



JTJ

中华人民共和国行业标准

JTJ 225—98

水运工程抗震设计规范

Code of Earthquake Resistant Design for Water
Transport Engineering

1998—04—20 发布

1999—06—01 实施

中华人民共和国交通部发布



中华人民共和国行业标准

水运工程抗震设计规范

JTJ225—98

主编部门：中交水运规划设计院
交通部第一航务工程勘察设计院
批准部门：中华人民共和国交通部
施行日期：1999年6月1日



关于发布《水运工程 抗震设计规范》的通知

交基发[1998]216号

各省、自治区、直辖市交通厅(局、委、办),部属及双重领导企事业单位:

由我部组织中交水运规划设计院和交通部第一航务工程勘察设计院等单位修订的《水运工程抗震设计规范》,业经审查,现批准为强制性行业标准,编号为 JTJ225—98,自 1999 年 6 月 1 日起施行。《水运工程水工建筑物抗震设计规范》(JTJ201—87)同时废止。

本规范的管理和出版组织工作由部基建管理司负责,具体解释工作由中交水运规划设计院负责。

中华人民共和国交通部
一九九七年八月四日

前 言

《水运工程抗震设计规范》为水运工程通用标准,是《水运工程水工建筑物抗震设计规范》(JTJ201—87)的修订本。

本次修订是在总结十多年抗震设计经验,进行结构原形观测、模型试验和抗震动力分析的基础上,借鉴国内外工程抗震的研究成果,对原规范作了补充和修改。在结构抗震计算从单一安全系数法向以分项系数表达的极限状态设计法转轨的过程中,进行了可靠度分析和校准工作,使本规范安全可靠且便于操作。修订后的新规范较充分地反映出我国在该领域的技术水平。

本规范的修订,主要依据现行国家标准《港口工程结构可靠度设计统一标准》(GB50158)和现行行业标准《水运工程建设标准编写规定》(JTJ200)等。

本规范适用于设计烈度为 6、7、8、9 度的码头和船闸抗震设计;对防波堤和修造船建筑物等,可参照执行。修订后的规范与原规范相比,结构抗震验算改为以分项系数表达的概率极限状态设计法。对次生灾害严重或特别重要的水运工程建筑物,将原规范设计烈度笼统提高一度的提法改为进行地震危险性分析。增加了用剪切波速划分场地土类型的方法。土层的液化判别由一步改为两步,修改了液化判别公式,原规范对液化土层一律不计其强度,新规范增加了部分利用土强度的计算方法。设计反应谱由原规范三条谱曲线改为四条,方便了使用。修改后的地震土压力计算公式与港口工程其他规范计算公式得到了统一。还增加了一些抗震设计的基本要求和抗震措施等。

本规范共 6 章、4 个附录及条文说明。

本规范由中交水运规划设计院负责解释。在执行过程中请将



发现的问题和意见及时向负责单位反映,以便今后修订时参考。

本规范如有局部修订,其修订内容将在《水运工程标准与造价管理信息》上刊登。

目 次

1	总则	8
2	符号	9
3	抗震设计的基本要求	11
4	场地、场基和岸坡	14
4.1	场地	14
4.2	可液化土地基	15
4.3	地基承载力和岸坡稳定	17
5	地震作用和结构抗震验算	20
5.1	抗震验算的原则和条件	20
5.2	地震惯性力	22
5.3	地震土压力	28
5.4	地震动水压力	33
5.5	结构抗震验算	35
6	抗震措施	41
6.1	地基和岸坡	41
6.2	重力式码头和重力墩	42
6.3	高桩码头	42
6.4	板桩码头	43
6.5	斜坡码头和浮码头	43
6.6	船闸	44
附录 A	建筑物自振周期的计算	45
附录 B	高度大于 30m 的空箱式和刚架、桁架式高桩墩式 码头的地震惯性力及内力的计算	48
附录 C	地震土压力参数表	49



附录 D 本规范用词用语说明	62
附加说明 本规范主编单位、参加单位和主要起草人名单.....	63

1 总 则

1.0.1 为防止或减轻地震对水运工程建筑物的破坏,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于设计烈度为 6、7、8、9 度的码头和船闸的抗震设计,对于防波堤和修造船建筑物等,可参照执行。

当设计烈度为 6 度时,可不进行抗震计算,但建筑物应按本规范适当采取抗震构造措施。

对抗震设计烈度高于 9 度的水运工程建筑物,其抗震设计应作专门的研究论证。

一般临时性建筑物可不进行抗震设计。

1.0.3 按本规范进行抗震设计的水运工程建筑物,应能抵抗设计烈度的地震,如有局部损坏,经一般修理仍能继续使用。

1.0.4 水运工程建筑物抗震设计,应采用《中国地震烈度区划图(1990)》确定的基本烈度为设计烈度。

对次生灾害严重或特别重要的水运工程建筑物以及高烈度区,应作危险性分析,当需要采用高于或低于基本烈度作为设计烈度时,应经批准。

施工期可不考虑地震作用,船闸检修情况宜按设计烈度降低一度进行验算。

1.0.5 按本规范进行抗震设计时,尚应符合国家现行有关强制性标准的要求。

2 符 号

- A ——墩或柱截面面积
 B ——计算方向墩身最大宽度
 b_i ——第 i 土条的宽度
 C ——综合影响系数
 c_n ——第 n 层粘性土的粘聚力
 C_1 ——圆柱和方柱的附加质量系数
 C_2 ——矩形墩的形状系数
 D_1 ——垂直于计算方向的墩截面边长
 D_2 ——平行于计算方向的墩截面边长
 d_{ov} ——场地覆盖层厚度
 d_s ——饱和土标准贯入点深度
 d_w ——地下水位深度
 E ——桩材料弹性模量
 E_H ——计算面以上水平向地震主动土压力标准值
 E_V ——计算面以上竖向地震主动土压力标准值
 e_{n1} ——作用在墙背上第 n 层土顶面处的单位面积上的土压力强度
 e_{n2} ——作用在墙背上第 n 层土底面处的单位面积上的土压力强度
 f ——沿计算面的摩擦系数设计值
 f_k ——地基土静承载力标准值
 f_t ——钢材强度设计值
 G ——永久作用标准值

- g ——重力加速度
- H ——质点系的总计算高度
- H_i ——质点 i 的计算高度
- h_i ——第 i 土层的厚度
- I ——桩截面惯性矩
- I_N ——土的抗液化指数
- K_{an} ——第 n 层土的主动土压力系数
- K_H ——水平向地震系数
- K_{pn} ——第 n 层土的被动土压力系数
- K_v ——竖向地震系数
- L_N ——桩的平均计算受压长度
- L_M ——桩的平均计算受弯长度
- M_c ——土中粘粒含量百分点数
- M_i ——集中在质点 i 的质量
- N_{cr} ——液化判别标准锤击数临界值
- N_0 ——液化判别标准锤击数基准值
- $N_{63.5}$ ——未经杆长修正的饱和土标准贯入锤击数实测值
- P_D ——地震动水压力合力标准值
- P_H ——水平向地震惯性力标准值
- P_V ——竖向地震惯性力标准值
- P_Z ——作用在直墙式建筑物上 Z 深度范围内的地震总动水压力标准值
- p_z ——水面以下深度 Z 处的地震动水压力强度
- Q_{ik} ——第 i 个可变作用标准值
- q ——地面上的均布荷载标准值
- R_E ——地基土抗震承载力设计值
- R_H ——拉杆拉力水平分力的标准值
- S ——结构构件作用效应设计值
- T ——计算方向结构自振周期

- T_1 ——墩的第一自振周期
 V_s ——土层剪切波速
 V_{sm} ——土层加权平均剪切波速
 W_i ——第 i 土条的重力标准值
 W_z ——每米宽钢板桩的弹性抵抗矩
 $x_1(i)$ ——第一振型质点 i (或第 i 分段重心处) 的相对水平位移
 y_i ——第 i 土条重心至滑弧圆心的竖向距离
 Z ——计算点至水面的距离
 γ_0 ——结构重要性系数
 γ_1 ——第一振型参与系数
 γ_{EQ} ——综合分项系数
 γ_{EW} ——剩余水压力分项系数
 γ_G ——永久作用分项系数
 γ_{FD} ——地震动水压力分项系数
 γ_{PH} ——水平向地震惯性力分项系数
 γ_{PV} ——竖向地震惯性力分项系数
 γ_{Qi} ——第 i 项可变作用分项系数
 γ_{RE} ——抗震调整系数
 δ_n ——第 n 层土与墙背间的摩擦角
 ε_h ——地震时粘性土负值计算深度系数
 θ ——计算地震土压力的地震角
 η ——动水压力折减系数
 η_s ——地基土抗震承载力设计值提高系数
 ξ ——计算岸坡稳定分布系数
 ψ ——地震时作用组合系数

3 抗震设计的基本要求

3.0.1 水运工程建筑物的场地选择,应根据需要进行工程地质、水文地质和地震活动的调查研究和勘测工作,按照场地土、地质构造和地形地貌条件作综合评价。宜选择对建筑物抗震相对有利的地段,避开不利的地段,未经充分论证,不得在危险地段进行建设。

对抗震相对有利地段一般是指:建设地区及其邻近无晚近期活动性断裂,地质构造相对稳定,同时地基为比较完整的岩体和密实土层,岸坡稳定条件较好。

对抗震不利地段一般是指:建设地区及其邻近地质构造复杂,有晚近期活动性断裂,场地中有可液化土层或软土层分布,岸坡稳定条件较差。

对抗震危险地段一般是指:建设地区地质构造复杂,有晚近期活动性断裂,有可能伴随强震产生地震断裂,地震时可能产生大滑坡、崩塌、地陷等,威胁建筑物安全而又难以处理者。

3.0.2 当地基主要持力层范围有可液化土层、软土层或严重不均匀土层时,应考虑其对结构的不利影响,并采取必要的措施。

3.0.3 结构的平面和立面布置,宜规则和对称,质量和刚度分布宜均匀,尽量降低建筑物重心位置。

3.0.4 抗震结构体系应符合下列要求。

3.0.4.1 应具有明确的计算简图和简捷、合理的地震作用传递路线。

3.0.4.2 结构构件及其连接应符合下列要求:

(1)钢筋混凝土构件应合理选择尺寸,配置钢筋,增加延性,避免剪切先于弯曲破坏和钢筋锚固粘结先于构件破坏;

(2)结构各构件之间的连接节点,其承载力不应低于连接构件的承载力。

3.0.4.3 可以有目的、合理地设置结构的薄弱部位。

3.0.4.4 对建筑物端部或转角部位,应采取措施提高其抗震能力。

3.0.4.5 宜增加结构的超静定次数。

3.0.5 装配式结构应采取加强整体连接的措施。

3.0.6 结构设计应考虑便于进行震后检修。

3.0.7 施工时,对抗震设计中关键部位的主要钢筋,不宜用比原设计延性差的钢筋代替。

4 场地、地基和岸坡

4.1 场地

4.1.1 场地类别,应根据场地土类型和场地覆盖层厚度按表

4.1.1 划分为四类,当有充分依据时可适当调整。

场地类别划分 表 4.1.1

场地土类型	场地覆盖层厚度 d_{ov} (m)				
	$d_{ov}=0$	$0 < d_{ov} \leq 3$	$3 < d_{ov} \leq 9$	$9 < d_{ov} \leq 80$	$d_{ov} > 80$
坚硬场地土	I				
中硬场地土	—			II	
中软场地土	—	I	II	III	—
软弱场地土	—	I	II	III	IV

4.1.2 场地土类型,宜根据地面以下 15m 范围或厚度小于 15m 的场地覆盖层范围内各土层的剪切波速,按表 4.1.2 划分。

场地土的类型划分 表 4.1.2

场地土类型	土层的剪切波速(m/s)	场地土类型	土层的剪切波速(m/s)
坚硬场地土	$V_s > 500$	中软场地土	$250 \geq V_{sm} > 140$
中硬场地土	$500 \geq V_{sm} > 250$	软弱场地土	$V_{sm} \leq 140$

注： V_s 为土层剪切波速； V_{sm} 为土层加权平均剪切波速。

4.1.3 当无实测剪切波速时,可按表 4.1.3 划分土的类型,并按下列原则确定场地土类型:当为单一土层时,土的类型即为场地土类型;当为多层土时,场地土类型可根据地面下 15m 且不深于场地覆盖层厚度范围内各土层类型和厚度综合评定。

土的类型划分 表 4.1.3

土的类型	岩土名称和性状
坚硬土	岩石、密实的碎石土
中硬土	中密、稍密的碎石土,密实、中密的砾、粗、中砂, $f_k > 200$ 的粘性土和粉土
中软土	稍密的砾、粗、中砂,除松散外的细、粉砂, $f_k \leq 200$ 的粘性土和粉土, $f_k > 130$ 的填土
软弱土	淤泥和淤泥质土,松散的砂,新近沉积的粘性土和粉土, $f_k < 130$ 的填土

