

乌鲁木齐机场2022年夏季1次短时雷雨天气分析

刘倩, 杜安妮, 尹才虎, 张明旭

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: 2024年4月25日; 录用日期: 2024年5月24日; 发布日期: 2024年5月31日

摘要

本文利用FNL 1. × 1.逐6小时的再分析资料、新疆加密自动站资料、常规气象观测资料及乌鲁木齐机场自动观测资料(AWOS)等,对乌鲁木齐机场2022年6月25日短时雷雨天气特征及成因进行分析,结果表明: 1) 500 hPa高空槽带动700 hPa切变东移南压,提供了较好的天气尺度的上升条件,850 hPa始终为偏北风,结合地形抬升作用,大气层结不稳定,地面辐合线的存在,为本次强对流天气的出现提供了背景条件。2) 乌鲁木齐站的抬升凝结高度在850 hPa附近,抬升凝结高度较低的情况下,较小的外力作用就可以将气块抬升形成对流泡。探空层结整体中层湿,高低层干,“上冷下暖”的配置有利于对流不稳定层结的增长。“沙漏”结构有利于雷暴大风的形成。3) 在中阵雨转中雷雨期间,出现了显著的减温增压并伴随明显的风速风向突变的情况,容易造成航班复飞。

关键词

乌鲁木齐机场, 雷雨, 水汽通量, 触发机制

Analysis of a Short-Time Thunderstorm in Urumqi Airport in Summer 2022

Qian Liu, Anni Du, Caihu Yin, Mingxu Zhang

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

Received: Apr. 25th, 2024; accepted: May 24th, 2024; published: May 31st, 2024

Abstract

Based on FNL 1. × 1. 6-hour reanalysis data, Xinjiang encrypted automatic station data, conventional meteorological observation data and Urumqi Airport Automatic observation data (AWOS), the characteristics and causes of short-time thunderstorm weather in Urumqi Airport on June 25,

2022 were analyzed. The results show that: 1) The 500 hPa upper trough drives the 700 hPa shear eastward to southward pressure, providing better weather scale upward conditions. The 850 hPa is always a northerly wind. Combined with the topographic uplift, the atmospheric junction is unstable and the surface convergence line exists, providing background conditions for the emergence of this strong convective weather. 2) The lifting condensation height of Urumqi Station is around 850 hPa. When the lifting condensation height is low, the gas block can be lifted to form a convective bubble with less external force. The whole middle layer of sounding stratification is wet, the high and low layers are dry, and the configuration of “cool above and warm below” is conducive to the growth of convection-unstable stratification. The “hourglass” structure is conducive to the formation of thunderstorms and gales. 3) During the transition from moderate shower to moderate thunderstorm, there is a significant temperature reduction and pressurization accompanied by an obvious change in wind speed and direction, which is easy to cause the flight to go around.

Keywords

Urumqi Airport, Thunderstorm, Water Vapor Flux, Triggering Mechanism

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

强对流天气是指由于大气垂直对流强烈发展而产生的中尺度对流天气，其产生的大风、冰雹、短时强降水、龙卷等灾害天气对农业、交通业造成严重影响，因此强对流天气是夏季需要重点关注的天气之一[1] [2]。雷雨天气具有尺度小、持续时间短、移动速度快、局地性强等特点，对人民的生命财产安全和国民经济造成巨大的危害[3] [4]。对于民航业而言，雷雨及所伴随的大风、短时强降水、低空风切变等强对流天气常常造成机场大面积航班延误，复飞甚至返航，严重影响航空飞行的安全。因此国内外专家学者针对机场范围内强对流天气及其对飞行安全的影响做了大量的研究[5] [6] [7]。

