

文章编号: 1000-0550(2003)03-0500-06

多离子体系中黄河沉积物对重金属的竞争吸附研究^①

何江 李朝生 王新伟 孙卫国 米娜

(内蒙古大学生态与环境科学系 呼和浩特 010021)

摘要 以黄河包头段上游清洁河段的沉积物为吸附剂,以 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 4种离子的混合溶液体系为吸附质,开展了重金属离子在黄河沉积物中的竞争吸附及其影响因素等实验研究。结果表明,混合溶液体系中不同离子间的吸附竞争有显著的拮抗或协同效应关系,4种重金属离子在黄河沉积物中竞争吸附的能力依序为 $Pb^{2+} \gg Cu^{2+} > Zn^{2+} \gg Cd^{2+}$ 。

关键词 重金属 吸附 竞争 黄河

第一作者简介 何江 男 1958年出生 教授 博士生导师 环境地球化学和污染生态学

中图分类号 P142 **文献标识码** A

天然水体是自然界受重金属污染的主要生态系统之一。进入水体的重金属污染物绝大部分以一定速率沉积于底泥当中^[1, 2],在这一过程中,吸附作用对水体中重金属的形态分布、迁移转化、归宿以及水体重金属污染的控制等都起到了十分重要的作用^[3, 4]。有关多离子共存溶液体系中颗粒物对重金属的吸附作用实验研究国外已有较多报道,但在国内这方面的研究还不多见^[5-11]。为更接近自然水体的实际情况,本文以黄河包头段上游清洁河段的沉积物为吸附剂,以 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 4种离子的混合溶液体系为吸附质,开展了重金属离子在黄河沉积物中的竞争吸附及其影响因素等实验研究。本项研究对评价水体沉积物中重金属的潜在危害,揭示重金属在水—沉积物中迁移转化规律等都有重要意义。

1 实验方法

1.1 实验样品

吸附剂为黄河包头段上游相对清洁河段的表层沉积物(采样深度为10 cm, 2000年9月末)。现场采集的沉积物装入聚乙烯塑料袋,在实验室于低温($< 60^{\circ}C$)下烘干,筛取 $< 63 \mu m$ 的部分备用。

1.2 实验方法及条件

考虑到天然水体为多离子共存体系及黄河水体沉积物重金属污染的实际情况,吸附质选择为 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 等4种离子的混合溶液体系。这4种元素在黄河包头段上覆水中的平均浓度比为 $Pb : Cu : Zn : Cd = 2 : 2 : 1 : 1$ (表1),但鉴于 Pb 的强烈吸附,实

验中按 $Pb^{2+} : Cu^{2+} : Zn^{2+} : Cd^{2+} = 4 : 2 : 1 : 1$ 的比例用分析纯 $Pb(NO_3)_2$ 、 $Cu(NO_3)_2$ 、 $Zn(NO_3)_2$ 和 $Cd(NO_3)_2$ 配制混合溶液体系。

吸附等温线实验中, Pb^{2+} 的初始浓度在4~20 mg/L 范围内,并按2 mg/L 的浓度间隔以及 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 等4种离子的规定比例配制系列混合溶液体系;实验在 pH 为 6.90 ± 0.05 、温度为 $25 \pm 1^{\circ}C$ 、离子强度(I)为 $0.01 mol/L$ ($NaNO_3$) 的条件下进行。

pH 突跃曲线实验中,按 Pb^{2+} 的初始浓度10 mg/L 及4种离子的规定比例配制混合溶液体系;实验在 pH 为3~12(± 0.15)、温度为 $25 \pm 1^{\circ}C$ 、离子强度(I)为 $0.01 mol/L$ ($NaNO_3$) 的条件下进行。

pH、离子强度和温度对吸附的影响实验中,按 Pb^{2+} 的初始浓度10 mg/L 及4种离子的规定比例配制混合溶液体系;实验的 pH 分别为4.00、7.00、10.00 (± 0.05)、温度分别为 $15 \pm 1^{\circ}C$ 、 $25 \pm 1^{\circ}C$ 、 $35 \pm 1^{\circ}C$ 、离子强度(I)分别为 $0.01 mol/L$ ($NaNO_3$) 和 $0.05 mol/L$ ($NaNO_3$)。

