

Influence of Long Baffle Structure on Velocity on Vertical Slot Fishway

Xi Mao, Jiehao Zhang, Jingxiong Shen, Xuliang Chen, Chenyang Duan, Chao Chen, Jikui Yu, Xinlan Liang*

College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Sichuan Agricultural University, Ya'an Sichuan
Email: maowhiteknight@163.com, *xinlanliang@hotmail.com

Received: May 4th, 2017; accepted: May 19th, 2017; published: May 23rd, 2017

Abstract

The construction of dam and burrock blocks the river basin, and affects the migratory route of fishes. Fishways are widely used as engineering measures to guarantee the migration of fish. The vertical slot fishway is the most common type. This paper presents the results of an experimental work with three different long baffle schemes on the vertical slot fishway. The values of velocity are indicated by the results. Above all three schemes, "straight hook" type is recommended as the type for long baffle structure of the vertical slot fishway.

Keywords

Vertical Slot Fishway, Model Experiment, Long Baffle, Velocity

长挡板结构型式对竖缝式鱼道鱼池流速影响研究

毛 熹, 张杰豪, 沈敬雄, 陈胥良, 段晨阳, 陈 超, 余吉奎, 梁心蓝*

四川农业大学水利水电学院, 四川 雅安
Email: maowhiteknight@163.com, *xinlanliang@hotmail.com

收稿日期: 2017年5月4日; 录用日期: 2017年5月19日; 发布日期: 2017年5月23日

摘 要

大坝和堤堰等水工建筑物的修建截断了河流, 使河流中鱼类的栖息地及洄游路线受到极为严重的干扰。为了解决鱼类的洄游问题, 修建鱼道是广泛采用的工程措施, 其中, 以竖缝式鱼道的数量居多。本文从

*通讯作者。

文章引用: 毛熹, 张杰豪, 沈敬雄, 陈胥良, 段晨阳, 陈超, 余吉奎, 梁心蓝. 长挡板结构型式对竖缝式鱼道鱼池流速影响研究[J]. 土木工程, 2017, 6(3): 267-271. <https://doi.org/10.12677/hjce.2017.63030>

竖缝式鱼道的长挡板细部构造入手, 通过模型实验的手段, 对比分析了三种方案对竖缝式鱼道鱼池流速的影响。通过研究, 推荐竖缝式鱼道的长挡板结构型式为“直钩”型。

关键词

竖缝式鱼道, 模型实验, 长挡板, 流速

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

为了满足经济快速发展的需求, 充分利用水能资源, 世界各国修建了许多大坝和堤堰等水工建筑物[1]。水电建设带来充足电能、巨大经济发展的同时, 也对河流的生态系统造成了相当大的损害: 会对水生生态造成损害, 尤其是造成一些鱼类种群的衰退和生物多样性的减少, 造成部分生物种群的近亲繁殖乃至遗传退化[2]。鱼道是一种供鱼类洄游用的人造水槽, 它的形成和发展代表了人类对河道工程影响水生环境的重视程度的提高。鱼道作为一种生态修复性补偿工程, 以其本身具有生态修复的特点, 符合水利工程“在开发中保护、在保护中开发”的原则, 有希望为鱼类的洄游提供通道, 使鱼类顺利实现洄游, 尽量降低大坝等对自然生态, 尤其是水生生物的不利影响, 达到水利工程项目生态、经济、社会效益最优化的目标[3]。

竖缝式鱼道是采用最广泛的鱼道形式之一[4]。本文运用模型实验的手段, 主要从竖缝式鱼道的长挡板入手, 研究其细部构造变化对竖缝式鱼道鱼池流速的影响。

2. 竖缝式鱼道相关研究

对于竖缝式鱼道的水力特性与设计方法, 国内外学者都进行了相关研究。例如, 毛熹等人通过数值模拟计算技术研究了底板坡度与底孔对竖缝式鱼道鱼池内水流流场的影响[5]。Rajaratnam 等人对 18 种结构型式的竖缝式鱼道进行了深入的模型实验研究, 发现当竖缝式鱼道的长宽比等于或者接近 10:8 时, 池室内水流的流态有利于鱼类上溯[6]; 徐体兵等人利用数值模拟研究得到了相似的结论[7]。因此在设计鱼道时, 常会将竖缝式鱼道的长宽比设计为等于或者接近 10:8。Wu 等人对不同坡度的竖缝式鱼道进行了分析研究, 研究表明当鱼道坡度小于 10% 时, 鱼池中水流呈明显的二维特征[8]。Barton 等人利用数值模拟软件分析了同侧竖缝式鱼道内水流的水力特性, 验证了 Wu 等人的物理模型实验结果, 即当鱼道坡度小于 10% 时, 鱼池中水流呈明显的二维特征[9]。刘志雄等人对竖缝式鱼道的水力特性进行了模型实验, 进一步说明了竖缝式鱼道不同水深的平面流速主流曲线几乎重合, 水流具有明显的二维特征[10]。

