

# 2021年5月29~30日乌鲁木齐机场雷暴天气分析

张天成, 杜安妮, 郭俊含, 尹才虎

民航新疆空中交通管理局, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2021年12月9日; 录用日期: 2022年1月7日; 发布日期: 2022年1月14日

## 摘要

针对2021年5月29~30日发生在乌鲁木齐国际机场的一次雷雨天气, 利用常规观测资、FNL再分析资料、多普勒雷达以及机场跑道自动观测系统(AWOS)采集的实时观测资料, 对此次天气发生的环流背景、热力及动力条件、水汽条件等进行分析, 得出以下结论: 1) 此次雷暴过程前, 本场温度较高, 当有弱短波活动带来弱冷空气活动时, 冷暖空气交汇, 为天气的发生提供大量不稳定能量; 2) 雷暴天气发生时, 乌鲁木齐机场跑道两端出现了短暂的风向风速不连续, 形成了水平风切变; 3) 500~850 hPa三层均为西北气流控制, 多短波活动。低层沿天山北坡一带有偏北风, 结合地形特点, 利于上升运动; 4) 乌鲁木齐南部山区为强的水汽辐合中心, 为此次雷雨天气提供良好的水汽条件; 5) 此次本场雷暴持续较长时间的原因主要是因为不断有新的对流云团生成。

## 关键词

环流形势, AWOS, K指数, 对流云团

# Thunderstorm Weather Analysis of Urumqi Airport from May 29 to 30, 2021

Tiancheng Zhang, Anni Du, Junhan Guo, Caihu Yin

Xinjiang ATMB, CAAC, Urumqi Xinjiang

Received: Dec. 9<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jan. 7<sup>th</sup>, 2022; published: Jan. 14<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

In view of a thunderstorm at Urumqi International Airport from May 29 to 30, 2021, the circulation background, thermal and dynamic conditions and water vapor conditions of the weather are analyzed by using conventional observation data, FNL reanalysis data, Doppler radar and real-time observation data collected by the airport runway automatic observation system, and the

following conclusions are drawn: 1) Before the thunderstorm process, the temperature in this field was high. When there was weak short wave activity and weak cold air activity, the cold and warm air converged, providing a lot of unstable energy for the occurrence of the weather; 2) During the thunderstorm, there was a short wind direction and wind speed discontinuity at both ends of the runway of Urumqi Airport, forming a horizontal wind shear; 3) The three floors of 500~850 hpa are controlled by Northwest air flow, with multi-short wave activities. The lower layer has northerly wind along the north slope of Tianshan Mountain, which is conducive to upward movement in combination with topographic characteristics; 4) The southern mountainous area of Urumqi is a strong water vapor convergence center, which provides good water vapor conditions for the thunderstorm; 5) The reason why the thunderstorm lasted for a long time was mainly due to the continuous formation of new convective clouds.

## Keywords

Circulation Situation, AWOS, K-Index, Convective Cloud

Copyright © 2022 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

夏季是新疆旅游业的高峰期,因此雷暴天气对航班安全、正常运行的影响日益凸显。雷雨大风是夏季影响飞行安全和正常的主要天气。积雨云覆盖进近区航路航线时,常造成航空器大范围绕飞,并出现中度以上的颠簸和积冰。积雨云影响本场时,本场有时会出现雷暴、大风、强降水和强烈的低空风切变等,偶尔也会出现冰雹,严重影响航班的正常起降[1]。

近年来,不少学者对新疆短时强降水及雷暴天气进行了研究。洪月[2]等指出,天山北坡短时强降水主要受低槽(涡)及其分裂短波影响,多发生在沿山、山地迎风坡、戈壁湖泊绿洲交界等地附近;当500 hPa影响系统为西西伯利亚低槽时,乌鲁木齐出现短时强降水次数最多,大部分情况下有200 hPa高空急流、700 hPa切变线、850 hPa西北急流及地面冷锋等系统配合[3];张萌[4]等研究表明,发生短时强降水前K指数基本 $>20^{\circ}\text{C}$ ,4~9月短时强降水的K指数基本呈先增大后减小的趋势。

