

荆江与洞庭湖区近50年水沙变化的研究

马元旭¹, 来红州²

(1. 北京大学环境学院, 北京 100871; 2. 民政部国家减灾中心, 北京 100053)

摘要: 在前人研究成果的基础上, 对荆江与洞庭湖区的分流分沙变化、泥沙淤积变化、水位变化三个方面进行了总结。自20世纪50年代以来, 荆江三口分流分沙减小, 荆江分流加大; 洞庭湖的泥沙淤积减缓, 湖盆内的淤积部位主要是受湖盆形状和水流来向的影响; 荆江河段冲刷, 城陵矶-汉口河段淤积; 荆江与洞庭湖汛期水位相对抬高。泥沙淤积是水沙变化的主要因素, 江湖流量的分配在水沙变化中起着重要作用, 人类活动也扮演着重要的角色。

关键词: 荆江; 洞庭湖; 水沙变化; 泥沙淤积; 水位变化

中图分类号: P332.4; P332.5

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)04-0103-04

Research on the Variations of the Water and Sediment for Recent 50 Years in the Jingjiang River and Dongting Lake Area

MA Yuan-xu¹, LA Hong-zhou²

(1. College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Center for State Disaster Relief, the Ministry of Civil Administration, Beijing 100053, China)

Abstract Based on the results of precedent researches, the variations of the split-flow, the sediment deposition and the water level are synthesized. Since the 50s in the 20th century, the water and sediment which run into the Three Mouths in the Jingjiang River have reduced greatly. Severe deposition has occurred in the Chenglingji-Hankou Reach and most part of the Dongting Lake. Nevertheless, the water level has been raised more or less. Of all the factors that influence the variations of water and sediment, sediment deposition is the most important. Meantime, the discharge distribution of water and sediment and human activities have played important roles in the evolutions.

Key words: the Jingjiang River; the Dongting Lake; the variations of the water and sediment; sediment deposition; the variations of water level

荆江是位于枝城到城陵矶之间的一段长江。枝城到藕池口之间称为上荆江, 藕池口到城陵矶之间称为下荆江。上荆江南侧有松滋、太平、藕池三口分泄荆江上游来水, 通过三口分流河道向南进入洞庭湖。汇合湘、资、沅、澧四水及汨罗河水等, 在城陵矶处再汇入长江。这使得荆江形成多股分叉河流, 洞庭湖成为一过流性的湖泊, 江湖关系极其复杂。1998年汛期宜昌最大洪峰流量与1954年相比要小, 然而长江中游沙市至螺山河段和洞庭湖的洪水水位却比1954年高, 创造历史最高水平^[1~4]。前人已经对荆江与洞庭湖的江湖关系做了大量的研究^[5~7], 对荆江三口分流分沙的逐渐减少、荆江分流分沙加大以及荆江与洞庭湖区的淤积的认识是一致的, 但是在水位抬高大小及原因的认识上, 还存在着一定的

分歧。本文在总结前人研究的基础上, 就荆江与洞庭湖的分流分沙变化、泥沙淤积变化、水位变化进行分析, 进而探讨江湖关系变化的影响因素。

1 江湖分流与分沙的变化

1.1 三口分流, 分沙变化

自从20世纪50年代以来, 三口的分流、分沙(占枝城的百分比)明显减少^[8]。多年平均年径流量由1951~1958年的34.5%减少到1989~1998年的14.6%; 多年平均输沙量也由43.2%减少到17.4%。三口中, 藕池口的分流和分沙减少最大, 多年平均分流比由1951~1958年的16%减少到1989~1998年的3.9%; 多年平均年分沙比由25.8%减少到

* 收稿日期: 2005-04-26

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(2003GB415201); 国家自然科学基金项目(40271013); 教育部博士点基金项目(99000149)资助

作者简介: 马元旭(1980-), 男, 硕士生, 从事动力地貌学研究。

5.6%。松滋口与太平口的变化不是很明显,多年平均分流比分别由1951~1958年的11.3%、4.6%减少为1989~1998年的7.9%、2.8%,分别减少3.4%、1.8%;多年平均分沙比分别由1951~1958年的11.1%、4.3%减少为8.7%、3.1%,分别减少2.4%、1.2%。

