

# 1998 年 6 月 28 日~ 7 月 2 日淮河流域暴雨分析\*

刘淑媛 郑永光 王洪庆 吴庆丽

(北京大学大气科学系, 暴雨监测与预测国家重点实验室, 北京, 100871)

## 摘 要

文中对比分析了 1998 年 6 月 28~ 29 日和 7 月 1~ 2 日淮河水循环试验期间两次特大暴雨过程的天气形势、红外观卫星云图上降水云系的特征及其水汽来源。结果表明: (1) 6 月底的暴雨是一次东移的西南低涡引发的暖性切变线降水, $\beta$  中尺度对流系统起主要作用。7 月初的暴雨过程是一次移动缓慢的锋面降水, 锋面上有中尺度的云团活动, 这是一次大中尺度系统相互作用的结果。(2) 两场特大暴雨的水汽源地都为中国南海北部地区, 而强度达到 18~ 22 m/s 的西南低空急流是水汽的输送带。

关键词: 中尺度, 降水云系, 水汽, 暴雨。

## 1 引 言

从 1975 年 8 月河南大暴雨以后, 中国暴雨的研究工作重点从天气尺度转向中尺度, 陶诗言<sup>[1]</sup>、斯公望<sup>[2]</sup>、丁一汇<sup>[3]</sup> 等先后对中尺度暴雨进行了研究, 都认为江淮一带的中尺度暴雨是这个地区主要的灾害性天气, 同时在伏旱期也是重要的水源。因此对这一带暴雨天气系统的分析具有重要意义。

为了更好地理解梅雨锋区多尺度云系的能量和水循环过程, 1998 年 6、7 月中日两国的科学家在副热带/ 温带季风区的淮河流域组织了淮河试验 (Huaihe River Basin Experiment, HUBEX), 它也是全球能量和水循环试验 (GEWEX) 亚洲季风试验 (GAME) 的一个组成部分。HUBEX 的科学目标之一是利用外场科学试验所获得的气象、水文、雷达和卫星等资料提高对梅雨锋和中尺度降水系统的科学认识。国内对 HUBEX 试验中江淮流域的天气过程已经有很多相关的研究和分析并取得了一些重要的结论。如对 1998 年长江中下游多雨期 850 hPa 旬平均风场分析得出<sup>[4]</sup>: 根据天气形势不同, 6 月中旬和 7 月下旬这段时期水汽供应是孟加拉湾, 水汽经过中南半岛汇合南海水汽向偏北输送, 但 6 月 22~ 27 日水汽主要源地为中国南海、孟加拉湾和西太平洋副高南侧的偏东气流。李曾中等<sup>[5]</sup> 从长时间的

大尺度环流背景分析指出 1998 年 5~ 7 月江淮暴雨与低纬越赤道气流有密切关系。王立琨等<sup>[6]</sup> 和郑新江等<sup>[7]</sup> 对暴雨过程的中尺度云团特征做了初步分析。

在这次试验过程中, 1998 年 6 月 28 日到 7 月 3 日发生了两次强降水过程, 降水主要集中在 6 月 28~ 30 日和 7 月 1~ 3 日两个时段, 24 h 最大雨量超过 200 mm, 达到特大暴雨的标准(图 1)。从图 2 给出的根据 GMS 卫星逐时红外云图资料所制作的 6 月 28 日和 29 日及 7 月 1 日和 2 日东亚地区日平均云顶亮温(TBB)分布可见, 6 月 28~ 30 日和 7 月 1~ 3 日两个降水集中时段的降水云系具有不同的大尺度特征。第一个时段的降水是与长江上游的西南低涡云系发展成一个暖性切变性波动云系相联系的。第二个时段的降水是与一条东北—西南走向的锋面云带相联系, 这条云带在大陆上的部分移动相当缓慢。虽然图 2 是日平均的 TBB 分布, 但从图中仍可以看到在大尺度云系中还存在中尺度的云团, 显示出暴雨是在大尺度系统和中小尺度系统的共同作用下产生的<sup>[8]</sup>。对这两个时段的降水云系的特征及暴雨的水汽来源等进行分析是很有意义的, 它将有助于达到 HUBEX 的科学目标。