乌鲁木齐处于天山山脉北坡中部，夏季经常受到由天山山区移出的强对流云团影响，造成雷暴、暴雨、大风等灾害性天气。因此研究强对流天气的发展演变，提高短时临近预报对于乌鲁木齐机场航班运行正常有非常重要的意义。许多学者针对乌鲁木齐机场的强对流天气对飞行的影响做了大量的研究。杜安妮[8] [9] [10] [11]等研究了乌鲁木齐机场雷雨大风对飞行的影响；提出短波槽东移、逆温层的存在、近地层高温高湿、急流出口区右侧辐散区、低层切变线、地面能量锋、地面辐合线等是导致乌鲁木齐机场强雷暴触发的主要条件。本文通过对乌鲁木齐机场 2022 年 6 月 25 日的一次雷暴天气进行诊断分析，以期能更加深入地了解雷暴大风天气的特点和成因，为今后雷暴天气的预报提供一定的参考。

2. 资料与方法

本文使用的资料包括 2022 年 6 月 25 日(北京时，以下同)的 FNL $1. \times 1.$ 逐 6 小时的再分析资料、新疆区域加密自动站资料、常规气象观测资料及乌鲁木齐机场自动观测资料(AWOS)等，对 25 日乌鲁木齐机场强对流天气过程的特点、环流形势演变特点及雷暴三要素等方面进行初步的诊断分析。

3. 天气实况及要素特征

2022 年 6 月 24 日，受高空槽东移影响，北疆北部、伊犁河谷以及北疆沿天山一带、南疆西部均在

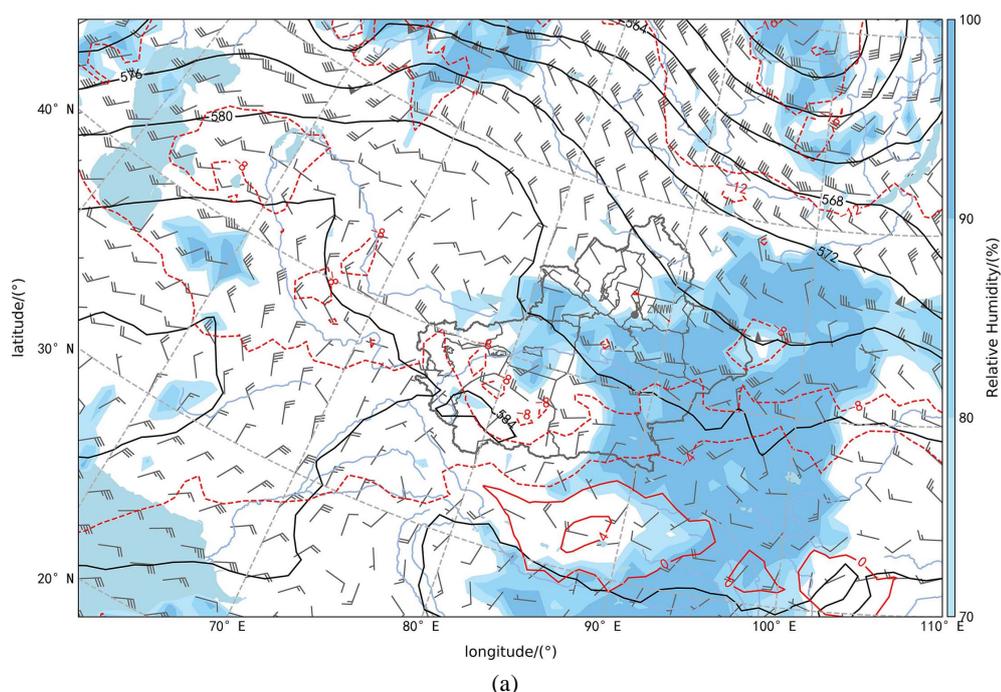
夜间出现了不同程度的降水天气,其中,伊宁、阿克苏以及库车机场 20 时至 24 时之间短时出现了雷雨天气,喀纳斯、博乐、哈密机场均出现了 10~12 m/s 的西北大风,阵风达到了 14~18 m/s,随着高空槽进一步东移南下,库尔勒机场 25 日夜间出现了 14 m/s 的偏东风,阵风达到了 19 m/s;乌鲁木齐机场 2022 年 6 月 25 日 4:30 至 09:30 出现了短时小阵雨,17:18 出现了中阵雨,17:21~18:00,乌鲁木齐机场中雷雨转弱雷雨转雷暴,降水量 1.1 mm;天气过程持续时间短但起止突然。25 日因天气原因导致延误航班 2 架次。

