

雅鲁藏布江藏木水电站鱼道工程设计与研究

陈 静,郎 建,周小波,王泽溪,张连明,张湘隆

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,四川 成都 610072)

摘 要:藏木水电站为雅鲁藏布江干流中游水电规划的第4级电站。藏木水电站采用鱼道过鱼方式达到大坝上下游鱼类基因交流,并为部分鱼类繁殖洄游提供必要通道的目的。藏木鱼道设计和研究期间,先后开展了国内外过鱼设施调研、过鱼对象和过鱼季节研究、鱼类游泳能力测试、水力学模型试验、鱼道模型可通过性试验,后续即将开展鱼道监测。藏木鱼道布置在河床右岸,全长3 621.338 m,鱼道池室型式选用垂直竖缝式,竖缝流速为1.1 m/s,池室长度3.00 m,池室宽度2.40 m,竖缝宽度0.30 m,运行水深1.00~2.70 m,鱼道坡度0.02,鱼道共计13个可供休息鱼类场所。藏木鱼道设3个鱼道进口,并增设鱼道进口补水诱鱼系统,鱼道中段设鱼道观测室,观测室旁增设旁通池,共设置4个鱼道出口。

关键词:藏木鱼道;竖缝式;外扩休息池;进口补水设施;观测室;旁通池

中图分类号:S956.3 **文献标志码:**B **文章编号:**1003-9805(2017)01-0052-07

1 概 述

1.1 工程概述

藏木水电站为雅鲁藏布江干流中游桑日~加查峡谷段水电规划的第4级电站,是雅鲁藏布江中游规划建设的第一座大型电站。工程位于西藏自治区山南地区加查县城上游17.0 km峡谷段出口处。

藏木水电站为坝式开发,开发任务为发电,兼顾生态环境用水要求,无航运、漂木、防洪、灌溉等综合利用要求。坝址控制流域面积157 668 km²,多年平均流量1 010 m³/s。电站采用左侧河床布置6孔溢流坝,右侧河床布置6台水轮发电机组的坝后式地面厂房枢纽布置方案。水库总库容为0.93亿m³,正常蓄水位3 310 m以下库容为0.866亿m³;死水位3 305 m以下库容为0.736亿m³,调节库容0.130 2亿m³,具有日调节能力。电站引用流量1 071.3 m³/s,最大坝高116 m,额定水头53.5 m,总装机容量510 MW,年发电量25.008亿kW·h,工程静态总投资78.97亿元。工程总工期为90个月,2007年9月筹建,计划2016年2月工程完工。

1.2 鱼类资源现状

雅鲁藏布江中游江段记载和采集到的高原鱼类19种,实际调查采集到14种,隶属于2目、3科、7属。其中裂腹鱼亚科鱼类8种,占总种数的57.14%;高原鳅属鱼类4种,占28.57%;鮡科鱼类2种,占14.29%。雅鲁藏布江中上游渔获物主要是由拉萨裸裂尻鱼、双须叶须鱼、异齿裂腹鱼、拉萨裂

腹鱼、巨须裂腹鱼、尖裸鲤、黑斑原鲃、黄斑褶鲃等组成,构成雅鲁藏布江中上游鱼类产量的99%以上。藏木电站工程影响河段分布的鱼类与整个雅鲁藏布江中游分布的鱼类相似。

2 过鱼对象和过鱼季节

2.1 过鱼对象

原则上,工程上游及下游均有分布或工程运行后有潜在分布可能的鱼类,工程上游或下游存在其重要生境的鱼类,洄游或迁徙路线经过工程断面的鱼类均应选择为过鱼对象。但一定的过鱼设施的结构和布置很难做到同时对所有鱼类都有很好的过鱼效果,因此在设计过鱼设施时,按以下原则优先选择过鱼对象:(1)具有洄游及江湖洄游特性的鱼类;(2)受到保护的鱼类;(3)珍稀、特有及土著、易危鱼类;(4)具有经济价值的鱼类;(5)其它具有迁徙特征的鱼类。根据以上原则筛选本工程过鱼对象见表1。

