

# 近40年三峡库区面雨量时空分布特征

高琦<sup>1, 2</sup> 徐明<sup>1</sup> 李波<sup>3</sup> 徐卫立<sup>3</sup> 王海燕<sup>2</sup>

(1 中国气象局武汉暴雨研究所暴雨监测预警湖北省重点实验室, 武汉 430205; 2 武汉中心气象台, 武汉 430074;  
3 三峡水利枢纽梯级调度通信中心, 宜昌 443133)

**摘要:** 利用1980—2016年逐日雨量观测资料, 以站点平均法计算库区面雨量, 得到以下结论: 三峡库区年面雨量的年际差异大, 且37年以来呈现缓慢下降的趋势; 月面雨量的峰值出现的月份, 重庆—万州为6月, 万州—宜昌为7月; 从日强降水面雨量特征来看, 三峡库区强降水面雨量主要出现在5—9月, 万州—宜昌强降水出现的总数明显高于重庆—万州, 且在各个量级都是万州—宜昌明显多于重庆—万州; 从日面雨量极值分布来看, 面雨量极值一般出现在6—7月, 万州—宜昌69.9 mm以下的各级强降水均是7月出现最多, 70 mm以上的强降水则都是6月出现最多, 这与重庆—万州时段恰好是相反的; 从两子流域各个量级降水的年均频次分布上来看, 20~29.9 mm的降水, 每年各有7~9次, 30~49.9 mm的降水, 每年各有5~7次, 上述几个量级出现的频次相对较高; 50~69.9 mm的降水, 每年各有1~2次, 对于70 mm以上的降水, 平均2~5 a才1次, 可见50 mm以上降水出现的频率低, 而造成的影响又较大, 应在后期重点研究其形成机理。

**关键词:** 三峡库区, 面雨量, 分布, 特征

**DOI:** 10.3969/j.issn.2095-1973.2018.04.008

## Distribution Characteristics of Area Rainfall in the Three Gorges Reservoir for Recent 40 Years

Gao Qi<sup>1, 2</sup>, Xu Ming<sup>1</sup>, Li Bo<sup>3</sup>, Xu Weili<sup>3</sup>, Wang Haiyan<sup>2</sup>

(1 Hubei Key Laboratory for Heavy Rain Monitoring and Warning Research, Institute of Heavy Rain, China Meteorological Administration, Wuhan 430205 2 Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074  
3 Three Gorges Cascade Dispatch and Communication Center, Yichang 443133)

**Abstract:** Using the daily rainfall data in years of 1980-2016, the area rainfall is calculated by means of site average method, and the following conclusions are obtained. The annual area rainfall in the Three Gorges Reservoir showed great interannual fluctuation with a slow decline trend in the 37 a; The peak of monthly area rainfall appeared in June in Chongqing to Wanzhou, while in July in Wanzhou to Yichang region; The heavy area rainfall mainly occurred in may to September. The total number of heavy area rainfall in Wanzhou to Yichang was significantly higher than that in Chongqing to Wanzhou region, even in all rainfall levels; The extreme values of area rainfall generally appeared in June to July. The heavy area rainfall below 69.9 mm occurred generally in July, while that above 70 mm was in June. It is exactly the opposite between the 2 subbasins of Wanzhou to Yichang and Chongqing to Wanzhou. The area rainfall of 20 to 29.9 mm occurred 7~9 times, of 30 to 49.9 mm 5~7 times, of 50 to 69.9 mm 1~2 times per year in each subbasin. The area rainfall above 70 mm occurred once per 2~5 years. The area rainfall above 50 mm was in low frequency but great influences, and their synoptic mechanism should be investigated further in the future.