4. 环流形势演变

从 500 hPa、700 hPa、850 hPa (图 1(a)、图 1(b))高空环流形势场分析可得,2022 年 6 月 24 日 20 时至 25 日 20 时 500 hPa 受乌拉尔山脊前西北气流前的多短波影响,南部冷平流的作用使得低槽加深并逐渐东移南压,25 日 08 时高空槽位于北疆东部至天山山区一带,在新疆西部地区有弱波动,至 25 日 20 时,北疆大部转为西北气流控制,南疆西部有明显的短波活动。此时天山山区 700 hPa 和 850 hPa 均有较为明显的切变线存在(图略),700 hPa 形势场上来看,25 日 08 时 700 hPa 上北疆大部受西北气流控制,西北风较大,最大达到 14 m/s,短波位于北疆西部,天山山区北麓有西北向切变线,北疆大部受偏西或西北气流控制,24 日 08 时乌鲁木齐机场上空 700 hPa 温度为 13℃,25 日乌鲁木齐机场上游转为一致的西北气流,且风速有明显的增大,引导冷空气南下,造成天山北坡的冷暖空气交汇,25 日同时段 08 时乌鲁木齐机场上空温度降至 6℃。25 日 08 时,乌鲁木齐机场上游 850hPa 存在明显的风速辐合,在天山山区的地形的强迫抬升作用下,加强了上升运动,为雷暴的发生提供充足的动力条件。地面在天山山区有热低压发展加深,热低压的西部偏北地区有辐合线发展,位置少动。

地面上(图略),08 时,冷高压前沿已进入北疆盆地,冷高压强度弱,中心只有 1010 Pa,北疆盆地有明显的气压梯度,到了 14 时,冷高压减弱,气压梯度也随之减弱。

综上所述,500 hPa 高空槽带动 700 hPa 切变线东移南压,提供了较好天气尺度的上升条件,850 hPa 始终为偏北风,结合地形抬升作用,大气层结不稳定,在地面辐合线的触发下,为本次强天气的发生提供了背景条件。



