

文章编号: 1000-0550(2012)02-0333-07

# 辽东湾北部海域表层沉积物氧化还原电位 及其主要影响因素<sup>①</sup>

吴金浩<sup>1 2</sup> 刘桂英<sup>1 2</sup> 王年斌<sup>1 2</sup> 徐雪梅<sup>3</sup> 宋伦<sup>1 2</sup>

(1. 辽宁省海洋水产科学研究院 辽宁大连 116023; 2. 辽宁省海洋环境监测总站 辽宁大连 116023;  
3. 国家海洋环境监测中心 辽宁大连 116023)

**摘要** 通过2007年秋季对辽东湾北部海域表层沉积物氧化还原电位(Eh)的现场调查,分析了该海域表层沉积物Eh的现状,并从底质特性、上覆海水以及河流输入等方面深入探讨了Eh的影响因素。结果表明,该海域表层沉积物Eh变化范围在-24.8 mV ~ -366.7 mV之间,已由20世纪90年代的O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O、有机物、MnO<sub>2</sub>/Mn<sup>2+</sup>、Fe(OH)<sub>3</sub>/Fe<sup>2+</sup>体系控制的弱还原环境转变为由SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/HS<sup>-</sup>、S/HS<sup>-</sup>体系控制的还原环境,分布基本呈现自辽东湾东北部向西南部逐渐降低的趋势。表层沉积物中有机质是氧化还原反应必不可少的因子,但可能由于调查海域沉积速率较高和较强的还原环境的影响,有机质对Eh的分布及变化影响不明显;表层沉积物中硫化物含量和温度的高低直接影响到Eh,Eh随着硫化物含量和温度的升高而降低。上覆海水中溶解氧含量的高低也是影响Eh的一个重要因素,尤其是在溶解氧含量相对较高的调查海域影响更为显著,Eh呈现随着溶解氧的降低而降低的趋势。另外,河流输入也是影响该调查区域Eh的一个重要因素,但影响范围主要在以双台子河口为中心的冲淡水能达到扇形区域内。近二十年来,陆源排污及海上养殖等人类活动不断加强,造成了有机质与硫化物等污染物质的不断增加,使得辽东湾北部海域表层沉积物Eh逐渐降低,氧化还原环境发生了明显转变,同时表层沉积物的温度、上覆海水溶解氧、河流的输入及其与海水的混合作用等多种因素造就了该海域目前的氧化还原电位的分布变化特征,也一定程度上反映着该地区的污染分布状况,因此有必要采取相应措施,加强对该海区的环境保护力度,保持地区经济的可持续发展。

**关键词** 辽东湾北部海域 沉积物 氧化还原电位 影响因素

**第一作者简介** 吴金浩 男 1982年出生 助理研究员 海洋环境化学 E-mail: jinhaow@126.com

**通讯作者** 王年斌 E-mail: wang\_nb0415@yahoo.com.cn

**中图分类号** P618.130.2<sup>+</sup>1 TE122.2<sup>+</sup>21 **文献标识码** A

近岸海域沉积物中无时无刻不在发生着各种各样的复杂化学反应,而氧化还原电位(Eh)是多种氧化物质与还原物质发生氧化还原反应的综合结果,是一项综合性指标。表层沉积物Eh值的大小更多地是表征沉积物间隙水的氧化性、还原性的相对程度,并直接影响着沉积物中元素的地球化学行为、自生矿物的形成和转化、成岩作用等<sup>[1-3]</sup>。近岸海域是陆地和海洋间物质和能量交换最强烈的地带,这里发生着复杂的物理、化学、生物、地质过程,是全球变化研究和海洋地质科学的前沿领域之一。近些年来,大量的重金属和有机污染物等污染物质输入近海,不断沉降到底层海水中通过水体—沉积物界面交换最终进入近海沉积物中,参与到其中的物理化学过程,并不停地改变着近海沉积物的环境,而Eh的变化可以直接反映近海沉积物环境的改变。一般认为,控制沉积物

间隙水Eh改变的元素主要是Fe、Mn、C、S等,而N、O较少的起作用或不起作用<sup>[4]</sup>,但不同的海域Eh分布变化的影响因素则不尽相同。因此,开展表层沉积物Eh的研究对深入了解发生在该区域的表层地质过程有着基础和前提的作用,而且对了解人类活动污染物的水体—沉积物界面过程有着重要的意义,同时对于养殖区来说也具有重要的现实指导意义。

辽东湾位于渤海北部,是一个相对较为封闭的海湾,水深较浅,平均水深不足15 m,最深处也只有30 m左右,盐度一般低于30,冬季水温在-1℃以下,是我国盐度最低、水温最低的海域,但是,夏季水温增高,7~9月,大部分海区水温在20~30℃,极适于海水养殖和渔业生产。辽东湾北部海底平缓,有辽河、双台子河、大凌河、小凌河与六股河等多条河流注入,同时受到NE-SW向往复流及季风的影响<sup>[5]</sup>,呈现

