

翟丹华, 张亚萍, 邱鹏, 等. 2015. 琼江两次洪水过程的水文气象分析. 气象, 41(1): 59-67.

# 琼江两次洪水过程的水文气象分析<sup>\* 1</sup>

翟丹华<sup>1</sup> 张亚萍<sup>1</sup> 邱 鹏<sup>2</sup> 黎中菊<sup>1</sup> 邓承之<sup>1</sup> 邹 华<sup>3</sup>

1 重庆市气象台, 重庆 401147

2 重庆市水文水资源勘测局, 重庆 401147

3 重庆市潼南县气象局, 潼南 402660

**提 要:** 对 2012 年 7 月 3—5 日和 2013 年 6 月 30 日至 7 月 1 日四川盆地东南部四川省和重庆市交界处的琼江流域两次洪水过程的水文气象条件进行了分析。利用数字高程模型 DEM 提取了琼江流域的河网分布和河道距离出口的分布, 结合标准化时间距离方法客观地反映了降水(尤其是强降水)的时空分布情况。SWAN 输出的组合反射率因子拼图表明两次琼江流域的强降水均由多段强降水雨带导致, 对流系统多在右岸支流源头新生, 移向与河流流向一致, 在干流产生洪水的叠加效应。由于“6.30”过程中强回波几乎覆盖整个琼江流域长达约 16 h, 导致严重的洪水叠加效应, 洪水漫过原有河道形成大面积滞洪区, 洪水行至下游河段回归河槽时, 加之河道收窄, 造成下游水文站洪峰时间滞后。

**关键词:** 水文气象, 琼江流域, 洪水过程, 强降水雨带

**中图分类号:** P694, P49

**文献标志码:** A

**doi:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2015.01.007

## Hydrometeorological Analysis of Two Flood Events in Qiongjiang River Basin

ZHAI Danhua<sup>1</sup> ZHANG Yaping<sup>1</sup> QIU Peng<sup>2</sup> LI Zhongju<sup>1</sup> DENG Chengzhi<sup>1</sup> ZOU Hua<sup>3</sup>

1 Chongqing Meteorological Observatory, Chongqing 401147

2 Chongqing Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Chongqing 401147

3 Tongnan Meteorological Station of Chongqing, Tongnan 402660

**Abstract:** Analyses and descriptions of the hydrometeorological conditions that contributed to two flood events in the Qiongjiang River Basin from 3 to 5 July 2012 (“7.4”) and from 30 June to 1 July 2013 (“6.30”) are presented. The digital elevation model (DEM) is used to extract the distribution network of Qiongjiang River and its distance to the outlet, and the standard time distance objectively reflects the temporal and spatial distribution of precipitation (especially severe precipitation). Composite reflectivity mosaic from SWAN suggests that the heavy precipitation is caused by multiple extreme rainfall bands in both of the flood events, and the convective systems mainly initiates in the headstreams of the right tributaries moving northeastward slowly down the tributaries and producing flood overlap in Qiongjiang River stem. Since basin-wide severe radar echo persists over the Qiongjiang River Basin for about 16 h, serious flood overlap is significant in the “6.30” case, resulting in the flood overflowing in the bank and forming a large area of flood detention basin. When the flood gets to downstream and returns to the river channel, the runway gets narrowed, so the flood peak time at the Taian Hydrological Station is late.

**Key words:** hydrometeorology, Qiongjiang River Basin, flood event, severe rainfall band

\* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201206028)和中国气象局预报员专项(CMAYBY2014-058)共同资助

2014 年 5 月 8 日收稿; 2014 年 9 月 25 日收修定稿

第一作者: 翟丹华, 主要从事短临和短期天气预报和研究. Email: i\_danhua@163.com

## 引言

据统计,近 10 年水灾造成的人员死亡中有三分之二以上发生在中小河流[水利部水文局(水利信息中心),2010]。目前,有很多学者和专家将研究重点聚焦在中小河流洪水、山洪地质灾害的监测与预警预报上(龙清怡等,2014;魏瀛珠等,2014)。例如,Doswell 等(1996)基于配料法研究了暴洪洪水的预报方法,Smith 等(2010;2013)从水文气候、水文气象和水文方面着手,研究了不同流域的洪水过程,Petersen 等(1999)基于中尺度分析方法和天气雷达观测分析了 Collins 的一次暴洪过程,Borga 等(2007)利用标准化时间距离讨论了一次暴洪事件中降水的空间分布特征;Javier 等(2007)和 Shairf 等(2006)讨论了城市的暴洪预报问题;崔春光等(2010)和彭涛等(2010;2014)研究了水文模式在汛期洪水预报中的应用试验;刘苏峡等(2005)总结了无资料流域水文预报的研究进展;曲晓波等(2010)重点分析了舟曲“8.8”特大山洪泥石流灾害气象成因分析,周雨华等(2004)分析了张家界特大暴雨山洪,张亚萍等(2013)基于精细化降水分布分析了綦江石角流域的山洪气象条件;张亚萍等(2007;2008)利用 TOPMODEL 模型分别对佛子岭流域和重庆温泉小流域进行了径流模拟。重庆境内河流密布,水系发达,又有多条河流由四川境内进入重庆,当河流上游四川境内发生暴雨造成的过境洪水与重庆本地暴雨叠加,易引发中小河流洪水暴涨。本文对两次重庆西北部暴雨与过境洪水叠加造成的洪水过程进行水文气象条件分析,利用探空资料和新一代天气雷达资料分析造成这两次洪水的天气形势和风暴尺度特征,并比较其异同点,最后着重分析这两次过程的洪水响应特征,以期以后为以后琼江流域的水文气象预报提供技术参考。

