

Preliminary Results on Storm Surge in China in Resent 30 Years

Qingli Guo¹, Manman Xing², Yingna Dang¹, Qian Shi³

¹Yantai Weather Bureau, Yantai

²Qingdao Weather Bureau, Qingdao

³Shandong Weather Bureau, Jinan

Email: gglyt@sina.com

Received: Apr. 28th, 2014; revised: May 26th, 2014; accepted: Jun. 5th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In this paper, based on a large number of Chinese literature and other marine disaster communique in Chinese history, and with a synoptic viewpoint, the authors analyze the evolution of storm surge process under global warming in this study.

Keywords

Storm Surges, Extratropical Cyclone, Tropical Cyclone

近30年我国风暴潮演变初步探讨

郭庆利¹, 邢曼曼², 党英娜¹, 史 茜³

¹烟台市气象局, 烟台

²青岛市气象局, 青岛

³山东省气象局, 济南

Email: gglyt@sina.com

收稿日期: 2014年4月28日; 修回日期: 2014年5月26日; 录用日期: 2014年6月5日

摘要

利用近30年来我国致灾风暴潮的天气、海洋资料,从天气学角度分析风暴潮的演变特征,总结得出热带风暴潮和温带风暴潮的变化特征。

关键词

风暴潮, 温带气旋, 热带气旋

1. 引言

我国大陆东南两面濒临太平洋,海岸线长达 18,000 公里,海洋灾害是我国的主要自然灾害之一。中国海洋灾害损失约占全部自然灾害总损失的 10%,而风暴潮灾害又为海洋灾害之首,世界上绝大多数因强风暴引起的特大海岸灾害都是由风暴潮造成的[1]-[4]。

近四十多年中,尽管沿海人口急剧增加,但死于潮灾的人数已明显减少。但随着濒海城乡工农业的发展和沿海基础设施的增加,承灾体的日趋庞大,每次风暴潮的直接和间接损失却正在加重。据统计,中国风暴潮的年均经济损失已由 50 年代的 1 亿元左右,增至 80 年代后期的平均每年约 20 亿元,90 年代前期的每年平均 76 亿元,1992 和 1994 年分别达到 93.2 和 157.9 亿元,风暴潮正成为沿海对外开放和社会经济发展的一大制约因素。本文根据诱发风暴潮的气象条件,从天气学的角度来分析研究近 30 年来我国风暴潮的发展变化趋势,对灾害性风暴潮的预测和预报具有重要意义。

2. 资料选取收集与质量控制

本文研究资料主要分为天气资料和海洋资料两大部分。

1) 天气资料

1980~2010 年的国家局下发的高空天气图、地面图、烟台辖区(11 个县市区)的大风观测数据和热带气旋数据,以及 2007 年后烟台辖区内 120 座自动气象站观测的风向、风速实况资料。其中高空天气图包括 500 hpa、700 hpa 和 850 hpa 三个层次的高度场、温度场。热带气旋数据包括发生时间、登陆时间、登陆时最大风速、登陆时中心气压、登陆地点和路径趋向。

2) 海洋资料

由于海洋资料获取具有一定难度,1989 年前主要通过查阅大量历史文献,收集整理我国历史上的主要风暴潮过程,包括发生时间、最大潮位、最大增水和灾情统计。1989~2010 年国家海洋局下发的中国海洋灾害公报记载的比较详细的重大潮灾过程。

3. 近 30 年我国风暴潮演变趋势

3.1. 我国风暴潮灾害纪实

从表 1 可以看出,每年的 7、8、9 月是渤海、黄海沿岸潮位较高的月份,而热带气旋多于此季节影响北方,风暴潮灾害也多发生在这一时期。东海沿岸出现的时间滞后一个月,一般在 8、9、10 三个月,热带气旋此时正活跃在东海,南海因受地理纬度影响,沿岸多日潮或日潮、半日潮混合海区,天文潮的月际变化不大,但因影响南海的热带气旋最多,时间最长,从 5 月到 11 月均有热带气旋登陆于此,即使是小潮期热带气旋引起的强风暴潮迭加在高潮上也能使沿岸受灾,因此南海遭灾的时间可达半年之久,

