

艾克代·沙拉木,何清,阿力木·阿巴斯,等.新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州暖季小时极端降水时空分布特征[J].沙漠与绿洲气象,2024,18(2):20-26.

doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2024.02.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州暖季小时极端降水时空分布特征

艾克代·沙拉木¹,何清^{2*},阿力木·阿巴斯³,古丽帕丽·斯拉木¹,努尔夏提·塔依尔¹

(1.克孜勒苏柯尔克孜自治州气象局,新疆阿图什 845350;2.新疆气象局,新疆乌鲁木齐 830002;

3.中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所,新疆乌鲁木齐 830002)

摘要:利用2014—2021年克孜勒苏柯尔克孜自治州(简称“克州”)暖季(4—10月)103个自动站逐小时降水资料,对其小时极端降水时空分布特征进行分析。结果表明:(1)克州暖季降水量呈北部多,南部少,山区多,平原少,其中西南部山区较小;小时极端降水频次高值区集中在东北部山区、西部及南部高海拔山区(均在50次/a以上);小时降水平均强度 ≥ 10 mm/h的站点主要位于北部,平原小时降水强度高于西部和西南部山区。(2)克州暖季(4—10月)小时极端降水频次、强度有明显的局地差异,其贡献率高值区主要分布在平原和浅山区(其中平原高于20.0%)。(3)小时极端降水频次的高值时段为18:00—21:00,低值时段为13:00—16:00;降水强度在凌晨以及20:00—22:00较大,12:00—13:00较小。(4)山区、浅山区和平原3类不同海拔梯度区域的小时极端降水指标存在差异,其中平原(低于2000 m的区域)降水强度最大,频次最低;高海拔山区(高于3000 m的区域)降水强度最低,频次最高。

关键词:克孜勒苏柯尔克孜自治州;小时极端降水;时空分布;日变化特征;暖季

中图分类号:P468.024

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2024)02-0020-07

极端降水事件在全球气候变暖的大背景下日益增多,吸引了众多国内外学者的目光^[1-3]。由于短时强降水与日降水数据的差异难以区分,许多学者使用逐时降水数据进行相关研究,并取得较多的研究成果。翟盘茂等^[4]研究表明,50年来,我国除西北地区外,总体上降水强度呈上升趋势,并出现了较大幅度的日降水量下降。极端强降水和总量有很大关系,集中出现较多极端强降水事件的地区主要集中在西

北、长江流域和江南地区。虽然华北地区极端强降水事件频次大幅下降,但极端强降水发生比例相对于总降水而言,仍有不断上升的趋势。尤其是2010年以来,新疆降水明显增多,极端降水频次也有所上升^[5]。暴雨洪涝灾害不仅与累计降水量有关,与降水强度也有很大的关系^[6]。且短时强降水事件通常都具有突发性强、小时雨强大和局地性强等特点,易造成城市内涝,并引发山洪、泥石流、山体滑坡等地质灾害^[7-9]。了解降水强度的时空分布特征和不同重现期降水强度的最大值,是政府部门在防汛防灾实践中的迫切需要^[9]。

新疆是干旱和半干旱带,由于不直接受季风系统的影响^[10],与我国东部地区气候差异明显。新疆“三山夹两盆”的特殊地形,使新疆降水呈现出北疆多、南疆少的特点^[9,11-12]。因此北疆暴雨一直是学者关注和研究的重点,不少气象学者对北疆暴雨进行

收稿日期:2022-09-05;修回日期:2023-05-08

基金项目:中国沙漠气象科学研究基金(Sqj2018010);新疆气象局引导性计划项目(202209);国家自然科学基金(41965002);国家自然科学基金(U1903113)

