



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108265682 B

(45)授权公告日 2019.09.10

(21)申请号 201810027775.6

E02B 8/06(2006.01)

(22)申请日 2018.01.11

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108265682 A

SU 1701797 A1,1991.12.30,说明书第1-4
栏,附图1-2.

(43)申请公布日 2018.07.10

CN 106679523 A,2017.05.17,全文.

CN 104732112 A,2015.06.24,全文.

(73)专利权人 武汉大学

地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山

US 2008247829 A1,2008.10.09,全文.

徐强等.重力坝水下接触爆炸的数值分析.

(72)发明人 王高辉 赵小华 卢文波 杨广栋

陈明 严鹏

《工程力学》.2017,(第06期),

杜玉兰等.含泡沫混凝土层复合结构抗爆性能
试验研究.《首届全国水工抗震防灾学术会
议》.2006,

(74)专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 42222

代理人 俞琳娟

审查员 徐天杰

(51)Int.Cl.

E02B 7/02(2006.01)

E02B 8/00(2006.01)

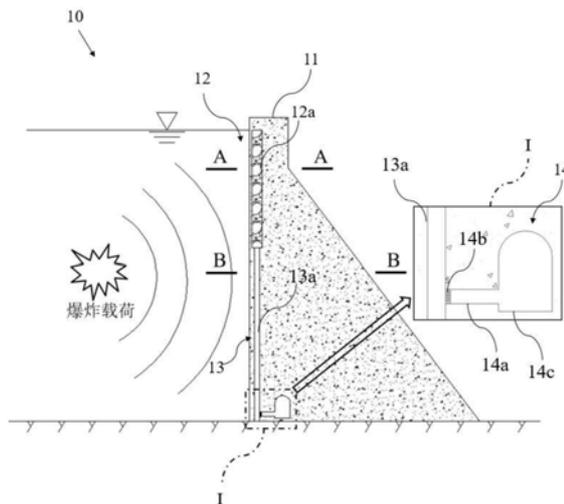
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54)发明名称

具有高抗爆性能的大坝和提高大坝抗爆性能的方法

(57)摘要

本发明提供了一种具有高抗爆性能的大坝和提高大坝抗爆性能的方法,可有效进行抗爆安全防护,避免大坝受到爆破冲击波的破坏。本发明所提供的具有高抗爆性能的大坝,其特征在于,包括:坝体;泡沫混凝土部,包含:多个泡沫混凝土单元,沿着坝体的延伸方向相间隔设置在坝体的上部中,泡沫混凝土单元为泡沫混凝土填充体;空腔部,包含:多个空腔单元,沿着坝体的延伸方向相间隔设置在坝体的下部中,并且顶部与泡沫混凝土部的底部相连通,空腔单元的内部中空,容纳空气或水;以及排水部,包含:与空腔部的底部相连通的排水管道,设置在该排水管道上的排水阀,以及与排水管道相连通的排水廊道。



1. 一种具有高抗爆性能的大坝,其特征在于,包括:

坝体;

泡沫混凝土部,包含:多个泡沫混凝土单元,沿着所述坝体的延伸方向相间隔设置在所述坝体的上部中,所述泡沫混凝土单元为泡沫混凝土填充体;

空腔部,包含:多个空腔单元,沿着所述坝体的延伸方向相间隔设置在所述坝体的下部中,并且顶部与所述泡沫混凝土部的底部相连通,所述空腔单元的内部中空,容纳空气或水;以及

排水部,包含:与所述空腔部的底部相连通的排水管道,设置在该排水管道上的排水阀,以及与所述排水管道相连通的排水廊道,

其中,位于所述泡沫混凝土单元与所述坝体上游面之间的坝体部分的厚度为0.5~2.0m,

位于所述空腔单元与所述坝体上游面之间的坝体部分的厚度为1.0~2.0m,

所述多个空腔单元与所述多个泡沫混凝土单元一一对应,所述空腔单元位于所述泡沫混凝土单元的正下方,并且顶部与所述泡沫混凝土单元相连通,

在所述大坝正常运行时,关闭所述排水阀,使所述空腔单元内部被渗入的水体填充;

在所述大坝受到爆破威胁时,打开所述排水阀,使所述空腔单元内部的水体通过所述排水管道排入到所述排水廊道内,在负压的作用下,空气进入所述空腔单元内部。

2. 根据权利要求1所述的具有高抗爆性能的大坝,其特征在于:

其中,将所述坝体的高度设为H,所述泡沫混凝土单元的底部位置为0.5H~0.7H。

3. 根据权利要求1所述的具有高抗爆性能的大坝,其特征在于:

其中,所述泡沫混凝土单元的密度为500~1000kg/m³。

4. 根据权利要求1所述的具有高抗爆性能的大坝,其特征在于:

其中,所述泡沫混凝土单元的截面为圆形,直径D₁为1.0~3.0m,相邻所述泡沫混凝土单元的间距为0.1D₁~0.4D₁。

5. 根据权利要求1所述的具有高抗爆性能的大坝,其特征在于:

其中,所述空腔单元与所述泡沫混凝土单元的截面形状相同,但所述空腔单元的截面尺寸比所述泡沫混凝土单元的截面尺寸小。

6. 根据权利要求1所述的具有高抗爆性能的大坝,其特征在于:

其中,所述空腔单元的截面为圆形,直径D₂为1.0~2.0m,相邻所述空腔单元的间距为0.2D₂~0.5D₂。

7. 一种提高大坝抗爆性能的方法,其特征在于,包括:

设置如权利要求1至6中任意一项所述的具有高抗爆性能的大坝;

在大坝正常运行时,关闭排水阀,使空腔单元内部被渗入的水体填充;

在大坝受到爆破威胁时,打开所述排水阀,使所述空腔单元内部的水体通过排水管道排入到排水廊道内,在负压的作用下,空气进入所述空腔单元内部。

具有高抗爆性能的大坝和提高大坝抗爆性能的方法

技术领域

[0001] 本发明属于水下爆炸荷载防护技术领域,具体涉及一种具有高抗爆性能的大坝,和提高大坝抗爆性能的方法。

背景技术

[0002] 水利工程作为国家的重要基础资源,无论从政治意义还是经济效益来看都极其重要。因此,水利工程往往成为局部战争和恐怖袭击的重点打击对象。20世纪以来,世界范围内发生了多起针对大坝及其发电设施的爆炸袭击事件,并造成了溃坝、发电厂房烧毁等严重后果。

[0003] 同等当量的炸药,其在坝前水下爆炸对大坝产生的破坏远大于直接命中大坝下游面或坝顶部位。且随着自动控制技术以及水下动力技术的飞速发展,导弹、鱼雷等武器的命中精度和战斗部装药量得到提升,荷载能够直接作用在大坝坝前水域内。传统防护工程措施包括在坝前布置鱼雷防护网、气泡帷幕等将失去防护作用。重大水利工程将面临越来越严酷的爆炸环境。近年来我国重力坝的数量越来越多,坝高越来越高,这些大坝一旦遭受损毁,可能导致灾难性的洪水事件,席卷下游的居民区和农业土地,给国家和人民的生命财产带来巨大的损失和灾难。因此,如何提升混凝土重力坝的抗爆性能,是混凝土重力坝安全防护中亟需解决的问题。

发明内容

[0004] 本发明是为了解决上述问题而进行的,目的在于提供一种具有高抗爆性能的大坝和提高大坝抗爆性能的方法,适用于受到爆破威胁时的抗爆安全防护。

[0005] 本发明为了实现上述目的,采用了以下方案:

[0006] <大坝>

[0007] 本发明提供一种具有高抗爆性能的大坝,其特征在于,包括:坝体;泡沫混凝土部,包含:多个泡沫混凝土单元,沿着坝体的延伸方向相间隔设置在坝体的上部中,泡沫混凝土单元为泡沫混凝土填充体;空腔部,包含:多个空腔单元,沿着坝体的延伸方向相间隔设置在坝体的下部中,并且顶部与泡沫混凝土部的底部相连通,空腔单元的内部中空,容纳空气或水;以及排水部,包含:与空腔部的底部相连通的排水管道,设置在该排水管道上的排水阀,以及与排水管道相连通的排水廊道。

[0008] 本发明所涉及的具有高抗爆性能的大坝,还可以具有这样的特征:将坝体的高度设为 H ,泡沫混凝土单元的底部位置优选为 $0.5H\sim 0.7H$ 。

[0009] 本发明所涉及的具有高抗爆性能的大坝,还可以具有这样的特征:泡沫混凝土单元的密度为 $500\sim 1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。

[0010] 本发明所涉及的具有高抗爆性能的大坝,还可以具有这样的特征:位于泡沫混凝土单元与坝体上游面之间的坝体部分的厚度优选为 $0.5\sim 2.0\text{m}$ 。

[0011] 本发明所涉及的具有高抗爆性能的大坝,还可以具有这样的特征:泡沫混凝土单

元的截面为圆形,直径 D_1 优选为1.0~3.0m,相邻泡沫混凝土单元的间距优选为 $0.1D_1\sim 0.4D_1$ 。

[0012] 本发明所涉及的具有高抗爆性能的大坝,还可以具有这样的特征:多个空腔单元与多个泡沫混凝土单元一一对应,空腔单元位于泡沫混凝土单元的正下方,并且顶部与泡沫混凝土单元相连通。

[0013] 本发明所涉及的具有高抗爆性能的大坝,还可以具有这样的特征:位于空腔单元与坝体上游面之间的坝体部分的厚度优选为1.0~2.0m。

[0014] 本发明所涉及的具有高抗爆性能的大坝,还可以具有这样的特征:空腔单元与泡沫混凝土单元的截面形状相同,但空腔单元的截面尺寸比泡沫混凝土单元的截面尺寸小。

[0015] 本发明所涉及的具有高抗爆性能的大坝,还可以具有这样的特征:空腔单元的截面最好为圆形,直径 D_2 优选为1.0~2.0m,相邻空腔单元的间距优选为 $0.2D_2\sim 0.5D_2$ 。

[0016] 本发明所涉及的具有高抗爆性能的大坝,还可以具有这样的特征:空腔单元的截面直径最优值为1.5m,相邻空腔单元的间距优选为 $0.33D_2$,位于空腔单元与坝体上游面之间的坝体部分的厚度的最优值为1.5m,这样效果最佳。

[0017] 本发明所涉及的具有高抗爆性能的大坝,还可以具有这样的特征:泡沫混凝土单元的截面形状为圆形、正四边形、正三角形中的任意一种。

[0018] <方法>

[0019] 本发明还提供一种提高大坝抗爆性能的方法,其特征在于,包括:设置如上述<大坝>部分中所描述的具有高抗爆性能的大坝;在大坝正常运行时,关闭排水阀,使空腔单元内部被渗入的水体填充;在大坝受到爆破威胁时,打开排水阀,使空腔单元内部的水体通过排水管道排入到排水廊道内,在负压的作用下,空气进入空腔单元内部。

