

ICS 75 - 010

E 71

备案号: 29415—2010

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 4099—2010

代替 SY/T 4099—1995

滩海海堤设计与施工技术规范

Technical specification of designing and
constructing seawall 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

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般规定 2

5 海堤设计 2

5.1 安全等级 2

5.2 设计潮位 2

5.3 设计波浪 3

5.4 荷载及荷载组合 3

5.5 海堤断面 3

5.6 挡浪墙的构造及强度、稳定计算 9

5.7 海堤防护结构..... 11

5.8 海堤稳定与沉降计算..... 17

5.9 海堤软土地基处理..... 20

6 海堤施工..... 20

6.1 施工测量..... 20

6.2 地基施工..... 21

6.3 围堰施工..... 22

6.4 海堤土石方施工..... 22

6.5 防护工程施工..... 25

6.6 施工观测..... 30

前 言

本标准代替 SY/T 4099—1995《滩海海堤施工技术规范》。

本标准与 SY/T 4099—1995 相比，主要变化如下：

- 完善了术语和定义。
- 完善了海堤设计标准、荷载及荷载组合、海堤断面设计、海堤防护结构等章节的内容。
- 增加了波浪爬高、挡浪墙稳定、海堤整体稳定和沉降等计算公式和方法。
- 补充了海堤填筑的标准和堤脚防护的内容。
- 栅栏板护坡增加了在栅栏板下铺设平整的砌石或混凝土板护面的要求。
- 完善了海堤地基处理、海堤土方及护坡工程施工的内容。
- 增加了海堤围堰、抛石堤、FS 浆垫护坡、海堤堤脚加固工程施工的内容。

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：胜利油田胜利工程建设（集团）有限责任公司、胜利油田胜利工程设计咨询有限责任公司。

本标准主要起草人：张秀兰、徐维平、王庆水、蒲高军、姜则才、李学平、贾素媛、王建龙、侯艳斌。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- SY/T 4099—1995。

滩海海堤设计与施工技术规范

1 范围

本标准规定了滩海区域海堤工程设计及施工应遵循的规定及计算方法。
本标准适用于滩海区域内新建及改、扩建海堤工程的设计及施工。

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。

GBJ 107 混凝土强度检验评定标准
GB 13476 先张法预应力混凝土管桩
GB 50123 土工试验方法标准
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
DL/T 5129 碾压式土石坝施工规范
JTJ 213 海港水文规范
JTJ/T 239 水运工程土工合成材料应用技术规范
JTJ 250 港口工程地基规范
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

围堤 enclosing seawall

在滩海圈闭部分海域所修筑的一面临海的海堤。

3.2

突堤 outstanding bank

从岸线向海域丁字形伸出的两面临海的海堤，一般与结构物相衔接。

3.3

戗台 hip pedestal

为加固堤身而设置的戗堤的顶面，戗台低于主堤顶。

3.4

滩海 beach-shallow sea

潮上带、潮间带与浅海的总称，均属海岸带的一部分。

3.5

重现期 recurrence period

再次出现较给定的环境参数相同或更为严重的情况所需的概率平均年数。

3.6

海堤极限高度 limit height of seawall

海堤填筑施工时，地基土达到剪切破坏临界值的最大高度。

3.7

极限波高 limit wave height

波浪在浅水中发生破碎时的破碎波高，代表该水深中可能发生的最大波高，称极限波高。

3.8

FS 浆垫 FS sand syrup mat

FORESHORE 浆垫系列的简称，是一种新型土工模袋。

4 一般规定

4.1 工程设计应符合所在海岸带综合规划或防潮规划。

4.2 海堤工程设计应在水深、地形测量、工程地质、水文、气象等环境资料齐全、可靠的基础上进行；海堤改、扩建设计还应具备海堤工程现状等资料。

4.3 海堤工程设计应做好调查研究，做到因地制宜就地取材，并宜采用经试验、鉴定证实现行之有效的新技术、新结构、新工艺、新材料。

4.4 海堤结构的水力模型试验，应根据海堤安全等级和具体情况确定：对安全等级为Ⅰ级的海堤，应进行水力模型试验；对安全等级为Ⅱ级的海堤，宜进行水力模型试验；对安全等级为Ⅲ级的海堤，当有特殊需要时，宜进行水力模型试验。

4.5 沿海堤轴线应设置一定数量的永久观测点，以便于对海堤的沉降、位移进行定期观测。

4.6 围堤应根据其设计标准等级、地基情况等，在背海面坡脚处划定一定宽度的护堤地，其高程不得低于原自然地面。

4.7 平面坐标系统应采用 1954 年北京坐标系。

4.8 高程系统应采用 1985 年国家高程基准面。

5 海堤设计

5.1 安全等级

海堤安全等级划分应符合表 1 的规定。

表 1 海堤结构安全等级表

级别	围 堤	突 堤
Ⅰ	保护范围内原油年生产能力在 $100 \times 10^4 \text{t}$ 以上	长度大于 3km 或海堤的终点海图水深不小于 2.0m
Ⅱ	除Ⅰ级、Ⅱ级以外的所有海堤	
Ⅲ	保护范围内原油年生产能力在 $50 \times 10^4 \text{t}$ 以下	长度小于 2km 且海堤的终点海图水深小于 1.0m

5.2 设计潮位

5.2.1 海堤工程的设计潮位应包括：设计高水位、设计低水位、极端高水位、极端低水位。

5.2.2 设计高水位应采用高潮累积频率 10% 的潮位或历时累积频率 1% 的潮位。

5.2.3 设计低水位应采用低潮累积频率 90% 的潮位或历时累积频率 98% 的潮位。

5.2.4 Ⅰ级、Ⅱ级海堤设计极端高水位应为重现期 50 年一遇的高潮位，Ⅲ级海堤设计极端高水位应为重现期 25 年一遇的高潮位。

5.2.5 Ⅰ级、Ⅱ级海堤设计极端低水位应为重现期 50 年一遇的低潮位，Ⅲ级海堤设计极端低水位应为重现期 25 年一遇的低潮位。

5.2.6 设计高水位、设计低水位、极端高水位、极端低水位的统计及计算应按JTJ 213 中的方法进行。

5.3 设计波浪

5.3.1 设计波浪标准应包括设计波浪的重现期和设计波高在波列中的累积频率。对于不同的设计内容，应采用不同的设计波浪标准。

5.3.2 设计波浪重现期应符合表 2 的规定。

表 2 设计波浪重现期

海堤结构型式	海堤安全等级	重现期, 年
直立式或混合式	I, II, III	50
斜坡式	I, II	50
	III	25

注：临时性的海堤，可根据业主要求，适当降低重现期标准。

5.3.3 设计波高的波列累积频率应符合表 3 的规定。

表 3 设计波高的波列累积频率

海堤结构型式	部 位	计算内容	波列累积频率 $F, \%$
直立式、混合式	上部结构、墙身	强度、稳定性	1
	基床、护坡、护底块体	稳定性	5
斜坡式	挡浪墙、堤顶方块	强度、稳定性	1
	护面块体	稳定性	13*
	护底块（片）石	稳定性	13

注：当推算的波高大于浅水极限波高时，应采用极限波高计算。
* 当平均波高 H 与水深 d 的比值小于 0.3 时，护面块（片）石、人工块体稳定计算时波列累积频率 F 宜采用 5%。

5.3.4 不同重现期设计波浪的推算和各种累积频率波高间的换算应按 JTJ 213 中的方法进行。

5.4 荷载及荷载组合

5.4.1 海堤结构的荷载及荷载组合应按 SY/T 4084 的规定确定。

5.4.2 荷载组合应符合下列原则：

- a) 对有可能同时作用于结构物上的荷载，应按其最不利的情况组合。地震荷载应不与其他环境荷载组合。
- b) 同一结构物不同构件及不同的计算项目，应按各自的最不利情况，分别进行荷载组合。
- c) 受水位影响的结构物，荷载组合时，水位应作为一个条件加以组合。

