

# 1991 年江淮暴雨与越赤道气流关系初步分析

李 曾 中

(中国气象科学研究院, 北京, 100081)

钱传海

孙除荣

(国家气象中心, 北京, 100081)

(国家气候中心, 北京, 100001)

## 摘 要

1991 年夏季, 中国江淮地区发生了大范围的特大暴雨及洪涝灾害, 造成人民生命财产的巨大损失。文中利用 ECMWF (欧洲中期天气预报中心) 等格点资料及其它常规资料, 对此次暴雨成因进行了分析。研究结果指出: 1991 年 5~7 月越赤道气流的特别强劲以及越赤道气流通道位置的异常, 是造成此次特大暴雨的主要原因之一。同时, 5 月底及 6 月初南半球中、高纬度冷空气较早的爆发, 可能是 1991 年越赤道气流异常的先兆“信号”。

关键词: 特大暴雨, 越赤道气流, 暴雨监测预报。

## 1 引 言

中国地处著名的东亚季风降水区域, 中国大陆降水异常与西南季风的爆发及其活动有着密切的联系。特大暴雨及洪涝灾害是中国夏半年的主要自然灾害之一, 中国气象学家早就做过一系列有关的研究<sup>[1-3]</sup>。1991 年夏季中国江淮地区发生了少有的特大暴雨及洪涝灾害, 许多地区雨量已超过当地多年平均的年降水量。与常年同期比较, 江淮大部地区的降水一般偏多五成至两倍, 江淮东部等地的部分地区, 已超过了 1954 年同期的降水量, 居 1949 年以来该地区同期降水量的第一位<sup>[4]</sup>。由于这次梅雨来得早, 降水持续时间长, 降水量大, 暴雨时段集中, 强度大, 落区少动, 因此形成洪涝灾害, 给中国人民生命财产造成巨大损失, 是 1949 年以来最严重的几次自然灾害之一。不少专家曾进行过专门研究, 并做出初步总结<sup>[5]</sup>。

本文利用卫星云图、格点资料及其它常规资料, 在前人工作的基础上, 进一步分析这段时间里(5 月初至 7 月中旬)江淮特大暴雨的主要成因, 并提出一个监测、预报中国特大暴雨的初步方案。

## 2 越赤道气流与中国天气

越赤道气流是热带大气环流的一个重要组成部分, 它在南、北两半球相互作用中扮演

着一个重要角色<sup>[6,7]</sup>。夏半年的越赤道气流在对流层低层(850 hPa 或 700 hPa)通常从南半球流到北半球,高空(200 hPa 最明显)则相反,从北半球流向南半球。同时,越赤道气流总量的多少与当年西北太平洋台风生成年频率及中国大陆上空 15 个区域上的降水指数之和( $r$ )存在很好的正相关关系。

我们曾做过 1975~1979 年各年及 1991 年夏季(6~9月)850 hPa 东半球越赤道气流总量  $E = \int_0^{180^\circ} V_+ (6\sim 9\text{月})$  与中国大陆 15 个区降水指数之和  $r = \sum_{i=1}^{15} r_i$  的直方图,式中  $V_+$  为纬度为零度格点上之越赤道气流,也即南风分量(单位: m/s);  $r_i$  表示中国大陆第  $i$  区的降水指数,  $i = 1, 2, 3, \dots, 15$ ,

$$r_i = \left\{ \frac{n}{m} + \frac{\sum_{j=1}^m (R_j / \bar{R}_j)}{m} \right\} \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中  $m$  为区域中所选具有代表性的降水站点数,  $n$  为该月区域内所选站中降水为正距平的站数,  $R_j$  为区域内第  $j$  站多年降水平均值,  $\bar{R}_j$  为第  $j$  站该月降水量降水正距平值。式(1)右端第 1 项反映了该区比常年降水偏多的覆盖面积情况,第 2 项则表示各站降水偏多的程度。从图可以看出,夏半年东半球越赤道气流偏强的年份,该年夏季全国 15 个区降水指数之和亦偏大,即该年全国降水面积及降水强度均偏大(图略)<sup>[8]</sup>。

