

# Impacts of the Characteristics and Threshold of Hour Heavy Rainfall in Huangshan District during the Flood Season

Ni Liu<sup>1</sup>, Shanshan Hu<sup>2</sup>, Yiwu Xu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Huangshan Meteorological Office of Anhui Province, Huangshan Anhui

<sup>2</sup>Chuzhou Meteorological Observatory of Anhui Province, Chuzhou Anhui

Email: 121265225@qq.com

Received: Mar. 10<sup>th</sup>, 2018; accepted: Mar. 22<sup>nd</sup>, 2018; published: Mar. 28<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Based on the ten-minute precipitation data of automatic station and the minute precipitation data of the base station, which is reorganized by the Anhui meteorological information center, the data set of hour rainfall data in Mount Huangshan district during the flood season is counted and formed. The extremes of 18 sites are calculated by the percentile threshold method; extreme value calculation of the 18 sites is received by percentile threshold method; the extreme hourly precipitation threshold of Huangshan Guangding station and its corresponding recurrence period are calculated by the GEV parameter estimation method. Finally, this paper describes the distribution of precipitation threshold in Mount Huangshan region by precipitation ratio, heavy rainfall frequency and occupying ratio. The results show that: in general, precipitation in high altitude areas is more likely to occur in areas of high altitude, regardless of the average precipitation ratio or the proportion and frequency distribution of strong precipitation. The proportion of precipitation in Mount Huangshan scenic area is relatively high, and the proportion of precipitation in the northern region is low, the difference between the north and the south of the precipitation time is obvious. From distribution of the percentile threshold, the distribution of 99<sup>th</sup> percentile threshold is uneven and varies greatly. The high value centers are mainly concentrated in the Mount Huangshan scenic spot, while the distribution of 95<sup>th</sup> percentile threshold is relatively uniform, and the overall variation is not large. The hour precipitation thresholds of 5, 10, 20, 50 and 100 year at Huangshan Guangding station were 43.3 mm/h, 49.7 mm/h, 82.4 mm/h, 120.8 mm/h and 163.9 mm/h respectively. The longer the precipitation intensity increases, the more rapidly the precipitation intensity increases.

## Keywords

Flood Season, Heavy Rainfall, Threshold, Impacts

---

## 黄山区汛期小时强降水特征及阈值研究

刘 倪<sup>1</sup>, 胡珊珊<sup>2</sup>, 许义伍<sup>1</sup>

<sup>1</sup>安徽省黄山气象管理处, 安徽 黄山

<sup>2</sup>安徽省滁州市气象台, 安徽 滁州

Email: 121265225@qq.com

收稿日期: 2018年3月10日; 录用日期: 2018年3月22日; 发布日期: 2018年3月28日

## 摘要

利用安徽省气象信息中心整编的自动站十分钟降水资料数据和基准站分钟降水数据, 统计形成黄山区汛期小时降水数据集。通过百分位阈值法计算18个站点的极值, 通过GEV参数估计方法计算出黄山光明顶站极端小时降水阈值及其对应的重现期, 最后通过降水比例、强降水频次及占比描述了黄山区强降水阈值特征分布。结果表明: 整体上看, 无论从汛期平均降水比率或强降水占比和频次分布上看, 高海拔地区更容易出现降水, 黄山景区发生降水的比例相对较高, 北部地区发生降水的比例较低, 降水时间多寡的南北差异比较明显。从百分位阈值分布上来看, 99<sup>th</sup>百分位阈值分布不均匀, 且变化幅度较大, 高值中心主要集中在黄山景区, 而95<sup>th</sup>百分位阈值整体分布比较均匀, 整体变化幅度不大。黄山光明顶站5、10、20、50、100年一遇的小时降水阈值分别是43.3、49.7、82.4、120.8、163.9 mm/h。重现期越长, 其对应的降水强度增长越快。

