

2007年3月辽东湾西部减水特征分析^{*}

胡筱敏^{1,2,3}, 熊学军^{2,3}, 云升军^{2,3}, 李燕⁴, 王冠琳^{2,3}

(1. 中国海洋大学, 山东 青岛 266100; 2. 国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061;

3. 海洋环境科学与数值模拟国家海洋局重点实验室, 山东 青岛 266061;

4. 大连市气象局, 辽宁 大连 116001)

摘要: 利用秦皇岛、兴城以及葫芦岛3个测站的气象及潮位的连续观测资料, 对2007年3月东北及华北部分地区56 a来同期最强的暴风雪强天气过程引起的辽东湾西部特大减水事件进行了分析研究。结果表明, 本次天气过程引发的秦皇岛、兴城及葫芦岛三站的最大减水分别达到了-217 cm, -228 cm及-230 cm, 接近或超过了百年一遇减水强度, 这为辽东湾西部海域的工程分析及风暴潮研究提供了实测参数。范围大、持续时间长、风力较强的离岸风的作用是造成本次辽东湾西岸强减水的主要原因。

关键词: 特大减水; 辽东湾西部; 离岸风

中图分类号: P732

文献标识码: A

文章编号: 1671-6647(2008)03-0277-08

风暴潮是指热带气旋(台风或飓风)或温带气旋等强烈大气扰动引起的海面异常升降现象。一方面, 当向岸大风长时间吹刮海面, 风暴增水与天文高潮、巨浪等相叠加, 往往酿成严重的涨水灾害; 另一方面, 当离岸大风长时间吹刮海面, 风暴减水与天文低潮等相叠加, 则会造成由“风暴减水”或“负风暴潮”引起的异常低潮位。特别是特大风暴减水, 严重影响了涉海取水工程水量的正常供给, 影响到大型油轮及巨型货轮的正常航行和锚泊, 是涉海工程极值水位确定的重要因子。因此, 对特大风暴减水的直接观测与研究, 意义相当重大^[1-4]。辽东湾水深本来就较浅, 平均水深不足18 m, 且海底地形自湾顶及东西两侧向中央倾斜, 湾西侧水深小于东侧, 因此对辽东湾西岸强减水的研究尤其具有重要的价值。

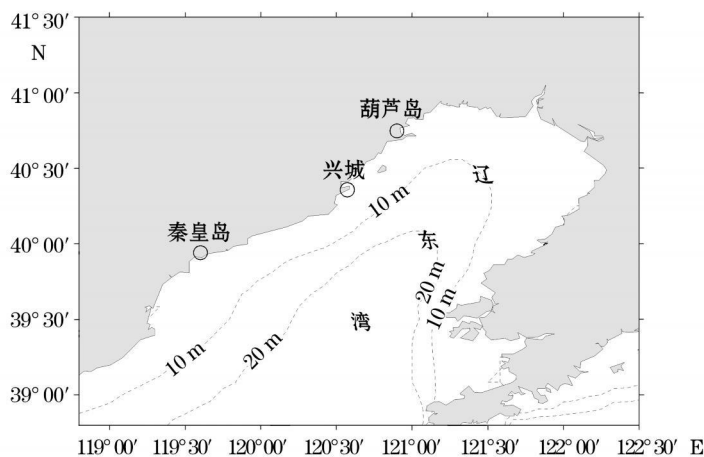


图1 辽东湾地图及各潮位站所在位置

Fig. 1 Map of the Liaodong Bay and locations of the tidal gauge stations

^{*} 收稿日期: 2007-04-10

资助项目: 国家自然科学基金项目——东海黑潮三维结构及季节变化研究(40406009), 黑潮流路反气旋弯曲对其向边缘海入侵的影响(40706013)

作者简介: 胡筱敏(1974-), 女, 湖北广水人, 博士研究生, 助理研究员, 主要从事区域海洋学与调查技术方面研究。

(杜素兰 编辑)

2007 年 3 月上旬, 东北及华北部分地区遭遇了 56 a 来同期最强的一次降雪, 辽东湾西岸出现了历史罕见的特大减水。设在兴城的临时潮位观测站完整地观测到这次减水的整个过程, 同时, 收集到葫芦岛、秦皇岛海洋站同期观测的潮位资料, 形成该次辽东湾西岸减水区的潮位观测阵列(图 1), 以期对该次特大减水有较具体的反映。

