

葛洲坝1号船闸启闭闸门对近闸区域鱼类活动规律的影响

熊 锋¹, 王从锋^{1,2}, 刘德富³, 汪玲珑¹, 秦孝辉¹, 石小涛⁴

(1. 三峡大学水利与环境学院, 湖北 宜昌 443002;

2. 三峡地区地质灾害与生态环境湖北省协同创新中心, 湖北 宜昌 443002;

3. 湖北工业大学资源与环境学院, 湖北 武汉 430068; 4. 三峡大学化学与生命科学学院, 湖北 宜昌 443002)

摘要: 于2013年4月,在葛洲坝1号船闸下游闸首,利用双频识别声纳(DIDSON)对船闸不同运行状态下(关闸、放水、开闸)近闸区域的鱼类数量和密度进行了定点探测,并同步进行水质水动力现场监测,研究船闸启闭闸门对近闸区域鱼类活动规律的影响。研究表明:葛洲坝1号船闸在放水期间,对下游近闸区域流速及水体溶解氧(DO)浓度影响较大,对pH值及水温的影响不明显;鱼类密度与流速及DO呈显著相关性,与pH值及水温的变化相关性不显著;船闸在放水期间对近闸区域水体环境的改变,产生了诱导鱼类进入闸室下游出口的明显趋势。本研究为中低水头水利枢纽船闸与鱼道结合的可行性研究提供基础数据,同时也为鱼类行为学的研究提供参考依据。

关键词: 葛洲坝船闸; 鱼类活动; 流速; 水质参数

中图分类号: TV66, X835 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2014)05-0008-07

葛洲坝水电站是世界上最大的低水头大流量、径流式水电站,在发电、航运、泄洪、灌溉等方面发挥了巨大的效益。但与此同时,由于拦河坝的阻隔,葛洲坝工程造成了长江流域鱼类生境片段化、洄游通道阻隔、产卵场被破坏、栖息地丧失等问题,对长江鱼类资源产生了不利影响,因此需要采取一定的补救措施(Beamish et al, 1989; Neraas et al, 2001; 陈进等, 2006)。在修建葛洲坝之初未设置过鱼通道,而是采用人工增殖放流(余志堂等, 1981; 胡兴祥, 1981),但其较之鱼类自然过坝,长期实施存在着放流对象较单一、种群多样性下降、放流效果不明确等问题(刘洪波, 2009)。为通航需要而建的船闸是在大多数河流上修建水利枢纽时必修的建筑之一。同时,船闸也是连接大坝上下游的水流通道,具有较大的联通水体,理应可以成为水生生物的栖息地和联通上下游的生物通道。鉴于已建水利工程重新修建鱼道困难、成本高且效果得不到保证,因此,有必要探究新的过鱼设施及方法。在这种背景下,船闸成为了最具过鱼潜能的水工建筑物,鱼道与船闸合二为一的可行性研究具有重要的意义。

过鱼设施的主要原理就是利用鱼类的趋流特性,将鱼诱入过鱼通道中,使鱼类自由上溯至拦河坝

体上游(Cheong et al, 2006)。涉及的主要问题包括确保下游进口有合适的诱鱼流速、流态以及适合鱼类生存的环境因子(包括水温、DO、pH等),以利于鱼类进入过鱼设施内(王兴勇等, 2005)。因此,船闸过鱼是否可行,首先需要探明船闸的运行方式、船闸充放水过程对近闸区域水体环境的影响,以及近闸区域鱼类对水体环境改变的响应。本文运用双频识别声纳(DIDSON)SMC-300等设备对葛洲坝1号船闸在放水前后下游近闸区域鱼类的数量及密度进行了连续监测,同步利用水质探测仪进行了船闸内流速、水温、DO、pH等参数的测定,拟探明船闸放水前后水流流速和水质参数的变化对近闸区鱼类活动规律的影响以及船闸放水过程对近闸区域的鱼类是否存在诱驱效果,以期为研究中低水头水利枢纽船闸与鱼道结合的可行性提供基础数据,从而有针对性的提出改进船闸过鱼能力的措施。

