

一次河套地区突发性暴雨成因分析

孙永刚 吴学宏 孟雪峰

(内蒙古自治区气象台,呼和浩特 010051)

提 要

通过对2004年7月25至26日河套地区发生的突发性大雨、暴雨天气过程的数值模拟和诊断分析,深入地分析和研究了其主要影响系统——河套气旋。研究发现:河套气旋的爆发性发展是造成本次暴雨天气过程的主要原因。河套气旋为暖心结构的浅薄系统,但其对流深厚。河套气旋生命史短,发展快,具爆发性。降水主要是暖湿气流北抬形成暖锋降水为主,雨强大。河套气旋的生成与青藏高原东北侧地形加热、河套地形关系密切。

关键词: 河套气旋 暴雨 数值模拟 诊断分析

引 言

内蒙古自治区是干旱、半干旱地区,年降水量少且集中在7、8月份^[1]。鄂尔多斯是内蒙古自治区的一个降水中心,年降水量明显多于周边地区。从阿拉善盟的50mm猛增到400mm以上^[2]。这与河套气旋的活动密切相关,河套气旋的活动往往造成该地区突发性大雨、暴雨天气过程,是该地区突发性大雨、暴雨天气的主要影响系统。2004年7月25至26日河套地区发生的突发性大雨、暴雨天气过程就是典型的河套气旋活动造成的。为此作者对此次暴雨天气过程进行了数值模拟和诊断分析,针对河套气旋做了较深

入的研究。希望能够找出河套气旋发生、发展的动力、热力特征。进一步深入了解河套气旋的动力结构和降水成因。最终解决河套地区突发性大雨、暴雨天气的预报问题。

1 暴雨天气概况

1.1 降水概况

图1a给出了2004年7月25日08时至26日08时24小时降水实况,可以看到鄂尔多斯市中部、东部,包头市南部、呼和浩特市、乌兰察布盟南部出现了大雨、暴雨,降水区走向为东北—西南向,与河套气旋移动路径是一致的。

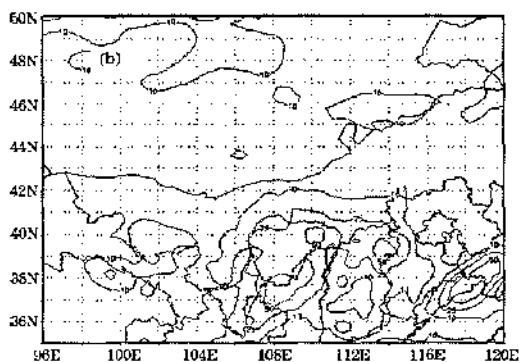
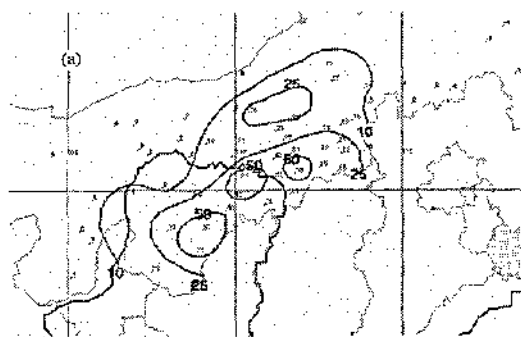


图1 2004年7月25日08时至26日08时24小时降水量图(a)和模拟24小时降水量(b)(单位:mm)

1.2 天气形势分析

2004年7月25日08时500hPa为两槽一脊型,在85°E和125°E是两个槽区,其间为宽广的脊区。在脊区的西风气流中,105°E有一短波槽配合温度脊东移影响河套地区(图略)。在115°E高脊南北打通起到下游阻挡作用。700hPa、850hPa在105°E河套西南地区有散乱的低值系统,在115°E高脊强盛,偏南气流旺盛。到25日20时700hPa、850hPa在河套西南地区有弱的环流形成,地面出现弱气旋并发展,在鄂尔多斯西南地区降水开始。26日08时500hPa短波槽移出河套地区,700hPa、850hPa低涡明显加强形成闭合环流,中心移至呼和浩特市地区。25日20时至26日08时气旋爆发性发展,大雨、暴雨在此时段已经出现并开始减弱。26日20时气旋消失,雨区移出并减弱。

