



# 中华人民共和国石油天然气行业标准

**SY/T 4097—2010**

代替 SY/T 4097—1995

---

## 滩海斜坡式砂石人工岛结构与 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

2010—05—01 发布

2010—10—01 实施

---

国家能源局      发 布

目 次

前言 ..... Ⅱ

引言 ..... Ⅲ

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 总则 ..... 2

5 一般规定 ..... 2

6 作用的分类及组合 ..... 3

7 岛体结构 ..... 4

8 整体稳定与地基 ..... 10

9 施工 ..... 14

10 竣工验收 ..... 17

附录 A（资料性附录） 构件材料重度标准值 ..... 19

附录 B（资料性附录） 填料重度和内摩擦角标准值 ..... 20

附录 C（资料性附录） 摩擦系数设计值 ..... 21

附录 D（资料性附录） 条文说明 ..... 22

参考文献 ..... 28

## 前 言

本标准代替 SY/T 4097—1995《滩海斜坡式砂石人工岛结构设计与施工技术规范》。

本标准在计算理论方面采用以分项系数表达的极限状态法代替 1995 年版的安全系数法。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 为资料性附录。

本标准由海洋石油工程专业标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：中油辽河工程有限公司。

本标准主要起草人：李旭志、佟光军、王洪顺、任润卯、康荣玉、赵欣、刘胜富、孟凡明、朱娜、刘春艳、杜凯秋。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——SY/T 4097—1995。

## 引 言

为使滩海斜坡式砂石人工岛结构设计和施工做到技术先进、经济合理、安全适用和确保质量，特制定本标准。



# 滩海斜坡式砂石人工岛结构设计与 施工技术规范

## 1 范围

本标准规定了滩海斜坡式砂石人工岛结构设计和施工的基本原则。

本标准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也可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

SY/T 4084 滩海环境条件与荷载技术规范

SY/T 4100 滩海工程测量技术规范

JTJ 225 水运工程抗震设计规范

JTJ 250 港口工程地基规范

JTJ 267 港口工程混凝土结构设计规范

JTJ 268 水运工程混凝土施工规范

JTJ 298 防波堤设计与施工规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**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。

### 3.2

**岛壁 island wall**

为防止填芯材料流失而设置的周边围壁。

### 3.3

**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。

### 3.4

**岛面 island top surface**

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。

### 3.5

**防浪胸墙 wave proof wall**

为防止波浪越顶而在岛体顶面周边设置的矮墙。

### 3.6

**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。

3.7

岛体 island body

人工岛的各个结构部分所组成的整体结构。

4 总则

4.1 本标准的工程水文分析与计算及荷载计算应按 SY/T 4084 的有关规定执行，混凝土和钢筋混凝土设计与施工应按 JTJ 267 和 JTJ 268 的有关规定执行。

4.2 滩海斜坡式砂石人工岛结构在设计和施工时，除应符合本标准外，尚应符合国家其他现行的有关标准的规定。

5 一般规定

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

5.2 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，并应使岛面形状适应工艺布置，提高岛面面积的利用率。

5.3 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。

5.3.1 主体结构全部由石料或砂袋等堆筑，外设护面，见图 1。

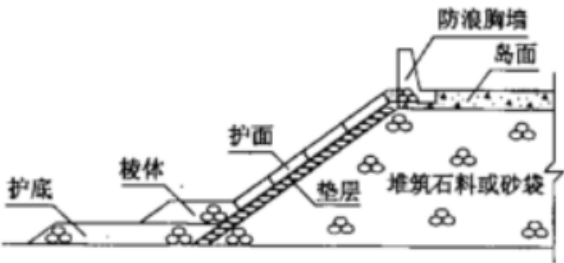


图 1 无岛壁型人工岛

5.3.2 用石料或砂袋堆筑形成岛壁，中间用土砂填芯，见图 2。

5.4 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。

5.5 本标准潮汐及结构物高程基准面宜采用理论深度基准面。

5.6 人工岛安全等级的划分应符合表 1 的规定。

表 1 人工岛安全等级表

结构物安全等级	破坏后果	结构物类型
I	很严重（环境污染、人身安全、经济损失等）	年原油生产规模 $50 \times 10^4 \text{ t}$ 以上，使用年限 15 年以上，有 10 人以上居住的人工岛
II	严重（环境污染、人身安全、经济损失等）	除 I、III 级以外的人工岛
III	不严重（环境污染、人身安全、经济损失等）	年原油生产规模 $5 \times 10^4 \text{ t}$ 以下，使用年限 5 年以下，无人值守的人工岛

5.7 人工岛的水力模型试验验证工作，应根据结构物安全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

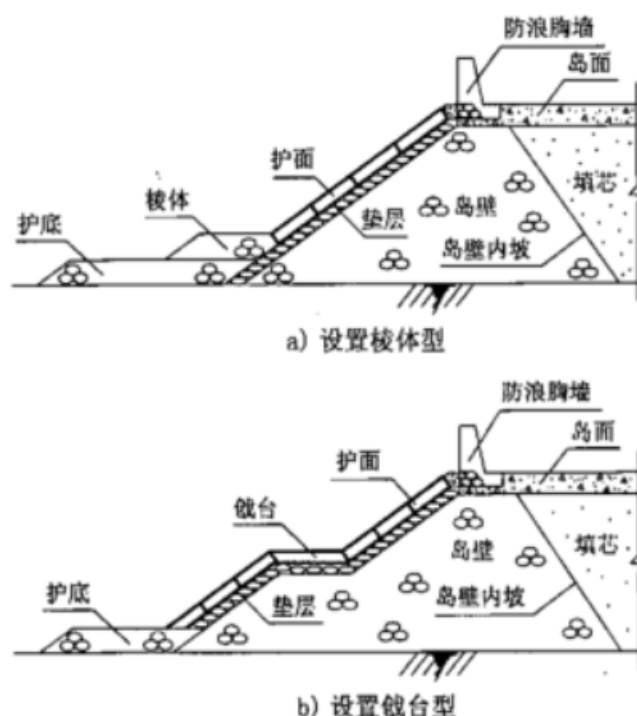


图2 有岛壁型人工岛

岛，当有类似条件下的试验资料时，可不再进行试验。

5.8 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。

5.9 施工时，应合理选择后方施工基地和船舶避风锚地的位置。

5.10 施工时，应根据施工能力确定允许施工的海况条件。

## 6 作用的分类及组合

6.1 设计人工岛时，应考虑下列作用：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。

6.2 人工岛结构上的作用，在设计基准期内，按时间的变异可分为以下三种。

6.2.1 永久作用：量值随时间的变化与平均值相比可以忽略的作用，如自重力、预加应力、土重力及由永久作用引起的土压力、固定设备重力、固定水位的静水压力及浮托力等。

