

博乐机场2021年7月一次连续性雷暴天气分析与气象服务保障

刘敏¹, 丁丹丹², 高俊¹

¹新疆机场(集团)有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐

²新疆博乐机场, 新疆 博乐

Email: 271004446@qq.com

收稿日期: 2021年8月13日; 录用日期: 2021年9月9日; 发布日期: 2021年9月16日

摘要

本文选取2021年7月9日~10日博乐机场一次连续性雷暴天气过程, 利用天气实况、环流形势以及各物理量场等相关资料, 对此次雷暴天气过程展开分析。结果表明: 造成博乐机场此次雷暴天气的主要影响系统是500 hPa高空槽过境, 且700 hPa上有较强的上升运动, 强盛的西南气流输送, 有利于对流天气的生成和维持; 此外, 在过程发生前期和过程发生中, 博乐机场一直处于对流不稳定状态, KI指数数值大小对预报发展有很好的指示作用, 在今后预报本场雷暴天气时要特别注意KI ≥ 35℃的区域, KI指数数值在过程前后的变化, 对过程发生消亡也有很好的指示意义。本文通过对此次天气的过程分析, 为今后更加精准的预报雷暴天气提供参考依据。

关键词

博乐机场, 雷暴, 环流形势, 物理量, 气象服务

A Continuous Thunderstorm Weather Analysis and Meteorological Service at Bole Airport in July 2021

Min Liu¹, Dandan Ding², Jun Gao¹

¹Xinjiang Airport Group Co. Ltd., Urumqi Xinjiang

²Xinjiang Bole Airport, Bole Xinjiang

Email: 271004446@qq.com

Received: Aug. 13th, 2021; accepted: Sep. 9th, 2021; published: Sep. 16th, 2021

文章引用: 刘敏, 丁丹丹, 高俊. 博乐机场 2021 年 7 月一次连续性雷暴天气分析与气象服务保障[J]. 气候变化研究快报, 2021, 10(5): 495-502. DOI: 10.12677/ccr.2021.105058

Abstract

This paper analyses a continuous thunderstorm at Bole Airport from July 9 to 10 in 2021. Based on the data of actual weather, circulation situation and physical quantity fields, the thunderstorm weather process is analyzed. The results show that 500 hpa high-altitude trough transit, is the main impact system of this thunderstorm at Bole Airport and strong upward movement at 700 hPa, strong southwest airflow transport, is conducive to the generation and maintenance of convective weather. In addition, before and during the process, it has been in a state of convective instability at Bole Airport. The value of the KI index has a good indicator effect on the development of forecasting, pay attention to areas with $KI \geq 35^{\circ}\text{C}$ when forecasting the thunderstorm in the future. The change of KI index value before and after the process also has a good indication of the process of occurrence and demise. Through the process of analysis of the weather that provides a reference for more accurate forecasts of thunderstorms in the future.

Keywords

Bole Airport, Thunderstorm, Circulation Situation, Physical Quantity Fields, Meteorological Service

Copyright © 2021 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

雷电是发生在积雨云中的放电、雷鸣现象，是强对流天气的产物，常伴有大风、冰雹、强降水等灾害性天气，极具破坏力[1]，飞机在雷暴活动区中飞行，除了云中飞行的一般困难外，还会遇到强烈的颠簸、严重积冰、电击、阵雨和恶劣能见度，有时还会遇到冰雹、下击暴流、低空风切变和龙卷等恶劣天气，这些恶劣天气对飞行活动的威胁极大。另外，停放在地面的飞机和机场的一些地面设施设备也会遭到大风和冰雹的袭击。近年来，我国民航事业发展迅猛，随之而来的机场航空运行安全也广受公众的高度关注，一直以来，气象原因是给民航飞行的安全构成严重威胁的主要因素之一。而雷暴天气是威胁航空安全的最大隐患。博州上游的温泉县位于准噶尔盆地的最西部，由于夏季高原盆地的聚热作用，有利于对流云的发展，其特殊的环山地形，致使对流云沿着南、北两支山脉自西向东移动[2]，进而影响到博乐机场，因此掌握雷暴的变化规律对保障飞行安全有着十分重要的意义。

