

阿克苏机场翻山型沙尘暴天气气象要素特征分析研究

王亚戈

中国民用航空阿克苏空中交通管理站, 新疆 阿克苏

收稿日期: 2023年12月8日; 录用日期: 2024年1月5日; 发布日期: 2024年1月15日

摘要

本文对阿克苏机场2016~2020年间翻山型沙尘暴天气的气象要素特征进行分析。结果表明, 造成阿克苏机场的翻山型沙尘暴天气的风速一般要均风超过8 m/s, 且以偏西风 $260^{\circ}\sim 310^{\circ}$ 为主; 翻山型沙尘暴天气开始和消散相对速度, 主导能见度呈陡崖式变化。且风速和主导能见度呈现明显的负相关; 翻山型沙尘暴天气过程中风、压、湿的变化密切相关, 对大风沙尘暴开始时间的预报具有很好的指示意义。

关键词

翻山型, 沙尘暴, 气象要素

Analysis and Study on the Characteristics of Meteorological Elements of Overturned Sandstorm in Aksu Airport

Yage Wang

Aksu Air Traffic Management Station of CAAC, Aksu Xinjiang

Received: Dec. 8th, 2023; accepted: Jan. 5th, 2024; published: Jan. 15th, 2024

Abstract

In this paper, the characteristics of meteorological elements of the mountain-turning sandstorm weather in Aksu Airport during 2016~2020 were analyzed. The results show that the average wind speed of the mountain-type sandstorm at Aksu Airport is generally more than 8 m/s, and the westerly wind is mainly $260^{\circ}\sim 310^{\circ}$. The relative speed of the onset and dissipation of the mountain-turning sandstorm weather, and the dominant visibility showed a steep cliff-like change. There was a significant negative correlation between wind speed and dominant visibility. The changes of wind,

pressure and humidity are closely related to the weather of the mountain-turning sandstorm, which has a good indicative significance for the prediction of the start time of the windy sandstorm.

Keywords

Across Mountains, Sandstorm, Meteorological Elements

Copyright © 2024 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

沙尘暴作为一种强灾害性天气,近年来诸多学者对其进行了研究[1] [2] [3],在新疆沙尘暴天气的研究上也取得一定的进展[4] [5] [6]。姜萍[7]等研究发现近 56 年来南疆沙尘暴发生日数呈明显的下降趋势;周向玲[8]等对新疆南疆西部莎车县、麦盖提县、巴楚县和喀什市 4 个气象站近 10 年发生的沙尘暴数据资料进行了统计分析,研究了沙尘暴发生的时间特征和风速特征;郭琪所作《阿克苏机场沙尘天气特征分析》[9]得出影响阿克苏机场的风沙源地主要有 3 个方向,分别是机场以西 260°的沙漠地带,机场西北方向 300°的沙漠和耕地以及机场以东 70°和 100°的沙漠。

沙尘暴作为影响阿克苏机场正常运行的重要天气现象,据不完全统计,2016~2020 年沙尘引发的低能见度天气共造成阿克苏机场航班取消 96 班、备降 12 班、返航 12 班、延误 44.5 班、复飞 3 班。根据对沙尘暴天气特点及大风的形成研究分析,结合 500 百帕、700 百帕、850 百帕的高空环流、地面的配置,参照阿克苏地方性典型天气特点,将影响阿克苏机场沙尘暴天气分为了翻山型、东灌型、对流型和混合类四种类型。翻山型沙尘暴天气是指受天山山脉的阻挡,天山北侧大量堆积的冷空气翻山使风速增大,并带动地面沙尘等大量卷入空中,形成的沙尘暴天气类型。本文对翻山型沙尘暴天气的气象要素特征进行统计分析,以期对后续翻山型沙尘暴天气预报有一定的指导意义。

2. 资料来源

本文筛选了 2016~2020 年间的翻山型沙尘暴天气,共计 5 次沙尘暴天气过程(表 1),发生时间记录为阿克苏机场沙尘天气能见度<1300 m 的时间。应用阿克苏机场《地面观测簿》、例行天气报告、特殊天气报告等气象资料对翻山型沙尘暴天气特征进行分析。

