



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103174109 A

(43) 申请公布日 2013. 06. 26

(21) 申请号 201310118441. 7

(22) 申请日 2013. 04. 08

(71) 申请人 河海大学

地址 210098 江苏省南京市西康路 1 号

(72) 发明人 唐洪武 袁赛瑜 李行伟 肖洋  
刘震

(74) 专利代理机构 南京君陶专利商标代理有限公司 32215

代理人 沈根水

(51) Int. Cl.

E02B 3/02 (2006. 01)

E02B 5/02 (2006. 01)

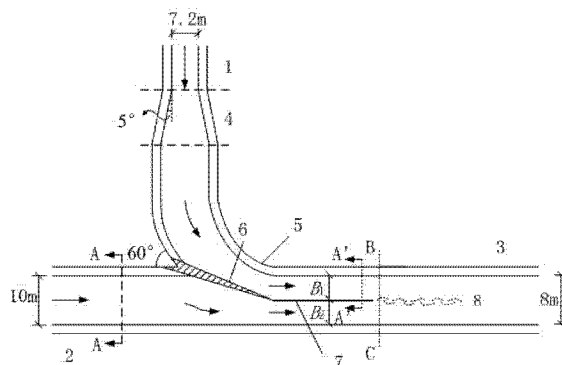
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

### (54) 发明名称

河道交汇区急缓流平稳过渡导流系统

### (57) 摘要

本发明是河道交汇区急缓流平稳过渡导流系统,其结构是水跃消能段设置在两渠道交汇前的急流渠道上,流线型渠壁设置在急流渠道上的水跃消能段和缓流渠道之间;射流控制结构由鱼嘴、导流墙组成,导流墙置于鱼嘴顶端,并与缓流渠道平行;鱼嘴设置于流线型渠壁与缓流渠道相连的交点上,并向缓流渠道中心延伸至平稳导流渠道。优点:可避免急流直接进入缓流渠道时形成大型驻波,利于渠道行洪;可使急流渠道水流平稳改变方向,流线平顺变形,减弱甚至消除水流分离和漩涡,增大实际水流过水面积;射流控制结构有效地降低汇流口水位;保证渠道设计行洪流量,有效控制汇流口水位,有利于在土地有限的地区及城市防洪工程中大面积推广,大大减少土地的征用。



1. 河道交汇区急缓流平稳过渡导流系统,其特征是包括水跃消能段、流线型渠壁以及射流控制结构;其中水跃消能段设置在两渠道交汇前的急流渠道上,流线型渠壁设置在急流渠道上的水跃消能段和缓流渠道之间;射流控制结构由鱼嘴、导流墙组成,其中导流墙置于鱼嘴顶端,并与缓流渠道平行;所述鱼嘴设置于流线型渠壁与缓流渠道相连的交点上,并向缓流渠道中心延伸至平稳导流渠道。

2. 根据权利要求1所述的河道交汇区急缓流平稳过渡导流系统,其特征是急流渠道设计流量  $188.4\text{m}^3/\text{s}$ ,河床宽  $7.2\text{m}$ ,底坡  $1/280$ ,弗罗德数为  $1.22$ ,水流流态属急流;缓流渠道设计流量  $89.7\text{m}^3/\text{s}$ ,河床宽  $10\text{m}$ ,底坡  $1/1000$ ,弗罗德数为  $0.77$ ,水流流态属缓流;平稳导流渠道设计流量  $278.1\text{m}^3/\text{s}$ ,河床宽  $8\text{m}$ ,底坡  $1/1000$ ,弗罗德数为  $0.67$ ,水流流态属缓流。

3. 根据权利要求1所述的河道交汇区急缓流平稳过渡导流系统,其特征是所述水跃消能段设置在两渠道交汇前的急流渠道上;当急流进入水跃消能段时,由于过水断面增大,急流流态会通过较弱的水跃转化为缓流,从而消耗一部分水体动能,避免急流直接进入缓流渠道时形成大型驻波,水跃消能段的扩张角  $5^\circ$ 。

