



# 常规急滩整治方法 在库区急滩治理中的局限性

王 玮<sup>1</sup>, 许光祥<sup>2</sup>

(1. 军事交通学院, 天津 300161; 2. 重庆交通大学, 重庆 400074)

**摘要:** 三峡-葛洲坝两坝间库区急滩多为峡谷型洪水急滩, 采用常规的扩大泄水断面等方法进行整治, 不仅工程量大, 废方多, 也难以达到理想的治理效果, 而且易引发滑坡等地质灾害。以三峡-葛洲坝两坝间水田角、喜滩两处急滩为例, 对库区峡谷型洪水急滩的滩性特点及运用急滩常规整治方法进行治理时存在的局限性进行分析研究。

**关键词:** 库区峡谷型洪水急滩; 急滩特性; 常规整治方法; 局限性

中图分类号: TV 133

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)03-0120-04

## Limitations of conventional rapids regulation methods in reservoir rapids' renovation

WANG Wei<sup>1</sup>, XU Guang-xiang<sup>2</sup>

(1. Military Transportation University, Tianjin 300161, China; 2. Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

**Abstract:** Most reservoir rapids between two dams of Three-Gorges and Gezhouba are canyon flood rapids. Adopting the conventional rapids regulation methods like enlarging the discharge area to renovate this rapids has many deficiencies, such as producing large quantities, being difficult to achieve better renovation effect and easy to cause localized landslip. Based on Shuitianjiao and Xitan rapids, we analyze the reservoir canyon flood rapids characteristics and limitations of conventional rapids regulation methods.

**Keywords:** reservoir canyon flood rapids; rapids characteristics; conventional rapids regulation method; limitation

三峡—葛洲坝两坝间河段属于葛洲坝水利枢纽的库区, 且在三峡工程 2003 年 6 月蓄水运行后, 枯水期受三峡大坝调节和葛洲坝反调节的影响, 水流较平缓, 流速、比降较小。但在汛期, 两坝间航道受葛洲坝坝前水位及峡谷河段河床地形的限制影响, 随着入库流量的增加, 河床过水断面增加有限, 河床纵横向起伏变化很大, 水流湍急, 流态紊乱, 呈现出天然河道特性<sup>[1]</sup>。加之汛期水库降低水位运行, 三峡大坝泄洪时两坝间一些狭窄河段水流不畅, 流速、比降急剧增大, 横流泡漩丛生, 流态极乱<sup>[2]</sup>, 为典型的库区峡谷型洪水急滩(图 1)。这严重恶化了该段的航行条件, 给万吨级船队的通航带来极大的困难。在长

江中、下游及库区航道等级和通航条件得到大幅度提升和改善的背景下, 两坝间的通航能力业已成为制约长江干线航运发展的瓶颈, 直接影响到三峡航运效益的发挥。

然而在实际整治工作中, 传统的常规急滩整治方法对两坝间急滩的整治效果并不明显。因此, 分析库区峡谷型洪水急滩的特点、研究常规整治方法治理该类型急滩时的局限性, 以为今后治理新思路新方法的提出提供理论支撑是十分必要的。本文以两坝间著名的洪水急流滩—水田角、喜滩为例研究分析了两坝间峡谷型洪水急流滩的滩性特性及常规整治方法的局限性。

