

# 贵阳机场夏季一次强对流天气分析

曹 阳, 邓小光, 刘开宇

中国民用航空西南地区空中交通管理局贵州分局, 贵州 贵阳

收稿日期: 2023年8月16日; 录用日期: 2023年10月27日; 发布日期: 2023年11月3日

## 摘 要

本文利用常规气象资料等对贵阳龙洞堡机场夏季一次强对流天气过程进行诊断分析。结果表明: 此次强对流天气过程主要影响系统为高空槽、低层切变线及地面冷锋; 低层暖湿平流的输送有利于强对流发生前不稳定层结的建立; 中低层辐合, 高层辐散的结构, 使上升运动进一步加强, 有利于对流天气的发生发展; 大量的不稳定能量、充足的水汽和强烈的上升运动为强对流的发生提供了良好的条件。

## 关键词

切变线, 暖湿平流, 强对流

# A Strong Convective Weather Analysis at Guiyang Airport in Summer

Yang Cao, Xiaoguang Deng, Kaiyu Liu

Guizhou Sub-Bureau of Southwest Air Traffic Management Bureau of Civil Aviation of China, Guiyang Guizhou

Received: Aug. 16<sup>th</sup>, 2023; accepted: Oct. 27<sup>th</sup>, 2023; published: Nov. 3<sup>rd</sup>, 2023

## Abstract

In this paper, conventional meteorological data were used to diagnose and analyze the summer strong convective weather process of Guiyang Longdongbao Airport. The results show that the main influences of this strong convective weather process are high-altitude trough, low-level shear line and ground cold front. The transport of warm and humid advection in the lower layer is conducive to the establishment of unstable layers before the occurrence of strong convection. The structure of middle and low layer convergence and high layer radiation further strengthens the upward movement, which is conducive to the occurrence and development of convective weather. A large amount of unstable energy, sufficient water vapor and strong upward movement provide good conditions for the occurrence of strong convection.

## Keywords

Shear Line, Warm and Humid Advection, Strong Convection

Copyright © 2023 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

雷雨天气是严重影响飞行安全的危险天气之一,具有空间尺度小、突发性强、移动迅速、天气剧烈等特征。曾妮等对一次暖区暴雨天气过程分析中指出高空槽和中低层切变线为暴雨的产生提供了天气尺度背景,地面辐合线是触发对流的重要因子[1]。郑婧等对一次低空急流加强下的暴雨过程成因分析中指出低空急流加强一方面带来了充沛水汽,另一方面,中尺度辐合系统沿着急流发展形成中尺度能量、温度锋区,而对流性降水释放的凝结潜热反馈又促使中尺度对流系统进一步加强,利于强降水发生[2]。刘贵萍等对贵阳龙洞堡机场一次雷暴天气过程分析中指出中尺度低空急流带来的水汽输送及水汽辐合使低层 700 hPa 以下维持准饱和状态,为强雷暴的发生发展提供了低层湿层条件[3]。杨新林等对华南雷暴大风天气的环境条件分布特征研究中指出相比于普通雷暴,雷暴大风天气发生的环境条件具有更强的条件性不稳定,斜压性和动力强迫更强[4]。胡祖恒等对中尺度对流系统影响西南低涡持续性暴雨的诊断分析中指出 500 hpa 高空槽、700 hpa 中尺度切变线和暖湿气流为 MCS 的发生提供了良好的环境条件[5]。本文旨在利用常规气象资料、自动观测资料等,通过对 2023 年 6 月 18 日~6 月 19 日的强对流天气过程进行天气学诊断分析,以探寻此次过程发生前后的大气环流特征及产生机制,从而进一步提升对雷雨天气的预报技术,为今后贵阳机场强对流天气的预报提供一定的思路及参考。

## 2. 天气概况

2023 年 6 月 18 日 19:58~6 月 19 日 09:48 (北京时,下同),贵阳机场及周边出现一次弱到强雷雨天气过程,持续时间较长,造成多架航班延误及备降。

## 3. 资料与方法

本文利用常规气象资料、自动观测资料、贵阳机场例行天气报告及特殊天气报告资料,采用天气学诊断分析方法,通过对此次强对流天气过程发生前后的天气形势、影响系统、水汽、能量条件及动力条件等进行分析,以探寻导致此次强对流天气过程产生的机制。

