

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2016.04.036

大石峡水利枢纽工程的泄水消能设计研究

卞全¹, 张竞超², 任耀华³

(1. 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司, 陕西 西安 710065;

2. 河南水利与环境职业学院, 河南 郑州 450008; 3. 中国人民解放军 72719 部队, 江苏 徐州 221000)

摘 要: 大石峡水利枢纽工程是典型的高坝大库工程, 泄水消能建筑物受地形地质条件影响, 布置较难, 具有水头高、超高流速、消能难、运用复杂等特点。针对工程开发任务、运用情况、坝型和地形地质条件, 进行了泄水建筑物的方案比较、详细论证和研究, 将泄水及引水发电系统集中于凸岸布置; 泄水建筑物包括岸边溢洪道、中孔泄洪洞、放空排沙洞及生态放水孔, 下游设置“护岸不护底”的联合消力塘。经过整体水工模型试验验证, 泄水消能建筑物布置合理, 运行安全。通过总结坝高 250 m 级的大石峡水利工程泄水消能设计与研究, 对超高坝的泄水工程设计有较好的借鉴作用。

关键词: 大石峡; 水利枢纽工程; 泄水消能

中图分类号: TV65

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2016)04—0183—05

Water Discharge and Energy Dissipation Structures Design of Dashixia Water Conservancy Project

BIAN Quan¹, ZHANG Jingchao², REN Yaohua³

(1. Northwest Survey Design and Research Institute Co., Ltd. of POWERCHINA, Xi'an, Shaanxi 710065, China;

2. Henan Vocational College of Water Conservancy and Environment, Zhengzhou, Henan 450008, China;

3. The Chinese People's Liberation Army 72719 Forces, Xuzhou, Jiangsu 221000, China)

Abstract: Dashixia water conservancy project is a typical project with high dam and large reservoir, the design of its water discharge and energy dissipation structures is very difficult since it need to consider effects from terrain, geological conditions etc. and the features of high water head, ultrahigh velocity, difficult energy dissipation and complex utilization. This paper focus on the scheme comparison, detailed verification and researches have been made on the discharging and energy dissipation structure relative to the development task. The discharging and energy dissipation consists of bank spillway, flood discharging tunnel, emptying and desilting tunnel, and ecological dewatering orifice, the associated plunge pool is set downstream in form of bank protection and un-bottom protection. All the discharging and energy dissipation structures, water conveyance and power generation system were set in the left convex bank. The operation is reliable through detailed simulation of the integral hydraulic model test. This paper summarized the designs and researches for the discharging and energy dissipation structure of the project which has the ultrahigh dam about 250 m high, and can provide valuable information to similar engineering design with ultrahigh dams.

Keywords: dashixia water conservancy project; discharging and energy dissipation; design and research

大石峡水利枢纽工程^[1]位于新疆维吾尔自治区阿克苏河一级支流库玛拉克河中下游, 坝址处控制流域面积 12 679 km², 多年平均流量 154.5 m³/s, 多年平均年径流量 48.74 亿 m³。坝址区洪水由冰川、

永久性积雪、季节性融雪水及降水形成, 多年平均悬移质年输沙量 1 560 万 t。

大石峡水利枢纽工程的主要开发任务: 在保证向塔里木河干流生态供水目标的前提下, 承担灌溉、

防洪、兼顾发电等综合利用任务。水库正常蓄水位 1 700 m, 电站装机容量 750 MW, 水库总库容 11.74 亿 m^3 , 为 I 等大(1)型工程。设计和校核工况下入库洪峰流量分别为 3 854 m^3/s 、5 474 m^3/s 。防洪库容 0.78 亿 m^3 , 调节库容 10.22 亿 m^3 , 具有不完全年调节性能。挡水及泄水建筑物按 1 000 a 一遇洪水设计, PMF 校核, 消能防冲建筑物按 100 a 一遇洪水设计。大石峡水利枢纽工程主要由大坝、泄水消能建筑物、引水发电系统及导流洞等组成。大坝采用混凝土面板砂砾石坝, 最大坝高 247 m; 泄水消能建筑物由 2 孔岸边溢洪道、1 孔中孔泄洪洞、1 孔放空排沙洞、1 孔生态放水孔组成。引水发电系统包括 3 个分层取水口、3 条引水隧洞、3 条压力钢管道、主副厂房及开关站等。

