



三峡水库常年回水区和尚滩 汛期航道条件变化分析*

刘勇, 王涛, 解中柱

(长江重庆航运工程勘察设计院, 重庆 401147)

摘要: 收集三峡水库常年回水区洪水急流滩——和尚滩大量的实测地形、水文及过往船舶航行资料, 建立了数学模型, 分析汛期的航道条件变化, 并得到和尚滩的船舶自航上滩临界流量条件。结果表明: 175 m 试验性蓄水后, 和尚滩航道条件有所改善, 流速、比降减缓, 水深、航宽增加, 万吨级船队及3 000吨船舶自航上滩临界流量有所提升, 航运效益明显提高。

关键词: 三峡水库; 洪水急流滩; 航道条件; 上滩流量

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)06-0081-004

Channel condition variation in flood season of Heshang rapids in perennial backwater area of the Three Gorges reservoir

LIU Yong, WANG Tao, XIE Zhong-zhu

(Changjiang Chongqing Harbour and Waterway Engineering Investigation and Design Institute, Chongqing 401147, China)

Abstract: This paper collects the data about measured terrain, hydrology and track line of ships of Heshang rapids in perennial backwater area of the Three Gorges reservoir, establishes the mathematical model, analyzes the channel condition variation in the flood season, and gains the critical discharge for ships ascending Heshang rapids. The results show that the channel condition of Heshang rapids in the flood season is improved, vertically-averaged flow and slop decreases, and water depth and width of navigation increases. The critical discharge for the 10 000DTW fleet and 3 000DTW ship increases, and the shipping efficiency in Three Gorges reservoir area is improved.

Key words: the Three Gorges reservoir; flood rapids; channel condition; critical discharge

三峡水库蓄水以后, 尤其是在三峡水库按照175 m蓄水以后, 在蓄水期, 三峡大坝至重庆河段水深大幅增加, 比降大大减小, 流速减缓, 河面变宽, 成为优良的库区航道, 航道条件得到大幅改善, 促进了三峡库区航运的飞速发展。但是, 在汛期按照145 m的低水位运行, 水库回水范围减小, 位于丰都至涪陵间的洪水急流滩河段如和尚滩等因洪水水流湍急而形成急滩碍航, 影响船舶通行, 已成为限制三峡水库航道整体通航能力提

升的瓶颈^[1]。

1 滩险概况及碍航成因

和尚滩位于乌江与长江交汇口下游约3.2 km, 距宜昌上游约532.8 km, 距坝址486.3 km, 处于三峡水库常年回水区末端, 是川江著名的洪水急流滩。该河段河道顺直, 河槽横断面呈窄深型(图1)。右岸有和尚滩石梁伸入江中, 左岸有群猪滩和郭家嘴石梁, 形成交错对峙状态。滩段上

收稿日期: 2012-11-07

*基金项目: 国家科技支撑计划项目(2011BAB09B01)

作者简介: 刘勇(1984—), 男, 硕士研究生, 助理工程师, 从事港航工程设计与研究工作。

游河道呈微弯形，江中有美女碛和小和尚石，河道偏南有许多礁石潜伏，北岸王八碛与砚台石间有暗浅相连，在砚台石与群猪滩之间有暗浅深入江中，南岸有恶狗堆与盘蛇子石梁。和尚滩上游

的苦竹沱内常年有回流，郭家嘴下游滩内也常年有回流。在1955—1956年、1969—1971年期间及“7250工程”1996年炸除了左岸和尚滩石嘴和右岸郭家嘴石梁，总工程量约22万m³。

