

“96·8”特大暴雨中低层流场的滤波分析

连志鸾 王春彦 王丽荣

(河北省石家庄市气象局, 050081)

提 要

1996年8月特大暴雨过程中T63模式资料的低层流场进行滤波分析发现:在台风低压的东北象限有一条东北~西南向的辐合线,它的出现是台风低压北上过程中与西风带高压交绥,并相互作用的结果,其生命史与暴雨发生时段相当吻合,是造成“96·8”暴雨的中尺度系统之一;该辐合线具有东风波的某些结构特征,暴雨区出现于它的东南一侧。

关键词:特大暴雨 低层流场 滤波 中尺度 辐合线

引 言

1996年8月3~5日受减弱的9608号登陆台风低压影响,河北境内出现了特大暴雨过程(简称“96·8”特大暴雨),造成了严重的洪涝灾害和数百亿元的经济损失,石家庄西部的太行山山前丘陵地带是这次特大暴雨的中心,南西焦(水文站)过程雨量最大值达565.3mm,雨峰最大值达 $85\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ (微水,水文站)。针对这次过程中降雨强度大,范围集中的特点,本文应用稠密气象台站和石家庄水文、雨量站的逐时雨情资料,以及T63和HLAFS模式资料,通过对低层流场的滤波分析,讨论造成这次特大暴雨的中尺度系统,同时结合某些物理量场的诊断分析,进一步探求这次特大暴雨的形成机制。

1 雨团分析

将空间尺度50~400km,维持时间 $\geq 2\text{h}$,1小时雨量 $\geq 10\text{mm}$ 的等雨量线所包围的区域定义为雨团;而且该区域(雨团)中至少有3个站雨量 $\geq 10\text{mm}$,或1站雨量 $\geq 30\text{mm}$ 。这样根据8月3日1时至5日20时(北京时,下同)的逐时雨量分析,发现主要有3个中尺度雨团在河北中南部活动,对雨团位置、强度逐时跟踪可以看出雨团的时空变

化有如下特点。

(1)太行山东侧迎风坡及山前丘陵地带是雨团发展的源地:原生成于新乡附近的雨团(简称1号雨团)北上到达该地带后明显发展,特别是到达石家庄西部山前丘陵后雨强猛增,4日17~18时微水雨峰最大值达 $85.0\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

(2)雨团形成以后移动缓慢,特别是到石家庄、邢台西部后原地徘徊,呈准静止状态,1号雨团在此徘徊达14h(4日6~20时)^[1]。分析表明地形对这次特大暴雨起了重要作用。一方面是石家庄、邢台、邯郸西部沿太行山的南段是坡度较陡的迎风坡,北段(石家庄西、北部)多为面向东或东北开口的喇叭口地形,而当时地面盛行的东北风与地形正交,因此有利于气流抬升,造成强对流云团生成、发展,使降雨增幅;另一方面,复杂的地形使气流在此折向,不利于雨团的移动,因此造成雨团在此不断生成、发展、“打转”。

(3)雨团随时间的变化表现为:雨团强度随时间变化有起伏性,早晨以及午后~傍晚是雨团加强的主要时段。1号雨团1小时雨量的最大雨峰出现在4日17~18时,中心强度 $85\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ (微水),2小时雨量的两个

雨峰分别出现在4日7~9时和13~15时,雨峰中心强度分别为104.9mm(西王里水文站)和147.4mm(平山)。值得一提的是,午后~傍晚的2小时雨量的雨峰中心附近还有两个次大值为132.3mm(获鹿4日13~15时)和137mm(微水4日17~19时),由此看出4日午后~傍晚是1号雨团发展最强盛的时段,石家庄西部的特大暴雨主要出现在此时。

2 滤波技术

这次特大暴雨过程中,在9608号台风低压北部的暖湿气流里不断有东风扰动随台风倒槽自东南向西北方向传播,这在低层的流场图上看的较清楚。因此我们用T63客观分析场的格点资料,对3~5日逐时次850hPa流场进行滤波,选取资料的范围是18.75~50.625°N,99.375~131.25°E。由于T63资料的网格距较大(1.875°×1.875°),我们首先对风场的 u 、 v 分量分别进行插值,插值后的网格距为0.9375°×0.9375°;然后对插值后的 u 、 v 分量场分别进行9点平滑滤波,其滤波算子为:

$$\bar{f}_{i,j} = f_{i,j} - \frac{S}{2}(1-S)\nabla^2 f_{i,j} + \frac{S^2}{4}(f_{i-1,j-1} + f_{i-1,j+1} + f_{i+1,j+1} + f_{i+1,j-1} - 4f_{i,j})$$

