

●天气和气候

2003 年淮河上游区域暴雨的水汽特征

吴 蓁, 苏爱芳, 王晓丹

(河南省气象台, 河南 郑州 450003)

摘 要: 利用合成平均天气图资料和 T213 数值预报产品物理量中的水汽因子, 对 2003 年 6~7 月出现在淮河上游的 5 次暴雨过程的水汽条件进行了分析, 结果表明: 水汽分别来自孟加拉湾和南海; 暴雨产生前后, 850~500 hPa 三层中均以 850 hPa 水汽含量最大, 且辐合亦最明显; 当 850 hPa 和 700 hPa 天气图上分别在桂林到长沙和昆明到贵阳有 $>200 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 和 $>100 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 的水汽通量大值中心, 且上游风速又大于下游时, 可考虑未来 24 h 淮河暴雨的产生; 当 T213 数值产品中淮河上游区域的相对湿度、比湿和水汽通量的预报值大于诊断量的临界值的绝对值时, 亦可作为暴雨预报的参考依据。

关键词: 淮河上游; 暴雨; 水汽; 预报指标

中图分类号: P458.1+21.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-6372(2004)04-0009-03

引 言

2003 年 6 月 21 日~7 月 22 日, 河南境内淮河上游连续出现了 5 次区域性暴雨过程, 暴雨日达到 8 个。其中有 6 个暴雨日的最大降水中心量值超过了 100 mm。淮河上游的豫东、豫东南降水量超过历年均值的 1~2 倍, 出现了严重洪涝。本文通过对常规天气图和 T213 物理量中水汽因子的分析, 概括这几次暴雨产生的水汽特征, 以便今后更好地预报淮河上游的强降水。

1 使用资料和分析方法

6 月下旬~7 月下旬淮河上游连续出现了 8 个暴雨日, 由于这 8 个暴雨日出现的中低纬形势场非常相似, 各层影响系统也很相近(500 hPa 均为低槽, 700 hPa 和 850 hPa 为切变线), 为便于寻找其共同点, 在分析中采用了合成平均方法, 即根据降水前和降水过程中的形势场、流场、湿度场等的合成平均图, 分析水汽状况, 并对 T213 数值产品中部分物理量进行分析。

2 水汽特征分析

2.1 暴雨前 24 h 水汽特征

2.1.1 水汽源地

水汽源地 700 hPa 和 500 hPa 为孟加拉湾, 850 hPa 和 925 hPa 为南海。

2.1.2 水汽路径

500 hPa 自孟加拉湾北部经西藏东部、四川、陕豫鄂边界到达河南; 700 hPa 自孟加拉湾北部经云南、贵州、渝鄂交界进入河南; 850 hPa 自南海经两广、湖南、湖北东部到河南(图 1); 925 hPa 从南海经广东、湖南东部、江西西部、湖北东部、安徽西部到河南。

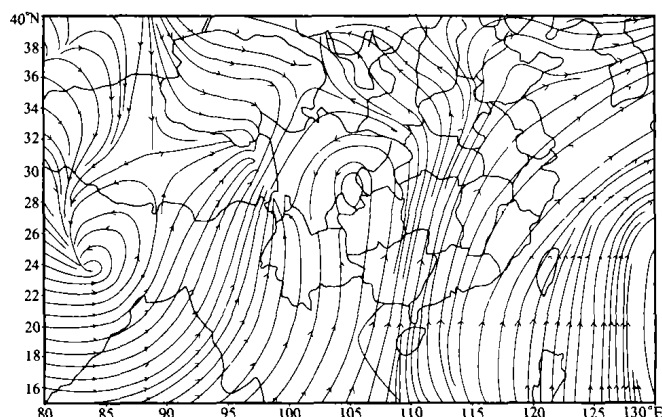


图 1 暴雨前 24 h 850 hPa 流场合成图

2.1.3 水汽输送量

图 2 为暴雨前 24 h 850、700、500 hPa 三层等压面的平均风场和平均水汽通量, 各层水汽路径上的站点由南向北在水汽通量曲线上标明, 横轴表示东西方向, 正方向为东, 左边纵坐标表示水汽通量值, 右边纵轴表示南北方向, 正方向为北。

