

# “2004.7”沙澧河流域特大暴雨成因分析

胡燕平 肖刚 惠付梅 王颖 白红霞 董羽仑 程锦霞

(河南省漯河市气象局,462300)

## 提 要

应用常规、加密气象资料及卫星云图,分析了2004年7月16~17日沙澧河流域特大暴雨成因。结果表明:高、低空急流耦合区中西南低涡及MCC特征云团的形成和维持是造成此次特大暴雨的直接影响系统。提出利用逐时的中尺度辐合中心、卫星红外云图云顶亮温及雷达回波降水率做中尺度雨团量级预测思路。

**关键词:** 特大暴雨 中尺度辐合中心 MCC特征云团 中尺度雨团

## 引 言

2004年7月16~17日,沙澧河流域出现了罕见的特大暴雨,其中社旗县12小时最大降水量257.1mm,仅次于“75.8”;舞阳县24小时最大降水量376.6mm,超过历史极值。该过程降水强度大,时间集中,从而造成了澧河流域的大洪水。舞阳县境内澧河段全线漫堤,多处决口,经济损失5.4亿元。

夏季暴雨及洪涝灾害的发生涉及到多种尺度的系统及它们之间的相互作用。近年的研究表明,暴雨的发生与中尺度扰动的活动有密切关系<sup>[1]</sup>。它是在一定天气尺度下由中尺度系统直接产生的<sup>[2]</sup>。本文利用常规、地面加密观测资料及卫星云图资料,重点分析了出现在高、低空急流耦合区中的中尺度云雨团特征,以揭示这场特大暴雨的成因;并提出利用逐时的中尺度辐合中心、红外云图云顶亮温及雷达回波降水率做中尺度雨团量级预测的思路。

## 1 环流背景和影响系统分析

图1给出了这次特大暴雨产生前12小时高、中、低空影响系统与特大暴雨区的对应关系。从中不难看出,16日08时(北京时,下同),200hPa上,在35°N附近有一支风速 $>32\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的急流从新疆伸向河南(急流出

口点位于徐州);500hPa上低槽位于103°E附近,同时副高加强西伸到我国华东沿海地区,槽前西南气流与副高西北侧的西南暖湿气流在河南汇合;700hPa上,西南地区有低压中心生成并加强,同时在长沙、武汉、阜阳一线形成低空急流,这支急流将南海的水汽源源不断地输送到沙澧河地区;850hPa上,西南地区有低涡形成,沿低涡中心有一条东北—西南向切变线穿过河南西部,暴雨产生时切变线北侧南压,西南低涡沿切变线东北上影响沙澧河流域;地面上,西南地区形成一倒槽,重庆附近有低压生成,并逐渐加强东北上(见图1中低压中心移动位置),倒槽北侧

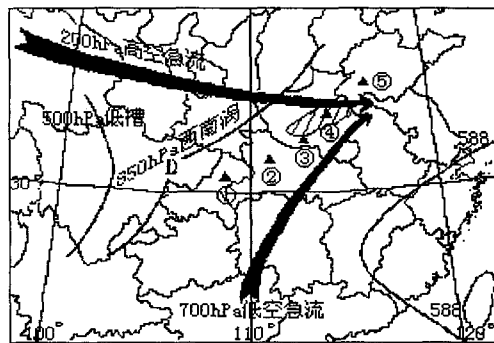


图1 2004年7月16日08时影响系统及地面低压路径与特大暴雨区对应关系图

▲为低压中心位置,阴影区为特大暴雨区

的东北气流与贝加尔湖南下的弱冷空气为此特大暴雨提供了触发条件。特大暴雨产生在200hPa高空急流的右侧、700hPa低空急流的左侧、850hPa西南涡附近及地面移动低压中心的西北侧。

