

基于鱼类集群及上溯通道分析的鱼道进口位置论证

文典, 李洪泽, 王晓刚, 黄涌增, 祝龙

Demonstration of layout of fishway entrance based on fish clusters distribution and fish upstream passage

WEN Dian, LI Hongze, WANG Xiaogang, HUANG Yongzeng, ZHU Long

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12170/20210808001>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

崔家营枢纽下游流场模拟与鱼类水力特性偏好研究

Study on flow field simulation and fish hydraulic characteristics in the downstream of Cuijiaying hydroproject
水利水运工程学报. 2021(5): 40 <https://doi.org/10.12170/20201128001>

水库泄水总溶解气体过饱和对鱼类的危害

Effect of total dissolved gas supersaturation on fish in the reservoir between cascade hydropower stations
水利水运工程学报. 2020(6): 32 <https://doi.org/10.12170/20200731002>

竖缝式与仿自然结合鱼道水力特性及其优化

Hydraulic characteristics and optimization of fishway combined with vertical slot and nature-like section
水利水运工程学报. 2019(4): 9 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.04.002>

竖缝式鱼道休息池水动力特性研究

A study of hydrodynamic characteristics of resting pools of vertical slot fishway
水利水运工程学报. 2020(1): 40 <https://doi.org/10.12170/20181130002>

龙开口水电站坝基防渗墙数值模拟

Numerical simulation of underground wall for retaining water at dam foundation of Longkaikou hydropower station
水利水运工程学报. 2018(3): 57 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2018.03.008>

底部加热的两板间水平流动进口段流动特性分析

Analysis of entrance region of horizontal flow between two plates heated from bottom
水利水运工程学报. 2019(4): 58 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.04.008>



扫码进入官网，阅读更多精彩内容

关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI:10.12170/20210808001

文典,李洪泽,王晓刚,等.基于鱼类集群及上溯通道分析的鱼道进口位置论证[J].水利水运工程学报,2021(6):89-96.(WEN Dian, LI Hongze, WANG Xiaogang, et al. Demonstration of layout of fishway entrance based on fish clusters distribution and fish upstream passage[J]. Hydro-Science and Engineering, 2021(6): 89-96. (in Chinese))

基于鱼类集群及上溯通道分析的鱼道进口位置论证

文 典¹,李洪泽²,王晓刚²,黄涌增²,祝 龙²

(1. 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072; 2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

摘要: 为确保大渡河龚嘴水电站鱼道能够成功过鱼,基于龚嘴水电站坝下河段鱼类集群分布的水声学观测结果,结合研究河段水流条件,分析鱼类集群分布特征,并根据主要过鱼对象关于水力学因子的适宜性特征,提取坝下河段鱼类主要上溯通道,论证龚嘴水电站鱼道进口布置方案。结果表明:坝下河段鱼类垂向分布范围为1.15~11.62 m,主要分布在中下层水域;鱼群主要集中在河段中上游区域;鱼类上溯通道分布于靠近两侧河岸的水域,流速为0.1~1.2 m/s;在北纬29.290°~29.292°范围内,存在横跨整个河宽鱼类集中分布区域,说明该区域内流场条件能够较好地满足河段过鱼对象的上溯需求。本研究从鱼类集群及上溯通道分布两个方面对鱼道进口布置进行论证,提出较合理的鱼道进口位置,研究结果可为其他水电站鱼道进口布置提供参考。

关 键 词: 龚嘴水电站;鱼道进口布置;鱼类集群分布;鱼类上溯通道

中图分类号: S956.3

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2021)06-0089-08

鱼道由进鱼口、过鱼池、休息池、出鱼口等构成,进鱼口向河道的冲泄水流诱导鱼类寻找到进鱼口并游入鱼道。与宽阔河道相比,鱼道通常是较小的结构,宽度一般在5 m之内,往往具有“针眼”的特点,对于大江大河尤其明显^[1]。因此,选取合适的鱼道进口位置,是确保鱼类能够轻松找到进口并进入鱼道的关键,对鱼道工程的效用发挥具有至关重要的意义。

