

## 华南前汛期降水与南极海冰变化的关系<sup>‡</sup>

吴恒强 张爱华 蒋伯仁 覃武

(广西气象科学研究所, 南宁 530021)

**摘要** 利用1973~1989年南极海冰北界资料和1972~1981年南半球气旋资料, 分析南极海冰变异对华南前汛期降水的影响。结果表明, 两者之间存在密切关系, 当南极海冰面积趋于增大时, 华南前汛期的雨水亦趋增加, 反之亦然。2~3月份威尔克斯地方向的海冰北界位置与同年华南前汛期雨量密切相关。而9月份罗斯海方向(180°)海冰北界的伸缩对次年华南前汛期降水量有明显指示性。南半球低纬(0~30°S)的气旋活动在南极海冰与华南前汛期降水关系中起了“连结”作用。

**关键词** 南极海冰, 华南前汛期降水, 气旋活动

**分类号** P426.614

据估算<sup>[1]</sup>, 南极的冰相当于地球冰总量的90%, 作为地球上一个强大的冷源, 南极冰量的增减, 不仅直接影响南半球大气环流, 还会波及到地球的其他地区。符宗斌较早分析了我国长江流域梅雨变动与南极冰雪状况的可能关系<sup>[2]</sup>, 指出南极海冰的影响具有与海温相似的滞后效应, 如上年南极海冰面积缩小, 来年长江流域出梅晚、梅期短; 反之, 海冰面积扩展, 来年出梅就早, 梅期短。最近, 李曾中研究了南极海冰变异与西北太平洋地区热带风暴生成的关系<sup>[3]</sup>, 指出在多热带风暴年南极呈现出“暖夏”、“冷冬”的气候特征。本工作则试图分析南极海冰面积变化以及海冰北界的收缩与扩展对华南地区前汛期降水的影响, 为进一步认识华南前汛期的降水规律作一些新的探讨。

### 1 资料

前汛期指每年4~6月。华南降水资料系取自福州、赣州、厦门、梅县、汕头、曲江、河源、广州、阳江、湛江、海口、桂林、柳州、梧州、南宁、北海和百色等17个代表站(1951~1992年)4~6月雨量。

南极海冰资料取自中国气象科学研究院, 南半球气旋资料取自文献[4], 南半球海平面气压场资料取自中央气象台。

### 2 华南前汛期降水

特殊的地理位置及地形环境, 使华南在前汛期(4~6月)受副热带高压、低压槽、切变线、地

<sup>‡</sup> 国家自然科学基金委员会课题资助49465012

收稿日期: 1997-07-15; 改回日期: 1997-10-16

第一作者简介: 吴恒强, 男, 1944年3月生, 副研究员

面锋面及南方暖湿气流等多种复杂系统共同影响, 降水的时空分布比较复杂。在不同年份, 华南前汛期降水量的变化幅度很大, 总降水量具有2~3年的准周期变化和10年左右的阶段性变化特征<sup>[5]</sup>。为了深入了解其空间分布特征, 采用自然正交展开(EOF分析)方法对华南前汛期降水分布进行研究。

首先对华南17个代表站历年4~6月降水距平百分率进行EOF分析。表1给出了EOF分析得到的前10个特征向量的方差贡献百分比。可以看出, 前3个特征向量已占了总贡献的57%。从第4个特征向量往后, 各向量的方差贡献较小, 因此, 取前3个特征向量, 基本上可以表示出华南前汛期降水的主要空间分布特征。

表1 前10个特征向量所对应的方差贡献

Table 1	Variance ratios of the first ten characteristic vectors									%
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$
方差贡献百分比	32	16	9	7	6	6	4	4	3	3
累计百分比	32	48	57	64	70	76	80	84	87	90

第一特征向量占总贡献的32%, 它是最重要的降水分布型, 第一特征向量场上各站的符号一致, 这表明华南4~6月降水空间分布的第一雨型为全区偏多(少)型; 第二特征向量占总贡献的16%, 广东西部、广西中南部及海南省为正值区; 华南东部及北部为负值区。这表明华南降水分布具有东、西反向变化的特征, 即第二雨型为东北少(多)西南多(少)型; 第三特征向量占总贡献的9%, 第三特征向量反映出降水距平分布具有南、北反向的特征, 即第三雨型为东南多(少)西北少(多)型(以上各型空间分布图从略)。

