

阿尔塔什坝前冲刷漏斗模型试验研究

负振星¹, 高学平¹, 耿新春², 马继荣²

- (1. 天津大学 水利工程仿真与安全国家重点实验室, 天津 300072;
2. 新疆新华叶尔羌河流域水利水电开发有限公司, 新疆 喀什 844000)

摘要: 在水利工程设计中, 水库坝前冲刷漏斗形态、大小及相应的水沙流动特性直接关系到泄水建筑物的正常运行。根据阿尔塔什水库坝前模型试验, 对坝前冲刷漏斗形态进行了研究, 总结了不同运行工况下纵、横向漏斗变化规律, 提出保持发电洞“门前清”的泄流流量及其对应的冲沙历时。与类似工程试验结果对比表明, 本试验结果合理可行, 可供设计参考。

关键词: 水库淤积; 冲刷漏斗; 冲沙历时

中图分类号: TV145.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-643X(2014)01-0161-03

Experiment on model of scour funnel before dam of Aertashi hydropower station

YUN Zhenxing¹, GAO Xueping¹, GENG Xinchun², MA Jirong²

- (1. State Key Laboratory of Hydraulic Engineering Simulation and Security, Tianjin University, Tianjin 300072, China;
2. Xinjiang Xinhua Yarkand River Hydropower Development Co., Ltd., Kashi 844000, China)

Abstract: In design of water conservancy project, reservoir scour funnel shape, size before dam and the corresponding flow characteristics of water are directly related to the normal operation of discharge structure. According to the study of local scour funnel before dam which was determined by the model test of Aertashi reservoir, the variety rule of vertical and horizontal funnel configuration under different operation conditions were concluded. The paper provided the discharge flow and flushing duration that maintain the power hole being clear front. Compared with test results of similar projects, the test result is reasonable and practicable and can provide reference for design.

Key words: reservoir deposition; scour funnel; flushing duration

水库泥沙淤积, 将减少水库的有效库容, 可能造成水轮机的磨损, 影响水库的效益和电站的安全运行。为了缓解水库泥沙淤积, 工程上常采用设置排沙洞进行水库冲沙, 多年水库冲沙的经验证明, 水库冲沙的效率很高, 能在短期内(几小时到几天)清除大量泥沙, 而代价很小^[1]。水库冲沙时, 水位降低流速增大, 使淤积的泥沙受到冲刷, 被输送至下游。

目前, 国内研究人员从理论、模型试验及原型观测等方面, 对泄洪排沙建筑物孔前泥沙漏斗形态进行了不少的分析研究, 研究手段多种多样, 但对于水库冲刷漏斗形态的预测, 还是以模型试验作为主要研究手段, 为了保持电站“门前清”、减少粗沙过机以及防止坝前闸门淤堵, 常对电站进水口前的冲沙漏斗形态进行研究, 而在进行模型试验研究冲刷漏

斗时, 很少有人同时研究冲沙历时和冲刷漏斗, 本文研究了拉沙结束后的冲刷漏斗, 并提出其对应的冲沙历时。

阿尔塔什水利枢纽工程位于叶尔羌河喀群水文站上约 55 km 处, 是一座以防洪和灌溉为主, 同时兼顾发电的综合水利工程, 是叶尔羌河流域规划的重点工程。通过坝前冲刷漏斗的模型试验, 重点对不同运行工况下冲刷漏斗的纵、横向形态变化规律进行了研究, 提出保持发电洞“门前清”的泄流流量与冲沙历时。

1 坝前冲刷漏斗模型试验概况

阿尔塔什水库所在流域内, 山地两岸山体裸露, 植被稀疏, 气候干燥, 物理分化作用强烈, 当有暴雨

发生时,两岸分化、风积的沙质堆积物冲入河道致使含沙量沿程不断增大。按规范标准划分,阿尔塔什水库属于泥沙问题比较严重的水库。

水库运行初期,来沙基本淤积在库内,水库淤积呈三角洲淤积形态向坝前推进,根据水库三种泥沙调度运行方式的要求,淤积三角洲推进至坝前时,水库汛期保持排沙水位 1 770 m 运行,非汛期保持正常蓄水位 1 820 m 运行,因此试验分别按上述两个水位进行 1#深孔排沙洞的冲刷漏斗试验研究。

