

Q/HS

中国海洋石油总公司企业标准

Q / HS 3003—2002

渤海海域钢质固定平台结构设计规定

Struture design specification for Bohai Fixed steel platform

2002—01—08 发布

2002—06—01 实施

中 国 海 洋 石 油 总 公 司 发 布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 结构设计原则	1
4 结构分析程序	1
5 材料	1
6 结构总体布置	1
6.1 基本原则	1
6.2 一般考虑	1
7 结构模拟	2
7.1 坐标系统	2
7.2 编号	2
7.3 腐蚀余量	2
7.4 冰磨蚀余量	2
7.5 优化增量	2
7.6 桩的模拟	2
8 荷载	2
8.1 荷载模拟	2
8.2 固定荷载	3
8.2.1 结构自重	3
8.2.2 设备自重	3
8.2.3 舾装、墙体自重	3
8.3 吊机、修井机荷载	3
8.4 活荷载	3
8.4.1 容器、储罐中的液体质量	3
8.4.2 散货堆载及其他活荷载	3
8.5 环境荷载	4
8.5.1 风荷载	4
8.5.2 波、流荷载	4
8.5.3 冰荷载	5
8.5.4 地震荷载	5
8.6 设计荷载标准	5
8.7 荷载组合（在位分析用）	5
9 基础	6
9.1 简化等效桩	6
9.2 冲刷深度	6
9.3 桩的设计	6
10 API 简化方法的疲劳分析	6
11 装船分析	6

12 吊装分析	6
13 拖航分析	7
13.1 “10 - 20”法则的运动值	7
13.2 风速	7
13.3 容许应力	7
14 动力影响	7
15 材料利用率	7
16 直升机甲板设计	7
17 计算机计算结果输出	7
附录 A (规范性附录) 导管架冰力的计算方法	9
A.1 孤立柱冰力	9
A.2 导管架冰力	9
A.2.1 非堵塞情况	9
A.2.2 部分堵塞情况	9
A.2.3 全部堵塞情况	10
图 A.1 冰作用方向	11
图 A.2 冰作用方向	12
图 A.3 冰作用方向	12
图 A.4 冰作用方向	13
图 A.5 冰作用方向	13
图 A.6 冰作用方向	14

前 言

本标准是在中国海洋石油总公司平台标准化设计项目组编制的《渤海海域井口平台标准化设计设计规定》“第三章 结构”的基础上，经补充和完善编制而成的。

本标准尽量避免重复有关标准、规范和技术规格书中的内容，仅对上述文件中没有规定的参数、系数和习惯做法等予以规定。

本标准目前仅适用于渤海海域钢质固定式平台，对在其他海域的应用，应做适当的调整和补充。

本标准将会逐步充实、完善，力求成为整个中国海域海上钢质固定平台结构设计的指导性文件。

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由中国海洋石油总公司提出并归口。

本标准起草单位：中国海洋石油总公司研究中心开发设计院。

本标准主要起草人：李健民、刘杰鸣、贾旭、崔玉军。

本标准主审人：李玉珊。

渤海海域钢质固定平台结构设计规定

1 范围

本标准规定了包括导管架及甲板结构设计的各个方面内容，例如材料选用和结构布置原则、荷载计算方法、荷载系数的选取、荷载组合方式以及设计文件的编制等。

本标准适用于渤海海域钢质固定平台的结构设计，对在其他海域的应用，应做适当的调整和补充。

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 10002 结构钢管制造规范

SY/T 10004 海上平台管节点用碳锰钢板规范

SY/T 10028 海洋石油工程设计制图规范

SY/T 10030 海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法-工作应力设计法

SY/T 10031 寒冷条件下结构和海管规划、设计和建造的推荐作法

SY/T 10036 海洋石油工程设计文件编制规程

SY/T 10038 海上固定平台直升机场规划、设计和建造的推荐作法

AWS D1.1 钢结构焊接规范(Structural Welding Code-Steel)

