

基于 MODIS 影像渤海 2012 年海冰变化分析

郭衍游¹, 谢宏全², 杨 光²

(1. 中国地质大学(北京) 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 淮海工学院 测绘工程学院, 江苏 连云港 222005)

摘要: 海冰是影响渤海冬季海运的严重灾害, 研究年度周期内海冰时空变化具有重要意义。依据研究内容选择11期具有代表性的中分辨率成像光谱仪(MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS)影像数据, 采用 ENVI(The Environment for Visualizing Images)软件进行预处理, 利用目视解译方法提取海冰面积与空间位置信息, 采用 ArcGIS 软件制作了海冰时空变化图、海冰结冻与融化过程变化图。最后, 对海冰面积变化、海冰结冻与融化过程进行了详细分析。研究结果表明, 利用 MODIS 影像进行年度周期内海冰变化分析技术方法是可行的。

关键词: MODIS(MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer); 渤海; 海冰; 变化分析

中图分类号: P731.15 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2014)06-0060-05

doi: 10.11759/hyxx20130702004

渤海是我国重要的经济区之一, 但是每年冬季渤海海域就会出现大量海冰, 冰情严重影响渤海海运^[1]。近几年, 已有一些学者进行相关研究, 例如, 韩素芹等^[2]证明了利用中分辨率成像光谱仪(MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS)数据能够准确监测海冰分布; 吴龙涛等^[3]利用 MODIS 数据得到的反演结果有很高的实际应用价值; 国巧真等^[4]利用 TM 海冰面积来订正 MODIS 海冰面积; 马龙^[5]利用冰表温度提取海冰分布信息; 朱海天等^[6]研究出了一种结合多遥感卫星数据源的海冰监测系统。本文对 2012~2013 年冬季 MODIS 影像筛选 11 期数据, 采用 ENVI(The Environment for Visualizing Images)和 ArcGIS 软件进行数据处理与海冰信息提取, 最后对海冰变化进行分析。

1 数据来源与筛选

渤海纬度范围为 37°07'~41°00'N, 经度范围为 117°35'~121°10'E, 渤海和黄海的分界线是辽东半岛的老铁山与山东半岛北岸的蓬莱角间的连线。本文主要研究处理 250 m 分辨率的 MODIS 影像数据(MOD02QKM 产品文件), 数据可在美国戈达德航天中心(<http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html>)网站免费下载。笔者下载了 2012 年 11 月~2013 年 3 月每天的数据, 依据研究内容与数据质量, 海冰从无到有, 从冻结到融化, 筛选出 11 幅影像, 数据信息见表 1。

2 海冰信息提取

2.1 海冰信息提取

采用 ENVI 软件对筛选后的 MODIS 影像数据进行几何校正、影像裁剪、大气校正影像增强等一系列预处理。由于选择影像质量较好, 因此未做去云雾的影像处理。对第一幅无冰影像进行细致的处理, 提取渤海海岸轮廓线, 用于其它影像处理中的掩膜处理。

基于 MODIS 数据提取海冰信息, 一些学者进行了相关研究, 主要成果有: 马龙^[5]认为美国国家航天局(NASA)利用 MODIS 数据开发的海冰产品(包括 IST 数据)适合于全球海冰的监测。但在局地 and 区域海冰监测时效果还有待进一步验证。根据 NASA 的海冰算法, 利用反射率和冰表温度(IST)数据可以有效获取海冰范围信息, 利用 IST 数据提取海冰范围可以取得较好的效果, 在算法设计和速度上也有优势。监督分类、神经网络分类也可获得满意的效果。吴龙涛^[3]根据 MODIS 资料各通道的特点, 选取合适的通道, 首先进行云检测, 去除有云的区域。然后根据冰、水的亮温和反射率的特性差异, 用直方图方法得到亮温、反射率的分界点值。将确定的亮温和反射率分界点值作为冰、水识别的判据, 结合可见光和

收稿日期: 2013-07-02; 修回日期: 2013-11-17

基金项目: 国家 973 课题(2012CB822000)

作者简介: 郭衍游(1977-), 男, 湖北阳新人, 高级工程师, 博士, 主要从事气候变化研究, 电话: 18511305605, E-mail: guoyanyou@126.com; 谢宏全, 通信作者, 教授, 主要从事海岸带生态环境研究, 电话: 0518-85895587, E-mail: xiehongquan@163.com

