



中华人民共和国海洋行业标准

HY/T 0274—2019

岸基雷达海冰监测技术规程

The specification for sea ice monitoring techniques by shore based radar

2019-12-20 发布

2020-02-01 实施

中华人民共和国自然资源部 发 布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中华人民共和国自然资源部提出。

本标准由全国海洋标准化技术委员会(SAC/TC 283)归口。

本标准起草单位:国家海洋环境监测中心。

本标准主要起草人:袁帅、宋丽娜、许宁、刘雪琴、史文奇、马玉贤、刘永青、杨永俊、陈元、张淑芳、胡展铭、王玉、邢传玺、王平、陈伟斌。

引 言

海冰是我国北方特有的自然现象。海冰灾害对我国渤海和黄海北部沿海经济社会造成的损害,已成为制约北方沿海经济社会发展的因素之一。我国海洋防灾减灾工作重心由“灾中应急、灾后救助”转向“灾前预防”,海冰实时监测是海冰灾害灾前预防的重要环节。发展和规范岸基海冰雷达监测对结冰海区各级领导部门制定海冰防灾减灾规划,采取合理防灾减灾措施,有效规避和防范海冰灾害风险有指导意义。

我国首座海冰监测岸基雷达建立于鲅鱼圈雷达海冰观测站,迄今已经稳定业务运行近 40 年,为重点区域现场动态冰情和临近海域重大产业安全保障提供了长时间序列的一手数据,形成了成熟的岸基雷达海冰监测技术方法。随着海冰现场观测数据需求的不断发展,雷达海冰观测硬件设备不断投入应用服务,有必要开展岸基雷达海冰监测技术的标准化工作。

本标准推荐的技术方法可用于指导北方岸基雷达海冰观测站的选址和业务化海冰监测工作,同时也可作为移动车载雷达和海上石油平台雷达标准化操作的技术依据之一。

岸基雷达海冰监测技术规程

1 范围

本标准规定了岸基雷达布设要求、监测内容、监测时间与频次、监测技术与方法、辅助观测、监测报告等。

本标准适用于我国渤海和黄海北部 X 波段与 S 波段的岸基雷达海冰监测,移动雷达、海上平台等雷达海冰监测可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 12763.2 海洋调查规范 第 2 部分:海洋水文观测

GB/T 14914.2—2019 海滨观测规范 第 2 部分:海滨观测

GB/T 15920 海洋学术语 物理海洋学

3 术语和定义

GB/T 15920、GB/T 12763.2 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海冰 sea ice

所有在海上出现的冰统称海冰,除由海水直接冻结而成的冰外,它还包括来源于陆地的河冰、湖冰和冰川冰。

[GB/T 19721.3—2006,定义 2.1]

3.2

固定冰 fast ice

沿着海岸形成并与海岸牢固地冻结在一起的冰。

注 海面变化时能随之发生升降现象。

[GB/T 15920—2010,定义 2.6.3]

3.3

浮冰 drift ice

漂浮在海面上的冰。

[GB/T 15920—2010,定义 2.6.5]

3.4

冰量 ice coverage

海冰覆盖面积占整个能见海面的成数,包括总冰量、浮冰量和固定冰量。

3.5

浮冰密集度 drift ice concentration

浮冰覆盖面积占浮冰分布海面的成数。

3.6

海冰厚度 sea ice thickness

平整冰表面至冰底的垂直距离。

3.7

海冰运动 sea ice motion

海冰漂流的矢量位移。海冰位移方向指海冰漂流的去向,海冰位移速度为单位时间内海冰移动的距离。

注:海冰运动方向的基准方向为正北向。

4 雷达布设要求

岸基雷达辐射器的布设宜选择邻近海边的空旷高地,周边 50 m 内无高大物体遮挡。工作环境应避免强电磁干扰。根据观测范围确定选址高度。

雷达辐射器以及主要监测设备应做防雷避雷处理。

5 监测内容

岸基雷达海冰监测应包括以下内容:

- a) 浮冰分布状况:冰量和密集度;
- b) 海冰运动速度和方向。

6 监测时间与频次

当地历史最早初冰日前半个月开始,持续至海面无冰之后半个月结束。监测频次如下:

- a) 海冰常规监测时,每日的 08 时、14 时和 20 时进行监测;
- b) 海冰应急监测时,根据监测任务的具体要求确定监测时间与频次。

7 监测技术与方法

7.1 技术要求

7.1.1 观测要素

雷达海冰观测要素及单位、准确度要求如下:

- a) 冰量:单位为成,准确度为 ± 1 成;
- b) 密集度:单位为成,准确度为 ± 1 成;
- c) 海冰运动速度:单位为厘米每秒(cm/s),准确度为 ± 5 cm/s;
- d) 海冰运动方向:单位为度($^{\circ}$),准确度为 $\pm 5^{\circ}$ 。

7.1.2 观测要素记录要求

雷达冰情观测要素的记录要求如下:

- a) 冰量:按照 7.5.1 规定的方法确定雷达海冰图像的浮冰分布面积占整个海冰图像范围的成数。分 12 级,用 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10⁻、10 表示,按照表 1 记录,记录时取整数;

表 1 冰量记录方法

记录栏记录内容	空白	0	1~9	10 ⁻	10
海冰分布情况	海面无冰时	浮冰分布面积占整个能见海域面积不足半成	占半成以上,不足一成半时,冰量记“1”;以此类推	监测范围布满浮冰,但冰间有缝隙	监测范围布满浮冰,且无冰间缝隙

- b) 密集度:监测和记录方法与冰量相同;海面无冰时,密集度栏空白;冰量为“0”时,密集度记“0”;当浮冰分布的海域内有超过其面积一成以上的完整无冰水域时,此水域不能算作浮冰分布海域;当海面上有两个或两个以上浮冰分布区域时,应分别进行监测,取平均值作为密集度;
- c) 海冰运动:利用目视跟踪法或图像比对法进行海冰运动速度和方向的监测。海面无浮冰或仅有初生冰时,流向、流速栏空白;漂流速度小于 5 cm/s 时,流速记“0”,流向记“C”;海面有浮冰,但无法监测到漂流速度和方向时,应在备注栏说明。

7.1.3 工作记录要求

监测数据文件应导出备份,并进行仪器使用记录和海冰监测工作记录。

7.2 监测准备

在雷达海冰监测工作开展前,应制定雷达海冰监测方案与应急监测预案,确定监测时间与频次,完成仪器设备及其配件的检查维修工作,准备好雷达数据采集、数据转换分析和数据制图常用软件。

其中,监测数据的格式及命名要求如下:

- a) 雷达数据格式宜为编译后的标准格式(如 *.X、*.S 等)或可用雷达软件直接读取的数据格式;
- b) 雷达数据要有准确的时间记录,以表明数据的获取时间,一般以时间格式(如 20090630093028.x,数据获取时间为 2009 年 6 月 30 日 9 时 30 分 28 秒)命名雷达数据文件;
- c) 雷达监测数据的时间采用当地时间。

7.3 数据采集

应包括以下步骤:

- a) 根据监测方案或预案的技术要求,调整雷达监测的量程范围,采集特定时刻与特定范围内的雷达海冰监测数据;
- b) 根据量程调整重复频率,确保屏幕上呈现清晰的雷达海冰回波画面;
- c) 每个监测频次应有至少 2 个雷达海冰监测数据文件;
- d) 检查采集到的雷达海冰监测数据,通过文件大小直接剔除破损数据文件;
- e) 雷达监测数据转换成图,剔除有 2 条及以上明显条带或坏线的雷达数据;
- f) 若筛选后没有可用的雷达海冰监测数据,可及时补测或代之以临近时刻的雷达数据,并对记录补测和替代数据进行详细记录。

7.4 数据预处理

雷达海冰监测数据预处理主要包括消噪和滤波等。
预处理方法见附录 A。

7.5 信息提取

7.5.1 冰量

雷达海冰观测冰量信息提取可在以下两种方法中选取,其中像元统计方法为仲裁方法:

- a) 目视解译。根据雷达海冰图像区域大小,判读海冰覆盖面积在该区域中所占的成数。
- b) 像元统计。根据冰水的雷达回波值特征,设置冰水区分的阈值,提取出海冰像元个数,计算海冰覆盖面积,获得该时刻的冰量。

7.5.2 浮冰密集度

雷达海冰观测浮冰密集度信息提取可在以下两种方法中选取,其中像元统计方法为仲裁方法:

- a) 目视解译:
 - 1) 判读雷达图像中浮冰覆盖面积占浮冰分布区域的成数;
 - 2) 当浮冰分布的区域内有超过其面积一成以上的无冰完整水域时,则此水域不算作浮冰分布海面;当海面有两个及以上浮冰分布区域时,应分别进行观测,取平均值作为浮冰密集度。
- b) 像元统计。根据冰水的雷达回波值特征,设置冰水区分的阈值,提取出海冰像元个数,计算海冰覆盖面积;根据冰水提取结果,统计海冰分布面积;计算浮冰覆盖面积占浮冰分布面积的成数,获得该时刻的浮冰密集度。

7.5.3 海冰运动速度与方向

雷达海冰观测海冰运动速度与方向信息提取可在以下两种方法中选取,其中图像比对法为仲裁方法:

- a) 目视跟踪法。在雷达海冰动态扫描图像上,选择开阔海域、回波较强、易于分辨的特征冰块,定位起点并记录坐标和开始时间,目视跟踪该特征冰块一段时间(≥ 5 min)后,定位终点并记录坐标和终止时间;通过起点和终点的坐标和时间差计算出海冰漂流的速度和方向。
- b) 图像比对法。根据雷达海冰灰度值分布,获取不同时刻的灰度值分布图像,取一定时间间隔(≥ 5 min)的两幅图像,提取出两幅图像同一特征点的坐标值,根据时间差和坐标值计算出海冰漂流速度与方向。

7.6 冰情分布专题图

7.6.1 一般规定

在雷达海冰监测图像上,利用目视解译或其他方法获取雷达监测范围内的冰量、密集度和海冰漂流速度与方向等,并以雷达海冰监测图像为背景记录相关冰情信息,形成冰情分布专题图。

7.6.2 专题图要素

专题图应包含以下要素:

- a) 专题图名称;
- b) 雷达数据成像时间;
- c) 图示或图例说明;
- d) 冰情专题信息;
- e) 图像坐标;
- f) 图像方位指示与比例尺;

- g) 岸线分布;
- h) 冰情概述;
- i) 制作时间及人员;

7.6.3 格式要求

专题图格式应符合以下要求:

- a) 专题图名称位于专题图上方居中,字体采用黑色、宋体,字号根据图幅大小设定;
- b) 图像位于名称下方,居中;
- c) 专题冰情信息位于图像右侧,从上至下分别为冰情信息、冰情概述;
- d) 冰型等海冰信息应标注在雷达海冰图上;
- e) 比例尺和制图时间等信息位于图像右下方,比例尺在制图时间上方;
- f) 专题图需包含陆地、海冰与海水等信息;
- g) 图像采用极坐标,极径和极角单位分别为 n mile 和度($^{\circ}$)。

专题图样图参见附录 B。

8 辅助观测

雷达观测期间应依照 GB/T 14914.2—2019 规定获取同步的其他海冰观测数据和气象观测数据。

同步的其他海冰观测要素应包括海冰类型、海冰厚度、海冰分布范围。

同步的气象观测数据应包括风速、风向、空气温度、降水量、能见度、云。

9 监测报告

9.1 报告内容

监测报告应包括以下内容:

- 报告名称;
- 发布单位、发布时间、监测地点与通信方式;
- 实时冰情监测:固定冰概述;
- 08 时、14 时和 20 时浮冰冰情概述;
- 全天冰情概述;
- 监测人员;
- 附件:海冰观测记录表、实时雷达海冰监测冰情分布图。

9.2 报告格式

雷达海冰监测报告格式示例参见附录 C。

附录 A

(规范性附录)

数据预处理方法

A.1 消噪方法

A.1.1 小波变换的消噪方法

设 N 点离散含噪信号见式(A.1)。

$$f(t) = s(t) + n(t) \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$s(t)$ ——原始信号;

$n(t)$ ——方差为 σ^2 的高斯白噪声,服从 $N(0, \sigma^2)$ 。

选取阈值 λ ,把低于 λ 的小波系数 $\omega_{j,k}$ 设为零,保存高于 λ 的 $\omega_{j,k}$,由此得到原始信号的一个估计。

具体方法如下:

——对含噪信号 $f(t)$,利用小波快速分解算法做小波分解,得到小波系数 $\omega_{j,k}$;

