



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104294802 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 27

(21) 申请号 201410461747. 7

(22) 申请日 2014. 09. 11

(73) 专利权人 四川大学

地址 610065 四川省成都市武侯区一环路南
一段 24 号

(72) 发明人 张建民 何小洸 许唯临 彭勇
刘善均 王伟 邓军 曲景学
田忠 张法星 周茂林

(74) 专利代理机构 成都科海专利事务有限责任
公司 51202

代理人 黄幼陵

(51) Int. Cl.

E02B 8/06(2006. 01)

审查员 余海娇

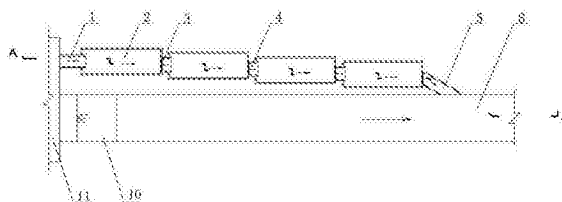
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

跌流式梯级水垫塘消能系统

(57) 摘要

本发明所述跌流式梯级水垫塘消能系统,包括设置在水库坝体侧面山体不同高程处的多级阶梯式布置的水垫塘,将水库中的水引出的上游引水渠,第二高程至最低高程的各级水垫塘对应的水平溢洪道和将最低高程的水垫塘中的水引入下游河道的岸边引水渠,各级水垫塘的下游端位于同一侧,所述下游端边墙上均设置有溢流堰;上游引水渠的出水口位于最高高程水垫塘的上游上方,第二高程水垫塘对应的水平溢洪道与最高高程水垫塘的高程相同并与最高高程水垫塘设置的溢流堰衔接,其出水口位于第二高程水垫塘的上游上方,……。本发明所述消能系统能避免水垫塘破坏,保证下游河道安全,提高消能率。



1. 一种跌流式梯级水垫塘消能系统,其特征在于该系统包括设置在水库坝体侧面山体不同高程处的多级阶梯式布置的水垫塘(2),将水库中的水引出的上游引水渠(1),第二高程至最低高程的各级水垫塘对应的水平溢洪道(4)和将最低高程水垫塘中的水引入下游河道(6)的岸边引水渠(5),各级水垫塘的下游端位于同一侧,各级水垫塘下游端边墙上均设置有溢流堰(3);上游引水渠(1)的出水口位于最高高程水垫塘的上游上方,第二高程水垫塘对应的水平溢洪道与最高高程水垫塘的高程相同并与最高高程水垫塘设置的溢流堰衔接,其出水口位于第二高程水垫塘的上游上方,第三高程水垫塘对应的水平溢洪道与第二高程水垫塘的高程相同并与第二高程水垫塘的溢流堰衔接,其出水口位于第三高程水垫塘的上游上方,最低高程水垫塘对应的水平溢洪道与次低高程水垫塘的高程相同并与次低高程水垫塘的溢流堰衔接,其出水口位于最低高程水垫塘的上游上方,所述岸边引水渠(5)的进水端与最低高程水垫塘下游端边墙设置的溢流堰衔接,其末端与下游河道(6)相连,从而将水库中的水经上游引水渠跌落至最高高程水垫塘,再经第二高程至最低高程的各级水垫塘对应的水平溢洪道从高至低依次跌落至各级水垫塘中,并经岸边引水渠(5)流入下游河道。

2. 根据权利要求1所述跌流式梯级水垫塘消能系统,其特征在于各级水垫塘的轴线相互平行或相交成锐角。

3. 根据权利要求1或2所述跌流式梯级水垫塘消能系统,其特征在于相邻两级水垫塘之间的高程差 $\Delta x = 30 \sim 45\text{m}$ 。

4. 根据权利要求1或2所述跌流式梯级水垫塘消能系统,其特征在于所述水垫塘的长度 $l = 20 \sim 40\text{m}$ 、宽度 $b_1 = 15 \sim 30\text{m}$ 、深度 $h_1 = \text{最大水位高度} + \text{波动高度} + \text{安全超高}$ 。

5. 根据权利要求3所述跌流式梯级水垫塘消能系统,其特征在于所述水垫塘的长度 $l = 20 \sim 40\text{m}$ 、宽度 $b_1 = 15 \sim 30\text{m}$ 、深度 $h_1 = \text{最大水位高度} + \text{波动高度} + \text{安全超高}$ 。

