三峡工程对下游及河口环境的影响分析[1)]

刘 青 泉

(中国科学院力学研究所, 北京　100080)

刘青泉, 1965 年出生于山西新降　1985 年毕业于武汉水利电力大学河流泥沙及治河工程专业, 留该校河流工程系任教　1987 年, 在武汉水利电力大学开始攻读水力学及河流动力学专业研究生学位, 分别于 1990 年和 1993 年获得工学硕士和博士学位　1994 年～ 1996 年在中国科学院力学研究所做博士后研究工作　现为力学研究所环境科学与技术中心副研究员, 中国力学学会、中国水利学会、中国水力发电工程学会会员　1996 年获得国家环保局颁发的"环境影响评价"资格证　1994 年以来在国内外近十种刊物上发表学术论文二十多篇　主要从事泥沙运动力学、水动力学、二相流体动力学、河口海岸工程、水文水资源、土壤侵蚀等环境流体力学领域的科研工作

摘要　本文概括了三峡建库后引起下游水沙动力因子的基本变化, 论述了三峡水库对下游及河口生态和环境的主要影响, 并通过对目前仍难以确定的一些问题的仔细分析, 为长江中下游及河口地区的综合开发和环境保护提供准确的科学依据

关键词　三峡工程, 径流, 泥沙, 动力学过程

1　引　言

三峡工程是治理、开发长江的主体工程, 有着巨大的经济和社会效益, 但也不可避免地对自然和生态环境产生深远的影响　三峡工程建成后将改变长江水文情势, 引起生态与环境系统结构、功能的变化, 涉及到多方面问题, 如: 中下游径流、输沙量变化, 输沙级配变化, 坝下游长距离冲刷及河势演变, 以及由此引起的中下游取水灌溉、土壤水渍盐渍化、工农业生产、水生物养殖等; 河口径流与潮汐作用, 海岸线演变, 海水盐分入侵, 近河口地区土壤盐渍化等等

三峡工程引起的生态和环境问题为国内外所关注　这一问题, 过去在三峡工程可行性论证过程中已作了广泛讨论[1～12], 基本满足了工程建设可行性论证的宏观要求, 为三峡枢纽的兴建提供了科学依据　1997 年 11 月 8 日, 三峡工程成功实施了大江截流, 水库下游的水文情势将逐步发生变化, 科学地论证三峡工程对中下游及河口的环境影响又重新成为人们关注的焦点　决定三峡工程对下游环境影响的根本因素, 是水库运行引起的下游水沙因子变化, 而过去在可行性论证工作中对水沙变化过程估计的一些方面, 显然对于日趋紧迫的长江中下游及河口综合开发和治理显得过于粗略, 尚难以满足细致规划的具体需要

本文旨在对三峡工程引起的长江中下游及河口生态和环境变化的主要方面进行简要概括, 并对目前工作中存在的主要问题作进一步的分析讨论, 从而就环境影响所依据的水沙动力因子方面, 说明细致地评价三峡水库这样一个关系到子孙后代及社会发展的特大型综合水利枢纽工程对长江中下游及河口生态和环境的影响, 仍需要加强对一些重要力学问题动力学过程的深入研究和细致预报

1) 国家自然科学基金资助项目
本文于 1997-12-19 收到

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2 三峡水库和长江中下游及河口概况

三峡水利枢纽位于长江干流三峡河段的西陵峡内，坝址选定在宜昌县的三斗坪附近 距已建的葛洲坝水利枢纽上游 40 km. 枢纽总控制集水面积 100 万 km^2，占全流域面积的 56%；坝址处年径流量 4510 亿 m^3，约为长江入海平均年径流量的一半. 三峡水库为季调性调节水库，拟采用“蓄清排浑”的基本运行方式 年径流总量基本保持不变，年内进行分配调节，以利于减少库区淤积，保障蓄水发电：6～9 月，除遇特大洪水滞洪外，下泄流量与天然情况相同以利于汛期水库排沙；10 月份开始蓄水，下泄流量减小约 3000 m^3/s～6000 m^3/s；1～5 月份，下泄流量约增加 1000 m^3/s～2000 m^3/s 根据目前的分析和数值预报，三峡建库后的排沙情况见表 1 所示

表 1 三峡水库运行期的排沙比变化

时 段（年）	1～10	11～20	41～50	71～80
年排沙量（亿 t）	1.73	.04	4.26	4.86
平均排沙比（%）	33.1	39.0	81.5	93.1