文中利用空间分辨率比较高的逐时卫星云图资料配合常规探空资料进行分析, 探讨这两次强降水

\* 初稿时间: 2001 年 4 月 28 日; 修改稿时间: 2001 年 8 月 30 日。

资助课题: 国家自然科学基金(49735180), 973 项目(G1998040907) 和国家教委博士点基金。

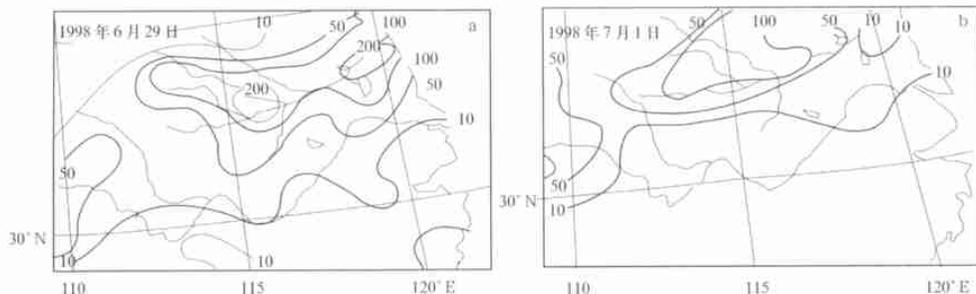


图 1 日降水量分布  
(a. 6 月 29 日, b. 7 月 1 日; 单位: mm 的雨量等值线)

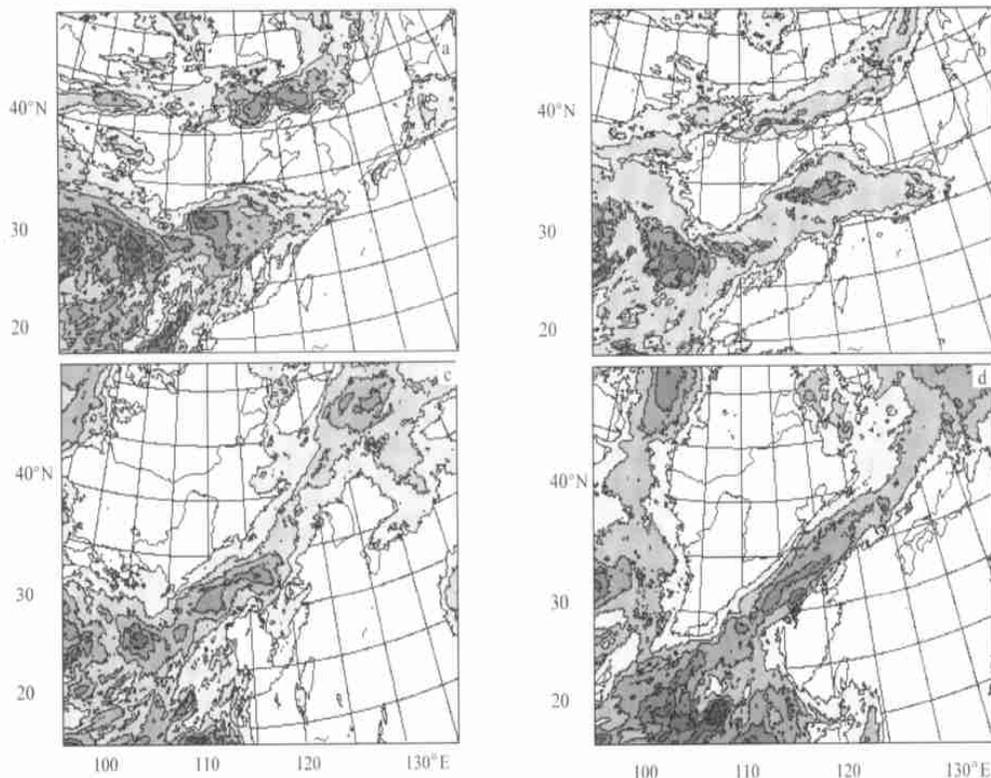


图 2 日平均云顶亮温(TBB)分布  
(a. 6 月 28 日, b. 6 月 29 日, c. 7 月 1 日, d. 7 月 2 日; TBB 单位:  $^{\circ}\text{C}$ , 等值线间隔为  $10^{\circ}\text{C}$ )

过程的天气形势、红外卫星云图上降水云系的特征及其水汽来源, 为了解淮河中尺度暴雨的发生机制及其预报提供帮助。

## 2 天气形势

在 6 月 28 日 12 时 850 hPa 上四川盆地的低涡向东伸出具有暖锋式风场的切变线, 至淮河流域的上游。29 日 12 时 850 hPa(图 3 a) 上低涡加强并向

