

不同高度沉沙槽束水墙的取水防沙试验

文 斌, 陈和春, 严 涛

(三峡大学水利与环境学院, 湖北 宜昌 443002)

摘要 通过模型试验寻找原方案中的设计缺陷, 对沉沙槽的结构进行优化, 改进了束水墙方案以消除原方案对取水防沙的不利影响, 并通过模型试验对比了最终效果。试验证明, 被淹没的束水墙方案可以明显增加沉沙槽内水流的扰动, 有效提高沉沙槽内水流的挟沙能力, 改进拉沙效果。

关键词 取水防沙; 沉沙槽; 束水墙; 固滴水电站

中图分类号: TV142 文献标识码: B 文章编号: 1006-7647(2011)02-0063-03

Model tests on water diversion and sediment prevention of grit channels with guide walls at different heights // WEN Bin, CHEN He-chun, YAN Tao (College of Hydraulic and Environmental Engineering, China Three Gorges University, Yichang 443002, China)

Abstract: The model tests were performed to search the design defects of the original scheme. The structure of the grit channel was optimized. It was improved to eliminate the adverse impact on the water diversion and sediment prevention in the original scheme. Based on the model tests, the final results were compared. A conclusion is drawn that the guide wall submerged by water can obviously improve the turbulence in the grit channel so as to strengthen the sediment transport capacity of water and consequently improve scour capacity.

Key words: water diversion and sediment prevention; grit channel; guide wall; Gudi Hydropower Station

沉沙槽是一种广泛应用于低水头水电站取水防沙的取水枢纽布置形式, 按照侧面引水、正面排沙的原则进行布置, 由壅水坝、冲沙闸、束水墙(导水墙)以及进水闸等组成^[1]。挟沙水流进入沉沙槽时让大部分粗颗粒的泥沙逐渐下沉, 沉淀在沉沙槽内, 再于丰水期时开启冲沙闸, 将沉积的泥沙排向下游^[2]。由于其布置简单并且有一定防沙能力而得到了广泛的应用。

沉沙槽的束水墙位于渠首位置, 与冲沙闸闸墩相连, 与进水口前的弧形拦沙坎构成沉沙槽。束水墙的形式会影响沉沙槽内的水流流态和水流的挟沙能力^[3], 最终对进水口的取水防沙效果造成很大的影响。研究沉沙槽束水墙的高度对冲沙效果的影响, 是束水墙结构形式优化的重要方面, 也是改善沉沙槽式引水枢纽取水防沙效果的重要环节^[4]。

本文结合固滴水电站水工模型试验, 对固滴水电站的无束水墙以及 2 种不同高度束水墙的方案进行了研究。

1 工程概况

固滴水电站位于水洛河干流(额斯—捷可), 上

游接钻根水电站, 下游接新藏水电站, 闸址位于四川省凉山彝族自治州木里藏族自治县境内麦日俄西村下游 4 km 的河段, 厂址位于白水河口上游约 0.7 km 处。坝址处控制流域面积为 7 249 km², 多年平均流量为 107 m³/s。水电站以发电为主, 同时兼顾生态环境用水。

本工程为径流式电站, 设计洪水下泄流量为 1 320 m³/s, 校核洪水下泄流量为 1 720 m³/s。泄水建筑物为开敞式泄洪闸及冲沙闸, 当来流量大于 600 m³/s 时电站停机排沙。根据经验, 水库死水位兼排沙水位的电站排沙孔的泄流规模宜占水库死水位(排沙水位)泄量的 20% 左右, 固滴水电站死水位(排沙水位)对应的总泄量为 939 m³/s。

2 模型试验

模型试验针对 3 种不同的方案进行了对比试验及分析。方案 1: 无束水墙方案; 方案 2: 束水墙方案(14 m 高的束水墙); 方案 3: 改进的束水墙方案(7 m 高的束水墙)。

模型按照重力相似准则, 采用正态模型设计, 模型比尺采用 $\lambda_L = 60$, 模型模拟原型长约 1 000 m, 其

中坝上 550 m ,坝下 450 m。建筑物模型采用水泥制作 ,以满足糙率相似要求。模型下游水位按设计提供的坝址下游 $Q \sim H$ 曲线向下推算 ,得到控制断面的 $Q \sim H$ 曲线 ,据此采用反堰流分析方法设计下游薄壁堰尾门形状 ,使其自行控制下游水位 ,辅以尾门微调。原河道泥沙中值粒径 D_{50} 为 0.07 ~ 0.1 mm ,满足泥沙启动相似以及河型相似条件 ,取中值粒径 D_{50} 为 0.008 ~ 0.01 mm 的原型河沙作为试验模型沙。