4. 根据权利要求1所述的河道交汇区急缓流平稳过渡导流系统,其特征是所述流线型渠壁使用  $45^\circ$  斜渠壁。

5. 根据权利要求1所述的河道交汇区急缓流平稳过渡导流系统,其特征是所述急流渠道和缓流渠道的夹角设置为  $60^\circ$ 。

6. 根据权利要求1所述的河道交汇区急缓流平稳过渡导流系统,其特征是所述鱼嘴是一长  $20\text{m}$  的薄棱形墙。

7. 根据权利要求1所述的河道交汇区急缓流平稳过渡导流系统,其特征是导流墙是一长  $18\text{m}$  的薄壁墙,导流墙到急流渠道渠壁的距离  $B_1$  是急缓流平稳过渡导流系统设计的关键;选择适宜的射流口宽度  $B_1$ ,使得急流行进至射流口附近时,流态正好转化为临界流,从而不发生明显的水跃,缓流共轭水深最小,下游缓流与上游急流直接过渡,水深不再发生突变,从而控制整个汇流口的水位;导流墙到急流渠道渠壁的距离  $B_1$  由射流口断面面积  $A$  计算公式:

$$A = \sqrt{\frac{\alpha Q^2}{gh_2}}$$

和射流口过水断面的形态确定;式中: $\alpha$  为动能校正系数; $g$  为重力加速度; $Q$  为急流渠道设计流量; $h_2$  为汇流口设计水深;当汇流口设计水深  $h_2$  为  $4\text{m}$  时,得到导流墙到急流渠道渠壁的距离  $B_1$ 、导流墙到缓流渠道渠壁的距离  $B_2$  分别为  $5.5\text{m}$  和  $2.5\text{m}$ 。

## 河道交汇区急缓流平稳过渡导流系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于河流动力学技术领域,具体涉及一种用于河道交汇区急缓流平稳过渡导流系统。

### 背景技术

[0002] 城市经济发展需要和城市土地的局限使得河流渠化严重,趋于集中。城市一旦发生洪灾,后果不堪设想,所以对渠道的行洪设计提出了非常高的要求。渠道本身的设计较为简单,主要是根据行洪量来设计渠道断面尺寸和底坡;而渠道与渠道的节点连接设计相对复杂并且重要的多。若节点设计不好,容易造成行洪困难而导致城市洪涝灾害。渠道与渠道的节点连接应按照两渠道的水流形态、水流走向等进行设计,本文只针对急流渠道向缓流渠道大角度入汇的节点连接提供平稳过渡的导流方法。由于城市规划和土地利用的限制,渠道的走向和形态不能轻易改变,这是城市渠道节点设计的一个瓶颈。目前还没有针对河渠交汇口复杂水力问题的设计手册,国内外很多相关研究都是针对一个理想化的交汇口,虽然不能直接用于工程实践,但是很多基本的汇流理论可以借鉴。例如汇流口水流形态一般认为可以分为7个区,其中几个比较重要的区域有停滞区、分离区和剪切层(图1)。停滞区是两股水流顶冲形成的驻波,该区域减小渠道过水区域,不利于行洪安全;该区域的大小主要与入汇水流的流速和入汇角度有关。分离区是位于入汇渠道一侧的漩涡区,它的存在束窄了过水断面面积;该区域的大小主要与两股水流的动量比和入汇角度有关。剪切层是位于两股水流中间的一道竖向水层,该层具有流速大、紊动强等特点,并且容易在该处的床面形成深坑。由于分离区对过水断面的束窄以及本身下游渠道相对于上游渠道过水断面的减小,汇流口会存在相当大的壅水。壅水高度与两股水流的动量比和入汇角度有关,两股水流的动量相差越大,入汇角度越大,则壅水高度越大。可见急流渠道向缓流渠道入汇如果不采用特殊的导流方法,出现的问题主要有:1)急流顶冲缓流形成大型驻波;2)交汇口水流分离,形成大漩涡;3)急流切断缓流造成缓流渠道回流,阻碍缓流渠道过流;4)造成汇流口水位大幅度上升,增加了渠道堤防发生漫顶溢流的风险(图2)。其中,第三个问题缓流回流是急流入汇缓流的汇流形式所特有的。

### 发明内容

[0003] 本发明提出的是河道交汇区急缓流平稳过渡导流系统,其目的在于克服城市渠化严重、节点设计困难、土地利用紧张等问题,本系统能够将急流平稳地入汇缓流渠道,避免急流进入缓流渠道时大型驻波的产生,减少漩涡和水流分离,在保证设计行洪流量的基础上,尽量降低汇流口水位,减少城市洪灾的发生。