东北偏东方向移出盆地, 与原河套地区的低槽融合, 东西向切变线移至淮河流域上空, 是造成当日淮河流域降水的系统。

7 月 1 日 12 时 500 hPa 上呈东北—西南走向的高空槽已移到黄河中下游。850 hPa 上(图 3 b) 与 500 hPa 的槽线相对应的位置有 3 个闭和低压 ( $22.0^{\circ}\text{N}, 101.0^{\circ}\text{E}$ ;  $32.5^{\circ}\text{N}, 115.0^{\circ}\text{E}$  和  $42.0^{\circ}\text{N}, 127.0^{\circ}\text{E}$ ), 其中 ( $32.5^{\circ}\text{N}, 115.0^{\circ}\text{E}$ ) 的低压中心位于

淮河上游,和7月1日云图对比分析可见,它是造成当日淮河降水的主要中尺度低压系统。此时地面锋区已经到达淮河流域,淮河流域的上空从原来的暖性江淮切变线控制转为受锋面影响。7月1~3日

的暴雨过程就发生在这条西太平洋副热带高压脊边缘的东北—西南向的锋面上。大中尺度系统的相互配合形成这次雨量很大的锋面降水。

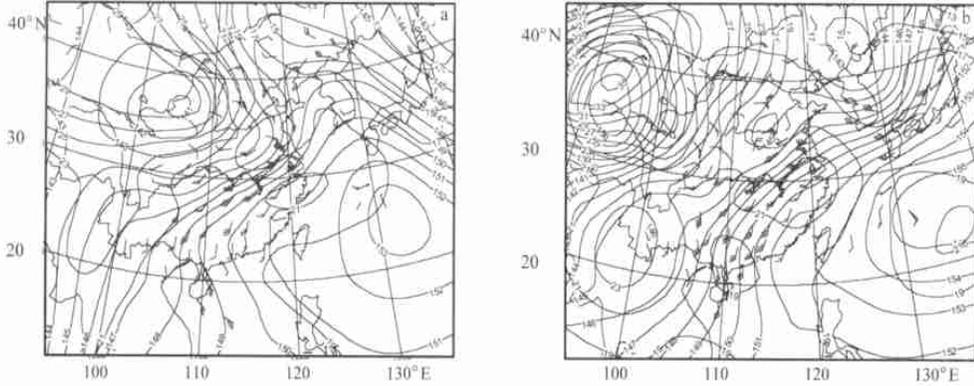


图3 6月29日12时(a)和7月1日12时的(b)850 hPa分析图  
(注:实线为等压线,虚线为等温线,风羽为实测站风)

### 3 降水云系的中尺度特征

如前所述,第一个时段的降水云系是从长江中上游西南低涡云系发展成的波动云系,直接产生降水的系统是波动云系中的中尺度对流系统。为了说明降水云系的中尺度特征,图4给出了6月29日04~06时的从红外云图反演出的云顶亮温分布。图中长江中、上游大片低涡云系的东北方已具有清楚的波动暖区降水云系特征,其中有多

个 $\beta$ 中尺度的对流系统(如表1,其冷云盖的温度低于 $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),它们的排列显示出有2~3条弧状线向淮河中、上游汇合(如图4中弧状线所示,线左起点处大写字母标注为弧状线标号)。在入夜后这片波动云系中的大多数 $\beta$ 中尺度对流系统很快消散,只有位于洪泽湖附近的一个 $\beta$ 中尺度对流系统在夜间继续发展,在17时发展成一个位于淮河下游的超过200 km大致成圆形的 $\alpha$ 中尺度对流系统(在图2所给出的平均TBB分布图上可以看出它的存在),并在18时逐

