

王璇,罗亚楠,苏娅,等. 毕节市两高切变型暴雨特征分析[J]. 陕西气象,2024(5):18-23.

文章编号:1006-4354(2024)05-0018-06

毕节市两高切变型暴雨特征分析

王璇¹,罗亚楠²,苏娅¹,刘丽¹,刘健平¹

(1. 毕节市气象局,贵州毕节 551700;2. 七星关区气象局,贵州毕节 551700)

摘要:利用 2011—2020 年常规气象观测资料,对毕节市两高切变型 31 次暴雨过程共 42 个暴雨日的天气系统和物理量特征进行综合诊断分析。结果表明:两高切变型暴雨是在高空切变线与低层暖湿切变线共同作用下形成的暴雨天气过程,局地性强,且常出现连续性暴雨天气过程。在高压高湿环境下,北方的弱冷空气侵入形成锋区,触发对流系统生成发展。强烈的上升运动、低层西南急流辐合及 θ_{se} 锋区的斜压性使得低涡发展更为激烈,进而促进中尺度对流系统的加强与发展。

关键词:两高切变;暖湿切变线;锋区;贵州毕节

中图分类号:P458

文献标识码:A

毕节市地处青藏高原东南侧、云贵高原东斜坡上,是贵州天气系统的上游,也是全省冰雹、暴雨和雷电等灾害性天气的主要发源地。由暴雨造成的山洪、塌方、滑坡、泥石流等灾害常年频发。气象工作者们根据影响系统,将贵州暴雨归纳总结为以下几种类型:冷锋低槽型、低涡切变型、两高切变型、梅雨锋型、南支槽型、台风倒槽型,其中两高切变型是较为特殊的一种类型^[1]。毕节市两高切变型暴雨过程多出现在每年的 6~10 月,尤其以 6~8 月较多,这与青藏高原和东太平洋副热带高压(下称副高)的强盛有关,是毕节强降水过程的主要形式之一。过程持续时间一般为 1~2 d,最长 3~4 d,常导致毕节出现持续性的强降水天气,且强降水落区较为复杂,预报难度大。

众所周知,副高和青藏高原的位置与我国暴雨天气密切相关。由于副高位置和强度的不确定性,长期以来两高切变降水落区和强度预报一直是暴雨预报的难点。近年来,以欧洲气象中心为代表的数值天气预报取得了重大进展,准确度不断提高,许多学者也对副高的结构进行了研究。

20 世纪 60 年代初,黄土松等^[2]开创性地提出了副高结构的概念后,人们对副高的形态与降水的关系进行了大量研究^[3-6]。副高的季节性南北移动和北方冷空气的阻挡,很大程度上影响了中国东部雨带的位置变化^[7-10],而晏红明等^[11]研究指出副高的东西变动与西南地区降水呈显著相关。肖递祥等^[12]、李德友等^[13]对四川两高切变型暴雨研究后指出,两高切变型暴雨是在高压高湿环境下,冷空气入侵形成锋区,触发系统发展,主要触发系统是切变线。针对两高切变型暴雨天气,之前当地的研究较少,且未开展地方性客观暴雨指标或概念模型的研究,本文通过对毕节近 10 a 两高切变型暴雨个例进行统计与分析,总结此类暴雨天气系统与物理量特征。

1 资料与方法

选取毕节市 2011—2020 年两高切变型暴雨个例进行分析。由于该型暴雨局地性强,因此选取范围为毕节市国家气象站及区域气象站。选取标准为:当日 20 时至次日 20 时,国家站及区域站降水量 ≥ 50 mm 为一个暴雨日,连续性暴雨为一

收稿日期:2023-10-30

作者简介:王璇(1991—),女,汉族,贵州毕节人,硕士,工程师,主要从事中短期天气预报。

基金项目:贵州省气象局科研业务项目(黔气科登[2021]09-09号);贵州省气象局 2023 年省市联合科研基金资助项目(黔气科合 SS[2023]29号)

次暴雨天气过程。所用资料为 ERA5 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 再分析资料,时间分辨率为 1 h,以及 08 时和 20 时高空及地面观测资料。通过对位势高度场、风场和物理量场分别进行算术平均得到合成场。

