



极地走航海冰观测图集

ATLAS OF SEA ICE ALONG POLAR VOYAGES

魏立新 孙虎林 任北期 编



海洋出版社

极地走航海冰观测



ATLAS OF SEA ICE ALONG POLAR VOYAGES

魏立新 孙虎林 任北期 编

海军出版社

2016年·北京

图书在版编目(CIP)数据

极地走航海冰观测图集 / 魏立新, 孙虎林, 任北期
编. —北京: 海洋出版社, 2016.5
ISBN 978-7-5027-9448-4

I. ①极… II. ①魏… ②孙… ③任… III. ①极地—
海冰—观测—图集 IV. ①P941.62-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第099257号

责任编辑: 王 溪
责任印制: 赵麟苏

海洋出版社 出版发行

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

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编: 100081

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2016年5月第1版 2016年5月第1次印刷

开本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 12.5

字数: 100千字 定价: 150.00 元

发行部: 010-62132549 邮购部: 010-68038093 总编室: 010-62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换





序言

自1984年开始由国家海洋局组织实施南北极科学考察以来，我国已开展南极考察32个航次，先后在南极建立了长城、中山、昆仑和泰山站；6次赴北冰洋考察并在北极建立了黄河站。中国的极地科考事业取得了举世瞩目的丰硕成果，跻身于世界极地考察的第一方阵。

极地海冰和冰山的观测研究有两大重要意义：首先是关系到科考船的航行安全和后勤补给能否顺利进行，因为海冰和冰山是科学考察船极区航行的最大障碍和潜在危险。要在冰区中安全航行，首先要了解海冰的物理特性、分布状态和变化规律，所以冰区走航海冰观测是随船海洋气象保障的重要组成部分。另外，海冰形态以及生消变化是大气、海洋、海冰相互共同作用的结果，开展南北极海冰观测对了解极地区域天气、气候特征有重要意义。

自1972年美国开始利用极轨卫星开展南北极海冰监测业务以来，人们可以利用海冰密集度资料，监测海冰的范围和面积变化。但对于南北极海冰的现场观测资料依然稀少，对海冰微观的物理特性和变化特征的了解仍然有限，只能靠各国家考察站和船只的观测记录，观测标准也不太规范。1995年，国家海洋环境预报中心在国家海洋局极地考察办公室的支持下翻译出版了美国海军极地海洋中心编制的《海冰观测手册》，但该手册只有对各类海冰物理形态的文字描述，无实际图片的个例，给实际观测中确定海冰类型造成一定困难。

国家海洋环境预报中心一直承担着我国南北极考察走航海冰观测任务，积累了大量的观测数据，近十年来更是通过拍摄积累了大量宝贵的图片观测资料。此次组织编纂的《极地走航海冰观测图集》一书，收集

了大量具有代表性的海冰观测图片实例，有效地弥补了美国版《海冰观测手册》的不足，并可为今后极地考察走航海冰观测提供指导，是一项继往开来的工作。

本人作为一位从事极地冰区导航、极地海冰变化及其对全球气候影响研究的开拓者，得知我们极地考察的工作者要出版《极地走航海冰观测图集》一书，感到由衷的高兴，在此亦向所有参与此项工作的同志们表示真诚的感谢和祝贺！祝愿我国的极地考察事业蒸蒸日上、蓬勃发展！

邵恩梅

2016年2月





前言

极地海冰在大气与海洋之间物质和能量交换中扮演着重要角色，是全球气候系统的重要一员。极地海-冰-气相互作用及其对天气气候的影响一直是各国极地科学考察的重点，也是全球变化研究中的热点。除海冰的面积、范围、密集度、厚度等特征外，海冰的形态特征也是海冰观测和研究的一项重要内容。美国和加拿大等国家虽然制定了各自的海冰分类标准和观测手册，但均以文字描述为主，缺少每类海冰的相应图片实例，所以国内外一直缺少一本针对不同形态海冰的走航观测图集。