1 材料与方法

1.1 监测时间及位置

监测时间为2013年4月26-27日,监测时段为船闸放水前15 min、放水中(10~15 min)、闸门开启后15 min,监测断面为葛洲坝1号船闸下游闸首,监测位置及范围如图1。

监测船停靠于下游引航道一侧,船体前段利用绳索系于导墙上,预留5 m的安全距离(避开船闸放水过程中水流对船体的巨大冲击),船体后端抛锚于河流底部固定。船体相对于船闸位置固定,监

收稿日期:2014-03-26

基金项目:水利部公益性行业科研专项经费项目(201201030)。

通讯作者:王从锋。E-mail: wangcf@ctgu.edu.cn

作者简介:熊锋,1986年生,男,硕士研究生,主要从事生态水利及鱼类行为学方面研究。E-mail: xiongfeng1002@163.com

测仪器的探测区域稳定,船闸启闭对监测船及监测结果影响甚微。探测过程中利用换能器将 DIDSON 固定于监测船前舷,下水深度约为 0.5 m,仪器探头与水平方向呈 30°角,仪器的安装及探测方向如图 2。DIDSON 距离闸室下游右岸导墙约 8 m,探测水平角度为 29°,垂直角度为 14°,探测至水底距离约 40 m,监测水体体积为 2 700 m³。

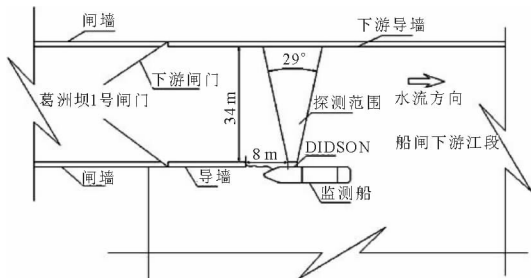


图 1 葛洲坝 1 号船闸下游闸首监测位置
Fig.1 Schematic drawing of monitoring location

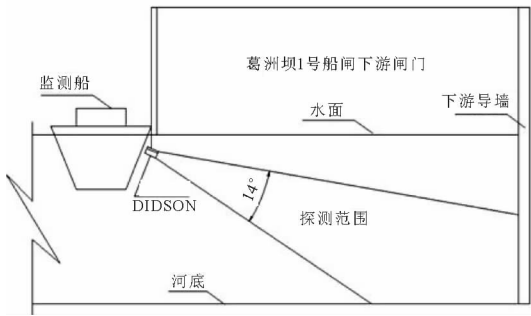


图 2 仪器安装及监测区域示意(立面)
Fig.2 Schematic drawing of instrument installation and monitoring area

1.2 监测指标

监测指标主要包括各监测时段近闸区域内鱼类数量、流速、DO、pH、水温及水深。

1.3 监测仪器

水温、pH、DO、水深等参数采用美国伯明斯顿公司生产的 Hydrolab DS5 多参数水质分析仪分层测定,每层为 1 m。流速运用 Nortek 公司生产的 Vectrino Plus 声学多普勒点式流速仪测定,测定位置为 DIDSON 仪器同侧水面以下 0.5 m 处。鱼类数量运用 Sound Metrics 公司生产的标准型双频识别声纳 SMC-300 实时监测,采用 24 h 不间断监测。

1.4 数据处理

1.4.1 鱼类计数及数据分析 采用 Didson V5 软件统计鱼类数量,通过软件的自带功能去除背景中静态部分的声像,根据实际情况合理增加阈值去除图像的噪音数据,并进行人工排错。鱼类密度值等于各监测时段内鱼类数量除以监测水体体积,其中

