

文章编号:1673-8411 (2017) 01-0050-03

# 河池市复杂地形的一次强降雨分析

黄卓帆, 黄冬梅, 赖晟

(河池市气象局, 广西 河池 57000)

**摘要:**基于349站自动站雨量资料、NCEP $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 再分析资料、卫星TBB资料以及河池市复杂的地形特征对2016年6月14-15日强降雨过程进行分析,结果表明:此次暴雨过程分为两个阶段,前一阶段是由超低空急流在山脉迎风一侧辐合抬升及地面中尺度锋区共同作用下产生的暖区暴雨,后一阶段为高空槽引导冷式切变线南下,地面有冷锋相配合产生的锋面暴雨。最强降雨出现在九万大山迎风坡一侧的喇叭口地形处,并且强降雨落区与能量锋区、低层水汽通量辐合及整层可降水量大值区有较好对应。强降雨出现在对流云团TBB大值中心附近,暴雨云团列车效应及中 $\alpha$ 对流系统在河池东北部山区长时间停滞,是导致该地累积雨量大的重要原因。

**关键字:**暴雨;地形;落区

**中图分类号:**P458.1+21

**文献标识码:**A

## Analysis of a Heavy Rainfall in Complex Terrain of Hechi City

Huang Zhuo-fan, Huang Dong-mei, Lai Sheng

(Hechi Municipal Meteorological Service, Hechi Guangxi 57000)

**Abstract:** Based on the rainfall data of 349 station automatic station, NCEP  $1^{\circ}\times 1^{\circ}$  reanalysis data, satellite TBB data and complex terrain characteristics of Hechi, the heavy rainfall process from June 14 to 16, 2016 was analyzed. The results show that the heavy rain is divided into two stages. The first stage is the warm rain caused by the super-low-level jet in the upwind side of the mountain and the meso-scale front of the ground. The latter stage is the frontal rain created by the cold shear line southward by the high-level trough matching with the ground cold front. The strongest rainfall appeared in the trumpet terrain of the Jiuwan mountain windward slope side, and the strong rainfall zone had a better correspondence with the energy peak area, the low water vapor flux convergence and the whole layer of precipitation. Strong rainfall occurs near the center of TBB large-scale center, and the train effect of heavy rain cloud and the  $\alpha$ -convective system in the northeastern part of Hechi are prolonged, which is the important reason for the accumulation of rainfall.

**Key Words:** torrential rain; terrain; raining area

## 1 引言

河池市位于华南西北部,介于 $106^{\circ}34'E-109^{\circ}09'E$ 、 $23^{\circ}41'N-25^{\circ}37'N$ 之间,东西长228公里,南北宽260公里。地处云贵高原南麓,地势西北高东南低,山岭绵亘,北有九万大山,西北有凤凰山、东风岭,西和西南有都阳山、青龙山等山脉。郁淑华等<sup>[1]</sup>研究指出青藏高原地形与四川突发性暴雨密切相

关,有研究表明<sup>[2-3]</sup>华南暴雨最主要特征是暖区暴雨,赵金彪等<sup>[4-7]</sup>对其特征和成因进行了研究,叶朗明<sup>[8]</sup>探究不同类型的暖区暴雨的差异,林确略等<sup>[9-10]</sup>则是将暖区暴雨与其他类型暴雨进行对比分析,周长春等<sup>[11]</sup>认为地形在暖区暴雨触发机制中起到重要作用。

2016年6月14-15日,河池市出现一次累积雨量大、降雨强度大、强降雨落区集中的暴雨天气过

收稿日期:2016-08-16

作者简介:黄卓帆(1989-),女,满族,广西河池人,学士,助理工程师,从事天气预报工作。

程,造成河池市北部 32 个乡镇不同程度受灾,暴雨导致江河水位暴涨、房屋倒塌、农田被淹,并诱发道路塌方等地质灾害,造成重大经济财产损失。本文利用河池市 349 站自动站雨量资料、NCEP1°×1°间隔 6 h 再分析资料、卫星 TBB 资料,并结合地形特点对此次暴雨天气过程进行天气分析和物理量诊断,试图初步揭示强降水的成因及地形在其中的作用<sup>[12-22]</sup>。