表1 藏木鱼道过鱼对象

过鱼对象	鱼类
主要过鱼对象	异齿裂腹鱼、巨须裂腹鱼、拉萨裂腹鱼
兼顾过鱼对象	尖裸鲤、双须叶须鱼、拉萨裸裂尻鱼、黑斑原鲃、黄斑褶鲃

2.2 过鱼季节

具有生殖洄游习性的鱼类在性成熟之后,在春季水温上升时,一般溯河上溯至具有其产卵条件的产卵场进行繁殖,所以对于生殖洄游的鱼类,其过鱼季节和繁殖时间息息相关,可以根据鱼类性成熟即GSI指数来判断主要过鱼季节。

收稿日期:2016-08-23

作者简介:陈静(1983-),女,四川遂宁人,工程师,从事环保工程设计工作。

根据主要过鱼对象及兼顾过鱼对象的繁殖习性,综合确定了本鱼道的主要过鱼季节和兼顾过鱼

季节,分别是3~6月和2~10月,如表2所示。

表2 藏木鱼道过鱼季节选择

过鱼对象	月 份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
异齿裂腹鱼				+	+							
巨须裂腹鱼					+	+						
拉萨裂腹鱼			+	+								
尖裸鲤			—	—	—	—						
双须叶须鱼				—	—	—	—	—				
拉萨裸裂尻鱼		—	—	—	—	—				—		
黑斑原鲌					—	—						
黄斑褶鲌					—	—						
过鱼季节		—	+	+	+	+	—	—	—	—		

注: + 表示主要过鱼季节, — 表示兼顾过鱼季节

3 布置方案

方案一(布置在雅鲁藏布江左岸):鱼道总长约3 600 m,坡度为*i*=0.026。鱼道进口布置在坝轴线下游约3.5 km处,进口轴线与河道中心线小角度相交,底板高程为3 228.00 m。鱼道布置了两个出口:1号鱼道出口为1号坝段顶部,底板高程为3 304.50 m;2号鱼道出口为塔式,闸室布置于坝轴线上游约120 m,底板高程为3 307.00 m。

方案二(布置在雅鲁藏布江右岸):鱼道总长3 621.338 m,分部位采用不同底坡,鱼道进、出口底坡*i*=0;尾水渠段采用*i*=0.020 2、*i*=0.023 2、*i*=0.023 4三种不同底坡;暗涵段、岸坡段及出口明渠段底坡*i*=0.02;鱼道出口底坡*i*=0。鱼道布置了1号、3号和4号三个进口,进口底板顶高程分别为3 241.00 m、3 243.00 m、3 245.60 m。鱼道共布置了4个出口,底板高程分别为3 304.00 m、3 305.00 m、3 306.00 m和3 307.50 m。

方案比选:藏木水电站引水发电系统布置在右岸,泄洪系统布置在左岸。左岸鱼道布置方案中,鱼道进口布置在左岸,此处无稳定水流下泄,鱼类不易在此聚集,进口诱鱼效果较差,不满足《水电工程过鱼设施设计规范》关于“鱼道进口应布置在经常有水流下泄的地方,且紧靠鱼类能上溯的最上游处”的要求,且泄洪系统也布置在左岸,泄洪时鱼道进口容易被损毁破坏。右岸鱼道布置方案中,鱼道进口布置结合尾水渠导墙布置,此处常年有稳定尾水下泄,鱼类易在此聚集,进口诱鱼效果较好,且此处避开了泄洪对鱼道进口造成损毁破坏的威胁。经比较,藏木水电站采用右岸鱼道布置方案。

4 设计方案

4.1 设计流速

鉴于工程河段鱼类的生态学习性和游泳能力等基础研究工作较为薄弱,而上述资料又是鱼道工程设计所需的基本资料,2010年11月~2011年6月,中国水电顾问集团成都勘测设计研究院会同水利部中科院水工程生态研究所开展藏木水电站鱼道关键设计参数测试研究工作。

一般情况,临界游速*V_{cr}*是鱼类可以保证连续游泳20 min的流速值,在此流速下,鱼类可以保证连续前进而不产生显著疲劳。鱼类通过鱼道过鱼孔口或竖缝一般都是以高速冲刺的形式短时间(一般为2~20 s)通过,过缝后鱼类寻找缓流区或回水区进行休息,该冲刺流速为鱼类突进速度*V_b*,考虑到藏木鱼道高坝的特点,本过鱼孔流速的最大值主要参考鱼类突进游速*V_{b20s}*。鱼道主要过鱼对象临界游速*V_{cr}*(安全值)和突进游速*V_{b20s}*(最大值)见表3。