——令 $\lambda = \sigma(2\log_a N)^{1/2}$,按式(A.2)计算经过阈值处理之后得到的小波系数 $\hat{\omega}_{j,k}$:

$$\hat{\omega}_{j,k} = \begin{cases} \text{sign}(\omega_{j,k}) \cdot (|\omega_{j,k}| - \lambda), & |\omega_{j,k}| \geq \lambda \\ 0, & |\omega_{j,k}| < \lambda \end{cases} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

——对 $\hat{\omega}_{j,k}$ 利用小波快速重构算法进行重构,得到 $f(t)$ 的估计值 $\hat{f}(t)$ 。

小波变换的消噪方法为仲裁方法。

A.1.2 时频分析去噪

时频分析是对非平稳信号进行分析的重要工具,将一维的时域信号和频域信号映射到二维时频平面上,获得信号的联合时频分布,从而在时频域分别提取各信号分量。

实现过程如下:

——对信号进行广义 S 变换,得到雷达信号的时频分布 $S(n, k)$;

——估计信号的瞬时频率 $f_i(n)$;

——根据信号的时频分布特性,确定滤波器的时频分布特征,拾取噪声信号的分布范围;根据瞬时频率的统计特征,确定滤波器的带宽 $B(n)$;

——对 $S[h(n)]H(n, k)$ 进行反变换得到 $y(n)$,即为滤波后的输出。

A.2 滤波方法

A.2.1 卡尔曼滤波

其思想是以最小均方误差为最佳估计准则,采用信号与噪声的状态空间模型,利用前一时刻的估计值和当前时刻的观测值来更新对状态变量的估计,求出当前时刻的估计值,算法根据建立的系统方程和观测方程对需要处理的信号做出满足最小均方误差的估计。

卡尔曼滤波包括两个主要过程:预估和校正。预估过程主要是利用时间更新方程建立对当前状态的先验估计,及时向前推算当前状态变量和误差协方差估计的值,以便为下一个时间状态构造先验估计值;校正过程负责反馈,利用测量更新方程在预估过程的先验估计值及当前测量变量的基础上建立起对

当前状态的改进的后验估计。

A.2.2 中值滤波

中值滤波是一种非线性信号处理方法,具有低通滤波特性,采用类似卷积的方式对邻域进行运算。该算法先把邻域元素按灰度级进行排序,然后再选择该组中间值作为模板输出结果,见式(A.3)。

$$G(x, y) = \text{med}[I(x + i, y + j)] \quad \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

式中:

$G(x, y)$ ——滤波后图像的像元值, $x=0, \dots\dots, M$, $y=0, \dots\dots, N$;

$i, j \in [-n, n]$; $[-n, n]$ 是中值滤波数据窗,其宽度为 $2n+1$, M, N 表示图像的长度和宽度。

中值滤波法为仲裁方法。

附录 B
(资料性附录)

雷达海冰监测专题图示例及图例说明

B.1 雷达海冰监测专题图示例

在雷达海冰监测图像上,利用目视解译或其他方法获取雷达监测范围内的冰量、密集度和海冰漂流速度与方向等,并以雷达海冰监测图像为背景记录相关冰情信息,形成冰情分布专题图,专题图示例见图 B.1。

