

连江西牛鱼道运行效果的初步研究

李捷¹, 李新辉¹, 潘峰², 李跃飞¹, 杨明远², 郁峰², 谭细畅¹, 杨计平¹, 帅方敏¹

(1. 中国水产科学研究院珠江水产研究所, 农业部珠江中下游渔业资源环境重点野外科学观测试验站, 广东 广州 510380);

2. 广东省航道利用外资项目管理办公室, 广东 广州 510115)

摘要: 鱼道建设被认为是有效缓解水坝阻隔鱼类洄游的重要方法之一, 而鱼道效果监测是评价其功能的重要环节。连江西牛鱼道是广东省第一座建立在水坝主体上的过鱼通道, 为了解其运行效果, 采用张网法和截堵法, 2012年3-8月共6次对西牛鱼道的过鱼效果进行监测。研究表明, 西牛鱼道共监测到鱼类3目、8科、30属、38种, 以银鲌(*Squalidus argentatus*)、乐山小鲃(*Microphysogobio kiatingensis*)、子陵吻鮠虎(*Rhinogobio giurinus*)等小型鱼类为优势类群。进入鱼道的鱼类呈现昼夜差异, 上午集鱼效果要显著优于其他时间段; 不同季节集鱼的种类和数量呈现较大差别, 3-8月集鱼数量逐渐减少, 集鱼种类数以5月最多。与国内外其他鱼道的过鱼效果比较, 西牛鱼道能较好地发挥其功能。

关键词: 连江; 西牛鱼道; 运行效果

中图分类号: X176, S956.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2013)04-0053-05

天然河流上修建永久性拦河建筑物后, 使原来连续的河流生态系统被分隔成片段环境单元, 对鱼类造成最直接的不利影响就是阻隔了洄游通道。鱼道是指在闸口或天然障碍处人工修建让鱼类通过障碍物的通道和设施, 是有效减缓水坝阻隔对水生生物影响的手段之一, 而鱼道的过鱼效果监测是评估其功能的重要指标。

有关鱼道过鱼效果监测的研究, 国外有过较多研究报道。美国进行了哥伦比亚流域所有大坝过鱼设施逐日大马哈鱼过鱼效果监测, 建立了长时间序列监测数据库(Lane & Adam Vann, 2007); 澳大利亚墨里达令河管理委员会对其流域内的鱼类洄游通道恢复计划开展了大规模的监测评估工作, 并研发了一批监测评估技术和遥感监测设备(Barrett & Martin, 2007); 2002-2003年对澳大利亚Murrumbidgee河Deelder鱼道的过鱼效果进行监测, 发现11种鱼类和多种虾通过鱼道, 单日最多有854条鱼通过该鱼道(Baumgartner & Harris, 2007); 奥地利、捷克、丹麦等均对其境内的鱼类洄游通道恢复效果进行了大量的监测评估工作(Svendsen & Koed,

2004; Zitek & Schmutz, 2004; Vesely, 2006); 日本长良川河口堰鱼道和美国哥伦比亚邦威水坝鱼道还设立了观察室, 将其过鱼效果监测与公众教育、发展旅游等结合起来, 取得了较好的社会效益和经济效益(曾晴贤, 2006)。我国有关鱼道运行效果的研究报道较少, 仅见于安徽省的裕溪闸鱼道(安徽省巢湖地区水产资源调查小组, 1975)和湖南省的洋塘鱼道(徐维忠和李生武, 1982)。连江西牛过鱼通道位于广东省清远市连江西牛镇河段, 是广东省第一座建立在水坝主体上的过鱼通道。本文采用张网法和截堵法逐月对其过鱼效果进行监测, 研究结果对于连江西牛水利枢纽流量生态调度、鱼道的改进与有效运行及鱼类资源保护具有示范作用。

