

文章编号:0559-9350(2012)02-0182-07

## 我国鱼道的建设现状与展望

陈凯麒<sup>1</sup>, 常仲农<sup>2</sup>, 曹晓红<sup>1</sup>, 葛怀凤<sup>3</sup>

(1. 环境保护部环境工程评估中心, 北京 100012; 2. 环境保护部环境影响评价司, 北京 100035;  
3. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038)

**摘要:** 总结分析了国内外鱼道建设特别是我国2000年以来的鱼道修建、鱼道设计研究(鱼道类型、鱼道位置与水力设计参数三方面)概况, 分析显示近年来我国鱼道修建以垂直竖缝式和仿自然鱼道为主, 且对应的坝高范围也比较广, 鱼道深度基本为2.5~3.0m, 流速为0.6~1.2m; 剖析了我国鱼道建设存在的主要问题是缺乏正确的鱼道发展认识, 鱼道技术与管理制度方面也存在不足; 提出了鱼道适应性管理理念, 通过监测管理发现问题重新调整鱼道设计、运行及管理方案, 以期发挥鱼道的最大效益; 展望鱼道发展需要制度保证, 完善技术规范, 重视基础研究且加强学科间合作, 切实落实鱼道适应性管理。

**关键词:** 鱼道; 水生态环境保护; 适应性管理; 环境影响评价

**中图分类号:** TV135.9

**文献标识码:** A

为了防洪、发电、供水和通航等需要在江、河中进行的筑坝活动对水生生态系统带来了一系列的负面影响, 包括对鱼类自然种群产生深远的负面效应。堰、坝等挡水建筑物直接造成上、下游水文条件的改变, 中断河流生境的连续性, 阻断鱼类的自由迁徙(不仅关系到长距离洄游种类, 而且关系到生活史的某一阶段依靠纵向运动的所有鱼类), 改变了水生生物多样性需要的长年适应生境及河流连续通畅的环境。

鱼道对于减缓大坝的阻隔影响, 帮助恢复鱼类和其它水生生物物种在河流中自由洄游具有重要的意义。鱼道工程措施的有效运行是保持河流纵向连通性的重要手段之一。但对现有设施的调研表明, 我国大部分鱼道运行情况并不理想<sup>[1]</sup>。因此, 在充分认识和了解鱼道研究和建设发展状况的基础上, 提出改进方法与措施, 提高鱼道的设计水平, 大幅加强过鱼有效性, 对于保护河流生态、促进水利水电可持续发展具有重要意义。

### 1 国内外鱼道的建设现状

**1.1 国内外鱼道概况** 鱼道是在闸、坝或天然障碍处为沟通鱼类洄游通道而设置的一种过鱼建筑物<sup>[2]</sup>。鱼道建筑物的成功与否是河流生态系统健康的评价指标之一, 也是水利水电工程环境影响评价中生态环境保护的重要评价指标。鱼道最早出现于法国<sup>[3-4]</sup>, 1662年法国西南部的贝阿尔省颁布规定要求在堰、坝上建造供鱼上下通行的通道, 其设计原理基于水位落差过大, 造成鱼类洄游困难, 为开辟通路, 调整其水位及流速, 以利水生生物溯游。早期这些措施未经过科学研究, 更接近于自然状态。据不完全统计, 至20世纪60年代初期美国、加拿大两国, 有过鱼建筑物200座以上, 西欧各国各种过鱼建筑物100座以上, 日本约有35座, 苏联有15座以上, 并且这些过鱼建筑物基本采用鱼道方式<sup>[5-6]</sup>。至20世纪晚期, 鱼道数量明显上升, 在北美有近400座, 日本则有1400余座。其中, 较

收稿日期: 2011-03-28

基金项目: 财政部、环保部环保公益性行业科研专项资金支持(201009060)

作者简介: 陈凯麒(1958-), 研究员, 主要从事水环境及生态保护、环境影响评价研究。E-mail: kqchen010@yahoo.com.cn

高、较长的鱼道分别是美国的北汉坝鱼道(爬升高度 60m)和帕尔顿鱼道(全长 4.8km)<sup>[7]</sup>。

著名的巴西巴拉那河上的伊泰普水电站的鱼道为全球最高和最长的鱼道,实际爬升高度约有 120m,全长达 10km,其中自然鱼道 6km,人工修建鱼道 4km。建成于 2002 年年底,耗资 1 200 万美元。这条鱼道每年帮助 40 余种鱼洄游产卵。有关部门每 3 个月组织一次监测,每两公里设置一个采样点,监测整条“鱼道”中的水温、水质和鱼类生活情况。