Table 1. Overturning sandstorm weather at Aksu Airport in 2016~2020
表 1. 2016~2020 年阿克苏机场翻山型沙尘暴天气

天气过程	发生时间(北京时,下同)
第1次沙尘暴	20161003 00:49~00:55
第2次沙尘暴	20180507 10:00~12:18
第3次沙尘暴	20180524 07:25~10:15
第4次沙尘暴	20181201 10:05~18:05
第5次沙尘暴	20190602 21:51~22:51

3. 翻山型气象要素特征分析

3.1. 风

根据阿克苏机场《地面观测簿》、例行天气报告、特殊天气报告中对风的记录，从风速、风向、风持续时间三方面对气象要素风进行统计分析。

对翻山型 5 次沙尘暴天气过程的平均风速进行分析，如图 1 所示，其中红线为东西风转换时刻：第 5 次沙尘暴为偏西风，第 1 次、第 2 次、第 3 次、第 4 次沙尘暴均是偏西风转偏东风，其中第 1 次、第 2 次、第 4 次沙尘暴偏西风维持时间较长，均在 6 小时以上；第 4 次沙尘暴的平均风速较其他几个沙尘暴天气过程较大，风速维持时间较长。第 2 次、第 3 次和第 5 次沙尘暴的最大风速较为相近，10 min 均风在 12~13 m/s，第 4 次沙尘暴的最大 10 min 平均风速达到 18 m/s，风力大破坏力更强。第 3 次沙尘暴转偏东风后维持时间长，风力较大，最大 10 min 平均风速达到 9 m/s，偏西风持续短暂沙尘影响时间相对更短。此外五次沙尘暴天气中，第 3 次、第 4 次、第 5 次沙尘暴出现了大风天气，即出现 17 m/s 以上的强风。第 3 次沙尘暴极大风速为 19 m/s，第 4 次沙尘暴极大风速达到 29 m/s，第 5 次沙尘暴极大风速达到 23 m/s。极大风速出现在 280°~310°的西北风风向。

