

过鱼效果监测技术研究和实践综述

申 剑¹, 柳春娜², 吴必朗², 李键源², 刘今朝²

¹华电西藏能源有限公司, 西藏 拉萨

²中国水利水电科学研究院, 北京

收稿日期: 2022年7月7日; 录用日期: 2022年8月8日; 发布日期: 2022年8月17日

摘 要

过鱼设施是保证河流生态系统健康的重要措施, 过鱼设施的效果需要根据监测结果进行评估。本文梳理了国内外的过鱼效果监测技术, 包括物理挂牌标记法、声呐法、无线电标记跟踪法、超声波标记跟踪法、应答器标记法、PIT射频标记跟踪法及电阻法, 上述方法难以同时准确识别过鱼的数量和种类, 需要研究基于鱼类动态图像的智能识别技术。

关键词

过鱼设施, 效果监测技术, 智能识别

Research and Practice of Monitoring Technology of Fish Passing Effect

Jian Shen¹, Chunna Liu², Bilang Wu², Jianyuan Li², Jinzhao Liu²

¹Huadian Tibet Energy Co., Ltd., Lhasa Tibet

²China Water Resources and Hydropower Research Institute, Beijing

Received: Jul. 7th, 2022; accepted: Aug. 8th, 2022; published: Aug. 17th, 2022

Abstract

Fish passing facilities are important measures to ensure the health of river ecosystem. The effect of fish passing facilities needs to be evaluated according to the monitoring results. This paper reviews the monitoring technology of fish passing effect internal and abroad, including physical tag method, sonar method, radio tag tracking method, ultrasonic tag tracking method, transponder tag method, pit radio frequency tag tracking method and resistance method. The above methods are difficult to accurately identify the number and species of fish passing at the same time. It is necessary to research the intelligent recognition technology based on fish dynamic image.

文章引用: 申剑, 柳春娜, 吴必朗, 李键源, 刘今朝. 过鱼效果监测技术研究和实践综述[J]. 环境保护前沿, 2022, 12(4): 763-767. DOI: 10.12677/aep.2022.124095

Keywords

Fish Passing Facilities, Effect of Monitoring Technology, Intelligent Recognition

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

河流修建大坝对水文状况、水力学状况、水质状况以及鱼类种群等有一定的影响,根据水利水电工程建设项目中生态环境保护的要求,需要建立减少修建大坝影响的生态环境保护措施,实施生态补偿,使河流生态系统恢复到合理状态。鱼类对河流生态系统的变化相对比较敏感,鱼类的种类、数量等的变化反映了河流生态系统是否合理。近些年,水利水电工程逐步开始建设包括鱼梯、鱼道、集运鱼船、升鱼机等相关的方便过鱼的设施,作为大坝上下游的连接通道[1]。

2. 概况

过鱼设施的正常运转是保护河流生态系统的重要方式,在减少修建大坝的影响、使鱼类的洄游减少障碍、促进河流系统中鱼类的基因和种群的延续等方面发挥了重要作用[2]。

过鱼设施在正常运转后,应该对运转的效果进行监测分析,通过监测分析检验过鱼设施的效果从而修改过鱼设施的缺陷,改进功能,以及对管理方法进行优化,同时,也可为未来建立过鱼设施时提供借鉴。随着社会经济发展,我国对各河流的水利水电开发与利用蓬勃发展,同时人们对生态保护越来越重视,从而过鱼设施成为水利水电项目的必要要求。目前我国研究和投入重点比较注重过鱼设施的设计和施工,尽管进行了一些运行效果的监测与分析,但在运行效果监测管理上仍落后一些国家,大多是以管理的相关规范为指导,从而进行别的相关工作。尚未建立有效的日常运行效果监测管理模式,为业主的运行管理带来成本和技术挑战。

因此,本文研究了国内外的过鱼设施运行效果监测技术相关的成果,总结过鱼设施运行效果监测技术的缺陷,通过对国内外运行效果监测技术的分析,结合江河流域的水质和鱼类敏感目标特点,为江河鱼道的运行效果监测技术提供参考,以降低鱼道运行管理成本,提高运行管理效率,为鱼道的运行效果评估和智能化管理提供监测数据支撑。

3. 国内外过鱼效果监测技术现状

过鱼设施效果监测是过鱼设施运行过程中的一个必要环节。通过对过鱼设施实际运行效果进行监测,分析鱼类在通过过鱼设施时所表现出来的运动行为及其变化,找出设计、建设过程中存在的问题,可为过鱼设施功能完善和优化提供依据和积累经验。开展过鱼设施运行效果监测时,需要对一些数据进行记录,这些数据可分为生物相关的和非生物相关的,生物相关的如过鱼数量、种类、体型特征、年龄段、重量等,非生物相关的如水温、水质、水头差、水位变化等[3]。其中生物指标监测技术是过鱼效果监测的重点和难点。