表 1 MODIS 影像信息表

Tab. 1 MODIS images information

序号	日期(年-月-日)	MOD02QKM 产品文件名	数据质量
(1)	2012-11-27	MOD02QKM.A2012332.0255.005.2012332103543.hdf	云量很少, 优
(2)	2012-12-09	MOD02QKM.A2012344.0320.005.2012344133945.hdf	云量中等, 良
(3)	2012-12-18	MOD02QKM.A2012353.0315.005.2012353145805.hdf	云量中等, 良
(4)	2012-12-31	MOD02QKM.A2012366.0245.005.2012366094141.hdf	云量很少, 优
(5)	2013-01-14	MOD02QKM.A2013014.0255.005.2013014094447.hdf	云量较少, 优
(6)	2013-01-25	MOD02QKM.A2013025.0240.005.2013025094614.hdf	云量较少, 优
(7)	2013-02-04	MOD02QKM.A2013035.0315.005.2013035134618.hdf	云量很少, 优
(8)	2013-02-15	MOD02QKM.A2013046.0255.005.2013046095901.hdf	云量很少, 优
(9)	2013-03-01	MOD02QKM.A2013060.0310.005.2013066181839.hdf	云量较少, 优
(10)	2013-03-08	MOD02QKM.A2013067.0315.005.2013067132455.hdf	云量中等, 良
(11)	2013-03-21	MOD02QKM.A2013080.0245.005.2013080095006.hdf	云量较少, 优

红外通道对冰进行判识, 能够提供监测质量较高的渤海海冰图像, 满足业务海冰数值预报模式对制作初始场的要求, 并可用于检验海冰预报结果。

从遥感影像中提取海冰面积分为 3 个步骤: 一是进行海陆分离, 二是进行冰水分离, 三是估算海冰面积。采用人工目视(利用可见光和近红外通道组合判识)判别方法与归一化差分积雪指数(NDSI)提取遥感图像上的海冰信息相比, 所得海

冰面积相差不大, 但是人工目视判别方法简单易行, 便于业务化^[7]。

基于学者的研究成果, 结合本研究所选择影像及研究的目的, 采用目视解译方法通过 MODIS 影像提取海冰信息, 利用像元数计算出海冰面积并统计成表(表 2)。将海冰矢量文件分别导入 ArcGIS 软件中, 得到系列渤海海冰时空变化图(图 1)。

表 2 渤海海冰面积汇总表

Tab. 2 Summary of sea ice area in the Bohai Sea

序号	日期(年-月-日)	像元数	海冰面积(km ²)	面积变化(km ²)
(1)	2012-11-27	0	0	1923.5625
(2)	2012-12-09	30777	1923.5625	2052.3125
(3)	2012-12-18	63614	3975.8750	6803.3125
(4)	2012-12-31	172467	10779.1875	5761.0000
(5)	2013-01-14	264643	16540.1875	4245.9375
(6)	2013-01-25	332578	20786.1250	-8936.1250
(7)	2013-02-04	189600	11850.0000	5846.2500
(8)	2013-02-15	283140	17696.2500	-11905.0000
(9)	2013-03-01	92660	5791.2500	-4357.0625
(10)	2013-03-08	22947	1434.1875	-1434.1875
(11)	2013-03-21	0	0	