6. 根据权利要求1或2所述跌流式梯级水垫塘消能系统,其特征在于所述溢流堰(3)的宽度 $b_2 \leq b_1$,式中 b_1 为水垫塘的宽度。

7. 根据权利要求3所述跌流式梯级水垫塘消能系统,其特征在于所述溢流堰(3)的宽度 $b_2 \leq b_1$,式中, b_1 为水垫塘的宽度。

8. 根据权利要求4所述跌流式梯级水垫塘消能系统,其特征在于所述溢流堰(3)的宽度 $b_2 \leq b_1$,式中, b_1 为水垫塘的宽度。

9. 根据权利要求5所述跌流式梯级水垫塘消能系统,其特征在于所述溢流堰(3)的宽度 $b_2 \leq b_1$,式中, b_1 为水垫塘的宽度。

10. 根据权利要求1或2所述跌流式梯级水垫塘消能系统,其特征在于所述岸边引水渠(5)末端的水流方向与下游河道(6)的水流方向相交的角度为锐角。

跌流式梯级水垫塘消能系统

技术领域

[0001] 本发明属于水利水电工程中的泄洪消能技术领域,特别涉及一种适用于狭窄河谷、下游河道由窄变宽的小流量高水头水利工程的水垫塘与跌流消能结合的消能系统。

背景技术

[0002] 高水头电站建设中,为保证水利工程在运行中的安全性,需要采用一系列泄洪消能措施。传统的消能措施包括传统的底流消能,挑流消能和面流消能,新型消能设施包括竖井旋流消能,宽尾墩,阶梯消能,洞塞孔板消能等。但对于狭窄河谷,两岸山体垂直,下游河道迅速由窄变宽,岸坡岩体地质条件复杂的工程,由于地质条件造成的障碍,难以按现有技术中的模式布置水垫塘以及大单宽流量的泄洪隧洞,或采用现有技术的消能设施布置方式,工程耗费较高,工期增长。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于针对现技术的不足,提供一种适用于狭窄河谷,下游河道由窄变宽的小流量高水头水利工程的跌流式梯级水垫塘消能系统,以提高消能率及工程安全性和经济性,减小枢纽布置的困难程度。

[0004] 本发明所述跌流式梯级水垫塘消能系统,包括设置在水库坝体侧面山体不同高程处的多级阶梯式布置的水垫塘,将水库中的水引出的上游引水渠,第二高程至最低高程的各级水垫塘对应的水平溢洪道和将最低高程的水垫塘中的水引入下游河道的岸边引水渠,各级水垫塘的下游端位于同一侧,各级水垫塘下游端边墙上均设置有溢流堰;上游引水渠的出水口位于最高高程水垫塘的上游上方,第二高程水垫塘对应的水平溢洪道与最高高程水垫塘的高程相同并与最高高程水垫塘设置的溢流堰衔接,其出水口位于第二高程水垫塘的上游上方,第三高程水垫塘对应的水平溢洪道与第二高程水垫塘的高程相同并与第二高程水垫塘的溢流堰衔接,其出水口位于第三高程水垫塘的上游上方,……,最低高程水垫塘对应的水平溢洪道与次低高程水垫塘的高程相同并与次低高程水垫塘的溢流堰衔接,其出水口位于最低高程水垫塘的上游上方,所述岸边引水渠的进水端与最低高程水垫塘下游端边墙设置的溢流堰衔接,其末端与下游河道相连,从而将水库中的水经上游引水渠跌落至最高高程水垫塘,再经第二高程至最低高程的各级水垫塘对应的水平溢洪道从高至低依次跌落至各级水垫塘中,并经岸边引水渠流入下游河道。在这个过程中,利用跌流使水流碰撞,发生强烈的撞击、紊动、混掺及剪切,消除部分能量,达到提高消能率,避免工程破坏的目的。

[0005] 上述跌流式梯级水垫塘消能系统,水垫塘轴线选择开挖量最小的方式进行布置,各级水垫塘的轴线相互平行,或各级水垫塘的轴线相交,或各级水垫塘的轴线部分平行、部分相交,若水垫塘的轴线相交,相交的角度为锐角。

[0006] 上述跌流式梯级水垫塘消能系统,相邻两级水垫塘之间的高程差 $\Delta x = 30 \sim 45\text{m}$,防止跌落流速过大破坏水垫塘,且保证工程量最小。各级水垫塘之间的高程差根据地质条

件进行选择,可以相等,也可以不等。

[0007] 上述跌流式梯级水垫塘消能系统,所述水垫塘的长度 $l=20\sim 40\text{m}$ 、宽度 $b_1=15\sim 30\text{m}$ 、深度 $h_1=\text{最大水位高度}+\text{波动高度}+\text{安全超高}$ 。所述最大水位高度为最大泄流量对应的水垫塘中的水位高度,所述波动高度为水流剧烈翻滚引起的水位变化,所述安全超高为保证水流不会翻出水垫塘所需高度。为避免水垫塘发生破坏,应避免水垫塘中混凝土产生拉应力,水垫塘应修建在挖方中,尽量避免填方,且水垫塘应当做好防渗措施,避免渗漏引起消能系统的破坏。同时各级水垫塘内应保证一定水深,防止泄洪时最大流量跌落水流直接冲击水垫塘底板引发水垫塘破坏,进而冲刷山体导致不可修复的破坏,危及枢纽运行安全。

[0008] 上述跌流式梯级水垫塘消能系统,所述溢流堰的宽度 $b_2\leq b_1$,式中 b_1 为水垫塘的宽度。第二高程至最低高程的各级水垫塘对应的水平溢洪道入水口宽度=上一级水垫塘的溢流堰宽度,因而连接于于两级水垫塘之间的水平溢洪道从上游到下游可以是等宽的,也可以是渐扩的。

[0009] 上述跌流式梯级水垫塘消能系统,所述岸边引水渠末端的水流方向与下游河道的水流方向相交的角度为锐角,以保证水流平顺进入河道,防止出现冲刷。

[0010] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0011] 1、本发明所述消能系统结合跌流消能和水垫塘分段进行消能,相对于地表陡槽溢洪道($i>1$)增大了消能率,由于其布置在坝体侧山体上,避免了在狭窄河谷中修建水垫塘,小流量高水头水流对水垫塘可能发生的破坏,或采用挑流消能时对下游河道的冲刷,因而可保证枢纽的安全性,特别适合下游河道迅速由窄变宽的小流量高水头水利工程,解决了采用现有消能方式布置的场地条件限制、地形地质条件限制的问题。