1 材料与方法

1.1 研究区域

连江位于广东省北部山区, 是北江最大的支流, 发源于湘粤边界的南岭山脉, 流经广东省清远市的连山、连南、连州、阳山、英德5市县, 至英德连江口汇入北江干流。河流长度275 km, 平均坡降0.077%, 流域面积为10 200 km²。流域地处亚热带, 饵料生物丰富, 鱼类众多。1959-1975年, 连州至浚洗133 km的连江航道上先后建成了11座梯级航闸, 从上至下依次为马面滩、界滩、黄牛滩、黄燕、花溪咀、较剪陂、青莲、青霜滩、蓑衣滩、黄茅峡和架石桥, 2003年浚洗镇架石桥枢纽下游又修建了西牛水坝, 由于层层水坝阻隔, 连江鱼类资源遭受巨大的

收稿日期: 2013-04-16

基金项目: 农业部物种资源保护项目(2130135); 广东省交通运输厅科技项目(科技-2012-02-041); 科技部公益专项(2005DIB3J023)。

通讯作者: 李新辉, 研究员。E-mail: lxhui01@tom.com

作者简介: 李捷, 1979年生, 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事鱼类分类及生态研究。E-mail: lijie1561@163.com

破坏(李捷等,2007;李捷等,2012)。

1.2 西牛鱼道

西牛航运枢纽工程是连江干流12级梯级规划中的最下游一级,坝址位于广东省英德市西牛镇上游3.5 km处上下梁洲河段,以航运为主,兼顾发电等综合利用功能。航道和船闸等级为VI级,闸室尺度为140 m×16 m×2.5 m,泄水闸为20孔,宽×高×厚为10.6 m×5.5 m×1.1 m;水库正常蓄水位28.5 m,控制流域面积8 557 km²。连江西牛过鱼通道采用垂直竖槽式设计方案,修建在水坝0号排污孔位置(最左侧泄洪闸与发电闸孔之间),鱼道上下游落差约5 m,长度82 m(图1)。连江西牛过鱼通道于2011年4月建成,项目组于2011年7月对鱼道的试运行效果进行了初步评价。

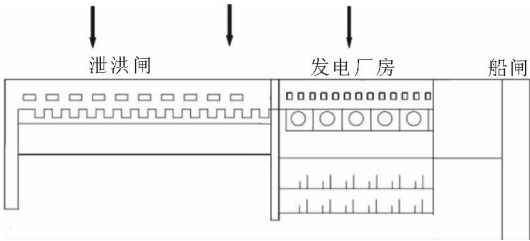


图1 西牛航运枢纽过鱼通道位置
Fig.1 Location of the fish passage on Xiniu hydro-complex

1.3 监测方法

为了解鱼道的运行及过鱼效果,2012年3-8月,每月的22-23日定期采用张网法和堵截法对鱼

道的过鱼效果进行监测。张网法即在鱼道的出鱼口设置张网陷阱(网口长×高为75 cm×65 cm),张网后有集鱼箱;堵截法用张网或拦鱼栅堵住鱼道的出口,防止鱼从上游进入,然后排干鱼道,将鱼道中的鱼全部捞出用于统计分析。监测只针对上溯的鱼类,采集到的鱼类现场进行鉴定、测量、拍照。每隔8 h采样1次,采样时间为6:00、14:00、22:00,每个月采样2 d。

2 结果

2.1 种类组成

2012年3-8月在西牛鱼道共捕获鱼类11 853尾,计38种,属于3目、8科、30属(表1)。近年来的调查表明,在鱼道下游水域分布有鱼类77种,分属于6目、16科、67属,鱼道过鱼的种类占该水域总种类数的49.35%,以鲤形目、鲤科为主。捕获鱼类的体长为1.8~39.5 cm,体长最小个体为贵州细尾爬岩鳅(*Beaufortia kweichowensis gracilicaudu*),仅1.8~3.8 cm;最小个体为溪吻鰕虎鱼(*Glossogobius duspilus*),仅1.8~4.4 g,最大体重为鲤(*Cyprinus carpio*),达1 292.0 g。鱼类个体数以银鲃(*Squalidus argentatus*)最多,占总数的38.25%;其次是乐山小鰕鳅(*Microphysogobio kiatingensis*),占23.33%。捕获鱼类中以定居性鱼类为主,江河洄游性鱼类仅捕获了1尾草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*),海洋和河口长途洄游性鱼类在调查中未监测到。

