

文章编号:1673-8411(2017)04-0039-06

贵州梵净山区域两次大暴雨天气综合分析

方 标

(贵州省江口县气象局,贵州 江口 554400)

摘要:利用常规观测资料、区域自动站降雨资料、NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 分析资料、雷达回波资料,对2014年5月24~25日和2015年5月14~15日梵净山区域两次暴雨天气过程的暴雨环流形势、影响系统、物理量诊断及雷达回波等方面进行诊断分析。结果表明:这两次暴雨过程均是受高空槽、中低层低涡切变共同影响所导致,较强的西南暖湿水汽输送为暴雨的发生提供了水汽条件;两次暴雨过程冷空气影响的路径不相同,垂直上升运动的条件也有差异,“5.14”过程垂直上升运动更弱,但它产生暴雨的强度却更强,这说明物理量诊断不一定都能满足强降水发生的条件;“列车效应”的出现、对流发展旺盛的回波稳定少动常常会导致暴雨的出现。

关键词:暴雨;物理量诊断;雷达回波;地形作用

中图分类号:P458.1*21.1

文献标识码:A

The analysis of the two heavy rainstorms in the Fanjing Mountain of Guizhou Province

Fang Biao

(Jiangkou county meteorological bureau of Guizhou, Jiangkou Guizhou 554400)

Abstract: By using the conventional observation data, the regional automatic station rainfall data, NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ analysis data, radar data, this paper carried on the diagnostic analysis to the two rainstorm weather process occurred on 24th to 25th May, 2014 and 14th to 15th May, 2015, respectively. Diagnosis and analysis are mainly based on the circulation situation, the influence system, the physical quantity diagnosis, and radar echo of the rainstorm. The results indicated that the two rainstorm processes are caused by the upper trough and the low vortex shear in middle and low levels. The strong moisture transport in the Southwest provided the water vapor for the occurrence of rainstorm. In addition, the influence paths of cold air in the two rainstorm processes were different, and so as the conditions of vertical ascending motion, for instance, the vertical motion of the "5.14" process was weaker while its intensity was stronger, which suggested that physical quantity diagnosis cannot always meet the condition of heavy rainfall. The appearance of the "train effect" and the stabilization of the strong convective developing echo often lead to the occurrence of rainstorm.

Key words: rainstorm; physical quantity; radar echo; geomorphic process

引言

暴雨灾害是贵州的主要气象灾害之一,暴雨的出现经常会诱发山洪、滑坡、泥石流等次生灾害的发生。了解暴雨的形成机制,开展暴雨预报预警研究具有重要意义,目前对于暴雨形成已从其天气背景、形成物理机制等进行了研究得出了一定的成果。一系列的研究^[1-7]表明:在有利的环流背景下,深厚的湿层和弱风切的局地环境、适当的不稳定条件常常会导致暴雨的发生,700hPa 的涡度中心及 850hPa 水汽通量散度中心对于强降雨落区有指示作用,西南低空急流和超低空急流常常容易产生暴雨天气;谭德权等^[8]在对湖南两次暴雨分析时发现:低空急流的维持时间与暴雨的持续时间成正比;李明学^[9]的研究表明低涡切变配合有利地形是动力抬升的有利机制;殷雪莲^[10]等对沿祁连山两次典型强降水天气个例对比分析,得出“东高西低”切变辐合、低空急流及相对稳定的环流形势是沿祁连山区域性降水产生的关键,特殊的地形地貌提供有利的条件。

梵净山位于贵州省铜仁市的印江县、江口县、松桃县交界处,为武陵山脉主峰,最高海拔 2572 米,自北向南纵贯铜仁地区中部,地理坐标 $27^{\circ} 40'50'' \text{ N} \sim 28^{\circ} 1'30'' \text{ N}$, $108^{\circ} 45'55'' \sim 108^{\circ} 48'3'' \text{ E}$,具有明显的中亚热带山地季风气候特征。梵净山区域是贵州暴雨区域的中心,由于梵净山的山体庞大且垂直高度差大,形成了独特的山地气候,研究梵净山暴雨的形成规律,对提高该地山区暴雨的预报预警时非常有必要的。而对于山区暴雨的研究,翁佳烽、莫贤清、陈锐等^[11-13]的研究表明暴雨发生前伴随着 CAPE 值激增,在大气层结极不稳定条件下,西南暖湿气流北上在暴雨落区辐合汇聚,为暴雨提供大量水汽和不稳定能量;陈关清^[14]等对江口县暴雨区发生规律进行统计分析,结果发现:梵净山地形复杂,暴雨产生受许多因素的制约,随机性较大,还需进一步研究;罗林^[15]等对梵净山周边夜雨初探发现梵净山周边夜雨比较明显,暴雨量级时夜雨量所占比例最大,梵净山区域东南坡的江口雨量比较大。

