

文章编号: 1000-0550(2004)03-0507-06

# 太湖沉积物重金属及营养盐污染研究

刘恩峰<sup>1,2</sup> 沈吉<sup>1</sup> 朱育新<sup>1</sup> 夏威岚<sup>1</sup> 潘红玺<sup>1</sup> 金章东<sup>1</sup>

1(中国科学院南京地理与湖泊研究所 南京 210008) 2(中国科学院研究生院 北京 100039)

**摘要** 通过太湖 MS 沉积岩芯元素地球化学指标的分析,对太湖沉积物污染历史进行了系统的讨论。根据化学元素的聚类分析结果、变化趋势,并与太湖流域经济发展进程对比,认为太湖沉积物铅、锌、锰、镍污染开始于 20 世纪 70 年代末期,砷、汞污染分别开始于 30 年代和 40 年代,随着底泥重金属污染程度的加重,沉积物表层磁化率明显升高;总磷自 40 年代以来含量不断增加,总氮、总有机碳含量增加开始于 70 年代末期,表明湖泊富营养化程度不断加重。太湖沉积物重金属及营养盐污染历史与该区经济发展阶段相吻合。

**关键词** 太湖 重金属 总氮 总磷 总有机碳 污染历史

**第一作者简介** 刘恩峰 男 1976 年出生 博士研究生 沉积学及环境化学

**中图分类号** P512.2 X141 **文献标识码** A

湖泊沉积物是水环境中污染物的汇,进入湖泊水体中的污染物质大部分沉积于湖泊底泥中,因此,湖泊沉积物是流域环境变化及人类对环境影响的档案记录<sup>[1]</sup>,可以通过湖泊沉积物重建湖泊的污染历史。

太湖处于我国经济最发达的长江三角洲地区,流域面积 30 500 km<sup>2</sup>,地形以平原为主,占流域面积的 75%,丘陵山地主要分布在西部和西南部。太湖流域经济发达,20 世纪 20~30 年代是民族工业发展的“黄金时代”,其中纺织、丝织等轻纺工业占 85%,重工业占 15%,造纸、玻璃、制革等行业都有不同程度的发展<sup>[2]</sup>。70 年代末期以来,太湖流域经济快速发展,煤、石油等燃料的消耗量增加,皮革、电镀、造纸、印染、黑色金属冶炼、化工等工业污水及生活废水通过河道进入太湖<sup>[3]</sup>,湖泊富营养化及重金属污染日益加重,污染元素在底泥中不断积累。目前对太湖重金属污染的研究多集中于表层沉积物<sup>[4~6]</sup>,对沉积物污染历史研究较少。本文通过分析湖泊沉积岩芯重金属元素及营养元素变化特征,对太湖沉积物主要污染元素及其污染历史进行了分析。

## 1 样品的采集与测试

### 1.1 样品采集

2002 年 10 月,利用重力采样器在太湖马迹山附近(N31°22'55.7";E120°07'56.0)及大雷山附近

(N31°08'08.2";E120°00'45.4)分别采集了长 60 cm 的柱状沉积岩芯 MS、DLS,所采沉积物柱原状保存,上层未受扰动。沉积岩芯带回实验室,上部 50 cm 按 0.5 cm 间隔连续取样,样品分成多份,以备进行不同指标分析。

### 1.2 样品测试

用于元素测定的样品低温烘干,研磨至 100 目,称取一定量的样品置于消化罐内,按比例加入硝酸—氢氟酸—高氯酸<sup>[7]</sup>,在 Berghofmws-3 微波消解系统中反应,采用美国产 Jarrel-Ash 1100 多道电感耦合等离子体原子发射光谱仪(ICP-AES)测定,共测得铝、铁、镁、钠、钾、钛、钴、钒、铬、铍、钡、锶、铜、铅、锌、锰、砷、镍、汞、钙及磷等 21 种元素。汞和砷由中国科学院南京土壤研究所分析测试中心采用 HG-AFS 原子荧光光谱仪测定。

总氮、总有机碳分析采用近密远疏的原则,0~20 cm 按 0.5 cm 间隔取样,20~50 cm 按 1 cm 间隔取样,采用 CE440 型元素分析仪进行分析。

