



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109098152 B

(45)授权公告日 2020.04.03

(21)申请号 201810825615.6

(22)申请日 2018.07.25

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109098152 A

(43)申请公布日 2018.12.28

(73)专利权人 昆明理工大学

地址 650093 云南省昆明市五华区学府路
253号

(72)发明人 董丽艳 杨具瑞

(51)Int.Cl.

E02B 8/00(2006.01)

E02B 8/06(2006.01)

审查员 聂春洁

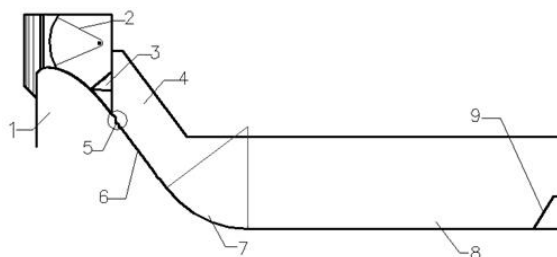
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

一种阶梯溢流坝的防空化设施

(57)摘要

本发明公开了一种阶梯溢流坝的防空化设施,本发明利用宽尾墩增大对水流的压缩能力,将下泄水流横向收缩竖向拉伸,挑射至下游,成股的挑射水舌在空中互相掺气、碰撞,从而消能,加之宽尾墩尾部设的挑坎,可将下泄水流挑离溢流面,从而形成掺气空腔,利用防空化过渡阶梯将外界空气掺入空腔,大大减小了挑坎与过渡阶梯衔接部位出现的负压,提高阶梯内部掺气浓度,降低空蚀破坏可能;空腔后的台阶恰好是水舌前沿跌落点,利用台阶对水流的摩阻作用,加速台阶对泄流能量的耗散;之后利用反弧段和消力池进一步消能,本发明利用分部分区的联合泄洪消能结构,既降低了溢流坝面空蚀空化破坏,又提高了消能率。



1. 一种阶梯溢流坝的防空化设施,其特征在于:包括过渡阶梯(52)、边墙通气管(12);

所述过渡阶梯(52)由两级阶梯构成,过渡阶梯(52)的首级阶梯连接阶梯溢流坝的宽尾墩(3)墩尾,过渡阶梯(52)的第二级阶梯连接均匀阶梯(6),过渡阶梯(52)的防空化设计采用三种结构:

第一种结构:过渡阶梯(52)的两级阶梯的立面后面都设有一排通气管(57),通气管(57)的一端贯穿阶梯立面,通气管(57)的另一端与通气主管(56)连通,两根通气主管(56)的一端通过连通管连通,两根通气主管(56)中其中一根通气主管(56)的另一端封闭、另一根通气主管(56)的另一端通过边墙通气管(12)与大气相通;

第二种结构:过渡阶梯(52)的两级阶梯的立面外侧上设有钢板护面,并等间距设有通气孔(54),阶梯的立面的后面设有矩形通气横管(53)与通气孔(54)相通,矩形通气横管(53)直接在阶梯后面浇筑形成,矩形通气横管(53)两端分别通过边墙通气管(12)与大气相通;

第三种结构:过渡阶梯(52)的两级阶梯的立面外侧上设有钢板护面,并等间距设有通气孔(54),阶梯的立面的后面设有半圆形通气横管(55)与通气孔(54)相通,半圆形通气横管(55)直接在阶梯后面浇筑形成,半圆形通气横管(55)两端分别通过边墙通气管(12)与大气相通;

还包括挑坎(51),过渡阶梯(52)的首级阶梯通过挑坎(51)连接宽尾墩(3)墩尾;