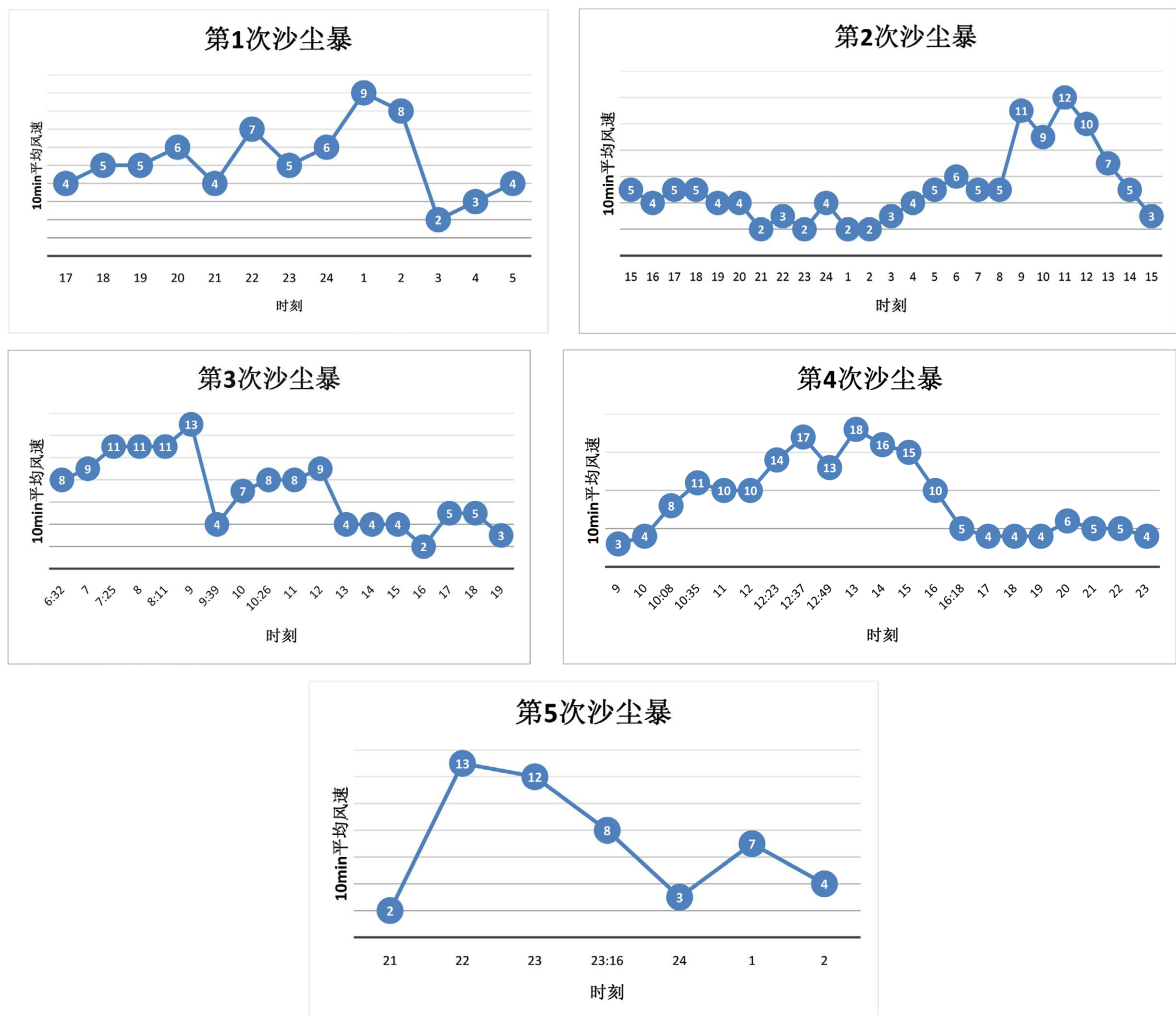


Figure 1. Wind speed change diagram of individual cases of Aksu overturned sandstorm weather in 2016~2020 (units: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
图 1. 2016~2020 年阿克苏翻山型沙尘暴天气风速变化图(单位: m/s)

