

# 工程截流裹头设计及防护

张杰, 廖雯, 陈荣

(中国水利水电第十二工程局有限公司, 浙江 杭州 310004)

**摘要:**拉哇水电站工程截流采用单戗宽戗堤从左向右单向进占立堵截流, 截流戗堤宽度为 40 m, 龙口布置于右岸, 右岸戗堤堤头稳定与否, 直接关系到工程截流的成败。针对电站河床深厚软弱覆盖层、地层抗冲能力弱的特点, 裹头采用大块石、特大块石、钢筋石笼联组结构防护措施, 取得了良好的效果。本文主要对工程截流前右岸戗堤裹头设计及防护进行简述, 供类似工程参考。

**关键词:**水电站; 截流; 裹头; 设计; 防护

**中图分类号:** [TM622]; TV551.2; TB21

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2022)03-0015-03

## Design and Protection of Closure Wraps

ZHANG Jie, LIAO Wen, CHEN Rong

(Sinohydro Bureau 12 Co., LTD, Hangzhou, Zhejiang, 310004)

**Abstract:** River closure in Lawa Hydropower Station is realized through vertical occupation of single wide embankment and blocking from left to right bank. The closure embankment is 40m in width and the closure gap is arranged on the right bank, so the stability of the embankment head on the right bank is directly related to the successful closure of the project. In view of the characteristics of deep and weak overburden in the riverbed and the low anti-scour capacity of the stratum, large boulders, extra-large boulders together with reinforced gabions are used for protection of the head wraps, and good results have been achieved. This paper briefs the design and protection of the closure wraps on the right bank of the river before closure, and the experience accumulated can be referenced by similar projects.

**Key words:** hydropower station; river closure; wrap; design; protection

## 1 概述

拉哇水电站位于金沙江上游, 左岸为四川省甘孜藏族自治州巴塘县拉哇乡, 右岸为西藏昌都自治州芒康县朱巴笼乡, 是金沙江上游 13 级开发方案中的第 8 级, 总装机容量 2 000 MW, 水库正常蓄水位 2 702 m。

工程截流标准采用 10 年一遇 11 月平均设计流量  $Q=639 \text{ m}^3/\text{s}$ , 对应截流戗堤挡水水位 2 548.193 m, 戗堤堤顶高程 2 550 m。截流戗堤施工区河道为深厚软弱堰塞湖相沉积形成的覆盖层, 工程性状差, 覆盖层厚度 65~68 m。白格堰塞湖溃堰洪水过后, 坝址区河床平均降低 1~2 m, 表层  $Q^{0.1-5}$  砂卵石层抗冲能力差。

截流中, 裹头是合龙前保护戗堤端头的防护结构, 也是保护戗堤龙口的重要措施, 防止截流过

程中水流冲刷造成龙口坍塌, 为工程顺利截流提供保障。工程采用单戗宽戗堤从左向右单向立堵的截流方式, 将截流材料从龙口左端向右端抛投进占, 逐渐束窄龙口, 直至全部截断<sup>[1]</sup>。为保证右岸堤头及边坡稳定, 在合龙前, 采用大块石、钢筋石笼等对右岸堤头及戗堤上下游约 23 m 范围的边坡进行全面防护。工程截流期间, 龙口右岸戗堤水下抛投的大块石虽出现轻微脱空现象, 但钢筋石笼整体稳定, 为电站安全、高效合龙奠定了坚实的基础。

## 2 裹头设计及防护

### 2.1 裹头设计原则

在流量为  $Q=639 \text{ m}^3/\text{s}$  进行模型试验。在  $Q=639 \text{ m}^3/\text{s}$  工况下, 工程截流龙口落差达 9.41 m、龙口最大流速达 11.30 m/s、堤头上挑角最大

流速超过 3.56 m/s、戽堤轴线平均流速 2.52 m/s、戽堤轴线水深超过 8.34 m,最大龙口水流单位功率达 79.39 t·m/s·m。模拟抛投进占过程中,在龙口宽 23 m 和 10 m 时,戽堤轴线处的最大流速分别达 7.85 m/s 和 8.66 m/s。预进占阶段未改变天然河道的主流行进方向,龙口及附近水流平顺。截流期间,戽堤裹头处的抛投料受水流扰动和冲刷影响,存在少量抛投料被水流卷走,长时间冲刷后裹头局部存在坍塌的现象。当采用粒径 0.5 m 左右的块石对裹头进行保护后,裹头和下游侧戽堤堤头各处均未出现流失和坍塌现象。在龙口宽度小于 44 m 时,戽堤渗透流量和流速增大,戽堤下游侧受右侧凸出山体影响,高流速对戽堤下挑角形成冲刷,进占过程中戽堤下挑角受渗透和冲刷间歇性发生坍塌<sup>[2]</sup>。

