

文章编号:1673-8411 (2014) 03-0005-06

广东省夏半年降水敏感区域分析

薛羽君^{1, 2}, 董航宇³, 陈莉¹, 薛林强⁴

(1.三亚市气象局, 海南 三亚 572000; 2.海南省南海气象防灾减灾重点实验室, 海南 海口 570203;

3.河北省气象科学研究所, 河北 石家庄 050021; 4.茂名市气象局, 广东 茂名 525000)

摘要:利用广东省25个台站1980年至2012年4~9月份的降水量资料,采用小波分析、EOF和REOF方法对夏半年降水量的周期振荡、空间异常特征以及时间变化规律进行诊断分析研究。结果表明:广东省夏半年降水总量存在显著的4a、7a和13a周期振荡,且4a周期振荡信号最强,为第一主周期,7a和13a分别为第二、第三主周期。其主要异常模式表现为一致偏少或一致偏多、沿海与内陆反向型。广东省夏半年降水量的异常敏感区域为粤西北区、粤西南区和粤东北区。三个区域近几年夏半年降水量均表现为减少趋势,其中粤东北区降水量减少幅度较大。

关键词:广东省;夏半年降水量;小波分析;EOF;REOF

中图分类号:P458.1*21

文献标识码:A

Analysis of Sensitive Area for summer half year precipitation in Guangdong province

Xue Yu-jun^{1,2}, Dong Han-yu³, Chen Li¹, Xue Lin-qiang⁴

(1.Sanya Municipal Meteorological Service, Sanya 572000; 2.Hainan Province South China Sea Meteorological Disaster Prevention and Mitigation Key Laboratory, Haikou 570203; 3.Hebei Province Meteorological Institute, Shijiazhuang 050021; 4.Maoming Municipal Meteorological Service, Maoming 525000)

Abstract: Based on the summer half year precipitation data at 25 observational stations from 1980 to 2012 in Guangdong province, the periodic oscillation and spatial anomaly features and time evolution rule were analyzed by wavelet analysis, EOF (Empirical Orthogonal Function) and REOF (Rotated Empirical Orthogonal Function) methods. The results indicate that the periodic oscillation of summer half year precipitation in Guangdong province presented as 4a, 7a and 13a and the first principal period is 4a with most strong oscillation signal, the second and third principal period respectively for 7a and 13a. The main anomaly structures present less or more in all the areas, and spatial changes are opposite pattern from the coast to inland. The anomaly sensitive areas are northwest area, southwest area and the northeast of coast. The trend of summer half year precipitation appears decreasing tendency in recent years and the northeast area reduces remarkably.

Key words: Guangdong province; summer half year precipitation; wavelet analysis; EOF; REOF

1 引言

降水变化是气候变化的重要形式之一。对于我国降水的研究,气象学者做过很多研究,严华生等^[1]认为我国的降水空间分布呈现为南北分布;陈兴芳等^[2]从年代际尺度上得出我国雨带南北的旱涝呈反

位相形势;宇如聪等^[3]做了更详细研究,认为我国旱涝现象在20世纪80年代之前为南旱北涝,之后雨带发生移动,形成南涝北旱;吴林等^[4]也得出华南区域夏季降水呈南多北少的分布特征。

广东省属热带和亚热带季风气候区,是我国年降水量最多的省份之一,降水量的季节分布和地理

收稿日期:2014-07-15

作者简介:薛羽君(1985-),女,理学硕士,助工,主要从事天气预报工作。

分布不均匀,夏半年主要受热带低压和夏季风的影响^[5],降水的分布呈双峰型,分别出现在4~6月(即前汛期)和7~9月(即后汛期)^[6-7]。因此分析广东省降水的时空分布特征对本省各地的中长期天气预报和农业生产等具有一定的指导意义。前人从降水影响系统和降水分布特征着手做过很多研究,刘国忠等^[8]指出西南涡影响华南前汛期的旱涝情况。黄茂栋等^[9]和刘燕等^[10]分析了广东省40多年汛期间降水的时空变化特征,得到降水有微弱上升趋势,存在明显的年际变化特征,并对降水空间分布进行了分区,且降水的强弱变化与该区域上空的水汽通量距平辐合呈正相关^[11]。从降水分级指数上来看,夏半年降水存在明显的7a和11a周期^[12-13]。

