

参赛队号#1494

第六届“认证杯”数学中国

数学建模网络挑战赛 承 诺 书

我们仔细阅读了第六届“认证杯”数学中国数学建模网络挑战赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们将受到严肃处理。

我们允许数学中国网站(www.madio.net)公布论文，以供网友之间学习交流，数学中国网站以非商业目的的论文交流不需要提前取得我们的同意。

我们的参赛队号为：1494

参赛队员（签名）：

队员 1：张雪

队员 2：冯立艳

队员 3：孙栎倩

参赛队教练员（签名）：无

参赛队伍组别：A 题

参赛队号#1494

第六届“认证杯”数学中国

数学建模网络挑战赛 编号专用页

参赛队伍的参赛队号：（请各个参赛队提前填写好）：

1494

竞赛统一编号（由竞赛组委会送至评委团前编号）：

竞赛评阅编号（由竞赛评委团评阅前进行编号）：

参赛队号#1494

2013 年第六届“认证杯”数学中国 数学建模网络挑战赛

题 目 透水框架模型的改进关 键 词 量纲分析法 机理分析 稳定性分析 勾连性

摘 要：

四面六边透水框架群护岸固脚技术是一种新型的护堤固案技术。但是四面六边透水框架还存在一些不足，它的堆砌效果不是很理想，在水流冲击下很容易被水流冲击而发生翻滚移位。在此基础上，我们借鉴四面六边的优点对其缺点进行改进。

模型一：四面六边的优点是以三角形为基础支撑，使其结构强度很大，不易被水流冲毁，所以我们也已三角形为基础支撑图形吸收四面六边框架的优点，改进它的不足之处。四面六边框架群易被水流冲走的原因在于其勾连性不是很好，为了增加其勾连性，我们将四面六边透水框架的封闭性改进为半封闭半开放式。设计生成改进方案。其优点在于：1、对四面六边框架的优点进行全盘吸收，用量纲分析法证明了改进方案的减速促淤效果也很好；2、改进了四面六边框架勾连性差的缺点，其四个外伸的边可以很好的与其同伴相互勾连，从而增加其堆砌稳定性；3、在此同时，我们将四面六边改进为长方体，使其具有八个直角，易知直角的勾连性很好，用直角就进一步增加了框架群相互勾连的强度。同时我们易知框架群的孔隙率越高减速促淤效果越好，改进方案的空隙率可调，我们可任意选择想要的空隙率，从而达到理想的堆砌效果。用稳定性分析可以证明改进方案使堆砌效果也达到了理想效果。

模型二：在此之外，我们还在四面六边框架群的基础上对其勾连性与堆砌效果进行改进。用机理分析法推导出了减速率公式，从而证明了四面六边透水框架的减速促淤效果。为了增加其勾连性，我们可以在进行框架群的堆砌时将扭工形框架与四面六边框架一起按比例进行抛投。抛投扭工形框架的目的就是通过扭工形的非封闭结构增加框架群的勾连性。四面六边透水框架的减速促淤与扭工形框架的勾连性相互叠加，使其结构更加稳定，减速促淤效果更加理想。

参赛队号;1494

所选题目： A 题参赛密码 _____
(由组委会填写)

参赛队号#1494

英文摘要（选填）

Penetrating Frame Groups revetment solid foot technique is a new type of the b e r m solid case technology。 But Penetrating framework also has some shortcomings, it's a pile of effect is not very satisfactory, can easily be in the water under the impact of the current rush to roll shift occurs. On this basis, we can learn from the advantages of the tetrahedron to improve their shortcomings.

Model I : the advantages of the tetrahedron is a triangle-based support, making it great structural strength, can not easily be washed away by the water, so we have a triangle for the basic support graphics absorb the advantages of the tetrahedron framework to improve its shortcomings Department. The tetrahedron framework group is easily carried away in its collusion between not very good, to increase collusion between, we will Penetrating closed improvements of the framework for the semi-closed and semi-open. The design generated as shown in Figure improvement program. The advantages: 1, the merits of the tetrahedron framework overall absorption, dimensional analysis that the deceleration of the improvement program siltation was also very effective; 2, improving the t he tetrahedron framework collusion between the shortcomings of poor, its four overhanging edges can be good to their fellow collusion between each other, thus increasing its pile of stability; 3, in the meantime, we will tetrahedron improvement is rectangular, it has eight right angle, it is easy right angles to the collusion between the good right angle to further increase the strength of the framework of group collusion with each other. easy to know the framework groups the higher the porosity reduction to promote the silt the better, improved program porosity adjustable, we can arbitrarily select the desired porosity ,piled to achieve the desired effect. Stability analysis can prove improvement program to make a pile of effects also reached the desired effect.