长江径流主要来自四个地区：宜昌以上，宜昌至汉口，汉口至大通，大通以下. 具体分配见表 2 所示 宜昌以下至河口的长江中下游，支流、湖泊众多，入汇长江的径流量占长江总径流量的 53%. 长江中下游至河口地区主要为平原和低洼地区，而该地区人口众多，耕地宽广，旱、涝、渍灾影响敏感

表 2 长江年径流量沿程分配表

区 间	宜昌以上	宜昌～汉口	汉口～大通	大通以下
占总径流比例（%）	47	31	21	约 1

河口地区上受河流径流、泥沙及营养物输运量的影响，下受海潮入侵的影响，是环境变化极为复杂和敏感的地区 长江口是一个中等强度的潮汐河口：潮流界，汛期在距河口 250km 的江阴附近；枯季可到距河口 370km～450km 的镇江至南京之间 潮区界，汛期在距河口 680km 的大通附近；枯季可到距河口 760km 的安庆 长江河口盐淡水以缓混合为主，在枯水季大潮盐淡水混合比较强烈，出现强混合. 一般地，2 月～4 月份为高盐期，6 月～10 月份为低盐期

三峡建库后，主要改变了长江的多年水文情势，对径流过程和输沙过程起到较大的调节作用，由此将可能引起下游及河口一系列的环境问题：

(1) 下泄流量的变化，使长江长期的径流过程产生变化，对长江中下游的防洪、灌溉引水、地下水位、土地水渍化、盐碱化等产生影响 同时，径流量变化后，河口的盐水楔、土壤水盐运动，以及海岸线塑造过程也都将产生变化，从而对河口鱼场及工农业产生影响

(2) 水库下泄泥沙变化，严重地改变了长江干流的多年输沙平衡过程，将会导致河床的重新塑造，海岸线的冲淤变化

(3) 水库下泄水流温度变化（降低），大量营养物被拦截，长江鱼类及河游生物的生存环境发生改变和受到破坏.

(4) 泥沙作为营养物的携带者，其变化可能会对河口的有机营养物来源，河口的生态环境产生较大的影响

3 三峡水库对中下游及河口环境的主要影响

3.1 与埃及阿斯旺水库的比较

阿斯旺水库修建在尼罗河上游，水库于 1964 年建成运行后，下游产生严重的清水冲刷，河岸

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

坍塌, 海岸线严重侵蚀后退, 盐水显著上溯, 对下游和河口地区生态环境产生严重危害. 三峡建库后, 是否会出现类似的问题, 一直是人们所关心的. 事实上, 三峡水库与阿斯旺水库有着很大的差别, 表 3 列出了两个水库基本参数的对比情况.

表 3　三峡水库与阿斯旺水库基本情况对比

水　库	所在河流	入海年径流 (亿 m^3)	年入海沙量 (亿 t)	水库距河口 (km)	总库容 (亿 m^3)	拦沙库容 (亿 m^3)	有效库容 (亿 m^3)
阿斯旺	尼罗河	330	0.6～1.8	900 多	1640	390	1250
三　峡	长　江	9080	4.7	1800	345	170	175

注: 表中年径流量和输沙量为建库前数值; 三峡水库以 170m～160m～145m 方案为例.

阿斯旺水库的有效库容为尼罗河年径流量的 3.78 倍, 是一个调节性能极高的多年调节水库. 1964 年水库建成后, 出海水量大量减少, 水流的峰值也减少到只有原来的 1/7. 作为这一变化的后果, 代表地中海海水的典型含盐量 39‰ 等值线控制了几乎整个海岸线. 建库初期年出海沙量为 5000 多万 t, 进入 80 年代后, 每年出海沙量降低到只有 200 万 t～300 万 t, 仅为天然来沙量的百分之几. 在这种情况下, 河口地区的沙量平衡状态完全被打破, 海岸被严重蚀退是必然的结果.