## 1 研究区域

琼江为涪江右岸一级支流,河长 233 km,流域面积 4440 km<sup>2</sup>,主要支流位于右岸,有石洞溪、蟠龙河、姚市河、龙台河、塘坝河和平滩河(图 1)。琼江发源于四川省岳至县石佛镇西北九龙寨,于重庆市铜梁县安居镇黑龙嘴入涪江(《中国河湖大典》编纂委员会,2010)。流域地处丘陵地带,地势自西北向

东南倾斜,丘坡较缓,高程一般为 200~450 m,流域上建有多座船闸、大坝和水库。重庆市潼南县大安镇有泰安水文站(图 1 中红色实心圆点),控制流域面积 3336 km<sup>2</sup>,实测多年平均流量 34.9 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>,水位变幅 10 m。

## 2 数据和方法

本文研究使用的资料包括:四川省气象局和重庆市气象局的 地面雨量计资料;重庆市水文水资源勘测局提供的泰安水文站水位资料;中国气象局的每日 2 次常规探空资料;以及重庆、永川、宜宾、南充和成都 5 部新一代天气雷达资料。

首先,利用地面雨量计资料和泰安水文站水位资料分析这两次过程的降水及洪水情况。采用常规探空资料分析这两次洪水过程的天气背景。利用 Severe Weather Automatic Nowcast System (SWAN)对上述 5 部雷达数据进行拼图,并利用其输出的组合反射率因子拼图分析琼江流域上这两次过程强对流系统的演变特征。最后,利用 1:250000 数字高程模型(Digital Elevation Model,DEM)提取的琼江流域河网及流域内每个格点的河道出口距离,结合 Borga 等(2007)提出的标准化时间距离  $D(t)$  和实地调查成果,讨论琼江流域的洪水响应。

标准化时间距离  $D(t)$  可以用来客观地表征降水的时空分布特征。 $D(t)$  接近 1,表明降水分布集中在平均的河道出口距离处,或者流域内的降水是均匀分布的; $D(t) < 1$ ,表明降水分布接近流域出口; $D(t) > 1$ ,表明降水分布更接近流域边界。 $D(t)$  的计算过程如下: $t$  时刻流域的面雨量  $M(t)$  为:

$$M(t) = |A|^{-1} \int_A R(t, x) dx \quad (1)$$

式中, $A$  为流域面积, $R(t, x)$  为  $t$  时刻流域内某格点的降水。 $t$  时刻的时间距离  $D_1(t)$  定义为:

$$D_1(t) = |A|^{-1} \int_A w(t, x) \tau(x) dx \quad (2)$$

式中, $\tau(x)$  为每个格点的降水到达流域出口的时间, $w(t, x)$  为权重函数,定义为:

$$w(t, x) = \frac{R(t, x)}{|A|^{-1} \int_A R(t, x) dx} \quad (3)$$

$t$  时刻的标准化时间距离  $D(t)$  为  $R(t, x)$  和  $\tau(x)$  的函数,定义为含降水权重的时间距离  $D_1(t)$  和平均时间  $d_{\text{mean}}$  的比值,其表达式为:

$$D(t) = \frac{D_1(t)}{d_{\text{mean}}} \quad (4)$$

式中  $d_{\text{mean}}$  为流域内所有格点的降水达到流域出口的平均时间。

### 3 实况和气象条件分析

#### 3.1 实况介绍

2012 年 7 月 3—5 日(以下简称“7.4”)和 2013 年 6 月 30 日至 7 月 2 日(以下简称“6.30”),四川盆地东部和重庆西北部交界处的琼江流域出现了暴雨过程,这两次过程的总降水量和小时最大降水量在量级和分布上存在较大差异。“6.30”的降水比较强(图 2a),6 月 30 日 00:00 至 7 月 1 日 20:00(北京时,下同)整个琼江流域的累积降水均超过了 100 mm,250 mm 以上的强降水主要集中在琼江上游,小时最大降水量(图 2b)基本上在 15 mm 以上,40 mm · h<sup>-1</sup> 的强降水除分布在琼江中上游外,还有一处在流域出口;“7.4”过程(图 3a)中 50~100 mm 的降水主要分布在琼江上游,小时最大降水量(图 3b)介于 15~40 mm。

这两次暴雨过程均造成琼江干流泰安水文站出现了超保证水位的洪水过程。其中“7.4”过程泰安

站(图 1 中红色实心圆点)5 日 04:30 出现洪峰水位 249.62 m,超过保证水位 1.62 m;“6.30”过程泰安

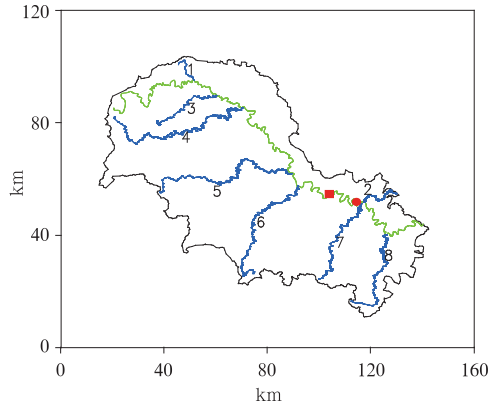


图 1 琼江流域概况

[琼江流域边界(黑色实线)、主要水系(绿色实线表示琼江干流;蓝色实线表示支流: 1 桅杆溪, 2 滑滩子河, 3 石洞溪, 4 蟠龙河, 5 姚市河, 6 龙台河, 7 塘坝河, 8 平滩河)和泰安水位站位置(红色圆点)]

