

影响华北地区的黄河气旋过程分析

李修芳

(国家气象中心,北京 100081)

提 要

利用每小时数值云图、TBB 资料、常规天气图资料和数值产品资料,分析了 1994 年 6 月 24—26 日黄河气旋过程,讨论了环境场条件、不同尺度云团的相互作用对气旋生成的影响,给出了中尺度云团的发展演变以及与强降雨的关系,揭示了气旋降雨的中尺度特征,概括了气旋发生发展的综合模型,对气旋的短期预报有一定的参考价值。

关键词: 黄河气旋 中尺度云团 综合模型

前 言

影响华北地区的温带气旋,其生成过程一般可分为 3 种云图型式^[1],即:(1)低槽冷锋云带的斜压不稳定发展演变型;(2)低槽冷锋云系和低涡云系结合型;(3)南北不同纬度槽叠加型。就其生成的地区来讲,黄河气旋影响的过程较多。分析 1983—1995 年气象和云图资料表明,影响华北地区的气旋一年四季均可发生,其中降雨较明显的过程以 6、7、8 月次数较多。本文对 1994 年 6 月 24—26 日发生在黄河下游一次槽涡云系结合生成的气旋过程进行了分析。用天气图诊断、云图诊断结合 LAFS 物理量场分析的方法对气旋的发生发展、降雨特征及其活动规律进行了探讨,期望对气旋的短期预报有所帮助。

1 概 况

6 月 24 日 08 时,低槽冷锋云系到达河套地区,700hPa 陕南川北一带有一暖低压,其中有弱的对流云系出现。850hPa 四川盆地至川东北有弱切变线,地面有西南倒槽相对应。24 日 20 时,随着高空槽的东移,700hPa 低涡移到郑州附近,850hPa 和地面相继也出现了低涡,团状的低涡云系明显发展,对流加强,低槽冷锋云带前缘产生了一串东北西南

向排列的强对流云团。25 日 08 时,低槽冷锋云系与低涡云系结合,北端呈“S”型凸起,并有反气旋弯曲的发散卷云砧,发展成典型的气旋云型,气旋中心在济南附近。随后,气旋进入渤海,移入辽宁西部境内。气旋的路径与中心气压变化情况见图 1。

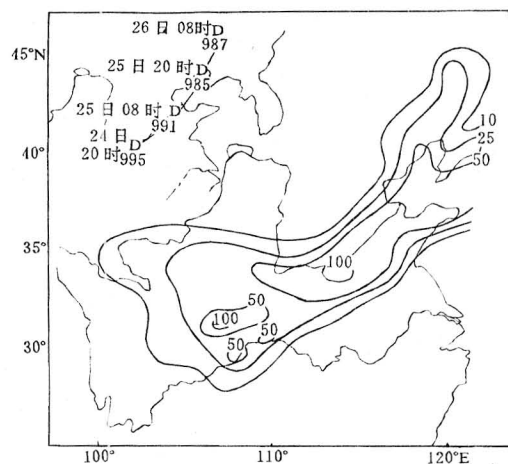


图 1 1994 年 6 月 23 日 08 时—26 日 08 时总降雨量(mm)及气旋路径与中心气压(hPa)动态图

这次降雨过程是 6 月 23 日从我国西北地区东部开始,逐渐沿川北、川东、陕南、豫中向东发展,经山东、渤海到达辽西,沿途造成

甘、川、陕、豫、晋、冀、鲁、皖、辽 9 个省部分地区大暴雨,有 29 个站日雨量达 50mm 以上,其中河南郑州市雨量达 142mm,四川巴中 117mm。图 1 给出了 6 月 23 日 08 时—26 日 08 时 3 天总降雨量。由图可见,这是一次较大范围的强暴雨过程。降雨的特点是强降雨集中在 24 日 08 时—25 日 08 时时段内,6 小时雨量一般有 20—40mm、局地 40—60mm,最大降雨出现在四川巴中 101mm,河南郑州也有 88mm。塘沽过程降雨量 27mm,6 小时最大降雨 17mm(以中央气象台雨量为准)。这是华北地区久旱转雨的过程,也是华北地区 1994 年汛期的第一场暴雨,在预报上有一定难度,所以对此过程进行分析研究有着较为重要的意义。

