

梁子湖表层沉积物元素分布模式及地球化学意义

董金秀^a, 乔胜英^b, 谢淑云^c

(中国地质大学 a. 研究生院; b. 生物地质与环境地质教育部重点实验室; c. 地球科学学院, 武汉 430074)

摘要: 表层沉积物中元素分布模式及其地球化学特征能提供沉积物物源及易受人为活动影响的重金属元素等信息。运用X-射线荧光光谱仪和单道等离子发射光谱仪等对梁子湖表层沉积物中的常量元素和微量元素进行了分析测试。运用多元统计等方法对测试数据分析发现, 梁子湖表层沉积物中的常量元素分布受介质物理化学条件影响比较明显; 微量元素中除 Zr 和 Nb 等元素外, 其余元素的质量分数相对较低; 重金属元素的质量分数值大多数接近于武汉湖泊的背景值和欧美湖泊的背景值, 低于东湖和汤逊湖等受人为活动影响较大的湖泊。在平面分布上, 大多数元素都有明显的平面分布规律, K_2O 、 CaO 、 Na_2O 、 MgO 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、Li、Rb、Sr、Ba、Mn、Se、Ni、Sc 等都在东北部和东部富集, 而 Si 在西南部富集, Zr 和 Hg 在中部富集。元素分布规律主要受沉积作用和湖东地区矿山地质背景等因素的控制。

关键词: 梁子湖; 表层沉积物; 元素; 地球化学; 分布

中图分类号: X141

文献标志码: A

文章编号: 1000-7849(2010)03-0091-06

湖泊沉积物的形成过程是湖泊物理、生物和化学诸过程综合作用的结果, 因此, 湖泊沉积物真实地记载了湖泊生态环境的演变过程^[1]。近年来对湖泊的研究不少, 但大多都是从重金属元素(环境)^[2-7]、元素的垂直分布特征(沉积历史)^[9-11]等方面进行研究, 而对湖泊的整体元素组成、分布及其特征的研究很少^[1, 8]。笔者主要运用地球化学手段研究梁子湖表层沉积物中的元素分布模式, 了解湖泊中元素分布的规律和元素的地球化学特征。梁子湖是受人类活动影响较小而面积又较大的一个内陆湖泊, 研究其元素特征对了解湖泊的自然环境特征有重要的意义。

1 地质背景

梁子湖地处亚热带, 冬冷夏热, 位于湖北省东南部, 长江中游南岸(图1), 全国十大名湖之一, 是湖北省第二大淡水湖泊。南北长 82 km, 东西长 22 km, 常年平均水深 3 m, 湖面面积 28 km², 最高日平均水位 20.57 m, 最低日平均水位 16.41 m。梁子湖 99 个岔, 四周伸展分别与武汉、咸宁、大冶等地交界。湖泊进水口 300 多个, 主要进水口如图1所示, 出水口仅有长港一处, 出水口水流通过长港直流入江。湖区的地势东高西低, 南边多低山, 北边多丘陵和湖泊。滨湖地表大部分为第四纪松散堆积物, 但中心有部分地区出露有侏罗系石英砂岩; 湖东地区是湖北省著名的多金属产地, 分布有铁山、大冶铁

矿等矿区; 湖西地区多由红色黏土组成; 湖东北部分是由长江冲积物组成的二级阶地^[12]。湖中的表层沉积物多为灰黑色黏土、粉砂质黏土和含螺体残壳及淤泥质夹层。

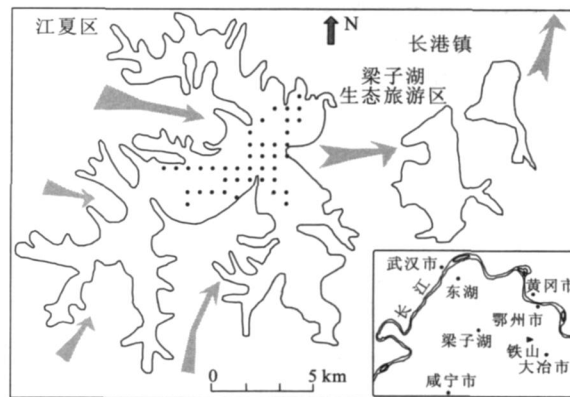


图1 采样点位图

Fig.1 Sketch showing sampling stations

2 样品采集、制备与分析

2.1 样品采集与制备

用采样器均匀采集湖泊表层 0~20 cm 的沉积物, 采样点均匀分布, 采样密度为 1 个点/4 km², 湖边、湖水入口处加密至 1 个点/km², 并按采样大格(4 km²)组合。本次研究采集的样品数为 41 个(图1)。采集的样品剔除石块、贝壳、塑料等杂物。样品

