

文章编号:1671-8836(2003)06-0740-05

近代洞庭湖沉积与孕灾环境研究

杜 耘, 薛怀平, 吴胜军, 魏显虎

(中国科学院 测量与地球物理研究所, 湖北 武汉 430077)

摘 要: 通过对洞庭湖区不同沉积部位的 22 个钻孔取样和²¹⁰Pb 放射性同位素测年分析,洞庭湖有较高的沉积速率,最高可达 2.33 cm/a,不同的沉积部位沉积速率也有较大的差异.由于 19 世纪以来四口分流形成,大量长江的泥沙进入洞庭湖,近 50 年的水文资料表明,洞庭湖 83%的泥沙淤积来源于长江.由于人类围垦、上游森林砍伐和洲滩堤坝的逐年加高,洞庭湖水面减少了 2/3,洞庭湖对长江洪水的调蓄能力已迅速减弱.洞庭湖的演变变化过程直接影响到长江中游的生态安全.

关 键 词: 洞庭湖; 沉积; 洪涝灾害

中图分类号: P 931.7 **文献标识码:** A

洞庭湖区位于长江中游的荆江南岸,接纳湘、资、沅、澧四水,通过松滋、太平、藕池、调弦(调弦口于 1958 年堵塞)四口吞吐长江,是一个典型的吞吐型过水湖泊,也是一个典型的洪道型湖泊.湖泊水位年内变化大,呈现“洪水一大片,枯水几条线”的景观.由于泥沙淤积和围湖垦殖严重,洞庭湖从鼎盛时的 6 000 km²,到解放初期演变为 4 350 km²,而今只剩下 2 000 km² 左右;同时湖泊容积不断减小,调蓄洪水的能力相应降低,导致洪涝灾害连年不断.因此,研究洞庭湖的近代演变过程、沉积物分布和沉积速率变化,分析其与洪涝灾害的关系,对长江中游江湖关系的整治有理论意义.

1 近代洞庭湖沉积速率

1.1 湖泊沉积速率

利用¹³⁷Ba放射性同位素测年技术研究湖泊沉积物已得到广泛的应用. Rick Battarbee^[1]用于重建湖泊的富营养化过程, Frank Oldfield 和 Peter Appleby^[2~4]用于研究流域侵蚀和沉积, Robbins J A 和 Edgigton D N^[5]用于研究重金属扩散,叶崇开^[6]用于研究鄱阳湖的沉积速率,程致远^[7]用于研究滇池的沉积速率,杨汉东和蔡述明^[8]用于研究武汉东湖沉积速率等等,都已取得显著成果.

洞庭湖沉积物取样野外工作分别在平水期和枯水期进行.样品采集使用重力采样器和 Russia 取样器,取样器直径 5 cm,样品柱长度从 31 cm 到 126 cm,每隔 2 cm 取一个样品,在野外分好样品,用塑料袋密封装好.室内测定项目包括湿容重、干容重、²¹⁰Pb 总放射性比度与²²⁶Ra 放射性强度等.由于条件的限制,在洞庭湖总共设立了 22 个取样点(见图 1),室内分析了 22 个柱样,取得较好结果的有 10 个(见表 1, 2).对于洞庭湖这样的大型湖泊来说,这些样点远远不足以代表全湖的沉积状况,但在样点分布上考虑了不同的沉积部位和沉积差异特点,基本上能反映洞庭湖各个区域的沉积特点.

东洞庭湖处于四水、四口来水来沙交汇泄入长江之处,每年淤积量占全湖的 48%.从空间上来看,东洞庭湖的淤积主要是由于藕池河东支注滋口三角洲的迅速东延,以及南洞庭湖出口处上、下飘尾洲的外推,其中飘尾洲以每年 0.18 km 的速度向北推进,自 1934 年以来已经向北扩展约 25 km,近五六十年来东洞庭湖面积缩小为各湖之最^[9].东洞庭湖样点分布见图 1,测试结果见表 1.

