

给三峡工程泥沙以出路 ——再论三峡工程的优化

Outlet for Reservoir Silting of Three Gorges Project

杨力行/YANG Li-xing

新疆农业大学, 乌鲁木齐 830052

Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China

[摘要] 分析了三峡工程水库泥沙淤积的 2 大隐患: 重庆河段洪灾升级; 河口三角洲蚀退。提出了 2 种新的技术对策: 坝区垂直与水平管道高浓度排沙; 重庆河段埋管压力渗透液化启动泥沙。

[关键词] 三峡工程, 水库淤积, 高浓度排沙, 渗透液化启动泥沙

[中图分类号] TV, TV145

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)01-0065-02

Abstract: The paper analyzed hidden danger of reservoir silting of the Three Gorges Project: upgrading of flood damage at the river reach of Chongqing; the river delta erosion. And suggested the new strategies: desilting at high concentration in vertical and horizontal pipes at the dam area; the silt liquefaction starting of buried seep penstock at the river reach of Chongqing.

Key Words: Three Gorges Project, reservoir silting, desilting at high concentration, silt liquefaction starting of seep

CLC Numbers: TV, TV145

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)01-0065-02

河流泥沙是一把双刃剑, 没有黄河的泥沙哪有丰饶的华北大平原! 没有长江的泥沙哪有长江金三角洲! 淤积的泥沙在恰当的地方就是资源。但是, 泥沙淤积在不该淤积的地方就是灾难: 黄河的悬河居高不下; 三门峡水库淤积加重了潼关上游渭河的洪灾, 等等。所以, 要实现人与自然和谐相处, 不仅要给洪水以出路, 更重要的是还要给泥沙以出路。笔者曾在《三峡工程的优化》一文中, 初步提及过三峡泥沙的出路问题^[1]。本文将就三峡工程泥沙的隐患分析和防治构思 2 个方面作进一步的探讨。

水是地球一切生命及生态系统 (包括人类) 的载体, 河流是大自然中水的杰作。水把高原切割成高山、峡谷、丘陵等形成锦绣山川, 把切割的泥沙淤积成富饶的平原和三角洲。所以, 只有河流安全才能保证生态系统的安全。优秀的水利工程如都江堰能够数千年造福于人类, 是因为她给了泥沙以科学的出路, 是生态安全型水利工程, 令世人赞叹; 而不及格的水利工程如三门峡水库, 由于库尾潼关河床的淤积抬高, 没有给泥沙以科学的出路, 造成上游渭河流域洪灾加重。三峡工程将来是否会重蹈三门峡工程的覆辙, 确实令人担忧。

1 三峡工程泥沙的隐患分析

三峡工程在立项审批时, 大家都把注

意力集中在泥沙淤积是否会缩短三峡水库的寿命、重庆港是否会被泥沙淤积成死港方面, 而很少提及泥沙淤积或冲刷对上下游河道及河口的不利影响和洪灾升级的隐患。

水利部汪恕诚部长尖锐地指出: 目前讨论大坝与生态问题的文章, 很少提及大坝对泥沙和河道的影响, 事实上, 泥沙对于河势、河床、河口和整个河道的影响, 从生态角度讲, 是修建大坝产生的最根本的影响。在河流上建坝, 阻断了天然河道, 导致河流的流态发生变化, 进而引发整条河流上下游和河口的水文特征发生改变, 这才是建坝带来的最大生态问题, 也是最令人担忧的问题。比如三门峡水利枢纽, 就是因为建坝改变了河流的流态, 导致大坝上游河道泥沙淤积。三峡工程建成运用后, 对下游河道、江湖以及入海口的影响, 值得引起高度关注^[2]。

1.1 三峡工程泥沙对库尾将可能带来的隐患分析

根据《长江水利枢纽工程泥沙研究》^[3]的数模数据, 在仅仅考虑悬移质泥沙淤积前提下, 上游不建水库时, 水库运用 50 年后重庆寸滩站百年一遇洪水水位 196.52 m, 将超过 1870 年特大历史洪水水位 196.15 m (重现期 849 年)^[4]; 运用 100 年后百年一遇洪水水位将高达 199.23 m, 高出 3 m 多, 甚至

20 年一遇的洪水水位 196.34 m 也将超过历史特大值。换言之, 百年一遇洪水就可能致重庆遭遇近千年一遇的洪灾。即使上游建库, 运用 100 年后百年一遇洪水仍然可能导致 197.46 m 洪水水位, 超过 1870 年水位 1.31 m。重庆河段天然比降与渭河下游相近, 即使上述数模水位数据正确无疑, 工程给重庆带来的仍然是小洪水导致大洪灾、大洪水导致特大洪灾的洪灾升级结局, 和三门峡水库导致渭河下游洪灾升级在原理上没有实质性区别; 若加上考虑推移质泥沙的淤积, 洪灾的升级将更是雪上加霜。

