

# 基于加密雨量站资料的邯郸市夏季 短时强降水精细化特征分析

杜亮亮, 王洪峰, 董方亮, 宋晓辉  
(河北省邯郸市气象局, 河北 邯郸 056001)

**摘要:** 利用邯郸市 257 个加密雨量站 2016—2021 年夏季逐时降水资料, 基于排序法确定短时强降水(雨强大于 20.0 mm/h)的阈值, 分析邯郸市夏季短时强降水时空分布特征。结果表明: 邯郸市夏季短时强降水站均出现 16.3 次, 山区站均出现 17.5 次, 平原地区站均出现 15.6 次, 短时强降水集中发生在 7 月中旬至 8 月中旬; 雨强大值区出现在山区中南部及平原地区的北部、西南部区域, 平原地区雨强极值为 125.2 mm/h(鸡泽县风正乡), 山区为 123.1 mm/h(磁县陶泉乡); 小时雨强的 50%、75%、95%、99%、99.5% 分位数对应的降水量分别为 27.8、36.1、56.5、80.4、94.9 mm; 全市短时强降水站均次数的日内变化呈“双峰型”特征, 高峰时段在 17:00—21:00 时, 次高峰时段在 5:00—9:00 时; 单站发生短时强降水的概率最高。

**关键词:** 短时强降水; 区域自动雨量站; 精细化特征; 时空分布; 邯郸市

中图分类号: P426.6

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2023)02-0025-08

## Fine-scale characteristics of summer short-term heavy precipitation in Handan City based on data from densified rainfall stations

DU Liangliang, WANG Hongfeng, DONG Fangliang, SONG Xiaohui

(Handan Meteorological Bureau of Hebei Province, Handan 056001, China)

**Abstract:** Based on the hourly precipitation data of 257 densified rainfall stations in Handan City from 2016 to 2021, the threshold value of short-term heavy rainfall ( $\geq 20.0$  mm/h) is determined based on the sorting method, and the spatial and temporal distribution characteristics of summer short-term heavy rainfall in Handan are analyzed. The results show that there were 16.3 events of short-term heavy rainfall in Handan City on average, specifically, 17.5 events in the mountainous area and 15.6 events in the plain area, which mainly occurred from mid July to mid August. The areas with high rainfall intensity scattered in the south central part of the mountainous area, and the north and southwest part of the plain area. The extreme value of rain intensity in the plain was 125.2 mm/h (Fengzheng Township, Jize County) and 123.1 mm/h (Taoquan Township, Cixian County) in the mountainous area. The precipitation corresponding to 50%, 75%, 95%, 99% and 99.5% quartile of hourly rainfall intensity were 27.8, 36.1, 56.5, 80.4 and 94.9 mm respectively. The diurnal variation of short-term heavy rainfall was characterized by “double peaks”, with the highest peak at 17:00–21:00 and the secondary peak at 5:00–9:00. The probability of short-term heavy rainfall at a single station was the highest.

**Key words:** short-time heavy rainfall; regional automatic rainfall station; fine-scale characteristics; spatio-temporal distribution; Handan City

## 1 研究背景

在全球气候变暖的背景下,降水量的时空分布

发生了变化<sup>[1-4]</sup>,极端降水及短时强降水发生的频率和强度呈增加趋势<sup>[5-8]</sup>,对人类社会经济发展造成了严重危害。如 2016 年 7 月 18—19 日中国河北

收稿日期:2022-04-11; 修回日期:2022-09-14

基金项目:河北省重点研发计划项目(20375401D)

作者简介:杜亮亮(1986—),男,河北邯郸人,副高级工程师,主要从事气象服务与应用气象研究工作。

通讯作者:王洪峰(1983—),男,江苏赣榆人,工程师,主要从事天气预报与气象服务研究。

省南部及周边地区发生了一场大范围的特大暴雨,各项经济损失超百亿元<sup>[9-11]</sup>;2021 年夏季出现在河南、山西等地的极端强降水,引起了社会广泛关注<sup>[12-13]</sup>。因此研究气候变暖背景下的短时强降水的时空变化规律,从多角度认识短时强降水和极端短时强降水的发生规律,对防御山洪地质灾害和治理城市内涝等具有重要意义<sup>[14-17]</sup>。

短时强降水具有明显的区域性分布特征,国内外较多学者对不同范围分布下的短时强降水特征做过研究<sup>[18-21]</sup>。从全国区域来看,我国短时强降水地理分布差异显著,短时强降水发生频率最高的区域为华南地区,其次为云南省南部、四川盆地、贵州省南部、江西省和长江下游等地区<sup>[18]</sup>。针对华北地区的研究发现,夏季降水量和降水频率的日变化具有明显的区域性差异,且呈现出明显的“双峰型”特征,在太行山以西地区,降水量和降水频率的日峰值出现在 18:00 左右,而在太行山以东的平原和沿海地区,日峰值一般出现在上午<sup>[19]</sup>;夏季的 7—8 月在河北省东部及南部易出现小时强降水,而最大值则位于河北省东北部及石家庄市周边区域<sup>[20]</sup>。以上研究表明,不同区域降水峰值的出现时间及表现形式具有很大差异<sup>[21-22]</sup>,随着研究区域范围的缩小,研究结果则更加精细。

