

近11a乌鲁木齐机场东南大风的时间特征分析

陈阳权

民航新疆空中交通管理局气象中心, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2025年9月12日; 录用日期: 2025年10月21日; 发布日期: 2025年10月31日

摘 要

为进一步提升乌鲁木齐机场东南大风天气的预报能力, 本文利用2014~2024年机场的METAR和SPECI天气报告资料, 系统分析了近11年机场东南大风的年际变化、月变化、日变化、开始与结束时间及持续时间等时间特征。结果表明: 机场东南大风的年际上呈显著下降趋势, 且2019年后风力强度明显减弱; 月际分布呈“春多秋次、冬夏罕见”的典型特征, 春季(尤其4月)发生频率最高, 且出现时风力整体强于其余季节; 日变化呈单峰型, 11时前后最多, 19时前后最少; 过程持续时间多在2~5小时, 大风持续时间多在2小时以内, 且持续时间一旦超过5 h, 则持续超过8小时的可能性极大; 开始出现时间与持续时间的关系复杂多变, 但凌晨00~04时和上午08~12时更容易出现超过15小时的过程, 20~次日08时出现的大风持续时间有一定概率超过8小时。

关键词

乌鲁木齐机场, 东南大风, 时间特征, Mann-Kendall检验, 卡方检验

Analysis of the Temporal Characteristics of Southeasterly Gales at Urumqi Airport in the Past 11 Years

Yangquan Chen

Meteorological Center of CAAC Xinjiang Air Traffic Management Bureau, Urumqi Xinjiang

Received: September 12, 2025; accepted: October 21, 2025; published: October 31, 2025

Abstract

To further enhance the prediction capability for southeasterly gales at Urumqi Airport, this study employed METAR and SPECI weather observation data from 2014 to 2024 to conduct a systematic analysis of the temporal characteristics of these events. The analysis encompassed interannual variation, monthly distribution, diurnal variation, as well as start time, end time, and duration. The

results indicated a significant interannual decreasing trend in the occurrence of southeasterly gales, with a notable attenuation in intensity after 2019. The monthly distribution exhibited a typical pattern characterized as “most prevalent in spring, less common in autumn, and rare in winter and summer.” These winds occurred most frequently in spring (especially in April), and the wind force during spring events was generally stronger than in other seasons. A distinct single-peak pattern was observed in the diurnal cycle, with the frequency peaking around 11:00 LT and reaching its lowest point around 19:00 LT. The duration of wind events mostly ranged from 2 to 5 hours, with the period of gale-force winds often lasting less than 2 hours. However, once the duration exceeded 5 hours, it was highly likely to persist for more than 8 hours. The relationship between the start time and duration was complex and variable. Nevertheless, events initiated between 00:00~04:00 LT and 08:00~12:00 LT were more susceptible to lasting over 15 hours, while those occurring between 20:00 LT and 08:00 LT the next day had a significantly higher probability of exceeding 8 hours in duration.

Keywords

Urumqi Airport, Southeasterly Gales, Temporal Characteristics, Mann-Kendall Test, Chi-Square Test

Copyright © 2025 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

乌鲁木齐天山国际机场(以下简称“乌鲁木齐机场”)是我国西北地区重要的航空枢纽和空中门户,不仅承担国内东西部航线中转功能,更是连接中国与中亚、西亚、欧洲的“空中丝绸之路”核心节点,年旅客吞吐量超 2000 万人次,航班日均起降架次超 500 架次。机场地处天山北麓准噶尔盆地南缘,其独特的地理位置和复杂的地形条件使其气象要素分布具有显著特征,而东南大风正是由于特殊地形引起,是影响乌鲁木齐机场安全运行的主要天气现象之一。乌鲁木齐机场跑道为 07/25 和 08/26 方向,与东南大风的风向近乎垂直,根据民用航空空中交通管理规则,当使用干跑道和洁净跑道时,侧风分量风速不得大于 10 m/s,当侧风超过 10 m/s 时,管制部门将提醒机组跑道侧风可能超标,机组根据航空公司要求和机型抗侧风能力做好相关准备[1]。当东南大风出现时,常常伴有持续超过 10 m/s 的侧风,有时甚至超过 15 m/s。与此同时,由于东南大风发生时,其阵性非常明显,往往伴随较强的低空风切变和颠簸,对航班正常运行构成较大威胁[2] [3]。

