

莱州湾环境污染遥感信息提取试验

过 杰^{1,2,3}, 谢 强^{4,5,6}, 陈忠彪^{7,8,9}

(1. 中国科学院 烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003; 2. 中国科学院 海岸带环境过程重点实验室, 山东烟台 264003; 3. 山东省海岸带环境过程重点实验室, 山东 烟台 264003; 4. 热带海洋环境国家重点实验室 广东 广州 510301; 5. 中国科学院 南海海洋研究所, 广东 广州 510301; 6. 中国科学院 三亚深海科学与工程研究所, 海南 三亚 572000; 7. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 8. 中国科学院 海洋环流与波动重点实验室, 山东 青岛 266071; 9. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 采用 Landsat 图像跨度 40 多年数据, 利用遥感手段对莱州湾 7 大排污口环境污染状况进行了遥感信息提取试验, 结果显示与多年来分析调查的结果一致, 即通过入海排放口水色变化以及像素分析发现自 20 世纪 90 年代以来, 莱州湾海水污染逐年加重; 通过 MODIS 数据和 ENVISAT-ASAR 数据分析提取了莱州湾 2011 年的海温变化、叶绿素浓度分布和海面溢油信息, 结果显示该区域近岸海温和叶绿素浓度偏高, 海上溢油风险加大。研究结果表明, 利用遥感技术能有效地提取海区环境污染信息, 可以作为监控海水污染的有效手段之一。

关键词: 叶绿素; 溢油; 排水污染

中图分类号: P715.6; X55

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)02-0119-10

莱州湾位于山东半岛北部, 西起黄河口, 东至龙口市的妃姆角, 海岸线长 400 km 余, 面积约 8 000 km² (约为渤海面积的 1/10), 有黄河、小清河、潍河等 10 多条河流注入, 是渤海三大海湾之一。随着潍河、胶莱河、白浪河、弥河, 特别是黄河泥沙的大量携入, 莱州湾近岸海底沉积迅速, 滩涂变宽, 海水渐浅, 湾口距离不断缩短, 形成了幅员广阔而平坦的潮间带和潮上带堆积平原。黄河物质入海后在河口及邻近海域形成了具有高生产力的生态环境和著名的渔场^[1]。由于滩涂宽阔、河流携带有机物质丰富, 莱州湾沿海除了盛产蟹、蛤、毛虾及海盐外, 还是黄、渤海多种鱼、虾、蟹类的产卵场、索饵场和育幼场, 具有重要而独特的资源和生态价值。莱州湾气候干燥、蒸发量大, 具有得天独厚的盐业和盐化工业生产条件, 是中国重要的渔业和海盐生产区。莱州湾还蕴藏丰富的石油和天然气, 其沿岸潍坊、东营、龙口港和羊角沟港为山东省重要港口。

自 20 世纪 90 年代以来, 渤海的环境质量急剧下降, 局部海域污染严重^[2], 童钧安等^[3]基于 1988~1992 年大量调查资料, 研究了莱州湾入海污染源及海水中污染物的分布特征, 指出莱州湾主要污染物质为石油类、COD, 其主要来源为西南部沿河口; 其次为无机氮、无机磷, 其主要来源为黄河口,

其次为南岸河口。金显仕等^[4]的研究表明, 莱州湾 1998 年生物量分别为 1982 年和 1993 年的 2.8% 和 11.0%。王爱勇等^[5]通过对 1982 年、1993 年、2003 年和 2008 年在渤海莱州湾位置相同的 12 个站位的调查资料分析发现, 鱼卵和仔稚鱼分别由 1982 年的 27 种, 减少到 2003 年的 12 种和 2008 年的 14 种, 资源数量下降趋势明显。莱州湾由于水深较浅, 水动力弱, 自净能力差, 如果湾内陆源排污日益加重, 总体环境质量状况就会日趋恶化, 水环境污染加剧, 营养盐、石油类、COD 和活性磷酸盐等主要污染物平均浓度会呈逐年增长态势^[2,6], 使得叶绿素减少, 初级生产力降低, 导致鱼类群落多样性指数急剧下降, 优质鱼虾类无法形成渔汛, 资源承载力遭到严重破坏, 渔业资源趋于枯竭, 湾内局部海域呈现“荒漠化”。因此, 关注莱州湾的生态变化及水环境污染状况迫在眉睫。

收稿日期: 2011-09-21; 修回日期: 2011-12-22

基金项目: 中国科学院创新团队国际合作伙伴计划-海岸带典型环境过程与资源效应(Y02A071013); 中国科学院海洋环流与波动重点实验室开放研究基金(KLOCAW101); 热带海洋环境国家重点实验室(中国科学院南海海洋研究所)开放研究基金(LED0904)

作者简介: 过杰(1965-), 女, 河南开封人, 助理研究员, 博士, 主要从事海洋环境遥感方面研究, 电话: 0535-2109192, E-mail: jguo@yic.ac.cn