邯郸市位于河北省南部,总面积约  $1.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,地处山西省、河北省、山东省、河南省 4 省区域中心和中原经济区腹心,西部为太行山,东部为华北平原,地势自西向东呈阶梯状下降,高程差异悬殊,地貌类型复杂多样<sup>[23]</sup>,复杂的地势、地貌对短时强降水的分布具有很大的影响。2015 年邯郸市区域自动雨量站进行了较大调整及新增,以往的研究多基于国家级气象观测站或较少区域站点的降水资料,难以准确地反映降水的真实变化<sup>[24-25]</sup>。本文利用更高空间分辨率分布下的气象观测站点研究邯郸市夏季短时强降水的精细化时空特征,了解当地短时强降水和极端短时强降水发生的规律,能够为当地政府精细化决策、抗洪防灾减灾、水资源充分利用及城市内涝治理等提供重要参考。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 研究区概况

邯郸市位于河北省南部,西依太行山脉,东接华北平原,下辖 6 个区、11 个县、1 个县级市。本文研究中将所属的武安县、涉县、峰峰矿区及磁县内的气象观测站归为山区站,其余所属区、县内站点归为平

原站,并将城区 19 个气象观测站定义为城区站(所有城区站均隶属于平原站),分别对山区、平原、城区观测站的降水变化进行特征分析,邯郸市地面气象观测站点分布见图 1。

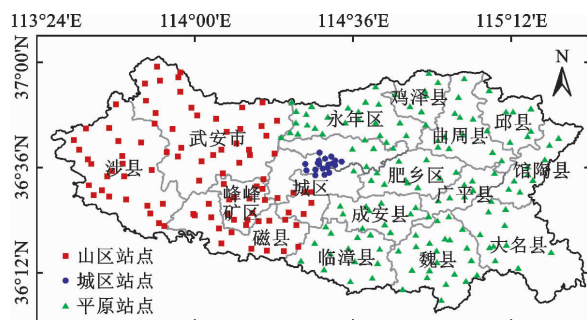


图 1 邯郸市地面气象观测站点分布

### 2.2 数据来源

由于 2015 年对邯郸市区域自动雨量站进行了较大调整及新增,因此选取由河北省信息中心提供的资料一致的 2016—2021 年邯郸市 257 个观测站(16 个国家站、241 个区域站)夏季逐小时地面降水资料进行分析。

### 2.3 研究方法

本文主要采用数据统计方法分析邯郸市夏季短时强降水的分布及变化特征。对所使用的短时强降水相关概念解释如下。

短时强降水:1 h 降水量  $\geq 20.0 \text{ mm}$  的降水记作短时强降水;

短时强降水时:同一时刻有不少于 1 个站点出现短时强降水记作 1 个短时强降水时;

短时强降水日:同一日(20:00 至次日 20:00)有不少于 1 个站点出现短时强降水记作 1 个短时强降水日;

短时强降水时发生站次(简称短时强降水站次):达到短时强降水标准的站点次数;

短时强降水日发生站次:1 d 内达到短时强降水标准的站点累计次数;

选用小时降水量  $\geq 20 \text{ mm}$  的资料,利用传统排序法得到邯郸市极端短时强降水阈值。

## 3 结果与分析

### 3.1 夏季短时强降水次数空间分布

2016—2021 年夏季邯郸市共计出现 4 188 站次的短时强降水,站均出现 16.3 次;山区站均次数最多,为 17.5 次,平原地区站均次数最少,为 15.6 次;城区共发生 331 站次短时强降水,站均发生 17.4

次,与山区接近。

选取 2016—2021 年夏季邯郸市城区、山区、平原及全市短时强降水极值,并利用传统排序法,得到不同分位数下不同区域所对应的小时雨量阈值,见表 1。由表 1 可以看出,2016—2021 年邯郸市夏季短时强降水小时雨量极值于 2021 年 7 月 11 日出现在平原地区的鸡泽县风正乡(125.2 mm);山区短时强降水小时雨量极值于 2016 年 7 月 19 日出现在磁县陶泉乡(123.1 mm);城区短时强降水极值则明显偏小(71.1 mm)。

通过分析表 1 中不同分位数对应的小时雨量阈值可以发现,邯郸市平原地区不同分位数对应的小

时雨量阈值均高于全市,而山区则均低于全市;全市 50% 分位数(代表样本的平均发生情况)的小时雨量阈值为 27.8 mm,不同区域的小时雨量阈值相差不大,其中平原地区(28.0 mm)略大于山区(27.5 mm),城区(27.9 mm)与平原地区接近;75% 分位数的小时雨量阈值情况与 50% 分位数相似;从 99% 和 99.5% 分位数(代表短时强降水极端性)的小时雨量阈值来看,全市分别为 80.4 和 94.9 mm;平原地区仍为最高,分别为 84.3 和 101.1 mm;城区最低,分别为 61.4 和 64.3 mm。

2016—2021 年邯郸市夏季不同雨强的短时强降水发生总次数空间分布如图 2 所示。

表 1 2016—2021 年邯郸市夏季短时强降水极大值分布及百分位阈值

| 所属区域 | 站点个数 | 发生站次 | 短时强降水极大值 |        |                  | 不同百分位数所对应的小时雨量阈值/mm |      |      |      |       |
|------|------|------|----------|--------|------------------|---------------------|------|------|------|-------|
|      |      |      | 小时雨量/mm  | 所属站点   | 出现时间             | 50%                 | 75%  | 95%  | 99%  | 99.5% |
| 城区   | 19   | 331  | 71.1     | 丛台区高铁站 | 2016-08-04T14:00 | 27.9                | 36.8 | 51.8 | 61.4 | 64.3  |
| 山区   | 95   | 1659 | 123.1    | 磁县陶泉乡  | 2016-07-19T17:00 | 27.5                | 35.3 | 56.0 | 74.5 | 83.4  |
| 平原   | 162  | 2529 | 125.2    | 鸡泽县风正乡 | 2021-07-11T21:00 | 28.0                | 36.7 | 57.1 | 84.3 | 101.1 |
| 全市   | 257  | 4188 | 125.2    | 鸡泽县风正乡 | 2021-07-11T21:00 | 27.8                | 36.1 | 56.5 | 80.4 | 94.9  |

