

“玛丽亚”台风暴雨天气过程分析

潘志祥 方慈安 黄小玉 姚 蓉 赵福华

(湖南省气象台, 长沙 410007)

提 要

受 2000 年第 13 号台风影响, 湘东南局部地区遭受严重山洪灾害。根据降水强度资料、红外云图资料、大气物理量等的综合分析, 阐述了第 13 号台风减弱成的低气压对湖南省的影响。为南海台风登陆后造成暴雨的预报提供一定的参考。

关键词: 台风 暴雨 综合分析

1 雨情和灾情

受 2000 年第 13 号台风(玛丽亚)登陆北上影响, 9 月 1 日 08 时至 2 日 08 时, 郴州和衡阳的东部, 株洲南部共 12 个县(市)降暴雨, 其中, 6 个县(市)降大暴雨, 甚至特大暴雨(水文站 $\geq 50\text{mm}$ 的有 16 站, 其中 $\geq 100\text{mm}$ 有 7 站, 资兴县龙溪乡降雨 394mm, 距该站 1 公里的东江电站降雨量达 466mm)。9 月 2 日 08 时至 3 日 08 时, 暴雨区西北移, 张家界、常德、益阳、岳阳南部、长沙、株洲、湘潭等地共 23 个县(市)降暴雨, 其中 5 个县(市)降大暴雨(水文站 $\geq 50\text{mm}$ 有 64 站, 其中 $\geq 100\text{mm}$ 有 5 站)。受强降雨的影响, 湘东南局部地区遭受严重山洪灾害, 特别是郴州资兴市受灾最为严重, 造成各类直接经济损失 6.218 亿元。

利用 9 月 1~3 日逐时雨量自记资料, 来分析本次暴雨天气过程, 并选取此次过程受灾严重的湘东南部分气象站和水文站资料, 将 9 月 1 日 14 时至 2 日 08 时每 3 小时雨量分段整理, 可以清楚地看出强降雨带移动特点(见表 1)。

从表 1 可以看出 9 月 1 日 14 时起, 雨团从郴州东南部沿罗霄山脉缓慢向北移动, 13 号台风低压强降水云团首先影响汝城和资兴的龙溪乡, 过程最大雨量出现在龙溪乡, 17~20 时 3 小时累计雨量 149mm, 20 时茶陵雨量加大, 23 时往北扩展至攸县, 在强降水滞

留湘东南的这段时间内, 龙溪乡日雨量达 466mm。

9 月 2 日 12 时~18 时强降水雨团影响湘中东部, 造成这一带出现暴雨、大暴雨。18 时后移至湘北, 常德境内出现一个大暴雨中心; 尔后强降水雨团往偏西方向移动, 影响湘西北, 3 日 06 时强降雨带移出湖南省。

表 1 各站 9 月 1 日 14 时~2 日 08 时雨量/mm

时间/时	衡山	南岳	衡东	攸县	茶陵	资兴	兴宁	龙溪*	汝城
14~17	0.2		0.3	2.3	1.1	6.5	11.0	64.0	17.0
17~20	0.3		0.7	0.7	1.8	11.3	30.0	149.0	23.0
20~23	0.1	1.2	0.9	5.2	31.0	27.0	52.0	100.0	30.0
23~02	28.1	32.3	3.1	18.0	46.1	17.0	34.0	92.0	15.0
02~05	27.9	32.4	20.0	26.8	74.9	12.5	52.0	35.0	5.0
05~08	26.7	45.7	44.2	72.6	0.0	2.5	2.0	2.0	
合计	83.3	111.6	69.2	125.6	154.9	76.8	181.0	442.0	90.0

*水文站

2 卫星云图分析

从 9 月 1 日 05 时 30 分~2 日 1 时 30 分逐时卫星红外云图和东江流域 19 个水文站 3 小时累计雨量资料(见表 2)可知, 1 日 08 时, 湘东南山地受 13 号台风外围云系影响, 开始出现降水, 7 时 30 分至 10 时 30 分三个时次该区域云图的云顶最低温度均高于 -50°C , 因而降水很弱; 13 时 30 分, 降水云团开始发展, 范围扩大, 资兴、汝城境内最低云顶温度低于 -56°C , 11~14 时各站平均 3 小时降水量加大; 14 时 30 分~16 时 30 分三个时次的云图上, 东江流域云顶温度在 -60°C 左右, 14~17 时龙溪累计雨量达

