

张芳华,陈涛,张芳,等,2020.2020年6—7月长江中下游地区梅汛期强降水的极端性特征[J].气象,46(11):1405-1414. Zhang F H, Chen T, Zhang F, et al, 2020. Extreme features of severe precipitation in Meiyu period over the middle and lower reaches of Yangtze River Basin in June—July 2020[J]. Meteor Mon, 46(11): 1405-1414 (in Chinese).

## 2020年6—7月长江中下游地区梅汛期 强降水的极端性特征<sup>\*</sup>

张芳华<sup>1,2</sup> 陈涛<sup>1,2</sup> 张芳<sup>1,2</sup> 沈晓琳<sup>1,2</sup> 蓝渝<sup>1</sup>

1 国家气象中心,北京 100081

2 中国气象局-河海大学水文气象研究联合实验室,北京 100081

**提 要:** 2020年6—7月长江中下游地区出现了极为严重的暴雨洪涝。基于国家站长时段逐日降水资料、国家站和区域自动站小时降水资料等分析了强降水的极端性特征。长江中下游地区降水异常偏多的范围明显大于1998年和2016年同期,仅次于1954年。大别山区、皖南山区和鄂西南山区是三个雨量极大值中心,最大累计降雨量均在1500 mm以上。降水的异常偏多与强降水长时间维持在长江中下游地区密切相关。2020年长江中下游梅雨期历时52 d,较常年偏多23 d,且是1961年以来唯一一年6—7月逐旬降水均偏多的年份。不同等级雨日的分析表明,该年中雨、大雨、暴雨、大暴雨及以上站次均为1961年以来同期最多,后三种等级偏多更为显著。强降水的极端性同样体现在小时尺度的短历时降水中,2020年6—7月长江中下游地区出现大于等于20和50 mm·h<sup>-1</sup>短时强降水的累计站日数分别为1612和100站日,均列1981年以来的同期第一位;强降水中心的黄山、祁门、岳西和鹤峰站小时降水超过20 mm的时次数是常年同期的2~4倍,各自前43、21、19和27次最强小时降水累加即超过常年6—7月累计降水量。上述结果表明,2020年6—7月长江中下游地区梅汛期强降水在总雨量、持续时长及雨强等方面均具有明显的极端性特征。

**关键词:** 长江中下游,梅雨,强降水,极端性

**中图分类号:** P457, P466

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2020.11.002

## Extreme Features of Severe Precipitation in Meiyu Period over the Middle and Lower Reaches of Yangtze River Basin in June—July 2020

ZHANG Fanghua<sup>1,2</sup> CHEN Tao<sup>1,2</sup> ZHANG Fang<sup>1,2</sup> SHEN Xiaolin<sup>1,2</sup> LAN Yu<sup>1</sup>

1 National Meteorological Centre, Beijing 100081

2 CMA-HHU Joint Laboratory for Hydrometeorological Studies, Beijing 100081

**Abstract:** Severe flood occurred in the middle and lower reaches of the Yangtze River Basin (MLYRB) in June—July 2020 (JJ2020). In this paper, the extreme features of the severe flood are analyzed based on the daily precipitation data from national stations since 1951 and the hourly observations from national and regional stations in JJ2020. The range of anomalous precipitation (anomaly percentage more than 50% or 100%) in MYLRB and the total amount are significantly larger than those in 1998 and 2016, ranked the second in recent 70 years following 1954. There are three rainfall large-value centers with maximal accumulated precipitation exceeding 1 500 mm, which refer to Dabie Mountain Area, southern Anhui and southwestern Hubei. The anomalous-precipitation-caused flood is closely related to the extreme long-term persistence of Meiyu in MLYRB. The Meiyu period in 2020 lasts for 52 days, 23 days more than the climatology.

<sup>\*</sup> 中国气象局暴雨预报专家创新团队专项(CMACXTD002-3)和国家科技支撑计划(2015BAC03B04)共同资助

2020年8月7日收稿; 2020年9月2日收修定稿

第一作者:张芳华,主要从事天气预报业务和技术研究. E-mail: zfhnm@126.com

Moreover, in JJ2020, positive precipitation anomaly exists in each dekad, which has never been experienced before since 1961, reflecting the extreme features of the flood. The analysis of rain days of different grades shows that total stations having received moderate rain ( $10-24.9 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ ), heavy rain ( $25-49.9 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ ), torrential rain ( $50-99.9 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ ) and severe torrential rain ( $\geq 100 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ ) in JJ2020 are the most since 1961, especially the severe precipitations in the last three grades are more significant. The extremity of the severe precipitation can also be found in the short-duration heavy rain processes. In JJ2020, the accumulated station number and days with hourly precipitation over 20 mm and 50 mm are respectively 1612 and 100, both of which are the highest since 1981. At the four stations with total precipitation exceeding 1500 mm, frequencies of hourly precipitation more than 20 mm are 2-4 times that of the same period in normal years. Accumulation of the first 43, 21, 19 and 27 heaviest hourly precipitation at the four stations exceeds their seasonal averages, respectively. The above results suggest that the significant extremity of the JJ2020 severe precipitation in Meiyu period in MLYRB exists in the total rainfall, the duration and the short-term intensity of severe precipitation.

**Key words:** the middle and lower reaches of the Yangtze River, Meiyu, severe rainfall, extremity

## 引 言

我国是世界上暴雨洪涝灾害最严重的国家之一。统计结果表明,2004—2015年间,我国每年因暴雨洪涝灾害造成的直接经济损失高达1191.3亿元,受灾人口达1亿人次,年均死亡人数为1126人,直接经济损失和死亡人数均远远超过其他气象灾害(郑国光等,2019)。因此,暴雨洪涝灾害的预报和防治始终是中国防灾减灾的重点任务之一。

