

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY

P

SY/ T 4097—95

滩海斜坡式砂石人工岛结构 设计与施工技术规范

Technical specification of designing and constructing
sloping artificial island made of sand and stone for
petroleum engineering in beach-shallow sea

1995-12-18 发布

1996-06-01 实施

中国石油天然气总公司 发布

中华人民共和国石油天然气行业标准

滩海斜坡式砂石人工岛结构
设计与施工技术规范

Technical specification of designing and constructing
sloping artificial island made of sand and stone for
petroleum engineering in beach-shallow sea

SY/ T 4097—95

主编单位: 辽河石油勘探局勘察设计研究院

批准部门: 中国石油天然气总公司

石 油 工 业 出 版 社

1996 北 京

目 次

1	总则	(1)
2	术语	(2)
3	一般规定	(3)
4	荷载及荷载组合	(6)
5	岛体结构	(8)
5.1	材料	(8)
5.2	岛壁、棱体与戗台	(8)
5.3	护面	(9)
5.4	护底	(13)
5.5	填芯	(14)
5.6	防浪胸墙	(15)
5.7	岛面	(17)
6	整体稳定与地基	(18)
6.1	整体稳定	(18)
6.2	地基沉降	(21)
6.3	软基处理	(23)
7	施工	(25)
7.1	施工放线	(25)
7.2	抛石	(25)
7.3	护面块体	(27)
7.4	吹填	(29)
7.5	防浪胸墙	(30)
7.6	软基处理	(31)
8	交工验收	(32)
附录 A	填料重度 γ 和内摩擦角 φ 的计算数值	(33)

附录 B 摩擦系数	(34)
附录 C 本规范用词说明	(35)
附加说明	(36)
附件 滩海斜坡式砂石人工岛结构设计与施工技术规范 条文说明	(37)

中国石油天然气总公司文件

(95) 中油技监字第 731 号

关于批准发布《钢质管道及储罐腐蚀与 防护调查方法标准》等二十六项石油 天然气行业标准的通知

各有关单位:

《钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法标准》等二十六项石油天然气行业标准(草案),业经审查通过,现批准为石油天然气行业标准,予以发布。各项标准的编号、名称如下:

- | | | |
|---|----------------|-----------------------------------|
| 1 | SY/T 0087—95 | 钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法标准 |
| 2 | SY/T 0545—1995 | 原油析蜡热特性参数的测定 差示扫描量热法 |
| 3 | SY/T 4013—95 | 埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准(代替 SYJ 4013—87) |
| 4 | SY/T 4041—95 | 油田专用湿蒸汽发生器安装及验收规范(代替 SYJ 4041—89) |

5	SY / T 4084—95	滩海环境条件与荷载技术规范
6	SY / T 4085—95	滩海油田油气集输技术规范
7	SY / T 4086—95	滩海结构物上管网设计与施工技术规范
8	SY / T 4087—95	滩海石油工程通风空调技术规范
9	SY / T 4088—95	滩海石油工程给水排水技术规范
10	SY / T 4089—95	滩海石油工程电气技术规范
11	SY / T 4090—95	滩海石油工程发电设施技术规范
12	SY / T 4091—95	滩海石油工程防腐蚀技术规范
13	SY / T 4092—95	滩海石油工程保温技术规范
14	SY / T 4093—95	滩海石油设施上起重机选用与安装技术规范
15	SY / T 4094—95	浅海钢质固定平台结构设计与建造技术规范
16	SY / T 4095—95	浅海钢质移动平台结构设计与建造技术规范
17	SY / T 4096—95	滩海油田井口保护装置技术规范
18	SY / T 4097—95	滩海斜坡式砂石人工岛结构设计与施工技术规范
19	SY / T 4098—95	滩海环壁式钢模—混凝土人工岛结构设计与施工技术规范
20	SY / T 4099—95	滩海海堤设计与施工技术规范
21	SY / T 4100—95	滩海工程测量技术规范
22	SY / T 4101—95	滩海岩土工程勘察技术规范
23	SY / T 4102—95	阀门的检查与安装规范
24	SY / T 4103—1995	钢质管道焊接及验收
25	SY 4104—95	石油建设工程质量检验评定标准 管道穿跨越工程

26 SY / T 0088—95 钢制储罐罐底外壁阴极保护技术标准

以上标准自 1996 年 6 月 1 日起施行。

中国石油天然气总公司
1995 年 12 月 18 日

1 总 则

1.0.1 为使滩海斜坡式砂石人工岛结构设计和施工规范化,做到安全可靠、技术先进、经济实用、保护环境,特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于滩海区域用于石油天然气勘探开发的斜坡式砂石人工岛结构的设计和施工,其他用途的斜坡式砂石人工岛结构设计和施工可参照执行。

1.0.3 本规范的工程水文分析与计算及荷载计算应按《滩海环境条件与荷载技术规范》的有关规定执行,混凝土和钢筋混凝土设计与施工应按《港口工程技术规范》的有关规定执行。

1.0.4 引用标准:

港口工程技术规范 1987 年版交通部

石油天然气工业基本建设工程竣工验收实施细则 1995 年版

SY/T 4084—95 滩海环境条件与荷载技术规范

SY/T 4099—95 滩海海堤设计与施工技术规范

SY/T 4100—95 滩海工程测量技术规范

SY/T 4101—95 滩海岩土工程勘察技术规范

1.0.5 滩海斜坡式砂石人工岛结构在设计 and 施工时,除应符合本规范外,尚应符合国家其他现行的有关标准(规范)的规定。

2 术 语

2.0.1 护面 storm pavement

为抵御波浪等对岛体的冲蚀而在岛壁外坡上设置的防护层。

2.0.2 岛壁 island wall

为防止填芯材料流失而设置的周边围壁。

2.0.3 棱体 propping pedestal

岛壁外侧坡脚处设置的用于支承压面的抛石平台。

2.0.4 岛面 island top

为满足岛体的使用要求而在岛体顶面设置的具有一定承载能力的面层结构。

2.0.5 防浪胸墙 moisture proof wall

为防止波浪越顶而在岛体顶面周边设置的矮墙。

2.0.6 护底 apron

为保护人工岛周围的地基，防止波浪和海流等的冲刷而在岛体周围一定范围内的海底面上设置的保护层。

3 一般规定

3.0.1 确定岛体位置时，应满足总体规则要求，同时宜注意避开航道、养殖区、冲淤严重区。

3.0.2 确定岛体形状和方向时，应考虑岛体对风、浪、流、冰等的适应性，使岛体与环境之间的相互作用最小，并使岛面形状适应工艺布置，提高岛面面积的利用率。

3.0.3 斜坡式砂石人工岛（以下简称人工岛）结构型式可分为以下两种：

3.0.3.1 主体结构全部由石料或砂袋等堆筑，外设护面，见图 3.0.3-1。

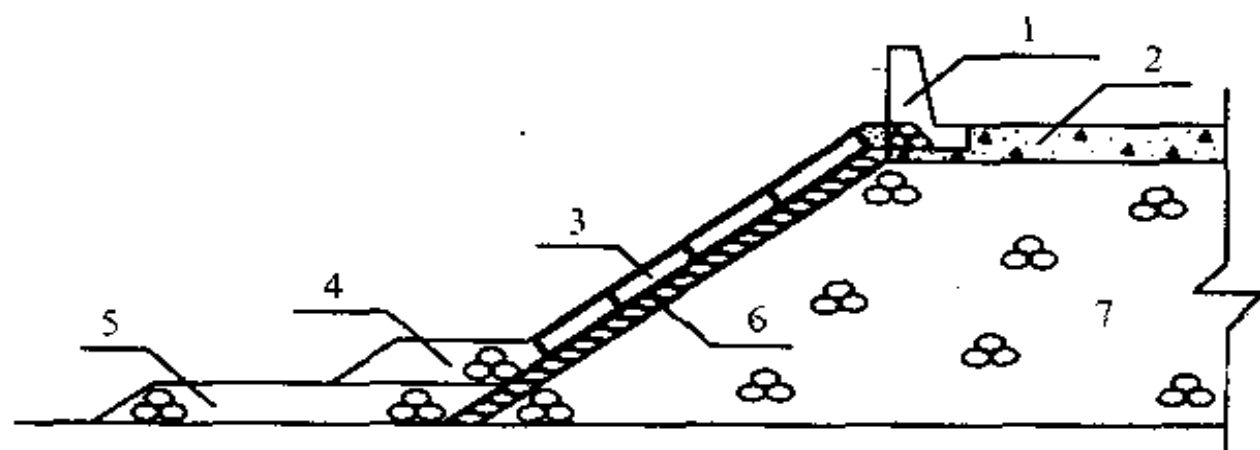
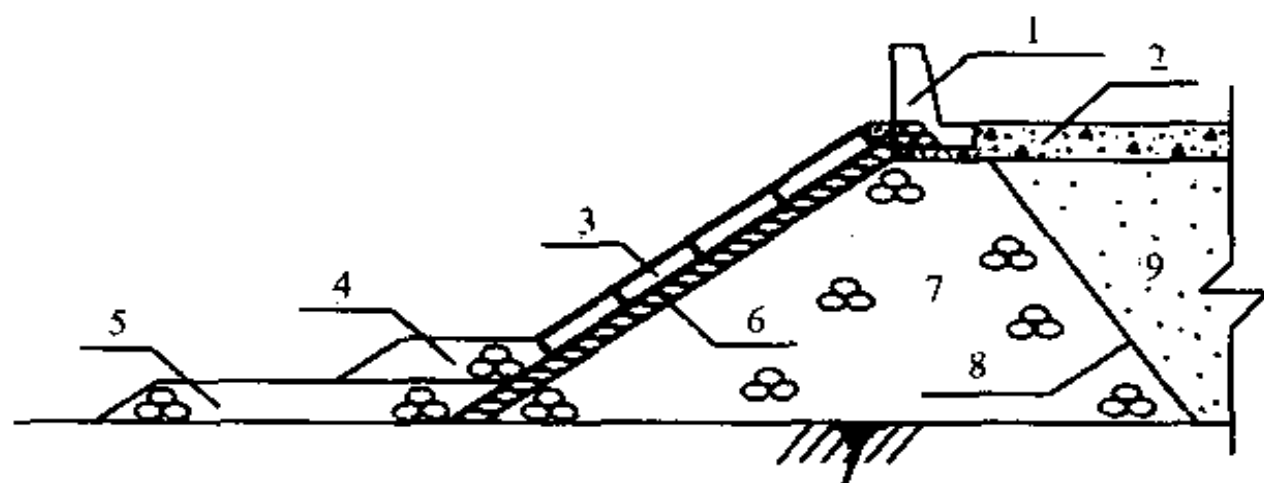


