

海河南系“96.8”特大暴雨的天气剖析^①

胡欣 马瑞隽^②

(河北省气象台, 石家庄 050021)

提 要

利用实测资料、T63模式和云图资料对海河南系“96.8”特大暴雨的天气学分析发现,特大暴雨发生在副高连续北跳和副热带环流强经向型的背景下;副高、台风、中低空急流和东北路径弱冷空气的协同作用,形成稳定的暴雨云团;海河南系的MCC发展造成了暴雨连续发生。

关键词: 台风 中低空急流 中尺度锋区 特大暴雨 MCC

引 言

1996年8月3~5日,海河南系发生了1963年8月特大暴雨以来范围最广、强度最大的一次特大暴雨(简称“96.8”暴雨)。暴雨落区覆盖了太行山的东西两侧,即冀中南、晋东南和豫北等地区。位于“96.8”暴雨中心的石家庄、邢台两市的太行山迎风坡气象站过程雨量普遍超过400mm,邢台县野沟门水库和井陘县吴家窑水文站分别观测到616mm

和670mm;河北省境内100mm、200mm和400mm笼罩面积分别为8万、1.5万和3630km²。新乡和井陘降雨峰值分别达到106.8mm·h⁻¹和80mm·h⁻¹。

1 “96.8”暴雨的环流背景

1.1 副热带和热带环流特征

副热带和热带天气系统加强北抬是“96.8”暴雨形成的显著特征。沿114.4°E的500hPa高度时间剖面(图略)可见:西北太平

洋副热带高压(简称副高,下同)从7月18日开始加强北抬,副高中心由7月下旬初的 25°N ,经过两次北跃分别达到 30°N 和 35°N ,5880gpm线在7月30日和8月3日分别越过了 35°N 和 40°N 。与此同时,8月2~3日北方南下的弱冷空气与副高在 45°N 形成强劲的副热带锋区,4~5日副热带锋区迅速南撤至 40°N 以南地区。但 120°E 的副高中心仍然稳定在 35°N 附近,副热带锋区也在 $40\sim 45^{\circ}\text{N}$,这表明副热带环流呈强经向型。暴雨区中空维持着强偏南风,这支气流为9608号台风登陆后继续北上,为南海及东部洋面上的暖湿气流在海河南系汇合提供了有利条件。另外,7月下旬ITCZ随着北抬,相继有9606~9609号4个台风(或热带风暴)发展。ITCZ位置偏北($20\sim 25^{\circ}\text{N}$),为9608号台风的维持和向暴雨区输送水汽、能量发挥了一定作用。在9608号台风减弱的低气压深入内陆时,ITCZ北抬达到 30°N 附近。上述热带和副热带环流特征与1975年8月和1963年8月的特大暴雨相近似^[1]。

1.2 西风带环流特征

“96.8”暴雨发生在500hPa西风带槽脊调整过程中,8月1日欧亚地区为三波形势,由于巴尔喀什湖长波槽和东亚沿岸长波脊发展,3日完成了纬向型向经向型调整的过程。暴雨期间在 40°N 以北的亚洲地区呈现出两脊一槽形势(图略),高压脊分别位于乌拉尔山和东亚沿岸,宽广的低压槽在亚洲中部地区。这种西风带的环流调整,与1975年8月暴雨前的环流调整存在许多相近之处。“96.8”和1963年8月两次暴雨的环流形势在 40°N 以南的副热带和热带地区是基本一致的。但因它们的影响系统不同,在中高纬度表现出显著的差异。最为突出的特点是“96.8”暴雨中贝加尔湖附近的高压脊不存在。

1.3 近地面层的环流特征

“96.8”暴雨期间(8月2日8时至5日8时)1000hPa平均高度场(图略)表明,从南海和太平洋至华北,等高线由反气旋曲率变成气旋性曲率,并且汇合到达海河南系附近,预示着在华北近地面流场存在着较强的辐合。这是“96.8”暴雨形成的大尺度动力因素。另外,在海河南系近地面流场的方向与太行山脉的走向近似垂直,增强了地形的抬升作用。