监测时段内鱼类数量统一换算成单位时间(h)内的鱼类数量。运用 Excel 2010 及 SPSS19.0 对船闸放水前、中、后鱼类的分布情况及其显著性进行分析。

1.4.2 水质参数及流速数据分析 水质参数及流速监测数据利用 Excel 2010 进行初步统计及作图,运用 SPSS 19.0 进行相关性分析及回归分析。

1.4.3 DIDSON 双频识别声纳的有效性 双频识别声纳(DIDSON)存在 1m 的盲区(即距离 DIDSON 在 1 m 以内的鱼类不能被探测到)。本研究中 DIDSON 的探测角度为 30°,因此,仅水面以下 0.5 m 范围内的鱼类不能被监测,对数据的影响不大。同时,声纳的波束发射有一定的间隔,若安装在快速移动的物体上,会出现锯齿状轮廓,本研究所涉及的监测水域水流对船体的冲击作用小,仪器的抖动小,可保证图像质量满足要求。水声学评估鱼类资源量主要方法是回声积分法,通过取样单位区域内鱼群回声强度的积分值,除以单个个体的超声波反射率(目标回波强度,TS),得出鱼类个体数。当鱼类在水域分布密度较低时,可通过水声学仪器直接计数,将计数结果直接除以探测体积,得到鱼类密度(Misund, 1997)。另外,有研究者(张慧杰等, 2007;林鹏程等, 2011)在葛洲坝下游近坝区域水体中进行的鱼类声学调查充分验证了直接使用水声学仪器对鱼类直接计数的可行性与准确性。

2 结果与分析

2.1 鱼类密度变化

4月26日葛洲坝1号船闸闸门启闭回合(一个回合包括放水前15 min、放水中、开启闸门后15 min)为14次。每回合监测时间为40~55 min。船闸启闭期间近闸区鱼类密度变化见图3。

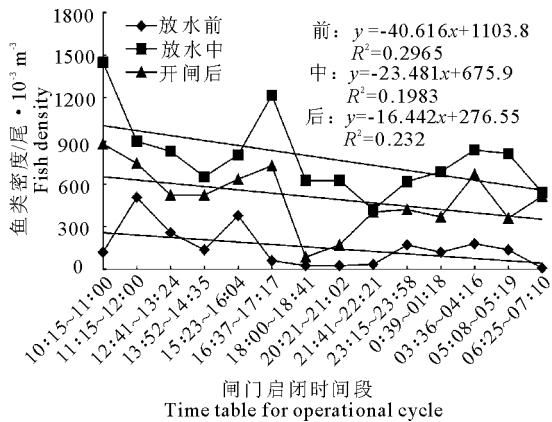


图 3 葛洲坝 1 号船闸启闭期间近闸区鱼类密度变化
Fig.3 Changes of fish density for each operational cycle of the No. 1 ship lock

葛洲坝1号船闸启闭、放水期间近闸区域鱼类密度变化规律如下：

- (1) 单次启闭回合内，放水期间鱼类密度均大于放水前及开闸后鱼类密度；
- (2) 放水前、放水中、开闸后鱼类密度随时间的变化规律为：由上午 10:00 至次日 7:00 呈递减趋势，但相关性不太明显。
- (3) 放水前的鱼类密度峰值出现在中午 11:00 ~ 12:00，放水中及开闸后鱼类密度峰值出现在 10:00 ~ 11:00。

2.2 典型时段放水前后水质变化分析

根据鱼类密度分析结果，第 1、3、6、7 次启闭回合内鱼类密度处于几次峰值前后，具有代表性，因此选取这 4 次启闭回合内的水质监测数据进行水温、DO、pH 值的分析。

2.2.1 水温变化规律分析 4 次闸门启闭回合内水温变化见图 4。水温随着水深增加呈递减趋势，开闸后水温均高于放水前和放水中水温，放水前与放水中水温之间没有明显规律。根据闸门启闭期间监测参数均值分布图(图 5)，10 点至 17 点水温呈上升趋势。

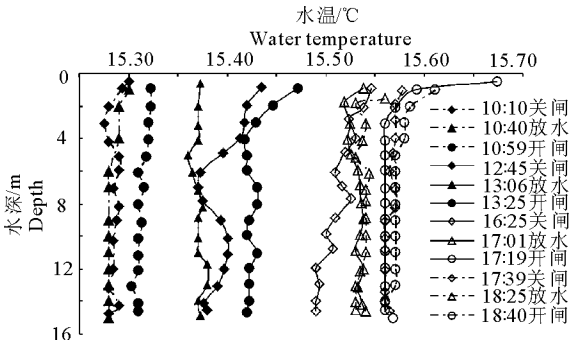


图 4 闸门启闭期间水温与水深的关系
Fig.4 Relationship of water temperature and the water depth at typical period of time

