

威海极端南北大风特征对比及天气分型研究

张萍萍^{1,2}, 辛文鹏², 迟静², 张莉萍², 张宁²

(1. 山东省气象防灾减灾重点实验室, 山东 济南 250031; 2. 威海市气象局, 山东 威海 264200)

摘要: 利用威海市近10年的区域自动站资料和其他常规观测数据,对威海市极端南北大风特征和天气分型进行对比分析。结果表明:威海南北大风极端值的大值区主要分布在沿海地区,其中北大风平均风极端最大值可达到12级,阵风可达14级,南大风平均风极端最大值可达到12级,阵风可达13级。极端偏北大风的年频数大于南大风。极端北大风分冷锋后部型、冷锋-气旋型和台风型3种天气型,冷锋后部型的最显著特征是具有强的海平面气压梯度,冷锋-气旋型北大风925 hPa偏北风风速大于冷锋后部型,台风型925 hPa偏北风风速和阵风风速在3个类型中都是最大的,台风路径沿着威海东部黄海海面北上。极端南大风分气旋型和台风型两种天气型,气旋型最显著的特征是具有较强的暖平流,台风型则伴随强的动量下传,台风路径从济南和威海之间北上。在以上分析的基础上提出各天气型的关键气象因子的定量化阈值,并建立了5类极端大风天气概念模型。

关键词: 极端大风;关键气象因子;天气概念模型

中图分类号: P732.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2025)03-0056-10

0 引言

近几年全国极端天气频发,已经成为气象预报中的新常态^[1-3],其中极端性大风引发的灾害不容忽视^[4-5]。威海是山东半岛最东端的沿海地区,容易出现极端大风天气,这种特色天气一旦产生,将对沿海交通运输、渔业捕捞作业等产生严重威胁。作为威海最有特色的天气,南、北极端大风对应的大风特征和天气特征明显不同,针对这两种大风开展对比研究,有助于提高该地区极端性大风预报预警能力,提升预报精准度,对于避免或减轻极端性大风引发的灾害具有重要意义。

许多学者对沿海地区的大风特征进行了相关分析。郭俊建等^[6]对山东沿海大风的日数、持续时间和平均风速等进行了统计分析。郑丽娜等^[7]利用小波分析等方法研究了山东大风天气的低频特征,发现华北低频反气旋和渤海低频气旋的加强会促

使偏北风加大。还有一些专家对沿海地区大风的环流形势或天气型开展研究。郭丽娜等^[8]对青岛沿海地区的大风特征进行了分析,发现造成该地区大风的天气型主要有冷高压型、低压槽型、温带气旋型和台风型4种。尹尽勇等^[9]指出温带气旋的爆发性发展是莱州湾大风的主要原因。于慧珍等^[10]利用旋转T模态主成分分析方法对山东半岛南部沿海大风不同天气型的环流形势和成因进行了研究。周淑玲等^[11]将引发山东沿海南大风的温带气旋分成北方气旋和南方气旋两类,并分析了相关气象因子。赵强等^[12]研究了渤海不同季节偏北大风在海上和陆地的风力差异,认为不同天气型下的风力差异不同。于志明等^[13]通过对渤海大风的天气特征进行分析,指出北大风的冷空气路径有3条,南大风可分为东北低压型和华北地形槽型。杨晓霞等^[14]研究了山东沿海36次北大风的天气特征,将其分成冷锋型、温带气旋型、回流冷空气型和北上热带气旋型4类。

收稿日期: 2024-03-22。

基金项目: 山东省气象局基金项目(2021SDYD36)。

作者简介: 张萍萍(1980-),女,正高级工程师,硕士,主要从事极端事件、卫星资料应用分析研究。E-mail: zpp7117@126.com

吕爱民等^[15]对中国近海的大风个例进行了分析,将其分为冷空气型、温带气旋型和热带气旋型3类。

综合以上分析发现,学者们对于沿海地区的大风天气进行了较多研究,但是对于极端性大风的研究不多。此外,由于威海南大风和北大风的大风特征和引发的天气系统不同,所以有必要对两种大风的相关特征进行对比分析,而目前针对这个问题的定量化概念模型研究几乎是空白。基于此,本文利用百分位法,选取威海极端南北大风个例,对其特征开展对比,分析关键气象因子,并建立相应的定量化概念模型。该研究旨在填补威海地区极端大风的研究空白,为其预报预警服务提供有力的定量化参考依据,以减少极端大风引发的灾害损失。该研究具有极大的科学研究意义和社会经济价值。

1 数据和方法

1.1 数据

本文使用资料为威海市22个国家站和54个区域站2012—2022年的地面10 min风场数据,资料来源于山东省气象信息中心;欧洲中心天气预报中心(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF)提供的ERA5再分析资料,分辨率为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 。

1.2 方法

最大风速定义为24 h内平均风的最大风速。

极大风速定义为24 h内阵风的最大风速。

极端最大值定义为将2012—2022年威海国家站和区域站的大风数据从大到小进行排序,排位第一的大风数值。

极端大风阈值定义为选择百分位法,将2012—2022年威海国家站和区域站的大风数据从大到小进行排序,取95%百分位的大风风速值。

极端北大风为达到极端大风阈值的西北风、北风或东北风。

极端南大风为达到极端大风阈值的西南风、南风或东南风。

极端个例选取方法为当大风风速大于极端大风阈值时,认为出现了极端性大风。根据此标准,

选出极端北大风个例38个,极端南大风个例22个。

年频数定义为总频数/年数。

2 结果分析

2.1 威海极端南北大风特征对比分析

2.1.1 南北大风极端最大值分布

北大风平均风极端值的大值区主要出现在北部、东部和南部沿海海区(见图1a),最大值出现在成山头(2012年8月28日),风速达到34.9 m/s(12级),此外皂埠、虎山、刘公岛的平均风极端值也较大,达到11级。南大风平均风极端值的大值区也主要出现在沿海海区(见图1b),最大值出现在浮标站(2019年11月18日),风速达到25.8 m/s(10级),此外凤凰尾、刘公岛、成山头的平均风极端值也较大,达到10级。北大风阵风极端值的大值区主要分布在北部、东部沿海海区(见图1c),最大值出现在皂埠(2016年2月13日),风速达到45.1 m/s(14级),此外成山头、刘公岛、花斑彩石的阵风极端值也较大,达到13级。南大风阵风极端值的大值区主要出现在北部和南部沿海海区(见图1d),最大值出现在石岛港(2019年5月25日),风速达到39.3 m/s(13级),此外崖西、凤凰尾、远遥的阵风极端值也较大,达到11级。