[0004] 本发明的技术解决方案:其结构是包括水跃消能段、流线型渠壁以及射流控制结构;其中水跃消能段设置在两渠道交汇前的急流渠道上,流线型渠壁设置在急流渠道上的水跃消能段和缓流渠道之间;射流控制结构由鱼嘴、导流墙组成,其中导流墙置于鱼嘴顶端,并与缓流渠道平行;所述鱼嘴设置于流线型渠壁与缓流渠道相连的交点上,并向缓流渠

道中心延伸至平稳导流渠道。

[0005] 本发明的有益效果为:1) 本发明可以避免急流直接进入缓流渠道时形成大型驻波,利于渠道行洪;2) 可以使急流渠道水流平稳改变方向,流线平顺变形,减弱甚至消除水流分离和漩涡,增大实际水流过水面积;3) 本发明采用射流控制结构有效地降低了汇流口水位;4) 巧妙地利用了汇流和射流理论,在尽量减少城市征地的前提下,即保证了渠道的设计行洪流量,有效控制了汇流口水位,有利于在土地有限的地区以及城市防洪工程中大面积推广,大大减少土地的征用。

#### 附图说明

[0006] 图 1 是理想化交汇口水流形态示意图。

[0007] 图 2 是急流渠道入汇缓流渠道水流形态示意图。

[0008] 图 3 是河道交汇流区急缓流平稳过渡导流系统的结构示意图。

[0009] 图 4 (a) 是图 3 中的 A-A 方向剖面图。

[0010] 图 4 (b) 是图 3 中的 A'-A' 方向剖面图。

[0011] 图 5 是射流控制结构示意图。

[0012] 图 6 是图 3 中 B-C 断面的流速分布图。

[0013] 图 7 是图 3 中 B-C 断面的水位分布图。

[0014] 图中的 1 是急流渠道、2 是缓流渠道、3 是平稳导流渠道、4 是水跃消能段、5 是流线型渠壁、6 是鱼嘴、7 是导流墙、8 是剪切层。

#### 具体实施方式

##### [0015] 实施例 1

如附图所示,河道交汇流区急缓流平稳过渡导流系统的结构包括水跃消能段 4、流线型渠壁 5 以及射流控制结构;其中水跃消能段 4 设置在两渠道交汇前的急流渠道 1 上,流线型渠壁 5 设置在急流渠道 1 上的水跃消能段 4 和缓流渠道 2 之间;射流控制结构由鱼嘴 6、导流墙 7 组成,其中导流墙 7 置于鱼嘴 6 顶端,并与缓流渠道 2 平行;所述鱼嘴 6 设置于流线型渠壁 5 与缓流渠道 2 相连的交点上,并向缓流渠道 2 中心延伸至平稳导流渠道 3。

[0016] 所述的导流墙 7 主要作用是导流以及形成射流。

[0017] 所述的鱼嘴主要作用是导流和支撑导流墙。

[0018] 水跃是明渠水流从急流过渡到缓流时水面突然跃起的局部水流现象;在急流向缓流过渡区域存在旋滚区,由于旋滚区的水体剧烈旋转和紊动,以及旋滚区和主流区之间频繁的动量交换,大大加剧了水跃区内部的摩擦作用,从而损失了水体大量的机械能;水利工程中常利用水跃来消能。本发明通过在急流渠道适当扩大过水断面来减缓水流流速,利用弱水跃来消耗一部分水体动能,避免急流直接进入缓流渠道时形成大型驻波;水跃消能段的过水面积可按实际征地允许情况而定。

[0019] 水体在流线型物体表面主要表现为层流,没有或很少有湍流,这保证了水体受到较小的阻力。流线型渠壁 5 可以减少行洪阻力,实现急流进入缓流渠道时,水流平稳改变方向,流线平顺变形。最重要的是流线型渠壁可以减弱甚至消除如图 1 所示的分离区或者如图 2 所示的漩涡区。分离区或者说漩涡区在水流流线发生突变时就会出现,不但束窄过水