注: f_k 为地基土静承载力标准值(kPa)。

4.1.4 场地覆盖层厚度应按地面至剪切波速大于 500m/s 的土层或坚硬土顶面的距离确定。

4.2 可液化土地基

4.2.1 当设计烈度为 7~9 度时,应对饱和土进行液化判别和相应的地基处理;当设计烈度为 6 度时,可不进行液化判别,但对液化敏感的码头、船闸结构,可按 7 度考虑。

4.2.2 地面以下 20m 内,存在饱和砂土或粉土层时,应首先按第 4.2.3 条进行是否液化的初步判别,对初步判别为可液化的土层,应按第 4.2.4 条作进一步判别。当有条件时,尚可采用其他判别方法。

4.2.3 对饱和砂土或粉土层,当符合下列条件之一时,可初步判别为不液化:

(1)地质年代为第四纪晚更新世(Q_3)及其以前时;

(2)当采用六偏磷酸钠作为分散剂的测定方法测得的粉土,其粘粒(粒径小于 0.005mm 的颗粒)含量的百分点数,7 度、8 度和 9 度分别不小于 10、13 和 16 时。

4.2.4 采用标准贯入试验判别法进行地基土的液化判别时,符合式(4.2.4-1),应判定为液化土。

$$N_{63.5} < N_{cr} \quad (4.2.4-1)$$

式中 $N_{63.5}$ ——未经杆长修正的饱和土标准贯入锤击数实测值；
 N_{cr} ——液化判别标准锤击数临界值。

N_{cr} 可按下列下式计算：

$$N_{cr} = N_0 [0.9 + 0.1(d_s - d_w)] \sqrt{\frac{3}{M_c}} \quad (4.2.4-2)$$

式中 N_0 ——液化判别标准锤击数基准值，烈度7度时为6，8度时为10，9度时为16；

d_s ——饱和土标准贯入点深度(m)；

d_w ——地下水位深度(m)；

M_c ——粘粒含量百分数，当小于3或为砂土时，均应取3。

建筑物建成后和建造前的地面高程和地下水位有较大变化时，式(4.2.4-2)中各项应采用建成后的相应值，且标准贯入击数可按下列下式修正：

$$N_{63.5}' = N_{63.5} \frac{d'_s + d'_w + 7.8}{d_s + d_w + 7.8} \quad (4.2.4-3)$$

式中 $N_{63.5}'$ ——建筑物建成后的饱和土标准贯入锤击数修正值；

d'_s ——建筑物建成后的饱和土标准贯入点深度(m)；

d'_w ——建筑物建成后的地下水位深度(m)。

4.2.5 地基内有液化土层时，可不计该层土的强度，当有经验或经论证可利用该层土的部分强度时，可根据抗液化指数对液化土层的桩侧摩阻力、内摩擦角等力学指标进行折减。其折减系数 α 可按表 4.2.5 采用。

液化土力学指标的

折减系数 α 值

表 4.2.5

$I_N = \frac{N_{63.5}}{N_{cr}}$	d_s (m)	α
$I_N \leq 0.6$	$d_s \leq 10$	0
	$10 < d_s \leq 20$	
$0.6 < I_N \leq 0.8$	$d_s \leq 10$	0.33
	$10 < d_s \leq 20$	
$0.8 < I_N \leq 1.0$	$d_s \leq 10$	0.66
	$10 < d_s \leq 20$	
	$d_s \leq 10$	1.0

抗液化指数可按下列式计算：

$$I_N = \frac{N_{63.5}}{N_{cr}} \quad (4.2.5)$$

式中 I_N ——抗液化指数。

4.3 地基承载力和岸坡稳定

4.3.1 在水运工程建筑物地基的抗震验算中,对于液化土层以下的土层,当按现行行业标准《港口工程地基规范》(JTJ250)采用固结快剪强度指标计算地基承载力时,抗力分项系数可降低至正常情况下的 75%;当采用查表法时,地基土的抗震承载力设计值可按式(4.3.1)予以提高。液化土层以上的土层承载力设计值不应修正。

$$R_E = \eta_s R \quad (4.3.1)$$

式中 R_E ——地基土抗震承载力设计值(kPa);
 R ——经基础宽度和埋深修正后的地基土静承载力设计值(kPa);
 η_s ——地基土抗震承载力设计值提高系数,按表 4.3.1 采用。

地基土抗震承载力设计值提高系数 表 4.3.1

地 基 土	η_s
松砂(非液化状态)	1.0
一般砂土(非液化状态)	1.3
密实的碎石土(包括夯实的抛石基床)和基岩	1.5

地震时桩的垂直承载力抗力分项系数:在一般粘性土和砂土中,可降为正常情况下的 80%;在软土和非液化状态的松砂中不宜降低。

4.3.2 对地震作用下的岸坡整体稳定验算,当采用圆弧滑动面法(见图 4.3.2)验算时,应满足下列公式的要求:

$$\gamma_s \left[\sum \left[(q_i b_i + W_i) \sin \alpha_i + \frac{P_{Hi} y_i}{R} \right] + \frac{\sum M}{R} \right] \leq$$

$$\frac{1}{\gamma} \sum [c_i b_i \sec \alpha_i + (q_i b_i + W_i) \cos \alpha_i \tan \psi_i] \quad (4.3.2-1)$$

$$P_{Hi} = CK_H \xi_i (q_i b_i + W_{si}) \quad (4.3.2-2)$$

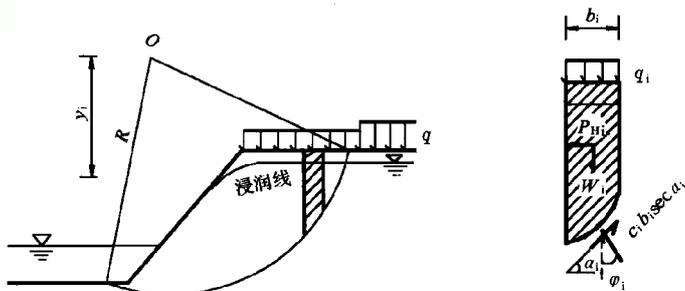


图 4.3.2 地震作用下圆弧滑动稳定性计算示意图

- 式中 γ_s ——综合分项系数,取 1.0;
- W_i ——第 i 土条的重力标准值(kN/m),水下用浮重度,计入渗透力时,对浸润线以下,设计低水位以上,改用饱和重度计算滑动力矩;
- q_i ——第 i 土条顶面上的荷载,在坡顶上的堆货荷载按第 5.1.2 条确定(kN/m²);
- b_i ——第 i 土条的宽度(m);
- α_i ——第 i 土条弧线中点切线与水平线的夹角(°);
- P_{Hi} ——第 i 土条的水平向地震惯性力标准值(kN/m);
- y_i ——第 i 土条重心至滑弧圆心的竖向距离(m);
- R ——滑弧半径(m);
- ΣM ——由其它因素产生的滑动力矩(kN·m/m);
- γ_R ——抗力分项系数,取 1.0;
- c_i ——第 i 土条滑动面上土的粘聚力标准值(kPa);
- ψ_i ——第 i 土条滑动面上土的内摩擦角(°);
- C ——综合影响系数,取 0.25;
- K_H ——水平向地震系数,按表 5.1.4 采用;
- ξ_i ——分布系数,坡顶处取 4/3,坡底及其以下取 2/3 并沿

高度直线分布；计算整坡稳定时，其值为 1；计算局部稳定时，可取该局部高度的平均值；

W_{st} ——第 i 土条的重力标准值(kN/m)，水下用饱和重度。

验算时，原则上应通过动力试验测定土体在地震作用下的抗剪强度指标。无动力试验条件时，除第 4.2.2 条中定义的可液化土外，可用固结不排水强度指标或相当的抗剪强度。

抗力分项系数不应小于 1.0。如有实际经验，可针对工程的具体情况，按现行行业标准《港口工程地基规范》的规定适当调整抗力分项系数。

5 地震作用和结构抗震验算

5.1 抗震验算的原则和条件

5.1.1 水运工程建筑物抗震设计属偶然状况,仅应进行承载能力极限状态验算(抗震稳定和承载力验算);不应进行正常使用极限状态验算。

5.1.2 在抗震设计中进行作用组合时,各种作用的标准值为静力计算时的数值,即现行行业标准《港口工程荷载规范》(JTJ215)有关规定值乘以地震时各作用组合系数 ψ , ψ 可按表 5.1.2 采用。

地震时各作用组合系数 表 5.1.2

序号	作用		组合系数 ψ
1	结构自重力		1.00
2	固定设备自重力		1.00
3	起重机自重力		1.00
4	起重机吊重		0
5	引桥和斜坡栈桥上的 流动机械荷载	顺桥向	0
		横桥向	0.50
6	件杂货、集装箱	高桩码头	0.33
		板桩、重力式码头	0.50
	五金钢铁	高桩码头	0.40
		板桩、重力式码头	0.50
堆货荷载	散货	高桩码头、板桩、重力式码头	0.70
7	管道和皮带机等固定设备中的液体和散体		1.00
8	船舶系缆力		0.50
9	船舶挤靠力		0.50
10	船舶撞击力		0
11	内河高桩墩式和斜坡栈桥式码头的水流力		1.00
12	水压力(包括墙后剩余水压力)		1.00

号	作用	组合系数 ψ
3	扬压力	1.00
4	波浪力	0

5.1.3 抗震设计时的水位应按表 5.1.3 采用。

抗震设计时的水位 表 5.1.3

建筑物类别	抗震设计高水位	抗震设计低水位	抗震设计地下水位
海港和受潮汐影响的河口港	设计高水位	设计低水位	取相应的不利水位
河港	多年历时保证率 10%的水位	设计低水位	
船闸	取相应工作条件下的水位		

5.1.4 水平向地震系数 K_H 应按表 5.1.4 采用,设计反应谱应根据场地类别和结构自震周期按图 5.1.4 采用。

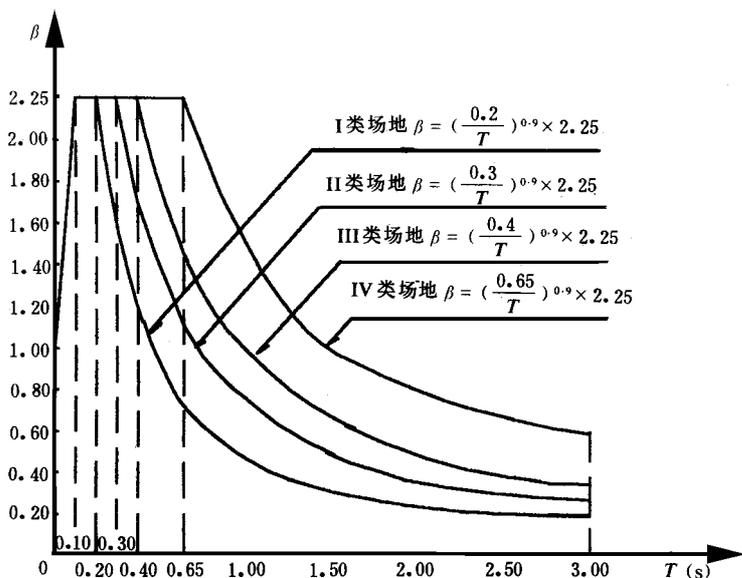


图 5.1.4 设计反应谱曲线 (阻尼比 $\xi=0.05$)
 T —结构自振周期(s); β —动力放大系数

水平向地震系数 K_H 表 5.1.4

设计烈度	7	8	9
K_H	0.1	0.2	0.4

5.1.5 水运工程建筑物水平向地震作用,应根据建筑物的型式,分别对纵、横两个方向或其中一个方向进行验算。

5.1.6 水运工程建筑物的竖向地震惯性力,可按相应的水平向地震惯性力算法,以竖向地震系数 K_V 代替水平向地震系数 K_H 进行计算, K_V 取 $2/3K_H$ 。对于重力式建筑物,当设计烈度为 8 度、9 度时,需同时计入水平向和竖向地震惯性力。此时竖向地震惯性力应乘以 0.5 的组合系数。

5.1.7 对设有前后方桩台的高桩码头,应按下列规定进行抗震验算:

(1)前后方桩台可作为整体进行横向地震惯性力计算;

(2)对高桩码头纵向地震惯性力,可仅计算端部段,中间段可不考虑;

(3)基桩内力按刚架计算,前后方桩台间可按设铰接连杆考虑;