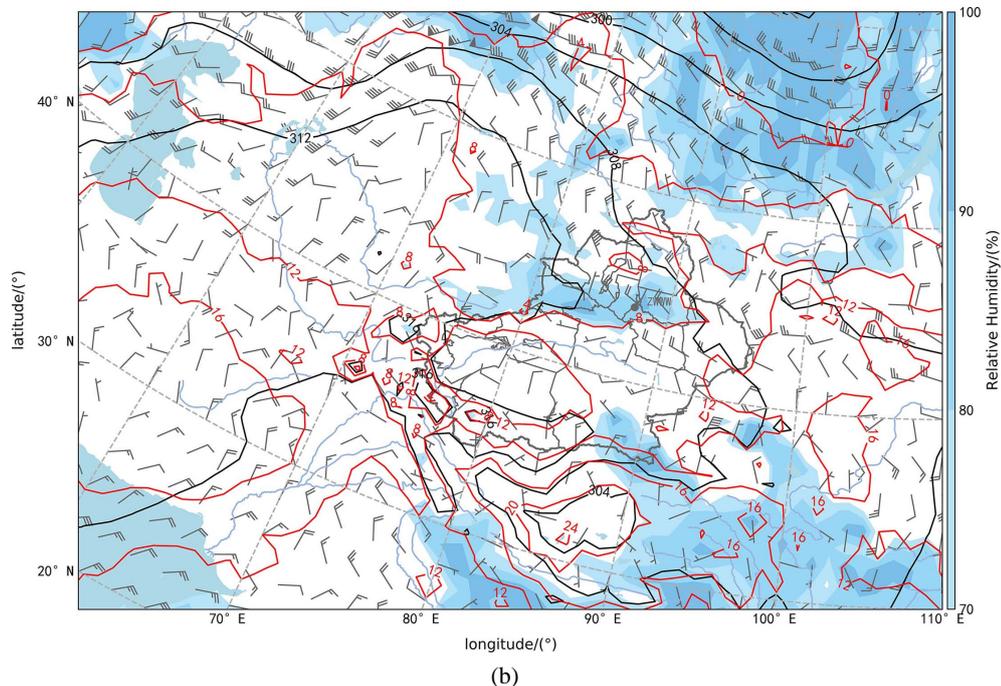


Figure 1. Circulation pattern of 500 hPa (a) and 700 hPa (b) at 08:00 (height (black line: dagpm), temperature (red line: °C))

图 1. 08 时 500 hPa (a) 和 700 hPa (b) 环流形势图 (高度 (黑线: dagpm)、温度 (红线: °C))

5. 成因诊断分析

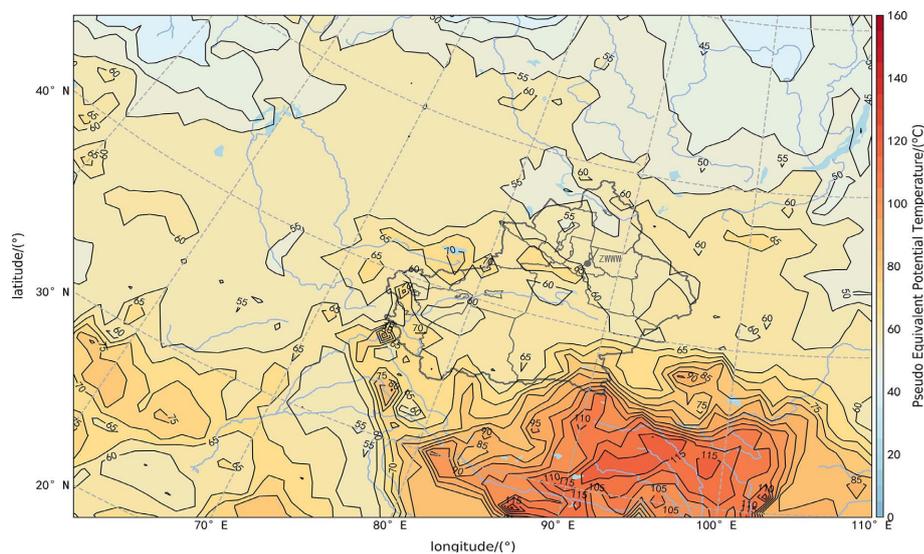
5.1. 稳定度分析

假相当位温综合反映大气的温湿状况，通常假相当位温是随着高度增大的，若其随着高度减小，表明大气处于不稳定状态。分析 25 日假相当位温可知(图 2(a))，25 日的 14 时，伊犁河谷至天山山区中段，以及阿克苏北部山区、均为假相当位温高值区，强度为 70°C，是强对流天气易发生的高能区。500 hPa 以下假相当位温随着高度的增加而减弱，低值中心集中在伊犁河谷至天山山区一带的 600~700 hPa，中心值为 55°C。伊犁河谷东部至天山北坡 500 hPa 与 850 hPa 的假相当位温差为 5°C 至 10°C，处于不稳定状态，而傍晚时强对流天气均出现在上述区域内。乌鲁木齐处于假相对位温相对密集处，低层高温高湿的不稳定能量与中层向下渗透的冷空气导致中低层位势不稳定。