断面,不利于行洪,而且抬升壅水高度导致堤防漫顶溢流。而流线型渠壁平顺得改变流线方向,有效得抑制了分离区的产生。为了在不多征用土地的基础上增加过水断面面积,可以使用斜渠壁。斜渠壁可以有效降低壅水高度。

[0020] 所述的射流控制结构的主要作用是分离急流和缓流,避免直接入汇,并通过引导最终形成  $0^\circ$  汇流(或者射流),从而达到平稳导流的目的。从汇流理论来看, $0^\circ$  汇流除了存在剪切层,其他影响水流行进、破坏河渠稳定的几个水流区域都会消失,汇流断面的壅水高度也会因为汇流角度为  $0^\circ$  而大幅度减小。从射流理论看,虽然两股平行水流存在流速差异,汇流断面的流速分布可以看出流速的不连续,但是压力(或者水位)分布是必须连续的,主要是因为急流渠道射流对缓流渠道的剪切作用,使得缓流渠道水位下降。因为汇流断面之前两股水流都没有明显的壅水现象,所以汇流断面水位分布连续,也不会出现明显壅水,从而有效控制了汇流口水位。

[0021] 其实,急流渠道水流形态在射流口附近发生了突变,从急流向下游的缓流进行过渡,也就是说射流口附近发生了一个水跃。由水跃特性可以得到,下游缓流的水深(即第二共轭水深  $h_2$ )与急流渠道射流口水深(即第一共轭水深  $h_1$ )的关系式为

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left( \sqrt{1 + 8Fr^2} - 1 \right) \quad (1)$$

式中: $h_2$  为第二共轭水深; $h_1$  为第一共轭水深; $Fr$  为急流渠道水流的佛罗德数。

[0022] 为了尽量减小下游缓流的水深也就是第二共轭水深  $h_2$ ,必须尽量减小急流渠道水流的佛罗德数  $Fr$ 。而急流的佛罗德数  $Fr \geq 1$ ,所以当且仅当  $Fr=1$ ,下游缓流的水深也就是第二共轭水深  $h_2$  最小,且此时  $h_2 = h_1$ 。 $Fr=1$  的状态也就是急流行进至射流口附近时,流态正好转化为临界流,从而不发生明显的水跃,下游缓流与上游急流直接过渡,水深不再发生突变。急流渠道水流的佛罗德数计算公式为

$$Fr = \frac{\sqrt{\alpha} u}{\sqrt{gh_1}} \quad (2)$$

$$u = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

式中: $\alpha$  为动能校正系数; $u$  为急流渠道断面平均流速; $g$  为重力加速度; $Q$  为急流渠道设计流量; $A$  为导流墙到急流渠道渠壁形成的射流口断面面积。

[0023] 当  $Fr=1$  时, $h_2=h_1$ ,所以下游缓流的水深(也就是汇流口水深)  $h_2$  的计算式为

$$h_2 = \alpha \frac{Q^2}{gA^2} \quad (4)$$

由公式(4)可以看出,在设计流量  $Q$  一定的情况下,汇流口水深  $h_2$  主要由射流口过水断面面积  $A$  决定,也就是由射流口的宽度  $B_1$  来决定。只要选择适宜的射流口宽度,就可以控制急流行至射流口的流态,从而控制整个汇流口水位。所以射流口宽度是渠道节点设计的关键,在已知急流渠道设计流量和汇流口设计水位的情况下,过水断面面积可以由公式(5)计算得到:

$$A = \sqrt{\frac{\alpha Q^2}{gh_2}} \quad (5)$$

而射流口宽度  $B_1$  则由渠道断面形态和公式(5)得到的过水断面面积来确定。

[0024] 实施例, 急流渠道 1 设计流量  $188.4\text{m}^3/\text{s}$ , 河床宽  $7.2\text{m}$ , 底坡  $1/280$ , 佛罗德数为  $1.22$ , 水流流态属急流; 缓流渠道 2 设计流量  $89.7\text{m}^3/\text{s}$ , 河床宽  $10\text{m}$ , 底坡  $1/1000$ , 佛罗德数为  $0.77$ , 水流流态属缓流; 平稳导流渠道 3 设计流量  $278.1\text{m}^3/\text{s}$ , 河床宽  $8\text{m}$ , 底坡  $1/1000$ , 佛罗德数为  $0.67$ , 水流流态属缓流。