## 4. 天气形势与影响系统分析

分析 2023 年 6 月 18 日 08:00,如图 1(a)所示,500 hpa 中高纬呈两槽一脊的环流形势,西槽呈阶梯状,北段位于中西伯利亚以西,南段经贝加尔湖延伸至蒙新高地,东槽已入海,且温度槽落后于高度槽,未来低槽将会发展东移;中纬度地区多短波槽,北侧高空槽位于青藏高原以北,经内蒙古延伸至甘肃北部附近,南侧高空槽从青藏高原东侧经甘肃南部延伸至四川盆地西部附近;中低纬度地区的高空槽经贵州西北部延伸至云南附近,贵阳位于高空槽前;我国华南沿海地区主要受西南气流影响。700 hpa,中低纬度地区受切变线影响,切变线从内蒙古经陕西、甘肃地区一直延伸至四川盆地东南侧,贵州位于切变线前部。850 hpa,低涡位于四川盆地东部至重庆地区,切变线从低涡中心延伸至贵州西北部,贵阳位于

涡底切变线前部。地面，冷高压中心位于蒙新高地，低压中心位于内蒙古以北，冷锋从低压中心经内蒙古一直延伸至甘肃附近，高压中心位于青海地区，西南地区受热低压控制，低压中心位于云南地区，中心值达 997.5 hpa。20:00，如图 1(b)所示，500 hpa 中纬度地区高空槽进一步发展东移，呈阶梯状分布，北段经内蒙古至甘肃附近，南段从陕西经重庆地区一直延伸至四川南部，贵州仍位于高空槽前。700 hpa，切变线东移，呈阶梯状分布，北段经内蒙古延伸至陕西附近，南段从湖北经重庆延伸至四川南部，贵州仍位于切变线前部。850 hpa，低涡缓慢东移，切变线从河南经湖北一直延伸至贵州东南部，贵阳此时位于切变线后部。地面，冷高压影响青海、陕西、山西、河南、湖北地区，冷锋经安徽到湖南附近，贵州地区仍受热低压影响。19 日 08:00，如图 1(c)所示，500 hpa 高空槽继续东移，北段高空槽经内蒙古延伸至山西附近，南段从河南经湖北延伸至重庆地区，西南地区的高空槽经四川南部延伸至云南南部，贵州位于高空槽前；700 hpa，切变线东移南压，切变线从内蒙古经山西、河南一直延伸至云南地区，此时贵阳位于切变线前部；850 hpa，低涡已移至河南、山东地区，切变线从低涡中心一直延伸至贵州中部，此时贵阳位于切变线后部，经分析可知，中高层系统未过贵阳地区，低层系统已完全过贵阳地区；地面，高压影响青海、甘肃、陕西及四川地区，热低压减弱，中心值为 1002.5 hpa，地面冷锋缓慢南压，冷锋从安徽经湖南到贵州东南部，冷锋过境时触发了不稳定能量的释放，导致此次雷雨过程后续的发生发展。故此次对流过程的主要影响系统为高空槽、切变线及地面冷锋。

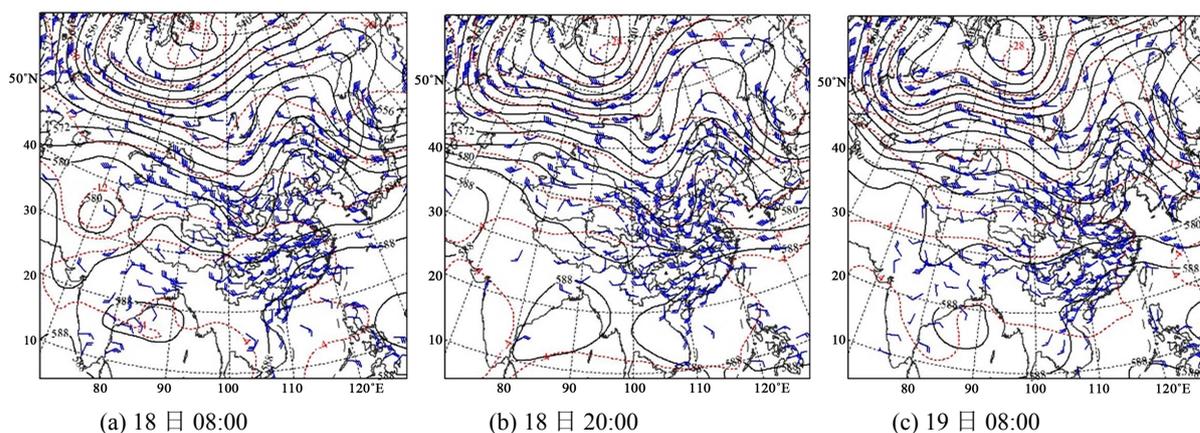


Figure 1. 500 hpa aerial map from June 18 to 19  
图 1. 6 月 18 日至 19 日 500 hpa 高空图