(4)对质量或刚度明显不均匀、不对称的桩基码头结构,应考虑水平向地震作用的扭转影响。

5.1.8 对混凝土闸墙或闸首边墩,在计入截面上全部渗透力(渗透系数 α 取 1)情况下,截面最大拉应力不应大于 0.2MPa。

5.1.9 计算地震惯性力时,重力按空气中重力计算,水下土体按饱和重度计算。

5.2 地震惯性力

5.2.1 板梁式、无梁面板式、桁架式和实体墩式高桩码头,可按单质点考虑,其水平向总地震惯性力标准值宜按下列公式计算:

$$P_H = CK_H \beta W \quad (5.2.1-1)$$

$$W = W_1 + W_2 + \eta W_3 \quad (5.2.1-2)$$

- 式中 P_H ——作用在上部结构重心的水平向总地震惯性力标准值(kN);
- C ——综合影响系数,取 0.30,对于接岸的窄桩台码头,视岸坡土质适当提高,但不超过 0.50;
- K_H ——水平向地震系数,按表 5.1.4 采用;
- β ——动力放大系数,按相应计算方向的建筑物自振周期和场地类别查设计反应谱(见图 5.1.4)求得,建筑物自振周期按附录 A 确定;
- W ——换算质点总重力标准值(kN);
- W_1 ——建筑物的梁板、桁架、盖板、桥跨等及固定设备重力标准值(kN);
- W_2 ——建筑物上的荷载重力标准值(kN);
- W_3 ——嵌固点以上的桩身重力标准值,嵌固点位置按有关规定确定(kN);
- η ——桩身重力折减系数,当桩顶和上部结构为固接时取 0.37;铰接时取 0.24。

5.2.2 空箱式和刚架、桁架式高桩墩式码头宜按多质点考虑(见图 5.2.2),沿建筑物高度作用于质点的水平向地震惯性力标准值,可按下列公式计算:

$$P_i = CK_H \beta_1 \gamma_1 X_1(i) W_1 \quad (5.2.2-1)$$

$$\gamma_1 = \frac{\sum_{i=1}^n X_1(i) W_1}{\sum_{i=1}^n X_1^2(i) W_1} \quad (5.2.2-2)$$

$$X_1(i) = \sqrt{\frac{H_1}{H}} \quad (5.2.2-3)$$

- 式中 P_i ——质点 i 的水平向地震惯性力标准值(kN);
- γ_1 ——第一振型参与系数;
- $X_1(i)$ ——第一振型质点 i (或第 i 分段重心处)的相对水平位移;
- C ——综合影响系数,取 0.30;
- β_1 ——动力放大系数,按相应计算方向的建筑物第一自振

周期和场地类别查设计反应谱求得,建筑物自振周期按附录 A 确定;

- n ——质点总数;
- H_i ——质点 i 的计算高度(m);
- H ——质点系的总计算高度(m),见图 5.2.2;
- W_i ——集中在质点 i (或第 i 分段) 的重力标准值,对于最下面一个质点尚应计入桩平均计算受弯长度的二分之一桩身重力(kN)。

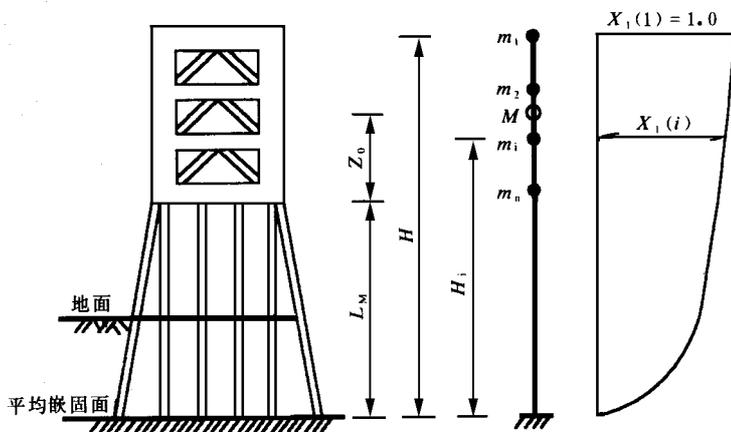


图 5.2.2 计算简图及第一振型图

m_i —集中在质点 i 的质量; M —质点系的总质量

5.2.3 对于空箱式和刚架、桁架式高桩墩式码头,当计算高度大于 30m 时,应计入高振型的影响,其地震惯性力标准值及内力标准值按附录 B 计算。

5.2.4 对于斜坡码头和浮码头的柱、桩式墩宜按多质点考虑,沿建筑物高度作用于质点 i 的水平地震惯性力标准值,宜按下列公式计算:

$$P_i = CK_H \beta_1 \gamma_1 X_1(i) W_i \quad (5.2.4-1)$$

$$\gamma_1 = \frac{\sum_{i=1}^n X_1(i) W_i}{\sum_{i=1}^n X_1^2(i) W_i} \quad (5.2.4-2)$$

式中 C ——综合影响系数,取 0.30;
 β_1 ——动力放大系数,按相应计算方向的建筑物第一自振周期和场地类别查设计反应谱求得,建筑物自振周期按附录 A 确定;
 n ——质点总数;
 $X_1(i)$ ——第一振型质点 i (或第 i 分段重心处)的相对水平位移,按附录 A 确定;
 W_1 ——集中在质点 i (或第 i 分段)的重力标准值,对于最上面一个质点,尚应计入桥跨结构、固定设备及上部荷载的重力(kN)。

5.2.5 重力式码头沿高度作用于质点的水平向地震惯性力标准值可按下式计算:

$$P_i = CK_H \alpha_1 W_i \quad (5.2.5)$$

式中 C ——综合影响系数,取 0.25;
 W_1 ——集中在质点(或第 i 分段)的重力标准值(kN);
 α_1 ——加速度分布系数,沉箱码头、扶壁码头、不带卸荷板方块码头按图 5.2.5(a) 确定;带卸荷板方块码头、衡重式码头按图 5.2.5(b) 确定。

5.2.6 重力墩沿高度作用

于质点 i 的水平向地震惯性力标准值可按下式计算:

$$P_i = CK_H \alpha_i W_i \quad (5.2.6)$$

式中 C ——综合影响系数。当 $H \leq 10\text{m}$ 时, $C = 0.20$; 当 $H >$

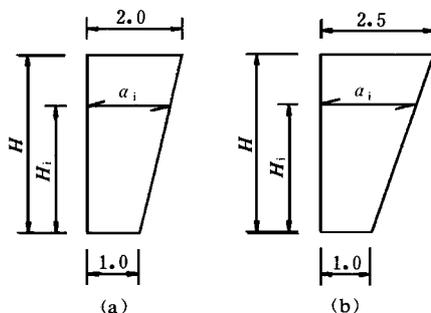


图 5.2.5 重力式码头加速度分布系数图

10m 时, $C=0.25$, H 为墩高;

- W_i ——集中在质点 i (或第 i 分段) 的重力标准值(kN);
最上面一个质点, 设于墩顶, 尚应计入桥跨结构、固定设备及上部荷载的重力;
- α_i ——加速度分布系数, 海港码头重力墩按图 5.2.6(a) 确定; 斜坡式码头重力墩横桥向按图 5.2.6(a) 确定; 顺桥向按图 5.2.6(b) 确定。

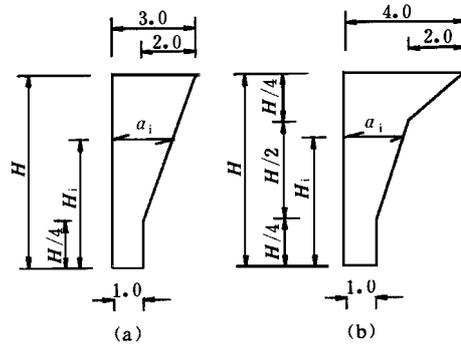


图 5.2.6 重力墩加速度分布系数图

5.2.7 土基、岩基上的闸首边墩, 其沿高度作用于质点 i 的水平向地震惯性力标准值可按下式计算。

$$P_i = CK_H \alpha_i W_i \quad (5.2.7)$$

式中 C ——综合影响系数, 采用 0.25;

α_i ——加速度分布系数, 按图 5.2.7 采用。

5.2.8 土基上船闸的重力式、坞式、悬臂式闸室墙, 沿高度作用于质点 i 的水平向地震惯性力标准值可按式(5.2.7)计算, 式中 α_i 按图 5.2.8 采用。

5.2.9 船闸闸顶机架桥, 其沿高度作用于质点 i 的水平向地震惯性力标准值可按式(5.2.7)计算, 式中 α_i 按图 5.2.9 采用。

5.2.10 岩基上船闸闸室墙水平向地震惯性力标准值按下列方法确定。

5.2.10.1 水平向总地震惯性力标准值可按下式计算:

$$P_H = CK_H FW \quad (5.2.10.1)$$

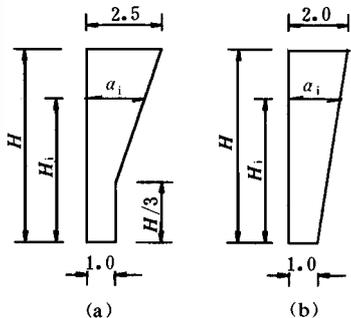


图 5.2.7 闸首边墩加速度分布系数图

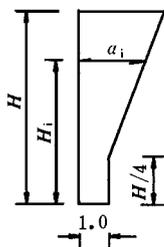


图 5.2.8 土基上船闸闸室墙加速度分布系数图

(a)垂直船闸轴线方向;(b)顺船闸轴线方向

式中 P_H ——水平向总地震惯性力标准值(kN);

C ——综合影响系数,取 0.25;

F ——总地震惯性力系数,取 1.1。

5.2.10.2 沿建筑物高度作用于质点 i 的水平向地震惯性力标准值可按下式计算:

$$P_i = \frac{W_i D_i}{\sum_{i=1}^n W_i D_i} P_H \quad (5.2.10-2)$$

式中 P_i ——作用于质点 i 的水平向地震惯性力标准值(kN);

n ——建筑物计算质点总数;

D_i ——地震惯性力分布系数,按图 5.2.10 确定。

5.2.11 对位于坡顶的挡土墙或桥台,作用于其重心处的水平向总地震惯性力标准值可按下列公式计算:

$$\text{岩基时} \quad P_H = 0.30 K_H W \quad (5.2.11-1)$$

$$\text{土基时} \quad P_H = 0.35 K_H W \quad (5.2.11-2)$$

式中 P_H ——作用于重心处的水平向总地震惯性力标准值(kN);

W ——挡土墙或桥台的总重力标准值(kN)。

5.2.12 验算桥跨支座(包括锚栓、销钉和焊缝等)抗震强度时,

用于简支梁支座上的水平向地震惯性力标准值可按下列公式计算：

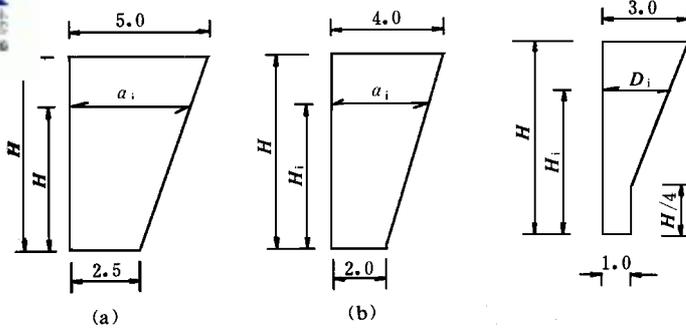


图 5.2.9 闸顶机架桥加速度分布系数图 图 5.2.10 岩基上船闸闸室墙地震惯性力分布系数图
 (a)垂直船闸轴线方向； (b)顺船闸轴线方向

$$P = 1.5 K_H W_L \quad (5.2.12)$$

式中 P ——作用于简支梁支座上的水平向地震惯性力标准值(kN)；
 W_L ——桥跨结构重力标准值(kN)。对于固定支座，为一孔桥跨上部结构的重力标准值；对于活动支座，为一孔桥跨上部结构重力标准值的 $\frac{1}{2}$ 。

5.3 地震土压力

5.3.1 地震时作用在挡土建筑物上的主动土压力标准值(见图 5.3.1),宜按下列公式计算：

(1)作用在墙背上第 n 层土的总主动土压力标准值：

$$E_{an} = \frac{1}{2} (e_{an1} + e_{an2}) \frac{h_n}{\cos \alpha} \quad (5.3.1-1)$$

(2)作用在墙背上第 n 层土顶面处的单位面积上的主动土压力标准值：

$$e_{an1} = (K_q q + \sum_{i=0}^{n-1} \gamma_i h_i) K_{an} \cos \alpha$$

$$-2c_n K_{acn} \cos \alpha \quad (5.3.1-2)$$

(3)作用在墙背上第 n 层土底面处的单位面积上的主动土压力标准值:

$$e_{an2} = (K_q q + \sum_{i=0}^n \gamma_i h_i) K_{an} \cos \alpha - 2c_n K_{acn} \cos \alpha \quad (5.3.1-3)$$

