

文章编号: 1004 - 4574(2011)06 - 0087 - 07

2010 年渤海海冰灾害特征分析

孙 劭^{1 2 3} 苏 洁³ 史培军^{1 2 4}

(1. 北京师范大学 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875; 2. 民政部/教育部减灾与应急管理研究院, 北京 100875; 3. 中国海洋大学 海洋环境学院, 山东 青岛 266100; 4. 北京师范大学 环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875)

摘 要: 2010 年中国遭遇到近 30 年来最严重的海冰冰情, 因灾直接经济损失高达 63.18 亿元, 占全年海洋灾害总经济损失的 47.6%——海冰成为中国 2010 年海洋灾害中的主要灾种之一。基于区域灾害系统论, 运用气象数据、MODIS 图像和社会经济统计等资料, 对 2010 年渤海海冰灾害的特征进行了初步分析。结果显示, 以莱州湾结冰范围扩大为代表的渤海海冰分布变化是致灾因子区域危险性增大的主要特征, 环渤海地区海水养殖面积和产量的增加是承灾体暴露性增大的主要特征, 而总体灾情严重则是二者的综合结果。

关键词: 海冰; 灾害系统; 承灾体; 渤海

中图分类号: P731; X4

文献标志码: A

Features of sea ice disaster in the Bohai Sea in 2010

SUN Shao^{1 2 3}, SU Jie³, SHI Pei-jun^{1 2 4}

(1. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resources Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing 100875, China; 3. College of Physical and Environmental Oceanography, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 4. Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster of Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: In 2010, China met with the most serious sea ice conditions during the last 30 years, which caused a direct economic loss of more than RMB 6.3 billion yuan, i. e. 47.6% of the annual total losses of the marine disaster—sea ice became one of the main marine disasters of China in 2010. Based on the regional disaster system theory, this article presents a primary analysis of the main characteristics of sea ice disaster in the Bohai Sea in 2010 by using meteorological data, MODIS image and social economic statistics etc. The results show that the enlargement of the icy area in Laizhou Bay, as a representative of the distribution change of sea ice in the Bohai Sea, is the dominant of the increasing regional hazard risk; while the area and output expansion of marine aquaculture around the Bohai Sea is the main feature of the increasing exposure unit. It thus could be concluded that the serious disaster in general is the comprehensive outcome of these two factors.

Key words: sea ice; disaster system; exposure; Bohai Sea

21 世纪以来, 海洋在社会经济发展中的地位和作用日益突出, 海洋经济逐渐发展成为中国国民经济的重要组成部分, 然而沿海地区却时常遭受各类海洋灾害的影响。2010 年中国渤海和黄海北部遭遇到近 30 年来最严重海冰冰情, 因灾直接经济损失达 63.18 亿元, 占全年海洋灾害总经济损失的 47.6%——辽宁、河北、天津、山东等沿海三省一市受灾人口 6.1 万人, 船只损毁 7157 艘, 港口及码头封冻 296 个, 海水养殖受损

收稿日期: 2011 - 09 - 10; 修回日期: 2011 - 10 - 15

基金项目: 国家自然科学基金重大国际合作研究项目(40821140354); 国家海洋局行业公益项目(201105016)

作者简介: 孙劭(1989 -), 男, 硕士研究生, 主要从事自然灾害风险管理研究. E-mail: sunshao@mail.bnu.edu.cn

面积达 20.8 万 hm^2 。海冰成为中国 2010 年海洋灾害的主要灾种之一。

随着联合国国际减灾十年 (IDNDR) 活动、国际减灾战略 (ISDR) 的相继开展,减灾作为实施可持续发展的重要途径,已为学术界、经济界与社会界所高度关注^[1-2]。然而,国内对海冰灾害进行的研究十分有限,仅有的文献主要来自水文工作者和工程设计者的关于冰情特征及其对工程影响的研究。在致灾因子分析方面,不同学者提出海冰生成与变化的因素主要有冬季的严寒、太平洋副高、亚洲极涡以及纬向环流等^[3-5];在承灾体分析方面,有学者总结了海冰对航运交通、渔业生产和海上结构物的危害方式^[3,6-7]。而目前尚没有从灾害系统角度对海冰灾害案例的研究。