电站于来流量大于 $600 \text{ m}^3/\text{s}$ 时停机排沙 ,试验选取了 $641 \text{ m}^3/\text{s}$, $864 \text{ m}^3/\text{s}$, $1\,020 \text{ m}^3/\text{s}$, $1\,150 \text{ m}^3/\text{s}$, $1\,320 \text{ m}^3/\text{s}$ 和 $1\,720 \text{ m}^3/\text{s}$ 共 6 组来流流量进行试验观测 ,对应的水位高程分别为 2 307.484 m , 2 308.638 m , 2 309.390 m , 2 309.974 m , 2 310.716 m 以及 2 312.340 m。

试验中主要测量了弧形拦沙坎顶部、沉沙槽内以及冲沙闸内的流速情况 ,而沉沙槽内的拉沙能力主要取决于沉沙槽内的水流状况 ,所以主要参考沉沙槽内流速的情况 ,对沉沙槽内的 3 个测点(图 1)进行水流底部、中部和表面流速的测量 ,并且对流态进行观测。试验还在沉沙槽内铺设了原型河沙并进行了相应流量的冲沙 ,以观察其拉沙的效果(各测点流速随流量分布如图 2 所示)。

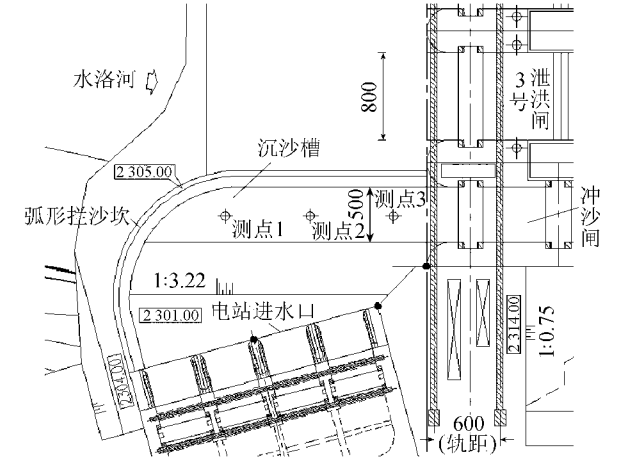


图 1 原方案进水口布置及测点分布
(长度单位 :cm ,高程单位 :m)

3 结果及分析

3.1 方案 I(原方案)

固滴水电站的泄水建筑物为开敞式泄洪闸及冲沙闸 ,原方案为在进水口前设弧形拦沙坎 ,与进水口前缘平台形成一段冲沙明渠 ,一直延伸至进水口前 ,冲沙明渠轴线与冲沙闸轴线相同。

