

新疆某枢纽工程鱼道的设计

陈国亮, 李爱英

(新疆水利水电勘测设计研究院, 乌鲁木齐 830000)

摘要: 新疆某枢纽工程为低水头拦河建筑物, 位于河流平原区, 两岸地形平坦开阔。11月—翌年3月, 泄洪闸全部开启, 河道基本为自然状态, 鱼类可以自由通过; 4—10月, 部分泄洪闸关闭, 是本工程的过鱼季节。过鱼对象主要是新疆裸重唇鱼等需要短距离迁徙的裂鲃鱼类, 兼顾草鱼、鲢等经济鱼类。综合考虑诱鱼能力、过鱼能力、鱼类适应程度、建造成本和运行维护等因素, 其过鱼设施经过比选后选定为仿自然通道型鱼道。介绍了该工程仿自然通道型鱼道的论证与设计过程, 为低水头拦河建筑物的过鱼设施设计提供借鉴。

关键词: 低水头拦河建筑物; 过鱼设施; 仿自然通道型鱼道

中图分类号: TV222, S956.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2013)04-0038-05

目前, 我国的水利水电工程建设已达高峰时期, 河流通性已遭受严重破坏, 由此造成鱼类资源的受损, 过鱼设施对于恢复当前河流通性、保护鱼类资源显得尤为重要(常剑波等, 2006; 郑金秀等, 2010; 张东亚, 2011)。不同的拦河水工建筑物所选择的过鱼设施不尽相同(王兴勇和郭军, 2005; 曹庆磊等, 2010; 白音包力皋等, 2011)。本文以新疆水利水电勘测设计研究院与水利部中科院水工程生态研究所共同开展的新疆某拦河引水枢纽工程过鱼设施方案设计过程为例, 介绍了该工程仿自然通道型鱼道的论证与设计过程, 为低水头拦河水工建筑物的过鱼设施设计提供借鉴。

1 工程概况

新疆某拦河引水枢纽工程是该河干流段上的重要工程, 其主要任务是为该河南、北岸两岸灌区提供引水保证。

拦河引水枢纽工程属低水头水利枢纽, 由6孔泄洪闸、4孔泄洪冲砂闸、3孔南岸进水闸、3孔北岸进水闸、上下游整治段、上下游挡水坝组成。工程无调蓄能力, 仅壅高水位, 年均壅高水位0.23 m, 回水长度约800 m。枢纽4—10月向南北岸灌区供水, 泄洪闸将依据满足供水需求确定闸门开启的数量及单孔开度; 11月—翌年3月枢纽不运行, 此时泄洪闸全开。

2 工程对鱼类的阻隔效应

工程建成后, 11月—翌年3月, 泄洪闸全部开启, 河道水文状况与工程建设前差别不显著; 4—10月, 枢纽闸前、闸后水位落差较小, 且能够保证3孔泄洪闸全开, 但枢纽断面河道被束窄, 断面结构规则化, 底质硬质化, 加大了闸门过流流速, 例如4月闸门过流流速可达5 m/s以上, 远远超过了该河鱼类所能适应的极限流速, 对鱼类形成了流速屏障, 阻隔了鱼类的向上迁徙。

对于为完成生活史中重要过程需要进行迁徙的鱼类, 如新疆裸重唇鱼(*Gymnoditychus dybowskii*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitix*)等, 工程建设将使它们不能到达原来的繁殖场去完成生活史, 其生存和繁殖将受到影响, 可能引起种群数量下降。

对在局部水域内能完成生活史的种类, 则可能影响不同水域群体之间的遗传交流, 导致种群整体遗传多样性下降, 鱼类的品质退化, 对于一些珍稀濒危的鱼类则可能面临绝迹的风险。

3 过鱼目标分析

3.1 过鱼对象

拦河引水枢纽闸址河段分布的土著鱼类主要以裂鲃鱼(*Schizothorax*)和高原鳅(*Triplophysa*)为主, 因此, 将新疆裸重唇鱼等需要短距离迁徙的裂鲃鱼类列为主要过鱼对象, 将草鱼、鲢等经济鱼类列为兼顾过鱼对象。