### 2 物理量特征分析

为进一步揭示这次特大暴雨形成的物理机制,利用实时探空资料计算的物理量场,对这次过程的物理量特征进行诊断分析。

表1展示出,在特大暴雨产生前,沙澧河上游已经积累了大量不稳定能量(16日20

时 $\theta_e$ 高达75℃);15日20时到17日08时,低空的水汽通量散度从 $-8 \times 10^{-9} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Pa}^{-1}$ 增加到 $-28 \times 10^{-9} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Pa}^{-1}$ ;15日20时到16日20时,高空平均垂直速度从 $-30 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ 增大到 $-55 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ ,相对垂直螺旋度由 $8 \times 10^{-6} \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ 增大到 $32 \times 10^{-6} \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ;说明在该地区有很强的水汽辐合与强劲的旋转上升气流,为特大暴雨的产生提供强大的热力和动力条件。

表1 2004年7月15~17日各物理量变化

时间	中低空平均 $\theta_e$ /℃	低空平均水汽通量散度 /( $10^{-9} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Pa}^{-1}$ )	中低空平均 $\omega$ /( $10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ )	高空平均 $\omega$ /( $10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ )	相对垂直螺旋度 /( $10^{-6} \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ )
15日20时	70	-8	-25	-30	8
16日08时	70	-10	-25	-35	24
16日20时	75	-22	-50	-55	32
17日08时	70	-28	-40	-55	30

注:计算范围( $46.5 \sim 21.5^\circ \text{ N}$ ,  $100.5 \sim 127.5^\circ \text{ E}$ ,  $1^\circ \times 1^\circ$ );高空平均物理量场是指400、300、200、100hPa四层等压面上的物理量平均场;中低空是指1000、850、700、500hPa四层平均;低空是指1000、925、850、700hPa四层平均。

### 3 中尺度分析

#### 3.1 资料处理

选取了平顶山、南阳、许昌、驻马店、漯河和周口7个地市共49个观测点的逐时雨量和地面加密观测资料,通过绘制逐时雨量和流场图来研究雨团、中尺度辐合中心的活动情况。

#### 3.2 中尺度辐合中心与雨团活动

中尺度雨团是指1小时降水量 $\geq 10 \text{ mm}$ 、时间尺度 $\geq 2$ 小时、空间尺度 $\geq 50 \text{ km}$ 的雨区。通过分析,特大暴雨期间,区域内主要有4个中尺度雨团活动,源地产生在南阳和周口,它们向东北或偏西方向移动的过程中影响漯河,持续时间为8~12小时。

通过地面逐时流场图(图略)分析发现,地面流场存在着中尺度辐合中心或辐合线(以下简称中尺度辐合中心)的生成和发展,特大暴雨过程中共产生7个中尺度辐合中心,持续时间最短1小时,最长10小时。

从中尺度辐合中心与雨团的配置情况看(见图2),中尺度辐合中心的生成源地与雨团的产生源地基本是一致的;其移动方向对雨团未来的移向有很大的影响,最大雨量中心一般位于辐合中心的后方。

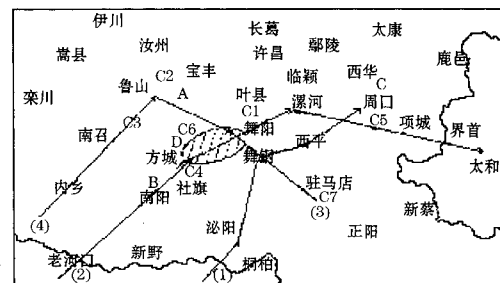


图2 中尺度辐合中心与雨团、云团的配置示意图  
编号(1)~(4)实线矢为云团移动路径,A~D为雨团中心,C<sub>1</sub>~C<sub>7</sub>为中尺度辐合中心,阴影区为MCC发展旺盛阶段6小时降水量 $\geq 125 \text{ mm}$ 的雨量中心

以主要影响沙澧河流域的C和D雨团与辐合中心的配置为例:C雨团与5号辐合中心同时于16日20时在商水、周口附近生

成,随后向偏西方向移动。D雨团对应6号辐合中心,于16日18~20时在方城附近生成,并迅速增强但始终在方城附近打转,于17日02时与C雨团合并。合并后的雨团停滞在澧河流域的方城、舞阳、漯河一带,造成了这一时段内沙澧河流域的强降雨。16日20时到17日08时降水量大于100mm的雨区集中在沙澧河上游,其中12小时大于