图 3.0.3-1 无岛壁型人工岛

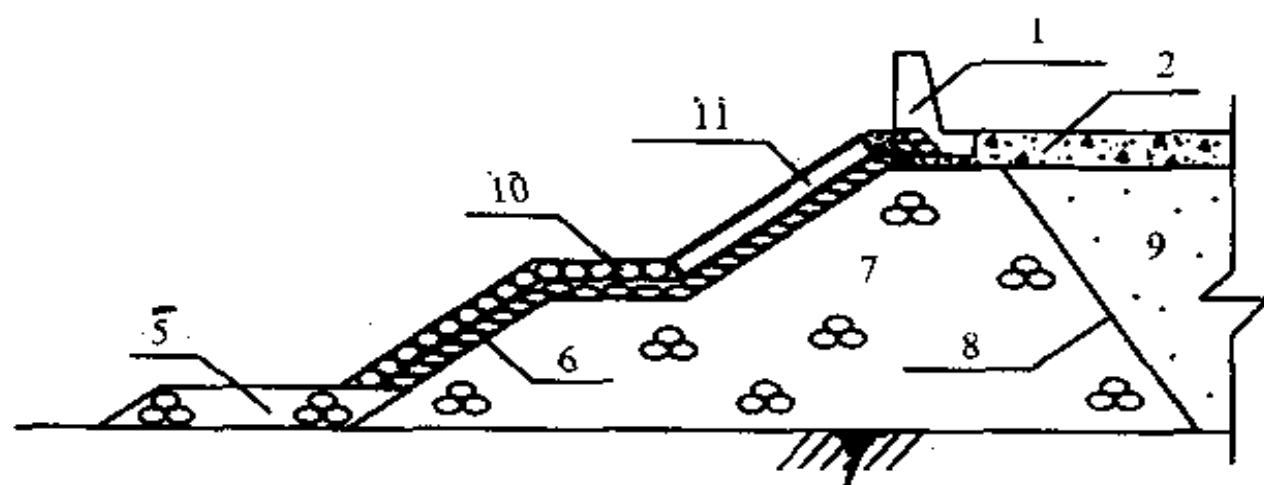
1—防浪胸墙；2—岛面；3—护面；4—棱体；5—护底；
6—垫层；7—堆筑石料或砂袋

3.0.3.2 用石料或砂袋堆筑形成岛壁，中间用土砂填芯，见图 3.0.3-2。

3.0.4 岛上应根据需要设置助航、环境保护、岛陆交通等设施及观测点。



(a) 设置棱体型



(b) 设置平台型

图 3.0.3-2 有岛壁型人工岛

1—防浪胸墙；2—岛面；3—护面；4—棱体；5—护底；6—垫层；
7—岛壁；8—岛壁内坡；9—填芯；10—平台；11—干砌或浆砌石护面

3.0.5 本规范潮汐及结构物高程基准面应采用理论深度基准面。

3.0.6 人工岛等级的划分应符合《滩海环境条件与荷载技术规范》的有关规定。

3.0.7 人工岛的水力模型试验验证工作，应根据结构物等级和具体情况确定。对Ⅰ级人工岛应进行试验，对Ⅱ级人工岛宜进行试验，对Ⅲ级人工岛，仅当有特殊需要时才进行试验。对Ⅰ、Ⅱ级人工岛，当有类似条件下的试验资料时，可不再进行试验。

3.0.8 在人工岛附近取土时，应根据对岛体的稳定性和冲刷影响及当地土层土质情况确定取土地点和取土深度。

3.0.9 施工时，应合理选择后方施工基地和船舶避风锚地的位置。

3.0.10 施工时，应根据施工能力确定允许的施工海况条件。

4 荷载及荷载组合

4.0.1 设计人工岛时, 应考虑下列荷载: 风荷载、自重荷载、岛面使用荷载、波浪荷载、冰荷载、水流荷载、施工荷载、地震荷载等。

4.0.2 进行荷载组合时, 应将荷载分为以下 4 类:

4.0.2.1 设计荷载: 在正常工作条件下, 作用在岛上的荷载, 包括自重荷载、岛面使用荷载、水流荷载、风荷载。

4.0.2.2 校核荷载: 在使用或工作条件下, 其出现机率小于相应设计荷载出现机率的荷载, 包括波浪荷载、冰荷载、施工荷载。

4.0.2.3 特殊荷载: 偶然作用在结构物上的荷载, 主要指地震荷载。

4.0.3 构件材料重度和填料重度应按下列规定确定:

4.0.3.1 构件材料重度: 当无实测资料时, 可参照表 4.0.3 数值采用。

构件材料重度(kN/m^3)

表 4.0.3

材料 \ 区域	水上	水下
	水上	水下
浆砌块石	22~25	12~15
混凝土	23~24	13~14
钢筋混凝土	24~25	14~15

注: 石料重度大于 $26.5\text{kN}/\text{m}^3$ 时, 表中浆砌块石的重度应适当提高。

4.0.3.2 填料重度: 当无实测资料时, 可参照本规范附录 A

数值确定。

4.0.4 计算水位包括设计水位和校核水位。水位标准应符合《滩海环境条件与荷载技术规范》的规定。

4.0.5 设计时应应对可能同时出现的各种荷载进行最不利组合，并把水位作为一个组合条件考虑。荷载组合分为设计组合、校核组合和特殊组合三种。组合时应遵守下列规定：

4.0.5.1 设计组合计算水位应采用设计水位，荷载采用设计荷载。

4.0.5.2 校核组合应符合下列规定：

(1) 计算水位采用校核水位，荷载采用校核荷载和设计荷载；

(2) 组合中包括校核荷载时，计算水位采用与该校核荷载可能同时出现的最不利水位；

4.0.5.3 特殊组合中包括地震荷载。

5 岛体结构

5.1 材 料

5.1.1 构筑人工岛的石料应符合下列要求:

5.1.1.1 在水中浸透后的强度, 岛壁和护底块石应不低于 30MPa, 护面块石应不低于 50MPa;

5.1.1.2 石料应不成片状, 无严重风化和裂纹;

5.1.1.3 石料宜为 0.1~1.0kN 不分级块石。

5.1.2 砂袋的材料应符合下列要求:

5.1.2.1 编织袋应满足袋内砂土排水的透水性、过滤性, 并有足够强度保证施工中不破损。

5.1.2.2 填袋砂土宜为砂和亚砂土, 不宜选用粘性土。

5.1.3 浆砌石护面及浆砌石防浪胸墙的砌筑用水泥砂浆的强度标号不应低于 10 号, 当有抗冻要求时不应低于 20 号; 勾缝水泥砂浆的强度标号不应低于 20 号。

5.1.4 混凝土及钢筋混凝土材料应符合《港口工程技术规范》第七篇《混凝土和钢筋混凝土》的规定。

5.2 岛壁、棱体与戗台

5.2.1 岛壁设计时应进行整体稳定性验算及自身沉降量计算, 计算方法应符合本规范第 6 章的规定。

5.2.2 岛壁顶高程应根据岛面边缘顶高程及防浪胸墙基础确定。

5.2.3 岛壁外坡坡度应满足整体稳定性要求, 宜按表 5.2.3 采用。

5.2.4 岛壁内坡坡度应不小于抛筑材料的自然堆坡坡度, 并应满足施工期间内坡稳定的要求。

5.2.5 水下用于支保护面的抛石棱体顶宽宜不小于 1.5m，厚度宜不小于 1.0m。

5.2.6 当水上部分的护面采用干砌块石、干砌条石或浆砌石时，宜设置抛石戗台，戗台顶宽宜不小于 2m，顶高在施工水位附近，厚度宜不小于 1.0m。

岛壁外坡坡度

表 5.2.3

护面型式	坡 度
抛石、安放或干砌块石	1: 1.5~1: 3
浆砌块石	1: 1.5~1: 2
安放人工块体	1: 1.25~1: 1.5
抛填方块	1: 1~1: 1.25

5.3 护 面

5.3.1 护面设计时应分别计算护面块体（块石或人工块体）的稳定重量和护面层的厚度。

5.3.2 护面块体稳定重量应按下列规定确定：

在波浪正向作用下，岛壁在计算水位上、下一倍设计波高值之间的护面中，单个块体的稳定重量宜按下式计算：

$$k_s = \frac{\gamma}{\gamma_b - \gamma}$$

$$W = \gamma_b k_s^3 \frac{1}{k_D \cot \alpha} \frac{H^3}{\cot \alpha} \quad (5.3.2)$$

式中 W ——单个块体的稳定重量，kN；

γ_b ——块体材料的重度，kN/m³；

γ ——水的重度，kN/m³；

k_γ ——重度系数;

H ——设计波高, m;

α ——斜坡与水平面的夹角 ($^\circ$);

k_D ——稳定系数, 按表5.3.2选取。

岛体边线拐折突出部分的块体重量, 可按式 5.3.2 计算的结果增加 20%~30%。

当岛体位于波浪破碎区时, 块体稳定重量均应相应再增加 10%~25%, 必要时可通过试验确定。

工字型块体、四脚空心方块、四脚锥体的形状和尺寸应符合《港口工程技术规范》的规定。

稳定系数 k_D

表 5.3.2

护面型式		$n(\%)$	K_D	说明
护面块体	构造型式			
四脚空心方块栅栏板	安放一层	0	14	—
块石	安放(立放)一层	0~1	5.5	—
四脚锥体	安放二层	0~1	8.5	—
工字型块体	安放二层	0	18	$H > 7.5\text{m}$
		1	24	$H < 7.5\text{m}$
块石	抛填二层	1~2	4.0	—
方块	抛填二层	1~2	5.0	—

