

阿拉山口市大风规律特征对铁路精细化预报服务影响分析

依扎提·托留别克¹, 唐霞², 艾力库提·居来提³

¹阿拉山口市气象局, 新疆 阿拉山口

²精河县气象局, 新疆 精河

³博乐市气象局, 新疆 博乐

收稿日期: 2025年7月25日; 录用日期: 2025年8月23日; 发布日期: 2025年8月28日

摘要

结合阿拉山口国家基本气象站、精河县上游区域自动站大风资料, 研究气候变化规律, 尤其是近几年周围站点加密和新的资料的累积, 重点对交通高影响的10级以上大风进行分析; 对阿拉山口市大风起始时间、持续时间、极值进行对比分析, 从而进一步对铁路交通影响关键区强风的影响进行规律探索。

关键词

大风, 狭管效应, 对比分析, 铁路交通

Analysis of the Impact of Wind Regularity Characteristics in Alashankou City on Refined Railway Forecasting Services

Yizhati Tuoliubieke¹, Xia Tang², Ailikuti Julaiti³

¹Alashankou Meteorological Bureau, Alashankou Xinjiang

²Jinghe Meteorological Bureau, Jinghe Xinjiang

³Bole Meteorological Bureau, Bole Xinjiang

Received: Jul. 25th, 2025; accepted: Aug. 23rd, 2025; published: Aug. 28th, 2025

Abstract

Based on the gale data from Alashankou National Basic Meteorological Station and the regional automatic stations in the upper reaches of Jinghe County, this study explores the laws of climate change. In particular, with the densification of surrounding stations and the accumulation of new

文章引用: 依扎提·托留别克, 唐霞, 艾力库提·居来提. 阿拉山口市大风规律特征对铁路精细化预报服务影响分析[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(5): 863-870. DOI: 10.12677/ccrl.2025.145086

data in recent years, it focuses on the analysis of gales of force 10 and above, which have a high impact on transportation. Additionally, a comparative analysis is conducted on the start time, duration, and extreme values of gales in Alashankou City, aiming to further explore the impact laws of strong winds in key areas affecting railway transportation.

Keywords

Strong Winds, Venturi Effect, Comparative Analysis, Railway Transportation

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

多年来,国内外对大风研究较多,尤其是30里和百里风区的研究,如研究建设铁路沿线的大风监测系统,但所研究建设大风监测系统仅涉及简单的风速采集监测和风速统计分析等功能,并没有进行实质性的铁路沿线风速预测研究。同时,对于国内铁路沿线大风方面的研究主要集中在大风对铁路所造成的灾害方面,这其中以兰新线最具代表性。

阿拉山口地处海拔2500米以上的阿拉套山和巴尔克鲁山、玛依勒山之间狭长的呈西北—东南走向的朗库里谷地之中,北连哈萨克斯坦共和国塔尔迪库尔干州的阿拉湖,南连艾比湖。狭谷两端宽中间窄,全长约90公里,境内全长约80公里,最窄处约12公里。谷地大致呈西北高东南低的走向。地表为沙砾和灌丛为主。该区受“狭管效应”影响这里多大风天气,大风风力强,持续时间长,破坏力强。中国气象观测业务规定,瞬时风速达到或超过17米/秒(或目测估计风力达到或超过8级)的风为大风,阿拉山口市是新疆乃至西北地区大风日数高值中心之一。年平均大风日数156 d,年最大大风日数188 d(1977年),最长连续大风日数19 d [1],瞬时极大风速可达55.2 m/s。阿拉山口冬季刮大风时会有吹雪或雪暴天气发生,能见度很低,并形成雪阻,对铁路、公路运输都造成极大的危害[2],春夏季的大风会造成艾比湖东南部乌伊公路从黑山头、沙泉子至托托一带风沙严重,能见度十分恶劣,常埋没公路,影响交通[3]。