2 个例选取及分类

从 2011—2020 年中挑选出两高切变型暴雨天气过程,选取 31 次暴雨过程共 42 个暴雨日(表 1)。毕节市近 10 a 两高切变型暴雨平均暴雨日数为 4.7 d,其中 2014 年及 2020 年暴雨日数为两个峰值,分别为 8 d 和 10 d,其余年份基本在 3~4 d。全年中主要集中在 6、7 月,占总暴雨日数的 73.8%。

根据暴雨落区,将 31 次天气过程分为西部型、东部型和区域型。暴雨落区主要分布在威宁、赫章、纳雍及七星关四个县区时为西部型暴雨,主要分布在大方、金沙、黔西及织金时为东部型暴雨,全市有大范围暴雨时为区域型暴雨。西部型暴雨有 14 次暴雨过程,共 17 d,占总暴雨日数的 39.5%;东部型有 4 次暴雨天气过程,共 6 d,占总暴雨日数的 14%;区域型暴雨有 13 次暴雨过程,共 19 d,占总暴雨日数的 44.2%。连续性暴雨天气过程占总天气过程的 29%,连续 3 d 暴雨天气出现 2 次,连续 2 d 为 7 次。

表 1 2011—2021 年毕节市两高切变型暴雨统计

出现时间	暴雨站数/站	日最大值降雨量/mm	持续日数/d	落区分布
2011-06-27	24	100.2	1	西部
2011-07-22	35	125.4	1	区域
2011-08-23	26	112.5	1	区域
2011-10-13	20	99.4	1	东部
2012-06-28	7	74.9	1	东部
2012-06-30	4	66.9	1	西部
2012-07-05	6	71.4	1	西部
2013-07-06	12	81.2	1	西部
2013-07-19	14	115.2	1	西部
2013-09-11	18	80.7	1	西部
2014-07-03	6	98.3	2	西部
2014-07-12	42	116.9	2	西部
2014-07-15	122	209.9	3	区域
2014-08-27	7	91.8	1	西部
2015-07-15	86	128.2	1	区域
2015-07-22	4	71.0	1	西部
2016-06-15	65	113.8	2	区域
2016-06-19	17	120.0	2	西部
2017-07-07	137	171.9	1	区域
2017-07-15	15	79.6	1	西部
2017-07-20	28	180.6	2	东部
2019-07-30	48	139.4	1	区域
2019-08-28	8	83.2	1	西部
2019-10-05	93	168.2	2	区域
2020-06-30	124	186.7	3	区域
2020-07-08	119	187.4	1	区域
2020-07-19	58	117.4	1	区域
2020-07-26	45	143.4	1	西部
2020-08-08	16	91.7	2	东部
2020-09-06	206	217.0	1	区域
2020-09-10	97	169.8	1	区域

3 环流背景

两高切变型暴雨落区与青藏高原和副高的发展变化、切变槽的位置、低层低涡切变的移动路径和急流区位置密切相关。副高稳定、西南气流较为强盛,这对于孟加拉湾和南海面的水汽向毕节输送极为有利,700、850 hPa 低层低涡切变系统经高空槽东移扰动后常在毕节造成暴雨天气。

3.1 西部型

西部型暴雨特点为局地性强,多出现单点强降水,且落区较为分散,影响范围小。该型暴雨发生在副高较强、青藏高原偏弱的情况下。副高588 dagpm 线多位于华南至贵州中部一带,青藏高原地区为高压环流,两高之间低槽区位于四川东部到东南部,呈东北—西南走向,中高纬环流经向度不大,没有明显冷空气或冷空气较弱(图1a)。对流层高层南亚高压位于西藏中部和南部,贵州处于高压东部脊线附近,风速较小。低层700 hPa 上(图1d),副高西侧多有西南急流存在,低涡切变位于四川东部,毕节西部有明显的露点

锋。850 hPa 上,贵州北部有风场和水汽辐合。降水多由局地性强对流天气造成,但由于低层辐合和高层辐散都较弱,对流的发展受到限制,导致影响时间较短、范围较小,但当有冷空气南下时,700 hPa 低涡切变南移,低层辐合增强,也会产生较大降水。

