

浅谈旋流竖井泄洪洞涡室的优化试验

乐 丰

(重庆市水利电力建筑勘测设计研究院,重庆 渝北 401120)

摘 要:旋流竖井泄洪洞上平段与涡室的衔接良好与否对于竖井涡室内水流流态具有非常大的影响,如果设计不好将降低竖井壁面的抗空蚀空化能力,并且也将对竖井中心空腔的稳定造成影响。结合某工程旋流竖井泄洪洞,针对其上平段壅水以及涡室水流流态较差等问题,对其上平段与涡室的衔接进行了一系列的优化调整,最终实现了上平段与涡室水流的良好衔接,并且保证了竖井中心空腔的稳定。

关键词:旋流竖井;模型试验;涡室小挑坎;优化

中图分类号:TV651.1+3;U260.357;TG707

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)02-0147-03

0 引言

旋流竖井消能工是利用竖直布置的圆柱形竖井将上下两条高程各异的输水通道进行衔接的一种消能形式。由于具有布置灵活、结构简单、对各种地形地势适应性强以及消能效果突出等优势,旋流竖井泄洪洞在工程界得到了较为广泛的应用。旋流竖井通过上平段将库区的水流沿涡室内壁切线方向导入,从而使得水流在涡室内开始旋转下落,水体通过锥形渐变段进入下部竖井直段。在竖井直段,由于水流的环向流速分量使得水流始终保持附壁螺旋下泄,而在竖井中心区域则保持持续稳定贯通的空腔以满足高速泄流的掺气需要。

涡室是确保竖井内水流始终紧贴壁面运动的关键部位,这就使上平段与涡室的良好衔接变得至关重要。如果上平段与涡室衔接不好,一方面可能使在涡室旋转一周后的水流与上平段来流剧烈碰撞从而恶化涡室内水流流态;另一方面可能造成通过上平段进入涡室的水流不能实现良好的起旋,而良好的附壁螺旋流是保证竖井壁面不发生空化空蚀的重要前提之一。本文结合某旋流竖井泄洪洞工程,对上平段与涡室的衔接进行优化调整,以实现水流顺利起旋并贴壁进入竖井,避免水流直接跌入竖井底部的不利流态。

1 模型试验

本试验模拟的建筑物由无压进口段、上平段、涡室、涡井、下平段及出口消能建筑物组成。无压进口段弧形闸门尺寸 5.5×10 m(宽 \times 高)。闸后

为泄洪洞无压上平段,泄洪洞进口断面为方形 5.5×8 m(宽 \times 高,直墙高6.5 m),通过20 m的渐变段渐变为城门洞形 5.5×7.2 m(宽 \times 高,直墙高6 m),泄洪洞上平段坡降为 $i=0.05$,在距离竖井中心线20 m位置处开始将断面束窄,同时底板坡降变为 $i=0.15$,顶拱坡降为 $i=0$,上平段末端宽3 m,其后连接涡室。涡室高度为22.8 m,涡井高度为97.5 m。涡井底部的下游侧同明流泄洪洞连接。竖井泄洪洞设计体型如图1(a)所示。

图1(b)、(c)为设计体型水流流态,可以看到引水渠流态平稳,但是靠近涡室 $i=0.15$ 引水段进口壅水严重;另外,实验观察到涡室内水流在各级流量时均能顺利起旋,竖井内在各级流量水流均能贴壁螺旋下泄。

2 体型优化

对于设计方案涡室入口壅水严重的问题,分析认为是因为上平段与涡室衔接位置的底坡坡度相对较缓,上平段末端水深相对较高,从而导致绕涡室旋转一圈的水体与上平段水流发生较强烈碰撞并产生回水。针对上述问题,试验考虑将上平段底坡0.15段调整为0.20(见图2(a)),从流态图(图2(b))可以看到,涡室入口的壅水现象已较设计体型大幅减弱,但是依旧存在一定程度的壅水,需要对其进行进一步优化调整。

为了进一步消除涡室入口壅水现象,考虑通过增加涡室进口水流流速的方式将绕涡室旋转一圈的水流带走,即把坡度为0.2的引水段往上游区域加长15 m(见图3(a))从而降低上平段末端