3.2 过鱼季节

11月—翌年3月, 泄洪闸全部开启, 河道基本

为自然状态,鱼类可以自由通过。4-10 月,部分泄洪闸关闭,是本工程的过鱼季节。

4 鱼道方案论证

4.1 过鱼设施方案比较

工程不同,过鱼种类不同,过鱼设施的形式也是多种多样。几种过鱼设施方案的比较见表 1。

表 1 几种过鱼设施方案比较

Tab.1 Schemes comparison of several kinds of fish pass facilities

方案	优点	缺点
鱼道	消能效果好,结构稳定,占地小,连续过鱼,运行费用较低	设计难度较大,不易改造
仿自然通道	适应生态恢复原则,鱼类较易适应,连续过鱼,易于改造,运行费用较低	消能效果差,结构不稳定,适应水位变动能力差,占地较大
升鱼机	适合高水头工程	不易集鱼,操作复杂,运行费用较高
鱼闸	适合高水头工程	操作复杂,运行费用较高
集运鱼设施	适合高水头工程	操作复杂,运行费用较高

升鱼机、集运鱼设施和鱼闸一般适合中、高水头大坝,且具有过鱼不连续、过鱼效果不稳定、操作复杂、运行费用高等特点,本工程为低水头运行水利枢纽,故以上设施均不适合。

鱼道和仿自然通道在较短的距离稳定且能达到满足鱼类需求的流速和流态。在低水头水利工程中均有广泛的应用,因此初步确定本工程过鱼设施采用鱼道或仿自然通道的形式。

4.2 过鱼设施方案比选

根据引水枢纽设计形式、位置以及河道形态,针对鱼道和仿自然通道提出 5 种方案进行比选。

4.2.1 方案 1:北岸绕岸布置仿自然通道 仿自然通道设在闸址旁天然河道左岸和人工河道右岸之间的河岸上,在人工河道的右岸和天然河道的左岸各设置 1 个进鱼口。因仿自然通道要与北岸干渠相交延伸至上游,因此,北岸干渠需以倒虹吸的形式穿过仿自然通道段;人工河道及天然河道的入口段在与北岸干渠交叉之前汇为一个渠道,穿过北岸干渠之后连接至上游人工河道的右岸。布置示意图见图 1。

4.2.2 方案 2:沿原天然河道布置仿自然通道 由于本工程建成后已有的天然河道将废弃,可以利用该河道作为鱼类上行和下行的通道。将天然河道规

模缩小,修建一座新河堤与原来天然的左岸形成一个新的小型水渠。水渠上游连通至闸址上游人工河道,下游连通至闸址下游人工河道,中间与右岸引水渠相交叉,引水渠采用倒虹吸的方式在改造河道下方穿过。布置示意图见图 2。

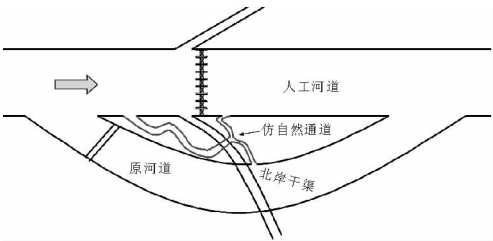


图 1 方案 1——仿自然通道布置示意
Fig.1 Scheme 1——layout of imitation of natural channel

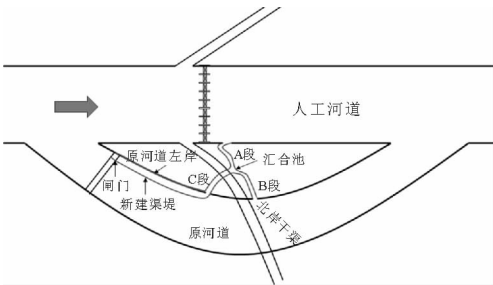


图 2 沿原天然河道布置仿自然通道示意
Fig.2 Layout of imitation of natural channel along the original natural river

4.2.3 方案 3:冲沙闸和北岸干渠之间布置鱼道 鱼道进口位于工程右岸扭面附近,沿岸贴在北岸干渠的左墙向上延伸,最后伸入上游河道。鱼道对北岸干渠引水和枢纽右岸泄水闸泄水有一定影响,需对引水渠位置进行部分调整。布置示意图见图 3。

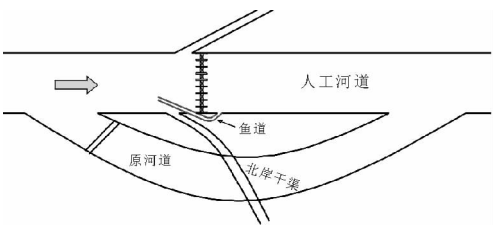


图 3 冲沙闸和北岸干渠之间布置鱼道方案平面布置示意
Fig.3 Layout schematic of arranging fishway scheme between scouring sluice and north shore main channel