利用 NCEP/NCAR(美国国家环境预报中心/国家大气研究中心)1979~1995 年再分析格点资料,我们做了东半球 6~9 月 850hPa 上越赤道气流总量  $E = \int_0^{180^\circ} V_+ (6\sim 9\text{月})$  与中国大陆 336 个站 6~8 月平均降水量逐年变化比较图(图 1)。从图 1 可以看出,两条曲线年际变化有基本相似的趋势,特别是 1989~1995 年时段里更为明显。

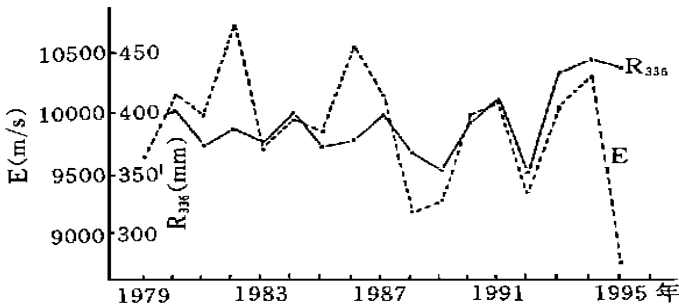


图 1 1979~1995 年全国 336 个站 6~8 月平均降水量  $R_{336}$  与东半球夏季(6~9月)850 hPa 越赤道气流总量值逐年演变图

由此可见,夏季(6~9月)850 hPa 东半球越赤道气流总量的多寡确实与夏季中国大陆的降水存在着极为密切的联系。

### 3 1991 年江淮特大暴雨成因分析

1991 年江淮地区的降水,主要是 5~7 月偏大。这可以从江淮地区降水系数  $r$  的变化看出。按原中央气象台长期科对全国划分为 15 个区的规定,江淮地区分别为 6 区和 5 区。

图2分别给出不同时段5,6两区各年降水指数 $r$ 变化情况。从图2a, b可以看出,不论5~7月还是6~7月,江淮地区1991年降水指数之和均比1975~1979年各年之值为高,比1977年略高一点。从图2c, d则可看出,如果把时段延长,则不论是6~9月(图2d)或4~9月(图2c),1991年降水指数之和或要么者不是最高(图2d),要么与其它各年十分相近(图2c),这说明江淮地区降水主要是在5~7月偏多。

分析1991年夏季东半球低纬热带地区环流特征,发现1991年夏季东半球越赤道气流特别强盛、活跃;同时,其主要通道位置也与多年平均情况有较大变异。图3给出了1975~1979年各年6~9月850 hPa

上 $0 \sim 180^\circ$ 越赤道气流总量 $E$ (图3b)和中国大陆15个区降水指数总和 $r$ (图3a)与1991年情况比较的直方图。从图3可以看出,1991年越赤道气流总量较大,降水指数 $r$ 亦然。图4分别给出了1975~1979年850 hPa面上6~7月 $30 \sim 55^\circ E$ ,  $75 \sim 95^\circ E$ 以及 $115 \sim 130^\circ E$ 通道处越赤道气流日平均值之和逐年变化与1991年同期情况比较图。从图4可以看出,在此3处,1991年越赤道气流值分别为多年平均值的3.20, 5.98及3.83倍。由此可以看出,与孟加拉湾位置相对应处的越赤道气流特别强劲,这恰好反映出1991年孟加拉湾风暴特别活跃、强劲的情况,这也正是促使大量水汽通过孟加拉湾风暴携带到中国青藏高原直至送到中国江淮地区上空致成特大暴雨的重要原因之一。

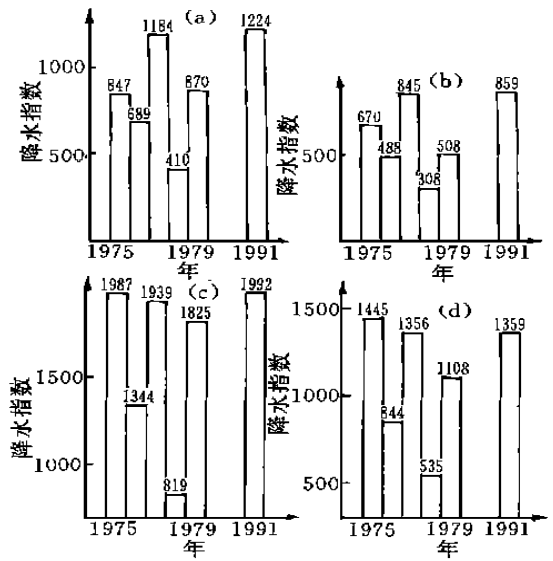


图2 不同时段5,6两区各年降水指数 $r$ 的变化情况  
(a. 5~7月; b. 6~7月; c. 4~9月; d. 6~9月)

