

文章编号:1673-8411 (2015) 02-0015-05

黔西南暴雨多时间尺度特征及其天气学成因分析

王 芬^{1, 2} 孙旭东¹ 杨溢¹ 黄琰¹ 周仕鹏¹

(1.贵州省黔西南州气象局, 贵州 兴义 562400; 2.贵州省山地气候与资源重点实验室, 贵阳 550002)

摘要: 利用黔西南州 8 个台站 1984–2013 年逐日降水资料及美国国家大气中心和环境预报中心(NCEP/NCAR)的第二套再分析逐月资料,分析了近 30 年黔西南暴雨事件的多时间尺度气候特征,探讨了暴雨异常发生时的大气环流背景。结果表明:黔西南近 30 年平均暴雨日数东西多中间少;暴雨日数具有下降趋势;2–12 月黔西南均会出现暴雨,但主要出现在 5–9 月,6 月暴雨日数达到峰值,有明显的单峰结构特征;MK 突变检验及滑动 t 检验结果表明近 30 年黔西南暴雨日数不存在突变点。在暴雨偏多年,黔西南地区地面气压上升,有冷空气补充南下,500hPa 等压面略有上升,空气柱厚度略增加,700hPa 平均垂直速度为负值,低层存在上升气流,水汽通量散度为负值,水汽辐合有利于降水产生。在暴雨偏少年,黔西南地区地面气压偏少,500hPa 等压面下降,700hPa 平均垂直速度为正值,低层存在下沉气流,水汽通量散度为正值,水汽辐散不利于降水产生。

关键词: 暴雨; 多时间尺度; 天气学成因; 黔西南

中图分类号:P426

文献标识码:A

Climate characteristics of Rainstorm in multi-time scale and Analysis of the weather causes over southwestern GuizhouWANG

Fen¹⁻² SUN Xudong¹ YNAG Yi¹ HUANG Yan¹ ZHOU Shipeng¹

1. Meteorological Office of Southwestern Guizhou, Xingyi 562400, China;

2. The Mountainous Climate and Resource Key Laboratories of Guizhou Province, Guiyang 550002, China;

Abstract: Based on the daily precipitation data from 8 stations in southwestern Guizhou and the second re-analysis data from NCEP/NCAR during 1984–2013, the climate characteristics of rainstorm in multi-time scale were analyzed and the atmospheric circulation backgrounds of the abnormal rainstorm were discussed. The results are as follows: Nearly 30 years there were less rainstorm days in the middle southwestern Guizhou than in the east and west; the number of heavy rain days has a downward trend; There were rainstorms during Feb. – Dec. and mainly concentrated during May to Sep with the maximum in June, so the change of rainstorm with the time is to be obvious unimodal structure; M–K mutation test and t test show that there is no mutational point in rainstorm days nearly 30 years. In heavy rain year, with the ground pressure raising, cold air moving to south, 500hPa isobaric rising slightly, air column thickness slightly increased, 700hPa vertical velocity being negative, updraft existing in low-level and the vapor flux divergence being negative, water vapor convergence is advantageous to the precipitation. By contrast, in drought year, with the ground pressure reducing, 500hPa isobaric falling slightly, vertical velocity at 700hPa being positive, sinking airflow existing in lower-level and the water vapor flux divergence being positive, water vapor divergence is not benefit for precipitation.

Key words: Rainstorm; multi-time scale; the weather causes analysis; Southwestern of Guizhou

1 引言

暴雨的研究一直是我国大气科学重要研究课题

之一,20 世纪 70 年代我国成立了专门的暴雨研究协作组,针对暴雨的发生发展从天气学和气候学了进行了深入系统的研究,得到了一些有意义的结论。

收稿日期:2015-03-12

基金项目:黔西南州科技局社会发展攻关项目(2014-32),黔西南州气象局项目(2014-08)共同资助

作者简介:王芬(1978-),女,江苏睢宁人,硕士研究生,工程师,主要从事气候变化研究。

近年来,贵州的许多气象工作者针对暴雨也进行了一些研究工作,伍红雨等^[1]分析了贵州降水气候异常的时空分布特征,研究结果表明:贵州降水具有显著的年际、年代际变化特征,贵州夏季降水异常存在2、8年的显著周期。张艳梅等^[2]对贵州夏季降水的气候特征进行了初步分析,发现贵州暴雨和暴雨量在空间分布上具有全省一致的特征,在时间演变上具有周期性及突变性。杨洋、池再香、吴哲红等^[3-5]通过对几次贵州暴雨典型个例的发生、发展进行了详细的诊断分析和数值模拟,为揭示贵州暴雨的形成、发展的内在机制和外部条件提供了一定的理论依据,而在暴雨异常发生时所对应的大气环流背景如何,这方面研究尚是空白。

