

9608 台风低压外围暴雨中尺度分析^①

游景炎 胡欣 杜青文

(河北省气象台, 石家庄 050021)

提 要

1996年8月3~5日河北特大暴雨是在台风低压外围停滞的中- α 云团产生的。中- α 云团在三支气流汇合和共同作用下发生发展:① 低层偏东风干冷气流,② 中低层南风暖湿急流,③ 副热带高空急流。中- α 云团内的中尺度扰动现象明显。其中有中- β 东风切变线扰动先后出现3次以上;中- β 低压先后出现2个以上。中- β 系统均伴随强降雨团活动。雨团在石家庄西部山区停滞长达14小时,36小时雨量达到670mm。暴雨中心出现在海拔500m左右的迎风坡和喇叭口处。

关键词: 暴雨 中尺度 台风低压

引 言

1996年8月3日夜至5日凌晨河北省西南部出现特大暴雨,最大雨量670mm。100、200和400mm暴雨笼罩面积分别为80000、15000和3630km²,造成直接经济损失456.3亿元。

对这次特大暴雨过程已进行过分析^[1~6]。本文利用地面稠密台站逐小时天气资料、卫星云图、闪电定位计和定时探空资料,分析产生在台风外围的中- α 暴雨云团内的中- β 系统发生发展演变过程,以期对这次特大暴雨过程有较深入的了解。

1 雨团活动

雨团是指降雨量 $\geq 10\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 的雨区。影响河北省境内的雨团有3个。图1a给出了A、B、C三个雨团的移动路径。图1b表示雨团中心强度随时间的变化。

1.1 A雨团(包括A₁、A₂、A₃雨团)

A₁雨团最早产生于河南省北部,4日01时进入河北省邯郸地区,沿低空急流北上,06

时进入石家庄地区,平均移速 $30\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$,雨强 $24 \sim 50\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。06~20时雨团减速,在石家庄西部山区徘徊长达14小时,雨强 $24 \sim 80\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。其间有2个新生雨团并入A₁雨团。06~09时有A₂雨团在石家庄东部生成,向西移动,并入A₁雨团。14~16时有A₃雨团在西部山区生成,17时与A₁雨团合并,雨强成倍增加,达 $80\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (井陘气象站记录),为本次雨强最大时刻,吴家窑总雨量达670mm,也是这次过程雨量的最大值。该县出现泥石流,县城淤积泥沙厚逾米。A雨团20时以后原地减弱,雨强小于 $10\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

1.2 B雨团

4日12时在河南省北部新生雨团B,15时进入河北省邯郸地区,12~17时沿低空急流向北移动,平均移速 $30\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$,雨强 $11 \sim 54\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。18时从邢台开始转向NNE移动,5日03时移至天津北部减弱,平均移速 $40\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

^① 本文受北京大学暴雨监测与预测国家重点实验室资助。

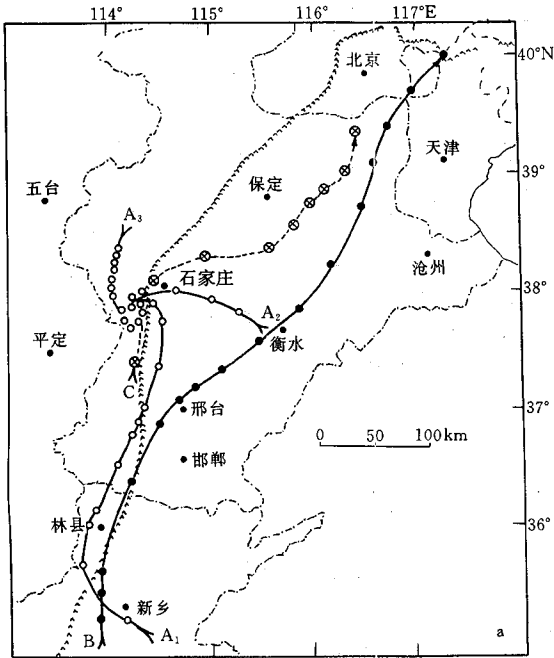


图1a 雨团移动路径

图中给出了A、B、C雨团中心每小时所在位置,箭头表示雨团移动方向,虚线为山区与平原分界线

C雨团自山西省中部生成,4日23时移入石家庄南部。4日23时~5日08时向NE方向移动,平均移速 $25\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$,雨强 $18 \sim 52\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