在以上实验中,均精确称取 $0.1000 \pm 0.0005 g$ 沉积物吸附剂样品装入50 ml 聚乙烯螺口离心管,向管内加入调节好 pH 和离子强度的混合溶液体系(吸附质)20 ml,于恒温振荡器中在设定温度下连续振荡3h,再恒温平衡12h,离心后过 $0.45 \mu m$ 滤膜,滤液加优级纯 HNO_3 酸化定容待测。

溶液中重金属浓度采用火焰原子吸收光谱法测定,并以差减法算得吸附量。实验所用药品除各种酸

① (内蒙古自然科学基金(990303-1)、内蒙古教育厅重点项目基金(ZD9901)、内蒙古“321人才工程”基金(内人(99)51)内蒙古“111人才工程”基金和教育部高等院校骨干教师项目基金资助。

表1 黄河包头段上覆水中重金属的含量(mg/L)、pH值及泥沙含量(g/L)

Table 1 Mean of the heavy metal concentration (mg/L), pH and silt content (g/L) in the water column at the Baotou section

	Cu	Pb	Zn	Cd	pH 值	泥沙含量/(g/L)
8个样点平均值	0.08	0.08	0.04	0.03	6.9	3.9
标准偏差	0.01	0.01	0.01	0.00	0.09	0.50
变异系数/%	15	13	40	12	1	15

表2 不同环境因子对吸附量(g/kg)的影响

Table 2 Effect of the different factors on the adsorption capacity (g/kg)

元素	pH(±0.05)	T=15℃		T=25℃		T=35℃	
		I=0.01 mol/L	I=0.05 mol/L	I=0.01 mol/L	I=0.05 mol/L	I=0.01 mol/L	I=0.05 mol/L
Cu	4.00	0.72	0.62	0.86	0.80	0.81	0.77
	7.00	0.93	0.92	0.95	0.90	0.95	0.87
	10.00	0.98	0.98	0.98	0.97	0.98	0.98
Pb	4.00	1.60	1.42	1.80	1.65	1.61	1.53
	7.00	1.91	1.86	1.93	1.79	1.88	1.73
	10.00	1.96	1.94	1.98	1.95	1.93	1.93
Zn	4.00	0.08	0.06	0.12	0.09	0.13	0.04
	7.00	0.22	0.19	0.28	0.12	0.25	0.12
	10.00	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
Cd	4.00	0.07	0.05	0.12	0.07	0.10	0.05
	7.00	0.21	0.16	0.25	0.09	0.20	0.10
	10.00	0.47	0.49	0.48	0.48	0.49	0.48

为优级纯外,其余均为分析纯,水为二次去离子水,实验及采样所用玻璃及聚乙烯容器均在14%的硝酸中浸泡24h以上,并用去离子水冲洗后低温烘干。

2 结果与讨论

2.1 pH、离子强度及温度对吸附的影响

各影响因子中,以pH对吸附的影响最大(图1,表2)。随pH的增加,各元素的吸附量均不同程度增加,其中Zn、Cd呈数量级增加,表明在偏碱性环境的混合溶液体系中,Zn和Cd较Pb和Cu具有更强的吸附竞争优势。随pH的增加,离子强度和温度对4种重金属离子吸附的影响变得越来越小,当pH等于10时,离子强度和温度对吸附的影响几乎可以忽略,这可能是随pH的增加,沉淀与共沉淀作用逐步增强的结果。