## 2 降水实况

河池市 2016 年 6 月 14 日 20 时至 16 日 08 时共 36 小时累积总雨量达 50mm 以上的站点共有 191 站,占降雨总站数的 56%。100mm 以上降雨主要出现在南丹、环江、罗城一线的河池北部山区,其中累积雨量为 250mm 以上的有 9 站,分布在九万大山西南部的环江中部至罗城北部一线。过程累积雨量最大出现在罗城县宝坛乡坡甲水库为 386.2mm。强降雨自 14 日夜间开始发展,河池南部地区出现中到大雨,都安东庙乡出现暴雨。15 日凌晨至中午为强降雨发展和加强的时段,河池北部的南丹、金城江、环江、罗城出现暴雨到大暴雨。15 日下午至夜间强降雨雨带由西向东发展并逐渐向南移动。16 日凌晨至上午,降雨集中在河池南部地区并且强度明显减弱。从累积雨量在 300mm 以上的 4 个站点逐小时雨量变化中可以看到强降水对其主要影响时段在 15 日 01 时至 13 时,其中环江大安乡在 15 日 04 时小时雨强达到最大后降水逐步减弱停止,其它分布在罗城北部的 3 个站点均出现两个峰值区,15 日 06 时为降水间歇期。

## 3 大尺度环流条件分析

### 3.1 高低空环流形势

6 月 14 日(图 1a),500hPa 西北太平洋副热带高压(简称副高)在华南沿海稳定维持,其 110°E 脊线在 15°N 附近。云贵高原上有短波沿着副高边缘东移。对流层低层 850hPa 在黔桂交界有一低涡环流,河池恰好位于低涡东南侧,同时广西沿海的西南季风急流建立加强。地面在滇黔桂交界处的暖低压继续加强。15 日(图 21b)华北横槽转竖东移,在槽后冷平流作用下青藏高原东侧低压槽增强东移,并向南加深影响河池。低层低涡在南下的偏北气流作用下逐渐转为冷式切变线,南侧的西南急流北抬并略有增强维持,此时河池位于急流轴左侧的风速水平切边辐合区中,得到充足的水汽及积聚了大量暖湿不稳定能量,并且具备较好的辐合上升条件。随着 850hPa 切变线逐渐南压进入广西北部,西南急流有所减弱并退至沿海,原先控制河池的地面暖低压迅速减弱崩溃,地面冷锋在 14 时前后自北向南影响河池,弱冷空气的侵入触发不稳定能量爆发,产生暴雨天气。结合自动站降雨情况可以看出,15 日 14 时至 16 日 08 时为河池受到高空槽引导冷式切变线南下,地面冷锋相配合产生锋面暴雨的影响时段,而此前河池北部于 15 日 01 时-13 时的强降雨为锋前急流暖区中的暴雨,其小时雨强和累积总降雨量远远大于锋面暴雨。

### 3.2 偏南气流的抬升

由 14 日 20 时至 15 日 14 时沿河池东部的流线和垂直速度剖面(图 2)可知,这段时间内河池(23.5°N-25.5°N)均有偏南气流向上抬升,在 14 日夜间强垂直上升区位于贵州南部和沿海地区。15 日凌晨偏

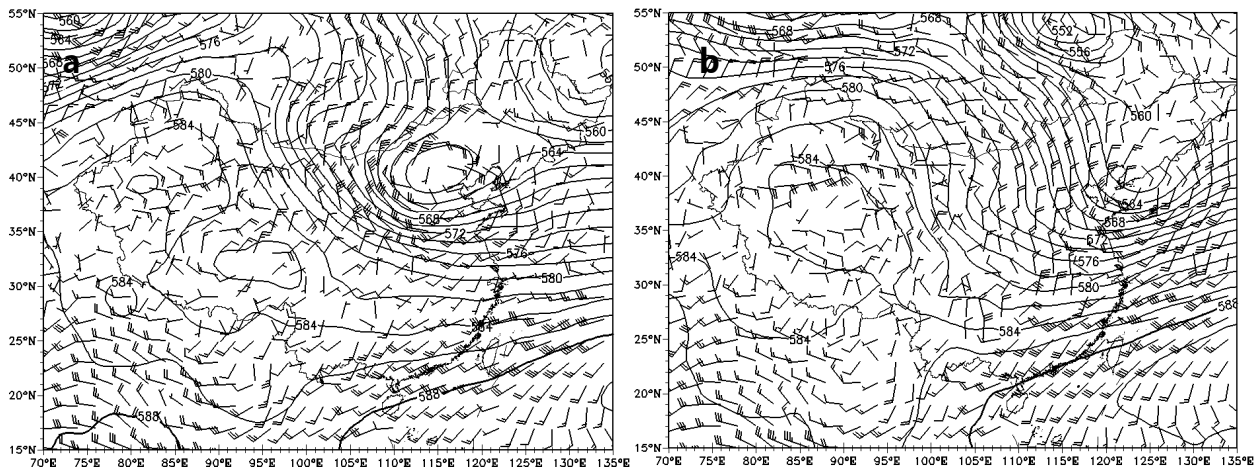


图 1 6 月 14 日 14 时(a)和 15 日 14 时(b)500hPa 高度场和 850hPa 风场(单位: dagpm; m.s<sup>-1</sup>)