2. 地理环境及雷暴气候特征

2.1. 地理环境及周边地形

博尔塔拉蒙古自治州地处亚欧大陆腹地，位于新疆维吾尔自治区西北部，地理位置东经 $79^{\circ}53' \sim 83^{\circ}53'$ ，北纬 $44^{\circ}02' \sim 45^{\circ}23'$ 之间，三面环山，中间是喇叭状的谷地平原。地貌特征大致由南北两侧山地、中部博尔塔拉谷地和东部艾比湖盆地三大单元组成。而博乐机场位于博乐市市区以东 18 公里处，位于北纬 $44^{\circ}53'42''$ ，东经 $82^{\circ}18'02''$ ，地处阿拉山口口岸以南 57 公里，与国境线相距仅 30 公里。博乐机场周边地形复杂，三面环山，东部为艾比湖，南部为天山西段支脉科古琴山，东北部为准格尔盆地，地势西部高，东北低，大多数情况下雷暴主要在温泉县生成，沿山移动，鉴于温泉的地形地理位置特征，归纳出温泉雷暴的主要三条方位路径(如图 1)：1) 沿南山沙里切库山东移，简称“南路”，占总雷暴次

数的 51%；2) 北面的阿拉套山东移到乌洞不拉克山沟向东南折向。简称“北路”，占总次数的 36%；3) 经过测站向东移，影响平川地区，简称“中路”，仅占 7%。前两条路径主要在地及沿山一带地区造成局部地区的暴雨、冰雹、大风等恶劣天气[2]。由于温泉地区地处环山的盆地，积雨云盘旋在上空的时间较长，东移后又折回影响的情况较多，因此，雷暴降水比较频繁。

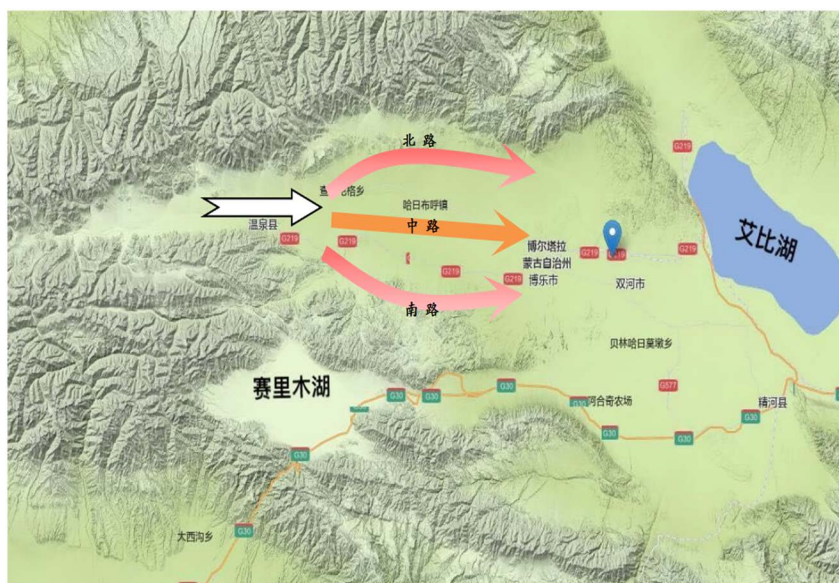


Figure 1. Map of thunderstorm tracks in Wenquan County

图 1. 温泉县雷暴路径图

2.2. 博乐机场雷暴气候特征

博乐机场雷暴一般最早出现在 5 月, 6 月~8 月雷暴出现频率最多, 出现时间大多集中在午后 17 时~22 时, 在本场的西面和西北方向产生, 逐渐向东南方向、南面及东北方向移动, 移动速度时快时慢, 大部分雷暴的持续时间不超过 1 小时, 少部分雷暴的持续时间在 1~2 小时之间, 极少数雷暴持续时间超过 2 小时。根据王旭等通过选取 1961~1999 年新疆 90 站资料中读取每站有雷暴发生的年月日数据作为研究对象, 共出现 367 次雷暴天气过程, 并归纳出雷暴天气过程的 4 种天气学类型[3]。2021 年 7 月 9 日~10 日, 博乐机场连续两日出现的雷暴天气属于 D 型, 此次雷暴持续时间较长, 影响较大, 期间伴随短时大风及降水天气, 出现历年同期最大风速值, 对航班正常运行造成很大的影响。