所述挑坎(51)的角度 θ 为 $8^{\circ} \leq \theta \leq 11.3^{\circ}$ 。

一种阶梯溢流坝的防空化设施

技术领域

[0001] 本发明涉及一种阶梯溢流坝的防空化设施,属于高水头、大单宽流量下阶梯防空化通气领域。

背景技术

[0002] 泄洪单宽流量越来越大是我国高坝建设的一个特点,也是今后高坝建设发展的趋势。60年代建设的拓溪水电站,其单宽流量达 $143.2 \text{ m}^3(\text{s} \cdot \text{m})$,70年代建设的安康水电站,最大单宽流量达 $282.7 \text{ m}^3(\text{s} \cdot \text{m})$,至于90年代至今的一些水利枢纽工程,其单宽流量更是有增无减。增大泄洪单宽流量虽然可以降低工程造价,但也可能会使高坝泄洪建筑物产生空化空蚀问题。从已应用的工程来看,如阿海水电站运行不到半年就因大单宽、高速流导致阶梯沿程空化空蚀破坏;福建水东电站在投入运行后,阶梯面也遭到了轻微的破坏。因此,在高水头、大单宽流量下,宽尾墩+阶梯溢流坝+消力池一体化消能工的空化空蚀问题及解决办法是目前研究的重点问题。

[0003] 根据已有的工程实践及无数试验表明,掺气减蚀是防止阶梯溢流坝发生空蚀破坏最有效、最经济的办法。试验研究表明,水体中掺气浓度达到2%左右时,掺气效果明显得到改善,已经大大减轻了空蚀破坏的可能性,当掺气浓度达到7%左右时,完全可避免空蚀破坏。故高效的掺气设施对避免阶梯溢流坝发生空蚀破坏以及确保水利水电工程安全运行具有一定的意义。根据张挺对贵州索风营水电站X型宽尾墩+台阶+消力池的一体化消能工的研究中发现在首级台阶立面与溢流坝面交界处发生了空化现象,说明这种一体化消能工对溢流坝面的掺气量还未达到要求。因此应该在首级台阶立面与溢流坝面交界处适当增加掺气浓度,达到降低空蚀破坏的可能性。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种阶梯溢流坝的防空化设施,以用于解决在首级台阶立面与溢流坝面交界处发生了空化现象的问题。

[0005] 本发明的技术方案是:一种阶梯溢流坝的防空化设施,包括过渡阶梯52、边墙通气管12;

[0006] 所述过渡阶梯52由两级阶梯构成,过渡阶梯52的首级阶梯连接阶梯溢流坝的宽尾墩3墩尾,过渡阶梯52的第二级阶梯连接均匀阶梯6,过渡阶梯52的防空化设计采用三种结构:

[0007] 第一种结构:过渡阶梯52的两级阶梯的立面后面都设有一排通气管57,通气管57的一端贯穿阶梯立面,通气管57的另一端与通气主管56连通,两根通气主管56的一端通过连通管连通,两根通气主管56中其中一根通气主管56的另一端封闭、另一根通气主管56的另一端通过边墙通气管12与大气相通;

[0008] 第二种结构:过渡阶梯52的两级阶梯的立面外侧上设有钢板护面,并等间距设有通气孔54,阶梯的立面的后面设有矩形通气横管53与通气孔54相通,矩形通气横管53直接

在阶梯后面浇筑形成,矩形通气横管53两端分别通过边墙通气管12与大气相通;

[0009] 第三种结构:过渡阶梯52的两级阶梯的立面外侧上设有钢板护面,并等间距设有通气孔54,阶梯的立面的后面设有半圆形通气横管55与通气孔54相通,半圆形通气横管55直接在阶梯后面浇筑形成,半圆形通气横管55两端分别通过边墙通气管12与大气相通。

[0010] 还包括挑坎51,过渡阶梯52的首级阶梯通过挑坎51连接宽尾墩3墩尾。

[0011] 所述挑坎51的角度 θ 为 $8^{\circ} \leq \theta \leq 11.3^{\circ}$ 。

[0012] 本发明的有益效果是:

[0013] 1、利用宽尾墩增大对水流的压缩能力,将下泄水流横向收缩竖向拉伸,挑射至下游,成股的挑射水舌在空中互相掺气、碰撞,从而消能,加之宽尾墩尾部设的挑坎,可将下泄水流挑离溢流面,从而形成掺气空腔,利用防空化过渡阶梯将外界空气掺入空腔,大大减小了挑坎与过渡阶梯衔接部位出现的负压,提高阶梯内部掺气浓度,降低空蚀破坏可能;空腔后的台阶恰好是水舌前沿跌落点,利用台阶对水流的摩阻作用,加速台阶对泄流能量的耗散;之后利用反弧段和消力池进一步消能,本发明利用分部分区的联合泄洪消能结构,既降低了溢流坝面空蚀空化破坏,又提高了消能率。

[0014] 2、利用过渡阶梯将外界空气掺入,产生稳定的掺气空腔,增加了阶梯内部掺气浓度。从而大大降低了挑坎与过渡阶梯衔接部位易出现空蚀破坏可能,延长建筑物使用年限,有利于水利工程安全运行。

[0015] 3、过渡阶梯结构简单,在阶梯后面直接浇筑形成,施工简便,成本低。

附图说明

[0016] 图1是本发明的侧视图;

[0017] 图2是本发明图1的局部放大图;

[0018] 图3是本发明的溢流坝水面线图;

[0019] 图4是本发明边墙通气管结构图;

[0020] 图5是本发明局部俯视图;

[0021] 图6是本发明过渡阶梯的第一种结构示意图;

[0022] 图7是本发明过渡阶梯的第二种结构示意图;

[0023] 图8是本发明过渡阶梯的第三种结构示意图;

[0024] 图中各标号为:1-坝体、2-闸门、3-宽尾墩、4-溢流边墙、5-阶梯溢流坝的防空化设施、51-挑坎、52-过渡阶梯、53-矩形通气横管、54-通气孔、55-半圆形通气横管、56-通气主管、57-通气管、6-均匀阶梯、7-反弧段、8-消力池、9-消力坎、10-左右边墙水面线、11-掺气空腔、12-边墙通气管。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图和实施例,对本发明作进一步说明,但本发明的内容并不限于所述范围。

[0026] 实施例1:一种阶梯溢流坝的防空化设施5应用于水利水电枢纽工程,该电站坝顶长度为482 m,最大坝高132 m,单宽流量 $150 \sim 200 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$ 的泄洪消能建筑物中。泄洪消能建筑物由左岸溢流表孔和泄洪冲沙底孔组成,溢流表孔孔数为5孔,孔口尺寸为 $13 \text{ m} \times 20 \text{ m}$,

采用“宽尾墩+阶梯+消力池”的一体化泄洪消能方式,采用WES堰型,后接1:0.75的斜坡段,坝面共29个阶梯,阶梯高1 m、宽0.75 m,坝面坡度为53°,下接反弧段及消力池。

[0027] 其结构如图6所示:包括设置在宽尾墩3后的挑坎51(挑坎是以均匀台阶凸角顶点连线为基准线,以第一级阶梯立面顶点位置为起点,垂直向上增加1m作为挑坎的固定高度,与基准线形成一个角度为 θ 的挑坎)和过渡阶梯52。挑坎51形状为“三角形”状,其角度 θ 为 $8^\circ \leq \theta \leq 11.3^\circ$,本实施例中选取3个具体角度,分别为 8° 、 10° 、 11.3° ,其高度 $h=1\text{m}$,过渡阶梯由2个高2m、宽1.5m的大台阶组成,过渡阶梯52的两级阶梯的立面后面都设有一排通气管57,通气管57的一端贯穿阶梯立面,通气管57的另一端与通气主管56连通,两根通气主管56的一端通过连通管连通,两根通气主管56中其中一根通气主管56的另一端封闭、另一根通气主管56的另一端通过边墙通气管12与大气相通;在1:60的模型试验中,通气主管56直径为2cm,通气管57直径为10mm左右,间隔18cm,边墙通气管12直径为33.3mm。

[0028] 试验测试表明,本实施例中的挑坎+防空化过渡阶梯的联合消能工能保护WES曲线段与首级台阶立面衔接处,掺气浓度为4.8%左右,能避免发生空蚀空化破坏,消能率约为65%。

