

西藏旁多水利枢纽截流施工

付光均¹, 向尚君²

(1. 中国人民武装警察部队 水电第三总队, 四川 成都 611130; 2. 中国人民武装警察部队 水电第八支队, 重庆 401320)

摘要:旁多水利枢纽地处拉萨河中游, 坝址区覆盖层厚约 50~200 m, 深覆盖层给截流施工带来一定难度。对影响截流成功的决定因素进行了阐述, 就深覆盖层河流而言, 对截流龙口采取有效的护底措施不仅可以提高龙口河床的抗冲能力, 减少龙口河床冲刷及后续截流的工程量, 而且能够增大河床的糙度, 提高后续抛投料的稳定性, 减少抛投料的流失量。确定了龙口护底材料、范围及厚度, 尤其是采用预进占方法进行龙口护底施工, 为深覆盖层河流龙口护底施工提供了一种新的思路。

关键词:深覆盖层; 龙口护底; 预进占; 截流; 旁多水利枢纽

中图分类号: TV7; TV52; TV551

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2016)04-0001-03

1 工程概述

旁多水利枢纽工程地处西藏自治区拉萨河中游, 位于林周县旁多乡下游 1.5 km 处, 距下游拉萨市直线距离约 63 km, 是一座以灌溉、发电为主, 兼顾防洪和供水的综合利用工程。水库库容 12.3 亿 m³, 电站装机容量 160 MW, 工程规模为 I 等, 大(1)型水库, 地震基本烈度为 VIII 度, 为西藏“十一五”期间重点建设项目。施工导流采用分期导流, 一期导流为束窄河床导流, 利用左岸滩地地势较高、地形开阔平坦的特点进行左岸滩地坝段的施工, 河水由右岸主河槽过流; 二期导流为隧洞导流, 截流后, 利用右岸导流隧洞过流。

旁多水利枢纽坝址区属高山地形, 河谷呈不对称“U”型, 谷底高程为 4 027~4 034 m, 河流流向为 SE 向, 河谷底宽约 700 m, 河水面宽 100~110 m, 水深 1~3 m, 河床靠近右岸, 右岸漫滩、阶地发育不完整。左岸漫滩发育, 宽约 550 m, 三级阶地明显, 河床部位覆盖层厚约 50~200 m, 最深部位达 400 余 m, 上部为冲积卵石混合土, 下部为冰水积卵石混合土, 基岩为花岗岩、熔结凝灰岩等。

2 截流计算分析

2.1 截流特征参数的选取

(1) 截流标准及时段的选择。

旁多水利枢纽采用隧洞导流, 根据其地形、水文特点, 工程截流标准采用 10 月上旬 5 a 重现期旬平均流量, 相应流量为 303 m³/s。根据现场工

程施工节点工期的安排, 截流时间可以选择在 2011 年 9 月下旬、10 月上旬及 10 月中旬, 按照 50 m 宽度龙口考虑的截流时的特性见表 1。通过对比分析可以看出: 截流时间越晚, 截流难度越小。但 10 月上旬截流的龙口最大流速较 9 月下旬减少 4.7%, 较 10 月中旬增加 8%, 不存在太大的差别。因此, 尽早截流可为后续围堰的施工及河床坝段的基础处理争取较为宽裕的工期和施工作业条件; 另外, 水文特性方面 9 月份仍属于拉萨河流域的汛末, 截流期间超标准洪水的概率较高, 截流风险较大。故最终将截流时段选在 2011 年 10 月上旬较为适宜。

表 1 不同截流时段特性比较表

项目	单位	截流时间		
		9月下旬	10月上旬	10月中旬
龙口流量	m ³ /s	385	303	210
龙口最大流速	m/s	5.89	5.61	5.16
龙口最大水深	m	4.38	4.04	3.55
龙口落差	m	4.04	3.67	3.09
抛投料当量粒径	m	1.37	1.25	1.05

(2) 截流方式的选择。

上游围堰处右岸地势较为狭窄, 左岸为河床, 地势平坦、开阔, 施工道路状况较好且截流备料场集中在右岸下游渣场, 故截流方式采用单戗立堵方式进行, 从左岸单向进占。