3. 天气实况概述

2021 年 7 月 9~10 日博乐机场出现了一次时间较长、影响较大的雷暴天气。9 日 17 时 24 分在本场西侧出现雷暴, 17 时 35 分出现阵雨, 期间出现短时中雷雨, 降水时长不足一小时, 降水量达到 0.8 毫米; 17 时 41 分观测到在本场偏西方向, 距本场 20 公里的范围内有大风伴扬沙天气向本场推进, 扬沙持续 15 分钟, 能见度迅速下降至 4000 米; 17 时 45 分本场出现大风(≥ 17 米每秒), 期间平均风速 17~22 米每秒, 最大阵风 27 米每秒, 风向西北风, 大风持续近 20 分钟, 19 时 05 分雷暴天气结束。对流过境前, 最高温度 37℃, 对流过境时, 气温下降至 24℃, 温差达到 13℃, 气压相差 4 hPa。19 时 40 分对流云团移出本场, 温度上升至 29℃。

10 日共有三次对流过境, 对本场航班正常运行影响较大, 对流强度大于 9 日, 持续时间也较 9 日长。第一次对流出现在 7 月 10 日 17 时 19 分, 持续时间 21 分钟, 强度较弱, 气象要素变化不明显, 较强区

域主要在机场五边至航路上,导致两个航班无法进近而返航,备降后取消;第二次对流出现在 19 时 44 分,持续近一小时,本场出现短时小雷雨,对流过境时,风速增大,最大平均风速 9 米每秒。强度较第一次强,导致航班返航,备降及延误;第三次对流强度最强,影响最大,持续近 3 个小时。夜间 22 时左右,对流云团在本场西南偏西方向的赛里木湖出现,回波较强,范围较大,移速缓慢,主体向东北方向移动;23 时 38 分本场西北方向出现闪电并伴有雷声,5 分钟后本场西侧,西南侧连续出现成片的对流云团并缓慢向本场移动;23 时 58 分本场出现大风天气,风向西北,平均风速 17~23 米/秒,最大风速 27 米/秒,大风维持 1 小时左右结束;00 时 38 分本场东北、西北、西、西南方向出现连续的闪电并伴有雷声;01 时 30 分本场上空出现强对流云团;02 时对流云团较强区域向本场东南方向移动;02 时 42 分,雷暴天气结束。此次对流天气过境时,大风持续时间较长,雷暴强度较强,范围较大,移速较慢,导致航班大面积延误,在本场滞留近 2 小时,不仅给人民群众的出行带来不便,而且也给航空公司造成一定的经济损失。

4. 环流形势分析

4.1. 高空形势分析

2021 年 7 月 9 日 500 hPa 08 时等压面图上(图 2(a)),欧亚大陆上空形势为两槽一脊型,黑海和里海地区为高压脊,泰米尔半岛到蒙古高原有一长波槽,巴尔喀什湖以西地区处于低涡槽控制,博乐机场目前还处于偏北气流控制。10 日 500 hPa 08 时等压面图上(图 2(b))泰米尔半岛到蒙古高原的长波槽明显东移北抬,本场未受到影响。巴尔喀什湖地区的低涡槽东移近 20 个经度,随着巴尔喀什湖附近的低涡槽槽后的西北风带上的冷空气南下,推动低槽东移南压,博乐机场处于槽前的暖湿气流控制中。