试验结果 :沉沙槽内的原型沙只有少部分被冲走 ,大部分仍然沉积在沉沙槽内 ,测得的流速显示沉沙槽内靠上游部分的底部流速较低(图 2) ,只有靠

近冲沙闸口附近底流速较大 ,沉沙槽内的水流流态较为平缓。

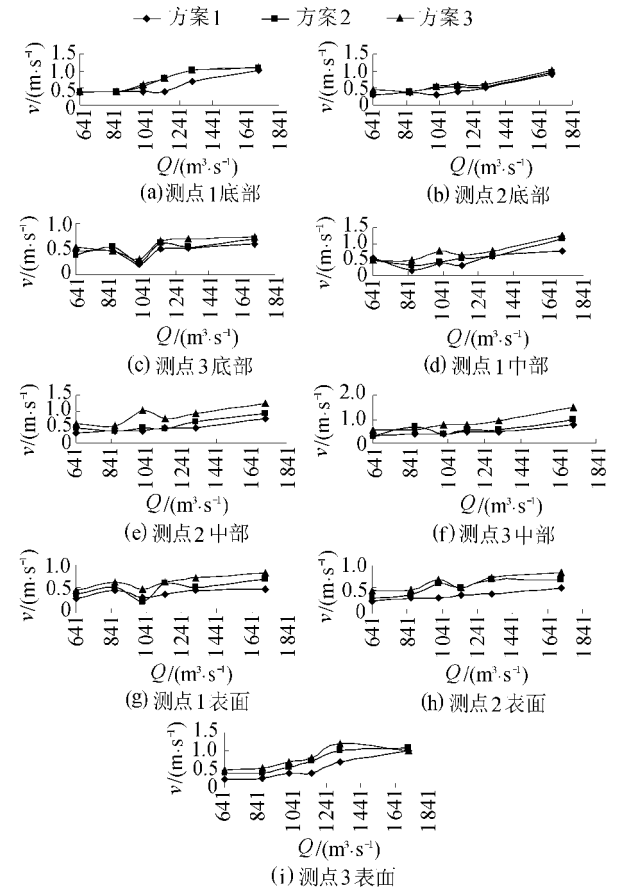


图 2 各测点流速随流量变化情况

冲沙闸布置靠近右岸 ,闸前的弧形拦沙坎对来流有较大的阻流作用 ,加之没有束流作用对沉沙槽前的来流进行约束 ,使冲沙闸口附近的底流速较大 ,但沉沙槽内的流速较低 ,对冲沙起到重要作用的底流速更是偏低。由于电站进水口前的沉沙槽内流速较小 ,水流较为平缓 ,并没有明显的水流扰动来提高冲沙效果。根据试验所测得的结果可知 ,原方案中沉沙槽内的流速在流量为 $641 \sim 1\,020 \text{ m}^3/\text{s}$ 时都不甚理想 ,在沉沙槽内加入原型河沙进行拉沙模拟 ,拉沙效果不明显 ,而且电站设计于来流量大于 $600 \text{ m}^3/\text{s}$ 时进行停机排沙 ,故不应采用此方案。

3.2 方案 X(束水墙方案)

束水墙方案为将冲沙闸左侧闸墩按照原轴线延长 16 m ,形成与原闸墩同高的高程 2 314.00 m 的束水墙(图 3) 。束水墙可以对沉沙槽内的水流进行约束 ,提高沉沙槽内的流速 ,从而增强拉沙效果。

试验结果 :与原方案相比 ,沉沙槽内的原型河沙被冲走的量有所增加 ,但靠近上游部分沉积的沙仍然较多 ,未达到理想的冲沙效果 ,在沉沙槽内的流速有所增加 ,但底部流速增加量相对较小 ,随着流量的增大 ,流速的增加量有所增大 ,沉沙槽内的水流仍然

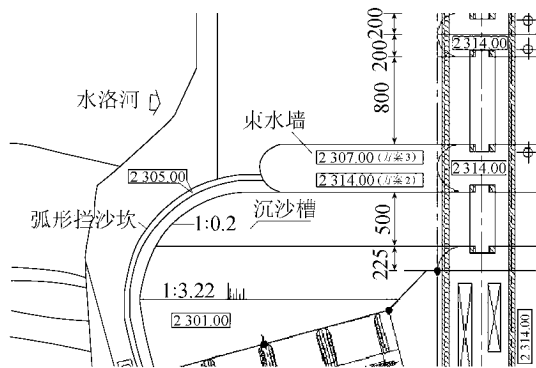


图3 方案2及方案3布置
(长度单位:cm,高程单位:m)

比较平缓,尤其在流量较低时最明显。

试验中可观察到由于束水墙的束水作用,在沉沙槽中测得的流速有一定提高(图2),但是由于高程2314.00m的束水墙并不会被水流淹没,束水墙消除了沉沙槽内的侧向流动,使沉沙槽内水流的流向和流速都较为平稳,缺少扰动。并且由于不过水的束水墙的分流作用,减少了沉沙槽内的进流流量,所以流速的提高十分有限,尤其是底部流速仍受到沉沙槽前弧形拦沙坎的阻流影响,无法有效地提高拉沙能力。在沉沙槽中铺设原型河沙模拟拉沙试验,效果并不理想,沉沙槽的拉沙能力有限,无法有效地清除沉沙槽内沉积的沙。

增加束水墙后,由于束水墙将水流进行分流,使冲沙闸内的水流流速有一定增加。同时也由于束水墙的分流作用,使原冲沙闸的过流流量有所减小,而且底流的流速增加有限,拉沙效果改善有限。

3.3 方案3(改进的束水墙方案)

根据方案1和方案2的试验结果可知,若要有效地提高冲沙能力,就必须增大沉沙槽内的流速或者增强沉沙槽内水流的扰动^[5],这2点是提高冲沙能力的必要条件。那么新的改进方案就面临2个问题:①利用束水墙束水是提高水流流速的有效办法,但不应过多地削弱束水墙的分流作用,以免削弱了束水墙对提高流速的作用;②侧向水流是提高扰动效果的重要因素^[6],需要解决不过水的束水墙隔断侧向流动消除扰动的问题。