鉴于截流模型试验成果,工程截流前需要对右岸戽堤进行裹头保护。裹头设计原则如下:

(1)防止堤头被冲溃坍塌,裹头满足截流时水流冲刷要求;

(2)裹头防护材料粒径大于 0.5 m;

(3)适当扩大裹头保护范围,防止截流戽堤下游发生坍塌;

(4)戽堤下裹头受淘刷更为严重,要加强防护;

(5)裹头的坡比经修正后不陡于 1:1.3<sup>[3]</sup>;

(6)裹头防护材料能在当地方便获取。

## 2.2 裹头设计

### 2.2.1 裹头防护抛头体直径、重量估算

裹头防护抛头体直径及质量计算采用经验公式估算:

$$d = \left( \frac{v_{max}}{k \sqrt{2g \frac{\rho_m - \rho}{\rho}}} \right) \quad (1)$$

$$W = \frac{\pi}{6} d^3 \rho_m \quad (2)$$

式中  $d$  为抛头体粒径,折算成圆球体的直径(m); $v_{max}$  为龙口平均流速(m/s),2.52 m/s; $k$  为综合稳定系数,取 1.02; $g$  为重力加速度(m/s<sup>2</sup>),9.8 m/s<sup>2</sup>; $\rho_m$  为抛头体的密度(t/m<sup>3</sup>),块石取 2.7 t/m<sup>3</sup>; $\rho$  为水的密度(t/m<sup>3</sup>),1 t/m<sup>3</sup>; $W$  为抛头体重量(t)。

安全系数为 1.2~1.8,裹头防护抛头体直径 0.5~0.8 m,裹头防护抛头体重量 0.18~0.73 t。

### 2.2.2 裹头材料及防护范围

工程截流裹头防护采用大块石( $D=0.5\sim 0.8$  m)、特大块石( $D\geq 1$  m)、钢筋石笼等三种主要材料。钢筋石笼尺寸为 2 m×1 m×1 m(长×宽×高),石笼主次筋均采用 C20 mm 钢筋。钢筋网格间距 20 cm,采用焊接连接。钢筋石笼内码放块石,周边块石粒径不小于 30 cm,内部充填密实,岩块饱和抗压强度不小于 30 MPa。

裹头防护范围为右岸戽堤堤头及上下游约 23 m 范围内。龙口右岸戽堤裹头布置见图 1。

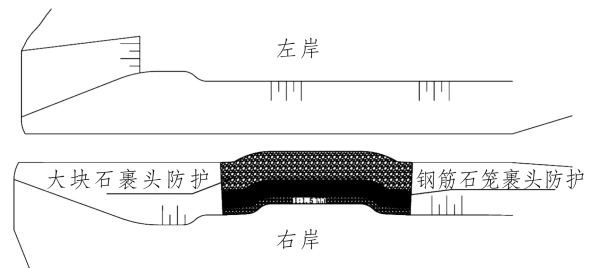


图1 龙口右岸戽堤裹头布置示意图

### 2.2.3 裹头结构

戽堤裹头采用大块石、特大块石及钢筋石笼联组结构。其中,戽堤护脚采用块径 0.5~0.8 m 大块石防止截流中河床被淘刷;水位变幅区以下护坡部分采用块径 0.8 m 以上的特大块石;水位变幅区以上采用 2 m×1 m×1 m 钢筋石笼防护,防护厚度 4 m。右岸戽堤裹头防护横断面图见图 2。

