2008—2013 年滦河口外泥沙岛动态变化遥感监测*

王建步，张　杰，马　毅，李晓敏

（国家海洋局第一海洋研究所　青岛　266061）

摘　　要：滦河口外泥沙岛是我国重要的泥沙岛群，开展准确的泥沙岛的动态变化监测，对海岛开发与保护、海岛管理有着重要作用。遥感监测是开展大范围泥沙岛动态变化监测的有效手段。文章利用 2008—2013 年 6 个不同时相环境卫星影像开展了滦河口外泥沙岛动态变化遥感监测。对不同时相的滦河口外泥沙岛的数量、面积和岸线长度进行了统计，并开展了变化分析。发现该区域 6 年间，8 个泥沙岛岛体因围填海消失；打网岗、石臼坨两海岛由于受基于岛体开展的围填海工程影响，海岛面积明显增大；4 个海岛岛体因围填海，面积明显减少；9 个海岛岛体虽然受水动力影响，但面积没有明显变化。

关　键　词：滦河口；泥沙岛；遥感监测

1　引言

泥沙岛是海岛中的重要类型，由于其沙质特点，受人类活动和海洋动力的双重影响，岸线变化速率快，然而现场监测难以实现高频率的岸线变迁监测。遥感手段具有大面积、同步、对同一地区可重复性进行观测的优势。利用遥感技术能够有效监测泥沙岛的动态变化过程。

对于泥沙岛的遥感监测也已有许多工作。王赋等[1]年利用遥感和地理信息系统技术对长江口冲击沙岛的冲淤变化进行了监测。钱敏等[2]利用 Landsat 卫星影像开展了江苏西太阳沙长时期的稳定性及演变规律的研究。冯永玖等[3]利用 Landsat ETM 影像开展了上海九段沙在 2001 年来的岸线研究变迁过程的研究。李晓敏等[4]利用 12 时相的遥感影像开展了广东省湛江市徐闻县的罗斗沙岛的动态变化遥感监测。

滦河口外泥沙岛是我国的主要泥沙岛群，其中大部分岛屿是冀东潟湖的主要组成部分[5]。该区域泥沙岛的动态变化对生态方面及旅游、养殖等经济方面有着重要影响。对与滦河口外泥沙岛的研究工作也早已开展。高善明等[6]利用现场数据开展了滦河三角洲滨岸沙体的形成和海岸线变迁分析，从其分析中可知滦河口外的泥沙岛的形成原因。吴桑云等[5]开展了冀东潟湖系统演进与人类干预影响，分析了构成滦河口外潟湖沙坝的特点。韩晓庆等[7]利用现场实测数据分析了曹妃甸附近泥沙岛岸线变迁情况。但目前为止，未见遥感手段开展滦河口外泥沙岛动态变化监测的报道。由于滦河口外泥沙岛成东北西南走向，分布区域广，且由于其岸线变化比较剧烈，亟须利用高时间频率的遥感手段开展该区域的泥沙岛动态变化监测。

本研究利用 2008—2013 年逐年的 6 个不同时相环境卫星影像，结合 GIS 技术，对滦河口外泥沙岛的动态变化开展监测。对不同时相下的海岛面积和岸线长度做了统计；根据统计结果，结合区域特点分析了海岛数量、岸线长度和面积变化及变化原因。

2　研究区域概况

研究区域主要是乐亭县和昌黎县近岸海域，即在滦河口至曹妃甸以北近海区域。该区域的泥沙岛对生态保护、旅游和养殖等经济开发具有重要价值。由北向南依次为滦河口沙坝、翡翠岛、蛇岗、大网铺、打网岗、石臼坨岛、月坨岛和东坑坨岛 8 个主要海岛或岛群，其中滦河口沙坝、蛇岗、大网铺、月坨和东坑坨都有

* **基金项目**：中欧国际合作龙计划三期项目（ID：10470）.