通过对过鱼孔流速安全值和最大值的分析,本鱼道过鱼孔流速取0.90~1.20 m/s。藏木鱼道过鱼孔设计流速值选取1.1 m/s。

4.2 池室落差及纵坡

池间落差决定了过鱼竖缝处的流速以及池室内部流态,按以下公式确定:

$$\text{池间落差 } \Delta h = \frac{V^2}{2g} = 0.062 \text{ m}$$

$$\text{鱼道纵坡为 } i = \frac{\Delta h}{l} = \frac{0.062}{3} = 0.02, \text{ 其中 } l \text{ 为池}$$

室长度。

根据水工模型试验结果,当坡度调整为2%时,

竖缝中垂线流速值减小到 1.04 ~ 1.17 m/s,平均流速为 1.05 ~ 1.10 m/s,满足鱼道的设计流速要求。

4.3 池室结构

根据国内外已建工程经验,常见鱼道结构型式

主要分为槽式、池式和组合式。不同鱼道型式比选详见表 4。

本工程过鱼对象主要为裂腹鱼类和鮡科鱼类,这些鱼类习惯栖息于不同的水层,由表 4 可知,垂直

表 3 藏木鱼道主要过鱼对象临界游速和突进游速

主要过鱼对象	临界游速 V_{cr}		突进游速 V_{b20s}	
	11 ~ 12 月	6 月	11 ~ 12 月	6 月
异齿裂腹鱼	0.98	0.95	1.27	1.53
巨须裂腹鱼	0.96	0.83	1.21	1.22
拉萨裂腹鱼	0.95	0.91	1.17	1.37

表 4 不同鱼道型式比选

类型	槽式鱼梯		池式鱼梯	
	丹尼尔式	溢流堰式	竖缝式	底(潜)孔式
优点	结构简单,安装建造方便	适用于非常小的鱼和爬行种类	上游水位在较大范围内变动,水池不易被淤积	水流的紊动度小,对上游水位变动的适应性好
缺点	没有休息区,流速大、水流紊动大、易淤积	流量增大时水池水流紊动大,不能适用上游水位大变动,易淤积	竖缝易被碎屑杂物堵塞,维护要求高	孔口上部水深较小时,孔口前有立轴旋涡流出现,有掺气,不利于过鱼
适应鱼类	适用于中大型鱼类	适用于大多数鱼类,尤其是表层鱼和喜跳跃鱼类	适用于大多数鱼类,除了爬行类和需堰流激起跳跃的鱼类	适用于中下层鱼类
适用水位	上、下游水位差较小	上游水位变幅小	上游水位变化可较大	上游水位变动可较大
比选	不适用	不适用	适用	适用

竖缝式鱼道能够适应上下游水位的变化,本工程鱼道型式推荐采用垂直竖缝式。

本工程共选取 6 种竖缝式池室结构,鱼道池室具体尺寸及插板形式如图 1 所示。

根据水工模型试验结果,经过流态与流速的综合比较,初步选取体型 C、体型 D 和体型 E 三种体型效能效果和流态较好。本工程选用体型 C 的隔板型式。

4.4 池室尺寸

为使垂直竖缝可以满足多数鱼类的通过需求,一般要求竖缝式鱼道的竖缝宽度 b_0 不小于过鱼对象体长的 1/2。本工程过鱼对象最大体长约 0.6 m,鱼道竖缝宽度取 0.3 m。

池室宽度和竖缝宽度的比例关系一般为 $8b_0$ 较好,本工程竖缝宽度选取 0.3 m,池室宽度取 2.4 m。池室长度和竖缝宽度的比例关系为 $10b_0$,本工程池室长度取 3 m。

鱼道水深主要视过鱼对象习性而定,底层鱼和体型较大的成鱼相应要求水深较深,国内外鱼道深度一般为 1.0 ~ 3.0 m。本工程鱼道正常运行水深设计为 1.0 ~ 2.7 m,池室深度设计为 3.5 m,以防止鱼道运行时水流波动外溢。