关于推移质淤积, 南京水利科学研究院陆长石等人研究^[5]的物理模型试验和数模数据表明, 三峡水库运用后, 粒径大于 10 mm 的卵石和小于 0.01 mm 的极细颗粒的泥沙都参与了变动回水区河床的淤积过程, 其中卵石和粗沙主要淤积在重庆河段的上段, 只有约 3% 的卵石和粗沙通过了铜锣峡 (重庆城区河段出口); 若上游金沙江兴建向家坝水库水电站, 蓄水拦沙 30 年, 坝下河段冲刷的卵石和粗沙为 5.598 亿 t, 且绝大多数将堆积在重庆河段上段。所以, 文献^[3]在不考虑推移质泥沙淤积前提下所计算出的数模洪水水位数据, 无疑是偏低的, 三峡工程泥沙淤积对库尾将可能带来重大隐患。这种因为工程泥沙淤积所导致的洪灾升级, 属于工程洪灾或人为洪灾。

收稿日期: 2005-06-28

作者简介: 杨力行, 男, 乌鲁木齐市南昌路 42 号新疆农业大学水利学院, 教授, 主要研究方向为工程水文、水利水能规划以及投影寻踪统计推断和预测; E-mail: ylx1109@163.com

1.2 三峡工程泥沙对下游将可能带来的隐患分析

我国的河口海岸正面临着生态环境的严峻挑战^[6]：入海泥沙大量减少，三角洲海岸淤涨减缓，甚至由淤涨型转化为侵蚀型。而全球性海平面上升，又导致低海岸淹没。这一减一升带来的自然灾害，在长江口也不例外。大通水文站实测泥沙资料表明，20世纪50-80年代的平均年输沙量为4.68亿t，而90年代锐减为3.52亿t，减少了约1/4，而且是在90年代的径流量反而高于以前各个年代的前提下出现的。三峡工程还没蓄水拦沙时，就已经提前低于了设计值的3.6亿t^[4]。因而，水下三角洲的淤积速度减缓了，局部出现了冲刷现象，同时，进入长江口北支的泥沙也减少了。无疑，随着三峡工程蓄水位的逐步分级抬高直到175m，随着长江上游水土保持工程的日益显效，入海泥沙还将进一步减少。

据国家海洋信息中心的观测、分析和预测，在全球性海平面上升的背景下，长江三角洲地区因为地面沉降的速率高于其它地区，上海沿岸海平面到2030年将上升41~60cm，到2050年将上升63~94cm^[7]。

海平面每上升1cm，海岸线将后退4.5~16m，长江三角洲面临侵蚀后退的危机；若入海泥沙锐减，无疑将更是雪上加霜。具有最丰富生态资源的长江口九段沙河口湿地这一长江口原生态“聚宝盆”，将濒临消失，导致河口生态的破坏和海岸侵蚀的灾难。

原三峡工程设计的排沙方案，是待50年后水库泥沙淤积面达到电站进水口底板110m高程、水库淤积量达到128.9亿m³并且占百年淤积量的77.4%后才开始排沙。这一方案必然破坏下游河床泥沙的自然平衡，使入海泥沙锐减导致河口生态破坏，其隐患将是触目惊心的。罗秉征等在文献[8]中仅对长江河口冲淤的年内变化数据用多元线性回归作出了预测：高程变化多数在10cm以下，在测量误差范围之内；但并没有作出河口冲淤变化的长期预测。

三峡工程泥沙淤积的2大隐患，虽然是数十年后的事情，但是到那时再研究解决就晚了，而且到那时也无法追究责任。

2 给泥沙以出路——防治三峡工程泥沙隐患的构思

2.1 坝区泥沙的出路

笔者曾在文献[1]中提出过用射流液化制浆加自然力的浆体管道排沙方法，它是适用于从保留的1~2孔导流底孔进行排沙的方式，而且该方法的实施，对坝前上游施工围堰的拆除及剩余石碴清理的要求较低。所用的浆体含沙量800kg/m³左右，相应的每1t泥沙的排沙耗水率仅为1.25m³/t。

若导流底孔全部封堵，要保持原河床侵蚀基面，则可按照自压层移流管道输沙原理，通过在70m高程上的排沙底孔进

行更低耗水率的排沙，利用垂直管道层移输沙方式，以达到保持坝前原河床底侵蚀基面的目的。它适用于导流底孔封堵、上游施工围堰拆除和清理较干净（或者至少原中泓河床输沙通道被清理干净）的坝区情形。

早在20世纪70年代，班丁及史特里特就已经进行过成功的全管泥沙以层移形式运动的阻力试验^[9]。人们开始认识到即使都是粗颗粒泥沙，也可以在相当低的流速下维持高浓度运动。班丁及史特里特的试验结果为：当流速在0.04~1m/s范围内，0.4mm平均粒径的玻璃碎屑在直径27mm垂直管道中向上运动的水力坡度均接近于1.0的常数，排沙体积比浓度可以达到0.59%，变幅为57%~64%，含量高达1425~1600kg/m³。