黔西南地处我国低纬高原东侧,地理、气候环境复杂,因暴雨而诱发的洪涝灾害对人民生命财产造成过非常严重的损失。黔西南暴雨主要出现在4-10月,夏季出现暴雨概率最大,点全年的55%,且黔西南是全省暴雨区,其中晴隆站年平均达14次暴雨,位列全省第一,近几年望谟单点暴雨也造成了非常严重的影响,2006年6月12日,望谟特大暴雨造成了30人死亡,26人失踪,县城水、电、通信全部中断。因此对黔西南暴雨的研究十分必要,但是由于暴雨的发生发展成因复杂,预报起来比较困难,所以目前仍是世界性的难题之一。近年来,我州气象工作者针对暴雨也作了一些研究工作,李腹广^[1]、崔庭^[2]、陈晓燕^[3]对黔西南暴雨的典型个例发生、发展进行了详细的诊断分析,段荣等建立了黔西南州暴雨数值样本场,然而对于黔西南州暴雨事件多时间尺度变化特征及其天气学成因这方面的研究尚是空白。本文将在黔西南暴雨已有的研究基础上,选用黔西南8个县站1984-2013年的逐日降水资料,采用线性趋势、M-K检验、Morlet小波对近30a黔西南暴雨日数的时空变化特征进行详细分析,用合成分析的方法找出暴雨异常年份,并对异常年份的大气环流要素场进行合成分析,以揭示暴雨异常发生发展的天气学物理成因。

2 资料与方法

本文选取贵州黔西南区域8个县级气象台站1984~2013年逐日降水资料作为研究对象。根据中国气象局相关业务规范,将24小时降水量 ≥ 50.00 mm定为一个暴雨日。所用的方法^[4-5]有:线性趋势、相关系数、M-K突变检验及合成分析,相关系数及

线性趋势采用t分布的密度函数进行检验,合成分析则采用两组样本平均值差异的方法进行检验。

3 暴雨日数多时间尺度特征

3.1 黔西南州近30年来暴雨日数的空间分布特征

图1(见彩图)给出了黔西南1984~2013年近30年时间平均的8站暴雨日数的分布图,结果显示,黔西南年平均暴雨日数东西多中间少,暴雨日数的范围在3-5d之间,其中晴隆、兴仁、安龙、贞丰的年暴雨日数较少,约为3d;册亨、望谟、兴义、普安的年暴雨日数较多,约为4-5d,最多的是普安(4.9d)。

3.2 黔西南州近30年来暴雨日数的线性趋势空间分布

图2(见彩图)给出了黔西南1984~2013年近30年时间平均的8站暴雨日数线性趋势空间分布图,结果显示,黔西南大部分地区的暴雨日数为减少趋势,只有望谟中东部呈现增多趋势。暴雨日数的变化范围的范围在 $-0.7 \sim 0.1 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 之间,其中普安、兴义、贞丰的近30年平均暴雨日数减少较为明显,分别为 $-0.7 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 、 $-0.5 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 和 $-0.4 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$;而册亨、安龙、晴隆、兴仁的年暴雨日数虽为减少的趋势,但是减少趋势并不明显;东部的望谟近30年来暴雨日数呈现增加的趋势,为 $0.1 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 。

3.3 暴雨日数的年际及年代际趋势变化

图3给出了黔西南区域平均暴雨日数在时间上的演变特征,结果显示,近30年黔西南暴雨日数呈现波动变化,1984年起有上升的趋势,但在1988年之后开始呈现下降的趋势,且在1989年达到最低值,仅为1.75d,之后随着时间的增长又开始出现波动,在1993年达到最大值,为6.25d。线性趋势分析表明:近30年来暴雨日具有下降的趋势,线性变率为 $-0.27/10\text{a}$,与时间的相关系数为 -0.20 (0.1的信度阈值为0.30,0.05的信度阈值为0.35),未能通过0.05的t检验,下降趋势不显著。五年滑动平均表明:近30年来黔西南暴雨日数呈现波动变化,但是没有规律和周期,变化较为凌乱,其中在20世纪90年代初期至90年代末期,暴雨日数存在一个高峰期,在21世纪初期之后,暴雨日数呈现下降的趋势。