2.1.2 南北大风极端阈值分布特征

从图2可看出不同区域的大风极端阈值差异较大。北大风平均风极端阈值最大出现在成山头(风速21.8 m/s,9级,见图2a),北部、东海及南部沿海的站点阈值一般在7~8级;南大风平均风极端阈值最大值也出现在成山头(风速17.7 m/s,8级,见图2b),北部、东海及南部沿海的站点阈值一般在7级。因此,对于沿海站点,当南北大风平均风达到7级及以上时,可认为具有一定的极端性。北大风阵风极端阈值最大出现在成山头(风速37.4 m/s,13级,见图2c),北部、东海及南部沿海海区的站点阈值一般在10~13级;南大风阵风极端阈值最大出现在埠柳(风速30.4 m/s,11级,见图2d),北部、东海及南部沿海的站点阈值一般在9~11级。因此可认为,对于沿海站点,当北大风阵风达到10级及以上时,可认为具有一定的极端性,当南大风阵风达到9级及以上时,有一定的极端性。

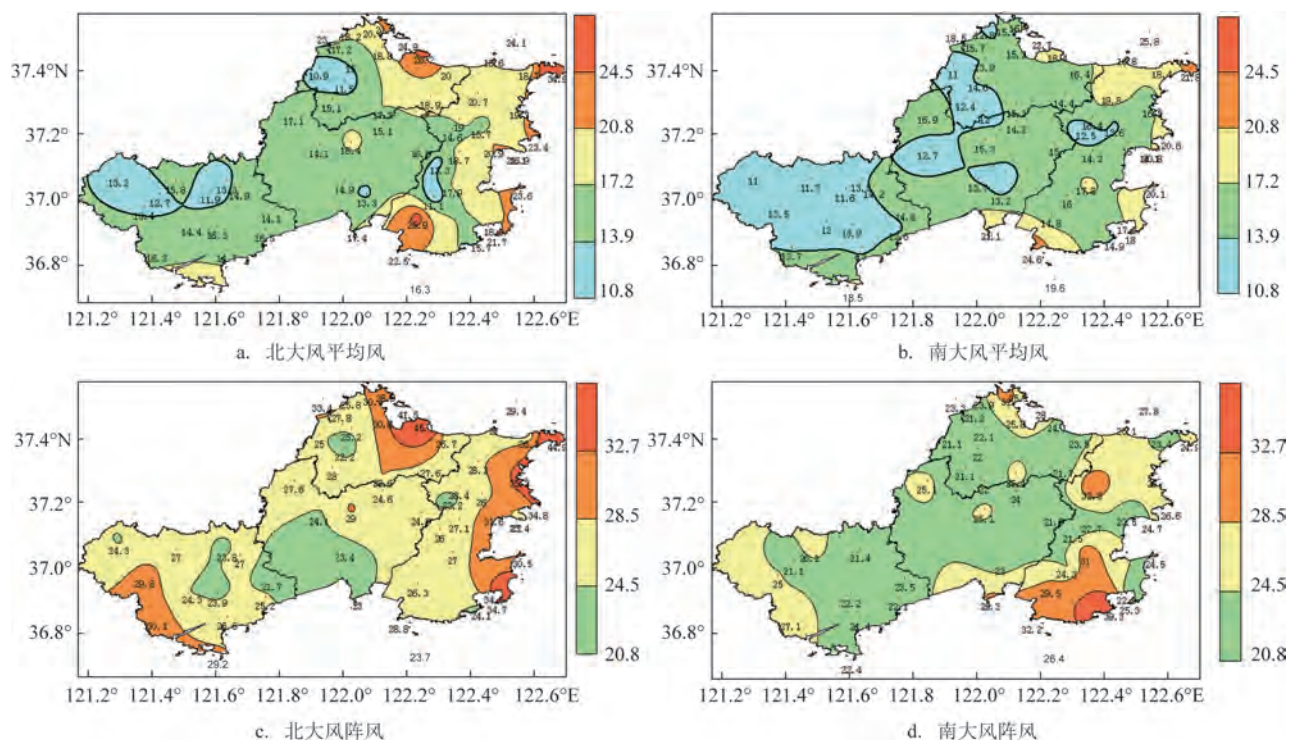


图1 南北大风极端最大值分布(单位:m/s)

Fig.1 Distribution of the maximum values of northerly-southerly gale (unit: m/s)