作者简介:艾克代·沙拉木(1987—),女(维吾尔族),高级工程师,主要从事天气预报、气候等方面的研究。E-mail:449088497@qq.com

通信作者:何清(1965—),男,研究员,主要从事沙漠、干旱区气候资源等方面的研究。E-mail:qinghe@idm.cn

了研究^[13-14],得出极端降水事件具有小概率、高风险的特征^[15-17]。张家宝等^[18]指出,新疆有许多沙漠和戈壁,受地形的影响,降水极不均匀,南疆和北疆的气候差异很大。随着气候变暖,南疆近年来极端降水偏多^[17-19],如南疆西部克州2022年5月出现了3场过程(高海拔山区为雨夹雪或雪),共25个站过程累计降水量超过24 mm,其中2个站超过48 mm,13个站超过100 mm,极值中心位于克州地区阿合奇苏木塔什乡阿巴雀雀克,为152.7 mm(连续50 h),克州地区阿合奇县的日降水量(62.9 mm)突破了历史极值(1982年5月30日57.3 mm)。降水范围广、持续时间长、累计降水量大、强降水集中,暴雨站数多、多站雨转雪、极端性强,多站破极值,此次阿合奇县暴雨(雪)天气造成经济损失约1760万元。对新疆而言,北疆历来是年降水量大、暴雨次数多、强度强的地区,对南疆以往的研究多以日、月、年时间尺度的暴雨为研究对象,但对极端降水从小时尺度上分析,仅限于国家站。在极端天气事件增多、城市化进程加快的背景下,由于小时降水数据不完善、处理不到位等原因。山洪、泥石流、城市内涝等短时强降水及其相关次生灾害造成的损失日趋严重,所以国家和社会对监测预报短时强降水的要求更高^[19]。

新疆作为全球气候变化敏感区,也是“一带一路”规划中丝绸之路经济带的核心区,区域降水对其生态环境和经济发展具有重大影响^[20]。弄清楚短时强降水及其相关暴雨过程的时空分布特征,对于提升监测和预报能力具有重要意义^[21-22]。因此,本文在前人研究成果的基础上,利用克州2014—2021年103个区域自动站暖季(4—10月)小时降水资料研究极端降水的气候特征和变化,这是对日、月、年降水分析的补充,同时也是当前防灾减灾以及气象服务的迫切需求^[23]。

1 资料和方法介绍

1.1 资料

选用克州103个区域自动站2014—2021年暖季(4—10月)逐小时降水数据(图1),经过严格的气象业务应用质量控制,数据来源于新疆气象信息中心。其中15个站2016年之前资料的开始年份不同,统计平均时均以实际年份计算。将克州划分为平原区、北部山区、西部山区和南部山区。平原区是指阿图什市西南平原农区、阿克陶县东北平原农区,包括27个站;北部山区是指阿合奇县、阿图什市北部山区,包括27个站;西部山区指乌恰县,包括23个站;南部山区

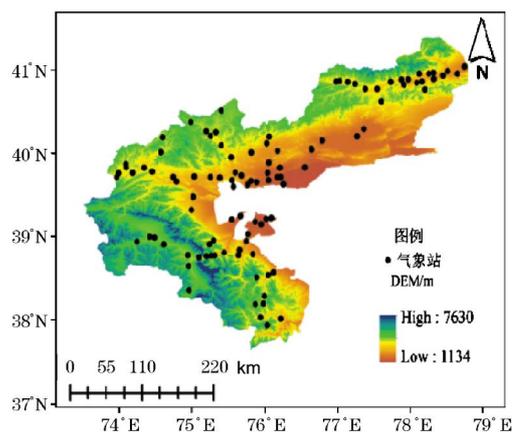


图1 克州地区站点分布

是指阿克陶县山区,包括26个站。

1.2 方法

目前,研究气候极端变化通常采用百分位数法^[23],本文参考李建^[31]等利用百分位阈值筛选小时极端强降水的方法,确定各台站的小时极端降水阈值,某一时间段内大于逐时极端降水阈值的小时数即为极端强降水发生频次。某时段内大于每小时极端强降水阈值的逐小时降水量除以该时段内极端降水发生频率之和即为极端强降水强度^[24-25]。定义极端降水阈值,结合南疆干旱区降水特征,根据杨霞等^[16]研究成果,选定第97百分位小时降水阈值为克州小时极端强降水标准。

