

彭芳, 吴古会, 杜小玲. 贵州省汛期短时降水时空特征分析[J]. 气象, 2012, 38(3): 307-313.

贵州省汛期短时降水时空特征分析^{* 1}

彭 芳^{1,2} 吴古会^{1,2} 杜小玲^{1,2}

1 贵州省气象台, 贵阳 550002

2 贵州省山地气候与资源重点实验室, 贵阳 550002

提 要: 利用贵州区域 84 测站 1991—2009 年汛期(4—9 月)逐小时降水量资料, 分别定义各站点的小时降水量的强降水阈值。阈值的分布有两个高值中心, 最强中心在西南部望谟站, 西北部的强降水阈值较低。同时利用各站点阈值统计 19 年不同月份的强降水事件频数, 其分布显示: 4 月份东部和中部偏南地区频数较高, 5 月份频数高值区呈东北—西南向, 随后几个月逐渐向西北推进。4—6 月事件频数逐渐增大, 7 月维持, 8—9 月开始减少。各月强降水事件发生时次统计表明: 一天中有三个相对高值时段, 23:00—02:00、05:00—08:00 和 17:00—20:00, 而白天强降水事件很少。短时强降水事件发生时次的空间分布表明, 西北部的强降水事件多数发生在傍晚到 23:00, 中部的强降水集中在 23:00—02:00, 东南部在 05:00—08:00。

关键词: 小时降水量, 强降水事件, 阈值法, 频数

Spatio-Temporal Characteristics of Short-Time Strong Precipitation in Guizhou Province

PENG Fang^{1,2} WU Guhui^{1,2} DU Xiaoling^{1,2}

1 Guizhou Meteorological Observatory, Guiyang 550002

2 Guizhou Key Lab of Mountounious Climate and Resources, Guiyang 550002

Abstract: In order to investigate the characteristics of short-term heavy rainfall in Guizhou Province, the hourly rainfall data from 84 stations in Guizhou through 1991—2009 are analyzed, with defined a threshold value for each station by the method of threshold value. The distribution of threshold value shows that there are two heavy precipitation high value centers, the stronger one is in Wangmo, southwest in Guizhou, while the other one is in northwest of Guizhou. The precipitation event frequency increases gradually during April to June, maintains in July and begins to reduce during August to September. Precipitation often occurs during the three time periods of 23:00—02:00 BT, 05:00—08:00 BT, and 17:00—20:00 BT, there is very little precipitation event during daytime. Most of the heavy precipitation events occur in the evening in northwest Guizhou, while in the middle of Guizhou, heavy rainfall is concentrated in the time period of 23:00—02:00 BT, and then in 05:00—08:00 BT in the southeast Guizhou.

Key words: hourly rainfall, torrential rainfall event, method of threshold value, frequency

引 言

一直以来, 自然灾害都会给人类带来巨大的损失, 人们也在不断地研究总结自然规律, 以便对自然

灾害提前作好防御工作, 尽可能地减少损失。夏季, 暴雨是我国的主要灾害性天气之一, 气象工作者对其展开了大量的相关研究: 翟盘茂等^[1]指出, 近 50 年, 我国强降水强度普遍趋于增加, 降水日数除西北地区外其他地区大部分显著减少; 陈海山等^[2]研究

