



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112127331 A

(43) 申请公布日 2020.12.25

(21) 申请号 202011051563.5

(22) 申请日 2020.09.29

(71) 申请人 昆明理工大学

地址 650093 云南省昆明市五华区学府路
253号(昆明理工大学)

(72) 发明人 池晓清 杨具瑞 刘柯涵 任中成
邱毅 陈卫星

(74) 专利代理机构 昆明人从众知识产权代理有
限公司 53204

代理人 何娇

(51) Int.Cl.

E02B 8/06 (2006.01)

E02B 3/10 (2006.01)

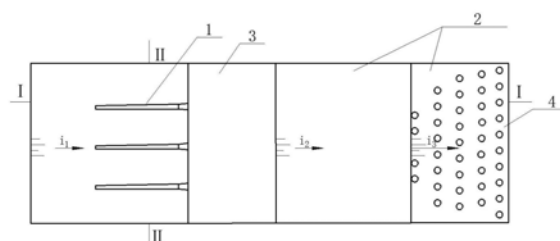
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

一种差动反坡式消能掺气结构

(57) 摘要

本发明涉及一种差动反坡式消能掺气结构。本发明差动式挑坎与阶梯溢流坝面末端台阶水平面相连,反坡式消力池位于直线过渡段之后,差动式挑坎与反坡式消力池通过直线过渡段连接,反坡式消力池布置梯形凸起圆形消能工。本发明通过将差动式挑坎与反坡式消力池相结合,将挑流消能与底流消能两种消能方式相结合,差动式挑坎在垂直方向对水流有较大的扩散,能够有效减弱水流对河床的冲刷。反坡式消力池上设置的梯形凸起圆形消能工能够降低“水翅”高度,优化水流流态,凸起圆形设置在一定程度上减弱空化空蚀危害,延长消能工使用寿命。



1. 一种差动反坡式消能掺气结构,其特征在于:包括差动式挑坎(1)、反坡式消力池(2)、直线过渡段(3)、梯形凸起圆形消能工(4);所述差动式挑坎(1)与阶梯溢流坝面末端台阶水平面相连,反坡式消力池(2)位于直线过渡段(3)之后,差动式挑坎(1)与反坡式消力池(2)通过直线过渡段(3)连接,反坡式消力池(2)布置梯形凸起圆形消能工(4)。

2. 根据权利要求1所述的差动反坡式消能掺气结构,其特征在于:所述差动式挑坎(1)包括高坎(1-1)和低坎(1-2);高坎(1-1)的平面图为前窄后宽,低坎(1-2)为前宽后窄,高坎(1-1)侧面为斜面。

3. 根据权利要求2所述的差动反坡式消能掺气结构,其特征在于:所述差动式挑坎(1)中高坎(1-1)的挑流仰角 $\theta_1=25^\circ$,低坎(1-2)的挑流仰角为水平, $\theta_2=0^\circ$ 。

4. 根据权利要求1所述的差动反坡式消能掺气结构,其特征在于:所述反坡式消力池(2)前半部为顺坡,后半部为逆坡,反坡式消力池顺坡坡度 $i_2=1/3\sim 1/2$,反坡式消力池逆坡坡度 $i_3=-1/6\sim -1/4$,相对应的逆坡池长 L_B 与第二共轭水深 h_2 的关系为: $L_B/h_2=4.75$ 、 $L_B/h_2=4.67$ 或 $L_B/h_2=4.9$ 。

5. 根据权利要求1所述的差动反坡式消能掺气结构,其特征在于:所述反坡式消力池(2)反坡段布置梯形凸起圆形消能工(4),布置形式为顺梯形排列凸起圆形,即沿水流方向梯形短边在上游侧,梯形长边在下游侧,梯形凸起圆形消能工(4)圆形半径为 r ,凸起高度为 h , $r/h=0.5\sim 0.7$ 。

6. 根据权利要求1所述的差动反坡式消能掺气结构,其特征在于:所述反坡式消力池(2)反坡段布置梯形凸起圆形消能工(4),布置形式为逆梯形排列凸起圆形,即沿水流方向梯形长边在上游侧,梯形短边在下游侧,梯形凸起圆形消能工(4)圆形半径为 r ,凸起高度为 h , $r/h=0.5\sim 0.7$ 。

