

# 新疆乌苏市汛期短时强降水 时空分布特征

张 玉<sup>1</sup>, 许 铭<sup>2\*</sup>, 努尔兰·木西亚<sup>1</sup>, 袁晨昊<sup>3</sup>

<sup>1</sup>乌苏市气象局, 新疆 乌苏

<sup>2</sup>塔城地区气象局, 新疆 塔城

<sup>3</sup>裕民县气象局, 新疆 裕民

收稿日期: 2026年2月5日; 录用日期: 2026年4月2日; 发布日期: 2026年4月16日

## 摘 要

本文利用2014年至2024年汛期(5~8月)乌苏市28个气象自动站逐时降水资料, 通过统计学方法分析了乌苏市短时强降水( $\geq 10.0$  mm/h)的时空分布特征。研究发现: 近10年乌苏市短时强降水整体趋势无明显变化; 空间上呈现显著的“北低南高”梯度分布, 高频区集中在南部山区; 时间上, 7月为高发月(特别是7月上旬), 日变化呈现“傍晚至夜间高发、上午至中午低发”的双峰单谷特征; 随着降水强度的增加, 频次显著减少, 且高强度降水( $\geq 25.0$  mm/h)仅局限于南部山区极小范围。

## 关键词

短时强降水, 时空分布, 地形

# Spatial and Temporal Distribution Characteristics of Short-Duration Heavy Rainfall during Flood Season in Wusu, Xinjiang

Yu Zhang<sup>1</sup>, Ming Xu<sup>2\*</sup>, Nurlan-Musia<sup>1</sup>, Chenhao Yuan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Wusu Meteorological Bureau, Wusu Xinjiang

<sup>2</sup>Tacheng Meteorological Bureau, Tacheng Xinjiang

<sup>3</sup>Yumin Meteorological Bureau, Yumin Xinjiang

Received: February 5, 2026; accepted: April 2, 2026; published: April 16, 2026

\*通讯作者。

文章引用: 张玉, 许铭, 努尔兰·木西亚, 袁晨昊. 新疆乌苏市汛期短时强降水时空分布特征[J]. 地理科学研究, 2026, 15(2): 219-226. DOI: 10.12677/gser.2026.152022

## Abstract

Based on hourly precipitation data from 28 automatic meteorological stations in Wusu during the flood season (May-August) from 2014 to 2024, the spatial and temporal distribution characteristics of short-duration heavy rainfall ( $\geq 10.0$  mm/h) were analyzed using statistical methods. The results show that there was no obvious trend in short-duration heavy rainfall in Wusu in the recent 10 years. Spatially, it presents a significant “low in the north and high in the south” gradient distribution, with high-frequency regions concentrated in the southern mountainous areas. Temporally, July is the high-occurrence month (especially early July), and the diurnal variation shows a double-peak and single-valley pattern with high incidence from evening to night and low incidence from morning to noon. With the increase of precipitation intensity, the frequency decreases significantly, and high-intensity precipitation ( $\geq 25.0$  mm/h) is limited to a very small area in the southern mountainous region.

## Keywords

Short-Duration Heavy Rainfall, Spatial and Temporal Distribution, Topography

Copyright © 2026 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(Flash Heavy Rain, FHR)是强对流天气的一种类型,具有突发性强、持续时间短、来势迅猛等特点,常伴有雷电、大风、冰雹等灾害性天气,易诱发山体滑坡、泥石流等次生灾害[1]-[3]。作为我国西北干旱地区的重要组成部分,新疆的短时强降水时空分布特征具有显著地域特殊性。已有研究表明,新疆地区的短时强降水主要发生在下午至傍晚时段,凌晨及上午发生频次较少,高发时段集中在15:00~24:00 [4];影响新疆短时强降水的天气形势可分为中亚低涡型、西风带短波型、西西伯利亚低槽型三类[5]-[7]。针对区域短时强降水的研究中,王鹏飞等指出喀什地区北部短时强降水时空分布不均,集中出现在4~9月的17时至次日3时,且呈现西部多于东部、浅山区多于平原的分布特征[8]。