2 影响暴雨的天气系统及其配置关系

“96.8”暴雨中关键的影响系统是热带低压、副高、偏南中低空急流和从东北南下的弱冷空气。下面我们将着重讨论低空急流的演变和中低纬天气系统的结合。

2.1 低空急流和深厚的偏南暖湿气流

850hPa上在台风低压和副高之间始终存在着低空急流(图1),暴雨前期低空急流

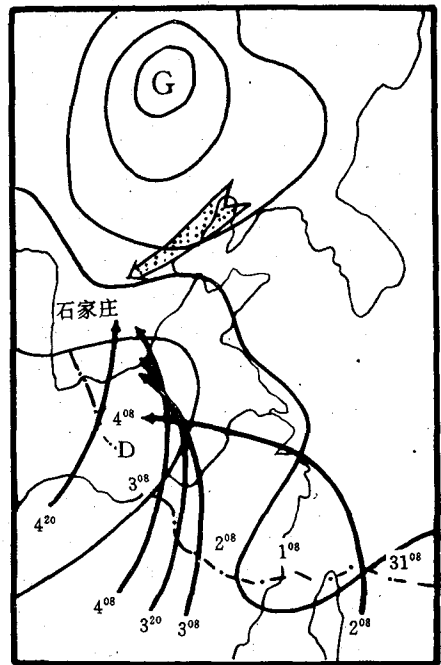


图1 8月3日20时地面气压场和9608号台风移动路径及低空急流演变
实线:地面等气压线 虚线:台风路径
实矢线:850hPa急流 虚矢线:冷空气路径

的前部维持在郑州附近,偏东分量较强。4日8时急流前部跃进到邢台附近,并逐渐向偏南方向顺转。此刻石家庄和邢台正降暴雨。700hPa和500hPa上也都存在一支强劲的偏南气流,风速为 $12\sim 28\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,风向随高度顺转。邢台探空的时间剖面(图略)显示,2日20时开始2km以下由偏南风转为偏东风,4日08时转为东南风,在风速继续加大的同时向高层发展, $\geq 12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的强风伸展到了4km。邢台市4日02时至5日02时降水量达到161mm。因此,稳定深厚的偏南暖湿气流向暴雨区输送了大量的水汽和能量。

2.2 中低纬天气系统相互作用

我国中低纬天气系统相互作用的研究表明,冷空气一般是从西部或西北部侵入热带天气系统中^[1,2]。在1975年8月的暴雨过程中,几乎每次暴雨在850hPa都表现出暴雨区西侧的冷平流和东侧的暖平流同时加强^[3]。但是“96.8”暴雨不尽相同,冷空气对应着3日8时850hPa上长白山至渤海北部的西风槽,结合3日20时850hPa θ_{se} 场和流场分析证实:东北有弱冷空气南下从热带系统的东北方向侵入,冷暖空气在海河南系交汇。即 θ_{se} 低值区伴随着东北风从东北伸向华北南部; θ_{se} 高值区控制着陕北和晋北,并且与湘鄂豫高值中心相连;暴雨区出现了 $\nabla\theta_{se}$ 极大值和强的 θ_{se} 平流,所以在海河南系形成了一个湿斜压锋生过程。

通过逐时次850hPa流场和温度场(图2)分析发现,在中低纬天气系统相互作用中:①冷平流位于暴雨区的北侧,暖平流位于暴雨区及其南侧,导致暴雨区内低空中尺度锋生;②从东北有两次弱冷空气南下侵入海河南系,中尺度锋区在冷暖势力的推动下发生了两次南北摆动,伴随两个中尺度对流云团发展(详见第3节),造成两次暴雨强峰值。此外,暴雨中心位于太行山迎风坡是中低纬天气系统结合和地形强迫的共同作用结果。

