

田晓璐,马月枝,朱枫. 新乡市短时强降水特征分析[J]. 陕西气象,2022(1):35-40.

文章编号:1006-4354(2022)01-0035-06

新乡市短时强降水特征分析

田晓璐,马月枝,朱枫

(新乡市气象局,河南新乡 453003)

摘要:利用2011—2020年5—9月新乡市国家级自动气象站逐小时降水量观测数据,对新乡市短时强降水的时空分布特征及过程发生前的环境背景场进行分析,结果表明:新乡市短时强降水空间分布与局地地形关系密切,短时强降水频次和极值雨强均呈现由西至东递减的趋势。短时强降水频次年变化差异显著,多的年份可达52次,少的年份仅3次,月变化呈单峰型,7月最大,极值雨强、短时强降水日数的年、月变化趋势与短时强降水频次一致;短时强降水频次最多出现在午后到傍晚,但极值雨强易出现在凌晨。新乡市短时强降水概念模型分别为副高边缘型、低槽型、华北低涡型、东北低涡槽后型、切变型,其中,副高边缘型占比最多,多发生在7月—8月中旬,低槽型常产生小范围短时强降水,主要出现在6—8月,华北低涡型以大范围短时强降水为主,主要出现在7月,东北低涡槽后型对流特征最为明显,6月上旬多发,切变型较少出现,主要出现在7月下旬至8月上旬。

关键词:短时强降水;时空分布特征;概念模型;新乡市

中图分类号:P468

文献标识码:A

短时强降水是强对流天气之一,具有突发性强、历时短、雨强大等特征,往往造成城市渍涝,并对农业生产、交通运输等带来严峻考验。新乡市北依太行,南濒黄河,山区占市域总面积22%,海拔高度差约1700m,高差明显。汛期期间短时强降水频繁,局地暴雨时有发生。如2016年7月9日凌晨至上午,新乡市中西部突发特大暴雨,新乡市市区与辉县均出现连续7h雨强超过20mm/h的强降水,最大小时雨量高达111.1mm/h。据新乡市民政局统计,受强降水影响,全市50多万人受灾,因灾死亡1人,直接经济损失超过17亿元。复杂的地形导致新乡市降水不均匀性尤为突出,更增加了短时强降水的预报难度,亟待进一步探讨分析。近年来,随着观测资料的丰富以及中尺度数值模式的广泛应用,国内许多学者对短时强降水的时空分布特征、环流形势和环境参数等方面做了不少分析研究^[1-3]。张一平等^[4]对淮河

上游短时强降水过程进行了中尺度天气分析和物理量场诊断,总结了4种天气学概念模型。候凯等^[5]分析了沙澧河流域共13年的短时强降水过程,得到了该流域短时强降水的时空分布特征,并提炼出对短时临近预报有指示意义的指标。沈澄等^[6]对南京市短时强降水过程归纳整理后发现,热岛效应造成短时强降水空间分布具有明显的城郊差异。王玉龙等^[7]通过统计分析,得出了东营市不同范围、不同类型短时强降水的环境参量。李萍云^[8]、张建康等^[9]通过研究总结了陕西省降水频次和极值雨强的时空分布特点,以及黄土高原短时强降水的时空分布与环流特征。在实际工作中,由于短时强降水可预报时效短、局地性强,其预报一直是业务中的难点与重点。本文利用2011—2020年新乡市逐小时降水资料,对短时强降水的时空分布特征进行提炼,并结合环境背景场资料,归纳短时强降水概念模型。通过研究,旨

收稿日期:2021-03-01

作者简介:田晓璐(1988—),女,汉族,河南新乡人,硕士,工程师,主要从事短期天气预报工作。

基金项目:新乡市气象局自立项目“新乡市短时强降水特征及概念模型研究”(xx201804)