[0025] 所述水跃消能段 4 设置在两渠道交汇前的急流渠道 1 上。当急流进入水跃消能段 4 时, 由于过水断面增大, 急流流态会通过较弱的水跃转化为缓流, 从而消耗一部分水体动能, 避免急流直接进入缓流渠道 2 时形成大型驻波。如图 3 所示, 水跃消能段的扩张角可按实际征地允许情况而定, 如  $5^\circ$ 。

[0026] 所述流线型渠壁 5 设置在急流渠道水跃消能段 4 和缓流渠道 2 之间。经过水跃消能后的水流经过流线型渠壁时, 在流线型物体表面主要表现为层流, 没有或很少有湍流, 使得水流受到较小的阻力, 水流平稳改变方向, 流线平顺变形, 从而减少了行洪阻力; 而且减弱甚至消除水流分离和漩涡, 利于行洪。

[0027] 为了在不多征用土地的基础上增加过水断面面积, 所有的流线型渠壁 5 都可以使用  $45^\circ$  斜渠壁, 如图 4 (a) 所示。斜渠壁可以有效降低壅水高度。急流渠道 1 和缓流渠道 2 的夹角设置为  $60^\circ$ , 若实际情况允许, 可进一步减小加长流线型渠壁, 减小两渠道夹角。

[0028] 鱼嘴 6 是一长  $20\text{m}$  的薄棱形墙, 主要作用是导流和支撑导流墙。

[0029] 导流墙 7 是一长  $18\text{m}$  的薄壁墙, 主要作用是导流以及形成射流。导流墙 7 到急流渠道 1 渠壁、缓流渠道 2 渠壁的距离由公式(5)计算得到。

[0030] 急流渠道设计流量为  $188.4\text{m}^3/\text{s}$ , 汇流口设计水深为  $4\text{m}$ , 动能校正系数  $\alpha = 1.0$ , 重力加速度  $g = 9.81\text{m}^2/\text{s}$ , 则由公式(5)可知, 过水断面面积为

$$A = \sqrt{\frac{\alpha Q^2}{gh_2}} = \sqrt{\frac{1.0 \times (188.4\text{m}^3/\text{s})^2}{9.81\text{m}^2/\text{s} \times 4\text{m}}} = 30\text{m}^2$$

射流口过水断面的形态如图 4 (b) 所示, 则过水断面面积可表示为:

$$A = \frac{(B_1 + B_1 + h_2)h_2}{2}$$

式中:  $B_1$  为导流墙 7 到急流渠道 1 渠壁的距离。

[0031]  $B_1$  可以很容易计算得到:

$$B_1 = \frac{A}{h_c} - \frac{h_c}{2} = 5.5\text{m}$$

如图 3 所示, 导流墙 7 到急流渠道 1 渠壁的距离  $B_1$ 、导流墙 7 到缓流渠道 2 渠壁的距离  $B_2$  分别为  $5.5\text{m}$  和  $2.5\text{m}$ 。但更精确的数据需要物理模型试验或者数值模型模拟进行确定。