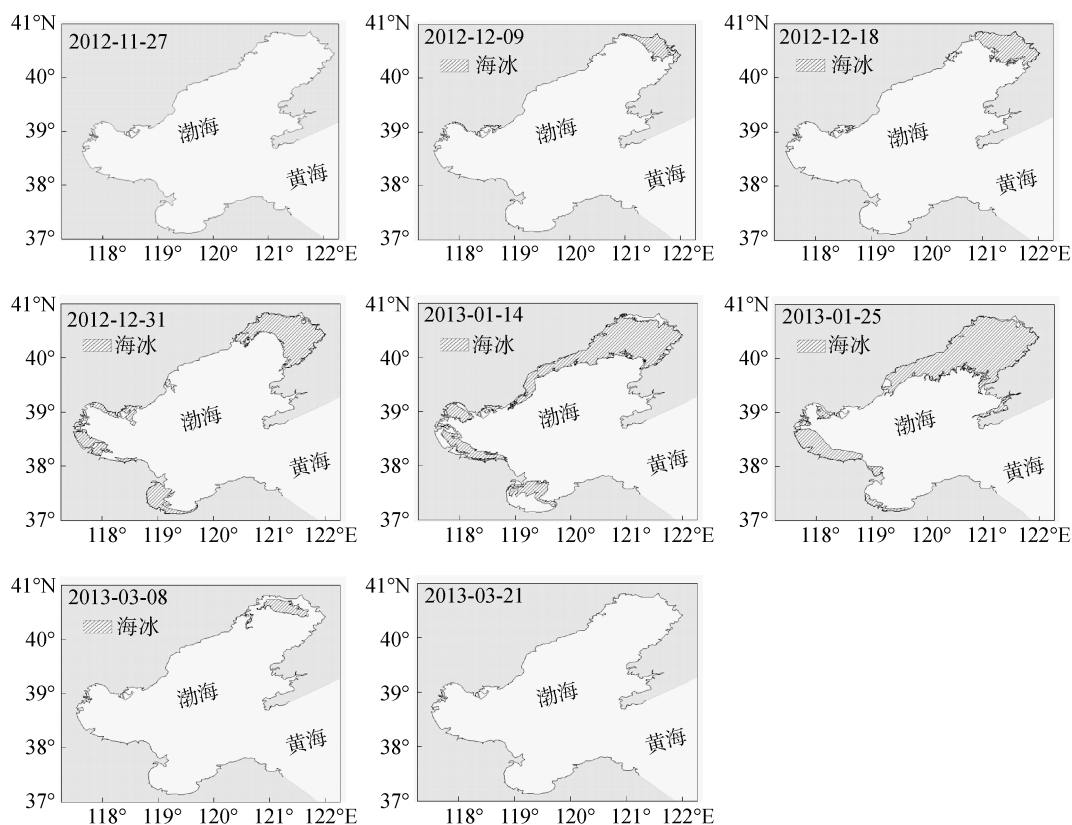


图1 渤海海冰时空变化图

Fig.1 Temporal and spatial variation of Sea ice in the Bohai Sea

2.2 海冰变化过程图制作

为了对影像进行深入分析,需要将各时期的海冰区域保存为矢量文件,导入 ArcGIS 软件中进行矢量叠加并绘制成图。海冰在研究时段内不断变化,不同时期的海冰形状和位置也不一样,显示在同一张图中就会发生重叠现象。作图时将海冰区域的颜色改为透明,海冰边界线用不同的线型表示,这样不同时期的海冰不会相互覆盖,成果更加一目了然。为了使得视图更加清晰,最后将成果做成两幅图,一幅是渤海海冰结冻过程变化图(图2),另一幅是渤海海冰融化过程变化图(图3)。

3 海冰变化分析

3.1 海冰面积变化分析

渤海海冰面积汇总表(表2)显示了海冰的面积在数字上的变化,其中面积变化下的负号表示海冰面积减小,正号表示海冰面积增大。显而易见,2012年11月27日的影像无冰,2013年1月25日的影像海冰面积最大,2013年3月21日影像无冰,海冰结冻时间和融化时间大致相等。从海冰变化面积大小可以

看出海冰冻结和融化的速度以及当时的气温条件,2012年12月31日前后气温骤降,海冰突然发展起来,海冰面积比2012年12月18日多了6 803.312 5 km²;2013年2月4日前后渤海受到南风影响,海温上升,海冰融化加剧,海冰面积比2013年1月25日少了8 936.125 km²,2013年2月15日,渤海突然遭遇强冷空气,海冰迅速发展,面积比2013年2月4日多了5 846.25 km²。

3.2 海冰冻结过程变化分析

渤海海冰结冻过程变化图(图2)显示出2012年12月9日~2013年1月25日海冰的变化过程。海冰受温度的影响最大,浮冰碎冰也会受风向的影响,但整体遵循着客观规律。同一时间纬度越高天气越冷,海冰最先从辽东湾开始发展。同时海冰在近海岸附近容易发展起来,天气变冷会向海域中心发展。2013年1月14日渤海东南部的云层覆盖了冰层,由于处理粗糙,没有处理当天云层,影响了海冰信息提取。

