

# 1991年梅雨期中冷空气活动的个例分析

黄伟 陶祖钰

(北京大学地球物理系, 北京 100871)

## 提 要

通过对1991年7月4—6日江淮地区大暴雨过程中冷空气的轨迹分析表明, 来自西北方向的冷空气造成了冷暖空气在长江流域的对峙和高原东侧50hPa槽的发展, 后者又进而促使了梅雨锋上的气旋发展。

关键词: 梅雨; 冷空气; 轨迹。

## 一、引 言

梅雨是初夏冷暖空气在长江中下游交绥产生的大范围持续性强降水。先辈气象学家涂长望、顾震潮等早已指出冷空气对降水的重要作用<sup>[1]</sup>。对于梅雨期冷空气的来源和性质有两种不同的观点。一种认为它是来自西太平洋的变性极地海洋气团<sup>[2, 3]</sup>。另一种认为它是变性极地大陆气团<sup>[1, 4]</sup>, 它来源于西西伯利亚, 经新疆、河西走廊到达华中或从贝加尔湖南下<sup>[5-8]</sup>。对于后一种认识, 陶诗言已总结在《中国之暴雨》一书中<sup>[9]</sup>。其中巴尔喀什湖附近的冷空气活动已成为不少气象台预报梅雨期暴雨的预报指标<sup>[10-12]</sup>。

但是, 以往梅雨期的冷空气活动都是以天气系统或24小时变温, 变压来表征的, 并未给出冷空气活动的直接例证。本文的目的是利用近年来广泛使用的客观分析方法, 通过计算冷空气的运动轨迹, 给出与梅雨期暴雨有关的冷空气路径的直接例证, 并简要讨论其与梅雨气旋发展的关系。

## 二、个例概况

本文选取1991年梅雨期中一次冷空气活动较明显的7月4—6日大暴雨过程, 作为分析对象, 从图1所给的海平面气压形势的演变可见, 这次大暴雨的产生是与西南低涡的形成和冷空气进入低涡后发展成江淮气旋相联系。高压脊的南伸和最后在河套形成一个闭合高压表明此次过程中的冷空气来自新疆并经河西走廊南下。

上述过程在700hPa等压面上也表现得很清楚(见图2)。4日08时的等温线清楚地展示出西北地区有一条冷锋, 并伴随一片冷平流区, 其中心强度为 $-5 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$ 。4日20时该处冷平流的强度曾达到 $-11 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$ 。5日和6日08时的等温线和冷平流分布表明, 原在新疆的冷空气中分裂出一股沿河西走廊东移南下, 6日08时在山西

到四川东部形成一个与北支锋区相脱离的东北-西南向的冷槽。西北冷空气南下时的分支现象在我国夏季降水过程中是常见的<sup>[5]</sup>。

500hPa 形势的演变表明,这次过程中西南低涡和江淮气旋的发展是和高原东侧槽的建立有关。从图 3 可见,4 日 20 时高原东侧的槽很不明显,低槽区中的正涡度只有 5

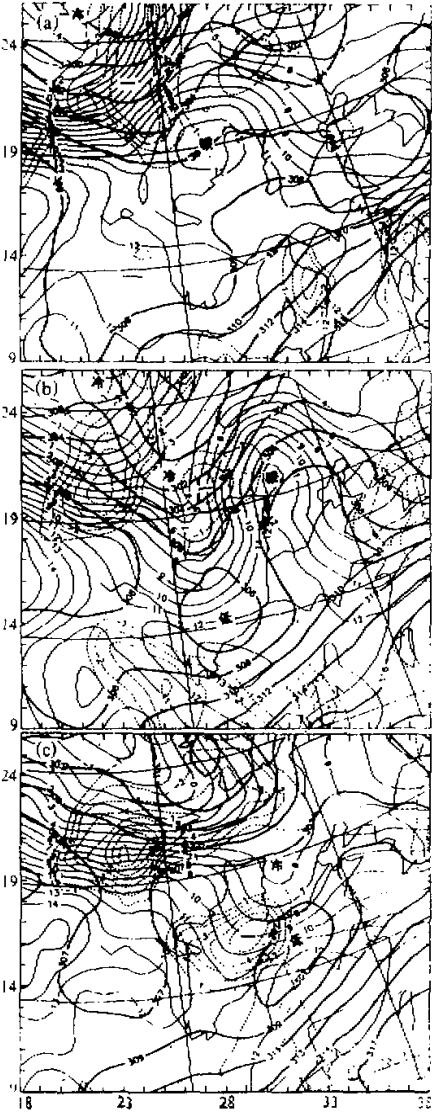


图 1 1991 年 7 月 4—6 日海平面气压场  
等压线间隔为 1hPa (a) 4 日 08 时;  
(b) 5 日 08 时; (c) 6 日 08 时