Model II: Beyond this, we also improve the tetrahedron framework groups on the basis of their collusion between the piled effects. Mechanism analysis method is derived deceleration rate formula, thus proving the t he Penetrating framework deceleration siltation effect. Twist work shaped frame tetrahedron framework in order to increase its collusion between, we can during FRAMES concoction together in proportion dumped. Increase in the framework of the group of collusion between the dumped twist the purpose of the work-shaped frame is twisted work shaped non-enclosed structure. Penetrating framework deceleration and promote the work of silt and twisted shaped frame collusion between superimposed on each other, to make it more stable structure, deceleration siltation effect is more ideal.

参赛队号#1494

一、问题重述

在江河中，堤岸、江心洲的迎水区域被水流长期冲刷侵蚀。在河道整治工程中，需要在受侵蚀严重的部位设置一些人工设施，以减弱水流的冲刷，促进该处泥沙的淤积，以保护河岸形态的稳定。

现在常用的设施包括四面六边透水框架等。这是一种由钢筋混凝土框杆相互焊接而成的正四面体结构，常见的尺寸为边长约 1 m，框杆截面约 0.1×0.1 m。将一定数量的框架投入水中，在水中形成框架群，可以使水流消能减速，达到减弱冲击，防冲促淤的效果。

但是四面六边透水框架在抛投时和在使用过程中，可能被水流冲击而翻滚移位，使框架群不能达到理想的堆砌效果，对功能有不利影响。为了使框架在水中互相钩连，需要设计新的形状。但已有的多数设计方案都存在问题，主要集中在两个方面：结构强度不足，以及虽然原则上能够互相钩连，但依然不清楚最终堆砌而成的形状是否合理。请建立合理的数学模型，从以下三个方面分析说明框架是怎样的结构才是最合适的，并给出相应的求解模型。

- 一 怎样才能使框架的强度最大
- 二 怎样才能使框架群被水流冲击时而不宜翻滚移位，即达到很好的堆积效果
- 三 怎样才能达到很好的减速促淤效果

二、问题分析

1、针对问题一

根据数学知识可知，对常见的几何图形的稳定性进行比较，可知三角形最稳定，形状一旦确定便不易被摧毁，所以四面六边透水框架以三角形为基本支撑图形。同样我们也以三角形为基本支撑图形，来对四面六边透水框架进行改进，已达到使框架强度高的目的。

2、针对问题二

四面六边透水框架群被水流冲击而翻滚移位是因为四面六边透水框架的封闭结构，构成框架群时，框架之间缺乏勾连，相互向外挤压，难以形成整体性，在流速较大的区域易冲散，流失。针对其缺点，框架结构应是非封闭式或开放式的，使透水框架在堆积成框架群后，相互之间产生一定的勾连，增加框架群的整体性，使框架可有效的分层堆积。并且无突出的钢筋，施工效率提高。

3、针对问题三

匀速的水流只有遇到障碍物，经过与其碰撞损失能量，由动量定理可知其速度必定减小，从而可以达到减速促淤的效果。我们也要从这方面考虑，在构建框架透水的同时要增加其障碍性，使水流在通过框架的同时损失能量，达到我们所要的目的。

三、模型假设

- 1、假设水流稳定，是典型的紊流形态处于紊流粗糙区且水流为层流
- 2、假设水流与岸壁的摩擦不计，水流的粘性阻力忽略不计，影响水流速度的只有框架群对水流的阻力

参赛队号#1494

- 3、假设水流连续撞击框架群
- 4、选取近岸垂线水流速度，其他方向水流速度可忽略
- 5、假设框架在抛投后形成规则的长方体，并且在水流的撞击下整体不动，形状不做改变
- 6、排除人为因素

四、符号说明

号	符	符号意义	单位
	v_1	撞击框架群前的水速	m/s
	v_2	撞击框架群后的水速	m/s
	η	减速率	/
	a	框架群长度	m
	H	水深	m
	c	框架群的宽度	m
	B	河岸的宽度	m
	L	河流的长度	m
	F	等效阻力	N
	C_d	框架群等效阻力系数	/
	A_i	框架群顺水流方向的投影面积	m^2
	ρ	水的密度	kg/m^3
	g	重力加速度	N/kg
	i	河床坡度	度
	G	水的重力	N
	λ	沿程阻力系数	/
	J	水力坡度	度
	β	流体的粘性系数	Pa. s
	Re	雷诺数	/

