

文章编号: 1000-0550 (2005) 02-0291-06

中山舰沉积物基本特征与断年意义

龙 昱

(中国地质大学 地球科学学院 武汉 430074)

摘 要 通过中山舰沉积物的纹层、磁化率、铁磁性物质与长江水位、大气污染的磁性物质来源关系等,并结合文史资料,得出沉积物磁化率的显著变化可作判别沉积物相对年代的指标,而沉积物中与现代工业发展相关的圆球状磁性金属废渣可作为判别沉积物确切年代的标志。沉积物磁化率的明显增强的原因是环境变化引起的铁磁性物质的增多,圆球状金属废渣的首次出现是武钢厂对大气环境污染的结果,其指示年代为 1959 年。磁化率相对较低的沉积物沉积年代为 1938—1958 年,而磁化率明显增强的沉积物年代为 1959 年以后。研究表明,采用的沉积物磁性特征与文史相结合的断年方法,具有原理简明、操作方便、研究成本低等特点,适合内陆人口密集地区大尺度沉积环境普查研究的需要,并且不受沉积环境、沉积类型差异的影响。

关键词 中山舰 磁化率 铁磁性物质 沉积物

作者简介 龙昱 男 1953 年出生 副教授 理学博士 环境地质学

中图分类号 P512.2 X141 **文献标识码** A

1 中山舰沉积物基本特征

1.1 中山舰沉没的背景

中山舰是清末由日本购入的永丰号战舰(舰长 62.48 m,宽 8.99 m,型深 4.5 m,高 16 m),1913 年服役,1938 年 10 月 24 日在武汉城区西南约 25 km 的长江金口水域巡航时,遭六架日军飞机轰炸,沉没于现金口大军山跨江电缆塔下游数百米的副航道下(参见图 1)。舰首朝向汉口,舰尾对着铁板洲,舰体呈 85 度角,左侧卧在礁石上(长江日报,96.11.15(13))。1996 年 11 月 12 日由重庆打捞公司,采用冲砂减载的整体打捞方案于 1997 年 1 月 28 日出水。1997 年 2 月 20 日迁引到湖北船厂上岸修复,现暂存在湖北船厂供游客参观。中山舰沉没江底 58 年。

1.2 沉积物环境特征

中山舰沉积物样品来自舰首甲板下仓、舰中后部主甲板上部电讯室和舰尾主甲板下部左弦付舰长室三处(按顺序简称样 A、B、C)。样 A,由于采用冲砂减载方法,使样品遭受了打捞的严重干扰,层理不清。样 B,虽然电讯室位于主甲板上部,但由于该室门朝向舰尾,其门前为舰尾的主机房,使得室门朝向水流上游方向的电讯室形成一个良好的半封闭沉积环境,样柱具有明显的沉积纹层,纹层呈大角度与主甲板相

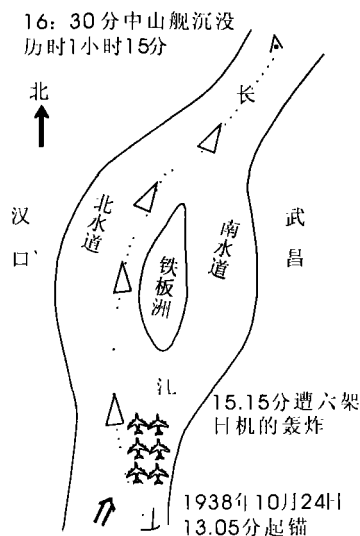


图 1 中山舰沉没背景示意图

注:资料来源,湖北船厂中山舰展览馆

Fig. 1 Sunk position of Zhongshan Warship in Yangtze river

交,与中山舰被打捞前在江底左侧卧一致。样 C,付舰长室虽然在主甲板下,由于室内沉积物受冲砂作用的影响,仅样柱下部保留了较清晰的纹层。

1.3 物质组成

样 A,黄灰色砂质粘土。砂粒主要为石英、长石

和岩屑以及少量白云母等。根据镜下鉴定和武钢工业废渣的比较,铁磁性物质主要为磁铁矿、赤铁矿和少量工业金属废渣和磁性煤渣。电磁性矿物有黑云母、角闪石、水赤铁矿、绿帘石、白云母等。样 B,灰黄色—深灰色粘土质粉砂,与样 A 的主要区别是铁磁性物质明显减少,偶见磁性煤渣和上部的工业废渣。

