

南通近海潮滩表层沉积物重金属含量 特征与生态风险评价

顾佳, 闫玉茹, 平利姣

(有色金属华东地质勘查局地球化学勘查与海洋地质调查研究院, 南京 210007)

摘要: 基于南通近海(洋口港—吕四)潮滩特点布设潮滩断面并采集表层沉积物, 根据样品汞、镉、铅、砷、铬等7种重金属元素含量测试结果, 分析研究区沿海潮滩表层沉积物主要重金属元素含量特征, 并与江苏其他滨岸地区潮滩沉积物的重金属含量进行对比, 初步探讨2009—2012年南通沿海滩涂表层沉积物重金属含量变化与元素的相关性。采用潜在生态危害指数法评价南通近海潮滩表层沉积物中7种重金属元素的潜在生态危害系数及潜在生态风险。南通潮滩表层沉积物重金属含量分布均匀, 且低于江苏省苏北其他地区沿海潮滩的沉积物含量。7种重金属元素的相关分析表明, Cu与Pb、Zn具有较好的相关性, Pb与Cd、Hg的相关性最差。潜在生态危害指数法评价表明, 南通近岸潮滩表层沉积物7种重金属潜在生态危害系数均属低生态危害范畴, 近岸海域(洋口港—吕四段)潮滩表层沉积物环境质量总体较好。

关键词: 潮滩; 表层沉积物; 重金属; 生态风险评价

中图分类号: X142

文献标识码: A

文章编号: 2096-1871(2017)02-155-06

近年来, 随着沿海开发的兴起和海洋经济的发展, 江苏沿海生态地质环境污染日益严重。重金属是具有潜在危害的污染物, 与其他污染物不同, 重金属可被微生物分解, 能在生物体内富集, 成为持久性污染物, 并通过食物链危及人类健康^[1]。潮滩地区作为海洋与陆地的过渡地带, 其沉积物重金属含量能真实反映区域环境的质量状况, 是识别和防范问题区域的重要标志^[2]。潮滩地区在海陆交互作用的影响下, 环境复杂多变, 潮滩沉积物在水动力作用下易发生扰动, 导致重金属元素被重新释放到环境中从而带来“二次污染”^[3]。因此, 研究潮滩地区沉积物重金属元素的分布对查明与解决近岸重金属污染问题具有重要意义。本文分析南通近岸海域潮滩沉积物中重金属含量、分布及富集特征, 并评价其生态风险, 为该地区海岸带一体化管理提供参考。

1 样品及测试方法

1.1 研究区概况

研究区为南通洋口港区—通州湾—吕四港区沿线潮滩区域, $32^{\circ}0'40.7'' \sim 32^{\circ}37'3.4''N$, $121^{\circ}14'38.8'' \sim 121^{\circ}55'24.4''E$, 属北亚热带和暖温带季风气候。海岸带沉积物主要为粉砂淤泥, 岸线蚀淤变化强烈, 其中新开河港一带侵蚀速率为10 m/a, 30年蚀退8 km²。新川港—小洋港一带为淤积海岸。

1.2 样品特征

2012年3月和2012年10月在南通沿海洋口港—吕四港分别布设6个采样断面(图1), 每个断面分别采集高潮滩、中潮滩和低潮滩的表层沉积物样品, 采样深度为0~20 cm。样品采集、预处理按照海洋监测规范(GB 17378.5—2007)执行。