遥感技术应用于环境领域,目前主要体现在大面积的宏观环境质量和生态监测方面,在大气环境质量、水体环境质量和植被生态监测等方面中都有比较广泛的应用。环境遥感在数据获取上具有多层次、多时相、多功能、多专题的优势,在应用方面具有多源数据处理、多学科综合分析、多维动态监测和多用途的特点。利用遥感技术进行水环境质量监测的主要机理是:被污染水体具有独特的有别于清洁水体的光谱特征,这些光谱特征可对特定波长的光进行吸收或反射,并为遥感器所捕获,在遥感图像中呈现出来。在水质遥感监测中常用的是多光谱遥感数据,包括美国 Landsat 卫星的 MSS、TM、ETM+数据,法国 SPOT 卫星的 HRV 数据,气象卫星 NOAA 的 AVHRR 数据,印度遥感 IRS 系统的 LISS 数据,日本 JERS 卫星的 OPS(光学传感器)接收的多光谱图像数据,中巴地球资源 1 号卫星(CBERS-1) CCD 相机数据等。水体及其污染物质的光谱特性是利用遥感信息进行水质监测与评价的依据,国内外的许多学者利用遥感(遥测)的方法估算水体污染参数,以监测水质变化情况。例如 Lathrop 等利用 5 号陆地卫星 TM 数据评价了格林湾和森特勒尔莱克的水质情况^[7]; Carpenter^[8]、Ritchie^[9]等利用遥感数据定量监测水体中悬浮物; Lillesand^[10]等利用遥感数据预测和评价了湖泊水库的富营养状态,并评价了污染水体中藻类色素浓度; Lathrop^[11]、Baban^[12]、Dekker^[13]等利用 TM 数据监测水质中透明度、叶绿素浓度、总悬浮物等一系列的水体参数; 陈楚群^[14]、舒守荣^[15]、田国良^[16]、Ritchie^[17]、Harding^[18]、Gitelson^[19]、Han^[20]等应用卫星遥感和航空遥感等手段对水体中叶绿素进行了测量和分析,并研究了叶绿素的光谱反射特性; 李旭文^[21]、余丰宁^[22]用 TM 图像,分别对苏州运河水质和太湖北部水质进行了综合分析和主成分监督分类研究; 周勇^[23]、张韬^[24]、王学军^[25]分别利用遥感和 GIS 技术对武汉东湖水环境、呼和浩特地表水污染、太湖水质进行了综合分析、调查和评价。本文利用遥感手段大尺度(时间和空间)地对莱州湾的海水污染进行研究。

下面就莱州湾 2011 年叶绿素、海温分布、溢油情况以及近年来几条主要排污河流的状况利用多种遥感手段做以呈现,并进行分析讨论。

1 研究数据和方法及区域

本文采用的数据包括:用于叶绿素浓度及海温

反演研究的 MODIS 数据,用于海面溢油监测的 ENVISAT-ASAR 数据,以及用于莱州湾污水排放监测的 Landsat1, Landsat2, Landsat3, Landsat4, Landsat5, Landsat7 图像数据。

利用 2011 年 3, 4, 5 和 10 月 1 km 的空间分辨率 MODIS 数据,本文用 Ocean3 反演海面叶绿素浓度,用 MODIS 标准算法反演海面温度。

利用 2011 年 4 月和 6 月 ENVISAT ASAR-WSM 数据进行海面溢油分析,该数据为中等分辨率宽带模式,一景图像 400 km×400 km,空间分辨率大约 150 m,极化方式为垂直极化。本文用 NEST4A 软件通过几何校正、增强 Lee 滤波等处理 ENVISAT ASAR-WSM 溢油图像数据。

利用美国 NASA 的陆地卫星 Landsat1, Landsat2, Landsat3, Landsat4, Landsat5 和 Landsat7 数据,其中 LandsatTM 影像包含 7 个波段,波段 1~5 和波段 7 的空间分辨率为 30 m,波段 6(热红外波段)的空间分辨率为 120 m。南北的扫描范围大约为 170 km,东西的扫描范围大约为 183 km。Landsat7 在空间分辨率和光谱特性等方面保持了与 Landsat5 的基本一致; Landsat ETM+影像数据包括 8 个波段(波段设计),band1~band5 和 band7 的空间分辨率为 30 m,band6 的空间分辨率为 60 m,band8 的空间分辨率为 15 m,南北的扫描范围大约为 170 km,东西的扫描范围大约为 183 km。Landsat7 每 16 d 扫描同一地区,即其 16 d 覆盖全球一次。本文利用水质受污染后,其反射光谱及遥感影像色调上存在差异,因而,在遥感图像数据上的灰度值也有一定的差异性,从 TM 和 ETM 多波段数据的彩色合成显示的亮度值可以看出,亮度暗的水体,其水质较差^[25]的特点,根据排放口海水的颜色变化画出该排放口对海水影响的区域,通过 NEST4A 软件进行像素统计计算出该排放口对海水影响的面积。

据调查,莱州湾具有各种类型的排污口(河)17 处,年排入污水量 2 亿 t 余,排入污染物 11 万 t,是山东省接纳各种污染物等排放量最大的海域。接纳港口和船舶年污水排放量 2 157 万 t,其中港口接纳船舶水量 7.8 万 t,其他排海污物量 10 万 t^[26]。

流经黄河三角洲的河流有黄河、小清河和支脉河,后二者均位于黄河以南并在莱州湾区域入海,另外还有永丰河、溢洪河(支脉河,广利河)、白浪河、堤河和虞河、潍河、胶莱河等 10 多条河流在此入海。陆源污染物的排放得不到有效控制是莱州湾海域污

染的主要原因。

对水体的遥感监测是以污染水与清洁水的反射光谱特征研究为基础的。清洁水体对光有较强的吸收性能,反射率比较低,较强的分子散射性仅存在于光谱区较短的波段上。这种现象使得清洁水体一般在遥感影像上表现为暗色调,城市生活污水与各种混合型工业污水往往含有硫化精,混合后发生化学作用,常使水体呈黑褐色;另外城市废水水体含有大量的有机污染物,在分解时需耗去大量氧气而导致水质恶化,使水色变黑。与正常水体的光谱反射率相比,污染水体的反射率更低,在卫星遥感图像上呈现明显的深暗色,因此可以根据不同波段彩色合成图像颜色差别来区分污染海水和正常水体。另一方面水体中泥沙含量的增加会使水体反射率提高,因此随着水中悬浮泥沙浓度的增加及悬粒径增加,水体反射量会逐渐增加。

