

2003年7月上旬张家界特大暴雨山洪分析

周雨华¹ 黄培斌² 刘兵² 张海¹ 黄小玉¹ 丁小剑¹

(1. 湖南省气象台, 410007; 2. 张家界市气象局)

提 要

对造成2003年7月8~10日张家界特大暴雨山洪的主要影响系统、物理量诊断场资料、多普勒雷达回波资料及自动气象站要素进行了分析,并重点分析了张家界特定的地形条件对降水的增幅作用及暴雨的夜发特征,为湘西北的暴雨山洪预报提供了一些有益的启示。

关键词: 特大暴雨 山洪 夜暴雨

引 言

2003年7月8~10日,湖南省张家界地区出现了罕见的持续3天的大暴雨,张家界、桑植、慈利3天平均降雨量高达502mm(详见表1)。3站均打破当地历史上连续3天最大的雨量纪录,其中张家界9日一日降雨量455.5mm,打破了1983年6月26日桑植373.8mm湖南省日最大降雨的纪录。当日张家界6小时、12小时最大降水量分别达到220.5mm和392.4mm,均刷新当地历史最高纪录,3天过程降雨量619.7mm,超过1954年7月22~31日陵陵565.3mm的湖南省连续最大降雨量纪录。在湘西北出现暴雨后,鄂东及苏、皖中部和沿淮地区在9~10日也出现了成片暴雨,局地大暴雨。

表1 张家界地区2003年7月8~10日降雨情况

	8日	9日	10日	3天 累积	年 平均	3天雨量占 年平均雨量 百分比
张家界	78.3	455.5	85.9	619.7	1343.0	46.14%
桑植	171.4	195.7	114.6	481.7	1402.9	34.34%
慈利	124.1	179.4	101.1	404.6	1357.8	29.80%

高强度,大范围,连续性大暴雨、特大暴雨致使山洪爆发,大小河流水位暴涨,澧水全线超警戒水位,3座县、市级城市和407个村庄全部被淹,水库、山塘霎时满库且溢洪的达217座,泥石流、山体滑坡和塌方等地质灾害

相继发生,全市118.8万人口全面受灾。因灾死亡37人,其中27人被山体滑坡活埋,倒塌房屋4万多间,水毁农田近6万公顷,造成直接经济损失30.36亿元。

张家界由于特定的地理地形条件,多突发性夜间的致洪暴雨,日最大降雨量和过程最大降雨量都位居湖南省前列,从而成为湖南洪涝最严重的地区之一,制约着当地旅游经济的发展。本文对2003年7月上旬的暴雨过程进行了分析,并对张家界地区暴雨的夜发特征进行重点分析和探讨。

1 天气形势及主要影响系统分析

1.1 中高纬环流形势的调整

2003年7月5日开始,500hPa图上中高纬环流形势发生了调整,6~7日巴尔喀什湖北侧有高压脊生成,其两侧的乌拉尔山和贝加尔湖以东地区分别为低槽区,中高纬已转为单阻型江淮梅雨形势,高压脊前不断有小槽东移南下,冷空气影响长江中游和江淮地区,副高在旬中短暂东南移后,从7日开始加强北抬西伸,沿副高西北侧的暖湿气流湘西北和江淮地区输送充沛的水汽,并与南下冷空气在这一带形成强烈辐合,连续性暴雨是在上述有利的大尺度环流背景下产生的。

