

巴拉水电站过鱼方案比选研究

侯宁¹, 刘鑫¹, 江磊¹, 吴开帅², 汤优敏², 张祺², 宋靖国¹

(1. 四川足木足河流域水电开发有限公司, 四川 成都 610041;

2. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州 311122)

摘要:为缓解水电站建设对鱼类生存环境的阻隔,建设过鱼设施是最有效的方法之一,过鱼设施的集鱼和转运方案选择直接影响过鱼效果,但尚无通用的固定方法,需综合考虑过鱼目标、建设条件和经济等因素,成为巴拉水电站过鱼设施建设的一个技术问题。本文结合巴拉水电站过鱼要求和工程特点,初拟集鱼和转运方案,并提出比选建议,为巴拉水电站过鱼设施建设提供技术支撑,可供同类工程参考。

关键词:巴拉水电站;过鱼设施;集运鱼系统

中图分类号:[TM622];S956.3;U652.7+2

文献标志码:B

文章编号:1001-2184(2023)05-0121-03

Scheme Comparison of Fish Passing Facilities for Bala Hydropower Station

HOU Ning¹, LIU Xin¹, JIANG Lei¹, WU Kaishuai², TANG Youmin², ZHANG Qi², SONG Jingguo¹

(1. Sichuan Zumuzu River Basin Hydropower Development Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610041;

2. PowerChina Huadong Engineering Co., Ltd., Hangzhou Zhengjiang 311122)

Abstract: In order to alleviate the impact of hydropower station on fish habitat, the construction of fish passing facilities is one of the most effective methods, the determination of fish collection and transportation scheme of fish passing facilities directly affects the effect of fish passing. However, there is no universal and fixed method yet. The comprehensive consideration of fish passing targets, construction conditions, and economic factors has become a technical issue in the construction of fish passing facilities for the Bala Hydropower Station. In this paper, based on the requirements and engineering characteristics of Bala Hydropower station, the scheme of fish collection and transportation is initially proposed, and the proposal is put forward through scheme comparison, which could provide technical support for the construction of the fish passing facilities of Bala Hydropower Station, and could be used as reference for similar projects.

Key words: Bala Hydropower Station; Fish passing facilities; Fish collection and transportation system

0 引言

水电工程开发可能会影响河流连通性和鱼类洄游通道,导致河流生态系统退化等一系列问题。过鱼设施是帮助鱼类洄游通过河流阻隔的通道,主要包括鱼梯、鱼道、升鱼机、集运鱼船等^[1]。过鱼设施首先由法国于 1662 年提出,采用建设人工通道的方式解决鱼类洄游阻隔问题。之后,随着水电建设的快速发展,过鱼设施得到更广泛的关注及应用,截至 20 世纪末,国外过鱼设施发展已较为成熟^[2]。国内过鱼设施始建于 1960 年,自 21 世纪以来,国内大批过鱼设施已建成运行或在

规划建设中^[3]。巴拉水电站在目前国内外过鱼设施相关研究的基础上,综合各类因素分析,对过鱼设施进行比选,并提出相关建议。

1 巴拉水电站概况

巴拉水电站位于阿坝藏族羌族自治州马尔康县境内,系大渡河干流水电规划“3 库 28 级”自上而下的第 2 级水电站,上接下尔呷“龙头”水库电站和下衔达维水电站。电站采用混合式开发,开发任务为水力发电并兼顾减水河段生态用水需要。

巴拉水电站挡水建筑物为混凝土面板堆石坝,最大坝高 138.0 m,坝址位于日部乡色江吊桥

收稿日期:2023-07-13

下游约 2.2 km 处,经右岸引水至日部吊桥上游约 3.9 km 处建地下厂房,引水隧洞全长 6 908.78 m,尾水调压室下游接一条有压尾水洞,隧洞全长 1 730.08 m,在桩号 1+673.01 处布置尾水出口检修闸门室,隧洞后接尾水渠与脚木足河相接。工程在坝后设置生态机组电厂,即在主电厂引水隧洞坝后段,利用 1 号施工支洞段,设置旁通压力管道引水至坝后厂房发电。生态机组电厂引用流量为 $23.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

