

水运工程技术参考资料



1974

人 民 交 通 出 版 社

水运工程技术参考资料

第 3 辑

水运规划设计院汇编

人民交通出版社

1975年·北京

内 容 提 要

本书介绍国内外水运工程方面的新技术、新经验,分辑陆续出版。本辑是第三辑,主要包括:重力式码头混凝土块体与抛石基床面间的摩擦系数试验,用于斜坡堤上的新型人工护面块体及其工程计算,用“多扒杆倒装法”安装大型钢油罐,码头防冲设备设计,新港船厂25000吨船坞施工综述,纵向造船台设计中几个问题的探讨,我国小型斜面升船机的发展,钢闸门防腐的新方法等。可供水运工程建设战线上的设计、施工科研人员及大专院校师生参考。

水运工程技术参考资料

第3辑

水运规划设计院汇编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷二厂印

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:4.5 字数:101千

1975年2月 第1版

1975年2月 第1版 第1次印刷

印数:0001—3,000册 定价(科三):0.40元

(内部发行)

毛 主 席 语 录

现在的社会主义确实是前无古人的。社会主义比起孔夫子的“经书”来，不知道要好过多少倍。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国。

人民，只有人民，才是创造世界历史的动力。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

目 录

重力式码头混凝土块体与抛石基床面间的摩擦系数试验

.....交通部第四航务工程局设计研究院 (1)

用于斜坡堤上的新型人工护面块体及其工程计算

.....天津大学水利系水港教研室斜坡式外堤组 (8)

用“多扒杆倒装法”安装大型钢油罐

.....交通部建厂局机械队 (24)

码头防冲设备设计

.....天津大学 赵今声 (29)

新港船厂 25,000 吨船坞施工综述

.....交通部第一航务工程局第一工程处 (42)

纵向造船台设计中几个问题的探讨

.....大连工学院水利系港工教材编写组 (52)

我国小型斜面升船机的发展

.....交通部水运规划设计院 唐声林 (58)

钢闸门防腐的新方法

.....水利电力部
交 通 部 南京水利科学研究所钢结构防腐试验研究小组 (64)

重力式码头混凝土块体与抛石 基床面间的摩擦系数试验

交通部第四航务工程局设计研究院

在重力式码头结构计算中，码头基床面与混凝土（钢筋混凝土）块体间的摩擦系数选用是否合理，对正确估计码头沿基床面的抗滑稳定性起着重要的作用。为了便于在设计中合理地选用摩擦系数，我们根据我国重力式码头施工经验，进行了现场的模拟试验。

