

# 晋中 2002 年 9 月 11 日暴雨的诊断分析

赵桂香 李新生

(山西省晋中市气象局, 030600)

## 提 要

对 2002 年 9 月 11 日山西省晋中市灵石、和顺两地暴雨进行了诊断分析, 结果表明: 活跃的副高是造成晋中 9 月强降水的主要影响系统, 此时, 地面不一定有冷锋配合。暴雨落区位于高能、高湿舌区的辐合中心, 且低层湿舌较中层湿舌滞后, 而低层能舌较中层能舌超前。另外, 单站要素和本地地形是预报局地暴雨的重要参考因素。

**关键词:** 暴雨 能量 水汽通量 诊断分析

## 引 言

统计历史资料表明, 晋中 9 月出现暴雨的几率极小, 1974~2002 年 29 年间共出现 9 次, 且基本上是局地型的, 最多有 4 个站出现暴雨(1983 年 9 月 7 日), 其他基本只有 1~2 站出现暴雨, 因此, 9 月暴雨的预报难度更大。2002 年 9 月 10~14 日, 山西省普降小到中雨, 9 月 11 日全省有 57 个站降水量达 25mm 以上, 有 4 个站出现暴雨, 其中晋中的和顺、灵石 24 小时降水量分别为 55.2mm 和 51.2mm, 其余站降水量为 28~47.9mm。9 月份出现这种强降水必然有其特定的环流背景和物理条件, 因此, 我们对 9 月 11 日的暴雨天气过程进行了诊断分析, 从热力、动力、水汽条件三方面进行了分析计算, 得出了一些对实际预报有指导意义的结论。

计算所用资料来源于实况资料和 MMS 格点资料。

## 1 环流背景概述及主要影响系统分析

此次暴雨的主要影响系统为副热带高压。9 月 9 日 08 时(北京时, 下同), 山西省受副高控制, 中心强度为 5920gpm, 位于我省南部, 5880gpm 等高线闭合, 副高脊线穿越山西中部, 呈西北—东南走向。9 月 10 日 08 时副高明显东撤南压, 副高脊线南压到 32°N 左右, 近似东西向, 副高西北侧西南气流强盛, 湿区向北伸展, 环流经向度减小, 环流形

势开始调整。10 日 20 时副高移出山西省, 西南风速增加到  $8\sim 12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 晋中市灵石处于强盛的西南气流下方。从 10 日 20 时开始, 副高稳定少动, 是造成这次持续性降水的主要原因。从 10 日 20 时 500hPa 流线图(图略)中可看到, 山西省处在副高西北侧强盛的西南气流中, 这里水汽通量辐合最强, 上升运动最大, 对暴雨的产生十分有利。

## 2 “9.11”暴雨的物理条件分析

### 2.1 热力条件分析

大气可以看作是一个包含各种形式能量的闭合系统。根据能量守恒定律, 一个孤立系统的能量不会自生自灭, 而只能从一种形式转换成另一种形式。各种天气的发生、发展和消亡的过程都伴随着大气能量的转换过程。尤其是对于暴雨这种强降水天气而言, 能量的积累尤为重要。

#### 2.1.1 假相当位温

分析 9 月 10 日 08 时 700hPa  $\theta_e$  图(图略)发现, 暴雨开始的 24 小时前, 西安一带有 74.0℃ 的高能中心, 晋中市处于向东北方向伸展的  $>60^\circ\text{C}$  的高能舌内。850hPa 图上, 西安到南阳一带有 71℃ 的高能中心, 晋中市处于向偏北方向伸展的  $>60^\circ\text{C}$  的高能舌区内, 这种能量分布特征持续到暴雨开始。10 日 20 时(见图 1), 高能舌区范围进一步扩大, 晋中市的灵石已处于高能中心前部, 到 11 日

08时,高能中心东移北抬,晋中市和顺处在高能中心,为灵石和顺产生暴雨积累了充分的能量,事实上,灵石的降水主要集中在10日夜,10日20时~11日08时,12小时降水量达39.2mm,而和顺的最大降水主要在11日上午,11日08~14时,6小时降水量达到43mm。

