

渤海海冰设计作业条件

BOHAI SEA ICE DESIGN AND OPERATION CONDITIONS

吴辉璇 杨国金 张方俭 李玉珊 编著
张明元 李洪升 李 海 王志联



海洋出版社

渤海海冰设计作业条件

BOHAI SEA ICE DESIGN AND
OPERATION CONDITIONS

吴辉碇 杨国金 张方俭 李玉珊 编 著
张明元 李洪升 李 海 王志联



海洋出版社

2001年·北京

内 容 简 介

本书是中国海冰研究和冰区工程设计的经验总结。它系统地概括了中国结冰海域的气象、水文环境,提供了冰区作业条件、冰区设计参数、冰力计算的要求和方法,以及冰区生产作业的管理。本书可供有关工程技术人员使用和大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

渤海海冰设计作业条件/吴辉碁等编著. —北京:海洋出版社, 2001.11
ISBN 7-5027-5424-5

I. 渤… II. 吴… III. 海冰-影响-海上平台-工作条件-渤海 IV. TE5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 081385 号

责任编辑 赵士青

责任印制 严国晋

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京市燕山印刷厂印刷 新华书店发行所经销

2001 年 12 月第 1 版 2001 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 6

字数: 150 千字 印数: 1—600 册

定价: 15.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

前言

随着海洋经济，特别是冰区油气资源开采事业的飞速发展，渤海和黄海北部在国民经济中的地位和作用日益增大，各种海中活动日趋繁多。然而，这里每年冬季都有海冰出现，海冰能够对海中和沿岸结构物及生产活动造成严重威胁，有时甚至造成巨大破坏和损失。事实表明，海冰是渤海和黄海北部近岸区海上结构物规划、设计和建造必须考虑的重要海洋环境条件。

关于海冰设计作业条件的确定以及冰力计算的方法，长期以来没有统一的规定和要求，致使所提出的海冰设计条件的取值和冰力计算的方法常有较大的差异。由于这些取值和方法直接决定着海上结构物的安全和投资效益，所以提供科学合理的设计条件和规定显得尤其重要。

为了促进冰区油气和其他产业的发展，做到既保证生产安全，又提高经济效益，本书在总结 30 多年来渤海 15 个油气田和众多海港码头设计与作业经验的基础上，运用有关理论，从中国渤海和黄海北部冰区的实际情况出发并参考吸收国外经验，总结了我国渤海和北黄海近岸区海冰设计作业条件，为中国冰覆盖海域结构物的规划、设计和建造中的海冰设计作业条件和冰力计算方法提供了统一的和规范性的依据。

本书与《SY/T4803-92 冰环境条件下海中固定结构物规划、设计和建造的推荐作法》以及其他适用的规范和标准一起使用，将有助于对中国冰覆盖海域中结构物的规划、设计和建造提供指导。

在本书编写过程中，我国有关部门专家和教授王伟元、王沛权、王仁树、邓树奇、史庆增、刘育丰、刘杰鸣、孙嘉陵、白珊、李丕德、李桐魁、李新仲、杨小刚、苗文东、岳前进、张涛、张启文、张邦楹、张国栋、徐继祖、曾恒一、雷方辉、谭世祥等曾参与讨论和审阅并提出许多宝贵意见。美国克拉克生大学沈洪道教授审阅本书的中英文版本，并提出许多宝贵修改意见。本书所涉及问题的研究和编写得到中国海洋石油总公司及其下属有关部门的支持并得到中国海洋石油生产研究中心的资助。本书编写还应用了中国国家自然科学基金委资助项目（48970266，49576272，49876003 和 59739170）、国家重点科技攻关项目（75-76-01-07，85-903-03-03 和 96-908-02-03）、国家高技术项目（863-818-06-04）等有关研究成果、软件和资料，在此一并致以感谢。

