

杨群, 张李娟, 胡萍. 重庆低涡影响下贵州铜仁两次暴雨过程分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2021, 15(4): 26-34.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2021.04.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



重庆低涡影响下贵州铜仁两次暴雨过程分析

杨群, 张李娟, 胡萍

(铜仁市气象局, 贵州 铜仁 554300)

摘要: 利用区域自动站观测、卫星、NCEP(1.0°×1.0°)再分析以及EC细网格等资料,对2019年6月发生在铜仁的2次暴雨天气过程进行分析,结果表明:(1)2次暴雨天气过程高空500 hPa青藏高原和四川有高空槽东移,贵州处于槽前西南气流中。地面从青海—甘肃南下的冷空气,分两路南下在遵义东部交汇,迫使该地暖空气抬升,在重庆附近形成“Ω”形势,凸起的中心位于重庆中部,形成锢囚气旋。(2)对应在850 hPa有贵州偏南气流与四川偏北气流交汇,在毕节东部形成气旋性环流,随着南风持续加强,北风继续南下补充,逐渐在重庆西北部形成低涡(即重庆低涡)。(3)与低涡对应的对流云团,起初触发于毕节与遵义附近,并沿着低涡切变线移动、发展,最强时形成MCS,云顶温度<-70℃,暴雨发生在对流云团强中心附近。(4)从垂直结构看,低涡伸展高度在850 hPa以下,低涡附近前侧低层为暖湿、中高层干冷,而低涡后侧则整层为干冷,同时近地层偏东风气流也表现为暖湿特性,则利于对流降水在低涡前侧不稳定的暖湿气流里激发。(5)铜仁处于重庆低涡影响的形势下,物理量特征能较好地反映降雨的起止时间和降雨落区。

关键词: 暴雨;冷空气;重庆低涡

中图分类号: P458.121.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0799(2021)04-0026-09

低涡是指中心气压比四周低的高空天气图上的气旋式涡旋。低涡有2种:一种是尺度较小的短波系统,多存在离地面2~3 km的低空,如西南涡、西北涡、高原涡等,它们东移后,对中国东部广大地区降水都有影响。另一种是尺度较大的长波系统,从低空到高空都有表现,是比较深厚的系统,如东北冷涡、华北冷涡等。受东北冷涡影响的地区,常出现强对流天气,如冰雹、暴雨等。对于中尺度的西南涡、西北涡、高原涡等均形成于青藏高原及周边,与地形作用有关。目前对于此类典型低涡暴雨的影响研究较多,李江萍等^[1]统计西北涡的时空分布特征指出西北涡主要出现在柴达木

盆地东南和西北区域。低涡本身对柴达木盆地的作用并不是很明显,但东移后主要影响甘肃中东部及河西南部地区的低云降水和暴雨天气^[2],也有可能影响黄河中、下游地区^[3]。李国平^[4]曾阐述了高原涡、西南涡研究的新进展及有关科学问题,指出高原涡和西南低涡是造成川渝地区夏季极端性暴雨的影响系统,对暴雨的形成有重要的意义。西南低涡正涡度层伸展较高,可达对流层顶^[5-6],且西南低涡在不同发展阶段的冷暖垂直结构有明显的差异^[7],高层的强辐散和低层强辐合相配合,有利于西南低涡的增强、发展^[8]。持续性暴雨主要出现在西南低涡的暖切变线附近^[9]。重庆地区西南涡暴雨则发生在V分量南北风最大值中心连线附近^[10],低涡中心附近及东侧^[11-12]。高原低涡大多产生于高原西部,消失于高原东部,但在一定形势下低涡会移出高原主体,造成东部广大地区暴雨发生,持续时间长,影响范围广^[13-14],强降水天气发生于高原低涡前部的正涡度平流区^[15]。高原

收稿日期:2020-05-25;修回日期:2020-10-21

基金项目:中国气象局预报员专项(CMAYBY2020-116);贵州省气象局科研业务项目(黔气科登[2019]11-04号);贵州省科技厅项目(黔科合基础[2018]1158);铜仁市暴雨预报研究团队项目

作者简介:杨群(1983—),女(土家族),高级工程师,主要从事天气预报及暴雨研究。E-mail:315314378@qq.com

涡和西南涡共同作用下,有利于形成一个稳定且深厚的系统,暴雨强度则更强^[16-17]。

而贵州北部—重庆的低涡(即重庆低涡)形成过程较典型的中尺度低涡有一定差别,它主要是贵州东部西南气流北上,受到四川西部和北部南下的偏北气流阻挡,迫使西南气流向西转向在贵州西北部毕节地区与偏北气流汇合,形成一气旋性环流。最后随着西南气流持续北抬,四川西北气流和湖北东北气流持续南下,迫使贵州东北部西南暖湿气流旋转抬升在重庆形成低涡。其低涡尺度小(直径在 100~150 km)、影响时间短(一般 1~2 d)、伸展高度低(集中在 850 hPa 以下)。同时地面上有从青海—甘肃的冷空气分两路南下,在重庆至遵义东部交汇,使得该地暖空气抬升,在重庆附近形成“Ω”形势,凸起的中心位于重庆中部,加上高空槽、低层低涡切变线的维持,诱发地面气旋系统的生成与发展,形成重庆锢囚气旋形势,强降水则发生在低涡东南侧。此种形势的暴雨天气过程目前研究很少,而且暴雨落区预报难度较大,所以很有必要针对此类暴雨落区预报特征进行分析。

2019 年 6 月铜仁连续 2 次发生类似的降雨过程,且 2 次降雨落区相近,数值预报却连续预报失误,6 月 8 日数值预报暴雨强度偏强,且南部暴雨漏报,北部空报;28 日北部落区预报正确,但强度偏强,东部暴雨漏报。本文主要针对 2019 年 6 月在重庆低涡形成过程中出现的 2 次暴雨天气过程,从环流背景、低涡形成和结构特征、降雨云团生成以及物理特征进行分析,以期能提高类似环流背景下依据数值预报开展暴雨预报的准确率。