* 国家自然科学基金(40965004)资助

2011 年 2 月 20 日收稿; 2011 年 10 月 8 日收修定稿

第一作者: 彭芳, 主要从事短时天气预报, Email: fanmpf@sina.com

了中国近 50 年极端降水事件变化特征的季节性差异,认为长江以南地区是春、冬季极端降水事件发生频次较高的区域,而年、夏季以及秋季极端降水事件发生频次在西南地区较高,在西北东部较低;邬用昌等^[3]对我国极端降水过程频数时空变化的季节差异分析认为,我国长江中下游地区、西北地区北部和西南地区西部年极端降水过程频数表现为明显的趋势性增加,而我国华北等地区呈现趋势性减少;李红梅等^[4]利用近 40 年我国东部盛夏日降水特性变化分析指出,降水强度在中国东部表现出一致的增大趋势,但华北地区增大趋势不显著。张天宇等^[5]对长江中下游地区汛期降水事件分析,结果表明:长江中下游汛期极端强降水事件发生频次的多寡很大程度上影响着汛期总降水量的多少。Yu 等^[6]在研究中国东部夏季降水时指出,90% 以上的小时降水量小于等于 10 mm,但是占总降水量的一半以上。罗伯良等^[7]对湖南降水事件研究表明近 44 年来极端强降水量和日数呈增加趋势。另外近年来随着现代化观测设备的普及和应用,姚莉等^[8]利用 1 小时不同级别的降水资料揭示了全国降水的时空分布特征。

贵州地处青藏高原东南部,海拔呈西高东低形势,境内大部分地区以山地为主,地形复杂,气象要素分布不均。夏季,贵州处于西南季风区,由孟加拉湾和南海的暖湿气流给贵州带来了充足的水汽,故夏季雨水较多。对于贵州降水的气候特征已有相关研究,Zhang 等^[9]在研究中国夏季小时降水时空分布指出贵州的短时强降水事件发生在深夜和凌晨;伍红雨等^[10]则利用贵州夏季降水资料分析结果显示,20 世纪 90 年代后期贵州夏季降水进入多雨期。夏季降水中,更多关注的是暴雨等强降水天气;张艳梅等^[11]对贵州主汛期极端降水事件分析时指出,贵州主汛期极端降水自北向南逐渐增大。

近年来,因暴雨导致的灾难性事件屡有发生。纵观多起灾难无不与短时强降水过程密切相关^[12];2010 年舟曲特大山洪灾害也有短时强度大突发性强的特点^[13]。2009 年姚莉等^[8]用 1991—2005 年的中国 485 站的小时降水量分析了中国 1 小时雨量的时空分布特征,指出:雨强的日变化具有明显的地区差异,其中西南和华南地区日变化最为明显;越来越多的人开始关心和研究短时降水的规律^[14]。而西南地区对短时强降水的研究目前还比较少,本文拟将研究贵州的小时强降水的特征分布。

1 资料与方法

1.1 资料来源

选取贵州省 84 个观测站 1991—2009 年汛期(4—9 月)逐小时降水量资料,数据经贵州省气候中心整编。

1.2 强降水阈值的确定

以小时降水量来划分的降水等级,我国气象部门规定的降水等级见表 1。

表 1 降水等级

Table 1 Precipitation grades defined by rainfall

雨的等级	小雨	中雨	大雨	暴雨
降水强度 /mm·h ⁻¹	≤2.5	2.6~8.0	8.1~15.9	≥16.0

统计表明:贵州降水的分布主要是南部多于北部、东部多于西部^[15],这样的空间分布使得不能完全按照同一标准来划分各地的降水等级,为此选用阈值法^[1-4]来定义各站的降水等级。

本文定义各站点强降水阈值方法是:把某站点的 1991—2009 年 4—9 月的逐小时降水量序列的第 95 和 99 个百分位值定义为该站点的强降水阈值,当小时降水量大于该值时就认为发生了一次强降水事件。阈值的求取参考文献^[1-5],把某站点的小时降水量按照升序排列 $x_1, x_2, \dots, x_m, \dots, x_n$, 某个值小于或等于 x_m 的概率为:

$$P = \frac{m - 0.31}{n + 0.38}$$

式中 m 为 x_m 的序号, n 为降水序列长度, P 为概率,定义 $P=0.95$ 和 0.99 分别求取两个百分位对应的阈值。利用求取 99 百分位阈值分别对各自站点进行强降水事件检验,并分析空间分布特征和强降水事件的日变化特征。

2 强降水阈值分布

图 1 为 1 小时降水量的 95 百分位和 99 百分位的强降水阈值分布,两个百分位的分布都显示出贵州南部和东北部是两个高阈值区,其中最强中心是西南部的望谟,其 95 百分位的强降水阈值为 $11.4 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 、99 百分位的强降水阈值达到 30.1