**Key words:** Three Gorges Reservoir, area precipitation, distribution, characteristic

### 0 引言

三峡库区地处四川盆地与长江中游平原的结合部, 总面积1084 km<sup>2</sup>, 在长江流域的防汛中起着非常

重要的作用。发生在三峡库区(重庆至宜昌区间)的强降水, 由于直接汇入水库中, 产流快, 反应时间短, 给调度和决策带来了极大的困难, 特别是在水库在高水位运行的情况下, 能否准确预报发生在库区的强降水, 可能直接关系到整个流域的防洪调度及坝体本身的安全。面雨量是一个经典的水文学概念, 它是指某一时段一定面积上的平均雨量, 因其能够客观反映降水对确定流域的影响, 因而成为防汛部门分析水情, 进行洪水预报的重要参数<sup>[1-9]</sup>。针对面雨量的

收稿日期: 2017年12月13日; 修回日期: 2018年6月6日  
第一作者: 高琦(1980—), Email: 20421268@qq.com  
资助信息: 湖北省自然科学基金(2018CFB706); 国家自然科学基金项目(91637105, 4147504); 湖北省气象科技发展基金(2018Y02); 武汉暴雨研究所科研业务经费(IHRKYYW201807)

统计特征,国内学者先后开展了一系列研究,如王仁乔等<sup>[10]</sup>、于大峰等<sup>[11]</sup>、高琦等<sup>[12]</sup>分别研究了不同时段长江上游的面雨量特征,发现在各个时期,重庆—万州、万州—宜昌的面雨量的极值均高于长江上游其他流域;李武阶等<sup>[13]</sup>、孙士型等<sup>[14]</sup>分别从不同角度研究了金沙江流域的面雨量特征;李才媛等<sup>[15]</sup>、卢珊等<sup>[16]</sup>、张晓红等<sup>[17]</sup>分别研究了汉江和淮河流域的面雨量特征;陈正洪等<sup>[18]</sup>研究了长江流域的面雨量变化趋势;史玉光等<sup>[19]</sup>、陈宁等<sup>[20]</sup>分别研究了新疆和江苏省的面雨量特征;强芳<sup>[21]</sup>等基于格点数据研究了1961—2012年祁连山的面雨量特征,而目前专门针对三峡库区面雨量统计特征的研究仍较为缺乏,当前长江流域面雨量的预报一般是在数值预报基础上进行,对天气系统进行分析后再进行订正,研究面雨量的时空分布特征,为面雨量订正提供气候上出现概率的参考,尤为必要。因而本文拟利用1980—2016年近40年的数据进行分析,重点针对三峡库区东西两段的强降水面雨量的季节分布、频次分布、强降水等级分布、极值分布等统计特征进行研究,以期库区面雨量预报提供参考依据。

## 1 资料与方法

三峡库区重庆—宜昌区间本身可作为一个流域,另可细分为三峡库区西段(重庆—万州)、三峡库区东段(万州—宜昌)两子流域,利用1980—2016年共37年气象站点逐日(08:00—次日08:00)雨量实况资料,流域面雨量采用站点平均法计算得出。所有分析中的雨量均为流域面雨量,其中流域日面雨量 $\geq 20$  mm,在库区的测站多出现大雨以上的降水,根据文献[10],将强降水面雨量划分为20~29.9, 30~49.9, 50~69.9, 70~89.9,  $\geq 90$  mm这5个等级。三峡库区流域分布及流域内国家级气象台站详见图1。

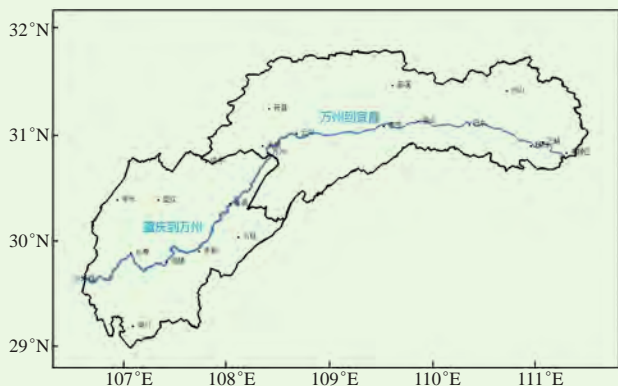


图1 三峡库区流域及气象站点分布示意图

Fig. 1 Locations of meteorological stations and 2 sub areas in the Three Gorges Reservoir area