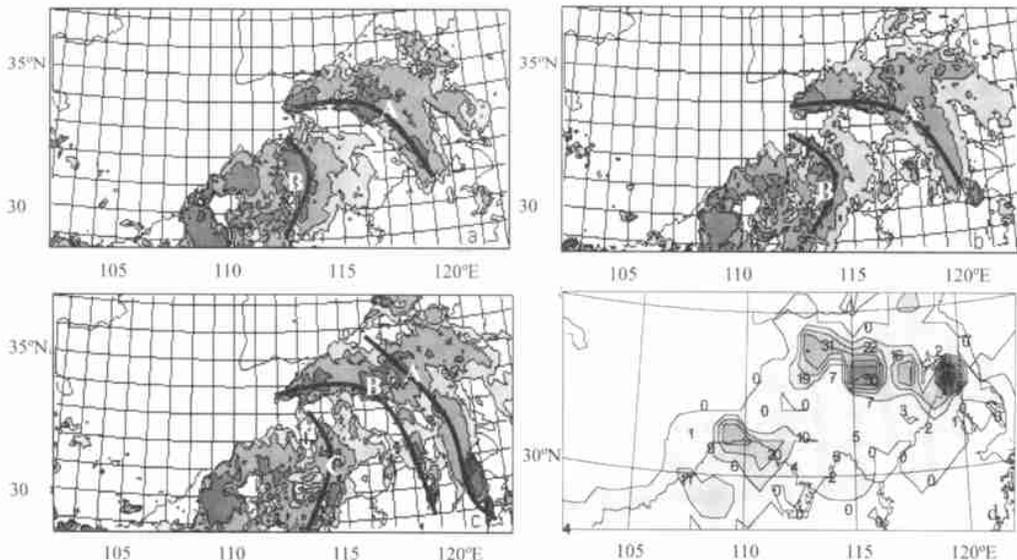


图4 1998年6月29日04时(a),05时(b),06时(c)云顶亮温(TBB)分布和相应的00~06时6h测站降水(d)  
(TBB $\leq -32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的等值线间隔为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;降水量(mm),等值线间隔10 mm)

表 1 1998 年 6 月 29 日 04 时、05 时、06 时云顶亮温(TBB) 图中 $\beta$  中尺度的对流系统个数和位置

	A	B	C
04 时	3 个: (34°N, 113.5°E), (33.5°N, 116°E), (32°N, 118.5°E)	1 个: (31°N, 113°E)	
05 时	3 个: (34°N, 113°E), (34°N, 116°E), (30°N, 120°E)	2 个: (31°N, 114°E), (30°N, 114°E)	
06 时	2 个: (34.5°N, 118°E), (30°N, 122°E)	4 个: (34°N, 114.5°E), (34°N, 116°E), (31.5°N, 119°E), (29.5°N, 119.5°E)	2 个: (31.5°N, 115°E), (30°N, 115°E)

渐东移入海。

以上事实表明,  $\beta$  中尺度对流系统造成了 6 月 29 日从淮河上游延伸到淮河下游中心雨量高达 200 mm 以上的暴雨带。同时逐时的云图表明,  $\beta$  中尺度对流系统基本上是从西南向东北移动发展影响淮河中、上游的, 这与天气形势分析相对应。

在第二个降水时段从淮河下游延伸到长江中、

上游的东北—西南向的锋面云带中也存在中尺度对流系统活动。以图 5a、b、c 所给的 7 月 1 日 15、16、18 时云顶亮温分布图为例, 可以看到在淮河流域有多个大小不等的中尺度对流系统。其中淮河中游的 2 个对流系统, 在短短的 2、3 h 内就由 15 时  $\gamma$  中尺度(图 5a 中 A 和 B) 的对流单体发展成 18 时  $\beta$  中(图 5c 中 A) 和  $\alpha$  中尺度的对流系统(图 5c 中 B)。