$\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。西北部地区是低阈值区,95百分位阈值最小值是大方 $5.2 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 、99百分位阈值最小值是威宁 $13.4 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。强降水阈值分布显示,贵州省极端强降水阈值的空间分布差异很大。西南部是强降水阈值高值区、西北部是明显的低值区。阈值的高低通常可以反映当地降水强度的强弱,其空

间分布也反映出南部多于北部的状况。同时图中也可以看到西南部的小时降水量阈值大于东南部,这与贵州雷电主要是西部多东部少的空间分布^[16]相一致;而阈值反映的是小时降水量大小,与日暴雨的定义有一定的差异,并不能完全用小时降水量的阈值来说明暴雨的多少或者降水量的多少。

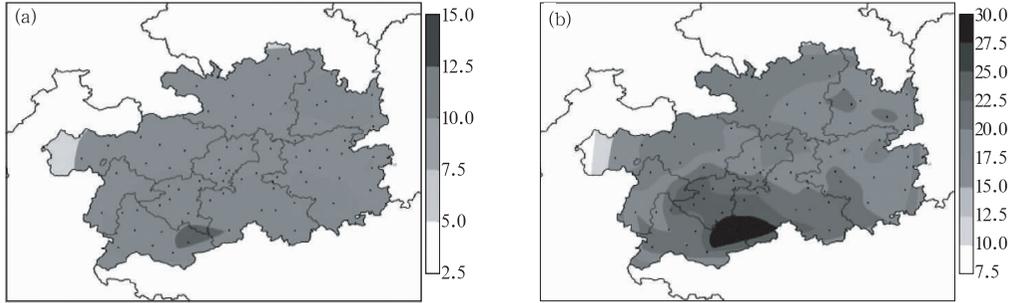


图1 1小时降水量95百分位(a)和99百分位(b)强降水阈值分布

Fig. 1 The 95% threshold value distribution of one hour precipitation (a) and the 99% threshold value distribution of one hour precipitation (b)

3 强降水事件的空间分布特征

3.1 强降水事件的月分布特征

在小时强降水阈值的基础上,当小时降水量大于阈值时定为一次强降水事件,利用99百分位检验各站的强降水事件次数,计算出4—9月每站的强降水发生频率,其分布如图2所示。

从各月的分布看,4月份贵州西部边缘和西南部边缘地区的威宁、兴义、册亨3个测站无强降水事件,其余测站均在 $0.6 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$ 以下,最高为独山 $0.58 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,表现出东部多于西部,中部偏南多于北部。5月份强降水事件增多,普遍在 $0.5 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上,东南部是高值区,强中心在黔南州长顺县达 $1.21 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$ 。6月强降水事件明显增多,南部多于北部,并在西南部和东南部各有一个高值中心;西南部高值中心集中在六枝—安顺—晴隆一带,东南部高值中心在都匀—雷山—丹寨一带,最强在晴隆,达到 $1.88 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,而西北部和东北部为两个弱中心。7月,强降水事件的高值中心向西北移动,西北部的强降水事件明显增多,在习水、大方分别出现了 $1.79 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$ 和 $1.75 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$ 的高值中心;同时强降水事件的分布也由南部多于北部转为北部多于南部。8

月,强中心仍然在西北部,而中部(东北—西南向)为相对弱区。9月,南部和东北部都为低值区,西南部为高值中心区,强降水事件明显减少。

贵阳地区的强降水事件则集中在6—7月,每月均达到 $1 \sim 1.5 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,最强的月份是发生在7月。

从贵州全省4—9月的变化来看,强弱分界线由4月的东西向分隔转为5月东南—西北向分隔,随后强弱分隔线逐渐向西北移动,并在6—7月强降水事件达到最强,同时7月份是强降水事件由南部多于北部偏转为北部多于南部。陈海山等^[2]曾指出极端事件的多年平均空间分布表现为贵州大部为极端降水事件频次较大地区,并且夏季极端事件的大值区位于西南地区。上述分析表明夏季强降水的极端事件尤其以6—7月为最显著。

3.2 强降水事件的日变化特征

这里统计19年中强降水事件的日变化,是按照小时雨量大于对应站点强降水阈值作为一次强降水事件进行分析。日变化用于揭示强降水事件发生的频数在一天24小时内的变化情况。下面对4—9月份强降水事件的日变化进行分析,了解强降水事件在各时段发生的频数,进而揭示一天中最容易发生短时强降水的时段。