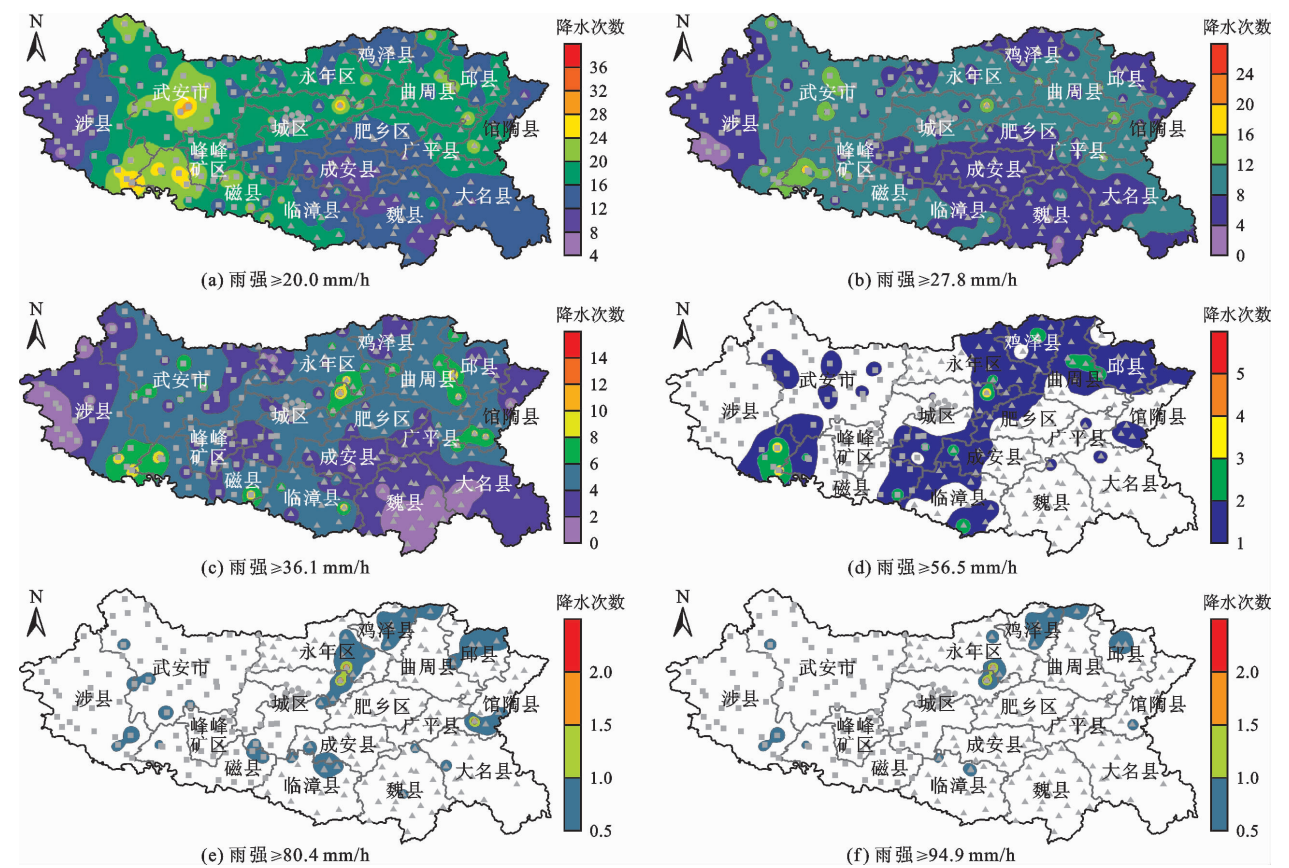


图 2 2016—2021 年邯郸市夏季不同雨强的短时强降水发生总次数空间分布

由图 2(a)可以看出,雨强  $R \geq 20.0 \text{ mm/h}$  的降水发生总次数的大值站点主要分布在山区中东部、南部及平原地区的北部区域,尤以山区中南部较多,其中在武安市中部、磁县西南部发生总次数普遍超过 20 次;次数较少区域主要在山区西部的涉县西部、平原中南部的成安县周边及魏县东南部,普遍少于 12 次;单站超过 30 次的站点共有 5 个,其中山区站 4 个,平原站 1 个,分别为磁县陶泉乡 36 次、城区内丛台区南沿村镇 34 次、武安市武安镇 33 次、涉县合漳乡 32 次、武安市午汲镇 31 次;发生次数小于 8 次的站点共有 7 个,其中山区站 5 个,平原站 2 个,分别为涉县索堡镇 7 次,涉县河南店镇 7 次,成安县柏寺营乡 7 次,魏县大马村乡 7 次,峰峰矿区义井镇 5 次,磁县高臾镇 5 次,涉县神头乡 4 次。