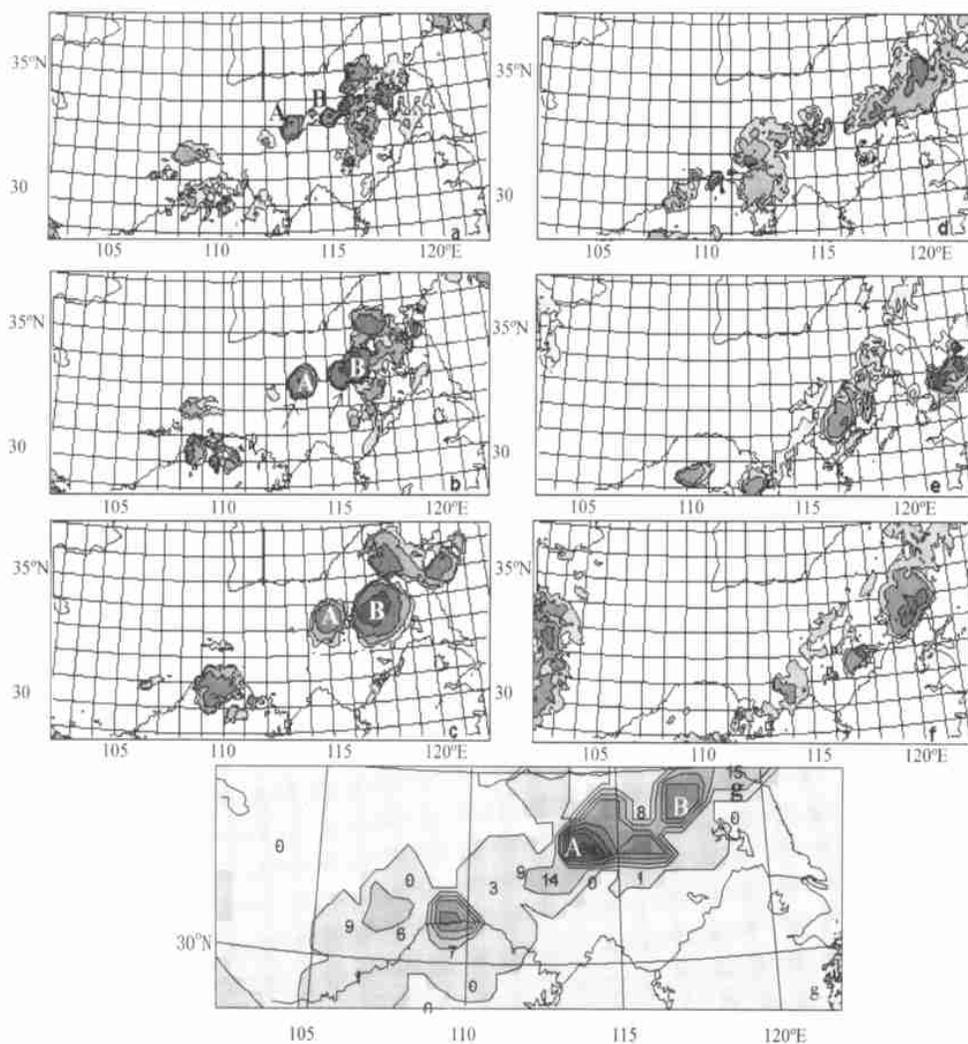


图 5 1998 年 7 月 1 日(a) 15 时、(b) 16 时、(c) 18 时和 2 日(d) 01 时、(e) 15 时和(f) 23 时云顶亮温分布(TBB $\leq$ -32℃的等值线, 间隔 10℃)和(g) 1 日 12~18 时 6 h 测站降水量(mm)及其等值线(间距 10 mm)

它们的形状接近圆形,直径分别达到近 200 和 300 km,而且具有典型的夜发性,即在午夜以后发生发展。

7月1日 18时 6h雨量图上(图 5g)东北—西南向的锋面雨带中两个分别位于(33°N, 114°E)和(34°N, 117°E)的超过 40 mm 的强降雨区就是由它们产生的。从图 5d, e, f 所给出的 7月2日 01, 15 和 23 时的云图可见,从淮河下游到长江中、上游为明显的东北—西南向的准静止的锋面云带,其中有多个  $\beta$  中尺度对流系统,在 23 时在淮河下游有一个  $\alpha$  中尺度对流系统(图 5f 中 C)。从逐时的云图上看,云系是从华北地区伴随锋面逐渐向东南移动,到淮河流域开始发展成为锋面云带,并一直维持到 7月3日才移出江淮流域。