(4)系数:

$$K_q = \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} \quad (5.3.1-4)$$

$K_{an} =$

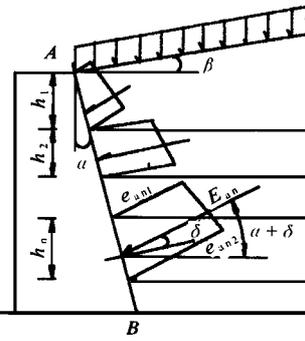


图 5.3.1 地震主动土压力分布图

$$\frac{\cos^2(\phi_n - \alpha - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \alpha \cos(\delta_n + \theta + \alpha) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_n + \delta_n) \sin(\phi_n - \beta - \theta)}{\cos(\delta_n + \theta + \alpha) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2} \quad (5.3.1-5)$$

$$K_{acn} = \frac{\cos(\alpha - \beta) \cos \phi_n}{\cos \theta \cos \alpha [1 + \sin(\phi_n + \delta_n - \beta + \alpha)]} \quad (5.3.1-6)$$

(5)地震主动破裂面与水平面的夹角:

$$\operatorname{ctg}(\xi_a - \beta) = -\operatorname{tg}(\phi_n + \delta_n - \beta + \alpha) + \frac{1}{\cos(\phi_n + \delta_n - \beta + \alpha)} \cdot \sqrt{\frac{\cos(\delta_n + \theta + \alpha) \sin(\phi_n + \delta_n) + 2\eta_n \cos \phi_n \cos \alpha \cos \theta}{\cos(\alpha + \beta) \sin(\phi_n - \beta - \theta) + 2\eta_n \cos \phi_n \cos \alpha \cos \beta}} \quad (5.3.1-7)$$

$$\eta_n = \frac{c_n}{K_q + \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i} \quad (5.3.1-8)$$

式中 E_{an} ——作用在墙背上第 n 层土的总主动土压力标准值 (kN/m);

e_{an1} ——作用在墙背上第 n 层土顶面处的单位面积上的主动土压力标准值 (kPa);

e_{an2} ——作用在墙背上第 n 层土底面处的单位面积上的主动土压力标准值 (kPa);

h_n ——第 n 层土的厚度 (m);

- α ——墙背与铅垂线的夹角($^{\circ}$),仰斜为正,俯斜为负;
- K_q ——系数;
- q ——地面上的均布荷载标准值,地面倾斜时为单位斜面积上的重力标准值(kPa);
- γ_i ——第 i 层土的重度(kN/m^3),水下采用浮重度;
- h_i ——第 i 层土的厚度(m);
- K_{an} ——第 n 层土的主动土压力系数,当 $\beta = 0, \delta_n = 0$ 或 $\beta = 0, \delta_n = \phi_n/2 \leq 15^{\circ}$ 时,可按附录表 C.0.1-1 和附录表 C.0.1-2 采用;当 $\beta = 0, 0 < \delta_n < \frac{\phi_n}{2}$ 时,可取两表的内插值。
- c_n ——地震时第 n 层粘性土的粘聚力标准值(kPa),通常可取与平时相同,而对振动敏感的粘性土宜作专门的试验研究;
- K_{acn} ——系数(地震主动土压力作用在第 n 层土时),当 $\beta = 0, \delta_n = 0$ 或 $\beta = 0, \delta_n = \phi_n/2 \leq 15^{\circ}$ 时,可按附录表 C.0.1-1 和附录表 C.0.1-2 采用;当 $\beta = 0, 0 < \delta_n < \frac{\phi_n}{2}$ 时,可取两表的内插值。
- β ——地面与水平面的夹角($^{\circ}$),在水平面以上为正,在水平面以下为负,且 $|\beta| < \phi$;
- ϕ_n ——地震时第 n 层土的内摩擦角($^{\circ}$),通常可取与平时相同,但对饱和松砂宜作专门试验研究;
- δ_n ——第 n 层土与墙背间的摩擦角($^{\circ}$),式(5.3.1-5)和式(5.3.1-6)中,宜取 $\delta_n = 0$ 或 $\delta_n = \frac{\phi_n}{2} \leq 15^{\circ}$,式(5.3.1-7)中的 δ_n 取绝对值;
- θ ——地震角($^{\circ}$),按表 5.3.1 采用。
- ξ_a ——地震时主动破裂面与水平面的夹角($^{\circ}$),当 $\beta = 0, \delta_n$

$= 0$ 和 $\beta = 0, \delta_n = \frac{\phi_n}{2} \leq 15^\circ$, 可按附录表 C.0.2-1

和附录表 C.0.2-2 采用; 当 $0 < \delta_n < \frac{\phi_n}{2}$ 时, 可取两表的内插值;

η_n ——系数。

设计烈度		7	8	9
地震角 θ (°)	水上	1.5	3.0	6.0
	水下	3.0	6.0	12.0

5.3.2 地震时作用在挡土建筑物上的被动土压力标准值(见图 5.3.2), 宜按下式公式计算:

(1) 作用在墙背上第 n 层土的总被动土压力标准值:

$$E_{pn} = \frac{1}{2} (e_{pn1} + e_{pn2}) \frac{h_n}{\cos \alpha} \quad (5.3.2-1)$$

(2) 作用在墙背上第 n 层上顶面处的单位面积上的被动土压力标准值。

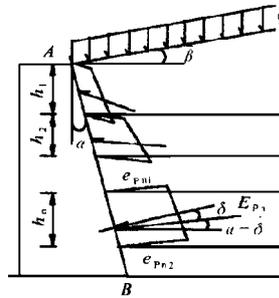


图 5.3.2 地震被动土压力分布图

$$e_{pn1} = (K_q q + \sum_{i=0}^{n-1} \gamma_i h_i) K_{pn} \cos \alpha + 2 c_n K_{pcn} \cos \alpha \quad (5.3.2-2)$$

(3) 作用在墙背上第 n 层土底面处的单位面积上的被动土压力标准值:

$$e_{pn2} = (K_q q + \sum_{i=0}^n \gamma_i h_i) K_{pn} \cos \alpha + 2 c_n K_{pcn} \cos \alpha \quad (5.3.2-3)$$

(4) 系数:

$$K_q = \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} \quad (5.3.2-4)$$

$$K_{pn} = \frac{\cos^2(\phi_n + \alpha - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \alpha \cos(\delta_n + \theta - \alpha) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi_n + \delta_n) \sin(\phi_n + \beta - \theta)}{\cos(\delta_n + \theta - \alpha) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2} \quad (5.3.2-5)$$

$$K_{pen} = \frac{\cos(\alpha - \beta) \cos \phi_n}{\cos \theta \cos \alpha [1 - \sin(\phi_n + \delta_n + \beta - \alpha)]} \quad (5.3.2-6)$$

(5)地震被动破裂面与水平面的夹角：

$$\begin{aligned} \operatorname{ctg}(\xi_p - \beta) &= \operatorname{tg}(\phi_n + \delta_n + \beta + \alpha) + \frac{1}{\cos(\phi_n + \delta_n + \beta - \alpha)} \cdot \\ &\sqrt{\frac{\cos(\delta_n + \theta - \alpha) \sin(\phi_n + \delta_n) + 2 \eta_n \cos \phi_n \cos \alpha \cos \theta}{\cos(\alpha + \beta) \sin(\phi_n + \beta - \theta) + 2 \eta_n \cos \phi_n \cos \alpha \cos \beta}} \end{aligned} \quad (5.3.2-7)$$

$$\eta_n = \frac{C_n}{K_q + \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i} \quad (5.3.2-8)$$

式中 E_{pn1} ——作用在墙背上第 n 层土的总被动土压力标准值 (kN/m)；
 e_{pn1} ——作用在墙背上第 n 层土顶面处的单位面积上的被动土压力标准值 (kPa)；
 e_{pn2} ——作用在墙背上第 n 层土底面处的单位面积上的被动土压力标准值 (kPa)；
 K_{pn} ——第 n 层土的被动土压力系数，当 $\beta = 0, \alpha = 0$ 时，可按附录表 C.0.3 采用；
 K_{pen} ——系数(地震被动土压力作用在第 n 层土时)；当 $\beta = 0, \alpha = 0$ 时，可按附录表 C.0.3 采用；
 ξ_p ——地震被动破裂面与水平面的夹角(°)，当 $\beta = 0, \alpha = 0$ 时，可按附录表 C.0.4 采用。
 δ_n ——第 n 层土与墙背间的摩擦角(°)，式(5.3.2-5)、(5.3.2-6)宜取 $\delta_n = \frac{\phi}{2} \leq 15^\circ$ ，式(5.3.2-7)取 δ_n 的绝对值。

5.3.3 粘性土地震主动土压力的负值计算深度(见图 5.3.3)，可按下列公式计算：

$$h_0 = \frac{C}{\gamma} \varepsilon_n \quad (5.3.3-1)$$

$$\varepsilon_n = \frac{2 \cos \theta \cos \alpha \cos \phi [1 - \sin(\phi + \delta + \alpha - \beta)]}{[\cos(\alpha - \beta) - \sin(\phi + \delta)] [\cos(\delta + \theta + \alpha) - \sin(\phi - \theta - \beta)]} \quad (5.3.3-2)$$

式中 h_0 ——粘性地震主动土压力的负值计算深度(m)；
 ϵ_h ——地震时粘性土负值计算深度系数。当 $\beta = 0, \alpha = 0$ 时,可按附录表 C.0.5 采用。

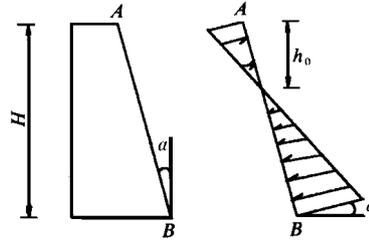


图 5.3.3 粘性地震主动土压力的负值计算深度

注： h_0 深度范围内的粘性土可不计粘聚力。

5.4 地震动水压力

5.4.1 作用在直墙式建筑物上的地震动水压力强度、总动水压力、总倾覆力矩等的标准值可分别按下列公式计算：

$$p_z = \frac{7}{8} \eta C K_H \gamma_w d^{1/2} Z^{1/2} \quad (5.4.1-1)$$

$$P_z = \frac{7}{12} \eta C K_H \gamma_w d^{1/2} Z^{3/2} \quad (5.4.1-2)$$

$$M_z = \frac{7}{30} \eta C K_H \gamma_w d^{1/2} Z^{5/2} \quad (5.4.1-3)$$

式中 p_z ——水面以下深度处的地震动水压力强度标准值(kPa),即静水压力以外的附加水压力；
 P_z ——作用在直墙式建筑物上 Z 深度范围内的地震总动水压力标准值(kN/m)；
 M_z ——作用在直墙式建筑物上 Z 深度范围内的地震动水压力标准值对水深底点的总倾覆力矩(kN·m/m)；
 η ——折减系数,可按表 5.4.1 采用；

折 减 系 数 表 5.4.1

b/d	0.20	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	≥ 3.0
η	0.16	0.30	0.47	0.56	0.66	0.74	0.80	0.85	0.89	0.92	0.96	1.00

注： b 为水面宽度(m)。

- C ——综合影响系数,取 0.25;
- γ_w ——水的重度(kN/m);
- d ——水深(m);
- Z ——计算点距水面的距离(m)。

5.4.2 作用在重力墩式建筑物上的动水压力标准值,按下列方法确定。

5.4.2.1 作用在重力墩式建筑物上的总动水压力标准值,宜按下列公式计算:

$$P = C_1 C_2 C K_H \gamma_w A d \quad (5.4.2-1)$$

$$C_2 = \left[\frac{D_1}{D_2} \right]^{0.9} \quad (5.4.2-2)$$

式中 P ——作用在重力墩式建筑物上的总动水压力标准值(kN);

C_1 ——圆柱和方柱的附加质量系数,可查表 5.4.2,允许内插;

附加质量系数 表 5.4.2

d/D	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
C_1	0.43	0.62	0.74	0.82	0.84	0.87	0.89	0.90	0.91

注: D ——计算方向的墩截面边长(m)。

A ——墩截面面积(m^2);

C_2 ——矩型墩的形状系数;

D_1 ——垂直于计算方向的墩截面边长(m);