暴雨发生前的3日08时850hPa(图2a)上,暴雨区附近等温线近似呈东~西走向,由流场分布显见 40°N 以南为暖平流,与热带低压配合的暖中心位于华东地区;冷平流在 40°N 以北。北方干燥的弱冷空气正在南下,但尚未与高温高湿的热带气团接触。在冷平流作用下,第一次南下的冷空气3日下午在豫北至鲁北与热带气团交绥(图2b)。热带低压的东北象限(暴雨区)受冷温槽及冷中心控制,冷温槽与华东地区的暖中心之间形成了东北~西南走向的一束等温线,正是指向暴雨区(西北方向)的温度梯度及其温度平流,致使中尺度锋生。这样,海河南系的暴雨从豫北地区触发初生。在1000hPa,尽管从东北南下的弱冷空气经渤海吹至暴雨区的偏东风存在脉动变化,但是3日08时至4日08时偏东风一直维持,并伴有冷平流(与图2e相似)。这表明,地面为明显的干冷偏东风,850hPa为较强的东南暖湿气流,风向随高度顺转,850hPa以下东~西走向的中尺度锋区构成了一个随高度向北倾斜的楔型“物质面”,而近似南北走向的太行山构成了一个西高东低的楔型“物质面”,两个“物质面”的强迫抬升造成暴雨较长时间维持。由于中尺度锋区受冷暖空气势力的操纵南北摆动,由4日08时(图2c)中可见,850hPa上从华东的暖中心伸向暴雨区一暖舌,流场与温度梯度方向近似一致形成了较强的暖平流。在暖平流的作用下,3日夜间中尺度锋区由东北~西南走向顺转呈东~西走向,向北推移到 39°N (20°C 线)。在中尺度锋区第一次向北推移中,太行山迎风坡的新乡和石家庄南部出现了 $106.8\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 和 $45.5\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 的暴雨中心,等雨量线也是沿太行山呈南北分布,其中包围着多个暴雨中心。

由图2c还可见弱冷平流在河北北部依然存在,这是第二次北方冷空气(L_2)南下的开始。4日14时的850hPa(图2d),冷温槽 L_2 南

下进入河北,并且沿太行山向南延伸到长江中游(AB),冷温槽的拐点正处于暴雨区的西北部;中尺度锋区再次向南推移到38°N,暴雨区处于强暖平流和中尺度锋区控制下。与暴雨初期(图2b)相比,暴雨区850hPa 上空仍为较强的东南气流,可是原先位于暴雨区北部的冷平流基本消失。1000hPa 上偏东风和冷平流随着第二次冷空气南下在14时达到最

强(图2e)。这种低空温度场和流场的结构到4日20时依然如此(图2f)。正是由于低空冷空气强度适宜,地面偏东风较大,中尺度锋区在石家庄附近静止少动,加之高温高湿的东南暖湿气流在动力和地形强迫的共同抬升下,4日午后暴雨云团迅猛发展成为 MCC,并且在石家庄附近徘徊,暴雨稳定维持。直到5日02时后(图略),中尺度锋区再次向北推移,低层