[0029] 挑坎51的3种形式与过渡阶梯52进行组合,形成本发明的挑坎+防空化过渡阶梯组合体型,如图6。

[0030] 实施例2:一种阶梯溢流坝的防空化设施5应用于水利水电枢纽工程,该电站坝顶长度为482 m,最大坝高132 m,单宽流量 $100\sim 150\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$ 的泄洪消能建筑物中。泄洪消能建筑物由左岸溢流表孔和泄洪冲沙底孔组成,溢流表孔孔数为5孔,孔口尺寸为 $13\text{m}\times 20\text{m}$,采用“宽尾墩+阶梯+消力池”的一体化泄洪消能方式,采用WES堰型,后接1:0.75的斜坡段,坝面共29个阶梯,阶梯高1 m、宽0.75 m,坝面坡度为53°,下接反弧段及消力池。

[0031] 其结构如图7、图8所示:包括设置在宽尾墩3后的挑坎51和新型过渡阶梯52。挑坎51形状为“三角形”状,其角度 θ 为 $8^\circ \leq \theta \leq 11.3^\circ$,本实施例中选取3个具体角度,分别为 8° 、 10° 、 11.3° ,其高度 $h=1\text{m}$,过渡阶梯由2个高2m、宽1.5m的大台阶组成,过渡阶梯52的两级阶梯的立面外侧上设有钢板护面,并等间距设有通气孔54,阶梯的立面的后面设有矩形通气横管53/半圆形通气横管55(截面为矩形或半圆形,采用矩形的如图7所示,采用半圆形的如图8所示)与通气孔54相通,矩形通气横管53/半圆形通气横管55直接在阶梯后面浇筑形成,矩形通气横管53/半圆形通气横管55两端分别通过边墙通气管12与大气相通;在1:60的模型试验中,半圆形通气横管55的直径为33.3mm,矩形通气横管53截面尺寸为 $25\text{mm}\times 33.3\text{mm}$,边墙通气管12直径为33.3mm。

[0032] 试验测试表明,本实施例中的挑坎+防空化过渡阶梯的联合消能工能保护WES曲线段与首级台阶立面衔接处,掺气浓度达到4%左右,避免发生空蚀空化破坏;消能率约为60%。

[0033] 本发明的工作原理是:

[0034] 溢流坝在泄洪时,先打开闸墩的闸门2(闸墩与宽尾墩结合的入口大于出口的闸室,能够利用宽尾墩增大对水流的压缩能力,将下泄水流横向收缩竖向拉伸),下泄水流从闸室流出,经过宽尾墩3形成横向收缩,纵向耸立的水舌,再经过宽尾墩3尾部的挑坎51挑离溢流面,在溢流坝面形成无水区,结合带有通气结构的过渡阶梯52,利用过渡阶梯52来改变掺气浓度,加之利用边墙通气管12将外界空气掺入,提高掺气浓度,产生稳定的掺气空腔11,降低空蚀空化破坏,从而让容易遭受气蚀溢流坝面区域受到保护,接着挑起的水舌底部

落入空腔后的均匀阶梯6,台阶对其旋滚、摩擦作用,从而形成滑移水流,对水舌后沿起水垫作用,从而加速下泄水流能量耗散,水舌后沿落入反弧段7及消力池8前段,形成水跃的同时,还产生了回流,二者的共同作用下消能;进一步地经过消力池消能和消力坎9的雍水作用,再次消能。

[0035] 上面结合附图对本发明的具体实施方式作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施方式,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。