乌苏市地处天山中西部,属北温带干旱地区,具有典型的大陆性气候特征。由于南北高差超过4000米,境内气候形成明显的垂直分布特征和迥异的气候环境,气候区从南到北大致分为山地气候、山麓气候、平原气候和荒漠气候。受复杂地形影响,气候多样性显著,灾害性天气种类繁多,其中短时强降水多集中于夏季,表现出雨量集中、强度大的特点;由此引发的洪水具有来势凶猛、陡涨陡落、峰高量大的特征,山区及沿山乡镇为灾害高发区域,是乌苏夏季主要的气象灾害,对人民生命财产安全造成较大威胁。

目前,关于乌苏短时强降水分布特征的研究尚属空白,现有新疆区域尺度的研究成果难以直接支撑乌苏市短时强降水的精准预报预警工作。鉴于此,本研究拟利用乌苏气象观测站的观测资料,分析其短时强降水的时空分布特征,以为当地气象防灾减灾工作提供理论支撑。

## 2. 资料与方法

所用资料为乌苏市区域内2014~2024年28个气象自动站逐时降水资料,结合乌苏地形及气象自动站站点分布(图1),通过时间及空间一致性原则对数据进行严格质量控制,时间为北京时。根据《新疆短时

临近天气业务规定》，短时强降水一般是指一小时降水量大于等于 10 毫米的降水；研究区域内某时段的短时强降水频次为所有站点的合计值；为了更准确地掌握短时强降水的变化规律，将短时强降水按雨强分为 10.0~14.9、15.0~19.9、20.0~24.9、 $\geq 25.0$  mm/h 进行分析。