样品粒度采用英国 Malvern 公司生产的 Mastersizer 2000 型激光粒度仪分析。磁化率(0.47kHz)测量在南京师范大学完成。<sup>137</sup>Cs 定年采用美国 OTEC 公司生产的高纯锗井型探测器与 OTEC919 型谱控制器构成的高纯锗低本底谱仪(外加探头)进行测定,经计算,MS 岩芯上部平均沉积速率为 1.7

mm/a, DLS 岩芯上部平均沉积速率为 0.9 mm/a。

MS、DLS 岩芯元素含量具有相似的变化趋势,因此,MS 岩芯基本代表了太湖底泥的演变过程。本文选取 MS 岩芯 0~13 cm 进行分析,沉积年代采用外推法,岩芯 13 cm 对应于 1925 年。

## 2 重金属及营养盐指标分析

### 2.1 重金属元素分析

沉积物沉积过程中一般都以某种矿物、化合物的形态或某种有机体、有机化合物的形态沉积下来,沉积物中元素具有一定的组合特征,利用聚类分析方法可反映出这些元素的组合特征。对所测元素进行 R 型聚类分析(图 1),根据分析结果,所有元素可分为两组:第一组元素包括主要来源于流域侵蚀的造岩矿物元素,如铝、铁、镁、钠、钾、钛,以及微量元素钴、钒、铬、铍、钡、锶、铜等,它们在柱状剖面上的变化具有较好的一致性(图 2-1, 2-2)。对比元素含量与粒度分析结果(图 3)可以看出,第一组元素与粘土含量( $< 4 \mu\text{m}$ )有较好的正相关性,与中、粗粉砂含量( $> 16 \mu\text{m}$ )呈负相关,其中铝、镁、钾、钛与粘土的相关系数均大于 0.43,其余微量元素与粘土的相关系数介于 0.38~0.72,钠、铁与粘土的相关性略差。除了粘土颗粒本身富含矿物元素外,还因为带负电的粘土颗粒易于吸附金属离子,且比表面积(表面积/体积)大,从而使粘土粒级含有较多的金属元素<sup>[8]</sup>。钠与钾相比,钾易被粘土吸附<sup>[9]</sup>,因此钠的含量与粘土的相关性小于钾。沉积物中铁含量在 20 世纪 70 年代末期以前呈逐渐减小的趋势,与湖水中铁浓度减小有关

(1960~1980 年由 0.42 mg/l 下降到 0.05 mg/l)<sup>[10]</sup>。

根据元素含量变化趋势,第一组元素可分为三个阶段:第一阶段(1925~1940 年)元素含量较稳定,粘土含量变化不大;第二阶段(1940~1978 年)元素含量随粘土含量的增加呈上升趋势;第三阶段(1978~2002 年)粘土及元素含量均呈下降趋势。沉积岩芯元素含量与粘土含量成正相关,而沉积物粘土含量的变化又受流域降水量及入湖总流量的影响<sup>[10]</sup>。径流量大,河流水动力强,河流中的粗颗粒成分所占比重增加,粘土含量少;反之,径流量小,河流水动力弱,所携带的粘土占很大比重,因此,第一组元素含量的变化主要受流域降水量的影响。

第二组元素包括铅、锌、锰、砷、镍、钙、汞(图 2-3),与粘土含量的相关系数均小于 0.35。根据元素聚类分析结果,把第二组元素分为两类,一是铅、锌、锰、镍、砷,二是汞、钙。

1978 年以前,铅、锌、锰、镍、砷与第一组元素呈相似的变化规律,其中砷在 30 年代含量增加较其它 4 种元素明显,铅、锌、锰、镍主要为自然沉积,元素含量与粘土含量变化一致。1978 年以来,元素含量逐渐增加,与粘土及成岩元素变化趋势相反。1978 年到 80 年代末期,铅、锌、锰、镍、砷含量增加较快,90 年代以来,铅含量略有下降,锌、锰、镍、砷等元素含量增加趋势变缓。元素含量表明,太湖沉积物铅、锌、锰、镍污染开始于 70 年代末期;砷污染开始于 30 年代,70 年代末期以来污染程度加重。汞在 40 年代以前含量较低,40 年代以来汞含量逐渐增加,特别是 1978 年以来,汞含量急剧增加,与沉积岩芯底部相比可高出 1~2 个数量级,污染较严重。根据元素含量及生物毒性大小<sup>[11]</sup>,太湖底泥污染较重的元素为汞、砷、铅。

太湖沉积物重金属污染与流域经济发展一致,70 年代末期到 80 年代末期,为乡镇工业快速发展的时期<sup>[2]</sup>,大量的工业废水以及煤、石油等燃料的燃烧废气、粉尘通过河道及降水进入太湖,导致沉积物中重金属污染加重。90 年代以来随着工业废水、废气处理措施的实施,进入太湖的重金属含量减少,底泥重金属污染趋势相对变缓。

