

锦州湾沾污沉积物急性毒性的 海洋端足类检验*

闫启仑 马德毅 郭皓

(国家海洋环境监测中心 大连 116023)

David J. Hansen Walter J. Berry

(U. S. EPA, Environmental Research Laboratory-Narragansett, RI 02882)

提要 1992年9月—1993年1月对锦州湾沾污沉积物的海洋端足类急性毒性效应进行了研究。从锦州湾湾顶到湾口沿西南—东北方向每2km等距离采集7个表层沉积物样品,应用海洋端足类 *Ampelisca abdita* 对这些样品进行了10d直流式急性毒性检验,检验指标为死亡率。结果表明,五里河河口处受试生物死亡率最高,为100%,从湾顶该河口处沿东北方向随着距离增加,死亡率逐渐递减;笔架山处最低,仅为2.5%。这一结果与湾内沉积物中化学污染物浓度、底栖生物种类组成、生物量和体内残毒量的分布趋势相吻合。

关键词 锦州湾 沾污沉积物 端足类 毒性检验

学科分类号 X826

海洋沉积物是进入海水中许多化学物质的主要归宿地,海洋沉积物环境质量研究自80年代以来已成为国际重要研究领域 (Marion *et al*, 1989)。沉积物毒性生物检验是沉积物环境质量评价有效方法之一,是化学分析和底栖生物群落结构评价方法的有益补充 (Schlekat *et al*, 1992; Tay *et al*, 1992)。端足类钩虾亚目 (Gammaridea) 种类是目前开展海洋沉积物毒性检验的优选受试生物 (Edward *et al*, 1990; Allen *et al*, 1989; Williams *et al*, 1986; American Society for Testing and Materials, 1992)。本文应用海洋端足类 *Ampelisca abdita* 对锦州湾沾污沉积物的急性毒性进行了检验,并将检验结果与锦州湾沉积物中化学物质总量分析和以前的底栖生物生态调查及残毒量分析结果进行了比较。

1 材料和方法

1.1 研究区概况及沉积物采集和储存

锦州湾是一个位于渤海西北部的浅水海湾,面积大约为150km²,包括62km²的潮间带,平均水深为3.5m。锦州湾局部海区污染严重,位于湾西南角五里河河口有一座锌厂,是锦州湾重金属主要来源之一,该河口处沉积物中Zn浓度高达 $28\ 430 \times 10^{-6}$ 干重(马德

* 中美渔业合作计划项目。闫启仑,男,出生于1966年1月,副研究员,E-mail: qlyan@nmemc.gov.cn

收稿日期: 1998-01-05, 收修改稿日期: 1999-02-10

毅等, 1988)。

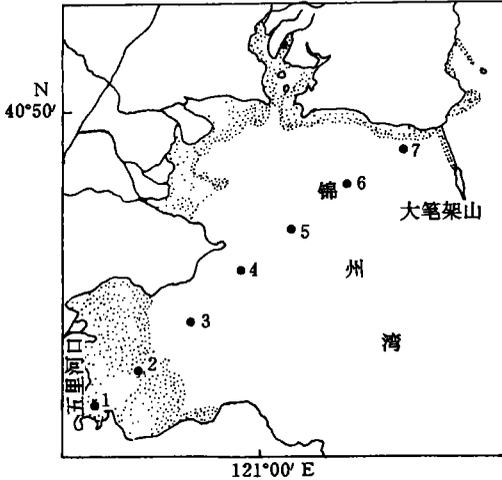


图1 锦州湾沉积物采样站位

Fig.1 Sediment sampling stations in Jinzhou Bay

自锦州湾湾顶到湾口沿西南—东北方向等距离布设7个站位(图1), 1号站(五里河河口)到7号站(笔架山)直线距离长约15km。1992年9月28—30日低潮期, 在每个站位各采集一份沉积物样品。采集时用有机玻璃制作的铲子直接刮取5cm厚的表层沉积物, 获得的样品再经网目为2.0mm的尼龙筛过滤, 将过滤出的沉积物样品充分混合均匀后, 取其中的2L样品放入酸浸过的塑料瓶中, 旋紧瓶盖, 将塑料瓶放入冷藏箱, 迅速带回实验室, 实验前该样品一直在4℃低温下保存(Othout, 1991)。