1 降雨概况

2019 年 6 月出现 2 次落区相近的暴雨过程,分别为 6 月 7—9 日、27—29 日(图 1)。累计降雨量超过 25 mm 的落区出现在铜仁西北部沿河、德江及东部的江口、碧江、玉屏、万山地区。2 次暴雨过程,东、西部的强降雨均分为 2 个时段发生,6 月 7 日 20 时(北京时,下同)—9 日 08 时暴雨过程,最大小时雨强为 44.7 mm/h,西部强降雨出现在 8 日 06—09 时,持续时间为 4 h,东部降雨出现在 8 日 22 时—9 日 08 时,最强时段为 8 日 22 时—9 日 00 时,最大小时雨强为 44.7 mm/h,持续时间为 3 h。2019 年 6 月 27 日 20 时—29 日 08 时暴雨过程,最大小时雨强为碧江瓦屋的 55.1 mm/h,铜仁西北部强降雨主要发生在 28 日 07—12 时,东部强降雨发生在 28 日 17 时—29 日 04 时。

2 资料

利用常规观测雨量自动站资料、卫星资料、NCEP (1.0°×1.0°) 再分析资料,EC 细网格 (0.25°×0.25°) 初始场等资料,对铜仁 2 次相似落区暴雨过程的环流背景和形成原因进行分析。

3 环流形势特征

3.1 高空环流背景

2019 年 6 月 8 日 08 时 500 hPa 中高纬为两槽一脊,青藏高原多波动槽东移,副高 588 线位于两广地区,贵州处于高原波动及四川中部槽前的偏西南气流里。孟加拉湾有低涡活动,利于水汽向北输送。700 hPa 四川南部低涡维持,暖切变线位于贵州西

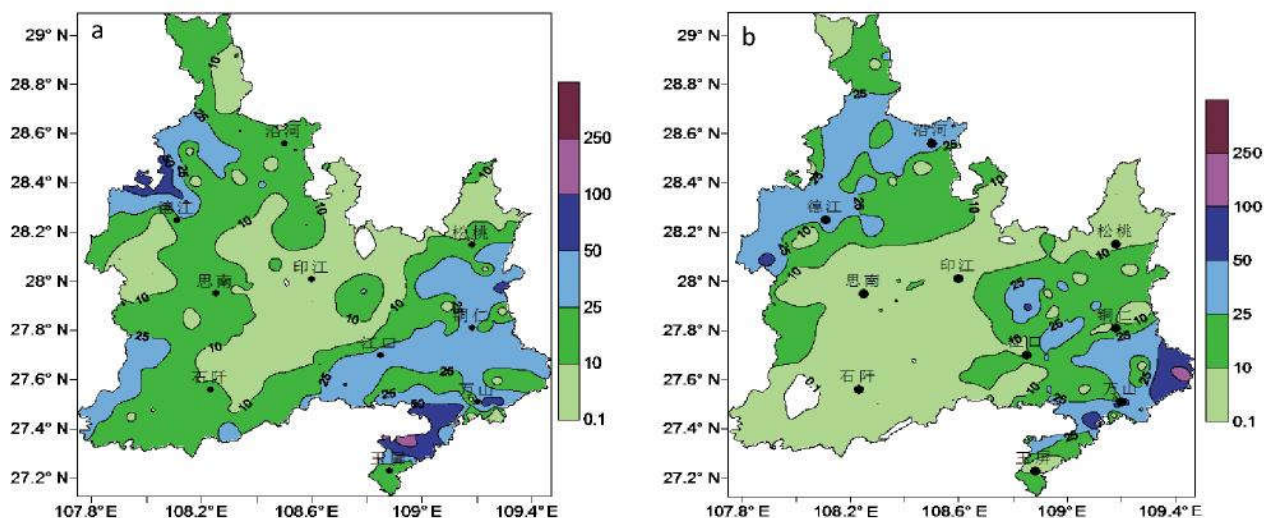


图 1 铜仁 2019 年 6 月 7 日 20 时—9 日 08 时(a),6 月 27 日 20 时—29 日 08 时(b)降雨量落区分布(单位:mm)

北部毕节到遵义西部附近,同时重庆中部有切变线形成。850 hPa 贵州北部到重庆中南部有切变线,两广到贵州南部有西南急流,风速达 14~18 m/s。6月28日08时500 hPa 中高纬为两槽一脊,高空脊位于贝加尔湖西部,东、西两侧为低槽,90°E 孟加拉湾附近为低涡环流,贵州受孟加拉湾低涡前侧的西南气流影响。700 hPa 贵州西部和重庆南部有切变线形成,贵州处于切变线南侧西南风急流里。850 hPa 贵州北部到重庆中南部有切变线,两广到贵州南部有西南急流,风速达 16~18 m/s。

3.2 地面锢囚形势

由图2可知,地面上有弱冷空气从青海、甘肃南下。冷空气南下过程中受秦岭、重庆北部大巴山的阻挡,气流出现分支:一股从四川盆地以西北路径南下,受到青藏高原以及云贵高原阻挡,此股冷空气则向东推进,进入贵州北部以及重庆南部地势相对低的地区;一股从湖北平原以东北路径南下,受到东部平原及南部海上北上的南风气流阻挡,进入贵州东部铜仁地区。四川盆地南下的冷空气和湖北南下的冷空气,在贵州东部和重庆交汇,迫使该地区的地面暖空气抬升,在四川南部—重庆形成“Ω”形势,凸起的中心位于重庆中部,从而在贵州北部至重庆中部形成锢囚锋形势^[18-19],铜仁处于锢囚气旋南侧,冷暖空气交汇的锋区上。

2019年6月8日08时在青海—甘肃形成中心为1 012.5 hPa的冷高压中心,贵州到重庆为1 005 hPa的相对低压中心。8日20时(图2a)随着东、西两路冷空气的南下,1 005 hPa线在贵州北部—重庆—湖北西部形成一“Ω”形势,凸起中心位于重庆,低压中心为1 002.5 hPa,则甘肃地面高压中心与重庆低压中心差值为10 hPa。6月28日08