铅污染既来自于污水,又有相当一部分来自于大气沉降。一方面,汽车及太湖上航船使用的含链烃铅汽油燃烧排放出的大量含铅废物通过沉降进入水体,由于铅比重大,很快沉降并富集于沉积物中,成为水体环境中铅污染的主要来源;另一方面,铅污染来自

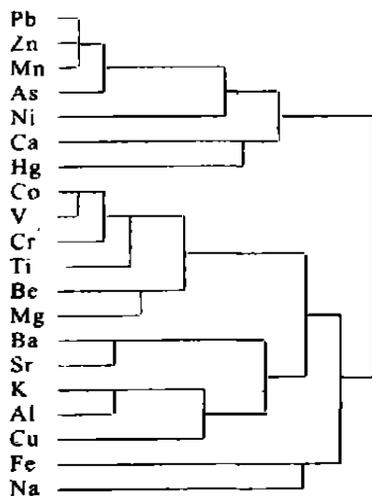


图 1 MS 柱状岩芯金属元素聚类分析结果

Fig. 1 The metal elements hierarchic dendrograms of Core MS

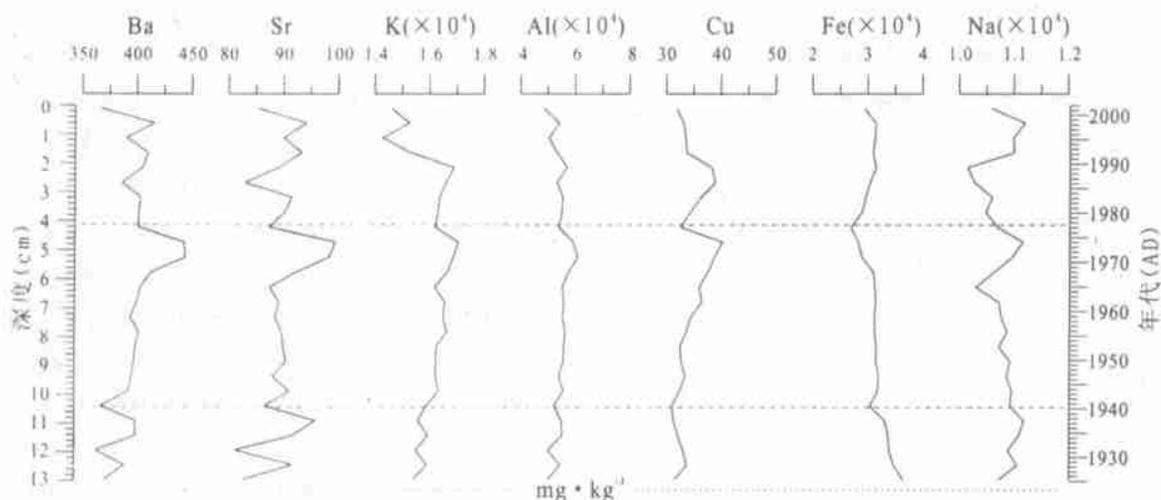


图2-1

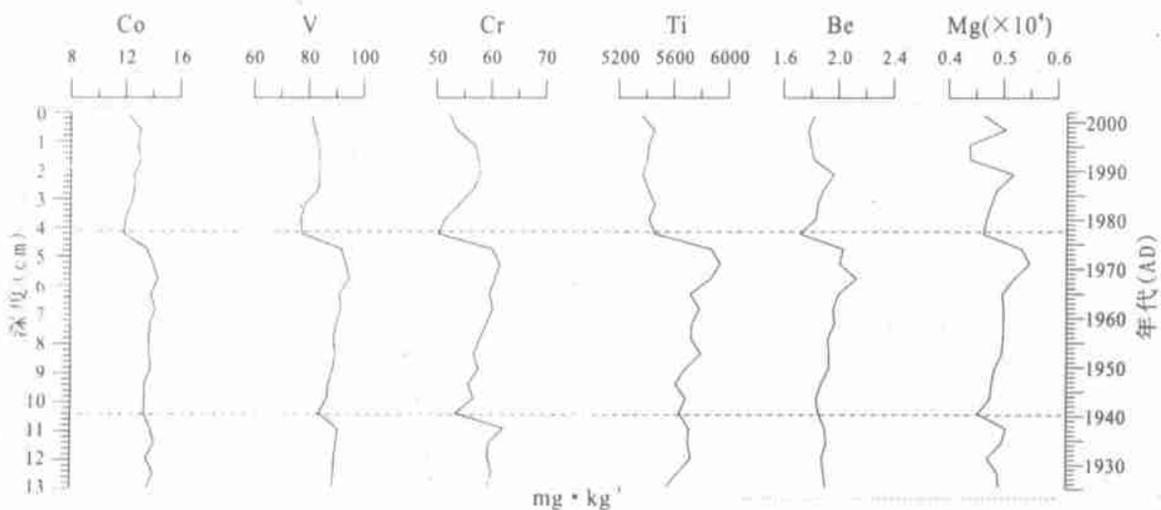


图2-2

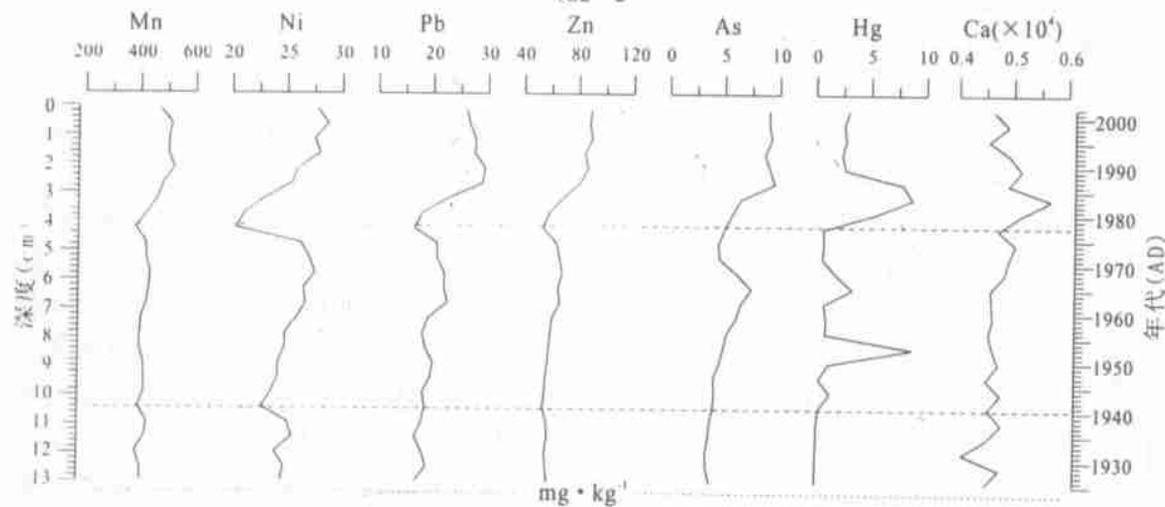


图 2 MS 柱状岩芯金属元素含量变化曲线

Fig. 2 The metal elements concentration curves of Core MS