近年来梵净山区域暴雨呈现增多趋势,而对该区域的暴雨研究却较少,为此,本文在借鉴前人研究成果的基础上,结合梵净山特殊地形,利用 Micaps 资料、NCEP($1^{\circ} \times 1^{\circ}$)再分析资料、贵州省铜仁市 10 个县站和 192 个乡镇雨量站的降水资料和铜仁市新一代多普勒天气雷达资料,对 2014 年 5 月 24

日和 2015 年 5 月 14 日梵净山区域出现两次暴雨过程进行分析,以期对梵净山区域暴雨预报提供一些参考。

1 天气实况及灾情

2014 年 5 月 24 日(简称“5.24”),铜仁市普遍出现中等强度以上雷阵雨,中南部一带出现大暴雨(图 1a),暴雨主要集中在铜仁市石阡县、思南县、江口县、碧江区。此次暴雨天气过程全市出现大暴雨 26 站,最大为江口太平 24h 降雨量为 165.6mm,暴雨 74 站,大雨 127 站,最大小时雨强为江口太平 $96.9 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。据统计,此次暴雨造成了部分县城出现城市内涝,农作物大面积受损,铜仁市 9 个乡镇 32081 人受灾,直接经济损失 7782 万元。

2015 年 5 月 14 日(简称“5.14”),铜仁市中部一线出现暴雨天气,其中梵净山东部出现特大暴雨,松桃、思南、印江 3 县大部出现区域性暴雨,同时还伴有强雷暴发生。此次过程,暴雨区主要分布在铜仁市中东部印江、江口、松桃一带。全市共出现特大暴雨 1 站(江口:黑湾河 300.3mm),大暴雨 5 站,暴雨 36 站,大雨 59 站。最大小时雨强出现在江口黑湾河 $109.0 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。此次洪涝灾害共造成江口县 5 个镇 17569 人受灾,造成直接经济损失 3418 万元。

2 环流形势分析

2.1 暴雨影响系统

从 2014 年 5 月 24 日 08:00 500hPa 天气图上看,在贝加尔湖地区为一宽广大槽影响,中高纬贝湖大槽东移南压,带动冷空气南下,我省处于副高外围的气流中,此时副高外围偏西南偏西暖湿气流与北方南下的偏北风冷气团在贵州北部汇合,导致强对流天气的发生。而中低层 700hPa(图略)图上,24 日 08:00 贵州省受西南气流影响,在川东北形成低涡切变,梵净山区域一直处于低涡东南侧的切变线中,贵阳至长沙存在一西南急流区,最大风速达 $14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,贵州境内温度露点差均 $\leq 2^{\circ}\text{C}$,比湿为 $11 \sim 12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,空气处于饱和状态;在 850hPa(图略)图上,24 日 08:00 贵州省西南至湖北中部为一西南东北向的切变线,在百色至长沙也形成一西南低空急流轴,怀化的最大风力达 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,贵州境内温度露点差均 $\leq 1^{\circ}\text{C}$,比湿为 $14 \sim 16 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,空气处于饱和状态;24 日 20:00 在重庆南部有弱低涡形成,梵净山区域受低涡东南侧的暖切变影响,西南急流维持;在

地图上(图略), 24 日 20:00 地面冷锋有所东移南压, 贵州中部有地面辐合线形成; 此时冷暖空气在贵州北部交汇, 强对流天气加强。

对于“5.14”暴雨影响系统, 500hPa 天气图上 14 日 08 时(图略), 贝加尔湖地区为一宽广大槽影响; 中低纬高原槽东移, 我省受槽前西南气流影响; 14 日 20 时高原槽继续东移至贵州中东部, 省梵净山区域处于高空槽前。700hPa 14 日 20 时, 切变南压至川东—重庆, 孟湾至贵州南部到湖南的西南急流维持, 风速 $16 \sim 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; 暴雨发生时 15 日 08 时切变东移南压到省北部; 850hPa 切变由省西北缓慢向东南移动, 在 14 日 20 至 15 日 08 时逐渐发展为“人”字形低涡切变, 梵净山区域位于低涡切变的东南侧, 利于强降水的发生。同时地面偏北路冷空气南下影响, 为对流的进一步发展提供了较好的动力抬升条件。

