

乌鲁木齐机场一次强沙尘暴天气过程分析

王春红

(民航乌鲁木齐管理局中心气象台, 830016)

提 要

对 1998 年 4 月 18 日强风沙尘暴天气从天气形势、天气特点、形成机制及预报能力等方面进行了分析。这是一次在大尺度锋前晴空干热区新生干飚线造成的特殊天气, 目前的常规监测及预报手段还无法准确预报这种特殊的灾害性天气。

关键词: 沙尘暴 锋生 干飚线 南支波动

引 言

1998 年 4 月 18 日 14:40 左右(北京时间, 下同), 乌鲁木齐机场西北大风突起, 一时间沙尘弥漫, 能见度迅速下降。据观测实况记载: 大风持续 1 小时 10 分(14:40~15:50), 瞬间最大风速 $27\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、风向 310° , 大风引起的沙尘暴维持 44 分钟(14:41~15:25)、最低能见度 100m。风速减小后, 空中的沙尘无法迅速回落地面, 又形成尘暴, 尘暴持续 5 小时 13 分(16:12~21:25), 最低能见度 600m。据统计: 4 月 18 日受大风影响, 乌鲁木齐机场两个航班取消, 两个航班备降马兰, 还有两个航班落地后因风速太大而使用拖车将其从跑道上拉回。这次强风天气过程在乌鲁木齐机场历史上是少见的。

乌鲁木齐机场夏季的低能见度天气多由沙尘暴天气造成, 多年平均的年沙尘暴日数为 6 天。沙尘暴天气发生几率不大, 但严重危及飞行安全, 如: 造成严重的低能见度, 强风易引起飞机的颠簸及风速超标。因此加强对沙尘暴天气的分析和预报是相当重要的。本文意在通过对此次强沙尘暴天气的分析和探讨, 为今后相关预报提供参考。

1 大尺度天气背景

在 4 月 18 日 08 时 500hPa 图上(图略), 欧洲沿岸低压槽发展, 里海-咸海-欧洲一带为脊区, 脊线西北-东南向, 乌拉尔山低压槽中心在 60°N 附近, 配合较强冷中心(-42°C), 槽底气流平直, 西风风速较大, 亚洲 45°N 以北地区基本处于此低压槽及其槽

底锋区控制之下。新疆为浅脊控制, 受缓慢南压锋区的影响, 风速有所增大, 70°E 附近西风带上可以分析出一个小波动(按新疆预报员的习惯, 45°N 以南的波动称为南支波动, 相应的锋面称南支锋面)槽后为偏西气流, 槽前为偏西南气流, 此小槽不是一个浅薄系统, 从 850hPa~200hPa 均可以分析出来, 槽后有一定的冷平流, 尤其在低层, 冷平流较明显。

从 18 日上午的卫星云图(略)来看, 锋面云系在国境线附近, 北疆及其它地区基本上为晴空区, 日出后升温很快。

从 18 日 14 时地面图(图 1)可看出, 地面高压中心的位置、强度变化虽不大, 但其

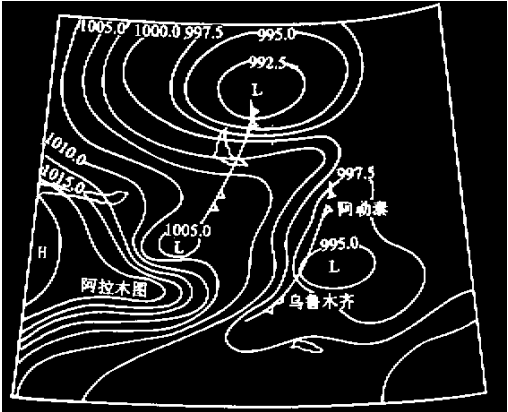


图 1 1998 年 4 月 18 日 14 时地面形势

前沿东进迅速,巴尔喀什湖附近热低压迅速北上,中心气压迅速降低;南支锋面北段随热低压中心北上而北移,南段略有东移但变化不大,锋后正变压仍较大。随巴尔喀什湖热低压的北上,冷高压前部从北疆北部及伊犁河谷凸进北疆盆地,在阿勒泰-克拉玛依-乌苏一线可以分析出一条锋面,锋后为大风区,锋前、锋后正负变压均很大,正是这一锋面造成了这次强风及沙尘暴天气。

2 强风沙尘暴天气特征

2.1 大风区及沙尘暴动态

图 2 为此次天气的大风区动态。可以看出:大风区出现在克拉玛依-乌苏一线以东,风向 $270^{\circ}\sim 340^{\circ}$,大部分站最大风速均在 $25\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上。这与飑线引起的大风风速 ($17\sim 28\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) 较为一致。