以上分析可以看到,在大尺度的锋面降水环境

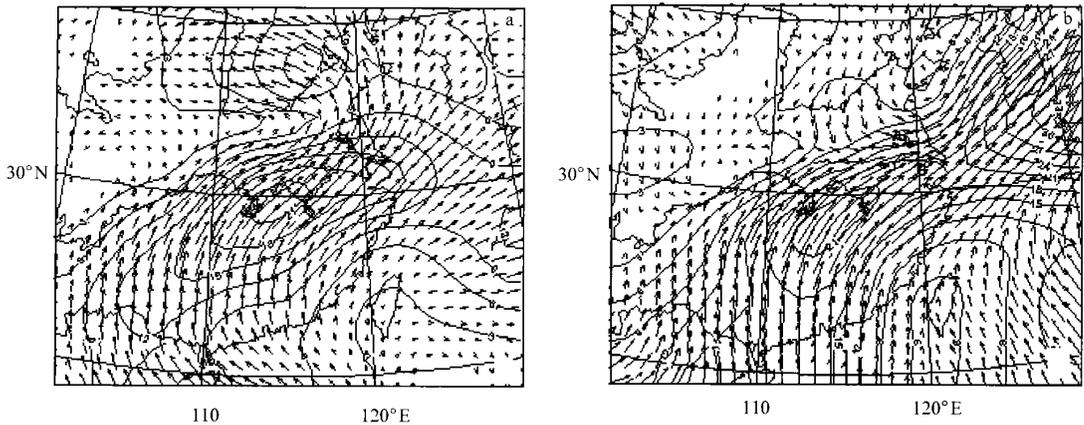


图 6 850 hPa 的水汽通量矢量及等值线  
(a. 6月29日 12时, b. 7月2日 00时)

为了确切分析 48 h 内两次暴雨的水汽源地,利用五维可视化软件<sup>[9]</sup>绘制了 6月底和 7月初的到达淮河流域对流层中、下层的 48 h 气块的三维轨迹(图 7 和图 8 见封底),用来分析这两次暴雨过程的水汽来源。图中分别给出了用 5 cm/s 的上升速度三维等值面所代表的立体表示强降水云区,它位于淮河流域的上空。与降水相联系的水平流场和垂直流场分别用 850 hPa 的风矢量场和 200 hPa 的流线,及两个穿过降水区的垂直剖面上的流线和三维风矢量来表示。图中带状曲线所给出的三维轨迹展示出 6月29日 12时到达暴雨区上空 500 hPa 的水汽来自南海北部,7月2日 12时暴雨区上空 925, 850, 700 和 500 hPa 各个高度的水汽也都来自南海

下,镶嵌在大尺度的锋面云系中的中尺度对流云系造成局地的暴雨,这个时段的降水是一次大中尺度系统相互作用的结果。中尺度对流云系的发展与强盛的水汽的及时供给是分不开的,下面给出这两个时段的云系发展的水汽条件和水源的来向的分析。

#### 4 水汽条件和水汽源地

从 850 hPa 的水汽通量矢量场(图 6a, b)可以看到两次降水的水汽均来自江淮南部的暖湿气流。6月29日水汽基本来源于中国南海,而 7月1日水汽主要来自中国南海,有部分水汽来自中南半岛,更远的源地可能是孟加拉湾。从逐层的水汽通量场分析,大于  $18 \text{ g}/(\text{s} \cdot \text{hPa} \cdot \text{cm})$  的水汽通量均在 700 hPa 以下。这说明大量的水汽是被低层长江中游很强的西南风低空急流(最大风速达  $18 \text{ m/s}$ )夹带。

北部。这些轨迹都是从南海北部转向西北方向进入华南西部,然后转向东北方向移动到淮河流域。反气旋式弯曲的轨迹显示出水汽是沿西太平洋副热带高压脊线的西南侧北上进入华南,然后被副高西北侧的低空西南急流输送到淮河流域。

#### 5 结论

1998 年淮河流域能量和水循环试验中 6月底和 7月初的两次暴雨过程是不同的天气系统过程,但具有相同水汽来源。

(1) 通过对天气形势和中尺度对流云系分析,6月底的暴雨是一次东移的西南低涡引发的暖性切变线降水, $\beta$  中尺度对流系统起主要作用;7月初的暴

雨过程是一次锋面降水, 锋面上有中尺度的云团活动, 暴雨是一次大中尺度系统相互作用的结果。

(2) 对到达淮河流域对流层中、下层的气块的 48 h 三维轨迹和 850 hPa 的水汽通量场的分析表明, 两场特大暴雨的水汽的主要源地为中国南海北部地区, 水汽以反气旋式轨迹到达淮河流域。强度

达到 18~ 22 m/s 的西南低空急流是水汽的输送带。

分析表明, 这两次暴雨过程无论在不同尺度系统的相互作用方面还是在产生暴雨的水汽来源方面都具有较好的典型性, 因此就此个例进行数值模拟研究, 特别是下垫面和边界层物理过程的模拟试验, 将有助于深入认识淮河流域的能量和水循环。