2 黄河气旋生成的机制与环境场条件

2.1 大尺度斜压不稳定的发展

图 2a 可以看出 500hPa 槽随高度向西倾斜,地面冷锋位于槽前约 5—6 个经度。从等高线的走向来看,高空槽将要加深,温度槽落后于高度槽,等高线与等温线交角较大,槽后的负变温达 -5°C 以上,表明槽后有较强的冷平流。这种配置在气旋生成时的 25 日 08 时仍然存在。500hPa 低槽的不稳定发展,为气旋的发生,提供了有利的斜压不稳定条件。图 2b 显示了相应时刻的 850hPa 温压场形势。 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 低空急流的前锋发生气旋性弯曲,急流轴线穿过正变温中心,低涡切变后部的等高线与等温线有交角,并且有 -12°C 的负变温,说明在低涡切变的前后有明显的冷暖平流存在,对气旋的发生发展起了一定的作用。

从气旋发生发展过程中大尺度涡度场分布图(略)可看出,500hPa 槽前三花间地区有一个 $6\times 10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ 的正涡度中心,它是从 12 小时前的山西南部与陕西、河南三省交界处移过来的,说明这一带地区有正涡度平流,随着低槽东移向东扩展。看来这次气旋发生发展的启动机制在 500hPa,当高空槽前部的正

涡度平流在低层暖平流区上扩展时,使得高层有水平辐散,低层有水平辐合(这一点在 700hPa 散度场上得到证实,700hPa 在郑州附近有一个 $-12\times 10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ 的强辐合中心),故槽前是上升气流^[2]。这种高低层的配置,产生垂直环流,有利于气旋生成和对流的发展。

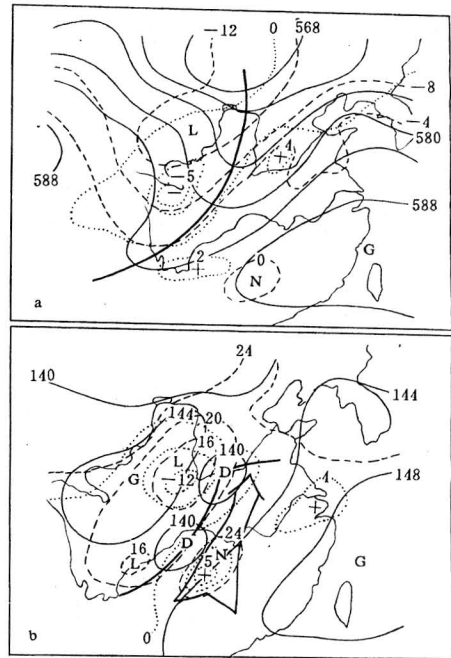


图 2 1994 年 6 月 24 日 20 时高(a)、低(b)空形势场特征

实线:位势高度、槽线、切变线

虚线:等温线

点线:24 小时变温中心

矢线: $\geq 16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 急流区

2.2 高低空急流的耦合配置

高低空急流配置及其特征如图 3。200hPa 图上一支 $40\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的高空急流区自西北东部伸向河套北部地区,强度逐渐增强,中心强风区由 $52\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 增到 $56\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,且快速向南和向东传播,这支急流提供了高空辐散流场。850hPa 低空相应有一支西南风急流。其在 6 月 24 日 08 时还比较弱,位于四川东部,后逐渐向东移,向北伸, $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 风区

