

武强, 石磊, 宗锋, 等. 龙口至旅顺海上航线大风实况资料处理方法研究[J]. 海洋气象学报, 2017, 37(3): 102-108.  
Wu Qiang, Shi Lei, Zong Feng, et al. Research on the processing method of the observed gale data along the sea lane from Longkou to Lüshun [J]. Journal of Marine Meteorology, 2017, 37(3): 102-108. DOI: 10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2017.03.012. (in Chinese)

## 龙口至旅顺海上航线大风实况资料处理方法研究

武强<sup>1</sup>, 石磊<sup>2</sup>, 宗锋<sup>1</sup>, 毕文涛<sup>1</sup>

(1. 烟台市气象局, 山东 烟台 264003; 2. 威海市气象局, 山东 威海 264200)

**摘要:** 利用海岛站大风观测资料, 经过高度订正、对比实验、风速补偿、组合取值等方式, 研究了龙口至旅顺海上航线大风气象服务标准实况资料处理方法。通过实际个例分析发现, 利用该方法获取的实况资料, 能够在很大程度上消除高度偏差、地形遮挡等因素对海岛站风速的影响, 为海上航运气象服务提供了更为精确的实况依据。

**关键词:** 航线; 高度订正; 风速拟合; 组合取值

**中图分类号:** P413.21 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-3599(2017)03-0102-07

**DOI:** 10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2017.03.012

## Research on the processing method of the observed gale data along the sea lane from Longkou to Lüshun

WU Qiang<sup>1</sup>, SHI Lei<sup>2</sup>, ZONG Feng<sup>1</sup>, BI Wentao<sup>1</sup>

(1. Yantai Meteorological Bureau, Yantai 264003, China; 2. Weihai Meteorological Bureau, Weihai 264200, China)

**Abstract** The processing method of the observed gale data in the island stations along the sea lane from Longkou to Lüshun was discussed by the height correction, contrast experiment, wind speed compensation and value combination method. According to case analysis, we found that the influences of local geographical factors (e.g., terrain, altitude) on gale observations could be eliminated in a large part by using this method, therefore providing accurate observation data reference about the weather service along the sea lane.

**Key words** sea lane; height correction; wind speed fitting; value combination

### 引言

蒲氏风力等级将6级风( $10.8 \sim 13.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )定义为强风, 将8级风( $17.2 \sim 20.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )定义为大风。而一般在气象预报业务中将平均风速达到6级以上的风, 称为大风<sup>[1]</sup>。大风多具灾害性, 是海上主要气象灾害之一。由于渤海海峡特殊的地理、地形等原因, 大风天气频繁, 常常给航运工作、海上捕捞、水产养殖以及人民生命财产带来巨大威胁和损失。渤海海峡又是连接东北三省与华东地区、以及

黄海进入渤海的交通要道, 海上每天过往船只众多, 烟台至大连、蓬莱至旅顺每天定期航班有20余次, 大风的预报服务对保障海上航线安全至关重要。

近年来, 气象部门在渤海海峡布设了多个海岛自动气象站, 但因布设条件所限, 测站所处地理位置复杂、地形条件多样, 各站所测风数据差别很大, 无法直接应用在实际预报服务中。沿海台站的预报服务人员海上测风资料的可用性、代表性进行了大量的分析研究<sup>[2-7]</sup>, 积累了大量的使用经验。王日东等<sup>[8]</sup>、高瑞华等<sup>[9-10]</sup>对渤海海峡海岛站大风

收稿日期: 2017-05-04; 修订日期: 2017-08-01

基金项目: 山东省气象局科研项目(2010sdqxz03)

作者简介: 武强(1981—), 女, 工程师, 主要从事短期天气预报工作, q\_wu@163.com。

资料进行了对比和分析, 得出了渤海海峡大风的气候特征和日变化等特征。2016年8月25日, 龙口至旅顺海上航线(简称龙旅航线, 下同)开通运营, 相应的航线气象服务工作也已启动, 但目前尚未对这一航线的大风标准实况做深入研究。本文利用现有的海岛自动站资料和大风实验资料, 研究获取此航线大风实况资料的处理方法。