时青海—甘肃的冷高压中心为1 012.5 hPa,贵州低压中心为1 000 hPa,从四川西南和重庆北部均有冷空气向南渗透,使得贵州东北部到重庆形成凸起低压区,重庆最低中心为999 hPa。6月28日20时(图2b),青海—甘肃的高压中心仍然达1 007.5 hPa,冷空气以西北路径南下的地面风速达6~8 m/s,东北路径回流南下的风速仅为2~4 m/s,此次过程的冷空气以西北路径直驱而入,东北路回流冷空气偏北,但东、西两股冷气流仍然在重庆形成一较弱的低压区,低压中心为1 000 hPa,高、低压中心值相差仅7.5 hPa,冷空气南下强度较6月8日偏弱。

3.3 850 hPa 重庆低涡

受地形和北方偏北气流阻挡,6月7日20时(图3a)在重庆—贵州西北部形成一西南气流北上、东北气流南下的正环流圈,主要表现为贵州东部西南风急流北上,受鄂西南地形和重庆北部大巴山以及偏北风南下阻挡,偏南气流转为东南风向重庆方向流去,与四川东北风交汇,汇合的气流又受到川西高原阻挡转为东北风,在四川东部南下。8日08时(图3b)随着贵州东部南风急流持续北上,四川及湖北北部偏北气流持续南下,使得贵州偏南气流向西绕流在重庆形成闭合低涡。8日20时(图3c)北方冷空气持续南下,四川—贵州北部均为东北风,重庆低涡东移至湖南—贵州东北部,重庆低涡消失,此时贵州铜仁东侧处于湖南北部低涡西侧冷切变线上。9日02时湖南北部低涡继续东移,其西侧冷切变线在铜仁东部发展,9日08时转为偏北风。6月27日20时(图3d)贵州为西南风,最大风速达16~18 m/s,四川东部及重庆北部为偏北气流。偏南气流向北抬过程中,受到北部地形及偏北气流阻挡,逐渐向西与四川的东北气流汇合再向南流去,在重庆南部和贵州

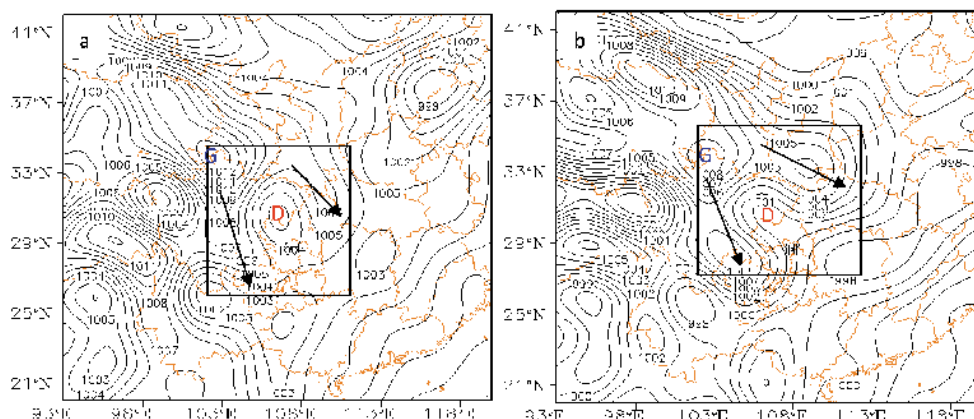


图2 2019年6月8日20时(a)和6月28日20时(b)地面气压
(单位:hPa,方框为地面锢囚形势形成区域)

西北部区域形成一正环流圈。28日08时(图3e)南风继续北上,北部翻越大巴山南下的偏北气流持续南下,两股气流不断交汇,从而在重庆形成低涡。28日20时(图3f)随着偏北风持续影响,低涡逐渐南移至湖南北部,重庆转为偏北风低涡填塞消失。29日02时北风继续南压,低涡在湖南西北部发展,铜仁东部处于低涡西南侧冷切变线上,08时随着低涡减弱东移,铜仁转为西北风。

两次过程的重庆低涡形成主要是贵州中东部西南风急流北上,遇到重庆北部大巴山以及北方南下的偏北风阻挡,在重庆北部向西绕流与四川中东部东北气流汇合,在重庆西部与贵州北部形成一个向北凸起的环流圈,这是低涡形成的初生阶段。随着北风从四川和湖北持续南下,西南暖湿气流不断向北伸展、偏北气流不断南压,西南暖空气被南下的冷空气包围形成闭合低压中心,低涡处于发展阶段,此阶段铜仁西部发生强降雨。随着偏北风持续南下,西南风减弱南退至贵州南部,重庆转为偏北风,低涡东移至湖南北部,铜仁处于低涡西侧冷切变线上,重庆低涡处于消散阶段,此时段内铜仁东部发生强降雨。

4 重庆低涡的特征及低涡对流降雨云团生成过程

4.1 低涡的垂直结构

分析低涡垂直结构可知低涡伸展高度以及温湿

特性、能量分布特征。沿着低涡中心所在纬度 29°N 做剖面,从6月8日08时(图4a)在 106°E 附近上空从地面到850 hPa为西北风与东南风的切变线,切变线延伸至750 hPa,700 hPa以上为一致的西南风。 104°E 从地面到750 hPa为偏北风,对应了从700 hPa到地面的比湿相对低值区,形成一干舌;而 108°E 附近850 hPa以下为偏东南风,对应了比湿自地面向高空伸展的湿舌。在 106°E 上空的850~925 hPa形成气旋性垂直环流。同时从8日08时沿 29°N 的假相当位温(θ_{se})剖面图(图4b)可以看到, 104°E 偏北风的干区对应了 θ_{se} 的低值区,中心强度为346 K, $106^{\circ}\sim 108^{\circ}\text{E}$ 低涡前部对应 θ_{se} 的向上凸起的高值区,中心强度为362 K,在 110°E 又有强度为350 K自高空向下伸展的 θ_{se} 低值区。在 106°E 高能舌与低能舌之间的能量锋区上空形成了气旋性环流。6月28日08时(图4c)在 104°E 附近700 hPa以下为偏北风,风速为10 m/s。 110°E 为整层西南风,风速达12 m/s。在 107°E 的850~900 hPa形成一气旋式垂直环流圈,低涡中心位于925 hPa。在低涡前侧 110°E 以东为自600 hPa向地面延伸的相对干舌,后侧 104°E 附近也有自600 hPa向地面延伸的相对干舌,而在低涡附近 108°E 则为自地面向高空700 hPa凸起的湿舌。对应在假相当位温垂直剖面上(图4d), 105°E 上空为340 K低能中心区,而在