大风是地理、地形与特定的环流形势共同作用的结果。近年来,很多学者对特殊地形与大风的关系进行了探讨。董安祥分析出河西走廊狭管效应对局地大风风速的突然加强是该地多大风的重要原因[4]。李耀辉等分析了西北地区大风日数多数台站近40 a来呈减少趋势。潘新民根据狭管效应和流洩理论,计算了新疆百里风区上游木垒站和下游十三间房站存在很好的延时9~10小时正相关。董鹤松等分析了延边一次罕见大风天气过程的主要成因是高空不稳定小槽和地面低压中心冷锋所引发。本文选阿拉山口近20年内两次强大风天气过程,利用天气学诊断分析等方法对两次强大风天气进行比较分析,得出一些结论,这对阿拉山口为铁路气象监测预警、预报服务提供支撑,推动铁路气象保障服务能力的提升。

2. 资料与方法

本文资料来自阿拉山口国家基本气象站(经度为82°49',纬度为44°34',海拔高度329 m)的常规地面、高空观测资料、NCEP再分析资料。

3. 三次大风天气过程实况及成因分析

对比分析的三次大风分别是:2015年3月25~4月1日之间断续8天的大风天气,极大风速出现在3月30日13:24达39.7 m/s(13级大风),此次大风是近20年来阿拉山口市出现的极大风速值,造成对阿

拉山口市多处楼顶的 SBS 防水层被掀掉, 路灯倒塌严重, 砸坏灯下很多车辆, 政府大楼国旗杆倒塌, 学校停课、火车停运、过境口岸关闭、进入阿拉山口道路封闭。2022 年 10 月 23 日、24 日, 阿拉山口出现 10 级大风天气过程, 其中 23 日极大风速达到 27.6 m/s, 风向为 304°, 24 日极大风速达到 26.3 m/s, 风向为 323°, 此次大风天气到 24 日 08 时~09 时减弱至 6~7 级, 09~10 时减弱至 6 级以下, 并且风向最终以逆时针的方式转为东南风。2024 年 2 月 16 日至 18 日, 阿拉山口出现 13 级极端大风天气过程, 过程极大风速 39.6 m/s (13 级大风), 此次天气过程是近年来整个新疆最强的一次寒潮大风天气, 也是阿拉山口地区最强的一次寒潮大风, 16 日~17 日出现风吹雪天气, 最低能见 432.0 米, 天气过程造成阿拉山口市直接经济损失 286.6942 万元。

3.1. 2015 年 3 月 25~4 月 1 日之间断续 8 天的大风天气

3.1.1. 高空环流形势的演变

2015 年 3 月 24 日至 4 月 1 日大风天气过程: 从 500 hPa 高度场上分析, 主要受到新地岛以东强底涡延伸出的槽以及其演变出的新低中心的影响。欧亚大陆主体呈现由两脊一槽转变为两槽一脊, 再转变为一个低中心和一个高中心的形势。29 日 08 时槽加深靠近我区, 并在哈萨克斯坦中西部形成新的低涡中心(见图 1)。此后该低涡不断加强并缓慢东移, 其西方的高中心紧随其后。4 月 1 日低中心北上并减弱, 此次天气过程结束。

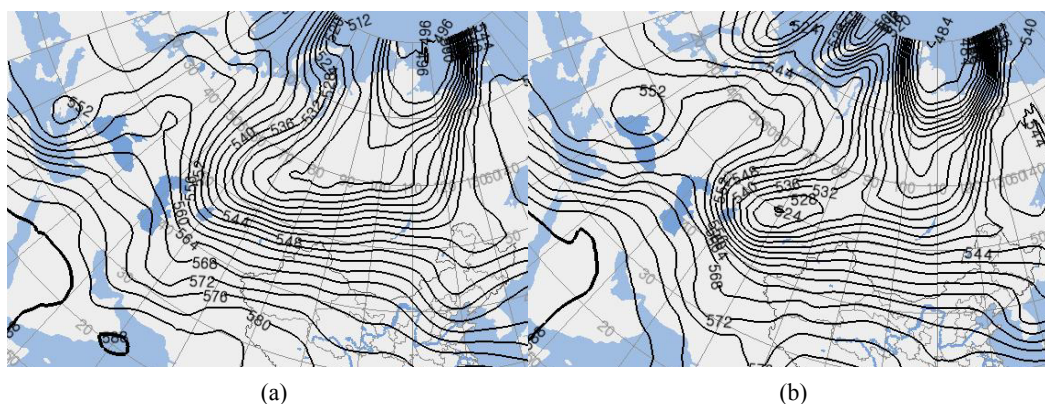


Figure 1. (a) 500 hPa height field at 08:00 on March 28, 2015; (b) 500 hPa height field at 08:00 on March 29, 2015
图 1. (a) 2015 年 3 月 28 日 08 时 500 hPa 高度场; (b) 2015 年 3 月 29 日 08 时 500 hPa 高度场

