



# 银盘抽水蓄能电站下库进/出水口 通航水流条件分析\*

付旭辉, 傅强, 张波, 李雨峰

(重庆交通大学, 国家内河航道整治工程技术研究中心, 重庆 400074)

**摘要:** 以武隆银盘抽水蓄能电站为研究对象, 针对不同工况下抽水蓄能电站运行对通航安全的影响因素及其差异性进行分析。采用比尺 1:50 水工模型, 结合声学多普勒测速(ADV)和粒子图像测速(PIV)等方法, 量化进/出水口及其下游河段的水流流动特征。结果表明: 枯水工况下进/出水口满负荷运行条件下, 主航道的流速增幅明显, 增幅可达 30%~100%, 但整体流速低于 0.25 m/s。而在洪水大流量时, 进/出水口工程导致的地形变化是造成通航不良流态的主要原因。进/出水口平台开挖形成的边坡导致显著的横向挑流, 产生最大横向流速 0.30 m/s 的影响范围延伸至河道 21 m, 同时在边坡下游形成 29~43 m 的大尺度回流区(回流流速 $>0.20$  m/s)。基于研究结果, 建议后续工程优化平台地形, 平顺过渡水流。研究结果可为类似山区河道抽水蓄能电站的通航安全评估提供技术参考。

**关键词:** 抽水蓄能电站; 进/出水口; 模型试验; 通航水流条件

中图分类号: U61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2026)03-0083-08

## Navigable flow conditions analysis for lower reservoir inlet/outlet of Yinpan Pumped Storage Power Station

FU Xuhui, FU Qiang, ZHANG Bo, LI Yufeng

(National Engineering Research Center for Inland Waterway Regulation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

**Abstract:** Taking the Wulong Yinpan Pumped Storage Power Station as the study object, this research investigates the influencing factors and differences on navigation safety under different working conditions of the pumped storage power station. Using a 1:50 scale hydraulic model, combined with acoustic Doppler velocimetry (ADV) and particle image velocimetry (PIV) methods, the flow characteristics at the inlet/outlet and downstream river sections are quantified. The results show that under low-flow conditions with the inlet/outlet operating at full capacity, the flow velocity in the main navigation channel increases significantly by 30%–100%, though the overall velocity remains below 0.25 m/s. During high-flow flood conditions, the topographic changes induced by the inlet/outlet structure are the primary cause of adverse navigational flow patterns. The slope formed by platform excavation at the intake/outlet creates pronounced lateral deflection flow, generating a maximum transverse velocity of 0.30 m/s, with its influence extending up to 21 m into the river channel. Additionally, a large-scale backflow zone of 29–43 m (backflow velocities exceeding 0.20 m/s) is formed downstream of the slope. Based on the research results, it is recommended that subsequent engineering optimizations focus on smoothing the platform topography to ensure gradual flow smoothly transition. The research results can provide technical references for navigation safety assessments of pumped storage power stations in similar mountainous river channels.

**Keywords:** pumped storage power station; inlet/outlet; model experiment; navigable flow conditions

收稿日期: 2025-07-16 录用日期: 2025-08-14

\*基金项目: 重庆市技术创新与应用示范专项重点研发项目(cstc2018jszx-zdyfxmX0021-05); 重庆市教育委员会科技创新项目(KJCXZD2020030)

作者简介: 付旭辉(1976—), 男, 博士, 副教授, 从事水利工程、生态水利研究工作。

抽水蓄能电站下库进/出水口具有双向流动的特点,水流流态复杂<sup>[1-3]</sup>。银盘抽水蓄能电站进/出水口位于乌江主航道一侧,电站建成运行后,势必会引起航道流态较大变化,过往船只的通航安全存在隐患。因此,本文针对银盘抽水蓄能电站建成运行后通航水流条件的变化展开研究。对于抽水蓄能电站进/出水口流态的研究,目前多采用物理模型试验及数值模拟<sup>[4]</sup>的方法。如,张翰等<sup>[5]</sup>建立典型进/出水口试验装置,利用粒子图像测速 (particle image velocimetry, PIV) 和声学多普勒测速 (acoustic Doppler velocimeter, ADV) 技术测量进/出水口处的流速变化。姜成海等<sup>[6]</sup>对仙居抽水蓄能电站进行了水工模型试验,量测了拦污栅断面的时均流速值。章军军等<sup>[7]</sup>以某抽水蓄能电站为例,运用 RNG  $k-\epsilon$  方法对其进/出水口进行了三维数值模拟。DMüller 等<sup>[8]</sup>利用 ADV 对瑞士某高山水库进/出水口结构附近流场进行观测,发现抽水只对进水口前的流态略有影响,而放水发电会导致区域回流和大规模环流,在水轮机连续运行 2.5 h 后,流场才趋于稳定。

