

华南前汛期区域持续性暴雨的分布特征及分型^{*}

吴丽姬¹, 温之平¹, 贺海晏¹, 黄荣辉²

(1. 中山大学季风与环境中心 大气科学系, 广东 广州 510275)

2. 中国科学院大气物理研究所季风系统研究中心, 北京 100080)

摘 要: 利用广东和广西两省共 175 个台站的日降水观测资料, 采用计算机检索的方法, 对 1961—2005 年间华南前汛期区域持续性暴雨进行了定义。对南海夏季风爆发前后区域持续性暴雨的气候分布特征的分析发现, 季风爆发前持续性暴雨频数从 60 年代至今呈现出正态分布的年代际变化特征, 而季风爆发后的区域持续性暴雨频数变化则几乎相反; 广东省前汛期区域持续性暴雨降水明显比广西强。此外, 通过 EOF 方法和相关分析得到了夏季风爆发前后出现频率较高的几种分布雨型, 它们能较好地代表季风爆发前后华南降水分布的特点。

关键词: 南海夏季风; 爆发; 前汛期; 持续性暴雨; 华南

中图分类号: P448 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2007) 06-0108-06

暴雨是中国最主要的灾害性天气之一, 华南地处低纬, 是我国雨量最丰沛的区域, 平均年雨量最大, 暴雨次数最多, 雨季最长。华南的雨季通常可以分为前汛期 (4—6 月) 和后汛期 (7—9 月), 前汛期的降水量可以占到全年降水量的 40% ~ 50%, 而后汛期一般占年降水量的 30% 左右^[1]。统计资料显示, 华南前汛期持续性暴雨多发, 华南的洪涝多数由前汛期暴雨所造成的。因此, 关于前汛期暴雨的研究和预测对华南经济建设, 尤其是农业发展有着重要意义。

过去的工作在分析华南前汛期降水的空间分布时, 大都将前汛期 4—6 月的降水量看成一个整体来研究^[2-5]。事实上, 有关华南前汛期的研究都指出^[6-9], 夏季风爆发前华南前汛期主要以锋面降水为主, 爆发后则主要为季风降水。可见, 同在华南前汛期, 夏季风爆发前后降水的主要系统和水汽的输送等都会有所不同。因此, 区分夏季风爆发前后来探讨华南前汛期降水的时空分布特征, 对深入研究华南前汛期暴雨的形成机理和做好预测都有十分重要的意义。

本文将前汛期分成季风爆发前后两个阶段, 定义了华南区域持续性暴雨, 通过计算机检索得到 1961—2005 年华南 4—6 月的区域持续性暴雨的个例, 并结合 EOF 分析方法, 探讨了季风前后区域持续性暴雨的时空分布特征。

1 资料和方法

本文使用了广东和广西共 175 个台站的日降水资料, 其中广东 86 个, 广西 89 个站点, 时间长度从 1961 年 1 月—2005 年 12 月。分析方法主要有经验正交函数和相关分析。

目前, 各省预报业务部门大致将暴雨分为大范围的暴雨 (覆盖全省大部分面积)、区域性的 (覆盖若干个县或者观测站) 与局地暴雨 (孤立的暴雨)。尽管各省的分类不同, 但都可以得出一个相似的结论, 即区域性的暴雨比例最大。另外, 华南前汛期的暴雨还有一定的持续性, 一次暴雨过程一般可以持续 2~3 d 长的可持续 7~8 d 持续性的暴雨尽管出现的次数少, 但一旦出现, 常常酿成重大灾害^[1], 因此前汛期区域持续性暴雨的研究显得尤为重要。本文将华南前汛期分成夏季风爆发前后两个阶段来探讨季风前后区域持续性暴雨的分布特征。华南主要包括广东、福建、广西和海南 4 个地区, 由于海南位于我国最南端, 地理环境特殊, 具有独特的降水变化特征^[10], 最大降水量并不是发生在华南的前汛期, 一年中秋季的 9、10 月降水最大。而福建与广东广西相比, 位置偏北。因此, 本文中所讨论的华南地区, 并没有包括海南和福建两省, 仅为纬度比较一致的广东和广西省。