注：表中没有列出的符号文中使用时会给予说明。

五、模型的建立与求解

1、模型一的建立与求解：

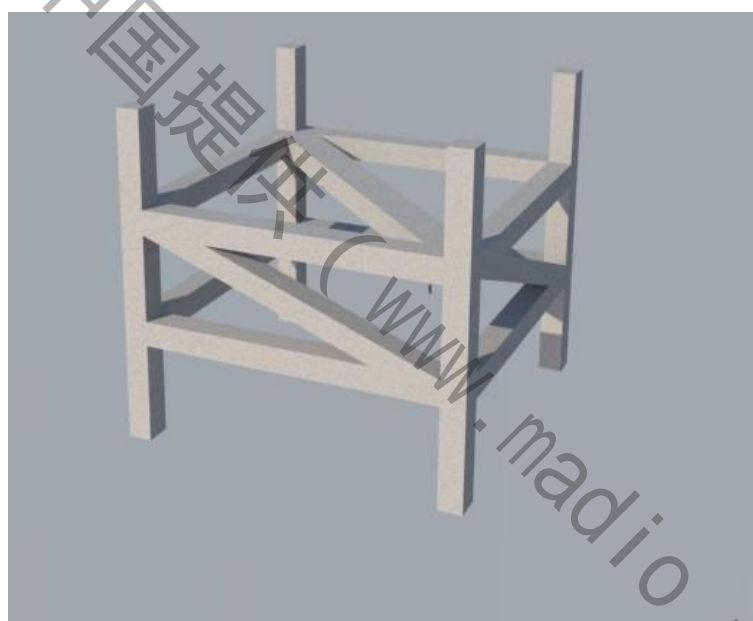
(1) 模型的建立：

由数学知识可知，对常见图形的稳定性进行比较，三角形最稳定，所以，带有三角形的立体图形形状一旦确定便不易被摧毁，也就保证了立体图形的强度。由文献可知，图形一已获得专利，但此框架没有很好的强度，在水流过急的情况下，框架可能被冲毁达不到理想效果。我们以此为基础对图形进行改进，见图二。本模型中，框架以三角形为支撑，所以框架有很好的强度，在水流过急的区域，框架不易被摧毁，仍然可以达到很好的减速效果。

参赛队号#1494



图一



图二

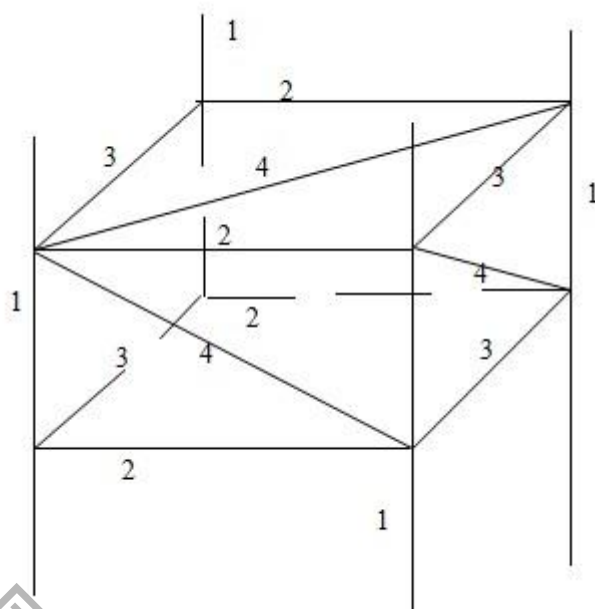
由四面六边透水框架群应用到实际中所产生的问题可知，由于四面六边透水框架的封闭结构，构成框架群时，框架之间缺乏勾连性，相互向外挤压，难以形成整体性，在流速较大的区域易冲散。针对四面六边透水框架的缺点，本模型设计了一种封闭与开放相结合的样式结构，这样透水框架在抛投堆积形成框架群后，相互之间产生较强的勾连，增加框架群的整体性，使框架可有效的分层堆积。防止了透水框架在抛投时和在使用过程中，可能被水流冲击而翻滚移位的后果，使框架群达到理想的堆砌效果。