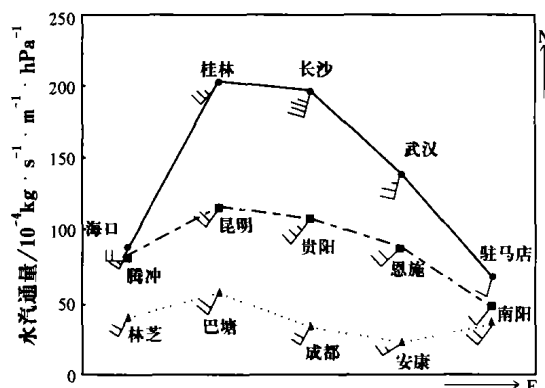


图 2 850~500 hPa 水汽输送示意图

自上而下 3 条曲线上的站点分别为 850、700、500 hPa 站点

由图 2 可以看出, 暴雨产生前, 在各层水汽输送路径上, 上游均有水汽通量大值中心, 风速也大于河南的站点, 因此暴

收稿日期: 2004-05-16

河南气象 2004 年第 4 期

雨产生前在河南已经开始出现水汽的累积与辐合。同时还可看出,850 hPa 的水汽输送量远大于 700 hPa 和 500 hPa 的水汽输送量,在豫南产生的水汽辐合也远大于 700 hPa 和 500 hPa 的水汽辐合,因此 850 hPa 的水汽输送对暴雨的产生作用更明显。

2.2 暴雨过程中水汽特征

2.2.1 水汽源地

暴雨过程中水汽源地 500 hPa 和 925 hPa 均为南海,700 hPa 和 850 hPa 两层为南海和孟加拉湾。

2.2.2 水汽路径

500 hPa 水汽由南海、广西、湖南、湖北进入河南;700 hPa 主要来自孟加拉湾、云南、川黔渝交界、鄂西北到豫东南,另一支从南海、广西、湖南、湖北到河南东南部;850 hPa 孟加拉湾经印度半岛、广西、湖南、湖北到河南南部,另一支从南海经两广交界处、湖南、湖北到河南(图 3);925 hPa 由南海、广东、湖南、湖北到河南。

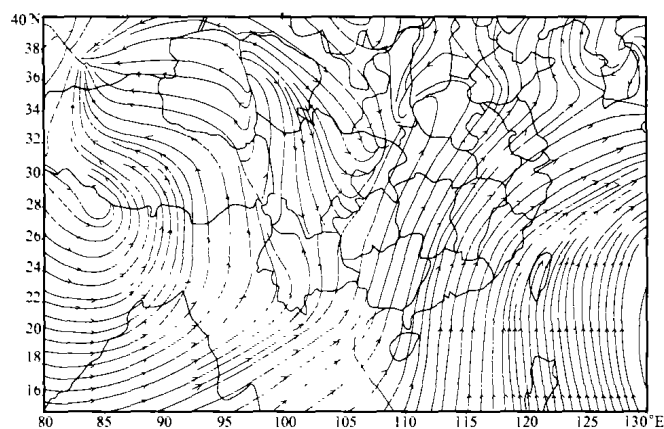


图 3 暴雨过程中 850 hPa 流场合成图

2.2.3 水汽输送量

为了更清楚地反映降水开始后不同层次水汽输送量,确定不同等压面的水汽对淮河上游暴雨的贡献,对 8 个暴雨日降水出现时 850 hPa、700 hPa、500 hPa 三层暴雨区的水汽通量和水汽通量散度进行了计算。根据计算结果,从垂直层面来看,降水产生时,850 hPa、700 hPa、500 hPa 三层的水汽输送量分别占到三层总量的 40.2%、34.3% 和 25.5%;三层水汽辐合量分别占到三层总量的 49.9%、33.3% 和 16.8%。因此,暴雨过程中水汽输送量最大、水汽辐合最明显的层次仍是 850 hPa,该层对淮河暴雨的发展和维持所起作用明显。