当前在水质监测中通常使用的遥感数据包括陆地卫星的 MSS、TM 影像数据, SPOT 卫星的 HRV 数据,其中 TM 影像是目前最常用的、信息量丰富的遥感影像^[27]。

本文利用 Landsat 美国陆地卫星提供的 1976 ~ 2011 年 70 幅图像数据,通过大气校正对莱州湾的排污情况进行了分析(数据集中在春、夏和秋季,剔除 1、2 和 12 月冬季枯水期数据)。

本研究所涉及的海域是中国渤海的莱州湾, 37°~38°N, 118.5°~120.5°E。

2 研究结果

2.1 2011 年莱州湾叶绿素及海温分布

用 MODIS 2011 年 3、4、5、8 和 10 月的数据反演莱州湾的叶绿素浓度和海温分布(图 1)。

从图 1 可以看到,黄河出海口附近由于泥沙影响几乎没有叶绿素分布;叶绿素浓度高的区域在湾底及近岸。黄河入海口附近海水温度最高(泥沙影响),其次是湾底和近岸位置,离岸海水温度逐渐降低。能明显看出排污口的水体温度影响局部海域温度。

2.2 2011 年 ASAR 对莱州湾附近海区溢油监测分析

莱州湾西临胜利油田,内有莱州湾港,机动船只来往频繁,船只污水排放很容易造成海面油污(图 2)。在莱州湾的东面是蓬莱 19-3 油田(图 3),北面有渤中油田,因此无论是船舶航行还是油田溢油,以

及废物排放都对该湾的生态环境产生巨大的影响。图 2 数据来源于 ENVISAT-ASAR-WSM 数据,空间分辨率 150 m×150 m,时间是 2011 年 8 月 21 日 10 时,从图中可以看出莱州湾内船只来往繁忙(白色亮点是机动船只),溢油位置(绿色折线内)处于船只集中区。通过 Next ESA SAR Toolbox4A(NEST4A)软件处理系统的定标,经过平均滤波,窗口为 3×3 大小得图 2、图 3a。

图 3a 数据来源于 ENVISAT-ASAR-WSM,空间分辨率 150 m×150 m。2011 年 6 月 11 日 10 时 14 分,渤海蓬莱 19-3 号石油平台海面溢油情况,图 3a 中蓝色折线内是显著溢油区,其溢油区面积约 164 km²。图 3b 数据来源于 MODIS Data 2011 年 6 月 11 日 12 时 30 分的数据,由于云的影响,溢油区域未能完全显示,图 3a 与图 3b 分别表示 ASAR 数据(主动遥感)和 MODIS 数据(被动遥感)反演 6 月 11 日渤海蓬莱 19-3 号石油平台同一溢油区,箭头所指是对应的溢油块。从图 3a、3b 看,只有少量油块飘向渤海海峡,大部分溢油留在了渤海湾;在此季节该区域风速和流速都不是太强,因此漂移和扩散速度都不会太快,打捞会使油膜漂移和扩散方向不确定,因此在相当长的时间里溢油会对渤海的生态系统造成影响,莱州湾不可避免地会受到牵连。另一方面莱州湾油气资源十分丰富,已探明不同类型油气田 60 余个,石油储量 11.5 亿 t,天然气储量 55 亿 m³,黄河三角洲地区又是我国第二大油田——胜利油田的所在地,这都是潜在的污染威胁。所以加强莱州湾船只排污管理及安全行驶,提高海上石油平台工作的安全度势在必行。

2.3 莱州湾 7 大排污口污水排放统计

以 1979 年 5 月 27 日(图 4)和 1995 年 9 月 18 日(图 5)Landsat 图像数据为例,分别对黄河、广利河、小清河、白浪河、虞河、潍河和胶莱河 7 大排污口进行分析,图 4a、5a 折线区域显示的是黄河入海口对莱州湾区域海水影响的面积,由于黄河携带泥沙较大,所以影响的区域颜色比周围就亮一些。图 4b 显示的是溢洪河、广利河与支脉河共同入海口和小清河入海口情况,广利河、小清河排放口污水中含颗粒状物质,因此污水颜色显亮色,折线区域显示的是它们分别对莱州湾区域海水影响的面积。图 4c 显示的是白浪河入海口以及堤河与虞河共同入海处的情况;图 4d 显示的是潍河、胶莱河入海口情况;白浪