分析发现, 两次暴雨都是在高空槽的大背景下引导冷空气南下, 配合中低层低涡或切变及西南急流共同影响, 导致暴雨的发生。但是“5.14”暴雨过程其西南急流较强, 低涡明显, 为大暴雨的发生提供了有利的水汽和动力条件。

2.2 850 hPa 低涡切变对暴雨的影响

低涡的形成成为暴雨的发生发展提供了有利的动力抬升机制, 2014 年 5 月 24 日暴雨发生前, 24 日 20 时川东北低涡切变维持在川黔交界处(图略), 湘北—贵州南部受低涡切变影响, 西南风略有减弱, 梵净山区域则位于低涡东南侧的切变线中, 暴雨发生时 25 日 02 时(图 1, 见彩页), 川东北低涡切变维持, 梵净山区域则位于低涡东南侧的切变线上, 梵净山最大中心值则为 4s^{-1} , 暴雨发生后 25 日 08 时, 低涡切变逐渐东移至湘西(图略), 西南风减弱, 梵净山涡度值减弱至 2s^{-1} , 至此, 梵净山区域降雨逐渐减弱。

2015 年 5 月 14 日暴雨发生前, 14 日 08 时, 低涡切变位于省西北部, 梵净山区域最大中心涡度值为 7s^{-1} , 随着西南风逐渐增强, 14 日 14 时, 低涡切变的西段末尾逐渐北抬, 梵净山区域涡度中心值有所减弱, 为 5s^{-1} , 14 日 20 时, 西南风不断增强, 梵净山区域涡度中心值达到 5s^{-1} , 15 日 2 时, 西南风有所减弱, 但是涡度值达到了 8s^{-1} , 14 日 20~15 日 2 时之间, 西南风的不断增强, 低涡切变的涡度值的增大, 为暴雨提供了有利的条件。

从两次暴雨过程低涡切变对于暴雨的影响, 得

出结论: 两次暴雨过程都有正涡度形成影响, 并伴有西南急流建立, 但在两次暴雨发生时, “5.14”暴雨过程的正涡度值明显大于“5.24”暴雨过程, 低涡影响更强。

3 物理量特征

3.1 水汽条件

暴雨的产生需要本地上空有大量的水汽和源源不断的水汽输送, 水汽通量表示水汽输送强度。在 2014 年 5 月 24 日 08:00 700hPa、850hPa 在南海、广西、贵州、湖南有一强的水汽通量高值区, 850hPa 最强中心值达 $22\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$ 而水汽通量高值区位铜仁市南部, 梵净山一带中心值为 $10\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$ (图 2a), 而 700hPa(图略)上在贵州则有一值为 $14\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$ 的强中心区影响其中东部, 这说明自南海到湖南已经建立起一条明显水汽输送带, 使得南海水汽得以不断输送到广西、贵州中东部、湖南地区。同时从水汽通量散度场上来看, 其南海北上的水汽在梵净山区域低层 850hPa(图 2c)形成明显的辐合, 辐合中心值高达 $-40\text{g}/(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$, 高层 500hPa 有弱辐散, 但低层辐合值明显大于高层辐散值, 则水汽在贵州上空大量的积聚; 这条强水汽输送带在贵州南部持续维持, 一直到 25 日 20:00 其中心强度有所减弱, 即水汽输送减小, 而水汽的辐合在贵州西部、北部是持续加强, 大量的水汽在该地汇合, 为大暴雨天气的形成提供了良好的水汽条件。

2015 年 5 月 14 日, 14 日 20:00, 从 850hPa(图 23b)水汽通量场可以看出, 此次水汽源地主要是孟加拉湾和南海, 我省处于一个水汽输送密集区, 850hPa 低层存在一个西南急流, 从广西至湖南地区形成一个水汽通量大值区, 最大值为 $24\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$, 从图中可看出, 源源不断的水汽输送至铜仁上空, 为梵净山区域暴雨的产生提供了丰富的水汽源。从水汽通量散度场上看, 低层 850hPa(图 2d)形成一个明显的水汽辐合, 辐合中心最大值高达 $-50\text{g}/(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$, 在梵净山区域上空有大量水汽积聚, 为此次暴雨提供了充足的水汽供应。