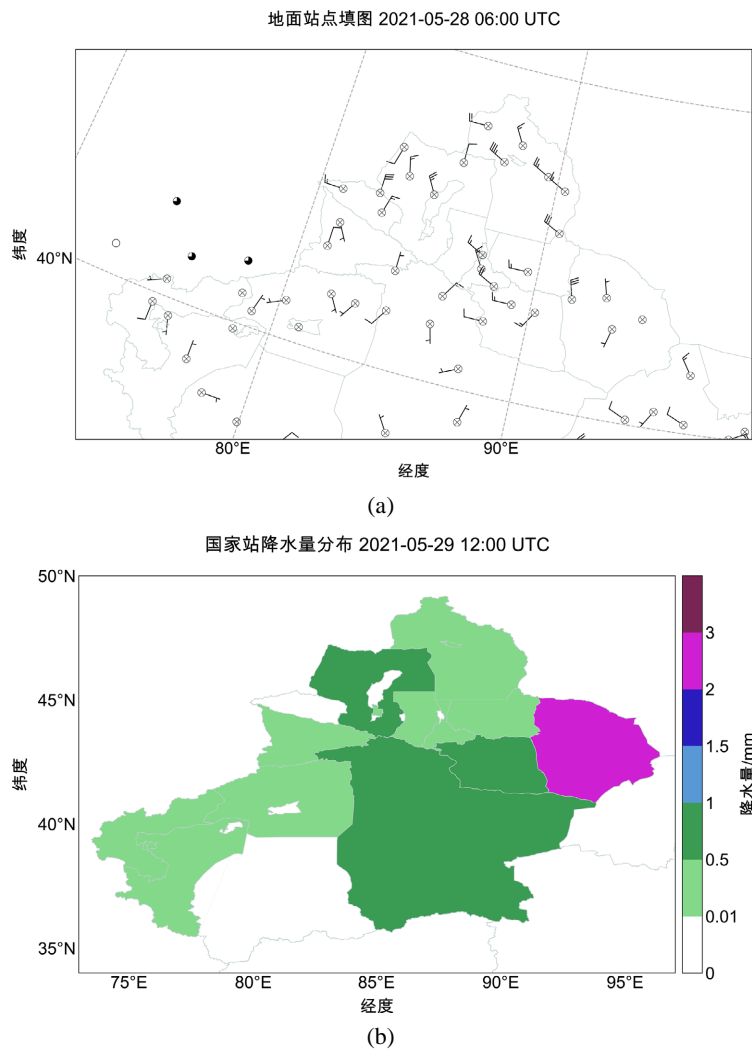
对于乌鲁木齐机场的强对流天气,胡建军[5]等认为乌鲁木齐机场雷暴天气分系统性雷暴和局地热力性雷暴两大类;当有逆温层存在时,热量和水汽在垂直方向上的输送和扩散被抑制,使低层变得更暖更湿,高层相对的更冷更干,不稳定能量得以大量积累。强雷暴出现前后,乌鲁木齐近地层处于高温高湿的不稳定状态[6];张利平,黄海波[6][7]的研究均表明当雷暴来临时,乌鲁木齐机场地面气象要素变化剧烈,气温骤降,气压涌升,湿度剧增,并伴有风场的突变。

针对2021年5月29~30日发生在乌鲁木齐国际机场的一次雷雨天气,利用常规观测资、FNL再分析资料、多普勒雷达、卫星云图以及机场跑道自动观测系统(AWOS)采集的实时观测资料,对此次天气发生的环流背景、热力及动力条件、水汽条件等进行分析与总结,力求能更加深入地认识雷暴发生的成因和机制,以及其移动和演变规律,以期今后对于雷暴天气的预警预报能力有所提升。下文中所用时间,如无特别说明,均为北京时间。此外,本次文章中所有资料来源,均来自杜安妮[8]等开发的新疆航空气象数据检索平台。新疆航空气象数据检索平台以新疆航空气象中心的各类航空气象数据为基础,通过数据分类构建航空气象数据池,对这些数据进行统计和查询。该平台的实现,向用户提供了标准、便捷的

历史数据查询及统计方案和平台, 弥补了新疆空管气象在历史数据查询、检索和可视化上的不足, 为新疆民航航空气象数据服务提供有力的支撑。

## 2. 天气实况与概述

5月29日午后至傍晚, 伊犁河谷、南疆西部、天山山区及其南北两侧、乌鲁木齐本场及终端区对流发展旺盛, 部分地区出现雷暴或雷雨天气(图1)。



**Figure 1.** May 29 Urumqi automatic station  
**图 1.** 5月29日乌鲁木齐自动站

乌鲁木齐机场 19:00~19:30 出现 8 m/s 的西南风, 且 19:30 出现弱雷雨, 20:11 再次出现干雷暴, 弱雷雨及干雷暴天气持续至 30 日 00:41, 期间 21:00 为 8 m/s 的西北风, 21:11 为中雷雨天气, 并且随后风向再次由西北风转为 4~7 m/s 的偏南风; 30 日 01:00 后, 本场雷雨天气结束; 过程降水量为 1.4 mm。

