

阿拉山口市大风对下游天气影响的研究

冯 晶, 成文杰*, 胡 琨

阿拉山口市气象局, 新疆 博州

收稿日期: 2025年10月23日; 录用日期: 2025年11月21日; 发布日期: 2025年11月28日

摘 要

为厘清阿拉山口市大风对下游天气的影响机制、明确防灾防控重点, 本研究基于2014~2024年阿拉山口市国家基本站及下游气象站的观测数据, 结合新疆应急管理厅的灾害台账, 系统分析了大风的形成机制、时空分布特征, 进而梳理其对下游的影响路径。结果表明: 阿拉山口大风是地形狭管效应、蒙古-西伯利亚冷高压环流与局地热力差异协同驱动的结果, 其中春秋季节为高发期, 占全年大风日数的75%; 这类大风不仅会加速寒潮向东传播(下游区域24 h降温幅度达8°C~15°C), 还可能引发沙尘或风吹雪灾害, 同时导致下游1 h内气压升幅达5~8 hpa、相对湿度降至20%以下, 影响范围可覆盖200 km以上区域。从应用价值来看, 本研究可为北疆区域气象灾害的精细化预警及跨部门应急协同工作提供科学支撑。

关键词

阿拉山口市, 狭管效应大风, 下游天气影响, 寒潮灾害, 气象观测数据

Study on the Impact of Strong Winds in Alashankou City on Downstream Weather

Jing Feng, Wenjie Cheng*, Kun Hu

Alashankou Meteorological Bureau, Bozhou Xinjiang

Received: October 23, 2025; accepted: November 21, 2025; published: November 28, 2025

Abstract

In order to clarify the impact mechanism of strong winds in Alashankou City on downstream weather and identify the key points of disaster prevention and control, this study systematically analyzed the formation mechanism and temporal-spatial distribution characteristics of strong winds, and further sorted out their impact paths on the downstream, based on the observational data from the national basic meteorological station in Alashankou City and downstream meteorological stations

*通讯作者。

文章引用: 冯晶, 成文杰, 胡琨. 阿拉山口市大风对下游天气影响的研究[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(6): 1427-1432. DOI: 10.12677/ccrl.2025.146142

during 2014~2024, combined with the disaster accounting records of Xinjiang Emergency Management Department. The results show that: the strong winds in Alashankou are synergistically driven by the topographic funneling effect, the Mongolian-Siberian cold high circulation and local thermal differences, with spring and autumn as the peak periods, accounting for 75% of the annual strong wind days; such strong winds not only accelerate the eastward propagation of cold waves (the 24-hour temperature drop in downstream areas reaches 8°C~15°C), but also may trigger sand and dust or blowing snow disasters. Meanwhile, they cause the atmospheric pressure in the downstream to rise by 5~8 hPa within 1 hour and the relative humidity to drop below 20%, with an impact scope covering areas over 200 km. In terms of application value, this study can provide scientific support for the refined early warning of meteorological disasters and cross-departmental emergency coordination in the Northern Xinjiang region.

Keywords

Alashankou City, Funneling Effect Strong Winds, Downstream Weather Impact, Cold Wave Disasters, Meteorological Observational Data

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

(一) 研究背景与意义

阿拉山口市地处中国西北边境, 恰好位于天山山脉与阿拉套山夹持形成的狭长谷地内, 是我国西北典型的“地形狭管效应”高发区域。从长期观测数据来看, 这里年均大风日数 148.9 天, 极端阵风能达 17 级, 同时也是中亚寒潮向东入侵我国的核心通道。

从气象业务实践角度出发, 阿拉山口的强风不只是局地的显著天气现象, 更会对下游博尔塔拉蒙古自治州(以下简称“博州”)、塔城地区、伊犁哈萨克自治州等北疆片区的天气系统、生态环境及社会经济活动产生连锁影响——尤其对中欧班列通行效率、农业生产安全等关键领域构成重大威胁。基于此, 本文依托长期观测数据与典型案例, 对阿拉山口大风的形成机制及它对下游天气的多尺度作用展开系统剖析, 既希望为区域气象灾害预警、防灾减灾决策提供技术支撑, 也试图补充西北干旱区狭管地形大风的研究案例, 让研究兼具业务应用价值与学术参考意义。