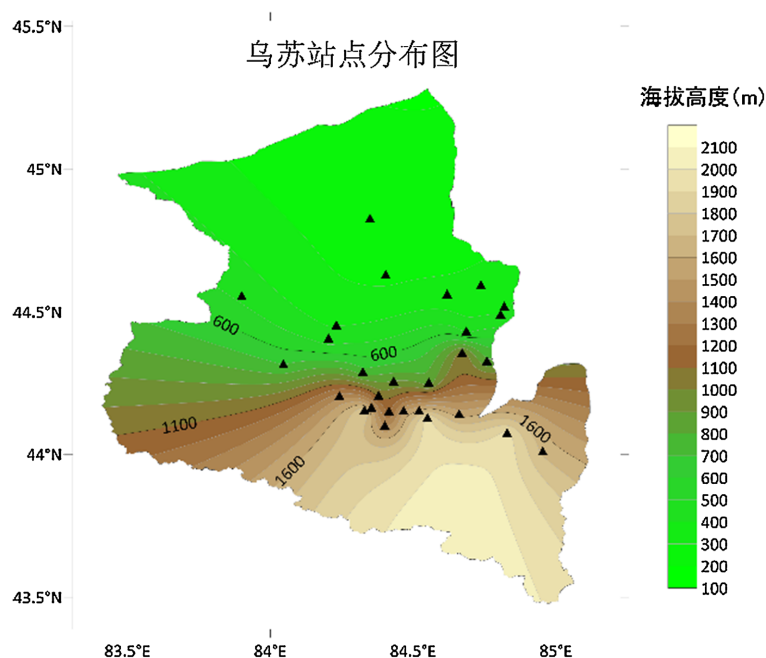


Figure 1. Distribution of automatic weather stations in Wusu  
图 1. 乌苏气象自动站站点分布

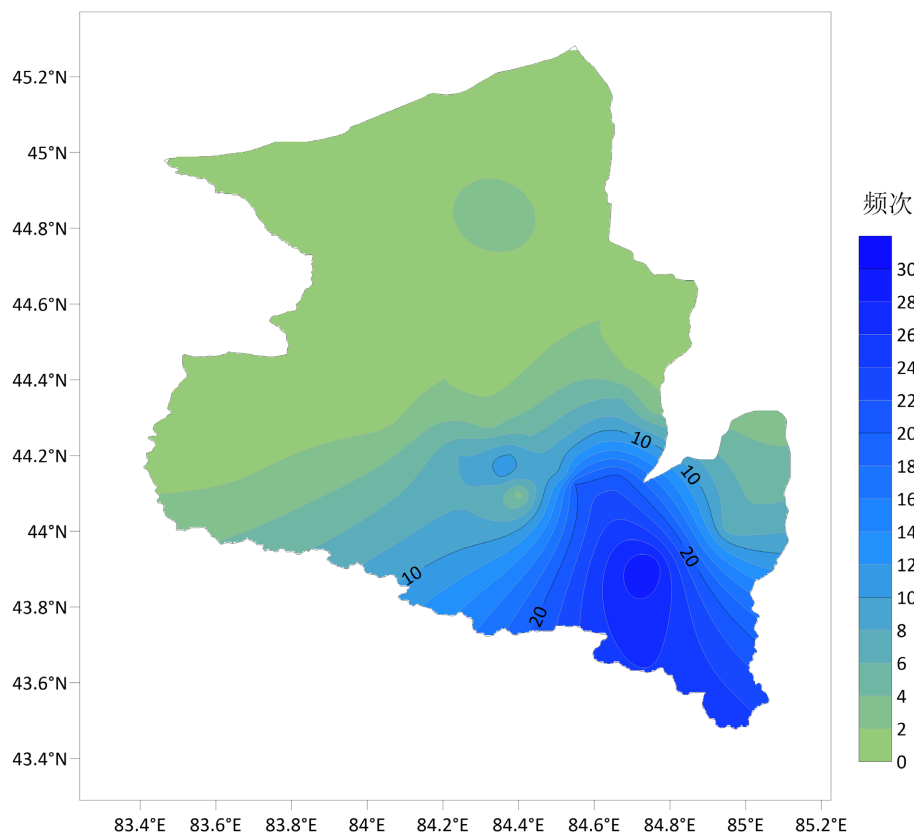
### 3. 结果与分析

#### 3.1. 汛期短时强降水时空分布特征

通过统计发现，乌苏市短时强降水频次共 175 站次。其中 2017 年出现短时强降水频次最多，较平均值偏多 1.2 倍，2021 年最少，较平均值偏少 50%。从逐年降水频次来看(图略)，整体趋势变化无明显特征，较平均值明显偏多的年份共计 3 年，分别为 2016 年、2017 年、和 2024 年，偏多幅度分别为 81%，1.2 倍，63%。因气象自动站降水资料近年逐步完善，10 月至次年 4 月为降水停止观测期，因此本文重点分析汛期 5~8 月短时强降水的空间分布特征和时间分布特征。

##### 3.1.1. 汛期短时强降水空间分布特征

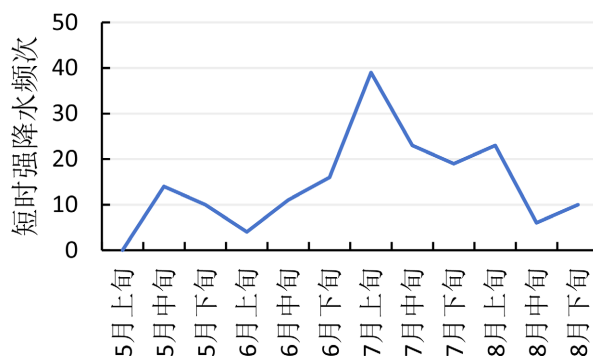
乌苏市汛期(5~8 月)短时强降水频次的空间分布呈现出显著的梯度分布特征，整体表现为北部平原低南部山区高、南部山区梯度显著的格局(图 2)。从纬度分区来看，44.4°N 以北的北部平原区域为短时强降水低频次区，短时强降水发生频率低且空间分布较均匀，频次值稳定在较低水平；而 44.4°N 以南的浅山区及中东部偏南山区为汛期短时强降水高频次区，南部山区短时强降水频次远高于北部平原，空间梯度变化较大。乌苏市北部为准噶尔盆地南缘的平原荒漠区，地形平坦开阔，缺乏对流活动的动力抬升条件，同时下垫面水汽蒸发能力弱，水汽供应不足，导致短时强降水发生概率偏低；南部紧邻天山北麓，天山山脉的地形强迫抬升作用成为对流云团发展的关键动力因子，暖湿气流遇地形阻挡后垂直运动加剧，易触发短时强降水，且山区局地水汽循环活跃，为强对流降水提供了充足的水汽基础，因此形成了短时强降水频次的高值区[9][10]，从乌苏短时强降水空间分布可反映出地形因子对乌苏市短时强降水空间分布的主控作用。