<sup>①</sup>国家海洋局“908”项目辽宁专项(批准号:LN-908-01-01-06)资助。  
收稿日期:2011-01-20;收修改稿日期:2011-04-21

逆时针旋转的紊流,沉积了大量黑色淤泥,也造就了该海域特定的沉积特征。近年来,伴随着辽宁省海洋经济战略的实施,大量污染物随江河、排污口等进入近岸海域,此外养殖业大量饵料的投放也给该海域造成一定污染,这些因素势必引起该区域环境的恶化以及底质环境的改变。但由于 Eh 的直接准确测定较困难,调查还相当欠缺,仅在 20 世纪八九十年代有过零星的研究<sup>[4,6]</sup>,近二十年来针对表层沉积物中 Eh 及其影响因素的研究鲜有报道。本文基于 2007 年秋季对辽东湾北部海域的现场调查,研究分析了其表层沉积物 Eh 的状态及分布规律,并结合同步调查资料从底质特性、上覆海水以及河流输入等方面深入探讨了 Eh 的影响因素,以便为辽东湾海洋环境污染治理提供帮助。

## 1 调查与分析

### 1.1 站位布设

文中所用数据资料来自 2007 年秋季辽东湾北部海域的综合调查,共布设 16 个定点站位,研究区域及站位布设如图 1 所示。

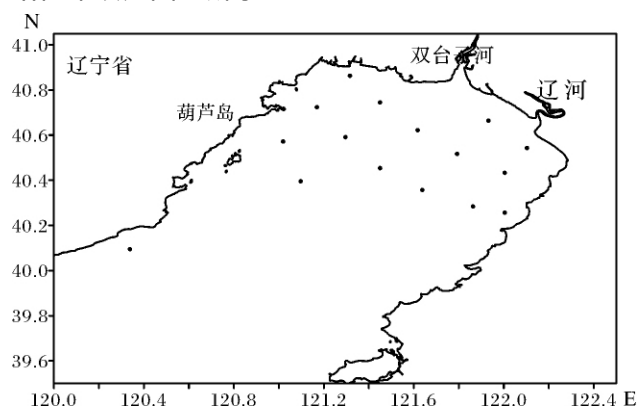


图 1 辽东湾北部海域调查站位布设图

Fig. 1 Location of survey stations in the northern part of Liaodong Bay

### 1.2 采样分析方法

调查中以抓斗式采泥器采集沉积物,以 5L Niskin 采水器采集底部海水。样品采集、保存均按照《海洋调查规范》进行。

沉积物采至甲板后立即打开采泥器盖,以便携式电位计(PB-10 型)立即测定 Eh,同时以温度探头测定沉积物的温度。

另外,表层沉积物中有机质、硫化物和上覆海水溶解氧、pH 以及盐度依据《海洋化学调查技术规

程》<sup>[7]</sup>进行测定;有机质采用重铬酸钾氧化还原容量法,硫化物采用碘量法,溶解氧采用碘量法,pH 采用电极法,盐度采用盐度计法测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 表层沉积物的 Eh

此次调查,辽东湾北部海域表层沉积物 Eh 变化范围在  $-24.8 \sim -366.7$  mV 之间,平均值为  $-204.8$  mV。紧靠双台子河口南侧海域有一个较大范围的 Eh 相对高值区,并呈舌状向中部海域突出,总体而言呈现自辽东湾东北部海域向西南部逐渐降低的趋势,如图 2 所示。可见,相对于 20 世纪 90 年代初宋金明等<sup>[6]</sup>关于 Eh 的调查结果( $0 \sim 50$  mV)来说,现在辽东湾北部海域表层沉积物 Eh 明显降低,尤其是工业和海水养殖业较发达、污染较重的锦州湾及葫芦岛沿海地区, Eh 相对更低。

海洋环境中只有 C、N、O、S、Fe、Mn 等几个少数元素是氧化还原过程的主要参与者<sup>[9]</sup>。这些反应进行的数量和程度直接控制和决定沉积物体系的氧化还原性质。按照 Eh 与表层沉积物氧化还原特性的关系(表 1)<sup>[4]</sup>判断调查海域表层沉积物环境已经由 20 世纪 90 年代的由  $O_2/H_2O$ 、有机物、 $MnO_2/Mn^{2+}$ 、 $Fe(OH)_3/Fe^{2+}$  体系控制的弱还原环境<sup>[5,9]</sup>转变为由  $SO_4^{2-}/HS^-$ 、 $S/HS^-$  体系控制的还原环境。表层沉积物中有机质在厌氧还原环境和硫还原细菌的作用下发生氧化,硫酸盐接受电子被还原,含硫有机质的氧化及硫酸盐的还原都可产生硫化物,同时 Eh 降低,而 Eh 越低越有利于此过程的发生<sup>[10]</sup>。由此可见,正是由于近二十年来随着人类活动的增加,江河径流的输入与沿海养殖业的发展,有机质不断进入到海洋沉积物中,大量有机质的氧化和硫化物的增加使得辽东湾北部海域表层沉积物 Eh 不断降低,沉积物环境发生了明显转变,也反映出辽东湾北部海域污染不断加重的现状。