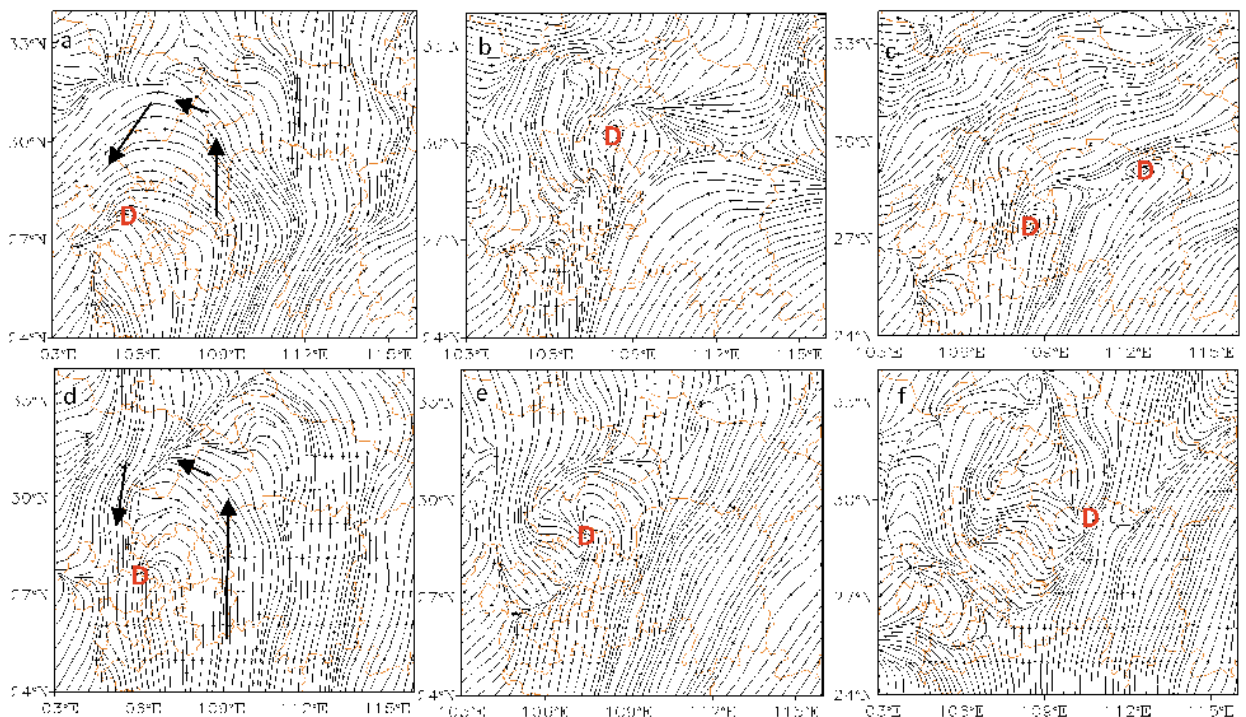


图3 2019年6月7日20时(a),8日08时(b),8日20时(c),6月27日20时(d)、28日08时(e)、28日20时(f)850 hPa流场

108°E 上空形成自地面向高空伸展的高能区, 中心为 378 K。可见低涡前侧中低层暖湿、高层干冷, 后侧整层干冷。

106°~107°E 上空 850 hPa 附近气旋性环流位于偏北气流与偏南气流之间的能量锋区上, 是由于东西两侧干冷气流自高空向地面伸展, 迫使 106°E 附近地面暖空气抬升, 到达高空 850 hPa 附近, 在能量锋区内形成锢囚气旋。而低涡前侧低层暖湿、高层干冷, 后侧整层干冷, 强降雨主要发生在低涡气旋前侧暖湿气流里。

4.2 EC 低涡预报及对流云团生成发展

分析 ECMWF(简称 EC)模式 850 hPa 预报风场和对应时段实况对流云团情况, 发现 EC 模式 6 月 7 日 20 时初始预报场上(图 5a), 贵州毕节—重庆区域内的重庆东南风和贵州西南风与四川东北风汇合而形成的一条东北西南向的切变线, 此时对应的对流云团在切变线的南风与东北风交汇区域生成。8 日 05 时(图 5b)西南风增大北抬与北风持续交汇, 在重庆中北部形成闭合低涡, 对应此时对流云团在低涡东南侧发展形成 MCS, 云顶温度 < -70 °C, 强降雨发生在对流云团最强中心附近及东侧。随着偏北风南下, 低涡向东南移动, 逐渐减弱。6 月 27 日 20

时(图 5c)四川为偏北风急流, 贵州为偏南风, 两股气流交汇于四川东部—贵州西北部, 在贵州西北部毕节市形成一条切变线, 对流云团形成于遵义与毕节交界处的切变线附近。28 日 08 时(图 5d)四川东北风继续增强南压, 在重庆西北部(106.8°E, 29.8°N)形成低涡, 对流云团发展达到最强、范围最广, 铜仁西北部受对流云团影响, 强降雨在此时段内发生。可见 EC 能较好地预报重庆低涡的形成和发展, 而发现与低涡对应的对流云团, 可以追溯到毕节与遵义附近, 并沿着低涡冷切变线移动、发展, 最强达到 MCS, 云顶温度 < -70 °C, 强降雨发生在对流云团最强中心附近及东侧。

4.3 梵净山地形对降雨落区的影响

在天气系统影响情况下, 为什么强降雨主要出现在铜仁东南部和西北部, 而在中部梵净山的北侧和西侧附近区域没有形成较大的降雨量? 主要是受凸起梵净山(海拔高度 2 000 m)地形影响, 使得近地层气流分支发散。

