

春季低温连阴雨天气的热带环流和总云量分布

席林华

(江苏苏州市气象局)

提 要

本文根据长江中下游六省一市3—5月气温与降水资料,确定低温连阴雨天气过程。发现连阴雨及连晴过程所对应的热带环流及波谱特征有明显差异;热带太平洋156°E、180°剖面上总云量分布特征有显著不同;厄尔尼诺年与长江中下游连阴雨天气的关系十分密切。

一、引 言

长江中下游春季低温连阴雨天气是一个在特定区域中较大尺度的天气现象,它对长江中下游地区的经济发展,特别是农业生产有很大的影响。以前,这方面的研究,从北半球中高纬环流演变分析的较多⁽¹⁾⁽²⁾;很少有从热带环流及热带地区太平洋上总云量特征来研究春季连阴雨天气的工作。本文试用ECMWF1983—1986年3—5月90°E—180°、35°N—35°S格点风场资料,平均纬向风(\bar{u} 分量)及经向风(\bar{v} 分量)资料和1979—1986年同期156°E、180°剖面的热带太平洋上的总云量资料,分析春季长江中下游连阴雨、连晴天气与热带环流特征间的关系,以期从中揭示一些事实和具有预报意义的信息,供预报系统的专家知识使用。

热带太平洋上156°E、180°剖面的总云量资料,在表征热带大气环流方面有它的特殊用途⁽³⁾。在实际热带天气分析和预报中,我们感兴趣的并不是气压系统和辐合线的确切位置,而是热带扰动和天气最活跃的地带。用卫星云图所确定的多云带,能极好地反映这个特征。另外,在热带海洋上,由于测站稀、资料少,使用卫星云图上

的多云带确定热带系统及辐合带,则比较方便、直观和准确,同时很便于追踪热带扰动和强天气的发生,因此用总云量资料与卫星云图来分析热带系统,有其特别的优点和价值。

二、资料及处理方法

1. 本文利用长江中下游地区六省(湖北、湖南、江西、安徽、江苏、浙江)一市(上海)的1968—1988年3—5月逐日气温和降水资料,确定全区域性的低温连阴雨过程和江南岭北(长江以南地区)低温连阴雨过程个例(分别为7个和26个,见表1和表2)。

低温天气过程的统计标准为:逐日平均气温减候气温平均值的差值(距平),以下简称距平。春季3—5月凡距平 $\leq -4^{\circ}\text{C}$,并持续负距平3天或以上者为一低温天气过程。

连阴雨的划定标准为:任何连阴雨过程起码必须有连续5天日雨量 $\geq 0.1\text{mm}$;7—10天连阴雨过程允许有一个无雨日,10天以上的连阴雨允许有两个不相邻的无雨日(第三个无雨日作为连阴雨的中断,两天连续无雨也作中断处理)。全区性连阴雨,指有半数或以上代表站处于连阴雨期内的时段。连

阴雨期内70%或以上均为低温的定为低温连阴雨过程。

2. 从1979—1986年2—5月热带太平洋上156°E及180°剖面逐候50°N—48°S的总云量资料,分析 ≥ 8 成总云量区域的分布特征。

三、低温连阴雨过程的气候分析

以上述低温及连阴雨标准,得出长江中下游地区1968—1988年共21年3—5月的全区性低温连阴雨过程个例7次,江南岭北低温连阴雨过程个例共26次。在确定低温连阴雨过程的基础上,将3—5月气温距平 $\leq -5^\circ\text{C}$,且连阴雨期持续9天或以上的过程,称作强低温连阴雨过程。另外,凡3—5月气温距平 $> 2^\circ\text{C}$ 的连阴雨,定为高温型连阴雨,且要求70%或以上日数为高温日。除去低温、高温型连阴雨外的连阴雨统称混合型连阴雨。这里包括连阴雨期内先高温后低温类型的连雨过程在内。

对1968—1988年共21年3—5月长江中下游全区性连阴雨过程及岭北江南(长江以南)区域连阴雨过程,分低温、强低温、高温及混合型连阴雨分别作频数统计得表3。

统计的21年中,有、无全区性低温连阴雨

表1 长江中下游全区性低温连雨两个例表

序号	过程日期	持续天数
1	1968.4.7—11 (-6.2)	5
2*	1968.5.3—12 (-5.3)	10
3*	1977.4.25—5.9 (-7.3)	15
4	1980.3.1—14 (-4.0)	14
5*	1985.3.1—11 (-5.6)	11
6*	1986.4.25—5.3 (-5.3)	9
7	1988.3.19—29 (-4.2)	11