表 1 沉积物 Eh 与沉积物特性及控制元素的关系<sup>[4]</sup>

Table 1 The relationship between Eh and redox characteristics of surface sediment

Eh 范围/mV	沉积物性质	控制元素
+400 ~ +650	氧化	氧控制
+200 ~ +400	弱氧化	有机物、铁锰控制
0 ~ +200	弱还原	
-200 ~ 0	还原	硫系控制

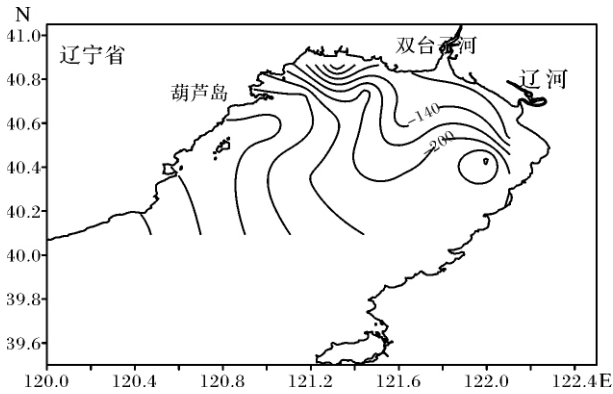


图 2 调查区域表层沉积物 Eh 平面分布图

Fig. 2 The distribution of Eh of the surface sediment

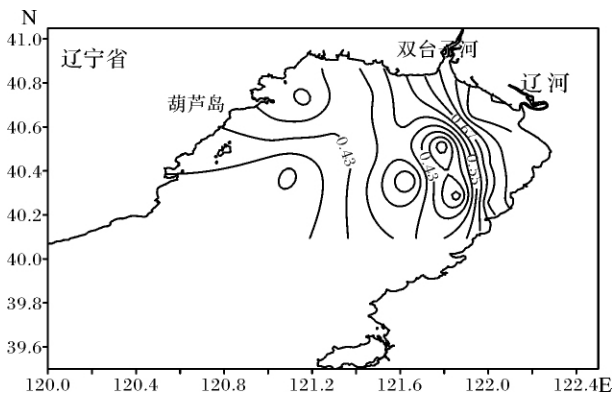


图 3 调查区域表层沉积物有机质平面分布

Fig. 3 The distribution of TOC of the surface sediment

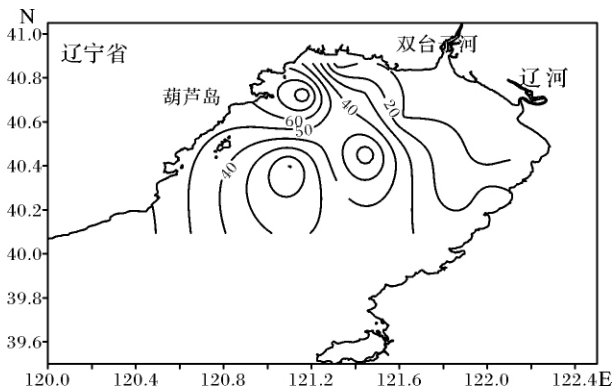


图 4 调查区域表层沉积物硫化物平面分布图

Fig. 4 The distribution of sulfide of the surface sediment

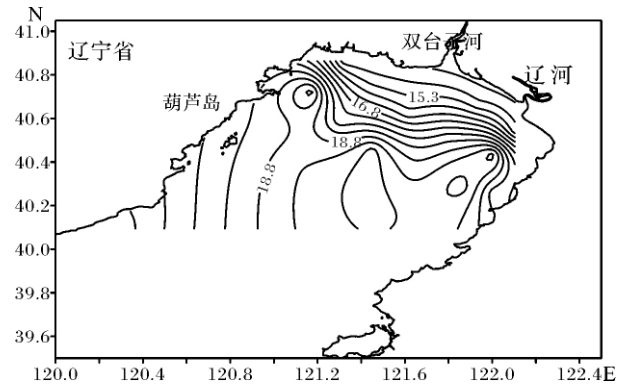


图 5 调查区域表层沉积物温度平面分布图

Fig. 5 The distribution of T of the surface sediment

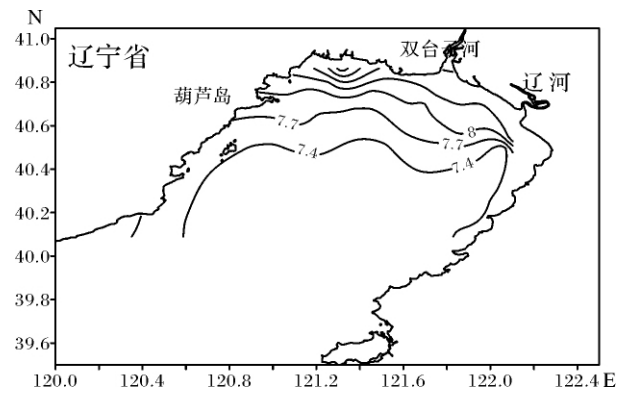


图 6 调查区域底层海水溶解氧平面分布图

Fig. 6 The distribution of DO in bottom water

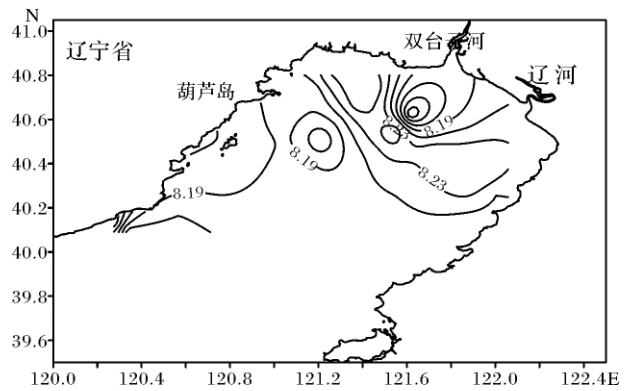


图 7 调查区域底层海水 pH 平面分布图

Fig. 7 The distribution of pH in bottom water

### 2.2 Eh 主要影响因素的分析

上述调查结果表明,近年来辽东湾北部海域表层沉积物 Eh 已经发生了很大的变化,且表现出显著的空间分布差异性。本文将从底质特性、上覆海水以及河流输入等方面进一步分析辽东湾北部海域表层沉积物 Eh 的变化及分布的影响因素。

基于软件 SPSS 16.0,选取底质中有机质的含量、

硫化物的含量、温度,上覆海水的溶解氧、pH 以及表征河流输入的盐度等 6 个环境因子分别与 Eh 作线性拟合,分析结果如表 2 所示。