其中, S 为平滑系数,先后设 $S=0.5$ 和 $S=-0.1$,经过两次平滑之后得到 u 、 v 场的平滑场,这时响应函数为:

$$R = \prod_{m=1}^2 [1 - 2S_m \sin^2(\pi \cdot \Delta x / L_x)] \cdot \prod_{m=1}^2 [1 - 2S_m \sin^2(\pi \cdot \Delta y / L_y)]$$

式中, L_x 、 L_y 分别为X、Y方向的波长, Δx 、 Δy 分别为X、Y方向的格距。平滑场中主要保留5倍以上格距的波(较大尺度波),然后用总场减去平滑场,得到高频波(中尺度波),滤去了低频波。滤波后的流场中主要保留了2~5倍格距的波,经过用响应函数计算,大于5倍格距的波被衰减60%以上(图1),即滤波后流场中主要是200~500km的波。

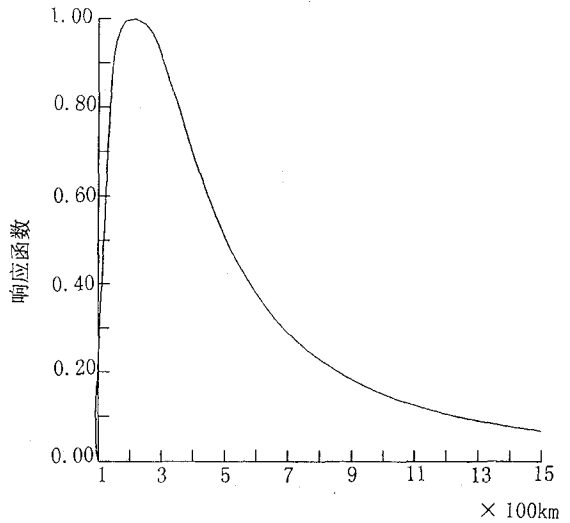


图1 滤波响应曲线

3 中尺度辐合线

滤波后的流场图上可以看到,在9608号台风低压的东北象限原为气旋性曲率较大处出现一条很明显的东北风与东南风的辐合线(图2),走向呈东北~西南向。对这条辐合线逐时次跟踪,由它的时空变化以及与雨团位置配置的一些特征可以说明,该辐合线与这次特大暴雨过程关系密切。

(1) 辐合线从3日20时开始出现于河北东北经山西南部直到河南和湖北的西部,5日20时北抬减弱并终止于山西的北部。T63资料每间隔6小时为1个时次,辐合线共连续出现了9个时次,由此推断其生命史约48个小时,特大暴雨过程从3日夜间开始至5日白天逐渐结束,辐合线的维持时段与主要的降雨时段相当吻合,可以说该辐合线是造成这次特大暴雨的重要中尺度系统之一。

(2) 辐合线出现以后位置相对稳定(图3),从3日20时~5日14时的8个时次中,辐合线北抬非常慢。辐合线的南侧是台风低压东北部的东南气流,北侧为一辐散带南部的东北风,这一辐散带与辐合线走向几乎一致“横卧”于辐合线北侧,形成阻挡形势。因此辐合线的南北两侧分别维持一支很强的热力

