

华南春旱特征及其与水汽输送的关系*

乔云亭, 周鑫, 简茂球, 黄威

(中山大学大气科学系/季风与环境研究中心, 广东 广州 510275)

摘要: 利用1979-2005年华南47个基准站降水资料及由NCAR/NCEP II再分析资料计算所得的水汽输送通量资料, 对华南春季降水特征及其与水汽输送的关系进行研究, 结果表明: 华南春季降水可以 110.5°E 为界划分为两个区域, 以东区域为华南I区, 以西区域为华南II区。I区降水具有显著的下降趋势, 即干旱趋势显著; 而II区降水下降趋势要弱得多, 未超过信度检验。此外, I区降水在1994年发生突变, 由多雨期突然跃变到干旱期。华南春季水汽主要来源于南海和西太平洋, 并经中南半岛转向输送到华南, 当南海中北部的偏南水汽输送偏弱(强)时, I区降水偏少(多), I区偏旱(涝), 当南海西南部-中南半岛南部的偏南水汽输送偏弱(强)时, II区降水偏少(多), II区偏旱(涝)。

关键词: 华南; 春季降水; 水汽输送

中图分类号: P426.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579(2010)02-0125-05

Characteristics of Droughts in Spring and its Relationship with Water Vapor Transportation in South China

QIAO Yunting, ZHOU Xin, JIAN Maoqiu, HUANG Wei

(Department of Atmospheric Sciences // Center for Monsoon and Environment Research, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: By using the precipitation data of 47 basic stations in South China and the water vapor transport flux calculated from the NCAR/NCEP II reanalyzed data from 1979 to 2005, the characteristics of droughts in South China in spring and its relationship with water vapor transport flux are studied. The results show that precipitation in South China in spring can be partitioned into two classes. Region I, located in the east of 110.5°E , is characterized by the first class, showing an outstanding decreasing trend in rainfall. Region II, located in the west of 110.5°E , is marked by the second class with unobvious decreasing tendency in rainfall. In 1994, there was an abrupt decrease in rainfall in region I. The moisture source of South China is located in the South China Sea and western Pacific Ocean. The water vapor is transported to South China via the southern Indochina peninsula. When the southern water vapor transport is weaker/stronger over the central and northern South China Sea, the precipitation in region I correspondingly becomes weaker or stronger and droughts or floods develop. While the southern moisture transport is weaker or stronger over the southwestern South China Sea and southern Indochina peninsula, droughts or floods prevail in region II.

Key words: South China; precipitation in spring; water vapor transportation

* 收稿日期: 2009-03-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40605028); 国家自然科学基金重点资助项目(40730951)

作者简介: 乔云亭(1975年生), 女, 讲师; E-mail: qiaoyt@mail.sysu.edu.cn

华南是我国旱涝频发的地区之一,其干旱多发生在春、秋两季,有时甚至持续秋冬春3季,例如:1998年11月至1999年4月及2004年10月至2005年4月,华南都遭遇了严重干旱。简茂球等^[1]详细分析了华南季节干旱及连旱特征,指出1950-2006年间,华南跨3季以上连旱共有12例,其中有11例都跨越了春季,尤其在最近几年的时间里,华南春旱更加频繁,对人民生活造成严重的影响。因此,对华南春季干旱的研究有重要的意义。迄今为止,有关华南降水的研究大多集中于前、后汛期^[2-4],针对华南春季降水的研究较少。水汽输送的异常对旱涝的变化有直接的影响,对华南降水与水汽输送关系的研究也大多是针对华南汛期^[5-6]。因此有必要针对华南春季降水的变化特征及其与水汽输送的关系进行分析。纪忠萍等^[7]和温之平等^[8]分别对广东和华南春旱的成因做了研究,指出中高纬环流异常和西太平洋副高的活动对春季旱涝有重要影响,但没有侧重研究大范围水汽输送对华南春旱的影响。因此本文拟对华南春季干旱特征进行分析,并探讨它与水汽输送的关系。

1 资料和方法

(1) 本文使用的降水资料为全国730个站逐日降水资料,选取广东广西共47个基准站来代表华南,其分布如图1a。将3-5月的降水作为春季降水,时段为1979-2005年。

(2) 使用NCAR/NCEP II再分析资料逐日资料子集中的高空17层纬向风 u 、经向风 v 、温度 T 及相对湿度 r 等资料(水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$),计算水汽输送通量矢量。某单位气柱整层大气水汽输送通量矢量 \vec{Q} 的计算公式为:

$$\vec{Q} = \frac{1}{g} \int_{p_s}^{p_T} \vec{V} \cdot q dp = \frac{1}{g} \int_{p_s}^{p_T} (u, v) \cdot q dp$$