6.2.2 可变作用：量值随时间的变化与平均值相比不可忽略的作用，如堆货荷载、起重机械荷载、运输机械荷载、汽车荷载、船舶荷载、人群荷载、可变作用引起的土压力、水流荷载、风荷载、波浪荷载、冰荷载和施工荷载。

6.2.3 偶然作用：不一定出现，一旦出现，其量值很大且持续时间很短的作用，如地震作用。

6.3 计算水位包括设计水位和极端水位。水位标准应符合 SY/T 4084 的规定。

6.4 对实际有可能在人工岛结构上同时出现的作用，应按承载能力极限状态和正常使用极限状态，并结合相应的设计状况，进行作用效应组合。组合包括持久组合、短暂组合和偶然组合。人工岛按承载能力极限状态设计时，应以设计波高及对应的波长确定的波浪荷载作为标准值，并应考虑以下三种设计状况及相应的组合。

6.4.1 持久状况，应考虑以下的持久组合：

设计高低水位、极端高水位时，波高应采用相应水位的设计波高，极端低水位时，可不考虑波浪的作用。

6.4.2 短暂状况，应考虑以下的短暂组合：

对未成型的斜坡堤进行施工期复核时，水位可采用设计高水位和设计低水位，波高的重现期可采用2年~5年。

6.4.3 偶然状况，在进行斜坡岛壁整体稳定计算时，应考虑地震作用的偶然组合，水位采用设计低水位，不考虑波浪对岛体的作用，其计算方法应符合 JTJ 225 的有关规定。

7 岛体结构

7.1 材料

7.1.1 构筑人工岛的石料应符合下列要求。

7.1.1.1 在水中浸透后的强度，岛壁和护底块石不应低于 30MPa，护面块石不应低于 50MPa。

7.1.1.2 石料应不呈片状，无严重风化和裂纹。

7.1.1.3 石料宜为 0.1kN~1.0kN 不分级块石。

7.1.2 砂袋的材料应符合下列要求。

7.1.2.1 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。

7.1.2.2 填袋砂土宜为砂和亚砂土，不宜选用黏性土。

7.1.3 浆砌石护面及浆砌石防浪胸墙的石料在水中浸透后的强度不应低于 50MPa；砌筑用水泥砂浆的强度等级不应低于 M10，当有抗冻要求时不应低于 M20；勾缝水泥砂浆的强度等级不应低于 M20。

7.1.4 混凝土及钢筋混凝土材料应符合 JTJ 267 的规定。

7.1.5 当无实测资料时，砌石及混凝土等构件材料重度标准值可参照附录 A 采用。

7.1.6 当无实测资料时，砂石等填料重度和内摩擦角标准值可参照附录 B 采用。

7.2 岛壁、棱体与戗台

7.2.1 岛壁设计时应进行整体稳定性验算及自身沉降量计算。

7.2.2 岛壁顶高程应根据岛面边缘顶高程及防浪胸墙基础确定。

7.2.3 岛壁外坡坡度应满足整体稳定性要求，宜按表 2 采用。

表 2 岛壁外坡坡度

护面型式	坡 度
抛填或安放块石	1 : 1.5~1 : 3
干砌或浆砌块石	1 : 1.5~1 : 2
干砌条石	1 : 0.8~1 : 2
安放人工块体	1 : 1.25~1 : 2
抛填方块	1 : 1~1 : 1.25

7.2.4 岛壁内坡坡度不应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。

7.2.5 水下用于支支护面的抛石棱体的顶面高程宜定在设计低水位以下约 1.0 倍设计波高值处，棱体的顶宽宜不小于 2.0m，厚度宜不小于 1.0m。

7.2.6 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。

7.3 护面

7.3.1 人工岛护面设计应采用斜坡式建筑标准。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。

7.3.2 护面块体稳定重量应按下列规定确定。

在波浪正向作用下，且堤前波浪不破碎，岛壁在计算水位上、下一倍设计波高值之间的护面块体

中，单个块体的稳定重量宜按式（1）计算：

$$W = \frac{\gamma_b \cdot H^3}{K_D(S_b - 1)^3 \text{ctg}\alpha} \dots\dots\dots (1)$$

$$S_b = \frac{\gamma_b}{\gamma}$$

式中：  
W——单个块体的稳定重量，单位为千牛（kN）；  
γ<sub>b</sub>——块体材料的重度，单位为千牛每立方米（kN/m<sup>3</sup>）；  
γ——水的重度，单位为千牛每立方米（kN/m<sup>3</sup>）；  
S<sub>b</sub>——块体材料重度与水重度的比值；  
H——设计波高，单位为米（m）；  
α——斜坡与水平面的夹角，单位为度（°）；  
K<sub>D</sub>——稳定系数，按表 3 选取。

表 3 稳定系数 K<sub>D</sub>

护面型式		n <sup>a</sup> %	K <sub>D</sub>	说 明
护面块体	构造型式			
块石	抛填二层	1~2	4.0	
	安放一层	0~1	5.5	
方块	抛填二层	1~2	5.0	
四脚锥体	安放二层	0~1	8.5	
四脚空心方块 <sup>b</sup> 、栅栏板	安放一层	0	14	
扭工字型块体	安放二层	0	18	H≥7.5m
		1	24	H<7.5m
扭王字型块体	安放一层	0	18~24	
<sup>a</sup> n 为护面块体容许失稳率，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。				
<sup>b</sup> 当设计波高大于 4m 时，不宜选用四脚空心方块护面型式。				

岛体边线拐折突出部分的块体重量，可按式（1）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。  
扭工字型块体、扭王字型块体、四脚空心方块、四脚锥体的形状和尺寸应符合 JTJ 298 的规定。

7.3.3 干砌块石护面层的厚度宜按式（2）计算。

$$h = 1.3 \frac{\gamma}{\gamma_b - \gamma} \cdot H \cdot (K_{md} + K_s) \cdot \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m} \dots\dots\dots (2)$$

$$m = \text{ctg}\alpha$$

式中：  
h——干砌块石护面层的厚度，单位为米（m）；  
H——计算波高，单位为米（m）；当 d/L≥0.125 时，取 H<sub>5%</sub>；当 d/L<0.125 时，取 H<sub>10%</sub>；  
K<sub>md</sub>——与斜坡的 m 值和 d/H 值有关的系数，见表 4；  
K<sub>s</sub>——波坦系数，见表 5；  
γ<sub>b</sub>——块体材料的重度，单位为千牛每立方米（kN/m<sup>3</sup>）；

$\gamma$ ——水的重度，单位为千牛每立方米（kN/m<sup>3</sup>）；  
 $m$ ——坡度系数；  
 $\alpha$ ——斜坡角度，单位为度（°）；  
 $d$ ——岛前水深，单位为米（m）；  
 $L$ ——波长，单位为米（m）。