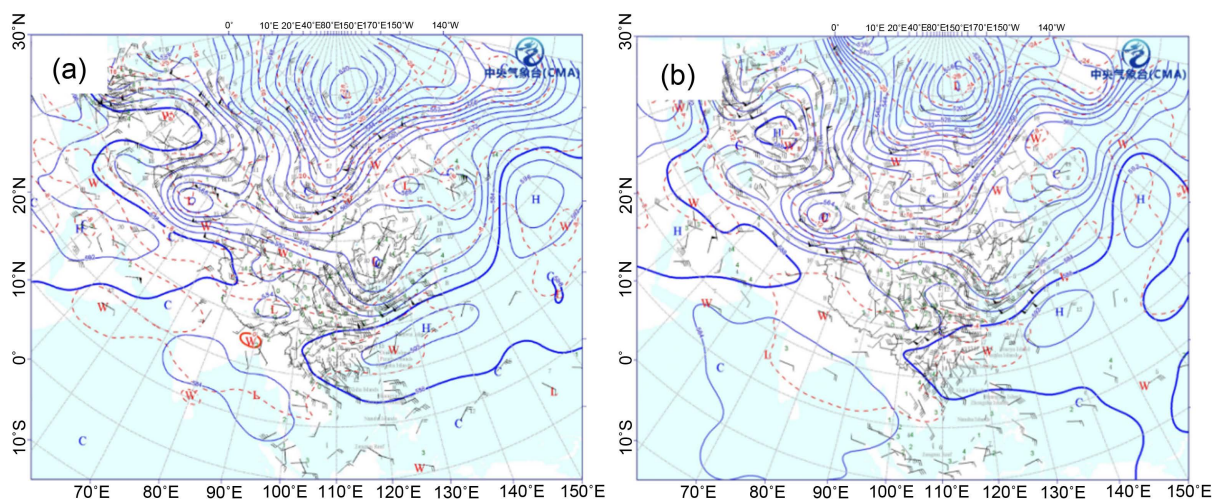


Figure 2. 500 hPa high altitude chart. (a) At 08:00 on July 9; (b) At 08:00 on July 10

图 2. 500 hPa 高空图。(a) 7 月 9 日 08 时; (b) 7 月 10 日 08 时

2021 年 7 月 9 日 700 hPa 08 时等压面图上(图 3(a)),博乐机场处于槽前西南气流控制中,短波槽位于巴尔喀什湖以西,呈东西走向,切变明显,有利于降水的产生;10 日 700 hPa 08 时等压面图上(图 3(b)),横向的切变线转为竖槽,对新疆地区造成影响,受高空引导气流作用,本场偏北风转偏南风,有利于水汽的辐合,冷平流中心温度为 4℃左右,本场处于暖脊控制,冷暖平流的交汇处利于对流的产生;9 日 700 hPa 湿度区位于本场以西,范围较小,10 日湿度区明显。

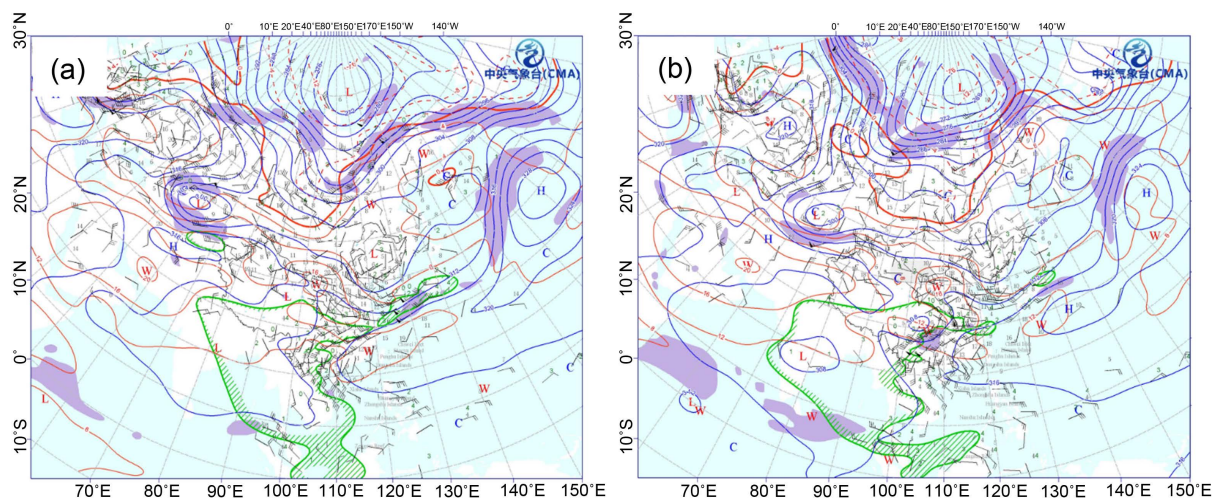


Figure 3. 700 hPa high altitude chart. (a) At 08:00 on July 9; (b) At 08:00 on July 10

