

硬梁包水电站截流规划设计

彭 峥¹, 闫生存², 邵 帅¹, 王祥峰¹, 邱鸿志²

(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:硬梁包水电站截流流量较大,且受上游泸定水电站发电影响明显。文章通过水力学计算并经模型试验验证,对截流标准、截流时段、截流方式、戗堤布置、龙口分区和截流备料等方面进行了设计。电站于 2021 年 11 月 6 日成功合龙截流,证明截流设计取得了理想的成果。

关键词:硬梁包水电站;截流;规划设计

中图分类号:TV551.2 文献标识码: B 文章编号:1001-2184(2023)01-0113-04

Planning and Design of River Closure in Yingliangbao Hydropower Station

PENG Zheng¹, YAN Shengcun², SHAO Shuai¹, WANG Xiangfeng¹, QIU Hongzhi²

(1. PowerChina Chengdu Engineering Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610072;

2. Sichuan Huaneng Luding Hydropower Co., Ltd., Luding Sichuan 626100)

Abstract: The closure flow of Yingliangbao Hydropower Project is relatively large and is remarkably influenced by the upstream Luding Hydropower Station. According to hydraulic calculation and model test, this paper presents the design of closure standards, closure time, closure method, dike layout, closure zoning and material preparation. The design conclusion is justified by the successful implementation of river closure on November 6, 2021.

Key words: Yingliangbao Hydropower Station; Closure; Planning and design

1 工程概况

硬梁包水电站位于四川省甘孜藏族自治州泸定县境内的大渡河干流上,上游为泸定水电站,属二等大(2)型工程,采用混凝土闸坝和面板堆石坝+左岸引水系统+地下厂房的枢纽总布置方案。电站采用引水式开发,总装机容量 111.6 万 kW,与上游双江口水库联合运行多年平均年发电量 51.42 亿 kW·h,枯水期电量 10.66 亿 kW·h,枯水年枯期平均出力 24.7 万 kW。

首部枢纽施工采用截流前围堰挡水、束窄的原河床过水,截流后围堰断流、明渠过水的分期导流方式,主体建筑物分两段三期施工。一期在明渠进、出口全年围堰保护下主要施工右岸导流明渠,由束窄的原河床过流;二期在主河床上、下游全年围堰保护下施工闸坝,由右岸导流明渠过流;三期在明渠上、下游枯期封堵围堰保护下完成明渠改建,由已建完闸坝段过流。根据导流程序安排,工程要求于 2021 年 10 月下旬至 11 月上旬择

期进行二期大江截流。

2 基本条件

2.1 水文条件

硬梁包水电站闸址旬平均流量成果见表 1。

2.2 地质条件

首部区河段河谷较开阔,呈舒缓的深切曲流侵蚀地貌。河谷底宽一般 400~500 m,枯水期河面高程 1 218.00 m 左右,河水面宽约 95 m,水深约 5~8 m;右岸为漫滩和Ⅰ级阶地,宽约 300 m,分布高程 1 220~1 229 m;左岸漫滩和阶地不发育,岸坡主要为基岩,其下游区域分布有块碎石土覆盖层,地形坡度 35°~40°。

主河床围堰基础覆盖层层次结构自下而上分为 5 层。第①层为含漂砂卵砾石粗粒土层;第②层为粉质黏土、粉土及中细砂细粒土层;第③层冲积堆积 alQ₃³⁻²,含漂砂卵砾石层,分布于河床中部,层厚约 15~20 m,土体密实、中等~较强透水性、较高强度;第④层堰塞湖相沉积 lQ₄¹,以粉质黏土及粉土、黏土层为主,厚度约 10~15 m,微透

水性、中等强度和中等压缩性,并夹有中细砂“透镜体”,透镜体属弱透水性土。第⑤层冲洪积堆积al+plQ₄²,含漂砂卵砾石层,层厚约为10~15 m,属强透水性土,高抗剪强度。