3.2 东部型

东部型暴雨出现概率较小,通常强度不强。中层500 hPa 上(图1b),高压带位置偏南,副高位于东南沿海,青藏高原位于西藏南部到孟加拉湾北部一带,低槽区位于云南东部—贵州西部,呈南北走向;中高纬环流为两脊—槽型,蒙古国至我国甘肃一带有深厚的高空槽,槽后西北风较大,引导低层系统快速南下,因此该型暴雨持续时间不长。高层南亚高压同样位于孟加拉湾北部,贵州处在高压东北侧,有西北风高空急流。低层风速较小,基本没有急流存在,低涡切变线从四川东南部快速南下到贵州中南部,影响时间多在12 h 以内(图1e)。

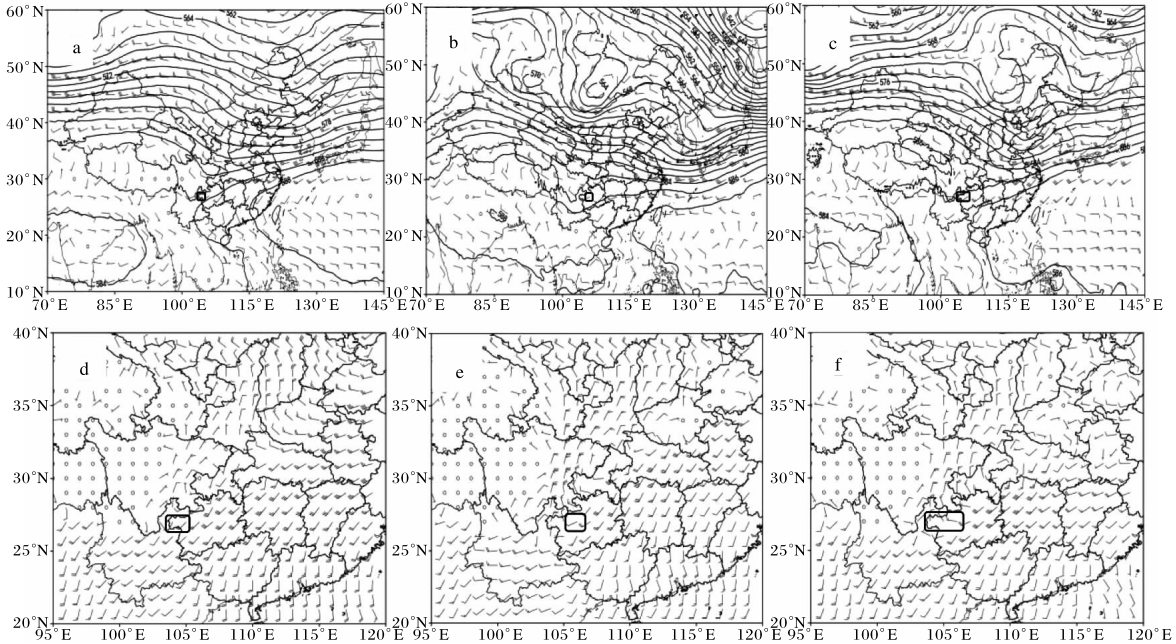


图1 毕节市两高切变型暴雨风场和高度场合成分析(a 500 hPa 西部型,b 500 hPa 东部型,c 500 hPa 区域型,d 700 hPa 西部型,e 700 hPa 东部型,f 700 hPa 区域型;黑色框为暴雨区;审图号为GS京(2022)1061号)