矿物的粒度明显增大,但矿物组合相同,暗色矿物增多。样 C,灰色—黄灰色粉砂质粘土。与样 A 的主要区别是铁磁性物质明显减少,偶见磁性煤渣。与样 B 的主要区别是暗色矿物减少,颗粒相对较细。各样品的磁性物质特征见表 1(采用永久磁铁和 WCF—2 型电磁仪)。

表 1 中山舰沉积物磁性物重量 (g)

Table 1 The magnetic substance weight in sediments

样号	铁磁选			电磁选				电磁性			
	铁磁矿	赤铁矿	废渣	黑云母	角闪石	绿帘石	水赤铁硅	水赤铁矿	黑云母	角闪石	绿帘石
样 A	0.410	0.012	<0.01	0.623	0.419	0.207	0.153	1.136	0.189	0.038	0.379
样 B	0.103	0.015	/	0.814	0.512	0.137	0.210	1.524	3.412	0.141	0.018
样 C	0.072	0.021	/	0.397	0.157	0.008	0.078	/	2.754	0.0136	0.136

注:废渣为工业金属废渣和磁性煤渣。各样品的体积为 16.08cm³。电流为 2.0A, 电流为 4.0A。

1.4 沉积物结构

中山舰沉积物层理或纹层较清晰的主要为样 B 和样 C 的部分。样 B,根据中山舰出水后电讯室内的沉积层理与主甲板的交角,说明样品为舰沉没后的原始沉积物。按“黑白”相间和沉积物粒度的粗细变化,由下向上(即中山舰出水后从左弦至右弦),其粉砂质粘土层(厚度 2 mm)分为 68 层微细层,厚度 0.2~1.8 cm 之间,详细特征见表 2。

2 沉积物的磁化率特征

2.1 磁化率分布特征

舰积物的磁化率样品共 12 个,其中样 A 2 个,样 B 6 个,样 C 4 个。采用南京产 HKB—1 型磁力仪,其测试结果分别为:样 A 的磁化率分别为 6.18 和 5.84 (单位 10⁻⁶ SI 下同),平均 $k_1 = 6.01$ 。样 B 中间段沉积物的磁化率分别为:2.21, 2.04, 1.68, 2.14, 1.66, 2.87, 3.70 和 4.26 平均 $k_2 = 2.57$,而前五个样的平均值 $k_2' = 1.94$,后三个平均值 $k_2'' = 3.61$,取样位置参见表 2,由上至下。样 C 下部沉积的磁化率分别为:2.04, 1.89, 1.91 和 1.54,平均 $k_3 = 1.85$ 。

2.2 磁化率变化的物源特征

根据等体积重砂矿物和废渣的铁磁选与电选,样 A、样 B 和样 C 磁性物质总重量和分类重量存在较大的差别。样 A 和样 C 的总重量相近,分别为 3.567 g 和 3.637 g,而样 B 接近于它们的两倍,为 6.856 g(参见表 3)。在分类磁选中的铁磁选中,样 A 的重量分别是样 B 和样 C 的 3.7 倍与 4.6 倍,而总重量中的百

