

辽东湾海冰面积变化模拟和预测探讨

岳海波¹, 张杰², 纪永刚², 张晰²

(1 中国海洋大学 环境科学与工程学院, 山东 青岛 266100; 2 国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

关键词: 辽东湾海冰; 海冰面积; 模拟与预测

中图分类号: P731.32

文献标志码: A

文章编号: 0253-4193(2009)05-0169-06

1 引言

辽东湾是我国海冰冰情最重的海区, 其周边分布了大量的油田, 海冰面积的变化对海上油气勘探及海上生产等造成严重的灾害, 因此需要开展对辽东湾海冰面积变化的模拟与预测研究, 为海冰灾害的业务化监测提供服务。

卫星遥感具有大面积、快速获取海冰冰情信息的技术优势, 随着航天技术的发展, 已逐渐成为海冰监测的一种重要手段^[1-4], 为海冰灾害预报及警报提供了有效的数据保障。

我国的海冰冰情预报的主要工作有邓冰等^[5]基于 1951—2000 年的渤海、黄海的海冰资料, 利用小波分析和最优气候均态法对渤海、黄海的海冰冰情等级进行分析和预测; 国家海洋环境预报中心连续多年对海冰冰情预报和冰情预警方面开展了研究工作^[6-11]; Yue 等利用多年 MODIS 数据, 分析了辽东湾海冰面积变化与环境条件间的内在联系, 并指出温度是影响海冰面积变化的主要因素^[12], 但目前缺少量化的海冰面积变化的模拟和预测。

本文基于长时间序列遥感数据和现场实测气温, 分析海冰面积与温度的定量关系, 提出辽东湾海冰面积变化的模拟和预测方法。

2 辽东湾海冰面积变化模拟

Yue 等^[12]在 2008 年提出影响海冰面积变化的

主要因素是温度。本文利用 2003—2007 年的海冰实测面积(从遥感影像提取的海冰面积)和气温数据, 建立海冰面积与温度变化的数学模式, 并对辽东湾海冰面积进行模拟, 其中采用的气温数据是葫芦岛、鲅鱼圈和芷锚湾三个气象台站的平均气温。该模拟过程是针对初冰期、盛冰期和融冰期分别进行的。

假定辽东湾海冰整个盛冰期有一个临界温度(T_0)(对应海洋台站的气温), 当实测温度(T)大于临界温度时, 海冰面积(S)减小; 当实测温度小于临界温度时, 海冰面积增大。假设海冰面积的变化量(ΔS)与实测温度和临界温度之差满足如下的线性关系:

$$\Delta S = a(T - T_0), \quad (1)$$

那么第 i 天的海冰面积(S_i)为前一天的海冰面积(S_{i-1})与当天海冰面积增加量(ΔS_i)之和

$$S_i = S_{i-1} + \Delta S_i = S_0 + \sum_{j=1}^i \Delta S_j = S_0 + a \sum_{j=1}^i T_j - aiT_0, \quad (2)$$

式中, S_0 为第一天的海冰面积; T_j 为第 j 天的温度; T_0 为临界温度; a 为拟合曲线的斜率。

以 2005—2006 年盛冰期为例, 该年盛冰期海冰面积变化量随温度变化如图 1 所示, 图中的蓝线为拟合直线。该拟合直线即为式(1)。观察拟合直线可知, 拟合直线与直线 $\Delta S = 0$ 的交点表示该年辽东湾盛冰期的临界温度点, 所以在 2005—

