

谢五三, 吴蓉, 宋阿伟. 1961-2015年安徽省小时降水变化特征与极值分布[J]. 灾害学, 2017, 32(3): 45-50. [XIE Wusan, WU Rong and SONG Awei. Variation Characteristics and Extreme Value Distribution of Hourly Precipitation of Anhui Province from 1961 to 2015[J]. Journal of Catastrophology, 2017, 32(3): 45-50. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.03.009.]

## 1961-2015年安徽省小时降水变化特征与极值分布\*

谢五三, 吴蓉, 宋阿伟

(安徽省气候中心, 安徽合肥 230031)

**摘要:** 运用安徽省79个国家站1961-2015年逐小时降水资料, 结合多种数理统计方法分析近55年来安徽省小时降水的分布及变化特征, 并基于广义极值分布研究小时降水的概率分布及重现期, 旨在为当前暴雨洪涝灾害风险预警以及实时气象防灾减灾等业务提供技术支撑。结果表明: 安徽省最大1 h、3 h、6 h、12 h降水量空间分布型基本一致, 极端强降水局地性特征明显, 且主要发生在梅雨期及台风引发的强降水; 不同等级小时降水日变化特征存在明显差异, 特大暴雨和大暴雨日变化呈单峰型分布, 而其它等级的小时降水均呈双峰型分布, 全省绝大部分地区的小时强降水存在增多趋势; 全省62%台站小时雨量服从于极值Ⅱ型分布, 其余38%台站服从于极值Ⅲ型分布, 8个典型代表站概率密度分布重尾均在右侧, 属于右偏态分布, 其中安庆、宿州和合肥呈现“尖峰厚尾”的分布特征, 出现小时极端强降水的概率相对较大, 各典型代表站不同重现期小时雨量差异明显, 但与其空间分布没有明显的相关性。

**关键词:** 小时降水; 变化趋势; 极值分布; 重现期; 安徽省

**中图分类号:** X43; P456 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2017)03-0045-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.03.009

在全球气候变化背景下, 降水变化越来越受到社会各界的广泛关注, 特别是针对极端强降水的研究愈显重要。受资料限制, 对日、月、年等时间尺度的极端强降水研究较多<sup>[1-2]</sup>, 而对小时尺度强降水的研究相对较少, 如翟盘茂等<sup>[3]</sup>研究指出, 我国的极端强降水平均强度和极端强降水量都呈增加的趋势, 极端强降水事件也趋于增多, 但存在明显的区域差异<sup>[4-5]</sup>, 我国西部、东北北部、长江中下游、东南沿海增加, 而东北南部、华北、西北东部减少。符娇兰等<sup>[6]</sup>指出近45年来长江中下游地区大雨和暴雨的发生频率增加。近年来, 随着气象自动站的广泛应用以及历史降水自记纸的信息化, 不少学者开始对更高时间分辨率的逐小时降水资料进行深入研究<sup>[7-8]</sup>, 李建等<sup>[9-10]</sup>利用中国321站小时降水资料分析中国中东部极端降水的持续性和季节特征以及小时极端降水阈值等; 韩宁等<sup>[11]</sup>利用2005-2010年5-9月区域站1h降水资料分析陕甘宁三省不同强度短时

强降水时空分布特征及天气学概念模型。极端降水的模拟研究对水利工程设计、农业经济发展、气候变化监测、气象防灾减灾等方面至关重要<sup>[12]</sup>, 研究表明, 广义极值分布对洪涝、干旱及大风等气象极端事件的拟合适用性较好<sup>[13-15]</sup>, 苏布达等<sup>[16]</sup>利用Weibull分布研究长江流域降水极值时间序列的分布特征, 田付友等<sup>[17]</sup>基于 $\Gamma$ 函数分析我国暖季小时降水概率分布, 相关研究对于人们认识极端强降水的极值分布特征具有重要意义。

