HJ－1A/1B 星 CCD 传感器数据在黄东海浒苔监测中的应用

施英妮①，石立坚②，夏明①，杨楠①，丁静②

（① 中国人民解放军 61741 部队，北京 100094；② 国家卫星海洋应用中心，北京 100081）

摘要：基于浒苔光谱特性和归一化植被指数，利用 HJ-1A/1B 星 CCD 传感器数据对黄东海浒苔进行监测。监测结果表明 HJ-1A/1B 星 CCD 传感器，可以提供比 MODIS 更多的精细信息，如提供重点海域的浒苔分布范围、覆盖范围、变化状况等信息。

关键词：浒苔；HJ-1A/1B 星；NDVI；黄东海

doi：10.3969/j.issn.1000－3177.2012.02.009

中图分类号：TP79　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000－3177(2012)120－0047－04

The Application of HJ-1A/1B's CCD Data to Entermorpha Prolifera Monitoring over the Yellow Sea and East Sea

SHI Ying-ni①，SHI Li-jian②，XA Ming①，YANG Nan①，DING Jing②

（① *UNIT* 61741 *of PLA*，*Beijing* 100081；

② *National Satellite Ocean Application Service*，*Beijing* 100081）

Abstract：Based on the spectral characteristics and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)，the Entermorpha Prolifera over the Yellow Sea and East Sea was monitored by the images of HJ-1A/1B satellite's CCD sensor. The result shows that the CCD data of HJ-1A/1B can be used to get the information of Entermorpha Prolifera such as distribution range，coverage range and drift trend. This data can supply more detailed information because of its high spatial resolution.

Key words：Green Tide；HJ-1A /1B；NDVI；Yellow Sea and East Sea

1 引　言

近年来，我国北起大连、南到三亚的多处近岸海域发生过不同规模的浒苔灾害，特别是 2008 年 6 月青岛近海爆发了严重的浒苔灾害，直接危及奥帆赛的举行，北海舰队每天出动数千名官兵和数百辆车辆奋战在沿海一线，才使浒苔清理取得阶段性胜利。浒苔俗称绿藻，藻体本身无毒性，但其聚集会对城市景观造成不良影响，尤其是如不及时清理，会对海上船只活动造成很大影响。目前，浒苔已经成为全球性的海洋生态灾害，相关国家的政府均高度重视，纷纷投入大量人力、物力以及科研力量开展浒苔灾害调查及其防治研究，取得了一定成效。

卫星遥感具有大范围、同步、准实时等技术优势，可准确提取浒苔位置、面积、密集度等信息，是浒苔灾害监测的重要技术手段，可为浒苔灾害的早期发现、动态跟踪和灾后评估提供技术支撑和信息服务。诸多科研单位、工作者基于不同星载传感器[1~4]，利用多种参数如归一化植被指数 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)[2]、增强型植被指数 EVI(Enhanced Vegetation Index)、漂浮藻类指数 FAI(Floating Algae Index)[5]等对黄东

收稿日期：2011－04－01　　**修订日期**：2011－07－20

基金项目：自然科学青年基金(40906090)；基于水下辐射传输模拟的中国近岸水体固有光学特性反演海洋公益项目(201005030)；海洋环境要素水色遥感技术与应用示范。

作者简介：女(1979～)，工程师；研究方向：卫星海洋遥感。

E-mail：nini0303@163.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

海浒苔进行监测，建立了相应的应急监视监测系统[6]，并对浒苔产生、漂移和聚集的气象水文条件进行了分析[7~8]。

环境与灾害监测预报小卫星星座A、B星（简称HJ-1A/1B星）于2008年9月6日上午11点25分成功发射，HJ-1A星搭载了CCD相机和超光谱成像仪（HIS，Hyperspectral Imager），HJ-1B星搭载了CCD相机和红外相机（IRS）。两颗卫星上装载的CCD相机设计原理完全相同，以星下点对称放置，平分视场、并行观测，联合完成对地刈幅宽度为700km、地面像元分辨率为30m、4个谱段的推扫成像（波段参数见表1）[9]。对于从山东省青岛市到江苏省盐城市这一较易受到浒苔灾害影响的沿海区域，该传感器可以保证每天1～2景的数据，同时由于该传感器数据可以免费获取，可以作为重点区域的浒苔监测提供分辨率较高的信息来源之一。

本文主要介绍HJ-1A/1B星CCD传感器数据在浒苔监测中的具体应用。首先对现场测量的浒苔光谱特性进行分析，以此作为利用CCD监测浒苔的理论依据；然后详细描述浒苔信息提取的流程；其次给出具体的应用实例，说明CCD传感器数据可以用于提供重点海域的浒苔分布范围、覆盖范围、变化状况等基本信息和更多的精细信息；最后对应用前景进行总结。

