

# 一次大暴雨天气过程的能量分析

杨晓霞 刘厚赞 张国平

(山东省气象台, 济南 250031)

## 提 要

利用数值预报产品及能量方法分析了1995年8月21—23日鲁南和山东半岛地区大暴雨天气过程。结果表明:暴雨产生在低层高能舌、准饱和及对流不稳定的区域;500hPa正涡度舌与850hPa暖切变及地面气旋中心相配合,产生较强的上升运动,触发对流不稳定能量释放,产生大暴雨。暴雨区的水汽来源于偏南气流的输送;鲁南暴雨区的水汽来源于西南气流,而半岛地区的水汽来源于东南沿海。

**关键词:** 湿静力能量 涡度 垂直运动 大暴雨

## 概 述

1995年8月21日夜间至23日凌晨,受黄淮气旋影响,鲁南和山东半岛地区先后出现了大暴雨天气。共有45个测站雨量在50mm以上,其中鲁南地区有5站雨量大于100mm,临沭雨量达147.4mm,半岛地区有3站雨量大于100mm,海阳雨量为148.8mm。在暴雨区,房屋、道路和农田严重受淹,农作物受灾面积 $6.7 \times 10^4$ ha,直接经济损失7千万元以上。

## 2 水汽输送

产生暴雨的首要条件是要有充足的水汽供应。分析北京T63数值预报传真图中的水汽通量24小时预报场可以看出,暴雨产生前,21日20时,850—700hPa上,四川盆地有一水汽通量中心,其值随高度减弱,850hPa上中心值为 $211 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ,水汽沿西南气流向东北方向输送。700hPa上表现最明显,水汽通量舌从西南伸向黄淮地区(图1),22日20时,西南方向的水汽输送被低涡后部的西北气流截断,在黄海又形成了水汽通量中心,水汽通量舌直伸到山东半岛(图略)。这说明,鲁南地区的暴雨

水汽来自于西南气流的输送,而半岛地区的水汽来源于东南沿海。日本数值预报传真图FXFE572,22日08时,700hPa上的 $t-t_d < 3 \text{ C}$ 的湿区从西南直伸到黄河下游地区(图2),22日20时,湿区东移到半岛。说明暴雨区已有充足的水汽。

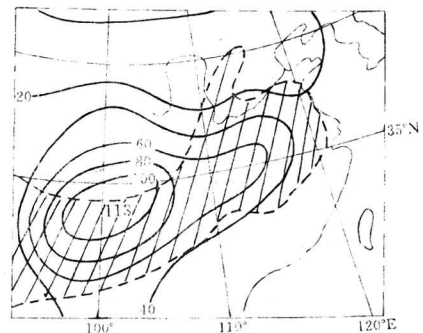


图1 21日20时北京T63数值预报图中的700hPa水汽通量24小时预报值(实线,单位为 $\text{g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ )  
阴影部分为22日08时日本数值预报图FXFE572中700hPa上 $t-t_d < 3 \text{ C}$ 的区域

## 3 湿静力能量分析

大气中的湿静力能是显热能、位能和潜热能之和,用湿静力温度表示为:

$$T_\sigma = t + gz/C_p + Lq/C_p \quad (1)$$

饱和能差用湿静力能温度表示为:

$$T_s^* - T_s = L(q_s - q)/C_p \quad (2)$$

它表示饱和湿静力温度( $T_s^*$ )和实际湿静力温度( $T_s$ )之差。饱和能差是降水的基本条件。因为降水不仅要求湿度大,还要求饱和能差要小。

大气中的对流稳定度用 $\partial\theta_{se}/\partial z$ 表示, $\partial\theta_{se}/\partial z < 0$ 表示大气对流不稳定,大气中有对流不稳定能量储存。

分析大气中的湿静力能温度发现:低层925hPa上的高能舌与暴雨区对应关系较好。21日20时 $T_s > 60$  C的高能舌位于35°N以南,在高压舌的西北部,有对流云团发展(图略)。22日02时,在对流云团活动的地区,气旋生成,气旋生成后沿高能舌外围移动,影响鲁西南地区,产生暴雨。22日08时, $T_s > 60$  C的高能舌北伸到35°N以北的鲁南地区(图2),在高压舌区,22日06—12时,鲁南地区产生大暴雨天气,临沭6小时雨量达147.4mm。22日20时,高能舌东移到青岛(图略),22日夜间,青岛以北的地区出现大暴雨,海阳雨量达148.8mm。23日08时,高能舌移出山东,暴雨天气结束。