结合翻山型沙尘天气风的持续时间可知(图 2), 翻山型系统性风整体维持时间较长, 并均伴有持续 2 小时(含)以上均风 ≥ 8 m/s 的情况。

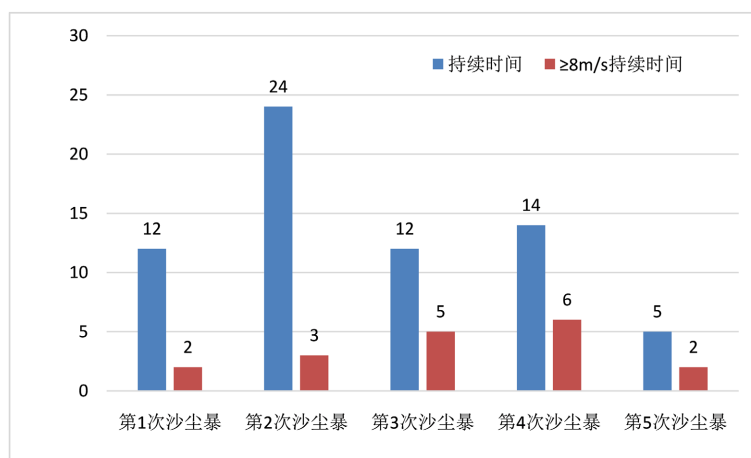
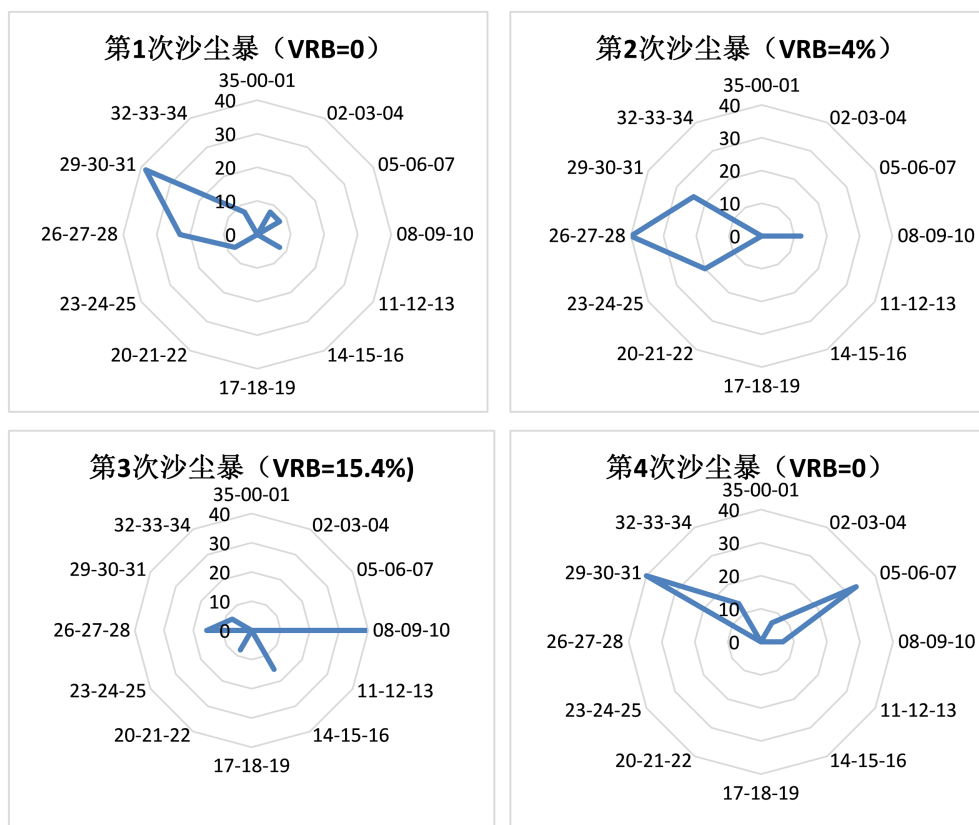


Figure 2. Wind duration of Aksu sandstorm in 2016~2020 (unit: hours)

图 2. 2016~2020 年阿克苏翻山型沙尘暴天气风持续时间(单位: 小时 h)

由上可得: 翻山型沙尘暴天气的风速较大, 一般均风要超过 8 m/s, 且以偏西风为主, 西风越大维持时间越长则影响程度越大。

对 5 次沙尘暴天气持续时间的风向进行进一步分析, 分别绘制 5 次沙尘暴天气及总计的风向频率玫瑰图(图 3):



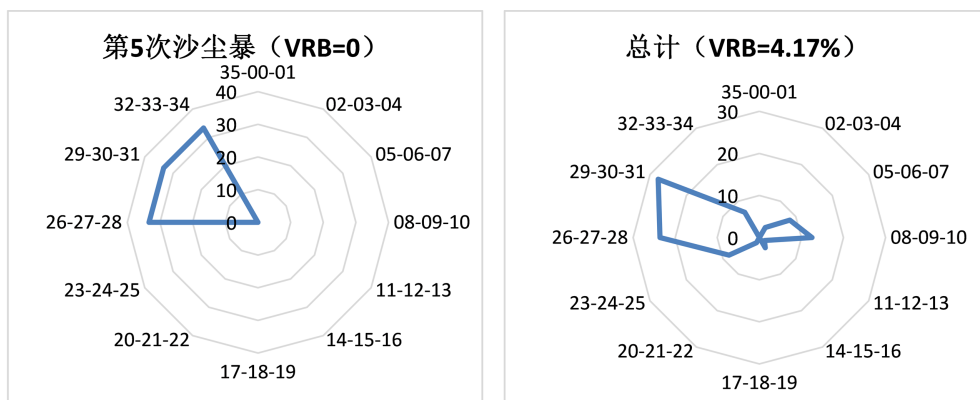


Figure 3. Wind direction and frequency rose diagram of Aksu overturned sandstorm weather in 2016~2020
图 3. 2016~2020 年阿克苏翻山型沙尘暴天气风向频率玫瑰图

