

“96·8”河北特大暴雨成因初探

江吉喜 项续康

(国家卫星气象中心,北京 100081)

提 要

运用常规气象资料和卫星云图,分析了1996年8月3—5日河北特大暴雨的成因。认为:它是出现在东亚特定的强经向环流形势下,由9608号台风低压与副热带高压两侧之间形成的强偏南风低空急流,将低纬度地区高温高湿水汽源源不断地向华北输送并与近地面层弱冷空气相互作用,诱发两个中尺度云团的形成和发展直接造成的。

关键词: 特大暴雨 成因 中尺度云团

前 言

1996年8月3—5日,河北、山西等省出现了自“63·8”以来的最强暴雨天气过程。据河北省的统计分析,全省有100多个县(市)的雨量 $>100\text{mm}$,其中有30多个为200—400mm,位于暴雨中心的石家庄市的井陘、平山、元氏等县 $>500\text{mm}$,邢台县的野沟门水库616mm。这场暴雨有3个特征:强度大,井陘最大雨强达 $80\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$,并且其他多站出现 $>50\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$;面积广,过程总雨量 $>100\text{mm}$ 的面积达 $80,000\text{km}^2$,中心雨区在石家庄、邢台两市西部 $10,000\text{km}^2$ 中;连续降雨时间长,暴雨中心附近降雨持续时间在24小时以上,有的(如井陘)达34小时。全省10多座大型水库相继溢洪,300余座中小型水库库满溢流。京广铁路一度中断,石太、邯长铁路部分路段被洪水冲毁,中断运行10小时左右;公路多处受损。许多农田、村庄被淹,群众遭围困。90多个县(市)受灾,死亡近500人,直接经济损失近400亿元。据山西省气象台的统计,该省中南部大部分地区过程雨量均在50mm以上,东部地区100mm以上的县市有18个,其中昔阳县达213.7mm。全省有83个县(市)不同程度地受到暴雨侵袭,据不完全统计,经济损失高达142亿元,损失之惨重为1949年以来所罕见。

本文运用常规气象资料和卫星云图,对这场暴雨形成的天气尺度环流形势、环境条件以及直接相关的中尺度系统进行分析,并对它的可预报性问题也作一些初步讨论。

1 暴雨形成的有利环流形势

暴雨的研究和分析预报实践表明,一次较大范围的暴雨天气过程,总是出现在一定的大尺度形势下。这次特大暴雨过程,也有其特定的天气形势及其演变过程。

9608号台风8月1日10时在福建省福清市登陆后向西偏北方向移动,2日02时进入江西境内,14时减弱为低气压移经湖南、湖北;3日夜间到达河南南部,沿河南西部山区东侧北移,5日消失在山西离石和介休之间(图略)。1日和2日9608号台风的偏西移,引导了其东侧副热带高压的西伸;而3日台风低压的偏北上,阻碍了副高的进一步西进,而副高南侧 20°N 附近活跃的ITCZ阻止了副高的南落。在这两个因子的作用下,副高在台风低压东侧向西北、西南两个方向伸展。3日08时,500hPa上588线在 115°E 附近呈准南北向,592线在华东东部地区也呈南北走向;与此同时,内蒙古中东部的西风槽正在副高北侧减弱收缩,20时槽后小高压并入副高北部,造成副高经向度进一步加大(图1)。在这种强大的经向型副高与台风低压之间的

气压梯度很大,形成了较为宽广的南北向偏南风区直抵河北、山西两省的南部。4日这种形势依然维持,并且上述经向型副高轴线顺转,华北中北部高度场有所下降,较强偏南风进一步加强北伸(图略)。在这种形势下,南方地区的暖湿空气源源不断地北上,河北省恰好处于倒“L”状副高的包围之中,南来的水汽和热量在这里汇聚,构成十分有利的暴雨形成形势。这也是华北大暴雨出现的一种典型形势^[1]。