一、试 验 情 况

（一）试块为 $1.5 \times 1.0 \times 0.5$ 米的混凝土方块，试验是在砖砌的池中进行的（图1、图2）。

试验的基床表层分三种情况：

1. 基床表面层为5厘米厚碎石。
2. 基床表面层为10厘米厚碎石。
3. 基床表面层为20厘米厚片石。

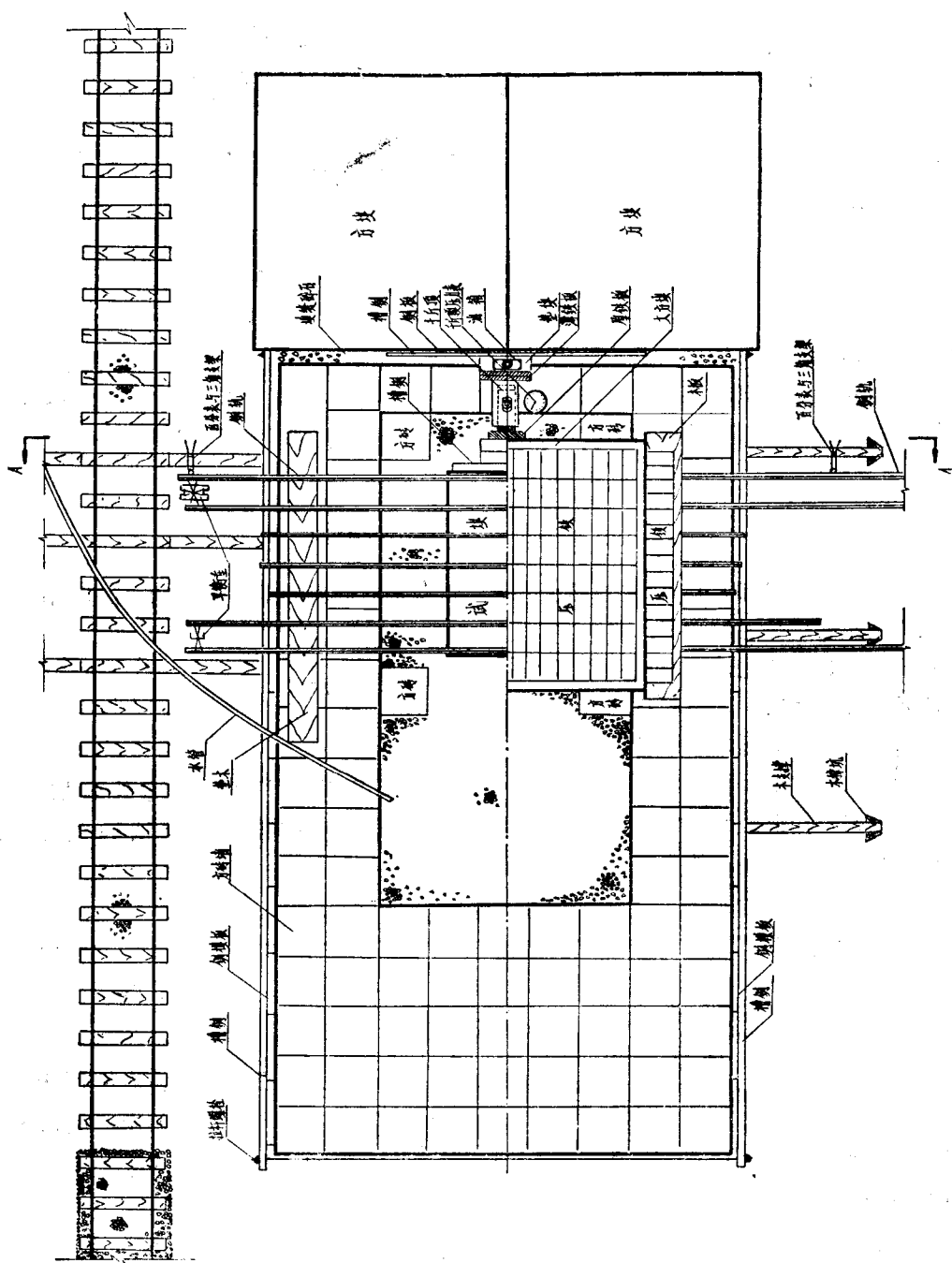
每种情况又分为干燥和浸水两种条件（10厘米厚碎石基床表面只做浸水条件下的摩擦系数试验），每种条件都做五级垂直荷重，每级荷重又做三次平行试验，共计试验七十五次（表1）。

表 1

基 床 表 面 类 型	碎 石			片 石		备 注
基 床 情 况	5 厘 米 厚		10厘米厚	20 厘 米 厚		
是 否 浸 水	干	浸 水	浸 水	干	浸 水	碎石粒径为1~3厘米，加荷级数 见表2。
加 荷 级 数	5 级	5 级	5 级	5 级	5 级	
每级加荷试验次数	3 次	3 次	3 次	3 次	3 次	
各种情况试验次数	15 次	15 次	15 次	15 次	15 次	
各种情况试验总次数	15×5=75次					

（二）基床的模拟

按照施工实际情况，基床经极细平后，一般有厚度约5厘米的成层碎石。因此，试验基床表面铺5厘米碎石，下面用粒径8~15厘米的片石以填补块石的不平整部分，片石以下系70厘米厚粒径为30~50厘米的大块石。大块石、片石均为人工放置，较为密实，故未作夯实处理。做浸水情况试验时，仅向砌池中灌水（图1），使试块浸入水中10厘米左右。