## 关键词

汛期, 强降水, 阈值, 研究

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

小时降水的阈值及特征研究是开展短时强降水概率预报的重要基础工作, 相对于日降水量, 小时尺度降水资料可以更准确地反映降水强度并描述降水过程, 因而更适用于极端降水阈值的确定及其特性研究。目前, 国内外对小时尺度降水的研究有一些, Zhai 等[1]利用 740 站降水资料的分析发现导致中国北方降水减少的原因主要是降水日的减少, 而引起南方降水增加则是降水强度的增加, 在降水量增加区域, 总是伴随着超出平常的极端降水事件。王小玲等[2]针对不同强度级别降水量和降水频次的趋势分析表明, 极强降水量的趋势最为明显, 降水量的趋势变化主要由强降水变化引起。目前针对山区小时降水特征变化的研究不多, 多数研究成果散见于对全国降水特征变化的分析中, 且由于分析时段和目标区域的差异, 结果不尽相同。从资料方面来说, 中国关于极端降水的研究多关注日降水量, 而日累积降水量在表征降水强度时可能存在如下偏差: 过高地估计长时间连续性弱降水的强度; 低估短时强降水的强度; 将跨过日界线的同一过程分隔到统计强度。考虑到降水强度是极端事件选取的重要因子, 因此, 在相关研究中应采用小时尺度降水替代日降水资料, 这样可更好地反映实际降水强度, 减小取样的误差, 同时保留每次降水过程的更多细节。目前, 小时降水资料已逐渐受到重视[3]-[8], 高时间分辨率的降水资料可揭示此前难以发现的降水变化的事实。在科学问题方面, 目前大量工作集中在降水演变趋势分析上, 而对降水事件自身特征的研究并不多。统计短时降水过程中的关键参数并了解极端降水事件的共性, 是掌握此类

事件规律、进行准确预报、预测和防灾、减灾的重要基础。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 资料

资料来源于安徽省气象信息中心整编的黄山区汛期自动站十分钟降水资料数据和基准站分钟降水数据, 即: 2006年1月1日~2014年12月31日共计9年的17个区域自动站十分钟降水数据和1961年1月1日~2014年12月31日共计54年的3个基准站分钟降水数据, 该数据经过极值检验及时间一致性、内部一致性、空间一致性综合质量控制。

### 2.2. 广义极值法

广义极值(Generalized Extreme Value, GEV)分布函数在极值研究领域应用很广, 它具有严格的数学基础, 可以更客观地外推出极值分布特征, 并确定不同重现期的阈值。其表达式如下:

$$G(z) = \exp\left[-\left\{1 + s(z-a)/b\right\}^{-1/s}\right]$$

其中  $a$  是位置参数,  $b$  是尺度参数,  $s$  是形状参数。通过最大似然估计达到  $G$  的参数, 计算出关于最大小时降水的经典模型。

### 2.3. 百分位法

目前国际上在气候极值变化研究中最常见的是采用某个百分位值作为极端降水阈值, 超过这个阈值的降水称为极端降水, 常用的百分位有第90、95和第99个百分位。这里取95<sup>th</sup>、99<sup>th</sup>百分位。具体做法是SPSS所用方法, 也是SAS所用方法之一。

第一步: 将  $n$  个变量值从小到大排列,  $X(j)$  表示此数列中第  $j$  个数。

第二步: 计算指数, 设  $(n+1)P\% = j + g$ ,  $j$  为整数部分,  $g$  为小数部分。

第三步: 1) 当  $g = 0$  时: P 百分位数 =  $X(j)$ ;

2) 当  $g \neq 0$  时: P 百分位数 =  $g * X(j+1) + (1-g) * X(j) = X(j) + g * [X(j+1) - X(j)]$ 。

### 2.4. 降水比率

降水比率 = (小时降水量  $\geq 0.1$  mm 次数/有效观测次数)  $\times 100\%$ , 降水比率按照四舍五入保留两位小数。

强降水占比 = (小时降水量  $\geq$  强降水阈值次数/小时降水量  $\geq 0.1$  mm 次数)  $\times 100\%$ , 结果四舍五入保留两位小数。

## 3. 小时强降水极值特征

极值是个气候概念, 是长时间序列中出现很少的值。对于小时降水量的极值问题, 常用的方法有两种, 一种是百分位的方法, 即所谓的阈值法, 该方法其实是一种经验分布的非参数方法; 另一种参数估计的方法, 常用的是广义极值分布函数(GEV), 通过观测值拟合 GEV 中的参数得到分布函数, 通过分布函数的反函数求取给定年一遇的极值。

