

萨拉康水电站鱼道设计方案探讨

张东亚, 牛天祥, 寇晓梅

(中国水电顾问集团西北勘测设计研究院, 陕西 西安 710065)

摘要: 介绍了湄公河渔业资源概况及其流域下游主要的洄游鱼类, 分析了萨拉康水电站阻隔对洄游鱼类造成的影响, 确定了上游湄公河洄游系统的主要过鱼对象; 根据萨拉康水电站枢纽布置以及所在地地形地质特征, 对可行的鱼道布置方案进行了优选论证, 并对右岸方案鱼道进口、鱼道出口、鱼道结构、附属设施等进行了初步设计探讨。

关键词: 萨拉康水电站; 鱼道; 设计方案

中图分类号: TV222, S956.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2013)04-0026-04

湄公河(Mekong River)干流全长4 880 km, 是亚洲最重要的跨国水系, 世界第六大河流, 主源为扎曲, 发源于中国青海省玉树藏族自治州杂多县。湄公河水资源丰富, 大部分河槽深切, 多峡谷, 适宜建坝, 具有蓄洪、灌溉、发电等综合功能。干流水能蕴藏量超过1 000万kW。萨拉康(Sanakham)水电站为湄公河干流水电梯级开发中的其中一级, 是以发电为主, 兼有航运、过鱼等综合利用效益的水电枢纽工程。

湄公河流域鱼类资源丰富, 种类繁多, 是两岸居民重要的蛋白质摄取来源, 约占食物蛋白总量的50%~80%。湄公河流域洄游性鱼类较多, 萨拉康水电站的建设将阻断部分鱼类的洄游通道, 对其生存将产生严重的影响。因此, 为保护湄公河的鱼类资源, 做到开发与保护并举, 在调查鱼类资源、工程情况和地形条件等工作的基础上, 对萨拉康水电站鱼道设计方案进行了探讨。

1 湄公河鱼类资源概况

1.1 洄游鱼类生活习性划分

湄公河素以鱼类资源丰富而著称, 物种数仅次于亚马逊河。根据湄公河管理委员会(MRC)2004年5月编制完成的《湄公河鱼类调查研究报告》, 湄公河-澜沧江流域分布有鱼类1 300余种, 渔业部门已经鉴定了55科、233种, 根据其生活习性可划分为3类: ①“黑鱼”: 这类鱼适宜缓流的生境, 对于较差的环境也能适应。②“白鱼”: 这类鱼有较强的

洄游特性, 其生命周期中的大部分时间用于洄游。③“灰鱼”: 这类鱼兼有以上两类鱼的特性。“白鱼”和远距离洄游鱼类有150种, 有37种被LMB(lower Mekong basin)列为重要的鱼类, 有34种被记录存在萨拉康位于LMB的上游河段。根据渔获物调查统计, 鲤科约占渔获物的40%, 鲶科、鲟科、鲑科分别为30%、15%、10%, 其他5%。

1.2 洄游鱼类系统划分

湄公河鱼类洄游主要是生殖洄游和索饵洄游。鱼类向上游洄游产卵, 然后卵和幼体顺流而下至洪泛平原, 开始索食和生长。在雨季开始时, 鱼类开始索饵洄游到富饶的洪泛平原。大多数种类的索饵洄

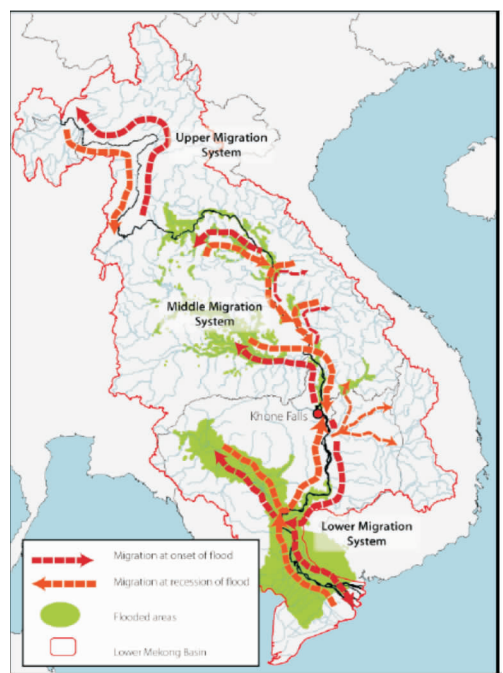


图1 湄公河流域下游主要的鱼类洄游系统
Fig.1 Main fish migratory system in the downstream Mekong River