工、农业污染,燃煤<sup>[12]</sup>、电镀工业,生产合成橡胶和聚氯乙烯工厂所用添加剂中含有大量的铅,农业生产中使用的化肥、有机磷和杀虫剂都可造成铅污染<sup>[13]</sup>。90年代以来沉积物中铅含量趋于平稳,与无铅汽油的使用及工业采取的废水、废气处理措施有关。

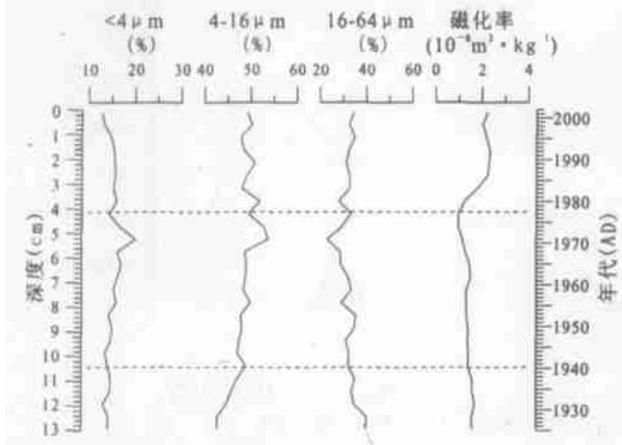


图 3 MS 柱状岩芯粒度及磁化率变化曲线

Fig. 3 Grain sizes and magnetic susceptibility distribution curves of Core MS

医药、化肥、纺织和印染等行业排放的废水中含有大量的砷<sup>[14]</sup>,与铅、锌、锰、镍相比,砷污染开始较早,与 30 年代本区纺织及印染工业的发展有关<sup>[2]</sup>,煤的含砷量也较高,其中 90% 以上的砷通过煤的燃烧进入表生环境<sup>[15,16]</sup>,农业生产中使用的含砷农药也是太湖底泥砷污染的来源之一。