1988年在我国第5次南极科学考察中，执行任务的“极地”号遭到严重的冰情，使得预报人员意识到海冰是南极航行安全和考察站正常运行的严重威胁。此后，国家海洋环境预报中心迅速开展了南极海冰的研究并在极地考察冰区走航期间对海冰密集度、海冰形态、冰山的移动变化等开展日常观测工作。从2004年第21次南极考察开始，随船观测人员开始通过数码相机拍摄记录海冰形态，通过十余年的不懈努力，积累了大量的图片资料。编者对这些图片进行了细致的分析和分类，按照海冰形态特征明显、图片质量高、图片尺寸大、兼具科学性与可观赏性等原则筛选出较有代表性的海冰观测图片，汇编成《极地海冰走航观测图集》进行出版。

本书内容主要分两部分：一是海冰分类介绍，主要以文字和层次图形等方式介绍了浮冰、冰山、固定冰三大类海冰和冰面形变、冰间水域的细致分类及其形态特征；二是图片及说明，共选出26类，共192幅有代表性的海冰图片，介绍了每幅图片中的海冰特征，并对拍摄地点、时间、位置、船首向、天气状况、拍摄者等信息进行了说明。本书可以作为极地考察走航海冰观测的指导用书，也可以作为物理海洋专业学生的参考用书。

《极地海冰走航观测图集》的出版得到了我国“南北极环境综合考察与评估”专项的大力支持。衷心感谢国家海洋环境预报中心解思梅研究员审阅了全书的初稿并为本书作序。在编纂和出版的过程中，芬兰气象研究所程斌研究员给予了多次指导，李志强、宋晓姜、县彦宗、孟上、向勇、张海影、黄勇勇、李敏、邓小花、闫涵、王晶、于海鹏、陈志昆、黄焕卿、张弛、马静、李东方和张进乐等同志提供了帮助，在此一并表示感谢。由于编者水平有限，书中不当之处在所难免，敬请读者指正，我们也将进一步收集充实其他类海冰观测图片，以便再版时进行改进。

编 者

2016年2月



目 录

第1章 海冰分类介绍

1.1 浮冰分类及描述	2
1.1.1 新 冰	3
1.1.2 荷叶冰	4
1.1.3 初 冰	4
1.1.4 一年冰	4
1.1.5 融化冰	4
1.1.6 陈 冰	5
1.2 冰山分类及描述	5
1.2.1 冰 山	5
1.2.2 碎冰山	6
1.3 固定冰分类及描述	6
1.4 其他海冰	7
1.4.1 冰面形变	7
1.4.2 冰间水域	8

第2章 浮 冰

2.1 新 冰	10
2.1.1 脂状冰	10
2.1.2 冰 屑	15

2.1.3 湿 雪	17
2.1.4 冰 壳	18
2.1.5 暗尼罗冰	24
2.1.6 明尼罗冰	28
2.2 荷叶冰	31
2.3 初 冰	36
2.3.1 灰 冰	36
2.3.2 灰白冰	42
2.4 一年冰	47
2.4.1 碎浮冰	47
2.4.2 块浮冰	51
2.4.3 小浮冰	58
2.4.4 中浮冰	64
2.4.5 大浮冰	69
2.5 融化阶段	75
2.5.1 融 池	75
2.5.2 融冰孔洞	77
2.5.3 无覆水冰	79
2.5.4 覆水冰	82
2.5.5 朽 冰	85
2.6 陈 冰	88
2.6.1 两年冰	88
2.6.2 多年冰	93

第3章 冰 山

3.1 冰 山	100
3.1.1 平顶冰山	100
3.1.2 尖顶冰山	104
3.1.3 坡状冰山	108
3.1.4 圆顶冰山	111
3.1.5 冰块冰山	113
3.1.6 坞状冰山	115
3.1.7 风化冰山	118
3.1.8 冰 坝	121
3.2 碎冰山	123
3.3 其他冰山	135