本文基于区域灾害系统论^[8],选取中国经济重要区域和海冰灾害频发区——环渤海地区为研究对象,总结其历年海冰灾害损失,进而结合气象台站数据、渤海冰情资料、社会经济统计年鉴以及海冰形成过程典型阶段的 MODIS 图像等,针对 2010 年重大海冰灾害的特征进行了分析。

1 研究区概况

渤海位于 $37^{\circ}07'N - 41^{\circ}N$, $117^{\circ}35'E - 122^{\circ}15'E$ 之间,由北部的辽东湾、西部的渤海湾、南部的莱州湾、中央浅海盆地和渤海海峡 5 部分组成,海域面积计 77 284 km^2 ,见图 1。平均水深 18 m,20 m 以浅的海域面积占一半以上(图 1 附等深线)。渤海海水平均盐度 30‰ 左右,沿海地区由于受到数十条河流汇入的淡水影响,河口盐度可低至 25‰。根据海冰的形成机制,水深越浅、盐度越低的海域,越有利于海冰生成和发展。另外,由于与外海海水交换缓慢,渤海表层水温深受陆地气候的影响,冬季冷空气的频繁入侵使海水容易大量散失热量而结冰。渤海冬季盛行偏北风,风速可达 10 m/s 以上。当风向有利于初生冰晶在沿岸聚集时(例如盛行北风,则有利于冰晶在南岸聚集),海冰形成和发展的速度就会加快;而海冰一旦形成,较大的风速则有利于海冰外缘线沿风向延伸。同时,冬季的降雪也是海冰快速形成和发展的重要原因之一,大量降雪可直接形成海冰晶核并间接助长海冰的发展^[9]。

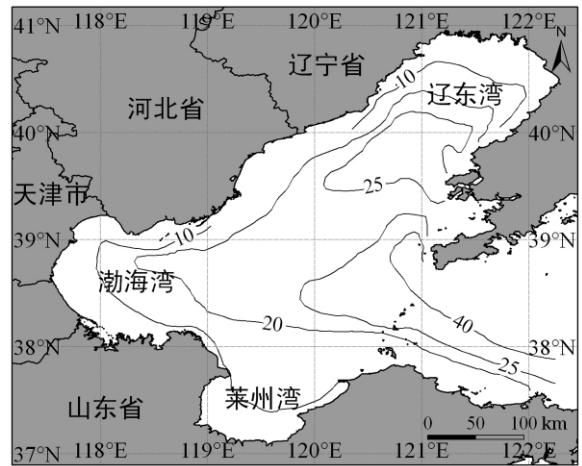


图 1 渤海区位及水深分布图
Fig. 1 Position and water depth distribution of the Bohai Sea

2 数据与资料

2.1 数据来源

研究中用到的数据主要有:(1)中国气象局提供的 1951 年 1 月至 2010 年 12 月全国 752 个站点的气温、风速、风向、降雪等数据;(2)包澄澜主编的《海洋灾害及预报》^[10]中对冰情与海冰灾害的描述(1895 - 1990 年);(3)杨华庭等主编的《中国海洋灾害四十年资料汇编》^[11](以下简称《资料汇编》)中的冰情等级(国家海洋局根据渤海冰期、结冰范围和冰厚情况制定标准,划分为 5 个等级)、结冰范围等资料(1950 - 1990 年);(4)国家海洋局发布的《海洋灾害公报》(以下简称《公报》)中的海冰灾害描述(1989 - 2010 年);(5)中国农业部渔业局编制的《中国渔业统计年鉴》(1996 - 2011 年)中的海水养殖业相关统计数据。

2.2 历史冰情与海冰灾害统计

中国的海冰灾害评价和记录一直没有形成完整的体系,并且早期的评估和记载多为定性描述,定量的经济损失评估从 2008 年才开始。现将史料中查到的冰情等级进行总结,见图 2(1895 - 1949 年数据源自《海洋灾害及预报》^[10],1950 - 1990 年数据源自《资料汇编》^[11],1991 - 2008 年数据源自《公报》);并对灾害损失的相关描述进行归纳,见表 1(1895 - 1990 年资料源自《海洋灾害及预报》^[10],1991 - 2010 年资料源自《公报》)。