收稿日期: 2009-11-10

编辑: 刘江霞

作者简介: 董金秀(1978—), 女, 现正攻读地球化学专业硕士学位, 主要从事环境地球化学研究。

湿重大于 3 000 g,采集的样品装入布袋,隔开放置。回到室内后将样品在日光下烘干,烘干后用尼龙筛截取 0.8 mm(20 目)粒级的样品 500 g,样品分析之前,对 20 目级样品进一步加工处理,碎至 200 目,经混匀后不烘样供分析。

2.2 样品分析

样品由武汉综合岩矿测试中心分析测试。Pb 和 Cr 等各称取 2.5 g 样品,采用日本理学 3080E1 型波长色散 X-射线荧光光谱仪分析测试;Cu、Zn、Ni 等各取 0.1 g 样品,经 $\text{HNO}_3\text{-HCl-HF-HClO}_4$ 分解,用单道等离子发射光谱仪测定;Cd 经 $\text{HNO}_3\text{-HCl-HF-HClO}_4$ 分解后,采用石墨炉原子吸收法测定。As、Hg 等用王水分解,在 10% 的盐酸介质中,用硫脲作预还原剂,以氩气为载气,高强度空心阴极灯作为激发源,硼氢化钾作还原剂,分别测定砷、铋、汞和硒的荧光强度,由计算机直接打印出各元素含量。所有样品的分析测试都按国家多目标地质调查规范进行,采用国家一级标准物质 GBW 系列样品为标准,各测试项目相对标准偏差 RSD 均小于 10%。

3 讨 论

3.1 元素的化学组成及分布特征

3.1.1 常量元素

为了了解梁子湖表层沉积物中元素的含量特征,对各元素的分析结果进行了统计,并与上地壳、长江和东湖表层沉积物中的元素含量进行了对比(表 1)。从表 1 可见,梁子湖中常量元素的含量低于上地壳和长江的平均含量,说明梁子湖中的常量元素均呈分散状态;其中 CaO 和 Na_2O 的变异系数较大,说明二者在梁子湖中的分布不均匀,且与东湖、长江等相比,二者在梁子湖中较贫化。

表 1 梁子湖表层沉积物中常量元素质量分数($n=41$)

Table 1 Major element contents in sediment in the Liangzi Lake ($n=41$) $w_B/\%$

元素	SiO_2	CaO	Al_2O_3	K_2O	MgO	TFe_2O_3	Na_2O	Ti
最大值	78.73	1.16	16.66	2.07	1.13	7.34	0.79	0.39
最小值	58.11	0.16	9.39	1.03	0.46	3.78	0.19	0.72
总平均值	70.85	0.47	12.32	1.48	0.74	5.40	0.40	0.52
变异系数	0.07	0.50	0.15	0.18	0.26	0.19	0.35	0.12
东湖	68.20	1.35	13.11	1.96	1.25	5.52	0.86	0.50
上地壳 ^[13]	66.00	4.20	15.20	3.40	2.20	4.50	3.90	0.65
长江 ^[14]		3.67	14.25	2.65	2.52	6.36	1.06	0.59

梁子湖表层沉积物中各常量元素的平面分布情况见图 2。从图 2 中可以看出, $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 、 $w(\text{TFe}_2\text{O}_3)$ 、 $w(\text{MgO})$ 、 $w(\text{Na}_2\text{O})$ 、 $w(\text{K}_2\text{O})$ 在梁子湖中的平面分布较为相似,它们都在梁子湖东北部、