相对于国外来说,国内鱼道研究起步较晚,大约始于 20 世纪 60 年代。总体来说,国内鱼道的研究发展大致经历了 3 个时期:初步发展时期(20 世纪 60—70 年代)、停滞期(20 世纪 80—90 年代)和二次发展期(2000 年以后)<sup>[6]</sup>。初步发展时期始于规划开发富春江七里垅电站时,首次提及到了鱼道,并进行了科学试验和水系生态环境的调查<sup>[1]</sup>。鱼道发展的停滞主要是受葛洲坝水利枢纽过鱼工程措施争论的影响,最终采取建设增殖放流站的方法来解决中华鲟等珍稀物种的保护问题。然而,部分研究资料表明葛洲坝三个船闸的下游是鱼类积聚最多的地方,说明鱼类依然要本能的通过大坝上溯<sup>[8]</sup>,这说明了仅仅设置增殖放流站不能解决根本性问题,仅能缓解中华鲟珍贵鱼类的上溯问题,但是不能解决普通鱼类的上溯,更加谈不上维持河道的流通性和生态环境的保护。随着环保认识的深入,二次发展时期中,环境影响报告中要求具备条件的水利水电工程在新建与修复重建过程中增设鱼道工程措施,以期达到生态修复与维护生物多样性、减缓对鱼类影响的目标,如北京的上庄闸<sup>[9]</sup>、广西长洲水利枢纽、浙江曹娥江挡潮大闸等。

**1.2 国内近年鱼道建设情况** 为了解近 10 年我国鱼道的建设情况,本文对 2000 年以来经过环境影响技术评估的 24 个国家级水利水电项目鱼道建设相关数据进行了不完全统计。从鱼道型式看,12 个鱼道型式的项目,垂直竖缝式 7 个,占 58.3%;仿自然通道 3 个,25%;导墙式鱼道 1 个;横隔板式鱼道 1 个(如图 1 所示)。显然,目前我国以垂直竖缝式和仿自然通道的鱼道为主。从垂直竖缝式、仿自然通道和导墙式鱼道对应的坝高看,前两者对应坝高范围较宽,垂直竖缝式鱼道坝高介于 6.0m 和 39.7m,仿自然通道型式鱼道对应坝高为 6.0~28.7m,导墙式鱼道对应坝高相对较高为 32m(如图 2 所示)。

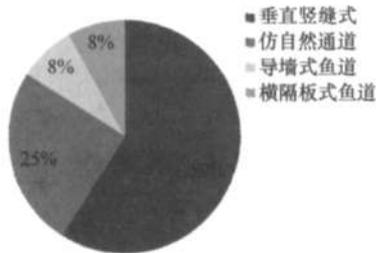


图1 4种类型12个鱼道的比例分布

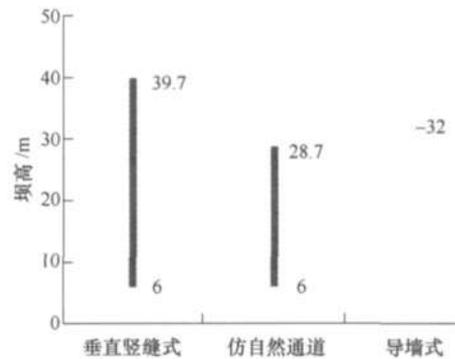


图2 3种类型对应坝高范围

由分析可见,垂直竖缝式鱼道对应的坝高范围较广,且鱼道长度和坝高呈正相关关系,即坝越高,鱼道越长(如图 3 所示),通过增加鱼道长度降低坡度,以此达到限制流速的要求;鱼道流速介于 0.5~1.7m/s,其中流速小于 0.8m/s 鱼道 3 个,介于 0.8m/s 和 1.2m/s 之间鱼道 3 个,大于 1.2m/s 鱼道 1 个(如图 4 所示)。显然根据上述分析表明,目前国内建设的绝大多数垂直竖缝式鱼道流速低于 1.2m/s。

