

# 淄博市极端短时强降水时空分布特征

李妍<sup>1</sup>, 卞磊<sup>2</sup>, 田云菲<sup>1</sup>, 葛瑞婷<sup>1</sup>, 郭旗<sup>1</sup>

<sup>1</sup>淄博市气象局, 山东 淄博

<sup>2</sup>沂源县气象局, 山东 淄博

收稿日期: 2022年8月20日; 录用日期: 2022年9月20日; 发布日期: 2022年9月29日

## 摘要

利用2017~2021年4~10月淄博市地面气象观测站逐小时1 mm以上降水量观测资料, 采用百分位法计算极端降水阈值, 统计分析淄博市极端短时强降水时空分布特征。主要结论如下: 1) 淄博极端短时强降水分布与鲁中山区的地形特征有着密切的联系, 南部山区极端短时强降水的阈值和强度都大于北部平原地区。2) 淄博极端短时强降水频次和强度均有明显的月变化和日变化特征。8月频次最多, 6月强度最大。极端短时强降水多出现于午后到前半夜, 后半夜到上午相对较少; 傍晚到前半夜降水强度更大。

## 关键词

短时强降水, 时空分布, 地形

# Temporal and Spatial Distribution Characteristics of Extreme Short-Time Heavy Rainfall in Zibo

Yan Li<sup>1</sup>, Lei Bian<sup>2</sup>, Yunfei Tian<sup>1</sup>, Ruiting Ge<sup>1</sup>, Qi Guo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zibo Meteorological Bureau, Zibo Shandong

<sup>2</sup>Yiyuan Meteorological Bureau, Zibo Shandong

Received: Aug. 20<sup>th</sup>, 2022; accepted: Sep. 20<sup>th</sup>, 2022; published: Sep. 29<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Using the densely-observed hourly precipitation (>1 mm) data of the automatic weather stations and the national meteorological stations in Zibo City from April to October 2017 to 2021, the temporal and spatial distribution of short-duration extreme rainfall are studied. Several results are followed: 1) The distribution characteristics of extreme short-term heavy precipitation in Zibo are

文章引用: 李妍, 卞磊, 田云菲, 葛瑞婷, 郭旗. 淄博市极端短时强降水时空分布特征[J]. 气候变化研究快报, 2022, 11(5): 830-836. DOI: [10.12677/ccrl.2022.115086](https://doi.org/10.12677/ccrl.2022.115086)

closely related to the topographic characteristics of the mountainous area. The threshold and intensity of extreme short-term heavy precipitation in the southern mountainous area are larger than those in the northern plains. 2) The frequency and intensity of extreme short-term heavy precipitation in Zibo have obvious monthly and daily variation characteristics. The frequency is the highest in August and the intensity is the highest in June. Extreme short-term heavy precipitation mostly occurs in the afternoon to the first half of the night, and relatively less from the second half of the night to the morning; the precipitation is more intense from the evening to the first half of the night.

## Keywords

**Short-Time Heavy Rain, Temporal and Spatial Distribution, Terrain**

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

短时强降水是指短时间内降水强度较大，降水量达到或超过某一量值的强降水事件，是极端降水天气之一。作为对流性天气的一种，短时强降水突发性强、局地性明显、预报难度大，容易引发山洪、滑坡、泥石流、城市内涝等气象灾害[1] [2]。近年来，随着全球气候变暖，极端降水天气事件频发[3]，淄博市也多次发生短时强降水天气，引起了社会各界的广泛关注。短时强降水天气是当前众多学者研究的热点问题。

国内许多学者针对我国不同区域短时强降水的长期变化特征、日变化特征、形成机制、预报模型等进行了大量研究，在短时强降水发生规律和变化特征等方面取得了丰硕研究成果。陈炯等[4]研究了中国暖季(4~9月)短时强降水的时空分布特征，研究表明降水日变化具有明显的区域性，全国大部分区域短时强降水的峰值多出现在下午或傍晚；俞小鼎[5]对短时强降水主观临近预报的主要思路和方法进行综述。针对山东省的短时强降水也有很多研究，侯淑梅等[6] [7]对山东省极端短时强降水过程进行时空分析和天气分型，并建立了极端强降水概念模型；杨晓霞等[8]统计分析了山东夏季强降水的影响系统和物理量特征。此外还有很多省内学者结合当地的天气气候特点，对当地的短时强降水过程进行了天气分析与分型，寻求有效的预报指标[9]-[14]。