Fig. 1 The boundary for Qiongjiang River Basin (black solid line), river network (green solid line represents Qiongjiang River, blue solid line represents tributary: 1 Weigan Rivulet, 2 Huatanzi River, 3 Shidong Rivulet, 4 Panlong River, 5 Yaoshi River, 6 Longtai River, 7 Tangba River, 8 Pingtan River) and the Taian Hydrological Station (red solid dot)

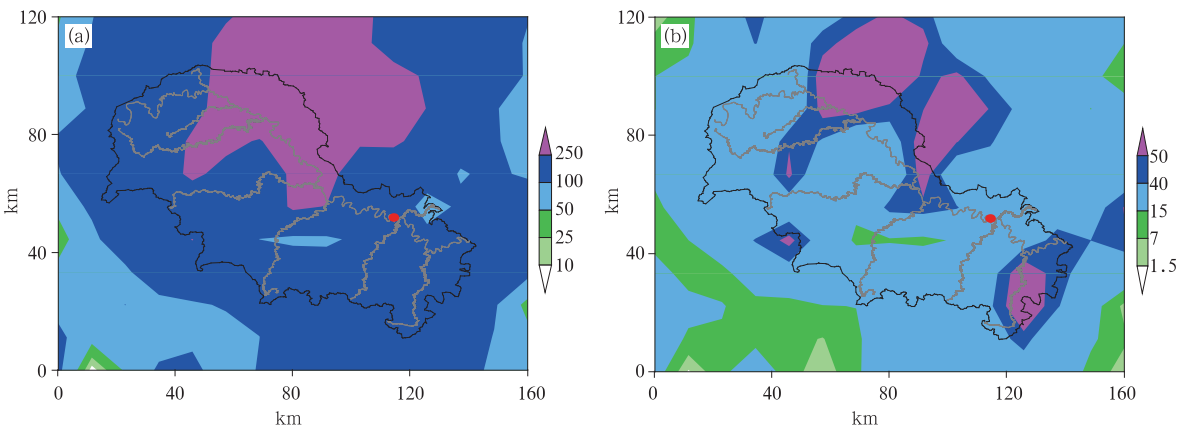


图 2 2013 年 6 月 30 日 00:00 至 7 月 1 日 20:00 琼江流域降水量分布(单位: mm)

(a)总降水量,(b)小时最大降水量

(黑色实线表示琼江流域边界,灰色粗实线表示琼江干流,灰色细实线表示支流,红色实心圆点表示泰安水文站)

Fig. 2 The total precipitation (a) and hourly maximum precipitation (b) in Qiongjiang River Basin from 00:00 BT 30 June to 20:00 BT 1 July 2013 (unit: mm)

(Black solid line represents the boundary of Qiongjiang River Basin, grey thick solid line represents Qiongjiang River, grey thin solid line represents tributary, red solid dot represents Taian Hydrological Station)

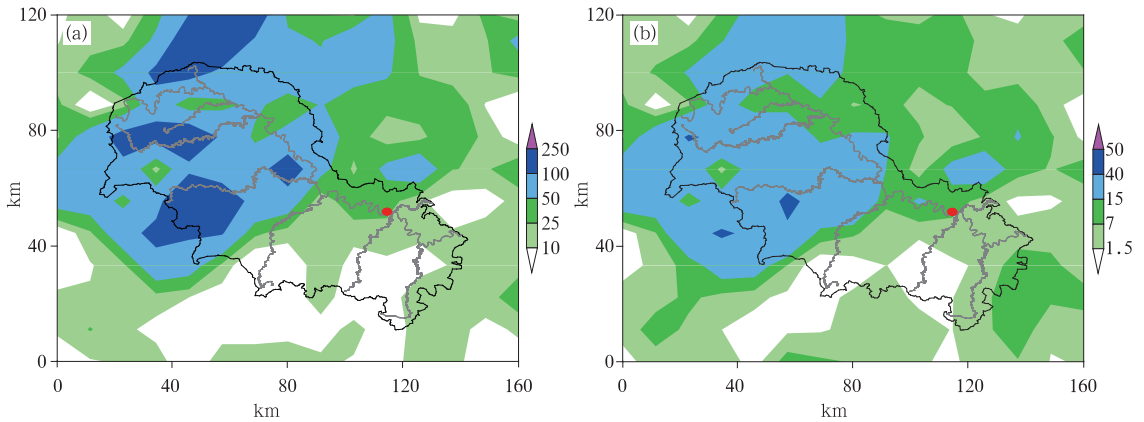


图 3 同图 2, 但为 2012 年 7 月 3 日 08:00 至 4 日 14:00

Fig. 3 Same as Fig. 2, but from 08:00 BT 3 July to 14:00 BT 4 July 2012

站出现有历史记录以来的最大洪水, 6 月 30 日 08:00 开始起涨, 7 月 1 日 21:14 洪峰水位达 253.07 m, 超保证水位 5.07 m, 超警戒水位 7.07 m, 2 日 22 时洪水才逐渐回落至保证水位以下, 但仍超警 1.86 m; 直到 3 日 07 时才回落至警戒水位以下。与“7.4”相比, “6.30”具有洪峰水位高, 涨幅大, 高水位历时长及退水慢等特点。