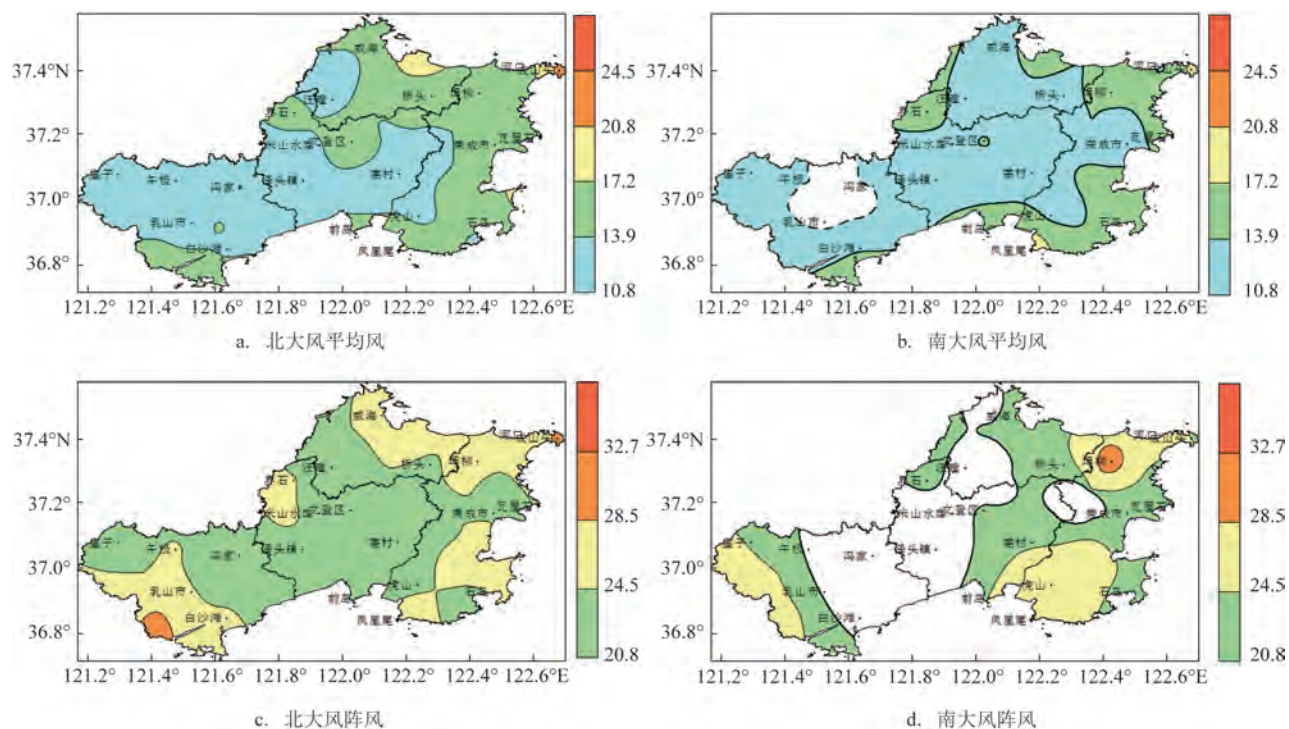


图2 南北大风极端阈值分布(单位:m/s)

Fig.2 Extreme threshold distribution of northerly-southerly gale (unit: m/s)

2.1.3 南北极端大风年频数对比

从北大风平均风的年频数分布特征看(见图3a),北部和东部沿海容易出现极端大风,要特别关注刘公岛、成山头、界石和文登等站点。南大风平均风的年频数小于北大风(见图3b),需特别关注威海、界石、瓦屋石、凤凰尾等站点。从北大风和南大风阵风的年频数分布特征看(见图3c、3d),北部和东部沿海地区容易出现极端大风,尤其是刘公岛、成山头、界石和文登等站点,其中成山头一年能出现8次极端北大风,南大风阵风的年频数小于北大风。

2.2 威海南北极端大风天气分型研究

2.2.1 极端北大风天气分型

2.2.1.1 冷锋后部型

图4a为冷锋后部型极端北大风关键气象因子特征图。从图中可以看出,该类型极端北大风发生时,阵风最大风速达到32 m/s,最小值为21 m/s,平均值为23.7 m/s。平均风最大风速达到24 m/s,最小值为11 m/s,平均值为15.7 m/s。地面冷高压值一般为1 032~1 055 hPa,平均值为1 045 hPa,850 hPa冷

平流强度较大,最大值可达 $-53 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C/s}$,平均值为 $-31 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 。威海与济南的海平面气压差为5~17 hPa,平均值为7.8 hPa。925 hPa偏北风风速最大值可达22 m/s,最小值为14 m/s,平均值为18.6 m/s。地面3 h变压为1~4 hPa,平均值为2.5 hPa。

图4b为冷锋后部型极端北大风的天气学概念模型。北支槽或中支槽在向东移动的过程中,槽后偏北气流引导冷空气南下,地面有冷高压形成,冷高压前侧有较强的西北路或北路冷空气南下,地面冷锋已过威海,威海处在冷锋后部冷高压前沿区,在强海平面气压梯度、强冷平流、强变压梯度以及强动量下传的共同作用下,导致威海出现极端北大风。该类型北大风的最大阵风风速达到11级,最大平均风速达到10级。

2.2.1.2 冷锋-气旋型

图5a为冷锋-气旋型极端北大风关键气象因子特征图。从图中可以看出,该类型极端北大风发生时,阵风最大风速达到28 m/s,最小值为22 m/s,平均值为24.3 m/s。平均风最大风速达到16 m/s(小于冷锋后部型),最小值为12 m/s,平均值为13.1 m/s。地面冷高压值为1 010~1 020 hPa,气旋中心气压为