#### 2.2.1 底质特性的影响

##### 1) 有机质

海洋沉积物的 Eh 由沉积物中的微生物活动控制,而表层沉积物中有机质的存在为微生物提供了必

要生存条件。有机质在沉积物中首先被需氧细菌和真菌降解,消耗掉溶解的氧气,导致沉积物 Eh 下降,当氧气被耗尽后,有机物逐渐再被硝酸盐、氧化锰、硫酸盐还原菌所降解,Eh 继续显著降低。因此一般来说,沉积物有机质含量越高,含还原细菌的数量愈大,其沉积物的 Eh 愈低,沉积物的还原性愈强<sup>[9]</sup>,即两者应该呈现负相关性。

表2 Eh 与 6 个环境因子的相关性

Table 2 The correlation of between Eh and six environmental factors

各种因子	有机质	硫化物	温度	溶解氧	pH	盐度	
Eh	<i>r</i>	0.32	-0.60	-0.55	0.71	-0.20	-0.53
	<i>p</i>	0.23	0.01	0.03	0.00	0.46	0.03

注:样品数  $n=16$   $p<0.05$  或  $<0.01$  时相关关系具有显著性统计学意义。 $r$  的绝对值  $>0.7$  表示两变量高度相关; $r$  的绝对值  $>0.4$  而  $<0.7$  表示两变量中度相关; $r$  的绝对值  $>0.2$  而  $<0.4$  表示两变量低度相关。

辽东湾北部湾海域处于辽宁地区重要的经济发展带中,随着地区工农业、养殖业以及港口的发展,大量的有机质被输送到近岸海域,因此微生物可代谢的有机质的量比较丰富。本次调查双台子河河口东侧至营口鲅鱼圈港区有机质的含量较高,而西南部海域含量较低(图3)。Eh 与有机质含量线性拟合的结果显示两者呈现相关性不显著( $r=0.32$   $p=0.23$ )。可能是由于整个辽东湾北部海域受河流输入影响较大,有机质随泥沙沉降的沉积速率较高<sup>[11][12]</sup>,表层沉积物中有机质还未来得及还原,也就不能提供给氧化态物质以还原的能量,故使北部近岸海域 Eh 相对西南部较高而不是较低,这一现象与齐红艳等在长江口的研究相似<sup>[13]</sup>;另一方面可能由于整个海域表层沉积物的 Eh 均比较低,较强还原性环境对有机质的矿化存在抑制作用<sup>[14]</sup>,进而影响到两者的相关性。这也进一步验证了该海域由于有机质的不断输入,Eh 持续下降,氧化还原控制体系已发生改变,不再由有机质体系控制,尽管有机质对于氧化还原反应必不可少,但目前该海域有机质含量已不再明显影响着 Eh 的变化及分布。