游和生殖洄游是同时进行的。向上游洄游繁殖的主要是成鱼,向下游索饵洄游的主要是幼鱼和从上游繁殖返回的成鱼。湄公河流域下游已被划分为3个主要的洄游系统,分别为:①下游湄公河洄游系统从河口到老挝南部边境湄公河最大的“孔”瀑布(Khon phapheng falls);②中游湄公河洄游系统从“孔”瀑布到万象;③上游湄公河洄游系统从万象到中国。萨拉康水电站处于上游湄公河洄游系统。

2 水电工程大坝对鱼类的影响

2.1 对鱼类洄游的影响

河道筑坝形成明显的阻隔效应,对于为完成生活中重要过程需要进行洄游的鱼类而言,工程的建成与运行阻断了其上行或下行通过大坝的通道,使其不能到达原来的栖息地去完成繁殖、索饵、越冬等生活史过程,其生存和繁衍将受到影响。

2.2 对遗传交流的影响

电站建成后,河道形成了明显的阻隔效应,把生活在河流中鱼类分割成坝上、坝下两个群体,阻碍了鱼类自然群体之间的往来,从而在一定程度上影响坝上、下水域群体之间的遗传交流,导致种群遗传多样性整体下降,对种群的延续造成不利影响。

2.3 萨拉康坝过鱼对象

根据湄委会(MRC)的调查,萨拉康坝址河段主要有长距离洄游的湄公巨鲶(*Pangasius gigas*)、短距离洄游的低眼巨鲶(*Pangasius hypophthalmus*)、博氏巨鲶(*Pangasius bocourti*)、噬贝巨鲶(*Pangasius conchophilus*)、拉氏巨鲶(*Pangasius larnaudii*)、长丝巨鲶(*Pangasius sanitwongsei*)、巨鲶(*Bagarius yarrelli*)等;因此以上鱼类确定为萨拉康水电站主要的过鱼种类。

3 鱼道设计

3.1 过鱼方案优选

3.1.1 过鱼设施类型 萨拉康坝工程水头20 m,适合建设鱼道,选择垂直隔板+竖缝式鱼道作为该水电站的过鱼方案。

3.1.2 布置方案 根据工程设计,筛选了3种可行的布置方案,并对其优缺点进行分析。

方案1:右岸布置鱼道,优点是鱼道进口可以设置在坝下,利于集鱼;缺点为鱼道进口位于泄洪冲砂闸下游消力池旁,向下游延伸转折一次后向上游延伸,在右岸穿过坝体,最终出口设在坝上约120 m处,右岸开挖量较大。

方案2:左岸布置鱼道,优点是左岸开挖量较小;缺点为鱼道进口设置困难,不利于集鱼。

方案3:厂房之间布置鱼道,优点是节省占地,进口位于厂房尾水处,利于集鱼,其集诱鱼效果最佳;缺点为鱼道需在库区延伸较长、对工程主体布置有影响。

通过优选,采用方案一。鱼道布置于枢纽右岸(中国水电顾问集团西北勘测设计研究院,2011)。

3.2 鱼道进口

鱼道进口与坝址下游支流 Nam Hong 结合,利用一段天然河段,进口底板高程为199.8 m,呈喇叭状。为了保证洄游鱼类能找到上溯鱼道口,在进口处人工形成水池,以利于鱼类聚集;为确保鱼类洄游,在进口附近增设拦诱鱼装置,从坝上游铺设1条直径200 mm的管道至进口处,在进鱼口处形成喷射水流,增强进口处的水流速和水声,诱使鱼类进入鱼道。

3.3 鱼道出口

鱼道出口结构敞开,为了控制上游来水,设置闸门,用来调节鱼道出口水位及流量。鱼道闸门采用铸铁钢闸门结构,直联螺杆式启闭机。闸前与上游河床反坡连接,反坡比为1:1。鱼道出口底板高程为218.0 m。出口位置在坝上约120 m处。

3.4 鱼道长度

根据《水电工程过鱼设施设计规范》中关于隔板数量的计算公式,得出鱼道的隔板数量为220块。鱼类上溯途中设置休息池,每10个池室设1个休息池,休息池无底坡,其长度为12 m,鱼道沿程共设21个休息池,鱼道的有效全长为1 626.4 m。