随离子强度的增加,各重金属离子的吸附量均不同程度地减少,揭示了在吸附位一定的条件下,离子间的竞争对吸附作用的影响。

温度对混合溶液体系中吸附的影响相对复杂,可能是由于不同重金属离子、不同级吸附位的吸附反应不都为吸热或放热反应所致,其确切原因尚待查明。

总体而言,随各影响因子的变化,Zn和Cd,以及Pb和Cu的吸附曲线趋势分别相近,这可能是由于Zn和Cd,以及Pb和Cu分别具有相近的地球化学性状,从而表现出相似的地球化学行为。

2.2 吸附竞争系数对吸附突跃曲线的描述

吸附突跃曲线中给出的吸附量与初始浓度直接相关,因而不能真实地反应重金属元素间吸附竞争能力的大小。吸附竞争系数则可消除初始浓度的影响,直接反映离子间的作用强度。

本文在吸附动力学的竞争系数^[12]基础上引入了吸附竞争系数,用于描述热力学中元素间的竞争吸附。其计算公式如下:

$$K_i = \frac{a_{ij}C_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}C_{ij}}$$

式中, K_i 为重金属元素*i*的吸附竞争系数; a_{ij} 为第*j*个元素*i*的权重(用以消除初始浓度对竞争吸附的影响;可为混合体系中相应元素初始浓度的倒数或同一体系中各元素初始浓度比的反比),在本文中 $a_{Pb}=1$, $a_{Cu}=2$, $a_{Zn}=4$, $a_{Cd}=4$; C_{ij} 是第*j*个元素*i*的吸附量;*j*为体系中重金属元素的个数。在同一体系中, K_i 的和为1。

由吸附突跃曲线(图2,表3)可见,pH在3~6时为Pb、Cu的快速吸附增长区及Zn、Cd的缓慢吸附增长区;pH在6~9时则为Zn、Cd的快速吸附增长区和Pb、Cu的缓慢吸附增长区;pH大于9后,为4种重金属离子的吸附保持区。反应在吸附竞争系数上(图3,表3),pH在3~6时,Pb、Cu的吸附竞争系数远远大