收稿日期: 2015-08-01

作者简介: 王玮(1989—), 男, 硕士, 助教, 从事水利水电及航道整治等方面教学和研究工作。

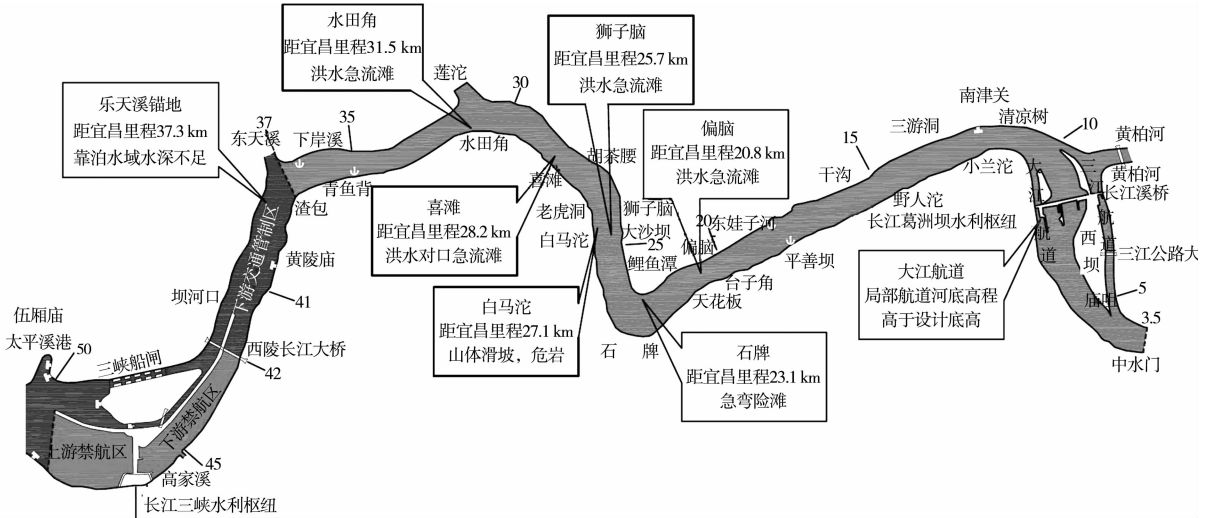


图1 三峡—葛洲坝两坝间滩险分布

### 1 库区峡谷型洪水急滩的特性

1) 为典型的洪水急滩, 且滩段较长。库区蓄水渠化后, 中枯水期坝前通常高水位运行, 水深较大(局部水深可达 60 ~ 100 m), 河道流速平缓; 洪水期坝前通常低水位运行, 加之局部河段狭窄, 形成急滩。根据船舶功率大小, 两坝间急滩通常当流量  $Q$  在 25 000 ~ 35 000  $m^3/s$  时成滩碍航, 如水田角、喜滩成滩流量分别为 25 000、32 500  $m^3/s$ <sup>[2-3]</sup>, 为典型的洪水急滩。

2) 成滩因素主要体现在流速急。库区或峡谷型河段通常水面比降较小, 船舶坡降阻力不大, 但水流湍急, 水流阻力比重大<sup>[4]</sup>。以两坝间水田角为例, 当流量  $Q$  在 25 000 ~ 45 000  $m^3/s$  时, 滩段上行航线比降多为 0.2‰ ~ 0.6‰, 而流速可达 2.8 ~ 4.5 m/s, 船舶水流阻力比例可占 70% ~ 90%。

3) 河道狭窄是形成急流的关键原因。例如水田角—狮子脑河段河道狭窄, 过水面积小, 其中河段最窄处当流量  $Q$  在 25 000 ~ 55 000  $m^3/s$  时过水断面仅为 11 760 ~ 13 250  $m^2$  (图2), 计算断面平均流速可达 2.13 ~ 4.15 m/s, 加之断面形态复杂, 表面流量占的比重较正常形态断面要大(模型实测断面最大流速约为断面平均流速的 1.3 倍), 使得断面最大流速达到 2.9 ~ 5.5 m/s, 继而形成急流河段。

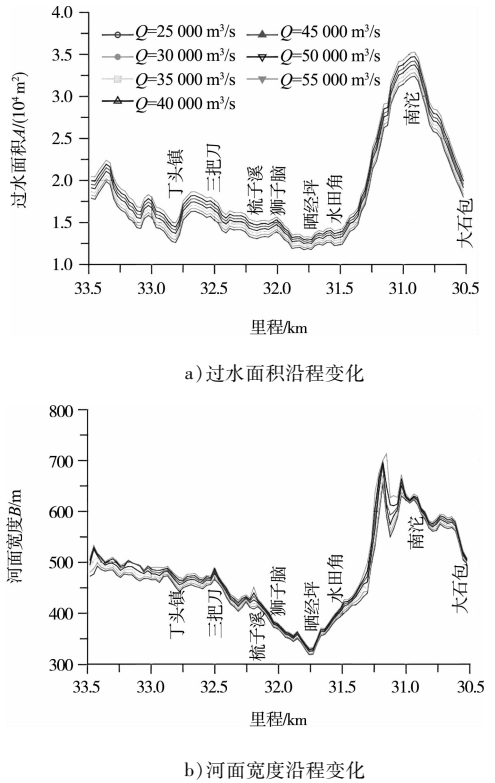


图2 断面过水面积及河面宽度沿程变化

4) 流量增率与过水面积增率极不适应。葛洲坝坝前运行水位在 63 ~ 66 m (吴淞高程, 下同), 变幅仅 3 m。两坝间水田角最窄断面, 流量从 25 000  $m^3/s$  到 45 000  $m^3/s$  时, 流量增加了 80%, 最大流速从 2.8 m/s 增至 4.5 m/s, 但水位仅增加了 2.1 m, 过水面积仅增加了 8.4%, 与流量、流速增率相比差近 10 倍 (图3); 而喜滩段流量从

25 000 m<sup>3</sup>/s 到 55 000 m<sup>3</sup>/s, 增率为 120%, 但其过水面积仅从 11 380 m<sup>2</sup> 增加到 12 406 m<sup>2</sup>, 增率仅 9%, 二者极不适应, 差值超过了 13 倍。故因二者增率极不适应, 从而形成了流量越大滩险越急的现象。