表1 西牛鱼道鱼类种类组成
Tab.1 Compostion of fish species in Xiniu fishway in different month

种类	3月	4月	5月	6月	7月	8月	数量/尾	体长/cm	体重/g
一、鲤形目 CYPRINIFORMES									
(一) 鲤科 Cyprinidae									
1 南方波鱼 <i>Rasbora steineri</i>		+					3	3.7~5.2	2.8~3.4
2 拟细鲫 <i>Nicholsicypris normalis</i>						+	4	3.6~5.8	3.6~5.4
3 马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>		+		+	+		11	8.9~14.4	25.1~47.2
4 宽鳍鱮 <i>Zacco platypus</i>		+					2	8.9~10.8	10.2~18.2
5 草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>			+				1	28.0	60.6
6 赤眼鳟 <i>Squaliobarbus curriculus</i>			+	+			8	17.6	79.0
7 海南红鲷 <i>Erythroculter recurviceps</i>			+				2	14.7	25.0
8 南方拟鲮 <i>Pseudohemiculter dispar</i>				+	+		29	7.5~16.5	15.2~35.8
9 鲮 <i>Hemiculter leuciscus</i>		+	+		+		87	10.8~13.5	19.8~26.3
10 棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>			+	+			26	3.5~6.7	2.8~4.3
11 银鲃 <i>Squalidus argentatus</i>	+	+	+	+	+	+	4 534	4.6~6.8	2.1~4.5
12 点纹银鲃 <i>Squalidus wolterstorffi</i>			+				18	3.7~5.6	2.5~5.6
13 麦穗鱼 <i>Pseudorasbora pava</i>	+			+			33	4.5~8.7	5.8~7.9
14 乐山小鰕鳅 <i>Microphysogobio kiatingensis</i>	+	+	+				2765	4.8~7.7	4.2~5.6
15 黑鳍鳉 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>					+		4	8.1~12.0	7.9~13.0
16 小鰕 <i>Sarcocheilichthys parvus</i>	+		+	+	+	+	1 008	4.5~6.3	2.4~6.1
17 鲤 <i>Cyprinus carpio</i>			+				1	39.5	1 292.0
18 鲫 <i>Carassius auratus</i>					+		1	9.8	26.0