图3分析显示,从逐时演变看,4月份有两个峰

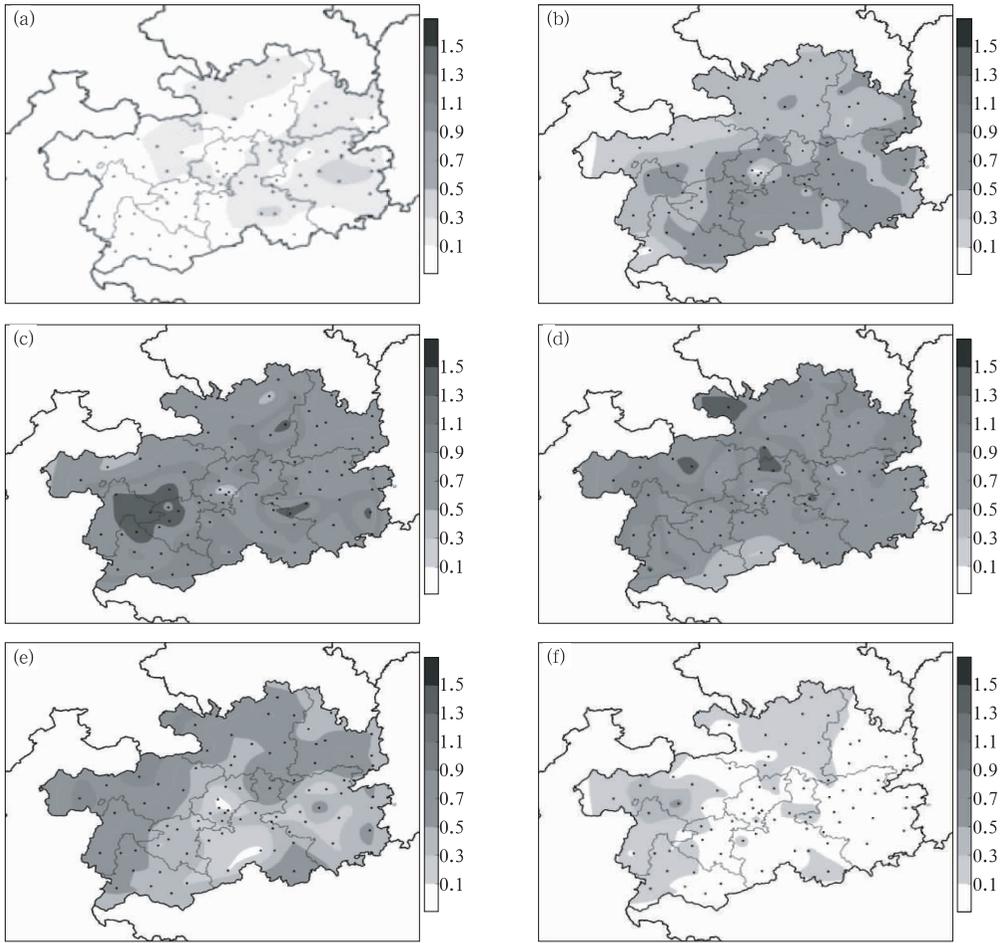


图2 1991—2009年4—9月各月平均强降水事件分布图(单位:次·a⁻¹)

(a) 4月, (b) 5月, (c) 6月, (d) 7月, (e) 8月, (f) 9月

Fig. 2 The monthly mean distributions of strong precipitation event during April—September in 1991—2009 (unit: times yearly)