2 巴拉水电站过鱼方案比选

2.1 集鱼方案比选

巴拉水电站大坝较高,故不采取鱼道直接过坝,推荐采取坝下设置集鱼设施^[4-6],通过转运设备运输至坝上库区。根据国内集鱼设施的发展及工程建设后坝下水文情况^[7-9],对深水网箱、梯型鱼道^[10-11]、槽型鱼道、尾水集鱼箱^[12]或集鱼站^[13]四种集鱼方案进行比选。

2.1.1 深水网箱

工程所在河床内大石块较多,且河道较窄,宽度仅 50.0 m 左右。目前,在脚木足河工程河段,基本没有行船条件,下游达维水电站建成后,坝下至厂房河段内仍无法行船。因此,在坝下不具备布置深水网箱的条件。

2.1.2 梯型鱼道

梯型鱼道主要适用于坝下水位变幅较大的水电站。地下厂房设置发电机组 3 台,达维水电站未建成前,一台机发电尾口水位为 2 685.25 m;三台机发电尾口水位为 2 686.75 m。达维水电站建成后,一台机发电尾口水位为 2 686.25 m;三台机发电尾口水位为 2 687.85 m。工程在坝下设置生态机组 1 台,正常发电流量为 $23.8 \text{ m}^3/\text{s}$,出水口位置处正常尾水位为 2 801.50 m,50 年一遇洪水位为 2 802.13 m,200 年一遇洪水位为 2 802.82 m。工程主电站和生态机组的尾口水位变幅均较小,最大变幅为 2.6 m,故不推荐采取梯型鱼道方案。

2.1.3 槽型鱼道

工程主电站和生态机组的尾口水位变幅均较小,最大变幅仅为 2.6 m,可采用槽型鱼道进行集鱼,同时,根据国内水电站集鱼设施的建设规律及过鱼设施相关规范,槽型鱼道布置在尾水口附近,将尾水引入集鱼槽进行引诱集鱼。

2.1.4 尾水口集鱼箱或集鱼站

固定式集鱼站与槽型鱼道区别主要在于将鱼留在集鱼箱范围内的方式不同:固定式集鱼站主要采用防逃笼方式将鱼类留在集鱼箱,无需设置赶鱼通道;槽型鱼道需设置赶鱼通道,在赶鱼通道内利用赶鱼格栅将鱼赶入集鱼箱范围。工程坝下河段水深较浅,采用防逃笼有一定限制,故不推荐采取尾水口集鱼箱或集鱼站方案。

2.2 转运方案比选

转运方案可采取索道、轨道和运鱼车三种方式。

2.2.1 索道

工程若采用索道方式运输,则需要布置上站房、下站房、索道支撑塔及索道等。索道总运输长度约 1.3 km,下站房布置在生态机组尾水口槽型鱼道上方,上站房布置在停靠平台,索道穿过生态机组厂房公路,沿右岸坝肩边坡、库区右岸管理公路和 5 号路最终到达停靠平台。索道方案主要存在以下制约因素:

(1)下站房所需场地尚可通过紧凑布置实现,而上站房所在的停靠平台尺寸为 $10.0 \text{ m} \times 25.0 \text{ m}$,基本无足够场地布置上站房。

(2)索道需穿越多条公路,存在安全隐患。

(3)工程所在区域主要位于龙门山地震带、鲜水河—滇东地震带和巴颜喀拉山地震带的交汇处,以工程场地周围 150 km 范围作为研究区域,共划分出 117 个潜在震源区。其中,对工程场地影响较大的主要潜在震源区有 6 个,即:炉霍 8.0 级潜在震源区、道孚 7.5 级潜在震源区、甘孜 7.5 级潜在震源区、侏倭 7.0 级潜在震源区、两河口 7.0 级潜在震源区和日部 6.5 级潜在震源区。工程索道支架为高耸结构,抗震稳定问题突出,施工难度较大。