第4章 固定冰

4.1 陆缘冰	142
4.2 初岸冰	145
4.3 搁浅冰	147
4.4 搁浅冰山	151

4.5 搁岸冰	154
4.6 冰 足	156

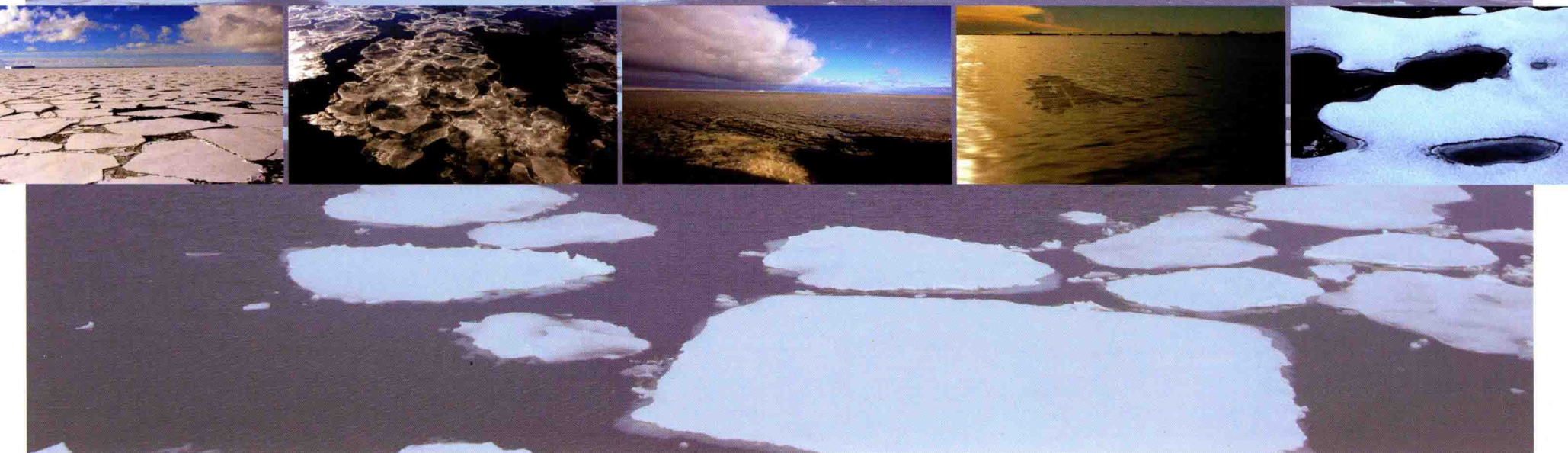
第5章 其他海冰

5.1 冰面形变	158
5.1.1 指状冰	158
5.1.2 筏状冰	160
5.1.3 堆积冰	162
5.1.4 侧立浮冰	165
5.1.5 冰 脊	166
5.1.6 冰 丘	171
5.1.7 雪面波纹	173
5.2 冰间水域	175
5.2.1 冰裂缝	175
5.2.2 冰断开	180
5.2.3 水 道	185
5.2.4 冰间湖	188

参考文献	191
------------	-----

第1章

海冰分类介绍



极地走航观测到的海冰按照其形态特征主要可以分为以下几大类：浮冰、冰山、固定冰和其他海冰（见图1.1），其中浮冰最为常见，其他部分主要包括冰面发生的形变及冰面断裂或断开形成的冰间水域。下面分别介绍各类海冰的具体划分及其形态特征。

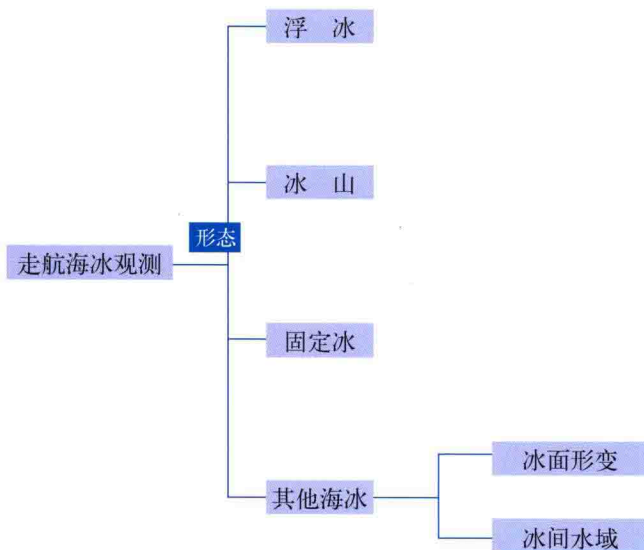


图1.1 海冰主要分类

1.1 浮冰分类及描述

在本书中，浮冰指漂浮在海面上、相对平坦的海冰。按照其形成发展的各个阶段，可以将浮冰划分为新冰、荷叶冰、初冰、一年冰、融化冰及陈冰，每部分又可根据形态或大小进一步分类（见图1.2），不同发展阶段的浮冰，其厚度有所不同（见表1.1）。