1 资料收集与整理

收集了本次天气过程前后共 30 d(2007 年 2 月 19 日—3 月 20 日)的潮位与气象资料用于本文的研究: 1) 兴城临时海洋站、秦皇岛海洋站和葫芦岛海洋站的潮位观测资料; 2) 兴城临时海洋站的气压、水温、风速和气温资料; 3) 秦皇岛气象站和葫芦岛气象站的风速资料。

其中, 兴城潮位资料由现场临时观测站的压力式自记潮位仪观测获得, 时间间隔为 10 min。根据现场气压资料对观测数据进行了压力订正, 并利用现场实时水温资料及该海域的平均盐度估算了实时海水密度, 从而将压力数据转换成以潮高记录零点为起算面的潮位数据, 再将其转换为相对于 85 国家高程基准面的数值, 然后进行增减水计算。

秦皇岛、葫芦岛潮位资料均系当地海洋站所测, 时间间隔为 1 h, 统一转换为相对于 85 国家高程基准的数值。其中秦皇岛站 3 月 8 日 00:00—9 日 11:00 潮位资料因故缺测。

收集的气象资料的观测时段与潮位资料相一致, 时间间隔为 1 h, 其中秦皇岛 3 月 8 日 21:00—9 日 10:00 的资料因故缺测。

2 减水计算方法

增减水计算采用实测潮位与天文预报潮位相减的方法获得。天文潮位则根据各站的调和常数对该时段进行潮位预报获得。

秦皇岛站与葫芦岛站都是根据各站 1 a 的观测资料算得调和常数, 然后进行计算。兴城临时海洋站由于观测时间较短, 没有长时间潮位观测资料序列用于潮汐调和常数的计算, 为尽可能减小强天气过程对调和常数计算的影响, 利用现有资料采用如下方法对该站潮位数据进行调和分析: 1) 首先直接取该天气过程前后共 30 d(2 月 19 日—3 月 20 日)的观测数据进行调和分析; 2) 根据算得的调和常数对这一时段的潮位进行后报; 3) 将实测潮位与后报结果中差别比较大的部分用后报值替换; 4) 利用替换后的潮位数据重新进行调和分析, 求得新的调和常数。从而利用这一调和常数对该时段各时刻的潮位进行后报, 根据后报结果与该时段的实测潮位数据计算出各时刻增减水。

兴城站的实测潮位、预报潮位过程曲线分布如图 2 所示, 比较二者可以看出, 3 月 5 日前后, 即这一强天气过程及其后几天, 预报潮位与实测潮位差别尤其明显, 因此为尽可能缩小强天气过程引起的调和计算误差, 将这一时段的实测潮位用预报结果代替后重新进行调和分析, 从而进行增减水计算。实际上, 从图 2 上看, 整个观测过程预报值与实测值之间普遍存在一定的差值, 这主要是离岸大风的持续吹刮所造成, 可以从后文给出的这 30 d 的风场情况看出。

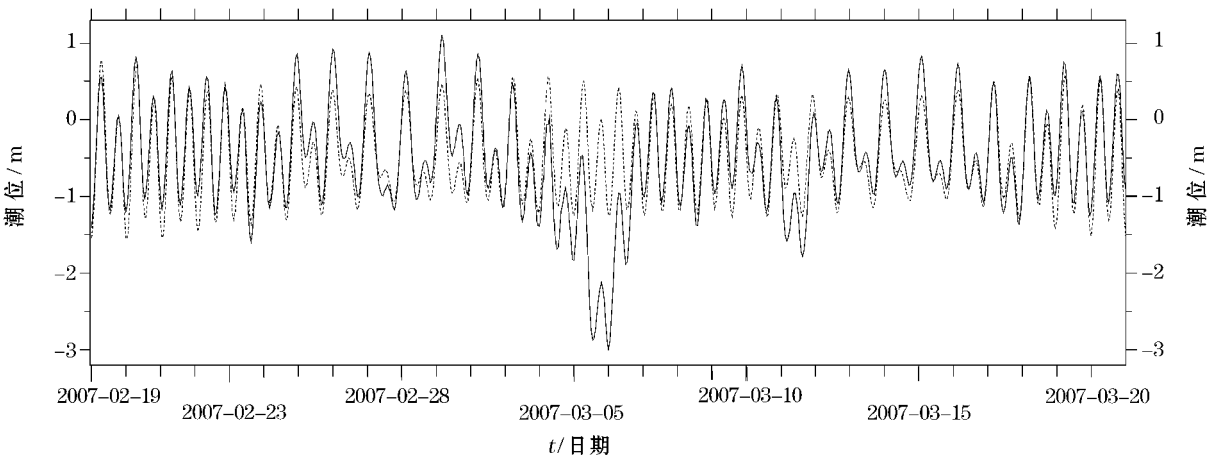


图 2 兴城站潮位观测值(实线)、预报值(虚线)比较图
(潮位观测、预报值起算面为 85 国家高程基准面)