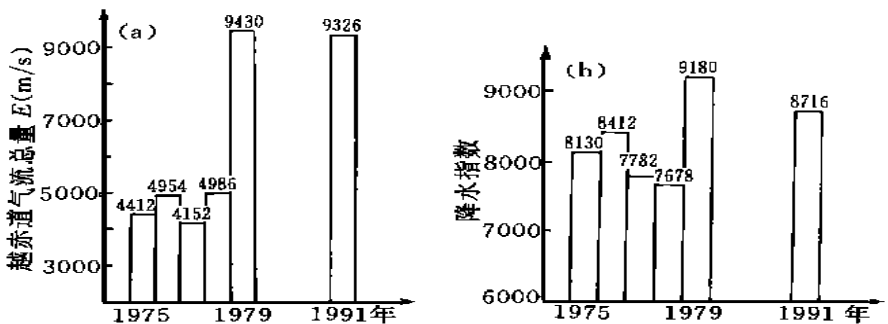


图3 1975~1979年6~9月850 hPa $0 \sim 180^\circ$ 越赤道气流总量 $E$ (a)  
中国大陆15个区降水指数总和 $r$ (b)与1991年情况比较直方图

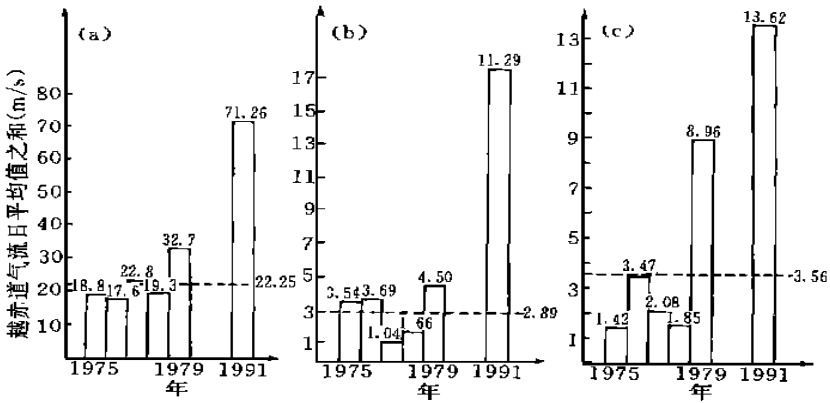


图4 1975~1979年850 hPa面上6~7月30~55°E(a)、75~95°E(b)及115~130°E(c)处越赤道气流日平均值之和逐年变化与1991年情况比较(虚线1975~1979年平均值)

图5分别给出了850 hPa上45°E通道处1991年4~9月逐月 $V_+$ 日平均值与1975~1979年多年日平均值之比较(a)及逐年6~9月日平均 $V_+$ 值的比较。从图5可以看出,不论是6,7,8或9月,1991年的值均远高于多年平均值(图5a)。年际亦然(图5b)。

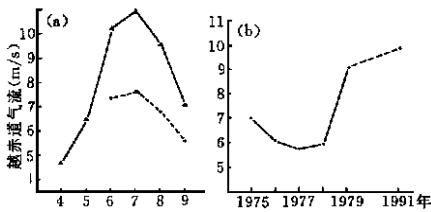


图5 1991年4~9月850 hPa上45°E通道处 $V_+$ 逐月(a)及逐年(b)日平均值与1975~1979年平均情况(图a中虚线)比较

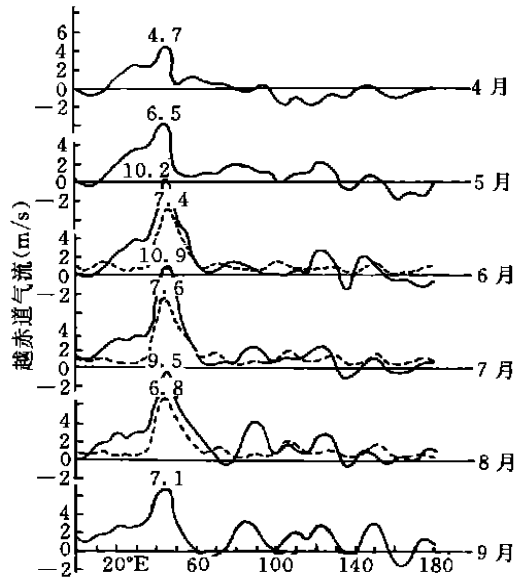


图6 1991年4~9月850 hPa东半球越赤道气流逐月分布图(单位:m/s 虚线为1975~1979年5年平均)

