

Comparative Study of Land Wind and Sea Wind in Qinhuangdao Based on Large Data Analysis

Chengyu Yan¹ Guohua Zhang² Zhizheng Mao¹ Haoye Liu¹ Yang Li¹

1. Qinhuangdao City Meteorological Bureau,

Qinhuangdao 066000, China

1075594512@qq.com

2. Hebei Weather Observatory,

Shijiazhuang 050021, China

gzgh2308@163.com

基于大数据分析的

秦皇岛陆上风和海上风的对比研究

燕成玉¹ 张国华² 毛智政¹ 刘昊野¹ 李颀¹

1. 河北省秦皇岛市气象局

秦皇岛 066000, 中国

1075594512@qq.com

2 河北省气象台

2. 石家庄 050021, 中国

gzgh2308@163.com

Abstract—Using the mobile weather station wind data installed on the "Prince" cruise ship on Qinhuangdao from August 2 to 10, 2016, the wind speed(sea wind) on the cruise ship route was obtained using the true wind observation algorithm. A comparative analysis of the meteorological observation station(near-shore wind) in the Haigang District closest to this cruise ship terminal and the Qinhuangdao National Basic Weather Station(land wind) shows that when controlled by the weak pressure field, the sea wind speed of Qinhuangdao is generally greater than the near-shore wind speed and the land wind speed about 1 to 2 wind levels. The use of near-shore wind speed to revise the sea wind speed is slightly better than the use of land wind speed to revise the sea wind speed; The sea winds are generally deflected clockwise from the near-shore winds and the land winds. However, it is unrealistic to use the near-shore wind or land wind direction to accurately adjust the sea wind direction.

资助项目: 河北省科学技术厅重点研发项目 18275402D

作者简介: 燕成玉(1970-), 女, 汉族, 河北秦皇岛人, 高级工程师, 主要从事旅游气象服务、天气预报及技术方法研究。E-mail: 1075594512@qq.com

***通讯作者:** 张国华(1963-), 女, 汉族, 河北石家庄人, 正高级工程师, 主要从事旅游气象预报、服务和科研工作。E-mail: gzgh2308@163.com

Keywords— Land wind; near-shore wind; sea wind; true wind algorithm; Qinhuangdao

摘要—利用 2016 年 8 月 2-10 日秦皇岛“王子号”游船上安装的移动气象站风资料, 采用真风观测算法得到游船航线上的海上风向风速(海上风), 与距此游船码头最近的海港区求仙公园气象观测站(近岸风)、秦皇岛国家基本气象站资料(陆上风)进行对比分析, 结果表明: 当受弱气压场控制时, 秦皇岛近海风速一般大于近岸风速和陆上风速约 1~2 个风级, 用近岸风速订正海上风略优于用陆上风速订正海上风速; 海上风向一般较陆上风、近岸风顺时针偏转, 但偏转角度差异很大, 若想利用近岸风或陆上风风向精确调整海上风风向不现实。

关键词: 陆上风, 近岸风, 海上风, 真风算法, 秦皇岛

• 1. 引言

秦皇岛位于渤海西岸, 地处河北环渤海经济圈核心地带, 海岸线长约 126km。随着经济的发展, 灾害造成

的损失也日渐严重。据中国海洋灾害公报（2001-2014年）统计，环渤海区域大风和海浪造成的直接经济损失占全国同类灾害损失的27%，其中2003年、2004年、2007年和2008年等灾害严重年份环渤海区域因大风和海浪造成的直接经济损失超过全国同类灾害损失的50%。仅2007年环渤海区域因大风引起的风暴潮所造成的损失，占全国的46%。根据张宝贵等^[1]的统计，秦皇岛海域1998年到2007年发生的海难事故里，有54%是大风天气造成的。陈小雷等^[2]针对2001-2016年发生在渤海河北海区的116个船舶海难事故，结合大风资料等，提出了引发船舶海难事故大风的阈值、高风险月份和高风险天气影响系统。韩青动等^[3]在研究中统计，2003-2005年渤海湾北部海面至少有7艘泊位在1000-2000t的船只倾覆，造成严重人员伤亡和巨大的经济损失。

由于历史的原因，秦皇岛地区海上资料匮乏，海上气象服务特别是海上风的预报基本以陆地气象站资料为依据，而陆上风与海上风存在一定的差异。因此，采集一段时间海上风的资料与陆地气象站风的资料进行同步对比分析，找出其中的关联，用陆上风较准确的预报海上风，以提升海上气象服务的品质，显得尤为重要。