(三) 加荷方法

垂直荷重系采用铸铁，分五级加载（表2）。

水平力由 100 吨油压千斤顶平置使用加荷，在千斤顶上安装压力表，以测量水平力的大小。

二、试验成果

本试验共进行了74次有效试验, 试验成果列于表3。实测的与计算的摩擦系数比较列于表4。摩擦力 H_f 与垂直荷重 P 的关系见图3。

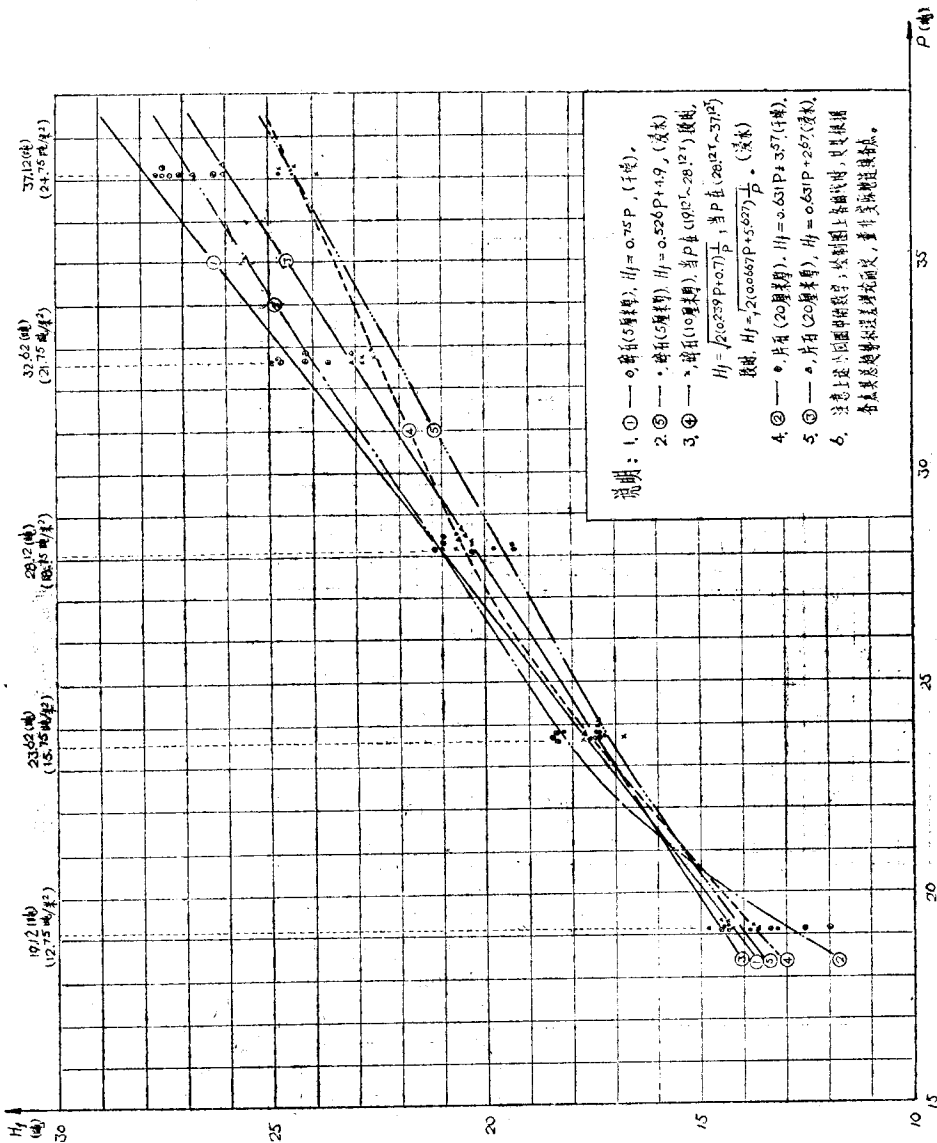


图3 摩擦力 H_f 与垂直荷重 P 关系图

从图3中看出五条曲线在第三级荷重后明显分离, 所以可以第三级荷重为分界, 分两段来研究其摩擦系数值。三次试验各项实测数值列于表3, 实测与计算摩擦系数的比较列于表4, 具有代表性和控制性的摩擦系数及其最大推荐值列于表5。