3.1.2. 地面形势演变

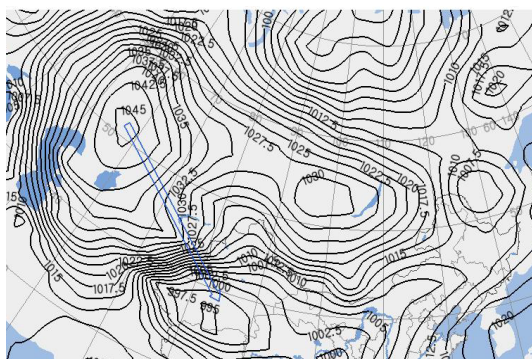


Figure 2. Surface synoptic field at 08:00 on the 30th
图 2. 30 日 08 时地面形势场

从海平面气压场来看,来自欧洲北部南下东移的强冷高压缓慢移动至哈萨克斯坦西北部,并在不断积蓄加强。29日20时中心强度为1045 hPa的冷高压边缘进入我区并与东部低压接触,在30日至31日形成密集的等压线,气压梯度不断加强(见图2)。31日20时高压东移分裂并减弱,此次天气过程结束。

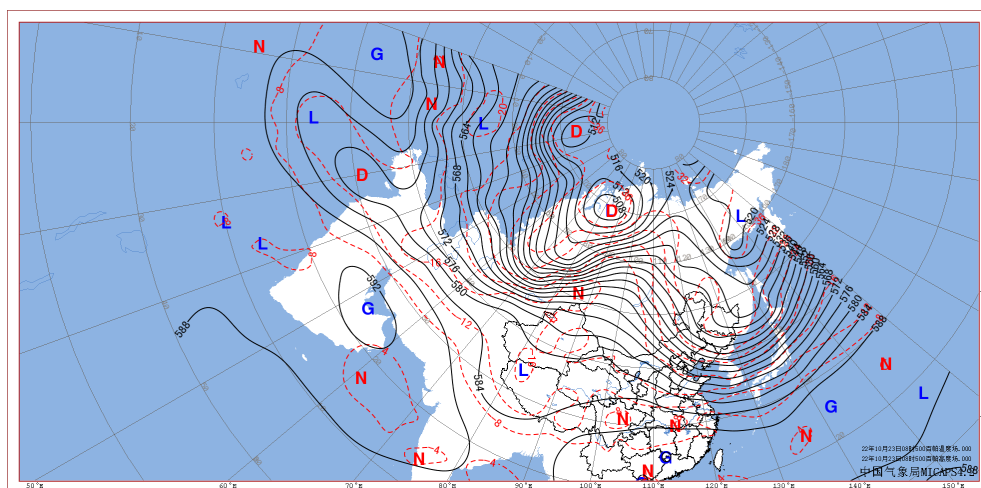
3.1.3. 气压梯度和3 h变压

地面三小时变压场中正变压中心值的大小与风速大小有较好的对应关系,中心值增大风速增大,中心值减小风速减小,大风区出现在正负变压中心附近变压梯度最大的地方,2015年3月31日大风地面三小时变压场变化不符合以上指标。