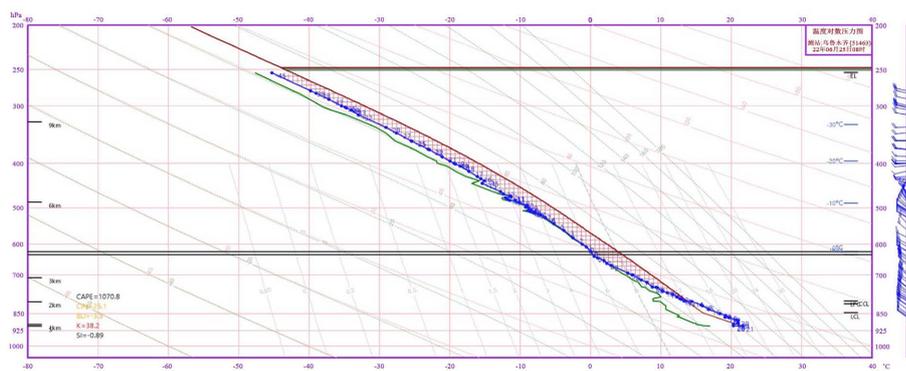
对 6 月 25 日乌鲁木齐站的探空图进行分析(图 2(b))。可以明显看到 25 日 08 时，乌鲁木齐站的 CAPE 值高达 1070.8 J/kg，K 指数为 38.2°C，大气处于不稳定状态，乌鲁木齐站的抬升凝结高度位于 850 hPa 附近，在抬升高度较低的情况下，较小的外力作用就可以将气块抬升形成对流泡。探空层结整体为中层湿，高低层干的“沙漏”结构，有利于雷暴大风的形成。

5.2. 水汽条件分析

图 3(a)为沿 44°N 作风、温度及相对湿度的纬向空间垂直剖面图，由图可知，25 日 14 时，乌鲁木齐机场低空有明显的冷空气侵入，700 hPa 以下西北气流加强，600 至 700 Pa 为明显的大湿区，相对湿度均在 90% 以上，600 hPa 以上为干区，500 hPa 以下风随高度顺转，存在暖平流，500 hPa 以上风随高度逆转，存在冷平流，冷暖平流交汇，机场上空呈现“下暖湿上干冷”的温-湿廓线垂直结构，此时机场大气处于明显的不稳定状态。



(a)



(b)

Figure 2. 14:00 850 hPa pseudo-equivalent potential temperature plane diagram (a); 51463 station temperature and pressure logarithmic diagram (b)

图 2. 14 时 850 hPa 假相当位温平面图(a); 51463 站 的温度压力对数图(b)