下面分别对透水框架的强度、孔隙率、勾连性和减速效果做出理论推导：

(2) 模型求解：

1) 现讨论该透水框架的强度

参赛队号#1494



从四面六边透水框架受到启发，这是基于三角形最稳固的机理研究的。只要三角形三边的长度确定，这个三角形的形状和大小就完全确定，这个性质叫做三角形的稳定性。

现证明三角形的稳定性：

任取三角形两条边，则两条边的非公共端点被第三条边连接

∴第三条边不可伸缩或弯折

∴两端点距离固定

∴这两条边的夹角固定

∴这两条边是任取的

∴三角形三个角都固定，进而将三角形固定

∴三角形有稳定性

任取 n 边形 ($n \geq 4$) 两条相邻边，则两条边的非公共端点被不止一条边连接

∴两端点距离不固定

∴这两边夹角不固定

∴ n 边形 ($n \geq 4$) 每个角都不固定，所以 n 边形 ($n \geq 4$) 没有稳定性

由于相对面是一样的，所以只需一边将的长方形分割成两个相似三角形，来确定其稳定性。

由此可得，模型中边 4 在整个模型中起到稳固模型，增强模型的强度的重要作用。

2) 针对此框架群的整体堆积效果分析，及堆积后的整体效果与空隙率有关，当空隙率大到一定程度后，会使得该透水框架群的整体效果达到最优。

空隙率是指构架的空隙体积与总体积的比值。计算如下：

$$N = \frac{v_0}{v} \quad (v_0 \text{ 指孔隙体积, } v \text{ 指总体积})$$

$$= 1 - \text{杆件体积} / \text{总体积}$$

$$\text{杆件体积} = \frac{4l[(c+2d) + (a-2l) + b-2l]}{ab(c+2d)}$$

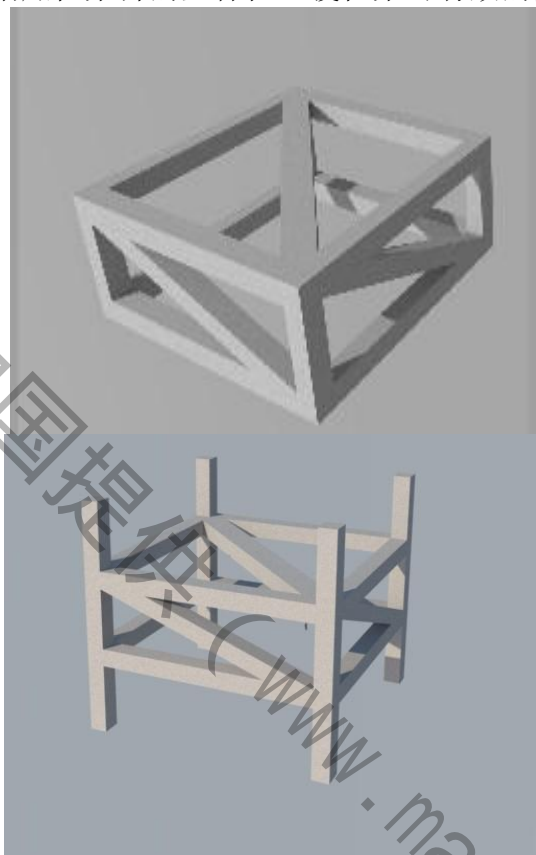
由于 1 远小于 a, b, c , 所以 N 小于 1, 但无限接近于 1。

现假设当多个该透水框架抛投堆积时形成的不规则形状会造成空隙率减小，但由于

参赛队号#1494

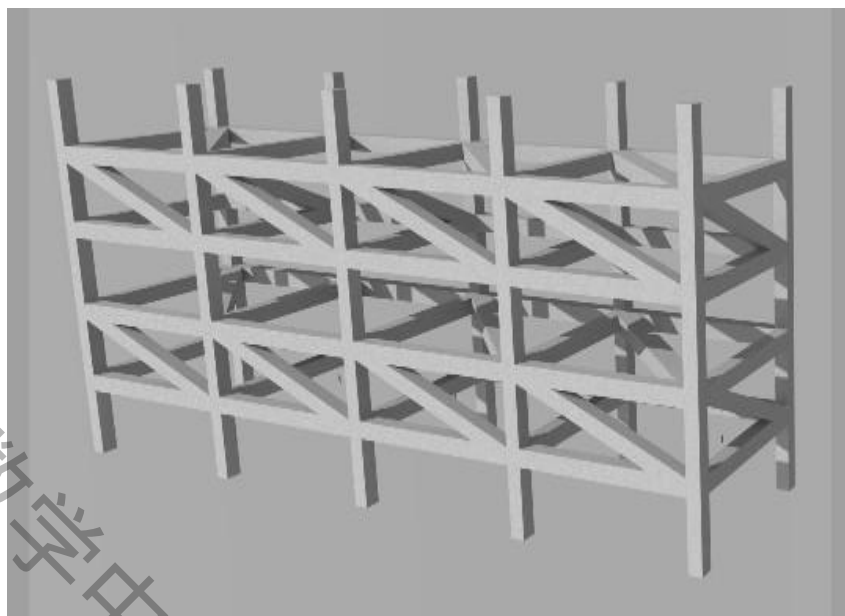
该透水框架属于封闭结合开放式，所以多个框架堆积时，单个构件中的两层连接杆之间具有足够的空隙，从而保证了构件在堆积时空隙率在 90%以上。一定程度的空隙率可以使减速促淤的效果达到最优。

