

亚非季风区夏季降水与热带东风急流的关系

曾昭美

(中国科学院大气物理研究所)

郭其璠

(中国科学院地理研究所)

提 要

本文分析了亚非季风区 ($0-40^{\circ}\text{N}$, $30^{\circ}\text{W}-150^{\circ}\text{E}$) 6—8月各月的平均降水分布与热带东风急流的关系, 主要结果如下:

1) 降水分布和降水量的逐日变化与热带高空东风急流的位置和强弱变化有密切关系, 在急流不同部位降水特征不同, 多雨区主要出现在急流入口区的右侧和出口区的左侧, 对多年平均东风急流中垂直速度的计算表明, 热带高空东风急流与降水分布的关系可以用急流的动力学机制来解释。

2) 比较季风较弱的1972年(大部分地区降水偏少)和季风偏强的1975年(大部分地区降水偏多)发现, 1975年东风急流较1972年强, 大于20米/秒的强东风范围广, 急流轴的位置稍偏北, 中心风速也大。降水与东风急流的位置、强弱的关系, 以印度半岛和西非最为明显。

3) 分析1966—1975年降水的年际变化表明, 与热带东风急流的强度变化很一致, 热带东风急流强度与某些地区降水的年际变化中2—3年周期很明显, 这些都证明降水与热带东风急流有密切关系。

一、引 言

在亚非大陆的季风盛行区^[1], 绝大部分降水集中于夏季风盛行时期(6、7、8三个月), 在这个区域上空对流层高层150毫巴附近, 夏季有一支稳定的东风急流^[2], 其东西范围大约从西太平洋经日本和中国的南部海洋、印度半岛, 一直到西非, 与季风区的东西范围大致相当。高空急流与降水区的分布有密切关系, 尤其是在急流出口及人口区关系更好^[3]。前些年, 已经有一些作者注意到这个问题, 例如 Kobagashi^[4] 曾研究了这支急流的年际变化和南亚降水的关系, 发现这支东风急流有2—3年的变化周期, 与南亚大范围地区的降水距平变化周期相同。最近 Kanamitsu 等^[5] 在分析热带大气环流异常与印度和北非大范围旱涝关系时也指出, 在亚非夏季风弱而少雨的年份, 热带东风急流位置偏南而弱。

1980年11月13日收到。

本文研究亚非季风区夏季降水与高空东风急流的关系。主要包括以下三个方面,首先研究多年平均降水分布和热带东风气流的关系,特别注意急流不同部位同降水的联系。其次对两个季风降水比较异常的年份(1972 和 1975 年)做了对比分析,研究降水异常和东风急流的关系。最后分析 1966—1975 年逐年降水变化与东风急流变化之间的关系。

所用的多年平均降水资料取自 [6], 范围为 30°W — 150°E 、 0 — 40°N , 热带高空东风急流取自 [7], 1966—1975 年的降水和高空风资料取自“每月世界气候资料”。

二、亚非季风区 6—8 各月 多年平均降水分布与热带 东风急流的关系

关于亚非季风区夏季降水与热带东风急流的关系, Koteswari^[2] 曾经给出一张个别年的图, 说明两者存在一定的联系。为了验证这一关系是否有代表性。我们应用多年平均资料比较了夏季风盛行时 6、7、8 三个月降水分布与急流的特征。

图 1 是多年平均 7 月降水分布图, 为了节省篇幅, 6 月和 8 月的图略。因为海洋上站点稀少, 代表性差, 所以我们着重分析大陆上的情况。在亚非大陆上, 各月大于 200mm 的雨带大致呈东东北-西西南的走向, 主要雨区在我国东南部、中南半岛、印度半岛及中非、西非。中亚至北非为少雨带。各月的主要特征如下, 6 月(图略): 西非大于 200mm 的降水在 5 — 10°N 范围内, 向东除印度西部外大雨区都分布在 18 — 30°N 之间, 在日本则到了 35°N 以北。7 月: 中非、西非大于 200mm 的雨区向北扩展到 15°N 左右, 印度与东亚和东南亚的大雨区仍分布在 18 — 30°N 之间, 但雨量比 6 月有明显增加, 而日本的大雨区也比 6 月更偏北。8 月(图略): 除中南半岛和我国东南沿海的雨量略多外, 其它地区与 7 月基本相似。