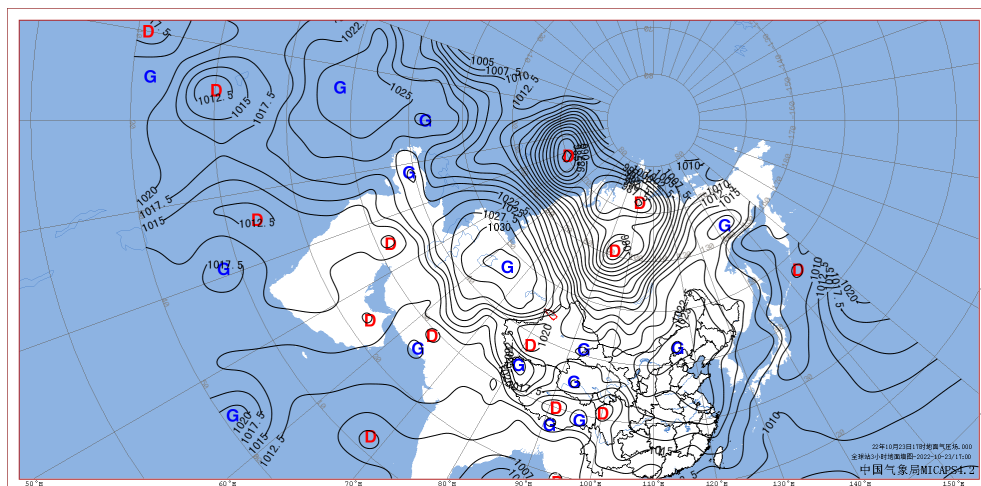
3.2. 2022年10月23日~24日的10级大风天气过程

3.2.1. 高空环流形势的演变

图3(a)中500 hPa高度场上欧亚范围内总体为“两槽一脊”的环流形式,23日08时在亚马尔半岛为一个低压系统,阿拉山口地区受到一个强盛脊区的控制,此时巴尔喀什湖北部等高线比较密集,并且温度槽落后于高度槽,在高纬度地区还存在较大的夹角[5]。到24日08时,系统整体东移北抬,此时的大风也趋于减弱。



(a)



(b)