三次试验各项实测数值表

表3

碎 石										片 石				石							
基床表面		5 厘 米					10 厘 米					20 厘 米									
厚 度		干					浸 水					干					浸 水				
项目 P	是否浸水	Q _f (公斤/厘米 ²)	H _f (吨)	f ₁	Q _f (公斤/厘米 ²)	H _f (吨)	f ₅	Q _f (公斤/厘米 ²)	H _f (吨)	f ₄	Q _f (公斤/厘米 ²)	H _f (吨)	f ₂	Q _f (公斤/厘米 ²)	H _f (吨)	f ₃					
19.12 吨 (12.75吨/米 ²)		85.53	14.48	0.758	81.80	13.84	0.724	83.69	14.14	0.738	74.83	12.67	0.662	85.13	14.38	0.752					
23.62 吨 (15.75吨/米 ²)		103.13	17.41	0.737	104.74	17.63	0.746	102.93	17.32	0.733	109.57	18.43	0.781	104.63	17.62	0.745					
28.12 吨 (18.75吨/米 ²)		124.65	20.83	0.741	116.47	19.51	0.694	122.13	20.50	0.729	126.65	21.18	0.754	122.87	20.58	0.732					
32.62 吨 (21.75吨/米 ²)		150.36	24.81	0.763	128.52	21.42	0.656	136.93	22.70	0.696	144.97	24.02	0.738	138.16	22.95	0.703					
37.12 吨 (24.75吨/米 ²)		167.93	27.47	0.741	148.53	24.60	0.663	147.00	24.37	0.658	164.51	26.97	0.727	160.10	26.33	0.710					

注： Qf ——达到摩擦力时的千斤顶压力表压力； Hf ——达到摩擦力时的水平力； $f = Hf/P$ ；(以上 Qf 、 Hf 、 f 值均系三次试验平均值)。 P ——荷载等级。

实测与计算摩擦系数比较表

表4

基床情况			项 目	荷 载 等 级				
				1 19.12吨 (12.75吨 /米 ²)	2 23.62吨 (15.75吨 /米 ²)	3 28.12吨 (18.75吨 /米 ²)	4 32.62吨 (21.75吨 /米 ²)	5 37.12吨 (24.75吨 /米 ²)
碎 石	5 厘米	干 f_1	实 测 值	0.758	0.737	0.741	0.763	0.741
			计算值 $f_1=0.75=c(\text{常数})$	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750
			实测与计算之差	0.008	-0.013	-0.009	0.013	-0.009
		浸 水 f_5	实 测 值	0.722	0.747	0.697	0.656	0.663
			计算值 ①级按 $f_5=\sqrt{2(0.239P+0.7)}\frac{1}{P}$ ②~⑤级按 $f_5=0.526+4.9/P$	0.745	0.727	0.700	0.676	0.658
			实测与计算之差	-0.023	0.020	-0.003	-0.020	0.005
	10 厘米	浸 f_4	实 测 值	0.738	0.733	0.729	0.696	0.658
			计算值 $f_4=\sqrt{2(0.239P+0.7)}\frac{1}{P}$ 1~3级	0.745	0.732	0.727		
			实测与计算之差	-0.007	0.001	0.002		
		水 f_3	计算值 $f_3=\sqrt{2(0.0667P+5.627)}\frac{1}{P}$ 3~5级			0.730	0.693	0.660
			实测与计算之差			-0.003	0.003	-0.002
片 石	20 厘米	干 f_2	实 测 值	0.662	0.781	0.754	0.738	0.727
			计算值 $f_2=0.631+3.57\cdot\frac{1}{P}$		0.782	0.758	0.740	0.727
			实测与计算之差		-0.001	-0.004	-0.002	0.000
	浸 水 f_3		实 测 值	0.752	0.745	0.732	0.703	0.710
			计算值 $f_3=0.631+2.67\cdot\frac{1}{P}$	0.771	0.744	0.726	0.713	0.703
			实测与计算之差	-0.019	0.001	0.006	-0.010	0.007

注：实测值为每级荷重三次试验的平均值。

$$\text{按 } \frac{\sum_{n=1}^{n=15} (H_{\max} + H_{\min})}{2np} \text{ 计算的具有代表性和控制性的}$$