南气流向上抬升高度达到 500hPa,垂直速度上升区移到河池北部,500hPa 以上为来自南海气流向上输送。至 15 日 08 时位于河池境内低层上升速度加强,而在 400hPa 之上出现下沉气流,阻止了强降水系统在高度上继续增强。此时,贵州南部低层已经开始

受到偏北气流的影响。至 15 日中午,河池上空的偏南气流抬升高度降至 700hPa,伴随低层偏北气流的入侵,河池北部出现较强的垂直速度上升区。可见垂直速度上升区域与雨带的位置有较好对应,而偏南气流抬升高度越高越有利于强降水的发展。

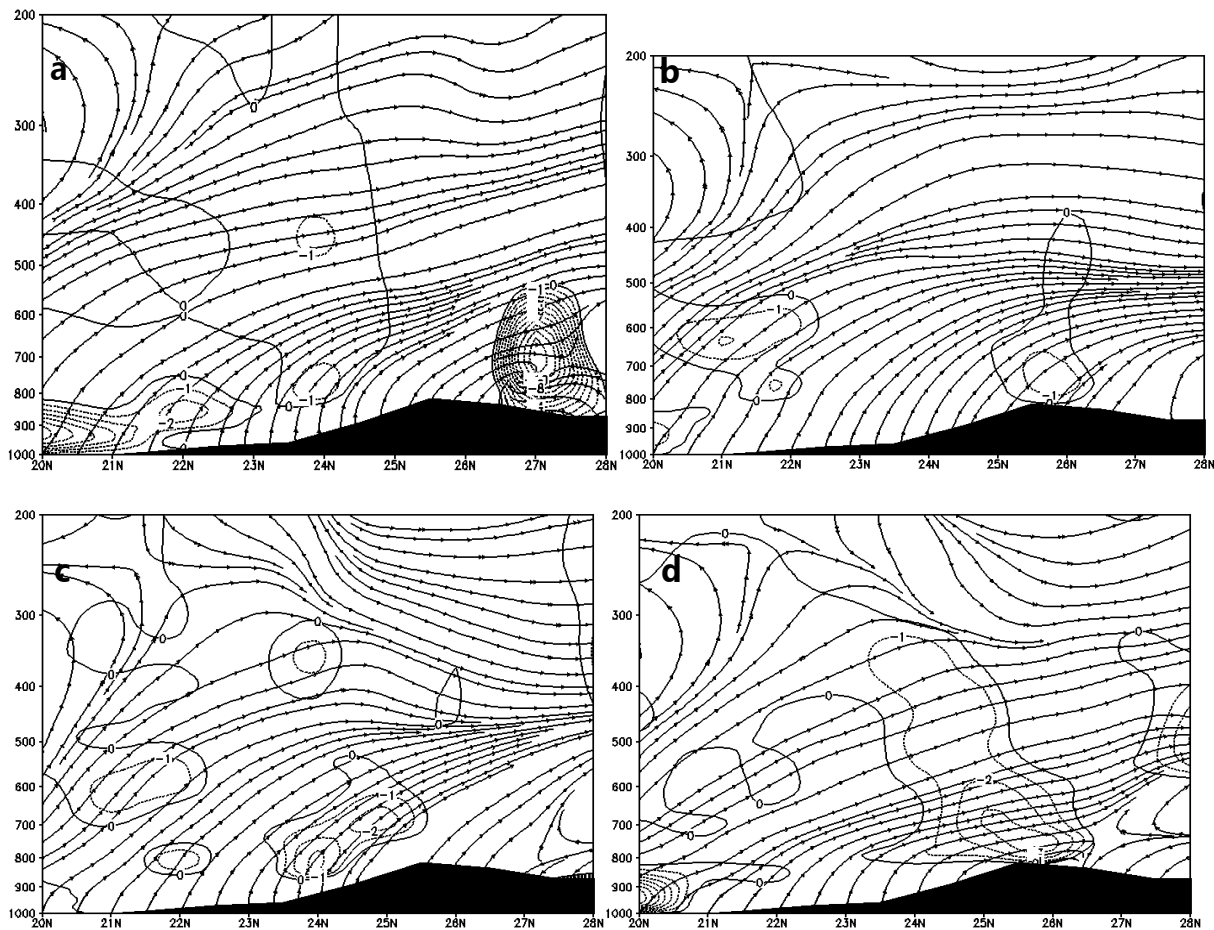


图 2 不同时刻流线和垂直速度沿 108.5°E 剖面图 (单位:  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , a: 14 日 20 时; b: 15 日 02 时; c: 15 日 08 时; d: 15 日 14 时)