汞的污染源较复杂,造纸、医院、化工、电镀等行业排放的废水中含有大量的汞,燃煤<sup>[17,18]</sup>及农业生产大量使用的含汞农药都可造成汞污染。而且,汞具有生物累积效应,在生物(微生物、藻类、水草、螺蚌等)的作用下富集<sup>[6]</sup>,生物累积作用也是造成沉积岩芯中汞污染历史较长,表层严重污染的主要原因之一。

70 年代末期以来太湖流域黑色、有色金属冶炼工业及电镀工业发展较快,大量污水排入太湖,造成锌、镍、锰污染;经济快速发展对煤的需求增加,煤在燃烧过程中锰可以转化为低熔点的氯化物,挥发进入大气<sup>[12]</sup>,进而沉降进入水体,加重了底泥锰污染。

钙为非污染元素,易受湖水矿化度的影响,底泥中钙高含量与太湖流域降水减少<sup>[10]</sup>,湖水矿化度增加,钙部分沉淀有关,钙含量与沉积物粒度所反映的流域降水量变化一致。

## 2.2 营养指标分析

湖泊沉积物中有机质的 C/N 比值反映了维管植

物含量的多寡,低等水生植物蛋白质含量较高,具有较低的 C/N 比值,一般小于 7;陆生植物大多含维管素,C/N 比值较大,一般大于 20,因此,湖泊沉积物中有机质的 C/N 比值反映了湖泊有机质的物源状况<sup>[19]</sup>。MS 岩芯中总有机碳、总氮含量具有一致的变化趋势(图 4),可分为两段。70 年代末期以前,水生植物较发育<sup>[20]</sup>,总有机碳、总氮的含量变化不大,两者变化趋势一致,C/N 比值小于 7,表明湖泊中有机碳、氮以内循环为主,湖泊营养状况处于自身阈值之内,碳、氮循环处于平衡状态。70 年代末期以来,总有机碳、总氮含量逐渐升高,C/N 比值增加,表明有机质外源比例有一定程度的增加,湖泊的营养程度升高,水生植物退化,湖泊中的碳、氮平衡遭到破坏,总有机碳与总氮的变化更多的受外源有机质的影响。

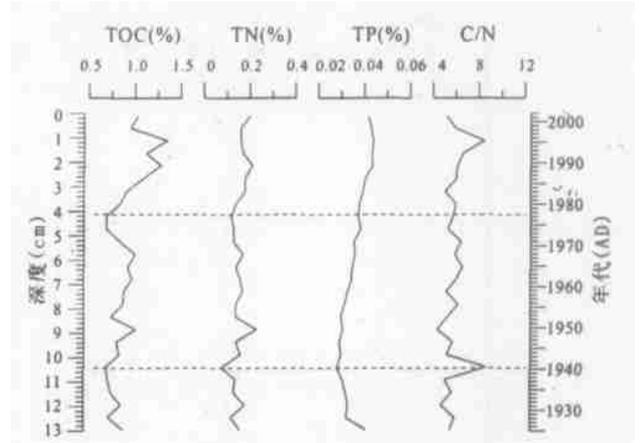


图 4 MS 柱状岩芯营养元素变化曲线

Fig. 4 The nutrition elements distribution curves of Core MS

沉积物中总磷含量在 40 年代以前逐渐减小,变化趋势与总氮一致(图 4),与湖泊水生植物的吸收利用有关;40 年代以来,总磷含量逐渐增加。据张路等<sup>[21]</sup>人研究,太湖沉积物中溶解态磷含量少,小于 0.1%,低于抚仙湖、洱海及滇池等<sup>[10]</sup>,主要以闭蓄态铁磷(OFeP)、有机磷(<sub>org</sub>P)、钙磷(CaP)、铁磷(FeP)以及闭蓄态钙磷(OAIP)为主<sup>[21]</sup>,而且太湖底泥为弱还原至弱氧化环境之间<sup>[10]</sup>,生物降解作用较弱,因此,底泥中磷主要以稳定态存在。40 年代以来沉积物中铁、铝含量无明显增加,因此,沉积物中磷含量的增加主要是有机态磷的贡献。近年来随着湖泊营养化程度加重,夏季“水华”爆发,底泥处于缺氧的环境中,铁磷在还原条件下易释放<sup>[22]</sup>。而且夏季“水华”爆发一般在大风过后<sup>[23]</sup>,风浪的扰动增加了底泥的含氧量,有机磷在氧化状态下释放<sup>[22]</sup>,从而导致水体