根据鱼类坝下上溯规律,鱼道进口的选择一般考虑以下几个方面:(1)经常有水流下泄的地方,尽可能靠近鱼类能上溯到达的最前沿^[2];(2)进口前水流不应有漩涡、水跃,进口下泄水流应使鱼类易于分辨和发现^[3];(3)选择水质新鲜、肥沃的水域,避开泥沙易淤积区及有油污、化学性污染和漂浮物的水域;(4)鱼道进口的布置和设计需要协调好电站尾水与鱼道水流之间的关系,使鱼道水流与河道主流平顺衔接,并消除进口处的水流障碍,必要时增加额外的诱鱼水流来吸引鱼类^[4];(5)进口不能超过河床太高,应与河床平顺衔接;(6)进口应能适应拟定过鱼对象对水流的要求及运行水位变化范围。

鱼道进鱼口的选点与布置型式,主要通过枢纽整体模型试验结合数学模型模拟研究进行选取。根据试验与模拟结果确定鱼道与其他各建筑物之间的相互关系,分析主要过鱼季节枢纽不同调度方式下的鱼道进、出口水流条件,确定鱼道在枢纽中的整体布置,从而提出满足从坝下到鱼道进口有大于感应流速、小于鱼类极限流速的上溯通道及进鱼口型式。如Back等^[5]采用二维水流输沙数值模型,揭示鱼道进口附近流场结构和冲淤特性,验证了鱼道进口布置的合理性;Andersson等^[6]采取水力学模拟措施,研究水电站下游流场结构对洄游鱼类的影响,对鱼道进口位置的布置进行论证;李丹丹等^[7]利用水工模型分析水库大坝上下游流场,结合地形条件,设计鱼道进出口、坡度等;史斌等^[8]通过物理模型试验,结合当地鱼类生活习性、建筑物布置特点等,提出鱼道进口布置型式。可见,先前的鱼道进鱼口布置位置主要依据水力学研究结果确定,随着水声学技术的发展,越来越多的研究辅以鱼类集群分布,为进鱼口位置的确定提供支持^[9-10]。但对鱼类从坝下河段上溯到鱼道进口区域的上溯通道研究尚不多见;且受限于试验条件,前期的研究往往难

收稿日期: 2021-08-08

基金项目: 江西省交通运输厅科技项目(2019C0004, 2019C0005)

作者简介: 文 典(1984—),男,四川广安人,高级工程师,硕士,主要从事水生生态保护方面研究。

E-mail: 2010010@chidi.com.cn 通信作者: 王晓刚(E-mail: xgwang@nhri.cn)

以将鱼类集群特征和水流条件同步测量并分析。本文基于大渡河龚嘴水电站坝下鱼类集群特征的水声学观测与坝下水流条件同步观测,分析电站坝下河段鱼类的上溯通道分布,进而提出了龚嘴水电站鱼道进口布置位置方案。研究结果对类似工程合理确定鱼道进鱼口位置具有一定的参考意义。

1 鱼类集群特征及坝下水流条件现场观测方法

1.1 鱼类集群特征现场数据采集

采取走航和定点观测的方法进行鱼类水声学观测。观测内容包括:坝下鱼类资源丰度、空间分布及上溯集群特征情况。在 3—5 月,采用 Simrad EK80 回声鱼类探测仪,利用船载走航进行“Z”字型高密度探测,探测范围为坝下 1.5 km 的区域。探测过程中,换能器入水深至少 0.5 m,横向走航间距控制在 20 m 以内,平均航速控制在 10 km/h 以下。根据现场河道状况和信号质量,选择合适的主采样功率和脉冲持续时间为 128 μs 。数据采集过程中,采用 Garmin 公司生产的 GPS60CS 进行导航,便捷式电脑进行声学数据和 GPS 数据的同步存储。

1.2 坝下水流条件现场观测

采用走航式声学多普勒流速剖面仪(ADCP,型号: RiverRay,产地:美国)对典型栖息地的水深、流速、河道形态等参数进行观测。RiverRay 走航式 ADCP 可根据厘米级高精度 GPS 定位系统,记录船只航迹;每 0.5 s 记录航线相应点位 0.45~30.00 m 水深范围内不同深度水层的流速与流向;相邻水层距离为 0.2 m。ADCP 具有流场扰动小、分辨率高、测验历时短、测速范围大、精度高等优点,且体积小、易于携带,已被广泛应用于河流、湖泊、水库等水体的流场结构观测。