当前研究中,大多针对进/出水口的水头损失及水流均匀性研究用以出水口几何形状优化,较少讨论工程运行对航道水流的影响。本文针对银盘抽水蓄能电站进/出水口临近航道的特点,展开进/出口及下游通航水流条件研究,采用物理模型试验,通过 ADV、ADCP 及粒子图像识别等方法,测得抽水蓄能电站下库进/出水口及其下游水流流态。针对抽水蓄能电站建成运行后可能存在的各种对通航影响不利的不良流态,分析不同工况下通航水流条件的影响因素。

## 1 项目概述

### 1.1 自然条件及项目布置

重庆武隆银盘抽水蓄能电站装机 4 台,单机容量 300 MW,总装机容量 1 200 MW。枢纽建筑物由上水库、输水系统及发电厂房、下水库等 4 部分组成,电站位于重庆市武隆区,下水库拟利用位于江口镇的已建乌江银盘水库。下水库为已

建乌江银盘水库,正常蓄水位 215.00 m,死水位 211.50 m,总库容 3.2 亿  $m^3$ ,规划航道等级为 III 级,通航建筑物规模为 500 吨级单级船闸。银盘抽水蓄能电站系统总体呈 NW 走向,上、下水库进/出水口水平距离约 3 360 m。工程段河势见图 1。

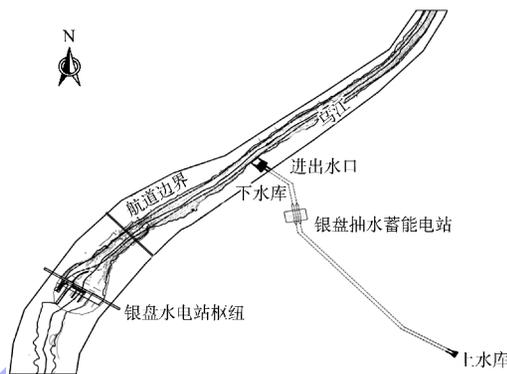


图 1 工程段河势

Fig. 1 River channel conditions in the project section

### 1.2 下库进/出水口设计与布置

银盘抽水蓄能电站下库进/出水口位于乌江银盘枢纽坝址上游约 2.4 km 处河道左岸,至江口段约 93 km。进/出水口布置见图 2。

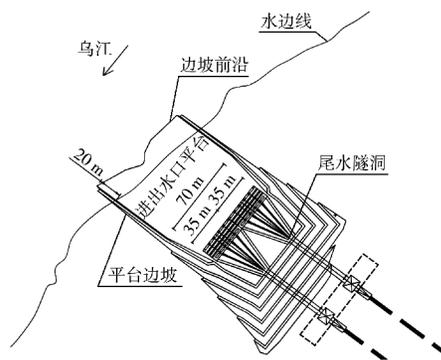


图 2 进/出水口布置

Fig. 2 Water inlet/ outlet locations

在死水位 211.5 m 下。进/出水口平台前沿伸入水边线约 20 m。进/出水口距离航道边界约 97 m,航道宽度约 91 m 工程段河道的左岸水面线距离左侧航道 12~26 m。发电厂房采用 4 组发电机组,在单台机组最大额定发电功率 (300 MW) 下,进/出水口的最大单发流量为 68.7  $m^3/s$ ,在 4 台机组同时运行时,最大满发流量 274.8  $m^3/s$ 。

## 2 物理模型试验

### 2.1 模型设计

根据银盘抽水蓄能电站的设计资料,试验相关参数见表1。

表1 工程主要特征水位及高程

Tab.1 Characteristic water levels and elevations of the project

工程位置	特征水位	坝前水位/m
上水库	正常蓄水位	742.00
	死水位	709.00
下水库	正常蓄水位	215.00
	死水位	211.50
	出水管底板高程	196.00
	河床最低高程	170.00
	河岸最大高程	220.00

考虑到水工模型试验的最大落差为530.5 m,选择模型比尺为1:50的正态模型。河道的地形以及各种建筑物的几何形状、粗糙度、水流和泥沙的运动规律等均遵照水工模型相似理论进行设计,模拟范围约1460 m,为下水库进出水口中轴线上游900 m至下游560 m。

根据研究目的、模型范围、试验场地以及相似性要求的紊流状态、表面张力等基本条件,模型采用平面比尺 $\lambda_L=50$ 、垂直比尺 $\lambda_H=50$ 的正态模型。根据模型相似性基本准则,模型必须满足几何相似、重力相似、阻力相似等条件,由此获得相似比尺,见表2。