潮灾也较多。

我国的风暴潮灾害主要是由热带气旋所引起, 约为 82.1%。同时我国是一个多风暴潮灾的国家, 华南、东南沿海以热带气旋风暴潮灾为主, 而北方沿海除了受到热带风暴潮威胁外, 在冬春秋季还有温带气旋及冷空气所引起的温带风暴潮灾[5]-[8]。根据沿海潮灾纪实, 可见渤海湾、莱州湾沿岸; 长江口、杭州湾; 浙江温州、台州; 福建闽江口; 粤东、珠江口、雷州半岛东岸; 海南的东北部地区是风暴潮多发区、严重区。

3.2. 近 22 年风暴潮发生频率

根据中国海洋灾害公报(1989~2010)资料分析(表 2), 1989~1999 年间共发生了 56 次风暴潮灾害, 而 2000~2010 年间共发生了 76 次。由此可见近 22 年间风暴潮发生频率在 2000 年以后明显加大, 增加了 26.3%, 即由 5.1 次/年增加为 6.9 次/年。同时由于社会经济的发展, 致灾程度明显加深, 经济损失也是呈增加趋势。

4. 热带风暴潮

4.1. 登陆我国热带气旋的变化特征

通过对自 1949 年来登陆我国热带气旋的数量、时间、强度及登陆路径等的分析表明, 近半个多世纪以来, 在我国登陆的热带气旋表现出以下主要特征:

1) 热带气旋登陆地点趋于集中

1949 年~1981 年, 登陆和影响我国的热带气旋主要集中在华南沿海和海南岛地区; 而 1982 年至今仍主要集中在华东沿海及台湾岛地区, 在北纬 37 度以北和 20 度以南均有减少趋势。总体来看, 近五十多年来, 我国热带气旋的最北登陆位置呈现为较明显的逐年南落, 并向北纬 25 度靠近; 而最南登陆位置则与之相反, 呈逐年北上且也向北纬 25 度靠近的趋势。热带气旋登陆区域更为集中, 北纬 25 度附近的东

Table 1. Storm surge frequency from month to month in 1980-2010

表 1. 1980~2010 年逐月风暴潮频数

海岸段	月份								合计
	5	6	7	8	9	10	11	12-4	
海南		2	7	5	7	8	4	2	35
两广	1	4	11	13	8	2	-	-	39
浙闽	-	2	10	24	20	6	-	-	62
苏沪	-	-	2	7	1	-	-	2	12
鲁辽	-	2	2	6	1	6	6	9	32
合计	1	10	32	55	37	22	10	13	180

Table 2. China's coastal storm surge disasters statistics in 1989-2010

表 2. 1989~2010 年我国沿海致灾风暴潮统计

年份	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	合计	年均
个数	7	4	3	5	6	11	8	5	3	3	2	56	5.1
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	合计	年均
个数	4	6	2	6	7	10	5	9	11	8	8	76	6.9

南沿海成为热带气旋登陆的主要区域。因此，这一区域遭受登陆热带气旋袭击的危险明显增大。

2) 热带气旋登陆时段趋于集中

热带气旋的登陆时间多集中在 7~9 月，具有明显的季节性。登陆季节的持续时间平均约 4 个月，最短不到一个月，最长可达半年。统计表明，近五十多年来，我国热带气旋登陆季节的持续时间缩短了近一个月，热带气旋的登陆时段趋于集中。

3) 登陆热带气旋强度逐年增强

据统计，以热带气旋中心附近的平均最大风力表示其强度，结果显示我国的热带气旋自 1980 年以后在登陆时的强度有增加的趋势，并且在登陆热带气旋中强度较强的热带气旋所占比重也呈增加的趋势。

4.2. 热带风暴潮天气形势特征

引起风暴潮的热带气旋，相对于发生区域一般会引起强烈的向岸大风，再配合天文高潮期，通常会造较强的风暴潮灾害。以山东半岛为例，1980 年以来，山东沿岸共发生 5 次热带风暴潮灾害，分别是由 8509、9216、9415、9711 和 0509 号热带气旋所引起，其中 9216 和 9711 造成严重潮灾，经济损失惨重。通过查找这 5 次热带气旋路径(图 1)可以发现，根据刘学萍等[11]等对风暴潮预报的天气分型方法，把影响渤海的热带气旋路径大致可分为 3 个类型：登陆转向型、近海北上型和登陆北上型。相对于渤海湾、莱州湾一般为东北或偏东的向岸大风，而对于青岛附近的南部沿海则多为东南或偏南大风。

4.3. 热带风暴潮灾害特征

因没有 1989 年前的海洋灾害公报，风暴潮灾害缺乏完整数据，故以下分析多以 1989~2010 年的资料来代表。根据热带气旋的变化特征，通过分析热带风暴潮灾害发生时间、强度及造成的直接经济损失，总结归纳具有以下三个特征：