A雨团生命长、强度大,在山区迎风坡停滞长达14小时(若按 $35\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 计算,累积雨量可达490mm,接近实况),是形成这次特大暴雨的主要雨团。B雨团是在A雨团出现后12小时,以相同的轨迹影响邯郸、邢台和石家庄地区,出现两次雨量峰值,即4日早晨和傍晚,尤其后一次雨强大。C雨团是在A、B雨团之后产生的,雨强不大,且移动明显,对原来的暴雨区影响很小。

2 中尺度系统

对应暴雨区上空中 $-\alpha$ 云团发展成熟阶段,TBB低于 -54°C 和 -39°C 的面积分别达到 6×10^4 和 $1.2 \times 10^5 \text{km}^2$,形成中尺度对流复合体(MCC)。该MCC的 -52°C 和 -32°C 的面积均大大超过Maddox定义的标准^[2]。本次暴雨过程,在中 $-\alpha$ 云团内存在两类中 $-\beta$ 系统。

1.3 C雨团

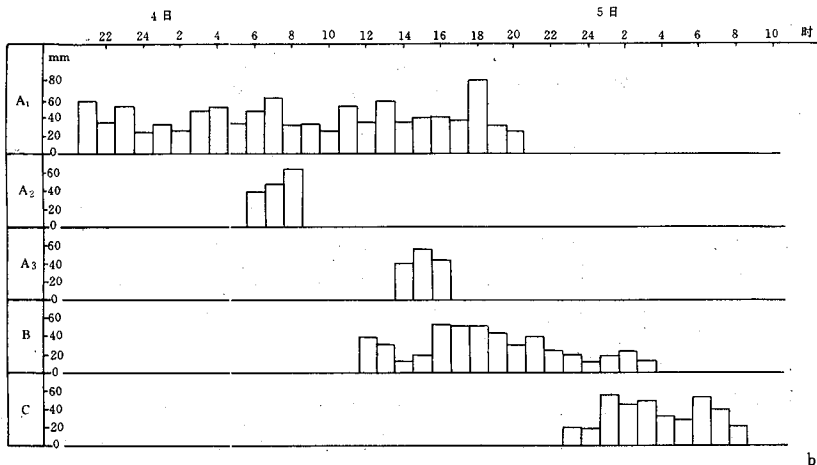


图1b 雨团中心强度随时间变化

2.1 东风切变线

由偏东风与偏北风构成的切变线,气旋性曲率明显,并伴有风速辐合^[7]。从东北扩散南下的冷空气流入华北平原,形成范围广且强劲的偏东风,遇太行山产生“壁角效应”而转为偏北风。因此在华北平原西部与太行山之间形成切变线。图2给出1996年8月4日10时地面风场及降水分布。在石家庄~邯郸有一条切变线南北长200km。4日03时至18时切变线维持达15小时,其间在100km内东西摆动(图略)。华北平原偏东风持续达36小时以上,最大风速 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。偏东气流有

脉动现象,当上游风速增强,切变线向西摆动,风速辐合增强,04~08时,13~16时风速脉动明显(图略)。东风切变线在边界层1000m以下明显存在。东风切变线对降水的动力作用在于:①风向切变和风速辐合,有利于触发降水;②迎风坡和喇叭口地形的强迫抬升,有利于降水增幅^[8],增幅可达20%~260%。雨团中心一般出现在切变线西侧,雨团在石家庄西部山区停滞与东风切变线长时间维持有密切关系,“63.8”和“75.8”华北特大暴雨均有类似情况^[9]。