表2 模型比尺

Tab.2 Model scale ratio

比尺名称	比尺符号	数值
平面比尺	$\lambda_L$	50
垂直比尺	$\lambda_H$	50
流速比尺	$\lambda_v$	7.071
水流运动时间比尺	$\lambda_t$	7.071
流量比尺	$\lambda_Q$	17 677.670
糙率比尺	$\lambda_n$	1.920

### 2.2 测量设备

试验所用主要测试仪器(设备)包括:声学多普勒流速剖面仪(acoustic Doppler velocity profiler, ADCP)、超声多普勒流速仪(acoustic Doppler velocimeter, ADV)、水尺、高速摄像机及示踪粒子。

#### 2.2.1 ADCP

ADCP利用多普勒效应测速,能够直接获取断面流速剖面,且具有非扰动、测量快速、测速范围广等特点。该试验通过走航测量方式,沿水深方向进行分层流速观测,获取物理模型乌江断面的流速分布数据。所得结果与高速摄像机识别的二维流场数据进行互相验证。

#### 2.2.2 ADV

相较于ADCP,虽然二者工作原理相似,但仍存在一定差别,ADV是利用声学多普勒效应,采用相干脉冲对技术手段,通过定点遥测实现近距离三维流场测量的一种声纳设备,测点可以离边界非常近<sup>[9]</sup>,本文试验主要用于近岸的水流流态监测,用以分析横流及回流的分布。

#### 2.2.3 高速摄像机

采用高速摄像机捕捉中性浮力示踪粒子的运动轨迹,见图3。经PIVLab软件进行互相关计算与后处理,获得二维流速场分布,同时结合ADCP断面实测数据进行验证对比后,利用Tecplot软件集成矢量场、流线以及等值线可视化解析表层流场,可以更为直观地揭示本次试验河道范围内的横、回流区及涡旋结构等水动力特征。



图3 示踪粒子

Fig.3 Tracer particles

### 2.3 模型制作及验证

#### 2.3.1 模型制作

河道采用层板、水泥砂浆等制作进/出水口下游库区河道模型,平面位置误差为 $\pm 10$  mm、垂向高程误差为 $\pm 2$  mm。进/出水口模型采用有机玻璃制作,其光滑度、几何形态严格按照相似原理制作,其尺寸偏差控制在 $\pm 1.0$  mm以内,以满足局部

流态研究对边界精度与表面粗糙度一致性的要求。物理模型见图 4，根据以下研究内容进行设计制作。

1) 进/出水口水流流态：下水库进/出水口口门段、口门区、乌江河道水流衔接的流态特征，关注出口旋涡、口门区水流形态。

2) 乌江航道范围内流态特征：测量进/出水口下游 300 m 范围内乌江航道的水流特征。

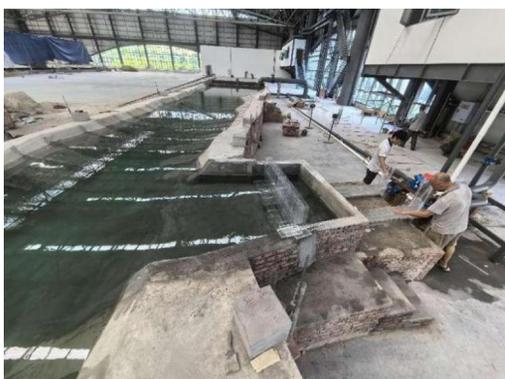


图 4 下水库进/出水口物理模型

Fig. 4 Physical model of lower reservoir inlet/outlet

### 2.3.2 模型验证

为了保证物理模型的相似精度，使得物理模型水流条件、流向、水面线与原始河流保持一致，该试验应进行物理模型水位以及流速验证。根据乌江银盘实测水文资料(流速及水位)，实测验证流量  $Q=3\ 138\ \text{m}^3/\text{s}$ 。实测沿程水位为左岸 L1~L5 及右岸 R1~R5 这 10 个点位，沿程水位验证见图 5，断面流速验证见图 6。根据图 5、6 可知， $Q=3\ 138\ \text{m}^3/\text{s}$  时，物理模型组左、右岸水位与原型水位的误差均在  $\pm 0.02\ \text{m}$  以内，左右岸个别测点的误差为  $0.019\ \text{m}$ ，所有测点水位的误差均在  $\pm 0.01\ \text{m}$  以内，模型设计满足定床河工模型的相似性要求。实测 2 个断面 DM1、DM2 流速与模型试验流速分析对比可知。物理模型与原型实测资料的流速分布趋势大致一致，主流位置相互吻合，对于整个断面的流速分布形式基本一致，流速量值的差异不大，总体上能够满足相似性要求。除了个别特殊、突变的测点外，模型与原型在绝大多数测点的流速偏差均不大于  $\pm 3\%$ 。这表明物理模型在流量一致情况下，与原型的流场相似程度较高。

