

黄海底质中某些环境组分的分布

陆赛英 童钧安 尹湘淳
乔聚海 张守法 王桂云

(国家海洋局第一海洋研究所, 青岛)

提要 于1982年对黄海进行了 Hg, Cu, Cd, Pb, Zn, Cr, As, 有机氯, 有机质, 油类和 S^{2-} 等一些环境组分的调查研究。结果表明黄海沉积物中这些环境组分的分布与沿岸工业的排废、农药使用、水动力条件、粒度和有机质等有关; 并且通过相关分析及其显著性检验得出了上述组分对粒度和有机质的相关顺序。文章还表明上述组分主要集中在沿海主要港口、海湾及黄海沉积中心; 各组分中 Pb 的超标区最广, 其次是 Zn 和 Hg; 超过污染指标的程度是 $Hg > Pb$ 和 Zn。

由于物质生产活动的区域日益扩大, 伴随而来的, 人类周围环境的污染也渐趋严重。因此人们对研究其周围环境条件的兴趣与日俱增。我国东部濒临渤海、黄海、东海及南海, 大部分污染物通过各种途径进入水体中, 最终逐步地转移到沉积物中。因此, 研究海洋沉积物中重金属等环境组分的含量及其水平和垂直分布, 既是现代水环境重金属等污染状况的关键, 又是了解该区金属等组分污染过程的主要依据。沉积物中环境组分的分布比水相表现明显的水平分布规律性, 对于追踪污染源提供了有利的依据。为此, 我们对黄海底质污染情况进行了大面积调查。

一、取样站位和实验方法

1982至1983年, 我们对黄海进行了首次大面积底质污染调查。调查面积约20万 km^2 , 站位分布如图1所示。在海上使用开口面积为 $0.1 m^2$ 的曙光 HNM₁₋₂ 型采泥器取得表层样121个, 取样深度5cm; 用 DDC₁₋₂ 重力活塞取样管取到1—3m的柱状样9个。

进行了现场和实验室的样品分析, 共获3108个数据。现场分析项目是 Eh; 室内分析项目有 Hg, Cu, Cd, Pb, Zn, Cr, As, 有机氯, 有机质 (Corg), 油类, 硫化物 (S^{2-}) 和粒度等共13项。除 Pb 和 Cd 用原子吸收法测定外, 其余均按《海洋污染调查暂行规范》¹⁾ 进行。

二、结果和讨论

为了叙述方便和便于比较, 拟先确定上述组分在本调查区底质中的污染评价指标。由

收稿日期: 1985年4月20日。

1) 国家海洋局, 1979。海洋污染调查暂行规范。

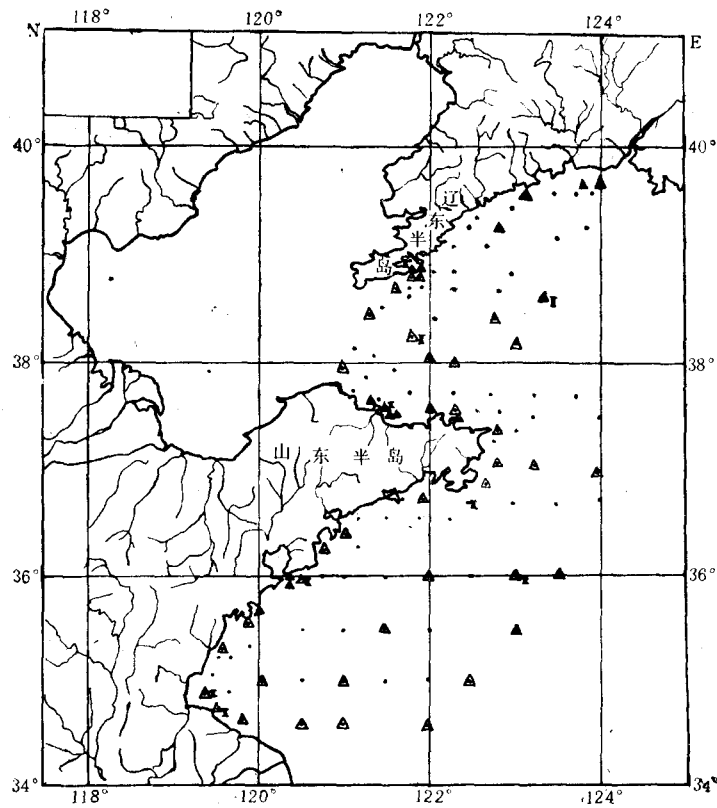


图 1 调查区站位分布图

·测站; △ Cu, Zn 选测站; I 柱状样站。

表 1 黄海底质中一些组分的污染指标(单位: ppm)