我们把各月多年平均 100mb 上东风急流轴的位置和等风速线也转绘在各月的降水分布图上, 可以看出 6 月(图略) 东风急流轴的东段位于 15°N 附近, 西段在 10°N 左右。整个急流轴呈东东北-西西南走向。7 月(图 1)整

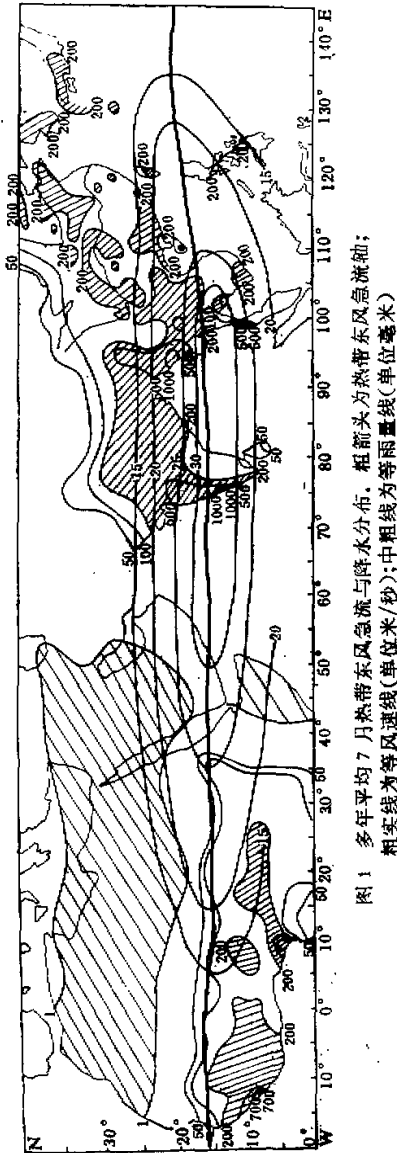


图 1 多年平均 7 月热带东风急流与降水分布。粗箭头为热带东风急流轴; 粗实线为等雨量线(单位毫米); 中粗线为等风速线(单位米/秒)

个急流轴向北移了大约 5 个纬度,东段抬到 $18-20^{\circ}\text{N}$ 附近,西段移到 15°N 。8 月(图略)急流东段位置又恢复到与 6 月接近,西段与 7 月相同。从强度看以 7 月为最强,大于 20 米/秒的等风速线范围东西长达 110 个经距(从 $15-125^{\circ}\text{E}$),急流中心在 15°N 、 80°E ,风速达 35 米/秒。可以看出 6—8 各月多年平均大雨区的月际变化与东风急流的位置和强度变化配合很好,即大雨带的走向与急流轴的走向一致,这种对应关系在印度、中非和西非更为显著。

三、降水区分布与东风急流不同部位的垂直经圈环流的关系

从图 1 中还可看出,急流不同部位的降水分布也是不同的,大体上以 60°E 为界,以西大雨区主要分布在急流轴的左侧,以东大雨区在右侧。6、8 两月的情况大致类似,这显然与急流本身的动力学结构有关。Flohn^[8] 曾根据单站风资料做过一些分析,我们根据多年平均资料着重分析急流不同区段的垂直经圈环流与降水分布的关系。

所用的资料取自[9],分析范围是 $40^{\circ}\text{S}-40^{\circ}\text{N}$, $20^{\circ}\text{W}-180^{\circ}\text{E}$,取五层(1000, 700, 500, 200, 100mb)。读出上述范围各层每 5 度经纬度格点上的东西风和南北风分量。用连续方程计算了各层的垂直速度。在计算垂直速度时,考虑了地形的影响^[10],这里计算得到的垂直运动是大尺度的平均特征。