2.2.2 DO 变化规律分析 DO 浓度随着水体深度呈递增趋势(图 6)。单次启闭回合内,DO 浓度变化规律为：放水中 > 开闸后 > 放水前。根据船闸启闭期间水质参数均值分布图(图 5)，在整个监测时期内,DO 无明显变化趋势。

2.2.3 pH 变化规律分析 pH 随着水体深度的增加呈递减趋势(图 7)。单次启闭回合内，溶氧变化规律为：放水中 pH 值高于开闸后和放水前 pH 值。根据船闸启闭期间水质参数均值分布图(图 5)可知，在整个监测时期内,pH 值处于 8.25 ~ 8.35，变化幅度很小；在整个监测时期内,pH 变化波动无明显规律性。

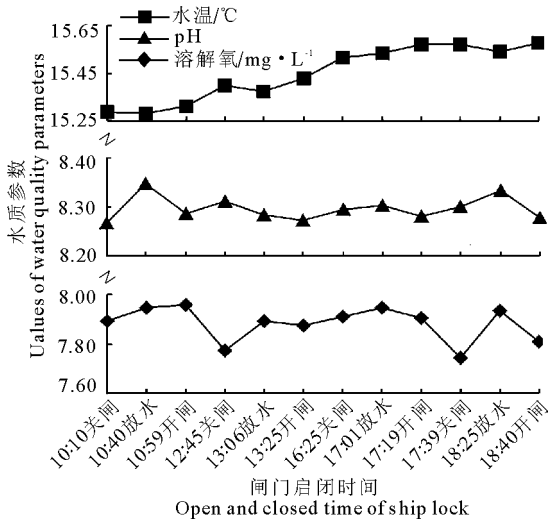


图 5 船闸启闭期间水质参数均值分布
Fig.5 Mean values of water quality parameters at typical period of time

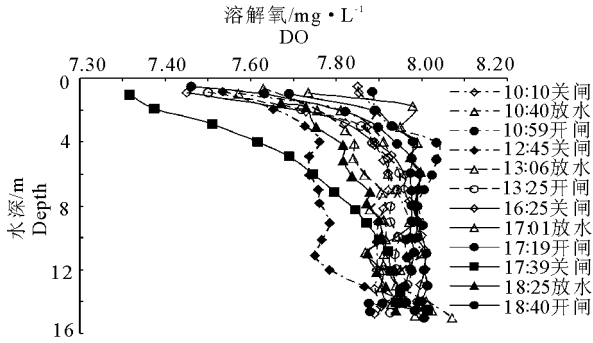


图 6 闸门启闭期间溶氧与水深的关系
Fig.6 Relationship of DO and the water depth at typical period of time

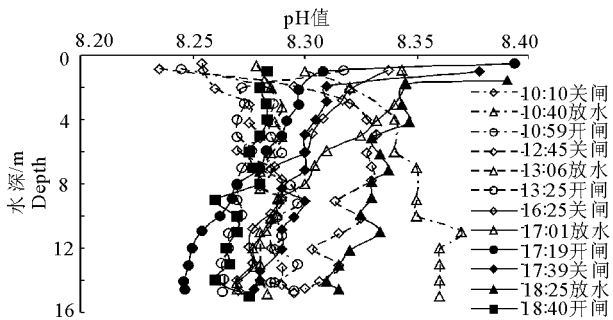


图 7 启闭期间 pH 值与水深的关系
Fig.7 Relationship of pH and the water depth at typical period of time

2.2.4 流速变化规律分析 流速大小与时间关系不明显(图 8)，但与闸门启闭关系明显。开闸放水期间流速最大，流速在 0.33 m/s 以上；其次是开闸期间，流速在 0.14 ~ 0.2 m/s；关闸期间流速最小，在 0.15 m/s 以下。