由上述情况可见河套气旋生命史较短,它的发生、发展很难在天气图上完整的分析清楚,甚至可能被漏掉,给预报带来很大的麻烦。因此对河套气旋的研究采用数值模拟,加大时间、空间分辨率是一个重要而可行的途径。

1.3 数值模拟分析

1.3.1 数值模拟方案

数值模拟选用的是mm5v3中尺度数值

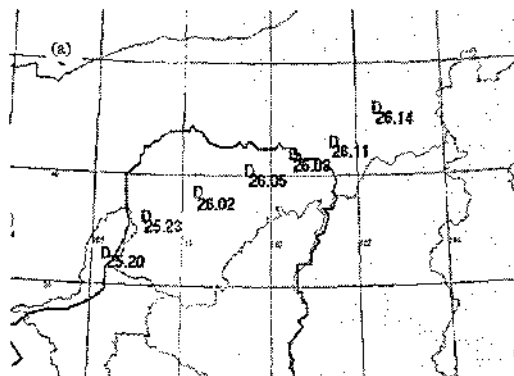


图2a 25日20时至26日14时河套气旋动态图

预报模式。模式区域以45°N、110°E为中心,采用2层嵌套,模式水平分辨率为大区54km、小区18km,垂直23层,模式层顶为100hPa。模式积分48小时,积分步长150秒。使用24日20时的T213分析场和预报场做初始场和侧边界,资料水平分辨率为1°×1°,从100~1000hPa共13层。

1.3.2 对降水的模拟

图1b给出了2004年7月25日08时至26日08时24小时模拟降水量,可以看出降水总的趋势、走向、强度等都比较吻合。对形势场的模拟也很好(图略)。总之mm5v3中尺度模式对本次大雨、暴雨天气过程的模拟是成功可信的。

1.3.3 对河套气旋的模拟

通过数值模拟,可以分析出河套气旋的存在和对降水的贡献。图2a给出了河套气旋生成、发展、移动的路径。图2b给出了河套气旋位置与降水落区的对应关系。可以看出河套气旋的移动路径与雨带分布是一致的,且降水位于河套气旋的暖区和暖锋上。因此,降水落区较气旋路径偏东南。从25日23时至26日08时河套气旋猛烈发展,这一时段降水最强,产生暴雨。此后,河套气旋成熟并开始减弱,降水随之减弱。可见河套气旋与降水密不可分,是本次暴雨过程的主要

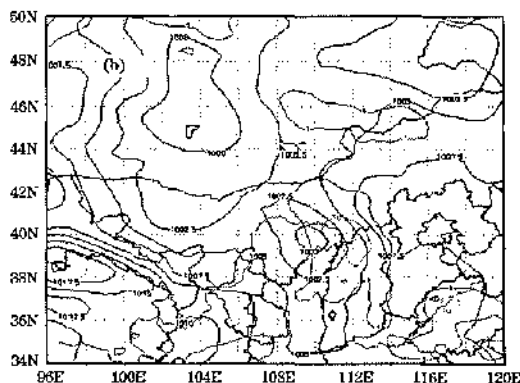


图2b 26日05时海平面气压与3小时降水量图

影响系统。因此,对河套气旋动力机制的研究是解决河套地区突发性大雨、暴雨预报问题的关键。

河套气旋生成前夕,在青藏高原东北到贺兰山以南地区受加热和摩擦强迫作用^[3]有散乱的热低压形成,配合有热对流上升运动。高层是300hPa高空急流出口区右侧(图略),为强辐散,使上升运动加强,对流更加深厚,促进了气旋环流的形成;在低层有700hPa偏南暖湿气流的配合,是低空急流出口区左侧辐合区,同时,低空急流形成引导气流,推动气旋北抬东移。因此,在这样的有利条件下,河套气旋生成并爆发性发展。河套气旋的发展过程中,保持着暖心结构和深厚的对流。在北抬东移的过程中,高层冷空气卷入,斜压性下传使河套气旋失去了暖心结构,高层辐散区偏离气旋中心,发展结构破