图6给出了1991年4~9月850 hPa东半球越赤道气流逐月分布图及与1975~1979年6,7,8月多年平均值之比较。从图6可以看出:除45°E处1991年6,7,8三个月逐月值

均比多年平均值为高外,  $90^{\circ}\text{E}$  及  $125^{\circ}\text{E}$  处 1991 年均出现了极强的越赤道气流峰值, 而这是往年所没有的。我们还做了 1991 年(图 7a) 及 1995 年(图 7b) 东半球 6~8 月平均径向风的垂直剖面图。1995 年中国大陆降水属正常年份, 故将其与 1991 年比较。从图可以看出, 1991 年  $45^{\circ}\text{E}$  索马里急流处的越赤道气流特别强劲, 在  $950\sim 900\text{ hPa}$  间可分析出一个大于  $12\text{ m/s}$  的南风中心, 而 1995 年只可分析出一支  $10\text{ m/s}$  的急流中心。此外 1991 年在  $85\sim 90^{\circ}\text{E}$  上空(约在  $950\text{ hPa}$  处)可分析出一支平均中心值大于  $4\text{ m/s}$  的南风急流中心, 而 1995 年的中心仅为  $2\text{ m/s}$ ; 在  $125\sim 130^{\circ}\text{E}$  处, 1991 年也有一个中心风速大于  $6\text{ m/s}$  的南风急流轴存在, 而 1995 年的风速轴中心既小又弱, 仅有  $4\text{ m/s}$  的闭合等风速线存在, 这与图 6 中的图示结果完全一致, 即 1991 年在  $45^{\circ}\text{E}$ ,  $85\sim 95^{\circ}\text{E}$  及  $125\sim 130^{\circ}\text{E}$  处, 都有比正常年份强得多的越赤道气流存在。这种越赤道气流通道的变异, 必然导致水汽输送到达地区位置的变异, 这也是引起 1991 年江淮特大暴雨的原因之一。

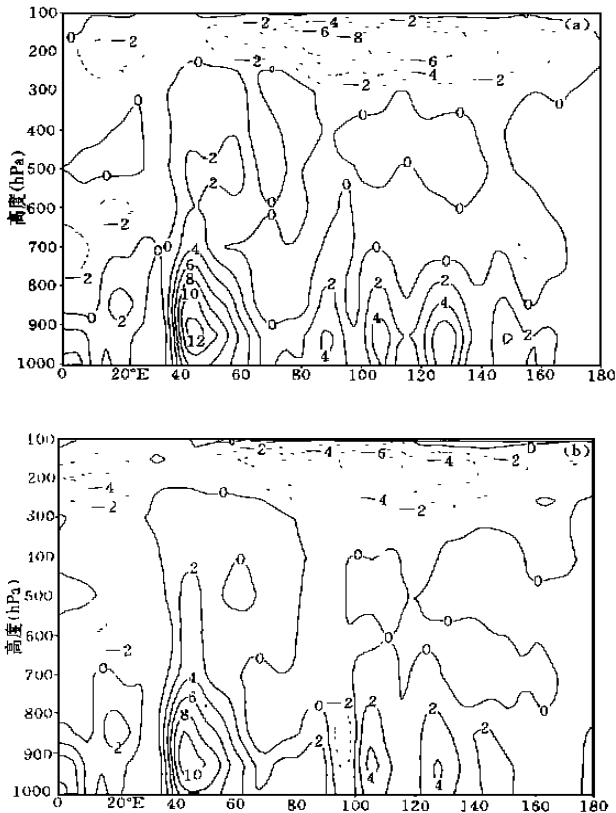


图7 东半球 6~8 月平均经向风的垂直剖面图

(a. 1991 年; b. 1995 年)

