Continued

3	四类	一类	0.05	一类	0.01	一类	0.02	劣四类	1.26	一类	0.04
4	三类	一类	0.06	一类	0.04	三类	0.50	劣四类	6.69	一类	0.15
5	四类	一类	0.06	二类	0.03	劣四类	12.49	劣四类	3.03	一类	0.05
6	四类	一类	0.05	一类	0.01	二类	0.06	劣四类	1.46	一类	0.05
7	三类	一类	0.05	二类	0.15	劣四类	6.74	劣四类	19.72	三类	0.62
8	三类	一类	0.04	一类	0.08	四类	2.94	劣四类	30.04	三类	0.61
9	三类	一类	0.04	二类	0.10	三类	0.93	劣四类	5.36	一类	0.11
10	三类	一类	0.06	一类	0.03	二类	0.22	劣四类	4.14	一类	0.14
11	三类	一类	0.04	一类	0.04	四类	3.14	劣四类	30.20	劣四类	1.05
12	三类	一类	0.03	二类	0.15	劣四类	97.93	劣四类	34.69	一类	0.20
13	三类	一类	0.05	一类	0.02	二类	0.47	劣四类	5.16	一类	0.09
14	三类	一类	0.04	一类	0.09	二类	0.45	劣四类	4.68	一类	0.10
15	四类	一类	0.06	二类	0.02	二类	0.06	劣四类	2.08	一类	0.08
16	三类	一类	0.06	一类	0.04	二类	0.28	劣四类	3.85	一类	0.03
17	二类	一类	0.20	一类	0.07	二类	0.58	劣四类	2.20	一类	0.11
18	三类	一类	0.05	一类	0.07	一类	0.14	劣四类	4.43	一类	0.03
19	四类	一类	0.03	一类	0.01	一类	0.03	劣四类	1.04	一类	0.05
20	二类	一类	0.09	二类	0.34	一类	0.35	劣四类	2.08	一类	0.56

## 6. 结论

通过 2020 年冬季天角山近海海域水质调查分析及评价, 得到以下结论:

1) 研究区的 Cu 元素达到一类水质标准, Pb 均符合二类水质标准, Zn、Cd 和 As 重金属均存在劣四类站位, 其中 Zn 超标率 25%, Cd 元素全部超标, As 元素超标率 5%。

2) 葫芦岛冬季近岸海水重金属含量总体较高, Cu 元素达到一类水质标准, Pb 元素评价指标属于较清洁, Zn、Cd 和 As 重金属均属于严重污染海域。从水质重金属分布来看其中 As 和 Cu 元素含量呈北低南高之势, Zn、Cd 和 Pb 元素含量大体为离岸变低趋势。

3) 葫芦岛冬季近岸海水重金属含量总体较高, 其中近岸海域 Cu 元素达到清洁标准, Pb 元素评价指标属于较清洁, Zn、Cd 和 As 重金属均属于严重污染海域。该海域总体评价为重度污染海域。

## 参考文献

- [1] 李丹. 葫芦岛近岸海域海水石油类污染状况监测[J]. 河北渔业, 2019(8): 45-48.
- [2] 梁昊, 王磊, 彭鑫, 等. 葫芦岛天角山海域潮流泥沙特征分析[J]. 海洋科学前沿, 2023, 10(3): 185-193.
- [3] 罗鼎晖, 程南宁, 俞士敏, 等. 2019 年秋季长江口及邻近海域水质环境现状及综合评价[J]. 环境影响评价, 2022, 44(2): 85-89.
- [4] 屠建波, 陈燕珍, 万萌萌, 等. 2009-2018 年天津近岸海域水质状况及变化趋势分析[J]. 海洋环境科学, 2021, 40(6): 873-879.
- [5] 庞敏倩. 防城港湾连续 10 年海水水质变化及其影响因素分析[J]. 广西科学院学报, 2021, 37(1): 29-36.
- [6] 李妙聪, 刘文胜, 江锦花. 乐清湾海水养殖环境水质质量时空变化及富营养化状况评价[J]. 海洋环境科学, 2021, 40(5): 724-731.



- 
- [7] 宗燕平, 屠建波, 谭晓璇, 等. 天津南港工业区海水淡化工程附近海域水质调查[J]. 海洋开发与管理, 2020, 37(11): 63-66.
- [8] 蒋红, 胡益峰. 2010-2017年嵎泗马鞍列岛保护区海域水质调查与评价[J]. 广东海洋大学学报, 2020, 40(1): 38-43.
- [9] 李萍, 莫海连, 郭钊. 2016年北部湾近岸海域海水环境质量评价[J]. 海洋湖沼通报, 2019(1): 54-64.
- [10] 韩忠, 边雄飞, 宋其峰, 等. 威海市桑沟湾及周边海域水质监测与评价[J]. 山东国土资源, 2023, 39(8): 50-57.
- [11] 王明丽, 冯静, 张婷婷. 2015年黄岛区近岸海域水质状况分析与评价[J]. 科学技术创新, 2019(12): 46-47.
- [12] 陈继艺, 刘保良, 魏春雷. 涠洲岛珊瑚礁海洋公园海水因子分类和水质评价[J]. 海洋开发与管理, 2018, 35(12): 52-56.
- [13] 《海水水质标准》(GB 3097-1997) [S]. 北京: 国家环境保护局, 1997.