受此次雷雨天气影响, 乌鲁木齐机场延误航班 34 架次(延误 2 小时以上 5 架次), 备降 10 架次。

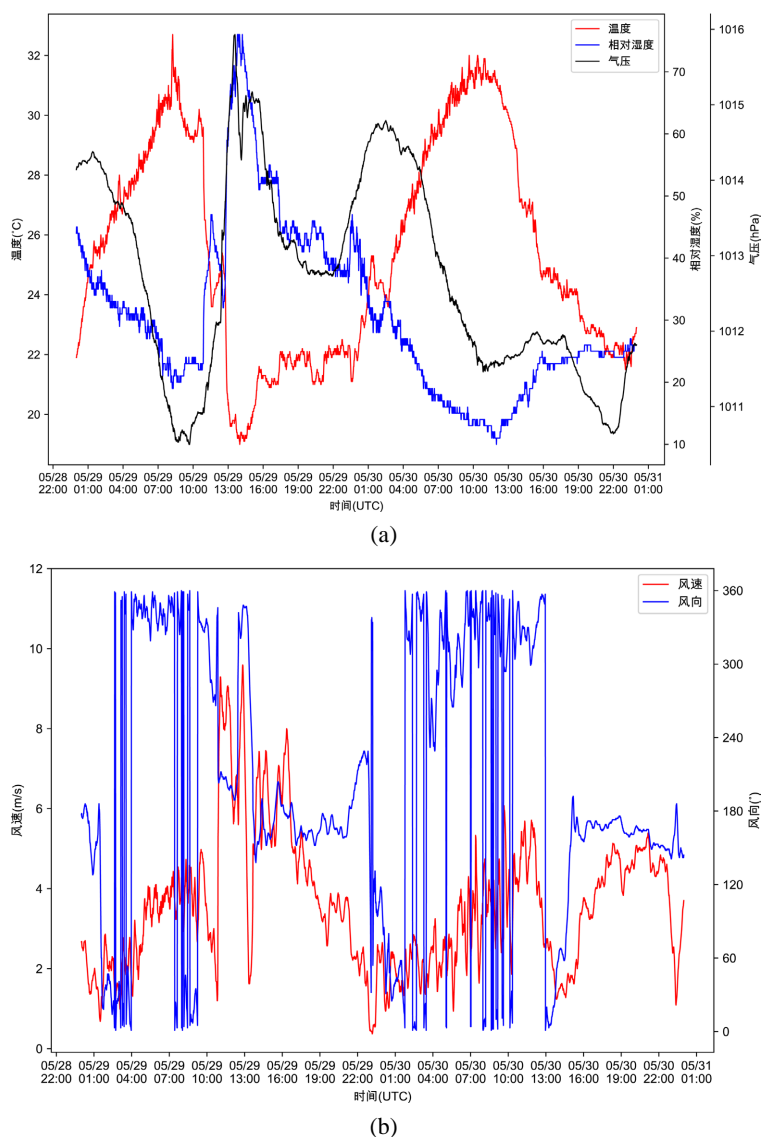
## 3. 机场气象要素演变分析

机场跑道自动观测系统(AWOS)安装于机场两端, 可以实时监测跑道附近气象环境变化。本文利用跑

道自观系统对跑道气温、气压以及风向风速条件进行分析。由于当天乌鲁木齐机场使用的主降跑道为 25 号跑道，因此这部分只分析本场 25 号跑道上的相关气象要素。

29 日 19:00 前，此时乌鲁木齐机场还未发生雷暴，气温基本维持在 27℃ 以上，相对湿度低于 30%，气压也是一个不断下降的过程。19:00 以后，气压涌升，气温骤降，近地面湿度也不断增加，至 21:00，乌鲁木齐机场气温下降约 10℃，地面气压也上升了将近 6 hPa，近地面湿度也从 20% 多上升至 70% 以上(图 2(a))。

29 日 19:00 前，乌鲁木齐机场的主导风向为 3~4 m/s 的偏北风，风向风速都处于一个比较正常的区间。19:00~19:30，乌鲁木齐机场 25 号跑道处出现了风向风速不连续的情况，风向由之前的偏北风转为西南风，风速由 1 m/s 上升至 8~10 m/s，半小时内风速增大了 7~9 m/s。之后 21:00~21:11 再次出现了风向风速不连续的情况，由 8 m/s 的西北风转为 4~7 m/s 的偏南风(图 2(b))。这与张利平及黄海波[6] [7] 研究分析所得出的结论基本一致。



**Figure 2.** Change of meteorological elements of Urumqi Airport on May 29  
**图 2.** 5 月 29 日乌鲁木齐机场气象要素变化

## 4. 环流背景及物理量场分析

### 4.1. 环流背景

由 500 hPa (图 3) 形势场可知, 28 日 20 时, 低涡已东移出北疆区域, 位于蒙古西部, 全疆大部转为西北气流控制。东欧有低槽发展, 使得乌拉尔脊减弱东移, 同时由于下游低涡稳定少动, 新疆及其上游地区环流经向度增大, 冷空气沿北风带向南输送, 不断分裂短波槽影响北疆区域。南疆西部有低槽活动。伊犁河谷 - 北疆沿天山一带为高湿区。