**Figure 2.** Spatial distribution of short-duration heavy rainfall during the flood season (May-August) in Wusu, 2014~2024  
**图 2.** 2014~2024 年乌苏汛期(5~8 月)短时强降水空间分布

### 3.1.2. 汛期短时强降水旬月变化特征

乌苏市汛期(5~8 月)短时强降水旬月变化特征:经统计发现,7 月发生短时强降水频次最多,占比 46%,其次是 8 月,占比 22%。短时强降水频次在 7 月上旬达到最高值(图 3),是乌苏市短时强降水的出现的关键期。5 月上旬至 7 月上旬,整体呈波动上升趋势,其中 6 月上旬出现阶段性低谷,随后快速回升。7 月上旬后,频次持续波动下降,但 8 月上旬是短时强降水出现的次关键期,8 月中旬降至次低谷,8 月下旬略有回升但仍处于较低水平。乌苏市短时强降水主要集中在夏季(6~8 月),尤其 7 月上旬为关键时段;5 月虽有出现,但整体偏低,反映出乌苏区域夏季对流性天气活跃的气候特点。



**Figure 3.** Ten-day variation characteristics of short-duration heavy rainfall in Wusu City  
**图 3.** 乌苏市短时强降水旬变化特征

### 3.1.3. 汛期短时强降水日变化特征

乌苏市汛期(5~8月)短时强降水呈现显著的日变化规律,整体表现为双峰值、单谷值的波动特征(图4)。从时间维度看,短时强降水的高频时段主要集中在傍晚和夜间:第一个峰值出现在21时,小时降水频次达到全时段最高值;第二个峰值出现在20时。而降水频次的低谷则集中在深夜至白天上午时段,4~13时降水频次持续处于低位,其中10~13时频次近乎为0,是一日内短时强降水发生概率最低的时段。从变化趋势分析,21时短时强降水频次骤升达峰值,随后在24时至次日4时出现波动下降;5~13时频次快速回落至低谷;14时后频次开始逐步回升,上升趋势显著,至19~20时形成次高峰。15时至次日凌晨1时出现短时强降水占比高达88%。

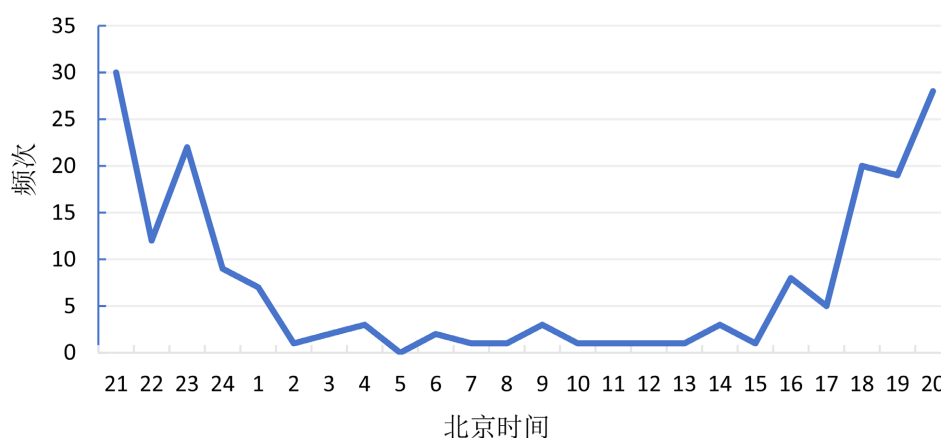


Figure 4. Diurnal variation characteristics of short-duration heavy rainfall in Wusu City