AISC S335 钢结构建筑物规范——容许应力设计和塑性设计 (Specification for Structural Steel Buildings)

3 结构设计原则

本标准采用工作应力设计法。

结构设计总的原则是：安全、经济、合理，且方便制造、安装、检验和维护。

4 结构分析程序

本标准适用程序为美国 EDI 公司的结构分析软件 SACS。给出这一信息是为了方便本标准的使用者，并不表示对该产品的认可。如果其他等效产品具有相同的效果，则可使用用这些等效产品。在应用其他结构分析软件时，应做适当的调整或补充。

5 材料

结构材料的选择既要考虑强度要求，又要考虑工作环境的要求。

选择的钢材等材料应尽量是常规产品。

导管架腿上的主要节点、甲板立柱上的主要节点以及重要吊点主板应使用 Z 向性能钢材，其他位置可不使用。

6 结构总体布置

6.1 基本原则

传力路径短，构件综合利用性好，材料利用率高，满足其他专业对结构形式的要求。

6.2 一般考虑

在进行结构总体布置时，一般应考虑如下几个方面：

- a) 应尽量使构件在各种受力状态下都能发挥较大作用，构件数量和规格力求少；
- b) 不宜在飞溅区内设置水平构件；
- c) 不宜在冰作用区内设置水平构件和斜撑；
- d) 对管型构件的选择要考虑下列因素：
 - 1) D/t 比：不宜大于 60，对于卷制焊接钢管不应小于 20，最好大于 30；
注：D——外径，t——壁厚。
 - 2) kl/r ：对主要杆件不宜大于 120；
注：k——有效长度系数，l——侧向无支撑长度，单位为米（m），r——回转半径，单位为米（m）。
 - 3) T-Y-K 节点：主要节点， $d/D=0.4\sim 0.8$
次要节点，d/D 取值可稍小些；
注：D——支杆外径，D——弦杆外径。
- e) 一般情况下，管节点宜设计为简单节点；
- f) 导管架斜撑的角度（即与水平面夹角）宜在 45° 左右；
- g) 导管架腿的表观斜度宜在 10:1~7:1；
- h) 隔水导管与结构的连接：如业主没有指定，对于动力响应较明显的平台（如三腿或独腿平台），在水上部分（包括在甲板和导管架的水上水平层上），隔水导管和甲板、导管架的连接要用焊接方法固定，水下部分用楔块固定；
- i) 各桩的受力力求均匀；
- j) 对于采用滑移装船吊装下水方式的导管架，滑靴的布置与吊点的布置要协调考虑；
- k) 装船滑靴的横向间距的确定应考虑预制场地与运输驳船滑道的间距；
- l) 应考虑钻井、修井的要求。

