

文章编号:1673-8411 (2015) 01-0080-06

# 1961—2013年广西洪涝灾害时空分布特征及成因

黎琮炜<sup>1</sup>, 覃卫坚<sup>2</sup>, 高安宁<sup>3</sup>

(1.广西气象服务中心, 南宁 530022; 2.广西气候中心, 南宁 530022; 3.广西气象台, 南宁 530022)

**摘要:**用广西1961—2013年90个气象观测站的日降水资料和灾害监测资料及NCEP/NCAR再分析资料,分析广西洪涝灾害时空分布特征及其成因。结果表明:广西洪涝灾害造成的损失严重,受灾面积、受灾人口、死亡人数及倒塌房屋等灾害损失呈上升趋势,20世纪90年代因洪涝灾害导致的各方面损失最严重。洪涝灾害发生概率桂东大于桂西。红水河、柳江、桂江、浔江、郁江、西江流域洪涝灾害与大雨以上量级降水量相关最高,其次为北海、钦州、防城港的独流入海流域。河池和柳州是因强降水最容易造成人员死亡的地区,其次为贺州。三种大气环流形势易引发致洪强降雨,中高纬度的槽脊偏强,低纬度地区副高西伸至华南沿海;西伯利亚低槽偏强,广西受南支槽前控制,利于冷暖空气在广西上空交汇,发生暴雨;副热带高压脊线偏北,西伸脊线偏西,有利于热带气旋西移给广西带来暴雨天气。

**关键词:**广西;洪涝灾害;气候变化;气候成因

中图分类号:P466

文献标识码:A

## Analysis on the temporal and spatial distribution characteristics of flood disasters during 1961–2013 and its causes in Guangxi

Li Cong-wei<sup>1,2</sup> Qin Wei-jian<sup>3</sup> Gao Anning<sup>4</sup>

(1. Guangxi Meteorological Service Center, Nanning 530022, China; 2. Guangxi Climate Center, Nanning 530022, China; 3. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022, China; 4. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022, China)

**Abstract:** Based on the daily rainfall data of 90 stations, the flood disaster records in Guangxi and the NCEP/NCAR reanalysis data from 1961 to 2010, the temporal and spatial distribution characteristics and the causes of flood disaster disasters were analyzed. Results show that the flood disasters have an increasing trend with the biggest flood disaster losses happening during the 1990s. Flood more likely occurs in the east of Guangxi than the west. The highest correlation between the flood disaster area and the heavy rainfall in the Hongshuihe river, Liujiang river, Guijiang river, Xunjiang river, Yujiang river and West river basin, while the higher ones are in the basin of river running into sea in Beihai, Qinzhou and Fangchenggang. Hechi and liuzhou are the area to most likely cause deaths due to heavy rain, and the Hezhou ranks second. There are three types of circulations that lead to the floods in Guangxi: the groove ridge in the high latitudes become strong, and subtropical high in the low latitudes extending to the west and into the south China coast; stronger Siberian low trough and control of the former southern trough benefit the interchanges of warm and cold air over the Guangxi and lead to the heavy rain; subtropical ridge line by North and west ridge line by west are advantageous to the westward movement of tropical cyclone and bring torrential rain to Guangxi.

**Key words:** Guangxi; Floods; Climate change; climatic formation cause

## 1 引言

全球气候变暖使极端降水发生频率增加<sup>[1]</sup>,如

Zhai et al<sup>[2]</sup>研究表明近50年中国极端降水强度有增强的趋势;覃卫坚等<sup>[3-5]</sup>研究指出广西暴雨雨量占全年总雨量的比例随年际变化有增加趋势; 陈见

收稿日期:2014-11-16

基金项目:广西科技创新能力与条件建设项目(桂科能14123004-1-2)和广西自然科学基金(2013GXNSFBB053010)、广西自然科学基金资助(2013GXNSFAA019273)共同资助。