3.3 区域型

区域型暴雨次数仅次于西部型暴雨,是出现连续性暴雨过程最多的一个类型。此类型暴雨出

现在副高与青藏高原强度相当,较为稳定的情况下。副高588 dagpm 线位于华南一带,副高面积宽广、势力强盛,青藏高原多位于西藏中部,低槽

区位于重庆至四川东南部,呈东北—西南走向,有时为东西走向的横切变,由于强大的副高阻挡,维持时间长;中高纬环流为两槽一脊型,我国东部维持一较深的东亚大槽,槽底伸至两湖盆地(图1c)。高层南亚高压位于西藏中南部,贵州处于东部脊线或高压东北侧西北风控制下,该型高层形势与西部型相似,但南亚高压强度更强,高空风速也更大。低层700 hPa在贵州至湖南一带为西南风低空急流,切变线从贵州西北部缓慢南下到贵州中部(图1f),850 hPa在广西至湖南一带也有一偏南风低空急流,切变线在贵州中北部维持。两层切变线叠加影响,且维持时间长,为暴雨提供了有利的动力抬升条件,此外,低空急流也对暴雨区提供了充足的水汽输送。强降水的落区与低层暖湿切变线的位置有着密切关联,而500 hPa切变槽的扰动同样起到了关键作用。

4 物理量特征

4.1 动力特征

中尺度低涡切变的发生发展和移动是产生暴雨的重要原因之一。上述暴雨个例中均有中尺度

低涡切变存在,并且大多是在暖切变上生成的。一般认为中尺度低涡的产生是中尺度正涡度输送、季风涌水汽输送、弱冷空气等因素共同作用的结果^[14]。下面主要从这几个方面进行分析。

对暴雨区做涡度和散度的纬向剖面合成分析发现(图2a),中低层存在强辐合中心,正涡度中心值大于 $15 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,高层为弱涡度或负涡度区,整层非常有利于上升运动。同时散度的剖面也显示中低层为强辐合区、高层为强辐散区。此外,强上升运动区也与假相当位温高值区相对应(图2b),垂直速度小于 -1.0 Pa/s ,高能高湿环境配合强烈的上升运动,为暴雨的发生发展提供了良好的动力条件。

低空西南风急流为暴雨的发生发展提供水汽和能量的输送,并且由于急流带中风速分布不均匀,在急流左前方有正切变涡度,形成辐合,导致中尺度低涡发生发展。暴雨发生前,暴雨区南侧通常有西南或偏南气流发展加强,700~850 hPa之间风速由 $6 \sim 10 \text{ m/s}$ 增加到 $12 \sim 14 \text{ m/s}$,暴雨区位于急流左侧辐合区(图略)。

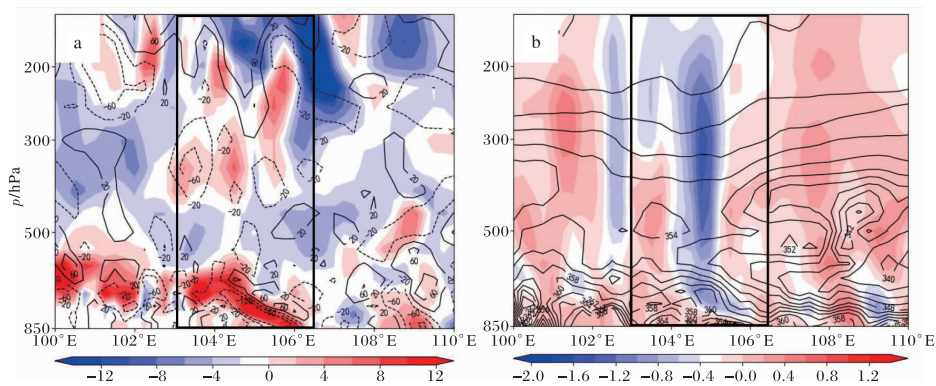


图2 毕节市两高切变型暴雨涡度(阴影;单位为 10^{-5} s^{-1})与散度(黑线;单位为 1.0 s^{-1})纬向垂直剖面合成分析(a)和垂直速度(阴影;单位为 Pa/s)与假相当位温(黑线;单位为 K)纬向垂直剖面合成分析(b)(图中黑色方框区域为暴雨区,下同)

弱冷空气对暴雨的加强有着重要作用(图3)。沿 106°E 做涡度和假相当位温的经向剖面合成分析发现, θ_{se} 锋区向北倾斜,有弱冷空气的渗透,中低层正涡度强,正涡度中心大于 $12 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。两高切变型暴雨中低涡切变一般发生在锋区南侧的暖湿气流中,弱冷空气的渗透使得大气斜压性加强,低涡发展更为激烈,进而促进中尺度对流系统的