吴辉碇 杨国金

2001 年 2 月

主要符号

A	接触面和剪切面等的面积(m^2)	m	形状系数
B	结构物斜面宽度(m)	P_f	破坏荷载(kN)
b	结构物或冰体宽度(m)	R	半径(m)
C_d	拖曳系数	S	盐度
D	结构直径(m)	T	温度($^{\circ}\text{C}$)
D_t	锥体结构顶部直径(m)	T_i	有效冰温($^{\circ}\text{C}$)
d	冰期(d)	T_a	空气温度($^{\circ}\text{C}$)
E	弹性模量(GPa)	T_w	海水温度($^{\circ}\text{C}$)
F	总冰力(kN)	V	速度(m/s)
F_h	水平方向冰力(kN)	V_b	盐水体积(10^{-3})
F_v	垂直方向冰力(kN)	α	角度($^{\circ}$)
f_c	接触系数	ρ	密度(kg/m^3)
g	重力加速度(m/s^2)	ρ_i	海冰密度(kg/m^3)
h	冰厚度(m)	ρ_w	海水密度(kg/m^3)
h_l	平整冰厚度(m)	σ_c	压缩强度(MPa)
h_r	重叠冰厚度(m)	σ_t	拉伸强度(kPa)
I	嵌入系数	σ_f	弯曲强度(kPa)
K	热输送系数[$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K})$]	τ	剪切强度(kPa)
L	冰的水平尺度(m)	τ_f	冻结强度(kPa)
L_c	冰体特征长度	μ	摩擦系数
l	冰体长度(m)	ν	泊松比

目 次

第一章 总则	(1)
1.1 主题内容	(1)
1.2 适用范围	(1)
1.3 引用标准	(1)
1.4 资料来源	(1)
1.5 一般定义	(2)
1.5.1 海冰	(2)
1.5.2 固定冰	(2)
1.5.3 流冰	(2)
第二章 海冰环境与特征	(3)
2.1 海冰环境	(3)
2.1.1 海域	(3)
2.1.2 气候	(3)
2.1.3 水文	(3)
2.2 海冰特征	(4)
2.2.1 面特征	(4)
2.2.2 线特征	(4)
2.2.3 尺度特征	(4)
2.2.4 空间分布	(4)
2.2.5 时间变化	(5)
2.2.6 类型分布	(5)
2.3 海冰区划	(5)
2.3.1 区划图	(5)
2.3.2 冰区	(6)
2.4 区划与冰年	(7)
2.4.1 冰情分类	(7)
2.4.2 冰区的冰情	(7)
2.5 区划与烈度	(8)
2.5.1 海冰烈度	(8)
2.5.2 冰区与烈度	(8)
第三章 海冰参数	(9)
3.1 物理参数	(9)

3.1.1	晶体结构	(9)
3.1.2	温度	(9)
3.1.3	盐度	(9)
3.1.4	盐水体积	(9)
3.1.5	密度	(10)
3.2	力学参数	(10)
3.2.1	压缩强度	(10)
3.2.2	拉伸强度	(10)
3.2.3	弯曲强度	(10)
3.2.4	剪切强度	(11)
3.2.5	冻结强度	(11)
3.2.6	弹性模量和泊松比	(11)
3.3	海冰条件	(12)
3.3.1	作业条件	(12)
3.3.2	设计条件	(12)
3.4	作业参数	(12)
3.4.1	冰日	(12)
3.4.2	冰期	(13)
3.4.3	有效冰期	(13)
3.4.4	海冰厚度	(13)
3.4.5	海冰温度、盐度和密度	(14)
3.4.6	流冰的漂移方向和速度	(15)
3.4.7	覆盖率	(16)
3.4.8	其他冰情的统计	(16)
3.4.9	气温	(16)
3.4.10	风速	(17)
3.5	设计参数	(18)
3.5.1	平整冰厚度	(18)
3.5.2	重叠冰厚度	(20)
3.5.3	海冰强度	(20)
第四章	冰力计算	(23)
4.1	冰力分类	(23)
4.1.1	按作用性质分类	(23)
4.1.2	按结构分析分类	(23)
4.1.3	按限制条件分类	(23)
4.1.4	按冰力方向分类	(23)
4.1.5	按破坏形式分类	(23)
4.2	适用范围和设计原则	(23)
4.2.1	适用范围	(23)

4.2.2 设计原则..... (24)

4.3 受环境驱动动力限制的总冰力..... (24)

4.4 受强度限制总冰力..... (24)

4.4.1 挤压冰力..... (24)

4.4.2 弯曲冰力..... (26)

4.4.3 压曲冰力..... (29)

4.4.4 其他冰力..... (30)

4.5 局部冰力..... (30)

4.6 动冰力..... (31)

第五章 海冰管理 (32)

5.1 海冰管理的组织..... (32)