(4)工程位于高山峡谷,在每年 3~9 月风速较大,最大风速在 $13.7 \sim 22 \text{ m/s}$ 之间,索道的安全稳定运行问题突出。

(5)索道方式运鱼案例少。目前国内已建成的过鱼设施中,基本没有采用索道运输方式。国外采用升鱼索道型式的工程有美国的罗昂德布特坝、日本的庄川小牧坝和祖山坝。美国的罗昂德布特坝,坝高 134.0 m,为碾压堆石坝,水库水位变幅 26.0 m,采用索道吊罐系统运鱼过坝,运距

约 182.0 m;日本在 20 世纪 30 年代在庄川小牧坝(坝高 79.0 m)及祖山坝(坝高 63.0 m)在建坝初期即设置了升鱼索道,但目前上述 3 座升鱼索道均已停止使用或报废。

2.2.2 轨道

目前,国内采用轨道运输的过鱼设施有新疆山口水利枢纽、新疆萨尔托海水利枢纽、黄登水电站、大华桥水电站和乌弄龙水电站等。根据现场了解,运行较为稳定,偶尔轨道因热胀冷缩而产生偏移,需要进行维修维护。

工程若采用轨道方式运鱼,需设置轨道车、运鱼箱及运鱼轨道。运鱼轨道铺设有两种走向。一种是沿生态机组厂房公路至坝后通永久“之”字路爬升至坝顶,再由坝顶沿库区右岸永久道路至 5 号路,最终到达停靠平台,总长为 2 360.0 m;另外一种为沿坝下沿河右岸公路至 6 号路、右岸隧道、右岸永久道路至 5 号路,最终到达停靠平台,总长约为 3 900.0 m。工程为混凝土面板堆石坝,坝面存在沉降问题,沿着坝面“之”字路敷设轨道后运行维护难度大。另一种沿路敷设,目前工程设计道路未考虑运鱼轨道敷设,若进行扩建改造,部分位置空间小,敷设轨道难度大。

2.2.3 运鱼车

运鱼车在国内应用比较普遍,例如冲乎尔水电站、马马崖一级水电站、龙开口水电站、乌东德水电站、白鹤滩水电站、杨房沟水电站、苗尾水电站和里底水电站等。该方案需配备运鱼车一辆、运鱼箱两个、维生系统一套。为便于管理,运鱼车和运鱼箱装载定位设备,定位设备可采用 GPS+基站+陀螺仪。运鱼车沿坝下沿河右岸公路至 6 号路、右岸隧道、右岸永久道路至 5 号路,最终到达停靠平台,总长约为 3 900 m。

运鱼车又可分为有人驾驶运鱼车和无人驾驶运鱼车,无人驾驶运鱼车主要适用于封闭和半封闭的路段,且目前技术尚未完全成熟,因此,推荐采用有人驾驶运鱼车。目前,定位设备和视频监控设备发展成熟,可对运鱼箱、运鱼车等行驶进行轨迹监控和运鱼视频监控,解决了运鱼车存在监控难的弊端。运鱼车成为一种具有灵活性高和稳定可控可监管的转运鱼方式。巴拉水电站推荐采取运鱼车作为转运过坝方案。

3 结 语

(1)为缓解水电站建设对鱼类生存环境的阻隔,建设过鱼设施是最有效的方法之一。过鱼设施形式多样,目前集运鱼系统等新兴过鱼方式仍然在探索和发展过程中,在进行过鱼设施的选型和布置时,不可机械照搬,应充分考虑工程布置条件、现场河道、地形以及鱼类的生态习性,积极探索出适合工程的过鱼方式。