* 收稿日期: 2016-08-30 修订日期: 2016-12-05 责任编辑: 谭桂丽

基金项目: 江苏省地质勘查基金项目“南通沿海地区地质调查评价(项目编号: 苏国土资勘函(2012)1号)”资助。

第一作者简介: 顾佳, 1984年生, 女, 工程师, 从事环境地球化学研究。

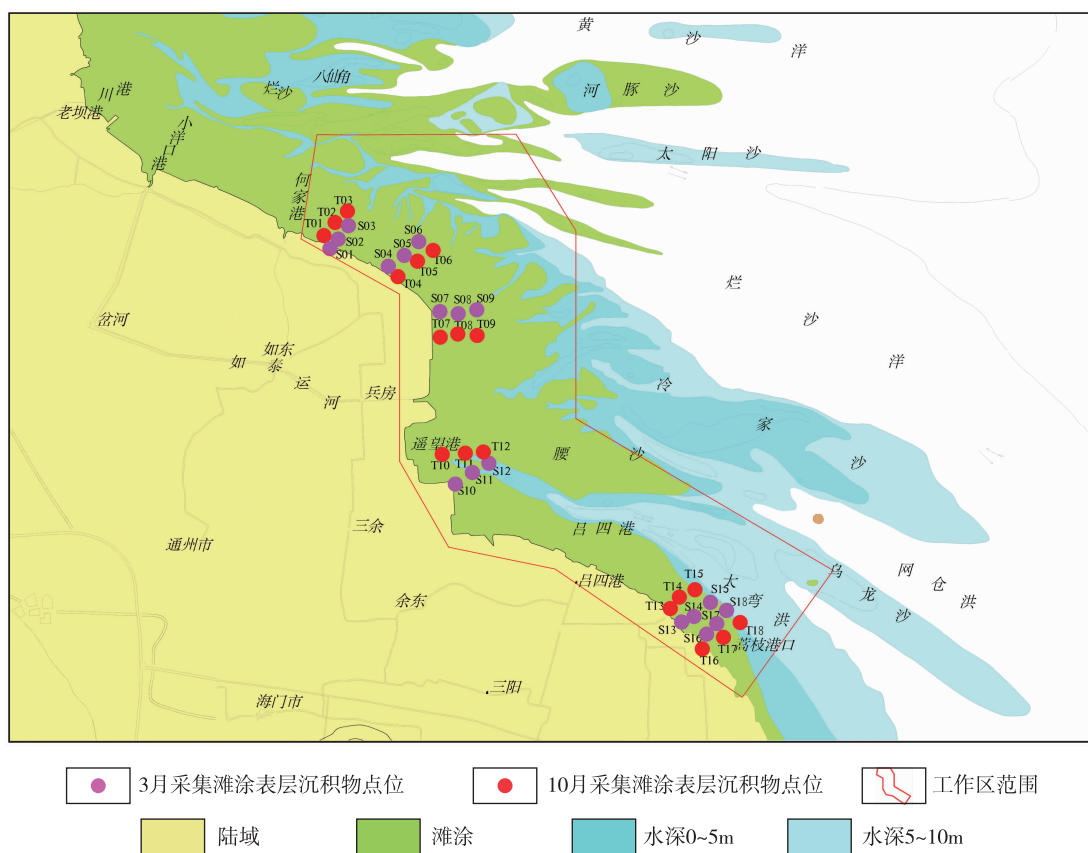


图1 研究区及采样位置图

Fig. 1 Map of the study area and locations of collecting samples

1.3 测试方法

对表层沉积物的分析项目包括重金属元素汞、铜、铅、镉、铬、砷、锌。分析方法均参照行业标准,其中镉采用石墨炉原子吸收分光光度法(GB/T17141-1997),检出限为 0.04×10^{-6} ;铜、铅、锌、铬采用电感耦合等离子体发射光谱法(DZG20.04-2011.84.2.5),检出限依次为铜 0.6×10^{-6} 、铅 1×10^{-6} 、锌 6×10^{-6} 、铬 2×10^{-6} ;砷采用原子荧光光谱法(DZG20.04-2011.84.2.23),检出限为 0.06×10^{-6} ;Hg 采用冷原子荧光光谱(GB/T22105-2008),检出限为 2×10^{-6} 。

2 测试结果

2.1 表层沉积物重金属含量整体分布特征

南通沿海滩涂表层沉积物类型较简单,主要为砂,其次为粉砂质砂、砂质粉砂、粉砂。采集的表层样品主要集中在潮间带下部至水深10m等深线范围。滨岸潮上带至潮间带上部采样较少,已采集区域底质

类型为粉砂、砂质粉砂。以通州湾外潮流沙脊腰沙、冷家沙为中心,向北、南、东方向砂质含量逐渐减小,粉砂质、粘土质含量逐渐增加。研究区潮流通道区域颗粒细化明显,以粉砂为主,沙脊区以砂为主。

南通沿海滩涂表层沉积物重金属7个元素的含量及变异系数见表1。由表1可知,两季南通沿海滩涂表层沉积物铜、铅、锌、砷、铬、镉和汞的变异系数为0.11~0.47,均 <0.5 ,分异性较小,说明滩涂表层沉积物的重金属元素分布均匀。