3 截流规划设计

3.1 截流标准

根据规范规定,参考同类型工程截流实施经

验^[1-2],可采用截流时段重现期5~10年的月或旬平均流量。该工程规模较大,截流工程十分重要,截流标准采用10 a一遇旬平均流量。

3.2 截流时段及流量

考虑上游泸定水电站发电影响下^[3],硬梁包水电站不同流量下主河床截流水力学参数对比见表2。

表 1 硬梁包水电站闸址旬平均流量成果表(受泸定电站发电影响) m³/s

工况	10 月			11 月			频率
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	
天然情况	1 980	1 670	1 210	905	687	577	10%
	1 720	1 390	1 100	806	629	523	20%
泸定一台机满发	429	429	419	418	416	415	10%
	429	419	419	417	415	414	20%
泸定二台机满发	839	839	829	828	826	825	10%
	839	829	829	827	825	824	20%
泸定三台机满发	1 248	1 248	1 238	1 237	1 235	1 234	10%
	1 248	1 238	1 238	1 236	1 234	1 233	20%
泸定四台机满发	1 657	1 657	1 647	1 646	1 644	1 643	10%
	1 657	1 647	1 647	1 645	1 643	1 642	20%

表 2 硬梁包水电站不同流量下主河床截流水力学参数对比表

截流流量 /m ³ ·s ⁻¹	流量	龙口最大平均流速 /m·s ⁻¹	龙口最大单宽流量 /m ³ ·s ⁻¹	龙口最大单宽功率 (t·m/m·s)
419	泸定一台机满发+区间 10 a 一遇旬平均流量	2.66	14.51	49.70
829	泸定两台机满发+区间 10 a 一遇旬平均流量	3.57	20.99	96.62
1 210	天然流量	4.96	29.91	142.91
1 238	泸定三台机满发+区间 10 a 一遇旬平均流量	5.05	31.30	149.30
1 647	泸定四台机满发+区间 10 a 一遇旬平均流量	5.54	42.08	172.04

受泸定电站发电影响,考虑近年坝址实际流量情况,基于降低截流难度同时便于协调梯级电站的原则,结合截流水力学计算成果,该工程大江截流流量选择:戗堤预进占流量按照泸定电站四台机满发+区间10 a一遇旬平均流量1 647 m³/s设计;截流备料按照泸定电站三台机满发+区间10 a一遇旬平均流量流量1 238 m³/s设计;龙口合龙阶段,按照泸定电站一台机满发+区间10 a一遇旬平均流量流量419 m³/s设计。

3.3 截流龙口水力参数

截流龙口合龙按照泸定电站一台机满发+区间10 a一遇旬平均流量情况进行计算,龙口最大平均流速为2.66 m/s,龙口最大落差3.95 m,龙口最大单宽流量14.51 m³/s,龙口最大单宽功率

49.70 t·m/m·s。主河道截流水力特性指标见表3。

截流龙口分区及备料设计按照泸定电站三台机满发+区间10年一遇旬平均流量情况进行计算,龙口最大平均流速为5.05 m/s,龙口最大落差5.90 m,龙口最大单宽流量31.30 m³/s,龙口最大单宽功率149.30 t·m/m·s。主河道截流水力特性指标见表4。

4 截流方案设计

4.1 截流方式

该工程导流明渠底宽达61.8 m,泄流能力强,并且与国内已建或在建的工程比较^[4-6],截流指标不算太高,经水力计算分析、模型试验验证选取从左至右单向进占的单戗立堵截流方式。

表 3 主河道截流水力特性指标表(419 m³/s)

项 目	419 m³/s								
	龙口宽度 /m								
	80	70	60	50	40	30	20	10	0
上游水位 /m	1 221.02	1 221.12	1 221.24	1 221.36	1 221.53	1 221.70	1 221.87	1 222.00	1 222.16
明渠分流量 /m³·s ⁻¹	201.77	219.37	240.34	261.88	292.33	324.81	359.14	386.77	419.00
龙口泄流量 /m³·s ⁻¹	217.23	199.63	178.66	157.13	126.67	94.19	59.86	32.23	0.00
分流比 /%	48.15	52.36	57.36	62.50	69.77	77.52	85.71	92.31	100.00
下游水位 /m	1 218.40	1 218.35	1 218.33	1 218.31	1 218.29	1 218.27	1 218.24	1 218.22	1 218.21
龙口落差 /m	2.62	2.77	2.91	3.05	3.24	3.43	3.63	3.78	3.95
龙口平均流速 /m·s ⁻¹	1.33	1.43	1.54	1.91	2.08	2.66	1.92	1.30	0.00
龙口单宽流量 /m³·s ⁻¹	9.01	9.80	10.74	11.70	13.06	14.51	12.25	7.75	0.00
龙口单宽功率(t·m/m·s)	23.58	27.15	31.26	35.70	42.25	49.70	44.44	29.30	0.00
过流断面	梯形	梯形	梯形	梯形	梯形	三角形	三角形	三角形	合龙