笔者用0.05mm中值粒径的河沙，在直径3.5mm自压垂直管道模拟向上运动，测得的水力坡度约为2.0左右，即若管道出口上有20m水头，管道垂直排沙的深度可以达到10m。三峡大坝排沙底孔高程70m，到初期汛限水位135m，具有65m水头，垂直管道层移排沙高差可以达到30m以上，而坝前原河床50m的高程到排沙底孔只有20m高差，自压层移垂直排沙的能力显然是绰绰有余。

关键是解决坝前泥沙淤积物的液化问题。笔者试验时在垂直输沙管道进口下方设置了一段自压渗透液化管并联通水库表层水体，利用垂直输沙管道进口处压力小于管道外压力，使水库表层水在自压下从渗透管道渗出，实现管道进口区泥沙淤积体的自压液化，为垂直层移输沙管道提供持续不断的高浓度泥沙浆体流。用河沙作试验的自压垂直管道排沙的含沙量可以达到1400kg/m³左右，调节自压液化用水量即可以灵活控制排沙浓度。排沙耗水率仅为0.35m³/t，其效率是靠水流拖曳力起动泥沙冲沙的数十倍。该自压层移流排沙装置已经申请国家专利。

以上2种方法，都可以为水库坝区常年持续排沙找到出路，可以用极低的排沙耗水率，保持坝区原河床侵蚀基面、保持坝下游河床泥沙的平衡和入海泥沙的正常输沙量，可以消除三峡工程泥沙导致的河口生态破坏的隐患。

2.2 库尾泥沙的出路

笔者通过模型试验，发现用埋管加压渗透方法，可以从泥沙淤积物底自下而上产生线源帷幕式液化，达到起动淤积泥沙、阻断淤积的作用。其效率是自然的水流拖曳力起动泥沙冲沙方式的数十倍，是解决库尾泥沙淤积问题、保持原河床侵蚀基面的高效率排沙的新方法。

根据渗流力学原理，当渗透管道孔口出流水头的水柱高度超过渗管的埋深，管道上方泥沙淤积物便发生因底部渗透水压与泥沙浮重相平衡的失重液化现象。此时

泥沙的抗剪强度和内部摩擦阻力为零，极易被水流带走。若渗透管道按线源方式埋设，管道上方淤积泥沙就产生线源帷幕式液化，加上水流带走和两侧休止角上方泥沙的崩塌液化作用，最终将在管道上方形成顺管道线的三角形输沙横断面，达到阻断河床淤积的功能。该方法可以为三峡库尾泥沙提供安全的出路，也完全符合天津大学杨树清教授提出的“水流所含机械能总是向最近的边界传递并予耗散”的法则。根据排沙的强度要求，渗透压力和流量可以灵活组合。该埋管加压渗透的液化输沙装置已经申请国家专利。

3 结论

1) 三峡工程的2大泥沙隐患，只要排除浮躁心态、静心综合分析各方已有数据，就可以发现问题的严重性。这并非是危言耸听，值得决策者和设计者高度关注。

2) 三峡坝区泥沙出路，可以用射流液化制浆加自然力的浆体管道排沙方法；或者用自压高浓度层移流管道输沙方法来解决，其效率是水流拖曳力起动泥沙冲沙的数十倍。

3) 三峡库尾泥沙出路，可以用埋管加压渗透的失重液化输沙方法来解决，其效率是水流拖曳力起动泥沙冲沙的数十倍。利用该技术的阻断河床淤积的功能，在加大渗管埋深后，还可以用于黄河悬河的降槽导溜和阻断游荡、河口拦门沙的清淤、水库清淤、航道清淤等工程领域。

4) 只有给泥沙以出路，才可能解决三峡工程泥沙的隐患，才可能解决大坝与广义生态安全的矛盾，也才能实现人与自然的和谐相处。

参考文献 (References)

- [1] 杨力行. 三峡工程的优化[J]. 科技导报, 2004(2): 6-8.
- [2] 汪恕诚. 资源水利——人与自然和谐相处(修订版)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005: 229-243.
- [3] 潘庆棠. 长江水利枢纽工程泥沙研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [4] 陶景良. 长江三峡工程100问[M]. 北京: 中国三峡出版社, 2002.
- [5] 陆长石, 狄志浩, 余明富, 等. 三峡工程变动回水区泥沙淤积的改善对策[R]. 南京水利科学研究院, 1997.
- [6] 陈吉余, 陈沈良. 长江口环境变化与对策. 中国江河河口研究及治理、开发问题研讨会文集[C]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003: 123-132.
- [7] 张锦文, 王喜亭, 王惠. 未来中国沿海海平面上升趋势估计[J]. 测绘通报, 2001(4): 4-5.
- [8] 罗秉征, 沈焕庭, 等. 三峡工程与河口生态环境[M]. 北京: 科学出版社, 1994: 70-106.
- [9] 钱宁, 万兆惠. 泥沙运动力学[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 634-636.

(责任编辑 王宏章)