在提高新乡市短时强降水天气的预报服务能力,减少此类型天气造成的各类损失。

1 资料和方法

所用资料包括 2011—2020 年 5—9 月的 MICAPS 常规高空、地面观测资料,新乡市境内 8 个国家级自动气象站逐小时降水量观测数据。

根据中国气象局《全国临近预报业务规定》,短时强降水过程的标准为 1 h 降水量 ≥ 20 mm。参照此规定,定义降水从开始至结束出现 1 个站点 1 h 降水量 ≥ 20 mm,为 1 次短时强降水;某个统计时段内短时强降水出现的总次数,为短时强降水频次;前一日 20 时至当日 20 时,至少有 1 个站点出现 1 h 降水量 ≥ 20 mm,为 1 个短时强降水日。按出现短时强降水站数的多少,分为局地性短时强降水(仅有 1 站出现)、小范围短时强降

水(2~3 站出现)和大范围短时强降水(≥ 4 站出现)。

2 短时强降水特征分析

2.1 空间分布特征

新乡市处在太行山南麓与华北平原结合地带,地势自西北至东南呈阶梯下降,高差显著。受复杂地形影响,各站降水量差异明显。分析 2011—2020 年 5—9 月新乡市 8 个国家级自动气象站的短时强降水频次可以发现(图 1a),总体特征呈西部多,东部少。位于太行山区的辉县降水频次最多,为 31 次,获嘉次之,为 27 次,原阳则是低值区。由极值雨强分布情况可知(图 1b),辉县、新乡市区为大值区。极值雨强达 111.1 mm/h,位于辉县。东南部为明显的低值区,极值雨强在 50 mm/h 左右。

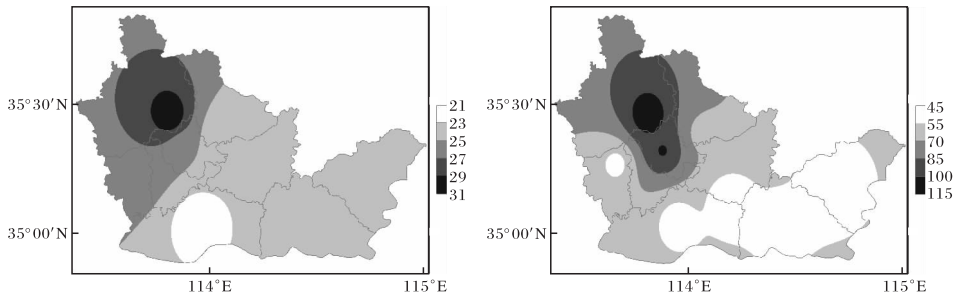


图 1 2011—2020 年新乡市短时强降水频次(a,单位为次)和极值雨强(b,单位为 mm/h)分布特征(审图号为 GS(2019)3266 号)

可见,近 10 a 新乡市短时强降水空间分布不均,降水频次和极值雨强呈现由西至东递减的趋势,且最大值均集中在辉县,这与地形的关系密不可分。大量研究表明,地形的陡然变化容易在天气系统内部产生局地的异常天气^[10-11],通常山脉的东南迎风坡降水偏多^[12]。新乡市辉县北部为近似两面环山的直角地形,其西北至东北部均为太行山脉。夏季新乡市低空盛行西南风至偏东风,向山脉迎风坡吹送的暖湿气流受地形抬升时,产生的上升运动极易引发不稳定层结的建立,导致中小尺度对流系统不断在山区附近触发。其次,地形影响给予气流的气旋性曲率容易为中尺度低涡或辐合线的发展创造有利条件,造成系统进一步加强。此外,山区下垫面特征复杂,由于受热不均,容易在近地层形成绝对不稳定层结,导致

午后至傍晚在山区时常出现对流天气。

2.2 时间变化特征

2.2.1 年变化 统计 2011—2020 年 5—9 月新乡市 8 个站的降水过程后发现,短时强降水最早出现在 5 月 15 日(2018 年),最晚出现在 9 月 13 日(2016 年)。短时强降水频次累计 199 次,每年平均 19.9 次,每站每年平均 2.5 次。如图 2 所示,2016 年最多,为 52 次,2011 年最少,为 3 次,年际差异较大。近 10 a 新乡市短时强降水极值雨强的波动变化趋势与降水频次相似,最大值出现在 2016 年,最小值出现在 2011 年,说明降水频次多的年份往往极值雨强较强。值得一提的是,2016 年 7 月 9 日、7 月 19 日新乡市接连出现大范围特大暴雨,短时强降水频次共计 33 次,造成 2016 年降水频次较常年明显偏多。此外,7 月 9

