ICS 07.060
CCS A45

HY

中 华 人 民 共 和 国 海 洋 行 业 标 准

HY/T XXXXX—XXXX

浒苔绿潮短期漂移数值预报技术指南

Technical guidelines for numerical short-range drifting forecast of

Ulva prolifera green tide

（报批稿）

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

中华人民共和国自然资源部　发 布

目　次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 预报原理 2
5 预报基本要求 3
6 预报所需数据 3
7 预报产品制作 4
8 预报结果检验方法 4
附录 A （规范性）浒苔绿潮漂移方位与度数对照表 7
参考文献 8

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国海洋标准化技术委员会（SAC/TC 283）归口。

本文件起草单位：自然资源部北海预报减灾中心、自然资源部东海预报减灾中心、国家海洋环境预报中心。

本文件主要起草人：吴玲娟、高松、黄娟、李锐、赵小龙、肖文军、张薇、李亚汝、焦艳、何恩业、宋晓丽、赵峥。

浒苔绿潮短期漂移数值预报技术指南

1 范围

本文件提供了浒苔绿潮短期漂移数值预报的预报原理、基本要求、所需数据、产品制作和结果检验方法等方面的指导和建议。

本文件适用于海洋预报部门的浒苔绿潮短期漂移数值预报工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

HY/T 217—2017 绿潮预报和警报发布

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

浒苔绿潮 *Ulva prolifera* green tide

海洋中以浒苔（*Ulva prolifera*）为优势种，且在一定环境条件下漂浮增殖或聚集达到某一水平，导致海洋生态环境异常的一种现象。

3.2

漂浮浒苔斑块 floating patches of *Ulva prolifera*

漂浮浒苔在海面聚集形成的条带状或片状斑块。

3.3

浒苔绿潮粒子 particles of *Ulva prolifera* green tide

代表一定生物量的浒苔单元。

3.4

浒苔绿潮外缘线 boundary of *Ulva prolifera* green tide

漂浮浒苔斑块分布的外边界线。

3.5

浒苔绿潮短期漂移数值预报 numerical short-range drifting forecast of *Ulva prolifera* green tide

基于浒苔绿潮监测资料以及大气和海洋环境预报结果，利用浒苔绿潮漂移数值模拟技术，预报未来72h内漂浮浒苔斑块的漂移轨迹。

3.6

风作用系数 wind-induced coefficient

仅受海面风作用时，漂浮浒苔斑块漂移速度与风速的比值。

3.7

流作用系数 current-induced coefficient

仅受海流作用时，漂浮浒苔斑块漂移速度与流速的比值。

3.8

风拖曳偏转角 deflection angle of wind drag

由于海面风的拖曳作用，漂浮浒苔斑块漂移偏向盛行风右侧的角度。

注：单位为度（°）。

3.9

漂移距离误差 drifting distance error

某一时刻，漂浮浒苔斑块几何中心点的预报位置与监测位置之间的距离。

注：单位为千米（km）。

3.10

漂移角度误差 drifting angle error

某一时刻，漂浮浒苔斑块几何中心点相对于初始位置的预报漂移方向与监测漂移方向之间的角度差。

注：单位为度（°）。

4 预报原理

4.1 漂浮浒苔斑块漂移可视为受海面风、海流等环境因素驱动的物理运动。

4.2 浒苔绿潮漂移数值预报一般采用“拉格朗日粒子追踪”方法，将漂浮浒苔斑块离散为一定数量的浒苔绿潮粒子，预报其漂移轨迹。在模式中一般考虑海面风和海流的共同作用。当考虑海面风对浒苔绿潮粒子的作用时,考虑风拖曳偏转角。

4.3 基于“拉格朗日粒子追踪”方法，浒苔绿潮粒子的漂移速度$\overrightarrow{V_g}$ 由海面10 m风 $\overrightarrow{V_w}$、表层流 $\overrightarrow{V_c}$ 通过公式（1）获得：

$$\overrightarrow{V_g} = C_d^w \cdot \overrightarrow{V_w} \cdot \mathcal{F}_{(\alpha,\beta)} + C_d^c \cdot \overrightarrow{V_c} \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

$\overrightarrow{V_g}$ ——浒苔绿潮粒子的漂移速度，单位为米/秒（m/s）；

C_d^w ——风作用系数；
$\overrightarrow{V_w}$ ——海面 10 m 风，单位为米/秒（m/s）；
$\mathcal{F}_{(\alpha,\beta)}$ ——风对浒苔绿潮粒子运动方向的改变，x 轴方向为$cos(\alpha-\beta)$，在 y 轴方向为$\sin(\alpha-\beta)$；
α ——风与 x 方向坐标轴的夹角，单位为度（°）；
β ——风拖曳偏转角，单位为度（°）；
C_d^c ——流作用系数；
$\overrightarrow{V_c}$ ——表层流，单位为米/秒（m/s）。

