

福建省不同水系与入海口沉积物化学成分对比

尤 爱 珍

(福建省地质测绘院, 福建 福州 350011)

摘要: 通过对比福建省各个河口、海湾沉积物与其物源区水系沉积物元素含量, 发现微量元素在浅海环境中的富集系数 $\bar{K}(\text{Ni}) > \bar{K}(\text{Cr}) > \bar{K}(\text{As}) > \bar{K}(\text{Cu}) > \bar{K}(\text{Zn}) > \bar{K}(\text{Pb}) > \bar{K}(\text{Hg}) > \bar{K}(\text{Cd})$, 揭示各元素的迁移机制有所不同; 有些区域富集系数偏离平均值较多, 反映出有些元素有额外的输入, 最有可能是人为污染的叠加。

关键词: 水系沉积物; 入海口; 化学成分

中图分类号: P632

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2008)01-0028-03

福建省海岸线曲折, 浅海、滩涂水产养殖业发达, 沉积物元素含量对浅海生态系统具有重大影响。随着工业化进程的加快, 污染物向海洋的排放越来越多, 对沉积物有害元素含量的调查研究具有重要意义。陆源物质经水系向海洋运移, 是地球表层系统物质循环的重要环节, 研究元素的迁移转化规律, 解析自然作用和人为作用的贡献, 是生态地球化学评价的重要任务^[1]。为此, 笔者通过对河口、海湾沉积物化学成分与其源区水系沉积物的对比, 尝试分析人类活动对海洋沉积物元素含量的影响。

1 材料与方法

1.1 水系沉积物

水系沉积物元素含量资料来自原地矿部组织的 1: 20 万区域化探水系沉积物测量, 工作时间跨越 20 世纪整个 80 年代。采样密度为 (1~2) 点/km², 取 -60 目筛样品, 按每 4 km² 组合为一个样进行分析, 由实验室采用以 X 荧光光谱、原子荧光光谱为主的多种测试方法, 测试了 39 种元素含量^[2]。

水系沉积物测量覆盖了整个福建省陆地面积, 完整的流域有三沙湾流域 (包括霍童溪、穆阳溪等几个小水系)、闽江流域、木兰溪流域、晋江流域、九龙江流域, 这些水系均自西向东流入海洋, 从北到南分别汇入三沙湾、闽江口、兴化湾、泉州湾、九龙江口。

1.2 浅海沉积物

浅海沉积物元素含量资料来自“福建省沿海经济带生态地球化学调查”项目, 采样时间为 2003 年, 使用抓斗采集了 10 m 水深以浅的沉积物样品, 采样

密度视海底地形地貌特点, 一般平缓地带为 1 个点/36 km², 陡峭地带为 1 个点/16 km²。样品风干后过 20 目筛, 采用等离子光谱、X 射线荧光光谱、石墨炉原子吸收光谱、氢化物原子荧光光谱、发射光谱等一整套大型精密仪器, 测试了 52 种元素含量^[3]。

1.3 数据统计

元素含量数据分不同流域, 直接统计平均值。将各河口、海湾沉积物元素含量平均值与其物源区水系沉积物元素含量平均值进行对比, 求取浅海沉积物的富集系数。

2 常量指标含量对比

河口、海湾沉积物与其物源区水系沉积物的常量指标含量平均值对比见表 1。

SiO₂、Al₂O₃ 的富集系数在各海湾均接近于 1, 在 0.9~1.1 之间波动, 这说明浅海沉积物的主要化学成分受物源区的控制。

Fe₂O₃、K₂O 的富集系数也接近于 1, 但 Fe₂O₃ 在三沙湾和兴化湾出现较高的富集系数, 可能有额外的输入途径。K₂O 在三沙湾的富集系数也略高。

MgO、CaO、Na₂O 的富集系数高, 它们在海洋环境中具有富集特征。这 3 种指标在较封闭的三沙湾、兴化湾、泉州湾中富集系数较高, 而在较开放的河口, 特别是九龙江口的沉积物中镁、钙、钠的含量较低, 可能与其沉积环境有关。

