

“96.8”河北特大暴雨地面中尺度系统分析

杜青文 任荣彩

康锡言

(河北省气象台, 石家庄 050021)

(河北省气象局产业中心)

提 要

通过常规气象资料、卫星云图及地面加密观测资料的诊断分析发现, 在影响河北产生“96.8”特大暴雨的两个中- α 尺度云团中, 有6个地面中尺度雨团(1小时降雨量 $\geq 10\text{mm}$, 生命史 ≥ 3 小时)先后形成, 与之伴随的有多个地面中尺度系统, 它们的形成及活动、发展都与地面湿斜压锋区及地面辐合场的分布有重要关系。

关键词: 特大暴雨 中尺度系统 雨团 湿斜压锋区

引 言

在“96.8”特大暴雨期间, 暴雨区内有明显的中尺度天气系统活动, 其中包括中尺度云团、中尺度雨团以及地面中尺度天气系统等, 在中尺度云团及其成因方面已有人做过一些分析研究^[1]。本文利用地面加密观测资料, 着重对特大暴雨过程中的地面中尺度天气系统发生、发展和演变特征进行分析研究, 旨在提高我们对此类暴雨过程的认识。

1 中尺度云、雨团活动分析

对1996年8月3日20时~5日08时逐时雨量资料中凡生命史 ≥ 3 小时、降水强度 $\geq 10\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 的中尺度雨团进行统计, 并结合红外云图上的云团演变情况共分析出6个中尺度雨团, 称A、B₁、B₂、B₃、B₄、C。其中B₁~B₄雨团属稳定少动性雨团, 也是造成河北西南部持续大暴雨的主要雨团, A、C雨团属移动性雨团。这些雨团的生成、移动、发展主要与2个中- α 尺度云团相联系。为分析方便, 以下简称为1、2号云团。

1.1 与1、2号云团相联系的雨团活动

1号云团于3日16时在郑州北部生成后向北移动, 于4日14时在河北中南部明显减弱, 但没有消失。在这个阶段有5个雨团活动(图略)。

A雨团对河北省没有影响, B₁、B₂、B₃、B₄雨团先后影响石家庄及周边地区形成强

降雨。

2号云团于4日12时也是在郑州北部生成北上, 22时在河北中南部减弱, 以后逐渐向东北方向移动并消失。这一阶段主要是C雨团活动。

C雨团4日16时到达邢台, 雨势明显加强, 雨团中心由 $19.3\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 加大到 $54.8\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$, 在邢台市持续3个小时以后向偏东方向移去。

1.2 雨团的活动特点

(1) 主要雨团都生成在太行山与华北平原接壤的特殊地形环境中。雨团的水平尺度: 生成阶段一般为 $10\sim 30\text{km}$; 发展阶段为 $100\sim 150\text{km}$ 左右; 消亡阶段为 $30\sim 40\text{km}$ 左右。

(2) C雨团形成后是沿着副高外围有规律的向东北移, 是移动性雨团。而B₁和B₂雨团向北移动过程中速度变化较大, 它在邢台以南一般以 $20\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 左右的速度移动, 从邢台进入石家庄南部的赞皇县时则出现一次加速, 每小时达60多公里。

(3) B₁雨团在石家庄附近出现停滞现象, 而且在周围不断有小雨团生成并入。B₃和B₄雨团都是在石家庄市周围新生并入B₁雨团中的, 且稳定少动, 持续时间长。

2 地面中尺度系统分析

尽管许多强降水是在特定的大尺度环流背景和某些天气尺度系统影响下形成的, 但

降水时空分布特点是由某些中尺度系统决定的。因此通过逐时地面风场资料分析发现,此次特大暴雨过程中有4个地面中尺度系统活动(图1),即经向辐合线、中尺度辐合中心、石家庄西部辐合线和横切变线。