5.1.1 主管单位..... (32)

5.1.2 海冰管理小组..... (32)

5.1.3 协作网..... (32)

5.2 海冰管理的实施..... (32)

5.2.1 年度展望会商会..... (32)

5.2.2 评估海上结构物..... (32)

5.2.3 年度防冰工作会议..... (32)

5.2.4 结构物状态监测..... (32)

5.2.5 海冰监测..... (33)

5.2.6 资料传递..... (33)

5.2.7 海冰预报..... (33)

5.2.8 海冰预报发布..... (33)

附录 (34)

附录 A 渤海和黄海北部冰情等级标准 (34)

附录 B 海冰烈度等级 (34)

附录 C 有效冰温计算 (34)

参考文献及资料 (36)

第一章 总 则

1.1 主 题 内 容

本书主要给出了中国结冰海区海冰作业条件、海冰设计参数和冰力计算的技术要求和方法以及有冰情况下海上生产作业的管理。

1.2 适 用 范 围

本书内容适用于中国渤海和黄海北部冰区海上固定结构物以及钻井船、储油船的规划、设计和建造。

1.3 引 用 标 准

本书中的普通术语及其定义是参考或引用了下列规范或标准中的有关术语和定义：

GB/T 12763-91 海洋调查规范；

GB/T 14914-94 海滨观测规范；

中国海冰情预报等级（标准）；

SY/T4803-92 冰环境条件下海上固定结构物规划、设计和建造的推荐作法。

1.4 资 料 来 源

本书中的数据资料来源于：

海洋站观测资料（1962~1995）；

岸边冰情观测资料（1969~1971，1985，1988~1992）；

海中船舶调查资料（1975~1998）；

海洋平台原型和模型试验资料（1987~1992）；

飞机观测资料（1973~1998）；

卫星遥感资料（1973~1998）；

飞机遥感监测资料（1987~1998）；

雷达、平台观测资料（1985~1998）；

国际合作调查资料（1987~1992）；

数值模拟和后报资料（1968~1998）；

历史冰情记载；

高等学校、科研院所及生产单位的实验结果、研究报告和论文。

1.5 一般定义

1.5.1 海冰

所有出现在海上的冰统称为海冰。海冰除直接由海水冻结而成以外，还包括来源于陆地的河冰、湖冰和冰川冰等。中国的海冰都是一年冰，即冰龄不超过一个冬季的冰。海冰通常分为固定冰和流冰两大类。

1.5.2 固定冰

沿着海岸形成并与海岸或海底冻结在一起或者随潮位变化作垂直升降运动的海冰，统称固定冰。

根据固定冰的成因又分为下列三种冰型：

(1) 沿岸冰 (coastal ice)：沿着海岸、浅滩形成并与其牢固地冻结在一起的海冰。沿岸冰可以随海面的升降作垂直运动。

(2) 冰脚 (ice foot)：固定在海岸上的狭窄沿岸冰带，是沿岸冰流走后的残留部分或涨潮时糊状浮冰以及浪花沫附着在海岸聚集冻结的冰带。

(3) 搁浅冰 (stranded ice)：退潮时留在潮间带或浅水中搁浅的海冰。

1.5.3 流冰

任何漂浮在海面且受风和流作用而漂移的冰称流冰。根据流冰的生成和发展过程，分为下列 7 种冰型：

(1) 初生冰 (new ice)：最初由海水直接冻结或雪降至低温海面未被融化而生成的针状、薄片状、油脂状或海绵状冰。

(2) 冰皮 (ice rind)：由初生冰冻结或在平静海面上直接冻结而成的冰层。该类型冰表面平滑，湿润而有光泽，厚度为 5 cm 左右，能随浪起伏，易被风浪破碎，受风浪作用易重叠。

(3) 尼罗冰 (nilas)：厚度小于 10 cm、有弹性的薄冰层。该类型冰表面无光泽，在风浪或外力作用下易弯曲和破碎，并能产生“指状”重叠冰。

(4) 莲叶冰 (pancake ice)：直径 30~300 cm、厚度 10 cm 以内的冰块。该类型冰由于彼此互相碰撞而具有隆起的边缘和准圆形，它可以由破碎的初生冰冻结而生成，也可以由冰皮或尼罗冰破碎而生成。