[0020] 发明的作用与效果

[0021] 1、本发明在坝体较为薄弱的坝体上部内设置了泡沫混凝土单元,在厚度和刚度均较大的坝体下部内设置空腔单元,因此,对大坝正常运行时的刚度和稳定性影响较小,又能提高大坝整体的抗爆性能;

[0022] 2、本发明无需在坝前布置任何防护设施,只需在大坝受到水下爆炸威胁时,通过排水管道将空腔内的水体排出,使空腔被空气填充,适用于快速布防,具有快捷方便的优点;

[0023] 3、本发明不仅能反射和衰减爆炸冲击波,同时利用上部泡沫混凝土填充体和下部空腔结构的变形和破坏来吸收爆炸的部分能量;

[0024] 4、本发明不仅能防护水下非接触爆炸,对水下接触爆炸也有很好的防护效果,可以同时用于水下接触与水下非接触爆炸荷载威胁下的安全防护。

附图说明

[0025] 图1是本发明实施例中大坝的结构示意图,其中对I区域做了局部放大图;

[0026] 图2(a)和(b)分别是本发明实施例中泡沫混凝土单元和空腔单元的截面图;

[0027] 图3是本发明实施例中空腔部对冲击波的干涉作用的示意图;

[0028] 图4(a)和(b)分别是本发明变形例一中泡沫混凝土单元和空腔单元的截面图;

[0029] 图5(a)和(b)分别是本发明变形例二中泡沫混凝土单元和空腔单元的截面图;

[0030] 图6(a)和(b)分别是本发明变形例三中泡沫混凝土单元和空腔单元的截面图。

[0031] 上述图1至图6中,各标号所表示的结构为:

[0032] 10-大坝:11-坝体、12-泡沫混凝土部、12a-泡沫混凝土单元、13-空腔部、13a-空腔单元、14-排水部、14a-排水管道、14b-排水阀、14c-排水廊道、212a-泡沫混凝土单元、213a-空腔单元、312a-泡沫混凝土单元、313a-空腔单元、412a-泡沫混凝土单元、413a-空腔单元。

具体实施方式

[0033] 以下参照附图对本发明所涉及的具有高抗爆性能的大坝和提高大坝抗爆性能的方法作详细阐述。

[0034] <实施例>

[0035] 如图1所示,大坝10包括:坝体11、泡沫混凝土部12、空腔部13、以及排水部14。本实施例中,大坝10为混凝土重力坝。

[0036] 坝体11材质为混凝土,坝体11上游面混凝土标号为C25,密度为 $2370\text{kg}/\text{m}^3$ 。

[0037] 图2(a)为图1中A-A方向的剖视图,如图2(a)所示,泡沫混凝土部12包含多个泡沫混凝土单元12a,这些泡沫混凝土单元12a沿着坝体11的延伸方向(即、图1中垂直于直面的方向)相互平行地设置在坝体11的上部中,并且相邻泡沫混凝土单元12a间隔一定距离排列。将坝体11的高度设为H,则泡沫混凝土单元12a的底部位置应为 $0.5H\sim 0.7H$,顶部与正常蓄水位齐平。本实施例中,泡沫混凝土单元12a为泡沫混凝土填充体,密度为 $500\sim 1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。

[0038] 为了保证坝体11上部在常规荷载作用下的稳定,泡沫混凝土单元12a前侧坝体11的厚度不能太小(图1中位于泡沫混凝土1左侧的坝体11部分,即、位于泡沫混凝土单元12a与坝体11上游面之间的坝体11部分);而要保证泡沫混凝土单元12a的消能效果,泡沫混凝土单元12a前侧坝体11也不能太厚;本实施例中,为了同时具备稳定和消能的效果,泡沫混凝土单元12a前侧坝体11的厚度宜为 $0.5\sim 2.0\text{m}$,每个泡沫混凝土单元12a都为圆柱体形状,截面为圆形,直径 D_1 为 $1.0\sim 3.0\text{m}$,相邻泡沫混凝土单元12a的间距为 $0.1D_1\sim 0.4D_1$ 。

[0039] 图2(b)为图1中B-B方向的剖视图,如图2(b)所示,空腔部13包含多个空腔单元13a,这些空腔单元13a沿着坝体11的延伸方向相互平行地设置在坝体11的下部中,相邻泡沫混凝土单元12a间隔一定距离排列。每个空腔单元13a与一个泡沫混凝土单元12a相对应,并且位于该泡沫混凝土单元12a的正下方,顶部与泡沫混凝土单元12a的底部相连通。空腔单元13a的内部中空,用于容纳空气或水。

[0040] 为了保证坝体11下部内的空腔单元13a在常规荷载作用下的稳定,空腔单元13a前侧坝体11的厚度不能太小;而要保证空腔单元13a尽量位于上游面侧,空腔单元13a前侧坝体11也不能太厚;本实施例中,空腔单元13a前侧坝体11的厚度为 $1.0\sim 2.0\text{m}$,空腔单元13a为圆柱体形状,截面为圆形,直径 D_2 为 $1.0\sim 2.0\text{m}$,相邻空腔单元13a的间距为 $0.2D_2\sim 0.5D_2$ 。

[0041] 本实施例中,将空腔单元13a和泡沫混凝土单元12a截面都设置为圆形,是为了使得相邻空腔单元13a所反射的冲击波相互干涉强度最大,同时常规荷载作用下空腔部13和泡沫混凝土部12自身结构最为稳定。这里相邻两个空腔单元13a所反射的冲击波相互干涉作用如图3所示。