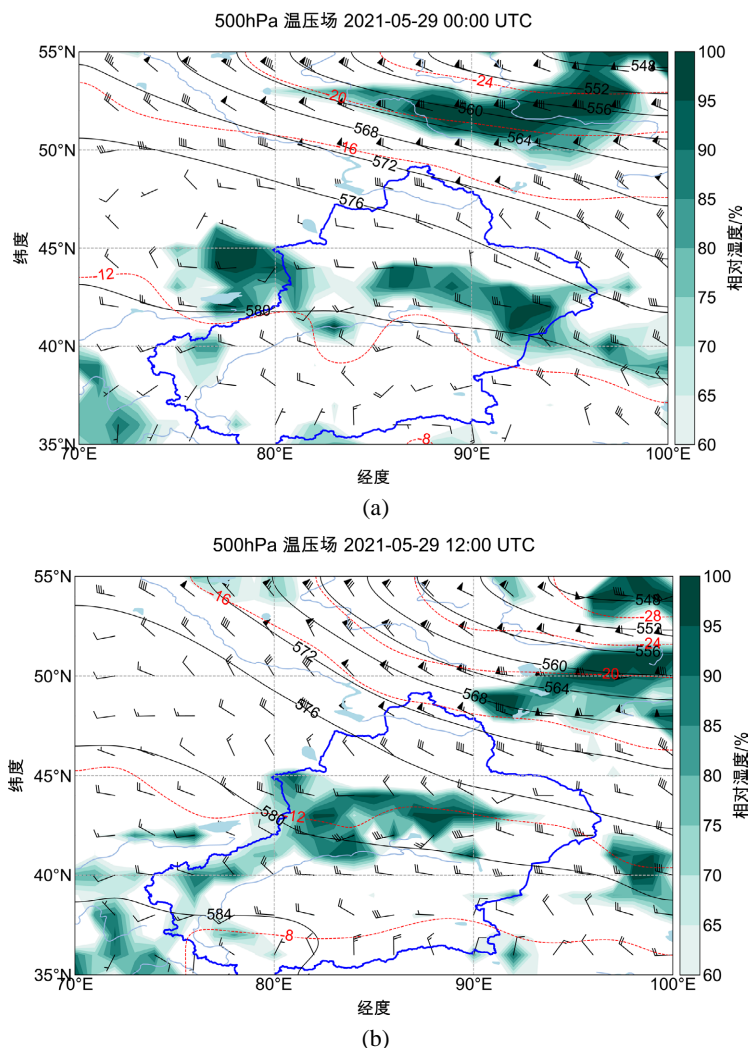
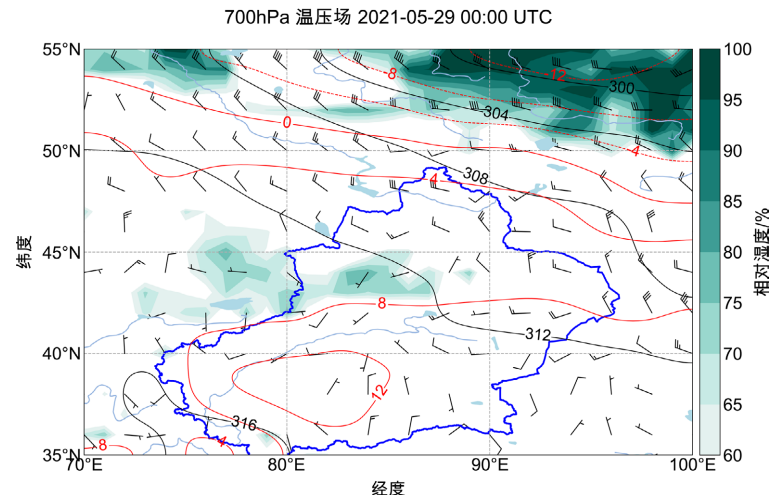


Figure 3. 500 hPa circulation situation on May 29

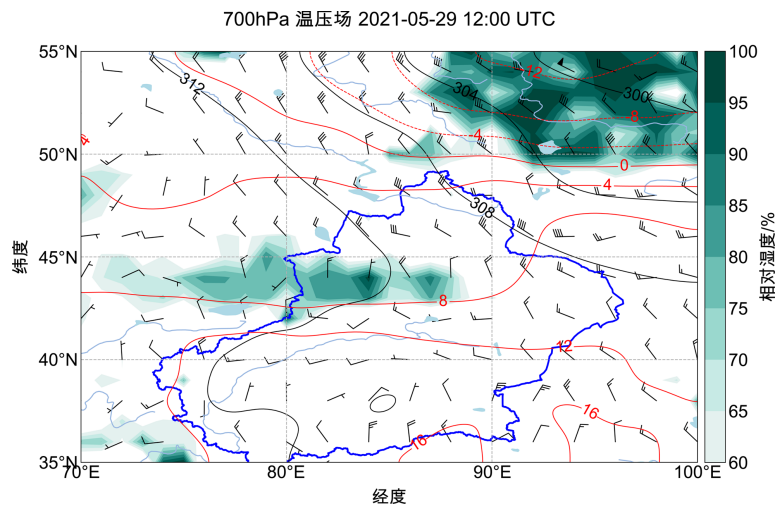
图 3. 5 月 29 日 500 hPa 环流形势图

29 日, 700 hPa (图 4) 的环流形势与 500 hPa 基本一致, 北疆区域为西北气流控制, 多短波槽活动。北疆有冷平流, 并且冷平流不断加强。伊犁河谷至北疆沿天山一带由偏西风转为偏北风, 有利于与地形结合, 增强上升运动。伊犁河谷、北疆沿天山一带部分区域为高湿区, 水汽条件比 500 hPa 差。

29 日, 850 hPa (图 5) 上北疆区域为西北气流控制, 南疆受偏西气流控制, 多短波槽活动。伊犁河谷部分区域为高湿区, 水汽条件比 700 hPa 差。