### 3.1. 百分位阈值特征

百分位方法是一种实用各类分布型资料的非参数方法, 其实是一种经验分布关系。该方法提供了样

本在最小值与最大值之间的分布信息，在极端降水阈值的研究中广泛应用。样本的第  $x$  百分位数  $P_x$  是一临界值，其将样本分为两部分：在不包含  $P_x$  的全部样本值中，有  $x\%$  的样本值大于临界值  $P_x$ ，有  $(100 - x)\%$  的样本值小于临界值  $P_x$ 。如，第 95 百分位降水强度高于该阈值，而有约 95% 的降水强度低于该阈值。不同的百分位数代表不同级别的强降水，百分位数越大表示对应降水的极端程度越高。设定不同的  $P$  值可以计算出对应的阈值，这里设  $P = 0.95$ 、 $P = 0.99$ ，分别计算出第 95、99 个百分位对应的阈值。

图 1 是各站第 95 及 99 百分位数并按照纬度从大到小排列；这里计算百分位阈值时，取各站 2006~2014 年的小时降水 ( $\geq 0.1$  mm) 序列。可以看出第 99 百分位阈值分布不均匀，且变化幅度较大。其最大值是新华的 30.03 mm/h，最小值是耿城的 17.84 mm/h，而第 95 百分位阈值整体范围变化不大，最大值是玉屏楼的 13.08 mm/h，最小值是耿城的 6.40 mm/h。从图 2 阈值的空间分布上来看，99 百分位阈值的高值中心主要在集中黄山景区，另外黄山北坡地区分布一个低值中心。而 95 百分位阈值分布(图 2(b))则比较均匀，虽然分布与 99 百分位阈值类似，但是整体变化幅度不大。

### 3.2. 广义极值分布函数拟合极值特征

广义极值分布函数拟合具体做法是挑选出黄山气象站 1961~2014 年逐年小时降水量的极大值，得到逐年极大值降水序列，通过最大似然估计得到  $a$ 、 $b$ 、 $s$  的估计值，再通过 GEV 分布函数的反函数可以得到指定概率(或重现期)对应的降水阈值。设指定概率为  $P$ ，重现期为  $R$ ，则二者之间的关系是  $P = 1 - 1/R$ ，若  $P = 0.9$ ，则  $R = 10$ ，意思是 10 年一遇的阈值在 100 年中应该出现 10 次，而小于等于该阈值的累积概率就是 90%，将  $P = 0.9$  代入 GEV 就可以计算出 10 年一遇的阈值。

黄山光明顶站 5、10、20、50、100 年一遇的平均值分别是 43.3、49.7、82.4、120.8、163.9 mm/h。逐年极值 GEV 拟合估计结果与重现期的计算结果如图 3，可以发现最大极值、次最大值、第三大极值、第四大极值相差较大，连续性较差，导致拟合出的 GEV 分布函数在尾端较长、较扁平，当重现期越长时其对应的降水强度增长很快。