(a) April, (b) May, (c) June, (d) July, (e) August, and (f) September

值,最强时段出现在 23:00—02:00,其次是 08 时前后;5 月份最强峰值在 08 时前后,其次是 23:00—02:00 之间;6 月份最强峰值仍出现在 08 时前后、02:00—05:00 为次高值;7 月份有 3 个峰值,最高值出现在 20 时前后、其次是 02 和 08 时前后;8 月份也有 3 个高峰期,17:00—22:00 时是第一高峰期、其次是 02 和 08 时;9 月份 02:00—05:00 以及 08 时是集中的高峰期。从强降水频数看,4 月份在 23:00—02:00 发生的强降水有 50~65 次;5 月份出现在 08 时前后的强降水达 100 次以上;6 月出现在两个高峰期的强降水高达 150~180 次之多;7 月份强降水频数略微下降,3 个峰值均在 120~140 次之间;进入 8 月份强降水频数继续减少,最高时段仅达 90 次左右;9 月份强降水频数又减少,高峰时段强降

水时段为 45 次左右。

可见,一天之中,从 08 时开始到 16 时强降水的发生次数最少。在不同月份 24 小时降水频数存在差异,4 月份强降水最容易出现在 23:00—02:00 时,5 月份最易发生在 08:00 时前后和 23:00—02:00 前后;6 月份强降水最容易发生在 08 时前后、02:00—05:00 前后;7、8 月发生强降水最多集中在 17:00—20:00(即傍晚开始)这个时段,而其余月份基本集中在 05:00—08:00 时,这也可以得出贵州的强降水以夜雨居多。

在文献[12]中将 24 小时分成 4 个时段,分别为:上午(7—12 时)、下午(13—18 时)、前半夜(19—24 时)、后半夜(1—6 时)。并指出南方地区雨强频数最大值的时段分布很明显,如贵州、四川、广西等

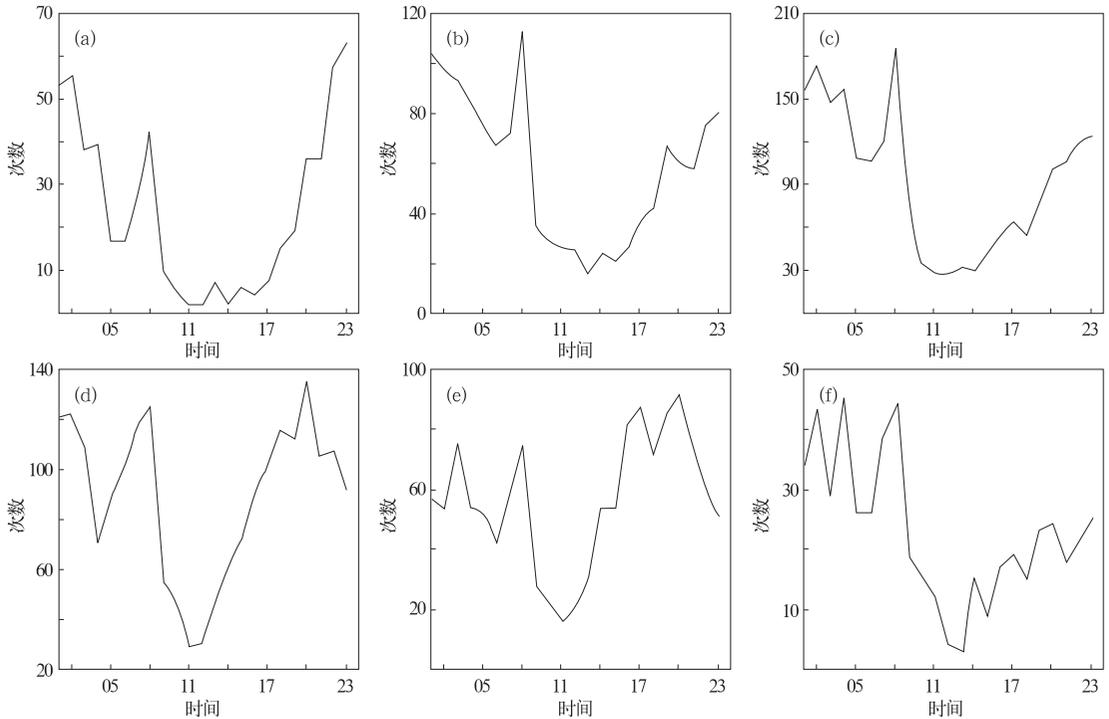


图 3 1991—2009 年 4—9 月强降水各时段强降水频数

(a) 4 月, (b) 5 月, (c) 6 月, (d) 7 月, (e) 8 月, (f) 9 月

Fig. 3 The hourly mean distributions of strong precipitation events during April—September in 1991—2009