分含量比为 4.7~7.1 倍。对比各样磁化率的平均值 k ,表明引起磁化率大小变化的主要因素是各样中铁

表 2 中山舰电讯室微细层厚度表

Table 2 The thickness of lamination in sample B

层号	厚度 /cm	年代	层号	厚度 /cm	年代	层号	厚度 /cm	年代
1	1.83	38	24	0.36	51	47	0.44	74
2	1.21	38	25	0.40	52	48	0.41	75
3	0.63	38	26	0.31*	53	49	0.47	76
4	0.44	38	27	0.69	54	50	0.48	77
5	0.87	38	28	0.51	55	51	0.32	78
6	0.62	38	29	0.46*	56	52	0.35	79
7	0.91	38	30	0.42	57	53	0.49	80
8	0.78	38	31	0.40	58	54	0.41	81
9	0.49	38	32	0.38	59	55	0.43	82
10	0.32	38	33	0.31*	60	56	0.50	83
11	0.27	38	34	0.33	61	57	0.42	84
12	0.42	39	35	0.36	62	58	0.38	85
13	0.29	40	36	0.37	63	59	0.38	86
14	0.40	41	37	0.44	64	60	0.40	87
15	0.42*	42	38	0.39*	65	61	0.44	88
16	0.45	43	39	0.32	66	62	0.21	/
17	0.36	44	40	0.38	67	63	0.84	/
18	0.40	45	41	0.40	68	64	1.21	/
19	0.41*	46	42	0.44	69	65	1.01	/
20	0.42	47	43	0.52	70	66	0.86	/
21	0.45	48	44	0.34*	71	67	0.24	/
22	0.47	49	45	0.36	72	68	0.44	/
23	0.39*	50	46	0.48	73	/	/	/

注:层号由下至上。样柱长 1.06 cm, 68 层总厚 34.47 cm, * 为磁化率取样部位。年代中的 38 为 1938。— 层年代确定,主要是各层中含有煤屑物质,并结合图 3 纹层与水位关系。煤屑是舰体沉没过程中燃料扩散的结果。

表 3 中山舰沉积物磁选物重量表 (g)

Table 3 The weight of magnetic materials in sediments

样号	铁磁选	电 ()磁选	电 ()磁选	总重量	铁磁含量	电 磁含量	电 磁含量
样 A	0.432	1.402	1.742	3.567	12.1%	39.3%	48.8%
样 B	0.118	1.673	5.095	6.886	1.7%	24.3%	73.9%
样 C	0.093	0.64	2.904	3.637	2.6%	17.6%	79.9%

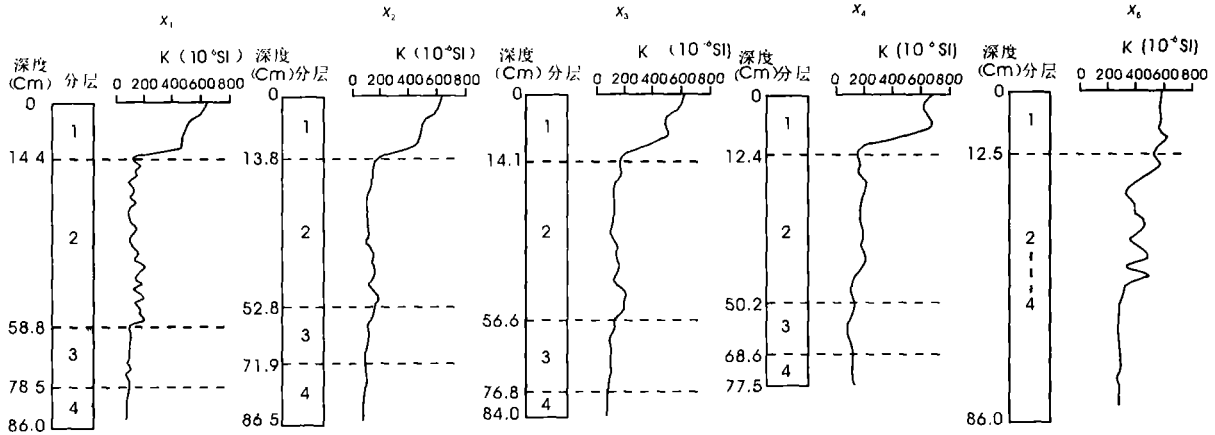


图 2 武汉东湖样柱磁化率曲线及岩性分层

注: x_1 、 x_2 、 x_3 为菱角湖, x_4 为水果湖, x_5 为郭郑湖 (具体位置见参考文献 1)

Fig 2 Curves of magnetic susceptibility value and sediment partition of different sample cores

磁物质的含量。

2.3 铁磁性物质特征

具有判别沉积物年代意义的铁磁性物质是指非矿物的磁性工业废渣,磁性煤渣和磁性煤粉 (简称磁性粉渣或粉渣),结合武汉东湖沉积物中铁磁性粉渣和地表典型地段收集的样品,其识别特征为:

(1) 磁性工业金属废渣。

(2) 样 A 中的铁磁性物中存在圆球状金属废渣和熔结状煤渣,样 B 和样 C 中见有熔结状煤渣。

近代沉积物磁化率的变化是地区性环境中普遍存在的标志,具有理论成熟、方法可靠、研究成本相对较低,便于系统研究的特点等。引起沉积物磁化率变化的主要因素为磁性矿物和磁性物 (指磁性工业废渣、磁性煤渣和磁性煤粉),而磁性物特征和含量研究是判别沉积物年代的可靠途径之一。

(1) 磁性工业金属废渣,识别特征是根据外表的形态,呈圆状或不规则椭圆直径一般在 0.01 ~ 0.05 mm,个别为 0.25 mm,以及较强磁性的特征和碎裂后观察其颜色,呈灰白色的金属光泽 (参见图 3A)。

(2) 磁性煤渣,呈灰色——深灰色不规则状或蜂窝状或草莓状,以熔结结构为特征,其单体或集合体

边界呈次圆状或次棱状较容易识别。磁性煤渣中可出现个别的圆珠状金属体,但表面常有其它物质的熔解物相连,但碎裂后颜色呈浅黄灰色金属光泽 (参见图 3B)。

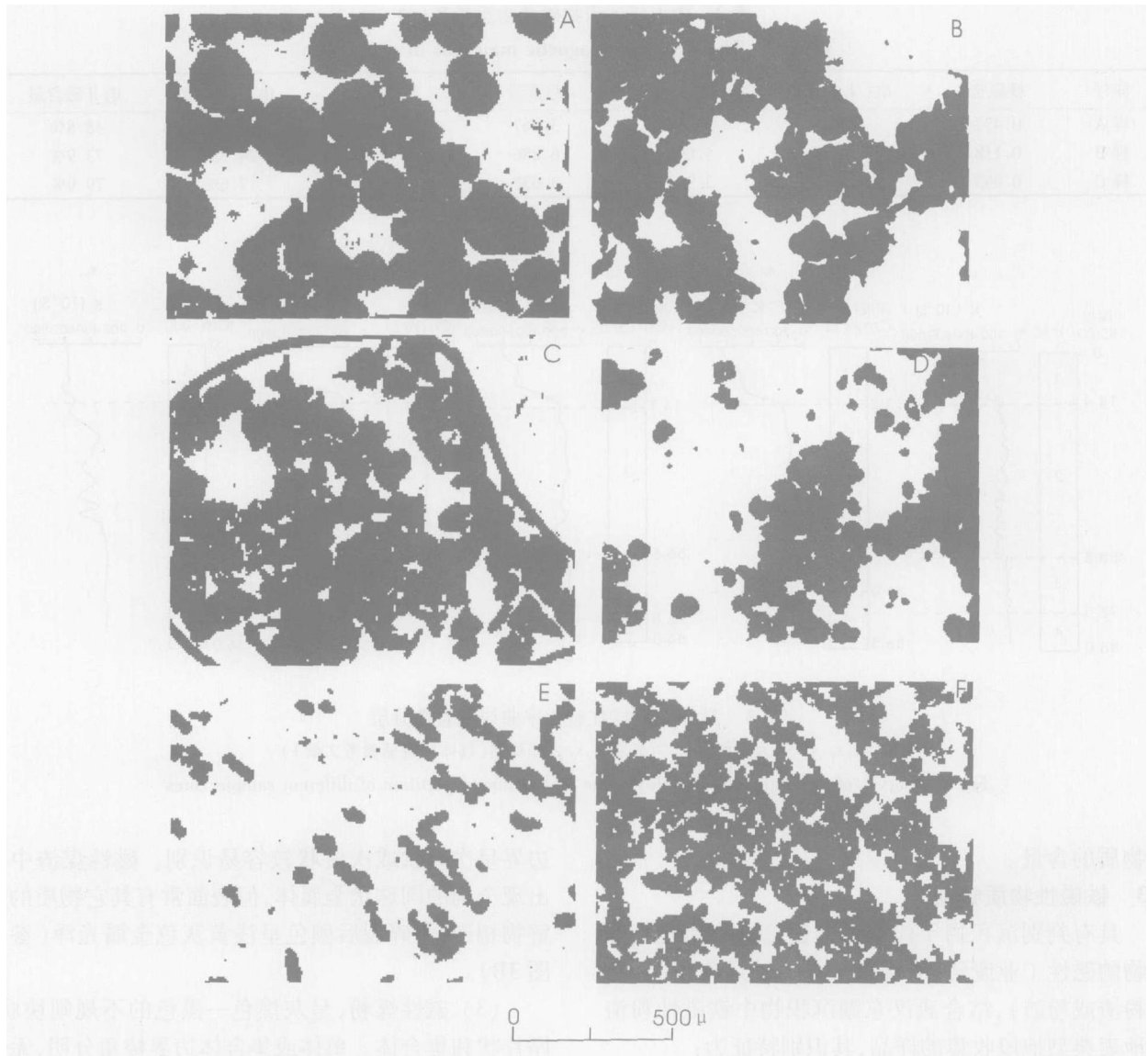
(3) 磁性煤粉,呈灰黑色—黑色的不规则块状、厚片状和集合体。单体或集合体边界棱角分明,无熔结现象。磁性煤粉中可出现其它金属矿物,如黄铁矿等 (参见图 3C)。