其中, \vec{V} 为水平风, q 为比湿, p_s 为地表气压, p_T 为大气层顶气压,此处选取 $p_T = 10\text{hPa}$ 。

2 华南春季降水的变化特征

2.1 华南春季降水的空间分布及时间变化曲线

图1是1979-2005年平均华南春季降水量分布图。总体上看,华南降水的等值线近似呈南北走向,其值表现为东高西低的分布特征,两个极大值中心分别位于佛岗(113.32°E , 23.52°N)和阳江(111.58°E , 21.52°N)附近,极小值中心则位于广西西部。

对1979-2005年华南春季降水求区域平均,得到其降水量时间曲线(图2)。由图可知,近27年来华南春季降水平均值为500mm,20世纪80年代,除1985、1986、1988年降水略低于多年平均降水外,华南春季降水量普遍偏多,是一个相对多雨期;90年代开始,华南春季降水有显著减少,出现了几个极小值。选取标准化值大于等于1的年份为华南降水偏多年,则有1981、1983、1987年和1992年;选取标准化值小于等于-1的年份为华南降水偏少年,则有1991、1994、1995、2002和2003年。可见降水偏多的年份主要集中在80年代,而降水偏少的年份全部出现在90年代之后,说明华南春季降水量有显著的下陷趋势。为此,我们将华南春季降水值对时间做线性回归得到其回归系数 $b = -5.28065$,由此计算出降水与时间的线性相关系数为-0.42,超过95%信度检验,说明华南春季降水确实存在显著的下陷趋势,即华南春季干旱趋势明显。这里样本数为27,自由度为25,显著性水平 $\alpha = 0.05$ 对应的相关系数临界值为0.38。

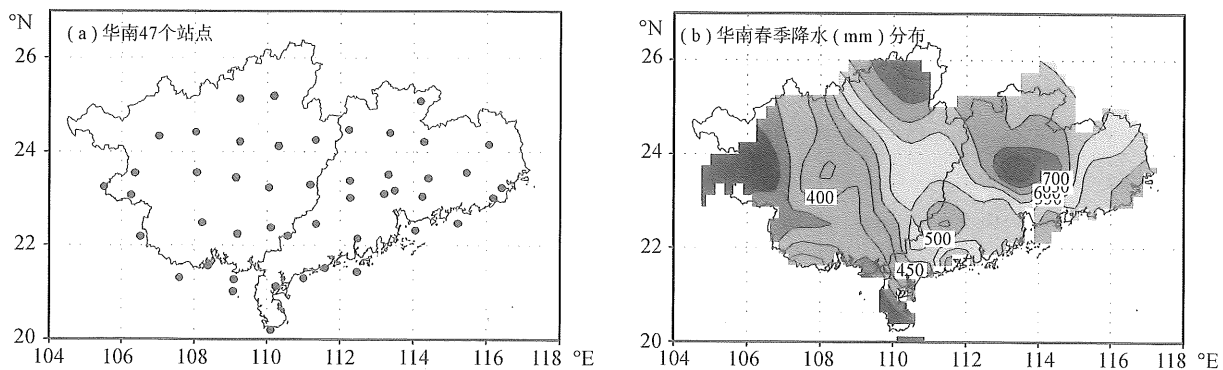


图1 华南47个站点及1979-2005年平均华南春季降水分布图

Fig. 1 Distribution of 47 stations and 27-year mean rainfall in spring of South China

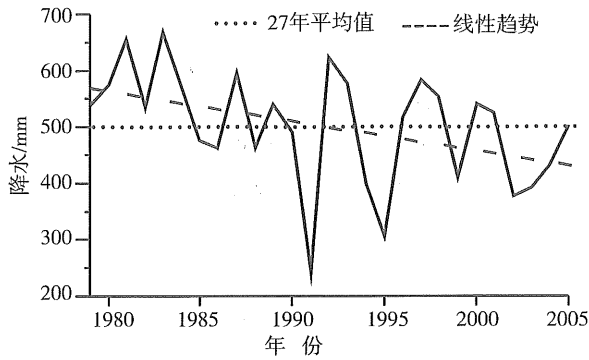


图 2 华南区域平均春季降水时间变化曲线

Fig. 2 Time series of average seasonal rainfall in spring of South China

2.2 华南春季降水的区域划分

由前面的分析，我们发现华南春季降水表现为东高西低的特征，这说明华南不同区域的降水特征不同。为了揭示华南春季降水的区域划分，本文采用模糊聚类的分析方法对华南 47 个标准站的降水进行分类。