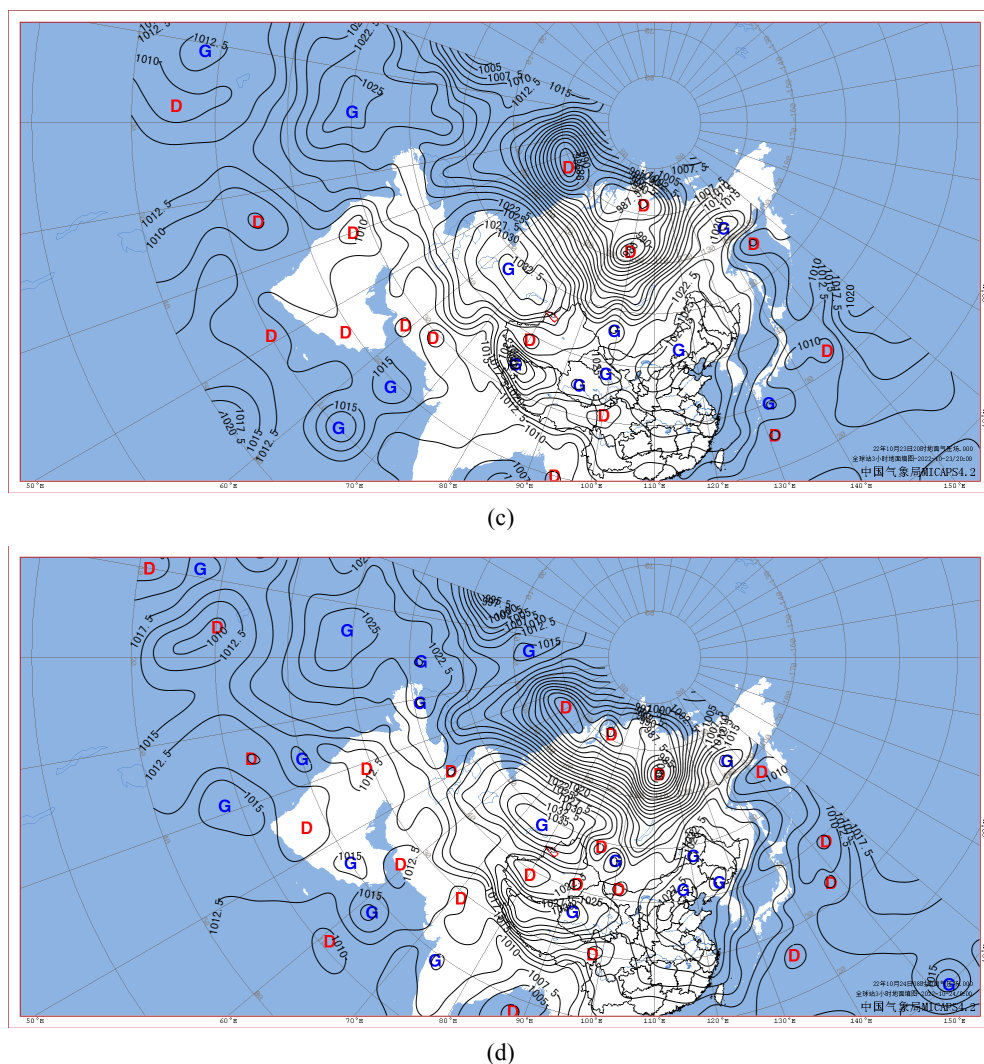


Figure 3. (a) 500 hPa upper-air synoptic pattern at 08:00 on the 23rd and 500 hPa upper-air synoptic pattern at 08:00 on the 24th; (b) sea-level pressure field at 17:00 on the 23rd; (c) sea-level pressure field at 20:00 on the 23rd; (d) sea-level pressure field at 08:00 on the 24th

图 3. (a) 23 日 08 时 500 hPa 高空形式、24 日 08 时 500 hPa 高空形式; (b) 23 日 17 时海平面气压场; (c) 23 日 20 时海平面气压场; (d) 24 日 08 时海平面气压场

3.2.2. 地面形势演变

通过图 3(b)~(d)分析, 23 日 08 时地面高压中心位于里咸海, 强度为 1030 hPa, 在东移过程中地面高压系统范围扩大, 但中心强度变化不明显, 阿拉山口地区处于地面高压的前沿。综合分析来看此次大风天气过程在 500 hPa 高度场上主要为高空槽脊系统快速东移和地面高压系统东移北抬造成, 在地面高压不断东移北抬的过程中, 阿拉山口地区风速逐渐减小, 风向逐渐转为西南风, 与地面高压的移动位置联系非常紧密。

3.2.3. 瞬时风速变化演变

图 4 中 22 日 20 时至 23 日 15 时 60 分, 极大风速始终在 2~3 级, 最大为 4.9 m/s, 但起风之前的几分钟时间内, 16:01 风向为 146°, 到 16:02 风向转为 335°, 并且瞬时风速在 15 分钟内增大到 8 级。24 日 08 时, 大风逐渐减弱至 6 级左右, 15 时左右风向开始向东南风转变。

27 日 22 时 41 分(过程 2), 阿拉山口出现 8 级以上大风天气过程, 此次大风天气瞬时风速增大也很迅速, 15 分钟内由 4 级左右在短时间内增大到 8 级, 随着风速的增大, 风向也由东南风转为西北风, 随着风速的减小, 29 日 06 时开始, 风向逆时针转为东南风。

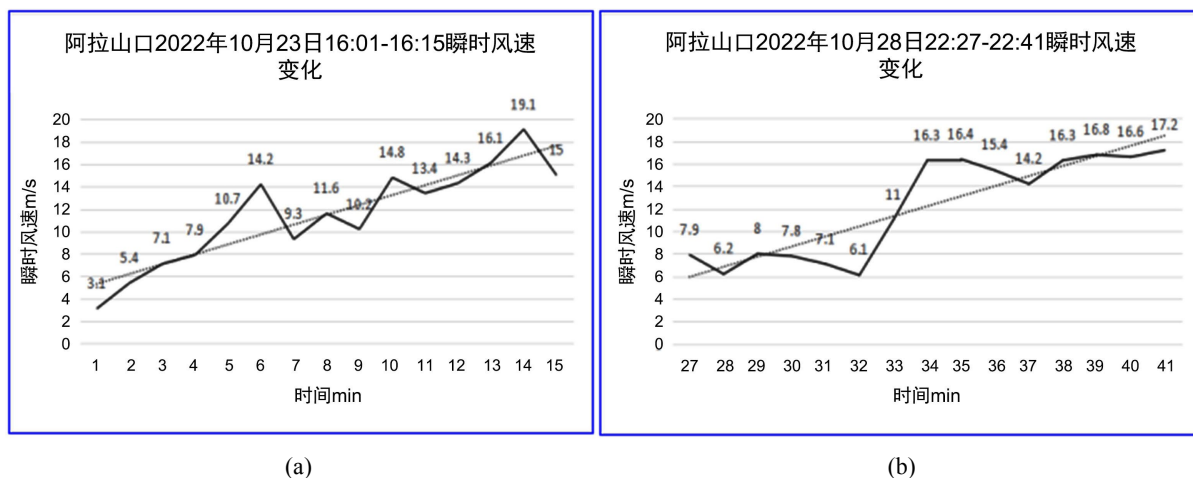


Figure 4. (a) Instantaneous wind speed variation at Alashankou National Basic Meteorological Station from 16:00 to 16:14 on October 23, 2022; (b) instantaneous wind speed variation from 22:27 to 22:41 on the 28th