东南部和中部存在富集区,在西部存在低值区;CaO 也在东北部富集; SiO_2 的分布与其他元素明显不同,与 Al_2O_3 刚好相反,在西南部富集,而在东北部和东南部贫化;Ti 在整个研究区的分布较均匀,只在中部出现一个低值区。从常量元素在梁子湖的分布规律来看,水流方向(图 1)及速度对各种迁移能力不同的元素影响比较明显。如图 2 所示,不易迁移的 SiO_2 基本以石英砂颗粒在原地沉积,高值区与进水口大致重合;而极易溶解迁移的 K、Na、Ca、Mg 基本以金属阳离子的形式存在,高值区一般远离进水口;两性氧化物 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 常以水溶胶或络合物的形式存在,高值区的分布大致介于前述二者之间(图 2)。据赵一明等^[15]对浅海沉积物的研究,常量元素在湖泊中的迁移富集还受到粒度的控制,一般而言,颗粒由粗变细, SiO_2 的含量由高变低,而 Al_2O_3 等元素的含量由低变高。综上所述,梁子湖区的常量元素分布规律可能是受水流方向、速度、水体介质(悬浮物颗粒、pH、Eh 等)以及元素本身地球化学性质共同作用的结果。

3.1.2 微量元素

沉积物中的微量元素初始来源于母岩的风化,人类活动使某些元素发生变化^[16]。笔者选取了地球化学活动性较强的亲石元素(碱金属元素 Li、Rb)、亲铁元素(Mn、Co、Ni、V)、亲铜元素(Se、Nb、Zr)和亲石元素(Th、Sc)作为研究对象。梁子湖表层沉积物中微量元素的统计特征值见表 2。从表 2 可以看出,与上地壳相比,梁子湖表层沉积物中 Zr 和 Nb 等较稳定的亲石元素较高,Mn、Rb 和 Se 亲铁、亲铜元素较低,其中 Se 较贫化,比上地壳小 10 倍多;与东湖相比,除 Rb 外,其余元素的质量分数值都相差不大。表 2 显示在平面分布上除 Nb 的变异系数为 0.15 之外,其他微量元素的变异系数皆大于 0.15,表明这些微量元素在区域分布上不均匀。

微量元素在梁子湖中的平面分布特征与常量元素的相似。Li、Rb、Mn、Ni、V、Sc 和 Se 等都是在泥质沉积物中富集的元素,它们在平面分布特征上与 Al_2O_3 等相似,在泥质沉积区含量较高,即在东北部较高,在西部和中部较低;Co 和 Th 在东部富集,在西部和中部贫化;Zr 在梁子湖中的分布与 Si 相似,也是西南部较东北部高,但最富集的区域在中东部,这是由于 Zr 常以独立矿物存在,而这种矿物常趋于粉砂粒级中。