2006 年盛冰期, 海水结冰的临界温度为 -5.6°C , 单位温度变化引起的海冰面积变化量(斜率)为 $-249.0437 \text{ km}^2 / ^{\circ}\text{C}$, 即拟合直线为

$$\Delta S = -249.0437(T_0 + 5.6). \quad (3)$$

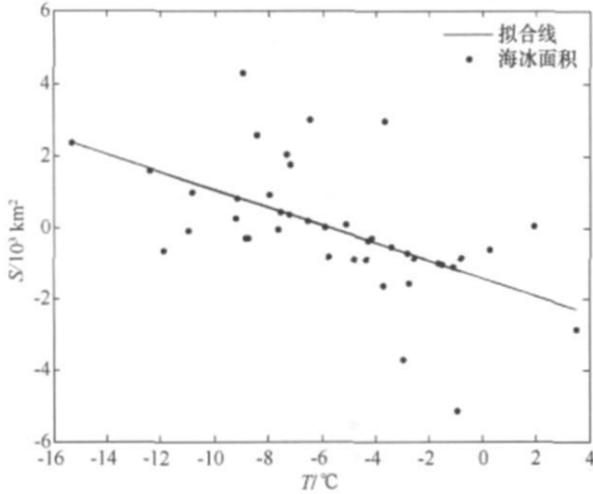


图 1 2005—2006 年盛冰期海冰面积变化量随温度变化拟合图

用式(2)模拟 2005—2006 年盛冰期的海冰变化, 该模拟结果与海冰实测面积的对比如图 2 所示。

同样, 分别对初冰期和融冰期的海冰面积进行模拟, 求出每个阶段中各自的临界温度以及单位温度引起的海冰变化量。以 2005—2006 年冬季为例, 计算得出该年初冰期和融冰期海冰面积的模拟公式为

$$\text{在初冰期,} \quad \Delta S = -200(T + 5.0), \quad (4)$$

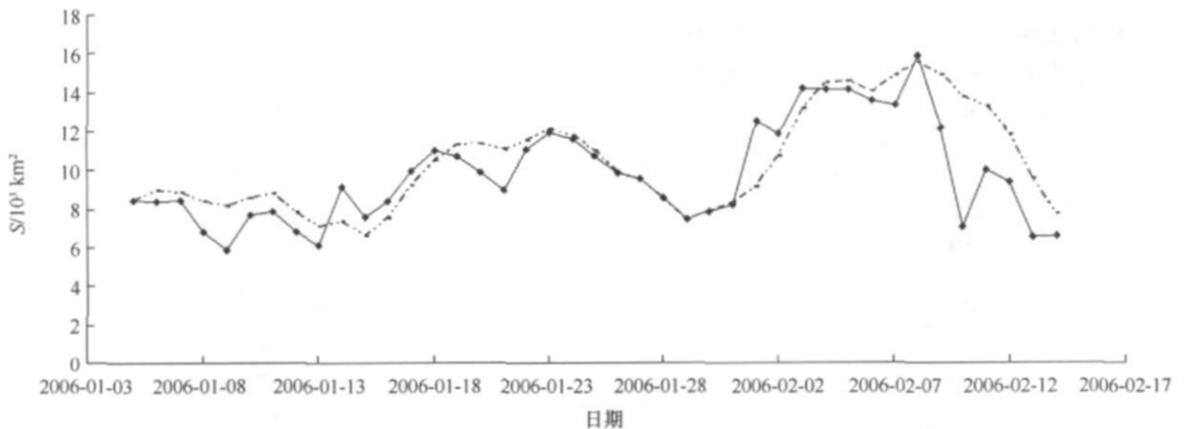


图 2 2005—2006 年盛冰期海冰面积模拟结果与实测面积的对比图

—●— 实测面积, --■-- 模拟面积

$$\text{在融冰期,} \quad \Delta S = -250(T + 2.5), \quad (5)$$

与式(3)相比较可以看出, 在初冰期和盛冰期的临界温度较低, 分别为 -5 和 -5.6°C , 而融冰期的临界温度较高, 为 -2.5°C 。该年整个冰期的模拟结果如图 3 所示。

3 辽东湾海冰面积变化预测

基于海冰面积的模拟方法, 可以提出两种海冰面积变化的预测方法: (1) 将前一天的实测海冰面积与当天实测气温和临界温度的差值引起的海冰面积变化量相加得到预测的当天的海冰面积; (2) 利用第一天的实测海冰面积, 然后根据当天实测气温与临界温度的差值引起的海冰面积变化量逐日累加得到预测的当天的海冰面积。