注: n 为容许失稳率, 即计算水位上, 下一倍设计波高的护面范围内, 容许被波浪打击移动和滚落的块体个数所占的百分比。

5.3.3 干砌块石护面层的厚度宜按下式计算:

$$h = 1.3k_\gamma H(k_{md} + k_\delta) \frac{\sqrt{\cot^2 \alpha + 1}}{\cot \alpha} \quad (5.3.3)$$

式中 h ——干砌块石护面层的厚度, m;

k_{md} ——与斜坡的 $\cot\alpha$ 值和 $\frac{d}{H}$ 值有关的系数, 见表 5.3.3-1;

k_d ——波坦系数, 见表 5.3.3-2。

系数 k_{md} 表 5.3.3-1

$\frac{d}{H} \backslash \cot\alpha$	1.5	2	3	4	5
1.5	0.426	0.261	0.130	0.080	0.054
2.0	0.354	0.198	0.087	0.048	0.031
2.5	0.332	0.180	0.076	0.041	0.026
3.0	0.322	0.171	0.070	0.037	0.023
3.5	0.314	0.166	0.067	0.035	0.021
4.0	0.310	0.162	0.065	0.034	0.020

注: d ——岛前水深, m。

波坦系数 k_d 表 5.3.3-2

$\frac{L}{H}$	10	15	20	25	30
k_d	0.081	0.122	0.162	0.202	0.243

注: L ——波长, m。

设置排水孔的浆砌块石护面层厚度可与干砌块石护面层相同。

5.3.4 非砌石护面层厚度-人工块体的个数和混凝土用量宜按下列公式或参照《港口工程技术规范》有关图表计算:

5.3.4.1 护面层厚度宜按下式计算:

$$h' = nC \left(\frac{W}{\gamma_b} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (5.3.4-1)$$

式中 h' ——护面层厚度, m;

n ——护面块体层数;

C ——系数, 见表5.3.4。

系数 C 值和护面块体空隙率 P

表 5.3.4

护面块体	构造型式	C	空隙率 P (%)	说明
块石	抛填二层	1.0	40	—
四脚锥体	安放二层	1.0	30	—
工字型块体	安放二层	1.2	60	定点随机安放
		1.1	60	规则安放
块石	安放(立放) 一层	1.3~1.4	—	—

5.3.4.2 人工块体个数宜按下式计算:

$$N = AnC(1-P) \left(\frac{\gamma_b}{W} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (5.3.4-2)$$

式中 N ——人工块体个数;

A ——垂直于厚度 h' 的护面层平均面积, m^2 ;

P ——护面层的空隙率, %, 见表5.3.4。

5.3.4.3 人工块体混凝土用量宜按下式计算:

$$Q = N \frac{W}{\gamma_b} \quad (5.3.4-3)$$

式中 Q ——人工块体混凝土用量, m^3 。

5.3.5 护面垫层厚度及垫层块石重量应符合下列要求:

厚度: 取两层块石厚度 (按 5.3.4-1 护面层厚度计算公式计算);

重量: 不小于护面块体重量的 $\frac{1}{20} \sim \frac{1}{40}$, 且应复核在施工期的稳定性。

5.3.6 浆砌石护面层变形缝纵向间距宜为 10~15m, 排水孔纵、横向间距宜为 2~3m, 孔径宜为 5~10cm。

5.3.7 有关栅栏板护面的设计和各种计算应符合《滩海海堤设计与施工技术规范》的规定。

5.4 护 底

5.4.1 应根据土层物理力学性质、波浪力、岛体与海流方向关系, 海流速度等分析岛体是否存在冲刷问题及冲刷程度, 必要时应做冲刷模型试验。

5.4.2 存在冲刷的岛体, 应设置护底。可采用抛石护底、抛砂袋护底等形式。

5.4.3 岛壁前最大波浪底流速宜按下式计算:

$$U_{\max} = \frac{\pi H}{\sqrt{\frac{\pi L}{g} \sinh \frac{4\pi d}{L}}} \quad (5.4.3)$$

式中 $U_{\max}$ ——岛壁前最大波浪底流速, m/s ;

g ——重力加速度, m/s^2 ;

H ——设计波高, m ;

L ——波长, m;

d ——水深, m。

5.4.4 护底块石的稳定重量, 可根据岛壁前最大波浪底流速参照表 5.4.4 确定。

岛壁前护底块石的稳定重量

表 5.4.4

底流速 (m/s)	重量(kN)
2.0	0.40
3.0	0.80
4.0	1.40
5.0	2.00

5.4.5 护底宽度宜不小于 5m, 突出部位宜适当加宽。包括铺垫的碎(砾)石层在内的总厚度宜不小于 1.0m。

5.5 填 芯

5.5.1 填芯石料应选用自然级配石料, 填芯土砂宜选用渗透性好的砂和亚砂土。填芯时应分层夯实或碾压。

5.5.2 当存在土砂与石料两种粒径差较大的界面时, 应在其界面设置倒滤层。

5.5.2.1 当岛壁为砂袋堆筑时, 倒滤层应设在岛壁外坡上, 当岛壁为石料、填芯为土砂时, 倒滤层应设在岛壁内坡上。

5.5.2.2 倒滤层可分层或不分层铺设。分层倒滤层可由碎石层和粗砂、砾砂层或土工织物层组成, 每层厚度宜不小于 0.15m, 总厚度宜不小于 0.4m; 不分层倒滤层应采用级配较好的天然石料(如石渣、砂卵石等)或粒径为 1~8cm 碎石, 厚度分别不得小于 0.6m 和 0.4m, 水下倒滤层厚度宜适当加大。

倒滤层也可用铺设土工织物的方法。固定土工织物可采用 1~8cm 碎石铺盖, 碎石厚度宜不小于 0.2m。

5.5.3 水上土砂填芯压实度应大于 90%。

5.5.4 应采用下列措施加速土砂填芯固结沉降。

5.5.4.1 在填芯中设置排水砂井、排水塑料板。

5.5.4.2 分层加粒料做排水层。

5.5.4.3 碾压夯实。

5.5.5 填芯后承载力应满足使用要求，不满足时必须进行处理。

5.6 防浪胸墙

5.6.1 防浪胸墙可采用浆砌石结构、预制混凝土结构或现浇混凝土结构。

5.6.2 防浪胸墙应进行强度及稳定性验算。

5.6.3 防浪胸墙顶高程应由试验确定。不允许越浪时，防浪胸墙顶高程应高出校核高水位 1.2~1.4 倍波高。该波高为校核高水位时波高，波高累积频率为 1%。

5.6.4 防浪胸墙顶宜设置挑浪嘴。挑浪嘴的结构见图 5.6.5。挑浪嘴的宽度 B_c 宜为 0.05~0.10 倍波高，并应根据实际情况进行调整。斜角 θ 应小于 45° 。

注：该波高为校核高水位时波高，波高累积频率为 1%。

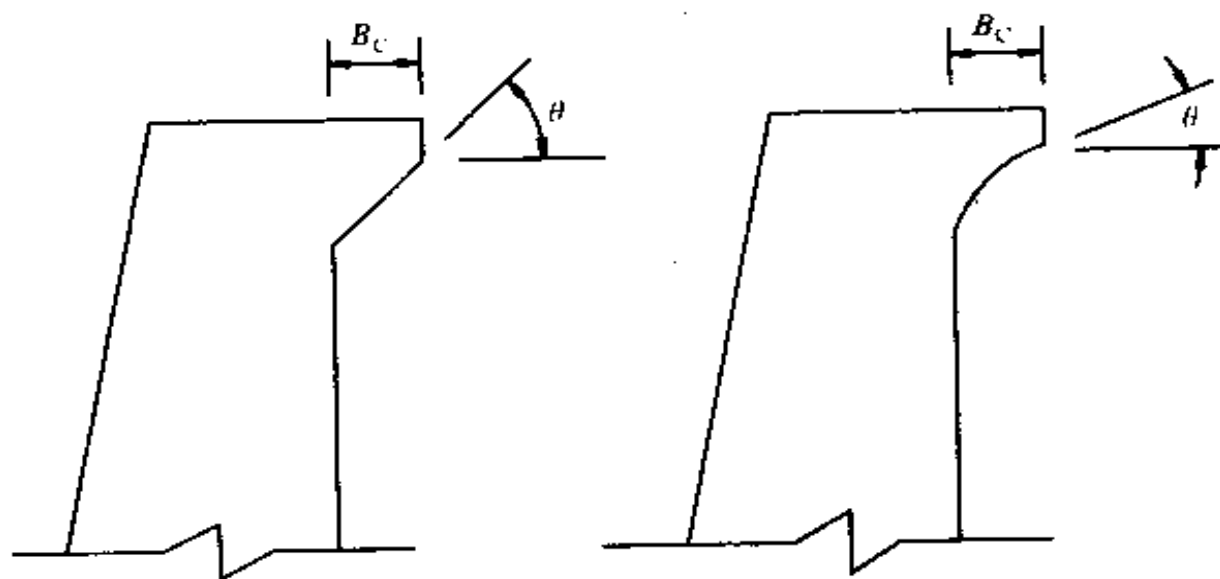


图 5.6.5 挑浪嘴结构

5.6.5 防浪胸墙变形缝间距应根据气温情况、结构型式、地基条件确定，宜采用 10~30m。缝宽 2~5cm，做成上下垂直通缝，缝内用弹性材料填充。不设变形缝时，应采取措施防止防浪胸墙断裂。

