

济南遥墙机场大风天气特征分析

赵 熙

中国民用航空山东空中交通管理分局气象台, 山东 济南
Email: sunnyzhaoxi@126.com

收稿日期: 2021年8月22日; 录用日期: 2021年9月17日; 发布日期: 2021年9月24日

摘 要

利用济南遥墙机场2000~2020年21a地面24小时观测资料,采用常规气象统计方法,对济南遥墙机场大风(瞬时风速 ≥ 17 m/s)的发生时间、风速、风向、风向与跑道夹角及伴随灾害性天气和影响系统进行统计分析。结果表明:21a大风呈显著增多趋势,主要出现在春夏两季,以4月和7月为高发期;有明显的日变化,多出现在白天到上半夜;风速越大次数越少,17~18 m/s风速出现的次数最多,19 m/s及以上大风迅速减少;西北风发生次数最多占23.3%,与跑道夹角 $70^\circ\sim 90^\circ$ 的风向占13%左右;伴随的灾害性天气为沙尘、雷暴、飚线和强降水;大风主要有冷锋大风、气旋大风、气旋和冷锋(或入海高压)结合大风、雷暴大风和台风大风。

关键词

济南遥墙机场, 大风, 时间分布, 风向与跑道夹角

Analysis of Strong Wind Weather Characteristics at Yaoqiang Airport in Jinan

Xi Zhao

Meteorological Observatory of Shandong Air Traffic Management Sub-Bureau of Civil Aviation, Jinan Shandong
Email: sunnyzhaoxi@126.com

Received: Aug. 22nd, 2021; accepted: Sep. 17th, 2021; published: Sep. 24th, 2021

Abstract

Based on the 24 hourly observation data of Jinan Yaoqiang airport from 2000 to 2020, the occurrence time, wind speed, wind direction, angle between wind direction and runway, the accompa-

nying disastrous weather and the influence system of the strong wind (instantaneous wind speed ≥ 17 m/s) were statistically analyzed by using the conventional meteorological method. The results showed that the strong wind increased significantly in the past 21 years, mainly occurring in spring and summer, with April and July as the peak season. It had obvious diurnal variation, appeared more in the daytime to early midnight. The higher the wind speed, the fewer times it occurred. The wind speed of 17~18 m/s was the most frequent, and the wind speed of 19 m/s and above decreased rapidly. The most frequent occurrence of northwest wind was 23.3%, and the wind direction with an angle between 70° and 90° accounted for about 13%. The accompanying disastrous weather was the sand-dust, thunderstorm, squall line and heavy precipitation. The strong wind mainly included cold front gale, cyclone gale, combination gale of the cyclone and cold front (or high pressure into the sea), thunderstorm gale and typhoon gale.

Keywords

Jinan Yaoqiang Airport, Strong Wind, Time Distribution, Angle of Wind Direction and Runway

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

风是空气的水平流动形成的自然现象,包括风速和风向,人们利用风造福人类,如风帆航行、风力致热和风力发电,风是一种清洁能源,并且是可再生能源;但是当风速大到一定程度,则是人类不可控制的,大风对工农业生产、交通运输及人们生活都造成重大危害,人类只能加强防御,将灾害降到最低。随着民航运输业的快速发展,风对民航运输的影响越来越大,日益引起人们的关注。比如飞机一般会利用风向飞行,逆风起降会增加升力或阻力,缩短飞机起飞或着陆的滑跑距离,获取更好的稳定性和安全性。但是当出现强风、侧风、阵风、旋转风和风切变等时,则严重威胁飞机安全,使飞机不能正常起降。对于大风的破坏性,比较好的考量指标是极大风速(风速 ≥ 17 m/s 时段内瞬时风速的最大值),这是飞机在起降过程中必须考虑的问题。同时与大风相伴的沙尘、雷暴、飏线和强降水等也是对飞机安全造成威胁的重要因素。

国内目前对大风研究比较多的主要集中在西北、东北和内蒙等大风的时空分布特征方面[1][2][3][4],对山东特别是济南机场大风的研究较少。济南地处中纬度,属于暖温带大陆性季风气候。济南遥墙机场位于济南的东北方向,地势开阔,大风是最常见的灾害性天气,一年四季均可出现。所以研究济南机场大风的气候规律和特征,对今后提高大风的预报准确率和观测精度、保障飞机的起降安全、提高运行效率有重要意义。