1.3 水声学数据处理与鱼类密度分析

本研究针对龚嘴水电站坝下 500~2 000 m 河段开展水声学观测。由于坝下河段水流流速较大,紊动强度较高,河流水体表面、江底、气泡、行船等产生的噪声及浮游生物等散射体均会对水声学探测精度造成影响,再加之探测过程中声学“盲区”的存在,需对水声学数据进行筛选,以提高评估结果的可靠性和准确性。水面下 1.0 m 至河流底部上方 0.5 m 水深范围,能够有效规避江面、江底、行船噪声及声学“盲区”对探测精度的影响。因此,本研究采用水声学探测数据分析软件 Echoview,选取水面下 1.0 m 至河流底部上方 0.5 m 之间的水声学数据进行处理和分析,并将体积散射强度和目标强度回波映像中的最小阈值设为 -60 dB,最大波束补偿设为 10 dB,以削减浮游生物等散射体对探测精度的影响。

在单体目标追踪过程中,一个鱼类信号的追踪完成必需由至少 3 个单目标信号组成,且各目标信号之间的最大采样间隔不超过 2。单个体目标强度值(Target strength, S_T)和体长换算采用谢晓等^[1]提出的经验公式:

$$S_T = 20 \lg L - 69.87 \quad (1)$$

式中: S_T 为目标强度(dB); L 为鱼体体长(cm)。

利用回波计数法计算鱼类密度。通过声学波束对水体空间进行扫描,在空间内部进行个体回波计数,根据波束扩展采样角度计算扫描水体的体积,通过回波信号数量与扫描水体空间体积之比,获得该范围内的鱼类平均分布密度,计算式如下:

$$\rho_v = \frac{E_t}{V_p n} \quad (2)$$

式中: ρ_v 为鱼类密度(ind/ m^3); E_t 为扫描水体的回声信号数量; V_p 为每次采样扫描的水体体积(m^3); n 为换能器的采样次数。

采用资源密度面积法,将观测河段划分为若干个观测层区,单独计算各小区的水体体积及鱼类平均密度。鱼类资源量估算如下:

$$B = \sum_{i=1}^n \rho_i V_i \quad (3)$$

式中: B 为鱼类资源量(ind); ρ_i 为第 i 个区域鱼类平均密度(ind/m³); V_i 为第 i 个区域水体体积(m³)。

对于不同探测区域的鱼类空间分布特征, 采用 ArcGIS 10.2 软件进行空间分布的建模。将计算出的各单元鱼类密度、各区域的平均水深, 各单元航段中心坐标数据导入 ArcGIS 平台, 采用反距离加权插值法绘制坝下鱼类密度水平分布图。

1.4 观测范围及龚嘴水电站运行情况

为掌握龚嘴水电站坝下流场及鱼类集群特征, 于 2021 年 4 月 27—28 日对龚嘴坝下长约 2 km 的河段进行了水声学走航探测。本研究探测区域如图 1 所示。探测区域覆盖了大部分过鱼对象上溯的必经通道, 且探测区域所在河段为过鱼对象主要的群聚区域。

2021 年 4 月 27—28 日不同时刻龚嘴水电站运行工况如表 1 所示。



图 1 龚嘴水电站坝下探测区域

Fig. 1 Detection area under the dam of Gongzui Hydropower Station

表 1 观测时段内电站运行工况
Tab. 1 Operating conditions of the power station during the observation period

时刻	水位/ m	入库流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	出库流量/ (m ³ ·s ⁻¹)
2021-04-27T08:00	522.74	599	944
2021-04-27T09:00	522.62	632	994
2021-04-27T10:00	522.66	764	959
2021-04-27T11:00	522.74	921	811
2021-04-27T12:00	522.48	831	1 150
2021-04-27T13:00	522.22	606	1 310
2021-04-27T14:00	522.09	533	1 190
2021-04-28T08:00	520.78	347	980
2021-04-28T09:00	520.61	370	880
2021-04-28T10:00	520.80	661	488
2021-04-28T11:00	520.69	595	636
2021-04-28T12:00	520.70	693	737
2021-04-28T13:00	520.87	667	460

2 结果与分析

2.1 龚嘴水电站坝下鱼类集群特征

龚嘴水电站坝下河段的主要过鱼对象为: 长薄鳅、长鳍吻鮡、齐口裂腹鱼、重口裂腹鱼、四川白甲鱼、青石爬鮡、裸体异鰮鳅鮰和蛇鮡等。鱼道主要过鱼时间为每年的 3—9 月。主要过鱼对象的游泳能力测试资料显示, 流速 0.1~1.2 m/s 范围内能够满足其上溯需求。