说明: *指强低温连阴雨天气过程, ()中数值表示这次过程中的气温距平最大值 ($-\Delta T_{\text{max}}$)

表2 江南岭北(长江以南)低温连雨两个例表

序号	过程日期	序号	过程日期
1	1968.4.6—11 (-6.2)	2*	1968.5.4—13 (-5.3)
3	1969.4.24—28 (-4.7)		
4*	1970.3.1—17 (-6.3)	5	1970.4.7—12 (-4.4)
6	1972.4.2—7 (-5.7)		
7	1973.5.21—28 (-4.0)		
8*	1976.3.18—4.13(-7.1)		
9*	1977.4.23—5.1 (-7.1)	10*	1977.5.5—20 (-5.0)
11	1978.3.12—16 (-5.1)	12*	1978.4.15—23(-5.6)
13	1979.5.1—15 (-4.1)		
14*	1980.3.11—4.1 (-5.6)	15	1980.4.6—13 (-5.3)
16*	1980.4.19—5.8 (-7.3)		
17	1982.3.24—4.4 (-4.6)		
18	1983.4.15—22 (-5.8)		
19	1984.3.20—28 (-4.3)	20	1984.3.31—4.12(-4.8)
21*	1985.3.1—13 (-5.6)		
22*	1986.4.7—20 (-5.1)	23*	1986.4.25—5.3(-5.3)
24*	1987.3.19—4.14(-7.2)	25*	1987.5.1—10 (-5.4)
26	1988.3.19—29 (-4.2)		

*说明同表1

表3 各型连阴雨的频数统计表

项目	全区性		江南岭北区域性	
	次数	频数(%)	次数	频数(%)
低温连阴雨	3	20.0	13	25.5
强低温连阴雨	4	26.7	13	25.5
高温连阴雨	4	26.7	5	9.8
混合型连阴雨	4	26.7	20	39.2
总计	15	100	51	100

雨的年数分别为6和15年,频率分别为0.29和0.71,有无全区性强低温连阴雨的年数,分别是4和7年;有、无江南岭北低温连阴雨的年数分别为17和4年,有无该类强低温连阴雨的年数是10和11年。

四、春季低温连阴雨的波能密度谱和方差比指数分析

章基嘉指出,在中期过程中,西风带的

长波发展和消亡是最基本的过程，超长波活动构成了中期环流演变的背景，决定中期环流形势的大局〔4〕。仇永炎分析了动能能量后指出，就各分波动能来说，除了2、3月（这两个月以2波最强）和8月外，3波的活动是很值得注意的〔5〕。本节利用1971—1986年3—5月波能密度谱〔6〕及方差比指数资料，对低温连阴雨过程进行分析，分别绘制1—7波波能密度 E_k 的纬度-时间演变图进行分析，结果发现春季以6、2、3波的特征更加明显。在此取具有代表性的1980年为例说明。方差比指数 I_k 以3波与超长波 I_{1-3} 较为明显，以具有代表性的1972年为例作说明（图1、2）。

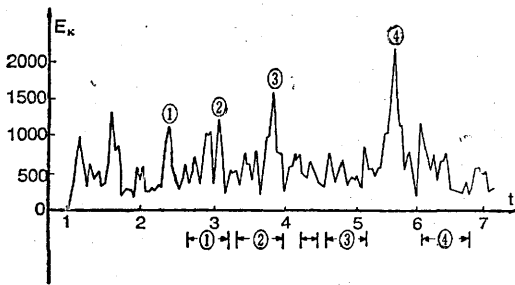


图1 1980年 E_k 的逐日演变与低温连阴雨过程的关系图

(单位 $10^{10} \text{J} \cdot \text{m}^{-3}$, 图中①2/23—3/8 ②3/11—4/1 ③4/6—13……4/19—5/8 ④6/10—6/24表示连阴雨时段)