Fig. 2 Comparison between the observed water level (solid line) and the forecasted (dashed line) at Xingcheng tide gauge station
(The water level values are based on the 1985 national elevation datum)

3 减水计算结果

各站的增减水计算结果以及对应的实测潮位分布过程曲线如图 3、图 4 及图 5 所示。由计算结果可知, 秦皇岛站最大减水达 -217 cm, 发生在 3 月 5 日 21:00; 兴城达 -228 cm, 发生在 3 月 5 日 18:00; 葫芦岛站则达到 -230 cm, 也发生在 3 月 5 日 18:00。

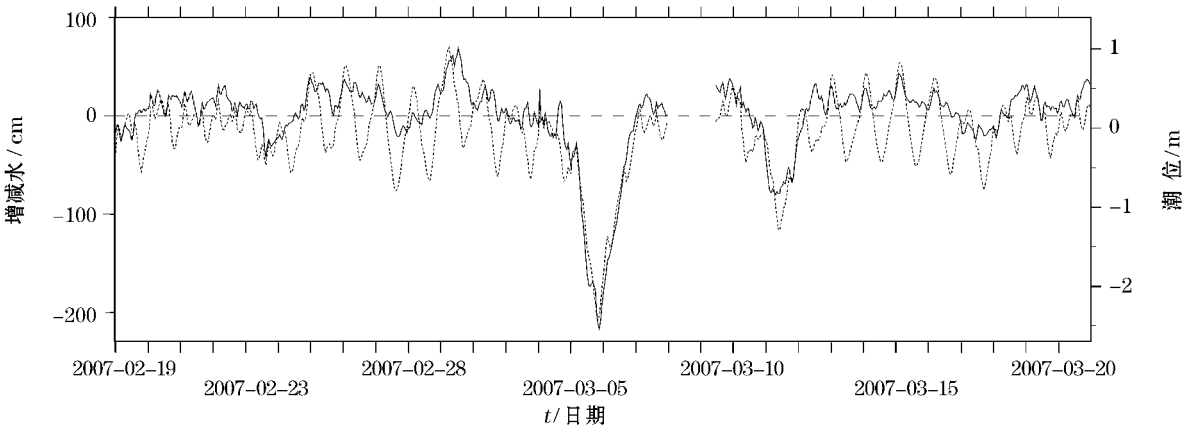


图 3 秦皇岛站实测潮位及增减水过程曲线图
(图中实线为增减水曲线, 对应左纵轴; 虚线为实测潮位曲线, 对应右纵轴; 潮位起算面为 85 国家高程基准面)

Fig. 3 Time variations of the storm surge and the observed water level at Qinhuangdao tide gauge station
(The solid line denotes the curve of storm surge corresponding to the vertical axis to the left, and the dashed line denotes the curve of the observed water level corresponding to the right. The values are based on the 1985 national elevation datum)

根据于宜法等(2003)^[3]给出的多年一遇极值风减水值, 秦皇岛 50 年一遇风减水值为 -201 cm, 葫芦岛为 -199 cm; 秦皇岛 100 年一遇风减水值为 -229 cm, 葫芦岛为 -216 cm。因此, 参考这一结果, 本次天气过程引起的辽东湾西部海域的减水强度应该是接近或超过 100 年一遇强度的。根据在当地的调研结果, 当地