表 4 主河道截流水力特性指标表(1 238 m³/s)

项 目	419 m³/s								
	龙口宽度 /m								
	80	70	60	50	40	30	20	10	0
上游水位 /m	1 222.74	1 223.09	1 223.23	1 223.57	1 223.98	1 224.33	1 224.99	1 225.27	1 225.30
明渠分流量 /m³·s ⁻¹	536.19	526.22	569.82	669.46	787.79	885.70	1 124.02	1 228.19	1 238.00
龙口泄流量 /m³·s ⁻¹	701.81	711.78	668.18	568.54	450.21	352.30	113.98	9.81	0.00
分流比 /%	43.31	42.51	46.03	54.08	63.63	71.54	90.79	99.21	100.00
下游水位 /m	1 220.08	1 220.06	1 220.00	1 219.83	1 219.67	1 219.56	1 219.41	1 219.40	1 219.40
龙口落差 /m	2.66	3.03	3.23	3.74	4.31	4.77	5.58	5.87	5.90
龙口平均流速 /m·s ⁻¹	2.89	3.15	3.65	4.23	4.65	5.05	3.75	2.4	0
龙口单宽流量 /m³·s ⁻¹	13.65	15.18	19.35	21.02	24.5	31.30	15.86	3.80	0
龙口单宽功率(t·m/m·s)	36.31	46.00	62.50	78.61	105.59	149.30	88.50	22.31	0
过流断面	梯形	梯形	梯形	梯形	梯形	三角形	三角形	三角形	合龙

4.2 截流戗堤设计

(1)轴线布置。为避免流失的截流材料影响混凝土防渗墙施工,戗堤应远离堰体防渗线。同时为了后期主河床围堰尽量拆除干净,不影响闸坝过流,截流戗堤宜设在主河床上游围堰轴线下游侧,戗堤轴线与主河床上游围堰轴线距离为 36.5 m。

(2)龙口位置选择。结合现场实际施工情况,截流前导流明渠外靠河床侧已施工了部分大坝基础振冲桩及防渗墙。同时,根据截流水力学计算及模型试验成果,随着龙口位置由河床部位向右岸明渠方向移动,龙口截流峰值流速持续时间越来越长,但峰值流速值相差不大。因此为避免截

流冲刷,降低截流难度,龙口位置避开已实施基础处理工程部位,向河床部位布设,龙口右岸向河床方向预侵占 25 m。

(3)截流戗堤断面设计。在泸定水电站的影响下,11 月 $P=10\%$ 的洪水流量达 1 650 m³/s,相应上游水位 1 226.35 m,为确保截流成功,戗堤顶高程确定为 1 228.00 m。龙口布置在主河床位置,龙口段采用从左岸向右岸单向进占合龙方式。经计算预留龙口宽度为 80m。戗堤顶宽按三辆 32 t 汽车同时抛投考虑,确定顶宽 30 m,戗堤按梯形断面设计,上下游边坡均为 1 : 1.5。截流戗堤布置断面见图 1。

(4)龙口分区设计。根据水力学计算及模型

试验成果,截流龙口分为四个区,龙口位置及分区情况见图 2。

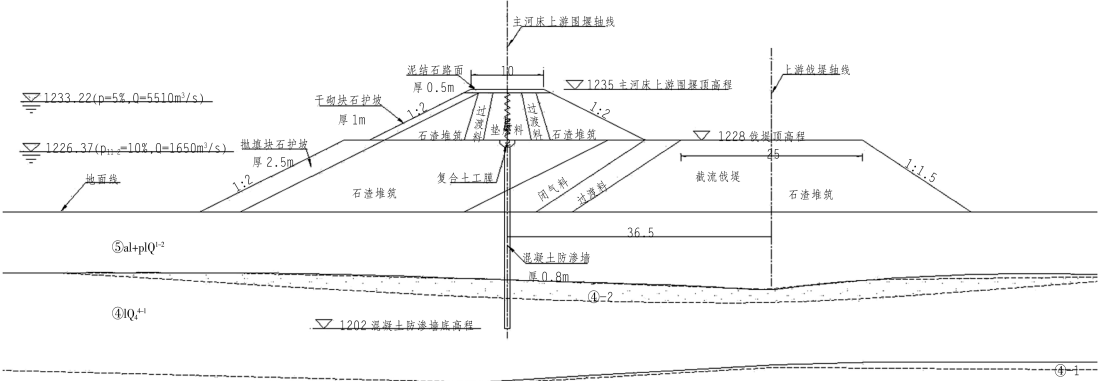


图 1 戗堤布置断面图(单位:m)