中磷的浓度增加,这种正反馈机制是夏季“水华”大量爆发的主要原因,由于铁磷及有机磷的释放,沉积物表层磷的含量有所降低,湖水中磷的含量增加。由于氮、磷外源输入量的增加及内源释放比重的加大,1992年太湖水体中的氮、磷含量分别比1981年增加4.1倍和4.9倍、叶绿素增加31倍<sup>[24]</sup>。

随着氮、磷含量增加,沉积物中色素含量80年代初期以来逐渐升高,中营养及富营养型的硅藻明显增加<sup>[25]</sup>。说明随着水体及底泥中氮、磷含量的增加,湖泊水体逐渐趋于富营养化。太湖水体中氮磷比为45,藻类生长对氮磷比的要求在10:1~15:1,磷为藻类生长限制性因子<sup>[10]</sup>;底泥中氮磷比为4:1,所以底泥中磷的释放成为太湖富营养化及藻类爆发的关键因素。

### 2.3 磁化率

沉积物低频磁化率的高低取决于包括极细小粘滞性铁磁颗粒在内的磁性矿物的种类和含量,沉积后铁磁性矿物的流失往往导致低频磁化率降低<sup>[26,27]</sup>。低频磁化率在70年代末期以前与铁含量具有一致的变化趋势(图2-1,图3);70年代末期以来,铁的含量变化不大,而低频磁化率明显升高,与底泥重金属污染有关。

## 3 结论与讨论

通过对太湖沉积物重金属及营养盐的分析,得出以下结论:

沉积物中重金属元素在20世纪70年代末期以前主要为自然沉积;70年代末期以来铝、铁、镁、钠、钾、钛及微量元素钴、钒、铬、铍、钡、锶、铜等随粒度的增加逐渐减少,而铅、砷、锌、汞、镍、锰含量逐渐增加,为底泥重金属污染元素。相对于其它污染元素而言,汞污染开始于40年代,与太湖流域早期工业发展及生物积累效应有关,沉积物中汞的含量较高,为最主要的重金属污染元素。砷污染开始于30年代,与太湖流域纺织与印染业有关。70年代末期以来随着重金属污染的加重,沉积物磁化率明显上升。

70年代末期以前,总有机碳、总氮含量稳定,以自然循环为主;70年代末期以来,底泥中总有机碳、总氮含量逐渐增加,色素含量升高,富营养化硅藻出现,湖泊富营养化程度逐渐加重。