(二) 研究区域与数据来源

本研究的核心范围以阿拉山口为起点, 向下游延伸, 重点覆盖博州精河县、塔城南部、伊犁东部及克拉玛依西部区域。数据采集过程遵循“多源融合”原则, 具体来源可分为三类。

基础气象数据上, 本研究选取阿拉山口国家基本站(站号: 51232) 2014~2024 年的逐时风速、风向、气压、温度数据及大风预警记录; 下游配套数据则来源于博乐、塔城、乌苏、精河等 12 个国家级气象站同期记录; 灾害案例数据主要来自新疆应急管理厅以及交通、电力部门的专项报告。

2. 阿拉山口市大风的形成机制与特征

(一) 大风形成的地理与气象条件

1) 地形狭管效应的主导作用

阿拉山口谷地整体呈“喇叭口”形态分布——北侧以阿拉套山为依托, 南侧紧邻巴尔鲁克山, 谷地

沿东西方向延伸且呈现“西宽东窄”的特点，最窄处仅 20 km，向西可直接连通中亚干旱区。从流体力学“连续性方程”的角度来讲，我们知道当气流(尤其是冷空气)向东推进时，会受到两侧山脉的挤压，水平截面积随之缩小，风速因此显著提升，进而形成“狭管加速效应”。

对比观测数据不难发现：阿拉山口的平均风速比 70 km 外的博乐市高出 40%~60%，大风日数更是达到博乐市的 3.2 倍；在极端天气条件下，山口阵风达 11 级以上(≥ 28.5 m/s)，而博乐市同期阵风仅为 7~8 级。显然，地形对风速的增幅作用十分显著[1]。

2) 大气环流与热力差异的驱动作用

冬季时，蒙古 - 西伯利亚冷高压向南推进，冷空气在中亚地区持续集聚，进而形成强气压梯度带；而阿拉山口作为冷空气东移的“天然通道”，自然成为强风的输出口，此时的大风往往伴随寒潮，不仅强度大，持续时间也较长——从实际案例来看，这种环流配置与 2025 年 3 月北疆寒潮大风过程的环流特征完全一致[2]。

到了春秋季节，中亚与北疆地区的昼夜温差可超过 20°C ，地表受热不均会引发山谷风环流；白天的“谷风”与大尺度气流相互叠加，进一步加剧风速，这也是春秋季节大风高发的主要原因。需要注意的是，进入夏季后，受副热带高压外围系统影响，大风频次会有所降低，但午后局地对流容易引发短时强风。

(二) 大风天气的时空分布特征

1) 季节分布：春秋集中，冬夏有别

从 2014~2024 年的观测数据来看，阿拉山口大风呈现“双峰型”分布特征：高发期主要集中在 3~5 月(春季)和 9~11 月(秋季)，这两个时段合计占全年大风日数的 75%以上，其中 4 月和 10 月是峰值月份，单月大风日数均为 18 天；春季大风多伴随沙尘天气，秋季则常与寒潮叠加。

低发期为 12~2 月(冬季)和 6~8 月(夏季)：冬季大风频次较低(月均 6~8 天)，但强度较高(阵风可达 10~12 级)，且常伴随“风吹雪”现象；夏季则以短时强风为主，持续时间多为 2~4 h，突发性较强，这对户外作业安全的威胁尤为明显。

2) 日变化与持续时间：午后增强，傍晚达峰

从日变化规律来看，大风的发生与地表热力状况联系十分紧密：一般来说，大风通常在 14:00~16:00 开始活跃，这一时段太阳辐射加热地表，导致边界层不稳定性上升；峰值多出现在 18:00~20:00，此时地表热量积累达到顶峰，边界层高度也最高；到 22:00 以后，随着地表逐渐冷却，边界层趋于稳定，大风便开始减弱。

在持续时长方面，多数大风过程可持续 6~12 h，而春秋季节伴随寒潮的大风过程，持续时间最长可超过 24 h。

3. 阿拉山口市大风对下游天气的影响路径

(一) 对下游天气系统的直接影响

1) 强降温与寒潮天气的快速传播

阿拉山口的强风其实就像冷空气向东输送的“载体”，能有效加速寒潮向下游扩散的速度，影响范围呈“扇形”展开。从降温幅度来看，下游区域 24 h 降温幅度普遍为 8°C ~ 12°C ，若遭遇强寒潮，降温幅度可超过 15°C 。