2.2 戗堤及龙口位置的确定

(1) 戗堤的布置。大坝截流戗堤布置于上游围堰上游侧, 轴线与上游围堰平行, 距上游围堰轴

收稿日期: 2016-07-12

线距离为98.97 m,截流戗堤设计顶部高程为4 039.69 m,顶宽10 m,上、下游边坡坡比均为1:1.5,进占侧堤头边坡为1:1.3(图1)。

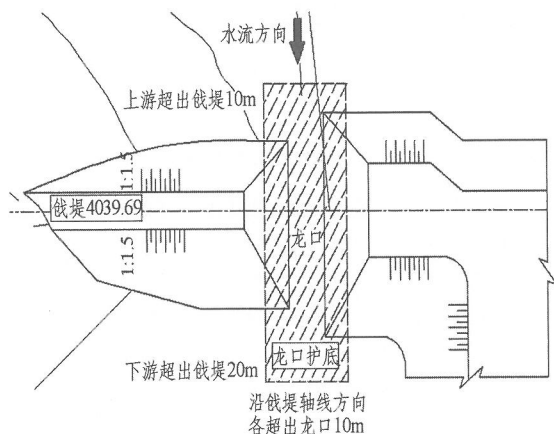


图1 截流戗堤布置示意图

(2) 龙口位置的选择。由于导流洞进口底板高程为4031.5 m,截流戗堤处河床平均高程在4 028.5 m左右,由此导致导流洞分担来流能力较弱,故该工程在截流水力条件方面理论上将龙口位置布置于河床任意位置对截流的难易程度影响没有本质差别。但考虑到在截流后,右岸4 040 m高程以下现有岸边道路由于导流洞过流而致上下游均中断;左岸已填筑坝体右侧岸边连接大坝下游备料场交通通道将保持畅通,故从交通角度考虑龙口应选择在靠近右岸侧。同时,右岸岸坡由砂砾石覆盖层组成,抗冲刷能力较弱,经高速水流冲刷易造成岸坡垮塌,故在右岸预进占80 m,对裹头采用大块石防护后形成截流龙口。

(3) 龙口宽度的选择。龙口宽度主要取决于龙口处最大流速及所需抛投石料的当量粒径对备料的影响。通过不同龙口宽度计算出龙口处最大流速及所需抛投石料的当量粒径并进行比较得知,在龙口宽度为50 m时,龙口最大流速为2.63 m/s,两侧进占戗堤抛投料最大粒径为0.27 m(当量直径),此时戗堤预进占料已不能满足抗冲要求,需采用当量直径大于0.27 m的块石料进行进占填筑;当龙口宽度为40 m时,需要更大粒径的石料,进而增加了备料和运输难度,故龙口宽度确定为50 m较为合适(表2)。

2.3 水力学计算

截流龙口宽度为50 m时,按照隧洞过流和单墩立堵计算方法得到的截流水力学计算成果见表

表2 龙口宽度比较表

戗堤进占时段	重现期/a	流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	龙口宽度/m	龙口最大流速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	抛投料最大当量粒径/m
			100	1.32	0.07
10月上旬	5	303	70	1.88	0.14
			50	2.63	0.27
			40	2.85	0.32

3。从计算成果可以看出龙口最大平均流速为4.84 m/s,最大流速为5.15 m/s,最大落差为3.91 m,龙口水力特征曲线见图2。

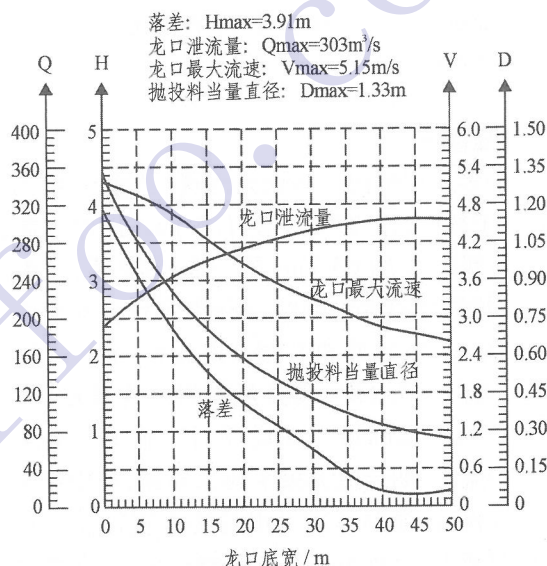


图2 龙口水力特征曲线图

2.4 截流备料

根据合龙过程中不同宽度龙口的流速、落差等水力学指标(表3),将截流龙口进占分为三个区段,即龙口宽度50~40 m为第Ⅰ区段,龙口宽度40~20 m为第Ⅱ区段,龙口宽度20 m至合龙为第Ⅲ区段。各区段截流抛投备料情况见表4。

3 截流的实施

3.1 龙口护底

深覆盖层河流河床截流的成功在很大程度上取决于龙口采取的护底措施是否到位。采取龙口护底措施不仅可以提高龙口河床的抗冲能力,减少龙口河床冲刷及后续截流的工程量,而且可以增大河床糙度,提高后续抛投料的稳定性,减少抛投料的流失量。

