

“96.8”暴雨的水汽来源及对水汽敏感性的模拟分析^①

徐国强 张迎新

(河北省气象台, 石家庄市 050021)

提 要

首先用实测资料分析了河北“96.8”暴雨过程的水汽来源, 指出造成这次暴雨的水汽主要来自南海、孟加拉湾和台风低压本身携带的水汽。最后用MM4模式模拟分析了暴雨水汽的敏感性, 得知水汽条件小的变化可能引起降水量大的改变, 潜热释放对暴雨有正反馈作用。

关键词: 暴雨 水汽 敏感性

引 言

水汽输送对暴雨的贡献是极其重要的, 因此判断水汽来源及水汽通道是暴雨实际预报中十分重要的问题。河北省暴雨的水汽大多来自孟加拉湾、南海^[1], 随SW季风的爆发向华北输送。在盛夏特定的环流形势下, 从东海、黄海也向河北省输送水汽, 那就是副高北跳, 台风在东南沿海活动, 台风与副高之间形成一强东南气流向河北省输送水汽。由于暴雨区有大量水汽输送, 水汽的上升凝结过程对风场产生极大影响。陶祖珏^[2]研究了水汽场对低空急流的影响, 指出湿空气的抬升凝结可使低层急流轴不断上抬。张玉玲^[3]指出盛夏低空急流的维持与暴雨过程中极强的潜热加热有关, 潜热加热可加强垂直环流。吕克利^[4]等指出, 水汽凝结过程的加入, 使锋区垂直运动和锋面环流大大增强。

本文首先分析了“96.8”暴雨的水汽来源, 然后用中尺度模式MM4模拟了本次暴雨过程对水汽的敏感性, 简单讨论了水汽凝结加热对垂直环流的影响。

1 水汽源地分析

图1是1996年8月2日08时至4日20时850hPa各个时次(2日20时和3日08时图略)实时观测的水汽通量和风场的叠加图。由图1可清楚地发现: 2日08时, 在台风低压与副高之间有一水汽通量的大值区且与东南风急流相配合。这说明台风携带了大量的水汽, 同时副高与台风低压之间的东南风也将东海的水汽向华北地区输送。此时降水区主要位于河南省。随着台风低压的西北上, 水汽通量的大值区与东南风急流也向北移动, 从2日20时到3日20时, 又有一束逐渐加强的偏南风气流将南海的水汽向华北输送, 这时水汽通量出现了两个大值中心, 且两个大值中心的位置由东西向转变成南北向, 台风低压与副高之间的东南风气流也不断减弱。这说明来自东海的水汽逐渐减少, 而南海的水汽随偏南风急流源源不断地向北输送。降水区也不断北抬。3日20时, 在太行山地区出现了水汽通量的次大值区, 河北省南部开始降水。4日08时到20时, 水汽通量的大值中心逐渐合并成一个, 且向北移动, 最

① 本文由中国气象局“96.8特大暴雨分析研究”课题资助

后到达河北、河南两省的交界处，来自南海、孟加拉湾的偏南风势力逐渐加强，范围也比较大，与水汽通量的大值区走向非常一致；而来自东海的东南风也存在，但势力非常弱。此时段河北省中南部地区雨强大，井陘站 17 时

至 18 时 1 小时降水达 80mm，这也是此次大暴雨过程中的 1 小时最大雨量值（气象站）。说明在这次暴雨过程中，水汽主要来自南海、孟加拉湾，当然台风低压也带来了大量的水汽。