1.2 高空和地面影响系统分析

2003年7月5~6日,副高减弱南撤,北方冷空气影响湘中偏北地区,6~7日在湘北出现了暴雨或大暴雨。7日08时,500hPa低槽已移到高原东部,副高增强西伸北抬,110~120°E副高脊线位置北抬到23°N以北地区,相应的700和850hPa切变线也从湘中北抬到湘北至江淮地区,且位置少动,西南涡形成后并沿切变线东出,这种形势一直维持到10日08时。7日23时地面天气图上,西南倒槽伸展到湘西北,并有风切变配合,随着高空槽后的冷空气进入倒槽内,湘西北地区锋生,强降水随后产生,7日晚上到8日白天,湘西北11个县市出现暴雨或大暴雨,石门降水量达211mm。由于副高稳定,中低层30°N以南的华东沿海为高压坝区,低槽切变和地面锋面难以南压,8日晚到9日白天,湘西北的降水增强,又有9个站出现暴雨或大暴雨。张家界和永顺继前一天的暴雨后,又分别出现了455.5mm和235.2mm的特大暴雨。同时随着低涡的东北移,强降水区往东北方向扩展,湖北中东部,安徽、江苏两省中部和沿淮地区也出现了成片暴雨或大暴雨,并持续到10日白天。10日20时以后,随着副高的继续增强北抬,西南气流向北发展,整个降水区北抬到黄淮地区,湘西北及江淮地区的强降水过程结束。

2 低空急流分析

低空急流作为低层动量、热量和水汽的集中输送带对湘西北和江淮地区暴雨过程的产生、维持和加强起着重要作用^[1]。若以850hPa两站以上风速 $\geq 12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、水平范围在500km以上的强西南风速带作为急流区,则从旬初开始,低空急流就已经建立,1~5日位于芷江到长沙一线,芷江和长沙每天的西南风速都在 $14\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,尤其是芷江站西南风速一直在 $18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 或以上,6~7日急流轴东移到长沙和南昌一线,8日08时,芷江和长沙西南急流突然增强,分别达到22和 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,9日和10日虽稍有减弱,但也维持在 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上。在急流轴的左侧配有水汽

通量散度的最大辐合区(图略),K指数 $\geq 40^\circ\text{C}$ 的最大区域正好位于湘西北(图略)。这说明急流左侧比其他地区的温度更高,湿度更大,层结更不稳定,水汽辐合和上升运动更强,当切变线北抬,低涡东移并有低槽或冷锋配合时,酿成暴雨或大暴雨。

3 水汽条件和上升运动分析

要出现455.5mm的日降雨,必须要有源源不断的水汽向湘西北输送,并在该地辐合。分析7月8日08时700hPa水汽通量图, $1698\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 的最大中心位于湘西北,它是周边地区水汽通量值的8~10倍(图略)。在水汽通量散度图上,从8日08时开始,700和850hPa水汽通量辐合迅速增大,形成的强辐合中心都位于张家界的上空,700hPa达到 $-465\times 10^{-7}\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,9日08时850hPa强中心达到 $-929\times 10^{-7}\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ (图略),是周边地区数倍甚至数十倍。再分析高空涡度图,从8日08时开始,500、700和850hPa最大正涡度中心位于湖北南部到湖南北部,其中最典型的是9日08时850hPa涡度图, $137\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 的最大中心正好位于湘北(图略)。上升运动从7日08时开始逐渐增强,至9日08时达到最强。850、700、500直至200hPa强中心均位于湘北上空(图略),与张家界最强降水时段相应。水汽的输送和超强的辐合,配合强烈而深厚的上升运动,酿成张家界罕见的特大暴雨。

4 多普勒雷达产品分析

长沙多普勒天气雷达站与张家界市区的直线距离约为250km,雷达以 0.5° 仰角扫描,其波束经过张家界上空时,距地面高度约为7km。由于多普勒雷达探测精度高,其反射率的最大有效探测范围为460km,利用它每6分钟一次的连续观测资料,可以分析张家界这次特大暴雨过程的雷达回波特征。从7月8日22时开始在湘西北至鄂南有一条明显的带状回波生成。澧水流域成为带状回波的强中心,即使在7km的高度上,张家界