©1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

众多上年纪老人普遍反映,该减水过程之强为他们毕生所未见。此外,从计算结果看,本次减水强度有向湾顶逐渐增大的趋势。

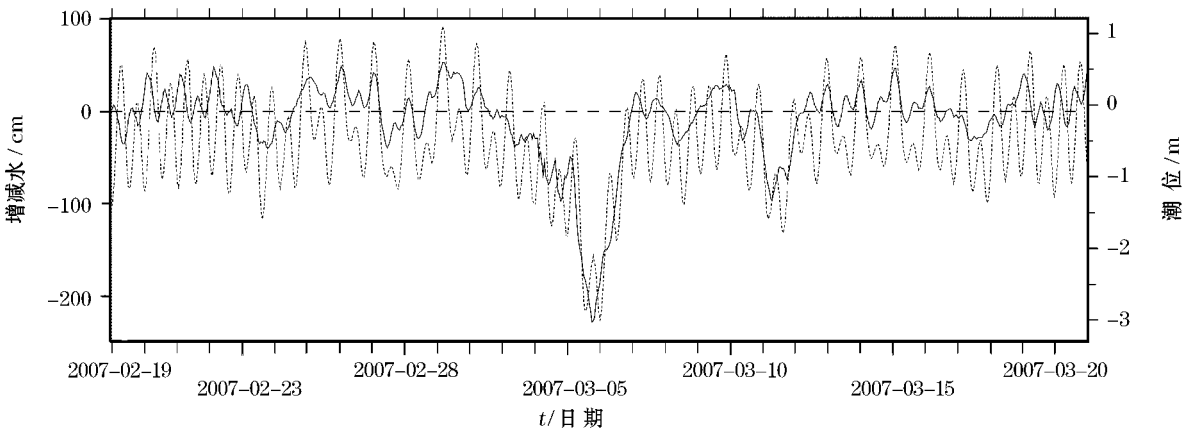


图 4 兴城站实测潮位及增减水过程曲线图

(图中实线为增减水曲线,对应左纵轴;虚线为实测潮位曲线,对应右纵轴;潮位起算面为 85 国家高程基准面)

Fig. 4 Time variations of the storm surge and the observed water level at Xingcheng tide gauge station

(The solid line denotes the curve of storm surge corresponding to the vertical axis to the left, and the dashed line denotes the curve of the observed water level corresponding to the right. The values are based on the 1985 national elevation datum)

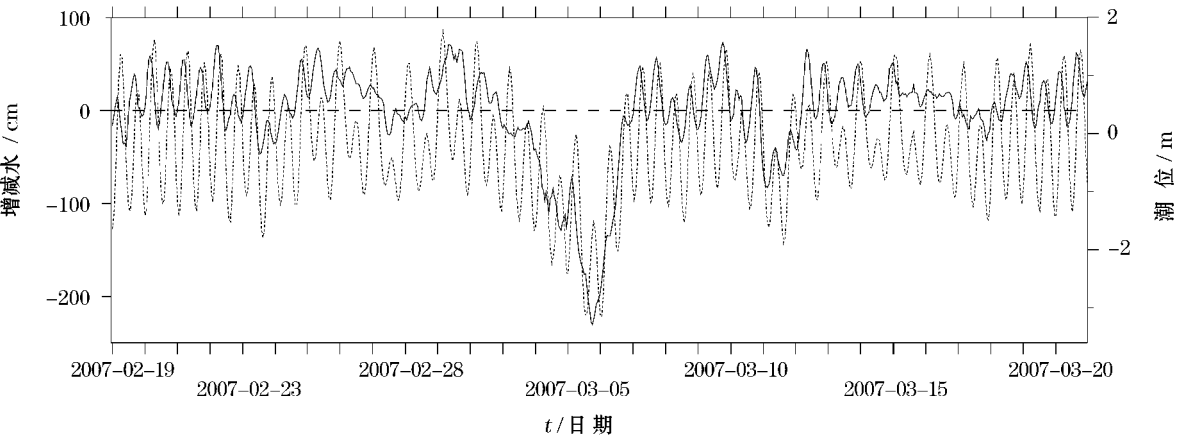


图 5 葫芦岛站实测潮位及增减水过程曲线图

(图中实线为增减水曲线,对应左纵轴;虚线为实测潮位曲线,对应右纵轴;潮位起算面为 85 国家高程基准面)

Fig. 5 Time variations of the storm surge and the observed water level at Huludao tide gauge station

(The solid line denotes the curve of storm surge corresponding to the vertical axis to the left, and the dashed line denotes the curve of the observed water level corresponding to the right. The values are based on the 1985 national elevation datum)

3 月 5 日为农历正月十六,恰逢天文大潮期。从各站最大减水的发生时间与潮位的对应关系看,秦皇岛站的最大减水发生在低潮时附近。秦皇岛位于渤海无潮点附近,潮差本来就较小,平时潮汐振幅一般都在 1 m 以内,但本次天气过程造成的强减水与低潮迭加,造成了秦皇岛潮位的急剧下降,实测潮位最低达 -2.431 m(相对于 85 国家高程基准面),远远低于秦皇岛平常时候低潮潮位。