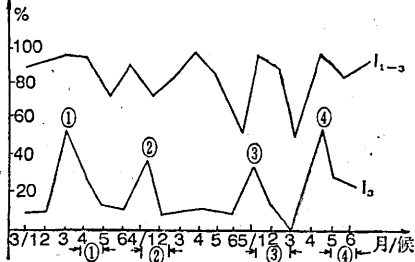


图2 1972年3—5月 60°N I_k ($k=3, 1-3$ 波) 逐候演变与低温连阴雨的关系 (图中①3/16—20 ②4/2—7 ③5/3—12 ④5/23—30日为阴雨时段)

从图1、2中可以看到以下主要结果：

1. 逐日波能密度值 E_k ($k=6, 3, 2$)

的突变 (E_k 出现一个明显峰值后转急降) 与春季低温阴雨过程有密切的关系，中期1—2候内即与此对应。6波数值大，变化更加清楚，3、2波也有相似变化特征。

2. 分析 50°N 、 60°N 上 I_3 及 I_{1-3} 后发现，超长波活动与春季低温连阴雨的关系十分明显。当 $I_k \geq 45\%$ 之后急剧下降（突变指1天下降10%或以上）后5—8天内有一次低温连阴雨过程与它相配合，间隔时间以5—7天的最多，间隔2天的只有1次。

总之，中高纬的 E_k 与 I_k 的突变信息对低温连阴雨过程的出现具有一定的指示意义。此结果与〔7〕中东北低温多雨前期以3波振幅占优势，3波转小后5天出现低温多雨的结论相一致，只是分析的参数和地区不同而已。

五、春季低温连阴雨期间的对流层

高、低层热带环流特征的分析

下面以200hPa代表对流层高层、850hPa代表对流层低层的热带风场特征进行分析。本文利用ECMWF的1983—1986年3—5月 90°E — 180° 、 35°N — 35°S 格点风场资料及计算的平均纬向风 (\bar{u} 分量)、经向风 (\bar{v} 分量) 资料分析得到：春季连阴雨天气期间，南半球澳大利亚大陆为一环副高控制，大洋洲东部洋面上为一明显的西风槽，热带地区辐合带活动较弱。偏北风与偏南风间的辐合带明显，切变线位于 25° — 30°N 之间，逐渐有所东移，主要位于 105° — 120°E 一带；太平洋高压中心位置相对偏北偏东，脊线成WSW—ENE向，南支孟加拉湾槽位置偏北，到达里海、咸海及地中海地区，槽前西南气流到达江南南部地区， 105° — 120°E 上的越赤道气流穿过南海向我国东部沿海地区流去，在我国华南及东南沿海一带形成由越赤道的偏南气流、南支槽前的西南气流及太平洋高压脊后部的东南气流组成的很强的气流辐合轴，再加之长江中下游地区本身的切变辐合，冷暖空气交绥在该区，连阴雨的形

成就很自然了。这是对对流层低层的主要热带环流特征。

对流层高层 200hPa 上南半球澳大利亚大陆上空为深厚的西风槽，它的东北方及西北方各有一个副高中心，且西环比东环要强，整个盛行经向型环流，利于南半球冷空气向北爆发。北半球我国的沿海槽位置偏东偏北，南支波动影响长江流域较频繁，副热带高压主中心位于台湾以东洋面上，有暖湿气流不断影响江南地区。这里给出由 200hPa 及 850hPa 两层风场计算得到的对所有连阴雨两个例的平均经向风 \bar{v} 和纬向风 \bar{u} 图加以说明 (图 3、4)。

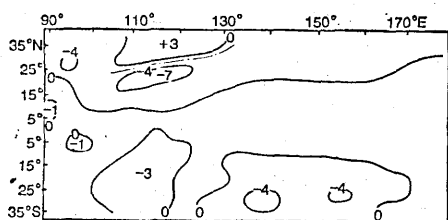


图 3 连阴雨期间平均经向风 \bar{v} (850 hPa) 图

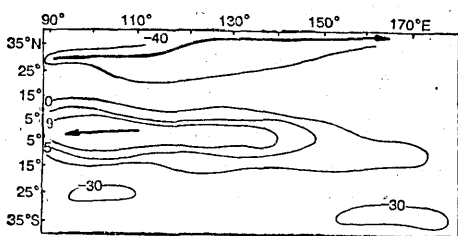


图 4 连阴雨期间平均纬向风 \bar{u} (200 hPa) 图

从图 3、4 中还可以看到下列事实：

在北半球 25—30°N、105—120°E 区有明显的风向辐合，主要指偏北风与偏南风间的辐合带，并且有大于 12ms^{-1} 的大风速区相配合位于辐合线的东南侧（至少有两站或以上格点风速 $\geq 13\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ），则 1—3 天内连阴雨即将开始。这个事实在对所有连阴雨两个例