表1　HJ-1A/1B星CCD传感器参数

平台	有效载荷	波段号	光谱范围（μm）	空间分辨率（m）	幅宽（km）	重访时间（d）
HJ-1A/1B星	CCD相机	1	0.43～0.52	30	360（单台），700（二台）	4
		2	0.52～0.60	30		
		3	0.63～0.69	30		
		4	0.76～0.90	30		

2　浒苔监测原理

浒苔作为一种水生绿藻类植物，其光谱特性与陆地植被相似。图1为利用美国OceanOptics公司生产的便携式光谱仪HR2000现场测量的海水和浒苔的光谱曲线。相对于水体，浒苔在绿色波段（550nm～560nm）存在一个反射峰，同时近红外（700nm）反射率急剧上升，这些都是植物曲线的最为明显的特征，本文利用相应波段进行浒苔监测。

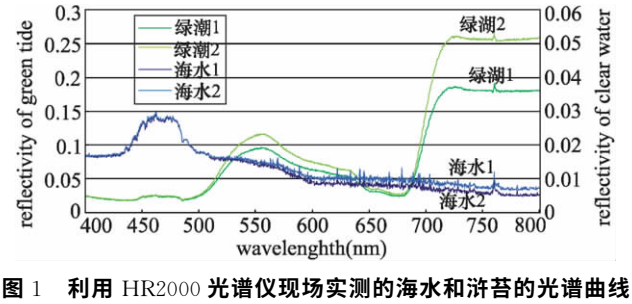


图1　利用HR2000光谱仪现场实测的海水和浒苔的光谱曲线

3　浒苔信息提取流程

本文利用HJ-1A/1B星CCD传感器的Level2产品提取绿潮信息，图2为流程图，具体可分为如下5个步骤：

（1）辐亮度计算

由于该数据已经采用WGS84椭球体经纬度投影进行了地理校正，所以首先利用绝对定标系数将CCD图像DN值转换为辐亮度，其公式为：

$$L=\frac{DN}{A}+L_0$$

式中A为绝对定标系数增益，L_0为绝对定标系数偏移量，转换后辐亮度单位为$W\cdot m^{-2}\cdot sr^{-1}\cdot \mu m^{-1}$。

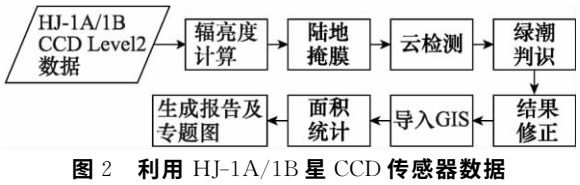


图2　利用HJ-1A/1B星CCD传感器数据提取浒苔信息流程图

（2）陆地掩膜

在绿潮提取过程中，由于陆地植被和绿潮的光谱特性相似，所以需要对陆地进行掩膜处理，以便后面的绿潮信息提取。

（3）云检测

CCD传感器数据会受到云的影响，造成绿潮的误判，因此必须进行云监测。国内用于云检测的方法主要有简单的亮度温度阈值方法和多通道阈值方法。本研究基于CCD传感器的3、4波段，采用交互式的多通道阈值法进行云检测，通过比较云检测的结果和彩色合成图像，反复修改阈值，确定云覆盖区域。

（4）绿潮判识

本文利用NDVI提取绿潮信息：

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$$NDVI=\frac{band(NIR)-band(red)}{band(NIR)+band(red)}$$

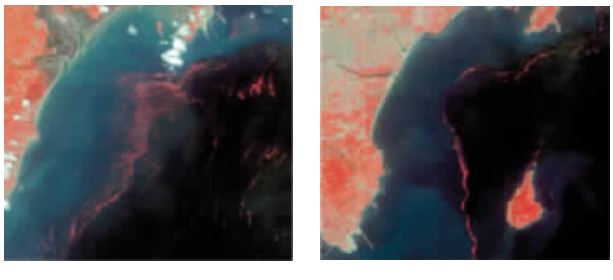
NDVI 值的变化范围为－1～1，绿潮海域 NDVI 值通常为正值，开阔水体为负值。

(5)结果修正和成图输出

通过阈值对绿潮区域进行提取后，需要进一步确认，剔除由于岛屿、薄云、滩涂等造成的误判，最后将确认后的结果输入 ArcGIS 软件，统计绿潮覆盖面积，生成专题图。

4 应用分析

2010 年 7 月 11 日 10:43(北京时间，下同)，利用 HJ-1A/1B 星 CCD 传感器获取一景数据，对黄东海海域浒苔进行监测，图 3 为日照及青岛灵山岛附近海区的 4/3/2 通道假彩色合成图。在假彩色图中，浒苔区域表现为红色，可以明显的和背景海水区分开来。图 4 为利用上述方法解译后得到的浒苔监测专题图。可以看出，当天该海区从江苏省连云港市到山东省青岛市附近海域均有浒苔分布，且密集度较大，其中日照市东北海域和青岛市薛家岛海域是浒苔大面积覆盖区域；另外，大部分浒苔分布于近岸海域，这对该海域的旅游观瞻和港口船舶航行将造成一定影响。利用该景数据监测到浒苔分布面积为 117km²，利用同一天的 MODIS 传感器数据监测到相同海区浒苔分布面积为 124km²。由于 MODIS 传感器数据分辨率较低(250m)，当监测面积较小的浒苔时，MODIS 的监测结果是偏大的，所以 HJ-1A/1B 星监测结果更为准确。