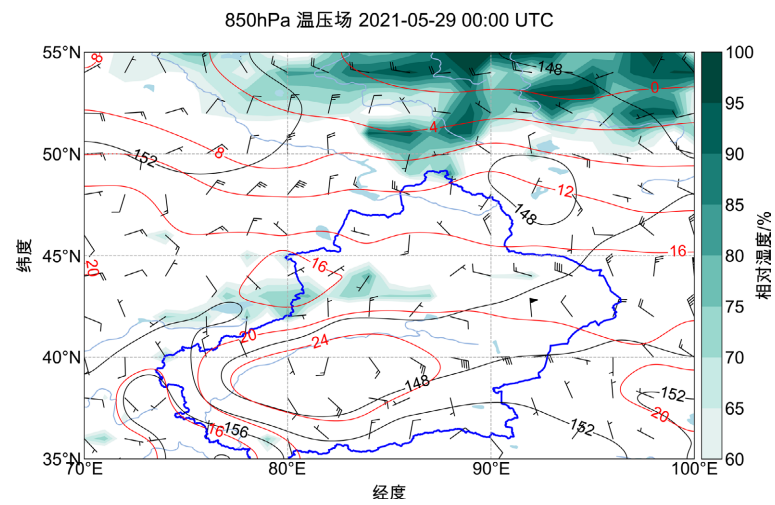
(a)



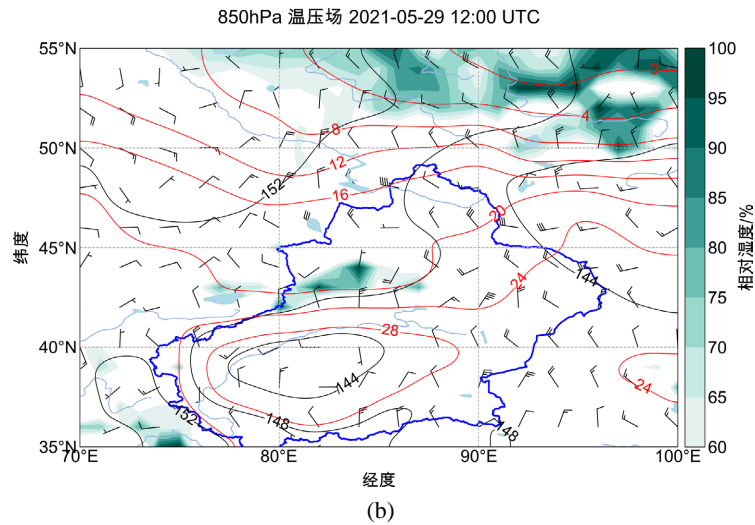
(b)

Figure 4. 700 hPa circulation situation on May 29

图 4. 5 月 29 日 700 hPa 形势场

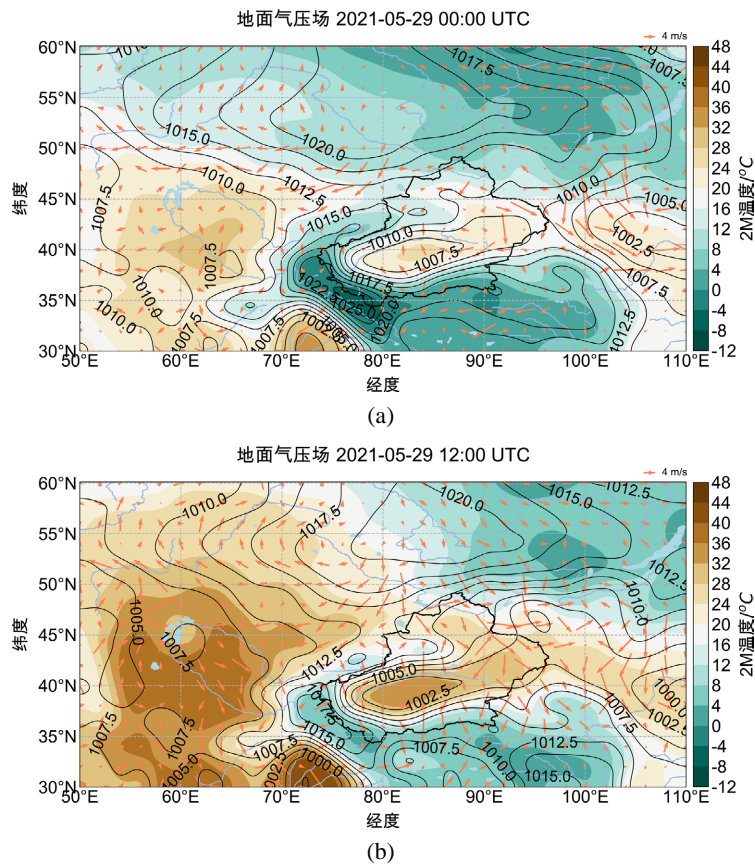


(a)



**Figure 5.** 850 hPa circulation situation on May 29  
**图 5.** 5月29日 850 hPa 形势场

地面图上(图 6), 冷高压主体位于西西伯利亚, 中心气压值在 1020 hPa 以上, 并逐步东移。由于 28 日冷空气已入侵北疆区域, 故北疆盆地温度梯度较小, 等压线密集带主要位于北疆北部、北疆西部、天山山区西段。北疆北部部分区域、阿拉山口 - 克拉玛依一带, 库车机场出现 4~6 级的西北大风。