作平均的 u 、 v 分量图上得到清楚证实 (图 3)，计算结果与分析得到事实一致，具有一定预报意义。

另外，在连阴雨期间，北支西风急流偏强偏南，南支较弱有时分段，东段北抬成一台阶形状，急流位置一般在 25—35°N 间；而连晴期间西风急流偏北，位于 30°N 以北，整支比较强大，南支比较清楚，特别 140°E 以东势力较强，风速在 $30—36\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ；南亚高压位置偏东，利于副高西伸，纬向环流占优势，连阴雨期间，纬向环流没有连晴那样强盛，南亚高压偏西，热带东风急流总体相对较弱，西段 (90—110°E) 维持，而东段 (120—140°E) 明显减弱。

六、连阴雨期间热带太平洋地区总云量分布特征

表 4 给出了厄尔尼诺年前后的长江中下游连阴雨的情况。从表 4 中清楚地看到：厄尔尼诺年起始年及持续年往往对应长江中下游连阴雨的严重年或明显年，对长江以南 (江南岭北) 地区来说是 6/6；对全区性及长江以北地区来说关系不及长江以南显著，但除 1969 年厄尔尼诺年偏弱未出现连阴雨外，其余中等及偏强的 5 年均均有 ≥ 13 天连阴雨天气相对应。所以说，中等及偏强的厄尔尼诺年往往就是长江中下游地区的低温连阴雨的严重年或明显年。这种规律可以在短期气候及长期预报中参考使用。

再利用热带气象资料室从卫星云图资料中统计得到的 1979—1986 年 3—5 月 156°E、180° 两个剖面上 50°N—48°S 逐候总云量资料，分析长江中下游连阴雨及连晴天气期间及前期特征，得到以下主要结果：

156°E、180° 逐候总云量分布图 (图 5) 上，10°N—30°S 的热带海洋上总云量分布：连阴雨期间，关键区域 (10°N—30°S，156°E—180°) 为大片 ≥ 8 成的多云区 (图中阴影区) 所覆盖，而连晴时只有零星分布的

表 4 厄尔尼诺年与长江中下游连阴雨的关系

年	长江中下游 30°N以南		30°N以北	
	阴雨天数	持续长度	阴雨天数	全域性阴雨 天数
1965△	30	38		
1966	50	63	22	21
1967	20	27	18	17
1968	28	31	16	15
1969△	17	19		
1970	39	49		
1971	13	16		
1972△	11	13		
1973	54	70	18	18
1974	10	12	6	
1975	44	53		
1976△	38	45		
1977	37	42	35	27
1978	30	35		
1979	24	29	5	
1980	51	60	14	14
1981	40	52	13	13
1982△	31	37		
1983	38	40	13	13
1984	31	36		
1985	30	37	18	11
1986△	32	40	13	13
1987	44	52	9	6

说明：表中△年为厄尔尼诺的起始年，其中1965，1972，1976，1982，1986年为中等及偏强年，1969年为偏弱年，第二年为厄尔尼诺的持续年。

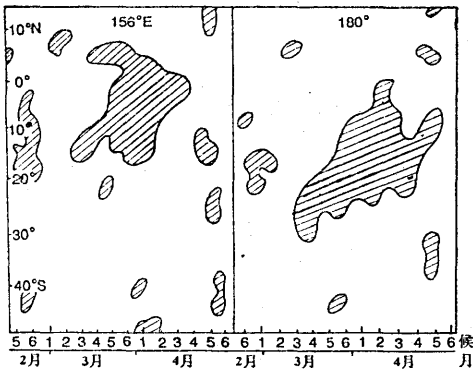


图5 1986年(厄尔尼诺年)逐候总云量分布图

2/19—3/11为连晴时段，3/13—17、4/7—20、4/25—5/2均为连阴雨时段

多云区存在，广大海区被0—3成少云及无云区所覆盖，并且我们研究的中纬度天气(长江中下游连阴雨还是连晴)对该关键区总云量多寡分布有1—2候的滞后效应，156°E剖面的响应关系比180°更为清晰。这个关系对长江中下游的连阴雨及连晴天气的中期预报有参考意义。