我国东部地区处于亚澳季风区,主汛期降水具有典型的夏季风降水特征。东亚夏季风以阶段性而非连续性的方式进行季节推进和撤退,其北进经历两次突然北跳和三次静止阶段,分别对应5—6月的华南前汛期降水、6—7月的江淮梅雨和7—8月的华北雨季(丁一汇和张建云,2009)。就气候平均而言,雨带在长江中下游地区维持的时间自6月中旬至7月初,因此雨带的维持时间长短决定着该地区的旱涝分布及强度。江淮流域洪灾发生比例占中国洪灾总数的39.9%,是洪涝最严重的地区之一(Duan et al, 2016; 万金红等, 2016; Xie et al, 2018)。持续性区域极端降水事件易导致洪峰叠加,引发严重洪灾(闵岫和钱永甫, 2008; 张世轩等, 2013; Chen and Zhai, 2016)。新中国成立以来严重的大洪水事件大多发生在该地区,如1954年长江流域特大洪涝是近70年来最为严重的洪灾,因灾死亡人数远远超过其他年份(丁一汇, 2008),1991年江淮流域洪涝和1998年长江全流域性大洪水也对社会经济和人

民生命财产造成了极大的影响(国家气象中心和卫星气象中心,1999;郑国光等,2019)。

长江中下游地区洪涝的异常与持续性强降水事件的频繁发生密切相关,因此揭示强降水的极端性特征进而深入理解致灾机理,可为类似事件的预报预测提供思路。例如湛芸等(2012)和孙军等(2012)基于多种常规及非常规观测资料对北京2012年7月21日特大暴雨过程的降水特点和中尺度对流系统的环境场条件等进行了详细的分析,并为华北极端降水预报提供了着眼点。赵晓琳和牛若芸(2019)、Yuan et al(2017)、高荣等(2018)分别从持续性强降水带位置、降水强度的极端性、空间分布差异以及季节进程早晚等多个角度对比了1998年和2016年长江流域洪涝灾害的异同特征。近年来,地面逐小时观测资料在强降水分析中广泛应用,更清楚揭示了极端降水的新特征。例如宇如聪等(2013)首次揭示了降水过程的不对称性,即降水开始至达到峰值的时间较峰值发生后至降水结束的时间明显偏短,且这种不对称性在强降水事件中更为明显。伍红雨等(2017)发现广东平均小时强降水的次数、强度、降水量和贡献率均呈显著上升趋势。这些结果表明,在传统的国家气象站观测资料基础上结合更高时间分辨率的小时降水资料有助于更全面揭示强降水的极端性特征。

2020年6—7月,长江中下游地区发生了极为严重的暴雨洪涝,降水强度之强、持续时间之长均为历史同期罕见(陈涛等,2020;刘芸芸和丁一汇,2020)。根据应急管理部统计,6月1日至7月28日,

洪涝灾害造成 5 481.1 万人次受灾,158 人死亡失踪,农作物受灾面积达 528.33 万  $\text{hm}^2$ ,直接经济损失达 1 444.3 亿元,其中江西、安徽、湖北等地受灾最为严重。本文将从累计降水量、强降水持续时长和降水强度等三个角度,分析导致本次洪涝事件的强降水极端性特征。

### 1 资料和方法

文中所用逐日降水资料取自国家气象信息中心发布的“中国国家级地面气象站基本气象要素日值数据集”,包含中国两千多个国家级地面气象观测站(国家基准气候站、国家基本气象站和国家一般气象站)。该数据集集中解决基础气象资料质量和国家级-省级存档资料不一致的问题,数据质量和空间分辨率(测站数)比之前降水观测资料均有明显提高,已在业务和科研中得到广泛应用(任芝花等,2012)。资料时段为 1951—2020 年,气候态时段为 1981—2010 年。某日降水量指前一日 20 时(北京时,下同)至该日 20 时。国家站逐小时降水资料源于国家气象信息中心提供的“中国国家级地面气象站逐小时降水数据集(V1.0)”(张强等,2016),时段为 1981—2020 年 6—7 月;2020 年 6—7 月区域站逐小时降水量资料取自“中国地面气象站逐小时观测资料”(任芝花等,2015)。根据 2020 年 6—7 月强降水及洪涝的空间分布特征,本文的长江中下游地区

包括重庆、湖北、安徽、江苏、上海、湖南、江西和浙江等八省(市)。逐年长江中下游地区入梅、出梅日期和梅雨量资料序列取自国家气候中心。

按照中国气象局业务规定和“降水量等级”国家标准(乔林等,2012),本文的中雨、大雨、暴雨和大暴雨及以上量级分别对应日降水量为 10~24.9、25~49.9、50~99.9 mm 及 100 mm 以上。为衡量降水异常和极端性特征,本文对部分时间序列开展标准化处理,即:  $x_i^* = (x_i - \bar{x})/\sigma$ , 式中:  $x_i$  为序列  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  中的值,  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $x_i^*$ ,  $\bar{x}$ ,  $\sigma$  分别为  $x_i$  的标准化值、序列  $X$  的均值和标准差。

### 2 6—7 月累计降水量和持续时间的极端性特征

图 1a 给出了 2020 年 6 月 1 日至 7 月 31 日国家站和区域站的累计降水量分布。由图可见,400 mm 以上的降水区覆盖了西南地区东部、江汉、黄淮南部、江淮、江南中北部和华南北部等地,而超过 800 mm 的绝大部分区域位于长江中下游地区,尤其是长江流域武汉至南京段南北两侧。图 1b 为累计降水量 1 000 mm 以上的国家站分布和地形高度,3 个强降水中心分别位于河南、安徽和湖北三省交界的大别山区,安徽南部皖南山区和湖北鄂西南山区,中心最大值均超过 1 500 mm,强降水与上述特殊地形有密切关系。超过 1 500 mm 的国家站有