1.2 实验生物的采集和驯化

实验生物管栖海洋端足类 *A. abdita* 来自美国罗得岛州 Narragansett 湾 Pettaquamscutt 河河口。采集时, 用网目为0.5mm的不锈钢筛子轻轻刮取水底表层沉积物, 筛出栖居其中的端足类, 放入盛有现场海水的水桶中, 迅速带回实验室。进一步分选出体长为0.5—1.0mm的 *A. abdita* 1000只左右, 均匀放入3个体积为3.8L的培养罐中进行驯养。培养罐中底部分布有3cm厚沉积物(该沉积物来自 Narragansett 湾), 罐中海水初始温度与采集现场水温相同。驯化期间, 每天升温1—3℃, 直至达到实验温度20℃; 充气, 每天投喂1次硅藻 *Phaeodactylum tricomutum*, 每次投喂量约为每罐50ml (1.0×10^6 cell/ml)。

1.3 沉积物毒性实验

1993年1月在美国环保局 Narragansett 环境研究实验室进行了锦州湾沾污沉积物10d直流式急性毒性实验。实验设8个浓度组, 包括锦州湾7份样品和1个空白对照样, 后者来自 Narragansett 湾清洁海区。每个浓度组设2个平行样, 实验容器为1L玻璃瓶, 在距瓶顶部的瓶壁上钻一个小孔, 用网眼为200μm的筛绢盖住小孔, 以保证在实验期间不断流入瓶中的海水能够经该孔流出, 又不使实验生物发生丢失。

实验前1天, 将实验用8组沉积物样品分别再一次充分搅拌(Ditsworth *et al*, 1990), 混合均匀后, 分别装入玻璃瓶中, 每瓶放入300ml, 约3cm高, 上覆500ml 20℃过滤海水。将玻璃瓶放入20℃恒温水浴槽中, 分别充气, 启动海水直流装置, 20℃恒温过滤海水不断流入玻璃瓶中, 上覆水置换率为200ml/h。实验开始, 将培养罐中驯养的端足类重新筛出, 挑选健康活泼个体随机放入各个玻璃瓶中, 每瓶放入20个, 30min内不能立即钻入沉积物中者将被更换。实验期间不投饵, 每天监测玻璃瓶中上覆海水的温度和盐度, 第1和第9天还测量其它水质参数, 如pH和溶解氧。该实验水质监测结果为: 温度 $19 \pm 1^\circ\text{C}$; 盐度 31 ± 1 ; pH 8.1 ± 1 ; 溶解氧 $7.1 \pm 0.2\text{mg/l}$ 。第10天结束实验, 用网眼为0.5mm不锈钢筛子筛出各玻璃瓶中端足类, 计数活个体数, 数量不足20个者按死亡计算, 求出各浓度组平均死亡率。

1.4 沉积物化学总量分析

在美国环保局 Narragansett 环境研究实验室对锦州湾 7 份沉积物样品进行了化学总量分析。毒性实验前,分别从混合均匀的 7 份样品中取出部分样品,进行重金属、有机化合物和总有机碳分析,其中有机化合物只分析了第 1 号和第 2 号站位采集的样品。重金属采用石墨炉原子吸收光谱法 (GFAAS) 和等离子发射光谱法 (ICP) 分析,有机化合物采用气相色谱法 (GC) 分析,总有机碳采用碳分析仪 (Carbon analyzer) 分析。

2 结果和讨论

2.1 沉积物毒性

Scott 和 Redmond 最先应用海洋端足类 *A. abdita* 来检验沾污沉积物毒性,随后该类被广泛应用于沉积物毒性检验实验中 (Edward *et al.*, 1990)。应用 *A. abdita* 对锦州湾沾污沉积物急性毒性检验结果见图 2。五里河河口处 *A. abdita* 死亡率最高,为 100%,从湾顶该河口处沿东北方向随着距离增加,死亡率逐渐递减;笔架山处最低,仅为 2.5%,空