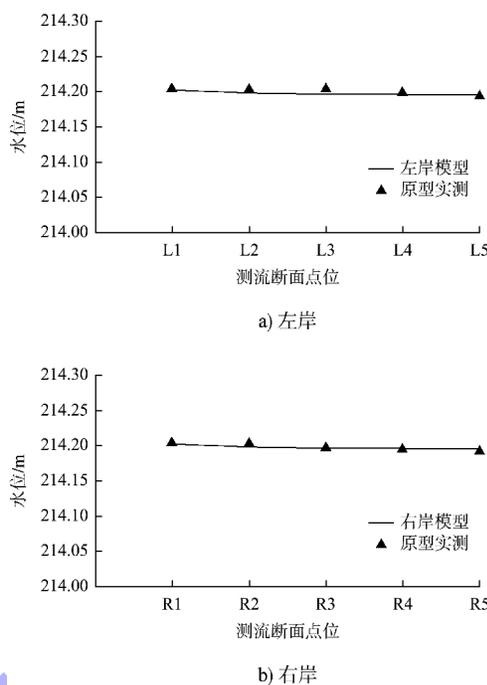


图 5 沿程水位验证

Fig. 5 Verification of water level along the course

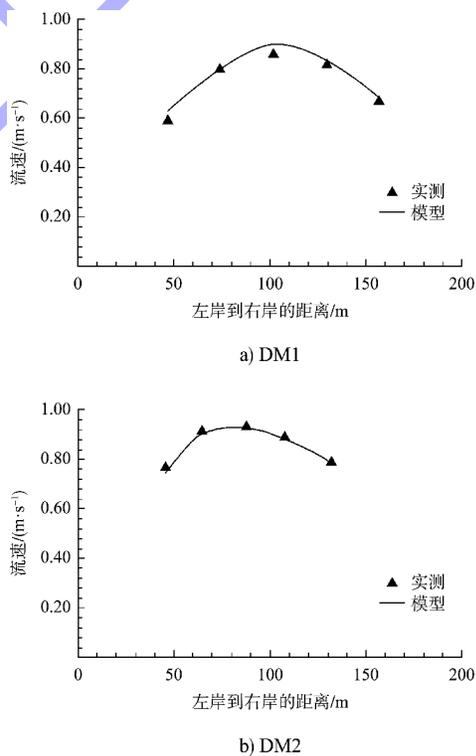


图 6 断面流速验证

Fig. 6 Verification of cross-sectional flow velocity

### 3 水流条件分析

考虑汛期、中水期、枯期通航条件及银盘枢纽最低通航流量、最大通航流量、汛期大流量通航(枢纽间)、验证流量，确定包含设计死水位、正常

蓄水位、汛限水位等在内的试验流量组合 6 组。

表 3 典型试验工况  
Tab.3 Typical test conditions

工况	乌江流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	银盘枢纽 水位/m	备注
最低通航流量	345	210.50	汛限水位
		211.50	死水位
		215.00	正常蓄水位
验证流量	3 138	215.00	
最大通航流量	5 500	211.50	-
汛期大流量	7 500	211.50	

影响航道通航安全的不良流态有很多, 包括急流与强紊流、漩涡、横流(斜流)、回流、剪刀水、水跃、浅水效应及水位骤变等。为了判别本文所研究的抽水蓄能电站下库进/出水口造成的不良流态的潜在类型, 采用粒子图像识别的方法将表面流场可视化, 所识别的流场与 ADCP 所测得断面流速进行互相验证以保证精度, 见图 7。从流场图可知, 工程运行后, 乌江航道主要存在流速变化、产生大范围横流及回流区域等问题。