3.4 暴雨日数的逐月变化

逐月计算了8个观测站暴雨日数的数值及所占总雨日的比例(图4),统计结果表明,在2-12月黔西南州均会出现暴雨,但主要出现在5-9月,约占

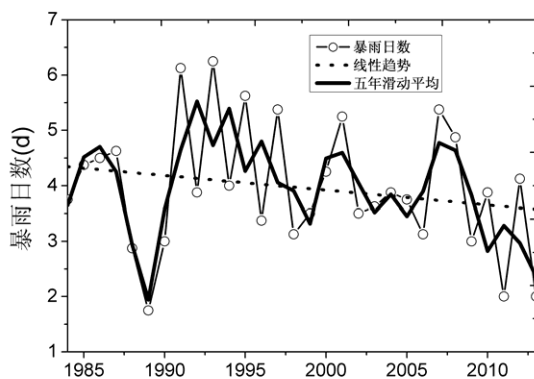


图3 黔西南区域平均的年总暴雨日数的年际变化

全年总暴雨日数的 94.63%, 说明黔西南州暴雨日数主要出现在主汛期。暴雨日数在各月分布有较大波动, 6 月暴雨日数最多, 其暴雨发生的次数远高于其他月份, 为 1.28d, 占全年的 32.32%, 其次为 7 月, 为 1.01d, 占全年的 25.58%, 5 月和 8 月接近, 分别为 0.53d 和 0.60d (占比例分别为 13.47% 和 15.26%), 9 月出现的暴雨日数占全年的 8% (0.32d), 10 月的暴雨日数占全年的 3.47%, 2 月、3 月、11 月、12 月出现的暴雨日数较少, 都在 1% 以下, 而 1 月近 30 年来未出现过暴雨。总体来看, 暴雨次数从 5 月开始跃增, 6 月暴雨日数达到峰值, 年均暴雨次数在 1.28 日左右, 此后随着月份逐渐减少, 呈现出明显的单峰结构特征。

3.5 M-K 突变检验

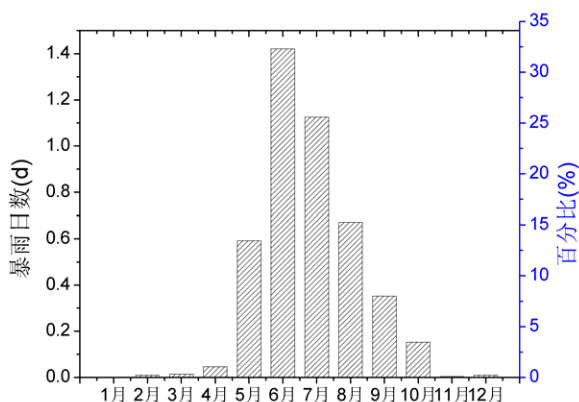


图4 各月暴雨日数值及占全年暴雨日数比例

图 5 是采用 M-K 法对 1984~2013 年近 30 年黔西南暴雨日数进行的突变检验, 从图 5 可以看出, 1984~1988 年 UF 统计量多为正值, 说明此时黔西南暴雨日数偏多。1989~1991 年 UF 统计量多为负值, 说明此时黔西南暴雨日数偏少。20 世纪 90 年代初期至 21 世纪初期, UF 统计量多为正值, 说明此时段内暴雨日数偏多, 此后随着时间的推移, UF 统计量

又呈现下降的趋势。若 UF 和 UB 两条曲线出现交点且在临界线之间, 那么该交点所对应的时刻便是突变开始时间^[4]。从图 5 可以看出, 在临界区值域内, UF 和 UB 两条曲线存在三个交点, 分别为 2009 年、2011 年、2012 年, 但是, 如果出现多个交点, 则不一定是突变点, 要借用其它方法来进行剔除。本文用滑动 t 检验的方法来检验此三个点是否为突变点。经计算可知, 此三个点均未通过 0.05 的显著性检验, 故近 30 年黔西南暴雨日数不存在突变点。