(5) 灰冰 (gray ice)：厚度 10~15 cm 的冰盖，由尼罗冰继续冻结而生成。该类型冰表面平坦湿润，多呈灰色，易被涌浪破坏，受到挤压时易重叠。

(6) 灰白冰 (gray-white ice)：厚度 15~30 cm 的冰盖，由灰冰继续冻结而生成。该类型冰表面粗糙，多呈白色。

(7) 白冰 (white ice)：厚度大于 30 cm 的冰盖，由灰白冰继续冻结而生成。该类型冰表面粗糙，多呈白色。

第二章 海冰环境与特征

2.1 海冰环境

2.1.1 海域

渤海和黄海北部位于中国大陆的东侧, 横跨 $37^{\circ}\sim 41^{\circ}\text{N}$ 之间, 是中国纬度最高的海域。

渤海是伸入陆地的近封闭型的浅海, 北、西、南三面被陆地包围, 仅东面以渤海海峡与黄海相通, 海峡宽约 106 km。渤海东北—西南向纵长约 555 km, 东西向宽约 346 km; 平均深度为 18 m, 最大深度为 78 m; 面积约为 7.7 万 km^2 , 其中 20 m 等深线以内的面积约占 55%。渤海沿岸河流众多, 主要有黄河、滦河、海河、辽河和大凌河等, 每年约有 $8\times 10^2\sim 9\times 10^2$ 亿 m^3 淡水注入渤海。

黄海北部辽东半岛近岸海域水很浅, 20 m 等深线离岸约 35~55 km。辽东半岛南岸有鸭绿江、大洋河等河流, 每年约有 4×10^2 亿 m^3 淡水流入海中。此外, 还有大量淡水从朝鲜半岛西岸的大同江、清川江等流入黄海北部。

2.1.2 气候

渤海和黄海北部属典型的季风气候区。冬季, 主要受亚洲大陆高压活动的影响, 盛行偏北风, 并且经常有寒潮暴发。每当冷空气经过, 特别是寒潮侵袭时, 气温剧烈下降, 同时还常伴有强风。渤海和黄海北部的气温变化具有明显的大陆性, 一年之中 1 月份的气温最低, 其次为 2 月。1 月份的平均气温多在 $-4\sim -8^{\circ}\text{C}$ 之间, 最低气温可达 -25°C 左右。12 月至翌年 3 月的平均风速多在 $5\sim 7\text{ m/s}$ 之间, 最大风速达 $35\sim 40\text{ m/s}$ 。

2.1.3 水文

渤海的环流和水系大体上是由相对高盐的黄海暖流余脉和低盐的渤海沿岸流组成, 黄海暖流余脉是经渤海海峡北部进入渤海并一直延伸到渤海西岸, 再分为南北两股, 南股汇入渤南海沿岸流后, 沿鲁北沿岸经海峡南部流出渤海。渤海环流冬季较强、夏季较弱, 通常冬季的流速可达 20 cm/s 左右。

渤海具有独立旋转潮波系统, 其中包括两个半日潮波和一个全日潮波系统。渤海海峡附近有一个全日分潮波的节点, 其周围是正规半日潮区; 秦皇岛外和黄河口外有两个半日分潮波的节点, 其周围各有一个范围很小的不规则全日潮区; 除此之外, 其余海区均为不规则半日潮区。沿岸平均潮差, 在辽东湾顶最大, 为 2.7 m, 在渤海湾顶次之, 为 2.5 m, 秦皇岛附近最小, 仅为 0.8 m, 海峡区为 2 m 左右。潮流以半日潮流为主, 流速一般为 $50\sim$

100 cm/s, 在三个海湾中, 辽东湾的流速最大, 渤海湾的次之, 莱州湾的最小; 老铁山水道附近, 潮流流速可达 150~200 cm/s。

冬季, 渤海的风浪最盛, 冬季也是渤海各海区波高最大的季节。1 月平均波高为 1.1~1.7 m, 寒潮侵袭时可达 3.5~6.0 m。

渤海的水温受陆地、气候和水文因素影响显著, 1 月份渤海三大海湾的水温均低于 -1.0°C , 海岸附近为 -1.6°C 左右。渤海的盐度是我国四个海区中最低的, 一方面这是因为周围沿岸大量淡水的流入, 另一方面也因为外海高盐水不能大量流入。冬季, 渤海表层海水的盐度一般在 28.0~30.0 之间, 但在渤海中部海域可达 31.0 以上, 而近岸河口处则在 27.0 以下。