我们认为，10°N—30°S, 156°E—180°区域位于澳大利亚大陆的东北方洋面上，是热带系统活动的活跃关键区域，该地区天气(总云量分布特征，反映热带环流的演变与调整)对北半球中低纬的环流演变有一定指示意义。

普查1983—1986年3—5月850hPa逐日气压场及风场资料，在赤道地区5°N—10°S之间有赤道辐合带形成，对流层低层(850hPa)赤道有低压带形成，有3个或以上辐合中心出现时，长江流域大范围连阴雨天气宣告结束。赤道辐合带形成与北半球中低纬环流演变的联系机制，一般认为赤道地区和热带海面辐合带形成和加强后，辐合上升运动加强，造成该海面强烈天气的产生，特别是强降水增强，到了对流层高层有很强的辐散气流，导致向北气流的增强。在绝对角动量守恒条件下，北半球中低纬西风急流就会加强(西风加强)，这样北半球一次环流调整迅速得以实现。10°N—30°S热带地区(包括赤道地区)总云量分布反映该地的热带系统的活跃和热带天气的强烈程度，这个关键区状况有一个先兆的指示性信息，为北半球中纬度环流演变，乃至中纬度连阴雨与连晴天气的转换提供预报信息，当然两者的联系机制是一个复杂的课题，在以后的工作中应作深入的讨论。

七、小结与讨论

1. 按型(低温、高温和混合型)和年对连阴雨进行的气候分析表明，低温连阴雨过程是长江中下游的重要灾害性天气，对长

江以南地区来说更应是重点研究课题。

2. 中高纬的 E_k 与 I_k ($k = 2, 3, 6$)的突变信息对低温连阴雨的出现具有中期预报意义。

3. 春季连阴雨期间对流层高、低层热带环流特征与连晴天气期间比较,有显著的差异。

4. 热带太平洋地区 $156^\circ E$ 、 180° 剖面上总云量多寡分布特征在连阴雨与连晴两类天气间有明显差别,并且北半球中纬度天气对 ≥ 8 成总云量分布有1—2候时间的滞后响应。

5. 厄尔尼诺的起始年及持续年往往是长江中下游连阴雨的明显年或严重年。

致谢:何耀武、缪国华和施丹平同志协助部

分流场分析及打印计算工作,对此表示衷心感谢。本文低温连阴雨过程,是在其它省市连阴雨降水资料基础上确定的,对提供资料的同志,也一并感谢。

参考文献

- [1] 中科院大气所二室,春季连续低温阴雨天气的预报方法,科学出版社,1977。
- [2] 江苏气象局预报课题组,江苏重要天气分析和预报(上册),气象出版社,1988.8。
- [3] 范蕙君,用平均云量图分析热带辐合带,热带气象,Vol. 3. 269—276,1985。
- [4] 章基嘉,超长波活动规律的定性分析,大气科学,1979.2。
- [5] 仇永炎,中期天气预报,科学出版社,1985。
- [6] 席林华,初夏丰枯梅雨季风环流特征与500hPa能量变化波谱的对比分析,气象,1988.5。
- [7] 吉林省气象局气象台,吉林省夏季(6~8月)低温多雨的中期天气分析及其预报,气象学报,1979.1。

Tropical circulation and total cloud cover distribution of low temperature and steadily rainy synoptic process in spring in the middle and lower reaches of the changjiang River

Xi Linhua

(Suzhou Bureau of Meteorology)

Abstract

In the paper, the low temperature and steadily rainy synoptic process is defined based on temperature and precipitation data. It is discovered that the tropical circulation and spectrum features in the process of steadily raining varies significantly from that of steadily shining. The distribution of total cloud cover on the section of $156^\circ E$ is obviously different from that of 180° in the tropical Pacific. In addition, the El Niño year has got a relationship much closer with the steadily raining weather in the middle and lower reaches of the Changjiang River.