从图中分析可得，第 1 次沙尘暴以西北风 290°~310°为主，约占到 40%，偏西风 260°~280°为其次，约占到 25%；第 2 次沙尘暴风向较为稳定，以偏西风 260°~280°为主，整体风向在 230°~310°之间；第 3 次沙尘暴相较于上述两个沙尘暴天气，偏东风的比例加大，其中 80°~100°的风向约占到 40%，VRB 整体占比也较多，风向具有不稳定的特点；第 4 次沙尘暴有两个极为突出的主要风向，即西北风和东北风，以 290°~310°和 50°~70°为此次过程的主风向，且先为西北风，后转东北风，风的转向与冷空气的移动方向及阿克苏地形均有密切的关系；第 5 次沙尘暴风向均为偏西风，在 260°~340°范围内变化，风向稳定，持续时间较短。对 5 次翻山型沙尘暴天气进行统计分析，翻山型沙尘暴天气以西北风向 290°~310°为最多，其次为 260°~280°，80°~100°风向位列第三。综上所述翻山型沙尘天气以偏西风 260°~310°为主要风向，随冷空气沿天山山脉东移及阿克苏地区北侧天山缺口的地形分布特征，偏东风 80°~100°的频率略大，超过 10%。

3.2. 主导能见度

主导能见度作为飞机起降的重要参考指标，使用阿克苏机场地面人工观测记录数据，例行(特殊)天气报告资料(METER、SPECI)对 5 次沙尘暴天气的主导能见度变化进行重点分析。

Table 2. Visibility distribution table of overturned sandstorm weather in Aksu Airport in 2016~2020
表 2. 2016~2020 年阿克苏机场翻山型沙尘暴天气能见度分布表

主导能见度	时次数	频率
800 < VIS ≤ 1300	8	36.4%
600 < VIS ≤ 800	5	22.7%
400 < VIS ≤ 600	6	27.3%
200 < VIS ≤ 400	1	4.5%
VIS ≤ 200	2	9.1%

对 5 次沙尘暴天气的主导能见度进行分段频数划分分析(表 2)，主导能见度在 800~1300 m 区间频数最高，为 36.4%，以下依次为 400~600 m、600~800 m，≤200 m 和 200~400 m 区间，频数分别为 27.3%、22.7%、9.1%和 4.5%，由此可见极少数翻山型沙尘暴天气能见度降到 400 米以下，大多数主导能见度维持在 400~1300 m 之间。

翻山型沙尘暴天气均为相对独立的天气过程，沙尘暴天气开始和消散均相对速度，呈陡崖式，低能见度维持时间不长。5次沙尘暴天气主导能见度均在一小时内迅速降低和抬升，第4次沙尘暴(图4)甚至在8分钟内能见度从4000 m到600 m，且均出现了能见度骤降和骤升的过程，主导能见度变化呈现明显的“凹”型。从沙尘来临、能见度迅速变化的时间上看，有两次沙尘暴天气出现在夜间22~01时前后，三次沙尘暴天气开始于清晨7~10时，具有集中的时段性特点。

此外研究发现主导能见度的变化与风速大小密切相关，以第3次沙尘暴和第4次沙尘暴(图4)为例：第3次沙尘暴在6:00~6:32时迅速增大，而6:32风的到来，主导能见度开始下降，到9:39时风速减小，10时主导能见度开始上升，即使后续风速依然在6 m/s以上，但是能见度不再存在降低的现象；第4次沙尘暴在10:00~10:08时风速从4 m/s增大至8 m/s，相同时段内能见度从4000 m降至600 m，其后随着风速的增大能见度快速上升，至11时十分钟平均风速为11 m/s，主导能见度恢复至10000 m，随着风速的继续增大，能见度又再次开始下降，12:49时十分钟平均风速达到17 m/s，阵风达到27 m/s，能见度此段时间内最低降到100 m，后续强风继续维持，能见度开始好转，至16:18能见度上升至5000 m。由上可见：风速和主导能见度呈现明显的负相关，风速骤然增大的时刻，能见度也迅速降低，前期风速越大则能见度越低，由于阿克苏机场西侧沙源地较东侧较少，强风把沙尘卷到空中后，随西风像东侧推进，后期无充足沙源补充，即使大的风速也不会长时间维持沙尘暴天气，因此翻山型沙尘天气呈现维持时间短，能见度出现好转快的现象。