图4. 乌苏市短时强降水日变化特征

## 3.2. 汛期分级短时强降水时空分布特征

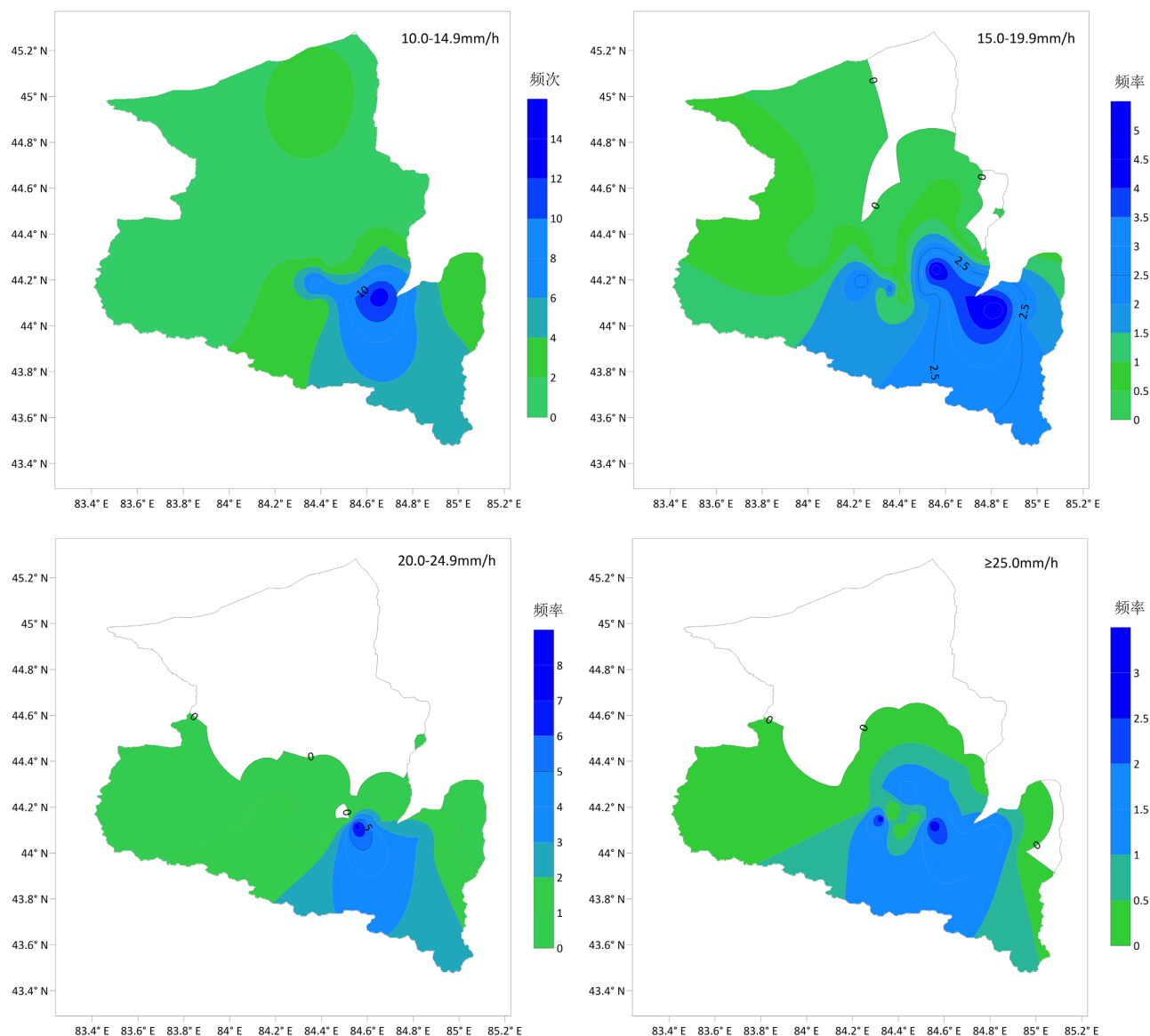
通过统计发现,乌苏市短时强降水频次随雨强增大明显衰减,其中10.0~14.9、15.0~19.9、20.0~24.9、 $\geq 25$  mm/h占比分别为61%、21%、11%、9%。近10a雨强 $\geq 25$  mm/h出现16次,最大小时雨强41.9 mm/h。

