

覃艳秋, 禰晓莹, 张凌云. 柳江区不同历时极端降水分析[J]. 陕西气象, 2026(3): 26-31.

文章编号: 1006-4354(2026)03-0026-06

柳江区不同历时极端降水分析

覃艳秋¹, 禰晓莹¹, 张凌云^{2,3}

(1. 柳江区气象局, 广西柳州 545100; 2. 柳州市气象局, 广西柳州 545001;
3. 柳州市元宝山地形暴雨重点实验室, 广西柳州 545001)

摘要: 利用柳江区国家气象观测站和 15 个区域自动气象站逐 1 h、3 h、6 h 降水量数据, 采用 99.9 百分位数的降水量值作为柳江区各站 1 h、3 h、6 h 极端降水的阈值, 对三个不同历时的极端降水阈值、强度和频次进行统计分析。结果表明: (1) 柳江区 50% 的站点 1 h 历史降水极值超过 80 mm, 56% 的站点 3 h 历史降水极值超过 120 mm, 三个不同历时历史降水极值的空间分布大致相同。 (2) 将 99.9 百分位数作为极端降水阈值, 得到各气象站 1 h、3 h、6 h 极端降水阈值的平均值分别为 56.7 mm/h、83.3 mm/3 h、100.4 mm/6 h。 (3) 柳江区 1 h 极端降水年频次略呈上升趋势, 3—10 月中各月强度变化不大, 在 66.5 mm/h 左右, 而 3 h 和 6 h 极端降水年频次则呈下降趋势。三个不同历时极端降水阈值月频次的峰值均出现在 6 月; 时频次则主要出现在夜间, 白天较少出现, 极端降水易在夜间出现。

关键词: 极端降水; 阈值; 频次

中图分类号: P426.6

文献标识码: A

极端降水阈值是开展极端降水预报预警服务的重要依据。柳州市地形呈南北狭长型, 北高南低, 市境内北部有元宝山脉, 东面相邻有天平山脉, 受元宝山脉和天平山脉等地形影响, 各地降水极值有差异。柳江区位于柳州市南部, 与元宝山、天平山距离 150 km 左右, 境内地势也为西北高南部低, 西北部的土博镇为山区, 地势较高, 南部的穿山镇等地势较平, 降水分布不均。近年来, 由于极端降水事件多发, 气象工作者对不同地区或省市的极端降水研究增多^[1-4]。不少气象工作者利用国家站逐时降水资料计算小时极端降水阈值的空间分布^[5-8]。侯淑梅等^[9]基于加密自动气象站和国家气象观测站资料, 分析山东省极端短时强降水特征认为, 若仅以国家气象站资料分析极端降水阈值和强度, 不能全面反映某个地区的极

端降水特征, 加密气象站则有较好的表现。

暴雨预警信号分三个级别, 涉及 1 h、3 h、6 h 三个不同历时降水阈值, 且近年来不同省份对暴雨预警信号标准进行了调整, 旨在提高高级别预警信号的权威性, 避免因为汛期暴雨预警信号太多而降低高级别预警信号的警示作用。根据广西壮族自治区气象局规定, 暴雨红色预警信号涉及 1 h 和 3 h 降雨累计值, 分别是 3 h 降雨量将达 120 mm 以上, 或者 1 h 降雨量将达 80 mm 以上。因此, 1 h、3 h、6 h 三个不同历时降水阈值是开展暴雨预警服务的重要依据。2007 年以来, 区域自动气象站(简称区域站)陆续得到建设, 截至 2023 年柳江区共建成 15 个区域站, 覆盖 8 个乡镇, 获取了 3~17 a 降水观测资料。本文基于柳江区国家气象观测站(简称国家站)和 15 个区域站的观

收稿日期: 2024-12-03

作者简介: 覃艳秋(1991—), 女, 壮族, 广西柳江人, 本科, 高级工程师, 主要从事县级综合气象业务。

通信作者: 张凌云(1975—), 女, 汉族, 广西融安人, 硕士, 正高级工程师, 主要从事天气预报与应用气象研究。

基金项目: 珠江流域(华南区域)气象科研开放基金项目(ZJLY202407-GX02); 柳州市元宝山地形暴雨重点实验室开放课题(柳气科 2024ybssysm3); 广西气象科研计划项目(桂气科 2023M18)