[0042] 排水部14包含排水管道14a、排水阀14b、以及排水廊道14c。排水管道14a与空腔部

13的底部相连通;排水阀14b设置在排水管道14a的出口处;排水廊道14c与排水管道14a相连通。本实施例中,各个空腔单元13a底部都相互连通,共用排水管道14a和排水阀14b。在排水阀14b打开后,通过排水管道14a应能将所有空腔单元13a内部水体在1小时内排完。

[0043] 使用本实施例所提供的具有高抗爆性能的大坝10进行水下抗爆炸荷载的具体方法如下:

[0044] 1.在满足常规荷载作用下结构稳定的前提下,在坝体11上游面处,坝体11上部浇筑填充泡沫混凝土单元12a,坝体11下部预留空腔和底部的排水管道14a;

[0045] 2.根据需建设混凝土重力坝的坝高、坝段长度、蓄水高程等参数,设定泡沫混凝土单元12a和空腔单元13a的各项参数,本实施例中坝段宽度为15m,大坝高度为100m,蓄水高程为95m;

[0046] 3.泡沫混凝土单元12a的底部距离大坝11基面为60m,单个泡沫混凝土单元12a的直径 D_1 为1.8m,各泡沫混凝土单元12a的间距为0.2m,泡沫混凝土单元12a前侧坝体11的厚度为1.35m;单个空腔单元13a的直径 D_2 为1.5m,各空腔单元13a的间距为0.5m,空腔单元13a前侧坝体11的厚度为1.5m。

[0047] 4.当大坝11短时间内将遭受水下爆炸荷载威胁时,立即打开排水阀14b,在负压作用下,空气进入到空腔单元13a内部,从而在大坝11上游面形成间隔的空腔体。

[0048] 5.当炸弹在水库中起爆后,在水中传播的水下冲击波,迅速到达大坝11上游面,并传入大坝11内部:对于坝体11上部,由于泡沫混凝土单元12a波阻抗、强度、刚度均较低,变形大,能够吸收爆炸波能量,同时也能够削波、改变波形;对于坝体11下部,由于空腔单元13a内部的气体与周围的混凝土结构在密度和波阻抗上的差异较大,从而反射和衍射大部分的冲击波,同时,若空腔单元13a本身存在变形和破坏,其变形和破坏的过程将吸收部分爆炸能量,从而可以提高后面坝体11的抗爆性能。

[0049] 工作原理:利用坝体11上部中泡沫混凝土单元12a填充体吸收爆炸波能量、削波和改变波形来保护上部坝体;利用坝体11下部中空腔单元13a内部的空气和周围混凝土介质的波阻抗失配原理,来反射和衰减爆炸冲击波,同时利用空腔单元13a的变形和破坏来吸收爆炸的部分能量,从而提高大坝11的抗爆性能,其抗爆性能好、结构简单、能快速无破坏布防。

[0050] 在上述实施例中,泡沫混凝土单元和空腔单元的截面形状均为圆形,本发明中,泡沫混凝土单元和空腔单元的截面还可以是其它形状的,例如以下变形例,同样的截面形状也不限于这些变形例。虽然其它截面形状的抗爆效果没有圆形这么好,但也能够提高大坝的抗爆性能,获得较好的抗爆效果。

[0051] 以下变形例中,仅截面形状与实施例不同,其它相同结构不再赘述。

[0052] <变形例一>

[0053] 如图4所示,本变形例中泡沫混凝土单元212a和空腔单元213a的截面形状均为正方形,并且正方形的一条边与大坝11上游面平行。这样的截面形状也能够获得较好的抗爆效果。

[0054] <变形例二>

[0055] 如图5所示,本变形例中泡沫混凝土单元312a和空腔单元313a的截面形状均为正方形,并且正方形的一角正对大坝11上游面。这样的截面形状也能够获得较好的抗爆效果。

[0056] <变形例三>

[0057] 如图6所示,本变形例中泡沫混凝土单元412a和空腔单元413a的截面形状均为正三角形,并且正三角形一角正对大坝11上游面。这样的截面形状也能够获得较好的抗爆效果。

[0058] 上述实施例和变形例仅仅是对本发明技术方案所做的举例说明。本发明所涉及的具有高抗爆性能的大坝和提高大坝抗爆性能的方法并不仅仅限定于在以上实施例中所描述的结构,而是以权利要求所限定的范围为准。本发明所属领域技术人员在该实施例的基础上所做的任何修改或补充或等效替换,都在本发明所要求保护的范围内。