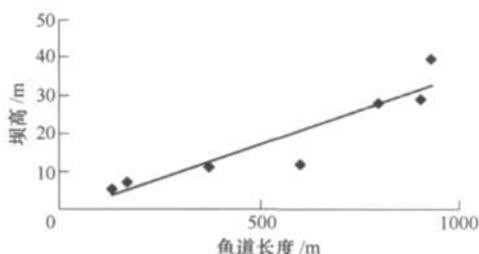


图3 垂直竖缝式鱼道长度与坝高的关系

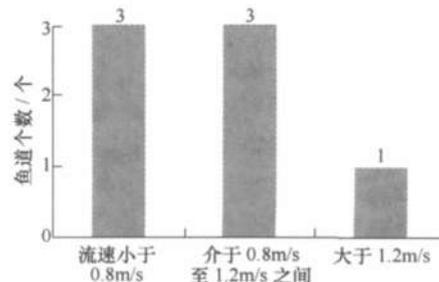


图4 7个垂直竖缝式鱼道流速分布

对于鱼道深度，为2.5m的鱼道4个，介于2.5m和3.0m之间的鱼道2个，超过3.0m鱼道的1个(如图5所示)，可见，鱼道深度大部分低于3.0m。

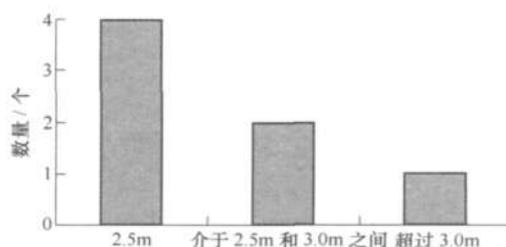


图5 7个垂直竖缝式鱼道深度分布

对于仿自然通道型式的鱼道其对应坝高范围也较广，鱼道深度为2.5m，流速介于0.6m/s和1.2m/s之间。综合分析，垂直竖缝式和仿自然通道型式鱼道深度基本为2.5~3.0m，流速为0.6~1.2m。

对于水利水电工程的鱼道建设，相关利益者最关心的鱼道引水是否会导致发电量下降、导致可供水量减少等问题，为了考证这一问题，本文收集了5个不同流域、不同坝型、不同鱼道型式的水电项目(见表1)，分析其鱼道引水量所占比重。对比鱼道引水量与坝址多年平均流量，5个鱼道引水比例在0.08%~5.6%之间，其中3个低于1%；对比鱼道引水量与发电引水流量，5个鱼道引水比例在0.09%~1.5%之间，其中4个低于1%，可见，从上述两个比例关系看，鱼道所占水量比率极小，甚至可以忽略不计。

表1 部分鱼道参数分析统计

序号	项目名称	形式	坝高/m	装机/MW	鱼道形式	鱼道长度/m	鱼道尺寸/m	池室数量/个	设计流速/(m/s)	引用流量/(m³/s)	损失比例(与坝址多年平均流量和发电引水流量分别比)
1	松花江干流依兰航电枢纽	航电	6	120	仿自然结合竖缝式	1010	6×6×2.5 4.8×4×2.5	169	1.2	2.0	2/1670=0.1% 2/2122=0.09%
2	西藏狮泉河水电站	堤坝式	32	6	导墙式	735	3.7×2.5	170	1.0	0.5	0.5/8.9=5.6% 0.5/34.2=1.5%
3	湘江长沙综合枢纽	航电	39.7	57	竖缝式	930	4.8×4×3.5	180	1.0	1.8	1.8/2237=0.08% 1.8/1818=0.1%
4	曹娥江大闸枢纽工程	胸墙式泄洪闸	13.4	无	开敞式矩形槽	500	净宽2m	136	0.18~0.6		
5	大渡河安古水电站	混合式	28.7	772	导墙式结合仿自然	尚未开始设计，初步估算鱼道引用流量4~5m³/s				4	4/1490=0.3% 4/2640.9=0.15%

## 2 鱼道设计研究

**2.1 鱼道类型与特点** 鱼道可以分为近自然型鱼道和技术型鱼道<sup>[10-12]</sup>。近自然型鱼道和岩床的修建尽可能接近于自然形态下的河流或者溪流的坡度(比如岩石坡)，同时建设取材通常是就地取材。技术型鱼道包括池式鱼道、竖缝式鱼道、丹尼尔式鱼道、鳗鲡梯、鱼闸和升鱼机。近自然与技术型鱼道的水力参数、适用鱼群及其优缺点等详见表2(计算值均是最小值，没有考虑地理因素等)<sup>[11]</sup>。

**2.2 鱼道设计** 鱼道设计必须在充分研究和认识实际情况下，科学合理有据的选择鱼道位置、形式、规模与坡度，同时也可能需要创造诱鱼水流条件，重新布置或者是调整建筑物各要素的位置。

(1)鱼道类型选取。国内外学者通过大量的研究，已经提出了表2中所列出的鱼道形式。其中每个鱼道都有所适应的水流与地形条件，同时适应特征鱼类以通过坝堰等挡水建筑物。依据鱼类的生活习性、水工建筑物的种类和规模、当地地形条件和水工建筑物的建设规模格局等实际因素，同时参照国内外的先进成功经验，选取合适的鱼道类型。