组分	Cu	Hg	Zn	Cd	Pb	Cr	As	油类	S ²⁻	有机氯	有机质
污染指标	30	0.2	80	0.5	20	80	15	1000	300	0.5(666) 0.02(DDT)	3(%)

于目前国内外都缺少有关海洋沉积物环境质量国家标准,我们仅仅参照有关资料并结合本海区情况,确定出黄海沉积物中一些环境组分的污染指标(表 1)。

(一) 某些环境组分的分布

1. 表层沉积物中的分布

黄海底质中一些环境组分的分布如图 2 所示。表 2 进一步归纳了在某些海区、海湾及港口附近底质中超过 1/2 污染指标的上述组分的含量。

从图 2 和表 2 可知,有机质、有机氯、Cr 及 Cd 均未超过污染指标,其他超过污染指标的组分基本上在沿海港口及海湾内,同时发现黄海南部沉积中心中的 Pb 和 Zn 含量也比较高。与本调查区的污染指标比较,达到和超过污染指标(以下简称超标)的环境组

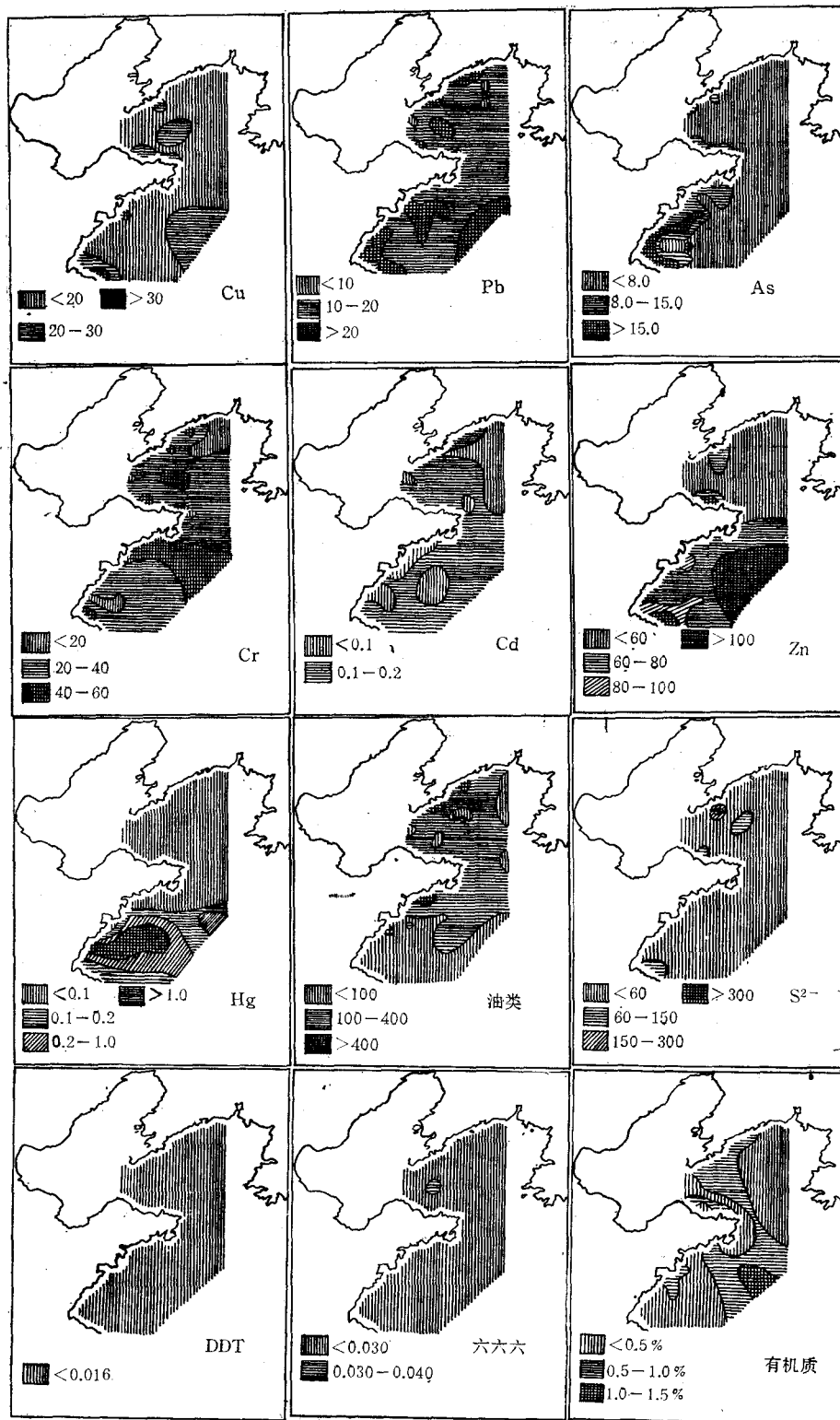


图2 黄海底质中一些环境组分的水平分布图(单位: mg/kg)

表 2 沿海各区及某些海区的主要环境组分¹⁾

区域	组分 浓度 (ppm)	Hg	Cu	Pb	Cd	Zn	As	Cr	油类	S ²⁻	有机氯	有机质
		大连湾	0.22	34.2	70.29	(0.33)	127	15.1	(60.9)	1025	629.1	—
海州湾	2.81	—	20.97	—	(57.2)	16.0	—	—	—	—	—	
崂山湾	—	30.8	36.14	—	84.9	(11.0)	(42.7)	—	—	—	—	