安徽地处我国南北气候过渡带, 天气气候复杂多变, 极端强降水事件多发频发, 常引发中小河流洪水、山洪、城市内涝等灾害, 造成严重的经济损失和人员伤亡, 因而对安徽省极端强降水的研究具有重要意义。本文应用安徽省所有国家站逐小时降水资料, 分析1961-2015年安徽省小时降水变化特征, 并基于广义极值分布研究安徽省小时降水极值分布及不同重现期小时雨量, 可为气象灾害风险预警及实时气象防灾减灾等业务提供技术支撑。

\* 收稿日期: 2016-10-28 修回日期: 2017-01-15

基金项目: 中国气象局气候变化专项(CCSF201714); 淮河流域气象开放研究基金(HRM201607); 安徽省气象局科技发展基金项目(KM201504)

第一作者简介: 谢五三(1981-), 男, 汉族, 安徽枞阳人, 硕士, 高级工程师, 主要从事极端天气气候事件监测及气候影响评估工作。E-mail: xiewusan\_2008@sina.com

表1 安徽省1 h降水量等级划分

等级	微量降水	小雨	中雨	大雨	暴雨	大暴雨	特大暴雨
1 h降水量/mm	<0.1	0.1~1.5	1.6~3.5	3.6~7.9	8.0~19.9	20.0~49.9	≥50.0

## 1 资料与方法

本文选用安徽省79个国家站1961-2015年逐小时降水资料,分析安徽省小时降水特征,所有资料来自安徽省气象信息中心并经过严格质量控制,站点分布和资料质量均满足研究需要。针对小时降水强度分级,采用现行的安徽省地方标准《短时临近降雨强度等级划分》(DB 34/T 1592-2012)<sup>[18]</sup>进行划分,1h降水强度等级划分如表1所示。

根据该等级划分,统计分析不同等级(小雨、中雨、大雨、暴雨、大暴雨、特大暴雨)小时降水日变化特征,进而通过年际、年代际演变以及线性倾向和趋势系数<sup>[19]</sup>等分析近55年安徽省小时强降水(暴雨及以上小时降水)变化特征。

广义极值分布(GEV)对于强降水、干旱等极端天气气候事件的拟合适用性较强,将Gumbel(耿贝尔)、Frechet(弗雷歇)、Weibull(威布尔)三种极值分布统一为具有三个参数的分布函数如下:

$$F_{X(x)} = P(X < x) = \begin{cases} \exp\left\{-\left[1 - \zeta\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^{1/\zeta}\right]\right\}, \zeta \neq 0; \\ \exp\left[-\exp\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right], \zeta = 0. \end{cases} \quad (1)$$

式中: $\zeta$ 、 $\mu$ 、 $\sigma$ 分别为形状、位置和尺度参数。当 $\zeta \rightarrow 0$ 时为极值I型(Gumbel分布);当 $\zeta < 0$ 时为极值II型(Frechet分布);当 $\zeta > 0$ 时为极值III型(Weibull分布)。本文运用广义极值分布研究安徽省小时极端强降水累积频率及概率分布特征,进而计算得到各地区不同概率以及不同重现期下小时极端降水量。

## 2 结果分析

### 2.1 不同时段最大降水量

根据安徽省79个国家站1961-2015年逐小时降水资料,提取各站最大1h、3h、6h、12h降水量可知:最大1h、6h、12h降水均出现在界首站,降水量(出现时间)分别为120.0mm(2000年7月13日23时)、369.5mm(1972年7月1日21时至1972年7月2日02时)和416.3mm(1972年7月1日21时至1972年7月2日08时),最大3h降水出现在

来安站,降水量(出现时间)为276.9mm(1975年8月17日22时至1975年8月18日00时)。

从各站最大1h、3h、6h、12h降水量分布图(图1)可以看出,各时段最大降水量分布型基本一致,均没有明显的经向或纬向空间分布特征,局地性较强,高值区主要位于淮北西部、淮北至沿江东部、大别山区以及江南中部等地。根据各站不同时段强降水出现时间可知,安徽省短时强降水主要出现在梅雨期,也即梅雨期强降水,如1972年、1984年、1991年以及2007年等;此外就是台风引发的强降水,如2005年第13号台风“泰利”、2008年第8号台风“凤凰”、2010年第6号台风“狮子山”等,造成多个台站出现强降水并创历史极值。