P₂O₅ 是海洋环境重要的营养盐, 其富集系数也接近于 1, 但在泉州湾出现较高值。

综上所述, 浅海沉积物的主要化学成分受物源

表 1 不同水系与入海口沉积物氧化物指标含量比较

%

类型	流域	样数	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	P ₂ O ₅
陆地水系 沉积物	三沙	1944	69.272	14.908	3.339	2.771	0.468	0.300	0.357	0.095
	闽江	14894	67.382	14.607	3.935	3.327	0.553	0.305	0.464	0.107
	木兰溪	446	69.033	14.613	3.536	2.478	0.507	0.412	0.398	0.100
	晋江	1352	67.592	16.645	3.839	2.560	0.429	0.278	0.314	0.070
浅海 沉积物	九龙江	3456	70.198	12.564	3.487	2.371	0.404	0.296	0.223	0.095
	三沙湾	57	63.133	15.674	4.965	3.417	1.802	1.651	1.895	0.106
	闽江口	26	68.505	13.019	4.095	3.127	1.248	1.282	1.581	0.090
	兴化湾	26	61.677	14.567	5.597	2.883	1.870	2.787	2.001	0.113
富集系数	泉州湾	20	63.591	16.199	4.651	2.869	1.480	1.619	1.997	0.109
	九龙江口	20	71.391	13.543	3.842	2.759	0.818	0.544	1.241	0.088
	三沙湾		0.911	1.051	1.487	1.233	3.850	5.503	5.308	1.116
	闽江口		1.017	0.891	1.041	0.940	2.258	4.203	3.407	0.841
富集系数	兴化湾		0.893	0.997	1.583	1.163	3.688	6.765	5.028	1.130
	泉州湾		0.941	0.973	1.212	1.121	3.450	5.824	6.360	1.557
	九龙江口		1.017	1.078	1.102	1.164	2.025	1.838	5.565	0.926

注:兴化湾、泉州湾分别是木兰溪流域、晋江流域的入海口,表 2 同;富集系数=浅海沉积物氧化物指标含量÷陆地水系沉积该氧化物指标含量

表 2 不同水系入海口沉积物微量元素的含量比较

10⁻⁶

类型	流域	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Ti
陆地水系 沉积物	三沙	4.99	0.191	17.21	11.28	0.083	7.26	53.01	88.0	3927
	闽江	3.72	0.365	38.65	14.93	0.062	14.45	54.33	114.9	4392
	木兰溪	6.83	0.278	19.97	12.66	0.122	8.12	57.07	92.1	3459
	晋江	5.10	0.207	17.07	11.62	0.072	6.84	60.06	125.5	3624
浅海 沉积物	九龙江	6.95	0.303	34.40	13.97	0.081	10.56	58.26	84.7	3913
	三沙湾	10.33	0.088	57.48	23.37	0.053	28.22	41.37	100.3	3826
	闽江口	9.36	0.102	42.65	19.00	0.074	21.08	44.60	87.86	3304
	兴化湾	8.26	0.064	61.47	19.75	0.059	28.24	34.73	94.85	4044
Ti 校正 富集系数	泉州湾	8.56	0.115	50.35	24.78	0.061	24.60	46.75	109.7	3673
	九龙江口	8.37	0.295	31.31	21.55	0.064	15.18	64.81	138.5	2805
	三沙湾	2.125	0.473	3.428	2.127	0.655	3.990	0.801	1.170	
	闽江口	3.345	0.371	1.467	1.692	1.587	1.939	1.091	1.016	
富集系数	兴化湾	1.034	0.197	2.633	1.334	0.414	2.975	0.521	0.881	
	泉州湾	1.656	0.548	2.910	2.104	0.836	3.549	0.768	0.862	
	九龙江口	1.680	1.358	1.270	2.152	1.102	2.005	1.552	2.281	
	平均值	1.968	0.590	2.342	1.882	0.919	2.891	0.947	1.242	

注:Ti 校正富集系数=(浅海沉积物元素含量/Ti 含量)÷(陆地水系沉积物元素含量/Ti 含量)

区元素含量和沉积环境的控制,但三沙湾和兴化湾可能有铁元素的额外输入,泉州湾可能有磷元素的额外输入。

3 有害微量元素含量对比

As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb、Zn 等微量元素含量过高,将对环境质量造成不良影响。为了克服沉积环境的影响,对其含量进行 Ti 元素校正,即将不同介质的微量元素平均值除以其 Ti 含量平均值,然后进行浅海沉积物富集系数的研究(表 2)。

求各入海口的 Ti 校正富集系数平均值($\bar{K}$),从大到小的排列为 $\bar{K}(\text{Ni}) > \bar{K}(\text{Cr}) > \bar{K}(\text{As}) > \bar{K}(\text{Cu}) > \bar{K}(\text{Zn}) > \bar{K}(\text{Pb}) > \bar{K}(\text{Hg}) > \bar{K}(\text{Cd})$,其中平均值大于 1 的有 Ni、Cr、As、Cu、Zn,表明它们在海洋环境有富集的趋势。

对比不同物源区沉积物的 K 值,可发现有些区域偏离平均值较多,值得引起注意。

K(As)一般为 1~2,K(Hg)一般为 0.6~1.1,它们在闽江口沉积物中有异常高的 K 值,说明可能

有额外的输入途径。

Ni、Cr 的 $\bar{K}$ 值大于 2,具有与 Fe₂O₃ 相似的地球化学性质,但在三沙湾的 $\bar{K}$ 值最大,可能有额外的输入途径。同时,与 MgO、CaO、Na₂O 一样,在较封闭的海湾(三沙湾、兴化湾、泉州湾)K 值较高,说明尽管进行了 Ti 校正,仍然受到沉积环境的影响。