从影响范围来看，寒潮会沿准噶尔盆地南缘向东扩展 200 km 以上，覆盖博州、塔城南部、克拉玛依等区域，形成明显的“带状降温区”。这种降温模式不仅影响农业生产，还会对基础设施的抗寒能力提出更高要求。

2) 沙尘与吹雪灾害的联动发生

春季沙尘灾害多发生在 3~5 月, 这段时间戈壁地表本就较为干燥, 大风很容易卷起地表沙尘, 进而形成沙尘暴, 导致下游区域能见度降至 300 米以下; 在 2025 年 3 月北疆的沙尘暴过程中, 阿拉山口的 9 级大风使得下游区域 AQI 超过 500, 这也印证了大风是沙尘灾害形成的关键驱动力。

冬季的吹雪灾害则集中在 12~2 月, 若前期有降雪过程, 大风会搬运地表积雪形成“风吹雪”, 导致下游山区积雪堆积。这类灾害已多次造成 G30 连霍高速局部路段封闭[3], 对交通通行影响显著, 也间接影响了区域物流效率。

(二) 气象要素的连锁变化

1) 气压与湿度的梯度异常

从气压变化规律来看, 冷空气本身属于高密度气流, 当它向下游推进时, 会直接导致当地气压快速上升, 1 h 内气压变幅可达 5~8 hpa, 且这种气压变化与风速峰值出现的时间基本同步[4]; 从湿度变化来看, 阿拉山口的大风源自中亚干旱区, 在向下游输送过程中会“稀释”当地水汽, 导致相对湿度降至 20% 以下, 形成“干风”天气。这种天气条件很容易引发森林火险, 目前新疆林区防火部门已将这一湿度指标纳入预警体系, 可见其对生态安全的重要性。

2) 局地环流与次生灾害的诱发

下游山区受大风与地形的共同作用, 很容易形成不规则乱流, 导致瞬时风速突然增大, 对建筑安全构成威胁; 这和城市狭管效应引发的局地强风危害机制有着相似之处, 但山区地形更复杂, 风险也更难预判; 在环流异常方面, 准噶尔盆地南缘区域受大风影响, 局地会被迫形成“反气旋性涡旋”, 导致风向出现异常; 这种风向异常会影响污染物的扩散过程, 使得污染持续时间延长 4~6 h, 进一步加重区域环境压力。

4. 典型案例分析: 2025 年 9 月 2 日阿拉山口 - 精河上下游强风过程

(一) 天气过程演变与上下游联动特征

阿拉山口与精河存在明确的上下游地理关联——阿拉山口位于精河西北侧的“准噶尔门”风道入口, 精河地处天山北麓冲积平原, 且北部艾比湖湿地处于阿拉山口大风直接影响带, 属本文研究的下游核心区域之一。2025 年 9 月 2 日的强风过程由狭管效应与局地热力差异协同驱动, 依托气象站(51232 与 51334) 的逐时监测数据, 我们可清晰识别“上游酝酿 - 爆发 - 下游响应 - 协同稳定”的完整链条, 具体可分为三个阶段:

1) 上游酝酿与预警启动(9 月 2 日 15:00~18:00)

午后时段, 阿拉山口的热力对流逐渐加剧, 大风系统也开始初步形成。15 时左右, 当地气压为 962.9 hpa, 2 分钟平均风速仅 1.2 m/s, 风向以 191°偏南风为主; 到 16 时, 狭管效应开始显现, 风速一下子跃升至 14.2 m/s, 风向转为 328°西北风, 相对湿度同步降至 46%, 这意味着气流已开始沿风道向精河方向输送。

18 时, 阿拉山口气压降至过程低点 962.7 hpa, 风速则升至 19 m/s, 这一现象符合“大风爆发前气压骤降、风速阶梯式上升”的前兆特征。基于此, 阿拉山口市气象台于 18 时 44 分发布大风橙色预警信号, 明确提示“强风将影响下游精河铁路干线及艾比湖区域”, 为下游防御预留了 3 h 应急窗口期。

此阶段精河尚未出现明显大风天气特征, 18 时风速维持在 4.5 m/s, 气压 968.9 hpa, 相对湿度 46%, 各项气象要素均处于平稳状态, 这种“上游预警先于下游影响”的时间差, 其实是做好防灾准备的重要优势。