64mm,各站平均雨量为19.3mm;17~23时,由于台风低压云系逐渐移进湘东南,东江流域对流云团进一步发展加强,且稳定少动,平均云顶温度达 -57°C ,最低云顶温度为 -60°C ,强降水主要集中这个时段,各站6小时平均雨量为70.1mm,龙溪雨量达249mm;1日23时~2日02时,低涡云系开始缓慢向北移动,该流域上空的对流云团有所减弱,但仍然较强,各站降水量较大,龙溪3小时降水量为92mm。综上分析,由于强降水云团在东江流域停留达10小时以上,致使该区域出现暴雨、大暴雨,造成局地严重山洪灾害。

表2 9月1日12时~2日02时最低云顶温度与雨强对照表

时间	云顶温度/ $^{\circ}\text{C}$	平均雨量/mm	最大雨强/mm
12	-53		
13	-56	5.5	13.0
14	-59		
15	-61		
16	-58	19.3	64.0
17	-56		
18	-56		
19	-60	33.3	149.0
20	-55		
21	缺		
22	缺	36.8	100.0
23	-56		
24	-55		
01	-60	23.3	92.0
02	-67		

利用9月2日02~20时气象卫星资料,并将逐时的红外云图上最强降雨云团所对应的云团变化与每小时雨强值对比,可以清楚的看出暴雨云团的移动路径和强度变化(见图1和表3)。

将2日02~20时红外云图上的最低云顶温度与该时段内省内雨强最大值(气象站资料)对比分析发现,在13号台风移到湖南省境内后云顶温度均 $<-59^{\circ}\text{C}$,这表明该降水云团能在湖南形成暴雨;另外从该云团的形状和边界及移动缓慢等特征,也可以判别出它是一个暴雨云团。02时郴州、衡阳境内有 -67°C 中心,云团呈圆形且面积小,这时南

岳山每小时雨强达15.8mm,03~05时之间,强降水中心不明显,范围扩大,但云顶温度仍在 -61°C ~ -64°C 范围内,雨强较大;06时强降水云团原地发展,衡阳、郴州北部各有一中心,形状呈圆形,云顶温度分别为 -66°C 、 -63°C ,此时衡阳市雨强达每小时21.9mm、安仁11.8mm,至07时强度稍有减弱,云团边缘向北扩展;08~10时云团成块絮状,中心云顶温度从 -59°C 降到 -64°C ,11时有两个颗粒状中心即暴雨云团出现,其内部层次分明,云顶温度降到 -67°C ,后发展合并为一个强暴雨云团,12时开始暴雨云团中心扩大,云顶温度达 -67°C ,其主体已开始北移,造成湘潭1小时降雨45.2mm。13时云团分裂,暴雨扩展到湘潭、株洲、长沙一线并在此停留达6小时之久,造成这些地区出现暴雨和大暴雨。18时中心移至常德,20时后范围缩小强度减弱,湘东暴雨结束。

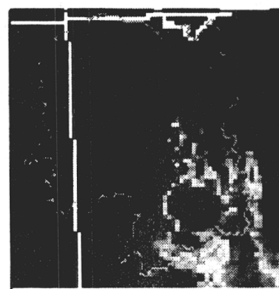


图1a 2000年9月2日12时



图1b 2000年9月2日19时

表3 2000年9月2日02~20时最低云顶温度与最大雨强对照表

时间	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
云顶温度/℃	-67	-64	-62	-61	-66	-60	-59	-63	-64	-67	-67	-63	-63	-61	-63	-63	-66	-62	-59
最大雨强/mm·h ⁻¹	16	17	13	18	22	10	34	26	53	31	45	16	15	20	26	27	17	31	16

3 物理量分析

选用9月1日20时~3日20时T106有关物理量实时资料(网格点为 $1^\circ \times 1^\circ$,区域四个顶角的位置分别为: 32.5°N 、 107.5°E , 22.5°N 、 107.5°E , 32.5°N 、 117.5°E , 22.5°N 、 117.5°E ,湖南省位于中央),作诊断分析。

3.1 水汽条件

选用850、700、500hPa三层水汽通量、水汽通量散度、比湿三个物理量场分析,发现水汽的输送和辐合主要在850hPa等压面上,并且随着台风低压的减弱、北移,三个物理量的中心数值、位置也随之减小和移动。

1日20时850hPa水汽通量中心位于东南沿海,福建南部水汽通量极大值为 $266.4 \times 10^2 \text{g} \cdot (\text{hPa} \cdot \text{s})^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$,湖南省东半部的水汽通量值位于最大水汽通量长轴的附近(图2a)。比湿图上(图略),从江西南部有一