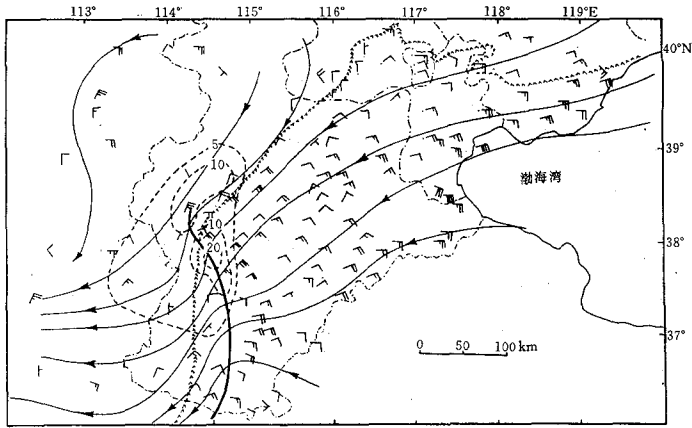


图2 1996年8月4日10时地面风场及降水分布

风矢长划为 $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,短划为 $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,粗实线为东风切变线,虚线为等雨量线($\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$),其它说明同图1

2.2 中低压

图3给出1996年8月4日16时地面风场及降水分布。在邢台有一闭合气旋式的辐合中心(中低压),在其西侧有一辐散中心(中高压)。中低压长轴约200km(南北向),短轴约100km(东西向),伴随中高压位于山区,流场较零乱。与中低压对应有一强雨团,中心雨强达 $55\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 以上。这个中低压4日12时从河南省北部向北移动,18时转向东北移动,23时在天津西部减弱消失,维持时间11

小时。发展阶段移速 $25\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$,减弱阶段移速 $50\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。中低压轨迹与雨团B一致。此前,另有一中低压发展,3日23时从河南北部向北移动,4日05时并入东风切变线,中低压轨迹与雨团A一致(见图3)。这两个中低压都是在低空南风急流的左侧产生,并沿急流方向移动。此时,台风残留中心位于河南省西北部,与中低压相距400km。因此,这两个中- β 尺度的低压并非台风低压的再加强。