作者简介:黎琮炜(1984-),男,工程师,主要从事天气气候预测及气象服务方面研究,E-mail:45214570@qq.com。

等<sup>[6]</sup>指出锋面暴雨在 1990 年以后呈增多趋势;高亭亭等<sup>[7]</sup>指出广州前汛期暴雨累积雨量呈逐年增加趋势;翟志宏等<sup>[8]</sup>发现近 50 年来,华南区域暴雨降水强度及暴雨百分率上升趋势显著;陈芳丽等<sup>[9]</sup>发现惠州近年来各站前汛期暴雨日数和降雨量均呈大振幅变化趋势;郑浩阳等<sup>[10]</sup>发现珠海暴雨占全年总降雨的比率越来越大。降水异常是导致洪涝灾害的原因之一,倪增华<sup>[11]</sup>等指出广西降水的重现期越长,洪涝灾害也越严重;李永生等<sup>[12]</sup>指出盛夏降水异常造成了 2013 年黑龙江境内三江流域及支流大洪水;李勇<sup>[13-17]</sup>等指出切变线、热带气旋、中尺度对流系统等均会导致异常的暴雨天气。

广西每年由于暴雨引发的山洪、江河流域洪涝、泥石流等灾害给人民生命财产造成重大损失,如 1994 年 5—8 月广西共发生 18 次大到暴雨天气过程,受洪涝灾害面积达 165 万  $\text{hm}^2$ ,死亡人数 542 人,直接经济损失达数百亿元;2001 年度出现多次大到暴雨天气过程,导致左江、右江、邕江、郁江、浔江江水暴涨洪水泛滥,全区受灾面积达 123 万公顷,死亡人数 74 人,受灾人口达 1861.7 万人。洪涝灾害受到了关注,胡小晖等<sup>[18]</sup>、何慧等<sup>[19]</sup>研究指出广西洪涝灾害损失有增多的趋势;莫建飞<sup>[20]</sup>等利用 GIS 技术分析了广西洪涝孕灾环境敏感性,提出了地势越低、高差越小,河网越密集、植被覆盖度越低越容易孕育洪涝灾害。不过这些研究多为简单灾情线性气候趋势特征分析,或为某个典型洪涝过程天气个例形势分析,鲜见从气候异常角度分析其成因。本文分

析广西洪涝灾害时空分布特征,分析其与各级降水的关系,用合成分析的方法,揭示洪涝灾害发生的气候成因,为进一步开展洪涝灾害的防灾避险工作提供科学依据。

## 1 资料与方法

选取 1961—2013 年广西 90 个气象观测站日降水资料和 NCEP/NCAR500hpa 高度场再分析资料。洪涝灾害灾情资料来自于广西区气候中心历年气候评价资料。定义当日 20:00 到次日 20:00 日降水量  $\geq 50\text{mm}$  为一个暴雨日。

本文相关研究采用大气环流合成、相关系数等方法。

## 2 结果分析

### 2.1 广西洪涝灾害时空分布特征分析

#### 2.1.1 洪涝灾害年代际变化

根据广西区气候中心历年气候评价资料,广西各年代因洪涝灾害所导致的损失统计结果如表 1,总体来看广西洪涝灾害造成的损失严重,受灾面积、人口、死亡人数及倒塌房屋等灾害呈上升的趋势,尤其 20 世纪 90 年代和 21 世纪 00 年代灾害偏多明显,其中 20 世纪 90 年代受灾面积、人口、死亡人数及倒塌房屋损失最严重,各项灾害数量比 60 年代、70 年代及 80 年代三十年总和还要多;其次为 21 世纪 00 年代,受灾面积、受灾人口、倒塌房屋数量排在第 2 位,不过死亡人数却排在第 3 位。

表 1 广西洪涝灾害年代分布的统计表

	20 世纪				21 世纪	
	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	00 年代	合计
受灾面积/万公顷	99.7	175.3	174.2	659.6	589.1	1697.9
受灾人口/万人	1178.0	1294.0	2898.0	11942.4	9451.3	26763.7
死亡人数/人	323	303	409	1336	397	2786
倒塌房屋/间	22749	28264	99871	1563137	532681	2246702