### 2.2 小时降水日变化特征

根据安徽省地方标准《短时临近降雨强度等级划分》<sup>[18]</sup>,对所有台站1h降水强度进行等级划分,统计不同等级1h降水在各时次出现的频率,分析1961-2015年安徽省不同等级小时降水日变化特征(图2),由图2可以看出:特大暴雨日变化特征最为明显,呈单峰型分布,峰值出现在午后15时至傍晚18时,其次为大暴雨,分布类型和峰值出现时间与特大暴雨基本一致,而小雨、中雨、大雨、暴雨都呈双峰型分布,其中中雨、大雨、暴雨峰值分别出现在早晨6时至上午9时、午后15时至傍晚18时,小雨峰值分别出现在早晨5时至7时、晚上18时至20时。

### 2.3 小时强降水变化趋势

不同等级小时降水中,小时强降水是造成山洪、泥石流、城市内涝等灾害的主要因素,其特征及变化趋势历来为社会关注的热点。本文选取安徽省所有台站1961-2015年暴雨及以上等级(1h降水 $\geq 8.0$ mm)的1h降水资料,统计分析安徽省小时强降水年际变化、年代际变化、线性趋势以及各站线性倾向、趋势系数等特征。由图3可以看出:1961年以来,安徽省出现小时强降水的年际波动较大,最多出现在1991年,全省平均达38次,最少为1978年,全省平均仅10次,两者相差近4倍;从线性趋势线的趋势项系数(0.1208)和复相关系数( $R^2 = 0.1271$ )可知,安徽省小时强降水次数存在明显的增多趋势,且通过了99%的显著性检验;从年代际变化曲线也可以看出,小时强降水在各年代基本呈稳步增多趋势。

从各站小时强降水线性倾向分布图(图4)可以看出,仅淮西北部线性倾向为负值,其它绝大部

分地区数值为正, 表明安徽省绝大部分地区的小时强降水存在增多趋势, 由线性倾向高值区分布可知, 增多趋势最显著地区位于淮北中部、大别山区、沿江大部及江南西南部。

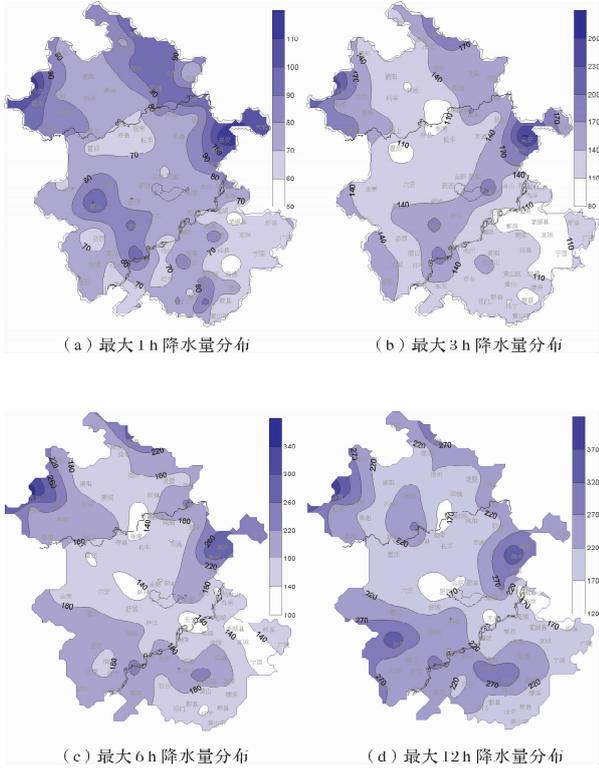


图 1 1961 - 2015 年安徽省最大 1 h、3 h、6 h、12 h 降水量分布(mm)