[0032] 本发明的适用范围不局限于所述实施例。

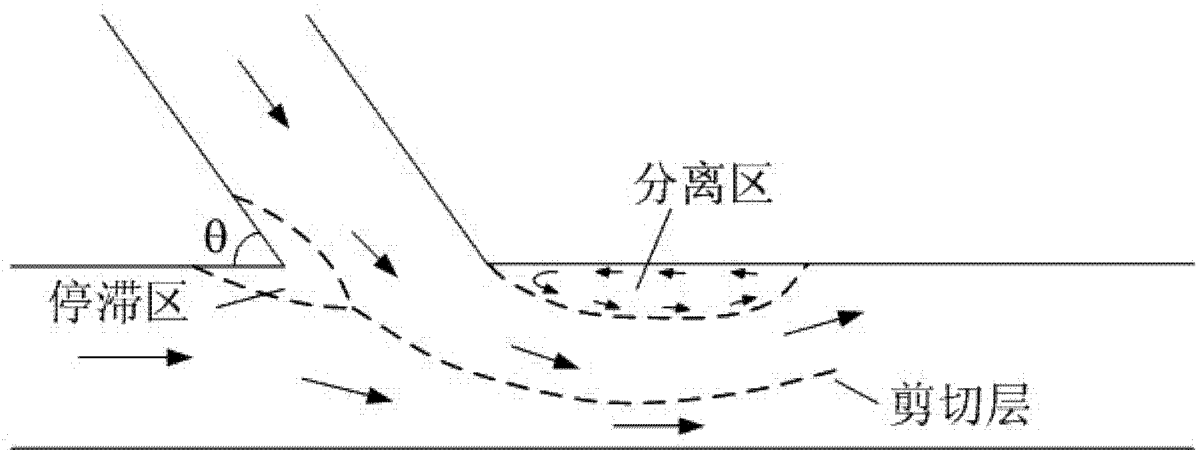


图 1

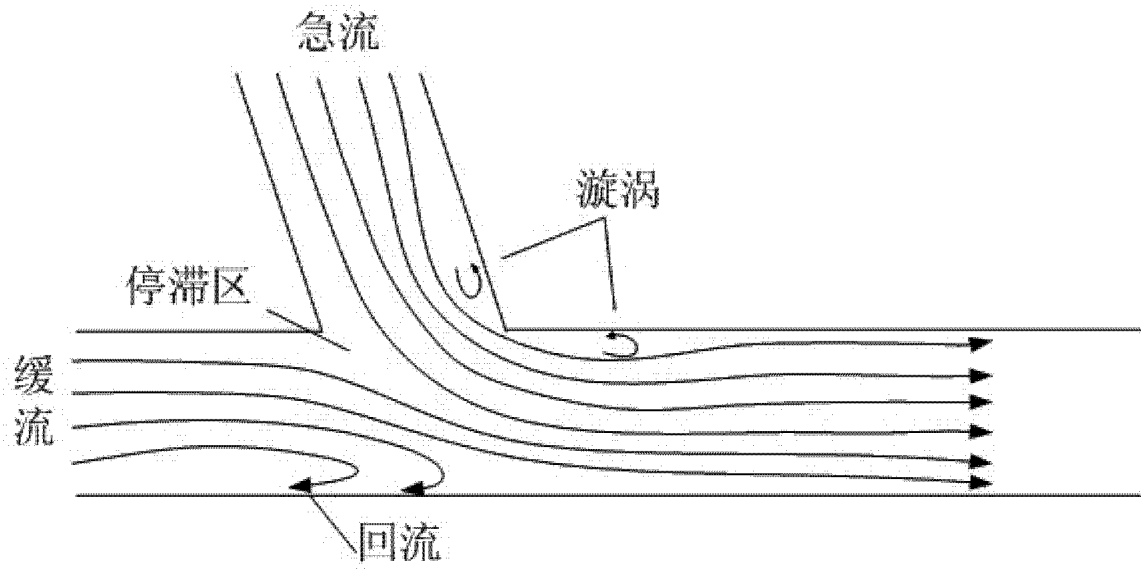


图 2

