

GMS 实时资料遥感海冰的研究

朱元竞 李万彪 陈俊晔 赵柏林

(北京大学地球物理系, 北京, 100871)

摘 要

利用 1995 年 1、2 月 GMS-4 的红外亮温和可见光反照率资料, 以辽东湾海冰为对象, 根据冰水物理特性的差异, 建立了冰水识别的判据和冰厚与亮温、反照率的对应关系, 反演出冰厚和冰密集度数字分布。结果表明, 冰水识别的准确率为 84.8%, 冰厚反演误差为 3.8cm, 密集度反演误差为 22%。

关键词: GMS-4, 海冰, 冰水识别, 冰厚, 冰密集度。

1 引 言

海冰是中高纬海域的重要海洋灾害之一。近年来, 中国在航空遥感^[1]、卫星(NOAA)监测海冰方面^[2,3]取得了很大的成绩。对于海冰连续大面积监测, 卫星(特别是静止气象卫星)遥感是一种非常有效的手段。

GMS 在监测海冰方面有极轨卫星无可比拟的优越性。卫星很高(38500km), 减小了大气吸收造成观测辐射的水平变化; 卫星的连续观测, 为分析海冰演变提供了可能性; 卫星观测次数频繁, 得到每天至少一次的晴空视场的可能性大大增加。但与 NOAA/AVHRR 相比, GMS-4 只有两个通道(可见光: 0.55– 0.75 μm ; 红外: 10.5– 12.5 μm), 而且分辨明显较差(如辽东湾: 可见光为 1.75km 左右, 红外是其 4 倍)。

2 资料预处理

使用 GMS-4 的红外和可见两个通道资料对海冰进行研究。实时接收的 1995 年 1、2 月的 GMS-4 红外和可见数字云图资料, 首先经过地球定位、辐射定标和反照率太阳天顶角订正, 处理的范围为辽东湾海域。

目前岸站雷达和航空可获得海冰极有限的实测资料, 所以将用这些实测资料校准的 NOAA/AVHRR 冰情反演场来作为检验 GMS-4 反演海冰的对比场。

NOAA/AVHRR 冰情反演场(冰厚、密集度数字分布)是 $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ 经纬度网格点上的资料, 所以把 GMS-4 卫星数据也匹配到相应的网格上。一个网格内的 GMS-4 数据包含了约 64 个可见光像素和 4 个红外像素, 对可见光反照率数据的提取, 采用了两次直方图

法^[4];对红外亮温数据的提取,采用双线性插值的方法。

经过资料同化处理,得到了对应的GMS-4冰水反照率、亮温资料。以下统计所用的数据,由1995年1,2月份20d 北京时间11:32的辽东湾晴空资料组成(1月:1,3,6,7,12,14,15,16,18,24和29日;2月:1,3,4,5,6,8,10,13和14日),共有3000个样本,其中冰有1556个,水有1444个。

3 冰水识别

分别作出冰和水的T-A 二维概率分布曲面投影图(T 代表GMS 红外晴空亮温,A 代表可见光反照率,以下简称T-A 图),并叠加在一起(图1)。水的亮温高而反照率低,冰的亮温低而反照率高,所以冰在图的右下方,水在图的左上方。以折线ABCD 画出它们的边界,可看到水区和冰区大部分彼此分离,但有小部分重合。