## 2) 硫化物

表层沉积物中硫化物主要来源于细菌对表层沉积物中有机质氧化的同时对  $\text{SO}_4^{2-}$  的还原。该海域表层沉积物中硫化物含量在 4.99 ~ 87.95 mg/kg 之间,平均含量为 29.53 mg/kg,从分布上看,调查海域

西南部锦州湾及葫芦岛沿岸硫化物含量相对较高,而东北部海域含量相对较低(图4)。Eh 与硫化物含量线性拟合的结果显示二者呈现显著的负相关性( $r=0.60$   $p=0.01$ ),硫化物含量相对较高的海域,Eh 相对就较低。这应该是两方面原因共同作用的结果:一方面随着时间推移调查海域表层沉积物中有机质不断降解,Eh 不断降低,当海水—沉积物界面还原性环境足够强时,沉积物间隙水中  $\text{SO}_4^{2-}$  开始在还原菌的作用下被还原,硫化物不断生成积累,使得 Eh 降低;另一方面,陆源污染物中硫化物在雨水的长期冲刷下随着江河径流流入辽东湾北部海域,沉积到底质中,硫化物含量不断积累,还原环境不断加强,同样促使 Eh 降低。因此,调查海域硫化物含量直接影响着 Eh 的高低,这也与该海域的氧化还原体系由  $\text{SO}_4^{2-}/\text{HS}^-$  体系控制的结论相一致。

## 3) 温度

沉积物温度会显著的影响微生物降解有机质的作用以及表层沉积物中氧化还原反应的进行,从而影响其 Eh 的高低。有研究表明温度升高会促使细菌微生物的活性增加,生物耗氧量增大,使得 Eh 降低<sup>[15][16]</sup>。此次调查结果证明了这一点,两者线性拟合结果呈现较为显著的负相关性( $r=-0.55$   $p=0.03$ ),调查海域西南部水深较深,底质温度较高的海域 Eh 值较低,东北部双台子河口海域水深较浅,易受气温影响,底质温度偏低,Eh 相对就偏高(图2、5)。

### 2.2.2 上覆海水的影响

#### 1) 溶解氧

表层沉积物暴露于底层海水中,两者之间存在充分的物质交换,因此表层沉积物中 Eh 的分布特征与上覆水体的性质密切相关<sup>[17]</sup>。上覆底层海水的特性及其物理、化学过程特别是底层海水的含氧量对表层沉积物氧化还原性的强弱有着直接的影响。此次调查辽东湾北部海域表层沉积物 Eh 与上覆水的溶解氧含量呈现显著的正相关( $r=0.71$   $p<0.01$ ,图8),东北部双台子河口海域溶解氧含量较高,对应 Eh 也相对较高,西南部海域溶解氧含量较低,对应 Eh 相对较低。结合图6和图8分析可知,东北部双台子河口海域水深相对较浅,水温较低,溶解氧含量较高,但随着淡咸水的混合溶解氧从东北向西南方向迅速由 9.38 mg/L 降到 7.28 mg/L, Eh 相应的由 -24.8 mV 快速降到 -182.1 mV,可见该海域 Eh 受上覆水溶解氧变化影响较大。调查海域西南部,溶解氧含量相

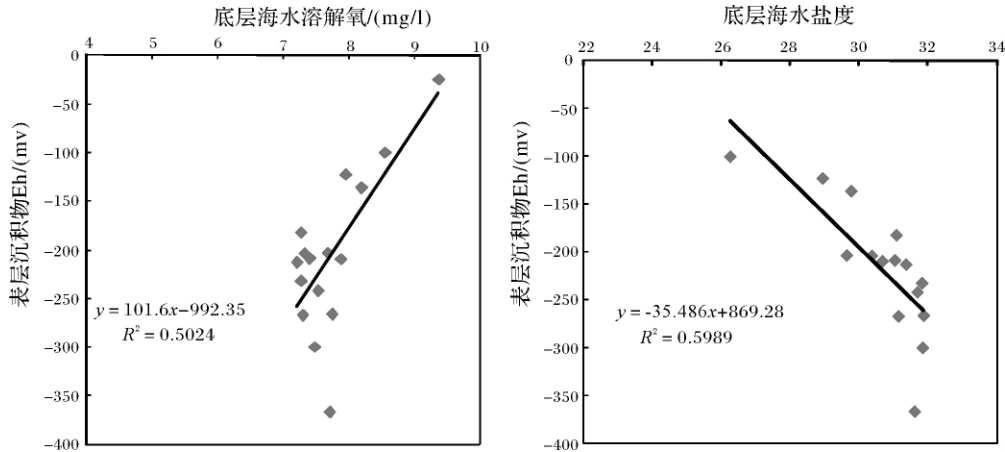


图 8 表层沉积物 Eh 与溶解氧、盐度相关图

Fig. 8 The relationship between Eh of the surface sediments and DO and salinity in bottom water