我们分东亚与西非两个区来计算垂直环流,这两个区的范围分别取 $80-120^{\circ}\text{E}$ 和 $15^{\circ}\text{W}-15^{\circ}\text{E}$,大致相当于热带东风急流的入口与出口区,图 2ab 为两个区的 6—8 月多年平均经向垂直环流和降水分布,由于资料限制,降水量仅给出北半球部分。在东亚(图 2a)从赤道到 30°N 都是上升区,下沉分支在赤道以南,主要上升运动区大致在 $20-30^{\circ}\text{N}$,与这一地区的降水分布特点很一致。同样在西非(图 2b)也有类似的特点,即在

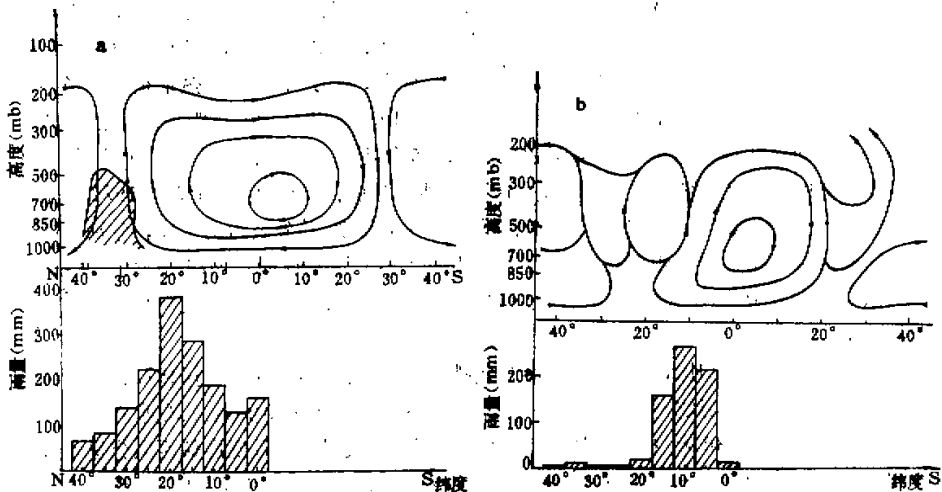


图 2 平均垂直经圈环流与降水分布*

* 图中“v”分量及垂直速度(w)值见附表。

赤道到 10°N 之间既是上升区又是多雨区, $15-30^{\circ}\text{N}$ 则是下沉区, 相应地那里降水量极少。

由此看来, 热带东风急流附近的经向垂直环流与亚非季风区的降水分布是十分吻合的。但在东亚与西非有显著不同, 东亚的多雨区主要在急流的北部, 即大致为人口区的右侧, 而西非多雨区则处于急流之南, 即急流出口区之左侧, 急流附近的经向垂直环流及其与降水的这种关系同急流动力学的特点是一致的。

四、1972、1975 年热带东风急流的异常与 亚非季风区降水分布关系

我们选取了西南季风比较弱的 1972 年和比较活跃的 1975 年, 来研究东风急流活动的异常和降水区分布的关系。

1972 年全球大部分地区干旱, 尤以亚、非季风区的印度、非洲最为严重, 不少气象学者对这一年进行了研究^[11,12]。1975 年则是西南季风比较活跃的一年, 亚非季风区大部分地区的降水多于多年平均。图 3a 为 1972 和 1975 年 8 月降水距平百分比图。

在 1972 年, 整个亚、非大陆季风区除我国东南沿海及中南半岛、印度北部和中非个别站降水是正距平外, 绝大部分地区降水都偏少五成以上, 尤以我国长江流域、印度半岛中部和南部最为明显。而 1975 年(图 3b)大部地区降水正常偏多, 我国长江中游、东南沿海、中南半岛中部、印度西北部和中非偏多达五成以上, 但也有部分地区降水偏少三成左右。就整个 6—8 月总降水量来看(图略), 1975 年印度半岛、非洲正常偏多, 而 1972 年则显著偏少。我国华南及长江流域这两年亦有差异但不如上述地区明显。