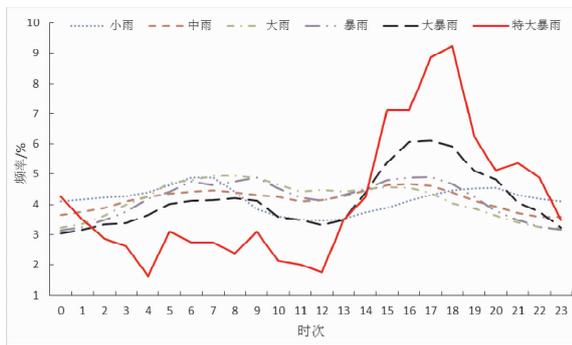


图 2 不同等级小时降水日变化特征

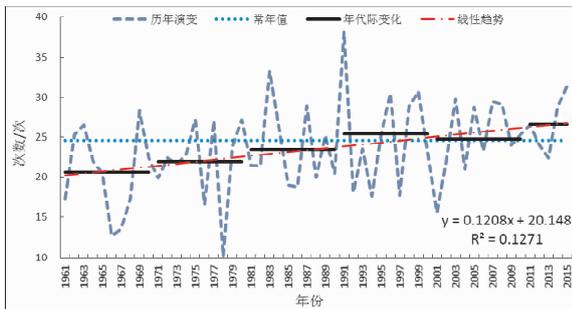


图 3 1961 - 2015 年安徽省历年出现小时强降水次数

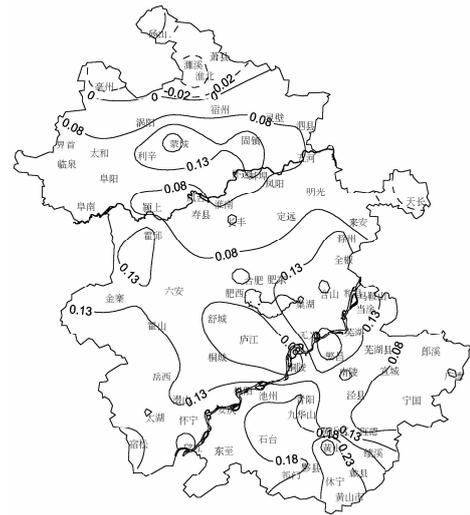


图 4 1961 - 2015 年安徽省各站小时强降水线性倾向

### 2.4 小时降水极值分布特征

为掌握近 55 年安徽省小时降水极值分布特征, 基于安徽省所有台站 1961 - 2015 年逐小时雨量资料, 采用广义极值分布确定各站小时降水极值分布函数。由各站小时雨量极值分布函数的形状参数(图 5)可知: 大部分台站(62%)小时雨量极值分布函数形状参数为负值, 服从于极值 II 型分布(也即 Frechet 分布), 最小为岳西站(-0.249), 其余 38% 台站形状参数为正值, 服从于极值 III 型分布(也即 Weibull 分布), 最大为界首站(0.364)。

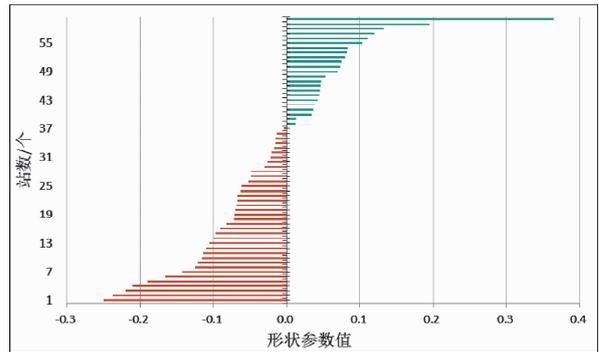


图 5 安徽省各站小时雨量极值分布函数形状参数 (红色为负值, 绿色为正值)