4.4 模型中风作用系数、风拖曳偏转角和流作用系数一般通过漂浮浒苔斑块海上漂移跟踪试验，结合数值模拟结果来确定。

4.5 黄海浒苔绿潮的风作用系数一般为 0.005-0.015，风拖曳偏转角一般为 20°-30°，流作用系数一般为 0.8-1.0。

5 预报基本要求

5.1 在近岸和重点关注海域，模式的网格分辨率宜刻画沿海地形特征。

5.2 模式宜考虑拦截网等障碍物对浒苔绿潮的阻挡作用。

5.3 模式输入数据宜包括浒苔绿潮粒子的初始位置和时间信息、大气和海洋环境数据。

5.4 模式输出数据宜为浒苔绿潮粒子逐时漂移轨迹预报结果。

5.5 模式预报时效宜为 0 h-72 h。

5.6 模式预报 72 h 的计算用时宜小于 30 min。

5.7 模式相邻两次预报结果输出的时间间隔宜在 1 h（含）以内。

6 预报所需数据

6.1 浒苔绿潮监测数据

6.1.1 浒苔绿潮监测数据包括监测时间、浒苔斑块分布位置的经度和纬度信息等。

6.1.2 浒苔绿潮监测数据的主要来源包括卫星遥感解译资料、航空遥感解译资料、船舶监测资料、陆岸巡视资料等。

6.2 海面风数据

6.2.1 海面风数据为浒苔绿潮所在海域海面 10 m 风的预报结果，其格式为网格化的风向、风速或风的东西和南北分量。

6.2.2 海面风预报方法宜包括数值天气预报及其释用、天气学方法等。

6.2.3 海面风场的预报时效不短于浒苔绿潮短期漂移数值预报的预报时效，时间间隔宜不大于 1 h；预报空间范围大于浒苔绿潮外缘线的范围和预报时效内所有浒苔绿潮粒子可能漂移的海域。

6.3 海流数据

6.3.1 海流数据为浒苔绿潮所在海域表层海流的数值预报结果，其格式宜为网格化的流向、流速或海流东西分量和南北分量。

6.3.2 海流一般为潮流、风生流、密度流等的矢量和。

6.3.3 海流的预报时效不短于浒苔绿潮短期漂移数值预报的预报时效，时间间隔宜不大于 1 h；预报空间范围大于浒苔绿潮外缘线的范围和预报时效内所有浒苔绿潮粒子可能漂移的海域。

7 预报产品制作

7.1 预报图件绘制

7.1.1 制图基本规定

7.1.1.1 国内地区宜采用 2000 国家大地坐标系(CGCS2000)，国外地区宜采用 1984 年世界大地坐标系（WGS-84）。

7.1.1.2 以能清晰反映浒苔绿潮分布与附近重要标志物的相对位置关系为宜。宜绘制经纬度网格线，并根据图幅范围采用合适单位间隔进行等距标注。

7.1.2 内容与表达

7.1.2.1 预报图包括浒苔绿潮外缘线漂移趋势预报图和浒苔绿潮粒子漂移预报图。

7.1.2.2 浒苔绿潮外缘线漂移趋势预报图宜包括起报时刻外缘线、某时刻预报的外缘线、具有代表性的外缘线拐点的漂移轨迹、漂移位移、外缘线与关注区域的最短连线，以及坐标系、制作单位和时间等信息。外缘线、漂移轨迹宜以显著颜色绘制，并标注漂移距离、外缘线与关注区域的最短距离。

7.1.2.3 浒苔绿潮粒子漂移预报图宜包括起报时刻浒苔绿潮粒子分布、某时刻预报的浒苔绿潮粒子分布，以及坐标系、制作单位和时间等信息。浒苔绿潮粒子分布宜以显著颜色绘制。

7.1.3 辅助信息

宜在图面适当位置绘制图例、指北针和比例尺，以不影响图面要素表达为宜：

a） 浒苔绿潮外缘线漂移趋势预报图的图例宜对起报时刻外缘线、预报的绿潮外缘线、漂移轨迹、漂移位移等主要图式符号进行解释；

b） 浒苔绿潮粒子漂移预报图的图例宜对起报时刻浒苔绿潮粒子分布、预报的浒苔绿潮粒子分布等主要图式符号进行解释；

c）指北针宜采用箭头式图示，并标注北方。指北针北方向指向图的正上方；

d）比例尺宜以数字和标尺相结合的方式表示，数值归整。

7.2 简报制作

7.2.1 预报要素宜包括未来 72 h 内浒苔绿潮的漂移方向、速度和距离以及对海域或岸段的影响情况。

7.2.2 对于预报时效内漂移速度或方向存在较大变化的情况，对预报要素进行分段描述；漂移方向描述采用八个方位方式或十六个方位方式，漂移方向方位与度数对照表见附录 A。