我们作了 1972 和 1975 年 8 月 100mb 地转风距平图(图略)。取西风为正, 发现 1972 年除我国华南和菲律宾有极小部分地区是负距平外, 25°N 以南几乎全为正距平, 尤以印度半岛和中非正距平最大, 这说明 1972 年热带东风比多年平均弱。1975 年则整个亚非季风区几乎全为负距平, 最大负距平中心在中非与西非, 这表明 1975 年热带东风比多年平均强, 但 25°N 以北相反, 1972 年负距平占优势, 1975 年为广大的正距平区。这反映了 1972 年 100mb 上副热带中纬度西风偏弱, 而 1975 年则西风偏强。这也说明 1972 年南亚高压北侧的西风及南侧东风都比较弱, 1975 年则比较强。此外, 从图 4 看到 1972 年东风大于 20 米/秒的等风速线较 1975 年偏南约 5—10 个纬度, 并分裂为两小片, 分别在中南半岛南部和阿拉伯半岛西南端, 印度及中非和西非的东风则很弱。1975 年大于 20 米/秒的东风范围较 1972 年大得多, 位置也偏北大约 10 个纬度。东、西风急流中心的最大风速也较 1972 年强。

我们还在急流入口区、中段和出口区分别挑选 105°E 、 80°E 、 0° 作出 1972、1975 两年 6—8 各月实测纬向风分量的剖面图(图 5), 从图上看到东风急流最大风速在 150mb 上, 但 1975 年大于 30 米/秒的等风速线范围较 1972 年大得多, 且低层偏西风分量也较 1972 年强, 大于 10 米/秒的西风分量在印度已伸到 700mb 层以上, 1972 年只达到 800mb 高度, 这也表明 1975 年东风急流较 1972 年为强。