若仍沿用前面2个方案的布置形式,这2个问题都无法得到有效解决。据此,改进的束水墙方案中将束水墙在冲沙时设计为潜没式,高程降至2307.00m,以期解决束水墙过多分流和隔断侧向流动的问题。

试验结果,沉沙槽内的原型河沙基本被冲走,仅有少量仍沉积在沉沙槽内,拉沙效果较理想,流速方面,与前2种方案相比较,底部流速并没有显著增加的现象,相反,在靠上游的某些断面底部时均流速甚

至有所下降;沉沙槽内的水流伴随着较为强烈的翻滚。

根据试验结果,沉沙槽内的流速有了明显的提高,但是沉沙槽底部的流速没有明显的增加(图2)。观察沉沙槽内的水流流态可以发现,有极强的紊动,通过高速摄影连续拍摄的照片可以发现,有侧向水流翻越了被淹没的束水墙,在沉沙槽内引起了强烈的扰动。在沉沙槽内铺设原型河沙,沙被沉沙槽内的水流冲走,拉沙效果理想。在流量为 $641\text{ m}^3/\text{s}$ 时,沉沙槽内扰动最为强烈,随着流量的增加,扰动逐渐减弱,但沉沙槽内流速明显增加,仍然有不错的拉沙效果。

降低束水墙高度后,沉沙槽内水流紊动提高的原因是束水墙外侧的水流斜向翻越束水墙^[7],然后跌落到沉沙槽中,并与沉沙槽内的上游来流发生碰撞,形成水流的翻滚,使沉沙槽内的水流呈现出螺旋流特性向前运动(图4),而正是这种强烈的螺旋式流动将沉在沉沙槽底部的沉沙带走,提高了沉沙槽内水流的挟沙能力^[8-9],这种现象在束水墙高度相对于水位越高时(即水位越低时)越明显。但是由于束水墙外侧水流与沉沙槽内水流发生碰撞后消除了部分能量,使碰撞后的水流流速减小,所以方案3中沉沙槽内的底部流速并没有较大提高,甚至在某些断面流速有所减小(相同流量时对比),不过这仍然不影响沉沙槽拉沙能力的提高。

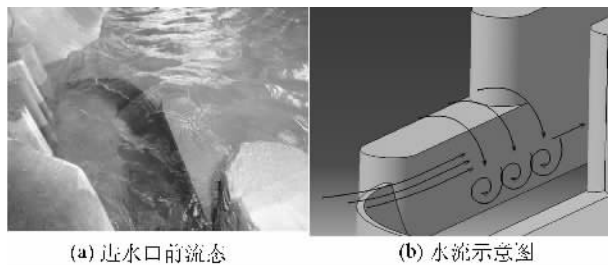


图4 改进的束水墙方案水流情况

试验中扰动会随流量的增加而减小,因为流量的增加伴随着水位的逐渐上升,相对降低了束水墙的高度,原有的沉沙槽内水流的碰撞效果也会逐渐减弱,所以水流的扰动也会越来越小。因为固滴水电站于流量 $600\text{ m}^3/\text{s}$ 以上时开始停机冲沙, $600\text{ m}^3/\text{s}$ 对应坝前水位为2307m, $641\text{ m}^3/\text{s}$ 流量的频率为50%,到 $864\text{ m}^3/\text{s}$ 流量时频率为20%,这样在大多数时间都能有效地进行冲沙。

当关闭或者半开左侧泄洪闸闸门时,可以使沉沙槽获得更多的侧向流,水流翻越束水墙即可使沉沙槽内产生更大的扰动,更有利于沉沙槽内的冲沙。

4 结 语

固滴水电站束水墙方案的改进(下转第94页)

进展 J].水动力学研究与进展 2001 ,16(1) 84-91.

[2]高守玮 ,吴灿阳 .ZigBee 技术实践教程[M].北京 :北京航空航天大学出版社 2009.

[3]王健 ,王虹 ,任裕民 ,等 .河工模型实验中的快速水位波动测量技术及软件平台的搭建[J].实验技术与管理 ,2006 23(1) 57-59.

[4]Texas Instruments .CC2430 data sheet[EB/OL].[2010-06-01]. http ://focus . ti . com . cn/cn/docs/prod/folders/print/cc2430 .html.

[5]张云凯 ,凌志浩 ,徐志远 .生物发酵过程 pH 值检测的无线变送器设计[J].单片机与嵌入式系统应用 2007 ,12 :52-55.