5.6.6 防浪胸墙稳定性应按下列公式验算：

5.6.6.1 抗倾稳定安全系数应按下列式计算：

$$K_o = \frac{M_r}{M_o} \quad (5.6.6-1)$$

式中 K_o ——抗倾稳定安全系数，不应小于表 5.6.6 的数值；

M_r ——对计算面后踵的稳定力矩，kN·m；

M_o ——对计算面后踵的倾倒力矩，kN·m。

5.6.6.2 抗滑稳定安全系数应按下列式计算：

$$K_s = \frac{Gf}{S} \quad (5.6.6-2)$$

式中 K_s ——抗滑稳定安全系数，不应小于表 5.6.6 的数值；

G ——作用在计算面上的垂直合力，kN 或 kN/m；

S ——计算面以上的水平合力，kN 或 kN/m；

f ——沿计算面的摩擦系数，当无实测资料时，可参照附录 B 数值采用：

安全系数

表 5.6.6

类别	人工岛等级	设计组合	校核组合	特殊组合
K_o	I II	1.6	1.5	1.4
	III	1.5	1.4	1.3
K_s	I II	1.3	1.4	1.1
	III	1.2	1.1	1.0

5.7 岛 面

5.7.1 岛面边缘顶高程应按下列式确定:

$$Z_p = h_p + R_{F\%} + \Delta h \quad (5.7.1)$$

式中 Z_p ——岛面边缘顶高程, m;

h_p ——设计高水位, m;

$R_{F\%}$ ——波浪爬高, m波浪爬高计算应符合《滩海环境条件与荷载技术规范》的要求, 计算时波高采用设计高水位时, 波高累积频率为 13% 的波高值。

Δh ——安全超高值, $\Delta h = 0.5 \sim 1.0\text{m}$ 。

5.7.2 岛面宜分区进行竖向布置, 使岛面雨水进入排水系统。

5.7.3 岛面根据使用要求可为砂石面层、预制混凝土块面层或现浇混凝土面层等。

5.7.4 结构层厚度应根据所用材料、岛面荷载、填芯情况和使用情况确定。

6 整体稳定与地基

6.1 整体稳定

6.1.1 人工岛整体稳定验算，宜采用圆弧滑动面计算，水位采用设计低水位和校核低水位。有软土夹层、倾斜岩面等情况时，宜用非圆弧滑动面验算。计算方法采用总应力法或有效应力法。对于每一计算断面和每一计算情况，应用试算法求出最小安全系数。

6.1.2 圆弧滑动面总应力法的抗滑稳定安全系数应按下式计算：

$$k = \frac{M_r}{M_s} = \frac{\sum c_i l_i + \sum (q_i b_i + w_i) \cos \alpha_i \tan \phi_i}{\sum (q_i b_i + w_i) \sin \alpha_i} \quad (6.1.2-1)$$

式中 k ——抗滑稳定安全系数；

M_r ——抗滑力矩， $\text{kN} \cdot \text{m} / \text{m}$ ；

M_s ——滑动力矩， $\text{kN} \cdot \text{m} / \text{m}$ ；

l_i ——第 i 土条的弧长， m ；

q_i ——第 i 土条顶面作用的荷载， kN / m^2 ；

b_i ——第 i 土条的宽度， m ；

w_i ——第 i 土条的重力， kN / m ，水下用浮重度计算；

α_i ——第 i 土条弧线中点切线与水平线的夹角， $(^\circ)$ ；

c_i 、 ϕ_i ——第 i 土条滑动面上土的抗剪强度指标， kPa 、 $(^\circ)$ 。

当采用十字板剪强度或其他总强度时，抗滑稳定安全系数应按下列下式计算：

$$k = \frac{M_r}{M_s} = \frac{\sum s_{ui} l_i}{\sum (q_i b_i + w_i) \sin \alpha_i} \quad (6.1.2-2)$$

式中 s_{ui} ——第*i*土条滑动面上土的十字板剪强度或其他总强度, kPa。

6.1.3 圆弧滑动面有效应力法抗滑稳定安全系数应按下式计算:

$$k = \frac{M_r}{M_s} \quad (6.1.3)$$

$$M_r = \frac{\sum [c'_i b_i + (q_i b_i + w_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi'_i]}{\cos \alpha_i + \sin \alpha_i \operatorname{tg} \phi'_i / k}$$

$$M_s = \sum (q_i b_i + w_i) \sin \alpha_i;$$

式中 w_i ——第*i*土条的重力, 设计低水位以下用浮重度计算, 设计低水位以上, 零压线以下用饱和重度计算, kN/m;

u_i ——第*i*土条滑动面上的孔隙水压力, kPa;

c'_i 、 ϕ'_i ——第*i*土条滑动面上的有效强度指标, kPa、($^{\circ}$); 可用量测孔隙水压力的三轴固结不排水剪试验测定, 也可用直剪仪进行慢剪试验测定。

6.1.4 非圆弧滑动面抗滑稳定安全系数可参照《港口工程技术规范》计算。滑动面形状, 可根据具体情况采用直线、折线、直线与圆弧的组合或其他形状的曲线。

6.1.5 各种计算情况的稳定验算采用的强度指标应符合表 6.1.5 的规定。

各种计算情况采用的强度指标

表 6.1.5

计算情况	强度指标	计算公式	说 明
使用期设计组合	固结不排水试验	6.1.2-1	荷载引起的抗滑力矩可全部采用或部分采用, 视土体在荷载作用下的固结程度而定; 荷载引起的滑动力矩应全部计入
	固结排水试验	6.1.3	孔隙水压力采用与计算情况相应的数值
	十字板剪	6.1.2-2	需考虑因土体固结引起的强度增长
	不固结不排水试验	6.1.2-1 6.1.2-2	需考虑因土体固结引起的强度增长
		6.1.2-1	考虑土体的固结作用, 可将计算得到的安全系数提高 10%
施工期	十字板剪	6.1.2-2	—
	固结排水试验	6.1.3	孔隙水压力采用与计算情况相应的数值
	不固结不排水试验	6.1.2-1	—

注: 按非圆弧滑动面计算时, 采用本表中相应的强度指标。

6.1.6 对于设计组合情况, 应综合考虑强度指标的可靠程度、人工岛等级、地区经验等因素, 算得的安全系数, 不得小于在表 6.1.6 所列范围内选定允许的最小安全系数。

抗滑稳定安全系数 K

表 6.1.6

强度指标	K	说 明
固结不排水试验	1.1~1.3	同第 6.1.5 条
固结排水试验	1.3~1.5	
十字板剪	1.1~1.3	
不固结不排水试验	1.0~1.2	

6.1.7 校核施工期的稳定性，安全系数宜取表 6.1.6 中的低值。

6.1.8 人工岛边线拐折凸角处，应试用各种可能发生的三向破坏面（见图 6.1.8）进行检查。



图 6.1.8 滑动破坏面

6.2 地基沉降

6.2.1 可只计算设计组合情况下的地基最终沉降量。设计组合中，作用时间短暂的荷载不应考虑，水位宜用设计低水位。有边载时应考虑边载的影响。

6.2.2 在地基内任一点的垂直附加应力应为下列三部分荷载引起的垂直附加应力之和：

6.2.2.1 基底垂直附加压力（基底压力与基底面上自原地面算起的自重压力之差）；

6.2.2.2 基底水平力（可假定为均布）；

6.2.2.3 边载（分布范围超过自基底边缘起的 5 倍基底宽度时，按 5 倍计，不足 5 倍时，按实际分布范围计）。

各种荷载引起的垂直附加应力计算可参照《港口工程技术规范》的规定执行。

6.2.3 地基最终沉降量可用实测沉降过程线推算。也可按下式计算：

$$s_{\infty} = m_s \sum \frac{e_{1i} - e_{2i}}{1 + e_{1i}} h_i \quad (6.2.3)$$

式中 s_{∞} ——地基最终沉降量，cm；

h_i ——第 i 上层的厚度，cm；

e_{1i} 、 e_{2i} ——分别为第 i 层受到平均自重压力（ σ_{oi} ）和平均最终压力（ $\sigma_{oi} + \sigma_{zi}$ ）压缩稳定时的孔隙比；

σ_{oi} ——第 i 层顶面与底面的地基自重压力平均值；

σ_{zi} ——第 i 层顶面与底面的地基垂直附加应力平均值；

m_s ——经验修正系数，按地区经验选取。无地区经验时，可按表 6.2.3 选取。

经验修正系数

表 6.2.3

土的侧限变形 模量(MPa)	$E_s < 4$	$4 < E_s < 7$	$7 < E_s < 15$	$15 < E_s < 20$	$20 < E_s$
m_s	1.3	1.0	0.7	0.5	0.2

6.2.4 地基压缩层的计算深度 Z_n 宜符合下式的要求：

$$\Delta s'_n \leq 0.025 \sum_{i=1}^n s'_i \quad (6.2.4)$$

式中 $\Delta s'_n$ ——在深度 Z_n 处向上取计算层为 1m 的压缩量, cm;

s'_i ——在深度 Z_n 范围内, 第 i 层土的计算压缩量, cm。

如确定后的计算深度下有较软土层时, 尚应继续往下计算。

6.2.5 减小地基沉降应采取以下措施:

6.2.5.1 选用轻质材料, 减轻岛面荷载等;

6.2.5.2 施工方面可调整施工顺序与加荷速率等;

6.2.5.3 地基处理方面可采用换填砂垫层等。

6.3 软基处理

6.3.1 斜坡式砂石人工岛的软基加固, 宜采用排水砂垫层法。砂垫层的厚度宜为 1~2m, 砂垫层的宽度应大于基底宽度。

当软土层较厚时, 宜采用排水砂井等方法进行加固。在软土层厚度较小的情况下, 也可采用抛石挤淤法。

6.3.2 排水砂垫层及排水砂井的砂料, 宜采用含泥量小于 5% 的中、粗砂。

6.3.3 砂井 (包括普通砂井, 袋砂井或排水塑料板) 长度主要取决于土层情况。软土层不厚时, 砂井可打穿整个软上层; 软上层较厚时, 砂井长度应根据稳定或沉降要求确定。软上层中如有砂夹层或砂透镜体应尽量利用。