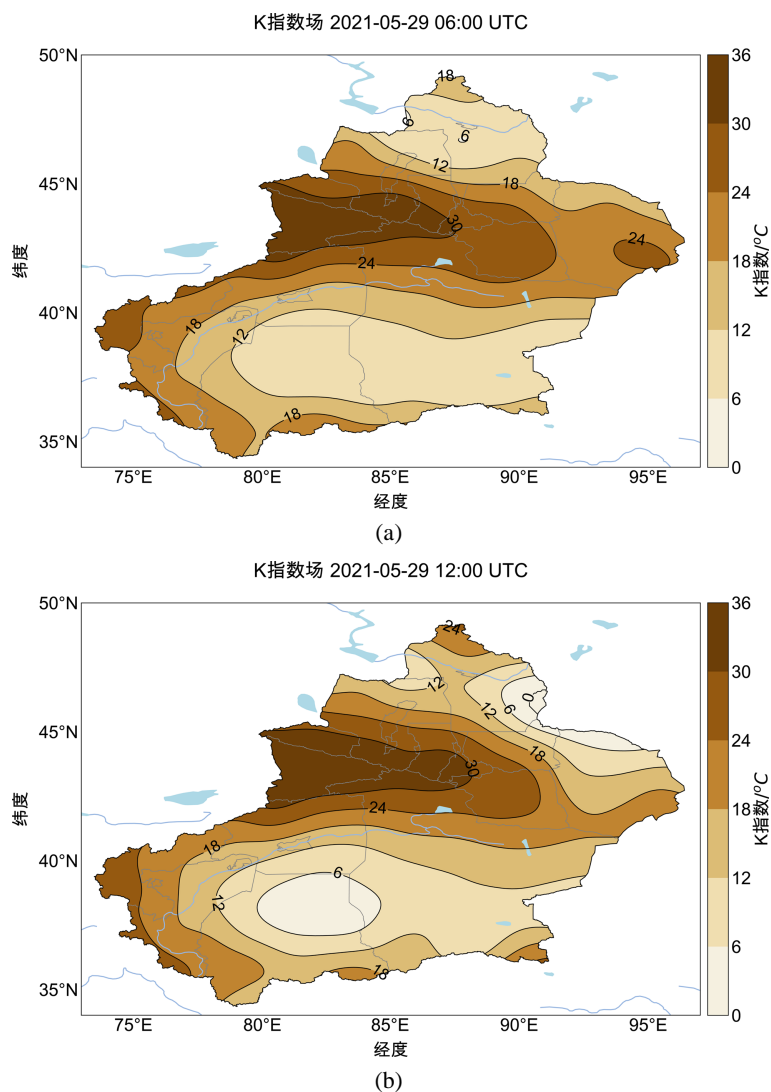


**Figure 6.** Ground situation map on May 29  
**图 6.** 5月29日地面形势图

综上所述, 500~850 hPa 三层均为西北气流控制, 多短波活动。伊犁河谷 - 北疆沿天山一带为高湿区, 相对湿度对流层中层高于低层。

#### 4.2. 热力与动力条件分析

K 指数的计算公式由温度直减率、低层水汽条件和中层饱和度三项构成, 反映了大气层结稳定性和中低层的水汽条件。由以上分析可知, 此次天气过程低层水汽条件较差; 由 29 日 14~20 时 K 指数(图 7)可以看出, K 指数的大值区主要位于伊犁河谷 - 北疆沿天山一带, 最大值为 36°C。乌鲁木齐区机场在 29 日 14 时 K 指数达到 24°C~30°C, 在 29 日 20 时 K 指数达到了 30°C~36°C, 利于触发雷暴。

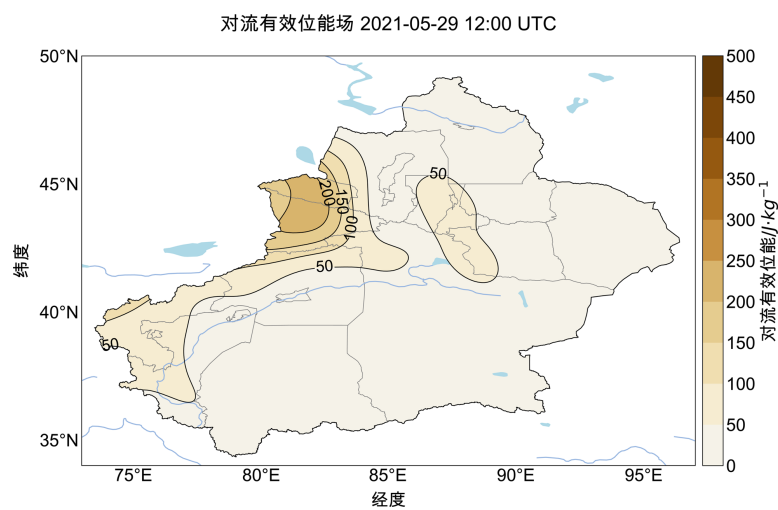
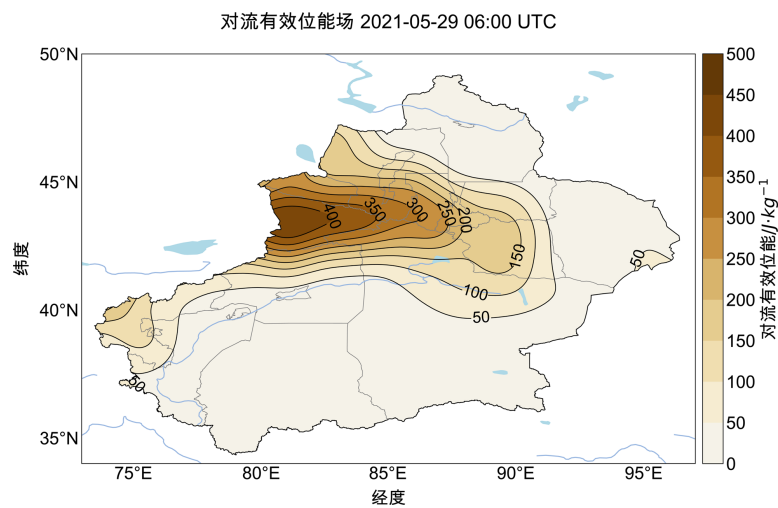