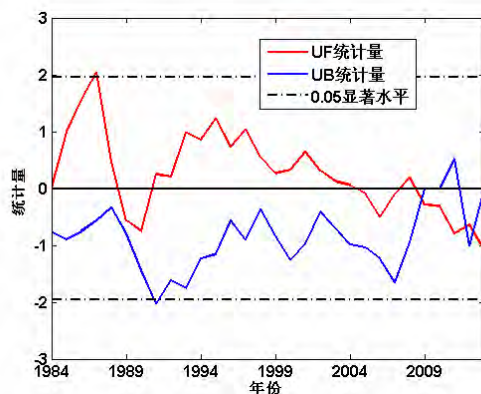


图5 近 30 年黔西南州暴雨日数的 M-K 检验

4 暴雨异常发生的天气学成因分析

为了消除变量自身变异大小和数值大小的影响, 对近 30 年黔西南暴雨日数数据进行标准化处理, 并定义大于正一倍标准差的年份为暴雨日数偏多年, 小于负一倍标准差的年份为暴雨日数偏少年, 共得到降水偏多年 6 年, 降水偏少年 3 年 (表 1)。

对暴雨日数极端年份所的天气形势做距平成分析, 并使用两组样本平均值差异的方法对其进行显著性检验^[5], 图 6 至图 9 中的填色区颜色浅或深分别表示通过 0.1、0.05 的显著性检验。

4.1 暴雨异常年地面气压场合成分析

从地面气压场的合成图上可以看到, 在暴雨偏多年 (图 6a), 地面气压的平均场比 30 年平均偏多 30~35 hPa, 说明暴雨偏多年贵州地面气压上升, 有冷空气补充南下, 致使原来的暖空气变冷凝结成雨释放出大量的潜热, 有利于降水的产生。在暴雨偏少年 (图 6b), 整个贵州的地面气压都是偏少的, 尤其贵州西部 (包括黔西南地区) 偏少更多, 约为 10~20 hPa, 说明暴雨偏少年黔西南地区地面气压下降, 无冷空气补充南下, 不利于降水的产生。无论是暴雨偏多年还是偏少年, 黔西南地区地面气压的变化都不

表 1 近 30 年黔西南暴雨日数偏多(少)年份及对应的暴雨日数

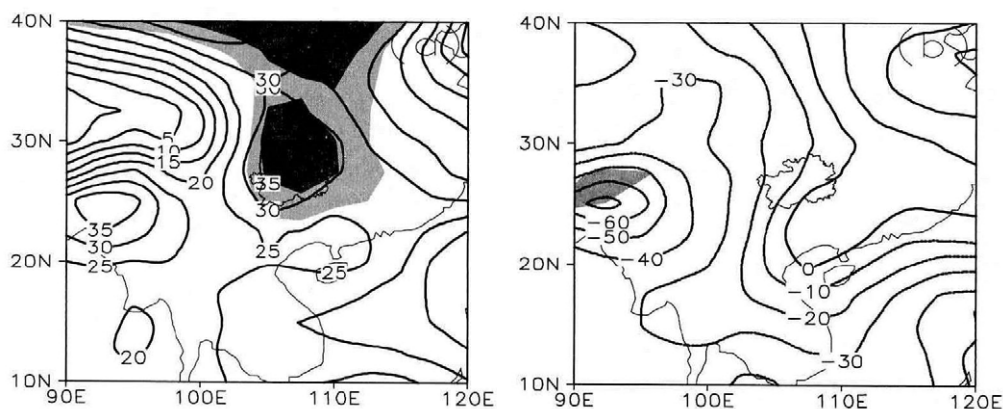
暴雨日数偏多年	1991(6.13d)	1993(6.25d)	1995(5.63d)	1997(5.38d)	2001(5.25d)	2007(5.38d)
暴雨日数偏少年	1989(1.75d)	2011(2d)	2013(2d)			