(a) April, (b) May, (c) June, (d) July, (e) August, and (f) September

地多为后半夜。上述分析显示了贵州小时强降水时间分布与文献[12]的这种差异。

从空间分布来看,不同区域出现短时强降水的时间存在差异。如图 4 所示,4 月份西北部和东南部边缘的强降水主要集中在 19:00—22:00 时,而其余地区的强降水多数发生在 23:00—02:00 时,有少数站点发生在 07:00—08:00 时;5 月份西北部的降水仍主要是前半夜(02 时之前)较多,东南部主要是发生在后半夜到早晨,其余地区站点基本发生在 23:00—02:00 时段;6 月份,西部的强降水发生在 17:00—22:00 时,中部的降水大部分仍然是 23:00—02:00 时,但在 07:00—08:00 时段发生强降水的站点也明显增多,还有两站点的发生时段为 14:00—16:00 时,东部的降水由后半夜开始到早晨;7 月强降水发生在 17:00—22:00 这个时段的站点明显增多,同时中部地区白天发生强降水的站点数也增加较多,仍然有较多站点后半夜到早晨发生强降水,南部地区的强降水时段为 23:00—02:00;8 月份西北部的强降水仍然集中在 17:00—22:00,其他地区的强降水发生在 23:00—02:00 的明显减少,

强降水下午发生的站点增多;9 月份,西北部的强降水出现在 23:00—04:00,白天的强降水较 8 月份明显减少,较多站点的强降水集中在 05:00—08:00。

总的来看,4—8 月西北部的降水都集中在下午到 22:00 时,往东南部发生时段向后推移,到东南部基本为早晨,随后降水逐渐停止。

3.3 强降水空间分布特征形成的原因浅析

贵州位于 $24^{\circ} 38' \sim 29^{\circ} 14' N$ 、 $103^{\circ} 36' \sim 109^{\circ} 32' E$,地处青藏高原东南侧,云贵高原的东斜坡上。其强降水的时空变化特点,与极涡强度、青藏高原和西太平洋副热带高压密切相关^[9],又与地理位置息息相关。4 月份中高纬度冷空气仍有一定势力,可南下到达华南地区,同时滇黔准静止锋是影响贵州的重要系统。此时孟加拉湾偏南气流势力增强,静止锋较冬季位置偏北偏东,贵州 4 月份强降水以东部多于西部;5 月份,印度季风爆发,印缅低槽建立,贵州降水事件增多,南支槽强降水对贵州南部地区影响增加;6 月份,随着西太平洋副热带高压逐步北跳,副高脊线稳定在 $20^{\circ} N$ 附近,贵州强降水出

现南部多于北部,东部多于西部;7月份,随着副高继续北跳,强降水带由南往北移动,贵州西北部的强降水事件明显增多;8月份,随着副高脊线稳定在 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 附近,贵州大部分地区进入伏旱少雨阶段,但此时青藏高压增强,贵州西北部地区受到两高切变系统影响,仍有局地强降水事件发生;9月份副高减弱东退,贵州大部分地区的降水减弱。分析还揭示,贵州汛期强降水空间分布的差异既受到高原

大地形的影响,也可能受到西太平洋副热带高压的移动以及西风带系统的影响有关^[7]。文献^[7]与文献^[13]通过对贵州夏季降水进行距平 EOF 分解得到的第1、2、3、4、5个特征向量场分析揭示了这种差异。分析表明占总方差大于50%的第一特征向量在贵州区域内均为正值,即全省同位相,表明贵州夏季降水在空间上有较好的一致性;站总方差10%的第二向量特征值以 105°E 为界呈东西反位相分布,