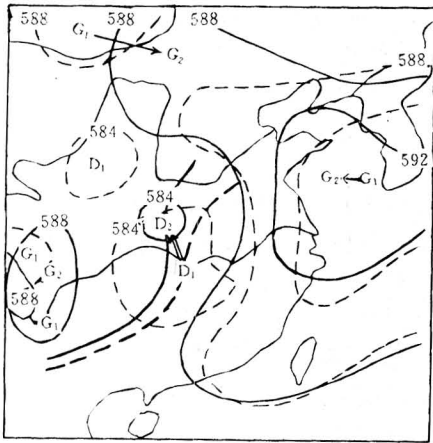


图1 1996年8月3日08时(虚线)和20时(实线)500hPa高度场

2 低层水汽场和风场特征

对流层低层的丰沛水汽是大暴雨产生的必要条件之一。在这场特大暴雨中,其前期和暴雨发生时段中低层水汽条件相当充分。如图2a所示,在暴雨开始前的3日08时,850hPa上我国中东部为 $\theta_{se} > 350K$ 的南北向舌状区,并且在华南西部有一个 θ_{se} 为355K的主中心区,武汉西部的台风低压中心附近有一个 θ_{se} 为355K的次中心区, θ_{se} 舌状区北界已抵达华北的中部。随后 θ_{se} 值进一步增大,4日08时(图2b)上述主、次高 θ_{se} 区并为一体,并伸至华北南部,轴线为准SW—NE向;与此同时,从内蒙中东部偏南移动的 θ_{se} 低值区也已抵达河北、山西的北部,同上述北伸的舌状 θ_{se} 在华北的中北部

形成较强的 θ_{se} 梯度区。这种舌状 θ_{se} 场,表明低纬度地区的高温高湿空气源源不断地流向华北地区,并与干冷空气交汇,为河北的特大暴雨提供了充沛水汽和不稳定能量;同时,在这种舌状 θ_{se} 区顶部的内侧,也是中尺度对流系统形成和发展的有利地区^[2]。

为了进一步揭示低层水汽场和风场特征绘制了8月3—5日沿115°E附近准南北向850hPa的风速、位势高度及露点温度经向时间剖面图(图3)。图中清楚地展示了以下3个事实:一是低层大气非常潮湿,3日08时至4日20时长沙至邢台(石家庄缺测)的 T_d 一直为18—20℃,并且饱和度很大($T-T_d$ 为0—2℃,图中略)。二是偏南风低空急流强且不断地向北伸展,图中 $\geq 12m \cdot s^{-1}$ 等风速区轴线呈SW—NE向,表明急流随时间向北涌进,并且就是在3日08时和4日08时的两次北涌之后,直接造成这场特大暴雨的两个中尺度云团随即形成和发展(下文还将专门讨论)。这是这场特大暴雨形成的两个重要条件。另外,南阳至邢台之间的高度场随时间的变化很小,仅10—20gpm,并且郑州和邢台只有10gpm,这表明9608号台风低压外围基本上没有波及到这里,也就是说它对华北这场特大暴雨没有直接影响。

3 暴雨过程的云图特征

近十几年的研究和试验表明,暴雨的直接产生者是中尺度系统^[3],这一事实正日渐被预报员接受。毫无疑问,暴雨尤其是较大范围的暴雨或特大暴雨的出现,必须具备有利的天气尺度乃至行星尺度形势^[4]。然而,暴雨的强度和出现时间、地点等至关重要的问题,却决定于嵌入在天气尺度系统中的中尺度系统的发生发展和移动。在日常业务暴雨的分析和预报中,高时、空分辨率的卫星云图对中尺度系统的监测和短时预报是一种十分有效的工具。