50% 分位数阈值为 27.8 mm,由图 2(b)可以看出,雨强  $R \geq 27.8 \text{ mm/h}$  的降水发生总次数空间分布与雨强  $R \geq 20.0 \text{ mm/h}$  的分布情况较为一致,发生次数较多的区域仍主要分布在山区中东部、南部及平原地区的北部区域,其中磁县陶泉乡仍为发生次数最多的站点,为 25 次,其次为城区内丛台区南沿村镇,为 20 次,涉县合漳乡及武安市午汲镇均为 18 次;发生次数最少的区域主要在山区西部涉县的西南部、平原地区南部的魏县南部,其中涉县神头乡发生次数为 0,涉县河南店镇发生次数为 1 次。

75% 分位数阈值为 36.1 mm,由图 2(c)可以看出,雨强  $R \geq 36.1 \text{ mm/h}$  的降水在山区涉县与磁县交界处及平原地区的永年区东南部、曲周县东南部、馆陶县南部等区域出现次数较多,其中磁县陶泉乡仍为发生次数最多的站点,为 14 次,其次仍为城区内丛台区南沿村镇,为 13 次,涉县西达镇为 11 次;最少发生区域则主要出现在山区的涉县西部及平原地区的南部区域,尤以涉县西南部及魏县南部最少,其中有 9 个站点发生次数为 0,27 个站点发生次数为 1 次,38 个站点发生次数为 2 次。

95% 分位数阈值为 56.5 mm,从图 2(d)中可以发现,雨强  $R \geq 56.5 \text{ mm/h}$  的降水在山区涉县与磁县交界处、平原地区西南部及北部区域发生次数较多。2016—2021 年全市共发生 145 站次,站均小于 1 次。发生次数超过 3 次的站点共有 3 个,其中平原站 1 个,山区站 2 个,分别为城区内丛台区南沿村镇(5 次)和涉县合漳乡(4 次)、关防乡(4 次)。

99% 分位数阈值为 80.4 mm,由图 2(e)可知,2016—2021 年雨强  $R \geq 80.4 \text{ mm/h}$  的降水在全市仅发生 40 站次,且分布相对分散。其中平原地区的

馆陶县房寨镇、永年区广府镇及城区内丛台区南沿村镇均为 2 次,其余 37 个站点均为 1 次。城区所有站点则均未发生。

99.5% 分位数阈值为 94.9 mm,由图 2(f)可知,2016—2021 年雨强  $R \geq 94.9 \text{ mm/h}$  的极端强降水在全市仅出现过 19 个站次。其中平原地区的永年区广府镇及城区内丛台区南沿村镇均为 2 次,其余 17 个站点均为 1 次。城区所有站点则均未发生。

### 3.2 夏季短时强降水次数时间分布及雨强空间分布

3.2.1 年际分布 2016—2021 年邯郸市夏季短时强降水不同区域站点年均发生次数统计见图 3。由图 3 统计结果可知,2016—2021 年邯郸市全市夏季短时强降水站点平均发生 2.7 次,大于 3 次的站点主要分布在山区的东部区域及平原地区的北部区域。2016 年山区站均发生次数最多,为 6.1 次,远高于平原地区的 3.7 次,2016 年也是城区在研究时段内夏季短时强降水站均发生次数最多的年份,为 5.9 次;其次为 2021 年,山区站均发生次数为 5.9 次,城区为 5.8 次,平原地区为 4.5 次;2020 年发生短时强降水的主要区域产生变化,平原地区站均发生次数为 3.2 次,是山区站均发生次数的 2 倍,城区为 2.3 次;2017—2019 年山区和平原地区夏季短时强降水站均发生次数相差不大。

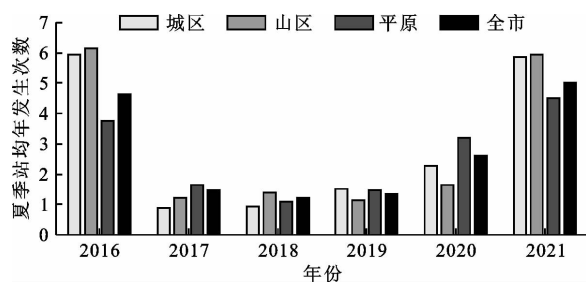


图 3 2016—2021 年邯郸市夏季短时强降水不同区域站点站均发生次数

综上所述可知,2016、2021 年邯郸市夏季短时强降水主要发生在山区,2020 年则主要发生在平原地区,研究时段内其他年份不同区域发生次数相当。

2016—2021 年邯郸市夏季最大雨强和短时强降水平均雨强的空间分布见图 4。由图 4(a)可见,邯郸市最大雨强大值区主要分布在山区中南部及平原地区的北部、西南部区域,局部存在差异。其中,山区最大雨强发生在磁县陶泉乡(123.1 mm/h),平原地区最大雨强发生在鸡泽县风正乡(125.2 mm/h),城区最大雨强则普遍低于 60 mm/h;短时强降水平均雨强空间分布(图 4(b))与最大雨强空间