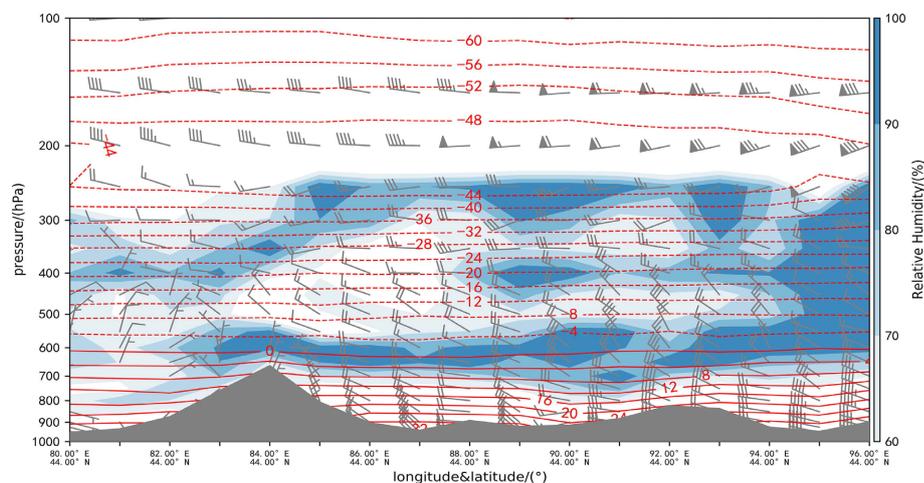


Figure 3. Vertical profiles of relative humidity

图 3. 乌鲁木齐机场相对湿度

5.3. 触发机制和抬升条件分析

由图 4(a)、图 4(b)可知, 25 日 14 时, 乌鲁木齐机场上空 700 hPa 以下有较强的下沉运动, 机场上空低层表现为辐散, 至 17 时, 600~700 hPa 出现辐散中心, 低层 850 hPa 以下出现辐合中心, 辐合中心强度为 $-3 \times 10^{-2} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 辐散中心强度为 $5 \times 10^{-2} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 形成低空辐合高空强辐散配置。垂直速度中心位于 500~600 hPa 及 900~1000 hPa, 中心强度分别为 $3 \times 10^{-2} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $2 \times 10^{-2} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 形成高层与低层上升运动, 中层下沉运动的形势, 为雷暴触发提供动力条件。

