硬梁包水电站导流明渠布置方案研究

白学超[1]， 黄志鸿[1]， 梁存绍[2]， 邵 帅[1]
（1. 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，四川 成都 610072；2. 四川华能泸定水电有限公司，四川 泸定 626100）

摘 要：硬梁包水电站采用明渠导流，工程分三期施工的导流方案。为节约工程投资，同时减小明渠出口下游冲刷，将导流明渠底宽确定为 60 m。导流明渠出口流速大，最大流速达 11.65 m/s，而明渠基础及下游河道为深厚覆盖层，抗冲能力弱，动床模型试验表明：明渠出口冲坑最深达 20.4 m，研究采用框格式地连墙的防护方案，解决明渠出口及下游防冲刷问题。

关键词：硬梁包水电站；导流明渠；深覆盖层基础；明渠布置
中图分类号：TV551.1+1 **文献标识码**： B **文章编号**：1001-2184(2023)01-0097-04

Research on Layout Scheme of Open Diversion Channel in Yingliangbao Hydropower Project

BAI Xuechao[1], HUANG Zhihong[1], LIANG Cunshao[2], SHAO Shuai[1]
(1. PowerChina Chengdu Engineering Co., Ltd, Chengdu Sichuan 610072;
2. Sichuan Huaneng Luding Hydropower Co., Ltd., Luding Sichuan 626100)

Abstract: The diversion scheme of open diversion channel and three-phase construction of the project is adopted for Yingliangbao Hydropower Station. In order to save project investment and reduce the downstream scouring at the outlet of the open diversion channel, the bottom width of the open diversion channel is determined to be 60 m. The flow velocity at the outlet of the open diversion channel is large, and the maximum flow velocity is up to 11.65 m/s. The foundation of the open diversion channel and the downstream river channel are deep overburden layers, and the anti-scour capacity is weak. The movable bed model test shows that the scour pit at the outlet of the open channel is up to 20.4 m deep. The protection scheme of the frame type diaphragm wall is needed to solve the anti-scour problems at the outlet and downstream of the open diversion channel.

Key words: Yingliangbao Hydropower Station; Open diversion channel; Deep overburden foundation; Channel layout

1 概 述

硬梁包水电站位于四川省甘孜藏族自治州泸定县境内，为四川省大渡河干流最新规划 28 级方案的第 14 级电站，上游为泸定水电站，下游梯级衔接大岗山水电站。闸（坝）址处距上游泸定县城约 25 km，距下游石棉县城约 90 km，距成都市约 300 km。

电站开发任务以发电为主，采用引水式开发，为二等大（2）型工程。水库正常蓄水位为 1 246.00 m，相应库容 2 075.4 万 m^3，调节库容 826 万 m^3，具有日调节性能。电站装机容量 1 080 MW，生态电站装机容量 36 MW。首部枢纽采用“侧向进水，正向冲砂泄洪”的布置形式，由混凝土闸坝、混凝土面板堆石坝、岸边进水口、生态电站及鱼道等建筑组成[1]。

收稿日期：2022-08-05

2 施工导流规划

根据坝址处水文地质条件，结合枢纽布置方案，采用全年挡水围堰，右岸明渠过流的导流方式。导流程序分为三期：一期进行右岸导流明渠施工，期间原河床过流；二期主河道截流，进行二期主基坑施工，期间由导流明渠过流；三期导流明渠截流，进行右岸混凝土面板坝施工，由已完工的闸坝泄流。

3 导流明渠布置研究

3.1 导流明渠地形地质条件

硬梁包水电站闸（坝）址区河谷较开阔，呈“U”型，河流纵坡为 5.8‰左右相对较缓。闸（坝）址区河谷谷底宽 400～500 m，枯水期河面高程约 1 218.00 m，河水面宽 95 m 左右。现代主河道偏

左岸，左岸漫滩和阶地不发育。右岸为漫滩和Ⅰ级阶地，宽约 300 m，分布高程 1 220～1 229 m。闸（坝）址区谷底及岸坡基岩主要为花岗岩，左岸上、下游区域均分布有块碎石土覆盖层，地形坡度 35°～40°；右岸岸坡高程 1 236 m 以上以花岗岩基岩出露为主，坡度为 35°～40°。

导流明渠区域覆盖层层次结构自上而下分为 5 层，其中第②层又分为两个亚层，中上部的②－2 层及底部的②－1 层。第⑤、③、①层为含漂砂卵砾石粗粒土层；第④、②层为粉质黏土、粉土及中细砂细粒土层。