由沉积速率分析测试结果、野外记录以及部分样品的粒度分析,可以看出东洞庭湖的沉积有以下特点:

(1) 湘江洪道部分. E₁、E₆、E₇ 等样点均采到 1

收稿日期: 2003-05-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40271119); 中国科学院重要方向性项目资助(KZCX3-SW-331, KSCX2-SW-110)

作者简介: 杜 耘(1967-),男,博士,副研究员,现从事湖泊演变和环境灾害研究. E-mail: duyun@asch.whigg.ac.cn

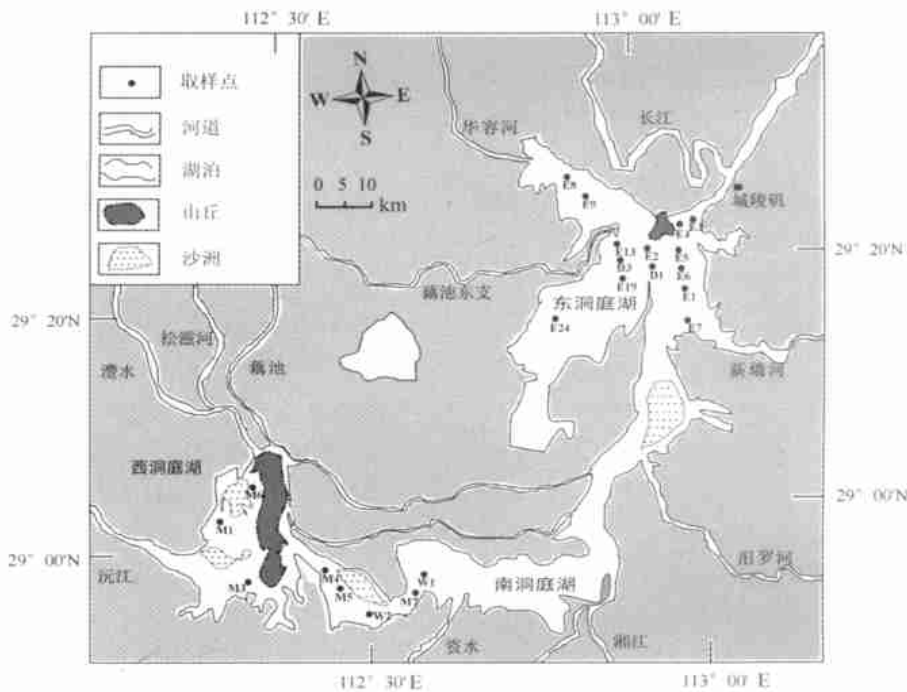


图 1 洞庭湖取样点分布图

表 1 东洞庭湖各样点沉积速率

样点	水深 / m	柱样长度 / cm	沉积速率 / cm a ⁻¹
E ₂	2.5	48	2.64
E ₇	2.0	94	5.85
E ₈	3.9	31	1.18
E ₁₆	6.0	95	1.43
E ₁₉	4.4	19	1.92
E ₂₄	4.4	69	0.86

* E_i 表示东洞庭湖取样点

表 2 洞庭湖现代泥沙沉积速率与沉积分布

样点	沉积环境	柱样长度 / cm	沉积速率 / cm a ⁻¹	沉积通量 / g cm ⁻² a ⁻¹
E ₂₄	分流间	69	0.86	0.94
E ₈	湖湾	31	1.18	1.29
M ₁	三角洲	65	2.33	2.81
M ₇	前缘远端	126.4	2.23	2.46
E ₁₉	砂坝	119	1.92	1.54
E ₂		48	2.64	2.38
D ₁	吞吐型过	95.8	1.5	1.71
M ₄	水河道	101	0.77	0.83

E_i, D_i 表示东洞庭湖取样点, M_i 表示西、南洞庭湖取样点

m 左右的泥沙样, E₃ 点除表层 0 ~ 5 cm 外, 底部沉积物的²¹⁰Pb 放射性比度低, 推算为百年前甚至更久的沉积, 表明在 5 cm 以下²¹⁰Pb 放射性比度趋向平衡, 说明近百年来该点沉积甚少, 冲淤平衡. 但是在洪道右岸, 新墙河入湖三角洲外缘 E₇ 点, 沉积速率

达 5.85 cm/a (表 1), 可以推测河口处沉积率更大, 可见新墙河泥沙对此洪道断面演变影响之大.