加强与发展。

4.2 水汽特征

对露点温度进行合成分析发现(图4a),中低层在暴雨区附近存在明显的露点锋。重庆、四川一带干空气向南输送,形成干舌,低空急流的建立使湿空气向北输送,形成湿舌,干湿舌在暴雨区附近交汇对峙,形成一条东北西南向的锋区,露点温

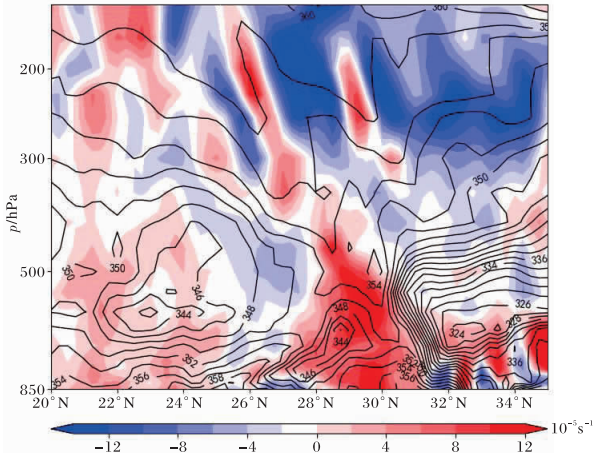


图3 毕节市两高切变型暴雨假相当位温(黑线;单位为K)与涡度(阴影)经向垂直剖面合成分析

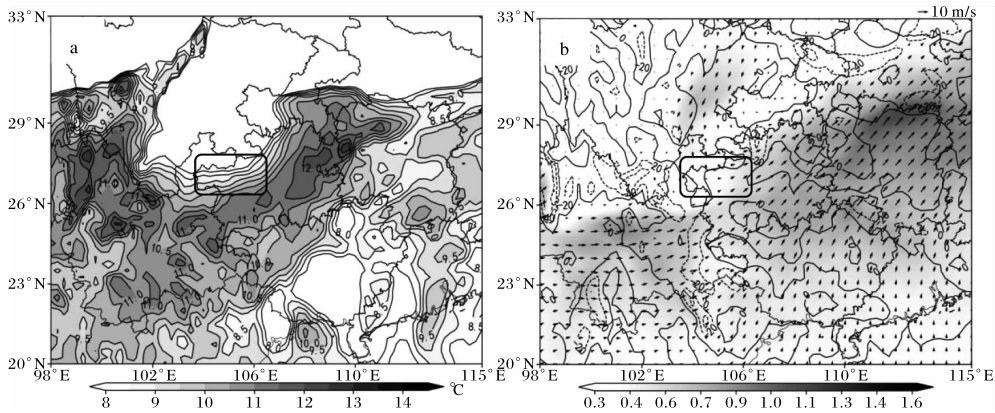


图4 毕节市两高切变型暴雨700 hPa露点温度(a)与风速(箭头矢量;单位为m/s)、水汽通量(阴影;单位为 $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)和水汽通量散度(等值线;单位为 $10^{-7} \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)合成分析(b)(审图号:GS京(2022)1061号)

分析发现(图5),贵州大部为 θ_{sc} 高值区,中心值大于354 K,在高压区西北侧即暴雨区附近存在明

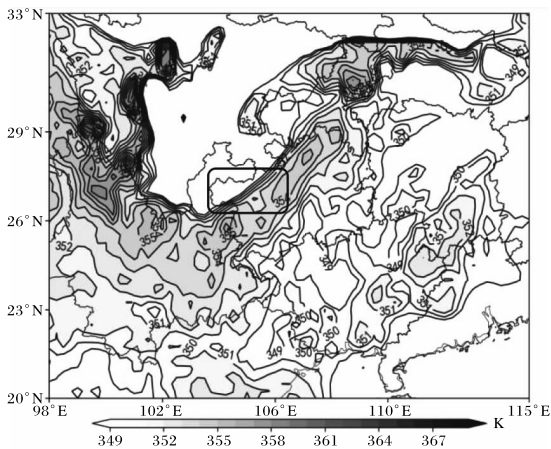


图5 毕节市两高切变型暴雨700 hPa假相当位温合成分析(审图号:GS京(2022)1061号)