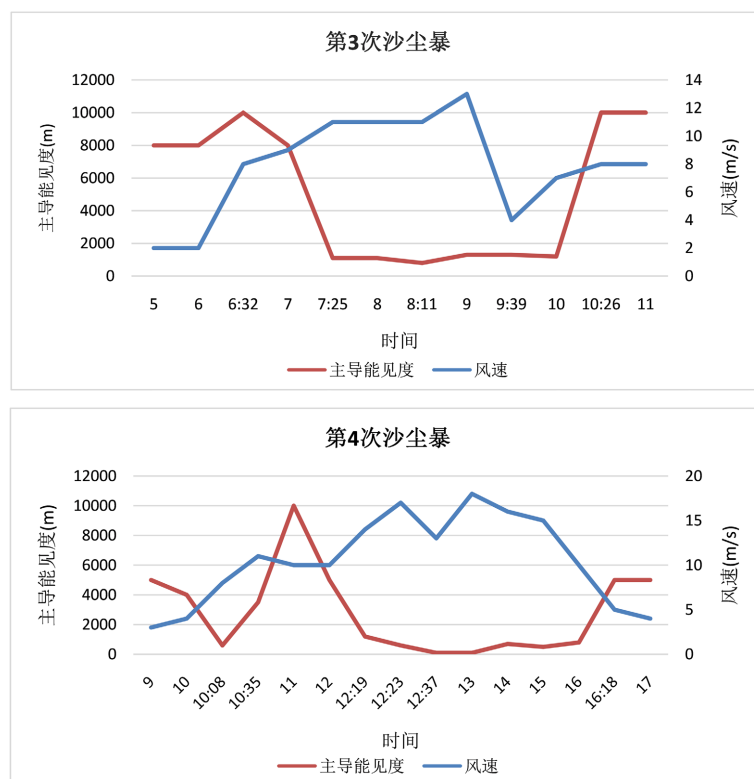


Figure 4. Wind speed and visibility changes in overturned sandstorms

图4. 翻山型沙尘暴天气风速和能见度变化图

3.3. 云况

大多数沙尘暴天气在能见度迅速降低之前及过程中，均为中高云或者无云，只有第1次沙尘暴和第

4次沙尘暴在沙尘暴天气入侵时变为天顶不可辨,垂直能见度迅速变差,最低在120~150 m;统计分析沙尘暴造成垂直能见度降低持续时间较短,均未超过1个小时,之后云况继续维持NSC无低云状态。

3.4. 温湿压

3.4.1. 海平面气压和相对湿度的变化

在翻山型沙尘暴天气的5次沙尘暴天气中,均出现了明显的升压、降湿过程。过程升压在3~14 hPa,其中第2次沙尘暴过程升压最少,为3 hPa;第4次沙尘暴过程升压高达14 hPa,其余三次沙尘暴天气过程升压在5~10 hPa范围内,且明显的开始升压与偏西风的加大时刻较为接近,表明冷空气的开始进入;与海平面气压呈现上升相反状态的是相对湿度的降低,5次沙尘暴天气均出现了相对湿度陡崖式下滑的变化,下降幅度为20%~85%,第5次沙尘暴降湿幅度最小为20%,第4次沙尘暴相对湿度降幅最大,三个小时内相对湿度从92%下降到10%,下降幅度高达82%;且5次沙尘暴天气中沙尘时刻的相对湿度均比较低,维持在5%~30%,因此干燥的条件湿起沙必不可少的条件,且越干燥越利于沙尘的弥漫。以第1次沙尘暴为例(图5),在21~22时海平面气压一小时上升1.5 hPa的快速上升期,而从21时起相对湿度开始迅速下降,四小时内从50%快速下降到13%,对应风速从22时开始加大,能见度24~01时之间开始降低,此时相对湿度下降到13%附近。经统计分析,翻山型沙尘暴天气过程中风、压、湿的变化密切相关,起风、升压、降湿、能见度变差的时间相差并不大。大多为风来临或者加大时刻,海平面气压开始上升,相对湿度开始迅速下降,能见度随相对湿度的迅速降低而变差;但有时风来临时刻并不一定能能见度迅速降低,例如第5次沙尘暴随着相对湿度的快速降低,沙尘天气随后而来。