2.2 海冰特征

2.2.1 面特征

海冰在形成过程中, 受到大气和海洋的强迫作用。在这些复杂的水文、气象因素作用下使海冰具有不同形状和表面特征。

(1) 平整冰 (level ice): 冬季连续增长, 未受变形作用影响的海冰, 冰面平整。

(2) 重叠冰 (rafted ice): 在动力作用下, 一层冰叠置到另一层冰上形成, 有时甚至由三层、四层, 或更多层冰重叠而成, 但冰面仍较平坦。

(3) 堆积冰 (hummocked ice): 在外力作用下, 冰块杂乱无章地堆积在一起形成的冰。

2.2.2 线特征

(1) 冰脊 (ridge): 海冰在相对运动过程中相互挤压或剪切时, 在其共同边界处形成脊状堆积冰。挤压作用形成的堆积, 称压力冰脊; 剪切作用形成的堆积, 称剪切冰脊。

(2) 形成冰脊的冰盖称作母冰。母冰面以上堆积的冰高度称冰脊的帆高, 母冰底面以下堆积冰的厚度称冰脊的龙骨。在渤海冰脊的帆高与龙骨之比通常为 1:5 至 1:3。

2.2.3 尺度特征

(1) 冰原 (ice field): 由任何尺度的流冰块组成的 10 km 以上的流冰区。

(2) 巨冰盘 (giant floe): 最大水平尺度大于 2 000 m。

(3) 大冰盘 (big floe): 最大水平尺度 500~2 000 m。

(4) 中冰盘 (medium floe): 最大水平尺度 100~500 m。

(5) 小冰盘 (small floe): 最大水平尺度 20~100 m。

(6) 冰块 (ice cake): 最大水平尺度 2~20 m。

(7) 碎冰 (brash ice): 最大水平尺度小于 2 m。

2.2.4 空间分布

渤海和黄海北部海冰空间 (区域) 分布的特点是:

- (1) 北部冰情重于南部冰情；
- (2) 海岸附近冰情重于海中冰情；
- (3) 辽东湾东岸附近冰情重于辽东湾西岸附近冰情；
- (4) 莱州湾西岸附近冰情重于莱州湾东岸附近冰情；
- (5) 黄海北部鸭绿江口附近的冰情较重，沿辽东半岛南岸往西，冰情逐渐减轻；
- (6) 渤海中部及黄海北部近岸的深水区，重冰年时可能生成尼罗冰，但这些海区较厚的冰主要是由岸边漂移来的。

2.2.5 时间变化

渤海和黄海北部海冰随时间变化的特点：

(1) 日变化明显。由于受气温、风和潮流的影响，一日内常常出现早晨有冰，下午无冰，涨潮时有冰，退潮时无冰以及向岸风时有冰，离岸风时无冰的情况。这种情况在初冰期和终冰期内尤为明显。

(2) 日际变化明显。冷空气过境，特别是寒潮侵袭期间，海冰会突然增多、加厚；冷空气或寒潮过后，随着气温的回升，海冰又会融化或流往别处，从而出现几天冰重、几天冰轻的情况。

(3) 年变化明显。海冰经历生成—发展—相对稳定—融化消失的过程，即通常所称的初冰期、盛冰期和终冰期。初冰期较长，可达 50 d；盛冰期长短随年际而变化，是一年中冰情最严重的时期；终冰期很短，仅有 5~7 d。

(4) 年际变化（多年变化）明显。由于冬季气候的变化，渤海和黄海北部的冰情各年不同；在极暖的冬季，渤海的结冰面积在 15% 以下，而在严寒的冬季，结冰面积占渤海总面积的 80% 以上。

2.2.6 类型分布

(1) 盛冰期间各海区海冰的类型分布为：

辽东湾以 GW（灰白冰）、G（灰冰）和 W（白冰）为主；

黄海北部以 GW、G 和 P（初生冰）为主；

渤海湾以 G、GW 和 Ni（尼罗冰）为主；

莱州湾以 G、GW 和 P 为主。

(2) 辽东湾北部和东北部以及渤海湾西部和南部容易出现重叠冰和堆积冰。

2.3 海冰区划

2.3.1 区划图

根据中国海冰分布及变化的基本特征，同时考虑到工程设计和生产作业部门的使用方便，本规定将中国的结冰海区——渤海和黄海北部划分为 21 个区域，即 21 个冰区，划分的原则是使每个区域的冰情基本一致。冰区划分如图 2.1 所示。

