

# 乌鲁木齐机场一次雷暴大风过程诊断分析

田佳露, 杜安妮

新疆空中交通管理局, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年2月21日; 录用日期: 2024年3月22日; 发布日期: 2024年3月29日

## 摘要

本文利用常规气象观测资料、探空资料、雷达资料、FNL  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 再分析资料, 诊断分析了2021年6月11日乌鲁木齐机场雷暴大风天气。结果表明: 2021年6月11日发生在乌鲁木齐机场的雷暴大风天气过程为高空槽前波动型, 巴尔喀什湖以北的高空槽缓慢东移, 略有北收, 新疆地区位于高空槽底前部, 受西南气流控制, 槽前多分裂短波并不断入侵新疆地区。低空辐合区和地形的强迫抬升作用, 有利于不稳定能量的释放, 造成本场雷暴天气。此次雷暴大风天气过程的水汽主要来源于巴尔喀什湖到北疆地区西南急流, 且850 hPa有明显的风向风速辐合, 造成水汽在乌鲁木齐机场西北侧有较强的辐合。强对流天气发生期间, 有强辐合存在于对流层低层, 中层为强辐散区, 对应为强上升气流, 高层为强辐合区, 对应为强下沉气流, 这是导致强对流发生发展的主要因素之一。

## 关键词

雷暴大风, 急流, 强对流

# Diagnosis and Analysis of a Thunderstorm Gale Process in Urumqi Airport

Jialu Tian, Anni Du

Xinjiang Air Traffic Management Bureau, Urumqi Xinjiang

Received: Feb. 21<sup>st</sup>, 2024; accepted: Mar. 22<sup>nd</sup>, 2024; published: Mar. 29<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

In this paper, utilizing conventional meteorological observation data, radiosonde data, radar data, and the FNL  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  reanalysis data, the thunderstorm gale weather at Urumqi Airport on June 11, 2021 was diagnosed and analyzed. The results show that the thunderstorm gale process that occurred at Urumqi Airport on June 11, 2021 was a type of pre-trough fluctuation, with the upper-level trough north of Lake Balkhash slowly moving eastward and slightly retracting northward. The Xin-

jiang region was located at the front part of the bottom of the upper trough, controlled by southwestern airflow. In front of the trough, the short wave split and invaded Xinjiang continuously. This condition was favorable for the release of unstable energy due to the low-level convergence zone and the forced lifting effect of the terrain, which caused the thunderstorm weather. The moisture for this thunderstorm high wind weather event primarily originates from the southwest jet stream from Lake Balkhash to the northwestern region of Xinjiang, with a noticeable convergence of wind direction and wind speed at 850 hPa, causing strong moisture convergence on the northwest side of Urumqi Airport. During the occurrence of the severe convective weather, strong convergence is present in the lower troposphere, with the mid-levels being a strong divergence zone corresponding to strong upward airflows, and the upper levels being a strong convergence zone corresponding to strong downward airflows. This is one of the main factors leading to the occurrence and development of severe convection.

## Keywords

Thunderstorm Gale, Jet Stream, Severe Convection

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

夏季新疆地区迎来旅游旺季, 航班量迅速增加。同时, 在全球气候变暖的大背景下, 极端天气频发, 尤其是夏季的强对流天气, 具有时空尺度小、发展速度快、突发性强的特点, 对飞行安全产生较大影响 [1]。本文利用常规气象观测资料、探空资料、雷达资料、FNL  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 再分析资料, 对乌鲁木齐机场一次雷暴大风天气过程进行了诊断分析, 深入分析了雷暴天气的特点及成因, 为此类夏季强对流天气的预报预警提供参考依据。