图 3. 700 hPa 高空图。(a) 7月9日08时；(b) 7月10日08时

4.2. 地面形势分析

地面图中(见图 4)，新疆北部处于蒙古高压底后部，西西部利亚低压前部，东欧平原冷高压继续东移，在里咸海附近受地形阻挡兵分两路，一路向内蒙古伸展，一路进入新疆在天山山脉北部堆积，进而影响新疆。

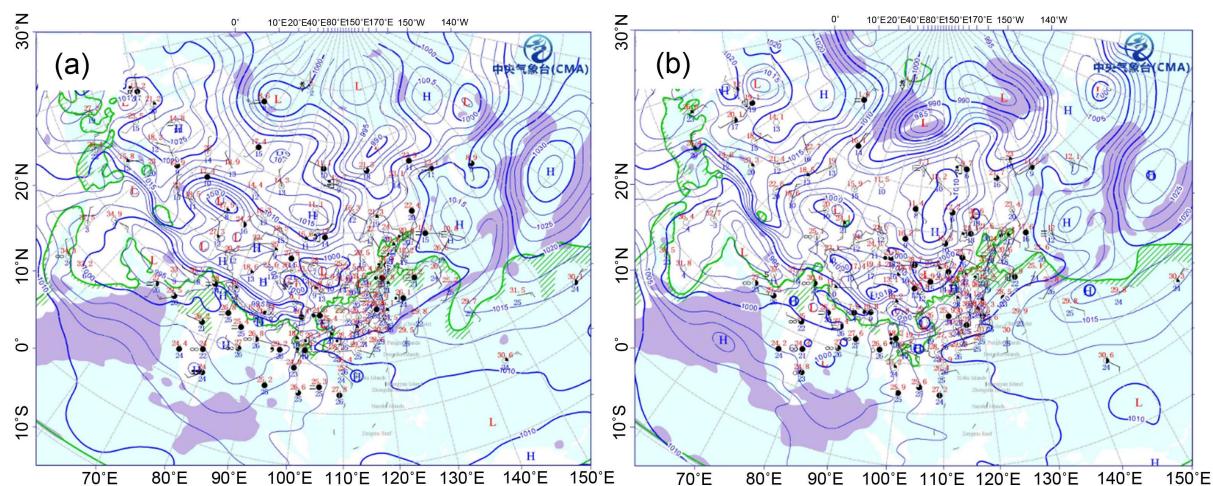


Figure 4. Floor map. (a) At 08:00 on July 9; (b) At 08:00 on July 10

图 4. 地面图。(a) 7月9日08时；(b) 7月10日08时

5. 物理量场分析

5.1. 比湿分布

如图 5 所示，比湿代表空气中的绝对湿度，可以表征湿空气中的水汽，单位为 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，分析此次过程的比湿分布 $84^{\circ}\text{E}\sim 44^{\circ}\text{N}$ 区域可以看出，9日20时和10日20时附近上空均出现了大湿度区，比湿最大为 $14\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ， $7\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上的高度区位于 $1000\sim 800\text{ hPa}$ ，9日14时和10日20时(过程前期)开始增湿，有利的比湿场为强对流天气提供充足的水汽来源。