胶州湾	2.27	(26.0)	25.49	—	(69.4)	(8.4)	—	—	492.5	—	—	
烟台	—	(15.2)	(19.23)	—	88.4	(8.6)	—	(938)	—	—	—	
威海	—	(18.0)	20.00	—	(52.7)	(8.2)	(43.2)	(934)	—	—	—	
连云港	(0.10)	(24.5)	(17.26)	—	150	(13.2)	(40.3)	—	—	—	—	
老黄河水下三角洲	(0.18)	32.0	20.00	—	110	16.3	—	—	—	—	—	
黄海沉积中心	南	0.21	(24.1)	22.90	—	131	—	(51.1)	—	—	—	
	北	—	(25.6)	(19.44)	—	(44.6)	—	(44.3)	—	—	—	

1) < 1/2 污染指标的浓度不填; 不带括号的数字为超标浓度; 带括号的数字为 < 污染指标但又 > 1/2 污染指标的某环境组分的浓度。

分按下列顺序排列: Hg > Pb > Zn > As > Cu > S²⁻ > 油类。此外, Cr, Cd, 有机氯和有机质在海区中的浓度都较低。

2. 底质中各环境组分的垂直分布

图 3 为 125, 91, 52 三个柱状样中 S²⁻, 有机物和 Hg 的垂直分布。其他环境组分在

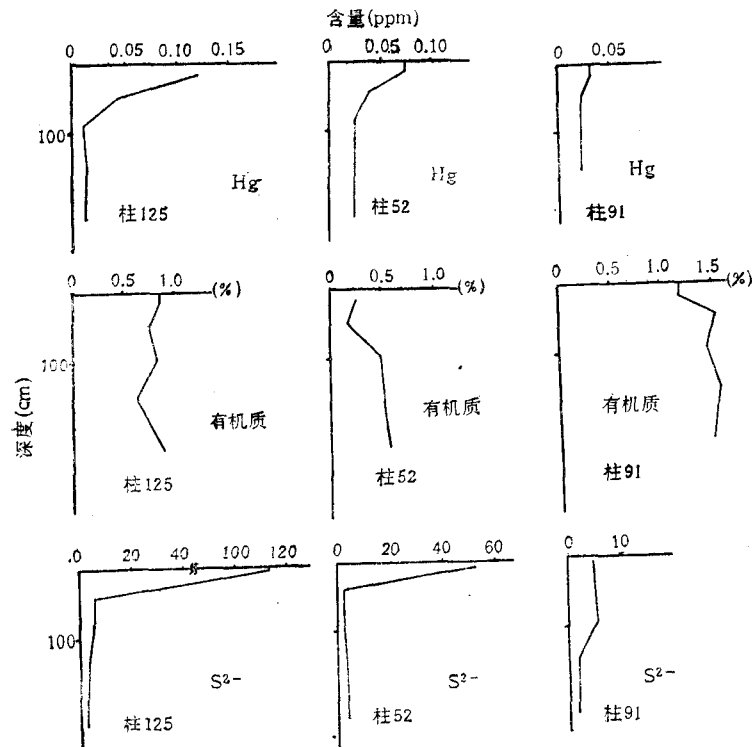


图 3 Hg、有机质及 S²⁻ 的垂直分布图

各柱中的分布趋势大同小异。

(1) 硫化物 (S^{2-})