表 4 系数  $K_{md}$

$d/H$	$m$		
	1.5	2.0	3.0
1.5	0.311	0.238	0.130
2.0	0.258	0.180	0.087
2.5	0.242	0.164	0.076
3.0	0.235	0.156	0.070
3.5	0.229	0.151	0.067
4.0	0.226	0.147	0.065

表 5 波坦系数  $K_s$

$L/H$	10	15	20	25
$K_s$	0.081	0.122	0.162	0.202

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。

7.3.4 非砌石护面层厚度、人工块体的个数和混凝土用量宜按式（3）、式（4）和式（5）或参照 JTJ 298 有关图表计算。

7.3.4.1 护面层厚度：

$$h' = n \cdot C \left( \frac{W}{\gamma_b} \right)^{1/3} \dots\dots\dots (3)$$

式中：  
 $h'$ ——护面层厚度，单位为米（m）；  
 $n$ ——护面块体层数；  
 $C$ ——系数，见表 6；  
 $\gamma_b$ ——块体材料的重度，单位为千牛每立方米（kN/m<sup>3</sup>）；  
 $W$ ——单个块体的稳定重量，单位为千牛（kN）。

表 6 系数  $C$  和护面块体空隙率  $P'$

护面块体	构造型式	$C$	空隙率 $P'$ %	说 明
块石	抛填二层	1.0	40	—
	立放一层	1.3~1.4	—	—
四脚锥体	安放二层	1.0	50	—
扭工字型块体	安放二层	1.2	60	随机安放
		1.1	60	规则安放
扭王字型块体	安放一层	1.36	50	随机安放

7.3.4.2 人工块体个数宜按式 (4) 计算:

$$N = A \cdot n \cdot C(1 - P') \left( \frac{\gamma_b}{W} \right)^{2/3} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$N$ ——人工块体个数;

$A$ ——垂直于厚度的护面层平均面积, 单位为平方米 ( $\text{m}^2$ );

$P'$ ——护面层的空隙率, 见表 6。

7.3.4.3 人工块体混凝土用量宜按式 (5) 计算:

$$Q = N \cdot \frac{W}{\gamma_b} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$Q$ ——人工块体混凝土用量, 单位为立方米 ( $\text{m}^3$ )。

7.3.5 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, 每层块石厚度按式 (3) 计算;

重量: 不小于护面块体重量的  $1/20 \sim 1/40$ 。对于四脚空心方块和栅栏板护面, 其垫层块石按不超过护面空隙尺度确定。

7.3.6 浆砌石护面层变形缝纵向间距宜为  $5\text{m} \sim 10\text{m}$ , 横向间距宜为  $5\text{m}$  左右。排水孔纵、横向间距宜为  $2\text{m}$ , 孔径宜不小于  $100\text{mm}$ 。

7.3.7 有关栅栏板护面的设计和各种计算应符合 JTJ 298 的规定。

## 7.4 护底

7.4.1 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。

7.4.2 存在冲刷的岛体, 应设置护底。可采用抛石护底、抛砂袋护底、含有固化剂的固化土袋护底、水下混凝土浇筑护底等形式。

7.4.3 岛壁前最大波浪底流速宜按式 (6) 计算:

$$v_{\max} = \frac{\pi H}{\sqrt{\frac{\pi L}{g} \sinh \frac{4\pi d}{L}}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$v_{\max}$ ——岛壁前最大波浪底流速, 单位为米每秒 ( $\text{m/s}$ );

$g$ ——重力加速度, 单位为米每二次方秒 ( $\text{m/s}^2$ );

$H$ ——设计波高, 单位为米 ( $\text{m}$ );

$L$ ——波长, 单位为米 ( $\text{m}$ );

$d$ ——水深, 单位为米 ( $\text{m}$ )。

7.4.4 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 7 确定。

7.4.5 护底宽度宜为  $5\text{m} \sim 10\text{m}$ , 突出部位宜为  $10\text{m} \sim 15\text{m}$ 。护底块石可采用 1 层  $\sim$  2 层, 厚度宜不小于  $0.5\text{m}$ 。对砂质海底, 在护底块石层下宜设置厚度不小于  $0.3\text{m}$  的碎石层。斜坡岛壁前沙质海底的护底范围按 JTJ 298 的有关规定执行。

## 7.5 填芯

7.5.1 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。

表 7 岛壁前护底块石的稳定重量表

底 流 速 m/s	重 量 kN
2.0	0.6
3.0	1.5
4.0	4.0
5.0	8.0

7.5.2 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。

7.5.2.1 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。

7.5.2.2 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，每层粒料厚度宜不小于 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 1cm~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 1cm~8cm 粒径碎石铺盖，碎石厚度宜不小于 0.2m。

7.5.3 水上土砂填芯压实度应大于 90%。

7.5.4 应采用下列措施加速土砂填芯固结沉降。

7.5.4.1 在填芯中设置排水砂井、排水塑料板。

7.5.4.2 分层加粒料做排水层。

7.5.4.3 碾压夯实。

7.5.5 填芯后承载力应满足使用要求，不满足时必须进行处理。

7.6 防浪胸墙

7.6.1 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。

7.6.2 防浪胸墙应进行强度及稳定性验算。

7.6.3 对基本不越浪的人工岛，防浪胸墙顶高程宜定在设计高水位以上 1.0 倍~1.25 倍设计波高值处。设计波高的累积频率为 1%。对不允许越浪的及特别重要的人工岛，防浪胸墙的顶高程应由试验确定。以上确定的防浪胸墙顶高程指岛体沉降完成后的高程。

7.6.4 防浪胸墙顶宜设置挑浪嘴。挑浪嘴的结构见图 3。挑浪嘴的宽度  $B_z$  宜为 0.05 倍~0.10 倍波高（该波高为极端高水位时相应值，其累积频率为 1%），并应根据实际情况进行调整。斜角  $\theta$  应小于 45°。

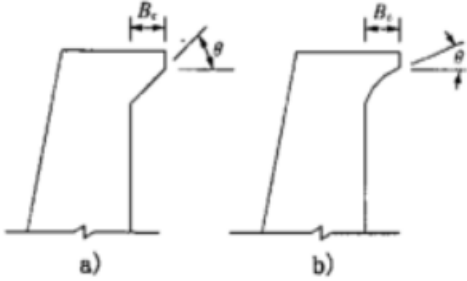


图 3 挑浪嘴结构

7.6.5 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 10m~30m。缝宽 2cm~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。

7.6.6 防浪胸墙稳定性验算。



## 7.6.6.1 沿墙底抗滑稳定性的承载能力极限状态设计表达式见式 (7):

$$\gamma_0 \cdot \gamma_P \cdot P \leq (\gamma_G \cdot G - \gamma_u \cdot P_u) f + \gamma_E \cdot E_b \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$G$ ——胸墙自重力标准值, 单位为千牛 (kN);

$P$ ——作用在胸墙海侧面上的水平波浪力标准值, 单位为千牛 (kN);