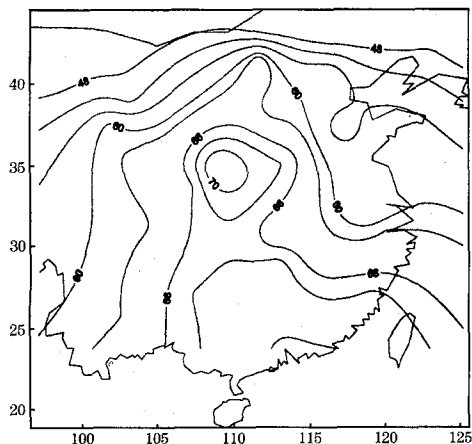


图1 2002年9月10日20时700hPa  $T_t$  (单位:℃)

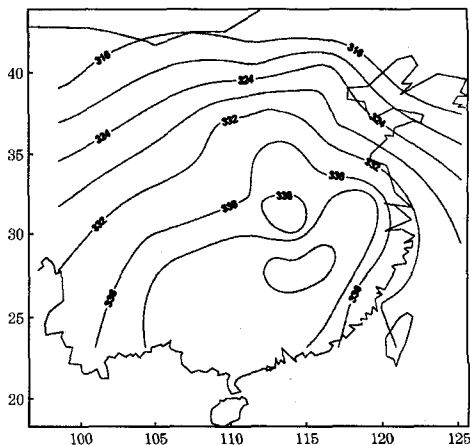


图2 2002年9月10日20时850hPa总温度 (单位:K)

从  $\theta_{se}$  图和总能量图可看出:低层能舌较中层能舌要超前。

### 2.2 水汽条件分析

暴雨的产生必须本地上空有充分的水汽输送,水汽通量即表示水汽输送强度,它是单位时间内流经某一单位面积的水汽质量。因此,我们计算了9日08时~11日08时的中低层水汽通量,并绘制了水汽通量图。分析这些图发现,10日08时850hPa太原有一6.28g/(s·hPa·cm)的大中心,700hPa上西安一带有一11.13g/(s·hPa·cm)的大中心,山西省正好处在向东北伸展的湿舌区,最大水汽通量中心位于晋中市灵石上方,为灵石产生暴雨提供了充分的水汽。10日20时,湿舌区扩大、东移,到11日08时,最大水汽通量中心东移到晋中市的东山地区(见图3),太原700hPa水汽通量24小时增加11.21g/(s·hPa·cm),大的水汽通量中心一直维持在晋中市上空。另外,从风向分析可明显看出,此次过程中水汽输送源地的中低层一直维持有>10g/(s·hPa·cm)的水汽通量中心,说明有源源不断的水汽向晋中市上空输送,为晋中市暴雨的产生提供了丰富的水汽条件。

但是,水汽通量的数值和方向只能表示水汽的来源,要产生暴雨,本地上空还必须有

### 2.1.2 总温度

单位质量气块的动能、位能、感热能和潜热能的总和称为该气块的“总能量”  $E_t$ ,  $E_t = C_p T + Lq + AgZ + AVV/2$ ,其中A为功热当量; $E_t/C_p = T_t + \gamma_d Z + AVV/2C_p$ ,式中  $T_t$  称为总温度,它反映了总能量的大小,并具有准保守性。

在这里,我们计算了10日08时~11日08时700hPa、850hPa的总温度,并绘制了能量图。从能量图分析:10日08时西安到运城一带700hPa有341.6K的高能中心,850hPa有337.1K的高能中心,且能舌略向东北伸展,晋中市处于>332K的高能舌区内。10日20时,850hPa高能舌区范围进一步扩大,高能中心明显东移北抬(见图2)。到11日08时,700hPa高能舌区范围向东北扩展,总能量图与  $\theta_{se}$  图分布基本一致,不同的是,低层  $T_t$  能舌不像  $\theta_{se}$  图明显。