使用水声学方法在龚嘴水电站坝下进行鱼类集群分布观测, 扫描数据回放显示, 回声探测图图像杂噪音较大, 经过降噪及杂质去除后可以清晰观测鱼类反射信号, 河底反射信号清晰。同时探测结果还表明, 探测区域地形略有起伏, 水深分布较为均匀, 整体较浅; 探测过程中发现鱼类较少以个体形式进行活动, 鱼类集群现象居多。

2.1.1 坝下鱼类垂直分布 研究期间龚嘴水电站下游河段鱼类单体目标强度值(S_T)关于水深的分布如图 2 所示。由图 2 可知, 此次探测样带 12.0 m, 鱼体反射信号的平均水深 8.02 m; 共获取单体目标 TS 值 106 个, 分布范围为水深 1.15~11.62 m; 4.7% 的鱼类反射信号位于 0~4 m 水深范围内, 38.7% 集

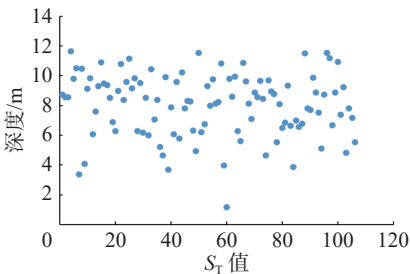


图 2 S_T 值关于深度的分布

Fig. 2 Distribution of S_T values with resect to depth

中在 4~8 m 水深范围, 56.6% 位于 8~12 m 水深范围内, 说明研究河段的鱼类主要分布在水体中下层, 与该河段鱼类实际分布情况相吻合。

2.1.2 坝下鱼群水平分布 龚嘴水电站坝下鱼类密度 GIS 水平分布见图 3。由图 3 可知, 龚嘴水电站坝下探测范围内, 探测鱼类密度观测区域鱼类平均密度为 0.310 ind/m²; 观测水域水深较浅, 鱼类大多分布在中下层, 探测到的鱼类目标有 90.56% 分布在水深 5 m 以下水域(不代表浅水区域没有鱼类分布); 大部分鱼类分布在坝下 500~1 500 m 河段范围内, 电站尾水渠附近水域也存在一定规模的鱼类集群; 鱼群密度最高的区域为坝下约 500 m 靠近河道右岸水域(0.115~0.700 ind/m²); 坝下 500~1 500 m 河段鱼群密度为 0.085~0.115 ind/m², 且鱼群在该区域内水平分布范围较广, 河段大部分鱼类都集中在该河段范围内; 坝下 1 500~2 000 m 河段仅有少数几个鱼类集群信号, 鱼群密度较小, 主要分布在左岸和河道中泓线附近。

2.2 龚嘴水电站鱼类上溯通道分析

选取 4 月 27 日 12:00 至 13:00 运行工况下的水深、流速观测结果, 分析坝下河段流场结果特性。该工况为过鱼季节(3—9 月)龚嘴水电站典型运行工况, 多数时段电站运行工况接近该工况。且该工况流量较大, 对应的流速也较大, 基于流速的上溯通道分析成果偏保守。龚嘴水电站坝下河段水深分布见图 4, 典型断面形状及流速分布见图 5。由图 4 和 5 可知, 河道整体呈“V”字形, 底部狭窄, 礁石较多, 由于表层流速大, 根据表层流速推求的鱼类上溯通道更加保守, 因此本文仅分析表层流速分布情况。

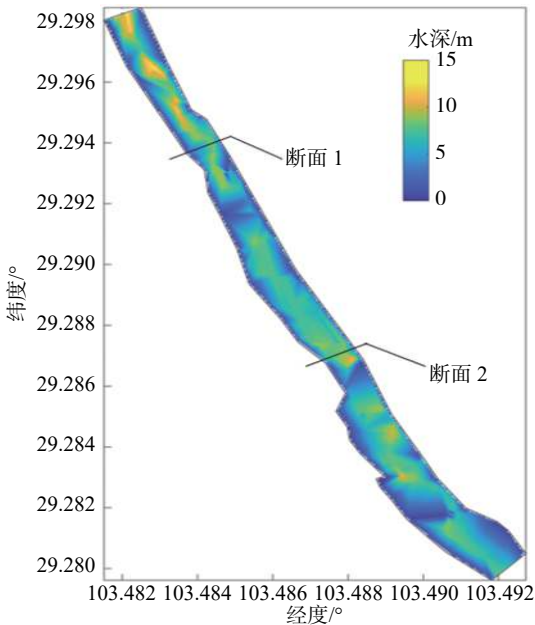


图 4 龚嘴水电站坝下河段水深分布
(2021-04-27T12:00—13:00)