### 3.2.1. 分级短时强降水空间分布

乌苏市不同强度短时强降水(图5)存在差异,整体呈现南部山区高北部平原低的分布特征,与乌苏地形因素密切相关。10.0~14.9 mm/h短时强降水分布范围最广,乌苏南部山区整体呈现高频次特征,北部平原显著偏低;15.0~19.9 mm/h短时强降水分布集中性显著增强,高频次区域进一步向乌苏南部山区与平原过渡地带收缩,北部平原几乎无该强度的短时强降水分布;20.0~24.9 mm/h短时强降水分布范围进一步缩小,仅在南部山区的核心区域(地形抬升最显著的地带)出现较高频次,北部平原完全无该强度降水记录; $\geq 25.0$  mm/h短时强降水是乌苏市最强等级的短时强降水,高频次区域最为集中,仅出现在南部山区的极小范围,北部平原无该强度降水。随着短时强降水强度提升,乌苏市短时强降水频次的高值区从南部山区的广域分布逐步收缩至核心区域,北部平原则从低频次逐步过渡到无该强度降水,地形对不同强度短时强降水的控制作用随强度提升而显著增强。

### 3.2.2. 分级短时强降水旬月变化特征

经统计(图略)乌苏区域5月至8月的分级短时强降水逐月变化特征显示,10.0~14.9 mm和15.0~19.9 mm短时强降水每月均可出现,在7月至8月出现频次较高,而20.0~24.9 mm和 $\geq 25.0$  mm等级5月出现的可能性较小,主要出现在7月。旬变化特征(图6),10.0~14.9 mm强度的短时强降水为汛期主导类型,



**Figure 5.** Spatial distribution of short-duration heavy rainfall with different intensities (10.0~14.9, 15.0~19.9, 20.0~24.9,  $\geq 25.0$  mm/h) in Wusu City

**图 5.** 乌苏市不同强度(10.0~14.9、15.0~19.9、20.0~24.9、 $\geq 25.0$  mm/h)短时强降水空间分布

其频次在各旬均显著高于 15.0~19.9 mm、20.0~24.9 mm 及  $\geq 25.0$  mm 等级，且在 7 月上旬达到频次峰值(超 20 次)，8 月上旬形成次峰值。其余强度等级的短时强降水呈现出差异化的峰值分布：15.0~19.9 mm 等级在 5 月下旬与 8 月上旬出现明显频次高峰，20.0~24.9 mm 等级集中于 7 月上中旬频发， $\geq 25.0$  mm 的强降水则在 6 月中旬至 7 月下旬相对活跃。从时间演变规律来看，乌苏区域 7 月成为各等级强降水的核心频发期，8 月中旬后各强度等级的短时强降水频次均快速回落，反映出乌苏夏季短时强降水的强度与频次随月份变化的显著季节性特征。

### 3.2.3. 分级短时强降水日变化特征

乌苏汛期分级短时强降水频次日变化特征(图 7)显示，10.0~14.9 mm 的短时强降水在全天均可能发生，15.0~19.9 mm、20.0~24.9 mm、 $\geq 25.0$  mm 的短时强降水分别在 17 时~24 时、16 时~22 时、18 时至