## 2. 天气概况

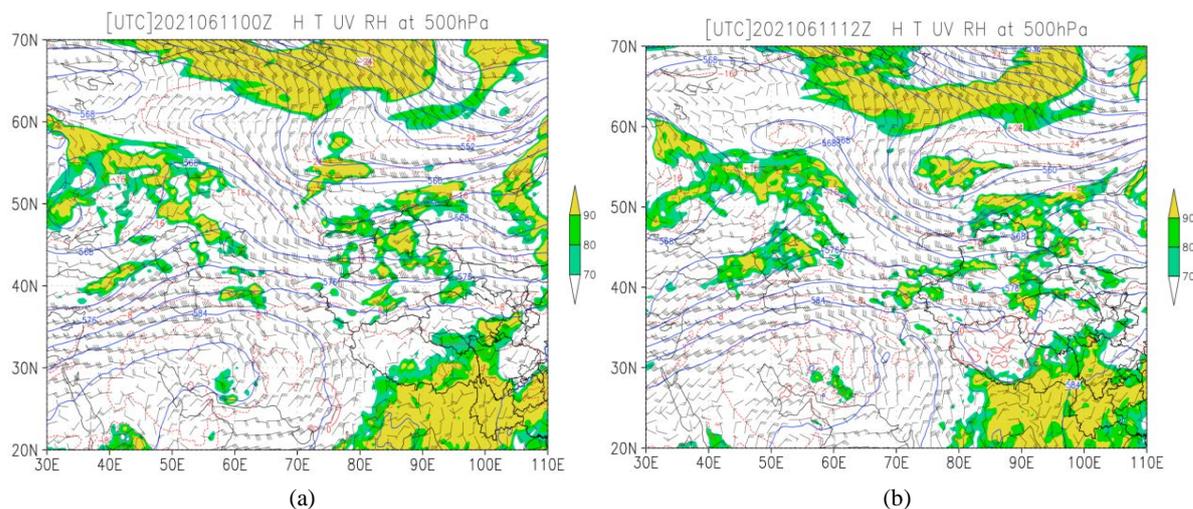
2021年6月11日, 北疆大部、天山山区及其两侧对流发展旺盛, 局地短时有雷雨大风及沙暴天气。乌鲁木齐机场6月11日21:30~24:00出现了一次雷雨大风天气, 其中降水出现在22:18~24:00, 短中雷雨时段为23:27~23:50, 过程降水量1.4毫米; 大风出现在22:04~22:30, 平均最大风速15 m/s, 最大阵风20 m/s, 其中22:04出现短时沙暴, 主导能见度900 m。

此次雷暴大风天气过程对飞行造成的影响较为显著, 因乌鲁木齐机场天气原因造成6架次航班备降, 航班正常率84.98%。

## 3. 天气形势

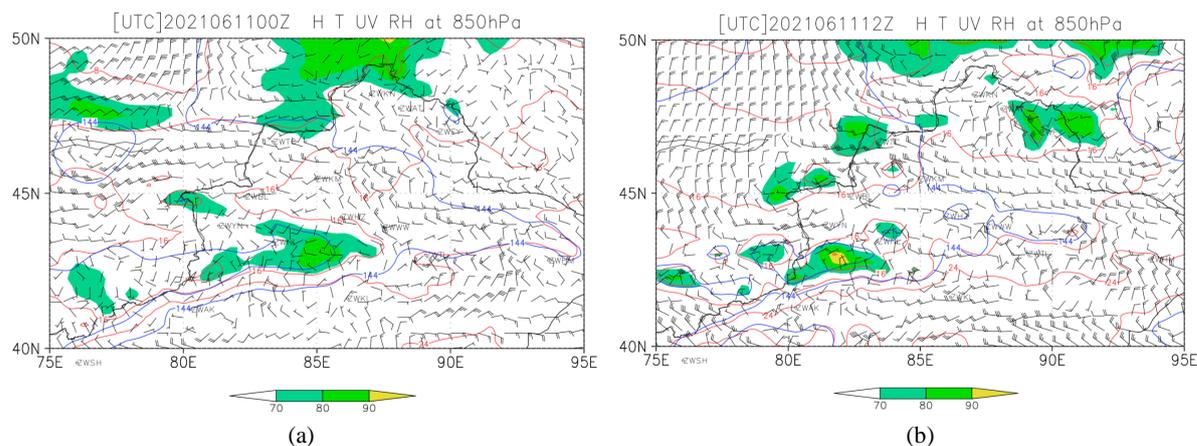
从6月11日08时500 hPa高空图(图1(a))来看, 北疆地区位于巴尔喀什湖附近高空槽的前部, 受槽前西南气流控制, 北疆西部有弱短波活动。11日20时(图1(b)), 乌拉尔地区高压脊向东南方向垮塌, 引导下游高空槽向东南方向移动与巴湖附近高空槽汇合, 逐渐在巴湖以北切出低涡, 且低涡中心与冷中心位置重合, 冷空气势力偏西北, 此时北疆地区位于低涡前部偏西气流控制, 低涡底部不断分裂小股冷空气影响新疆地区, 为北疆西部、天山山区及其两侧和本场雷暴天气提供了有利的触发机制。水汽主要集中在北疆西部及天山山区, 20时水汽有所耗散, 高空呈现出干冷状态。700 hPa, 槽逐渐东移, 新疆位于