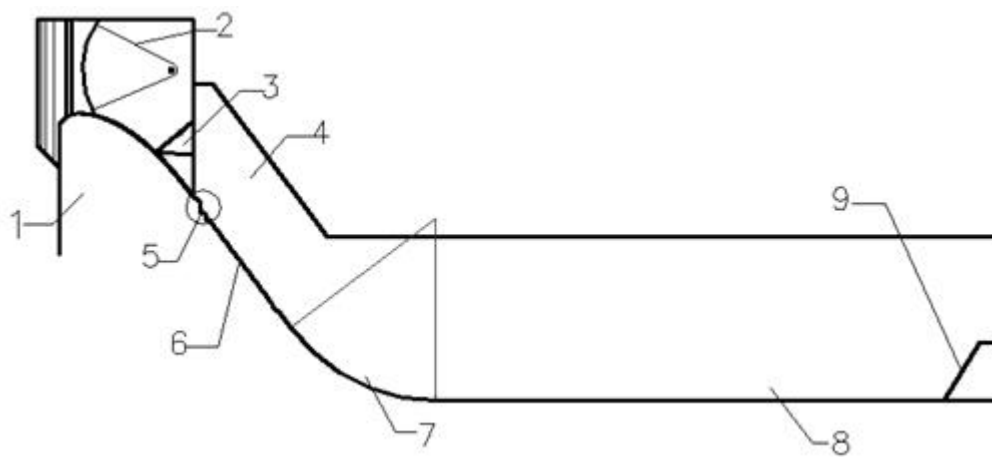


图1

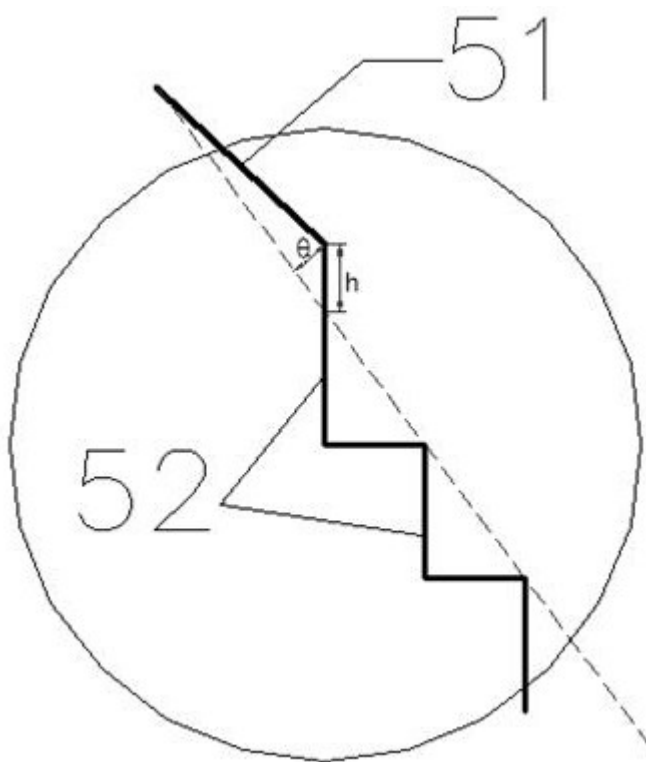


图2