连云港、石岛附近、烟台及大连湾东北等海区的硫化物含量随深度而降低。表明这些地方的硫化物虽未超标,但近几年硫化物的含量有累积趋势,累积较明显的是大连湾东北(柱 125)及烟台港(柱 52)。在岩芯 50cm 以上的表层含量分别为 115ppm(柱 125)和 91.5ppm(柱 52),底层分别为 3ppm 及 3.5ppm。

其余海区的硫化物含量随深度变化不太明显。总之,所有岩芯样均未超标,表层硫化物含量在 3.0—115ppm 之间,平均 23.9ppm;底层的平均含量为 3.4ppm,含量在 1.0—8.0ppm 之间。

(2) 有机质

各岩芯的表层含量在 0.22—1.12% 之间,平均为 0.60%;底层含量在 0.29—1.49% 之间,平均为 0.69%。其中黄海南部沉积中心(柱 91)的有机质含量最高,表层为 1.12%,底层为 1.49%;其次是大连湾东北(柱 125),其表层含量为 0.86%,底层为 0.87%。从总的趋势看,有机质的垂直变化不十分明显,唯柱 52 的有机质上下层相差稍大,这是因为 60cm 以下发现有生物残骸,而且是粉砂质泥,而 60cm 以上是粉砂质细砂。因此,60cm 以下的有机质含量比上层高 2 倍左右。

(3) Cu, Zn, Cd, Hg, As 和 Cr

表 3 列出了 Cu, Zn, Cd, Hg, As 和 Cr 等在岩芯表层和底层的含量。

Zn, As 在一些岩芯中自表层至底层的含量一直很高,它们在表、底层中的含量见表 4。由表 3, 4 可见,上述各组分在一些沉积岩芯底部的含量除 Zn, As 外,其余都未超过地壳中的含量。

表 3 某些组分在岩芯表底层及地壳中的含量(ppm)

组 分	表 层		底 层		地壳中的
	含量范围	平均值	含量范围	平均值	含 量 ^[3]
Hg	0.02—0.10	0.040	0.009—0.065	0.020	0.5
Zn	38.0—171	91.7	44.0—146	89.0	65
Cd	0.03—0.23	0.13	0.07—0.29	0.14	0.2
Cr	27.0—62.0	42.8	26.0—68.0	39.8	200
As	3.0—17	9.2	4.5—11	7.6	2
Cu	5.8—32.5	19.1	8.0—41.0	21.5	45

表 4 Zn 和 As 在某些岩芯中的含量 (ppm)

	柱 号	深度(cm)	表层含量	底层含量
Zn	91	300	141	126
	113	128	171	111
	115	250	129	146
	125	300	88.8	91.0
As	113	128	17	11

总之,上述组分在沉积岩芯中的变化趋势为:(1)含量基本上是随深度而有所减少,或上下变化不大;(2)各组分含量一般在50或100cm以深达一稳定值。在这以上的沉积物中含量变化不定,可能是由于生物扰动作用所致。

(二) 影响环境组分分布的主要因子

1. 工业排废和农药使用

本次调查结果和1972—1981年间对黄海的污染调查资料¹⁾均表示环境组分的超标区大体上在沿岸、河口附近及港湾内。因此我们初步认为,沿岸工业的排废、农药的使用等是造成各环境组分在沿岸区高于离岸较远区的原因之一。图4表示海州湾底质Hg含量随着离岸距离的增加逐渐降低,说明湾内Hg来源于西部和北部沿岸。

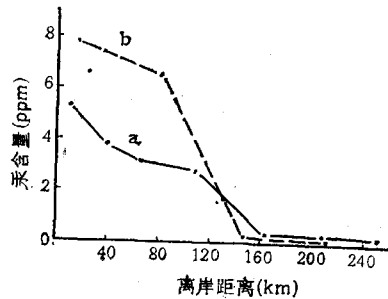


图4 海州湾 Hg 含量的变化

a. 35°N 西→东; b. 121°E 北→南。

2. 沉积物类型

在黄海南部及北部的沉积中心、老黄河水下三角洲等细粒物质区,上述这些组分浓度相对地较高,而在黄海东北部、渤海海峡及海州湾地区的粗粒沉积区,浓度较低(除 Hg 外)。这是因为颗粒越细,其比表面就越大,从而表面吸附能也就越强的缘故。表5列出黄海底质中某些环境组分和有机质的浓度对粒径 $\leq 16 \mu\text{m}$ 部分所占百分比的对应关系。通过相关系数显著性检验, Hg 与底质粒径大小的相关性无显著意义 ($P > 0.05$); Cr,