河北这场特大暴雨主要出现在3日20时至5日08时的36小时中。短时间间隔的

云图分析表明,它主要由两个中尺度对流云团直接造成(图4)。

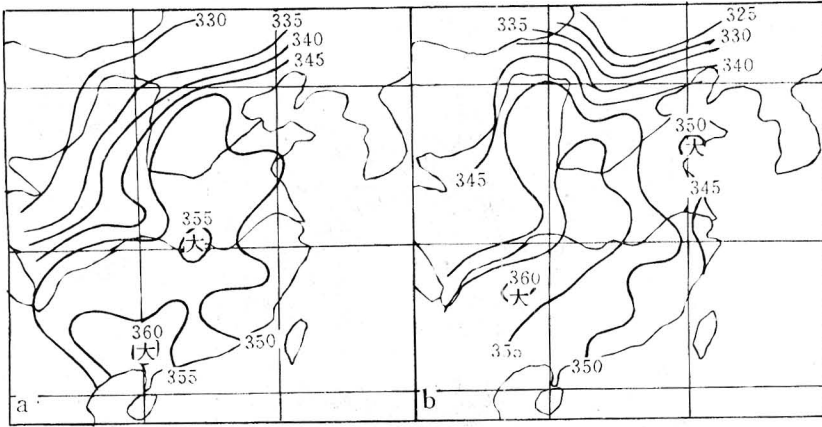


图2 1996年8月3日(a)和4日(b)08时850hPa θ_{se} 场图(θ_{se} 的等值线间隔为5K)

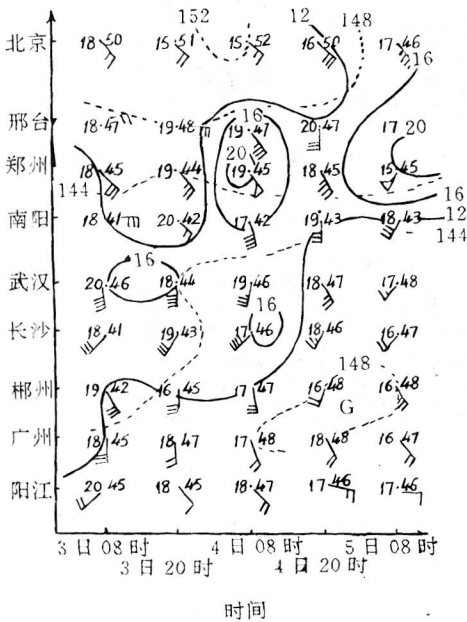


图3 1996年8月3—5日沿115°E附近850hPa的风速、位势高度、露点温度时间剖面图(图中实线为等风速线,点线为等高线;测站左侧、右侧之值分别为Td和HH)

第一个云团出现在3日17时至4日14时。3日14时,在河南郑州附近的中低云区中嵌有多个小对流单体(图中箭头所指),它们是原在35°N、113°E附近的涡旋状云系西移中残留的;随着上述台风低压和副高之间

低空急流中的小对流单体北涌和并入,17时椭圆状中- β 尺度对流系统迅速发展(因受版面限制,本文中只能给出6小时间隔云图),对流十分旺盛,云顶亮温(TBB)低达-61.3°C。随着河南中东部一带低空急流中的中尺度云带进一步北伸并入,出现强烈发展,20时已成为一个准圆形的中- α 尺度对流云团。在随后的3小时中,虽然低空急流伴随的云涌有所减弱,但伸向云团的云系仍很活跃,更为重要的是云团在北移中逐渐与缓慢东移南下的弱冷锋云系西南段靠近和部分合并,23时云团面积再次迅速扩大,并且在4日02时前后还出现了涡旋状结构。以后冷锋云系的西南段完全并入云团中,副高西侧的云涌在115°E附近,再次北伸并入,云团再度发展,直至17时才表现出结构松散的减弱状态。在这个云团的生命史中,伴随它出现的6小时降雨量变化也表现出显著的中尺度特征。在它形成和初始发展中,强降雨出现在云团西南一侧的郑州(57mm)及其西部;在其后云团的强烈发展和北移中,强降雨区迅速北移到河南省的黄河以北地区和山西省的东南部及河北省南部,云团北部边缘处的石家庄市雨量达34mm。4日02时以后,云团与弱冷锋云系合并,加剧了云团内的对流发展,同时4日08时低空急流又一次强烈北涌,郑州的偏南风达到 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,邢台达到 $18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (图3),来自南方的高温高湿空气大量涌向