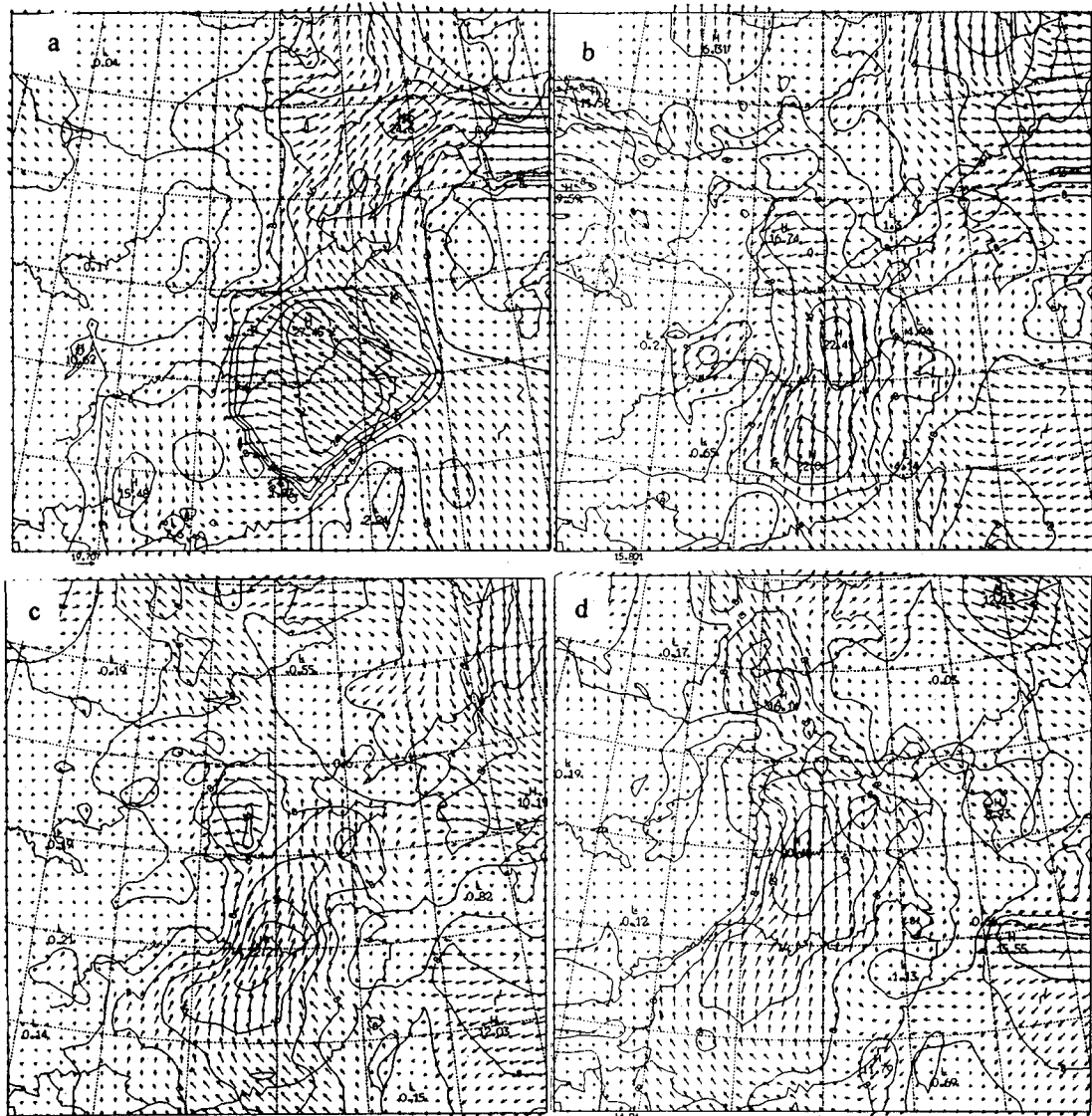


图 1 850hPa 各时次实测的水汽通量和风场叠加图

a. 8 月 2 日 08 时；b. 8 月 3 日 20 时；c. 8 月 4 日 08 时；d. 8 月 4 日 20 时；等值线间隔为 4

综上所述可知，随着台风低压的西北上，其经过地区及周边区域都产生了一次强降水过程，但各时次的降水的水汽来源有所不同。

台风刚登陆时，产生强降水的水汽主要来自台风低压和东海区域；随着台风低压的北上及大尺度环流的调整，造成河北省特大暴雨

的水汽变为主要来自南海、孟加拉湾和台风低压本身携带的水汽。

2 水汽敏感性模拟分析

2.1 模式与资料

本文用 PSU-NCAR 研制的 MM4 中尺度模式，其动力学预报是采用一个三维、静力平衡、斜压原始方程组。其主要物理过程包括 Kuo-Anthes 的积云对流参数化方案，水平、垂直扩散方案等。本试验采用的是 41×41 个格点，垂直方向取 10 层，格距为 60km 的 MM4 模式。

试验采用 1996 年 8 月 4 日 08 时高空、地面报文资料。

2.2 试验方案设计

2.2.1 控制试验

用上述资料采用 Gressman 逐步订正方案进行客观分析，形成 $60 \times 60 \text{km}^2$ 、L10 的分析场作为初值输入 MM4 模式，预报时效取 24 小时，得到降水及有关物理量的预报。

2.2.2 水汽敏感性试验

为了研究暴雨对水汽变化的敏感性，本文将主要区域 ($32 \sim 42^\circ \text{N}$ 、 $110 \sim 127^\circ \text{E}$) 从地面到 500hPa 的比湿场分别乘以系数：0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、0.95，其它区域的初值不变，做了 10 次数值试验，预报时效取 24 小时，用于讨论在其它物理场不改变时，如水汽条件发生变化，会对降水产生什么影响。