(2) 君山至飘尾一线以西的东洞庭湖面. E₂ 位于君山与下飘尾之间的通道上, 注滋口河入湖水流泥沙形成的浊流带于此处和湘江交汇, 受湘水顶托, 大量悬移质淤降, 因而沉积速率较大, 为 2.64 cm/a (表 1). 此样点偏于浊流带北缘, 可推测浊流中部沉积更甚. 20 世纪 70 年代以来, 由于荆江裁弯的影响, 导致城陵矶以下的长江河道水位抬升, 洞庭湖泄入长江的湖口受城陵矶长江水位顶托越来越明显. 湘江洪道中的柴下洲、中洲等湖洲上游端不断冲蚀搬运, 在下飘尾部向君山方向推移, 因而此通道成为泥沙沉积最强烈部位.

(3) 东洞庭湖西部湖面. 泥沙主要来自注滋口河, 大部分淤积在宽达 25 km 左右的三角洲前缘相带. 根据遥感图像分析, 芦苇洲滩平均每年以 4.8 km² 的速度向湖中推进. 为了查明三角洲外缘的沉积速率, 在距枯期河口约 4 km 处的汛期浊流带上布点 E₁₉, 测得其沉积速率为 1.92 cm/a (表 1). 根据剖面的²¹⁰Pb 放射性比度, 发现其沉积速率年度之间差异很大. 1927 ~ 1953 年, 平均沉积速率为 1.497 cm/a, 1953 ~ 1966 年为 2.94 cm/a, 1966 年至今, 平均沉积率为 1.207 cm/a. 之所以产生这样的变化, 一方面是由于荆江裁弯使藕池河萎缩, 另一方面是由于河口东延引起的泥沙淤积量的变化. 在 E₁₉ 点向河口主流线前后方向和垂直 E₁₉ 点的南北方向共

6 个浅柱样的粒度分析,发现其中值粒径(md)在垂直剖面上有近似一致的波动.根据各点波动出现的层位,大致粗略计算表明,随远离河口的部位,其沉积速率更小,沉积物更细.河流入湖浊流带的南北两侧,同样有此规律.如浊流带北侧 E_{13} 点沉积速率为 1.43 cm/a ,受注滋口河入湖泥沙影响较小的漉湖 E_{24} 点和小西湖 E_8 点沉积速率分别为 0.86 cm/a 和 1.18 cm/a (表 1).据此,可以预测注滋口河三角洲的淤积将沿浊流带形成高洲,而把湖面分割成漉湖、小西湖、大西湖(采桑洼地)等几个串珠状湖泊,在枯水期成为零星残湖和河道,此即意味着东洞庭湖的萎缩.

1.2 洞庭湖沉积特点与分布

从整个洞庭湖的 ^{210}Pb 沉积速率测定来看,由于洞庭湖为吞吐型浅水湖泊,水动力条件空间差异较大,沉积物来源复杂,同一剖面不同时间段的沉积速率不一致,沉积物粒径的时空分布不稳定等,导致精确测定湖泊沉积速率较为困难.因此选择了 ^{210}Pb 比度具有较好衰变规律的剖面来获取平均沉积速率和沉积通量(表 2).

整个洞庭湖 ^{210}Pb 取样点分布于东洞庭湖、万子湖和目平湖(图 1),分别代表不同动力条件下的沉积环境,如动力条件较弱的湖湾,动力条件较强的三角洲前缘和吞吐河道.

从全湖来看沉积速率变化具有如下特征:分流间湖湾水流动力条件相对较弱,沉积环境较稳定,沉积速率比较低,约为 1 cm/a ,泥沙沉积通量小于 $1.3 \text{ g/cm}^2 \text{ a}^{-1}$;三角洲前缘远端沙坝是洞庭湖中除三角洲河口沙坝、水下天然堤外沉积最快的区域,且随着三角洲不断向湖心推进,沉积速率逐渐加大,据所测样点计算平均速率为 $1.92 \sim 2.64 \text{ cm/a}$,泥沙沉积通量为 $1.54 \sim 2.81 \text{ g/cm}^2 \text{ a}^{-1}$ (表 2).