7. 根据权利要求2所述的差动反坡式消能掺气结构,其特征在于:所述高坎(1-1)与低坎(1-2)的高差 a 等于收缩断面急流水深 h_3 , $a/h_3=1$;高坎(1-1)末端宽度为 b_1 , $b_1/h_3=2.5\sim 2.7$,低坎(1-2)末端宽度为 b_2 , $b_2/b_1=3/4$;高坎(1-1)在平面图上的扩张角为 25° ;齿的侧坡竖横比为1:0.5。

一种差动反坡式消能掺气结构

技术领域

[0001] 本发明涉及一种差动反坡式消能掺气结构,属于水利水电工程中使用的消能设施技术领域。

背景技术

[0002] 在水利工程建设中,泄水建筑物主要有两大方面的作用就是消能和泄洪,宣泄多余的水流,耗散水流动能,减轻对下游河床的冲刷,增强坝体的稳定性。随着高坝建设发展的需要,以及对消能机理认识的逐步深入,许多新型的消能形式不断出现。目前常见的消能形式主要有底流消能、挑流消能、面流消能等,底流消能主要靠前半区的水跃进行耗散能量,这部分能量比较集中,消力池底板承受荷载集中,造成临底流速和脉动压强等水力学指标偏高,导致消力池底板发生失稳破坏;挑流消能由于挑射水流在空中受大气的拖曳和卷吸作用发生破碎,并在下游水体碰撞时产生激溅,雾化降雨难以避免。因此需要一种在高水头大流量条件下,既能提高消能率,又能掺气减蚀保护下游建筑物,减小下泄水流水面波动的消能结构。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是:本发明提供一种差动反坡式消能掺气结构,适用于高水头大流量条件下进行消能掺气减蚀,减小水力学指标,有效提高消能率。

[0004] 本发明技术方案是:一种差动反坡式消能掺气结构,包括差动式挑坎1、反坡式消力池2、直线过渡段3、梯形凸起圆形消能工4;所述差动式挑坎1与阶梯溢流坝面末端台阶水平面相连,反坡式消力池2位于直线过渡段3之后,差动式挑坎1与反坡式消力池2通过直线过渡段3连接,反坡式消力池2布置梯形凸起圆形消能工4。

[0005] 进一步地,所述差动式挑坎1包括高坎1-1和低坎1-2;高坎1-1的平面图为前窄后宽,低坎1-2为前宽后窄,高坎1-1侧面为斜面。

[0006] 进一步地,所述差动式挑坎1中高坎1-1的挑流仰角 $\theta_1=25^\circ$,低坎1-1的挑流仰角为水平, $\theta_2=0^\circ$ 。

[0007] 进一步地,所述反坡式消力池2前半部为顺坡,后半部为逆坡,反坡式消力池顺坡坡度 $i_2=1/3\sim 1/2$,反坡式消力池逆坡坡度 $i_3=-1/6\sim -1/4$,相对应的逆坡池长 L_B 与第二共轭水深 h_2 的关系为: $L_B/h_2=4.75$ 、 $L_B/h_2=4.67$ 或 $L_B/h_2=4.9$ 。

[0008] 进一步地,所述反坡式消力池2反坡段布置梯形凸起圆形消能工4,布置形式为顺梯形排列凸起圆形,即沿水流方向梯形短边在上游侧,梯形长边在下游侧,梯形凸起圆形消能工4圆形半径为 r ,凸起高度为 h , $r/h=0.5\sim 0.7$ 。

[0009] 进一步地,所述反坡式消力池2反坡段布置梯形凸起圆形消能工4,布置形式为逆梯形排列凸起圆形,即沿水流方向梯形长边在上游侧,梯形短边在下游侧,梯形凸起圆形消能工4圆形半径为 r ,凸起高度为 h , $r/h=0.5\sim 0.7$ 。

[0010] 进一步地,所述高坎1-1与低坎1-2的高差 a 等于收缩断面急流水深 h_3 , $a/h_3=1$;高

坎1-1末端宽度为 b_1 , $b_1/h_3=2.5\sim 2.7$, 低坎1-2末端宽度为 b_2 , $b_2/b_1=3/4$; 高坎1-1在平面上的扩张角为 25° ; 齿的侧坡竖横比为1:0.5。

[0011] 本发明的有益效果是:

[0012] 1、水流通过差动式挑坎, 差动挑坎的高坎和低坎可把水流“撕开”, 在垂直方向能有较大扩散, 使水舌入水面积增大, 有利于减弱水流对河床的冲刷, 高坎的挑角使得射出水流与空气充分接触, 能够在水舌底部创造掺气条件, 增大掺气浓度。水流经由挑坎下落至反坡式消力池内, 与反坡产生的水跃主流相碰撞, 紊动强烈, 出池水流的波动性减小, 尾水波动对岸坡的冲刷减轻。