分布(图4(a))大致相同,短时强降水平均雨强大值区主要分布在山区北部、南部及平原地区的北部、西南部区域,其中,山区短时强降水平均雨强最大值

发生在峰峰矿区大峪镇(41.9 mm/h),平原地区短时强降水平均雨强最大值发生在鸡泽县曹庄乡(39.4 mm/h)。

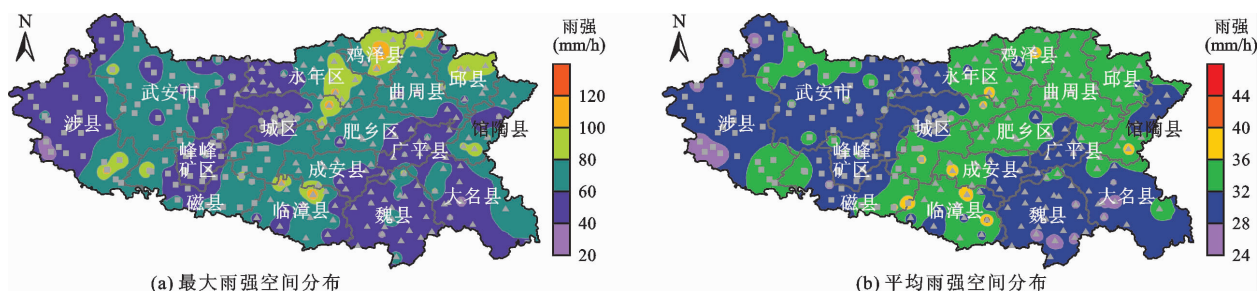


图4 2016—2021年邯郸市夏季最大雨强和短时强降水平均雨强空间分布

3.2.2 月分布 2016—2021年邯郸市夏季短时强降水主要集中在7—8月份,其中7月份短时强降水站均发生次数最多,为9.4次;8月份次之,为5.4次;6月份最少,为1.4次。山区、平原地区、城区发生规律与全市相同,其中6月份城区发生次数最多,为2次;7月份山区发生次数最多,为11.7次;8月份则为平原地区最多,为5.9次。

通过分析夏季6—8月份逐月最大雨强和短时强降水平均雨强的分布情况可知,6月份最大雨强及平均雨强的大值区分布较为一致,主要分布在平原地区的临漳县南部区域,最大雨强达58.6 mm/h,平均雨强为28.1 mm/h;7月份的分布情况与夏季6—8月份的分布情况(图4)大致相同,最大雨强大值区主要分布在山区中南部及平原地区的北部、西南部区域,局部存在差异,最大雨强达125.2 mm/h,平均雨强为32.7 mm/h;8月份最大雨强及平均雨强的大值区分布较为一致,主要分布在平原地区的永年区东部和临漳县东北部,最大雨强达124.9 mm/h,平均雨强为31.1 mm/h。

综上分析可知,7月份为夏季中最大雨强及短时强降水平均雨强最大的月份,在空间上与夏季6—8月份的分布情况大致相同。

3.2.3 旬分布 2016—2021年邯郸市夏季短时强降水站均发生次数统计见图5。图5表明,邯郸全市夏季短时强降水主要集中在7月上旬至8月中旬,占整个夏季总发生次数的89.0%,7月中旬至8月中旬占81.9%。2016—2021年邯郸市夏季短时强降水共发生3428次,其中7月中旬发生站次最多,为1356次,占整个夏季总数的32.4%。从山区和平原地区分布来看,7月中旬至8月上旬山区站均发生次数均高于平原地区,以7月中、下旬尤为突出,7月下旬山区站均发生次数为4.4次,为平原地

区的2倍;6月全月、7月上旬及8月中、下旬则为平原地区站均发生次数高于山区,以8月中、下旬尤为突出,超过山区站均发生次数的2倍以上。城区夏季各旬短时强降水站均发生次数的变化与山区基本相似。

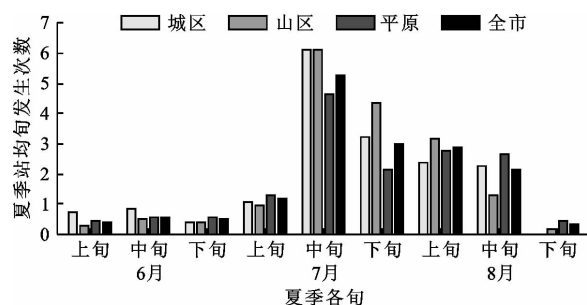


图5 2016—2021年邯郸市夏季短时强降水不同区域站均发生次数

进一步分析2016—2021年7月中旬至8月中旬的最大雨强和短时强降水平均雨强的空间分布情况,其中7月中旬的空间分布如图6所示。由图6可以看出,7月中旬最大雨强主要分布在山区的中南部及平原地区的东北区域,弱降水区域主要分布在山区西部的涉县西部及平原地区南部的魏县(图6(a));平均雨强的大值区则主要分布在山区与平原地区交汇区域的南部以及平原地区的北部和东部(图6(b))。7月下旬(图略)最大雨强大值区主要分布在山区西部、山区与平原交汇区域的南部以及平原地区的东南部;平均雨强的大值区则主要分布在平原地区的北部。8月上旬(图略)最大雨强的大值区主要分布在山区和平原地区的中部区域,尤以平原地区的永年区东部和临漳县东北部为主;平均雨强与最大雨强的分布状况较为一致。8月中旬(图略)最大雨强及平均雨强的大值区主要分布于平原地区的东北区域。