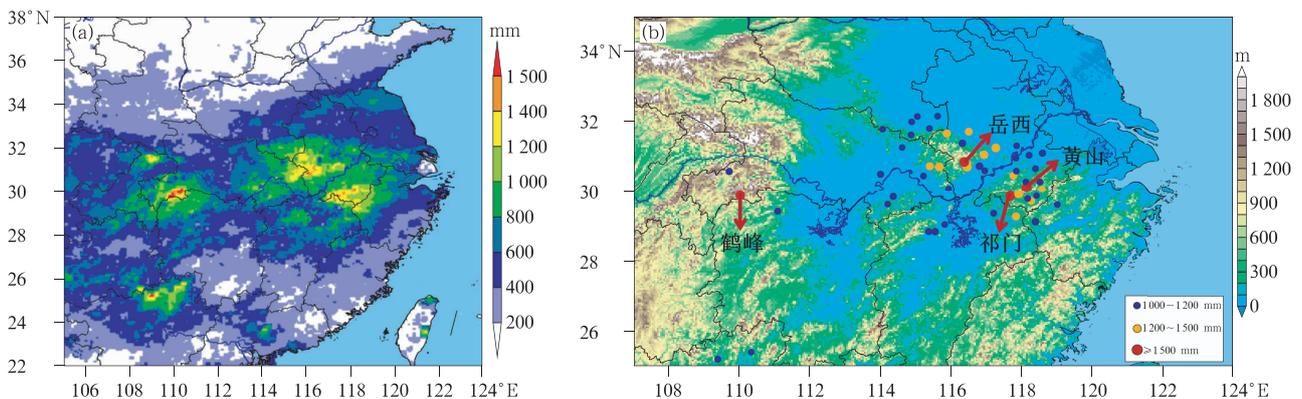


图 1 2020 年 6—7 月累计降水量分布

(a) 国家站和区域站(仅给出 200 mm 以上), (b) 国家站(圆点:降水量仅给出 1 000 mm 以上测站,其中 1 500 mm 以上的鹤峰、岳西、祁门和黄山站用箭头标出;填色:地形高度)

Fig. 1 Spatial distribution of accumulated precipitation in June—July 2020

(a) national and regional stations (only precipitation more than 200 mm displayed),

(b) national stations (circles: precipitation, only precipitation more than 1 000 mm displayed,

of which four stations with precipitation more than 1 500 mm are marked by arrows; colored: altitude)

4 个(图 1b),分别是安徽黄山(1 720 mm)、祁门(1 657 mm)、岳西(1 570 mm)以及湖北鹤峰(1 526 mm)。上述 4 个站降水量分别比常年同期偏多 125%、191%、221%和 158%。叠加了区域站的降水量资料(图 1a)揭示的强降水中心与国家站(图 1b)一致,且更清晰、细致地反映出强降水的空间分布和强度特征。

下文从累计降水量异常角度分析 2020 年 6—7 月长江中下游地区降水的极端性。2020 年 6—7 月,湖北、湖南、江西、安徽、江苏、上海、浙江以及重庆、贵州等地降水量都明显多于各自的多年平均值(图略)。和常年同期相比,重庆、湖北、安徽、江苏、上海、浙江的大部分地区以及湖南和江西的北部地区降水均偏多 5 成以上,其中,湖北东部、安徽南部和浙江西北部等地偏多 1 倍以上。降水异常偏多导致上述地区发生严重汛情。

图 2 对比给出了 2020 年 6—7 月及历史上其它三个大洪水年(1954 年、1998 年和 2016 年)同期的降水距平百分率空间分布。与 1998 年和 2016 年同期相比,2020 年 6—7 月降水偏多 5 成及 1 倍以上的范围明显更广,但小于 1954 年。从省级细分,重

庆、湖北、安徽三省(市)6—7 月降水标准化值均超过 3,分别为 3.32、3.37 和 3.42,均列 1951 年以来最强;江苏降水量标准化值为 2.60,仅次于 1991 年;上海标准化值为 2.14,仅次于 1999 年。浙江、江西、湖南三省降水虽仅位列 1951 年以来第四、五、九位,但标准化值也均超过 1。长江中下游地区各省(市)平均降水标准化值为 3.36,仅次于 1954 年的 3.82。因此,从区域和分省降水标准化值及历史排名同样能看出 2020 年 6—7 月累计降水量的极端性特征。

2020 年 6—7 月,长江中下游地区降水异常偏多与雨带长时间维持在该地区密切相关。计算了 1961—2019 年梅雨期雨量和入梅日期、出梅日期及梅雨期长度的相关系数,分别为  $-0.35$ 、 $0.43$  和  $0.62$ ,均通过 0.01 显著性水平检验,表明梅雨期降水量和入梅、出梅早晚均密切相关。图 3 给出了 2020 年 6 月 1 日至 7 月 31 日  $110^{\circ}\text{E}$  以东的平均降水纬度-时间剖面。从图中可以看出,6 月上旬雨带主要位于江南地区,上旬末开始雨带明显北跳,并自此开始在  $30^{\circ}\text{N}$  附近南北摆动直至 7 月底,平均 10 mm 以上的降水区基本位于  $28^{\circ}\sim 34^{\circ}\text{N}$  范围内,这一区

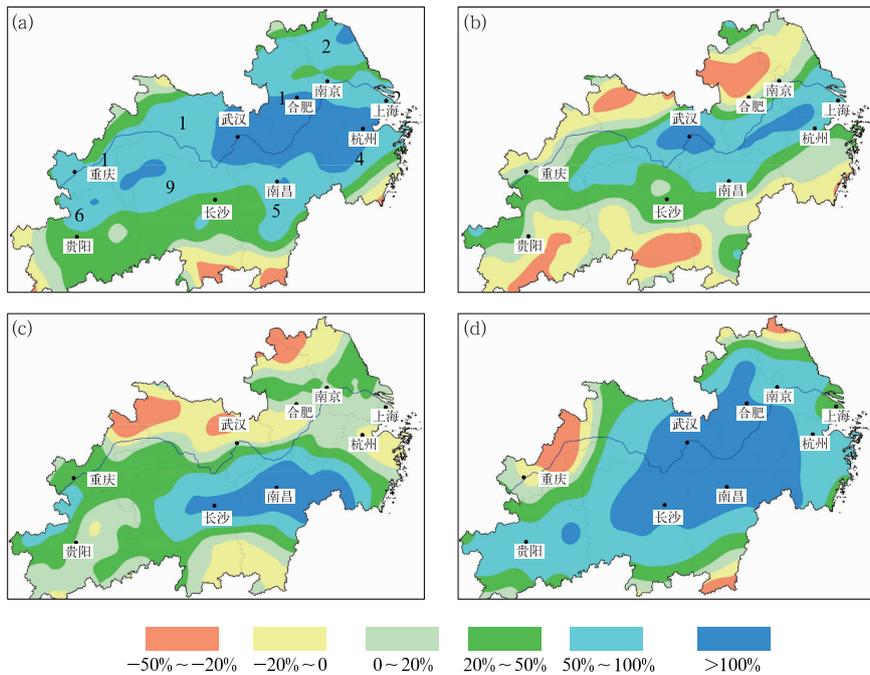


图 2 2020 年(a)、2016 年(b)、1998 年(c)和 1954 年(d)6—7 月降水量距平百分率  
[图 2a 数值表示该省(市)2020 年 6—7 月降水自 1951 年以来的排名]

