

Analysis of the weather causes of the thunderstorm asthma outbreak in Hohhot in September 2023

Shuyue Teng¹ Riga Nai² Wenyu Zhao³ Baomei Zhu¹ Chen Xu¹

1. Qihe County Meteorological Bureau, Dezhou, Shandong, 251100, China

2. Taipusi Banner Meteorological Bureau, Xilingol, Inner Mongolia, 027000, China

3. Bayannur City Meteorological Bureau, Bayannur, Inner Mongolia, 015000, China

Abstract

On the night of September 2, 2023, affected by an upper-level trough, a thunderstorm occurred in Hohhot urban area. Accompanying this process, the airborne pollen concentration surged sharply, leading to a large number of citizens seeking medical treatment at hospitals due to allergic asthma and causing an outbreak of “thunderstorm asthma”. Based on the meteorological station observation data of that day, combined with topographical factors, local circulation conditions, meteorological elements and pollen concentration distribution, this paper conducts a comprehensive analysis of the process and clarifies the meteorological causes of this thunderstorm asthma outbreak. The conclusions are as follows: (1) The formation of thunderstorm asthma requires two prerequisite material conditions: first, the airborne pollen concentration reaches a high value; second, thunderstorm occurs accompanied by lightning. (2) The occurrence of this thunderstorm was mainly influenced by an upper-level forward-tilting trough, which provided unstable energy for the ground. Combined with Hohhot’s unique topographical feature of mountains in the northeast, it trapped water vapor and lifted the air, contributing to the occurrence of the thunderstorm. (3) The unique meteorological reasons for the asthma outbreak caused by this thunderstorm include high relative air humidity, small precipitation, the formation of an inversion layer after the end of convection, and low surface wind speed.

Keywords

Thunderstorm asthma; thunderstorm; lightning; pollen concentration; allergy

2023年9月呼和浩特市“雷暴哮喘”暴发的天气成因分析

滕树悦¹ 乃日嘎² 赵文毓³ 朱保美¹ 许辰¹

1. 齐河县气象局, 中国·山东德州 251100

2. 太仆寺旗气象局, 中国·内蒙古锡林郭勒 027000

3. 巴彦淖尔市气象局, 中国·内蒙古巴彦淖尔 015000

摘要

2023年9月2日晚, 受高空前倾低槽影响, 呼和浩特市发生雷暴天气, 伴随此次过程, 空气中花粉浓度骤升, 导致大量市民因过敏性哮喘急诊就医, “雷暴哮喘”暴发。本文基于当日气象站观测数据, 结合地形特征、局地环流形势、气象要素及花粉浓度分布, 对该过程进行综合分析, 阐明本次“雷暴哮喘”暴发的天气成因。研究表明: (1) 雷暴哮喘的形成依赖两个关键物质条件: 花粉、闪电; (2) 本次雷暴天气主要由高空前倾低槽触发, 为地面提供不稳定能量, 配合呼和浩特东、北两侧山脉地形对水汽的截留与空气抬升作用, 促成雷暴发展; (3) 本次雷暴诱发哮喘暴发的独特天气因素包括高空空气相对湿度、小降水量、对流结束后形成的逆温层以及较小的地面风速。

关键词

雷暴哮喘; 雷暴天气; 闪电; 花粉浓度; 过敏

【基金项目】德州市气象局气象科学技术研究项目(2024dzqxyb06)、山东省气象局气象科研引导类项目(2021SDYD25)、德州市气象局一般课题(2023dzqxyb09)、山东省气象局气象科研基层专项类项目(2024SDJC22)共同资助。

【作者简介】滕树悦(2002-), 女, 中国山东淄博人, 本科, 助理工程师, 从事大气科学研究。

1 引言

雷暴作为一种强对流灾害性天气, 虽影响范围有限、持续时间短, 但突发性强、天气剧烈, 是气象预报的重难点^[1-2]。而花粉过敏是常见过敏性疾病, 因接触或吸入过敏原花粉引发过敏性鼻炎、结膜炎、皮疹及哮喘等症状, 且病情可能随时间加重。当雷暴与花粉过敏结合时, 可能形成一种新型气象性疾病——“雷暴哮喘”, 表现为疾病集中暴发现象^[3]。此类事件几乎均发生在花粉高峰期, 具有传播范围广、病症