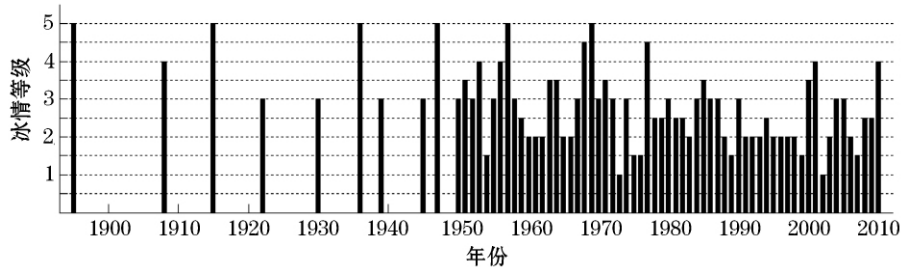


图 2 1895 - 2010 年渤海冰情等级序列

Fig. 2 Series of ice scale in the Bohai Sea from 1895 to 2010

表 1 1895 - 2010 年海冰灾害不完全归纳

Table 1 Incomplete induction of sea ice disaster from 1895 to 2010

年份	海 冰 灾 害 描 述
1895	大连港封冻, 舰船进出港困难, 渤海湾 3 艘轮船被困
1908	大连港封冻, 舰船进出港困难
1915	大连港封冻, 舰船进出港困难
1922	大沽口与曹妃甸灯塔海面冻住数艘轮船, 大连港封冻
1930	渤海湾很多船只搁浅, 大连港封冻
1936	冰情严重, 舰船无法航行
1939	海河口航行困难
1945	塘沽沿海不少渔船冻在海上
1947	冰情严重, 舰船无法航行
1951	塘沽港封冻
1955	塘沽沿海封冻
1957	冰情严重, 舰船无法航行
1959	塘沽沿海渔船出海被冻在海上
1966	黄河口沿海在短时间内封冻离岸 10 ~ 15km, 约 400 只渔船和 1 500 名渔民被冻在海上
1968	龙口港封冻, 3000 t 货轮不能出港
1969	“海二井”(重 550 t) 生活平台、设备平台和钻井平台被海冰推到, “海一井”(重 500 t) 平台支座拉筋被海冰割断; 塘沽港的 58 艘客货轮受到不同程度的破坏
1971	滦河口至曹妃甸海面封冻
1974	辽东湾冰情比常年偏重, 起锚 5 起, 两艘货轮相撞
1977	“海四井”烽火台被海冰推到; 秦皇岛港内有多艘船只被冰夹住, 需破冰引航
1979	辽东湾发生海底门堵塞事故一起
1980	龙口港封冻, 万吨级“津海”105 号轮被海冰所困, 由破冰船破冰引航方脱险
1986	3 艘万吨级货轮在大同江口受困, 由破冰船引航方脱险
1990	辽东湾封冻, 两艘 5 000 吨级货轮受阻, 走锚 37 起
1996	一艘 2 000 吨级外籍油轮受海冰的碰撞, 在距鲅鱼圈港 37 n mile 附近沉没, 4 人死亡
1997	JZ20—2 石油平台发生强烈震动; 一艘 2 000 吨级货轮在寺家礁附近沉没, 无船员伤亡
1998	鸭绿江入海口发生码头 17 处严重破坏, 沉船 11 艘, 严重受损船舶 19 艘
2000	辽东湾海上石油平台及海上交通运输受到影响, 有些渔船和货船被海冰围困
2001	秦皇岛港航道灯塔被流冰破坏, 港内外数十艘船舶被海冰围困, 造成航运中断, 锚地有 40 多艘船舶因流冰作用走锚; 天津港船舶进出困难; 大东港船舶航行受到影响; 渤海海上石油平台受到流冰严重威胁
2003	冰情严重期间, 海冰对辽东湾沿岸港口航行的船只和进出天津港的船只受到影响
2004	海冰对出入辽东湾沿岸港口的船只影响较为严重; 进出渤海湾天津港的船只也受到一定影响; 黄海北部东港及鸭绿江口附近港口受海冰影响较为严重
2005	辽东湾沿岸港口均处于封冻状态, 受海冰影响, 位于辽东湾的石油平台需靠破冰船引航才能保证平台供给及石油运输
2008	葫芦岛港锚地因海冰挤压造成船舶断锚; 营口港附近部分船舶冷却系统进水口被海冰堵塞; 辽东湾海上油气生产作业受到一定影响, 直接经济损失约 200 万元
2009	辽宁省盘锦市 1 个码头封航 120 d, 直接经济损失 500 万元; 河北省沿岸 7 个码头封冻共计 60 多 d, 水产养殖损失 1 000 万元; 山东省昌邑市 1 个码头封冻滞航, 11 艘船只受损, 直接经济损失 200 万元。共计直接经济损失 1 700 万元
2010	辽宁、河北、天津、山东等沿海三省一市受灾人口 6.1 万人, 船只损毁 7 157 艘, 港口及码头封冻 296 个, 水产养殖受损面积达 20. 787 万 hm ² 。因灾直接经济损失 63. 18 亿元