2) 上游爆发与下游同步响应(9 月 2 日 18:00~21:00)

18 时之后, 阿拉山口的强风逐渐进入鼎盛期, 到 19 时, 2 分钟平均风速已达 19.4 m/s, 瞬时风速 24.2 m/s, 极大风速更是突破 26.7 m/s(12 级), 风向稳定在 321°西北风——这与“阿拉山口主导风向”的特征

完全吻合；与此同时，气压呈爆发式回升，1 h 内变压达 3.1 hpa，21 时升至 965.8 hpa，形成“风前低压、风后高压”的典型气压场结构。

受上游强风传输的影响，精河在 20 时进入明显的响应高峰：风速从 18 时的 4.5 m/s 骤升至 9.6 m/s，增幅达 113%；气压 1 h 内从 968.9 hpa 升至 970.3 hpa，升幅 3.4 hpa；湿度则从 46% 降至 42%，与阿拉山口气压变化趋势高度同步。而艾比湖湿地此时正处于强风核心影响区，干燥气流加剧了湖盆盐尘活动，为后续可能出现的次生灾害埋下隐患。

3) 上下游协同稳定阶段(9 月 2 日 21:00~9 月 3 日 00:00)

随着时间推移，强风强度慢慢衰减，阿拉山口和精河两地的气象要素也开始同步趋于稳定。阿拉山口这边，2 分钟平均风速从 21 时的 15.3 m/s 降至 23 时的 14.0 m/s，极大风速维持在 26.7 m/s；气压小幅波动后达到 967.2 hpa，24 h 变压为-1.1 hpa。

精河的变化也十分同步，风速降至 7.8 m/s，气压稳定在 971.2 hpa，相对湿度回升至 48%。两地气象要素变化的斜率基本一致，这一现象验证了“上游大风强度决定下游影响幅度”的传导规律——也就是说，上游风力减弱时，下游的响应也会随之缓和。

值得注意的是，全过程中两地降水量均为 0，属典型“干风”过程，这与本文“阿拉山口秋季大风多伴随低湿度特征”的结论形成呼应；且本次过程无寒潮降温，能更集中地体现纯强风对下游的影响机制，避免了寒潮因素的干扰。

(二) 灾害影响：基于精河地域特征的差异化分析

精河有三个鲜明的身份标签——“中国枸杞之乡”、中欧班列分拨中心及艾比湖湿地所在地，这些特色也让当地的灾害承灾体具有明显的地域特点。虽然本次强风过程未造成直接灾害损失，但它带来的潜在影响，恰好覆盖了本文研究的“产业-交通-生态”三维影响体系：

1) 农业影响：直击枸杞产业关键期。9 月正是精河 10 万亩枸杞鲜果采摘与晾晒的核心时期，强风在此期间主要存在三重风险：一是果实脱落问题，6 级以上阵风大概会导致挂果率下降 15%~20%，尤其是托里镇、大河沿子镇等核心产区——这些区域的产量占全县 60%，面临的直接损失风险更大；二是晾晒环节受阻，枸杞合作社的露天晾晒场必须紧急转移鲜果，不然大风容易让果实混入沙土，进而拉低特级果率(正常情况下特级果率能达到 80%)；三是产业链可能中断，像精杞神、天山果业这类深加工企业得暂停鲜果收购，这会直接影响“采摘-加工-销售”的全链条效率。

2) 交通影响：威胁物流枢纽运行安全。强风对交通系统的威胁主要体现在两个层面：一方面是铁路运输，阿拉山口铁路口岸到精河分拨中心的货运专线全长 86 km，这段线路需要暂停编组作业，这就可能导致中欧班列的“换装-分拨”环节延误；另一方面是公路通行，G30 连霍高速精河段正好穿过艾比湖风道区，9 级以上大风很容易让货车发生侧翻，所以必须启动“警车带道+限速 60 km/h”的管控措施。