4.5 休息池

鱼道高程每上升 4.5 m 设置一个休息池,共布置了 10 个休息池,休息池采用与鱼道相同底坡,供

鱼类上溯过程中暂时休息,恢复体力,有利于鱼类的继续上溯。另外,鱼道 1 号、3 号和 4 号进口、集鱼池、过坝段、1 ~ 4 号出口等部位,水流速度缓慢,可供鱼类作为休息场所使用。鱼类上溯过程中,沿线共计有 13 个场所可供休息,恢复体力。

观测研究室旁预留旁通池塘,池塘长 7.40 m,宽 6.00 m,底坡 $i=0$,兼具鱼道休息池功能,同时可作为后续鱼类标记,统计鱼道过鱼效率的集鱼系统。

4.6 鱼道进口

藏木水电站 11 月 ~ 翌年 5 月,坝下来水主要为发电泄水,水位变化范围为 3 243.53 ~ 3 248.05 m,变幅为 4.52 m,汛期 6 ~ 10 月,坝下游水位除发电外,随天然来流情况通过溢流坝下泄洪水。厂房尾水设计洪水位 3 261.43 m ($P=0.5\%$, $Q=12\ 400\text{ m}^3/\text{s}$),校核洪水位 3 262.47 m ($P=0.2\%$, $Q=13\ 600\text{ m}^3/\text{s}$)。

在过鱼季节 2 ~ 5 月,鱼道进口水位变化范围为 3 243.53 ~ 3 245.50 m,变幅为 1.97 m,过鱼季节 6 ~ 10 月不泄洪时鱼道进口水位变化范围为 3 243.53 ~ 3 248.05 m,变幅为 4.52 m,泄洪时坝下水位受天然来流情况通过溢流坝下泄洪水的影响,泄洪时段鱼道不运行。

鱼道进口布置应遵循以下原则:

(1)经常有水流下泄的地方,且紧靠在主流的两侧;

坝上水位变化时,能保证鱼道出口有足够的水深,且与水库水面很好的衔接。

(2)出口应远离厂房、泄水闸,防治上溯成功的鱼被水流带回下游。

(3)出口应傍岸,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。

(4)出口应远离水质有污染及对鱼类有干扰和恐吓的区域。

(5)鱼道出口迎着上游水流方向,便于鱼类游出鱼道。

针对上述原则,从大坝左侧出口直接面临溢流坝,对上行鱼类影响较大,所以本工程鱼道出口仅能选择在坝的右岸上游侧,距厂房进水口最小水平距离约 315 m。水工模型试验表明,六台机组运行时,厂房进口附近表面流速 0.11 m/s,库区表面流场最大流速为 0.22 m/s,鱼道 1 号出口流速最大为 0.18 m/s;电站进水口前库区流速较小,电站运行时对鱼道出口流场基本没有影响,鱼类被吸入厂房进口的可能性较低。

根据出口水力条件和布置原则,藏木水电站鱼道共布置了 4 个出口,底板高程分别为 3 304.00 m、3 305.00 m、3 306.00 m 和 3 307.50 m,底坡 $i=0$,边墙顶高程较正常蓄水位高 2 m,为 3 312.00 m。为使鱼类顺利通过,鱼道前 3 个出口与鱼道轴线夹角为 60° ,指向上游,第 4 个出口与鱼道轴线顺接。水工模型试验表明,鱼道出口朝向上游且与鱼道轴线夹角为 60° ,库区、闸室以及闸下游鱼池、过鱼竖缝无不良流态,水流平顺过渡,便于鱼类顺利游出鱼道。鱼道 4 个出口各布置了一道出鱼孔,孔宽 1.50 m,高 3.00 m,出鱼孔内均设一道工作检修闸门。

1 号出口工作水位范围为 3 306.70 ~ 3 305.00 m;2 号出口工作水位范围为 3 307.70 ~ 3 306.50 m;3 号出口工作水位范围为 3 308.70 ~ 3 307.50 m;4 号出口工作水位范围为 3 310.00 ~ 3 308.50 m。

4.8 鱼道观测室

鱼道观测室具有:(1)过鱼效果跟踪监测;(2)兼具参观游览、宣传和演示功能;(3)预留旁通池塘兼顾休息和集鱼系统的功能。

鱼道观测研究室位于下游河道右岸 2 号公路鱼道旁,建筑平面尺寸长 12.60 m,宽 8.00 m,建筑面积 99.00 m^2 ,主要由游客参观陈列室、鱼道观测室、科研办公室和卫生间等房间组成,为单层框架结构,建筑高度 4.90 m,室内地坪高程与鱼道池底高程同高。