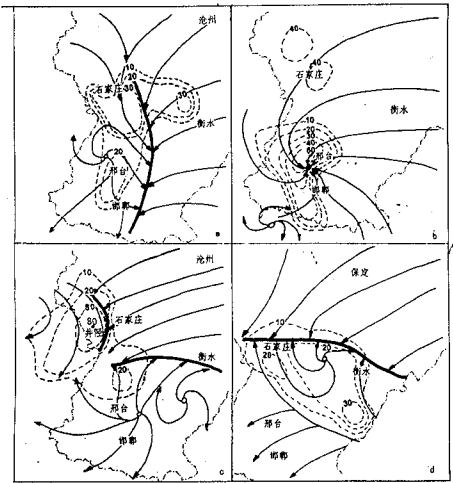


图1 1996年8月4日地面中尺度系统
a为06时 b为17时 c为18时 d为19时

2.1 经向辐合线

4日04时在石家庄东部生成一条北风与东~东北风之间的南北向辐合线(图1a),在辐合线上既有风向辐合,也有风速辐合。在辐合线西侧对应一个中心强度为 $24.6\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 的雨团。而在邯郸南部也有一条西北风与东北风之间的辐合线,在其西侧有 $49.7\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 的雨团相配合。06时两条辐合线合并,对应雨团也合并,中心强度为 $45.5\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$,这就形成了经向辐合线。 θ_e 计算结果表明,此时河北平原中东部正是 θ_e 的最大梯度处,即湿斜压锋区处,在这里积聚了大量不稳定能量。此时散度场的辐合中心轴呈南~北走向,与经向辐合线的走向非常一致。由连续方程可知,这条中尺度辐合线中低空伴随着较强的辐合上升运动。07时以后经向辐合线东侧的偏东风强于西侧的偏北风,所以辐合线向西移动。另外我们发现,此辐合线东侧的偏东风存在明显的脉动现象,偏东风加强,雨强就随之加大(见图2)。辐合线也随着偏东风脉动的出现而向西传播,这种对

应关系又一次证明了地面偏东风的重要作用。13时辐合线西侧偏北风呈顺时针旋转为偏东风,此经向辐合线在井陘、赞皇一带消失。辐合线持续了7个小时。

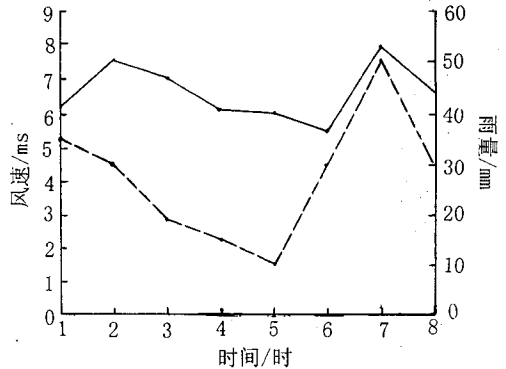


图2 1996年8月4日05~12时经向辐合线上雨团中心与偏东风速脉动的对应关系
虚线:降雨量 实线:风速

2.2 中尺度辐合系统

4日15时在邯郸西南部生成一个尺度较小的辐合中心,范围只有40km左右,并与 $19\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 的雨团相对应。16时辐合中心北上到达邢台,风速明显加大,辐合范围也在扩大,说明这个辐合系统在加强,此时雨团中心随之北上,中心强度加大到 $54.8\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ (图1b)。此时, θ_e 高能舌西伸北抬,恰位于邢台一带,中尺度辐合系统正是在高能舌的顶端活动,位于最大辐合中心值($-16\times 10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$)的前方,在这里有较强的辐合上升运动。17时辐合中心减弱,雨团中心强度降至 $48.8\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。18时减弱为辐合线,此时辐合线南侧的南风大于北侧东北风,雨团中心强度也减弱为 $34.4\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

2.3 石家庄西部辐合线

4日17时在平山、井陘东侧生成一个西~西北风与东~东北风之间的辐合线(图1c)辐合线东侧偏东风处在加强阶段,因此在这条辐合线上既有风向辐合,又有较强的风速辐合,同时还有 $20\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 以上的雨团相对应。18时辐合线西侧的井陘由西风 $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 转为北风 $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,而其东侧的栾城、藁

城、正定一带的偏东风显著加强，分别由17时的 $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 加大到 $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，辐合线东侧有6个站东北风达 $6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，随着辐合线的加强，并降降雨加强达到 $80\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ，出现本次过程最大雨强。19时并降北风转西南风 $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，辐合线消失，并降降雨量减小到 $29.8\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

2.4 横切变

横切变线是由2.2中的辐合中心减弱而成(图1d)。4日18时辐合中心减弱后，在

$37\sim 38^{\circ}\text{N}$ 、 $114\sim 116^{\circ}\text{E}$ 之间形成横切变，雨团位于横切变线的西段。切变线南侧南风 $6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，而北侧东北风只有 $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。在地面和中低空较强的偏南风作用下，切变明显向北传播。20时位于 38°N 附近，雨团向东北移动到切变线的东段。21时横切变线南侧风向出现逆转，切变线消失，徘徊在石家庄附近长达16小时的降雨随之消失，河北西南部特大暴雨亦结束。