摩擦系数及最大推荐值表

表5

基床表面	厚度	是否浸水	分段 数据 项目 处理	第一段(1~3级)19.12吨(12.75吨/米 ²)~28.12吨(18.75吨/米 ²)					第二段(3~5级)28.12吨(18.75吨/米 ²)~37.12吨(24.75吨/米 ²)				
				各级各次中		各级平均值中		各级各次 总平均 f_o	各级各次中		各级平均		各级各次 总平均 f_o
				最小 f_A	最大 f_B	最小 f_C	最大 f_D		最小 f_A	最大 f_B	最小 f_C	最大 f_D	
碎石	5厘米	浸水	数 值	0.688	0.758	0.697	0.747	0.723	0.653	0.705	0.656	0.697	0.672
			$\frac{1}{2}(f_A+f_B)$	0.723		0.679			0.677				
			$\frac{1}{2}(f_C+f_D)$	0.722									
			最大摩擦系数推荐值	0.69~0.70						0.65~0.66			
碎石	10厘米	浸水	数 值	0.710	0.753	0.727	0.740	0.733	0.644	0.736	0.658	0.727	0.694
			$\frac{1}{2}(f_A+f_B)$	0.732		0.690			0.693				
			$\frac{1}{2}(f_C+f_D)$	0.734									
			最大摩擦系数推荐值	0.71~0.73						0.64~0.66			
片石	20厘米	干	数 值	0.628 (注1)	0.782	0.662 (注2)	0.781	0.731	0.709	0.769	0.728	0.751	0.738
			$\frac{1}{2}(f_A+f_B)$	0.705		0.739			0.740				
			$\frac{1}{2}(f_C+f_D)$	0.722									
			最大摩擦系数推荐值	0.72						0.71~0.73			
	20厘米	浸水	数 值	0.716	0.776	0.731	0.753	0.743	0.695	0.735	0.702	0.731	0.714
			$\frac{1}{2}(f_A+f_B)$	0.746		0.715			0.717				
			$\frac{1}{2}(f_C+f_D)$	0.742									
			最大摩擦系数推荐值	0.71~0.72						0.69~0.70			

注1，由于基床内部片石错动，该读数0.628偏小，无代表性。

注2，由于基床内部片石错动，该读数0.662偏小，无代表性。

表5中各符号代表意义如下：

f_A ：为各段（12.75吨/米²~18.75吨/米²或18.75吨/米²~24.75吨/米²）各次试验中（每段三级荷重，每级三次试验共九次）最小的摩擦系数。

f_B ：为各段（12.75吨/米²~18.75吨/米²或18.75吨/米²~24.75吨/米²）各次试验中（每段三级荷重，每级三次试验共九次）最大的摩擦系数。

f_C ：为各段（12.75吨/米²~18.75吨/米²或18.75吨/米²~24.75吨/米²）各级试验中（每段三级荷重，每级三次试验取三次试验平均值）平均最小摩擦系数。

f_D ：为各段（12.75吨/米²~18.75吨/米²或18.75吨/米²~24.75吨/米²）各级试验中（每段三级荷重，每级三次试验取三次试验平均值）平均最大摩擦系数。

f_O ：为各段（12.75吨/米²~18.75吨/米²或18.75吨/米²~24.75吨/米²）各级各次（每段三级荷重，每级三次试验共九次）的总平均值。

用于斜坡堤上的新型人工护面块体 及其工程计算

天津大学水利系水港教研室斜坡式外堤组

一、前言

斜坡堤在历史上是使用较早的一种防浪建筑物。它的主要优点是：对地基的承载力要求不高，可充分利用当地材料，易于施工，整体稳定性好，在大浪冲击下只产生局部损坏，损坏后亦易于修复。鉴于这些优点，至今，斜坡堤仍为防护建筑物中的一种主要型式。

最初，抛石堤是用天然石块作为护面层的。在较高波浪条件下，需要用较重的块石。由于开采和运输方面的困难，往往不能满足重量上和数量上的要求。20吨重的块石是从经济和数量上能开采到的最大护面块石，在1:3斜坡情况下，适用波高不超过6米。自从有了水泥以后，采用了预制混凝土方块。因其稳定性不高，在大浪条件下，需用50到60吨重的方块，有的甚至达到数百吨，才能满足护面层的稳定要求。但这种巨型方块，因施工困难和消耗大量水泥而受到限制。1951年法国奈尔匹克(Neyrpic)水力实验室创制了第一个新型人工块体的型式——四脚锥体。经过工程实践证明，有很大的优越性。优点是：消浪效果好，稳定性高，在大浪条件下可用较陡的护面坡度，经济效益较高。从而使最早采用的斜坡堤又获得了新的生命。