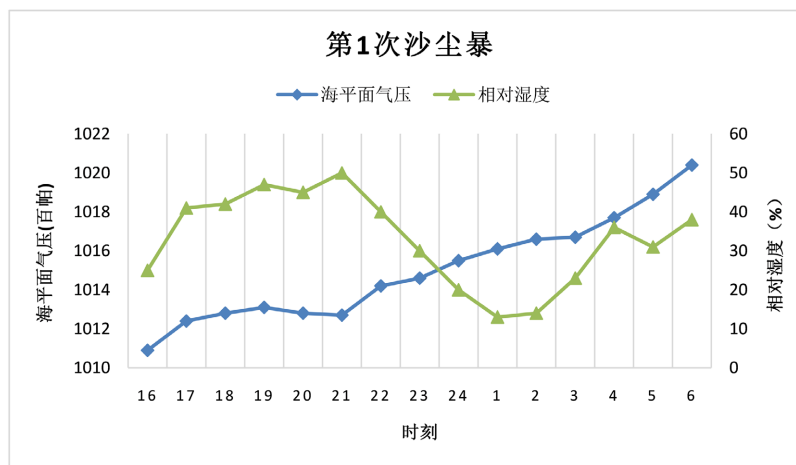


Figure 5. Changes in sea level pressure and relative humidity during a mountain-turning sandstorm
图5. 翻山型沙尘暴天气海平面气压和相对湿度变化图

3.4.2. 海平面气压和温度的变化

海平面气压和温度的变化也存在明显的联系。不同季节发生翻山型沙尘暴天气的温度变化较大,但当风速加大时,有三次沙尘暴天气(第2次沙尘暴、第4次沙尘暴、第5次沙尘暴)具有明显的升温过程,第4次沙尘暴在起风的8分钟内温度上升了5.2℃。以第2次沙尘暴为例(图略),05~06时风速加大的时刻,海平面气压自06时开始上升,地面温度在05~06这一小时中温度增加了3.5℃,有两次沙尘暴天气(第1次沙尘暴、第3次沙尘暴)升温并不明显,且略有降温,但是与前一天同一时刻降温幅度对比,降温很缓慢,以第1次沙尘暴为例(图6),22~24时两个小时之间气压上升了2 hPa,只降温了0.6℃。表明翻山风为下坡风,在偏西风进入阿克苏机场时带来升温的情形,具有明显的焚风效应。

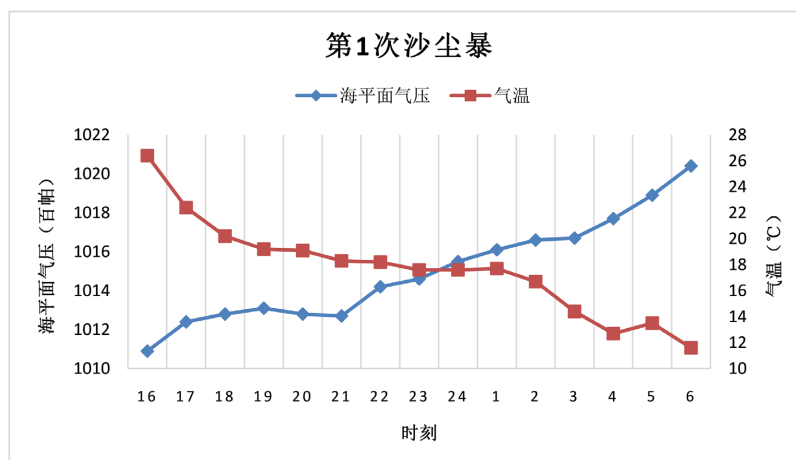


Figure 6. Map of sea level pressure and air temperature during a mountain-turning sandstorm
图 6. 翻山型沙尘暴天气海平面气压和气温变化图