#### 2.1.2 洪涝灾害地理分布

为了分析广西洪涝灾害地理分布特征,当广西有一个市,其中 1/2 以上县(区)出现洪涝灾情的过程定义为一次广西暴雨洪涝过程,根据约 100 例灾情记录完整的暴雨洪涝过程样本,统计了当广西出现洪涝灾害时各个市(县)相应发生洪涝的频率。统计方法为:广西的一次灾害过程里,某个县(区)出现

灾情就记为当地一次灾害过程;统计 90 个县(区)灾害过程次数占全广西总洪涝灾害过程次数的比例,得到该地发生洪涝灾害的频率(图 1)。如图中所示,桂东地区发生洪涝灾害的频率最高,达到 20% 以上,即在 5 次洪涝灾害过程里,这些地区就有 1 次左右,其中柳州北部、梧州市东部、钦州最高,频率达到 30% 以上;发生频率最少的为崇左市、百色市南部和

北部山区,在 10%以下。从整体看,洪涝灾害发生概率桂东大于桂西。

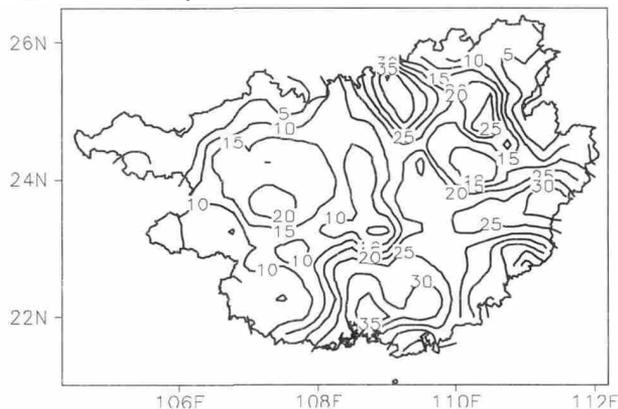


图 1 广西各地洪涝灾害过程频率(%)

## 2.2 广西洪涝灾害与降水关系

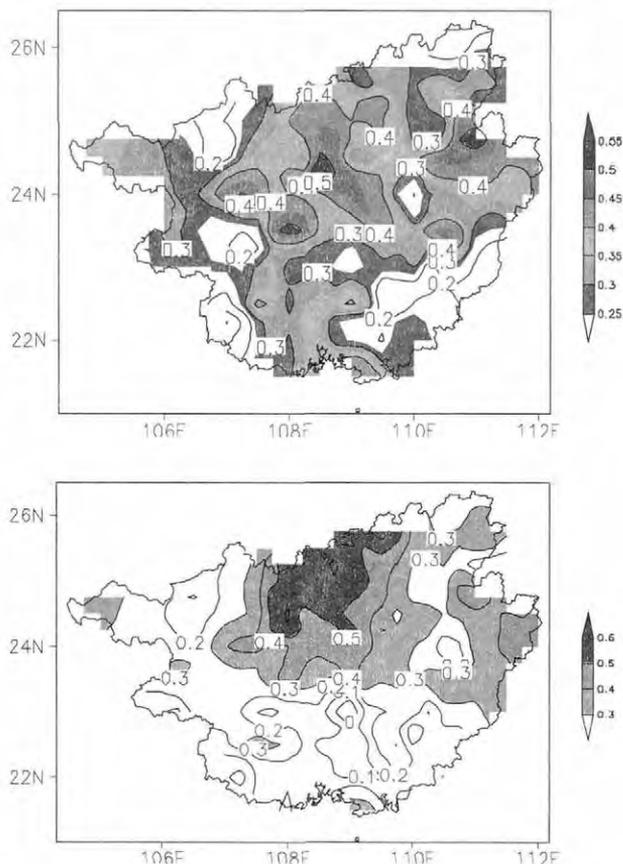
### 2.2.1 洪涝灾害与单站大雨以上降水量的关系

洪涝灾害成因除了与当地的地形地貌、植被等有关外,主要跟强降水有关。统计受灾面积与大雨以上量级降水的相关图(图 2a),从图中可看出相关最高的区域为红水河、柳江、桂江、浔江、郁江、西江流域,显著程度通过了信度为 0.01 的统计检验。北海、钦州、防城港为独流入海流域的受灾面积和强降雨也有比较高的相关关系,显著程度通过了信度为 0.05 的统计检验。