坏,河套气旋迅速消亡。

2 河套气旋动力诊断分析

2.1 暖心结构

河套气旋初生时是青藏高原东北地区大陆加热作用产生热对流。强盛的上升运动形成热低压,低压系统散乱无组织(图略)。在环境条件满足时,低层偏南气流加强,中高层西南气流引导,进入河套地区发展为河套气旋。其保持着热低压的性质,为暖心结构的浅薄系统。在26日02时700hPa图上可以看出其暖心结构(图略)。图3a、b是26日02时分别以东西、南北方向穿过气旋中心的剖面图,图中给出了涡度和温度距平。暖心结构尤其是低层非常清楚。随着河套气旋发展向东北移动,暖心结构破坏,变为斜压性后河套气旋便开始消亡。可见,暖心结构是河套气旋的基本特征。

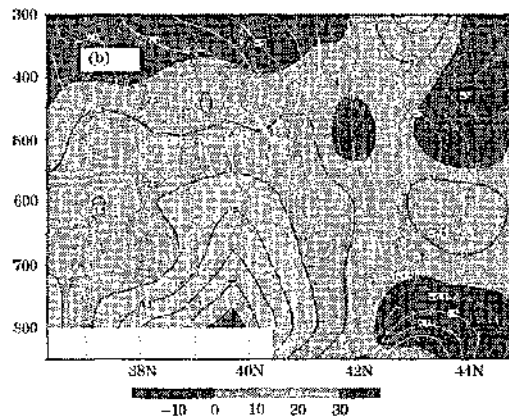
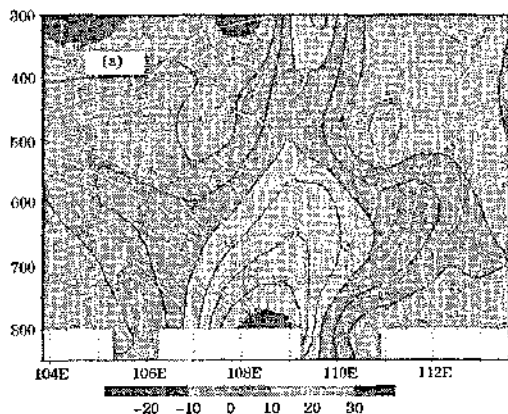


图3 2004年7月26日02时河套气旋东—西剖面图(a)和南—北剖面图(b)

阴影为涡度值、线条为温度在相同气压层的距平值

2.2 对流深厚

河套气旋虽然具有热对流性质的暖低压,是暖心结构的浅薄系统。但其爆发性发展时对流非常深厚。这是由于高层具有很好的辐散系统配合,使热对流爆发性发展为河套气旋。图4a、b是26日02时是通过气旋中心的东—西、南—北方向剖面图,图中给出了散度和垂直速度分布。可以看到在低层

700~850hPa河套气旋主体中有强烈的辐合,400~500hPa在河套气旋上空有很强的辐散,产生强烈的上升运动已经突破了300hPa,这样深厚而强烈的对流产生了很强的降水。

2.3 暖湿气流活跃

河套气旋本身就是暖心结构的暖湿系统,其生成、发展都配合着暖湿气流活动。气

旋主体在环境气流的引导下向东北移动,暖湿气团北上。河套气旋带来的暖平流很强,尤其是在气旋的暖锋锋区中更加明显,实际上整个气旋都在北抬,都起到暖锋的作用。强降水就发生在暖锋锋区中。图5给出了700hPa的涡度、温度平流和流场图。从图中