淄博位于鲁中山地和华北平原的过渡地带，地形较为复杂，南部为中低山区，中部为丘陵区，北部为平原区(图 1)，山区地形对中小尺度系统的发生发展起到了重要的作用，容易形成短时强降水，造成单站或局地的暴雨天气。随着城市化进程的加快，局地短时强降水带来的影响越来越大，因此，深入细致研究淄博短时强降水的发生规律很有必要。本课题将利用 2017~2021 年淄博市自动气象观测站的逐小时降水量资料、济南多普勒天气雷达资料和 ERA5 再分析资料等，对淄博市短时强降水的时空分布和物理量特征进行分析研究，对提高淄博市短时强降水的预报预警能力具有一定的积极意义。

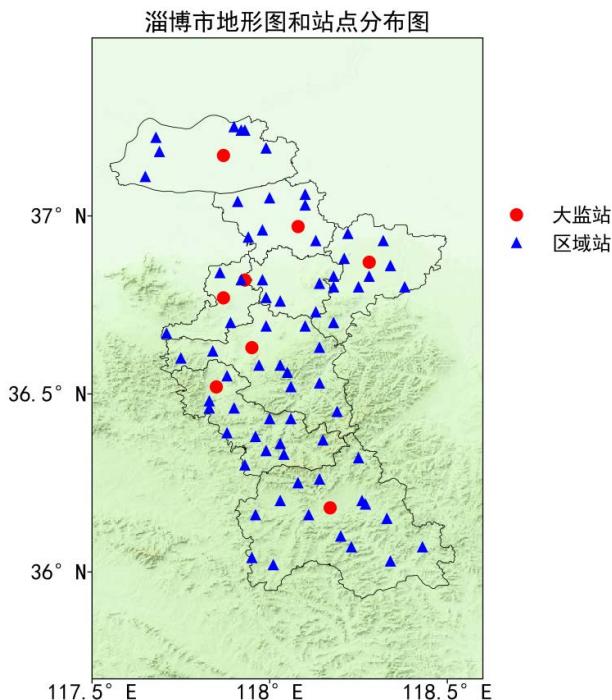
## 2. 资料与研究方法

### 2.1. 资料与质量控制

研究表明，山东省的短时强降水主要发生在 4~10 月。本文所用研究资料为 2017~2021 年 4~10 月淄博市 8 个国家站和 75 个区域站的逐小时(过去 1 小时)降水量观测数据和济南多普勒天气雷达资料。

为了确保数据质量，本文参考侯淑梅等[7]的方法对淄博区域站的降水进行质量控制。为排除晴天区

域站可能出现的弱降水影响，选取小时降水量大于 1 mm 的资料作为统计样本。为确保极端短时强降水阈值的准确性，对于小时降水量大于 40 mm 的降水记录，采用与周边区域站的降水资料进行对比，查找对应时次济南多普勒天气雷达组合反照率数据等方法，主观判断降水记录是否正确，剔除错误数据。通过上述筛选后，在统计时效内，淄博市单站最多降水记录为 837 条，为使测站数据更具统计意义，只保留降水记录超过 500 条的测站，质量控制后，共筛选出 83 个测站(8 个国家站和 75 个区域站)，测站分布见图 1。