多个岛体组成（图 1）。开展该区域的泥沙岛动态变化监测。

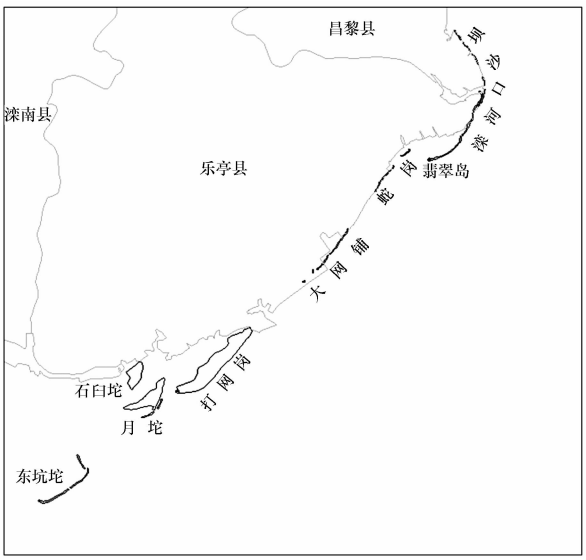


图 1 滦河口外泥沙岛分布

3 数据与处理

3.1 数据源

本研究主要采用 6 期环境卫星遥感影像二级产品，数据详细信息见表 1。

表 1 遥感影像数据

序号	传感器	轨道号	成像时间	分辨率
1	CCD2	453－67	2008 年 10 月 27 日	30m
2	CCD2	455－68	2009 年 10 月 02 日	30 m
3	CCD2	454－68	2010 年 10 月 15 日	30m
4	CCD2	453－68	2011 年 10 月 02 日	30 m
5	CCD1	455－68	2012 年 10 月 28 日	30m
6	CCD1	453－68	2013 年 07 月 21 日	30m

3.2 数据处理

以 2000 年 5 月 2 日 TM 影像为参考影像，对获取的环境影像二级产品进行配准。校正精度在小于一个像元。波段组合采用第 4/3/2 波段假彩色组合，并参考 1∶50 000 地形图获取各个海岛的名称和位置。

对海岛动态变化遥感监测，首先建立基于不同时相的遥感影像的海岸线解译标志。对滦河口外泥沙岛的岸线类型，主要有砂质岸线和人工岸线两种。其中人工岸线比较明显，是有明显几何形状或人工建筑的特点。对于海岛砂质岸线，是以在遥感影像中砂滩色调突然变化处确定为海岸线位置[5]。根据国家海洋灾害公报[8]记录，各时相遥感影像成像时，研究区域没有发生过风暴潮，所以不存在增水漫过海岸线的可能，故基于遥感影像提取的岸线是可行的。在遥感解译标志建立的基础上，利用 GIS 技术提取各时相遥感影像下的滦河口外泥沙岛岸线，获取 2008—2013 年的海岛岸线矢量层。

4 结果与分析

4.1 海岛分布状况

2008 年，滦河口外共计 8 个泥沙岛或岛群，由北向南依次为滦河口沙坝、翡翠岛、蛇岗、大网铺、打网岗、石臼坨岛、月坨岛和东坑坨岛，其中滦河口沙坝由 7 个沙坝组成的沙坝岛群，由北向南依次为滦河口沙坝－1 到沙坝－7；蛇岗由 3 个独立岛体，由北向南依次为蛇岗－1、蛇岗－2 和蛇岗－3；大网铺由 4 个独立岛体组成，由北向南依次为大网铺－1、大网铺－2、大网铺－3、大网铺－4；月坨除了一个主要的岛体外，在其西侧还有两个沙坝岛体，由北向南依次为月坨－1、月坨－2；东坑坨有 3 个独立的岛体组成，由北向南依次为东坑坨－1、东坑坨－2、东坑坨－3，合计共计 8 个泥沙岛或岛群，23 个岛体。在 2009—2013 年间海岛存岸线不断发生变化，有的海岛已经消失。各期海岛状况分布图如图 2 所示。