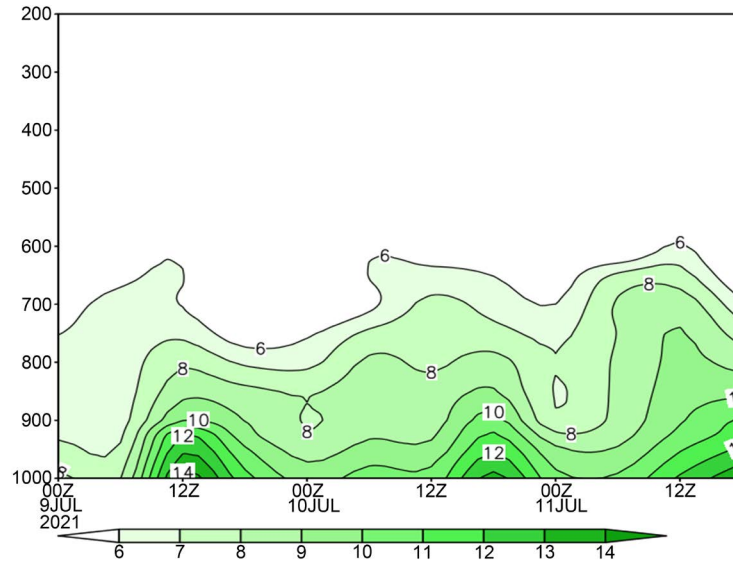


Figure 5. Vertical velocity profile along 44°N at 08:00 and 20:00 on July 9~11 (g/kg)
图 5. 2021 年 7 月 9 日~11 日 08 时和 20 时沿 44°N 垂直速度剖面图, 单位: (g/kg)

5.2. 水汽条件

形成雷雨的必要条件之一是必须要有水汽源源不断的输入降水区, 这样, 水汽输送就成为必须考虑的问题, 水汽通量散度正是体现了水汽输送的强度、方向和积聚, 有助于识别雷暴可能出现的地区。图 6 给出了 700 hPa 水汽通量散度和水汽通量, 可以看出, 9 日 14 时和 10 日 20 时(过程前期), 大量水汽由巴尔喀什湖向博乐地区输送, 水汽通量散度辐合区最大值出现在 10 日 20 时以后, 中心值为 $-10 \text{ g}\cdot\text{hpa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, 为雷暴的发生提供充足的水汽条件, 随着槽线东移, 位于博乐地区的水汽通量散度辐合中心区东移并逐渐减弱, 水汽通量散度由辐合转为辐散, 水汽通量值也逐渐减小。水汽输送的减弱预示着强对流天气的结束。

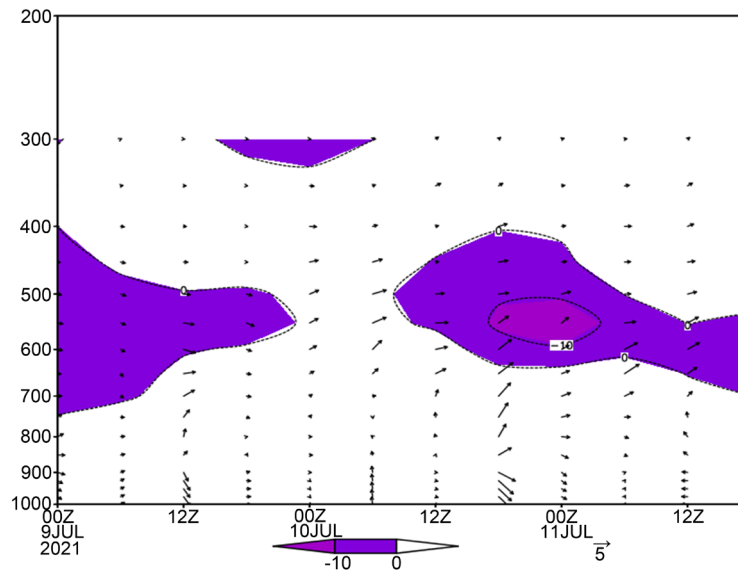


Figure 6. Divergence profile of water vapor flux along 44°N at 08:00 and 20:00 on July 9~11, 2021 ($\text{g}\cdot\text{hpa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)
图 6. 2021 年 7 月 9 日~11 日 08 时和 20 时沿 44°N 水汽通量散度剖面图, 单位: ($\text{g}\cdot\text{hpa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)

沿 44°N 做假相当位温剖面图(如图 7 所示), 9 日 20 时左右高空 450~700 hPa 受冷空气控制, 700 hPa 以下为暖空气, 随着低涡槽东移, 10 日 20 时, 冷空气进一步抬升, 主要位于 450~550 hPa 附近, 地面至 700 hPa 不稳定性加强, 有利于对流天气的发生。