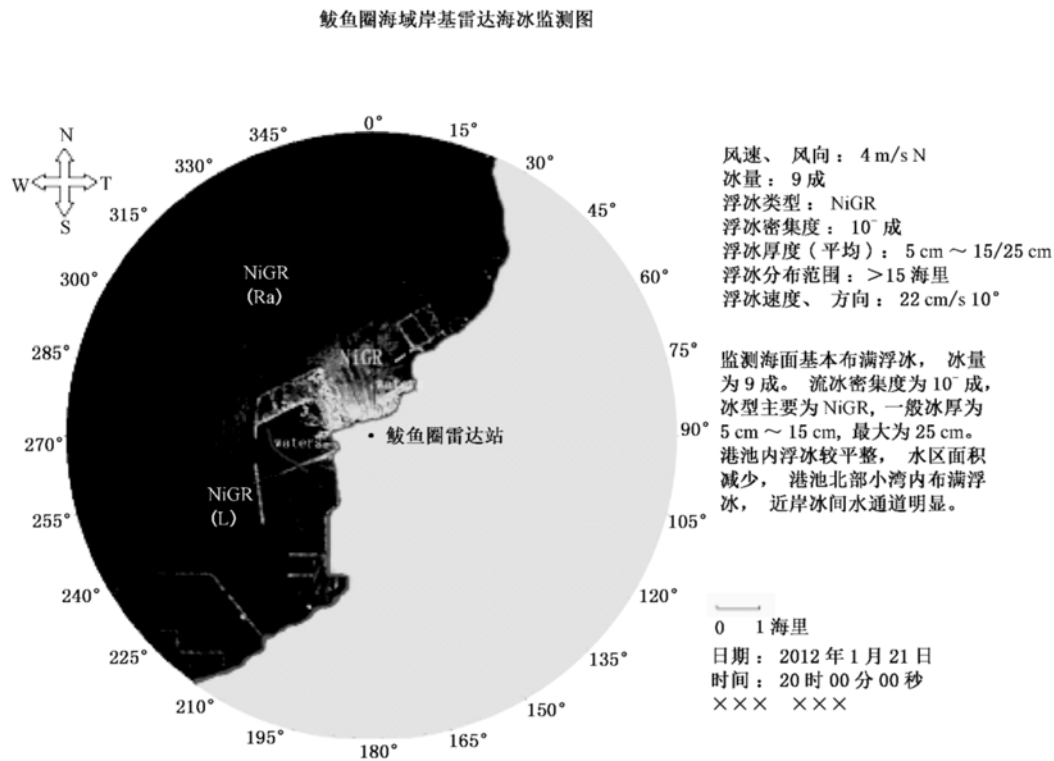


图 B.1 雷达海冰监测专题图示例

B.2 冰情图图例说明

浮冰冰型、固定冰冰型、冰表面特征的图例及特征说明分别见表 B.1~表 B.3。

表 B.1 浮冰冰型图例及特征说明

浮冰冰型	符号	特征说明
初生冰	N	由海水直接冻结或降雪至低温海面未被融化而生成,多呈针状、薄片状、油脂状或海绵状
冰皮	R	由初生冰冻结或在平静海面上直接冻结而成的冰壳层,表面平滑、湿润而有光泽,厚度 5 cm 左右
尼罗冰	Ni	厚度小于 10 cm 的有弹性的薄冰壳层,表面无光泽
莲叶冰	P	直径 30~300 cm,厚度 10 cm 以内的圆形冰块,由于彼此互相碰撞而具有隆起的边缘,可由初生冰冻结而成,也可由冰皮或尼罗冰破碎而成
灰冰	G	厚度 10 cm~15 cm 的冰盖层,由尼罗冰发展而成,表面平坦湿润,多呈灰色
灰白冰	Gw	厚度 15 cm~30 cm 的冰层,由灰冰发展而成,表面较粗糙,呈灰白色
白冰	W	厚度大于 30 cm 的冰层,由灰白冰发展而成,表面粗糙,多呈白色

表 B.2 固定冰冰型图例及特征说明

固定冰冰型	符号	特征说明
沿岸冰	Ci	沿着海岸、浅滩形成,并与其牢固地冻结在一起的海冰
冰脚	If	固着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落潮时糊状浮冰以及浪花飞沫附着在海岸聚集冻结而形成的冰带
搁浅冰	Si	退潮时留在潮间带或在浅水中搁浅的海冰

表 B.3 冰表面特征图例及特征说明

冰表面特征	符号	特征说明
平整冰	L	未受变形作用影响的海冰,冰面平整或冰块边缘仅有少量冰瘤及其他挤压冻结的痕迹
重叠冰	Ra	在动力作用下,冰层直接相互重叠形成,重叠面的倾斜角度不大,冰面较平坦
冰脊	Ri	碎冰块在挤压力作用下所形成的一排排具有一定长度的山脊状堆积冰
冰丘	H	在动力作用下,冰块杂乱无章的堆积在一起,形成山丘状
覆雪冰	S	表面有积雪的冰

B.3 冰情图填图要素表达形式

流冰区	NiGGw	—————	冰类型
	10°/10°	—————	总冰量 /浮冰密集度(成数)
	5/20 cm	—————	浮冰平均厚度/最大厚度(cm)
	5 nm	—————	流冰边缘线(海里 nm)
	L Ra	—————	冰面特征