* 收稿日期: 2006—12—23

基金项目: 国家重点基础研究发展规划基金资助项目 (2004CB418303)

作者简介: 吴丽姬 (1980 年生) 女, 博士生; 通讯联系人: 温之平; E-mail: eeswz@mail.sysu.edu.cn

2 区域持续性暴雨的定义与个例选取

为了分析前汛期区域持续性暴雨在季风爆发前后的分布特征，首先对区域持续性暴雨进行如下定义：选定 105°E 20°N 为所研究的华南地区范围，将此区域细分成 $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$ 的网格，并设定一个包含有 30 个小网格的框（可以是 5×6 或 10×3 个小网格的组合），该框可在研究范围内任意移动，若框内有 10 个站点的日降水量达到或超过暴雨的量级（50 mm），则计算华南有一个区域性暴雨日。若区域性暴雨持续 3 d 或以上，则认为华南出现一次区域持续性暴雨过程。若连续 5 d 内除第 3 天外，其余 4 天都有区域性暴雨，则也认为华南有一次区域持续性暴雨过程。华南站点分布和网格框取法如图 1 所示。

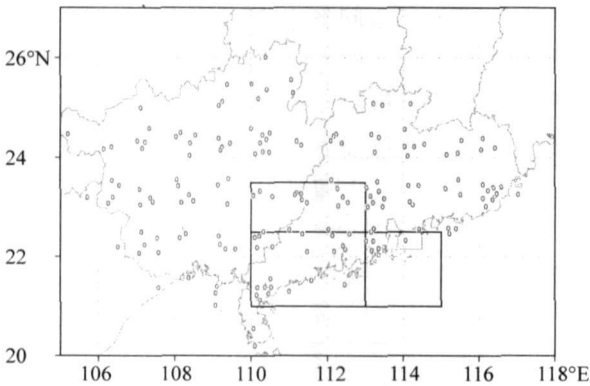


图 1 区域持续性暴雨选取方式示意图
Fig 1 Sketch map for the choices of regional persistent precipitation

根据上述定义，并参照温之平等^[11]的方法定义了 1961—2005 年南海夏季风的爆发日期，最终得到季风爆发前有区域持续性暴雨 21 个，季风爆发后有区域持续性暴雨 34 个（表略）。

3 区域持续性暴雨的气候特征

3.1 季风爆发前后区域持续性暴雨频数的年代际变化

对 1961—2005 年期间季风爆发前后的区域持续性暴雨的统计发现，夏季风爆发前区域持续性暴雨频数的年代际变化特征明显（图 2 a），经历了由少到多，再由多到少的变化。其中，60 年代季风爆发前的区域持续性暴雨数最少（1 个），70 年代明显增加（6 个），最多发生在 80 年代（8 个），90 年代又开始减少。而夏季风爆发后区域持续性暴雨的发生则分布比较均匀（图 2 b），除 80 年代个例偏少外（4 个），其它年代的个例数都在 8~9 个。可见，80 年代季风爆发前个例偏多而季风爆发后个例偏少。

3.2 季风爆发前后区域持续性暴雨平均降水分布特征

从个例的平均降水分布图上（图 3），可以看到季风爆发前后的暴雨中心分布有明显的区别。季风爆发前，区域持续性暴雨中心主要位于广东省中部和西南部，其中，中部的两个中心分别位于清远和佛岗，西南沿海中心位于阳江，这 3 个区域持续性暴雨中心的量值都超过了 150 mm。而季风爆发前广西区的降水较少，呈东部大西部小的特征（图 3 a）。这表明季风爆发前，华南区域持续性暴雨多发生在广东，清远和阳江是其两个主要的区域持续性暴雨中心。季风爆发后，西南季风增强，使得整个华南地区降水量增加，广东省中部降水大值中心的分布仍与季风爆发前相似，但强度加大，西南部的阳江依然维持一个大值中心，除此之外，汕头、揭阳一带的雨量的增加，为广东省的第 3 个暴雨中心。广西区整体雨量比起季风爆发前有了显著增大，其北部和南部沿海分别为 2 个暴雨中心，但强度小于广东的暴雨中心值（图 3 b）。