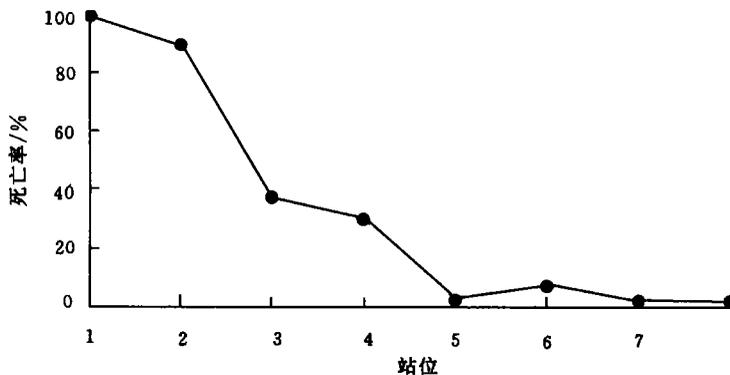


图2 *A. abdita*急性毒性死亡率

Fig.2 Mortality of *Ampelisca abdita* exposed to sediments of Jinzhou Bay

白对照组死亡率与之相同,也为 2.5%。

根据 *A. abdita* 对锦州湾沉积物的 10d 急性毒性检验结果,初步评价锦州湾沉积物环境状况,可将锦州湾调查剖面分为 3 个部分。西南部湾顶,即 1 和 2 号站位所在区域为沉积物重污染区,该区域生物死亡率高于 90%。中部,即 3 和 4 号站位所在区域,沉积物对生物毒性效应也较大,实验生物死亡率高于 30%。湾口笔架山处沉积物对实验生物毒性效应则不明显,实验生物死亡率低于 10%。

2.2 沉积物毒性与沉积物中污染物浓度的关系

锦州湾沉积物中含有高浓度重金属和有毒有机物(表 1)。五里河河口处污染程度最高,10 种重金属浓度在 7 个测站中都居首位,从湾顶该河口处沿东北方向随着距离增加,污染物浓度逐渐递减,笔架山处最低。Zn、Pb、Cu 和 Cd 是表层沉积物中主要的金属污染物,其浓度由五里河河口处到笔架山逐渐递减,与其它金属相比,变化显著。其中,Pb 浓度在五里河河口处为 5.407×10^{-6} ,笔架山为 18×10^{-6} 。有机碳含量在 1 和 2 号站位分别为 11.48% 和 2.0%,其它站位均低于 0.5%。

第 1 和第 2 号站位有机化合物分析结果表明,五里河河口处不仅是重金属严重污染

表1 锦州湾沉积物中污染物质浓度¹⁾

Tab.1 Concentrations of contaminants in the sediment of Jinzhou Bay

污染物	站 位						
	1	2	3	4	5	6	7
Zn	28483	4443	737	1320	221	300	239
Pb	5407	608	113	142	22	17	18
Cu	2008	295	39.4	46.8	6.4	11.8	13
Cd	303	151	9.1	41.4	2.6	8.4	4.8
Ni	31.0	24.2	10.2	17.4	8.6	9.4	7.4
Ag	53.3	6.4	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
Cr	43.0	31.8	19.5	36.4	18.4	34.0	24.8
Mn	1730	500	390	495	816	548	444
Fe	76193	25177	14268	18879	12079	16266	13464
Al	36776	14320	12016	14387	13764	17959	15026
TOC	11.48	2.00	0.37	0.50	0.26	0.11	0.17
PCBs	80.9	12.58					
PAHs	113600	22880					
有机氯农药	340.17	96.45					

1) 金属浓度单位为 $\times 10^{-6}$ 干重沉积物,有毒有机物浓度单位为 $\times 10^{-9}$ 干重沉积物

区,而且也是有机污染物质严重污染区,1号站位表层沉积物中有机污染物质浓度比2号站位高3—5倍。已有研究表明,沉积物污染是由其中多种化学物质共同作用所致,沉积物毒性是沉积物中各化学物质毒性的总和,由于它们之间的协同和拮抗作用而略高或略低一些(Swartz *et al.*, 1988)。根据锦州湾沉积物毒性生物检验结果和重金属浓度分析结果,可以预测到锦州湾沉积物中有机污染物质浓度的分布趋势与重金属的浓度分布趋势基本相同。锦州湾沉积物毒性的变化趋势与沉积物中污染物质的浓度分布趋势比较一致,二者均表明锦州湾沉积物污染严重,污染程度由湾顶到湾口依次递减。