## 2 年面雨量分布特征

把三峡库区,即重庆至宜昌区间作为一个整体,研究其年流域面雨量总量的年际变化,从图2所示的1980—2016年逐年面雨量的分布来看,1980—2016年三峡库区年面雨量为800~1400 mm,37 a平均年面雨量为1095 mm。年面雨量最多的为1982年1404 mm,最少的为2001年805 mm,相差约600 mm,约为多年平均值的一半还多,可见年际差异还是较大的。从年面雨量的逐年变化趋势上来看,年面雨量总体呈现缓慢下降的趋势,2003年以后年面雨量的年际差异逐渐减小。

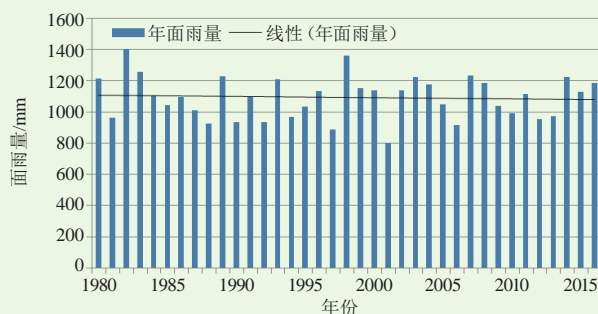


图2 1980—2016年三峡库区年面雨量演变

Fig. 2 The variation of annual rainfall in the Three Gorges Reservoir area during 1980—2016

重庆—万州、万州—宜昌两子流域的年面雨量变化趋势来看(图3)。重庆—万州、万州—宜昌两子流域,年面雨量总体接近,且变化趋势基本是一致的,在2004年以前,重庆—万州年面雨量整体高于万州—宜昌,2005年以后,万州—宜昌略高于重庆—万州。

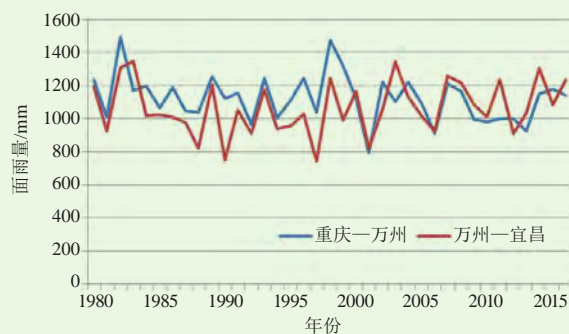


图3 1980—2016年重庆—万州、万州—宜昌年面雨量演变

Fig. 3 Variations of annual rainfall in two subareas between Chongqing and Wanzhou, Wanzhou and Yichang during 1980—2016

## 3 月面雨量分布特征

从三峡库区两子流域及整个三峡库区37 a平均的月面雨量(图4)来看,基本分为3个等级:1、2、12月的月面雨量基本在15~30 mm的范围内,为降水最少的时段;3及11月的月面雨量基本在40~60 mm

之间，为降水次少的时段；4—10月的月面雨量在100~250 mm，是降水最多的时段。

37 a平均的月面雨量最大值出现的月份：重庆一万州月面雨量超过150 mm的月份有3个月，为5—7月，从大到小依次为6月（195 mm）、5月（176 mm）、7月（165 mm）；万州一宜昌月面雨量超过150 mm的月份有5个，为5—9月，从大到小依次为7月（235 mm）、6月（209 mm）、8月（196 mm）、5月（176 mm）、9月（152 mm）；对于整个三峡库区，月面雨量超过150 mm的月份有4个，为5—8月，最大月份为6月，为202 mm，其次为7月200 mm，5月176 mm，8月172 mm分别位列第三、四位。

37 a平均的月面雨量最小值出现的月份：重庆一万州月面雨量最小的3个月依次为1月（20.2 mm）、2月（22.4 mm）、12月（25.6 mm），万州一宜昌最小的3个月依次为12月（19.3 mm）、1月（19.4 mm）、2月（33 mm）；对于整个三峡库区，月面雨量最小月份为1月，仅为19.8 mm，其次为12月22.45 mm，2月第三为27.7 mm。

