

文章编号:1001-4179(2011)23-0010-04

三峡水库变动回水区航道与港口治理对策研究

尹维清,戴昌军,钱俊

(长江勘测规划设计研究院 规划处,湖北 武汉 430010)

摘要:受三峡水库蓄水影响,变动回水区河段泥沙呈累积性淤积趋势,致使局部河段出现碍航问题。结合数学模型分析了新的水沙系列下变动回水区河段河道演变趋势及其对航道及港口的影响。结果表明,一般年份变动回水区航道及港口条件较好,仅在不利水文年,局部河段可能出现不同程度的碍航问题。按照航道及港口治理目标及标准,针对重点碍航河段,研究了相应航道及港口治理的工程和非工程治理措施,经综合分析,建议变动回水区碍航问题的解决应以工程治理措施(包括疏浚和整治)为主,在有条件时,可采取水库调度措施予以解决。

关键词:变动回水区; 航道与港口治理; 对策研究; 三峡水库

中图法分类号: TV882.2 **文献标志码:** A

三峡工程建成后,由于水库变动回水区河段未能完全渠化,枯水年份水位消落后处于天然情况,局部河段航道和港口可能存在不同程度的碍航。

在三峡工程可行性研究期间,通过长江葛洲坝水库和汉江丹江口水库变动回水区航道的观测研究以及国内18座已建水库的实地调查,对枢纽兴建后水库变动回水区的航道港口问题,取得了规律性的宏观认识。同时还采用泥沙数学模型计算与实体模型试验相结合的研究途径,先后建造了9座泥沙模型,详细研究了正常蓄水150~180 m各方案变动回水区兰竹坝、丝瓜碛、青岩子、洛碛-长寿、铜锣峡和重庆6个河段的泥沙冲淤演变和航道变化情况^[1-2]。三峡枢纽初步设计阶段,重点研究了三峡工程175~145~155 m方案下,泥沙冲淤对库区和下游河段的航运影响以及相关治理措施^[3]。在三峡工程建设过程中,三峡工程泥沙专家组以及一些高校和科研单位也开展了大量的研究工作,取得了丰富的研究成果^[4-5]。以往的变动回水区航运问题研究大多以1961~1970年水沙系列(年输沙量51 100万t)为基础开展数学模型计算和实体模型试验研究工作,研究重点多为原型观测分析、航道影响分析、单滩整治工程方案、水库优化调度对泥沙淤积影

响的某一个方面。

近年来,由于上游来水来沙条件的变化(1991~2000年水沙系列年输沙量约37 800万t)、库区航运需求的增加、三峡工程蓄水运用进程加快等原因,变动回水区河段出现了不同于初步设计阶段预计的新情况。本研究系统分析了新的水沙条件下,三峡水库175 m蓄水运行初期对变动回水区河段航运的影响,针对可能存在的航运问题,结合以往整治工程方案,研究提出相应的工程治理措施并在模型试验中验证,对水库调度措施可能的作用与存在的制约因素进行了分析,提出综合治理对策和实施意见。

1 变动回水区河段河道演变特性

1.1 河道概况

变动回水区航运研究范围上起重庆九龙坡港区,下至于涪陵附近的剪刀峡,长约124 km。该河段位于川江中段,为峡谷、丘陵和阶地间杂地貌,河床稳定,以基岩为主,河道平面形态复杂、礁石密布,河床底部高低起伏较大、深槽与浅滩交替出现。宽阔河段江面开阔,岸坡缓坦,水道弯曲,江心常有石岛,岸边则多碛坝;峡谷河段江面狭窄,谷坡陡峭,两岸山峰矗立。一

收稿日期:2011-10-10

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目(2008BAB29B08);水利部公益性行业专项经费项目(200801035)

作者简介:尹维清,男,高级工程师,主要从事水利水电工程规划设计与航运规划工作。E-mail:yinweiqing@cjwsjy.com.cn

般河段枯水期平均流速 1~3 m/s,急流河段表面流速可达到 4 m/s 以上。河段内有九龙滩、铜元局、金沙碛、野土地、水葬、大箭滩、上洛碛、下洛碛、王家滩、金川碛、牛屎碛等滩险。