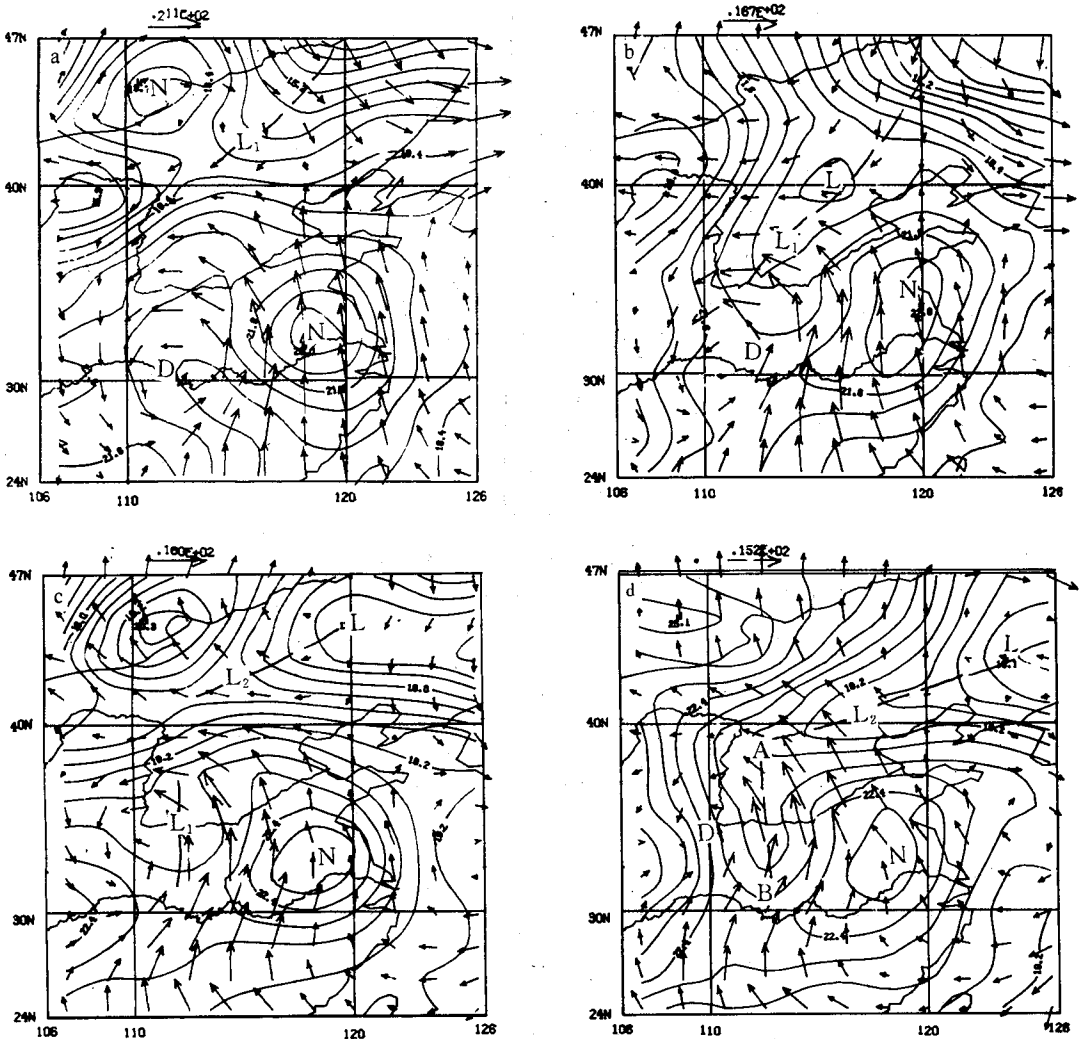


图2 “96.8”暴雨850hPa 和1000hPa 的流场和温度场(间隔为0.8°C)