表5 环境组分对粒径 $\leq 16 \mu\text{m}$ 所占百分比的对应关系

组 分	样品数	相关系数	回 归 方 程
有机质	65	0.63	$y = 0.19 + 0.0063x$
Cr	65	0.78	$y = 17.4 + 0.303x$
Pb	65	0.65	$y = 9.76 + 0.105x$
As	65	0.44	$y = 3.61 + 0.053x$
Hg	58	0.25	—
Cu	29	0.78	$y = 5.3 + 0.22x$
Zn	26	0.81	$y = 17.2 + 1.01x$

1) 国家海洋局海洋环境保护研究所,1982。渤海、黄海近海海水污染状况和趋势。

Pb, 有机质, Zn, Cu 和 As 与底质粒径有显著相关, 排列顺序为 $Cr > Pb > \text{有机质} > Zn > Cu$ 和 As。这也充分说明了在远离海岸的南、北沉积中心 (粒径 $\leq 16\mu\text{m}$ 部分占 81—99%) 一些组分含量较高的原因。

3. 有机质

各组分在表层沉积物中与有机质的相关性依下列顺序递降: $(Cu, Cr) > (Zn, Pb) > (Hg, As)$ 。

上述组分在岩芯中与有机质的相关性如图 5 所示。图 5 表示重金属组分与有机质的比例随深度变化的情况。它们在岩芯 100cm 以浅变化较大。表 6 例举出在各岩芯中, 重金属/有机质的变异系数 (100cm 以浅)。从变异系数中可看出 Cu/C 的比值在不同深度上变化最小; Hg/C 的变化最大。Cu 与有机质的相关性很好, 这一结果与乌尔里希的实验结果相符^[1]。上述组分在岩芯中与有机质相关的顺序是, $Cu > (Cr, Zn) > Pb > As > Hg$, 这基本上与表面沉积物中各组分与有机质的相关性一致。Rashid, M. A.^[2] 用从海

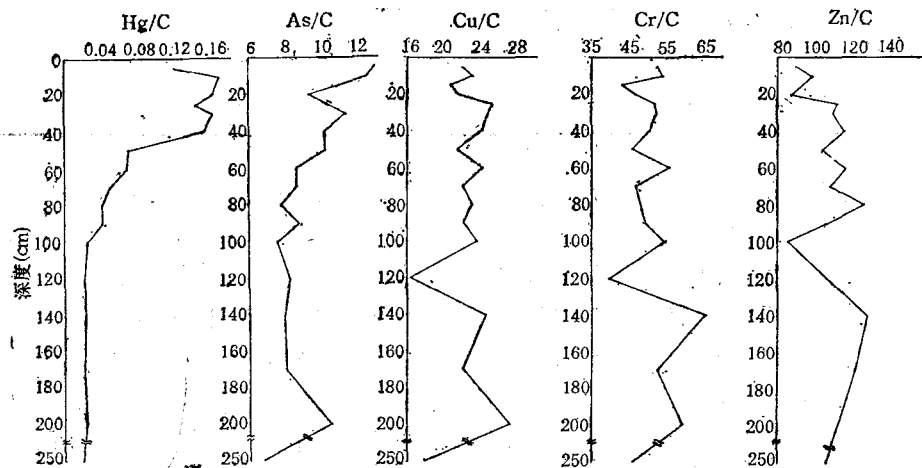


图 5 重金属/有机质在岩芯中变化趋势

表 6 各岩芯中重金属/有机质的变异系数

岩芯号	Cu/C	Cr/C	Zn/C	As/C	Hg/C	Pb/C
91	0.11	0.10	0.088	0.89	0.22	0.37
52	0.12	0.12	0.17	0.11	0.22	0.38
115	0.20	0.15	0.14	0.28	0.37	—
125	0.080	0.12	0.14	0.21	—	—
113	0.11	0.12	0.098	0.10	0.42	0.17
30	0.12	0.12	0.13	0.13	0.25	0.17
35	0.10	0.16	0.16	0.15	0.41	0.16
72	0.14	0.13	0.18	0.14	0.22	0.17
85	0.19	0.22	0.20	0.18	0.37	0.19
平均值	0.13	0.14	0.14	0.24	0.31	0.23