$P_u$ ——作用在胸墙底面上的波浪浮托力标准值, 单位为千牛 (kN);

$E_b$ ——胸墙底面埋深大于或等于 1m 时, 内侧面地基土或填石的被动土压力, 单位为千牛 (kN), 可按有关公式计算并乘以折减系数 0.3 作为标准值;

$\gamma_0$ ——结构重要性系数;

$\gamma_P$ ——水平波浪力分项系数;

$\gamma_u$ ——波浪浮托力分项系数;

$\gamma_G$ ——自重力分项系数, 取 1.0;

$\gamma_E$ ——土压力分项系数, 取 1.0;

$f$ ——胸墙底面摩擦系数设计值, 当无实测资料时, 可参照附录 C 采用。

## 7.6.6.2 沿墙底抗倾稳定性的承载能力极限状态设计表达式见式 (8):

$$\gamma_0 (\gamma_P \cdot M_P + \gamma_u \cdot M_u) \leq \frac{1}{\gamma_d} (\gamma_G \cdot M_G + \gamma_E \cdot M_E) \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$M_P$ ——水平波浪力的标准值对胸墙后趾的倾覆力矩, 单位为千牛米 (kN·m);

$M_u$ ——波浪浮托力的标准值对胸墙后趾的倾覆力矩, 单位为千牛米 (kN·m);

$M_G$ ——胸墙自重力标准值对胸墙后趾的稳定力矩, 单位为千牛米 (kN·m);

$M_E$ ——土压力的标准值对胸墙后趾底面的稳定力矩, 单位为千牛米 (kN·m);

$\gamma_d$ ——结构系数, 取 1.25。

7.6.6.3 在抗滑、抗倾稳定性极限状态设计表达式中, 各分项系数  $\gamma_0$ ,  $\gamma_P$  和  $\gamma_u$  可分别按表 8 和表 9 采用; 对持久状态中的极端高水位组合情况, 其分项系数可采用短暂组合时的数值。

表 8 结构重要性系数

安全等级	I 级	II 级	III 级
$\gamma_0$	1.1	1.0	0.9

表 9 分项系数

组合情况	稳定情况	水平波浪力分项系数 $\gamma_P$	波浪浮托力分项系数 $\gamma_u$
持久组合	抗滑	1.3	1.1
	抗倾	1.3	1.1
短暂组合	抗滑	1.2	1.0
	抗倾	1.2	1.0

## 7.7 岛面

## 7.7.1 岛面边缘顶高程应按式 (9) 确定。

$$Z_p = h_p + \Delta h \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$Z_p$ ——岛面边缘顶高程,单位为米(m);

$h_p$ ——极端高水位,单位为米(m);

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

以上确定的岛面边缘顶高程指岛体沉降完成后的高程。

7.7.2 岛面宜分区进行竖向布置,使岛面雨水进入排水系统。

7.7.3 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。

7.7.4 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。

## 8 整体稳定与地基

### 8.1 整体稳定

8.1.1 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极端低水位。有软土夹层、倾斜岩面等情况时,宜用非圆弧滑动面验算。计算方法可采用总应力法或有效应力法。

8.1.2 对不同情况的土坡和地基的稳定性验算,其危险滑弧均应满足以下极限状态设计表达式,见式(10)。

$$M_{sd} \leq \frac{1}{\gamma_R} \cdot M_{Rk} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$M_{sd}$ ——作用于危险弧面上滑动力矩的设计值,单位为千牛米每米  $[(\text{kN} \cdot \text{m})/\text{m}]$ ;

$M_{Rk}$ ——危险弧面上抗滑力矩的标准值,单位为千牛米每米  $[(\text{kN} \cdot \text{m})/\text{m}]$ ;

$\gamma_R$ ——抗力分项系数。

8.1.2.1 对于持久状况土的抗剪强度宜采用固结快剪指标。式(10)中的  $M_{sd}$ ,  $M_{Rk}$  宜按式(11)和式(12)计算。

$$M_{Rk} = R \cdot \sum \frac{c_{ki} \cdot b_i + (q_{ki} \cdot b_i + W_{ki} - u_{ki} \cdot b_i) \text{tg} \phi_{ki}}{\cos \alpha_i + \sin \alpha_i \cdot \text{tg} \phi_{ki} \cdot \frac{1}{\gamma_R}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$M_{sd} = \gamma_s \{ [\sum R(q_{ki} \cdot b_i + W_{ki}) \sin \alpha_i] + M_p \} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

$R$ ——滑弧半径,单位为米(m);

$\gamma_s$ ——综合分项系数,可取1.0;

$W_{ki}$ ——属永久作用,为第*i*土条的重力标准值,单位为千牛每米( $\text{kN}/\text{m}$ ),可取均值,零压线以下用浮重度计算;当有渗流时,极端低水位以上零压线以下用饱和重度计算滑动力矩设计值  $M_{sd}$ ;

$u_{ki}$ ——第*i*土条滑动面上水头超过零压线以上的孔隙水压力标准值,单位为千帕( $\text{kPa}$ ),可取均值;

$M_p$ ——其他原因,如作用于直立式防波堤的波浪力标准值引起的滑动力矩,单位为千牛米每米  $[(\text{kN} \cdot \text{m})/\text{m}]$ ;

$q_{ki}$ ——为第*i*土条顶面作用的可变作用的标准值,单位为千牛每平方米( $\text{kN}/\text{m}^2$ );

$b_i$ ——第*i*土条宽度,单位为米(m);

$\alpha_i$ ——第*i*土条的滑弧中点切线与水平线的夹角,单位为度( $^\circ$ );

$\phi_{ki}$ ——第*i*土条滑动面上的固结快剪内摩擦角,单位为度( $^\circ$ ),可取均值;

$c_{ki}$ ——第*i*土条滑动面上的黏聚力标准值,单位为千帕( $\text{kPa}$ ),可取均值。

8.1.2.2 当有条件时,  $\phi_{ki}$ ,  $c_{ki}$  可用有效强度指标标准值(可取均值)  $\phi'_{ki}$ ,  $c'_{ki}$  代替。有效强度指标一般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。其抗滑力矩

标准值可按式 (13) 计算。

$$M_{Rk} = R \cdot \sum \frac{c'_{ki} \cdot b_i + (q_{ki} \cdot b_i + W_{ki} - u_{ki} \cdot b_i) \operatorname{tg} \phi'_{ki}}{\cos \alpha_i + \sin \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi'_{ki} \cdot \frac{1}{\gamma_R}} \dots\dots\dots (13)$$

8.1.2.3 当采用简单条分法验算边坡和地基稳定时，其抗滑力矩标准值可按式 (14) 计算。

$$M_{Rk} = R [ \sum c_{ki} \cdot L_i + \sum (q_{ki} \cdot b_i + W_{ki}) \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi_{ki} ] \dots\dots\dots (14)$$