3) 生态影响：加剧湿地火险与风蚀风险。艾比湖湿地国家级自然保护区部分区域位于精河境内，恰好处于阿拉山口大风通道的核心区。保护区里有 267 种鸟类、385 种野生植物，其中 12 种还是国家重点保护植物，生态价值极高。强风过程给当地生态带来了双重威胁：一是森林草原火险，精河的相对湿度最低降到 25%，再加上 6 级以上的持续大风，保护区实验区的梭梭林、芦苇荡火险等级直接升到橙色，因此必须禁止一切野外用火；二是土壤风蚀问题，艾比湖裸露湖底有很多疏松的盐土层，这些土层很容易被大风吹起，形成盐尘暴，进而对周边农田和植被造成盐碱化危害。

5. 结论与对策建议

(一) 研究结论

首先，阿拉山口大风的形成，是狭管效应(作为基础条件)、大气环流(提供动力支持)与热力差异(发挥

调节作用)三者协同作用的结果,属于西北地区大风高发区;2025年9月2日的典型案例进一步验证,秋季大风主要由狭管效应叠加热力差异驱动,强度可达12级,且对下游的传播时效约1h、风速衰减率64%——这些数据为“上下游影响链条”提供了量化支撑。

其次,大风对下游呈现“多路径连锁影响”:既会加速寒潮传播、引发沙尘或吹雪灾害,也会导致气压和湿度异常(比如精河1h内气压升3.4hpa、湿度降至25%),还会诱发特色农业、物流枢纽、湿地生态等差异化风险。

最后,大风影响范围超过200km,对交通、农业、电力、生态等领域均构成威胁,且存在显著的季节差异——春季多沙尘、冬季多吹雪、秋季易致干风与特色产业损失,这为灾害防控明确了季节重点,也为后续制定差异化防御策略提供了依据。

(二) 对策建议

1) 构建“源头-路径-影响”立体监测网络

建议参考新疆铁路部门的现有经验,在阿拉山口区域增设3~5个梯度风速站,同时在下游50km、100km、150km处(重点覆盖精河枸杞主产区、艾比湖湿地等关键区域)加密观测设备[5],重点监测风速传播时效、湿度变化等指标,进一步完善“上游-下游”联动监测链条——这样才能更精准地捕捉大风的影响过程。

2) 优化大风数值预报模型本地化参数

在现有模型基础上,引入100米更高精度的地形数据,进一步优化MYJ/YSU边界层方案;同时结合下游区域的产业、生态特征,建立“风速-枸杞损失”“风速-湿地火险”等关联子模型,实现从“单纯预报风速”到“预判实际影响”的转化。

3) 完善跨区域应急协同机制

建议由气象部门牵头,联合交通、农业、林业等部门制定《阿拉山口大风灾害下游联合应急预案》,在预案中明确农作物产区、物流枢纽、湿地等不同区域的差异化防御流程;春秋两季定期开展跨区域应急演练,让各部门熟悉协同流程;同时升级信息共享平台,实现预警信息、灾害数据的实时互通,打破部门间的信息壁垒。

(三) 研究展望

未来研究中,可借助激光雷达技术量化大风对精河枸杞田、艾比湖湿地的动量传输过程,深入分析大风对植被、土壤的具体作用机制;同时结合气候变暖背景,分析秋季干风的长期变化趋势,比如频次是否增加、强度是否增强等。这些研究能为干旱区特色产业与生态系统的大风防御提供更精准的技术支撑,也能进一步丰富狭管地形大风的研究体系。

参考文献

- [1] 刘辉志, 桑建国, 轩春怡. 峡谷地形狭管效应的风洞实验与数值模拟[J]. 气象学报, 2023, 81(2): 312-325.
- [2] 中国气象爱好者. 蓝紫色寒潮气团突袭西北, 13级狂风带沙降温, 分析: 局部降20度[EB/OL]. https://news.qq.com/rain/a/20250325A09TP400?suid=&media_id=, 2025-03-25.
- [3] 陈冬梅, 李建刚, 张新庆. 新疆铁路风区大风特征及预报技术研究[J]. 干旱区研究, 2024, 41(3): 789-796.
- [4] 曹晓芳. 西北干旱区狭管风对生态环境的影响及防御对策[J]. 生态学报, 2022, 42(11): 4567-4575.
- [5] 中国气象局. 中欧班列新疆段沿线布设50余个大风自动监测站, 实现5至10km范围内的气象预报和风险监测——科技护航“钢铁驼队”穿山岭越风区[EB/OL]. https://www.cma.gov.cn/2011xwzx/2011qxqxw/2011qxxyw/202502/t20250214_6852408.html, 2025-02-14.