(a)日照 (b)青岛灵山岛

图 3 2010 年 7 月 11 日 10:43 利用 CCD 传感器监测黄东海海域浒苔的局部假彩色合成图

为了进一步验证本文利用 NDVI 进行绿潮识别的有效性，从 7 月 11 日的数据中选出明显的绿潮覆盖区域和海水区域(如图 5 所示，分别为绿色和蓝色多边形区域)，其中绿潮覆盖区域为 909 个像素，海水区域为 713 个像素，共 1622 个像素。利用 FCM 方法对 1622 个像素进行分类，类别数为 2。当用 4 个波段数据作为 FCM 输入时，72 个绿潮覆盖像素被错误识别为海水；用红色和近红外波段数据作为 FCM 的输入，84 个绿潮覆盖像素被错误识别为海水；当用 NDVI 数据作为 FCM 的输入，全部识别结果正确；上述 3 种情况的分类后的总体精度分别为 95.7%、95.0%和 100%；这说明利用 NDVI 可以有效的进行海水和绿潮的区分，可以从一定程度上提高分类精度。

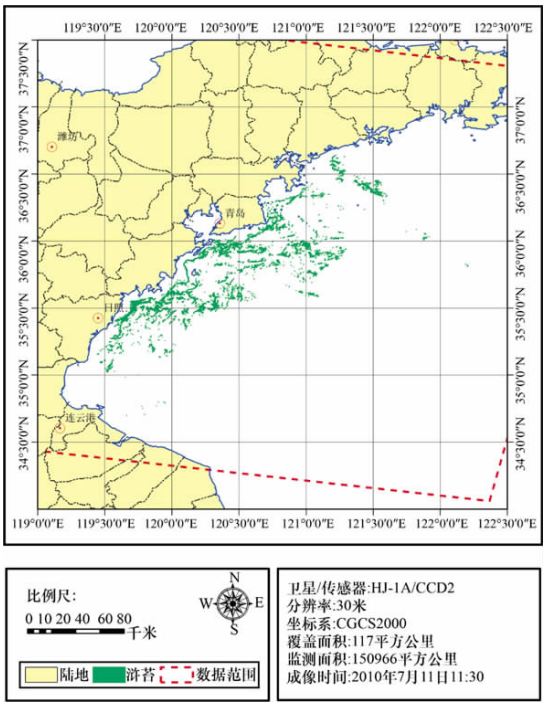


图 4 卫星遥感浒苔监测专题图

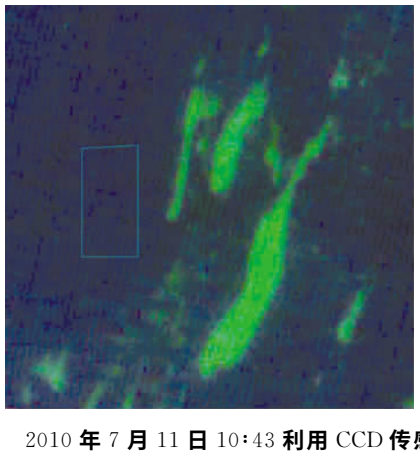
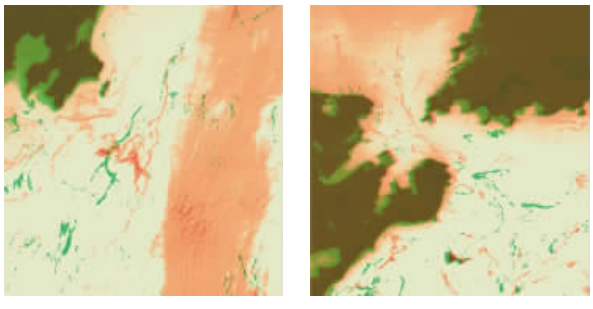


图 5 2010 年 7 月 11 日 10:43 利用 CCD 传感器监测黄东海海域浒苔的局部 RGB 合成图，绿色和蓝色多边形区域分别为绿潮和海水的 ROI 区域

由于 HJ-1A/1B 星 CCD 传感器较高的分辨率，研究人员可以从图像中得到更多的有用信息，如在图 3(a)中，浒苔表现为羽毛状，很明显是由于朗缪尔环流引起的，同时，根据 NDVI 值可以判断，这一