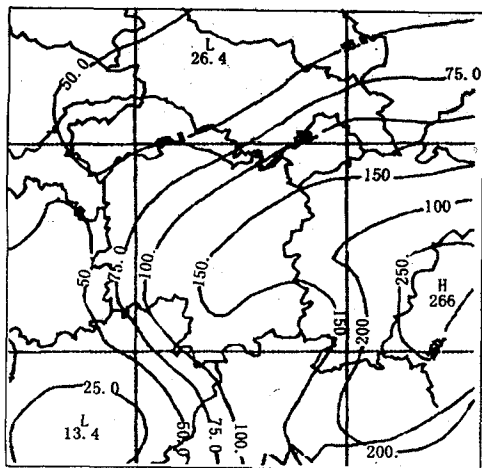


图2a 2000年9月1日20时850hPa水汽通量

单位: $10^2 \text{g} \cdot (\text{hPa} \cdot \text{s})^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

湿舌伸向湖南省东南部,其值在 $15.0 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上,说明湖南省东南部暴雨过程的水汽来源主要是我国东南部海区。

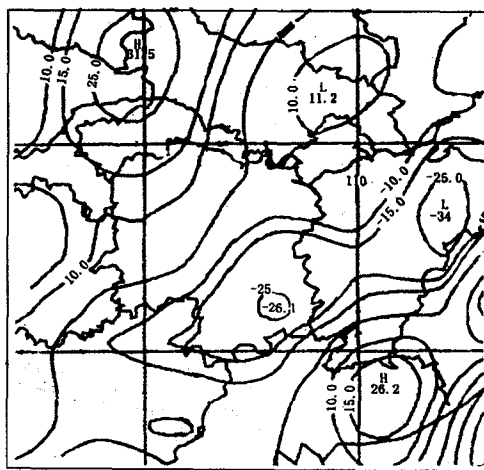


图2b 2000年9月1日20时850hPa水汽通量散度

单位: $10^3 \text{g} \cdot (\text{hPa} \cdot \text{s})^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$

图2b为1日20时850hPa水汽通量散度,湘东南有一水汽通量散度负中心,极大值为 $-26.1 \times 10^3 \text{g} \cdot (\text{hPa} \cdot \text{s})^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ (26°N 、 113°E),正好位于郴州资兴县附近,水汽辐合十分旺盛。从1日14时~2日5时,湘东南普降暴雨、大暴雨,资兴县的龙溪降水量达400mm以上。2日20时850hPa水汽通量散度负中心位于湘西北,湘东南转为正值。从3日00时后,强降雨带也随之移到张家界及湘西自治州、怀化两市州北部。因此暴雨区主要发生在850hPa水汽通量梯度最大和水汽通量散度负中心的重叠处,说明强烈的水汽辐合是产生暴雨的重要因素之一,分析850hPa水汽通量散度负中心对预报台风暴雨的落区具有很好的指示作用。

3.2 动力条件分析

资料为850、700、500、200hPa共4层的涡度、散度、垂直速度和螺旋度。

为分析这次台风暴雨过程的动力条件,运用垂直速度和涡度资料计算了各层等压面

上的垂直方向上螺旋度。螺旋度是一个描述环境风场气流沿运动方向的旋转程度和上升运动强弱的物理参数,它反映了大气的动力特征。

垂直方向上螺旋度的计算方法为:

$$\text{螺旋度} = \text{垂直速度}(\omega) \times \text{涡度}(\zeta)$$

由于暴雨上空具有深厚的上升运动($\omega > 0$),所以若有正涡度($\zeta < 0$)的区域,其螺旋度为负。

图3为1日20时500hPa螺旋度分布图,负中心和台风低涡位置大至重合,位于涡

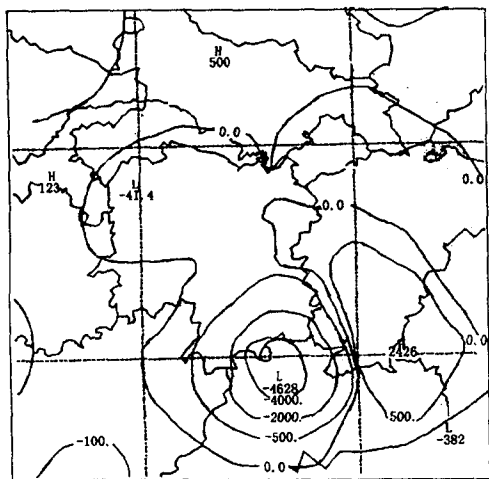


图3 2000年9月1日20时500hPa螺旋度
单位: $10^{-8} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$

