

1983 年梅雨期季风流管合成分析*

陶崇萱 尹树新

(南京气象学院)

本文采用合成方法对 1983 年初夏季风流管进行分析。指出在洪涝灾害严重的长江中下游地区, 存在一个较稳定的季风流管, 它的变化不仅和江淮地区雨带位置有好的对应关系, 而且对降水的强度也有直接的影响。分类合成结果表明, 上升支强的流管对应强降水, 上升支弱的流管对应弱降水。

热源计算表明, 驱动季风流管运动的主要因子, 是低层潜热和高层感热, 季风流管的上升支为热源, 下沉支为热汇, 构成一个简单的热机, 对季风流管的形成有着重要意义。

1. 梅雨期合成季风流管分析

1983 年 6, 7 月整个梅雨期间, 对流层中低层经常保持着一条准东西向切变, 在切变附近维持一条雨带。西太平洋副高脊线长期在 20—25°N 之间徘徊。在梅雨时期, 南亚高压持续稳定在长江流域上空, 脊线在 30°N 附近。

我们从每日天气图上的实测风资料 (15—45°N, 70—125°E) 算出各层 (1000, 850, 700, 500, 300, 200, 100hPa 共 7 层) 逐日 u, v 分量, 并用连续方程算出逐日格点 (2.5×2.5 经、纬度) 上的涡度、散度和垂直速度场。

根据上述计算结果, 每隔 5 个经度绘制一张从 45—15°N 的逐日经圈剖面图。分析这些剖面图, 发现在梅雨期间, 在长江流域的上空存在着一条准东西轴向的季风环流圈, 其上升支位于雨带上空, 下沉支位于西太平洋副热带高压脊线内。我们把它定义为“季风流管”^[1-2]。然后, 对这些季风流管进行合成。

图 1_{a-c} 是 1983 年梅雨时期在 105°E, 110°E, 115°E 季风流管合成图。从图上看季风流管是一个

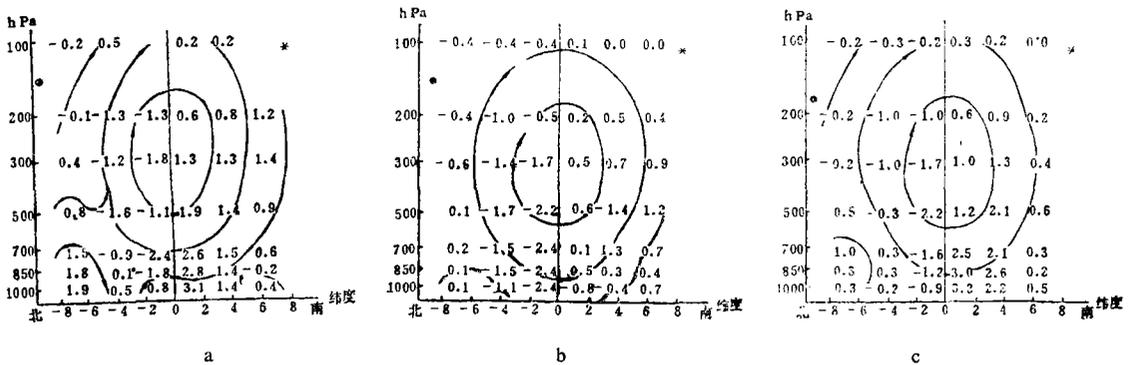


图 1 1983 年梅雨期 105°E(a)、110°E(b)、115°E(c)季风流管合成图
(间距为 2.5 纬度, 图中数字为 $\omega (\times 10^{-3} \text{hPa s}^{-1})$, 矢线为流线, • 为西风急流中心位置, * 为东风急流中心位置)

天气尺度的季风环流系统, 以它闭合的垂直环流的南北水平尺度计算, 约为 10—12.5 纬距, 垂直高度可达对流层顶, 季风流管轴在 300 hPa 附近, 和 1979 年 (梅雨正常) 季风流管相似, 但季风流管上升支的强

* 本文于 1985 年 11 月 26 日收到, 1986 年 10 月 10 日收到最后修改稿。

度比 1979 年(图略)要强得多。季风流管的升支偏向高层西风一侧,降支偏向于对流层高层热带东风一侧,在季风流管底部是一支较强的西南风,从逐日季风流管演变看,在梅雨期间,流管在江淮地区比较稳定,南北摆动较小,在华西地区南北摆动较大,降水也比较分散。

合成涡度,散度的垂直分布。在季风流管的上升支 500 hPa 以下气旋性涡度(辐合)占优势,以 700 hPa 为最大,500 hPa 以上反气旋性涡度(辐散)占优势,最大值出现在 200 hPa 附近,而且高层反气旋性涡度(辐散)迭加在低层气旋性涡度(辐合)最大值之上;在季风流管下沉支,500 hPa 以下,反气旋性涡度(辐散)占优势,500 hPa 以上气旋性涡度(辐合)占优势。这种辐散,辐合的上下左右相间配置,有利于质量补偿,对季风流管的维持、发展起着重要作用。