#### 4 卫星云图特征分析

一般认为当云顶  $\text{TBB} \leq -32^\circ\text{C}$  为对流云,将发生对流天气。当云顶  $\text{TBB} \leq -52^\circ\text{C}$  时,表明对流发展非常旺盛,将伴有强对流天气。图 3 为 6 月 14—16 日风云卫星反演的 TBB 图。可以看出在 14 日傍晚,贵州北部有一条带状对流云团向南发展,同时百色上空的对流单体迅速发展为中  $\beta$  尺度的暴雨云团,该云团在向东北移动过程中逐渐减弱和贵州南下的带状云团合并,至 15 日 02 时,合并后的暴雨云团发展成为中  $\alpha$  对流系统,并已经影响河池北部山区。其后该对流系统在河池东北部停滞,强度继续增

强并逐渐发展为近圆形,最强时云顶亮温  $\leq -82^\circ\text{C}$ ,最大雨强站点恰位于云顶亮温大值中心附近。15 日 06 时之后,中  $\alpha$  对流系统向东缓慢移动并减弱,在其尾部催生出一个中  $\beta$  尺度的暴雨云团,云顶亮温仍可达到  $-72^\circ\text{C}$  以下,该云团移动路径与前期中  $\alpha$  尺度对流系统一致,在列车效应作用下继续给环江、罗城带来强降雨。至 15 日 11 时,影响河池东北部暴雨云团逐渐减弱移出,而在地面冷锋的触发下,贵州南部的对流云团合并加强迅速发展成为中  $\alpha$  尺度的强对流系统,在其南下影响河池的过程中云顶亮温曾达到  $-92^\circ\text{C}$ ,虽然移动速度较快,但仍给河池带来强降雨。