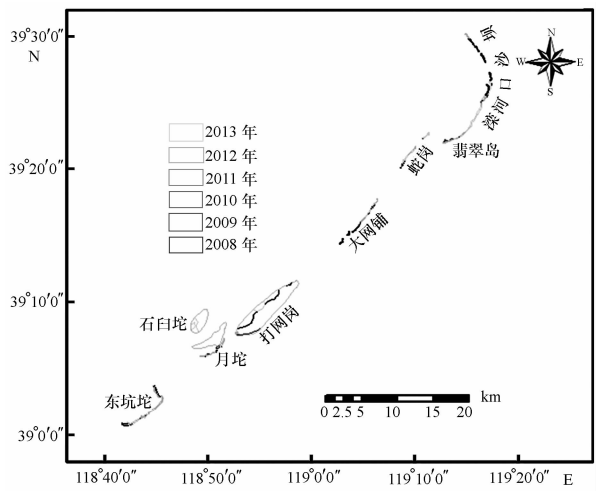


图 2 2008—2013 年滦河口外泥沙岛海岸线

4.2　海岛信息统计分析

根据提取的海岛矢量层，统计出所有海岛每年岛体的数量、面积及岸线长度，根据统计结果，结合各时相遥感影像开展海岛变迁分析。海岛面积和岸线统计见表 2。

表 2　2008—2013 年滦河口外泥沙岛面积和岸线统计

海岛名称	岛体组成	面积/km²						岸线长度/km					
		2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
滦河口沙坝	沙坝－1	0.14	0.16	0.12	0.11	0.07	0.07	2.8	2.8	3.0	1.9	1.8	1.7
	沙坝－2	0.03	0.02	—	—	—	—	1.1	0.6	—	—	—	—
	沙坝－3	0.05	0.06	—	—	—	—	1.6	1.8	—	—	—	—
	沙坝－4	0.16	0.16	—	—	—	—	2.9	2.9	—	—	—	—
	沙坝－5	0.15	0.12	—	—	—	—	2.6	2.5	—	—	—	—
	沙坝－6	0.24	0.20	0.26	0.08	0.08	0.06	4.6	4.1	5.1	1.7	1.7	1.5
	沙坝－7	0.76	0.71	0.54	0.54	0.07	0.46	12.0	11.8	8.4	8.4	1.7	1.4
翡翠岛	翡翠岛	0.71	0.51	0.68	0.69	0.54	0.32	10.9	8.7	11.3	11.5	8.4	7.2
蛇岗	蛇岗－1	0.11	0.08	0.10	—	—	—	3.0	2.4	2.8	3.0	—	—
	蛇岗－2	0.26	0.23	0.26	0.26	0.18	0.18	5.1	4.4	4.7	4.7	3.4	3.4
			0.02	0.01	0.01				0.5	0.4	0.4		
	蛇岗－3	0.11	0.11	0.10	0.10	0.07	0.07	2.6	2.6	2.5	2.5	1.8	1.8
大网铺	大网铺－1	0.41	0.36	0.11	0.11	0.11	0.11	7.5	7.9	2.3	2.3	2.3	2.3
				0.25	0.07	0.07	0.07			5.6	1.8	1.6	1.6
	大网铺－2	0.22	0.05	0.05	0.05	0.05	—	4.5	3.7	1.1	1.1	1.1	—
	大网铺－3	0.04	0.06	—	—	—	—	0.9	1.4	—	—	—	—
	大网铺－4	0.05	0.03	—	—	—	—	1.0	0.7	—	—	—	—
			0.04						0.9				
打网岗	打网岗	15.80	15.8	20.0	21.2	21.2	21.68	25.6	25.9	26.3	24.7	24.7	24.9
石臼坨	石臼坨	3.39	3.39	3.39	4.60	4.96	4.96	8.1	8.1	8.1	10.2	9.0	9.0
月坨	月坨	5.58	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	14.4	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	月坨－1	0.15	0.14	0.14	0.10	0.10	0.12	2.5	2.7	2.7	1.9	1.9	2.2
	月坨－2	0.20	0.23	0.22	0.26	0.26	0.26	3.3	4.1	4.6	5.2	5.2	5.2
东坑坨	东坑坨－1	0.22	0.30	0.17	0.37	0.37	0.30	3.9	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0
	东坑坨－2	0.39	0.39	0.42	0.42	0.38	0.38	6.8	6.8	7.2	7.2	7.0	7.0
	东坑坨－3	0.64	0.64	0.43	0.35	0.35	0.45	8.0	8.0	6.2	5.0	5.1	5.6
					0.12	0.05	0.08				1.5	0.9	1.1