### 2.5 典型代表站小时降水概率分布

为进一步了解安徽省小时降水概率分布特征, 自北向南选取 8 个典型代表站进行分析, 分别为: 宿州、阜阳、寿县、蚌埠、合肥、芜湖、安庆、屯溪, 其中寿县和屯溪为国家基准站, 其余均为国家基本站。

根据 8 个典型代表站 1961 - 2015 年逐小时雨量资料, 采用广义极值分布计算各站小时雨量累积频率分布及概率密度分布(图 6), 由小时雨量累积频率分布的原始曲线和拟合曲线可知, 各站累积频率分布曲线形态各不一样, 但拟合效果均较好。

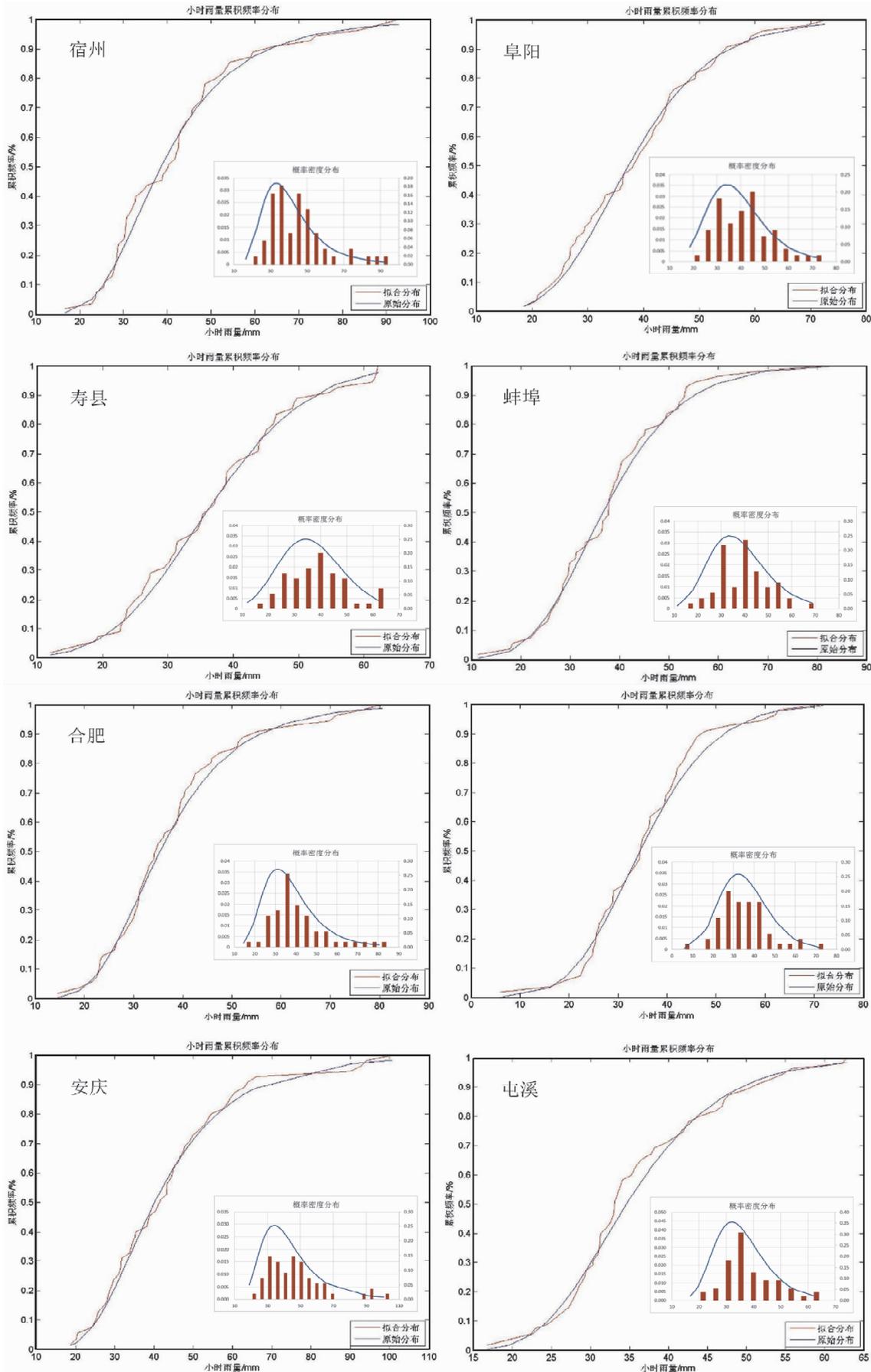


图6 典型代表站小时雨量累积频率分布及概率密度分布

表 2 典型代表站小时雨量极值分布参数值

站号	站名	极值分布参数			峰度系数	偏度系数
		形状参数( $\zeta$ )	尺度参数( $\sigma$ )	位置参数( $\mu$ )		
58122	宿州	0.110	11.302	34.370	4.359	1.243
58203	阜阳	-0.062	10.414	33.507	2.872	0.582
58215	寿县	-0.190	11.205	31.935	2.584	0.316
58221	蚌埠	-0.090	11.079	32.638	4.442	0.818
58321	合肥	0.045	10.129	31.607	4.457	1.230
58334	芜湖	-0.143	10.824	30.608	4.106	0.650