3.1.3 重金属元素

沉积物中的重金属元素是湖泊环境的重要影响因素,能够反映自然与人类活动对湖泊的影响^[3]。梁子湖地处郊区,到目前为止,受人为影响相对较小。

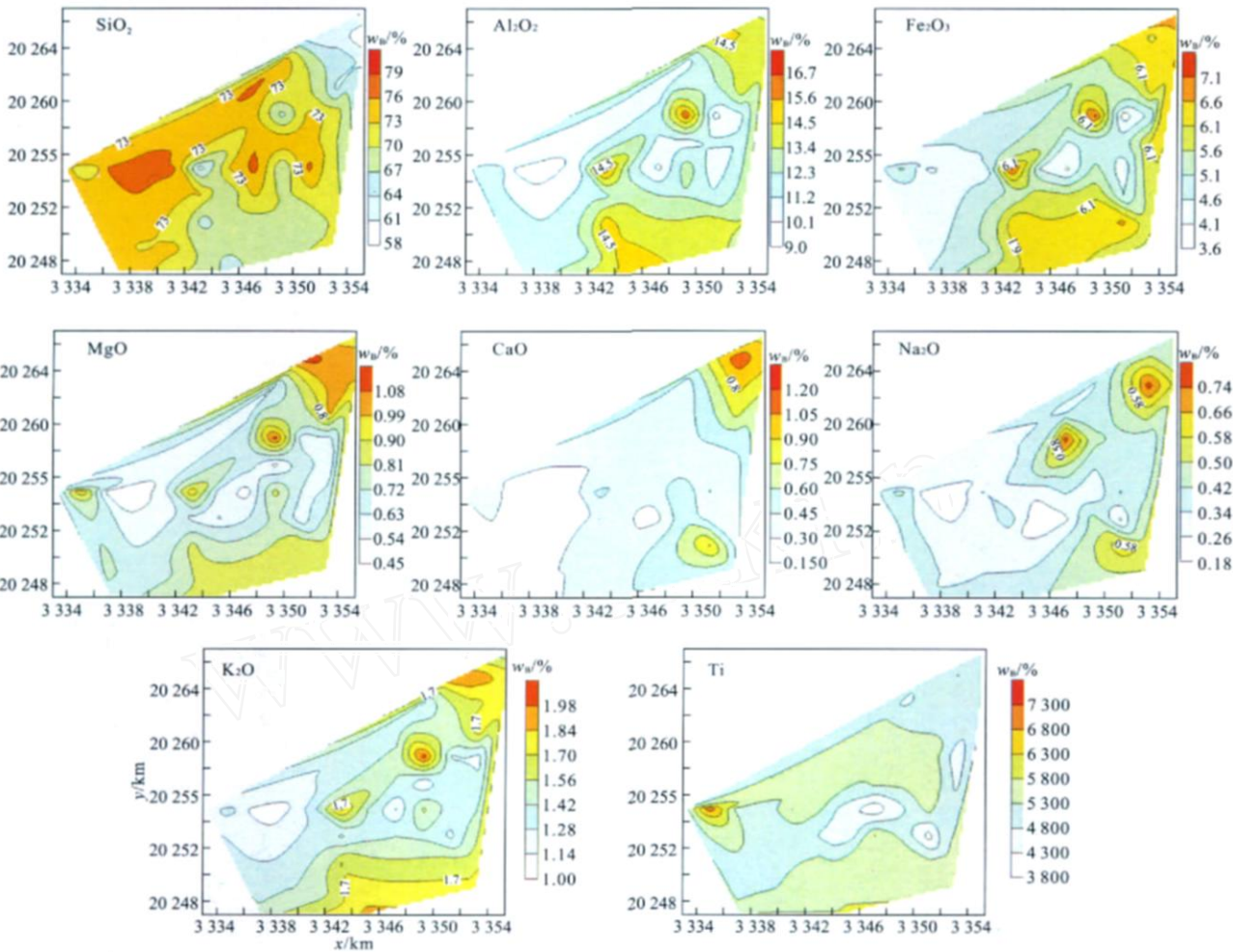


图 2 常量元素等值线图

Fig. 2 The contour map of major elements

表 2 梁子湖表层沉积物中微量元素质量分数 (n=41)

Table 2 Trace element contents in sediment in the Liangzi Lake (n=41)											$w_B/10^{-6}$
元素	Li	Rb	Ni	Co	V	Mn	Se	Th	Nb	Zr	Sc
最小值	24.20	58.10	19.70	10.60	77.20	284.00	0.15	9.70	10.70	145.60	7.15
最大值	49.70	118.00	46.70	22.40	134.00	1370.00	1.35	18.70	19.60	510.70	14.20
平均值	35.35	79.18	28.76	15.53	101.65	619.02	0.48	13.77	15.99	326.07	10.27
东湖	35.48	92.03	31.35	13.75	103.69	708.31	0.48	13.34	16.72	305.08	11.67
上地壳 ^[13]	20.00	112.00	20.00	10.00	60.00	800.00	50.00	10.70	12.00	190.00	11.00
变异系数	0.23	0.20	0.22	0.19	0.17	0.40	0.60	0.16	0.15	0.26	0.18

表 3 梁子湖表层沉积物中重金属元素质量分数

Table 3 Heavy metal element contents in sediment in the Liangzi Lake (n=41)								$w_B/10^{-6}$
元素	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn	
最小值	6.79	0.08	68.60	19.70	0.03	24.30	52.40	
最大值	26.45	0.55	106.30	51.10	0.23	48.20	114.00	
平均值	15.48	0.25	86.11	29.45	0.08	32.86	70.15	
武汉湖泊背景值 ^[2]	14.30	0.20	88.00	32.20	0.08	34.50	79.00	
欧美湖泊背景值 ^[13]	/	0.58	40.00	29.00	0.12	35.00	111.00	
东湖 ^[2]	15.30	0.48	105.00	51.60	0.17	39.40	149.50	
汤逊湖 ^[2]	22.90	0.53	116.00	49.70	0.12	40.60	136.00	
武汉土壤背景上限 ^[2]	15.00	0.20	90.00	35.00	0.15	35.00	100.00	
变异系数	0.25	0.45	0.13	0.27	0.49	0.17	0.25	