以上研究基本采用21世纪初之前的降水资料,且时间尺度不同,得到的结果也不尽相同。由于气候的变化,较长时间的资料统计分析未必能代表当下的气候特征,本文在以上研究的基础上,采用最近33年(1980年~2012年)的降水资料进行分析,找出降水异常敏感性区域,以期得到广东省夏半年的降水量时空分布特征。

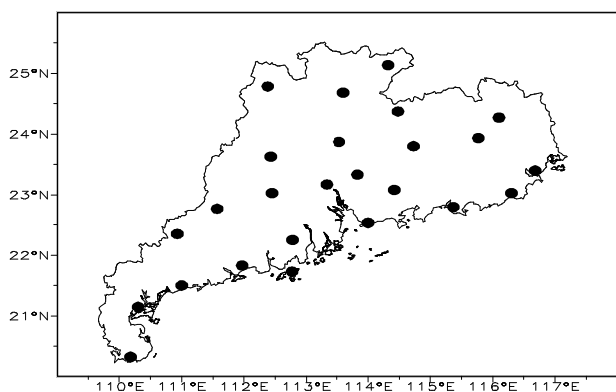


图1 广东省25个站点的地理位置

2 资料与研究方法

文中选取1980年~2012年广东省无缺测值的25个站点夏半年(4月~9月)的总降水量数据进行分析,数据来源于中国气象科学数据共享服务网,站点的地理位置如图1所示,分布比较均匀。

采用的方法有:Morlet小波分析,经验正交函数(EOF)分解,旋转经验正交函数分解(REOF)。

气象科学研究中,EOF能在有限区域对离散的站点资料进行分解,能将变量场的信息较快地集中在某几个空间分布模态上。而REOF可以使旋转后

的高载荷集中在某一较小区域上,使时空场空间分布结构更加清晰,克服了EOF在展开时的取样误差,这样能较好地反映不同地域的变量场变化,以及不同地域变量场的相关分布状况。小波分析(Wavelet Analysis)即多分辨率分析,基本思想是用一簇小波函数系来表示或逼近某一信号或函数,对信号的处理具有明显优越性。讨论EOF、REOF和小波分析具体算法可参照参考文献^[14],在此不加累述。

本文首先采用小波分析对广东省夏半年降水量气候序列的时频结构分析,寻找其振荡周期特征,然后采用EOF方法分析降水量空间分布型特征并确定旋转经验正交函数个数,在此基础上采用REOF方法寻找降水量异常敏感区,从而得出广东省近期夏半年的降水量时空分布特征。

3 结果分析

3.1 广东省降水空间分布的周期特征

根据Morlet小波变换方法,给出了广东省夏半年降水量的Morlet小波变换系数和方差(图2,见彩页),其中图2a中横坐标对应的是年份,纵坐标表示的是时间尺度(伸缩尺度),等值线表示的是小波系数的实部,图中实线和虚线分别表示小波系数实部为正值和负值,反映该地区降水偏多和偏少的交替变化特征。小波变换方差(图2b)反映波动能量随尺度的分布,可以确定降水序列的主要时间尺度。从图2可以看出,广东省夏半年降水总量存在显著的4a、7a和13a周期振荡,且4a周期振荡信号最强,为第一主周期,7a和13a分别为第二、第三主周期。

3.2 广东省夏半年降水空间分布型特征

通过对降水量资料进行EOF和REOF展开,得到前6个主分量旋转前后的方差及累计方差见表1,前6个模态所占的累计方差贡献率达到80.3%,具有大多数代表性,REOF方差贡献率较均匀分散。且从EOF特征值对数曲线(图略)得到,曲线呈明显递减状态,从第三个特征值之后,相连两点间直线的斜率明显变小,前3个特征根累积贡献率达64.35%,且都通过了North^[15]等提出的特征值误差范围的检验,具有一定的物理意义。本文重点使用前3个载荷向量场的分布特征来研究广东省夏半年降水量的特点,其夏半年降水量EOF展开的特征向量如图3所示,特征向量的时间系数和三阶多项式函数曲线如图4所示。