的回波强度仍 $>40\text{dBz}$, 有利于形成强降水。分析 8 日 20 时至 9 日 10 时的多普勒径向速度图可知, 零速度线呈西北—东南方向分布(图略), 说明在雷达的有效探测范围内的高空都为西南风, 高空槽和低层切变都没有移出湖南省, 在约为 3km 的高度上, 在东北—西南方向上存在低空急流, 其最大风速多在 $13\sim 19\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 由于低空急流稳定少动, 致使在张家界—慈利—澧县一线形成一条稳定的梅雨锋的带状回波, 张家界西南面的回波在东移时不断发展加强, 张家界周围的 $40\sim 50\text{km}$ 始终成为强回波中心, 回波强度大于 40dBz , 23 时 47 分, 回波最强达到 56dBz , 强回波一直延续到 9 日 09 时, 8 日 22 时~9 日 09 时该市逐时降水均在 20mm 以上, 最强的达到 50mm (详见图 1), 累积降雨达到 370mm 。9 月 09 时以后, 低空急流加强, 降水回波迅速北抬, 湘西北强降雨告一段落。

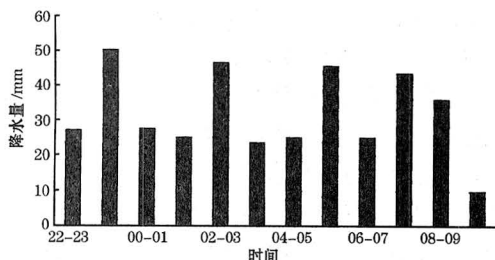


图 1 张家界市 2003 年 7 月 8 日 22 时~9 日 10 时逐时降水量图

5 张家界特定的地理地形及“夜雨”特征

5.1 地形抬升和汇合作用

张家界市及所辖两县位于湖南省的西北部, 澧水中上游, 地处 $28^{\circ}52'\sim 29^{\circ}48'\text{N}$ 、 $109^{\circ}40'\sim 111^{\circ}20'\text{E}$, 属我国大地形的第二阶梯与第三阶梯接壤地带, 境内群山涌起, 沟壑深切, 溪流纵横, 地形较为复杂, 往东为一望无际的洞庭湖泊平原, 西连贵州和重庆山地, 因此, 张家界地区是湖南省地形变化最剧烈的地带。其南端以武陵山脉为屏障, 平均高度 1200m , 最高七星山 1528m , 北支平均高度 1400m , 最高八大公山 1800m , 西边山平均高度仅 900m , 山脉大体为东西走向, 其间河流

及大的干流与山脉走向基本一致, 因此, 整个地形可以说是纵横交错的一大片山地夹杂着一小块平地, 地势为西高东低, 沿澧水倾斜, 影响张家界的冷空气由东北方向沿低矮的河谷地带进入, 遇南部丘陵堆积爬升; 盛夏由对流层低层的西南风吹向武陵山脉时, 一方面为张家界带来充沛的水汽, 另一方面, 西南气流与山脉几乎正交, 受地形阻挡, 气流抬升, 造成大量凝结, 使对流云团在该地强烈发展, 降水加强; 特殊的地理位置, 使张家界市区一旦受冷空气影响, 不易很快移出, 因而与冷空气交汇并停滞于该地(见图 2)。由于其特定的地理地形条件, 使得它成为湖南省有名的暴雨中心之一。

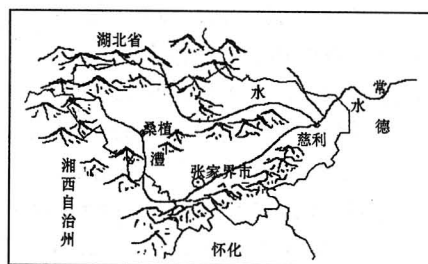


图 2 张家界市地形图

5.2 澧水河谷山风环流

从图 2 中可见, 澧水河谷上游较宽, 下游的慈利附近比较窄, 张家界四周的山脉, 北支高于南支, 西侧高于东侧, 中间低洼, 张家界市气象站的海拔高度仅为 183.5m , 处在一个不十分标准的范围仅 28km^2 的盆地之中。根据山谷风形成原理, 夜间山坡辐射冷却比山谷上方同高度的空气要快, 因而气温下降空气密度增大均较山谷上方同高度空气要快, 使空气沿山坡流向山谷, 形成上升气流, 从晚上 20 时到次日上午 11 时, 张家界的山风环流明显, 若夜间有降水天气系统经过, 该地的降水量往往加大, 山区盆地的热效应是张家界常在夜间出现大暴雨甚至特大暴雨的重要原因之一。