底泥中总磷在40年代以前含量较低,变化趋势与总氮一致,与水生植物利用有关;40年代以来,总磷含量逐渐增加,主要是有机磷的贡献;由于铁磷及

有机磷的释放,沉积物表层总磷含量下降,湖泊水体总磷含量上升,湖泊富营养化加重。

沉积物元素含量及测年资料所反映的底泥污染历史与经济发展相吻合,表明太湖沉积物虽然受到一定程度的扰动,但仍能较好的反映湖泊污染历史。

致谢 薛滨副研究员、姚书春参加野外采样工作,王苏民研究员、刘兴起博士后、杨丽原博士在研究中提出了宝贵建议,在此一并致谢。

### 参考文献(References)

- 1 Von Gunten H R, Sturm M, Moser R N. 200-year record of metals in lake sediments and nature background concentrations. *Environmental Science and Technology*, 1997, 31: 2193 ~ 2197
- 2 张学恕. 中国长江下游经济发展史. 南京: 东南大学出版社, 1990. 271 ~ 301, 683 ~ 737 [Zhang Xueshu. History of economic development in the lower reaches of the Yangtse River. Nanjing: Southeast University Press, 1990. 271 ~ 301, 683 ~ 737]
- 3 谢红彬, 陈雯. 太湖流域制造业结构变化对环境演变影响分析——以苏锡常地区为例. *湖泊科学*, 2002, 14(1): 53 ~ 39 [Xie Hongbin, Chen Wen. Impacts of change of industrial structure on the water environment in Taihu Basin: A case study of Suzhou Wuzi-Changzhou district. *Journal of Lake Sciences*, 2002, 14(1): 53 ~ 39]
- 4 戴秀丽, 孙成. 太湖沉积物中重金属污染状况及分布特征探讨. *上海环境科学*, 2001, 20(2): 71 ~ 74 [Dai Xiuli, Sun Cheng. The characteristics of heavy metals distribution and pollution in sediment from Lake Taihu. *Shanghai Environmental Sciences*, 2001, 20(2): 71 ~ 74]
- 5 王海, 王春霞, 王子健. 太湖表层沉积物中重金属的形态分析. *环境化学*, 2002, 21(5): 430 ~ 435 [Wang Hai, Wang Chunxia, Wang Zijian. Speciations of heavy metals in surface sediment of Taihu Lake. *Environmental Chemistry*, 2002, 21(5): 430 ~ 435]
- 6 袁旭音, 陈骏, 季峻峰, 等. 太湖沉积物和湖岸土壤的污染元素特征及环境变化效应. *沉积学报*, 2002, 20(3): 427 ~ 434 [Yuan Xuyin, Chen Jun, Ji Junfeng, et al. Characteristics and environmental changes of pollution elements in Taihu sediments and soils near the lake. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 20(3): 427 ~ 434]
- 7 Li X D, Wai O W H, Li Y S, et al. Heavy metal distribution in sediment profiles of the Pearl River Estuary. *Applied Geochemistry*, 2000, 15: 567 ~ 581
- 8 Lacey E M, King J W, Quinn J G, et al. Sediment quality in Burlington Harbor, Lake Champlain, U. S. A. *Water Air & Soil Pollution*, 2001, 126: 97 ~ 120
- 9 刘英俊, 曹励明, 李兆麟, 等. 元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1984. 16 ~ 19; 62 ~ 64 [Liu Yingjun, Cao Liming, Li Zhaolin, et al. Element geochemistry. Beijing: Science Press, 1984. 16 ~ 19; 62 ~ 64]
- 10 孙顺才, 黄漪平. 太湖. 北京: 海洋出版社, 1993. 5 ~ 224 [Sun Shuncai, Huang Yiping. Taihu Lake. Beijing: China Ocean Press, 1993. 5 ~ 224]
- 11 马嘉蕊, 邵秘华. 锦州湾沉积物芯样中重金属污染及变化动态. *中国环境科学*, 1994, 14(1): 22 ~ 29 [Ma Jiarui, Shao Mihua. Variation in heavy metal pollution of offshore sedimentary cores in Jinzhou