(2)过鱼设施的集鱼和转运方案选择直接影响过鱼效果,须综合考虑过鱼目标、建设条件和经济等因素,成为巴拉水电站过鱼设施建设的一个技术问题。本文结合巴拉水电站工程实际情况、施工条件等以及参考国内水电站集鱼设施的建设规律及过鱼设施相关规范,通过对比四种集鱼方案三种转鱼方案,提出巴拉水电站坝下集鱼采取槽型鱼道方案,转运过坝采取运鱼车方案。该方案具有集诱鱼效率高、适用范围广和运行成本低的特点,具有应用及推广价值。巴拉水电过鱼设施建成后,将对维护大渡河流域的生态连续性产生积极作用,还可为同类水电站过鱼设施设计和建设提供参考。

参考文献:

- [1] 陈昂,温静雅,王鹏远.中国过鱼设施数据库框架设计初步研究[J].中国水能及电气化,2020(8):23-28+36.
- [2] 杨红玉,李雪凤,刘晶晶.国内外鱼道及其结构发展状况综述[J].红水河,2021,40(1):5-8.
- [3] 伍铭杰,诸韬.国内外鱼道发展探析[J].东北水利水电,2018,36(9):68-70.
- [4] 张陆良,谭平,朱永刚.双江口水电站过鱼方案比选分析[J].水利水电技术,2015,46(11):19-22.
- [5] 李江,邢坤.新疆高坝鱼类保护设施建设实践与对策建议[J/OL].水利规划与设计:1-7[2023-07-12].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5014.TV.20230601.1047.002.html>.
- [6] 陈浩,杨涛,贺翠玲,等.高坝过鱼设施集诱鱼口位置及设计参数体系研究[J].水力发电,2023,49(07):45-49.
- [7] 沈春颖,杨锐国,秦鑫,等.澜沧江流域过鱼设施的应用探讨[J].水力发电,2023,49(2):1-5.
- [8] 吴俊东,王翔,翁永红,等.乌东德水电站集运鱼系统方案设计[J].人民长江,2022,53(02):88-94.
- [9] 单承康,金志军,马卫忠,等.基于文献计量的中国过鱼设施研究发展脉络与展望[J].人民长江,2022,53(1):73-81.
- [10] 李恒,王晓刚,郑飞东.梯形断面鱼道内水流的三维特性分析[J].河海大学学报(自然科学版),2023,51(1):61-65+76.
- [11] 蔡玉鹏,刘火箭,刘志雄,等.竖缝式鱼道梯形断面池室水动力学特性研究[J].人民长江,2021,52(7):204-209+230.

(下转第 136 页)

件较差,又属于强偏压隧洞开挖,施工安全风险大,技术要求高。在召开专家咨询会后,确定了洞挖前浅埋洞段边坡预加固处理措施,即:溢洪洞进口浅埋段通过预固结灌浆提高围岩的整体性,改善岩体性能;同时增加贴坡钢筋混凝土,并在贴坡钢筋混凝土上采用竖向长短锚杆(锚筋桩)、水平锚杆(锚筋桩)、在坡脚(隧洞底板高程外侧)及岩体不稳定区施以预应力锚索等加固措施,提高了溢洪洞进口浅埋段围岩的整体稳定性,为洞挖施工创造了有利条件。为了进一步减缓隧洞开挖后偏压对洞室造成的不利影响,还采用超前大管棚结合超前小导管(或超前锚杆)对隧洞顶拱进行支护,增强了顶拱围岩的稳定性。浅埋洞段开挖完成后,通过在洞室内侧边墙新增 2 排 1 500 kN 压力分散型预应力锚索,减弱隧洞浅埋和强偏压条件的影响作用,确保了溢洪洞进口浅埋洞段的稳定性。

实践证明,对于特殊地质条件下的浅埋偏压隧洞开挖,必须要在充分的分析了解地质情况下,经过反复研究最终确定处理措施,施工单位根据该措施(正式下发的设计文件)结合现场实际情况

(上接第 123 页)

[12] 刘鐸璞,于德双. 混凝土面板堆石坝过鱼设施布置方案研究[J]. 广东水利水电,2021(4):35-40.