## 参考文献

- 1 陶诗言等. 中国之暴雨. 北京: 科学出版社, 1980. 225pp
- 2 斯公望. 暴雨和强对流系统. 北京: 气象出版社, 1990. 350pp
- 3 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. 255pp
- 4 国家气象中心, 国家卫星气象中心. 98 中国大洪水与天气预报. 北京: 气象出版社, 1999. 382pp
- 5 李曾中等. 1991 年江淮暴雨与越赤道气流关系初步分析. 气象学报, 2000, 58(5): 628~ 636
- 6 王立琨等. 98 华南暴雨试验过程的环境场和云团特征的初步分析. 气象学报, 2001, 59(1): 115~ 119
- 7 郑新江等. 1998 年 7 月 21~ 22 日特大暴雨过程的  $\beta$  中尺度云团特征. 气象学报, 2001, 59(5): 625~ 631
- 8 于仁成, 阎丽凤. 从一次大暴雨过程看大中尺度间的相互作用. 大气科学, 1999, 23(4): 504~ 512
- 9 王洪庆, 张焱, 陶祖钰等. 三维大型复杂数据集计算机可视化. 自然科学进展, 1998, 8(6): 742~ 748

## ANALYSES OF HEAVY RAIN IN HUAIHE RIVER BASIN DURING 28 JUNE—2 JULY, 1998

Liu Shuyuan Zheng Yongguang Wang Hongqing Wu Qingli

(National Laboratory for Severe Storm Research, Department of Atmospheric Sciences,  
Peking University, Beijing 100871)

### Abstract

The features of cloud system and vapor sources of two heavy rain cases on 28—29 June 1998 and 1—2 July 1998 during the GAME/HUBEX Experiment were analyzed and compared by the satellite infrared images and the diagnostic technique. The results showed that: (1) The precipitation at the end of June is produced by the meso- $\beta$ -scale convective system, which was triggered by a warm shear associated with southwest vortex. The precipitation at the beginning of July was associated with the interaction between a cold front moved slowly and some MCSs embedded in this cold front. (2) The vapor sources of these two cases both were the north of the South China Sea, and the strong southwest low-level jet (about 18—22 m/s) was the conveyor belt of moisture.

**Key words:** Mesoscale, Cloud system, Vapor, Heavy rain.

刘淑媛等：1998年6月28日~7月2日  
淮河流域暴雨分析

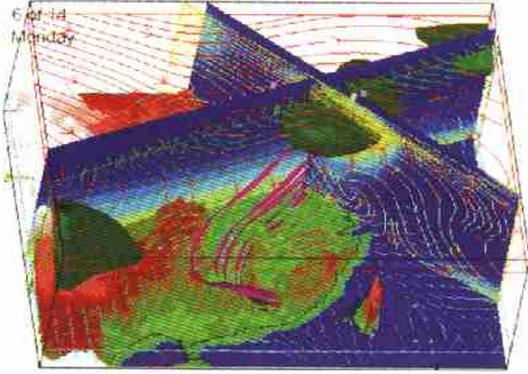


图7 6月29日12时到达淮河流域的三维轨迹和与其相联系的水平和垂直流场

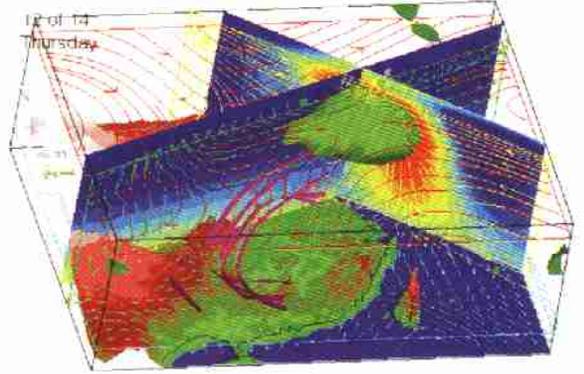


图8 7月2日12时到达淮河流域的三维轨迹和与其相联系的水平和垂直流场

气象学报

Qixiang Xuebao

双月刊 (1925年创刊)

2002年

第60卷

第6期

---

主办单位 中国气象学会

出版单位 《气象学报》期刊社

(北京市中关村南大街46号)

主 编 刘宗秀

发行范围 公开发行

承 制 北京图腾博文印刷技术有限公司

国内总发行 北京市邮政局

国内订购处 全国各地邮电局

国外总发行 中国国际图书贸易公司

(北京399信箱)

2002年10月出版

国际刊号: ISSN0577- 6619

---

国内代号: 2- 368

国内统一刊号: CN11- 2006/P

国外代号: BM 329

定价: 20.00元