

船闸上游进水口布置试验研究

曾敏, 林勇, 孙利敏

(四川省交通勘察设计研究院有限公司 四川 成都 610031)

摘要: 澜沧江在中国西双版纳接纳南腊河后出境, 出境后称湄公河, 是东南亚一条重要的国际通航河流。某水电站船闸位于该河流通航河段上, 采用单线单级船闸布置, 其最大工作水头约为 32.5m, 进水口布置于上游引航道导墙内, 由于其工作水头接近世界已建船闸的最高水平, 上游引航道进水口水流条件的好坏关系到船闸的安全稳定运行。同时为减小泥沙淤积对进水口的影响, 在满足输水要求的前提下提高进水口底高程。本文以该船闸进水口为对象, 结合泥沙淤积模型及不同进水口高程水流条件的试验结果, 对进水口高程提高后出现的不良水流条件提出解决措施, 满足船闸输水要求及进水口水流条件要求, 保证其能正常安全运行, 满足规范要求, 为其他类似水头船闸上游进水口布置及进水口不良水流条件解决方案提供借鉴。

关键词: 船闸; 上游进水口; 不良水流条件; 消涡梁; 模型试验

中图分类号: U641 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 03—0102—03

某水电站位于湄公河通航河段, 属大(2)型工程, 工程等别为Ⅱ等^[1], 工程布置采用“左岸厂房+右岸泄洪冲沙闸+右岸船闸”的布置格局。根据中、老、缅、泰四国政府签订的《澜沧江-湄公河商船通航协定》及《澜沧江-湄公河航道维护与改善导则》, 该工程船闸级别为Ⅳ级, 按通航 500t 级船舶标准设计, 船闸采用右岸单线 1 级船闸^[2]。由于该船闸最大工作水头约为 32.5m, 其水头已接近或达到了国内外已建船闸的最高水平, 进水口的合理布置关系到船闸输水是否满足要求, 同时也与船闸整体稳定运行息息相关, 其性能优劣将直接影响到湄公河干流的航运能否畅通, 因此本文结合泥沙淤积模型成果, 尽量减小泥沙淤积对进水口的影响, 通过对上游进水口不同高程的试验结果, 对提高进水口高程后不良水流条件提出工程解决措施, 满足规范要求, 保证船闸的安全稳定运行。

1 船闸概况

该船闸布置于右岸, 船闸左侧为航道冲沙闸, 右侧与右岸非溢流坝段相接。船闸上游最高通航水位为 340m; 上游最低通航水位为 334m; 下游最高通航水位为 329.38m; 下游最低通航水位为 307.62m, 最大工作水头为 32.38m。

1.1 输水系统型式

据《船闸输水系统设计规范》输水系统类型的选择公式:

$$m = \frac{T}{\sqrt{H}}$$

对于本船闸, 其最大水头为 32.38m, 设计输水时

间为 10 ~ 12min。

$$m = \frac{10 \sim 12}{\sqrt{32.38}} = 1.76 \sim 2.11$$

据船闸设计规范, 该船闸的 m 值在 1.8 左右, 可采用第二类分散输水系统中的闸墙主廊道闸室中心进口、水平分流、闸底纵支廊道(二区段出水)的输水系统型式^[3], 也可采用第三类分散输水系统型式中的闸墙主廊道闸室中心进口、水平分流、闸底纵支廊道(二区段出水)的输水系统型式^[3]。鉴于该船闸水头较高, 阀门段廊道到分流口距离较短, 采用水平分流较难保证上下闸室内分流均匀, 结合银盘等类似规模水头船闸布置经验及本船闸闸室地基较好、开挖较浅的特点, 初拟选择闸墙长廊道、垂直分流口、闸底纵支廊道(二区段出水)、侧支孔加消能明沟的第三类分散输水系统型式作为该船闸的输水布置型式^[4]。

1.2 上闸首及进水口布置

输水系统进水口采用闸墙垂直多支孔布置, 廊道进水口顶高程为 320.30m, 则进水口淹没水深为 19.70m。进水口与上闸首充水阀门段廊道通过鹅颈管相连接, 工作阀门布置在鹅颈管之后, 阀门顶高程为 294.62m, 底高程为 292.02m, 淹没水深为 13.0m, 阀门后需要采用突扩廊道体型。具体布置见图 1。

1.3 下闸首及出水口布置

下闸首泄水阀门段廊道通过斜坡及水平直段与闸室中部分流口相连接。下游出水口选用顶出水格栅式消能室, 消能室顶与下游引航道底高程一致。具体布置见图 1。

1.4 分流口布置

本船闸垂直分流口布置于闸室水体中心，分别与闸室出水纵向支廊道和闸墙长廊道相连接，考虑到分流口水流条件较差，为进一步控制断面流速，对分流口断面进行了适当加大，采用 $2 \sim 3.6 \times 3.3 \text{ m}^2$ （宽 \times 高）= 23.76 m^2 ，宽度 3.6 m 与闸室出水纵向支廊道宽度一致、分流口水平隔板厚度为 0.50 m ，过流面积为 21.6 m^2 。