变宽。24日20时强风轴增大到 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,至25日08时,低空急流前锋北伸到山东的东部,风速增大到 $20\text{--}28\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。这支急流向南一直可以追溯到我国南海,暖湿气流沿着急流带向北输送,使切变涡度加大,并为气旋生成与强降雨提供了充足的水汽。由700hPa相对湿度图(略)可见,黄河下游一带的相对湿度由原来的 $50\%\text{--}60\%$,迅速上升到 80% 以上。高空急流与低空急流逐渐靠近,强度不断增强。两支急流的加速与耦合作用,也有利于低层的锋生和气旋生成^[3]。气旋生成在高空急流右后方,低空急流的左前方。

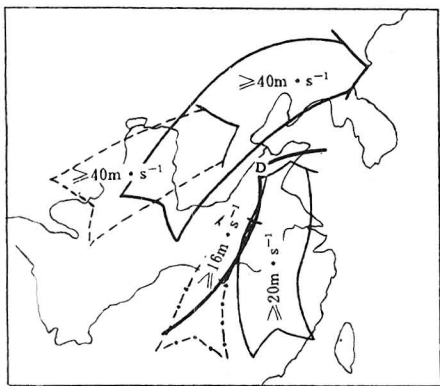


图3 过程高低空急流特征

粗实矢线:6月25日08时200hPa $\geq 40\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 急流区

虚矢线:6月24日08时200hPa $\geq 40\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 急流区

实矢线:6月25日08时850hPa $\geq 20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 急流区

点划矢线:6月24日20时850hPa $\geq 16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 急流区

粗实线:地面气旋

2.3 中尺度对流云团的发生发展

卫星云图分析发现,当低槽冷锋云系与低涡云系靠近,发生相互作用时,低槽冷锋云带的前缘出现一串西南东北向的中尺度对流云团,它们的活动与气旋发生发展相伴随。这些中尺度云团,沿低空急流左侧有规则的排列,最初生成在地面倒槽的西部边缘的辐合中心附近,是由多个中- γ 和中- β 尺度的云团不断生消、合并、发展起来的,其生命史有的2—3小时,有的6—7小时。在气旋发生发展过程中,相应有一对流云团发展为比较完整

的具有涡旋结构的云团,成为中- α 尺度系统,地面气旋环流逐渐清楚。以后中尺度云团发展到气旋的暖区,并以分裂的形式向暖锋前传播,造成强降雨。

图4给出其中主要的一个中尺度对流云团的发生发展演变。选用了1994年6月24日06:33GMT—24日17:32GMT期间一小时间隔的GMS红外云图,以 -62°C 为表征对流云区的特征线,绘制了 -62°C 、 -68°C 、 -75°C 、 -81°C 云顶亮温等值线系列图。分析发现,在6月24日06时,有3个中- β 尺度云团A、B、R,云顶温度(指亮温,下同)低于 -62°C ,水平尺度都不大,(本文不讨论R云团)。07时,云团C、D、E、F生成,尺度不到100km。08时,云团A合并到位于郑州附近的D云团中,云团D尺度增大到200km左右,云顶温度降低到 -75°C ;同时云团B也由于自身内部两个 -68°C 的云核合并加强,云顶温度也降到 -75°C 以下。09时,由于云团A的合并,D云团最冷云顶面积增大,地面出现低压环流,中心最低气压996hPa。同时云团E向东北移动并减弱,G云团生成。10时,E云团减弱消失,C云团又一次合并到D云团中,此时,D云团得到了明显的加强,水平尺度增大到300km左右,最冷云顶温度降到 -81°C , -75°C 线发生气旋性弯曲,云团D出现了涡旋结构。同时,云团G合并到云团B中,最冷云顶温度也降到 -81°C 以下。11时,云团D由于C云团的合并而明显增强,中心最低气压降至995hPa。另外,郑州西北边又新生一云团H,最低云顶温度 -68°C 以下。12时该云团并入B中,B云团尺度增大,云团D云顶温度增暖为 -75°C 。14时,云团B与云团D有合并的趋势,内云核 -75°C 线连成一片,最低云顶温度又降到 -81°C 以下,此时云团D已发展成中- α 尺度。随后的两个时次内,云团B合并至D云团中。东边的云团F强度变化不大,只是逐渐向北和向东移动,随着D云团的东移,