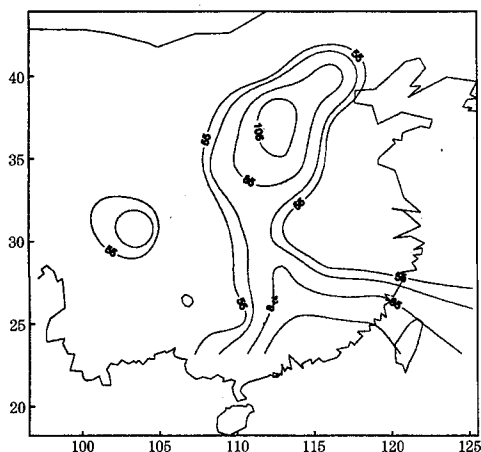


图3 2002年9月11日08时700hPa水汽通量  
单位:  $g/(s \cdot hPa \cdot cm)$

水汽的累积过程,这就还须进一步考虑从各个方向输送来的水汽能否在某地集中起来。表示这种输送来的水汽集中程度的物理量就是水汽通量散度。它是单位时间、单位体积内汇合进来或辐散出去的水汽质量。我们计算了9日08时~11日08时700hPa水汽通量散度,绘制了散度图。分析表明:从9日08时晋中市上游地区已出现明显的水汽辐合,到10日08时,辐合区明显扩大,中心数值明显增大,晋中市相对湿度持续增加,湿层厚度达到500hPa,说明经过1~2天的水汽累积,晋中市已积累了充沛的水汽。

### 2.3 动力条件分析

分析此次暴雨过程的动力条件表明,垂直运动滞后于水汽条件。10日08时850hPa西安一带有弱气旋性辐合场形成,20时低层辐合明显增强,中心移至山西西南部,晋中市灵石处于辐合区的上升区内,这是造成灵石10日20时~11日08时降水最强的原因之一。到11日08时辐合区明显东移,风场急剧增强,晋中市和顺处在辐合区的强烈上升运动区中,因此,和顺11日上午降水最强。这种中低层辐合上升、高层辐散的系统结构是造成暴雨的重要触发机制,而水汽凝结释放的潜热又成为驱动大尺度扰动所需要的能量,中小尺度系统和大尺度流场的相互作用,加强和维持了暴雨不稳定系统。

### 3 单站要素特征分析

单站要素的演变,在一定程度上反映了经过本站的天气系统的情形,因此,不同的天气系统影响本站时,单站要素的时间演变形势也就不同。分析本次过程的单站要素特征发现,10日08时地面  $T - T_d$  场中山西省处在低值中心,而晋中市的灵石、和顺  $T_d$  最小;24小时变压最大,达3hPa以上,且从5日开始,14时气温持续回升达5天之久(见图4),10日14时晋中市地面风场出现明显气旋性辐合。另外,灵石位于晋中市最南端、和顺位于晋中市东山地区,境内均以山地为主,地势较高,此次过程中,两站正好位于最大水汽和能量输送的下方,由于动力抬升作用,加强了上升运动,从而增加了凝结量,且触发了不稳定能量的释放,使降水加强,这也是这两站产生暴雨的原因之一。

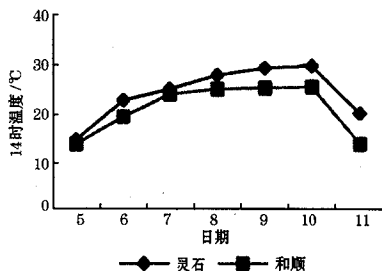


图4 单站14时温度时间序列图

### 4 结论

- (1)副热带高压较常年活跃,脊线位置偏北,是造成晋中9月强降水的主要原因之一。
- (2)与夏季暴雨不同的是,9月副高影响下的暴雨,地面不一定有冷锋配合。
- (3)水汽、能量条件在暴雨开始前已有反映,高能、高湿舌的伸展方向和辐合区内强烈上升运动中心是判断暴雨落区的重要因素。
- (4)850hPa湿舌较700hPa湿舌滞后,说明湿层厚度已达中层,当湿层的厚度达到700hPa时,就有利于暴雨的发生,造成暴雨区的水汽集中。
- (5)单站要素特征是判断暴雨尤其是局地性暴雨产生的重要参考因素之一。

参考文献

1 朱乾根等. 天气学原理和方法. 北京: 气象出版社, 1981.

2 丁一汇. 高等天气学. 北京: 气象出版社, 1991.

3 寿绍文. 中小尺度动力学. 北京: 气象出版社, 1993.

## Diagnosis of Heavy Rain Event on September 11th 2002 in Jinzhong, Shanxi Province

Zhao Guixiang Li Xinsheng

(Jinzhong Meteorological office, Shanxi Province 030600)

### Abstract

Heavy rain event on September 11 2002 in Lingshi and Heshun, Jinzhong city, Shanxi province is diagnosed. The results show that the event is caused by active subtropical high, at the moment, there is also a uncertain cold front on the surface. The area where the heavy rain event lies to center of high energetic humid tongue. Low-layer humid tongue lags behind mid-layer humid tongue. In addition, local meteorological factors and local topography could be taken for factors of the reference to forecast local heavy rainfall.

**Key Words:** heavy rain event energy vapor flux diagnosis