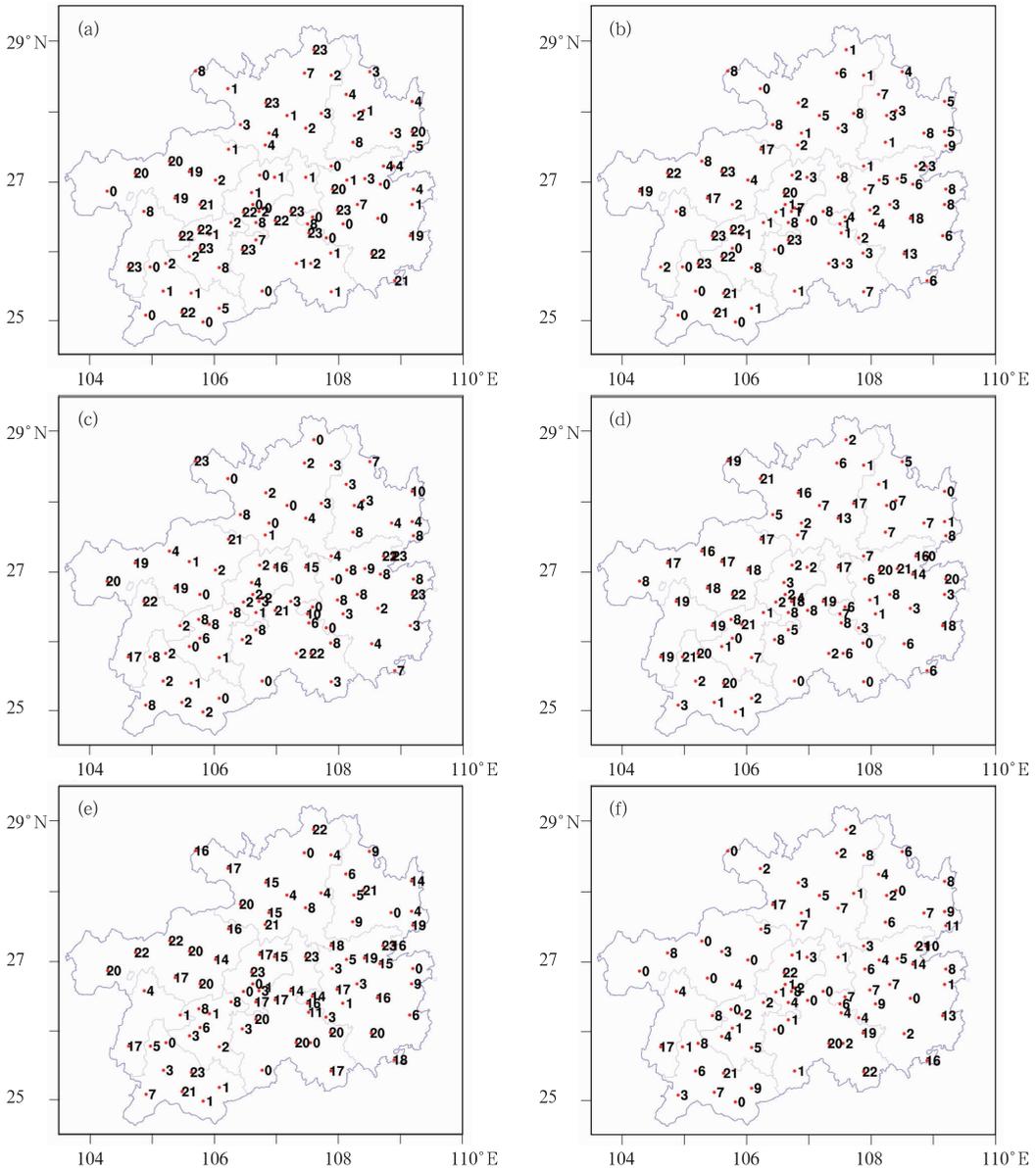


图4 1991—2009年4—9月强降水发生频数最多时段的空间分布

(a) 4月, (b) 5月, (c) 6月, (d) 7月, (e) 8月, (f) 9月

Fig. 4 The spatial distributions of the most strong precipitation frequency in terms of different time periods during April—September in 1991—2009