导流明渠基础主要持力层为⑤层、④层。受河床地形、④层顶板起伏变化影响，基础下⑤层厚度变化较大：上游段⑤层厚度一般 4～10 m，局部见砂层透镜体，④层厚度约 10 m，发育细砂、中细砂透镜体；下游段⑤层厚度一般 2～4 m，局部见砂层透镜体，④层厚度约 10 m，发育细砂、中细砂透镜体。

3.2　导流明渠底宽

根据《水电工程施工组织设计规范》[2]及《水电工程施工导流设计规范》[3]，硬梁包水电站导流明渠建筑级别为 4 级临时建筑物，采用 20 年一遇的洪水标准设计，相应设计流量为 5 510 m^3/s。考虑工程施工导流具有大流量、窄河道和深覆盖层基础的特点，参考类似工程经验[4]，设计阶段拟定了明渠底宽 60 m 及 80 m 两个方案研究比较。

结合水工模型试验，不同底宽导流明渠出口及下游河道水力特性值见表 1。

表 1　不同底宽导流明渠出口及下游河道水力特性值（Q＝5 510 m^3/s）

明渠过流底宽 /m	明渠出口最大流速 /m·s^{-1}	下游河道右岸最大流速 /m·s^{-1}	下游围堰前最大流速 /m·s^{-1}	明渠出口最大贴壁冲深点高程 /m	下游河道右岸最大贴壁冲深点高程 /m	下游河道最大冲深点高程 /m	下游河道冲坑最深点距明渠出口距离 /m
60	11.65	7.54	2.05	1 195.6	1 208.4	1 193.1	35
80	10.39	6.70	2.1	1 202.6	1 207.6	1 195.5	32

从表 1 可以看出，导流明渠底宽 60.00 m 和 80.00 m 方案均可行，导流明渠底宽由 60.00 m 增至 80.00 m 后，导流明渠水力学指标相差不大，出口消能防冲措施方案也无改变。但随着明渠宽度增加，导流明渠直接投资增加约 2 600 万元，综合水力学条件与工程投资等因素，最终选定导流明渠底宽 60 m 方案。

3.3　明渠布置方案

根据导流明渠进出口段河床地形及水文条件、考虑截流难度、明渠施工条件等因素，并尽可能使明渠进出口段与天然河道平顺衔接，减小明渠出口冲刷和对下游围堰迎水面、下游河床右岸台地的淘刷，设计阶段明渠断面形式、明渠底宽、明渠轴线、进出口位置及高程、纵坡等进行了研究比较，拟定了四种导流明渠布置形式进行研究，并通过模型试验验证明渠布置的合理性。

方案一：导流明渠过水断面主要为直角梯形，左侧为直立挡墙，右侧为 1∶1 贴坡挡墙，明渠底宽 60.0 m。明渠进口底板高程为 1 221.00 m，出口底板高程为 1 218.00 m，底坡 0.76%。

方案二：在方案一的基础上进行了调整，明渠轴线顺时针偏转约 1°，进口偏向河中心，出口偏向岸边；明渠进口段底高程由 1 221.00 m 降至 1 220.00 m，出口段底高程由 1 218.00 m 降至 1 217.00 m。

方案三：较方案一，方案三的明渠轴线往右岸移 10～30 m。明渠进口 100 m 底板高程为 1 220.00 m，之后降至 1 214.00 m，渠身段为平坡；渠身段两侧边墙均改成贴坡型式，坡度为 1∶1.5；出口段采用圆弧边墙；下游围堰位置上移约 65 m，与方案一相同。

方案四：明渠轴线同方案三，明渠进口底板高程 1 220 m，出口底板高程 1 216 m，明渠轴线长 656.64 m，底坡为 8.31‰。渠身段两侧边墙均改成贴坡型式，坡度为 1∶1.5；出口段采用圆弧边墙。

通过四个方案的水力学模型试验，在明渠轴线布置、进出口高程、进出口流态、渠身流态、出口冲刷和出口水流对下游围堰及右岸台地的淘刷影响等方面进行了反复研究比较，最后拟定了流态较好、出口冲刷相对较轻、对下游围堰堰面淘刷相对较弱的方案四作为该阶段导流明渠布置的推荐方案。

3.4　明渠结构设计

导流明渠布置于右岸滩地，底宽 60 m，采用梯形断面，轴线长 656.64 m。底板高程在明渠桩号 0＋000.000 上游为 1 220.00 m，0＋000.000

～0＋481.110 由 1 220.00 m 渐变至 1 216.00 m，底坡 8.31‰。明渠两侧边墙均为混凝土贴坡式，坡度 1∶1.5，明渠两侧边墙由于开挖坡高不足部位，先进行局部土石堆筑压实后再贴坡浇筑混凝土板，明渠边墙厚度 1 m，底板厚度 1.5 m，导流明渠结构典型断面见图 1。