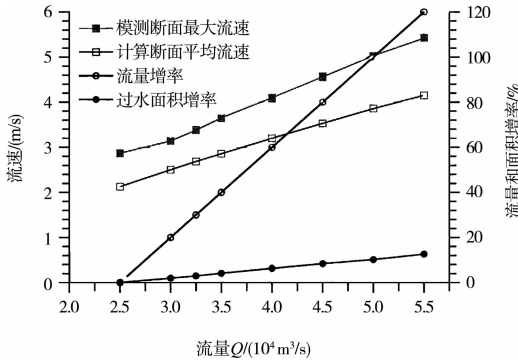


图3 水田角代表断面流量和过水面积增率比较

5) 流速随流量几乎呈线性增大, 横向分布几成均匀。峡谷型河段断面基本以“V”、“U”型为主, 流速横向分布几乎呈现均匀分布, 船舶借以上行的缓流区很窄。

## 2 常规整治方法的局限性

### 2.1 扩大泄水断面法

扩大泄水断面法是急滩整治的基本方法, 对于中、枯水急滩作用非常明显, 对于洪水急滩, 特别是峡谷型洪水急滩作用有限。主要体现在:

1) 开挖工程量巨大。两坝间喜滩最窄段流量 45 000 m<sup>3</sup>/s 时过水面积为 12 078 m<sup>2</sup>, 如要想将其流速降到与 32 500 m<sup>3</sup>/s (A = 11 628 m<sup>2</sup>, 消滩流量) 相当的情况以消滩, 则需扩大过水面积 4 051 m<sup>2</sup>, 相当于需要扩大断面 33.5%, 如按滩长 1 km 计算, 总开挖量超 4 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, 开挖量巨大。

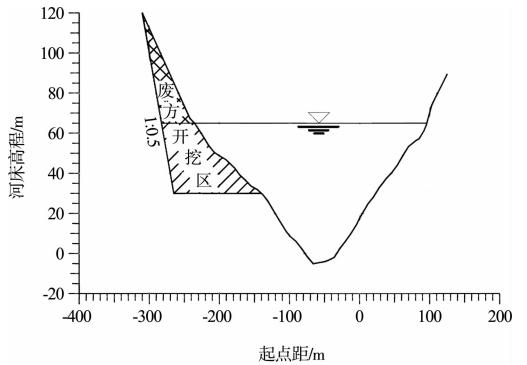
2) 水下施工困难。库区急滩水深较大是其典型特点之一, 如水田角水深达 60 ~ 100 m, 加之位于库区, 不存在枯期低水位施工期, 开挖、炸礁等均在水下进行, 施工十分困难。根据现有施工机械和技术, 水深超过 30 m 炸礁施工效率较低, 超过 40 m 基本难以施工。

3) 易引发地质灾害。枯水急滩两岸陡峭, 岩体整体性较差, 靠近水边或岸上高边坡开挖易引

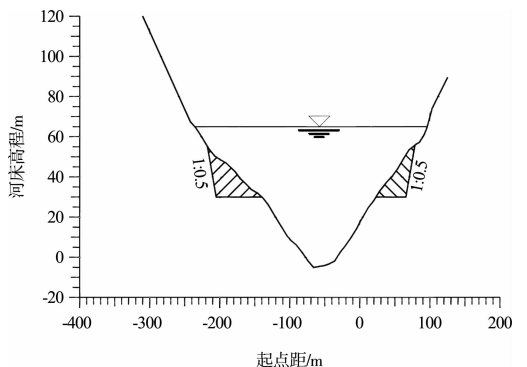
发山体滑坡、危岩崩塌等地质灾害, 如开挖后再进行防治处理, 则投资更加巨大。另外, 沿河两岸均有公路、民居等设施。所以, 一般要求开挖范围需距水边 20 m 的河中进行。

4) 废方(水面以上的开挖量)较多。由于库区急滩两岸陡峭, 在岸边开挖会形成较大的废方。如图 4 a) 所示, 按最大开挖水深 35 m、边坡 1:0.5 开挖, 要想增大 4 051 m<sup>2</sup> 的有效过水面积的方量, 则需形成约 1 900 m<sup>2</sup> 的废方, 占有有效方量的 47%; 如按边坡 1:1 开挖, 废方占有有效方量的比例可超过 70%, 投资需进一步大幅增加。