日的极值雨强达 111.1 mm/h,突破了新乡市 8 个国家自动气象站建站以来的小时降雨量极值。

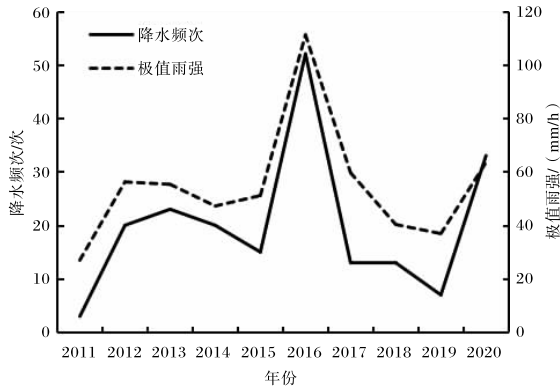


图2 2011—2020年新乡市短时强降水频次和极值雨强年变化特征

据统计,新乡市近 10 a 短时强降水日数共计 89 d。2016 年总日数最多,累计 13 d,2011 年最少为 3 d,年际差异明显。其中,局地性短时强降水日数为 50 d,占短时强降水总日数的 56%,小范围短时强降水日数为 31 d,占 35%,大范围短时强降水日数为 8 d,占 9%。

可见,近 10 a 新乡市短时强降水年变化差异明显,降水频次、极值雨强均呈现波动变化趋势。2016 年降水频次最多,极值雨强最大。此外,新乡市以局地性短时强降水为主,短时强降水范围越大,出现的日数越少。

2.2.2 月变化 由图 3 可知,近 10 a 新乡市短时强降水频次的月变化呈单峰型,6—8 月为主要集中时段,其中 7 月最多,达 102 次,占 51%,8 月减少为 51 次,占 26%,进入 9 月迅速减少,仅 7 次。极值雨强的月变化同样呈单峰型特征,6 月为 52.3 mm,7 月快速增加到 111.1 mm,8 月回落至 63.5 mm。可见,7 月为新乡市短时强降水最为活跃的时段,短时强降水频次和极值雨强均为全年最多,8 月、6 月次之。

统计 2011—2020 年新乡市短时强降水日数的月变化发现,5 月主要为局地性短时强降水,且出现日数较少,仅 3 d。6 月局地性短时强降水迅速增加,小范围短时强降水也呈增加趋势,分别为 11 d、8 d。7 月进入全年降水多发时段,局地性、

小范围、大范围短时强降水日数分别为 18 d、11 d、6 d。8 月仍以局地性、小范围短时强降水为主,分别为 16 d、10 d,大范围短时强降水减少到仅有 1 d。9 月短时强降水日数骤减,仅出现局地性、小范围短时强降水各 2 d。可见,新乡市短时强降水在 6—8 月出现概率最大,为主汛期,5 月、9 月相对较少。