死亡人数与大雨以上量级降水的相关图(图 2b),从图中可见相关最高的地区为河池和柳州,相关系数高达 0.5,显著程度通过了信度为 0.01 的统计检验;其次为梧州和贺州二市,相关系数也达到 0.3 以上,通过了信度为 0.1 的统计显著性检验。说明了这些高相关地区一旦出现大雨以上量级的降水,就容易出现因灾死亡的情况。可能因为这些高相关地区多属山区,河流分布比较多,容易导致山洪暴发,并且引发山体滑坡、泥石流等地质灾害,给人民生命财产造成损失;梧州为多条河流的下游,汇集了上游来水,易发生洪涝灾害,造成人员死亡;这些地区在强降水来临之前必须注意防范。广西其余地区相关系数均不明显。

### 2.2.2 洪涝灾害与单站连续 2 天以上大雨以上降水量的关系

上一节分析了洪涝灾害与大雨以上降水量的关系,以下分析洪涝灾害与连续强降水的关系。受灾面积与连续 2 天大雨以上降水量相关如图 3a,从图中可看出高相关区集中在贺州、河池、柳州市,相关系数



阴影部分为通过信度为 0.1 的统计检验

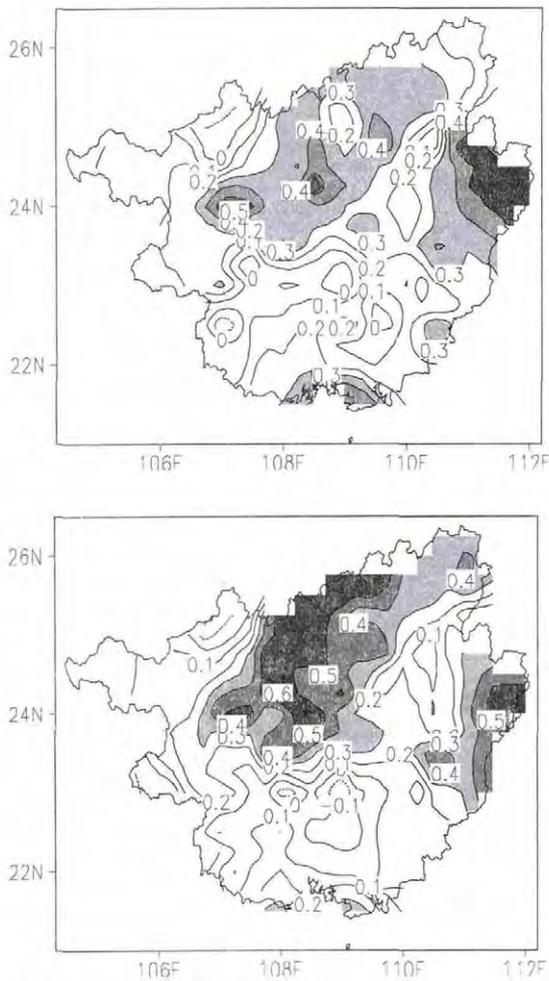
图 2 广西洪涝受灾面积(a)、死亡人数(b)与大雨以上量级降水量相关系数图

达到 0.3 以上,显著程度通过了信度为 0.05 的统计检验。通过显著性检验的区域较单日大雨以上降雨量的显著区域小,其余地区相关未通过显著性检验。

死亡人数与连续 2 天大雨以上降雨量的相关图(图 3b),从图中可见相关最高为河池、柳州、贺州,相关系数达到 0.4,显著程度通过了信度为 0.01 的统计检验,其余地区相关未通过显著性检验。可见大部地区受灾面积与单站大雨以上降水量相关显著区域集中在桂北地区,与上一节对比来看受灾面积跟单站大雨连续性关系不大,而死亡人数显著区域的除了河池和柳州市北部为高相关外,贺州市也为高相关区,这说明了广西容易发生洪涝灾害的特征。