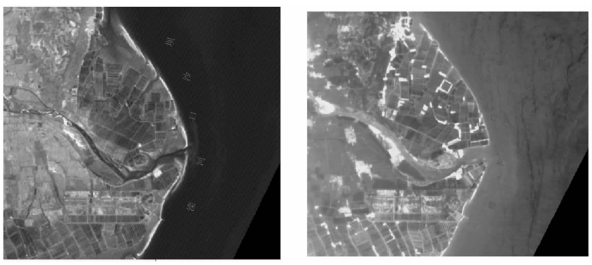
注：表中“—”表示岛体消失，表格中一个单元格被分成两个表示岛体变成两个岛体.

4.3　海岛动态变化分析

滦河口外海岛主要是以泥沙岛为主，大部分是波浪作用形成的平行于岸线的沙坝构成[6]。依据该区域海岛的动态变化遥感监测结果，将面积变化超过 1 km² 及面积变化小于 1 km² 但面积变化超过其最初岛体 1/2（包含 1/2）的且没有消失的海岛称为面积明显变化的海岛，其他没有消失的海岛称为基本保持不变的海岛。截至 2013 年变化结果主要分为 4 类：已消失的海岛、面积明显增大的海岛、面积明显减少的海岛及面积基本保持不变的海岛。

已消失海岛的海岛共有 8 个。2008 年至 2013 年滦河口的 7 个沙坝中的沙坝－2、沙坝－3、沙坝－4、沙坝－5 岛体因围填海消失。蛇岗

北端的岛体蛇岗－1、大网铺南端的独立岛体大网铺－2、大网铺－3 和大网铺－4 虽然在起初几年水动力作用下岸线有所变化，但最终因围填海消失。图 3 和图 4 分别给出 2008 年和 2013 年滦河口沙坝岛的遥感图像和基于各时相下提取的岸线分布图。