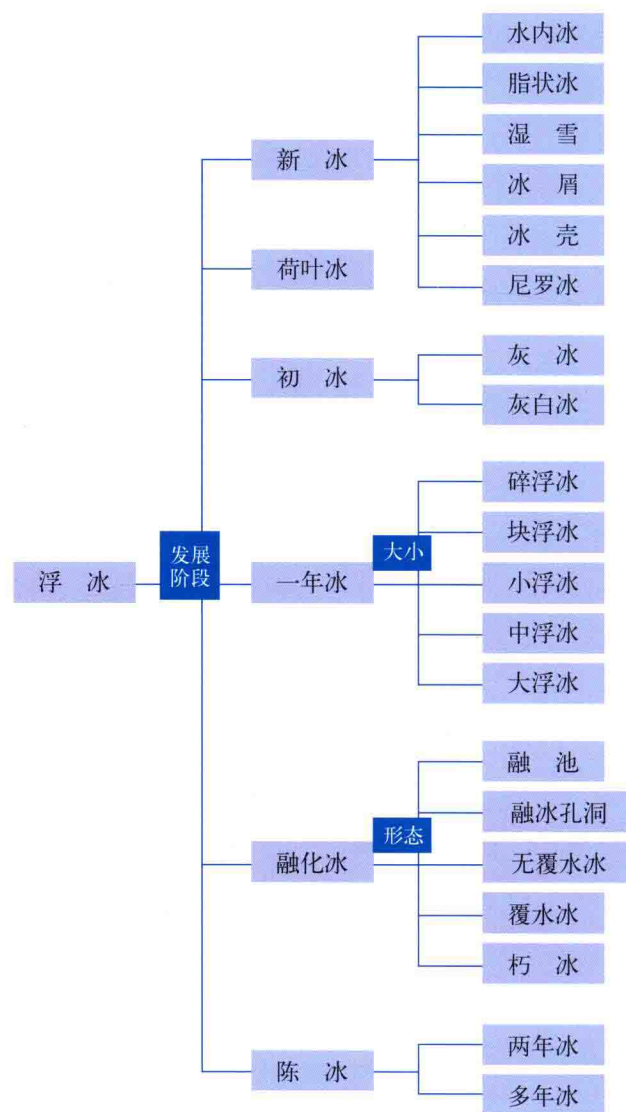


图1.2 浮冰主要类型

表1.1 浮冰不同发展阶段的厚度

发展阶段		厚度 (cm)
新 冰	水内冰、脂状冰、冰屑、湿雪	0~10
	冰 壳	0~5
	暗尼罗冰	0~5
	明尼罗冰	5~10
荷叶冰		0~10
初 冰	灰 冰	10~15
	灰白冰	15~30
一年冰	一年薄冰	30~70
	一年中冰	70~120
	一年厚冰	120~200
陈 冰	两年冰	>200
	多年冰	>200

1.1.1 新 冰

新冰是新形成的海冰的总称，包括水内冰、脂状冰、湿雪和冰屑。这种类型的冰是由勉强冻结在一起的冰晶组成的，而且只是在漂浮状态下才具有一定的形状。因海冰形成时的海况与天气状况（如海面平静、有扰动、降雪等）不同，新冰有多种形式。