这里。由此,雨量急剧加大,暴雨中心移经河南安阳(103mm)后迅速停滞在石家庄市,暴雨区覆盖了山西的中东部,石家庄市的雨量

从4日02—08时的74mm猛增至下一个6小时的129mm。

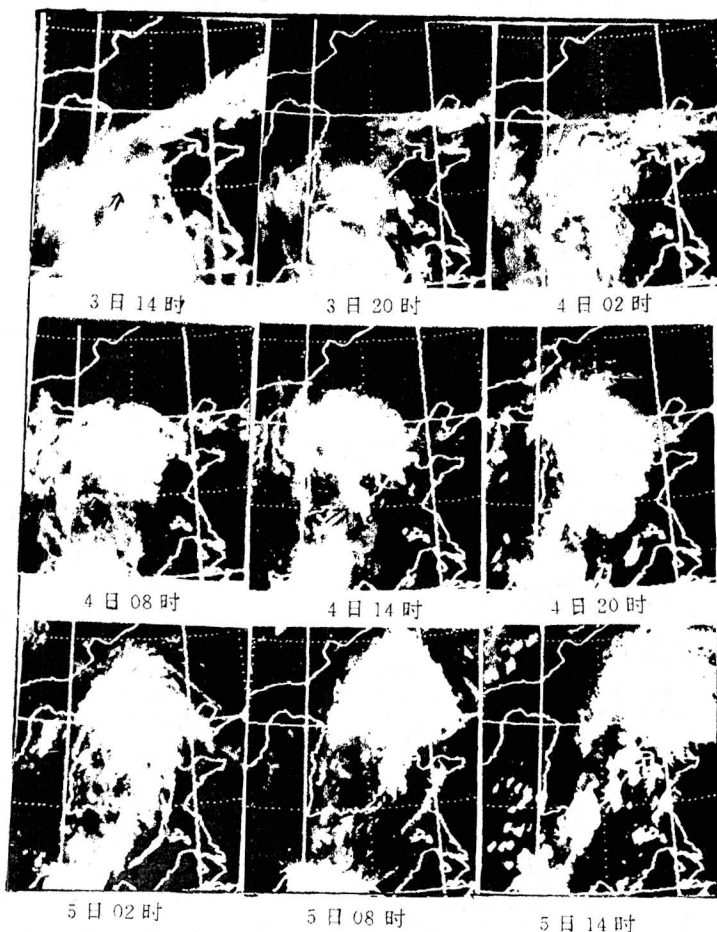


图4 1996年8月3日14时至5日14时6小时间隔的GMS IR序列云图(箭头所指为云团初生时的对流单体)

第二个云团活动在4日11时至5日14时。它前期的胚胎可以追溯到4日08时,在上一个云团南部的中云区内嵌有几个小对流单体,11时合并成一个较大的对流单体(图中箭头所指)。3小时后它迅速发展成一个弧状中- β 尺度对流系统,并与上一个云团西南部残留的对流云区连在一起,17时急剧发展成一个中- α 尺度对流云团。接着它又与第一个云团其它残余部分及周围新发展起来的小对流单体合并,20时形成一个密实白亮云区几乎覆盖华北中南部的中尺度对流复合体

(MCC),云顶TBB 低达 -62.3°C 。这种不同对流云区合并形成的MCC,往往造成降雨量的急剧增幅。因此,在此期间的4日14—20时,河北的中南部和山西中东部再次出现大暴雨,石家庄的雨量达122mm。以后该云团在向东偏北的缓慢移动中,出现明显的涡旋状云系结构,对流云在逐渐减弱。但是,由于黄河下游一带不断地有小对流云团或单体形成发展和并入,使得它减弱较为缓慢。伴随它的降雨中心5日移至京津地区和河北的东北部,保定和北京先后出现了大暴雨。以后该云