[0012] 2、本发明所述消能系统配合枢纽所在坝址的工程地质条件和地貌条件进行修建,通过调整各级水垫塘轴线及水垫塘大小,使得挖填方数量达到最小,避免了在狭窄河谷修建溢洪道时为减小溢洪道坡度而通常需要的大量填挖方量,提高了工程经济效益。

[0013] 3、本发明所述消能系统配合枢纽所在坝址的工程地质条件和地貌条件进行修建,根据地形地貌条件灵活设计相邻两级水垫塘之间的高程差,布置灵活,因而能避开不利地质条件,大大降低了枢纽布置难度。

附图说明

[0014] 图1为发明所述跌流式梯级水垫塘消能系统的第一种总体布置俯视图。

[0015] 图2为发明所述跌流式梯级水垫塘消能系统的第二种总体布置俯视图。

[0016] 图3为发明所述跌流式梯级水垫塘消能系统的第三种总体布置俯视图。

[0017] 图4为发明所述跌流式梯级水垫塘消能系统的第四种总体布置俯视图。

[0018] 图5为发明所述跌流式梯级水垫塘消能系统的第五种总体布置俯视图。

[0019] 图6为图1的A-A剖视图。

[0020] 图7为在单个水垫塘及与其衔接的水平溢洪道的结构示意图。

[0021] 图8为图7的B-B剖视图。

[0022] 图9为图7的C-C剖视图。

[0023] 图中,1——上游引水渠,2——水垫塘,3——溢流堰,4——水平溢洪道,5——岸边引水渠,6——下游河道,7——山体,8——原地面线,9——水面线,10——大坝,11——

上游水库, h_1 ——水垫塘深度, h_2 ——溢流堰高度, Δx ——相邻水垫塘之间的高程差, l ——水垫塘长度, b_1 ——水垫塘宽度, b_2 ——溢流堰宽度。

具体实施方式

[0024] 下面通过实施例对本发明所述跌流式梯级水垫塘消能系统作进一步说明。

[0025] 实施例1和对比例1的工程概况如下:

[0026] 某电站修建在狭窄河谷之中, 两岸山体陡峭, 下游河道迅速由窄变宽, 水库上游水位高程为621.00m和下游水位高程为531.00, 落差为90m, 泄流流量为 $300\text{m}^3/\text{s}$ 。针对上述工程, 采用实施例1和对比例1两种消能系统进行水工模型试验。

[0027] 实施例1

[0028] 本实施采用跌流式梯级水垫塘消能系统消能, 包括设置在水库坝体侧面山体不同高程处的三级阶梯式布置的水垫塘2, 将水库中的水引出的上游引水渠1, 第二高程和最低高程的各级水垫塘对应的水平溢洪道4和将最低高程的水垫塘中的水引入下游河道6的岸边引水渠5, 各级水垫塘的下游端位于同一侧, 各级水垫塘下游端边墙上均设置有溢流堰3; 上述设施的布置方式如图3所示, 各级水垫塘的轴线相互平行, 上游引水渠1的出水口位于最高高程水垫塘的上游上方, 第二高程水垫塘对应的水平溢洪道与最高高程水垫塘的高程相同并与最高高程水垫塘设置的溢流堰衔接, 其出水口位于第二高程水垫塘的上游上方, 最低高程水垫塘对应的水平溢洪道与第二高程水垫塘的高程相同并与第二高程水垫塘的溢流堰衔接, 其出水口位于最低高程水垫塘的上游上方, 所述岸边引水渠5的进水端与最低高程水垫塘下游端边墙设置的溢流堰3衔接, 其末端与下游河道6相连, 岸边引水渠5末端的水流方向与下游河道6的水流方向相交的角度为 27.1° 。

[0029] 水垫塘的结构如图7、图8、图9所示。三级水垫塘的尺寸相同, 它们的长度 $l=20\text{m}$ 、宽度 $b_1=15\text{m}$ 、深度 $h_1=10\text{m}$, 它们的溢流堰高度 $h_2=5\text{m}$ 、宽度 $b_2=b_1$, 式中 b_1 为水垫塘的宽度, 最高高程水垫塘与第二高程水垫塘之间的高程差=第二高程水垫塘与最低高程水垫塘之间的高程差=30m, 第二高程水垫塘对应的水平溢洪道入水口宽度与最高高程水垫塘的溢流堰宽度相等, 最低高程水垫塘对应的水平溢洪道入水口宽度与第二高程水垫塘的溢流堰宽度相等, 各水平溢洪道的出水口宽度与对应的水垫塘宽度相同(见图3)。

[0030] 试验结果: 泄流量为 $300\text{m}^3/\text{s}$ 时, 水流平稳进入下游河道, 测得岸边引水渠内水流平均流速为 6.5m/s , 该梯级水垫塘消能系统消能率达到95%; 工程挖填方量为 1.7万m^3 。

[0031] 对比例1

[0032] 采用陡槽溢洪道加水垫塘布置消能系统, 陡槽溢洪道坡度为0.8。

[0033] 试验结果: 泄流量为 $300\text{m}^3/\text{s}$ 时, 测得水垫塘尾部平均流速为 13.18m/s , 水垫塘内最大流速达到 25.69m/s , 该工程挖填方量达到 4.6万m^3 , 工程经济效益和消能效果较实施例1低。