合成总能量表明,季风流管是一个高能季风环流系统,高能区出现在季风流管中心地区,然后向两侧减小(图略)。

2. 季风流管中的能量输送

取 A 区为季风流管上升支, B 区为季风流管下沉支(即以某一经圈为零,在上升支和下沉支(即南北)范围内,向东西各取 2.5 个经距所组成的面积)。

根据热力学方程和水汽连续方程,假定不考虑辐射加热和次网格(小于 A, B)涡旋所造成的热源输送^[3]可写为:

$$Q_1 = a \left\{ \left[\frac{\partial \theta}{\partial t} \right] + [\mathbf{V} \cdot \theta \mathbf{v}] + \frac{\partial}{\partial P} [\theta][\omega] \right\} \quad (1)$$

$$Q_2 = -b \left\{ \left[\frac{\partial \theta}{\partial t} \right] + [\mathbf{V} \cdot \mathbf{q} \mathbf{v}] + \frac{\partial}{\partial P} [q][\omega] \right\} \quad (2)$$

式中 Q_1 和 Q_2 是没有包括辐射加热和小于 A, B 区系统引起的非绝热加热,方括号是指对面积的平均, θ 是位温、 q 是混合比, c_p 为空气定压比热, c_v 是空气定容比热, $r = \frac{c_p}{c_v}$, L 为凝结潜热, $a \equiv c_p /$

$$\left(\frac{P_0}{P} \right)^{1-\frac{1}{r}}, b \equiv L.$$

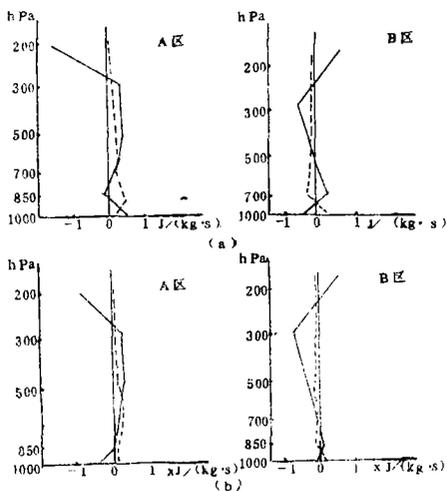


图 2 Q_1, Q_2 平均垂直廓线图
((a) 105°E, (b) 115°E, 实线为 Q_1 , 虚线为 Q_2 , A 区为上升支, B 区为下沉支)

从图 2 可以看出,在 105°E 和 115°E 附近的季风流管,在 A 区,除 850 hPa 以下以及 300 hPa 以上 Q_1 为负值外,其余各层都为正值, Q_2 从低层到高层均为正值。说明在梅雨期季风管流的上升区水汽凝结释放的潜热起了热源的作用,并且在 700 hPa 以下潜热大于感热造成的亏损,通过上升支的活动使季风流管获得热量。

在 B 区,大致在 300 hPa 以下(近低层除外), Q_1 均为负值,200 hPa 以上为正值, Q_2 从低层到高层都趋向于零。说明无论在 105°E,还是在 115°E 季风流管下沉支大气很少有凝结现象发生。 Q_1, Q_2 在 300 hPa 以下都为负值,这就使得季风流管的下沉支失去热量。从图还可以看出,尽管地区不同,各地对季风流管加热大小也不一样,但并没有改变季风流管热量输送系统,升支加热,下沉支耗热,从而构成一个简单的热机。这个过程和 1979 年逐日计算结果是一致的^[4]。另外从计算结果还可以看出另一个重要现象,热机效

应和季风流管升支强度有关。105°E附近, 热机效应强, 季风流管升支也强, 115°E附近, 热机效应弱, 季风流管升支也弱。

为了综合考查季风流管中水汽来源, 还计算了季风流管中A区(上升支)水汽输送。以a, b, c, d分别表示东、西、南、北各边距离, 最后求出各区的水汽净得(失)量。

从表1可以看出, 在季风流管控制的地区, 水汽的经向输送大于纬向输送, 而南边界的输入又大于北边界的输出。这说明在季风流管控制的地区, 存在着明显的经向辐合, 主要水汽来自南边界。

表1 合成流管A区(上升支)的水汽通量($10^{-3}\text{gcm}^{-2}\text{s}^{-1}$)

高 度	边 地 区	a	b	c	d	纬 向	经 向	水 汽 净 得 (失) 量
						a - b	c - d	
地 面	105°E	-9.6	-2.2	-2.3	8.6	-7.4	-10.9	-18.3
	115°E	-3.4	-2.9	0.4	3.7	-0.5	-3.3	-3.8
850 hPa	105°E	0.4	-4.6	2.2	31.4	5.0	-29.2	-24.2
	115°E	31.9	14.4	4.6	25.5	17.5	-20.9	-3.4
700 hPa	105°E	29.7	15.9	11.1	46.2	13.8	-35.1	-21.3
	115°E	52.6	44.2	-2.1	20.2	8.4	-22.3	-13.9
500 hPa	105°E	24.7	23.2	5.5	12.2	1.5	-6.7	-5.2
	115°E	40.2	38.5	3.7	7.6	1.7	-3.9	-2.2