电站的 1#深孔排沙洞布置在右岸,进口布置在 2 条发电洞进口中间(发电洞进口底板高程为 1 750 m),根据地形条件和枢纽各建筑物布置,洞线在平面需要布置弯道,故设计为有压洞,进口底板高程 1715 m,孔口尺寸为 5.0 m × 9.0 m。

2 试验模型

利用阿尔塔什水利枢纽坝前泥沙物理模型模拟水库坝前区域,模拟坝上游 2.3 km,包括上游库区、拦河坝、1#表孔溢洪洞、2#表孔溢洪洞、中孔泄洪洞、1#深孔排沙洞、2#深孔排沙洞、1#和 2#发电洞等。模型坝前库区长度约 16 m,模型长约 18 m、宽约 11 m、高 1.35 m,模型下游设沉沙池,模型采用上游量水,各泄水建筑物等均用有机玻璃制作。模型为几何正态,模型几何比尺 $\lambda_L = \lambda_H = 150$,选用电木粉作为模型沙^[2-3]。模型泥沙按沉降相似和起动相似设计。对冲刷漏斗而言,非汛期,泥沙主要表现为淤积,满足沉降相似,即淤积相似;汛期,淤积物受到冲刷,满足起动相似。模型设计满足冲刷漏斗的相似要求。

3 试验方法

室内模拟冲刷漏斗的方法是:按坝前淤积高程,铺模型沙,再进行拉沙试验,研究冲刷漏斗形态、冲刷历时、发电排沙分流比等。各工况至冲刷漏斗稳定后,关闭泄水建筑物,将库区积水缓慢排出,对漏斗地形进行测量。

本试验主要研究其达到基本平衡状态时的冲沙历时及对应的漏斗形态,并分析漏斗形态是否满足“门前清”的要求。冲沙历时是从开启 1#深孔排沙洞浑水出库至清水出库(清水出库时应关闭 1#深孔排沙洞)的时间,当含沙量值低至一定程度时,即认为是清水出库。所谓“门前清”,是通过进水口附近的排沙设施放水拉沙,使电站进水口前形成一个冲刷漏斗,以降低泥沙淤积高程,保证门前为净水^[4]。

4 试验结果及分析

按坝前淤积高程,将模型沙均匀铺设在坝前,根据水库运行方式,保持排沙水位 1 770 m 运行,进行了若干组次的拉沙试验。分流比是发电洞和深孔排沙洞的流量比,部分试验工况列于表 1,表 1 给出了各工况下的冲刷漏斗纵向坡度、横向坡度及其对应的冲沙历时。图 1 为各分流比下的冲刷漏斗等高程线图,其中分流比 0: 695.8 是指关闭发电洞,仅开启 1#深孔排沙洞,其流量 695.8 m³/s。图 2 为表 1 所示各工况下的冲刷漏斗纵剖面图。图 3 为表 1 所示各工况下的冲刷漏斗横剖面图。

表 1 坝前冲刷漏斗坡度及冲沙历时统计 m³/s, h

分流比	发电洞 流量	1#深孔 排沙洞 流量	冲刷漏斗坡度			冲沙 历时
			纵向	横向		
				左岸	右岸	
1: 0.73	222.4 × 2	324.3	1: 1.43	1: 1.14	1: 1.17	20
1: 1.13	222.4 × 2	503.7	1: 1.63	1: 1.49	1: 1.34	19
1: 1.56	222.4 × 2	695.8	1: 2.00	1: 1.74	1: 1.74	16
1: 3.13	222.4 × 1	695.8	1: 2.06	1: 1.83	1: 1.77	16
0: 695.8	0	695.8	1: 2.21	1: 2.09	1: 2.03	16

通过监测 1#深孔排沙洞出流随时间而变化的含沙量,当含沙量值较低且稳定时,取该值对应的时间作为冲沙历时。冲沙历时不应大于使建筑物附近泥沙大部分发生冲刷的历时,较长的冲沙历时并不能把泥沙冲走很多,但水量损失却很大^[5]。对比 1: 0.73、1: 1.13 和 1: 1.56 三种工况可知,排沙洞流量较大时,冲沙历时较短,而 1: 1.56、1: 3.13 和 0: 695.8 三种工况冲沙历时基本相同。