58424	安庆	0.119	12.521	35.492	4.585	1.284
58531	屯溪	-0.048	8.305	31.622	3.211	0.778

由 8 个典型代表站小时雨量极值分布参数(表 2)可知: 阜阳、寿县、蚌埠、芜湖和屯溪的形状参数为负值, 服从于极值 II 型分布(Frechet 分布), 宿州、合肥和安庆为正值, 服从于极值 III 型分布(Weibull 分布); 各站极值分布的尺度参数介于 8.305(屯溪)和 12.521(安庆)之间, 位置参数介于 30.608(芜湖)和 35.492(安庆)之间; 由概率密度分布曲线可知, 各站概率密度分布的峰度和偏度各不一样, 其中偏度系数均大于 0, 表明各典型代表站概率密度分布重尾均在右侧, 属于右偏态(正偏态)分布, 偏度系数较大的站为宿州、合肥和安庆, 结合峰度系数可知, 该 3 个代表站峰度系数也相对较大(均大于正态分布的峰度系数值 3), 呈现“尖峰厚尾”形分布, 出现极值的概率相对较大。

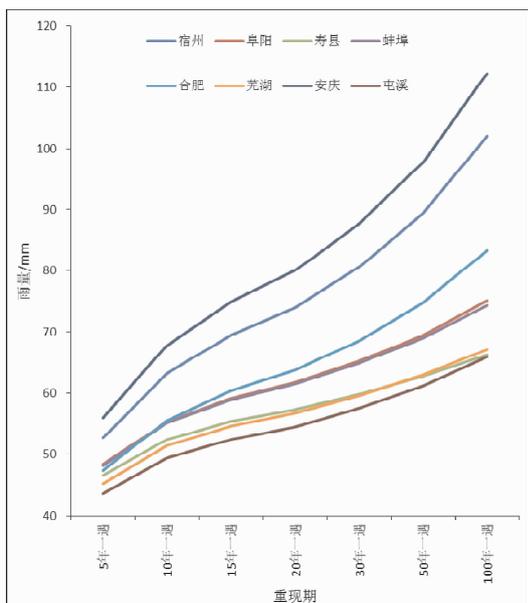


图 7 典型代表站不同重现期小时雨量

## 2.6 典型代表站不同重现期小时雨量

根据 8 个典型代表站小时雨量极值分布, 计算各站不同重现期下(5 年、10 年、15 年、20 年、30 年、50 年和 100 年一遇)小时雨量(图 7), 由图 7 可以看出, 各典型代表站不同重现期小时雨量差