[0059] 在上述实施例和变形例中,都是以重力坝为例进行说明的,本发明还可以用于拱坝等其它类型大坝的抗爆安全防护,同样可以起到很好的抗爆效果。

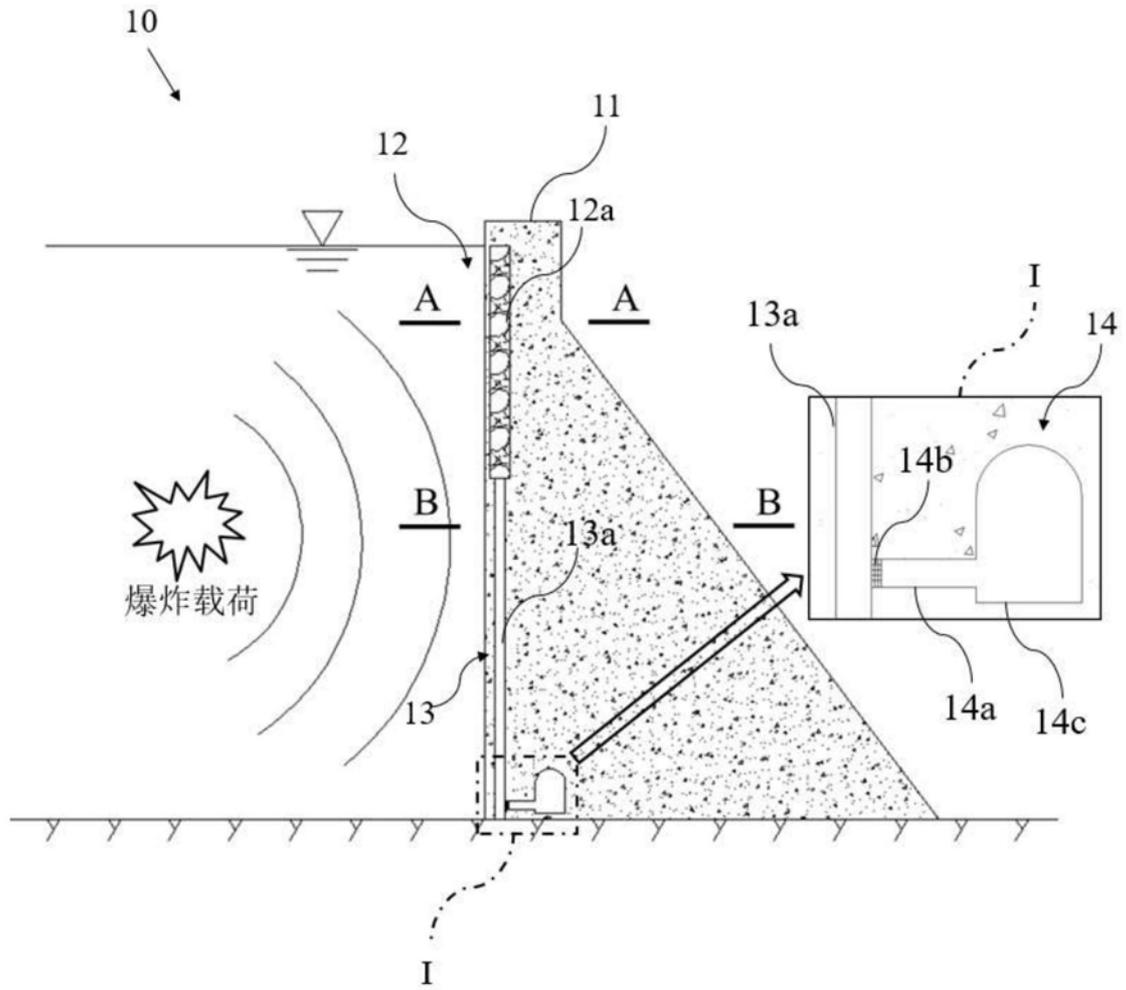