性质不同的气流,而且两支气流势均力敌,使夹在它们中间的辐合线得以长时间维持,而且呈准静止状态。

(3)比较逐时次辐合线,可以看出两个特点:4日02时辐合线北段略南压,同时北支

气流有所加强,这时对应有弱冷空气的侵入,这与文献[2]的分析是一致的。

(4)随着台风低压继续北上,辐合线东南侧的倒槽向北伸展,辐合线由东北~西南向转为准南北向。

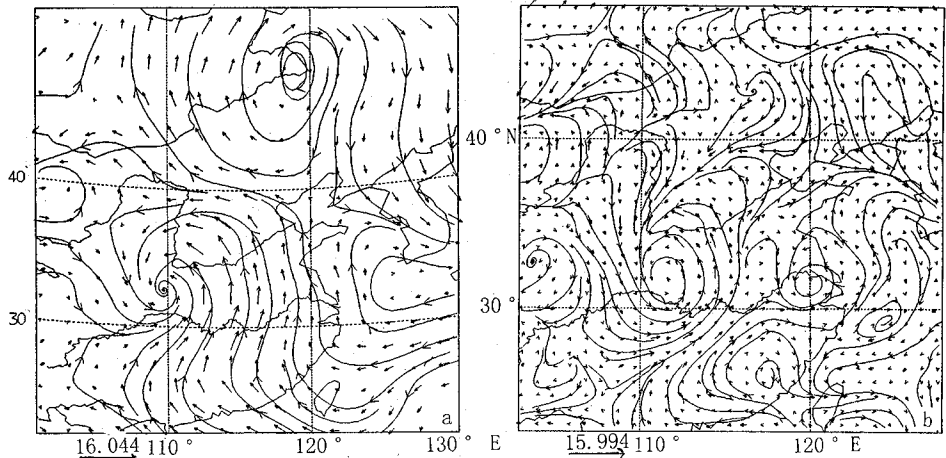


图2 8月4日08时850hPa流场

a. 滤波前流场,

b. 滤波后流场

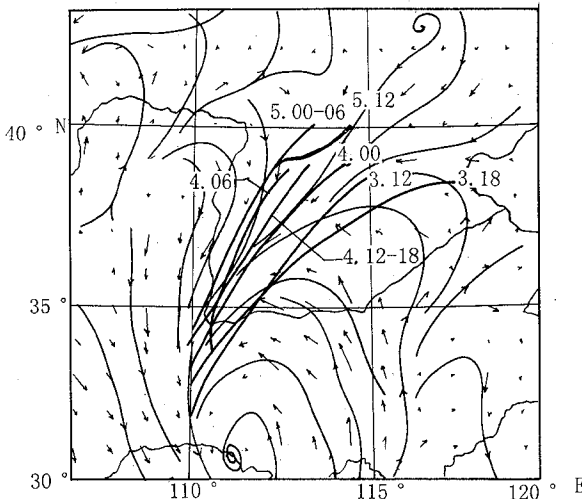


图3 辐合线动态变化图

上述特征分析表明,这条辐合线是台风低压北上过程中,其外围暖湿的气旋性环流与西风带干冷的反气旋性环流交绥后的产

物。这一点在辐合线生成初期500hPa滤波后的流场图上表现的更为明显(图4),因为这时台风低压和西风带高压势力都还较强,辐合线两侧两支性质不同的环流在交绥~“推挤”的过程中,使南支的暖湿气流动力抬升,从而产生很强的上升运动,使暴雨得以形成、发展、维持。

(5)把雨区位置与辐合线位置比较,各时次雨区均位于辐合线东南侧的东南暖湿气流中(图3)。通过对低层 u 分量分析发现,从3日08时~5日14时随着台风低压北上,30~40°N,110~120°E区域为很强的偏东风(图略),中心强度较长时间维持在 $8\sim 12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间;由850hPa上沿37.5°N的 u 分量随时间变化(图略)的分析可知,偏东风的强中心($6\sim 12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)存在着明显的向西传播。因此这条辐合线具有东风波的某些结构特征。辐合线呈东北~西南向,辐合线前部为