重、发展迅速的特点。

为了研究雷暴哮喘爆发的天气成因，明晰气象灾害与人体健康之间的紧密联系，本文对2023年9月2日呼和浩特市爆发的一次雷暴哮喘过程进行天气成因分析。

2 结果分析

2.1 事件回顾

2023年9月2日19—20时，呼和浩特市出现短时雷暴，伴随阵性降水与闪电。赛罕区和回民区小时降水量分别为1.5mm和0.6mm。雷暴发生后，空气中花粉浓度急剧上升，大量市民因过敏性哮喘急诊就医，“雷暴哮喘”暴发。

2.2 雷暴哮喘形成的物质条件

2.2.1 高浓度致敏花粉

2023年9月2日，呼和浩特市花粉浓度骤升至330个/1000平方毫米，显著高于9月1日（132个）和3日（275个）。内蒙古地区大面积种植的蒿属植物为风媒传粉植物，9月正值其花粉成熟扩散高峰期，花粉颗粒易在空气中飘浮聚集，吸入后刺激鼻黏膜引发过敏反应。

2.2.2 雷暴伴随闪电活动

9月2日19时，呼和浩特新城区东部出现密集正极闪电，新城区其他区域及赛罕区分布负极闪电；20时，正极闪电转移至赛罕区东部，除玉泉区外其余区域散布少量负极闪电。结合花粉浓度监测，雷电活动时段内各区花粉浓度均维持高值，满足雷暴哮喘形成的前提条件。

2.3 天气成因分析

2.3.1 环流形势分析

500 hPa、700 hPa 和 850 hPa 高度场分析表明（图1—3），9月2日08—20时，一高空前倾低槽快速掠过呼和浩特上空。500 hPa 低槽于2日20时东移至河北省中部，700 hPa 与 850 hPa 低槽位置滞后于500 hPa，形成典型前倾槽结构。该形势下，高空槽后干冷平流叠加于低层槽前暖湿平流之上，形成对流不稳定层结，为对流提供底层辐合条件；槽区最大涡度中心对应低空强气流抬升。值得注意的是，呼和浩特雷暴发生时间（19—20时）滞后于槽区影响时段，与低层逆温层阻挡不稳定能量释放有关。

温度场显示，500 hPa 和 700 hPa 槽后为冷平流、槽前为暖平流，850 hPa 冷中心于9月2日08时控制呼和浩特，随后缓慢东移，对初期对流有抑制作用。