图1

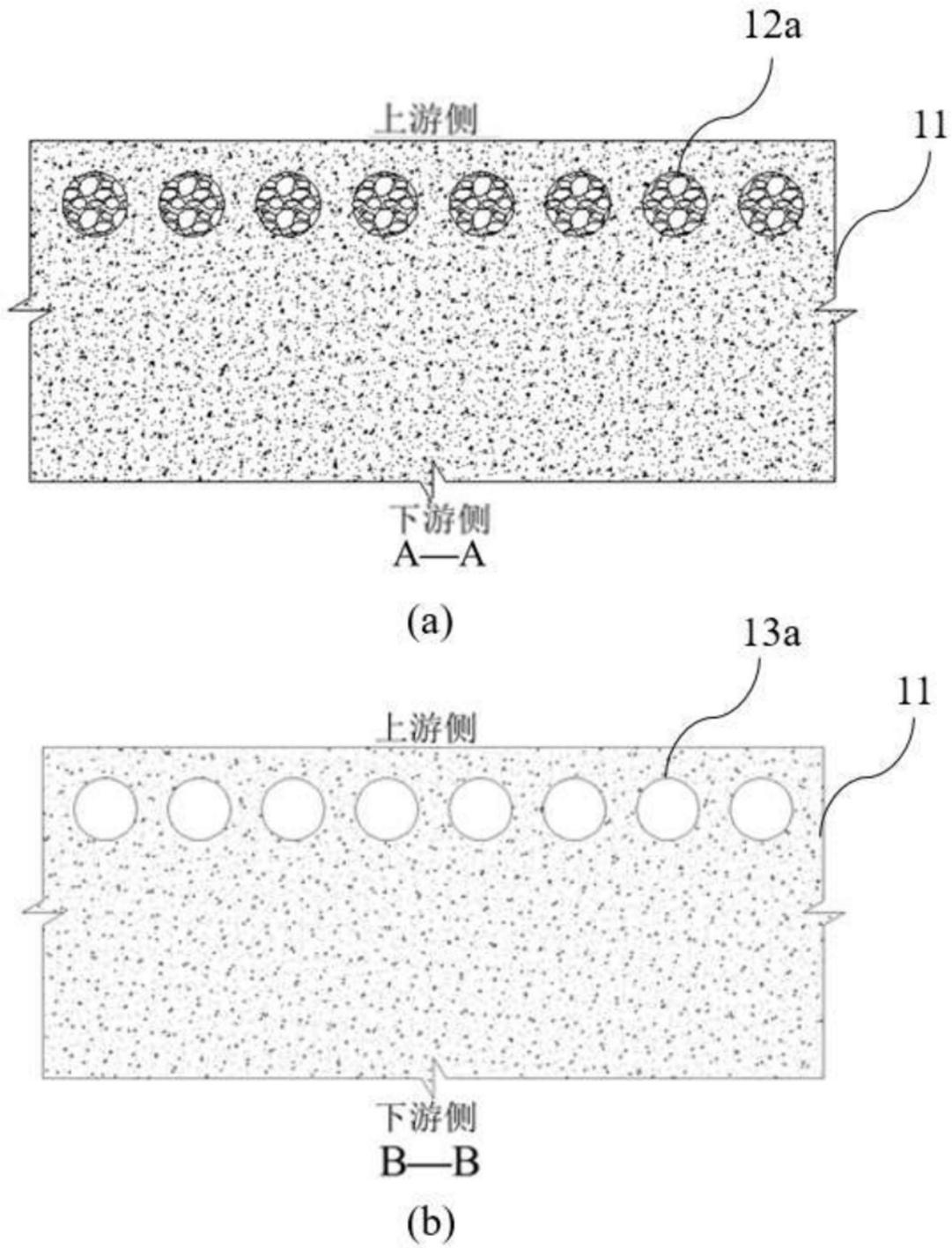


图2

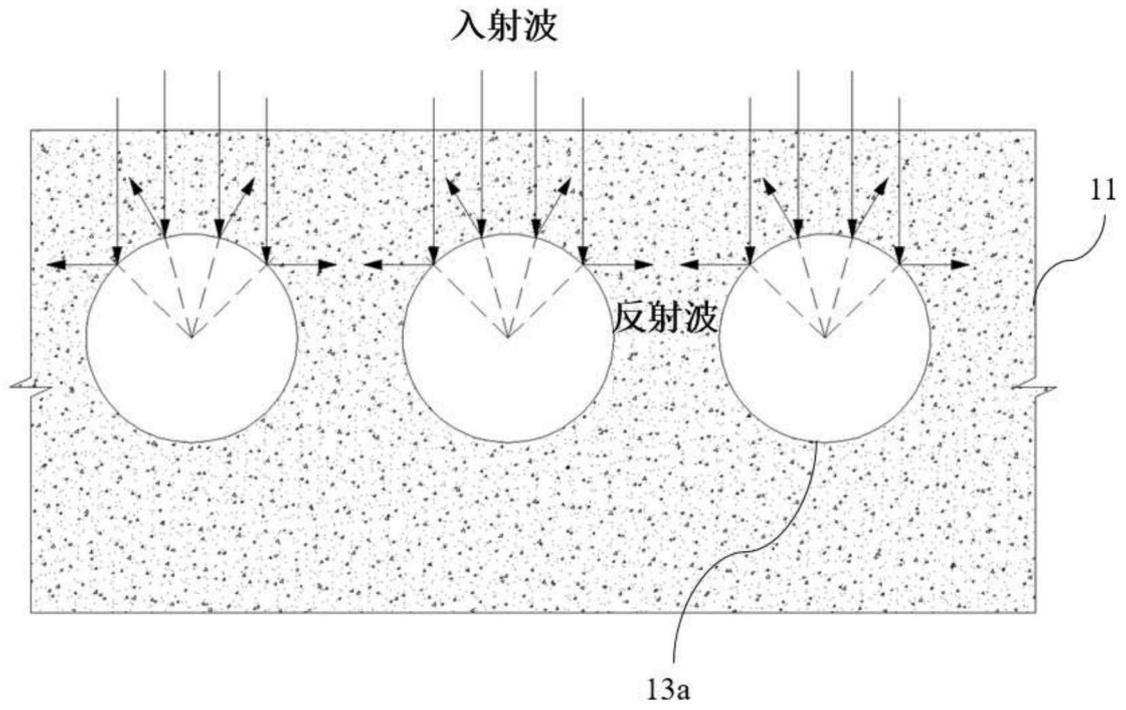