国内学者对乌鲁木齐区域性东南大风天气已开展较全面的研究,从区域性东南大风的环流形势、动量及能量演变、对大气环境的影响、数值预报的作用等全面阐述了其形成机制、造成的影响及预报方法[4]-[7]。在航空气象方面,乌鲁木齐机场气象学者也对机场出现的东南大风从气候统计、天气成因、数值模拟、新探测资料应用、东南大风预报以及对飞行的影响等多个方面做了大量研究[8]-[16],这些研究成果为认识乌鲁木齐机场东南大风的形成机制、东南大风的监视和告警、东南大风的预报等提供了科学依据。然而,针对乌鲁木齐机场东南大风近 10 年来基于长时间序列的系统性时间特征分析相对缺乏,大风过程的起止时间、持续时间等关键时间预报要素特征的研究还需深入。

因此,本文利用 2014~2024 年乌鲁木齐机场的 METAR 和 SPECI 天气报告资料,系统性分析近 11 年来机场东南大风过程的年际变化、月际分布、日变化特征、开始时间及持续时间等要素,旨在揭示其时间统计特征和演变规律,为机场东南大风天气的预报预警和航空气象服务提供科学依据。

2. 资料与方法

本文所使用的数据为 2014 年 1 月 1 日~2024 年 12 月 31 日(所用时间均为北京时间)乌鲁木齐机场发布的机场天气实况报告, 包括例行天气报告 METAR (Meteorological Terminal Aviation Routine Weather Report)和特殊天气报告 SPECI (Aerodrome Special Report)两类。由于乌鲁木齐机场跑道方向为 07/25, 当跑道出现正侧风超过 10 m/s 时, 可能会对跑道起降的航空器造成影响, 因而根据乌鲁木齐机场跑道方向分布及其侧风的影响, 定义乌鲁木齐机场东南大风需满足的条件为: (1) 风向范围 $110^{\circ}\sim 180^{\circ}$; (2) 实况天气报告中平均风速 ≥ 12 m/s; (3) 若条件(2)不能满足, 则实况天气报告中阵风风速 ≥ 17 m/s。以上判断标准中, 条件(1)必须满足, (2)(3)满足一项即可。在统计过程中, 若某一时刻的风向风速达到东南大风定义标准, 则从平均风速 ≥ 10 m/s 或阵风风速 ≥ 15 m/s (满足一项即可)开始记录为一个东南大风过程, 直至连续 2 小时以上风向不满足条件(1)或平均风速 < 10 m/s 及阵风风速 < 15 m/s。