两个子流域月面雨量特征的异同：两个子流域全年月面雨量的变化趋势，都是从11月至次年3月降水较弱，自4月降水开始明显增多，主要的差异在于月面雨量的峰值出现的月份及多雨时段持续的时间，重庆一万州至6月发展至最强，超过150 mm的多雨时段维持了3个月左右，而万州一宜昌至7月发展至最强，超过150 mm的多雨时段维持了足足有5个月之久。从两子流域对月面雨量的贡献来看，除11、12、1月重庆一万州略大于万州一宜昌外，万州一宜昌在整个2—10月始终是大于重庆一万州的。

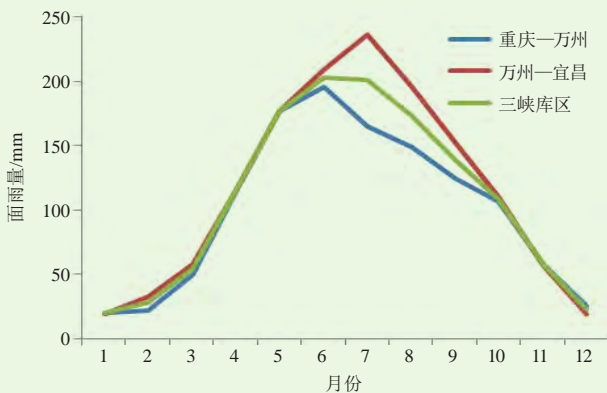


图4 重庆一万州、万州一宜昌、三峡库区37年平均月面雨量演变

Fig. 4 Climatic monthly rainfall over the 37 years for areas between Chongqing and Wanzhou, Wanzhou and Yichang and the whole Three Gorges Reservoir area

## 4 强降水日面雨量分布特征

### 4.1 频次分布特征

分析1980—2016年三峡库区两子流域强降水频次分布（表1），主要有以下特征：1）三峡库区强降水日面雨量主要出现在5—9月，37年中共出现951次，占总次数的82%，强降水出现的频率最高的前4依次为7月220次，6月219次，8月185次，9月138次；2）12月至次年3月基本无 $\geq 20$  mm强降水；3）从流域分布上来看，万州一宜昌20 mm以上的强降水出现的频次最高，达662次，是重庆一万州的1.33倍。3）对于重庆一万州，主要的强降水出现时段为5—8月，强降水过程出现最多的当属6月，37年中有109次，平均一个月有3次过程，5、7、8月总体相当，总量都是在80~90次，平均每个月有2~3次过程；4）对于万州一宜昌，主要的强降水时段较重庆一万州多了一个9月，即整个5—9月强降水强降水次数都在80次以上，其中又以7月最多，37年有134次，平均每个月可达4次，6月110次次之，平均每月有3次过程，5、8、9月基本都是每月2~3次过程。

分析1980—2016年三峡库区2子流域分级强降水频次分布（表2），可以看出：1）两流域89%的强降水日面雨量集中在50 mm以下，其中20~29.9 mm占51.4%，30~49.9 mm占37.6%；2）50 mm以上的降水仅占10%，且在各个量级都是万州一宜昌出现的次数明显多于重庆一万州；3）从各个量级降水的年均频次分布上来看，对于20~29.9 mm的降水，两子流域平均每年各有7~9次过程；对于30~49.9 mm的降水，两子流域平均每年各有5~7次过程；对于50~69.9 mm的降水，每年会在两个子流域各出现1~2次。20~29.9、30~49.9、50~69.9 mm这3个量级较为常见，是日常预报服务应当重点关注的量级；对于70 mm以上的降水，平均2~5 a才1次，特别是90 mm以上降水，在重庆一万州37 a中只出现1次，在万州一宜昌也仅出现8次，可见70 mm以上的降水出现的频率低，可供研究的样本少，而造成的影响又较大，是预报中的难点。