河、虞河、潍河污水颜色稍微暗一些, 胶莱河污水颜色次之。图 5b 显示小清河排污严重, 图 5c 的潍河,

广利河(图 5b)与白浪河(图 5c)仅排其后, 最后是潍河和胶莱河(图 5d)。从图 4 和图 5 对比可以看出 20 世

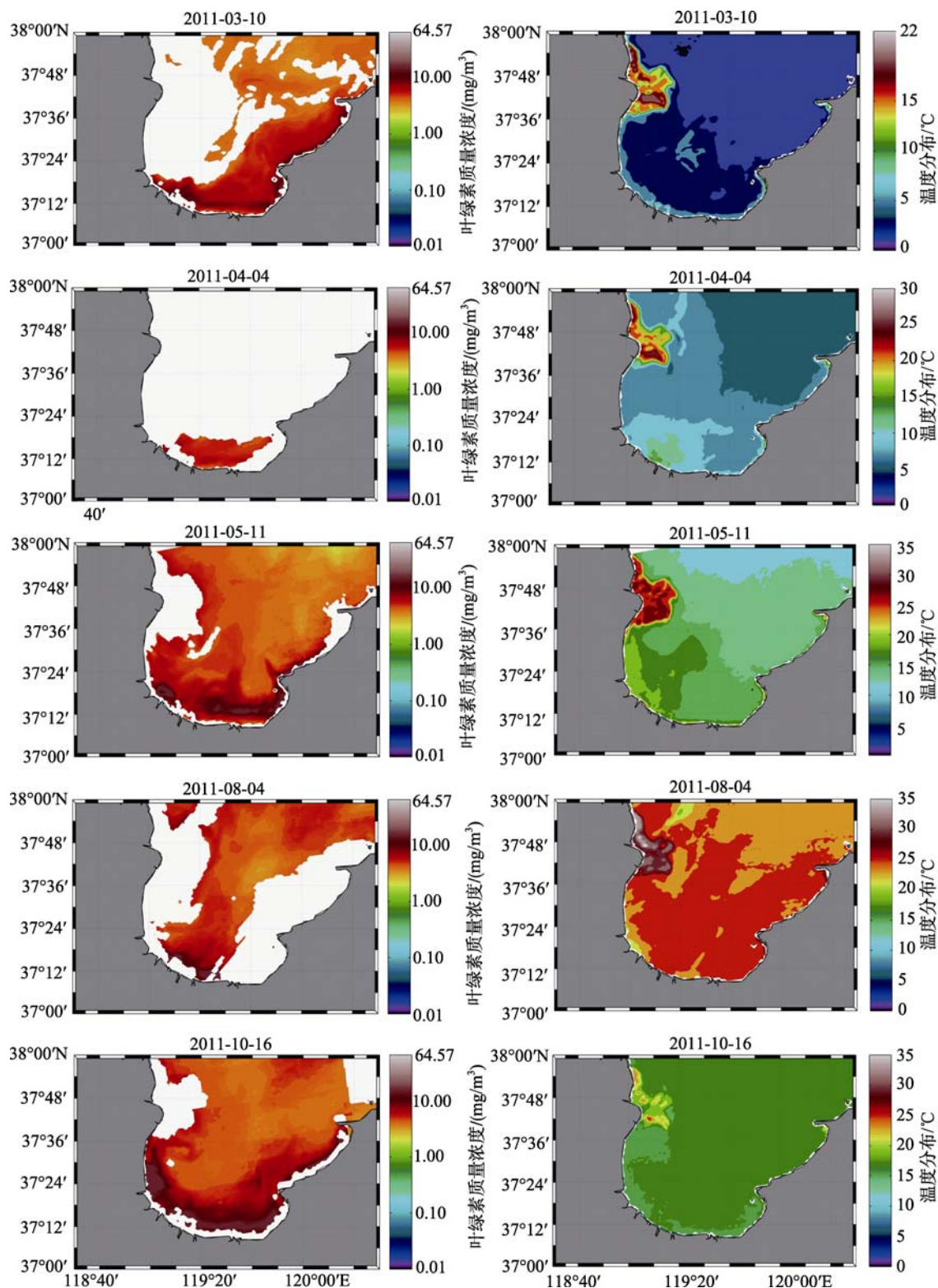


图 1 2011 年 3, 4, 5, 8, 10 月叶绿素浓度和海表面温度分布

Fig. 1 Distributions of chlorophyll and sea surface temperature in March, April, May, August, and October, 2011

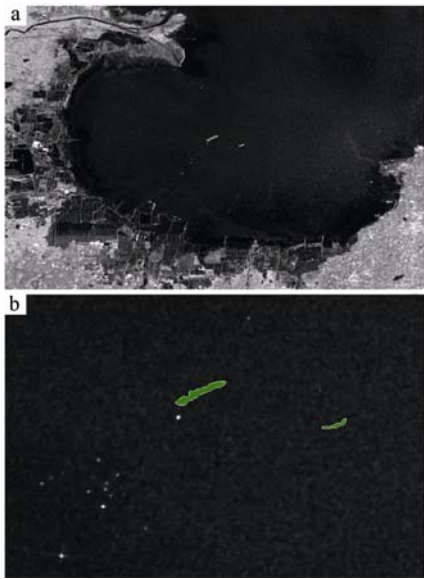


图 2 2011 年 8 月 21 日莱州湾海面溢油

Fig. 2 Oil spill from the Laizhou Bay on April 22, 2011
绿色折线内是溢油, 白点是船只
Oil spill of blue polyline, white point are ships

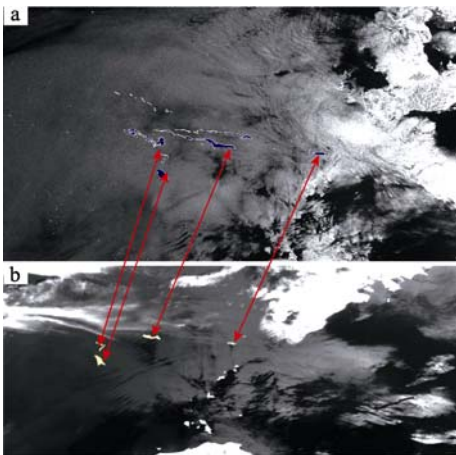


图 3 2011 年 6 月 11 日蓬莱 19-3 号油田溢油

Fig. 3 Oil spill from Penglai 19-3 oil field on June 11, 2011
a. ASAR 数据反演的溢油图(蓝色); b. MODIS 数据反演的溢油图(黄色)
a. Oil spill of blue polyline chart retrieved by ASAR Data; b. Oil spill of yellow block retrieve d by MODIS Data

纪 90 年代以后莱州湾近岸区域增加了许多海水养殖设施, 图 5 沿岸污水排放明显比图 4 增大。

3 讨论

本文利用 70 幅 Landsat 图像数据(表 1)分析莱州湾污染情况(跨度 40 a 多)。虽然不是连续数据, 并且随机性比较大, 但是数据集中在各排污口春、夏和秋