[0034] 实施例2和对比例2的工程概况如下:

[0035] 某电站修建在狭窄河谷之中, 两岸山体陡峭, 下游河道迅速由窄变宽, 水库入口高程为2126.00m, 出口高程为2011.00m, 落差为115m, 泄洪流量为 $600\text{m}^3/\text{s}$ 。针对上述工程, 采用实施例2和对比例2两种消能系统进行水工模型试验。

[0036] 实施例2

[0037] 本实施采用跌流式梯级水垫塘消能系统消能,包括设置在水库坝体侧面山体不同高程处的三级阶梯式布置的水垫塘2,将水库中的水引出的上游引水渠1,第二高程和最低高程的各级水垫塘对应的水平溢洪道4和将最低高程的水垫塘中的水引入下游河道6的岸边引水渠5,各级水垫塘的下游端位于同一侧,各级水垫塘下游端边墙上均设置有溢流堰3;上述设施的布置方式类似于图4,最高高程水垫塘与第二高程水垫塘的轴线相互平行,第二高程水垫塘与最低高程水垫塘的轴线相交成 18.4° 角;上游引水渠1的出水口位于最高高程水垫塘的上游上方,第二高程水垫塘对应的水平溢洪道与最高高程水垫塘的高程相同并与最高高程水垫塘设置的溢流堰衔接,其出水口位于第二高程水垫塘的上游上方,最低高程水垫塘对应的水平溢洪道与第二高程水垫塘的高程相同并与第二高程水垫塘的溢流堰衔接,其出水口位于最低高程水垫塘的上游上方,所述岸边引水渠5的进水端与最低高程水垫塘下游端边墙设置的溢流堰3衔接,其末端与下游河道6相连,岸边引水渠5末端的水流方向与下游河道6的水流方向相交的角度为 26.7° 。

[0038] 水垫塘的结构如图7、图8、图9所示。最高高程水垫塘与第二高程水垫塘的尺寸相同,它们的长度 $l=30\text{m}$ 、宽度 $b_1=25\text{m}$ 、深度 $h_1=15\text{m}$,溢流堰3的高度 $h_2=5\text{m}$ 、宽度 $b_2=20\text{m}<b_1$,式中 b_1 为水垫塘的宽度,最高高程水垫塘与第二高程水垫塘之间的高程差 $=45\text{m}$ 。最低高程水垫塘长度 $l=40\text{m}$ 、宽度 $b_1=30\text{m}$ 、深度 $h_1=15\text{m}$,溢流堰的高度 $h_2=5\text{m}$ 、宽度 $b_2=20\text{m}<b_1$,式中 b_1 为水垫塘的宽度,最低高程水垫塘与第二高程水垫塘之间的高程差 $=35\text{m}$ 。第二高程水垫塘对应的水平溢洪道入水口宽度与最高高程水垫塘的溢流堰宽度相等,最低高程水垫塘对应的水平溢洪道入水口宽度与第二高程水垫塘的溢流堰宽度相等,各水平溢洪道的出水口宽度与对应的水垫塘宽度相同(类似于图2)。

[0039] 试验结果:泄流量为 $600\text{m}^3/\text{s}$ 时,水流平顺进入河道,对下游岸坡及河流底部无明显冲刷,测得岸边引水渠出口流速为 8.3m/s ,该消能系统的消能率为 96.5% 。

[0040] 对比例2

[0041] 采用上游泄洪洞,下部接挑坎直接挑入下游河道的消能系统。

[0042] 试验结果:泄流量为 $600\text{m}^3/\text{s}$ 时,挑流落点距河道对岸仅 4.2m ,且冲坑深度达到 32.12m ,威胁到下游河道边坡的安全和工程的正常运行。

[0043] 实施例3和对比例3的工程概况如下:

[0044] 某电站修建在狭窄河谷之中,两岸山体陡峭,下游河道迅速由窄变宽,水库入口高程为 1426.00m ,出口高程为 1321.00m ,落差为 105m ,泄洪流量为 $1200\text{m}^3/\text{s}$ 。针对上述工程,采用实施例3和对比例3两种消能系统进行水工模型试验。

[0045] 实施例3

[0046] 本实施采用跌流式梯级水垫塘消能系统消能,包括设置在水库坝体侧面山体不同高程处的三级阶梯式布置的水垫塘2,将水库中的水引出的上游引水渠1,第二高程和最低高程的各级水垫塘对应的水平溢洪道4和将最低高程的水垫塘中的水引入下游河道6的岸边引水渠5,各级水垫塘的下游端位于同一侧,各级水垫塘下游端边墙上均设置有溢流堰3;上述设施的布置方式类似于图4,最高高程水垫塘与第二高程水垫塘的轴线相互平行,第二高程水垫塘与最低高程水垫塘的轴线相交成 39.5° 角;上游引水渠1的出水口位于最高高程水垫塘的上游上方,第二高程水垫塘对应的水平溢洪道与最高高程水垫塘的高程相同并与最高高程水垫塘设置的溢流堰衔接,其出水口位于第二高程水垫塘的上游上方,最低高程

水垫塘对应的水平溢洪道与第二高程水垫塘的高程相同并与第二高程水垫塘的溢流堰衔接,其出水口位于最低高程水垫塘的上游上方,所述岸边引水渠5的进水端与最低高程水垫塘下游端边墙设置的溢流堰3衔接,其末端与下游河道6相连,岸边引水渠5末端的水流方向与下游河道6的水流方向相交的角度为 32° 。