(2)鱼道位置。首先鱼道横断面位置的选定，要结合鱼类的上溯路线来确定。其次对于鱼道入口要布置在能让鱼类较快觉察和顺利进入的地方，同时安装诱鱼水流装置增加鱼道进口附近的流量；对于鱼道出口应能适应坝上水位的变动且与坝前水面很好地衔接，需要注意的是鱼道出口应尽可能远离水电站的进水口、溢洪道及泄水闸，以免上溯的鱼类被下泄的水流再冲到下游去。

同时鱼道的位置与过鱼效果、施工难易、工程量大小、工程造价存在很大的关系，在实际的鱼道设计与施工中需要进行大量的论证，在保证过鱼效果的情况下，尽量减少工程量降低工程造价，实现经济与生态效益最大化。

(3)鱼道水力设计参数。①鱼道的长宽计算，(水利枢纽中的鱼道设计及试验研究，戚印鑫等，水利与建筑工程学报一文中总结后提出了鱼道长度、宽度的计算公式)，在此不赘述。②池室水力条件，鱼道池室水力条件的主要决定因素是隔板型式、水池尺寸及鱼道流量等。池室的大小取决于隔板效果、鱼体能消耗及休息条件。③流速、水深、坡度、过流量。鱼道的流速与大坝水头及鱼的克流能力有关。同时鱼类克服流速的能力与鱼的种类、大小、水温、河床、性别以及悬浮物质等因素有关，差别很大。