[0013] 2、差动式挑坎与反坡式消力池的结合, 使水流掺气浓度增加, 水流流态趋于平稳, 减小对下游岸坡及建筑物的不利影响, 消能效果显著。

[0014] 3、将最易发生空化现象的齿的侧面由直立改为斜面, 同时又保持槽内的水流沿程收缩。使齿槽公用的斜壁上的压力有所增加, 从而改善齿槽式挑坎的抗空化性能。

[0015] 4、反坡段布置梯形凸起圆形消能工优化水流流态, 降低“水翅”高度, 施工方便, 节约成本, 水流在凸起圆形消能工之间相互碰撞消耗大量能量, 减小了出泄水流的水面波动, 减小水流对下游建筑物的冲刷破坏。

[0016] 5、该组合消能方式对下游冲刷较小, 有效保护水利工程中泄水建筑物在高水头、大流量条件下坝体的安全。

附图说明

[0017] 图1是本发明所述A型消能掺气结构的平面示意图, 用于中高水头水电站的底流消能;

[0018] 图2是图1中差动式挑坎的平面图;

[0019] 图3是图1中差动式挑坎的俯视图;

[0020] 图4是图1中 II-II 的剖面图;

[0021] 图5是图1中 II-II 挑角示意图;

[0022] 图6是图1的 I-I 剖面图;

[0023] 图7是本发明所述B型消能掺气结构的平面示意图, 用于中高水头水电站的底流消能;

[0024] 图8是本发明所述C型消能掺气结构的平面示意图, 用于中高水头水电站的底流消能。

[0025] 图9是本发明所述反坡式消力池逆坡段流态示意图。

[0026] 图1中各标号: 1-差动式挑坎、2-反坡式消力池、3-直线过渡段、1-1-高坎、1-2-低坎、 b_1 -高坎末端宽度、 b_2 -低坎末端宽度、 a -高坎与低坎的高差、 θ_1 -高坎的挑流仰角、 θ_2 -低坎的挑流仰角、4-梯形凸起圆形消能工、 i_1 -挑流仰角、 i_2 -反坡式消力池顺坡坡度、 i_3 -反坡式消力池逆坡坡度。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图和具体实施例, 对本发明作进一步说明。

[0028] 实施例1, 如图1-图6, 图9所示, 本发明包括差动式挑坎1, 反坡式消力池2, 直线过

渡段3,梯形凸起圆形消能工4;差动式挑坎1位于末级阶梯尾部,反坡式消力池2位于直线过渡段之后,差动式挑坎1与反坡式消力池2通过直线过渡段3连接,反坡式消力池2反坡段设置梯形凸起圆形消能工4;差动式挑坎1的挑流仰角高坎(齿)1-1为 $\theta_1=25^\circ$,低坎(槽)1-2成水平, $\theta_2=0^\circ$;高坎与低坎的高差 a 等于收缩断面急流水深 h_3 , $a/h_3=1$;高坎末端宽度为 b_1 , $b_1/h_3=2.5$,低坎末端宽度为 b_2 , $b_2/b_1=3/4$;高坎在平面图上的扩张角为 25° ;齿的侧坡竖横比为1:0.5;反坡式消力池后半部反坡式消力池逆坡坡度为 $i_3=-1/6$,相对应的逆坡池长 L_B 一般为 $L_B/h_2=4.75$,反坡段梯形凸起圆形排列设置为顺梯形。

[0029] 本实施案例中的A型差动反坡式消能掺气结构的消能率约为60%~75%,减小了消力池出泄水流水面波动,消力池内为淹没水跃,水流紊动强烈。

[0030] 实施例2,如图2-图7,图9所示,本发明包括差动式挑坎1,反坡式消力池2;直线过渡段3;差动式挑坎1位于末级阶梯尾部,反坡式消力池2位于直线过渡段之后,差动式挑坎1与反坡式消力池2通过直线过渡段3连接;差动式挑坎1的挑流仰角高坎(齿)1-1为 $\theta_1=25^\circ$,低坎(槽)1-2成水平, $\theta_2=0^\circ$;高坎与低坎的高差 a 等于收缩断面急流水深 h_3 , $a/h_3=1$;高坎末端宽度为 b_1 , $b_1/h_3=2.6$,低坎末端宽度为 b_2 , $b_2/b_1=3/4$;高坎在平面图上的扩张角为 25° ;齿的侧坡竖横比为1:0.5;反坡式消力池后半部反坡式消力池逆坡坡度为 $i_3=-1/5$,相对应的池长 L_B 一般为 $L_B/h_2=4.67$,反坡段梯形凸起圆形排列设置为顺梯形。