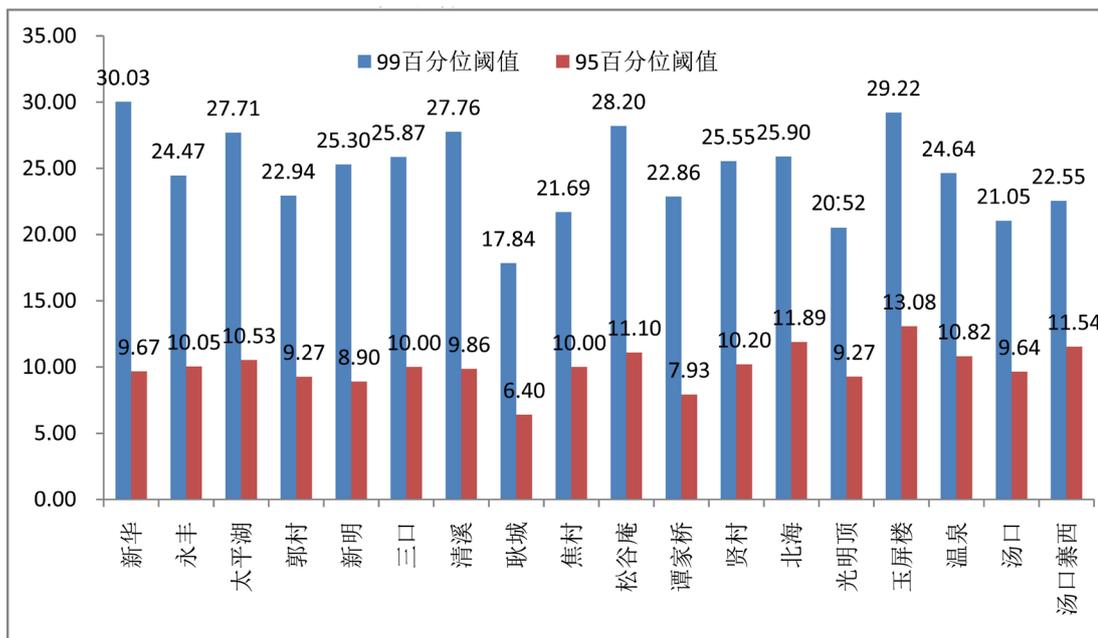
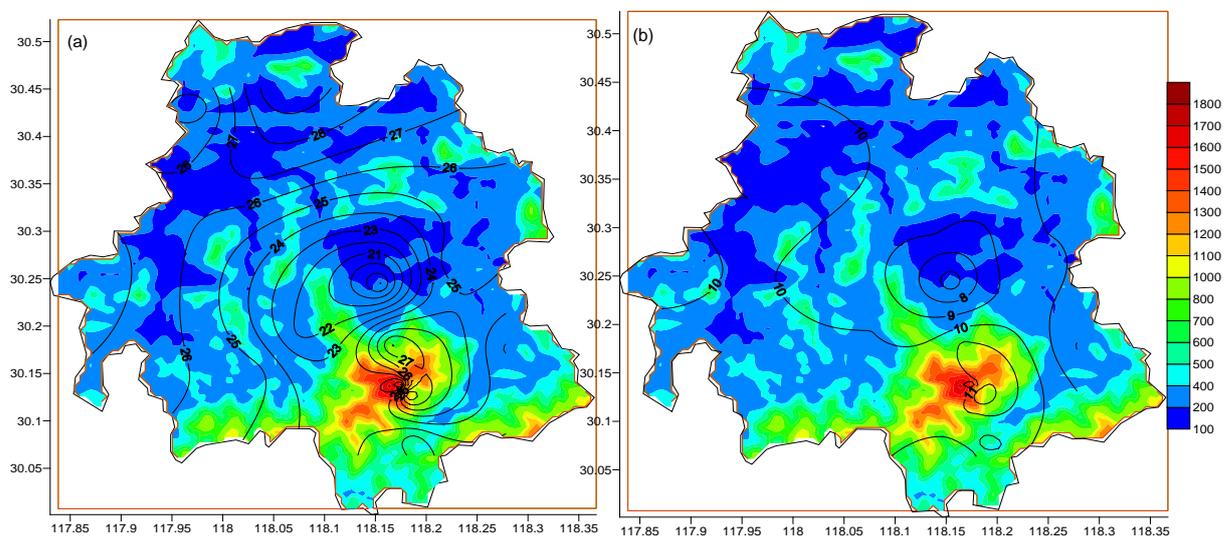