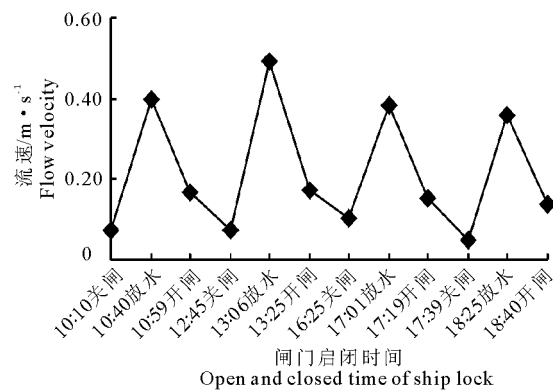


图8 闸门启闭期间流速变化

Fig.8 Changes of flow velocity at typical period of time

2.3 相关性分析

相关性分析结果见表1。

鱼类密度的变化与船闸运行状态、DO 及流速的变化相关性显著。其中鱼类密度与船闸运行状态改变相关性系数为 0.80,相关性显著($P < 0.05$);与 DO 的 Pearson 相关系数为 0.68,相关性显著($P < 0.05$);与流速的 Pearson 相关系数为 0.82,相关性显著($P < 0.05$)。其他水体监测指标(包括水温、pH 值)对鱼类密度的影响较小,相关性不显著。

根据相关性分析,葛洲坝1号船闸在不同的运行状态下(开闸前、后、放水期间)对下游水体水温、DO、pH、流速等参数的影响程度及原因分析如下。

表1 参数间相关性分析

Tab.1 Correlation analysis between different parameters

比较项目		比较指标					
		水温	pH	DO	流速	鱼类密度	船闸运行状态
鱼类密度	Pearson 相关性	-0.37	0.52	0.68 *	0.82 **	1.00	0.80 **
	显著性 (sig.)	0.24	0.08	0.02	0.00	-	0.00
船闸运行状态	Pearson 相关性	-0.05	0.39	0.61 *	0.95 **	0.80 **	1.00
	显著性 (sig.)	0.89	0.20	0.04	0.00	0.00	-

注: * 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关, ** 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。
Note: * means significant correlation at level of 0.05 (bilateral); ** means extremely significant correlation at level of 0.01 (bilateral).

(1)开闸前后、放水期间,水体温度变化不大,最大平均温差仅为 0.06℃。根据相关性分析(表1)发现,开关闸门与水温的相关性系数为 0.05,相关性不显著($P > 0.05$),不具备统计学意义。分析其主要原因在于,下泄水体体积相对于下游河道水体体积太小,对下游河道水体温度的起伏变化作用甚微。

(2)开闸前后、放水期间,近闸区域 DO 起伏变化相对较大,最大变化范围为 7.32 ~ 8.05 mg/L。根据图 6 分析结果,放水期间平均溶氧浓度最大,同时随水深变化也最为显著。根据相关性分析(表1),船闸运行状态与 DO 相关性显著($P < 0.05$)。分析其主要原因在于,放水期间下泄水体流速大,掺混了大量空气,形成气泡在近闸区域水体中破裂氧气溶入水体中,导致水体中的 DO 浓度增加。

(3)开闸前后、放水期间,近闸区域水体流速随着船闸的运行状态也成明显规律性变化,通过相关性分析发现,两者的显著性水平($P < 0.05$)具有统计学意义。主要由于放水期间随着大量的水体下泄导致近闸区域流速瞬时增大,闸门开启后水体随着下行船舶的通行流速也有相应的增加。

(4)在船闸不同运行状态下,下游近闸区域的

水体 pH 值有相应的变化,但是根据图 7 分析发现其变化值范围很小,在 8.25 ~ 8.35。通过相关性分析,两者的相关性系数为 0.52,相关性关系不显著($P > 0.05$)。分析原因在于,船闸放水期间将上游坝前滞留的有机物质带入下游水体,同时船舶下行时产生的尾气、油污等进入水体也会导致水体 pH 值变化;但是相对于下游大体积水体,短时间内对其影响甚微,因此 pH 值的变化很小。

3 讨论

有研究表明,鱼类活动与生态因子如水温、DO、流速、pH、食物的可利用性等因素存在着一定关系(Paramo et al, 2003;Mowbray, 2002;刘广纯, 1999;袁喜 等, 2012)。本研究中,船闸在不同的运行状态下,下游近闸区鱼类密度同样也受到了水体环境变化(包括水温、DO、流速及 pH)的影响。