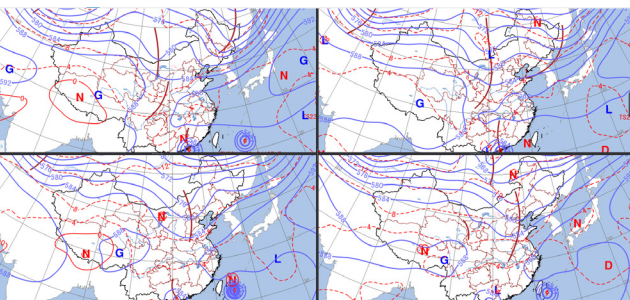


图1 500hPa 环流形势图

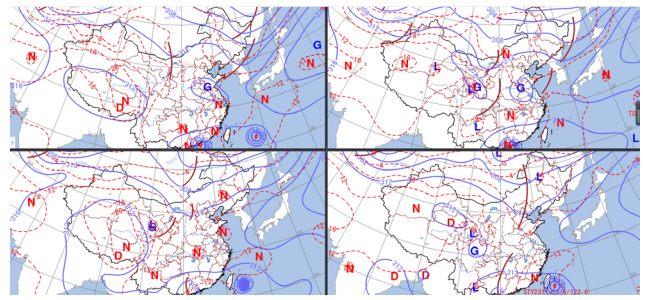


图2 700hPa 环流形势图

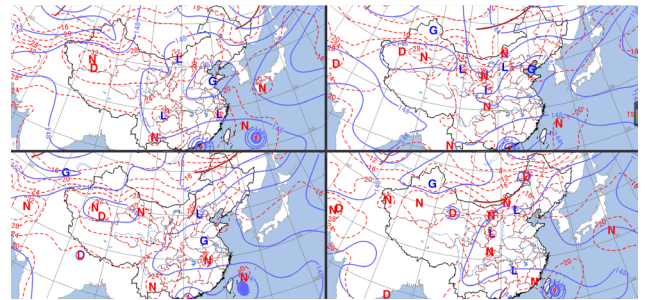


图3 850hPa 环流形势图

2.3.2 水汽条件分析

700 hPa 水汽通量显示（图4左），9月2日17—20时整层盛行偏西风，水汽通量高值区（ $> 8 \text{ g s}^{-1} \text{ hPa}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ）于19时在呼和浩特市西北、西南和东侧三路汇合，最高值达 $9 \text{ g s}^{-1} \text{ hPa}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ，水汽条件偏差。850 hPa 水汽通量显示（图4右），19时西南暖湿气流外围抵达呼和浩特，20时市区水汽通量最大值超过 $10 \text{ g s}^{-1} \text{ hPa}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ，但整体水汽仍较弱，导致对流降水量小、持续时间短，避免花粉被雨水快速冲刷，维持空气中高花粉浓度。

2.3.3 地形分析

呼和浩特市北部和东部为海拔超2000 m的山地，地势自西北向东南降低（最低 $< 1000 \text{ m}$ ）。该地形可有效截留西南来的水汽，并对偏西、偏南气流产生抬升作用，促进对流发展。

2.3.4 探空分析

9月2日08时探空图（图5）显示，低空存在逆温层（由冷中心控制所致），阻碍对流发生，促使不稳定能量持续积聚；高空500 hPa以上气团干冷（温度露点差大），低层气团暖湿，形成“上干下湿”的不稳定层结。对流结束后低层新形成逆温层，抑制花粉纵向扩散，使其聚集于近地面。对流有效位能（CAPE）分布显示，19时呼和浩特市CAPE值超 600 J/kg ，具备良好抬升条件。

2.3.5 风场分析

由9月2日19—22时地面风速数据得知，雷暴发生及结束后，地面风速持续较小：19时最大风速 8 m/s ，随后平均风速仅 2 m/s 。小风速一方面使对流前花粉不易横向扩散，另一方面使对流后破碎花粉颗粒在低空聚集，难以通过水平气流稀释，增加人体吸入风险。