南通沿海地区与江苏省其他沿海滩涂地区重金属元素含量对比见表2。由表2可知,南通沿海滩涂表层沉积物重金属元素中铜、铅、锌、砷、铬、镉和汞的算术平均值均远小于江苏省苏北沿海滩涂沉积物,该区重金属含量较低。

潮间带沉积物中重金属主要来源为陆地径流、大气沉降和污水排放,而潮间带沉积物中重金属累积受水动力条件、沉积环境及生物作用等影响^[4]。该区沿海滩涂主要以粉砂为主,根据现场跑滩调查,该区源头未发现较大的工矿企业,结合该区相

对较低的重金属含量,说明研究区暂未受明显的重金属污染。

表 1 南通沿海表层沉积物重金属元素含量($\times 10^{-6}$)参数统计

Table 1 Statistical parameters of heavy metal element contents ($\times 10^{-6}$) of surface sediments in the coastal area of Nantong

	元素	最小值	最大值	算术均值	标准差	变异系数
Cu	3 月	5.13	26.21	9.35	7.12	0.47
	10 月	9.69	25.18	14.08	3.63	0.26
Pb	3 月	14.29	22.43	18.82	3.03	0.16
	10 月	17.20	55.94	24.84	9.41	0.38
Zn	3 月	41.99	84.81	59.49	12.37	0.21
	10 月	30.59	59.54	45.30	7.83	0.17
As	3 月	4.88	11.02	6.57	1.74	0.26
	10 月	4.48	8.86	5.93	1.20	0.20
Cd	3 月	0.051	0.113	0.07	0.018	0.27
	10 月	0.069	0.139	0.11	0.022	0.20
Cr	3 月	48.03	67.88	53.45	5.68	0.11
	10 月	36.53	92.50	56.13	14.01	0.25
Hg	3 月	0.011	0.020	0.016	0.003	0.22
	10 月	0.008	0.020	0.013	0.003	0.25

2.2 表层沉积物重金属含量空间分布特征

潮滩一般分为高潮滩、中潮滩和低潮滩。研究表明^[6-7],大部分潮滩沉积物中的重金属含量呈带状分布。在垂直岸线上,从高潮滩到低潮滩,重金属含量明显减少,反映了潮滩水动力作用对重金属空间分布的控制^[8]。

南通沿海不同潮滩表层沉积物重金属含量见表 3。可知,该区潮滩沉积物重金属含量与所处的潮滩部位密切相关。高潮滩各重金属元素含量高于中潮滩和低潮滩的重金属元素含量,中潮滩和低潮滩各重金属元素含量接近,无明显差异,尤其是 Cu、Pb、Zn 和 Cr 在高潮滩明显富集。

2.3 表层沉积物重金属含量变化特征

将 2012 年南通近岸海域段(洋口港—吕四)潮滩表层沉积物环境指标含量均值与 2009~2011 年该区潮滩表层沉积物环境指标含量均值比较(图 2),其中 2009~2011 年数据参考《2010 年南通市海洋环境质量公报》和《2011 年南通市海洋环境质量公报》^[9]。

由图 2 可知,2009~2012 年,南通近岸海域段(洋口港—吕四)潮滩表层沉积物环境质量状况总

表 2 南通沿海地区与其他滨岸地区沉积物重金属含量($\times 10^{-6}$)对比^[5]

Table 2 Comparison of heavy metal contents ($\times 10^{-6}$) between surface sediments in the Nantong coastal zone and other coastal areas

地区 (样品数)	重金属含量						
	Cu	Pb	Zn	As	Cd	Cr	Hg
南通 3 月(18)	9.35	18.82	59.49	6.57	0.07	53.45	0.016
南通 10 月(18)	14.08	24.84	45.30	5.93	0.11	56.94	0.013
连云港(16)	30.96	46.66	82.95	7.13	1.91	123.24	0.044
灌南(3)	23.62	30.72	85.31	12.19	1.79	197.46	0.058
射阳(8)	35.50	24.90	61.65	10.08	1.92	173.55	0.069
大丰(8)	33.84	21.00	55.71	10.87	1.95	161.75	0.047
东台(7)	33.08	14.78	53.70	7.83	1.78	159.54	0.055
苏北	15.84	21.14	64.68	8.59	0.37	60.28	0.032

注:苏北指江苏省苏北滩涂土壤值。

表 3 南通沿海不同潮滩表层沉积物重金属含量($\times 10^{-6}$)

