

跌坎消力池充水过程研究

张浩

(重庆市水利电力建筑勘测设计研究院, 重庆 401120)

摘要:实际工程运行中,泄水前消力池无水是可能遇到的一个情况,此时就涉及到消力池的冲水过程。从无水到最终形成完整稳定的水跃的过程中,池内可能形成各种复杂紊乱的流态,这可能会对消力池底板或者尾坎造成一定的危害。针对消力池从无水状态到最终池内形成稳定完整的水跃形态的整个充水过程当中,池内出现的复杂多变的流态的情况,通过系统研究分析,可采用如下运行方案:在消力池内无水的状态下,将表孔闸门在小开度下运行一段时间,直至消力池内有足够水垫后,再逐渐加大开度。

关键词:跌坎消力池;充水过程;水流流态;脉动压强

中图分类号:TV7;TV147+.5;TU991.34+3

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)03-0117-03

0 引言

消力池作为一种消能充分、结构简单并且能够适应各种地形条件等突出特点的消能工形式,在工程上得到了广泛的应用。它的作用机理是将被挡水建筑物(如坝、堤等)拦蓄起来进行集中泄放的水流在较短的距离里由急流状态迅速转换为缓流,从而实现出池水流与下游河道的平顺衔接,避免高速水流对下游河床或者岸坡造成较强的冲刷破坏^[1]。

一般地,实际工程中的消力池由于自然降水或者前期工程运行等情况,在某次泄水之前消力池基本都保持着充满的状态,即池内水深与消力池尾坎等高。但是也存在着这样的一些情况,即消力池检修需要将池内水体排出又或者消力池板块漏水等问题造成泄水前池内无水的状态。这种情况下,在消力池最终形成稳定完整的水跃之前的一段时间存在一个消力池充水的过程,该过程中池内可能形成挑流、面流、岸流等一系列复杂的流态,虽然这段过程相对较短,但是也足以对消力池造成一定的破坏。

本文针对上述工程中可能面对的实际问题,结合某工程跌坎消力池,通过调节闸门开度及消力池内水深,观察池内水流流态并对消力池底板脉动压强进行测量分析,以期得出各变量对消力池充水过程的影响,从而对实际工程运行提供一定的研究支持。

收稿日期:2017-05-09

本试验结合某工程进行,该工程采用“表孔宽尾墩+溢流坝接跌坎消力池”的方式进行泄洪消能,表孔共5孔,每孔净宽15 m。溢流面宽91 m,在反弧末端形成高6.5 m的跌坎,并通过扭面与底宽95 m、两侧斜坡坡度1:0.5的梯形断面的消力池进行衔接,消力池池长136.3 m,尾坎高22.5 m,迎水面坡度1:0.3。试验过程中保持库区正常水位不变,并且始终只让中间孔(即3#孔)参与泄洪。

1 消力池水深对流态的影响

图1为单开3#中孔0.5 m、4种不同水深 h (4 m、8 m、12 m、16 m)时消力池内水流流态。可以看出,当消力池水面低于跌坎一定距离($h=4$ m)时,坝面下泄水流以挑流方式与消力池衔接,挑射水流在空中充分扩散并掺气然后跌入消力池当中,此时进入池内的水体能量已经比较分散,所以不会对尾坎造成直接的冲击作用,但是由于挑流的存在,水舌落点位置的冲击压强以及脉动压强将相对较大;当池内水深为6.5 m左右时,形成类似远驱水跃的流态,表层高速水流在下游水体上部运动,此时溢流坝下泄水流直冲尾坎,这对尾坎的结构安全有不利影响;当池内水深为8 m时,来流被下游水体托起,反弧段中部为高速下泄的水流,而两侧为波动水体,两侧水面高于中部运动水流水面;当池内水深达到12 m后,在反弧段形成淹没水跃流态,反弧段内水流波动较强;随着池内水深进一步增加,池内始终保持淹没水跃流态,但

跃首位置随水深增加向上游移动。

试验表明,当工作弧门开度一定时,消力池内水流随着水深的逐渐增大依次呈现挑流、面流、远驱水跃、淹没水跃的流态。在最终形成完整稳定的水跃之前,由于池内无足够的水体可供消能,这

导致消力池刚开始充水的时段高速水流直冲尾坎,这对尾坎的结构安全有一定的不利影响。故而实际工程中遇到即将泄水而池内无水的情况时,可以考虑微弱开启溢流表孔,事先缓慢地向消力池充水。