与阿斯旺水库比较, 三峡水库有很大的不同. 其有效库容与宜昌站多年平均径流量 4500 亿 m^3 相比, 库容系数仅为 0.04, 如与年入海径流量相比, 则库容系数仅为 0.02, 所以三峡水库是一个调节性能很低的季调水库, 在一年内只有几个月改变天然来水过程. 三峡水库对下游输沙过程的影响, 和对径流影响有些不同. 水库建成初期, 尚未达到淤积平衡状态, 约有 60%的泥沙将淤积在库内, 只有约 40%的泥沙排入下游. 但三峡水库对小于 60 000m^3/s 的洪水基本上处于敞泄状态, 对于较大洪水也只起削洪作用, 水流挟沙能力改变甚少. 因此, 当含沙较少的水流下泄时, 将沿程从河床不断取得泥沙, 经过约 1000km 的补给到达河口地区时, 含沙量将重新处于饱和状态和天然状态的含沙量比较接近. 只要水库下泄的水量不减少, 洪峰也不过分削平, 出海沙量不会有太大的减少, 将不会引起海岸线的严重冲淤.

因此, 宏观上讲, 三峡水库不会象阿斯旺水库那样对下游和河口地区产生严重危害.

3.2　对长江中下游及河口生态环境的主要影响

三峡水库不同于阿斯旺水库, 不会对下游及河口地区产生严重危害, 但对于三峡这样的特大型水库, 仍将对长江中下游及河口地区的生态环境产生多种影响, 对此应作出认真预测和评价. 下面我们主要对大家所关心的几个重要问题作一简要分析.

3.2.1　径流调节和水位变化

根据三峡水库的宏观调度原则, 一般在分析三峡建库引起的下游径流和水位变化时, 大多采用表 3 所示的粗略估算.

值得说明的是, 表中径流变化的估算只反映了水库在“蓄清排浑”宏观调度原则下泄流量的变化, 而水位变化的估算, 也没有考虑河床的清水冲刷. 实际上, 由于下游支流及湖泊 (尤其是洞庭湖) 的调蓄, 以及坝下游河床的冲刷, 下游的径流过程与水位变化都与此估计有较大差异.

表 4　三峡水库建成后的下泄流量及下游水位变化

月　份	流　量　变　化	水　位　变　化
6 月～9 月	遇特大洪水滞洪, 一般与天然情况相同	不变
10 月	减小 3000m^3/s～6000m^3/s, 约减小 8.2%	降低 1.44m～1.88m
1 月～5 月	增加 1000m^3/s～2000m^3/s, 平均增加 4.5%	约升高 0.2m～1.3m

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

下游径流量的变化取决于水库泄流过程和下游支流及湖泊的调蓄作用两个方面，水位的变化则取决于径流量和河床冲淤变化二者的综合作用. 三峡建库后，径流发生变化，同时河床由于清水冲刷也产生变化. 根据长江科学院最近所作的计算结果，坝下游冲刷范围（约 800*km*）内，河床产生严重的清水冲刷，枯水期尽管泄流量有所增大，但水位降低却达 2*m*～4*m*，而汛期由于洪水较大，水位降低却仅 1*m* 左右. 长距离之后，河床的变化很小，枯水期泄流量增大，水位抬高；即使在汛期泄流不变，但由于洞庭湖调蓄作用的大大减小，下游河段可能流量反而有所增大，水位出现抬升.

3.2.2 对长江中下游防洪和航运的影响

对长江中下游防洪的影响，一方面，根据三峡水库的调度原则，汛期遇特大洪水，水库主要起削洪作用，有利于减免长江中、下游的洪涝灾害，尤其对于洪灾严重的上荆江河段. 根据目前的一些估算，可将上荆江河段的防洪标准由过去的 20 年一遇提高到 100 年一遇，这无疑对人民的生命财产和环境有重要保护意义. 我们也应看到，三峡水库的调节改变了整个长江中下游的径流过程和河床平衡状态. 洪水期，由于洞庭湖调蓄能力有较大减弱，下游流量可能反而大于天然状态，近坝下游汛期水位本来降低就有限，而到较长距离的下游河段水位可能反而抬高，从而增加下游河段的洪灾危害. 类似的问题，过去在上荆江裁弯后（城陵矶水位反而升高，加大了下游防洪困难）已给我们有过深刻的教育. 因此，三峡建库后，将上荆江的防洪问题移至下荆江及下游或局部河段的危险是完全可能出现的. 我们切不可盲目夸大三峡水库的防洪作用，应对建库后下游的洪水变化作出细致、科学的预测.