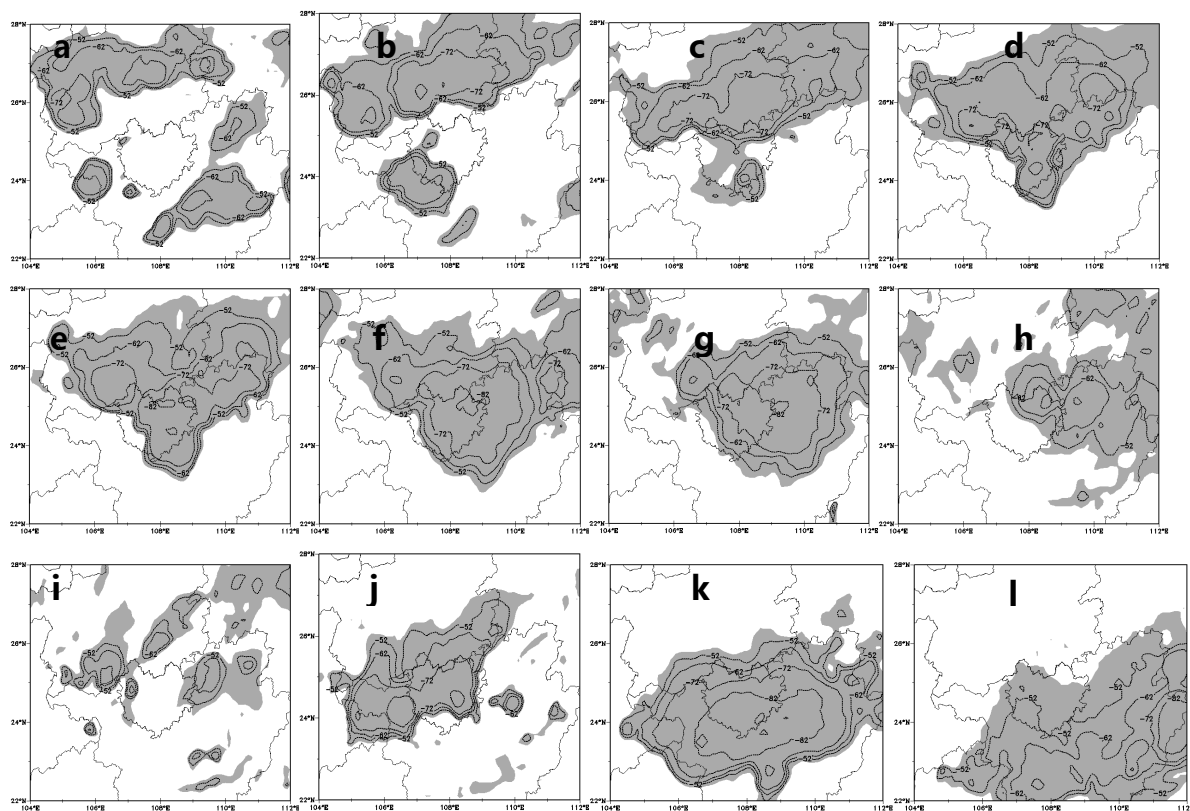


图3 不同时段卫星TBB图(单位:℃;阴影区为TBB值小于-32℃)a:6月14日17时;b:14日20时;c:14日23时;d:15日01时;e:15日02时;f:15日04时;g:15日06时;h:15日11时;i:15日14时;j:15日17时;k:15日20时;l:16日02时

## 5 最强降雨时段环流和环境条件分析

### 5.1 低空环流和地面形势

根据河池北部雨强达到最大的时段,分析15日02时的低层环流形势。此时低涡中心位于贵州西南部,其向东北方向伸出暖式切变线。有来自孟加拉湾和南海的偏南暖湿气流向低涡提供水汽,其中偏东一支正好经过河池上空,途中遇到河池北部的九万大山,地形的动力抬升易于触发对流。925hPa风场上有更明显的体现,偏南急流顶端到达广西中部,风速在河池东部迅速减小并转为和山脉相垂直的正南风,水汽在山脉迎风坡辐合积聚。而环江至罗城北部的喇叭口地形对于降水有明显的增幅作用,累积降雨在300mm以上的站点恰好都位于这一地区。

在地面(图4,见彩页)上河池位于暖低压倒槽中,并且在九万大山前端有东风和南风的辐合,但风速较弱。温度暖脊由沿海伸向桂东,在河池西北侧有19℃的弱冷中心。可以看出,在暖低压倒槽之上,河池东北部的环江至罗城一线存在一段中 $\beta$ 尺度

锋区,这可能是由于前期贵州已出现对流性降雨,强降雨导致的冷出流与其南侧的暖低压之间形成一段中 $\beta$ 尺度锋区。廖移山等<sup>[12]</sup>的研究认为发展成熟的M $\alpha$ CS的冷出流与西南暖湿气流共同作用增强了地面的斜压性,对地面中 $\beta$ 尺度系统的发展起到重要作用。

### 5.2 温湿条件分析

强降雨发生时自沿海有能量舌伸向河池,河池南部CAPE值较大,达到1200J/kg以上,而北部位于高能舌顶端,CAPE梯度大。850hPa假相当位温中河池处于高能高湿的集中带中,南丹北部的 $\theta_{se}$ 在82℃以上,而罗城东部的 $\theta_{se}$ 降到78℃,可见在环江到罗城北部一带存在能量锋区,极易触发强对流天气。

水汽通量散度能够清晰的反映局地水汽的集中程度,15日02时低层925hPa水汽通量散度的分布(图5,见彩页)显示,在强降雨发生时,河池出现大范围的水汽辐合,东部达到 $-60 \times 10^{-7} \text{g/hPa} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s}$ 。从大气可降水量的分布可知,河池大部的整层可降

水量都在  $55\text{kg}/\text{m}^2$  以上,环江、罗城一带超出  $60\text{kg}/\text{m}^2$ 。结合分析,与低层  $925\text{h}\cdot\text{Pa}$  水汽通量辐合与整层可降水量大值区相重合的地区与河池东部的强降水落区有较好的对应。值得注意的是,河池东南部的宜州在 15 日 02 时水汽和能量条件也较好,但是降雨强度明显远远小于环江、罗城,可见此次暖区降水中锋区的触发作用更为明显,也离不开地形的增幅效应。

## 6 结论

(1)2016 年 6 月 14–15 日强降雨过程分为两个阶段,前一阶段是由于西南急流爆发影响下的暖区暴雨,主要影响时段为 14 日 23 时–15 日 14 时。后一阶段自 15 日 14 时开始,是高空槽引导低层冷式切变线南下,地面有冷锋相配合产生的锋面暴雨。最强降雨出现在河池东北部九万大山迎风坡一侧的喇叭口地形处。