槽前偏西气流控制, 北疆西部、北疆盆地、天山山区及两侧分别出现明显的风向辐合, 造成强上升运动, 为雷暴发生提供了动力条件。850 hPa 上, 11 日 08 时(图 2(a)), 北疆沿天山一带有强西北风, 引导上游克拉玛依一带对流云向东南方向移动从而影响本场, 本场西北风达 10 m/s 左右, 配合地形的强迫抬升作用, 增强了上升运动。20 时(图 2(b)), 克拉玛依附近和本场附近有弱的风向风速辐合存在, 使上升运动增强, 为此次强对流天气提供了有利条件[2]。



**Figure 1.** 500 hPa upper-air charts for June 11, 2021 at 08:00 (a) and 20:00 (b)

**图 1.** 2021 年 6 月 11 日 08 时(a)和 20 时(b) 500 hPa 高空图

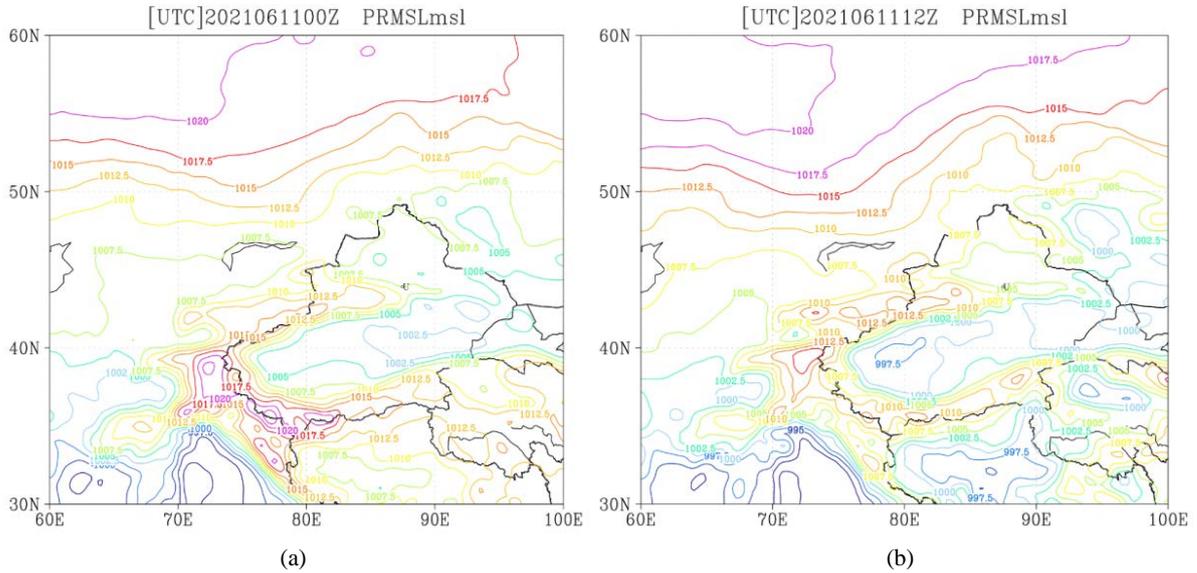


**Figure 2.** 850 hPa upper-air charts for June 11, 2021 at 08:00 (a) and 20:00 (b)

**图 2.** 2021 年 6 月 11 日 08 时(a)和 20 时(b) 850 hPa 高空图

从地面形势上看, 11 日 08 时(图 3(a)), 北疆地区位于高压底前部, 高压主体位于西西伯利亚地区, 高压前部有小高压分裂东移入侵新疆地区。11 日 20 时(图 3(b)), 正变压中心位于北疆西部国境线附近, 高压主体稳定少动, 前部小高压主要影响北疆北部、西部、天山山区及其两侧地区。