分析 18 日 08:00，700 hpa 贵州受西南低空急流影响，急流轴最大风速达 12 m/s。850 hpa 受偏南低空急流影响，急流轴最大风速达 12 m/s，贵州区域位于低空急流的左侧，为辐合上升运动区。贵州地区的低层水汽输送是通过低空急流实现的，水汽主要来源于孟加拉湾和南海。同时低空急流为此次过程带来了丰富的暖湿气流，有利于对流性不稳定层结的形成，在低空急流左侧上升运动的触发下，贵州区域容易产生强对流天气。

2023 年 6 月 18 日 08:00，如图 2(a)所示，贵阳站探空图呈上干下湿的喇叭口结构，且有明显的不稳定能量，有利于对流发展，同时风随高度顺转，说明低层有暖平流存在，这种探空结构表明贵阳地区的大气层结处于不稳定状态，一旦有切变线等系统过境，易触发不稳定能量，有利于对流天气的产生。20:00，(图略)低层出现逆温层，逆温层位于 700 hpa 附近，进一步阻碍能量向上传递而在中低层积累，为后续的对流过程继续积累不稳定能量。19 日 08:00，如图 2(b)所示，风随高度逆转，说明低层有冷平流存在，且逆温层逐渐消散，大气层结逐渐稳定。

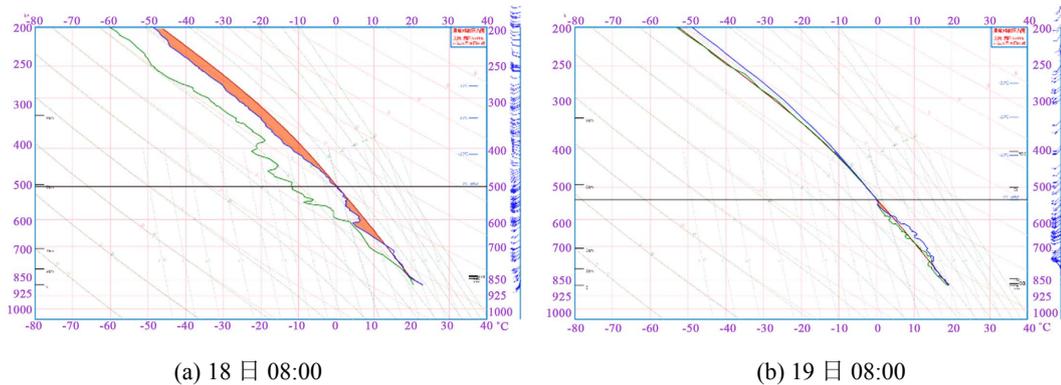


Figure 2. Sounding map of June 18 and 19, 2023  
图 2. 2023 年 6 月 18 日及 19 日探空图

## 5. 物理量分析

### 5.1. 水汽条件

从比湿和水汽通量散度垂直剖面图可知, 2023 年 6 月 18 日 08:00, 如图 3(a)所示, 湿舌从低纬度向高纬度延伸, 厚度达 400 hpa 左右, 贵阳机场上空比湿最大达 22 g/kg 左右, 说明本地处于高湿状态, 且低层为水汽通量散度的负值区在 850 hpa 以下, 数值最大达  $-1.6 \times 10^{-8}$  s 左右, 表明低层存在水汽辐合, 有利于水汽将在低层汇聚, 水汽含量未来会进一步增加。20:00, 如图 3(b)所示, 贵阳机场上空比湿数值最大为 18 g/kg 左右; 700 hpa 以下为水汽通量散度负值区, 数值最大为  $-1.6 \times 10^{-8}$  s 左右, 低层水汽辐合仍存在。如图 3(c)所示, 19 日 08:00 的比湿层厚度有所降低, 贵阳机场上空比湿最大值为 22 g/kg, 850 hpa 以下为水汽通量散度负值区, 数值最大为  $-0.8 \times 10^{-8}$  s, 水汽供应有所减弱。