Table 3 Heavy metals ($\times 10^{-6}$) of surface sediments at different tidal flats of the Nantong coastal zone

		Cu	Pb	Zn	As	Cd	Cr	Hg
高潮滩	变化范围	9.7~26.21	15.69~55.94	41.98~84.81	5.21~11.02	0.058~0.139	40.4~92.50	0.009~0.020
	平均值	13.87	23.32	53.19	6.28	0.091	56.24	0.015
中潮滩	变化范围	9.14~25.2	14.82~32.9	40.70~69.74	5.01~8.86	0.058~0.135	40.2~72.8	0.009~0.018
	平均值	10.72	21.25	52.15	6.24	0.09	54.89	0.014
低潮滩	变化范围	5.13~20.32	14.29~29.3	30.59~64.92	4.48~8.16	0.051~0.133	36.53~67.87	0.008~0.019
	平均值	10.55	20.92	51.84	6.23	0.089	54.46	0.014

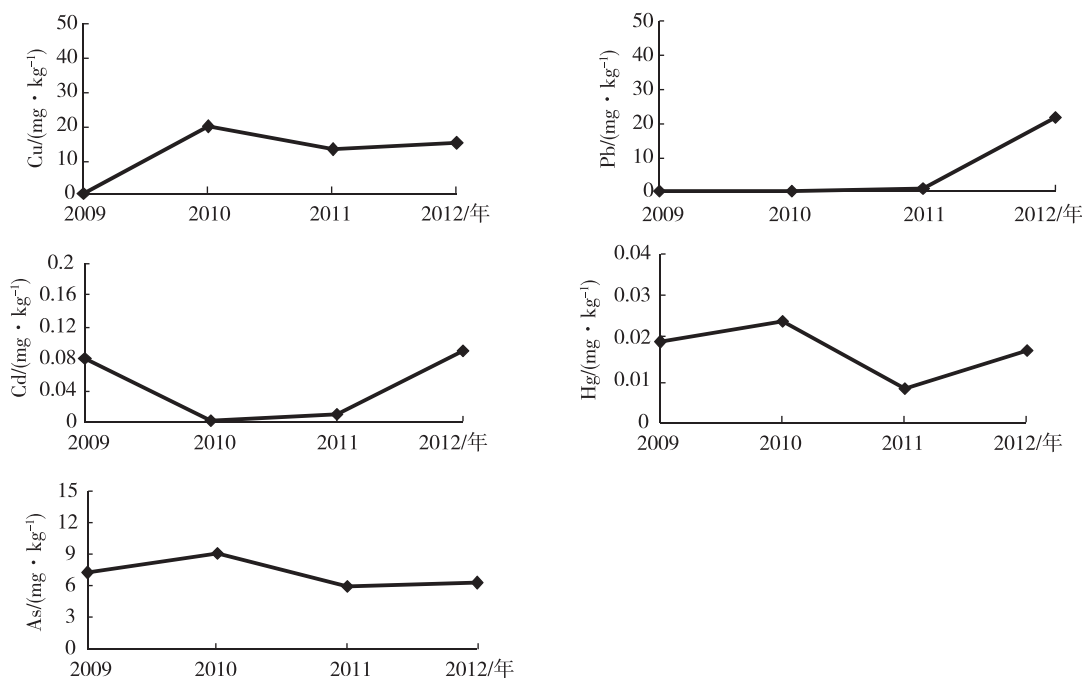


图2 2009~2012年南通潮滩表层沉积物Cu、Pb、Cd、Hg、As含量变化

Fig. 2 Changes of Cu, Pb, Cd, Hg and As contents in the surface sediments in the Nantong tidal flat from 2009 to 2012

体较好,监测结果全部符合 GB18668—2002《海洋沉积物质量》一类标准。2012 年滩涂表层沉积物铅、镉含量较前几年略上升。

3 表层沉积物重金属元素相关性分析

对研究区 36 个样品的 7 种重金属元素进行相关性分析,相关系数见表 3。Cu 与 Pb、Zn 具有较好的相关性,相关系数均 >0.8 。前人研究^[10]发现,当沉积物来源相同或相似时,其重金属元素之间具有明显的相关性,说明 Cu、Pb、Zn 具有相似的物源或沉积过程。Cr 与其他重金属元素的相关性一般,相关系数为 0.44~0.66。As 与其他重金属元素的相关系数为 0.31~0.58。Pb 与 Cd、Hg 的相关性最差,表现为负相关,且相关系数绝对值仅为 0.02 和 0.07,证明这三种元素的来源无相关性。