**Figure 1.** Topography and site distribution map in Zibo  
**图 1.** 淄博市地形和站点分布图

## 2.2. 研究方法

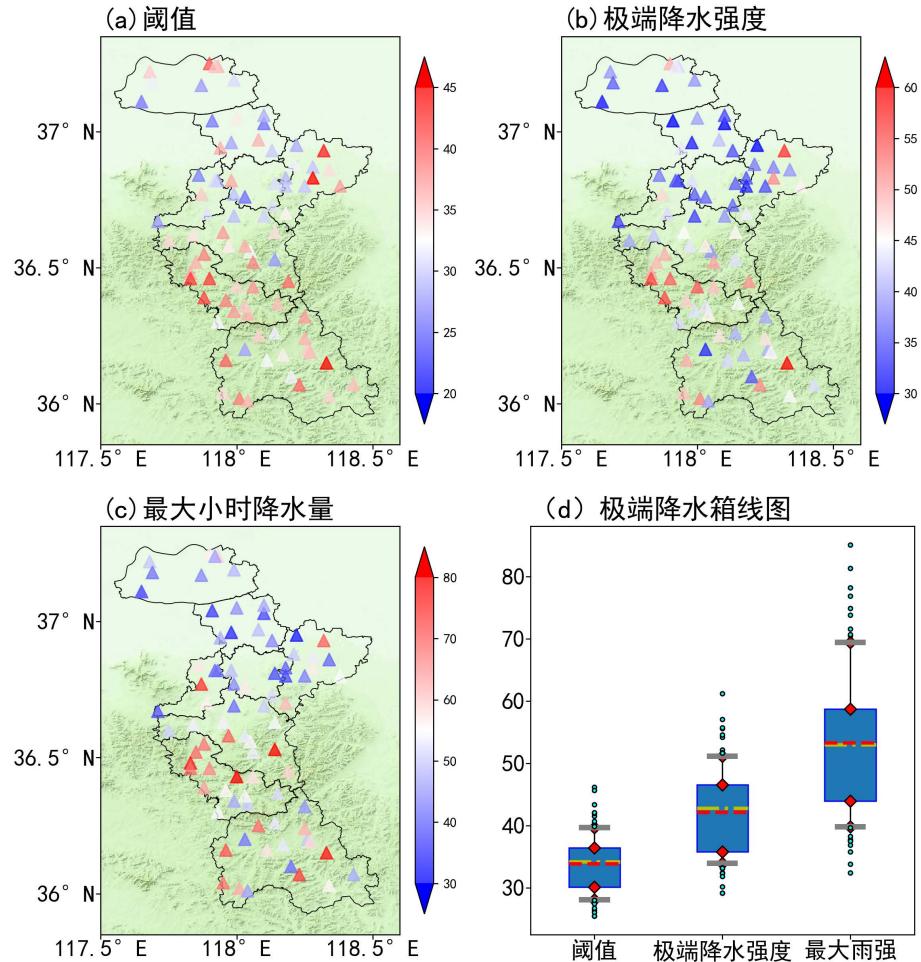
对每个测站大于 1 mm 的小时降水资料按升序排列，采用百分位法计算极端短时强降水阈值。如果在统计时次某观测站小时降水量超过该站阈值，则定义为该站出现一次极端短时强降水事件，该时次降水量累加入该站的极端降水量；一天内出现多站次极端短时强降水时，分别计数。

## 3. 极端短时强降水的空间分布特征

因为降水分布不均匀，所以本文采取百分位法定义更适合当地条件的极端强降水阈值，由于部分区域站降水量的第 95% 和第 99% 分位数低于中国气象局规定的  $20 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$  的短时强降水标准，此外本文只统计小时降水量大于 1 mm 的降水，各观测站超过第 99.9% 分位数的站点数较少，因此本文定义小时降水量的第 99.5% 分位数为极端降水阈值，简称阈值。

由阈值的空间分布和箱线图(图 2(a), 图 2(d))可见，淄博市极端降水阈值呈现明显的南部大，北部小，山区大，平原小的分布特征。阈值的最大值、最小值、平均数和中位数分别为 46.2、25.5、34.0 和 34.3 mm。分布区间集中在 30~40 mm 之间，小于 30 mm 的有 21 站，占全部站的 25%，除沂源鲁村气象观测站(D4038)和淄川太河气象观测站(D4014)外，全部位于平原地带；大于 40 mm 的有 9 站，占全部站的 11%，有 6 站位于沂源和博山，2 站位于临淄，1 站位于高青，分布相对较零散，但南部山区