3) 勾连性：该模型中共有 8 个顶点，每个顶点均外露一段长度，形成开放的勾连方式。顶端杆的中部指顶端杆非端部的其它部位。使透水框架在堆积成框架群后，相互之间产生一定的勾连，增加框架群的整体性，使框架可有效的分层堆积。



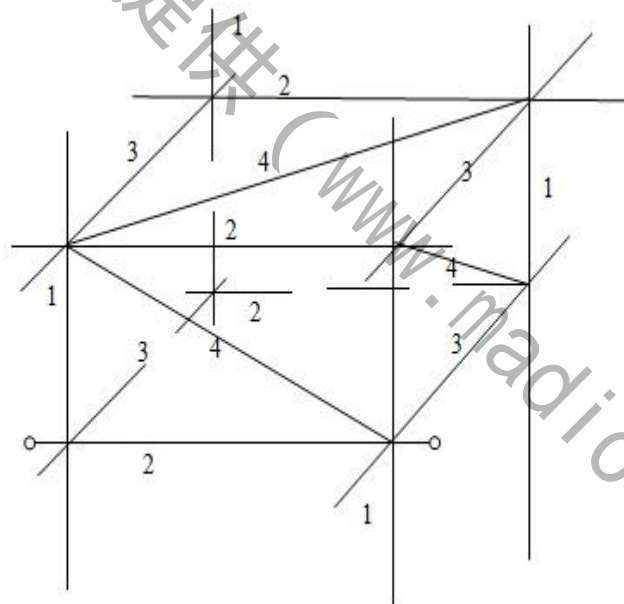
该框架是有长方体各顶点外露一定长度后得到的，对于长方体来说，各个角均为直角，直角相比于锐角，钝角，使得框架之间勾连效果更好，不易被水流冲击翻滚。这是因为该透水框架的各根杆件均由小长方体构成，即杆件的横截面积为小正方形。正方形的各个角均为直角， 90° 与 90° 互补，所以当外露的杆件伸入进直角时更容易勾连，不易发生扭曲。如是锐角，当直角伸入时，杆与锐角的底部不发生接触，在水流流速很大时，容易造成框架不牢固，发生翻滚，使得整体效果不好。

参赛队号#1494



在每个顶点处只选择一条边伸出的原因，现做如下证明：

假设如下图，当杆件 1, 2, 3 均加长，使其形成半封闭式结构，则该图模型如下：



相互堆积之后，由于六个面每个面均有外露的长度，会使得整体不牢固，不紧凑。

在理想的堆积情况下，将上述模型整齐排列，由于各边均向外伸展，排列时，各条边碰触不易穿插，造成稳定性减弱，在水流速度很大的情况下，该模型极易被冲垮，起不到减速促淤的效果。

4) 并且，该框架组成的框架群对水流也有很好的减速效果。下面以量纲分析法分析此框架群对水流的减速促淤效果。求解过程如下：

从参考文献中可以看出影响 V_2 的因素很多，但是为了研究的方便，模型的建立，我们从中选取几种影响比较大的因素，采用量纲分析法进行理论分析。

经过对过程的分析，可以得到影响过程的主要因素，即为：

V_1 ：投放透水框架前的流速， m/s ；

参赛队号#1494

H: 水深, m;

ρ : 流体密度, kg/m^3 ;

g: 重力加速度, m/s^2 ;

μ : 摩擦阻力系数;

A: 某一水平高度上四面体的截面面积, m^2 ;

l: 中心到测量面的距离, m;

对一定高度水平面来说, 与四面体的截面面积、水流流速以及自身的阻力系数等因素有关。因此可列出下列关系式:

$$V_2 = f(V_1, H, A, \rho, \mu, g, l)$$

采用量纲分析法, 根据因次一致性原则, 将其写成幂函数的形式, 如下式:

$$V_2 = KV_1^a H^b A^c \rho^d \mu^e g^f l^g$$

其中各个物理量的基本单位如下:

$$[V_1] = \text{LT}^{-1}$$

$$[H] = \text{L}$$

$$[\rho] = \text{ML}^{-3}$$

$$[g] = \text{LT}^{-2}$$

$$[\mu] = \text{ML}^{-1}\text{T}^{-1}$$

$$[A] = \text{L}^2$$

$$[l] = \text{L}$$

将每个物理量的量纲带入到幂函数中, 可得下式:

$$\text{LT}^{-1} = K(\text{LT}^{-1})^a (\text{L})^b (\text{ML}^{-3})^c (\text{LT}^{-2})^d (\text{ML}^{-1}\text{T}^{-1})^e (\text{L}^2)^f (\text{L})^g$$