3.5 鱼道宽度

鱼道宽度主要根据过鱼量和过鱼对象个体大小来决定,过鱼量越大、目标个体越大,鱼道宽度要求越大。由于坝址处鱼类种类和资源较为丰富,且主要过鱼目标体型均较大。因此,为满足过鱼需要,鱼道宽度取5.0 m。

3.6 鱼道水深

鱼道水深主要视过鱼对象的习性而定,底层鱼和体型较大的成鱼相应要求水深较深。本工程要兼顾表层和底层鱼类,鱼道正常运行水深为3.0 m。

3.7 鱼道底质

鱼道底部铺以鹅卵石或砾石块,以减缓底部流速,石块粒径10~20 cm。鱼道底部流速减缓之后,一些游泳能力较差的鱼类也可以沿着鱼道底部在石缝之间上溯,同时也给其提供休息场所。鱼道底部

加糙要根据实际情况而定,考虑河流的含沙量,防止长时间运行后鱼道产生淤积。

3.8 池室长度

池室长度与水流的消能效果和鱼类的自身条件关系密切。较长的池室,水流条件较好,休息水域较大,对过鱼有利;同时,过鱼对象越大,池室长度也应越大。因此,鱼道池室长度取 6.0 m。

3.9 池间落差及鱼道底坡

根据《水利水电工程鱼道设计导则》中关于相邻鱼池水位差和鱼道底坡的计算公式,相邻鱼池间的水位差为 9.1 cm,鱼道底坡为 0.0147。

3.10 隔板设计

鱼道的隔板形式一般分为溢流堰式、潜孔式、竖缝式和组合式(戚印鑫等,2009)。溢流堰式一般适用于喜跳跃性的鲑鳟鱼类;潜孔式多适用于底层鱼类;竖缝式可适应各水层鱼类。由于湄公河鱼类丰富,本工程采用组合式,在竖缝式的基础上,在鱼道底部和顶部设置了底孔和坡孔,使过鱼孔中存在较大流速区和较小流速区,适应更多种类和规格的鱼类通过。相邻池室的隔板异侧布置。

3.11 设计流速

本工程过鱼目标主要为巨鲶科、鲶科、鲤科鱼类,鲤科鱼类较多,体长大于 30 cm 的鱼类,流速可控制在 1.0 ~ 1.2 m/s,鲶科鱼类游泳能力相对较强(王兴勇和郭军,2005);因此,竖缝及过鱼孔流速初步设计为最大 1.2 m/s。

3.12 附属设施

鱼道设 2 个观察室,一个观察室设在鱼道进口位置,用以观察鱼道进口诱鱼效果;另一个观察室设在鱼道的后段,用以统计成功上溯鱼类的种类和数量,评估鱼道的过鱼效果,以便用来解决鱼道的问题,提高过鱼效果。鱼道两侧墙的顶部设防护栏,可防止鱼类跳出鱼道,也可避免杂物从鱼道两侧落入鱼道,同时对人员起到安全防护作用,防护栏高 1.0 m;此外,为防止当地村民进入鱼道捕鱼,在鱼道周围设置隔离护栏。为防止杂物进入鱼道造成堵塞,鱼道上游出口侧向开口,这样杂物不易进入,同时在鱼道出口处设置拦污栅。

4 讨论

4.1 大江大河鱼道布置实践

拦河筑坝阻断了鱼类的洄游路线,对鱼类的生态影响是非常严重的。一般主要通过修建过鱼措施来恢复鱼类的洄游通道,解决其洄游问题。对于水

头较低的大坝,宜修建鱼道、鱼梯、鱼闸等过鱼措施;对与高坝大库,宜采取集运鱼装置、升鱼机、人工网捕过坝等措施。萨拉康水电站水头 20 m,适宜采用鱼道作为其过鱼的方式。通过比选论证确定的右岸鱼道是较优的设计方案。

监测结果表明,鱼道进口布置在厂房尾水附近诱鱼效果最好,因此鱼道进口优先选择在厂房尾水附近。有些枢纽工程的厂房坝段布置在河道的中间,而两侧布置有泄洪闸或冲沙闸等,导致鱼道无法跨越泄洪闸或冲沙闸,把进口布置在厂房尾水附近。萨拉康水电站枢纽工程布置为左岸船闸、左岸泄洪闸,中间电站厂房,右岸冲沙闸的方案,鱼道进口无法布置在厂房尾水附近,因此只有避开冲沙闸消力池往下游布置。为了保证进口的诱鱼效果,需辅助增加拦诱鱼设施。