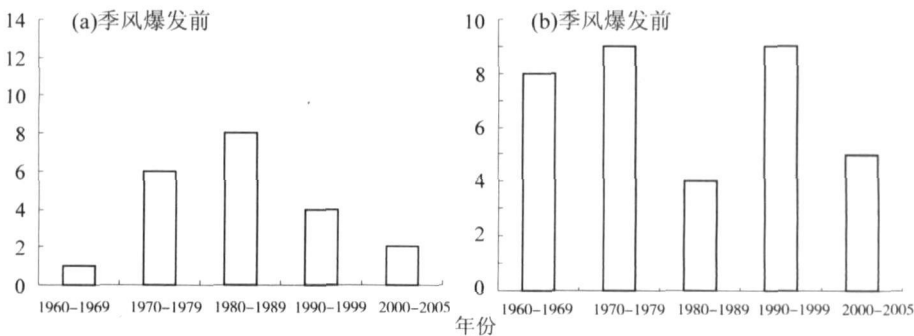


图 2 季风爆发前后个例数年代分布

Fig 2 Cases of regional persistent precipitation during each decade (a) before onset of SCSSM (b) after onset of SCSSM
©1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

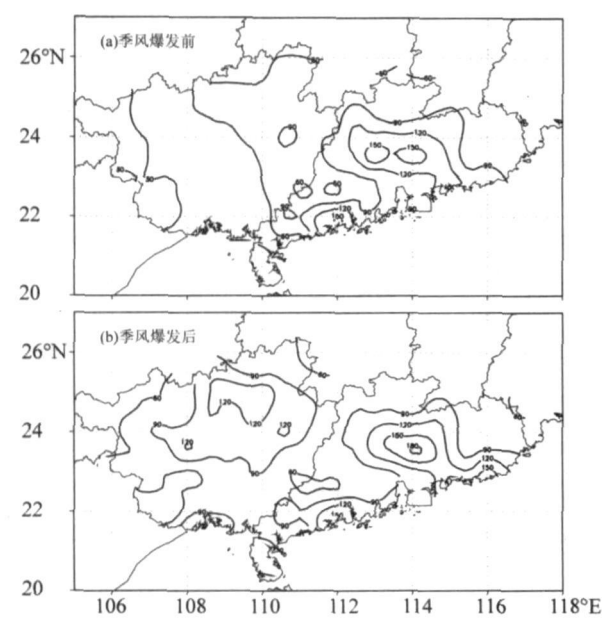


图 3 季风爆发前后区域持续性暴雨平均降水量分布
Fig. 3 Averaged rainfall of regional persistent precipitation
(a) before onset of SCSSM (b) after onset of SCSSM
(Units: mm)

由此可见，广东省前汛期区域持续性暴雨降水总量比广西区大。其中，广东省区域持续性暴雨的

分布在季风爆发前后基本一致，但暴雨中心强度随季风爆发而增强。而广西省区域持续性暴雨的分布和强度在季风爆发前后的差异都明显。

4 夏季风爆发前后区域持续性暴雨的空间分型

将过程累积降水量作为该次区域持续性暴雨过程的降水，并按时间顺序将每个过程组合成一个持续性暴雨的时间序列，然后采用 EOF 方法分别对夏季风前后的序列进行分解，可以了解夏季风季风爆发前后区域持续性暴雨的空间分布。结果表明，夏季风爆发前后的其前 8 个空间场的累积解释方差都在 70% 左右，各空间场的方差和累积方差如表 1 所示。为了找出季风爆发前后区域持续性暴雨最常出现的空间分布型，先将某个个例的雨量与时间序列中所有个例的平均雨量相减得到其降水距平，再与 EOF 分解的前 8 个空间场来求相关，从中再挑出两场相似性最高的模态作为该个例的代表性分布雨型，并进行分类合成，得出夏季风爆发前后各自的 4 种主要分布雨型。季风爆发前后各雨型的代表个例及其相关系数分列于表 2 和表 3。