[0031] 本实施案例中的B型差动反坡式消能掺气结构的消能率约为60%~75%,减小了消力池出泄水流水面波动,消力池内为淹没水跃,水流紊动强烈。

[0032] 实施例3,如图2-图6,图8-图9所示,本发明包括差动式挑坎1,反坡式消力池2;直线过渡段3;差动式挑坎1位于末级阶梯尾部,反坡式消力池2位于直线过渡段之后,差动式挑坎1与反坡式消力池2通过直线过渡段3连接;差动式挑坎1的挑流仰角高坎(齿)1-1为 $\theta_1=25^\circ$,低坎(槽)1-2成水平, $\theta_2=0^\circ$;高坎与低坎的高差 a 等于收缩断面急流水深 h_3 , $a/h_3=1$;高坎末端宽度为 b_1 , $b_1/h_3=2.7$,低坎末端宽度为 b_2 , $b_2/b_1=3/4$;高坎在平面图上的扩张角为 25° ;齿的侧坡竖横比为1:0.5;反坡式消力池后半部反坡式消力池逆坡坡度为 $i_3=-1/4$,相对应的池长 L_B 一般为 $L_B/h_2=4.9$,反坡段梯形凸起圆形排列设置为逆梯形。

[0033] 本实施案例中的C型差动反坡式消能掺气结构的消能率约为60%~70%,减小了消力池出泄水流水面波动,消力池内为淹没水跃,水流紊动强烈。

[0034] 本发明的工作原理是:

[0035] 所述差动式挑坎1包括高坎1-1和低坎1-2;其高坎1-1和低坎1-2可以在垂直方向扩散水流,消耗大部分动能,高坎的平面图为前窄后宽,低坎为前宽后窄,高坎侧面为斜面,这样的体型保持槽内水流沿程收缩,使齿槽公用的斜壁上的压力有所增加,从而改善其抗空化性能;

[0036] 所述反坡式消力池2前半部为顺坡,后半部为逆坡,根据流量的大小,能发生水跃与挑流;当流量小于设计流量时,前半部发生水跃;当流量过大时,水跃消失,后半部水流以急流状态挑射而出;反坡式消力池顺坡坡度 $i_2=1/3\sim 1/2$,反坡式消力池逆坡坡度 $i_3=-1/6\sim -1/4$ 。

[0037] 水流经过差动式挑坎1,消耗大部分动能,经由曲线挑射到空中,下落到反坡式消力池2,此组合消能方式可以提高消能率,减少消力池内泥沙淤积问题。

[0038] 反坡式消力池2逆坡设置梯形凸起圆形消能工4,布置形式主要有以下两种情况:

[0039] a型结构:所述反坡式消力池2反坡段布置梯形凸起圆形消能工4,布置形式为顺梯形排列凸起圆形,即沿水流方向梯形短边在上游侧,梯形长边在下游侧,梯形凸起圆形消能工4圆形半径为 r ,凸起高度为 h , $r/h=0.5\sim 0.7$ 。

[0040] b型结构:所述反坡式消力池2反坡段布置梯形凸起圆形消能工4,布置形式为逆梯形排列凸起圆形,即沿水流方向梯形长边在上游侧,梯形短边在下游侧,梯形凸起圆形消能工4圆形半径为 r ,凸起高度为 h , $r/h=0.5\sim 0.7$ 。

[0041] 本发明通过将差动式挑坎与反坡式消力池相结合,将挑流消能与底流消能两种消能方式相结合,泄水建筑物泄放的高速水流经过挑坎导引,将水流抛射到空中,水流在空中掺入大量空气,且与空气发生摩擦,达到消能掺气的效果;由于曲线作用,形成逐渐扩散的水舌下落到下游消力池,消散水流大部分动能;下游消力池前半部为顺坡,后半部为逆坡,当流量不超过设计流量时,反坡内出现水跃,当流量过大时,水跃消失,水流以急流状态挑射而出,有水跃与挑流双重作用;差动式挑坎在垂直方向对水流有较大的扩散,能够有效减弱水流对河床的冲刷。所述梯形凸起圆形消能工能够降低“水翅”高度,优化水流流态,凸起圆形设置在一定程度上减弱空化空蚀危害,延长消能工使用寿命。