仍多于北部平原地区。



**Figure 2.** The spatial distribution of threshold (a), extreme precipitation intensity (b) and maximum hourly precipitation (c); Extreme precipitation bin diagram (d)

**图2.** 阈值(a)、极端降水强度(b)和最大小时降水量(c)的空间分布；极端降水箱线图(d)

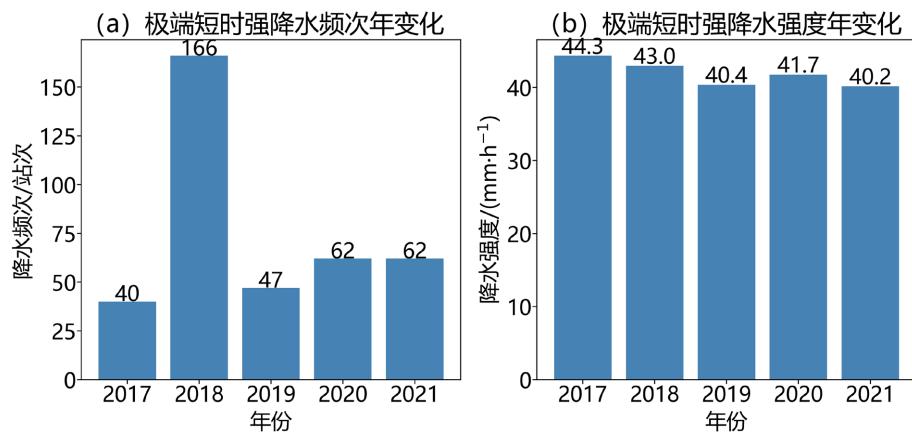
淄博的极端短时强降水强度(图2(b), 图2(d))也呈现南部山区大, 北部平原小的分布特征。极端短时强降水强度集中在 $35\text{--}50\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 之间, 小于 $35\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 的站有15个, 占比18%, 除沂源鲁村气象观测站(D4038)外全部位于北部平原区; 大于 $50\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 的站有11个, 占比13%, 除临淄敬仲气象观测站(D4026)和临淄体育场气象观测站(D4148)外全部位于南部山区。极端短时强降水强度的最大和最小值为61.2和 $29.2\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ , 分别位于沂源石桥国家气象观测站(D4036)和桓台起凤建工气象观测站(D4045); 中位数略大于平均数, 分别为42.8和 $42.2\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

从最大小时降水量(图2(c), 图2(d))也有类似的分布特征。全市大部分地区的最大小时降水量介于40~70 mm之间, 最大小时降水量出现在2018年6月25日22时的博山天津湾气象观测站(D4524), 为85.1 mm。小于40 mm的有10站, 占比12%, 全部位于淄博北部; 超过70 mm的观测站有9个, 占全部站的11%, 除周村(54829)和临淄敬仲气象观测站(D4026)外, 全部位于南部山区。

综上所述, 淄博的极端短时强降水分布特征与鲁中山区的地形有着密切的关系, 由于地形的抬升作用, 低层辐合和垂直运动加强, 有利于产生水汽辐合和积累不稳定能量, 从而增强降水强度[15], 所以淄博南部山区发生极端短时强降水的频次和强度都大于北部平原地区。