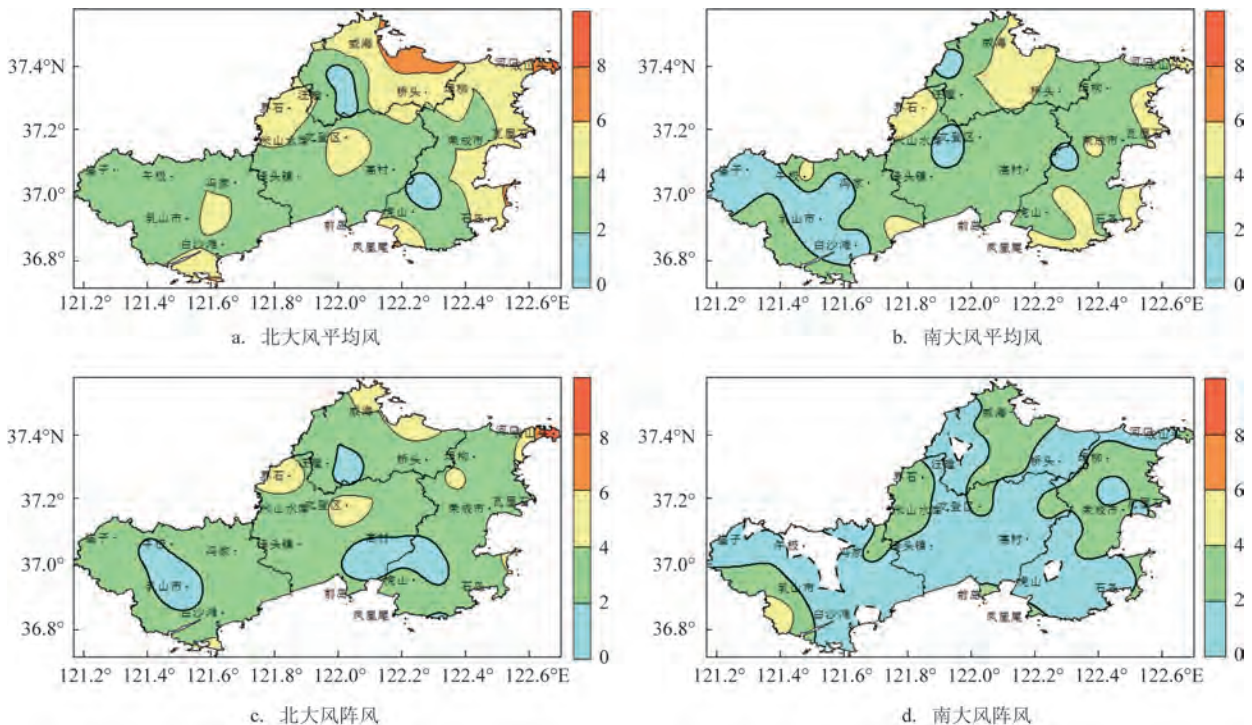


图3 南北极端大风年频数分布(单位:次/年)

Fig.3 Annual frequency distribution of extreme northerly-southerly winds (unit: times/year)

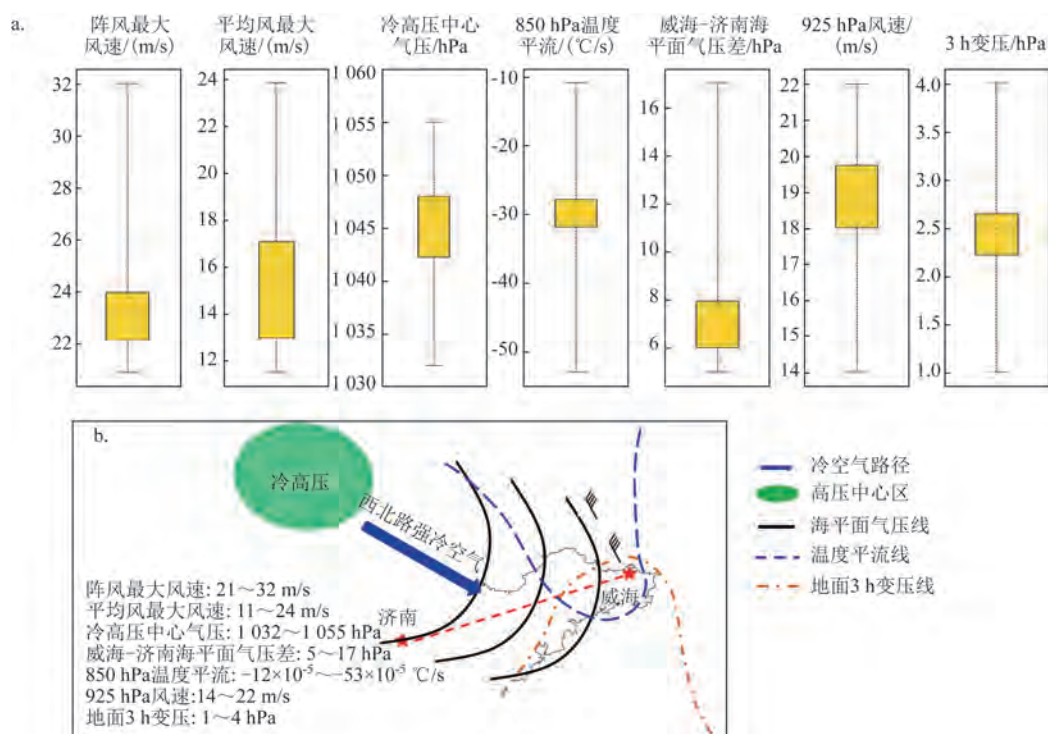


图4 冷锋后部型极端北大风关键气象因子特征(a)和天气概念模型(b)

Fig.4 Key meteorological characteristics of extreme northerly winds in the cold front posterior type (a) and weather conceptual model (b)

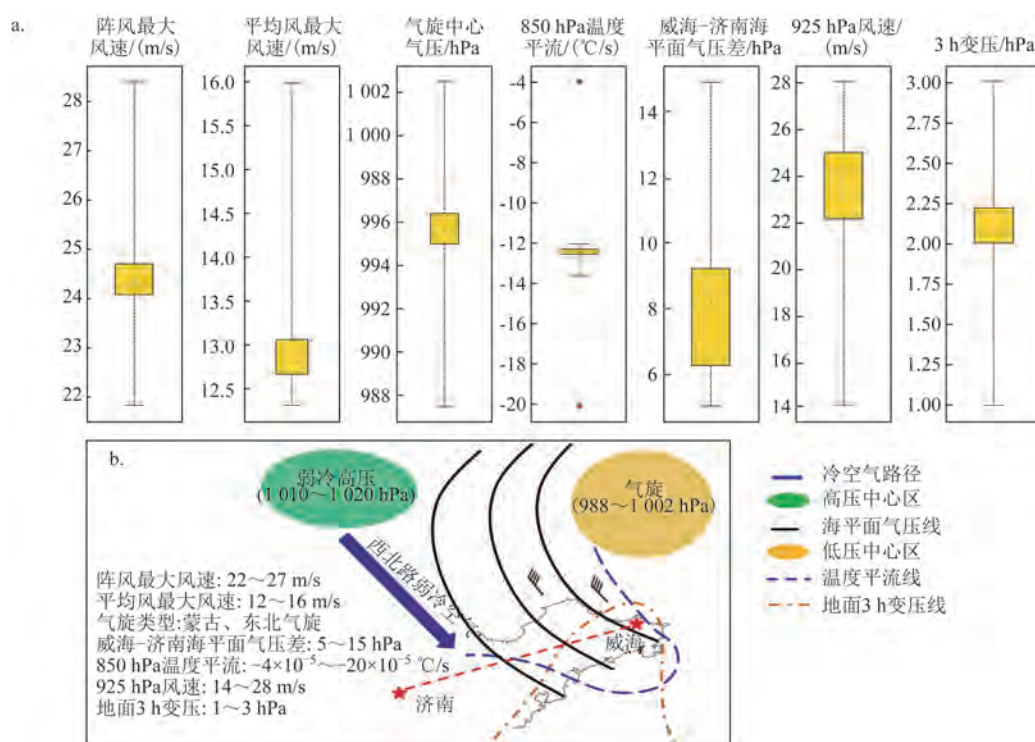


图5 冷锋-气旋型极端北大风关键气象因子特征(a)和天气概念模型(b)