从 EC 细网格 10 m 风场初始场资料叠加地形可知, 6 月 8 日 08 时(图 6a)在低涡对流云团发展最强时, 风的流场显示梵净山南侧西南风, 受梵净山阻挡出现分支绕流, 一支从山的东侧北上, 一支从山的

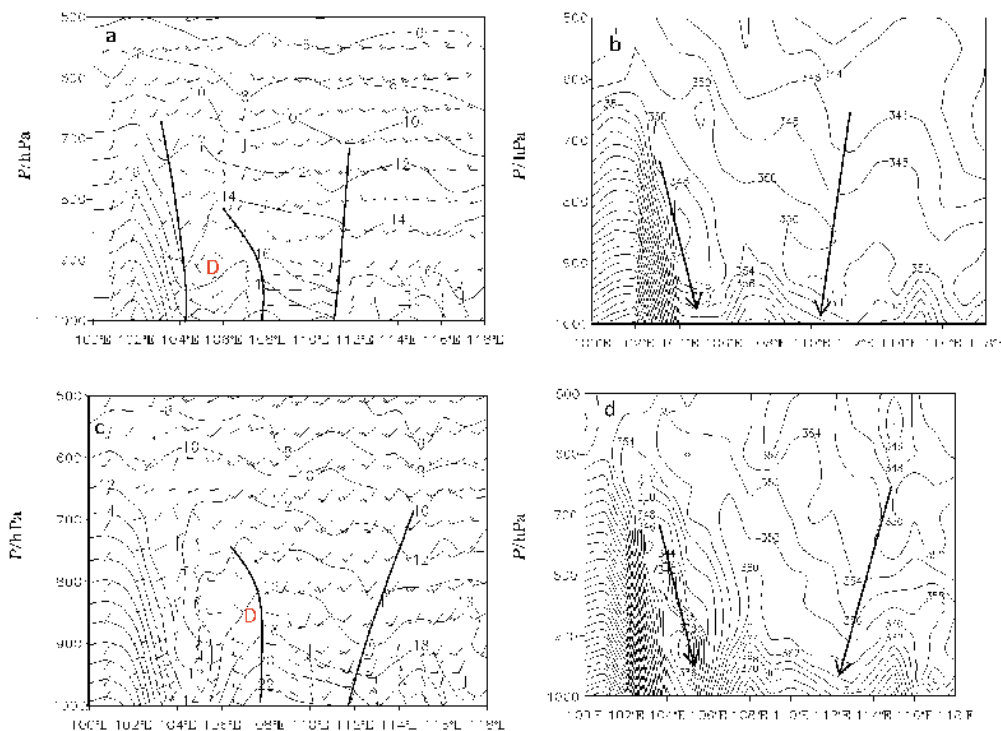


图 4 沿 29°N 的风场、比湿叠加和假相当位温剖面

(a 为 2019 年 6 月 8 日 08 时风场与比湿, b 为 6 月 8 日 08 时假相当位温, c 为 6 月 28 日 08 时风场与比湿, d 为 6 月 28 日 08 时假相当位温; 风场单位: m/s, 比湿单位: g/kg, 假相当位温单位: K, 实线表示低涡附近干、湿层最强处延伸情况, 箭头表示低涡两侧低能区伸展方向)

西侧北上。西侧向北的气流受到贵州北部地形阻挡,在梵净山北侧与湖北、重庆的偏东气流汇合,在两支气流交汇区出现强降雨。而梵净山西侧为发散气流,不利于降雨发生。梵净山东侧则形成西南气流与东南气流的暖切变线,切变线附近也出现降雨。8日20时铜仁中北部转为东北风,东北风在梵净山北侧出现分支,东侧的风沿着地形南下,在铜仁东南部与西南气流汇合处出现强降雨。28日08时(图6b)在低涡对流云团发展最强时,贵州东部东南风北上受到梵净山地形阻挡,东部沿着山脉北上,在重庆东南部

遇偏东气流,在梵净山西侧下沉,导致梵净山的西侧临近区域无降雨。而在铜仁西北侧,梵净山西南侧分支东南气流北上与北侧的偏东风在贵州北部山前交汇,铜仁西北部发生强降雨。28日20时西北风增强南压,铜仁中西部转为西北风,西北风翻越梵净山在东侧与西南气流交汇,从而在东部离山较远处触发强降雨。