• II.数据来源及研究方法

2.1 数据来源及处理

用美国国家环境预报中心 NCEP2.5° × 2.5° 再分析资料分析了2016年8月2-10日500hPa平均高度场及地面平均气压场。用秦皇岛国家基本气象站风向风速资料（代表陆上风）、海港区求仙公园气象观测站风向风速资料（代表近岸风），在“王子号”游船上安装CAWS620移动气象站（野外站）采集到8月2-10日每天上午间隔10分钟的航线风向风速资料做对比，以上数据均经过了质量控制。“王子号”游船码头距离海岸线约100米，游船入海最大距离约5km；海港区求仙公园气象观测站位于码头附近，距海岸线约50米；秦皇岛国家基本气象站位于求仙公园西南约20km处，距离海岸线约1km（图1）。

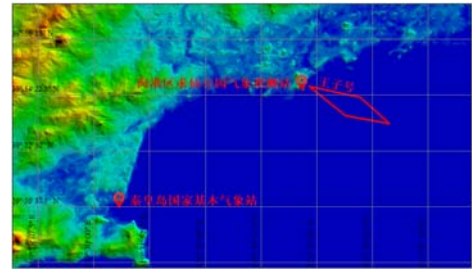


图1 “王子号”游船航线、海港区求仙公园气象观测站、秦皇岛国家基本气象站分布图

Figure 1 Distribution of the "Prince" cruise route, the meteorological observation station of Qianxian Park in Haigang District, and the National Basic Weather Station of Qinhuangdao

2.2 研究方法

2.2.1 真风观测算法相关概念。

航向：船舶的行驶方向，相对于正北方向的夹角，由定位定向仪测得，范围 [0, 360)。

船风：假定周围空气静止，船舶行进时感受到的风，即定位定向仪所测得的航向、航速。

真风：船舶静止时感受到的风，在船舶行驶的过程中，需要通过合理的计算才能得到。

合成风：即船舶行进时感受到的风，是船风和真风叠加的结果，船上的测风仪器所测的数据即是合成风。

2.2.2 真风观测算法

根据船风和合成风得到真风的计算方法，三者是一种矢量关系。

(a) 合成风与航向夹角小于 180°

合成风与航向夹角小于 180° 时，即合成风处于第 1 或者第 2 象限时的情况^[4-7]，如图 2a 所示。

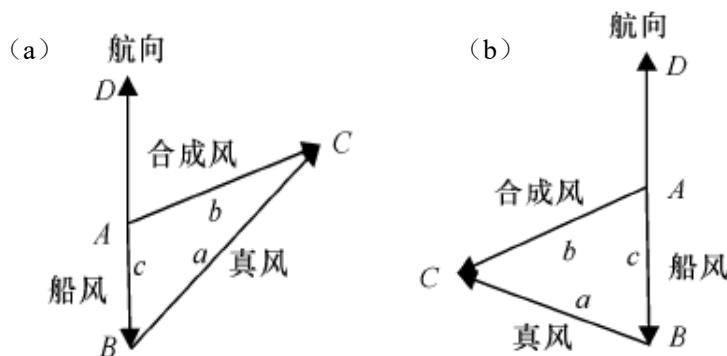


图2 合成风与航向夹角 (a) 小于 180° ; (b) 大于 180°

Figure 2 Synthetic wind and heading angle (a) Less than 180° ; (b) More than 180°

$\angle DAC$ 为相对于航向的合成风风向, 范围为 $[0, 180)$, b 为合成风风速;

$\angle ABC$ 相对于航向的真风风向, 范围为 $[0, 180)$, a 为真风风速, $\angle \alpha$ 为航向, 范围为 $[0, 360)$, c 为船风风速。

计算公式:

$$\text{真风风速: } a = \sqrt{c^2 + b^2 + 2 \times b \times c \times \cos(\pi - \angle DAC)}$$

$$\text{真风风向: } \angle B + \angle \alpha = \angle DAC - \angle C + \angle \alpha。$$

(如果真风风向小于 0° , 则加上 360° , 根据余

弦定理: $\angle C = \arccos \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$ 。) (弧度改为度)

(b)合成风与航向夹角大于 180°

合成风与航向夹角大于 180° 时, 即合成风处于第 3 或者第 4 象限时的情况, 如图 2b 所示。

相对于航向的合成风风向为 $360^\circ - \angle DAC$, 范围为 $[180, 360)$, b 为合成风风速; 相对于航向的真风风向为 $360^\circ - \angle B$, 范围为 $[180, 360)$, a 为真风风速; $\angle \alpha$ 为航向, 范围为 $[0, 360)$, c 为船风风速。合成风(测量风)与航向的夹角为 $180^\circ + \angle CAB$ 。