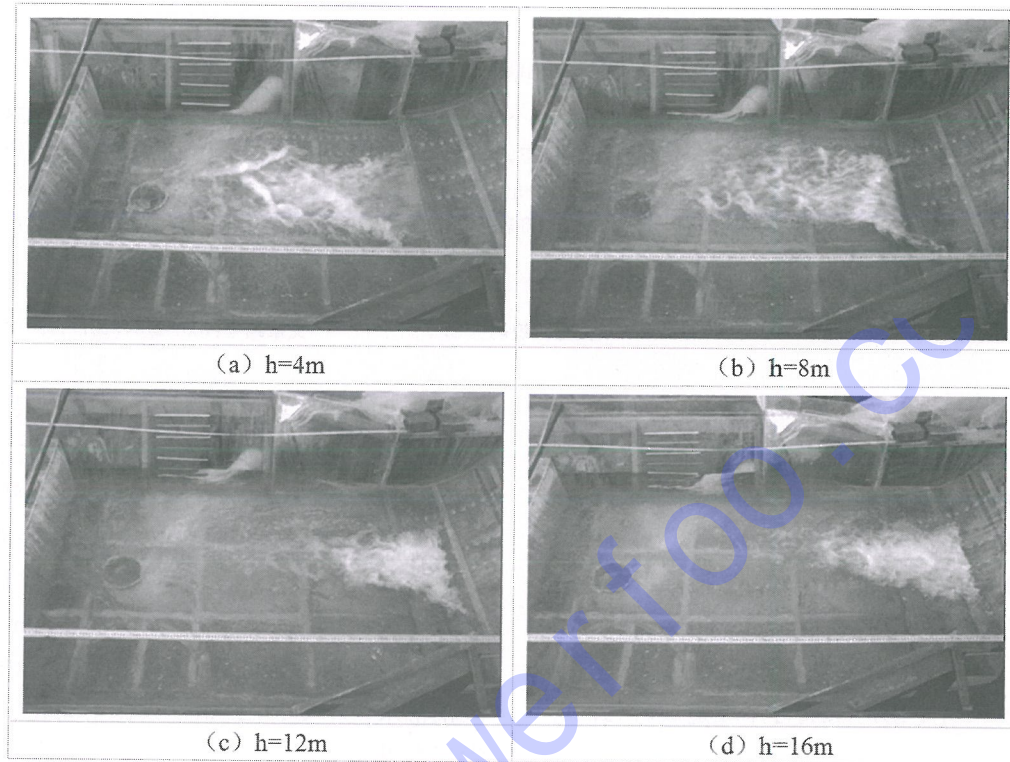


图1 闸门开度0.5 m,不同池内水深时消力池流态

2 闸门开度对底板脉动压强的影响

大量试验及原型资料表明^[2,3],造成消力池破坏的主要原因不是时均压强,而是由于紊流产生的脉动压强,所以本文对消力池底板的脉动压强进行了测量。

图2分别为消力池水深不同时,各闸门开度下消力池底板脉动压强均方根值 σ 的分布情况。可以看到,当消力池水深保持不变时,池底板脉动压强随着闸门开度的增大而逐渐增强,消力池水深为12 m和16 m时基本保持了一致的规律,这是因为,随着闸门开度的逐渐增大,溢流坝下泄的水量逐渐增大,其携带的能量也逐渐增大,这就需要消力池具有更多的消能水体以实现来流从急流到缓流的迅速转换。3#闸门开度为5.0 m、7.5 m时,各测点脉动压强均方根值大于小开度时底板的脉动压强,最大值为 4.97×9.8 kPa,位于中线桩号(坝)0+147 m的测点,此时闸门开度为7.5

m;当消力池水深为16 m后,消力池底板中线脉动压强均方根值同样随闸门开度的增大而增加,最大值出现在桩号(坝)0+147 m附近。

另外,当闸门保持小开度($e = 0.5$ m ~ 2.5 m)时,消力池底板脉动压强沿程基本保持一致,无较大的波动;随着闸门开度的逐渐增大,在消力池前半部分出现了脉动压强峰值,这是因为随着来流量的增大,水体携带的能量也增大,高速水流开始出现下潜的情况,从而引起了底板脉动压强的增大。

3 消力池水深对脉动压强的影响

图3为3#表孔闸门各开度对应不同消力池水深时池底板中线上脉动压强均方根值的沿程分布情况。可以看出,当3#表孔闸门开度为0.5 m和1.0 m时,消力池底板脉动压强均方根值较小,且随池内水深的增加而呈现减小的趋势。实测闸门开度1.0 m时脉动压强均方根的最大值约为