3.1 流速变化对近闸区域鱼类密度的影响

水动力学条件对鱼类生长、活动规律都有着一 定的影响,鱼类生命周期中部分或者全部生命阶段 依靠某种特定的水动力学条件,例如四大家鱼产卵 与水位的涨落相关性显著(刘稳 等, 2009)。其中, 流速对鱼类活动的影响至关重要,趋流性的鱼类要

靠流速的存在和大小来判断游泳路线甚至洄游的路线(袁喜等, 2011)。有学者(张硕等, 2005; 赵希坤等, 2005)通过实验发现多数鱼类的感应流速在 0.2 m/s 左右, 偏好流速范围为 $0.3 \sim 0.8 \text{ m/s}$ 。本研究在葛洲坝1号船闸运行过程中同步进行了水流流速测定, 根据 DIDSON 软件分析发现, 刚开始放水的瞬间闸门口附近流速接近 1 m/s , 超过了绝大多数鱼类的喜好流速上限, 对鱼类表现为驱赶作用; 而在放水结束前几分钟至下游闸门完全开启, 闸门口下游流速为 $0.2 \sim 0.4 \text{ m/s}$, 该流速值正好为多数鱼类的感应流速或喜好流速范围, 鱼类会表现出随水流上溯的趋势, 此时段的流速对近闸区域的鱼类有一定诱导作用, 因此鱼类密度与流速之间表现出显著相关性。

3.2 DO 变化对近闸区域鱼类密度的影响

DO 的大小对鱼类的代谢活动及表面的呼吸有着重要影响, 同时鱼类的垂直分布与 DO 含量密切相关(Kramer, 1987; Ekau et al, 2010)。葛洲坝1号船闸运行对下游闸门附近水体 DO 产生了一定影响, 放水期间末端及开闸前期 DO 浓度明显高于闸门关闭, 且表层 DO 比中下层小很多。船闸放水过程中, 中上层水体掺混, 等到放水结束前几分钟至开闸后几分钟, 下游闸门口水体由于放水过程水体剧烈运动溶入了更多氧气, 使得水体 DO 含量均值增大。所以, 船闸放水过程中增大了下游闸门口附近水体 DO 含量, 可能也是鱼类向闸门口附近水体游动聚集的因素之一。

3.3 水温变化对近闸区域鱼类密度的影响

当水温变化达到一定程度时, 对水生生物的影响巨大, 水生生物的生存、新陈代谢、繁殖行为以及种群的结构和分布都与水温的变化有着密切关系, 且水温的变化最终可能影响水生态系统的物质循环和能量流动过程、结构以及功能(王武等, 2008; 杨阳等, 2013; 龙华, 2005; 房敏等, 2013)。有研究结果表明葛洲坝水库对下泄水温滞留作用不大, 且下游四大家鱼产卵繁殖活动也无明显变化(郭文献等, 2009)。本研究也表明船闸运行对于闸门下游水体水温影响甚小, 不足以引导鱼类向闸门口游动, 因而水温不是影响近闸区鱼类密度变化的关键因素。

3.4 pH 值变化对近闸区域鱼类密度的影响

pH 是直接影响鱼类生长与发育的主要因素之一(Faris et al, 1987), 不同的鱼类适宜生存的 pH 范围差异较大, 鱼类多偏于适应中性和弱碱性环境,

适应的 pH 值范围为 $7.0 \sim 8.5$ (强俊等, 2009; 吴萍等, 2001)。本研究在整个监测时期内, 水体 pH 值处于 $8.25 \sim 8.35$, 鱼类不会表现出明显的趋性行为。因此, 葛洲坝1号船闸不同运行状态下, 鱼类密度变化与 pH 值之间不存在明显相关性。

本文也存在不足之处。首先, 下泄水体中可能含有丰富的鱼类喜好的微生物、微量元素等, 或可能成为诱导鱼类向船闸口聚集的因素, 本文未涉及, 有待进一步研究。再则, 本文仅对葛洲坝开闸、放水、关闸等运行状态下, 鱼类对流速、DO 等环境因子改变的行为趋性进行了初步研究, 其更深入的响应机理有待进一步探究。