表2 垂直速度合成与降水强度的关系* $\omega(10^{-3}\text{hPa s}^{-1})$

垂 直 速 度 (ω) 降 水	等压面	850hPa	700hPa	500hPa	300hPa
	大一暴雨		-1.5(35)	-2.0(2.6)	-2.8(2.6)
小一中雨		-0.9(2.8)	-1.1(2.4)	-1.6(1.8)	-1.4(1.0)

* 表中数字是流管上升和下沉支中 ω 最大值。

3. 合成季风流管与降水关系

采用日雨量时界为08—08时, 季风流管是根据每日20时实测风得出, 而且只讨论长江中下游地区的情况。降水区所取范围, 以季风流管上升支的南北界, 为计算降水区的南北界, 以115°E季风流管为中心东西各2.5个经距为东西界。凡在该区内有三个或以上发报站日雨量 $\geq 25\text{mm}$ 为大-暴雨, $< 25\text{mm}$ 为小一中雨。1983年梅雨时期共出现季风流管29次, 有降水的为28次, 其中大一暴雨出现17次, 约占60%, 可见季风流管不仅和雨带有关, 而且和降水强度也有一定关系。

表2表示季风流管中上升速度与降水强度关系。在季风流管中, 如果垂直速度强, 则雨量大, 反之, 垂直速度弱, 则雨量小。另外, 季风流管轴的高度与降水强度也有一定关系(详见表3)。在29次季风流管中, 有24次轴高度在200—500 hPa之间, 其中有16次为大一暴雨, 8次为小一中雨。在500 hPa以下是4次, 其中3次为小-中雨, 1次为无雨。

将大一暴雨和小一中雨类季风流管上升支合成涡度分别与梅雨时期相对应的合成涡度相减, 得出

距平图(略)。我们发现,在大一暴雨时期 500 hPa 以下为正距平, 500 hPa 以上为负距平; 小一中雨时期则相反。说明大一暴雨时期, 对流层中、低层气旋性涡度和高层反气旋性涡度均比梅雨时期大, 小一中雨时期比梅雨期小。

散度场分布,大一暴雨时期, 对流层上层为正距平, 对流层下层为负距平, 小一中雨时期, 低层到高层辐合辐散相间出现, 这说明大一暴雨时期在季风流管上升支中、低层(高层) 辐合(辐散)比小一中雨时期强。

表 3 轴高与降水强度的关系

项目	100-200 hPa				200-500 hPa				500hPa以下			
	总次数	小中雨	大暴雨	无雨	总次数	小中雨	大暴雨	无雨	总次数	小中雨	大暴雨	无雨
次数	1	0	1	0	24	8	16	0	4	3	0	1
百分比	3%	0	3%	0	83%	28%	55%	0	14%	10%	0	4%

表 4 合成比湿与降水强度的关系*(g/kg)

比湿 (q) 降水	等压面			
	地面	850hPa	700hPa	500hPa
大一暴雨	18.7	13.9	10.1	4.9
小一中雨	19.5	13.2	8.8	3.3

* 表内比湿为季风流管上升支中的最大值

表 4 表示合成比湿与降水强度的关系, 在大一暴雨时期, 湿层厚, 湿度随高度的递减率小; 而在小一中雨时期湿层较薄, 湿度随高度的递减率大。总能量计算结果是, 都处于高能区内, 但是大一暴雨时期总能量偏大, 而小一中雨时期总能量偏小。另外一个特点是大一暴雨时期, 高能区向季风流管的南北两侧能量递减慢, 而在小一中雨时期, 高能区向季风流管的南北两侧能量递减快。

参 考 文 献

- [1] 尹树新等, 初夏东亚上空季风流管的活动, 青藏高原气象科学实验文集(二), 172—181, 科学出版社, 1984年。
 [2] 朱福康, 青藏高原“环流与季风”研究的进展, 气象, 1983年11期, 5—7。
 [3] Nitta, T., A study of generation and conversion of eddy available potential energy in the tropics, *J. met. soc. Japan*, 48, 524—528, 1970。
 [4] 尹树新等, 亚洲季风流管及其对我国夏季南方降水的影响, 青藏高原气象科学实验文集(一), 科学出版社, 154—166。

COMPOSITE ANALYSIS OF MONSOON STREAM TUBE DURING SUMMER 1983

Tao Chongxuan Yin Shuxin

(Nanjing Institute Of Meteorology)

Abstract

Using composite method, the monsoon stream tube(MST)of early summer in 1983 has been analysed. It is indicated that over flood basins in the middle and lower Changjiang River and Huaihe River, a quite stable MST exists. It's variation is closely related not only to the position of the rainfall belt over Changjiang and Huaihe River, but also to the rainfall intensity. The classified composite analysis shows that the strong MST corresponds to the heavy rain and the weak MST corresponds to the weak rain.

The calculation of heat sources indicates that the major motive forces which drive the MST are latent heat in the lower layer and sensible heat in the upper layer. The heat source is found at the ascending branch of the MST and the heat sink at the descending branch, consisting of a simple heat engine. It is significant to the formation of MST.