1) 风暴潮发生时间与热带气旋登陆时间具有正相关性

图 2 给出 1980 年~2010 年我国热带风暴潮灾害逐月发生频数，可以看出 7~9 月为潮灾主要发生期，与热带气旋登陆期重合。同时这段时间也是我国的雨季，海洋潮位本身要高于其他时期，如果再叠加上天文大潮，出现灾害性风暴潮的几率将明显偏高。

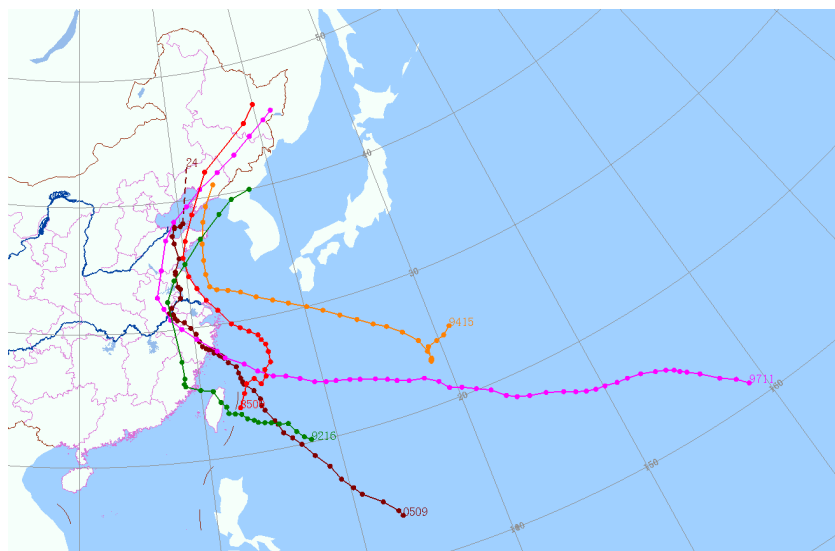


Figure 1. Path of tropical cyclone causing Shandong storm surge disaster

图 1. 造成山东风暴潮灾的热带气旋路径

2) 热带风暴潮呈增多趋势

由于登陆我国的热带气旋强度呈增强趋势，直接导致了热带风暴潮灾增多。图 3 给出了 1989~2010 年间我国热带风暴潮灾的逐年频数，可以看出 1989~1999 年间，平均每年可达 4.73 次；而 2000~2010 年间，平均每年增加到 5.45 次。由此可以得出热带风暴潮近 22 年间有增多趋势。

3) 直接经济损失呈增加趋势、因灾死亡人口呈下降趋势

图 4 和图 5 分别给出了近 22 年我国风暴潮灾害的直接经济损失和死亡、失踪人口数，可以看出在国

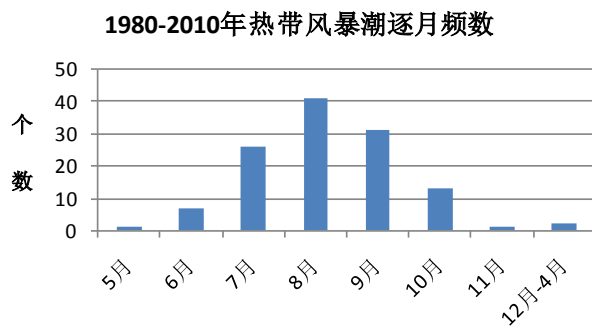


Figure 2. Tropical storm surge disaster occurrence frequency from month to month
图 2. 逐月热带风暴潮灾发生频数

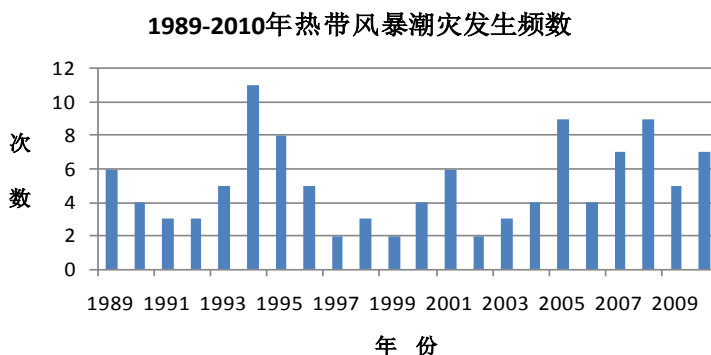


Figure 3. Tropical storm surge disaster occurrence frequency year by year
图 3. 热带风暴潮灾逐年发生频数