因此, 在东风急流特别弱的 1972 年, 亚非季风区尤其是印度半岛、非洲降水非常少。

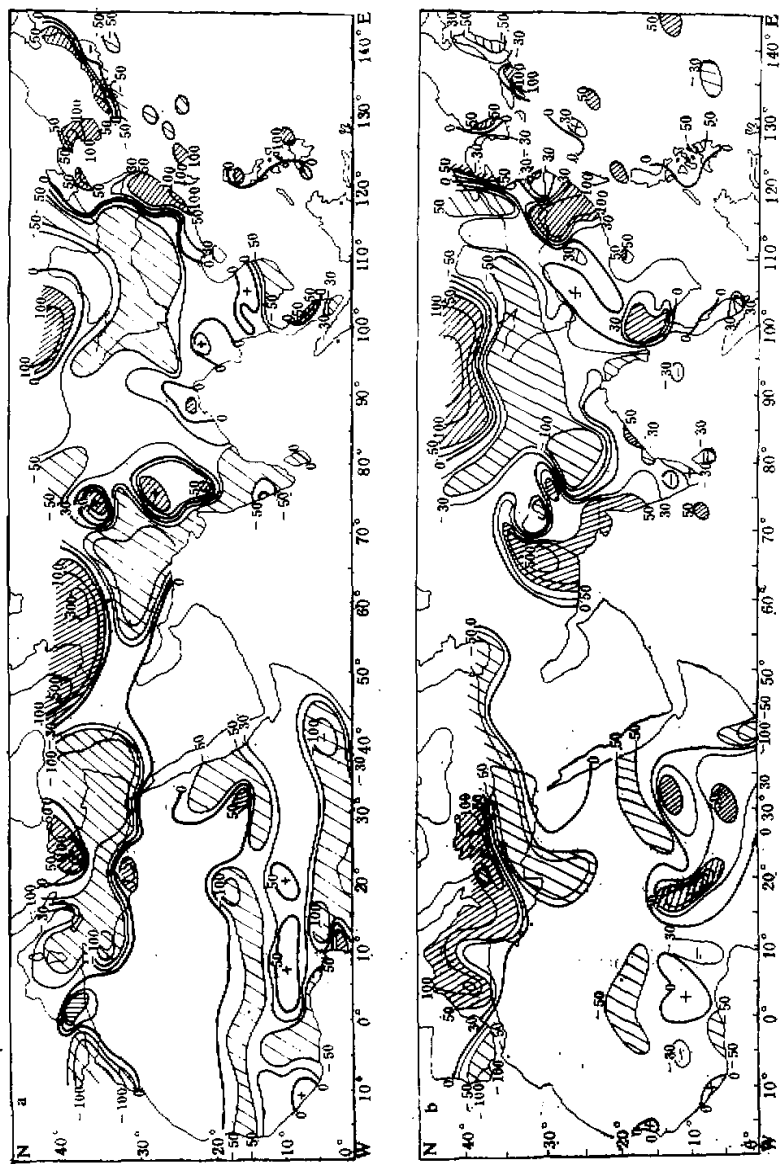


图 3 1972 (a) 与 1975 年 (b) 8 月降水距平百分比

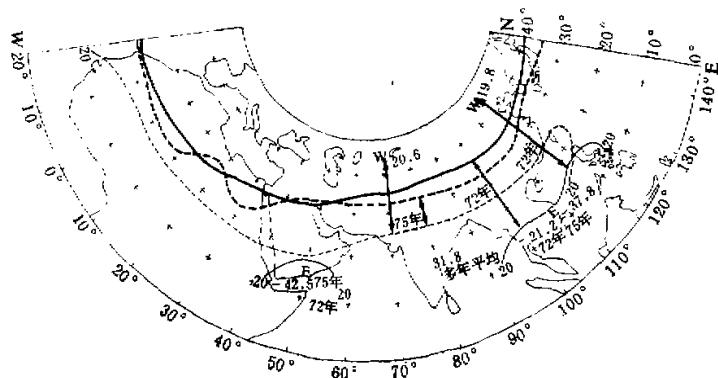


表 1

100—140°E (中国)		70—90°E (印度)		10°W—60°E (非洲)	
站 名	经 纬 度	站 名	经 纬 度	站 名	经 纬 度
福州	26°05'N119°17'E	艾哈迈达巴德	23°04'N72°38'E	拉各斯/伊克贾	06°35'N03°20'E
广州	23°08'N113°19'E	那格浦尔/索内冈	21°06'N79°03'E	萨夫	07°59'N02°26'E
南宁	22°49'N108°21'E	达班加	26°10'N85°54'E	马库尔进	07°41'N08°37'E
桂林	25°20'N110°18'E	阿拉哈巴德	25°27'N81°44'E	塔币	04°25'N07°22'W
海口	20°02'N110°21'E	加尔各答/阿利波尔	22°32'N88°20'E	马拉卡尔	09°33'N31°39'E
昆明	25°01'N102°41'E	阿科拉	20°42'N77°02'E	奥丁丙	09°30'N07°34'W
厦门	24°27'N118°04'E	贾格达尔普尔	19°05'N82°02'E	朱巴	04°52'N31°36'E
贵阳	26°35'N106°43'E				

从各段急流强度和降水的变化可以看出, 不论哪个部位两者的变化趋势都基本一致 (见图 6)。在中段关系尤为明显, 即当东风急流强的年降水偏多, 东风急流弱的年降水偏少。同时东风急流的强弱有 2—3 年的周期变化趋势, 而这一地区的降水变化也有类似的趋势。其它大的变化也比较一致。仅只 10°W—60°E 的西非地区 1968、1973 两年关系不好, 但实际上 1968 和 1973 年整个非洲是旱年^[11], 东风急流也弱, 不过因所选站集中于 10°N 以南所致。Tanaka 等人^[12]曾指出, 1968 年 8 月洪水出现在正常年较为干旱的 10°N 以南 10°W—10°E 之间沿海一小部分地区。而我们所选站中正好有部分在这地区。这地区有些站 1968 年 8 月降水正距平百分比超过 400% 以上, 其它地区虽然都是负距平且较大, 但平均仍偏多, 1973 年也有类似现象, 因而这两年看起来好像有不一致的现象。