东北风,辐合线后部吹东南风,气流沿辐合线改变方向,辐合线呈准静止状态,而东风风速却很大,与辐合线对应是涡度的大值区(图

5),故辐合线后部气流产生辐合,而辐合线前部则相反,产生辐散。因此辐合线后为上升运动区,相应的雨团出现在辐合线后^[3]。

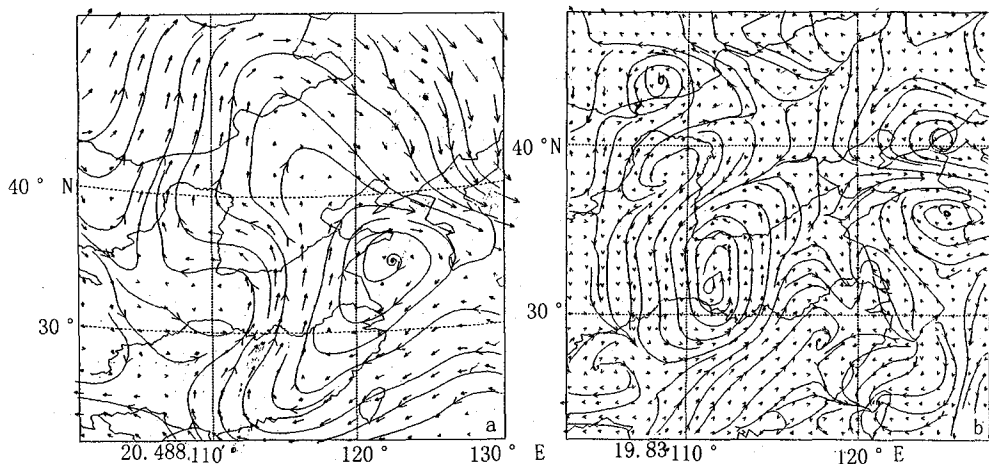


图4 8月4日08时500hPa流场
a. 滤波前流场, b. 滤波后流场

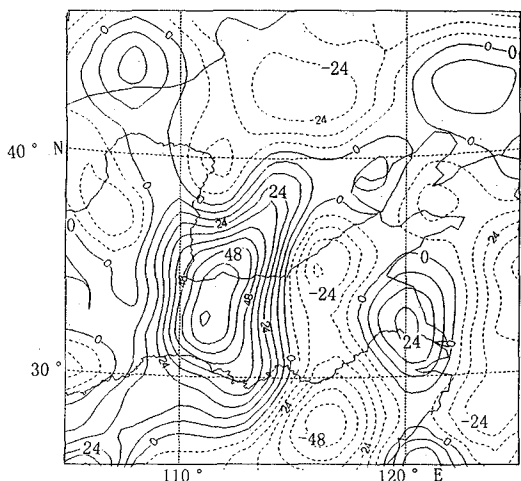


图5 4日08时850hPa涡度

中起了很重要的作用;4日午后~傍晚是“96·8”特大暴雨的最强发生时段。

滤波后低层流场上辐合线的分析表明:辐合线是台风低压北上过程中,其外围的暖湿气旋环流与西风带冷性反气旋性环流交绥的结果,“96·8”特大暴雨是在中、低纬系统相互作用过程中产生的;对辐合线与雨区位置配置关系的进一步分析说明,该辐合线具有东风波的某些特征,辐合线东南部是强辐合上升区,对应着暴雨的主要落区。

参考文献

- 1 游景炎,胡欣,杜青文. 9608 台风低压外围暴雨的中尺度分析. 气象,1998,10:14~19.
- 2 胡欣,马瑞隽. 海河南系“96·8”特大暴雨的天气剖析. 气象,1998,5:8~13.
- 3 朱乾根,林锦瑞,寿绍文等. 天气学原理和方法. 北京:气象出版社,1992:700.

4 小结

雨团的分析表明:地形在这次暴雨过程

Filter Analysis of the Low Level Stream Field in Torrential Rain Event in Early August 1996

Lian Zhiluan Wang Chunyan Wang Lirong

(Shijiazhuang Meteorological Office, Hebei Province 050081)

Abstract

Based on the T63 model data, the torrential rainfall over Hebei province during August 1996 ('96.8' event) was analysed by filtering low layer stream field. The results are as follows: within the east-north quadrant of Typhoon 9608 low, there was a convergence line whose moving trend was northeast to southwest. It resulted from the interaction of the typhoon low air pressure and the cold air in the westerly wind band, while the former was moving northward. Its life period extremely coincided with the heavy rain's, so it was one of the meso-scale synthetic system that caused '96.8' event. The convergence line had some features of an easterly wave, and extreme rainfall zone appeared at the east-south side of the convergence line.

Key Words: torrential rain low level stream field filter meso-scale convergence line