2.3 试验结果分析

从降水预报结果看，水汽的变化对降水有着非常大的影响，水汽含量变化 $5\% \sim 10\%$ ，可能引起降水成倍的变化。本文仅给出系数 Coe 为 0.5 和控制试验结果 (Coe = 1.0)，见图 2。当 Coe = 0.5 时，山西开始有降水产生，当 Coe < 0.5 时，华北区域几乎没有降水，当 Coe = 0.8 时，河北、山西开始有暴雨生成，当 Coe = 1.0 (控制试验) 时，山西、河北有大暴雨产生。

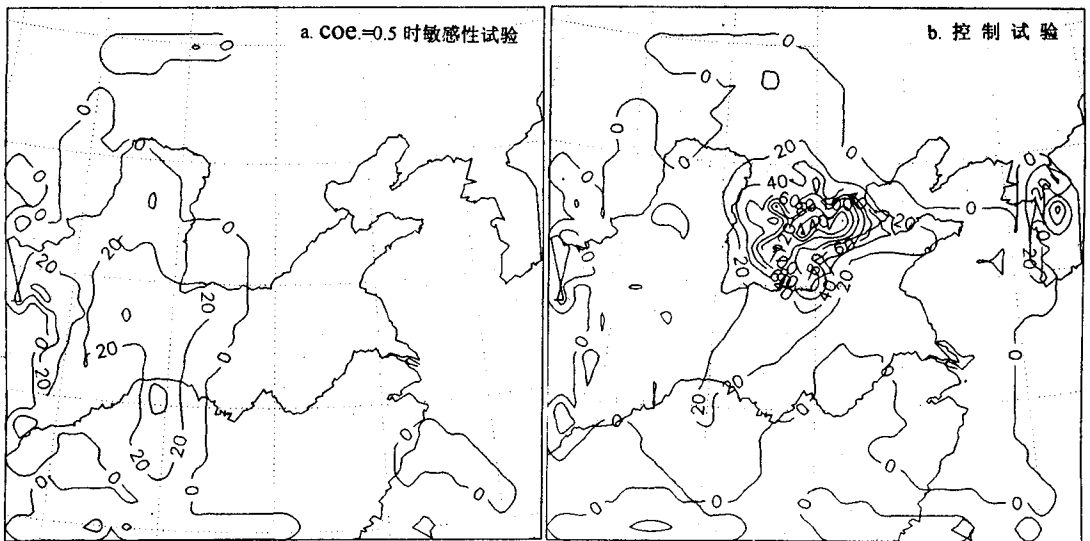


图 2 8 月 4 日 24 小时雨量预报/mm

a. Coe=0.5 时敏感性试验；b. 控制试验

本文仅以石家庄站为例，给出了控制试验及敏感性试验降水量随系数 Coe 的变化

图 (见图 3)，横坐标为敏感性系数，纵坐标为各试验降水量预报，单位为 mm。从图 3 可

看出, 当开始产生降水后, 降水量随着湿度的增加几乎是直线上升。这说明降水对水汽条件非常敏感, 水汽条件一个小的变化可能引起降水量大的改变。从而证明了水汽条件对形成暴雨的重要作用。