1.2 近期水沙条件

长江上游径流主要来自金沙江、岷江、沱江、嘉陵江和乌江等河流,而悬移质泥沙主要来源于金沙江和嘉陵江。受水利工程拦沙、降雨时空分布变化、水土保持、河道采砂等因素的综合影响,与 1990 年前相比,1991 年以来长江上游水量变化不大,但输沙量减小明显(如图 1 所示)。以寸滩站和武隆站作为三峡入库站分析,1991~2002 年,三峡入库年均径流量和输沙量较 1990 年之前分别减少 2.9% 和 27.2%。三峡工程蓄水运行后,2003~2009 年三峡入库年均径流量和输沙量较 1991~2002 年之间分别减少 4.7% 和 43.9%,较 1990 年之前分别减少 7.4% 和 59.1%。经分析,金沙江来沙量变化不大,岷江、沱江、嘉陵江、乌江来沙量大幅减少。

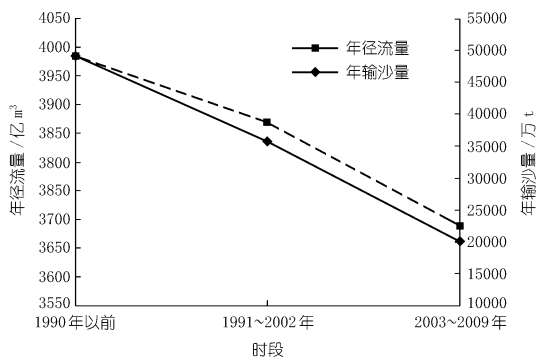


图 1 三峡水库入库水沙变化统计

1.3 近期河床演变规律

变动回水区河段年内基本遵循“汛淤枯冲”的一般规律,即汛期主流趋走滩面,两岸形成回流或缓流,主槽大量淤积,枯水期因边滩阻流作用的增大和峡口阻流作用的减小,主流归槽,流速加大,主槽冲刷。三峡水库高水位运行后,变动回水区河段受汛后壅水作用影响,某些年份汛末未能冲完的泥沙移至次年水库消落期冲刷,该时期冲刷强度较小,淤沙仍得不到足够的冲刷,从而改变了天然情况下年内冲淤基本平衡的自然规律。

根据原型观测分析,变动回水区河段多年来冲淤基本平衡,略呈冲刷态势,重庆主城区 1980~2006 年总冲刷量为 1 709 万 m³,铜锣峡至李渡河段 1997~2006 年累计冲刷量为 4 072 万 m³,冲刷主要表现在主槽。随着三峡水库蓄水位的逐步上升,由于汛后壅水

作用,改变了天然情况下年内冲淤基本平衡的自然规律,变动回水区河段泥沙产生累积性淤积,且淤积范围逐步向上游延伸,2006 年 10 月至 2010 年 11 月,铜锣峡至李渡河段累计淤积了 2 835 万 m³;重庆主城区河段淤积量为 420.1 万 m³,泥沙主要淤积部位为宽谷段和回水沱区。近年的观测成果表明,三峡水库蓄水运行后,变动回水区河段发生一定累积性淤积,但在先后实施“7250”工程、铜锣峡至涪陵河段炸礁工程、铜锣峡至娄溪沟河段炸礁工程后,变动回水区航运条件较建库前均有较大改善,泥沙冲淤及河势变化尚未对航运造成明显不利影响。

2 变动回水区航道及港口影响分析

2.1 水库蓄水 175 m 后河床演变趋势

由于近年来长江上游来沙大幅减少,根据泥沙专家建议,本研究采用 1991~2000 年水沙系列作为研究基础。按长江科学院数学模型计算成果分析^[5],1991~2000 年水沙系列主要淤积位置与以往研究基本一致,主要研究结论有:① 90 系列计算泥沙淤积量减少较多,水库蓄水至 2032 年,90 系列干流库区泥沙淤积量较 60 系列减少约 40%,变动回水区泥沙淤积量减少约 3.5 亿 m³。② 上游建库拦沙作用明显,考虑上游未来建库后的拦沙作用,与不考虑上游建库方案相比,干流库区泥沙淤积量又减少约 45.0%,变动回水区泥沙淤积量减少约 1.8 亿 m³。③ 主要淤积位置为九堆子、铜元局、鹅公岩大桥长江左岸、珊瑚坝、金沙碛嘉陵江右岸、江北嘴、寸滩河段长江右岸、唐家沱、南坪坝尾缓流区、茅树碛边滩、沙湾、麻雀堆和燕尾碛等。