游客参观陈列室平面尺寸开间 6.60 m,进深 8.00 m。设两扇通透抗压安全玻璃,高 2.10 m,长

1.50 m,间距 1.2 m,观测窗的临水面应与外部鱼道壁齐平。鱼道观测室平面尺寸开间 4.00 m,进深 4.00 m。室内主要配置摄像机、电脑、卤素灯等仪器设备,可将鱼类通过鱼道的实况录制下来,供科研人员研究及游客观看。在鱼道和观察室侧壁上设有 2.10 m 高通透抗压安全玻璃,为尽可能的扩大观测视角,观察鱼道类鱼类的洄游情况,观测窗设置为折线型。科研办公室平面尺寸开间 4.00 m,进深 4.00 m,用于满足工作人员通过录像统计过鱼数量和办公需求。

观测室旁设计的旁通池室长 7.40 m,宽 6.00 m,既可以作为鱼道休息池、也可以作为后续捕捞过坝的集鱼池,或者是鱼类标记观测区。旁通池室设置于鱼道观测窗下游处,设置 2 道闸门,旁通池室入口处和鱼道入口处各设置一道闸门,当不需要集鱼/休息/标记时,关闭旁通池室闸门,开启鱼道闸门,则鱼道正常运行;当需要集鱼/休息/标记时,开启旁通池室闸门,关闭鱼道闸门,鱼和水流进入旁通池塘。

为满足观察研究的需要,鱼道观测室观测窗对应池室结构需做局部调整,观测室鱼道段池室设置观测板和导鱼板,将鱼类导向观测窗附近,观测窗与观测板的间距为 0.45 m。

4.9 附属设施

(1)进口补水系统。为使鱼道进口的水流流速满足诱鱼要求,需对各鱼道进口进行补水。根据水力学计算和水工模型试验成果,藏木电站各鱼道进口补水水量与下游尾水位的关系见表 5。

藏木鱼道进口的补水水源可选择下游尾水渠水泵取水及上游水库自流补水两种方式。考虑到:①水泵的噪音及水泵抽水时造成的水流流态变化可能会干扰鱼类的洄游,为满足补水流量的需求,水泵配置数量较多、功率较大,其电机耗电量、设备运行管理及后期维护都是较大问题;②藏木电站鱼道的过鱼季节为 2 ~ 10 月,其中主要过鱼季节为 3 ~ 6 月,而电站泄洪时段为 6 月中旬 ~ 10 月中旬,主汛期 7 ~ 9 月。若采用上游库区自流供水方式,可在主要过鱼时间段部分利用电站的弃水进行鱼道补水,既满足鱼道补水量要求,又可避免水能浪费。

藏木鱼道进口的补水方式选择为上游水库自流补水。藏木电站鱼道上游水库取水口设置在 18 号坝段,通过一根 $\phi 1016 \text{ mm} \times 14.2 \text{ mm}$ 取水总管引至安装间上游侧高程 3 261.00 m 平台上,取水总管上设有一只电动流量调节阀,流量调节阀分为 3 根补水支管分别引至 1 号、3 号、4 号进鱼口补水池,3 号补水管上另设有一根 $\phi 355.6 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 的支管接至 3 号进鱼口上游第 17 个鱼池补水池。

表5 鱼道进口补水水量与下游尾水位关系

下游尾水位 /m	补水流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
	1号进鱼口	3号进鱼口+3号进鱼口上游第17个水池	4号进鱼口
3 247.30(含)~3 248.00		2.7+0.3	1.3
3 246.60(含)~3 247.30	0	2.25+0.25	0.8
3 245.50(含)~3 246.60		1.89+0.21	
3 244.60(含)~3 245.50		1.17+0.13	
3 243.50(含)~3 244.60	2.0		0
3 243.50 m 以下	1.3	0	