8.1.2.4 当采用总强度，如十字板强度或三轴不排水剪强度时，其抗滑力矩标准值可按式 (15) 和式 (16) 计算。

$$M_{Rk} = R \cdot \sum S_{sk} \cdot L_i \dots\dots\dots (15)$$

$$L_i = \frac{b_i}{\cos \alpha_i} \dots\dots\dots (16)$$

式中：

$S_{sk}$ ——第  $i$  土条滑动面上十字板强度标准值或其他总强度标准值，单位为千帕 (kPa)，可取均值；  
 $L_i$ ——第  $i$  土条对应弧长，单位为米 (m)。

8.1.2.5 应验算各种可能出现的短暂状况：

该状况下的抗滑力矩标准值可用式 (15)、式 (13) 或式 (14) 计算，滑动力矩设计值可用式 (12) 计算。

8.1.3 非圆弧滑动面抗滑稳定验算可参照 JTJ 250 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。

8.1.4 对于各种设计状况，稳定计算采用的强度指标、计算公式及各种计算情况的说明可按表 10 采用。

表 10 各种计算情况采用的抗剪强度指标

设计状况	强度指标及适用条件		计算公式	说 明
	强度指标	适用条件		
持久状况	固结快剪（直剪）	宜采用	式（11）及式（12）	荷载引起的抗滑力矩（抗力）可全部或部分采用，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（作用效应）应全部计入
			式（14）及式（12）	
	十字板剪或无侧限抗压强度指标		式（15）及式（12）	需考虑因土体固结引起的强度增长
	有效剪	有条件时采用	式（13）及式（12）	孔隙水压力采用与计算情况相应的数值
	三轴不排水剪		式（15）及式（12）	需考虑因土体固结引起的强度增长
短暂状况	十字板剪或无侧限抗压强度指标	宜采用	式（15）及式（12）	
	有效剪	有条件时采用	式（13）及式（12）	孔隙水压力采用与计算情况相应的数值
	三轴不排水剪		式（15）及式（12）	
	快剪（直剪）	有经验时采用	式（14）及式（12）	

注：按非圆弧滑动面计算时，采用本表中相应的强度指标。

8.1.5 对于持久状况，应综合考虑强度指标的可靠程度、结构安全等级和地区经验等因素，计算的最小抗力分项系数  $\gamma_R$  应满足表 11 的规定。对于短暂状况，如施工期的稳定性，计算的最小抗力分项系数  $\gamma_R$  宜取表 11 中的低值。

表 11 最小抗力分项系数

强度指标	采用计算公式		$\gamma_R$	说 明
固结快剪（直剪）	式（11）； 式（12）	黏性土坡	1.2~1.4	同表 10
		其他土坡	1.3~1.5	
	式（14）；式（12）		1.1~1.3	
有效剪	式（13）；式（12）		1.3~1.5	
十字板剪	式（15）；式（12）		1.1~1.3	
无侧限抗压强度				
三轴不排水剪				
快剪（直剪）	式（14）；式（12）		根据经验取值	

8.1.6 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进行检查，图 4 给出了常见的三向破坏面。



图 4 滑动破坏面

8.2 地基沉降

8.2.1 可只计算持久状况长期组合情况下的地基最终沉降量。作用组合中，永久作用应采用标准值，可变作用应采用准永久值，水位宜用设计低水位。有边载时应考虑边载的影响。可变作用仅考虑堆货荷载，堆货荷载准永久值系数采用 0.6，全部作用分项系数均采用 1.0。

8.2.2 在地基内任一点的垂直附加应力标准值应为基底垂直附加压力、基底水平力和边载引起的垂直附加应力标准值之和。

8.2.2.1 基底垂直附加压力的设计值为基底压力设计值与基底面上自原地面算起的自重压力设计值之差。

8.2.2.2 基底水平力设计值可按均布考虑。

8.2.2.3 边载设计值，当其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标准值可参照 JTJ 250 的规定执行。

8.2.3 地基最终沉降量可用实测沉降过程线推算，也可按式（17）计算。

$$S_{\text{doo}} = m_s \cdot \sum \frac{e_{1i} - e_{2i}}{1 + e_{1i}} \cdot h_i \dots\dots\dots (17)$$

式中：

- $S_{d\infty}$ ——地基最终沉降量设计值，单位为厘米（cm）；
- $h_i$ ——第  $i$  土层的厚度，单位为厘米（cm）；
- $e_{1i}, e_{2i}$ ——分别为第  $i$  层受到平均自重压力设计值（ $\sigma_{cdi}$ ）和平均最终压力设计值（ $\sigma_{cdi} + \sigma_{nbi}$ ）压缩稳定时的孔隙比设计值，可取均值；
- $\sigma_{cdi}$ ——第  $i$  层顶面与底面的地基自重压力平均值的设计值；
- $\sigma_{nbi}$ ——第  $i$  层顶面与底面的地基垂直附加应力平均值的设计值；
- $m_s$ ——经验修正系数，按地区经验选取；无地区经验时，可按表 12 选取。

表 12 经验修正系数

土的侧限变形模量 $E_s$ MPa	$E_s \leq 4$	$4 < E_s \leq 7$	$7 < E_s \leq 15$	$15 < E_s \leq 20$	$E_s > 20$
$m_s$	1.3	1.0	0.7	0.5	0.2

8.2.4 地基压缩层的计算深度  $Z_n$  应符合式（18）的要求。

$$\sigma_z = 0.2\sigma_c \dots\dots\dots (18)$$

式中：

- $\sigma_z$ —— $Z_n$  处地基垂直附加应力设计值，单位为千帕（kPa）；
- $\sigma_c$ —— $Z_n$  处地基自重压力设计值，单位为千帕（kPa）。

如确定后的计算深度下有较软土层时，尚应继续往下计算。

8.2.5 减小地基沉降应采取以下措施。

- 8.2.5.1 选用轻质材料、减轻岛面荷载等。
- 8.2.5.2 施工方面可调整施工顺序与加荷速率等。
- 8.2.5.3 地基处理方面可采用真空预压、堆载预压和换填砂垫层等方法。

8.3 软基处理

8.3.1 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 1m~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。

- 8.3.2 排水砂垫层宜采用含泥量小于 5% 的中、粗砂，排水砂井宜采用含泥量小于 3% 的中、粗砂。
- 8.3.3 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，砂井可打穿整个软土层；软土层较厚时，砂井长度应根据稳定或沉降要求确定。软土层中如有砂夹层或砂透镜体应尽量利用。
- 8.3.4 砂井间距主要取决于所要求的固结时间。普通砂井宜采用 2m~3m，袋砂井或排水塑料板宜采用 1m~1.5m，高灵敏度的黏土，宜取大值。  
普通砂井直径宜为 30cm~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，袋砂井或排水塑料板砂井宜不大于 25。
- 8.3.5 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，排水砂垫层的厚度陆上宜不小于 50cm，水下宜不小于 100cm。
- 8.3.6 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。
- 8.3.7 采用排水砂井的地基固结度应按 JTJ 250 规定计算。