图3

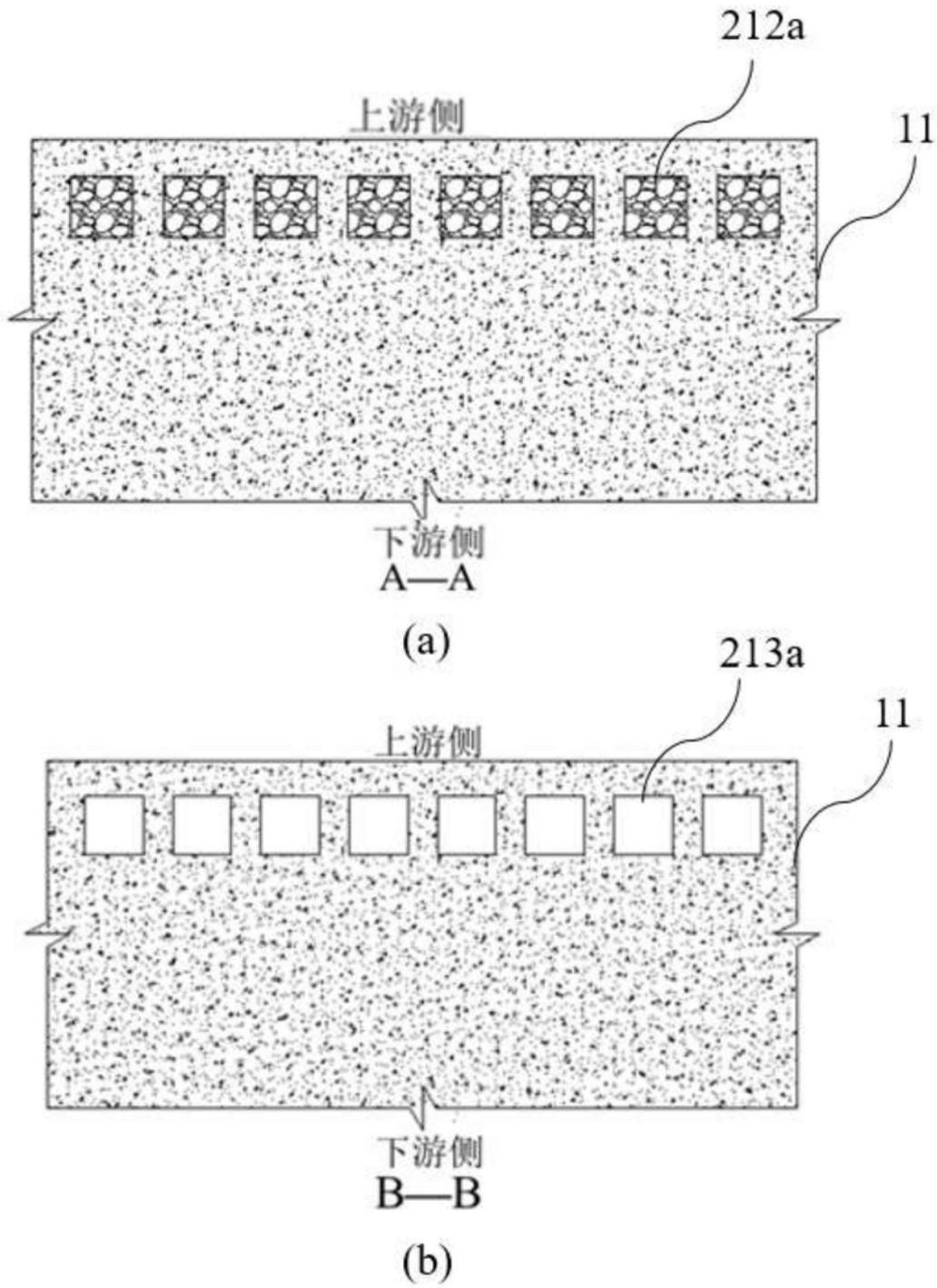


图4

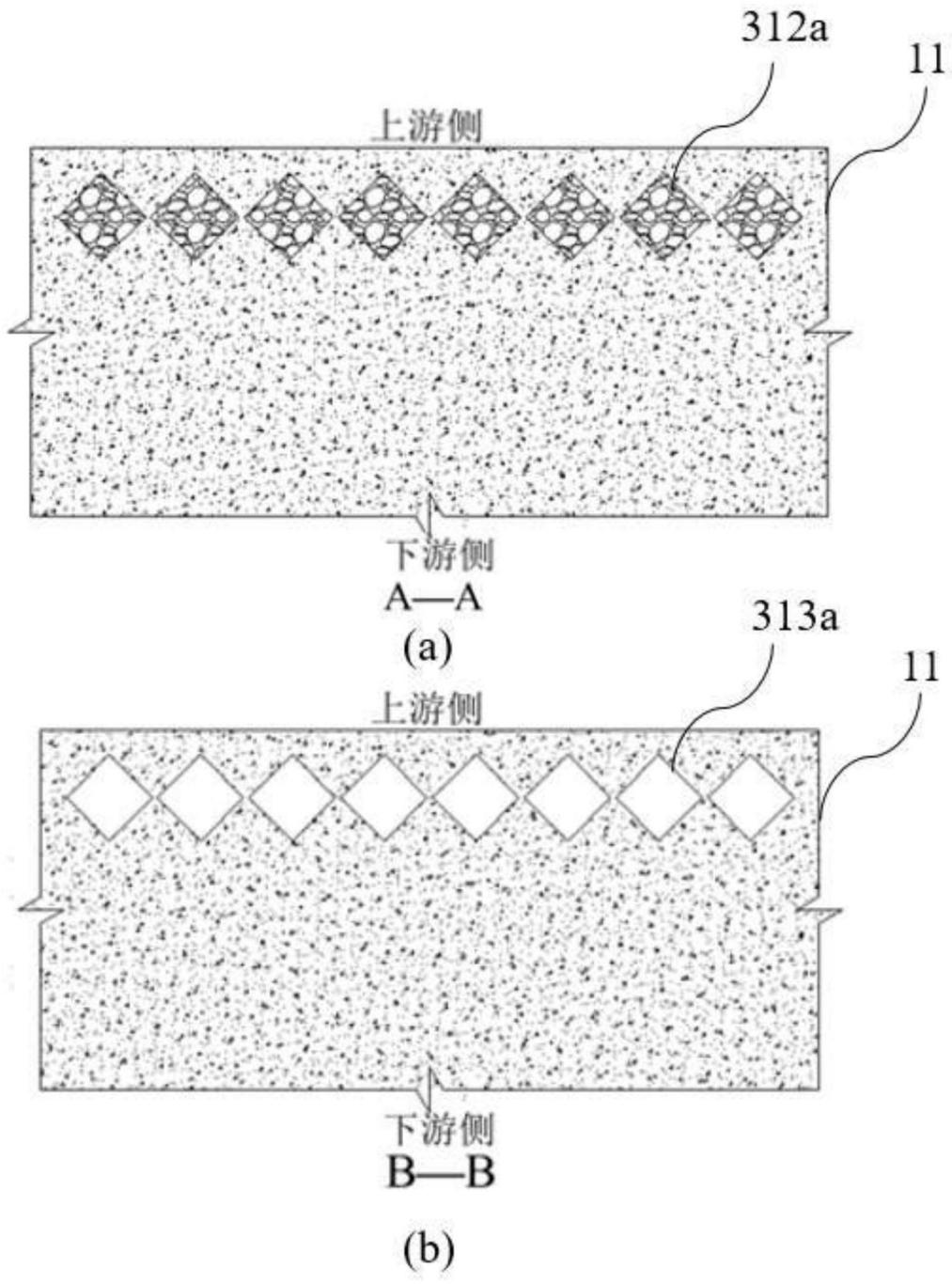