5.5 海堤断面

5.5.1 型式

5.5.1.1 海堤主体断面型式有斜坡式、复合斜坡式、直立式和混合式，宜分别符合图 1、图 2、图 3 及图 4 的要求。

5.5.1.2 海堤断面型式选择，应根据海洋环境条件、地质条件、材料来源、使用要求和施工条件综合考虑，并经技术、经济比较后确定。

5.5.1.3 直立式、混合式断面形式与结构计算等，应按 JTJ 213 和 JTJ 298 的有关规定进行。

5.5.1.4 堤线较长的海堤，应根据沿堤线水深、海洋环境条件和地质条件的变化，进行分段设计，

宜采用不同的断面型式。

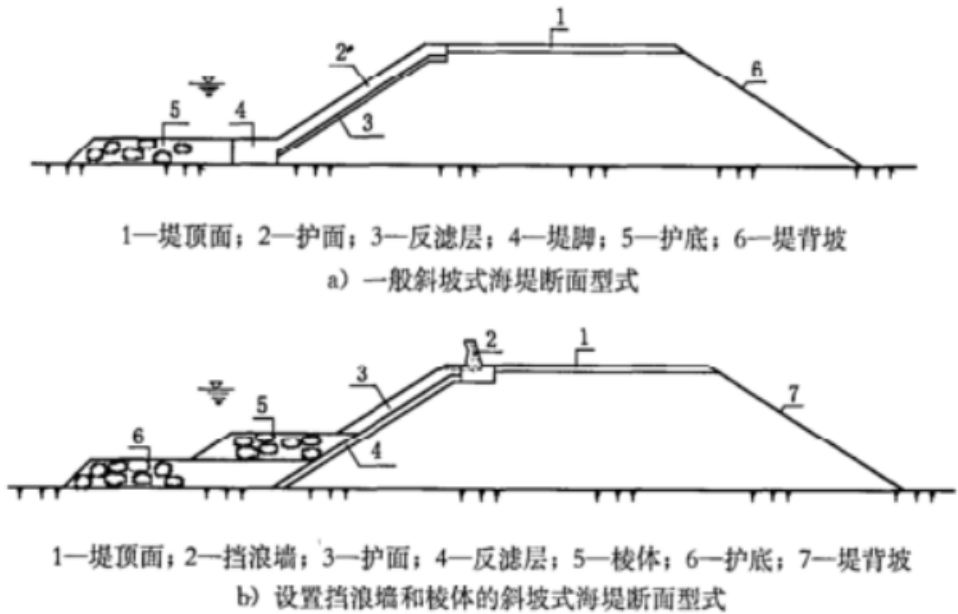


图1 一般斜坡式海堤主体断面型式

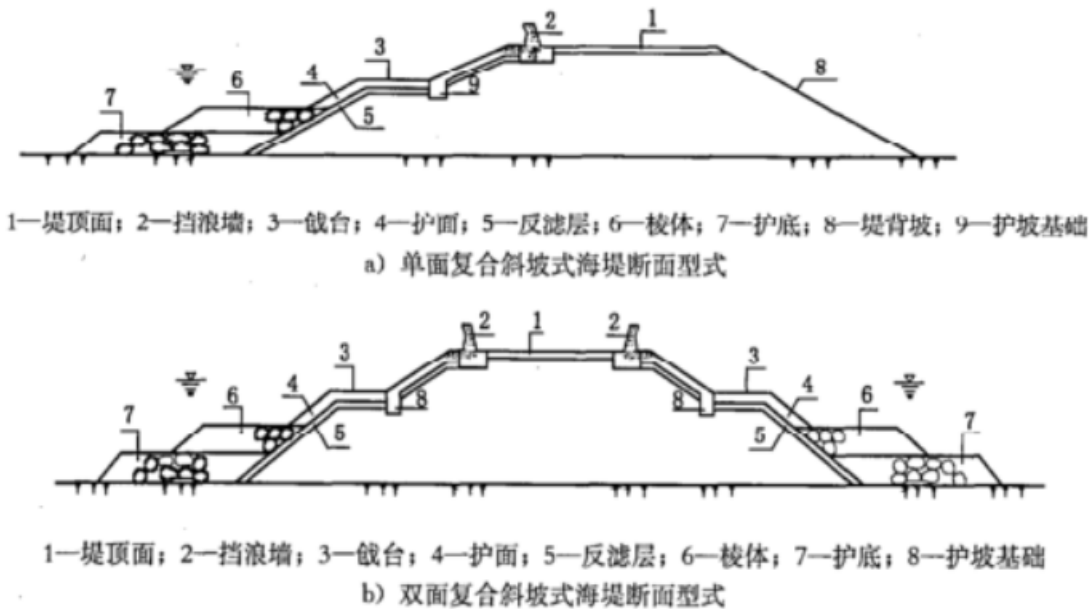


图2 复合斜坡式海堤主体断面型式

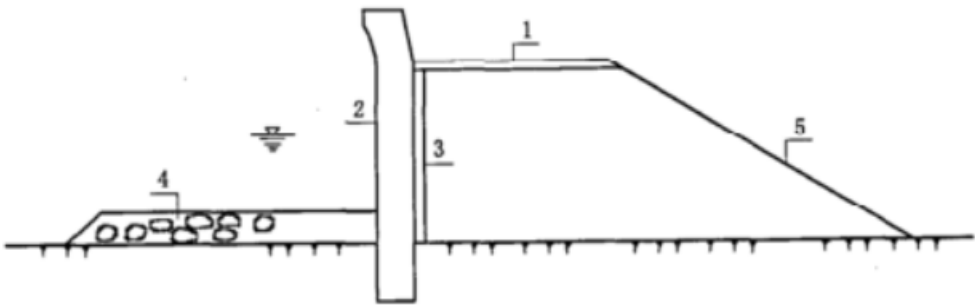
5.5.2 基本尺寸确定

5.5.2.1 堤顶设计高程确定。堤顶高程是指海堤顶面外沿的高程，宜按式(1)计算。

$$z_p = h_p + R + \Delta h \quad \dots\dots\dots (1)$$

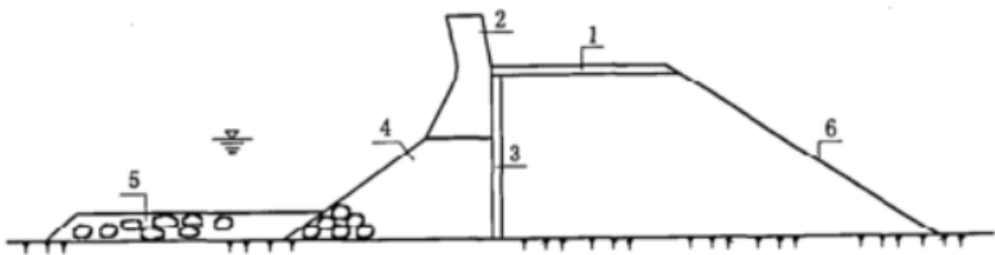
式中：

- z_p ——设计年频率的堤顶设计高程，m；
- h_p ——设计年频率设计高潮位值，m；
- R ——设计波浪的爬高值，m；波高采用设计高水位，波高累积频率为13%的波高值；
- Δh ——安全超高(0.5m~1.0m)。



1—堤顶面；2—防护墙；3—反滤层；4—护底；5—堤背坡

图3 直立式海堤主体断面型式



1—堤顶面；2—挡浪胸墙；3—反滤层；4—复合体；5—护底；6—堤背坡

图4 混合式海堤主体断面型式

5.5.2.2 斜坡堤的波浪爬高宜按下列规定确定：

a) 正向规则波在斜坡堤上的爬高，如图5所示，可按式(2)～式(6)计算。

$$R = K_{\Delta} \cdot R_1 \cdot H \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$R_1 = K_1 \cdot \text{th}(0.432M) + [(R_1)_m - K_2]R(M) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$M = \frac{1}{m} \left(\frac{L}{H} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\text{th} \frac{2\pi d}{L} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$(R_1)_m = \frac{K_3}{2} \text{th} \frac{2\pi d}{L} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\text{sh} \left(\frac{4\pi d}{L} \right)} \right] \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$R(M) = 1.09M^{0.32} \exp(-1.25M) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：
R——波浪爬高，m；从静水位起算，向上为正；
R₁——K_Δ = 1，H = 1m时的波浪爬高，m；
H——波高，m；
K_Δ——糙渗系数，由表4确定；
(R₁)_m——相应于某一d/L时的波浪爬高最大值，m；
L——波长，m；
d——水深，m；
M——与斜坡的m值有关的函数；
R(M)——爬高函数；
K₁，K₂，K₃——系数，由表5确定。

表 4 糙渗系数 K_{Δ}

护面结构型式	K_{Δ}
整片光滑不透水护面	1.00
混凝土护面	0.90
砌石	0.75~0.80
块石（安放一层）	0.60~0.65
四角空心方块（安放一层）	0.55
块石（抛填二层）	0.50~0.55
混凝土方块（抛填二层）	0.50
栅栏板	0.49
扭王字块体	0.47
四脚锥体（安放二层）	0.40
扭工字块体（安放二层）	0.38

表 5 系数 K_1, K_2, K_3

K_1	K_2	K_3
1.24	1.029	4.98

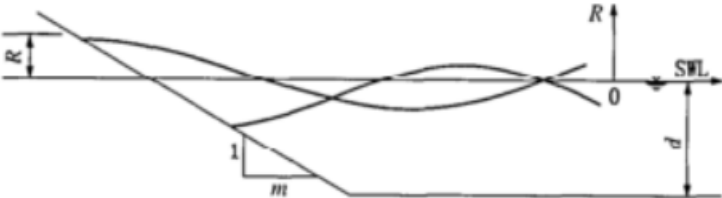


图 5 斜坡上的波浪爬高

b) 在风直接作用下，不规则波的爬高按式（7）计算。

$$R_{1\%} = K_{\Delta} \cdot K_U \cdot R_1 \cdot H_{1\%} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- $R_{1\%}$ ——累计频率为 1% 的爬高，m；
- K_U ——与风速有关的系数，可按表 6 确定；
- R_1 —— $K_{\Delta} = 1, H = 1\text{m}$ 时的波浪爬高，m；计算时波坦取 $L/H_{1\%}$ 。

为确定其他累计频率的爬高 $R_{F\%}$ ，可将 $R_{1\%}$ 乘以表 7 中的换算系数。

5.5.2.3 对于设有挡浪墙的海堤，挡浪墙顶高程应由试验确定。不允许越浪时，挡浪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（该波高为设计高水位时的波高，波高累计频率为 1%）。

5.5.2.4 海堤应预留沉降量。沉降量可根据堤地质、堤身材料及填筑压实度等因素分析计算确定。

表 6 系数 K_U

U/C	≤ 1	2	3	4	≥ 5
K_U	1.0	1.10	1.18	1.24	1.28
注 1: 波速 $C=L/T$, m/s。其中 L —波长, m; T —波浪周期, s。					
注 2: U —风速代表值, m/s。					

表 7 系数 K_F

$F, \%$	0.1	1	2	4	5	10	13.7	20	30	50
K_F	1.17	1	0.93	0.87	0.84	0.75	0.71	0.65	0.58	0.47
注 1: 对于断面形式复杂的斜坡堤, 波浪爬高宜通过模型试验确定。										
注 2: 在静水位上、下半个波高范围内设置戕台, 戕台宽度为 0.5 倍~2.0 倍波高时, 爬高 R 可相应减小 10%~15%。										
注 3: 本表中 $F=4\%$ 和 $F=13.7\%$ 的爬高分别相当于将不规则的爬高值按大小排列时, 其中最大 1/10 和 1/3 部分的平均值。										

5.5.3 堤顶宽度及构造

5.5.3.1 海堤堤顶宽度（不包括挡浪墙的宽度）应根据海堤结构、堤身稳定、防渗、防风暴潮、使用、维修及管理的要求确定。Ⅰ级海堤顶行车道宽度不宜小于 7m；Ⅱ级海堤顶行车道宽度不宜小于 6m；Ⅲ级海堤顶行车道宽度不宜小于 4m。

5.5.3.2 根据需要，宜在堤顶宽度以外设置回车场、错车台、存料场，其具体布置及尺寸宜根据需要确定。

5.5.3.3 为便于维修和管理，应设置上堤坡道，坡道的位置、坡度、顶宽、结构等宜根据需要确定。

5.5.3.4 堤顶路面结构应根据防汛、管理的要求，并结合堤身土质、气象等条件进行选择，Ⅰ级、Ⅱ级海堤宜为沥青或水泥混凝土路面，Ⅲ级海堤宜为固化土或砂石路面。

5.5.3.5 堤顶应设单向或双向的横向坡度，坡度宜采用 1.5%~3%。

5.5.3.6 为减少越浪，堤顶宜修建挡浪墙，挡浪墙构造见 5.6.1。

5.5.4 海堤边坡

5.5.4.1 海堤边坡坡度应根据堤型、堤高、地基土质、堤前波浪、护坡结构及筑堤材料、施工等因素确定，亦可参照表 8 采用。

5.5.4.2 对水深较大的斜坡堤堤头，宜将堤头段两侧的坡度适当放缓，坡度放缓段长度宜采用 15m~30m。

表 8 海堤边坡坡度

护面型式	边坡坡度	无护面堤内坡坡度
干砌块石护坡	1:2.0~1:3.0	黏性土 1:1.75~1:3.0 粉性土 1:3.0~1:5.0 砂性土 1:3.0~1:5.0
浆砌块石护坡	1:1.5~1:2.0	
抛石护坡	1:3.0	
蘑菇石护坡	1:2.0~1:3.0	
栅栏板护坡	1:1.5~1:2.5	
预制混凝土块护坡	1:2.0~1:3.0	

5.5.5 戕台及堤脚棱台

5.5.5.1 戕台应根据堤身稳定、管理和施工的需要分析确定。当堤身高度超过 4m 时，宜设置戕台，

背海侧戗台宽度不宜小于 1.5m，临海侧戗台的宽度宜取 1 倍～2 倍的设计波高值，且应不小于 2.5m。

5.5.5.2 海堤临海侧设置的戗台，当水上部分护面采用干砌石或人工砌块时，戗台顶高程宜取设计高潮位；当水上部分护面采用浆砌石或现浇混凝土时，宜在施工水位以上。

5.5.5.3 对于设置水下抛石棱体的断面，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，棱体的顶面宽度不宜小于 1.5m，棱体的高度不宜小于 1.0m。棱体块体重量经计算或模型试验确定。