在鱼道内部可以安装调节流量装置，可以用于调节鱼道内部的流量，满足鱼道内部的流态、流量等以促进鱼类的上溯。

表2 部分鱼道参数分析统计

类别	类型	原理	鱼道水力设计参数总结	优缺点	适用鱼群
近自然型鱼道	底坡和底微斜坡	底坡和底微斜坡是一种具有粗糙表面且横跨整个河宽的构造。松散填石构造和阶梯式构造居多。	$b$ (斜坡宽度)与河宽相等，斜度通常小于1:15。水深 $h>0.3\sim 0.4\text{m}$ ，单位流量 $q>100\text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m})$ 。	在低水位时有干涸的危险，因此底床封闭很有必要。维护费用低。入口吸引水流很容易被发现。	所有水生动物可溯和降河两个方向自由通过。
	旁路水道	提供一个绕过坝并呈模仿自然河流外观、呈现自然水道形式的通道。	$b>1.2\text{m}$ ； $h>0.3\sim 0.4\text{m}$ ； $l<1:20$ ；旁路鱼道应延伸至上游回水区； $q=100\text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m})$ 。	费用很低，但是占地面积很大。由于在地面上做一个深沟，故需要结合其他技术构造。桥梁和地下通道通常是必需的。	它可以使所有的水生动物种类通过，为喜流性种类提供生存空间。
	鱼坡	鱼坡是一种平缓坡度、粗糙表面且嵌入堰中的构造。	$b<20\text{m}$ ； $h<0.3\sim 0.4\text{m}$ ； $l=1:20$ 或者是更小； $q$ 为 $100\text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m})$ 。	低水位时有干涸的危险，需要底床封闭。维护少，洪水期自净能力强，有很好的吸引水流。	它可以使所有的水生生物种类向上下游双向通过。
技术型鱼道	池式鱼道	通常是混凝土通道，具有混凝土或者木质的隔板，潜水孔与顶部凹槽交叉设置。	水池尺寸依据河流而定： $lb>1.4\text{m}$ ； $b>1.0\text{m}$ ； $h>0.6\text{m}$ 。潜水孔： $b_s>25\text{m}$ ， $h_s>25\text{m}$ 。 $Q=80\sim 500\text{ l/s}$	需要精心维护且碎片等阻塞孔口具有高风险性。好多实际运行表明很多池式鱼道不能正常运行发挥作用因为孔口的阻塞。	适用于游泳能力强的鱼类、底层鱼类和小鱼，同时粗糙的鱼道底部可以提供空间以供底栖动物上。
	竖缝式鱼道	混凝土或者是木板的隔板的混凝土通道，且具有一个或者两个高度与隔板与侧墙整个高度相同的狭槽。	水池尺寸： $lb>1.9\text{m}$ ； $b>1.2\text{m}$ ； $h>0.5\text{m}$ 。狭缝宽 $s>0.17\text{m}$ 。 $Q=140\text{ l/s}$ —几个 $\text{m}^3/\text{s}$ 。	适用于多变的河道上游水位；相较传统的鱼道设计不易阻塞；这种类型的鱼道不仅适合于小河道，而且适用于大流域。	所有鱼类均适用，非常适用于克流能力弱和弱小的鱼类，也可以通过无脊椎水生生物。
	Denil式鱼道	木制或混凝土通道。其间安置了一些U型隔板(通常为木板)，逆着水流方向呈45°设置。	通道： $b=0.6\sim 0.9\text{m}$ ； $h>0.5\text{m}$ ； $l<1:5$ ； $Q>250\text{ l/s}$ 。通道长度6~8m，如果水头 $>1.5\sim 2\text{m}$ ，需要设置休息池。	坡度陡需空间小；对于目前未建鱼道的河流比较适合方便；对于尾水水位的变化不受影响。缺点是河流上游水位的变化对鱼道影响非常大；碎片之类的阻塞非常容易的破坏鱼道功能。	适合于鲑鱼、鲤科鱼，游泳能力弱的鱼种。对于微生物和无脊椎底栖生物是不可以的。
技术型鱼道	鳗鲡梯	鳗鲡梯是带有刷状装置的小通道，铺设为数层灌木丛或者沙砾，水流从缝隙缓缓滴过。	通道： $b=0.3\sim 0.5\text{m}$ ； $h=0.15\sim 0.25\text{m}$ ；通常 $l=1:5\sim 1:10$ ，也可以更大。	建设成本低，需要的空间小，而且流量要求低。缺点是鳗鱼管道经常被碎屑粗住且在维护上存在很大的困难。	仅仅适用于鳗鱼，建议在江河的入海口修建。
	鱼闸	是一个凹形通道，上下游两端都有可控制的闸门。通过控制闸门的开关或过往通道注水来形成引流。	尺寸大小可变更。	所需空间不大；需要克服很大的高度差。缺点是需要较高的设计和建造技术，维护与监测也比传统的鱼道要求高。	鱼闸适用于鲑鱼、鳟鱼以及游泳能力弱的鱼类，但是对底层鱼类和小型鱼类不适用。
	升鱼机	配置有运送水槽和机械装置的升降机。通过把鱼从下游吊起送到上游，通过渠道连通上游。通过旁路注水创造吸水流。	尺寸可以变化。	优点如同鱼闸空间小，克服的较大的高度差即使是非常高的大坝。运行费用是相当大的。	适合于体型大，游泳能力弱的鱼类

### 3 鱼道管理研究

引入鱼道适应性管理方法。其中适应性管理“adaptive management”是在面对不确定性时不断反复与迭代制定的最优方案，从而通过长时间的系统监测而减少不确定性。所谓鱼道适应性管理是鱼道建成后，通过正常运行、不断的监测及时发现鱼道所存在的问题，包括鱼道本身设计方面、资金投入等方面，针对发现的问题重新制定调整实施方案、管理目标，从而确定最优鱼道实施方案，实现河道的纵向连通性，社会经济与生态环境的协调发展。鱼道建成后运行是否有效需要日常监测评估，它是鱼道建设技术进步的前提，也是适应性管理的基础。鱼道中的适应性管理就是针对鱼道运行中所存在的问题及时修订解决，保证鱼道的高效运行。鱼道的适应性管理理念详见图6。

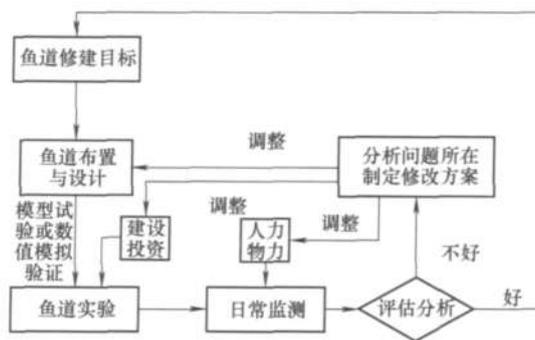


图6 鱼道适应性管理框架

鱼道适应性管理的内容主要针对以下三方面问题进行管理：(1)鱼道过鱼效果不理想，原因是鱼道设计不理想，需要从鱼道进口、鱼道内和鱼道出口处水力设计寻找原因，制定修改方案；(2)运行投资缺乏，不能保证足够的人力与物力正常运行鱼道，需要完善投入机制，保证资金；(3)修建过程中由于投资匮乏而致使鱼道修建不完善，需要在管理中不断的改进。