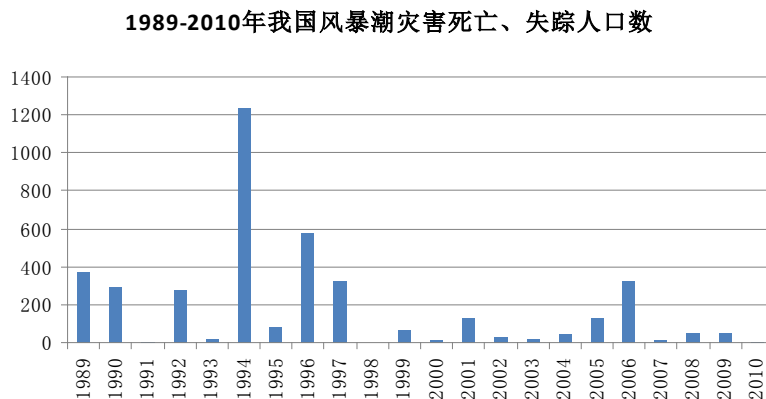


Figure 4. Direct economic loss caused by storm surge disasters
图 4. 风暴潮灾害直接经济损失

1989-2010年我国风暴潮灾害经济损失（亿元）

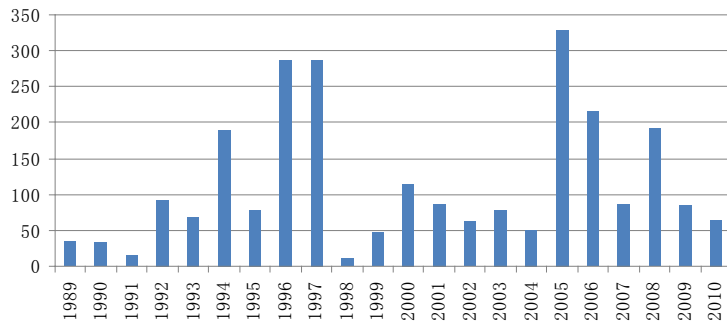


Figure 5. Dead and missing population in storm surge disasters
图 5. 风暴潮灾害中死亡、失踪人口数

民经济的大力发展下，随着滨海城乡工农业的发展和沿海基础设施的增加，承灾体的日趋庞大，每次风暴潮的直接损失正在加重。而由于预报措施发展及政府防灾减灾能力的提高，死亡、失踪人口数出现了明显下降趋势。

5. 温带风暴潮

5.1. 温带风暴潮发生区域及影响系统

由于温带风暴潮是由温带气旋和强冷空气所引起的，其主要发生地区为我国北方的莱州湾、渤海湾，最南端可在苏沪沿海。根据历史潮灾纪实中记录的 28 次温带风暴潮灾中，只有三次发生在江苏省，发生频率较小，且集中在 2004 年和 2008 年。

1980 年~2010 年共记录 24 次温带风暴潮灾害，由造成风暴潮的影响系统来看，有 11 次是由冷锋引起，有 7 次是由冷锋与气旋(含低压、倒槽)结合引起，有 6 次是由温带气旋引起。可以看出冷锋引起的风暴潮以及冷锋与气旋配合，是造成温带风暴潮的主要天气系统，出现频率较高。

5.2. 温带风暴潮天气形势特征

温带气旋(含低压)配合冷空气类引起的山东风暴潮占 31.25%，且温带气旋多为江淮气旋，发生时间多集中在 3~4 月[9] [10]。增水前一天 700 hpa 高空图上，在华北一带有冷槽，锋区较强，槽前有明显的暖平流输送，槽后有强冷空气堆积。地面图上贝加尔湖附近有一完成的闭合冷高压，长江口到苏北一带有气旋或低压生成，形成“北高南低”的形势，使渤海海域的气压梯度不断加大，黄海吹东南大风，使海水向黄海北部及渤海堆积，随着气旋的东移，气旋中心位于山东半岛或山东半岛与朝鲜半岛之间时，黄海北部由东南大风转为东北大风，使渤海湾、莱州湾等地迅速增水。这时如遇天文大潮，极易出现风暴潮[11] [12]。这种天气形势多产生于春季，增水强度较大。