### 4.2 极值分布特征

表3为37 a三峡库区各子流域日面雨量的月极值分布。从表中可以看出：1）对比各月两流域极值的强度，万州一宜昌强降水明显强于重庆一万州，两流域中最大日面雨量值出现在万州一宜昌，为117.3 mm（2005年7月9日）；2）两流域强降水的极值均出现在7月；3）按日面雨量极大值按出现的月份排序，重庆一万州前4位依次为7、8、9、6月，万州一宜昌前

表1 1980—2016年1—12月三峡库区各子流域强降水频次分布

Table 1 The monthly frequency of heavy rainfall in each subarea in the Three Gorges Reservoir area for 1980—2016

流域		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
重庆—万州	强降水频次	0	0	6	41	89	109	86	81	50	24	10	0	495
	年均出现次数	0	0	0.2	1.1	2.4	3.0	2.3	2.2	1.4	0.6	0.3	0	13.5
万州—宜昌	强降水频次	0	1	12	52	100	110	134	104	88	46	15	0	662
	年均出现次数	0	0	0.3	1.4	2.7	3.0	4.0	2.8	2.4	1.2	0.4	0	18.2

表2 1980—2016年三峡库区各子流域分级强降水频次分布

Table 2 The frequency distribution of heavy rainfall in sub areas in the Three Gorges Reservoir area for 1980—2016

分级降水量/ mm	重庆—万州		万州—宜昌		合计/ 次	合计次数占 强降水总次 数占比/%
	强降水频次	年均频次	强降水频次	年均频次		
20~29.9	278	7.5	317	8.6	595	51.4
30~49.9	181	4.9	254	6.9	435	37.6
50~69.9	29	0.8	64	1.7	94	8.1
70~89.9	6	0.2	19	0.5	25	2.1
≥90	1	0.03	8	0.2	9	0.8
合计	495	13.43	662	17.9	1157	

表3 1980—2016年三峡库区各子流域日面雨量的月极值分布

Table 3 Monthly extreme values of daily area rainfall in each subarea in the Three Gorges Reservoir area for 1980—2016

子流域	日面雨量的月极值/mm											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
重庆—万州	15.7	14.6	46.5	29.6	65.3	72.6	90.8	74.6	73.2	50.9	42.6	19.6
万州—宜昌	18.3	32.4	48.4	36.4	79	116.6	117.3	82.2	93.5	69.8	53.1	16.7

4位依次为7、6、9、8月；4) 根据之前的研究，9月总的强降水次数明显减少，但仍然可能出现极端强降水，值得关注。

## 5 子流域分级强降水月分布特征

### 5.1 重庆—万州强降水月分布特征

表4是1980—2016年重庆—万州段分级强降水频次分布，从表中可以看出：1) 强降水一般3月即可出现，一直到11月，都会有强降水的出现，而12月一次年2月无20 mm以上的强降水；2) ≥20 mm的强降水83.7%以上都出现在5—9月，从各月强降水的总次数来看，6月出现的频率最高为109次，占总次数的22%，5月89次次之，占比18%，7月第三，为85次，占17.2%；3) 69.9 mm以下的各级强降水均是6月出现最多，70 mm以上的强降水则都是7月出现最多；4) ≥90 mm的降水在该流域非常罕见，37年中仅在7月出现过1次。

### 5.2 万州—宜昌强降水月分布特征

1980—2016年万州—宜昌段分级强降水频次分布如表5，从表中可以看出：1) 12月至次年1月无面雨

量20 mm以上的强降水，2月虽然有出现过，但37 a仅出现1次，非常罕见，81%以上的20 mm以上的强降水均出现在5—9月；2) 69.9 mm以下的各级强降水均是7月出现最多，70 mm以上的强降水则都是6月出现最多，这与重庆—万州段恰好是相反的；3) ≥90 mm的降水出现的次数较重庆—万州明显增多，37 a共出现8次，出现次数最多的为6月（4次），7月（3次）次之。