(4) 大气磁性粉尘,呈灰色—深灰色不规则粒状,长条状和集合状,单体或集合体边界呈棱状,部分具有熔结特征或熔结体中夹有细小圆珠状金属体。磁性粉尘粒度一般在 0.001 ~ 0.01 mm 之间 (参见图 3D)。

(5) 中山舰磁性物,样 C (参见图 3E),以粒度较细,无圆珠状磁性物为特征。样 A (参见图 3F) 以具有圆珠状金属体为特征。

2.4 磁性物来源分析

沉积物中的磁性物质来源除由天然流水作用所携带的地表风化物外 (主要指矿物),由人类活动 (特别是近代工业生产) 引起大气污染的降尘和地区性废水的排放或地表降尘的二次搬运应是非矿物的磁



图版说明: A 磁性工业金属废渣,武钢厂区落尘,以圆珠状为特征。B 磁性煤渣,以熔结结构为特征,武钢厂区。C 磁性煤粉,以不规则块状、片状和黑色为特征。D 现代大气磁性粉尘,具有图 A、B 和 C 的组合特征。E 中山舰沉积物中磁性物,样 C,以粒度较细和无圆珠状颗粒为特征。F 中山舰沉积物中磁性物,样 A 上部。

图 3 磁性物镜下特征

Fig 3 The characteristics of magnetic substance under binocular microscope

性物质的主要来源。对比表 3 中各样中铁磁性物质重量的差别和沉积纹层的发育特征,样 A 中铁磁性物质的明显增多应是中山舰打捞过程中近期(指二十世纪六十年代以后)沉积物混入所引起,而样 B 中电磁选物质的重量明显多于样 A 和样 C 应与沉积物的粒度相关,即主甲板下的沉积物为粘土(样 A 和样 C),主甲板上的沉积物为粉砂,是不同沉积环境的差异造成。

3 断年标志

3.1 纹层与长江水位关系

68 层粉砂质粘土层总厚 34.47 cm (各粉砂层之间夹有层数不等的粉砂层或细砂层和厚度小于 1mm 的粘土层)。根据 68 层粉砂质粘土层各层厚度相对变化曲线和长江武汉关水文站年最高水位曲线,两者中间部分存在较好的对应关系(参见图 4, 1945 年因

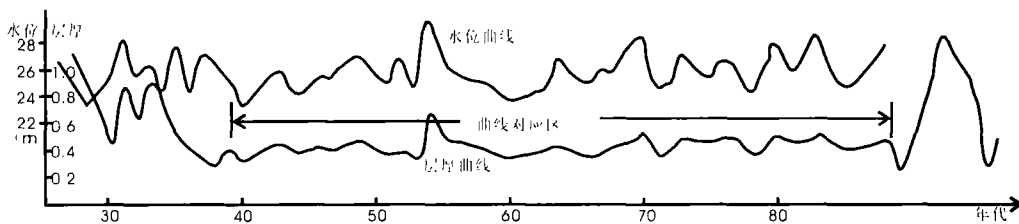


图 4 武汉关年最高水位与样 B 层厚曲线。说明:水位资料来源“长江中游局”