度和垂直速度中心的重叠处,负值区与暴雨区对应较好,中心值为 $-4628 \times 10^{-8} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-2}$,而此时850hPa涡度中心值为 $157 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$,500hPa最大垂直速度 $-47.5 \times 10^{-2} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,上升运动远大于产生暴雨的临界值 ($-5.0 \times 10^{-2} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$),可以看出台风低压附近具有强烈的旋转上升运动。2日20时,湘东南暴雨结束,其上空螺旋度变为正值,中心为 $1872 \times 10^{-8} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-2}$,850hPa涡度值在 $-10 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 左右,垂直速度为正,螺旋度在暴雨期间和暴雨后量级相差达 10^3 ,较涡度和垂直速度更为敏感。因此螺旋度在强对流天气分析中有很好的指示意义。

穿越湘东南暴雨区沿经线 113°E 作垂直剖面图(略)发现,暴雨产生在低层螺旋度负

值较大的地区;暴雨区上空,螺旋度呈中低层负、高层正的配置;负螺旋度高值区主要在400hPa层以下,500hPa最强,中心值为 $-4628 \times 10^{-8} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-2}$,200hPa以上为正值,低层负螺旋度远大于高层正螺旋度,即低层正涡度辐合强于高层负涡度辐散。说明台风暴雨主要是由于低层正涡度辐合作用而产生的。

另从1日20时各层散度图(图略)分析可知,500hPa以下各层为辐合区,850hPa辐合中心值最大为 $-17.7 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$,200hPa辐散中心值最大达 $26.3 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$,这个高层辐散中心与高空西南侧强辐散流场相联系,由于高层辐散大于低层辐合,高空抽气机效应明显,暴雨正是出现在散度垂直梯度最大,即相对散度最大处。

3.3 不稳定条件分析

不稳定条件反映了大气层结的不稳定状况。1日20时,湘东处于副高边缘,K指数较高,极大值为 38.7°C ,说明暴雨发生前有不稳定能量的积累;2日20时,湘东南出现暴雨后,K指数有所下降,中心北抬,这种下降正说明了暴雨的负反馈作用(图略)。1日08时郴州沙氏指数为 -1.2 ,达到产生暴雨 $-6 < S_1 < 0^\circ \text{C}$ 的指标,当时13号台风低涡的位置在广东韶关附近,高能区比强对流区提前十几小时到达郴州。

4 结论

(1)南海台风生成后,若在广东登陆,台风暴雨极易影响湘东南地区,要密切关注台风移动路径和强度变化。

(2)云图资料显示,如果云形为圆形或颗粒状,且边界较模糊,移动速度慢,当云顶温度在 -56°C 以下,可判别该云团为暴雨云团。

(3)通过分析发现,强烈的水汽辐合是产生本次暴雨的重要因素,强降雨区发生在850hPa水汽通量散度负值中心区。

4)螺旋度是一个描述环境风场气流沿运动方向的旋转程度和上升运动强弱的物理参数,垂直方向上螺旋度较垂直速度和涡度更能很好地反映暴雨区上空的运动特点。

参考文献

- 1 陈庚福等. 湖南天气及其预报. 北京:气象出版社,1987, 1.
- 2 中国气象局科教司. 省地气象台短期预报岗位培训教材. 北京:气象出版社,1998.
- 3 陈智强,戴新甫,梁旭东. 1999 年上海市一次连续性暴雨过程分析. 气象,2000,26(9).
- 4 谭志华,杨晓霞. “99.8”山东特大暴雨的螺旋度分析. 气象,2000,26(9):7~11.

Analysis of Heavy Rainfall Process of Typhoon Marry

Pan Zhixiang Fang Ci'an Huang Xiaoyu Yao Rong Zhao Fuhua

(Hunan Meteorological Observatory, Changsha 410007)

Abstract

A serious flood, associated with Typhoon Marry in 2000, occurred in parts of the southeast of Hunan Province. According to the integrated analysis of rainfall intensity, weather situation, infrared nephogram and atmospheric physical parameters, the effect of low pressure, which developed from Typhoon Marry after it had weakened, in Hunan Province is described. It provides some reference for forecast of storm rainfall, due to landfall of typhoons in Hunan Province.

Key Words: typhoon storm rainfall integrated analysis