库玛拉克河在坝址平面上呈现一个大的弧形河段^[2], 左岸为凸岸, 右岸为凹岸, 峡谷出口下游为宽阔平坦的冲洪积平原。坝址区为典型的峡谷地形, “V”型河谷, 河床覆盖层较薄, 正常蓄水位处谷宽约 530 m, 坝顶以上坡高 100 m ~ 1 000 m, 两岸地形不太规则, 小冲沟发育。坝址区出露地层为泥盆系上统津丹苏群灰岩类和第四系。工程场地 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 0.177 g 。

左岸坝前 350 m 发育有 I # 变形体, 位于坝前趾板上部边坡, 长 380 m ~ 450 m, 厚度 20 m ~ 30 m, 坝址上下游各发育一条小冲沟。峡谷出口发育有山前断裂, 断层及破碎带宽度 50 m ~ 100 m, 全长约 65 km; 场地处于断裂东段, 但断裂对场地无太大影响。

从坝址地形地质条件分析, 弯道地形非常有利于布置泄水和引水发电系统, 可缩短泄水、引水建筑物轴线长度, 节省工程量和投资。但坝前左岸 I # 变形体及峡谷出口的断裂带, 对枢纽建筑物布置有一定影响和制约。

1 泄水消能特点与研究内容

1.1 泄水消能特点

一般而言, 泄水建筑物服务于主体工程, 满足工程开发任务, 适应水文及地形地质等条件, 确保工程安全发挥功效。

根据大石峡水利枢纽的工程条件, 泄水消能特点可归纳为: (1) 高坝大库工程, 位于寒冷地区、高震区, 泄洪水头高、泄量较大、流速高、消能难; (2) 要满足春灌、泄洪安全、蓄混排沙、高坝检修、初期检修、生态放水等要求, 工程运用复杂; (3) 河谷狭窄, 岸坡陡峻, 既有上游变形体又有峡谷出口的区域断

裂带, 泄水建筑物布置受限多; (4) 泄水建筑物出口远离主河道, 下游覆盖层较厚, 消能条件需改善。

1.2 泄水消能设计研究的主要内容

泄水消能建筑物的设计研究主要包括以下方面: (1) 泄洪方案及功能定义; (2) 泄量分配及孔口布置; (3) 下游消能方案; (4) 建筑物布置及水力学计算; (5) 水工模型试验验证与优化; (6) 建筑物结构设计。

2 泄水建筑物的研究

2.1 布置格局研究

大石峡水利枢纽工程采用 250 m 级混凝土面板砂砾石坝, 在国内外筑坝实践中是比较高的, 也超出了目前国内几种主要坝型设计规范的适应范围。因此, 在泄水建筑物的设计中, 应把“技术相对成熟、运行安全”放在首位, 以降低工程设计、施工及运行中的技术风险, 便于项目顺利进展, 确保工程运行安全。

从工程开发任务看, 泄水消能建筑既要满足灌区春灌的用水要求, 又要满足下游生态供水、排沙运行、防洪、检修等综合要求。

(1) 基本布置格局^[3]。从目前国内典型工程实例(见表 1)看, 对于土石坝类的水利水电工程, 泄水建筑物基本采用以岸边溢洪道为主、泄洪洞为辅的布置格局。高位布置溢洪道, 开启方便、运行安全可靠、超泄能力强, 经常承担较大比例的泄量; 低位布置泄洪洞, 辅助溢洪道共同承担下泄设计洪水的任务, 在非常情况下也能满足降低库水位、检修大坝等综合运用要求。对于土石坝类高坝水利水电工程, 泄水建筑物布置基本按 2 层或 3 层泄洪孔口进行布置。