5.5.6 海堤堤身填筑材料及填筑标准

5.5.6.1 海堤堤身宜为均质土堤或抛石堤，填筑材料应满足下列条件：

- a) 堤身填筑的土、石料应具有与其使用目的相适应的工程性质，并具有较好的长期稳定性。
- b) 下列土不宜做堤身填筑土料，当需要时，应采取相应的处理措施：
 - 1) 淤泥或自然含水率高且黏粒含量过多的黏土。
 - 2) 粉细砂土。
 - 3) 冻土块、水稳定性差的膨胀土、分散性土等。
- c) 抛石堤的石料应不呈片状、无严重风化、无裂纹，在水中浸泡后的强度不应低于 30MPa。

5.5.6.2 土堤的填筑密度应根据海堤安全等级、堤身结构、土料特性、自然条件、施工机具及施工方法等因素，综合分析确定。当采取对土料加工处理或降低干密度、加大堤身断面和放缓边坡等措施时，应经技术经济比较后确定。

5.5.6.2.1 黏性土填筑的海堤，其填筑标准应按压实度确定，压实度值不应小于表 9 的规定。

表 9 黏性土压实度值

级别	压实度值	备 注
I	≥ 0.90	
II	≥ 0.88	
III	≥ 0.88	海堤高度大于或等于 6m
III	≥ 0.85	海堤高度小于 6m
注：压实度按 GB 50123 中规定的轻型击实标准击实试验方法进行。		

5.5.6.2.2 非黏性土填筑的海堤，其填筑标准应按相对密度确定，其值不应小于表 10 的规定。

表 10 非黏性土压实相对干密度值

级别	相对干密度值	备 注
I	≥ 0.65	
II	≥ 0.65	
III	≥ 0.65	海堤高度大于或等于 6m
III	≥ 0.60	海堤高度小于 6m
注：相对密度试验按 GB 50123 中规定的试验方法进行。		

5.5.6.3 抛石料的堤身压实程度与其最大粒径和颗粒级配有关，宜由碾压试验确定，一般要求孔隙率不大于 30%。

5.6 挡浪墙的构造及强度、稳定计算

5.6.1 挡浪墙构造

5.6.1.1 挡浪墙宜采用砌石结构、预制混凝土结构或现浇混凝土结构。

5.6.1.2 挡浪墙宽、高应通过模型试验或稳定计算确定，墙顶宽度应不小于 0.40m；挡浪墙的净高不宜超过 1.2m；挡浪墙迎浪面宜做成弧形的反浪曲面；并应按规定设置变形缝。

5.6.2 强度和稳定计算

5.6.2.1 作用于挡浪墙总波浪力和挡浪墙底面上的波浪浮托力宜按式 (8) 计算 (适用条件为无因次参数 $\xi \leq \xi_b$)。挡浪墙波压力图见图 6。

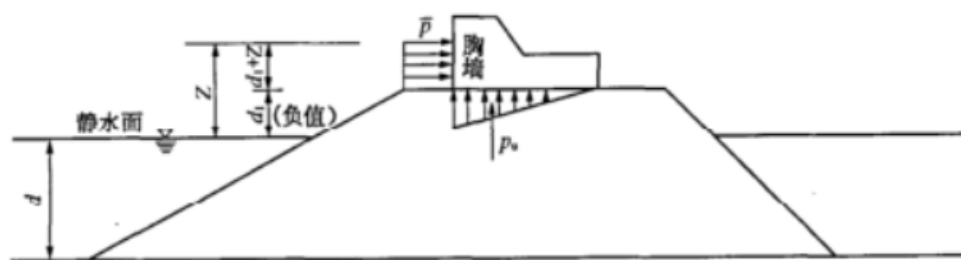


图 6 挡浪墙波压力图

a) 波峰作用时，挡浪墙上的平均波浪压力强度 \bar{p} (kPa) 的计算见式 (8)。

$$\bar{p} = 0.24\gamma \cdot H \cdot K_p \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

K_p ——与无因次参数 ξ 和波坦 L/H 有关的平均压强系数，由图 7 查得。

无因次参数 ξ 应按式 (9) 确定。

$$\xi = \left(\frac{d_1}{d}\right) \left(\frac{d}{H}\right)^{2\alpha} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

d_1 ——挡浪墙前水深，m；当静水面在挡浪墙底面以下时， d_1 为负值。

无因次参数 ξ_b 应按式 (10) 确定。

$$\xi_b = 3.29 \left(\frac{H}{L} + 0.043\right) \quad \dots\dots\dots (10)$$

当 $\xi = \xi_b$ 时，平均波浪压力强度 \bar{p} 达到最大值，挡浪墙上的 \bar{p} 作用的总高度应按式 (11) 确定。

$$d_1 + Z = H \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) K_z \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

K_z ——与无因次参数 ξ 和波坦 L/H 有关的波压力作用高度系数，由图 7 查得。

单位长度挡浪墙上的总波浪力 P (kN/m) 应按式 (12) 计算。

$$P = \bar{p}(d_1 + Z) \quad \dots\dots\dots (12)$$

b) 挡浪墙底面上的波浪浮托力 P_0 (kN/m) 应按式 (13) 计算。

$$P_0 = \mu \cdot \frac{b \cdot \bar{p}}{2} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中：

μ ——波浪浮托力分布图的折减系数，宜取 0.7。

5.6.2.2 挡浪墙抗滑、抗倾稳定验算应按下列方法进行。

a) 沿墙底抗滑稳定性的承载力极限状态设计表达式见式 (14)。

$$\gamma_0 \cdot \gamma_P \cdot P \leq (\gamma_G \cdot G - \gamma_u \cdot P_u) f + \gamma_E \cdot E_b \dots\dots\dots (14)$$

式中：

- G ——挡浪墙自重力标准值，kN；
- P ——作用在挡浪墙临海侧面上的水平波浪力标准值，kN；
- P_u ——作用在挡浪墙底面上的波浪浮托力标准值，kN；
- E_b ——当挡浪墙底面埋深大于或等于 1m 时，内侧面填土（石）的被动土压力，kN，可按有关公式计算并乘以折减系数 0.3 作为标准值；
- γ_0 ——结构重要性系数，按表 11 采用；
- γ_P ——水平波浪力分项系数，按表 12 采用；
- γ_u ——波浪浮托力分项系数，按表 12 采用；
- γ_G ——自重力分项系数，取 1.0；
- γ_E ——土压力分项系数，取 1.0；
- f ——挡浪墙底面摩擦系数设计值，宜按表 13 采用。

表 11 结构重要系数

安全等级	I 级	II 级	III 级
γ_0	1.1	1.0	0.9

表 12 分项系数

类别	稳定情况	水平波浪力分项系数	波浪浮托力分项系数
		γ_P	γ_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

表 13 摩擦系数设计值

材料和结构		f
混凝土与混凝土		0.55
浆砌石与浆砌石		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
	墙身为预制方块或浆砌石结构	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	0.35~0.50
	地基为砂质粉土	0.40
	地基为黏土、粉质黏土	0.30~0.45

b) 沿墙底抗倾稳定性的承载能力极限状态设计表达式见式 (15)。

$$\gamma_0(\gamma_P \cdot M_P + \gamma_u \cdot M_u) \leq \frac{1}{\gamma_d}(\gamma_G \cdot M_G + \gamma_E \cdot M_E) \dots\dots\dots (15)$$

式中：
 M_P ——水平波浪力的标准值对墙后趾的倾覆力矩，kN·m；
 M_u ——波浪浮托力的标准值对墙后趾的倾覆力矩，kN·m；
 M_G ——挡浪墙自重力的标准值对墙后趾的稳定力矩，kN·m；
 M_E ——土压力的标准值对墙后趾底面的稳定力矩，kN·m；
 γ_d ——结构系数，取 1.25。

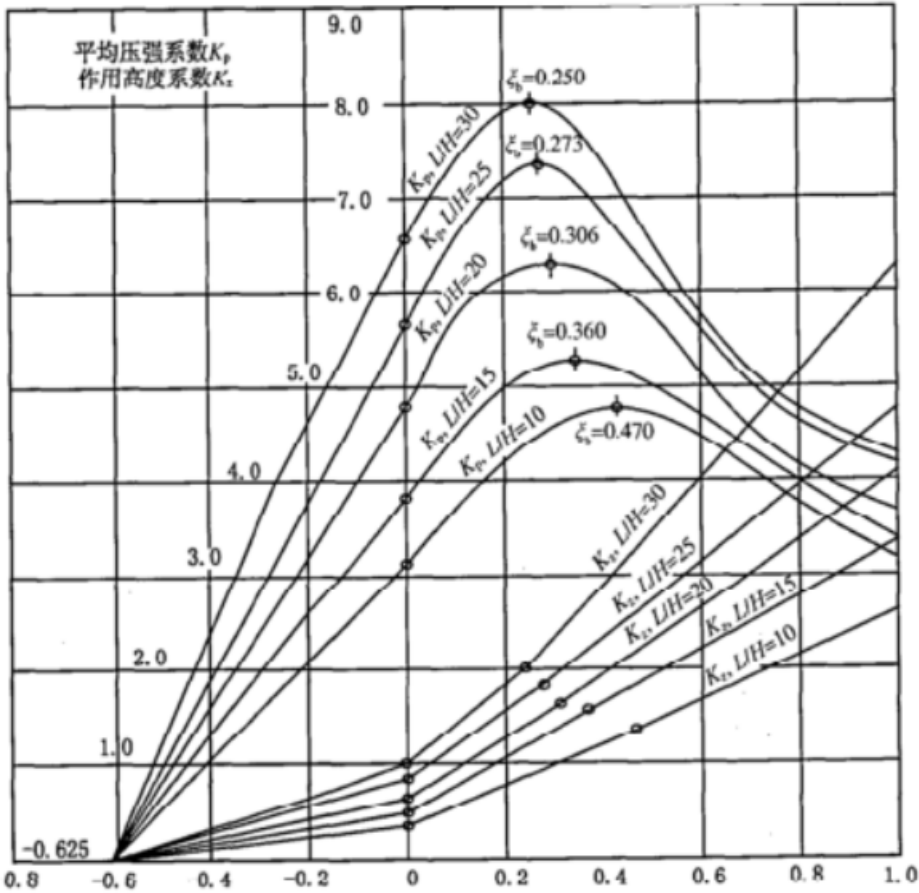


图 7 不同波坦情况下 K_p , $K_s - \xi$ 曲线

5.7 海堤防护结构

5.7.1 临海面堤坡防护

5.7.1.1 临海面堤坡宜根据潮位、波浪、风向等环境条件和堤身填筑材料采取不同的防护结构。

5.7.1.2 砌石护坡。

5.7.1.2.1 护坡面层厚度应不小于 0.4m。护坡面层下应设置垫层，垫层设置要求见 5.7.3。

5.7.1.2.2 干砌、浆砌块石的厚度应按式 (16) 计算。

$$h = 1.3 \frac{\gamma}{\gamma_b - \gamma} H (K_{md} + K_s) \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m} \dots\dots\dots (16)$$

$$m = \cot \alpha \dots\dots\dots (17)$$

式中：
 h ——块石厚度，m；

H ——设计波高, m;
 K_{md} ——与斜坡的 $\cot\alpha$ 值和 d/H 值有关的系数, 见表 14;
 d ——堤前水深, m;
 K_s ——波坦系数, 见表 15;
 α ——斜坡与水平面的夹角, ($^\circ$);
 γ_b ——材料重度, kN/m³;
 γ ——海水重度, kN/m³。