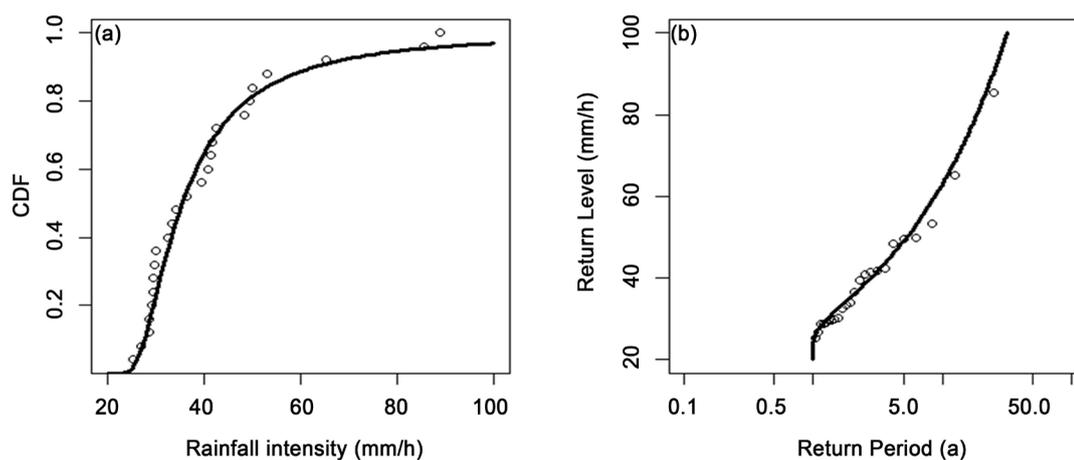
Figure 1. 99<sup>th</sup> and 95<sup>th</sup> percentile threshold of each station during the flood season (horizontal coordinates are arranged according to dimensions from large to small, unit: mm/h)

图 1. 各站汛期第 99<sup>th</sup> 与 95<sup>th</sup> 百分位阈值(横坐标按纬度从大到小排列，单位：mm/h)



**Figure 2.** Threshold distribution of the percentile of 99<sup>th</sup> (a) and 95<sup>th</sup> (b) in the 2006~2014 year flood season of Huangshan district (unit: mm/h)

**图 2.** 黄山区 2006~2014 年汛期第 99<sup>th</sup> (a) 及 95<sup>th</sup> (b) 百分位数阈值分布(单位: mm/h)



**Figure 3.** Huangshan Guangming station 1961~2014 annual extreme GEV estimation results (a) hour precipitation of different return periods (b) (figure in the hollow circle is observed, black thick lines is to estimate the fitting results)

**图 3.** 黄山光明顶站 1961~2014 年逐年极值 GEV 拟合估计结果(a)及不同重现期对应的小时降水量(b)(图中空心圆圈是观测结果, 黑色粗实线是拟合估计结果)

## 4. 强降水分布特征

### 4.1. 降水比率

降水比率反映该地区降水事件发生率的多少。无论从汛期平均降水比率(图 4(a))或从 5~9 月各月降水比率的分布上(图 4(b)~(f))来看, 北部地区发生降水的比例较低, 黄山景区发生降水的比例相对较高, 降水时间多寡的南北差异比较明显, 现象表明降水比例与地形关系密切, 海拔越高, 降水比例越大。图 5 对 18 个站点纬度分别按从小到大(从北到南)排序, 得到各站的降水比率。从图 5 中线性拟合趋势虚线看, 降水比率自北向南有明显的增加趋势, 经过黄山景区(北海、光明顶、玉屏楼)后随着海拔的下降又明显减少, 在全区 18 站中, 各站降水比率比较主要集中在 12%~24%, 降水比率超 20% 的有 3 站, 分别为北海、光明顶和温泉, 降水比率分别为 23.57%、20.38% 和 20.12%。低于 13% 的有 4 站, 都集中在北部, 分别

是谭家桥 12.83%、三口 12.89%、太平湖 12.98%、新明 12.68%。图 5(a)是各站年平均降水比率与地形分布，大值区域中心与海拔高度中心基本重合。