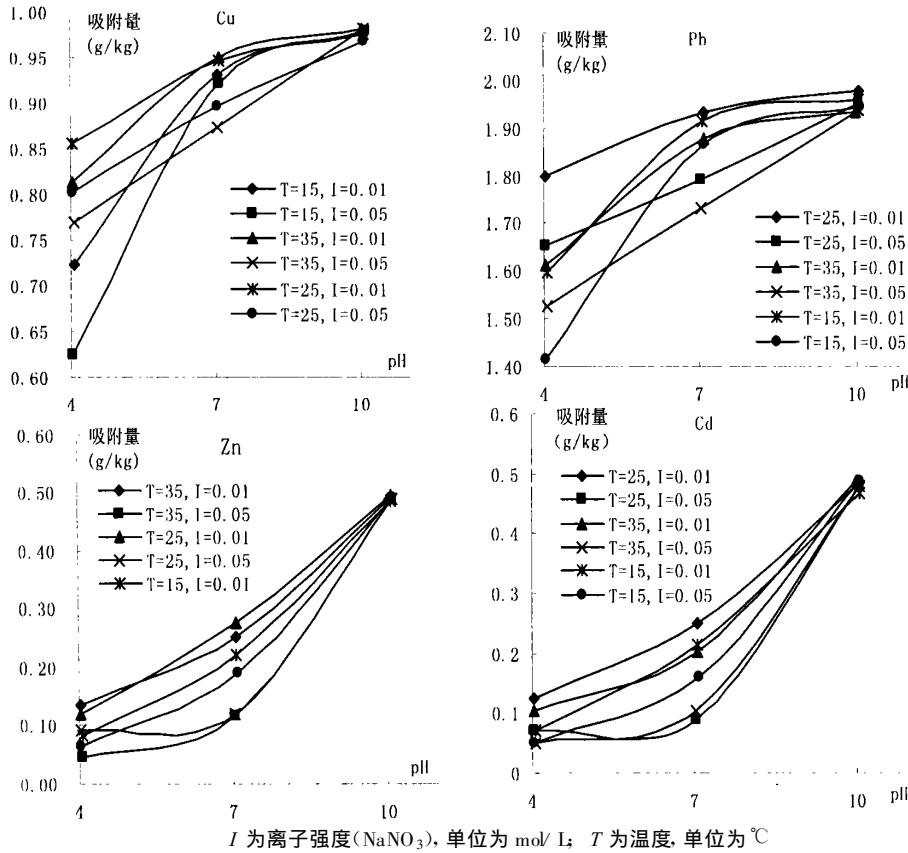


图1 不同环境因子对吸附量(g/kg)的影响

Fig. 1 Effect of the different factors on the adsorption capacity (g/kg)

表3 pH 突跃曲线中重金属离子的吸附量及吸附竞争系数

Table 3 The adsorptive capacity and adsorption competition coefficient in pH dependent curve

pH	3.07		4.04		5.07		6.08		7.15		8.06		9.14		10.02		10.99		11.92	
	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K
Cu	0.64	0.28	0.88	0.31	0.92	0.30	0.93	0.30	0.94	0.28	0.97	0.26	0.98	0.25	0.97	0.25	0.98	0.25	0.96	0.25
Pb	1.52	0.66	1.76	0.62	1.87	0.62	1.90	0.61	1.96	0.57	1.97	0.53	1.97	0.51	1.96	0.50	1.95	0.50	1.94	0.51
Zn	0.06	0.03	0.11	0.04	0.13	0.04	0.16	0.05	0.24	0.07	0.42	0.11	0.48	0.12	0.49	0.12	0.49	0.13	0.38	0.10
Cd	0.07	0.03	0.10	0.04	0.12	0.04	0.14	0.04	0.26	0.08	0.35	0.09	0.44	0.11	0.48	0.12	0.49	0.13	0.49	0.13

N 为吸附量, 单位为 g/kg ; K 为竞争吸附系数; I 为离子强度 ($0.01 \text{ mol/L NaNO}_3$)