三峡建库后对长江航运的影响类似于防洪问题. 一方面，由于枯水季节水库下泄流量增大，从整体上讲，加大了沿江水深，无疑不同程度地改善了枯水期航道，有利于长江的航运事业. 另一方面，由于三峡水库调节作用，将引起坝下游河床的严重冲刷，长江中下游河道发生不稳定演变，甚至导致局部河段出现剧烈变迁，对稳定航道极为不利. 而目前我们恰恰对三峡建库后长江中下游河势的变化知之甚少，更谈不上细致的研究. 因此，对该问题不容忽视，应作进一步的细致分析.

3.2.3 对长江中下游灌溉、排涝和土地水渍化的影响

沿江水位变化是影响中下游灌溉、排涝和土壤水渍化的主要因素. 对水位变化的估计不能靠想象，简单地认为三峡建库后，枯水期径流量增大，下游水位抬高，有利于工农业引水，且此时长江水位整体上较低，不会加大下游低洼湖区水渍化威胁；而在汛末水库蓄水期，下泄流量减小，下游水位降低，有利于平原湖区排涝，且此时不存在灌溉引水等问题. 合理的预测应该建立在对水位变化细致分析的基础上，根据前文中对水位变化特征的具体分析，可将三峡建库对下游灌溉、排涝等的影响概括如下：

(1) 近坝下游冲刷范围内. 枯水期，水位下降较大，加上河势较剧烈的演变，将较大地危害到沿途的工农业引水，但有利于减缓平原湖区的土壤水渍化威胁. 蓄水期，对湖区排涝有一定的有利作用，但也不可过于夸张其作用.

(2) 坝下游远距离后. 枯水期，水位抬升，有利于沿岸的工农业引水，但同时增大了平原低洼地区土壤水渍化及盐渍化的威胁. 洪水期，由于洞庭湖调蓄能力减弱，下游流量可能反而大于天然状态，水位抬高，不利于低洼地区的排涝，同时加大土壤水渍化的威胁. 蓄水期，尽管下泄流量减小，但同样由于洞庭湖调蓄能力的减弱和下游支流的补充作用，其危害也不可忽视.

(3) 对于三峡水库运行引起的下游河势变化和下游支流与湖泊的调蓄作用，目前仍没有清楚的认识，只有对此作出细致的预测，才能合理地分析对长江下游灌溉、排涝等的影响.

3.2.4 对河口地区生态环境的影响

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 5 所示为长江中下游主要站点的输沙量统计结果

表 5　长江中下游主要控制站悬移质输沙量表

河　流	长江	洞庭湖	洞庭湖	汉江	长江	鄱阳湖	其它支流	长江
测　站	宜昌	荆江三口	城陵矶	仙桃	汉口	湖口		大通
年输沙量 (亿 t)	5.23	1.70	0.54	0.28	4.06	0.11	0.14	4.71
含沙量 (kgm3)	1.19		0.17		0.61	0.08		0.53

根据输沙量实测结果, 从输沙平衡看, 宜昌至大通河段, 长江干流泥沙冲淤基本平衡. 三峡建库后, 下泄清水 (见表 1), 根据丹江口水库下游输沙情况, 输沙量沿程增加量, 每公里约 0.07%, 按此计算, 坝下游约 820km 后, 输沙量即可与大通站相同, 即可基本恢复到建库前的输沙量. 三峡坝址距河口约 1800km, 三峡建坝后, 对河口来沙量不会有太大的影响. 同时, 从含沙量看, 宜昌为 1.19kg/m^3, 大通为 0.533kg/m^3; 而在河口段, 根据实测结果, 涨潮时为 1.66kg/m^3, 落潮时为 1.37kg/m^3, 比上游含沙量高得多. 说明河口泥沙运动与径流和潮汐关系密切, 与上游来沙情况相对关系较小, 因此, 河口海岸不致严重冲淤变化, 不会严重冲刷上海的港口和码头.

长江冲淡水团的分布与迁移, 取决于黑湖和台湾暖流, 北部冷涡势力的强弱. 三峡建库后, 径流调节不很大, 长江冲淡水扩散趋势和范围没有大的变化, 不致严重影响河口生态和鱼业资源. 同时, 枯水期径流量增大有利于污染物向深海扩散, 洪水期, 径流量相对较大, 尽管泄流量减小, 但对污染物的扩散不会造成太明显危害.