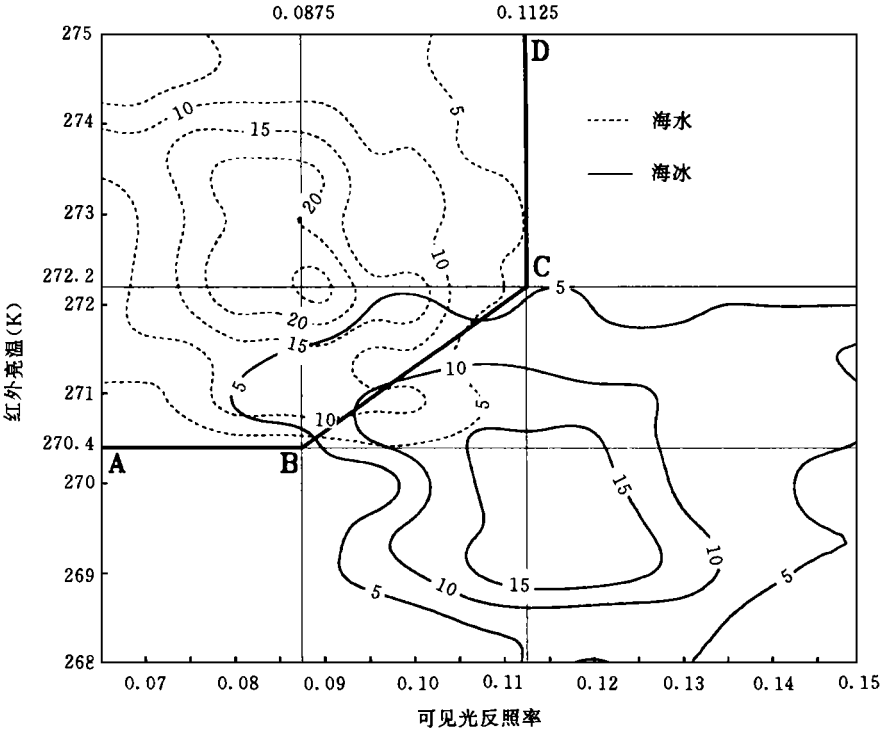


图1 冰水二维(反照率、亮温) 概率分布
(图中等值线数值为样本数)

根据概率原理的 Bayes 分类准则^[5],经过统计比较,将ABCD 作为区分冰和水的阈值线(图1)。这样划分,冰水误判的概率最小。ABCD 的左上方划为水区,共有1429个样本,其中水1208个,误判率15.3%,漏判率16.3%。ABCD 的右下方划为冰区,共有1571个样本,其中冰1335个,误判率为15.3%,漏判率为14.2%。这时得到冰水识别的准确率为84.8%。

4 冰厚反演

将各种冰厚、GMS-4红外亮温和可见光反照率资料整理分析, 反照率越高, 亮温越低, 则冰越厚。因此设想建立冰厚与亮温、反照率组合的对应关系, 来反演冰厚。

将 T-A 平面网格化, 做出一个冰厚与反照率、亮温的对照表。亮温从268K 开始, 隔0. 2K 取一点, 至274. 8K; 反照率从0. 065开始, 隔0. 0025取一点, 至0. 15; 共35 × 35个网格点。以每一网格所对应的各样本冰厚的平均值作为此网格对应的冰厚值。由于样本不能完全覆盖 T-A 平面, 故又简单地做了一个背景场。以 T-A 图上直线(0. 065, 268), (0. 140, 274. 8) 为界, 左上方为水, 右下方从1cm 开始均匀递增, 至(0. 14, 268) 达到15cm 冰厚。无样本时以背景场填入对应表。

以1月所有11: 32的资料为样本做出一张对照表, 来反演2月的冰厚。图2是依据此表作出的冰厚随反照率、亮温的二维分布图。对2月各天11: 32的资料进行反演, 用 NOAA/AVHRR 冰情对比场进行检验, 得到 GMS-4 冰厚反演的标准差平均值为 3. 8cm。