计算公式:

$$\text{真风风速: } a = \sqrt{c^2 + b^2 + 2bc \cos(\angle DAC - \pi)}$$

真风风向: $360^\circ - \angle B + \angle \alpha = \angle DAC + \angle C + \angle \alpha$ 。(如果真风风向大于 360° , 则减去 360° , 根

据余弦定理: $\angle C = \arccos \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$ 。) (弧度改为度)

3.2 海上风与近岸风、陆上风对比分析

3.2.1 海上风与近岸风的对比分析

分析海上风与近岸风风向差夹角(图 4)发现, 海上风向一般相对于近岸风向顺时针旋转, 相差 90° - 135° 占 22.8%, 45° - 90° 占 21.1%, 135° - 180° 占 19.3%, 0° - 45° 占 17.5%, 可见利用近岸风向精准调整海上风向不太现实。

利用真风观测算法得到航线的实际风向、风速(海上风)。海上风分别与近岸风、陆上风进行对比分析, 计算风向、风速的偏差, 结果用于对海上风的预报。

III. 结果与分析

3.1 天气形势

分析 2016 年 8 月 2-10 日 500hPa 平均高度场及地面平均气压场(图 3)可见, 500hPa 平均高度场(图 3a)大陆高压与副热带高压打通, 秦皇岛受高压控制, 天气以晴为主。地面平均气压场(图 3b), 秦皇岛位于高压中心, 气压梯度小, 风力不大。

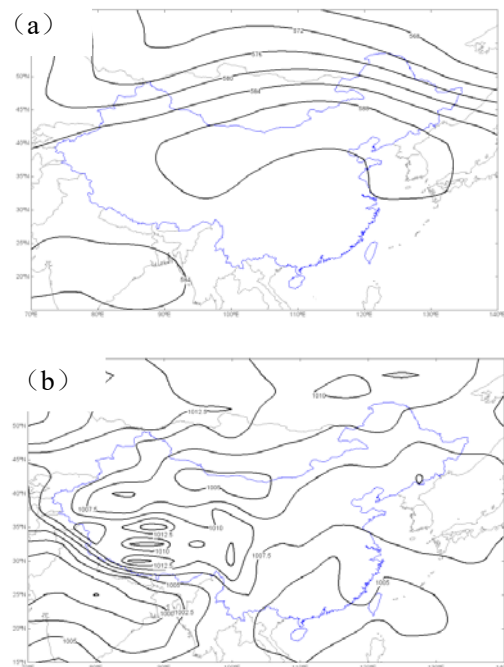


图3 2016年8月2日至8月10日 a: 500hPa 平均高度场; b: 地面平均气压场
Figure 3 2-10 August 2016 a: Average altitude of 500 hPa ; b: Ground average

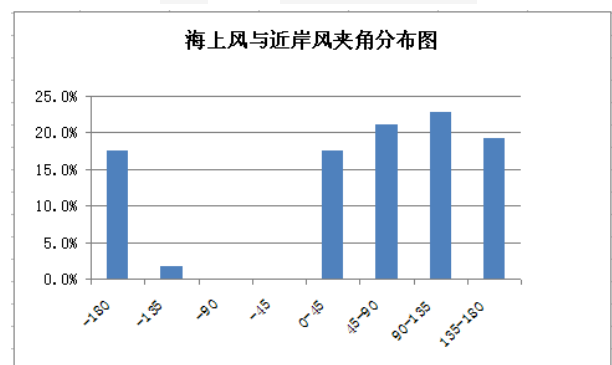


图4 2016年8月2-10日海上风与近岸风风向对比分布图

Figure 4 Comparison of sea wind and near-shore wind direction on August 2-10, 2016

海上风向个别时段相对于近岸风还有短时逆时针旋转现象，一般风向逆时针偏转时间集中在两个时段，8:40、9:30-10:10，且主要集中在8月6日和8日两天，10:20-11:30没有风向的逆时针偏转（图5）。