根据因次一致性原则, 得出下列方程组:

$$a+b-3c-2d-e+2f+g=1$$

$$c+e=0$$

$$a+2d+e=1$$

用 d, e, f, g 来表示其他三个未知数, 该方程的解可写成下面的形式:

$$a=1-2d-e$$

$$b=4d-e-2f-g$$

$$c=-e$$

将解带入到幂函数中:

$$V_2 = KV_1^{1-2d-e} H^{4d-e-2f-g} \rho^{-e} g^d \mu^e A^f l^g$$

将指数相同的物理量合并到一起可得:

$$V_2 = KV_1 H^{3d} V_1^{-d} H^{-f} \left(\frac{\mu}{h\rho V_1} \right)^e \left(\frac{l}{H} \right)^g \left(\frac{Hg}{V_1} \right)^d \left(\frac{A}{H} \right)^f$$

对于河道的岸滩部分, 一般为浅水区, 我们用水力半径 R 代替水深 H。则雷诺数和佛汝得数可以分别表示为:

$$\text{Re} = \frac{\rho V_1 H}{\mu}$$

$$\text{Fr} = \frac{gH}{V_1^2}$$

代入前面的式子, 并变形可得:

$$\frac{V_2}{V_1} = KH^{-f} \left(\frac{1}{\text{Re}} \right)^e \text{Fr}^{-d} H^{3d} \left(\frac{l}{H} \right)^g \left(\frac{A}{H} \right)^f$$

参赛队号#1494

因次， $\frac{V_2}{V_1}$ 可表示为：

$$\frac{V_2}{V_1} = f \left(Re^{-1}, F_r, H, \frac{l}{H}, \frac{A}{H * H} \right)$$

由表达式可知本模型对水流可以产较好的减速效果。

所以，新设计的透水框架具有强度高、勾连性好、整体效果好和减速效果显著的特点，可以解决实际中的问题，应用到实际河流中。

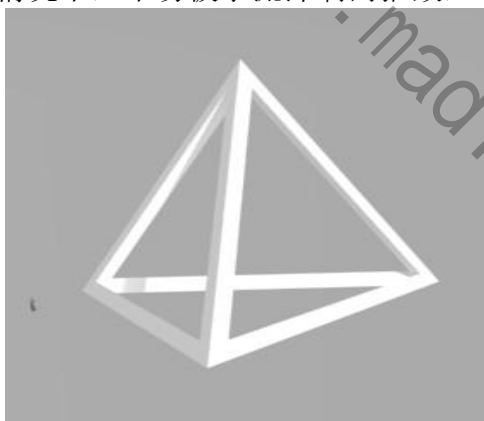
2、模型二的建立与求解：

(1) 模型建立：

本模型在四面六边框架群的基础上对其勾连性与堆砌效果进行了改进。为了增加四面六边透水框架群的勾连性，我们在进行框架群的堆砌时将扭工形框架与四面六边框架一起按比例进行抛投。抛投扭工形框架的目的就是通过扭工形的非封闭结构增加框架群的勾连性。本模型结合了两透透水框架的优点：四面六边透水框架的高强度性和扭工形框架的勾连性。使四面六边透水框架的减速促淤与扭工形框架的勾连性相互叠加，使其结构更加稳定，减速促淤效果更加理想。然后，本模型用机理分析的方法推导出了两种框架结构堆积而成的框架群对水流减速率的公式。最后，用稳定性分析的方法对此模型进行了分析。