1991 年江淮流域的梅雨由三场降雨组成, 第一场降雨从 5 月 18 日到 5 月 26 日, 也可称为早黄梅; 第二场降水从 6 月 2 日到 6 月 19 日, 为典型梅雨的第 1 阶段; 第三场降水从 6 月 30 日到 7 月 13 日为典型梅雨第 2 阶段<sup>[5]</sup>。图 8 给出与上述 3 场降雨相对应时段

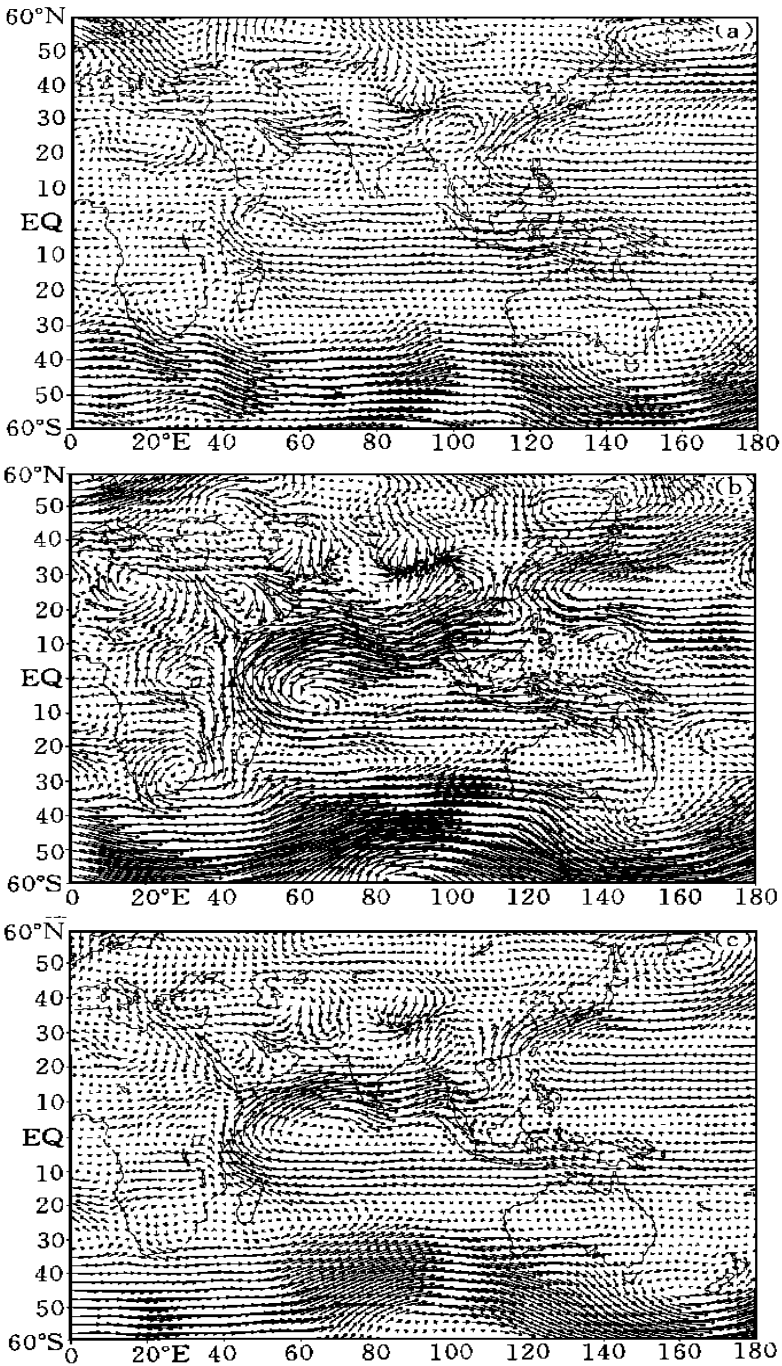


图8 1991年3个梅雨时段相对的850 hPa合成风场图  
(a. 5月18~26日; b. 6月2~19日; c. 6月30日~7月13日)

850 hPa 合成风场图。从图 8a 可以看出, 在早梅雨期, 一部分气流从 150°E 处越过赤道, 沿

副热带高压边缘转为偏东气流及东南气流, 然后穿过中南半岛南部及北部地区进入华南沿海及江淮地区上空。另一部分从大西洋及北海穿过亚平宁半岛进入地中海地区, 穿过土耳其、阿拉伯半岛东南角及阿拉伯海进入印度次大陆中、北部及中南半岛后, 再进入华南及江淮地区上空。