测数据,采用百分位法进行 1 h、3 h、6 h 三个不同历时的极端降水阈值和强度的统计分析,为监控短时强降水和暴雨预警信号发布服务提供参考。

1 资料和方法

1.1 资料来源

所用资料为柳江国家站和 15 个区域站的逐小时降水量数据,来源于广西气象信息中心天擎数据库,资料时段为 2007—2023 年。站点地理分布如图 1。

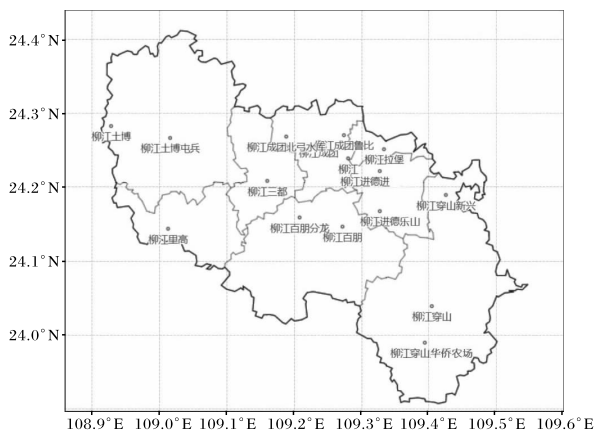


图 1 柳江区 16 个自动气象站站点分布图

(审图号为 GS(2024)0650 号,下同)

1.2 不同历时降水量统计

主要统计分析 1 h、3 h、6 h 三个不同历时的极端降水,为柳江区强降雨监控和暴雨预警信号发布提供参考。由于区域站为无人值守站,观测维护不够及时,数据质量质控不够完善,晴天也偶有 1 h 降水量 < 1.0 mm 的异常降水值出现,且 < 1.0 mm 的弱降水对于统计极端降水意义不大,因此,1 h、3 h、6 h 极端降水选取 ≥ 1.0 mm 的降水量作为统计分析样本。

3 h、6 h 降水量采用滑动累计方法进行统计。以 3 h 降水量为例,统计时段内各站第 1—第 3 个时次、第 2—第 4 个时次、第 3—第 5 个时次累计降水量,……,以此类推计算得到 3 h 累计降水量。为避免漏掉任何一个可能的极端降水事件,若做累加计算的 3 个时次内有缺测时次,则缺测值记为 0.0 mm。6 h 降水量按同样方法统计。

1.3 极端降水阈值和强度确定方法

基于每个测站 1 h 降水量 ≥ 1.0 mm 的 1 h、

3 h、6 h 降水资料,利用百分位法确定站点的 1 h、3 h、6 h 极端降水阈值。当测站 1 h 降水量 $\geq$ 该站 1 h 极端降水阈值时,则定义该站出现一次 1 h 极端降水事件,极端降水频次计为 1 次,极端降水强度则为达到或超过极端降水阈值的降水量之和除以频次。3 h 和 6 h 极端降水阈值、频次和强度确定方法同 1 h。

阈值在非线性过程中有关键作用,Schneider^[10]的研究为理解这些复杂系统的临界值提供了理论基础。赵煜飞等^[11]基于 1991—2021 年全国国家站小时降水数据集,以第 99 个百分位作为 1 h、3 h 极端降水阈值研究中国短时极端降水气候特征。孙颖等^[12]基于青岛 4—10 月小时降水资料,比较五种计算极端强降水阈值的方法,认为百分位法更适合青岛地区极端降水阈值分析。董旭光等^[13]利用山东省国家站汛期 5—9 月 0.1 mm 以上的逐时降水资料研究山东省极端短时强降水时,认为 98% 分位数作为极端短时强降水阈值比较合理。候淑梅等^[9]在研究山东省国家站和加密自动气象站的短历时强降水空间分布特征时,认为 99.5% 分位数更能准确反映山东地区的极端降水特征。高婧等^[14]利用北疆地区国家站 51 a 日降水升序列的第 95 个百分位值的平均值作为极端降水事件的阈值。廖胜石等^[15]利用 2005—2021 年 4—10 月 94 个国家站小时降水资料研究广西汛期极端短时强降水,认为 99.5% 分位数的降水量作为广西极端短时强降水阈值较为合理。汪子琪等^[16]利用 99.9 百分位确定浙江省金华市的小时极端降水阈值的空间分布,认为百分位法可以更详细描述小时极端降水的空间分布特征。张君霞等^[17]统计了吉林省东部山区国家站逐小时降雨量的不同分位数,发现 99.9% 分位数对应的极端短时降水强度与实际更接近。对比柳江区各站不同历时历史降水极值和 99%、99.5% 和 99.9% 分位数降水量,发现 99.9% 分位数降水量值为历史降水极值的 72% 左右,而 99.5% 分位数降水量值比 99.9% 的还要低 25% 左右,因此 99.9% 分位数对应的降水量值更接近不同历时历史降水极值,将其作为极端降水阈值更为合理。因此采用 99.9% 分位数降水量值作