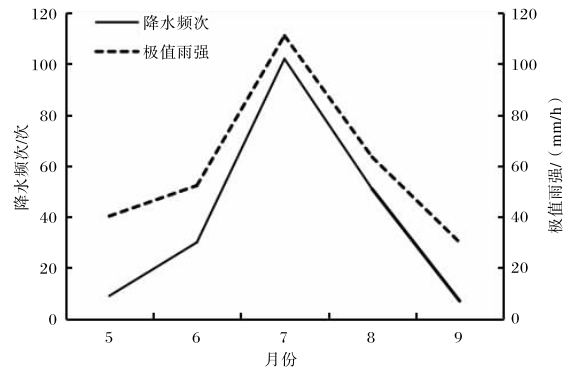


图3 2011—2020年新乡市短时强降水频次和极值雨强月变化特征

短时强降水的发生与大气环流密切相关,5 月夏季风建立,暖湿气流输送加强,新乡市对流开始发展。6 月平均气温明显升高,受太阳辐射影响,午后近地面快速增温。而东北冷涡在春末、夏初活动最为频繁,其后部常常有横槽、下滑槽等中高层扰动携带冷空气沿西北气流下滑,在新乡市上空造成上冷下暖的不稳定层结,局地性、小范围对流天气发生概率迅速升高。7—8 月,副高西进北抬,其外围来自太平洋的西南暖湿气流不断地向新乡市上空输送,导致中低层大气不稳定能量明显增强;因此,当有低槽、低涡、切变线移入时,极易触发对流^[13],加之有低空急流相配合,降水效率会大大提高,易出现大范围短时强降水。9 月开始副高南落,新乡市上空不稳定能量降低,短时强降水概率迅速减少。

2.2.3 日变化 由图 4 可知,新乡市短时强降水频次的日变化具有双峰型特征,次峰发生在子夜至凌晨(00—05 时),共出现 53 次,占 26.6%。06 时之后,短时强降水频次缓慢减少,11—14 时降至低谷。14 时之后降水频次突增,主峰出现在午后至傍晚,15—21 时为短时强降水易发时段,共

出现 89 次,占 44.7%。分析不同时次的极值雨强发现,其变化趋势呈双峰型,主峰出现在清晨(04—08 时),次峰出现在午后至傍晚(14—20 时)。

可见,新乡市午后至傍晚易发生短时强降水,其次是子夜至凌晨。造成短时强降水日变化明显的主要原因是:午后受太阳辐射影响,地面快速增温,绝对不稳定层结逐渐形成,大气对流活跃,常出现局地热对流;而入夜后降水频次再度增加,与低空急流加强有关。研究表明^[14],低空急流的日变化在凌晨达到最强,有利于入夜后雨势加大。极值雨强主峰出现在清晨且异常偏高的原因是:2016 年 7 月 9 日受华北低涡及台风尼伯特外围东南气流影响,新乡市出现罕见特大暴雨。超低空急流将充沛的水汽持续输送至新乡市上空,并在太行山前迎风坡辐合抬升,中尺度对流系统长时间维持,进而造成极端强降水。此外,该降水极值出现在降水频次相对较少的时段,也说明短时强降水具有突发性。

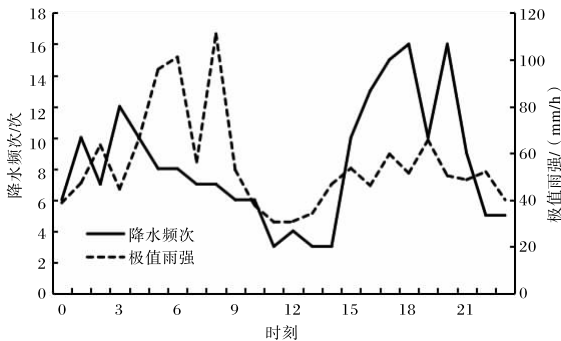


图 4 2011—2020 年新乡市短时强降水频次和极值雨强日变化特征

3 短时强降水概念模型

有利的大尺度环流背景往往会产生短时强降水。考虑局地性短时强降水影响系统不明显,不利于归纳分析,在建立概念模型时剔除了单站短时强降水个例,集中分析 2 站以上的小范围和大范围短时强降水个例共 37 个。以 500 hPa 天气形势为主,700 hPa 和 850 hPa 为辅,对过程发生前的环境背景场进行分析。通过归类比较,将新乡市短时强降水发生的天气系统分为 5 种类型,分别为:副高边缘型 16 次,占 43%;低槽型 8 次,占 22%;华北低涡型 6 次,占 16%;东北低涡槽后