如 2007 年 3 月 4 日~5 日，渤海沿岸出现的强风暴潮均属于此类天气形势，北方有较强冷空气南下影响(图 6)，同时有南支槽发展东移，使地面倒槽发展成为气旋，形成“北高南低”的地面气压形势。地面气旋是从苏北发展向东北方向移入山东，再从山东半岛移入黄海(图 7)。冷锋过境前渤海吹东南风，冷锋过境后，转为东北大风。气旋移入后，气压梯度加大，导致风速增大，形成强烈而持久的向岸风。

5.3. 温带风暴潮灾害特征

1) 温带风暴潮发生区域集中

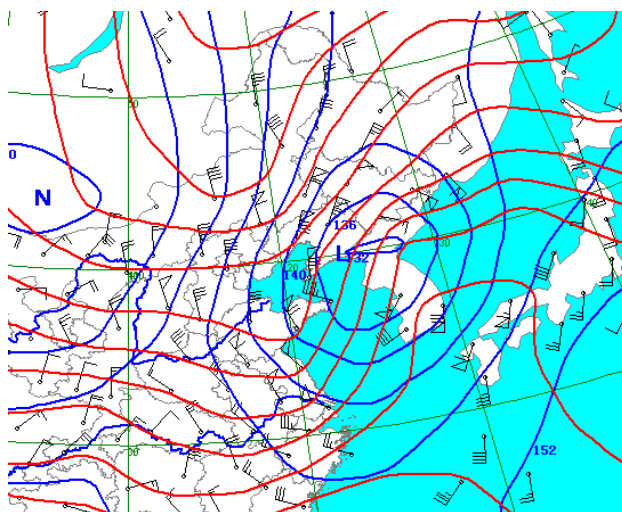


Figure 6. Situation on March 4, 2007, 20:00, 850 hpa
图 6. 2007 年 3 月 4 日 20 时 850hPa 形势

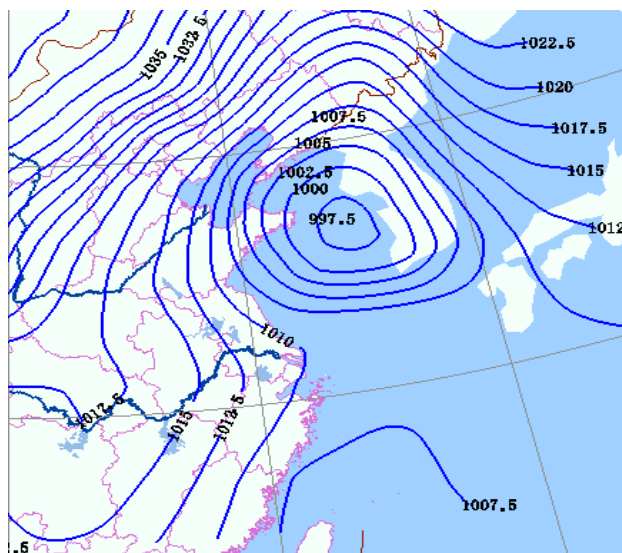


Figure 7. Figure on the ground on March 4, 2007, 14:00
图 7. 2007 年 3 月 4 日 14 时地面图

自 80 年代以来, 我国的温带风暴潮绝大多数都是发生在我国北方的渤海湾和莱州湾沿岸, 且成灾一般较严重; 黄海北部(山东青岛附近)发生频数次之, 苏沪沿海最少, 目前收集的文献记录仅在 2004 年和 2008 年共出现了三次发生在江苏省沿岸的潮灾, 这两个地区成灾程度相对较弱。

2) 温带风暴潮灾害呈增多趋势

图 8 给出了 1989~2010 年北方致灾温带风暴潮的发生频数, 可以看出, 前后 11 年有明显区别。1989~1999 年间, 形成风暴潮灾害具有不均匀性, 有些年份没有潮灾发生, 有些年份比较集中, 总体平均每年 1 次; 但在 2000 年后明显增多, 基本上每年都有潮灾发生, 相对均匀, 平均每年 1.27 次。

3) 温带风暴潮强度没有明显变化趋势

图 9 给出了 1981~2007 年威海市出现的 18 次风暴潮的最高潮位曲线图, 以威海站作为代表, 可以看出这 26 年间, 最高潮位并没有明显变化趋势, 只是在 2007 年达到了最高点 313 cm。