### 5.3 两子流域分级强降水月分布的异同

对比两子流域分级强降水月分布（表4和表5）的异同可以看出：1) 12月一次年2月基本无20 mm以上的强降水；2) ≥20 mm的强降水绝大多数出现在5—9月；3) 从各月各级强降水的总次数来看，重庆—万州超过100次的月份有1个，为6月（109次），超过80次的月份有3个，为5月（89次）、7月（85次）、8月（81次）。万州—宜昌超过100次的月份有4个，依次为7月（134次）、6月（110次）、8月（104次）、5月（100次），超过80次的月份有1个，为9月（88次），可见，万州—宜昌在强降水的高频月份数量和各月强降水的总次数上均超过重庆—万州；3) 69.9 mm以下的降水重庆—万州6月出现最多，70 mm以上的强降水则都是7月出现最多，而万州—宜昌则正好与此相反；4) ≥90 mm的降水在万州—宜昌出现的次数明显多于重庆—万州，重庆—万州仅在6月出现，而万州—宜昌在6、7、9月均有出现。

## 6 结论与讨论

### 6.1 结论

1) 三峡库区年面雨量的年际差异较大，且37 a以来总体呈现逐渐增长的趋势。重庆—万州、万州—宜昌两子流域在2000年以前，年雨量总体接近，且变化趋势基本是一致的，2000年以后，变化趋势仍较为同步，但二者面雨量的差距显著增大，万州—宜昌年雨量明显高于重庆—万州段；

2) 月面雨量的峰值出现的月份，在两个子流域各不相同，重庆—万州为6月，万州—宜昌为7月，即重庆—万州在5月降水开始明显增多，至6月发展至最强，7、8月降水量逐渐减小；而万州—宜昌也是在5

表4 1980—2016年重庆—万州分级强降水频次分布

Table 4 The monthly frequency at 10 mm-intervals of heavy area rainfall in subarea between Chongqing and Wanzhou for 1980–2016

分级降水量/mm	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计	频率/%
20~29.9	0	0	5	30	51	55	41	40	32	17	7	0	278	56.2
30~49.9	0	0	1	11	33	41	37	37	12	6	3	0	181	36.6
50~69.9	0	0	0	0	5	12	3	3	5	1	0	0	29	5.9
70~89.9	0	0	0	0	0	1	3	1	1	0	0	0	6	1.2
≥90	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.2
合计	0	0	6	41	89	109	85	81	50	24	10	0	495	100
频率/%	0	0	1.2	8.3	18.0	22.0	17.2	16.4	10.1	4.8	2	0	100	

表5 1980—2016年万州—宜昌分级强降水频次分布

Table 5 The monthly frequency at 10mm-intervals of heavy area rainfall in subarea between Wanzhou and Yichang for 1980–2016

分级降水量/mm	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计	频率/%
20~29.9	0	0	10	34	50	43	62	40	42	26	10	0	317	47.9
30~49.9	0	1	2	15	41	45	50	50	32	14	4	0	254	38.4
50~69.9	0	0	0	3	7	12	14	11	10	6	1	0	64	9.7
70~89.9	0	0	0	0	2	6	5	3	3	0	0	0	19	2.9
≥90	0	0	0	0	0	4	3	0	1	0	0	0	8	1.2
合计	0	1	12	52	100	110	134	104	88	46	15	0	662	100
频率/%	0	0.2	1.8	7.9	15.1	16.6	20.2	15.7	13.3	6.9	2.3	0	100	

月降水明显增多，至7月发展至最强，8月降水逐渐回落。从两子流域对三峡库区月面雨量的贡献来看，万州—宜昌在整个2—10月始终是大于重庆—万州的。

3) 三峡库区强降水面雨量主要出现在5—9月，强降水出现的频率最高的前四依次为，7、6、8、9月，12月至次年3月基本无≥20 mm强降水；

4) 日面雨量在20 mm以上的强降水出现的总数，万州—宜昌明显高于重庆—万州，且在各个量级都是万州—宜昌明显多于重庆—万州。从各月各级强降水的总次数来看，万州—宜昌在强降水的高频月份数量和各月强降水的总次数上均超过重庆—万州。

5) 重庆—万州，主要的强降水出现时段为5—8月，强降水过程出现最多为6月，平均一个月有3次过程，5、7、8月总体相当，平均每个月有2~3次过程。69.9 mm以下的各级强降水均是6月出现最多，70 mm以上的强降水则都是7月出现最多；