4.2.4 方案 4:上游挡水坝鱼道结合下游挡水坝渠道鱼道方案 由于工程建成后,原天然河道与下游人工河道之间的水位差保持在 0.2 m 左右,所以通过渠道连通下游人工河道、天然河道与上下游挡水坝之间的原天然河道,使下游的鱼类可以通过渠道进入上下游挡水坝之间的原天然河道。原天然河道

与上游之间存在最大 2.6 m 的水位差,再以鱼道连通原天然河道与上游河道,使进入上下游挡水坝之间的原天然河道的鱼类能够顺利进入上游河道,完成整个上溯过程。布置示意图见图 4。

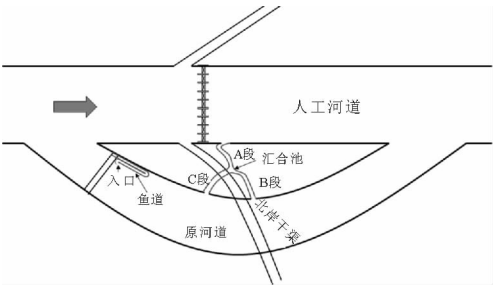


图 4 上游鱼道+下游渠道布置示意
Fig.4 Lay out of upstream fishway and downstream channel

4.2.5 方案 5:上游挡水坝鱼道结合下游挡水坝石坡 由于本工程建成后,原有的天然河道将废弃,可以利用原有的河道作为鱼类上行和下行的通道。在上游挡水坝设置鱼道,在北岸干渠处修建一个由石块堆积成的缓坡,以克服水头差供鱼类通过。下游缓坡与北岸干渠交叉,北岸干渠水渠采用倒虹吸的方式在下方穿过缓坡。布置示意图见图 5。

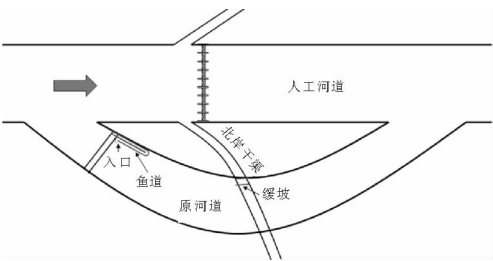


图 5 上游鱼道+下游缓坡布置示意
Fig.5 Lay out of upstream fishway and downstream gentle slope

4.3 过鱼设施方案选择

为准确客观比较各种方案的综合效益,采用列表赋分的方法综合考虑鱼道和仿自然通道的诱鱼能力、过鱼能力、鱼类适应程度、建造成本和运行维护等因素对 5 种方案进行比较,见表 2。

方案 1 和方案 2 综合效益均较高,两者过鱼效果基本相同,但方案 2 工程量较方案 1 大为增加,因此,本工程采用方案 1——北岸绕岸布置仿自然通道。

5 仿自然通道方案鱼道设计

5.1 平面布置

仿自然通道的主要建筑物由进鱼口段、仿自然

通道段、汇合池、出鱼口段、观测室、节制闸门以及进口集诱鱼系统和辅助设施等组成。

整个仿自然通道包括 2 个进鱼口,分别位于人工河道的右岸和天然河道的左岸,通过 2 段进口段仿自然通道,在汇合池相汇,再进入出口段仿自然通道,最后到达出口。平面布置示意图图 6。

表 2 过鱼设施各方案赋分

Tab.2 Points of each schemes of fish pass facilities		方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5
考虑因素	指标	1	2	3	4	5
诱鱼能力	入口位置	15	15	10	15	5
	吸引水流	10	10	10	5	5
	水位变化适应能力	10	10	15	10	10
过鱼能力	过鱼种类	9	9	3	3	3
	过鱼数量	9	9	6	6	6
	过鱼时间	9	9	9	9	9
	上行下行解决	6	6	3	3	3
鱼类适应能力	自然程度	6	6	2	2	2
	流速控制	6	6	6	6	6
	流态控制	6	6	2	2	2
工程量	场地占用	4	4	6	4	6
	建造费用	4	2	6	4	6
运行维护	运行费用	3	3	2	2	2
	宣传演示作用	2	2	3	3	3
	结构稳定性	2	2	3	3	3
	后期改造	3	3	1	1	1
	设备维护	3	3	2	2	2
合 计		107	105	89	80	74