兴城与葫芦岛站的最大减水则均发生在高潮前约 2 h,接近高潮潮位时。兴城最大减水发生后邻近的 3 月 6 日 00:00 低潮潮位较低,为 -2.997 m,且此时的减水较最大减水时小 0.43 m,虽然较前一个低潮减水与最大减水时的略小,但若最大减水时恰逢这个低潮时刻,潮位为这一时段的最低值。因此可推算出若兴城

此次最大减水发生时恰逢天文大潮的低潮, 则潮位至少在 -3.43 m 以下(相对于 85 国家高程基准面)。同理, 葫芦岛站最大减水发生时邻近的低潮潮位为 3 月 5 日 13:00 的为 -3.128 m , 此时的减水较最大减水时小 0.54 m , 因此可推算出若葫芦岛此次最大减水发生时恰逢天文大潮, 则潮位至少在 -3.67 m 以下(相对于 85 国家高程基准面)。

4 减水成因分析

2006—2007 年冬季辽东湾西部海域气温较常年偏暖, 一直无大的降雪发生。然而 2007 年 3 月 3 日夜间断至 4 日该海域乃至北方大部分地区偏北风一直持续, 气温骤降, 并普降大到暴雪, 部分地区积雪厚度达 2 m 以上, 降雪强度为自 1951 年以来同期最强。从地面天气形势图上看, 这次强天气过程是贝加尔湖强冷空气和江淮气旋共同作用的结果(图 6)。2007 年 3 月 3 日—5 日, 随着贝加尔湖强冷空气的缓慢东移及江淮气旋向东北方向推进并加深, 江淮气旋西侧大范围地区处于较大气压梯度之下, 形成了这一地区强冷空气的态势, 渤海及黄海大部分海区为持续的偏北风控制。这种天气形势无疑是本次辽东湾西部强减水形成的诱因。

另外, 根据设在兴城的临时气象站的气温观测结果(图 7), 3 月 3 日 15:00 起该站气温开始急剧下降, 至 5 日 6 时降幅高达 $15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。由此也可见本次天气过程之强烈。

为对本次强减水的成因进行较为详尽地讨论, 利用与潮位资料同时段秦皇岛、兴城及葫芦岛三地的风速资料进行了分析。各地逐时 10 min 平均风速矢量分布图分别如图 8、图 9 和图 10 所示。

秦皇岛风速观测结果表明(图 8): 3 月 4 日之前几天风向以 NE 为主。4 日 3 时起开始风向主要为 N 风, 至 4 日 18:00 风向转为以 NW 为主, 间或为 N, 持续至 6 日 10:00。4 日 06:00 至 16:00 风力较大, 均在 8.6 m/s 以上, 最大为 13:00 的 12.7 m/s 。虽然较之其它两站秦皇岛测得的风力偏小, 但 N 风或 NW 风持续时间相当长, 达 55 h 。

兴城(图 9)3 月 4 日之前几天风向则是以 NNE 为主。4 日 03:00 至 4 日 22:00 持续刮 N 风, 4 日 22:00 至 5 日 19:00 风向为 NW, 在此期间, 风力基本均在 8.1 m/s 以上, 即 5 级以上 N 向及 NNW 向大风持续了近 40 h 。风速最大值发生在 4 日 17:00, 10 min 平均风速达 19.3 m/s , 瞬时风速达到 20.2 m/s 。

葫芦岛(图 10)3 月 2 日 22:00 起就开始刮 N 风, 3 月 3 日 11:00 起风向则转为以 NE 为主, 3 日 23:00 起风向又转为北风, 至 4 日 23:00 起风向以 NNW 为主, 后为 NW, 持续至 6 日 00:00。3 日 23:00 至 6 日 00:00 的 N 向或 NW 向风持续时间长达 50 h , 且风力一直持续较强, 大多在 8.0 m/s (5 级风)以上, 最大风速为 16.1 m/s , 发生在 4 日 18:00, 最后几个小时风力减弱, 但也基本都达到 4 级风。