利用第一种预测方法对 2003—2007 年冬季辽东湾整个冰期的海冰面积进行预测, 其结果见图 4—7。

利用第二种预测方法对 2003—2007 年冬季辽东湾整个冰期的海冰面积进行预测, 其结果见图 8—10。

可以看到, 前一种预测方法虽然结果较好, 但该方法是以获得前一天的实测海冰面积数据为前提, 而该数据在实际生活中是很难快速得到的。后一种预测方法虽然较第一种方法结果稍差, 但这种预测方法只需要提供初冰日的海冰面积即可, 对开展海冰面积预测具有一定的应用价值。

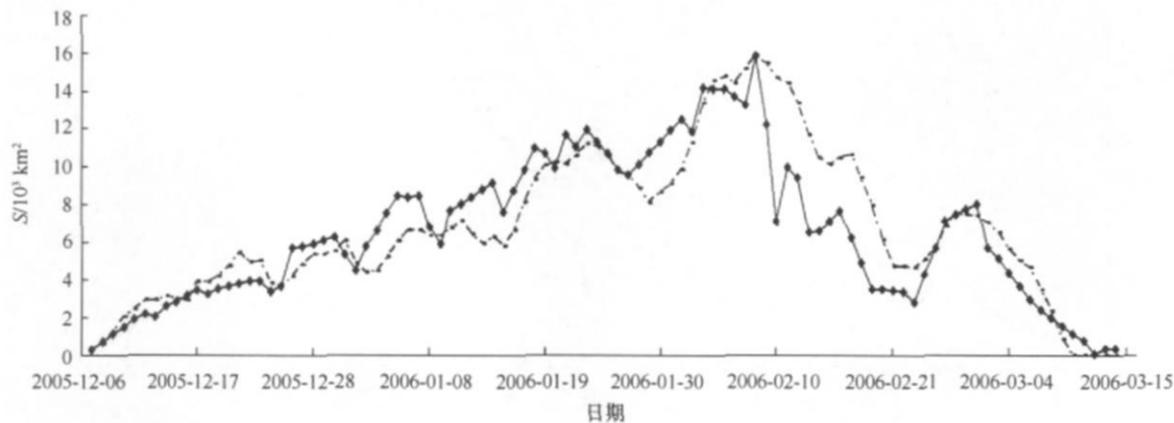