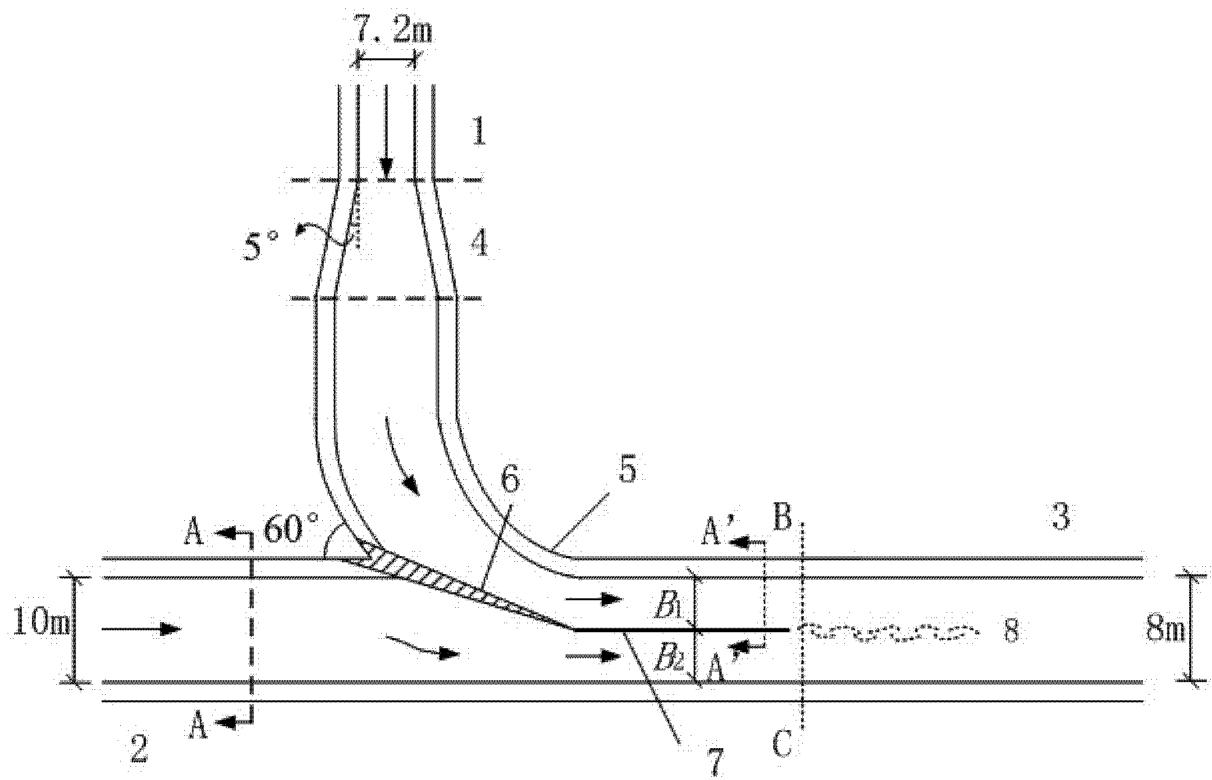


图 3

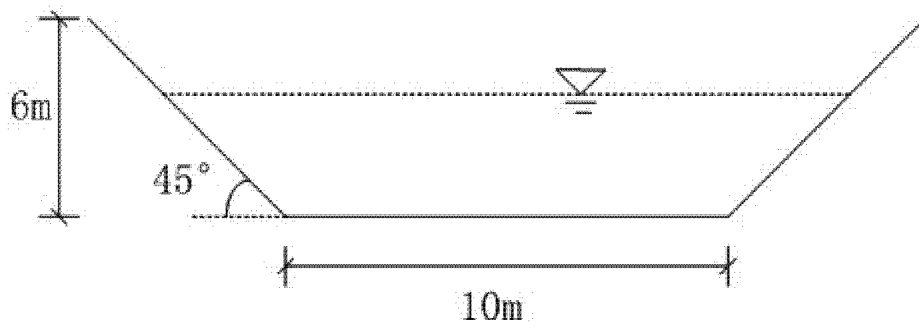


图 4(a)

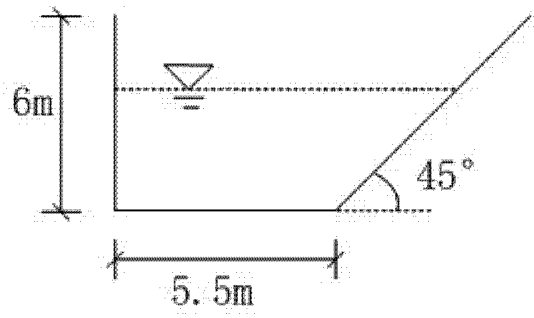


图 4(b)