### 3.2 天气形势

比较造成这两次洪水的天气形势发现, 500 hPa (图 4b) 上, “6.30”在四川盆地东部为低压, 6 月 30 日 08:00 至 7 月 1 日 08:00 低压中心一直位于四川盆地中东部, “7.4”在这一地区为高空槽, 东移较快, 7 月 3 日 20:00 位于青藏高原东部(图略), 4 日

08:00 位于四川盆地中东部—云南西北部(图略), 4 日 20:00 移至重庆中部(图略), 同时向北收缩; 700 和 850 hPa 上, “6.30”为典型的西南涡, 其中, 700 hPa(图略)上 306 dagpm 等值线和 850 hPa(图略)上 140 dagpm 等值线稳定维持在成都—沙坪坝—达州之间, “7.4”的西南涡比较浅薄, 850 hPa(图略)上风场表现为明显的气旋性, 700 hPa(图略)主要为西南风和东北风的切变线; “6.30”过程中低空急流更显著, 持续时间更长, 6 月 30 日 08:00—20:00, 700 和 850 hPa 西南低空急流一直维持在贵州—湖南—湖北一线, “7.4”(图 4a)只在 4 日 08:00 西南低空急流显著。天气形势的分析表明“6.30”比“7.4”更有利于强降水的产生和持续。

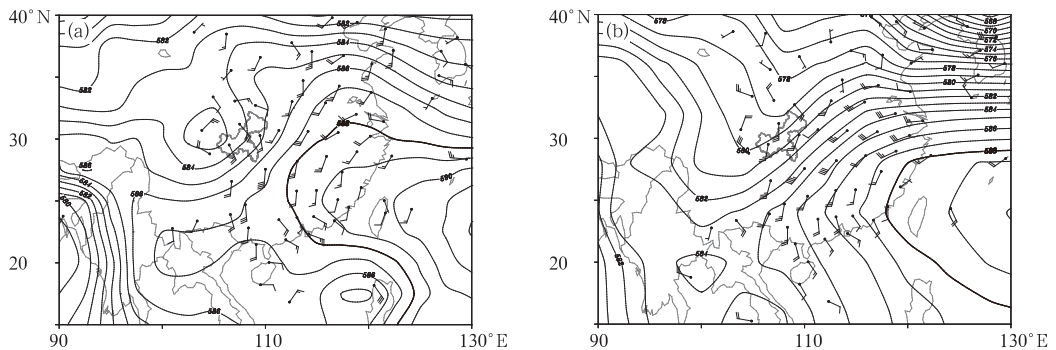


图 4 2012 年 7 月 4 日 08:00(a)和 2013 年 6 月 30 日 20:00(b) MICAPS 资料

500 hPa 高度场(等值线, 单位: dagpm)和 850 hPa 水平矢量风场(矢量, 单位:  $m \cdot s^{-1}$ )

Fig. 4 Geopotential height (unit: dagpm) of 500 hPa and horizontal wind vector (vector, unit:  $m \cdot s^{-1}$ ) of 700 hPa at 08:00 BT 4 July 2012 (a) and 20:00 BT 30 June 2013 (b)

### 3.3 风暴特征分析

为了深入细致地分析这两次洪水过程中琼江流域上强对流系统发生发展的变化趋势,这里利用 SWAN 输出的组合反射率因子拼图(图 5 和图 6)来表征强对流系统在不同发展阶段的特征。主要讨论小时面雨量基本在 5 mm 以上时段(2012 年 7 月 4 日 00:00—13:00,2013 年 6 月 30 日 08:00 至 7 月 1 日 04:00)强对流系统的演变特征。

“7.4”过程中,4 日 00:00(图略) $\geq 35$  dBz 的回波主体还未进入琼江流域,其前段已延伸至蟠龙河上游;00:36(图 5a)发展成近似南北向带状回波,主体移至蟠龙河上游和琼江上游,强度为 35~50 dBz;02:30(图略)基本移出琼江流域,期间在蟠龙河与姚市河源头附近不断有对流系统新生并向北偏东移动;02:36(图 5b)蟠龙河上游有一对流系统增强向北偏东方向移动,30 dBz 以上的回波主要位于蟠龙河、石洞溪、桅杆溪和琼江上游,同时在蟠龙河与姚市河源头附近仍有对流系统不断新生(图 5c),

04:06(图略)与其南部的对流系统合并,一部分沿蟠龙河汇流方向移动,一部分维持在姚市河上游(图 5d),同时 30 dBz 以上的回波开始进入姚市河与龙台河之间的琼江流域南部边界;05:00(图略)25 dBz 以上的回波基本覆盖了泰安水文站以上的琼江流域,05:00—08:00(图 5e) $\geq 35$  dBz 的回波主要在姚市河流域,并沿汇流方向移动;之后 25 dBz 以上的回波逐渐向琼江流域的北部移动(图 5f),11:00(图略)基本移出泰安水文站以上的琼江流域。

2013 年 6 月 30 日 08:00—09:00(图 6a)强回波位于桅杆溪、石洞溪、蟠龙河中下游和琼江上游,并逐渐发展为弓形回波,强度达 40~45 dBz,08:42(图 6a)在弓形回波尾部,即姚市河源头附近,有对流系统新生,向北偏东方向移动,并与弓形回波合并,使得琼江上游左岸的回波强度一直维持在 40~50 dBz;09:00—13:00(图 6b 和 6c)在姚市河上游不断有对流单体新生,强度为 40~50 dBz,仍向北偏东方向移动,30 dBz 以上的回波主要移至姚市河流域和琼江中上游,在姚市河流域强回波沿汇流方向