由表 3 可见,梁子湖中重金属元素的质量分数大多数都接近于武汉湖泊的背景值和欧美湖泊的背景值,低于东湖和汤逊湖等受人为活动影响较大的湖泊,除 As 和 Cd 略高外,其余重金属元素质量分数也低于武汉土壤背景值的上限。

从重金属元素总的变化范围来看,Cd、Hg 的变化范围最大,它们的最大值和最小值之间的变化范围达到了 7 倍,变异系数分别为 0.45 和 0.49。As、Zn、Cu 变化较大,而 Cr 和 Pb 相对来说变化较小。从空间分布来看,重金属元素 Cu、Pb、Zn、As、Cr 和 Cd 在东北部的质量分数都较高,这可能受东部矿山

等矿石和金属加工业的影响(研究区东部、大冶市西北部有一尾砂库,图 1)。值得一提的是,除 As 外的重金属元素在湖中心均呈高值分布,特别是 Hg,其

最高值出现在中部,低值的区域特征不很明显,这可能是受沉积物颗粒吸附作用和 Hg 本身易挥发、低溶点的物理化学特性的影响^[17]。

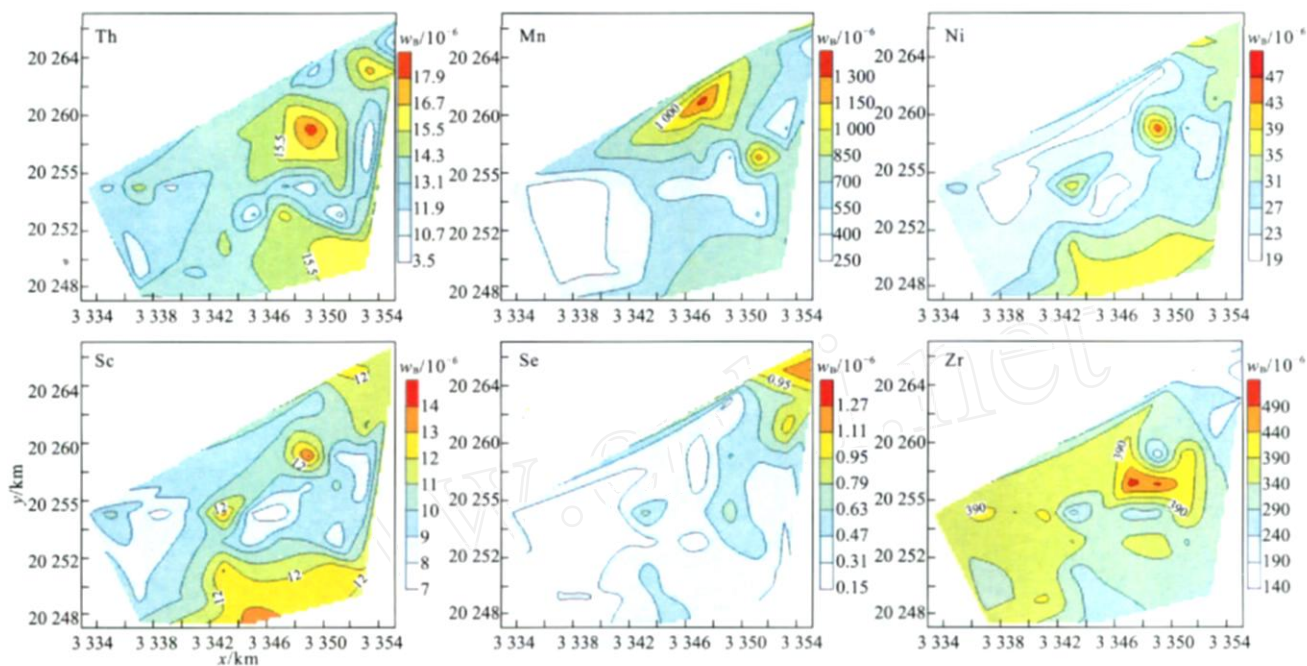


图 3 微量元素等值线图

Fig. 3 The contour map of trace elements

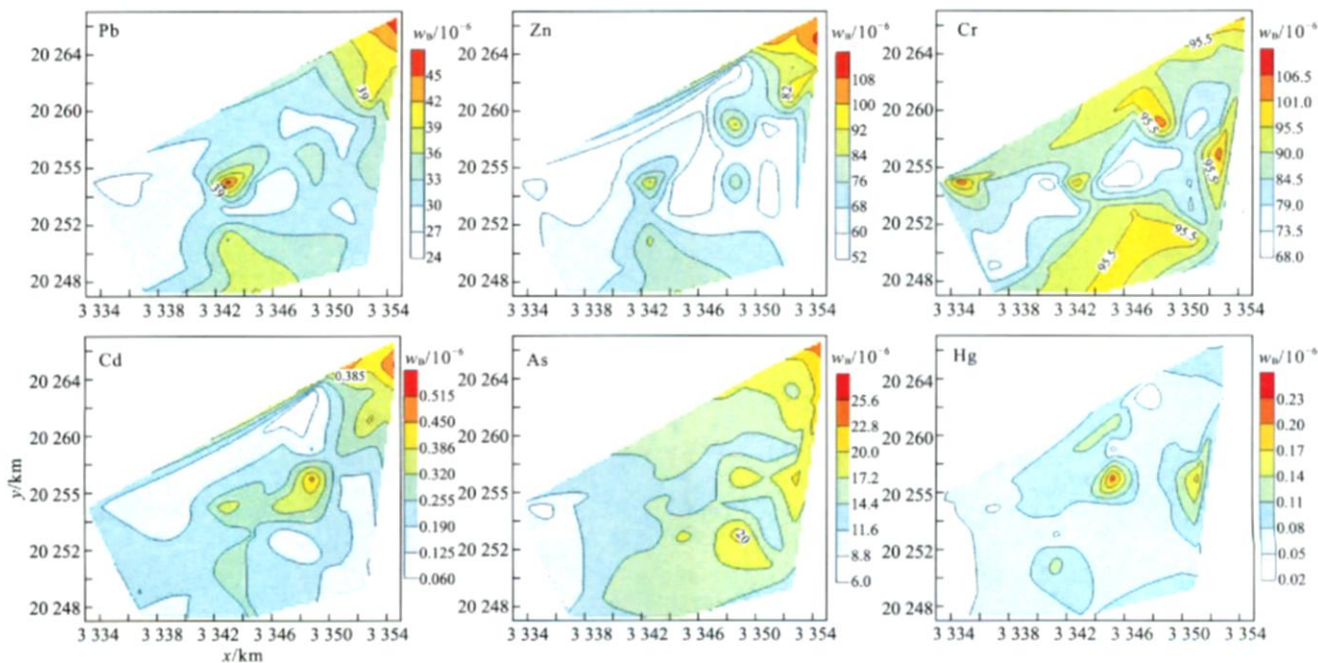


图 4 重金属元素等值线图

Fig. 4 The contour map of heavy metal elements