型 5 次,占 14%;切变型 2 次,占 5%。

3.1 副高边缘型

副高边缘型是新乡市出现短时强降水的最主要天气类型,累计 16 次,其中大范围降水过程 3 次,多发于盛夏 7 月至 8 月中旬。其环流特征表现为(图 5a),500 hPa 天气图上 588 dagpm 线呈东西向或东北西南向带状分布,北部边缘位于 30°N 以北,西边界位于 115°E 以西。河套地区附近多有低槽东移,新乡市受槽前西南气流和副高边缘共同影响,具备充分的水汽条件和热力条件。700 hPa、850 hPa 同样处于一致的西南气流中,并常伴有低空急流,新乡市位于急流出口区左侧的显著湿区中。当低槽东移并携带冷空气侵入时,极易在副高边缘的高温高湿区内触发短时强降水。

3.2 低槽型

低槽型累计 8 次,以小范围降水过程居多,大范围仅 1 次,6—8 月均有出现。当中纬度有低槽东移,且副高主体偏南、偏东,588 dagpm 线北部边缘位于 30°N 以南,西边界位于 115°E 以东时,产生的短时强降水归类为低槽型。该类型环流特征表现为(图 5b),500 hPa 天气图上,河套地区至四川盆地有低槽东移,且径向度较大,其后部有冷平流补充,使低槽不断发展。当东部海面有稳定的高压脊时,常对低槽东移起阻挡作用,导致低槽移动缓慢并持续加深。700 hPa、850 hPa 多伴有东西向暖式切变线以及低空急流。深厚的槽前西南气流与低空急流相配合,向新乡市上空输送了大量的水汽和热量。短时强降水落区通常位于 700 hPa、850 hPa 切变线之间,低空急流出口区附近。

3.3 华北低涡型

华北低涡型累计 6 次,其中大范围降水过程 4 次,主要发生在 7 月中旬至下旬。值得一提的是,新乡市近 10 a 大范围降水过程共 8 次,华北低涡型占 50%,可见该类型是新乡市大范围降水过程的主要天气系统。研究表明,冷涡背景下的短时强降水 7 月达到最大值^[15]。低涡东南部具有较强的局地正涡度变化,强降水区对应深厚的正涡度,辐合上升剧烈;而此时恰逢副高第二次季

节性北跳,新乡市处于副高边缘,东南季风、西南季风源源不断地带来暖湿气流,水汽条件充沛。因此,当新乡市位于低涡东南部时,极为有利的水汽和动力条件相配合,往往导致大范围短时强降水。其环流特征表现为(图 5c):500 hPa 天气图上 $110^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 、 $35^{\circ}\text{N}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 区间有低涡,新乡市位于低涡东南方的上升运动区,低涡中心附近有冷平流配置。700 hPa、850 hPa 低涡与 500 hPa 低涡相距较近。850 hPa 常有低空急流存在,新乡市位于急流左前端的水汽通道上。分析温度场发现,河南上空有暖脊,850 hPa 和 500 hPa 温差为 $25\sim 28^{\circ}\text{C}$ 。高空冷平流叠加在低层暖脊上空,造成层结不稳定加大,低涡东南部的上升运动使不稳定能量得以释放,有利于短时强降水发生。

3.4 东北低涡槽后型

东北低涡槽后型累计 5 次,均为小范围短时强降水,6 月上旬多发。环流特征表现为(图 5d):500 hPa 天气图上 $120^{\circ}\text{E}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 、 $40^{\circ}\text{N}\sim 55^{\circ}\text{N}$ 范围内存在一低涡,低涡后部 $110^{\circ}\text{E}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 、 $40^{\circ}\text{N}\sim$

42°N 为一横槽,蒙古国延伸至贝湖附近为一高压脊,新乡市位于脊前西北气流中。分析 500 hPa 24 h 变温发现,华北地区降温达 $-4\sim -1^{\circ}\text{C}$,并有冷槽对应,同时,700 hPa 对应 24 h 负变温区及冷槽,说明中高层干冷特征明显。850 hPa 有湿舌向北部延展,同时在河南上空伴有暖脊。暖湿气流向北输送,铺垫在 500 hPa 冷平流下方,造成温度差动平流的结果,形成不稳定层结。东北低涡不断旋转过程中,后部的横槽携带干冷空气沿西北气流南下,与低层暖湿空气交汇,造成强烈的辐合上升运动。此类型短时强降水发生时,常伴有雷电、短时大风及局地冰雹等强对流天气。