为保护护底措施的有效性,需要对护底材料粒径、护底范围及厚度进行合理的选择。常见的

表 3 截流水力计算成果表

龙口底宽 /m	龙口泄量 /m ³ ·s ⁻¹	导流洞泄量 /m ³ ·s ⁻¹	上游水位 高程 /m	龙口上游 水深 /m	龙口下游 水深 /m	落差 /m	龙口平均 流速 /m·s ⁻¹	龙口最大 流速 /m·s ⁻¹	龙口抛投料 当量粒径 /m
50	303	0	4 031.47	2.97	2.76	0.21	2.2	2.63	0.27
40	303	0	4 031.47	2.97	2.76	0.21	2.38	2.85	0.32
30	291.21	11.79	4 031.89	3.39	2.64	0.75	2.75	3.30	0.43
20	273.21	29.79	4 032.47	3.97	2.59	1.38	3.21	3.85	0.59
10	244.34	58.66	4 033.34	4.84	2.49	2.35	3.86	4.64	0.85
0	191.77	111.23	4 034.71	6.21	2.3	3.91	4.84	5.15	1.33

表 4 截流抛投料备料工程量表

部位	石渣 (粒径 0.3 m 以下)	中石 (粒径 0.3 ~ 0.7 m)	大石 (粒径 0.7 ~ 1.3 m)	特大石 (粒径 1.3 m 以上)	合计
预进占段	74 254		6 400		80 654
龙口 I 区	3 597	899			4 496
龙口 II 区	899	6 294	1 798		8 992
龙口 III 区		1 553	10 872	3 106	15 532
合计	78 750	8 746	19 070	3 106	109 672

护底材料有钢丝笼、四面体、大石、特大石等。护底材料粒径按照立堵截流抛投材料起动计算方法进行计算,其相关计算参数的选择按可能遭遇的水流条件及边界条件确定。旁多水利枢纽河床较为宽阔、平坦,重型车辆和机械设备容易到达预设龙口位置,故选择粒径不小于 80 cm 的大块石进行护底。护底长度需考虑护底下游端覆盖层的溯源冲刷对护底体系的安全影响。护底宽度可按戗堤束窄后覆盖层产生大幅度起动时的口门宽并结合截流程序、进占各阶段的龙口水流条件以及覆盖层的抗冲能力计算确定,需考虑护底两侧覆盖层淘刷对护底体系的安全影响。护底厚度不小于

2 倍材料厚度,即至少形成双层铺护,以确保一层失效后还有下压底层护底材料,进而有利于护底稳定。

护底施工采用预进占方式,对料场选好的大块石利用截流前的右岸通道采用自卸车运至龙口现场,进占至预设位置后,用挖掘机将进占的护底调整,其顶高程低于水面 80 ~ 100 cm。在整个预进占过程中,大块石铺满整个护底面,块石之间衔接紧密,防止因块石漏铺而造成局部掏空失稳,同时控制好大块石运输的使用方量,防止大块石出现浪费。

3.2 几点体会

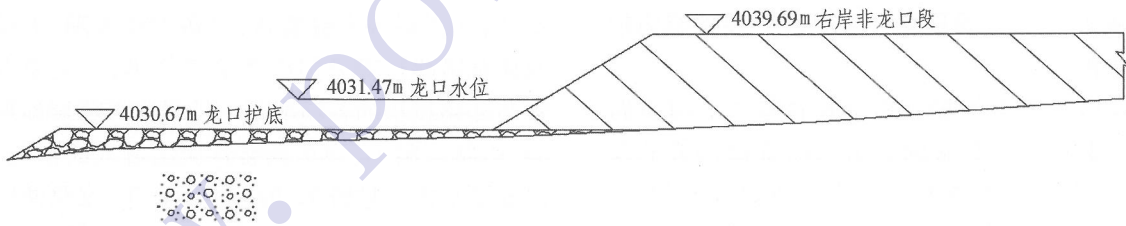


图 3 龙口护底示意图

(1) 根据度汛标准,旁多水利枢纽截流戗堤的顶高程为 4 039.69 m。在截流施工过程中,采取了一次填筑到戗堤顶高程形成截流龙口的施工方法。根据水力学计算,其上游最高水位为 4 034.71 m,一般在形成截流龙口过程中戗堤进占高程比最高水位高 1.5 m 左右,在截流施工完成后再加高至设计高程。截流戗堤的设计顶高程与上游最高水位相比高近 5 m,这与超最高水位 1 ~ 2 m 的情况相比增加了截流过程中的抛投量,增加了大块石的使用量,减缓了截流进度,加大了截流难度。

(2) 截流戗堤一般采用较多大块石进行填筑,如果侵占了围堰防渗轴线,将会对防渗墙施工造成影响,尤其是截流戗堤设在防渗轴线上游的,要控制好截流戗堤的填筑范围,若有大块石滚落到防渗轴线,应采用长臂挖机等设备对防渗轴线上游的大块石进行清除。同时,截流戗堤填筑完成后,再在其上游侧铺填一层土料以减少截流戗堤的渗流量。通过采取这两方面的措施,更利于后期围堰防渗墙的施工。