7 结构模拟

7.1 坐标系

坐标系为直角坐标系，Z 轴向上为正，X、Y 为水平轴，Y 轴与结构北一致，X 轴的方向按右手法则确定，坐标原点选在海图水深基准面上。

7.2 编号

导管架腿在泥线处的节点应按逆时针方向编号。

7.3 腐蚀余量

在进行在位状态分析时，对处于飞溅区内的构件，要考虑腐蚀，腐蚀余量应由业主提供，业主未提供时一般取 0.3 mm/a 。

7.4 冰磨蚀余量

在进行在位状态分析时，对处于冰作用区内的构件，要考虑冰的磨蚀，冰磨蚀余量应由业主提供，业主未提供时一般取 0.1 mm/a 。

7.5 优化增量

计算机计算时，壁厚优化增量以 2 mm （或 $1/8 \text{ in}$ ）为宜。

7.6 桩的模拟

在进行在位状态分析时，用 P-Y、T-Z 和 Q-Z 曲线模拟；

在进行地震分析时，用桩头刚度超单元。

8 荷载

8.1 荷载模拟

荷载条件应分别单独模拟，并对每一荷载条件给予一个标识，以方便查找。

8.2 固定荷载

8.2.1 结构自重

对于导管架和甲板，根据计算模型的模拟程度和设计阶段的不同，结构质量系数取值不同，一般情况下宜采用如下值：

a) 导管架

- 1) 概念设计：取 1.30（不模拟附属构件）；
- 2) 基本设计：取 1.10~71.20（视附属构件的模拟情况取值，如模拟了登船平台、靠船件、立管、电缆护管、泵护管、阳极块、桩腿间环行空间内水泥浆质量和隔水导管内容物的质量等，则可取 1.10）；
- 3) 详细设计：取 1.05~1.10（视附属构件的模拟情况取值，如模拟了登船平台、靠船件、立管、电缆护管、泵护管、阳极块、防沉板、隔水导管导向、登船楼梯、吊点、水下桩调平装置、封隔器、桩腿间环行空间内水泥浆质量和隔水导管内容物的质量等，则可取 1.05）。

b) 甲板

- 1) 概念设计：取 1.30（不模拟附属构件）；
- 2) 基本设计：取 1.10~1.20（视附属构件的模拟情况取值，如模拟了吊机底座、卸货区、上下楼梯平台和楼梯的质量等，则可取 1.10）；
- 3) 详细设计：取 1.05~1.10（视附属构件的模拟情况取值，如模拟了吊机底座、卸货区、上下楼梯平台及楼梯、井口区、走道、盖板和修井机滑道的质量等，则可取 1.05）。

8.2.2 设备自重

设备自重应包括设备、容器、仪表等的质量。

对于设备、容器和仪表的自重用 SACS 中的 SKID 功能生成，对于电缆、配管等的自重则可简化为线荷载或面荷载输入。

根据设计阶段的不同，设备荷载系数可采用如下值(可根据具体情况调整)：

- a) 概念设计，设备干重：1.30；
- b) 基本设计，设备干重：1.20；
- c) 详细设计，设备干重：1.10。

8.2.3 舾装、墙体自重

舾装的自重包括：墙体、地面和天花板等材料的质量以及家具用具、生活娱乐和消防救生等设施的质量，可简化为线荷载或面荷载输入。

墙体的自重包括：墙体结构和舾装的质量，可简化为线荷载输入。

8.3 吊机、修井机荷载

在考虑吊机和修井机荷载时，要考虑其方向（或位置）与其他荷载最不利的组合。即吊机荷载要考虑方向性，修井机荷载要考虑位于最不利的井口位置。

8.4 活荷载

8.4.1 容器、储罐中的液体质量

对于容器和储罐中的液体质量，可用 SACS 中的 SKID 生成。

根据设计阶段的不同，液体质量荷载系数可采用如下值：

- a) 概念设计，设备湿重——干重：1.30；
- b) 基本设计，设备湿重——干重：1.20；
- c) 详细设计，设备湿重——干重：1.10。

8.4.2 散货堆载及其他活荷载

对于散货堆载及其他活荷载，应根据其所处位置及计算的需要，按表 1 所列内容考虑。

表 1 散货堆载及其他活荷载表

	局 部 计 算	总 体 计 算
非设备区	5.0 kN/m ²	2.5 kN/m ²
井口区	2.0 kN/m ²	1.0 kN/m ²
走道	5.0 kN/m ²	2.5 kN/m ²
卸货区 ^a	10.0 kN/m ²	5.0 kN/m ²
a 如有特别需要如设备后装等，需根据预计的最大装载设备予以修正。		

8.5 环境荷载

应要求业主提供考虑方向的波浪、风和流三个参数的联合概率值。

8.5.1 风荷载

在计算风荷载时，需注意如下几个方面的内容：

- 应按 API RP 2 A-WSD 规定的方法计算；
- 应参考水平面取海图水深基准面；
- 在计算甲板组块的风力时，应按甲板组块的轮廓尺寸投影面积计算，水面以上导管架受到的风力按 0.5 倍的该部分轮廓尺寸投影面积计算；
- 形状系数取为 1.0。