Cd、Pb、Zn 在九龙江口沉积物中有异常高的 K 值,可能有额外的输入途径。

4 讨论

4.1 元素迁移机制

近岸浅海沉积物元素含量与其物源区水系沉积物的对比,表明不同元素的富集系数有较大差异,反映各元素的迁移机制有所不同。从本文资料可知,主要元素 Si、Al、Fe、K、P 和微量元素 Hg、Pb 的富集系数近于 1,浅海沉积物中这些元素含量与其物源区含量相近。Mg、Ca、Na 和微量元素 Cr、Ni、As、Cu 则在浅海沉积物中富集。而 Cd 的平均比值仅为 0.59,可能是因为 Cd 以悬浮物形式保存在水体

中^[4],或更多地以离子状态存在于海水中,致使浅海沉积物中含量特别低。根据泉州湾 7 个沉积物样品的相态分析,离子交换态 Cd 在各采样点上占有较大的比例,个别超过 20%[●],可见 Cd 在海洋环境中的活动性很强。

4.2 人类活动影响

近年来,许多学者利用高分辨率沉积柱分析来提取工业污染的信息^[5],但高分辨率沉积柱分析一般仅做少数几个或单个柱样,其代表性受到局限。而区域地球化学调查的样本量大,代表性强,水系沉积物测量所采样品位于末端水系,受工业污染影响小,可以代表物源区的化学成分。从上述分析可知,沉积环境,如封闭的海湾和开放的河口环境,对部分元素的富集系数有较大影响。但排除这些因素后,仍可反映出有些元素有额外的输入。

有害元素额外输入的来源,最有可能是人类污染的叠加^[6],福建省大部分为山区,城市及工业区均位于主干河流两侧,其污染物通过河流直接输入河口、海湾,致使沉积物中污染物含量升高。福建省沿海水系入海口众多,可通过相互比较,分辨出不正常的富集系数,从而揭示出人为污染的信息。如上所述,闽江口中有 As、Hg 的污染,九龙江口有 Cd、Pb、Zn 的污染。

4.3 其他因素影响

三沙湾沉积物中 Cr、Ni 的含量较高,其原因未明。根据地球化学图分析,Cr、Ni 的含量向外海方

向升高,且陆地工业不发达,可能与海洋方面的因素有关[●]。

5 结语

在生态地球化学评价中,充分利用 20 世纪 80 年代的区域化探水系沉积物资料,可取得意想不到的成果。福建省特殊的地理状况为研究陆源物质经水系向海洋运移提供了方便条件,结果表明不同元素、不同流域的迁移规律和富集状况不同,进而反映某些海域具有额外的元素物质来源,其中最有可能是工业活动所造成。与水系沉积物相比,Cd 元素在浅海沉积物中含量特别低,表明 Cd 在海洋环境中的活动性很强,是需要密切关注的有害元素。

参考文献:

- [1] 奚小环. 生态地球化学与生态地球化学评价[J]. 物探与化探, 2004, 28(1): 10.
- [2] 林才浩, 尤爱珍. 福建省水系沉积物元素含量本底值[J]. 福建环境, 1995, 12(3): 22.
- [3] 林才浩. 福建省沿海经济带多目标地球化学调查成果及应用前景[J]. 福建地质, 2005, 24(1): 1.
- [4] 车越, 何青, 林卫青. 长江口南支重金属分布研究[J]. 上海环境科学, 2002, 21(4): 220.
- [5] 黄小平, 李向东, 岳维忠, 等. 深圳湾沉积物中重金属污染累积过程[J]. 环境科学, 2003, 24(4): 145.
- [6] 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.

A COMPARATIVE STUDY OF CHEMICAL COMPOSITION OF SEDIMENTS FROM DIFFERENT WATER SYSTEMS AND ESTUARIES OF FUJIAN PROVINCE

YOU Ai-zhen

(Fujian Academy of Geological Surveying and Mapping, Fuzhou 350011, China)

Abstract: Based on a comparative study of the element content of stream sediments in various river mouths, gulfs and their provenances, the authors found that the enrichment coefficients of trace elements in the shallow sea environment have the variation regularity of $\bar{K}(\text{Ni}) > \bar{K}(\text{Cr}) > \bar{K}(\text{As}) > \bar{K}(\text{Cu}) > \bar{K}(\text{Zn}) > \bar{K}(\text{Pb}) > \bar{K}(\text{Hg}) > \bar{K}(\text{Cd})$, suggesting that the migration mechanisms of various elements are somewhat different from each other. The regional enrichment coefficients of some elements deviate remarkably from their average values, implying that some elements have experienced additional input, most probably caused by the superposition of human pollution.

Key words: stream sediments; estuary; chemical composition

作者简介: 尤爱珍(1955 -), 女, 高级工程师, 地球化学勘查专业。

① 国家海洋局第三海洋研究所. 重金属污染对泉州湾缢蛏养殖滩涂生态影响研究报告, 2006.

② 福建省地质调查研究院. 福建省沿海经济带 1: 20 万多目标区域地球化学调查报告, 2005.