3 2010 年渤海海冰灾害特征分析

3.1 损失统计

自 1895 年起至 2010 年止共 116 个年份中,渤海每年都有不同程度的结冰现象。根据表 1 所归纳的 34 个年份的海冰灾害描述,可看出其损失呈现出 3 个特点:一是空间分布特点为北部重而南部轻,表现出一定的纬度地带性(海冰灾情记录中涉及辽东湾的有 17 次,而涉及莱州湾的仅仅有 4 次);二是结合图 2 所示的冰情等级资料可以判断 2010 年海冰灾害为近 30 a 来最严重的一次(1969 年与 1977 年海冰破坏结构物导致的损失难以估量,故保守认为是近 30 a);三是 2009 年之前的海冰灾害损失主要集中在港口封冻、船只受困和海上结构物损毁带来的损失,而 2010 年海冰灾害的描述中首次提及海水养殖业,且其损失十分严重(详见表 2)。

表 2 2010 年海冰灾害损失统计*
Table 2 Statistics of sea ice disaster loss in 2010*

省(自治区、 直辖市)	受灾人口		损毁船只/ 艘	封冻港口 码头/个	海水养殖损失		直接经济损失			
	受灾人口/ 10 ⁴ 人	死亡(失踪) 人数			受灾面积/ 10 ³ hm ²	数量/ 10 ⁴ t	海水养殖 损失/10 ⁸ 元	设施损失 10 ⁴ 元	其他损失/ 10 ⁴ 元	合计损失/ 10 ⁸ 元
辽宁省	0.45	无	1078	226	58.71	15.27	34.28	4 827	1001	34.86
山东省	5.65	无	6032	30	148.36	19.34	25.58	3 630	8 170	26.76
河北省	—	无	47	20	0.8	0.2	0.6	3 245	6 232	1.55
天津市	—	无	—	20	—	—	—	—	—	0.01
合计	6.1	无	7157	296	207.87	34.81	60.46	1 1702	1 5403	63.18

注:数据源自《海洋灾害公报》(2010 年)。

从表 2 中可以进一步看到 2010 年海冰灾害的经济损失主要集中在辽宁省和山东省,其中辽宁省经济损失高于山东省。从承灾体的类型看,受灾人口和损毁船只多数分布在山东省;辽宁省的封冻港口数占了最大比例;海水养殖损失则是直接经济损失的主要来源,山东省海水养殖受灾面积和数量最大,但其直接经济损失不及辽宁省严重。

3.2 致灾因子分析

在 2010 年的海冰灾害中,海冰分布范围较广,基本覆盖了整个环渤海地区。现将 1950 - 2010 年渤海辽东湾、渤海湾和莱州湾的结冰范围(最大浮冰外缘线离岸距离)进行归纳(1950 - 1990 年数据来源《资料汇编》^[11],1991 - 2010 年数据来源《公报》,其中缺失数据处理如下:渤海湾 1992 年与 2000 年数据分别根据《公报》的描述和图片进行估计;莱州湾 1992 年、1995 - 1997 年数据根据《公报》的描述估计,2000 年数据根据图片估计,2001 年、2002 年和 2007 年数据由李彦青等^[12]总结),如图 3。