另外,淮河暴雨产生时,河南境内 $t - t_d \leq 4^\circ\text{C}$ 的区域一直伸展到 400 hPa 高度,局地湿层相当深厚,对淮河暴雨的产生也起到了积极的作用。

3 T213 数值产品水汽因子分析

针对这 8 个暴雨日,选择 T213 物理量资料中的比湿、相对湿度、水汽通量和水汽通量散度,对水汽较集中的 850 hPa、700 hPa 进行诊断分析,检验其预报能力,确定预报指标。

3.1 诊断分析

通过对 8 个暴雨日降水刚产生时 850 hPa 和 700 hPa 四个水汽因子的诊断分析,确定了临界值(见附表)。其中,水汽通量最大中心值在 850 hPa 和 700 hPa,可达 $148 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$;水汽通量散度最大中心 850 hPa 可达 $-399 \times 10^{-10} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}$,700 hPa 为 $-207 \times 10^{-10} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}$ 。

从以上统计结果可以看出,850 hPa 比湿和相对湿度均大于 700 hPa,因此暴雨产生时较低层的水汽含量更大。尽管 850 hPa 和 700 hPa 两层的水汽通量值相当,两层水汽输送量相差不多,但由于 850 hPa 水汽通量散度明显小于 700 hPa,因此水汽在 850 hPa 上辐合量大,同时该层的水汽含量也大,所以 2003 年汛期淮河上游暴雨产生时,850 hPa 的水汽贡献最大,这与前面的分析基本一致。

附表 降水产生时暴雨落区水汽因子诊断结果

比湿/(g/kg)		相对湿度/%		水汽通量		水汽通量散度	
850hPa	700hPa	850hPa	700hPa	850hPa	700hPa	850hPa	700hPa
≥ 11	≥ 7	≥ 74	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≤ -114	≤ -60

注:比湿、相对湿度、水汽通量、水汽通量散度的单位分别是 g/kg 、 $\%$ 、 $10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 、 $10^{-10} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}$ 。

3.2 预报能力

经对 T213 数值产品中上述水汽因子的 24 h 和 48 h 预报值与 8 个暴雨日实况值比较发现:24 h 和 48 h 850 hPa、700 hPa 相对湿度预报值对预报暴雨有一定的指示意义;24 h 700 hPa、48 h 850 hPa 和 700 hPa 水汽通量散度预报值无法作为参考依据。

可以预报暴雨的指标如下。

比湿:850 hPa 24 h 预报值 ≥ 13 (单位 g/kg ,下同),48 h 预报值 ≥ 13 ;700 hPa 24 h 预报值 ≥ 9 ,48 h 预报值 ≥ 8 。

水汽通量:850 hPa 24 h 预报值 ≥ 140 (量级和单位 $10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$,下同),48 h 预报值 ≥ 100 ;700 hPa 24 h 预报值 ≥ 60 ,48 h 预报值 ≥ 90 。

水汽通量散度:850 hPa 24 h 预报值 $\leq -200 \times 10^{-10} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}$ 。

4 结 语

① 2003 年汛期出现在淮河上游的 8 个暴雨日,其充沛的水汽分别来自孟加拉湾或南海。

② 无论是暴雨产生前还是降雨开始后,850 ~ 500 hPa 三层中均以 850 hPa 的水汽含量最大,并且其在淮河上游的辐合亦最明显,因此对暴雨的产生起到重要作用。

③ 局地深厚的湿层,也是形成暴雨的有利条件之一。

④ 当 850 hPa 和 700 hPa 天气图上分别在桂林到长沙和昆明到贵阳有 $>200 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 和 $>100 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 的水汽通量大值中心,且上游风速又大于下游时,可考虑未来 24 h 淮河暴雨的产生;当 T213 数值产品中淮河上游区域的相对湿度、比湿和水汽通量的预报值大于诊断量的临界值的绝对值时亦可作为暴雨预报的参考依据。

2002 - 07 - 19 冰雹过程的数值解释分析

李朝兴¹, 田万顺¹, 张冬梅²

(1. 河南省气象台, 河南 郑州 450003; 民航郑州空中交通管理中心, 河南 郑州 451161)