- (a) 8月3日8时850hPa
- (b) 8月3日20时850hPa
- (c) 8月4日8时850hPa
- (d) 8月4日14时850hPa

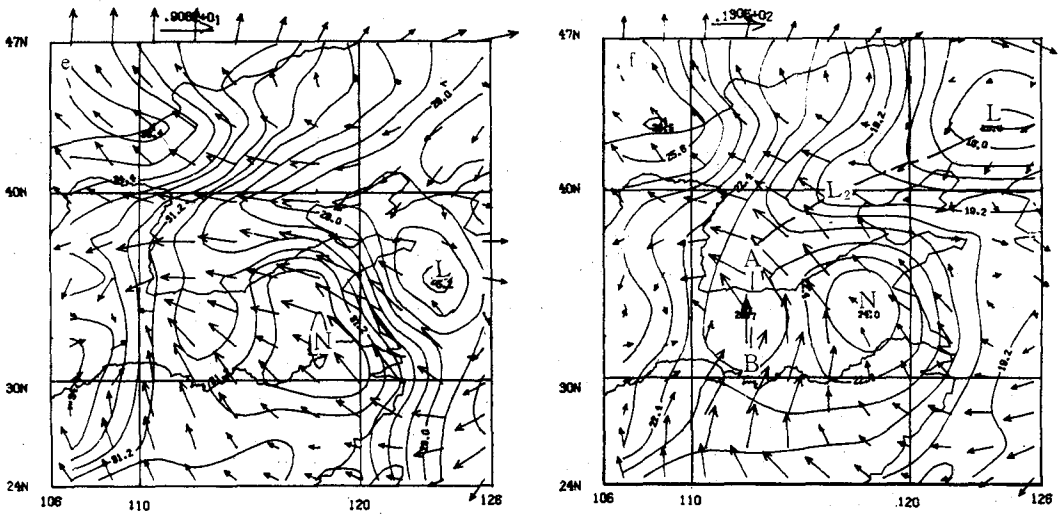


图2 (e)8月4日14时1000hPa (f)8月4日20时850hPa

气流的偏东风分量逐渐消失,海河南系暴雨结束。第二次冷空气南下引发的这场暴雨从4日中午开始到5日02时持续了约14个小时,无论是降水的范围,还是降水的强度均达到“96.8”暴雨的极值,暴雨中心的井陘气象站16~19时3小时雨量达到134.6mm。

这种冷空气从东北方向侵入热带系统的路径是我国中低纬天气系统相互作用的新形式,是我国北方特殊地形的产物,其结构和物理过程还有待深入研究。

3 暴雨过程中中尺度云团的演变特点

通过逐时红外卫星云图分析发现,造成海河南系特大暴雨有两个中尺度对流云团,分别记为云团 I 和云团 II。下面我们据此分析“96.8”暴雨形成过程。

3.1 云团 I 的演变特点

云团 I 有2个特点:① 中低纬天气系统相互作用;② 维持时间长久。云团 I 3日16时在郑州西北部发展成为中-β 尺度对流云团。在强劲的中低空南~东南的暖湿急流作用

下,云团 I 缓慢的向北涌动,渐渐同热带低压云系脱节,20时云团 I 覆盖了郑州~邯郸之间。由4日05时红外云图可见(图3a),云团 I 与从东南北下冷空气的东~西走向云带合并,已经发展到中-α 尺度,并且在海河南系稳定少动,云顶温度(TBB)中心始终维持着-48℃, -39℃的面积约 $6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。4日15时云团 I 渐渐消散,-48℃的中心消失,云团 I 维持近20小时。

3.2 云团 II 的演变特点

云团 II 有初生发展迅速,成熟稳定少动,衰减速度极快的特点。云团 II 4日12时在豫北初生为中-β 尺度,16时后发展成熟已经达到中-α 尺度,并且同云团 I 的残余部分合并;TBB 中心在-60℃以下维持了7~8小时。在图3b 中可见,4日18时云团 II 的 TBB 小于-54℃和-39℃的面积分别约为 6×10^4 和 $1.2 \times 10^5 \text{ km}^2$,形成了 Maddox 定义的中尺度对流复合体(MCC)。但是,该 MCC 的-52℃和-32℃面积均大大地超过了 Maddox 关于