[0047] 水垫塘的结构如图7、图8、图9所示。三级水垫塘的尺寸相同,它们的长度 $l=30\text{m}$ 、宽度 $b_1=25\text{m}$ 、深度 $h_1=12\text{m}$,它们的溢流堰高度 $h_2=5\text{m}$ 、宽度 $b_2=18\text{m}<b_1$,式中 b_1 为水垫塘的宽度,最高高程水垫塘与第二高程水垫塘之间的高程差=第二高程水垫塘与最低高程水垫塘之间的高程差 $=35\text{m}$,第二高程水垫塘对应的水平溢洪道入水口宽度与最高高程水垫塘的溢流堰宽度相等,最低高程水垫塘对应的水平溢洪道入水口宽度与第二高程水垫塘的溢流堰宽度相等,各水平溢洪道的出水口宽度与入水口等宽(见图4)。

[0048] 试验结果:泄洪流量为 $1200\text{m}^3/\text{s}$ 时,水流平顺进入河道,对下游岸坡及河流底部无明显冲刷,测得岸边引水渠出口流速为 2.3m/s ,该消能系统的消能率为 97.2% 。

[0049] 对比例3

[0050] 采用上游泄洪洞,下部接挑坎直接挑入下游河道的消能系统。

[0051] 试验结果:泄洪流量为 $1200\text{m}^3/\text{s}$ 时,挑流落点距河道对岸仅 10.2m ,下游雾化严重,且冲坑深度达到 32.12m ,威胁到下游河道边坡的安全和工程的正常运行。