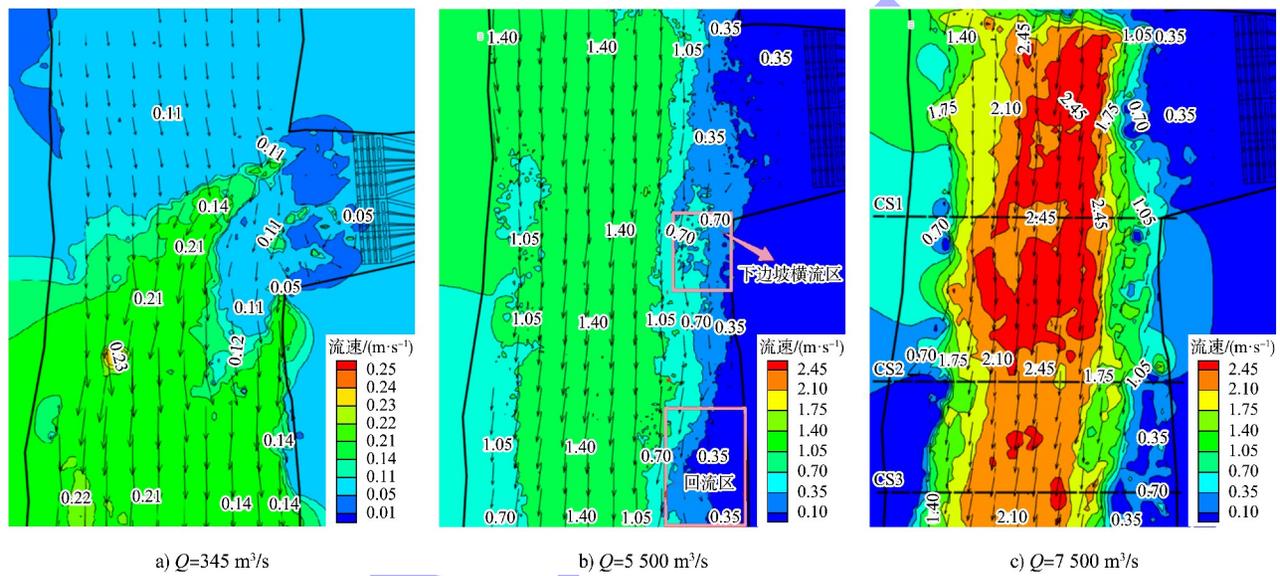


图 7 典型工况流场(水位: 211.5 m)

Fig. 7 Flow field under typical working conditions( water level: 211.5 m)

### 3.1 主要通航不利因素

#### 3.1.1 流速及水位波动

工程所在乌江段具有水深大, 流速缓的特点。河底高程约为 165 m, 死水位 211.5 m 时, 深泓处水深可达 40 m 以上。在乌江 3 种不同流量下, 发电运行时的水位波动均较小, 幅度小于 1%。抽水蓄电站最大发电流量  $276 \text{ m}^3/\text{s}$  工况下, 乌江河道为最低通航流量  $Q = 345 \text{ m}^3/\text{s}$  时, 下游受到进/出水口大比例来流影响, 流速增加明显, 上游流速  $0.11 \text{ m/s}$ , 下游流速最大处可达  $0.23 \text{ m/s}$ , 最大增幅接近 100%, 但流速仍较小, 且下游流速从右岸至左岸呈逐渐降低趋势。当乌江为大流量  $Q = 5 500 \text{ m}^3/\text{s}$

和  $7 500 \text{ m}^3/\text{s}$  时, 主航道深泓处最大流速分别  $1.40$  和  $2.45 \text{ m/s}$ , 上、下游流速几乎没有差距, 发电流量对航道流速影响较小。

#### 3.1.2 横流

乌江河道为最低通航流量  $Q = 345 \text{ m}^3/\text{s}$  工况下, 机组满功率发电时, 其出口来水对乌江流态影响较大, 横流渗透至航道中心轴线且影响范围向右显著扩展, 最远处已接近河道右岸, 最大横向流速可达  $0.21 \text{ m/s}$ 。未受电站来水影响的上游河道中心最大流速为  $0.11 \text{ m/s}$ , 下游由于受到支流汇入影响, 河道中心流速较上游增幅明显, 最大流速可达  $0.23 \text{ m/s}$ 。

当乌江流量达到  $5\,500\text{ m}^3/\text{s}$  的最大通航流量时，电站进/出水口来流受主流高流速影响，横流难以突破高速主流而远离航道，影响范围较小。然而在进/出水口下游边坡附近，受下游边坡影响，高速主流在流经下游侧岸边坡前沿，挑流效应明显，所产生横向流速可达  $0.40\text{ m/s}$ 。随着乌江流量进一步增大到  $7\,500\text{ m}^3/\text{s}$ ，横向流速也呈增大的趋势。见图 8。