排污时间段。从图 6 的统计结果明显可以看出, 90 年代以来黄河口的排放量小于七八十年代, 由此可以间接证明黄河入海水量自 20 世纪 90 年代以来有逐渐减少的趋势, 此结论与茹玉英^[31]等研究结果一致。图 7a,b 显示 6 大主要排污口广利河、小清河、白浪河、虞河、潍河和胶莱河对莱州湾排污自 20 世纪 90 年代以来逐渐加重(图 7a 显示 90 年代以前 6 大排污口影响海水面积的平均值, 图 7b 显示 90 年代以后 6 大排污口影响海水面积的平均值), 此结果与王志远^[2]等研究结果一致。

通过以上遥感图像提供的莱州湾 7 大主要排污

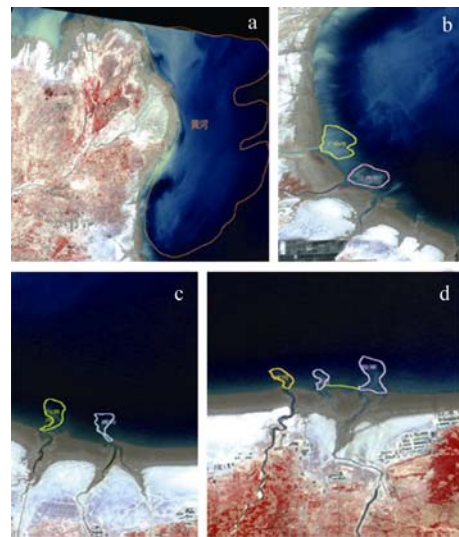


图 4 1979 年 5 月 27 日 Landsat 图像反映莱州湾主要入海口河流排放情况

Fig. 4 Landsat image of May 27, 1979 reflects of rive discharge from main estuaries into the Laizhou Bay

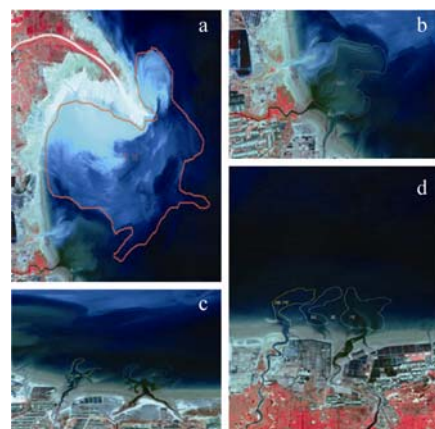


图 5 1995 年 9 月 18 日 Landsat 图像反映莱州湾主要入海口河流排放情况

Fig. 5 Landsat image of September 18, 1995 reflects of rive discharge from main estuaries into the Laizhou Bay

表 1 莱州湾 7 大主要排污口引起海水变化的面积统计

Tab. 1 Changes in area statistics caused by seven major sewage outfalls in the Laizhou Bay

日期(年-月-日)	面积(km ²)						
	黄河	广利河	小清河	白浪河	虞河	潍河	胶莱河
1976-03-04	3459.48	20.03	35.70	30.17	17.4	16.27	25.06
1976-11-29	1955.85	11.54	23.26	7.89	7.56	21.46	18.65
1978-10-05	2539.54	18.8	23.11	20.50	14.28	14.73	8.12
1979-05-27	2910	19.9	12.70	10.66	7.74	6.35	10.92
1979-06-14	3179.21	22.46	21.90	8.17	5.1	8.85	15.19
1981-03-25	796.07	12.49	20.87	10.37	8.64	2.31	13.18
1981-11-21	2018.14	9.19	26.37	23.36	12.76	15.44	14.21
1982-04-05	2653.28	32.19	60.39	16.03	18.48	10.58	15.39
1982-10-20	4662.26	13.64	36.1	28.27	36.17	18.61	15.94
1983-07-07	1784.4	19.62	36.08	25.34	26.55	17.79	49.27
1984-06-07	2830.23	119.02	42.77	25.46	13.02	30.97	37.0
平均值	2617.1	27.17	30.84	18.75	15.25	14.85	20.27
1990-09-20	1464.83	50.99	75.1	37.34	28.11	15.74	37.99
1992-08-24	1756.717	45.79	70.39	39.79	35.96	19.73	49.07
1995-03-26	2114.51	35.24	59.4	40.1	24.97	24.08	21.09
1995-09-18	1587.81	117.03	87.22	23.97	34.68	43.77	37
1995-11-05	1731.2	67.62	121.07	51.79	62.34	21.83	33.37
1995-11-21	2291.41	46.03	65.13	17.31	24.05	22.47	15.91
2000-05-02	1927.63	27.98	61.84	43.95	32.95	33.34	14.63
2000-07-21	1488.43	214.48	46.03	28.93	17.7	10.88	14.60
2001-03-18	2210.99	40.42	168.70	16.16	29.96	42.57	21.02
2001-05-05	2104.22	13.18	72.71	35.88	39.78	35.89	25.62
2001-06-06	2303.19	30.32	95.64	43.47	47.37	22.20	45.05
2001-07-08	845.93	24.21	107.13	24.64	20.27	10.2	24.06
2001-10-12	2995.0	59.39	51.65	38.79	49.83	29.26	24.03
2001-11-29	2043.98	27.22	66.45	34.56	36.83	62.06	32.14
2002-05-08	2130.58	37.47	37.88	21.65	19.83	14.58	27.46
2002-09-29	1470.23	48.79	81.68	41.65	22.82	39.41	27.26
2003-04-25	2624.49	25.69	30.30	29.34	35.5	20.11	28.33
2003-05-11	1522.40	253.18	63.71	139.68	164.68	36.34	31.29
2003-10-18	2204.37	57.51	51.46	48.67	43.64	69.20	23.2
2003-11-03	2127.88	58.85	35.82	33.16	64.69	52.65	42.76
2004-03-26	2440.61	46.66	49.49	9.35	28.59	11.84	18
2004-04-11	3319.97	116.78	81.29	34.41	63.77	18.48	24.87
2004-04-27	2241.92	40.4	44.07	35.28	22.1	38.76	26.44
2004-09-10	1107.35	122.52	89.42	44.27	43.15	36.86	39.57
2004-09-18	1884.34	30.26	72.411	34.63	49.22	36.76	13.61
2004-10-04	2477.97	70.63	65.45	36.77	38.68	25.47	22.25
2004-10-20	2542.76	34.72	59.35	53.96	46.23	50.64	34.54
2004-11-21	1466.57	71	64.39	58.69	43.45	21.04	19.83
2005-03-13	3304.42	21.15	50.40	52.40	39.67	32.66	20.55
2005-04-14	2783.87	32.01	39.7	51.98	38.54	19.65	26.28
2005-06-17	1799.45	59	24.88	49.55	31.77	15.60	28.55