3 地面物理量场的诊断分析

3.1 θ_e 与中尺度系统及强降雨团活动的关系

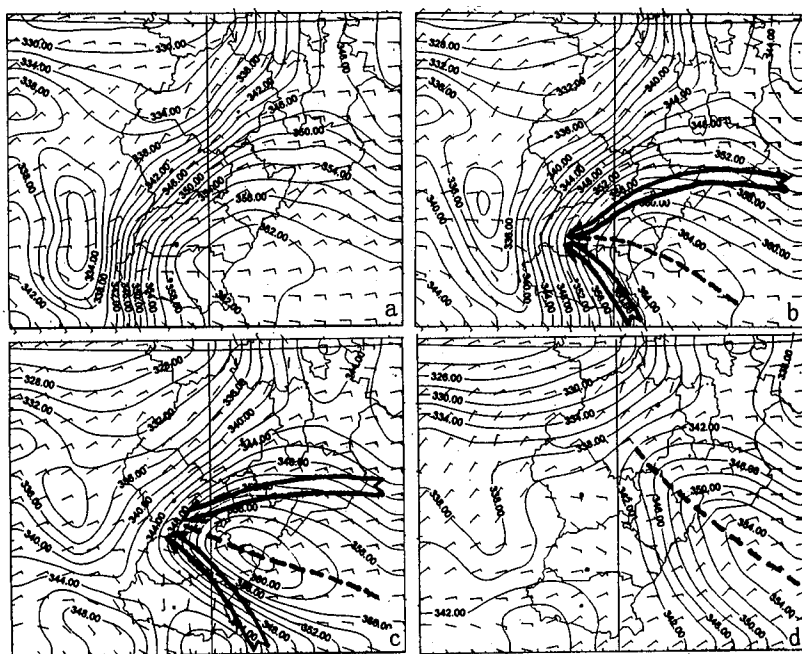


图3 1996年8月4日 θ_e 分布(单位: K)

a为15时 b为16时 c为17时 d为20时

通过对地面逐时 θ_e 计算结果的分析，我们发现降雨初期的4日02时北京～保定一带有一个低能轴，从山西中部伸向河北西南部也有一个低能轴，在这个轴上有北～西北风相对应，而以东的区域内为一致的东北风。此时山东西北部有一个高能中心向西北进，它的北侧是一致的东风。4日05时台风减弱的低压东北部的东～东南风加强，高能中心北上，高能轴呈西北～东南向，此时在河北平原东部 θ_e 梯度加大，形成一个湿斜压锋区，

同时偏东风也加大，因此湿斜压锋区西进，15时控制河北西南部地区(图3a)。由于太行山地形作用，山前 θ_e 的梯度特别大，湿斜压锋区加强。16～17时由于南风加强北上，使得湿斜压锋区北抬到邢台、石家庄一带，锋区达最强(图3b、c)，地面4个中尺度系统正是在这个湿斜压锋区上生成、发展的。地面散度计算(略)结果表明，由于地面中尺度系统的发生、发展，在河北西南部有强烈的辐合上升，触发不稳定能量得以释放，导致降

雨加强,形成雨团,造成特大暴雨。19时高能轴转向东北,而低能轴则南摆,此时湿斜压锋区位于沧州一带,降雨区随之向东北移,20时河北中南部地区被均能场所控制(图3d),暴雨过程随之结束。

3.2 地面散度场分布与中尺度系统的关系

地面中尺度散度场中辐合区的分布和强降水有密切联系,在地面辐合梯度最大的区域正是地面中尺度系统发生、发展的区域,最大辐合区的下风方是形成暴雨的区域。

从图4a上可以看出,4日05时在石家庄东部、邢台附近形成一个较强的辐合上升中心,中心强度为 $-15 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$,这种强烈的上升运动与第一个中尺度系统相联系。4日12时辐合中心北抬(图4b),中尺度系统消失。