注:1. 各项目优取 3 分,中取 2 分,差取 1 分;
2. 诱鱼能力和过鱼能力权重系数取 3;鱼类适应能力和工程量权重系数取 2;运行维护权重系数取 1。

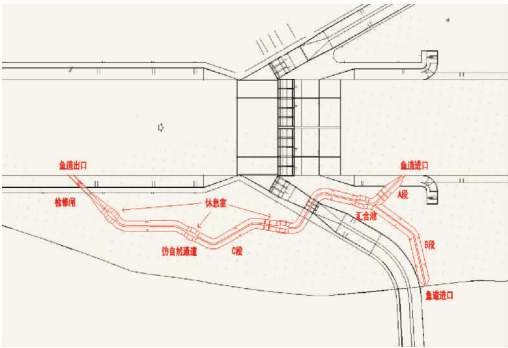


图 6 仿自然通道方案平面布置示意
Fig.6 Layout schematic of imitation of natural channel scheme

5.2 结构设计

5.2.1 结构类型 鱼道工程采用交错石块仿自然通道形式,如图 7、图 8。仿自然通道边坡约为 1:2,在通道底部铺设碎石块的同时,沿程在不同位置设置大块石,束窄过水断面,产生局部跌水和水流对冲以消能和减缓流速,形成与自然河渠类似的生境。

5.2.2 结构尺寸

5.2.2.1 通道设计 本工程仿自然通道分为 A、B、C 3 段(图 6)。

(1)A、B 段 长度各为 100 m,各设 9 个水池(图 9)。中间水池为无底坡休息池,长 20 m,宽度适当增大,为上溯鱼类提供相对缓流的休息场所,以便其继续上溯。休息池两边各设 4 个水池,每个水池长 10 m,通道宽度 5 m,底部宽度 1 m,过水宽度 0.6 m,最大运行水深 2.0 m,最小运行水深 0.6 m。

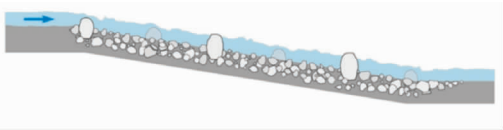


图 7 交错石块仿自然通道示意
Fig. 7 Diagram of imitation natural channel of staggered stones

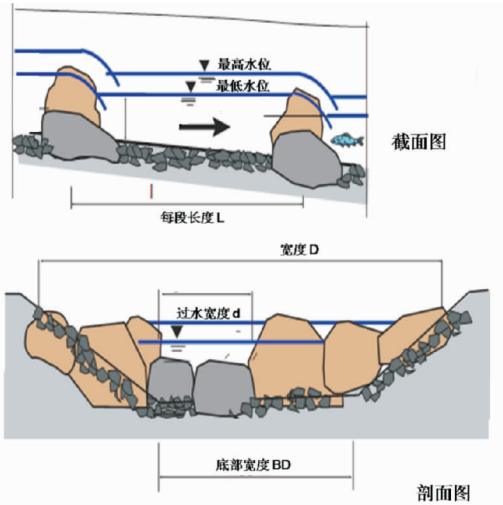


图 8 交错石块仿自然通道解剖
Fig. 8 Profile map of imitation natural channel of staggered stones

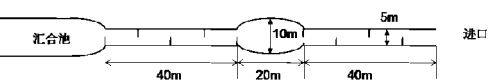


图 9 进口 A、B 段结构示意
Fig. 9 Structure diagram of entrance of A and B section

(2)C 段 总长 400 m,设 18 个流速控制断面,形成 17 个水池(图 10)。其中等距离分布 3 段 40 m 长无底坡休息池,宽度适当增加,为上溯鱼类提供休息场所。剩余 14 个水池每段长度 20 m,通道宽度 10 m,底部宽度 2 m,过水宽度 1 m。最大运行水深 2.0 m,最小运行水深 0.6 m。

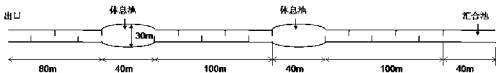


图 10 出口 C 段结构示意
Fig. 10 Structure diagram of exit of C section

5.2.2.2 通道进口

(1)人工河道进口 本工程闸室下泄水流流速很大,可达 5 m/s 以上,选择鱼道进口位置时不能距泄水闸太近,否则流速过大可能造成鱼类无法上溯进入鱼道;也不可距泄水闸太远,否则鱼类可能被诱集到流速较大的主流附近而长时间无法找到进口。进口位置的选择是鱼道成功与否的重要因素,因此需要对各种情况下坝下流态进行分析后才能确定。