200mm的特大暴雨中心位于方城、舞钢及舞阳一带。

### 3.3 MCC特征云团演变与降水

利用15日08时到17日20时GOES-9逐时红外云图进行云团的演变分析。这次过程共有4次中尺度对流云团活动,其中1次是MCC特征云团活动,时间集中在16日白天到17日凌晨。

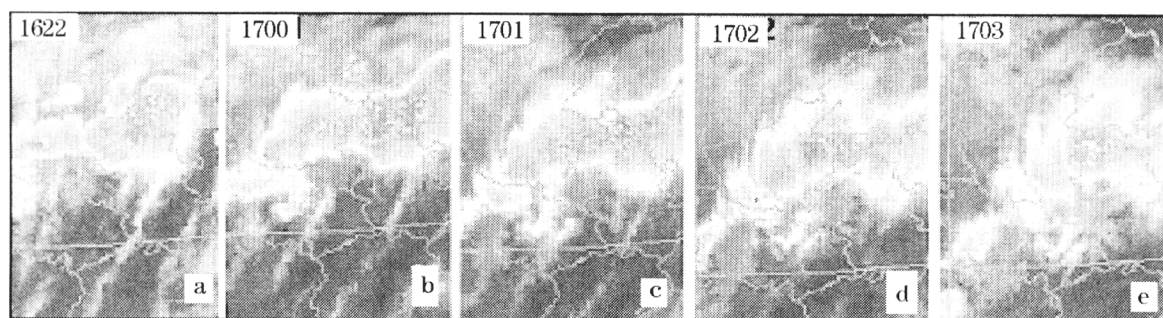


图3 2004年7月16日22时到17日03时红外云图MCC特征演变图

从图2中1~4号云团的移动路径来看,1号云团于16日05时在枣阳生成, $TBB$ 为 $-50^{\circ}\text{C}$ ;10时移至舞钢附近, $TBB$ 为 $-62^{\circ}\text{C}$ ;随后向偏东方向移动。2号云团16日12时生成于老河口, $TBB$ 为 $-58^{\circ}\text{C}$ ;16时到达漯河地区, $TBB$ 增强为 $-65^{\circ}\text{C}$ ;18~21时,云团移到永城附近, $TBB$ 达到 $-72^{\circ}\text{C}$ ,发展成为中尺度对流复合体(MCC)。在2号云团东移的过程中,其后部有一小块云团移速较慢,逐渐与其脱离,并迅速发展,形成3号云团,16时3号云团在驻马店附近缓慢移动,随后向西北方向移动并逐渐加强;21时移至舞阳、方城一带, $TBB$ 达 $-62^{\circ}\text{C}$ 。22时4号云团的外围云系并入3号云团,3号云团范围迅速扩大,强度也加大, $TBB$ 达到 $-70^{\circ}\text{C}$ ,中心位于鲁山,逐渐和2号云团合并成一个强大的MCC(见图3a)。此前,地面雨量中心有两个,分别位于淮阳和方城;17日00~01时,合并后的MCC强度最强,范围最大(见图3b、c),云团内镶嵌多个强中心,西部中心位于舞阳附近, $TBB$ 为 $-61^{\circ}\text{C}$ ,此时,地面降水范围也最大,强度也最强,其

中方城1小时降水量达62.7mm;02时MCC开始减弱(见图3d),分裂为多个中尺度云团;03时(见图3e),西部中心缓慢移到西平附近, $TBB$ 为 $-57^{\circ}\text{C}$ ;随后,云团减弱东移,降水随之减弱。

### 3.4 中尺度雨团量级预测

利用本次过程的逐时中尺度辐合中心、红外云图云顶亮温( $TBB$ )及雷达回波降水率尝试做中尺度雨团量级预测。

表2给出了该过程的中尺度辐合中心、云顶亮温、雷达回波降水率与中尺度雨团量级的对应关系。从中看出,中尺度辐合中心比中尺度雨团提前1~4小时出现。当中尺度辐合中心出现,且雷达回波降水率 $I < 20\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ , $-22^{\circ}\text{C} < TBB < -55^{\circ}\text{C}$ 时,雨强一般在 $10 \sim 40\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ;当 $I > 20\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ , $TBB < -55^{\circ}\text{C}$ 时,雨强一般 $> 40\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ,甚至超过 $60\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