明显,均未通过 0.1 的显著性检验。

4.2 暴雨异常年 500hPa 位势高度合成分析

对 500 hPa 位势高度进行合成分析,结果显示:在暴雨日数偏多年(图 7a),从 50°N 到贵州为高度正距平,这样的高度距平分布有利于中高纬冷空气

和中低纬暖湿气流在这一过渡地带形成降水的正异常区,黔西南地区上空 500 hPa 位势高度略有上升,空气柱厚度略增加但是变化不显著,整个贵州均没有通过 0.1 的显著性检验。在暴雨日数偏少年(图 7b),黔西南地区上空 500 hPa 位势高度下降约 4



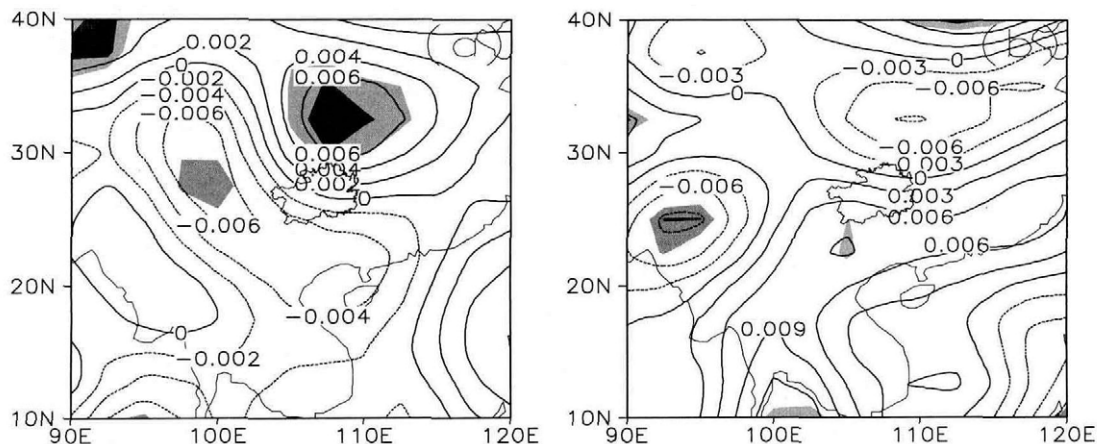


图8 暴雨异常年 700hPa 垂直速度距平合成 (单位:Pa/s)

(1) 黔西南近 30 年年平均暴雨日数东西多中间少, 暴雨日数的范围在 3~5d 之间; 黔西南大部分地区的暴雨日数为减少趋势, 只有东部地区呈现增多趋势; 近 30 年黔西南暴雨日数呈现波动性质, 1984

年起有上升的趋势, 但在 1988 年之后开始呈现下降的趋势, 在 1989 年达到最低值, 之后随着时间的增长又开始出现波动; 线性趋势分析表明: 近 30 年来暴雨日数具有下降的趋势; 五年滑动平均表明近 30

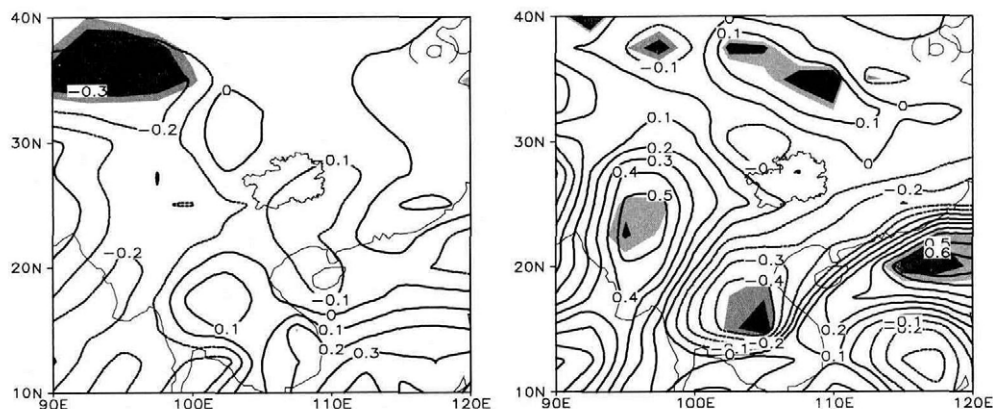


图9 暴雨异常年 850hPa 水汽通量散度距平合成 (单位:g/cm²·hPa·s)