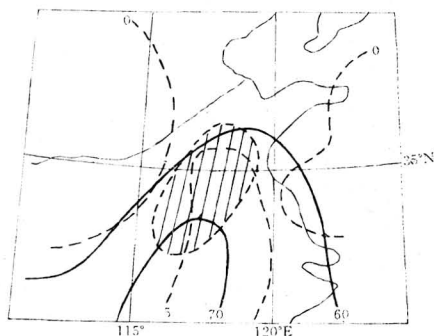


图2 22日08时,925hPa湿静力能(实线)及 $\Delta\theta_{se}(700-850)$ (虚线,单位C)阴影部分为饱和能差 $< 3$  C的区域

分析850hPa饱和能差发现:21日20时, $T_s^* - T_s < 3$  C的准饱和区位于郑州以南地区(图略),22日08时,准饱和区移到鲁南(图2),22日20时,东移到鲁东南和半岛地

区(图略)。在准饱和区中有大暴雨天气产生。半岛东部成山头的饱和能差为10.6 C,在这次过程中,虽然半岛东部也受气旋影响,但威海市的雨量都在50mm以下。这说明大气要达到一定的饱和度才能产生暴雨。

分析925—300hPa各标准等压面间的对流不稳定度发现:中低层700—850hPa中的对流不稳定与暴雨对应关系较好。在700—850hPa之间,21日20时,115°E以东35°N附近为对流不稳定区,不稳定中心在徐州,中心值为-8 C。22日08时,对流不稳定区少动,徐州中心值减弱为-6.2 C(图2)。22日20时,不稳定区东移到沿海和半岛地区,中心在射阳,中心值为-6.1 C(图略),在对流不稳定中心有对流云团生成和发展,并随气旋北移,在对流不稳定区产生暴雨或大暴雨。半岛东部成山头附近为稳定区,对流云团在此区减弱,降水量较小。

#### 4 动力条件分析

欲产生暴雨,除具备水汽和不稳定能量条件外,还需具备动力触发系统。由分析环流形势和影响系统可知(图略),暴雨产生在500hPa西南急流的左后方、850hPa暖切变和地面气旋中心相配合的区域。分析日本和北京数值预报传真图可以看出,21日08时,在河套地区的500hPa正涡度中心和700hPa上升运动中心,21日20时东移到河套以东地区,在正涡度中心的下游,鲁南地区为-49 hPa·h<sup>-1</sup>的强上升运动区(图略)。21日夜间在强上升运动区产生暴雨。22日08时(图略),500hPa正涡度中心位置少动,中心值增强到+71×10<sup>-6</sup>·s<sup>-1</sup>,正涡度舌从涡度中心伸向鲁南。700hPa上,鲁南地区有-10hPa·h<sup>-1</sup>的上升运动中心。正涡度舌区和上升运动中心正好与850hPa暖切变、地面气旋中心相对应(图略)。在此区域有大暴雨产生。

22日20时,500hPa正涡度中心移到济南,上升运动中心、正涡度舌及850hPa暖切变和地面气旋都移到半岛地区(图略)。22日

夜间,半岛地区产生大暴雨天气。23日08时,500hPa正涡度中心已移到渤海上空,700hPa上升运动中心移出山东,山东的暴雨天气结束。

由以上分析可知,500hPa正涡度中心前部舌区与低层850hPa暖切变及地面气旋中心相叠置,产生较强的上升运动,触发对流不稳定能量释放,产生大暴雨。

## 5 结 论

### 5.1 大暴雨产生在低层925hPa湿静力温

度 $T_e > 60\text{C}$ 的高能舌区、850hPa饱和能差 $T_e^* - T_e < 3\text{C}$ 的准饱和区和700—850hPa对流不稳定相重合的区域。

5.2 500hPa西南风急流左后方、正涡度舌区与850hPa暖切变及地面气旋中心相叠置产生较强的上升运动。激发对流不稳定能量释放,产生大暴雨。

5.3 鲁南暴雨区的水汽由西南气流输送,而半岛地区的水气来源于东南沿海。

## Analysis of Energy for a Torrential Rain Process

Yang Xiaoxia Liu Houzan Zhang Guoping Hua Yan

(Meteorological Observatory of Shandong Province, Jinan 250031)

### Abstract

By use of numerical weather prediction products and the analysis method of energy, the process of a torrential rain during August 21—23, 1995 over Southern Shandong and Shandong Peninsula is analyzed. It is shown that heavy rain is located in the area with high energy tongue at low levels, quasi-saturation and convective instability. Due to association of the positive vorticity on 500hPa with the warm shear of wind on 850hPa and cyclone center on ground, a stronger ascending motion triggers off convective instability energy a torrential rain is then produced. The moisture in the heavy rain area is from southwesterly current and the moisture in the Shandong Peninsula is from southeast.

**Key Words:** moist static energy vorticity vertical motion torrential rain