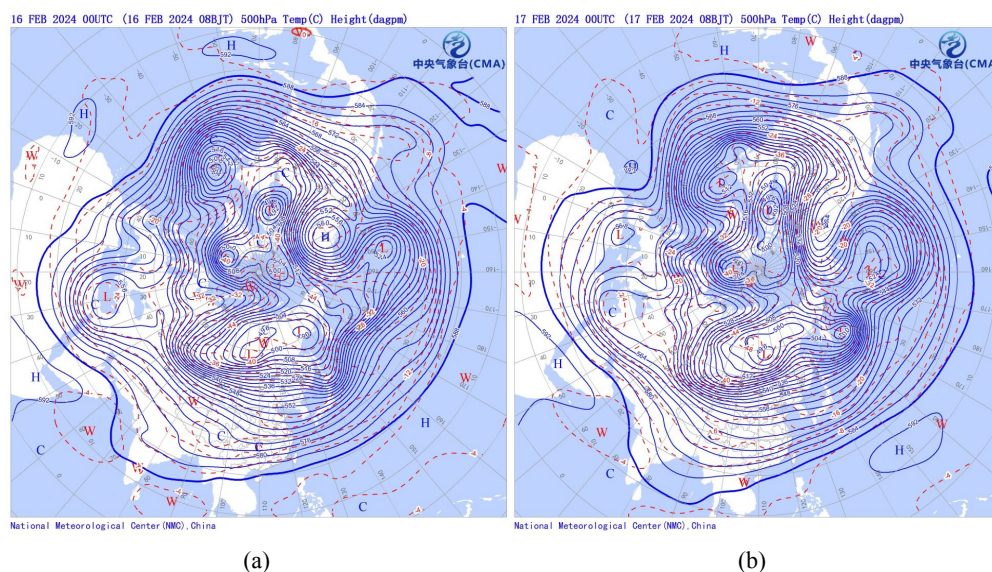
图 4. (a) 阿拉山口国家基本气象站 2022 年 10 月 23 日 16:00~16:14 瞬时风速变化情况; (b) 为 28 日 22:27~22:41 瞬时风速变化情况

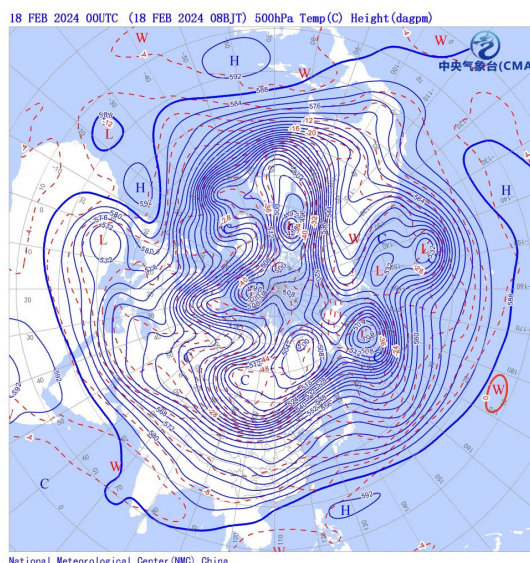
3.3. 2024 年 2 月 16 日~18 日的 13 级极端大风天气过程

3.3.1. 高空环流形势的演变

16 日 08 时图 5 上 500 hPa 上低涡中心位于西西伯利亚地区已移至巴湖附近, 偏北气流不断加强引导冷空气在横槽内堆积。16 日 20 时, 横槽在境外, 17 日 20 时横槽转竖并向南加深, 移速较快, 引导冷空气大举南下。18 日 08 时, 阿拉山口此时地面温度也达到了最低。18~21 日低涡维持, 以降温天气为主。