注:4号进鱼口只在3号进鱼口过鱼效果不佳,且下游尾水位在3 246.60 m以上时启用,启用时同时关闭3号进鱼口。

(2)金属结构。藏木水电站鱼道金属结构包括鱼道进口、鱼道出口及过坝段等建筑物的闸门和启闭设备。设备总重量为134 t。其中闸门重量为40.6 t,埋设件重量为40.6 t,启闭设备为52.8 t。

鱼道进口的金属结构包括3个进口,其中1号进口为低水位进口,设置3个通道;3号、4号进口各设置1个进鱼通道,其中1号进口上游另设一扇1号进口节制闸;所有工作闸门挡水高度均按鱼道运行时最高尾水位3 248.50 m设计,闸顶平台高程为3 250.00 m。

为了适应上游库区不同的水位,鱼道共设置了4个出口;所有闸门挡水高度均按正常蓄水位3 310.00 m设计,闸顶平台高程为3 312.00 m。闸门运行操作采用全开全闭,通过闸门控制系统根据上游库水位进行自动选择4个出口闸门的开启,4个闸门之间设有一定幅度的衔接水头范围。

为了防止洪水期间及其他紧急情况下破坏鱼道,在鱼道过坝段设置事故闸门。底坎高程为3 302.00 m,孔口尺寸为2.4 m×3.5 m-8 m,闸门挡水位按设计洪水水位为3 308.30 m考虑。

5 讨 论

我国已建鱼道以珍稀保护鱼类、虾蟹等幼苗为主,相对与国外的鲑鳟鱼类体型相对较小,洄游习性和克流能力不强。因此,相对于国外通常采用的1:10~1:25的坡度而言,国内鱼道设计坡度相对较缓,据不完全统计,通常采用的坡度为1:40~1:115。

藏木鱼道最大水头67.0 m,远大于目前国内已建的长洲鱼道(全长1 423 m,上下游水头差15 m)。藏木鱼道水头高,鱼道坡度缓,自2009启动工作以来,是否修建鱼道就引发了业界广泛热议。2009年1月,环境保护部以“环审[2009]15号”文件对《雅鲁藏布江藏木水电站环境影响报告书》予以批复。根据批复意见要求:采取修建过鱼设施、建设增殖放流站和保护天然生境等综合措施保护鱼类等水生

物,优化过鱼通道设施型式,确保鱼道设施合理有效。2011年,中国水电顾问集团成都勘测设计研究院邀请加拿大Golder公司和美国HDR公司对藏木鱼道工程设计方案进行咨询。加拿大Golder公司和美国HDR公司对藏木水电站采用鱼道过鱼方式产生质疑,根据咨询意见:在北美原则上超过40 m高的坝就不再考虑设置鱼道,本工程最大水头67.0 m并且鱼道很长,鱼类可能没有足够的能量完成行程会导致鱼道过鱼效率不高,加拿大Golder公司和美国HDR公司的专家们推荐了其他有效的过鱼方式以降低对水电站工程鱼种和栖息地的影响。2013年5月,水电水利规划设计总院以“水电规环保[2013]27号”文对《雅鲁藏布江藏木水电站鱼道工程科研与勘测设计专项报告》予以批复,根据批复意见:基本同意报告提出的鱼道建设任务,鉴于该鱼道上下游水位落差达67 m,且过鱼对象为高原特化类群,具有诸多技术难点,其建设和运行具有典型示范意义,并可作为青藏高原地区同类工程设计的试验研究基地。至此,藏木水电站过鱼设施是否修建鱼道之争暂告一段落,工程进入实施阶段后,环保部和水电水利规划设计总院有关专家对工程技术方案的优化进一步提出了具体的指导意见,以“水电规环保[2013]27号”文对《雅鲁藏布江藏木水电站鱼道工程科研与勘测设计专项报告》予以批复。

根据对国外192个水利水电工程采用的过鱼方式进行统计分析结果,中低水头工程大多采用鱼道和仿自然通道的过鱼方式,高水头工程大多采用升鱼机和集运鱼系统的过鱼方式。藏木水电站工程是否修建鱼道之争从2009年藏木鱼道工程启动一直持续到2013年才告一段落,期间广泛查阅国内外文献,研究各类过鱼设施适用性和特点,重点研究了鱼道出口、鱼道竖缝型式、外扩休息池、鱼道进口布置、鱼道进口补水方式、观测室等内容。藏木鱼道进口借鉴国外和国内洋塘鱼道工程的设计经验,将鱼道进口和藏木电站尾水渠水工建筑物紧密结合,这一尝试改变了通常将鱼道和水工建筑物分开设计和建