2. 资料来源

利用济南遥墙机场 2000~2020 年 21a 基准观测点风的观测资料,应用常规气象统计方法,分析济南机场大风时间分布特征,并对风速、风向、与跑道夹角及伴随灾害天气进行统计分析。根据《民用航空气象地面观测规范》[5]标准:以瞬时风速 ≥ 17 m/s 作为大风标准,以世界时 16 时为日界进行统计,一天中有一个或若干个时段风速达到大风标准时,就作为一个大风日。统计得出,21 年有 64 个大风日,共 103 个时段出现了 ≥ 17 m/s 的大风。气象季节划分:春季(3~5 月)、夏季(6~8 月)、秋季(9~11 月)、冬季(12 月~次年 2 月)。

3. 大风时间分布特征

3.1. 大风年变化

21a 共有 64 个大风日, 平均每年 3.0 天, 最多 2011 年出现 7 个大风日, 其次 2013、2015、2017 和 2020 年每年均出现 6 个大风日; 而 2000、2002、2003 和 2008 年没有出现过 ≥ 17 m/s 的大风。图 1 可以看出, 大风日数总体呈增加趋势, 2010 年之前离散度较高, 忽多忽少, 平均每年 1.7 个大风日; 2010 年之后为高发期, 平均每年 5 个大风日。

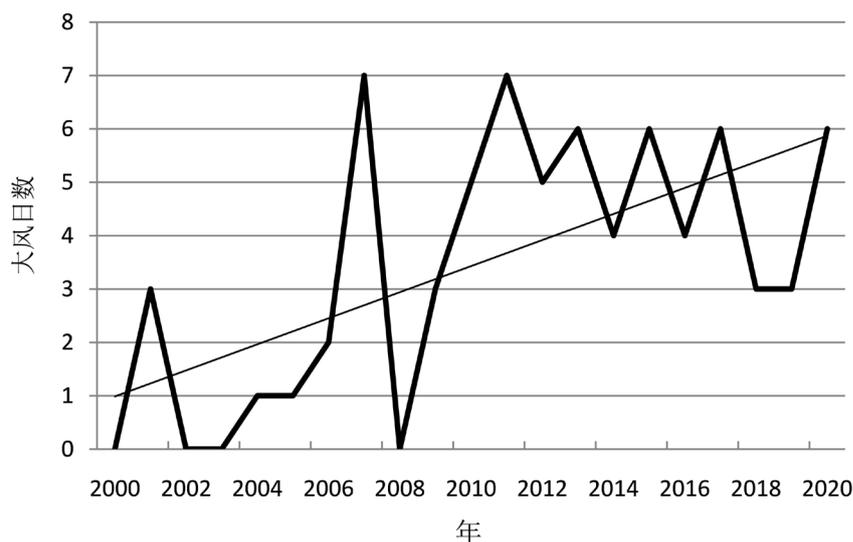


Figure 1. Annual distribution of strong wind days from 2000 to 2020 (straight line is trend line)
图 1. 2000~2020 年大风日数逐年分布(直线为趋势线)

3.2. 大风日数的季节、月分布

表 1 看出, 21a 中春季出现 28 个大风日, 占总数的 43.8%, 夏季出现 30 个大风日, 占总日数的 46.9%, 春夏两季占总日数的 90.7%, 秋冬季节明显减少, 总共 6 天, 占总日数的 9.4%, 大风主要出现在春夏季节。

Table 1. Seasonal proportion distribution of strong wind days and frequency (%) from 2000 to 2020

表 1. 2000~2020 年大风日数和频次(%)四季比例分布

	春	夏	秋	冬
日数	28	30	4	2
频次	43.8	46.9	6.3	3.1

图 2 为 2000~2020 年大风日数逐月分布, 由图 2 看出, 3 月份大风日数开始增多, 3~8 月份是大风高发期, 有两个峰值, 出现在 7 月和 4 月, 分别有 15 个和 13 个大风日, 9 月迅速减少, 9 月~次年 2 月每月大风日在 0~2 之间。