D_2 ——平行于计算方向的墩截面边长(m)。

P 的作用点至水面的距离为 $0.48d$ 。

5.4.2.2 水面以下深度为 Z 处单位墩高上的动水压力标准值可按下列公式计算:

$$p_z = \frac{1.08 P}{d} \left[\frac{Z}{d} \right]^{0.08} \quad (5.4.2-3)$$

式中 p_z —— Z 处单位墩高上的动水压力标准值(kN/m)。

5.4.2.3 作用在重力墩式建筑物上 Z 深度范围内的总动水压

力标准值可按下式计算：

$$P_z = P \left(\frac{Z}{D} \right)^{1.08} \quad (5.4.2-4)$$

式中 P_z ——作用在重力墩式建筑物上 Z 深度范围内的总动水压力标准值(kN)。

作用点至深度 Z 的距离为 $0.48Z$ 。

5.4.3 板梁式、无梁面板式、桁架式高桩码头和高桩墩式码头、重力式码头前的动水压力,抗震计算时一般不予考虑。码头墙后土中水的动水压力已在表 5.3.1 水下地震角中考虑。

5.5 结构抗震验算

5.5.1 码头钢筋混凝土桩、柱截面承载力应按下列公式验算：

$$S \leq \frac{R}{\gamma_{RE}} \quad (5.5.1-1)$$

$$S \leq \gamma_0 (\gamma_G C_G G + \gamma_{PH} C_{PH} P_H + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} C_{Qi} \psi_{Qi} Q_{Qik}) \quad (5.5.1-2)$$

式中 S ——结构构件作用效应设计值；

γ_0 ——结构重要性系数,取 1.0；

R ——结构构件承载力设计值,取与静力计算时相同的值；

γ_{RE} ——抗震调整系数,当所采用的钢筋强度设计值不大于 420N/mm^2 时,取 1.20；

γ_G ——永久作用分项系数,可取 1.20,当作用的增加对构件有利时,取 1.00；

G ——永久作用标准值(kN)；

C_G 、 C_{PH} 、 C_{Qi} ——作用效应系数；

γ_{PH} ——水平向地震惯性力分项系数,取 1.00；

γ_{Qi} ——第 i 项可变作用分项系数,采用与静力计算相同的值；

P_H ——水平向地震惯性力标准值(kN)；

Q_{ik} ——可变作用标准值(kN)；

ψ_{Qi} ——各作用组合系数,按表 5.1.2 采用。

5.5.2 重力式码头抗震稳定性可按下列规定验算。

5.5.2.1 岸壁式码头抗滑稳定性按下式验算：

$$\gamma_0(\gamma_E E_H + \gamma_E E_{QH} + \gamma_{PH} P_H + \gamma_T \psi T_H) \leq \frac{(\gamma_G G + \gamma_E E_V + \gamma_E E_{QV} + \gamma_{PV} \psi_P P_V) f}{\gamma_{RE}} \quad (5.5.2-1)$$

式中 γ_E ——地震土压力分项系数，取 1.35；

γ_{PH} 、 γ_{PV} ——水平向和竖向地震惯性力分项系数，取 1.0；

γ_T ——系缆力分项系数，有利时取 1.0，不利时取 1.4；

E_H 、 E_V ——计算面以上水平向和竖向地震主动土压力的标准值(kN)；

E_{QH} 、 E_{QV} ——码头面上可变作用标准值乘以地震时组合系数后所产生的地震主动土压力标准值在计算面以上的水平向和垂直向的分力(kN)；

ψ ——地震时系缆力的组合系数，取 0.50；

T_H ——静力计算时系缆力水平分力标准值(kN)；

ψ ——竖向地震惯性力组合系数，取 0.5；

P_V ——竖向地震惯性力标准值(kN)；

f ——沿计算面的摩擦系数设计值，取静力计算值；

γ_{RE} ——抗震调整系数，取 0.88。

5.5.2.2 岸壁式码头抗倾稳定性按下式验算：

$$\gamma_0(\gamma_E M_{EH} + \gamma_E M_{EQH} + \gamma_{PH} M_{PH} + \gamma_T \psi M_{TH}) \leq \frac{(\gamma_G M_G + \gamma_E M_{EV} + \gamma_E M_{EQV} - \gamma_{PV} M_{PV})}{\gamma_{RE}} \quad (5.5.2-2)$$

式中 M_{EH} 、 M_{EV} ——分别为地震主动土压力的水平分力和垂直分力的标准值对计算面前趾产生的倾覆力矩和稳定力矩(kN·m)；

M_{EQH} 、 M_{EQV} ——分别为码头面上可变作用标准值乘以地震时组合系数产生的水平向和垂直向地震主动土压力标准值对计算面前趾的倾覆力矩和稳定力矩(kN·m)；

M_{PH} 、 M_{PV} ——分别为计算面以上水平向和垂直向的地震惯性力标准值对计算面前趾产生的倾覆力矩和稳定力矩(kN·m)；

ψ ——地震时系缆力的组合系数,取 0.50(见表 5.1.2)；

M_{TH} ——系缆力水平分力标准值对计算面前趾产生的倾覆力矩(kN·m)；

M_G ——结构自重力标准值对计算面前趾的稳定力矩(kN·m)；

γ_{RE} ——抗震调整系数,取 1.15。

5.5.2.3 重力墩抗滑稳定性按下式验算：

$$\gamma_0(\gamma_{PH}P_H + \gamma_{PD}P_D + \gamma_T\psi T_H) \leq \frac{(\gamma_G G + \gamma_{PV}P_V - \gamma_T\psi T_V)f}{\gamma_{RE}} \quad (5.5.2-3)$$

式中 γ_{PD} ——地震动水压力合力分项系数,取 1.00；

P_D ——地震动水压力合力标准值(kN)；

T_V ——静力计算时系缆力垂直分力标准值(kN)；

γ_{RE} ——抗震调整系数,取 1.10。

5.5.2.4 重力墩抗倾稳定性按下式验算：

$$\gamma_0(\gamma_{PH}M_{PH} + \gamma_{PD}M_{PD} + \gamma_T M_{TH}) \leq \frac{(\gamma_G M_G - \gamma_{PV}M_{PV} - \gamma_T M_{TV})}{\gamma_{RE}} \quad (5.5.2-4)$$

式中 M_{PD} ——地震动水压力合力标准值对计算面前趾的倾覆力矩(kN·m)；

M_{TV} ——系缆力垂直分力标准值对计算面前趾的稳定力矩(kN·m)；

γ_{RE} ——抗震调整系数,取 1.40。

5.5.3 板桩码头可按下列规定进行抗震验算。

5.5.3.1 板桩墙的入土深度应满足式(5.5.3-1)“踢脚”稳定

的要求：

$$\gamma_0(\gamma_E M_E + \gamma_E M_{EQ} + \gamma_{EW} M_{EW}) \leq \frac{M_{EP}}{\gamma_{RE}} \quad (5.5.3-1)$$

式中 M_E ——板桩墙后土体所产生的地震主动土压力标准值对拉杆锚碇点的力矩(kN·m)；

M_{EQ} ——码头面可变作用标准值乘以地震时的作用组合系数后所产生的地震主动土压力标准值对拉杆锚碇点的力矩(kN·m)；

γ_{EW} ——剩余水压力的分项系数,取 1.05；

M_{EW} ——剩余水压力标准值对拉杆锚碇点的力矩(kN·m)；

M_{EP} ——地震被动土压力标准值对拉杆锚碇点的力矩(kN·m)；

γ_{RE} ——抗震调整系数,对软弱土质地基取 0.90,其它土质地基取 1.00。

5.5.3.2 锚碇墙(板)的稳定性应按下式确定：

$$\gamma_0(\gamma_E E_H + \gamma_E E_{QH} + \gamma_R R_H) \leq \frac{M_{PH}}{\gamma_{RE}} \quad (5.5.3-2)$$

式中 E_H ——锚碇墙(板)后土体产生的地震主动土压力的水平分力标准值(kN)；

E_{QH} ——锚碇墙(板)后地面可变作用标准值乘以地震时的组合系数所产生的地震主动土压力水平分力标准值(kN)；

γ_R ——拉杆拉力的分项系数,取 1.35；

R_H ——拉杆拉力水平分力的标准值(kN)；

E_{PH} ——锚碇墙(板)前地震被动土压力水平分力的标准值(kN),土与墙面之间的摩擦角 δ 取 $\frac{\phi}{3}$,且小于 70° ；

γ_{RE} ——抗震调整系数,取 1.15。

5.5.3.3 板桩码头钢筋混凝土和预应力混凝土构件截面承载力抗震验算应满足下式：

$$S \leq \frac{R}{\gamma_{RE}} \quad (5.5.3-3)$$

式中 S ——结构构件作用效应设计值,可按有关作用标准值计算的作用效应乘综合分项系数确定,综合分项系数取 1.40;

R ——结构构件承载力设计值,与静力计算相同;

γ_{RE} ——抗震调整系数,取 0.80。

5.5.3.4 板桩码头钢结构构件截面抗震强度分别按下列公式验算:

(1)钢板桩的单宽强度应满足下式:

$$\frac{1}{1000} \gamma_{EQ} \left(\frac{N}{A} + \frac{M_{max}}{W_z} \right) \leq \frac{f_t}{\gamma_{RE}} \quad (5.5.3-4)$$

式中 γ_{EQ} ——综合分项系数,取 1.35;

N ——作用标准值产生的每米板桩墙轴向力(kN);

A ——每米宽钢板桩的截面面积(m^2);

M_{max} ——作用标准值产生的每米板桩墙最大弯矩(kN·m);

W_z ——每米宽钢板桩的弹性抵抗矩(m^3);

f_t ——钢材强度设计值(N/mm^2),按国家标准《钢结构设计规范》(GBJ 17)中规定采用;

γ_{RE} ——抗震调整系数,取 0.65

(2)钢拉杆:

$$1000 \gamma_R \frac{R_A}{A} \leq \frac{f_t}{\gamma_{RE}} \quad (5.5.3-5)$$

式中 γ_R ——拉杆拉力分项系数,取 1.35;

R_A ——拉杆拉力的标准值(kN);

A ——拉杆有效截面面积(mm);

f_t ——钢材的强度设计值(N/mm);

γ_{RE} ——抗震调整系数,取 0.65。

(3)钢导梁:

$$\frac{1}{1000} \gamma_{EQ} \frac{M_{max}}{W_z} \leq \frac{f_t}{\gamma_{RE}} \quad (5.5.3-6)$$

式中 γ_{EQ} ——综合分项系数,取 1.35;
 M_{\max} ——钢导梁最大弯矩标准值(kN·m);
 W_z ——钢导梁的弹性抵抗矩(m³);
 f_t ——钢材的强度设计值(N/mm²);
 γ_{RE} ——抗震调整系数,取 0.65。

6 抗震措施

6.1 地基和岸坡

6.1.1 当岸坡验算结果抗震稳定性不够时,可采用在危险滑弧影响范围打设塑料排水板或砂井排水、坡脚压载、减缓坡度或坡顶减载等措施。

6.1.2 当地基和岸坡中存在软土(包括淤泥、淤泥质土以及天然强度低、压缩性高、透水性低的粘性土)和地基承载力不够时,宜加固地基或采取结构措施,如清除软土、打设塑料排水板或砂井、加深基础、扩大基础底面积、增加结构整体性、对称均衡性以及减轻荷载等。当建设区域内有古河道、掩埋沟以及明显不均匀土层等时,宜避开;当无法避开时,应采取必要措施。

对岩土的性质和厚度等在水平方向变化很大的不均匀地基,应采取防止地震时产生较大的不均匀沉陷和集中渗漏的措施,并注意提高上部建筑物对地基不均匀沉陷的适应性。

6.1.3 对于地基和岸坡中的可液化土层,可采用下列加固措施。

6.1.3.1 在可液化土层中采用桩基时,基桩应穿过可液化土层,并有足够的长度伸入稳定的土层。

6.1.3.2 对位于地面附近的可液化土层,可采用人工振密、强夯、盖重等措施或挖除全部可液化土层;当可液化土层位于地面下较深时,采用挤实砂桩、振动水冲等加密法。加固深度应处理至液化深度下界,且处理后土层的标准贯入击数实测值应大于相应的临界值。

6.1.3.3 在相对不透水土层中存在可液化土夹层或透镜体时,可采用排水减压措施,如设置塑料排水板、砂井或减压井等。当

局部地基可能液化时,可用密封幕(墙)围封至不透水层。

6.1.4 对于船闸等挡水建筑物的防渗结构(如灌浆帷幕、防渗铺盖等)和它的连接部位,以及排水倒滤结构等,应采取措施,防止地震时产生危害性裂缝而引起扬压力增大、渗漏量增大,或发生管涌、流土等险情。