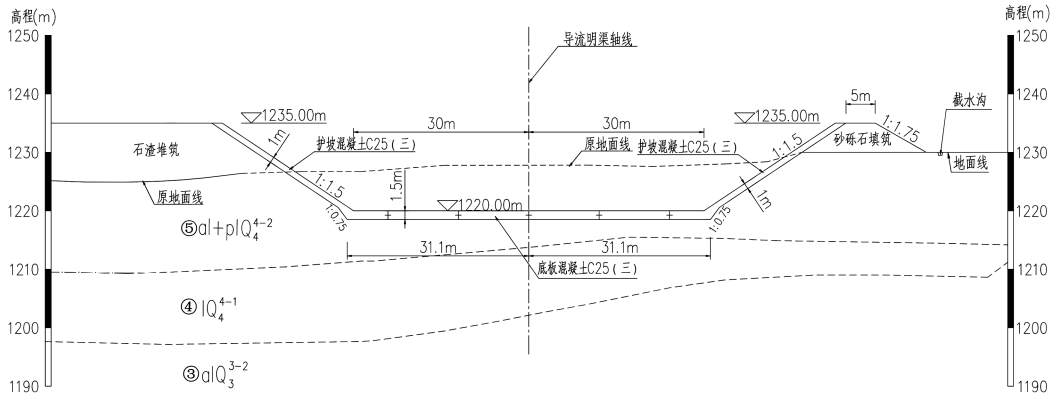

图 1　导流明渠结构典型断面

4　明渠出口及下游防护研究

4.1　明渠出口及下游基本情况

硬梁包水电站导流明渠出口覆盖层深厚，粒径较小，防冲能力弱。明渠出口下游右岸有居民区和耕地，出口下游 235 m 为德威大桥。为避免导流明渠出口水流对明渠底板基础、下游右岸耕地居民区及德威大桥的冲刷破坏，必须研究明渠出口底板基础防冲刷措施。下游左岸边坡基岩出露，可不进行工程防护。

4.2　出口及下游模型试验情况

经模型试验研究表明：明渠出口主流基本位于河心，下游河道左、右两岸岸边流速不大，附近河床冲刷较轻，但由于下游河道覆盖层颗粒较细，明渠出口主流区域内的河床冲刷较深。设计流量 5 510 m^3/s 时，明渠出口最大流速为 11.65 m/s，下游河道最大冲深点高程为 1 193.1 m，位于河道中心，距明渠出口约 40 m。设计流量下明渠出口及下游河道流场分布见图 2。

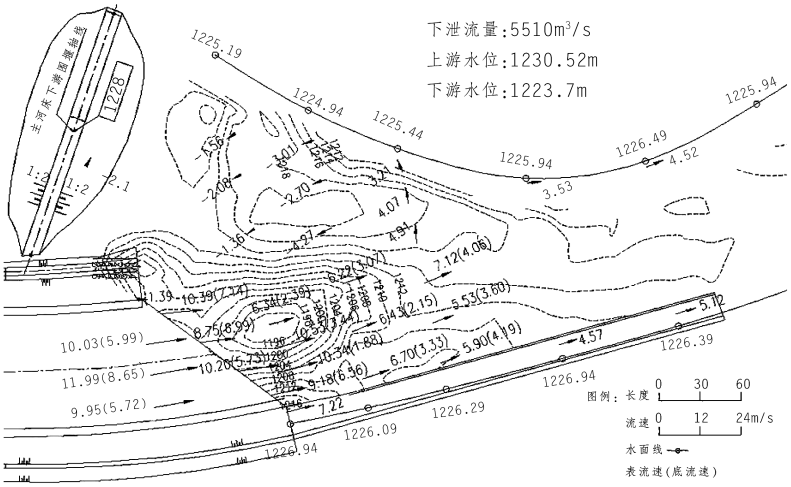

图 2　设计流量下明渠出口及下游河道流场分布图(Q＝5 510 m^3/s)

4.3　防护方案

结合模型试验结果，参考类似已建工程的成功经验[5]，在导流明渠出口处布置框格式混凝土地下连续墙进行防护，连续墙盖板厚度 2 m、两排连续墙间距 12 m，地框墙深度 30 m，采用桩墙连接，墙厚 1 m，桩径 2 m。同时为防护出口下游右岸岸坡及德威大桥，沿导流明渠出口右边墙下游 50 m 范围内布置框格式地下连续墙，结构形式同明渠出口地连墙，并与明渠出口地连墙连接，上接混凝土面板护坡；明渠出口右边墙下游 50 m 范