## 1 参考站选择

为了便于研究, 根据自动气象站的布设位置, 将龙旅航线分为3段, 航线北段附近有大钦岛站、北隍城站和南隍城站, 中段附近有大黑山站和长岛站, 南段附近有纪姆岛站和桑岛站(图1)。由于海岛的地质环境等因素, 很难找到一个海拔高度和探测环境完全满足海上大风观测需求的地点, 所布设的海岛站几乎都有遮挡角, 表1给出各站海拔高度、开阔方向和遮挡方向。根据各海岛站布设的海拔高度、遮挡方向、开阔方向等资料, 进行人工筛选, 剔除遮挡角较大、资料代表性较差的站点。在航线的南段选取纪姆岛站、桑岛站, 中段选取大黑山站、长岛站, 北段选取大钦岛站和北隍城站共6个海岛站作为研究龙口至旅顺海上航线大风资料处理方法的参考站点。

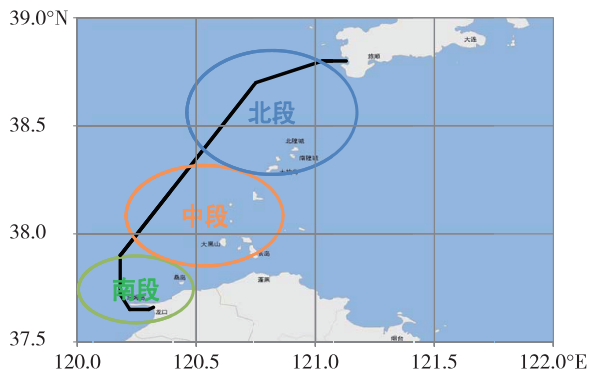


图1 龙口至旅顺海上航线示意图

Fig.1 Sketch map of the sea lane from Longkou to Lüshun

## 2 风速订正

### 2.1 乘幂率风廓线高度订正

不同的海拔高度, 风速差别较大, 特别是在近地层尤为明显。在所研究的6个海岛站中, 北隍城站、大黑山站海拔高度均超过了100 m, 有3站在40~80 m之间, 需将实测的风速从不同的海拔高度换算到10 m高度。观测研究<sup>[11]</sup>表明, 指数律风廓线公式的误差明显小于对数律, 对数律仅适用于30 m

表1 龙口至旅顺航线附近海岛站及探测环境

Table 1 Position of the island stations along the sea lane from Longkou to Lüshun

航线位置	站名	海拔高度/m	开阔方向	遮挡方向
南段	纪姆岛站	48.0	N-E-S-SW	WSW-W-NNW
	桑岛站	10.0	NE-E-SE, SW-W-NW	SSE-S-SSW, NNW-N-NNE
中段	大黑山站	106.1	N-E-SSE	S-W-NNW
	长岛站	39.7	S-W-NNW	N-E-SSE
北段	大钦岛站	42.0	全开阔	无遮挡
	南隍城站	65.0	SW	W-N-E-S
	北隍城站	122.0	NE-E-SE, SW-W-NW	SSE-SSW, NNW-NNE

以下的近中性层结, 常用的低层大气风廓线公式为拉依赫特曼乘幂率风廓线公式:

$$u = u_1 \left( \frac{z_n}{z_1} \right)^m \quad (1)$$

其中  $u_1$  为在  $z_1$  高度处的风速。在给定风切变指数  $m$  后, 可以求出指定高度  $z_n$  处的风速  $u$ 。

风切变指数  $m$  的取值与下垫面的粗糙度以及参考高度有关, 根据张淮水等<sup>[12]</sup>的研究, 在海上  $m$  值随海面粗糙度的增大而增大, 随着参考高度的增加而减小, 取值从 0.067 变化至 0.128, 即 1/15 ~ 1/7。高山红和吴增茂<sup>[13]</sup>用指数和对数廓线两种公式将砣矶岛和南长山岛测站大风换算到 10 m 高度, 与进行数值模拟后的大风进行了对比分析, 所采用的指数风廓线公式为  $u_{10} = u_z (10/z)^m$  ( $m$  取 1/11  $\approx$  0.091)。文中所研究的海岛站虽然位于不同的航段、海拔高度也有差别, 但其布设环境与砣矶岛和南长山岛总体接近。为便于计算, 统一将  $m$  取值为 0.1, 依据(1)式将海岛站的实测数据进行 10 m 高度转换。