从两次暴雨水汽条件上分析: 两次暴雨过程水汽输送比较充足, 都有一条明显的西南气流的输送带, 强度中心位置有差异, “5.24”水汽输送强度中心在广西东北部至湖南南部, 而“5.14”天气过程的强度中心则在广西西部。从水汽输送的强度看, “5.24”的水汽输送强度比“5.14”弱; 从水汽通量散度场看,

“5.24”的水汽辐合强度比“5.14”明显偏弱。

3.2 垂直上升运动

有了丰富的水汽供应,不一定就能形成暴雨,还需有持续的、强烈的上升运动。2014年5月25日00:00~08:00,从梵净山区域700hPa垂直速度分布图分析(图3),近地层~500hPa形成上升运动大值区,最大上升运动中心值区在850hPa附近,最大中心值为 $-60 \times 10^{-2} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$;从高空400~150hPa存在另一个上升运动大值区,最大上升运动中心区在300hPa附近,最大中心值为 $-60 \times 10^{-2} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。中高层和低层形成两个明显的上升耦合区,暴雨区域处于一个较为深厚的上升运动区域,为暴雨提供了有利的抬升力条件。2015年5月14日20:00~15日08:00,从梵净山区域700hPa垂直分布图可以看出:近地面层有弱的上升运动区,而中高层为下沉运动,

最大下沉运动值区600hPa,值为 $40 \times 10^{-2} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,中高层为下沉运动,低层为弱上升运动,对于此次暴雨,抬升力条件不充足,影响不明显。

3.3 不稳定能量

假相当位温是表示大气湿度、压力、温度的综合特征量,它的分布反映了大气中能量的分布, θ_{se} 的高值区又为高能区, θ_{se} 场中等值线密集区又为能量锋区,而暴雨的发生必须要有能量锋区的存在。

从2014年5月24~25日850hPa(图4,见彩页)平均 θ_{se} 场可以分析出,受北方冷空气南下影响,川中部、重庆一带为低值区,省西部至东北部产生了一个高值区,最大中心位于毕节南部,中心最大值达 87°C ,梵净山区域受高值锋区的控制,其能量锋区(即北侧低能区与南侧高能区之间的等值线密