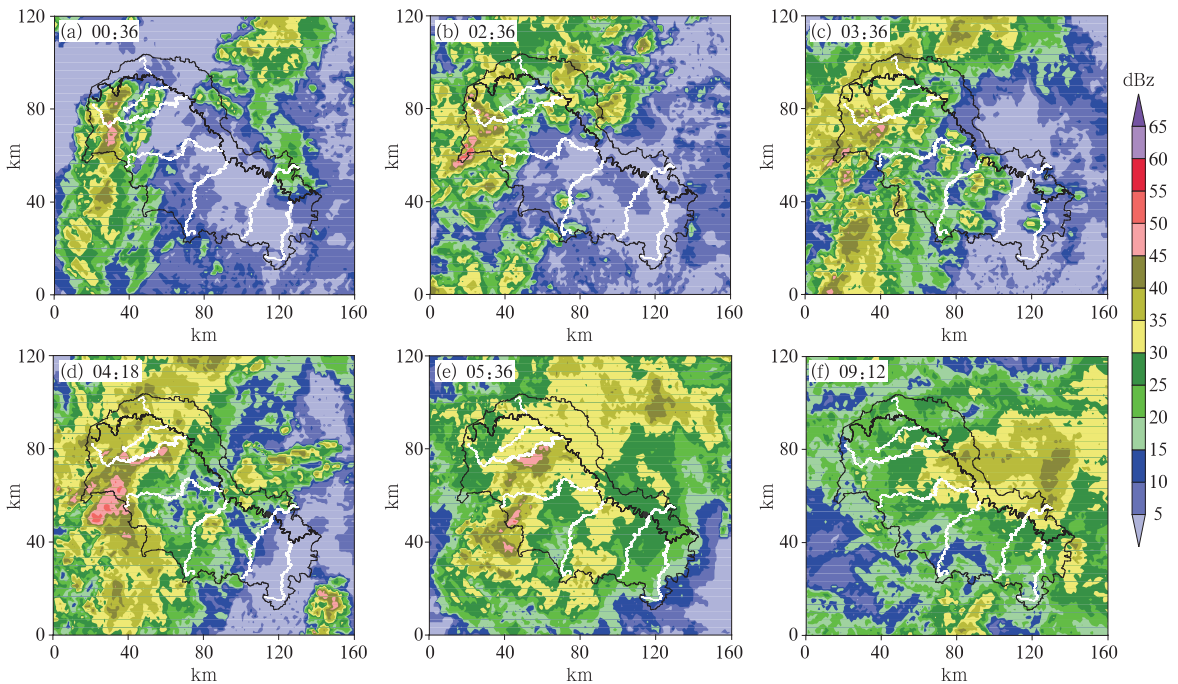


图 5 “7.4”过程 SWAN 输出的组合反射率因子拼图(重庆、永川、宜宾、成都和南充雷达)

(单位: dBz, 黑色线条表示琼江边界, 粗白色实线表示琼江干流, 细白色实线表示支流, 黑色实心圆点表示泰安水文站)

Fig. 5 Composite reflectivity mosaic from SWAN of “7.4” flood event

(Chongqing, Yongchuan, Yibin, Chengdu and Nanchong radars)

(Black solid line represents Qionghong River Basin, white thick solid line represents Qionghong River,

white thin solid line represents tributary, black solid dot represents Taian Hydrological Station)