摘要: 提出了 MM5 模式要素预报误差的改进思路; 根据冰雹形成的基本机制做出预报时段内冰雹诊断图; 通过分析冰雹诊断图对冰雹预报因子做出评价, 形成了利用 MM5 预报产品做出冰雹预报的一种方法。

关键词: 冰雹; 数值预报; MM5; 冰雹诊断图

中图分类号: P458.1⁺21.2

文献标识码: B

文章编号: 1004 - 6372(2004)04 - 0011 - 02

引言

2002 年 7 月 19 日傍晚到夜里, 河南省焦作、洛阳、郑州、平顶山等市先后出现了比较强的冰雹过程, 大部分地区的最大冰雹直径 20 mm, 局部地区的 >40 mm。这次降雹给灾区人民的生命和财产带来了很大损失。做好准确冰雹预报的重要性不言而喻。目前冰雹预报的手段还不太多, 气象台的预报多局限在经验上。数值预报在降水的应用中取得了比较明显的效果。美国 MM5 模式是比较先进的有限区中尺度数值模式, 可以做出 10 km 以下逐小时或者更细尺度的预报, 在我国的科研和业务中应用得比较广泛。我们利用 MM5 丰富的逐小时要素资料, 根据冰雹形成的基本机制, 构造了冰雹预报图, 根据此图可分析出此次冰雹过程。

1 数值要素的订正

MM5 和许多数值模式一样, 存在中小系统的移动快慢问题及降水落区偏差。利用每隔 3 h 一次的地面图与 MM5 的逐小时要素预报进行比较, 可对预报的形势场和中小系统的移动快慢做

出判断, 并进行订正。

2 冰雹形成的要素计算

2.1 基本物理量的计算

利用 MM5 可计算出 H (等压面高度)、 T (等压面温度)、 Q (等压面混合比)、 W (等压面的垂直速度), MM5 的垂直层次共有 19 层 (1000 ~ 100 hPa, 中间每 50 hPa 一层)。

基本计算公式如下:

$$r = m_v / m_d$$

$$q = m_v / (m_v + m_d) = 0.622e/p$$

$$q = r / (r + 1)$$

$$e = p \times r / (0.622 + r)$$

$$E = 611 \times 10^{a/(b+T)} \quad (\text{Magnus 经验公式, 冰面: } a = 9.5, b = 265;$$

$$\text{水面: } a = 7.45, b = 235)$$

$$f = e/E$$

$$t_d = 265 / [9.5 / \log_{10}(e/6.11) - 1]$$

$$\theta_{se} = T \times \exp[0.286 \times \ln(1000/p) + 2500$$

$$\times q / (338.52 - 0.24 \times T + 1.24 \times t_d)]$$

其中, m_v 为湿空气质量, m_d 为干空气质量, e 为水汽压, E 为饱和

收稿日期: 2004 - 05 - 19

The Moisture Analysis of Rainstorm over the Upper Reaches of Huaihe River in 2003

Wu Zhen, SU Ai-fang, WANG Xiao-dan

(Meteorological Observatory of Henan Province, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: By using average weather chart and water vapor ingredient of the T213 numerical forecast product, we have analyzed the water vapor condition of the five rainstorm processes that happened in Huaihe River's upper reaches from June to July in 2003. The following are the results we get: The water vapor is from Bengal Gulf and South China Sea; when rainstorms happened, the moisture content in 850hPa is the most abundant and the convergence is the most obvious; if there are a vapor flux max. Center which is greater than $200 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$ from Guilin to Changsha in the 850hPa and a same center, which is greater than $400 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$ from Kunming to Guiyang, and the wind speed in the upper reaches is greater than the lower reaches, a rainstorm will take place in the next 24 hours in Huaihe; if the forecast values of relative humidity, specific humidity and water flux of the T213 numerical forecast product in Huaihe River's upper reaches are greater than critical values' absolute values of the diagnostic quantity, they can be taken as reference bases of rainstorm forecast.

Key Words: Huaihe River's upper reaches; Rainstorm; Water vapor; Forecast Index