Fig.5 Key meteorological characteristics of extreme northerly winds in the cold front cyclone type (a) and weather conceptual model (b)

988~1 002 hPa, 850 hPa 冷平流强度为 $-4 \times 10^{-5} \sim -20 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 。威海与济南的海平面气压差为5~15 hPa, 平均值为8.1 hPa。925 hPa 偏北风风速最大值可达28 m/s, 最小值为14 m/s, 平均值为23.2 m/s (大于冷锋后部型)。地面3 h变压为1~3 hPa, 平均值为2.1 hPa。

图5b为冷锋-气旋型极端北大风的天气学概念模型。当蒙古或者东北地区有气旋形成, 同时在西北一带有弱冷高压形成时, 高压前侧有西北路弱冷空气南下, 威海处在蒙古(东北)气旋和西部弱冷高压之间, 存在较强的海平面气压梯度、中等强度的冷平流、较强变压梯度和强的动量下传, 在上述因素的共同作用下, 导致威海出现极端北大风。该类型北大风最大阵风风速能达到11级, 最大平均风速为7级(小于冷锋后部型)。

2.2.1.3 台风型

图6a为台风型极端北大风关键气象因子特征图。从图中可以看出, 该类型极端北大风发生时, 阵风最大风速达到45 m/s, 最小值为22 m/s, 平均值为29.4 m/s (远远大于前两种类型)。平均风最大风速达到23 m/s, 最小值为14 m/s, 平均值为19.7 m/s。台风低压中心值为985~997 hPa, 平均值为993.1 hPa。威海与济南的海平面气压差为7~15 hPa, 平均值为10.3 hPa。925 hPa 偏北风风速最大值可达26 m/s (大于前两种类型), 最小值为22 m/s, 平均值为24.1 m/s。地面3 h变压为-3~-2 hPa, 平均值为-2.3 hPa。

图6b为台风型极端北大风的天气学概念模型。台风沿着威海东部黄海水面北上的过程中, 威海与济南的海平面气压达到7~15 hPa, 同时伴随较强的负变压梯度, 与上述两种类型相比, 最突出的特征是伴随非常强的动量下传, 925 hPa的平均风速达到24.1 m/s。该类型北大风阵风风速很大, 可达14级(较上述两种类型更强), 平均风速可达9级。

2.2.2 极端南大风天气分型

2.2.2.1 气旋型

图7a为气旋型极端南大风关键气象因子特征图。从图中可以看出, 该类型极端南大风发生时, 阵风最大风速达到26 m/s, 最小值为21 m/s, 平均值为22.3 m/s。平均风最大风速达到14 m/s, 最小值为11 m/s, 平均值为12.3 m/s, 说明气旋型极端南大风

平均风速不大, 但是阵风风速较大。地面气旋中心气压为972~1 006 hPa, 平均值为993.1 hPa, 850 hPa 暖平流强度较大, 最大值可达 $60 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C/s}$, 平均值为 $24.6 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 。威海与济南的海平面气压差为4~13 hPa, 平均值为6.9 hPa。925 hPa 偏南风风速最大值可达24 m/s, 最小值为14 m/s, 平均值为19.1 m/s。地面3 h变压为-4~-1 hPa, 平均值为-2.2 hPa。

图7b为气旋型极端南大风的天气学概念模型。较强的黄河气旋、蒙古气旋和东北气旋形成后会影响到威海, 地面上存在较强的海平面气压梯度、较强的暖平流、较强变压梯度和强的动量下传, 尤其是过程中850 hPa的暖平流非常强, 平均值可达 $24.6 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 。该类型南大风最大阵风风速能达到10级, 最大平均风速为7级。

2.2.2.2 台风型

图8a为气旋型极端南大风关键气象因子特征图。从图中可以看出, 该类型极端南大风发生时, 阵风最大风速达到32 m/s, 最小值为25 m/s, 平均值为27 m/s (大于气旋型南大风)。平均风最大风速达到23 m/s, 最小值为18 m/s, 平均值为20.4 m/s (大于气旋型南大风)。台风中心气压值为985~993 hPa, 平均值为990.4 hPa, 850 hPa 暖平流强度较大, 最大可达 $40 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C/s}$, 平均值为 $20.4 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 。威海与济南的海平面气压差为5~15 hPa, 平均值为9.6 hPa。925 hPa 偏南风风速最大值可达25 m/s, 最小值为20 m/s, 平均值为23.7 m/s (高于气旋型极端南大风)。地面3 h变压为-3~-2 hPa, 平均值为-2.3 hPa。

图8b为台风型极端南大风的天气学概念模型。台风一般沿着威海和济南中间的区域北上, 威海与济南的海平面气压达到5~15 hPa, 台风中心气压较低, 平均值为990.4 hPa, 同时伴随较强的暖平流和负变压梯度。与其他几种类型相比, 该类型最突出的特征是伴随非常强的动量下传, 925 hPa的平均风速可达23.7 m/s。这是因为在台风环流的垂直速度场上往往出现明显的上升-下沉运动交替的分布结构。当925 hPa风速较大时, 高动量的空气通过垂直输送引发动量下传, 进而产生强下沉运动, 导致地面风力增强^[16]。该类型南大风阵风风速很大, 可达11级(高于气旋型南大风), 平均风速可达9级。