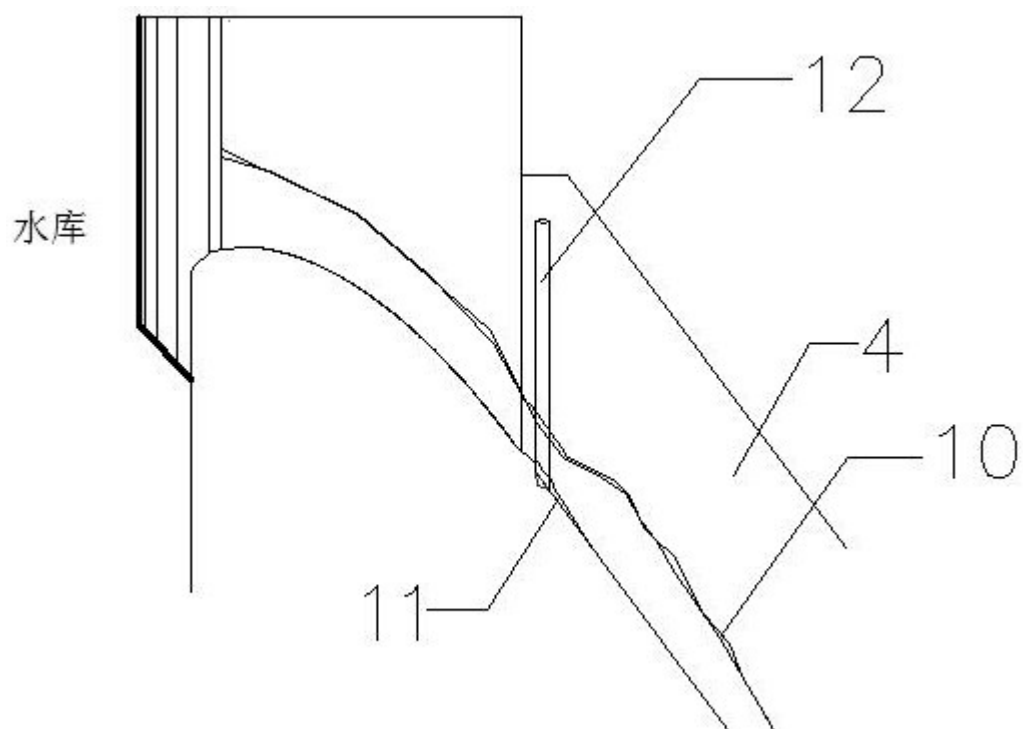


图3

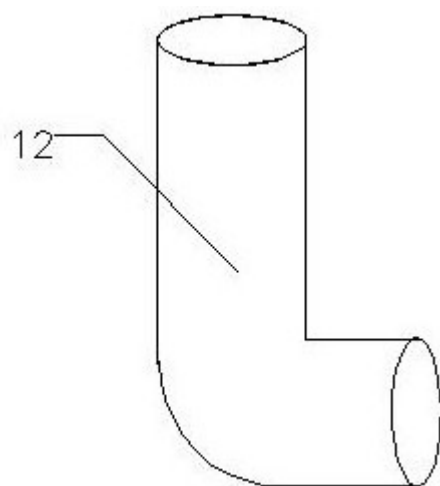


图4