Fig. 2 Precipitation anomaly percentages in June—July in four severe flood events along the Yangtze River Valley

(a) 2020, (b) 2016, (c) 1998, (d) 1954

(The number in Fig. 2a indicates the rank of the precipitation amount in June—July 2020 in each province since 1951)

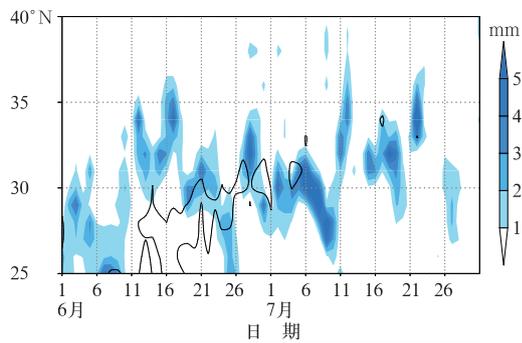


图 3 2020 年 6 月 1 日至 7 月 31 日 110°E 以东降水纬度-时间剖面(填色)及对应的气候态 10 mm 雨量线(等值线)(横坐标下红色和绿色粗线条分别表示 2020 年和气候态长江中下游梅雨期)

Fig. 3 Latitude-time cross-section of daily precipitation in the east of 110°E from 1 June to 31 July of 2020 (colored area) and the corresponding 10 mm isohyet (black contour) of climatology (Red and green thick lines below the horizontal coordinate indicate the Meiyu periods over the middle and lower reaches of Yangtze River in 2020 and in the mean of 1981–2010, respectively)

域也是传统的江淮梅雨区。根据国家气候中心监测,2020 年长江中下游梅雨开始于 6 月 9 日,较常年早 5 d,结束于 7 月 31 日,较常年晚 18 d,梅雨期长度达 52 d,远多于常年的 29 d。图 3 同时给出了气候态的 10 mm 等雨量线(图 3 等值线),和气候态相比,2020 年梅雨的位置在 6 月更为偏北而 7 月偏南,也表明雨带在长江中下游地区长时间维持。

为定量反映降水的持续性异常,图 4 给出了 6—7 月累计及逐旬的降水距平百分率。2020 年 6—7 月长江中下游地区平均距平百分率为 67%,明显超过其他洪涝年份。从逐旬降水看,2020 年 6—7 月共 6 旬的降水量均多于常年同期,尤其是 7 月上、中旬均偏多 1 倍以上。而在其他严重洪涝年份,降水偏多均有中断,例如 1998 年 7 月上、中旬降水均偏少,而 2016 年长江中下游梅雨在 7 月 21 日结束,下旬开始急速转为高温伏旱天气(袁媛等,2017; Ding et al.,2018)。从图 4b 还可以发现,2020 年是 1961 年以来 6—7 月每旬降水均偏多的唯一年份。结合图 3 和图 4 可以认为,6—7 月长时间降水持续

异常偏多是导致 2020 年长江中下游洪涝最直接的原因。

进一步统计了 1951 年以来长江中下游地区逐年的入梅、出梅时间和累计雨量(图 5)。入梅时间早于 6 月的有 8 a,最早为 5 月 25 日(1962 年)。出梅时间晚于 7 月的有 5 a,最晚为 8 月 8 日(1993 年)。仅 1954 年入梅早于 6 月且出梅晚于 7 月。从梅雨量看,2020 年也是仅次于 1954 年的第二高值,多于文中对比的 1998 年和 2016 年。因此,无论采用 6—7 月统一时段还是各年梅雨期对比,2020 年降水量都是 1951 年以来仅次于 1954 年的同期第二高值,具有很强的极端性。

### 3 降水强度的极端性特征

除前面给出的累计雨量和持续时长的极端性外,2020 年 6—7 月长江中下游地区的降水强度也呈现出明显的极端性特征。图 6 给出了 1961 年以来该地区中雨、大雨、暴雨、大暴雨及以上等四类雨日的逐年累计站次。由于雨日的多少和降水强度呈反比,暴雨以上日数和发生站次明显小于中雨级别,因此图 6 的所有数据均做标准化处理。可以看出,对所有四个等级的降水,2020 年的站次标准化值均位列 1961 年以来第一。对中雨而言,2020 年站次标准化值为 1.87,是当年所有四种强度降水站次最低值;而大雨、暴雨和大暴雨及以上的站次标准化值分别为 2.77、2.65 和 2.90,表明 2020 年 6—7 月降水的异常主要体现在大雨及以上等级。对比其他年份也可以看出,2020 年中雨站次并非异常偏多,1993 年、1997 年数值与 2020 年接近。和中雨相比,其他三种等级站次均明显超过其他洪涝年。如 1998 年暴雨站次和大暴雨及以上站次分别为 2.08 和 2.65,2020 年较之分别偏多 27% 和 9%。因此,就暴雨、大暴雨及以上量级出现的累计站次而言,2020 年 6—7 月均强于位列第二的 1998 年同期。

图 7 给出了长江中下游地区 2020 年 6 月 1 日至 7 月 31 日的逐日区域平均累计降水量,并给出整个夏季气候态逐日累计降水量作为对比。可以看出,2020 年 6 月上旬末开始,累计降水曲线的斜率明显高于多年平均值,前者约为  $14.4 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ ,是后者( $6.1 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ )的两倍以上。截至 7 月 3 日和