吞吐型过水河道,由于其动力条件极强,泥沙沉积速率各区域变化较大,如湘江洪道的 E_3 点,近一百多年来基本缺乏沉积,但湖区的吞吐型过水河道大多以沉积为主,据所测样点分析可知,其沉积速率为 $0.77 \sim 1.5 \text{ cm/a}$,沉积通量为 $0.83 \sim 1.71 \text{ g/cm}^2 \text{ a}^{-1}$ (表 2).

2 洞庭湖孕灾环境分析

洞庭湖自 1860 年和 1870 年藕池与松滋相继溃口,形成了四口分流长江入洞庭湖的局面,长江的水沙大量进入洞庭湖,洞庭湖迅速萎缩,其恶果是加剧了湖区以及长江中游的洪涝灾害.最近 10 年来,洪

涝灾害发生的频率加大,灾害程度逐年加重,尤以 1998 年为甚.究其根源,除了流域内突发性的降水影响外,就湖泊本身而言,主要在以下几个方面:

2.1 泥沙淤积减少了湖泊调蓄能力

由于湖区比降平缓,汛期洪水从各方汇流入湖,形成纵横交错的水网,四水、四口汛期挟带大量泥沙入湖,由于城陵矶受高水位淤塞的影响,排泄能力下降,大量泥沙沉积在湖区,湖底高程增加,库容相应减少.据沉积速率分析,洞庭湖淤积比长江中下游地区其它湖泊要大的多,其泥沙来源主要是通过四水、四口带来上游泥沙沉积于湖泊中,而河流入湖三角洲是沉积的主要部位,其次是分流河道和湖湾.据近 40 年资料统计^[10],四水、四口多年平均悬移质输沙量达 $1.929 2 \times 10^8 \text{ t}$ (约合 $1.286 \times 10^8 \text{ m}^3$),其中四口 $1.587 6 \times 10^8 \text{ t}$,占 82.3%,四水 $0.341 7 \times 10^8 \text{ t}$,只占 17.7%;出湖沙量 $0.495 7 \times 10^8 \text{ t}$ (约合 $0.33 \times 10^8 \text{ m}^3$);沉积在洞庭湖内的悬移质泥沙年平均达 $1.43 \times 10^8 \text{ t}$ (约合 $0.96 \times 10^8 \text{ m}^3$),加上新墙河、汨罗河等区间产沙,沉积量可超过 $1.0 \times 10^8 \text{ m}^3$.由于泥沙的逐年淤积,洞庭湖的调蓄能力逐年衰减,目前湖泊容积在岳阳城陵矶水位 34 m 时(吴淞高程),只有 $196 \times 10^8 \text{ m}^3$,比 1954 年的 $314 \times 10^8 \text{ m}^3$ 减少了 $118 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[11].

2.2 堤垸发展过量,湖垸矛盾尖锐

由于洞庭湖的演变和历史上各种因素的影响,湖区堤垸自唐代开始出现,南宋时期开始围垦湖洲.荆江四口分流格局形成以后,洞庭湖迅速萎缩,湖洲围垦达到鼎盛时期.清同治七年有堤垸 611 个,1935 年洞庭湖区 10 个县已有堤垸 1 475 个,1949 年共有堤垸 993 个,堤线总长 6 406 km,保护耕地面积 $39.57 \times 10^4 \text{ hm}^2$,人口 256.47 万.至今,经过合并共有堤垸 227 个,临洪堤长 3 437.8 km,总面积 $110.95 \times 10^4 \text{ hm}^2$,耕地 $58.60 \times 10^4 \text{ hm}^2$,人口达到 683.75 万人^[12].

据统计^[9],洞庭湖平原区总面积 $13 027 \text{ km}^2$,在洞庭湖全盛时期,水面占总面积的 46%,1949 年占 33%.现在洞庭湖围垸面积近 $11 000 \text{ km}^2$,占总面积的 84%,水面仅占总面积 16%左右,使得湖泊容积锐减,洪峰水位显著抬升,洪水对堤垸的威胁越来越大.1998 年洪水峰值没有达到 1954 年,但在洞庭湖湖区却造成了受淹范围达到 $25.08 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的严重灾害,许多坝段全靠子堤挡水,除洞庭湖淤积严重外,湖垸比例关系严重失调,也是重要因素之一.在洞庭湖区经常出的“平水年景,高洪水位”现象,正是湖垸矛盾尖锐化的体现.20 世纪 70 年代后期组织