5) 施工条件限制较多, 开挖量难以达到预想要求。如前所述, 开挖范围需离水边 20 m, 开挖水深不宜超过 35 m, 在此控制条件下, 即使是左右岸同时开挖, 也难以达到消滩所需 4 051 m<sup>2</sup> 的开挖量。如图 4 b) 所示, 两岸开挖区开挖量合计仅约 2 000 m<sup>2</sup>, 不到所需开挖量的 50%, 更何况右岸开挖对减缓上行水域的流速是否有利还难以确定(上行航线于右岸, 右侧开挖吸流有可能增大航线流速), 整治效果难以预料。



a) 左岸开挖



b) 左、右岸同时开挖

图4 扩大泄水断面法

因此, 仅靠扩大泄水断面的方法较为彻底地整治库区急滩是十分有难度的, 可行性不大。

## 2.2 筑坝壅水法

筑坝壅水法是在急滩下游修筑潜坝等建筑物以壅高上游急滩段水位, 减缓流速和比降的整治方法。该法对于枯水急滩或以陡比降碍航为主的急滩较为有效, 旨在调整滩段比降, 但对于库区急滩基本无效, 可行性也不大。原因如下。

1) 潜坝壅水程度有限。潜坝需设于水下 6 m 以上, 坎上不能形成较大的局部落差, 因为需通航。据估计, 两坝间水田角船舶上行极限比降约 5‰, 按船长 100 m 计算, 水位落差 0.5 m, 说明潜坝壅水不能超过 0.5 m。最窄段河宽 330 m, 壅高 0.5 m 仅增加 165 m<sup>2</sup> 的过水面积, 最多仅减小 1.3% 的流速, 对于以流急碍航为主的急滩, 基本不起作用。

2) 潜坝的工程量巨大, 防洪要求难以满足。要想潜坝壅水 0.5 m, 粗略估算潜坝需淹没水下约 20 m (坝顶水深不大于 20 m)。水田角下游深沱水深达 100 m, 这意味着需修筑坝高 80 m 的大坝, 加之防洪的要求, 筑坝壅水法不适用于治理库区急滩。

因此, 无论从技术上、经济上还是修筑环境方面, 要想仅靠筑坝壅水的方法较为彻底地整治库区急滩基本是不可行性的。

## 2.3 上疏下抬法

上疏下抬法是扩大泄水断面和筑坝壅水两种方法的综合方法, 急滩段扩大泄水断面以减缓流速, 滩下口筑坝壅水以减缓比降。由于在库区内不可能修建很高的大坝, 所以筑坝壅水几乎没有急滩整治作用, 上疏下抬法与扩大泄水断面法基本没有区别, 彻底整治的可行性不大。

另外, 构成错口滩型、开挖缓流航道等急滩常规整治方法对于库区峡谷型洪水急滩也基本没有条件。

综上, 采用常规急滩治理方法对两坝间的峡谷型洪水急滩进行有效整治存在一定难度。

## 3 结论

1) 库区急滩普遍存在, 滩性特点具有峡谷型洪水急滩且滩段长, 成滩因素主要体现在河道狭窄、流速急、流量增率与过水面积增率极不适应、流速随流量几乎呈线性增大、横向分布几成均匀等特点。

2) 库区峡谷型洪水急滩整治采用常规的扩大泄水断面法, 存在开挖工程量巨大、施工困难、易引发地质灾害、废方较多、施工限制条件复杂等特点, 仅想靠扩大泄水断面难以彻底整治。筑坝壅水法对于以流急为主要碍航因素的库区急滩基本无效, 其它如构成错口滩型、开挖缓流航道等方法, 对于库区峡谷型洪水急滩也基本没有条件。

3) 采用常规急滩整治方法对峡谷型洪水急滩进行治理受诸多条件限制, 整治效果难以彻底, 且针对该类型急滩的滩性特点, 其整治重心为减缓滩段船舶上行水域的流速。根据水力学及河流动力学知识可知: 断面水深越浅, 流速越小。遵循上述治理思路, 可通过在船舶上行水域修筑水下人工平台或潜坝群等方法减小船舶上行航域的水深、增大上行航域的水流阻力, 然而该方法现仅具有一定的理论基础, 仍需通过试验对其工程可行性进行深入的分析研究。

## 参考文献:

- [1] 袁涛峰, 曾涛, 马宪浩. 长江三峡两坝间河段航道整治方案[J]. 中国港湾建设, 2012(2): 128-132.
- [2] 长江重庆航运工程勘察设计院, 重庆交通大学. 三峡—葛洲坝两坝间莲沱段航道整治工程模型试研究报告[R]. 重庆: 重庆交通大学, 2013.
- [3] 王玮. 两坝间喜滩长直窄深型急滩治理方法研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2014.
- [4] 许光祥, 邓明文, 童思陈, 等. 急滩通航水力工程学[M]. 北京: 人民交通出版社, 2010.
- [5] 长江航道局. 航道工程手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.