### 4 我国鱼道建设中存在的问题

我国鱼道研究相对于欧美国家来说起步比较晚，目前还存在一系列的问题亟待于进一步的探讨与研究。

(1)对鱼道修建的目的缺乏正确的认识。鱼道最初的设计是针对珍贵鱼种而修建的，美国、加拿大等是为保护鲑鱼、鳟鱼、白鲟而修建鱼道，而这些鱼类都具有洄游特性，其中洄游鱼类分类详见图7，包括索饵洄游、生殖洄游、越冬洄游，同时这3种洄游构成了鱼类的洄游周期。鱼道的修建可以一方面实现保护水生生物的目标，另一方面实现河道的纵向连通性。

需要充分认识到，鱼道的建设不但是为鱼类保护而设，更是为保持河道水域连通性，补偿大坝阻隔带来的负面影响提供了重要技术手段。

(2)鱼道水力学研究中的问题。确定修建鱼道及其保护对象后，则需要选择合适的鱼道类型，计算确定所选鱼道的不同水力参数。鱼道水力学概括来说主要包括3方面的问题：①鱼道入口附近的水流流态和流速的分布优化；②鱼道内部流量、流速、水深和流态的有效控制；③鱼道出口附近的流态及流速分布设计<sup>[12]</sup>。

目前对鱼道水力学方面的研究国外做得比较多，如加拿大、美国，国外一开始研究水流的紊动对鱼类的影响，并加强原型观测研究鱼道和鱼类的关系。而

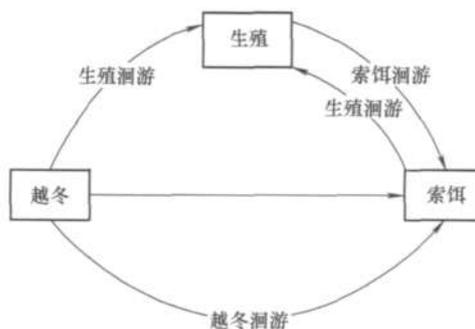


图7 洄游鱼类分类

国内做的研究较少,大多急功近利,没有很好掌握鱼道水力学特点。这里包括:

①缺乏对河段或区域生态环境内的重要生物的基础研究,譬如鱼类的生态习性与游泳能力的研究、原型生境要素的监测,加之兴建水利水电工程后对鱼类造成的负面的影响资料。只有掌握准确的基础资料后才可以有针对性的提出鱼道的设计方案。

②鱼道进口的流态与流速分布。鱼道入口处创造出适合鱼类等水生生物的流态和流速分布是鱼道设计成功与否的关键问题。现在鱼道进口处主要是利用激流将鱼诱入进口,同时添加灯光等辅助性措施。但是现在的问题是大量的鱼类聚集在坝下,不能很好的发现鱼道进口,表明目前鱼道进口的流速与流态设计及其辅助措施不能很好的促使鱼类进入鱼道。

③同一河流中需要保护的鱼类种类不是单一的时候,鱼类体型相差悬殊、生活习性不同、克服水流的能力也是不同的。由此就会产生如下问题:一方面鱼道内的允许流速如何计算,不同鱼种的允许流速是不同的,这就衍生出一个问题,在一个鱼道内如果计算确定允许流速的最小值可以兼顾不同的鱼种使其顺利通过鱼道,现在是难以解决;另一方面针对不同鱼类上溯是否需要建造多条鱼道,其是否具有必要性。

④水利水电工程(大坝和堰等)修建形成大面积的静水环境,一方面会导致洄游鱼类找不到顶冲流速而在静水水库中迷失方向,或者上溯鱼类出现倒退现象;另一方面对于上游的鱼类,从鱼类的习性研究可以清楚地知道其适应于激流的水环境,大坝修建形成水库的静水环境对它们是不适应的,特别是当前大力进行水利水电工程的梯级开发联合调度,急流生境丧失殆尽,当然修建鱼道是必需的,但是否仅仅可以通过鱼道来进行解决值得深入探讨。这是当前鱼道研究的难点问题。