### 2.2.3 洪涝灾害与超过 10 站大雨以上降水量的关系

以上两节分析了洪涝灾害与单站 1 天、连续 2 天以上大雨量级以上降水量的关系,以下分析当广西发生大范围强降水时,洪涝灾害与大雨以上降水量的关系。图 4a 为洪涝受灾面积与广西出现超过 10 站大雨以上量级降水的降雨量相关图,可见相关



阴影部分为通过信度为 0.1 的统计检验

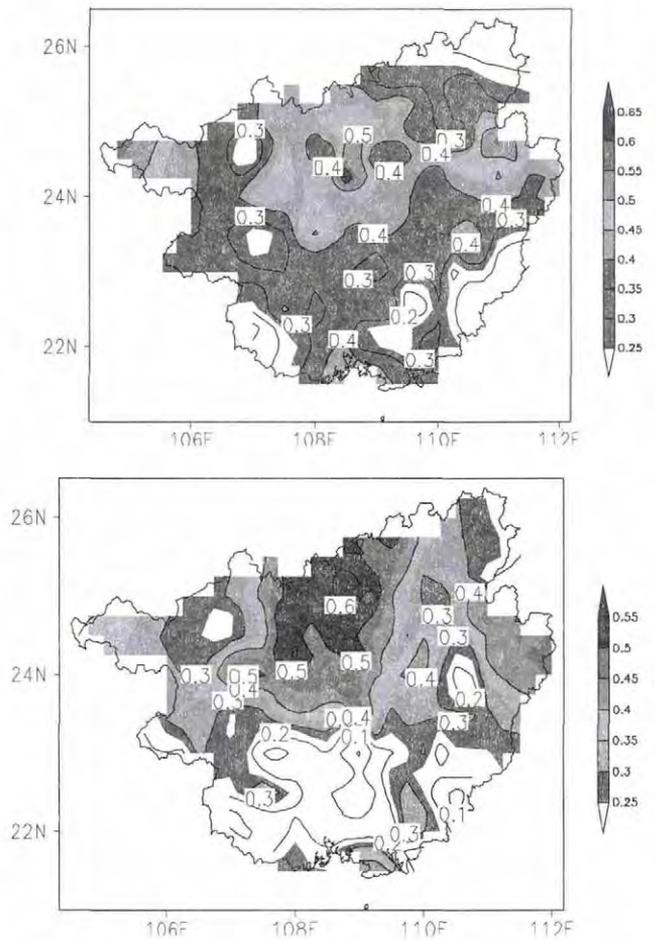
图 3 广西洪涝受灾面积(a)、死亡人数(b)与单站 2 天大雨以上降水量相关系数图

显著区域明显大于与单站大雨以上降雨量相关显著的区域,其中河池、贺州、柳州、来宾、钦州及防城港相关系数达到 0.4, 显著程度通过了信度为 0.01 的统计检验, 其余大部分地区通过了信度为 0.1 的统计检验。

图 4b 为洪涝死亡人数与广西出现超过 10 站大雨以上量级降水的降雨量相关图, 桂北相关显著, 其中河池东部和柳州北部相关最高, 达到了 0.5 以上。相关显著区域明显大于与单站大雨以上降雨量相关显著的区域。以上分析可见广西洪涝灾害与大范围强降水关系最密切。

### 2.3 广西洪涝灾害天气过程的大气环流异常分析

通过天气形势分析得到广西发生大范围强降水的影响天气系统一般为: 台风、低涡、高空槽、切变线, 引起洪涝灾害往往是由于大气环流出现异常所导致<sup>[15]</sup>。选取几个洪涝灾害最严重的典型过程来进



阴影部分为通过信度为 0.1 的统计检验

图 4 广西洪涝受灾面积(a)、死亡人数(b)与 10 站大雨以上各站降水量相关系数图

行大气环流异常分析(距平值为当日 500hPa 高度场和 30a(1981—2010 年)平均值的差值), 根据不同的影响天气系统, 把造成广西洪涝灾害过程的大气环流分为三类:

第一类影响系统为切变线、静止锋。图 5a 为 1994 年 6 月 12—17 日、1998 年 6 月 16—27 日受高空槽、切变线、静止锋影响出现强降水天气过程 500 hPa 高度值及距平值合成图, 在图中, 中高纬度地区大气环流为“两槽两脊型”, 东欧平原和贝加尔湖地区各存在一个低槽, 乌拉尔山到巴尔喀什湖一带和阿留申群岛各有一个高压脊; 在低纬度地区, 西太平洋副热带高压西伸至华南沿海。从距平值来看, 乌拉尔山到巴尔喀什湖一带对应的高压脊, 500hPa 高度场为正距平, 较常年同期偏强; 贝加尔湖地区的低槽为负距平, 较历史同期偏强, 这种环流形势有利于冷空气从东路到中路影响我国, 持续时间加长。由此可见, 中高纬度的槽脊偏强, 大气经向交换加强; 低纬

地区副高西伸至华南沿海,副高边沿气流利于水汽向北输送,有利于广西出现暴雨。

第二类影响系统为冷空气及西南暖湿气流。图 5b 为 2005 年 6 月 19—23 日、2008 年 6 月 8—18 日由于冷空气及西南暖湿气流影响出现强降水天气过程的 500hPa 高度值及距平值合成图,从图中可以看出在中高纬地区,俄罗斯存在一个较强的低槽,蒙古高原上空则存在着一个高压脊;在低纬地区,存在明显的南支槽,华南地区受南支槽前西南气流控制。西伯利亚低槽偏强,利于强冷空气从西路到中路不断南下,与南支槽前的西南暖湿气流在广西交汇,有利于暴雨出现。

第三类影响系统为热带气旋。图 5c 为 2001 年 7 月 1—4 日、2008 年 9 月 24—27 日两次受热带气旋影响出现强降水天气过程的 500hPa 高度值及距平值合成图。从图中可以看出欧洲西海岸和贝加尔湖地区处于高压脊的控制,而西欧大陆、巴尔喀什湖地区和亚洲东海岸有深槽维持。从距平值来看,欧洲西海岸和亚洲东海岸地区低槽较历年同期明显偏强。低纬地区,副热带高压脊线位于 30°N,584 线西伸到云南省,广西南部位于其南侧,且华南沿海地区为低压区控制,辐合带较活跃,这种环流形势非常有利于热带气旋向西移动影响广西,带来暴雨天气。

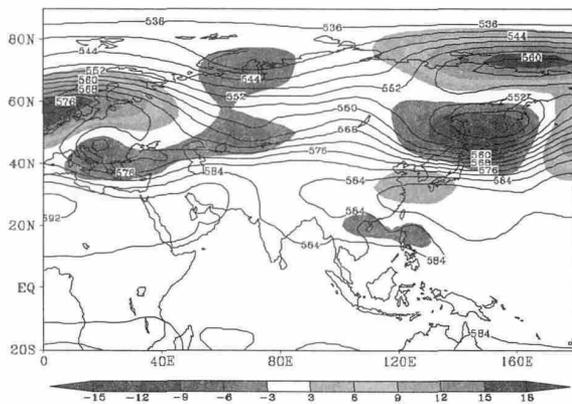


图 5 严重暴雨洪涝过程的 500hPa 高度场及距平合成图高空槽、切变线、静止锋影响(a)、冷空气及西南暖湿气流影响(b)和台风影响(c)

### 3 结论

(1)广西洪涝灾害造成的损失有上升的趋势,尤其 20 世纪 90 年代和 21 世纪 00 年代灾害增多明显,其中 20 世纪 90 年代因洪涝灾害导致的各方面损失最严重。桂东地区发生洪涝灾害的频率高于桂西,其中柳州北部、梧州市东部、钦州最高,崇左市、百色市南部和北部山区发生频率最少。

(2)红水河、柳江、桂江、浔江、郁江、西江流域洪涝灾害与大雨以上量级降水量相关最高,其次为北海、钦州、防城港的独流入海流域。河池和柳州是强降水最容易造成人员死亡的地区,其次为贺州和梧州。广西洪涝灾害与大范围强降水关系最密切。