表 1 季风爆发前后区域持续性暴雨 EOF 分析方差贡献表
Tab. 1 Results of EOF analysis of regional persistent precipitation before and after onset of SCSSM

季风前空间场	1	2	3	4	5	6	7	8
方差贡献	23.17	15.44	10.73	7.387	6.737	5.779	5.221	4.461
累积方差贡献	23.17	38.61	49.34	56.73	63.47	69.25	74.47	78.93
季风后空间场	1	2	3	4	5	6	7	8
方差贡献	26.051	15.498	10.074	5.829	4.351	4.017	3.524	3.034
累积方差贡献	26.051	41.55	51.62	57.45	61.80	65.82	69.34	72.38

表 2 季风爆发前代表性个例雨型与模态的相关系数
Tab. 2 The highest correlation coefficient between regional persistent precipitation cases and EOF modes before onset of SCSSM

第一类	个例时间	19750427-29	19820527-31	19840515-17	19840425-27	19870531-0604	20000401-03	20010420-22
	相关系数	-0.53	0.533	-0.422	-0.4	0.519	-0.352	-0.522
第二类	个例时间	19800421-24	19800502-4	19870519-21	19920501-3	19930522-24		
	相关系数	0.632	-0.371	0.828	-0.7	-0.368		
第三类	个例时间	19700511-13	19750509-11	19750514-16	19820509-13	19930430-0502		
	相关系数	-0.69	-0.21	-0.486	0.664	0.502		
第四类	个例时间	19610422-24	19730507-09	19730601-04	19920506-08			
	相关系数	0.631	-0.44	-0.501	0.459			

表 3 季风爆发后代表性个例雨型与模态的相关系数
Tab. 3 The highest correlation coefficient between regional persistent precipitation cases and EOF modes after onset of SCSSM

第一类	个例时间	19610610-13	19640611-14	19660610-12	19660619-22	19680608-13	19700626-29	19770624-27	19830615-18
	相关系数	-0.77	0.36	0.34	0.54	0.87	-0.5	-0.36	0.64
	个例时间	19830620-22	19880626-28	19950606-08	19980619-21	20000609-12	20020615-17	20050605-07	20050619-23

	相关系数	-0.79	-0.69	-0.46	-0.64	-0.55	-0.75	-0.73	0.66
第二类	个例时间	19650614-16	19680621-24	19760531-62	19890529-61	19920606-09	19930627-29	19940607-10	19940613-17
	相关系数	-0.65	0.63	-0.48	-0.35	-0.59	-0.67	-0.6	0.78
第三类	个例时间	1966061-03	19710605-07	19740626-28	19770527-31	19960620-24	20010604-08		
	相关系数	-0.57	-0.5	-0.68	-0.57	0.39	0.53		
第四类	个例时间	19720614-18	19730626-28	19950615-17	19980623-26				
	相关系数	0.55	-0.46	-0.49	0.4				

季风爆发前的 21 个例分成了 4 种雨型，其中，最多出现的一种分布型如图 4 a 所示，该雨型代表性个例有 7 个。降水分布为以 114°E 为界呈东西反位相分布，3 个主要的正值中心位于广西桂林，广东清远和湛江沿海地区。第二种主要分布型（图 4 b），代表性个例有 5 个，降水异常由东向西呈现正负正分布，显著正值中心位于广东龙门和广西柳州，负值中心位于广西贺州。第三种主要分布型代