二者的特征线已连在一起。至17时,云团B、D、F完全合为一体,最低云顶温度 -81°C 的面积明显增大,这时已发展成—完整的尺度较大的中- α 云团,逐渐成为气旋云型中的逗

点云系,并在18时到22时段内与低槽云系结合在一起,气旋迅速发展生成。此时,地面出现闭合环流,中心气压继续降低为991hPa。

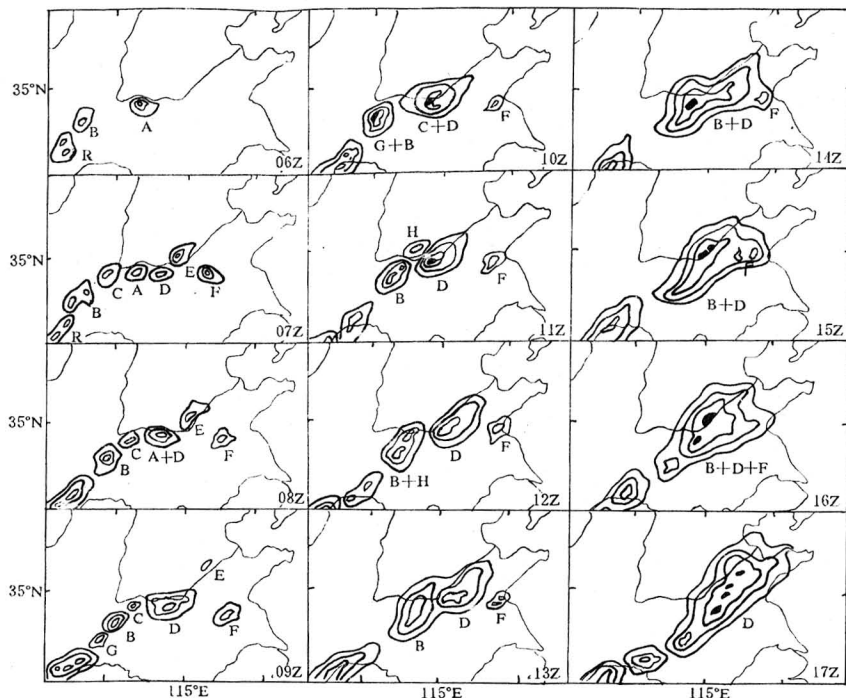


图4 1994年6月24日06—17时GMS云图上TBB低于 -62°C 云区演变特征

等值线由外向内依次为 -62°C 、 -68°C 、 -75°C 、 -81°C

以上分析表明,中尺度云核生消演变有以下特点:(1)气旋生成过程中,先后有8个对流单体生成,有7次合并过程,使得郑州附近的云团得以维持并快速发展。(2)这些中- γ 尺度和中- β 尺度的对流云团不断合并、加强,最冷云面积变大,云顶温度降低,可达 -81°C 。(3)有些云团的最低温度在合并时降低,过一个时次又增暖,这可能与云团的聚集、释放潜热有关。可见,由于不同尺度系统的相互作用,产生了中尺度云团,并为其发展提供了有利的环境场;而中小尺度云团的生、消、集聚、合并、发展反过来又作用于天气尺度系统,使之迅速发展。蒋尚城^[4]、田生春^[5]等人都作过研究,认为中尺度对流云的生消与发展,水汽凝结潜热释放对气旋的发展起