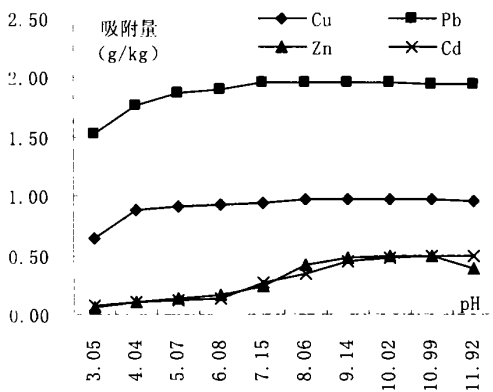


图2 pH 突跃曲线

Fig. 2 pH-dependent adsorption curve

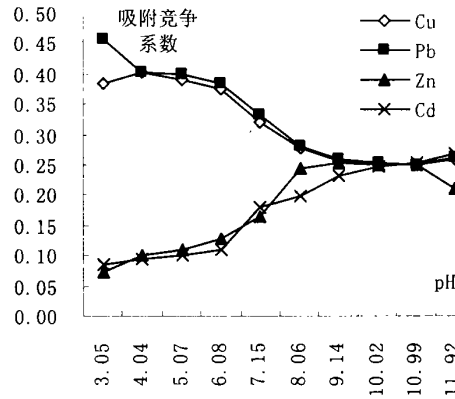


图3 吸附竞争系数曲线

Fig. 3 Adsorption competition coefficient curve

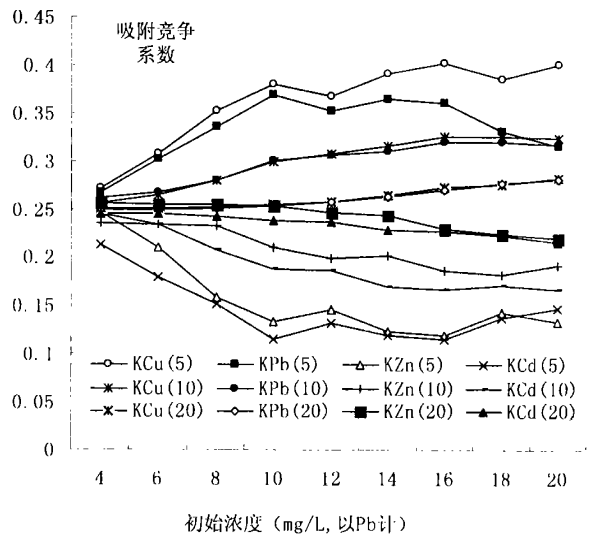
于 Zn、Cd; pH 在 6~9 时, Pb、Cu 的吸附竞争系数逐步下降, 且吸附渐趋稳定, 而 Zn、Cd 的吸附竞争系数则随其吸附的快速增长而增加; 在吸附保持区, 4 种重金属离子的吸附竞争系数则几乎趋于一致。不同重金属元素吸附竞争系数在一定的 pH 范围内此消彼长的变化不仅可以很好地解释 pH 突跃曲线中 4 种元素吸附量的变化, 同时也可给出在某一 pH 值处 4 种元素吸附竞争能力的大小。

2.3 重金属离子的吸附竞争能力及其相互作用

由上可知, 吸附竞争系数可以给出在某一 pH 值时体系中元素间吸附竞争能力的大小。现就不同泥沙浓度和初始浓度下混合溶液体系中 4 种离子的吸附竞争加以探讨。

研究表明, 当初始浓度较低时(图 4, 表 4), 4 种重金属离子间的吸附竞争并不强烈, 随初始浓度的增加, Pb、Cu 的吸附竞争系数不断增大, Zn、Cd 的吸附竞争系数逐渐递减。随泥沙浓度的增加, Pb、Cu 的吸附竞争系数逐渐减小, Zn、Cd 的吸附竞争系数逐渐增加, 最终 4 种元素的竞争能力趋于相近。研究还揭示, 混合溶液体系中, Cu—Pb 和 Zn—Cd 均表现明显的协同吸

附效应, 而 Cu—Zn、Cu—Cd、Pb—Zn、Pb—Cd 则拮抗吸附(表 5)。



括号内的数据为泥沙浓度, 单位为 g/L

图 4 不同泥沙浓度吸附等温线中吸附竞争系数
Fig. 4 The adsorption competitive coefficient in adsorption isotherms with different sediment concentrations

表 4 不同泥沙浓度吸附等温线中吸附竞争系数

Table 4 The adsorption competition coefficient in adsorption isotherms with different sediment concentrations

初始浓度	Cu			Pb			Zn			Cd		
	泥沙浓度			泥沙浓度			泥沙浓度			泥沙浓度		
	5g/L	10g/L	20g/L	5g/L	10g/L	20g/L	5g/L	10g/L	20g/L	5g/L	10g/L	20g/L
4	0.27	0.26	0.25	0.27	0.26	0.25	0.25	0.24	0.25	0.21	0.25	0.24
6	0.31	0.26	0.25	0.31	0.27	0.25	0.21	0.23	0.25	0.18	0.23	0.24
8	0.35	0.28	0.25	0.35	0.28	0.25	0.16	0.23	0.25	0.15	0.21	0.24
10	0.38	0.30	0.25	0.37	0.30	0.26	0.13	0.21	0.25	0.12	0.19	0.24
12	0.36	0.31	0.26	0.36	0.31	0.26	0.14	0.20	0.25	0.13	0.19	0.24
14	0.38	0.31	0.26	0.39	0.32	0.27	0.12	0.20	0.24	0.12	0.17	0.23
16	0.38	0.32	0.27	0.39	0.33	0.28	0.11	0.18	0.23	0.11	0.16	0.22
18	0.36	0.32	0.27	0.37	0.33	0.28	0.14	0.18	0.22	0.13	0.17	0.22
20	0.37	0.32	0.28	0.38	0.33	0.29	0.12	0.19	0.22	0.13	0.16	0.21

