

华南前汛期降水的气候特征研究

刘辉, 李一鸣, 范华良, 顾志夏, 王迪菲 (苏州市防雷中心, 江苏苏州 215000)

摘要 利用1968~2007年华南94站逐日降水资料,通过EOF、REOF分析表明,EOF分析得到的前4个典型场可以很好地反映华南前汛期降水空间分布的异常结构,分别为整体一致的空间结构、东西相反的空间结构、南北相反的空间结构、中间与周围地区相反变化的空间结构,且通过分析NCEP/NCAR资料场发现不同的环流形势是引起模态不同的原因。REOF旋转后的前5个空间模态可较好地反映华南前汛期降水进行气候区划,分为华南东南部、华南中部、华南东北部、华南西南部和华南西北部这5个区域,具体分析了与EOF第4模态类似的REOF第2模态的环流成因,并发现此模态与2月南方涛动指数和1月Nino3.4指数存在正相关性。

关键词 华南;前汛期降水;气候特征;EOF;REOF

中图分类号 S161.6 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2015)04-217-08

Study on Climatic Features of Pre-Summer Flood Period Precipitation in South China

LIU Hui, LI Yi-ming, FAN Hua-liang et al (Suzhou Lightning Protection Center, Suzhou, Jiangsu 215000)

Abstract The rainfall data of 94 stations in south China from 1968-2007 are analyzed by the way of EOF and REOF. According to the analysis results, the former four typical fields from the EOF analysis can successfully reflect the anomalous spatial distribution of rainfall in South China, to be specific, consistent as a whole, disparate in the south and the north, disparate in the east and the west, disparate in the central and the peripheral areas. Through the analysis of the NCEP/NCAR data, it can be found that different modals are caused by different circulation situation. The former five by the REOF rotated spatial patterns can make climate zoning in pre-summer flood period precipitation of south China: divided into southeast, central, northeast, southwest and southnorth. And the circulation situation of the second mode which is similar from the forth mode of EOF was analyzed. This mode has a positive correlation with soi index in February and Nino3.4 index in January.

Key words South China; Precipitation in pre-summer flood period; Climatic characteristics; EOF; REOF

华南地区位于我国最南部,是指武夷山-南岭以南的广西、广东、福建和海南等省区区域,主要受热带季风和副热带季风的共同影响,是我国汛期最长、降水最多的地区,也是我国旱涝灾害发生频繁的地区之一,其中以华南前汛期的降水最为典型。严重的自然灾害对人民生活以及国家经济、社会的发展等均会带来不容忽视的影响。因此,关于华南前汛期降水的研究一直受到气象工作者的重视^[1-2]。

华南前汛期的降水以5、6月份为主,研究华南地区的气候特征对旱涝的发生规律有一定的指示作用,同时对预报华南地区的气候也起着至关重要的作用。因此,近百年以来国内外都有着大量研究^[3-7],如池艳珍等利用1957~2001年华南地区74个测站逐日降水资料和同期NCEP/NCAR逐日再分析格点资料,对华南前汛期(4~6月)不同的降水时段特征进行了比较,发现华南前汛期(4~6月)存在2个降水比较集中的阶段,即存在有双峰,锋面降水大致集中在4月,夏季风降水盛期集中于6月^[6];林爱兰等分析华南前汛期旱涝变化及趋势表明,华南经历了多个干-湿转换的时期,形成的华南月、季尺度干湿的环流系统有明显差异^[7-8];马慧等利用国家气候中心整编的1951~2000年中国160个站的月降水资料,选取了16个代表站研究年降水和前汛期降水,发现华南地区降水量的空间分布不太均匀,各站与周围站点的降水量差值也均比较大,前汛期和年降水极大值均在河源,极小值均在百色,华南地区降水量东部比西部大^[9]。尽管大家对华南前汛期降水的空间和时间分布的规律已经做过不少研究,但大多都是从气候统计学的角度来进行,笔者利用EOF和REOF 2种分析方法,探究华南前汛期降水的

气候特征,重点结合环流形势、相关物理量以及相关性研究分析空间分布规律的原因,给出华南地区前汛期降水的分布型,为预报其降水提供依据。

1 资料和方法

1.1 降水资料 采用的资料包括中国气象局提供的1968~2007年每年5月10日~6月10日的华南94站(图1)的逐日降水资料;1968~2007年的NCEP/NCAR月平均分析资料,空间分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。美国气候预测中心提供的1968~2007年的南方涛动指数,该指数反映了太平洋东西两侧气压的协同变化;美国气候预测中心提供的1968~2007年的Nino3.4指数,即Nino3区和Nino4区的平均海温距平。

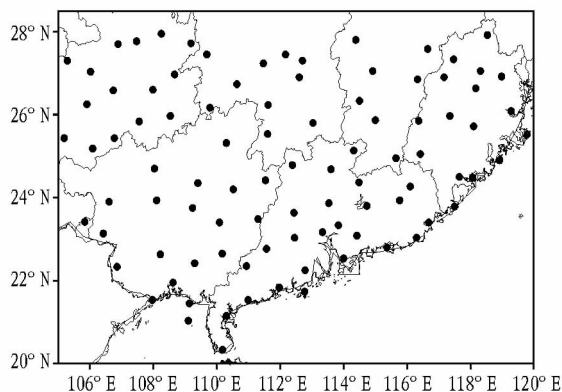


图1 华南94站分布示意图

1.2 分析方法

1.2.1 EOF方法。也称为自然正交函数^[10]的分解,用EOF方法可将 m 个站点、 n 次观测的气象要素 X_{mn} 分解为包含空间系数矩阵和时间系数矩阵的形式。用EOF展开后的系数 T 是时间的函数,所以 T 的时间变程中就反映场随时间的变化,而特征向量 V 只是空间坐标函数,一经求出就不随时间

作者简介 刘辉(1985-),男,江苏苏州人,助理工程师,从事雷电科学与预警研究。

收稿日期 2014-12-15

变化。由于 EOF 方法的收敛速度很快,所以取前几个特征值较大的特征向量就可以充分描述展开要素场的主要特征^[11]。

1.2.2 REOF 方法。它是旋转经验正交展开方法。气象上经常采用 REOF 方法对气象要素场进行分析,它使原来的特征向量结构简化,反映的气候特征更明显。它具体是在 EOF 的经验基础上,选择一个正交旋转矩阵,使原始矩阵旋转以后的列向量元素平方的方差达最大,从而使原要素场的信息特征集中映射到荷载场所表示的优势空间上;旋转后每一个空间点仅与一个主成分存在高相关,旋转后的特征场比旋转前在时间上更稳定^[12]。根据 REOF 理论,可以证明各主分量的最高荷载中心实际上可作为聚类分区的中心站点^[13]。