3. 乌鲁木齐机场东南大风的时间特征

3.1. 年际变化特征

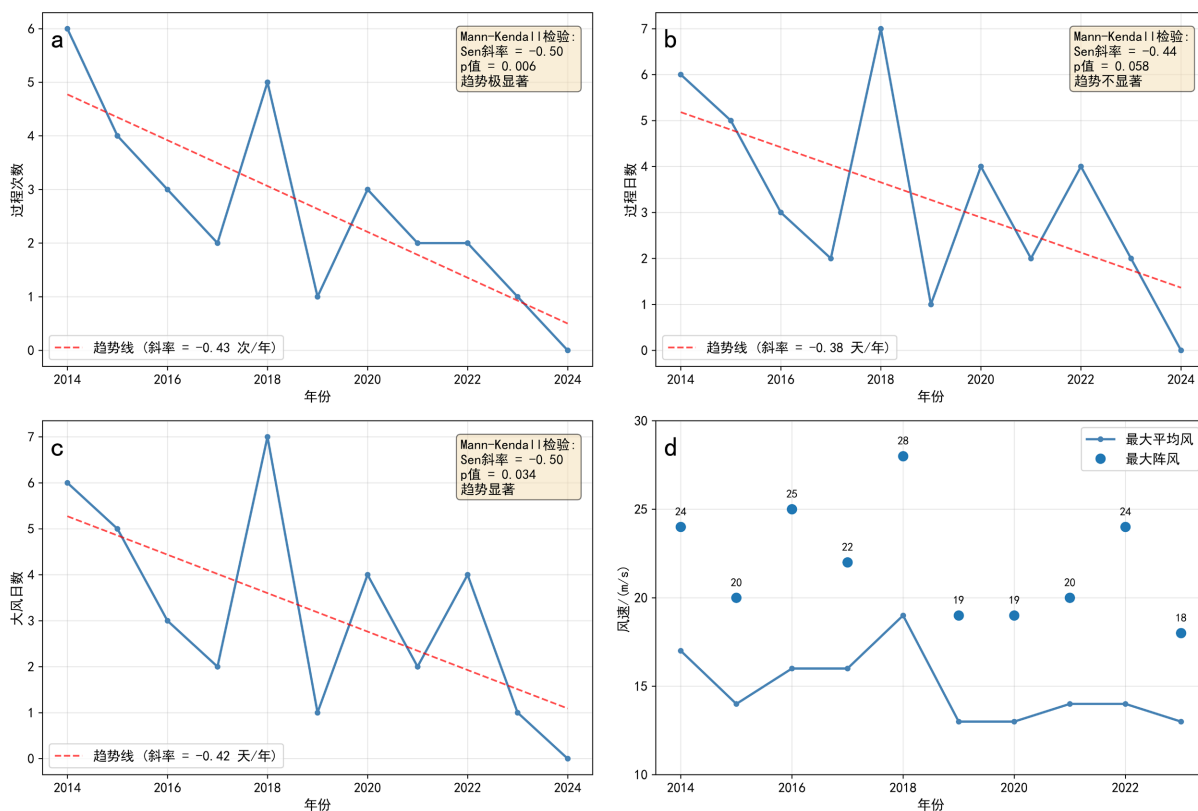


Figure 1. Interannual trends and Mann-Kendall test results for (a) the frequency of southeasterly gale events; (b) event duration; (c) gale days, along with (d) the interannual variation of maximum sustained wind speed and gust wind speed during these events

图 1. (a)东南大风过程出现次数; (b) 过程及(c) 大风日数的年际变化趋势及 M-K 检验结果及(d) 过程中最大平均风速及阵风风速年际变化

2014~2024 年乌鲁木齐机场共出现东南大风过程 31 次, 除 2024 年外, 其余各年均出现东南大风过程, 年平均过程数为 2~3 次。图 1 为乌鲁木齐机场东南大风过程次数、过程及大风日数的年际变化趋势

及东南大风过程中最大平均风速和阵风风速的年际变化,利用 Mann-Kendall 检验(以下简称 M-K 检验)分析了东南大风过程、过程日数、大风日数的年际变化趋势。如图 1(a)所示,乌鲁木齐机场东南大风过程在 2014 年后呈显著减少趋势,减少幅度约 0.43 次/年,该结果通过了信度 0.01 的显著性检验(M-K 检验的 $p = 0.006$)。从逐年数据来看,2018 年东南大风过程多发,共出现 5 次过程,2019 年迅速减少到 1 次,2020 年上升到 3 次,之后又呈减少趋势。可见,除 2018 年外,近 10 年来乌鲁木齐机场东南大风过程出现次数呈现显著的下降趋势,2018 年前的下降幅度较 2020 年后的下降幅度大。从过程出现的日数及达到大风级别的日数来看(图 1(b)、图 1(c)),其年际变化趋势与过程出现次数的年际变化趋势基本一致,过程日数的 M-K 检验 $p = 0.058$,接近信度 0.05 的检验水平,其减少趋势约 0.38 天/年,而大风日数的 $p = 0.034$,通过了信度 0.05 的显著性检验,其减少趋势约 0.42 天/年,表明大风日数的年际减少趋势较过程日数更大。而从东南大风过程中最大平均风速和阵风风速的年际变化来看(图 1(d)),2019 年前东南大风过程中最大平均风速基本维持在 15~20 m/s,2019 年后基本维持在 12~15 m/s;最大阵风风速在 2019 年前和后也有明显的变化,2019 年前最大阵风风速基本维持在 20~28 m/s,而 2019 年后,除 2022 年达到 24 m/s 外,其他年份基本维持在 18~20 m/s。可见 2019 年前乌鲁木齐机场东南大风过程中最大平均风速和阵风风速整体强于 2019 年后。