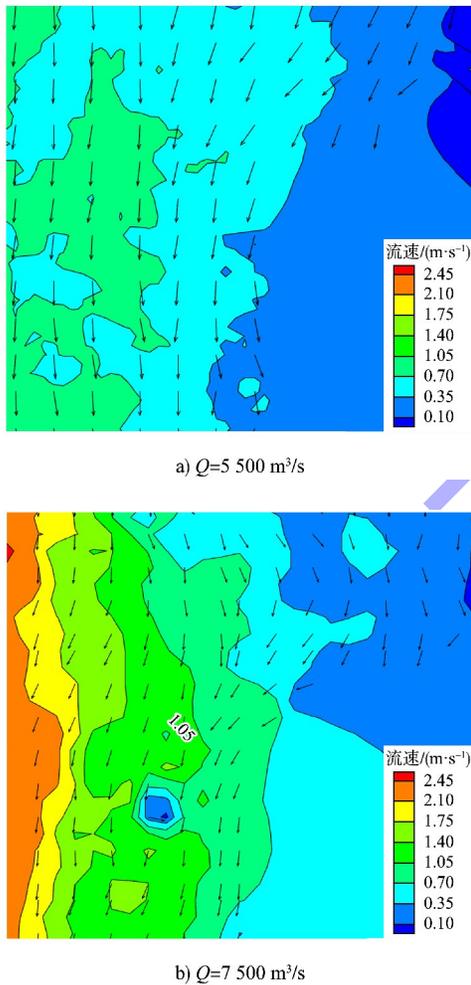


图 8 大流量工况下的平台边坡前沿挑流  
Fig. 8 Deflected flow at platform slope toe under high-flow conditions

### 3.1.3 回流

最低通航流量下，进出/水口平台存在 2 个明显的大面积复杂回流区，由多个小尺度涡旋组成，流速基本小于  $0.10\text{ m/s}$ 。当乌江流量达到  $5\,500\text{ m}^3/\text{s}$  的最大通航流量时，进/出水口附近水流杂乱，存在多个小型回流区域流速小于  $0.10\text{ m/s}$ ，且在边

坡下游岸线附近存在较大区域的回流，最大回流流速  $0.45\text{ m/s}$  以上，流量达到  $7\,500\text{ m}^3/\text{s}$  时，回流流速及范围进一步增强，见图 9。

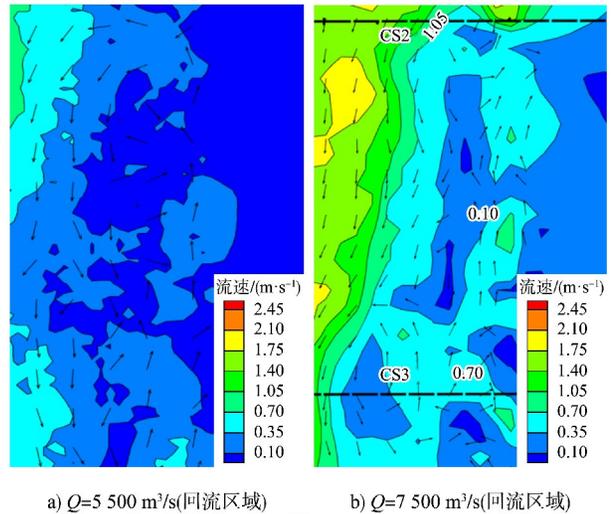


图 9 大流量工况下的下游回流区域  
Fig. 9 Downstream backflow zone under high-flow conditions

### 3.2 大流量下横流、回流成因及影响

对比分析抽水蓄能电站建造前后的流场，可以看出，对于小流量工况，通航水流条件主要受发电站来水时的横流影响，而受下游边坡挑流影响较小。但随着流量的增大，横流和回流成为影响通航安全的主要因素。原始地形流场见图 10、11。