1.2.3 显著性检验。基于 EOF 和 REOF 分析方法分解出的经验正交函数究竟是有物理意义的信号还是毫无意义的噪声,应该进行显著性检验,特别是当变量场空间点数 m 大于样本量时,显著性检验尤其重要。因此,这里介绍一种常用的检验方法——特征值误差范围(North 检验),即 North 等提出的计算特征值误差范围来进行显著性检验。特征值 λ_j 的误差范围为 $e_j = \lambda_j \left(\frac{2}{n}\right)^{\frac{1}{2}}$,式中, n 为样本量。当相邻的特征值 λ_{j+1} 满足 $\lambda_j - \lambda_{j+1} \geq e_j$ 时,就认为这 2 个特征值所对应的经验正交函数是有价值的信号^[14]。

1.2.4 相关系数 r 的计算。相关系数有 $-1 \leq r \leq 1$,当 r 为正时,表示有正相关; r 为负时,有负相关;当 $r = \pm 1$ 时,表示有一一对应的函数关系。所以 $|r|$ 越大,表示两者关系越密切^[15]。当然,计算出的相关系数是否显著,需要经过显著性检验^[14]。

2 全域空间型及成因分析

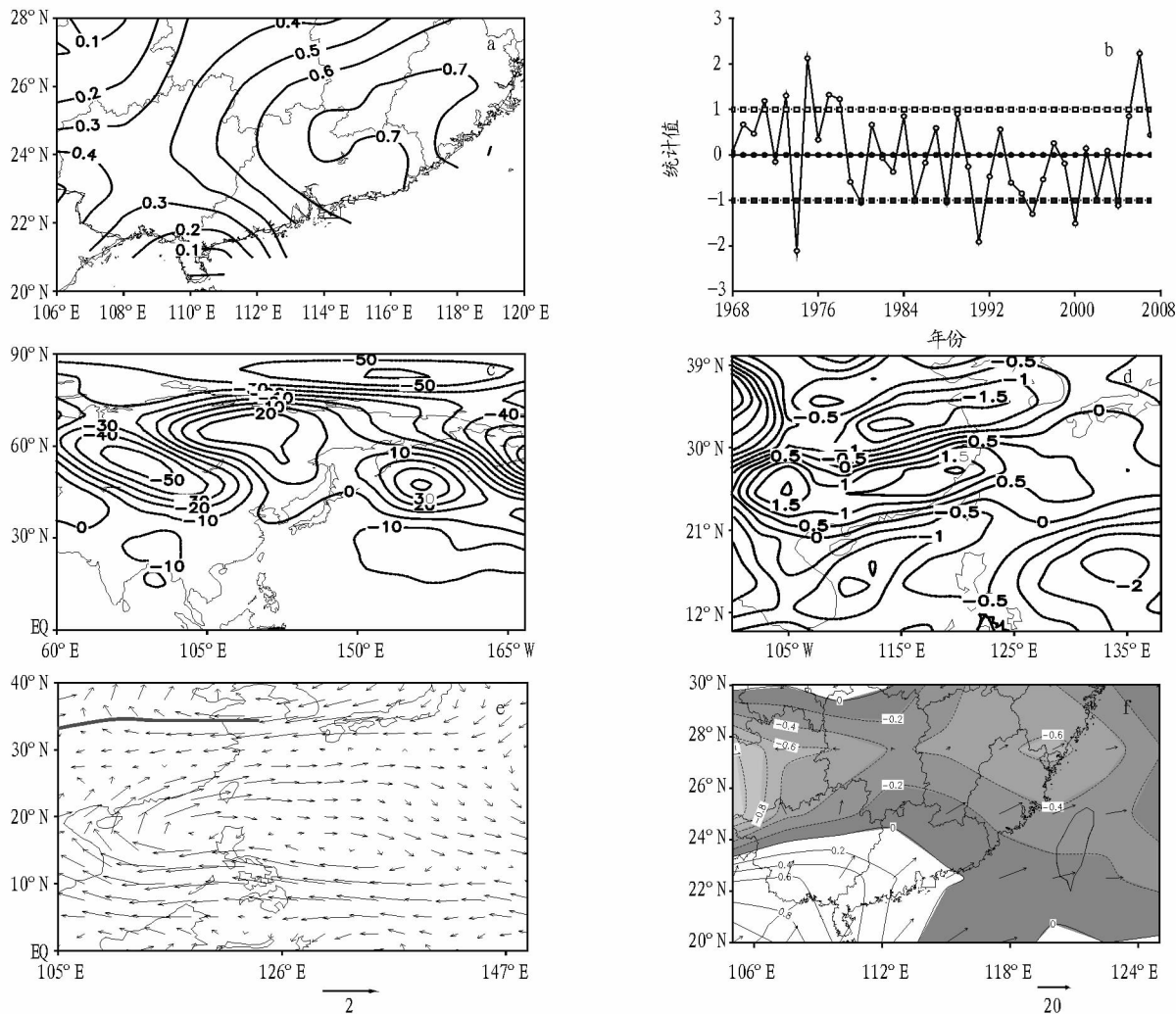
通过对 1968~2007 年处理为月均的日均降水量资料采取标准化距平之后,进行 EOF 分析,得出 10 个模态相应的空间变化和时间变化特征。同时,利用 North 检验,发现 EOF 分析方法中前 4 个模态通过了检验,说明前 4 个模态对华南前汛期降水的贡献是较大的,方差贡献率分别为 26.658%、10.783%、7.452% 和 5.119%,且它们的累积方差贡献率达 50.012%,能很好地代表华南前汛期降水的空间分布特征,因此这里给出前 4 个模态对应的特征场。

2.1 第 1 模态 从第 1 模态空间典型场和其时间序列(图 2a、b)可以看出,华南整体呈现出一致的态势,其最大值中心位于福建省中南部和广东东部地区,第 1 模态的方差贡献率为 26.658%,方差贡献较大,是华南前汛期降水的较为重要的一种分布型;第 1 模态对应的时间序列中高值年与图 2a 中的正值相乘的结果表示华南整体降水多,反之亦然(图 2b)。相对应高低值年的 500 hPa 高度距平差值图(图 2c)显示,中高纬度的环流形势大体为两高一低型,低值中心位于巴尔喀什湖以西,高值中心分别位于中西伯利亚和阿留申地区,低纬度环流形势不明显;相对应高低值年的 850 hPa 假相当位温^[16]差值图(图 2d),可以很明显地看到在整个华南区域内均为正能量区,有利于降水,与在高值年是全域一致型