为柳江区各站 1 h、3 h、6 h 极端降水的阈值。

采用百分位法统计极端降水阈值。具体方法如下:将每个测站 1 h、3 h、6 h 降水量序列按照升序排列,得到序列 $X_1, X_2, \dots, X_m, \dots, X_n$, 某个值小于或等于 X_m 的概率为 P , 则

$$P = (m - 0.31) / (n + 0.38) \quad (1)$$

上式中, m 为 X_m 的序号, n 为降水量序列中样本数。如果序列中有 300 个样本(即 $n = 300$), 则 99 百分位上的值为 X_{297} ($P = 98.8\%$) 和 X_{298} ($P = 99.1\%$) 的线性插值。由此得到降水量序列中 99.9 百分位对应的降水量值。

1.4 极端降水月平均值和小时平均值计算

极端降水月平均值的计算方法为 1—12 月各月极端降水量值的累计值除以该月出现极端降水的频次, 小时平均值为 00—23 时各时次极端降水

量值的累计值除以该时次出现极端降水的频次。

2 三个不同历时历史降水极值特征

柳江区所辖 16 个气象站 1 h 历史降水极值分布在 53.5~105.2 mm, 最小值出现在成团北弓水库气象站, 最大值出现在柳江国家基本气象站, 其中 80.0 mm 以上的有 8 个站, 占站点总数的一半; 3 h 历史降水极值分布在 72.4~191.4 mm, 最小值出现在成团北弓水库气象站, 最大值出现在成团气象站, 其中 120.0 mm 以上的有 9 个站; 6 h 历史降水极值分布在 88.4~280.3 mm, 最小值出现在成团北弓水库气象站, 最大值出现在穿山华侨农场气象站。从图 2 可以看出, 三个不同历时极端降水的历史极值空间分布基本无太大差别, 极大值均分布在成团镇中东部和穿山镇, 极小值分布在土博镇和成团镇西部。

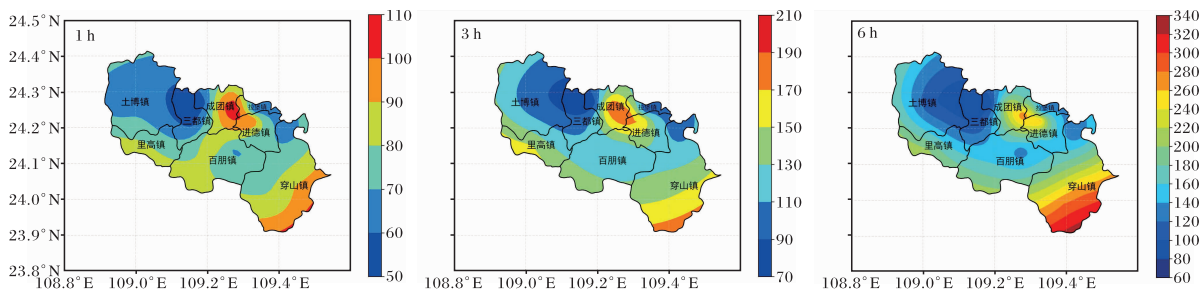


图 2 柳江区 2007—2023 年国家站和区域站三个不同历时历史降水极值(单位:mm)空间分布图

3 三个不同历时极端降水阈值和强度

将 99.9 分位数作为极端降水阈值。从表 1 可见柳江区 1 h 极端降水阈值为 43.8~72.3 mm/h, 平均值为 56.7 mm/h; 3 h 的为 60.3~115.1 mm/3 h, 平均值为 83.3 mm/3 h; 6 h 的为 69.4~136.4 mm/6 h, 平均值为 100.4 mm/6 h。1 h 和 3 h 极端降水阈值的平均值均未达到暴雨红色预警信号标准。