[0052] 需要说明的是:上述各实施例中的“第二高程水垫塘”又可称为“次低高程水垫塘”。

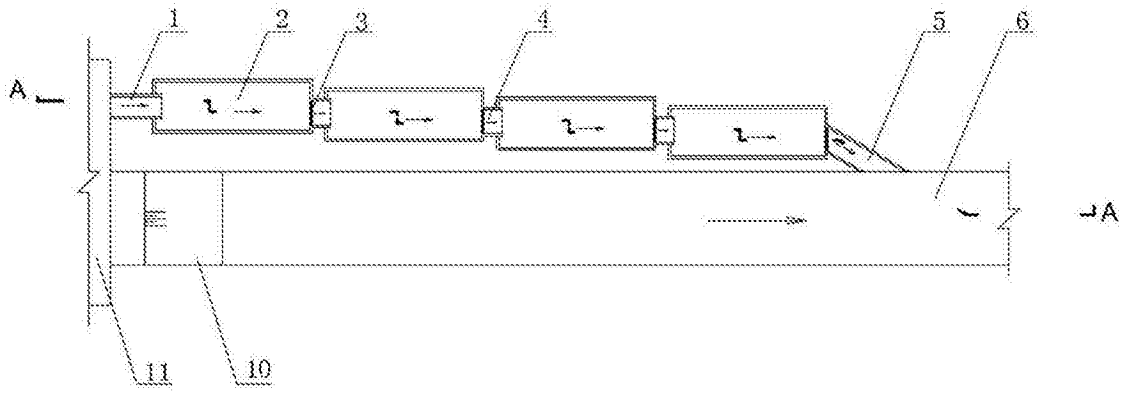


图1

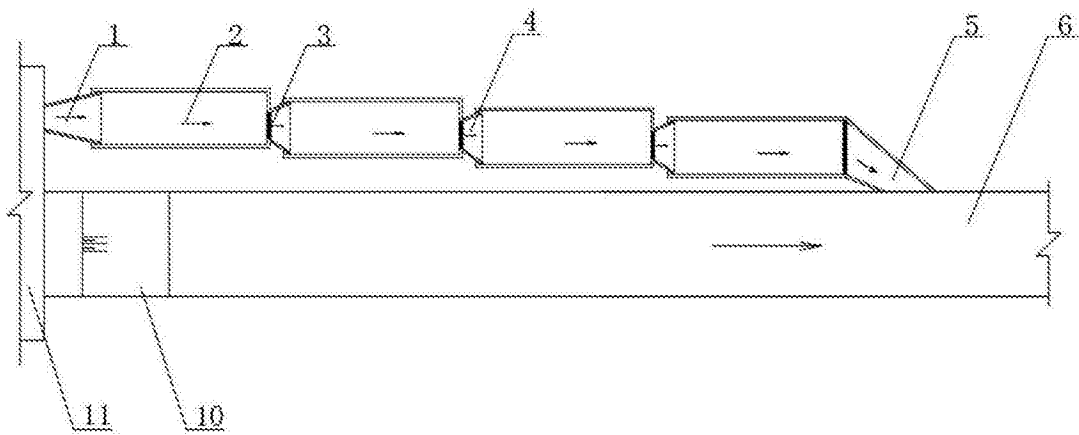


图2