8.3.8 软基处理也可采用其他方法及材料。其他软基处理方法可参照 JTJ 250 的有关规定执行。

9 施工

9.1 施工测量

施工测量应符合 SY/T 4100 的有关规定。

9.2 抛石

9.2.1 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。

9.2.2 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。

9.2.3 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；当设计有控制抛石加荷速率要求时，应按设计要求设置沉降观测点，控制加荷间歇时间。

9.2.4 抛填护面块石和垫层块石的厚度不应小于设计厚度。抛填护面块石边坡的实际坡度不应陡于设计坡度。

9.2.5 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 13 确定。

表 13 抛石的允许高差

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。	

9.2.6 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 14 的要求。

表 14 理坡和安放块石的允许高差

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

9.3 护面块体

- 9.3.1 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）。
- 9.3.2 采用封闭式的钢模板预制的人工块体，宜在混凝土初凝前用原浆压实抹光其外露部分。
- 9.3.3 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 15 的要求，并保证和控制混凝土密实度和保护层厚度。

表 15 人工块体的尺寸和表面缺陷的允许偏差

项 目		允许偏差	适用条件
尺寸	断面尺寸（长、宽或直径）	$\pm 1.0\text{cm}$	扭工字型块体、扭王字型块体、四脚锥体
	长度（横、竖杆或脚）	$\pm 1.5\text{cm}$	
	断面尺寸（长或宽）	$\pm 1.0\text{cm}$	栅栏板、四脚空心块
	空格尺寸	$\pm 1.0\text{cm}$	
	长度（整体）	$\pm 1.0\text{cm}$	
	对角线	$\pm 2.0\text{cm}$	
表面缺陷	边棱残缺	$\leq 50\text{cm}^2$	各种人工块体
	麻面深度	$\leq 0.5\text{cm}$	
	模板交接面处错牙	$\leq 1.5\text{cm}$	

- 9.3.4 人工块体吊运时的混凝土强度应符合设计要求。
- 9.3.5 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。
- 9.3.6 安放人工块体前，应检查块石垫层的厚度、块石重量、坡度和表面平整度，不符合要求时，应进行修整。
- 9.3.7 四脚空心方块和栅栏板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 $\pm 10\text{cm}$ ；水下部位为 $\pm 15\text{cm}$ 。
- 9.3.8 护面层底部的人工块体应自下而上安放，底部块体与水下抛石棱体应接触紧密。
- 9.3.9 扭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，并不应使垫层块石外露。
- 扭王字型块体的安放可采用扭工字型块体的定点随机安放方法，块体在坡面上可斜向放置，并使块体的一半杆件与垫层接触，但相邻块体摆向不宜相同。
- 四脚空心方块和栅栏板的安放，块体间应互相靠紧使其稳固，坡面与坡肩连接处的三角缝可用块石等填塞。
- 9.3.10 人工块体的安装允许偏差应符合下列规定。
- 9.3.10.1 扭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 $\pm 5\%$ 。扭王字型块体，其安放的数量不宜低于设计要求。
- 9.3.10.2 四脚空心方块和栅栏板的安放，相邻块体最大高差不大于 15cm，砌缝最大宽度不大于 10cm。
- 9.3.11 护面块石的长边尺寸宜不小于护面层的设计厚度，石料重量不应小于设计的重量。
- 9.3.12 安放一层块石护面层的质量，应符合下列要求。

- 9.3.12.1 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。
- 9.3.12.2 坡面上不得有连续两块以上块石垂直于护面层的通缝。
- 9.3.13 干砌块石的护面层应采用立砌（长边垂直于坡面），块石长边尺寸不应小于护面层的设计厚度。
- 9.3.14 干砌块石护面宜采用 45°斜向自下而上分层砌筑或正向水平分层砌筑。干砌块石应紧密嵌固，相互错缝，块石与垫层相接处块石间的空隙应从坡面内侧用二片石填紧。
- 9.3.15 干砌块石护面层的允许偏差应符合表 16 的要求。

表 16 干砌块石护面层允许偏差

项 目	允许偏差 cm
砌缝宽度	≤3
三角缝宽度	≤7
表面平整度	≤4
通缝长度	≤100
相邻块顶面高差	≤3

- 9.3.16 浆砌块石的护面层宜采用座浆法砌筑，块石间不应直接接触，砌缝的砂浆应饱满，并进行勾缝。断面尺寸不应小于设计值，砂浆标号应在合格标准之内。浆砌块石护面层宜一次砌到顶，当需分次砌筑时，应缩短间隔时间。
- 9.3.17 浆砌块石护面层的允许偏差应符合表 17 的要求。

表 17 浆砌块石护面层允许偏差

项 目	允许偏差 cm
砌缝宽度	≤4
三角缝宽度	≤8
通缝长度	≤100
块石表面平整度	≤4
相邻块顶面高差	≤3

- 9.4 吹填
- 9.4.1 可根据填芯面积、填芯高度，进行分层分区吹填。
- 9.4.2 吹泥管口距倒滤层坡脚距离不应小于 5m，必要时经试吹确定。
- 9.4.3 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。
- 9.4.4 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。
- 9.5 防浪胸墙
- 9.5.1 现浇混凝土防浪胸墙的模板，应考虑施工期波浪作用。胸墙与抛石岛体接触处应防止漏浆。
- 9.5.2 掺块石混凝土防浪胸墙，应符合 JTJ 268 的有关规定。



- 9.5.3 浆砌块石防浪胸墙，宜采用分层座浆砌筑。块石应上下错缝，内外搭砌，砌筑砂浆应饱满。勾缝应密实牢固。浆砌块石防浪胸墙的施工缝，应留阶梯形接茬，其台阶高度宜不大于 1.2m。
- 9.5.4 对于较长防浪胸墙所设置的变形缝，缝内应按设计要求填放弹性材料，不得透空。
- 9.5.5 现浇混凝土和浆砌块石防浪胸墙的允许偏差应符合表 18 和表 19 的规定。

表 18 现浇混凝土防浪胸墙允许偏差

项 目	允 许 偏 差 cm
顶面高程	± 3
临水面与准线	± 3
两侧平整度	± 2
相邻段错牙	2

表 19 浆砌块石和毛料石防浪胸墙允许偏差

项 目		允 许 偏 差 cm	
		浆 砌 块 石	浆砌毛料石
顶面高程		± 4	± 2
临水面与准线		± 3	± 3
正面平整度		4	2
断面尺寸		± 5	± 4
正面竖向倾斜	前倾	0	0
	后倾	$H_0^*/100$	$H_0^*/100$