表 1 EOF 和 REOF 前 6 个载荷向量的累计方差贡献率(%)

序号		1	2	3	4	5	6
EOF	方差贡献率	40.92	15.74	7.69	6.81	5.53	3.61
	累积贡献率	40.92	56.66	64.35	71.16	76.69	80.3
REOF	方差贡献率	15.25	12.17	12.71	9.0	13.16	11.19
	累积贡献率	15.25	27.42	40.12	49.12	62.28	73.47

经过 EOF 分解后得到的载荷向量,第一载荷向量所描述的形态占 40.92%,是广东省夏半年降水量最主要的分布模态(图 3a),从图中看到,广东省夏半年降水变化非常一致,均表现为正值,且高值区主要分布在中部地区。这种分布表明虽然广东省属热带和亚热带季风气候区,地理特征差异大,但夏半年降水量仍以全省一致偏多或一致偏少的型式为主。

某一特征向量的时间系数代表了某一区域由该

特征向量表征的分布型式的变化特征,时间系数的绝对值越大,表明该时刻此类分布型式越显著。从第一空间模态对应的时间系数(图 4a)来看,1993 年以前时间系数基本为负值,广东省夏半年的降水量处于偏少阶段,且在 1991 年这种分布型式最显著,其中中部地区降水偏少明显,1993 年以后是降水量偏多时期,其中 2001 年最显著,表明该时期广东中部和西北部地区降水充沛。