2 结果分析

2.1 小时极端降水的空间分布

2.1.1 暖季降水量的时空分布特征

通过分析2014—2021年克州暖季(4—10月)8a合成的暖季降水量年平均值空间分布(图2)和逐年

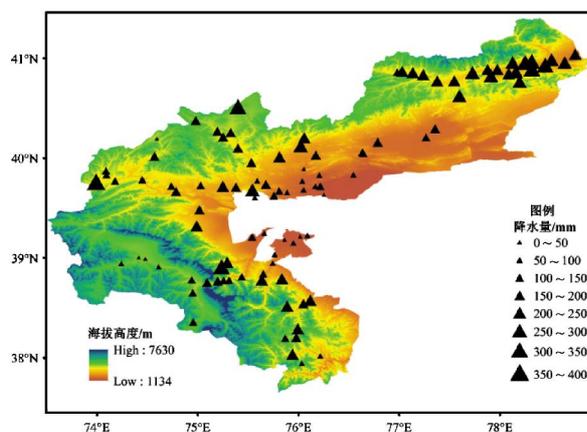


图2 2014—2021年合成的暖季降水量年平均值空间分布

空间分布可知,8 a 平均的暖季降水量空间分布差异较大,分布明显呈中间少、南北两端多的特征;大部分地区除平原地区外,平均降水量在 200 mm 以上。降水量大值中心位于南部山区的阿克陶县奥依塔克镇森林公园旅游区国家气象观测站,近 8 年最大累计降水量为 563.0 mm(2014 年),最小值出现在阿克陶县西部木吉乡,年平均降水量不足 5.0 mm。由此可见,克州年平均暖季降水量的空间分布呈现西部山区少于北部和西南部山区,平原少于山区的特征。

2.1.2 小时极端降水阈值的空间分布

由 2014—2021 年克州暖季(4—10 月)第 97 百分位小时极端降水阈值的空间分布(图 3)可知,克州平原大部、浅山区乌恰县县城及周边乡镇、乌恰县南部膘尔托阔依乡一带、北部山区乌恰县北部铁列克乡至阿图什市吐古买提乡到哈拉俊乡一带、阿

合奇县哈拉布克乡到哈拉奇乡一带、阿合奇县及周边乡镇苏木塔什乡的阈值较高,>6.0 mm/h,其中乌恰县吾合沙鲁乡的阈值达 8.0 mm/h,为高值中心。西南部山区大部,北部的乌恰县西北部、阿合奇县的西北部库兰萨热克乡一带山区的阈值较低,<5.0 mm/h,低值中心位于阿克陶县西南部山区木吉乡,为 2.0 mm/h。

2.1.3 小时极端降水量空间分布

从 2014—2021 年克州暖季(4—10 月)小时极端降水平均值空间分布(图 4)和逐年空间分布(图 5)可知,小时极端降水 8 a 平均值空间分布呈现山区少于平原,西部少于东部,南部少于北部的特点;高海拔山区较小,大部分地区在 40 mm 以下,西南部山区较小,20 mm 以下;平原和浅山区以及北部山区阿合奇县一带为大值区,小时雨量极大值普遍超过 40 mm/h,其极值中心位于阿图什市哈拉峻乡阿亚克