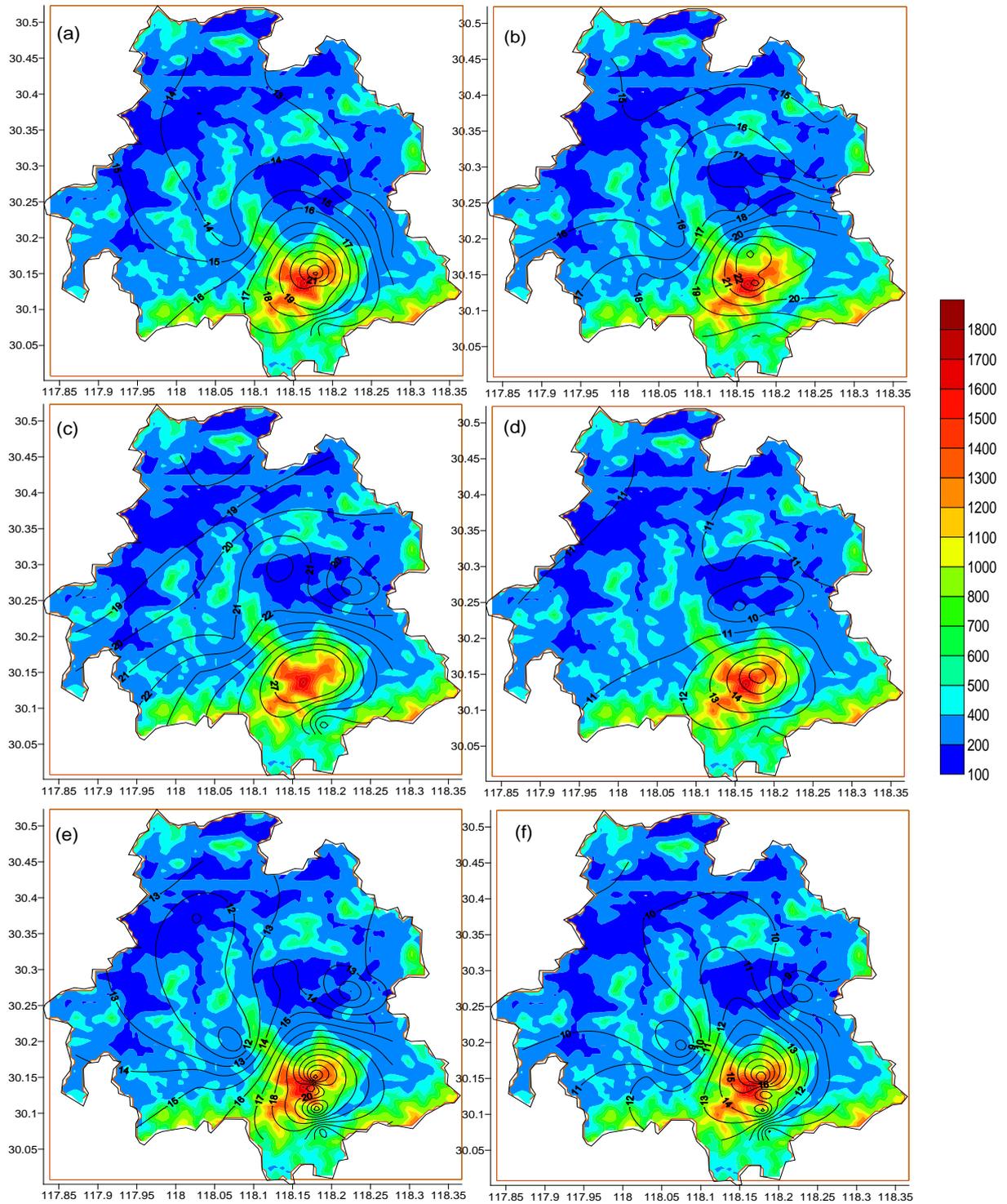
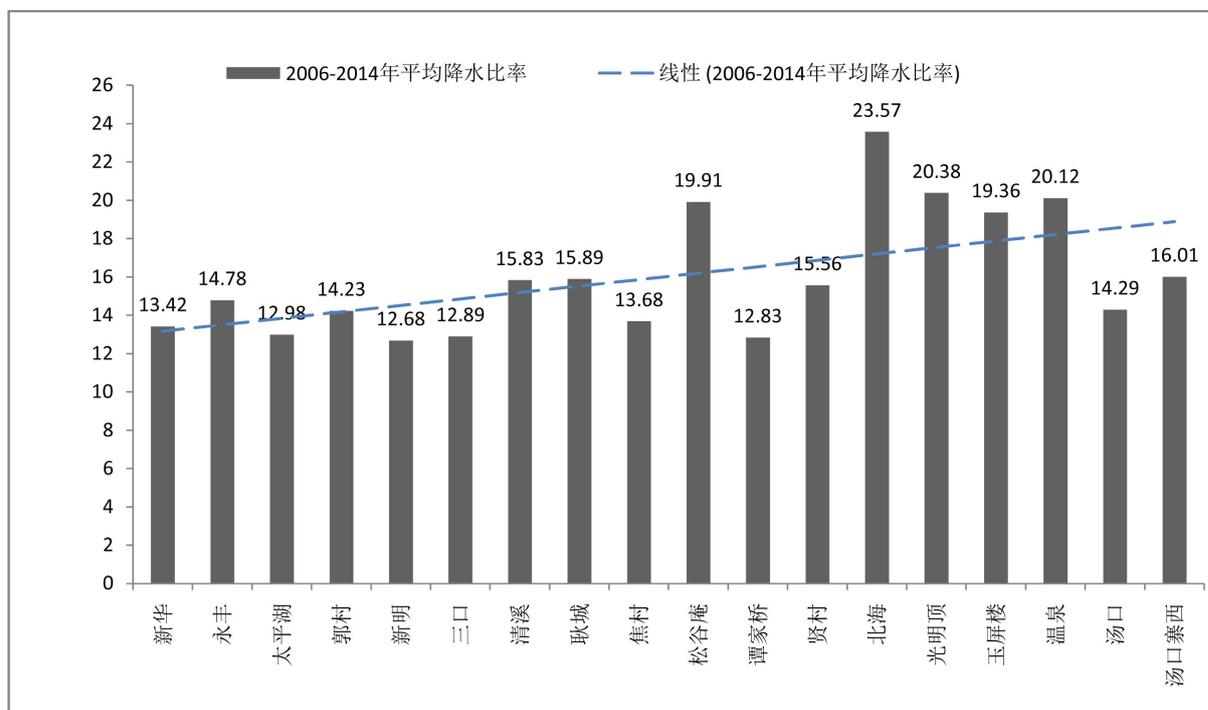