3.1. 国外监测技术

根据最新研究报告和文献调研,国际上已经建成运行的大型鱼道、升鱼机和集运鱼系统主要在北美、欧洲、南美洲、澳大利亚和日本等。我国的 ZM 水电站鱼道(落差约 67 m,长约 3300 m)是全世界海拔最

高、落差最大的鱼道，美国帕尔顿鱼道(落差约 57.5 m，长约 4800 m)是全世界最长的鱼道[4]。其中通过长期的运行效果监测显示，著名的美国邦纳维尔坝鱼道、比利时丹尼尔型鱼道、加拿大赫尔斯门鱼道每年数百万尾鱼[5] [6]，通过鱼道返回上游产卵，均取得了良好的过鱼效果。

近些年，国外在过鱼效果监测技术领域的研究成果相对较多，Pereira 等使用无线电遥测、PIT 遥测和电捕鱼等几种方法在 2011~2015 年获得葡萄牙蒙德戈河流上的竖缝式鱼道整体通过效率及坝上坝下鱼类丰富度变化；Yoon 等采用 PIT 标记和张网法获得韩国锦江上的 Ice Harbor-type 鱼道过鱼种类、数量及过鱼效率；McCormick 等采用视频监控获得鱼道内多种鱼类的丰富度等等[7]。

国外对过鱼效果已在使用的监测方法包括物理挂牌标记法、声呐法、无线电标记跟踪法等，这些方法经过多年的试验优化，已经比较完善，比如美国的加利福尼亚州主持编写了过鱼设施监测方法指南。为了对大马哈鱼的生态状况进行监测了解，美国对哥伦比亚河流域修建的大坝建设了监测过鱼效果的设备，每天都进行不间断的监测，一直持续了 32 年，形成了丰富的过鱼效果监测数据；邦纳维尔大坝在鱼道观察室内设置过鱼效果监测系统，并对大众开放，大众在游览的同时获得了知识，对社会和经济都比较有利。澳大利亚墨累达令河流域管理委员会对该河流域的生态状况同样十分重视，提出了鱼类洄游通道恢复计划，建设了大量的设施，并对设施运行的效果进行监测分析，同时建设遥感监测设备，形成了比较完善的监测方法。奥地利、捷克、丹麦等国也是如此，他们都对本国的鱼类洄游通道进行了监测，积累了大量的数据[8]。

总的来说，国外对过鱼设施的实际效果比较重视，电站运行管理部门长期持续开展过鱼效果监测工作，积累了长时间系列的监测资料，为过鱼设施的效果评估和运行管理提供了科学依据。

3.2. 国内监测技术

国内的过鱼设施发展最早可以追溯到 1958 年的富春江七里泷水电站，直到 20 世纪 80 年代，相继建设了 40 余座鱼道。此后的 20 余年，我国在过鱼设施的修建和相关技术研究工作中基本处于空窗期，21 世纪以来，过鱼设施的研究和建设重新受到重视，水利水电工程通过建设过鱼设施，减缓大坝阻隔的影响。近年来，随着国家对生态环境越来越重视，逐步对鱼道工程运行情况的监测提出了明确要求，监测的内容包括鱼道流速、水深、流量、上下游水位、过鱼数量、种类和规格等[9]。

为了明确国内外的监测技术方法的特点，下面对各类方法的探测范围、使用寿命、监测数量、适用条件、适用水深和使用限制条件进行了总结，结果如表 1 所示。

Table 1. Comparison of monitoring methods for the operation effect of fish-passing facilities
表 1. 过鱼设施运行效果监测方法的对比

方法	探测范围 (米)	使用寿命 (天)	监测数量	适用条件	适用水深 (米)	限制条件
物理挂牌 标记法	1~10	无限制	10~100	清水、限定的狭窄 区域	<30 (水下探测器) <2 (浮潜)	难于辨识潜行物种，难以实现长期跟踪观测，获得数据量少
声呐法	20~200	无限制	无限制	声学噪音低的水 体环境	>1.5	无法区分鱼的种类，后期数据处理复杂
无线电标 记跟踪法	20~5000	20~600	100~1000	适用于低电导率的 浅水环境	<5	对鱼类位置的方向判断性较差，无法实现鱼类资源量的监测