沿岸固定冰区	GGwW	-----	固定冰类型
	10/30 cm	-----	平均厚度/最大厚度(cm)
	0.5/1.5 m	-----	平均堆积高度/最大高度(m)
水区	waters	-----	水区
冰水混合区域(冰很少)			
	waters	-----	水
	ice	-----	冰

附录 C
(资料性附录)
雷达海冰报告格式示例

岸基雷达海冰监测报告格式示例如下。

×××海域雷达海冰监测日报

发布单位:××××××	电话:××××××
监测地点:××××××	电话:××××××
发布时间:××年×月×日×时	e-mail:××××××××××

××××年×月×日×××海域冰性

实时海冰监测:

固定冰:监测海域北部沿岸部分有 1 km~4 km 宽的沿岸固定冰(Ci)区,整个围堤岸边为较高的墙式堆积冰,开阔区域的冰面较粗糙、杂乱,具有明显的重叠和堆积特征;沿岸固定冰平整冰厚为 15 cm~25 cm,最大厚度 35 cm 左右;岸边堆积冰高度一般在 1 m~1.5 m。

0800 时:晴(雾霾),南风,10 m/s

浮冰:监测海域海面布满浮冰,鲅鱼圈港外西南可见一条窄水道,海面冰量 8 成,浮冰密集度 9 成。浮冰类型以 NiGR 为主,兼有少量初生冰(N),浮冰一般厚度为 5 cm~12 cm,最大冰厚约 15 cm。

1400 时:晴(雾霾),南风,15 m/s

浮冰:监测海域海面布满浮冰,鲅鱼圈港外西南仍然可见狭窄水道,水道略有变宽,海面冰量 8 成,浮冰密集度 8 成。浮冰类型以 NiGR 为主,一般厚度为 5 cm~12 cm,最大冰厚约 15 cm。

2000 时:南风,14 m/s

浮冰:监测海域海面布满浮冰,鲅鱼圈港外西南水道较下午变宽,海面冰量 7 成,浮冰密集度 8 成。浮冰类型以 NiGR 为主,一般厚度为 5 cm~12 cm,最大冰厚约 15 cm。

全天冰情综述:

全天晴(雾霾),气温-7.3℃~0.9℃,全天偏南风 2~3 级。全天监测海域海面布满浮冰,仅鲅鱼圈港外西南可见一狭窄水道,水道逐渐变宽。上午海面冰量 8 成左右,下午及晚上海面冰量 7 成左右,全天浮冰密集度约 8 成。海面浮冰类型以 NiGR 为主,浮冰一般厚度为 5 cm~12 cm,最大厚度约 15 cm。

附件:海冰观测记录表

实时雷达海冰监测冰情分布图

监测人员:××× ×××

海冰观测记录表

××××年×月×日

观测项目		观测时间		
		时分	时分	时分
		0800	1400	2000
总冰量		8	8	7
流冰	冰量	8	8	7
	冰类型	NiGRN	NiGR	NiGR
	密集度	9	8	7
	冰厚度/cm	5~12/15	5~12/15	5~12/15
	堆积高度/cm	—	—	—
流冰外缘线/n mile		—	—	—
固定冰	冰量	<1	<1	<1
	冰类型	Ci Si If	Ci Si If	Ci Si If
	冰厚度/cm	15~25/35	15~25/35	15~25/35
	堆积高度/m	1~1.5	1~1.5	1~1.5
	范围/km	1~4	1~4	1~4
气象	风速/(m/s)	10	15	14
	风向	S	S	S
	天气现象	晴(雾凇)	晴(雾凇)	
流冰运动	速度/(cm/s)	8.7	15.8	17.6
	方向/(°)	1	73	51
说明：				

参 考 文 献

- [1] GB/T 19721.3—2017 海洋预报和警报发布 第3部分:海冰预报和警报发布
-

中华人民共和国海洋
行 业 标 准
岸基雷达海冰监测技术规程
HY/T 0274—2019

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

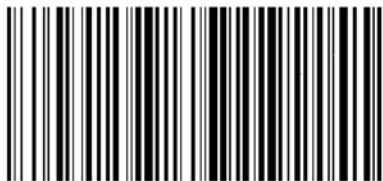
服务热线: 400-168-0010

2020年5月第一版

*

书号: 155066 · 2-34897

版权专有 侵权必究



HY/T 0274-2019