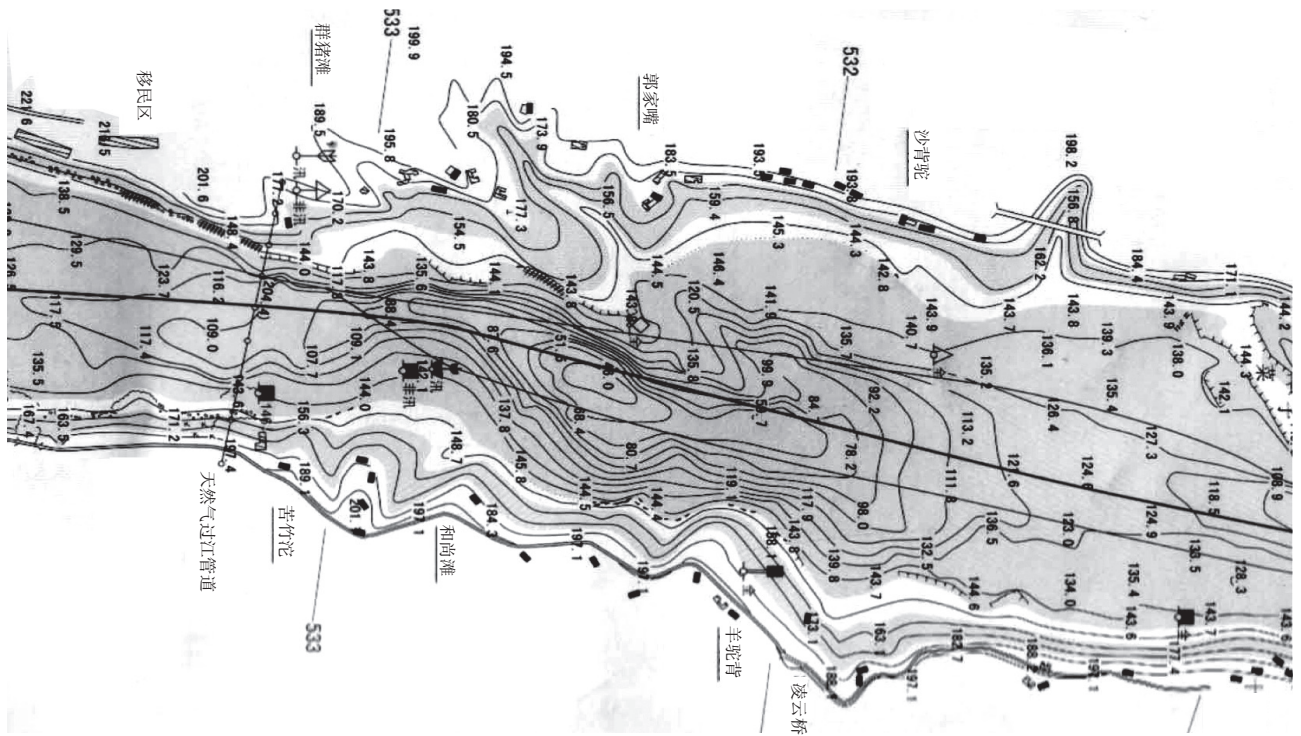


图1 和尚滩河段河势

和尚滩段河床形态极不规则，两岸石梁高大、凸出，尤其是右岸和尚滩的乱石嘴与左岸群猪滩及郭家嘴石梁交错对峙，阻束水流汛期成滩。三峡水库蓄水前该滩的成滩水位为145.8 m，最泓水位在151~154 m，到155.5 m以上，滩势逐渐减弱。当长江、乌江同时涨水时，滩势更加凶猛，水流湍急，泡漩汹涌，因郭家嘴石梁与和尚滩石梁的挑流使两嘴下均呈现较大回流沱及泡漩等不良流态，若船舶不慎，便有“打张”的危险。三峡工程建成后按175 m水位运行时，虽然该滩的航道条件得到较大程度改善，但汛期流量较大时仍然会出现碍航特征。和尚滩上下游河道较宽，在和尚滩段由于左右岸基岩突出致使河道骤然缩窄而成滩。但因其左右基岩并非对峙，而是右岸与左岸突嘴上下交错形成，因而属于突嘴型中的错口急流滩。

2 数学模型的建立

和尚滩河段计算区域为涪陵大桥上游至下游清溪场，全长约16 km。平面二维数模^[2-4]在计算域内共布置500×60个网格点，经正交计算后得到如图2所示的正交网格图，网格线的交角除岸边个别节点以外均为88°~92°，基本保持正交。正交曲线网格沿河流方向间距约32 m，沿河宽方向间距约为20 m。

二维数学模型对和尚滩实测瞬时水面线及流速、流向(2008年8月，流量Q=335 00 m³/s)进行了验证。

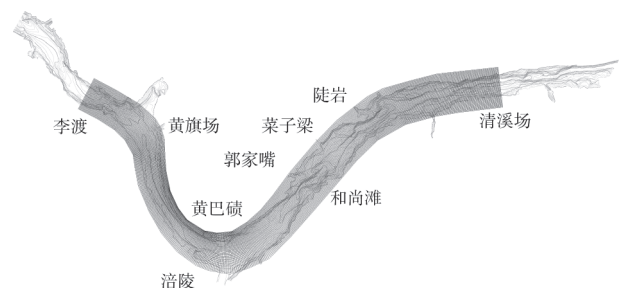


图2 和尚滩正交网格

3 航道条件变化

3.1 水位变化

三峡水库按175 m方案蓄水后,和尚滩河段水位较天然情况下有所抬高,尤其在蓄水期,水位最大抬高约38 m。在汛期,坝前水位按145 m运行时,水位有所抬高,但幅度不大(图3),清溪场流量15 100 m³/s时,和尚滩滩口水位为148.38 m,较天然情况下水位抬高3.56 m;清溪场量50 000 m³/s时,和尚滩滩口水位为160.85 m,较天然情况下仅抬高1.47 m。