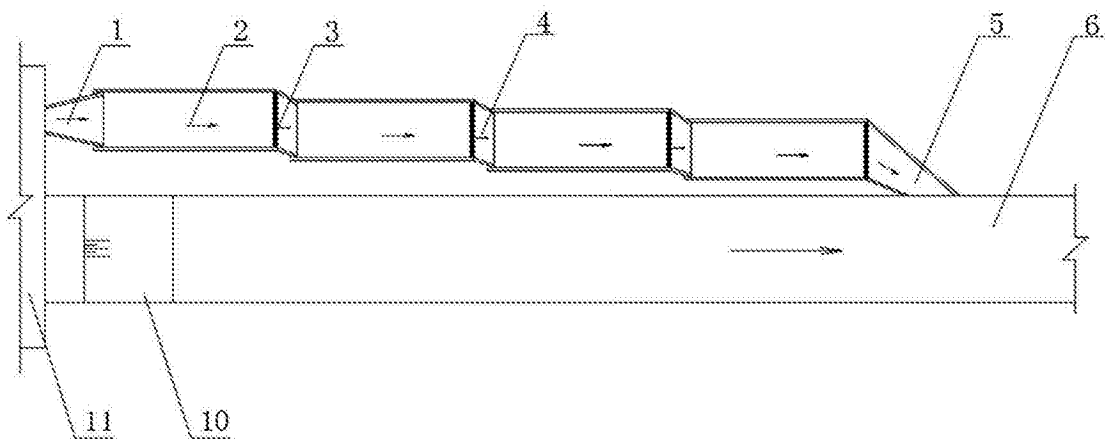


图3

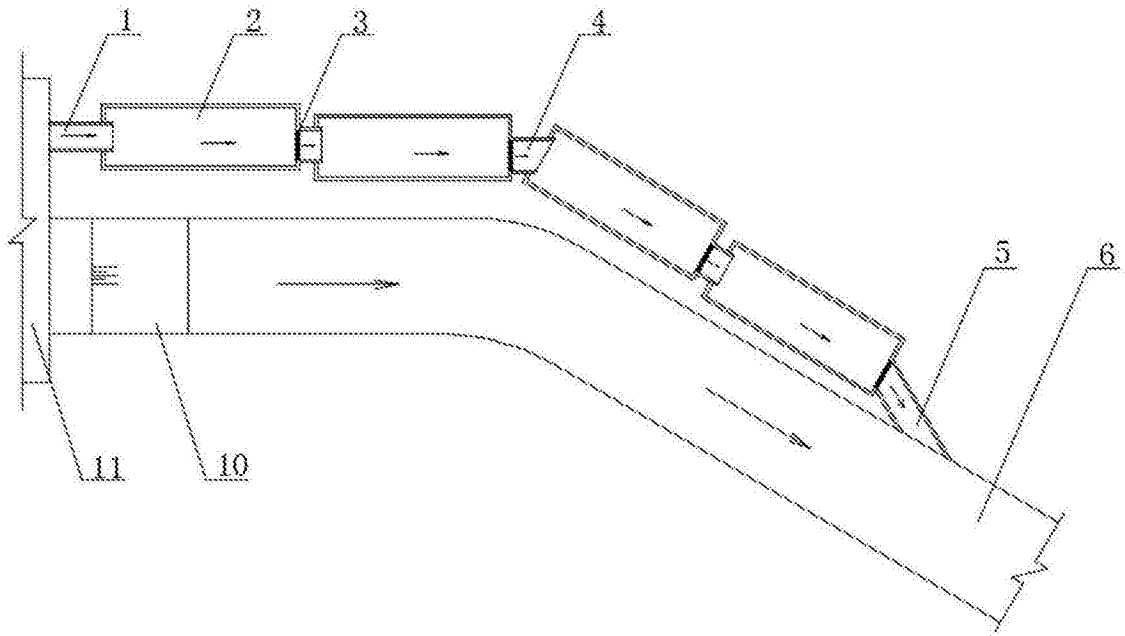


图4

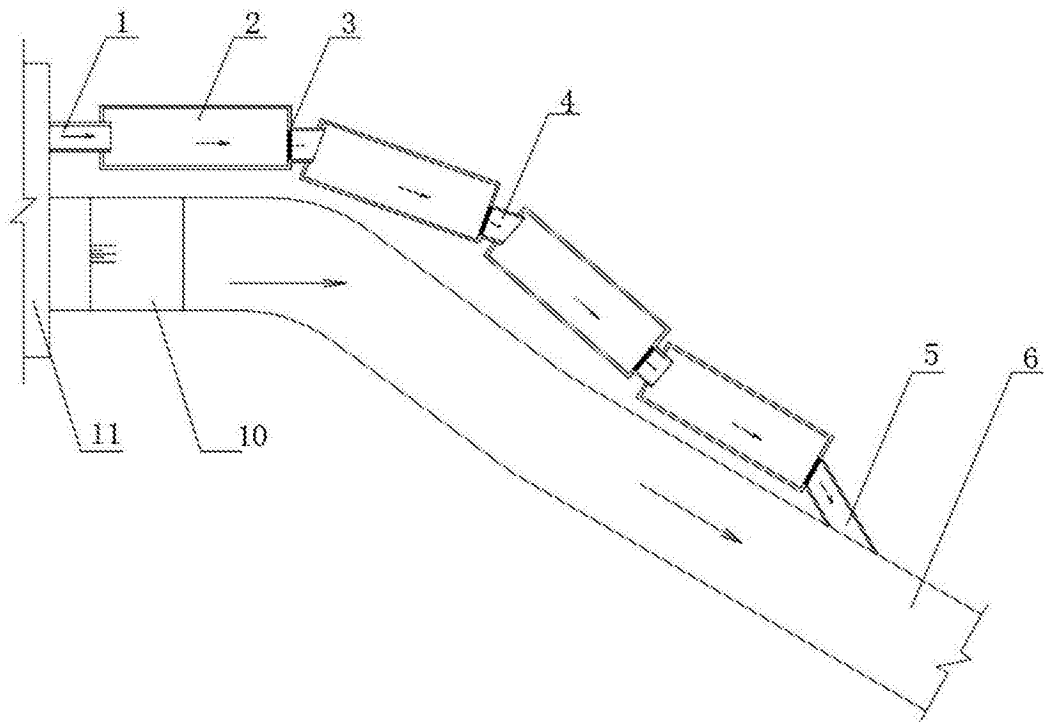


图5

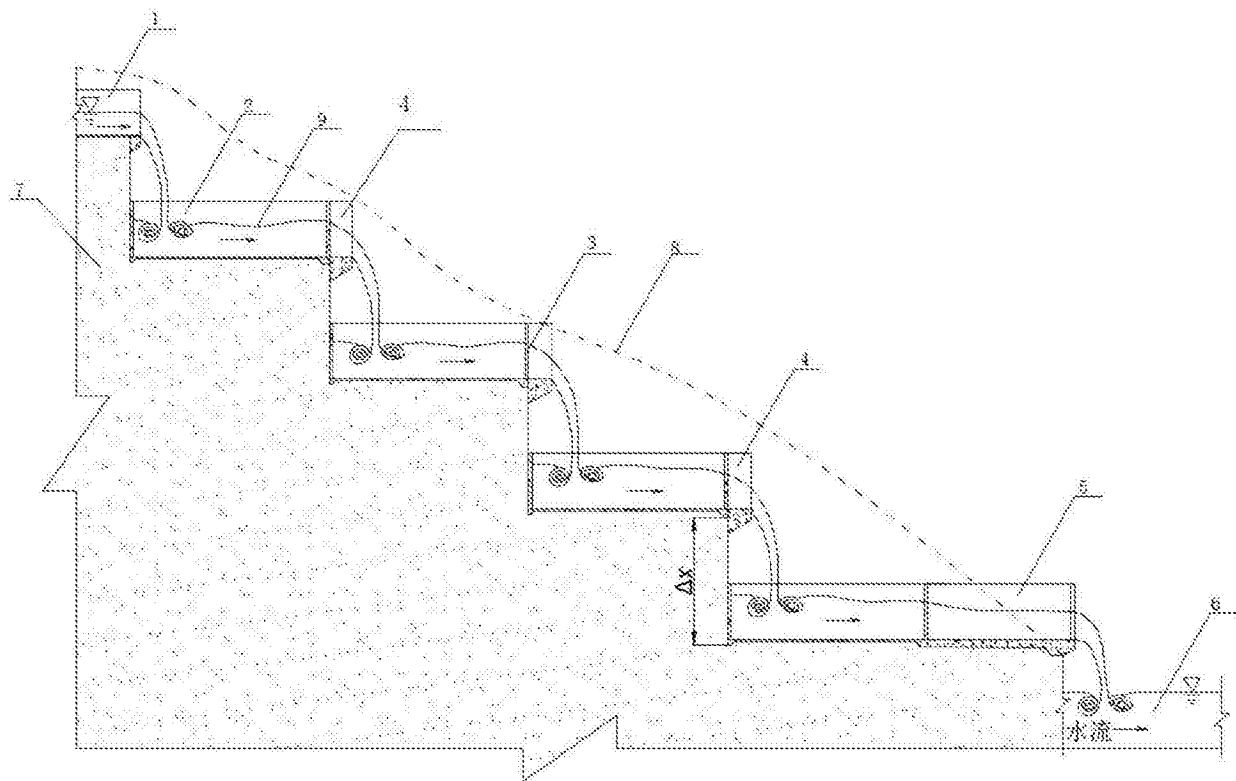