从图 8b 可以看出: 在典型梅雨的第 1 阶段(6 月 2 ~ 19 日), 风速急剧增强。来自南半球中、高纬度的两股偏南气流在 40 ~ 50 E 穿过赤道后, 经阿拉伯海、印度次大陆中、北部及孟加拉湾地区, 一部分气流穿过横断山脉进入中国西藏及西南地区; 另一部分穿过中南半岛、南海北部进入华南及江淮地区上空。

从图 8c 可以看出: 在典型梅雨的第 2 阶段(6 月 30 日至 7 月 13 日), 主要气流从 40 ~ 45 E 处穿过赤道后, 仍是一部分穿过印度半岛南部、孟加拉湾及横断山脉进入中国西藏及西南地区, 另一部分越过暹罗湾及中南半岛南端, 沿着南海北上进入中国华南及江淮地区上空。这种水汽源源不断地充分供给, 是造成江淮地区持续暴雨的重要原因。

从图 6 可以看出: 在第 2 场降雨及第 3 场降雨期间, 孟加拉湾地区有比正常年份强得多的西南季风越过赤道, 这与图 4b 及图 7a 的结果是相吻合的。也与叶惠明等利用卫星资料所做分析结果是相一致的<sup>[9]</sup>。

此外, 我们还分别制作了 1991 年 5, 6, 7 月东半球 850 hPa 低空逐月平均  $V$  场图。从图上可以看出, 5 月份存在 3 条发源于南半球中高纬度地区的最大南风轴线: 一条发源于澳大利亚东南方海洋上, 大约位置在 40 S, 170 E 交点处, 之后穿过澳大利亚东北部直抵 120 E 与赤道的交汇处, 穿过赤道后直抵南中国海中、北部; 第二条发源于澳大利亚西南方, 大约 38 S, 110 E 附近, 然后从 85 E 处穿过赤道, 直抵孟加拉湾北部; 第三条则发源于非洲东岸, 从索马里处(大约 45 E) 越过赤道直抵北半球。6 月份东边这支气流特别强劲; 而 7 月份则从 45 S, 70 E 处有一支强劲的南风气流向东北方向运行, 在 90 E 处越过赤道, 笔直地向孟加拉湾北部恒河口处涌去, 并直抵中国西藏的雅鲁藏布江地区。这 3 个月的最大南风轴线绘制在图 9 中。由此我们可以说, 1991 年夏季不但越赤道气流活跃, 而且从 5 月份开始, 越赤道气流就是从南半球的中、高纬度地区发源的。卫星云图也证实了越

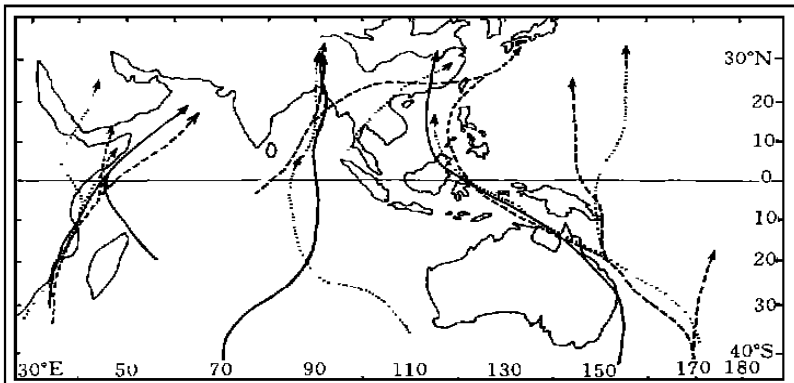


图 9 1991 年 5 ~ 7 月低空 850 hPa 月平均  $V$  场图上最大南风轴线分布图

赤道气流这一性质(图略)。

#### 4 结语与建议

(1) 1991 年 5~7 月东半球对流层低层越赤道气流的特别强劲, 以及越赤道气流位置的变异(80~90 E 处以及 125~130 E 附近均出现了越赤道气流  $V+$  峰值), 是造成 1991 年江淮地区 5~7 月三场特大降雨的主要原因之一。