### 2.2 实验订正

实践证明, 测站测风受地形影响明显时, 直接用对数或指数风廓线公式进行高度换算获取海面 10 m 高度处风速值<sup>[13-14]</sup>, 或者利用数值模式进行模拟, 或者利用海陆风对比结果由沿岸测站风速来推测海上大风情况, 都会造成很大的误差。2011年1月8日—2月28日和2012年11月1日—2013年5月31日, 林曲凤等<sup>[15]</sup>在烟台北部沿海的八仙渡、桑岛、担子岛等位置布设了实验站, 获取了大量的实验数据。八仙渡实验站位于蓬莱八仙渡栈桥, 与长岛站直线距离 10 km, 深入海中约 150 m, 海拔高度 4 m, 风杆高度 3 m。此站的北边正对大海, 其偏北方向(NW-NE)均无遮挡, 在偏北大风时, 八仙渡

实验站的风向风速基本可代表海面风情况。桑岛实验站位于距离桑岛站 1 km 的北部海边,海拔高度 8 m,风杆高度 3 m,在 WNW-NNE 方向基本能代表海面风(图 2)。为准确把握各海岛站与实验站的风速关系,继续采用本次大风实验所获取的资料,将

桑岛实验站资料与同时刻附近的纪姆岛站和桑岛站资料进行对比分析,将八仙渡实验站资料与长岛站和大黑山站资料进行对比分析。对比过程中,以各海岛站风向为准,兼顾实验站的风向。

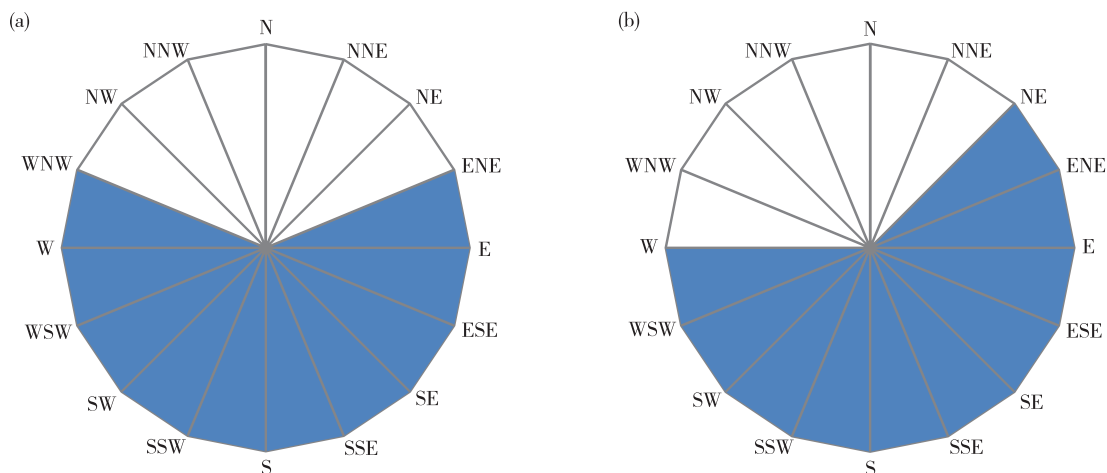


图 2 八仙渡实验站(a)和桑岛实验站(b)探测环境示意图(填色区为遮挡方向,空白区为开阔方向)  
Fig.2 Observing environment in Baxiandu experimental station (a) and Sangdao experimental station (b) (The color-filled area is the obstacle direction, and the blank area is the useable direction)

由于实验站布设条件的限制,其开阔方向可以作为海上风的标准实况,但其遮挡方向仍不具有代表性。本文主要对其开阔方向的大风与海岛站的对比,将实验站无遮挡方向作为标准风速,与各站订正到 10 m 后的风速进行拟合,拟合关系较好的风向作为获取实况的稳定风速关系。

2.2.1 中段航线

大黑山站和长岛站为中段航线的海岛自动气象站。大黑山站在 N-NNE-NE 方向无遮挡,风速订正

到 10 m 高度后,与八仙渡实验站 10 m 高度风速进行同风向对比。实验期间,共获得 N-NNE-NE 风向个例 39 例,与八仙渡实验站的日最大风速进行拟合,拟合度达到 0.82,拟合效果较好(图 3a)。N-NNE-NE 风向八仙渡实验站最大风比大黑山站平均偏大  $2.3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。长岛站 NW-NNW 方向无遮挡,可以与八仙渡站进行对比,共获得 NW-NNW 风向个例 31 例,拟合结果较好,拟合度达到 0.81(图 3b)。NW-NNW 风向八仙渡实验站比长岛站平均偏大  $1.4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