6.3.4 砂井间距主要取决于所要求的固结时间。普通砂井宜采用 2~3m, 袋砂井或排水塑料板宜采用 1~1.5m, 高灵敏度的粘土, 宜取大值。

普通砂井直径宜为 30~40cm, 袋砂井直径宜为 7cm 左右; 排水塑料板宽度宜为 10cm。

对于井径比, 普通砂井宜不大于 10, 袋砂井宜不大于 20。

6.3.5 在砂井地基面上填料不透水时应铺设排水砂垫层, 以连通各砂井, 其厚度宜不小于 80cm。

6.3.6 采用排水砂垫层的地基固结度可用一维固结理论公式进行计算。

6.3.7 采用排水砂井的地基固结度应按《港口工程技术规范》规定计算。

6.3.8 其他软基处理方法可参照《滩海岩土工程勘察技术规范》的有关规定执行。

7 施 工

7.1 施 工 放 线

7.1.1 岛体施工前，应对勘测设计提供的施工基线控制点（或基线控制网）和水准点，进行交接和复核，并依此测设施工基线、施工水准点及辅助定位线的施工标志。

7.1.2 施工基线的设置应符合下列要求：

7.1.2.1 选择在通视良好，不致发生沉降和位移，不受施工及其他影响的地段；

7.1.2.2 便于在施工期间检查和校核；

7.1.2.3 施工基线的测角允许误差应为 $\pm 12''$ ，长度允许误差值应为设计长度值的 $\pm \frac{1}{10000}$ 。

7.1.3 施工水准点的设置应符合下列要求：

7.1.3.1 选择在不致发生沉降和位移，不受施工及其他影响的地点；

7.1.3.2 在高、低潮时均便于施测人工岛的各部分标高；

7.1.3.3 施工水准点的测设标准应符合《滩海工程测量技术规范》的规定。

7.1.4 在施工过程中，对岛体的施工基线，施工水准点和各种施工标志，应定期进行校核。受自然条件等影响的各项标志，在可能发生变位时，应随时进行校核。

7.2 抛 石

7.2.1 应根据设计要求、施工能力以及潮位和波浪对岛体各部位的影响程度确定抛填块石分层分段的施工顺序。

7.2.2 抛填块石时，应根据水深、水流和波浪等自然条件对块

石产生漂移（方向、距离）的影响，确定抛石船的驻位。

7.2.3 软土地基上当有块石反压层时，应先抛反压层部分，后抛反压层以上的岛壁部分；当有挤淤要求时，应从断面中间逐渐向两侧抛填。

7.2.4 抛填护面块石和垫层块石的厚度应不小于设计厚度。抛填护面块石边坡的实际坡度应不陡于设计坡度。

7.2.5 抛填块石时，其实际断面线与设计断面线间的允许高差可按表 7.2.5 的数值确定。

抛石的允许高差

表 7.2.5

抛石重量 (kN)	允许高差 (cm)
0.10~1.00	± 40
1.00~2.00	± 50
2.00~3.00	± 60
3.00~5.00	± 70
5.00~7.00	± 80
7.00~10.00	± 90

注：护底块石不允许出现负值高差。

7.2.6 抛填块石表面理坡和安放块石时，实际断面线与设计断面线间的允许高差应符合表 7.2.6 的要求。

理坡和安放块石的允许高差

表 7.2.6

名称	块石重量(kN)	允许高差(cm)
理坡	0.10~1.00	± 20
	1.00~2.00	± 30
安放	2.00~3.00	± 40
	3.00~5.00	± 50
	5.00~7.00	± 60
	7.00~10.00	± 70

7.3 护面块体

7.3.1 预制人工块体的模板应表面光滑、结构坚固和不易变形。人工块体模板宜采用拼装式钢模板或拼装式混合模板（混凝土底模和钢质顶模）。

7.3.2 采用封闭式的钢模板预制的人工块体，当顶部表面产生气泡时，应在混凝土初凝前用原浆抹一遍，压两遍。

7.3.3 预制人工块体重量的允许偏差应为 $\pm 5\%$ ，其尺寸和表面缺陷的允许偏差应符合表 7.3.3 的要求。

人工块体的尺寸和表面缺陷的允许偏差 表 7.3.3

项 目		允许偏差	说明
尺寸	边长(cm)	± 1.0	用于几何尺寸较规则的块体，如四脚空心块、栅栏板
	对角线(cm)	± 2.0	
	块高(cm)	± 1.0	
	孔的位置(cm)	± 2.0	
表面缺陷	边棱残缺 (cm^2)	<50	用于各种人工块体
	麻面深度(cm)	<0.5	
	模板交接面处错牙(cm)	<2.0	

7.3.4 人工块体吊运时的混凝土强度应符合起吊强度的要求。

7.3.5 安放人工块体时，应考虑风浪的影响，采取分段施工，及时覆盖垫层块石。

7.3.6 安放人工块体前，应检查垫层的坡度和表面平整情况，不符合要求时，应进行修整。

7.3.7 四脚空心方块的垫层块石整平宜用块石铺砌，其允许偏差：水上施工部位为 $\pm 5\text{cm}$ ；水下部位为 $\pm 10\text{cm}$ 。

7.3.8 护面层底部的人工块体应与水下抛石棱体接触紧密。

7.3.9 工字型块体护面的安装，当采用定点随机安放时，宜先按设计块数的 95% 计算网点的位置与数量，用定点、定量方法随机安放，完成后进行检查和补漏，采用规则安放时，应使垂直杆在坡面下方，并压在前排块体的横杆上，横杆落实于垫层块石上，腰杆跨在相邻块的横杆上，并应不使垫层块石外露。

7.3.10 人工块体的安装允许偏差应符合下列规定：

7.3.10.1 工字型块体和四脚锥体，施工安放数量与设计数量的允许偏差为+5%。

7.3.10.2 四脚空心方块的安放，相邻块体最大高差不大于 15cm，砌缝最大宽度不大于 10cm。

7.3.11 安放块石的护面层，其石料外形应方正，长边尺寸宜不小于护面层的设计厚度，石料重量应不小于设计的重量。

7.3.12 安放块石护面层的质量，应符合下列要求：

7.3.12.1 90% 以上的护面层厚度不小于设计厚度；

7.3.12.2 块石间互相靠紧，其最大缝隙宽度不大于垫层块石最小粒径的 2/3；

7.3.12.3 坡面上不得有垂直于护面层的通缝。

7.3.13 干砌块石的护面层应采用立砌，块石的长边尺寸应不小于护面层的设计厚度。

7.3.14 干砌块石应紧密嵌固，相互错缝，表面平顺，块石与垫层相接处的空隙应从坡面内侧用二片石填紧。

7.3.15 干砌块石护面层的允许偏差应符合表 7.3.15 的要求。

干砌块石护面层允许偏差

表 7.3.15

项 目	允许偏差(cm)
砌缝宽度	<3
三角缝宽度	<7
块石表面错牙	<5

7.3.16 浆砌块石的护面层，块石间应不直接接触，砌缝的砂浆应饱满，并应进行勾缝。断面尺寸应不小于设计值，砂浆标号应在合格标准之内。

7.3.17 浆砌块石护面层的允许偏差应符合表 7.3.17 的要求。

浆砌块石护面层允许偏差

表 7.3.17

项 目	允许偏差(cm)
砌缝宽度	<4
三角缝宽度	<8
块石表面错牙	<3
坡面上下垂直通缝的长度	<100

7.3.18 浆砌石石块应平砌，每层石料厚度应大致相同，上下层竖缝错开距离应不小于 8cm。

7.3.19 栅栏板护面的施工应符合《滩海海堤设计与施工技术规范》的有关规定。

7.4 吹 填

7.4.1 可根据填芯面积大小分区块吹填。

7.4.2 应根据填芯高度分层吹填。

7.4.3 吹泥管口距倒滤层坡脚距离应不小于 5m，必要时应经试吹确定。

7.4.4 在人工岛附近水域取土吹填时，应按设计要求控制取土地点与人工岛之间的最小距离和取土深度。

7.4.5 吹填过程中，应对填土高度、岛壁内外水位、沉降进行观测。如岛壁变形较大有危险迹象时，应立即停止吹填，并采取有效措施。

7.5 防浪胸墙

7.5.1 浆砌石防浪胸墙砌筑应符合下列规定:

7.5.1.1 砌体应分层砌筑,砌体较长时可分段分层砌筑;分段位置宜设在变形缝处,各段水平砌缝应一致;

7.5.1.2 各砌层应先砌外圈定位行列,然后砌筑里层,外圈砌块应与里层砌块交错连成一体;

7.5.1.3 砌体外露面应进行勾缝,并应在砌筑时靠外露面预留深约 2cm 的空缝备作勾缝之用。

7.5.1.4 各砌层的砌块应安放稳固,砌块间应砂浆饱满,粘结牢固,不得直接贴靠或脱空;

7.5.1.5 砌筑上层砌块时,应避免振动下层砌块。砌筑工作中断后恢复砌筑时,已砌筑的砌层表面应加以清扫和湿润。

7.5.2 现浇混凝土防浪胸墙浇筑应符合下列规定:

7.5.2.1 应在岛壁抛筑密实后方可现浇混凝土防浪胸墙。

7.5.2.2 防浪胸墙混凝土宜掺块石。掺块石的技术要求应符合《港口工程技术规范》的规定。

7.5.3 预制混凝土防浪胸墙制作、安装应符合下列要求:

7.5.3.1 预制混凝土防浪胸墙宜用混凝土地坪作底模。底模表面应采取妥善的脱模措施,不应采用会降低预制构件底面摩擦系数的油毡或类似性质的材料作脱模层;

7.5.3.2 每块预制混凝土防浪胸墙宜一次灌注完成;

7.5.3.3 预制混凝土防浪胸墙吊运时强度应符合设计要求;

7.5.3.4 相邻混凝土防浪胸墙块之间应进行有效的连接以提高防浪胸墙的整体稳定性;

7.5.3.5 相邻混凝土防浪胸墙块之间平均缝宽应不大于 3cm;

7.5.3.6 相邻混凝土防浪胸墙块之间错牙应不大于 3cm;