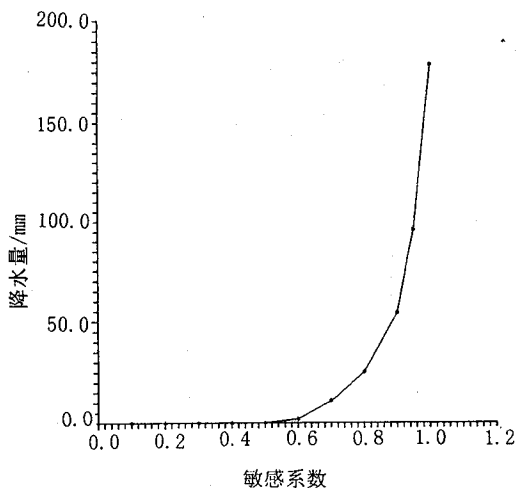


图3 石家庄市降水量随敏感系数变化图
水汽凝结而产生的暴雨过程释放了大量

的潜热, 而没有降水时, 则没有潜热释放。那么这个水汽凝结过程对“96.8”暴雨的垂直环流造成了什么影响呢? 本文给出了 $Coe = 0.5$ 时的试验和控制试验的 $700hPa$ 垂直速度 12 小时预报场 (图4), 粗略讨论一下凝结潜热对垂直环流的影响。从图4a知, 当华北区域没有降水时, 山西南部及河北中南部地区仅有弱的上升气流, 上升气流中心位于郑州附近; 由图4b知, 当华北有大暴雨产生时, 山西及河北中南部有一片较强的上升气流区, 其中河北中南部有一个强上升气流中心。注意到此两图仅是由于水汽的初始场改变, 而其它物理量并未做改变的情况下得到的, 那么我们大致可以说, 水汽凝结过程对垂直环流有极其重要的作用, 它可使上升气流有极大的增强。这与众多的数值试验关于水汽潜热的反馈作用的结论是一致的。当然这还与稳定度的变化有关, 其详细过程留待以后讨论。

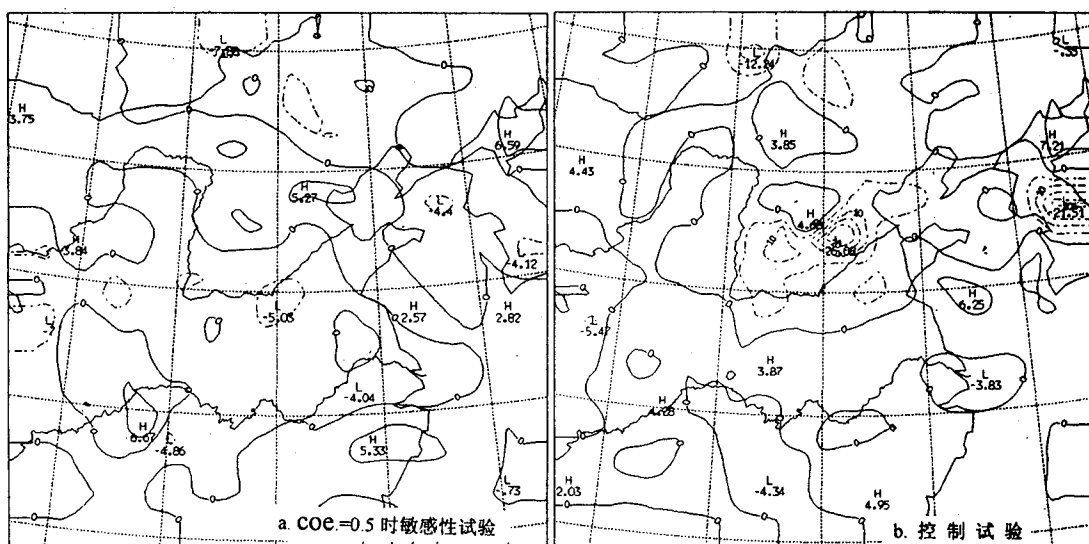


图4 $700hPa$ 12 小时垂直速度预报/ $10^{-3}hPa \cdot s^{-1}$
a. $Coe = 0.5$ 时敏感性试验; b. 控制试验

3 结论

通过对“96.8”暴雨的水汽源地分析和水汽敏感性的模拟分析, 可得到如下结论:

- (1) 台风刚登陆时, 产生强降水的水汽主要来自台风低压和东海区域。
- (2) 造成河北省特大暴雨的水汽主要来

自南海、孟加拉湾和台风低压本身携带的水汽。

(3) “96.8”暴雨对水汽非常敏感,水汽条件小的变化可能引起降水量大的改变。

(4) 水汽凝结潜热释放加强了暴雨区的上升运动,其对暴雨有正反馈作用。

参考文献

- 1 河北省天气预报手册. 北京:气象出版社. 1987.
- 2 陶祖珏. 湿急流的结构及形成过程. 气象学报. 1980, 38: 331~340.
- 3 张玉玲. 暴雨与次天气尺度扰动和低空急流的生成. 气象学报. 1981, 39: 257~266.
- 4 丁一汇等. 中尺度天气和动力研究. 北京:气象出版社, 1996: 306~315.

The Heavy Rain's Vapor Sources and Vapor Sensitivity Simulation in August 1996

Xu Guoqiang Zhang Yingxin

(Hebei Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050021)

Abstract

The vapor sources of the heavy rain during August 1996 in terms of real data was studied. The result points out that the vapor of the torrential rain comes from the South China Sea and the Bay of Bengal as well as typhoon-low itself carrying moisture. Finally, the heavy rain sensitivity to vapor by virtue of MM4 model was analysed. It is suggested that a little variety of vapors can bring large change of rainfall and latent heat releasing has positive feedback effects to heavy rain.

Key Words: heavy rain vapor sensitivity