3.2. 月变化特征

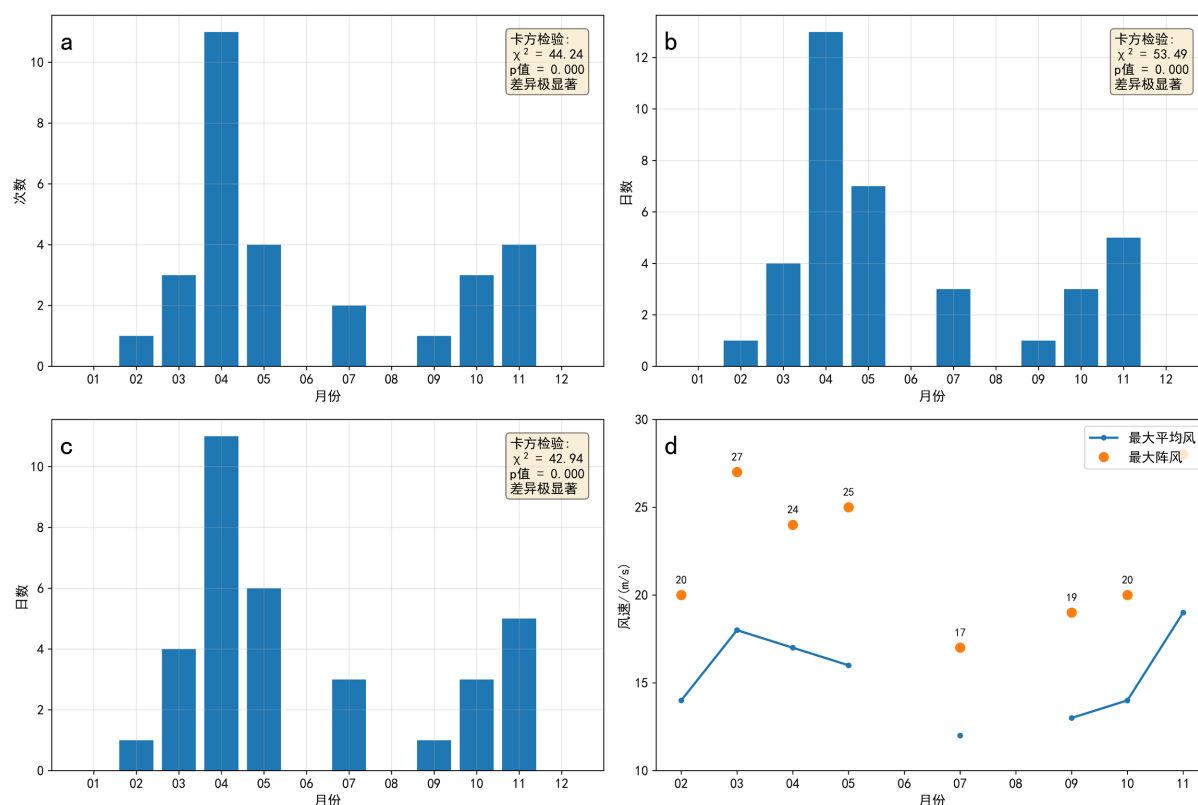


Figure 2. Monthly variations and Chi-square test results for (a) the frequency of southeasterly gale events; (b) event duration; (c) gale days, along with (d) the monthly changes in maximum sustained wind speed and gust wind speed during these events
图 2. (a) 东南大风过程出现次数; (b) 过程及(c) 大风日数的月变化及卡方检验结果; (d) 过程中最大平均风速及阵风风速月变化