2008 年 10 月环境影像　　2013 年 7 月环境影像

图 3　滦河口沙坝海岛遥感影像

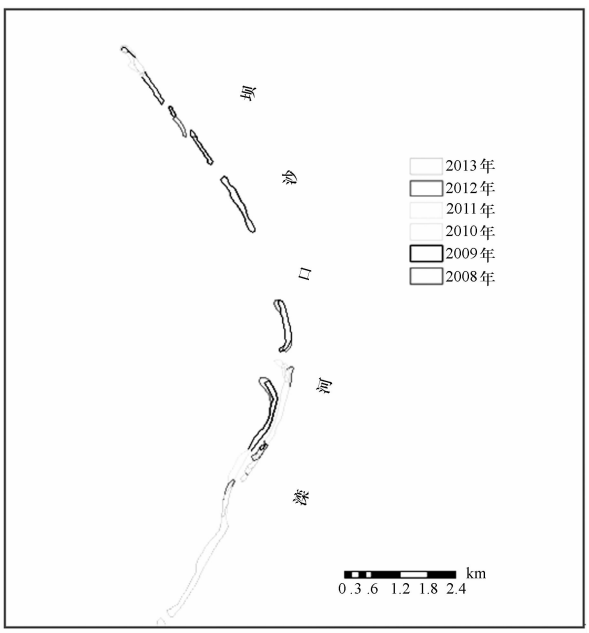


图 4　2008—2013 年滦河口沙坝海岸线分布

面积明显增大的海岛共有 2 个：打网岗和石臼坨。打网岗由于每年的围填海工程，2008－2011 年期间使得岛体分别不断向西扩张，东侧仍保留沙坝的岛体，受水动力影像不明显，2011－2013 年保持海岛西侧围填海形成的人工岸线不在变化，最终其面积由 2008 年的 15.8 km^2 和增大到 2013 年的 21.68 km^2；然岸线形状变化比较明显，但其长度没有明显变化。石臼坨由于受围填海影响，海岛也不断向西南向扩大，至 2012 年围填海形成的人工岸线不再变化，最终面积和岸线长度分别由 2008 年的 3.39 km^2 和 8.1 km 增大到 2013 年的 4.96 km^2 和 9.0 km。图 5 和图 6 分别给出各时相下打网岗遥感图像和基于各时相下提取的岸线分布图。

2008 年 10 月环境影像　　2013 年 7 月环境影像

图 5　打网岗环境遥感影像

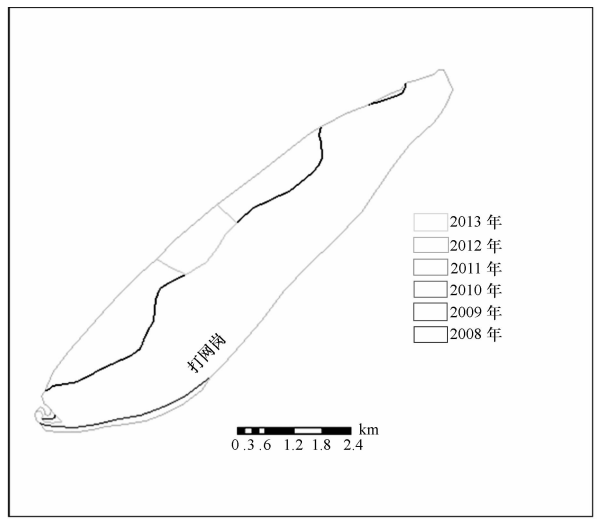
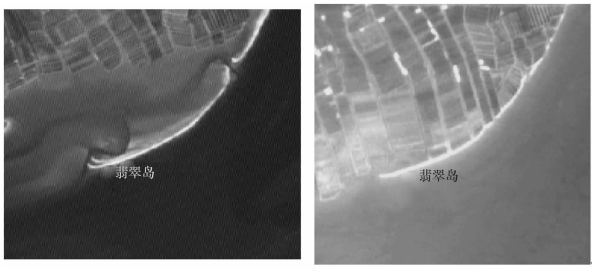


图 6　2008—2013 年打网岗海岸线分布

面积明显变小的海岛共有 4 个。沙坝岛－1、沙坝岛－6、翡翠岛和大网铺－1 岛体因围填海面积明显减少。其中沙坝岛－1 岸线长度和面积分别由 2008 年的 0.14 km^2 和 2.8 km，减少为 2013 年的 0.07 km^2 和 1.7 km；沙坝岛－6 面积和岸线长度由 2008 年的 0.24 km^2 和 4.6 km 减少为 2013 年的 0.06 km^2 和 1.5 km；翡翠岛北端已经消失，其面积和岸线长度分别由 2008 年的 0.71 km^2 和 10.9 km 减少为 2013 年的 0.32 km^2 和 7.2 km；大网铺－1 岛体西南端已经消失，由 2008 年面积和岸线长度分别为 0.41 km^2 和 7.5 km 的一个岛体，演变为 2010 年的两个岛体，至 2013 年总的海岛面积和岸线长度分别为 0.18 km^2 和 3.9 km。