[0042] 实施例4,本实施例与实施例1、实施例2或实施例3均相同,不同之处在于:反坡式消力池顺坡坡度 $i_2=1/3$,高坎1-1的平面图为前窄后宽,低坎1-2为前宽后窄,高坎1-1侧面为斜面。

[0043] 实施例5,本实施例与实施例1、实施例2或实施例3均相同,不同之处在于:反坡式消力池顺坡坡度 $i_2=1/2$,高坎1-1的平面图为前窄后宽,低坎1-2为前宽后窄,高坎1-1侧面为斜面。

[0044] 实施例6,本实施例与实施例1、实施例2或实施例3均相同,不同之处在于:反坡式消力池顺坡坡度 $i_2=2/5$,高坎1-1的平面图为前窄后宽,低坎1-2为前宽后窄,高坎1-1侧面为斜面。

[0045] 上面结合附图对本发明的具体实施例作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施例,在本领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下作出各种变化。

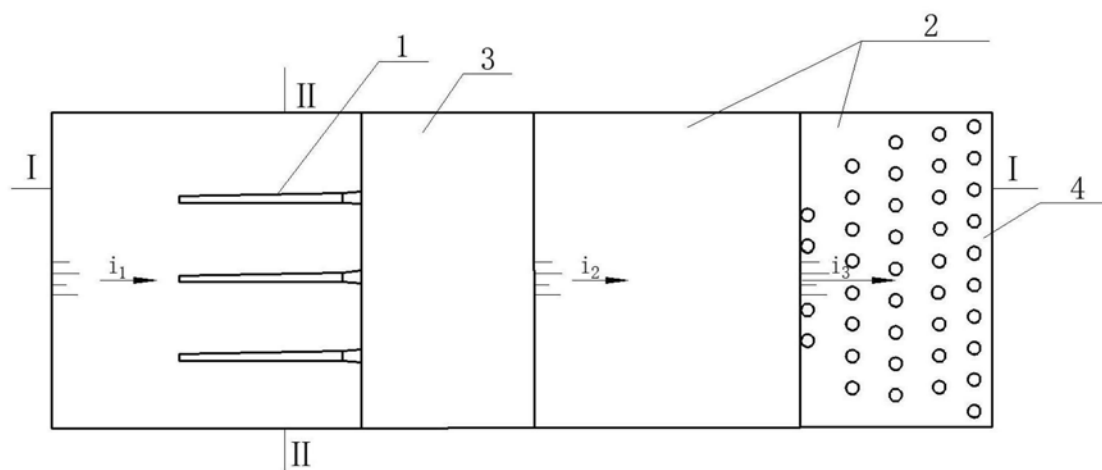


图1

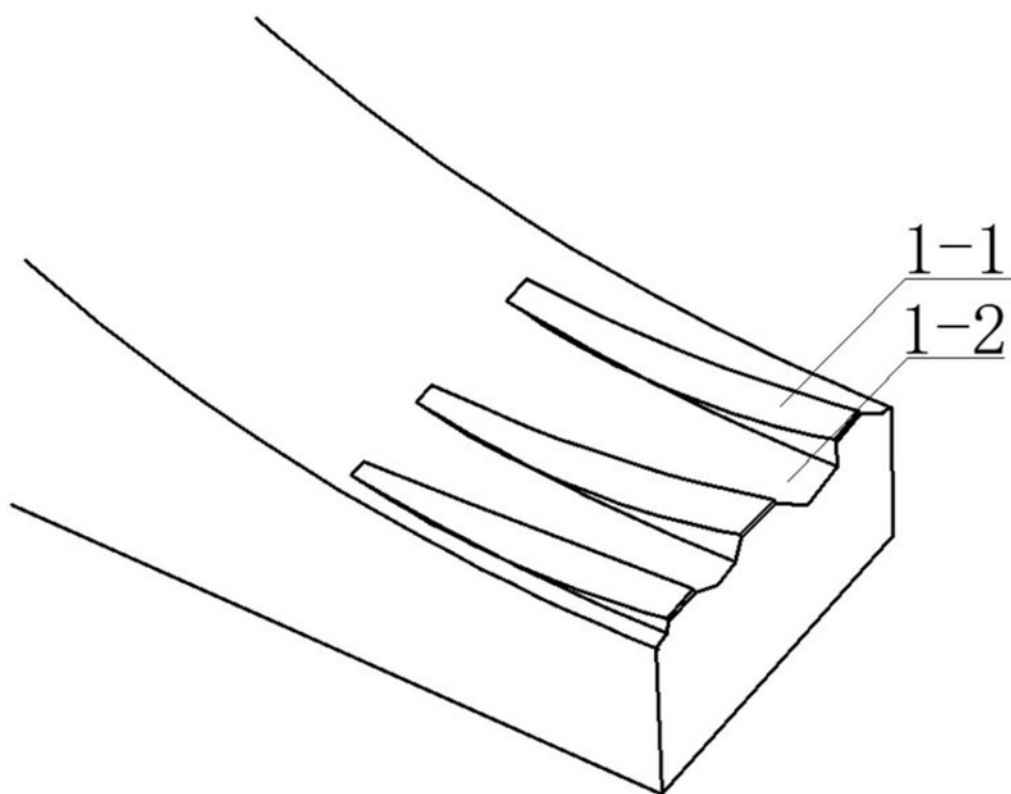


图2

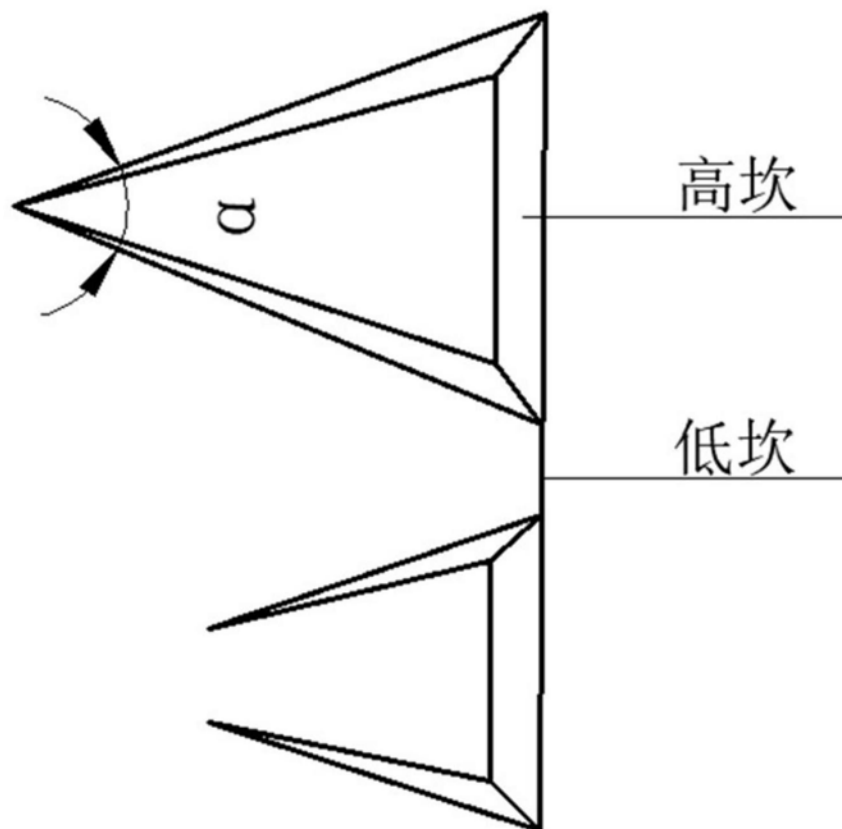


图3



图4

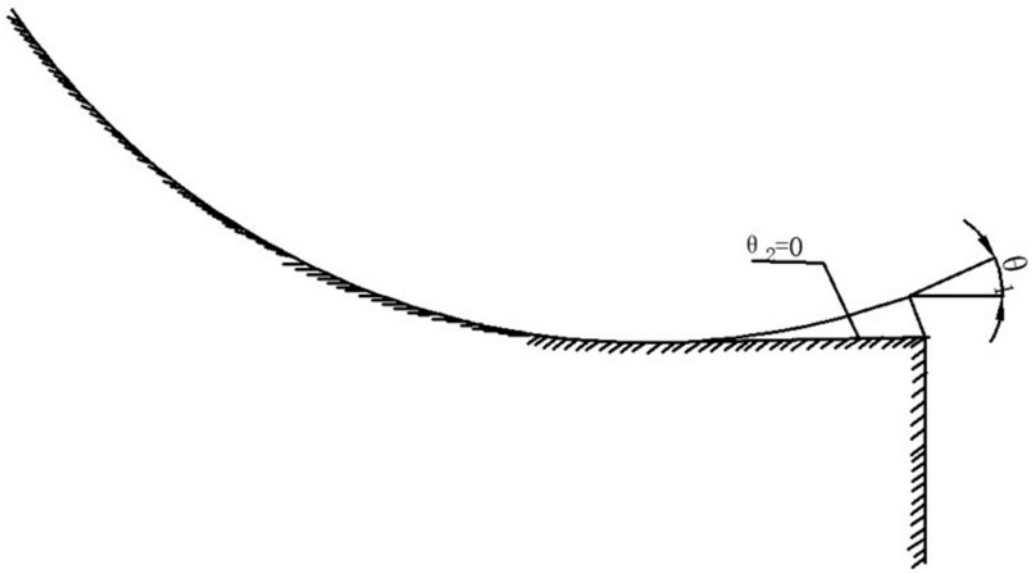