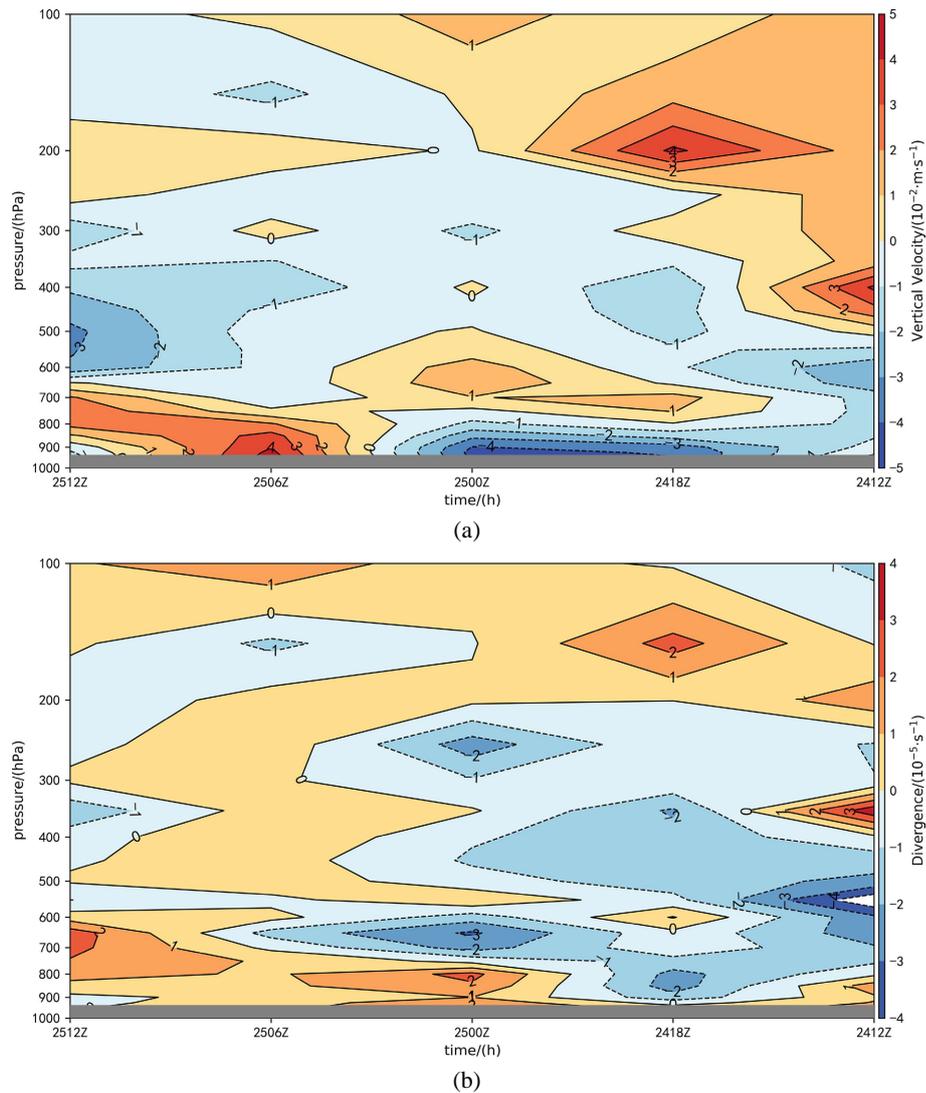


Figure 4. Urumqi Airport vertical velocity (a) and horizontal divergence (b)
图 4. 乌鲁木齐机场垂直速度(a)和水平散度(b)

6. 飞行影响

2022 年 6 月 25 日雷雨天气期间, 有两架航空器由于天气原因造成复飞\备降, 图 5(a)中竖线为航空器复飞时间, 17:18 乌鲁木齐机场出现中阵雨, 后 17:21 乌鲁木齐机场观测报中雷雨, 在温压图上可以明显看到在出现中阵雨前, 本场温压场一直较为平稳, 没有明显变化, 后出现了明显的增压减温的过程,

随后压强持续上升, 在 23 分达到最大值 1008.5 hPa, 温度持续下降, 在 25 分达到最低值 28.7°C, 在 12 分前, 本场一直为 2~5 m/s 的偏西风, 12 分后, 07 号跑道风速明显加大至 6~8 m/s, 中阵雨(17:18 分)后, 25 号跑道风速明显增大, 由原先的 4 m/s, 在 21 分达到最大值 11 m/s, 后又迅速减小至 2 m/s, 07 号跑道的风向也由偏北风转为明显的东南风, 在中阵雨转中雷雨期间, 出现了显著的减温增压并伴随明显的风速风向突变的情况。结合雷达图来看整体对流的走向为西北—东南, 与风向突变方向一致, 而航空器受影响时段刚好为 25 号跑道与 07 号跑道风速相差较大的两个峰值期间以及气压突变的拐点。

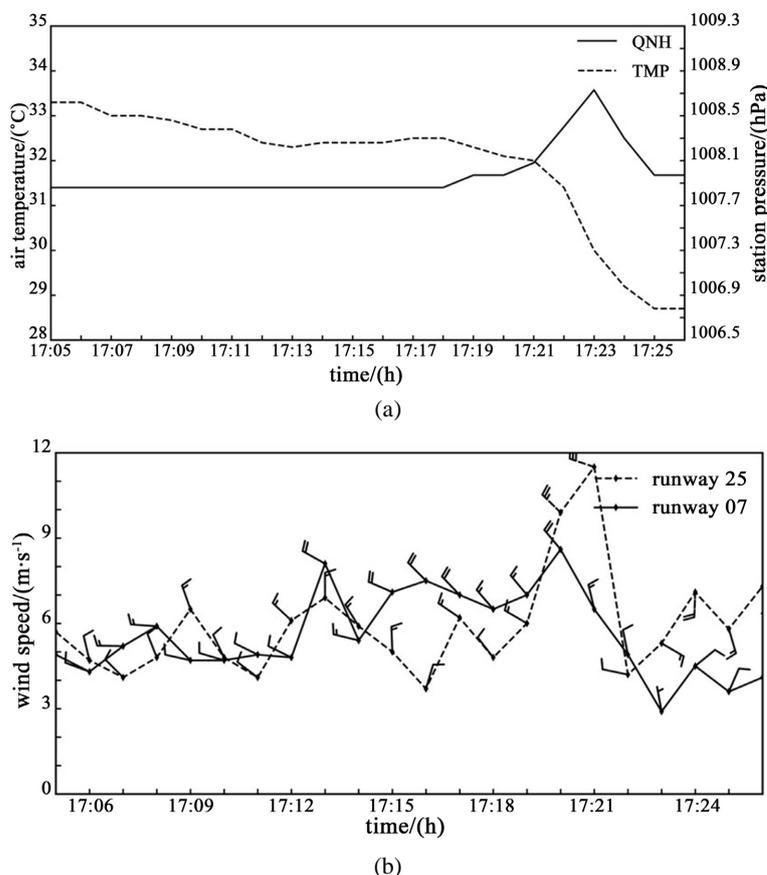


Figure 5. Urumqi Airport temperature and pressure change map (a) and wind field change map (b)