的降水偏多很好地吻合;从相对应高低值年的 850 hPa 风场差值图(图 2e)可看到,副高中心位于海上,同时在华南北部有一切变线,在副高西北部、切变线东南部有利于降水,而华南正好处于这个区域,因此在高值年间降水偏多;从相对应高低值年的 850 hPa 水汽通量及其散度差值合成图(图 2f)可以看出,华南地区有从南海输送来的水汽,且大部分区域处在水汽通量散度 < 0 的阴影区中及水汽通量辐合,水汽条件有利于降水,也能说明华南此模态高值年整个区域降水多的情况,低值年的情况正好相反。

2.2 第 2 模态 从第 2 模态空间典型场(图 3a)可以看出,这一模态华南地区降水呈现的是西北和东南相反的空间结构特征,其负值的最大值中心位于华南西北部即湖南西部,正值的最大值中心位于华南东南部即广东东部福建南部,另外,第 2 模态的方差贡献率为 10.783%;其时间序列图中高值年与空间模态正值区的乘积对应的是降水多的年份、高值年与负值区的乘积对应的是降水少的年份,反之亦然(图 3b)。从相对应高低值年中的 500 hPa 高度距平差值(图 3c)可以看出主要的环流异常形势,在中高纬度地区,有一异常低压带,中心分别位于贝加尔湖以北和鄂霍次克海附近,低纬度环流形势并不明显。相对应高低值年中的 850 hPa 风场和散度差值合成图(图 3d)显示,在华南东南部有小片的负值区及辐合区,易产生上升运动而引起降水,与高值年华南东南部降水偏多的情况相吻合,同时在华南的西北部为正值的最大中心区及辐散最明显的区域,与高值年华南西北部降水偏少的结果也一致,因此综合起来,可以很好地反映这一模态东西反向的情况;低值年的情况正好相反。从相对应高低值年中的 850 hPa 水汽通量和水汽通量散度差值合成图(图 3e)可以明显看到,在华南东部有大片的负值区,这里有较明显的水汽辐合,最大辐合中心位于华南的东南部,同时从水汽通量可以看出,有水汽从南海输送到华南,水汽条件较好,可见,东部较西部更利于形成降水,也在一定程度上说明了高值年的西北和东南相反且东部降水多的空间结构特征,低值年的情况正好相反。

2.3 第 3 模态 从第 3 模态空间典型场(图 4a)可以清楚看出这一模态与前 2 个模态均有很大的差异,华南地区降水呈现的是南北相反的空间结构特征,其正值的最大值中心位于江西省,负值的最大值中心位于广东和广西省南部,另外,第 3 模态的方差贡献率为 7.452%,通过了检验,说明这也是华南前汛期降水较为重要的一种模态。其时间序列图中高值年与空间模态正值区的乘积对应的是降水多的年份、高值年与负值区的乘积对应的是降水少的年份,反之亦然(图 4b)。从相对应高低值年中的 500 hPa 高度距平差值(图 4c)可以看出,在中高纬度,主要为两低一高型,低值中心分别位于巴尔喀什湖以北、贝加尔湖以西地区和阿留申地区,高值中心位于西西伯利亚地区,低纬度环流形势不太明显。从相对应高低值年中的 850 hPa 假相当位温差值图(图 4d)可以看到,华南北部为正值区,负值区位于南部,即北部为高能量区,容易引起对流不稳定,有利于形成降水,而南部的情况则刚好



注: a. 为空间典型场; b. 为时间序列; c. 为相对应高低值年的 500 hPa 高度距平差值, 单位为 gpm ; d. 为相对应高低值年的 850 hPa 位温差值场, 单位为 $^{\circ}\text{C}$; e. 为相对应高低值年的 850 hPa 风场差值, 单位为 m/s ; f. 为相对应高低值年 850 hPa 的水汽通量及其散度差值合成图, 单位分别为 $\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 、 $10^{-6} \text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$, 阴影区代表负值区。