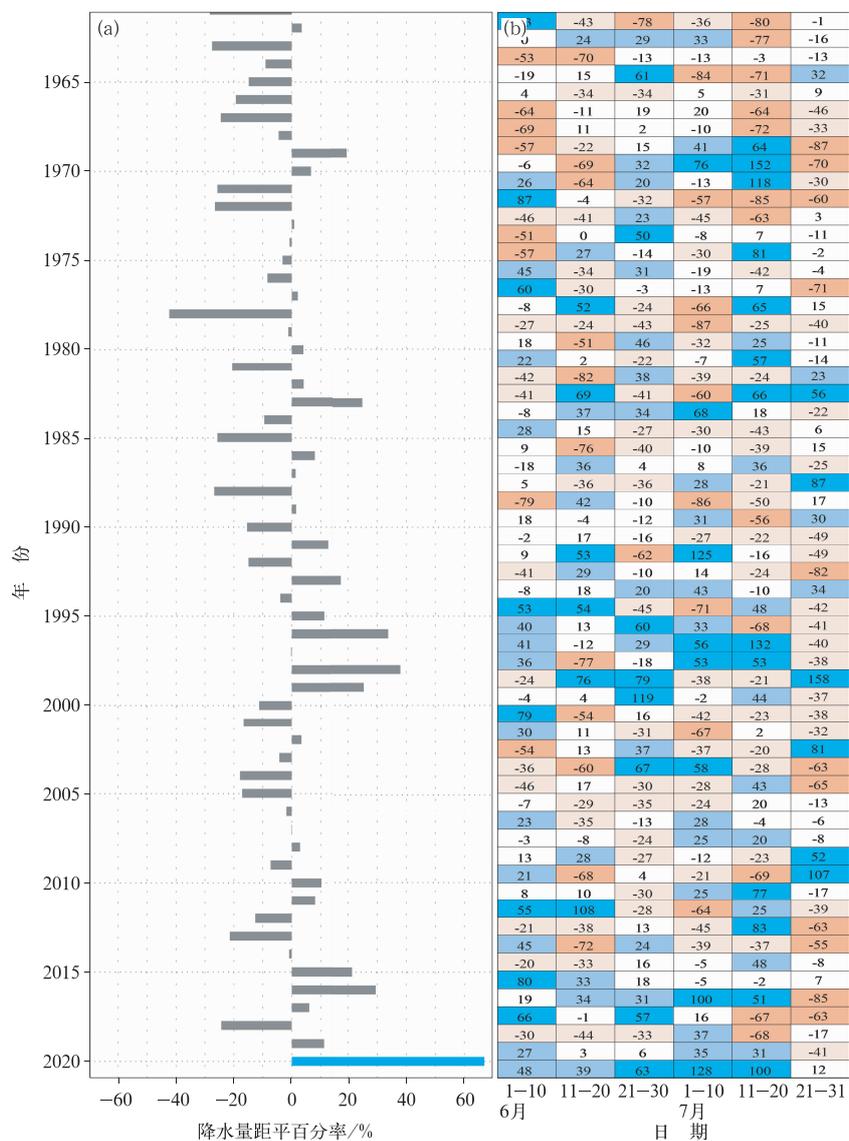


图 4 1961—2020 年 6—7 月降水量距平百分率(a)(蓝色为 2020 年)及逐旬降水距平百分率(b)(单位:%)

(图 4b 中,浅黄和深黄色分别表示降水偏少 2~5 成和偏少 5 成以上,浅蓝和深蓝色分别表示降水偏多 2~5 成和偏多 5 成以上)

Fig. 4 Precipitation anomaly percentage over the middle-low reaches of the Yangtze River Region during June—July of 1961—2020 (a) and the dekadal precipitation anomaly percentage (b)

(In Fig. 4a, blue represents the year of 2020. In Fig. 4b, the light yellow and deep yellow indicate the percentage of -50% to -20% and less than -50%, respectively; light blue and deep blue indicate the percentage of 20% to 50% and more than 50%, respectively)

11 日,该年长江中下游地区累计降水量已分别达到 421 和 579 mm,均已超过 6—7 月和 6—8 月气候平均的 412 和 557 mm。2020 年 6—7 月,共有 34 d 区域平均日降水量超过 10 mm,远超气候平均的 7 d。该期间区域平均最大日降水量为 47.67 mm,亦远

远超过气候平均最大日降水量(14.16 mm)。上述对比数据同样反映出 2020 年强降水的极端性。

进一步分析发现强降水的极端性同样体现在小时尺度的短历时强降水中。国家站小时降水量统计表明,2020 年 6—7 月长江中下游地区出现大于等

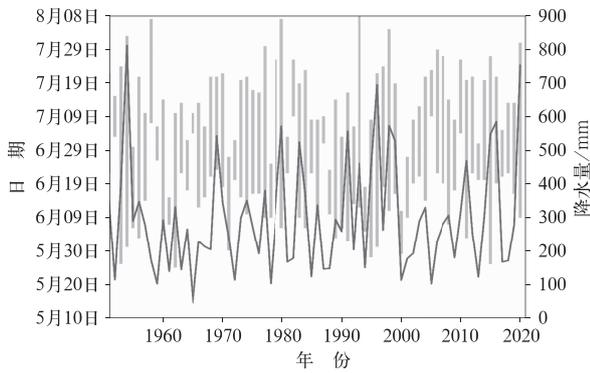


图 5 1951—2020 年逐年长江中下游地区入梅日  
(柱状图下端,对应左纵坐标)、  
出梅日(柱状图上端,对应左纵坐标)  
及梅雨量(曲线,对应右纵坐标)

Fig. 5 The annual beginning dates (bottom of the histogram, corresponding to the left ordinate), ending dates (top of the histogram, corresponding to the left ordinate) and total precipitation amount (curve, corresponding to the right ordinate) of Meiyu over the Yangtze River Basin during 1951—2020

于  $20, 50 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$  短时强降水的累计站日数分别为 1612 和 100 站日, 分别是常年同期的 1.74 和 2.14 倍, 均列 1981 年以来的同期第一位。前面指出, 2020 年 6—7 月长江中下游地区有三个累计降水量大值中心, 分别位于大别山区、皖南山区和鄂西南山区。选取上述大值中心范围内累计降水量超过 1500 mm 的国家站黄山、祁门、岳西和鹤峰, 分析其小时降水强度。图 8 给出了这四个测站逐小时降水中最强的 100 个时次降水排序以及对应的累计小时降水量, 可见这四个测站最大小时降水量都超过 40 mm。2020 年 6—7 月上述四个测站分别出现了 9、15、14 和 12 时次的短时强降水 ( $\geq 20 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ), 明显多于各自常年同期平均次数 (分别为 4.5、3.5、2.9 和 3.6 时次), 四个站的前 43、21、19 和 27 次最强小时降水累加即可超过常年 6—7 月累计雨量。上述数据均表明, 2020 年 6—7 月长江中下游地区梅汛期不仅降水累计量大、持续时间长, 降水强度的极端性也非常突出。