6.1.5 当船闸建造于岩基上时,应加强地基中的断层、破碎带、软弱夹层等薄弱部位的处理措施,浇筑混凝土前认真清基,并适当提高底部混凝土强度等级。

6.1.6 在建筑物地基中和墙背后一定范围内,不应采用粉细砂和颗粒均匀的中砂等作为回填料。

6.2 重力式码头和重力墩

6.2.1 当设计烈度为8度、9度时,码头墙后宜采用抛石棱体,一坡到底。

6.2.2 对方块码头或方块重力墩,提高结构的整体性的措施如下:

(1)宜减少方块层数;

(2)在方块间设置榫槽;

(3)在方块上预留竖向孔洞,在孔洞中插入钢筋笼或型钢并灌注水下混凝土;

(4)混凝土胸墙宜现场浇筑,并与其下的方块(或卸荷板)连成整体。

6.2.3 对预制安装的扶壁式码头,应增强其纵向整体性,宜采用现浇胸墙,胸墙(帽梁)的纵向钢筋数量应适当增加,立板竖向钢筋要外伸,并与胸墙钢筋连接。

6.3 高桩码头

6.3.1 高桩码头前后方桩台间的建筑缝中应填充缓冲材料。

6.3.2 桩基布置应符合下列要求:

(1)每个分段内的桩基,特别是叉桩宜对称布置;

(2)适当增加叉桩,叉桩宜布置在排架中支座垂直反力大的位置;

(3)不宜采用全部钢筋混凝土直方桩码头结构,若全部采用直桩,宜采用钢桩,其桩顶节点设计,应保证其整体性和良好的延性;

(4)高桩码头后方桩台桩顶与上部结构的连接宜作成固结。

6.3.3 叉桩桩帽与横梁之间,应有足够的联系钢筋,在靠近陆侧斜桩顶部,宜适当布置延性好的联系钢筋。

6.3.4 应优先采用刚度较大的码头上部结构。

6.3.5 宜减少作用于接岸结构和棱体的地震力对码头结构的影响,桩台或引桥和接岸结构之间,宜设置简支的过渡板。

6.4 板桩码头

6.4.1 在板桩墙与锚碇结构之间,如局部有软土或可液化土,应换填透水性能好的粗砂或石料,并保证密实。

6.4.2 当拉杆较长或码头面荷载较大时,应采取有效措施减少拉杆下垂。拉杆端部应采用铰接连接。

6.4.3 当设计烈度为8度、9度时,宜采用叉桩锚碇,其帽梁应适当加强。

6.5 斜坡码头和浮码头

6.5.1 对于桥跨的活动支座应采取防止落梁措施,如设置挡块、螺栓连接等。

6.5.2 桥跨支座边缘至墩(台)帽或横梁边缘距离的最小值(见图6.5.2),应按表6.5.2采用。

跨径与 α 值关系

表 6.5.2

跨径(m)	10~15	16~20	21~30	31~40
α (mm)	250	300	350	400

6.5.3 对高度较大的柱、桩式墩,为提高其顺桥向的刚度,宜根

据具体情况，适当加大柱、桩直径或设置叉桩。柱、桩的受力钢筋应全部伸入横梁内，并应具有足够的锚固长度。

6.5.4 重力式混凝土墩（台）宜减少施工缝。在施工缝处应凿毛并设置短钢筋，保证墩（台）的整体性，并应在施工工艺上采取措施，防止混凝土出现裂缝。

6.5.5 墩（台）应采用整体性强的结构型式。桥台的胸墙应适当加强，在胸墙与梁端部之间宜填充缓冲材料。

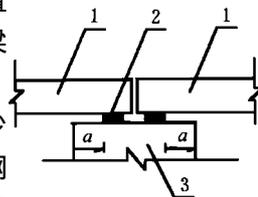


图 6.5.2 桥跨支座边缘至墩（台）帽或横梁边缘的距离
1-梁；2-支座；3-墩（台）帽或横梁

6.6 船 闸

6.6.1 对设计烈度 6 度以上地区的船闸闸首，应采用钢筋混凝土整体式结构。土基上的船闸闸室在设计烈度为 8 度、9 度地区，宜采用钢筋混凝土整体式结构。

6.6.2 土基上的分离式闸室墙，其底板部位的墙间横撑、闸室墙的前趾部位，均应采用钢筋混凝土结构。

6.6.3 船闸结构分缝止水，应选用耐久性好并能适应较大变形的型式和材料，且便于震后修复。

6.6.4 采用浆砌块石结构时，水泥砂浆强度等级不应低于 M10，勾缝水泥砂浆强度不应低于 M15。

6.6.5 闸门、启闭机的选型和布置，应有利于降低机架桥高度，减轻机架桥顶部的重力。

6.6.6 机架桥宜做成刚架式结构，机架柱与闸墩的连接应加强，连接部位应增加抗剪钢筋，刚架与桥面结构可采用挡块、螺栓或钢夹板连接。

6.6.7 船闸的刚架、梁、柱节点及柱脚附近 3~4 倍柱宽范围内的箍筋，应适当加密，并做成封闭型。设计烈度为 9 度时，机架柱的箍筋应在全柱范围内加密。

附录 A 建筑物自振周期的计算

A. 0. 1 建筑物的自振周期，可以根据结构动力学的方法进行计算，并宜通过模型试验和对已建成的同类型建筑物进行实测，经综合分析后确定。

A. 0. 2 对于板梁式、无梁面板式、实体墩式高桩码头其自振周期可按以下单质点公式计算：

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W\delta}{g}} \quad (\text{A.0.2})$$

式中 T ——计算方向码头自振周期(s)；

W ——换算质点总重力标准值(N)；

g ——重力加速度(m/s²)；

δ ——单位水平力作用于上部结构重心处，在该处引起的水平位移(m/N)。

A. 0. 3 对于按多质点计算的高桩墩式头（见图 5. 2. 2），其第一自振周期，当已有桩基静力刚度计算成果时，可按式（A. 0. 3-1）、（A. 0. 3-3）、（A. 0. 3-4）和（A. 0. 3-6）计算，当无上述成果时，可按式（A. 0. 3-2）、（A. 0. 3-3）和（A. 0. 3-5）计算。

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\gamma_1 M \delta_0} \quad (\text{A.0.3-1})$$

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma_2 M}{\frac{EA}{L_N} \sum_{i=1}^n \sin^2 \alpha_i + \frac{12 EI}{L_M^3} \sum_{i=1}^N \cos^2 \alpha_i}} \quad (\text{A.0.3-2})$$

$$M = \sum_{i=1}^n m_i \quad (\text{A.0.3-3})$$

$$\gamma_1 = 0.73 + 0.028 Z_0 \quad (\text{A.0.3-4})$$

$$\gamma_2 = 0.80 + 0.033 Z_0 \quad (\text{A.0.3-5})$$

$$\delta_0 = \Delta_P + Z_0(\phi_P + \Delta_M) + Z_0^2 \phi_M \quad (\text{A.0.3-6})$$

- 式中 T_1 ——第一自振周期；
 M ——多质点系总质量(kg)；
 m_i ——集中在质点 i 的质量(kg)；
 n ——质点总数；
 Z_0 ——质点系质心至桩台底面的距离(m)；
 γ_1, γ_2 ——修正系数；当 $Z_0 \leq 2.5\text{m}$ 或上部结构刚度很大，可全部当作刚体考虑时， γ_1 取 0.8；
 δ_0 ——把上部结构视为刚体，质点系重心处在单位水平力作用下的水平位移(m/N)；
 Δ_P, ϕ_P ——计算方向上单位水平力作用于桩台底面中心时，桩台底产生的水平线变位(m/N) 和角变位(rad/N)；
 Δ_M, ϕ_M ——计算方向上单位力矩作用于桩台底面中心时，桩台底产生的水平线变位[m/(N·m)] 和角变位[rad/(N·m)]；
 E ——桩材料弹性模量(N/m²P)；
 A ——桩截面面积(m²)；
 I ——桩截面惯性矩(m⁴)；
 L_N ——桩的平均计算受压长度(m)；
 L_M ——桩的平均计算受弯长度(m)， $L_M < 4.0\text{m}$ 时，不宜采用式(A.0.3-2) 计算自振周期；
 α_i ——第 i 根桩在计算平面上投影的垂直夹角(°)；
 N ——桩数。

A. 0. 4 对于斜坡码头和浮码头的柱、桩式墩（见图 A. 0. 4），其第一自振周期可近似按下式计算：

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{W\delta}{g}} \quad (\text{A.0.4-1})$$

$$W = \sum_{i=1}^n X_1^2(i) W_i \quad (\text{A.0.4-2})$$

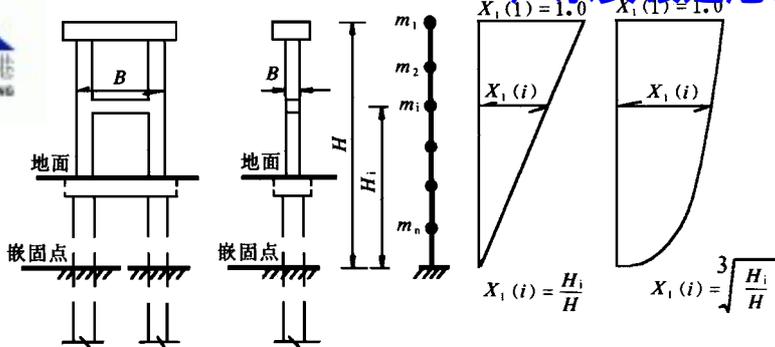


图 A.0.4 计算简图及第一振型图

当 $\frac{H}{B} > 5$ 时：

$$X_1(i) = \frac{H_1}{H} \quad (\text{A.0.4-3})$$

当 $\frac{H}{B} \leq 5$ 时：

$$X_1(i) = \sqrt[3]{\frac{H_1}{H}} \quad (\text{A.0.4-4})$$

- 式中 T_1 ——计算方向墩的第一自振周期(s)；
 W ——墩顶换算质点总重力标准值(N)；
 $X_1(i)$ ——第一振型在质点 i (或第 i 分段质心处) 的相对水平位移；
 n ——质点总数；
 W_i ——集中在质点 i (或第 i 分段) 的重力标准值(N)；
 H_i ——质点 i 至嵌固点的距离(m)；
 H ——墩顶至嵌固点的距离(m)；
 δ ——单位水平力作用于墩顶,在该点引起的水平位移(m/N)；
 B ——计算方向墩身最大宽度(m)。

附录 B 高度大于 30m 的空箱式和 刚架、桁架式高桩墩式 码头的地震惯性力及 内力的计算

B. 0. 1 j 振型作用在质点 i 的水平地震惯性力标准值可按下列公式计算：

$$P_{ij} = CK_H \beta_j \gamma_j W_i X_j(i) \quad (\text{B.0.1-1})$$

$$\gamma_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_j(i) W_i}{\sum_{i=1}^n X_j^2(i) W_i} \quad (\text{B.0.1-2})$$

式中 P_{ij} —— j 振型作用在质点 i 处的水平地震惯性力标准值 (kN)；

C ——综合影响系数,取 0.30；

$X_j(i)$ —— j 振型在质点 i 处的相对水平位移；

β_j ——相应于 j 振型自振周期 T_j 的动力放大系数,按图 4.1.4 采用；

γ_j —— j 振型参与系数；

W_i ——集中在质点 i (或第 i 分段) 的重力标准值。

B. 0. 2 由水平地震惯性力标准值产生的内力可按下列公式计算：

$$S = \sqrt{\sum_{j=1}^m S_j^2} \quad (\text{B.0.2})$$

式中 S ——由水平地震惯性力标准值产生的内力；

S_j ——由 j 振型水平地震惯性力标准值产生的内力；

m ——振型数,根据计算视其影响程度确定,一般不超过 3 个振型。

附录 C 地震土压力参数表

- C. 0. 1 地震主动土压力系数 K_a 和系数 K_{ac} 可按表 C. 0. 1—1 和表 C. 0. 1—2 采用。
- C. 0. 2 地震主动土压力破裂面与水平面的夹角 ξ_a ，可按表 C. 0. 2—1 和 C. 0. 2—2 采用。
- C. 0. 3 地震被动土压力系数 K_p 和系数 K_{pc} 可按表 C. 0. 3 采用。
- C. 0. 4 地震被动土压力破裂面与水平面的夹角 ξ_p ，可按表 C. 0. 4 采用。
- C. 0. 5 粘性土地震主动土压力的负值计算深度系数 e_h 可按表 C. 0. 5 采用。