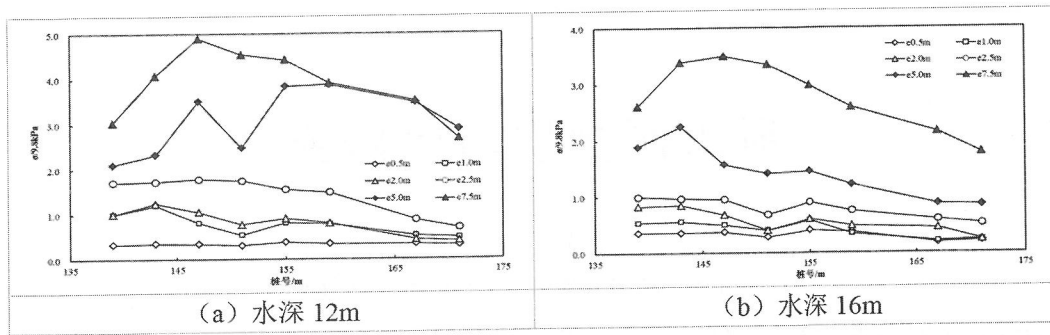


图 2 相同水深条件下, σ 随闸门开度的变化情况

1.6 × 9.8 kPa, 测点位于底板中线上桩号 (坝) 0 + 167 m 处。

对比图 3a 和图 3b 可以看到, 单开 3# 表孔, 开度为 0.5 m 和 1 m, 当消力池水深为 4 m 时, 消力池底板脉动压强均方根出现最大值, 根据该最大值出现的位置可以判断其原因: 是由于池内水深低于跌坎, 下泄水流形成挑流, 冲击底板, 该处水流对底板的作用强烈, 压强波动相对也大, 造成脉动压强相对较大; 当消力池内水深超过 8 m 后, 底板脉动压强均方根值都小于 0.8 × 9.8 kPa, 压强沿程分布变化相对不大。

图 3c、3d 为 3# 表孔开度分别为 2.0 m、2.5 m

时, 消力池水深对底板脉动压强均方根值的影响。3# 表孔闸门开度 2.0 m 时, 消力池底板脉动压强均方根的最大值为 2.04 × 9.8 kPa, 位于中线桩号 (坝) 0 + 147 m 的测点, 此时池内水深 8 m; 3# 表孔闸门开度 2.5 m 时, 消力池底板脉动压强均方根的最大值为 1.52 × 9.8 kPa, 位于中线桩号 (坝) 0 + 171 m 的测点, 此时池内水深 8 m。结合流态观察, 当池内水深 8 m, 闸门开度 2 m、2.5 m 时, 下泄水流以面流形式进入消力池, 严重时甚至直冲尾坎, 池内水流波动剧烈, 底板脉动压强主要体现了水流流态对底板的作用。

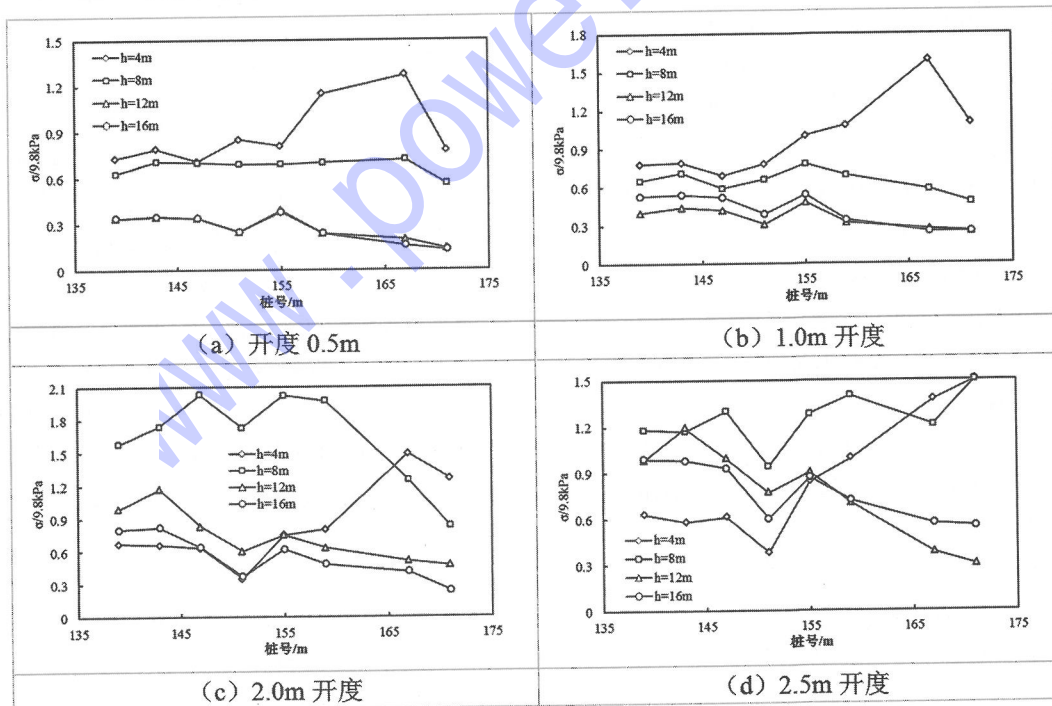


图 3 固定闸门开度条件下, σ 随消力池水深的变化情况

4 结 语

从分级开启试验结果来看, 底板脉动压强均

方根值随消力池水深增加而减小, 随闸门开度增 (下转第 132 页)