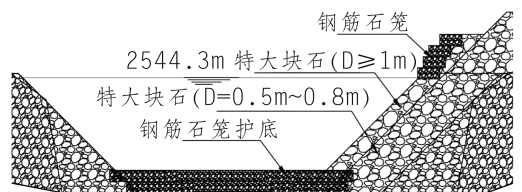


图2 右岸戽堤裹头防护横断面图

## 2.3 裹头防护施工

(1)裹头防护施工工艺流程:右岸戽堤预进占→河床护底→戽堤水下护脚→水位变幅区以下特大块石防护→水位变幅区以上戽堤补填、钢筋石笼裹头防护。

(2)裹头防护施工工艺。①右岸戽堤部位先采用反铲挖掘机在 2 544.5 m 高程戽堤平台抛填

大块石进占 5 m, 作为戽堤裹头护脚及初期防护, 施工从戽堤上游端头部位开始, 所采用的大块石的直径必须符合设计要求; ②河床护底, 根据龙口水位、水流流速、水面宽度、河床高程及钢筋石笼尺寸、重量等特性, 钢筋石笼采用 75 t 汽车吊吊放, 钢筋石笼从下游向上游分层安放, 两岸安排测量人员采用拉标尺线的方式进行精确放样、定位; 护底钢筋石笼安放时, 汽车吊机停放在 2 544.5 m 高程戽堤预进占平台, 钢筋石笼吊索与汽车吊挂钩间设置自动脱钩装置, 确保精确安放、安全施工; ③河床护底完成, 对右岸戽堤水位变幅区以下坡面采用反铲挖掘机抛投特大块石加强裹头防护, 防护厚度至少 2 m, 特大块石裹头修坡坡比不能大于 1 : 1.3, 保证裹头防护自身的稳定; ④对右岸戽堤水位变幅区以上部位补填至高程 2 550 m, 每填筑一层、整平一层, 钢筋石笼防护一层; 钢筋石笼防护厚度 4 m, 人工配合 75t 汽车吊机采用“一丁一顺”法摆砌, 每层钢筋石笼外侧均采用钢丝绳进行铰接, 钢筋石笼顶部采用 C25 mm 钢筋焊接成整体结构。

据统计, 在我国已完成的截流工程中, 只有极个别工程出现了实际来流量大于设计流量的情况<sup>[3]</sup>。为保障截流安全, 在戽堤右岸多准备一部分大块石、钢筋石笼, 作为裹头防护的应急措施, 裹头有被冲毁迹象时, 及时采取加强裹头防护等措施, 特殊情况将 3~4 块大块石串联在一起, 用推土机推入水中作为裹头临时防护。

### 3 实施效果

工程安排在 2021 年 11 月 27 日上午 10 时开始截流。截流期间, 随着戽堤进占、龙口宽度逐步缩窄, 右岸裹头并未出现塌陷。当龙口宽度缩窄到 30 m、戽堤上下游水位落差 6.46 m、流速 7.57 m/s 时, 抛填进入最困难期, 右岸戽堤下挑角裹头

水下部分大块石出现轻微脱空, 但因钢筋石笼仍保持整体稳定, 未发生下沉和塌陷。在历经 12 h 连续、高强度抛投后, 电站于 2021 年 12 月 27 日 21 时 58 分成功截流。

### 4 结 语

大型水电工程的截流过程十分复杂, 截流实施结果与原计划存在一定的差距。在裹头设计时, 考虑河床深厚软弱覆盖层的存在, 在使用传统经验公式计算的基础上, 利用截流模型试验确定边界条件, 裹头防护采用大块石、特大块石、钢筋石笼联组结构防护措施。截流过程中, 随着龙口宽度的束窄, 龙口最大流速的位置向龙口下游偏移, 深厚软弱覆盖层的存在导致右岸戽堤下挑角裹头水下部分大块石出现轻微脱空情况, 由于截流前准备的大块石、钢筋石笼充分, 设计科学, 使险情并未发生, 且取得良好效果, 可为类似工程截流裹头防护参考借鉴。

### 参考文献:

- [1] 水利水电工程施工导流设计规范[S]. SL 623-2013.
- [2] 曾少岳, 杨晟. 金沙江上游拉哇水电站截流模型试验报告(施工图阶段)[R]. 湖南长沙: 中南勘测设计研究院有限公司, 2021-10.
- [3] 水利水电工程截流施工技术规范[S]. DL/T 5741-2016.
- [4] 水利水电工程施工组织设计规范[S]. SL 303-2017.
- [5] 王智娟, 周赤, 宛良朋, 等. 深厚覆盖层河床截流问题探讨——以乌东德水电站截流模型试验研究为例[J]. 水利与建筑工程学报, 2021, (5): 64-66.
- [6] 范巍. 西藏尼洋河多布水电站工程截流设计[J]. 西北水电, 2015, (3): 65-67.

### 作者简介:

- 张 杰(1995-), 男, 四川广安人, 助理工程师, 学士, 从事质量管理工作;
- 廖 雯(1995-), 女, 四川广安人, 助理工程师, 学士, 从事工程技术工作;
- 陈 荣(1999-), 男, 甘肃天水人, 学士, 从事工程技术工作。

(责任编辑: 卓政昌)

(上接第 14 页)

- [5] 周亚男, 乔勋. 基于逆向工程的三维激光扫描点云数据滤波方法[J]. 激光, 2021, 42(9): 170-174.

### 作者简介:

李 航(1994-), 男, 四川成都人, 助理工程师, 华北水利水电大学能源与动力工程专业本科毕业, 从事水电站施工基建工作;

- 阚思蒙(1995-), 男, 四川成都人, 上海电力大学环境工程专业本科毕业, 从事水电站施工基建工作;
- 李茂杉(1995-), 男, 四川简阳人, 苏州大学机械工程专业研究生毕业, 从事水电站施工基建工作;
- 宿 科(1995-), 男, 四川乐山, 西华大学动力工程及工程热物理专业研究生毕业, 从事水电站维护及故障诊断工作。

(责任编辑: 卓政昌)