年来黔西南暴雨日数呈现波动变化, 但是没有规律和周期, 变化较为凌乱; 在 2~12 月黔西南均会出现暴雨, 但主要出现在 5~9 月, 暴雨次数从 5 月开始跃增, 6 月暴雨日数达到峰值, 呈现出明显的单峰结构特征; MK 突变检验及滑动 t 检验结果表明近 30 年黔西南暴雨日数不存在突变点。

(2) 合成分析结果显示: 在暴雨偏多年, 黔西南地区地面气压上升, 有冷空气补充南下, 有利于降水的产生; 500hPa 等压面略有上升, 有利于中高纬冷空气和中低纬暖湿气流在这一过渡地带, 形成降水的正异常区; 700hPa 平均垂直速度为负值, 表明低层存在上升气流, 动力条件有利于降水的产生; 850hPa 水汽辐合, 有利于降水产生。而在暴雨偏少年, 黔西南地区地面气压下降; 500hPa 等压面下降,

空气柱厚度明显减少; 700hPa 平均垂直速度为正值, 低层存在下沉气流, 动力条件并不利于降水的产生; 850hPa 水汽辐散不利于降水的产生。

参考文献

- [1] 李腹广, 王芬. 黔西南州一次暴雨中尺度对流系统的发展分析 [J]. 贵州气象, 2006, 30(3): 3-5.
- [2] 崔庭, 吴古会, 赵玉金, 等. 黔西南州望谟县“6.06”特大暴雨过程中尺度分析 [J]. 安徽农业科学, 2012, (3): 2260-2263.
- [3] 陈晓燕, 周翠芳, 杨玲. 2004 年 7 月 4-5 日贵州省黔西南州首场暴雨的物理量诊断分析 [J]. 云南地理环境研究, 2004, 16 (S1): 13-16.
- [4] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术 [M]. 北京: 气象出版社, 1999.
- [5] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法 [M]. 北京: 气象出

- 版社, 2004.
- [6] 罗宁, 许炳南, 文继芬等. 贵州大气降水的时空分布规律研究 [J]. 贵州气象, 2006, 30 (4): 3-7.
- [7] 吉廷艳, 李玉柱, 杨利群. 贵州气温、降水及温度等气象要素的空间分布特征 [J]. 贵州气象, 2000, 24 (1): 19-22.
- [8] 伍红雨, 王谦谦. 近 49 年贵州降水异常的气候特征分析 [J]. 高原气象, 2003, 22 (1): 65-70.
- [9] 张艳梅, 江志红, 王冀. 贵州夏季暴雨的气候特征 [J]. 气候变化研究进展, 2008, 4 (3): 182-186.
- [10] 杨洋, 刘益兰. 中 β 尺度地形与贵州冰雹和暴雨的关系 [J]. 高原气象, 1997, 16 (2): 197-203.
- [11] 池再香, 杜正静, 赵群剑, 等. 中尺度西南涡、切变线对“07.7”贵州西部暴雨影响的分析与模拟 [J]. 高原气象, 2010, 29 (4): 929-938.
- [12] 吴哲红, 虞苏青, 丁治英, 等. 贵州地区一次暴雨的数值模拟及不稳定性诊断分析 [J]. 高原气象, 2008, 27 (6): 1307-1314.
- [13] 杨新, 柯文华, 张小荣, 等. 两次副高边缘特大暴雨对比分析 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (4): 1-4.
- [14] 洪展. 一次台风暴雨过程的水汽特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (4): 16-18.
- [15] 陈冰, 江满桃, 郭潮升, 等. 化州暴雨气候特征分析及极端事件重现期计算 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (4): 19-23.
- [16] 谭敏玲, 何如, 罗红磊. 近 55 年广西融水县降水气候特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (3): 27-30.