表 14 系数 K_{md}

$\frac{d}{H}$	m				
	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	0.332	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

表 15 系数 K_s

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

- 5.7.1.2.3 浆砌石护坡层应设置变形缝和排水孔。变形缝纵向间距宜为 5m~10m, 横向间距宜为 5m 左右; 排水孔的纵横向间距宜为 2m; 孔径宜不小于 10cm。
- 5.7.1.2.4 护坡应设置基脚, 其宽度宜为 1.0m~1.5m, 厚度宜不小于 0.8m。设置戗台的断面, 基脚应做在戗台(或棱体)内。
- 5.7.1.2.5 护坡顶部应选用大而平整的块石封顶, 封顶宽度宜为 1.0m~1.5m。堤顶设置挡浪墙时, 封顶宜与挡浪墙的基础统一考虑。
- 5.7.1.3 非砌石护坡。
- 5.7.1.3.1 护面层厚度宜按式 (18) 计算。

$$h' = n \cdot C \left(\frac{W}{\gamma_b} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (18)$$

式中:
 h' ——护面层厚度, m;
 n ——护面块体层数;
 C ——系数, 见表 16;
 W ——单个块体的重量, kN。

- 5.7.1.3.2 人工块体个数宜按式 (19) 计算。

$$N = A \cdot n \cdot C (1 - \rho) \left(\frac{\gamma_b}{W} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (19)$$

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 ；
 W ——单个块体的重量， kN ；
 ρ ——护面层的孔隙率，用百分数表示，见表 16。

表 16 系数 C 值和护面块体孔隙率 ρ

护面块体	构造型式	C	孔隙率 $\rho, \%$	说明
块石	抛填二层	1.0	40	—
四脚锥体	安放二层	1.0	50	—
扭工字块体	安放二层	1.2	60	随机安放
		1.1	60	规则安放
块石	安放（立放） 一层	1.3~1.4	—	—
扭王字块体	安放一层	1.36	50	随机安放

5.7.1.3.3 人工块体混凝土用量宜按式 (20) 计算。

$$Q = N \cdot \frac{W}{\gamma_b} \dots\dots\dots (20)$$

式中，
 Q ——人工块体混凝土用量， m^3 。

5.7.1.4 护面块体稳定重量应按下列规定确定：

a) 在波浪正向作用下，且堤前波浪不破碎，堤身在计算水位上、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式 (21) 计算。

$$W = \gamma_b \cdot k_\gamma^3 \cdot \frac{1}{k_D} \cdot \frac{H^3}{\cot \alpha} \dots\dots\dots (21)$$

$$k_\gamma = \frac{\gamma}{\gamma_b - \gamma} \dots\dots\dots (22)$$

式中：
 W ——单个块体的稳定重量， kN ；
 γ_b ——块体材料的重度， kN/m^3 ；
 γ ——水的重度， kN/m^3 ；
 k_γ ——重度系数；
 H ——设计波高， m ；
 α ——堤坡与水平面的夹角， $(^\circ)$ ；
 k_D ——稳定系数，按表 17 选取。

- b) 堤线拐折突出部分和斜坡堤堤头部分的块体稳定重量，宜按式 (21) 计算的结果增加 20%~30%。
c) 位于波浪破碎区的堤身和堤头的块体稳定重量，均应相应再增加 10%~25%，必要时宜通过试验确定。
d) 堤顶块体的稳定重量，一般情况下与护坡块体重量相同。当堤顶高程在设计高水位以上不足 0.2 倍设计波高值时，其重量不应小于护坡块体重量的 1.5 倍。

- e) 扭工字块体、四脚空心方块、四脚锥体的布置宜根据消浪要求经计算确定，重要堤段应通过试验确定；块体形状和尺寸应符合 JTJ 298 的规定。
- f) 对斜向波，当波峰线与堤轴线的夹角小于 45°时，可近似作为正向作用；当夹角大于 45°时，宜通过模型试验确定人工块体的稳定重量。

表 17 稳定系数 k_D

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	—
扭工字块体	安放二层	0	18	$H \geq 7.5\text{m}$
		1	24	$H < 7.5\text{m}$
扭王字块体	安放一层	0	18~24	—
块石	抛填二层	1~2	4.0	—
方块	抛填二层	1~2	5.0	—

注 1: n 为容许失稳率，即计算水位上、下一倍波高的护面范围内，容许被波浪打击移动和滚落的块体个数所占的百分比。

注 2: 当设计波高 H 大于 4m 时，不宜采用四脚空心方块护面形式。

5.7.1.5 蘑菇石护坡应符合下列要求：

- a) 蘑菇石护坡应采用细骨料混凝土浇注。块石应嵌于混凝土中，外露高度宜不小于 0.20m，梅花形排列，上下左右错落成行，其间距宜为 0.4m~0.5m，块石应与海堤坡面垂直。
- b) 蘑菇石护坡应做好反滤层和排水；蘑菇石护坡的变形缝和排水孔设置应与浆砌石护坡相同，反滤层设置见 5.7.3。
- c) 蘑菇石护坡层稳定厚度应按式 (23) 计算。

$$h = 0.07K_t \cdot H \cdot \sqrt[3]{\frac{L}{B}} \cdot \frac{\gamma}{\gamma_b - \gamma} \cdot \frac{\sqrt{1+m^2}}{m} \dots\dots\dots (23)$$

式中：

h ——护坡层稳定厚度，m；

K_t ——护坡结构系数， $K_t = 1$ ；

H ——设计波高，m；

L ——设计波长，m；

B ——护坡板沿坡向板长，m；

γ_b ——混凝土重度，kN/m³；

γ ——海水重度，kN/m³；

m ——坡度系数，当斜坡与水平面的夹角为 α 时， $m = \cot\alpha$ 。

5.7.1.6 混凝土栅栏板护坡应符合下列要求：

- a) 采用栅栏板护坡，堤前设计波高应不大于 4.0m。
- b) 栅栏板下应有平整的干砌石或混凝土预制板护面。

5.7.1.7 栅栏板的平面形状宜为长方形，长边（沿斜坡方向）与短边（沿堤轴线方向）的比值宜为 1.25。

5.7.1.8 栅栏板长、短边与设计波高的关系宜根据施工吊装设备的能力及栅栏板的强度进行优化确定 [见式 (24) 和式 (25)]。

$$a = 1.25H \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$b = 1.0H \quad \dots\dots\dots (25)$$

式中：

a ——栅栏板长边，m；

b ——栅栏板短边，m；

H ——设计波高，m。

5.7.1.9 栅栏板的结构型式如图 8 所示。当局部部位要求为异型栅栏板时，宜采取现场浇筑的方法处理。

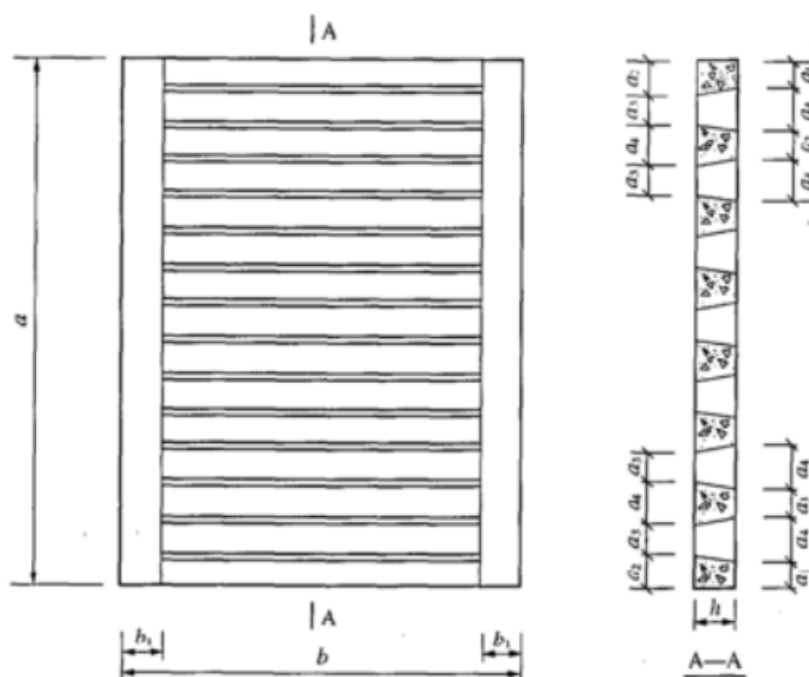


图 8 栅栏板结构

5.7.1.10 栅栏板的孔隙率 ρ 宜采用 33%~39%，当 $\rho=37\%$ 时的细部尺寸， a_1 ， a_2 ， a_3 ， a_4 ， b_1 应按式 (26) ~ 式 (30) 确定：

$$a_1 = \frac{a}{15} - \frac{h}{16} \quad \dots\dots\dots (26)$$

$$a_2 = \frac{a}{15} + \frac{h}{16} \quad \dots\dots\dots (27)$$

$$a_3 = \frac{a}{15} - \frac{h}{8} \quad \dots\dots\dots (28)$$

$$a_4 = \frac{a}{15} + \frac{h}{8} \quad \dots\dots\dots (29)$$

$$b_1 = 0.1b \quad \dots\dots\dots (30)$$

式中：

h ——栅栏板的厚度，m。

5.7.1.11 栅栏板的细部尺寸应根据正向波压强度和反向波压强度差值进行校核并调整，但栅栏板的长边与短边的比值保持不变。 b 每增加或减少 1m，厚度 h 宜相应增加或减少 5cm。

5.7.1.12 当海堤的坡度系数 $m = 1.5 \sim 2.5$ 时，栅栏板的厚度宜按式 (31) 计算。

$$h = 0.235 \frac{\gamma}{\gamma_b - \gamma} \cdot \frac{0.61 + 0.13 \frac{d}{H}}{m^{0.27}} \cdot H \quad \dots\dots\dots (31)$$

式中：

h ——栅栏板的稳定厚度，m；

H ——设计波高，m；

d ——堤前水深，m；

γ_b ——栅栏板的材料重度，kN/m³；

γ ——海水重度，kN/m³；

m ——坡度系数， $m = \cot \alpha$ 。

5.7.1.13 作用于栅栏板面上的最大正向波压强度设计值宜按式 (32) 计算。

$$p_M = 0.85\gamma \cdot H \quad \dots\dots\dots (32)$$

式中：

p_M ——作用于栅栏板面上的最大正向波压强度，kPa。

5.7.1.14 波谷作用时，静水位以下 1 倍设计波高处的最大反向波浪压力强度的差值计算见式 (33)。

$$\Delta P_M = 0.184\gamma \cdot H \quad \dots\dots\dots (33)$$

式中：

ΔP_M ——波谷作用于坡面时，静水位以下 1 倍设计波高处的最大反向波浪压力强度的差值，kN/m²。

5.7.2 海堤背海侧堤坡防护

5.7.2.1 对不允许波浪越过堤顶的围堤，宜采用淤背、植草、水泥土、固化土和干砌石等结构。

5.7.2.2 对于两侧临海的突堤，背浪侧护面应按背浪侧波浪进行计算，一般情况下宜采用与迎浪侧堤坡护面底层块体相同的重量。

5.7.3 护坡垫层

5.7.3.1 土堤堤身与护面之间应设垫层（反滤层），其铺设应符合以下要求：

- 分层反滤层宜由碎石、砂砾层、粗砂层或土工织物组成，每层厚度宜不小于 0.15m（采用土工织物时，根据滤土要求选择土工织物的规格，一般铺设一层或二层），反滤层总厚度宜不小于 0.4m。
- 不分层反滤层应采用级配较好的天然石料（如石渣、砂卵石等）或直径为 1cm～8cm 碎石，厚度分别应不小于 0.6m 和 0.4m，水下反滤层厚度宜适当加大。
- 反滤层也可用铺设土工织物的方法，固定土工织物宜采用 1cm～8cm 碎石铺盖，碎石厚度宜不小于 0.2m。土工织物的规格及铺设应按 JTJ/T 239 的规定执行。