图1点绘了华南17个代表站4~6月降水量距平百分率算术平均值的年际变化(实线)(为了与海冰北界资料一致, 故取1973~1989年)。虚线是第一特征向量的时间系数年际变化情况, 两条曲线基本上是吻合的, 这说明第一特征向量的时间系数完全反映出华南前汛期平均降水量的多寡趋势。

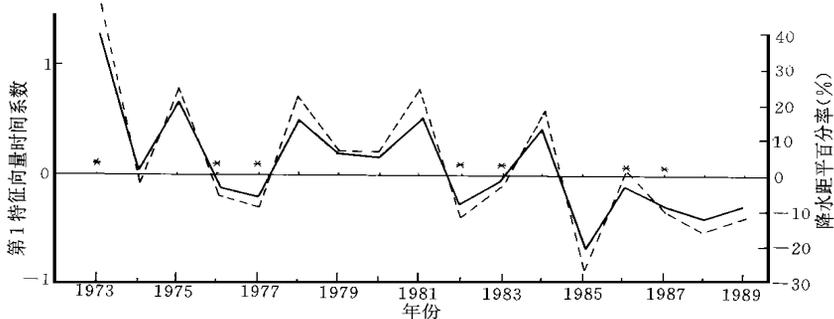


图1 1973~1989年华南17个代表站4~6月降水量距平百分率平均值(实线)及其第一特征向量时间系数(虚线)逐年变化(\*为厄尔尼诺年)

Fig. 1 Average values of the rainfall anomaly percentage of 17 stations in South China for April-June 1973~1989 (solid line) and the time coefficient of the first characteristic vector (dashed line) (\* indicates El Niño years)

### 3 南极海冰伸缩与华南前汛期降水量

#### 3.1 海冰最大面积与华南前汛期雨量的关系

据资料分析<sup>[6]</sup>, 南极海冰面积在一年中不同季节不同月份的变化是明显的, 而且不同方位(经度)其变化幅度(以北界是南北方向上伸缩表示)差异也较明显, 大多年份是寒季中9月份的海冰面积最大。

图2给出了1973~1982年南极海冰最大面积及其北界最北位置的年际变化<sup>[6]</sup>。在1973~1977年期间南极海冰最大面积呈减少趋势, 而1977~1981年呈扩大趋势, 其变化趋势与图1所显示出的华南前汛期降水量变化趋势大体相当, 华南前汛期降水量1973~1977年呈波浪式下降趋势, 而1977~1981年则是波浪式上升, 在1981年出现一个小峰值, 就是说, 在南极海冰最大面积扩大期间, 华南前汛期降水量趋于增多; 反之, 若南极海冰最大面积为收缩期间, 华南前汛期降水量就趋于减少。

#### 3.2 不同方位海冰北界伸缩对华南前汛期雨量的影响

然而, 资料表明, 南极各方位的海冰伸缩并不是划一的, 在最大面积扩大的年份亦有某些方位上的海冰北界呈收缩状态,

反之, 在最大面积收缩的年份, 也有某些方位上的海冰北界是北伸的。吴仁广曾指出, 70~60°W地区的海冰北界变化与其他地区具有相反趋势, 并认为这可能是由于受南极大陆地形影响的缘故<sup>[6]</sup>。我们普查则发现, 海冰北界年变化幅度最大的80°E方向<sup>[6]</sup>与海冰深入南极大陆最高纬度的罗斯海方向(180°)海冰北界的变化也有反相的特征。图3为9月份(一般是海冰面积最大的月份)80°E方向与180°方向上的海冰北界距平逐年变化对比。17年资料(16个年度)中大部分时间2根曲线的变化趋势是反相的, 但是有4个年度的变化趋势呈一致性, 在这4个年度中, 1976~1977年是El Nino年, 1981~1982、1985~1986年是El Nino前一年, 1988~1989年二者的变化较小。看来, 这两个经度方向的海冰北界变化特征可能是由海洋行为或气象原因造成的。

那么, 这些方位上的海冰北界变化, 对华南前汛期降雨有无影响呢? 图3中显示出这样一种复杂的关系, 在1974~1981年7年期间, 华南前汛期雨量与上一年9月份罗斯海方向海冰北界变化趋势基本一致, 只是在El Nino年的1976~1977年二者变化趋势相反; 而在1981~1987年6年期间, 华南前汛期雨量与上一年9月份罗斯海方向海冰北界变化趋势基本反相, 只是在El Nino年的1982~1983年二者变化趋势一致; 之后, 到1987~1989年二者变化又归一致。我们知道, 1982~1983年发生一次强的El Nino事件, 3年后的1986~1987年又是一次El Nino事件。华南前汛期雨量与80°E方向海冰北界的关系亦可作类似讨论, 只是要注意到它与180°大体反相而已。姑且把1981~1987年时段称为变异时段。理论研究<sup>[7]</sup>证明, 强大的El Nino事件对环