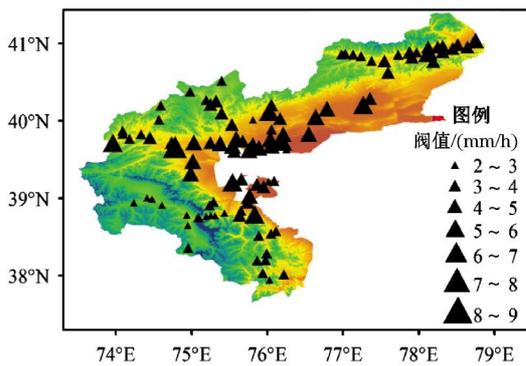


图 3 2014—2021 年克州暖季第 97 百分位小时极端降水阈值空间分布

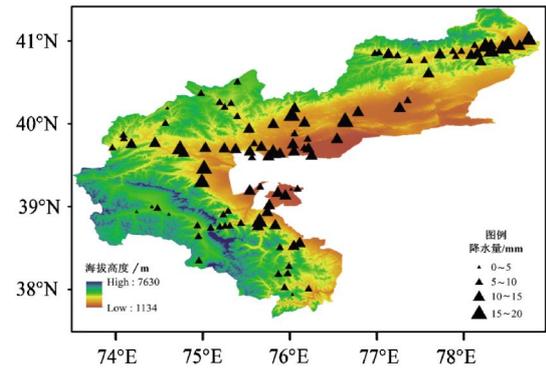


图 4 2014—2021 年克州暖季小时极端降水平均值分布

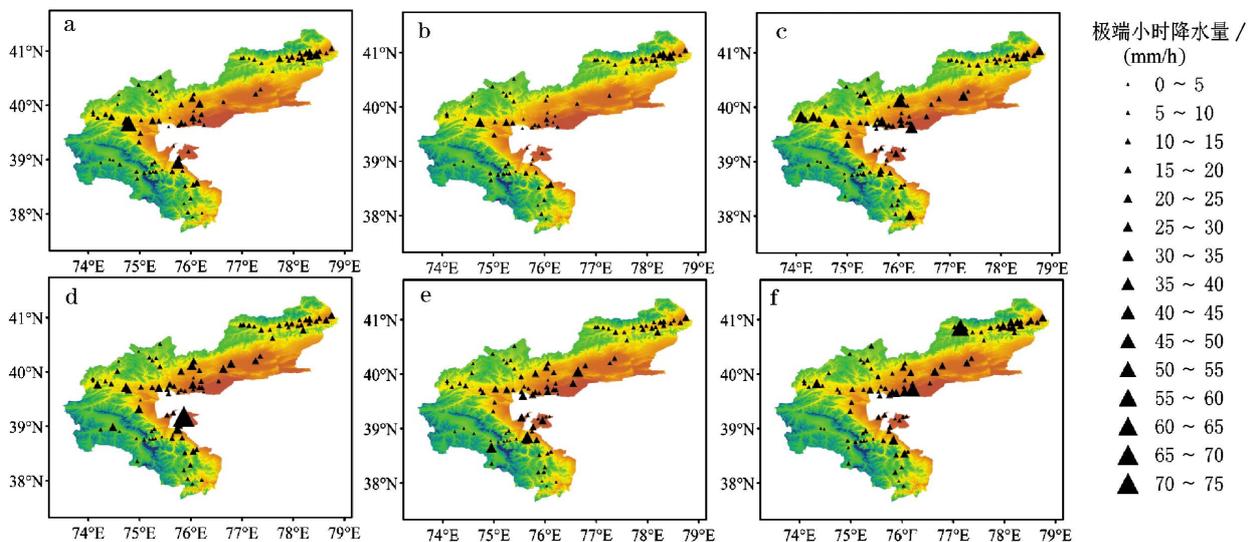


图 5 2014—2019 年克州暖季小时极端降水空间分布 (a 为 2014 年,b 为 2015 年,c 为 2016 年,d 为 2017 年,e 为 2018 年,f 为 2019 年)

苏洪村,小时雨量极大值达 50.9 mm/h;乌恰县西部和阿克陶县西南部木吉乡一带小时雨量极大值较小,普遍低于 2.0 mm/h,2016、2017 年克州暖季总降水量偏多,2015 年偏少。

2.1.4 小时极端降水频次、强度及贡献率

由图 6a 可知,2014—2021 年克州暖季(4—10 月)103 站极端小时降水频次空间分布与降水量相似,频次较多的区域位于东北部、西部及南部的高海拔地区(50 次以上),最大(90 次)出现在吐尔尕特国家基本气象站;降水频次低值主要集中在平原区和西南部山区,最低值(仅 1 次)出现在乌恰县乌鲁克恰提乡玉其塔什牧场气象观测站和乌恰县伊尔克什坦口岸边防前哨班气象观测站。常年极值小时降水高频区 >50 mm/h 阈值的地区主要集中在北部和南部山区,西部山区局限于北部山区中海拔最高的乌恰县东北部。