4 重金属生态风险评价

4.1 评价方法

评估沉积物重金属的污染状况,目前还没有统一标准。本文采用瑞典学者 Hakanson 1980 年建立的潜在生态危害指数法^[11],各参数毒性系数及背

景值见表 4。

表3 研究区表层沉积物重金属元素相关系数

Table 3 Correlation coefficients of heavy metals in surface sediments of the study area

	Cu	Pb	Zn	Cr	Cd	As	Hg
Cu	1						
Pb	0.87	1					
Zn	0.88	0.92	1				
Cr	0.40	0.60	0.66	1			
Cd	0.12	-0.02	0.33	0.55	1		
As	0.31	0.39	0.58	0.45	0.55	1	
Hg	0.02	-0.06	0.14	0.44	0.51	0.48	1

表4 研究区沉积物中各重金属毒性系数及背景值

Table 4 Toxicity coefficients and background values of heavy metals in the sediment of the study area

元素	Cu	Pb	Zn	Cr	Cd	As	Hg
C_n^i	50	70	175	90	1	15	0.25
T_r^i	5	5	1	2	30	10	40

$$ERI = \sum_i^n T_r^i \times C_i / C_n^i = \sum_i^n E_r^i$$

式中 ERI 为多种重金属潜在生态风险指数; C_n^i 为重金属背景值; T_r^i 为重金属毒性系数; E_r^i

为沉积物中第 i 种重金属潜在生态危害系数。

依据单个重金属潜在生态危害系数(E_{r^i})将沉积物中重金属污染状况划分为 5 个等级,多种重金属潜在生态风险指数(ERI)划分为 4 个等级(表 5)。

4.2 评价结果

采用潜在生态危害指数法计算的南通近海潮滩表层沉积物中 7 种重金属元素的潜在生态危害系数和生态风险指数见表 6。

表 5 研究区重金属潜在生态危害系数污染程度等级表

Table 5 Pollution grades of potential ecological hazard coefficients of heavy metals in the study area

系数类型	项目	污染程度等级				
E_{r^i}	系数范围	<40	≤40~80	≤80~160	≤160~320	≥320
	污染程度	低生态危害	中等生态危害	较重生态危害	重生态危害	严重生态危害
ERI	系数范围	<150	≤150~300	≤300~600	≥600	
	污染程度	低生态风险	中等生态风险	重生态风险	严重生态风险	

表 6 表层沉积物重金属的潜在生态危害系数及生态风险指数表

Table 6 Potential ecological hazard coefficients and ecological risk index of heavy metals in the surface sediments

元素	E_{r^i}		ERI	
	变化范围	均值	变化范围	均值
Cu	3 月 0.51~2.62	1.53		
	10 月 0.97~2.52	1.41	11.31~20.15	13.34
Pb	3 月 1.02~1.60	1.34	(3 月)	(3 月)
	10 月 1.23~4.00	1.77		
Zn	3 月 0.24~0.48	0.34		
	10 月 0.17~0.34	0.26		
As	3 月 3.25~7.35	4.38		
	10 月 2.99~5.91	3.96	10.54~16.88	14.02
Cd	3 月 1.54~3.50	2.05	(10 月)	(10 月)
	10 月 2.07~4.17	3.30		
Cr	3 月 1.07~1.51	1.19		
	10 月 0.81~2.06	1.25		
Hg	3 月 1.63~3.36	2.51		
	10 月 1.34~3.20	2.08		

由表 6 可知,以单个污染因子的潜在生态危害系数评价,南通近岸海域潮间带表层沉积物污染因子(Cu、Pb、Zn、As、Cd、Hg)的潜在生态危害系数(Eri)均远<40,表明潮间带沉积环境中污染因子的潜在生态危害轻微,属低生态危害范畴,其生态危害程度依次为 As>Cd>Hg>Pb>Cu>Cr>Zn。

以多种污染因子的潜在生态风险指数评价,潮间带表层沉积物中污染因子的潜在生态危害系数(ERI)均远<150,属低潜在生态风险程度。

5 结 论

(1)南通近海潮滩表层沉积物砷、铜、镉、铅、锌和汞含量均符合一类海洋沉积物质量标准,总铬除个别点位达二类标准外,其他均符合一类标准。潮间带表层沉积物质量总体较好。