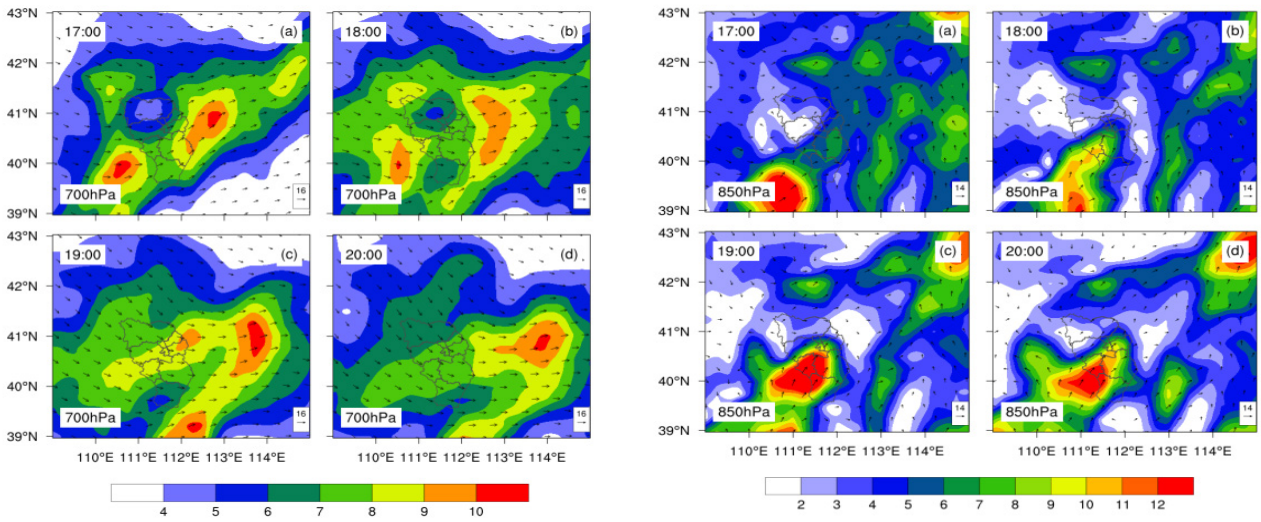


图4 9月2日17时至20时700hPa(左)、850hPa(右)水汽通量图

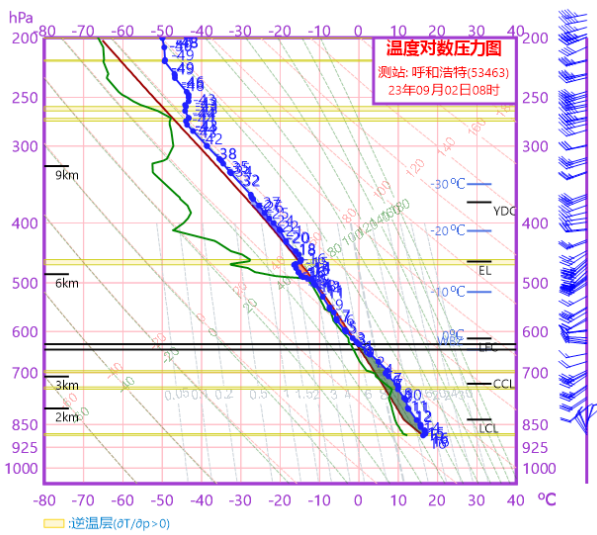


图5 9月2日08时探空图

3 结论

雷暴天气在世界范围内发生的频率一直很高,但雷暴哮喘的爆发频次却一直很低。本文通过对2023年9月2日爆发在呼和浩特市的一次雷暴哮喘过程进行天气成因分析,不仅说明了此次雷暴天气产生的原因,还发现了一些此次雷暴天气引发哮喘爆发的独特天气成因。此次雷暴天气发

生的原因主要是高空有一前倾低槽略过呼和浩特上空,为地面带来抬升力,虽然有一逆温层存在,但是不稳定能量持续积聚,地面越来越暖湿,高空越来越干冷,温差不断加大,最终突破逆温层爆发强烈对流。呼和浩特独特的地形将从西部输送来的水汽截留,地形的抬升加上强烈的对流使呼和浩特市形成阵性降水。而关于此次普通雷暴天气进阶为雷暴哮喘爆发的特殊天气成因,研究结果如下:

- (1) 在雷暴天气爆发的当日,当地空气中的花粉浓度处于一个高值状态。
- (2) 空气相对湿度达到高值,花粉得以吸水膨胀。
- (3) 降水量小,不足清洁空气中的全部花粉。
- (4) 雷暴爆发的同时伴随强烈的闪电,能够击碎随上升气流升入高空的吸水膨胀的花粉。
- (5) 对流过程持续时间短,且对流结束后低空形成一逆温层,使得被击碎成小颗粒的花粉难以扩散,聚集在低层。
- (6) 雷暴发生的整个过程前后,地面风速较小,使得低层的花粉难以得到横向的扩散,始终聚集在市区范围内。

参考文献

[1] 许小峰.雷电灾害与监测预报[J].气象,2004,(12):17-21.
 [2] 孔德兵.西北地区东部雷暴特征及24h预报研究[D].兰州大学,2016.
 [3] 严梅,靳泉鹏,褚娇娇,纳建荣.一起群体性雷暴哮喘的调查分析[J].宁夏医学杂志,2023,45(03):270-273.