(上接第 14 页)

- in the western North Pacific. *Climate Dynamics*, 2012, 39: 3-4, 783-794
- [10] 王咏青, 宋天元, 梁驹, 等. 西北太平洋台风季节预报的数值模拟 [J]. 大气科学学报, 2012, 35 (1): 24-31.
- [11] 苏志重, 余锦华, 孙丞虎, 等. IPRC 区域气候模式对西北太平洋热带气旋潜在预测能力的初步检验 [J]. 热带气象学报, 2010, 26 (2): 165-173.
- [12] Camargo, S. J., A. G. Barnston, P. J. Klotzbach and C. W. Landsea.: Seasonal tropical cyclone forecasts [J]. *World Meteorological Organization Bulletin*, 2007, 56 (4): 297-309.
- [13] Ruifen Zhan, Yuqing Wang, Ming Ying. Seasonal Forecasts of Tropical Cyclone Activity over the Western North Pacific: A Review [J]. *Tropical Cyclone Research and Review*, 2012, 1 (3): 307-324.
- [14] 贾小龙, 陈丽娟, LUO Jing-jia. 利用海气耦合模式预测的大尺度环流进行热带气旋年频数的预测试验 [J]. 热带气象学报, 2013, 29 (1): 37-46.
- [15] Wang Y. An explicit simulation of tropical cyclone with a triply nested movable mesh primitive equation model: TCM3. Part I: Model description and control experiment [J], *Mon Wea Rev*, 2001, 129 (6): 1 370-1 394.
- [16] Reynolds, R.W., N.A. Rayner, T.M. Smith, D.C. Stokes, and W. Wang, 2002: An Improved In Situ and Satellite SST Analysis for Climate, *J. Climate*, 15, 1609-1625.
- [17] 胡轶佳, 钟中, 闵锦忠. 月和季节尺度区域气候模拟的对比分析 [J]. 高原气象, 2007, 26 (4): 862-873.
- [18] 廖国莲, 程鹏. 南宁市大气能见度变化特征及影响因素分析 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (4): 26-28.
- [19] 江晓南, 简茂球, 江帆. 福建春季开汛实际变化特征及其与后期降水量关系 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (4): 1-4.
- [20] Stowasser M, Wang Y, Hamilton K P. Tropical cyclone changes in the western North Pacific in a global warming scenario [J]. *J Climate*, 2007, 20 (11): 2 378-2 396.
- [21] Giorgi F, Shields C. Tests of precipitation parameterizations available in latest version of NCAR regional climate model (RegCM) over continental United States. *J Geophys Res*, 1999, 104, 6353-6375 窗体底端
- [22] Emanuel, K. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 2005, 436, 686-688