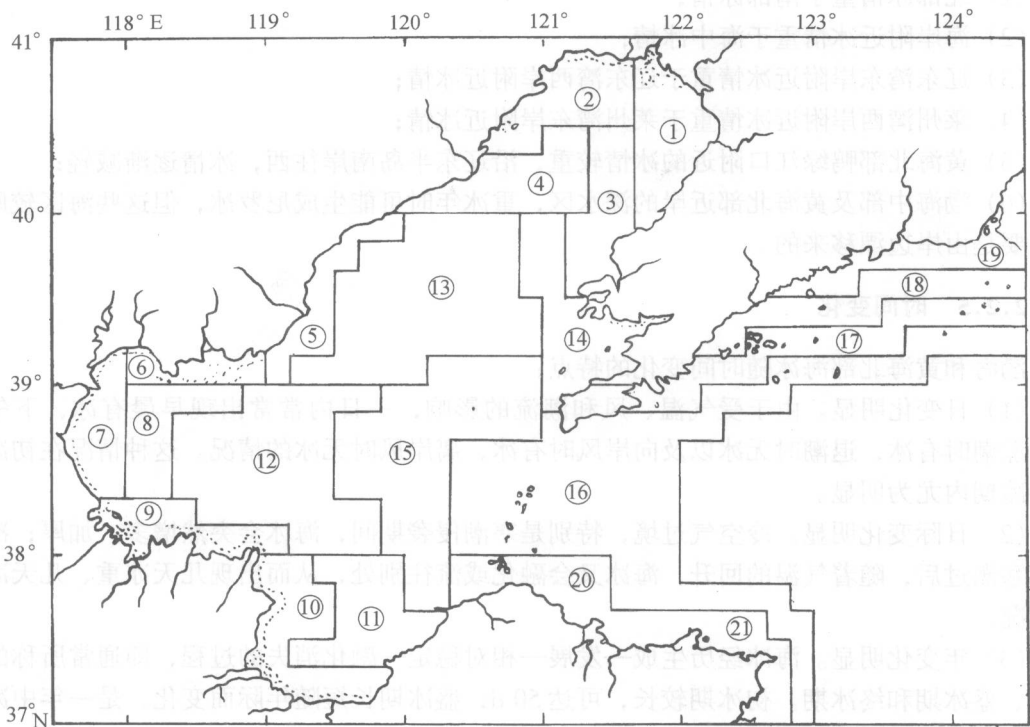


图 2.1 海冰区划图

图中 21 个区分别命名为: 1. 营口, 2. 锦州湾, 3. 复州湾, 4. 绥中, 5. 秦皇岛, 6. 南铺, 7. 歧口, 8. 曹妃甸, 9. 岔尖, 10. 羊角沟, 11. 龙口, 12. 渤中, 13. 大连, 14. 全州湾, 15. 蓬莱, 16. 北皇城岛, 17. 大连湾, 18. 貔子窝, 19. 大鹿岛, 20. 烟台, 21. 威海

2.3.2 冰区

各冰区包括的生产作业区如表 2.1。

表 2.1 冰区与生产作业区

冰 区	地 理 位 置	生 产 作 业 区
1	JZ	5, 6, 11~13, 18, 23, 24, 29, 30, 35, 36
	YK	7, 13, 14, 19, 20, 25
	JX	5
2	JZ	1~4, 7~10, 13~16
	SZ	17, 18, 22~24
3	JZ	21, 22, 27, 28, 33, 34
	JX	2~4, 8, 9, 14, 15
4	JZ	19, 20, 25, 26, 31, 32
	SZ	27~36
5	LD	1
	QHD	4~6, 9, 10, 14, 15, 20, 21, 25~27, 31
6	NB	31~36