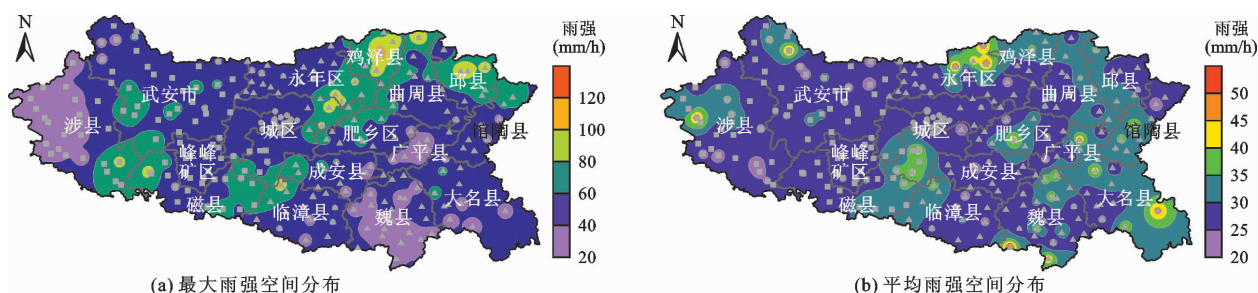


图6 2016—2021年7月中旬邯郸市最大雨强和短时强降水平均雨强空间分布

3.2.4 日内变化特征 2016—2021年邯郸市不同区域夏季短时强降水次数日内不同时刻变化特征见图7。

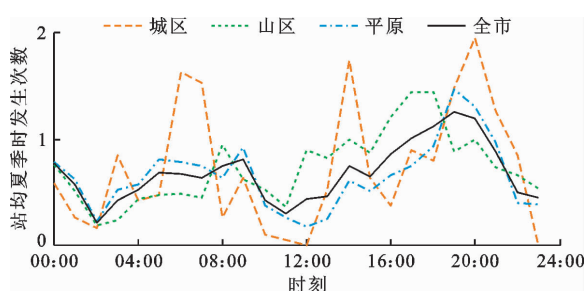


图7 2016—2021年夏季邯郸市不同区域短时强降水次数日内不同时刻变化特征

由图7可见,邯郸市夏季短时强降水全市站均次数在日内不同时刻变化显著,表现出“双峰型”特征,站点平均发生次数最多的时刻为17:00—21:00时(19:00—20:00时达到峰值),其次为5:00—9:00时;山区和平原地区站均发生次数日内变化规律与

全市相似,不同的是山区发生次数最多的时刻为16:00—18:00时,平原地区偏晚,为18:00—21:00时,由图7还可以看出,平原地区夜间段站均发生次数要大于山区,而白天段则相反;城区夏季短时强降水次数日内变化具有“三峰型”特征,站均发生次数最多的时刻为19:00—21:00时,其次为14:00时,再次为6:00—7:00时。

进一步分析2016—2021年夏季邯郸市短时强降水17:00—21:00时和5:00—9:00时(即日内峰值时段)发生次数的空间分布,结果如图8所示。图8表明,17:00—21:00时短时强降水主要出现在山区的北部和南部区域以及平原地区的西北部区域,其中武安市部分地区发生次数超过12次,该时段发生次数较少的区域主要在山区的涉县西南部和平原地区的东北部;5:00—9:00时短时强降水则主要出现在山区的中部、南部区域以及平原地区的中部靠北区域,其中馆陶、曲周、广平三县交汇区域达6次以上,该时段发生次数较少的区域主要分布在山区西部。

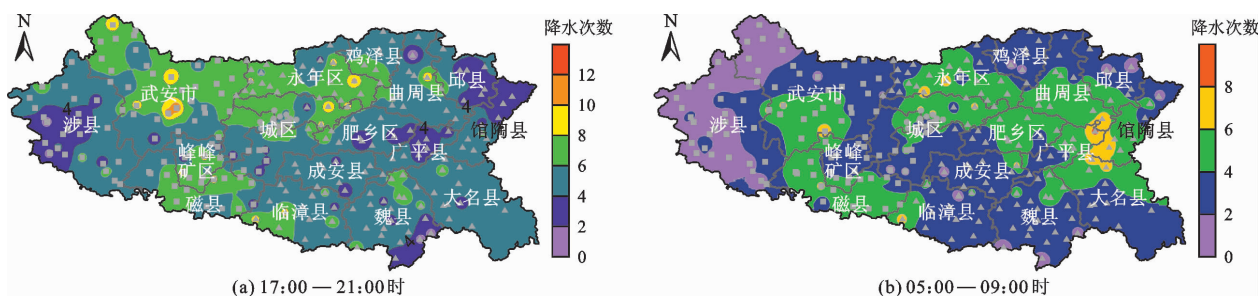


图8 2016—2021年夏季邯郸市短时强降水日内峰值时段发生次数空间分布

### 3.3 短时强降水发生站次

3.3.1 日发生累计站次 2016—2021年邯郸市夏季共计188个短时强降水日,其中,2016年7月19日发生短时强降水的站次最多,累计达397站次,其次为2021年7月11日,发生短时强降水累计365站次,在发生站次较少的短时强降水日中,部分日期仅发生1个站次。图9为2016—2021年夏季邯郸市不同区域短时强降水日发生站次百分比,由图9可

知,全市夏季单日发生短时强降水1、2、3、4~6、7~10、11~20、21~30站次和不少于31站次的百分比分别为22.9%、9.0%、8.5%、6.9%、12.2%、17.0%、8.5%和15.0%,表明全市单日1个站点发生短时强降水的概率最高,其次为11~20个站次;平原地区夏季单日发生短时强降水的规律与全市相同;山区与城区发生规律类似,即单日发生1站次最多,其次为7~10站次,其他单日发生站次相当。