围以下至德威大桥桥头，采用单排混凝土防淘墙＋岸坡混凝土面板防护。地框墙结构参数与明渠出口地连墙相同，混凝土防淘墙厚 1 m，深 30 m，护坡混凝面板厚 0.5 m。导流明渠出口及下游防护布置见图 3。

5　结　语

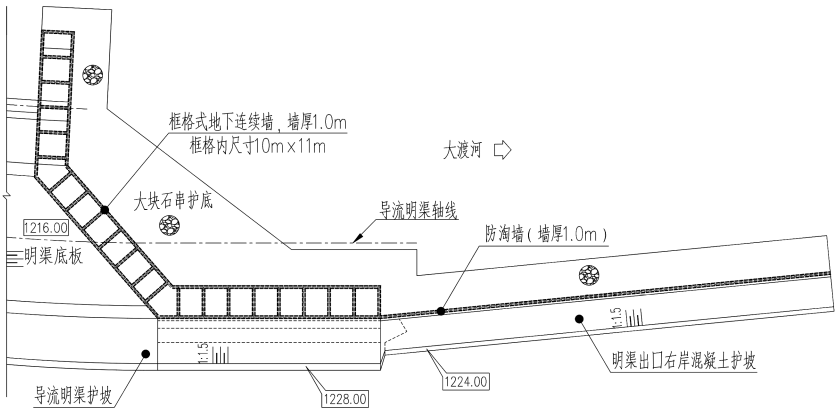

图 3　导流明渠出口及下游防护布置图

（1）硬梁包水电站采用三期导流方案，在河床右岸布置导流明渠。经综合研究比较，大流量、窄河道和深覆盖层基础特点下，明渠宽度从 60 m 增至 80 m，导流工程量及投资增加较大，但出口水力学指标及下游河道冲深却无改善，最终导流明渠底宽选定为 60 m。

（2）导流明渠出口流速达 11.65 m^3/s，出口及下游冲刷严重，为保障明渠出口及下游的稳定，研究采用了框格式混凝土地下连续墙防护方案。该方案作为一种基础处理方案在工民建行业已有成熟的设计、施工经验，有效地解决了明渠出口及下游防冲刷问题。

（3）目前硬梁包水电站导流明渠已投入运行，运行状况整体较好。硬梁包水电站在大流量、窄河道和深覆盖层基础的特点下，导流明渠规模及布置方案、出口冲刷防护方面研究取得的宝贵工程经验可供类似工程提供借鉴。

参考文献：

[1] 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司硬梁包水电站可行性研究报告[R]. 报告编号：CD410 KX-13-9(1)，2014.
[2] 水电工程施工组织设计规范[S].
[3] 水电工程施工导流设计规范[S].
[4] 陈义军，任金明，吕国轩. 龙开口水电站导流明渠设计[J]. 大坝与安全. 2014，(5)：24-25.
[5] 雷运华，黄勇. 桐子林水电站框格式地下连续墙设计研究[J]. 黑龙江水利科技. 2013，41(3)：1-4.

作者简介：

白学超（1993-），男，四川成都人，中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，工程师，学士，从事水利水电工程施工组织设计工作；

黄志鸿（1994-），男，福建宁德人，中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，助理工程师，硕士，从事水利水电工程施工组织设计工作；

梁存绍（1974-），男，四川成都人，四川华能泸定水电有限公司，高级工程师，学士，从事水电工程建设管理工作；

邵　帅（1993-），男，湖南株洲人，中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，工程师，硕士，从事水利水电工程施工组织设计工作.

（责任编辑：吴永红）

（上接第 59 页）

[5] 中国电力企业联合会 GB50766-2012 水电水利工程压力钢管制作安装及验收规范[S]. 北京：中国计划出版社，2012.

作者简介：

冷秋飞（1974-），男，四川仁寿人，四川华能泸定水电有限公司，高级工程师，学士，从事水电站机电和金属结构施工管理及水电站安全生产管理工作；

杨　辉（1971-），男，甘肃宁县人，四川华能泸定水电有限公司，高级工程师，学士，从事水电工程机电项目管理及水电站安全生产管理工作；

于青坤（1981-），男，辽宁大连人，四川华能泸定水电有限公司，高级工程师，注册安全工程师，硕士，从事电站安全生产管理；

丁　果（1985-），男，重庆九龙坡人，四川华能泸定水电有限公司，高级工程师，硕士，从事电站安全生产管理工作；

刘　亮（1984-），男，内蒙古通辽人，四川华能泸定水电有限公司，工程师，学士，从事水电站机电设备生产准备、检修维护工作.

（责任编辑：吴永红）