沙尘暴主要发生在昌吉以东地区,最低能见度小于 50 m 。

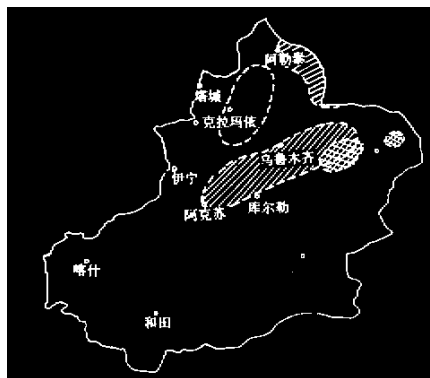


图 2 1998 年 4 月 18 日大风区动态

虚线包围区为 00:00~06:00, 阴影区为 06:00~12:00, # 区为 12:00~18:00

2.2 卫星云图特征

4 月 18 日 17:32 之前,南支大尺度锋面云系一直位于国境线附近少动,17:32 之后缓慢东移(克拉玛依、阿拉山口 17:00 之后开始出现西北大风)。13:30 左右,克拉玛依附近开始产生一条小的锋面云带,云带长度约 2~3 个纬距,宽度约 1 个纬距,并在迅速东移过程中逐渐加强,分析云顶辐射亮温(图略)发现,该云带存在一个 -55°C 的冷温

中心,前缘呈弧线型,弧线上亮温梯度密集,具有明显的飑线云系的特征。云带前方为晴空区,地面气温日出后上升很快,与云带覆盖区气温形成很大的温度梯度。从云况来看,基本为中高云,整个过程各站基本均为卷云、高积云天气并无强对流云(Cu 或 Cb)发展。该云带在东移过程中造成了 4 月 18 日大范围的强风及沙尘暴天气。

2.3 乌鲁木齐机场要素变化特征

分析乌鲁木齐机场 4 月 18 日主要气象要素变化曲线(图 3),可以看出:

(1) 锋面过境前,场压降至当日最低点 922 hPa ,气温升至最高 24°C 。

(2) 冷锋过境时,风速猛增,场压急剧上升,气温迅速下降。

(3) 冷锋过后,风速迅速减小,气温和气压变化平缓。

这种要素场的剧烈变化,与飑线过境时的要素变化特征较为一致。

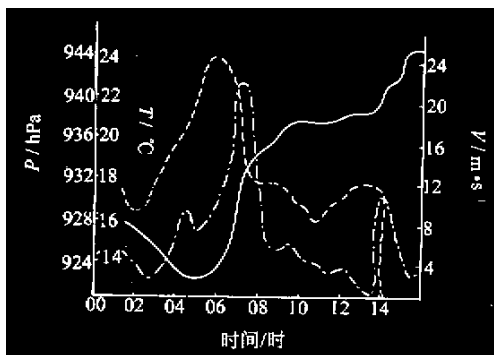


图 3 1998 年 4 月 18 日乌鲁木齐机场要素场变化特征

(实线为气压;点线为风速;断线为气温)

由上述分析可以认为,出现在克拉玛依至乌苏以东的强风及沙尘暴天气,是由大尺度锋前晴空区锋生的中尺度锋面引起的,此中尺度锋面具有明显的干飑线性质。

2.4 干飑线的特征

由干飑线及南支锋面动态(图略)可以看出干飑线向东南方向移动,与大风区的动向一致,强风沙尘暴天气由其造成。而南支

锋面逐渐东移北上,受其尾部影响 18 日夜间乌鲁木齐机场出现了短时沙尘暴天气。

该干飚线空间尺度约 3 个纬距左右,影响范围不足 10 个经距,生命史约 12 小时左右。平均移速约 $70 \sim 80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, 快时达到 $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上。

干飚线前后气温、气压梯度均较大。14 时地面图上,石河子与乌鲁木齐相距 130km 左右,气温相差 9°C , 气压差 10hPa; 17 时,乌鲁木齐与吐鲁番相距 180km, 温差 27°C , 气压差 18hPa, 温差与气压差远远大于大尺度锋面锋前鋒后的温差与气压差, 虽不及典型飚线附近要素场那样变化剧烈, 但已比较接近。

干飚线前后变压差很大(图略), 14 时最大变压差为 16.9hPa, 17 时为 18.0hPa, 如此大的变压差非常少见, 这也是强风及干飚线快速移动的重要原因。对比大风区可以发现, 大风就发生在变压梯度密集的区域。

从以上分析可以认为, 4 月 18 日上午至夜间影响新疆的强风沙尘暴天气过程是由大尺度锋面前部晴空区中的不稳定中尺度锋生造成的, 该锋面具有飚线性性质, 由于系统水