5.3 张家界的夜雨

为印证上述推断的可信程度, 我们普查了张家界市区 1980~2003 年降水资料, 分析

出历年7月份雨量 $\geq 100\text{mm}$ 的大暴雨以上日降水的起止时间及夜间(20~08时)降水占日降水的百分比(下称夜雨率,见表2)。1980~2003年,7月份大暴雨以上的日数,张家界8天,桑植11天,慈利9天,从夜雨率看,桑植和张家界受山风环流的影响比较明显,夜雨率明显大于白天。由于大暴雨以上降水属小概率事件,可信程度不高,我们再普查张家界市台与慈利县站1957年建站以来47年的暴雨历史资料。结果表明:张家界暴雨大多数从夜间开始,其中又以午夜到凌晨这一时段为最多,表现出明显的“夜雨”特征(见表3)。从最近的20场暴雨看,这一特征

表现得更为明显。尤其是张家界市区夜间总降雨量贡献率达到74.7%,2003年7月上旬这次连续性暴雨也不例外,该站夜雨贡献率达到75.3%。分析其中原因有3点:一是上面分析的山风环流的影响;二是与对暴雨起重要作用的低空急流日变化有关,低层风速一般在日落时开始增大,而到凌晨日出之前达到最大值,这时风的垂直切变也最大,急流结构最清楚,山区的辐合抬升也最强;三是雨夜受辐射降温影响,低空和近地面层处于水汽饱和状态的气团较白天容易释放出更多的凝结降水。

表2 张家界地区1980~2003年7月大暴雨以上(日雨量 $\geq 100\text{mm}$)统计

张家界市				桑植县				慈利县			
日期	雨量	起止时间	夜雨率*	日期	雨量	起止时间	夜雨率*	日期	雨量	起止时间	夜雨率*
1983.7.7	100.1	01~16	58	1980.7.31	118.1	20~20	44	1980.7.31	106.9	20~18	73
1987.7.21	179.9	23~15	82	1983.7.6	111.0	20~20	31	1991.7.9	197.8	20~17	44
1993.7.19	124.9	23~17	49	1987.7.21	105.8	23~15	85	1993.7.19	105.8	20~18	49
1993.7.23	121.7	08~18	5	1993.7.23	237.9	20~14	80	1996.7.14	113.4	03~19	45
1996.7.14	131.9	02~16	74	1995.7.8	124.7	20~14	86	1998.7.22	122.5	20~20	75
1998.7.23	111.9	21~20	60	1996.7.2	138.3	02~19	55	1998.7.23	192.7	20~20	31
1999.7.16	111.4	00~20	55	1996.7.20	117.2	00~13	77	2003.7.8	124.1	01~20	44
2003.7.9	455.5	22~20	78	1998.7.22	291.7	21~20	67	2003.7.9	179.4	23~20	34
				2003.7.8	167.0	00~20	74	2003.7.10	101.1	20~20	64
				2003.7.9	188.5	20~20	52				
				2003.7.10	113.3	20~13	94				
平均			57.88				67.73				51

*指20时~08时雨量占日雨量的百分比

表3 张家界、慈利暴雨日统计表

	建站以来		最近20场		2003年7月上旬	
	张家界市	慈利县	张家界市	慈利县	张家界市	慈利县
暴雨总次数	191	200	20	20	3	3
从夜间开始暴雨的数量	145	161	20	20	3	3
夜暴雨百分比	75.9	80.5	100	100	100	100
夜雨贡献率	55.5	59.8	74.7	69.4	75.3	42.3

6 自动气象站气象要素对强降水的指导意义

有经验的预报员在做强降水预报时对单站气象要素的变化总是格外看重。水汽压和气压的急升急降是强降水到来之前的反应特征之一。定义大气中除去水汽重量而在任意

表面上所受到的压强为干气压,其大小为: $P_{干} = P - e$,其中 $P_{干}$ 为干气压, P 为气压, e 为水汽压,单位均为hPa。研究张家界市区、桑植两地自动站的资料时发现,水汽压与干气压的综合变化较水汽压与气压的综合变化对强降水更具有预报超前性(见图3和图4)。