Fig. 4 Water depth distribution in the downstream of Gongzui Hydropower Station (2021-04-27T12:00—13:00)

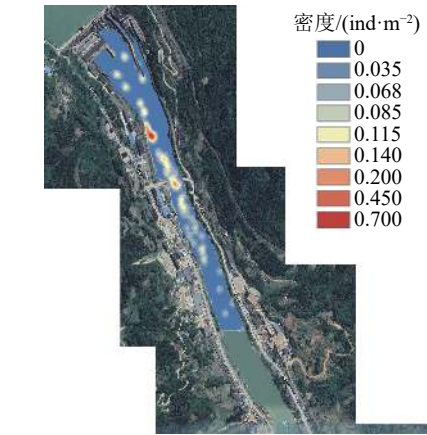


图 3 龚嘴水电站坝下鱼群水平分布

Fig. 3 Horizontal distribution of fish under the dam of Gongzui Hydropower Station

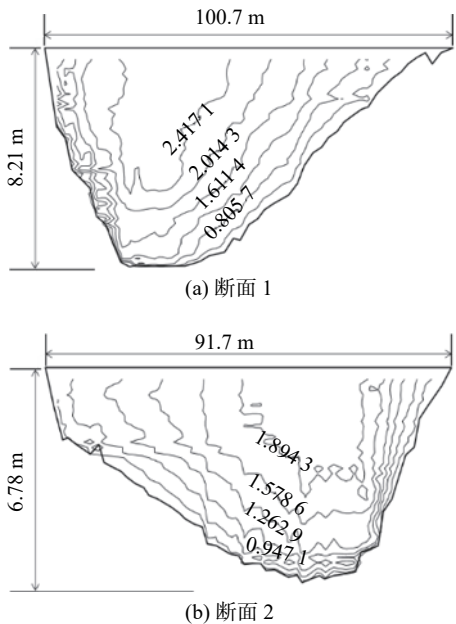


图 5 断面 1、2 形状及断面流速分布等值线(单位: m/s)

Fig. 5 The shape and contour map of velocity of section 1 and section 2 (unit: m/s)

研究河段表层流速分布云图与流速矢量图分别见图 6 和 7。由图 6 和 7 可知, 坝下河段流速主要分布在 0.5~3.0 m/s, 研究河段上游河道中泓线深度 10~15 m, 流速 2.5~3.5 m/s; 研究河段中下游大部分区域水深 5~10 m, 流速 1~2 m/s。研究河段上游区域由于河道水深相对较大, 河道宽度相对狭窄, 过水断面偏小, 流速相对下游较大。

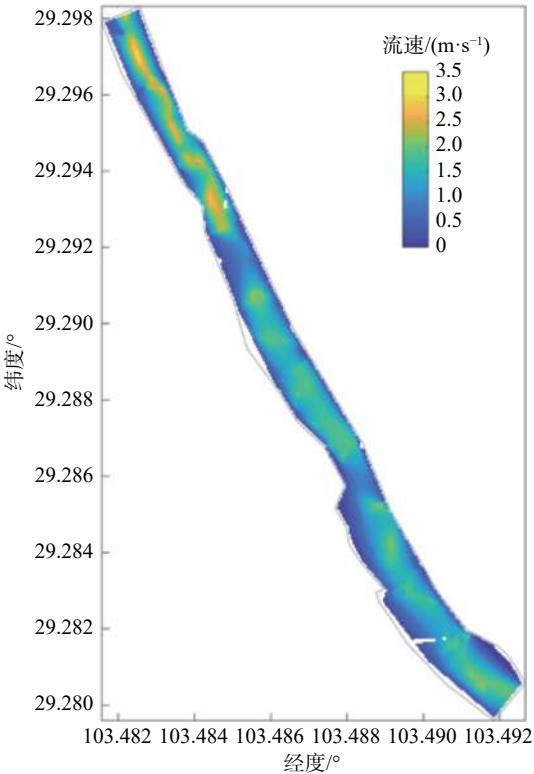


图 6 龚嘴水电站坝下河段表层流速分布云图
(2021-04-27T12:00—13:00)

Fig. 6 Nephogram of surface velocity distribution in the downstream of Gongzui Hydropower Station (2021-04-27T12:00—13:00)