当相关系数 $r = 0.851$ 时，47 个站点中降水变化最为相似的连平 (116.41°E , 23.24°N) 和梅县 (116.18°E , 23.02°N) 两个站点首先聚为一类。继续减小 r 的取值，当 $r = 0.719$ 时，其中的 37 个站点聚为两大类。剩下的 10 个站点之间的相关程度依然比较小。因此我们将聚类所得的第 1 类、第 2 类分别确定为 I 类和 II 类，其每一类中各站点的降水有比较一致的特征。而将聚类所得的 3-9 类定为 III 类，其各站点间降水特征各异。图 3 是华南春季降水的区域划分，其中 I 类站点用 1 标识，II 类站点用 2 标识，III 类站点用 0 标识。由图可见，在春季，可以将华南地区降水分为两个区域来研究，这两个区域的分界与两广的行政区边界基本一致，表现出东西差异的特征。而 III 类站点的数

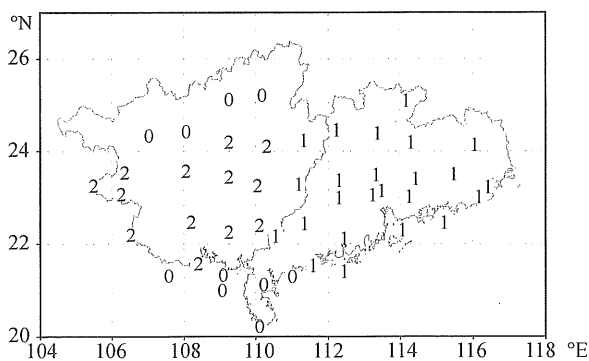


图 3 华南春季降水的区域划分

Fig. 3 Partition of rainfall in spring of South China

目则不多，并且分布在华南南北两缘，不具备华南主体区域降水特征的代表性，本文不作分析。下文以 110.5°E 为界将华南分为东西两个区域，将其东部区域称为 I 区，对应 I 类站点。西部区域称为 II 区，对应 II 类站点（下同）。

2.3 华南不同区域的降水变化曲线

分别计算 1979-2005 年华南 I 区和 II 区区域平均的降水时间序列，见图 4。由图可见，这两个区域的降水曲线有显著的差异。I 区区域平均降水的多年平均值为 588 mm/季 ，而 II 区区域平均降水的多年平均值为 409 mm/季 ，即多年平均 I 区降水比 II 区要多。I 区降水对时间做线性回归的回归系数 $b = -8.8282$ ，由此计算出降水与时间的线性相关系数为 -0.44 ，超过 95% 信度检验，说明华南 I 区春季降水的下降趋势比整个华南区域平均降水的下降趋势更加显著，即华南 I 区春季干旱趋势严重。而 II 区降水对时间做线性回归的回归系数 $b = -1.99621$ ，降水与时间的线性相关系数仅为 -0.16 ，未达到 95% 信度检验，说明华南 II 区春季降水没有显著的趋势。我们计算了华南 I 区和 II 区降水两个时间序列的相关系数，其值为 -0.2 ，没有超过显著性水平 $\alpha = 0.05$ 的统计检验，说明华南 I 区和 II 区的时间变化之间没有联系，I 区和 II