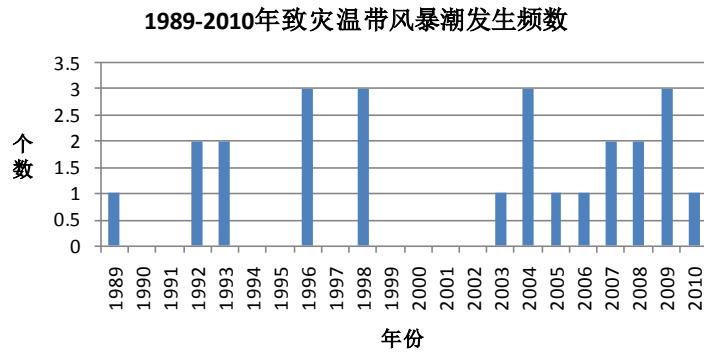


Figure 8. Temperate storm surge disasters occurrence frequency year by year

图 8. 致灾温带风暴潮逐年发生频数

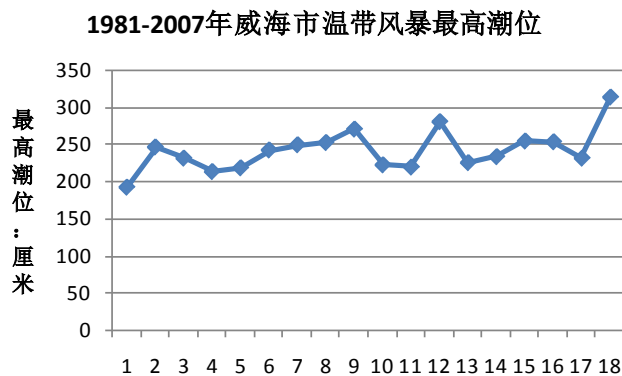


Figure 9. Distribution of Weihai temperate storm surge at the highest water level

图 9. 威海市温带风暴潮中最高潮位分布图

6. 结论与讨论

1) 从风暴潮发生频次和地域来看, 热带风暴潮要明显多于温带风暴潮, 且致灾范围也明显大于温带风暴潮, 热带风暴潮影响我国大部分沿海, 而温带风暴潮仅影响莱州湾、渤海湾等北部沿海。

2) 热带风暴潮是我国主要潮灾类型, 其发生时间多集中在 7、8、9 月。而温带风暴潮多发生在冬春季节。

3) 近 30 年来, 热带风暴潮和温带风暴潮都有增多趋势。

4) 本文主要讨论了从诱发风暴潮灾害的天气系统、逐年发生频次以及经济损失等角度, 分析总结了我国风暴潮灾害演变特征。由于缺乏详细资料, 未能对潮位变化趋势得出结论。

参考文献 (References)

- [1] 王月宾 (2007) 渤海西岸致灾风暴潮的统计预报模型. *气象*, **9**, 40-46.
- [2] 闫丽凤, 江文胜, 等 (2008) 0703 温带气旋特大风暴潮数值模拟对比分析. *应用气象学报*, **5**, 595-601.
- [3] 冯士筭, 秦曾灏 (1979) 超浅海风暴潮的数值模拟(I). *海洋学报*, **2**, 193-211.
- [4] 冯士筭 (1998) 风暴潮的研究进展. *世界科技研究与发展*, **4**, 44-47.
- [5] 徐灵芝, 赵玉洁, 等 (2010) 离岸风背景下风暴潮异常增水特征分析. *气象*, **5**, 56-63.
- [6] 董胜, 许鹏婧, 等 (2009) 胶州湾风暴潮增水重现值的长期预测. *中国海洋大学学报*, **5**, 1119-1124.

- [7] 房浩, 李善峰, 等 (2007) 天津市风暴潮经济损失评估. *海洋环境科学*, **3**, 271-274.
- [8] 黄磊 (2009) 渤海潮汐和风暴潮分离的研究. *海洋科学进展*, **3**, 295-301.
- [9] 刘敦训 (2006) 山东省近 50 年海洋气象灾害特征分析. *海洋预报*, **1**, 59-64.
- [10] 张晓慧, 盛春雁, 等 (2006) 青岛沿海风暴潮分析. *海洋预报*, **增刊**, 42-46.
- [11] 刘学萍, 邹积庆, 等 (1997) 烟台港风暴潮灾害及其预报. *气象*, **5**, 47-50.
- [12] 周淑玲, 闫丽凤 (2002) 影响山东半岛风暴潮的分析和预报. *气象科技*, **1**, 37-42.