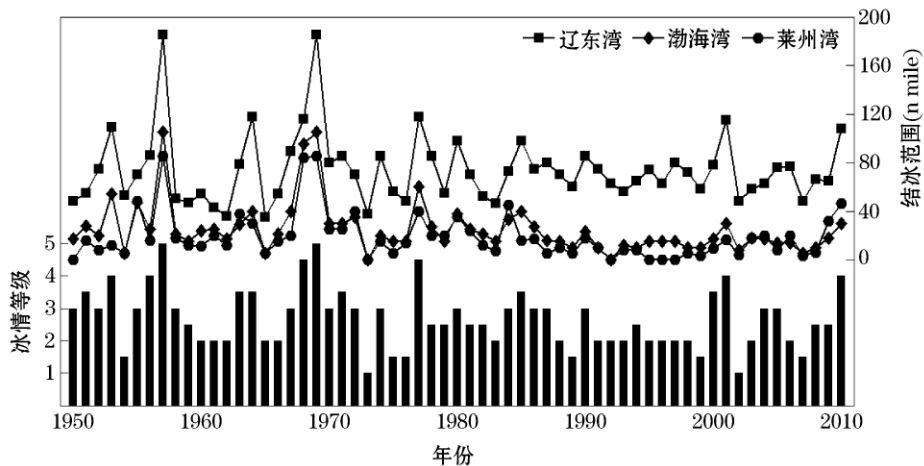


图 3 1950 - 2010 年辽东湾、渤海湾和莱州湾结冰范围年际变化趋势

Fig. 3 Interannual change trend of icy range in the Liaodong, Bohai and Laizhou bays from 1950 to 2010

从图 3 中可以看到 2010 年渤海三湾的结冰范围都处于 1970 年以来的较高水平(整体冰情仅次于 1977 年,为近 30 a 来最严重冰情),其中莱州湾的变化最为显著——相同冰情等级下 2001 年莱州湾结冰范围为 16 n mile,而 2010 年达到 46 n mile。近 20 a 以来,莱州湾只在部分年份出现小范围的结冰现象(1989 - 2009 年中有 4 a 基本无冰,平均结冰范围 9 n mile),而 2010 年罕见的长时间冰封现象极具代表性,且与受灾人口数量最多(92.6%)的山东省有直接关系,本文重点从结冰范围较往年变化显著的莱州湾入手,分析 2010 年渤海海冰分布变化的原因。