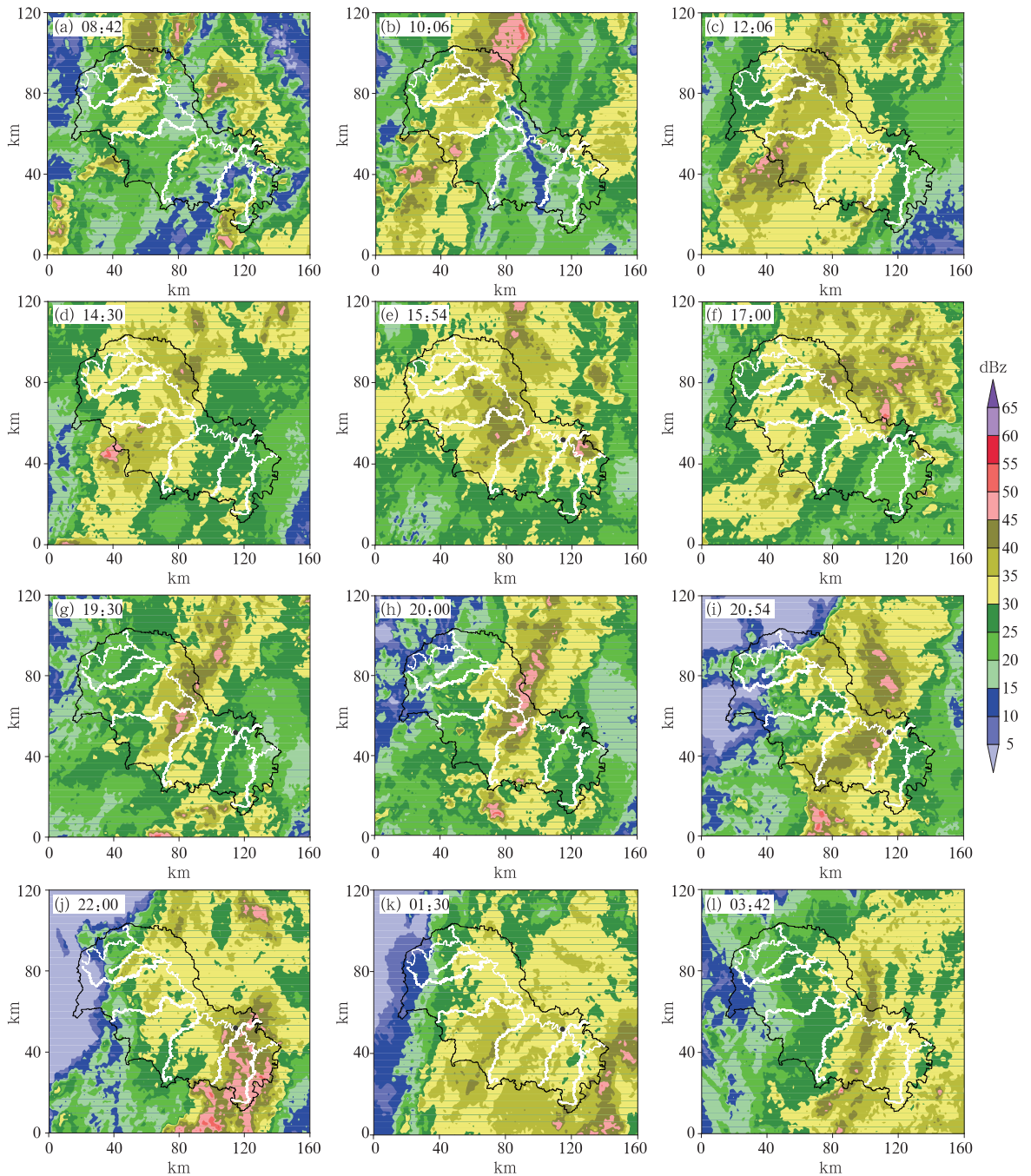


图6 同图5,但为“6.30”过程

Fig. 6 Same as Fig. 5, but for “6.30” flood event

移动;13:00—15:00(图6d),前期的弓形回波已经减弱,30 dBz以上的回波主要分布在姚市河流域,仍沿汇流方向移动,期间有分散的对流单体生消;15:00—18:00(图6e和6f),30 dBz以上的回波由姚市河和龙台河的上游向中下游移动,17:00(图6f)基本移出琼江流域,同时在龙台河上游有30~40 dBz的回波沿龙台河汇流方向移动,18:00

(图略)在姚市河上游又有中心强度 $\geq 40$  dBz的对流单体新生,发展加强并沿汇流方向移动,19:30(图6g)40~50 dBz的回波连成南偏西北偏东向带状,并维持在姚市河下游、龙台河下游和琼江干流的中游,20:00(图6h)在龙台河源头偏南地区,即带状回波尾部,又有对流系统新生,强度可达50 dBz以上,之后增强并向北偏东方向移动,与带状回波合并

发展成弓形回波(图 6i),22:00(图 6j)40 dBz 以上的回波基本移至泰安水文站以下;7 月 1 日 00:00(图略)在龙台河源头附近又有新生对流系统,强度在 35~45 dBz,沿汇流方向移动(图 6k),02:00(图略)基本移出琼江流域;02:00—04:00(图 6l),蟠龙河及其以上的回波已经减弱,35~45 dBz 的回波位于龙台河与塘坝河流域,期间 03:00—04:00 发展为弓形回波(图 6l);04:00(图略)之后泰安水文站以上的回波强度 < 25 dBz。

### 4 洪水响应分析

利用地面雨量计数据计算了琼江流域(泰安水文站以上)标准化时间距离  $D(t)$  的时间序列(图 7b 和图 8b)。

2012 年 7 月 3 日 08:00 至 4 日 14:00 琼江流域的总面雨量为 79.0 mm,小时面雨量(图 7a)在 5 mm 以上的时段主要集中在 4 日 04:00—09:00,

这一时段的标准化时间距离(图 7b)由 1.32 逐渐递减至 0.97,表明降水有从流域边界向流域出口汇集的趋势,但降水仍主要集中的流域边界,尤其是 06:00 之前,这与风暴尺度特征中分析的 06:00 之前 30 dBz 以上的回波主要集中的蟠龙河、姚市河、石洞溪、桅杆溪流域和琼江上游一致,07:00—09:00,  $D(t)$  的值基本接近 1,意味着流域内的降水分布比较均匀,与泰安水文站以上的琼江流域的回波强度主要在 25~35 dBz 一致。2013 年 6 月 30 日 00:00 至 7 月 1 日 20:00 琼江流域的面雨量为 286.9 mm,约为“7.4”过程的 3.5 倍,小时面雨量(图 8a)  $\geq 5$  mm 的时段主要集中在 6 月 30 日 08:00 至 7 月 1 日 03:00,这一时段的标准化时间距离  $D(t)$  (图 8b)介于 1.12~0.77,整体上逐渐减小,表明降水有向流域出口汇集的趋势,其降水分布较“7.4”距离流域出口近,这与 3 节中回波的分布和移动情况一致。表明标准化时间距离  $D(t)$  能客观地反映出降水的时空分布情况。