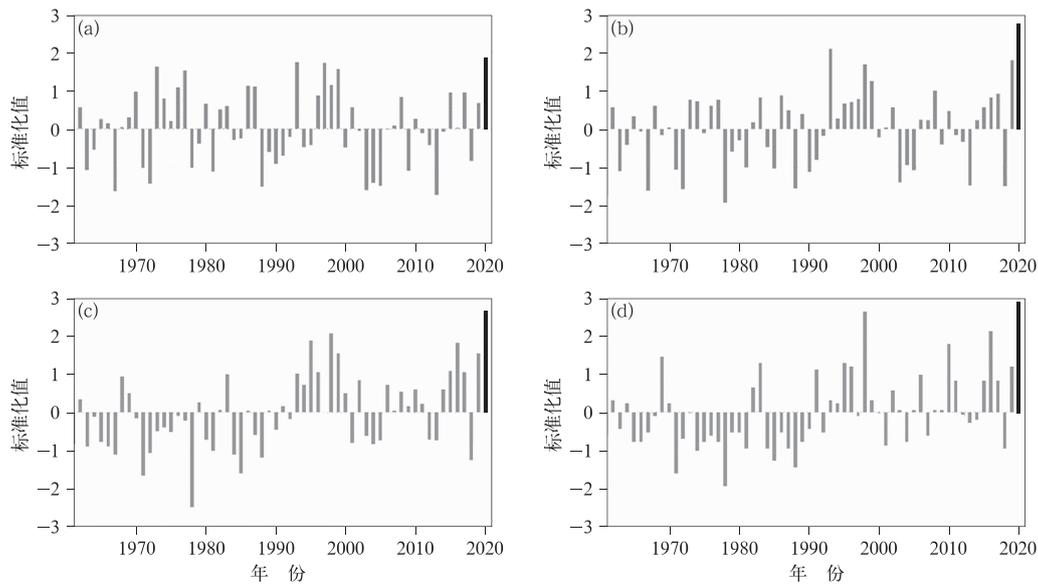


图 6 1961—2020 年 6—7 月长江中下游地区中雨(a)、大雨(b)、  
暴雨(c)、大暴雨及以上(d)累计站次标准化值  
(黑色为 2020 年)

Fig. 6 Normalized rainfall days of moderate rain (a), heavy rain (b), torrential rain (c) and severe torrential rain (d) over the Yangtze River Basin during June—July of 1961—2020 (Black indicates the year of 2020)

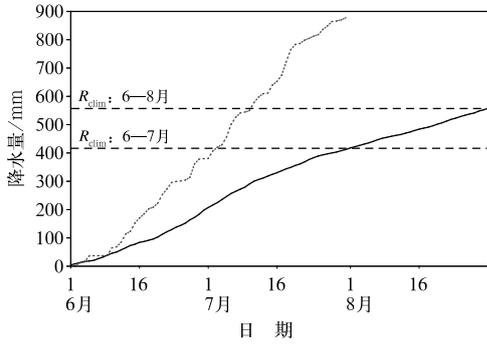


图 7 长江中下游地区 6 月 1 日至 8 月 31 日  
区域平均累计降水量

(点线为 2020 年, 仅截至 7 月 31 日, 实线为气候态;  
水平虚线分别为 6—7 月和夏季气候平均降水量)

Fig. 7 Accumulated regional mean precipitation from 1 June to 31 August in 2020 (dot line, only by 31 July) and in the 30-year mean of 1981—2010 (solid line) (Dashed lines indicate the climatology of precipitation amount in June—July and June—July—August, respectively)

### 4 结 论

本文基于国家站长时段逐日、逐小时降水资料和 2020 年 6—7 月区域站逐小时降水资料, 从降水总量的异常偏多、降水持续时间长以及降雨强度大等三个角度分析了 2020 年 6—7 月长江中下游地区梅汛期强降水的极端性特征。主要结论如下:

(1) 2020 年 6—7 月, 长江中下游大部地区累计降水量超过 400 mm, 其中 800 mm 以上的降水区域主要位于长江中下游沿江, 尤其是武汉至南京段南北两侧, 三个强降水中心分别位于大别山区、皖南山区和鄂西南山区, 中心最大降水量超过 1500 mm。2020 年 6—7 月累计降水量较常年同期偏多 5 成或一倍以上的范围均比 1998 年及 2016 年更广, 仅次于 1954 年, 其中重庆、湖北、安徽等三省(市)分别位列 1951 年以来同期最多, 江苏和上海为第二多。

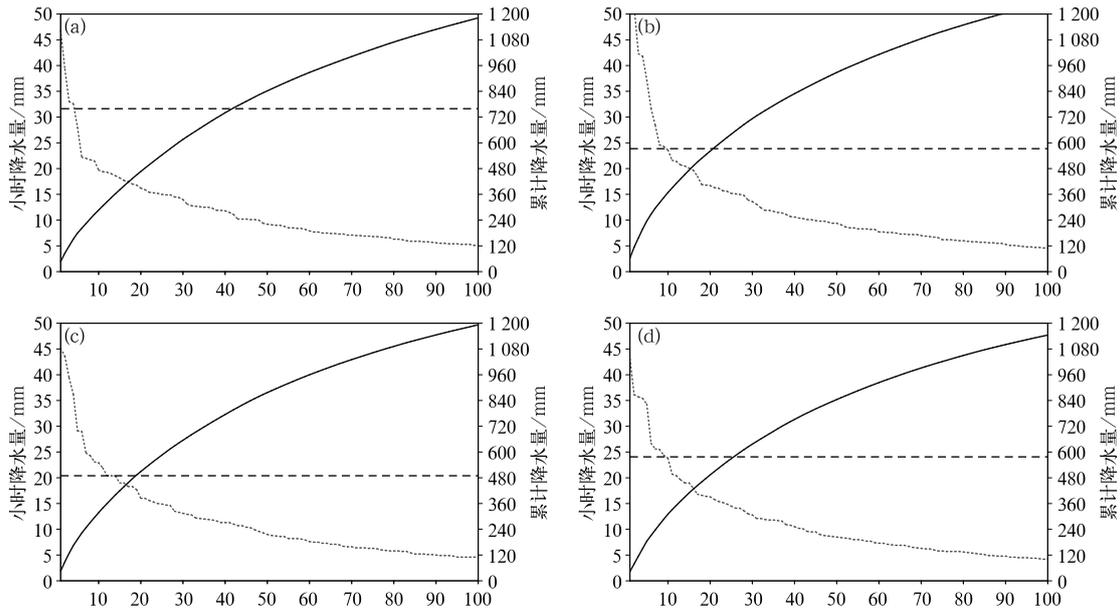


图 8 前 100 个最大小时降水量(点线, 对应左纵坐标)及累计降水量(实线, 对应右纵坐标)