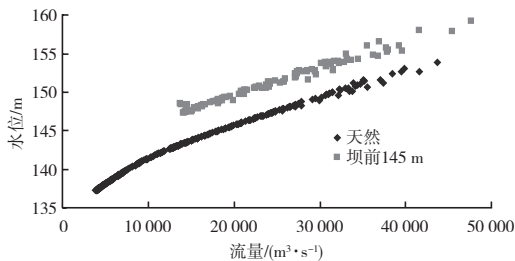


图3 三峡成库前后和尚滩水位流量关系

3.2 流速变化

数学模型计算对比了和尚滩河段滩面断面流速分布及最大流速变化情况。在汛期坝前145 m水位时,该河段洪水流速较天然情况有所减缓,断面流速分布亦更加趋于均匀化。从流量15 100 m³/s到50 000 m³/s时,和尚滩河段滩面最大流速变化情况对比来看,局部流速比天然情况减小最大可达0.68 m/s,滩面流速平均值最大减小约为0.31 m/s(图4)。且随着流量的增多,流速减小幅度越小,在流量为50 000 m³/s时,其断面上主流流速分布基本一致,最大减小幅度仅约0.25 m/s。

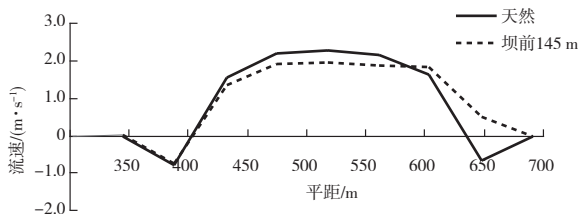


图4 和尚滩滩口4#断面流速分布变化

3.3 航道宽度变化

汛期,三峡水库按坝前水位145 m运行,和尚滩河段航道的河宽有所增加,且随着流量的增大,增幅逐渐减小。二维数学模型比较了流量

15 100 m³/s到50 000 m³/s时,和尚滩河段河宽的变化情况。与天然情况相比较,清溪场流量在15 100 m³/s时,和尚滩河段满足4.5 m航道水深的航宽平均变宽了33.4 m,局部最大处变宽了73.4 m(图5)。当流量超过35 000 m³/s时,航宽较天然情况下相差不大。

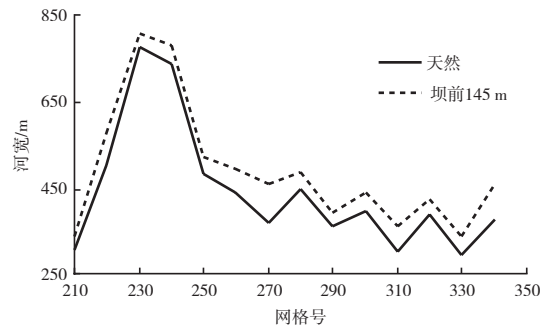


图5 满足4.5 m水深沿程河宽变化比较

4 船舶上滩能力分析

图6比较了三峡成库后汛期坝前145 m水位时和尚滩河段实测航迹线上最不利流速、比降组合的变化情况,在汛期坝前水位145 m时,航迹线上的流速比降组合较天然情况下有大幅改善。当流量为15 100 m³/s,流速减小了0.24 m/s,比降减缓了0.12‰;当流量为35 100 m³/s,流速减小了0.46 m/s,比降减缓了0.46‰;当流量达到50 000 m³/s,流速减小了0.15 m/s,比降减缓了0.47‰。

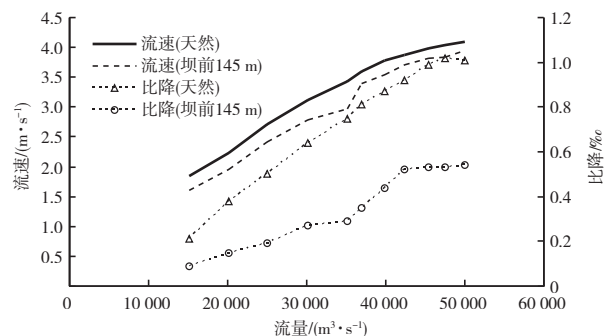


图6 航线上最不利流速、比降组合沿程变化比较

1) 对万吨级船队(1 654 kW、2 339 kW推轮配合1 000~3 000 t驳船组成的万吨级船队),其自航上滩水力指标见表1。在天然情况下,清溪场流量15 100 m³/s,航线上最大流速比降组合为1.85 m/s × 0.21‰,可满足自航上滩;而当流量为20 100 m³/s,航线上最大流速、比降组合为