图3 2005—2006年整个冰期模拟海冰面积与实测面积对比图

—◆— 实测面积, - - - 模拟面积

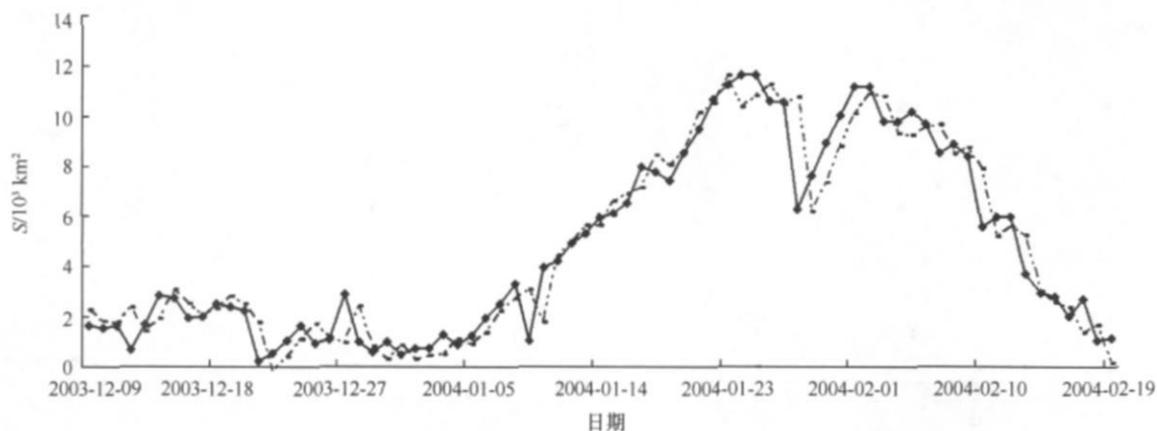


图4 2003—2004年整个冰期预测海冰面积与实测面积对比图

—◆— 实测面积, - - - 预测面积

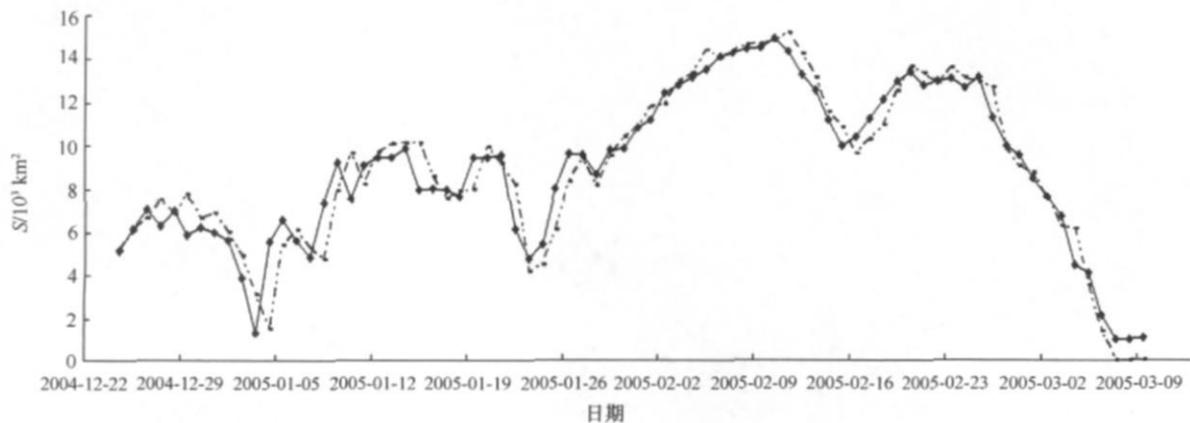


图5 2004—2005年整个冰期预测海冰面积与实测面积对比图

—◆— 实测面积, - - - 预测面积

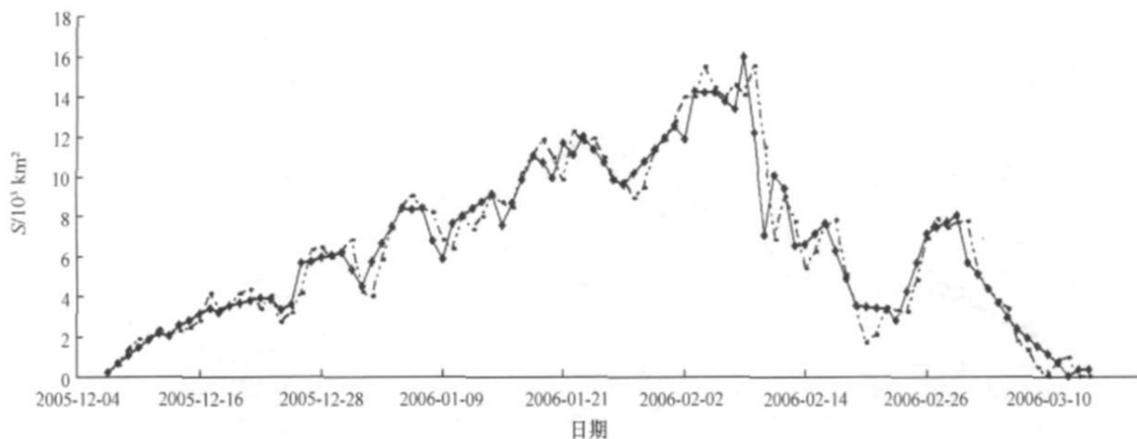