(3)三种大气环流形势容易造成广西洪涝灾害。中高纬度的槽脊偏强,低纬度地区副高西伸至华南沿海;西伯利亚低槽偏强,广西受南支槽前控制,利于冷暖空气在广西上空交汇,发生暴雨。副热带高压脊线偏北,西伸脊线偏西,有利于热带气旋西移给广西带来暴雨天气。

#### 参考文献:

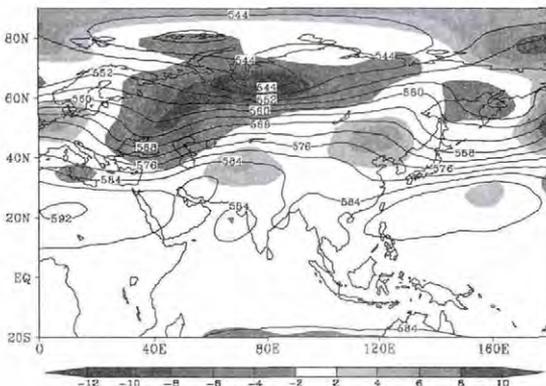
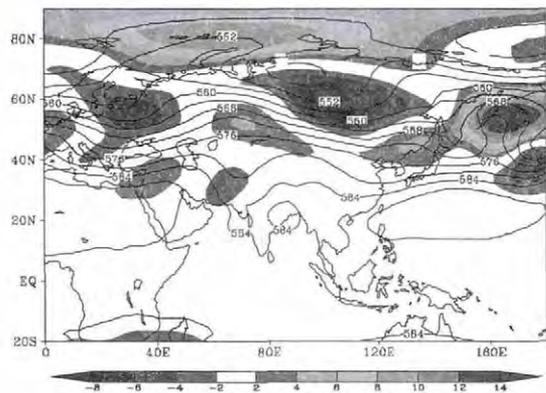
[1] 《气候变化国家评估报告》编写委员会.气候变化国家评估报告 [M].北京:科学出版社,2007:1-7.

[2] Zhai P M, Zhang X B, Wan H et al.Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China [ J ]. Journal of climate, 2005, 18 (7): 1096-1108.

[3] 覃卫坚,李耀先,廖雪萍.广西热带气旋的暴雨统计分析及其数值模拟 [J].气象研究与应用,2013,34(1):1-6.

[4] 覃卫坚,李耀先,覃志年.广西暴雨的区域性和连续性研究 [J].气象研究与应用,2012,33(4):1-4.

[5] 覃卫坚,李栋梁,雷雪梅.广西暴雨非均匀性分布特征



研究 [J]. 热带气象学报, 2012, 28 (2): 258-264.

[6] 陈见, 高安宁, 唐文. 广西超大范围锋面暴雨发生特征及预报方法研究 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (1): 7-12.

[7] 高亭亭, 梁卫, 罗聪, 等. 广州前汛期暴雨气候特征分析 [J]. 广东气象, 2012, 34 (2): 1-4.

[8] 翟志宏, 何健. 华南区域 1961~2008 暴雨变化趋势统计特征 [J]. 广东气象, 2011, 33 (1): 24-27.

[9] 陈芳丽, 张子凡, 李明华, 等. 惠州市近 40 年前汛期暴雨的气候特征分析 [J]. 广东气象, 2014, 36 (3): 25-29.

[10] 郑浩阳, 王丽文. 珠海市暴雨天气的气候特征及影响形势分析 [J]. 广东气象, 2014, 36 (2): 19-23.

[11] 倪增华, 刘合香, 罗彦丽, 等. Copula 函数在广西洪涝灾害的降水概率预测中的应用 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (2): 32-39.

[12] 李永生, 张健, 于梅, 等. 2013 年黑龙江省夏季洪涝灾害成因分析 [J]. 气象与环境学报, 2014, 30 (3): 31-37.

[13] 李勇, 覃武, 钟利华. 广西 2012 年前汛期 3 次暴雨过

程环流和中尺度特征 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (2): 31-35.

[14] 何小娟, 丁治英. 广西北部湾地区台风暴雨的统计特征 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (2): 31-35.

[15] 胡端英, 梁域, 余家材, 等. “9.16” 广东旱区罗定特大暴雨灾害天气成因分析 [J]. 广东气象, 2013, 35 (3): 6-11.