以上研究表明, 学者们对竖缝式鱼道的长宽比、坡度等方面, 都进行了充分的研究。本文就长挡板细部构造变化对竖缝式鱼道鱼池流速影响研究得到的模型实验成果, 将会是竖缝式鱼道结构研究方面的重要补充。

3. 竖缝式鱼道模型实验

对于各种实际工程, 其水流现象往往是非常复杂的, 因此, 许多水力学问题单纯依靠理论分析来求解时, 会遇到很大的困难, 此时采用模型实验与理论分析相结合是解决问题的十分有效的途径。实验研

究通常是在与原型相似而缩小了几何尺寸的模型上进行, 在模型中观测流态和运动要素, 然后利用相似原理, 把模型中的这些实测资料还原回原型[11]。

本文实验所采用的设备为声学多普勒点式流速仪(小威龙), 小威龙是一款高精度三维点式流速仪, 应用范围十分广泛。其采用声学多普勒测量原理, 测量数据精度高, 而且仪器本身不产生零点漂移。测量水深时精度可达 10^{-3} m, 测量流速时精度可达 10^{-4} m/s [12]。因此精度要求完全可以满足实验要求。

对竖缝式鱼道长挡板细部构造的模型实验分为三种方案。为了使结果更具有说服力, 三种方案只有长挡板处的结构有变化, 其他所有均保持一致(即只有单一变量)。

3.1. 模型实验设置

模型实验三种方案长挡板的设置如表 1 所示。另外, 三种方案竖缝式鱼道的坡度都相同, 均为 $S = 4.5\%$ 。模型尺寸示意图如图 1 所示。图中 b 为竖缝宽度。