6) 万州—宜昌，主要的强降水时段为5—9月，其中又以7月最多，平均一个月有4次过程，6月次之，平均一个月有3次过程，5、8、9月基本都是每月2~3次过程。69.9 mm以下的各级强降水均是7月出现最多，70 mm以上的强降水则都是6月出现最多，这与重庆—万州段恰好是相反的；

7) 从各个量级降水的年均频次分布上来看，对于20~29.9 mm的降水，两子流域平均每年各有7~9

次过程。对于30~49.9 mm的降水，两子流域平均每年各有5~7次过程；对于50~69.9 mm的降水，每年会在两个子流域各出现1~2次，上述几个量级出现的频率相对较高，是预报服务应当重点关注的量级。对于70 mm以上的降水，平均2~5 a才1次，特别是90 mm以上降水，在重庆—万州37 a中只出现1次，在万州—宜昌也仅出现8次，可见50 mm以上降水出现的频率低，而造成的影响又较大，应在后期重点研究其形成机理。

## 6.2 面雨量预报建议

1) 12月—次年2月，重庆—万州、万州—宜昌两子流域基本无强降水出现，预报中也基本不考虑≥20 mm的强降水；

2) 在3—4月，建议面雨量预报区间多考虑20~30 mm，偶有一些30~50 mm的过程，50 mm以上强降水出现的概率较小，另10—11月基本与3—4月接近；

3) 5月，相比3—4月强降水过程明显增多，强度也增强，30~50 mm的降水明显增多，时值三峡水库的消落期，水位仍然较高，50 mm以上的降水虽历史发生频次较少，还应重点防范，但在此时段一般不考虑90 mm以上强降水。8月的情况也基本类似；

4) 6—7月，是三峡库区强降水发展最为显著的时段，也是70 mm以上甚至90 mm以上的降水最有可

能出现的时段，其中要特别关注重庆一万州在7月，万州—宜昌在6月、7月可能出现的90 mm以上降水的预报。这个时段一般为长江中下游梅雨期，极易在中下游地区形成洪水，此时特别要防范上游与中下游洪水遭遇，需提供预见期长、精度高的预报以利于及时开展调度；

5) 9月，强降水过程明显减少，建议面雨量预报区间多考虑20~30 mm，偶有一些30~50 mm，这个时期的强降水的强度仍然可达70 mm甚至90 mm以上，时值三峡水库的蓄水期，需特别关注此类极端强降水的预报。