3.5 切变型

切变型出现次数较少,仅有 2 次,均为小范围降水过程,分别出现在 7 月下旬、8 月上旬。分析这 2 次过程的环流特征发现(图 5e),降水发生前,副高位置偏北,强度偏强,与大陆高压连为一体,控制我国中东部大部分地区。之后副高与大陆高压断裂,新乡市位于两高压之间的切变辐合

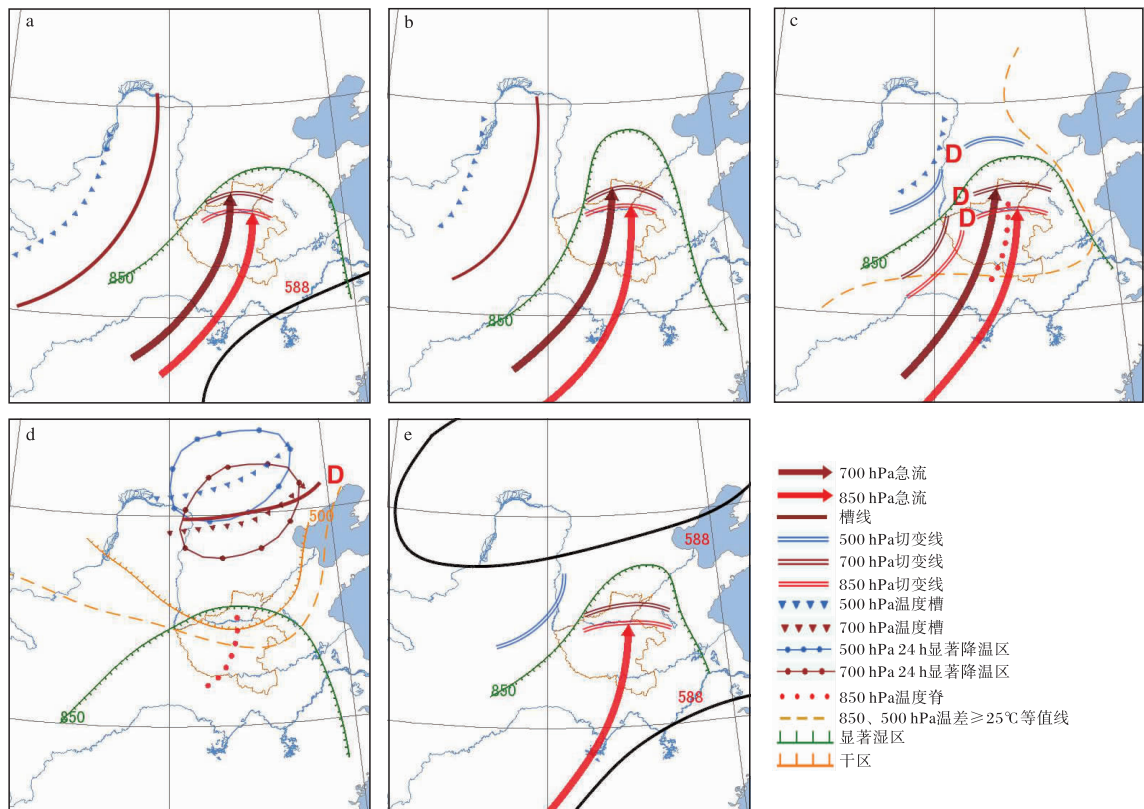


图 5 新乡市短时强降水概念模型(a 副高边缘型,b 低槽型,c 华北低涡型,d 东北低涡槽后型,e 切变型)