2008 年 10 月环境影像　　2013 年 7 月环境影像

图 7　翡翠岛遥感影像

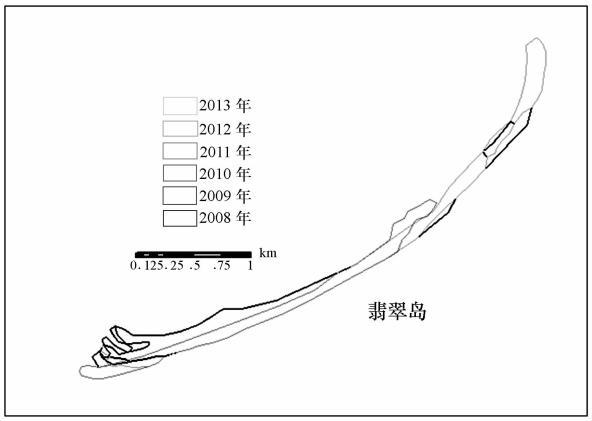
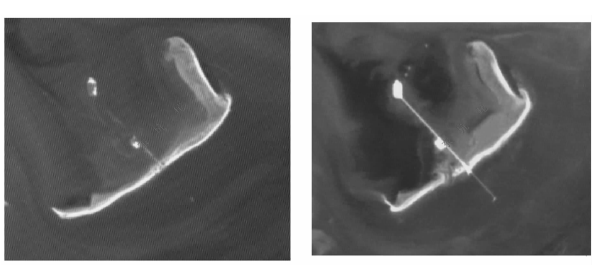


图 8　2008—2013 年翡翠岛海岸线分布

没有明显变化的海岛共有 9 个。滦河口沙坝岛－7，蛇岗－2、蛇岗－3 海岛虽然受到围填海影响，但其面积变化不明显。月坨岛群中的主岛月岛本身岸线大部分为人工岸线，海岛岸线变迁不明显，但其东南侧的两个沙坝岛月坨－1 面积稍微增大，月坨－2 面积稍微减少。东坑坨的三个岛体虽然受水动力影响，尤其东坑坨－3 已经演变成了 2 个岛体，其西南端岛体受水动力作用，岸线不断向东北方向侵蚀，岛体面积有所减少，但总体面积和岸线变化不明显。图 9 和图 10 分别给出各时相下东坑坨的遥感图像和基于各时相下提取的岸线分布图。



2008 年 10 月环境影像　　2013 年 7 月环境影像

图 9　东坑坨遥感影像

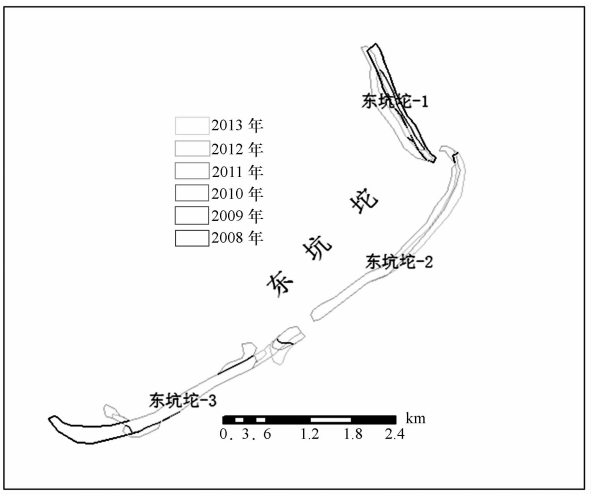


图 10　2008—2013 年东坑坨岛海岸线分布

5　结论与讨论

遥感手段具有对同一区域重复进行观测的优势，是有效监测泥沙岛动态变化的主要手段。本研究利用 2008—2013 年 6 个不同时相的环境卫星影像，开展了滦河口外泥沙岛岸线变迁的遥感监测工作。首先对不同时相下的海岛面积和岸线长度做了统计；其次根据统计结果，并结合区域特点，对海岛动态变化做了分析。发现该区域内 2008—2013 年期间，有 8 个泥沙岛因围填海海岛岛体消失。打网岗、石臼坨两个海岛由于受基于岛体开展的围填海工程影响，岛体面积明显增大；受围填海影响海岛面积明显减少的海岛共有 4 个；面积基本不变的海岛岛体共有 9 个。由以上分析可知，影响研究区域内泥沙岛动态变化的主要影像因素是人工围填海活动，水动力虽然对岛体动态变化有一定的影响，但是影响不明显。

本研究利用了不同时相的遥感数据，由于潮汐作用，对岸线的提取精度会有一定程度的影响，同时由于资料有限，没有对滦河口外泥沙岛动态变化的原因进行深入分析。

参考文献

[1]　王赋，贺宝根．基于 RS、GIS 的长江口冲击沙岛冲淤变化[J]．上海师范大学学报：自然科学版，2005，34(3)：87－92.