Fig 4 Curves of Yangtze water level and thickness of clay band in sample B

战乱资料不全,所用数据为计算值)。

样 B 中的 1~10 层与水位曲线对应关系较差应是中山舰沉没早期局部涡流等原因造成,而顶部 61 层以上层厚与水位关系不明显可能与打捞期的干扰等因素有关。

3.2 磁化率与年代关系

参照武汉东湖不同部位水下沉积物磁化率曲线的数值(图 2),样 A 和样 B 上部的磁化率 k_1 和 k_1' 相当于顶部的第一层,样 B 下部和样 C 的磁化率 k_2 和 k_3 相当于第二层,并且两者的磁化率数值都存在一个突增的特点,即东湖的第一层与第二层,中山舰的 k_2 与 k_2 或 k_1' 与 k_3 。结合样 B 取样部位和层厚与水位的关系,表明同一地点磁化率的相对明显变化具有指示沉积物的沉积年代相对“新老”的作用。引起 k_1 与 k_2 、 k_3 数值差别的沉积原因是:样 A 的磁性物质明显增多是受到中山舰打捞严重干扰的结果,应与地区性工业发展的环境污染相关,样 C 相对减少反映的是现代工业污染前期的沉积物源特征,而样 B 却具有不同时期的特征。

3.3 磁性粉渣的指示意义

一定分布范围内或稳定分布的磁性粉渣是人类活动,特别是近代或现代工业发展在沉积物中的反映,其类型、数量和组份特征与工业冶炼或生产技术的发展密切相关。中山舰沉积物中圆球状磁性废渣,可视作判别沉积物相对“新老”年代的标志。结合武汉地区现代工业发展、气候中的风向、风速和中山舰沉没地点金口到市区的距离,圆球状金属废渣应是武汉钢铁公司 1958 年投产后对大气环境造成污染的落尘。同理熔结状煤渣则是近代工业产生与发展在沉积物中所保留的证据。

3.4 中山舰沉积物的断年意义

通过中山舰沉积物纹层、磁化率、铁磁性物质含量和磁性粉渣特征与长江水位、武汉地区现代工业发展的文史资料、东湖沉积物磁化率特征和中山舰沉没

事件发生的确切日期等因素的综合分析表明:

(1) 现代沉积物磁化率在垂向上的明显变化(如图 2),可作为判别沉积层或段相对年代的标志。样 B 下部(即 k_2)和样 C 的磁化率数值,指示着样品的沉积时代为 1938—1958 年,而样 B 上部(即 k_2')和样 A 的数值指示年代为 1958—1997 年。

(2) 同一沉积背景铁磁性物质含量的显著增加,是沉积物物质来源环境变化在沉积物中的反映,而特殊磁性粉渣的首次出现,可作为判别其周围沉积物确切年代的标志。样 A 中的圆球状金属废渣是武钢废气排放对大气环境污染的落尘在沉积物中的反映。但由于样 A 的纹层受到打捞方式的严重干扰,其指示年代为 1958 年以后。对于样 B 上部的圆球状金属废渣,由于是“大样”分选难于确定首次出现的层位,其指示的年代也为 1958 年以后。

4 结论

(1) 将沉积物的磁化率、磁性物组成特性、磁性物来源与文史资料相结合(简称“三磁一史”)是判别地区性近代沉积物年代的有效方法,具有不受沉积环境、沉积类别差异的影响等特点。

(2) “三磁一史”的断年方法原理简明,过程简洁,操作方便,具有研究成本较低、节省时间,适合内陆人口密集地区“大尺度”环境普查,快速断年研究的需要。若与物理测年方法相结合,将进一步提高两者的科学性。

(3) 沉积物中磁性粉渣的数量和组份的变化是与物质来源地区产生大气污染源企业的生产规模和工艺技术密切相关。可利用磁性粉渣在沉积物中垂向上数量变化与企业生产规模的对应关系、磁性粉渣组份变化与生产工艺不断改进之间的对应关系,进一步提高“三磁一史”方法的断年作用。

(4) 该断年方法的使用,应注意研究区与大气污染源之间的距离,气候(主要指风向、风速)条件和地

理环境等因素带来的影响。另外中山舰沉积物 68 层纹层之间夹有层厚 < 2 mm 的粉砂层或细砂层和粘土层,说明纹层与和长水位之间不是简单规则的对应关系。

参考文献 (References)