16 日境外冷空气势力强, 但还未完全进入我区。地面冷高压中心强度非常强, 冷空气源地在新地岛, 偏北部入侵, 在 17 日冷高达到 1055 hPa, 阿拉山口地区大风最大风力达到 13 级。





(c)

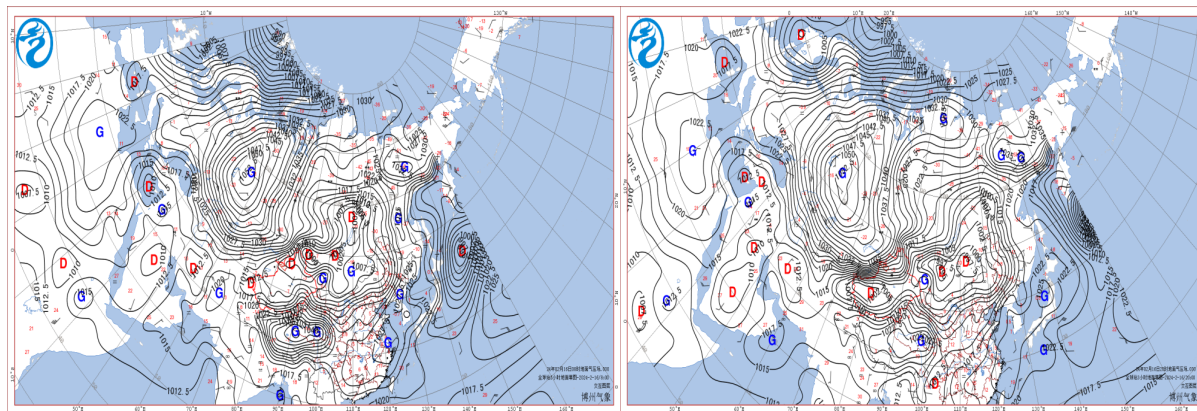
Figure 5. (a) Upper-air synoptic field at 08:00 on the 16th; (b) upper-air synoptic field at 08:00 on the 17th; (c) upper-air synoptic field at 08:00 on the 18th

图 5. (a) 16 日 08 时高空形势场; (b) 17 日 08 时高空形势场图; (c) 18 日 08 时高空形势场

3.3.2. 地面形势演变

图 6 海平面气压场上, 造成此次寒潮和大风天气过程的地面冷高压来自新地岛, 新地岛的冷空气南下进入新疆[6], 16 日 20 时冷高中心值为 1052.5 hPa, 17 日冷高中心位于巴湖, 冷高中心值为 1055 hPa, 等压线密集, 气压梯度力大, 加上特殊的狭管地形, 使风力加强。17 日 20 时, 阿拉山口已受地面冷高压控制, 大风天气过程逐渐结束, 温度幅度明显。此次大风前期受低层的暖脊控制, 升温明显, 后期冷空气入侵, 造成热力条件不稳定, 也有利于大风天气。15~17 日预报场冷高压中心强度与冷高压移动路径与实况基本一致。

通过对以上三场阿拉山口地区大风天气的分析, 500 hPa 高度场上主要为位于阿拉山口地区上游的高空槽脊快速东移过程中造成的大风天气。地面上主要为高压系统东移前沿抵达阿拉山口地区时与大风的出现时间很吻合, 具有很强的指导意义[7], 在大风持续期间, 地面高压都有一个在哈萨克斯坦境内囤积的过程, 随着地面高压的向东移动, 阿拉山口地区的大风天气过程逐渐减弱。



(a)

(b)