辽东湾西部岸界基本为 NE 走向(图 1)。根据风速的观测结果, 秦皇岛、兴城及葫芦岛站 3 个站无一例外地均自 4 月 3 日起开始持续刮北风, 至 4 日晚间开始持续刮西北风; 各站北风或西北风的持续时间均在 2 d 左右, 且风力大多较强。配合东亚地面天气形势(图 6)的分析, 正是这种范围大、持续时间长、风力较强的离岸风的作用造成了本次辽东湾西岸强减水的发生。从最大减水的发生时间看, 3 个站的最强减水均发生在持续的离岸风临近结束、风力减弱之时。

持续的北风或西北风一方面提供了辽东湾西部海域的离岸风分量, 另一方面也有将辽东湾海水由湾顶吹向湾口的趋势, 因此会使得减水由湾顶向湾口递减, 这与我们的计算结果是一致的。

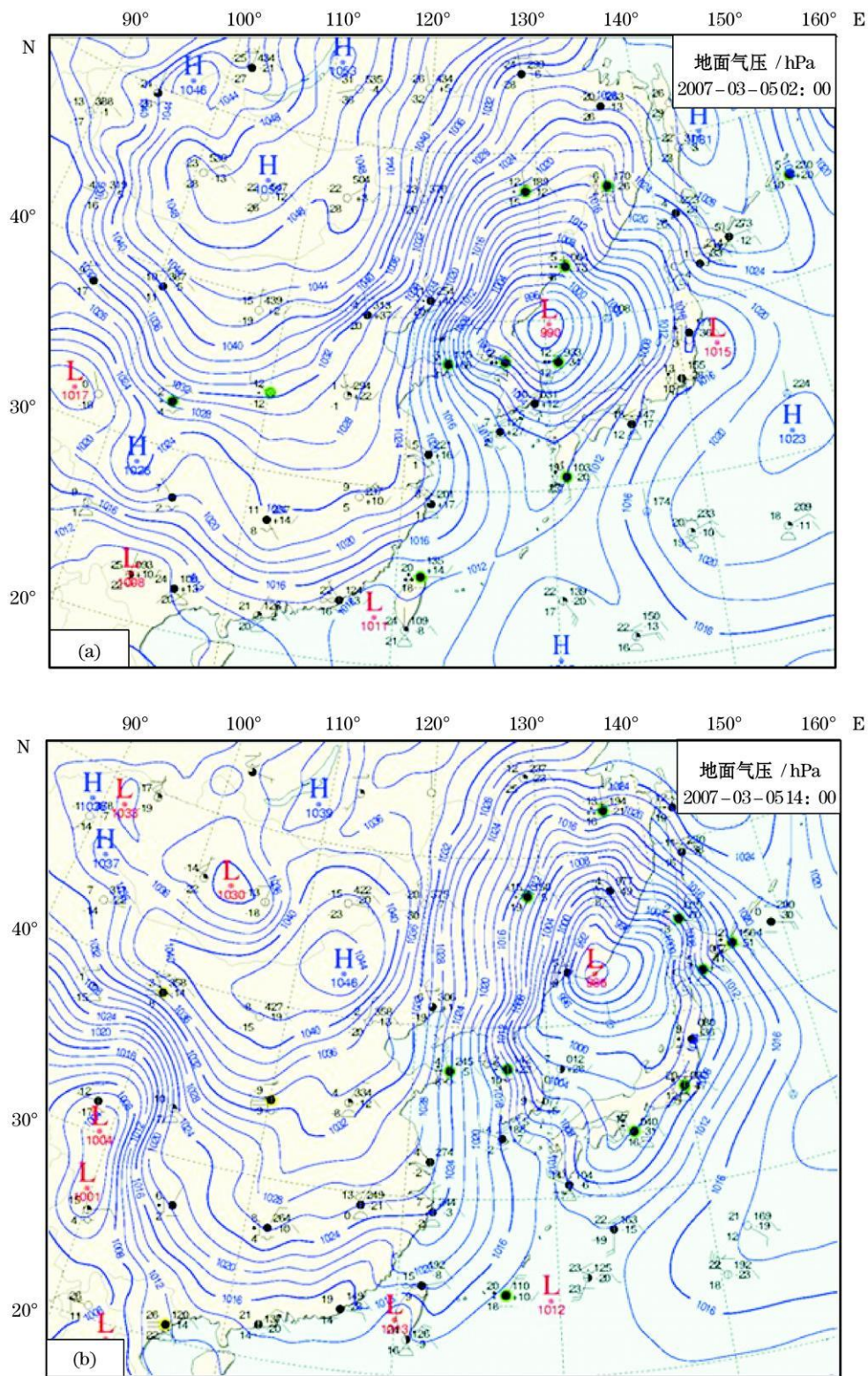


图 6 东亚地面天气形势图

(a) 2007-03-05 02:00; (b) 2007-03-05 14:00

Fig. 6 Weather charts in East Asia