收稿日期:2017-03-29

高程以增加该位置水流流速,从图3(b)中可以看到,相对于优化体型一,涡室入口壅水现象明显减

弱,两股水流碰撞后回水明显向下游区域移动,但是仍旧有局部壅水现象出现。

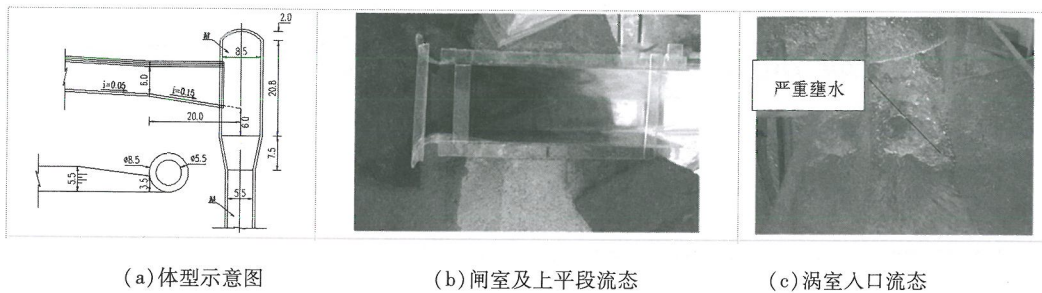


图1 设计体型

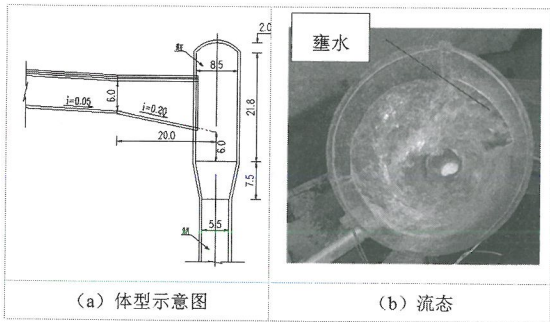


图2 优化体型一

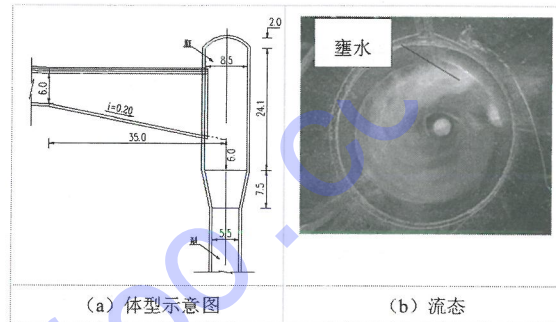


图3 优化体型二

从上述优化过程可以看到,壅水是由于绕竖井旋转的一部分水流回旋到涡室来流进口处挤压进涡室的水流所致,根据类似工程对体型进行修改,在涡室进口处加一个半径2.0m的圆弧形挑坎(见图4(a))。从试验结果看(图4(b)、(c)),在小流量的情况下,由于涡室内加了挑坎,导致水流在渐变段处水流流态较差,一部分水流脱壁,不

能顺畅地过渡到竖井;在大流量时,水流进入涡室,甚至有部分水流直接跌落,并且在涡室内挑坎下端处,水流流态比较差。在涡室内加圆弧小挑坎,虽然挑坎上端能对回旋水流起到很好的导向作用,大大减少对进口水流的挤压,但挑坎下端占用了涡室内的空间,使流态变差,空腔偏移严重。

在前几个体型中对涡室进口及涡室进行了一

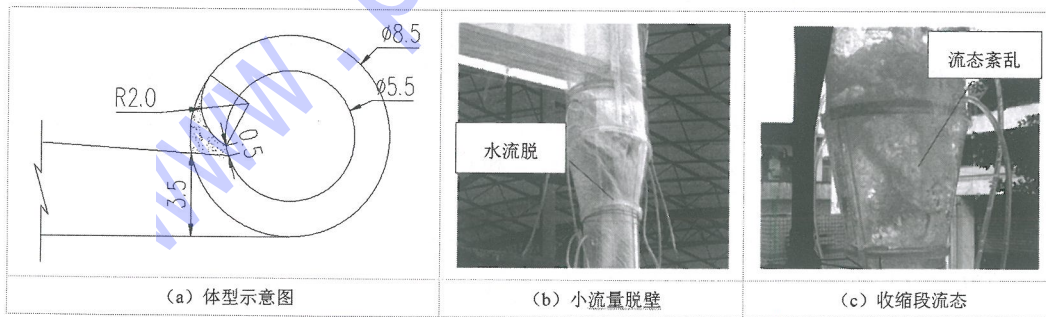


图4 优化体型三

系列试验,水流流态都不太理想,在优化体型四中拟去掉涡室内的圆弧小挑坎,同时使上平段涡室进口处水平宽度由原来的3.5m变为3m,希望通过束窄进口处水流的水平宽度,让水流更好的贴壁旋转(见图5(a))。试验结果表明:束窄涡室进口处水流有助于使水流更好的贴壁,但同

时去掉涡室内小挑坎后,回旋的水流对来流挤压作用明显增强,导致涡室进口处(上平段)壅水严重(见图5(b))。束窄涡室进口后涡室内空腔明显,空腔偏移很小。虽然把上平段末端(涡室进口处)的宽度修改为3m后,较3.5m时贴壁效果变好,但同时也导致了壅水现象变得较严重((见