(2) 设置专门的放空设施研究^[3]。根据《混凝土面板堆石坝设计规范》^[4](SL 228 - 2013): 对于高坝、重要工程、地震设计烈度为 8 度、9 度的混凝土面板坝, 应设置放空设施。

大石峡水利枢纽的最大坝高达 250 m 级, 坝型为混凝土面板砂砾石坝, 工程又位于边疆、寒冷和高震区。从工程运行安全、避险、检修、运用灵活、公共安全等考虑, 有必要设置专门的放空设施, 以紧急情况下降低库水位或放空水库, 避免或减轻可能发生的灾难带来的损失。

从枢纽布置方案比较的结论看: 设置单独运行的放空洞(即泄水建筑物由溢洪道、中孔泄洪洞、放

空洞组成)与兼顾放空的泄洪洞(即泄水建筑物由溢洪道、深孔泄洪洞组成)相比,具有工程更安全和运用更灵活的优点,但含土建和金属结构的静态投资增加多 2% 左右。

表 1 国内高土石坝泄水建筑物的泄量分配表

工程名称	坝型	坝高/m	建筑物名称	占总泄量百分比/%
糯扎渡水电站	心墙堆石坝	261.5	左岸溢洪道	84.5
			左岸泄洪洞	8.1
			右岸泄洪洞	7.4
水布垭水电站	面板堆石坝	233.0	左岸溢洪道	91.7
			右岸放空洞	8.3
天生桥一级水电站	面板堆石坝	178.0	右岸溢洪道	92.5
			右岸放空洞	7.5
鲁布革水电站	心墙堆石坝	103.8	左岸溢洪道	62.7
			右岸泄洪洞	15.9
			左岸泄洪洞	21.4
公伯峡水电站	面板堆石坝	139.0	左岸溢洪道	60.7
			左岸泄洪洞	15.8
			右岸泄洪洞	14.4
瀑布沟水电站	砾石土心墙堆石坝	186.0	溢洪道	58.5
			泄洪洞	29.2
			放空洞	12.3

因此,大石峡水利枢纽工程设置单独运行的放空洞,承担降低库水位或放空水库、检修大坝、除险加固、经常性排沙、低水位时生态供水等任务。

(3) 泄水建筑物组成及各自功能。对于采用超高面板砂砾石坝的大石峡水利枢纽工程而言,泄水建筑物由岸边溢洪道、中孔泄洪洞、放空排沙洞和生态放水孔组成,以岸边溢洪道为主、中孔泄洪洞为辅

的泄洪格局。

岸边溢洪道:作为主要泄水建筑物,承担校核洪水的 75%。

中孔泄洪洞:辅助溢洪道泄洪,承担校核洪水的 25%;汛期联合放空排沙洞,承担拉沙、排沙任务,泄放不小于两年一遇的洪峰流量。

放空排沙洞:不参与泄放校核、设计洪水,通过泄水建筑物的接力开启运行,达到在紧急状况下降低水位、放空水库,以便检修大坝等建筑物的目的。汛期拉沙、排沙。运行后期,在机组进行检修、库水位较低等特殊工况下,利用放空排沙洞下泄生态流量。

生态放水孔:初期蓄水时向下游泄放生态流量、初期运行时具备紧急降低和放空水库。为解决和预防初期运行的可能问题,通过“表、中、底”孔和生态放水孔的接力开启方式完全放空水库,以便检修各建筑物。

2.2 分岸布置比较

一般而言,泄水建筑物分两岸布置,可减小施工干扰,分散泄洪、分区防护,有利于下游消能。但大石峡工程坝址右岸为凹岸,且大面积分布着古河床,最大厚度 65 m,其上部滑坡堆积块碎石层和崩坡积块碎石厚,冲沟发育。如若将隧洞布置于右岸,进出口处理范围大、隧洞洞线长一倍,工程量大且水力条件较差。因此,将泄水建筑物集中布置于凸岸,工程量小且便于管理和维护。