1) 四面六边透水框架的优点：

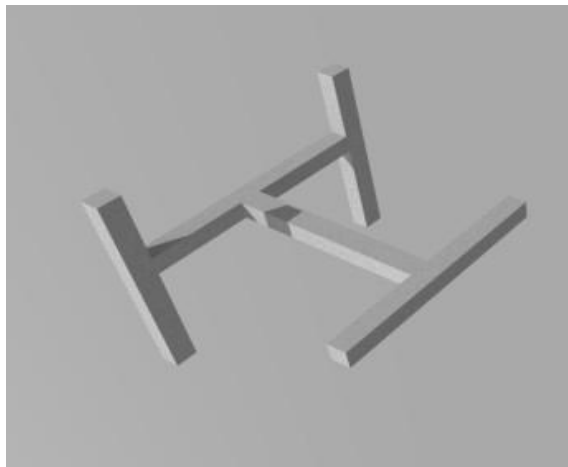
我们知道，影响四面六边透水框架群减速效果的因素有框架群的长度、框架群的架空率、杆件长度长宽比等。这些因素都直接或间接地影响着水流的减速效果。但当这些因素的取值在某一范围时（第一阶段已经得出其取值范围），四面六边透水框架群对水流的减速效果可以达到最佳。同时，四面六边透水框架是以三角形为基础的图形，它的强度很好，在水流过急的情况下，不易被水流冲刷而摧毁，可以达到很好的堆积效果。



2) 扭工形透水框架的优点：

扭工形框架是一种半封闭形式的结构，透水框架在抛投堆积形成框架群后，相互之间产生较强的勾连，增加框架群的整体性，使框架可有效的分层堆积。在水流过急的情况下，框架群不易被冲刷而翻滚移位，可以保持很好的整体性。

参赛队号#1494



(2) 模型求解：

下面以机理分析法推导两种框架结构形成的框架群对水流的减速率公式：

减速率 $\frac{v_1 - v_2}{v_1}$ ，显而易见，穿过框架群前后水流的速度发生了变化，也就是水流的动量发生了变化。水流碰撞框架群时，框架群和河岸必然会对水流产生阻力，即水流在力的作用下动量发生了变化。可以想到，根据流体力学动量定理可以求解此问题。

流体在运动过程中所受的等效阻力：

$$F = C_d A_i \rho v^2 \quad (1)$$

控制体水流所受的重力：

$$G = \rho g B L H i \quad (2)$$

均匀流时根据阻力和重力平衡可得：

$$f + F = G i \quad (3)$$

根据假设 2 河岸阻力不计，得

$$F = G i$$

即：

$$C_d A_i \rho v^2 = \rho g B L H i \quad (4)$$

整理得：

$$C_d = \frac{B L g H i}{A_i v^2} \quad (5)$$

对控制体运用达西——魏斯巴赫公式，可得：

$$h = \lambda \frac{L v^2}{8 H g} \quad (6)$$

整理得：

$$\frac{1}{8} \lambda = \frac{H h g}{L v^2} \quad (7)$$

其中水力坡度

$$J = \frac{h}{L}$$

则上式变为：

$$\frac{1}{8} \lambda = \frac{J H g}{v^2} \quad (8)$$

由假设 1 均流时可知， $i = J$ ，联立 (5) (8) 式可得：

参赛队号#1494

$$C_d = \lambda \frac{BL}{8Ai} \quad (9)$$

由资料可得，沿程阻力系数与雷诺数有关

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (10)$$

雷诺数是一种可用来表征流体流动情况的无量纲数

$$Re = \rho \frac{va}{B} \quad (11)$$

由式（1）、（9）（10）和式（11）得：

$$F = \beta \frac{8BLv}{a} \quad (12)$$

根据流体力学的动量定理可得：

$$F dt = \rho Q dt (v_2 - v_1) \quad \text{注：} Q \text{ 为流量；}$$

根据假设 2 和 4 研究顺水流方向的关系：

$$F dt = \rho Q dt (v_1 - v_2) \quad (13)$$

将（12）式带入（13）式可得：

$$\beta \frac{8BLv}{a} dt = \rho Q dt (v_1 - v_2) \quad (14)$$

对（14）式积分得：

$$\int_0^t \beta \frac{8BLv}{a} dt = \int_0^t \rho Q dt (v_1 - v_2) \quad (15)$$

t 为水流穿过框架群的时间，整理得：

$$\beta \frac{8BLc}{a} dt = \rho a h (v_1 - v_2) \quad (16)$$

整理得：

$$\beta \frac{8BL}{a^2} = \rho h (v_1 - v_2) \quad (17)$$

两边同除 v_1 并整理得：

$$\beta \frac{8BL}{v_1 a^2} = \rho h \frac{v_1 - v_2}{v_1} \quad (18)$$

再次整理得：

$$\eta = \frac{v_1 - v_2}{v_1} = \beta \frac{8BL}{a^2 v_1 h} \rho \quad (19)$$

从公式中可以看出，四面六边透水框架和扭工形透水框架堆积而成的框架群对水流有很好的减速效果。由两种透水框架的优点可以得知，堆积而成的透水框架群有较高的强度并且单个框架之间有很好的勾连性，可以保证在水流过急的情况下，框架不被摧毁并且不易被冲刷而翻滚移位。