汽较少, 从天气反映来看主要是大风及沙尘暴天气, 没有出现降水, 因此是一次干飚线过程。

下面就此次过程的能量场、大气稳定性及垂直风场结构作一分析。

2.5 能量场特征分析

图 4(a) ~ (c) 分别为 4 月 18 日 08 时、14 时、17 时地面总温度场特征。

08 时, 高能中心分布在伊宁河谷以及北疆东部, 整个北疆盆地为能量低中心, 能量梯度分布在国境线附近以及富蕴、北塔山、乌鲁木齐一带。

14 时, 能量场特征发生很大变化, 高能中心位于乌鲁木齐附近, 从国境线至乌苏-昌吉一带为东北-西南向的能量梯度区。从大风区的分布来看, 大风即发生在梯度大值以及高能区附近, 且能量梯度区与干飚线也有较好的对应, 即干飚线移向能量梯度大值区。

17 时, 大风扫过北疆, 过乌鲁木齐之后, 北疆又迅速转为低能量区(能量释放), 低能轴线指向东疆。天山山区低能轴线则与后部南支锋面有关。

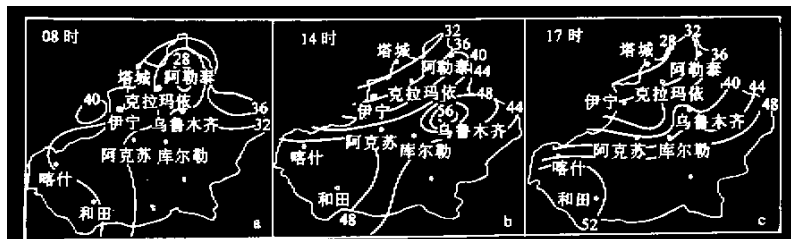


图 4 1998 年 4 月 18 日地面总温度场

(a) 08 时, (b) 14 时, (c) 17 时

2.6 大气稳定性

大尺度锋前的晴空区日出后增温明显, 大气处于绝对不稳定状态。在这种情况下, 遇到合适的触发条件如冷空气活动, 便可激发对流运动。

通过对乌鲁木齐机场 4 月 18 日 08 时探空曲线可以发现, 从 920~870hPa 高度存在着一个逆温层, 温差 4°C , 逆温层以下 $\gamma = 1.65^\circ\text{C}/100\text{m}$, 为绝对不稳定状态。这种层结有利于底层不稳定能量储存, 一旦爆发, 则

强度非常强。

2.7 风的垂直结构分析

分析北疆地区风的垂直结构发现: 在锋前晴空区, 风的垂直切变较大, 低空为暖区热低压控制, 风向偏东南, 开始风速较小, 但在干飚线移近时, 偏东南风加大, 高空为较强的携带弱冷平流的西风气流, 500hPa 以下是辐合流场, 而 200hPa 以上则为辐散流场, 这种低空辐合高空辐散的流场配置, 十分有利于对流的发展。

通过以上几点分析可知,4月18日北疆地区的热力动力条件非常适宜强对流天气的发生,而发生强风及沙尘暴天气的干飚线活动正是一次强对流天气。与南方地区的飚线不同,没有雷雨、强降水与之相伴是因为西北地区干旱少水汽,而且此次系统也较干燥的缘故,因此在系统移速、强度等方面都不及内地飚线,但受新疆特殊的地理环境作用,强风及沙尘暴的强度也是内地无法体会到的。

3 讨论

此次天气属于突发性天气,常规预报手段难以奏效,作为仍以常规手段做日常工作的预报员来讲,有以下方面应引起注意。

①应注意一些“反常”现象。就此次过

程来讲,4月17日,本场最高气温 31.9°C ,与历史同期相比偏高,上游又有系统靠近,应注意大风天气的发生;另外18日中午场压降到 922hPa ,远低于平均最低场压。根据预报经验,当场压春季低于 930hPa 时,应注意可能有大风的发生。

②在常规天气图时距长、时间滞后的情况下,应该充分利用卫星云图和雷达及航危报的监测。造成此次天气的干飚线锋生在云图上有明显的反映,但一般考虑仅为云系的正常分裂,又反映为中高云,很难引起注意。另外,航危报实况监测发现,大风发生前,本场周围有明显的辐合流场,市区最大东南风达 $13\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,而机场及上游均为西北风。一般的强对流天气前期流场都有辐合的特征。

A Heavy Dust Devil Event at Urumqi Airport in 1998

Wang Chunhong

(Central Meteorological Observatory of Urumqi Civil Aviation Administration, 830016)

Abstract

The synoptic situation, features, genetic cause and prediction of a heavy dust devil event on 18 April, 1998 were analysed. The special weather was caused by a new genetical and dry squall line in the dry-hot clear area in front of a large-scale front. It is impossible to predict the severe weather by the conventional monitoring and prediction.

Key Words: dust devil frontogenesis dry squall south wave