1.2 洞庭湖区的水沙变化

洞庭湖的水沙变化主要受三口分流和湘、资、沅、澧四水来水来沙的影响。四水来水来沙变化相对很小。张人权等(2003)对四水1956~1966年、1967~1972年、1973~1980年和1981~1998年四个时段的入湖水沙量统计结果表明^[8],在四个时期内,四水多年平均年入湖水量没有发生显著的变化,1956~1998年多年平均为 $1.659 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,最高值为1967~1972年的 $1.729 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,最低值为1956~1966年的 $1.524 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。四水入湖沙量则存在着明显的起伏,1956~1966年多年平均年入湖沙量为 $3.082 \times 10^4 \text{ t/a}$,但是在1967~1972年期间增加到 $4.083 \times 10^4 \text{ t/a}$,以后又逐渐减小,1981~1998年期间多年平均年入湖沙量 $2.348 \times 10^4 \text{ t/a}$,为四个时段的最低值。

三口和四水相比,入湖水量和沙量之间的比例发生了较大的变化。1956~1966年期间三口入湖水量和入湖沙量分别占总的入湖水量和入湖沙量的43.3%和85.6%,以后所占比例逐渐减小,到1981~1998年期间,所占比例分别为29.0%和77.4%。四水入湖水量和沙量所占比例有增加的趋势,1956~1966年期间分别为49.4%和12.7%,到1981~1998年分别为61.8%和19.7%。

2 荆江与洞庭湖区的冲淤变化

2.1 荆江及城汉河段的冲淤变化

荆江三口分流分沙的变化在很大程度上引起了荆江与洞庭湖的冲淤变化。由于下荆江裁弯的作用,使得河床坡降增加而遭受冲刷,继而引起荆江分流量加大又遭受冲刷。韩其为根据荆江河床实验站实测结果得出^[9],1957~1966年上荆江河床淤厚0.03 m,与此同时,下荆江河床冲深0.35 m;1966~1991年上荆江河床冲深1.06 m,下荆江河床冲深1.24 m。即在1957~1966年这一段时间内,上荆江河床共冲深1.03 m,下荆江河床共冲深1.59 m。

由于荆江河床的冲刷及三口分沙的减少,下泄沙量增加,破坏了原来的输沙量平衡,使得城陵矶至汉口之间的河段发生严重的淤积。城汉河段1959~1996年期间的淤积量大约在 $6.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[9-11],以河长246 km、河宽1.5 km来衡量,27年间的淤积厚度在1.82 m,年均淤积厚度为7 cm。其中,城陵矶-螺山河段上淤积较为严重,在1959~1966年淤积幅度最大,达 $1.362 \times 10^8 \text{ m}^3$,其次在1970~1976年为 $0.983 \times 10^8 \text{ m}^3$,长江连续大沙年的1981~1986年淤积了大约 $0.281 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。其余时段基本处于冲刷或冲淤平衡状态,总的冲刷量大约为 $0.958 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[11]。在1959~1996年这一时期内,城螺河段的总淤积量为 $1.669 \times 10^8 \text{ m}^3$,按河长35 km、河宽1.5 km计算,这段时间内河床总淤高约3.18 m,年均淤高12 cm。据统计螺山水文站断面面积1967~1983年累积淤积了4 000

m^2 ,仍按河宽1.5 km计算,河床平均每年以17.78 cm的速度淤高^[12]。可见,城螺河段的淤积相对于整个城汉河段来说更为严重。

2.2 洞庭湖区的淤积

这里所指的洞庭湖区包括洞庭湖盆和三口分流河道两部分。分流河道特别是尾间淤积严重,三口中属藕池口的淤积最为严重^[13]。松滋河的新江口、沙道观至官垸、自治局、大湖口站90 km的河段,1976~1988年13年间淤积 $7.367 \times 10^4 \text{ t}$,占来沙量的11.5%,平均每年淤积 $567 \times 10^4 \text{ t}$,每年淤高7.4 cm。淤积严重的松滋中支,每年淤积约7 cm。藕池河西支从1954~1997年的40年间,河床淤高了6 m之多,平均每年淤高15 cm,河床已高出垸内地表面。藕池河东支支汴江在1953~1990年的38年间,河床平均淤高4.08 m,平均每年淤高10.7 cm。根据实测资料,由沙量平衡推出的淤积百分数也说明各河道均发生明显的淤积,松滋西、中、东三支的淤积率分别为5.8%、24.6%、18.6%,虎渡河的淤积率为22.0%,藕池中西支、东支的淤积率分别为47.9%、16.2%^[14]。这在洞庭湖滨湖各站的实测断面资料所分析的各河道的冲淤变化中有着明显的体现^[15]。