17时由于台风减弱的低压北上,其北部辐合上升区北抬,邢台一带正好位于辐合上升区的下风方,辐合梯度很大(图4c),以后的几个地面中尺度系统都是在这个较强的梯度上生成发展的。由此证明,这次特大暴雨过程中,地面中尺度系统形成之处,都有较强的辐合上升运动支配。

另外,从图4b、c中还看到一个事实,就是在廊坊附近也分别有一个 $-10 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 和 $-6 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 的辐合中心,但在这个中心附近,既没有中尺度系统与之对应,也没有雨团相配合,那么这个辐合中心是什么原因造成的呢?有待于今后进一步研究。

4 小结

(1) 在此次特大暴雨过程中,中尺度雨团和2个中- α 尺度云团紧密相联,在它的作用下,形成了6个中尺度雨团,雨团是在太行山与平原接壤处生成的,造成特大暴雨的主要雨团由移动型转为稳定型,且持续时间较长。

(2) 在特大暴雨过程中,伴随雨团的活动有4个地面中尺度系统形成,它们是在太行山前特定流场和特定地形作用下形成的。

(3) 地面中尺度系统是在地面湿斜压锋区上生成、发展的,并有较强的辐合上升运

动相对应,由此触发不稳定能量释放,使降雨加强。重要的是暴雨区可出现在最大辐合区的下风方、辐合场梯度最大处。

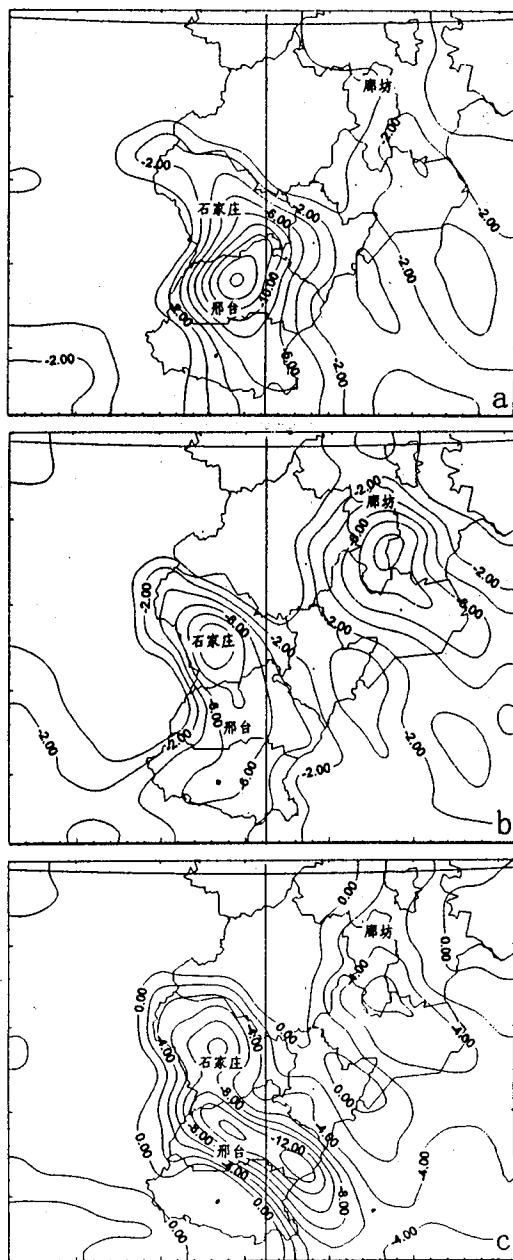


图4 1996年8月4日散度场分布
(单位: $10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$)

a 为 05 时, b 为 12 时, c 为 16 时

(下转 40 页)

- 1 江吉喜, 项续康. “96.8”河北特大暴雨成因的中尺度分

Analysis on Mesoscale Systems of the Torrential Rain in August 1996

Du Qingwen Ren Rongcai

(Hebei Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050021)

Kang Xiyan

(Hebei Meteorological Bureau)

Abstract

After diagnosing the operational meteorological data, the satellite cloud pictures, and the intensive surface observational data, it was found that there were six surface mesoscale rain clusters (1 hr rainfall $\geq 10\text{mm}$, life cycle ≥ 3 hr) formed in succession in the two meso- α cloud clusters causing the torrential rain in Hebei in August 1996. And, associated with the clusters, there were several surface mesoscale systems closely related to the surface moist baroclinic front and the surface convergency in their development.

Key Words: torrential rain mesoscale system rain cluster moist baroclinic front