1.5 闸室出水支廊道和出水支孔布置

闸室出水支廊道布置可采用两种型式，侧支孔出水明沟消能和顶支孔出水盖板消能，前者国外采用较多，而后者则在我国三峡、葛洲坝等船闸中应用，采用侧支孔出水明沟消能可减小闸室开挖量，考虑本船闸基础较好，因此采用闸室出水支廊道采用侧支孔出水加消能明沟消能型式^[5]。

闸底出水主廊道断面为 $2 \sim 3.6 \times 3.0 = 21.6 \text{ m}^2$ ，为减小闸室底板厚度，采用侧支孔出水及明沟消能布置，每支出水廊道每侧设7个出水孔，孔口尺寸为 $0.5 \text{ m} \times 1.4 \text{ m}$ （宽 \times 高），出水支孔间距为 6 m ，出水支孔进、出口应三面修圆，修圆半径 $r=0.3 \text{ m}$ 。

支孔出口消能明沟对水流消能及二次调整作用十分显著，为达到较好的消能效果，消能明沟宽度 B 应满足支孔出流流核缩小到消失所需距离。据规范，消能明沟宽度 $B=2.5 \text{ m}$ ，明沟深 $D=4.0 \text{ m}$ ，由于明沟较深，挡槛布置于距离明沟底部 2.0 m 的位置。具体布置见图1。

2 试验目的及试验工况

2.1 试验目的

在拟定的输水系统布置方案下，考虑闸室船舶停泊条件、输水廊道水动力特性、输水时间要求及上下游进出口水流条件等因素，充、泄水阀门开启时间 t_v 采取 6 min ，闸室充、泄水时间分别为 10.60 min 和 11.16 min ，闸室充、泄水最大流量分别为 $146 \text{ m}^3/\text{s}$ 和 $140 \text{ m}^3/\text{s}$ ，此时相应的廊道最大平均流速分别为 10.1 m/s 和 9.6 m/s ，分流口最大平均流速分别 7.2 m/s 和 6.9 m/s ，均满足设计规范要求，且有安全富裕度。

枢纽整体模型及泥沙淤积模型试验成果表明，船闸上游进水口附近泥沙淤积较为严重，为防止进水口出现泥沙淤积，减小泥沙淤积对进水口的影响，拟将现进水口底高程 317.00 m 抬高到冲沙闸堰顶高程 317.00 m 以上至少 2 m 。因此，对进水口高程抬高后的进水口水流条件进行试验分析，当不满足要求时提出合理解决措施。