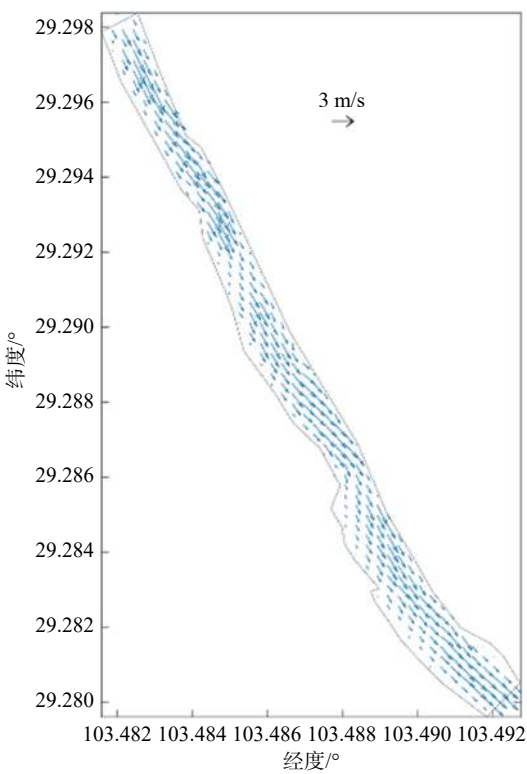


图 7 龚嘴水电站坝下河段表层流速矢量图
(2021-04-27T12:00—13:00)

Fig. 7 Surface velocity vector diagram of downstream of dam of Gongzui Hydropower Station (2021-04-27T12:00—13:00)

目标鱼类在水流流速 0.1~1.2 m/s 范围内能够感应上溯, 并具有持续游泳能力。如图 8 所示, 图示色带区域表示水流流速在 0.1~1.2 m/s 之间的流速区域(其他流速区域不显示), 即流速满足鱼类上溯条件的区域(鱼类可上溯通道)。可见, 坝下河道左右岸存在足够宽度的鱼类上溯通道。值得一提的是, 图 8 显示在研究河段北纬 29.290°~29.292°范围内, 河道存在横跨整个河宽的流速适宜区域(红圈处), 结合图 9 的鱼类集群水平分布图对比可知, 此处确实存在鱼类聚集现象(图 9 红圈处)。水力学监测结果与水声学观测结果比较接近, 说明提取的鱼类可上溯通道较符合河段鱼类的实际上溯与聚集情况。

由图 9 可知, 在龚嘴坝下 500~2 000 m 河段鱼群分布密度总体上呈现从下游到上游逐渐增大的趋势, 这说明在该流速条件下, 鱼类表现出较明显的趋流特性; 而在坝下 0~500 m 范围内的河段, 鱼群主要分布在靠近两岸的水域, 且各鱼群的密度相差不大, 鱼群未表现出明显的趋流性。

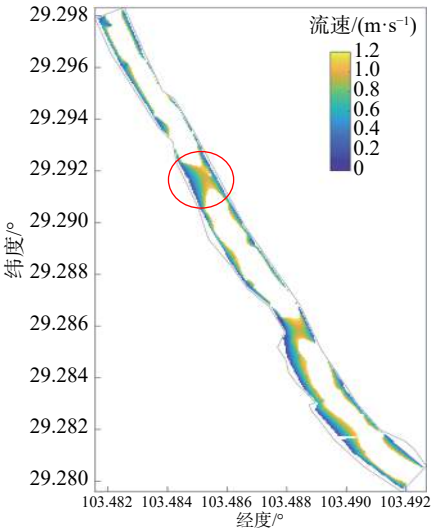


图 8 龚嘴水电站坝下河段表层鱼类上溯通道(红圈内为流速满足鱼类适宜性条件且鱼类水声学观测结果中鱼类聚集规模较大的区域)

Fig. 8 Surface fish upstream channel in the downstream of the dam of Gongzui Hydropower Station (The red circle is the area where the flow velocity meets the fish suitability conditions and the fish assemble scale is large in the fish hydroacoustic investigation results)

2.3 龚嘴水电站鱼道进口位置建议

根据进口位置选择原则、类似工程运行经验及龚嘴水电站建筑特点,综合考虑鱼类生态习性和集群分布特点,对龚嘴水电站的鱼道进口布置提出以下建议:

(1)根据鱼类资源观测和水声学观测结果,建议龚嘴水电站鱼道进口布置在坝下两侧河岸地带。其中 1#区域内鱼类聚集现象较为明显,2#和 3#位点位于近坝区域,处于该河段鱼类洄游末端位置,亦可为鱼道进口位置(见图 10)。

(2)依据坝下河段流速场分布观测结果,同样建议龚嘴水电站鱼道进口布置在坝下两侧河岸地带。其中 1#区域流速范围为 0.5~1.5 m/s,满足鱼类的上溯洄游需求;2#和 3#位点位于近坝区域,且水深较浅,水流湍急,岸边鱼类上溯通道较窄,湍急的水流对鱼类洄游上溯产生一定的“流速屏障”,如在此位置设置鱼道进口,建议疏通河道,减缓流速。

3 结 语

通过鱼类集群特征及坝下水流条件现场观测,提出了基于鱼类集群分布及鱼类上溯通道的鱼道进口布置建议,主要结论如下:

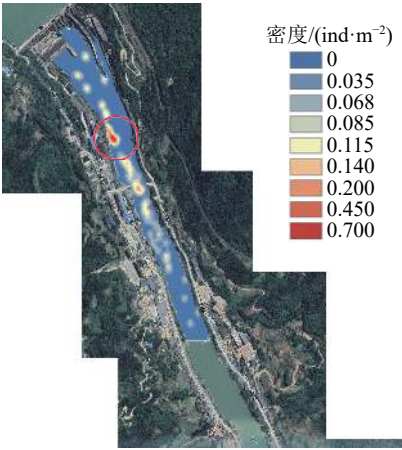


图 9 龚嘴水电站坝下河段鱼群水平分布(红圈内为流速满足鱼类适宜性条件且鱼类水声学观测结果中鱼类聚集规模较大的区域)

Fig. 9 Horizontal distribution of fish under the dam of Gongzui Hydropower Station (The red circle is the area where the flow velocity meets the fish suitability conditions and the fish assemble scale is large in the fish hydroacoustic investigation results)

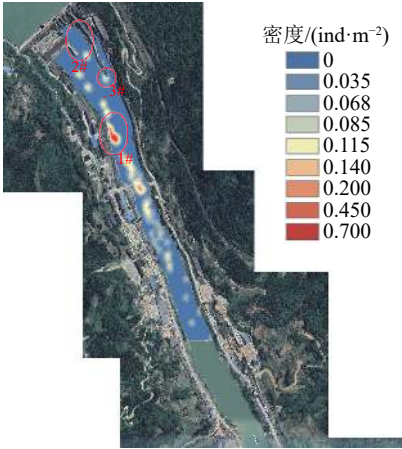


图 10 龚嘴水电站鱼道进口位置推荐

Fig. 10 Recommended layout of fishway entrance of Gongzui Hydropower Station

(1)大渡河龚嘴水电站坝下河段鱼类主要分布于河流中下层;水平方向上鱼群主要集中于研究河段的中上游段。

(2)龚嘴水电站坝下河段鱼类上溯通道主要分布于河道两侧河岸附近水域,且在河段北纬 29.290°~29.292°、29.285°~29.286°范围内,存在横跨整个横断面的流速适宜区域。

(3)综合鱼类集群分布和流速分布特征,推荐了 1#~3#共 3 个区域作为龚嘴水电站鱼道进鱼口的备选位置,其中 1#区域流速范围为 0.5~1.5 m/s,满足鱼类的上溯洄游需求;2#和 3#位点位于近坝区域,水深较浅,水流湍急,如在该位置设置鱼道进口,建议疏通河道,减缓流速。

参 考 文 献:

- [1] 谢春航,安瑞冬,李嘉,等.鱼道进口布置方式对集诱鱼水流水力特性影响研究[J].工程科学与技术,2017,49(增刊2): 25-32. (XIE Chunhang, AN Ruidong, LI Jia, et al. Study on the influence of fishway entrance layout mode on hydraulic characteristics of fish luring flow[J]. Advanced Engineering Sciences, 2017, 49(Suppl2): 25-32. (in Chinese))
- [2] 郑铁刚,孙双科,柳海涛,等.基于鱼类行为学与水力学的水电站鱼道进口位置选择[J].农业工程学报,2016,32(24): 164-170. (ZHENG Tiegang, SUN Shuangke, LIU Haitao, et al. Location choice of fishway entrance in hydropower project based on fish behavioristics and hydraulics[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(24): 164-170. (in Chinese))
- [3] 汪亚超,陈小虎,张婷,等.鱼道进口布置方案研究[J].水生态学杂志,2013,34(4): 30-34. (WANG Yachao, CHEN Xiaohu, ZHANG Ting, et al. Study on layout scheme of fishway entrance[J]. Journal of Hydroecology, 2013, 34(4): 30-34. (in Chinese))
- [4] 龚丽,吴一红,白音包力皋,等.鱼道进口水流对草鱼幼鱼上溯行为的影响研究[J].水利水电技术,2016,47(11): 89-93,106. (GONG Li, WU Yihong, BAIYINBAOLIGAO, et al. Study on impact of water flow at fishway entrance on migratory behavior of juvenile grass carp[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2016, 47(11): 89-93,106. (in Chinese))
- [5] BAEK K O, KIM Y D. A case study for optimal position of fishway at low-head obstructions in tributaries of Han River in Korea[J]. Ecological Engineering, 2014, 64: 222-230.
- [6] ANDERSSON A G, LINDBERG D E, LINDMARK E M, et al. A study of the location of the entrance of a fishway in a regulated river with CFD and ADCP[J]. Modelling and Simulation in Engineering, 2012, 2012: 1-12.
- [7] 李丹丹,高传彬,李刚,等.枕头坝一级水电站鱼道布置设计[J].人民长江,2014,45(24): 82-84,88. (LI Dandan, GAO Chuanbin, LI Gang, et al. Fishpass layout design of Zhentouba I Hydropower Station[J]. Yangtze River, 2014, 45(24): 82-84,88. (in Chinese))
- [8] 史斌,王斌,徐岗,等.浙江楠溪江拦河闸鱼道进口布置优化研究[J].人民长江,2011,42(1): 69-71,89. (SHI Bin, WANG Bin, XU Gang, et al. Research on optimization of fishway entrance of sluice on Nanxi River in Zhejiang Province[J]. Yangtze River, 2011, 42(1): 69-71,89. (in Chinese))
- [9] LINDBERG D E, LEONARDSSON K, ANDERSSON A G, et al. Methods for locating the proper position of a planned fishway entrance near a hydropower tailrace[J]. Limnologica, 2013, 43(5): 339-347.
- [10] GROTE A B, BAILEY M M, ZYDLEWSKI J D, et al. Multibeam sonar (DIDSON) assessment of American shad (Alosa sapidissima) approaching a hydroelectric dam[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2014, 71(4): 545-558.
- [11] 谢晓,张辉,孙立元,等.基于网箱控制法和模型法的长江4种淡水鱼目标强度研究[J].中国水产科学,2020,27(5): 536-546. (XIE Xiao, ZHANG Hui, SUN Liyuan, et al. Target strength of four freshwater fish species in the Yangtze River based on cage and model method[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2020, 27(5): 536-546. (in Chinese))

Demonstration of layout of fishway entrance based on fish clusters distribution and fish upstream passage

WEN Dian¹, LI Hongze², WANG Xiaogang², HUANG Yongzeng², ZHU Long²

(1. *PowerChina Chengdu Engineering Co., Ltd., Chengdu 610072, China*; 2. *Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China*)

Abstract: To ensure that the fish can successfully pass through the fishway of Gongzui Hydropower Station in Dadu River, in this paper, the distribution characteristics of fish cluster in the downstream of Gongzui Hydropower Station are analyzed based on the hydroacoustic survey results and the flow conditions of the studied river section, the main upstream fish passage is extracted according to the suitability characteristics of the main fish passage objects regarding the hydraulic factors, and the fish passage inlet layout plan of Gongzui Hydropower Station is finally demonstrated. The results indicate that the vertical distribution range of fish is 1.15-11.62 m, mainly distributed in the middle and lower water area; fish clusters are mainly concentrated in the middle and upper reaches of the river section; fish upstream channels are located in the water close to both banks, and the range of velocities is 0.1-1.2 m/s; in the area from 29.290°N to 29.292°N, there is a concentrated distribution area of fish across the entire river width, indicating that the flow field conditions in this area can better meet the upstream demand of the fish in the study river section. This study demonstrates the layout of fishway entrance in two aspects: fish clusters and upstream channel distribution, and a more reasonable layout scheme of fishway entrance is proposed, which can provide a methodological reference for the layout of fishway entrance of other hydropower stations.

Key words: Gongzui Hydropower Station; layout of fishway entrance; distribution of fish clusters; fish upstream channel