异明显, 在同一重现期下, 安庆、宿州和合肥 3 个站小时雨量较大, 出现小时极端强降水的概率也相对较大; 其中 5 年一遇小时雨量最大为安庆站(56.1 mm/h), 最小为屯溪站(43.6 mm/h), 相差近 30%, 100 年一遇小时雨量最大为安庆站(112.2 mm/h), 最小为屯溪站(65.9 mm/h), 相差近 70%。此外, 分析比较各典型代表站不同重现期小时雨量与空间分布之间的关系, 两者没有明显的相关性, 这也表明安徽省小时极端强降水局地性较强。

## 3 结论与讨论

(1)安徽省最大 1 h、3 h、6 h、12 h 降水量分别为 120.0 mm、276.9 mm、369.5 mm 和 416.3 mm, 各站不同时段极端强降水均没有明显的经向或纬向空间分布特征, 局地性较强, 高值区主要位于淮北西部、淮北至沿江东部、大别山区以及江南中部等地; 极端强降水主要出现在梅雨期, 其次为台风引发的强降水。

(2)不同等级小时降水日变化特征存在明显差异, 特大暴雨日变化呈单峰型分布, 峰值出现在午后 15 时至傍晚 18 时, 大暴雨的分布类型和峰值出现时间与特大暴雨基本一致, 而小雨、中雨、大雨、暴雨都呈双峰型分布。小时强降水次数年际波动较大, 最大相差近 4 倍; 全省绝大部分地区小时强降水存在增多趋势, 最显著地区位于淮北中部、大别山区、沿江大部及江南西南部。

(3)全省大部分台站(62%)小时雨量服从于极值 II 型分布, 其余 38% 的台站服从于极值 III 型分布, 各站累积频率分布曲线形态各不一样, 极值分布拟合效果均较好。8 个典型代表站概率密度分布均属于右偏态分布, 安庆、宿州和合肥呈现“尖峰厚尾”分布特征, 出现小时极端强降水概率相对较大。各典型代表站不同重现期小时雨量差异明显, 但与其空间分布没有明显的相关性, 小时极端强降水局地性较强。

陶诗言先生曾指出：考虑地形对暴雨的影响时要注意降水的时间尺度，对于时间尺度很短的暴雨，不容易看出地形对暴雨的作用。日本学者二宫洗三也曾指出：短时间雨量极值分布与地形没有关系，而日雨量极值分布与地形关系密切；本文在分析安徽省最大 1 h、3 h、6 h、12 h 降水分布、小时降水极值分布以及不同重现期小时雨强分布时，均未发现其有明显的空间分布特征，局地性较强，这与前人研究结论是一致的，但这并不表明地形对短时强降水没有影响，相反，其关系非常复杂，要深入了解安徽省小时强降水空间分布及极值分布形态的成因，需要综合分析不同尺度的天气系统、动力和水汽条件、环流背景以及地形等多方面因素，这有待于进一步研究。