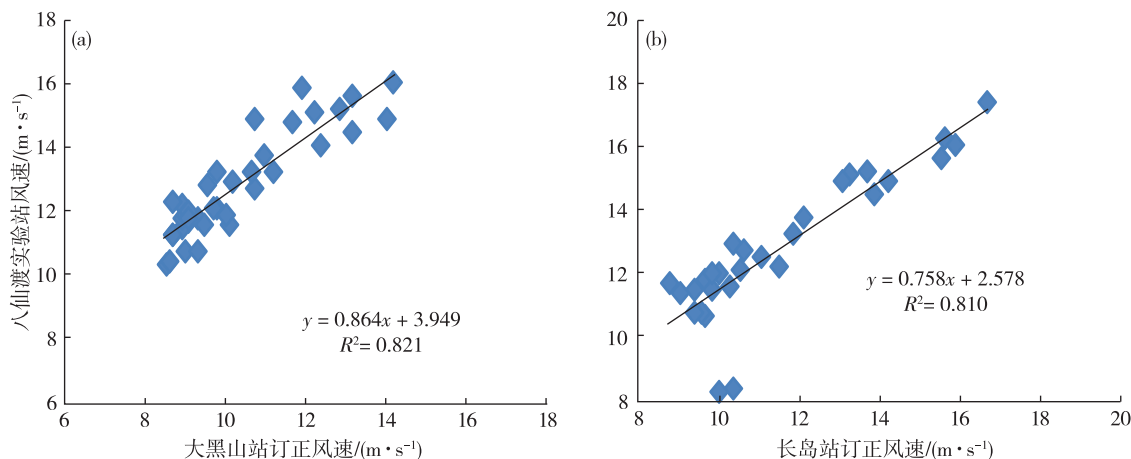


图 3 八仙渡实验站与大黑山站(a)和长岛站(b)大风拟合情况  
Fig.3 Fitting results of the gale in Baxiandu experimental station with Daheishan station (a) and Changdao station (b)

### 2.2.2 南段航线

南段航线有桑岛站和纪姆岛站两个海岛自动气象站。桑岛站海拔高度为 10 m, 布设高度符合标准, 不需要进行高度订正, 而且在 NE 和 W-NW 方向无遮挡, 因此该风向的风速可作为标准实况使用, 不需要与桑岛实验站进行对比。纪姆岛站 N-NNE-NE 方向无遮挡, 与桑岛实验站进行对比后共获得 N-NNE-NE 风向个例 7 例, 拟合结果较好, 拟合度达到 0.92 (图 4)。N-NNE-NE 风向桑岛实验站比纪姆岛站平均偏小  $0.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

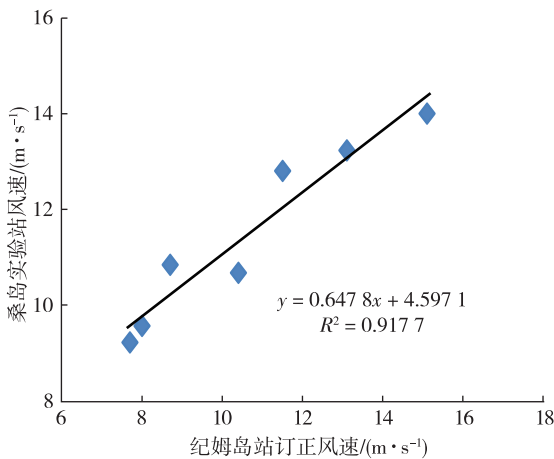


图4 桑岛实验站和纪姆岛站大风拟合情况

Fig.4 Fitting results of the gale in Sangdao experimental station with Jimu island station

### 2.2.3 北段航线

北段航线上的大钦岛站、北隍城站由于探测环境恶劣, 无法布设实验站进行对比实验, 而与八仙渡和桑岛的实验站距离又较远, 无法通过实验法获取稳定的线性订正关系。

### 2.3 风速补偿

在实验订正的过程中, 实验站在某些风向无探测资料或实验站的某些风向受遮挡使得探测资料不可用, 因此不能完全通过实验订正建立稳定的风速订正关系。对于这些风向上的风速, 采用风速补偿的方式进行处理, 从而获得相对符合实际的风速。共分为 4 种情况:

1) 海岛站在某些方向无遮挡, 探测环境较好, 但没有该风向的实验站探测数据, 利用有实验数据的风向做风速补偿。设  $F_{\text{实验站}}$  为实验站风速,  $F_{10\text{m订正}}$  为海岛站订正到 10 m 的风速, 则风速补偿值  $M$  为:

$$M = F_{\text{实验站}} - F_{10\text{m订正}} \quad (2)$$

在环境无遮挡且无实验数据的风向下, 将原始风速订正到 10 m 高度, 再加上风速补偿值  $M$  作为该站该风向的准确风速。

2) 海岛站的某些风向有遮挡, 但实验站这些风向无遮挡, 风速可用, 为了使这些有遮挡的方向能获得相对准确的实际风速, 需要在订正到 10 m 高度的基础上加上风速补偿值。补偿值为有无遮挡造成的差值, 即实验站的无遮挡方向同时为海岛站的有遮挡方向上, 实验站与海岛站风速差的平均。

3) 对于距离实验站较远的风向, 不论风向有无遮挡, 实验订正的方法不太适用。在风向无遮挡的方向也采取风速补偿的方法进行订正, 补偿值参照距离该站较近和探测环境接近的海岛站。大钦岛站与长岛站距离相对较近, 海拔高度也接近, 可采用长岛站的补偿值; 北隍城站与大黑山站距离相对较近, 海拔高度接近, 采用大黑山站的补偿值。

4) 海岛站和实验站均有遮挡的风向, 无法根据实验资料获取补偿值, 为了不遗漏大风, 则不进行补偿和高度订正, 直接使用该风向的原始风速。

### 2.4 风向讨论

近地面附近风场, 受摩擦作用向低压一侧偏转, 越是接近地面, 受到的摩擦力越大, 偏转的角度就越大。从地面开始, 随高度逐渐升高, 风向逐渐向右偏转, 且风速逐渐增大, 直至摩擦层顶。尽管受同一个天气系统影响, 但位于不同海拔高度的测站, 风向都有明显的差别。另外, 地形、冷暖平流等因素对风场的影响也非常大, 很难通过实验或对比得出一个准确的海面风向。所以, 在研究海面风场的时候, 尽量选取探测环境优越, 且海拔高度较低的海岛站的风向, 作为航线上的代表风向, 在 3 段航线上分别选取大钦岛站、长岛站和桑岛站的风向作为代表风向。

### 3 订正结果

根据前面的订正方法, 假设航线北段的订正风速为  $U$ , 大钦岛站原始风速为  $u_1$ , 订正到 10 m 高度风速为  $u_2$ , 北隍城站原始风速为  $u_3$ , 订正到 10 m 高度风速为  $u_4$ ; 航线中段的订正风速为  $V$ , 大黑山站原始风速为  $v_1$ , 订正到 10 m 高度风速为  $v_2$ , 长岛站原始风速为  $v_3$ , 订正到 10 m 高度风速为  $v_4$ ; 航线南段的订正风速为  $W$ , 桑岛站原始风速为  $w_1$ , 订正到 10 m 高度风速为  $w_2$ , 纪姆岛站原始风速为  $w_3$ , 订正到 10 m 高度风速为  $w_4$ 。

最终只需要每个航段获取一个风速代表该段

风速,对同一航段的海岛站按照风向进行组合取值,既要尽可能符合实际,又要兼顾航线安全,原则如下:

- 1) 布设标准符合要求的海岛站,海拔高度 10 m,且探测环境无遮挡的方位,测得风速为精确风速,优先级为 0。
- 2) 利用实验对比,经过拟合获得的线性稳定风速关系的风向,优先级为 1。
- 3) 无稳定线性风速关系的风向,采用风速补偿

法获得的风速关系,优先级为 2。

- 4) 探测环境较差的风向,航段中所有海岛站均被遮挡,既无稳定线性风速关系又无风速补偿关系的风向,直接取原始风速,优先级为 3。

根据前面设置的优先级,对各段航线的订正结果进行组合取值,取优先级较高的方法获得的风速,作为该航段的准确风速。优先级相同时,取较大值。最后得出 3 个航段各个风向的风速订正方法(表 2)。

表 2 龙口至旅顺航线各参考站风速订正公式和订正方法

Table 2 Correction formulas and methods of wind speed in the island stations along the sea lane from Longkou to Lüshun