- Bay. *China Environmental Science*, 1994, 14(1): 22 ~ 29]
- 12 郭瑞霞, 杨建丽, 刘东燕, 等. 煤热解过程中无机有害元素的变迁规律. *环境化学*, 2002, 23(5): 100 ~ 104 [Guo Ruixia, Yang Jianli, Liu Dongyan, *et al.* Transformation of Na, K, Pb and Mn during pyrolysis of coal. *Environmental Science*, 2002, 23(5): 100 ~ 104]
  - 13 Moon J W, Moon H S, Woo N C, *et al.* Evaluation of heavy metal contamination and implication of multiple sources from Hunchun basin, northeastern China. *Environmental Geology*, 1999, 39(9): 1039 ~ 1052
  - 14 朱广伟, 陈英旭, 周根娣. 运河(杭州段)沉积物中重金属分布特征及变化. *中国环境科学*, 2001, 21(1): 65 ~ 69 [Zhu Guangwei, Chen Yingxu, Zhou Gengdi. Distribution of heavy metals in the sediments from the Grand Canal (Hangzhou section). *China Environmental Science*, 2001, 21(1): 65 ~ 69]
  - 15 冯新斌, 洪冰, 倪建宇, 等. 煤中部分潜在毒害微量元素在表生条件下的化学活动性. *环境科学学报* 1999, 19(4): 433 ~ 437 [Feng Xinbin, Hong Bing, Ni Jianyu, *et al.* Chemical mobility of potentially toxic elements in coal at surface conditions. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1999, 19(4): 433 ~ 437]
  - 16 刘桂建, 杨萍, 彭子成, 等. 兖州矿区煤中某些微量元素的赋存状态研究. *地球化学*, 2002, 31(1): 85 ~ 90 [Liu Guijian, Yang Pingyue, Peng Zicheng, *et al.* Occurrence of trace elements in coal of Yanzhou Mining District. *Geochemica*, 2002, 31(1): 85 ~ 90]
  - 17 李任伟, 李禾, 李原, 等. 黄河三角洲沉积物重金属、氮和磷污染研究. *沉积学报*, 2001, 19(4): 622 ~ 629 [Li Renwei, Li He, Li Yuan, *et al.* Study of the heavy metals, nitrogen and phosphorus contaminants in the sediments of the yellow river delta. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2001, 19(4): 622 ~ 629]
  - 18 Karin Brack, Rodney L Stevens. Historical pollution trends in a disturbed, estuarine sedimentary, environment, SW Sweden. *Environmental Geology*, 2001, 40: 1017 ~ 1029
  - 19 Shen Ji, Ryo Matsumoto, Wang S M. A 3600 years paleoclimatic change inferred from organic  $\delta^{13}C$  and TOC/ TN of the Gucheng Lake sediments, Southeast China. *China J Oceanol Limnol*, 1997, 15(3): 279 ~ 284
  - 20 伍献文. 五里湖 1951 年湖泊学调查. *水生生物学集刊*, 1962, 1: 63 ~ 113 [Wu Wenxian. Limnology investigation of Wuli Lake in 1951. *Hydrobiology Quarterly*, 1962, 1: 63 ~ 113]
  - 21 张路, 范成新, 秦伯强, 等. 模拟扰动条件下太湖表层沉积物磷行为的研究. *湖泊科学*, 2001, 11(1): 35 ~ 42 [Zhang Lu, Fan Chengxin, Qing Boqiang, *et al.* Phosphorus release and absorption of surface sediments in Taihu Lake under simulative disturbing conditions. *Journal of Lake Science*, 2001, 11(1): 35 ~ 42]
  - 22 隋少峰, 罗启芳. 武汉东湖底泥释磷特点. *环境科学*, 2001, 22(1): 102 ~ 105 [Sui Shaofeng, Luo Qifang. Release characters of phosphorus from the sediments of East Lake, Wuhan. *Environmental Science*, 2001, 22(1): 102 ~ 105]
  - 23 杨清心. 太湖水华成因及控制途径初探. *湖泊科学*, 1996, 8(1): 67 ~ 74 [Yang Qingxin. Algal bloom in Taihu Lake and its control. *Journal of Lake Sciences*, 1996, 8(1): 67 ~ 74]
  - 24 王万茂, 李玉英, 朱德明. 太湖水土资源保护和经济发展研究. *资源开发与市场*, 1996, 12(6): 262 ~ 264 [Wang Wanmao, Li Yuying, Zhu Deming. Water and soil resources protection with economy development. *Resource Development & Market*, 1996, 12(6): 262 ~ 264]
  - 25 William Y B Chang. 中国太湖 1950 年以来主要环境的变化与迅速富营养化的开始. *古生物学报*, 1996, 35(2): 155 ~ 174 [William Y B Chang. Major environmental changes since 1950 and the onset of accelerated eutrophication in Taihu Lake, China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 1996, 35(2): 155 ~ 174]
  - 26 吴瑞金. 湖泊沉积物的磁化率、频率磁化率及其古气候意义. *湖泊科学*, 1993, 6(2): 128 ~ 135 [Wu Ruijin. Magnetic susceptibility and frequency dependent susceptibility of lake sediments and their paleoclimatic implication. *Journal of Lake Sciences*, 1993, 6(2): 128 ~ 135]
  - 27 张卫国, 俞立中, Hutchison S M. 长江口南岸边滩沉积物重金属污染记录的磁诊断方法. *海洋与湖沼*, 2000, 31(6): 616 ~ 623 [Zhang Weiguo, Yu Lizhong, Hutchison S M. Magnetic diagnosis of heavy metal pollution record in coastal sediments on the southern bank of the Yangtze River estuary. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2000, 31(6): 616 ~ 623]

## Heavy Metals and Nutrients Pollution in Sediments of Taihu Lake

LIU En-feng<sup>1,2</sup> SHEN Ji<sup>1</sup> ZHU Yu-xin<sup>1</sup> XIA Wei-lan<sup>1</sup> PAN Hong-xi<sup>1</sup> JIN Zhang-dong<sup>1</sup>

1 ( Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008 )

2 ( Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039 )

**Abstract** Sedimentation rates, element concentrations and grain sizes distribution of Cores MS and DLS sediments from Taihu Lake are investigated. According to  $^{137}Cs$  dating, modern accumulation rates of Cores MS and DLS are 1.7 mm/a and 0.9 mm/a. The pollution history of Taihu Lake is studied based on the geochemical characteristics in Core MS sediments. Pb, Zn, As, Hg, Mn and Ni are the main pollution heavy metals, which have different pollution history and pollution degree. The concentration of As in sediments increased since 1930s' due to the private industries development, and that of Hg increased since 1940s', which is the important pollution element due to the bio-accumulative effect. Pb, Zn, Ni and Mn pollution began at late 1970s' and the concentration in sediments became higher as As and Hg. The concentration of TP increased since 1940s', and that of TN and TOC was from late 1970s', which have close correlation with the eutrophication of lake. The history of elements pollution is correspondent with the economy development in the catchment of Taihu Lake.

**Key words** Taihu Lake, heavy metals, total nitrogen, total phosphorus, total organic carbon, pollution history