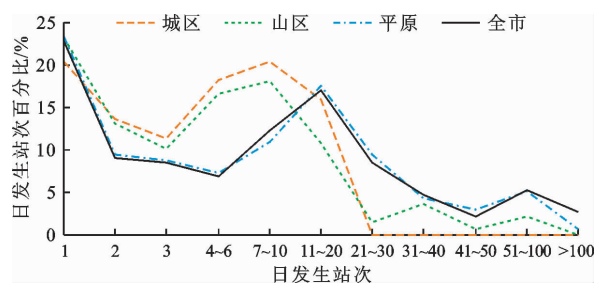


图9 2016—2021年夏季邯郸市不同区域短时强降水日发生站次百分比

3.3.2 时发生站次 2016—2021年邯郸市夏季共计690个短时强降水时,其中单站出现短时强降水的百分比最高,占34.1%,其次为4~6站次,为15.9%,再次为2站次,为14.1%(图略);山区、平原、城区与全市相同。

## 4 讨论

在全球气候变暖背景下,2016—2021年邯郸市夏季短时强降水具有明显的年变化,但由于邯郸地区属于温带大陆性季风气候区,夏季短时强降水各年份旬发生时段基本一致,主要集中在7月中旬至8月中旬,这一现象与张功文等<sup>[25]</sup>的研究较为一致,其研究同时指出7月短时强降水主要发生在平原地区的东北部区域,而本文研究表明7月短时强降水主要分布在山区中南部以及平原地区的北部、西南部区域。由于2015年对邯郸市区域自动雨量站进行了较大的调整及新增,本文研究的站点为257个,比文献<sup>[25]</sup>研究的149个站点有大幅增加,而短时强降水具有明显的区域性分布特征,因此本研究结果更具有代表性,同时本研究对邯郸市夏季短时强降水日变化规律研究得更为细致,并基于排序法确定了夏季短时强降水的小时雨量阈值等。

本文的研究结论可在一定程度上加深对邯郸市夏季短时强降水的了解和认知,但邯郸市所处地区尤其是西部山区的地势、地貌较为复杂,今后雨量站点的设置会更加密集与合理,研究成果会更加精细,从而为政府的精细化决策及抗洪防灾减灾等提供更为精准的服务。

## 5 结论

本文选用邯郸市257个气象观测站2016—2021年夏季的地面逐小时降水资料,统计分析邯郸市夏季短时强降水的时空分布及变化特征,主要结论如下:

(1)2016—2021年邯郸市夏季短时强降水站均发生16.3次,其中山区站均发生17.5次,平原地区站均发生15.6次;平原地区雨强极值为125.2 mm/h(鸡泽县风正乡),山区雨强极值为123.1 mm/h(磁县陶泉乡)。

(2)2016—2021年夏季邯郸市平原地区的不同分位数对应小时雨量阈值均高于全市,而山区则均低于全市;全市夏季短时强降水小时雨量的50%、75%、95%、99%、99.5%分位数阈值分别为27.8、36.1、56.5、80.4、94.9 mm。邯郸市夏季短时强降水发生总次数的大值站点主要分布在山区中东部、南部及平原地区的北部区域,发生次数较少的区域主要在山区西部的涉县西部、平原地区中南部的成安县周边及魏县东南部。

(3)2016、2021年邯郸市夏季短时强降水主要发生在山区,2020年则主要发生在平原地区;2016—2021年邯郸市夏季短时强降水的最大雨强与平均雨强的空间分布较为一致,大值区均主要分布在山区中南部及平原地区的北部、西南部区域,局部存在差异;短时强降水主要集中在7月中旬至8月中旬,7月中、下旬以山区站均发生次数最多,8月中、下旬则以平原地区站均发生次数最多。

(4)2016—2021年邯郸市夏季短时强降水全市站均次数在日内不同时刻变化显著,表现为“双峰型”特征,主要集中于17:00—21:00时,其次集中于5:00—9:00时,其中17:00—21:00时短时强降水主要出现在山区的北部、南部区域及平原地区的西北部区域;5:00—9:00时短时强降水则主要出现在山区的中部、南部区域及平原地区的中部靠北区域。分区域来看,山区短时强降水多出现在16:00—18:00时,平原地区则多出现在18:00—21:00时;城区短时强降水站均次数日内不同时刻变化具有“三峰型”特征,最易出现在19:00—21:00时。

(5)2016—2021年邯郸市夏季共计188个短时强降水日、690个短时强降水时,全市中单日1个站点发生短时强降水的概率最高,其次为11~20个站次;发生短时强降水的时次中以单站发生为主,其次为4~6站次,再次为2站次。

### 参考文献:

- [1] TAN Xuezh, WU Xinxin, LIU Bingjun. Global changes in the spatial extents of precipitation extremes[J]. Environmental Research Letters, 2021, 16(5): 054017.
- [2] 孔 锋,史培军,方 建,等. 全球变化背景下极端降水时空