柳江区 1 h、3 h、6 h 极端降水强度分别为 50.9~80.1 mm/h、65.8~130.0 mm/3 h、79.5~171.8 mm/6 h, 从空间分布来看, 三个历时极端降水强度的空间分布近乎相同, 极大值均在拉堡镇、进德镇和穿山镇, 极小值主要在土博镇、百朋镇和里高镇附近。

4 三个不同历时极端降水的时间分布特征

4.1 年际变化特征

由图 3 可见, 1 h 极端降水年频次略呈上升

趋势, 斜率为 0.037, 而 3 h、6 h 极端降水年频次则呈下降趋势, 斜率分别为 -0.47 和 -0.58, 其中 6 h 的年频次下降趋势较大。2007—2023 年 1 h、3 h、6 h 年频次排名前三的年份分别为 2008、2016、2018 年, 2008、2014、2015 年, 2008、2014、2015 年。

4.2 月际变化特征和月平均值

由图 4 可见, 2007—2023 年 1 h、3 h、6 h 历时极端降水月频次均呈单峰分布, 峰值均出现在 6 月, 分别占全年的 46%、57%、53%, 其次为 8 月; 1 月、2 月、11 月和 12 月均未出现极端降水, 3 月和 10 月仅出现 1 h 极端降水, 且出现频次均为 1 站次。按季度来看, 1 h、3 h、6 h 极端降水频次均为第二季度, 即 4—6 月前汛期出现最多, 1 h 极端降水频次前后汛期出现次数相当, 而 3 h 和 6 h 极端降水频次在前汛期出现的频次约为后汛期的 2 倍。

表 1 柳江区 2007—2023 年国家站和区域站三个不同历时极端降水阈值

站点	1 h 阈值/(mm/h)	3 h 阈值/(mm/3 h)	6 h 阈值/(mm/6 h)
柳江国家基本气象站	59.5	90.7	111.8
成团气象站	62.8	84.8	101.1
穿山国家气象站	65.8	104.2	120.7
土博气象站	43.8	74.9	98.8
进德气象站	64.9	99.4	123.7
成团鲁比气象站	54.2	76.2	95.3
百朋分龙气象站	53.6	77.2	99.2
里高气象站	46.7	76.3	87.8
土博屯兵国家气象站	46.9	66.3	83.9
百朋国家气象站	55.8	87.2	97.8
穿山新兴气象站	55.8	87.7	99.9
穿山华侨农场气象站	64.3	115.1	136.4
三都气象站	54.9	69.0	82.0
成团北弓水库气象站	48.2	60.3	69.4
进德乐山气象站	72.3	86.8	103.2
拉堡气象站	57.5	76.0	95.6
平均值	56.7	83.3	100.4