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

区域离岸远的浒苔密集度更高，由此可以判断该区域海流方向为离岸方向，这一现象在利用星载 SAR 数据观测溢油应用中也可观测到[10]。造成这一现象的原因主要有两个方面：潮汐，当天日照海区的低潮时间为 11:39，该景数据获取时间为 10:43，所以该海区有离岸方向的潮汐流；风场，利用散射计 ASCAT（大约 10:30 左右）获取的当地风速为 5m/s～7m/s[11]，风向为西北，风的作用力对浒苔的离岸漂移起了一定作用。



(a)　　(b)

图 6　2010 年 7 月 11 日和 13 日两天的数据叠加后可以观测浒苔漂移

此外，利用 HJ-1A/1B 星 CCD 传感器多时相的数据还能得到浒苔的漂移信息，这对浒苔的动态跟踪和清除是非常有用的。图 6 为 2010 年 7 月 11 日和 13 日两天的数据叠加后的结果，图中绿色线条状区域为 11 日观测到的绿潮，红色线条状区域为 13 日观测到的绿潮。图 a 为青岛市琅琊台附近海域，通过前后时相数据叠加可以看出绿潮沿岸向东北漂移；图 b 为青岛市胶州湾海域，可以看出 13 日绿潮已经漂移进胶州湾。

5　结束语

本文基于浒苔光谱特性和归一化植被指数，利用 HJ-1A/1B 星 CCD 传感器数据对黄东海浒苔进行监测。HJ-1A/1B 星 CCD 传感器数据具有分辨率高、重访周期短、刈幅较宽、纹理信息丰富等特点，而且数据免费获取，可以为重点区域的浒苔监测提供有用信息，对中低分辨率遥感数据如 MODIS 是个有效的补充。但是本文使用 CCD 数据过程中没有进行大气校正，而且由于海面天气及浒苔情况变化比较频繁，所以很难利用固定的单一阈值进行浒苔识别，需要依靠人工干预对识别结果进行进一步的确认。此外，由于可见光遥感数据较易受到天气影响，特别是青岛到连云港近海海域经常被云覆盖，因此需要利用可以全天候提供数据的合成孔径雷达进行监测，补充数据来源的缺失。

致谢：感谢国家资源卫星应用中心提供 HJ-1A/1B 星 CCD 传感器数据。

参考文献

[1] 曾韬，刘建强．“北京一号”小卫星在青岛近海浒苔灾害监测中的应用[J]．遥感信息，2009(3)：34－37.
[2] 孙凌，郭茂华，李三妹，赵文静．用 FY-3A MERSI 进行青岛海域浒苔监测[J]．遥感信息，2010(1)：64－68.
[3] 刘振宇，江涛．基于 MODIS 数据的浒苔信息提取方法研究[J]．测绘科学，2008(10)：113－114.
[4] 蒋兴伟，邹亚荣，王华，朱海天．基于 SAR 快速提取浒苔信息应用研究[J]．海洋学报，2009(2)：63－68.
[5] Hu，C. A novel ocean color index to detect floating algae in the global oceans[J]. Remote Sensing of Environment，2009(113)：2118－2129.
[6] 蒋兴伟，刘建强，邹斌，王其茂，曾韬，郭茂华，朱海天，邹亚荣，唐军武．浒苔灾害卫星遥感应急监视监测系统及其应用[J]．海洋学报，2009(1)：52－64.
[7] 徐兆礼，叶属峰，徐韧．2008 年中国浒苔灾害成因条件和过程推测[J]．水产学报，2009(3)：430－436.
[8] 张苏平，刘应辰，张广泉，管磊．基于遥感资料的 2008 年黄海绿潮浒苔水文气象条件分析[J]．中国海洋大学学报，2009(5)：870－876.
[9] HJ-1-A、B 卫星介绍[EB/OL]. http://www.cresda.com/n16/n1130/n1582/8384.html. 2010－07－11.
[10] C. R. Jackson，J. R. Apel. Synthetic Aperture Radar Marine Users Manual[M]. Washington，DC，NOAA，2004.
[11] The Advanced Scatterometer (ASCAT) Data Products[EB/OL]. http://manati.orbit.nesdis.noaa.gov/datasets/ASCATData.php/. 2010－07－12.

更　正

2011 年第 6 期胡冰殊的文章《基于 GIS 和 RS 的湿地动态变化监测及驱动力分析——以黑河上游野牛沟河为例》其作者单位更正如下：胡冰殊①,②,③

（① 青海师范大学生命与地理科学学院，西宁 810000；② 青藏高原资源与环境研究中心，西宁 810000；③ 河南省地质矿产勘查开发局第十一地质队，商丘 476000）

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net