初始浓度以 Pb²⁺ 计, 单位为 mg/L

表 5 元素间吸附竞争系数的相关性

Table 5 The correlation of adsorption competitive coefficient of different heavy metals

	Cu—Pb	Cu—Zn	Cu—Cd	Pb—Zn	Pb—Cd	Zn—Cd
泥沙浓度 5g/L	0.9947	-0.9912	-0.9944	-0.9969	-0.9871	0.9754
泥沙浓度 10g/L	0.9985	-0.9725	-0.9877	-0.9755	-0.9855	0.9255
泥沙浓度 20g/L	0.9968	-0.9879	-0.9881	-0.9935	-0.9808	0.9546

吸附等温线中吸附竞争系数的变化可以形象地描述为“<”型, 上扬线为 Cu、Pb 组, 下滑线为 Zn、Cd 组。吸附质初始浓度的增加及泥沙浓度的减小都可使“<”

的开口增大, 即重金属离子间的竞争变强, 这可能是吸附位的变化导致的。当泥沙浓度不变, 初始浓度增加时, 由于吸附位有限, 重金属离子对吸附位的争夺变得

越来越激烈,各元素的竞争能力也得以充分的体现,竞争能力大的元素吸附竞争系数也变得越来越大;当初始浓度不变,泥沙浓度增加时,体系中的吸附位增加,元素间的吸附竞争趋于缓和,吸附竞争系数也趋于缓和。

4种重金属离子在黄河沉积物上吸附竞争能力的序列为 $Pb^{2+} \geq Cu^{2+} > Zn^{2+} \geq Cd^{2+}$ 。多离子共存体系中黄河沉积物对黄河水体中不同重金属离子的吸附强度存在显著差异,表明黄河沉积物对不同重金属的自净能力不同,揭示了不同重金属对黄河水体污染危害的不同。吸附竞争能力序列中,后面的重金属较前面的具有更大的危害。

3 结论

(1) 总体而言,随 pH、离子强度及温度等各影响因素的变化, Zn 和 Cd, Pb 和 Cu 的吸附曲线趋势相近,这可能是由于 Zn 和 Cd,以及 Pb 和 Cu 分别具有相近的地球化学性状,从而表现出相似的地球化学行为。

(2) 不同重金属元素吸附竞争系数在一定的 pH 范围内此消彼长的变化不仅可以很好地解释 pH 突跃曲线中 4 种元素吸附量的变化,同时也可给出在某一 pH 值处 4 种元素吸附竞争能力的大小。

(3) 吸附竞争系数可以较好地描述离子间的竞争能力,4 种重金属离子在黄河沉积物中竞争吸附能力为: $Pb^{2+} \geq Cu^{2+} > Zn^{2+} \geq Cd^{2+}$; Cu—Pb 和 Zn—Cd 在多离子混合溶液体系的竞争吸附作用中具有明显的协同效应,而 Cu—Zn、Cu—Cd、Pb—Zn 和 Pb—Cd 则相互拮抗。

参考文献 (References)