续表 1

种类	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	数量/尾	体长/cm	体重/g
19 侧条光唇鱼 <i>Acrossocheilus parallens</i>		+	+		+		11	9.0 ~ 10.2	12.0 ~ 22.3
20 鲢 <i>Cirrhina moitorella</i>		+	+		+		43	11.0 ~ 12.5	26.0 ~ 34.0
21 高体鲮鱼 <i>Rhodeus ocellatus</i>	+	+					106	3.3 ~ 4.7	2.9 ~ 4.3
22 越南鲮 <i>Acanthorhodeus tonkinensis</i>						+	7	4.1 ~ 6.5	4.3 ~ 6.5
23 短须鲮 <i>Acheilognathus barbatus</i>	+						68	3.6 ~ 6.1	3.2 ~ 5.4
(二) 鲴科 Cobitidae									
24 美丽沙鲴 <i>Botia pulchra</i>					+		9	4.5 ~ 6.2	2.6 ~ 4.1
25 沙花鲴 <i>Cobitis arenae</i>			+				7	4.1 ~ 5.5	2.1 ~ 3.7
26 美丽小条鲴 <i>Micronemacheilus puicher</i>	+	+				+	38	6.5 ~ 9.9	4.2 ~ 6.8
27 壮体沙鲴 <i>Botia robusta</i>		+	+				29	5.2 ~ 6.4	2.9 ~ 5.2
(三) 平鳍鲴科 Homalopteridae									
28 贵州细尾爬岩鲴 <i>B. kweichowensis gracilicauda</i>			+				16	1.8 ~ 3.8	2.1 ~ 3.4
二、鲇形目 SILURIFORMES									
(四) 鲿科 Bagridae									
29 黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>			+		+		15	8.9 ~ 11.5	13.4 ~ 30.0
三、鲈形目 PERCIFORMES									
(五) 鲈科 Serranidae									
30 中国少鳞鲈 <i>Coreoperca whiteheadi</i>		+	+				7	12.9 ~ 15.8	74.0 ~ 118.0
31 大眼鲈 <i>Siniperca kneri</i>				+	+		6	22.5 ~ 26.8	278.0 ~ 324.0
32 波纹鲈 <i>Siniperca undulate</i>						+	1	12.9	49.0
33 斑鲈 <i>Siniperca scherzeri</i>			+	+	+	+	310	10.3 ~ 22.7	25.0 ~ 197.0
(六) 鰕虎鱼科 Gobiidae									
34 子陵吻鰕虎 <i>Rhinogobit giurinus</i>	+	+	+	+	+	+	2 012	4.9 ~ 6.5	2.8 ~ 5.8
35 溪吻鰕虎 <i>Glossogobius duospilus</i>	+	+				+	411	3.5 ~ 5.7	1.8 ~ 4.4
(七) 刺鲃科 Mastacembelidae									
36 大刺鲃 <i>Mastacembelus armatus</i>	+		+	+	+	+	30	21.2 ~ 30.0	32.0 ~ 85.0
37 刺鲃 <i>Mastacembelus aculeatus</i>						+	4	21.0 ~ 34.7	24.0 ~ 147.0
(八) 丽鱼科 Cichlidae									
38 尼罗罗非鱼 <i>Tilapia niloticus</i>		+	+	+		+	186	7.5 ~ 14.2	14.0 ~ 91.0

2.2 昼夜差异

根据 6 次监测结果,发现 6: 00 ~ 14: 00 进入鱼道的数量最多,其次是 14: 00 ~ 22: 00,22: 00 ~ 6: 00 进入鱼道的数量最少(图 2)。

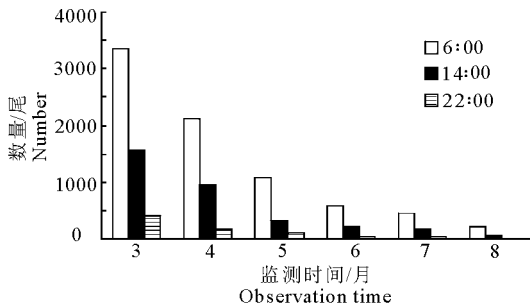


图 2 西牛鱼道过鱼数量的昼夜差异

Fig.2 Difference of fish number between day and night in Xiniu fishway

2.3 季节差异

监测发现,不同月份进入鱼道的种类和数量存在较大差异,种类以 5 月最多,有 21 种,3 月最少;而个体数量以 3 月最多,有 5 324 尾,往后依次减小,8 月只有 288 尾(图 3)。对不同月份鱼道内捕获的鱼类群落进行聚类分析,可以分为 2 大类群,3 月和 4 月成 1 个类群,5 - 8 月为 1 个类群(图 4)。

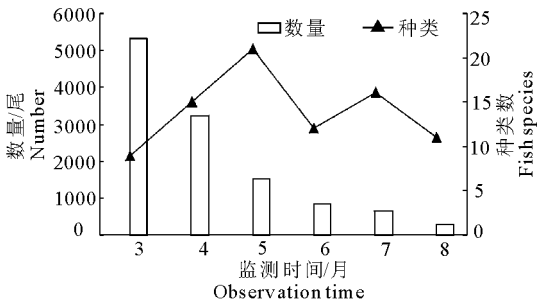


图 3 西牛鱼道渔获种类和数量的季节差异

Fig.3 Difference of fish species and number in different month in Xiniu fishway

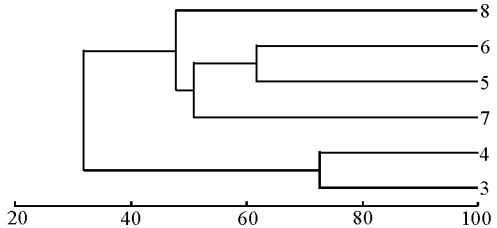


图 4 西牛鱼道不同月份鱼类群落的聚类分析

Fig.4 Clustering analysis of fish communities in different month in Xiniu fishway