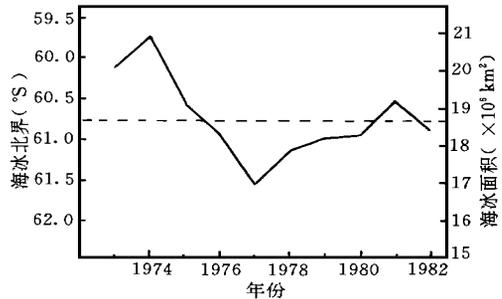


图2 1973~1982年南极海冰最大面积及其北界的年际变化  
(引自参考文献[6])

Fig.2 Inter annual changes in the largest area of Antarctic Sea Ice and its north demarcation line for 1973~1982  
(from reference [6])

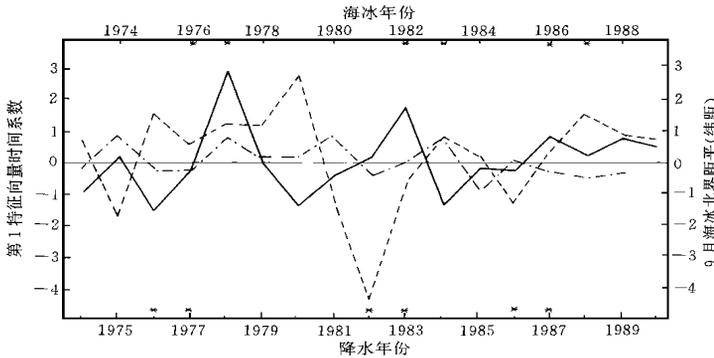


图3 1973~1989年9月份80 E(虚线)和180°(实线)方向上南极海冰北界距平变化及次年华南前汛期降水量第一特征向量的时间系数(点划线)关系图(\* 年份为 El Niño)

Fig. 3 The relationship between anomalous change of Antarctic Sea Ice north demarcation line in 80°E (dashed line) and in 180°(solid line) for September 1973~1989 and the time coefficient of the first characteristic vector (dot dash line) of the pre-flood season rainfall of South China next year (\* indicates El Niño years)

境的影响可波及到事件之前及其后一段时间。究竟这种关系是一种无章变化亦或是反映了海-气系统的某种相互作用,使华南汛期雨量具有上述的准周期性变化特征?因无更长的资料作进一步探讨,只是把现象提出而已。

## 4 南极海冰、南半球海平面气压场与华南前汛期降雨的相互关系

### 4.1 海冰北界与华南前汛期雨量相关

为了进一步探讨南极海冰对华南降雨的影响,利用比图2更长的南极海冰北界资料(1973~1989),分别计算了华南4~6月平均降雨量与同年各月南极海冰北界(每隔10个经度的平均北界)的相关,与同年各月南半球海平面气压场的相关以及南极海冰北界与南半球海平面气压场的相关。

图4a是华南前汛期平均降雨量与同年1~6月南极海冰北界的相关分布图。从中可见,在4个经度方向有连片的高相关系数,其110~150 E(威尔克斯地)方向和90~60 W(南极半岛)两个方向更为明显,威尔克斯地方向的高相关系数出现在2、3月份,而南极半岛方向的高相关系数则出现在4~6月份。另外2个有高相关系数超过3个以上的是毛德地和威德尔海经度方向,且都是出现在2、3月份。负相关说明海冰北界南缩时(纬度高,海冰少)对应的雨量少,北伸时(纬度低,海冰多)对应的雨量多。

### 4.2 南半球海平面气压场与华南前汛期雨量相关

在研究华南前汛期雨量与当年1~6月南半球海平面气压场的相关显著性时发现(图略),1、4、6月份有一个高相关区自1月起从南极大陆的威尔克斯地逐渐往北(低纬)移动,到6月份这个高相关区位于澳大利亚西南部澳大利亚高压(以下简称澳高)位置,最高相关系数为-0.67(在分区计算时发现该区域的气压值与广西区前汛期雨量的相关系数高达-0.87,信度超过0.001)。而且,在南极半岛、南美大陆方向也始终有高相关区存在<sup>8)</sup>。