对比分析图 1 各分流比工况下的冲刷漏斗等高程线图,只有分流比 0: 695.8 的漏斗范围能够覆盖发电洞前的明渠取水口段(单边横向长度 73 m),即满足“门前清”的要求,排沙洞附近地形较为开阔,冲刷漏斗发展较为充分,呈现较为规则的三维形态,漏斗尺寸较大,纵向 77 m,横向约 144 m,纵向坡度 1: 2.21,左岸横向坡度 1: 2.09,右岸横向坡度 1: 2.03。在排沙洞规模及位置确定的情况下,1#深孔排沙洞处形成的冲刷漏斗,其形态及大小与建筑物开启方式、流量大小、冲沙历时等密切相关。试验结果表明,各工况下冲刷漏斗一般有如下共同规律:愈靠近孔口,漏斗纵向坡度愈陡,远离孔口,坡度则缓;横向坡度较纵向坡度陡。这些规律与众多原型观测资料相符,表明试验结果是合理的。

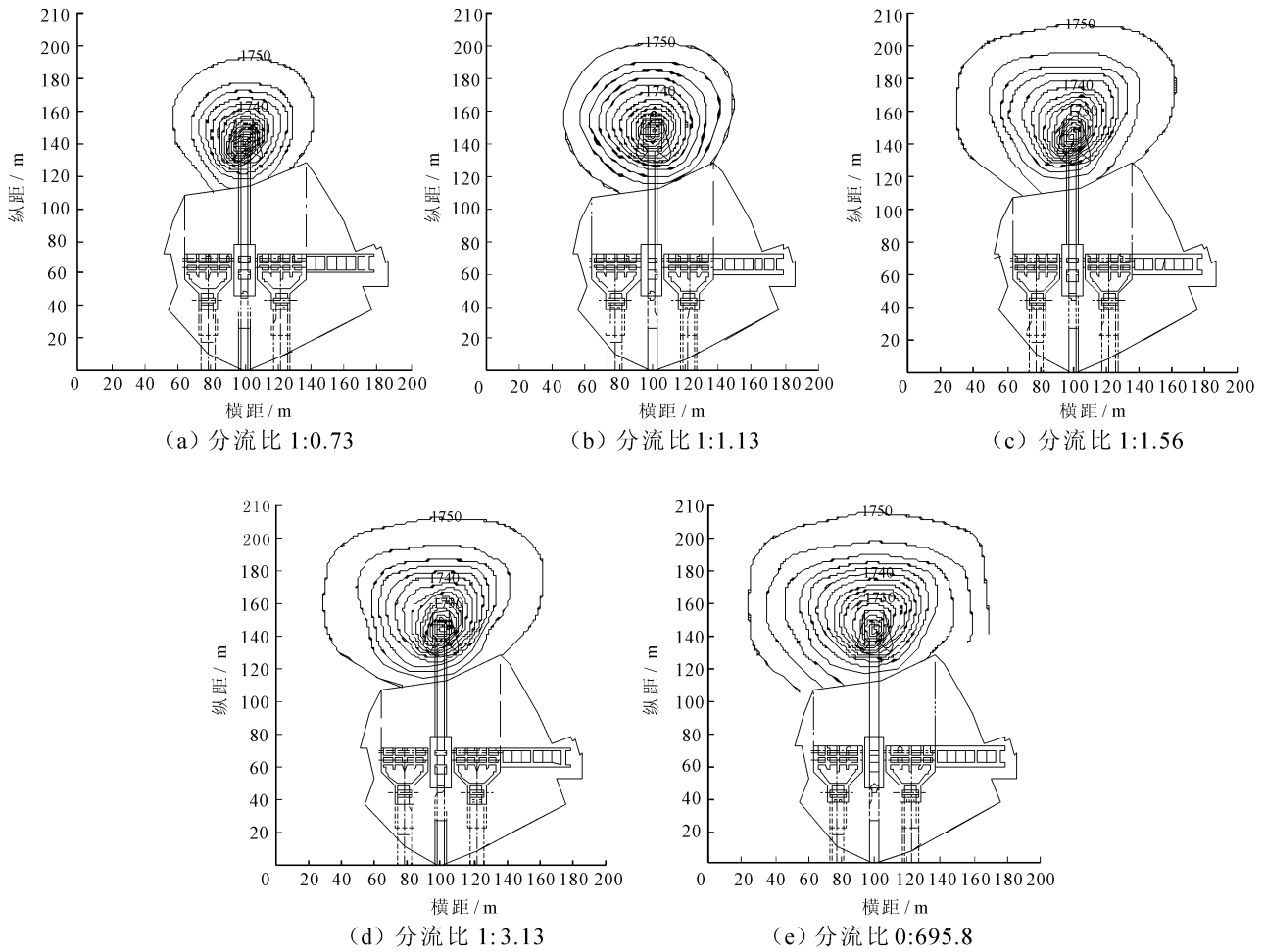


图 1 排沙水位 1 770 m 各分流比下的冲刷漏斗等高程线图

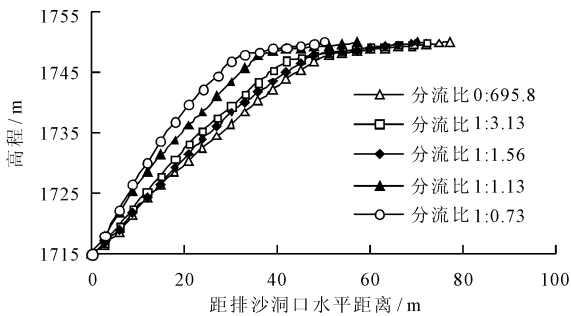


图 2 排沙水位 1 770 m 各工况下的冲刷漏斗纵剖面图

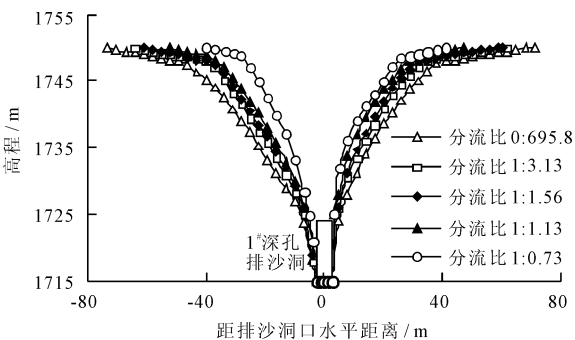


图 3 排沙水位 1 770 m 各工况下的冲刷漏斗横剖面图