8.5.2 波、流荷载

在计算波、流荷载时，需注意如下几个方面的内容：

- 波和流同时存在时，必须将波、流在同一荷载条件下模拟；
- 波、流的方向应选在同一方向；
- 一般情况下，波、流的方向至少取 8 个方向，方向为 0°、斜向、90°、斜向、180°、斜向、270° 和斜向，斜向作用方向的确定应通过搜索得到；
- 除非业主另有要求，一般应用 7 阶流函数波浪理论计算；首先仅进行 SACS 的 SEASTATE 计算，按波浪不同的相位进行波浪搜索；然后用产生最大基底剪力和最大倾覆力矩的波向分别计算设计用波流力。如果二者产生的桩头力相差在 5% 以内，可仅以大者设计，否则两者都要计算。对操作条件和极端条件都要做这样的搜索；
- 流速沿水深变化时，表层至底层的流速随水位按线性变化；
- 模拟海生物时，其厚度和比重按设计条件选取；海生物生长区的确定，若业主没有给定，可按以下确定，生长区上边界标高：平均海平面，生长区下边界标高：海床表面；
- 根据设计阶段的不同，波、流荷载系数可采用如下值：
 - 概念设计：取 1.30（不模拟附属构件）；
 - 基本设计：取 1.10~1.20（视附属构件的模拟情况，如模拟了登船平台、靠船件、立管、电缆护管、泵护管、阳极等，则可取 1.10）；
 - 详细设计：取 1.05~1.10（视附属构件的模拟情况，如模拟了登船平台、靠船件、立管、电缆护管、泵护管、阳极块、防沉板、隔水导管导向、登船楼梯、吊耳、水下桩调平装置、封隔器等，则可取 1.05）；
- 飞溅区边界的确定：

飞溅区上边界标高：DHWL+2H_s/3+△

飞溅区下边界标高：DHWL-H_s/3-△

注: DHWL——操作条件下的设计高水位, 单位为米 (m), 对于渤海海域, 可采用 HAT;

DLWL——操作条件下的设计低水位, 单位为米 (m), 对于渤海海域, 可采用 LAT;

HAT ——最高天文潮位, 单位为米 (m);

LAT ——最低天文潮位, 单位为米 (m);

H_s ——操作条件下的有效波高, 单位为米 (m);

Δ ——施工和测量误差, 当水深小于等于 50 m 时, 取 0.5 m;

当水深大于 50 m 时, 取 1.0 m。

8.5.3 冰荷载

a) 冰磨蚀区的确定

如业主没有规定, 则按如下确定:

磨蚀区上边界标高: $WHAT+0.1H+\Delta$

磨蚀区下边界标高: $WLAT-0.9H-\Delta$

注 1: WHAT ——冬季最高天文潮位, 单位为米 (m);

WLAT ——冬季最低天文潮位, 单位为米 (m);

H ——冰厚, 单位为米 (m);

Δ ——施工和测量误差: 当水深小于等于 50 m 时, 取 0.5 m;

当水深大于 50 m 时, 取 1.0 m。

注 2: 如无冬季天文潮资料, 可用年资料。

b) 在确定冰作用点时, 冰在水面以上的高度取冰厚的 1/10;

c) 冰力的计算方法参见附录 A。

8.5.4 地震荷载

在计算地震荷载时, 需注意如下几个方面的内容:

a) 在业主没有要求时, 可采用响应谱法进行设计;

b) 如有可能, 应将导管架和甲板连在一起进行地震分析;

c) 如业主没有要求, 对于强度水平地震设计, 可取重现期为 50 a, 超越概率为 10% 的地面地震水平加速度进行设计;

d) 计算水位取平均海平面;

e) 如业主没有要求, 可用 2 倍强度水平的地面地震加速度的地震分析来替代韧性分析。

8.6 设计荷载标准

除业主规定外, 风、浪、流的设计荷载标准按表 2 选取。

一般情况下, 冰的设计荷载按 50 a 重现期考虑。

表 2 风、浪、流的设计荷载标准表

设计条件	操作条件	极端条件
重现期	1 年	50 年

8.7 荷载组合 (在位分析用)