对澧湖和横岭湖的围垦,由于对水情河势变化缺乏科学性认识,投资4 000多万元,动用近3 000万个工时围起来的56 km长、 $3.07 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的提垸,在围成后第一个汛期溃废。围湖造田看起来是对湖泊洲土资源的一种开发利用,实质上是对湖泊水面的严重破坏。

2.3 洲滩面积扩大,影响行洪能力

洞庭湖区洲滩是长江上、中游流域自然生态平衡失调的产物,它是在自然环境因素和人为因素长期共同作用下形成的,由四口、四水携带大量泥沙沉积在洞庭湖中,使洞庭湖的洲滩由西北向东南增加,缩窄洞庭湖的水域。据调查统计,洞庭湖现有洲滩面积 $22.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 左右,每年还要增加 $0.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 以上,以东洞庭湖所占面积最大,其中已开发利用的洲滩面积为 $8.33 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 左右,约占37%,以种植芦苇为主,芦苇面积占已用洲滩面积的91%,其它还有欧美杨和旱柳林等。

芦苇随洲滩的增加而增加,从经济角度看,芦苇是一种重要的生物资源,经济价值高,发展快,但从整个洞庭湖的生态系统来看,芦苇的蔓延是洞庭湖区生态环境恶化的一种表现。洞庭湖的要害是泥沙淤积,而芦苇和泥沙淤积是互为条件、互相促进的,芦苇根系发达,固结洲滩,汛期阻水落淤,加大了泥沙的沉积。据有关资料,洞庭湖现在每年淤高3.7 cm,而芦苇洲滩每年平均淤高5 cm^[12]。芦苇的分布主要在洪道两边的三角洲地带,同洪道紧紧相连,而洪道是渲泻洪水的主要通道,芦苇却是降低洪道泄洪能力和造成洪道淤积的主要因子。

洞庭湖天然水面的逐渐减小和洲滩的增大,是洞庭湖走向消亡的一个侧面。洲滩作为一种自然资源,有着巨大的开发潜力,如果不采取科学的方式,必定会加剧湖区环境的恶化。

3 结论与讨论

泥沙淤积是洞庭湖生态环境演变的制约性因素,也是江湖关系演变的重要因素,因此泥沙淤积的研究在监测江湖关系的变化中具有重要意义。通过改进取样技术和加密样点分布,可以精确阐明泥沙淤积的动态过程和区域分配特点。

由于洞庭湖东、南、西各部分接纳水流、湖泊面积等自然状况的不同,泥沙淤积的程度有很大差异,在同一区域内各处的分布也极不均匀,其自然演变状态是以水下三角洲的迅速淤积出露水面,随着三角洲的不断扩展,修堤围垸迅速兴起,洞庭湖被明显

的分割为东、南、西3个部分。

长江防汛形势历来严峻,当沙市水位达到45 m,枝江洪水流量超过 $61\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,因沙市只能下泄 $50\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 的流量,超额的洪水就要分泄入洞庭湖。根据近60年的水文资料,枝江已有10次超过此值。如果再出现1954年的洪水,整个洞庭湖区将面临淹没,而大量的洪水找不到出路,荆江北岸的江汉平原也将受到影响,这从1998年的洪灾中已看到了潜在的危险。

洞庭湖由6 000多 km^2 演变到现在的2 000 km^2 ,走的正是消亡之路。荆江河段防洪的根本矛盾是来水量大于泄洪能力,现在洞庭湖的消亡,可能孕育着另一个大湖突然出现来装载超额的洪水量,这在经济发达、人口密集的荆江两岸,是难以想象的,造成的损失更是无法估量。从1998年长江全流域大洪水可以认识到,减少芦苇等阻水物,疏浚泄水主洪道,退田还湖,加大湖泊科学管理的力度,是紧迫的任务。同时,治理洞庭湖,必须淡漠行政界线的划分,加强对江湖关系的研究,以流域为单元,把洞庭湖的整治纳入到长江流域的整体规划中,才有可能解决洞庭湖的根本问题。

参考文献:

- [1] Battarbee R W. Observations on the Recent history of Lough Neagh and Its Drainage Basin[J]. *Philosophical Transaction of the Royal Society London*, 1978, B281: 303-345.
- [2] Oldfield F, Appleby P. Empirical Testing of ^{210}Pb Dating Models for Lake Sediments [A]. Haworth E Y, Lund J W G eds, *Lake Sediments and Environmental History* [C]. Leicestershire: Leicester University Press, 1984. 93-124.
- [3] Appleby P G, Oldfield F. The Calculation of Lead-210 Dates Assuming a Constant Rate of Supply of Unsupported ^{210}Pb to Sediment [J]. *Catena*, 1978, 5: 1-8.
- [4] Appleby P G, Oldfield F. Application of Lead-210 to Sedimentation Studies [A]. Ivanovich M, Harmon R eds, *Uranium-Series Disequilibrium. Applications to Earth, Marine & Environmental Sciences* [C]. Oxford: Oxford Science Publication. 1992. 910.
- [5] Robbins J A, Edgigton D N. Determination of Recent Sedimentation Rates in Lake Michigan Using Pb-210 and Cs-137 [J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 1975, 39: 285-304.
- [6] Ye Chong-kai. Contrasting Investigation by ^{137}Cs Method and ^{210}Pb Method for the Present Sedimentation Rate of Poyang Lake Jiangxi [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*,

- 1991, **9**(1):106-114(Ch).
- [7] Chen Zhi-yuan, Liang Zhuo-cheng, Lin Rui-feng, *et al.* A Geochronological Study of ^{210}Pb CF Method for the Recent Sediments of Dianchi Lake [J]. *Geochimica*, 1990(4):327-332(Ch).
- [8] Yang Han-dong, Cai Shu-ming. Recent Sedimentation Rate and Its Disturbance in Donghu Lake Wuhan [J]. *Environmental Sciences and Technica*, 1994(3), 11-13(Ch).
- [9] Zhang Xiao-yang, Cai Shu-ming, Sun Shu-cai. Evolution of Dongting Lake since Holocene [J]. *Journal of Lake Sciences*, 1994, **6**(1):13-21(Ch).
- [10] Du Yun, Cai Shu-ming, Zhang Xiao-yang, *et al.* Interpretation the Environmental Change of Dongting Lake, Middle Reach of Yangtze River, China, by ^{210}Pb Measurement and Satellite Image Analysis [J]. *Geomorphology*, 2001, **41**:171-181.
- [11] Tao Jia-yuan. The Influence of Straightening the Jingjiang River and the Dongting Lake [J]. *Journal of Central China Normal University(Natural Science Edition)*, 1989, **23**(2):263-267(Ch).
- [12] Du Yun, Cai Shu-ming, Zhao Yan. The Evolution, Development Trend and Flooding Analysis of the Dongting Lake [A]. Xu Hourze, Zhao Qi-guo eds. *The Symposium of Flooding Disaster and Scientific and Technological Countermeasure of the Yangtze River* [C]. Beijing: Science Press of China, 1999. 96-100(Ch).

Study on the Dongting Lake 's Sedimentation and Flood Disaster Environment Gestation in Decades

DU Yun, XUE Hua-ping, WU Sheng-jun, WEI Xian-hu

(Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077, Hubei, China)

Abstract: The evolution of the Dongting Lake affected by both natural process and human activity, and it also influence the eco-environmental safety of the middle Yangtze River region. Sedimentation makes lake change to shallow and capacity decreased. Sediment was recovered by 22 vibrocores in different lake sectors, high sedimentation rates revealed by ^{210}Pb measurement in different subfacies of the lake, the highest up to 2.33 cm/a. primarily due to siltation by Yangtze sediment. In the late 19th century, a major flood induced channel avulsion resulted in the coupling of the Four-Tributary ' sub-basin to Dongting Lake, causing a massive increase in sediment supply into the lake since then. Hydrological data demonstrate that about 83% of the lake 's annual sediment influx is derived from the Yangtze. In addition, pressures from a growing population and associated human activities, such as reclamation, embanking, aquaculture, forming on slope and deforestation, the Dongting Lake has lost almost two thirds of its total area in the past century, and loss the storage capacity of the Yangtze floods.

Key words: Dongting Lake; sedimentation; floods disaster