区。此外,700 hPa、850 hPa 有时存在暖式切变线及低空急流,可为短时强降水的产生提供水汽和动力条件。

综上所述,副高边缘型引起的短时强降水多发于盛夏7月至8月中旬,是新乡市出现短时强降水的最主要天气类型,当有低槽东移并携带冷空气侵入时,极易在副高边缘的高温高湿区内触发短时强降水。低槽型6—8月均有出现,低槽与低层暖式切变线、低空急流相互作用,以小范围短时强降水为主。华北低涡型集中出现在7月中旬至下旬,副高边缘较好的温湿条件与低涡东南部有利的动力条件相配合,常产生大范围短时强降水。东北低涡槽后型6月上旬多发,冷涡后部横槽携带干冷空气沿西北气流南下,与低层暖湿空气交汇,短时强降水发生时对流活动剧烈,常伴有雷电、短时大风及局地冰雹。7月下旬至8月上旬,当副高控制我国中东部大部分地区并与大陆高压断裂时,两高压之间的切变辐合区有利于新乡市出现小范围短时强降水天气,此类型相对较少。

4 结论

(1)新乡市短时强降水空间分布不均,降水频次和极值雨强均呈现由西至东递减的趋势,最大值集中在位于太行山区的辉县。短时强降水的空间分布与局地地形密切相关。

(2)新乡市短时强降水每年均有出现,年变化差异明显,降水频次多的年份往往极值雨强较强;短时强降水以局地性为主,降水范围越大,出现日数越少;短时强降水频次和极值雨强的月变化呈单峰型,7月为降水集中时段,8月、6月次之;短时强降水日变化特征明显,降水频次主峰出现在午后到傍晚(15—21时),次峰出现在子夜到凌晨(00—05时),极值雨强主峰出现在清晨(04—08时),次峰出现在午后到傍晚(14—20时)。

(3)通过对新乡市37次短时强降水过程的环境背景场分析,总结出5种天气学概念模型,分别为:副高边缘型、低槽型、华北低涡型、东北低涡槽后型、切变型。其中,副高边缘型是新乡市出现短时强降水的主要类型,占总次数的43%。低槽型6—8月均有出现,以小范围短时强降水为主。华北低涡型易产生大范围短时强降水,此类型出现

时需特别关注。东北低涡槽后型的短时强降水发生时,常伴有雷电、短时大风及局地冰雹,对流活动剧烈。切变型出现在副高与大陆高压之间的切变辐合区,此类型较少,均为小范围短时强降水。

参考文献:

- [1] 朱蒙,康暑雨,张艳玲. 豫东地区短时强降水时空分布特征及物理量指标分析[J]. 气象与环境科学, 2020,43(3):116-123.
- [2] 孙磊,赵杰,张方方,等. 2006—2015年徐州短时强降水特征分析与指标研究[J]. 气象科学, 2018,38(3):399-405.
- [3] 王团团,黄振,邹善勇,等. 大连地区短时强降水天气特征及预报指标研究[J]. 气象与环境学报, 2016,32(4):32-38.
- [4] 张一平,乔春贵,梁俊平. 淮河上游短时强降水天气学分型与物理诊断量阈值初探[J]. 暴雨灾害, 2014,33(2):129-138.
- [5] 候凯,邢辰飞. 沙澧河流域短时强降水特征和概念模型[J]. 气象与环境科学, 2015,38(4):92-98.
- [6] 沈澄,颜廷柏,刘冬晴,等. 2008—2012年南京短时强降水特征分析[J]. 气象与环境学报, 2015,31(1):28-33.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 廖菲,洪延超,郑国光. 地形对降水的影响研究概述[J]. 气象科技, 2007,35(3):309-316.
- [11] 陈志昆,张书余. 地形在降水天气系统中的作用研究回顾与展望[J]. 干旱气象, 2010,28(4):460-466.
- [12] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京:科学出版社, 1980:13-23.
- [13] 尹承美,梁永礼,冉桂平,等. 济南市区短时强降水特征分析[J]. 气象科学, 2010,30(2):262-267.
- [14] 王勇,张云惠,王智楷,等. 天山北坡短时强降水时空分布及环流配置特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2020,14(3):11-18.
- [15] 何晗,湛芸,肖天贵,等. 冷涡背景下短时强降水的统计分析[J]. 气象, 2015,41(12):1466-1476.