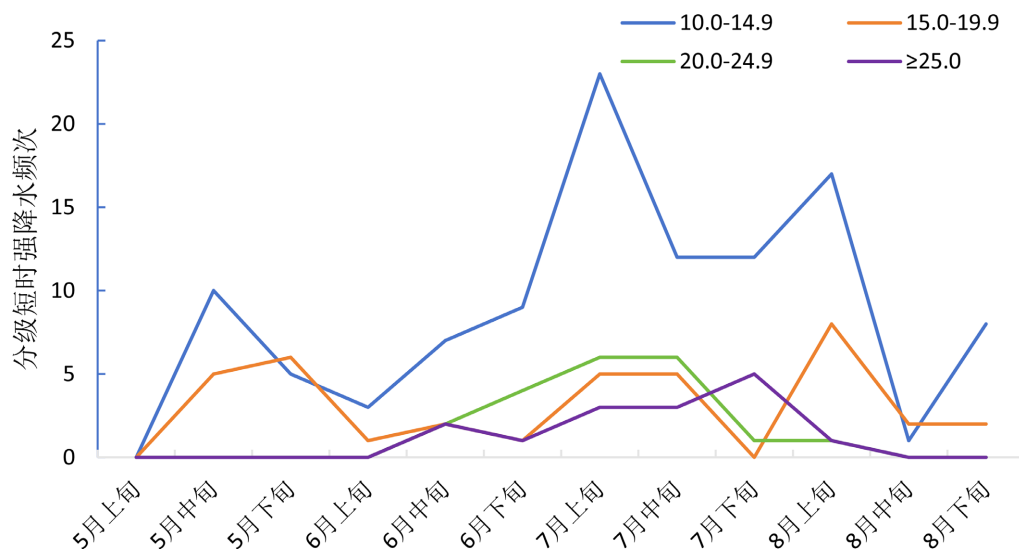


Figure 6. Ten-day distribution characteristics of short-duration heavy rainfall with different intensities (10.0~14.9, 15.0~19.9, 20.0~24.9,  $\geq 25.0$  mm/h) in Wusu City

图 6. 乌苏市不同强度(10.0~14.9、15.0~19.9、20.0~24.9、 $\geq 25.0$  mm/h)短时强降水旬分布特征

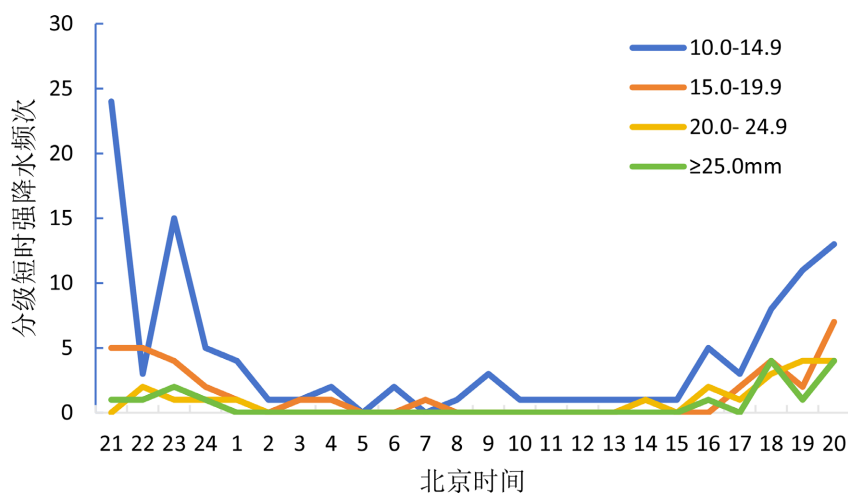


Figure 7. Diurnal variation characteristics of short-duration heavy rainfall with different intensities (10.0~14.9, 15.0~19.9, 20.0~24.9,  $\geq 25.0$  mm/h) in Wusu City

图 7. 乌苏市不同强度(10.0~14.9、15.0~19.9、20.0~24.9、 $\geq 25.0$  mm/h)短时强降水日变化特征

23 时发生的频率较高, 15.0~19.9 mm 的短时强降水频次峰值出现在 20 时, 20.0~24.9 mm 的降水频次峰值出现在 19 时和 20 时,  $\geq 25.0$  mm 的降水频次峰值在 18 时和 20 时, 深夜至白天的上午时段是各级短时强降水最不活跃期, 降水量等级越大出现频次越少, 各等级频次的时间变化趋势高度一致。

#### 4. 结论

本文利用乌苏市区域内 2014~2024 年 28 个气象自动站逐时降水资料, 分析乌苏市汛期短时强降水时空分布特征, 将短时强降水分为 4 个等级, 分别从月、旬、日变化特征进行分析, 主要分析结论如下:

1) 近 10a 乌苏市短时强降水频次共 175 站次。其中 2017 年出现短时强降水频次最多, 较平均值偏多 1.2 倍, 2021 年最少, 较平均值偏少 50%。整体趋势变化无明显特征, 较平均值明显偏多的年份共计 3 年, 分别为 2016 年、2017 年、和 2024 年, 偏多幅度分别为 81%, 1.2 倍, 63%。