(2) 1991 年江淮暴雨的发生不仅与南半球越赤道气流紧密联系, 而且这些越赤道气流均来源于南半球的中、高纬度地区, 卫星云图亦证实了这种联系。

(3) 我们要特别强调 1991 年孟加拉湾地区(80~90 E)越赤道气流特别强劲这一特点, 因为近来我们对 1996 年中国洪涝灾害成因的研究中, 亦发现越赤道气流在此处有一明显的峰值存在; 同时我们发现, 大西洋上的冰汽也可以被输送到中国西南及江淮地区, 与 125~130 E 处的越赤道气流及 45 E 处的越赤道气流共同交汇, 形成特大暴雨和洪涝灾害。

(4) 根据 1987~1995 年共计 9a 南半球西风指数资料的分析, 仅有 1991 年在较早的 5 月 27~28 日及 6 月 9~10 日有两次西风指数低于 250 的谷值出现, 而一般指数均大于 300; 南半球西风指数计算区域为 30~50 S, 60~180 E, 故此表明 1991 年在较早的 5 月末、6 月初, 南半球中、高纬度地区就有较强冷空气向南半球低纬地区侵袭。1996 年夏, 中国江淮地区亦发生较大洪涝灾害, 该年 5 月东半球 120 E 以东 850 hPa 赤道上空, 多次出现近  $10 \text{ m/s}$  的强南风值, 正是根据这一事实, 我们预测出了 1996 年夏季中国将有大面积洪涝灾害发生的事实。

综上所述, 从对 1991 年江淮暴雨的研究及其它分析可知: 中国洪涝灾害的发生, 与东半球对流层低层越赤道气流的强烈活动有着密切联系, 特别是春末、夏初较强越赤道气流的出现, 极有可能就是我们所要寻找的中国夏季洪涝灾害发生的前期“强信号”之一。因此, 我们建议加强对低纬大气环流因子特别是对越赤道气流的分析研究与监测, 利用越赤道气流的异常活动及其它各种预报因子做中国夏季特大暴雨的短期气候预测。

致谢: 南半球西风指数资料由中央气象台提供, 特致谢意!

#### 参考文献

- 1 谢义炳等. 中国夏半年几种降水系统的分析研究. 中央气象局论文集(一), 1956
- 2 陶诗言. 中国之暴雨. 北京: 科学出版社, 1980
- 3 李宪之. 降水问题. 北京: 海洋出版社, 1987. p189~233
- 4 骆继宾, 陈联寿. 今年江淮暴雨评述. 中国气象报, 1991-8-18
- 5 丁一汇主编. 1991 年江淮流域持续性特大暴雨研究. 北京: 气象出版社, 1993
- 6 李曾中. 西北太平洋地区赤道西风的爆发性东进与台风活动. 见: 热带环流和系统学术会议论文集. 北京: 海洋出版社, 1983
- 7 李曾中. 越赤道气流与中国天气关系的统计分析. 气象, 1986(4), 11-14
- 8 李曾中, 李月安, 晁淑懿. 越赤道气流与我国洪涝灾害关系的初探. 应用气象学报, 1988, 9(增刊), 132-136
- 9 叶惠明, 方宗义, 朱小祥等. 1991 年江淮流域持续暴雨的大范围平均云量特征. 应用气象学报, 1994, 5(3): 380~384



# A PRILIMINARY ANALYSIS ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE CROSS- EQUATORIAL FLOW AND THE HEAVY RAINFALL OVER YANGTZE AND HUIHE RIVER IN 1991

Li Zengzhong

(*Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081*)

Qian Chaunhai

(*National Meteorological Center, Beijing, 100081*)

Sun Churong

(*National Climate Center, Beijing, 100081*)

## Abstract

In summer of 1991 heavy rainfall and flood took place over the wide regions of China and made much loss of life and property.

The analysis on the cause of this storm rainfall was made with the ECMWF grid wind and other routine data. The results point out that the anomalous strength and the channel's change of the cross- equatorial flow (CEF) during May to July 1991 are one of the main reasons producing this heavy rainfall. At the sametime, the earlier outbreak of cold air over the middle- high latitude of the Southern Hemisphere may be a signal of the 1991's abnormal CEF.

**Key Words:** Heavy rain, Cross- equatorial flow, Heavy rain monitoring and forecasting.