表个例 5 个，该雨型体现了南北降水差异的特点（图 4 c），以 23°N 为界，呈现出南少（多）北多（少）的反位相分布，主要的正值中心位于广东清远一带，负值中心位于广东的湛江。第四种主要分布型（图 4 d）则表现为，显著负值中心位于两广的南部沿海，广西柳州，广东清远以及汕头地区，而显著正值中心则位于广西西北部，广东湛江和汕头沿海地区，该雨型的代表个例有 4 个。

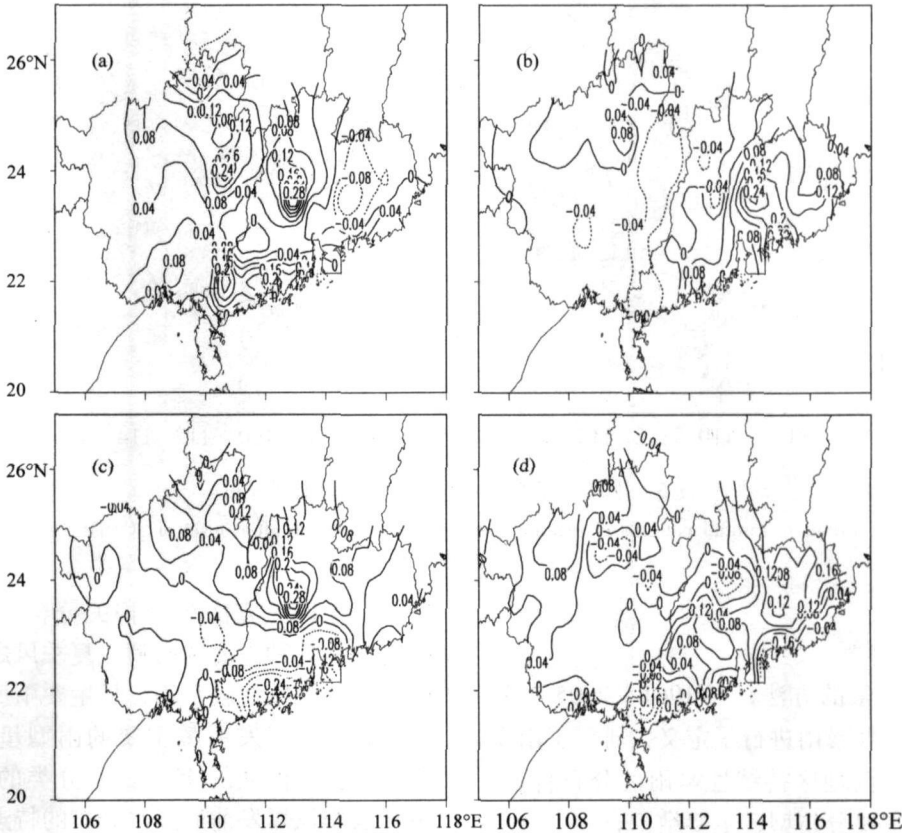


图 4 季风爆发前区域持续性暴雨的雨型分布
Fig 4 Frequent rainfall patterns of regional persistent precipitation before onset of SCSSM

季风爆发后的个例有 34 个，归纳出了四种主要雨型，出现频率最高的分布型如图 5 a 所示，该分布型代表个例共有 16 个，占总个例数的 47% 左右。该雨型将分布特点为：广东全省为降水正异常分布，显著正值中心位于广东的龙门一带，广西降水呈现东多（少）西少（多）的反位相分布特点，正值中心位于蒙山，负值位于河池。第二种常见的

雨型分布（图 5 b）代表个例有 8 个，为南少（多）北多（少）的反位相分布，正负值分界线位于 23°N，广东和广西各有一正值中心，负值中心位于两广的沿海地区。季风爆发后区域持续性暴雨第三种雨型分布基本为全区一致型（图 5 c），除广东东部沿海的汕头地区为负值外，其余地区都为一致的正值分布，雨型代表个例数为 6。第四种雨型