洋沉积物中分离出来的腐植酸对重金属离子进行的吸附和解吸实验表明: 与其他离子相比, Cu 由于不能被铁离子或阳离子代换基所置换而牢固地结合在有机质上。因此, Cu 无论在表层沉积物还是在岩芯样中都表现出很好的相关性。

4. 水动力条件

水动力条件是促成沉积物的类型分布进而形成各环境组分分布特征的首要因子。

一般在水动力较强的环境中, 沉积物粒度较粗, 物质趋向于分散; 水动力较弱的环境下沉积物颗粒细, 物质趋于富集。渤海海峡、成山角附近及黄海东北部海区, 就是属于水动力强的环境。黄海南、北部沉积中心, 老黄河三角洲及山东半岛南、北两岸则属于水动力条件弱或较弱的地区。环境组分在上述两种环境中的含量如表 7 所示。

表 7 不同水动力环境中各组分含量 (ppm)

水动力 条件	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	Hg	As	C _{org}
强	11.9	12.56	0.10	41.9	26.5	0.021	5.5	0.36
弱	22.5	18.96	0.13	82.3	42.4	0.046	8.9	0.58

另外, 由于风和流的作用, 形成了油类的分布特征。有关报道指出¹⁾: 大港和胜利油田排入渤海湾和莱州湾沿岸水中的油污在风和沿岸流的作用下, 自西向东流散, 部分油污着岸于山东半岛北部, 沾污了沿海各县及近海海域。入春后, 这部分浮油有的在南黄海北部漂荡, 有的卷入石岛以南的顺时针涡流中; 在偏南风的作用下, 部分浮油被推向山东半岛南部沿岸。从大连炼油厂排出的油污, 冬季对山东省烟台至荣城一带沿岸特别是对威海至荣城一带是有明显影响的; 而春天, 则对辽宁省旅大至庄河一带沿海各县有影响。从本文表 2 及图 2 的油类分布状况来看, 我们的调查结果基本上与上述报道相符。因此可以认为风和流是形成黄海底质中油类分布特征的重要因子。

三、结 论

1. 重金属及其他一些环境组分程度不同地集中在沿海主要港口、海湾及沉积中心。大连湾的 Hg, Cu, Pb, Zn, As 和油类明显超过污染指标; 威海仅有 Pb 超过, 是受各环境组分污染最轻的港口。其余的海区及港口介于这两者之间。

2. 各环境组分中, Pb 的超标区面最广, 其次是 Zn 和 Hg。它们占总测站的百分数分别为 26%, 23% 和 17%。

3. 就污染程度而言, 按顺序排列达到和超过污染指标的环境组分为: Hg > Pb > Zn > As > Cu > S²⁻ > 油类。Cr, Cd, 有机质和有机氯在本调查区的浓度都较低。

4. 岩芯样分析结果表明, 重金属和其他一些环境组分基本上随深度略降或相差不大。

1) 中国科学院海洋研究所, 1977。南黄海北部石油污染调查报告。

参 考 文 献

- [1] 乌尔里希、弗尔斯特、赞巴西伐等, 1980。河流沉积物中重金属的结合和迁移。地理环境污染与保护译文集 8: 1。
- [2] Rashid, M. A., 1974。沉积物和泥碳腐植酸对金属的吸收。地理环境污染与保护译文集 4: 28。
- [3] 馆稔、铃木武夫、音田正巳, 1978。公害环境的科学(日)。科学出版社, 319 页。

**DISTRIBUTION OF SOME ENVIRONMENTAL COMPONENTS
IN SEDIMENTS OF HUANGHAI SEA (YELLOW SEA)**

Lu Saiying, Tong Junan, Yin Xiangchun, Qiao Juhai,
Zhang Shoufa and Wang Guiyun
(First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao)

ABSTRACT

121 surface sediment samples and 9 core samples were collected from the Huanghai (Yellow) Sea in 1982—1983.

Horizontal and vertical distributions Hg, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, As, S^{2-} , C_{org} , 566, DDT and petroleum in sediments were studied.

Concentrations of the Environmental components in surface sediments increase substantially with the decrease of grain size of sediment, but rarely in the vertical direction. In addition, various factors contributing to distribution of Environmental components are discussed in this paper.