图 6 2005—2006 年整个冰期预测海冰面积与实测面积对比图

—■— 实测面积, -▲- 预测面积

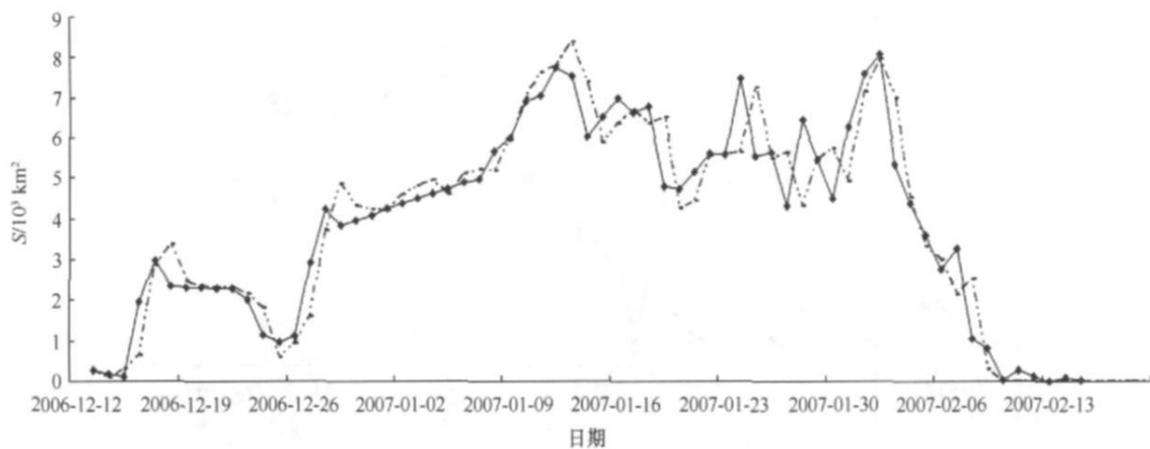


图 7 2006—2007 年整个冰期预测海冰面积与实测面积对比图

—■— 实测面积, -▲- 预测面积

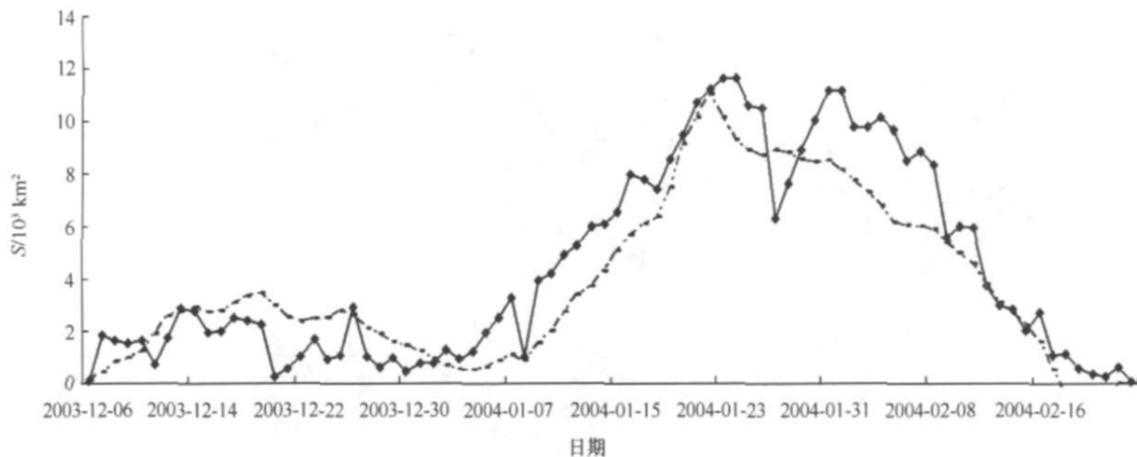


图 8 2003—2004 年整个冰期预测海冰面积与实测面积对比图

—■— 实测面积, -▲- 预测面积

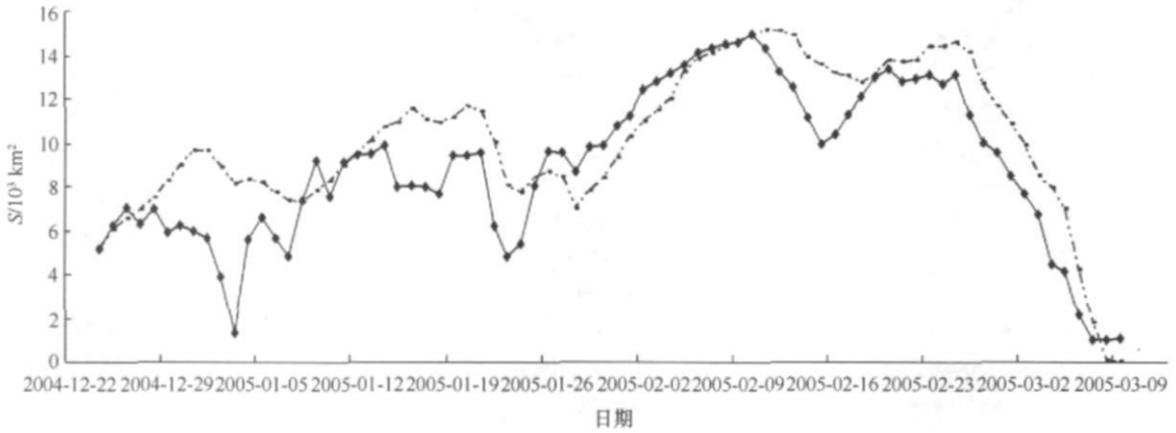


图9 2004—2005年整个冰期预测海冰面积与实测面积对比图