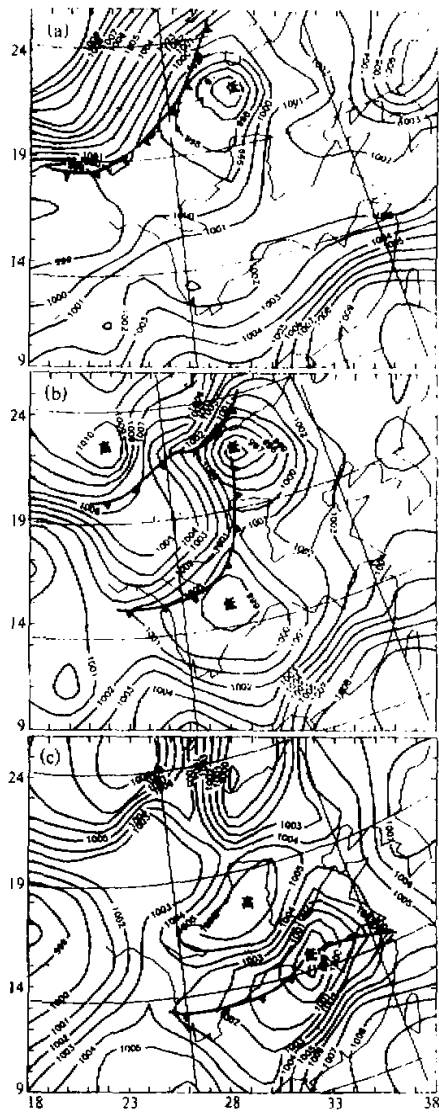


图 2 1991 年 7 月 4—6 日 700hPa 等压面形势  
(a) 4 日 08 时; (b) 5 日 08 时; (c) 6 日 08 时  
粗实线为等高线, 间隔为 2 位势什米; 细实线为等温线;  
间隔为 1°C; 虚线为冷平流区, 间隔为  $10 \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}$

$-10 \times 10^{-6} / \text{s}$ 。但随着低层冷空气沿河西走廊南下, 高原东侧槽迅速加强, 槽区的相对涡度增大到  $20 \times 10^{-6} / \text{s}$  以上。与此同时, 槽前有一片相当强的正涡度平流区。5 日 20 时和 6 日 08 时高原东侧槽区的相对涡度和其伴随的正涡度平流的强度曾分别达到  $30 \times 10^{-6} / \text{s}$  和  $60 \times 10^{-11} / \text{s}^2$ , 从而导致了低层西南低涡和江淮气旋的发展。

如果将准地转位势倾向方程中的  $\nabla^2 \varphi$  和  $\partial \varphi / \partial p$  还原成地转涡度和温度, 即改写成如下形式:

$$f_0 \frac{\partial \zeta_g}{\partial t} - \frac{f_0^2 R}{\sigma p} \frac{\partial}{\partial p} \left( \frac{\partial T}{\partial t} \right) = -f_0 \bar{V}_g \cdot \nabla (\zeta_g + f) - \frac{f_0^2 R}{\sigma p} \frac{\partial}{\partial p} (-\bar{V}_g \cdot \nabla T).$$

不难看出, 低空的冷平流将导致高层涡度增大。由此可见, 梅雨期的冷空气活动不仅造成了冷暖空气在长江流域对峙, 而且也是造成高原东侧槽发展的重要原因。而后者所伴随的正涡度平流是引起低层西南低涡和江淮气旋发展的重要条件<sup>[13]</sup>。因此, 进一步确认梅雨期中的冷空气来源及其路径是有必要的。

### 三、冷空气的三维运动轨迹

为了找出到达 6 日 08 时 500hPa 高原东侧槽后的冷空气的源地, 我们计算了 6 日 08 时位于  $110-113^\circ\text{E}$ ,  $36-40^\circ\text{N}$  间 7 个气块 ( $x=30$ ,  $y=18-21$ ) 在过去 48 小时内的三维运动轨迹。计算中使用了 4 日 08 时到 6 日 08 时 5 个时次的各标准等压面的  $u$ ,  $v$ ,  $\omega$  的  $41 \times 31$  网格点资料 (格距为 200km, 中心格点的经纬度为  $90^\circ\text{E}$  和  $35^\circ\text{N}$ )。每隔 1 小时计算一个气块位置。各时刻气块的三维速度分别由  $u$ ,  $v$ ,  $\omega$  的格点资料经空间和时间线性差值确定, 具体计算方法请参阅文献[14]。