对双台子河口海域较低且变化不明显,而表层沉积物 Eh 却从从  $-180$  mV 降低到  $-300$  mV,显然该海域 Eh 的变化受上覆海水溶解氧的影响不明显。

## 2) pH

有研究表明,表层沉积物的 Eh 与其 pH 密切相关<sup>[4]</sup>,伴随着氧化还原反应的进行会生成的大量  $H_2S$  表层沉积物酸度随之增加,即 pH 值越低, Eh 越低。而底层海水 pH 又通过海水—沉积物界面的作用影响表层沉积物的 pH 进而影响表层沉积物的 Eh。但此次调查表层沉积物的 Eh 与底层海水 pH 相关性不显著 ( $r = -0.2$ ,  $p = 0.46$ )。这可能是由于底层海水的 pH 受河流输入、海流及混合过程等多种因素的影响变化较快,分布特征也比较复杂(图 7),而表层沉积物相对比较稳定,受底层海水影响周期较长的原因。

### 2.2.3 河流输入的影响

河流输入是表层沉积物中有机质、硫化物的一个重要来源,同时其与海水的混合会直接影响表层沉积物上覆海水的性质,因此河流输入对表层沉积物 Eh 有着至关重要的作用。河流输入的影响可以通过对底层海水盐度的分析来实现。此次调查表层沉积物的 Eh 与底层海水盐度呈现较为显著的负相关性 ( $r = -0.53$ ,  $p = 0.03$ , 图 8),尤其是在双台子河口海域盐度从 26 升至 31, Eh 则从  $-99.8$  mV 降至  $-182.1$  mV,结合图 9 分析,调查海域西南部及受潮顶影响的鲅鱼圈港西部海域,上覆水盐度变化不明显,但 Eh 仍在变化。由此可见河流输入是影响辽东湾北部海域 Eh 的一个非常重要因素,但影响范围主要集中在以双台子河口为中心的冲淡水能达到扇形区域内。

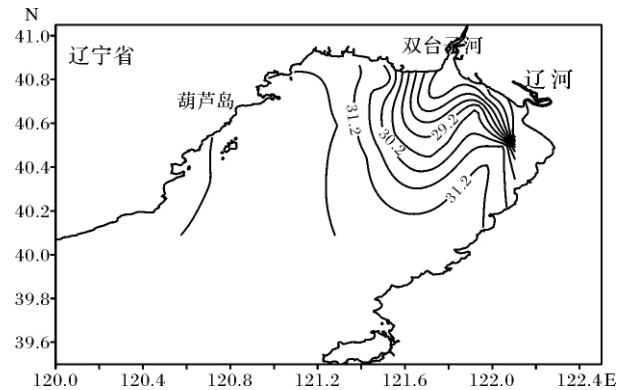


图 9 调查区域底层海水盐度平面分布图

Fig. 9 The distribution of salinity in bottom water

因此,近二十年来,陆源排污及海上养殖等人类活动不断加强,造成了有机质与硫化物等污染物质的不断增加,使得辽东湾北部海域表层沉积物 Eh 逐渐降低,氧化还原环境发生了明显转变,同时表层沉积物的温度、上覆海水溶解氧、河流的输入及其与海水的混合作用等多种因素造就了该海域目前的氧化还原电位的分布变化特征,也一定程度上反映着该地区的污染分布状况,因此有必要采取相应措施,加强对该海区的环境保护力度,保持地区经济的可持续发展。

## 3 结论

(1) 辽东湾北部海域表层沉积物 Eh 范围在  $-24.8 \sim -366.7$  mV 之间,呈现自辽东湾东北部向西南部逐渐降低的趋势,且量值相对于 90 年代的调查结果显著降低,已由 90 年代的  $O_2/H_2O$ 、有机物、

$\text{MnO}_2/\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{Fe}^{2+}$  体系控制的弱还原环境转变为由  $\text{SO}_4^{2-}/\text{HS}^-$ 、 $\text{S}/\text{HS}^-$  体系控制的还原环境。

(2) 表层沉积物中有机质是氧化还原反应必不可少的因子,但可能由于调查海域沉积速率较高和较强的还原环境,目前有机质含量已不再明显影响着 Eh 的分布及变化;硫化物和温度的高低直接影响到 Eh,两者高的区域对应较低的 Eh,反之 Eh 高。