MCC定义中的规定标准。MCC从17时成熟后一直覆盖在海河南系,对应着并径17~18

时降水 $80\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。MCC成为中国东部最强降水系统。

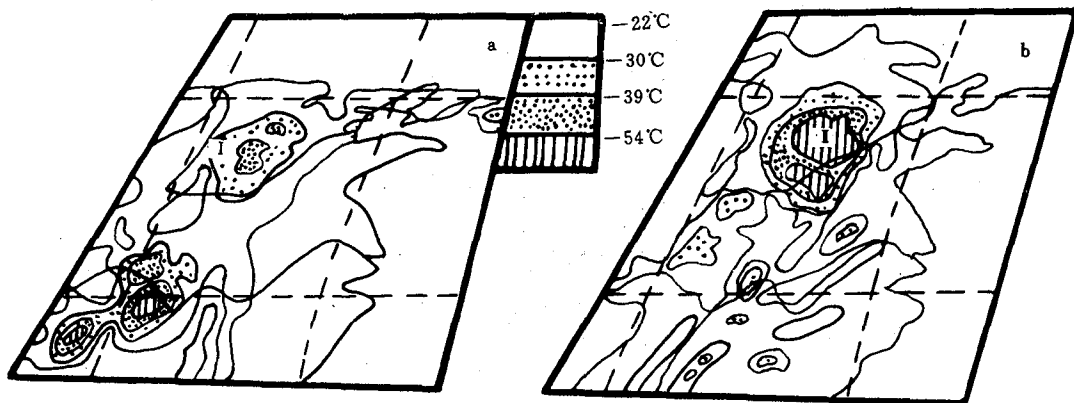


图3 “96.8”暴雨红外云团示意图
a. 4日5时 b. 4日18时

4 小结

根据以上分析,归纳出这次特大暴雨形成示意图(图4)。从中可以看出:

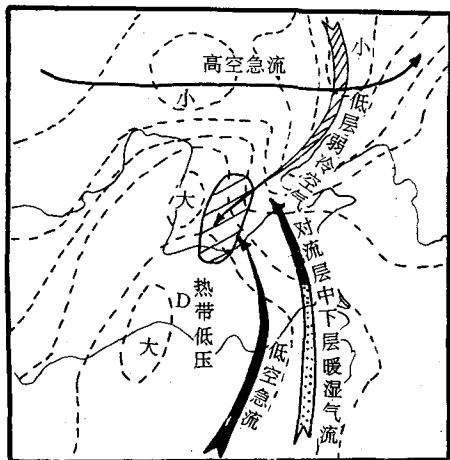


图4 “96.8”暴雨成因示意图

4.1 在有利的强经向环流下,9608号台风减弱的热带低压,与副高之间形成偏南中低空急流。

4.2 对流层中下部的暖湿气流在暴雨区的西部和南部形成 θ_w 的高值区,东北南下的弱冷空气伴随 θ_w 低值区深入河北平原,所以在海河南系构成湿斜压锋生。

4.3 由于大尺度动力因素、中尺度锋生和地形强迫的共同作用,在湿斜压锋区的南部引发了对流云团I发展北上。

4.4 第二次冷空气南下和持续强劲的中低空偏南暖湿气流的协同作用下又产生了MCC,使得海河南系出现连续性暴雨。关于“96.8”暴雨中MCC的结构和物理过程尚需深入研究。

参考文献

- 1 陶诗言. 中国之暴雨. 北京:科学出版社,1980:41~43,147~167.
- 2 陈联寿,丁一汇. 西北太平洋台风概论. 北京:科学出版社,1979:454~456.
- 3 “75.8”暴雨会战北京组. “75.8”河南特大暴雨的动力学分析. 气象学报,1979,37(4):36~55.
- 4 Maddox R. A. mesoscale convective complex. Bull. Amer. soc.; 1980,61:1374~1387.

Synoptical Analysis of the Torrential Rain over the Southern Haihe River-basin during August 1996

Hu Xin Ma Ruijun

(Hebei Meteorological Observatory, Shijazhuang 050021)

Abstract

The torrential rain over the southern Haihe river-basin during August 1996 ('96.8' event) was analysed by using real-time observation, T63 model and satellite cloud picture data. The results are as follows: the '96.8' event occurred in the circumstance of the sub-tropical high of continual two times northward jumping and a strong meridional circulation in the sub-tropical area, the sub-tropical high, typhoon 9608, mid-and low-level jet and low-level weaker cold air from the Northeast to the North China Plain co-operated to generate a stable cloud cluster of the rainfall, the developing MCC over the southern Haihe river-basin brought about the continuous torrential rain.

Key Words: typhoon mid-and low-level jet medium scale frontal zone torrential rain MCC

① 国家“九五”项目“我国短期气候预测系统的研究”(96-908-05-02)专题资助。