3.3. 大风日变化

统计 2000~2020 年大风出现的时间(UTC), 64 个大风日中共有 103 个时段达到了大风标准, 发现大

风具有明显的日变化(图 3)，主要出现在上午到上半夜，占总数的 89.3%；01UTC 后开始增多，中午前后到傍晚最集中，01~10 UTC 占总数 57.3%；16~22 UTC 出现次数最少，占 10.7%。

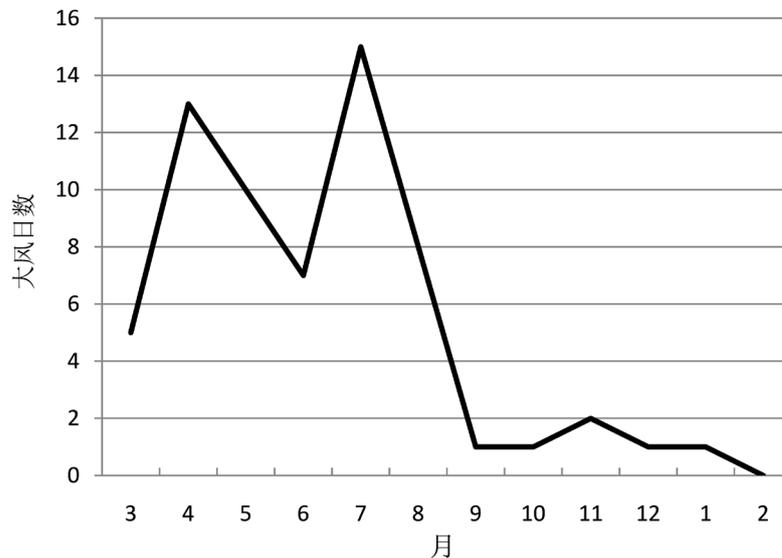


Figure 2. Monthly distribution of strong wind days from 2000 to 2020

图 2. 2000~2020 年大风日数逐月分布

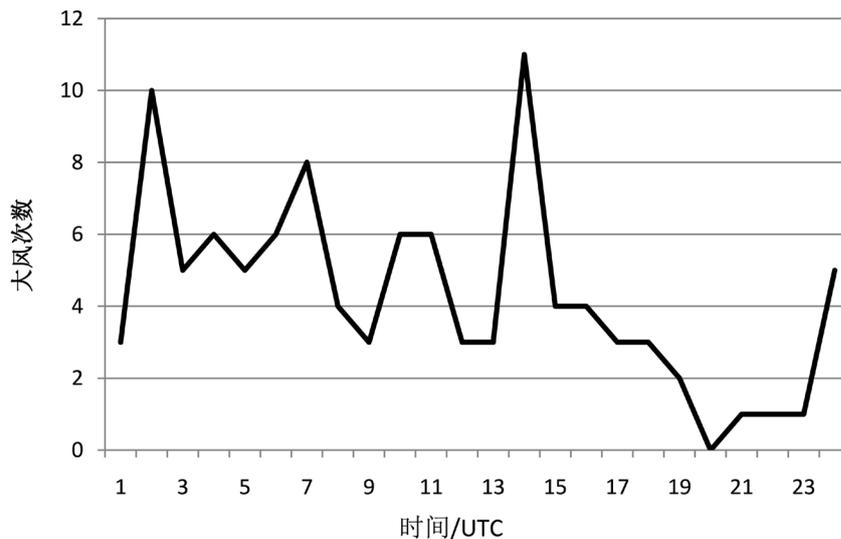


Figure 3. Diurnal variation of strong wind from 2000 to 2020

图 3. 2000~2020 年大风次数的日变化

3.4. 一天中大风出现次数特征

在 64 个大风日中，一天内大风出现次数不同，有的只出现一次，有的则连续出现多次，大风持续时间越长、出现次数越多，对飞机影响越大，可造成长时间飞机延误。其中 50 个大风日均只有一个时段出现了 ≥ 17 m/s 的大风，占 78.1%；一天内出现大风次数最多的是 2018 年 4 月 6 日 01:01~06:04 UTC，5 小时 03 分钟内有 9 个时段风速达到大风标准，风速 17~20 m/s，风向 300° ~ 340° ，该大风是受强冷空气影响造成的。

大风持续时间最长个例, 2019年8月11日, 05:08~09:29 UTC, 共5小时21分, 6个时段风速达到或超过17 m/s, 最大20 m/s, 风向 10° ~ 50° , 该大风是受台风“利奇马”外围影响造成的。