2.3 泄水孔口布置及调洪演算结果

大石峡水利枢纽工程的泄水建筑物采用分散分层布置,泄水建筑物的孔口尺寸见表 2,调洪演算成果见表 3。

表 2 泄水建筑物的孔口尺寸表

建筑物名称	工作门底板高程/m	工作门孔口尺寸/m	孔口数量	工作水头/m	泄流型式
岸边溢洪道	1685.0	12.5×17.5(弧形门)	2	16.5	堰流
中孔泄洪洞	1620.0	5.5×6(弧形门)	1	80.0	有压流
放空排沙洞	1565.0	4.5×6(弧形门)	1	129.0	有压流
生态放水孔	1500.0	φ1.6(锥形阀)	2	80.0	有压流

表 3 水库调洪演算成果(起调水位:汛限水位 1 694 m)

洪水频率/%	入库洪峰/(m ³ ·s ⁻¹)	出库流量/(m ³ ·s ⁻¹)	库水位/m	泄水建筑物下泄流量/(m ³ ·s ⁻¹)				下泄流量合计/(m ³ ·s ⁻¹)	备注
				岸边溢洪道	中孔泄洪洞	机组	放空排沙洞		
PMF	5474	4379	1701.5	3340	1039	0	0	4379	调洪、敞泄
P=0.1	3854	3854	1700.0	2895	959	0	0	3854	不调洪、控泄

以上两表的结果表明:泄水建筑物的总泄量满足泄洪要求,泄洪调度的安全性和灵活性高。泄水建筑物的孔口尺寸和工作水头及单宽流量均有工程实例,安全性较好,施工难度适中。

3 下游消能设计研究

3.1 消能方式选择

大石峡水利枢纽工程采用当地材料筑坝,上下游水位差达 220 m,左岸集中布置了溢洪道、中孔泄洪洞、放空排沙洞、生态放水孔及导流洞。如果下游采用底流消能方式,消力池工程规模巨大。根据设计规范,当泄水孔兼有冲沙功能时,不宜采用底流消能;同时,下游水垫深度较浅,也不宜采用面流消能或戽流消能方式。因此,大石峡水利枢纽工程的泄水建筑物宜采用挑流消能方式。

3.2 鼻坎位置及型式研究

大石峡的峡谷出口发育有区域性断裂带,区域性断裂上游为灰岩,岩石致密、坚硬,抗风化能力强;而区域性断裂下盘为弱胶结的砾岩夹砂岩、泥岩类,建基岩体条件较差。若泄水建筑物跨过区域性断裂带,泄槽向断裂带下游输送,将水流挑入主河道,则存在大跨度拱结构、超高速水流振动、超高速流范围大等技术问题、基础处理量大,投资较多。因此,泄槽及出口消能工不宜跨过区域性断裂带。

为使下泄水流顺畅归槽,减轻对河道的冲刷和淤积,通过整体水工模型试验,对岸边溢洪道、中孔泄洪洞和放空排沙洞的鼻坎进行了比较与选择,确定了各泄水建筑物的鼻坎型式^[5]。溢洪道左槽采用扩散鼻坎,右槽采用窄缝鼻坎;中孔泄洪洞采用窄缝鼻坎,放空排沙洞采用等宽鼻坎。

3.3 下游防护形式

受地形地质条件的限制,大石峡工程的泄水建筑物鼻坎远离主河道,挑流经预挖消力塘后再流向主河道。在工作闸门小开度开启、闸门刚开启或关闭的短时间内,挑流鼻坎下游受挑流水舌冲击、砸岸,因此泄水建筑物鼻坎下游需进行防护。据水工模型试验的下游冲淤情况,沿消力塘四周设置混凝土防冲墙,在鼻坎下游边坡设置了混凝土护板防护,即采取护岸不护底的防护形式。