3.2. 模型实验结果

根据 Wu 等人的研究: 对于鱼道的大部分鱼池而言, 每个鱼池中的水流流态基本一致, 同时, 当鱼

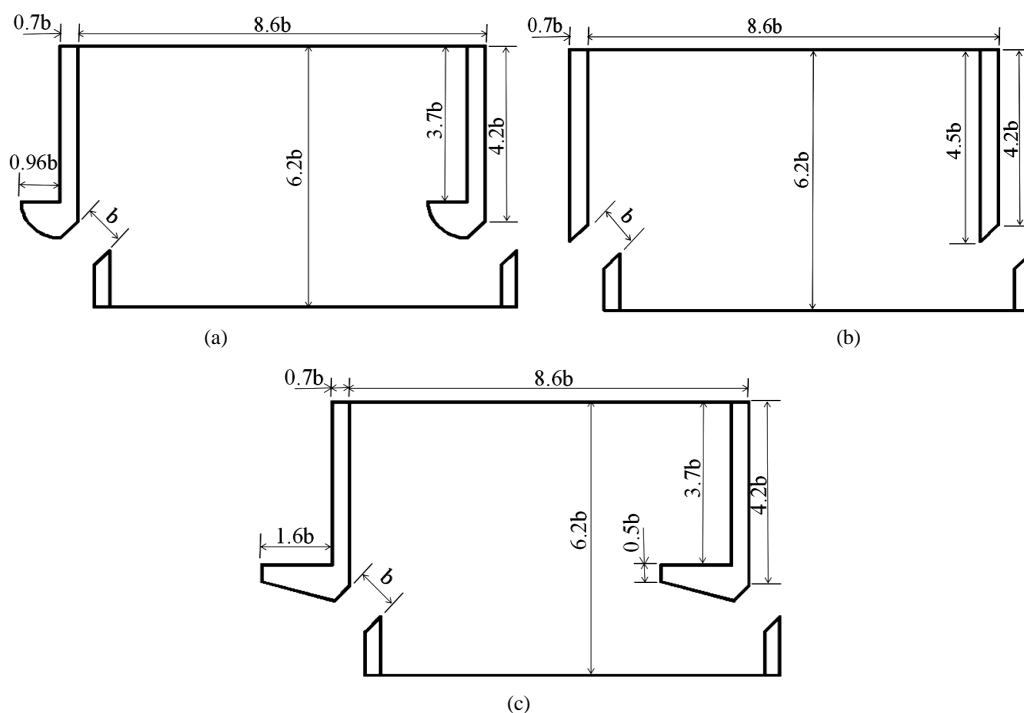


Figure 1. The model size of (a) scheme 1; (b) scheme 2; (c) scheme 3

图 1. 模型尺寸示意图: (a)方案一; (b)方案二; (c)方案三

Table 1. Structure scheme of long baffle

表 1. 长挡板结构方案

方案	长挡板结构型式
一	“1”型
二	“圆弧”型
三	“直钩”型

道坡度小于 10% 时, 鱼池中水流呈明显的二维特征[8]。另外, 由于篇幅原因, 因此本实验(鱼道坡度为 $S = 4.5\%$)只取二维结果, 同时, 只列出第三级鱼池的实验数据。

4. 竖缝式鱼道模型实验结果分析

(1) 进入竖缝前, 水流受到竖缝的约束而壅高, 流出竖缝后, 形成突扩, 发生跌水, 主流在竖缝后跌水末端流速达到最大, 之后开始壅水, 流速开始衰减, 与此同时, 水流边界条件发生了相当大的变化, 在主流两侧形成回流区。主流大致呈“Ω”型走向, 主流两侧的两个回流区流速较小。

(2) 主流上的流速较大, 各方案的最大流速均出现在竖缝后的主流上, 长挡板为“1”型结构的竖缝式鱼道(方案一), 最大流速为 1.55 m/s, 水流到了两个回流区边界中心后, 流速衰减为 1.21 m/s, 衰减幅度约为 22%; 长挡板为“圆弧”型结构的竖缝式鱼道(方案二), 最大流速为 1.42 m/s, 水流到了两个回流区边界中心后, 流速衰减为 1.02 m/s, 衰减幅度约为 28%; 长挡板为“直钩”型结构的竖缝式鱼道(方案三), 最大流速为 1.35 m/s, 水流到了两个回流区边界中心后, 流速衰减为 0.83 m/s, 衰减幅度约为 39%。

(3) 方案三的最大流速 1.35 m/s, 相较方案一的最大流速 1.55 m/s 而言, 约降低了 15%; 相较方案二的最大流速 1.42 m/s 而言, 约降低了 5% (图 2)。

5. 结论

通过对三种具有不同结构型式长挡板的竖缝式鱼道进行的模型实验研究, 得到如下结论:

(1) 不管长挡板的结构型式如何变化, 对于竖缝式鱼道, 水流流态都基本存在如下规律: 水流进入竖缝前, 会受到竖缝的突然约束(突缩)而壅高, 流出竖缝后, 进入到了开阔的鱼池, 水流不再受到竖缝的约束, 从而形成突扩, 发生跌水, 主流在竖缝后跌水末端流速达到最大, 之后又开始壅水, 流速开始衰减,