\*  $H_0$ 为防浪胸墙高度，单位为毫米（mm）。

9.6 软基处理

- 9.6.1 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覆盖，避免流失。
- 9.6.2 砂井的施工方法应根据机具设备而定，宜采用活瓣桩尖钢管打入法或钻孔法等。
- 9.6.3 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。灌砂率对于套管法砂井不得小于设计值的 85%，对于袋装砂井不得小于 95%。
- 9.6.4 排水板长度不应短于设计要求。
- 9.6.5 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 5mm；基底面中心的沉降每昼夜宜小于 10mm。
- 9.6.6 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。

10 竣工验收

人工岛竣工尺寸偏差的允许值除应符合本标准施工允许偏差外，尚应符合表 20 的规定。

表 20 人工岛竣工尺寸的允许偏差

项 目	允 许 偏 差
岛面高程	$\pm 5\text{cm}$
岛面长、宽或直径, m	$\pm 1/200$ 长、宽或直径, 且不应超过 $\pm 2.0\text{m}$
岛体平面方向	$\pm 30'$

附录 A  
(资料性附录)  
构件材料重度标准值

构件材料重度标准值见表 A. 1。

表 A. 1 构件材料重度标准值

材 料	重度标准值 kN/m <sup>3</sup>	
	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 26.5kN/m <sup>3</sup> 时，表中浆砌块石的重度应适当提高。		

附 录 B  
(资料性附录)  
填料重度和内摩擦角标准值

填料重度和内摩擦角的标准值见表 B. 1。

表 B. 1 填料重度和内摩擦角的标准值

填 料 名 称	重 度 $\gamma$ kN/m <sup>3</sup>		内摩擦角 $\phi$ (°)	
	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 $\gamma$ 、 $\phi$ 值。				

附 录 C  
(资料性附录)  
摩擦系数设计值

摩擦系数设计值见表 C. 1。

表 C.1 摩擦系数设计值

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结构	0.65
抛石基础与地基土	地基为细砂~粗砂	0.50~0.60
	地基为粉砂	0.40
	地基为砂质粉土	0.35~0.50
	地基为黏土、粉质黏土	0.30~0.45

**附录 D**  
**(资料性附录)**  
**条文说明**

为方便查阅，条文说明中的编号与正文中的编号对应。

## 1 范围

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、海上机场和港口等用途的斜坡式砂石人工岛。

## 5 一般规定

5.1 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。

5.2 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，宜选用矩形岛体或中间直两头圆的岛体。矩形岛体的四角应设弧面切角。

5.3 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。

5.4 根据岛体面积大小，应在岛体边缘设置 1 个~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，应设置直升机坪和码头。

5.5 人工岛是海上结构物，施工及使用期间均与海图水深密切相关，故宜以理论深度基准面作为高程基准面。

5.7 因客观条件的限制，理论计算无法准确地反映实际情况，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。

5.8 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。

5.9 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。

5.10 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。

## 6 作用的分类及组合

6.1 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。

6.2 本条荷载是按时间的变异划分的。若按空间位置的变异可分为：固定作用（在结构上具有固定分布的作用，如结构自重力和固定设备自重力等）、自由作用（在结构的一定范围内可以任意分布的作用，如堆货荷载和流动起重运输机械荷载等）。若按结构的反应可分为：静态作用（加载过程中使结构产生的加速度可以忽略不计的作用，如自重力、堆货荷载和土压力等）、动态作用（加载过程中使结构产生不可忽略的加速度的作用，如船舶撞击力、汽车荷载和地震作用等）。

## 7 岛体结构

### 7.1 材料

7.1.1 抛筑岛壁的石料不能在自重力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，不呈片状，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，0.1kN~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。

7.1.2 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 1.8mL/(cm<sup>2</sup>·s)~2.5mL/(cm<sup>2</sup>·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，使砂袋上层泥水变清，排水较畅，故可选用编织较紧密的袋布，选用丝宽 1.6mm~1.8mm，每平方英寸内经线×纬线 = 16 根×16 根，其等效孔径不大于 0.25mm，透水能力为 0.26mL/(cm<sup>2</sup>·s)~0.71mL/(cm<sup>2</sup>·s)。使用证明，其透水能力可满足充填时滤水要求，砂袋也具有一定的抗水流淘刷能力。

当水力充填砂或用混凝土泵送泥浆充袋时，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，从而降低充袋土单价；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。

通过对不同颗粒级配土料的充填效果进行对比可以看出，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，黏粒含量 10% 左右的轻亚黏土及粉砂质土料，不宜用水力充填法灌袋，因为其效果很差，但可改用混凝土泵或砂浆泵充填，尚能取得很好的效果。

对于黏粒含量大于 15% 的黏性土料，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。

7.1.3 本条参照 JTJ 298 的有关规定进行编制。

### 7.2 岛壁、棱体与戗台

7.2.3 对于斜坡式砂石人工岛，经常采用的岛壁外坡坡度为 1:2~1:3。

7.2.4 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。

7.2.5 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。

7.2.6 施工水位应根据施工能力确定，一般略高于平均潮面。

### 7.3 护面

7.3.2 条文中确定护面块体重量的公式，采用了目前国内外常用的赫德逊（Hudson）公式。

7.3.3 波浪作用下砌石护面的破坏特点是坡面的法线方向内外压力差使块石脱出失稳。确定砌石护面的稳定性，一般按护面层厚度控制。

7.3.4 本条参照 JTJ 298 的有关规定进行编制。

7.3.5 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。

7.3.6 浆砌石护面层的破坏,主要由于堤身的不均匀沉降,而使护面层开裂;或由于在波浪作用下护面层后水位上升,而在退波时因泄水不畅,致使护面层在水压作用下局部掉落,并逐渐发展。因此浆砌块石护面层应设置变形缝和排水孔。条文中提出的数值要求是总结实际工程的经验得出的。

#### 7.4 护底

7.4.1 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。

7.4.2 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。

7.4.3 本条参照 JTJ 298 的有关规定进行编制。

7.4.4 本条参照 JTJ 298 的有关规定进行编制。

7.4.5 护底的作用是防止堤前的地基土壤被冲刷,造成护面层和抛石棱体的下滑或局部坍塌,从而影响堤的稳定性。条文中护底块石层的厚度和宽度,以及在护底块石层下铺设碎石层的厚度是实际工程中一般采用的数值。

#### 7.5 填芯

7.5.1 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土粒较粗,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,或土料有变化则会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,水分难以排出。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。

7.5.2 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:倒滤层某一层的颗粒不应穿过粒径较大一层的孔隙;每一层内的颗粒不应发生移动;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;倒滤层不应被淤塞,即特别小的土粒能通过反滤料的孔隙。