总的来讲, 三峡水库运行不会对河口地区生态环境产生严重影响. 但从另一方面来讲, 目前我们对一些具体问题仍不十分清楚, 如: 下游支流湖泊调蓄作用后的径流过程; 由于泥沙级配变化引起的河口冲淤变化; 径流与潮流的较细致相互作用等. 特别是经下游调蓄作用后的径流与潮流相互作用可能与目前的分析有一定的差距, 同时, 泥沙级配的细化也会导致河口港口码头及海岸线的冲淤变化, 这些变化都会对河口地区的盐水入侵程度, 海岸线破坏程度产生显著影响, 应对此做出较细致的分析和预测.

3.2.5　对长江河游生物的影响

长江中下游河流中生存有许多河游生物, 尤以中华鲟和白鳍豚最为珍贵. 三峡建库后, 较大幅度地抬高水位运行, 大量拦截下泄泥沙, 打破了这些河游生物多年的生存环境, 必将对其产生不利影响:

(1) 下泄水流的水温在蓄水期有一定的降低, 对一些生物的生存产生危害, 但由于三峡水库为一季调节水库, 每年汛期前水库基本泄空, 整个汛期泄流过程接近于天然状态, 因此, 对大多数河游生物不致产生严重危害.

(2) 水流中营养物的主要挟带者——泥沙大量被拦截在库区, 下泄营养物质有较大减少, 尽管水流在沿途将得到逐步补充, 使河口营养物输运量不致严重减少, 但在坝下游一定距离内将会大量减少, 致使河游生物数量有较大幅度减少, 尤其对于生存在武汉河段的白鳍豚危害较大, 导致白鳍豚这一珍贵生物趋于衰灭的危险不容忽视.

(3) 三峡大坝横穿长江, 隔断了上下游的自然过渡, 对于每年必须上游产卵繁衍的中华鲟有极大的危害, 必须采取切实可行的措施保护这一珍贵鱼类.

4　尚待细致研究的一些主要力学问题

根据上述分析, 三峡水库的调节作用对长江中下游及河口生态环境的影响是多方面的, 但不会出现象埃及修建阿斯旺大坝后对尼罗河下游及河口生态环境造成的严重危害. 该结果对于三峡

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

工程的可行性论证提供了基本的科学依据 但我们也看到，目前对许多问题仍不清楚，说明要科学、合理地规划长江中下游及河口的综合治理和开发，仍需要对一些认识尚不清楚的重要力学问题进行细致的分析、研究和动力学预测

4.1 洞庭湖及下游支流、湖泊对径流及洪水的调蓄作用

洞庭湖在汛期对荆江洪水有较大的调蓄作用，对减缓荆江洪水威胁有很大作用 而洞庭湖的调蓄功能又决定于长江三口的分流、分沙过程和湘、资、沅、澧四水的入汇过程，同时也与洞庭湖本身的自然萎缩、开发治理关系密切 三峡建库后，下泄水沙过程发生变化，河道冲刷，河势演变，势必导致洞庭湖三口的分洪分沙能力发生变化，同时也会影响到洞庭湖四水入汇水沙过程的变化，从而影响到长江中下游，尤其是荆江河段的防汛工作 这是关系长江下游防汛的一个重要问题，而它又是一个十分复杂的综合力学问题

长江中下游支流及通江湖泊众多，宜昌以下各支流及湖泊的来流量很大（约占 53%），因此，对长江径流的调蓄补充作用较显著，对河口地区有较大的影响 表 6 为一简单的估算结果[6]，说明经区间调蓄补充后，可起到一定作用，而且，由于长江干流径流过程的改变，同时会引起各支流及湖泊的入汇过程变化

表 6 10 月份水库充水期对大通站流量影响估计表

典型年	分析条件	三峡水库正常蓄水位 (m)			
		150	160	170	180
枯水年	三峡减小下泄量 (m^3/s)	2770	5244	5710	6009
	区间调蓄量 (m^3/s)	36	490	590	640
平水年	三峡减小下泄量 (m^3/s)	2770	5244	7486	9455
	区间调蓄量 (m^3/s)	940	1930	2800	3520
丰水年	三峡减小下泄量 (m^3/s)	3014	5244	7486	9455
	区间调蓄量 (m^3/s)	1100	1870	2750	3350