- 李任伟,李禾,李原等.黄河三角洲沉积物中重金属、氮和磷污染研究[J].沉积学报,2001,19(4):622~629[Li Renwei, Li He, Li Yuan, et al. Study of the heavy metal, nitrogen and phosphorus contaminants in the sediments of the Yellow River Delta[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(4): 622~629]
- 潘少明,施晓冬,王建业等.围海造地工程对香港维多利亚港现代沉积作用的影响[J].沉积学报,2000,18(1):22~28[Pan Shaoming, Shi Xiaodong, Wang Jianye, et al. Assessing the impact of reclamation activities on recent sedimentation in Victoria Harbour, Hong Kong[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(1): 22~28]
- 周孝德.渭河泥沙对重金属污染物吸附的实验研究[J].水利学报,1993,7:45~49[Zhou Xiaode. Experimental study on heavy metals contamination adsorption by sediment[J]. Journal of Water Conservancy, 1993, 7: 45~49]
- 申献辰,冯惠华,王凤荣等.重金属在黄河中游输送和迁移的水质模拟研究[J].水利学报,1997,11:49~55[Shen Xianchen, Feng Huihua, Wang Fengrong et al. Study on water quality simulation for heavy metals' transport and transformation in middle reach of Yellow River[J]. Journal of Water Conservancy, 1997, 11: 49~55]
- Rosa Gavez-cloutier Jean-sebastien Dube. An evaluation of fresh water sediments contamination: the Lachine canal sediments case, Montreal, Canada. Part II: heavy metal particulate speciation study[J]. Water, Air, and Soil Pollution, 1998, 102: 281~301
- Petersen W, Willer E, Willamowski C. Remobilization of trace elements from polluted anoxic sediments after resuspension in oxic water [J]. Water, Air, and Soil Pollution, 1997, 99: 515~522
- Filus, Angelika, et al. Cadmium sorption and desorption in limed topsoils as influenced by pH: isotherms and simulated leaching[J]. Journal of Environmental Quality, 1998, 27: 12~18
- 黄岁梁,万兆惠,王兰香.泥沙浓度和水相初始浓度对泥沙吸附重金属影响的研究[J].环境科学学报,1995,15(1):66~75[Huang Suiliang, Wan Zhaohui, Wang Lanxiang. Study on the effect of sediment concentration and initial concentration of water phase on heavy metals adsorption by sediment [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 1995, 15(1): 66~75]
- 杜青,文湘华,李莉莉等.天然水体沉积物对重金属离子的吸附特性[J].环境化学,1996,15(3):199~206[Du Qing, Wen Xianghua, Li Lili, et al. Adsorption behaviors of the natural sediment on heavy metals[J]. Environmental Chemistry, 1996, 15(3): 199~206]
- 李利民,郭亦群,胡青.黄河泥沙对某些重金属离子的特性吸附及影响因素研究[J].环境科学研究,1994,7(5):12~16[Li Limin, Guo Yiqun, Hu Qing. Characteristic adsorption and impact factors of Yellow River sand to some heavy metals ions [J]. Research of Environmental Sciences, 1994, 7(5): 12~16]
- 李改枝,刘颖,李景峰等.黄河水中悬浮粒子对镉离子的交换吸附等温线[J].中国环境科学,1999,19(4):330~332[Li Gaizhi, Liu Ying, Li Jingfeng, et al. The adsorption exchange isotherms of the suspended particles on cadmium ion in the waters of Yellow River [J]. China Environmental Science, 1999, 19(4): 330~332]
- 刘继芳,曹翠华,蒋以超等.重金属离子在土壤中的竞争吸附动力学初步研究, I 竞争吸附动力学的竞争规律与竞争系数[J].土壤肥料,2000,2:30~34[Liu Jifang, Cao Cuihua, Jiang Yichao, et al. Pilot study on the dynamics of heavy metal ions competition adsorption in the soil [J]. Soil and Fertilizer, 2000, 2: 30~34]

Competition Adsorption on Heavy Metals of the Yellow River Sediments in the Polyion Coexisting System

HE Jiang LI Chao-sheng WANG Xin-wei SUN Wei-guo MI Na

(Department of Ecology and Environment Science Inner Mongolia University, Huhhot 010021)

Abstract Sediments are taken from the clean reach in the Baotou section of the Yellow River as the adsorbent, the mixed solution system made up of Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} and Cd^{2+} as the adsorbate, experimental research has been carried out on the competition adsorption of the Yellow River sediments on heavy metals. The experiment has clarified the competitive adsorption order of $Pb^{2+} \geq Cu^{2+} > Zn^{2+} \geq Cd^{2+}$, the cooperative adsorption relation of Cu—Pb, Zn—Cd and the resistant adsorption relation of Cu—Zn, Cu—Cd, Pb—Zn and Pb—Cd. The study is of great significance in evaluating the potential risk of heavy metals in the river sediments.