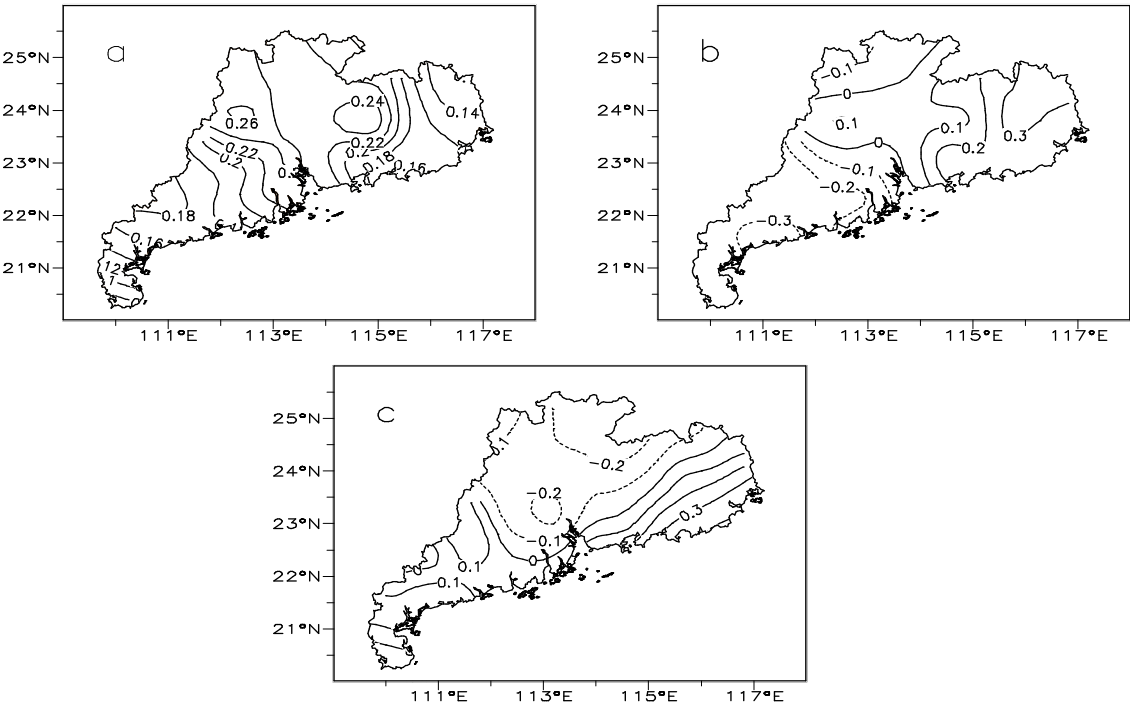


图 3 广东省夏半年降水量 EOF 展开的第一(a)、第二(b)和第三(c)特征向量

图 3b 描述了广东省夏半年降水分布的第二种模态,这个模态在总场中占 15.74%,南北部以珠江口到滨江一带为分界呈反位相型式,表明了该地区夏半年降水量分布南少(多)北多(少)的气候特点。结合该特征向量对应的时间系数(图 4b),在 2000 年前时间系数的绝对值相对较小,表明这种分布型

不够显著,而 2000 年和 2006 年时间系数为正值,且绝对值较大,表明在这两年中夏半年降水量呈现明显的南少北多现象。2002 年以及 2008 年以后时间系数为明显的负位相反,在此阶段广东省夏半年的降水量表现为南多北少的态势。

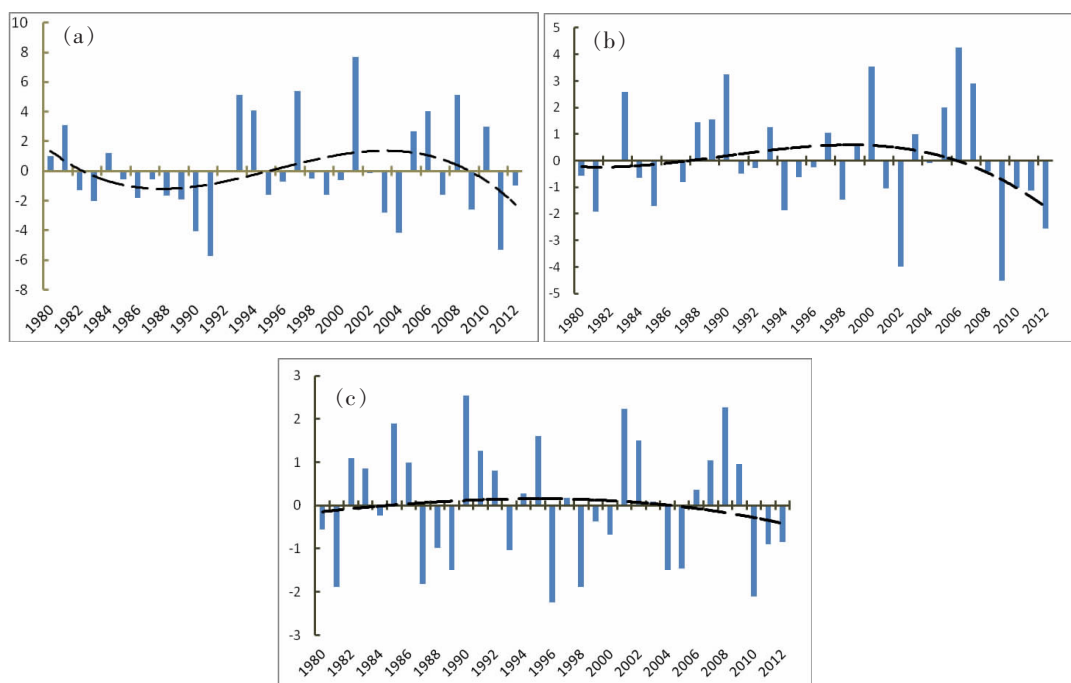


图4 广东省夏半年降水量 EOF 展开的第一(a)、第二(b)和第三(c)特征向量的时间系数(柱状)和三阶多项式函数曲线(黑虚线)

第三载荷向量场所描述的形态占 7.69%，反应了一定的分布型态。由图 3c 可见，负值区位于广东省西北部山区，而沿海一带为正值区，其中负值区域的极值中心位于韶关和南雄，为-0.23，正值区域的极值位于惠来和徐闻，达到 0.39。这一特征向量场代表广东省西北部山区的降水趋势与沿海一带的降水趋势为相反的分布型式，即西北部山区降水少、沿海地区降水多的分布型式或西北部山区降水多、沿海地区降水少的分布型式。