7.2.3 简报格式参见 HY/T 217—2017 内附录 B 绿潮预报和警报发布格式示例。

8 预报结果检验方法

8.1 检验数据

8.1.1　用于检验的连续监测数据主要为漂浮浒苔斑块漂移轨迹。数据时长不少于 12 h、时间间隔一般不小于 1 h；主要来源于船舶或绿潮跟踪器的连续跟踪数据。

8.1.2　用于检验的不连续监测数据主要为同一块漂浮浒苔斑块不同时刻的漂移位置。数据不少于 2 个时刻；主要来源于卫星（航空）遥感解译结果或船舶不连续跟踪数据。

8.2　检验指标

检验指标包括漂移距离误差、漂移角度误差、平均漂移距离误差。

8.3　计算方法

8.3.1　漂移距离误差

图 1 为漂浮浒苔斑块漂移预报误差计算示意图，图中 *O* 为起报位置，*A* 为第 *k* 时刻预报位置，*B* 为第 *k* 时刻监测位置；$\widehat{OA}$为预报的漂移轨迹，$\widehat{OB}$为监测的漂移轨迹；线段 *AB* 为第 *k* 时刻漂移距离误差，计算见公式（2）。

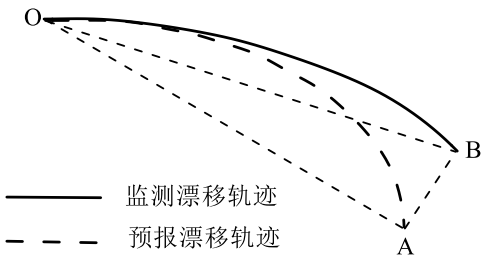


图1　漂浮浒苔斑块漂移预报误差计算示意图

$$DE_k = R \cdot arccos(\sin y_A \sin y_B + \cos y_A \cos y_B \cos|x_A - x_B|) \quad \cdots\cdots (2)$$

式中：

DE_k　——*AB* 漂移距离误差，单位为千米（km）；

x_A　——*A* 点经度，单位为度（°）；

y_A　——*A* 点纬度，单位为度（°）；

x_B　——*B* 点经度，单位为度（°）；

y_B　——*B* 点纬度，单位为度（°）；

R　——地球半径，单位为千米（km）。

8.3.2　漂移角度误差

第*k*时刻漂移角度误差为图1中的∠*AOB*，计算见公式（3）

$$AE_k = arccos\frac{(x_A-x_O)(x_B-x_O)+(y_A-y_O)(y_B-y_O)}{\sqrt{(x_A-x_O)^2+(y_A-y_O)^2}\cdot\sqrt{(x_B-x_O)^2+(y_B-y_O)^2}} \quad \cdots\cdots (3)$$

式中：

AE_k　——∠*AOB* 的角度，单位为度（°）；

x_O　——*O* 点经度，单位为度（°）；

y_O　——*O* 点纬度，单位为度（°）。

8.3.3　平均漂移距离误差

平均漂移距离误差是指检验时效内漂移距离误差的平均值，计算见公式（4）

$$MDE = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} DE_k \qquad (4)$$

式中：

MDE —— 平均漂移距离误差，单位为千米（km）；

N —— 检验时效内的样本数；

DE_k —— 某一时刻的漂移距离误差，单位为千米（km），其中 k 的取值范围为 k=1，2，…，N。

附录 A
（规范性）

浒苔绿潮漂移方位与度数对照表

表A.1和表A.2分别给出了八方位和十六方位的浒苔绿潮漂移方位与度数对照表。

表 A.1 八方位浒苔绿潮漂移方位与度数对照表

方位	符号	中心角度/(°)	角度范围/(°)
北	N	0	337.51～22.50
东北	NE	45	22.51～67.50
东	E	90	67.51～112.50
东南	SE	135	112.51～157.50
南	S	180	157.51～202.50
西南	SW	225	202.51～247.50
西	W	270	247.51～292.50
西北	NW	315	292.51～337.50

表 A.2 十六方位浒苔绿潮漂移方位与度数对照表

方位	符号	中心角度/(°)	角度范围/(°)
北	N	0	348.76～11.25
北东北	NNE	22.5	11.26～33.75
东北	NE	45	33.76～56.25
东东北	ENE	67.5	56.26～78.75
东	E	90	78.76～101.25
东东南	ESE	112.5	101.26～123.75
东南	SE	135	123.76～146.25
南东南	SSE	157.5	146.26～168.75
南	S	180	168.76～191.25
南西南	SSW	202.5	191.26～213.75
西南	SW	225	213.76～236.25
西西南	WSW	247.5	236.26～258.75
西	W	270	258.76～281.25
西西北	WNW	295.5	281.26～303.75
西北	NW	315	303.76～326.25
北西北	NNW	337.5	326.26～348.75

参 考 文 献

[1] 曹丛华,黄娟,高松,吴玲娟,等.黄海绿潮灾害应急遥感监测与预测预警系统[M].北京: 海洋出版社,2017

[2] 高松,黄娟,白涛,等,2008年与2009年黄海绿潮漂移路径分析[J].海洋科学，2014，38(2): 86-90

[3] 黄娟,吴玲娟,曹雅静,等.黄海绿潮应急漂移数值模拟[J].海洋预报,2011,28(1),25-32

[4] 李曰嵩,潘灵芝,肖文军等.风对黄海绿潮藻漂移的影响[J].海洋环境科学,2014,33(5): 772-776

[5] 何恩业,季轩梁,高姗,等.黄海浒苔漂移输运和生长消亡过程的数值模拟与预测应用[J].海洋与湖沼,2021,52(1):39-50