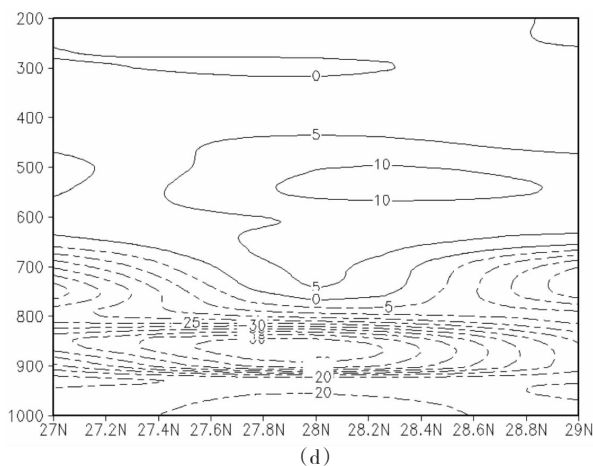
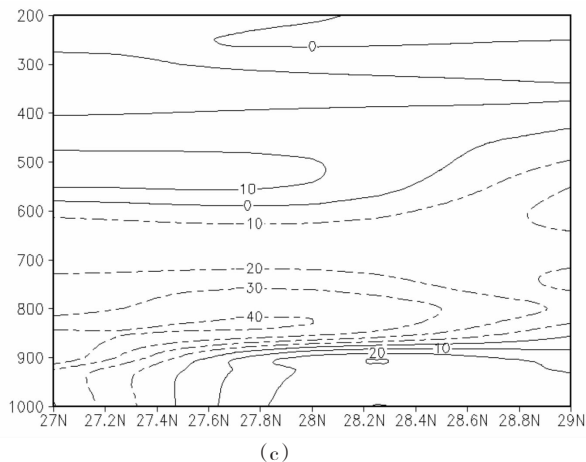
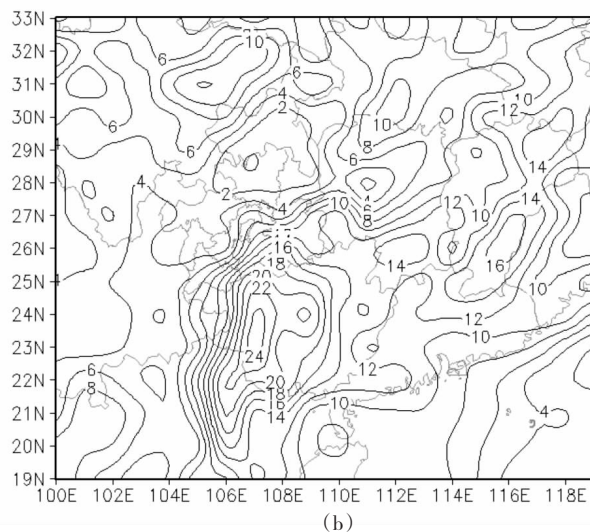
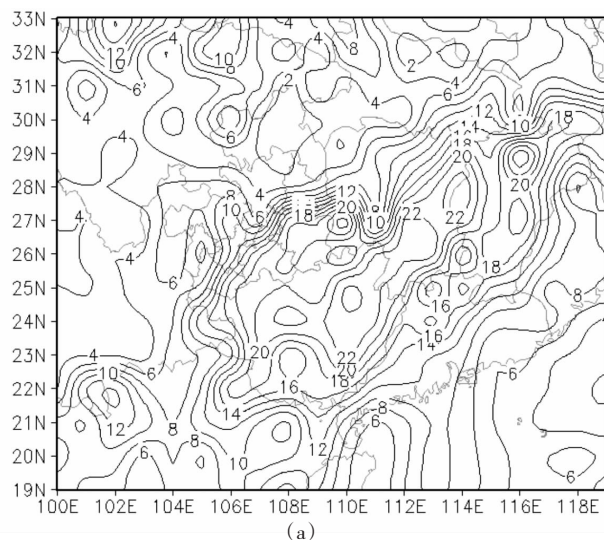


图2 2014年5月25日02:00 850hPa水汽通量

(a,单位: $\text{g} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1})$ 、2015年5月14日20:00 850hPa水汽通量(b,单位: $\text{g} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1})$;2014年5月25日02:00 850hPa水汽通量散度(c,单位: $\text{g} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1})$ 、2015年5月14日20:00 850hPa水汽通量散度(d,单位: $\text{g} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1})$)

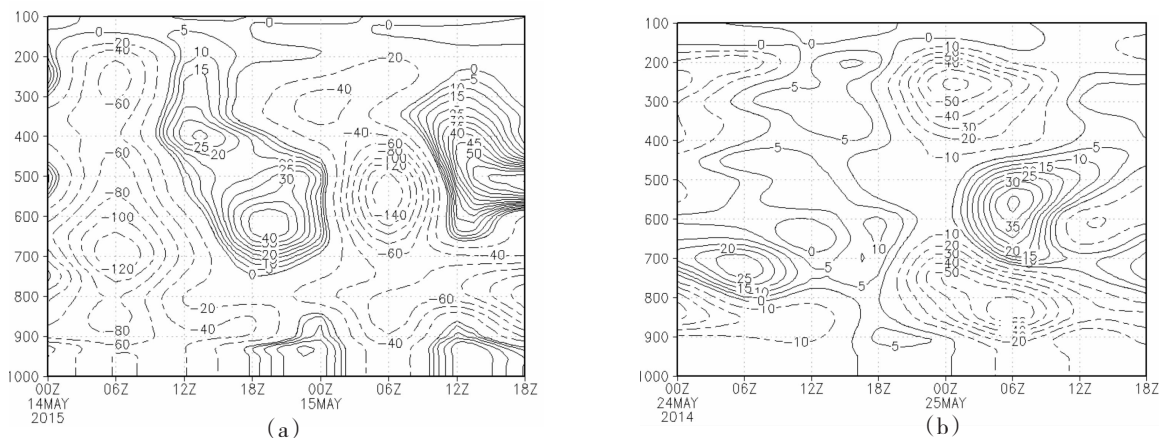


图3 2014年5月24~25日垂直速度分布图

(a, 单位: $10^{-2} \text{ hPa s}^{-1}$)、2015年5月14~15日垂直速度分布图(b, 单位: $10^{-2} \text{ hPa s}^{-1}$)