由于上述重金属元素存在形态各异,化学性质不能一概而论。从垂向上看,乔胜英等^[2]的研究表明,梁子湖中除 Cd 具有明显的从上向下含量降低

的特征外,其他元素均无明显变化,显示在背景范围内波动。总体说来,重金属元素的分布与常量元素类似,可能主要受控于湖泊的水动力条件以及迁移

转换的载体。本区人类活动对重金属元素分布的影响虽然不是很明显,但从图4可以看出,重金属元素高值区明显出现在研究区东部,与人类活动关系密切,这应该引起重视。

3.2 相关分析

聚类分析和因子分析是地球化学研究的2个主要统计手段,常用在元素组合的分析和成因分析等方面。笔者用 Statistics 6.0 对上述元素分别进行了 R 型聚类分析和因子分析,分析结果见图5和图6。分析结果显示,在显著性概率 $\alpha = 0.01$ 时,可得到4个元素组合: Cd、Cu、Zn、Se、Ca、Pb、As、Hg 组合; Fe_2O_3 、Cr、Li、 K_2O 、Rb、Sc、 Al_2O_3 、MgO、V、Ni、Co、Mn 组合; Ti、Nb、Th、 Na_2O 组合和 Zr、 SiO_2 组合。Cu、Pb、Zn、Cd、Se、As 等的组合是亲铜元素的组合,它们均在研究区的东北部富集,说明它们的分布受湖东地区矿山和采矿业的影响较大。 Fe_2O_3 、Cr、Li、 K_2O 、Rb、Sc、 Al_2O_3 、MgO、V、Ni、Co、Mn 的组合是由碱土金属和亲铁元素组成,它们大多是在泥质沉积物中富集的元素,其分布规律受