对于分流比 1: 0.73、1: 1.13 和 1: 1.56 三种工况,由图 2 和图 3 可知,随着排沙洞流量的增大,冲刷漏斗的纵向横向坡度均变缓。当 1# 深孔排沙洞开启流量较小时,其拉沙能力不足,在确定的冲沙历时内,所冲走的泥沙量很小,排沙洞出流流量的大小影响了排沙漏斗的范围。在工程实践中,随着冲沙历时的延长,坡降会逐渐变坦,此时水流中的含沙量已急剧降低,虽然还未降低到天然河流的含沙量,但是进一步放水冲刷就意味着是水量的非生产损耗。

对比分流比 1: 1.56、1: 3.13 和 0: 695.8 三种工况的试验结果可知,发电洞和 1# 深孔排沙洞的不同组合运行时孔前漏斗的范围均不一样。3 种工况下,冲刷漏斗纵向坡度在 1: 2.0 ~ 1: 2.21 范围内变化,横向坡度在 1.74 ~ 2.09 范围内变化。对比黄河沙坡头水利枢纽电站排沙孔的试验研究成果^[6],正常库水位 1240.5m 时,其排沙孔纵坡平均在 1: 2.1 ~ 1: 3.0 之间变化,横坡在 1: 1.8 ~ 1: 2.5 之间变化;冲沙水位 1236.5m 时,排沙孔纵坡平均在 1: 2.5

(下转第 168 页)

表2 设计洪水和校核洪水时下游冲坑特性表

m³/s, m, h

流量	最深冲坑位置及高程			左岸最大淘深位置		右岸最大淘深位置及高程		模型冲刷时间
	距右岸	距护坦末端	高程	距护坦末端	高程	距护坦末端	高程	
517	0	26.4	1299.92	22	1302.64	26.4	1299.92	3
694	0	29.2	1299.60	28	1300.40	29.2	1299.60	2