[16] 陈伟斌, 高安宁, 陈见, 等. 不同环境风场条件下两次暴雨过程对比分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (3): 14-20.

[17] 林墨, 林宗桂, 罗红磊. 一次中低纬度天气系统相互作用产生暴雨过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (3): 6-8.

[18] 胡小晖, 延军平, 欧维新. 1950 年以来广西洪涝灾害及趋势预测 [J]. 灾害学, 1999, 14 (4): 27-31.

[19] 何慧, 陆虹, 欧艺. 1959-2008 年广西西江流域洪涝气候特征 [J]. 气候变化研究进展, 2009, 5 (3): 104-108.

[20] 莫建飞, 陆甲, 李艳兰, 等. 基于 GIS 的广西洪涝灾害孕灾环境敏感性评估 [J]. 灾害学, 2010, 25 (4): 33-37.

(上接第 75 页)

范围内冰雹回波的垂直液态水含量值会出现明显的跳变, 而暴雨回波其值比较平稳并且维持较低数值。

(4)VWP 在冰雹过程中从低层到高层存在垂直风切变, 其切变越大, 出现冰雹的可能性越大, 而暴雨的西风急流风速远小于冰雹过程。

参考文献

[1] 陶诗言. 中国之暴雨 [M]. 北京: 科学出版社. 1980

[2] 黎云, 邓丽玲, 韦美闹. 2010 年 6 月 20 日河池市暴雨天气过程雷达特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (S2) .

[3] 方标, 严小冬, 陈关清, 等. 铜仁市一次冰雹天气的多普勒雷达回波特征分析 [J]. 贵州气象, 2014, (3) .

[4] 黄开刚. 桂西一次对流性特大暴雨过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (S1) .

[5] 甘励, 谢秋萍, 樊盛. 一次大暴雨天气过程的雷达回波分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (1) .

[6] 董保举, 付志嘉, 李明, 等. 风廓线雷达资料在暴雨天气过程特征分析中的应用 [J]. 气象科技, 2012, 33 (1) .

[7] 林中庆, 曹亚平, 赵小伟. 风廓线雷达资料在一次强对流天气过程中的应用 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (3) .

[8] 陈国连. 2012 年 6 月 23—24 日桂林南部连续暴雨过程成因分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (4) .

[9] 唐新, 林宗桂, 黎家宜, 等. 都安一次特大暴雨过程卫

星和雷达图像特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2010, 31 (3) .

[10] 钟常鸣. 雷达回波在暴雨临近预报中的应用 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (S1) .

[11] 张洁婷, 张薇. 2010 年 5 月 6-7 日南宁市局地暴雨过程天气分析 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (S2) .

[12] 张沛源, 陈荣林. 多普勒速度图上的暴雨判据研究 [J]. 气象学报, 1995

[13] 陈伟, 唐明晖, 张劲强, 等. 湘东北一次大暴雨“列车效应”特征分析和预警服务 [J]. 广东气象, 2014, 35 (4) .

[14] 曾数军, 荣利香, 杨亚钦, 等. 4.12 花都冰雹天气过程分析 [J]. 广东气象, 2013, 35 (6) .

[15] 方标, 严小冬, 方可, 等. 贵州铜仁市春季冰雹天气特征及防雹预警阈值 [J]. 贵州农业科学, 2014, (3)

[16] 张秀珍, 刘桂玲, 全文峰, 等. 局地暴雨和冰雹在雷达回波上的对比分析 [J]. 内蒙古气象, 2011, (5) .

[17] 曹亚平, 赵小伟, 林中庆, 等. “11.04.17” 南沙区一次罕见强对流天气过程分析 [J]. 广东气象, 2012, 34 (4) .

[18] 蔡蕊, 江梦天, 赵旻旻, 等. 2011 年 10 月 13-14 日广州罕见暴雨特征和成因分析 [J]. 广东气象, 2012, 34 (1) .

[19] 黄仪虹. 2007 年汕头市一次大暴雨过程的发生发展 [J]. 广东气象, 2008, 30 (1) .