### 4.3 海冰变化与南半球p场相关

我们还把南极海冰分为4个区, 区为160 E~130 W(罗斯海方向), 区为130~60 W

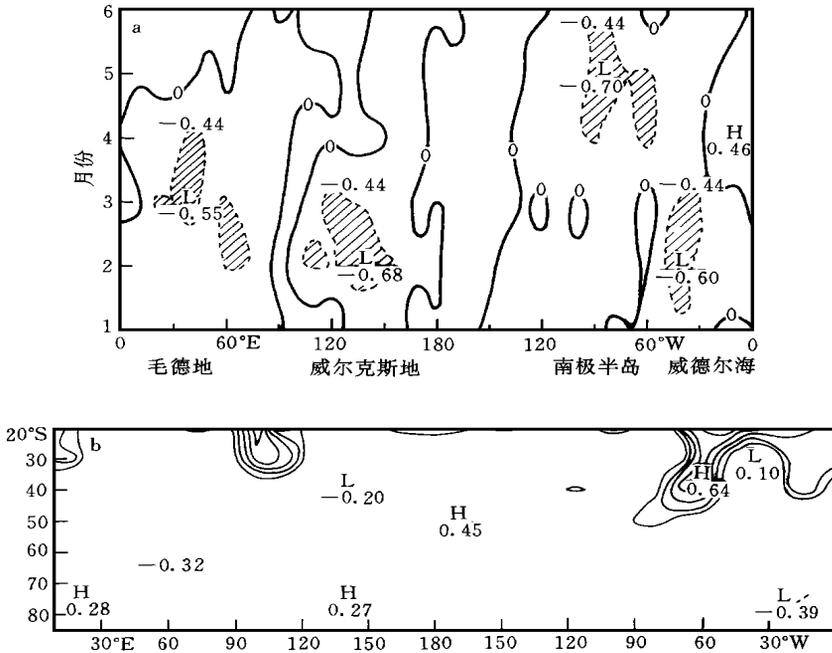


图4 a. 华南前汛期平均降雨量与同年1~6月南极海冰北界的相关分布

(阴影区为信度超过0.05的显著相关区)

b. 威尔克斯地方向海冰北界变化与南半球 $p$ 场相关分布图

(相关系数等值线从0.45开始分析, 等值线间隔为0.05)

Fig. 4 a- the relation pattern of the average pre-flood season rainfall of South China with Antarctic sea ice for January-June (hatched region indicates  $\alpha > 0.05$ ); b- The relation pattern of the change of the north demarcation line of the sea ice facing Wilkes L and with the field of pressure over the Southern Hemisphere isolines of correlation coefficient start from 0.45 and the interval is 0.05)

(南极半岛方向), 区为60°W~20°E(威德尔海方向), 区为20°~161°E(威尔克斯地), 分别计算了各区海冰变化与南半球海平面气压的相关。图4b是 区2月海冰北界变化与6月份南半球海平面气压场相关分布图, 图中左上侧的高相关区对应于澳高的位置, 右上侧的高相关区对应于南美。说明南美方向的气压变化也与威尔克斯地方向的海冰有关。而南极半岛方向的4~6月份海冰北界与南半球海平面气压场的相关计算(图略)表明, 是5月份的海冰北界与6月南美方向的气压相关明显。

由上分析可以认为, 2、3月份威尔克斯地方向的海冰以及4~6月南极半岛方向的海冰伸缩对澳高以及南美北部气压场产生影响, 进而影响华南的降水。澳高是通过其北部伴随冷空气爆发出现的过赤道气流给华南地区输送降雨所需的动能和水汽, 而南美高相关区作为全球一年四季都存在3个对流活跃区(赤道非洲、南亚-西部热带太平洋、中南美)之一, 其与华南前汛期降雨之间存在的遥相关, 有更深层次的作用机理, 有待进一步探讨<sup>[8]</sup>。

## 5 南半球低纬气旋活动的“连结”作用

### 5.1 海冰的滞后相关现象

在资料普查过程中,我们还发现了这样一种关系,南极海冰面积最大的9月份,罗斯海方位上海冰北界距平与次年1月份南半球低纬( $0 \sim 30^{\circ}S$ )的气旋数有很好的正相关关系(图5,图中实线与虚线的时间相差1年)。如果再将图5中南半球低纬气旋数(虚线)与图1中华南前汛期降水量逐年变化曲线相比较的话,它们又显示出很好的正相关,其中,1975年、1978年和1981年3个相对峰值完全相对应。这种两两相关的事实,说明南极海冰、南半球低纬气旋数和华南前汛期降水量三者之间存在着一定的内在联系。