3.3 海冰融化过程变化分析

渤海海冰融化过程变化图(图3)显示出海冰的融化过程大体遵循逐渐减少的趋势,但是2013年2月

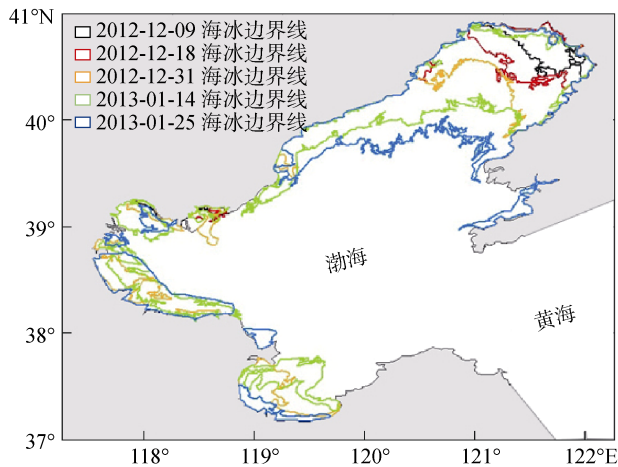


图2 渤海海冰结冻过程变化图

Fig.2 Freezing process variation map of sea ice in the Bohai Sea

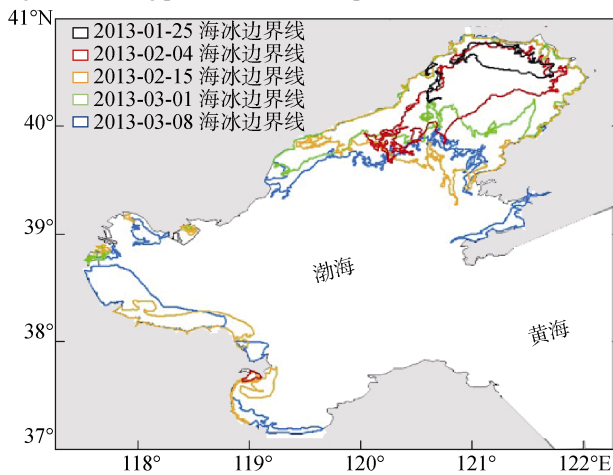


图3 渤海海冰融化过程变化图

Fig.3 Thawing process variation map of sea ice in the Bohai Sea

15日的海冰面积却远远大于2013年2月4日的海冰面积。造成这种现象的原因是,2月4日前后渤海受到持续南风影响,海温回升海冰融化加剧;2月15日前渤海突然遭受强冷空气影响,辽东湾海冰迅速发展,2月8日渤海海冰的覆盖面积接近整个渤海的一

半,2月15日的遥感影像也显示渤海东北部海域几乎已经被海冰覆盖。随着天气的正常回暖,2013年3月21日海冰遥感图片上已经没有海冰,这表明今年冬季的整个渤海海冰已基本消融。

4 结论

海冰的面积呈现出先增长后减少的总体趋势,同时在减少的过程中突然出现大幅增长的特例。2012年12月初~2013年1月底,天气逐渐变冷,海冰从无到有,面积逐渐增大。虽然12月6日国家海洋预报台拍摄的卫星云图就显示出大面积浮冰,但直到12月9日的影像才没有云层遮盖。海冰按着规律沿着海岸线向海域中心扩展,从渤海北部的辽东湾扩展到西部的渤海湾,冰情最严重时甚至发展到了南部的莱州湾。最终海冰消失于2013年3月下旬,海冰总体冰情和去年大致相仿,属于常冰年。

参考文献:

- [1] 罗亚威, 张蕴斐, 孙从容, 等. “海洋1号”卫星在海冰检测和预报中的应用[J]. 海洋学报, 2005, 27(1): 7-18.
- [2] 韩素芹, 黎贞发, 孙治贵. EOS/MODIS 卫星对渤海海冰的观测研究[J]. 气象科学, 2005, 25(6): 624-628.
- [3] 吴龙涛, 吴辉砭, 孙兰涛, 等. MODIS 渤海海冰遥感资料反演[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(2): 173-179.
- [4] 国巧真, 顾卫, 孙从容, 等. 基于遥感数据的渤海海冰面积提取订正模型研究[J]. 海洋科学, 2008, 32(8): 70-75.
- [5] 马龙. NASA MODIS 海冰产品评价分析[J]. 国土资源遥感, 2011(1): 115-117.
- [6] 朱海天, 曾韬, 梁超, 等. 卫星遥感海冰检测系统在渤海海冰监测中的应用[J]. 海洋预报, 2011, 28(6): 55-59.
- [7] 武晋雯, 张玉书, 冯锐, 等. 基于MODIS的海冰面积遥感监测及其与气温的相关分析[J]. 遥感技术与应用, 2009, 24(1): 73-76.

Variation analysis of sea ice in the Bohai Sea in 2012 based on MODIS

GUO Yan-you¹, XIE Hong-quan², YANG Guang²

(1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. School of Geodesy & Geomatics Engineering, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, China)

Received: Jul., 2, 2013

Key words: MODIS (MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer); the Bohai Sea; sea ice; variation analysis

Abstract: Sea ice is one of the severe hazards affecting sea transportation of the Bohai Sea in winter. It is extremely urgent to investigate spatio-temporal annual distributions of sea ice by satellite remote sensing and geographic information system. Eleven typical MODIS imageries were selected and preprocessed with ENVI software. Sea ice distribution area and spatial pattern were retrieved by using visual interpretation method. The sea ice spatial distribution map, spatio-temporal distribution map, and the processing map from sea ice to melt sea water were made using ArcGIS software. The changes of sea ice area and the melting process of sea ice were discussed in detail. Research results showed that it was feasible to analyze annual sea ice distribution changes by MODIS imageries.

(本文编辑: 李晓燕)