从自动站上看, 正变压中心主体位于北疆西部地区, 新疆地区处于正负变压交界线。克拉玛依和乌苏一带受对流影响, 风速明显增大至 8~14 m/s, 且对流云不断向东南方向移动到玛纳斯一带, 西北风达 10~16 m/s; 21:00 移到呼图壁附近, 此时对流云带已经逐渐接近终端区, 终端区内开始出现闪电。22:00 本场开始刮偏西风 10~15 m/s。



**Figure 3.** Surface weather maps for June 11, 2021 at 08:00 (a) and 20:00 (b)  
**图 3.** 2021 年 6 月 11 日 08 时(a)和 20 时(b)地面天气图

#### 4. 探空分析

T-lnP 图是环境热力和动力垂直变化分析的主要手段, 图 4 为乌鲁木齐站 20 时探空分析。从 20 时探空曲线来看, 对流层随高度呈现“干-湿-干”的分布, 700~500 hPa 上, 出现温度露点差小于 5°C, 显著湿层的厚度达到 3 千米, 在 500 hPa 以上以及 700 hPa 以下均为干层, 温度露点差明显增大, 湿度显著减小。700 hPa 以下有暖平流输送, 风向随高度呈现顺时针旋转, 高层存在冷平流, 风向随高度呈现逆时针旋转, 使得对流不稳定能量不断积累并加强。从对流参数上看, K 指数为 31°C, 沙氏指数则为-1.05°C, CAPE 值 409 J/kg, 都是强对流发生的重要指标。观察水平风的垂直分布, 0~6 公里高度上有明显的风速垂直切变, 并且由于高层有冷平流、低层存在暖平流的不稳定结构, 为雷暴大风天气的发生提供了有利条件[3]。



**Figure 4.** Radionde diagram for the Urumqi station at 20:00 on June 11, 2021  
**图 4.** 2021 年 6 月 11 日 20 时乌鲁木齐站探空图

## 5. 物理量分析

### 5.1. 动力条件

根据乌鲁木齐机场散度垂直-时间剖面(图 5)分析得出, 近地面层有较强的辐合区, 辐合中心最大散度为 $-15/s^{-1}$ , 高度位于 925 hPa 附近, 在 700 hPa 附近有强辐散区, 辐散中心最大散度为 $15/s^{-1}$ 。在 400~500 hPa 为强辐合区, 辐合中心最大散度为 $-15/s^{-1}$ 。11 日 20:00~12 日 02:00, 低层辐合, 中层辐散, 高层辐合, 说明中低层有上升运动, 中高层有下沉运动。