地震主动土压力系数 K_a 和系数 K_{ac}

$\beta=0 \quad \delta=0$

表 C.0.1—1

ϕ	θ K_a K_{ac}	1.5°			3°			6°			12°		
		-10°	0°	20°	-10°	0°	20°	-10°	0°	20°	-10°	0°	20°
8°	K_a	0.755	0.780	0.865	0.785	0.807	0.919	0.868	0.882	0.990			
	K_{ac}	1.026	0.869	0.674	1.027	0.870	0.675	1.032	0.874	0.678			
12°	K_a	0.638	0.678	0.811	0.665	0.702	0.833	1.728	0.759	0.886			
	K_{ac}	0.946	0.810	0.639	0.946	0.811	0.640	0.950	0.814	0.643			
16°	K_a	0.539	0.588	0.735	0.582	0.610	0.755	0.616	0.659	0.802	0.764	0.800	0.945
	K_{ac}	0.870	0.754	0.605	0.871	0.755	0.606	0.875	0.758	0.608	0.889	0.771	0.619
20°	K_a	0.453	0.509	0.665	0.474	0.529	0.684	0.521	0.573	0.727	0.641	0.688	0.844
	K_{ac}	0.801	0.700	0.571	0.802	0.701	0.573	0.805	0.704	0.575	0.819	0.716	0.585
24°	K_a	0.379	0.439	0.601	0.398	0.458	0.619	0.440	0.498	0.659	0.542	0.597	0.762
	K_{ac}	0.736	0.649	0.539	0.737	0.650	0.540	0.740	0.653	0.542	0.752	0.663	0.551
28°	K_a	0.315	0.377	0.542	0.332	0.394	0.559	0.369	0.431	0.597	0.459	0.519	0.660
	K_{ac}	0.675	0.601	0.507	0.676	0.602	0.508	0.679	0.604	0.510	0.690	0.614	0.518

续上表

ϕ	θ α K_a K_{ac}	1.5°			3°			6°			12°		
		-10°	0°	20°	-10°	0°	20°	-10°	0°	20°	-10°	0°	20°
		32°	K_a	0.259	0.322	0.487	0.275	0.388	0.503	0.308	0.371	0.539	0.387
	K_{ac}	0.617	0.554	0.474	0.618	0.555	0.475	0.620	0.557	0.477	0.631	0.536	0.485
35°	K_a	0.211	0.273	0.435	0.225	0.288	0.452	0.255	0.318	0.486	0.325	0.391	0.557
	K_{ac}	0.562	0.510	0.442	0.563	0.511	0.443	0.565	0.513	0.445	0.575	0.521	0.452
40°	K_a	0.170	0.230	0.390	0.182	0.243	0.405	0.209	0.271	0.437	0.271	0.337	0.513
	K_{ac}	0.511	0.466	0.411	0.512	0.467	0.412	0.514	0.469	0.413	0.522	0.476	0.420
45°	K_a	0.127	0.183	0.346	0.137	0.194	0.350	0.160	0.219	0.380	0.214	0.278	0.451
	K_{ac}	0.449	0.414	0.371	0.450	0.415	0.372	0.451	0.416	0.373	0.459	0.423	0.379

地震主动土压力系数 K_a 和系数 K_{ac}

$\beta=0$ $\delta=\phi/2 \leq 15^\circ$

表 C.0.1-2

ϕ	θ α K_a K_{ac}	1.5°			3°			6°			12°		
		-10°	0°	20°	-10°	0°	20°	-10°	0°	20°	-10°	0°	20°
		8°	K_a	0.713	0.745	0.872	0.748	0.777	0.902	0.841	0.865		
	K_{ac}	0.957	0.820	0.647	0.958	0.821	0.648	0.962	0.824				
12°	K_a	0.580	0.636	0.788	0.619	0.663	0.809	0.687	0.728	0.876			
	K_{ac}	0.859	0.747	0.605	0.860	0.748	0.606	0.864	0.751	0.608			
16°	K_a	0.489	0.545	0.708	0.514	0.568	0.729	0.571	0.623	0.787	0.735	0.786	0.972
	K_{ac}	0.774	0.683	0.567	0.775	0.684	0.568	0.778	0.687	0.570	0.791	0.698	0.580
20°	K_a	0.406	0.467	0.636	0.428	0.488	0.669	0.476	0.536	0.711	0.606	0.666	0.861
	K_{ac}	0.700	0.626	0.532	0.701	0.627	0.533	0.704	0.629	0.535	0.716	0.640	0.544
24°	K_a	0.336	0.400	0.575	0.356	0.420	0.597	0.398	0.463	0.646	0.507	0.574	0.777
	K_{ac}	0.635	0.575	0.500	0.636	0.576	0.501	0.638	0.578	0.503	0.649	0.588	0.511
28°	K_a	0.278	0.343	0.520	0.295	0.361	0.541	0.333	0.400	0.587	0.426	0.498	0.707
	K_{ac}	0.577	0.529	0.469	0.578	0.530	0.470	0.580	0.532	0.472	0.580	0.541	0.480
32°	K_a	0.230	0.294	0.471	0.245	0.310	0.490	0.278	0.346	0.534	0.360	0.433	0.643
	K_{ac}	0.529	0.490	0.442	0.530	0.491	0.443	0.532	0.493	0.445	0.541	0.501	0.452
35°	K_a	0.189	0.252	0.425	0.203	0.266	0.443	0.232	0.298	0.483	0.304	0.376	0.583
	K_{ac}	0.489	0.465	0.416	0.490	0.466	0.417	0.492	0.468	0.418	0.500	0.465	0.425
40°	K_a	0.154	0.214	0.382	0.166	0.227	0.399	0.192	0.256	0.437	0.255	0.326	0.529
	K_{ac}	0.449	0.421	0.390	0.450	0.422	0.391	0.452	0.423	0.392	0.459	0.430	0.399
45°	K_a	0.116	0.172	0.332	0.126	0.183	0.349	0.148	0.209	0.383	0.203	0.271	0.467
	K_{ac}	0.400	0.379	0.355	0.401	0.380	0.357	0.402	0.381	0.358	0.409	0.388	0.364

地震主动土压力破裂面与水平面的夹角 ξ_0

$\beta=0$ $\delta=0$

表 C.0.2-1

ϕ	θ α η	1.5°														
		-10°					0°					20°				
		0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0
8°		41.1	42.4	42.9	43.7	43.8	45.6	47.1	47.7	48.6	48.8	54.3	56.4	57.2	58.5	58.7
12°		44.0	44.7	45.0	45.7	45.7	48.7	49.5	49.8	50.6	50.8	57.9	58.9	59.4	60.5	60.7
16°		46.4	46.8	47.1	47.7	47.7	51.2	51.7	52.0	52.6	52.8	60.6	61.2	61.5	62.5	62.7
20°		48.7	49.0	49.1	49.7	49.7	53.5	53.8	54.0	54.6	54.8	63.0	63.4	63.7	64.5	64.7
24°		50.7	51.0	51.0	51.6	51.8	55.7	55.9	56.1	56.6	56.8	65.3	65.6	65.8	66.5	66.7
28°		52.9	53.1	53.2	53.6	53.8	57.8	58.0	58.1	58.6	58.8	67.5	67.7	67.9	68.5	68.7
32°		55.0	55.1	55.2	55.6	55.8	59.0	60.0	60.2	60.6	60.7	69.6	69.8	70.0	70.5	70.7
36°		57.0	57.2	57.3	57.6	57.8	62.0	62.1	62.2	62.6	62.7	71.7	71.9	72.0	72.5	72.7
40°		59.1					64.0				73.8					
45°		61.7					66.6				76.4					

续上表

ϕ		3°														
		-10°					0°					20°				
		0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0
8°	α	37.5	40.5	41.6	43.3	43.6	41.4	45.0	46.3	48.2	48.6	48.5	53.4	55.2	57.9	58.4
12°	η	41.7	43.2	43.9	45.3	45.6	46.0	47.8	48.6	50.2	50.6	54.2	56.6	57.7	59.9	60.4
16°		44.7	45.6	46.1	47.3	47.6	49.2	50.2	50.8	52.2	52.6	57.9	59.3	60.1	62.0	62.4
20°		47.2	47.8	48.2	49.3	49.6	51.8	52.6	53.0	54.2	54.5	60.8	61.8	62.4	64.0	64.4
24°		49.5	50.0	50.3	51.3	51.6	54.2	54.8	55.1	56.2	56.5	63.4	64.1	64.6	66.0	66.4
28°		51.8	52.1	52.4	53.2	53.6	56.5	56.9	57.2	58.2	58.5	65.9	66.4	66.7	68.0	68.4
32°		53.9	54.2	54.5	55.2	55.5	58.7	59.1	59.3	60.2	60.5	68.2	68.6	68.9	69.9	70.4
36°		56.1	56.3	56.5	57.2	57.5	60.9	61.2	61.4	62.1	62.5	70.4	70.7	71.0	71.9	72.3
40°		58.2					63.0					72.6				
45°		60.8					56.6					75.3				

续上表

ϕ		6°														
		-10°					0°					20°				
		0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0
8°		26.0	36.0	38.8	42.6	43.3	28.1	39.7	43.0	47.4	48.2	30.8	46.1	50.7	54.1	57.9
12°		35.8	39.8	41.5	44.6	45.3	39.2	43.8	45.3	49.4	50.1	45.0	51.2	54.0	56.5	59.8
16°		40.5	42.8	44.0	46.6	47.2	44.4	47.0	48.4	51.4	52.1	51.5	55.0	56.8	58.8	61.8
20°		43.9	45.4	46.3	48.6	49.2	48.1	49.8	50.8	53.4	54.1	55.8	58.1	59.5	61.0	63.8
24°		46.8	47.8	48.5	50.5	51.1	51.1	52.3	53.1	55.3	56.0	59.3	60.9	61.9	63.2	65.8
28°		49.3	50.1	50.7	52.5	53.1	53.8	54.7	55.3	57.3	58.0	62.3	63.5	64.3	65.4	67.7
32°		51.7	52.3	52.8	54.4	55.0	56.3	57.0	57.5	59.3	59.9	65.0	65.9	66.6	67.5	69.7
36°		54.0	54.5	54.9	56.4	57.0	58.6	59.2	59.6	61.2	61.9	67.5	68.2	68.8	69.6	71.6
40°		56.2					60.9					70.7				
45°		59.0					63.7					72.9				

续上表

ϕ		12°														
		-10°					0°					20°				
		0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0
8°			30.8	37.0	42.5			33.6	40.9	47.3			37.9	51.4	56.6	
12°		29.7	35.2	39.5	44.4		32.1	38.5	43.5	49.2		35.5	44.0	53.7	58.6	
16°	27.7	35.3	38.7	41.9	46.4	29.6	38.4	42.3	46.0	51.2	31.9	43.3	48.6	56.1	60.5	
20°	35.0	39.3	41.6	44.2	48.3	37.9	42.8	45.5	48.4	53.1	42.1	48.7	52.3	58.3	62.5	
24°	39.7	42.6	44.3	46.4	50.2	43.1	46.3	48.3	50.6	55.0	48.6	52.9	55.6	60.5	64.6	
28°	43.4	45.4	46.8	48.5	52.1	47.1	49.3	50.6	52.9	56.0	53.4	56.4	58.5	62.7	66.3	
32°	46.5	48.0	49.1	50.6	54.0	50.4	52.1	53.4	55.0	58.8	57.4	59.6	61.2	64.8	68.3	
36°	49.3	50.5	51.4	52.7	55.9	53.4	54.7	55.7	57.2	60.7	60.8	62.5	63.8	66.9	70.2	
40°	51.9					56.1					63.8					
45°	55.3					59.3					67.4					

地震主动土压力破裂面与水平面的夹角 ξ_a

$$\beta=0 \quad \delta=\frac{\phi}{2} \leq 15^\circ$$

表 C.0.2-2

ϕ	1.5°														
	-10°					0°					20°				
	0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0
8°	37.0	40.4	42.0	44.8	45.3	40.5	44.6	46.4	49.6	50.2	46.7	52.3	54.7	59.1	60.0
12°	40.2	42.7	44.1	47.2	48.0	43.9	46.8	48.4	52.0	52.9	50.5	54.4	56.6	61.4	62.5
16°	42.9	45.0	46.3	49.7	50.7	46.8	49.1	50.6	54.4	55.5	53.5	56.6	58.6	63.7	65.1
20°	45.5	57.3	48.5	52.1	53.3	49.4	51.4	52.8	56.8	58.1	56.2	58.9	60.7	66.0	67.6
24°	48.0	49.6	50.7	54.5	55.9	51.9	53.7	55.0	59.2	60.7	58.8	61.1	62.8	68.2	70.1
28°	50.4	51.9	52.9	56.9	58.4	54.4	55.9	57.2	61.5	63.2	61.3	63.4	65.0	70.5	72.6
32°	52.9	54.2	55.2	59.0	60.7	56.9	58.3	59.4	63.7	65.4	64.1	65.9	67.3	72.6	74.8
36°	55.4	56.2	57.3	60.9	62.5	59.6	60.7	61.7	65.6	67.3	67.0	68.6	69.8	74.6	76.7
40°	57.8					62.1					69.8				
45°	60.7					65.1					73.2				