根据第三空间型所对应的时间序列图 4c 可以看出，振幅显然比前两个模态小，也说明了这种空间型不是主要的空间分布型态。从绝对值大于 2 的年份来看，1990、2001、2008 年为正位相比较强，这几年沿海地区夏半年降水量偏多，西北部山区降水量偏少；1996 和 2010 年为负位相比较强，表明沿海地区夏半年降水量偏少，西北部山区降水量偏多。

3.3 广东省夏半年降水敏感区域分析

根据通过误差范围检验的特征值及其累积贡献率，取前 3 个载荷向量做旋转分析，以克服 EOF 分解中的取样误差。通过空间模态，可以分析降水量场的地域结构，以及通过各向量场的高载荷区对降水量场进行区域和类型的划分。图 5 给出了 REOF 前 3 个载荷向量场的空间分布，其中图 5a 为第一旋转

载荷向量的分布情况，从图中得到，整个区域基本为正值区，代表了全省夏半年降水量变化一致，且高载荷区位于广东西北部的韶关市到河源市一带，最大值达到 0.89，出现在南雄，其余区域载荷基本接近于 0，将这一分布型定义为粤西北区，这一模态所占的方差贡献率最多，为 15.25%，表明这种分布是广东省夏半年降水的主要分布模态。图 5b 为第二旋转载荷向量场，高载荷区为负值，位于广东西南部，极值中心出现在湛江，为-0.88，定义这一分布型为粤西南区。在第三旋转载荷向量场(图 5c)的极大值区位于广东东北部沿海地区，其中汕尾为 0.92，惠来 0.91，将这一分布型定义为粤东北区。

3.4 各敏感区域代表站夏半年降水量的趋势分析

对各气候区域选取代表站（粤西北区选取南雄站、粤西南区选取湛江站、粤东北区选取汕尾站）作 33 年距平序列分析。从各代表站的曲线及三阶多项式函数曲线变化(图 6)来看，3 个台站近 33 年夏半年降水量具有明显的年际振荡和年代际变化特征。南雄站降水量变率相对其他两个台站要小，从 1980 年到 1985 年降水量基本在平均值以上，不超过 300 mm，而 1986 年到 1992 年降水一致偏少，之后有缓慢增加的趋势，到 2007 年以后又有减少趋势。湛江站夏半年降水量基本在偏多偏少之间交替变化，偏