(图 5 d), 个例代表数为 4。雨型分布主要特点是, 广西东北部和广东中部以北地区是负值, 其余地区为正值。显著的负值中心位于广东龙门地区, 次大负值中心位于广西蒙山, 显著的正值中心在广西融

安一带。

从表 2 可以看到, 96% 以上的个例与代表雨型的相关系数达到 0.36 以上, 超过 0.1 的显著性水平, 可见所分类的雨型有着较好的代表性。

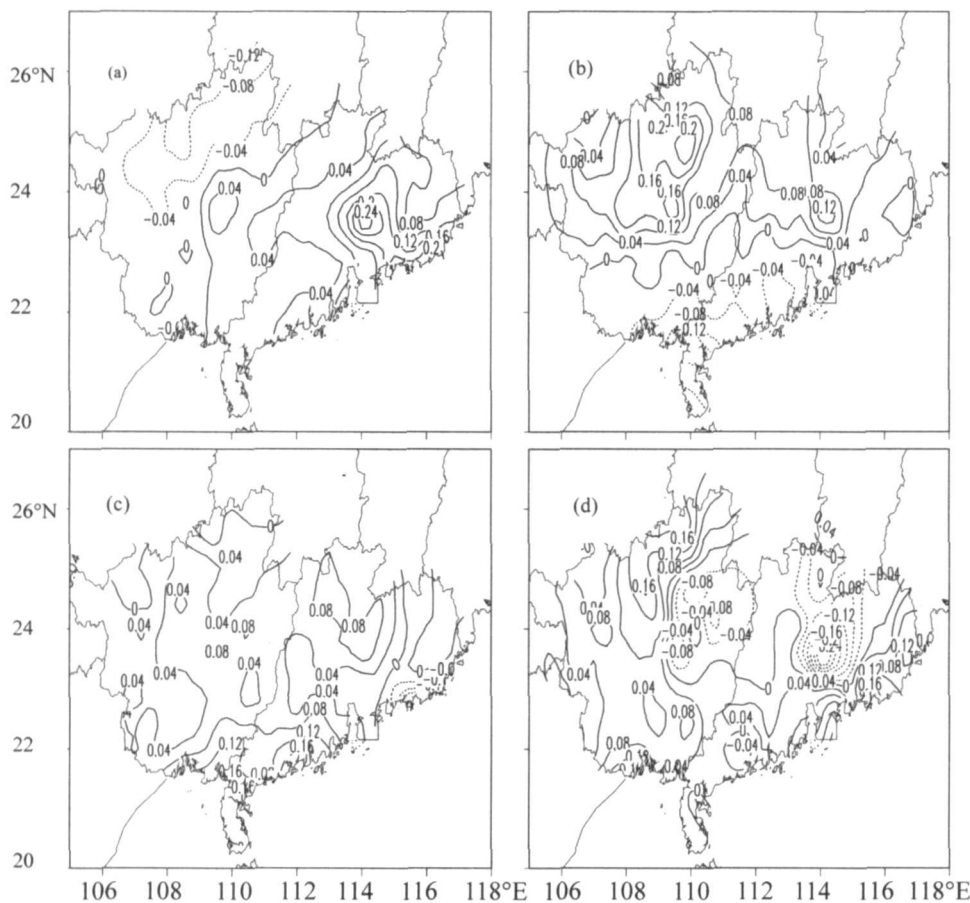


图 5 季风爆发后区域持续性暴雨的雨型分布

Fig 5 Frequent rainfall Patterns of regional persistent precipitation after onset of SCSSM

5 结 论

采用计算机检索的方法, 对 1961—2005 年间华南地区区域持续性暴雨进行了定义, 研究了南海夏季风爆发前后华南地区持续性暴雨的分布特征, 并得到了其几种主要分布型, 主要结论有:

(1) 1961—2005 年期间季风爆发前持续性暴雨频数呈现出正态分布的年代际变化特征, 而季风爆发后的区域持续性暴雨频数变化则几乎相反, 亦即, 80 年代是季风爆发前持续性暴雨频数最多和季风爆发后频数最少的 10^a。

(2) 广东省前汛期区域持续性暴雨降水明显比广西区强。其中, 广东省区域持续性暴雨的分布在季风前后基本一致, 但暴雨中心强度增强; 而广西区域持续性暴雨的分布和强度在夏季风爆发前后差异明显。

(3) EOF 方法结合相关分析, 归纳出夏季风爆发前后几种主要的雨型, 夏季风爆发前的主要雨型所占个例数比较平均, 最主要雨型占总个例数的 33%, 季风爆发后最主要的雨型呈东西反位相分布, 占总个例数的 45%。所分类的雨型能够较好的代表季风爆发前后降水分布的特点。

以上研究结果对华南前汛期降水的预测有一定的指示意义。上述几种雨型分布对应的环流型及其相互配置将在后续的研究中进一步分析讨论。

参考文献:

[1] 周秀骥, 薛纪善, 陶祖钰, 等. ‘98’ 华南暴雨科学试验研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2003

[2] 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

[3] 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(增刊): 9—15

[4] 黄永新. 华南前汛期降水趋势的特征及预报方法的初步研究[J]. 广东气象, 1998 4(增刊): 44—48

[5] 梁建茵, 吴尚森. 广东省汛期旱涝成因的前期影响因素探讨[J]. 热带气象学报, 2001 17(2): 97—108

[6] 周秀骥. 海峡两岸及邻近地区暴雨试验研究[M]. 北京: 气象出版社, 2000

[7] 包澄澜. 华南前汛期暴雨研究的进展[J]. 海洋学报, 1986 8(1): 31—40

[8] 池艳珍, 何金海, 吴志伟, 等. 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

[9] 柳艳菊, 丁一汇, 宋艳玲. 1998年夏季风爆发前后南海地区的水汽输送和水汽收支[J]. 热带气象学报, 2005 21(1): 56—62

[10] 李勇, 陆日宇, 何金海. 海南岛秋季降水异常对应的热带大尺度环流和海温[J]. 大气科学, 2006 30(5): 1034—1042

[11] 温之平, 黄荣辉, 贺海晏, 等. 中高纬大气环流异常和低纬 30~60天低频对流活动对南海夏季风爆发的影响[J]. 大气科学, 2006 30(5): 952—964

The Distribution Features and Patterns of Regional Dura tive Rain storm during Pre rainy Season over South China

WU Li ji, WEN Zhi Ping, HE Hai Yan, HUANG Rong hu

- (1. Center for Monsoon and Environment Research/ Department of Atmospheric Sciences,
Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China
2. Center for Monsoon System Research, Institute of Atmospheric Physics,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: The regional durative rainstorm during pre rainy season over South China is defined and its climatic distribution features before and after the onset of South China Sea summer monsoon are studied using daily rainfall data of 175 stations in Guangdong and Guangxi provinces. The results show that the frequency of regional durative rain storm before the onset of South China Sea summer monsoon behaves with decadal variation of normal distribution from 1960 s to now, and nearly opposite behavior exists in the frequency of that after the onset of South China Sea summer monsoon. The rainfall intensity of regional durative rainstorm during pre rainy season over Guangdong province is obviously greater than that over Guangxi province. In addition, four rainfall patterns with higher frequency of occurrence before and after the onset of South China Sea summer monsoon are obtained using EOF and correlation methods. They can figure the distribution features of rainfall after and before the onset of South China Sea summer monsoon over south China.

Key words: South China Sea summer monsoon; onset; pre rainy season; durative rainstorm; South China