—●— 实测面积, - - - 预测面积

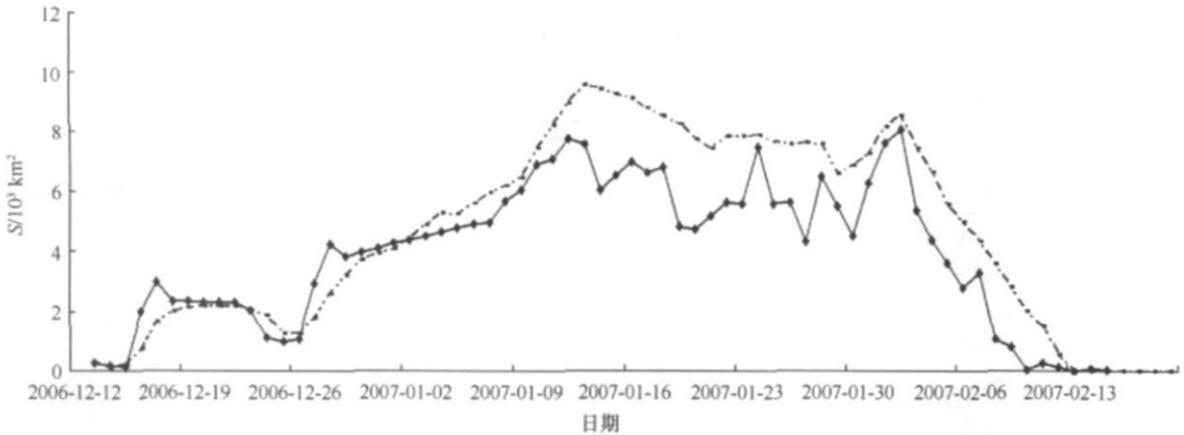


图10 2006—2007年整个冰期预测海冰面积与实测面积对比图

—●— 实测面积, - - - 预测面积

4 结论和讨论

本文利用长时间序列海冰遥感影像和实测气温资料,对辽东海冰面积变化的模拟和预测开展了研究,给出了海冰面积变化模拟和预测方法。该方法在模拟和预测2003—2007年冬季的辽东海冰面积变化时得到较好的结果。需要特别指出,本文使用的温度是气温,不是海水或海冰的温度,如果利用海冰或海水的温度,结果可能会有所改善。