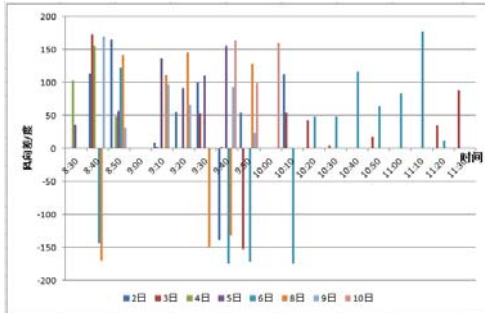
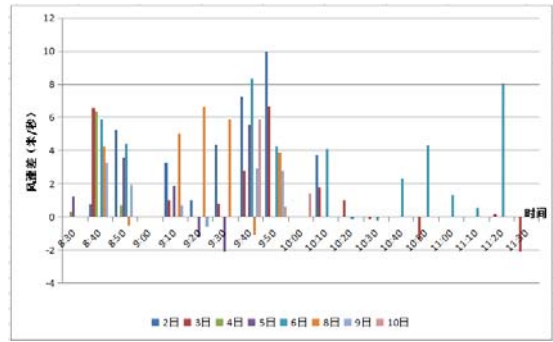


图5 2016年8月2-10日海上风与近岸风风向差随时间的变化

Figure 5 Changes in sea wind and near-shore wind direction deviation over time from August 2 to 10, 2016

分析海上风与近岸风风速差（图6），发现海上风速一般大于近岸风速。海上风速大于近岸风速 0-3.3m/s（1级）占39%，3.4-6.9m/s（2级）占33%，7-10.6m/s（3级）只占7%，3级以上没有出现。海上风小于近岸风 0-3.3m/s（1级）占21%。海上风大于近岸风 1-2级占72%，海上风一般大于近岸风 1-2级。

图7 2016年8月2-10日海上风与近岸风速差随时间的变化

Figure 7 Changes in sea wind and near-shore wind speed over time from August 2 to 10, 2016

分析表明，海上风向一般相对于近岸风向顺时针偏转，但是，偏转角度差异较大。海上风向有相对于近岸风向短时逆时针偏转现象，海上风速一般大于近岸风速 1-2级，个别时段小于近岸风速，且持续时间短。

3.2.2 海上风与陆上风的对比分析

分析海上风与陆上风向差夹角（图8）发现，海上风向一般相对于陆上风向顺时针旋转，相差 0°-45°占24.6%，45°-90°占22.8%，90°-135°占17.5%，135°-180°占14.0%，可见利用陆上风向精准调整海上风向不太现实。

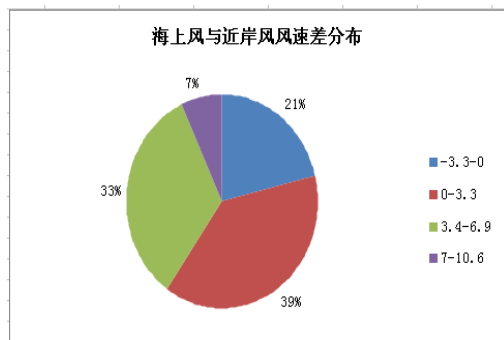


图6 2016年8月2-10日海上风与近岸风风速差分布图

Figure 6 Distribution of sea wind and near-shore wind speed difference from August 2 to 10, 2016

海上风速个别时段短时小于近岸风速，海上风速小于近岸风速的时间出现在上午 8:50-11:30，海上风速小于近岸风速的极值为-2.3 m/s（图7）。

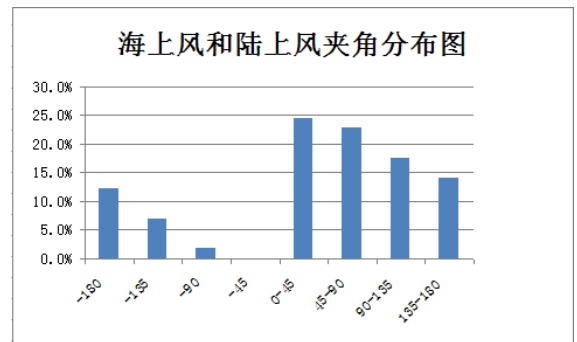


图8 2016年8月2-10日海上风与陆上风风向对比分布图

Figure 8 Comparison of sea wind and land wind direction on August 2-10, 2016

海上风个别时段相对于陆上风有短时逆时针偏转现象，一般风向逆时针偏转时间集中在 8:40-9:50，几乎每日都出现，10:00-11:30没有风向的逆时针偏转（图9）。