六、主要结论

1. 热带东风急流与亚、非季风区夏季降水有密切关系。多年平均 6—8 各月降水区的移动和降水量的多寡与东风急流的位置和强弱变化关系密切, 在急流不同部位降水分布不同, 多雨区主要出现在急流入口区的北(右)侧和出口区南(左)侧, 当然各地区降水情况还同该地区所处地理位置、地形和下垫面的状况等有关。东风急流与降水分布的这种关系是与急流本身的动力学结构相联系的。

2. 比较降水异常年, 发现多雨年较干旱年东风急流强, 大于 20 米/秒的强东风范围

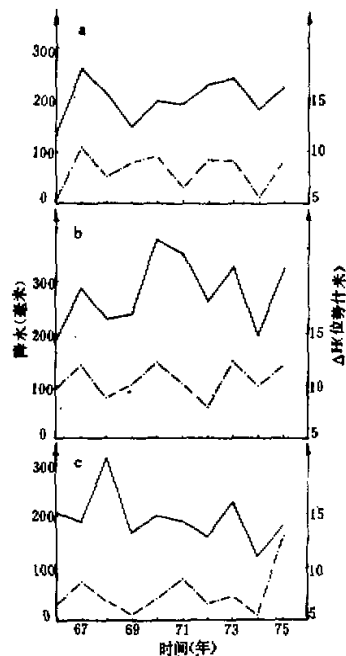


图 6 1966—1975 逐年 8 月东风急流 (点虚线) 与降水 (实线) 的变化。

a: 入口 (100—140°E);

b: 中段 (70—90°E)

c: 出口 (30°W—60°E)。

(70—140°E 配北侧降水, 30°W—60°E 配南侧降水)

表 2 图 2a 80°—120°E 平均垂直经圈环流“V”分量及垂直速度(W). 单位: “V”是米/秒,
正号为南风,负号为北风;“W”是 10⁻⁴mb/秒,负号上升,正号下沉

高度 (mb)	纬度	40°N	30°	20°	10°	0	10°S	20°	30°	40°
200mb (V)		-3.5	-4.2	-3.6	-3.7	-4.6	-5.5	-6.3	-5.6	-4.0
200mb (W)			0.3	-26.9	-20.3	-5.3	0.2	1.6	2.4	0.2
400mb (W)			1.8	-25.7	-20.3	-8.9	-4.7	-4.1	-5.7	-5.8
500mb (V)		-0.2	0.2	1.3	1.4	1.1	0.9	0.7	0.3	0
600mb (W)				-19.1	-9.1	-3.6	-3.9	-4.0	-3.7	-1.4
700mb (V)				1.8	2.3	1.3	0.4	-0.2	-0.3	-0.6
800mb (W)				19.4	-8.4	-3.9	-2.1	-1.4	-1.4	-0.9
1000mb (V)				1.0	1.0	1.7	2.0	2.4	2.7	2.3
1000mb (W)					-6.0	-2.4	0.8	1.1	-0.1	-0.6

表 3 图 2b 15°W—15°E 平均垂直经圈环流“V”, “W”值 (单位同表 1)