中尺度雨团量级 $R_{\beta}$ 可简单用公式 $R_{\beta} = KI$ 表示,其中 $K$ 表示 $TBB$ 参数(当 $TBB < -55^{\circ}\text{C}$ 时, $K$ 取2.5;当 $TBB > -55^{\circ}\text{C}$ 时, $K$ 取2), $I$ 为雷达回波降水率。

表 2 逐时中尺度辐合中心、云顶亮温、雷达回波降水率与中尺度雨团量级对应表

中尺度辐合中心		云顶亮温 /°C	雷达回波降水率 /(mm·h <sup>-1</sup> )	中尺度雨团		
时间	地点			时间	地点	量级/mm
16 <sup>03</sup>	鲁山	-30<TBB<-22	6	16 <sup>07-08</sup>	宝丰	14.1
16 <sup>08</sup>	方城	-41<TBB<-30	12	16 <sup>10-11</sup>	社旗	26.1
16 <sup>09</sup>	叶县	-41<TBB<-30	12	16 <sup>11-12</sup>	叶县	25.1
16 <sup>10</sup>	漯河	-41<TBB<-30	12	16 <sup>12-13</sup>	襄城	22.8
16 <sup>11</sup>	社旗	-55<TBB<-30	12	16 <sup>14-15</sup>	社旗	35.4
16 <sup>13</sup>	临颖	-55<TBB<-30	24	16 <sup>14-15</sup>	鄢陵	39.4
16 <sup>10</sup>	方城	TBB<-55	24	16 <sup>13-14</sup>	社旗	44.8
16 <sup>17</sup>	周口	TBB<-55	49	16 <sup>18-19</sup>	商水	51.4
17 <sup>0</sup>	方城	TBB<-55	24	17 <sup>01-02</sup>	方城	62.7

4 小 结

(1)这次特大暴雨过程是在有利的大尺度环境场作用下,中尺度系统的活动起着关键性的作用。200hPa 高空急流与 700hPa 低空急流耦合区中 850hPa 西南涡沿切变向东北移动过程中,MCC 特征云团的形成和维持是造成沙澧河流域出现特大暴雨的直接影响系统。

(2)物理量诊断结果显示:特大暴雨发生前,沙澧河上游已经积累了大量不稳定能量,同时从西南地区到河南中部有源源不断的水汽供应,低层到高层为强劲的旋转上升气流,具备产生强降水的热力、动力条件。

(3)通过分析逐时的中尺度辐合中心和雨团活动发现:中尺度辐合中心比雨团的形成提前 1~4 小时,同时提出了利用逐时的中尺度辐合中心、卫星红外云图云顶亮温及雷达回波降水率做中尺度雨团量级预测思路。

致谢:本文在写作过程中蒙承李平高工指导及单铁良同志帮助,在此深表谢意!

参 考 文 献

- 1 丁一汇主编. 1991 年江淮流域持续性大暴雨研究. 北京:气象出版社,1993:47~137.
- 2 丁一汇. 暴雨和中尺度气象学问题. 气象学报,1994,52(2):274~283.

Analysis of Heavy Rainfall Event over Shali River in 2004

Hu Yanping Xiao Gang Hui Fumei Wang Ying

Bai Hongxia Dong Yulun Cheng Jinxia

(Luohe Meteorological Office, Henan Province 462300)

Abstract

Using satellite cloud pictures and data from the intensive and conventional observation, the reason of the heavy rainfall event on 16—17 July 2004 over Shali river area is studied. The results show that the event is directly affected by the formation and evolution of southwest vortex and MCC cloud cluster which locate in the intersection region of the upper-level jet and the low-level jet. In addition, a thought of how to use the mesoscale convergence center, TBB of convective cloud and the radar echo for rainfall rate to predict the mesoscale rain cluster is presented.

**Key Words:** heavy rainfall mesoscale convergence center MCC cloud cluster mesoscale rain cluster