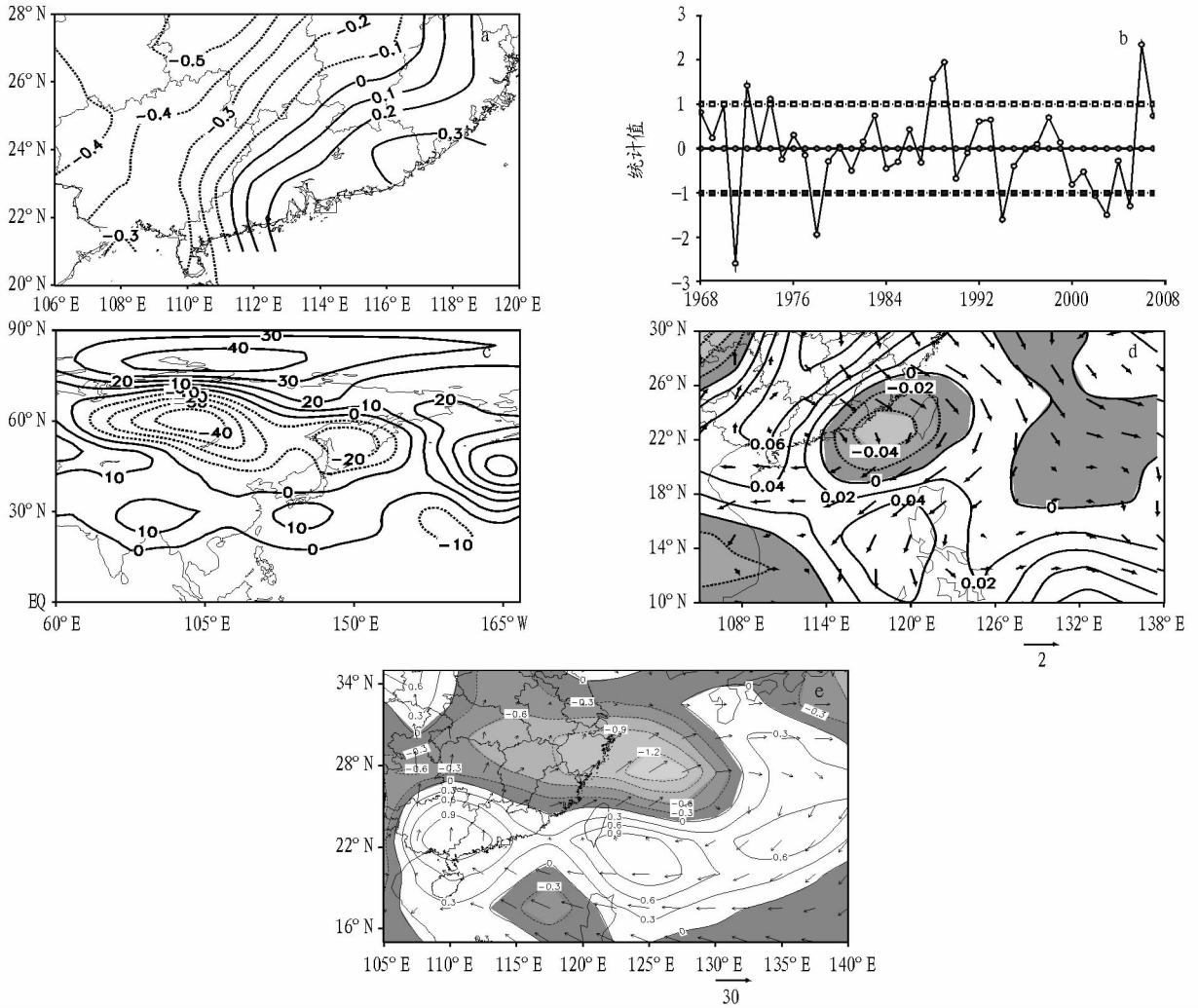
图 2 EOF 的第 1 模态对应的特征场

相反,很好地解释了高值年间这一模态北部降水多、南部偏少的情况。由相对应高低值年中的 850 hPa 风场和散度差值(图 4e)可见,北部多为负值区,即辐合区,有上升运动,利于降水形成,而南部正好相反,为辐散区,有下沉运动,与在高值年北多南少的情况正好相符。从相对应高低值年中的 850 hPa 水汽通量与水汽通量散度差值合成图(图 4f)可以看到,在华南有从南海输送而来的水汽,且在北部有负的水汽通量散度,即代表水汽通量辐合,水汽条件较好,利于降水,能很好地说明这一模态高值年的分布特征;低值年的情况则正好相反。

2.4 第 4 模态 从第 4 模态空间典型场(图 5a)可以看出,华南地区呈现的是中间区域变化趋势一致,其余地方变化趋势相反的空间结构特征,其正值的最大值中心位于贵州地区中北部附近,负值的最大值中心位于湖南南部、广东西北部地区附近,且第 4 模态的方差贡献率为 5.119%;其时间序列中高值年与空间模态正值区的乘积对应的是降水多的年份、高值年与空间模态负值区的乘积对应的是降水少的年份,反

之亦然(图 5b)。从相对应高低值年中的 500 hPa 高度距平差值(图 5c)可以看出,在中高纬度,主要为两低一高型,低值中心分别位于贝加尔湖以西地区和白令海以南地区,高值中心位于我国东北及其以北地区,低纬度环流形势不太明显。850 hPa 多年的风场平均状况(图 5d)显示,低纬度盛行东风,风速较大,且副高脊线稳定在 21°N 左右,华南地区处于西南气流中即太平洋副热带高压的西北部,同时华南中部为较强的偏西气流,有南海和孟加拉湾的水汽输送,水汽条件好,综合起来有利于降水。相对应高低值年的 850 hPa 的风场差值图(图 5e)与图 5d 作对比后发现有明显的不同,在华南中部为异常的偏东气流,且风速较平均年小,即较平均年西南气流减小,水汽通量输送明显减少,水汽条件不利于降水,说明高值年华南中部降水偏少的空间分布特征。此外,其他变量所反映的情况不具有很好的代表性,故在这一模态不再进一步讨论。

以上分别叙述了 EOF 前 4 个模态的空间和时间结构特征以及成因分析,与郭其蕴等的时空结构特征分析结果相



注:a为空间典型场;b为时间序列;c为相对应高低值年的500 hPa高度距平差值,单位为gpm;d为相对应高低值年的850 hPa风场和散度差值合成图,单位分别为 m/s 、 10^{-6} s^{-1} ;e为相对应高低值年850 hPa的水汽通量及其散度差值合成图,单位分别为 $\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 、 $10^{-6} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 。图d、e中阴影区代表负值区。

图3 EOF的第2模态对应的特征场

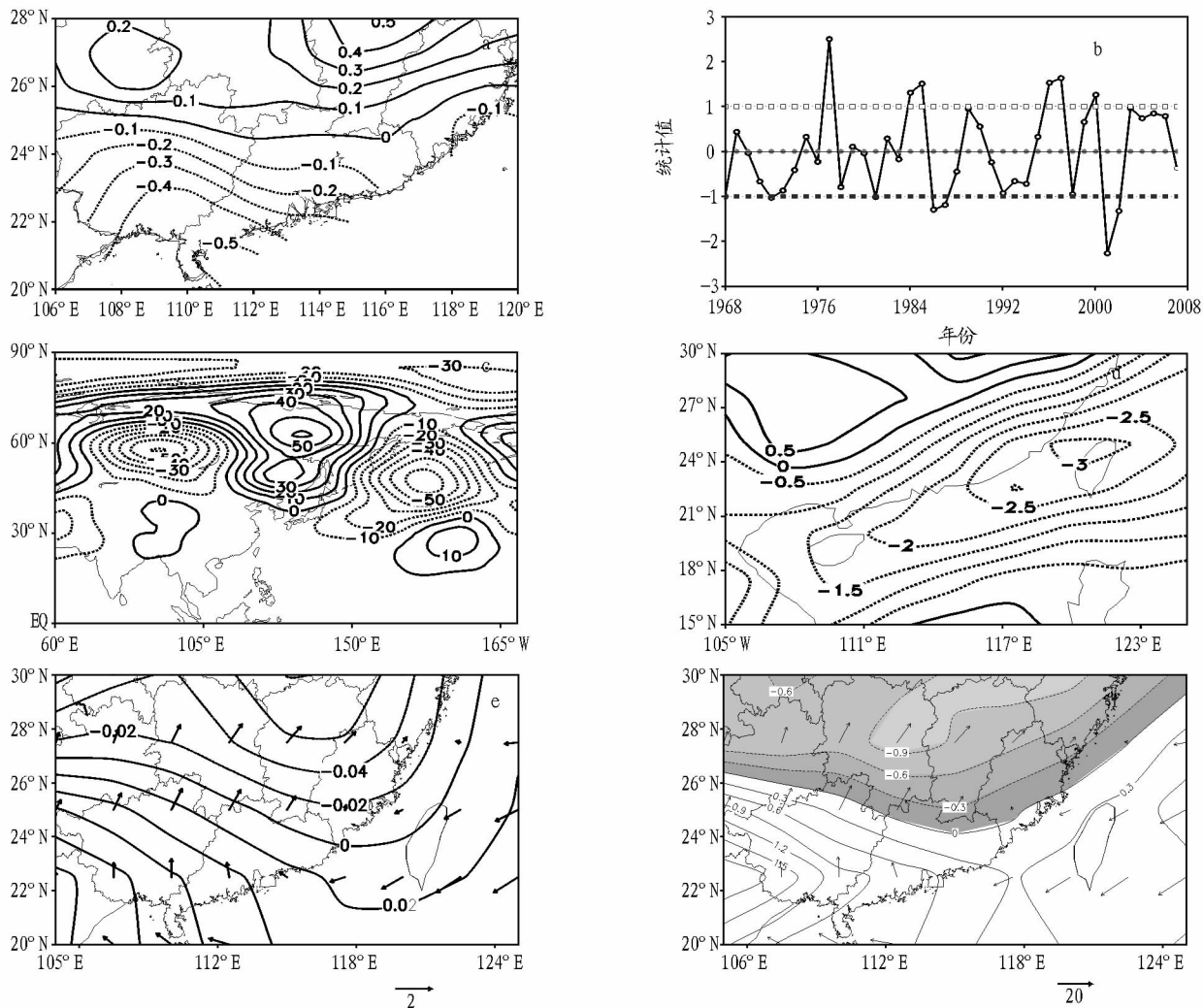
似,前3个模态的分布型具有很好的一致性,但其仅给出了前3个模态,总方差贡献率为64.2%^[17]。