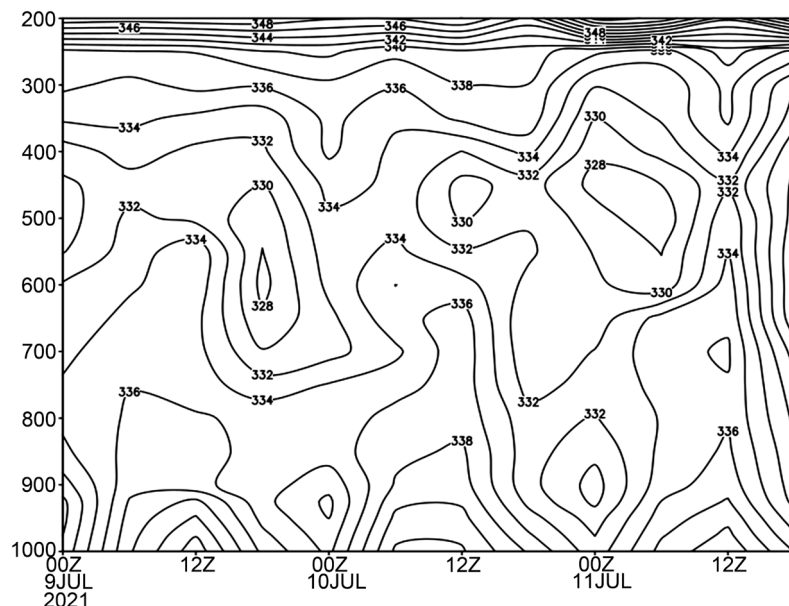


Figure 7. Pseudo-equivalent potential temperature along 44°N at 08:00 and 20:00 on July 9~11, 2021 (°C)
图 7. 2021 年 7 月 9 日~11 日 08 时和 20 时沿 44°N 假相当位温剖面图, 单位: (°C)

5.3. KI 指数

KI 指数是分析夏季对流天气的一个较好的指数, 如图 8 所示, 分析 KI 指数的变化可以看出, 9 日 14

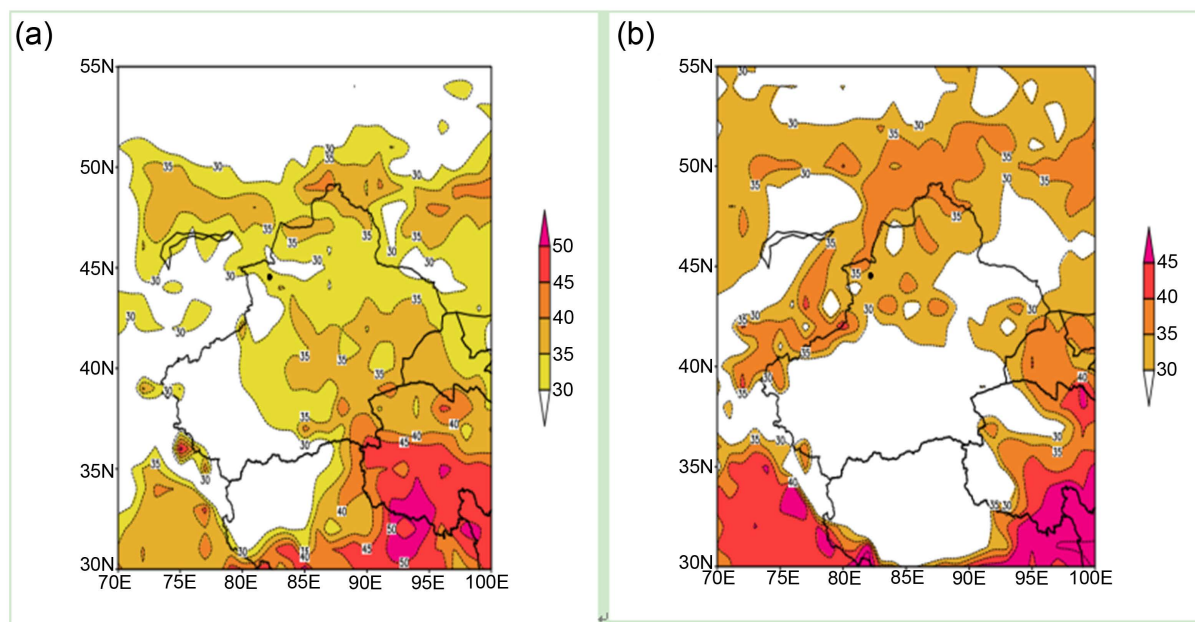


Figure 8. KI index distribution at 14:00 (a) on July 9 and at 20:00 (b) on July 10 (°C)
图 8. 2021 年 7 月 9 日 14 时(a)和 10 日 20 时(b) KI 指数分布图, 单位: (°C)