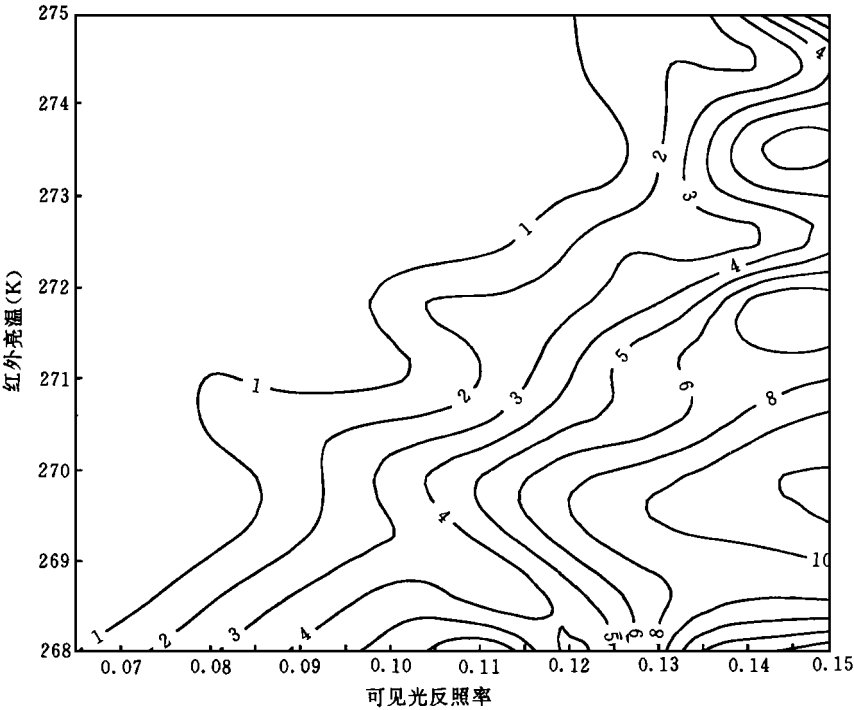


图2 冰厚的二维(反照率、亮温)分布
(图中等值线数值为冰厚(cm))

5 密集度反演

在 T-A 图上寻找冰、水识别区分线的过程当中, 发现反照率比亮温能更好地反映冰水的不同。对0. 1附近的反照率值以0. 0025为间隔进行统计, 发现最佳值为0. 105。以此为

阈值,冰、水识别的准确率为81.8%。

在一个 $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ 网格中,包含了64个左右 GMS-4的可见光像素点。利用这些像素点的反照率值,可以判断网格中冰的像素点数。以此值除以网格中的像数点总数,便得到了此网格的冰密集度。

以此方法得到 GMS-4反演1995年2月各天的冰密集度分布场,与 NOAA/AVHRR 对比场的相关系数的平均值为0.74,冰密集度反演标准差的平均值为0.22。

6 误差讨论

对1995年2月1,3,4,5,6,8,10,13和14日冰厚和冰密集度进行了反演,这里只给出了2月1日的 GMS 反演场和 NOAA/AVHRR 冰情对比场(图3和图4),比较发现,GMS-4反演海冰(冰厚、密集度)分布与 NOAA/AVHRR 冰情对比场是一致的。

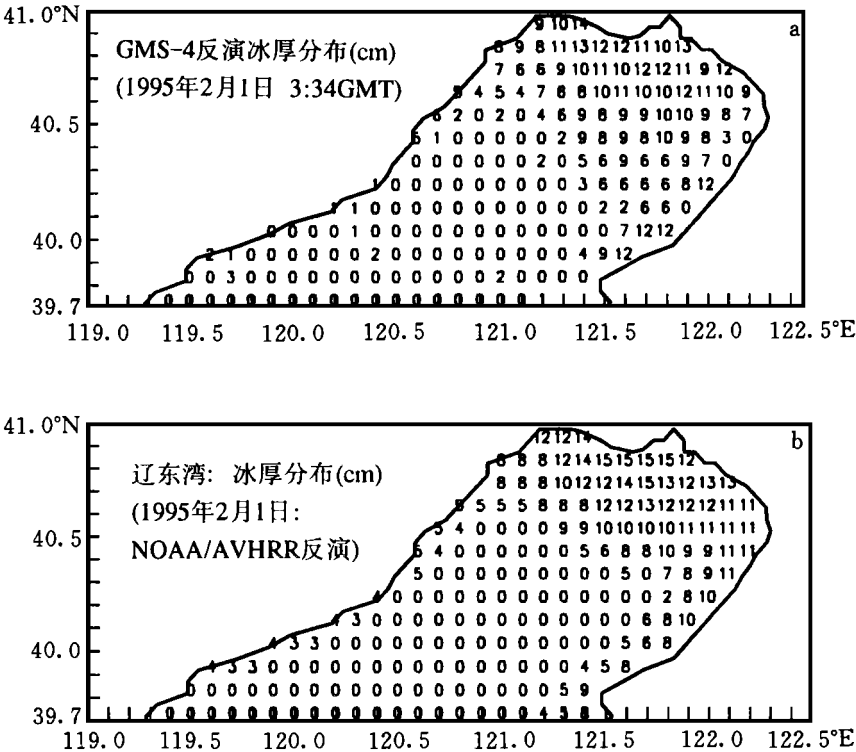


图3 1995年2月1日辽东湾海冰冰厚反演场比较
(a. GMS-4反演数字场; b. NOAA/AVHRR 反演场)