从图 4 所给的 7 条轨迹的水平投影可见, 与大暴雨过程相联系的中层冷空气来自 4 日 08 时巴尔喀什湖东侧的冷槽。此结果验证了在本文引言中所指出的, 梅雨期中的大暴雨与来自西北的冷空气有关, 以及巴尔喀什湖附近的冷槽作为 48 小时前预报梅雨期暴雨的关键系统之一是有科学依据的。

在图 2a 中我们已看到, 4 日 08 时 700hPa 北支锋区上有一片强冷平流区位于新疆东部和河西走廊的西端。为了考察该处的冷平流是否与江淮暴雨有关, 我们在 4 日 08

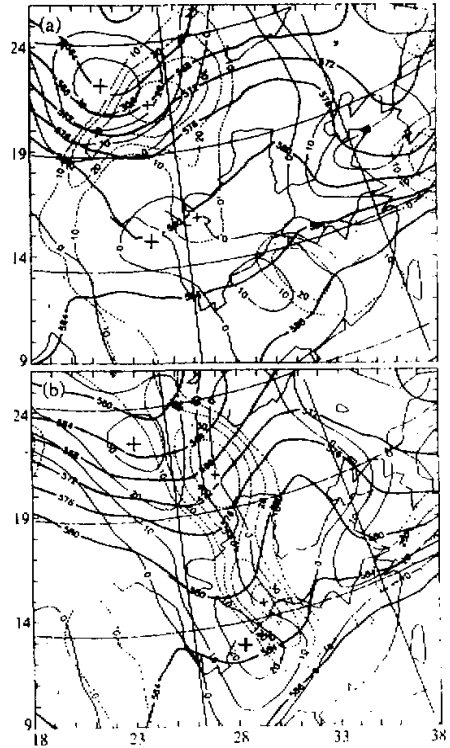


图 3. 1991 年 7 月 4 日 20 时—5 日 08 时的 500hPa 高原及涡度场

粗实线为等高线; 间隔为 4 位势什米;  
细实线为等涡度线, 间隔为  $10 \times 10^{-6} / \text{s}$ ;  
虚线为正涡度平流区, 间隔为  $10 \times 10^{-6} / \text{s}^2$

时的 700hPa 上选取了  $95^{\circ}\text{E}$  附近  $42^{\circ}\text{--}44^{\circ}\text{N}$  间 15 个点 ( $x=23$ ,  $y=19\text{--}20$ ), 计算其在未来 48 小时内的轨迹。从图 5 所给的轨迹可见, 它们在 6 日 08 时到达山西的西部到四川北部。15 条轨迹的终点呈东北西南走向, 与图中同时给出的 6 日 08 时 700hPa 等温线所展示的冷槽的槽线非常接近。15 条轨迹也展示出低层冷空气南下时的扇形铺开。它与 Palmen 用等熵面法得到的冬季冷空气爆发时的轨迹特征非常相似。

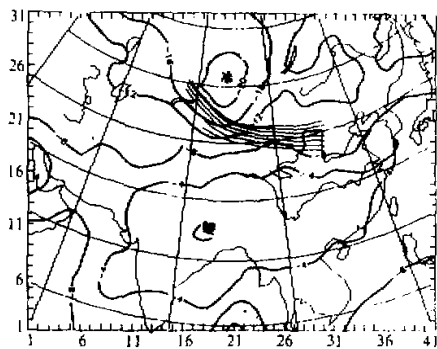


图 4 到达 6 日 08 时 500hPa 南支槽后冷空气过去 48 小时轨迹的水平投影和 4 日 08 时 500hPa 等温线 (粗实线, 间隔为  $4^{\circ}\text{C}$ )

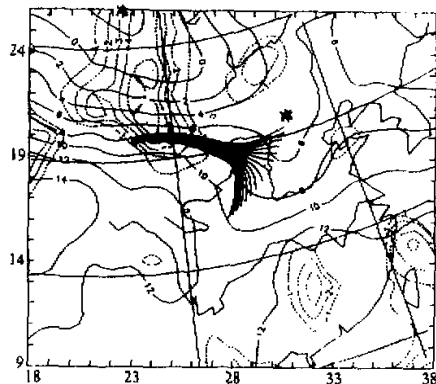


图 5 4 日 08 时北支锋区冷平流处 700hPa 气块在未来 48 小时内的轨迹水平投影  
图中附有 700hPa 4 日 08 时的冷平流区和 6 日 08 时的等温线