图6

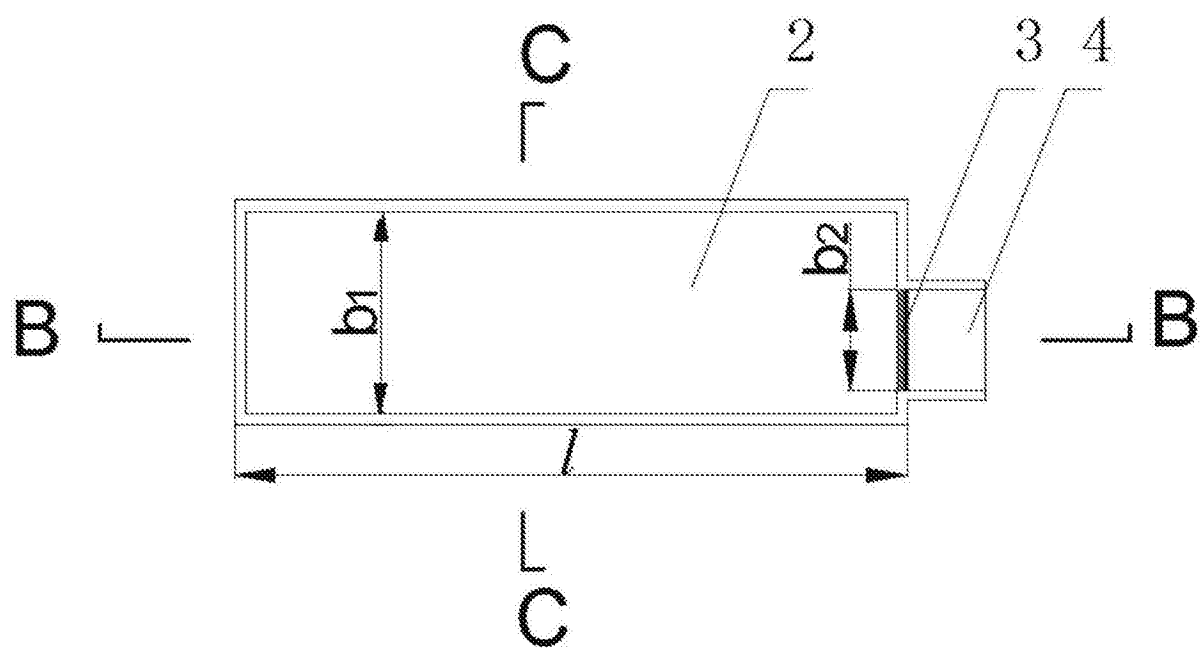


图7

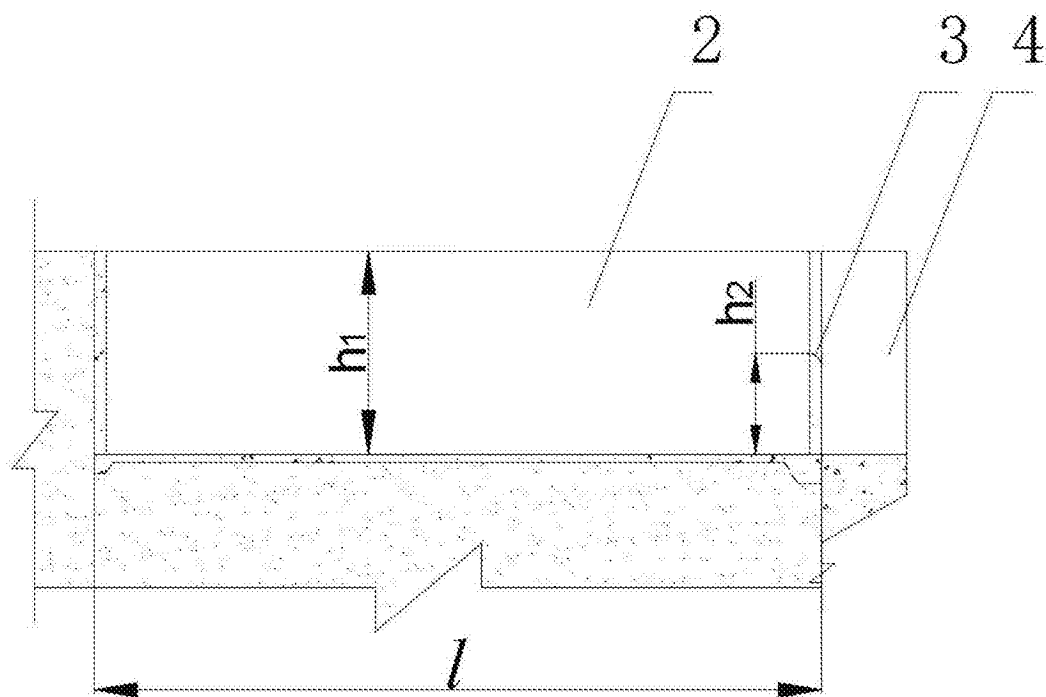


图8

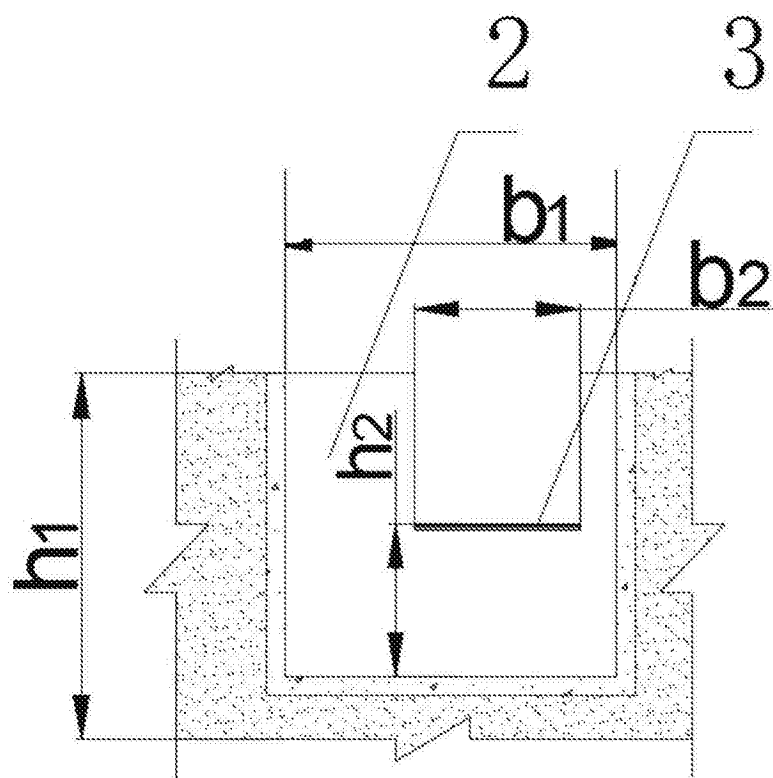


图9