集带)位于 $25^{\circ} \text{N} \sim 35^{\circ} \text{N}$ 之间,则冷暖空气在贵州东北部交汇,利于触发强对流发生,为此次暴雨提供了能量。到25日2时,随着冷空气南压,省东北的高值区逐渐向南移,至此,梵净山区域受低能区的控制,降雨趋势减弱。

从2015年5月14~15日850hPa平均 θ_{se} 场可以分析出,川中部有一低值区,省西部至东北部产生了一个高值区,最大值中心值达 84°C 。梵净山区域受高能舌控制,冷空气从湖北地区逐渐西南方向移动,15日02时,在重庆至湖北一带形成一个低值区,而贵州南部则形成高值区,在贵州东北部形成一个能力锋区,湖北地区下来冷空气的补充,有利于触发强对流天气发生,为此次暴雨提供能量条件。

从两次过程cape值看,2014年5月24~25日(图略)cape值比2015年的5月14~15日cape弱,CIN力反而强,说明2015年5月14~15日这次暴雨的能力条件更充足,是暴雨触发的重要影响条件,这次过程比第一次对流更强,小时雨强更大。

4 雷达回波分析

从“5.14”过程雷达回波演变(图5,见彩页)可以得知,在19:51在黑湾河区域西北侧有强度为56dBz回波生成(A云团),20:07分开始,黑湾河区域的回波逐渐发展增强,形成B、C、D对流云团,其西侧的梵净山东南面的强对流降水回波强度增强达60dBz,并缓慢东移至黑湾河区域与之前的回波连成一片,回波面积约为 100km^2 ,该回波长时间停留在黑湾河区域,维持少动。21:50在黑湾河区域强回波对流单体强度继续增强,B和C对流云团合并,强度达到64dBz,从垂直剖面图来看大于40dBz的回波强度

伸展高度已超过12km,是一个非常深厚的云团,直至22:18强度为60dBz以上的B、C强对流云团在黑湾河区域继续维持。到22:48对流回波强度略有减弱为57.5dBz,但其回波伸展高度高达18km,大于40dBz的强中心也达到13km,仍然维持为非常深厚的云团。对应的黑湾河3小时雨强达169.6mm,小时最大雨强达109mm。在15日0:18开始回波逐渐减弱,雨量逐渐减弱。

从“5.24”过程回波演变可以看出(图略),回波在梵净山区域加强发展,形成多个对流回波单体、并缓慢向东移动,同时,铜仁市西部的强回波单体源源不断经过梵净山区域,形成“列出效应”造成梵净山区域大暴雨天气过程。

5 地形影响

两次降水过程雨量较大,雨强较强,这不仅与中小尺度在此区域发展有关,而且也与梵净山的地形有很大关系,梵净山区域地形可以作为天气系统的触发机制和组织机制,同时也可以引起天气系统的增强、减弱以及影响天气系统的移动速度,下面统计了2011年至2014年江口9个站点逐小时雨量,结合江口地形,分析了大于10mm的短时强降水落区与地形的叠加图,从图6(见彩页)可以看出,江口短时强降水落区主要集中在梵净山东侧。由此可见,地形对暴雨的落区和幅度及气流和天气现象有显著影响。一般认为^[16],地形迎风坡具有动力作用,可以使气流被迫爬升和绕流,使得暴雨多发生在迎风坡。而另一方面,地形背风坡也会诱发涡旋运动和背风波,对天气系统的发生和发展有重要影响,

从天气形势图上(图略)分析,两次暴雨发生前

中高层为西南气流,地面受西偏北路冷空气南下影响。在2014年5月24日20时暴雨发生前700hPa为西南风,850hPa为东南风,地面为东北风,其东风气流与梵净山坡垂直,在其迎风坡抬升作用,造成不稳定层结,导致暴雨天气发生。同时2015年5月14–15日暴雨发生前14日20时,700hPa为西南风,850为低涡切变东侧的偏东南风,地面川东冷锋前南风;未来随着冷锋南压,暖湿空气被抬升,大气处于不稳定状态,铜仁低层转为偏东北风,在地形抬升作用影响下,动力抬升增强,降水增大。