(3) 上覆海水溶解氧含量的高低是影响 Eh 的一个重要因素,尤其是在溶解氧含量相对较高的双台子河口海域,Eh 随着溶解氧的降低而降低,调查海域西南部溶解氧相对较低,对 Eh 影响作用不明显。

(4) 河流输入也是影响该调查区域 Eh 的一个重要因素,但影响范围主要集中在以双台子河口为中心的冲淡水能达到的扇形区域。

(5) 近二十年来,陆源排污及海上养殖等人类活动不断加强,造成了有机质与硫化物等污染物质的不断增加,使得辽东湾北部海域表层沉积物 Eh 逐渐降低,氧化还原环境发生了明显转变,同时表层沉积物的温度、上覆海水溶解氧、河流的输入及其与海水的混合作用等多种因素造就了该海域目前的氧化还原电位的分布变化特征,也一定程度上反映着该地区的污染分布状况,因此有必要采取相应措施,加强对该海区的环境保护力度,保持地区经济的可持续发展。

### 参考文献(References)

- 中国科学院地球化学研究所编. 高等地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 300-301 [Institute of Geochemistry Chinese Academy of Sciences. Advanced Geochemistry [M]. Beijing: Science Press, 1998: 300-301]
- 刘宝珺主编. 沉积岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1980: 60-79 [Liu Baojun. Sedimentary Petrology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1980: 60-79]
- 朱而勤, 王琦. 海洋自生矿物[M]. 北京: 海洋出版社, 1980: 12-17 [Zhu Erqin, Wang Qi. Marine Authigenic Minerals [M]. Beijing: Ocean Press, 1980: 12-17]
- 宋金明, 李延, 朱仲斌. Eh 和海洋沉积物氧化还原环境的关系[J]. 海洋通报, 1990, 9(4): 33-30 [Song Jinming, Li Yan, Zhu Zhongbin. Relationship between Eh value and redox environment in marine sediments[J]. Marine Science Bulletin, 1990, 9(4): 33-30]
- 刘恒魁. 辽东湾近岸水域海流特征分析[J]. 海洋科学, 1990, (2): 22-27 [Liu Hengkui. Analysis of current characteristics of the coastal shallow water area in Liaodong Bay[J]. Marine Science, 1990, (2): 22-27]
- 宋金明, 朱仲斌. 用沉积物的特性参数 pH, Eh, Es 及间隙水中  $\text{SO}_4^{2-}$  浓度表征陆源物质对辽东湾的影响[J]. 烟台大学学报, 1992, (3): 34-40 [Song Jinming, Zhu Zhongbin. Demonstrating the influence of continental input matter on Liaodong Bay by using characteristic parameters of sediments(pH, Eh and Es) and  $\text{SO}_4^{2-}$  of interstitial waters [J]. Journal of Yantai University, 1992, (3): 34-40]
- 国家海洋局科技司. 海洋化学调查技术规程[M]. 北京: 海洋出版社, 2006: 25-34 [SOA Technology Division. Marine Chemical Investigation Technical Specification [M]. Beijing: Ocean Press, 2006: 25-34]
- Vershinin A V, Rozanov A. The platinum electrode as an indicator of redox environment in marine sediments[J]. Marine Chemistry, 1983, 14: 1-15
- 李延, 王庆张. 东海沉积物的氧化还原平衡分布[C]//海洋湖沼论文集. 1981: 79-91 [Li Yan, Wang Qingzhang. Distribution of redox balance in the East China Sea sediments[C]//Papers of Ocean Engineering. 1981: 79-91]
- 王江涛, 齐红菊, 李宁, 等. 青岛及周边海区沉积物的氧化还原环境[J]. 中国海洋大学学报, 2009, 39(Suppl.): 184-188 [Wang Jiangtao, Qi Hongju, Li Ning, et al. The sediment redox environment of the Shandong Coast[J]. Ocean University of China, 2009, 39(Suppl): 184-188]
- 宋云香, 战秀文, 王玉广. 辽东湾北部河区现代沉积特征[J]. 海洋学报, 1997, 19(5): 145-149 [Song Yunxiang, Zhan Xiuwen, Wang Yuguang. Modern sedimentary characteristics of river area in northern Liaodong Bay[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1997, 19(5): 145-149]
- 杨松林, 刘国贤, 杜瑞芝, 等. 用 $^{210}\text{Pb}$ 年代学方法对辽东湾现代沉积速率的研究[J]. 沉积学报, 1993, 11(1): 128-135 [Yang Songlin, Liu Guoxian, Du Ruizhi, et al. Study on the modern sedimentation rate through  $^{210}\text{Pb}$  age dating, Liaodong Bay[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1993, 11(1): 128-135]
- 齐红艳, 范德江, 徐琳, 等. 长江口及邻近海域表层沉积物 pH、Eh 分布及制约因素[J]. 沉积学报, 2008, 26(5): 820-826 [Qi Hongyan, Fan Dejiang, Xu Lin, et al. The states of pH, Eh in surface sediments of the Yangtze River Estuary and its adjacent areas and their controlling factors[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(5): 820-826]
- 杨钙仁, 童成立, 肖和艾, 等. 水分控制下的湿地沉积物氧化还原电位及其对有机碳矿化的影响[J]. 环境科学, 2009, 30(8): 2381-2386 [Yang Gairen, Tong Chengli, Xiao Heai, et al. Effects of water content on redox potential and carbon mineralization of wetland sediments[J]. Environmental Science, 2009, 30(8): 2381-2386]
- 王娟娟, 李晓敏, 曲克明, 等. 乳山湾底质中硫化物和氧化-还原电位的分布与变化[J]. 海洋水产研究, 2006, 27(6): 64-70 [Wang Juanjuan, Li Xiaomin, Qu Keming, et al. The distributions and variations of sulfide and redox potential the sediments of Rushan Bay[J]. Marine Fisheries Research, 2006, 27(6): 64-70]
- 祁铭华, 马绍赛, 曲克明, 等. 沉积环境中硫化物的形成及其与贝类养殖的关系[J]. 海洋水产研究, 2004, 25(1): 85-89 [Qi Minghua, Ma Shaosai, Qu Keming, et al. The formation of sulfide in the marine sediments and its relationships to cultivation of shellfish[J]. Marine Fisheries Research, 2004, 25(1): 85-89]
- 黄薇文, 张经, 杨作升. 黄河口地区沉积物中若干地球化学参数