4 泄水建筑物布置

(1) 溢洪道。溢洪道位于混凝土面板砂砾石坝左岸坝肩,采用两孔开敞式岸边溢洪道型式,由上游引渠、溢流堰、泄槽及挑流鼻坎段等部分组成,建筑

物全长约 398.5 m。

堰顶高程为 1 685.0 m,堰高 10 m,堰顶设一扇 12.5 m × 15 m(宽 × 高)平板检修闸门和两扇 12.5 m × 17.5 m(宽 × 高)弧形工作闸门。泄槽为两孔等宽的矩形断面,每孔宽 14 m,以中隔墙隔成两孔。为减少泄槽开挖、降低边坡高度,泄槽底板按变坡设计,纵坡分别为 0.25、0.40 和 0.65。泄槽末端接挑流鼻坎,左槽采用扩散鼻坎,反弧半径 40 m,挑角约 37°,左边墙外扩 8°,鼻坎顶高程 1 550.0 m;右槽采用窄缝鼻坎,收缩段长度 21 m,出口宽度 5 m,水平底板末端设 0.3 m 高的挑坎,鼻坎顶高程 1 543.75 m。挑流鼻坎下游为混凝土贴坡、联合消力塘和护岸。

岸边溢洪道的校核泄量为 3 340 m³/s,最大流速约 49.5 m/s;设计泄量为 2 895 m³/s,最大流速约 48.5 m/s。在溢洪道泄槽设置了 3 道掺气槽,掺气槽间距约 80 m ~ 90 m。溢洪道的堰闸段过流面采用 C2840 掺聚丙烯纤维混凝土,泄槽过流面采用 50 cm 厚的 C2855 掺聚丙烯纤维混凝土。

(2) 中孔泄洪洞。为减小开挖,中孔泄洪洞的进口与电站进水口并排布置。中孔泄洪洞由引渠段、进水塔、压力隧洞、工作闸室、无压隧洞、泄槽及挑流鼻坎段等部分组成,建筑物全长约 510 m。

泄洪洞进口采用岸塔式进水塔,底板顶高程 1 625.0 m,塔体总高 87 m。进水塔内设有一道平板检修闸门,孔口尺寸 6.5 m × 8.0 m(宽 × 高)。有压隧洞的标准断面为直径 7 m 的圆形断面。工作闸室布置在山体内,闸室底板顶高程 1 620.0 m,闸室内设置弧形工作门,孔口尺寸为 5.5 m × 6 m(宽 × 高)。工作闸室后为渥奇曲线连接的无压隧洞段,底坡为 0.448,无压隧洞及泄槽宽度为 6.5 m。无压隧洞段后采用泄槽连接窄缝鼻坎,窄缝鼻坎的上游段为反弧段,反弧半径 20 m;下游段长 10 m,挑角 5°,出口宽度为 3 m,鼻坎顶高程 1541.5 m。挑流鼻坎下游为混凝土贴坡、联合消力塘和护岸。

中孔泄洪排沙洞的校核泄量 1 039 m³/s,最大流速约 38.4 m/s;设计泄量 959 m³/s,最大流速约 37.9 m/s。在中孔泄洪洞的无压隧洞及泄槽设置 3 道掺气槽,掺气槽间距约 80 m。中孔泄洪洞有压洞全断面采用 C2845 HF 混凝土衬砌,无压洞及泄槽过流面采用 50 cm 厚的 C2855 掺聚丙烯纤维混凝土。

(3) 放空排沙洞。放空排沙洞进口位于中孔泄洪洞左侧,由进口盲洞、压力隧洞、工作闸室、泄槽及挑流鼻坎段等部分组成,总长约 578 m。

因放空洞工作闸门的最大挡水水头约 135 m,

运行水头也超过 120 m,工作闸门后采用突扩突跌型式。由于水头较高,工程处于高震区,放空排沙洞的进口采用塔井结合式:1 625 m 高程以上为塔体结构,1 625 m 以下为竖井结构。