续表

冰 区	地 理 位 置	生 产 作 业 区
7	BT	36
	QK	5, 6, 10~12, 16~18, 23, 24
8	CFD	1~5, 7~9, 13~15, 19~21
	QK	30
9	CFD	25~28, 31~36
	BZ	31
10	LK	1, 2, 7~9, 13~15, 19, 25, 27~29
	LK	3~6, 10~12, 16~18, 20~24
12	CFD	6, 10~12, 16~18, 22~24, 29, 30
	BZ	1~5, 7~9, 13~15, 19~21, 25~29, 32~35
13	QHD	11, 12, 16~18, 22~24, 28~30, 32~36
	DL	2~5, 7~11, 13~17, 19~31
14	DL	6, 12, 18
	JX	1, 7, 13, 19, 20, 25~28, 31~34
15	DL	32~36
	BZ	6, 10~12, 16~18, 22~24, 30, 36
16	PL	1~14, 19, 20, 25, 26, 31, 32
	PL	15~18, 21~24, 27~30, 33~36
17		
18		
19		
20		
21		

表中符号为：JZ——锦州；YK——营口；JX——锦西；SZ——绥中；LD——辽东；QHD——秦皇岛；NB——南
铺；BT——北塘；QK——歧口；CFD——曹妃甸；LK——龙口；BZ——渤中；DL——大连；PL——蓬莱

2.4 区划与冰年

2.4.1 冰情分类

本规定采用国家海洋局的冰情划分标准（附录 A），将渤海和黄海北部的冰情划分为 5 种类型年（简称冰年），即轻冰年、偏轻冰年、常冰年、偏重冰年和重冰年。

2.4.2 冰区的冰情

21 个冰区与冰年有如表 2.2 的对应关系。

表 2.2 冰区和冰年

冰 年	重现期 (a)	冰 区	备 注
轻冰年	3~15	1, 2	其他各区即使有冰，也仅见于岸边附近
偏轻冰年	2~8	1~7, 9, 10, 19	
常冰年	1~5	1~11, 14, 18, 19	
偏重冰年	5~10	1~14, 17~19	
重冰年	8~25	1~21	

2.5 区划与烈度

2.5.1 海冰烈度

所谓海冰的烈度是指某一海域的海冰能够对该海域海上结构物造成影响或破坏的强烈程度。本规定将渤海和黄海北部海冰的烈度分为 5 度（划分烈度标准见附录 B），烈度越高表示海冰的影响或破坏程度越强烈。

2.5.2 冰区与烈度

21 个冰区与烈度的对应关系如表 2.3 所示。

表 2.3 冰区与烈度

烈度（度）	冰 区
5	1, 2
4	3, 4, 19
3	5~10, 17, 18
2	11~13, 17
1	15, 16, 20, 21

第三章 海冰参数

3.1 物理参数

海冰是一种天然的复合结晶物质,通常是由纯冰晶体、盐水囊和空气泡组成,岸边附近生成的海冰有时还含有泥沙等杂质。

海冰的物理参数主要包括晶体结构、温度、盐度、盐水体积和密度等。

3.1.1 晶体结构

(1) 在扰动海面上最初生成的冰是颗粒状晶体结构即粒状冰,在相对平静条件下生成的冰是柱状晶体结构即柱状冰。

(2) 渤海和黄海北部的平整冰可看作是柱状冰,其晶体的C轴都是在水平面内随机分布,A轴与冰表面垂直,柱径尺寸随冰厚增加,从几毫米到十几毫米。

3.1.2 温度

(1) 海冰温度是指冰层内部的温度。主要受气温、水温、风速、海冰厚度和积雪等因素控制。表层冰温随气温的变化而变化,其变化幅度较气温小。

(3) 平整冰表层至20 cm厚度之间的冰温随厚度大致呈线性分布;厚度20 cm以下的冰温基本保持不变,一般在 $-1.6\sim -1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。

3.1.3 盐度

(1) 海冰的盐度是海冰融化成海水所含的盐度。海冰盐度高低取决于形成海冰之海水的盐度、结冰速度和海冰在海中生存的时间。

(2) 冻结速度越快,海冰生成的时间越短,海冰的盐度就越高。海冰盐度沿冰厚(垂直方向)一般近似呈“C”字形分布。

3.1.4 盐水体积

(1) 海冰内盐囊总体积与海冰总体积之比称盐水体积。

(2) 本规定推荐盐水体积由下式计算:

$$V_b = S(0.532 - 49.185/T_i) \quad (3.1)$$

式中: S ——海冰盐度;

T_i ——冰的温度($^{\circ}\text{C}$);

V_b ——盐水体积($\times 10^{-3}$)。