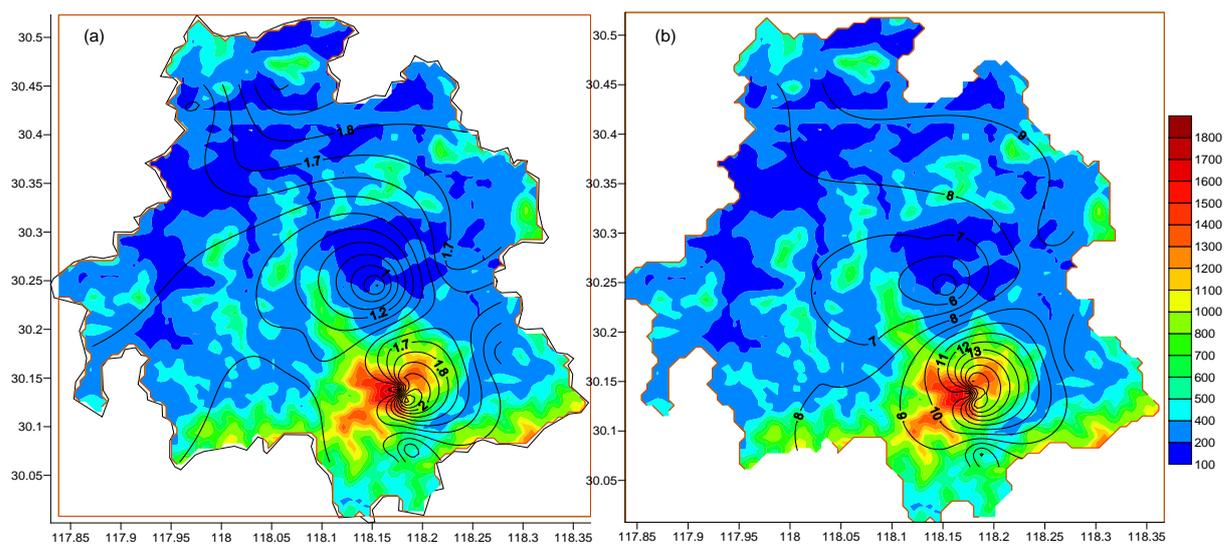
Figure 4. Average precipitation rate of the 2006~2014 year flood season in Huangshan district (a) distribution of the average precipitation ratio in the 2006~2014 year (5~9 month) in the Huangshan district (b)-(f)