⑤鱼道水力参数的设计目前主要是依据鱼类的生理习性、鱼道设计的经验性理论与公式计算,采用国外经验,设计后的鱼道缺乏模型实验的验证或者是数值模拟模型的验证。

(3)鱼道下行问题目前研究尚少,没有提出有效的措施解决。我国鱼类下行主要是通过溢洪道或者水轮机直接下坝,对鱼类造成很大影响。这是与国外不同的一点,国外鲑鱼和鳟鱼的亲鱼产后绝大多数死亡,亲鱼没有下坝的问题。但是我国的鱼类基本是多次产卵的鱼类,所以如何保证鱼类的安全下坝是亟需攻克的难关。

(4)鱼道的监测方面。实时监控鱼道一部分是监控过鱼的种类和数量,以验证鱼道是否有效;同时另一个重要的作用是在监控的同时,发现鱼道存在的问题,根据实际情况进行改进。

①目前监控仅限于鱼道内过鱼的监控(鱼的种类、数量记录),对于鱼道下行还没有采取措施进行监测。

②现有的鱼类监测方法相对是比较充分,主要包括张网法、堵截法、标志、电捕和自动计数设备。但是验证鱼道中底栖无脊椎动物上溯的有效性是缺乏的。

(5)法律规范问题。目前我国鱼道建设相对落后,相关鱼道设计方法尚无规范可循,大大限制了我国鱼道的建设进程。目前除国务院颁发的《中国水生生物资源养护行动纲要》和国家环保总局颁发的《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价计数指南(试行)》外<sup>[13]</sup>,还没有专门针对鱼道的技术规定。

(6)认识理念问题。鱼道运行是非常关键的一部分,国内存在的一个问题是由于运行维护的资金投入不够,鱼道建成后运行受阻。

## 5 对策与展望

当前国家对生态环境的保护力度不断加强,鱼道建设问题备受关注,但是仍需要长时间的积极研究。针对目前国内鱼道建设存在的问题,应该积极采取如下措施从而发挥鱼道的最大效益,同时本文重点提出鱼道的适应性管理新理念,于监测管理中不断地发现问题,不断的改进与完善鱼道,从而实现鱼道的最大效益。

(1)早期介入原则。在流域综合规划及水电开发规划阶段即应将过鱼设施纳入规划约束条件,在

建设项目环境影响评价、环保科研及设计、环保竣工验收调查、环境后评价的各环节给予不同侧重点的要求,从管理要求上重视落实。

(2)加快技术规范的完善。当前加快《水利水电工程鱼道设计导则》、《鱼道设计规范》等技术规范的编纂是非常必要的,尽快实现鱼道设计原则和技术要求的统一,更好地指导水利水电工程的鱼道设计工作。同时鱼道建成后的运行管理也需要一定的规范,以督促鱼道的正常维护与运行。考虑结合国家的环境保护规划将鱼道或鱼梯等鱼类过坝设施的建设纳入水利水电工程开发建设的规划中,像通航要求一样,作为强制性的行业标准。

(3)重视基础研究,加强多学科间的合作研究。一是鱼道设计的保护目标不仅只是针对珍稀物种,同时也要考虑底栖无脊椎水生生物、有机质和泥沙等。二是鱼类生活习性方面的研究,这是鱼道建设的最根本基础。三是适合国内鱼类等水生生物的鱼道的关键性技术研究,以国外先进经验作为参考,但是一定要与鱼类的生态习性、枢纽整体布置、水文资料、地理位置及周边环境等因素结合起来。四是加强鱼类下行问题的研究。

(4)鱼道设计的专业化和推广“并行设计”。鱼道设计牵涉众多专业学科,不仅是水利水电工程的附属。它是一个相对独立、复杂和系统的设计工作,是多方面协调、多专业学科交叉的设计,应该针对鱼道的设计工作成立专门的鱼道设计和科研体系。在鱼道的规划设计过程中要加强各专业间、专业人员和非专业人员之间的交流和沟通,要让环境保护、渔业、水利水电建设的相关专业人员共同参与鱼道的设计研究。

(5)制度保证,落实鱼道适应性管理。建立生态调度管理机制,保证鱼道的正常运行与维护。结合绿色水电认证、环保定期许可证制度的建设,针对已建的工程开展应用研究,并进行跟踪观测,总结由于修建各水利水电工程导致对本地区生态环境造成的影响及变化,找出所建设鱼道的优点和不足,对有缺陷的工程考虑进行修复。