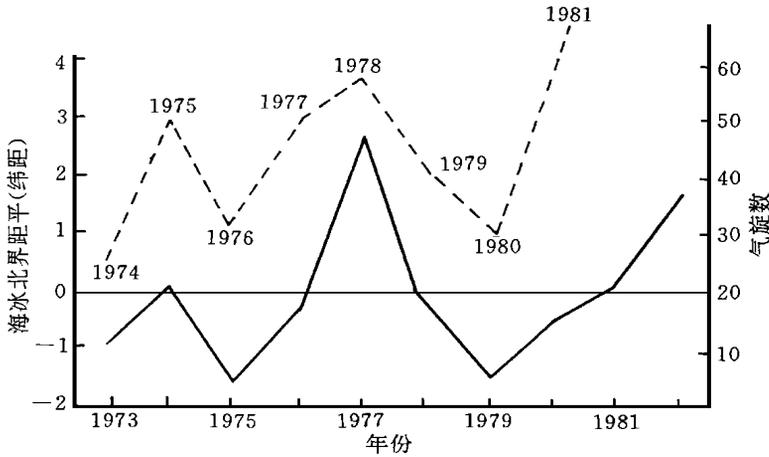


图5 9月份罗斯海方位上海冰北界距平(实线)与次年1月份南半球低纬( $0 \sim 30^{\circ}S$ )气旋数(虚线)关系图

Fig.5 The relation of the anomaly of sea Ice north demarcation line over Ross Sea for September (solid line) and the cyclonic numbers over low latitude of South hemisphere ( $0 \sim 30^{\circ}S$ ) for January last year (dashed line)

### 5.2 低纬气旋活动的响应

一般地说,当南极海冰面积增大时,会使南半球经向温度梯度增大,从而加大大气的斜压性,给气旋的生成提供更有利的条件。而9月份南极海冰面积最大时,若罗斯海方位上海冰的北界收缩,意味着该经度范围内暖海水域向南扩展,从而加大这一范围内的纬向温度梯度,增加在这一范围内活动的SPCZ(南太平洋辐合带)斜向部分本身就很强的斜压性,增强低层水汽辐合,更有利于SPCZ内的气旋活跃<sup>[1]</sup>,因而对南半球气旋的生成有正的贡献。

1月份南半球低纬的气旋活动是如何与华南前汛期降水相“连结”的呢?

表2给出1月份和4~6月份南半球低纬( $0 \sim 30^{\circ}S$ )的气旋数。从中可见,在一般年份,1月份气旋多的,4月份也多,4~6月总数也相对较多。其中,最明显的是,1981年的气旋数,无论哪个月份都是最多的,因而4~6月份的总数也是最多的。1981年恰好是华南前汛期多雨年份(图1)。4~6月份气旋总数最少是1980年,1月份和4月份气旋数最少是1974年。这两年华南前汛期降水量为正常或较少的年份(图1)。

表2 1月份和4~6月份南半球低纬(0~30°S)气旋数

Table 2 The cyclone numbers over the low latitude region (0~30°S) of the Southern Hemisphere January and April to June

年 份	1972*	1973*	1974	1975	1976*	1977*	1978	1979	1980	1981
1月	39	32	26	50	32	49	57	42	31	61
4月	23	24	15	35	27	43	25	37	16	45
5月	12	11	21	15	16	20	17	16	9	30
6月	14	10	18	10	12	14	14	8	5	18
4~6月	49	45	54	60	55	77	56	61	30	93

注:年份后面有\* 的为厄尔尼诺年

### 5.3 气旋活动的连结作用

作为一个侧面,我们试图从 OLR 角度讨论4~6月气旋最多1981年和气旋最少的1980年的差异。从中探讨南半球低纬气旋与华南前汛期降水的关系。

参考1981年4,5月份 OLR 距平图<sup>[6]</sup>(图略)。4月,一条弧状的负距平带沿着加里曼丹、中南半岛方向把华南的负距平区与澳洲北部的正距平区联系起来。澳洲北部的正距平区是澳洲高压所在地,澳洲西部边缘就是气旋高频区<sup>[4]</sup>,气旋活动与强冷空气爆发联系在一起,弧状负距平带形象地显示出澳洲高压北部边缘的、伴随着气旋活动爆发的冷空气越过赤道,在地转偏向力作用下,变成 SW 季风的踪迹,这股不稳定的 SW 气流给华南地区带来降水所需的动能和水汽。