到正反馈作用。此次黄河气旋的发展,也是既具有中纬度气旋发展的斜压不稳定过程,又有热带气旋发展的第二类条件不稳定过程。

3 气旋降雨的中尺度特征

本次过程,降雨范围大、强度强,强降雨集中在6月24日08—20时时段内,6小时雨量图上两个强中心,一个是6月24日14时在四川巴中101mm,另一个是6月24日20时在河南的郑州88mm,均与中尺度的发生发展有关。附表给出中尺度对流云团活动与6小时最大降雨量之间的关系。可见强降雨中心既与中小尺度云核在同一地区聚集、合并、发展有关,又与连续两个或以上的云核经过同一个地区有关。而这些中小尺度云团的产生与活动又都与中- α 系统有关。这就是

说,气旋降雨的时空分布具有中尺度特征。所以,在做气旋降雨预报时,既要注意它的整体效应,又要注意它的分布特征。在本例中 6 小时雨量分布,气旋云系的头部和暖锋前是层

状云系,雨量在 10—20mm 之间,气旋冷锋云系和暖区附近是强对流降雨,雨量一般 20—60mm,局地对流更强的可达 80—100mm。

附表 气旋生成过程中中尺度云团活动与 6 小时最大降雨量的关系

时段	6 小时最大降雨量(mm)	中- β 系统活动特征	与中- α 系统的关系
24 日 08—14 时	101 (四川巴中)	2 个 β 云团和几个 γ 云团聚集、合并,最低云顶温度由 -55°C 降到 -75°C ,冷云区面积变大	产生在 850hPa 切变上 700hPa 低涡中
24 日 14—20 时	88 (河南郑州)	云团 A、C 移动分二次并入 D 云团,最冷云顶温度由 -68°C 降到 -81°C ,冷云区面积变大	生成于 850、700hPa 低 涡与地面低压中
24 日 20 时— 25 日 02 时	55 (山东朝城)	云团 B 与 D 合并, -81°C 云核移动	产生在地面低压、850、 700hPa 低涡中
25 日 02—08 时	62 (安徽亳州)	中- α 尺度中分裂出的 -81°C 云核传播	产生在地面气旋中

4 气旋的移动

在气旋生成地区伴随着较大的降雨,在它发展和移过的地区,也会引起大一暴雨。所以气旋移动的预报也是值得关注的。图 5 较好的反映了 500hPa 最大风速轴线与气旋路

径的关系,可以看出,气旋 24 小时的移动,是沿着 500hPa 槽前最大风速轴的方向移动,且气旋的中心总是位于最大风速出口区的左前方。这个结果和一般认为气旋的移动受 500hPa 气流引导的观念是一致的。

5 小结和综合模型

5.1 图 6 给出 1994 年 6 月 24—26 日黄河气旋发生发展过程的综合模型。由图可看到 500hPa 槽后冷平流。槽前正涡度平流; 700hPa 低涡系统发展,散度场有辐合中心相对应; 850hPa 强的低空急流和冷暖平流; 200hPa 强的高空急流共同构成了气旋生成发展的有利环境场。

5.2 斜压不稳定的发展,不同尺度系统的相互作用,中尺度强对流云团的产生、合并、发展及其潜在的第二类条件不稳定作用,提供了气旋快速发展的触发机制。

5.3 此类黄河气旋预报的着眼点,首先在于气旋的生成预报,关键抓低槽冷锋云系与低涡云系的结合;气旋的降雨具有连续性降雨和中尺度对流性降雨的特征,故构成了气旋降雨分布的不均匀性,根据气旋的移动和影响部位来确定降雨量。