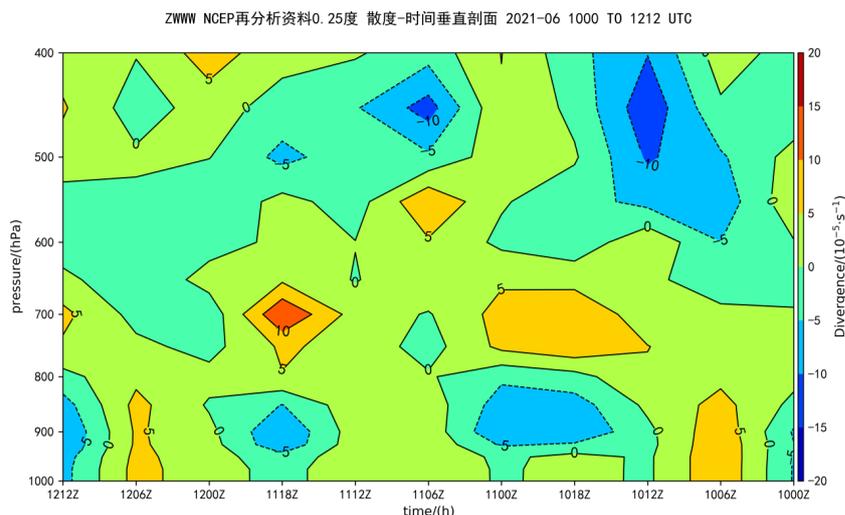


Figure 5. Divergence vertical-time profile at Urumqi Airport

图 5. 乌鲁木齐机场散度垂直-时间剖面

### 5.2. 水汽条件

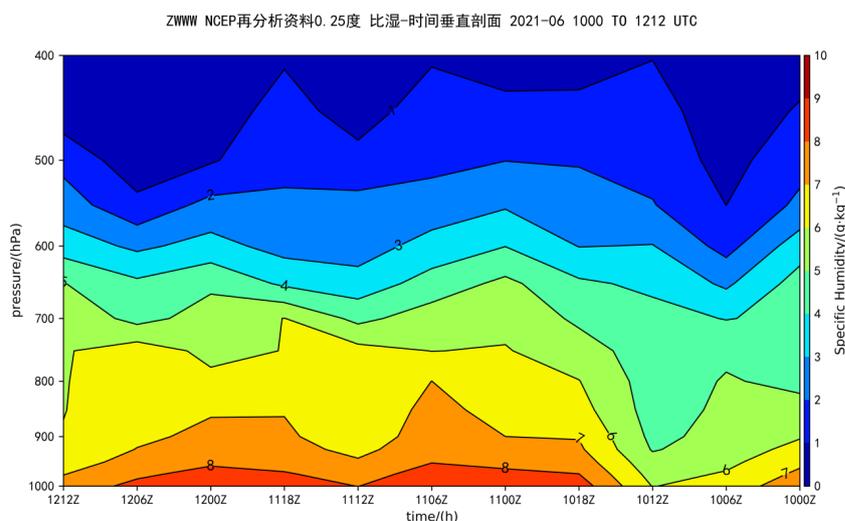


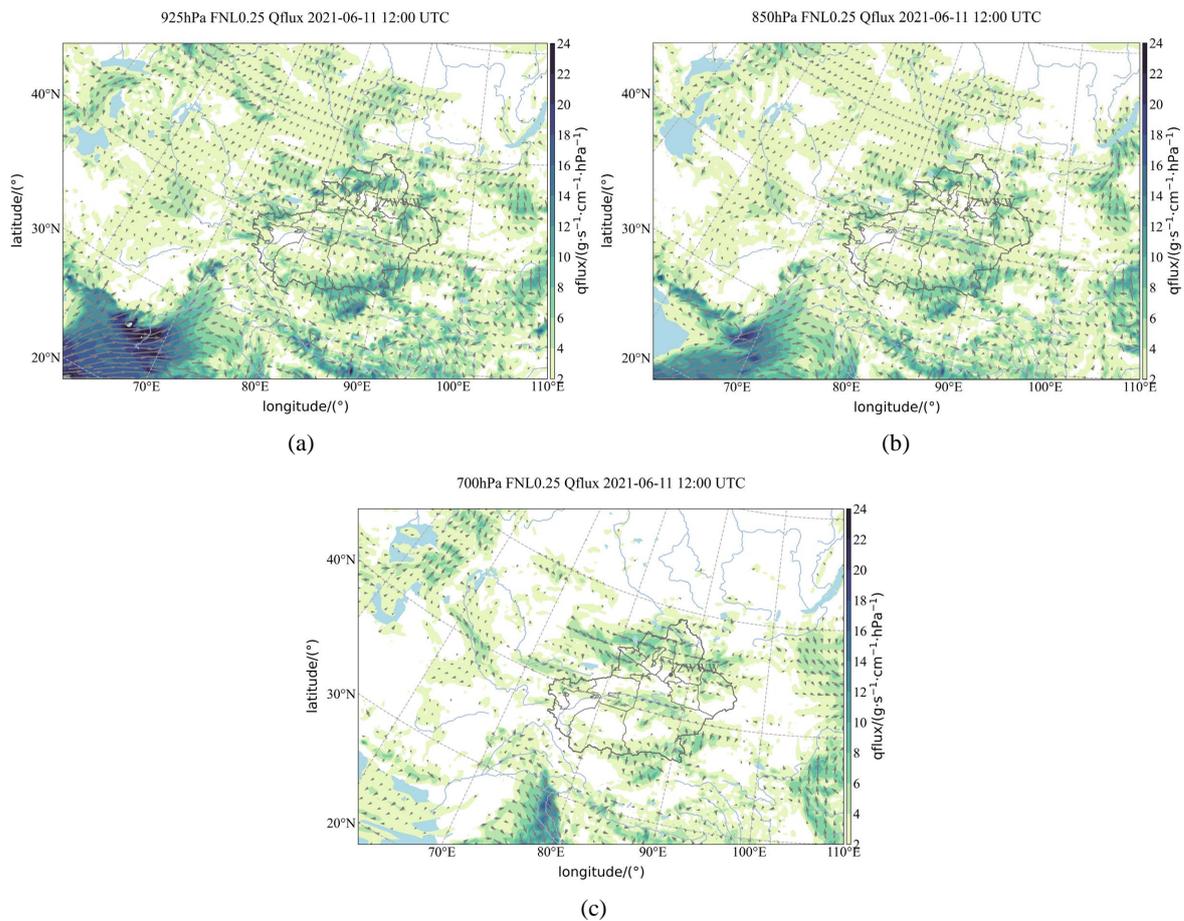
Figure 6. Vertical-time profile of specific humidity at Urumqi Airport on June 11