图 2 为乌鲁木齐机场东南大风过程出现次数、过程及大风日数、过程中最大平均风速及阵风风速月

变化,利用卡方检验分析了东南大风过程次数、过程日数、大风日数的月变化差异。如图 2(a)~(c)表明,东南大风过程的次数、过程日数、大风日数在不同月份之间存在极其显著的差异,均通过了信度 0.01 的显著性检验($p < 0.01$),这表明乌鲁木齐机场东南大风发生具有明显的季节性规律。由图 2(a)可见,乌鲁木齐机场东南大风过程具有显著的月变化,主要出现在春秋两季,尤其以春季最多,冬夏季少。春季 3~5 月是东南大风过程的高发月份,尤其在 4 月份达 10 次以上,为全年东南大风过程最多的月份。秋季 9~11 月东南大风过程较春季少,但从 9 月出现后,过程次数呈逐月上升趋势。夏季也偶有东南大风过程出现,近 10 年来主要集中在 7 月,出现了 2 次过程,6 月、8 月则没有出现东南大风过程。冬季 12~次年 2 月东南大风过程极少出现,近 10 年来仅 2 月出现 1 次。从东南大风过程的日数和过程中大风出现的日数的月季分布来看(图 2(b)),过程日数和大风日数的月季变化与东南大风过程出现次数的月季变化分布一致,即春季多发,秋季次之,夏季偶发,冬季则极少出现。从东南大风过程中最大平均风速和阵风风速的月季分布来看(图 2(c)),3 月和 11 月的最大平均风速和阵风风速最大,最大平均风速达到 20 m/s,最大阵风风速达到 27 m/s,春季的最大平均风速和阵风风速整体较其余季节更大,夏季的最大平均风速和阵风风速最小。

3.3. 日变化特征

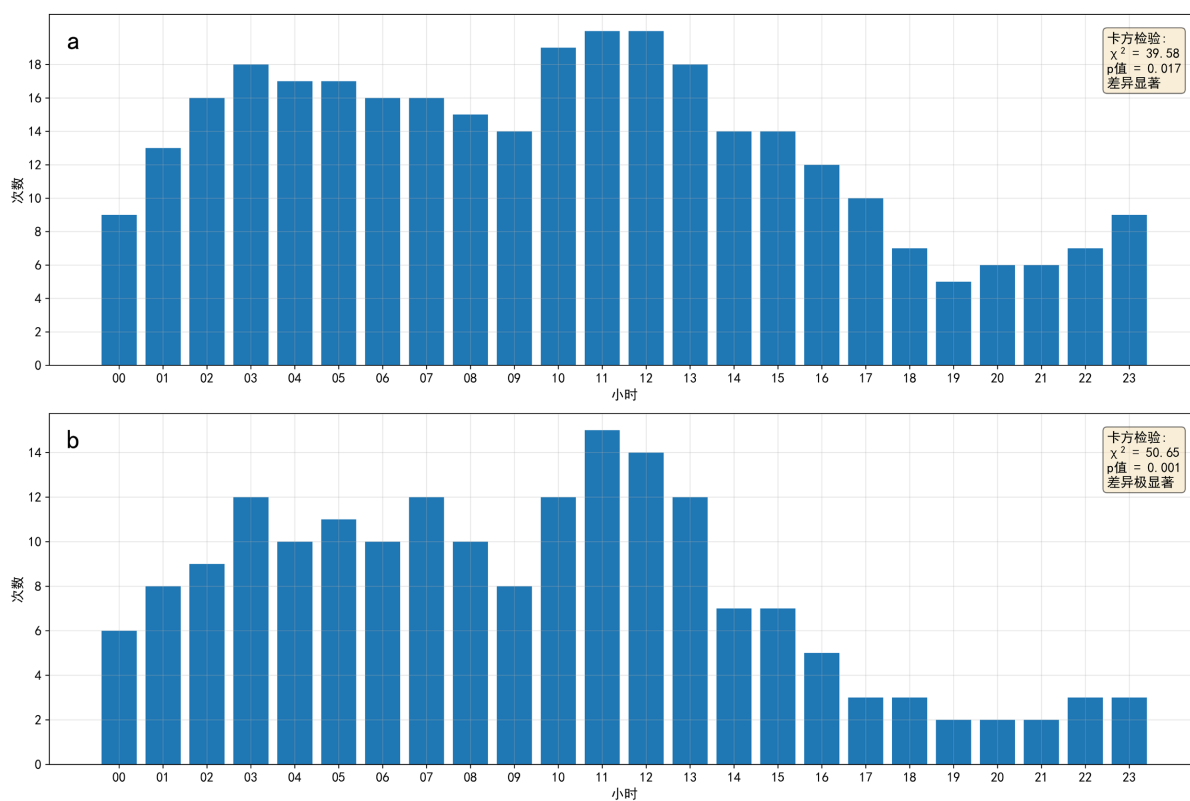


Figure 3. Diurnal distribution and Chi-square test results of (a) the frequency of southeasterly gale events and (b) gale occurrences