(a) 安徽黄山, (b) 安徽祁门, (c) 安徽岳西, (d) 湖北鹤峰

(虚线为各自 6—7 月累计降水气候值)

Fig. 8 The first 100 heaviest hourly precipitations (dot line in the left ordinate) and their accumulations (solid line in the right ordinate)

(a) Huangshan Station of Anhui, (b) Qimen Station of Anhui,

(c) Yuexi Station of Anhui, (d) Hefeng Station of Hubei

(Dashed line indicates each climatology of precipitation amount in June—July)

(2)2020 年 6—7 月长江中下游地区降水异常偏多与梅雨带长时间维持在该地区密切相关。该年梅雨开始于 6 月 9 日,结束于 7 月 31 日,梅雨期长度达 52 d,远多于常年平均的 29 d,且为 1961 年以来 6—7 月逐旬降水均偏多的唯一年份。无论采用 6—7 月统一时段还是各年梅雨期对比,2020 年降水量都是 1951 年以来仅次于 1954 年的同期第二高值。

(3)2020 年 6—7 月降水强度也呈现出很强的极端性。不同强度等级雨日的分析显示,中雨、大雨、暴雨、大暴雨及以上站次均为 1961 年以来同期最多,后三种等级偏多更为显著,截至 7 月 3 日和 11 日累计降水即已分别超过 6—7 月和 6—8 月气候平均值。强降水的极端性同样体现在小时尺度的短时强降水中,大于等于  $20、50 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$  短时强降水的累计站日数分别为 1 612 和 100 站日,均列 1981 年以来的同期第一位;降水中心的黄山、祁门、岳西和鹤峰等四站出现短时强降水的时次为常年同期平均的 2~4 倍,各自前 43、21、19 和 27 次最强小时降水累加即超过常年 6—7 月累计降水量。

本文分析结果表明,2020 年 6—7 月长江中下游地区强降水在总雨量、持续时长及降水强度等方面均具有很强的极端性。多角度揭示降水的极端性特征不仅可以深入理解洪涝致灾机理,更可为识别极端降水期间的关键环流系统配置型和位置、强度异常,进而为类似事件的预报预测提供思路。21 世纪以来,无论是暴雨形成机理还是预报方法研究都取得了长足进展(高守亭等,2018;罗亚丽等,2020),预报业务能力也不断提升(李泽椿等,2019),但极端强降水尤其是极端短历时降水的预报依旧是科研和业务面临的共同挑战。本文仅从降水极端性的角度开展分析,后续将围绕 2020 年梅汛期大气环流的异常性特征、短历时强降水机理等开展分析,并结合业务预报讨论不同类型强降水的可预报性差异。

## 参考文献

陈涛,张芳华,于超,等,2020. 2020 年 6—7 月长江中下游极端梅雨天气特征分析[J]. 气象, 46(11): 1415-1426. Chen T, Zhang F H, Yu C, et al, 2020. Synoptic analysis of extreme Meiyu precipitation over Yangtze River Basin during June—July 2020[J]. Meteor Mon, 46(11): 1415-1426(in Chinese).

湛芸,孙军,徐珺,等,2012. 北京 721 特大暴雨极端性分析及思考(一)观测分析及思考[J]. 气象, 38(10): 1255-1266. Chen Y, Sun J, Xu J, et al, 2012. Analysis and thinking on the extremes of the

21 July 2012 torrential rain in Beijing, Part I: observation and thinking[J]. Meteor Mon, 38(10): 1255-1266(in Chinese).

丁一汇, 2008. 中国气象灾害大典(综合卷)[M]. 北京: 气象出版社.

Ding Y H, 2008. China Meteorological Disaster Dictionary (Comprehensive Volume) [M]. Beijing: China Meteorological Press(in Chinese).

丁一汇, 张建云, 2009. 暴雨洪涝[M]. 北京: 气象出版社. Ding Y H, Zhang J Y, 2009. Heavy Rainfall and Flood[M]. Beijing: China Meteorological Press(in Chinese).

高荣, 宋连春, 钟海玲, 2018. 2016 年汛期中国降水极端特征及与 1998 年对比[J]. 气象, 44(5): 699-703. Gao R, Song L C, Zhong H L, 2018. Characteristics of extreme precipitation in China during the 2016 flood season and comparison with the 1998 situation[J]. Meteor Mon, 44(5): 699-703(in Chinese).

高守亭, 周玉淑, 冉令坤, 2018. 我国暴雨形成机理及预报方法研究进展[J]. 大气科学, 42(4): 833-846. Gao S T, Zhou Y S, Ran L K, 2018. A review on the formation mechanisms and forecast methods for torrential rain in China[J]. Chin J Atmos Sci, 42(4): 833-846(in Chinese).

国家气象中心, 国家卫星气象中心, 1999. 98 中国大洪水与天气预报[M]. 北京: 气象出版社: 1-382. National Meteorological Centre, National Satellite Meteorological Centre. 1999. Extreme Flood in China in 1998 and the Weather Forecast [M]. Beijing: China Meteorological Press: 1-382(in Chinese).

李泽椿, 湛芸, 张夕迪, 等, 2019. 中央气象台暴雨预报业务的发展及思考[J]. 暴雨灾害, 38(5): 407-415. Li Z C, Chen Y, Zhang X D, et al, 2019. Development and perspectives on torrential rain forecasting operation in National Meteorological Centre [J]. Torr Rain Dis, 38(5): 407-415(in Chinese).