- 1 龙昱, 李永涛, 李晓. 武汉东湖现代沉积界面时间标定的磁化率与工业事件分析. 沉积学报, 2002, 20(3): 421 ~ 426 [Long Yu, Li Yong tao, Li Xiao. Age determination of recent sedimentation boundary in East Lake, Wuhan, identified by magnetic susceptibility measurements and industrial events. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 20(3): 421 ~ 426]
- 2 易朝路, 吴显新, 刘会平, 等. 长江中游湖泊沉积微结构特征与沉积环境. 沉积学报, 2002, 20(2): 293 ~ 301 [Yi Chaolu, Wu Xianxin, *et al* Microfabric properties of lacustrine sediments and sedimentary environments. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 20(2): 293 ~ 301]
- 3 高抒. 海洋沉积物动力学的示踪物方法. 沉积学报, 2003, 21(2): 61 ~ 65 [Gao Shu. Tracer methods in marine sediment dynamics. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21(2): 61 ~ 65]
- 4 胡守云, 王苏民, Appel E, 等. 呼伦湖湖泊沉积物磁化率变化的环境磁学机制. 中国科学 (D), 1998, 28(4): 334 ~ 339 [Hu Shouyun, Wang Sumin, Appel E, *et al* Environmental magnetism of magnetic enhancement for the change of sediment susceptibility in Hulun Lake. *Science in China (D)*, 1998, 28(4): 334 ~ 339]
- 5 吴丰昌, 万国江. 湖泊沉积物中的年纹层与近代环境变化研究进展. 地质地球化学, 1992, (2): 950 ~ 953 [Wu Fengchang, Wan Guojiang. Advances in study on annual lamination and recent environment change in lake sediments. *Geology Geochemistry*, 1992, (2): 950 ~ 953]
- 6 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 character of Phosphorus from the sediments of East Lake, Wuhan. *Environmental Science*, 2001, 22(1): 102 ~ 105]
- 7 金相灿, 等. 中国湖泊环境 (第二册). 北京: 海洋出版社, 1992 [Jin Xiangcan, *et al* Lakes in China: Research of their Environment (). Beijing: China Ocean Press, 1992]
- 8 杨汉东, 蔡述明. 武汉东湖的现代沉积速率及其与扰动的关系. 环境科学与技术, 1993, (4): 11 ~ 13 [Yang Handong, Cai Shuming. The recent sedimentation rate and the effect of disturbance in Donghu Lake Wuhan. *Environmental Science and Technology*, 1993, 4(11): 11 ~ 13]
- 9 孙毓棠编. 中国近代工业史资料, 第一辑 (1840—1895) 下. 北京: 科学出版社, 1957 [Sun Yutang, ed. The Data of Recent Industry History in China (No. 1840—1895). Beijing: Science Press, 1957]

Primary Characteristics of Sediments from Zhongshan Warship and Its Dating Function

LONG Yu

(Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract It is suggested that the remarkable changes of magnetic susceptibility in sediments can be used as the distinguishing indicator of the relative ages of sediments and the spherical magnetic metallic waste, which is related to modern industry in sediments, may be used as the marker of determining ages by analyzing the relations of veins, magnetic susceptibility and ferromagnetic minerals in sediments from Zhongshan warship and Yangtze water level and ferromagnetic minerals carried by atmospheric pollution, as well as historical documents, in this paper. The evident increasing magnetic susceptibility in sediments is considered as the increase of ferromagnetic minerals being caused by environmental changes. It is in 1959 that the spherical magnetic metallic waste is first found in sediments, which is corresponding to that Wuhan Company of Iron and Steel put into the river. It was among 1938 and 1958 when the magnetic susceptibility in sediments are relatively low and after 1959 when the magnetic susceptibility in sediments was evidently increased. It is concise in principle, convenient in practice and inexpensive in cost to use the dating method of combining magnetic characteristics of sediments with historical documents. The method can be used in investigations of great scale sedimentary environment in the crowded population regions in inland and will not be affected by the changes of sedimentary environment.

Key words Zhongshan warship, magnetic susceptibility, ferromagnetic mineral, recent sediments