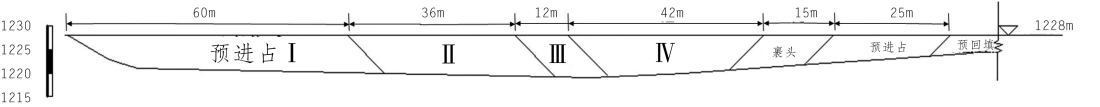


图 2 龙口进占分区纵剖面

龙口预进占与Ⅰ区:右岸采用特大石料裹头(裹头厚度为 15.0 m),左岸采用小石料预进占,为了避免龙口河床过度冲刷下切,确定合龙龙口宽度为 90 m。对应龙口落差 1.3 m,龙口平均流速 4.41 m/s,最大流速 5.30 m/s,单宽功率 17.15 t·m/(s·m),上游水位 1 220.7 m。

龙口进占Ⅱ区:左戗堤进占长度 36 m,抛投材料以中石料为主,小石料为辅。采用中石料上挑角进占、小石料中后部跟进的进占方式,至龙口宽度 54 m。对应龙口落差 2.7 m,龙口平均流速 5.55 m/s,最大流速 6.88 m/s,单宽功率 73.31 t·m/(s·m),上游水位 1 222.0 m。

龙口进占Ⅲ区:进占总长度 12 m,抛投材料以大石料为主,中石料为辅。龙口宽度 54 m 时,改用大石料上挑角、中石料中后部跟进的抛投方式,至龙口宽度 42 m。对应龙口落差 3.5 m,龙

口平均流速 6.17 m/s,最大流速 8.16 m/s,单宽功率 118.17 t·m/(s·m),上游水位 1 222.7 m。

龙口进占Ⅳ区:进占总长度 42 m,抛投料以特大石料为主,大石料和中石料为辅,至龙口合龙。首先采用特大石料上挑角进占,大石料中后部跟进的方式。至龙口宽度 15 m 以后,仍采用特大石上挑角进占,中后部采用中石料跟进。对应龙口落差 5.9 m,龙口平均流速 4.87 m/s,最大流速 8.04 m/s,单宽功率 143.24 t·m/(s·m),上游水位 1 224.5 m。龙口进占分区纵剖面见图 2。

(5)截流备料。根据水力学计算及截流模型试验成果,考虑该工程运输条件、抛填可能流失量、戗堤沉陷等因素,备用系数选取 1.3,截流戗堤备料总量为 118 755 m³。截流抛投料备料量见表 5。

表 5 截流抛投料备料量表

抛投料	粒径 /m	预进占		合龙阶段			总 计
		左岸非龙口段	右岸非龙口段	1 区	2 区	3 区	
特大石	>0.8				6 214		6 214
大石 /m ³	0.4~0.8	550	2 087		9 594	8 140	20 371
中石 /m ³	0.2~0.4	5 503	7 862	6 564	3 198	3 490	26 617
石渣 /m ³	0.05~0.2	21 465	26 086	17 202	799		65 552
合计 /m ³		27 518	36 036	23 766	19 805	11 630	118 755

5 结 语

根据截流规划和现场施工实际进度,考

虑上游来流实际情况,该工程大江截流于 2021 年
(下转第 125 页)

行监护和安全管理工 作,操作过程中若发生移动现象,应重新置于稳固、结实的平台上。

(5)使用时,应将炸药水平放置在固定槽中,不可随意移动其位置,严禁将手放入装置内,切割药卷过程中若发生黏刀、卡刀等无法进行切割,应立即停止工作,待专人检修正常后方可继续操作。