在上面讨论的基础上,对比通过检验的前4个模态的EOF方差贡献率及其对应的降水情况(表1)和通过检验的前4个模态的EOF方差贡献率及相应的去除不同模态相同年份后的降水情况(表2),可以很直观清晰地看到各个空间模态的贡献率大小和旱涝年的分布情况,且发现EOF中有许多其他的因子会影响旱涝年的选取,因此这里剔除了4个时间序列中存在2个以上的年份,从而使结果更加准确。

3 局域空间型分析

3.1 REOF 各个模态分析 通过EOF方法的讨论可以看出,华南前汛期降水的空间格局既有全局一致的多雨或少雨现象,也有南北、东西和中间存在的内部的较大差异,但其仍以纬向分布型为主,不能更为精细地描述不同地理区域的特征,因此在EOF分析的基础上,在此通过旋转EOF将华南地区通过载荷向量值最大的地区来分区,这样可以得出比较精细的地理分区特征。

利用选取的10个模态的REOF分析进行检验后,发现前5个模态均通过了检验。因为REOF方法可以更进一步地反映区域性的空间结构特征,所以在每个模态的空间典型场中仅选取绝对值最大的高载荷区,这样可以更加直观地反映出华南前汛期的区域性降水特征。从华南地区前5个模态的分区示意图(图6)可以很明显地看出,华南地区被很好地分为华南东南部、华南中部、华南东北部、华南西南部和华南西北部5个区域,对应的具体模态为第1模态的高载荷区位于福建广东地区,其方差贡献率为20.281%;第2模态的高载荷区位于湖南南部和广东、广西北部地区,其方差贡献率为9.300%;第3模态的高载荷区位于江西和湖南地区,其方差贡献率为8.185%;第4模态的高载荷区位于广西南部地区,其方差贡献率为7.974%;第5模态的高载荷区位于贵州地区,其方差贡献率为5.187%;前5个模态的累积方差贡献率为50.927%,累积方差贡献较大。因此,在研究华南前汛期降水气候特征及其异常变化时,上述5个类型区域的降水特征有一定的重要性。对比通过检验的前5个模态的



注: a. 为空间典型场; b 为时间序列; c 为相对应高低值年的 500 hPa 高度距平差值, 单位为 gpm ; d 为相对应高低值年的 850 hPa 位温差值场, 单位为 $^{\circ}\text{C}$; e 为相对应高低值年的 850 hPa 风场和散度差值合成图, 单位分别为 m/s 、 10^{-6}s^{-1} ; f 为相对应高低值年 850 hPa 的水汽通量及其散度差值合成图, 单位分别为 $\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 、 $10^{-6} \text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$, 阴影区代表负值区。