7.5.3.7 安装时应在预制块底部坐浆找平。

7.5.4 变形缝内必须按设计要求填塞弹性材料,不得透空。

7.6 软基处理

7.6.1 排水砂垫层施工时不得扰动地基土，抛砂时应均匀，避免成堆，并及时用砾石或块石复盖，避免流失。

7.6.2 砂井的施工方法应视机具设备而定，宜采用活瓣桩尖钢管打入法或钻孔法等。

7.6.3 砂井灌砂时，砂柱不得中断，若有中断则应补打。砂柱断面应均匀。灌砂率不得小于 85%。

7.6.4 排水板长度不应短于设计要求。

7.6.5 施工时，宜通过水平位移和沉降观测控制加荷速率。边桩水平位移每昼夜宜小于 3~5mm；基底面中心的沉降每昼夜宜小于 10mm。

7.6.6 若施工期边坡的稳定性不足，宜采取增加稳定的临时性措施，并在施工中加强观测，以便及时发现可能出现的失稳现象。当出现失稳迹象时，应及时采取应急措施，如削坡、坡脚压载、打防滑板桩等。

8 交 工 验 收

8.0.1 人工岛竣工尺寸偏差的允许值除应符合本规范施工允许偏差外,尚应符合表 8.0.1 的规定。

人工岛竣工尺寸的允许偏差 表 8.0.1

项 目	允许偏差
岛面高程(cm)	± 5
岛面长、宽或直径(m)	$\pm 1/200$ 倍长、宽或直径,且不应超过 ± 2.0
岛体平面方向(°)	± 30
防浪胸墙顶面高程(cm)	± 2

8.0.2 人工岛交工验收应符合《石油天然气工业基本建设工程竣工验收实施细则》的有关规定。

附录 A 填料重度 γ 和内摩擦角 φ 的计算数值

填料重度 γ 和内摩擦角 φ 的计算数值 表 A1

填料名称	重度 γ (kN / m ³)		内摩擦角 φ (°)	
	水上 (湿重度)	水下 (浮重度)	水上	水下
细砂	18.0	9.0	30	28
中砂	18.0	9.5	32	32
粗砂	18.0	9.5	35	35
砾砂	18.5	10.0	36	36
碎石	17.0	11.0	38~40	38~40
煤渣	10.0~12.0	4.0~5.0	35~39	35~39
块石	17.0~18.0	10.0~11.0	45	45

注：表中砂类土的数值适用于粒径为 0.1mm 以下的细颗粒含量不超过 10% 的情况。若细颗粒含量超出此范围时应另行试验测定 γ 、 φ 值。

附录 B 摩 擦 系 数

摩擦系数

表 B1

材 料		摩擦系数
混凝土与混凝土		0.55
浆砌块石与浆砌块石		0.65
墙底与抛石基础	墙身为预制混凝土或钢筋混凝土结构	0.60
	墙身为预制浆砌块石方块结构	0.65
	地基为细砂~粗砂	0.50~0.60
抛石基础与地基土	地基为低液限粘土	0.35~0.50
	地基为粉质低液限砂土	0.40
	地基为中液限粘土	0.30~0.45

附录 C 本规范用词说明

C.0.1 执行本规范条文时，要求严格程度的用词说明如下：

C.0.1.1 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用：“必须”；

反面词采用：“严禁”。

C.0.1.2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用：“应”；

反面词采用：“不应”或“不得”。

C.0.1.3 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词：

正面词采用：“宜”或“可”；

反面词采用：“不宜”。

附 加 说 明

本规范主编单位、参加单位和主要起草人名单

主编单位：辽河石油勘探局勘察设计研究院

参加单位：辽河石油勘探局筑路公司、辽河石油勘探局浅海
公司

主要起草人：李旭志 王洪顺 邢至庄 徐光耀 佟光军
田燕华 陈端智

附件

滩海斜坡式砂石人工岛结构 设计与施工技术规范

条 文 说 明

编制说明

根据中国石油天然气总公司(94)中油技监字第79号文件的要求,由辽河石油勘探局勘察设计研究院负责编制的SY/T 4097—95《滩海斜坡式砂石人工岛结构与施工技术规范》经中国石油天然气总公司1995年12月18日以(95)中油技监字第731号文批准发布。

在编制过程中,编制人员遵照国家有关方针政策,进行了比较广泛的调查研究,认真总结了滩海斜坡式砂石人工岛设计和施工方面的实践经验,并广泛地征求了有关单位的意见,反复讨论、修正,最后由中国石油天然气总公司基建工程局会同有关部门审查定稿。

本规范共分为8章,主要包括:总则、术语、一般规定、荷载及荷载组合、岛体结构、整体稳定与地基、施工、工程验收。

为便于广大基建、设计、施工、科研、高等院校等有关部门和单位人员在使用本标准时,能正确理解和执行条文规定,本标准编写人员根据国家有关编制标准、规范条文说明的统一要求,按正文的章、节、条顺序编制了本条文说明,供各有关人员参考。

鉴于本标准系初次编制,希望各单位在执行过程中,结合工程实践,认真总结经验,注意积累资料,如发现需要修正或补充处,请将意见和有关资料,同时寄交辽宁省盘锦市辽河石油勘探局勘察设计研究院(邮政编码124010)和天津塘沽津塘公路40号工程技术研究院标准室(邮政编码300451),以便今后修订时参考。

目 次

1 总则	(40)
3 一般规定	(41)
4 荷载及荷载组合	(43)
5 岛体结构	(44)
5.1 材料	(44)
5.2 岛壁、棱体与戗台	(46)
5.3 护面	(46)
5.4 护底	(47)
5.5 填芯	(47)
5.6 防浪胸墙	(48)
5.7 岛面	(49)
6 整体稳定与地基	(50)
6.1 整体稳定	(50)
6.2 地基沉降	(50)
6.3 软基处理	(51)
7 施工	(53)
7.1 施工放线	(53)
7.2 抛石	(53)
7.3 护面块体	(53)
7.4 吹填	(54)
7.5 防浪胸墙	(55)
7.6 软基处理	(55)
8 交工验收	(57)

1 总 则

1.0.1 随着我国石油勘探开发事业的发展，滩海油气田资源正在加紧开发；为适应滩海油气田开发的需要，使滩海斜坡式砂石人工岛结构工程建设技术先进、经济合理、安全适用、快速高效，确保质量，保护环境，故制定本规范。

1.0.2 其他用途的斜坡式砂石人工岛是指用于旅游观光、海上工厂、海上机场，港口等用途的斜坡式砂石人工岛。

本规范不适用于直墙式人工岛结构。

1.0.3 《滩海环境条件与荷载技术规范》详细规定了滩海各类结构物的环境条件与荷载计算方法，故人工岛在工程水文及荷载方面的计算全部按此规范的规定执行。

混凝土和钢筋混凝土设计与施工按《港口工程技术规范》第七篇《混凝土和钢筋混凝土》的规定执行。

1.0.4 滩海斜坡式砂石人工岛结构在设计 and 施工时，除结构方面外，尚应符合国家现行的环保、安全等各方面规范。

3 一般规定

3.0.1 岛体位置应满足总体规划的要求，在此前提下，可以根据地面情况选择较有利的位置。当所选位置不适于建造斜坡式砂石人工岛时，应改用其他的结构型式。

3.0.2 当岛体方向确定后，岛面工艺无法布置，而岛体方向因环境因素又不宜改变时，应考虑改变岛体形状以满足两方面要求。一般情况下圆形岛体与环境之间的相互影响较小，而矩形岛面更适应工艺布置，能提高岛面面积的利用率。对于小型人工岛，宜选用圆形岛体，对于大型的人工岛，宜选用矩形岛体。矩形岛体的四角应设弧面切角。

3.0.3 较小的岛体宜选用无岛壁型人工岛结构，较大的岛体宜选用有岛壁型人工岛结构。

3.0.4 根据岛体面积大小，应在岛体边缘设置 1~4 个灯桩；岛上需设置污水收集和处理设施、固体垃圾存放箱、围油栏和旁靠浮油回收船等；沿岛体四周应设置一定数量的观测点，在施工和使用期间，对岛体的沉降定期进行观测，有条件时，应进行波浪爬高和波浪力等原体观测工作；与陆岸无道路或栈桥连接的岛体，应设置直升飞机坪和码头。

3.0.5 人工岛为海上结构物，施工及使用期间均与海图水深密切相关，故以理论深度基准面做为高程基准面。

3.0.7 因客观条件的限制，理论计算无法精确地反映实际情况，故对Ⅰ级人工岛及环境条件较差的Ⅱ级人工岛应进行水力模型试验。

3.0.8 取土地点的选取将影响工程投资，一般在不对岛体结构产生威胁的情况下，取土地点尽可能靠近岛体位置。

3.0.9 施工前，应进行广泛的调研工作，根据距工程地点的远

近、原材料供应的方便程度、航行条件等因素进行综合分析，确定后方施工基地。

3.0.10 在滩海区域施工，不但要注意确定乘潮工作时间，而且要根据所具备的船舶、设备等施工条件，确定允许施工作业的风级、波高等海况条件。

4 荷载及荷载组合

4.0.1 岛面使用荷载包括地面设施、设备、堆货荷载，当地面设备产生振动荷载时，尚应包括振动荷载。

4.0.2 本条荷载是荷载组合时的分类。若按其性质分类，可分为：

4.0.2.1 恒载——长期作用在人工岛上的不变荷载或在一定水位条件下作用在人工岛上的不变荷载，如自重荷载等。

4.0.2.2 活载——作用在人工岛上的可变荷载，包括：

(1) 使用荷载：如岛面使用荷载等。

(2) 自然荷载：如浪、水流、冰和地震荷载等。

(3) 施工荷载：在人工岛施工期间可能受到的荷载。

4.0.3 该条数值均参照《港口工程技术规范》取用。

4.0.5 对于人工岛的不同计算项目，如结构构件计算和整体计算，应按其各自的最不利受荷情况分别进行组合。

5 岛体结构

5.1 材料

5.1.1 抛筑岛壁的石料不能在自重荷载的挤压及其他荷载作用下出现大量压碎现象，故要求在水中浸透后的强度不低于30MPa，不成片状，无严重风化和裂纹；滩海区域受运输及起重条件的限制，抛石不宜选用大的块石，而过小的块石又易被冲走，浪费较多，0.1~1.0kN重块石比较适合该区域的抛筑。为使抛筑的岛壁有一定的密实度，就要求块石有较好的级配，考虑到选材的方便，选用不分级块石较适合。护面石料直接承受风、浪、流、冰的作用，除需满足稳定重量要求外，还必须具有较高的强度。