图 3. (a) 东南大风过程次数; (b) 大风次数的日变化分布及卡方检验结果

图 3 为乌鲁木齐机场东南大风过程次数、大风次数的日变化分布,利用卡方检验分析了东南大风的过程次数和大风次数的日变化差异。如图 3 所示,由于过程统计对风速的要求比大风统计要小 2 m/s,因而过程次数普遍比大风统计的次数多 3~7 次,从卡方检验结果上看,过程次数和大风次数在日变化上均

有显著差异,过程次数的日变化差异通过信度 0.05 的显著性检验,且接近信度 0.01 的显著性检验($p = 0.017$),大风次数的日变化差异通过信度 0.01 的显著性检验($p = 0.001$),可见大风次数的日变化差异比过程次数的日变化差异更为显著。单从日变化演变趋势来看,过程次数和大风次数的日变化演变趋势基本一致,且日变化非常显著,均呈现显著的单峰型分布,即从 23 时后,过程次数、大风次数均呈上升趋势,次日 11~12 时次数达到最多,此后呈现快速下降趋势,19 时前后达到最低。从 00~11 时,虽然次数整体呈上升趋势,但也存在较明显的波动,在 03 时为显著波峰,09 时为显著波谷,而大风在 07 时有一个与 03 时相当的波峰。由此可见,乌鲁木齐机场的东南大风过程和大风次数在 11 时前后最多,过程次数在 03 时前后次之,大风次数在 03 时、07 时次之,过程和大风次数在 19 时前后最少,09 时前后次之。

3.4. 开始时间与持续时间的关系

图 4 为乌鲁木齐机场东南大风过程和达到大风级别的持续时间次数分布及过程、大风持续时间与开始时间的关系。如图 4(a)所示,乌鲁木齐机场东南大风过程的持续时间基本在 5 小时内,尤其是 2~5 小时出现了 13 次,但一旦持续时间超过 5 小时,东南大风过程往往能够持续到 8 小时以上,甚至持续至 15 小时以上的也不少。而达到大风级别的持续时间则随持续时间呈显著的下降趋势,大部分大风持续时间小于 2 小时,共出现了 15 次,其次是 2~5 小时,出现了 9 次,大风一旦持续时间超过 5 小时,则其持续时间往往能够超过 8 小时,甚至持续至 15 小时以上,但超过 8 小时的大风占少数。