日期(年-月-日)	面积(km ²)						
	黄河	广利河	小清河	白浪河	虞河	潍河	胶莱河
2005-07-19	1850.03	24.56	47.71	21.48	62.01	19.03	15.41
2005-10-23	2053.21	36.49	49.25	40.8	34.49	16.84	34.81
2005-11-08	1500.45	16.26	42.75	51.76	25.53	16.49	21.55
2005-11-24	1926.27	27.25	121.5	18.46	37.6	10.0	13.0
2006-09-16	1230.24	24.28	73.37	32.05	49.12	15.9	17.12
2006-10-02	2382.41	43.88	141.11	27.37	25.12	42.91	21.79
2006-10-10	2117.36	47.32	60.21	26.03	164.15	60.34	34.52
2006-10-26	1598.06	52.13	64.18	51.15	69.32	39.55	24.36
2006-11-11	2076.61	25.1	54.51	45.75	88.67	11.64	13.79
2007-04-28	3659.79	87.83	64.84	35.57	43.37	31.81	37.36
2007-05-30	832.66	43.93	74.34	37.77	27.29	39.66	23.0
2007-05-14	2995.77	50.24	263.83	64.62	93.77	41.63	40.18
2007-06-15	3303.28	50.17	53.22	42.33	26.73	18.76	12.65
2007-07-17	783.16	24.54	125.89	30.71	23.67	34.15	74.69
2007-09-11	1945.98	27.42	41.05	28.52	21.93	17	31.53
2008-09-13	1824.01	96.08	86.03	67.42	25.51	20.95	27.35
2008-10-15	2294.99	63.63	97.12	27.92	51.38	26.17	13.18
2008-10-31	2051.28	52.8	65.37	56.59	38.17	29.18	33.54
2008-11-16	1620.33	37.20	84.07	112.3	36.65	25.25	19
2009-04-09	2408.47	44.42	56.45	50.25	164.65	23.48	50.82
2009-10-02	2562.54	96.5	68.08	199.75	63.23	18.28	21.16
2010-05-01	1970.52	95.5	56.898	53.27	82.45	16.58	18.106
2010-09-11	2612.86	68.03	103.88	224.17	59.90	26.32	20.45
2011-03-30	1685.76	51.22	102.1	113.6	15.67	14.96	14.91
2011-04-15	677.01	50.31	51.77	39.29	21.16	23.35	21.46
2011-05-01	1768.63	37.46	43.35	59.65	61.74	21.29	17.6
2011-06-02	2226.58	49.96	97.54	81.39	34.77	13.32	14.94
2011-09-22	1503.9	51.12	81.51	110.97	59.18	13.73	18.63
平均值	2030.1	55.97	73.93	50.9	47.26	27.5	26.39

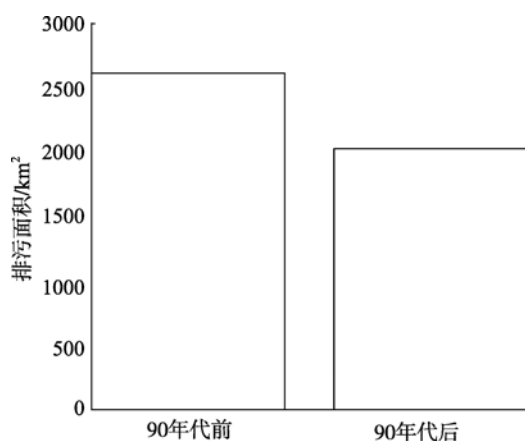


图 6 1976~2011 年黄河对莱州湾排污影响海水面积分布
Fig. 6 Areas in the Laizhou Bay affected by the pollutant from the Yellow River in 1976~2011

口引起的海水变化, 分析像素得出影响的海面面积可以发现(表 1、图 6 和图 7), 黄河是莱州湾最大的排放口, 对莱州湾海域影响也最大。黄河入海口附近泥沙含量大, 从而影响了叶绿素在该区域的分布(图 1)。据资料记载, 每年大量泻入海中的泥沙和工业、生活废水是莱州湾主要的污染源, 黄河平均年 COD_{mn}、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐及挥发酚入海总量为 44 322 t, 最高年份达到 67 336 t, 其中 COD_{mn} 和硝酸盐的入海量起主导作用, 约占年平均总量的 93.8%^[28]。图 7a 显示 20 世纪 90 年代以前, 在莱州湾 6 大排污口中, 小清河和广利河的排放对莱州湾海域影响占主导; 20 世纪 90 年代以后, 图 7b 显示 6 大排污口排放对莱州湾海域影响增加趋势明显, 以小清河尤为突出, 其次是广利河、白浪河和虞河。

由以上分析可以得出小清河一直是莱州湾污染的罪魁祸首,因为小清河周边有上千家排污企业,包括造纸、化工、食品等重点排污企业,每年经小清河排入渤海的污水总量达到 4 亿 t 以上,入海口的海水水质达到劣四类。小清河平均年 CODmn、氨