- 格局变化及其影响因素研究进展和展望[J]. 灾害学, 2017, 32(2): 165-174.
- [3] 陈星任, 杨岳, 何佳男, 等. 近 60 年中国持续极端降水时空变化特征及其环流因素分析[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(9): 2068-2081.
- [4] 刘裕辉, 刘惠英, 卢怡诗. 赣江上游章水流域极端降水时空变化特征[J]. 水资源与水工程学报, 2020, 31(2): 65-73+80.
- [5] 贺冰蕊, 翟盘茂. 中国 1961-2016 年夏季持续和非持续性极端降水的变化特征[J]. 气候变化研究进展, 2018, 14(5): 437-444.
- [6] 卢珊, 胡泽勇, 王百朋, 等. 近 56 年中国极端降水事件的时空变化格局[J]. 高原气象, 2020, 39(4): 683-693.
- [7] 薛媛, 薛晓萍. 极端降水与干旱同步频发的研究进展[J]. 海洋气象学报, 2022, 42(1): 61-73.
- [8] 谭畅, 孔锋, 郭君, 等. 1961-2014 年中国不同城市化地区暴雨时空格局变化——以京津冀、长三角和珠三角地区为例[J]. 灾害学, 2018, 33(3): 132-140.
- [9] 张正涛, 崔鹏, 李宁, 等. 武汉市“2016.07.06”暴雨洪涝灾害跨区域经济波及效应评估研究[J]. 气候变化研究进展, 2020, 16(4): 433-441.
- [10] 周月华, 彭涛, 史瑞琴. 我国暴雨洪涝灾害风险评估研究进展[J]. 暴雨灾害, 2019, 38(5): 494-501.
- [11] 符娇兰, 马学款, 陈涛, 等. “16·7”华北极端强降水特征及天气学成因分析[J]. 气象, 2017, 43(5): 528-539.
- [12] 陈勇, 吴雨蒙. 突发自然灾害事件中的网络舆情时空演化分析——以新浪微博“郑州 7·20 特大暴雨”事件为例[J]. 声屏世界, 2022(3): 8-12.
- [13] 温家洪, 董强. 风险管理人人有责: 郑州暴雨灾难的启示[J]. 气候变化研究进展, 2021, 17(6): 752.
- [14] 曹经福, 杨艳娟, 郭军, 等. 天津市短时暴雨雨型时空分异及其对城市内涝的影响[J]. 气象与环境学报, 2021, 37(4): 114-121.
- [15] 赵海军, 曹洁, 潘玲, 等. 2007-2019 年山东省短时强降水时空分布特征[J]. 海洋气象学报, 2021, 41(2): 149-155.
- [16] 刘媛媛, 郑敬伟, 刘洪伟, 等. 极端大暴雨对城市防洪的警示和思考[J]. 中国防汛抗旱, 2021, 31(9): 21-24.
- [17] 卢书梅, 杨传国, 谷黄河. 1959-2018 年山东省降水时空分布特征与洪旱演变规律[J]. 水资源与水工程学报, 2020, 31(6): 60-66.
- [18] 陈炯, 郑永光, 张小玲, 等. 中国暖季短时强降水分布和日变化特征及其与中尺度对流系统日变化关系分析[J]. 气象学报, 2013, 71(3): 367-382.
- [19] 韩函, 吴昊旻, 黄安宁. 华北地区夏季降水日变化的时空分布特征[J]. 大气科学, 2017, 41(2): 263-274.
- [20] 周玉都, 许敏, 赵玮, 等. 2005-2019 年河北省小时降水时空分布特征[J]. 气象科技, 2021, 49(6): 885-896.
- [21] 苗运玲, 宫恒瑞, 王健, 等. 2012-2019 年乌鲁木齐市夏季降水日变化特征[J]. 干旱区地理, 2021, 44(5): 1222-1230.
- [22] 王颖, 刘丹妮, 张玮玮, 等. 2004-2016 年浙江省夏季降水的日变化特征[J]. 干旱气象, 2019, 37(1): 1-9.
- [23] 杜亮亮, 周雪英, 赵有谱, 等. 河北邯郸地区极端降水指数气候特征及其与降水量、气温的关系[J]. 干旱气象, 2017, 35(6): 968-974+1003.
- [24] 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.
- [25] 张功文, 董方亮, 谢祥永. 基于区域自动站资料的邯郸市夏季短时强降水分布研究[J]. 现代农业科技, 2016(14): 205-207+220.

(上接第 24 页)

- [47] 杨凤海, 郭欣欣, 高凤杰, 等. 基于 DEM 聚焦分析的旬平均气温与地面高程的相关性定量研究[J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(6): 37-40.
- [48] 袁淑杰, 谷晓平, 缪启龙, 等. 基于 DEM 的复杂地形下平均气温分布式模拟研究——以贵州高原为例[J]. 自然资源学报, 2010, 25(5): 859-867.
- [49] 占龙飞, 张传江, 胡菊芳, 等. 基于 DEM 的复杂地形气温空间插值研究[J]. 气象与减灾研究, 2018, 41(1): 57-62.
- [50] 聂欣, 吴良林, 赵玲. 利用 DEM 数据分析山区气温[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(5): 2187-2188.
- [51] 张蕾, 刘晓, 马占山. 基于温度梯度修正的气温插值方法研究——以山东省为例[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(6): 3055-3057.
- [52] 李军, 游松财, 黄敬峰. 中国 1961-2000 年月平均气温空间插值方法与空间分布[J]. 生态环境, 2006, 15(1): 109-114.
- [53] 游松财, 李军. 海拔误差影响气温空间插值误差的研究[J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 140-144+157.
- [54] SUN Ranhao, ZHANG Baiping. Topographic effects on spatial pattern of surface air temperature in complex mountain environment[J]. Environmental Earth Sciences, 2016, 75: 621.