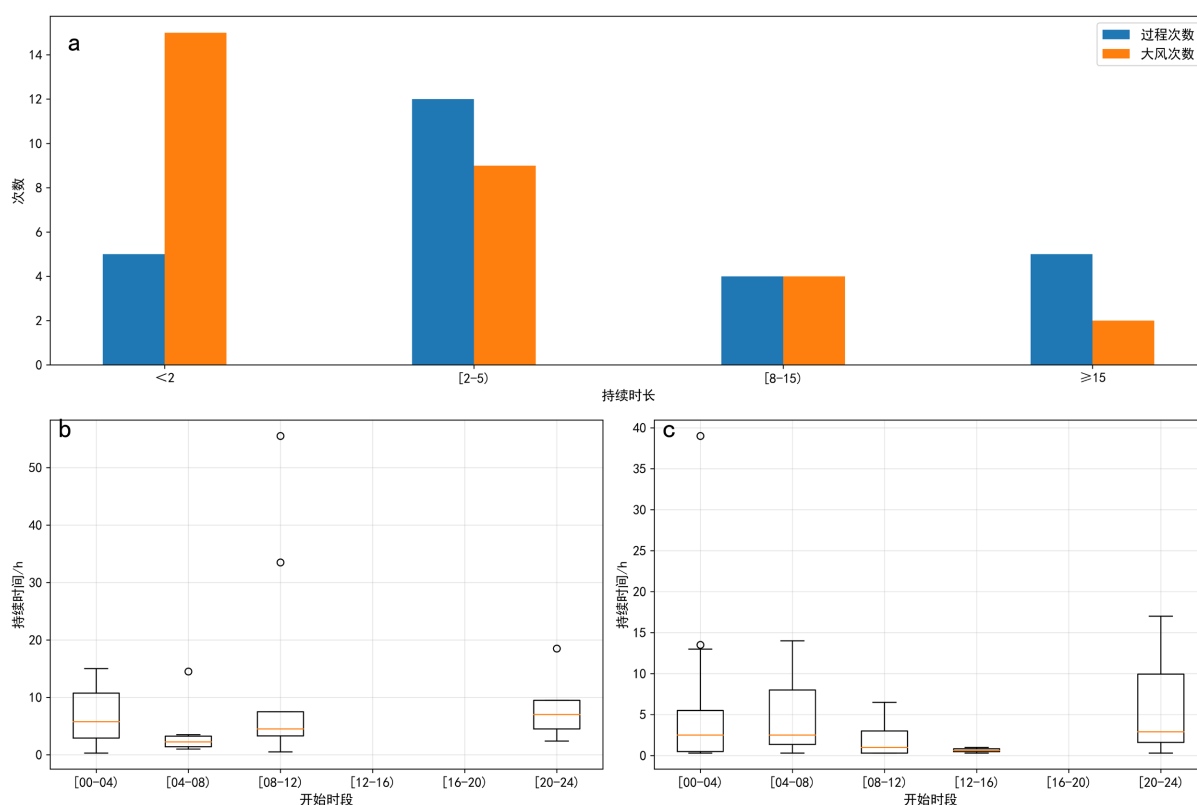


Figure 4. (a) Duration distribution of southeasterly gale events and gale-level occurrences at Urumqi Airport, and the relationship between (b) event/(c) gale duration and start time

图 4. 乌鲁木齐机场(a) 东南大风过程、达到大风级别的持续时间次数分布及(b) 过程和(c) 大风持续时间和东南大风开始时间关系

从东南大风过程持续时间与开始时间的关系(图 4(b))来看,各个开始时段其持续时间绝大部分都在

10 小时内。具体而言, 开始出现时间在 20~次日 00 时的东南大风过程, 其持续时间基本在 2 小时以上, 但基本不超过 10 小时, 偶有持续时间超过 15 小时的过程; 开始出现时间在 00~04 时的东南大风过程, 其持续时间相对较为分散, 从 20 分钟到小时不等, 但在 2~10 小时较为集中, 中位数约 5 小时, 该时段持续时间复杂多变, 对东南大风的预报来说具有较大的挑战; 开始出现时间在 04~08 时的东南大风过程, 其持续时间集中在 5 小时以内, 极少出现超过 5 小时的过程; 开始出现时间在 08~12 时的东南大风过程, 其持续时间多在 3~6 小时, 有概率出现超过 15 小时的东南大风过程, 在 12~20 时之间没有东南大风过程开始出现的过程。

从东南大风过程中达到大风级别的持续时间与大风开始时间的关系(图 4(c))来看, 开始出现时间在 20~次日 00 时的大风较少, 但其持续时间可能较长, 有 1 次持续时间超过 15 小时; 开始出现时间在 00~04 时的大风, 其持续时间多数在 5 小时内, 其中位数约在 2 小时, 但极可能出现持续时间超过 8 小时的大风; 开始出现时间在 04~08 时的大风, 出现持续时间超过 8 小时和持续时间小于 5 小时的大风约各占一半, 此时段内大风的持续时间复杂多变, 中位数约 2 小时, 可见此时段内出现的东南大风要么时间很长, 要么就几个小时结束, 给实际气象预报业务带来一定的挑战; 开始出现时间在 08~12 时的大风, 其持续时间绝大部分在 2 小时以内, 有部分持续时间在 2~8 小时, 出现持续时间超过 8 小时的大风概率极小; 12~20 时开始出现的大风次数较少, 出现后其持续时间小于 2 小时。

4. 结论

通过对 2014~2024 年乌鲁木齐机场实况进行统计分析, 得到乌鲁木齐机场东南大风的年际变化、月变化、日变化、开始时间和持续时间等时间特征, 结论如下:

(1) 东南大风出现的次数、大风日数的年际变化显著, 整体呈现逐年显著的下降趋势, 2018 年前下降幅度较 2020 年后大 0~1 次。东南大风过程中最大平均风速和阵风风速在 2019 年后有所减小, 即 2019 年后出现的东南大风在风力强度上较 2019 年前有明显的减弱趋势。