随校核洪水的退去及上游河道来水量的减小,水流挟沙力变弱,设计和校核洪水时形成的枢纽上下游河道的淤积和冲刷范围变化不大,但是淤积厚度逐渐增大,冲刷深度逐渐减小。下游防冲槽后的右岸冲刷坑最大深度由校核洪水时的5.0 m,逐渐减小至4.12 m(354 m³/s),3.86 m(122 m³/s)和3.44 m(71 m³/s);左岸冲刷坑最大深度由校核洪水时的4.2 m,逐渐减小至3.56 m(354 m³/s),2.98 m(122 m³/s)和3.16 m(71 m³/s)。

4 结 语

通过对某渠首工程进行水工模型试验,得出以下结论:

(1)正常引水期不同来水量和引水量下,左、右岸引水闸和引水渠道满足设计引水流量和加大流量要求,取水建筑物结构布置合理。洪水期不同来水量和引水量下枢纽泄洪过流能力满足要求,泄洪冲沙闸闸室布置和设计合理。整治段上、下游堤顶高程均能满足宣泄设计洪水和校核洪水的要求。

(2)原设计方案的防冲槽布置合理,可以满足抗冲要求。

(3)河道发生小于设计洪水流量,并保证两岸引水时,定床和动床试验中整治段及闸前流态一致。河道发生校核洪水和设计洪水时定床试验和动床试验时的闸前流态不一致,建议以动床试验结果为准。

(4)动床条件下枢纽上游流速小于定床条件下的流速,枢纽下游流速大于定床条件下的流速。考虑到动床试验更接近于河道实际情况,建议上、下游整治段岸堤参考动床试验结果进行护岸。

参考文献:

- [1] 吴持恭.水力学[M].北京:高等教育出版社,2008.
- [2] 赵经华,侍克斌,顾佳俊.呼图壁河青年渠首工程整体水工模型试验研究[J].人民长江,2009,40(13):44-68.
- [3] 李远发,陈俊杰,朱超,等.河工模型试验模拟技术探讨[J].人民黄河,2005,27(12):18-20.
- [4] 中华人民共和国水利部.SL155-2012水工(常规)模型试验规程[S].北京:中国水利水电出版社,2012.

(上接第163页)

~1:3.5之间变化,横坡在1:2.1~1:3.7之间变化。比较表明,本试验结果与黄河沙坡头水利枢纽电站排沙孔的试验结果大体相同。

5 结 语

通过阿尔塔什水库冲刷漏斗的模型试验资料的分析对比,探讨了排沙洞前冲刷漏斗的形态规律,并和其它模型试验的成果比较,得到以下几点结论:

(1)水库汛期保持排沙水位1770 m运行时,通过对比分析,提出汛期水库合理的发电和排沙分流比是0:695.8,即关闭发电洞,开启1#深孔排沙洞,保持最大流量695.8 m³/s时,能保证发电洞前“门前清”,与此对应的冲沙历时是16 h。

(2)深孔排沙洞前冲刷漏斗呈现较为规则的三维形态,左右横向坡度基本相等,横向坡度较纵向坡度陡。随着排沙洞流量的增大,冲刷漏斗的纵向横

向坡度均变缓。

(3)与类似工程试验结果对比表明,本试验结果合理可行,可供设计参考。

参考文献:

- [1] 沃洛毕也夫 A C,梅开志.水库冲沙是提高水电站工作效率的一种方法[J].人民长江,1982,13(3):91-93.
- [2] 高学平,洪柔嘉,赵耀南.全沙模型试验的一种设计方法[J].水利学报,1996,27(6):57-61.
- [3] 徐国宾,白世录.坝前粘性淤积物局部冲刷漏斗模拟相似性研究[J].水利学报,1997,28(11):28-33.
- [4] DL/T5398-2007,水电站进水口设计规范[S],北京:中国电力出版社,2008.
- [5] 穆哈密多夫 A M.中亚细亚河流引水枢纽的泥沙冲刷理论和经验[J].泥沙研究,1959,4(3):1-14.
- [6] 王英伟.坝前冲刷漏斗形态的试验研究[J].水利水电工程设计,2001,20(3):42-43.