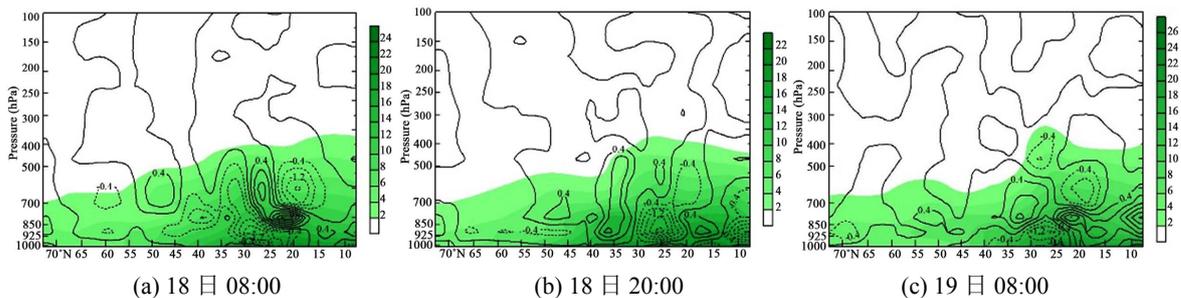


Figure 3. Vertical profile of specific humidity and water vapor flux divergence from June 18~19, 2023 (along 106.5°E); the contour line indicates the divergence of water vapor flux (unit:  $10^{-8}$  s), and the shadow area indicates the specific humidity (unit: g/kg)

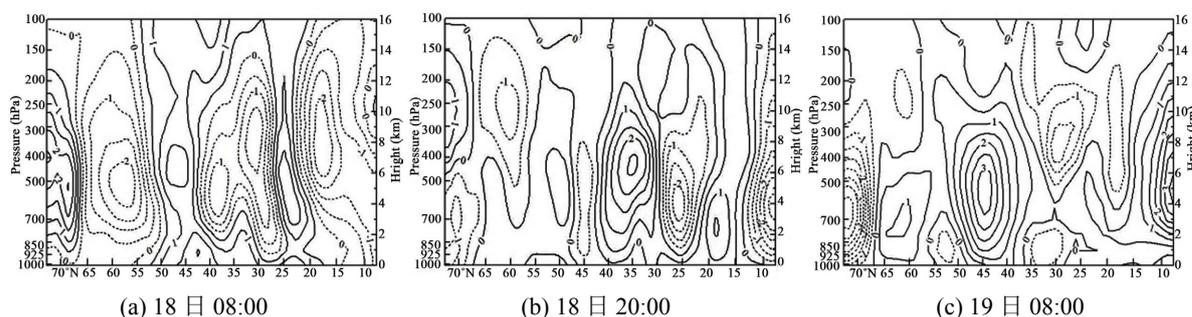
图 3. 2023 年 6 月 18 日至 19 日比湿和水汽通量散度垂直剖面图(沿 106.5°E); 等值线表示水汽通量散度(单位:  $10^{-8}$  s), 阴影区表示比湿(单位: g/kg)

### 5.2. 能量条件

分析 2023 年 6 月 18 日 08:00 热力学参数可知, 对流有效位能(CAPE)为 1037.7 J/kg, k 指数为 35.6°C, 表明该地区存在大量不稳定能量的累积。20:00, 对流有效位能(CAPE)减少为 558.9 J/kg, k 指数为 42.8°C, 表示在雷雨天气过程发生后, 有明显的能量释放, 但由于沙氏指数(SI)维持在  $-1.48$ °C, 表明贵阳地区仍有不稳定能量存在。19 日 08:00, CAPE 值减少为 21 J/kg, 沙氏指数(SI)增加为 0.62°C, 大气层结逐渐稳定。