(a) 2007-03-05 02:00; (b) 2007-03-05 14:00

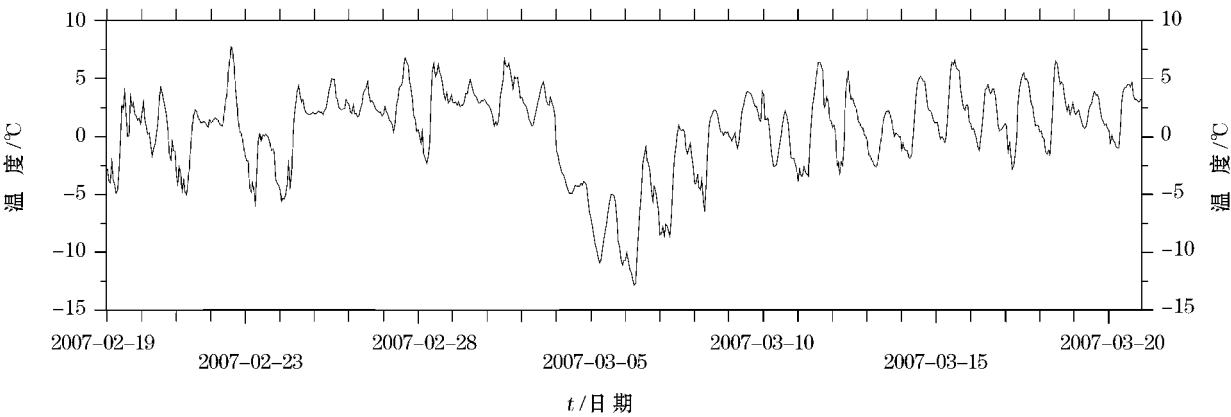


图 7 兴城气温逐时分布图
Fig. 7 Hourly distribution of the air temperature at Xingcheng station

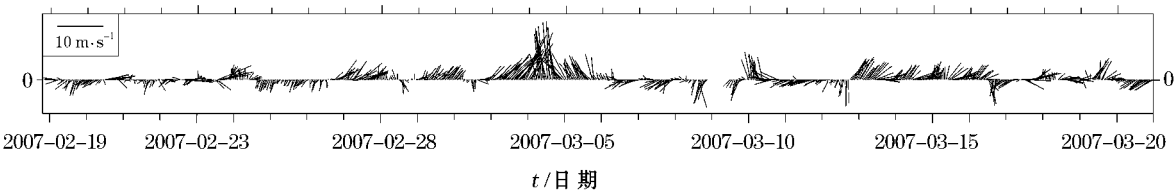


图 8 秦皇岛逐时 10 min 平均风速矢量分布图
Fig. 8 Hourly distribution of the 10-minute mean wind vector at Qinhuangdao station

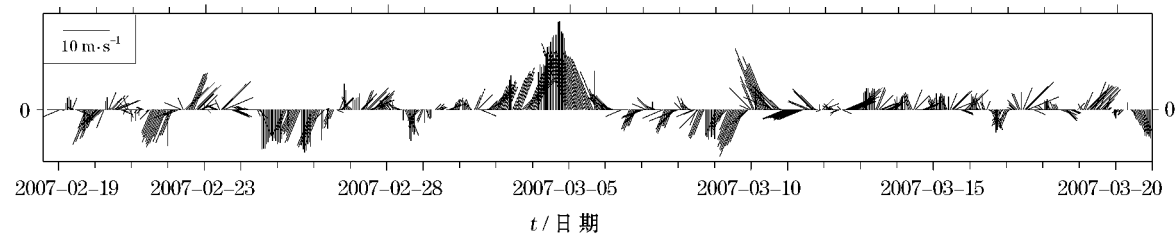


图 9 兴城逐时 10 min 平均风速矢量分布图
Fig. 9 Hourly distribution of the 10-minute mean wind vector at Xingcheng station