海冰面积变化模拟中的经验参数针对不同的海区和不同的年份会有相应的变化,对经验参数的确

定还需要进一步地研究,还需长期对海冰面积的变化进行统计分析,从而能更准确地得到这些参数的值。

温度变化引起的海冰面积变化是由采用一阶线性拟合的方式得到的,为了提高模拟和预报精度,可考虑展开到二阶或更高阶的情形,提高模拟和预测的精度。

影响海冰面积变化的因素众多,包括温度、风场、地形、潮流,等等。本文只是根据温度一个要素来做模拟和预测分析,因此工作是初步的,今后应该考虑更多的因素,相信会得到更好的结果。

参考文献:

- [1] Ji Yong-gang, ZHANG Jie, MENG Jun-min, et al. Ice detection and classification in Liaodong Bay with envisat ASAR imagery. (Special Publication) ESA SP, n656 SP. Proceedings of SeaSAR 2008[G]. Italy: European Space Agency, 2008: 4.

- [2] 纪永刚, 张杰, 孟俊敏, 等. 基于 PCNN 的海冰 SAR 图像分类系统[J]. 高技术通讯, 2008, 18(2): 190—195.
- [3] 纪永刚, 张杰, 孟俊敏. 辽东湾海冰类型 SAR 响应分析[J]. 遥感技术与应用, 2007, 22(2): 195—199.
- [4] 张晰, 张杰, 纪永刚. 基于纹理特征分析的辽东湾 SAR 影像海冰检测[J]. 海洋科学进展, 2008, 26(3): 386—393.
- [5] 邓冰, 佟凯, 张学宏, 等. 渤、黄海海冰的变化和预报结果分析[J]. 海洋科学进展, 2003, 21(2): 214—218.
- [6] 王旭, 白珊, 刘钦政, 等. 1999—2000 年度冬季海冰数值预报总结[J]. 海洋预报, 2001, 18(2): 48—53.
- [7] 耿淑琴, 王旭. 2001—2002 年冬季黄渤海天气气候特征及对渤海海冰的影响[J]. 海洋预报, 2002, 19(4): 38—47.
- [8] 张启文, 白珊, 刘钦政, 等. 2002—2003 年冬季渤海的冰情及预报[J]. 海洋预报, 2003, 20(4): 39—46.
- [9] 刘钦政, 刘煜, 白珊, 等. 2002—2003 渤海海冰数值预报[J]. 海洋预报, 2003, 20(3): 60—67.
- [10] 刘煜, 白珊, 李春花, 等. 2005—2006 年冬季渤海海冰数值预报[J]. 海洋预报, 2006, 23(增刊): 1—10.
- [11] 李春花, 刘煜, 白珊, 等. 2004—2005 年度冬季渤海海冰数值预报[J]. 海洋预报, 2006, 23(1): 1—8.
- [12] YUE Hai-bo, JI Yong-gang, ZHANG Xi. Analysis of effect of environment factors on spatio-temporal distribution of ice in Liaodong Bay with envisat ASAR and MODIS imagery. (Special Publication) ESA SP, n656 SP. Proceedings of SeaSAR 2008[G]. Frascati: European Space Agency, 2008. 4.

Research on simulation and prediction of sea-ice area variation in the Liaodong Gulf in China

YUE Hai-bo¹, ZHANG Jie², JI Yong-gang², ZHANG Xi²

(1. Department of Environment Science, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2. First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China)

Key words: Liaodong Gulf in China; ice area; simulation and prediction