(1) 水内冰

悬浮于水中细小的针状或盘状冰，是海冰形成的第一阶段。（由于该类型海冰极为细小，而“雪龙”号船舷较高，故目前缺少该类型海冰图片。）

(2) 脂状冰

结冰过程中水内冰的后一阶段，冰晶在水面凝结形成一层汤状的表层，脂状冰基本不反光，使海面看起来没有光泽。

(3) 湿 雪

陆地上、冰面上达到饱和的雪与水的混合物，也可以是一场大雪后水上漂浮着的黏稠冰雪。

(4) 冰 屑

宽度为几厘米的白色海绵状冰团的积簇。它由脂状冰或湿雪演变而来，有时也可以是因锚冰上浮到海表面而形成。

(5) 冰 壳

在平静的水面上，通过直接冻结或从脂状冰发展形成的一易碎的、有光泽的薄冰。通常在低盐度的水中形成，厚度约为5厘米，容易在风和涌浪中破裂成矩形块。

(6) 尼罗冰

一种具有弹性的薄冰层，极易随涌、浪而弯曲，受挤压时像相互交错的手指一样向上耸起（指状冰）且外表灰暗无光泽，厚度可达10厘米。它还可以再分为暗尼罗冰和明尼罗冰；暗尼罗冰是指厚度不足5厘米，颜色极深的尼罗冰；明尼罗冰是指厚度超过5厘米的尼罗冰，颜色比暗尼罗冰稍亮。

1.1.2 荷叶冰

荷叶冰又称饼浮冰，其形状主要呈圆形，直径从30厘米至3米，厚度可达10厘米的冰块，由于彼此互相碰撞而具有隆起的边缘。它可以由脂状冰、冰屑或湿雪在轻涌中形成，或者是由冰壳、尼罗冰及灰冰破碎而成，且这种破碎过程也可能是在涌、浪严重的情况下发生。它也可以在海下某一深处不同物理特性的水团分界面处形成，并从那里上升至海面。莲叶冰可以迅速出现并覆盖宽广的水域。

1.1.3 初冰

初冰指处于尼罗冰或荷叶冰和一年冰过渡期的冰，厚度为10~30厘米，可分为灰冰和灰白冰。

(1) 灰冰

灰冰是指厚度为10~15厘米的初冰，其弹性比尼罗冰小，可在涌浪中破碎，在一定的挤压下通常成筏状。

(2) 灰白冰

灰白冰是指厚度为15~30厘米的初冰，在一定的挤压下更容易呈脊状而不是呈筏状。

1.1.4 一年冰

一年冰指由初冰发展而成且只经历一个冬季成长季节（当年3—9月，下同）的海冰，其厚度为0.3~2.0米。一年冰是极地考察，特别是南极科学考察走航观测到最为普遍的海冰，根据其尺度大小可进一步细分为碎浮冰、块浮冰、小浮冰、中浮冰、大浮冰、庞大浮冰和巨

大浮冰（见表1.2），本书中将大浮冰、庞大浮冰和巨大浮冰统称为大浮冰。

表1.2 一年浮冰的大小

名 称		浮冰尺寸 (m)
碎浮冰		<2
块浮冰		≤20
小浮冰		20~100
中浮冰		100~500
大浮冰	大浮冰	500~2 000
	庞大浮冰	2 000~10 000
	巨大浮冰	>10 000

1.1.5 融化冰

融化冰指处于融化阶段的海冰。当夏季消融季节（当年10月至翌年2月，下同）来临时，海冰表面融化出现液态水，从而引起海冰外观的一系列变化。

(1) 融池

融池又称融冰坑，由冰上融水的聚集而形成，初期主要来自雪的融化，但在较后的发展阶段也可以是来自冰的融化。

(2) 融冰孔洞

海冰被表面的融池融穿，与下面的海水相通而形成的垂直孔洞。

(3) 无覆水冰

在形成断裂和融冰孔洞后表面融水已排干了的海冰，在此无覆水冰时期内，海冰呈白色。

(4) 覆水冰

被融水或海水浸湿的海冰，其上面带有大量的水或湿雪。

(5) 朽冰

已成了蜂窝状并处于解体前最后阶段的海冰。

1.1.6 陈冰

陈冰指至少经历过一个夏季融化季节而继续存在的海冰，其大多数表面特征要比一年冰光滑，其可以再分为两年冰和多年冰。

(1) 两年冰

两年冰是指只经历一个夏季融化的陈冰，它比一年冰厚、密度小，故其水上部分较高。与多年冰不同，夏季融化时形成的许多融水坑组成了规则的图案。裸露的小片水区或融水坑通常呈蓝绿色。