### 参考文献：

- [1] 陈东辉, 汪结华, 宁贵财, 等. 北京市极端降水事件和应对策略分析[J]. 灾害学, 2016, 31(2): 182-187.
- [2] 杨晓静, 徐宗学, 左德鹏, 等. 云南省 1958-2013 年极端降水时空变化特征分析[J]. 灾害学, 2015, 30(4): 178-186.
- [3] 翟盘茂, 王萃萃, 李威. 极端强降水事件变化的观测研究[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(3): 144-148.
- [4] 任国玉, 吴虹, 陈正洪. 我国降水变化趋势的空间特征[J]. 应用气象学报, 2000, 11(3): 322-330.
- [5] 丁一汇, 任国玉, 石广玉, 等. 气候变化国家评估报告(I): 中国气候变化的历史和未来趋势[J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(1): 3-8.
- [6] 符娇兰, 林祥, 钱维宏. 中国夏季分级雨日的时空特征[J]. 热带气象学报, 2008, 24(4): 367-373.
- [7] 郭凌曜, 章新平, 廖玉芳, 等. 湖南短时强降水事件气候特征[J]. 灾害学, 2013, 28(2): 76-80.
- [8] ZHANG Huan, ZHAI Panmao. Temporal and spatial characteristics of extreme hourly precipitation over eastern China in the warm season [J]. Advances in atmospheric sciences, 2011, 28(5): 1177-1183.
- [9] 李建, 宇如聪, 孙激. 从小尺度考察中国中东部极端降水的持续性和季节特征[J]. 气象学报, 2013, 71(4): 652-659.
- [10] 李建, 宇如聪, 孙激. 中国大陆地区小时极端降水阈值的计算与分析[J]. 暴雨灾害, 2013, 32(1): 11-16.
- [11] 韩宁, 苗春生. 近 6 年陕甘宁三省 5-9 月短时强降水统计特征[J]. 应用气象学报, 2012, 23(6): 691-701.
- [12] Park J S, Jung H S, Kim R S, et al. Modelling summer extreme rainfall over the Korean peninsula using Wakeby distribution [J]. International Journal of Climatology, 2001, 21: 1371-1384.
- [13] 严溯娜, 徐集云, 陈胜军. 短历时强降水的极值分布与统计风险计算[J]. 科技通报, 2005, 21(6): 657-667.
- [14] 王芝兰, 王劲松, 李耀辉, 等. 标准化降水指数与广义极值分布干旱指数在西北地区应用的对比分析[J]. 高原气象, 2013, 32(3): 839-847.
- [15] 李剑锋, 张强, 陈晓宏, 等. 新疆极端降水概率分布特征的时空演变规律[J]. 灾害学, 2011, 26(2): 11-17.
- [16] 苏布达, 姜彤. 长江流域降水极值时间序列的分布特征[J]. 湖泊科学, 2008, 20(1): 123-128.
- [17] 田付友, 郑永光, 毛冬艳, 等. 基于  $\Gamma$  函数的暖季小时降水概率分布[J]. 气象, 2014, 40(7): 787-795.
- [18] 朱红芳, 郝莹, 姚晨, 等. DB 34/T 1592-2012 短时临近降雨强度等级划分[Z]. 合肥: 安徽省质量技术监督局, 2012: 1-3.
- [19] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.

## Variation Characteristics and Extreme Value Distribution of Hourly Precipitation of Anhui Province from 1961 to 2015

XIE Wusan, WU Rong and SONG Awei  
(Anhui Climate Center, Hefei 230031, China)

**Abstract:** By using hourly precipitation data of 79 national meteorological stations from 1961 to 2015 in Anhui province, and combining with a variety of mathematical statistical methods, We analyze the distribution and variation characteristics of hourly precipitation in recent 55 years in Anhui province, and study the probability distribution and return period of hourly precipitation based on generalized extreme value distribution, and aim to provide the technical support for current services including flood disaster risk early warning and real-time meteorological disaster prevention and mitigation. The results show that spatial distributions of maximum precipitation of 1 hour, 3 hours, 6 hours and 12 hours are basically similar, extreme heavy precipitation have obvious local characteristics and have mainly occurred in Meiyu and typhoon periods. There are significant differences in the diurnal variation characteristics of hourly precipitation at different levels, the torrential rain and downpour show the single peak distribution, but other levels of hourly precipitation show the double-peak distribution, and also there is an increasing trend of hourly precipitation in most parts of Anhui province. The hourly precipitation of 62% stations follow the probability distribution of extreme value type II, the other 38% stations follow type III. For the 8 typical representative stations, the heavy tailed of probability density distribution are all on the right side, and belong to the right skewed distribution. Anqing, Suzhou and Hefei are as the distribution characteristics of "high peak and fat tail", the probability of occurrence of extreme heavy precipitation is relatively large. In different return periods, the hourly precipitations of the typical stations are significantly different, but there is no obvious correlation with its spatial distribution.

**Key words:** hourly precipitation; change trend; extreme value distribution; return period; Anhui province.