检修闸门前设 93 m 长的盲洞段,盲洞段进口采用喇叭形进口,长 10 m,后接内径为 8.5 m 的压力隧洞段。进水塔底板顶高程为 1 625.0 m,塔体总高 87 m;塔基长 25 m,宽 13 m。下部竖井段高约 51 m,长 18 m,宽 11.5 m。为运行安全考虑,进水塔内设有一道平板检修门和一道平板事故门,孔口尺寸均为 6 m×8.5 m(宽×高)。

事故闸门后的有压隧洞标准断面的内径为 6.5 m。工作闸门室布置于山体内,闸室底板顶高程 1 565.0 m,闸室室内设置弧形工作门,孔口尺寸为 4.5 m×6 m(宽×高)。工作闸门出口采用突扩突跌型式,设 1 m 的跌坎,两侧突扩 0.5 m。闸室段后为无压隧洞,采用城门洞形断面,宽 5.5 m。无压隧洞由水平段、渥奇段和斜坡段组成。无压隧洞段后采用泄槽连接等宽鼻坎,鼻坎的反弧半径 30 m;挑角 36.86°,鼻坎顶高程 1 546.0 m。

放空排沙洞的最大泄量为 1 036 m³/s,泄槽段的最大流速为 44.8 m/s。在放空排沙洞的无压隧洞及泄槽设置 3 道掺气槽,掺气槽间距约 90 m。放空排沙洞的有压隧洞全断面采用 C2845 HF 混凝土衬砌,无压隧洞及泄槽过流面采用 50 cm 厚的 C2855 掺聚丙烯纤维混凝土。

放空排沙洞工作闸门后采用突扩突跌型式,水头高易空蚀破坏,因此,在进口闸室、出口工作闸室的混凝土表面采用了钢衬结构。

(4) 生态放水孔。由于生态放水孔的最大挡水水头达 200 m,闸门设计、建造和运行均超出目前最高水平,借鉴马来西亚巴贡水电站放水孔的设计经验^[6],大石峡水利工程生态放水孔的工作阀门采用锥形阀,下游采用消能罩的型式,在锥形阀的上游侧布置球阀作为事故检修阀门。

生态放水孔由过坝交通洞改建而成,进洞口位于上游围堰前,工作阀室位于防渗帷幕附近。采取“接力赛”的开启运行方式,以降低库水位。生态放水孔的最高运行水头 80 m,最大泄量 106 m³/s,设置 2 个孔口,既可同时开启也可单独运行。球阀直径 2.4 m,锥阀直径 1.6 m,消能罩最大直径 4.5 m。

(5) 下游消能区防护。为使下泄水流顺畅归槽且减轻对河道的冲淤,下游消能区采用预挖的联合消力塘,即将溢洪道、中孔泄洪洞和放空排沙洞的下游两消能区之间岩体均开挖至 1 475 m,对各鼻坎下

游开挖边坡采用钢筋混凝土贴坡防护,贴坡厚度 1 m,坡脚设 10 m 深、5 m 宽的混凝土防冲齿槽。

5 水工模型试验验证

经过 1:100 比尺的整体水工模型试验模拟,对泄水建筑物的体型进行了测试、验证和优化,主要结论^[5]如下:

(1) 水流流态。各种运行工况下,溢洪道进口流态平稳,出流均匀,横向水面差较小。中孔泄洪洞的进口无旋涡,泄槽内水深沿程变化不大,横向分布均匀。放空排沙洞在出口渥奇段附近,边墙有较明显水翅。电站进水口前水面平稳,无吸气漩涡。

(2) 压强、流速等水力参数。泄水建筑物各部位压强分布正常,压强值基本为正压,仅溢洪道堰顶在校核洪水工况出现较小负压,压强值为 -0.15×9.81 kPa。

溢洪道在校核洪水工况流速最大,流速沿程增大,最大流速范围为 10.8 m/s ~ 49.5 m/s。中孔泄洪洞在校核洪水工况流速最大,闸室末端最大流速 35.1 m/s,泄槽末端最大流速 38.4 m/s,窄逢鼻坎出口最大流速 38.2 m/s。放空排沙洞的闸室末端最大流速 43.7 m/s,泄槽末端最大流速 44.8 m/s。