原型观测成果分析表明,2003 年 6 月至 2009 年 12 月,三峡入库悬移质泥沙 13.513 亿 t,出库(黄陵庙站)悬移质泥沙 3.1 亿 t。不考虑三峡库区区间来沙,三峡库区至 2009 年底淤积量为 9.727 亿 t,本次计算结果(11.143 亿 m³)偏于安全。

2.2 航道及港口影响分析

三峡水库按正常蓄水位(175~145~155 m)运用后,随着坝前水位在 145~175 m 之间变动,变动回水区通航水深也随之变化。涪陵以下库区水位全面抬高,峡谷段滩险减弱、碍航礁石被淹没,库区通航条件得到根本改善,全年可通航万吨级船队。涪陵以上变动回水区河段,最低通航水位相对蓄水前的天然通航设计水位分别抬高 11.5~0.3 m。重庆长江航道平均水深由建库前的 2.2 m 提高到 3.5~4.0 m,极大地改善了变动回水区的通航条件。

根据模型试验结果分析,从航宽、水深、流速流态

等方面综合考虑,三峡水库 175 m 蓄水运行 20 a 内,一般年份,九龙坡—三峡坝址河段能够满足万吨级船队航运需要,仅在不利水文年汛期、汛末或水位消落后期,局部河段如九龙坡、金沙碛、青岩子等河段可能出现不同程度的碍航问题。

3 航道及港口治理对策研究

3.1 治理目标及标准

根据《三峡工程初步设计报告》,三峡水库蓄水后,重庆九龙坡至城陵矶长江干流河段为 I 级航道标准,九龙坡港以下将通过万吨级船队。按 1 000 ~ 3 000 t 驳船组成的万吨级船队,船队上行允许的水文标准见表 1。

表 1 船队上行允许的水文标准

万吨级船队 (6000 t)		中型船队 (4500 t)		小型船队 (3000 t)	
比降/ ‰	流速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	比降/ ‰	流速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	比降/ ‰	流速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
0.05	2.6	0.5	3.5	0.5	3.7
0.10	2.5	1.0	3.1	1.0	3.4
0.20	2.3	1.5	2.6	1.5	3.0
0.30	2.1	2.0	2.1	2.0	2.6

3.2 整治工程措施

据分析,变动回水区主要问题是局部河段的泥沙淤积可能产生的碍航,同时库区还有一些碍航礁石,威胁船舶航行安全。针对变动回水区碍航礁石,可按规划航道标准,在已实施工程基础上继续实施炸礁工程。对于局部河段可能出现的航道及港口碍航问题,本研究以 1991 ~ 2000 年水沙系列为基础,结合模型试验研究了重点河段航道及港口整治方案^[5-6],分述如下:

(1) 九龙坡河段。左岸岸线凹进段形成大片回流,港区前沿三角碛至滩子口一带泥沙淤积(见图 2),港区前沿水深可能不足。以往研究主要整治思想是在九龙坡港区修筑顺坝,辅以在对岸筑挑流丁坝,该方案具有一定的整治效果,但港区前沿流速较大,且工程量大、投资多并影响港区作业时间较长。本研究提出将九龙坡码头前沿外推出以减少港区淤积,九堆子上部修建鱼嘴、鱼嘴下游左侧至白鹤梁修建顺坝、九堆子尾部右槽修建潜坝、白鹤梁右汊处挖槽以在枯水期束流归槽、洪水期分流,并开挖三角碛、鸡心碛以改善流态。模型试验表明,该方案工程效果较好,能够压缩回流、增加航道流速,可明显减少泥沙淤积量,港区前沿已不存在成片淤积体。