[13] 曾理,彭正良,周涛,等. 白鹤滩水电站尾水出口集鱼站混凝土施工技术[J]. 云南水力发电,2022,38(11):172-177.

作者简介:

侯宁(1997-),男,山西运城人,工学硕士,从事水电站生态环境保护工作;

刘鑫(1975-),男,四川成都人,高级工程师,工学硕士,从事水电站工程管理及生态环境保护工作;

(上接第 131 页)

荷载假定提供依据;三是方案设计遵循常规规范的基本计算原则和标准,但创新性地建立了塌腔上部散离体荷载模型假定,即可能散离体高度和散粒体浮容重为施加衬砌顶荷载假定,并通过模型分析确定“内衬、固灌和外填”的有效处理方式。

参考文献:

[1] DLT 5148—2021,水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S]. 北京,国家能源局,2021.

[2] DLT 5144-2015,水工混凝土施工规范[S]. 北京,中国电力出版社,2015.

[3] 李传州,鲜世雄. 龙江水电站导流洞塌方浅埋段冒顶塌方处

编制专项施工方案,并按超过一定规模的危险性较大分部分项编制和报审程序要求,经审批同意后方可组织现场实施。

参考文献:

[1] 孟建正. 表孔泄洪洞浅埋洞室段开挖技术方案[J]. 大众标准化,2019,(14):26-27.

[2] 李旭峰. 苗尾水电站导流隧洞施工中钢管桩的应用[J]. 云南水力发电,2012,28(06):102-103.

[3] 袁伟,王玉刚. 超前大管棚支护技术在隧道洞口段施工中的应用研究[J]. 大众标准化,2023,(16):135-137.

[4] 湛建华. 木里沙湾水电站调压竖井开挖支护施工综述[J]. 低碳世界,2018,(10):48-49.

[5] 王振环. 保和村隧道与成贵高铁并行段施工工序研究[J]. 工程机械与维修,2022,(06):207-209.

作者简介:

罗来宏(1987-),男,四川会理人,学士,工程师,从事水利水电工程监理工作;

张自森(1986-),男,云南宜良人,学士,工程师,从事水利水电工程监理工作;

舒玉(2000-),女,贵州习水人,学士,助理工程师,从事水利水电工程合同管理。

(责任编辑:卓政昌)

江磊(2000-),男,新疆博乐人,工学学士,从事水电站生态环境保护工作;

吴开帅(1988-),男,浙江杭州人,高级工程师,工学硕士,主要从事水电环保设计和环境影响评价工作;

汤优敏(1982-),女,浙江杭州人,高级工程师,工学硕士,主要从事水电环保设计和环境影响评价工作;

张祺(1994-),男,内蒙古临河人,工程师,工学博士,从事水利水电工程生态环境保护的设计和研发;

宋靖国(1982-),男,山西静乐人,高级工程师,工学硕士,主要从事水电站建设征地移民安置和生态环境保护工作。

(责任编辑:卓政昌)

理方案[J]. 青海电力,2009,12(28):67-72.

[4] 李大江,李正先,李君祥. 龙腾桥一级水电站导流洞冒顶塌方处理施工技术[J]. 水利电力,2015,(3):184-188.

[5] NB/T 10391-2020,水工隧洞设计规范[S]. 北京,国家能源局,2021.

作者简介:

杨宏昆(1969-),男,云南大理人,高级工程师,硕士,从事水利水电站水工设计和项目管理咨询工作;

王坤雷(1987-),女,河北石家庄人,工程师,硕士,从事水利水电站水工设计工作;

许红军(1977-),男,四川彭州人,高级工程师,学士,从事水利水电站施工组织设计工作;

夏俊江(1986-),男,四川广安人,高级工程师,学士,从事水利水电站水工设计工作。

(责任编辑:卓政昌)