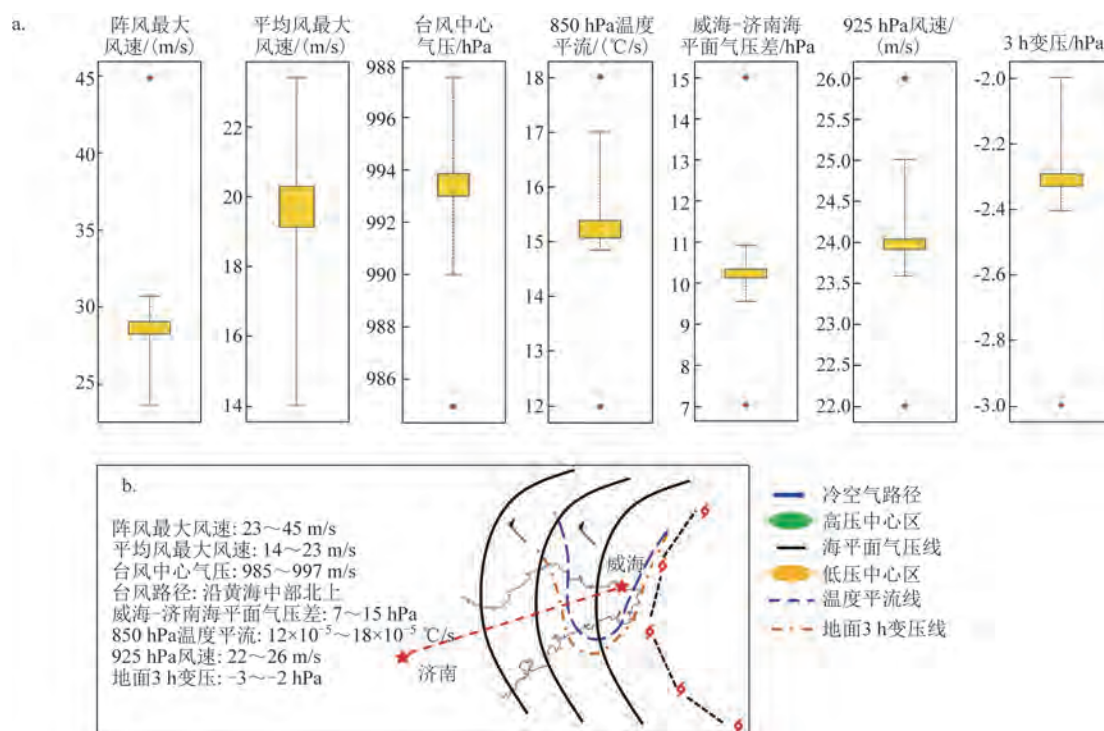


图6 台风型极端北大风关键气象因子特征(a)和天气概念模型(b)

Fig.6 Key meteorological characteristics of extreme northerly winds in the typhoon type (a) and weather conceptual model (b)

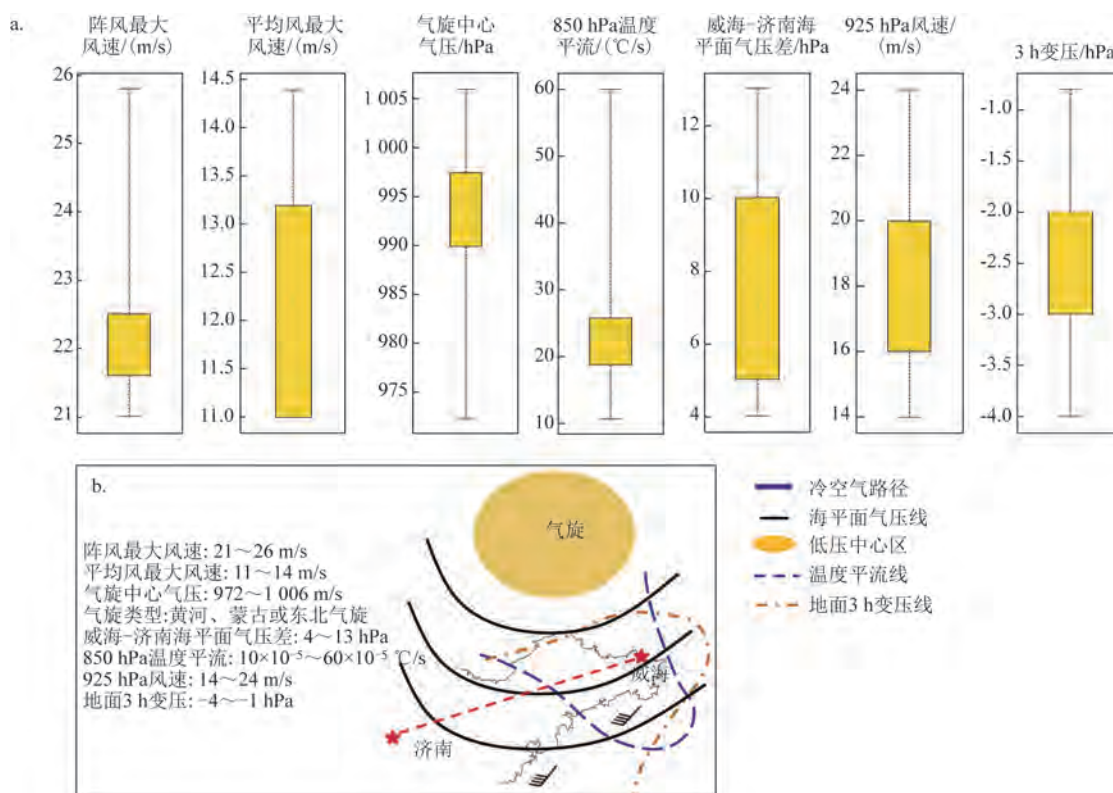


图7 气旋型极端南大风关键气象因子特征(a)和天气概念模型(b)

Fig.7 Key meteorological characteristics of extreme southerly winds in the cyclonic type (a) and weather conceptual model (b)