可以看出暖平流非常强,其与正涡度和气流的辐合配合很一致,其中心位于气旋中心略偏东暖锋锋区。正是这一锋区强烈发展产生了暴雨天气。可见对于河套地区的暴雨,暖湿空气的活动最为关键。

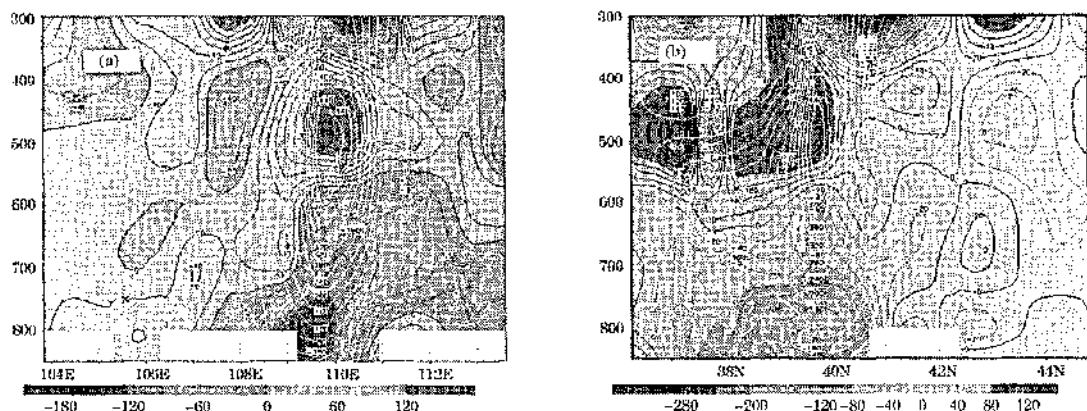


图4 2004年7月26日02时河套气旋东—西剖面图(a)和南—北剖面图(b)

阴影为散度值、线条为垂直速度值

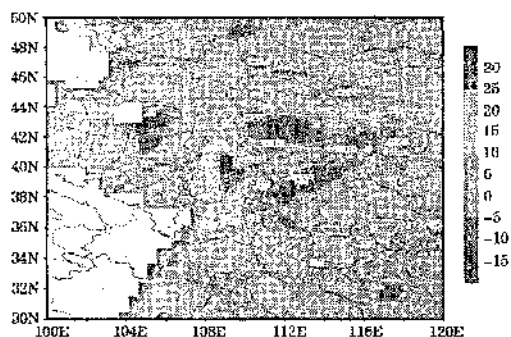


图5 2004年7月26日02时700hPa的涡度(阴影)、温度平流(黑线)和流场(流线)图

2.4 次级环流结构特征

为了更清楚地分析河套气旋的垂直环流情况,图6给出了通过河套气旋中心的流场的东—西、南—北剖面图(注:图中流场的 u 、 v 分量减去了环境流场平均值; w 分量放大20倍)。从图6a可以看出河套气旋中心垂直运动旺盛,对流达到250hPa,气旋西部存

在一个较大的逆时针的次级环流,高层400hPa以上有冷平流(图略)卷入下沉,斜压性由高层向低层侵入。气旋东部垂直运动从中层向东发展,可见河套气旋的发展、移动偏向于东侧,气旋缓慢沿引导气流的偏东方向移动。从图6b可以看出在河套气旋中心旺盛的垂直运动南部,600~700hPa存在一个逆时针的次级环流,说明南支辐合气流主要在700hPa以下。气旋北部有一顺时针的次级环流,其对应暖锋的位置,暖锋存在于600hPa以下,南支暖湿气流沿暖锋抬升,北部的冷空气沿暖锋下沉,气旋缓慢北抬。

2.5 地形作用

河套气旋的生成和发展与地形关系密切,首先,青藏高原地形加热作用在高原东北部形成热低压系统,配合上升运动,为河套气旋的生成提供了很好的热力条件。在有利的大气环流背景下,青藏高原东侧偏南气流的绕流作用使河套西南产生气旋性环流。加之