5.1.2 在编织布的规格上要求它在充填泥浆时有较好的滤水能力，又要使其在充填后，在有效防护前泥袋在水流和风浪的作用下有一定的抗淘刷能力；此外还要求它有一定的强度以避免在充填压力的作用下胀破。

在上海石洞口灰坝工程中，充填的是亚砂土，经试验比较选用编织布规格为：扁丝宽1.6mm，单根丝强度大于3N/根，每平方英寸内扁丝根数为经线×纬线=16×14或14×14，其等效孔径不大于0.5mm，透水能力为1.8~2.5ml/cm²·s。使用中表明其透水性可满足充填时滤水要求，但抗风浪淘刷的能力差，在施工中需及时防护。

在汉江整治工程中，充填是中细砂，由于砂沉降快，使沙袋上层泥水变清，排水较畅，故可选用编织较紧密的袋布，选用丝宽1.6~1.8mm，每平方英寸内经线×纬线=16×16根，其等效孔径不大于0.25mm，透水能力为0.26~0.71ml/cm²·s。使用证明，其透水能力可满足充填时滤水要求，沙袋也具有一定的抗

水流淘刷能力。

当水力充填砂或用砼泵送泥浆充袋时，可选用编织较紧密的编织布，当用水力充填亚砂土时，选用编织略疏松的编织布。

充泥袋的尺寸根据岛壁结构尽量选用大者，大的泥袋的优点是充填每方土所用袋布较少，从而降低充袋上单价；袋大后滤水面积增大，泥浆大袋内沉降时间充裕，有利于泥砂在袋内的排水固结，从而可提高生产效率。

表 1 列出了几种不同颗粒级配土料的充填效果对比，从

不同颗粒级配土料充填效果对比表

表 1

编 号	原状土		袋布规 格(经线 × 纬线)	充填 时间 (min)	袋内土		
	粒径 d_1 (mm)	含量 (%)			含水量 (%)	干容重 (kN/m^3)	充满度
1—1	$0.10 < d_1 < 0.25$	28	16×14	80	30.20	15.2	0.550
	$0.05 < d_1 < 0.10$	18					
1—2	$0.01 < d_1 < 0.05$	49	14×14	50	28.70	15.4	0.605
	$d_1 < 0.01$	5					
2—1	$0.10 < d_1 < 0.25$	56	14×14	25	26.24	15.5	0.870
2—2	$0.05 < d_1 < 0.10$	18	14×14	20	24.27	15.8	0.850
2—3	$0.01 < d_1 < 0.05$	24	16×14	27	26.18	15.6	0.82
	$d_1 < 0.01$	2					
3—1	$0.10 < d_1 < 0.25$	45	16×14	28			0.675
3—2	$0.05 < d_1 < 0.10$	16	14×14	29			0.750
3—3	$0.01 < d_1 < 0.05$	35	16×14	28			0.650
	$d_1 < 0.01$	4					
4—1	$0.10 < d_1 < 0.25$	70	14×14	13	23.90	15.9	0.850
4—2	$0.05 < d_1 < 0.10$	20	16×14	16	24.10	15.8	0.810
	$0.01 < d_1 < 0.05$	10					

注：① 充泥压力为 $2.5 \times 10^4 \sim 3.5 \times 10^4 \text{Pa}$ 。

② 充满度以土袋充成圆柱状为100%计。

中可以看出，细砂含量愈多，充填历时愈短，袋体充满度愈好，即经济效益愈好。对细砂含量小于 40% 的土料，则往往需要较长充填时间或进行二次充填才能获得较好的充满度。

对细砂含量在 20% 以下，粘粒含量 10% 左右的轻亚粘土及粉砂质土料，不宜用水力充填法灌袋，因为其效果很差，但可改用砼泵或砂浆泵充填，尚能取得很好的效果。

对于粘粒含量大于 15% 的粘性土料，不宜采用充袋方法，因为泥浆大袋内排水固结很慢，尤其在水下，严重影响施工效率。

5.1.3 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《重力式码头》的有关规定进行编制。

5.2 岛壁、棱体与铎台

5.2.3 对于斜坡式砂石人工岛，经常采用的岛壁外坡坡度为 1:3。

5.2.4 岛壁内坡在满足施工期间稳定性的前提下，尽量选用较陡的坡度，但一般不陡于 1:1。

5.2.5 当岛体无严重冲刷时，可将抛石棱体与护底结合设置，适当加大棱体顶宽，以满足防冲刷要求。

5.2.6 施工水位应根据施工能力确定，一般略高于平均潮面。

5.3 护 面

5.3.2 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

5.3.3 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

5.3.4 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

5.3.5 护面垫层厚度控制主要是为了保证护面层的稳定。护面

垫层块石重量控制是为了保证护面垫层块石不从护面缝隙中脱出，并且保证垫层施工期稳定。

5.3.6 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

5.4 护 底

5.4.1 海中建筑物周围的冲刷量，应考虑海底的地基土质条件，潮流速度、波浪和建筑物的截面形状等来决定。在滩海区域若预计到存在沿岸沙滩移动等海底地形变化时，应根据现场调查来确定。

5.4.2 采用抛石护底是滩海斜坡式砂石人工岛较适用的防冲刷措施。在施工技术成熟的前提下，通过经济分析，也可采用其他的防冲刷措施。

5.4.3 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

5.4.4 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

5.4.5 工程实例证明，过宽的护底没有必要，直立堤前最为经济有效的护底宽度一般为 0.25 倍波长，但人工岛斜坡堤前的护底宽度受到波长、斜坡坡度、地质条件、岛体形状、海流流速等多方面因素的影响，不易由计算确定，应通过试验确定各部位的护底宽度。

5.5 填 芯

5.5.1 为使填芯能够密实，石料必须级配良好，但级配要求高就会使选料工作难以进行，考虑到工程实际，选用自然级配石料较合适。

水下夯实困难时，可适当加大每层填筑厚度，水上夯实可用碾压代替。

土砂填芯一般采用吹填方法施工。在吹填土的入口处沉积的

垫层块石重量控制是为了保证护面垫层块石不从护面缝隙中脱出，并且保证垫层施工期稳定。

5.3.6 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

5.4 护 底

5.4.1 海中建筑物周围的冲刷量，应考虑海底的地基土质条件，潮流速度、波浪和建筑物的截面形状等来决定。在滩海区域若预计到存在沿岸沙滩移动等海底地形变化时，应根据现场调查来确定。

5.4.2 采用抛石护底是滩海斜坡式砂石人工岛较适用的防冲刷措施。在施工技术成熟的前提下，通过经济分析，也可采用其他的防冲刷措施。

5.4.3 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

5.4.4 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

5.4.5 工程实例证明，过宽的护底没有必要，直立堤前最为经济有效的护底宽度一般为 0.25 倍波长，但人工岛斜坡堤前的护底宽度受到波长、斜坡坡度、地质条件、岛体形状、海流流速等多方面因素的影响，不易由计算确定，应通过试验确定各部位的护底宽度。

5.5 填 芯

5.5.1 为使填芯能够密实，石料必须级配良好，但级配要求高就会使选料工作难以进行，考虑到工程实际，选用自然级配石料较合适。

水下夯实困难时，可适当加大每层填筑厚度，水上夯实可用碾压代替。

土砂填芯一般采用吹填方法施工。在吹填土的人口处沉积的

上粒较粗，甚至有石块，顺着出口处逐渐变细，除出口处及接近护岸的局部范围处，一般尚属均匀，但在吹填过程中间歇时间过长，或土料有变化则将造成冲填土纵横向的不均匀性。

吹填土料粗颗粒比细颗粒排水固结快，在其下层土质具有良好的排水固结条件下所形成的吹填土的强度和密实度随着龄期增长而加大。

吹填土料很细时，水份难以排出。土体形成初期呈流动状态，当其表面经自然蒸发后，常呈龟裂，下面水分不易排出，处于未固结状态，较长时间内可能仍处于流动状态，稍加扰动，即呈触变现象。

5.5.2 对倒滤层的材料及厚度进行控制是为使倒滤层符合下列条件：

5.5.2.1 倒滤层某一层的颗粒不应穿过粒径较大一层的孔隙；

5.5.2.2 每一层内的颗粒不应发生移动；

5.5.2.3 被保护的土层的颗粒不应被冲过倒滤层，但特别小的颗粒是容许被水带走的；

5.5.2.4 倒滤层不应被淤塞，即特别小的土粒能通过反滤料的孔隙。

5.5.3 参照《公路路基施工技术规范》(JTJ 033—86)对路基压实度的最低要求提出本条规定。

5.6 防浪胸墙

5.6.1 所列结构是常用且经济有效的型式。另外尚有钢结构、木结构等型式，但极少采用。

5.6.3 防浪胸墙顶高程设定准确与否直接影响岛体的使用效果，对于Ⅰ级人工岛必须通过试验验证。

不同的设计使用寿命对应着不同的校核高水位，防浪胸墙顶高程亦应不同。实际上，防浪胸墙顶高程与校核高水位、波高、岛壁外坡坡度、护面型式、防浪胸墙型式等多方面相关，不易通过计算确定。工程实践证明，防浪胸墙顶高程与校核高水位、波