显的能量锋区,触发对流单体。

从水汽通量和水汽通量散度的合成分析来看(图4b),最主要的水汽辐合区位于700 hPa附近,来自孟湾西南气流的水汽输送带与来自正北路径的冷空气在贵州省西北部辐合。850 hPa上来自南海的输送带为暴雨的维持提供了充足的水汽。

4.3 热力特征

假相当位温 θ_{sc} 是表征大气温度、湿度、气压的综合特征量, θ_{sc} 的分布反映了大气中能量的分布。 θ_{sc} 垂直剖面上(图2b),低层700 hPa以下为高能区,中层700~400 hPa为低值区, $\frac{\partial \theta_{sc}}{\partial z} < 0$,大气为不稳定层结。对700 hPa的 θ_{sc} 进行合成分析

明显的能量锋区,触发对流单体。

5 结论

通过对毕节市两高切变型31次暴雨过程共42个暴雨日进行合成分析,得出以下结论。

(1)毕节市两高切变型暴雨多出现在西部地区,且常出现连续性暴雨天气过程。

(2)当副高偏强偏西时,暴雨落区位于西部;当副高偏弱时,暴雨落区位于东部,且持续时间短;当副高与青藏高原强度相当,系统稳定,多出现大范围暴雨天气。

(3)毕节市两高切变型暴雨主要触发系统是低层暖湿切变线。强烈的上升运动、低层西南急流辐合及 θ_{sc} 锋区的斜压性使得低涡发展更为激烈,进而促进中尺度对流系统的加强与发展。

(4)北方弱冷空气与南方暖湿空气在暴雨区

附近交汇对峙,形成一条东北-西南向的锋区,锋生作用触发对流发展。

参考文献:

- [1] 甘文强,李刚,万雪丽. 近 57a 5-9 月贵州极端强降水变化特征[J]. 干旱气候,2018,36(4):617-623.
- [2] 黄土松,余志豪. 副热带高压结构及其同大气环流有关若干问题的研究[J]. 气象学报,1962(增刊1):67-87.
- [3] 张素琴,林学椿. 副高持续异常对长江中下游夏季降水的影响[J]. 气象,2000,26(5):27-31.
- [4] 谭桂容,孙照渤. 西太平洋副高与华北旱涝的关系[J]. 热带气象学报,2004,20(2):206-211.
- [5] 龚道溢,何学兆. 西太平洋副热带高压的年代际变化及其气候影响[J]. 地理学报,2002,57(2):185-193.
- [6] 金荣花,蒙嘉川,裴海瑛. 两次区域性暴雨过程副高三维结构对比分析[J]. 气象,2007,33(4):40-46.
- [7] 韦道明,李崇银,谭言科. 夏季西太平洋副热带高压南北位置变动特征及其影响[J]. 气候与环境研究,2011,16(3):255-272.
- [8] 李慧,周顺武,王亚非. 西太平洋副热带高压异常与中国长江中下游夏季降水关系研究综述[J]. 气象与环境学报,2013,29(1):93-102.
- [9] 张庆云,陶诗言. 夏季西太平洋副热带高压异常时的东亚大气环流特征[J]. 大气科学,2003,27(3):269-380.
- [10] 张庆云,陶诗言. 夏季西太平洋副热带高压北跳及异常的研究[J]. 气象学报,1999,57(5):539-548.
- [11] 晏红明,王灵. 西北太平洋副高东西变动与西南地区降水的关系[J]. 应用气象学报,2019,30(3):360-375.
- [12] 肖递祥,杨康权,俞小鼎,等. 四川盆地极端暴雨过程基本特征分析[J]. 气象,2017,43(10):1165-1175.
- [13] 李德友,陈杨楠,余一坤,等. 两高切变型四川盆地大暴雨天气过程机制研究[J]. 高原山地气象研究,2022,42(1):13-18.
- [14] 李银娥,王艳杰,李武阶,等. 低层锋生型暴雨特征合成分析[J]. 气象科学,2015,35(2):223-229.