(2) 金沙碛河段。汛期主流线左移至碛坝上,右槽范围形成大片回流,产生悬移质泥沙落淤(见图 3),如遇嘉陵江来沙较大年份,汛末右岸港区和航道水深

可能不足,如两江都出现来沙量较大的情况时,次年消落期末可能产生碍航。本研究整治方案延用了以往整治思想,在金沙碛修建丁顺坝,以束窄过水断面,加大港前流速冲沙,模型试验表明,该方案对回流均有不同程度的压缩,对右侧航道治理效果明显,但两江汇流口口门仍有一定淤积,如遇不利年份还需要配合航道疏浚措施。

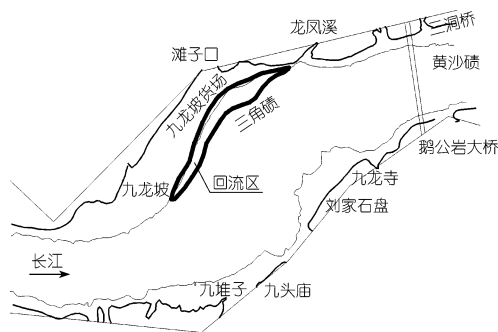


图 2 九龙坡河段河势示意

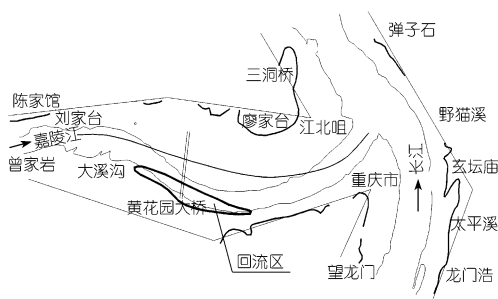


图 3 金沙碛河段河势示意

(3) 青岩子河段。金川碛右汊呈单向淤积形态(见图 4),边滩及主槽逐渐淤高,麻雀堆淤积下延,主槽流速大、流态紊乱、航宽可能不足。以往研究提出开辟左槽和右槽维护两种方案。2004 年,西南水运工程科学研究所研究认为,青岩子在三峡运用初期将不会出现倒槽,开辟左槽方案工程投资以及施工难度均较大,有可能引起上游水位下降。本研究整治思路以右槽维护方案为基础,提出在金川碛左汊修建锁坝,金川碛右汊上部修建丁坝挑流,同时开挖金川碛。长江科学院二维数学模型试验表明,该方案主槽流速、比降有减小趋势,增加右汊分流比较多,减少泥沙淤积,效果明显。

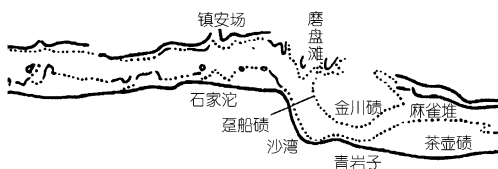


图 4 青岩子河段河势示意

3.3 水库调度措施

根据上述分析,变动回水区可能碍航的时段主要为水位消落后期 4~6 月初以及汛后 9 月末至 10 月初。这两个时段受水库调度运行方式影响较大,前者是汛前降低水位以腾空防洪库容,后者是汛后抬高水位以满足兴利需要。

在水库蓄水期,三峡工程初步设计拟定汛后 10 月蓄水至 175 m。根据国务院批准的优化调度方案,为缓解汛后蓄水对下游用水的影响,采取在 9 月中旬开始汛末蓄水的方式。研究表明,提前蓄水方案使三峡水库蓄满保证率提高,但减少了汛后的正常走沙期,库区的泥沙淤积会有所增加;若要推迟蓄水,有利于汛后走沙,但水库蓄满保证率降低。从航运角度,为满足枯期下游航运流量补偿的需要,汛后三峡水库应尽可能蓄满,同时也要考虑蓄水方式对库尾泥沙淤积影响,因此,可采取“提前蓄水、延长蓄水过程的有控制蓄水方式”,即汛末从 9 月中下旬开展蓄水,但蓄水速度不宜过快,坝前水位应逐步上升,适当控制和延长蓄水时间,从而平衡蓄水期间变动回水区走沙和下游航运需求。