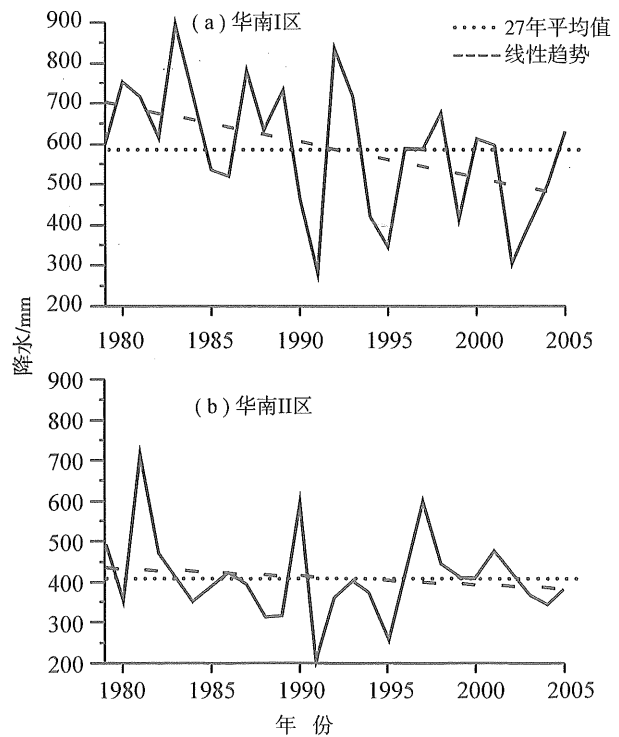


图 4 华南春季降水时间变化曲线

Fig. 4 Time series of average seasonal rainfall in spring over South China

区降水的变化是相互独立的。此外,由图 4a 可见, I 区降水有明显的年代际差异,在 90 年代之前以正距平为主,而在 90 年代之后以负距平为主。利用 M-K 法^[9]对 I 区降水序列进行突变检测,结果如图 5。图 5 上,两条曲线共有三个交点,分别在 1990、1992 和 1994 年,对比图 4a,可以确定 1994 年为华南 I 区降水的突变点,其降水突然减少,进入干旱时期。

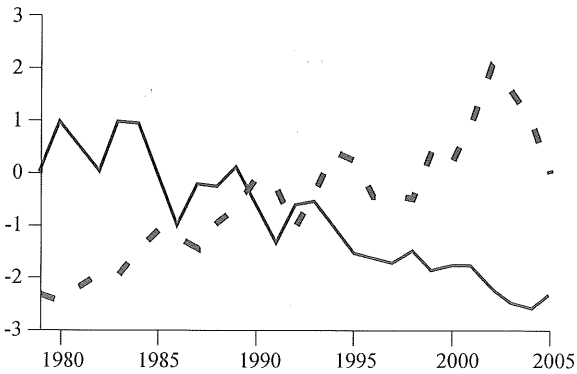


图 5 华南 I 区春季降水的 M-K 法计算图

Fig. 5 Time series of M-K results of rainfall over region I in South China in spring

3 华南春季降水的水汽输送特征

3.1 多年平均华南春季降水的水汽输送

影响降水的最直接的因素是水汽,为此我们分析了 1979-2005 年多年平均的华南春季水汽输送通量的分布特征(图 6)。由图可见,春季,华南的水汽主要来源于西太平洋和南海区域。20°N 以南的广大西太平洋上空为偏东水汽输送,它将水汽

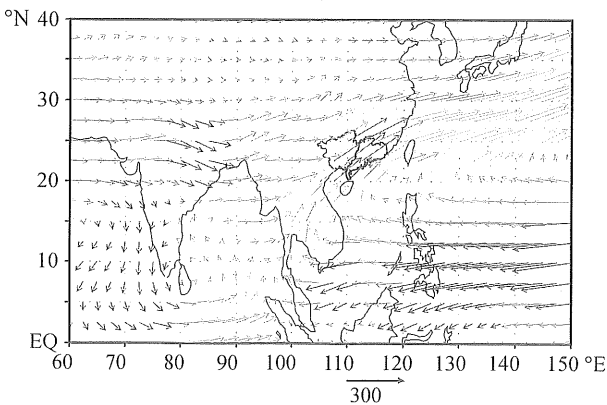


图 6 1979-2005 年平均春季水汽输送通量 (单位: kg/(ms))

Fig. 6 27-year mean water vapor transport flux spring

输送到南海地区,与南海的水汽汇合,在 100-110°E 附近的中南半岛转向,转为西南水汽输送,将水汽输送到华南地区。

3.2 华南不同分区的降水变化与水汽输送的关系

由前面的分析可知,华南 I 区和 II 区的降水特征存在很大的差异,这必然与水汽输送的变化有密切的联系。为此,我们分别计算了 I 区和 II 区的春季降水与经向水汽输送通量的相关系数,如图 7,图中阴影区为超过 $\alpha = 0.05$ 显著性检验的区域。图 7a 表明,正相关大值中心位于南海中北部的菲律宾以东洋面,对比图 6 可知,当南海中北部和菲律宾以东洋面的偏南水汽输送偏强时,输送到华南 I 区的水汽偏多,华南 I 区降水偏多;而当南海中北部和菲律宾以东洋面的偏南水汽输送偏弱时,输送到华南 I 区的水汽偏少,华南 I 区降水偏少,即华南 I 区干旱。图 7b 表明,南海西南部-中南半岛南部为显著正相关区,说明当南海西南部-中南半岛南部的偏南水汽输送偏强时,输送到华南 II 区的水汽偏多,华南 II 区降水偏多;而当南海西