[6]Texas Instruments .OPA350 data sheet[EB/OL].[2010-06-01]. http ://focus . ti . com . cn/cn/docs/prod/folders/print/cc350 .html.

[7]龚志勇 ,程远 ,勾勇华 ,等 .采用 DS18B20 作温度补偿的超声波液位计[J].测控技术 2004 23(11) 6-10.

[8]DALLAS Semiconductor . DS18B20 data sheet[EB/OL]. [2010-06-01]. http ://www . maxim-ic . com/datasheet/index . mvp/id/2812/t/al .

[9]ROBERT B R . A zigbee-subset/IEEE 802 .15 .4 multi - platform protocol stack[EB/OL].[2010-06-01]. http ://www . ece . msstate . edu/~ reese/msstatePAN/ .

[10]陈新益 ,方德胜 ,郑俊孝 . CCS- II 型超声波长期自记水位仪的研制及应用[J].水文 2002 22(5) 56-58.

[11]赵军辉 ,袁易全 .一种智能超声测距仪的研制[J].电子测量技术 ,1997(2) :17-20.

(收稿日期 2010-06-08 编辑 :方宇彤)

(上接第 65 页)

试验表明 ,沉沙槽式取水枢纽进行取水防沙的关键在于加大沉沙槽内水流的流速以及增强水流的扰动 .潜没式束水墙可以有效地增加沉沙槽内水流的扰动 ,明显改善冲沙效果 ,对于其他类似的工程也有很好的借鉴意义 .

在对沉沙槽进行清淤期间 ,可以调整调度方案对束水墙造成一定的侧向来流 ,以增加翻越束水墙的水流在沉沙槽内的扰动 ,并且可以增加进入冲沙闸的流量从而达到改善冲沙效果的目的 .

参考文献 :

[1]宋祖诏 ,李贵启 .沙质河床引水枢纽取水防沙经验[J].泥沙研究 ,1983(1) 57-65.

[2]曹克明 ,史绥京 ,赵修忠 .云南几个水电站取水防沙防污的经验与教训[J].西北水电 ,1983(S1) :70-86.

[3]崔忠 .冲沙槽式渠首导水墙结构优化试验研究[J].新疆农业大学学报 2008 31(3) 86-90.

[4]阮璐 ,田辉 .高桥水电站取水口防沙设计[J].水利水电技术 2007 38(12) 91-94.

[5]丘宜平 ,朱爱林 .取水口流态及防沙措施研究[J].广东水利水电 ,1999(6) 36-38.

[6]王均星 ,白呈富 ,李泽 .巴山水电站溢洪道导水墙体型优化试验研究[J].武汉大学学报 :工学版 2005 38(4) :5-8.

[7]何晓敏 ,包中进 ,屠兴刚 ,等 .四川省仙女堡水利枢纽工程水工模型试验研究[J].浙江水利科技 2006(2) :15-17.

[8]张光碧 ,余挺 ,贺昌林 ,等 .低水头电站凸岸取水防沙工程措施研究[J].四川大学学报 2006 38(4) 29-33.

[9]钱宁 ,万兆惠 .泥沙运动力学[M].北京 :科学出版社 ,1983 37 :115.

(收稿日期 2010-08-30 编辑 :方宇彤)

· 简讯 ·

河海大学主持的“ 水文循环大气-陆面过程模拟及应用 ” 项目研究成果通过专家鉴定

由河海大学主持的“ 水文循环大气-陆面过程模拟及应用 ”研究成果于 2011 年 2 月 26 日通过水利部国际合作与科技司组织的专家组鉴定 . 鉴定委员会专家们一致认为 ,该项研究成果对于推动洪水预报技术进步具有开创性的作用 ,总体达到国际领先水平 .

“ 水文循环大气-陆面过程模拟及应用 ”项目是以河海大学陆桂华教授为主的学术团队联合水利部水利信息中心等单位紧密结合国家重大需求 ,在国家科技攻关计划、国家科技支撑计划、国家自然科学基金、水利部“ 948 ”计划等项目资助下完成的 ,以延长流域洪水预报预见期为主要目标 ,突破了以陆面过程为主的传统水文预报方法 ,创建了基于水文循环大气-陆面过程全要素耦合模拟的实时洪水预报理论、方法与技术体系 ,为增长洪水预报预见期提出了新的途径 . 研究成果已在淮河流域防汛实践中应用 ,洪水预报预见期在原有基础上增加了 72 h 以上 ,并达到水文预报精度要求 ,具有显著的经济效益、社会效益和推广价值 .

(本刊编辑部供稿)