在水库消落期,初步设计要求三峡水库到次年 5 月须降至 155 m,若遇枯水年则 4 月就可能降至 155 m。近两年 175m 试验蓄水期间,由于下游来水较枯,三峡水库需对下游补水,库水位降至 155 m 的时间都有提前。2009 年由于三峡水库未蓄水到 175 m,加上补偿下游航运流量,库水位于 2010 年 3 月 27 日就降至 155 m 以下。从航运角度,适当延长水位消落时间,有利于改善库尾重庆河段航运条件,且主要表现在铜锣峡以下河段。因此,水库在消落期可适当放缓降水位的进程,尽可能维持高水位运行。在 5 月下旬至 6 月上旬,应在实时水文预报的基础上,尽可能适当延长水位消落时间,从而平衡防洪和航运的要求。

3.4 综合治理对策及意见

模型试验研究表明,变动回水区各河段推荐整治工程方案总体效果较好,均能有效地解决三峡水库 175 m 蓄水运行初期航道和港口碍航问题。而对于非工程措施如水库调度,由于涉及因素较多,防洪、发电、上游航运及下游航运之间协调难度大。

因来水来沙的不确定性和随机性,采用既定的水沙系列进行航运问题研究存在一定的局限性。考虑到未来航运发展形势变化、三峡水库及上游干支流水库建设进展与运用,来水来沙条件改变及库尾河段河势变化等诸多因素影响,变动回水区河段航运问题极其复杂。建议变动回水区碍航问题以工程治理措施为

主,根据泥沙淤积程度采取相应的治理措施。在预期泥沙淤积较少时,局部河段航道和港区可能存在不同程度的短期碍航情况,治理措施以疏浚维护为主;当预期累积性淤积较严重时,治理措施以整治工程为主,相机安排对九龙坡、金沙碛、青岩子等河段的航道和港口整治工程。在有条件时,可采取水库调度措施。

4 结语

未来一段时期的变动回水区河段的治理措施及其相应投资,在三峡工程后续工作规划中已有适当考虑和安排^[7],为更好地解决三峡工程蓄水运行可能出现的航运问题,建议开展以下研究工作。

(1) 对可能出现碍航问题的河段,加强水文泥沙长期观测,对重点河段地形和固定断面加强测量工作,同时,加强河床演变分析,重点研究重庆主城区流量大小与走沙数量的关系。

(2) 加强对上游水库拦沙作用以及水土保持措施对产沙影响的分析,预测三峡入库水沙条件变化趋势,为三峡水库调度运行和重点河段航道及港口治理提供依据。

(3) 根据实测碍航影响情况,进一步优化工程治理措施,开展设计研究工作。碍航问题较突出、对其研究较充分、方案实施较有把握的河段应先治理。

(4) 进一步加强三峡入库中长期洪水预报研究,并在协调好变动回水区与三峡坝下通航要求和航运与防洪、发电等关系的基础上,深入开展水库优化调度方案及措施的研究,包括长江干流各梯级枢纽统一调度的研究。

参考文献:

- [1] 水利电力部科学技术司. 三峡工程泥沙问题研究成果汇编(160~180 米蓄水位方案)[R]. 北京:水利电力部科学技术司,1988.
- [2] 航运专家组工作组. 三峡工程航运专题研究成果文集[M]. 北京:中国水利水电出版社,1988.
- [3] 张绪进,母德伟,赵世强. 三峡水库回水变动区重庆河段泥沙淤积影响及治理[J]. 重庆建筑大学学报,2006,28(5):13-17.
- [4] 李伯海,黄伦超,郝品正. 三峡水库变动回水区河床演变及航道整治[J]. 水道港口,2009,30(4):261-266.
- [5] 水利部长江水利委员会. 长江三峡水利枢纽初步设计报告(枢纽工程)[R]. 武汉:水利部长江水利委员会,1992.
- [6] 长江勘测规划设计研究有限责任公司. 三峡工程《变动回水区航道及港口整治》(含坝下游河道下切影响及对策)第二阶段研究报告[R]. 武汉:长江勘测规划设计研究有限责任公司,2011.
- [7] 长江勘测规划设计研究有限责任公司. 三峡后续工作总体规划[R]. 武汉:长江勘测规划设计研究有限责任公司,2010.

(编辑:李慧)