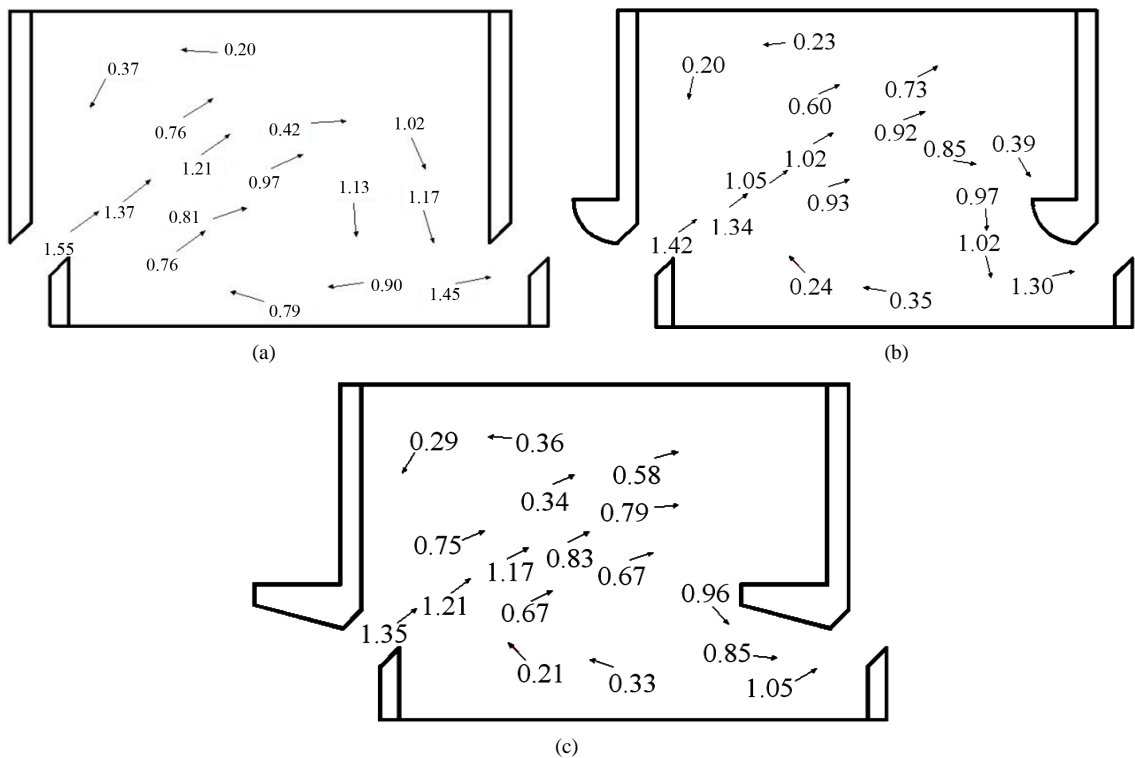


Figure 2. Velocity results (m/s) of model experiments on (a) scheme 1; (b) scheme 2; (c) scheme 3
图 2. (a)方案一流速图; (b)方案二流速图; (c)方案三流速图(图中流速单位: m/s)

与此同时,水流边界条件发生了相当大的变化,在主流两侧形成回流区。主流大致呈“Ω”型走向,主流两侧的两个回流区流速较小,可作为洄游鱼类的休息区域。

(2) 从竖缝后最大流速处到两个回流区边界中心处,方案三的流速衰减幅度最大,达到了 39%,相比方案一的 22%和方案二的 28%,分别提升了 17%和 11%。

(3) 三种方案的鱼池最大流速均出现在竖缝后跌水末端,方案三的最大流速仅为 1.35 m/s,相比方案一的 1.55 m/s 和方案二的 1.42 m/s,分别降低了 15%和 5%。

综上所述,就对鱼池流速的影响而言,“直钩”型长挡板结构比“1”型长挡板结构和“圆弧”型长挡板结构的消能效果更好。推荐“直钩”型长挡板结构(方案三)为三种方案中的最佳方案,建议今后的鱼道设计中,涉及到长挡板结构型式时,可以多考虑“直钩”型长挡板结构。

基金项目

四川省教育厅自然科学基金项目(035Z1994);四川农业大学(04070066, 04054586)。

参考文献 (References)

- [1] 林继镛. 水工建筑物[M]. 中国水利水电出版社, 2009.
- [2] Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., et al. (1980) The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **37**, 130-137. <https://doi.org/10.1139/f80-017>
- [3] Food Agriculture Organization (2002) Fish Passes: Design, Dimensions and Monitoring. Food and Agriculture Organization in Arrangement with DVWK.
- [4] 毛熹, 李嘉, 易文敏, 等. 鱼道结构优化研究[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2011(s1): 57-62.
- [5] 毛熹, 脱友才, 安瑞冬, 等. 结构变化对鱼道水力学特性的影响[J]. 四川大学学报工程科学版, 2012, 44(3): 13-18.
- [6] Rajaratnam, N., Vinne, G.V.D. and Katopodis, C. (1986) Hydraulics of Vertical Slot Fishways. *Journal of Hydraulic Engineering*, **112**, 909-927. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1986\)112:10\(909\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1986)112:10(909))
- [7] 徐体兵, 孙双科. 竖缝式鱼道水流结构的数值模拟[J]. 水利学报, 2009, 40(11): 1386-1391.
- [8] Wu, S., Rajaratnam, N. and Katopodis, C. (1999) Structure of Flow in Vertical Slot Fishway. *Journal of Hydraulic Engineering*, **125**, 351-360. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1999\)125:4\(351\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1999)125:4(351))
- [9] Barton, A.F. and Keller, R.J. (2003) 3D Free Surface Model of a Vertical Slot Fishway. *XXX IAHR Congress*, Thessoloniki.
- [10] 刘志雄, 岳汉生, 王猛. 同侧导竖式鱼道水力特性试验研究[J]. 长江科学院院报, 2013, 30(8): 113-116.
- [11] 吴持恭. 水力学(下) [M]. 第3版. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [12] 挪威诺泰克公司. Vectrino 声学多普勒点式流速仪小威龙说明书[Z]. 挪威诺泰克公司, 2012.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjce@hanspub.org