铜仁境内由于受梵净山地形影响,使得偏南气流北上时出现分支,而在山的东、西两侧较远处,由于气流的辐合和地形抬升作用,从而形成较强的降

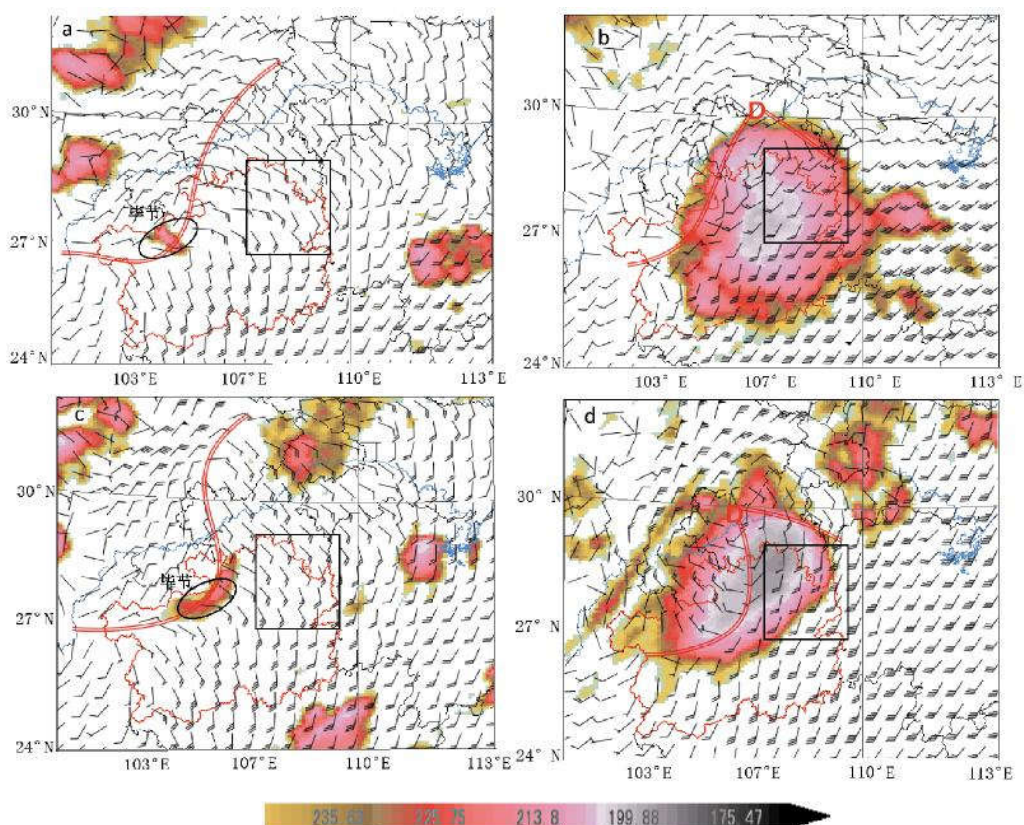


图5 2019年6月7日20时(a)、6月8日05时(b)、6月27日20时(c)、6月28日08时(d)

EC预报风场和卫星红外云图叠加

(a为风场,单位:m/s,红外云图单位:K;方框为铜仁区域,双实线为切变线,圆圈为云团生成地)

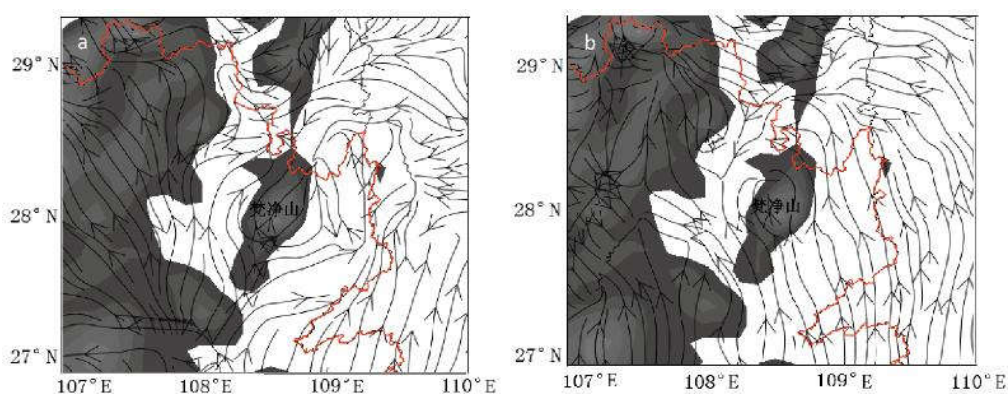


图6 2019年6月8日08时(a)、6月28日08时(b)地形(阴影)与EC-thin 10 m风场叠加

雨。而在梵净山西侧为下沉气流或辐散气流,不利于强降雨发生。

5 可指示降雨发生时段和落区的物理量特征

5.1 能量储放对降雨起止的影响

降雨出现在铜仁梵净山的東西两侧,对于具体降雨开始和结束时间可以用对流有效位能(CAPE)的积聚到释放来分析^[20]。由西部暴雨108°E的对流有效位能剖面图(图7a)可知,2019年6月7日08—20时随着铜仁气温逐渐升高,能量得到快速积聚,铜仁境内(27°~29°N)CAPE增大到1 100 J/kg,此时段无降雨发生。7日20时—8日08时,CAPE快速下降,能量逐渐释放。特别是在8日05时降至300 J/kg,此时段内西部发生强降雨,最大小时雨强为德江荆角(38.5 mm/h)。8日08—20时,随着温度的升高,CAPE再次增大为1 000~1 600 J/kg,此时西部降雨减弱。6月27—28日(图7b)暴雨形成到结束期间,CAPE值也出现起伏,存在能量的积累和释放过程。27日08—20时,能量得到大量积聚,呈现CAPE的高值,最大为1 600 J/kg。6月27日20时—

28日08时能量快速释放,CAPE值到28日02时减小到500 J/kg,强降雨逐渐发生,西部雨强超过30 mm。CAPE值从增大到最大然后快速减小,能量不断积聚到快速释放,此过程对应地面的强降雨。

5.2 850 hPa水汽辐合区对降雨落区的指示作用

充足的水汽是降水发生的重要条件,水汽能否在某个特定区域集中起来对暴雨的形成更为重要,水汽通量散度反映了水汽集中情况^[21-24],对暴雨发生发展有明显的指示作用^[25]。

2019年6月8日铜仁降雨从西部开始,随着系统东移影响东部区县。从6月8日08时850 hPa水汽通量散度图上(图8a)可以看到,在西北部有一水汽辐合中心,强度为 $-10 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。8日夜间降雨集中在铜仁东部、南部,对应8日20时有一个 $-40 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的辐合中心位于铜仁中南部地区。6月28日08时(图8b)西部强降雨发生时,水汽通量散度辐合区集中在铜仁西北部,辐合中心强度为 $-80 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。28日20时强度为 $-60 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的水汽辐合中心区南压至铜仁东南部时,东部降雨持续。可见低层水汽

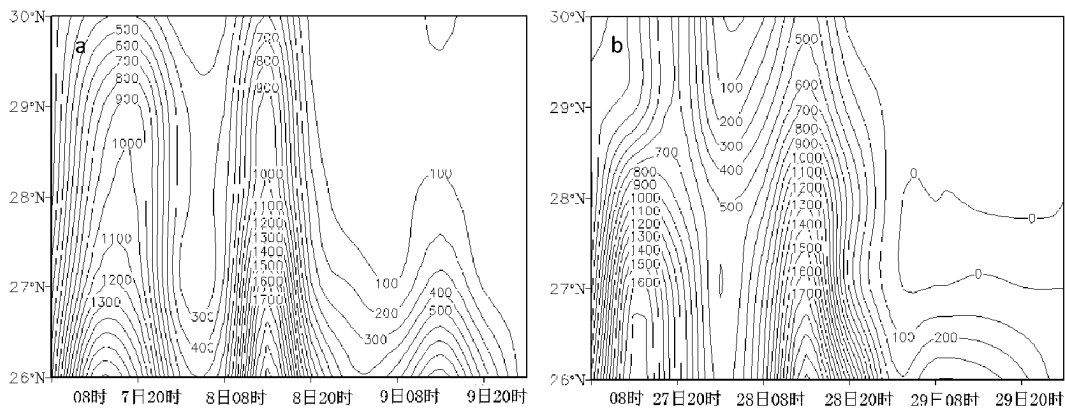


图7 2019年6月7日08时—9日20时(a),6月27日08时—29日20时(b)沿108°E的对流有效位能(CAPE)剖面(单位:J/kg)