2.24 m/s × 0.38‰, 不满足自航上滩指标。坝前145 m蓄水时, 清溪场流量在20 100 m³/s, 航线上最大流速比降组合为1.95 m/s × 0.15‰, 可自航上滩; 流量为25 000 m³/s, 航线上最大流速比降为2.41 m/s × 0.19‰, 不满足自航上滩。

表1 万吨级船队自航上滩的水力指标

比降/‰	流速/(m·s ⁻¹)
0.1	2.5
0.2	2.3
0.3	2.1

2) 对3 000吨级单船, 其自航上滩水力指标见参考文献^[5-6]。在天然情况下, 清溪场流量20 100 m³/s以下时可自航上滩; 而坝前145 m蓄水时, 清溪场流量在35 100 m³/s以下时可自航上滩。

2008年8月, 三峡816在清溪场流量为31 100 m³/s成功自航上滩, 可见汛期三峡大坝按145 m方案蓄水时, 对和尚滩航道的船舶自航上滩能力有一定程度的改善。

表2 船舶上滩能力比较

船型	天然	坝前145 m
万吨级船队	Q ≤ 15 100 m ³ /s可自航上滩	Q ≤ 20 100 m ³ /s可自航上滩
3000吨级	Q ≤ 20 100 m ³ /s可自航上滩	Q ≤ 35 100 m ³ /s可自航上滩

5 结语

通过数值模拟及实测资料分析等手段, 分析了三峡成库后常年回水区末端和尚滩的航道条件变化情况以及上滩能力。在汛期, 三峡水库坝前水

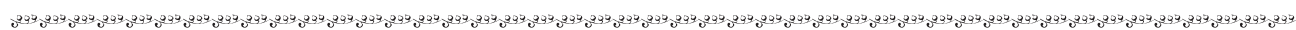
位为145 m, 和尚滩河段水位抬高了1.47 ~ 3.56 m, 流速减小0.68 m/s, 满足4.5 m水深的航宽变宽了33.4 m, 航道维护尺度从2.9 m × 60 m (水深 × 航宽, 下同) 变为了4.5 m × 150 m, 航道尺度大大提高。万吨级船队自航上滩流量由15 100 m³/s提升至20 100 m³/s; 主流船型3 000吨级船舶自航上滩流量由20 100 m³/s提升至35 100 m³/s。三峡水库带来的航运效益明显提升。

虽然三峡蓄水后和尚滩的航道条件有较大改善, 但汛期水流条件仍较为紊乱, 难以施行分边航行, 严重制约了三峡航运效益的发展。需进行系统整治, 提高汛期的通过能力。

参考文献:

- [1] 长江重庆航运工程勘察设计院. 三峡水库航道泥沙原型观测分析[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2008, 2009, 2010, 2011.
- [2] 刘勇, 夏文颖. 潼南县双坝村涪江中坝采砂方案数学模型[J]. 水运工程. 2009(8): 107-112.
- [3] 李艳红, 周华君, 时钟. 山区河流平面二维流场的数值模拟[J]. 水科学进展, 2003, 14(4): 424-429.
- [4] 余利仁. 正交贴体坐标系的生成[J]. 河海大学学报, 1988, 17(5): 78-85.
- [5] 张鹏, 胡江. 三峡库区急流滩代表船舶自航上滩水力指标研究[J]. 重庆交通大学学报, 2012(4): 143-146.
- [6] 胡江, 兰艳萍. 三峡水库蓄水后观音滩汛期航道条件变化分析[J]. 人民长江, 2012(4): 77-80.

(本文编辑 郭雪珍)



· 消 息 ·

质量最轻的集装箱岸桥开工

目前世界上质量最轻的集装箱岸桥, 近日在振华重开工建造。

该岸桥是振华重工为荷兰鹿特丹ECT码头“量身订制”的, 共建造5台。桥岸采用欧洲标准设计, 前身距72.5 m, 吊具下起重质量70 t, 整机质量仅有1 550 t, 是目前同等参数下世界上“最轻”的岸桥。用户对振华重工的设计方案和实力表示满意, 再次签订了6台该型桥的建造合同。

摘编自《交通建设报》