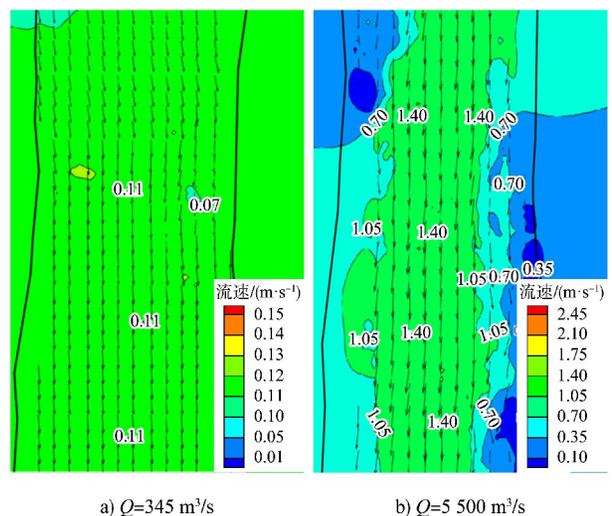


图 10 原始地形流场  
Fig. 10 Flow field under original topography

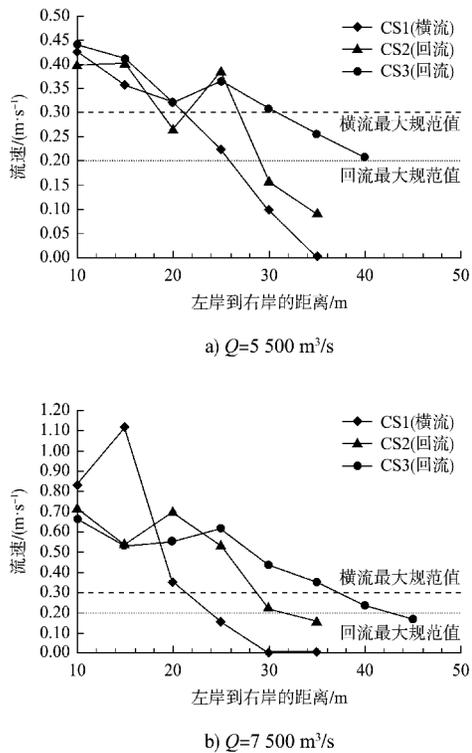


图 11 大流量工况下的不良流态分布

Fig. 11 Adverse flow pattern distribution under high-discharge conditions

显然是进出水口建造的地形变化造成了边坡挑流及出水口下游大面积回流。为了进一步探究乌江大流量工况下  $5500$  和  $7500 \text{ m}^3/\text{s}$  的横流及回流在横向上的最大影响范围及流速分布, 采用 ADV 流速仪进行三维流速场精细测量, 沿航道横向布设 3 条测线 CS1~CS3, 分别针对横流影响断面 CS1 及回流影响断面 CS2、CS3。依据 JTS 181—2016《航道工程设计规范》<sup>[10]</sup> 及 GB 50139—2014《内河通航标准》<sup>[11]</sup>, 一般要求航道内的最大横向流速不超过  $0.30 \text{ m/s}$ , 回流流速不超过  $0.20 \text{ m/s}$ 。

经实测, 边坡前沿横向流速大于规范值  $0.30 \text{ m/s}$  的横流区域横向最远距离约为  $21 \text{ m}$ 。超过此区域后, 受高速主流影响, 横流迅速消散, 即使流量进一步增大, 横流范围也未见明显扩大。对两大流量工况下的回流流态特征进行分析, 回流区流速场在横向空间分布上呈现显著的非均匀性特征。具体表现为: 自岸线边界至航道中心线方向, 回流流速矢量首先呈现衰减趋势, 随后又出现二次

加速现象。通过流速等值线分析可知, 回流区内部存在明显的速度梯度带, 其整体流速场结构呈现出“核心低速区-边缘高速带”的空间分布模式。当乌江流量  $Q=5500 \text{ m}^3/\text{s}$  时, 最大回流流速约为  $0.43 \text{ m/s}$ , 在离岸边水面线超过  $40 \text{ m}$  后, 回流流速基本降到规范值的  $0.20 \text{ m/s}$  以下。乌江流量增加到  $7500 \text{ m}^3/\text{s}$  时, 边坡下游回流区域的回流流速也有所增加, 最大流速可达  $1.10 \text{ m/s}$ , 但回流区域的横向距离增加并不明显, 当离岸距离超过  $40 \text{ m}$  时, 回流流速基本降至规范值以内。大流量下横流及回流区域对航道内的水流均存在一定影响, 其影响边界与航道边界的关系见表 4。

表 4 通航不安全区域宽度  
Tab. 4 Width of navigation hazard zones

流量	断面	航道边距/m	不安全区域宽度/m	侵入航道深度/m
$Q=5500 \text{ m}^3/\text{s}$	CS1	17	21	4
	CS2	22	29	7
	CS3	22	41	19
$Q=7500 \text{ m}^3/\text{s}$	CS1	17	21	4
	CS2	22	32	10
	CS3	22	43	21

注: 不安全区域指横流、回流超过规范值的区域。

#### 4 结论

1) 武隆银盘抽水蓄能电站水工模型进/出水平台及下游河道的流态表明, 乌江航道的通航安全在枯水流量和洪水大流量下影响因素差异较大。

2) 乌江最低通航流量下, 抽水蓄能电站进/出口平台流态变化复杂, 存在由多个小尺度涡旋, 但尺度与流速均较小, 且远离航道。出水口来流还造成了大范围的横向流动, 下游因电站来水流量增幅大, 下游流速增幅  $30\% \sim 100\%$ 。但总体上流速较缓, 且横向流速未超过规范值, 对通航安全影响较小。