图 4 EOF 的第 3 模态对应的特征场

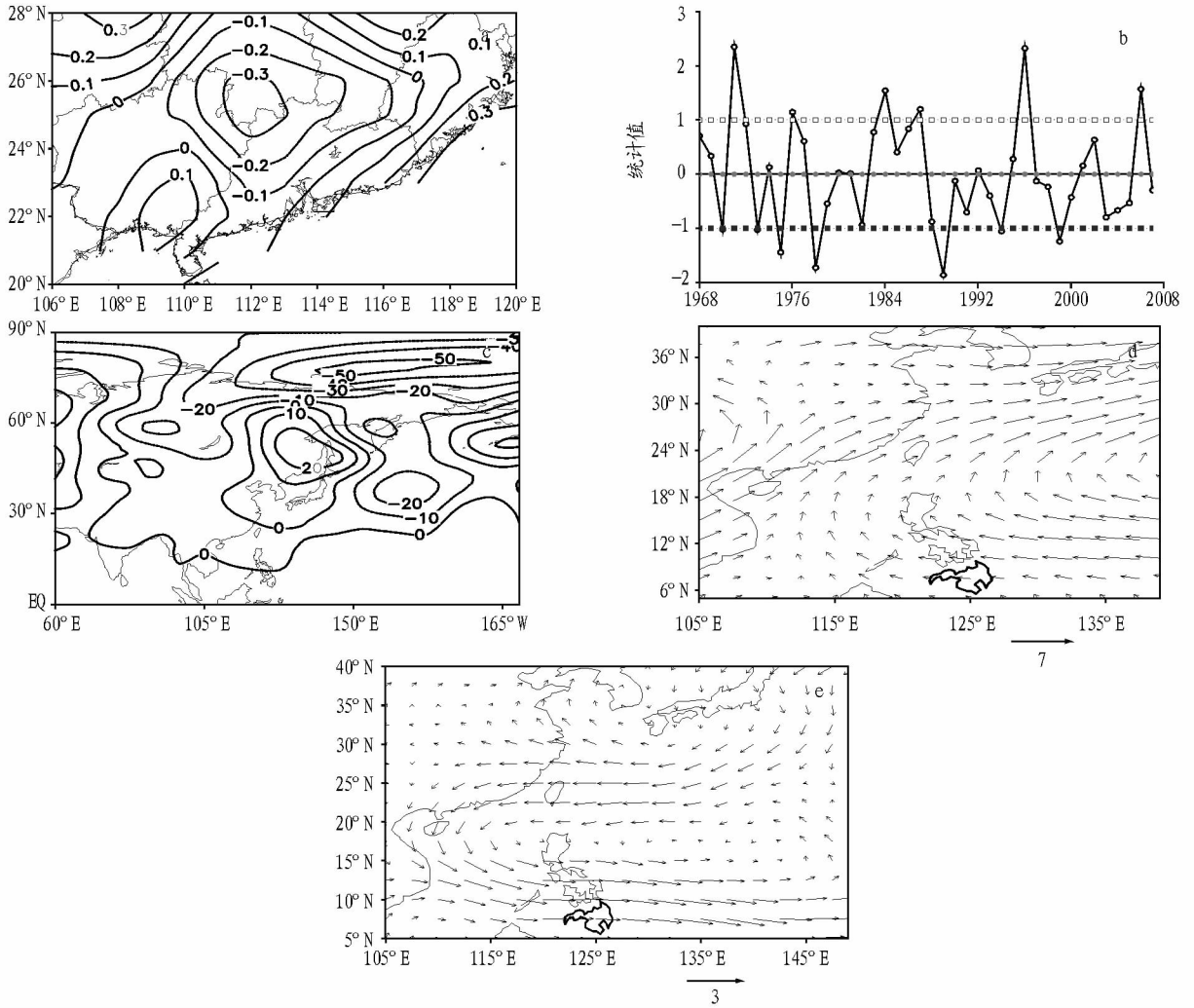
REOF 的方差贡献率及对应的降水情况(表 3)和通过检验的前 5 个模态的 REOF 的方差贡献率及相应的去除不同模态相同年份后的降水情况(表 4), 可以很直观清晰地看出各个空间模态的贡献大小, 且发现 REOF 中有很多其他的因子会影响旱涝年的选取, 因此这里也做了剔除 5 个时间序列中存在 2 个以上的年份, 从而使结果更加准确。

3.2 子域的环流对比和相关性分析 对比 EOF 所得到的华南分型模态发现, REOF 方法反映的空间典型场中的第 2 模态为华南中部型, 且其方差贡献率为 9.300%, 是较为重要且有一定代表性的分型, 而在 EOF 中, 中间与周围反向型为第 4 模态, 其方差贡献为 5.119%, 较其他模态并不是有很大的代表性, 因此为了进一步研究两者的区别, 对 REOF 的第 2 模态做了进一步的研究。

结合(图 6)华南地区前 5 个模态的分区示意图发现, 高荷载区位于广西东北、湖南南部地区, 对应时间序列图中(图 7b), 高值年与空间模态正值区的乘积对应的是降水多的年份、高值年与空间模态负值区的乘积对应的是降水少的年

份; 反之亦然。此模态反映的是华南中部地区 40 年中的降水情况。但实际上此模态的中心为负值(图 7a), 图 6 已做了绝对值处理, 因此在高值年中华南基本上降水偏少, 处于干旱年。配合 REOF 这一模态时间序列所对应的高低值年的 850 hPa 风场与散度差值合成图(图 7c)可以看到, 在华南除了东南、西南角有小范围的负值区外, 大部分区域均处于正值区, 正值区为辐散区, 且华南中部的数值最大最为明显, 辐散有下沉运动不利于降水, 降水易偏少, 很好地反映了这一模态高值年的情况; 低值年的情况正好相反。从相对应的高低值年的 850 hPa 水汽通量及其散度差值合成(图 7d)也可以清楚看到, 除了华南东西两侧有小范围的负值区外, 其余均为正值区且中部数值最大, 即华南大部分区域水汽通量散度辐散, 中部最为明显, 水汽条件差, 不利于降水, 也能很好地说明高值年的情况; 低值年的情况也正好相反。通过分析发现, 这个模态与 EOF 的第 4 模态存在较大的环流差别。

为了进一步分析 REOF 的这一模态的降水特征, 用逐月的南方涛动指数(SOI)^[18]与时间序列做相关, 发现 2 月份的



注:a为空间典型场;b为时间序列;c为相对高高低值年的500 hPa高度距平差值,单位为gpm;d为850 hPa风场平均,单位为m/s;e为相对应高低值年850 hPa风场差值,单位为m/s。

图5 EOF的第4模式对应的特征场

表1 前4个模式EOF的方差贡献率及对应的降水情况

模式	方差贡献率//%	涝年	旱年
模式1(整体一致)	26.658	1971、1973、1975、1977、1978、2006	1974、1980、1988、1991、1996、2000、2004
模式2(东西反向)	10.783	1972、1974、1988、1989、2006	1971、1978、1994、2002、2003、2005
模式3(南北反向)	7.452	1977、1984、1985、1996、1997、2000	1986、1987、2001、2002
模式4(中心与周围反向)	5.119	1971、1976、1984、1987、1996、2006	1970、1973、1975、1978、1989、1994、1999

表2 前4个模式EOF的方差贡献率及相应的去除不同模式相同年份后的降水情况

模式	方差贡献率//%	涝年	旱年
模式1(整体一致)	26.658	1973、1975、1978	1974、1980、1988、1991、1996、2000、2004
模式2(东西反向)	10.783	1972、1974、1988、1989	1971、2003、2005
模式3(南北反向)	7.452	1985、1997、2000	1986、1987、2001
模式4(中心与周围反向)	5.119	1976、1987	1970、1973、1975、1989、1999

表3 前5个模式REOF的方差贡献率及对应的降水情况

模式	方差贡献率//%	涝年	旱年
模式1(华南东南)	20.281	1972、1975、1977、1989、2006、2007	1974、1991、1994、1995、2000、2002、2004
模式2(华南中部)	9.300	1970、1977、1978、1982、2003	1972、1974、1983、1986、1988、1996
模式3(华南东北)	8.185	1969、1971、1975、1984、1994、1997、1999、2005	1968、1974、1976、1982、1986、1991、1992、2002、2007
模式4(华南西南)	7.974	1971、1981、1987、1994、2001、2002	1985、1989、2004
模式5(华南西北)	5.187	1971、1976、1984、1985、1995、1996、2005	1973、1974、1988、1993、1997、1999、2007