上述两个问题，对长江中下游及河口的环境变化和开发治理十分重要，而目前恰恰缺乏细致、合理的分析和预测，应进一步加强对这一综合力学问题的细致研究工作

4.2 下游冲刷及河势演变

下游严重冲刷将引起河道的剧烈演变和沿江水位的复杂变化，与防洪、抗旱、排涝、土地水渍化关系密切，目前仍缺乏对该问题的合理分析和研究

(1) 三峡水库运行后，下游河床产生严重清水冲刷，河道将出现剧烈演变，长江中下游河势将会重新调整，对生态和环境产生较大影响，目前对此仍缺乏清楚的认识

(2) 河流的河床由可冲性泥土组成，水库运行初期拦截了 60% 以上的泥沙，下泄水流变清，必然引起下游河道的长距离冲刷和河床变形，由流量的增减量，根据简单的流量- 水位关系来估算下游水位的变化（见表 4），显然是不科学的

(3) 三峡大坝至河口 1800*km* 长，沿途河流地貌、河床组成差异很大，各处的水位变化差异也很大，过去虽然也对沿途某些典型控制点的水位变化作了粗略估算，但同样存在着前述的问题，且还没有沿程较细致的定量计算

(4) 宜昌—河口段内，存在着众多的通江湖泊和支流入汇，年径流量占入海总径流量的 53%. 水库运行后，长江水情发生变化，各支流与通江湖泊的水文情势重新调整，对长江干流的补充调节作用也应细致考虑

4.3 下游输沙的时空变化和级配变化

三峡建库后，下游输沙过程的时空变化和级配变化比较复杂，研究难度也比较大 但是它涉

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

及的问题也比较多, 包括: 坝下游河床冲刷变化, 河槽是否会迁移, 海岸是否会蚀退, 营养物质是否会减少, 以及渔业资源是否会受到影响等等. 以往对建坝后长江中下游输沙过程的变化只作了十分粗略的估计: 即根据水库的估算排沙比 (表 1), 结合一般的水流挟沙恢复过程进行了宏观上的大致估测, 存在着明显的不足和问题.

(1) 水库的排沙过程应给予较细致的考虑, 不能笼统地将较长时段的平均排沙比作为计算下游输沙过程的依据, 应仔细考虑其输沙过程的时空变化.

(2) 当水库下泄水流的含沙量不大时, 下游冲刷河段必然很长, 而水流挟沙能力的恢复受到河流的水力、泥沙要素的控制, 不是一个简单的相关式, 而且清水泥沙恢复点也不是一成不变, 随着河床质泥沙级配的变化, 悬沙补给来源减少, 这个恢复点也随着变化, 这在考虑上游来沙对河口的影响时, 必须予以重视.

(3) 长江自宜昌以下, 泥 沙的补给量是很小的 (表 5), 也就是说, 从输沙量来讲, 中下游各支流及湖泊的补偿调节作用是比较小的, 泥沙的补给主要来自于河床本身, 而河床的不断冲刷必然改变了河流比降, 最后的平衡床态也与现在的河床有较大的差异; 同时, 尽管年径流总量不变, 但年内分配却有较大变化, 输沙过程在时间和空间上都随之改变, 因此输沙过程肯定会有较大的差异.

(4) 泥沙对河床的再造过程和泥沙携带营养物能力, 不仅取决于输沙量, 同时取决于泥沙颗粒大小, 即泥沙的组成级配. 而长江沿途的河床组成级配也有一定的差异 (表 7), 随着冲刷时段和河段的变化, 输运泥沙的级配显然会有较明显的变化, 然而至今没有对此作出任何较有说服力的预测, 甚至没有基本的估算.

表 7　长江干流河床质泥沙颗粒级配及沿程变化

测　站	< 0.1 mm (%)	< 0.25 mm (%)	< 0.50 mm (%)	d_{50} (mm)
宜　昌	9.6	47.2	94.4	0.203
汉　口	1.9	76.9	93.0	0.177
大　通	19.6	81.3	94.6	0.166

4.4　河口径流与潮流的相互作用

河口径流与潮流的相互作用十分复杂, 盐水入侵范围不能简单地根据径流量增减多少, 由过去经验的盐度分布关系来确定, 因为河口地区的河床、口岸形态已发生了变化.