3 讨论

3.1 昼夜差异和季节差异

通过监测发现,进入西牛鱼道的鱼类呈现昼夜差异与季节差异。鱼类昼夜差异可能与光线和温度有关,但未见相关的报道。季节差异可能与其寻找繁殖、生长和捕食的场所有关,在涨水季节通过鱼道的个体数要高 (Vono et al, 2004); 监测发现,在 Lajeado Dam 鱼道 (Angelo et al, 2007) 和 Sergio Motta

鱼道 (Sérgio et al, 2007) 内上溯的鱼类种类与数量同样出现季节差异。通过对不同月份西牛鱼道监测到的鱼类群落聚类分析发现,相邻月份聚集在一起,说明鱼道过鱼群落具有季节性差异。

3.2 与国内外其他鱼道的过鱼效果比较

与国内外其他鱼道运行效果比较 (表 2), 有 38 种鱼类能找到西牛鱼道的入口, 高于国内外列举的几个鱼道; 这可能与连江生境独特、鱼类种类丰富有关。但西牛鱼道过鱼数量要低于其他几个鱼道。

表 2 西牛鱼道运行效果与其他鱼道比较

Tab. 2 Comparison of the operating effect between Xiniu fishway and other fishway					
鱼道名称	鱼道类型	监测时间	过鱼种类	过鱼数量/ 尾·h ⁻¹	参考文献
洋塘	垂直竖槽式	1981 年 4-7 月	36	385	徐维忠和李生武, 1982
裕溪闸	隔板竖缝式	1973 年 3-5 月	15	75	安徽水产资源调查小组, 1975
Engenheiro Sergio Motta (巴西)	隔板竖缝式	2004 年 12 月-2005 年 3 月	37	/	Sérgio et al, 2007
Burnett River barrage (澳大利亚)	隔板竖缝式	1984-1987 年	34	187	Stuart & Berghuis, 2002
西牛	垂直竖槽式	2012 年 3-8 月	38	41	本文

3.3 影响鱼道运行效果的因素

根据本次调查,影响连江鱼道运行效果的因素主要有以下几个方面: (1) 下游水坝阻隔了洄游性鱼类到达西牛鱼道, 在水坝下游北江干流与入海口之间还有 2 道水坝 (即飞来峡水坝和石角水坝), 且都未修建过鱼通道, 在西牛鱼道内没有采集道海洋和河口性长途洄游性鱼类, 可能与下游水坝阻隔有关; (2) 鱼道下游水域过度捕捞影响鱼群进入鱼道。在鱼类洄游季节, 水坝下游水域从事渔业捕捞的人员非常多, 且大部分为非法作业 (如电捕等); (3) 鱼道上游水位波动影响鱼道运行效果。监测发现, 上游水位越低, 鱼道内的流量越小, 进入鱼道的鱼类数量就越少; (4) 铁栅栏妨碍大个体鱼类进入鱼道。为了有效维护鱼道的运行, 在鱼道上方安装了栅栏, 当下游水位上升淹没鱼道入口时, 铁栅栏会阻碍鱼类进入鱼道。

参考文献

安徽省巢湖地区水产资源调查小组. 1975. 裕溪闸鱼道过鱼效果及其渔业效益的探讨[J]. 淡水渔业, (7): 19-23.

李捷, 罗建仁, 李新辉, 等. 2007. 连江鱼类资源现状调查及资源衰退原因分析[J]. 淡水渔业, 37(3): 49-53.

李捷, 李新辉, 贾晓平, 等. 2012. 连江鱼类群落多样性及其与环境因子关系[J]. 生态学报, 32(18): 5795-5805.

徐维忠, 李生武. 1982. 洋塘鱼道过鱼效果的观察[J]. 湖南水产科技, (1): 21-27.