沉积物粒度的影响较大。Ti、Nb、Th、Zr 和 SiO_2 是较稳定的重矿物元素组合,这些元素大多存于稳定的碎屑态中,在表生环境中不容易迁移,能很好地反映原生沉积环境。

4 结 论

(1) 梁子湖表层沉积物中的常量元素分布受介质物理化学条件影响比较明显;微量元素中除 Zr 和 Nb 等元素外,其余元素的质量分数相对较低;重金属元素的质量分数值大多数都接近于武汉湖泊的背景值,低于东湖和汤逊湖等受人为活动影响较大的湖泊。

(2) 在平面分布上,受沉积物粒度和湖东地区矿山的共同作用, K_2O 、CaO、 Na_2O 、MgO、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、Li、Rb、Sr、Ba、Mn、Se、Ni、Sc 等都在东北部和东部富集,而 SiO_2 在西南部富集, Zr 和 Hg 在中部富集。

(3) 依据聚类分析和因子分析的结果可将梁子湖表层沉积物中的元素分为4个组合: Cd、Cu、Zn、Se、Ca、Pb、As、Hg 等亲铜元素组合; Fe_2O_3 、Cr、Li、 K_2O 、Rb、Sc、 Al_2O_3 、MgO、V、Ni、Co、Mn 等亲铁和碱金属元素组合; Ti、Nb、Th、 Na_2O 组合和 Zr、 SiO_2 重矿物元素组合。由此可见,梁子湖表层沉积物中元素的组合、分布主要受元素地球化学性质的控制。

参考文献:

- [1] 杨汉东,蔡述明. 江汉平原湖泊沉积物的化学特征及其与人类活动的关系[J]. 地理科学, 1997, 17(4): 323 - 328.
- [2] 乔胜英,蒋敬业,向武,等. 武汉市湖泊中重金属污染状况[J]. 水资源保护, 2007, 23(1): 45 - 48.
- [3] 袁旭音,王爱华,许乃政. 太湖沉积物中重金属的地球化学形态及特征分析[J]. 地球化学, 2004, 33(6): 611 - 618.
- [4] 刘振东,刘庆生,杜耘,等. 武汉市东湖沉积物重金属与城市污染环境的关系[J]. 湖泊科学, 2006, 18(1): 79 - 85.
- [5] 张于平,瞿文川. 太湖沉积物中重金属的测定及环境意义[J]. 岩矿测试, 2001, 20(1): 34 - 36.
- [6] 姚志刚,鲍征宇,高璞. 湖泊沉积物中重金属的环境地球化学[J]. 地质通报, 2005, 24(10/11): 997 - 1001.
- [7] Yang Handong, Rose N. Trace element pollution records in some UK lake sediments, their history, influence factors and regional differences[J]. *Environment International*, 2005, 31: 63 - 75.
- [8] 金芳,黄俊华,汤新燕,等. 梁子湖沉积物有机质碳同位素特征及其古气候指示意义[J]. 地质科技情报, 2007, 26(3): 13 - 17.
- [9] 黄顺生,华明,廖启林,等. 太湖北部沉积物微量元素垂直分布特征及指示意义[J]. 海洋地质动态, 2005, 21(8): 1 - 5.
- [10] 段雪梅,胡守云,杨涛. 武汉市汤逊湖沉积物重金属垂向变化的磁响应特征及环境意义[J]. 第四纪研究, 2007, 27(6): 1105 - 1112.