表1列出了遥测、预报海冰的精度以及利用 GMS-4资料反演海冰的精度。目前用卫星监测海冰主要用空间分辨率高、通道多的 NOAA 卫星资料,但雷达^[6]、航空遥感观测仍是主要的观测手段,卫星遥感必须依靠雷达或航空遥感来校准^[1]。文中使用的海冰对比场就是这样靠雷达或航空遥测来校准的 NOAA/AVHRR 反演海冰(厚度、密集度)的分布场。

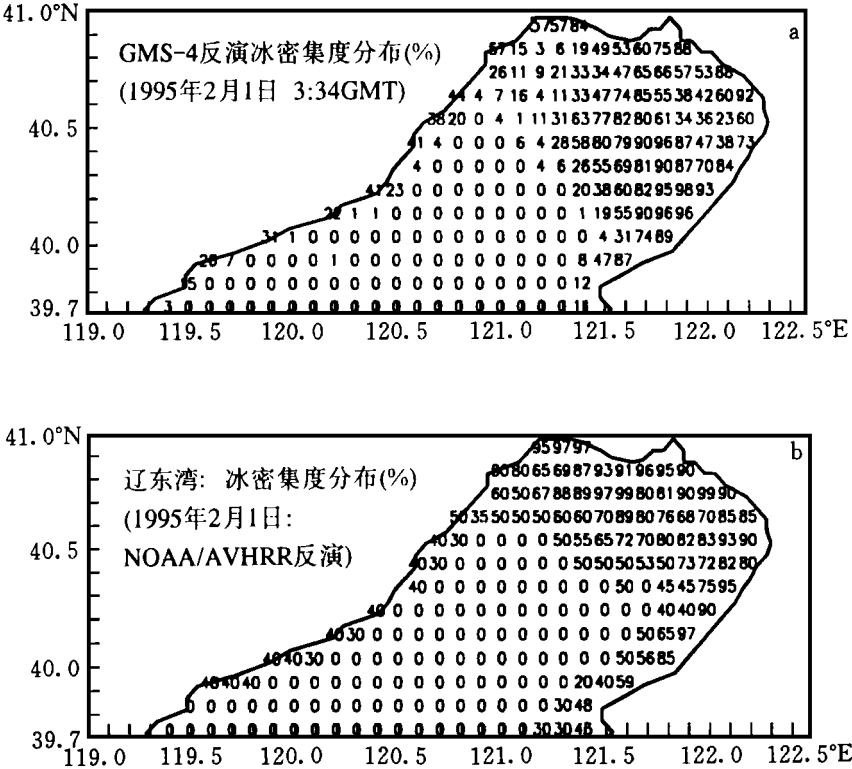


图4 1995年2月1日辽东湾海冰密集度反演场比较
(a. GMS-4反演数字场; b. NOAA/ AVHRR 反演场)

表1 海冰误差比较

方法和手段	冰情误差	准确率
Kwok 等(1991): 雷达(SAR) ^[6]		冰分类识别 63. 0%—77. 8%
国外航测 ^[1]	冰厚为0— 1m 时 误差< 20cm	
国内航测 ^[1]	< 30%	
国内预报 ^[7]		> 75% (冰厚及冰的范围)
GMS-4双通道 统计方法	冰厚标准差3. 8cm, 密集度 0. 22(与 NOAA 冰场比较)	84. 8%(识别冰)