图 5. 乌鲁木齐机场温压变化图(a)和风场变化图(b)

7. 结束语

本文对乌鲁木齐机场 2022 年 6 月 25 日短时雷暴天气的特征及成因进行初步的分析, 得出以下结论:

1) 500 hPa 高空槽带动 700 hPa 切变东移南压, 提供了较好天气尺度的上升条件, 850 hPa 始终为偏北风, 结合地形抬升作用, 大气层结不稳定, 在地面辐合线的触发下, 为本次强天气出现提供了背景条件。

2) 700 hPa 偏西急流和西南急流接力源源不断将地中海地区水汽输送至新疆地区, 雷暴发生等具有明显水汽通量带和水汽通量的辐合, 有利于水汽汇聚, 为雷暴提供充足水汽条件。

3) 雷暴发生前, 低层辐合高层辐散的高低空配置逐渐建立, 雷暴发生时, 这种配置达到最强, 低层 700 hPa 以下转为西北急流, 与地形产生的强迫抬升作用, 机场出现强烈的上升运动。低层 850 hPa 的切变线和地面风向风速辐合区的存在, 有利于机场强对流的触发和维持。

4) 航空器受影响时段刚好为 25 号跑道与 07 号跑道风速相差较大的两个峰值期间以及气压突变的拐点, 雷雨天气保障期间需多关注以上两点。

参考文献

- [1] 陈涛, 代刊, 张芳华. 一次华北飚线天气过程中环境条件与对流发展机制研究[J]. 气象, 2013, 39(8): 945-954.
- [2] 段亚鹏, 王东海, 刘英. “东方之星”翻沉事件强对流天气分析及数值模拟[J]. 应用气象学报, 2017, 28(6): 666-677.
- [3] 沈杭锋, 张红蕾, 高天赤, 勾亚彬, 陈勇明. 浙江盛夏一次强对流天气的特征及其成因分析[J]. 气象, 2016, 42(9): 1105-1113.
- [4] 黄永明, 倪允琪. 长江中下游一次非典型梅雨锋中尺度暴雨过程的分析研究[J]. 气象学报, 2005, 63(1): 100-114.
- [5] 吴佩, 杨丽敏, 杨琦堡, 朱王杰, 曹文. 宁波机场一次高架雷暴天气过程分析[J]. 中国民航飞行学院学报, 2023, 34(5): 40-42.
- [6] 吴佩. 黄花机场 2010-2019 年雷雨特征统计[J]. 河南科技, 2023, 42(12): 110-114.
- [7] 崔翠, 任满亮. 大连机场一次冷涡引发雷暴和大风个例分析[J]. 中国民航飞行学院学报, 2022, 33(5): 34-40.
- [8] 杜安妮, 陈阳权. 乌鲁木齐机场 1 次短时雷雨大风天气特征及成因分析[J]. 气象水文海洋仪器, 2021, 38(4): 59-62.
- [9] 胡建军, 张利平, 王春红. 乌鲁木齐机场一次小尺度雷暴天气分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2009, 3(3): 26-30.
- [10] 张利平. 乌鲁木齐国际机场一次强雷暴天气分析[J]. 中国民航飞行学院学报, 2007(6): 12-16.
- [11] 张亚莉, 郭俊含, 李静轩, 张宇翔, 尹才虎. 乌鲁木齐机场 2022 年夏季 1 次短时雷雨大风天气分析[J]. 自然科学, 2023, 11(2): 261-268.