(2) 多年冰

至少经历两个夏季的融化而继续存在的厚度超过2米的海冰。多年冰内已基本无盐分，且其上的冰丘要比两年冰更光滑，其裸露处的颜色通常为蓝色，其融化形式包括一些相互连接的不规则融冰坑和良好的排水通道。

1.2 冰山分类及描述

冰山是指从冰川或极地冰盖临海一端破裂落入海中漂浮的大块淡

水冰，按照其大小可分为冰山和碎冰山，并且根据不同的形态可进一步分类（见图1.3）。

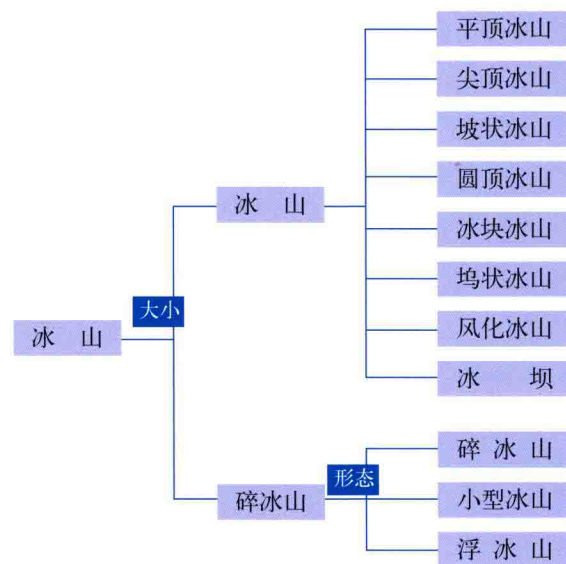


图1.3 冰山主要类型

1.2.1 冰山

高于海面5米以上的，从冰川中分裂出来的，可以是漂浮的或搁浅的，形状差异极大的巨大冰块。冰山形态多种多样，可以进一步分为平顶、尖顶、坡状、圆顶、冰块、坞状、风化冰山和冰坝。

(1) 平顶冰山

具有平坦顶部的冰山，多数呈现为水平板状。

(2) 尖顶冰山

具有一个或多个尖顶或锥顶的冰山。

(3) 坡状冰山

具有相对平坦的顶部，一侧坡度较为陡立，而另一侧坡度较为和缓的冰山。

(4) 圆顶冰山

具有较圆滑顶部的冰山。

(5) 冰块冰山

具有平坦顶部和陡立侧面的冰山，水平长度和垂直高度的比例较平坦冰山小，使得其呈现为块状，而不是水平板状。

(6) 坞状冰山

受侵蚀后呈现为“U”型槽状的冰山，其中中间部分已接近或达到水面，周围有两个或多个冰峰。

(7) 风化冰山

受风蚀作用影响强烈而风化严重的冰山。

(8) 冰坝

从冰架上分裂出来的巨大漂浮冰山，具有较平坦的顶部，面积从几平方千米至几百平方千米。

1.2.2 碎冰山

本书中将碎冰山、小型冰山和浮冰山统称为碎冰山，具体描述如下。

(1) 碎冰山

比小型冰山或浮冰山更小的冰块，通常是透明的，但颜色呈绿色或近于黑色，一般高出海面不足1米，面积一般为20平方米左右。

(2) 小型冰山

漂流的冰川冰，一般高出海面1~5米，长约5~15米，面积一般在100~300平方米。

(3) 浮冰山

由一个冰丘或一组冰丘组成的巨大海冰块，它们互相冻连在一起且与周围海冰相分离，通常高出海面5米。

1.3 固定冰分类及描述

固定冰为沿着海岸、冰壁、冰川前沿、两浅滩之间或搁浅的冰山之间生成的海冰，或附着于此的海冰。固定冰可在原地由海水冻结而成，也可因任何冰龄的浮冰群冻结到岸边而形成，固定冰可从岸边向海中延伸数米至数百千米。固定冰可分为陆缘冰、初岸冰、冰足、锚冰、搁浅冰、搁浅冰山和隔岸冰（见图1.4）。