及地球化学环境[J]. 山东海洋学报, 1985, 15(2): 112-120  
[Huang Weiwen, Zhang Jing, Yang Zuosheng. The geochemical parameters and environment of sediments from Huanghe River Estuary

[J]. Journal of Shandong College of Oceanology, 1985, 15(2): 112-120]

## The Eh in Surface Sediments in the Northern of Liaodong Bay and Its Main Influencing Factors

WU Jin-hao<sup>1 2</sup> LIU Gui-ying<sup>1 2</sup> WANG Nian-bin<sup>1 2</sup> XU Xue-mei<sup>3</sup> SONG Lun<sup>1 2</sup>

(1. Liaoning Ocean and Fishery Science Research Institute, Dalian Liaoning 116023;

2. Liaoning Ocean Environment Monitoring Station, Dalian Liaoning 116023;

3. National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian Liaoning 116023)

**Abstract:** The redox potential (Eh) of the surface sediments in the northern waters of Liaodong Bay was directly measured in the autumn of 2007, and the distribution and its main factors including sediments characteristics, the overlying seawater, and river input was studied deeply. The results indicate that: the Eh of the surface sediments ranges between -24.8 mv and -366.7 mv, which means the environment has changed from weak reductive system controlled by  $O_2/H_2O$ , organic matter,  $MnO_2/Mn^{2+}$  and  $Fe(OH)_3/Fe^{2+}$  in the 1990s to reductive system now mainly controlled by  $SO_4^{2-}/HS^-$ ,  $S/HS^-$  and furthermore, there are significant variations in the spatial distribution of Eh, i. e. the value of Eh in the Liaodong Bay tends to become lower from the northeast to the southwest. Although the organic matter is an essential factor of redox reactions, its impact on the distribution of Eh in this region is not obvious due to the higher sedimentation rate and the strong reductive environment. On the contrary, sulfide and temperature have direct impact on the value of Eh, i. e. the higher sulfide and temperature correspond to the lower Eh. Dissolved oxygen of the overlying water is another important factor, and the impact is more obvious especially in the surveyed area with relatively higher dissolved oxygen, where Eh tends to be lower with the decreasing of dissolved oxygen. In addition, the river input is also an important factor affecting the Eh, and the scope is mainly in the Fan-shaped region where fresh water can reach with the center of the Shuang Taizi river mouth. In the past two decades, the concentration of organic matter and sulfide keeps increasing due to the intensified human activity, such as land-based pollution and marine aquaculture, which results in the decreasing of Eh and significant change of the environment. In addition, the distribution and change of Eh in the surface sediments of this area should be the results of the combined effects of the long-term emissions of organic matter and sulfur, the temperature, dissolved oxygen in the overlying water and the mixing of the river input and the tide. To a certain extent, it reflects the pollution of this area. So it is necessary to take appropriate measures to strengthen environment protection in order to keep the sustainable development of the regional economy.

**Key words:** northern of Liaodong Bay; sediments; Eh; factors