5.7.3.2 抛石堤身与人工块体护面之间应设块（片）石垫层，石块的重量为护面块体的 1/20～1/40；垫层厚度取二层块石厚度 [按式 (18) 计算]。

5.7.4 堤前防护

5.7.4.1 应根据海洋环境资料和土层物理力学性质计算，分析堤前冲刷的形态，必要时应做冲刷模型试验。

5.7.4.2 存在冲刷的堤脚应采取防护措施,冲刷严重时,应采用保滩工程措施。堤脚防护措施宜进行物理模型试验加以确定。

5.7.4.3 堤前抛石护底,宜铺垫 0.3m~0.5m 厚的碎石(石渣)层,护底块石的稳定重量,宜根据堤前最大波浪底流速参照表 18 确定,堤前最大波浪底流速宜根据实测资料,也可按式(34)计算。

$$U_{\max} = \frac{\pi \cdot H}{\sqrt{\frac{\pi \cdot L}{g} \cdot \sin\left(h \cdot \frac{4\pi \cdot d}{L}\right)}} \quad \dots\dots\dots (34)$$

式中:

U_{\max} ——堤前最大波浪底流速, m/s;

g ——重力加速度, m/s²;

H ——设计波高, m;

L ——波长, m;

d ——堤前水深, m。

5.7.4.4 堤头段护底块石应适当加大。

表 18 堤前护底块石的稳定重量

U_{\max} , m/s	W , kN	U_{\max} , m/s	W , kN
2.0	0.60	4.0	4.0
3.0	1.50	5.0	8.0

5.8 海堤稳定与沉降计算

5.8.1 稳定计算

5.8.1.1 应根据地质条件、海堤断面型式、堤高及波浪条件基本相同的原则,划分海堤区段,每一区段选取代表性断面进行稳定验算。

5.8.1.2 计算时应考虑可能出现的潮位不同组合和可能出现的荷载,根据实际情况确定几种不利的荷载组合进行计算。对于围堤,应考虑背海侧无水的情况。

5.8.1.3 海堤稳定验算,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。

5.8.1.4 稳定计算方法可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,应满足下列公式:

a) 圆弧滑动面总应力法的抗滑稳定安全系数应按式(35)计算。

$$k = \frac{M_y}{M_x} = \frac{\sum c_i \cdot l_i + \sum (q_i \cdot b_i + w_i) \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i}{\sum (q_i \cdot b_i + w_i) \sin \alpha_i} \quad \dots\dots\dots (35)$$

式中:

k ——抗滑稳定安全系数;

M_y ——抗滑力矩, kN·m/m;

M_x ——滑动力矩, kN·m/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/m²;

b_i ——第 i 土条的宽度, m;

w_i ——第 i 土条的重力, kN/m;

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

c_i ——第 i 条土滑动面上土的抗剪强度指标, kPa;

ϕ_i ——第 i 条土滑动面上土的抗剪强度指标, ($^\circ$)。

b) 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式 (36) 计算。

$$k = \frac{M_T}{M_s} = \frac{\sum S_w \cdot l_i}{\sum (q_i \cdot b_i + w_i) \sin \alpha_i} \quad \dots\dots\dots (36)$$

式中:

S_w ——第 i 条滑动面上土的十字板剪强度或其他总强度, kPa。

c) 圆弧滑动面有效应力法的抗滑稳定安全系数应按式 (37) 计算。

$$k = \frac{M_T}{M_s} \quad \dots\dots\dots (37)$$

$$M_T = \frac{\sum [c'_i \cdot b_i + (q_i \cdot b_i + w_i - u_i \cdot b_i) \operatorname{tg} \phi'_i]}{\cos \alpha_i + \sin \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi'_i \cdot \frac{1}{k}} \quad \dots\dots\dots (38)$$

$$M_s = \sum (q_i \cdot b_i + w_i) \sin \alpha_i \quad \dots\dots\dots (39)$$

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 条滑动面上的孔隙水压力, kPa;

c_i ——第 i 条土滑动面上的有效强度指标, kPa; 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;

ϕ_i ——第 i 条土滑动面上的有效强度指标, ($^\circ$)。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。

5.8.1.5 非圆弧滑动面抗滑稳定安全系数宜按 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。

5.8.1.6 各种计算情况的稳定验算采用的强度指标应符合表 19 的规定。

5.8.1.7 对于设计组合情况, 应综合考虑强度指标的可靠程度, 海堤安全等级、地区经验系数算得的安全系数, 应不小于在表 20 所列范围内选定允许的最小安全系数。

5.8.1.8 校核施工期的稳定性, 安全系数宜取表 20 中的低值。

5.8.1.9 稳定验算方法亦可采用极限状态设计表达式, 见 JTJ 250 的规定。

5.8.2 沉降计算

5.8.2.1 沉降计算应包括由海堤自重和外加荷载引起的地基沉降, 宜采用设计低水位时的堤身重量。

5.8.2.2 在地基内任一点的垂直附加应力标准值为基底垂直附加压力、基底水平力和边荷载所引起的垂直附加应力标准值之和。

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

5.8.2.2.2 基底水平力设计值可按均布考虑。

表 19 各种计算情况采用的强度指标

计算情况	强度指标	计算公式	说 明
稳定使用期 设计组合	固结不排水试验	式 (35)	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	式 (37)	孔隙水压力采用与计算情况相应的数值
	十字板剪	式 (36)	需考虑因土体固结引起的强度增长
	不固结不排水试验	式 (35)、 式 (36)	需考虑因土体固结引起的强度增长
		式 (35)	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	式 (36)	—
	固结排水试验	式 (37)	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		—

表 20 抗滑稳定安全系数 k

强度指标	k	说明
固结不排水试验	1.1~1.3	同表 19
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	

5.8.2.2.3 边载设计值, 当其分布范围超过自基底边缘算起的 5 倍基底宽度时, 可按 5 倍计; 不足 5 倍时, 应按实际分布范围计。

5.8.2.2.4 各种作用引起的垂直附加应力标准值宜按 JTJ 250 中的计算方法计算。

5.8.2.3 地基最终沉降量宜按式 (40) 计算, 也可用实测沉降过程线推算。

$$S_{\text{doo}} = m_s \cdot \sum_{i=1}^n \frac{e_{1i} - e_{2i}}{1 + e_{1i}} h_i \dots\dots\dots (40)$$

式中:
 S_{doo} ——地基最终沉降量设计值, cm;
 h_i ——第 i 层土的厚度, cm;
 e_{1i} ——第 i 层土受到平均自重压力设计值 (σ_{odi}) 压缩稳定时的孔隙比设计值, 可取均值;
 e_{2i} ——第 i 层土受到平均最终压力设计值 ($\sigma_{\text{odi}} + \sigma_{\text{adi}}$) 压缩稳定时的孔隙比设计值, 可取均值;
 σ_{odi} ——第 i 层土顶面与底面的地基自重压力平均值的设计值, kPa;
 σ_{adi} ——第 i 层土顶面与底面的地基垂直附加应力平均值的设计值, kPa;
 m_s ——经验修正系数, 按地区经验选取; 无地区经验时, 宜按表 21 选取。

表 21 经验修正系数

土的侧限变形系数 E_s	$E_s \leq 4$	$4 < E_s \leq 7$	$7 < E_s \leq 15$	$15 < E_s \leq 20$	$20 < E_s$
m_s	1.3	1.0	0.7	0.5	0.2

5.8.2.4 地基压缩层的计算深度 Z_n 宜符合式 (41) 要求。

$$\sigma_z = 0.2\sigma_c \quad \dots\dots\dots (41)$$

式中:

σ_z —— Z_n 处地基垂直附加应力设计值, kPa;

σ_c —— Z_n 处地基自重压力设计值, kPa。

5.8.2.5 如按式(41)确定后的计算深度下有软土层时,尚应继续往下计算;如实际压缩层的厚度小于按式(41)计算值时,应按实际压缩层的厚度计算其沉降量。

5.8.3 减小地基沉降的措施

5.8.3.1 宜采取堆载预压、抛石挤淤、铺砂石垫层和铺设土工格栅及加筋土工织物等方法对地基进行处理。

5.8.3.2 施工过程中,应控制海堤填筑速率,严格遵守施工程序。

5.9 海堤软土地基处理

5.9.1 海堤地基设计应尽可能地采用天然地基,当海堤地基的稳定性和沉降计算不能满足要求时,应对地基进行处理。

5.9.2 应根据软土地基的条件、海堤重要性、材料来源、施工期限及费用等技术经济因素,因地制宜地选择地基处理措施。

5.9.3 海堤工程软土地基处理方法通常采用以下几种。

5.9.3.1 基础表面平铺砂、石垫层。

5.9.3.1.1 砂垫层的厚度宜不小于 0.5m,碎石垫层厚度宜不小于 1.0m,宽度较堤底每侧宽出应不小于 1.0m。

5.9.3.1.2 垫层所用材料中土的含量不应大于 10%。

5.9.3.2 堤侧加反压平台。

5.9.3.2.1 当堤高不超过其极限高度的 2 倍时,宜在海堤的一侧或两侧设置反压平台。

5.9.3.2.2 反压平台宜为梯形,其厚度宜为堤高的 1/4~1/3,宽度宜为堤高的 2 倍~3 倍。几何尺寸宜按海堤稳定计算结果确定。

5.9.3.3 土工织物(包括土工格栅)垫层。

5.9.3.3.1 设计时应选用强度高、渗透性好的土工织物,根据地基和海堤的具体情况,确定土工织物的铺设层数,一般铺设 1 层~2 层,高于 5.0m 的海堤宜铺设 2 层~3 层。