续上表

ϕ		3°														
		-10°					0°					20°				
		0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0
8°	33.3	38.5	40.7	44.4	45.1	36.3	42.4	44.9	49.1	50.0	41.0	49.2	52.6	58.5	59.7	
12°	37.8	41.1	42.9	46.9	47.8	41.2	45.0	47.1	51.6	52.7	46.8	52.0	54.8	60.8	62.2	
16°	41.4	43.6	45.2	49.3	50.5	44.6	47.6	49.4	54.0	55.3	50.7	54.6	57.0	63.1	64.8	
20°	43.9	46.1	47.5	51.7	53.1	47.6	50.0	51.6	56.4	57.9	53.9	57.1	59.2	65.4	67.3	
24°	46.6	48.5	49.8	54.1	55.6	50.3	52.4	53.9	58.7	60.4	56.7	59.5	61.4	67.7	69.8	
28°	49.2	50.8	52.0	56.5	58.2	52.9	54.8	56.1	61.1	63.0	59.5	61.9	63.7	69.9	72.3	
32°	51.7	53.2	54.3	58.6	60.4	55.6	57.2	58.5	63.2	65.2	62.4	64.5	66.1	72.0	74.5	
36°	54.3	55.5	56.5	60.4	62.2	58.4	59.7	60.8	65.1	67.0	65.5	67.2	68.6	74.0	76.4	
40°	56.8					61.0					68.1					
45°	59.8					64.0					71.9					

续上表

ϕ \begin{matrix} \alpha \\ \eta \end{matrix}		6°														
		-10°					0°					20°				
		0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0
8°		22.4	33.9	37.7	43.6	44.8		37.0	41.4	48.3	49.6	25.1	41.9	48.0	57.3	59.1
12		31.9	37.6	40.4	46.1	47.4	23.8	40.9	44.1	50.7	52.2	37.7	46.4	50.8	59.6	61.6
16		36.8	40.6	42.9	48.5	50.0	34.4	44.1	46.7	53.1	54.8	44.1	50.0	53.5	61.9	64.1
20		40.4	43.4	45.4	50.9	52.6	39.7	47.0	49.2	55.4	57.3	48.5	53.0	56.0	64.2	66.6
24		43.6	46.0	47.8	53.2	55.2	43.6	49.7	51.6	57.8	59.9	52.2	55.9	58.4	66.4	69.1
28		46.4	48.5	50.1	55.6	57.7	49.9	52.2	54.0	60.1	62.4	55.4	58.5	60.9	68.7	71.6
32		49.3	51.0	52.4	57.7	59.5	52.9	54.9	56.4	62.2	64.6	58.8	61.4	63.4	70.8	73.7
36		52.0	53.5	54.7	59.5	61.7	55.8	57.5	58.8	64.1	66.4	62.2	64.4	66.1	72.8	75.6
40		54.7					58.6					65.4				
45		57.8					61.9					69.0				

续上表

ϕ \begin{matrix} \alpha \\ \eta \end{matrix}		12°														
		-10°					0°					20°				
		0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0	0	0.05	0.1	0.5	1.0
8°		16.7	29.5	42.0	43.9		17.5	31.9	46.4	48.6		17.7	35.2	54.7	57.8	
12°		27.3	33.3	44.4	46.5		29.1	36.5	48.7	51.2		41.0	40.6	57.0	60.3	
16°	24.1	32.8	37.3	46.8	49.1	25.3	35.1	40.2	51.1	53.7	25.8	38.1	44.8	59.3	62.8	
20°	31.3	36.9	40.3	49.1	51.6	33.2	39.5	43.4	53.4	56.2	35.0	43.1	48.3	61.5	65.2	
24°	36.1	40.3	43.1	51.4	54.1	38.4	43.1	46.3	55.7	58.7	41.1	47.2	51.4	63.8	67.7	
28°	40.1	43.3	45.7	53.7	56.6	42.6	46.3	49.1	58.0	61.2	45.8	50.7	54.3	66.0	70.1	
32°	43.6	46.3	48.3	55.7	58.7	46.4	49.5	51.8	60.0	63.3	50.2	54.2	57.3	68.1	72.2	
36°	46.9	49.1	50.8	57.6	60.5	50.0	52.5	54.4	61.9	65.1	54.5	57.8	60.4	70.1	74.0	
40°	49.9					53.3					58.4					
45°	53.4					57.1					62.8					

地震被动土压力系数 K_p 和系数 K_{pc}

$\beta=0$ $\alpha=0$

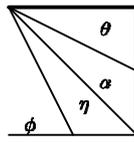
表 C.0.3

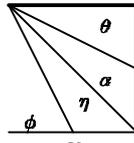
ϕ	θ K_p K_{pc}	1.5°		3°		6°		12°	
		0°	$\phi/2 \leq 15^\circ$						
		8°	K_p	1.292	1.385	1.257	1.339	1.167	1.220
	K_{pc}	1.150	1.250	1.152	1.252	1.156	1.257		
12°	K_p	1.492	1.681	1.456	1.631	1.377	1.518		
	K_{pc}	1.235	1.416	1.237	1.418	1.242	1.424		
16°	K_p	1.726	2.064	1.689	2.007	1.609	1.885	1.407	1.586
	K_{pc}	1.327	1.620	1.329	1.622	1.334	1.629	1.357	1.656
20°	K_p	2.002	2.570	1.963	2.504	1.880	2.365	1.687	2.051
	K_{pc}	1.428	1.881	1.430	1.883	1.436	1.890	1.460	1.922
24°	K_p	2.330	3.260	2.289	3.180	2.202	3.017	2.006	2.662
	K_{pc}	1.540	2.217	1.542	2.219	1.548	2.224	1.574	2.266
28°	K_p	2.726	4.229	2.681	4.133	2.588	3.935	2.386	3.513
	K_{pc}	1.665	2.670	1.666	2.673	1.673	2.684	1.701	2.729
32°	K_p	3.207	5.427	3.159	5.331	3.059	5.077	2.845	4.584
	K_{pc}	1.805	3.158	1.806	3.163	1.814	3.174	1.844	3.228
36°	K_p	3.800	6.816	3.748	6.683	3.640	6.415	3.412	5.856
	K_{pc}	1.964	3.631	1.966	3.635	1.972	3.650	2.007	3.711
40°	K_p	4.542	8.718	4.485	8.564	4.369	8.251	4.123	7.602
	K_{pc}	2.146	4.237	2.148	4.242	2.157	4.331	2.193	4.331
45°	K_p	5.775	12.138	5.711	12.123	5.581	11.730	5.307	10.917
	K_{pc}	2.415	5.279	2.417	5.285	2.427	5.307	2.468	5.396

地震被动土压力破裂面与水平面的夹角 ξ_p

$\beta=0$ $\alpha=0$

表 C.0.4

	1.5°						3°					
	0°		$\frac{1}{2} \phi \leq 15^\circ$				0°		$\frac{1}{2} \phi \leq 15^\circ$			
	0	0	0.1	0.5	1.0	4.0	0	0	0.1	0.5	1.0	4.0
8°	38.4	32.1	36.0	38.1	38.5	38.9	35.2	29.2	35.0	37.8	38.3	38.8
12°	37.5	30.6	33.1	34.9	35.4	35.8	35.7	29.1	32.3	34.7	35.3	35.8
16°	36.0	28.6	30.3	31.9	32.4	32.8	34.8	27.7	29.8	31.7	32.3	32.8
20°	34.3	26.4	27.6	29.0	29.4	29.8	33.4	25.8	27.2	28.8	29.3	29.8
24°	32.4	24.1	24.9	26.0	26.4	26.8	31.8	23.7	24.6	25.9	26.3	26.8
28°	30.6	21.7	22.2	23.1	23.5	23.8	30.1	21.4	22.0	23.0	23.4	23.8
32°	28.7	19.7	20.1	20.7	21.0	21.4	28.3	19.5	19.9	20.8	21.0	21.3
36°	26.7	18.1	18.4	18.9	19.1	19.4	26.5	18.0	18.3	18.8	19.1	19.4
40°	24.8	16.5					24.6	16.3				
45°	22.4	14.3					22.2	14.2				

	6°						12°					
	0°		$\frac{1}{2} \phi \leq 15^\circ$				0°		$\frac{1}{2} \phi \leq 15^\circ$			
	0	0	0.1	0.5	1.0	4.0	0	0	0.1	0.5	1.0	4.0
8°	24.9	20.4	32.7	37.2	38.1	38.8	36.0	37.4	38.6			
12°	31.2	25.3	30.8	34.3	35.0	35.8	26.6	33.2	34.5	35.6		
16°	32.1	25.5	28.6	31.3	32.1	32.7	23.2	18.4	25.7	30.5	31.6	32.6
20°	31.6	24.4	26.4	28.4	29.1	29.8	26.4	20.4	24.3	27.8	28.7	29.6
24°	30.5	22.7	24.0	25.6	26.2	26.8	27.0	20.2	22.5	25.1	25.9	26.7
28°	29.1	20.7	21.6	22.8	23.3	23.8	26.6	19.1	20.5	22.4	23.0	23.7
32°	27.5	19.0	19.6	20.5	20.9	21.3	25.7	17.8	18.8	20.2	20.7	21.3
36°	25.9	17.6	18.0	18.7	19.0	19.3	24.5	16.8	17.4	18.4	18.8	19.3
40°	24.1	16.1					23.1	15.5				
45°	21.9	14.1					21.1	13.7				

粘性土地震主动土压力的负值计算深度系数 ξ_h

$\beta=0$ $\delta=0$

表 C.0.5

θ	1.5°				3°				
	α	-10°	0°	+10°	+20°	-10°	0°	+10°	+20°
8°	ϕ	2.725	2.233	1.838	1.509	2.633	2.170	1.794	1.478
12°		2.965	2.392	1.944	1.578	2.858	2.320	1.893	1.543
16°		3.236	2.565	2.055	1.649	3.110	2.482	1.998	1.610
18°		3.383	2.657	2.112	1.685	3.248	2.568	2.052	1.644
20°		3.541	2.753	2.172	1.721	3.394	2.657	2.108	1.678
22°		3.710	2.854	2.233	1.758	3.549	2.751	2.165	1.713
24°		3.890	2.960	2.297	1.795	3.715	2.850	2.224	1.747
26°		4.085	3.172	2.362	1.833	3.894	2.953	2.285	1.783
28°		4.294	3.190	2.430	1.871	4.086	3.062	2.347	1.818
30°		4.521	3.314	2.499	1.910	4.293	3.176	2.412	1.854
32°		4.762	3.445	2.571	1.949	4.517	3.296	2.478	1.890
34°		5.037	3.585	2.646	2.989	4.760	3.424	2.547	1.926
36°		5.332	3.734	2.723	3.029	5.026	3.559	2.618	1.963

θ	6°				12°				
	α	-10°	0°	+10°	+20°	-10°	0°	+10°	+20°
8°	ϕ	2.466	2.053	1.711	1.420	2.184	1.840	1.564	1.314
12°		2.665	2.186	1.800	1.479	2.342	1.958	1.636	1.362
16°		2.388	2.329	1.893	1.538	2.515	2.070	1.711	1.409
18°		3.005	2.405	1.941	1.568	2.608	2.130	1.749	1.433
20°		3.132	2.484	1.990	1.598	2.706	2.191	1.787	1.458
22°		3.266	2.565	2.041	1.628	2.808	2.255	1.828	1.480
24°		3.408	2.651	2.092	1.659	2.918	2.320	1.868	1.503
26°		3.560	2.740	2.145	1.689	3.030	2.388	1.906	1.528
28°		3.723	2.833	2.199	1.720	3.151	2.459	1.947	1.549
30°		3.897	2.931	2.254	1.750	3.280	2.532	1.989	1.572
32°		4.084	3.033	2.311	1.781	3.417	2.608	2.031	1.594
34°		4.288	3.141	2.369	1.812	3.563	2.687	2.074	1.616
36°		4.505	3.254	2.420	1.842	3.720	2.770	2.117	1.637

附录 D 本规范用词用语说明

D.0.1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

(1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

(2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

(3)对表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”或“可”;

反面词采用“不宜”。

D.0.2 条文中指定应按其它有关规范执行时,写法为“应符合……的规定”或“应按……执行。”

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：中交水运规划设计院
交通部第一航务工程勘察设计院
参 加 单 位：交通部第二航务工程勘察设计院
天津港湾工程研究所
天津大学
大连理工大学
河海大学
南京水利科学研究院
主要起草人：刘杏忍、王正心
(以下按姓氏笔画为序)
王云球 吕江华 邱驹 邱景行
连竞 张美燕 高 明