**Figure 7.** Distribution of K index on May 29  
**图 7.** 5 月 29 日 K 指数分布图

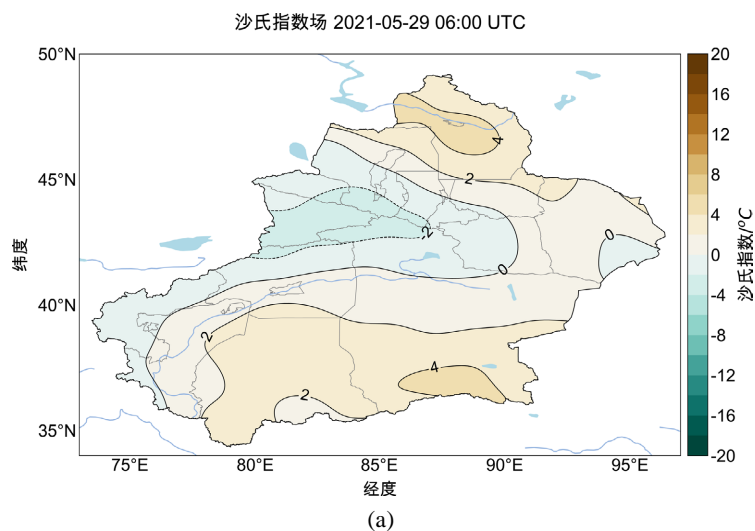
CAPE 是评估垂直大气是否稳定、对流是否容易发展的指标之一。由图 8 可知, 29 日午后, CAPE 大值区主要位于伊犁河谷 - 北疆沿天山一带, 为对流的发生提供了有利条件。

沙氏指数通常用来判断大气稳定性, 当沙氏指数小于 0 时, 表征大气为不稳定状态, 负值越大, 大气越不稳定。分析 29 日沙氏指数(图 9)可知, 负值区位于伊犁河谷 - 北疆沿天山一带。