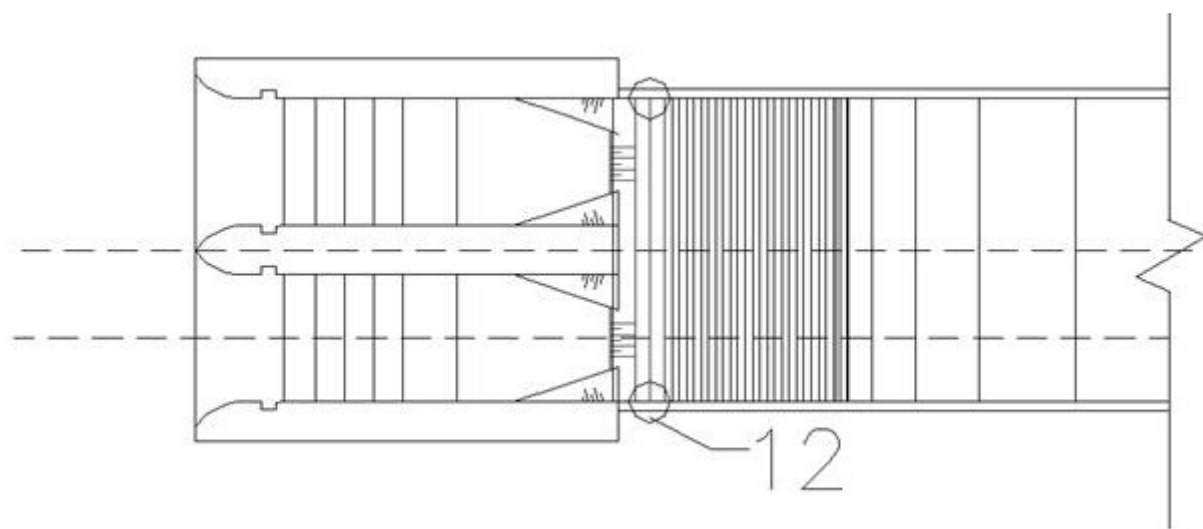


图5

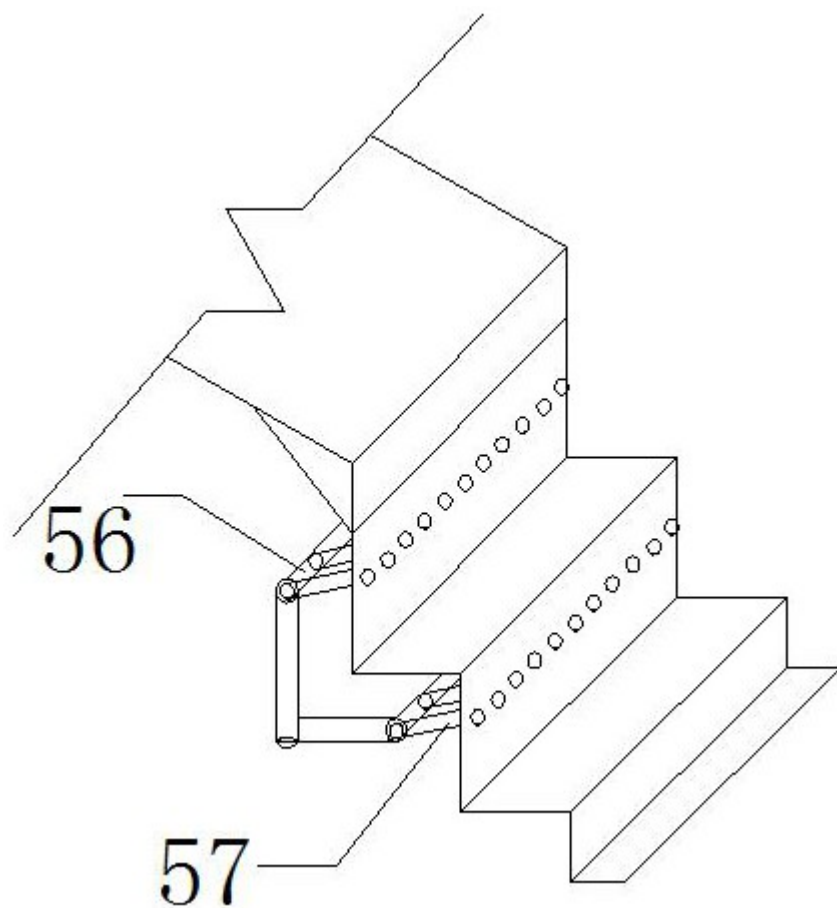


图6