Continued

超声波标记跟踪法	20~1000	10~2000	10~100	声学噪音低的水体环境, 水体气泡含量少	0.5~100	通常需要布设水下接收系统, 存在水声学噪音和发射问题
应答器标记法	2~30	30~300	10~100	通常是深水, 嘈杂和高度导电的水体	2~10	信号的探测范围小而窄
PIT 射频标记跟踪法	0.1~2.0	>30,000	100~10,000	需要鱼在射频天线探测范围内游过	<1	信号探测范围小, 数据采集受限于天线的安装位置
电阻法	<0.5	无限制	无限制	淡水, 必须使鱼类游过有效检测范围	0.5	信号探测范围更为狭窄, 无法实现个体跟踪无法探测 20 cm 以下体长的鱼类

国内过鱼效果监测技术研究较少, 如谭细畅等采用堵截法对长洲鱼道进行监测, 获得影响过鱼效果较大的因素是坝上水位、坝下水位、径流量、水温等; Tao 等采用张网法和水声学对长洲鱼道进行监测, 获得过鱼数量和种类等指标[10]。

然而由于当前对鱼类生态学、习性行为的了解有限, 我国相关基础研究有待深入, 围绕建成后过鱼设施效果监测目前还未全面开展。国内过鱼设施效果监测数据与建设运行数据相比, 比例较低, 而且由于投入比较高等原因, 一些过鱼设施在正常运行后难以维持长时间系统监测。

4. 结论

通过上述分析可以看出, 国内外在过鱼通道减缓水利设施阻隔效应、改善鱼类生存环境方面都展开了大量的研究和实践探索, 并且取得了一定的效果, 在一定程度上保护了天然渔业资源, 改善了河流连通性, 维持了水生生态系统健康。

综上所述, 过鱼效果监测的技术方法分为直接法和间接法, 其中人工观测、网具回捕等属于直接法, 目的是得到鱼道过鱼数量、种类、规格等参数; 而声学 and 光学监测属于间接法, 依靠对设备采集的数据进行深度分析得到过鱼参数, 其中过鱼参数的准确性取决于后期的数据分析方法, 比如表 1 中列举的物理挂牌标记法、声呐法、无线电标记跟踪法、超声波标记跟踪法、应答器标记法、PIT 射频标记跟踪法及电阻法都属于间接法, 各方法都有相应的适用条件及限制条件, 基本可以满足监测要求。

然而现有的监测技术方法很难实现鱼类数量和种类的动态智能识别, 因而需要研究鱼类图像识别技术。随着计算机信息技术飞速发展, 深度学习在计算机视觉等多个领域取得重大突破, 将深度学习的强大能力及优势运用到鱼类图像识别领域, 是对鱼类图像识别的一次重大创新和提升, 值得深入研究。

参考文献

[1] 刘英杰, 王玉梅. 渔业知识小百科[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017: 10.

[2] 栾丽, 彭艳, 何涛, 彭翠华, 李雪. 不同类型过鱼设施特点及适应性研究[J]. 水力发电, 2020, 46(11): 11-14+28.

[3] 蔡露, 张鹏, 侯轶群, 金瑶, 姚军, 黄应平. 我国过鱼设施建设需求、成果及存在的问题[J]. 生态学杂志, 2020, 39(1): 292-299.

[4] 白音, 包力皋, 郭军, 等. 国外典型过鱼设施建设及其运行情况[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2011, 9(2): 116-120.

-
- [5] 张建华, 江凌, 刘芸华, 李春华, 邓彪, 胡永林. 峡江水利枢纽工程关键技术研究与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2018.
- [6] Reischel, T.S. and Bjornn, T.C. (2003) Influence of Fishway Placement on Fallback of Adult Salmon at the Bonneville Dam on the Columbia River. *North American Journal of Fisheries Management*, **23**, 1215-1224.
<https://doi.org/10.1577/M02-113>
- [7] 王义川, 王煜, 林晨宇, 魏永才, 等. 鱼道过鱼效果监测方法述评[J]. 生态学杂志, 2019, 38(2): 586-593.
- [8] Winfield, I.J., Fletcher, J.M., JAMES, J.B., *et al.* (2009) Assessment of Fish Populations in Still Waters Using Hydro Acoustics and Survey Gill Netting: Experiences with Arctic Charr in the UK. *Fisheries Research*, **96**, 30-38.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.09.013>
- [9] 王思莹, 杨文俊, 黄明海, 王智娟. 我国鱼类洄游通道和生境恢复技术研究现状分析[J]. 长江科学院院报, 2017, 34(8): 11-17.
- [10] 温静雅, 陈昂, 曹娜, 黄茹, 王海燕, 王鹏远. 国内外过鱼设施运行效果评估与监测技术研究综述[J]. 水利水电科技进展, 2019, 39(5): 49-55.