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，国内外形势一片大好，我国社会主义建设蒸蒸日上，对外贸易大大发展。原有港口吞吐能力不能适应新形势的要求，需新建、扩建很多港口。我国北方沿海一带，一般波高较小(3~5米)，有较多石料，故多采用斜坡堤。但如用抛石护面层，则需要2~10吨重的块石。因开采运输和施工困难，故不宜采用抛石护面层，解放后，开始采用稳定性较高的新型人工块体护面。目前，正在新建或扩建的一些港、厂的引堤或防波堤，都采用或拟用新型人工块体为护面的斜坡堤。因此，为了经济合理地设计新型人工块体护面层，有必要对这种护面层的设计问题进行探讨。

二、新型人工块体综述

自从四脚锥体出现后，各国进行了大量的研制工作。二十多年来，相继出现了不下几十种新型人工块体。我国从建国以来也进行了研究，经过无产阶级文化大革命，通过两条路线斗争的教育，狠批了“爬行主义”、“洋奴哲学”，破除迷信，立足于赶超世界先进水平，在毛主席光辉哲学思想指导下，先后研制了新型人工块体——井字块体、“7101块体”。

现将目前搜集到的49种人工块体型式(图1)，分为下列五种型式：

1. 单节点中心放射式块体(图1, 1~7)；

2. 单节点和多节点对称式块体 (图 1, 8~17);
3. 多面形 (挖洞和不挖洞) 块体 (图 1, 18~33);
4. 柱体交叉式块体 (图 1, 34~40);
5. 其他类型块体 (图 1, 41~49)。

对国外的一些块体, 应批判对待。有的完全是从资产阶级观点出发, 没有实际意义。如麻花型块体, 挡浪块体等。

新型人工块体与混凝土方块比较, 主要特点是: 表面糙率大, 空隙率大, 箱固作用好。因此, 有以下优点:

1. 消浪效果好。由于块体具有尖锐突角, 经适当抛置构成凹凸不平坡面, 使表面糙率增大, 加强了阻浪能力, 借阻力削弱波能。同时, 块体间有较大的空隙, 有高度的透水性, 可自由地通过波动水体, 使入射波大部分能量为空隙所吸收。这样, 新型人工块体能很好地阻浪、吸浪, 因而, 减小波浪爬高, 降低了建筑物高度。

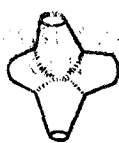
2. 稳定性高。由于块体具有特殊的形状, 经适当抛置, 块体相互咬合, 有的互相联结形成群体。而混凝土方块依靠个体重量维持稳定, 新型人工块体则成为群体承受波浪的作用。在相同的条件下, 新型人工块体有较高的稳定性, 减小了块体的个体重量。这样, 可使用较小的施工机械和运输工具。

3. 经济效益高。新型人工块体消浪好, 稳定性高, 可作出较陡的护面坡度、较低的堤身高度的经济断面。据调查, 在相同条件下, 与混凝土方块比, 可节省水泥 40~60%, 节省投资 15~25%。

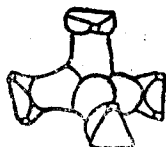
新型人工块体, 经适当抛置可获得较大的箱固度和空隙率。其抛置方法, 基本可分为两大类:

1. 不规则乱抛。靠互相咬合来增加块体稳定性的, 通常采用乱抛两层或一层。乱抛一层, 因施工时易发生漏抛, 有的块体箱固力不能发挥, 较少应用。乱抛优点是: 施工要求低, 施工速度快, 维修容易。故一般都采用,

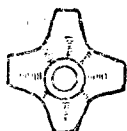
2. 规则铺砌。块体形状规则又靠块体叠压或块体间摩擦箱固来增加块体稳定性的, 常采用一层或两层铺砌。其优点是: 整齐美观, 节省混凝土, 由于施工要求较严, 垫层必须细平。一般适用于水浅浪小地区。护岸工程上常采用。



1. 四脚锥体
(法国)