Key words heavy metals, competition adsorption, the Yellow River

《中国古代深海沉积和遗迹化石群落》序

通常认为,沉积学奠基于 19 世纪中期,而现代沉积学则以 P. H. Kuenen 和 C. I. Miglorini 于 1950 年发表“粒序层理由浊流形成”一文作为发端。所以有这种看法,不仅因为浊流理论创新了深海碎屑沉积物研究,而且因为浊流理论为沉积学建立了新的方法学——将现代沉积、古代岩石和实验室的实验相结合的综合研究方法。20 世纪后半期,沉积学在理论研究和应用两方面都获得了巨大发展,成为地质科学的一门成熟学科。

经历最近半个世纪地质发展的人们都会记得,20 世纪 50 年代和 60 年代,居于主导地位的地槽学说以垂向振荡运动作为复理石成因的一种解释,而很少理会浊积岩复理石的见解。60 年代后期至 70 年代初诞生的板块构造理论是地质科学的一场革命,浊流理论很自然地融入新的地质科学理论,而且深海大洋沉积和造山带沉积研究得到空前发展。

我国地质学家于 20 世纪 70 年代开始研究板块构造,同时开始造山带沉积学研究。《中国古代深海沉积和遗迹化石群落》一书的作者,就是近 20 年来从事这一领域研究的优秀学者的代表。

据我所知,本书的作者,长期以来坚持野外的细致考察,对新的科学文献系统地加以研究,陆续发表过多篇论文,现在《中国古代深海沉积和遗迹化石群落》一书作为多年研究工作的总结终于面世。我衷心祝贺该书的出版。

从书的内容可以看出,本书围绕我国早古生代、晚古生代和早中生代造山带的有关地区开展了古代深海沉积、重点是浊流和其它重力流沉积的系统研究,从多方面深入论述不同类型的浊流沉积体系的成因、特征和时空分布,最终概括出多种沉积模式类型。在深海牵引流沉积方面,特别是对内波、内潮汐沉积的形成及其保存条件提出了新的见解,并发现诸多新类型的内波、内潮汐沉积。

在研究深海沉积的同时,作者还开展了深海环境遗迹化石的研究。在不同成因类型的浊流沉积以及半远洋沉积中发现的遗迹化石属的数量之多,在我国尚属首次。尤其突出的是,在西秦岭泥盆系舒家坝组的深海沉积中竟发现了 42 个遗迹化石属。在晚古生代早期一个组的地层中,如此大量的、形态规则的、复杂的遗迹化石的发现,在国内外均属罕见。作者采用的沉积学和古遗迹学结合的新思路来论述沉积环境和古生态是本书最显著的特色之一,它使古遗迹学被赋予了极其鲜明的沉积学意义,也使造山带沉积学的研究在深度和广度上都有了重要扩展。

此外,本书还提出了一系列新的认识,例如对深海环境原生沉积构造的综合研究、利用遗迹组合对宿主岩系含氧状况的判别、Nereites 遗迹相具有深水和浅水型遗迹化石混生现象的认识、Zoophycos 遗迹相所指示的半深海沉积是有利的生油层位以及从沉积学角度来阐明构造环境等。

本书是我国学者在这一领域的第一部系统的学术专著,展示了我国学者在该领域的新水平。我相信,本书的出版必将在沉积学界和古遗迹学界产生积极的影响,并将推动这一领域的研究更加广泛深入地展开。