氮、硝酸盐、亚硝酸盐及挥发酚入海总量为 17 017 t,最高年份达到 24 314 t,其中 CODmn 和氨氮的入海量起主导。^[28]自 20 世纪 90 年代以来,随着经济的迅速发展,莱州湾的陆源污染和海上面源污染日益加重,小清河首当其冲。

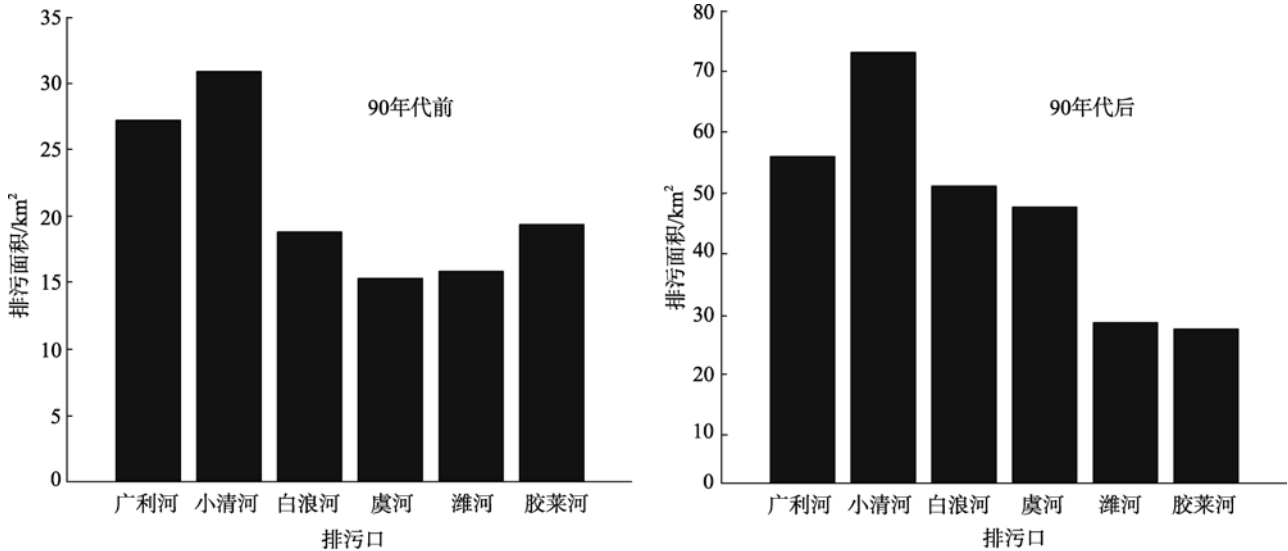


图 7 1976 ~ 2011 年 6 大排污口对莱州湾影响海水面积的分布

Fig. 7 Areas in the Laizhou Bay affected by the pollutants from six sewage outlet in 1976 ~ 2011

4 结论

根据本文提供的遥感图片数据资料分析,我们发现莱州湾 7 大排污口不仅影响该区域水温,还影响该区域的水质环境,从黄河入海口和图 1 可以清晰看到这一现象。莱州湾湾底及近岸水温较高,叶绿素浓度在这一区域相对高,此区域又是污水排放区,因此该区域是富营养化程度较高区域。结果显示 90 年代以后莱州湾海水污染日益加重。

蓬莱 19-3 号油田从 2011 年 6 月 4 日发生溢油,到 9 月 5 日停产历经 3 个多月,海上溢油面积累计达 6 000 km² 以上,目前还在溢油,由于多方原因,大部分溢油都留在了渤海,此次事件对该区域生态影响将是长久的。因此,莱州湾无论是陆源还是海上油类污染风险都在继续加大。莱州湾作为产卵场、索饵场和育幼场^[29],生态系统的优劣直接影响该区域的渔业资源,所以整治莱州湾污染势在必行,这需要沿途污染河流综合治理,常抓不懈,形成有效监督机制和监测手段。从本文的研究结果来看,虽然存在着遥感数据不连续,而且各排污口高峰期并不一样,但是对这种随机遥感数据平均值的分析与多年

分析研究统计结果一致。因此,利用遥感技术可以作为海水污染监控的有效手段之一。

致谢: 欧洲太空局数据支持。ASCAT 资料由 NASA JPL 物理海洋资料处理和归档中心提供。

参考文献:

- [1] 黄海军, 李凡. 黄河三角洲海岸带陆海相互作用概念模式[J]. 地球科学进展, 2004, 19(5): 808-816.
- [2] 王志远, 蒋铁民. 渤海黄海区海洋管理[M]. 北京: 海洋出版社, 2003: 353.
- [3] 童钧安. 莱州湾主要污染物来源及分布特征[J]. 黄渤海海洋, 1994, 4: 16-20.
- [4] 金显仕, 邓景耀. 莱州湾春季渔业资源及生物多样性的年间变化[J]. 海洋水产研究, 1999, 20(1): 6-12.
- [5] 王爱勇, 金显仕, 万瑞景. 渤海莱州湾春季鱼卵、仔稚鱼生物多样性的年代际变化[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(1): 19-24.
- [6] 王诗成. 胶莱人工海河[M]. 济南: 山东教育出版社, 2007: 3, 36.
- [7] Lathrop R G, Lillesand T M. The use of thematic map data to assess water quality in Green Bay and Cen-