5.9.3.3.2 铺设土工织物(包括土工格栅)垫层增加抗滑稳定性,匀化地基沉降。海堤与地基整体稳定宜按 5.8.1 中的有关公式进行验算。

5.9.3.4 抛石挤淤:对于海堤基底淤泥厚度小于 3.0m 的堤基,宜采用抛石挤淤的处理措施。

5.9.3.5 深层搅拌桩:对由于地基深层软黏土层引起深层滑动的堤段,宜采用深层搅拌桩进行地基处理的方法。桩径、桩长及布置根据加固的要求确定。

5.9.3.6 堆载预压。

5.9.3.6.1 根据软土层厚度大小,选择设置排水砂垫层和竖向排水体。

5.9.3.6.2 确定加载数量、范围、速率预压或分级预压时间。

5.9.3.6.3 计算地基固结度、强度增长、抗滑稳定和变形等。

5.9.4 海堤软土地基处理除本标准以外的其他技术要求参见 JTJ 250。

6 海堤施工

6.1 施工测量

6.1.1 施工前应对勘察设计提供的施工基线控制点(或控制网)和水准点进行交接和复核,并以此测设施工基线,施工水准点和堤轴线、里程桩、辅助定位桩等施工标志。

6.1.2 测量方法和精度应符合 SY/T 4100 的规定。

6.1.3 施工基线桩和水准点应设置在通视良好、不发生沉降和位移、不受影响的地段，并便于在施工期间检查和校核。

6.1.4 施工过程中，应定期对施工基线、施工水准点、堤轴线、里程桩和各种施工标志等进行校核。

6.1.5 施工放样包括确定堤轴线、堤身结构各部位尺寸及高程等。堤轴线以堤顶中心为准，同时测设堤身横断面，分别定出土体、砌石体等各部位的样桩和样线。

6.2 地基施工

6.2.1 基面清理

6.2.1.1 海堤施工前应清除地基范围内的冰雪、植物、腐殖土等杂物。清理范围包括堤身、铺盖、压载的基面，清基边界应宽出设计基面边线 0.5m 以上。

6.2.1.2 堤基表层不合格土、杂物等必须清除，堤基范围内的坑、洞、槽、沟等，应按堤身填筑要求进行回填处理。

6.2.1.3 堤基开挖、清除的弃土、杂物、废渣等，均应运到指定的场地堆放。

6.2.1.4 基面清理平整后，应及时报验。基面验收后应抓紧施工，若不能立即施工时，应做好基面保护，复工前应再检查，必要时重新清理。

6.2.1.5 施工前，应对沿线的地上及地下的建筑设施（如管线等）进行详细地调查，并采取一定的保护措施。

6.2.2 地基处理

6.2.2.1 砂、石垫层法

垫层的厚度、宽度及所用材料应符合设计要求。施工时应将砂、砾石或碎（卵）石均匀铺于地基表层，或将表层淤泥挖出后在槽内回填。填筑应分层进行并应平整、压（夯）实。若需开挖时，宜分段开挖，及时回填，开挖或回填时应避免扰动地基土。

6.2.2.2 堤侧加反压平台

当反压平台材料与堤身填料相同时，反压平台与海堤堤身宜同时填筑。若采用不同的材料反压，需与堤身分开填筑时，应在堤身填筑至反压平台高度后，及时进行反压平台填筑，待平台填筑完成后再进行上部堤身施工。反压平台部位的基底处理、平台宽度、厚度均应符合设计要求。

6.2.2.3 土工织物垫层

6.2.2.3.1 采用加筋土工织物法时，应将成幅的土工织物垂直于海堤轴线铺设展平，超出海堤底宽每侧应不小于 1m，相邻两块土工织物应搭接严密，搭接长度水下不应小于 1m，陆上不宜小于 0.5m；如采用缝接法时，缝合线距土工织物边缘应不小于 5cm；采用黏结法时，黏结宽度不应小于 5cm，黏结强度应不低于土工织物的抗拉强度。

6.2.2.3.2 土工织物垫层铺设时应平顺，松紧适度，紧贴下承层，避免出现扭曲、折皱、重叠。

6.2.2.3.3 土工织物在运输、保管及铺设过程中应特别注意做好保护，严禁撕裂、穿洞或污染腐蚀等损坏，施工中若发现有破损时应及时修补或更换，并应尽量避免长时间曝晒或暴露。

6.2.2.3.4 双层土工织物的上、下层接缝应交替错开，错开距离不应小于 0.5m。

6.2.2.4 抛石挤淤

抛石挤淤应满足下列要求：

a) 对于水中不便清淤的堤基，可采用抛石挤泥法施工。当采用片石，片石不宜小于 0.3kN，片石强度不应低于 30MPa。

b) 当地基平坦时，应沿堤中线向前抛填，再渐次向两侧扩展，使淤泥向两边挤出；当地基横坡陡于 1:10 时，应自高侧向低侧抛填，并在低侧边部多抛填；片石抛出泥面后，有压实要求的宜用小石块填塞垫平，并用压实设备压实后，方可进行下道工序施工。

6.2.2.5 深层搅拌桩

6.2.2.5.1 对地基深层软土引起深层滑动的堤段，宜采用深层搅拌桩进行地基土处理，以提高地基

承载力及抗滑稳定性。固化材料可采用水泥、生石灰、粉煤灰等，其材料的质量规格及桩的强度应符合设计要求。深层搅拌桩按固化剂的形态分为干法和湿法两类，施工机械应按固化剂喷入的形态（粉体或浆液），采用不同的施工机械组合。

6.2.2.5.2 搅拌桩施工工艺流程：清理场地→钻机定位→钻杆下沉钻进→上提喷粉（或喷浆）搅拌→（复拌）提杆出孔→钻机移位。

6.2.2.5.3 清理场地：陆地作业时，当工作场地表层硬壳很薄时，宜先铺填砂，以便施工机械在场区内顺利移位和施钻。不宜铺垫碎石材料，以免给施钻造成困难。

6.2.2.5.4 钻机定位：移动钻机，使钻头对准设计桩位，并使钻杆（搅拌轴）保持垂直。

6.2.2.5.5 钻进：启动搅拌机及空压机，钻头边旋转边钻进，当钻进地表以下 0.5m 时开始送压缩空气，随着钻进，被加固的土体在原位被搅碎，当钻头钻至加固设计标高后停钻。钻进过程中，压缩空气应一直不停地供给，以防喷射口堵塞。

6.2.2.5.6 提升：改变钻头的旋转方向，钻头边反向旋转边提升，同时通过粉体发送器将加固粉体料喷入被搅动的土体中，使土体和粉体料进行充分拌和。在整个粉喷搅拌过程中应随时注意监视流量、转速、压力、提升速度等仪表的运转情况。

6.2.2.5.7 复拌：当采用浆液喷浆搅拌时，应严格按照设计确定的提升速度提升搅拌机，并重复上下搅拌，至软土和浆液搅拌均匀后，将搅拌机提升出地面。

6.2.2.6 堆载预压

可采用等载或超载预压等方式。预压加载数量、范围、沉降速率及预压时间均应符合设计要求。

6.3 围堰施工

6.3.1 围堰断面尺寸应根据筑堰材料性能、堰地质条件、堰基处海床高程、水深、潮汐及施工工艺等因素来确定，并应满足稳定、防渗和抗冲刷的要求。

6.3.2 海堤围堰不能过水，堰顶高程应根据设计高水位加波浪爬高（重现期一年）再加 0.5m 的安全超高确定。

6.3.3 施工前，应清除原地面的树木、苇草等杂物，并对堰基范围内的坑、洞、槽、沟等进行回填处理，确保基底不渗水、不透水。

6.3.4 围堰的形式及要求

6.3.4.1 土方围堰：适用于潮汐变化及潮水影响很小的滩地。堰顶宽一般不小于 1.5m，边坡坡度不宜陡于 1:2；围堰土方应分层夯填密实。

6.3.4.2 草袋、尼龙编织袋围堰：适用于浅水区，或基底高程在 -1.0m 以上的浅滩。对于受潮水影响较大的土围堰，可视海况的具体情况，选择单面或双面防护形式。草袋、尼龙编织袋内装土料或砂石料，采取叠放的方式，相互之间压紧；堰顶宽不小于 2m，边坡坡度宜为 1:0.5~1:1。

6.3.4.3 木桩围堰：对有潮沟或特殊地段的围堰，可用木桩进行加固，即在土围堰或草袋、尼龙编织袋围堰底脚处插打一排木桩，木桩直径不宜小于 15cm，间距不宜大于 30cm，木桩入土深度控制在桩长的 2/3~3/4；在木桩背侧设苇板及土工倒滤层，苇板与木桩用铁丝固定牢固。

6.3.4.4 土工编织模袋围堰：适用于波浪作用力大、冲刷严重的浅水区域，特别适用于潮沟、软泥等施工难度大的地段。模袋尺寸可根据工程的需要现场缝制加工，缝合位置应严密、不漏泥砂，并应满足泥浆充填压力的要求；模袋充填口应根据模袋的长度设置，一般间距为 5m~8m。施工时，模袋相互搭接不小于 3m，搭接部位相互错位以保证围堰的整体性。堰顶宽一般不小于 3m，边坡坡度宜为 1:0.5~1:1。土工编织模袋技术指标应符合设计要求。

6.3.4.5 新建海堤施工时宜将施工围堰和施工便道统筹考虑。

6.4 海堤土石方施工

6.4.1 海堤土方施工

6.4.1.1 土方填筑碾压试验：施工前宜先做土方填筑碾压试验，根据土料的性质正确选择压实机械，

确定土料的含水量、松铺厚度、压实遍数等各项填筑碾压参数，并做好以下几方面的工作：

- a) 试验场地应选择在与堤基条件相接近的位置，且地势平坦开阔。
- b) 场地宜布置成 $60\text{m} \times 6\text{m}$ 的条带形，划分为四段，每段长 15m ，分别选取不同的松铺厚度、含水量、压实遍数等进行填筑碾压试验。
- c) 土方填筑碾压试验时，应依次按不同的碾压设备及碾压遍数进行碾压，然后分别取样测定其含水量和干容重，做好压实试验记录及碾压试验成果分析，根据试验成果确定满足设计要求的最合理的填筑碾压参数。

6.4.1.2 海堤土方填筑应符合下列要求：

- a) 在围堰内海堤土方施工时，应分层填筑，分层压实。分层厚度宜根据填筑碾压试验确定，一般不宜超过 30cm 。需分段填筑时，分段作业面的最小长度不宜小于 100m ，作业面应分层统一铺土、统一碾压，并配备人员或平土机整平作业，相邻施工段的作业面宜均衡上升，若段与段之间不可避免出现高差时，应以斜坡面相接，搭接坡度不得陡于 $1:5$ ，接头处不得留有界沟或叠界石。
- b) 在潮间带赶潮填土施工时，应充分掌握涨潮落潮的时间规律，填土应采用端进法。填土、垫层及护面三者的施工进度应紧密配合。
- c) 在软土堤基上筑堤时，应严格控制施工速度。
- d) 海堤土方填筑时，堤身每侧应宽出设计断面 0.3m 以上，当堤身全断面填筑完毕后，应按设计坡度削坡，自上而下整平，表面应无坑槽。

6.4.1.3 碾压施工应符合下列要求：

- a) 碾压机械行走方向应平行于堤轴线。
- b) 分段、分片碾压，相邻作业面的搭接碾压宽度，平行堤轴线方向不应小于 0.5m ，垂直堤轴线方向不应小于 3m 。
- c) 分段填筑压实时，各段应设立标志，以防漏压、欠压和过压。上下层的分段接缝位置应错开，错开距离不小于 2m 。
- d) 压实作业宜采用进退错距法，碾迹搭压宽度应大于 0.1m ；履带拖拉机碾压时，宜采用轮迹排压法，轮迹应搭压轮宽的 $1/3$ 。
- e) 机械碾压时应控制行车速度，以不超过下列规定为宜：平碾为 2km/h ，振动碾为 2km/h ，履带拖拉机为 2 挡。
- f) 机械碾压不到的部位，应辅以夯具夯实，夯实时应采用连环套打法，夯迹双向套压，夯压夯 $1/3$ ，行压行 $1/3$ ，分段、分片夯实时，夯迹搭压宽度应不小于 $1/3$ 夯径。
- g) 土方填筑压实度应符合以下规定：
 - 1) 黏性土填筑时，其填筑标准应按压实度确定，压实度值不应小于表 9 的规定。
 - 2) 非黏性土填筑时，其填筑标准应按相对密度确定，其值不应小于表 10 的规定。
 - 3) 对于软基、地势低洼或地下水位较高的部位，地基土含水量较大，堤身在一定高度内会出现大面积的“弹簧”，无法按正常压实标准施工，应按程序及时上报并采取措施处理。