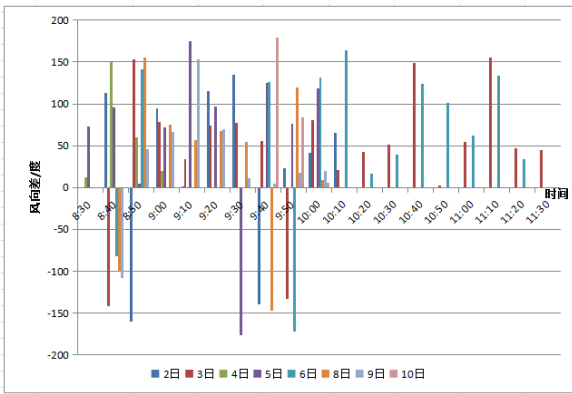


图9 2016年8月2-10日海上风与陆上风风向差随时间的变化

Figure 9 Changes in sea wind and land wind direction deviation over time from August 2 to 10, 2016

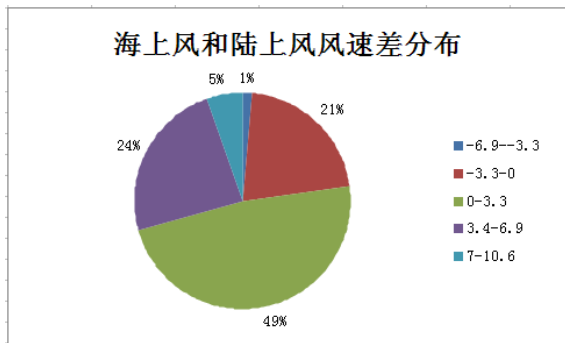


图10 2016年8月2-10日海上风与陆上风风速差分布图

Figure 10 Distribution of sea wind and land wind

speed difference from August 2 to 10, 2016

分析海上风与陆上风风速差(图10),发现海上风速一般大于陆上风速,海上风速大于陆上风速0-3.3m/s(1级)占49%,3.4-6.9m/s(2级)占24%,7-10.6m/s(3级)只占5%,3级以上没有出现。海上风小于陆上风0-3.3m/s(1级)占21%,海上风小于陆上风,3.3-6.9m/s(2级)占1%。海上风大于陆上风1-2级占73%,海上风一般大于陆上风1-2级。

海上风速个别时段短时小于陆上风速,海上风速小于近岸风速的时间出现在上午8:40-11:30,海上风速小于陆上风速的极值为-3.5 m/s(图11)。

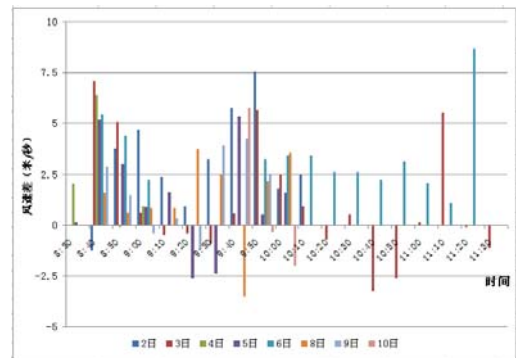


图11 2016年8月2-10日海上风与陆上风风速差随时间的变化

Figure 11 Changes in sea wind and land wind speed over time from August 2 to 10, 2016

分析表明,海上风向一般相对于陆上风向顺时针偏转,但是,偏转角度差异较大,海上风向相对于陆上风向有短时逆时针偏转现象,海上风速一般大于陆上风速1-2级,个别时段小于陆上风速,且持续时间短。

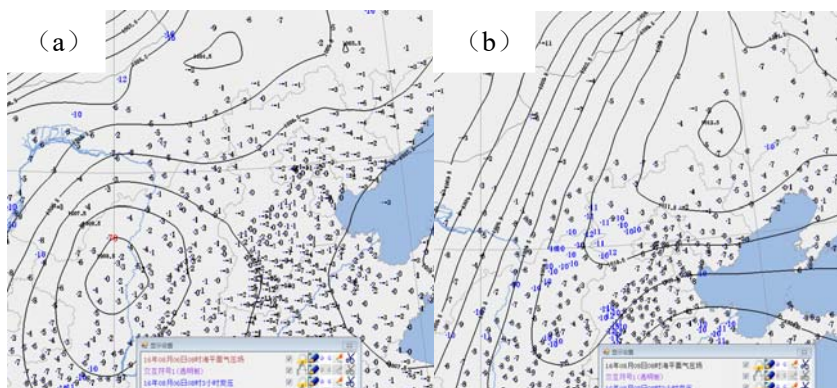


图12 2016年8月6日(a)、8日08时(b)海平面气压场及3小时变压值

Figure 12 Sea level pressure and 3-hour pressure change field at 08:00 on 6 and 8 August 2016