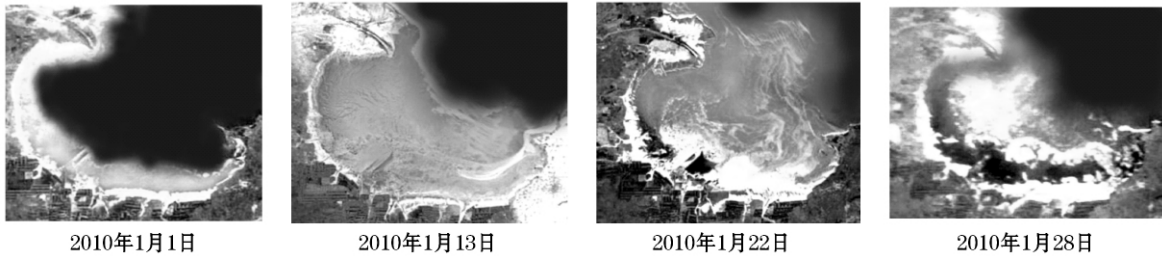


图 4 2010 年莱州湾海冰 MODIS 图像

Fig. 4 MODIS image of sea ice in the Laizhou Bay in 2010

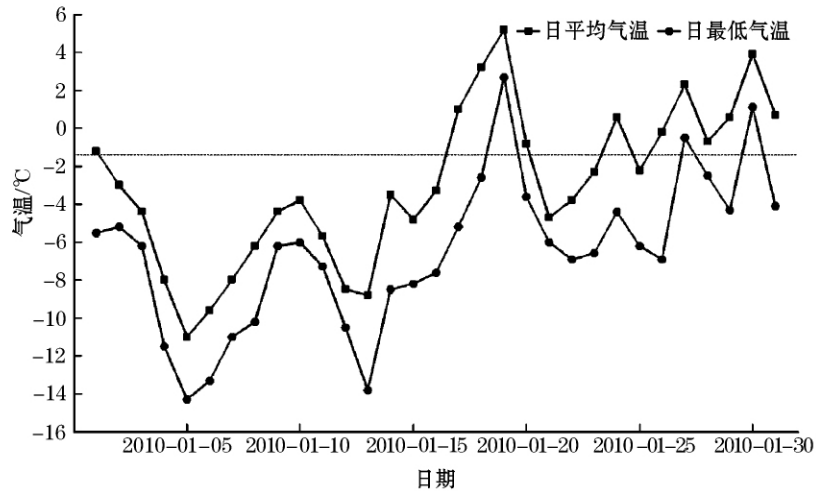


图 5 2010 年莱州湾(东营站)气温变化趋势

Fig. 5 Trend of daily temperature change in Laizhou Bay in 2010

2010 年莱州湾盛冰期出现在 1 月下旬。莱州湾沿岸有东营和龙口 2 个气象站,由于龙口站位于结冰范围的边缘,代表性较差,故选用东营站的 1 月份的逐日气象数据进行分析。如图 4 所示,从 1 月 1 日的图像上可以看到,莱州湾沿岸已经有固定冰生成,较常年提前了半个月左右。随后从图 5 可以看到,莱州湾气温持续 15d 低于海水冰点温度(莱州湾表层海水盐度为 25‰ ~ 29‰,对应冰点温度为 -1.4℃左右),其中 7d 的日最低气温在 -10℃ 以下,结冰范围迅速扩展。1 月 13 日的图像上可以看到莱州湾基本全部被浮冰覆盖,沿岸固定冰堆积程度加重。17 - 19 日气温回升到 0℃ 以上,莱州湾南岸浮冰大约有 1/3 的面积融化,而沿岸堆积的海冰没有明显变化。1 月 20 日东北风骤起,最大风速达到 10.8 m/s,并伴随降雪,海上浮冰在南岸聚集,而后随风向东运动,同时气温大幅下降,浮冰外缘线继续向东北方向扩展,在 22 - 23 日维持在 46 n mile 左右,达到莱州湾 40a 来最大结冰范围。随后气温回升到 0℃ 以上,在 28 日的图像上可以看到海上浮冰大范围消融,而沿岸固定冰的堆积程度比盛冰期还要严重。

与以往冰情相比,2010 年莱州湾冰情最大的特点是初冰日提前、沿岸固定冰堆积时间长、浮冰范围广。这表明在全球气候变化的背景下,2010 年渤海海冰分布发生变化,致灾因子的区域危险性增大。

3.3 承灾体分析

2010 年海冰灾害的主要承灾体可分为人口、船只、港口码头和海水养殖业 4 个部分。由 1.4 节表 1 可见,2009 年之前的海冰灾害承灾体只涉及到人口、船只、港口码头和海上结构物,而没有涉及海水养殖业损失的描述。而 2010 年海冰灾害承灾体首次提及海水养殖业,且其损失占了直接经济损失总数的 95.7%。

本节重点根据统计年鉴的数据研究海水养殖业的受灾特征。

作者认为 2009 年之前的海冰灾害对海水养殖业所产生的影响是由于缺少统计数据而没有被记载,这也说明了 2009 年之前海水养殖业损失相对较小,未引起统计部门的重视。而在 2010 年的海冰灾害中,以莱州湾为例,据山东省海洋环境监测中心统计,养殖贝类的死亡率受海冰影响显著,某些品种的死亡率达 20% 以上^[13]。虽然缺少历史上受灾的统计数据,但海水养殖业在 2010 年达到了空前的规模,同时遭遇到 30 年来最严重的海冰冰情,由此可以推测 2010 年由海冰灾害导致的海水养殖业损失与历史同期相比是最严重的一次。

近年来,渤海的沿岸工业活动蓬勃发展,海洋渔业产量与日俱增。根据《中国渔业统计年鉴》中的资料,对环渤海地区(天津市、辽宁省、河北省和山东省)1996-2010 年的海水养殖业相关数据进行总结,见表 3。从表 3 中可以看到海水养殖业的产值、产量和养殖面积都在迅速增长,这表明以海水养殖业为代表的海冰灾害承灾体的暴露性增大。

同时,沿岸渔民主动防御海冰灾害的能力也与脆弱性有关。对于第 3.2 节中分析得到的 2010 年冬季渤海海冰分布变化,历史上辽东湾沿海年年冰封,当地渔民防冰经验相对充足,或能够及时关注预警信息,提早采取相应措施,故受灾人口和损毁船只数较少;而莱州湾往年结冰程度较轻,没有引起当地渔民的足够重视,当海冰形成时或因信息闭塞、经验不足等因素,未能及时停止出海作业等,导致受灾人口和船只损毁数较多。

此外,海冰造成的港口封冻、海洋捕捞业受阻、海上油田停工等灾害,虽然直接经济损失较小,但间接经济损失却难以估量。例如环渤海地区的港口封冻会严重影响中国北油南下、北煤南运等国家战略性工程以及北方贸易的往来。