2) 乌苏市汛期(5~8月)短时强降水频次的空间分布呈现出显著的梯度分布特征, 44.4°N 以北的北部平原区域为短时强降水低频次区, 短时强降水发生频率低且空间分布较均匀, 频次值稳定在较低水平; 而 44.4°N 以南的浅山区及中东部偏南山区为汛期短时强降水高频次区, 因此乌苏短时强降水空间分布可反映出地形因子对乌苏市短时强降水空间分布的主控作用。

3) 7月发生短时强降水频次最多, 占比 46%, 其次是 8月, 占比 22%。短时强降水频次在 7月上旬达到最高值, 是乌苏市短时强降水出现的关键期。短时强降水呈现显著的日变化规律, 整体表现为双峰值、单谷值的波动特征, 短时强降水的高频时段主要集中在傍晚至夜间: 第一个峰值出现在 21 时, 小时降水频次达到全时段最高值, 第二个峰值出现在 20 时。而降水频次的低谷则集中在深夜至白天上午时段。因此汛期傍晚至夜间是防范短时强降水的重要时段。

4) 乌苏市短时强降水频次随雨强增大明显衰减, 其中 10.0~14.9、15.0~19.9、20.0~24.9、 $\geq 25$  mm/h 占比分别为 61%、21%、11%、9%。近 10a 雨强  $\geq 25$  mm/h 出现 16 次, 最大小时雨强 41.9 mm/h。

5) 乌苏市不同强度短时强降水存在差异, 整体呈现南部山区高北部平原低的分布特征, 与乌苏地形因素密切相关。 $\geq 25.0$  mm/h 短时强降水高频次区域最为集中, 仅出现在南部山区的极小范围, 北部平原无该强度降水。因此南部山区发生短时强降水局地突发性强, 是监测预警的重点区域。

6) 乌苏区域分级短时强降水中 15.0~19.9 mm 等级在 5 月下旬与 8 月上旬出现明显频次高峰, 20.0~24.9 mm 等级集中于 7 月上中旬频发,  $\geq 25.0$  mm 的强降水则在 6 月中旬至 7 月下旬相对活跃。20.0~24.9 mm 的降水频次峰值出现在 19 时和 20 时,  $\geq 25.0$  mm 的降水频次峰值在 18 时和 20 时, 深夜至次日上午是各级短时强降水最不活跃期, 且降水量等级越高, 出现频次越少, 各等级频次的时间变化趋势高度一致。这一特征表明, 傍晚前后是发生较强短时强降水的高风险时段, 对该时段的监测和预警需重点关注。

## 参考文献

- [1] 李博渊, 赵江伟, 李新豫, 等. 新疆北部暖季短时强降水的时空分布特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2021, 15(2): 34-41.
- [2] 张京英, 陈金敏, 刘英杰, 等. 大暴雨过程中短时强降水机制分析[J]. 气象科学, 2010, 30(3): 407-413.
- [3] 庄晓翠, 张云惠, 周雪英, 等. 新疆短时强降水天气雷达回波特征[J]. 气象, 2021, 47(11): 1402-1415.
- [4] 毛列尼·阿依提看, 杨莲梅, 张云惠, 玉素甫·木沙, 等. 近 10a 中亚低涡背景下新疆短时强降水环境场分析[J]. 干旱区地理, 2018, 41(2): 273-281.
- [5] 唐鹏, 黄艳, 张丽, 等. 中昆仑山北坡一次极端暴雨天气过程分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2022, 16(6): 34-41.
- [6] 庄晓翠, 赵江伟, 李健丽, 等. 新疆阿勒泰地区短时强降水流程及环境参数特征[J]. 高原气象, 2018, 37(3): 675-685.
- [7] 李如琦, 李桢李, 李海花, 等. 塔克拉玛干沙漠南缘两次极端暴雨的气流模型与水汽输送特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2022, 16(6): 1-10.
- [8] 王鹏飞, 陶岚, 管理, 等. 喀什地区北部短时强降水环境参数和雷达特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2025, 19(4): 10-18.
- [9] 傅慎明, 宇如聪, 徐祥德. 地形对降水影响的研究进展[J]. 气象学报, 2012, 70(6): 1179-1191.
- [10] 李红军, 袁玉江, 魏文寿. 天山北坡水汽输送特征及其与降水的关系[J]. 干旱区地理, 2010, 33(4): 526-533.