洞庭湖盆的淤积部位主要有三个:西洞庭湖(七里湖和目平湖)、南洞庭湖、东洞庭湖。由于各湖的湖盆形状和水文条件不同,淤积量和发生的部位也不同。高俊峰等(2001)在实测1974、1988、1998年1:25 000地形图基础上利用地理信息系统的数据处理及空间分析方法,对洞庭湖1974~1998年25年来的冲淤变化作了分析^[16]。姜加虎等(2004)利用1974、1988、1998年1:25 000水下地形图资料计算了不同高程下洞庭湖面积和容积的变化,在此基础上对洞庭湖的淤积变化进行了分析^[17]。两者对洞庭湖淤积变化的分析结果具有相当的一致性。洞庭湖近25年来总的趋势是淤积的,局部有冲刷,但总体上淤积量大于冲刷量。淤积区集中在东洞庭湖的北部、南洞庭湖的西南部和中部、西洞庭湖的东南部(1988~1998年),最大淤积厚度出现在东洞庭湖的朝南站附近。东洞庭湖淤积最为严重,南洞庭湖次之,西洞庭湖最小。

3 荆江与洞庭湖的水位变化

3.1 下荆江与城汉河段的水位变化

由于荆江与洞庭湖江湖关系的变化,荆江流量加大,河床遭受冲刷,荆江及下游城汉河段的水位势必会发生变化。流量加大引起水位抬高,河床冲刷使水位降低,水位的抬高往往大于水位的降低,这种现象在下荆江尤为显著。下荆江监利站1980~1988年最大流量平均值较之1952~1960年已由 $28.978 \text{ m}^3/\text{s}$ 增大至 $38.633 \text{ m}^3/\text{s}$,即加大了 $9.655 \text{ m}^3/\text{s}$,此时相应的年最高水位平均值已由34.40 m抬高至35.47 m,即抬高了1.07 m。1998年监利最大流量 $46.300 \text{ m}^3/\text{s}$ 较之1954年的 $36.500 \text{ m}^3/\text{s}$ 加大了 $9.800 \text{ m}^3/\text{s}$,相应的监利最高水位由1954年的36.57 m抬高至38.31 m,即抬高了1.74 m,而1998年枝城流量 $68.600 \text{ m}^3/\text{s}$ 比1954年小 $3.300 \text{ m}^3/\text{s}$,1998年洪峰水位与1954年洪峰水位相比较,监利的估

计抬高值为1.72 m, 实际抬高值为1.74 m, 荆江出口处的莲花塘估计抬高值与实际抬高值相同, 均为1.85 m^[9]。

城汉河段水位的变化主要表现在两个方面。一是城螺河段整体的水位抬高; 二是螺汉河段的水位差增大。城螺河段水位80年代以来较50~60年代明显抬高, 一般枯水位高1.20~1.50 m, 高水位抬高0.50~0.76 m^[18]。螺山站1980年以后和裁弯前55 000 m³/s、60 000 m³/s和65 000 m³/s三个级别的洪峰流量下的水位相比较, 1980年以后的水位比裁弯前抬高1 m左右; 1998年与1954年相比较, 流量12 500 m³/s时, 水位抬高2.3 m, 流量70 000 m³/s时, 水位抬高0.3 m, 流量在50 000~65 000 m³/s时, 抬高0.90~0.50 m^[9]。可以看出, 枯水期城螺河段的水位抬高一般应该在1.5 m以上, 中(高)水位时水位抬高一般在1 m左右, 高水位或者超高水位时一般在0.3 m左右。螺汉河段的水位差自50年代以来有增大的趋势: 1998年汉口水位较1954年低0.3 m, 螺山-汉口河段的水位落差较1954年增大2.08 m^[12]。这种现象与螺山附近河段的严重淤积和汉口附近河段的冲刷是紧密相连的。

3.2 洞庭湖的水位变化

洞庭湖的水位变化主要是由于泥沙淤积造成的湖盆淤高和围垦造成的面积和容积减小而引起的。1990年代中期以后, 洞庭湖洪水水位较1950年代抬高约1 m^[19, 20]。由于洞庭湖的水位一般情况下受制于荆江水位, 所以洞庭湖汛期水位抬高受下荆江分流加大而导致的水位抬高的影响; 同时, 由于汛期下荆江的顶托作用, 城陵矶出流减少, 洞庭湖的日调蓄量增加, 也会使洞庭湖的水位发生明显的抬高^[24]。