4. 极大风速分布特征

风速越大, 破坏力越大, 对飞机安全性威胁也就越大。根据风力等级和风速对照表, 13.9~17.1 m/s为7级风, 17.2~20.7 m/s为8级风, 20.8~24.4 m/s为9级风, 24.5~28.4 m/s为10级风。由于民航测风风速精确到个位, 本文将17 m/s的风划为7级, 18~20 m/s的风为8级, 21~24 m/s为9级风。

图4为2000~2020年各极大风速出现次数。可以看出, 17~18 m/s风速出现的次数最多共60次, 占总次数的58.35%, 19 m/s及以上出现次数迅速减少。按风力级别分17 m/s(7级)极大风出现35次占总时次的34.0%, 18~20 m/s(8级)的极大风出现44次占总数的42.7%, 21~24 m/s(9级)的极大风出现23次占总数的22.3%, 25 m/s(10级)的极大风出现一次。7级风次数之所以小于8级风次数, 是因为本文只统计了风速17 m/s及以上的样本, 14~16 m/s(7级)的样本不在本文统计范围。

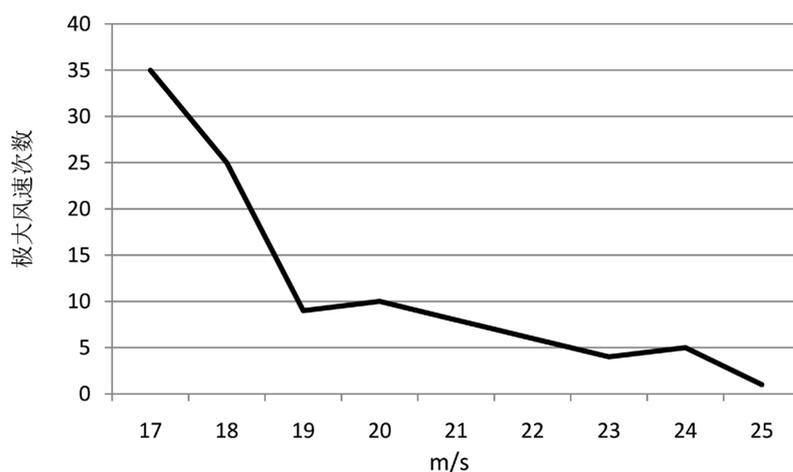


Figure 4. Frequency of maximum wind speeds from 2000 to 2020

图4. 2000~2020年不同极大风速出现次数

5. 风向及其与跑道夹角分布特征

风对飞机的影响表现在风速和风向两个方面, 其中危险系数最高的就是侧向风, 对飞机飞行安全造成严重威胁, 遭遇强侧向风时, 飞机不能正常起降。

5.1. 年及四季风向特征分析

统计103次大风分布在各个方位(16个方位)的次数, 图5为大风年、春、夏季风向次数玫瑰图。

由图5(a)看出, 一年中西北风出现次数最多24次, 占总次数的23.3%; 其次出现次数较多的是北西北风16次和西南风13次, 频率分别为15.5%、12.6%; 东东北风11次频率10.7%; 其它风向出现次数较少。

图5(b)看出, 春季共出现大风70次, 西北风出现次数最多17次, 频率为27.9%; 其次是东东北风11次和北西北风10次, 频率分别是18.0%和16.4%。

夏季共36次大风(图5(c)), 西北风出现次数最多6次, 频率为16.7%; 其次是西南风5次、东北和北东北风均4次, 频率分别是13.9%、11.1和11.1%。