2.2 试验工况

为取得船闸充水时进水口水流条件的最不利情况，采用充水阀门双边开启（开启时间 $t_v=6 \text{ min}$ ）的情况进行试验。试验工况水位组合如下。

- (1) 上游最高、下游最低通航水位 $340.0 \text{ m} \sim 307.62 \text{ m}$ ；

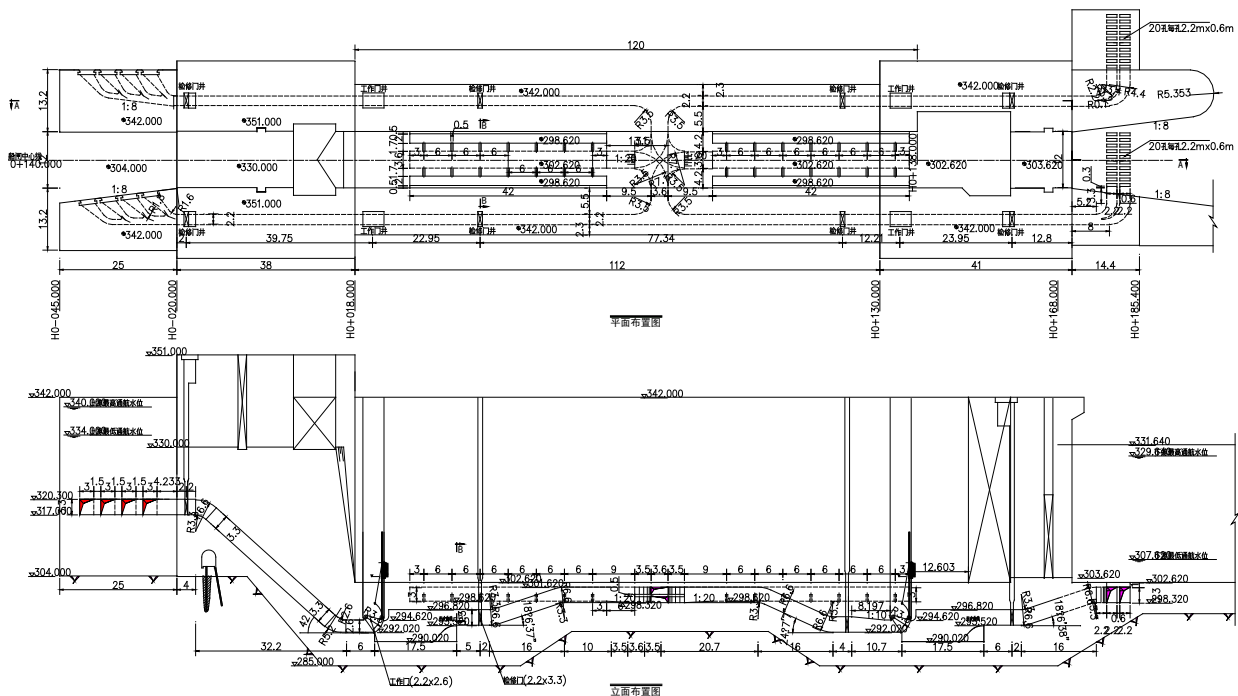


图1 输水系统布置

(2) 上下游最低通航水位 334.0m~ 307.62m;

3 试验结果及解决措施

3.1 原进水口高程方案

原进水口布置方案下,当上游最高~下游最低通航水位 340.0m~ 307.62m 时,其最大设计水头 32.38m,充水阀门双边开启(开启时间 $t_v=6\text{min}$)时,充水最大流量为 $146\text{m}^3/\text{s}$,进水口流速为 $1.84\text{m}/\text{s}$,且此时上游进水口淹没水深达 19.7m,因此进水口水流条件良好,水面平稳,未出现漩涡。

当上、下游均为最低通航水位(334.00m ~ 307.62m)情况下,充水阀门双边开启(开启时间 $t_v=6\text{min}$)时,充水最大流量仅为 $129\text{m}^3/\text{s}$,进水口流速仅为 $1.63\text{m}/\text{s}$,此时上游进水口淹没水深为 13.7m,进水口水流条件仍令人满意,水面平稳,未见旋转水体,见图 2。



图 2 上游进水口流态(334.00m ~ 307.62m 组合)

3.2 进水口高程抬高 2m 方案

据泥沙淤积模型试验结果,进水口附近泥沙淤积较为严重,拟将现进水口底高程抬高到高程 317.00m 以上至少 2m。

根据试验结果,尽管进水口底高程仅抬高 2m,但在正常运行工况下,在阀门全开(最大流量)时,上闸首引航道一侧的进水口上方附近出现了明显的漩涡出现,见图 3,不能满足要求。因此,若要防止进水口出现泥沙淤积而抬高进水口底高程,则必须采取一定的消涡措施。



图 3 底高程抬高 2m 流态(334.00m ~ 307.62m 组合)

3.3 解决措施

为解决进水口高程抬高后船闸充水时出现的不良水流条件,在保证船闸输水系统鹅颈管、充水阀门水流

条件不恶化及不影响船舶安全航行的条件下,通过在进水口外布置简单消涡梁的工程措施,尽可能抬高进水口高程。

通过多组不同进水口抬升高度及消涡梁布置试验,最终确定将进水口底高程由原来的 317.0m 高程抬升到 322.0m 高程,在每侧进水口外采用 2 根宽度为 1.2m 的消涡梁,2 根消涡梁间的缝隙宽度分别为 0.8m 和 1.2m,进水口及消涡梁布置见图 4。在采取此工程措施情况下,进水口高程抬高后,水流条件仍令人满意,水面平稳,未见旋转水体。

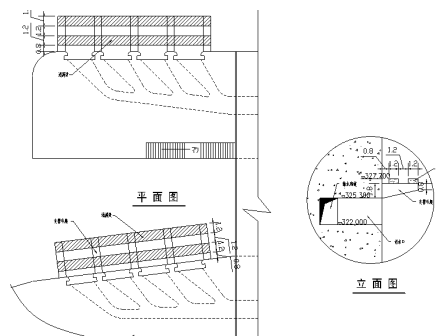


图 4 调整后的进水口及消涡梁布置图

4 结语

该船闸的性能优劣将直接影响到湄公河干流的航运能否畅通。为尽量减小库区泥沙淤积对进水口的不利影响,在保证船闸输水系统鹅颈管、充水阀门水流条件不恶化及不影响船舶安全航行的条件下,抬高进水口高程,针对高程抬高后船闸充水出现的漩涡等不良水流条件,提出在进水口设置消涡梁的工程措施,有效地改善了进水口的水流条件,满足规范要求,保证船闸的安全稳定运行。

参考文献:

- [1] SL252-2017 水利水电工程等级划分及洪水标准[S].2017
- [2] JTJ305-2001 船闸总体设计规范[S].交通出版社,2001.
- [3] JTJ306-2001 船闸输水系统设计规范[S].交通出版社,2001.
- [4] 黄岳,宣国祥,李中华.柳江红花(新)船闸输水系统水力学模型试验研究[R].南京水利科学研究院水工所,2004.
- [5] 李中华,宣国祥,黄岳.广西红水河桥巩船闸输水系统水力学试验研究[R].南京水利科学研究院水工所,2005.