6.4.1.4 采用土工合成加筋材料（编织型土工织物、土工格栅）填筑加筋土堤时应满足下列要求：

- a) 筋材铺设基面应平整，筋材宜用宽幅规格。
- b) 筋材应垂直于堤轴线方向铺设，长度按设计要求裁制，一般不宜有拼接缝。如必须拼接时，编织型筋材接头的搭接长度不宜小于 0.15m ，用尼龙线双道缝合，并满足抗拉要求；土工网、土工格栅接头的搭接长度不宜小于 0.05m （土工格栅至少搭接一个方格），并用尼龙绳在连接处绑扎牢固。
- c) 铺设筋材不允许有褶皱，并尽量拉紧，以钢筋或 U 形钉定位于填筑土面上，填土时不得发生移动；填土前如发现破损、裂纹等质量问题，应及时修补或更换。

- d) 筋材上宜按规定层厚铺土,但施工机械与筋材间的填土厚度不应小于 0.15m;加筋土堤压实宜用平碾或轮胎碾,但在极软地基上填筑加筋堤,开始填筑的二层、三层宜用推土机或装载机铺土压实,当填土厚度大于 0.60m 后,方可按常规方法填筑碾压。
- e) 加筋堤施工,最初二层、三层的填筑应注意以下几个方面:
- 1) 在极软地基上作业时,宜先由堤脚两侧开始填筑,然后逐渐向堤中心扩展,在平面上呈凹字形向前推进。
 - 2) 在一般地基上作业时,宜先从堤中心开始填筑,然后逐渐向两侧堤脚对称扩展,在平面上呈凸字形向前推进。
 - 3) 随后逐层填筑时,可按常规方法进行。

6.4.1.5 土方填筑碾压及冬雨季施工可参照 DL/T 5129 执行。

6.4.1.6 海堤土方工程允许偏差、检验频率及方法应符合表 22 的规定。

表 22 海堤土方工程允许偏差、检验频率及方法

项次	项目	规定值或允许偏差 mm	检验频率		检验方法
			范围, m	点数, 个	
1	压实度或干密度	不小于设计值	200	1	环刀法或灌砂法
2	填方标高	± 50	200	4	用水准仪检查
3	宽度	不小于设计值	200	4	用尺量
4	边坡坡度	不陡于设计值	200	4	用坡度尺或尺检查每侧 2 点
5	中线平面偏位	≤ 100	200	1	用经纬仪和尺检查

6.4.2 抛石堤施工

6.4.2.1 石渣垫层及土工织物垫层

6.4.2.1.1 石渣垫层抛填时,应考虑水深、水流和波浪等自然条件对石渣产生漂流的影响,可通过试抛确定驳船的驻位。

6.4.2.1.2 石渣垫层应分段施工,抛填后应及时用块石等覆盖。分段的长度应根据自然条件和施工条件确定。

6.4.2.1.3 石渣垫层的质量应满足下列要求:

- a) 垫层厚度、宽度不小于设计值,当有基槽时不超出已挖基槽宽度。
- b) 石渣的粒径、规格应符合设计要求。

6.4.2.1.4 采用铺设土工织物(如土工布、土工格栅等)材料时,应符合 JTJ/T 239 的规定。

6.4.2.2 堤身抛石

6.4.2.2.1 堤身石料应满足下列要求:

- a) 护面或护底石料强度不应低于 50MPa,垫层石料强度不应低于 30MPa。
- b) 石料不呈片状,无严重风化和裂纹。
- c) 石料单块重量应满足设计要求,没有具体要求时,其重量不得低于 0.1kN。

6.4.2.2.2 堤身抛填石料应根据设计要求、施工能力、潮位和波浪等影响,确定分层和分段的施工顺序。

6.4.2.2.3 软土地基上的抛石顺序应符合下列要求:

a) 当堤侧有石料压载层时, 堤身与压载层应同时抛填至压载层高度, 再抛填上部堤身。

b) 当有挤淤要求时, 应从断面中间逐渐向两侧抛填。

c) 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。

6.4.2.2.4 采用陆上进占法抛填堤心石时, 视水深、地基强度和波浪影响程度可一次或多次抛填到顶。

6.4.2.2.5 水上抛填石料时, 应根据水深、水流和波浪等自然条件对石料产生漂移的影响, 确定抛石船的驻位。

6.4.2.2.6 每段堤心石抛填完成后, 应及时理坡并覆盖护面层。

6.4.2.2.7 护面及护底石料的厚度应符合设计要求。护面石料的实际坡度不应陡于设计坡度。

6.4.2.2.8 抛石、理坡、安放标高允许偏差、检验频率和方法应符合表 23 的规定。

表 23 抛石、理坡、安放标高允许偏差、检验频率及方法

项次	项 目		允许偏差 mm	检验频率		检验方法
				范围, m	点数, 个	
1	抛石 (单块重), kN	0.1~1.0	±400	每一断面 (10m 一个断面)	5	拉线丈量
		1.0~2.0	±500			
		2.0~3.0	±600			
		3.0~5.0	±700			
		5.0~7.0	±800			
		7.0~10.0	±900			
2	理坡 (单块重), kN	0.1~1.0	±200			
		1.0~2.0	±300			
3	安放 (单块重), kN	2.0~3.0	±400			
		3.0~5.0	±500			
		5.0~7.0	±600			
		7.0~10.0	±700			

6.5 防护工程施工

6.5.1 砂砾、碎石类垫层

6.5.1.1 砂砾、碎石类护坡垫层应铺垫均匀, 级配良好, 摊平夯实。土工织物类护坡垫层铺设应自下而上, 边铺边压砂砾或碎石。临海面的护坡垫层应趁低潮进行埋坡, 及时护面。

6.5.1.2 堤脚加固应先铺垫砂砾、碎石或石渣垫层而后抛块石或理砌块石, 表面应抛填或理砌大块石。

6.5.2 干砌块石护坡

6.5.2.1 应先整好堤身边坡, 放样并做好基脚, 按照由下而上铺设护坡垫层和砌筑块石的顺序进行。

6.5.2.2 围堰内施工时, 基脚应嵌入滩涂自然地面以下, 开挖槽后应及时铺设砂石垫层, 然后砌石。若基脚做在抛石钱台中, 应保证基脚本身的整体性。

6.5.2.3 应采用立砌, 使石块长边垂直于坡面。顺坡向接缝应相互错开, 砌石应嵌固紧密, 不得松动、叠砌、浮塞和重缝。并做好封边和封顶。

6.5.2.4 干砌块石砌缝宽度不应大于 3.0cm, 三角缝宽度不应大于 7.0cm。干砌块石护坡允许偏差应符合表 24 的规定。

6.5.3 浆砌块石护坡

6.5.3.1 施工顺序和操作方法应与干砌块石护坡相同。块石间不应直接接触，砌缝砂浆应饱满，并及时勾缝和养护。

6.5.3.2 浆砌块石砌缝宽度不得大于 4.0cm，三角缝宽度不得大于 8.0cm。

6.5.3.3 砂浆砌体的养护期限应由水泥品种确定，一般不少于 7d。临潮遇浪的新砌体，应采取保护措施。

6.5.3.4 变形缝和排水孔应按设计要求设置。

6.5.3.5 浆砌块石（包括基脚、戗台、护坡）的允许偏差、检验频率及方法应符合表 24 规定。

表 24 砌石护坡允许偏差、检验频率及方法

项次	项 目		规定值或允许偏差，mm			检验频率		检验方法
			基脚	戗台	护坡	范围，m	点数，个	
1	断面尺寸	厚	+ 50 - 20	+ 30 - 20	± 20	200	2	用尺检查
		宽	+ 50 - 20	+ 30 - 20	—	200	2	用尺检查
2	顶面标高		± 20	± 50	± 30	200	4	用水准仪检查
3	中线平面偏位		± 50	± 50	—	200	2	用经纬仪和尺检查
4	平整度		—	≤40	≤40	200	4	用 2m 小线测量
5	坡度		—	—	不陡于设计值	200	4	用坡度尺或尺检查
6	相邻块顶面高差		—	—	30	200	2	用钢尺量

6.5.4 抛石护坡

抛石护坡应顺直、整平，块石安放稳定，不得出现架空搭桥现象。有抛石反压平台的堤段，护坡应与反压平台搭接。抛石护坡坡度不陡于设计要求，高程符合表 23 规定。

6.5.5 人工块体预制和安放

6.5.5.1 预制人工块体混凝土应符合 JTJ 268 的规定。

6.5.5.2 预制人工块体的模板宜采用定型钢模板。

6.5.5.3 预制人工块体允许偏差、检验频率及方法应符合表 25、表 26 的规定。

表 25 预制扭工字块、四角锥、扭王字块允许偏差、检验频率及方法

项次	项 目	规定值或 允许偏差 mm	检验频率		检验方法
			范围, m	点数, 个	
1	各部位尺寸	± 10	每个构件 (抽查 1%)	8	用钢尺量块体肢杆长度和各肢端头截面
2	表面错牙	15		4	用钢尺量每肢杆, 各取一大值
注 1: 抹面应平顺并二次压光。 注 2: 块体重量允许偏差为 -5%。 注 3: 边棱残缺不大于 50cm ² 。					

6.5.5.4 安放人工块体前，应检查块石垫层的厚度、坡度和表面平整度，不符合要求时，应进行修整。

6.5.5.5 人工块体应自下而上安放，底部的块体应与水下梭体接触紧密。

6.5.5.6 对扭工字块体和四角锥体的安装,其安放数量与设计数量的允许偏差为5%;对扭王字块体,其安放数量不宜低于设计要求。

表 26 预制四脚空心方块允许偏差、检验频率及方法

项次	项 目	允许偏差 mm	检验频率		检验方法
			范围, m	点数, 个	
1	各部位尺寸	± 10	每个构件 (抽查 1%)	8	用钢尺量外轮廓边长和四角高度, 各四处
2	板厚度	± 10		4	用钢尺量各侧面, 取大值
3	孔心位置	20		2	用钢尺量纵横两方向
注 1: 抹面应平顺并二次压光。 注 2: 块体重量允许偏差为 -5%。 注 3: 边棱残缺不大于 50cm ² 。					

6.5.5.7 扭工字块体的安放应满足下列条件:

- 采用不规则(定点随机)安放时,可先按设计块数的95%计算网点的位置进行安放,完成后再进行检查、补漏。
- 采用规则安放时,应使垂直杆件安放在坡面下面,并压在前排的横杆内,横杆置于垫层块石上,腰杆跨在相邻块的横杆上。