下面对该模型进行稳定性分析：

本模型对两种透水框架的优点分别进行了分析与归纳。四面六边透水框架以三角形为基础，由数学知识可知，三角形最稳定，所以四面六边透水框架有较好的强度。在水流过急的情况下，透水框架不易被摧毁，可以照样对水流起到减速促淤的效果。扭工形框架是一种半封闭式的结构，当扭工形框架抛投到水中时，框架之间可以产生一定勾连

参赛队号#1494

性。当水流过急时，透水框架群不易被冲刷而翻滚移位，可以保证很好的整体性。本模型将两种透水框架抛投到一起，可以结合两种透水框架的优点，既保证了框架的强度，又保证了框架之间的勾连性，并且可以达到很好的减速效果。

六、模型优缺点评价

1、模型一的优缺点分析：

优点：

(1) 该框架封闭式与开放式相结合，更易发生勾连，使框架可有效地堆积，解决了四面六边透水框架群的整体性较差的问题。

(2) 在相对的任意长方形中增添一根杆件连接长方形的对角，增强了该透水框架的稳定性，使其不易发生变形。

(3) 顶端杆与连接杆在实现相互间的勾连时，单个的构件中的两层连接杆之间具有足够的空隙，从而保证了构件在堆积时的空隙率。

(4) 由于该模型中，构件的空隙率可调，所以可以使其达到一定的空隙率，从而更好地达到减速促淤的效果。

(5) 各相对面之间添加一根杆件，使得该模型达到更好地减速促淤的效果。

缺点：

(1) 由于缺乏实验数据及资料，很难验证该模型的可靠性。

(2) 焊接时，端口有四处相连，造成制作困难。

(3) 同四面六边透水框架比较，结构强度不足。

(4) 整体的堆积效果没有在实验中得到验证，只有理论依据，缺乏真正的实验效果。

2、模型二的优缺点分析：

优点：

(1) 由于两种模型一起抛投，增强了勾连性，达到很好的整体效果。

(2) 四面六边透水框架的减速促淤效果已得到充分证实，并通过通过对其对水流的阻力分析，两个模型的结合仍然有很强的减速促淤效果。

(3) 六面四边透水框架具有很好的强度和稳定性。

缺点：

(1) 该模型的结合未得到实验的验证，只有理论的分析。

(2) 原则上能够达到相互勾连，但仍然不清楚最终堆积而成的形状。

(3) 抛投时，配比度不能很好地确定。

七、模型的改进与推广

模型一：由于缺乏实验数据，无法对模型的精确尺寸得以确定。所以改进方法是对模型进行多次实验得到大量数据，通过对数据的整理综合与分析得出最精确的模型尺寸。

模型二：四面六边透水框架与扭工形框架的组合，优势互补，效果叠加，同样因为没有实验数据支持，所以无法得出精确的配比率。改进方法是多次实验改变抛投配比率，从中找出最好的配比率，使模型最优化。

参赛队号#1494

八、参考文献

- [1]姜启源，谢金星，叶俊，数学模型，高等教育出版社，2011年1月第四版
- [2]张文捷，王玢，麻夏，王南海，江河护岸新技术——四面六边透水框架群，中国水利水电出版社，2002年12月第一版
- [3]吴龙华，周春天，严忠民，王南海，架空率、杆件长宽比对四面六边框架群减速促淤效果的影响，水利工程学报：2003年9月第三期
- [4]张耀哲，徐国宾，四面六边透水框架群治河护岸技术推广应用中有关问题的分析与讨论，中国水利协会第二届青年科技论坛论文集
- [5]李若华，王少东，曾甄，穿越四面六边透水框架群的水流阻力特性试验研究，中国水利水电：2005年10月25日
- [6]刘鹤年，流体力学，中国建筑工业出版社，2004年7月第二版
- [7]黄永健，孙玉生，高季章，贾金生，江新洲崩岸整治试验工程的设计与施工[R]. 长江护岸工程（第六届）及堤防防渗工程技术经验交流会，2011年11月
- [8]Chow, V. T., Open-channel hydraulics, McGraw-Hill, New York, 1959
- [9]左东启，水工模型试验的理论和方法，河海大学出版社，1984
- [10]李保如，自然河工模型试验。水利水电科学研究院科学研究论文集，第2集（水文，河渠），中国工业出版社，1963年
- [11]徐锡荣，唐洪武，宗竟等。长江南京河段护岸新技术探讨，水利水电科技进展。2004年24日（4）：26-28