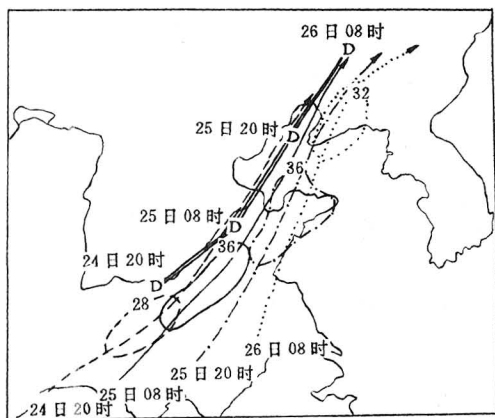


图 5 500hPa 最大风速轴与气旋路径的关系
虚线和虚线矢: 6 月 24 日 20 时最大风速中心($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)和最大风速轴
实线和实线矢: 6 月 25 日 08 时最大风速中心($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)和最大风速轴
点划线和点划线矢: 6 月 25 日 20 时最大风速中心($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)和最大风速轴
点线和点线矢: 6 月 26 日 08 时最大风速中心($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)和最大风速轴

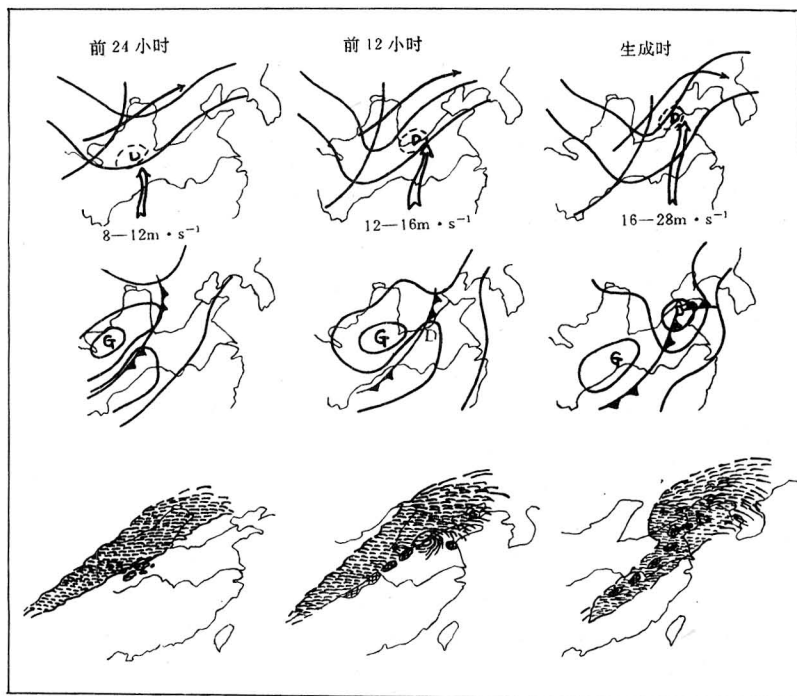


图6 1994年6月24—26日黄河气旋生成过程综合配置

实线:500hPa 位势高度、槽线及地面气压场;

矢线:200 急流轴;双线矢:850hPa 急流轴;

虚线:700hPa 低涡;阴影:层状云区;网影:强对流云区

参考文献

- 1 李修芳,史凤苓等.影响塘沽地区降雨的云概念模式之二——低槽冷锋、气旋、切变低涡云系.国家气象中心科技年报,1994.
- 2 丁一汇.高等天气学.北京:气象出版社,1991.
- 3 高守亭,陶诗言.高空急流加速与低层锋生.大气科学,1991,15(2).
- 4 蒋尚城,赵亚民等.气旋暴雨的概念模式.中尺度气象文集.北京:气象出版社,1993.
- 5 田生春,刘苏红.一次快速发展气旋的诊断分析.气象学报,1988,46(3).

An Analysis of Yellow River Cyclone Process Impacting North China

li Xiufang

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

By using S-VISSR, regular synoptic and numerical product data, an Yellow River cyclone process during 24—26 June, 1994, was analysed. The effect of condition of environment field and inter-action among different scale cloud clusters upon cyclone was mainly discussed. The mesoscale cloud cluster development, evolution and mesoscale feature of cyclone precipitation were given. The composite model of cyclone genesis and development was generalized.

Key Words: Yellow River cyclone mesoscale cloud cluster composite model