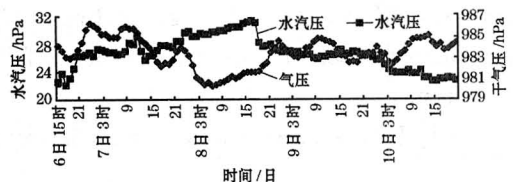


图3 张家界市市区水汽压与气压逐日演变曲线图

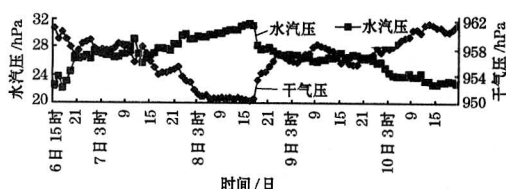


图4 张家界市市区水汽压与干气压逐日演变曲线图

水汽压的变化情况是:6~7日水汽压陡升(8日降暴雨或大暴雨),8日继续一路攀升达到本旬最高值(9日降罕见特大暴雨),9日有所下降,但仍维持在较高值(10日降暴雨到大暴雨),10日降到谷点(11日仅降3.4mm,天气逐渐好转);水汽压的变化对强降雨的发生表现出明显的24小时超前性。气压变化的情况是:6~7日上午气压不降反升,7日午后开始下降,8日凌晨降到谷底,9~10日呈波动变化。可以看出气压的变化对9日的暴雨有明显的指示意义,而对强降雨过程的开始和结束反应不明显。再看干气压的变化:6~7日干气压明显下降,8日降到谷底维持15小时,9日开始回升,10日12时达到最高值,与水汽压的变化正好反位相,亦表现出明显的24小时超前性。笔者推断:干气压的变化反映了对流层内大气环流的整体运行情况,反映的是动力机制;水汽压的变化反映了低层以西南暖湿气流为主的湿度强

弱,反映的是水汽机制。至于这两种机制是怎样相互作用的有待进一步的研究。

7 结 语

(1)高空低槽,中地层低涡切变,地面倒槽锋生是酿成2003年7月8~10日张家界特大暴雨的主要天气系统。

(2)超强的水汽输送和辐合,不稳定能量的积聚,深厚的上升运动为特大暴雨产生提供了充足的条件,也有利于中小尺度系统的产生和发展。

(3)特定的地理和地形条件,有利于夜间中尺度山风环流的形成和对流云团的增强;山地阻挡作用有利于强降雨的持续。

(4)近50年的资料统计表明:张家界暴雨多数从午夜开始,其中又以午夜到凌晨这一时段为最多,表现出明显的“夜雨”特征。

(5)水汽通量散度最大负值区,K指数最大值区和最大上升运动的重叠区域与暴雨的落区相当吻合,为暴雨预报提供了客观依据;单站水汽压和干气压对单点强降雨有较好的预报指示意义。

参考文献

- 1 丁一汇. 高等天气学. 北京:气象出版社,1991:573~586.
- 2 万王明,梅修宁,周雨华. 1998年汛期长江流域洪灾中期天气分析. 气象,1999,25(9):24~29.

Analysis of Heavy Rainfall and Mountain Torrent in Zhangjiajie, Hunan Province 8—10, July in 2003

Zhou Yuhua¹ Huang Peibin² Liu Bing² Zhang Hai¹ Huang Xiaoyu¹ Ding Xiaojian¹

(1. Hunan Meteorological Observatory, 410007; 2. Zhangjiajie Meteorological Office)

Abstract

The information of the heavy rainfall and mountain torrent in Zhangjiajie, 8—10 July 2003, such as the main influential system, the physical diagnosis field data, the data of Doppler radar echo and automatic weather stations, is analyzed. The primary emphasis is especially put on the favorable effect of special terrain and more night heavy rainfall in Zhangjiajie. It provides some helpful instructions for the forecast of rainfall and mountain torrent in the northwest of Hunan Province.

Key Words: heavy rainfall mountain torrent night heavy rainfall