(a) April, (b) May, (c) June, (d) July, (e) August, and (f) September

最大正振幅在贵州东南部,表明贵州夏季降水存在明显的东西差异;占总方差8%的第三特征向量呈南北向反位相的分布;占总方差8%的第四特征向量在中东部—西部南部间呈反位相的分布;占总方差6%的第五特征向量最大正振幅位于西南部地区。

4 结 论

(1) 小时降水量的阈值分布有两个相对强的阈值中心,西南部和东北部,最强中心为望漠,西北部值最低。阈值的分布可以部分反映降水的空间分布,与降水的性质也有一定的关系,一般来说对流性降水的雨强大于层云性降水的雨强。

(2) 强降水时间频数的空间分布在各个月份有明显的差异,4月份强弱分界线为南北向,到5月转为东南—西北向,随后逐月向西北方向移动。而强降水事件的多少从4—9月也呈抛物线状分布,4—6月逐渐增多,7月维持,8月开始减少。

(3) 强降水事件的日变化特征显示,贵州的强降水多数为夜雨,强降水的发生时段主要有三个,23:00—02:00、06:00—08:00和17:00—20:00,在08:00—17:00发生强降水事件的月份和站点都相对较少,仅盛夏两个季节有部分站点在该时段出现强降水。西北部的强降水事件4—8月都是傍晚开始到23:00,自西北向东南强降水事件的发生时段逐渐向后推移,到08时强降水中心移动到黔东南,随后降水停止,9月份强降水事件在东部发生在早上,南部为傍晚,其余大部都是在凌晨发生。

参考文献

[1] 翟盘茂,王萃萃,李威. 极端降水事件变化的观测研究[J]. 气

候变化研究进展,2007,3(3):144-148.

- [2] 陈海山,范苏丹,张新华. 中国近50a极端降水事件变化特征的季节性差异[J]. 大气科学学报,2009,32(6):744-751.
- [3] 邹用昌,杨修群,孙旭光,等. 我国极端降水过程频数时空变化的季节差异[J]. 南京大学学报(自然科学),2009,45(1):98-109.
- [4] 李红梅,周天军,宇如聪. 近四十年我国东部盛夏日降水特性变化分析[J]. 大气科学,2008,32(2):358-370.
- [5] 张天宇,程炳岩,刘晓冉. 近45年长江中下游地区汛期极端强降水事件分析[J]. 气象,2007,33(10):80-87.
- [6] Yu Rucong, Li Jian, Yuan Weihua, et al. Changes in characteristics of late-summer precipitation over Eastern China in the past 40 years revealed by hourly precipitation data[J]. J Climate, 2010, 23: 3390-3396.
- [7] 罗伯良,张超,林浩. 近40年湖南省极端强降水气候变化趋势与突变特征[J]. 气象,2008,34(1):80-85.
- [8] 姚莉,李小泉,张立梅. 我国1小时雨强的时空分布特征[J]. 气象,2009,35(2):80-87.
- [9] Zhang Huan, Zhai Panmao. Temporal and spatial characteristics of extreme hourly Precipitation over Eastern China in the warm season[J]. Adv Atmos Sci, 2011, 28(5): 1177-1183.
- [10] 伍红雨,王谦谦. 贵州夏季降水异常的区域特征[J]. 干旱气象,2008,26(1):41-46.
- [11] 张艳梅,黄锋,钟静,等. 贵州主汛期极端降水事件及其环流特征分析[J]. 热带地理,2009,29(5):445-449.
- [12] 乔林,陈涛,路秀娟. 黔西南一次中尺度暴雨的数值模拟诊断研究[J]. 大气科学,2009,33(3):537-550.
- [13] 曲晓波,张涛,刘鑫华,等. 舟曲“8.8”特大山洪泥石流灾害气象成因分析[J]. 气象,2010,36(10):102-105.
- [14] 杨森,周晓珊,高杰. 辽宁省夏季降水的日变化特征[J]. 气象,2011,37(8):943-949.
- [15] 严小冬,金建德,雷云. 近50年贵州降水时空分布分析[J]. 贵州气象,2004,28:3-7.
- [16] 杨秀庄,卢路,王宇. 贵州雷电时空分布及强度特征分析[J]. 贵州气象,2008,32(5):6-8.