3) 大流量工况下, 对通航安全影响较大的主要为电站进/出口平台开挖后, 侧岸边坡突入河道造成的横向挑流, 大于  $0.30 \text{ m/s}$  的最大横流范围约  $21 \text{ m}$ , 及高速主流与边坡下游背水面水流较缓

区域合流后造成大面积回流,大于0.20 m/s的最大回流范围约为29~43 m,对于距岸边线12~26 m之间主航道水流流态影响较大,对通航安全也存在较大影响。

4) 针对大流量工况下平台地形造成通航安全问题,建议对原边坡放坡处理,将1:0.5的陡坡改为1:2的缓坡,原边坡线垂向和顺向河道上均后退一定距离。同时为了进一步减少边坡前沿的挑流作用,在进/出水口下游侧垂向岸坡与顺流向岸坡的交接点挑角进行平滑处理,形成圆弧形导流结构用以平稳水流。研究成果可为类似抽水蓄能工程的通航水流条件研究提供参考,同时为银盘抽水蓄能电站下库航道水流条件的后续优化工作提供技术支撑与改进方向。

#### 参考文献:

- [1] 费香泽,顾克,刘佳龙,等.基于卫星遥感地形数据的抽水蓄能电站上下水库选址方法研究[J].水电能源科学,2023,41(2):79-82.
- FEI X Z, GU K, LIU J L, et al. Study on site selection of upper and lower reservoirs of pumped storage power station based on satellite remote sensing terrain data[J]. Water resources and power, 2023, 41(2): 79-82.
- [2] 李旭光,刘玉青.提高抽蓄电站进/出水口过栅流速均匀性的数值模拟研究[J].水电能源科学,2022,40(4):108-111.
- LI X G, LIU Y Q. Numerical simulation on improving uniformity of flow across trash rack in inlet/outlet of pumped-storage station[J]. Water resources and power, 2022, 40(4): 108-111.
- [3] 刘际军.抽水蓄能电站进/出水口双向水流特性研究[D].天津:天津大学,2015.
- LIU J J. Study on two-direction flow characteristics for inlet/outlet of pumped storage plants[D]. Tianjin: Tianjin University, 2015.
- [4] 梁在潮.工程湍流[M].武汉:华中理工大学出版社,1999.
- LIANG Z C. Engineering turbulence [M]. Wuhan: Huazhong University of Science & Technology Press, 1999.
- [5] 张翰,孙博闻,高学平,等.竖井式进/出水口数值模拟策略研究[J].水力发电学报,2019,38(12):28-39.
- ZHANG H, SUN B W, GAO X P, et al. Study on numerical simulation strategy of vertical pipe intake/outlet [J]. Journal of hydroelectric engineering, 2019, 38(12): 28-39.
- [6] 姜成海,曹玺,何少云.抽水蓄能电站下库进/出水口水力特性[J].水利水运工程学报,2013(3):52-59.
- JIANG C H, CAO X, HE S Y. Hydraulic characteristic of inlet/outlet of a lower reservoir for pumped storage plant [J]. Hydro-science and engineering, 2013 (3): 52-59.
- [7] 章军军,孙志林,毛根海,等.抽水蓄能电站竖井式进出水口水力试验研究及数值模拟[J].水力发电学报,2011,30(4):85-89,108.
- ZHANG J J, SUN Z L, MAO G H, et al. Experimental study and numerical simulation of the vertical pipe inlet-outlet of pumped storage plant[J]. Journal of hydroelectric engineering, 2011, 30(4): 85-89, 108.
- [8] MÜLLER M, DE CESARE G, SCHLEISS A J. Flow field in a reservoir subject to pumped-storage operation-in situ measurement and numerical modeling[J]. Journal of applied water engineering and research, 2018, 6(2): 109-124.
- [9] 刘国亭.水工模型试验的流速测量方法与数据处理程序[J].水运工程,2008(12):1-4.
- LIU G T. Measuring method for current velocity in hydraulic model test and data processing program [J]. Port & waterway engineering, 2008(12): 1-4.
- [10] 航道工程设计规范:JTS 181—2016[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2016.
- Design code for waterway engineering: JTS 181-2016 [S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2016.
- [11] 内河通航标准:GB 50139—2014[S].北京:中国计划出版社,2014.
- Navigation standard of inlandwaterway: GB 50139-2014 [S]. Beijing: China Planning Press, 2014.

(本文编辑 赵娟)