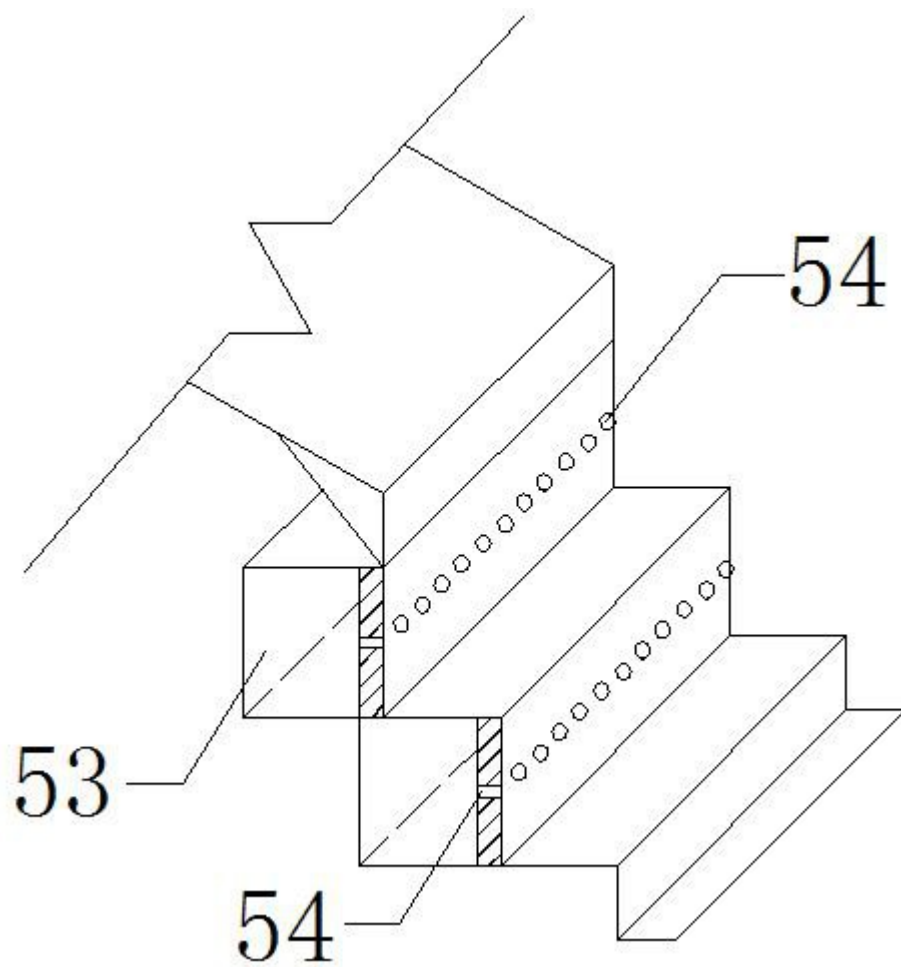


图7

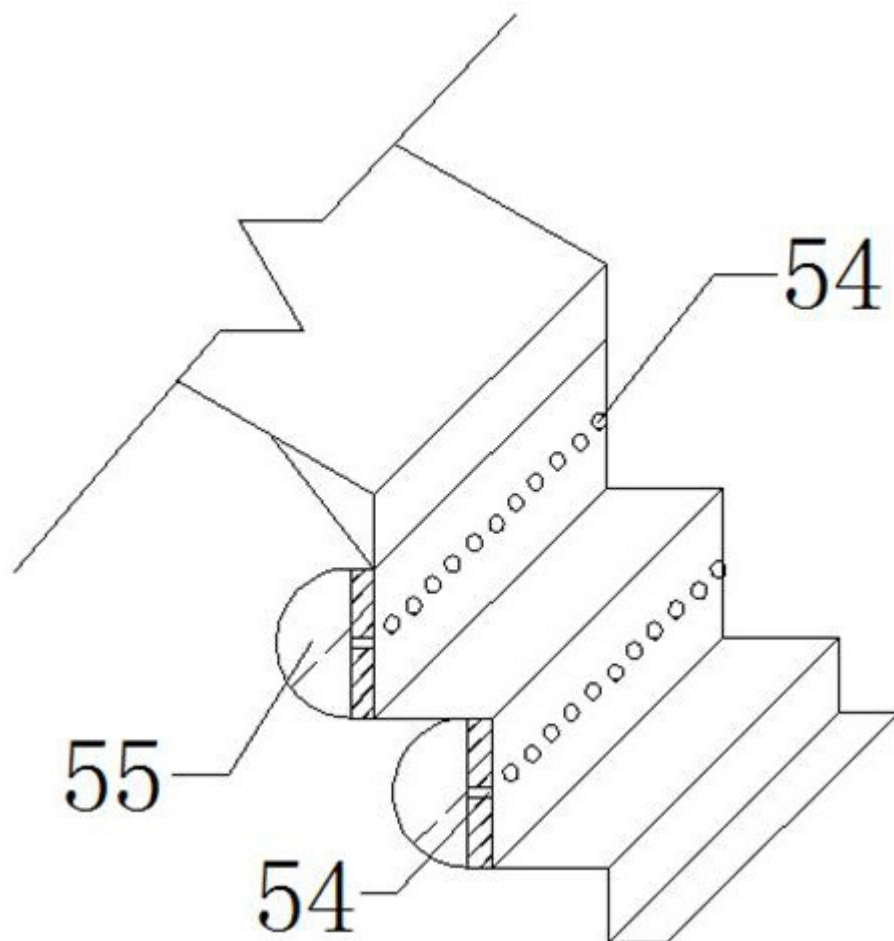


图8