表 4 前 5 个模态 REOF 的方差贡献率及相应的去除不同模态的相同年份后的降水情况

模态	方差贡献率//%	涝年	旱年
模态 1(华南东南)	20.281	1972、1977、1989、2006、2007	1991、1994、1995、2000
模态 2(华南中部)	9.300	1970、1978、1982、2003	1972、1983、1988、1996
模态 3(华南东北)	8.185	1969、1997、1999	1968、1976、1982、1991、1992
模态 4(华南西南)	7.974	1981、1987、2001、2002	1985、1989
模态 5(华南西北)	5.187	1976、1985、1995、1996	1973、1988、1993、1997、1999

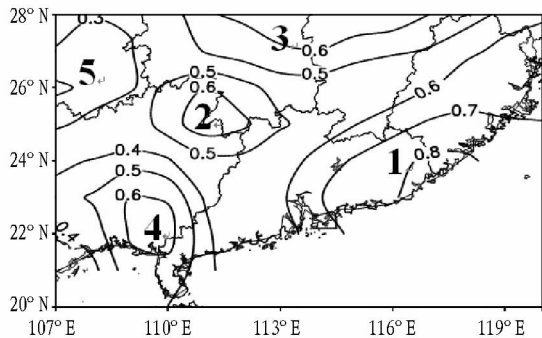
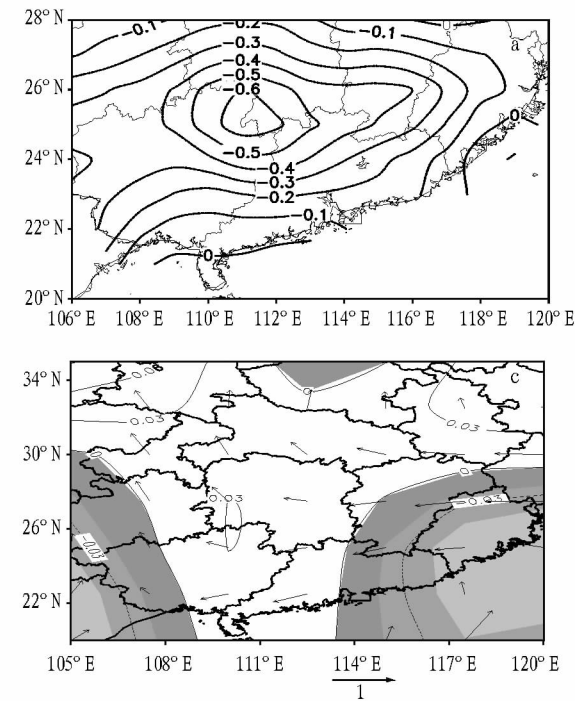


图 6 华南地区前 5 个模态的分区示意图



注: a 为空间模态; b 为时间序列; c 为时间序列相对应的高低值年的 850 hPa 风场和散度差值合成图, 单位分别为 m/s 、 10^{-6}s^{-1} ; d 为 850 hPa 水汽通量及其散度差值合成图, 单位分别为 $\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 、 $10^{-6} \text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 。图 c、d 中阴影区表示负值区。

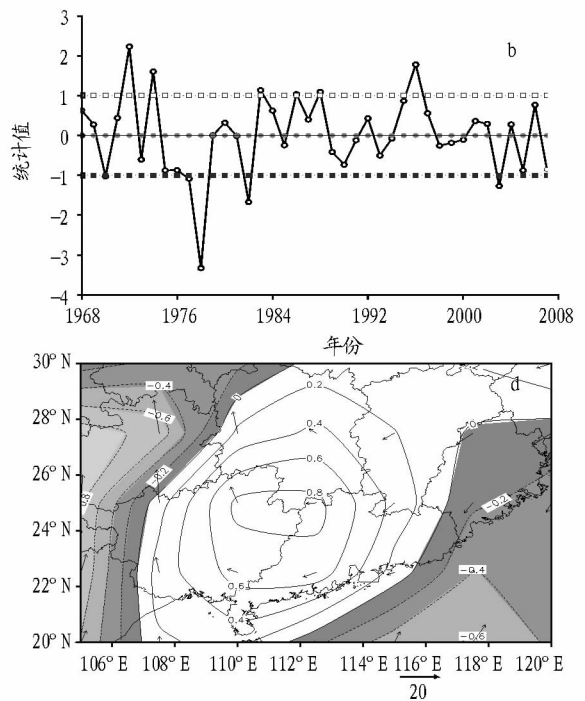
图 7 REOF 的第 2 模态对应的特征场

的信度检验, 甚至是 95% 的信度检验, 证明这两者有很好的正相关关系, 且是 4 个月的滞后性相关, 即 Nino 3.4 指数为正值时, 华南中部降水增多。研究发现, 当 Nino 3.4 指数为正值时, 代表中东太平洋海温偏高, 为厄尔尼诺年, 形成在西太平洋下沉、东太平洋上升的异常环流, 并引发在赤道附近下沉、华南区域上升的经向环流, 容易引起降水, 即正相关关系^[18]。

4 结论

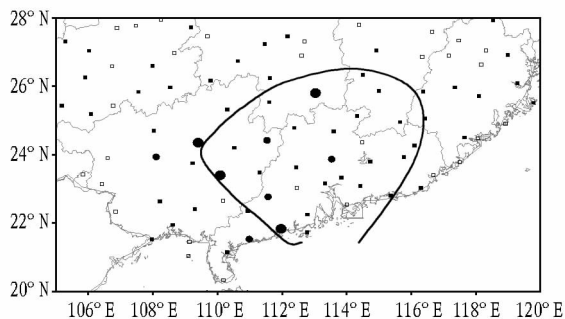
(1) 通过 EOF 方法分析了华南前汛期的降水典型分布,

南方涛动指数与这一模态有较好的正相关性, 相关系数为 0.284 5, 通过了 90% 的信度检验, 证明这两者有一定的相关性, 且这种相关是 3 个月的滞后性相关; 但此模态为高值年降水偏少年, 即南方涛动指数为正值时, 华南中部降水偏少, 反之亦然。此外, 还研究了 Nino 3.4 指数与华南前汛期的降水相关性(图 8), 在实际工作中, 人们发现用 Nino 3 区和 Nino 4 区的平均海温距平来进行研究比较有代表性, 因此常采用后来增加的新区 Nino 3.4 区($5^{\circ}\text{N} \sim 5^{\circ}\text{S}$ 、 $170^{\circ} \sim 120^{\circ}\text{W}$)来进行分析^[18]。结果表明, 华南前汛期降水与 1 月份的 Nino 3.4 指数有很好的相关性, 相关性最大的区域大致位于华南中部区域, 与这一模态的分布情况类似, 基本上均通过了 90%