由于冰厚可维持一段时间, 所以卫星测报可以和国内海冰预报^[7]的精度相比较。从表1中看到, GMS-4双通道通道统计方法对冰反演的准确率较高, 冰、水识别超过了国内预报水平, 冰厚反演误差也达到国内外航测水平, 此外还进行了密集度反演。由此可见, 用GMS 资料反演海冰是大有前途的。

这里卫星反演误差包括以下几个方面:

(1) 卫星仪器误差, 如卫星亮温分辨率(0.5– 1.5)和卫星空间分辨率带来的误差。

(2) 大气状况不一致, 造成用统一标准反演海冰的误差。

(3) 结冰时的温度与海洋盐度密切相关。在辽东湾海域盐度不都是一样的, 结冰时海水温度不同, 影响了识别冰(也确定了冰的范围)的准确率。

(4) 对比场的误差。对比场是由 AVHRR 资料反演得到的, 经过雷达或航空遥测的较准确。对比场的误差也是必须考虑的。

7 结 语

对海冰的监测不论在理论上还是实际运用中都有非常重要的意义。而卫星观测面积大, 实时性强, 利用卫星资料对冰情进行反演, 进而预报无疑是非常有利的。由于 NOAA 卫星通道多, 空间分辨率高, 国内目前工作主要集中在利用 NOAA 卫星的资料上, 对 GMS 资料应用的研究几乎还没有。两种卫星资料各有所长, 如何充分利用 GMS 资料来研究海冰, 文中对此作了一些探讨。

用 GMS-4 卫星红外通道亮温和可见光反照率资料, 进行了冰水识别和冰厚、密集度的反演。通过 NOAA/AVHRR 冰情反演场的对比检验, 对冰水识别的准确率为 84.8%, 冰密集度反演的误差为 0.22, 冰厚反演的误差为 3.8cm, 达到国内外较为先进的水平。文中的双通道统计反演方法可用于冰情的监测。

参考文献

- [1] 杜碧兰, 谭世祥等. 渤海、黄海北部冰情航空遥感技术研究. 国家七五重点科技攻关项目——海洋环境数值预报研究成果汇编. 北京: 海洋出版社, 1993. 240–259.
- [2] 龚家龙. 实时监测中国近海海冰和海面温度的卫星遥感方法及其业务计算软件系统. 国家七五重点科技攻关项目——海洋环境数值预报研究成果汇编. 北京: 海洋出版社, 1993. 199–211.
- [3] 黄润恒, 王强, 金振刚. NOAA 卫星图象海冰参数的提取. 中国遥感进展. 香港: 万国学术出版社, 1992. 306–311.
- [4] 加藤一靖. 静止气象卫星 画像 - 气象要素 抽出. 气象研究 - , 1983, 148: 1–57.
- [5] 马开玉, 丁裕国, 屠其璞, 么枕生. 气候统计原理与方法. 北京: 气象出版社, 1993. 208–218.
- [6] Kwok R, Hara Y, Atkins R G, Yueh S H, Shin R T and Kong J A. Application of neural networks to sea ice classification using polarimetric SAR images. Remote Sensing: Global Monitoring for Earth Management, 1991, 1: 85–88.
- [7] 国家海洋局海洋预报台. 海洋预报广播简介. 海洋预报, 1986, 2: 73–76.

STUDY ON SEA ICE WITH GMS REAL-TIME DATA

Zhu Yuanjing Li Wanbiao Chen Junye Zhao Bolin

(Department of Geophysics, Peking University, Beijing, 100871)

Abstract

By using GMS-4 infrared brightness temperature and visible albedo data from Jan. to Feb. in 1995, methods of extracting sea ice parameters are developed and digital remote sensing pictures are obtained in Liaodong Bay. Based on the difference in physical properties between ice and water, a criterion distinguishing ice from water is set up. Ice thickness has been calculated according to the relationship between ice thickness and brightness-albedo. Ice concentration is retrieved due to the difference on albedo between ice and water. The results show that a precision of ice-water distinguishing is 84.8%, the error of ice thickness and ice concentration is 3.8cm and 22%, respectively.

Key words: Geostationary meteorological satellite (GMS-4), Sea Ice, ice-water distinguishing, Ice thickness, Ice concentration.