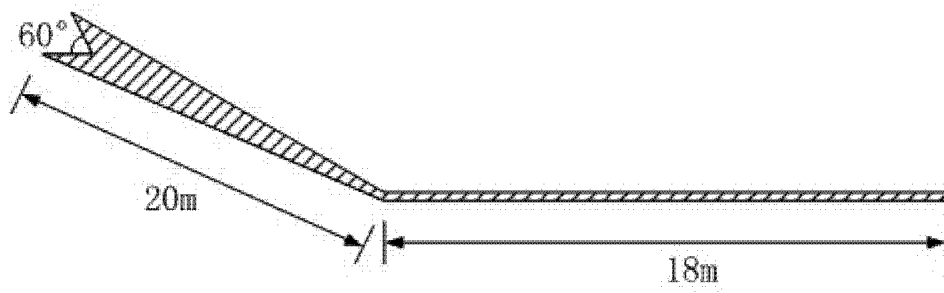


图 5

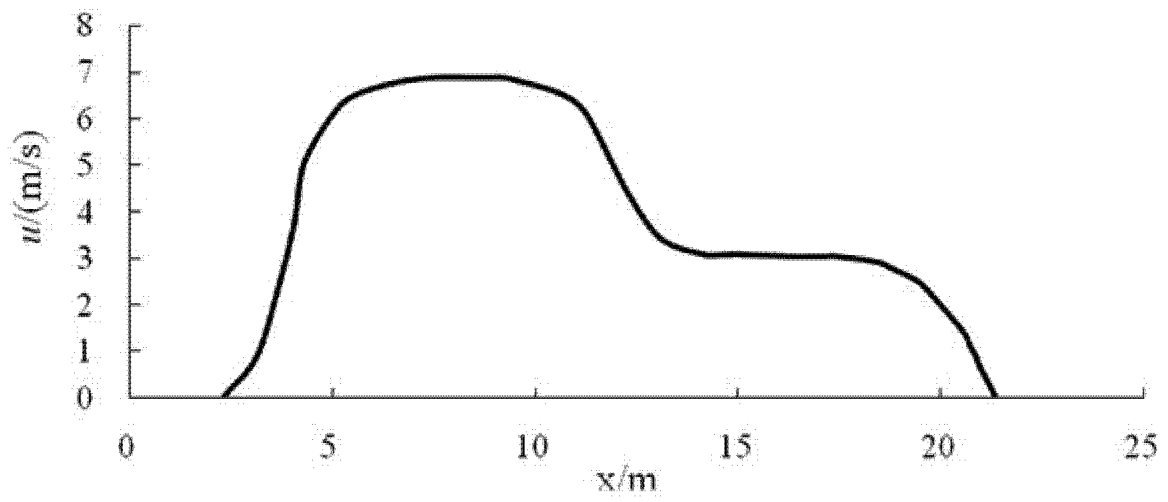


图 6

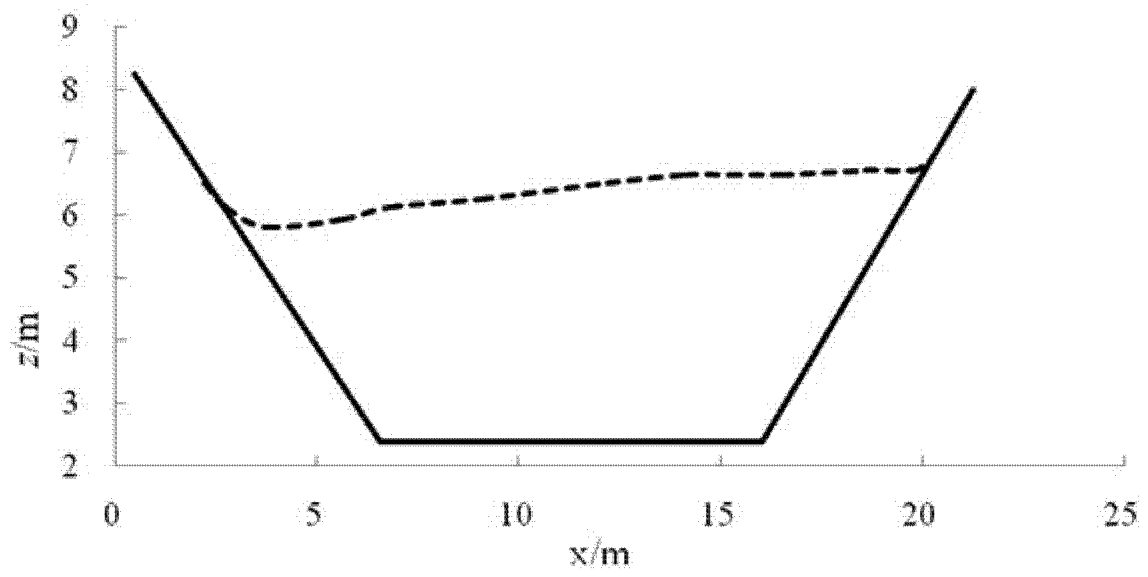


图 7