前 4 个特征向量累积方差贡献率高达 50.012%, 其中第 1 典型场说明华南前汛期全区降水是一致的, 即在不同年份, 华南前汛期降水一致偏多或偏少; 第 2 典型场说明是东西反向型的, 即在高值年, 华南西部少东部多, 反之亦然; 第 3 典型场说明是南北反向型的, 即在高值年, 华南北部多南部少, 反之亦然; 第 4 典型场说明是中间型的, 高值年华南中部雨少, 反之亦然。

(2) 通过对位势场、风场、散度场、假相当位温场、水汽通量场和水汽通量散度场等方面的讨论, 取时间序列对应的高



注:空心标识为负相关,实心为正相关,且从大到小分别为通过95%、90%信度检验,圈内为大片通过检验的明显区域。

图8 1月份Nino3.4指数与华南前汛期降水的相关分布

低值年的差值进行分析,发现环流形势均能很好地说明 EOF前4个模态的分布特征。

(3)通过 REOF 方法研究了华南前汛期地区内部的分型情况,华南降水区大致可以分为5个高载荷区域,即华南东南、华南中部、华南东北部、华南西南部和华南西北部,且第2模态与 EOF 第4模态类似,也能从环流形势很好地解释这一模态的分布情况。

(4)从相关性研究发现,2月份的南方涛动指数与 REOF 第2模态时间序列存在3个月的滞后性正相关关系,但此模态在高值年为华南中部区域降水偏少,即表明当2月南方涛动指数为正值时,前汛期华南中部降水偏少,低值年相反。此外,1月份的 Nino 3.4 指数与华南前汛期降水也有正相关关系,为4个月的滞后性相关,相关性较大的区域在华南中部,也与这一模态的分布类似,即当 Nino 3.4 指数为正值时,华南中部降水偏多,反之亦然。

(上接第68页)

病虫害的防控和生物多样性的保护^[10]。由于我国规模化人工培育降香黄檀工作刚刚起步,培育技术研究相对滞后,因此仍需注重降香黄檀研究的基础工作,在此基础上不断探索降香黄檀营林技术。

参考文献

- [1] 罗文扬,罗萍,武丽琼,等.降香黄檀及其可持续发展对策探讨[J].热带农业科学,2009,29(1):44-46.
- [2] 倪臻,王凌晖,吴国欣,等.降香黄檀引种栽培技术研究概述[J].福建林业科技,2008,32(2):265-268.
- [3] 中国树木志编委会.中国主要树种造林技术[M].北京:中国林业出版

参考文献

- [1] 李江南,王安宇.广东省前汛期和后汛期降水的气候特征[J].中山大学学报:自然科学版,2002,41(3):91-96.
- [2] FISCHER T, GEMMER M, LIU L L, et al. Trends in Monthly Temperature and Precipitation Extremes in the Zhujiang River Basin, South China(1961-2007)[J]. Advances in Climate Change Research, 2010, 1(2):63-70.
- [3] CHEN H, LI H Y, LIN Z H. Interdecadal variability of spring precipitation over South China and its associated atmospheric water vapour transport[J]. Atmospheric and Oceanic Science Letters, 2009, 2(2):113-118.
- [4] 郑彬,谷德军,李春晖,等.华南前汛期的锋面降水和夏季降水 II 空间分布特征[J].大气科学,2007,31(3):495-504.
- [5] ZHENG B, LIANG J Y, LIN A L, et al. Frontal rainfall and summer monsoon rainfall during pre-rainy season in South China. Part I: Determination of the division dates[J]. Chinese J Atmos Sci, 2006, 30:1207-1216.
- [6] 池艳珍,何金海,吴志伟.华南前汛期不同降水时段的特征分析[J].南京气象学院学报,2005,28(2):163-171.
- [7] 林爱兰,吴尚森.近40年华南汛期旱涝变化及趋势预测[J].热带气象学报,1996,12(2):160-166.
- [8] 邓立平,王谦.华南前汛期(4-6月)降水异常特征及其与我国近海海温的关系[J].热带气象学报,2002,18(1):45-55.
- [9] 马慧,王谦,陈桢华.华南前汛期降水异常的时空变化特征[J].高原气象,2006,25(2):325-329.
- [10] 屠其璞,王俊德,丁裕国,等.气象应用概率统计学[M].北京:气象出版社,1984:445.
- [11] 章基嘉.中长期天气预报基础[M].北京:气象出版社,1994:66-108.
- [12] 黄嘉佑.气象统计分析与预报方法[M].北京:气象出版社,2000:135-139.
- [13] 么枕生.载荷相关模式用于气候分类与天气气候描述[M].北京:气象出版社,1998:1-9.
- [14] 魏凤英.现代气候统计诊断预测技术[M].北京:气象出版社,2007.
- [15] 施能.气象科研与预报中的多元分析方法[M].北京:气象出版社,2008:15.
- [16] 陈创买,郭英琼,刘丽英.论假相当位温的数值计算(一)[J].中山大学学报,1989,28(2):111-116.
- [17] 郭其蕴,沙万英.华南前汛期降水变率的分析[J].应用气象学报,1998(9):9-15.
- [18] 孙照渤,陈海山,谭桂荣,等.短期气候预测基础[M].北京:气象出版社,2010:94-99.

社,1983.

- [4] 吴永彬,翟翠花,庄雪影,等.广东省肇庆市降香黄檀早期造林效果初报[J].广东林业科技,2010,26(6):36-40.
- [5] 蔡金清.降香黄檀栽培技术与引种试验初报[J].林业建设,2006(4):8-9.
- [6] 孟慧,杨云,冯锦东.降香黄檀引种栽培现状与发展[J].广东农业科学,2010(7):79-80.
- [7] 郭文福,贾宏炎.降香黄檀在广西南部亚热带地区的引种[J].福建林业科技,2006,33(4):152-155.
- [8] 刘元福,顾茂彬.瘤胸天牛的初步研究[J].林业科学,1981(1):5.
- [9] 曾宏才,曾和生.降香黄檀育苗技术[J].福建热作科技,2009,34(2):22-23.
- [10] 伍慧雄,庄雪影,温秀军.降香黄檀病虫害调查[J].广东林业科技,2009,25(6):86-88.