- tral Lake Michigan [J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1986, 52 (5): 671-680.
- [8] Carpenter D J, Carpenter S M. Modeling inland water quality using landsat data[J]. Remote Sensing Environ, 1983, 13: 345-352.
- [9] Rithchi J C, Cooper C M, Yongcoing J. Using landsat multispectral scanner data to estimate suspended sediments in Moon lake[J]. Mississippi, Remote Sensing Environ, 1987, 23: 65-81.
- [10] Lillesand T M, Johnson W L, Deuell R L, et al. Use of landsat data to predict the trophic state of Minnesota Lakes[J]. Photogramm Eng Remote Sens, 1983, 49: 219-229.
- [11] Lathrop R G. Landsat Thematic Mapper monitoring of turbid inland water quality[J]. Photogramm Eng Remote Sens, 1992, 58: 465-470.
- [12] Baban S M J. Detecting water quality parameters in the Norfolk Broads, UK, Using Landsat imagery[J]. Int J Remote Sens, 1993, 14: 1247-1267.
- [13] Dekker A G, Peters S W M. The use of the Thematic Mapper for the analysis of eutrophic lakes: a case study in the Netherlands[J]. Int J Remote Sens, 1993, 14: 799-822.
- [14] 陈楚群, 施平, 毛庆文. 应用 TM 数据估计沿海海水表层叶绿素浓度模型研究[J]. 环境遥感, 1996, 11: 168-175.
- [15] 舒守荣, 陈健. 不同深度水体中叶绿素浓度的定量遥测研究[J]. 环境遥感, 1989, 4: 136-143.
- [16] 田国良, 倪晓东, 宋福, 等. 用光谱数据估算水体叶绿素浓度[J]. 环境遥感, 1988, 3: 71-79.
- [17] Ritchie J C, Cooper C M, Schiebe F R. The relationship of MSS and TM digital data with suspended sediments, chlorophyll, and temperature in Moon lake, Mississippi [J]. Remote Sensing Environ, 1990, 33: 137-148.
- [18] Harding L W, Itsweire E C, Esaias W E. Algorithm development for recovering chlorophyll concentrations in the Chesapeake Bay using remote sensing [J]. Photogramm Eng Remote Sens, 1995, 61: 177-185.
- [19] Gitelson A. The peak near 700nm on radiance spectra of algae and water: relationship of its magnitude and position with chlorophyll concentration [J]. Int J Remote Sens, 1992, 13: 3367-3373.
- [20] Han LH, Rundquist D C. Comparison of NIR/RED ratio and first derivative of reflectance in estimating algae-chlorophyll concentration: a case study in a turbid reservoir [J]. Remote Sensing Environ, 1997, 62: 253-261.
- [21] 李旭文, 季耿善, 杨静. 苏州运河水质的 TM 分析[J]. 环境遥感, 1993, 8: 36-44.
- [22] 余丰凝, 蔡启铭. 主成分监督分类及其水质特征遥感图象识别中的应用[J]. 湖泊科学, 1997, 9: 261-268.
- [23] 周勇, 吴丹, 刘凡, 等. 基于 RS 和 GIS 的东湖水环境模糊综合评价[J]. 华中农业大学学报, 1999, 18(1): 37-40.
- [24] 张韬, 安慧君, 陆海平. 遥感技术在呼和浩特市地表水污染调查中的应用[J]. 内蒙古农业大学学报, 2000, 21(3): 72-75.
- [25] 王学军, 马廷. 应用遥感技术监测和评价太湖水质状况[J]. 环境科学, 2000, 21(6): 65-68.
- [26] 王广成, 李茂启, 隽云昌, 等. 开展莱州湾海洋环境监测的思考[J]. 海洋开发与管理, 2003, 20(6): 68-71.
- [27] 石丽娜, 赵旭东, 韩发. 遥感技术在环境监测中的应用和发展前景[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(1): 175-178.
- [28] 马绍赛, 幸福言, 崔毅, 等. 黄河和小清河主要污染物入海量的估算[J]. 海洋水产研究, 2004, 5: 47-51.
- [29] 马绍赛, 幸福言. 对虾养殖对莱州湾氮、磷、COD 的贡献[J]. 海洋水产研究, 2002, 2: 7-11.
- [30] 马跃良, 王云鹏, 贾桂梅. 珠江广州河段水体污染的遥感监测应用研究[J]. 重庆环境科学, 2003, 25(3): 14-16.
- [31] 茹玉英, 王开荣, 高际平, 等. 近期黄河入海水量减少成因分析[J]. 海洋科学, 2006, 30(3): 30-34.

Remote sensing information extraction of the Laizhou Bay environment pollution

GUO Jie^{1,2,3}, XIE Qiang^{4,5,6}, CHEN Zhong-biao^{7,8,9}

(1. Yantai Institute of Coastal Zone Research, the Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China; 2. Key Laboratory of Coastal Zone Environmental Processes, the Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China; 3. Shandong Provincial Key Laboratory of Coastal Zone Environmental Processes, Yantai 264003, China; 4. State Key Laboratory of Tropical Oceanography, Guangzhou 510301, China; 5. South China Sea Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China; 6. Sanya Institute of Deep-sea Science and Engineering, the Chinese Academy of Sciences, Sanya 572000, China; 7. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 8. Key Laboratory of Ocean Circulation and Waves, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 9. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Received: Sep., 21, 2011

Key words: chlorophyll; oil spill of sea surface; seawater pollution

Abstract: Information was extracted from remote sensing images over a period of 40 years for environmental pollution about seven sewage outlets into the Laizhou Bay. The results were in agreement with multiple previous survey results. Increase of water pollution of the Laizhou Bay by discharge was revealed by the color changes and pixel analysis of outfall since the 1990s, confirming that the ecological environment of the Laizhou Bay was worsening. Sea surface temperatures, chlorophyll concentration distributions, and oil spill of sea surface of the Laizhou Bay in the 2011 were retrieved from MODIS and ENVISAT-ASAR data. The sea surface temperature and chlorophyll concentrations of the Laizhou Bay near shore were on the high side and the danger of marine oil spill was expanding. This study shows that Remote Sensing technology is a good method to extract information of environment pollution in the sea area and can be used as effective means of water pollution control.

(本文编辑: 刘珊珊)