风向	风速订正	北段航线		中段航线		南段航线	
		大钦岛站	北隍城站	大黑山站	长岛站	桑岛站	纪姆岛站
N	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_3$	$V=0.864v_2+3.949$	$V=v_3$	$W=w_1+1.6$	$W=0.647w_4+4.597$
	订正方法	风速补偿	原始风速	实验订正	原始风速	风速补偿	实验订正
NNE	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_3$	$V=0.864v_2+3.949$	$V=v_3$	$W=w_1+1.6$	$W=0.647w_4+4.597$
	订正方法	风速补偿	原始风速	实验订正	原始风速	风速补偿	实验订正
NE	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_4+2.3$	$V=0.864v_2+3.949$	$V=v_3$	$W=w_1$	$W=0.647w_4+4.597$
	订正方法	风速补偿	风速补偿	实验订正	原始风速	准确实况	实验订正
ENE	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_4+2.3$	$V=v_2+2.3$	$V=v_3$	$W=w_1$	$W=w_4-0.1$
	订正方法	风速补偿	风速补偿	风速补偿	原始风速	准确实况	风速补偿
E	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_4+2.3$	$V=v_2+2.3$	$V=v_3$	$W=w_1$	$W=w_4-0.1$
	订正方法	风速补偿	风速补偿	风速补偿	原始风速	准确实况	风速补偿
ESE	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_4+2.3$	$V=v_2+2.3$	$V=v_3$	$W=w_1$	$W=w_4-0.1$
	订正方法	风速补偿	风速补偿	风速补偿	原始风速	准确实况	风速补偿
SE	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_4+2.3$	$V=v_2+2.3$	$V=v_3$	$W=w_1$	$W=w_4-0.1$
	订正方法	风速补偿	风速补偿	风速补偿	原始风速	准确实况	风速补偿
SSE	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_3$	$V=v_2+2.3$	$V=v_3$	$W=w_1+1.6$	$W=w_4-0.1$
	订正方法	风速补偿	原始风速	风速补偿	原始风速	风速补偿	风速补偿
S	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_3$	$V=v_1$	$V=v_4+1.4$	$W=w_1+1.6$	$W=w_4-0.1$
	订正方法	风速补偿	原始风速	原始风速	风速补偿	风速补偿	风速补偿
SSW	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_3$	$V=v_1$	$V=v_4+1.4$	$W=w_1+1.6$	$W=w_4-0.1$
	订正方法	风速补偿	原始风速	原始风速	风速补偿	风速补偿	风速补偿
SW	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_4+2.3$	$V=v_1$	$V=v_4+1.4$	$W=w_1$	$W=w_4-0.1$
	订正方法	风速补偿	风速补偿	原始风速	风速补偿	准确实况	风速补偿
WSW	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_4+2.3$	$V=v_1$	$V=v_4+1.4$	$W=w_1$	$W=w_3$
	订正方法	风速补偿	风速补偿	原始风速	风速补偿	准确实况	原始风速
W	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_4+2.3$	$V=v_1$	$V=v_4+1.4$	$W=w_1$	$W=w_3$
	订正方法	风速补偿	风速补偿	原始风速	风速补偿	准确实况	原始风速
WNW	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_4+2.3$	$V=v_1$	$V=v_4+1.4$	$W=w_1$	$W=w_3$
	订正方法	风速补偿	风速补偿	原始风速	风速补偿	准确实况	原始风速
NW	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_4+2.3$	$V=v_1$	$V=0.758v_4+2.578$	$W=w_1$	$W=w_3$
	订正方法	风速补偿	风速补偿	原始风速	实验订正	准确实况	原始风速
NNW	订正公式	$U=u_2+1.4$	$U=u_3$	$V=v_1$	$V=0.758v_4+2.578$	$W=w_1+1.6$	$W=w_3$
	订正方法	风速补偿	原始风速	原始风速	实验订正	风速补偿	原始风速

## 4 应用实例

为测试用该方法处理后获得的航线大风数据在实际业务中的应用效果,选取3个典型的大风天气过程进行应用和分析。

### 4.1 2014年5月11—12日SW大风

500 hPa中支槽和南支槽在110°E同位相叠加发展加深,槽前西南气流加强,使低层减压。700 hPa和850 hPa江淮暖切变快速北抬,西南涡沿切变线向东北方向移动。地面图上,西南倒槽北伸,生成江淮气旋后向东北方向移动穿过渤海海峡移向东北。11日开始,渤海海峡位于气旋西南象限,以西南风为主。