设的理念,鱼道进口布置满足鱼类上溯能够到达的最上游处,从目前过鱼效果看,鱼道进口的布置相对较优。为营造鱼道进口水流条件诱鱼,藏木鱼道采用库区引水进行分段补水的方式对鱼道进口补水,在国内属探索性设计,其效用有待于鱼道试运行期监测成果验证。国内目前设鱼道观测室的鱼道工程较少,且结合设计的较少,藏木鱼道将鱼道观测室设置于鱼道旁侧,避免了置于鱼道中对水流形成物理屏障的问题,同时考虑到藏木鱼道较长,在观测室旁增设集鱼池,兼顾集鱼池、休息池、标记池的功能,同时观测室兼顾参观游览的功能。

6 结 语

藏木鱼道工程作为青藏高原地区同类工程设计的试验研究基地,建成后将成为国内最高、最长的鱼道,其建设和运行具有典型示范意义。设计中存在

诸多的设计难点,工程设计中提出了诸多具有探索意义的设计思路,工程的实施及后续跟踪监测对我国鱼道工程的设计和施工工作的技术进步具有相当大的指导意义。

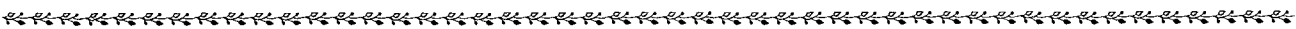
参考文献:

[1] 陈静,周小波,兰岗,等. 西藏雅鲁藏布江藏木水电站鱼道设计报告[R]. 成都:中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 2014.

[2] 乔晔,王翔,侯轶群,等. 雅鲁藏布江藏木水电站鱼道主要过鱼目标生态习性 & 游泳能力测试研究报告[R]. 武汉:水利部中国科学院水工程生态研究所, 2011.

[3] 吕海艳,叶茂,等. 雅鲁藏布江藏木水电站鱼道水工模型试验报告[R]. 成都:中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 2011.

[4] 乔晔,王翔,侯轶群,等. 雅鲁藏布江藏木水电站鱼道可通过性试验报告[R]. 武汉:水利部中国科学院水工程生态研究所, 2011.



(上接第 45 页)

水电站正常蓄水位为 3 290 m 时,街需坝址区位于街需村上游 1 km,其右岸岸坡完整、稳定;其左坝肩发育街需上游拉裂岩体,左坝肩边坡稳定性问题、绕坝渗漏问题突出。藏木水电站正常蓄水位为 3 300 m、3 310 m 时,街需坝址位于街需村上游 1.7 ~ 2.3 km 河段,两岸岩体较完整,自然边坡稳定性较好。藏木水电站正常蓄水位为 3 320 m 时,街需坝址位于街需村上游 4 km,其右岸岸坡完整、稳定;但左岸岸坡潜在不稳定块体较发育,肩边坡稳定性问题突出。

综上所述,与藏木水电站 3 300 m、3 310 m 正常蓄水位方案衔接的街需梯级地质条件相对较好。

(4) 水库淹没、环境影响、枢纽布置及施工条件等均不控制正常蓄水位选择。藏木水电站水库淹没损失小,淹没对象单一,各方案均不存在移民安置问题,也不存在重大环境制约因素,工程造成的环境影

响可通过适当的环保措施消除或减缓。各方案枢纽布置格局基本一致,筑坝技术难度不大,施工组织均可行。各方案在机组制造及运行、金属结构、大件运输方面难度差异不大。

综上,从合理利用水能资源,更好地满足供电系统的电力电量需求、实现梯级合理衔接等方面综合分析,推荐藏木水电站正常蓄水位为 3 310 m。

5 结 论

藏木水电站正常蓄水位选择极具特殊性,电站设计时雅鲁藏布江中游河段水电规划尚未完成,方案未定,梯级衔接并不能完全制约正常蓄水位的选择。同时,因为藏木水电站建成后占电力系统电源装机比重非常大,正常蓄水位的选择与装机容量的选择直接相关,即电站在电力系统中的作用是影响正常蓄水位选择的重要因素。