黄雪松等：广西典型石漠化区旱涝灾害分布特征及防御对策

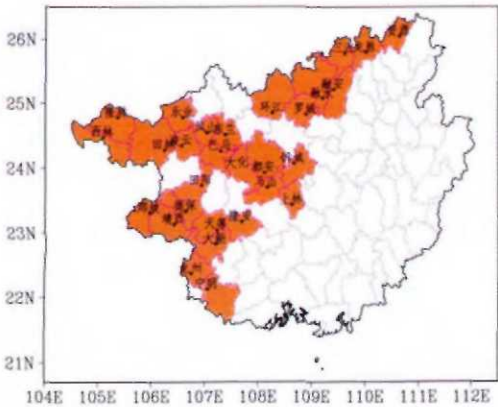


图1 广西典型石漠化地区分布图

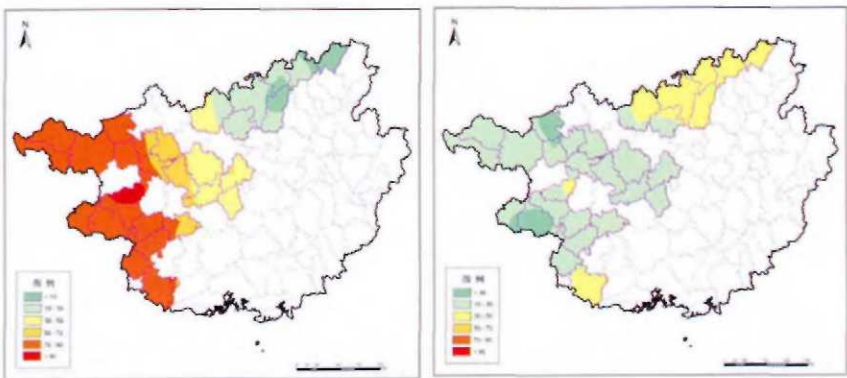


图2 广西典型石漠化区春旱频率分布（左）和夏旱频率分布（右）（单位：%）

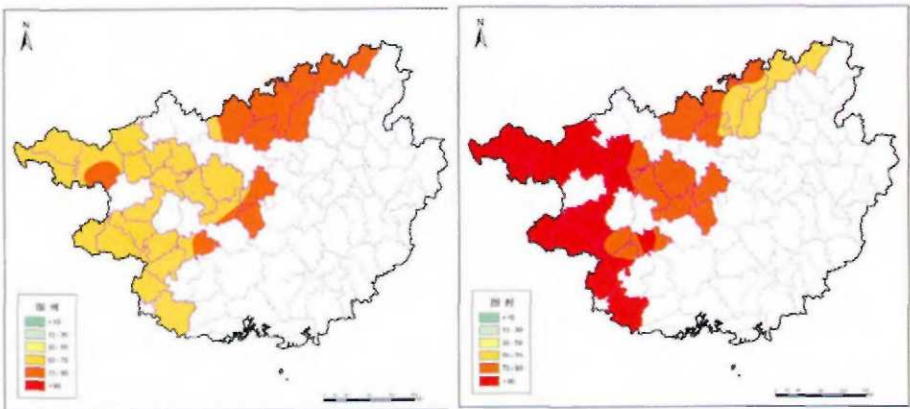


图3 广西典型石漠化区秋旱频率分布（左）和冬旱频率分布（右）（单位：%）

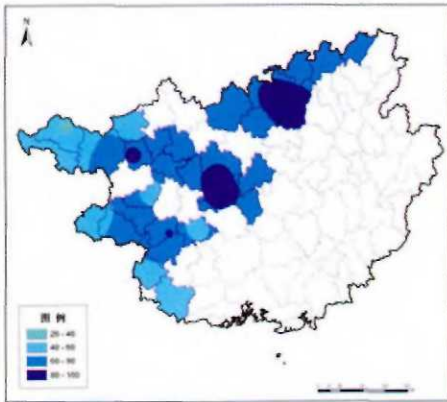


图4 广西典型石漠化区洪涝频率分布（%）

王 芬等：黔西南暴雨多时间尺度特征及其天气学成因分析

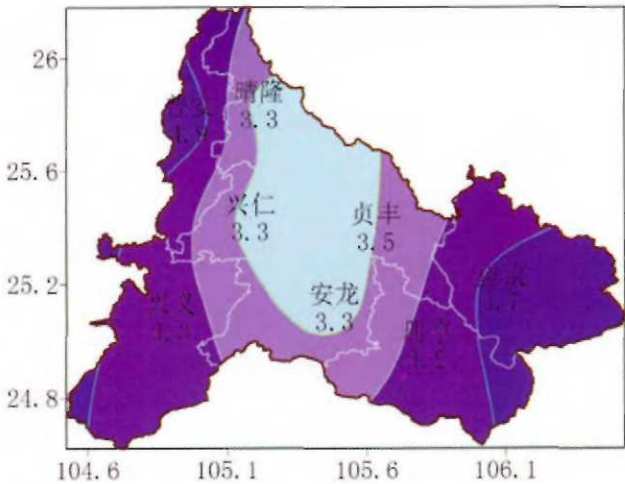


图1 近30年来黔西南州暴雨日数空间分布，单位：（d）

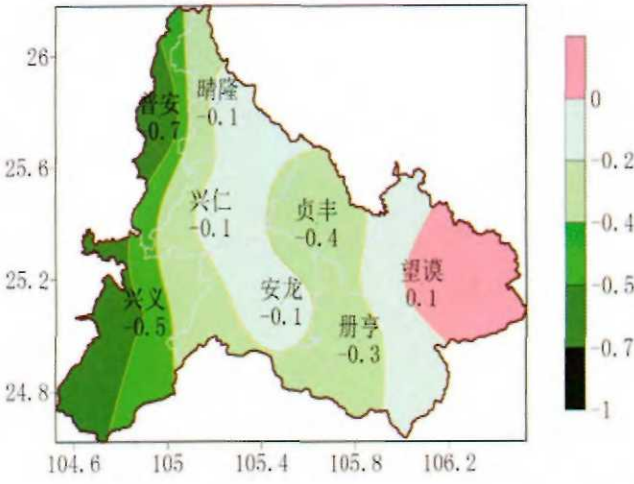


图2 近30年黔西南暴雨日数线性趋势空间分布(单位： $\text{mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$)