参考文献

- 陈进, 黄薇, 张卉. 2006. 长江上游水电开发对流域生态环境影响初探[J]. 水利发展研究, 10(8): 13-17.
- 房敏, 蔡露, 高勇, 等. 2013. 温度对鲢幼鱼游泳能力及耗氧率的影响[J]. 水生态学杂志, (3): 49-53.
- 郭文献, 王鸿翔, 夏自强, 等. 2009. 三峡-葛洲坝梯级水库水温影响研究[J]. 水力发电学报, (6): 182-187.
- 胡兴祥. 1981. 关于长江葛洲坝工程是否需要修建过鱼设施问题的探讨[J]. 水库渔业, (2): 9-17.
- 林鹏程, 高欣, 刘春池, 等. 2011. 葛洲坝上下游江段鱼类时空分布特征研究[J]. 长江流域资源与环境, (9): 1047-1053.
- 刘广纯. 1999. 污染水域微栖境中的无脊椎动物群落结构特征[J]. 沈阳农业大学学报, (3): 273-276.
- 刘洪波. 2009. 鱼道建设现状、问题与前景[J]. 水利科技与经济, (6): 477-479.
- 刘稳, 诸葛亦斯, 欧阳丽, 等. 2009. 水动力学条件对鱼类生长影响的试验研究[J]. 水科学进展, (6): 812-817.
- 龙华. 2005. 温度对鱼类生存的影响[J]. 中山大学学报: 自然科学版, (S1): 254-257.
- 强俊, 李瑞伟, 王辉. 2009. pH 对奥尼罗非鱼仔鱼活力及仔、稚鱼生长的影响[J]. 南方水产, (2): 69-73.
- 王武, 李伟纯, 马旭洲, 等. 2008. 水温与光照对瓦氏黄颡鱼幼鱼行为的影响[J]. 生态学杂志, (5): 791-796.
- 王兴勇, 郭军. 2005. 国内外鱼道研究与建设[J]. 中国水利水电科学研究院学报, (3): 222-228.
- 吴萍, 曹振华, 杨立荣, 等. 2001. pH 对黄颡鱼生存和生长的影响[J]. 水利渔业, (6): 3-4.
- 杨阳, 曹振东, 付世建. 2013. 温度对鳊幼鱼临界游泳速度和代谢范围的影响[J]. 生态学杂志, (5): 1260-1264.
- 余志堂, 许蕴环, 周春生, 等. 1981. 关于葛洲坝水利枢纽对长江鱼类资源的影响和保护鲴鱼资源的意见[J]. 水

- 库渔业,(2): 18-24.
- 袁喜,李丽萍,涂志英,等. 2012. 鱼类生理和生态行为对河流生态因子响应研究进展[J]. 长江流域资源与环境,(S1): 24-29.
- 袁喜,涂志英,韩京成,等. 2011. 流速对鲫游泳行为和能量消耗影响的研究[J]. 水生态学杂志,(4): 103-109.
- 张慧杰,杨德国,危起伟,等. 2007. 葛洲坝至古老背江段鱼类的水声学调查[J]. 长江流域资源与环境,(1): 86-91.
- 张硕,陈勇. 2005. 黑鲟幼鱼趋流性的初步研究[J]. 上海水产大学学报,(3): 3282-3287.
- 赵希坤,韩桢锒. 2005. 鱼类克服流速能力的试验[J]. 水产学报,4(1): 31-37.
- Beamish R J, Northcote T G. 1989. Extinction of a population of anadromous parasitic lamprey, *Lampetra tridentata*, upstream of an impassable dam[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 46(3): 420-425.
- Cheong T S, Kavvas M L, Anderson E K. 2006. Evaluation of adult white sturgeon swimming capabilities and applications to fishway design[J]. Environmental biology of fishes, 77(2): 197-208.
- Ekau W, Auel H, Pörtner H, et al. 2010. Impacts of hypoxia on the structure and processes in pelagic communities (zooplankton, macro-invertebrates and fish)[J]. Biogeosciences, 7(5): 101-109.
- Faris A A, Wootton R J. 1987. Effect of water pH and salinity on the survival of eggs and larvae of the euryhaline teleost, *Gasterosteus aculeatus* L[J]. Environmental Pollution, 48(1): 49-59.
- Kramer D L. 1987. Dissolved oxygen and fish behavior[J]. Environmental Biology of Fishes, 18(2): 81-92.
- Misund O A. 1997. Underwater acoustics in marine fisheries and fisheries research[J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 7(1): 1-34.
- Mowbray F K. 2002. Changes in the vertical distribution of capelin (*Mallotus villosus*) off Newfoundland[J]. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil, 59(5): 942-949.
- Neraas L P, Spruell P. 2001. Fragmentation of riverine systems; the genetic effects of dams on bull trout (*Salvelinus confluentus*) in the Clark Fork River system[J]. Molecular Ecology, 10(5): 1153-1164.
- Paramo J, Quiñones R A, Ramirez A, et al. 2003. Relationship between abundance of small pelagic fishes and environmental factors in the Colombian Caribbean Sea: an analysis based on hydroacoustic information[J]. Aquatic Living Resources, 16(3): 239-245.