为了能更清楚地看出低层冷空气的三维运动, 图 6 给出了这 15 条轨迹所构成的空间曲面。从图可见, 它们在 48 小时内并非都是下沉的。大约在 18 到 30 小时这段时间内是上升的, 它不同于 Palmen<sup>[15]</sup>所给的冬季冷空气爆发的轨迹。这可能与梅雨锋北侧的冷空气是由北支锋区中分裂出来的有关。在最初的 18 小时内, 冷空气位于北支锋区后方时为较强的下沉运动。18 小时后, 当它从北支锋区中脱离出后转为上升运动。随着 5 日到 6 日梅雨锋上气旋的发展, 梅雨锋后的冷空气又转为下沉运动。

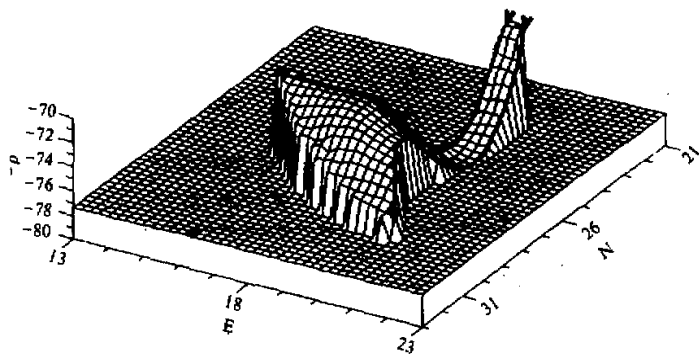


图 6 图 5 中 15 条轨迹构成的轨迹曲面三维图象  
图中纵坐标为  $p$ , 单位为 dPa

## 四、总 结

通过对 1991 年 7 月 4—6 日江淮大暴雨期冷空气活动的个例分析, 可归纳出以下两点:

(1) 来自西北的冷空气是造成江淮梅雨的一个重要侧面, 它不仅与冷暖空气在长江流域的对峙有关, 而且也与高原东侧低槽的发展有关。而槽前的正涡度平流是引起西南低涡和江淮气旋发展的动力学条件之一。

(2) 在江淮地区暴雨的 48 小时预报中要注意 500hPa 位于巴尔喀什湖附近的冷槽和 700hPa 位于新疆东部和河西走廊西端北支锋区上的强冷平流。

## 参 考 文 献

- [1] 高由禧, 1952, 1946 年长江流域的梅雨, 气象学报, 23, 61—84.
- [2] 张丙辰, 1949, 中国气团之交接与中国天气, 竺可桢六旬寿辰纪念专刊, 国立中央研究院气象研究所, 32—38.
- [3] 斯公望, 1989, 论东亚梅雨锋的大尺度环流及其天气尺度扰动, 气象学报, 47, 312—323.
- [4] 杨鉴初, 1949, 三十六年夏季国内水旱区之雨量分析, 竺可桢六旬寿辰纪念专刊, 国立中央研究院气象研究所, 65—68.
- [5] 谢义炳, 1956, 中国夏半年几种降水天气系统的分析研究, 气象学报, 27, 1—23.
- [6] 谢义炳, 1957, 盛夏亚洲及西太平洋大型天气与中国降水, 中央气象局气象论文集, 第 3 号.
- [7] 陈汉耀, 1957, 1954 年长江淮河流域洪水时期的环流特征, 气象学报, 28, 1—12.
- [8] 邹 浩, 1964, 长江中下游梅雨期 500mb 环流的分析, 气象学报, 34, 174—184.
- [9] 陶诗言, 1980, 中国之暴雨, 科学出版社, 39—40.
- [10] 武汉中心气象台, 1976, 湖北省初夏暴雨, 南方暴雨冰雹预报经验选编, 中央气象局, 89—95.
- [11] 安徽省气象台, 1976, 我省中期暴雨预报的初步探讨, 南方暴雨冰雹预报经验选编, 中央气象局, 119—122.
- [12] 江西省气象台, 1976, 江西省连续性暴雨形成条件与预报的初步分析, 南方暴雨冰雹预报经验选编, 中央气象局, 103—107.
- [13] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 1981, 天气学原理和方法, 气象出版社, 92—94.
- [14] 陶祖钰, 谢 安, 1989, 天气过程诊断分析原理和实践, 北京大学出版社.
- [15] Palmen, E. and C. W. Newton, 1951, On the three dimensional motions in an outbreak of polar air, *J. Meteor.*, 8, 25—29.

## A Case Study of Cold Air Activity during Meiyu Period in July of 1991

Huang Wei and Tao Zuyu

(Department of Geophysics, Peking University, Beijing 100871)

### Abstract

The trajectories of cold air in heavy rainfall period of Jiang-Huai district July 4—6, 1991 show the cold air, which confront with the warm moist air in the Yangtze River basin, came from the Northwest. The formation of 500 hPa trough on the set of Tibet Plateau, which cause the cyclone to develop in the Meiyu front, is related to the cold air activity.

**Key words:** Meiyu; cold air; trajectory.