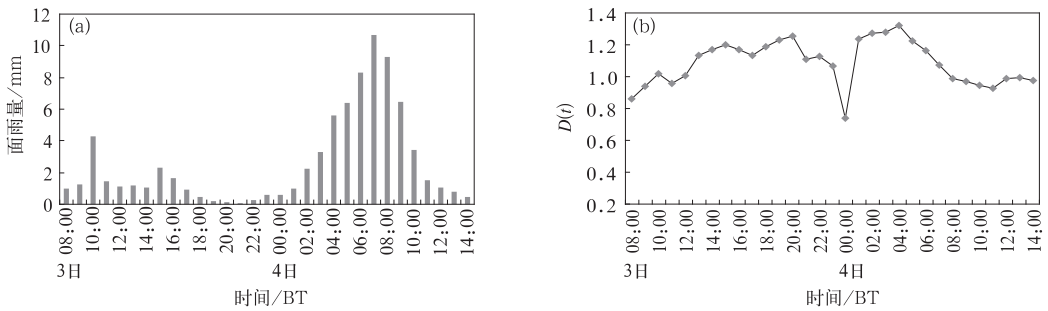


图 7 琼江流域(泰安水文站以上)2012 年 7 月 3 日 08:00 至 4 日 14:00 时序图  
(a)面雨量图  $M(t)$ , (b)标准化时间距离  $D(t)$

Fig. 7 The mean rainfall  $M(t)$  series (a) and the normalized time distance  $D(t)$  series (b) from 08:00 BT 3 July to 14:00 BT 4 July 2012 in Qiongliang River Basin (upstream of Taian Hydrological Station)

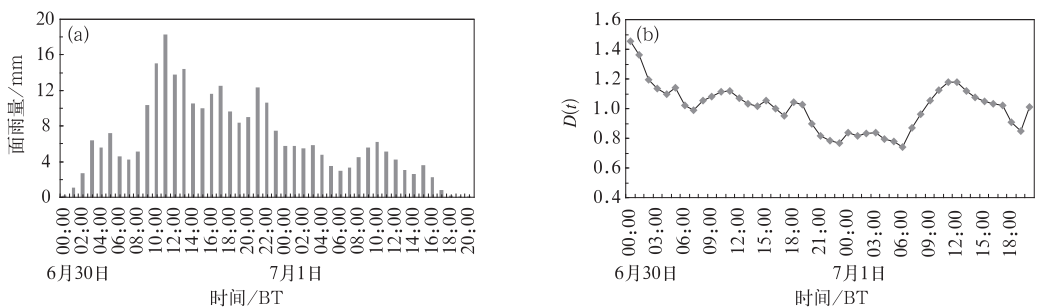


图 8 同图 7,但为 2013 年 6 月 30 日 00:00 至 7 月 1 日 20:00

Fig. 8 Same as Fig. 7, but from 00:00 BT 30 June to 20:00 BT 1 July 2013

“7.4”过程中7月4日07时的面雨量最大,为10.7 mm,琼江干流泰安水文站5日04:30出现洪峰水位249.62 m,这次洪峰对最大面雨量的峰值响应时间约为21 h。“6.30”过程中6月30日11:00的面雨量最大18.3 mm,泰安水文站7月1日21:14出现洪峰,水位达253.07 m,峰值响应时间约为34 h。从3.1小节可知,“6.30”比“7.4”的降水范围更大,强度更强,但是其峰值响应时间却比“7.4”长约15 h,分析“6.30”较“7.4”汇流速度慢的原因可能是,“6.30”中强回波持续时间长(6月30日08:00至7月1日03:00,长达19 h),对流系统多在琼江右岸新生,存在列车效应(对流系统新生后沿西南—东北方向穿越琼江),且多沿右岸支流的汇流方向移动,在汇入琼江干流之前,右岸的多条支流上已经产生洪水叠加,同时干流上强回波主要沿西北—东南向移动(6月30日08:00—22:00),与干流汇流方向基本一致,干流自身也产生了洪水叠加,造成叠加效应更显著,致使洪水漫过琼江原有河道,而其沿岸地形较为平坦,更易造成河道宽度向两侧延展,经现场实地调查,“6.30”过程中柏梓河段(图1中红色实心方框附近)洪水漫过河道后,其水面宽度达到2028 m,一般情况下其河道宽度不到百米,造成柏梓河段下游出现大面积漫滩且沿河方向蔓延数十千米,形成大面积的滞洪区,水面漫过河道后洪水流态发生变化,紊流明显,加之下游河道收窄,洪水行至泰安河段回归河槽(图9),形成一个天然“库区”,对洪水有削峰、错峰的作用,造成下游泰安河段洪峰流量偏低,洪峰时间滞后,洪水持续时间长;“7.4”过程虽然强回波也主要在琼江右岸新生,但其强度偏弱,持续时间短(约6 h),河道向两侧的延展程度低于“6.30”。

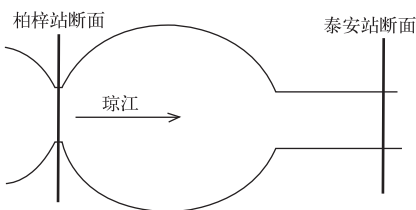


图9 柏梓站—泰安站滞洪区示意图

Fig.9 The schematic diagram of flood detention basin between Baizi Station and Taian Station

## 5 结论与讨论

对2012年7月3—5日和2013年6月30日至7月2日琼江流域两次洪水过程的水文气象条件进行分析,得到主要结论如下:

(1) 两次过程的主要影响系统之一均为西南涡,位于四川盆地东部,但“6.30”从850~500 hPa均为低压,“7.4”只在850 hPa上表现为西南涡,且“6.30”中低空急流更显著、持续时间更长。

(2) 天气雷达组合反射率因子拼图表明,两次琼江流域的强降水均由多段强对流雨带导致,对流系统多在右岸支流源头新生并向北偏东方向移动,移向与河流流向一致,在干流产生洪水的叠加效应。“7.4”过程中,强对流系统4日00:00进入到蟠龙河上游,11:00基本移出泰安站以上的琼江流域。“6.30”过程中,除30日08:00—11:00较强回波主要位于琼江上游外,30日12:00至7月1日04:00,强回波几乎覆盖了整个琼江流域。