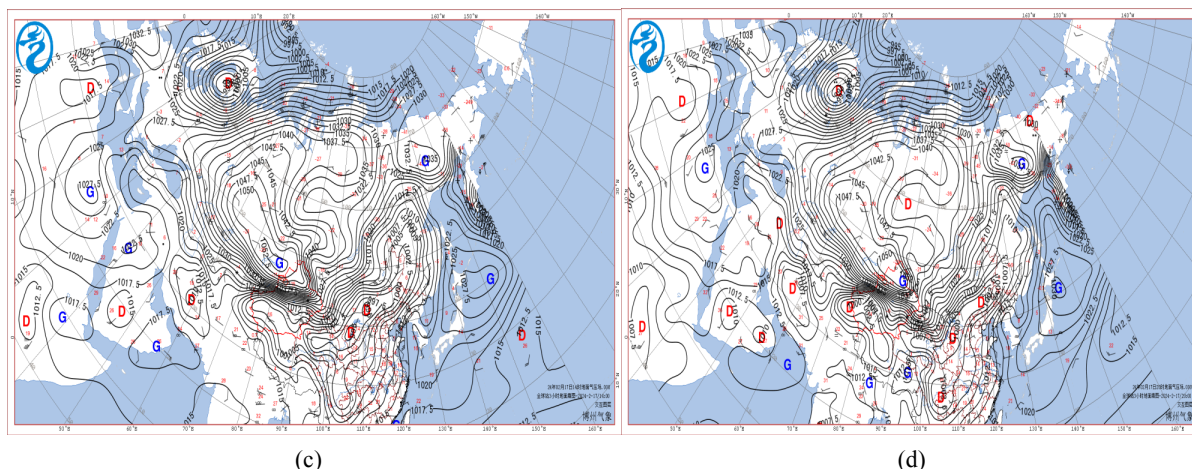


Figure 6. (a) Surface synoptic field at 08:00 on the 16th; (b) surface synoptic field at 20:00 on the 16th; (c) surface synoptic field at 08:00 on the 17th; (d) surface synoptic field at 20:00 on the 17th

图 6. (a) 16 日 08 时地面形势场; (b) 16 日 20 时地面形势场; (c) 17 日 08 时地面形势场; (d) 17 日 20 时地面形势场

4. 结论与讨论

- 1) 阿拉山口地形受狭管效应影响是产生大风、多风的重要原因，狭管效应能使风速大幅加强。
- 2) 有利天气形势是欧洲脊发展，脊前北风带增强南伸，500 hPa 高空图上风速最大达 20 m/s 或以上，等高线密集，且脊前有一对正负变高，各层正涡度明显增大。
- 3) 阿拉山口将要刮大风的前几天气压会一直大幅下降，当气压不再下降开始上升，那么几个小时后当风向由南风(或静风)突转为北风，并且云快速移动，大风即将到来，可以做短时临近预报。提供阿拉山口市铁路站区最大风速代表站未来 3 天 3 小时精度的大风精细化预报。
- 4) 高空冷平流强，锋区强度大，动量下传是导致地面风速增大的原因，动量下传通道在 700~850 hPa，一般在大风来临前 8 小时内 850 hPa 风速突增，动量下传能量最强。
- 5) 对铁路部门提供大风的气象监测、预报、预警服务产品，提高铁路交通气象服务的综合能力，可用于交通气象服务，弥补了观测资料 and 应用的空白，对列车运营调度、大风气象工程、试验等提供精细化的预报预警服务产品。

研究表明，阿拉山口市的大风规律特征具有显著的时空分布、风速变化趋势及极端大风事件的频率和强度。这些特征为铁路精细化预报模型的构建提供了重要的科学依据，显著提高了预报的精度和时效性。通过案例分析，本文验证了精细化预报服务在铁路运输中的应用效果，展示了其在提高铁路运输安全性和效率方面的显著优势。

参考文献

- [1] 孙蕾, 王小飞, 陈利华, 等. 阿拉山口 1957-2007 年气候变化[J]. 沙漠与绿洲气象, 2010, 4(4): 22-25.
- [2] 张家宝, 史玉光. 新疆气候变化及短期气候预测研究[M]. 北京: 气象出版社, 2002.
- [3] 尤占军. 阿拉山口腾飞的十五年[M]. 乌鲁木齐: 新疆出版社, 2006.
- [4] 扎西尼玛, 严兴起. 玉树地区一次大雨天气过程分析[J]. 青海气象, 2010, 2(4): 18-20.
- [5] 海显莲. 青海省东部农业区一次区域性大到暴雨成因分析[J]. 青海气象, 2011, 1(2): 12-17.
- [6] 候文菊. 果洛州玛沁县两次强对流天气过程比较分析[J]. 青海气象, 2011, 1(3): 10-14.
- [7] 张燕, 李建刚, 李芳. 一次夏季大风天气过程分析及其临近预报[J]. 新疆气象, 2006, 29(4): 7-8.