6.5.5.8 四脚空心方块的安放,块体间应互相紧靠使其稳固,但不宜用二片石支垫,坡面与坡肩连接处的三角缝可用块石或现浇同标号混凝土填塞。

6.5.5.9 四脚空心方块安放允许偏差、检验频率及方法应符合表 27 的规定。

表 27 四脚空心方块安放允许偏差、检验频率及方法

项次	项 目	规定值或 允许偏差 mm	检验频率		检验方法
			范围, m	点数, 个	
1	相邻块体高差	150	每块构件 (抽查 10%)	2	用钢尺量任意二边, 各取大值
2	相邻块最大缝宽	≤ 100		2	用钢尺量任意二边, 各取大值

6.5.6 蘑菇石护坡

6.5.6.1 蘑菇石护坡混凝土应符合 JTJ 268 的规定。

6.5.6.2 砌筑时利用块石的自然形状大面向下,块石宜按梅花形排列,上下左右错落成行并与边坡垂直,砌筑后应及时浇筑混凝土。块石(混凝土块)外露高度宜不小于 0.2m,其间距宜为 0.4m~0.5m。

6.5.6.3 混凝土应按设计配合比施工、搅拌均匀、振捣密实,蘑菇石应镶嵌牢固,周围不得有缝隙。

6.5.6.4 蘑菇石护坡的允许偏差、检验频率及方法应符合表 28 的规定。

6.5.7 栅栏板护坡

6.5.7.1 施工顺序和基脚的处理应与干砌块石护坡相同。

6.5.7.2 栅栏板的形状和尺寸应符合设计要求。预制栅栏板允许偏差、检验频率及方法应符合表 29 的规定。

6.5.7.3 混凝土栅栏板强度应达到设计强度的 70% 以上时方可运输和起吊,并应采用四点吊。起吊时应避免大的晃动,安放时应缓慢下落。

6.5.7.4 栅栏板应分段由下而上安装,安装前应检查垫层的坡度和表面平整度。

6.5.7.5 栅栏板安装后，板与板之间应互相靠紧，安放稳固，但不应用二片石支垫，底面应有 2/3 以上的面积与垫层接触，栅栏板与上下结构接触部分应紧密，当结构接触部分缝隙较宽或局部形状不规则时，宜采取现浇同标号混凝土处理。

表 28 蘑菇石护坡允许偏差、检验频率及方法

项次	项目		规定值或允许偏差 mm	检验频率		检验方法
				范围, m	点数, 个	
1	蘑菇石外露高度	块石	± 50	200	10	用尺检查
		混凝土块	± 20			
2	蘑菇石净间距	块石	± 50	200	10	用尺检查
		混凝土块	± 20			
3	混凝土平整度		≤ 20	200	10	用 2m 小线及尺检查
4	混凝土厚度		± 20	500	1	用尺量或检查施工记录
5	顶面标高		± 20	200	4	用水准仪测量
6	坡度		不陡于设计值	200	4	用坡度尺或尺检查

表 29 预制栅栏板允许偏差、检验频率及方法

项次	项 目	规定值或允许偏差	检验频率		检验方法
			范围, m	点数, 个	
1	长、宽度	± 10mm	每个构件 (逐个检查)	4	用尺量各边
2	厚度	± 10mm		4	用尺量各边中部
3	顶面对角线差	≤ 20mm		1	用尺量
4	顶面平整度	≤ 10mm		2	用 2m 靠尺和楔形塞尺量 对角线方向
5	孔格间距	± 10mm		3	用尺量各边中部连续三格
6	边棱残缺	≤ 50cm ²		1	观察和尺量
7	混凝土强度等级	不小于设计值	—	—	按 GBJ 107 检查

6.5.7.6 栅栏板安装的允许偏差、检验频率及方法应符合表 30 的规定。

表 30 栅栏板安装的允许偏差、检验频率及方法

项次	项 目	规定值或 允许偏差, mm	检验频率		检验方法
			范围, m	点数, 个	
1	上沿标高	± 30	200	4	用水准仪检查
2	坡度	不陡于设计值	200	4	用坡度尺或尺量
3	直顺度	≤ 30	200	4	用经纬仪检查
4	栅栏板接缝宽	≤ 50	每块栅栏板 (逐件检查)	2	用尺量任意两边, 各取大值
5	相邻栅栏板高差	≤ 20		2	用尺量任意两边, 各取大值

6.5.8 堤脚防护

6.5.8.1 堤脚防护分抛石防护、管桩防护、人工块体防护等形式。抛石防护及人工块体防护可参照 6.4.2.2 和 6.5.5 进行施工。

6.5.8.2 管桩防护宜采用顶应力混凝土管桩 (PHC 或 PC 管桩), 管桩应符合 GB 13476 的规定。

6.5.8.3 管桩运至现场后应逐桩进行验收。

6.5.8.4 管桩吊运时, 其吊点、堆放支点及层数应符合 GB 13476 的规定。

6.5.8.5 应根据桩位处水深、地质条件等选择合适的船机设备, 宜优先选择专业打桩船, 沉桩可根据地质条件选择振动沉桩、锤击沉桩等方法。沉桩应满足下列要求:

a) 锤击沉桩:

- 1) 锤型的选择应根据地质、桩身结构强度、桩的承载力和锤的性能, 结合施工经验确定。
- 2) 桩锤、替打、送桩器和桩应保持在同一轴线上, 避免产生偏心锤击。
- 3) 当施工环境影响打桩船稳定时, 应暂停施工。
- 4) 不得采用移船方法纠正桩位。

b) 振动沉桩:

- 1) 振动锤、桩帽与桩顶端板连接应牢固或采用液压夹具连接桩头。
- 2) 沉桩开始时, 靠锤和桩的自重下沉, 下沉过程中应注意随时纠偏。
- 3) 在沉桩的初期, 将变频器打到轻振挡上, 沉桩过程中通过吊机调整振动锤的位置, 进行纠偏。当管桩沉至稳定状态时, 更换变频器挡位, 全幅开启振动锤, 实施沉桩作业。
- 4) 桩顶离水面上 1m 时, 换上替打送桩器, 进行水下送桩施工。

6.5.8.6 沉桩宜一次沉到设计高程, 中途尽量避免停顿。

6.5.8.7 管桩沉桩过程中, 如遇特殊地基地段 (软基、淤泥、坂砂等), 出现异常应及时处理。

6.5.8.8 管桩沉桩完成后, 应及时进行堤脚防护。

6.5.8.9 混凝土管桩水上沉桩允许偏差、检验频率及方法应符合表 31 的规定。

表 31 混凝土管桩水上沉桩允许偏差、检验频率及方法

项次	项 目		允许偏差		检验频率		检验方法
			直桩	斜桩	范围	点数, 个	
1	桩顶标高		± 50mm	± 50mm	每根桩 (抽查 10% 且不少于 10 根)	1	用水准仪检查
2	设计标高处 桩顶平面位置	无掩护近岸 水域沉桩	150mm	200mm	每根桩 (逐件检查)	1	用经纬仪和钢尺量纵横 两方向, 取大值
		无掩护离岸 水域沉桩	250mm	300mm			
3	桩身垂直度		1%	—	每根桩 (抽查 10% 且不少于 10 根)	1	吊线用钢尺量

6.5.9 挡浪墙施工

6.5.9.1 浆砌块石挡浪墙

6.5.9.1.1 浆砌块石挡浪墙石块应平砌, 每层石料高度应大致相同。块石应上下错缝, 内外搭砌, 镶面石块应丁顺相间或二顺一丁排列, 砌缝宽度应不大于 3.0cm, 上下层竖缝错开距离应不小于 8.0cm。砌体里层平缝宽度应不大于 3.0cm; 竖缝宽度应不大于 4.0cm; 用细骨料混凝土砌筑时应不大于 5.0cm。砌筑砂浆应饱满, 勾缝应密实牢固, 勾缝深度应不小于 2.0cm, 表面清晰洁净。浆砌块石挡浪墙封顶前应进行一次高程校核。

6.5.9.1.2 浆砌粗料石及混凝土预制块挡浪墙的砌筑，应控制平面位置和高度。镶面石应一顺一丁排列，砌缝应横平竖直。砌缝宽度，当为粗料石时应不大于 0.02m，当为混凝土块时应不大于 0.01m，上下层竖缝错开距离应不小于 0.1m，且丁石的上层或下层不宜有竖缝。砌体里层为浆砌块石时，其要求符合 6.5.9.1.1 的规定。

6.5.9.1.3 浆砌块石挡浪墙允许偏差、检验频率及方法应符合表 32 的规定。

表 32 浆砌块石挡浪墙允许偏差、检验频率及方法

项次	项 目	规定值或允许偏差，mm		检验频率		检验方法
				范围	点数，个	
1	前沿线对施工准线偏移		≤30	≤30	2	用经纬仪和钢尺量两端
2	外形尺寸		+30	+20	8	用钢尺量两端
			-10	-10	3	用水准仪检查两端和中点
3	顶面标高		±40	±20	1	吊线用钢尺量
4	正面竖向倾斜	前倾	0	0	每段 (逐件检查)	2
		后倾	$h/100$	$h/100$		
5	正面整平度		≤40	≤20		用 2m 靠尺和楔形塞尺量竖向和水平向
6	正面相邻块石错牙		—	10		用钢尺量取大值

注：h 为墙高度，mm。

6.5.9.2 现浇混凝土挡浪墙

6.5.9.2.1 现浇挡浪墙混凝土应符合 JTJ 268 的规定。

6.5.9.2.2 现浇混凝土挡浪墙宜在堤身和地基沉降基本完成后施工。

6.5.9.2.3 浇筑混凝土前，应参照 JTJ 268 的有关规定，对模板、支架、钢筋和预埋件等进行检查及其他准备工作。施工时模板应考虑施工期波浪作用。

6.5.9.2.4 挡浪墙应每 10m~20m 设一垂直变形缝，施工时应避免出现水平施工缝。混凝土的搅拌、运输、浇筑、养护、质量检查以及冬雨季施工，应符合 JTJ 268 的规定。

6.5.9.2.5 现浇混凝土挡浪墙允许偏差、检验频率及方法应符合表 33 的规定。

表 33 现浇混凝土挡浪墙允许偏差、检验频率及方法

项次	项 目	规定值或允许偏差 mm	检验频率		检验方法
			范围	点数，个	
1	前沿线对施工准线偏移	≤30	每段 (逐段检查)	3	用尺量
2	顶面标高	±20		3	用尺量
3	顶面宽度	±10		3	用 2m 小线及尺检查
4	相邻段错牙	≤20		2	用尺量或检查施工记录
5	迎水暴露面平整度	≤20		2	用水准仪测量
6	顶面平整度	≤10		2	用坡度尺或尺检查
7	混凝土强度等级	不小于设计标号	—	—	用坡度尺或尺检查

6.6 施工观测

6.6.1 应从施工开始时按要求进行，并在海堤施工过程中定期进行观测，发现异常现象，应及时采

取措施。

6.6.2 海堤现场观测应包括轴线移位、地基沉降、孔隙水压力、裂缝发展以及潮位、气象等项目，有条件时应进行波浪观测工作。观测人员应按要求对观测资料加以分析和说明，写出观测报告。

中华人民共和国
石油天然气行业标准
滩海海堤设计与施工技术规范
SY/T 4099—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 66 千字 印 1—1500
2010 年 10 月北京第 1 版 2010 年 10 月北京第 1 次印刷
书号: 155021·6493

版权专有 不得翻印

www.bzxz.net

免费标准下载网