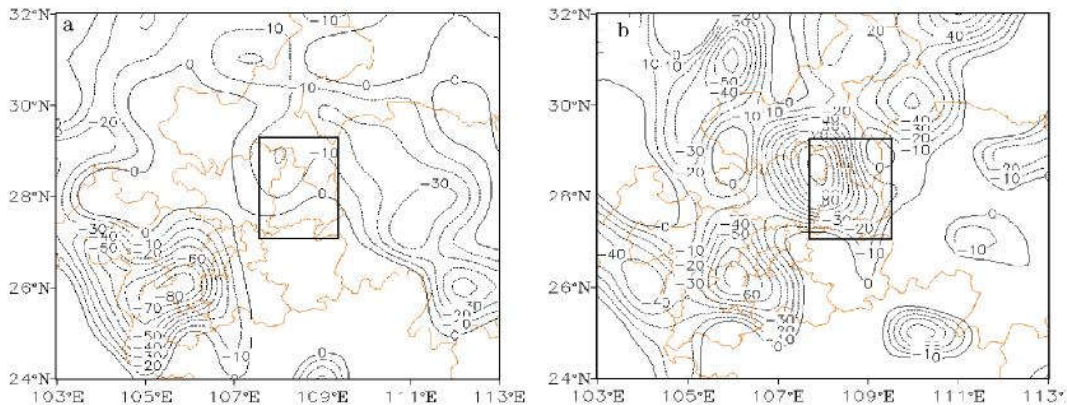


图8 2019年6月8日08时(a)、6月28日08时(b)850 hPa水汽通量散度场(单位: $10^{-6} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,方框为铜仁区域)

通量散度辐合中心区,对应了强降雨发生的区域,对强降雨落区预报有指导作用。

5.3 垂直上升运动区对暴雨落区的指示作用

暴雨的发生不仅需要丰富的水汽,还需要有强的上升运动,强的不稳定能量的释放时,需要较强的垂直速度来触发,在雷暴云中上升气流最强区附近,一般为大水滴累积区,有利于降雨发生。铜仁西部海拔高度为 800~900 m,东部为 400~600 m,中部梵净山为 1 700~2 200 m,在不考虑地形的影响下,选取 700 hPa 的垂直速度场更能表示大气的动力抬升情况。从 2019 年 6 月 8 日 08 时 700 hPa 垂直速度场可以看到,西部降雨发生时,较强的上升运动区主要集中在铜仁西北部,强度为 -10~-20 hPa/s。8 日 20 时随着系统的东移,强的上升运动区集中在铜仁东南部,中心强度增大为 -40~-100 hPa/s,大气抬升作用更强,更有利于触发不稳定能量的释放,形成强降雨。6 月 28 日 08—20 时的垂直速度场也显示,08 时降雨在铜仁西部发生发展时,强上升运动中心出现在铜仁西部,强度为 -10~-40 hPa/s,当 20 时降雨中心发生在铜仁东部时,强的上升运动中心也出现在铜仁东部,中心为 -80 hPa/s。由此可见,700 hPa 强的上升运动区,对应了强降雨发生的区域,对强降雨落区有很好的指示意义。同时垂直速度值的大小也能指示雨量的大小。

6 结论

2019 年 6 月铜仁出现受重庆低涡影响的 2 次暴雨天气过程,其雨带均集中在铜仁梵净山东、西两侧,铜仁东部形成局部超过 100 mm 的降雨。通过从环流背景、重庆低涡形成和结构特征、降雨云团生成以及物理特征进行分析,得出以下结论:

(1)500 hPa 中高纬为两槽一脊,高原多波动槽东移,贵州受高空槽前西南气流影响。地面有青海、甘肃地区的冷空气从四川盆地和湖北南下,两股冷空气在贵州东部和重庆交汇,使得重庆附近形成“Ω”形势,凸起的中心位于重庆中部,形成地面锢囚锋。

(2)850 hPa 重庆低涡受贵州西南气流北上与四川偏北气流南下交汇,形成于毕节东部地区,然后沿着北侧切变线东移,在重庆形成闭合低涡中心。低涡伸展高度集中在 850 hPa 以下,低涡前侧低层暖湿、中高层干冷,后侧整层干冷,强降雨主要发生在低涡前侧暖湿气流里。

(3)EC 数值形势预报能较好地模拟低涡的演

变,低涡对应的强对流云团初生在毕节和遵义附近,然后沿着切变线北移至重庆西部时,在低涡东、南侧发展成 MCS,此时铜仁暴雨天气开始。但 EC 数值模式的降雨落区预报与实况存在较大偏差,主要是铜仁境内受凸起梵净山地形影响,近地层偏南气流北上时出现分支,在山的东、西两侧较远处形成辐合气流,从而导致较强的降雨发生。而在山的西侧临近处为下沉气流或辐散气流,不利于强降雨发生。

(4)铜仁处于重庆低涡影响的形势下,对流有效位能值从积聚到释放对强降雨的起止和强度有很好的指示意义。水汽辐合区与强降雨的发生区对应较好,强的上升运动区能更好地指示强降雨落区。

参考文献:

- [1] 李江萍,沙宏娥,郭勇涛,等.1980-2010 年西北涡发生频数的时空分布特征 [J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2019, 55(6): 733-737.
- [2] 缪强,刘波,袁立新.青藏高原天气系统与背风坡浅薄天气系统耦合相互作用的特征分析[J].四川气象, 1999, 19(3): 18-22.
- [3] 丁治英, 吕君宁. 一次西北涡生成移动过程的数值试验 [J]. 南京气象学院学报, 1993, 16(2): 226-232.
- [4] 李国平. 高原涡、西南涡研究的新进展及有关科学问题 [J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(3): 1-6.
- [5] 赵思雄, 傅慎明. 2004 年 9 月川渝大暴雨期间西南低涡结构及其环境场分析 [J]. 大气科学, 2007, 31(6): 1059-1075.
- [6] 陈忠明, 缪强, 闵文彬. 一次强烈发展西南低涡的中尺度结构分析 [J]. 应用气象学报, 1998, 9(3): 273-282.
- [7] 高松, 陈贵川, 吴钰, 等. 一次西南低涡影响下的川渝地区暴雨个例分析 [J]. 干旱气象, 2019, 37(4): 597-612.
- [8] 赵大军, 江玉华, 李莹. 一次西南低涡暴雨过程的诊断分析与数值模拟 [J]. 高原气象, 2011, 30(5): 1158-1169.
- [9] 陈贵川, 湛芸, 王晓芳, 等. 一次冷性停滞型西南低涡结构的演变特征 [J]. 高原气象, 2018, 37(6): 1628-1642.
- [10] 翟丹华, 刘德, 李强, 等. 引发重庆中西部暴雨的西南低涡特征分析 [J]. 高原气象, 2014, 33(1): 140-147.
- [11] 卢萍, 翟丹华, 李英, 等. 影响重庆暴雨的三类西南低涡浅析 [J]. 热带气象学报, 2014, 30(4): 736-746.
- [12] 何跃, 李强, 刘伯骏, 等. 四川盆地一次西南涡作用下大暴雨过程的短时强降水分析 [J]. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(6): 29-38.
- [13] 郁淑华, 高文良. 高原低涡移出高原的观测事实分析 [J]. 气象学报, 2006, 64(3): 392-399.
- [14] 郁淑华, 高文良, 彭骏. 青藏高原低涡活动对降水影响的统计分析 [J]. 高原气象, 2012, 31(3): 592-604.
- [15] 肖递祥, 郁淑华, 屠妮妮. 高原低涡移出高原后持续活动的典型个例分析 [J]. 高原气象, 2016, 35(1): 43-54.

- [16] 周玉淑,颜玲,吴天贻,等.高原涡和西南涡影响的两次四川暴雨过程的对比分析[J].大气科学,43(4):2019,813-830.
- [17] 杨康权,卢萍,张琳.高原低涡影响下的一次暖区强降水特征分析[J].热带气象学报,2017,33(3):415-425.
- [18] 李小兰,陈军,滕林,等.贵州高原北侧锢囚锋上一次低涡形成过程[J].干旱气象,2018,36(1):44-49.
- [19] 肖庆农,地形影响下冷锋的变形及锢囚[J].气象学报,1994,52(4):414-423.
- [20] 杨群,陈关清,茅海祥,等.2014年7月贵州铜仁一次持续性暴雨过程物理机制分析[J].暴雨灾害,2016,35(3):261-270.
- [21] 李易芝,罗伯良,彭莉莉,等.2017年6月下旬湖南持续性暴雨动力因子诊断分析[J].暴雨灾害,2020,39(1):10-19.
- [22] 陈红霞,付伟基,李振锋.豫西台风倒槽型大暴雨的环境条件与触发机制分析[J].气象与环境科学,2020,43(3):101-108.
- [23] 黄昌兴,毛连海,张方伟,等.江西一次暴雨过程的诊断分析.气象与环境科学,2014,37(4):80-85.
- [24] 张宇星,张宁,王超杰.2012年7月4日河南大暴雨过程的短时强降水成因分析[J].气象与环境科学,2014,37(4):40-49.
- [25] 朱定真,沈树勤,李昕.华东地区大范围热带气旋大暴雨的综合分析[J].气象科学,1997,17(3):298-306.

Analysis of Two Rainstorm Processes in Tongren under the Influence of Low Vortex in Chongqing

YANG Qun, ZHANG Lijuan, HU Ping

(Tongren Meteorological Bureau, Tongren 554300, China)

Abstract Based on the data of regional automatic stations and satellite, the FNL reanalysis data, and the forecast of ECWMF (European Center for Medium-Range Weather Forecasts) high-resolution model, two processes of rainstorm in Tongren in June 2019 were analyzed. The results showed that: (1) The high-level trough moved eastward in Qinghai-Tibet Plateau and Sichuan at 500 hPa in these two rainstorms, and Guizhou was located at the southwest airflow in front of the high-level trough. On the ground, the cold air from Qinghai to Gansu went southward in two directions and met in eastern Zunyi, which forced the warm air parcel to lift up and form a “Ω” shape near Chongqing, while the center of the bulge was located at the central Chongqing, forming an occluded cyclone. (2) At 850 hPa, the southward flow from Guizhou and the northward flow from Sichuan converged to form a cyclonic circulation in eastern Bijie. As the southern wind continued strengthening, the northern wind continued supplementing the southern wind and gradually formed a vortex in northwestern Chongqing (namely, the Chongqing vortex). (3) The convective cloud clusters corresponding to the low vortex were initially triggered near Bijie and Zunyi, and moved and developed along the low vortex shear line and a MCS formed when the voetext shear reached its maximum intencity. At the same time, the cloud-top temperature was below -70 °C, and the rainstorm occurred at the strong center of convective cloud clusters. (4) From the vertical structure, the extension height of the vortex was below 850 hPa, the front lower layer near the vortex was warm and wet, the middle and upper layer was dry and cold, and the whole layer behind the vortex was dry and cold. Meanwhile, the easterly flow near the ground also showed warm and wet characteristics, which was conducive to the convective precipitation to be excited in the unstable warm and humid airflow in the front of the vortex. (5) Tongren was under the influence of the low vortex in Chongqing, and the characteristics of physical quantity could reflect the beginning and ending time and rainfall area preferably.

Key words rainstorm; cold air; low vortex in Chongqing