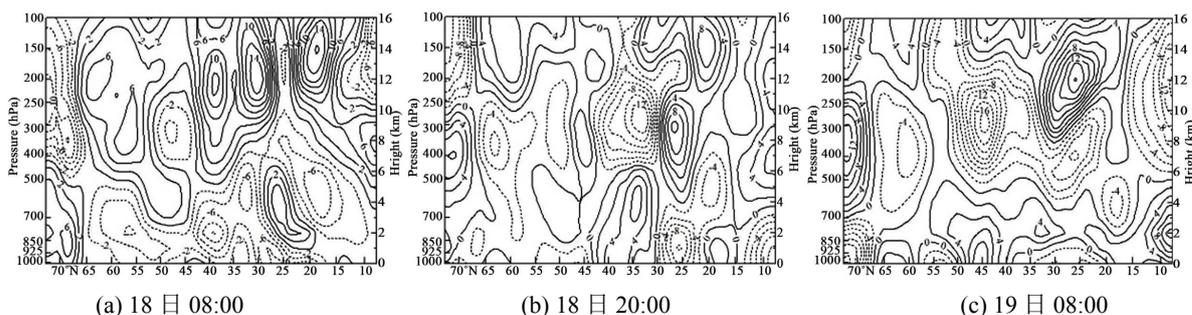
### 5.3. 动力条件

由垂直速度剖面图(沿 106.5°E)可知, 2023 年 6 月 18 日 08:00, 如图 4(a)所示, 贵阳机场上空为垂直速度正值区, 上升运动不明显。20:00, 如图 4(b)所示, 贵阳机场上空整层转为垂直速度负值区, 并且出现速度中心, 中心位于 500 hpa~700 hpa 之间, 垂直速度最大约为 $-2 \times 10^{-3}$  hpa/s 左右, 表明上升运动加强。19 日 08:00, 如图 4(c)所示, 400 hpa 以下转为垂直速度正值区, 表明 400 hpa 以下转为下沉运动, 不利于雷雨天气的维持。



**Figure 4.** Profile view of vertical velocity in P coordinate system from June 18 to 19, 2023 (along 106.5°E, unit:  $10^{-3}$  hpa/s)  
**图 4.** 2023 年 6 月 18 日至 19 日 P 坐标系下垂直速度剖面图(沿 106.5°E, 单位:  $10^{-3}$  hpa/s)

分析 2023 年 6 月 18 日散度垂直剖面图(沿 106.5°E), 08:00, 如图 5(a)所示, 850 hpa 以下为散度负值区, 散度值最大为 $-6 \times 10^{-6}$ /s, 850 hpa~500 hpa 为散度正值区, 500 hpa 以上为散度负值区, 即气流在低层辐合。20:00, 如图 5(b)所示, 500 hpa 以下转为散度负值区, 并且存在辐散中心, 辐散中心位于 850 hpa 附近, 中心值为 $-10 \times 10^{-6}$ /s、500 hpa 以上转为散度正值区, 并且出现辐合中心, 辐散中心位于 300 hpa 附近, 中心值为  $10 \times 10^{-6}$ /s, 表明存在中低层辐合, 高层辐散的结构, 中低层辐合使上升运动进一步加强, 有利于对流天气的发生发展。19 日 08:00, 如图 5(c)所示, 低层辐合中心消失, 500 hpa 以下转为散度正值区, 表明中低层辐合明显减弱, 不利于上升运动发展和后续雷雨天气的维持。



**Figure 5.** Vertical profile of divergence from June 18 to 19, 2023 (along 106.5°E, unit:  $10^{-6}$ /s)  
**图 5.** 2023 年 6 月 18 日至 19 日散度垂直剖面图(沿 106.5°E, 单位:  $10^{-6}$ /s)

## 6. 结论

通过此次强对流天气过程进行分析, 得出以下结论:

- 1) 导致此次强对流天气过程产生的主要影响系统为高空槽、低层切变线及地面冷锋。
- 2) 低层暖湿平流的输送为此次强对流天气过程发生前不稳定层结的建立提供了有利条件。
- 3) 中低层辐合, 高层辐散的结构, 使上升运动进一步加强, 有利于强对流天气的发生发展。

4) 大量的不稳定能量、充足的水汽和强烈的上升运动为此次强对流天气过程的发生提供了良好的条件。

### 参考文献

- [1] 曾妮, 方鹏, 蒙军, 等. 一次暖区暴雨天气过程分析[J]. 中低纬山地气象, 2022, 46(3): 32-38.
- [2] 郑婧, 陈娟, 徐星生, 等. 一次低空急流加强下的暴雨过程成因分析[J]. 干旱气象, 2020, 38(3): 411-422.
- [3] 刘贵萍, 李丽, 刘烈霜. 贵阳龙洞堡机场一次雷暴天气过程分析[J]. 贵州气象, 2005(1): 13-16.
- [4] 杨新林, 孙建华, 鲁蓉, 等. 华南雷暴大风天气的环境条件分布特征[J]. 气象, 2017, 43(7): 769-780.
- [5] 胡祖恒, 李国平, 官昌贵, 等. 中尺度对流系统影响西南低涡持续性暴雨的诊断分析[J]. 高原气象, 2014, 33(1): 116-129.