(2)天然河道进口 设置在天然河道左岸紧靠北岸干渠处,这里是鱼类能上溯到的上游位置。

天然河道进鱼口附近除鱼道下泄水流外没有下泄水流,因此可以通过增加补水系统以及喷水装置起到诱集鱼的作用。

人工河道流速非常大,鱼类较难发现鱼道进口。因此,鱼道进口需要布置在流速适中的位置,既不能超过鱼类的游泳能力,造成鱼类无法到达,也不能流速过缓,否则鱼类可能被诱集到主流附近,长期找不到进口。

5.2.2.3 通道出口 通道出口的位置有以下要求:

- ①能适应上游水位的变动。在过鱼季节,当坝上水位变化时,能保证通道出口有足够的水深,且与水库水面很好地衔接。
- ②应傍岸,出口外水流应平顺,流向明确,没有漩涡,以便鱼类能够沿着水流和岸边线顺利上溯。
- ③应远离水质有污染及对鱼类有干扰和恐吓的区域。
- ④应考虑上游鱼类下行的要求,出口迎着上游水流方向,便于鱼类进入仿自然通道。

出口须适应上游水位的变化,保证在任何水位变化情况下底部均不能露出,而且要有一定的水深 ($>0.6\text{ m}$),要与河床平缓衔接,高程为 676.26 m。出口用闸门控制,连接至上游河道。

5.2.2.4 汇合池及观察室

(1)汇合池 人工河道入口的 A 段和天然河道入口的 B 段在与北岸干渠交叉之前在汇合池汇合,连接到 C 段后接上游出口。

(2)观察室 观察室用以统计成功上溯的鱼类种类和数量,评估鱼道的过鱼效果,以便将来改进鱼道的结构以改善过鱼效果,同时兼具宣传和演示功能。

5.3 鱼道主要特性指标

鱼道主要特性指标理论算值见表 3。

表3 鱼道主要特性指标
Tab.3 Index of fishway main characters

分类	项目	指标	备注
鱼道形式	隔板样式	垂直竖缝式	
	通道形式	交错石块	
进出	进口高程/m	674.68	鱼道底部与河床相接
口	出口高程/m	676.26	出口底部与河床平缓衔接
	主要过鱼季节	4~10月	全年皆可过鱼
	设计竖缝流速/ $m \cdot s^{-1}$	0.5~0.7	最大水位差情况下
运	缓流区均速/ $m \cdot s^{-1}$	0.3~0.5	
行	上游最高运行水位/m	678.15	
特	上游最低运行水位/m	676.86	
征	下游最高运行水位/m	676.79	
	下游最低运行水位/m	675.68	
	最大设计运行水头/m	1.48	

由于本工程目前仅进行到可研阶段,尚未开始实施,因此,在下一阶段鱼道设计过程中,应开展数模及物模实验,优化方案设计,以期达到最优的过鱼效果。

参考文献
白音包力皋,郭军,吴一红. 2011. 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,9(2): 116-120.
曹庆磊,杨文俊,周良景. 2010. 国内外过鱼设施研究综述[J]. 长江科学院院报,27(5):39-42.
常剑波,陈永柏,高勇,等. 2006. 水利水电工程对鱼类的影响及减缓对策[C] //国家环境保护总局环境影响评价管理司. 水利水电开发项目生态环境保护研究与实践. 北京:中国环境科学出版社.
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.
张东亚. 2011. 水利水电工程对鱼类的影响及保护措施[J]. 水资源保护,27(5):75-77.
郑金秀,韩德举,胡望斌,等. 2010. 与鱼道设计相关的鱼类游泳行为研究[J]. 水生态学杂志,3(5):104-110.
(责任编辑 张俊友)

Design of Fishway for A XinJiang Hydrojunction Engineering

CHEN Guo-liang, LI Ai-ying

(Xinjiang Survey and Design Institute of Water Rersources and Hydropower, Wulumuqi 830000, P. R. China)

Abstract: A hydro-junction project in Xingjiang is a low-head barrage structure, located in the river plain area with flat and open terrain at two banks. From November to March of the following year, with the opening floodgates, the riverway basically is in natural status and fishes can pass the riverway freely. From April to October, floodgates are partly open, fishes need to pass the fishway. The main fishes needing to pass fishway are *Schizothorax* with short distance migration, such as *Gymnodiptychus dybowskii*, and the economic fish species, such as *Ctenopharyngodon idella*, *Hypophthalmichthys molitix*. Considering the ability of luring fish and fish pass, the fish adapting degree, the construction cost and the operational maintenance, the imitation of natural channel fishway type was selected as the final fish pass facilities. And this paper introduced its demonstration and design processes, which could give reference to fish pass facilities of low-head barrage structures.

Key word: low-head barrage structure; fish pass facilities; imitation of natural channel fishway type