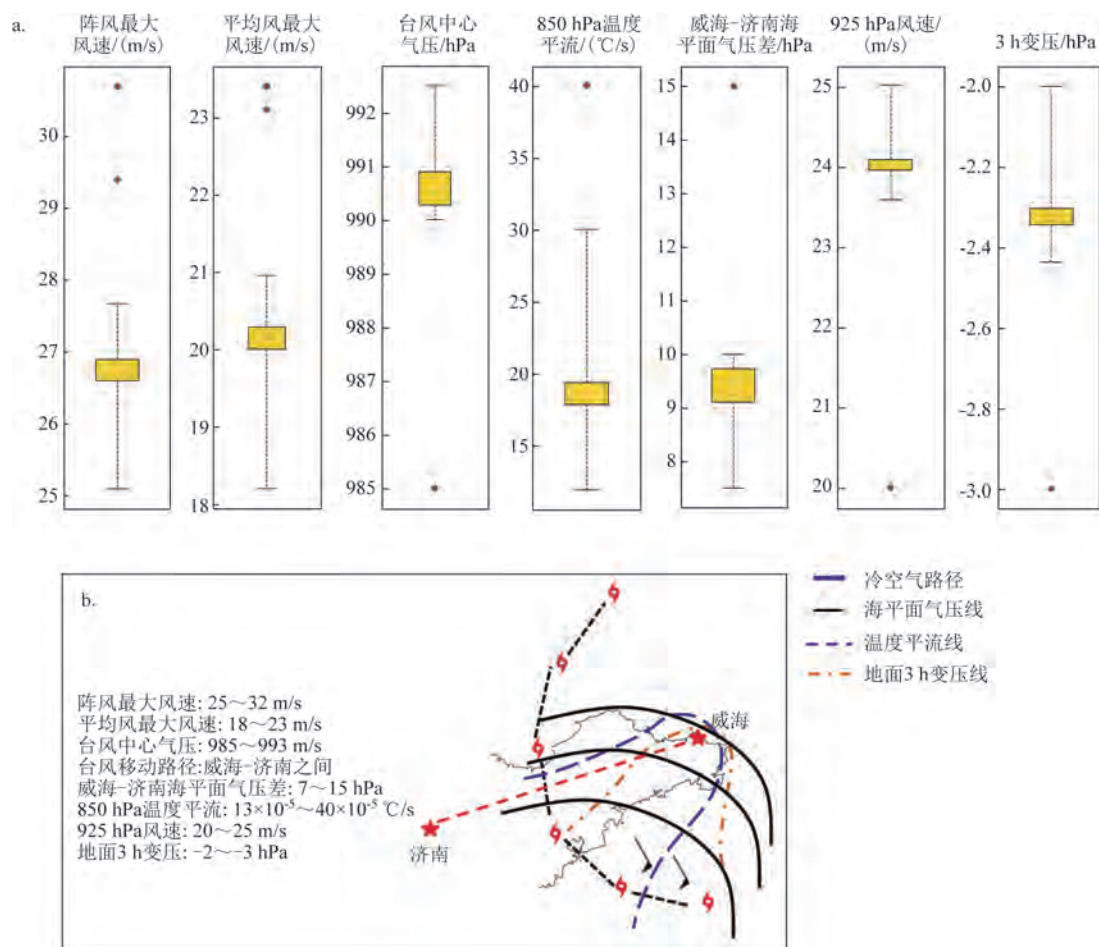


图8 台风型极端南大风关键气象因子特征(a)和天气概念模型(b)

Fig.8 Key meteorological characteristics of extreme southerly winds in typhoon type (a) and weather conceptual model (b)

3 结论

本文对威海南北大风的极端性、关键气象因子及天气型特征进行了分析。结论如下:

①威海南北大风极端值的大值区主要分布在沿海地区,其中北大风平均风极端最大值可达到34.9 m/s,阵风极端最大值可达到45.1 m/s,南大风平均风极端最大值可达到25.8 m/s,阵风极端最大值可达到39.3 m/s。沿海地区北大风平均风极端阈值为7级,阵风极端阈值为10级,南大风平均风极端阈值为7级,阵风极端阈值为9级。极端北大风的年频数大于南大风,极端北大风易出现在刘公岛、成山头、界石和文登等站点,极端南大风易出现在威海、界石、瓦屋石、凤凰尾等站点。

②通过对威海南北极端大风天气进行分型研

究,分别针对北大风3种天气型(冷锋后部型、冷锋-气旋型和台风型)、南大风两种天气型(气旋型和台风型)的关键气象因子配置和极端大风的成因进行了分析。结果发现:冷锋后部型极端北大风最大阵风风速能达到11级,最大平均风速能达到10级,具有强海平面气压梯度;冷锋-气旋型极端北大风最大平均风速小于冷锋后部型,925 hPa风速平均值可达23 m/s;台风型极端北大风阵风较前两种类型更大,可达14级,台风中心往往沿着威海东部黄海海面北上,925 hPa的平均风速可达24.1 m/s。气旋型极端南大风最大阵风风速能达到10级,最大平均风速为7级,其中850 hPa暖平流非常强,平均值可达 $24.6 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$;台风型极端南大风阵风风速很大,可达11级,平均风速可达9级,台风中心一般沿着威海和济南中间的区域北上,最突出的特征是伴

随非常强的动量下传, 925 hPa 的平均风速可达 23.7 m/s。本文在以上分析的基础上建立了 5 类极端大风天气概念模型。

通过以上分析, 可根据极端南北大风的统计特征、关键气象因子阈值和量化天气概念模型进行威海市极端南北大风的区别化预报, 并据此发布相应的大风预警信号。本项目研究具有一定的实际应用价值, 后期将针对沿海及海上极端大风的相关特征进行后续研究。

参考文献:

- [1] 罗亚丽. 极端天气和气候事件的变化[J]. 气候变化研究进展, 2012, 8(2): 90-98.
- LUO Y L. Changes in weather and climate extremes[J]. Climate Change Research, 2012, 8(2): 90-98.
- [2] 胡宜昌, 董文杰, 何勇. 21 世纪初天气气候事件研究进展[J]. 地球科学进展, 2007, 22(10): 1066-1075.
- HU Y C, DONG W J, HE Y. Progress of the study of extreme weather and climate events at the beginning of the twenty first century[J]. Advances in Earth Science, 2007, 22(10): 1066-1075.
- [3] 杨秋珍, 徐明, 田展. 台风影响极端事件风险分析[J]. 大气科学研究与应用, 2015(1): 1-17.
- YANG Q Z, XU M, TIAN Z. Risk analysis of tropical cyclone impacting extreme events[J]. Atmospheric Science Research and Application, 2015(1): 1-17.
- [4] 彭霞云, 章丽娜, 刘汉华, 等. 冷涡底部对流引起的杭州湾极端大风形成机制分析[J]. 气象, 2022, 48(6): 719-728.
- PENG X Y, ZHANG L N, LIU H H, et al. Formation mechanism of extreme winds in Hangzhou bay caused by convection at the bottom of cold vortex[J]. Meteorological Monthly, 2022, 48(6): 719-728.
- [5] 林小红, 吴幸毓, 陈森, 等. 台湾海峡西岸台风大风特征及极端大风典型个例分析[J]. 气象与环境学报, 2019, 35(6): 93-100.
- LIN X H, WU X Y, CHEN M, et al. Characteristics of strong typhoon wind and typical cases of extreme wind on the west coast of the Taiwan Strait, China[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2019, 35(6): 93-100.
- [6] 郭俊建, 孙莎莎. 山东沿海精细化海区大风特征分析[J]. 海洋预报, 2014, 31(4): 41-46.
- GUO J J, SUN S S. Analysis of gale wind along Shandong coast [J]. Marine Forecasts, 2014, 31(4): 41-46.
- [7] 郑丽娜, 刘冬冬, 何鹏程. 山东大风天气的低频特征及机理分析[J]. 海洋气象学报, 2021, 41(2): 70-77.
- ZHENG L N, LIU D D, HE P C. Analysis on low-frequency characteristics and mechanism of strong wind in Shandong[J]. Journal of Marine Meteorology, 2021, 41(2): 70-77.
- [8] 郭丽娜, 马艳, 于慧珍. 青岛沿海地区大风特征及其预警评估[J]. 海洋气象学报, 2022, 42(2): 90-98.
- GUO L N, MA Y, YU H Z. Characteristics of gale and assessment of gale warning in Qingdao coastal areas[J]. Journal of Marine Meteorology, 2022, 42(2): 90-98.
- [9] 尹尽勇, 曹越男, 赵伟. 2010 年 4 月 27 日莱州湾大风过程诊断分析[J]. 气象, 2011, 37(7): 897-905.
- YIN J Y, CAO Y N, ZHAO W. A diagnostic analysis of the gale process in Laizhou Gulf on April 27, 2010[J]. Meteorological Monthly, 2011, 37(7): 897-905.
- [10] 于慧珍, 马艳, 韩旭卿. 不同天气形势下山东半岛南部沿海大风特征及其成因[J]. 气象科技, 2023, 51(1): 94-103.
- YU H Z, MA Y, HAN X Q. Characteristics and causes for gale at southern Shandong peninsula coast of different circulation patterns[J]. Meteorological Science and Technology, 2023, 51(1): 94-103.
- [11] 周淑玲, 单宝臣, 盛春岩. 山东近海温带气旋强南向大风的特征分析[J]. 海洋通报, 2014, 33(2): 132-139.
- ZHOU S L, SHAN B C, SHENG C Y. Characteristic analysis of the strong southerly winds of extratropical cyclones over the Shandong offshore[J]. Marine Science Bulletin, 2014, 33(2): 132-139.
- [12] 赵强, 刘大刚, 李杰. 渤海秋冬季偏北大风海陆风力差异的研究[J]. 中国航海, 2008, 31(2): 197-201.
- ZHAO Q, LIU D G, LI J. Study on partial north strong wind in Bohai sea area in autumn-winter seasons[J]. Navigation of China, 2008, 31(2): 197-201.
- [13] 于志明, 王驷鹂, 马冬亮. 渤海海洋气象灾害天气分型与预报指标研究[J]. 气象与环境学报, 2018, 34(1): 106-111.
- YU Z M, WANG S Y, MA D L. Study on weather classification and forecasting index of marine meteorological disasters in the Bohai sea[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2018, 34(1): 106-111.
- [14] 杨晓霞, 盛春岩, 沈建国, 等. 山东沿海偏北大风的天气学模型和物理量特征[J]. 海洋预报, 2014, 31(3): 45-55.
- YANG X X, SHENG C Y, SHEN J G, et al. Synoptic model and physical quantity features of the north gale wind over Shandong coast[J]. Marine Forecasts, 2014, 31(3): 45-55.
- [15] 吕爱民, 杨柳妮, 黄彬, 等. 中国近海大风的天气学分型[J]. 海洋气象学报, 2018, 38(1): 43-50.
- LYU A M, YANG L N, HUANG B, et al. Classification of synoptic patterns for China offshore gales[J]. Journal of Marine Meteorology, 2018, 38(1): 43-50.
- [16] 王丽娟, 邓方俊, 史珩瑜, 等. 1909 号台风“利奇马”影响期间浙江大风分布特征及成因分析[J]. 海洋预报, 2020, 37(6): 83-95.
- WANG L J, DENG F J, SHI H Y, et al. Distribution characteristics and causes of gale winds in Zhejiang province affected by typhoon "Lekima" (1909)[J]. Marine Forecasts, 2020, 37(6): 83-95.

Comparison analysis on extreme northerly-southerly strong winds and weather classification in Weihai

ZHANG Pingping^{1,2}, XIN Wenpeng², CHI Jing², ZHANG Liping², ZHANG Ning²

(1. Key Laboratory for Meteorological Disaster Prevention and Mitigation of Shandong, Ji'nan 250031, China; 2. Weihai Meteorological Bureau, Weihai 264200, China)

Abstract: Using the regional automatic station data and other conventional observation data in the past 10 years, a comparative analysis has been conducted on the characteristics and weather classification of extreme northerly-southerly strong winds in Weihai. The conclusions include that the highest extreme northerly-southerly strong winds in Weihai are mainly distributed in coastal areas. The maximum average northerly winds reach level 12 and the maximum gust northerly winds reach level 14, the maximum average southerly winds reach level 12 and the maximum gust southerly winds reach level 13. The annual frequency of extreme northerly winds is greater than that of southerly winds. In addition, it is found that extreme northerly winds are mainly composed of three weather types: cold front posterior type, cold front cyclone type, and typhoon type. The most significant feature of the cold front posterior type is the strong sea level pressure gradient. The wind speed of the northerly winds at 925 hPa in the cold front cyclone type is higher than that of the cold front posterior. Both the mean and gust northerly wind speeds of Typhoon Type 925 hPa are the highest among the three types, and the associated typhoon paths are northward along the Yellow Sea in the eastern part of Weihai. There are two main types of extreme southern winds: cyclone type and typhoon type. The most prominent feature of cyclone type is its strong warm advection, while typhoon type is accompanied by strong momentum downward. The associated typhoon paths are northward from Jinan to Weihai. Based on the above analysis, quantitative thresholds for key meteorological factors of each weather type are given, and five conceptual models of extreme gale weather are established.

Key words: extreme strong winds; key meteorological factors; weather conceptual model