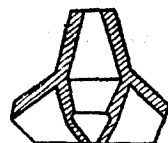
2. 四脚稳定块体
(罗马尼亚)



3. 六脚锥体



4. 五脚块体
(日本)



5. 四方锥体
(日本)



6. 六脚块体
(日本)



7. 半圆块体
(意大利)



8. 四足锥体
(美国)



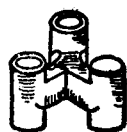
9. 二脚块体
(苏联)



10. 三脚块体
(苏联)



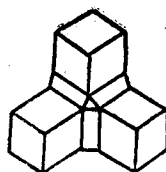
11.三方锥
(日本)



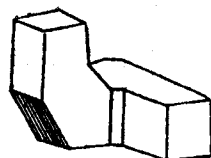
12.山字体
(美国)



13.三叉圆柱体
(美国)



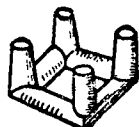
14.三方块体
(英国)



15.方形异体块体
(日本)



16.挡浪块体
(日本)



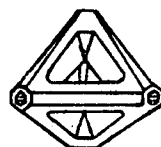
17.土研式块体
(日本)



18.四面块体



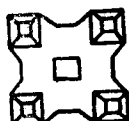
19.中空三角块体
(日本)



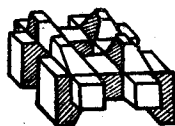
20.削角中空三角
块体(日本)



21.加工方块
(美国)



22.空心四脚方块
(日本)



23.井字体
(中国)



24.中空三脚块体
(日本)



25.斯韦块体
(挪威)



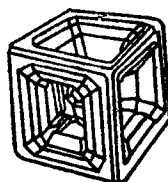
26.五孔块体



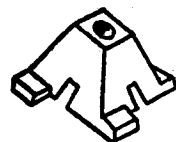
27.中空三齿
块体



28.中空四齿
块体



29.空心六面块体
(英国)



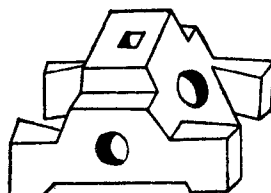
30.中空棱台块体
(日本)



31.文字体
(英国)



32.挖空四脚块体
(英国)



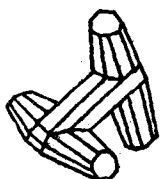
33.墩式连结
块体



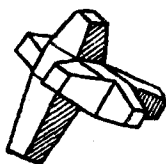
34.铁砧体
(荷兰)



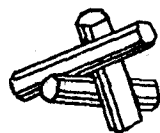
35. 四方脚块体
(日本)



36. 杜洛斯块体
(南非)



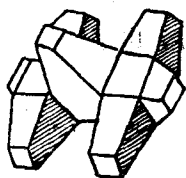
37. “7101”块体
(中国)



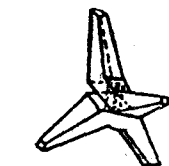
38. 三柱块体
(日本)



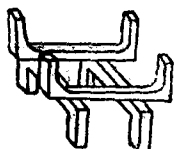
39. 合掌体
(日本)



40. 联结块体
(日本)



41. 双V型块体
(日本)



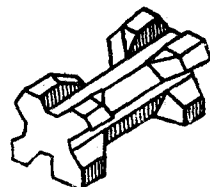
42. 消浪护岸块体
(日本)



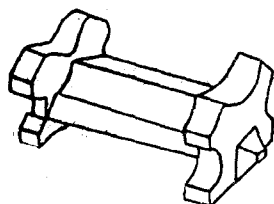
43. 麻花型块体
(日本)



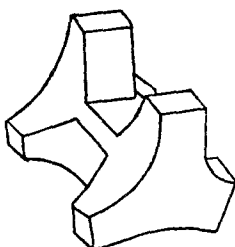
44. 三角中联块体
(日本)



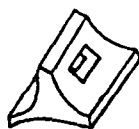
45. 齿轮式块体



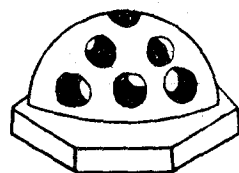
46. 齿轮连接块体



47. 三连块体(日本)