刘芸芸, 丁一汇, 2020. 2020 年超强梅雨特征及其成因分析[J]. 气象, 46(11): 1393-1404. Liu Y Y, Ding Y H, 2020. Characteristics and possible causes for the extreme Meiyu in 2020[J]. Meteor Mon, 46(11): 1393-1404(in Chinese).

罗亚丽, 孙继松, 李英, 等, 2020. 中国暴雨的科学及预报: 改革开放 40 年研究成果[J]. 气象学报, 78(3): 419-450. Luo Y L, Sun J S, Li Y, et al, 2020. Science and prediction of heavy rainfall over China: research progress since the reform and opening-up of the People's Republic of China[J]. Acta Meteor Sin, 78(3): 419-450 (in Chinese).

闵岫, 钱永甫, 2008. 中国极端降水事件的区域性和持续性研究[J]. 水科学进展, 19(6): 763-771. Min S, Qian Y F, 2008. Regionality and persistence of extreme precipitation events in China[J]. Adv Water Sci, 19(6): 763-771(in Chinese).

乔林, 李延香, 符娇兰, 等, 2012. 降水量等级: GB/T 28592—2012 [S]. 北京: 中国标准出版社. Qiao L, Li Y X, Fu J L, et al, 2012. Grade of precipitation: GB/T 28592—2012 [S]. Beijing: Standards Press of China(in Chinese).

任芝花, 余予, 邹凤玲, 等, 2012. 部分地面要素历史基础气象资料质量检测[J]. 应用气象学报, 23(6): 739-747. Ren Z H, Yu Y, Zou F L, et al, 2012. Quality detection of surface historical basic meteorological data[J]. J Appl Meteor Sci, 23(6): 739-747 (in

- Chinese).
- 任芝花,张志富,孙超,等,2015.全国自动气象站实时观测资料三级质量控制系统研制[J].气象,41(10):1268-1277. Ren Z H, Zhang Z F, Sun C, et al, 2015. Development of three-step quality control system of real-time observation data from AWS in China [J]. Meteor Mon, 41(10):1268-1277(in Chinese).
- 孙军,湛芸,杨舒楠,等,2012.北京 721 特大暴雨极端性分析及思考(二)极端性降水成因初探及思考[J].气象,38(10):1267-1277. Sun J, Chen Y, Yang S N, et al, 2012. Analysis and thinking on the extremes of the 21 July 2012 torrential rain in Beijing Part II: preliminary causation analysis and thinking[J]. Meteor Mon, 38(10):1267-1277(in Chinese).
- 王金红,张葆蔚,刘建刚,等,2016.1950—2013 年我国洪涝灾情时空特征分析[J].灾害学,31(2):63-68. Wan J H, Zhang B W, Liu J G, et al, 2016. The distribution of flood disaster loss during 1950—2013[J]. J Catastrophol, 31(2):63-68(in Chinese).
- 伍红雨,李春梅,刘蔚琴,2017.1961—2014 年广东小时强降水的变化特征[J].气象,43(3):305-314. Wu H Y, Li C M, Liu W Q, 2017. Variation characteristics of hourly heavy precipitation in Guangdong during 1961—2014[J]. Meteor Mon, 43(3):305-314(in Chinese).
- 宇如聪,原韦华,李建,2013.降水过程的不对称性[J].科学通报,58(15):1385-1392. Yu R C, Yuan W H, Li J, 2013. The asymmetry of rainfall process[J]. Chin Sci Bull, 58(15):1385-1392(in Chinese).
- 袁媛,高辉,柳艳菊,2017.2016 年夏季我国东部降水异常特征及成因简析[J].气象,43(1):115-121. Yuan Y, Gao H, Liu Y J, 2017. Analysis of the characteristics and causes of precipitation anomalies over eastern China in the summer of 2016[J]. Meteor Mon, 43(1):115-121(in Chinese).
- 张强,赵煜飞,范邵华,2016.中国国家级气象台站小时降水数据集研制[J].暴雨灾害,35(2):182-186. Zhang Q, Zhao Y F, Fan S H, 2016. Development of hourly precipitation datasets for national meteorological stations in China[J]. Torr Rain Dis, 35(2):182-186(in Chinese).
- 张世轩,封国林,赵俊虎,2013.长江中下游地区暴雨“积成效应”[J].物理学报,62(6):069201. Zhang S X, Feng G L, Zhao J H, 2013. “Cumulative effect” of torrential rain in the middle and lower reaches of the Yangtze River[J]. Acta Phys Sin, 62(6):069201(in Chinese).
- 赵晓琳,牛若芸,2019.2016 年和 1998 年夏季长江中下游持续性强降雨及大气环流特征异同[J].暴雨灾害,38(6):615-623. Zhao X L, Niu R Y, 2019. Similarities and differences of summer persistent heavy rainfall and atmospheric circulation characteristics in the middle and lower reaches of the Yangtze River between 2016 and 1998[J]. Torr Rain Dis, 38(6):615-623(in Chinese).
- 郑国光,矫梅燕,丁一汇,等,2019.中国气候[M].北京:气象出版社. Zheng G G, Jiao M Y, Ding Y H, et al, 2019. Climate in China [M]. Beijing: China Meteorological Press(in Chinese).
- Chen Y, Zhai P M, 2016. Mechanisms for concurrent low-latitude circulation anomalies responsible for persistent extreme precipitation in the Yangtze River Valley[J]. Climate Dyn, 47(3/4):989-1006. DOI: 10.1007/s00382-015-2885-6.
- Ding T, Gao H, Li W J, 2018. Extreme high-temperature event in southern China in 2016 and the possible role of cross-equatorial flows[J]. Int J Climatol, 38(9):3579-3594.
- Duan W L, He B, Nover D, et al, 2016. Floods and associated socioeconomic damages in China over the last century[J]. Nat Hazards, 82(1):401-413.
- Xie Z Q, Du Y, Zeng Y, et al, 2018. Classification of yearly extreme precipitation events and associated flood risk in the Yangtze-Huaihe River Valley[J]. Sci China Earth Sci, 61(9):1341-1356. doi:10.1007/s11430-017-9212-8.
- Yuan Y, Gao H, Li W J, et al, 2017. The 2016 summer floods in China and associated physical mechanisms: a comparison with 1998[J]. J Meteor Res, 31(2):261-277.