应按可能的、对结构最不利的荷载条件进行组合。

荷载组合及荷载条件组合系数见表 3。

表 3 荷载组合及荷载条件组合系数表

	操作	极端风暴	极端冰	拔桩（极端风暴）	拔桩（极端冰）	地震
结构自重	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
设备自重	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
储罐等液体	1.0	0.75	0.75	0.25	0.25	0.75
活荷载	1.0	0.75	0.75	0.25	0.25	0.75
操作风、波、流	1.0					
极端风、波、流		1.0		1.0		
冰条件冰、风、流			1.0		1.0	
注：此表仅表示荷载条件在参加组合时应取的系数，并不表示真实的组合。具体参与组合的荷载要按实际情况选取。						

9 基础

9.1 简化等效桩

在没有钻孔资料的情况下，在概念设计之前的设计阶段可使用如下的简化等效桩模拟桩-土系统：

- 当表层土较软时，等效桩长 $L=8D$ ；
- 当表层土较硬时，等效桩长 $L=4D$ 。

注：L——等效桩长，单位为米（m）；

D——桩径，单位为米（m）。

- 在无法判别表层土的软硬性时 $L=6D$ 。

9.2 冲刷深度

在没有确切资料的情况下，海底泥面的冲刷深度按 1.5 m 考虑。

9.3 桩的设计

在设计桩时，要考虑压桩和拔桩两种情况。

对于冰和风暴状态的结构分析，SACS 程序的 PSI 模块可自动校核桩的强度。但在地震分析中，采用等效桩或桩头刚度超单元模拟桩-土系统，等效桩的应力校核是不确切的。因此在地震分析完后，需将桩头处桩的垂直力、水平位移和转角作为外力，加在实际的桩上，用 SACS 程序的 PILE 模块来校核桩的强度。

在设计桩时，应考虑超打和欠打。

在确定泥面附近的厚壁段时，在无当地工程经验的情况下，可考虑欠打不宜超过 6 m，超打不宜超过 3 m。

10 API 简化方法的疲劳分析

在没有对渤海海域应用简化疲劳方法进行标定之前，仍按照 API 的简化方法进行疲劳设计。

11 装船分析

导管架和甲板可以采用滑移装船或吊装的方法装船，用吊装的方法装船按第 10 章要求。对于采用滑移装船法装船，则：

- 在装船过程中，应随着支承条件的变化做相应的静力分析；
- 支承条件应考虑可能的场地沉降和驳船的运动。

12 吊装分析

在进行吊装分析时，需注意如下几个方面的内容：

- a) 质量系数的取值参照 6.2;
- b) 吊绳与水平面的夹角不宜小于 60° 。

13 拖航分析

对于渤海海域的平台，如业主没有要求，可采用简化的方法，即“10~20”法则做拖航分析。一般可不考虑拖航疲劳。

13.1 “10~20”法则的运动值

“10~20”法则的运动值见表 4。

表 4 “10~20”法则的运动值表

运动	角度或加速度 ^a 度	周期 s
横摇	20	10
纵摇	10	10
升沉	0.2 g	
a 角度和加速度为半幅值，周期为全幅值。		

13.2 风速

风速取 10 年一遇的 1 min 持续风速。

13.3 容许应力

容许应力可以放大 1.33 倍。

14 动力影响

当结构自振周期小于 3 s 时，不考虑波浪引起的动力影响。当结构自振周期大于 3 s 时，要考虑动力影响。

15 材料利用率

材料利用率可按如下方面考虑：

- a) 对重要构件（如导管架腿、甲板柱、斜撑、主梁和吊点等）应力比宜控制在 0.7 左右；
- b) 对其他构件，应力比宜接近 0.9 左右。

16 直升机甲板设计

直升机甲板应按 API RP 2 L 规定的荷载条件进行设计。

在进行甲板和导管架的整体分析时，直升机甲板上的活荷载取 0.25 kN/m^2 或总重等于所用直升机和乘员质量的均布荷载，二者取大者。

17 计算机计算结果输出

计算机计算结果输出至少应包括如下内容：

- a) 全部输入文件；
- b) 计算机输出的 U.C 值分组：0.0~0.7、0.7~1.0、1.0 以上；
- c) 下列打印选择可供参考
 - 1) SEASTATE：基本荷载和组合荷载计算结果；