### 4.2 2014年12月1—2日NW大风

500 hPa高空图上,渤海海峡位于东亚大槽后部,西北气流控制,低层700 hPa和850 hPa锋区南压,渤海海峡附近等温线密集,冷平流较强。地面上,冷高压覆盖整个东亚大陆,其中心位于蒙古国,中心气压为1 050 hPa,日本海气旋发展加深,移动缓慢,渤海海峡附近等压线密集,10个经距的气压差达到25 hPa,地面附近风向主要为偏北风(图

略)。主要的大风时段为11月30日下午—12月1日下午。

### 4.3 2015年11月5—8日NE大风

500 hPa冷中心和冷涡中心位于东西伯利亚,东北地区有低槽东移引导冷空气南下,700 hPa锋区南压至东北,锋区内等温线密集,850 hPa以下冷空气从东北回流南下。地面图上,冷高压中心位于贝加尔湖附近,长轴呈西北—东南向。渤海海峡位于冷高压前部,东北风为主,风力较大。

### 4.4 结果分析

经过3个典型大风个例的应用分析(表3—5)发现,用本文的方法取得的航线大风值,7级以上的大风时次数明显减少,特别是对于中段和南段航线。由于对海岛站风速进行了高度订正,消除了海拔高度对风速的影响,最大风速值明显减小。通过应用发现,6级以上大风的时次数和平均最大风速并没有明显的变化,甚至北部航段在3个个例中,6级以上大风时次数均比订正以前都有所增加。出现这种情况的原因可能是通过风速的补偿,消除了海岛站一些有遮挡的方位障碍物对风速的影响。

表3 2014年5月11—12日SW大风订正分析

Table 3 Correction analysis of SW gale from May 11 to 12, 2014

站点	最大风速平均值/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	最大风速/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	$\geq 6$ 级时次数/次	$\geq 7$ 级时次数/次	停航时段(时间/h)	
大钦岛站	13.3	16.9	33	13	11日04时—12日04时(25)	
北段航线	北隍城站	14.6	20.1	27	20	11日06时—12日06时(25)
	订正值	14.3	17.8	32	21	11日04时—12日06时(27)
中段航线	大黑山站	12.0	14.9	26	2	11日17—18时(2)
	长岛站	10.7	14.4	16	2	12日00—01时(2)
	订正值	10.8	13.7	17	0	无
南段航线	纪姆岛站	12.0	14.8	22	3	11日21—23时(3)
	桑岛站	9.5	12.3	6	0	无
	订正值	10.3	12.3	12	0	无

表4 2014年12月1—2日NW大风订正分析

Table 4 Correction analysis of NW gale from December 1 to 2, 2014

站点	最大风速平均值/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	最大风速/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	$\geq 6$ 级时次数/次	$\geq 7$ 级时次数/次	停航时段(时间/h)	
大钦岛站	9.0	17.5	9	6	30日14时—1日21时(32)	
北段航线	北隍城站	8.0	11.3	3	0	无
	订正值	10.0	16.2	10	6	30日14时—1日21时(32)
中段航线	大黑山站	14.5	20.6	29	19	30日15时—1日13时(23)
	长岛站	13.7	20.1	23	13	30日21时—1日09时(13)
	订正值	11.5	15.6	20	7	30日23时—1日05时(7)
南段航线	纪姆岛站	13.2	18.8	28	10	30日21时—1日06时(10)
	桑岛站	9.3	14.0	7	1	12月1日02时(1)
	订正值	10.1	14.0	11	1	12月1日02时(1)



表5 2015年11月5—8日NE大风订正分析

Table 5 Correction analysis of NE gale from November 5 to 8, 2015

站点	最大风速平均值/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	最大风速/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	$\geq 6$ 级时次数/次	$\geq 7$ 级时次数/次	停航时段(时间/h)
大钦岛站	13.8	20.1	58	27	6日16时—8日11时(44)
北段航线					
北隍城站	12.1	16.7	46	8	6日14时—7日14时(25)
订正值	13.3	18.4	59	18	6日16时—8日3时(35)
大黑山站	11.4	15.1	21	5	7日9时—7日13时(5)
中段航线					
长岛站	11.8	15.3	26	4	7日10时—7日13时(4)
订正值	11.5	14.2	23	3	7日10时—7日12时(3)
纪姆岛站	15.6	19.1	66	56	5日10时—7日20时(59)
南段航线					
桑岛站	14.3	16.9	65	41	5日10时—7日15时(54)
订正值	14.5	16.9	66	43	5日10时—7日15时(54)