7.5.3 参照 JTJ 033 对路基压实度的最低要求提出本条规定。

#### 7.6 防浪胸墙

7.6.1 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。

7.6.4 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。

7.6.5 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。

7.6.6 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。

#### 7.7 岛面

7.7.2 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。

7.7.3 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。



## 8 整体稳定与地基

### 8.1 整体稳定

8.1.1~8.1.5 参照 JTJ 250 的有关规定进行编制。

8.1.6 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。

### 8.2 地基沉降

8.2.1~8.2.4 参照 JTJ 250 的有关规定进行编制。

8.2.5 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。

### 8.3 软基处理

8.3.1 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。

8.3.2 砂垫层及砂井所用砂料必须具有较高的透水性，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 0.1mm~0.3mm，不均匀系数为 3~4；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，如美国有的工程规定砂砾料的渗透系数必须大于  $5.3 \times 10^{-3}$  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。 $D_{10}$ ， $D_{15}$ ， $D_{85}$  分别为砂料级配曲线上小于某粒径土粒重量占总重量的 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。

8.3.3 在实践中，井深一般为 3m~20m，绝大部分为 5m~10m。

8.3.4 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准确，故还要依靠经验的判定。根据统计，井径的一般范围为 15cm~75cm，其中 20cm~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 1m~5m，较常用的是 2m~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。

8.3.5 按排水条件要求，砂井顶的排水砂垫层有 0.2m~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。

## 9 施工

### 9.1 施工测量

施工测量按 SY/T 4100 的有关规定进行。

### 9.2 抛石

9.2.1 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。

9.2.2 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。

9.2.3 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。据调查，有的工程因抛填程序、加荷速率控制不严而造成质量事故。为引起重视，故对软土地基上的抛填做了具体规定。尤其是对设计有控制加荷速率要求的工程，更应注意并做好沉降监测。

9.2.4~9.2.6 参照 JTJ 298 的有关规定进行编制。

### 9.3 护面块体

9.3.1 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。

9.3.2~9.3.3 参照 JTJ 298 的有关规定进行编制。

9.3.4 人工块体的起吊强度一般取用 28d 养生期强度。

9.3.8 本条强调护面块体应蹬紧水下棱体,以防止护面块体发生下滑或变形“拔缝”。施工中应先做压脚棱体,再安护面块体,同时要坚持自下而上的安装方法,才能有效地保证块体与棱体接触紧密。

9.3.9 对扭王字型块体安放的要求,从扭王字型块体应用的实际效果看,规则安放没有定点随机安放好,正向放置没有斜向放置好。因此本条规定扭王字型块体宜采用定点随机安放。条文中“使块体的一半杆件与垫层接触”,是指块体肢杆中有一个肢杆和另一肢杆端同时“着地”,在吊放中辅以人工扶位,基本可以做到。

9.3.10~9.3.11 参照 JTJ 298 的有关规定进行编制。

9.3.12 对立放一层块石护面层施工质量的要求,SY/T 4097—1995 规定坡面上不允许有垂直护面的通缝,较为严格并难以做到。据调查,已完成的工程中个别地方存在有两块块石的通缝,并未给建筑物造成损坏,因此,吸收部分单位的意见,对 SY/T 4097—1995 进行了适当修正,规定不允许有连续两块块石以上垂直于护面的通缝(不包括两块块石所形成的通缝)。

9.3.14 总结多年干砌护坡的施工经验,采用 45°斜向自下而上分层砌筑的优点较多,还可避免垂直坡面的通缝,故推荐采用。

9.3.15 本条参照 JTJ 298 的有关规定进行编制。

9.3.16 浆砌块石护面层的质量,关键在砌缝中是否填满砂浆,从不少已损坏的浆砌块石护面看,砌缝往往是缺少砂浆或块石间直接接触,因此,条文推荐并强调采用“座浆法砌筑”,并规定块石不应直接接触,砌缝中应填满砂浆。

条文中要求浆砌块石宜一次砌到顶,是针对污染较严重的区域制定的。如不可能一次到顶时,应尽量缩短间歇时间,在下一段砌筑时,应对接茬处进行清理。

9.3.17 本条参照 JTJ 298 的有关规定进行编制。

### 9.4 吹填

9.4.1 分区隔堤可用吹填砂袋堆筑。每层厚度应视吹填土质及固结时间要求而定。

9.4.2 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。

9.4.3 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。

9.4.4 吹填过程中不得出现超标准、超范围的悬浮泥浆污染区。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。

### 9.5 防浪胸墙

9.5.1 本条文主要是从工序安排提出要求胸墙尽可能安排到工程后期施工,从而避免以往在施工当中堤体抛石刚完成不久就急于胸墙施工,结果常因堤体的不均匀沉降而导致胸墙开裂、斜歪等质量问题。

9.5.2 本条主要考虑胸墙结构一般是少筋或是素混凝土结构,且体积较大,有掺块石的条件,是从节约角度出发的,施工时可按 JTJ 268 规定执行。

9.5.3 本条文是参照同类型浆砌块石墙的施工要求而提出的,主要是考虑尽量减少施工接茬对胸墙整体性的影响。

9.5.5 条文中对现浇混凝土胸墙允许偏差的要求,是参照直立式防波堤现浇胸墙,并考虑斜坡堤胸

墙特点制定的,临水面与准线偏差是考虑了胸墙在抛石堤顶起筑的,且高度较矮,所以要求高度偏差允许值为 $\pm 30\text{mm}$ 。条文中对浆砌毛料石的要求略高于浆砌块石,主要考虑这类胸墙普遍都有表面美观的要求。

## 9.6 软基处理

9.6.1 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。

9.6.2 常用的两种筑砂井方法为: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 $1.5\text{t}$ ,落距 $1.5\text{m}\sim 3\text{m}$ 。桩打到设计深度后,即刻上拔 $0.5\text{m}\sim 1\text{m}$ ,以便活瓣桩尖张开,灌砂毕拔桩,拔桩速度一般控制在 $4\text{m}/\text{min}\sim 6\text{m}/\text{min}$ 。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、灵敏度高的软黏土不适宜,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)、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 $5\text{m}$ ,孔径 $20\text{cm}$ 以内,土质不是太容易坍塌时,用此法较为合适)。

9.6.3 本条参照 JTJ 250 的有关规定进行编制。

9.6.5 本条参照 JTJ 250 的有关规定进行编制。

9.6.6 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。

## 10 竣工验收

验收时,人工岛竣工尺寸偏差是指按国家现行的有关规范所确定的检验方法测量得出的结果。

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  
SY/T 4097—2010

石油工业出版社出版  
(北京安定门外安华里二区一号楼)  
石油工业出版社印刷厂排版印刷  
新华书店北京发行所发行

880×1230 毫米 16 开本 2.25 印张 62 千字 印 1—1500  
2010 年 8 月北京第 1 版 2010 年 8 月北京第 1 次印刷  
书号: 155021·6472 定价: 18.00 元  
版权专有 不得翻印