(2)2009~2012 年,南通近岸海域段(洋口港—吕四)潮滩表层沉积物环境质量总体较好,2012 年滩涂表层沉积物铅、镉含量较前几年略有上升。

(3)高潮滩各元素含重金属含量高于中潮滩和低潮滩,中潮滩和低潮滩各重金属元素的含量接近,无明显差异,特别是 Cu、Pb、Zn 和 Cr 在高潮滩明显富集。

(4)南通近岸潮滩表层沉积物铜、铅、锌、砷、镉、汞的潜在生态危害系数(Eri)均远<40,属低生态危害范畴,生态危害程度依次为 As>Cd>Hg>Pb>Cu>Cr>Zn。

参考文献

- [1] 钱娣萍,陈振楼,毕春娟,等.潮滩沉积物重金属生物地球化学研究进展[J].环境科学研究,2002,15(5): 49-51.
- [2] 张丽洁,王贵,姚德,等.近海沉积物重金属研究及环境意义[J].海洋地质动态,2003,19(3):6-10.
- [3] 王晓辉,邹欣庆,于文金.江苏王港海岸带沉积物重金属污染研究[J].农业环境科学学报,2007,26(2): 784-789.
- [4] 唐璐璐.广西典型海岛潮间带表层沉积物中重金属的分布及环境质量评价[D].青岛:中国海洋大学,2008: 1-4.

- [5] 乔磊,袁旭音,李阿梅.江苏海岸带的重金属特征及生态风险分析[J].农业环境科学学报,2005,24(Z):178-182.
- [6] 陈振楼,许世远,柳林,等.上海滨岸潮滩沉积物重金属元素的空间分布与积累[J].地理学报,2000,55(6):641-650.
- [7] 黄华瑞,庞学忠.渤海西南潮间带沉积物中的重金属[J].海洋科学,1992,5(2):44-46.
- [8] 许世远,陶静,陈振楼,等.上海潮滩沉积物重金属的力学累积特征[J].海洋与湖泊,1997,28(5):509-515.
- [9] 南通市海洋与渔业局.南通市海洋环境质量公报(2009~2011)[R].2011.
- [10] 徐争启,倪师军,虞先国,等.潜在生态危害指数法评价中重金属毒性系数计算[J].环境科学与技术,2008,31(2):112-115.
- [11] Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach[J]. Water Research,1980,14(8):975-1001.

Characteristics and ecological risk assessment of heavy metals in tidal flat surface sediments of the Nantong coastal zone

GU Jia, YAN Yu-ru, PING Li-jiao

(Institute of Geochemical Exploration and Marine Geological Survey,

East China Mineral Exploration and Development Bureau for Non-ferrous Metals, Nanjing 210007, China)

Abstract: Based on the characteristics of the tidal flat distribution and surface sediments of the Nantong coastal area (from Yangkou Port to Lusi coast), seven kinds of heavy metals such as mercury, cadmium, lead, arsenic, chromium, etc., were analyzed. This study analyzed the characteristic of heavy metal concentration of the sediments in this area, compared with that in other tidal flat sediments of other coastal areas of Jiangsu, and finally discussed changes of heavy metal concentrations in the surface sediments in the Nantong coastal area from 2009 to 2012 and their relationship to the elements. Potential ecological risk factors and potential ecological risk of 7 heavy metal elements in the surface sediments of the tidal flat in Nantong coastal area were preliminarily evaluated using the potential ecological risk index method. The results show that the heavy metal elements in the surface sediments of the tidal flat in Nantong are evenly distributed, and the contents of heavy metals are lower than that in other coastal tidal flat sediments in Jiangsu Province. Correlation analysis of seven kinds of heavy metal elements shows that Cu has a good correlation with Pb and Zn, and Pb has worst correlation with Cd and Hg. Risk assessment using potential ecological risk index method shows that the potential ecological risk factors triggered by seven kinds of heavy metals in the surface sediments of coastal tidal flat in Nantong belongs to low ecological risk categories, suggesting that the environmental quality of the surface sediments in the tidal flat of the coastal area (from Yangkou Port to Lusi coast) is generally good.

Key words: tidal flat; surface sediments; heavy metals; ecological risk assessment