- 2) DYNPAC: 质量汇总和自振特性汇总;
- 3) EARTHQUAKE RESPONSE: 地震力汇总;
- 4) JOINT CAN: 只打印 UC 值, 不输出强度校核和路径;
- 5) POST: 支座反力、重要节点位移 (杆件内力) 和应力范围。

附 录 A
(规范性附录)
导管架冰力的计算方法

A.1 孤立柱冰力

作用在垂直和接近垂直(与水平面交角大于 75°)的孤立柱($D \leq 2.5 \text{ m}$)上的水平冰力 F 按下式计算:

$$F = m I f_c \sigma_c D h$$

式中:

m ——形状系数,取值如下:

圆形截面, 0.9;

方形截面,

冰正向作用: 1.0

冰斜向作用: 0.7

I ——嵌入系数;

f_c ——接触系数;

σ_c ——冰无侧限压缩强度,单位为兆帕(MPa);

D ——冰挤压结构的宽度,单位为米(m);

h ——冰厚,单位为米(m)。

对圆形截面的柱,嵌入系数 I 和接触系数 f_c 的乘积由下面经验公式确定:

$$I f_c = 3.57 h^{0.1} / D^{0.5}$$

式中:

h 和 D 单位为厘米(cm)。

A.2 导管架冰力

A.2.1 非堵塞情况

导管架总冰力为各腿柱和隔水导管的冰力之和,单腿柱冰力按“A.1”小节计算。在计算总冰力时,应考虑腿柱和隔水导管间的相互影响。具体如下:

- 所有隔水导管上的冰力按“A.1”计算,并按 0.9 的系数折减;
- 对于阵列布置的隔水导管群,其遮蔽系数按附图 1 和附图 2 两种情况确定;
- 位于隔水导管群后方,在冰破碎带内的腿上的冰力按 0.1 的系数折减;而位于隔水导管群后方,不在破碎带内腿上的冰力按 0.5 的系数折减。
- 对于没有隔水导管的 4 腿导管架,腿的冰力系数按附图 3、附图 4、附图 5 和附图 6 的 4 种情况确定(4 腿以上的导管架的冰力系数的确定参照以上处理)。

A.2.2 部分堵塞情况

部分堵塞情况是指仅井口区堵塞的情况,此时导管架上的总冰力为堵塞区冰力与导管架所有腿上的冰力之和。

在这种情况下,对于堵塞区,取 $I f_c = 0.4$,而形状系数 m 在冰斜向作用时为 0.9,正向作用时仍为 1.0。其构件间的相互影响如下考虑:

- 位于隔水导管群后方,在破碎带内腿上的冰力为零;
- 位于隔水导管群后方,但不在破碎带内的腿上的冰力按 0.5 的系数折减;
- 在结构分析时,将堵塞区的冰力按隔水导管数均分加到结构上。