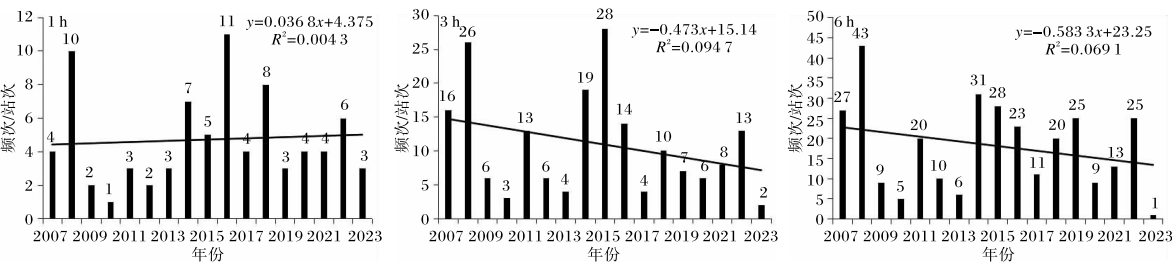


图 3 柳江区 2007—2023 年国家站和区域站三个不同历时极端降水年频次

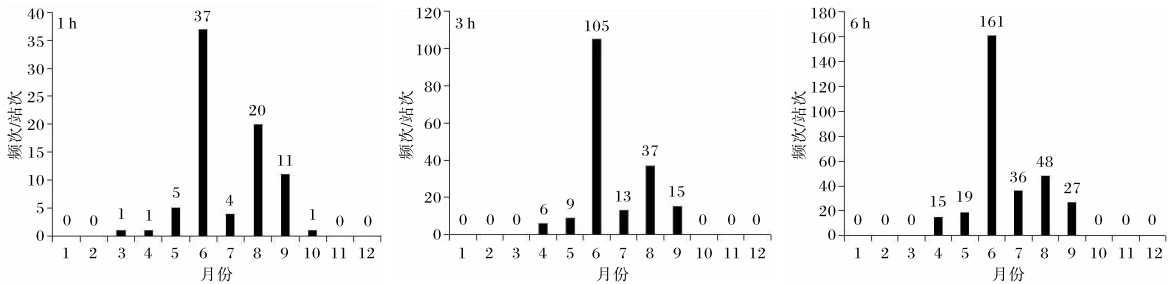


图 4 柳江区 2007—2023 年国家站和区域站三个不同历时极端降水月频次

柳江区历时 1 h 极端降水仅在 3—10 月出现,将 16 个站的 1 h 极端降水数据进行累加求平均,得到 3—10 月历时 1 h 平均极端降水量为 66.5 mm/h,各月的平均值较为稳定,绝大多数为 60.0~70.0 mm/h。历时 3 h、6 h 极端降水均在 4—9 月出现,平均值分别为 105.2 mm/3 h、132.5 mm/6 h,各月平均值分别为 86.3~112.4 mm/3 h、99.1~150.4 mm/6 h,月平均值

最大均为6月,其次是8月,与降水月频次对应。

4.3 日变化特征和小时平均值

由图5可看出,2007—2023年历时1 h极端降水在01时、10时、12时和15时均未出现,3 h极端降水仅在13时未出现,6 h极端降水全天各时次均有出现。1 h和6 h极端降水频次最大值出现在08时,3 h的则出现在22时。21—22时、02—03时和08时是1 h极端降水频次主要出现时段。按20—08时为夜间,08—20时为白天统计,1 h、3 h、6 h极端降水主要出现在夜间,白天出现频次较少。1 h和3 h的夜间频次均为白天

的2.5倍,21—02时和02—08时频次相当;6 h的夜间频次为白天的1.8倍,02—08时频次多于21—02时。

除未出现极端降水时次,1 h、3 h、6 h极端降水各小时平均值分别为46.2~86.6 mm/h、87.8~121.0 mm/3 h和100.7~165.9 mm/6 h。1 h极端降水各时次平均值最大值为86.6 mm/h,出现在16时,其次时次平均值为70.0~80.0 mm/h,出现在夜间,分别为20时、22时、02时和03时。3 h和6 h极端降水各小时平均值均为夜间时次平均值较大,说明强降水易在夜间出现。

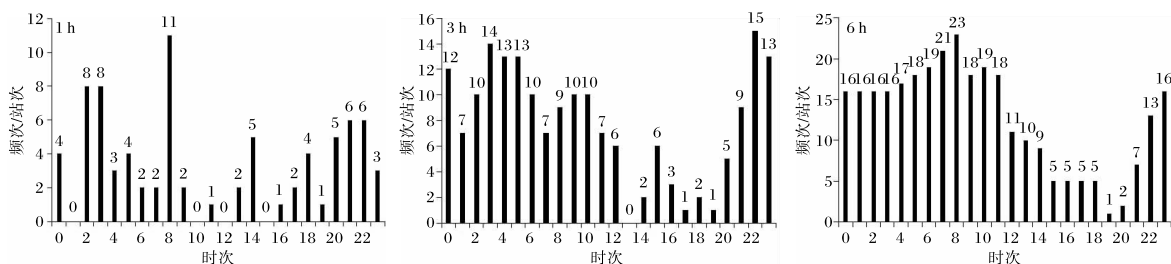


图5 柳江区2007—2023年国家站和区域站三个不同历时极端降水频次日变化

5 结论

利用柳江国家站和区域站 ≥ 1.0 mm逐1 h、3 h、6 h降水数据,对柳江区极端降水进行分析,得出主要结论如下。

(1)柳江区各气象站1 h、3 h、6 h历史降水极值范围分别为53.5~105.2 mm、72.4~191.4 mm、88.4~280.3 mm,1 h历史降水极值大于80 mm的站点占50%,3 h历史降水极值大于120 mm的站点占56%,且三个不同历时极端降水的历史极值空间分布基本相同,极大值均分布在成团镇中东部和穿山镇。