由于秋冬季节大风出现的次数较少, 代表性较差, 不再分析。

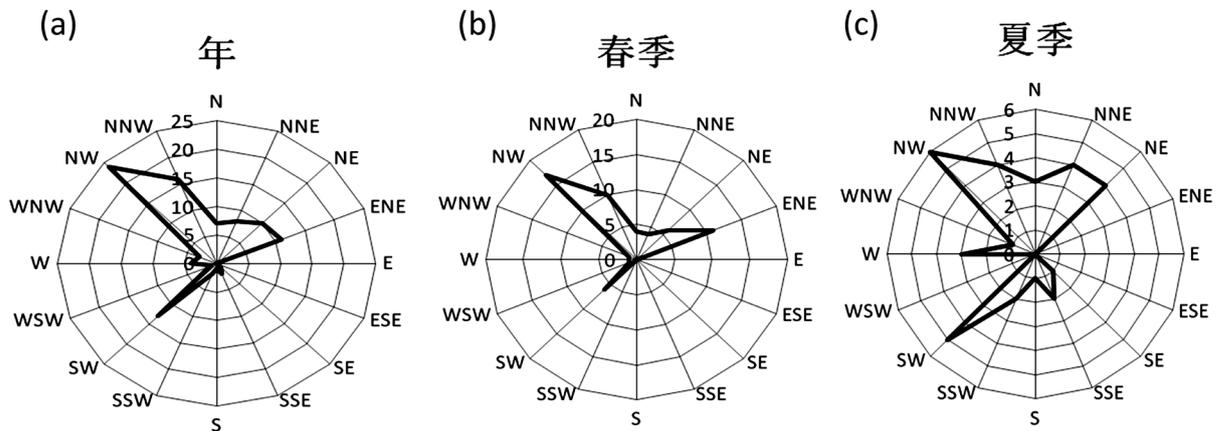


Figure 5. Annual, spring and summer frequency rose chart of strong wind from 2000 to 2020
图 5. 2000~2020 大风年、春、夏季风向次数玫瑰图

5.2. 风向与跑道夹角的统计特征

当风速相同时，风向与跑道夹角越大，风在与跑道垂直方向上的分量也就越大，对航空器安全威胁就越大。济南机场跑道风向 $10^{\circ}\sim 190^{\circ}$ ，那么与跑道一致风向是 10° 和 190° 的风，夹角为 0° ，与跑道垂直风向是 100° 和 280° 的风，夹角 90° ，风向与跑道之间夹角取锐角和直角($0^{\circ}\sim 90^{\circ}$)。表 2 是极大风风向与跑道夹角 α 出现次数分布。

Table 2. Distribution of occurrence times of angle α between maximum wind direction and runway (unit: $^{\circ}$)
表 2. 极大风风向与跑道夹角 α 出现次数分布(单位: $^{\circ}$)

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
春	2	6	8	8	7	6	16	6	2	0
夏	3	7	7	7	2	2	3	1	4	0
年	5	13	15	19	9	8	20	7	7	0

由表 2 看出，风向与跑道之间夹角集中出现在 $10^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ，与跑道一致的风向出现次数不多，样本中没有与跑道垂直的风向。按夹角大小 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 、 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 和 $70^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 划分，春季夹角在 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 的极大风出现次数最多 29 次，频率为 47.5%；夏季 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 夹角极大风出现次数最多 24 次，占 66.7%。全部 103 个总样本中， $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 夹角有 52 次占 50.5%， $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 夹角有 37 次占 35.9%， $70^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 夹角 14 次占 13.6%，夹角越大危害越大，正测风是危害最严重的风向，虽然 $70^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 夹角出现次数较少，但是危险性更大。

6. 大风伴随的天气现象

风出现时常伴随沙尘、雷暴、飏线、冰雹和强降水等危险天气，而这些天气现象同样严重威胁飞机安全。

由表 3 看出，春季 28 个大风日中，伴随沙尘天气的有 16 天，占 57.1%；有 13 天伴随降水，占 46.4%；有 8 天伴随雷暴天气，6 天伴随飏线，即有 50%伴有对流天气。其中 3 月份 5 个大风日全部伴有沙尘天气；4 月份 13 个大风日，有 8 天沙尘 2 天雷暴 4 天飏线天气；5 月份 10 个大风日，有沙尘 3 天雷暴 6 天飏线 2 天。从 3 月到 5 月，大风日中伴随沙尘天气逐渐减少，雷暴天气逐渐增多，即早春大风日多伴沙尘天气，晚春大风日多伴雷暴。

Table 3. Seasonal proportions of strong wind days and associated weather phenomena from 2000 to 2020
表 3. 2000~2020 年大风及伴随天气现象日数和频次(%)四季比例分布

	大风 GA	沙尘 SA、DU	雷暴 TS	飏线 SQ	降水 RA
春(日数)	28	16	8	6	13
春(频率%)	43.8	57.1	28.6	21.4	46.4
夏(日数)	30	4	27	17	30
夏(频率%)	46.9	13.3	90	56.7	100