翻山型沙尘暴天气升温并不是持续的，实际上仍为冷空气入侵的过程降温天气。当冷空气持续侵入阿克苏机场时，去除日变化的影响，降温幅度仍然是比较大的，例如第 5 次沙尘暴从 1~4 时降温 5°C，相较前一日同一时段只降温了 1°C 的情况，整体降温还是很强的。因此翻山型均是携带大量冷空气造成过程性降温天气。

3.4.3. 变温、变湿、变压

温湿压在翻山型沙尘暴天气中均有很好的对应关系。以第 2 次沙尘暴为例，在冷空气入侵，风速加大(05~06 时)时，温度和海平面气压开始增加，相对湿度呈反向，开始骤降，在沙尘来临之际(09:41)相对湿度降到最低，后续随冷空气带来的水汽情况湿度缓慢增加，海平面气压也维持稳定缓慢增长，温度应随日变化增加的情况下，维持缓慢增加，整个过程降温幅度大。

4. 小结

1) 造成阿克苏机场的翻山型沙尘暴天气的风速一般要均风超过 8 m/s，且以偏西风 260°~310°为主，西风越大维持时间越长则影响程度越大。

2) 翻山型沙尘暴天气均为相对独立的天气过程，沙尘暴天气开始和消散相对速度，主导能见度呈陡崖式变化。且风速和主导能见度呈现明显的负相关，前期风速越大则能见度越低，后期无充足沙源补充，即使大的风速也不会长时间维持，因而影响阿克苏机场的低能见度维持时间不长。

3) 翻山型沙尘暴天气过程中风、压、湿的变化密切相关。翻山来临前，温度和海平面气压开始增加，相对湿度呈反向，当翻山风来临时，风速迅速加大，相对湿度开始骤降，对大风沙尘暴开始时间的预报具有很好的指示意义。

参考文献

- [1] 赵晔晖, 梁希豪, 彭维耿. 基于环流类型分析的沙尘暴预警系统的研究与设计[J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(1): 161-167. <https://doi.org/10.13448/j.cnki.jalre.2018.025>
- [2] 于海跃, 李红英, 张玉香. “4.23”特强沙尘暴天气成因分析[J]. 中国农学通报, 2016, 32(19): 136-141.
- [3] 高泽田, 胡秀清, 张小曳, 王亚强. 基于 FY-4A 卫星遥感数据分析 2021 年 3 次沙尘暴特征[J]. 气象科技, 2022, 50(4): 536-544. <https://doi.org/10.19517/j.1671-6345.20210419>
- [4] 谭婷, 王天竺. 1961-2015 年塔里木盆地夏季沙尘天气时空特征及环流背景分析[J]. 防灾科技学院学报, 2020, 22(3): 69-76.

- [5] 李红军, 郑伟, 巩庆. 塔克拉玛干沙尘天气的激光雷达探测个例分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(1): 1-5.
- [6] 李红军, 汤浩. 北疆春季沙尘暴极多与极少年环流场特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2017, 11(1): 35-40.
- [7] 姜萍, 徐洁, 陈鹏翔, 彭艳梅. 南疆近 57 年沙尘暴变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2019, 33(2): 103-109. <https://doi.org/10.13448/j.cnki.jalre.2019.048>
- [8] 周向玲, 刘皓国, 阿不都米吉提, 张伟, 俞胜清. 南疆西部近 10 年沙尘暴特征分析[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2012, 46(5): 634-638. <https://doi.org/10.19603/j.cnki.1000-1190.2012.05.027>
- [9] 郭琪. 阿克苏机场沙尘天气特征分析[J]. 中国民用航空空中交通, 2012(8): 53-55.