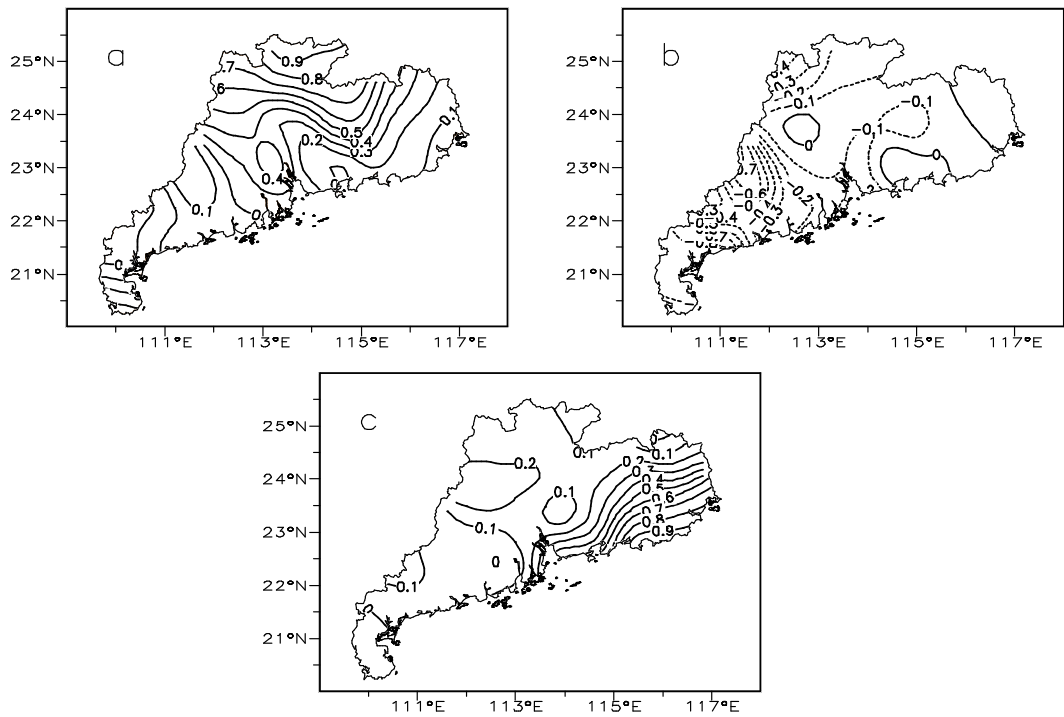


图5 REOF 前3个特征向量场的空间分布

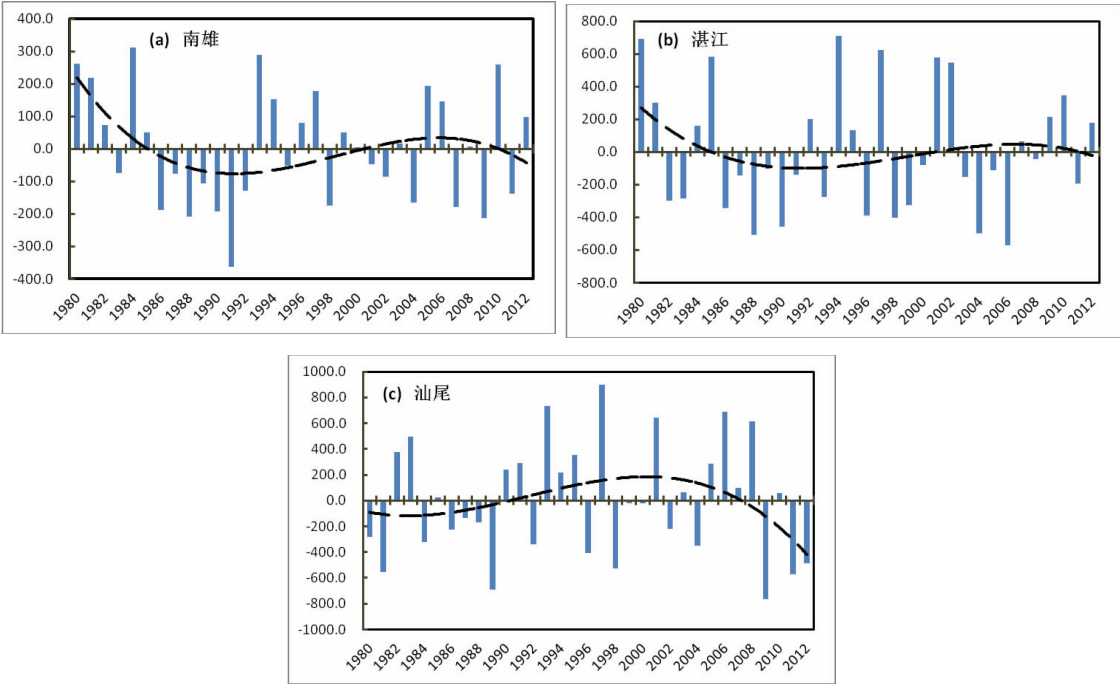


图6 各代表站夏半年降水量距平的年际变化(柱状)和三阶多项式函数曲线(黑虚线)

少较明显的阶段在 1986 年到 1991 年和 2003 年到 2008 年之间, 偏多较明显的阶段在 1994 年到 2002 年之间。汕尾站夏半年降水量变率较大, 从 1990 年开始有上升趋势, 但到 2009 年明显偏少, 降水量最

多年份为 1997 年, 比平均值偏多 800mm 左右, 最少年份为 2009 年, 偏少近 800mm。从以上分析得到, 3 个代表站均反映出近年来夏半年降水量存在减少的趋势, 其中南雄和湛江站大约从 2004 年开始降水量

逐渐减少,汕尾则从 2009 年开始减少,且减少幅度最大。

4 结论和讨论

本文通过小波分析、EOF 和 REOF 分解方法对广东省近 33 年夏半年降水量进行分析,得到以下结论:

(1) 广东省夏半年降水总量存在显著的 4a、7a 和 13a 周期振荡,且 4a 周期振荡信号最强,为第一主周期,7a 和 13a 分别为第二、第三主周期。

(2) 总体而言,广东省夏半年降水量表现为全区域一致偏多或一致偏少的主要特征;就区域尺度来看,广东省夏半年存在 3 个降水量异常区域,为粤西北区、粤西南区和粤东北区。

(3) 粤西北区和粤西南区夏半年降水量自 2004 年以来表现为减少趋势,粤东北区从 2009 年开始减少,且变率最大。

参考文献:

- [1] 严华生, 严小冬. 中国降水场的时空分布变化 [J]. 云南大学学报: 自然科学版. 2004, 26 (1): 38-43.
- [2] 陈兴芳, 孙林海. 我国年季降水的年代际变化分析 [J]. 气象 2002, 28 (7): 3-9.
- [3] 宇如聪, 周天军, 李建, 等. 中国东部气候年代际变化三维特征的研究进展 [J]. 大气科学, 2008, 32 (4): 893-905.
- [4] 吴林, 覃峥嵘, 黄大贞, 等. 华南区域季节性降水的差异分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (3): 5-7.

- [5] 黄奇章. 广东省降水气候特征及其成因分析 [J]. 热带地理, 1990, 10 (2): 113-124.
- [6] 陈特固, 曾侠, 张江勇, 等. 全球变暖背景下的广东省降水量及旱涝变化趋势 [J]. 广东气象, 2007, 29 (1): 5-10.
- [7] 姜丽萍, 尤红. 广东罕见特大致洪暴雨形成机理个例分析 [J]. 气象科技, 2007, 35 (3): 375-377.
- [8] 刘国忠, 丁治英, 贾显锋. 影响华南地区西南低涡以及致洪低涡活动的统计研究 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (增刊 I): 53-59.
- [9] 黄茂栋, 廖仕湘, 杨立洪. 广东汛期降水的时空分布特征 [J]. 广东气象, 2008, 30 (6): 33-36.
- [10] 刘燕, 叶萌. 基于 REOF 分析的广东前汛期降水趋势的区域特征 [J]. 广东气象, 2007, 29 (4): 11-14.
- [11] 肖伟军, 陈炳洪, 刘云香. 近 45a 华南夏季降水时空演变特征 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (1): 12-15.
- [12] 刘黎明, 陈创买, 简裕庚. 广东省 1954-1990 年的气候特征及异常 [J]. 热带气象学报, 1996, 12 (4): 289-296.
- [13] 肖莞生, 陈子燊. 广东沿海降水长期变化特征与极值分析——以汕尾、广州、阳江 3 市为例 [J]. 热带地理, 2010, 30 (2): 135-140.
- [14] 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: 269.
- [15] North G R, Bell T L, Cahalan R F, et al. Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal functions [J]. Mon. Wea. Rev. 1982, 110 (7): 699-706.

欢迎订阅 2015 年《气象研究与应用》

《气象研究与应用》是广西壮族自治区气象局主管、广西气象学会主办、科学出版社出版的综合性技术刊物, 主要刊登气象科学有关分支学科的新理论、新技术及其应用的研究论文, 气象业务现代化建设的进展和技术经验及科研成果, 天气气候总结, 各项气象业务的技术经验, 开展减灾防灾气象服务的技术方法等。

《气象研究与应用》为季刊, 2015 年每期定价 20.0 元, 全年定价 80.0 元(含邮费)。2015 年《气象研

究与应用》增刊 I, 每本定价 30.0 元(含邮费)。

另有少量各年的《气象研究与应用》合订本, 每年每本定价 140.0 元(含邮费)。

订费请转账至: 广西气象学会; 账号: 20-007001040000573; 开户行: 南宁市农行园湖支行。或从邮局汇款至: 广西南宁市新竹路 30 号气象综合楼《气象研究与应用》编辑部收, 邮政编码: 530022, 电话: 0771-5848935。