图5

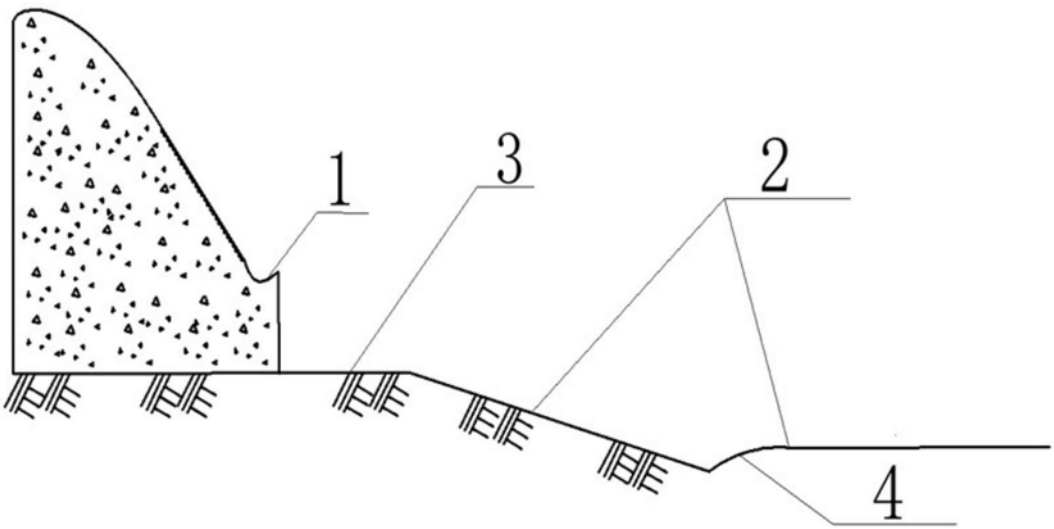


图6

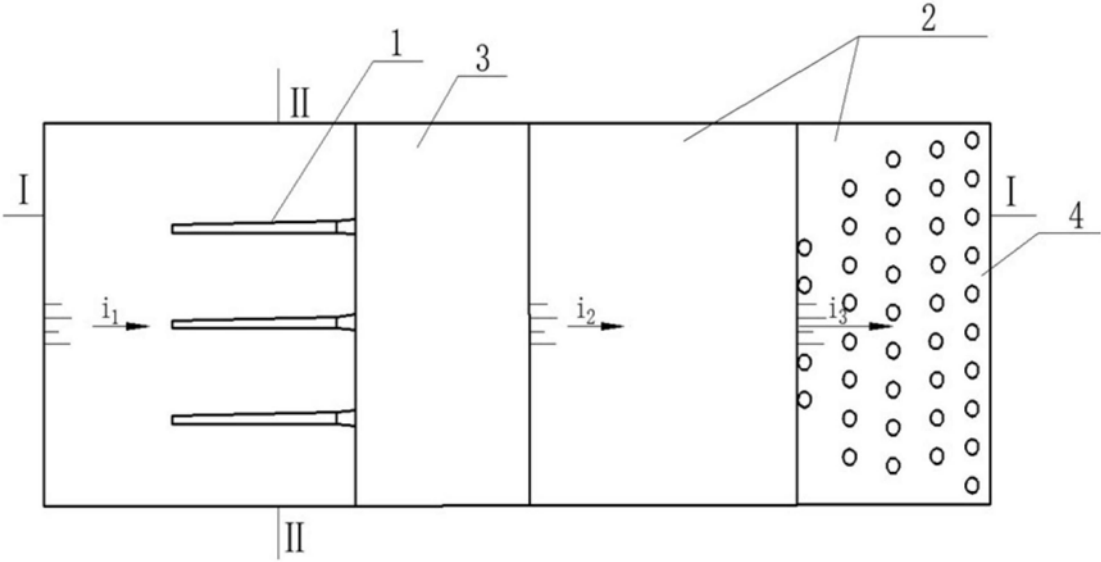


图7

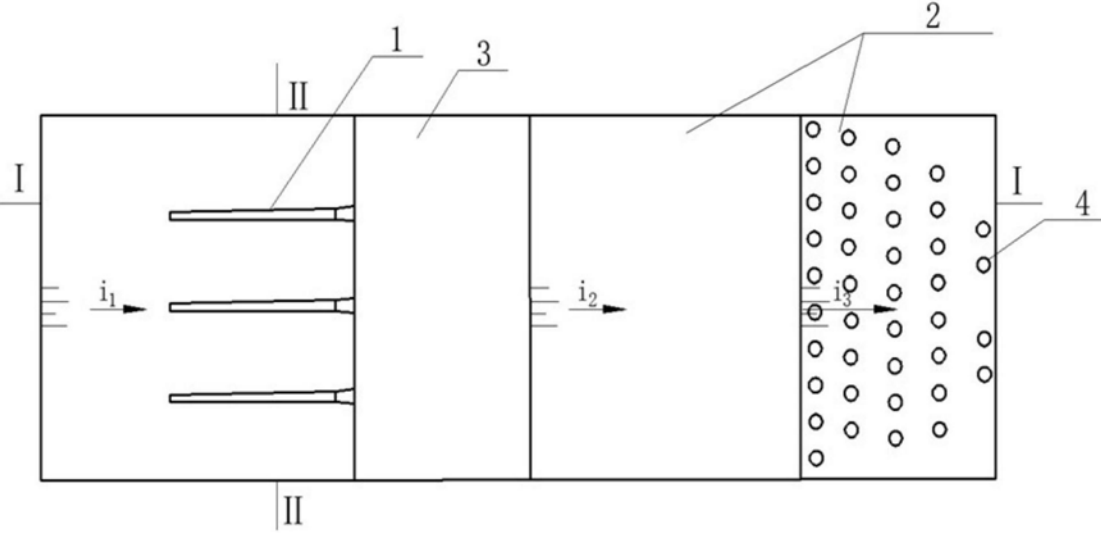


图8

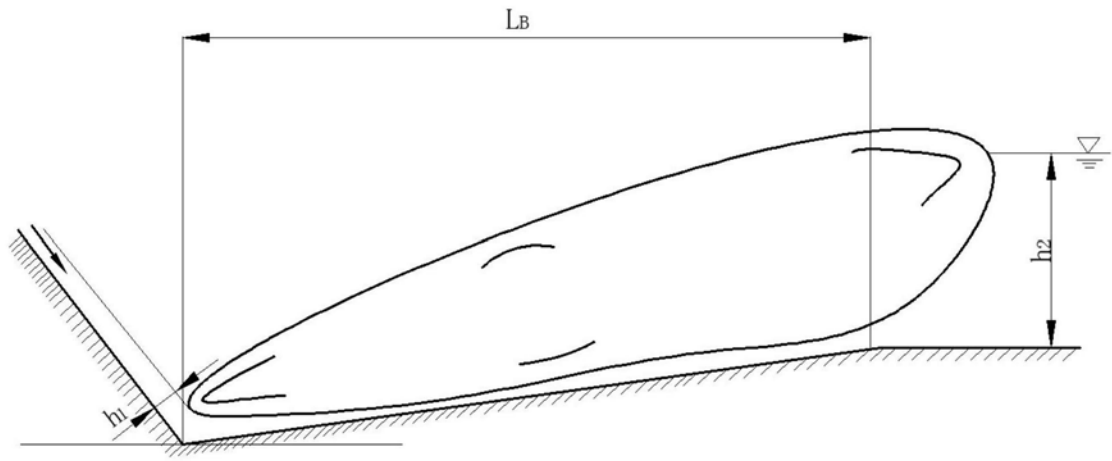


图9