3.3 城陵矶的水位抬高

由于城陵矶所处的独特的地理位置和其在江湖关系中的重要作用, 使得它的水位变化显得尤为复杂。段文忠等(2001)对城陵矶1955年以来历年的日平均最高水位与相应的流量及日平均最低水位与相应的流量之间的关系进行了点绘。结果发现, 从1980年以来一般枯水位(流量小于3 000 m³/s)时, 水位较1980年以前抬高1.8~1.2 m; 在中高水位(流量为20 000~40 000 m³/s)时, 水位抬高在2.5~1.8 m^[18]。中高水位抬高值比枯水位抬高大的原因主要是受长江水位顶托的影响。他又根据施修端的水位流量单值化处理方法, 对城陵矶1956~1966年, 1967~1972年, 1973~1980年, 1981~1988年, 1989~1995年五个时段的水位流量进行了分析, 结果表明在高、中、低水位时, 1989~1995年期间比1956~1966年期间水位抬高分别为0.51 m、2.10 m、1.44 m^[18]。王运辉等经过研究, 得到裁弯后七里山流量在30 400 m³/s左右(遭遇监利流量为28 359 m³/s), 相对于裁弯前几乎相同的流量29 444 m³/s(遭遇的监利流量为19 029 m³/s), 七里山水位抬高1.98 m左右, 主要是由于洞庭湖及出口之间的河段泥沙淤积和下荆江顶托引起的, 两者的作用各占一半^[9]。综合以上观点, 在中高水位时由于河道泥沙淤积和荆江顶托的影响, 城陵矶的水位抬高一般在2 m左右; 低水位时主要是受泥沙淤积的影响, 抬高值一般在1 m左右。

4 江湖水沙变化的主要影响因素

4.1 泥沙淤积是近代水沙变化的主要原因

荆江三口分流河道自1644年以来发生了巨大的变化, 三口分流河道已由原来虎渡河和华容河两条单一的顺直型河道, 演变成现在错综复杂的统一的网状分流河道^[21]。1644~1825年三口分流河道由单一河道向网状河道的演化主要是河流对来水来沙量加大进行的自我调整。自1826年分流河道形成网状之后, 主河道的位置没有发生明显的变化, 主要是网状河道河岸具有一定的抗冲性而使河岸未发生明显的迁移。这段时期内河道的主要变化是由于水流功率很小引起的挟沙能力的减弱, 造成河床的淤积。淤积在网状分流河道形成初期可能不是很明显, 但是到了20世纪30~50年代, 淤积的作用显著增加, 以至于50年代以后河道发生严重的淤积, 分流分沙显著减少。三口分流河道中的藕池河与松滋河自溃决后经历了3个阶段^[14]。

第一阶段是由溃口漫流演变成固定河槽, 分流比逐渐扩大。这是分流河道的发展阶段。其特点主要是集水成槽和流量加大引起冲刷, 其发展较快。第二阶段是相对稳定阶段, 即分流比较固定。当然其中, 下段是入湖三角洲上的河道, 仍具有河长延伸、坡降减缓、河底和水位抬高和上翘等特点。但是这些变化尚不至于影响口门的分流比。第二阶段大体在本世纪30~50年代结束, 不同河道结束的时间有所差别, 藕池河结束最快, 松滋河最慢。第三阶段是分流河道衰退阶段。此阶段的基本特点是分流量逐渐明显地减小, 从而引起河床淤塞, 河道衰退以至萎缩。

城陵矶至汉口河段的淤积使得荆江与洞庭湖的关系变得更加紧张: 荆江的水位抬高, 河床可能会引起回淤; 洞庭湖水位被迫抬高; 下荆江顶托城陵矶出流, 城陵矶出流减小, 日调蓄量增加; 城陵矶水位不断抬高^[22]。

湖区的淤积使得三口分流河道不断向湖心延伸, 比降减小, 加重了分流河道的淤积。荆江下游河道的淤积使得整个长江中游及洞庭湖区的高水位持续时间增加; 洞庭湖出口及下游河道的泄洪能力下降; 出湖水面比降减小, 造成洞庭湖出流不畅, 被动加大了洞庭湖的日调蓄量。所以, 荆江下游河道的淤积通过多方面的影响, 造成的影响比湖区淤积和围垦的综合作用还大^[22]。