(2)夜间强降雨是由于超低空偏南急流在山脉迎风一侧辐合抬升,以及地面存在中尺度锋区,共同作用触发对流产生的。垂直速度上升区域与雨带的位置关系密切,强降雨落区与能量锋区、低层水汽通量辐合及整层可降水量大值区有较好的对应关系。

(3)自动站小时雨强与 TBB 资料显示,强降雨出现在对流云团 TBB 大值中心附近。暴雨云团列车效应及中  $\alpha$  对流系统在河池东北部山区长时间停滞,是导致该地累积雨量大的重要原因。

### 参考文献:

- [1] 郁淑华,滕家谟,何光碧.高原地形对四川盆地西部突发性暴雨影响的数值试验 [J].大气科学,1998,22 (3): 379–383.
- [2] 黄士松.华南前汛期暴雨 [M].广州:广东科技出版社,1986: 95–100.
- [3] 薛纪善.1994 年华南特大暴雨研究 [M].北京:气象出版社,1999.
- [4] 赵金彪,罗建英,高安宁等.2008 年 6 月广西锋前暖区暴雨过程分析 [J].热带地理,2010,30 (2): 145–150.
- [5] 叶朗明,苗峻峰.华南一次典型回流暖区暴雨过程的中尺度分析 [J].暴雨灾害,2014,33 (1): 342–350.
- [6] 陈军,李小兰,喻义军,滕林.贵州一次暖区持续性区域大暴雨成因分析 [J].气象研究与应用,2015,36 (4): 21–27.

- [7] 刘蕾,李宜爽,张凌云.广西汛期 2 次暖区暴雨成因的对比分析 [J].中国农学通报,2016,32 (5): 136–143.
- [8] 叶朗明,徐碧裕.两次不同类型暖区暴雨的对比分析 [J].气象研究与应用,2014,35 (4): 5–10.
- [9] 林确略,寿绍文.广西锋面、暖区及高压后部暴雨个例对比研究 [J].气象研究与应用,2012,33 (2): 11–18.
- [10] 黄远盼,李骄杨,刘桂华.桂东北一次暖区暴雨向锋面暴雨演变特征分析 [J].气象研究与应用,2015,36 (3): 30–33.
- [11] 周长春,吴蓬萍,周秋雪.一次复杂地形暖区强降水特征及触发机制分析 [J].暴雨灾害,2015,34 (1): 27–33.
- [12] 廖移山,李俊,王晓芳,等.2007 年 7 月 18 日济南大暴雨的  $\beta$  中尺度分析 [J].气象学报,2010,68 (6): 944–956.
- [13] 周长春,吴蓬萍.青藏高原东坡两次暖区强降水的对比分析 [J].高原山地气象研究,2015,35 (1): 1–8.
- [14] 陈贝,高文良.引发四川盆地西南地区暴雨的高原涡特征分析 [J].高原山地气象研究,2015,35 (1): 9–15.
- [15] 王佳津,陈朝平,龙柯吉,等.四川区域暴雨过程中短时强降水时空分布特征 [J].高原山地气象研究,2015,35 (1): 16–20.
- [16] 龙柯吉,郭旭,陈朝平,等.四川省降水相态时空分布及变化特征 [J].高原山地气象研究,2015,35 (1): 21–26.
- [17] 武敬峰,欧阳灵,青泉.汶川特大地震中心暴雨预报指标研究 [J].高原山地气象研究,2015,35 (1): 27–33.
- [18] 张恒,胥丁凡,许杰伟.初夏四川盆地东北部一次暴雨过程分析 [J].高原山地气象研究,2015,35 (1): 34–40.
- [19] 刘洋,钱贞成,朱宇宁,等.“8·31”云阳特大暴雨地形动力作用数值研究 [J].高原山地气象研究,2015,35 (3): 9–17.
- [20] 陈永仁,李跃清.一次非典型暴雨中的 MCSs 特征及其形成条件 [J].高原山地气象研究,2015,35 (3): 18–25.
- [21] 张研,陈忠明.相当湿位涡异常与梅雨锋暴雨分析 [J].高原山地气象研究,2015,35 (3): 26–31.
- [22] 张雪琦,白爱娟.“15·8”川东西南涡暴雨的 Q 矢量分析 [J].高原山地气象研究,2015,35 (3): 32–38.