曾晴贤. 2006. 台湾鱼道设计现况[R]. 上海: 上海水产大学.

Angelo Antônio Agostinho, Elineide Eugênio Marques, Carlos Sérgio Agostinho. 2007. Deusimar Augusto de Almeida, Rafael José de Oliveira and Jussiclene Rodrigues Bezerra de Melo Fish ladder of Lajeado Dam: Migrations on one-way routes? [J]. Neotropical Ichthyology, 5(2): 121-130.

Barrett J, Martin M. 2007. The Murray River's Sea to Hume Dam's fish passage program: Progress to date and lessons learned [J]. Ecological Management and Restoration, 7(3): 173-183.

Baumgartner L J, Harris J H. 2007. Passage of non-salmonid fish through a Deelder lock on a lowland river [J]. River Research and Applications, 23(10): 1058-1069.

Lane N, Adam Vann A. 2007. The Columbia River Basin's fish passage center [R]. Report for Congress of U S. Order Code RS 22414.

Sérgio Makrakis, Maristela Cavicchioli Makrakis, Ricardo Luiz Wagner, et al. 2007. Utilization of the fish ladder at the Engenheiro Sergio Motta Dam, Brazil, by long distance migrating potamodromous species [J]. Neotropical Ichthyology, 5(2): 197-204.

Stuart I G, Berghuis A P. 2002. Upstream passage of fish through a vertical-slot fishway in an Australian subtropical river [J]. Fisheries Management and Ecology, 9: 111-122.

Svendsen J C, Koed A. 2004. Factors influencing the spawning migration of female anadromous brown trout [J]. Journal of Fish Biology, 64: 528-540.

Vesely D. 2006. Monitoring of fish migration behavior in large artificial lakes [A]. In: From sea to source: Guidance for the restoration of fish migration in European Rivers [C].

The Netherlands; Plantijn Casparie.

Vono V P M,Bizzotto H P,Godinho A L,et al. 2004. Fish pas-sage at the Igarapava fish ladder, River Grande, Brazil [A]. In: Annals of the International Congress on the Biol-ogy of Fish Tropical[C]. Hotel Resort. Manaus, American Fisheries Society.

Zitek A, Schmutz S. 2004. Efficiency of restoration measures in afragmented Danube/tributary network. Proceedings of the fifth international conference on ecohydraulies-aquatic habi-tats[C]. Aanalysis and Restoration, Madrid.

(责任编辑 万月华)

Preliminary Study on the Operating Effect of Xiniu Fishway in Lianjiang River

LI Jie¹, LI Xin-hui¹, PAN Feng², LI Yue-fei¹, YANG Ming-yuan², YU Feng²,
TAN Xi-chang¹, YANG Ji-ping¹, SHUAI Fang-min¹

- (1. Pearl River Fisheries Research Institute Chinese Academy of Fishery Science, Key Field Station of Observation and Research for Fishery Resource and Environment in Middle-Lower Reaches of Pearl River Chinese Academy of Fishery Science, Guangzhou 510380, P. R. China;
2. Guangdong Provincial Water Ways Project Administration Office of Using Foreign Funds, Guangzhou 510115, P. R. China)

Abstract: Fishway construction was considered to be an effective way to relieve dam block for fish migration, and monitoring the fishway effect was an important part to evaluate its function. Xiniu Fishway was the first fishway constructed on the main dam in Guangdong province. In order to know its operating effect, net method and section plugging method was used for 6 times from March to August 2012 to monitor its fish pass effect. The research showed that there were 38 species, which belonging to 3 orders, 8 families,30 genera, was captured. Small species, including *Squalidus argentatus*,*Microphysogobio kiatingensis* and *Rhinogobit giurinus* were the dominated species. The effect of the fishway was different between night and day, and the effect in the morning was better than that in other time. In different seasons, the species and quantities of attracting fish was different. The quantities of attracting fish gradually reduced from March to August, and its species in May were more than other months. Compared with other fishways at home and aboard, the Xiniu fishway could better perform its function.

Key words: Lianjiang River; Xiniu fishway; operating effect