## 4. 极端短时强降水的时间分布特征

### 4.1. 年变化特征



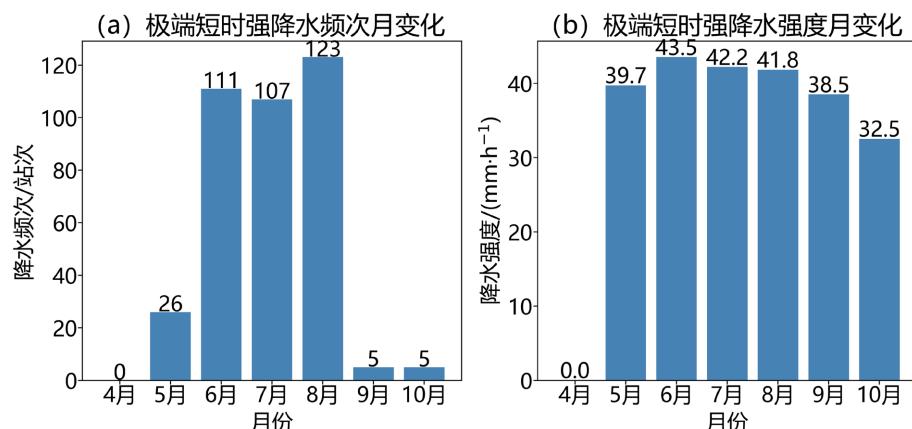
**Figure 3.** Annual variation of extreme short-term heavy rainfall frequency (a) and rainfall intensity (b) in Zibo City

**图 3.** 淄博市极端短时强降水频次(a)和降水强度(b)年变化

淄博市在 2017~2021 年间共发生 377 站次极端短时强降水，年均发生 75.4 站次，各站年均发生 0.9 次(图 3(a))。由于 2018 年先后有 3 次台风(1810 号台风“安比”、1814 号台风“摩羯”和 1818 号台风“温比亚”)影响山东，所以 2018 年发生极端短时强降水的频次最多，为 166 站次。2017 年极端短时强降水的频次最少，且多为局地型过程。极端短时强降水强度的年变化较小(图 3(b))，最大值出现在 2017 年，为  $44.3 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ；最小值出现在 2021 年，为  $40.2 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

### 4.2. 月变化特征

极端短时强降水频次(图 4(a))存在明显的月变化，呈现中间高两头低的特点。极端短时强降水最早出现于 5 月 15 日，6 月迅速增多，其中 2018 年 6 月 25 日受高空槽、低空切变线、低空急流和地面气旋的共同影响，淄博市有 86 站次出现极端短时强降水，其余过程大多由大陆性强对流导致。7~8 月为山东省的主汛期，发生极端短时强降水的频率较高，占总数的 61%，6、7、8 月总占比为 90.5%，淄博 8 月发生



**Figure 4.** Same as Figure 3, but for monthly variation

**图 4.** 同图 3，但为月变化

极端短时强降水的频次最多。9月汛期结束，极端短时强降水的频次迅速减小，最迟出现在10月4日，为低涡切变线和地面倒槽共同影响。极端短时强降水强度(图4(b))也有明显中间高，两头低的特征，6、7、8月的降水强度大于其他月份，其中6月最大，为 $43.5 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ，7月和8月较为接近，分别为 $42.2$ 和 $41.8 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