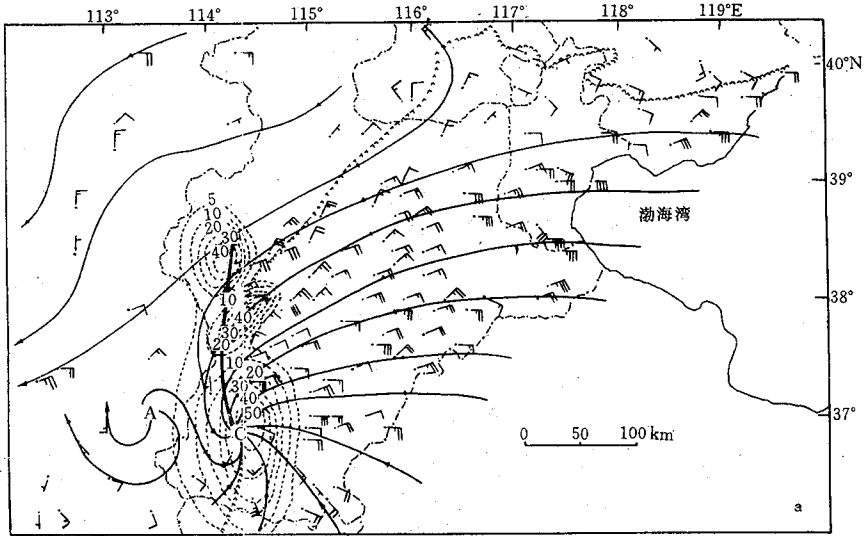


图 3a 1996 年 8 月 4 日 16 时中低压的风场及降水

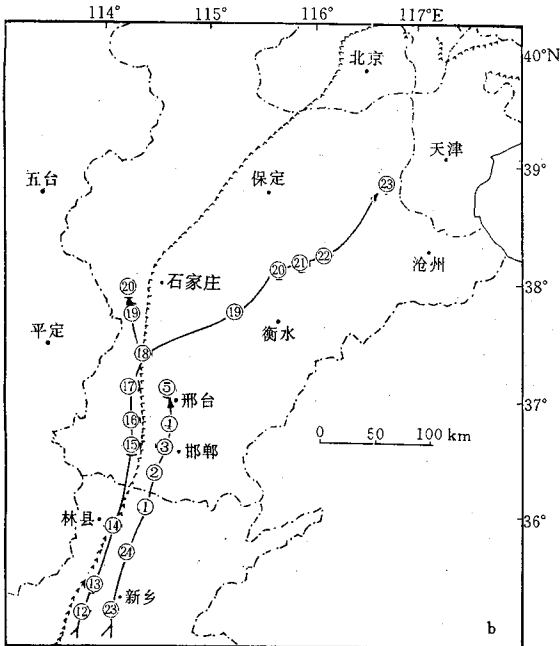


图 3b 两个中低压移动路径

圈内数字表示时间,其它说明同图 2

3 天气尺度背景

图 4 是邢台(位于暴雨区内)探空时空剖面。从图中可以看到暴雨区内中低层风场和湿度场的演变。

低层偏东风 从 2~4 日 1500m 以下持续偏东风,最大风速 $10\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,风向随高度顺转,500hPa 以上为 SW 风,风的垂直切变产生动力不稳定。同时地面东风切变线长时间维持,均有利产生强降水。

低空急流 台风低压北上与副高加强西伸使气压梯度加大,形成一支长达 1000km 以上的低空东南风急流。这支急流不断加强,从边界层伸展到 500hPa。4 日 08 时发展最强,SSE 风达 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,出现在 700hPa 高度上。湿度明显上升,湿层增厚,雨强加大。4 日先后发展的两个中低压,发生在低空急流轴的左侧,并沿急流方向移动。4 日 20 时以后,副高减弱东退,低空急流减弱,随之,相应的中低压减弱。

此外,从文献[1]诊断分析看到,200hPa 亚洲大陆中纬度有两支急流,一支是西风带

急流,另一支是副热带急流,这两支急流在我国东北地区汇合。华北暴雨系统产生在副热

带急流的右侧,高空辐散区内。

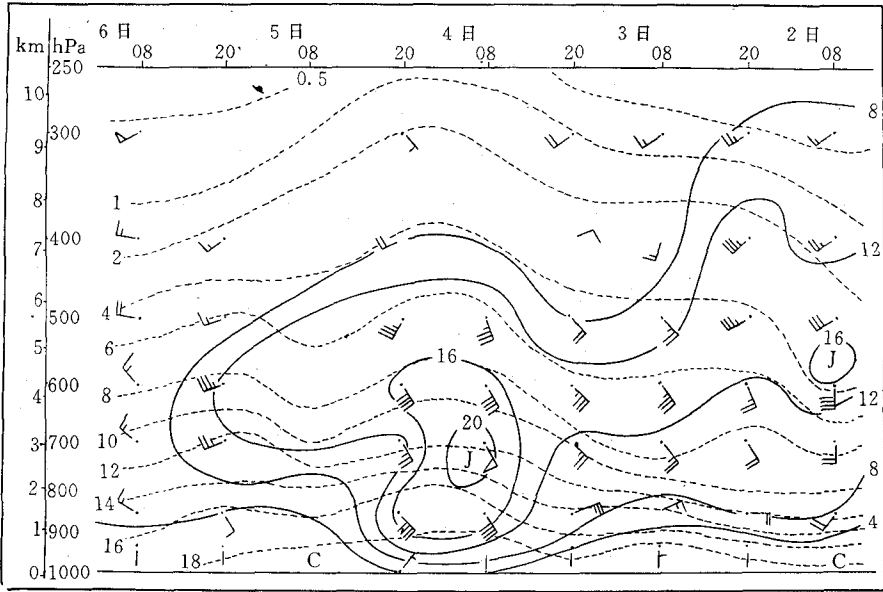


图4 邢台探空时空剖面

实线为等风速线,虚线为等比湿线,风矢长划为 $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,短划为 $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,J为急流中心

4 台风低压外围暴雨系统概念模型

通过各种资料分析,综合得出9608台风低压外围暴雨概念模型。模型主要反映三支气流的汇合(见图5)。

① 低层偏东风干冷气流。强劲的偏东风经过华北平原产生中尺度扰动,进入暴雨系统,爬越太行山,达到850hPa以上,向东北流出。偏东气流上游850hPa在太行山 θ_{se} 值小于330K,下游大于348K,输送干冷平流,在太行山西侧锋生。

② 中低层暖湿急流。来自东南沿海的暖湿急流,北上的空气质点沿等熵面爬升^[16],到达华北上到700hPa以上,与第一支气流汇合,进入暴雨系统,产生水汽通量辐合,然后继续上升到500hPa以上,向东北流出。在急流带内可先后产生多个中- β 系统。