• IV.讨论

利用中国气象局 Micaps 资料,分析8月6日08时地面气压场及3小时变压值(图12a)秦皇岛受低压前控制,而海上受副热带高压控制,因此风向出现逆时针

偏转,随着低压系统移近,且秦皇岛海岸线附近变压较大,出现了近岸风短时大于海上风。

分析8月8日08时地面气压场及3小时变压(图12b),秦皇岛市受高压底部控制,冷空气从东北南下,先经过渤海,回流影响秦皇岛市,因此海上先出现偏北风,陆上风和近岸风相对于海上风有短时的逆时针旋转。陆上气压梯度大于海上的气压梯度,因此,陆上风和近岸风短时大于海上风。

分析海上风相对于近岸风、陆上风逆时针旋转时间,发现均是出现在海风刚开始的时段。海上风相对于近岸风逆时针旋转的日期,集中在6日、8日两天。6日秦皇岛影响系统最初为副热带高压,逐渐转为低压前部,8日秦皇岛位于高压底部,有冷空气从东北平原南下经渤海湾影响秦皇岛,由此可见海上风相对于近岸风逆时针旋转主要是由于天气系统引起的,海风风向的影响较小;而分析海上风相对于陆上风逆时针偏转的日期比较分散,几乎每天都会出现,因此海上风相对于陆上风逆时针偏转不仅有天气系统的因素,同时海风的影响也很重要。

近岸风速大于海上风速时风向为偏东风、西南风,而陆上风速大于海上风速时,风向均为偏东风。观测时段正是海陆温差引起的海风时段,秦皇岛海风为偏东风,近岸风速大于海上风速主要是天气系统的原因,陆上风速大于海上风速,既有天气系统的原因,海风的因素也较大,当地面天气系统弱,海陆温差引起的海风与弱的系统偏东风叠加时,陆上风速大于海上风速。

求仙公园气象观测站与“王子号”游船码头距离最近,但通过对比分析发现,用此站的数据调整近海数据与秦皇岛国家基本气象站资料相比并没有明显优势,分析原因,求仙公园气象观测站位于海湾,受地形影响较大。

• V.结论

5.1 当受弱气压场控制时,秦皇岛近海风速一般大于近岸风速和陆上风速约1~2个风级。求仙公园气象观测站位于海湾,虽然受地形影响较大,但用近岸风速订正海上风速仍略优于用陆上风速订正海上风速;

5.2 当受弱气压场控制时,海上风向一般较陆上风、近岸风顺时针偏转,由于顺时针偏转角度差异较大,若想利用近岸风或陆上风风向精确调整海上风风向不现实;

5.3 海上风相对于近岸风逆时针偏转,是天气系统引起的。海上风相对于陆上风逆时针偏转,不仅有天气系统的因素,同时也有海陆风的原因;

5.4 当近岸风速大于海上风速时,主要是天气系统引发的。当陆上风速大于海上风速时,除了天气系统的原因,还有海陆风的因素,当系统为弱的偏东风时,由海陆温差引起的海风与系统风叠加,陆上风速大于海风风速。

此次研究主要针对地面弱气压场控制进行,对较强天气系统影响情况,我们还需做进一步分析。

致谢

本项目受河北省科学技术厅重点研发项目“重大自然灾害多层级精准救助关键技术研究”(编号:18275402D)资助。

参考文献

- [1] 张宝贵,“强化秦皇岛海洋天气灾害预防预警体系的探讨,”第26届中国气象学会年会气象灾害与社会和谐分会场论文集,2009:6.
- [2] 陈小雷,景华,李延江,“秦皇岛市沿海海洋渔业灾害性天气研究科技风,”2019,1:224.
- [3] 韩青动,陈丽文,曹秀芝,“渤海海上大风引发的船舶海难事故初步分析,”河北农业大学学报,2009,32(01):122-125.
- [4] 肖琢,“真风的计算器算法,”海洋预报,1991,8(2):76-79.
- [5] 雷卫延,李源鸿,陈武框,“海心沙桅杆风速资料无线采集的设计与实现,”广东气象,2011,33增刊1(8):102-104.
- [6] 雷卫延,谭鉴荣,陈武框,“WP3103型自动气象站数据终端处理软件设计,”现代计算机,2010,340(10):75-78.
- [7] 雷卫延,李源鸿,杨志健,“船舶自动气象站的关键技术解析,”广东气象,2013,35(4):67-70.