A. 2. 3 全部堵塞情况

一般不考虑整个导管架全部堵塞的情况。

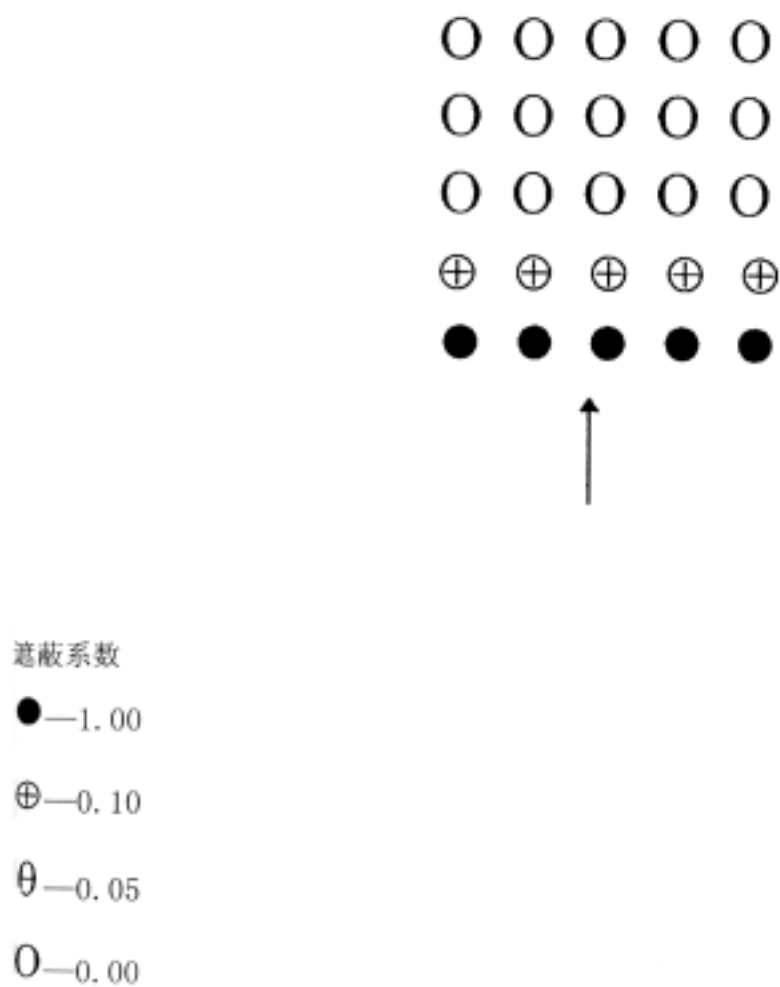
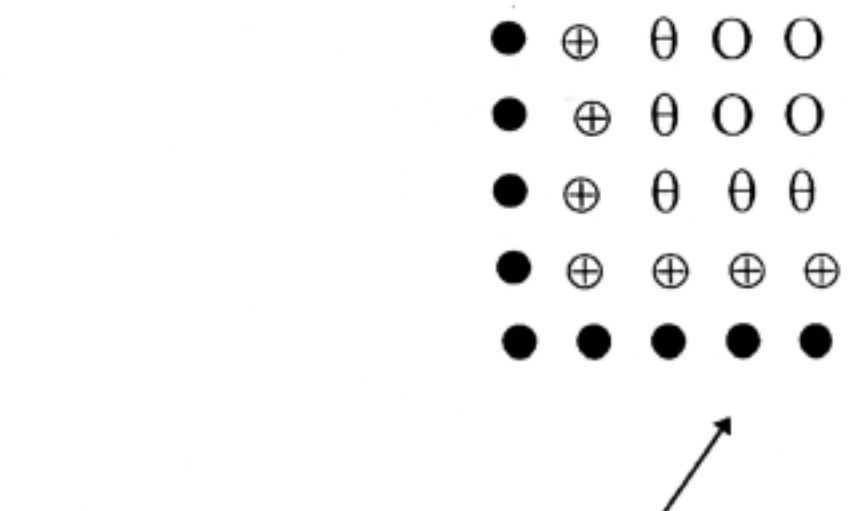