高关系密切，一般不允许越浪时，防浪胸墙顶高程应高出校核高水位 1.2~1.4 倍波高。

5.6.4 挑浪嘴反浪效果显著，正常情况下防浪胸墙均应设置挑浪嘴。

5.6.5 温差越大变形缝间距越小；结构的强度高、刚度大，变形缝间距就大；地基不均匀沉降越严重，变形缝间距越小。

5.6.6 防浪胸墙稳定性验算根据具体结构型式进行计算面的选取。一般选取挑浪嘴下缘面、墙身下缘面及基础下缘面。

5.7 岛 面

5.7.1 岛面边缘顶高程的确定应使岛面处于经常不上水状态，岛面边缘顶高程过低将使岛面设施受到威胁，岛面边缘顶高程过高又不经济，以往的工程实例证明，岛面边缘顶高程取用设计高水位加波浪爬高再加一定的安全超高最为合适。岛面边缘顶高程尚应通过模型试验确认。

5.7.2 进行岛面分区竖向布置的目的就是及时汇集处理污水、雨水，确保不污染环境，并提供正常的工作条件。

5.7.3 当岛面道路、排水系统设置完备时，岛面采用较薄的砂石层即可。

5.7.4 确定岛面结构层时，可参照公路及广场场地的设计方法进行设计。

6 整体稳定与地基

6.1 整体稳定

6.1.1 本条参照《港口工程技术规范》第六篇中《地基》的有关规定进行编制。

6.1.2 本条参照《港口工程技术规范》第六篇中《地基》的有关规定进行编制。

6.1.3 本条参照《港口工程技术规范》第六篇中《地基》的有关规定进行编制。

6.1.5 本条参照《港口工程技术规范》第六篇中《地基》的有关规定进行编制。

6.1.6 本条参照《港口工程技术规范》第六篇中《地基》的有关规定进行编制。

6.1.7 本条参照《港口工程技术规范》第六篇中《地基》的有关规定进行编制。

6.1.8 其分析原理也是用圆弧滑动面或非圆弧滑动面分析，所不同的是在球面上破坏，如果凸角处（此处块体的重量已经加大20%~30%，见本规范第5.3.2条）的三向破坏安全系数 K 值比二向破坏 K 值小很多，甚至小于1，则应予以重视，并采取相应改进措施。

6.2 地基沉降

6.2.1 实际上，地基沉降是需要一定的时间过程的，地基沉降量随时间而增大，直至地基土在现有条件下固结完成为止。而最终沉降量，也就是计算点的沉降最大值，是工程计算中主要关心的问题。

在地基沉降计算中，水位的选取影响到泥面至水位线之间材

料的重度，从而影响地基最终沉降量。也就是计算点的沉降最大值，是工程计算中主要关心的问题。

在地基沉降计算中，水位的选取影响到泥面至水位线之间材料的重度，从而影响地基最终沉降量，为取得较为安全的地基沉降量，水位宜用设计低水位。

6.2.2 本条参照《港口工程技术规范》第六篇中《地基》的有关规定进行编制。

6.2.3 本条参照《港口工程技术规范》第六篇中《地基》的有关规定进行编制。

6.2.4 本条参照《港口工程技术规范》第六篇中《地基》的有关规定进行编制。

6.2.5 在选取减小地基沉降的措施时，在可实施的前提下，应进行经济分析，选用最经济的方案。

6.3 软基处理

6.3.1 在进行软基处理时，可根据实际情况，几种处理方法结合使用，分区使用不同的处理方法，或选用其他行之有效的方法。

6.3.2 砂垫层及砂井所用砂料必须有较高的透水性，同时又能防止土壤中的细土粒进入，因此对砂料的级配必须按这两个条件来选择。工程实践中，有的规定，砂土的 D_{15} 应大于邻近土壤 d_{15} 的 5 倍，且要小于自身土粒径 D_{85} 的 5 倍；也有的建议，砂料的有效粒径 D_{10} 为 $0.1 \sim 0.3\text{mm}$ ，不均匀系数为 $3 \sim 4$ ；还有的规定，通过 100 号筛（孔径 0.149mm ）的细砂不超过 3%；也有的规定通过 200 号筛（孔径 0.074mm ）不得超过 3%。这些规定都是为了简化砂料设计的步骤而提出的。最可靠的还是按反滤原理来设计。从实际出发，一般采用洁净的中砂和粗砂就可以满足要求。国外规范中也有把渗透系数作为控制砂料选择的指标的，如美国有的工程规定砂砾料的渗透系数必须大于 $5.3 \times 10^{-3}\text{cm/s}$ ，比利时有的工程规定渗透系数必须大于 $1 \times$

10^{-4}cm/s 。

注: D_{10} 、 D_{15} 、 D_{85} 分别为砂料级配曲线上小于某粒径土粒重占总重量的 10%、15%、85%时所对应的粒径值; d_{15} 为土壤级配曲线上小于某粒径土粒重量占总重量的 15%时所对应的粒径值。

6.3.3 在实践中, 井深一般为 3~20m, 绝大部分为 5~10m。

6.3.4 砂井的直径、间距和深度是根据土层的厚度, 渗透和压缩性质、天然排水条件、土的灵敏度、预定荷载及工期等因素来决定。在设计中可以根据固结理论得出解答。但由于天然土层的埋藏条件以及性质指标等较难求得准确, 故还要依靠经验的判定。根据统计, 井径的一般范围为 15~75cm, 其中 20~50cm 者约占大半。井径增大虽会增加固结速度, 但增加的并非很多, 因此一般井径只是根据施工机具及灌砂的方便条件来决定。如要增加固结速度, 则以缩小井距的办法效果较大, 也较经济。

井距与井径的比值为 4~14, 大部分均小于 10。井距一般为 1~5m, 较常用的是 2~4m。灵敏度较大的土, 如砂井过密可能会降低土的抗剪强度和排水性能。

6.3.5 按排水条件要求, 砂井顶的排水砂垫层有 0.2~0.3m 厚度就够了, 但实际上为了防止不均匀沉降错断砂垫层, 以及防止地面凹凸不平而出现过薄地段, 常需采用厚度约 1m。

7 施 工

7.1 施 工 放 线

7.1.1 施工前，施工单位须对勘测设计文件进行详细研究，确保不在对勘测设计文件存在疑问的情况下开工。

7.1.2 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.2 抛 石

7.2.1 大面积抛石宜采用分层起高方法。当有夯实要求时，每层厚度不得大于设计厚度；当无夯实要求时，视抛石船工作效率及工程地质情况而定。

7.2.2 当漂流严重时，漂流的块石可能会影响船舶正常航行，此时更要注意抛石船驻位。

7.2.3 当水深不大时，在岛周抛压载石可能需要预留通道以便抛石船能进入抛石。

7.2.4 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.2.5 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.2.6 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.3 护 面 块 体

7.3.1 人工块体形状比较复杂，木模板不易制作。而且人工块体一般数量较大，要求模板多次重复利用，木模板不易达到多次重复装拆而能保证质量的要求。

7.3.2 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.3.3 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.3.4 人工块体的起吊强度一般取用 28 天养生期强度。

7.3.5 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.3.6 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.3.7 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.3.8 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.3.9 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.3.10 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.3.11 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.3.12 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.3.15 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.3.17 本条参照《港口工程技术规范》第五篇中《防波堤》的有关规定进行编制。

7.4 吹 填

7.4.1 分区隔堤可用吹填砂袋堆筑。

7.4.2 每层厚度应视吹填土质及固结时间要求而定。

7.4.3 为不使倒滤层受到破坏,吹泥管口流出的泥浆不得危及

倒滤层的稳定，应使吹泥管口尽量远离倒滤层。

7.4.4 考虑到岛体的稳定及冲刷作用，取土地点必须距人工岛一定距离，一般不小于 50m。另外，根据土层土质情况确定取土深度，确保吹填土为所要求的土层土质。

7.4.5 吹填过程中不得出现超标准，超范围的悬浮泥浆污染区。

7.5 防浪胸墙

7.5.1 浆砌石防浪胸墙设置挑浪嘴时，挑浪嘴部分宜用料石砌筑或砼浇筑，并使挑浪嘴与下部结合牢固。

7.5.2 防浪胸墙砼所掺块石一般限于厚度较大的下部，防浪胸墙顶部厚度较小时不宜掺放块石。

7.5.3 预制砼防浪胸墙在吊装及运输过程中，应确定合理的摆放状态，避免大的碰撞产生裂缝。

7.6 软基处理

7.6.1 水下抛填排水砂垫层，一般不需夯实。实践证明，在水中抛填砂料，不加任何压密措施，一般可达到中密以上的密实程度。

7.6.2 常用的两种筑砂井方法为：

7.6.2.1 活瓣桩尖钢管打入法

用打桩机打入桩尖有活瓣的空心钢管桩，在软土中挤出一个孔。桩锤重可达 1.5t，落距 1.5~3m。桩打到设计深度后，即刻上拔 0.5~1m，以便活瓣桩尖张开，灌砂毕拔桩，拔桩速度一般控制在每分钟 4~6m。活瓣桩尖也可以用木桩尖或钢筋混凝土桩尖代替，但需每孔配置一个。

这个方法由于使土壤受到较大扰动，多数人认为对结构性强，灵敏度高的软粘土不适宜，因为它破坏土的结构，使地基强度减小，承载力降低，沉陷量增大。但是也有人认为从工程实践上看，还未发生因采用此法施工使工程损坏的事例，且挤入桩时

使地基土进一步压密，有其优点之处。

这个方法是以往最常用的方法，效率较高。

7.6.2.2 钻孔法

当砂井不深，直径又较小时，可用土钻、螺纹钻等钻孔。钻孔后抽出钻头便可灌砂，也有的打空心钻杆底部安设活门，可以从钻杆中向孔内灌砂。在井深小于 5m，孔径 20cm 以内，土质不是太容易坍塌时，用此法较为合适：

7.6.3 本条参照《港口工程技术规范》第六篇中《地基》的有关规定进行编制。

7.6.5 本条参照《港口工程技术规范》第六篇中《地基》的有关规定进行编制。

7.6.6 人工岛的整体稳定是保证人工岛施工及使用安全的重要环节，从岛址选定到结构设计，施工均应考虑保证人工岛整体稳定的措施。在使用期间仍须对岛体的整体稳定进行观测，确保万无一失。

8 交 工 验 收

8.0.1 验收时，人工岛尺寸偏差的检验方法应按国家现行的有关规范执行。