坝址处湄公河的河道较宽,雨季宽 500 m 左右,流量较大,坝址处多年平均流量为 $4\,410\text{ m}^3/\text{s}$ 。鱼道的进口和流量与其相比,从比例上来看,显得非常小,很难保证鱼类能找到进口并成功上溯。在进口的布置上,结合坝址下游 500 m 处的支流 Nam Hong,利用支流 Nam Hong 的一部分作为鱼道的进口,一是提高了进口的宽度,二是提高了进口的流量,在进口诱鱼效果上,理论上讲比较好。在解决河道宽、流量大的鱼道进口布置问题上是比较理想的方法。因此,在坝址选择上,把重要支流留在坝下,对保护鱼类来说,有着非常重要的作用。该鱼道的进口布置可供坝址的选择和鱼类保护中对支流的认识提供一些新的思路。

4.2 萨拉康水电站过鱼设施需进一步研究的问题

鱼道作为过鱼的一种方式,能够恢复河道的自然连通性即能连续过鱼,人为控制因素少;其过鱼效果依赖于鱼道的进出口布置、鱼道结构、底质、流速、流态、流量等具体内容而设计。为了适应多种鱼类,鱼道底质采用大小不一鹅卵石或砾石块,增加底部的粗糙度,可使鱼道底部产生多种流态,保证底栖鱼类从石缝间上溯并可在石缝间休息。对于鱼道来说,仿河床式的底质是种尝试,具体结构布置需进一步做水工模型实验,其效果有待监测检验。为了保证本鱼道的过鱼效果,还需要进行鱼类克流能力、流态实验、水工水力学模型等方面的研究。

湄公河流域渔业资源丰富,为两岸居民长期提供着生活所需要的蛋白质,对当地居民的生活非常重要。根据有关要求,湄公河上建设水电站要考虑大部分鱼类都能过坝的需要。鱼道作为一种过鱼方

式,由于其内部结构、流速、流态等原因,对过鱼对象有一定的选择性,很难做到所有的鱼类均能通过鱼道。因此,要使大部分种类都能过坝,需要进一步研究鱼类的生物学特征、生态习性等,再结合工程特征和地形条件,深入研究适合本工程的其他过鱼方式,如集运鱼措施、升鱼机等,使其相互结合、取长补短,才有大部分鱼类均过坝的可能,最大限度地减缓电站对湄公河鱼类的影响,保证过鱼效果,做到合理开发与生态保护并举,达到人与自然的和谐共处。

湄公河是世界第六大河流,对于大江大河来说,通常具有河道宽、流量大、渔业资源丰富的特点。在考虑鱼道设计方面,既要考虑到通过尽可能多的种类,又要考虑通过大部分的种群数量。由于河道宽、

流量大,鱼道的进口设计是个关键问题。本文针对这些存在的问题进行了探讨,希望能给大江大河上的鱼道设计提供一些思路和帮助。

参考文献

戚印鑫, 孙娟, 邱秀云. 2009. 水利枢纽中的鱼道设计及试验研究[J]. 水利与建筑工程学报,9(3):55-62.

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(3):222-228.

中国水电顾问集团西北勘测设计研究院. 2011. 老挝湄公河萨拉康水电站可行性研究报告[R].

(责任编辑 万月华)

Discussion on Design Scheme of Fishway in Sanakham Hydropower Station

ZHANG Dong-ya, NIU Tian-xiang, KOU Xiao-mei

(Hydrochina Xibei Engineering Corporation, CHECC, Xi'an 710065, P. R. China)

Abstract: This paper introduced the general situation of fishery resource in the Mekong River and the main migratory fishes in its downstream. It also analyzed the effect of separation in Sanakham hydropower station on migratory fishes and determined the main fish pass objects in migratory system in the upper Mekong River. According to the layout and the geological and geomorphologic features in Sanakham hydropower station, the feasible fishway layout scheme was selected and proofed, and the fishway entrance, fishway exit, fishway structure and subsidiary facilities in the right bank scheme were preliminary designed and discussed.

Key words: Sanakham hydropower station; fishway; design scheme