夏季 30 个大风日，其中 27 天伴随雷暴，占 90%，17 天伴有飏线，占 56.7%，全部伴有降水，出现沙尘天气 4 天，占 13.3%，夏季大风主要有对流天气产生，偶尔也由台风引起，台风大风虽然出现次数少，但持续时间长，出现瞬间极大风的次数多。

秋冬季节极大风日数较少，不再赘述。

7. 影响系统

济南机场大风主要有强冷空气大风、气旋大风、冷空气和气旋结合大风、雷暴大风和台风大风。

春季是由冬到夏的过渡季节，冷暖空气交替频繁，地面气温回升较快，常出现地面气旋，主要有以下 4 种大风：当有强冷空气影响时可出现偏北大风；蒙古和东北气旋影响时出现偏南大风；气旋后部有冷锋时形成北(西)高南(东)气压形势，气压梯度增大，出现偏北大风；或东部沿海变性高压入海，与气旋结合形成南高北低形势产生偏南大风；春季随着气温回升，对流天气逐渐增多，雷暴大风随之增多。

夏季主要西太平洋副热带高压和大陆热低压控制，当有冷空气南下影响时，常产生强对流天气，出现雷暴大风和降雨。另外，夏季在副热带高压南侧，常有台风生成，影响山东时会带来大风和降雨，台风大风持续的时间较长，出现极大风的次数多。

秋季是大气环流由夏到冬的转换季节，山东逐渐转受极地大陆气团控制，气温明显下降，对流天气减少减弱，由单一冷空气影响产生 $17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 及以上的极大风不多。冬季影响济南的天气系统主要是冷锋，冷锋过境时常产生偏北大风，但是达到 $17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的极大风却不多。

大风的日变化主要由太阳辐射造成，白天随着太阳辐射增强，近地层气温迅速升高，能量得到积累，主要有 2 种形势下容易出现大风：白天冷锋过境，冷锋前空气气温升高气压下降，水平方向冷锋前后温差增大，气压梯度增大，风速即加大；同时垂直方向冷空气下沉暖空气上升，空气上下扰动加强，冷锋大风和扰动风叠加，风速增强。另一种情况，当地面能量积累到一定程度，遇有冷空气、高空槽或局地受热不均匀，均可发生强对流天气，出现雷暴大风。夜里地面不仅没有吸收太阳辐射能量，反而向大气进行长波辐射，所以近地面气温逐渐下降，后半夜降温更明显，即使有冷锋过境，冷锋前后温差减小，气压梯度随之减小，所以同样强度冷空气夜间影响时风速要小于白天；同时，夜间对流趋于减弱。

8. 结论

1) 21a 大风呈显著增多趋势，主要出现在春夏两季，以 4 月和 7 月为高发期，有明显的日变化，多出现在白天到上半夜。

2) 一天中大风出现次数不同；风速越大次数越少，17~18 m/s 风速最多，19 m/s 及以上风速迅速减少；西北风发生次数最多占 23.3%，与跑道夹角 $70^\circ\sim 90^\circ$ 的风向占 13% 左右。

3) 伴随的灾害性天气主要为沙尘、雷暴、飏线和强降水，春天沙尘频次最高，夏天雷暴频次最高。

4) 大风主要有冷锋大风、气旋大风、冷锋和气旋结合大风、雷暴大风和台风大风。

参考文献

- [1] 纪玲玲, 袭祝香, 刘玉汐, 等. 吉林省极大风时空变化特征及其与气候变暖的关系[J]. 干旱气象, 2020, 38(3): 388-395.
- [2] 吴秀兰, 马禹, 陈睿勇. 1980-2019 年北疆风灾时空变化特征及成因[J]. 干旱气象, 2021, 39(2): 262-268.
- [3] 王传辉, 周建平, 周顺武, 等. 近 32a 安徽省风速、风向分布特征[J]. 干旱气象, 2015, 33(2): 236-243.
- [4] 马玉峰, 宋进华, 高春香. 内蒙古东部电网最大风速及其重现期极值分布特征[J]. 气象科技, 2015, 43(1): 162-167.
- [5] 中国民航局空管行业管理办公室. AP-117-TM-02R1. 《民用航空气象地面观测规范》[S]. 北京: 中国民航局, 2012.