[2]　钱敏，赵洪波．遥感定量分析在人工岛稳定性研究中的应用[J]．中国水运，2012，(以下转至第 67 页)

4　小结

溢油风险分析与措施制定是海上油田开发环境保护管理的重要环节，也是溢油应急决策制定与判断的基础。通过分析建设与生产阶段各个环节溢油事故发生的概率，并制定具有针对性的措施，是海上油田开发顺利进行保障。同时风险概率分析也将为事故发生后溢油污染环境预警和污染处置措施的制定提供技术支持。

参考文献

[1] SKOGDALEN, J E, UTNEB I B, VINNEM J E. Developing safety indicators for preventing offshore oil and gas deepwater drilling blowouts [J]. Safety science, 2011, 49(8－9): 1187－1199.

[2] SKOGDALEN, J E, Vinnem J E. Quantitative risk analysis of oil and gas drilling, using Deepwater Horizon as case study [J]. Reliability Engineering & System Safety, 2012, 100: 58－66.

[3] KUMAR, D, KUMAR P, MARWAHA P K. Managing the blow out blaze[J]. Fire Engineer, 2004, 29 (4): 17－20.

[4] KHAN, F I, SADIQ R, HUSAIN T. Risk－based process safety assessment and control measures design for offshore process facilities [J]. Journal of hazardous materials, 2002, 94(1): 1－36.

[5] PINDER D. Offshore oil and gas: global resource knowledge and technological change[J]. Ocean & coastal management, 2001, 44(9－10): 579－600.

[6] BRANDSÆTER A. Risk assessment in the offshore industry[J]. Safety Science, 2001, 40(1－4): 231－269.

[7] DEY P K, OGUNLANA S O, NAKSUKSAKUL S. Risk－based maintenance model for offshore oil and gas pipelines: a case study[J]. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2004, 10(3): 169－183.

[8] KHAN F I, AMYOTTEB P R. Inherent safety in offshore oil and gas activities: a review of the present status and future directions[J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2002, 15(4): 279－289.

[9] HOLAND P. Blowout and well release characteristics and frequencies 2010[R]. SINTEF Technology and Society, Trondheim, Norway, 2010.

[10] MCDONALD M. The update of loss of containment data for offshore pipelines[R]. Energy Institute, London, UK, 2003.

（上接第 59 页）

12 (6): 68－70.

[3] 冯永玖，刘丹，韩震．遥感和 GIS 支持下的九段沙岸线提取及变迁研究 [J]．国土资源遥感．2012 (1): 65－69.

[4] 李晓敏，张杰，马毅，等．罗斗沙岛动态变化的遥感监测 [J]．海洋学研究，2013, 31 (2): 52－58.

[5] 吴桑云，耿秀山，金永德，等．冀东潟湖系统演进与人类干预影响 [J]．海洋科学进展，2008, 26 (2): 190－199.

[6] 高善明，李元芳，安凤桐，等．滦河三角洲滨岸砂体的形成和海岸线变迁 [J]．海洋学报，1980, 2 (4): 102－113.

[7] 韩晓庆，李静，张静，等．人工干预下河北省淤泥质海岸线演变及其环境效应分析 [J]．海洋科学，2011, 35 (11): 12－18.

[8] 国家海洋局．中国海洋灾害公报：1991—2014 年 [EB/OL]．[2014－03－24]，http://www.gov.cnzwgkhybg/zghyzhgb/.