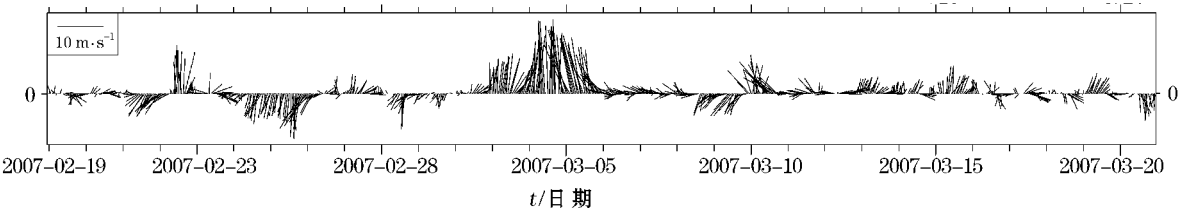


图 10 葫芦岛逐时 10 min 平均风速矢量分布图
Fig. 10 Hourly distribution of the 10-minute mean wind vector at Huludao station

5 结 论

本文根据对 3 个测站的潮位资料及气象资料的分析, 得到 2007 年 3 月 5 日辽东湾西部强减水的特征如下:

1) 本次天气过程引发的辽东湾西部的强减水, 秦皇岛站最大达 -217 cm, 兴城站达 -228 cm, 葫芦岛站达 -230 cm, 与历史结果比较, 本次辽东湾西部海域的减水强度接近或超过 100 年一遇强度。

2) 本次天气过程引发的辽东湾西部减水随着离岸风的持续作用而增强, 至离岸风临近结束、风力减弱时达到最大。因此, 范围大、持续时间长、风力较强的离岸风的作用是造成本次辽东湾西岸强减水发生的根本原因。

3) 本次天气过程引发的辽东湾西部减水过程中, 秦皇岛最大减水发生时恰逢低潮时刻附近, 潮位低达 -2.431 m (相对于 85 国家高程基准面); 兴城站与葫芦岛站则均处于涨潮之中, 接近高潮时刻, 所幸未遭遇天文大潮的低潮时刻。

致谢: 感谢国家海洋局第一海洋研究所黄易畅研究员对本工作的指导。

参考文献 (References):

- [1] WANG X N. Forecast of storm surge [J]. Marine Forecasts, 2001, 18(1): 73-78. 王喜年. 风暴潮预报知识讲座 [J]. 海洋预报, 2001, 18(1): 73-78.
- [2] DONG S, YU Y Q, YU H J. Statistical analysis of negative storm surge in coastal zone [J]. Journal of Natural Disasters, 2004, 13(4): 70-74. 董胜, 于亚群, 余海静. 海岸带风暴潮减水的统计分析 [J]. 自然灾害学报, 2004, 13(4): 70-74.
- [3] YU Y F, YU Y X. The numerical modeling of astronomy-storm tide in the Bohai Sea and a calculation method for extreme water levels of multiyear return periods [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2003, 25(4): 10-17. 于宜法, 俞聿修. 渤海天文-风暴潮数值模拟和一种多年一遇极值水位的计算方法 [J]. 海洋学报, 2003, 25(4): 10-17.
- [4] HUANG L. Case analysis of water level fluctuation caused by tropical cyclone in Beibu Gulf [J]. Journal of Qingdao Ocean Shipping Mariners College, 2006, 27(2): 40-43. 黄磊. 北部湾热带气旋增减水实例分析 [J]. 青岛远洋船员学院学报, 2006, 27(2): 40-43.

Low Water Event in the Western Liaodong Bay in March, 2007

HU Xiao-min^{1,2,3}, XIONG Xue-jun^{2,3}, YUN Sheng-jun^{2,3}, LI Yan⁴, WANG Guan-lin^{2,3}

(1. Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China;

3. Key Lab of Marine Science and Numerical Modeling, SOA, Qingdao 266061, China;

4. Meteorological Bureau of Dalian, Dalian 116001, China)

Abstract: The low water event in the western Liaodong Bay in March 2007 is analyzed, which is caused by the strongest snowstorm in the recent 56 years in the northeast China and the north China. The data used in this study are the meteorological and tidal data observed at Qinhuang-dao, Xingcheng and Huludao stations. The results show that the lowest water levels respectively observed during the storm at Qinhuang-dao, Xingcheng and Huludao tidal gauge stations are 217 cm, 228cm and 230 cm, being equivalent to or above the values in the 100 years return low water level caused by storm. This study provides observation parameters for marine engineering design and storm surge research in the western Liaodong Bay. Analyses also indicate that the low water event is mainly caused by the large-scale continuous strong offshore wind in this area.

Key words: severe low water event; western Liaodong Bay; offshore wind

Received: April 10, 2007