图 4. 黄山区 2006~2014 年汛期平均降水比率(a) 黄山区 2006~2014 年 5~9 月平均降水比率的分布(b)-(f)



**Figure 5.** Average precipitation ratio of each station during the 2006~2014 years of flood season (horizontal coordinate according to dimension from large to small, unit: %)

**图 5.** 各站 2006~2014 年汛期平均降水比率(横坐标按维度从大到小排列, 单位: %)



**Figure 6.** Distribution of heavy rainfall ratio (a) and frequency (b) in the 2006~2014 year flood season of Huangshan District

**图 6.** 黄山区 2006~2014 年汛期各站强降水占比(a)和频次(b)分布

#### 4.2. 强降水占比和频次

短临业务规定上短历时强降水 1 小时  $\geq 20$  mm。强降水频次定义为: 逐小时降水序列中,  $\geq$  阈值记为一次强降水, 这里的强降水占比是指强降水时次占有降水(小时雨量  $\geq 0.1$  mm)时次的百分比。图 6 给出了黄山区 2006~2014 年汛期各站强降水占比(a)和频次(b)分布情况, 可以看出: 黄山景区的强降水频次和强降水占比都比较高, 高海拔地区是高值中心, 而黄山北坡地区分布一个低值中心。

## 5. 结论

整体上看, 无论从汛期平均降水比率或强降水占比和频次分布上看, 黄山景区发生降水的比例相对较高, 北部地区发生降水的比例较低, 降水时间多寡的南北差异比较明显。说明黄山区小时强降水与地形密切相关, 极值分布有明显的局地性, 高海拔地区更容易出现降水。从百分位阈值分布上来看, 99<sup>th</sup>百分位阈值分布不均匀, 且变化幅度较大, 高值中心主要集中在黄山景区, 另外黄山北坡地区分布一个低值中心。而 95<sup>th</sup>百分位阈值整体分布比较均匀, 整体变化幅度不大。通过年极值 GEV 拟合估计结果与重现期的计算得出黄山光明顶站 5、10、20、50、100 年一遇的小时降水阈值分别是 43.3、49.7、82.4、120.8、163.9 mm/h。重现期越长, 其对应的降水强度增长越快。

## 参考文献

- [1] Zhai, P., Zhang, X., Wan, H., *et al.* (2005) Trends in Total Precipitation and Frequency of Daily Precipitation Extremes over China. *Journal of Climate*, **18**, 1096-1108. <https://doi.org/10.1175/JCLI-3318.1>
- [2] 王小玲, 翟盘茂. 1957-2004 年中国不同强度级别降水的变化趋势特征[J]. 热带气象学报, 2008, 24(5): 459-466.
- [3] 李红梅, 周天军, 宇如聪. 近四十年我国东部盛夏日降水特性变化分析[J]. 大气科学, 2008, 32(2): 358-370.
- [4] 严中伟, 杨赤. 近几十年中国极端气候变化格局[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(3): 267-272.
- [5] 朱坚, 张耀存, 黄丹青. 全球变暖情景下中国东部地区不同等级降水变化特征分析[J]. 高原气象, 2009, 28(4): 889-896.
- [6] 方思达, 江志红. 全球变暖背景下江淮地区降水强度分布结构变化的特征分析[J]. 气候与环境研究, 2013, 18(6): 757-766.
- [7] 迟潇潇, 尹占娥, 王轩, 等. 我国极端降水阈值确定方法的对比研究[J]. 灾害学, 2015, 30(3): 186-190.
- [8] 黄伟, 宇如聪, 李建. 1967-2006 年中国东南沿海盛夏降水强度变化特征分析[J]. 气候变化研究进展, 2012, 8(3): 164-170.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5711, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ccrl@hanspub.org](mailto:ccrl@hanspub.org)