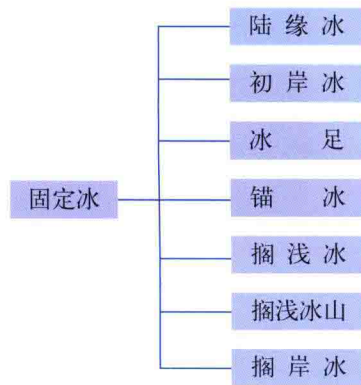


图1.4 固定冰主要类型

(1) 陆缘冰

陆缘冰一般是指位于南极大陆边缘、与大陆相连的浮动冰层。

(2) 初岸冰

初岸冰是固定冰生成的最初阶段，包括尼罗冰和初冰，其可从海岸向外延伸的宽度可在几米到一两百米之间。

(3) 冰足

附着于海岸上的一条狭长冰缘，其不因潮汐而移动，甚至在近岸的固定冰移走后也仍存在。

(4) 锚冰

附着或固定在海底的水下冰。（由于该类型海冰位于水下，故目前缺少该类型海冰图片。）

(5) 搁浅冰

在浅水域搁浅的漂浮冰。

(6) 搁浅冰山

在浅水域搁浅的冰山或碎冰山。

(7) 搁岸冰

由原先漂浮着的冰块在高水位退去时被搁置在陆地上而形成。

1.4 其他海冰

本部分主要包括冰面发生的各种形变以及冰面断裂或断开形成的冰间水域。

1.4.1 冰面形变

海冰并不是总呈现为光滑的块状。风、浪、流或潮汐的动力作用可以使海冰破碎，也可使其相互聚积或沿岸堆积。另外，天气的变化也影响海冰的外形。根据形态可将冰面发生的形变分为以下几种。

(1) 指状冰

指状冰是一种主要出现在冰壳、尼罗冰和灰冰阶段的堆积冰，其上形成相互冻连的凸出物，每块浮冰上都有上下交错突出的“手指”。

(2) 筏状冰

筏状冰是指两块冰相互重叠形成的变形冰，主要出现在新冰和灰冰阶段。

(3) 堆积冰

海冰杂乱地挤压堆积重叠而形成具有不规则表面的海冰。

(4) 侧立浮冰

由交平滑的海冰包围的一块单独的、直立或倾斜的冰。

(5) 冰脊

因挤压作用使破碎的冰向上隆起，而形成的一条冰线或一堵冰墙成为冰脊，其可以是新形成的，也可以是已经风化了，其可进一步细分为新冰脊、风化冰脊和老化冰脊。新冰脊是指新生成的冰脊，有尖的冰峰和超过40度的冰斜坡；风化冰脊的冰峰交圆滑，冰斜坡度数通常在20~40度；老化冰脊经历了相当程度的风化作用，冰峰和冰斜坡均已不明显，其表面呈现起伏不定。



图1.5 其他冰主要类型

(6) 冰丘

冰丘是指在挤压作用下碎冰向上隆起堆积生成的小丘，其高度高于冰脊，其可以是新生的或已风化的。

(7) 冰面雪纹

有积雪的冰面因风蚀或沉积而形成的一道道轮廓分明、形状不规

则的脊。在移动的浮冰上，脊与其形成时的盛行风向平行。

1.4.2 冰间水域

冰间水域主要包括冰裂缝、冰断开、水道和冰间湖四种，具体描述如下。

(1) 冰裂缝

固定冰或单一浮冰因变形而产生宽度小于1米的断裂成为冰裂缝，其可分为因潮汐而起落的潮汐裂缝和强风浪或海流的动力作用剪切而形成的裂缝。

(2) 冰断开

密集海冰、冻连冰群、固定冰或单一浮冰因变形过程产生的任何形式的破碎或断裂，断开的宽度从几米至几千米不等，内部可能有一些小的浮冰。

(3) 水道

水道是海冰间任何可供水面船只航行的断开或通道。

(4) 冰间湖

冰间湖是指四周被冰封闭的水面，不呈线状，内部可有小的浮冰。