2.3 沉积物毒性与野外生态调查结果的关系

底栖生物运动能力较弱,是沉积物污染的最主要和直接的受害者,五里河河口排污使锦州湾沉积物遭受严重污染。锦州湾底栖生物调查结果表明(国家环保局,1990;贾树林,1983),西南部湾顶,靠近五里河河口处无大型底栖动物存在,该区域北部仅发现稀少的巢沙蚕(*Diopatra amboinensis*)等若干种类。中部,即3和4号站位所在区域,存在一定生物种类,但代表种为耐污生物双齿围沙蚕(*Perinereis aibuhitensis*)和日本大眼蟹(*Macrophthalmus japonicus*),后者生物量为 $70\text{g}/\text{m}^2$ 。湾口笔架山附近中、低潮带分布有大量的四角蛤蜊(*Mactro (Mactro) veneriformis*),生物量可达 $800\text{g}/\text{m}^2$ 。潮下带也是湾口区域,生物量较高,可达 $240\text{g}/\text{m}^2$,而中部和湾顶北部较低,在 $40\text{g}/\text{m}^2$ 以下。僧帽牡蛎(*Saccostrea cucullata*)体内重金属含量分析结果也表明(王树芬等,1983),位于3和4号站位区域内的僧帽牡蛎体内的重金属含量大大地高于笔架山区域的,Cu、Pb、Zn和Cd总浓度,前者为 23.68×10^{-6} ;后者为 3.77×10^{-6} 。而且,僧帽牡蛎颜色也有明显不同,前者牡蛎肉体已变绿色(体内含Cu浓度达 6.35×10^{-6})。

锦州湾底栖生物种类组成、生物量和体内残毒量分布趋势与沉积物毒性变化趋势相吻合,基本反映了锦州湾污染状况。根据该结果也可以将锦州湾分为与上述相同的3个部分,西南部湾顶,为无生物区和生物稀疏区;中部,生物种类和生物量逐渐增多,但优势种类为耐污生物;湾口,生物种类组成丰富,生物量最高。

3 小结

沉积物毒性生物检验是沉积物环境质量评价有效方法之一。应用海洋端足类 *A. abdita* 对锦州湾沉积物的 10d 急性毒性检验结果可将锦州湾调查剖面分为3个部分。西南部湾顶,即 1 和 2 号站位所在区域为沉积物重污染区,该区域生物死亡率高于 90%。中部,即 3 和 4 号站位所在区域,沉积物对生物毒性效应也较大,实验生物死亡率高于 30%。湾口笔架山处沉积物对实验生物毒性效应则不明显,实验生物死亡率低于 10%。锦州湾沉积物毒性的变化趋势与沉积物中污染物质的浓度分布趋势比较一致,也与底栖生物种类组成、生物量和体内残毒量分布趋势相吻合,基本反映了锦州湾污染状况。