高度 (mb)	纬度	40°N	30°	20°	10°	0°	10°S	20°	30°	40°
200mb (V)		0.3	2.1	2.8	2.7	2.4	0.8	-0.7	-3.4	-4.9
200mb (W)			-4.9	6.3	8.4	7.9	7.9	3.6	-5.9	-6.0
400mb (W)			-6.4	4.0	7.1	5.3	3.7	-1.7	-9.0	-4.3
500mb (V)		-0.6	1.0	0.6	-0.4	-1.1	-1.2	-0.9	-1.0	-0.8
600mb (W)			-7.3	0.3	4.0	4.0	3.4	-3.3	-10.3	-3.4
700mb (V)		-0.9	0.6	0.1	0.1	0	-1.5	-1.5	0.4	1.4
800mb (W)			-6.7	-1.7	2.7	-0.1	-0.4	-1.7	-4.7	-3.0
1000mb (V)		-3.0	-1.5	-0.4	-0.4	0.1	0.9	1.6	2.2	2.8
1000mb (W)			3.0	-1.9	2.9	-0.7	-0.7	0.1	-5.6	-4.3

广,急流轴位置稍偏北,中心风速大,这种关系以印度半岛和西非最为明显。

3. 东风急流的位置和强弱有 2—3 年的周期变化,各地降水也有类似的变化趋势,从 1966—1975 年 100mb 地转风东风风速与相应地区降水比较,它们的年际变化关系密切。

陶诗言先生审阅了全文并提出宝贵意见,深致谢意。

参 考 文 献

- [1] Ramage, C. S., Monsoon Meteorology. Academic press New York and London, 1971.
- [2] Koteswaram, P., *Tellus*, vol. 10, 43—57, 1958.
- [3] Johnson, D. H. and Daniels, S. M., *Quart. J. R. Met.*, vol. 80, 212—217, 1974.
- [4] Kobagashi, N., *G. Mag.*, vol. 37, No. 2, 123—134, 1974.
- [5] Kanamitsu, M. and Krishnamurti, T. N., *M. W. R.*, vol. 106, No. 3, 331—347, 1978.
- [6] Climatological Normals for Climat & Climat Stations for the period 1931—1960, WMO/OMM-No. 117, TP: 52.
- [7] Meteorologische Abhandlungen band 100/Heft 4—5, 1972.
- [8] Flohn, H., *Bonner Meteorologische Abhandlungen*, Heft 4, 1964.
- [9] Newell, R. E. etc., *The General Circulation of the Tropical Atmosphere and Interactions with Extratropical Latitudes*, vol. I, 1972.
- [10] Berkofsky, L. E. A., Bertoni, *Bull. Amer. Meteor. Soc.* vol. 36, 350—354, 1955.
- [11] Harihara, P. S., et al., *I. J. M. G.* 24, 215—232, 1973.
- [12] Tanaka, M. *Nature*, vol. 255, No. 5503—5511, 1975.

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE SUMMER PRECIPITATION OVER ASIA-AFRICA MONSOON REGIONS AND THE TROPICAL EASTERLY JETSTREAM (TEJ)

Zeng Zao-mei

Guo Qi-yun

(*Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica*) (Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

In this paper we examine the relationship between the monthly mean precipitation distribution over Asia-Africa monsoon regions (0—40°N, 30°W—150°E) and the TEJ in June, July and August. The results are as follows:

1. The month-to-month variations of precipitation distribution and intensity depend on the migration and strength of TEJ. The precipitation under different part of the TEJ has their own characteristics. There is plenty of precipitation on the right side of the entrance and the left side of the exit of the TEJ. Calculation from mean vertical velocities has shown that the relationship between the TEJ and precipitation distribution may be explained by the dynamic mechanism of the TEJ.

2. A comparison study was made between 1972 and 1975.

In 1972 the precipitation was less over most areas in Asia-Africa. It is found that the TEJ in 1975 was stronger than in 1972, the area over which easterly wind velocities are greater than 20 m/sec was larger in 1975 than in 1972 and the TEJ axis was further north in 1975. The easterly wind velocities in the central part of the TEJ were greater in 1975. The connection between precipitation and the TEJ was most clearly observed in Indian peninsula and western Africa.

3. Analysis on the data of 1966—1975 has shown that the year to year variation of precipitation is associated with the variation of the TEJ strength. Both the year to year variation of precipitation and the strength of easterly wind show an obvious 2—3 year period.