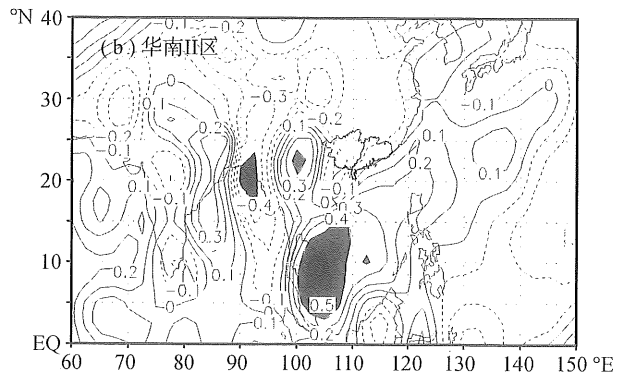
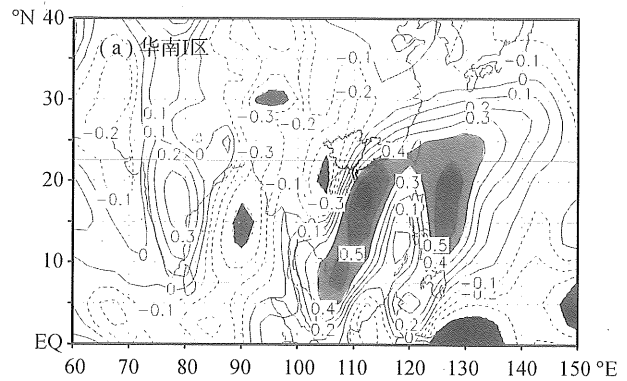


图 7 华南春季降水与经向水汽输送通量的相关系数 (阴影区为相关系数超过 $\alpha = 0.05$ 临界值的区域)

Fig. 7 Correlation coefficient of meridional water vapor transport flux with rainfall over South China in spring (The coefficient significance test for $\alpha = 0.05$ in the shaded area)

南部-中南半岛南部的偏南水汽输送偏弱时, 输送到华南Ⅱ区的水汽偏少, 华南Ⅱ区降水偏少, 即华南Ⅱ区干旱。

4 总 结

本文使用1979-2005年华南春季降水观测资料和NCAR/NCEPⅡ再分析资料所计算的水汽输送资料, 分析了华南春季降水的变化特征及其与水汽输送的关系, 结果如下:

(1) 多年平均华南春季降水表现为东高西低的分布特征, 其总体降水在整个研究时段表现出显著的下降趋势, 即华南干旱趋势显著。

(2) 模糊聚类的结果表明, 华南春季降水可划分为两类, 以 110.5°E 为界, 以东区域称为华南Ⅰ区, 以西区域划为华南Ⅱ区。华南Ⅰ区降水的下降趋势比华南总体降水的下降趋势更为显著, 而华南Ⅱ区的下降趋势很弱, 未能通过显著性检验, 即华南Ⅰ区严重干旱。华南Ⅰ区降水在1994年发生突变, 由多雨期突然进入干旱期。

(3) 南海和西太平洋为华南春季降水的水汽源地, 其水汽经 $100-110^{\circ}\text{E}$ 附近的中南半岛转向为偏南水汽输送, 将水汽输送到华南。当南海中北部的偏南水汽输送偏强时, 华南Ⅰ区降水偏多, 反之, 当南海中北部的偏南水汽输送偏弱时, 华南Ⅰ区降水偏少, Ⅰ区干旱。当南海西南部-中南半岛

南部的偏南水汽输送偏强时, 华南Ⅱ区降水偏多, 反之, 当南海西南部-中南半岛南部的偏南水汽输送偏弱时, 华南Ⅱ区降水偏少, Ⅱ区干旱。

参考文献:

- [1] 简茂球, 乔云亭, 温之平. 华南季节干旱及连旱特征分析[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2008, 47(4): 118-121.
- [2] 马慧, 王谦谦, 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.
- [3] 吴尚森, 梁建茵. 华南前汛期旱涝时空分布特征[J]. 热带气象, 1992, 8(1): 87-92.
- [4] 吴尚森, 黄成昌, 薛惠娴. 华南后汛期降水的年际变化[J]. 热带气象, 1990, 6(4): 348-356.
- [5] 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.
- [6] 陈长胜, 林开平, 王盘兴. 华南前汛期降水异常与水汽输送的关系[J]. 南京气象学院学报, 2004, 27(6): 271-272.
- [7] 纪忠萍, 谷德军, 易爱明, 等. 近48年来广东春旱的变化[J]. 自然灾害学报, 2007, 16(5): 59-64.
- [8] 温之平, 吴乃庚, 冯业荣, 等. 定量诊断华南春旱的形成机理[J]. 大气科学, 2007, 31(6): 1223-1236.
- [9] 符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 482-493.