参 考 文 献

- 国家环保局,1990. 黄渤海污染状况与防治图集. 北京:科学出版社,79
- 马德毅,章裴然,1988. 锦州湾表层沉积物中铅、锌、镉在各地球化学相间的分配规律. 环境科学学报,8:49—55
- 王树芬,尚龙生,朱建东,1983. 锦州湾海区几种海洋动物重金属含量. 海洋环境科学,2(1):39—45
- 贾树林,1983. 锦州湾污染对海洋生物的影响. 海洋环境科学,2(4):1—10
- Allen G B J, Betty L S, Kelly L W *et al*, 1989. A multitrophic level evaluation of sediment toxicity in Waukegan and Indiana Harbors. *Environ Toxicol Chem*, 8:1 057—1 066
- American Society for Testing and Materials, 1992. Standard guide for conducting 10-day static sediment toxicity tests with marine and estuarine amphipods. In: Annual Book of ASTM Standards, Water and Environmental technology. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 1 083—1 066
- Ditsworth G R, Schults D W, Jones J K P, 1990. Preparation of benthic substrates for sediment toxicity testing. *Environ Toxicol Chem*, 9:1 523—1 529
- Edward R L, Michael F B, Steven M B *et al*, 1990. Comparative evaluation of five toxicity tests with sediments from SAN Francisco Bay and Tomales Bay, California. *Environ Toxicol Chem*, 9:1 193—1 214
- Marion G N, Darrin J G, Steven M B *et al*, 1989. Short- and long-term sediment toxicity test methods with the amphipod *Grandidierella japonica*. *Environ Toxicol Chem*, 8:1 191—1 200
- Othoudt R A, 1991. Evaluation of the effects of storage time on the toxicity of sediments. *Chemosphere*, 22: 801—807
- Schlekat C E, McGee B L, Reinhartz E, 1992. Testing sediment toxicity in Chesapeake Bay using the amphipod *Leptocheirus plumulosus*: An evaluation. *Environ Toxicol Chem*, 11:225—236
- Swartz R C, Kemp P F, Schults D W *et al*, 1988. Effects of mixtures of sediment contaminants on the marine infaunal amphipod, *Rhepoxynius abronius*. *Environ Toxicol Chem*, 7:1 013—1 020
- Tay K L, Doe K G, Wade S J *et al*, 1992. Sediment bioassessment in Halifax Harbour. *Environ Toxicol Chem*, 11:1 567—1 581
- Williams L G, Chapman P M, Ginn T C, 1986. A comparative evaluation of marine sediment toxicity using bacterial luminescence, oyster embryo, and amphipod sediment bioassays. *Mar Environ Res*, 19:225—249

TESTING ACUTE TOXICITY OF CONTAMINATED SEDIMENT IN JINZHOU BAY WITH MARINE AMPHIPODS

YAN Qi-lun, MA De-yi, GUO Hao

(National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian, 116023)

David J. Hansen, Walter J. Berry

(U. S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory-Narragansett,

RI 02882)

Abstract Sediments in some areas of Jinzhou Bay are contaminated seriously by heavy metals and organic contaminants. To assess the biological effects of these compounds in the sediment, seven surface samples of sediment were collected at an interval of about 2km between sampling stations in a transect cross the bay along SW-NE and the sediment toxicity was measured by conducting 10-day flow-through sediment acute toxicity test with amphipod species *Ampelisca abdita* in which the end point was mortality from September 1992 to January 1993. The results of this study showed the highest acute mortality, 100%, occurred at location 1, the mouth of Wuli River, and the mortality of the amphipods presented an exponent decrease in the transection from location 1 to location 7 where the mortality was the lowest, 2.5%.

The transection investigated in Jinzhou Bay may be divided into three sections to assess the sediment quality depending on the results of Jinzhou Bay sediment acute toxicity test. South-western part of the top of the bay, location 1 and 2, was an heavily polluted area, with a 90%—100% amphipod mortality. Middle part of the bay, location 3 and 4, was polluted too, with more than 30% mortality. North-eastern part of the mouth of the bay, location 5—7, was a relatively natural area, without toxicity to the amphipods.

The sediments in Jinzhou Bay contained a large number metals and organic compounds. Metal analysis indicated that all the highest concentrations of the 10 metals occurred at the mouth of Wuli River and as the distance increases from the area toward North-eastern, the metal concentrations decrease dramatically, the lowest concentrations of the metals occurring at the mouth of the bay (location 5—7). Organic compounds analysis demonstrated that the mouth of the Wuli River was polluted by toxic organic compounds too. The concentrations of the organic contaminants in the surface sediment at location 1 were 3—5 times higher than those at location 2.

The variance trend of the sediment toxicities to amphipods was coincident with the distribution trend of the contaminants in the sediments and *in situ* ecological distribution trend of the benthos in Jinzhou Bay and all of them basically reflected the pollution status of Jinzhou Bay.

Key words Jinzhou Bay Contaminated sediment Amphipod Toxicity test

Subject classification number X826