在水库宏观调节的总原则下, 具体下泄流量增减幅度要依据当时发电、防洪、航运等诸多因素确定, 同时下游各支流及湖泊有较强的调蓄功能, 简单地用表 4 所示的粗略结果作为估评的依据, 只能作出平均的、宏观的分析, 难以进行更细致的定量预测.

5　认识与结论

(1) 三峡水库是一个调节性能较低的季调节水库, 与埃及的阿斯旺水库有很大差异, 不会对长江中下游及河口地区环境产生严重危害.

(2) 三峡水库对中下游及河口的环境影响是多方面的, 既有有利方面, 也有不利方面. 过去在三峡工程的可行性论证中, 对有利因素的分析较细致、具体, 但对一些不利因素的分析仍较粗略, 认识还不够细致.

(3) 通过分析, 对三峡工程兴建后对下游及河口生态和环境可能产生的影响有所认识. 有的比较明确, 如下泄流量变化引起的变化等; 有的虽然有了定性认识, 但还达不到定量分析的程度, 特别是建库初期输沙量变化的影响, 营养物输送过程, 以及河口潮流作用变化产生的影响等; 有

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的问题至今仍缺乏足够认识和较具体的分析，如中下游河段的长距离冲刷、河势演变、输沙级配变化，以及可能引起的局部防洪、灌溉、航运、土地水渍化等等.

(4) 细致合理地预测三峡工程对长江中下游及河口生态与环境的影响，仍需加强对一些力学问题的进一步细致研究:

1) 洞庭湖调蓄功能的变化，以及其它支流、湖泊对径流、泥沙及营养物的调蓄作用.

2) 水库下游的长距离冲刷、演变及河势变化规律，以及各主要河段的水位因河道冲刷、演变带来的相应变化.

3) 输沙过程的时空分布变化、泥沙级配的变化，以及引起的河道冲淤、营养物输送变化.

4) 潮汐河口水流、泥沙运动的动力学机制.

致谢 本文研究工作得到力学所李家春研究员的指导，长江科学院殷瑞兰教授给作者提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢!

参 考 文 献

1 方子云. 三峡大坝建成后会大大改善中下游河道年内的水量分配——略论三峡水库的调节作用. 长江水资源保护简报，1980 (26)

2 方子云，王超俊，袁弘任. 论三峡工程对水库上游、江汉平原洪、涝、渍及长江河口生态环境的影响. 环境科学与技术，1986 (3)

3 许正甫. 三峡水利枢纽对四湖地区排涝的作用. 人民长江，1986 (4)

4 陈定安，操文颖. 三峡工程对长江中游平原湖区排涝排渍影响. 长江三峡 工程生态与环境影响文集，北京: 水利电力出版社，1988

5 钱 宁，张 仁，陈稚聪. 长江三峡枢纽工程的几个泥沙问题. 长江三峡工程 生态与环境影响文集，北京: 水利电力出版社，1988

6 长江水资源保护局上海站，长江水资源保护科研所. 三峡工程不同蓄水位对河口生态环境的影响. 长江三峡工程生态与环境影响文集，北京: 水利电力出版社，1988

7 蒋固政. 长江三峡水利枢纽与河口及近海鱼场关系初探. 长江水资源保护，1986 (5)

8 曹欣中，于洪华. 长江三峡工程水库流量调节对东海环境影响的初步探讨. 长江三峡工程生态与环境影响文集. 北京: 水利电力出版社，1988

9 长江流域规划办公室规划处. 三峡工程的防洪作用与生态环境效益. 长江三峡工程生态与环境影响文集. 北京: 水利电力出版社，1988

10 宁祥葆. 长江三峡工程对河口水文情况和水域环境的影响. 长江三峡工程生态与环境影响文集. 北京: 水利电力出版社，1988

11 王超俊，洪一平. 三峡工程对生态环境影响综合评价. 长江三峡工程生态 与环境影响文集. 北京: 水利电力出版社，1988

12 长江水资源保护局. 长江三峡水利枢纽环境影响报告书. 长江三峡工程生 态与环境影响文集. 北京: 水利电力出版社，1988

STUDIES ON THE INFLUENCE OF THE THREE GORGES PROJECT ON THE DOWNSTREAM AND ESTURIAL ENVIRONMENT IN YANGTZE RIVER

LIU Qingquan

(Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract This paper summarized the essential variation of the dynamic factors of the downstream flow and sediment caused by the construction of the ThreeGorges Project, and its main influence

(下转第 25 页)

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net