(2)将99.9百分位数作为极端降水阈值。柳江区各气象站1 h、3 h、6 h极端降水阈值的平均值分别为56.7 mm/h、83.3 mm/3 h、100.4 mm/6 h,其中1 h和3 h阈值均未达到广西暴雨红色预警信号标准,结合实行新标准后的预警信号情况,柳江区汛期达到暴雨红色标准的强降水次数较少,为0~1次/a。

(3)柳江区1 h极端降水年频次略呈上升趋势,3—10月中各月强度变化不大,在66.5 mm/h左右,而3 h和6 h极端降水年频次则呈下降趋

势。三个不同历时的极端降水月频次均呈单峰分布,峰值均出现在6月,其次为8月。三个不同历时极端降水时频次主要出现在夜间,白天出现次数较少。可见,在汛期的气象服务工作,应加强6月、8月及夜间时段的降水监测,确保预警发布及时。

参考文献:

- [1] 肖贻青,郭莉,汪媛媛,等.秦巴山区近30年暴雨和短时强降水时空特征分析[J].陕西气象,2023(3):31-36.
- [2] 张建康,刘慧敏,康磊,等.陕西黄土高原短时强降水时空分布及环流特征[J].陕西气象,2021(2):17-23.
- [3] 李萍云,赵强,王楠,等.2005—2018年陕西短时强降水时空分布特征[J].陕西气象,2019(5):34-39.
- [4] 王玉龙,张子涵.2011—2018年东营短时强降水时空分布特征[J].陕西气象,2020(2):24-29.
- [5] 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.
- [6] 宾零陵,陈璇,徐奎,等.海河流域极端降水阈值确

- 定与风险评估[J]. 中国水利水电科学研究院学报(中英文), 2023, 21(5): 422-433.
- [7] 王佳艳, 王智宇, 丛宇辰, 等. 吉林省东部山区极端短时强降水特征分析[J]. 气象水文海洋仪器, 2024, 41(3): 91-95.
- [8] 王佳津, 王皓, 王春学, 等. 四川省汛期小时极端降水精细化特征[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2024, 46(10): 167-176.
- [9] 侯淑梅, 孙敬文, 孙鹏程, 等. 基于加密自动气象观测站和国家气象观测站的山东省极端短时强降水时空分布特征的对比分析[J]. 气象, 2020, 46(2): 200-211.
- [10] SCHNEIDER S H, SEMENOV S, PATWARDHAN A, et al. Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change [M]//PARRY M L, CANZIANI O F, PALUTIKOF J P, et al. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007: 779-810.
- [11] 赵煜飞, 张强, 鞠晓慧, 等. 中国近 30 年短时极端降水特征分析[J]. 大气科学, 2024, 48(3): 1144-1156.
- [12] 孙颖, 邓运超, 万静, 等. 青岛市极端强降水阈值及其分布特征[J]. 现代农业科技, 2024, (13): 105-107.
- [13] 董旭光, 顾伟宗, 曹洁, 等. 山东省汛期小时极端强降水分布和变化特征[J]. 气象, 2017, 43(8): 953-961.
- [14] 高婧, 井立红, 井立军, 等. 北疆地区极端降水事件气候特征分析[J]. 陕西气象, 2017(3): 23-28.
- [15] 廖胜石, 卓健, 罗建英, 等. 广西汛期极端短时强降水特征分析[J]. 暴雨灾害, 2022, 41(3): 308-314.
- [16] 汪子琪, 徐业佳, 黄嘉仪, 等. 金华市小时极端降水阈值分布及重现期研究[J]. 浙江气象, 2022, 43(3): 41-44.
- [17] 张君霞, 黄武斌, 杨秀梅, 等. 陇东半干旱区一次特大暴雨事件的降水极端性分析[J]. 干旱气象, 2022, 40(6): 922-932.