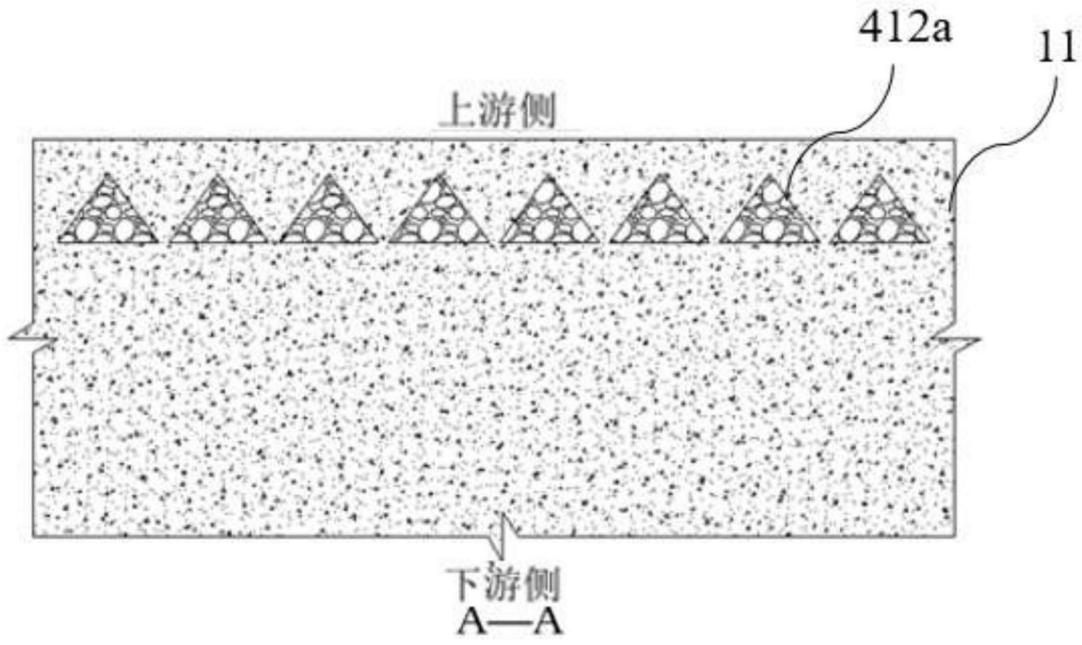
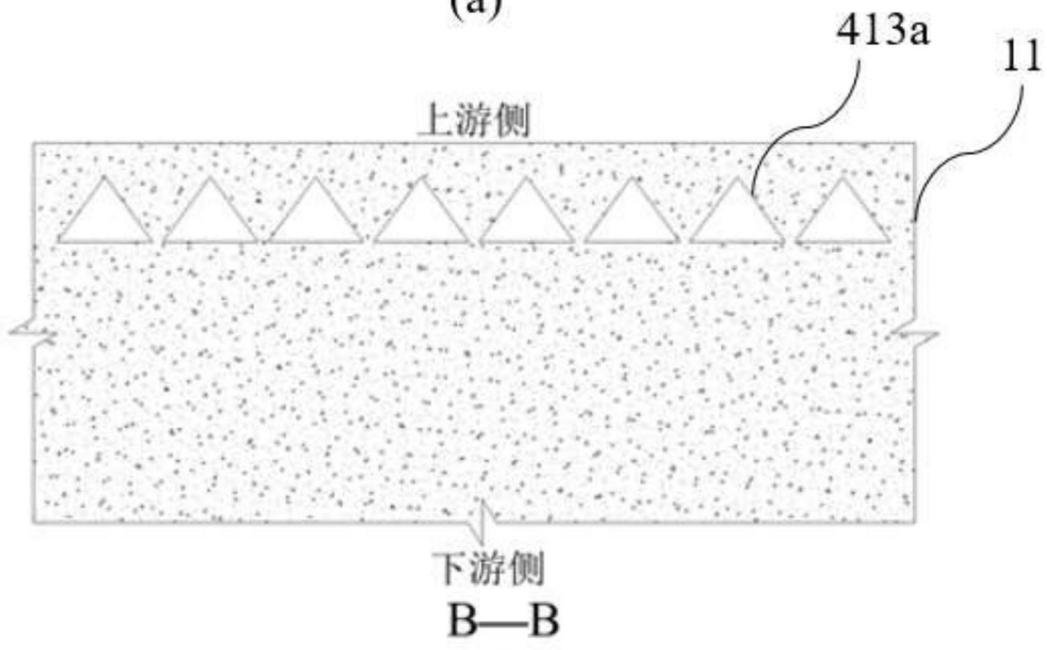


图5



(a)



(b)

图6