## 参 考 文 献:

- [ 1 ] 王兴勇,郭军.国内外鱼道研究与建设[J].中国水利水电科学研究院学报,2005,3(3):222-228.
- [ 2 ] 华东水利学院主编.水工设计手册——泄水与过坝建筑物[M].北京:水利电力出版社,1982.
- [ 3 ] Larinier M, Travade F, Porcher J P. Fishways: biological basis, design criteria and monitoring[C]//Bull. Fr. Pêche Piscic., 364 suppl, 2002: 208.
- [ 4 ] Riitta Kamula. Flow over weirs with applications to fish passenger facilities[M]. Finland: Oulu University Press, 2002.
- [ 5 ] Michel Larinier. 环境问题、大坝与鱼类洄游[R]. 罗马:联合国粮食及农业组织,2007.
- [ 6 ] 陈大庆,吴强,徐淑英,等.大坝与过鱼设施[C]//北京:水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会.2005:101-131.
- [ 7 ] 曹庆磊,杨文俊,周良景.国内外过鱼设施研究综述[J].长江科学院院报,2010,27(5):39-43.
- [ 8 ] 颜文斗.三峡鱼——三峡的鱼卵、小鱼和大鱼[J].共鸣,2002(5):13-15.
- [ 9 ] 孙双科,邓明玉,李英勇.北京市上庄新闻竖缝式鱼道的水力设计研究[C]//昆明:水电2006国际研讨会.2006:951-957.
- [ 10 ] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fish passes-Design, dimensions and monitoring(English Version)[M]. The United States: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2002.
- [ 11 ] Dipl. -Biol. etc. 鱼道—设计、尺寸及监测[M].李志华,等译.北京:中国农业出版社,2009.
- [ 12 ] 白音包力皋,王珂,陈兴茹,等.鱼道水力学关键问题及设计要点[C]//西安:水力学与水利信息学进展.2009:206-211.
- [ 13 ] 胡望斌,韩德举,高勇,等.鱼类洄游通道恢复——国外的经验及中国的对策[J].长江流域资源与环境,2008,17(6):898-903.

(下转第197页)

## Recent progress in studies of overland flow resistance

JIANG Chang-bo<sup>1, 2</sup>, LONG Yuan-nan<sup>1, 2</sup>, HU Shi-xiong<sup>2, 3</sup>, PENG Yu-ping<sup>4</sup>

(1. Changsha University of Science & Technology, Changsha 410076, China;

2. Key Laboratory of Water & Sediment Science and Water Hazard Prevention of Hunan Province, Changsha 410076, China;

3. East Stroudsburg University of PA, USA 18301-2999; 4. Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Overland flow resistance (OFR) is an important parameter which reflects overland flow characteristics. Exploring OFR is critical for understanding the flow characteristics, overland flow routing, soil erosion and mechanism of sediment yield on sloping land. This paper summarizes the five aspects of recent progress in studies of overland flow resistance: (1) the relationship between overland flow resistance and Reynolds number; (2) flow resistance of plane beds; (3) flow resistance of rough beds; (4) the influence of rainfall on OFR, and (5) flow resistance modeling. It is found that (1) the relation between overland flow and Reynolds number can be a positive or negative correlation under different conditions; (2) linear superposition approach to calculate the overland flow resistance under different conditions is problematic; (3) overland flow resistance calculation model is close to the practical condition on rough mobile beds. At last, this paper points out the major problems in current studies of overland flow resistance and the hot topics in this field.

**Key words:** overland flow; flow resistance coefficient; grain resistance; form resistance; wave resistance

(责任编辑: 李福田)

---

(上接第 188 页)

## Status and prospection of fish pass construction in China

CHEN Kai-qi<sup>1</sup>, CHANG Zhong-nong<sup>2</sup>, CAO Xiao-hong<sup>1</sup>, GE Huai-feng<sup>3</sup>

(1. Appraisal Center for Environment and Engineering, Ministry of Environment Protection, Beijing 100012, China;

2. Department of Environment Impact Assessment, Ministry of Environment Protection, Beijing 100035, China;

3. China Institute of Hydropower & Water Resources Research, Beijing 100038, China)

**Abstract:** By summarizing and analyzing the construction status of fish passes, this paper pointed out that the main types of fish pass in china are vertical slot pass and close-to-nature pass. For dams at different heights, the depths of fish passes generally are 2.5m~3.0m with the flow velocities of 0.6m~1.2m. There are some problems in research, design, construction and management of fish passes. In order to improve the design, operation and management of fish passes, some new management ideas are proposed. For developing the fish passes, the following aspects are pending for improved including the perfection of technology criterion, strengthening the fundamental research and the collaboration of different sections.

**Key words:** fish passes; ecological environment protection; adaptive management; EIA

(责任编辑: 李福田)