(2) 东南大风过程主要出现在春季, 尤其是 4 月份最多, 其次是秋季, 其余季节均较少出现。春季出现的东南大风过程最大平均风速和阵风风速整体较其余季节更大(11 月除外), 夏季出现的最大平均风速和阵风风速最小。

(3) 东南大风过程和大风次数呈现显著的日变化, 凌晨至上午迅速增多, 上午 11 时前后最多, 午后开始减少, 傍晚 19 时前后最少。

(4) 东南大风过程和大风的持续时间有一定的差异, 过程的持续时间基本集中在 5 小时内, 尤其在 2~5 小时, 而大风的持续时间基本集中在 2 小时以内, 其次是 2~5 小时, 无论是过程还是大风的持续时间一旦超过 5 小时, 则大风基本能够持续 8 小时以上。

(5) 东南大风过程和大风的开始出现时间与持续时间的关系复杂多变, 总体而言, 00~04 时、08~12 时更容易出现超过 15 小时的东南大风过程, 04~12 时开始出现的东南大风过程其持续时间则主要集中在 2~5 小时; 00~04 时、08~12 时开始出现的东南大风其持续时间集中在小于 2 小时, 20~次日 04 时开始出现的东南大风的持续时间有较低概率超过 15 小时, 04~08 时出现的东南大风其持续时间有一定概率超过 8 小时。

基金项目

民航新疆空中交通管理局科技项目《乌鲁木齐东南大风天气的航空气象预报与服务研究》。

参考文献

- [1] 交通运输部关于修改《民用航空空中交通管理规则》的决定[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2023(12): 15-102.

-
- [2] 张茜, 杨乐, 张亚莉, 等. 乌鲁木齐机场一次低空颠簸天气分析[J]. 民航学报, 2022, 6(6): 88-93.
 - [3] 孙少明, 张茜, 朱雯娜, 等. 乌鲁木齐国际机场典型低空风切变事件分析[J]. 民航学报, 2021, 5(6): 81-88.
 - [4] 孙鸣婧, 李如琦, 刘俊哲, 等. 乌鲁木齐春季两类东南大风个例的对比分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2017, 11(5): 38-45.
 - [5] 汤浩, 王旭, 储长江, 等. 乌鲁木齐城区一次极端东南大风的形成机制——重力波与超低空急流耦合[J]. 干旱区地理, 2019, 42(6): 1229-1238.
 - [6] 赵克明, 李霞, 孙鸣婧, 等. 乌鲁木齐冬季浅薄型焚风对大气扩散条件及空气质量的影响[J]. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(1): 13-20.
 - [7] 万瑜, 曹兴, 窦新英, 等. ECMWF 细网格数值预报产品在乌鲁木齐东南大风预报中的释用[J]. 沙漠与绿洲气象, 2014, 8(1): 32-38.
 - [8] 王春红. 乌鲁木齐机场东南大风的低空风切变特征及飞行安全保障[J]. 空中交通管理, 2001(5): 34-37.
 - [9] 王春红, 张利平. 乌鲁木齐机场大风天气的地方性特点及影响[J]. 空中交通管理, 2010(6): 19-21, 36.
 - [10] 张利平. 乌鲁木齐国际机场 20 年东南大风天气的统计特征分析[J]. 中国民航飞行学院学报, 2007, 18(2): 3-6.
 - [11] 杨洪儒, 王楠. 地窝堡机场东南大风特征及其大气结构[J]. 干旱气象, 2014, 32(3): 393-398.
 - [12] 张利平, 王春红. 乌鲁木齐机场东南大风过程温压湿及水平风切变特征[J]. 气象科技, 2007, 35(5): 719-722.
 - [13] 张利平. 乌鲁木齐国际机场一次强东南大风天气分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2007, 1(2): 23-25.
 - [14] 张亚莉, 程海艳, 张明旭, 等. 乌鲁木齐国际机场一次冬季东南大风成因和特征分析[J]. 气象水文海洋仪器, 2023, 40(1): 55-59.
 - [15] 王春红, 朱雯娜, 陈阳权. 乌鲁木齐国际机场风切变颠簸天气个例分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(6): 15-21.
 - [16] 陈阳权, 朱雯娜, 尹才虎, 等. 一次东南大风天气下近地面风场结构及航空影响分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2024, 18(4): 8-14.