图 6. 6 月 11 日乌鲁木齐机场比湿垂直-时间剖面图

根据 6 月 11 日乌鲁木齐机场比湿垂直-时间剖面(图 6)分析得出, 11 日 02:00~16:00, 边界层比湿为 $8\text{ g/kg}$ , 800~700 hPa 比湿为 $5\text{ g/kg}$ ~ $6\text{ g/kg}$ ; , 11 日 16:00~12 日 01:00, 边界层比湿为 $7\text{ g/kg}$ , 边界层以

上有明显的“凹陷”，可以看出，在对流天气发展期间，对流层有干空气侵入，并逐渐向底层延伸，逐步形成了“上干下湿”的垂直结构，使得不稳定能量不断累积，并以雷暴大风的强对流天气释放[4]。

计算 6 月 11 日 20 时 700~925 hPa 水汽通量和流场(图 7)发现：此次雷暴大风天气过程的水汽主要来源于巴尔喀什湖到北疆的偏西急流提供的水汽输送。水汽随偏西急流自西向东移动，且在 925 hPa 达到最强。从 700 hPa 上看，水汽通量最大值为  $12 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ，且有较大范围的大值区，位于北疆西部的伊宁至塔城一带；从 850 hPa 上看，水汽通量最大值为  $14 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ，塔城至克拉玛依、伊宁等地为大值区；从 925 hPa 上看，除偏西方向的水汽通道以外，还有一条从北疆北部输送而来的水汽通道，水汽通量最大值  $> 18 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ，两条水汽通道在乌鲁木齐西北侧汇合。



**Figure 7.** Water vapor flux and flow field on June 11 at 20:00: (a) 700 hPa; (b) 850 hPa; (c) 925 hPa  
**图 7.** 6 月 11 日 20:00 水汽通量和流场: (a) 700 hPa; (b) 850 hPa; (c) 925 hPa

## 6. 结论

1) 2021 年 6 月 11 日发生在乌鲁木齐机场的雷暴大风天气过程为高空槽前波动型，巴尔喀什湖以北的高空槽缓慢东移，略有北收，新疆地区位于高空槽底部前部，受西南气流控制，槽前多分裂短波并不断入侵新疆地区；低空辐合区和地形的强迫抬升作用，有利于不稳定能量的释放，造成本场雷暴天气。

2) T-lnP 图上，对流层随高度呈现“干-湿-干”分布。700 hPa 有暖湿空气随西南气流输送至北疆，提供有利的水汽条件。且 700 hPa 以下存在暖平流，700 hPa 以上有冷平流输送，有利于对流不稳定能量的积累和发展。

3) 此次雷暴大风天气过程的水汽主要来源于巴尔喀什湖到北疆地区西南急流, 且 850 hPa 有明显的风向风速辐合, 造成水汽在乌鲁木齐机场西北侧有较强的辐合。强对流天气发生期间, 有强辐合存在于对流层低层, 中层为强辐散区, 对应为强上升气流, 高层为强辐合区, 对应为强下沉气流[4], 这是导致强对流发生发展的主要因素之一。

### 参考文献

- [1] 李帆, 罗静静. 高空冷涡形势下一次雷暴大风过程的诊断分析[J]. 资源与环境科, 2022(1): 178-181.
- [2] 王文娟, 刘立群, 段雨欣. 吉安一次雷暴大风的中小尺度特征[J]. 江西科学, 2021, 39(5): 866-872.
- [3] 黄海波, 米永胜, 郑永光. 乌鲁木齐国际机场一次强雷暴天气分析[J]. 气象, 2006, 32(7): 58-64.
- [4] 周航, 唐舟, 徐恩, 等. 一次雷暴大风天气的触发机制及物理量诊断分析[J]. 农业灾害研究, 2021, 11(1): 15-19.