### 4.3. 日变化特征

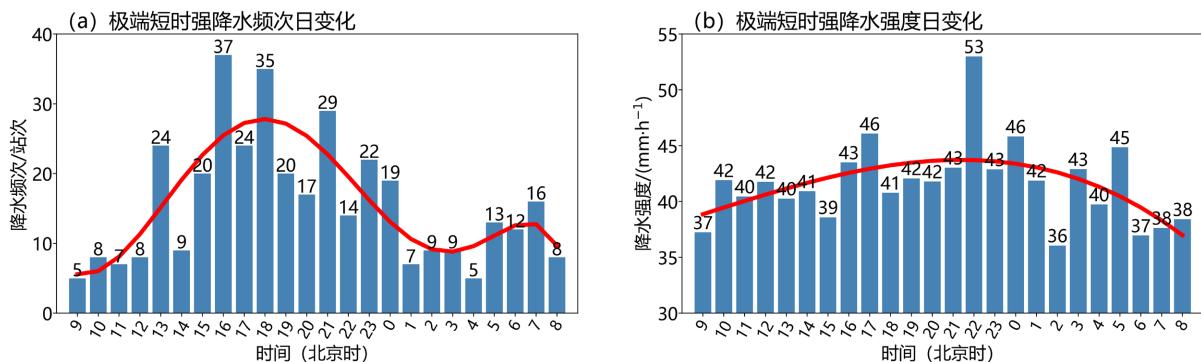


Figure 5. Same as Figure 3, but for daily variation

图5. 同图3, 但为日变化

由极端短时强降水频次分布日变化图(图5(a))可见，极端短时强降水频次有明显的日变化特征，近似双峰型。上午极端短时强降水频次相对较少，午后逐渐上升，最大值出现在16时，为37站次；第2、3位分别为18时35站次和21时29站次；除07时外，频次大于15站次的时间均集中在13~24时(次日0时)，即午后到前半夜；01~04时频次较低，之后再次缓慢升高，在凌晨07时出现第二个小高峰，但远小于出现在16时的主峰值。极端短时强降水强度的日变化(图5(b))呈单峰型，傍晚到前半夜降水强度更大，最大降水强度出现在22时，为 $53 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

## 5. 结论

本文利用淄博市8个国家站和75个区域站2017~2021年4~10月的逐小时降水观测资料，采用百分位法定义各站极端短时强降水阈值，统计分析了淄博市极端短时强降水的时空分布特征，主要结论如下：

- 1) 淄博极端短时强降水分布与鲁中山区的地形特征有着密切的联系，南部山区极端短时强降水的阈值和强度都大于北部平原地区。以第99.5%分位数作为阈值时，阈值范围集中在30~40 mm，降水强度集中在 $35\sim50 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。
- 2) 2017~2021年间，淄博市共有377站次极端短时强降水样本，各站年均发生0.9次。2018年站均发生短时强降水的次数最多。
- 3) 淄博极端短时强降水频次和强度均有明显的月变化和日变化特征。8月频次最多，6月强度最大。频次的日变化具有双峰的特征，但出现在凌晨的峰值远小于出现在傍晚的峰值，极端短时强降水多出现于午后到前半夜，后半夜到上午相对较少。降水强度变化呈单峰型，傍晚到前半夜降水强度更大。

## 基金项目

山东省气象局青年科研基金项目(2020SDQN13)。

## 参考文献

- [1] 何立富, 陈涛, 孔期. 华南暖区暴雨研究进展[J]. 应用气象学报, 2016, 27(5): 559-569.

- 
- [2] 翟盘茂, 李蕾, 周佰铨, 等. 江淮流域持续性极端降水及预报方法研究进展[J]. 应用气象学报, 2016, 27(5): 631-640.
  - [3] 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.
  - [4] 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.
  - [5] 俞小鼎. 短时强降水临近预报的思路与方法[J]. 暴雨灾害, 2013, 32(3): 202-209.
  - [6] 侯淑梅, 盛春岩, 万文龙, 等. 山东省极端强降水天气概念模型研究[J]. 大气科学学报, 2014, 37(2): 163-174.
  - [7] 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.
  - [8] 杨晓霞, 高留喜, 宋佳嘉, 等. 山东夏季强降水的影响系统和物理量特征[J]. 海洋气象学报, 2018, 38(3): 57-66.
  - [9] 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.
  - [10] 尹承美, 张永婧, 王新红, 等. 济南市区局地短历时强降水预报指标初探[J]. 山东气象, 2012, 32(3): 6-10.
  - [11] 张永婧, 高帆, 于丽娟, 等. 济南市区短时强降水特征分析与天气分型[J]. 海洋气象学报, 2017, 37(3): 109-116.
  - [12] 高帆, 尹承美, 蔡哲, 等. 济南市重大短时强降水过程特征分析[J]. 海洋气象学报, 2019, 39(1): 131-141.
  - [13] 张凯静, 江敦双, 丁锋. 青岛市短时强降水的气候特征和天气系统分型[J]. 海洋气象学报, 2018, 38(1): 108-114.
  - [14] 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.
  - [15] 周雪松, 阎丽凤, 孙兴池, 等.“2007.8.17”山东大暴雨的数值模拟和诊断分析[J]. 气象, 2012, 38(8): 960-970.