5月份,华南地区为负距平区,表示该地区雨水偏多。华南地区上空的负值大区的连结所表示的“人”字形路径,描绘出印度季风(左侧)与源于澳洲过赤道后在地转偏向力作用下变为 SW 季风的越赤道气流(右侧)的踪迹。正是在这两支季风的非线性叠加作用下,华南地区降雨量大增。

在气旋最少的1980年,没有出现上述现象。在相应月份,正 OLR 距平区(图略)覆盖华南,说明该地区少雨。

上述只是从正反两个典型个例初作分析,由于我们所获得的南半球气旋和 OLR 资料十分有限,这两个个例表现出来的过程是否具有代表性,有待在获得更多资料的基础上作更深入的分析。

## 6 结 论

(1) 华南前汛期雨量变化与南极海冰最大面积变化趋势大体相当,即当海冰最大面积扩展期,华南前汛期雨量趋于增多;反之,在海冰面积收缩期,华南前汛期雨量趋于减少。

(2) 南极大陆威尔克斯地经度方向2~3月份的海冰北界位置与当年华南前汛期降雨量有较密切关系。而9月份罗斯海经度方向的海冰北界位置与次年华南前汛期降雨量有较密切关系。但是,厄尔尼诺事件期间以及前后1~2年,这种关系被破坏,变为常年相反。

(3) 南半球低纬气旋活动可能在南极海冰与华南前汛期降水关系中起着一种重要的“连结”作用。

致谢:本工作得到朱福康研究员的热情帮助,谨表示衷心感谢。

## 参 考 文 献

- 1 吉野正敏. 气候学. 东京: 大明堂, 1980. 112 ~ 113
- 2 符淙斌. 我国长江流域梅雨变动与南极冰雪状况的可能联系. 科学通报, 1981, 26(8): 484 ~ 486
- 3 李曾中. 大气环流及南极海冰变异与热带风暴生成. 气象, 1995, 21(1): 19 ~ 22
- 4 陈善敏, 卞林根, 贾朋群. 南极海冰和南半球气旋资料图集. 北京: 气象出版社, 1987. 156 ~ 158
- 5 覃 武, 孙照渤, 丁宝善, 等. 华南4 ~ 6月降水异常的环流特征. 南京气象学院学报, 1994, 17(3): 327 ~ 331
- 6 吴仁广, 陈烈庭. 南极海冰与南半球大气环流关系的初步探讨. 大气科学, 1994, 18(增刊): 794
- 7 钱维宏, 丑纪范. 地气角动量交换与 El Nino 循环. 中国科学(D 辑), 1996, 26(1): 82
- 8 张爱华, 吴恒强, 覃 武等. 南半球大气环流对华南前汛期降雨影响初探. 气象, 1997, 23(8): 10 ~ 15
- 9 Dayton G, Vincent. 南太平洋辐合带(SPCZ) 研究评述. 张爱华, 黄运丰译, 气象科技, 1995, (4): 1 ~ 8
- 10 蒋尚城, 朱亚芬. OLR 的应用和图集. 北京: 北京大学出版社, 1990. 196 ~ 198

## RELATIONSHIP BETWEEN THE VARIATION OF ANTARCTIC SEA ICE AND THE PRE-FLOOD SEASON RAINFALL IN SOUTHERN CHINA

Wu Hengqiang Zhang Aihua Jiang Boren Qin Wu

(Guangxi Meteorological Institute, Nanning 530021)

**Abstract** By using the data of latitude of Antarctic sea ice (1973 ~ 1989) as well as cyclone numbers (1972 ~ 1981) over the Southern Hemisphere, the influence of the changes of Antarctic sea ice on the pre-flood season rainfall in Southern China has been analyzed. The results show that the pre-flood season rainfall in southern China will increase with the Antarctic sea ice area, and vice versa. The north demarcation line of the sea ice facing Wilkes Land from February to March has close relation with the pre-flood season rainfall in southern China. The stretch and withdrawal of the north demarcation line of Antarctic sea ice near the Ross Sea ( $180^\circ$ ) are indicative of the pre-flood season rainfall in Southern China. The cyclone activity over the low latitude region of the southern Hemisphere acts a link between Antarctic sea ice and the pre-flood season rainfall in Southern China.

**Keywords** Antarctic sea ice, pre-flood season rainfall in Southern China, cyclone activity