表1 效果验证表

状态	试验项目				
	标准油为(格)	运行油位(格)	平压管气流方向	平压管试压片打开开度/mm	测量记录时间
项目实施前	10	11	油盆流向电机	0	2014.10.15
风扇叶 15°	10	10.5	电机流向油盆	1	2016.03.03
风扇叶 25°	10	10	电机流向油盆	2	2016.03.05

平油腐蚀,保证发电机线圈绝缘水平。另一方面提高了上导轴承安全运行水平,防止上导轴瓦烧瓦事故。同时,消除水车室现场油渍,改善了现场工作环境,保证运行人员安全和降低油品损失,提高经济效益,同时此立式风冷式水轮发电机组轴瓦固定油盆气压平衡技术水平将达到国内同行业先进水平。投运以来,在机组各种负荷工况下进行试验,获得投运后机组各方面运行情况来看,彻底解决了机组内甩油现象,且运行可靠,措施有效,既解决了生产中的实际问题,又满足了安全文明生产的需要。

参考资料:

- [1] 李伟. 马槽河水电站立式混流机组甩油问题的分析与处理[J]. 贵州水力发电, 2009
- [2] 姚玉才. 推力轴承甩油的原因及处理方法[J]. 广西水利水电, 2008

作者简介:

张杰(1985-),男,四川都江堰人,毕业于四川电力职业技术学院电力系统自动化专业,从事水电生产安全运行及设备管理工作;
曹红旺(1975-),男,内蒙古武川人,毕业于沈阳电力高等专科学校热工自动化专业,总工程师,高级工程师,从事水电生产管理管理工作;
何军(1976-),男,四川芦山人,毕业于西安航空技术高等专科学校热能工程专业,工程师,从事水电安全生产管理工作.

(责任编辑:卓政昌)

(上接第119页)

加而增大;从动态开启过程中底板脉动压强均方根值的测量结果来看,当开度不超过2.5m,闸门开启过程中消力池底板脉动压强均方根与正常库水位泄洪时底板的脉动压强均方根相比较小;从闸门开启至某一开度给消力池充水过程中消力池内水流流态来看,当开度大于1m时,中间会出现表层水股直接冲击消力池尾坎的现象,而开度为0.5m时,不会出现直接冲击尾坎的现象。

实际工程运行中,泄水前消力池无水是可能遇到的一个情况,此时就涉及到消力池的冲水过程。从无水到最终形成完整稳定的水跃的过程中,池内可能形成各种复杂紊流的流态,这可能会对消力池底板或者尾坎造成一定的危害。针对消力池从无水状态到最终池内形成稳定完整的水跃形态的整个充水过程当中,池内出现的复杂多变

的流态的情况(这些情况造成的最直接后果就是消力池底板脉动压强增大或者消力池尾坎直接受冲等),通过系统研究分析,可采用如下运行方案:在消力池内无水的状态下,将表孔闸门在小开度下运行一段时间,直至消力池内有足够水垫后,再逐渐加大开度。

参考文献:

- [1] 吴持恭. 水力学(第四版)[M]. 北京:高等教育出版社, 2008.
- [2] 姜文超,梁兴蓉,应用紊流理论探讨脉动压力沿缝隙的传播规律,水利学报,1983,9,PP53-59.
- [3] 赵耀南,梁兴蓉,水流脉动压力沿缝隙的传播规律,天津大学学报,1988,3,PP55-65.

作者简介:

张浩(1988-),男,安徽宿州人,工程师,四川大学农业水利工程专业毕业,从事水利水电工程设计工作.

(责任编辑:卓政昌)

世界第一高坝双江口水电站完成围堰填筑

5月30日下午17:20,随着最后一车堆石料卸车碾压到位,成都院勘测设计的世界第一高坝双江口水电站全年围堰填筑完成。双江口水电站位于四川省阿坝州马尔康县和金川县境内,是大渡河流域水电梯级开发的上游控制性水库,具有“高海拔、高坝、高地应力、高流速、高边坡、高寒”的特点,为世界高坝工程,坝高314米。目前大渡河已经进入主汛期,围堰工程即将投运为大坝工程服务,成都院相关专业将进一步做好设计、设代工作,为双江口水电站工程主体工程施工创造更好的条件。