### 参考文献

- [1] Gourley J J, Vieux B E. A method for evaluating the accuracy of quantitative precipitation estimates from a hydrologic modeling perspective. *Journal of Hydrometeorology*, 2005, 6: 15-133.
- [2] Zeng X M, Zhao M, Su B K. Simulations of a hydrological model as coupled to a regional climate model. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2003, 20(2): 227-235.
- [3] 徐晶, 姚学祥. 流域面雨量估算技术综述. *气象*, 2007, 33(7): 15-21.
- [4] 毕宝贵, 徐晶, 林建. 面雨量计算方法及其在海河流域的应用. *气象*, 2003, 29(8): 39-42.
- [5] 徐晶, 林建, 姚学祥, 等. 七大江河流域面雨量计算方法及应用. *气象*, 2001, 27(11): 13-16.
- [6] 郁淑华. 面雨量计算方法的比较分析. *四川气象*, 2001, 21(3): 3-5.
- [7] 方慈安, 潘志祥, 叶成志, 等. 几种流域面雨量计算方法的比较. *气象*, 2003, 29(7): 23-26.
- [8] 高琦, 徐明, 李武阶, 等. 我国面雨量研究及业务应用进展. *气象科技进展*, 2014, 4(2): 66-69.
- [9] 井立阳, 张行南, 郭亨波. 面雨量计算方法对小流域暴雨洪水模拟精度的影响. *水电能源科学*, 2004, 22(3): 37-39.
- [10] 王仁乔, 李才媛, 王丽, 等. 六大流域强降水水面雨量气候特征分析. *气象*, 2003, 29(7): 38-42.
- [11] 于大峰, 陈良华, 孙士型, 等. 长江上游流域面雨量时空分布特征. *干旱气象*, 2012, 30(4): 563-569.
- [12] 高琦, 徐明, 李武阶, 等. 长江上游六流域强降水水面雨量特征分析. *人民长江*, 2013, 44(13): 14-17.
- [13] 李武阶, 王继竹, 郭英莲, 等. 金沙江中下游流域面雨量特征分析. *长江流域资源与环境*, 2014, 23(6): 846-853.
- [14] 孙士型, 陈良华, 向永龙, 等. 金沙江流域面雨量的气候特征. *高原山地气象研究*, 2009, 29(B09): 7-10.
- [15] 李才媛, 谌伟, 金琪, 等. 近30多年汉江流域面雨量时空变化特征. *湖北气象*, 2004 (4): 6-8.
- [16] 卢珊, 王百朋, 贺皓, 等. 汉江上游汛期面雨量气候特征. *干旱气象*, 2014, 32(2): 201-206.
- [17] 张晓红, 陈兴, 罗连升, 等. 1960—2008年淮河流域面雨量时空变化及径流响应. *资源科学*, 2015, 37(10): 2051-2058.
- [18] 陈正洪, 杨宏青, 任国玉, 等. 长江流域面雨量变化趋势及对干流流量影响. *人民长江*, 2005, 36(1): 22-23.
- [19] 史玉光, 孙照渤, 杨青. 新疆区域面雨量变化特征及其变化规律. *应用气象学报*, 2008, 19(3): 326-332.
- [20] 陈宁, 黄鹂, 沈树勤, 等. 江苏省流域面雨量气候特征及与雨涝关系的探讨. *气象科学*, 2005, 25(5): 518-527.
- [21] 强芳, 张明军, 王圣杰, 等. 基于格点数据的1961—2012年祁连山面雨量特征分析. *地理学报*, 2015, 70(7): 1125-1136.

## 流域降水预报预测准确率明显提高

### ■ 岳阳

长江流域气象水文中心与三峡梯调中心合作完成了《长江上游流域中小洪水天气特征分析》《宜昌与洞庭湖大洪水遭遇天气学规律研究》《气象分析预报产品评价方法研究和软件开发》等多个科研项目，归纳总结出4种中小洪水天气学模型和5种遭遇型大洪水天气学模型，开展了流域降水数值预报评估与检验，研究成果对充分发挥三峡水利枢纽的防洪作用实施上中游洪水错峰，对金沙江梯级电站与三峡梯级枢纽实施多库联调、合理利用洪水资源有重要的意义。2017年长江上游六大流域月24 h强降水水面雨量预测准确率平均达63.9%，为三峡水库腾容调度、梅雨期持续暴雨期间连续5次紧急调度拦蓄百亿立方米洪水提供了重要参考。

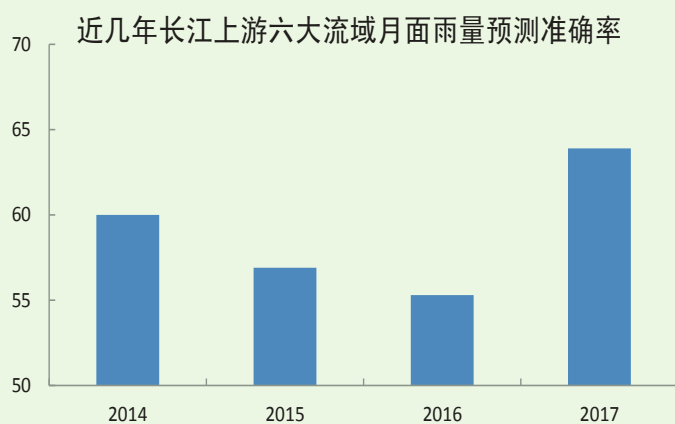


图 2014—2017年长江上游六大流域月面雨量预测准确率

(作者单位: 湖北省气象局)