48. 多列式防波堤壁



49. 半球透空式块体

图 1 各种新型人工块体示意图

三、几种常用块体的比较

目前,块体型式虽然很多,但常用的并不多。选择人工块体作为护面,应考虑以下几个条件: 1. 施工方便; 2. 消浪效果好; 3. 稳定性高; 4. 经济合理。

柱体交叉式类型块体形体简单,易于制模,大多采用乱抛,易于施工;空隙率大,消浪效果好;咬合或叠压性能好,稳定性高;单个块体重量轻,混凝土用量少,比较经济。因此,目前国内外使用较多。在这一类型中,铁砧体,杜洛斯块体、“7101”块体,合掌体,国

内外应用较多。

多面形块体形体规则，大多适用于铺砌，在水深浪大情况下，难于施工。铺砌后，靠块体间摩擦力来增加稳定性，不如柱体交叉式类型块体稳定性好。铺砌块体空隙率小，坡面糙率小，吸浪阻浪能力较差。这类块体有的形体复杂，难于制模，故使用较少。四脚空心方块形体较简单，重心低，稳定性较高，在水浅浪小地区铺砌一层，可节省混凝土，我国常采用。加工方块形体简单，构件强度高，可采用乱抛，国外亦常使用。

对称式和单节点中心放射式块体适用于乱抛和铺砌，为便于施工，一般采用乱抛。其形体比较粗壮，抛置后，咬合程度不如柱体交叉式块体好，稳定性较差；单个块体重量较重，混凝土量较大。目前在国内使用逐渐减少。但因块体粗壮，构件强度大，国外在水深浪大情况下还在使用。如：四脚锥体、四足锥体、六脚锥体、山字体等。

其他类型块体形体复杂，难于制模，故很少使用。

综上所述，国外常用的块体有10种。下面以设计波高5米，坡度1:1.5为设计条件，对常用人工块体在定量上作一比较（表1）。

10种人工块体工程量比较表

表1

块 体 名 称	层数	抛置方式	块体重量 (吨)	100 平方米抛 置个数 (个)	100 平方米混 凝土用量 (米 ³)	波 浪 爬 高	备 注
“7101” 块 体	2	乱 抛	1.9	106	84.4	(0.71~0.95)H	南科所试验资料
杜 洛 斯 块 体	2	乱 抛	2.3	107	103	0.83H	南科所试验资料
铁 砧 体	2	乱 抛	4.4	60	110	—	南科所试验资料
合 掌 体	1	铺 砌	2.2	100~47	92~43	—	南科所试验资料
合 掌 体	2	乱 抛	3.8	—	—	—	日本永井试验资料
空心四脚方块	1	铺 砌	5.0	28	57.5	1.24H*	日本永井试验资料 * 根据文献
加 工 方 块	2	乱 抛	9.8	46	187	(0.8~0.9)H	U.S.W.E.S试验资料
四 足 锥 体	2	乱 抛	8.6	43	154	(0.9~0.95)H	U.S.W.E.S试验资料
山 字 体	2	乱 抛	7.6	43	137	(0.8~0.85)H	U.S.W.E.S试验资料
山 字 体	1	铺 砌	5.1	73	155	(1.0~1.05)H	U.S.W.E.S试验资料
四 脚 锥 体	2	乱 抛	8.6	43	154	(0.8~0.85)H	U.S.W.E.S试验资料
六 脚 锥 体	2	乱 抛	8.1	55	185	(0.8~0.85)H	U.S.W.E.S试验资料

通过上述比较表明：“7101”块体、杜洛斯块体和乱抛两层山字体比较，混凝土节省62%、33%，重量减轻75%、71.4%；和四脚锥体比：混凝土节省85%、50%，重量减轻77.7%、74.3%。一层铺砌的空心四脚方块比“7101”块体、杜洛斯块体节省混凝土47%、80%，重量重2.6倍、2.2倍，比四脚锥体节省混凝土170%，重量轻58%。

从此可看出，“7101”块体，杜洛斯块体，稳定性高，单个块体重量轻，空隙率大，节省混凝土，波浪爬高低，结构较简单，适用于乱抛，施工方便，目前国内外常采用。

空心四脚方块适用于一层铺砌，节省混凝土，在水浅浪小地区，仍为较好的块体型式。