(责任编辑 张俊友)

Fish Assemblages under Different Running Status of the No. 1 Ship Lock of the Gezhou Dam

XIONG Feng¹, WANG Cong-feng^{1,2}, LIU De-fu³, WANG Ling-long¹, QIN Xiao-hui¹, SHI Xiao-tao⁴

(1. College of Hydraulic and Environmental Engineering, China Three Gorges

University, Yichang 443002, P. R. China;

2. Synergistic Innovation Center of Geological Disasters and Ecological Environment in the

Three Gorges Region in Hubei Province, Yichang 443002, P. R. China;

3. College of Resources and Environmental Engineering, Hubei University of

Technology, Wuhan 430068, P. R. China;

4. College of Chemistry and Life Science, China Three Gorges University,

Yichang 443002, P. R. China)

Abstract: Gezhou Dam blocks the migratory channel and fragments fish habitat, negatively affecting the fishery resource in the Yangtze River. The artificial breeding and releasing program in Yangtze River, although important, is not sufficient to maintain genetic diversity. The ship locks act as a biological channel connecting segments upstream and downstream of the Gezhou Dam and No. 1 ship lock has the best potential for fish passage. In this study, fish abundance and fish density were monitored while water was accumulating (gate closed) and while it was being discharged (gate open) in No. 1 ship lock of Gezhou Dam. Fish monitoring was accomplished using double-frequency identification sonar (DIDSON) and other parameters including water velocity, temperature, dissolved oxygen (DO) and pH were measured near the ship lock with a multi-sensor water quality probe. The relationship between water quality, hydrodynamics and fish activity was analyzed under different operating conditions in No. 1 ship lock. Between 10:15, April 26 and 7:10, April 27, 2013, the No. 1 ship lock opened and shut 14 times. Fixed-detection was conducted, near the lock head, for 40–45 minutes during each cycle; 15 minutes before the lock opened, 10–15 minutes during the water release period and 15 minutes after the lock closed. Results show that fish density during water release was higher than before the lock opened and after the lock closed. Fish density during all phases of the operational cycle tended to decrease from 10:00am to 7:00am the next morning. Fish density peaked at noon (11:00–12:00) before the lock opened, while fish density during water release and after the lock closed peaked from 10:00 to 11:00. Water releases from the No. 1 ship lock had a large influence on the flow velocity and DO concentration in the region near the lock, while no obvious influence was observed for pH and temperature. Correlation analysis showed that fish density was significantly related to the flow velocity and DO, while there was no significant correlation with pH and temperature. In conclusion, release of water from the ship lock changed the water environment near the lock and fish were clearly induced into the downstream entrance of the lock chamber. This study will supply basic data for a study on the feasibility of the ship lock serving as a fish passage and provide new insights on fish behavior.

Key words: Gezhou Dam ship lock; fish activity; flow velocity; water quality parameter