(3) 标准化时间距离客观地反映了降水(尤其是强降水)的时空分布情况,“7.4”过程中 $D(t)$ 的值主要接近1或大于1,表明强降水距离流域出口比较远,与强降水主要分布在姚市河及琼江上游一致;“6.30”过程中, $D(t)$ 最显著的特点是随时间明显减小,与强回波沿汇流方向移动具有较好的对应关系,表明 $D(t)$ 随时间减小时,需关注流域内降水的叠加效应。

(4) “6.30”比“7.4”的降水范围更大,强度更强,但其峰值响应时间却比“7.4”长约15 h。初步分析表明,“6.30”过程中强降水在全流域维持约16 h,导致严重的洪水叠加效应,致使洪水漫过琼江原有河道,而琼江沿岸平坦的地形造成河道宽度向两侧延展,水面漫过河道后水流状态发生变化,并且形成大面积滞洪区,加之下游河道收窄,对洪峰有淡化作用,错峰明显,造成下游水文站洪峰时间滞后。“7.4”过程虽然强回波也主要在琼江右岸新生,但其强度较“6.30”弱,持续时间也只有6 h左右,河道向两侧的延展程度低于“6.30”。

中小河流洪水气象风险预警工作中,在认真监测降水情况的基础上,还要熟悉河网分布,以判断降水可能的汇流情况和影响。同时,在对一些极端洪水过程进行总结时,还需要实地调查,以发现一些在今后的风险预警工作中需要关注的方面,如本文提



到的在平坦地形时要关注漫坝可能导致水面宽度大幅向两侧延展,形成大面积滞洪区,洪水流态也可能发生改变,并对洪水有削峰、错峰的作用,造成下游河段洪峰时间滞后等情况。由于本文个例有限,今后将遴选更多的洪水过程,针对不同流域的不同洪水过程将标准化时间距离进行更深入细致的研究和总结,以期为预报员提供一些参考指标。

## 参考文献

- 崔春光,彭涛,沈铁元,等.2010.定量降水预报与水文模型耦合的中小流域汛期洪水预报试验.气象,36(12):56-61.
- 刘苏峡,夏军,莫兴国.2005.无资料流域水文预报(PUB计划)研究进展.水利水电技术,36(2):9-12.
- 龙清怡,刘海文,顾建峰,等.2014.雷达资料与中尺度数值预报的融合方法研究及其在临近预报中的应用.气象,40(10):1247-1258.
- 彭涛,宋星原,殷志远,等.2010.雷达定量降水估算在水文模式汛期洪水预报中的应用试验.气象,36(12):50-55.
- 彭涛,殷志远,李兰.2014.水文模型在计算中小流域致汛临界雨量中的应用.气象,40(11):1354-1362.
- 曲晓波,张涛,刘鑫华,等.2010.舟曲“8.8”特大山洪泥石流灾害气象成因分析.气象,36(10):102-105.
- 水利部水文局(水利信息中心).2010.中小河流山洪监测与预警预测技术研究.北京:科学出版社,238.
- 魏瀛珠,赵巧华,欧阳潇然.2014.南疆开都河流域夏季径流量的变化及其特征分析.气象,40(3):349-354.
- 张亚萍,程明虎,徐慧,等.2007.雷达定量测量降水在佛子岭流域径流模拟中的应用.应用气象学报,18(3):295-305.
- 张亚萍,沃伟峰,刘德,等.2013.基于精细化降水分布的山洪气象条件分析.气象,39(1):101-111.
- 张亚萍,周国兵,胡春梅,等.2008.TOPMODEL模型在重庆市开县温泉小流域径流模拟中的应用研究.气象,34(9):34-39.
- 《中国河湖大典》编纂委员会.2010.中国河湖大典(长江卷,上).北京:中国水利水电出版社,220.
- 周雨华,黄培斌,刘兵,等.2004.2003年7月上旬张家界特大暴雨山洪分.气象,30(10):38-42.
- Borga M, Boscolo P, Zanoni F, et al. 2007. Hydrometeorological analysis of the August 29, 2003 flash flood in the eastern Italian Alps. J Hydrometeorol, 8(5):1049-1067.
- Doswell C A, Brooks H E, Maddox R A. 1996. Flash Flood Forecasting: An Ingredients-Based Methodology. Wea Forecasting, 11(4):560-581.
- Javier J R N, Smith J A, Meierdiercks K L, et al. 2007. Flash flood forecasting for small urban watershed in the Baltimore metropolitan region. Wea Forecasting, 22(6):1331-1344.
- Petersen W A, Carey L D, Rutledge S A, et al. 1999. Mesoscale and radar observations of the Fort Collins flash flood of 28 July 1997. Bull Amer Meteor Soc, 80(2):191-216.
- Sharif H O, Yates D, Roberts R, et al. 2006. The use of an automated nowcasting system to forecast flash floods in an urban watershed. J Hydrometeorol, 7(1):190-202.
- Smith J A, Baeck M L, Villarini G et al. 2010. The hydrology and hydrometeorology of flooding in the Delaware river basin. J Hydrometeorol, 11(4):841-859.
- Smith J A, Baeck M L, Villarini G et al. 2013. Extreme Flood Response: The June 2008 flooding in Iowa. J Hydrometeorol, 14(6):1810-1825.