上升运动有利于气旋发展,因此河套气旋往往在这一地区生成。气旋东北向移动到河套地区(高原盆地),受阴山山脉和太行山脉的夹挤作用,对气旋也有加强作用。另外,气旋北抬过程中受阴山山脉迎风坡作用强迫抬升对降水也有加强。可见,河套气旋是地方性

系统。就其发生的时间来讲,在午后青藏高原地形加热作用最强,热低压系统、对流发展。当天气尺度环流条件有利时河套气旋形成移出,多在夜间影响河套地区(高原盆地),这正是鄂尔多斯盆地夜雨多的原因^[4]。

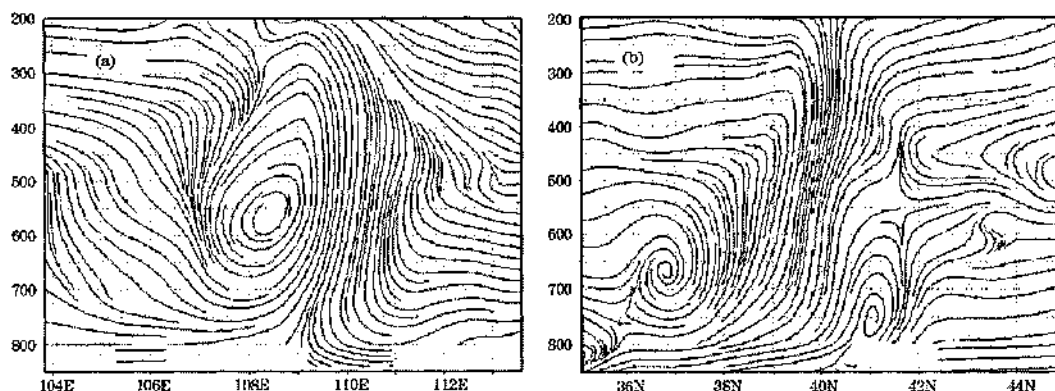


图6 2004年7月26日02时气旋流场的东—西剖面(a)和南—北剖面(b)图

3 结论

(1) 河套气旋的活动是造成河套地区突发性大雨、暴雨的主要原因。

(2) 河套气旋的生命史较短,一般在24小时以内,影响某地区的时间在12小时以内。

(3) 河套气旋是具有暖心结构的浅薄系统,暖心结构的破坏伴随着河套气旋的消亡。

(4) 河套气旋对流强烈而深厚,对流可达300hPa以上。

(5) 河套气旋的发展快,具有爆发性发展的特征,降水强度大。

(6) 河套气旋发展的过程中暖湿气流异常活跃,对降水起到非常关键的作用。强降水就发生在暖锋锋区中。

(7) 河套气旋的东移是气旋新生发展阶段;北抬是暖空气向北推进的结果。

(8) 河套气旋的生成和发展与青藏高原地形加热、阴山山脉和太行山脉的夹挤、强迫抬升等作用密切相关。因此,河套气旋是地方性系统。

(9) 河套气旋的生成和发展要有高层(300hPa)辐散和低层(700hPa)偏南暖湿气流的配合。

参考文献

- [1] 刘景涛,罗孝逞编著. 内蒙古自治区天气预报手册(下册)[M]. 北京:气象出版社,1987,4-22.
- [2] 贺勤,吴晓东. 内蒙古中西部干旱和半干旱地区暴雨的气候特征分析[J]. 水科学进展,1991,2(4):18-23.
- [3] 李国平,赵邦杰,杨锦青. 地面感热对青藏高原低涡流场结构及发展的作用[J]. 大气科学,2002,26(4):517-525.
- [4] 贺勤,邱东平. 鄂尔多斯盆地夜暴雨多[J]. 气象,1997,8(7):46-50.