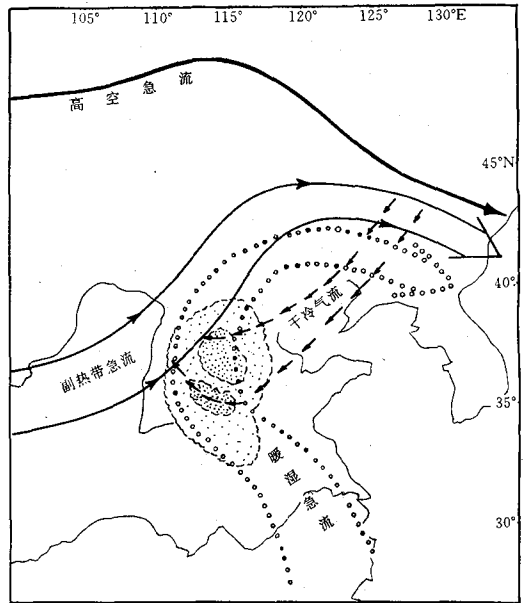


图5 台风低压外围暴雨系统概念模型
波纹线范围为暴雨系统中- α 云团 第一圈 $T_{bb} = -32^\circ\text{C}$,
第二圈 $T_{bb} = -52^\circ\text{C}$,D为台风低压中心位置

③ 副热带高空急流。来自 500hPa 以上的内陆偏西或西南气流,流经暴雨系统的西半部,与前两支气流汇合,向东北流出,最后与西风带高空急流合并。这支气流位于副热带高压西北侧边缘,有时风速达不到急流的标准。

与 Carlson(1980)^[10]中纬度气旋模式比较,相似之处是三支气流的共同作用。不同之处是本暴雨系统更加强调低空急流,以及低层偏东风干冷气流在华北特定地形里产生特大暴雨的作用。

致谢 本文得到陶祖珏教授指导,谨致谢意。

参考文献

1 陶祖珏等. “96·8”暴雨和“63·8”及“75·8”暴雨的比较.《暴雨·灾害》,1996.(待发表)
 2 河北省气象台. “96·8”河北省特大暴雨的天气剖析.

河北气象,1997,23(3).
 3 江吉喜等. “96·8”河北特大暴雨成因初探. 气象,1997,23(7).
 4 苗爱梅等. 1996年8月3~5日晋冀特大暴雨中尺度分析与预报. 气象,1997,23(7).
 5 杜青文等. “96·8”特大暴雨的中尺度对流云团特征. 气象,1997,23(10).
 6 李平等. 河南省“96·8”台风低压大暴雨过程分析. 河南省气象台,1997年4月.
 7 游景炎. 暴雨带内的中尺度系统. 气象学报,1965,35(3):293~304.
 8 游景炎. 副高北侧暖区强暴雨分析. 北方天气文集. 北京:北京大学出版社,1981年(1):24~32.
 9 “75·8”暴雨研究会战领导小组. 1975年8月河南特大暴雨研究报告. 1997.
 10 W. R. Cotton, R. A., Anthes. 风暴和云动力学(中译本). 北京:气象出版社,1992:782~787.

Mesoscale Analysis on the Heavy Torrential Rain within the Outside Lane of the Typhoon Low 9608

You Jingyan Hu Xin Du Qingwen

(Hebei Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050021)

Abstract

The heavy torrential rain which happened in Northern China during August 3~5 in 1996 was the result of the stationary meso- α cloud cluster within the typhoon low outside lane. The generation and development of the meso- α cloud cluster were interacted by three air flows: 1) low level easterly dry cold airflow, 2) low and medium level southerly wet warm jet stream, and 3) sub-tropical upper jet stream. The mesoscale disturbances within the meso- α cloud cluster were frequent. The disturbance caused by the meso- β easterly wind shearline occurred three times or more while the disturbance caused by the mesa- β low pressure occurred two times or more. The heavy rain cluster was accompanied by meso- β low pressure motion. The rain cluster stagnated more than 14 hours at the western mountain area of Shijiazhuang, where it brought 670mm rainfall in 36 hours. The heavy rain was centered at the windward slope and bell terrain near 500m sea level elevation.

Key Words: heavy rain mesoscale typhoon low