图5(c))。

通过上述相关试验,我们知道:束窄上平段末

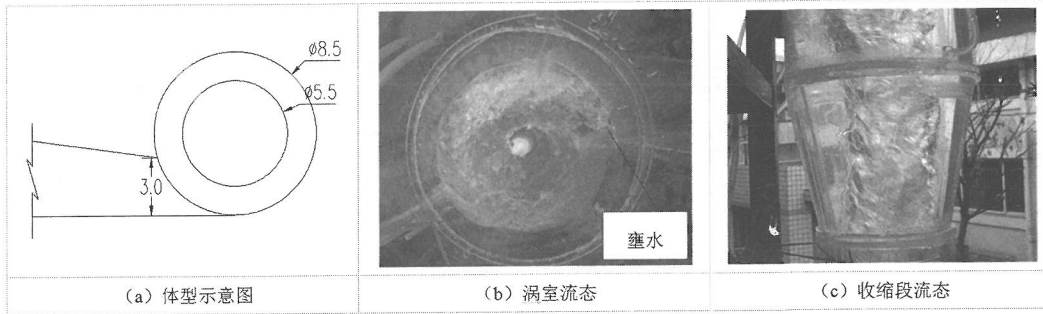


图5 优化体型四

端宽度可以增强涡室内水流的附壁作用,但却增强了涡室进口壅水现象;而常规的涡室等宽小挑坎虽然能大幅减弱壅水现象,却又减小了涡室有效面积,从而使得竖井中心空腔面积减小,这在一定程度上增加了流出涡室水体的紊乱程度从而减弱水流的附壁作用,降低竖井壁面的抗空化空蚀性能。为了规避束窄上平段末端宽度以及增设涡室小挑坎两种方式的短板,并有效利用二者的优势,拟在束窄上平段末端宽度的基础上在涡室内增设上大下小的挑坎,以期上端能改变涡室内回旋水流的方向以减小对上平段来流的挤压,同时下端尽量少地占用涡室空间,尽量小地影响涡室及渐变段的流态。涡室小挑坎上端到上平段边

墙顶部,下端至左边墙底(见图6(a))。可以看到,增加小挑坎后,在校核水位时涡室进口壅水基本消失(见图6(b)),涡室及竖井通气空腔稳定,贯通情况良好,总的流态情况较好;涡室内小挑坎对涡室内回旋水流起到了较好的导向作用,减弱了其对涡室来流的挤压;渐变段水流厚度较为均匀,从图中(图6(c))可以观察到水流的运动状态非常平顺,这说明体型五的整流小挑坎实现了回旋水流与上平段来流的良好衔接,二者基本没有发生明显的大交角碰撞作用,从而保证了竖井水流良好的附壁螺旋下泄,增强了竖井内壁面的抗空化空蚀性能。

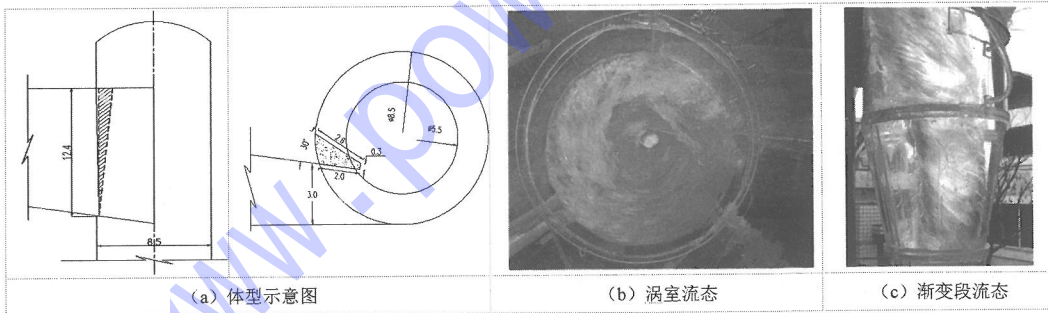


图6 优化体型五

3 结论

通过试验研究以及对比分析,对旋流竖井泄洪洞上平段与涡室的衔接进行了一系列的优化调整,实现了二者之间水流的平顺衔接,在增强竖井内水流的附壁作用的同时又基本不影响涡室中心空腔的形态。得出主要结论如下:

(1)通过束窄上平段末端宽度可以增强涡室水流的附壁作用,从而增大竖井内壁面的压强,并进一步提升竖井的抗空化空蚀性能。

(2)在涡室内壁增设常规等宽小挑坎可以实

现回旋水流与上平段来流的良好衔接,避免两股水流的大交角碰撞,从而避免出现水体直接跌落竖井底部的情况。

(3)上大下小的楔形涡室小挑坎在实现回旋水流与上平段来流良好衔接的同时,又不明显减小涡室有效断面面积,不明显减小竖井中心空腔大小,是一种值得推广的较优体型。

作者简介:

乐丰(1982-),男,湖北天门人,毕业于重庆交通大学水利水电工程专业,工程师,从事水利工程设计工作。

(责任编辑:卓政昌)