时对流天气来临前,博乐机场 KI 指数最高为 32.5℃,35℃以上的 KI 高值区主要位于巴湖北部和北疆塔城-阿勒泰山区一带;10 日 20 时对流天气来临前,博乐机场 KI 指数最高近 35℃,35℃以上区域明显增加,并向南北延伸, KI 高值区主要位于新疆西部沿国境线一带,博乐地区 KI 指数均在 $\geq 30^\circ\text{C}$ 以上区域,表明有充足的热力条件,有利于对流的发生发展。

6. 服务保障总结

7 月 9 日 15 时,集中预报中心预报员预报出 17 时至 20 时之间出现小阵雨天气,未能预报出雷暴伴大风,但是雷暴出现后,预报员通过电话与本场气象值班员会商后对雷暴伴大风及降雨强度,持续时间进行预报,但是与实况相比,雷暴伴大风强度预报偏弱,持续时间与预报基本吻合。

7 月 10 日共有三次对流过境,第一次对流天气持续时间仅 21 分钟,预报员未能预报出雷暴,但是雷暴出现后,预报员通过电话及时向相关气象用户单位通报雷暴信息,对持续时间进行预报,与实况相比,持续时间与预报结论基本一致;第二次对流天气来临前,集中预报中心值班员提前组织临时天气会商,根据会商结论在 16:40 发布一份博乐机场雷暴黄色天气预警并微信转发至相关航空气象用户单位群,预警内容:博乐机场预计 17:30~21:00 出现雷暴天气,期间伴随短时大风、风切变、颠簸及降水天气。随后持续跟进气象服务保障,与实况相比,本场降水出现时长不足 20 分钟,平均风速最大也只有 9 米每秒,雷暴伴大风强度预报偏强,持续时间虽预报偏长,但出现时间与预报时段基本吻合。此次雷暴过程,对第三次雷暴预报较为准确,对之前出现的雷暴预报略有偏差,10 日夜间 22:50,集中预报中心预报员通过分析各类气象资料得出预报结论并立即发布一份雷暴黄色天气预警,预警内容:博乐机场预计 11 日 00 时至 02 时出现雷暴伴强降水天气,期间伴随短时大风、风切变和颠簸等。后续持续监测天气变化并及时发布趋势预报,为航空公司及时作出决策提供了有利的支撑。

7. 结论

本文通过对 2021 年 7 月 9 日~10 日在博乐机场出现的对流天气过程进行分析,可以得出:

- 1) 500 hpa 高空槽过境是引起此次博乐机场强对流天气过程的主要影响系统;
- 2) 较强的上升运动,高的比湿场为强对流天气提供了必要的水汽和动力条件, KI 指数和假相当位温的发展变化此次强对流天气的预报有很好的指示作用;
- 3) 水汽通量散度为对流的持续发展输送了充沛的水汽,且 700 hpa 上西南气流输送有利于对流天气生成和维持,过程前期和中期,水汽通量辐合较大,过程后期,水汽能量辐合明显减小,也预示着雷暴的消亡[4];
- 4) 不稳定能量极易诱发强对流天气,在过程发生前期和过程发生中,博乐机场一直处于对流不稳定状态, KI 指数数值大小对预报发展有很好的指示作用,在今后预报本场对流天气时要特别注意 $\text{KI} \geq 35^\circ\text{C}$ 的区域, KI 指数数值在过程前后的变化,对过程发生消亡也有很好的指示意义。

参考文献

- [1] 高婧,井立军,井立红,等. 1961-2009 年伊犁雷暴气候特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2011, 5(4): 15.
- [2] 王静娟,杨军民,但路军,彭兰. 博州上游强对流天气及人影防雷浅析[J]. 气候变化研究快报, 2020, 9(5), 417-422.
- [3] 王旭,马德荣. 新疆雷暴天气过程分型[J]. 新疆气象, 2002, 25(1): 8-9.
- [4] 王清平,张利平,朱国栋,杜安妮. 北疆沿天山一带一次冰雹强对流天气成因分析[J]. 空中交通, 2015(2): 29-32.