可见,两次暴雨过程,中低层为偏东风,其偏东气流与梵净山坡垂直,在其迎风坡形成地形抬升作用,造成不稳定层结,导致暴雨天气发生。

6 结论

(1)两次强暴雨过程在500hPa形势图上均受高空槽影响,配合中低空低涡切变及低空急流;同时地面冷空气触发抬升,但“5.14”的冷空气从西北和东北两个方向入侵,而“5.24”只有西北路径的冷空气的影响;两次暴雨过程都具有维持时间短,降水强度强的特点。

(2)两次暴雨过程水汽输送比较充足,有一条明显的西南气流的输送带,强度中心位置有差异,“5.24”的强度中心在广西西部,而“5.14”强度中心在广西东部;从水汽输送的强度看,“5.24”的水汽输送强度比“5.14”弱;从水汽通量散度场看,“5.24”的水汽辐合强度比“5.14”明显偏弱。

(3)“5.24”具有明显的垂直上升运动,为暴雨提供了很好的抬升力条件,而“5.14”暴雨垂直运动不明显,但是暴雨强度比“5.24”的强,因此,区域性大暴雨过程不是所有的物理量条件都能满足,“5.14”过程也可能受地形影响较为明显,还有待进一步研究。

(4)两次暴雨过程都有 θ_{se} 的高能区,为梵净山暴雨的出现提供了足够的能量,同时北方冷空气的南下,使得南北冷暖空气在贵州北部汇合,触发不稳定能量释放,强降水中心处在中低空 θ_{se} 能量锋

区的南侧、高能舌的中心高值区附近。梵净山区域高的Cape值和CIN值也为此次强对流天气的出现提供了有利参考。

(5)“5.24”过程在雷达回波形态上表现为“列出效应”,而“5.14”过程主要是由于对流发展旺盛的强回波在梵净山区域持续,维持稳定少动状态。

参考文献:

- [1] 陈刘凤,叶骏菲,林开平,等.桂东北一次典型暴雨过程分析[J].气象研究与应用,2016,37(2).
- [2] 黄卓帆,蒙萌.河池市2014年首场暴雨天气分析[J].气象研究与应用,2016,37(S1).
- [3] 陈艳真,刘爱鸣,邓以勤,等.2016年4月23日福建省暖区暴雨过程成因分析[J].气象研究与应用,2016,37(3).
- [4] 李宜爽.2015年7月柳州一次暴雨过程分析[J].气象研究与应用,2016,37(S1).
- [5] 许艾米,陆德辉,邓小良.秋季台风“彩虹”引发的清远暴雨过程分析[J].广东气象,2016,(2).
- [6] 莫家尧,刘武.2015年6月13—14日桂北一次暴雨到大暴雨过程诊断分析[J].气象研究与应用,2016,37(S1).
- [7] 林文桦,陈静,蒋静,等.防城港一次暴雨诊断分析[J].气象研究与应用,2016,37(S1).
- [8] 谭德权,王晶晶,向钢,等.2014年盛夏湖南两次大暴雨过程的对比分析[J].气象研究与应用,2016,37(4).
- [9] 李明学,刘泳涛,黄树金.2015年7月27~29日防城港市连续大暴雨过程分析[J].气象研究与应用,2016,37(S1).
- [10] 殷雪莲,郭建华,董安祥,等.沿祁连山两次典型强降水天气个例对比分析[J].高原气象,2008,(1).
- [11] 翁佳烽,周义昌,郭春辉,等.2015年肇庆开汛暴雨环境条件和雷达风廓线产品特征分析[J].广东气象,2017,(4).
- [12] 莫贤清.广东“12·4”连续暴雨过程的成因分析[J].广东气象,2017,(2).
- [13] 陈锐,甘海,段海花.河源市“3·30”暴雨过程诊断分析[J].广东气象,2016,(1).
- [14] 陈关清,代政权,安祥.江口县暴雨的气候统计分析及预报[J].贵州气象,2009,(3).
- [15] 罗林,谢仁波.梵净山周边夜雨特征初探[J].城市建设理论研究,2012,(29).
- [16] 朱民,余志豪,陆汉城.中尺度地形背风波的作用及其应用[J].气象学报,1999,(6).