4 结论与讨论

环渤海地区是中国海冰灾害发生的主要区域,本文通过对 2010 年渤海海冰灾害的案例分析可以得到如下结论:

(1) 长期以来,渤海海冰的分布特点是北部重而南部轻,表现出一定的纬度地带性。2010 年渤海遭遇近 30a 以来最严重冰情,且莱州湾结冰范围明显扩大。通过分析莱州湾的结冰过程,发现其主要特点为初冰日提前,且沿岸固定冰堆积严重。这表明 2010 年渤海海冰的空间分布特点随全球气候变化有所改变,致灾因子的区域危险性增大;

(2) 近年来环渤海地区海水养殖业的经济规模逐渐扩大,成为海冰灾害损失增加的重要原因。2010 年海水养殖业的损失占海冰灾害直接经济损失总量的 95.7%,成为与历史同期相比最严重的一次。环渤海地区海水养殖面积和产量的增加是海冰灾害承灾体暴露性增大的主要特征之一。同时,沿岸渔民的防灾能力的强弱也是决定区域脆弱性的重要因素。

近年来海冰灾害导致的损失不断增大已是不争的事实。中国作为世界上少数几个受海冰灾害影响的国家之一,更应高度重视并继续加强海冰灾害问题的研究和管理,重视灾前预警、灾情评估、灾害保险等多种手段的应用,做好海冰灾害的综合风险防范工作。

表 3 环渤海地区海水养殖业统计数据

Table 3 Statistics of marine aquaculture in area around the Bohai Sea

年份	海水养殖		海水养殖
	产值/10 ⁸ 元	产量/10 ⁴ t	面积/ 10 ⁴ hm ²
1996	—	267.3	37.8
1997	—	358.7	43.1
1998	—	363.4	46.6
1999	—	418.8	51.7
2000	—	455.3	59.1
2001	—	486.2	61.5
2002	—	525.4	65.2
2003	275.7	537.7	82.2
2004	322.5	562.6	88.4
2005	385.5	597.4	95.2
2006	429.8	—	—
2007	473.8	567.6	80.1
2008	557.8	594.5	95.2
2009	651.7	627.2	119.7
2010	747.5	662.1	139.2

注:数据源自《中国渔业统计年鉴》,其中 2007 年《年鉴》中涉及的 2006 年海水养殖数据与原 2006 年《年鉴》中的数据不一致,故未列出 2006 年的数据。

参考文献:

- [1] Pelling M ,Maskrey A ,Ruiz P. Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development [M]. New York: United Nations Development Programme (UNDP) ,2004.
- [2] United Nations International Strategy for Disaster Reduction(UN/ISDR) . Living with Risk: A global Review of Disaster Reduction Initiatives [R]. Geneva: UN Publications ,2004.
- [3] 张方俭,费立淑. 中国的海冰灾害及其防御[J]. 海洋通报,1994,13(5):75-83.
- [4] 刘钦政,黄嘉佑,白珊,等. 渤海冬季海冰气候变异的成因分析[J]. 海洋学报,2004,26(2):11-19.
- [5] 李剑,黄嘉佑,刘钦政,黄. 渤海海冰长期变化特征分析[J]. 海洋预报,2005,22(2):22-32.
- [6] 李志军,严德成. 海冰对海上结构物的潜在破坏方式和减灾措施[J]. 海洋环境科学,1991,10(3):71-75.
- [7] 付博新,宋向群,郭子坚,等. 海冰对港口作业的影响及应对措施[J]. 水道港口,2007,28(6):444-447.
- [8] 史培军. 三论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报,2002,11(3):1-9.
- [9] 张升学. 海冰输运技术及离心脱盐方法研究[D]. 天津:天津大学,2008.
- [10] 包澄澜. 海洋灾害及预报[M]. 北京:海洋出版社,1991:132-152.
- [11] 杨华庭,田素珍,叶琳,等. 中国海洋灾害四十年资料汇编[M]. 北京:海洋出版社,1994:171-181.
- [12] 李彦青,苏洁,汪洋,等. 渤海海冰距离候平均时间序列构建与分析[C]//第28届中国气象学会年会论文集. 北京:中国气象学会,2011.
- [13] 宋秀凯,张宜奎,马建新,等. 2010年莱州湾海冰对贝类养殖影响[J]. 齐鲁渔业,2010,27(8):32-33.