(下转第 17 页)

如图3所示,已知顶拱线实测点P的施工测量坐标(X,Y,Z),计算P距顶拱设计轮廓线距离 δ (即体型偏差)的步骤如下:

(1) 转化实测点P坐标系。

为便于计算,将实测点P在施工测量坐标系O-XYZ下的坐标转化为曲线空间直角坐标系o-xyz下的坐标,即:

$$\begin{cases} x = X - 1\,908.03 \\ y = Y \\ z = Z - 741.38 \end{cases}$$

(2) 计算渥奇曲线切点T坐标 (x_0, z_0) 。

在xoz坐标平面内,过实测点P在xoz坐标平面的投影点p作渥奇曲线的法线,交渥奇曲线于点T,过点T作渥奇曲线切线。依据法线和切线垂直解析几何关系(即斜率之积等于-1)以及切点T在渥奇曲线上(即满足渥奇曲线解析方程)这两个条件列立以下方程组:

$$\begin{cases} \frac{z-z_0}{x-x_0} \cdot (-\frac{1}{250}x_0 - 0.015) = -1 \\ z_0 = -(\frac{1}{500}x_0^2 + 0.015x_0) \end{cases}$$

用消元法将上式化简为关于 x_0 的一元三次方程:

$$x_0^3 + 11.25x_0^2 + (125\,028.125 + 500z)x_0 + 1\,875z - 125\,000x = 0$$

利用一元三次方程求根公式(盛金公式)求

(上接第3页)

(3)对深覆盖层河流截流的龙口须采取有效的护底措施,以提高龙口河床的抗冲能力。龙口护底的施工可采用预进占的方式进行。自卸车将块石运至龙口现场、进占至预设位置后,用挖掘机将进占的护底调整。采用预进占的施工方法进行龙口护底,为深覆盖层河流龙口护底施工提供了新的思路。

4 结 语

旁多水利枢纽坝址区覆盖层厚约50~200m,深覆盖层给截流带来了一定难度。通过对枢纽现场地形、地质条件和现场施工条件进行综合分析,确定了截流时间、龙口的布置和龙口的宽度并进行了水力学计算。重点对影响截流成功的决定因素进行了阐述。对深覆盖层河流而言,对截流龙口采取有效的护底措施不仅可以提高龙口河

解以上一元三次方程得出 x_0 (该方程有一个实根和两个共轭虚根,应取实根,这里略去求解过程),之后将 x_0 代入渥奇曲线解析方程求出 z_0 。

(3) 计算实测点P距底板距离D。

在xoz坐标平面内,由以上计算出的切点T坐标 (x_0, z_0) 和投影点p坐标 (x, z) ,依据平面距离公式计算实测点P距底板距离D,即:

$$D = |pT| = \sqrt{(x-x_0)^2 + (z-z_0)^2}$$

(4) 计算实测点P距顶拱设计轮廓线距离 δ (即体型偏差)。

在A-A剖面上,按以下公式计算实测点P距顶拱设计轮廓线距离 δ (即体型偏差):

$$\delta = \sqrt{y^2 + (D - 8.97)^2} - 9.03$$

3 结 语

综上所述,笔者分析了龙落尾式泄洪洞渥奇曲线段施工测量计算难点,结合白鹤滩水电站泄洪洞龙落尾渥奇曲线段工程实例,阐述了施工测量计算严密算法,解决了该工程泄洪洞龙落尾渥奇曲线段施工测量技术问题,可供类似工程参考。

作者简介:

王斯珍(1980-),男,江西赣县人,工程师,学士,从事水利水电工程测量、施工技术与管理工

高静(1984-),女,河南新乡人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工

焦永春(1986-),男,青海西宁人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

床的抗冲能力,减少龙口河床的冲刷及后续截流的工程量,而且可以增大河床糙度,提高后续抛投料的稳定性,减少抛投料的流失量。确定了龙口护底材料、范围及厚度,尤其是采用预进占方法进行龙口护底施工,为深覆盖层河流龙口护底施工提供了一种新思路,可为类似工程截流施工借鉴。

参考资料:

- [1] 贾鸿益,贺昌海,邓锐敏,等.官地水电站预进占护底截流难度的试验研究[J].云南水力发电,2011,27(4):15~17.
- [2] 李学海.深厚覆盖层河床截流若干关键技术问题研究[D].武汉:武汉大学,2010.
- [3] 肖家祥,张鹤.西藏旁多水利枢纽工程截流模型试验研究[J].吉林水利,2014,34(11):27~29.

作者简介:

付光均(1972-),男,四川安岳人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工

向尚君(1982-),男,四川苍溪人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)