根据《山东省港口条例》规定,海上风力达7级及以上时,从事港口旅客运输服务的港口经营人不得允许旅客、车辆上船,以避免客运船舶恶劣天气冒险开航。海事部门将根据单程航行时间提早取消开航计划。把一次大风天气过程中,航线上首次监测到7级以上大风与最后一次监测到7级以上大风之间的时间作为理论停航时间。分析3个个例中各航段的停航时间,发现经过风速的订正后,中段航线和南段航线停航时间明显缩短,北段航线的变化不如另外两个航段明显。但在第三个NE大风个例中,北段航线的停航时间也明显缩短。对于渤海海峡,冬春季NNE大风出现的频数较高<sup>[16]</sup>,本方法对于实况测站的风力进行订正后,可以减少因观测偏差而导致的停航,在保障安全的前提下提高经济效益。

## 5 结论

1) 根据海岛站的布设位置和探测环境,将龙旅航线划分南段、中段和北段,分别选取了桑岛站、纪姆岛站、长岛站、大黑山站、大钦岛站和北隍城站6个海岛站作为参考站。

2) 采用拉依赫特曼乘幂率风廓线公式,将龙旅航线海岛自动气象站风速订正到海拔10 m高度,利用实验站观测数据进行对比分析并建立了订正方法,订正后相邻站点具有较好的拟合关系。

3) 经过风速订正后,缩短了龙旅航线7级及以上大风的持续时间,可以减少因观测偏差而导致的停航,在保障安全的前提下提高经济效益。

4) 由于大风实验数据相对较少,所以在获取风速补偿值的时候,只能简单地补偿平均值,无法按照风速的级别大小分别补偿不同的值,在以后的研究中需要更多的实验数据加以分析。

## 参考文献:

- [1] 姚学祥.天气预报技术与方法[M].北京:气象出版社,2011:333-347.
- [2] 辛宝恒.黄海渤海大风概论[M].北京:气象出版社,1991:18-34.
- [3] 徐天真,方俊雄,张淮.近岸陆地与海面风速关系分析研究[J].海洋与湖沼,1992,23(4):356-361.
- [4] 井传才.青岛近海海陆大风对比分析[J].黄渤海海洋,1995,13(4):18-21.
- [5] 张正,徐天真,方俊雄,等.埕岛海域风况观测与分析[J].黄渤海海洋,1994,12(1):9-18.
- [6] 刘学萍.烟台海域海难事故气象条件分析及预防对策[J].气象,2001,27(3):55-57.
- [7] 黄少军,薛奕波,石磊,等.渤海海峡客滚船海难事故与大风事件关系分析[J].气象与环境学报,2006,22(3):30-32.
- [8] 王日东,姜俊玲,郭卫华,等.渤海海峡海岛站与沿岸站大风对比分析[J].海洋预报,2010,27(2):22-29.
- [9] 高瑞华,周国鸣,王日东,等.渤海海峡大风的对比分析[J].安徽农业科学,2008,36(29):290-293.
- [10] 高瑞华,申培鲁,高慧,等.渤海海峡大风日数的变化趋势分析[J].海洋预报,2010,27(1):27-31.
- [11] 赵鸣.大气边界层动力学[M].北京:高等教育出版社,2006:33-38.
- [12] 张淮水,刘安国,宋珊,等.海面风的特征分析[J].青岛海洋大学学报,1989,19(2):6-12.
- [13] 高山红,吴增茂.海岛测站大风资料代表性的数值模型分析[J].应用气象学报,1999,10(3):333-338.
- [14] 孙莎莎,吴炜,郭俊建.山东沿海测风高度对风速的影响和订正研究[J].海洋预报,2015,32(6):34-39.
- [15] 林曲凤,李刚,张孝峰,等.烟台海域海岛自动站大风对比试验[J].海洋预报,2013,30(4):40-44.
- [16] 高瑞华,王式功,张孝峰,等.渤海海峡大风的气候特征分析[J].海洋预报,2008,24(3):7-15.