团减弱和消失在辽宁南部,降雨也随之结束。

4 小结与讨论

上述的分析表明,河北、山西这场几十年不遇的特大暴雨过程,出现在东亚强经向型的副高西北侧边缘处;9608号台风低压与副高之间的强气压梯度形成的偏南风急流,将低纬度地区高温高湿的不稳定大气源源不断地输送到华北地区;以及华北北部近地面层弱冷空气扩散南下与南来不稳定大气的相互作用。在这些有利的条件下,卫星云图上表现为这场大暴雨由两个中尺度对流云团直接造成。

对于这场大暴雨的预报,以形势场来说主要是东亚强经向型的预报问题。而这次东亚强经向型的发展,主要由于9608号台风登陆后从3日开始转向偏北移,阻碍副高向西挺进,迫使它向西北、西南方向伸展;副高南侧东海南部以东的对流层低层,ITCZ活跃且其内还有热带气旋活动,阻止了副高南落;华北北部中纬度地区西风槽东移北缩,槽后高压并入副高之中,使副高北部进一步加强。而低空偏南风急流的形成,是9608号台风低压与副高西侧之间的强气压梯度所致,它是预报直接造成大暴雨的两个中尺度云团形成发展和较长时间不消的又一个关键预报问题。从上述的分析来看,3日预报4—5日华北将出现暴雨是可能的。然而要预报暴雨开始和结束时间、落区和强度,在很大程度上恐怕只有依靠短时间间隔的卫星云图。从上述云图

分析可见,3日14时以后才有可能报出4日凌晨大暴雨出现的时间和地区,预报时效只有12—15小时。然而,暴雨的增幅、持续和暴雨区的移动,以及第二个云团的形成发展和伴随的大暴雨,可以得到连续的有效监测和预报。另外,在这场大暴雨中,起着至关重要作用的华北北部近地面层弱冷空气的扩散南下,卫星云图上有着十分清晰的表现,而常规气象资料的业务值班分析中却难以确定。这一事实表明,云图对夏季暴雨中的近地面层弱冷空气活动的监测有着十分重要的作用。

这场暴雨的预报难度确实较大,它不同于河南的“75·8”特大暴雨。后者暴雨区始终在7503号台风低压环流中心附近,并且不断地有西路冷空气入侵。1988年8807号台风在杭州登陆后减弱成的低气压,也曾移经河南的西南部,到达陕西关中地区后云图上低压云系在8月10日仍很清楚,但因环流形势和冷空气条件不合适,也并未造成大范围暴雨。

参考文献

- 1 陶诗言等. 中国之暴雨. 北京: 科学出版社, 1980: 36—41.
- 2 Wasslia Thiao, R·A· Scofield and J. Robinso. The relationship between water vapor plumes and extreme rainfall events during the summer season. NOAA Technical Report NESDIS 67. 1993: 8—12.
- 3 丁一汇. 暴雨和中尺度气象学问题. 气象学报, 1994, 52(3): 274—283.
- 4 《华北暴雨》编写组. 华北暴雨. 北京: 气象出版社. 1992: 13—20.

A Primary Study of the Extreme Rainfall Event in Early August 1996 Over Hebei Province

Jiang Jixi Xiang Xukang

(National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

The reason of the extreme rainfall event occurred in 3—5 August 1996 over Hebei province has been studied using conventional meteorological data and satellite imagery. The results show that the event presented itself in a strong meridional circulation in eastern Asia and stronger low-level southern jet which was caused by stronger pressure gradient between typhoon low and subtropical high. The jet transmitted high thermal and moisture air from the tropics to North China, and interacted with weaker cold air near surface. And generated and developed were two mesoscale cloud clusters causing the extreme rainfall directly.

Key Words: extreme rainfall meridional circulation mesoscale cloud cluster