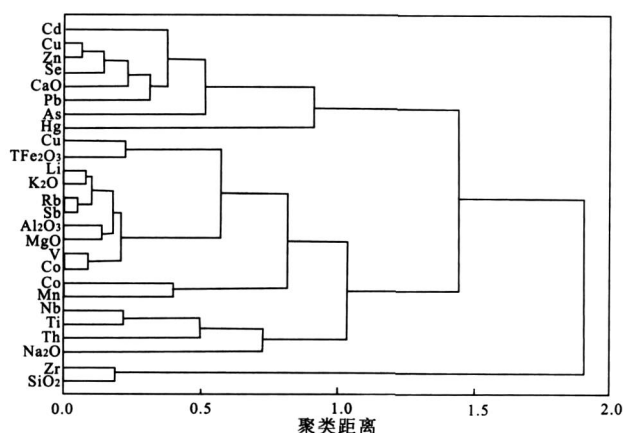


图5 元素 R 型聚类分析图

Fig. 5 The R-mode cluster analysis of elements

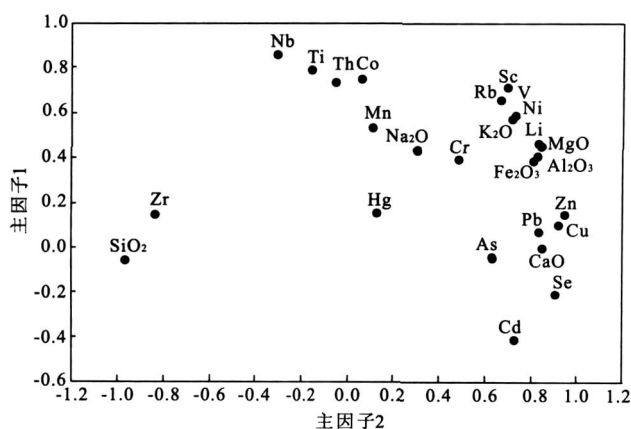


图6 元素因子组分图

Fig. 6 Principal components of elements

- [11] Das S U , Routh J , Roychoudhury A N , et al. Major and trace element geochemistry in Zeekoovlei , South Africa: A lacustrine record of present and past processes[J]. *Applied Geochemistry* ,2008 ,23:2 496 - 2 511.
- [12] 袁涛. 基于遥感影像的梁子湖湖区土地利用/土地覆盖变化研究[D]. 武汉:华中师范大学,2006.
- [13] 韩吟文,马振东. 地球化学[M]. 北京:地质出版社,2004:46 - 47.
- [14] 梅惠,马振东,李长安. 长江与汉江现代沉积物元素组成分析[J]. *世界地质* ,2007 ,26(2) :208 - 212.
- [15] 赵一阳,鄢明才. 中国浅海沉积物地球化学[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [16] 杜俊民,朱赖民,张远辉. 南黄海中部沉积物微量元素的环境记录研究[J]. *海洋学报* ,2004 ,26(6) :49 - 57.
- [17] 苏秋克,蒋敬业,马振东. 武汉市湖泊汞污染现状研究[J]. *地质科技情报* ,2004 ,23(3) :83 - 88.

Distribution Model and Geochemical Characteristics of the Elements in the Surface Sediments of Liangzi Lake

DONG Jin-xiu^a , QIAO Sheng-ying^b , XIE Shu-yun^c

(a. Graduate School ; b. Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology of Ministry of Education ; c. Faculty of Earth Sciences , China University of Geosciences , Wuhan 430074 , China)

Abstract : The distribution model and geochemical characteristics of elements in the surface sediments can indicate the sources of the sediments and show the information of heavy metal element easily impacted by human. The major and trace elements concentrations were analysed by AFS and ICP-AES. In this study , the results of data analysis by multivariate statistical analysis show that the major elements in sediments of Liangzi Lake are affected by the physical and chemical factors of the water body. The trace elements are relatively lower except Zr and Nb. Most of heavy metal elements contents in the studied lake were found closed to the sediments background value of Wuhan , Europe and America , but lower than those of its adjacent East Lake and Tangxun Lake which are affected by human easily. In Liangzi Lake , most elements have an obvious horizontal distribution model , K_2O , CaO , Na_2O , MgO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Li , Rb , Mn , Se , Ni and Sc are riched in northeast and east part of the lake , with SiO_2 enriched in southwest , and Zr and Hg enriched in the middle part. This distribution model may be attributed to the sedimentation and the geological background of the mines in the east of the lake.

Key words : Liangzi Lake ; surface sediment ; element ; geochemistry ; distribution