溢洪道泄槽末端的最小空化数为 0.09,中孔泄洪洞泄槽末端的最小空化数为 0.12,放空排沙洞的最小空化数为 0.14。泄水建筑物的水流流速高、空化数较低,需设置掺气减蚀设施。

(3) 下游消能区的冲淤。下泄设计洪水时,冲坑最深点距溢洪道鼻坎 240 m,坑底高程为 1 459 m,最大冲坑深 16 m;消能区左侧最深冲坑底高程 1 464 m,冲坑深 11 m;中孔泄洪洞下游最深冲刷至 1 461.5 m,冲坑深 13.5 m。下游最高淤积至 1 484 m,距溢洪道鼻坎 400 m。

下泄百年一遇洪水时,消能区的冲坑最深点距溢洪道鼻坎 215 m,坑底高程为 1 454.5 m,冲深 20.5 m。对左岸无冲刷,下游最高淤积至 1 483 m,距溢洪道鼻坎 350 m。

(4) 下游消能区的流态与衔接。下泄设计洪水时,溢洪道左槽水舌横向扩散,挑距为 203 m;右槽水舌纵向拉开,挑距为 225 m。冲坑下游有较大范围的淤积体,淤积体上水流向上下游方向扩散,最大流速 6.3 m/s。中孔泄洪洞的水舌左侧流速约 5.1 m/s,下游河道转弯处及以下最大流速 3.5 m/s。河道上游侧有较大范围的回流,右岸边主流回流流速 2 m/s,局部回流流速 4.8 m/s。

(下转第 210 页)

(上接第 187 页)

下泄百年一遇洪水时,溢洪道左槽挑距 165 m,右槽挑距 197 m。冲坑下游有淤积体,淤积体上水流向河道上下游方向扩散,最大流速 5.6 m/s。下游河道转弯处及以下主流偏右,流速较小。河道上游侧回流范围较小,最大回流流速 2.9 m/s。中孔泄洪洞的水舌左侧最大回流流速为 4.2 m/s。

6 结 语

大石峡水利枢纽工程的泄水消能建筑物具有运用复杂、水头高、流速高、消能难、布置难等特点。结合主体建筑物布置、运用要求、水文及地形地质等条件,为满足工程开发任务,经方案比较、详细论证和研究,大石峡水利枢纽工程的泄水及引水发电系统集中于凸岸布置,泄水建筑物由岸边溢洪道、中孔泄洪洞、放空排沙洞及生态放水孔组成,下游设置“护岸不护底”的联合消力塘。整体水工模型试验表明,泄水消能建筑物布置合理,运行安全可靠。

参考文献:

- [1] 李学强,卞全,蒙振国,等.新疆大石峡水利枢纽工程可行性研究报告 5 工程布置及建筑物[R].西安:中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司,2015:160-320.
- [2] 万宗礼,沈启香,何晓东,等.新疆大石峡水利枢纽工程可行性研究报告 3 工程地质[R].西安:中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司,2015:81-120.
- [3] 卞全,王亚娥,安永奇,等.新疆大石峡水电站工程泄洪消能专题报告[R].西安:中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司,2014:30-102.
- [4] 中华人民共和国水利部.混凝土面板堆石坝设计规范:SL228-2013[S].北京:中国水利水电出版社,2013.
- [5] 梁宗祥,马振海.新疆大石峡水利枢纽工程可行性研究阶段枢纽整体水工模型试验报告[R].杨凌:西北农林科技大学,2016:18-52.
- [6] 卞全.锥形阀及消能室在巴贡水电站放水孔的泄洪消能运用[J].水利水电工程设计,2012,31(3):12-15.