**Figure 8.** CAPE distribution on May 29  
**图 8.** 5月29日 CAPE 分布图



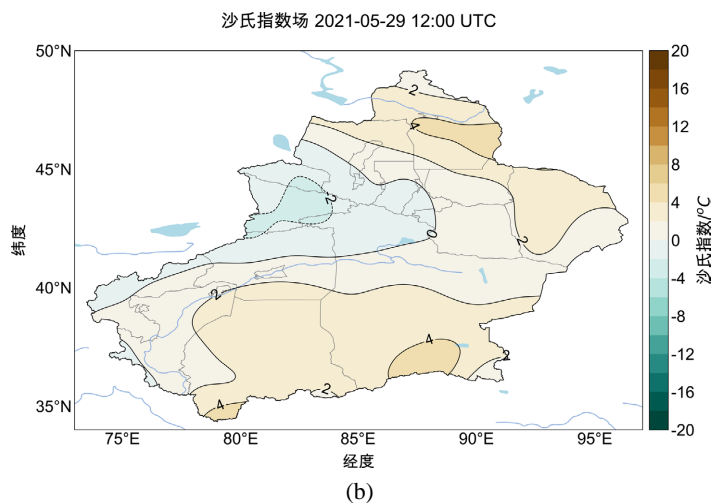


Figure 9. Distribution of Shaq index on May 29  
图 9. 5 月 29 日沙氏指数分布图

图 10 反映了 29 日当天的 700 hPa 上的水汽通量散度情况。29 日 14~20 时，伊犁河谷 - 北疆沿天山

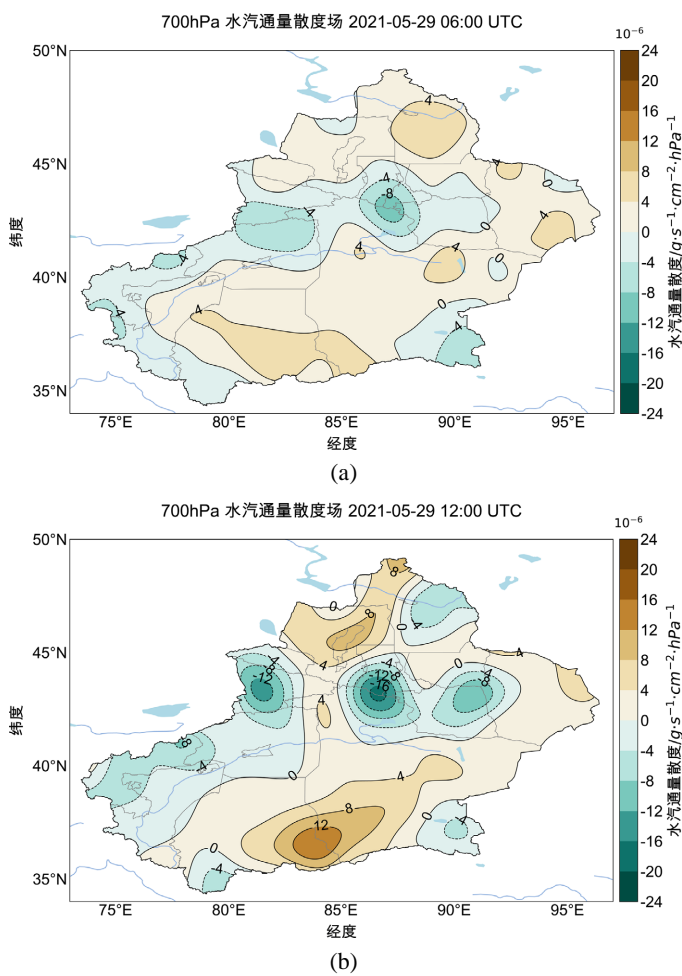


Figure 9. Distribution of Shaq index on May 29  
图 9. 5 月 29 日沙氏指数分布图

一带为水汽辐合区, 其中伊犁河谷与乌鲁木齐南部山区为水汽辐合中心, 并且逐渐加强。850 hPa (图略)的水汽通量散度情况与 700 hPa 相似。

综上, 29 日伊犁河谷 - 北疆沿天山一带处于热力不稳定状态, 强水汽辐合中心分别位于伊犁河谷与乌鲁木齐南部山区, 为此次雷雨天气提供有利条件。

## 5. 雷达图分析

本文所用雷达为乌鲁木齐机场的多普勒雷达(图略)。16:04 观察到终端区 180°~270°方向 50~100 公里处有分散的对流云团发展, 强度为 30~35 dBZ; 17:05, 本场西北方向 150 公里处出现孤立对流云团, 强度 40~45 dBZ; 17:23, 本场西北方向的对流云团缓慢东南移, 与此同时, 其前侧出现新的对流单体, 强度较弱; 18:37, 本场西北方向的对流云团距离本场 100 公里并有所减弱, 其前侧对流虽然较强, 但根据空中的引导气流, 预计不会影响本场; 18:49, 本场西北方向 20 公里有新的对流单体生成, 预计会影响本场; 20:02, 强回波带已移至本场东北方向, 回波强度 35~45 dBZ; 20:15~20:27, 12 分钟内本场西北方向出现新的对流单体, 回波强度迅速加强 40~45 dBZ; 21:59, 回波主体基本移出乌鲁木齐机场, 本场雷暴基本结束。

## 6. 结论

分析此次持续大雾天气过程, 得出以下结论:

1) 雷暴发生前后, 本场气温骤降、气压涌升, 相对湿度不断增加, 风向风速也出现明显的不连续, 此类气象要素指标有利于判断雷暴天气的发生。

2) 此次天气过程中, 500~850 hPa 均为西北气流控制, 多短波活动。700 hPa 上北疆有冷平流, 并且冷平流不断加强, 伊犁河谷至北疆沿天山一带由偏西风转为偏北风, 有利于与地形结合, 增强上升运动。三层高湿区均位于伊犁河谷 - 北疆沿天山一带, 对流层中层相对湿度高于低层, 此种情况易出现雷雨大风天气。

3) 伊犁河谷 - 北疆沿天山一带一直处于热力不稳定状态, 乌鲁木齐南部山区为强的水汽辐合中心, 为此次雷雨天气提供有利条件。29 日 20 时左右, 乌鲁木齐机场上空处于对流不稳定状态, 对流层中低层相对湿度较好, 垂直运动与辐合上升运动明显, 有明显的垂直风切变, 有利于此次雷暴天气的发生。

此次影响本场的对流云团主要来自西北方向, 强度在 35 dBZ 以上, 并且在向本场移动的过程中不断有新的对流单体生成, 使得本场雷暴天气持续时间较长。

## 参考文献

- [1] 朱雯娜, 黄海波, 杜安妮, 等. 乌鲁木齐地窝堡国际机场航空气候志(1986-2015 年) [Z]. 2020.
- [2] 洪月, 王勇, 张云惠, 等. 2010-2018 年天山北坡短时强降水环境参数特征及阈值初探[J]. 沙漠与绿洲气象, 2020, 14(4): 61-68.
- [3] 张超, 贾健. 乌鲁木齐市短时强降水分布特征及环境条件分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(3): 41-47.
- [4] 张萌, 李如琦, 马玉芬, 等. 夏半年新疆 K 指数特征及其在短时强降水预报中的应用[J]. 沙漠与绿洲气象, 2021, 15(5): 8-15.
- [5] 胡建军, 张利平, 王春红. 乌鲁木齐国际机场雷暴天气气象要素及风切变特征分析[J]. 中国民航飞行学院学报, 2006, 2(17): 10-14.
- [6] 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(18): 12-16.
- [7] 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): 58-63.
- [8] 杜安妮, 陈阳权, 王楠楠, 等. 新疆航空气象数据检索平台的设计与实现[J]. 计算机科学与应用, 2021, 11(11): 11.