4.2 水沙流量分配是水沙变化的重要影响因素

由上面的水沙流量分配关系及水位变化可以看出, 尽管进入洞庭湖的水沙在变少, 洞庭湖的淤积减缓, 面积也相对保持稳定, 荆江分流加大加快, 但是水位却只增不减, 给洞庭湖和荆江的防洪带来很大的压力。在入湖水沙量和出湖水沙量均减少的情况下, 洞庭湖的日调蓄量却一直在增加。1980年代以来洞庭湖日调蓄量的增大, 对荆江尤其是螺山至汉口河段的防洪是有利的, 但却给洞庭湖带来了防洪压力^[23]。其实, 随着三口分流分沙的减小, 洞庭湖淤积的减弱, 调蓄量的增大, 荆江的防洪压力并未减轻, 洪峰流量时水位远远高于1950年代的水平。可见, 水沙流量的分配不是一个简单的问题, 水沙分配的变化可以引起河床的冲淤部位的变化, 江湖

水位的变化,有时甚至会使防洪形势更加严峻。妥善处理江湖流量的分配,是处理江湖关系的关键。不仅要注重流量在空间上的分配,更应该注意流量在时间上的分配。

4.3 人类活动在水沙变化中起着重要作用

人类活动在荆江与洞庭湖关系变化中始终扮演着一个重要的角色。洞庭湖区的围垦是随着淤积而发生的,又反过来影响着淤积速度。1949~1985年期间,洞庭湖外湖水域由 $4\,350\text{ km}^2$ 缩减为 $2\,740\text{ km}^2$,相应的每年湖底淤积平均厚度由 2.2 cm 增加到 3.5 cm ,即围垦使淤积速度提高了50%以上。湖面的过快萎缩,加速了湖底淤积,调节洪水的能力日益减弱,加重了洪涝灾害的威胁^[24]。围垦使洞庭湖的面积和容积明显减小,潜在的可用调蓄空间减小^[25]。尽管汛期时洞庭湖的日调蓄量20世纪80年代与20世纪60年代相比是增加的^[23],但是却使洞庭湖的水位抬高,在巨大洪水来临时,有效的蓄洪空间却减小,增加了洞庭湖的防洪压力。

由上面的分析知道,下荆江裁弯使下荆江分流加大的速度加快,造成下荆江水位的迅速抬高,河床遭受冲刷,大量泥沙进入下游河段,城陵矶以下河段发生严重的淤积。这反过

来又抬升了荆江的水位,减少了洞庭湖的出湖流量,加速了三口的萎缩^[22]。

水利工程的兴建,例如三峡大坝的建成,也会使江湖关系发生明显的改变。三峡建坝后洞庭湖的淤积大大减缓,无论是洞庭湖的拦沙率,还是绝对淤积量均较三峡建坝前大幅度减小。其中,年均拦沙率由建坝前的65%左右减少为建坝后的30%,绝对年均淤积量由建坝前的1亿t左右减少为建坝后的1600万t左右。就目前情况来看,三峡大坝的修建对于减缓洞庭湖淤积有着极大的作用^[26]。

洞庭湖各湖区水位代表站的水位增量,不但与城陵矶处长江水位变化量有关,而且还与长江城陵矶处的初始水位或底水位有关。从整个江湖关系的水系组成上看,洞庭湖不但受长江三口水情变化的影响,而且同时还受城陵矶长江水情变化的影响,三峡工程对洞庭湖水位的影响实际上是通过荆江三口和城陵矶与下荆江的作用来实现的。三峡工程对洞庭湖水位的影响,枯水期高于丰水期并非是由江湖关系作用的结果,而是由于枯水期三峡增泄某一流量的影响,远大于丰水期三峡减泄相同流量对坝下长江水位影响的结果^[27]。

参考文献:

- [1] 杨义文,魏则安,艾秀. 1998年与1954年长江洪水的对比和思考[J]. 气象科技, 1999, (1): 15- 19.
- [2] 谈广鸣,罗景. 98长江洪水位特点及其对策研究[J]. 水利水电科技进展, 1999, 19(2): 12- 14.
- [3] 黎安田. 长江1998年洪水与防汛抗洪[J]. 人民长江, 1999, 30(1): 1- 8.
- [4] 熊道光. 泥沙淤积是形成1998年长江中下游大洪水的重要因素[J]. 江西水利科技, 1999, 25(2): 80- 82.
- [5] 卢金友,罗恒凯. 长江与洞庭湖关系变化初步分析[J]. 人民长江, 1999, 30(4): 24- 27.
- [6] 卢金友. 荆江三口分流分沙变化规律研究[J]. 泥沙研究, 1996, (4): 54- 61.
- [7] 李学山,王翠平. 荆江与洞庭湖水沙关系演变及对城螺河段水情影响分析[J]. 人民长江, 28(8): 6- 9.
- [8] 张人权,梁杏,段文忠,等. 洞庭湖区演变寄洪灾成生与发展的系统分析[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2003.
- [9] 韩其为. 江湖流量分配变化导致长江中游新的洪水形式[J]. 泥沙研究, 1999, (5): 1- 12.
- [10] 府仁寿,齐梅兰,方红卫,等. 长江宜昌至汉口河段输沙特性分析[J]. 水利学报, 2005, 36(1): 34- 41.
- [11] 刘东生,熊明,张景泰. 长江城陵矶-汉口河段的冲淤变化及影响分析[J]. 水利水电快报, 1999, 20(18): 23- 27.
- [12] 李义天,倪晋仁. 泥沙输移对长江中游水位抬升的影响[J]. 应用基础与工程科学学报, 1998, 6(3): 215- 221.
- [13] 韩其为,何明民. 三口分流河道径流变化对荆江与洞庭湖防洪的影响[A]. 长江三峡工程泥沙问题研究(第七卷): 长江三峡工程坝下游泥沙问题[M]. 北京:知识产权出版社, 2002: 587- 594.
- [14] 韩其为,周松鹤. 三口分流河道特性及演变规律[J]. 长江科学院院报, 1999, 16(5): 5- 8.
- [15] 熊明,沈力行,夏薇. 洞庭湖尾间及滨湖各站水位流量关系分析[A]. 长江三峡工程泥沙问题研究(第七卷): 长江三峡工程坝下游泥沙问题[M]. 北京:知识产权出版社, 2002: 539- 567.
- [16] 高俊峰,张琛,姜加虎,等. 洞庭湖的冲淤变化和空间分布[J]. 地理学报, 2001, 56(3): 269- 277.
- [17] 姜加虎,黄群. 洞庭湖近几十年来湖盆演化及冲淤特征[J]. 湖泊科学, 2004, 16(3): 209- 214.
- [18] 段文忠,郑亚慧,刘建军. 长江城陵矶-螺山河段水位抬高及原因分析[J]. 水利学报, 2001, (2): 29- 34.
- [19] 方春明,钟正琴. 洞庭湖容积减小对洞庭湖和长江洪水位的影响[J]. 水利学报, 2001, (11): 70- 74.
- [20] 方春明,鲁文. 用断面统计资料分析洞庭湖容积[A]. 长江三峡工程泥沙问题研究(第七卷): 长江三峡工程坝下游泥沙问题[M]. 北京:知识产权出版社, 2002: 614- 632.
- [21] 王随继,倪晋仁,王光谦. 长江荆江分流河的河型及其洪灾防治探讨[J]. 自然灾害学报, 1999, 8(3): 38- 45.
- [22] 李义天,邓金运,孙昭华,等. 洞庭湖调蓄量变化及其影响因素分析[J]. 泥沙研究, 2001, (6): 1- 7.
- [23] 李义天,邓金运,孙昭华,等. 泥沙淤积与洞庭湖调蓄量变化[J]. 水利学报, 2000, (12): 48- 52.
- [24] 卞鸿翔,龚循礼. 洞庭湖区围垦问题的初步研究[J]. 地理学报, 1985, 40(2): 131- 141.
- [25] 王慧玲,梁杏. 洞庭湖调蓄作用分析[J]. 地理与地理信息科学, 2002, 19(3): 63- 66.
- [26] 秦文凯,府仁寿,王崇好,等. 三峡建坝前后洞庭湖的淤积[J]. 清华大学学报(自然科学版), 1998, 38(1): 84- 67.
- [27] 姜加虎,黄群. 三峡工程对洞庭湖水位影响研究[J]. 长江流域资源与环境, 1996, 5(4): 367- 374.