(6)药卷切割装置不得切割金属等物品。

(7)药卷切割完毕后,需要对切割装置进行清洗并用干布擦拭干净,认真做好切割装置的日常保养工作。

6 结 语

通过现场试验论证,采用药卷切割装置对于岩壁光面爆破效果具有较大提高,在面对地质条件复杂,岩体节理裂隙很发育,杂乱,裂隙面普遍存在绿帘石化面蚀变现象,通过切割装置刀片组间距的调整改变,移动炸药固定槽,可以一次性快速分切多根乳化炸药,分切精准度高、效率速度快,解决了现如今人工工具刀切割效率低、药量不准、易损失的问题,在确保施工进度的前提下,保证了光面爆破开挖质量,减少了超欠挖量,保证了岩台成型,提高了质量目标,节约了工程施工成本,同时为后期岩壁吊车梁运行安全打下了坚实的基础。

(上接第 116 页)

10 月下旬开始预进占,11 月初形成龙口开始截流施工,并于 11 月 6 日完成合龙。

基于对河道水情和地形地质条件的分析,选定了截流方式和标准,并依据水力学计算与模型试验研究成果,科学选定了龙口位置,制定了可行合理的截留进占程序截流备料设计,为大江截流的顺利实施提供了坚实的技术支撑。该工程截流期间,受到上游泸定水电站发电影响,按照较大流量进行预进占和截流备料设计,合龙期间考虑上游电站控泄降低河道流量,有效降低了截流难度,可为类似工程截流设计提供成功经验和有效参考。

参考文献:

[1] 刘晓博,华尖多杰,任高强. 桐子林水电站三期(明渠)截流设计与施工[J]. 四川水力发电,2016(35):4-7.

[2] 宋亦农,周 洁,李勇刚. 龙滩水电站截流设计与施工[J]. 红水河,2004(23):1-3.

[3] 马增翼,张述毕,王培培. 大渡河泸定水电站截流设计与施工[J]. 云南水力发电,2010(3):49-54.

参考文献:

[1] 张维,杜芙蓉. 水电站地下厂房岩壁吊车梁综述[J]. 红水河,2005(03):79-82.

[2] 李洪涛. 大型地下厂房施工程序及开挖方法研究[D]. 武汉大学 2004.

[3] 祝文化,李元章,程康,等. 地下厂房吊车梁岩台爆破开挖试验研究[J]. 工程爆破,2004(1):55-57.

[4] 段征宇,钟平. 岩锚吊车梁基础开挖爆破方案的设计优化与实施[J]. 工程爆破,2004(1):50-54.

[5] 刘俊杰. 浅谈水电站地下厂房岩锚梁岩台开挖的施工技术[J]. 中国高新技术企业,2015(3):125-126.

作者简介:

郝利军(1982-),男,山西浑源人,硬梁包厂 区枢纽项目 部项目 经理,高级工程师,本科,从事水利水电工程施工技术与管理工 作;

纳小平(1993-),男,宁夏银川人,硬梁包厂 区枢纽项目 部工程 质量部副 主任,助理 工程师,本科,从事水利水电工程施工技术与管理工 作;

冯俊淮(1990-),男,四川岳池人,硬梁包厂 区枢纽项目 部工程 质量部主 任,工程师,二级建造师,本科,从事水利水电工程施工技术与管理工 作;

白军平(1985-),男,甘肃岷县人,硬梁包厂 区枢纽项目 部副总 工,工程师,一级建造师,注册监 理工程师,本科,从事水利水电工程施工技术与管理工 作;

肖应锋(1998-),男,甘肃徽县人,硬梁包厂 区枢纽项目 部工程 质量部科 员,本科,从事质量管控工 作.

(责任编辑:吴永红)

[4] 彭国勇,张安平,宋凯涛. 瀑布沟水电站工程截流设计[J]. 四川水力发电,2006(25):38-41.

[5] 冯瑞林,李仕奇,陈贵斌. 糯扎渡水电站截流规划设计[J]. 工程设计,2017(9):228-230.

[6] 郑守仁. 三峡工程三期围堰及截流设计关键技术问题[J]. 人民长江,2022(33):7-9.

作者简介:

彭 峥(1993-),男,湖北巴东人,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;

闫生存(1975-),男,四川成都人,四川华能泸定水电有限公司,正 高级工程师,博士,从事水利水电工程方面工 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;

王祥峰(1985-),男,山东安丘人,中国电建集团成都勘测设计研 究院有限公司,高级工程师,硕士,从事水利水电工程施工 组织设计;

邱鸿志(1997-),男,四川汶川人,四川华能泸定水电有限公司,助 理工程师,学士,从事水利水电工程方面工 作.

(责任编辑:吴永红)