图 A.1 冰作用方向 1



遮蔽系数

●—1.00

⊕—0.10

θ—0.05

○—0.00

○ 0.0

○ 0.0

○ 1.0

○ 1.0



图 A.3 冰作用方向 3

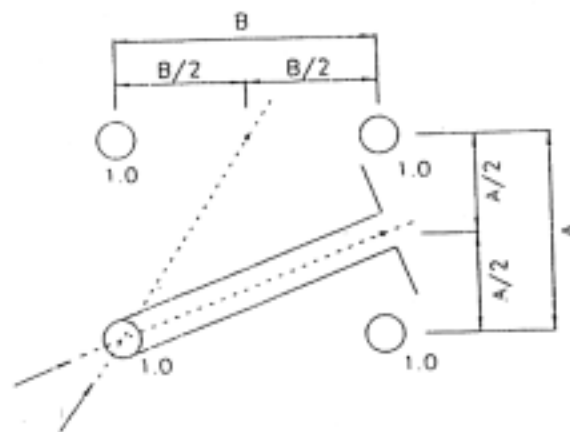
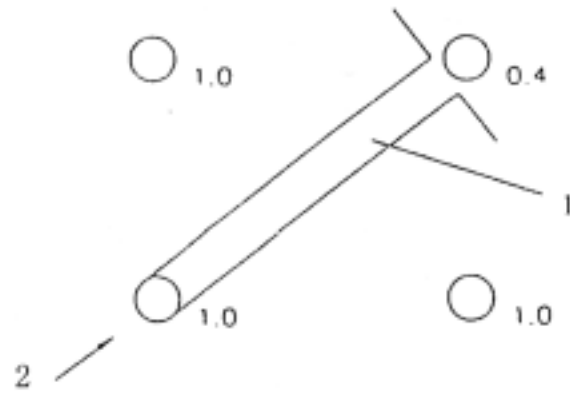


图 A. 5 冰作用方向 5

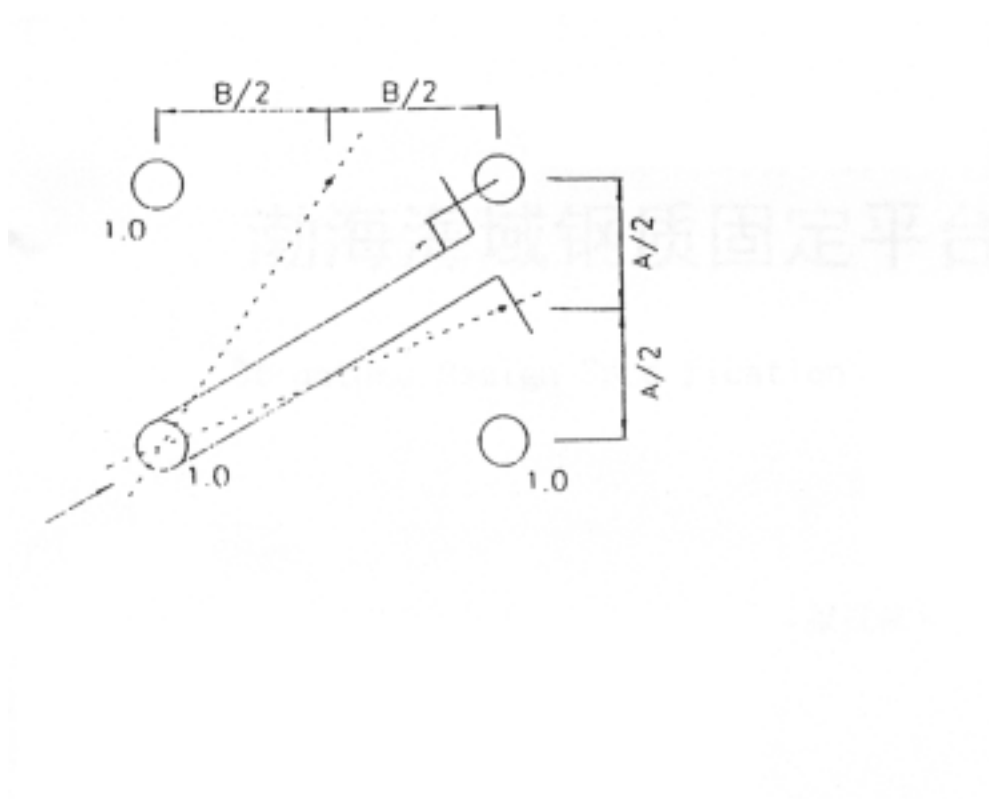


图 A.6 冰作用方向 6