克州 8 a 平均小时极端降水强度高值主要集中于平原和平原边远地区,最大值(17.7 mm/h)出现在乌恰县吾合沙鲁乡国家气象观测站(图 6b);克州地区降水强度的低值区主要集中在西部、南部和北部

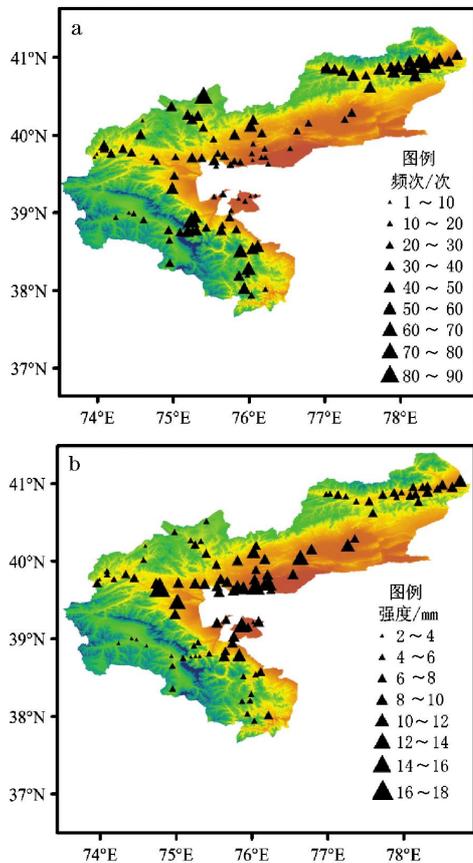


图 6 2014—2021 年克州暖季各站降水频次(a,单位:次)和降水强度(b,单位:mm/h)空间分布

的山区,最低值(2.8 mm/h)出现在阿克陶县木吉乡布拉克村气象观测站,平均强度为 7.3 mm/h。结合降水量以及频次分析可知,平原及浅山区小时极端降水量和降水频次虽然少,但是降水强度不小。平均强度 ≥ 10 mm/h 的气象站主要集中在平原和北部山区。

从克州 2014—2021 年暖季(4—10 月)小时极端降水贡献率(降水量占总降水量比)空间分布(图 7)可知,小时极端降水贡献率较高的地区主要位于平原大部 and 浅山区,北部山区的阿合奇县为 10.0% 以上。高值中心是平原区阿克陶县皮拉勒乡皮拉勒村,达 53.9%;西南部山区大部,北部乌恰县西北部库兰萨热克乡山区小时极端降水贡献率较低,阿合奇县西北部库兰萨热克乡小时极端降水贡献率不足 2.2%。克州平原大部 and 浅山区的降水在较大程度上依赖于极端降水,且阿克陶县、阿图什市平原地区有 20% 以上的降水来源于极端降水。克州高海拔山区的降水多以持续性降水为主,而平原和浅山区等低海拔地区的总降水则多以强对流系统引发的短时强降水为主。Sun 等^[26]指出,全国降水总量中,极端降水平均占 1/3。从图 7 可知,克州地区暖季小时极端降水贡献率较高区域为平原及浅山区,南部山区、北部山区大部、西部山区北部及东部一带小时极端降水贡献率较低。

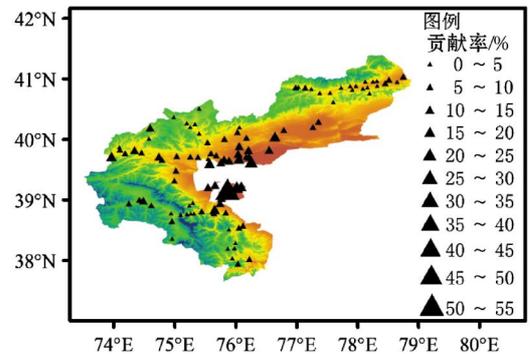


图 7 2014—2021 年克州暖季小时极端降水贡献率空间分布

2.2 小时极端降水日内分布特征

由图 8 可知,克州地区山区与平原区逐时极端降水的日变化特征存在一定差异。18:00—21:00 为相对高值时段;13:00—17:00 为低值时段。小时极端降水频次山区多于平原(图 8a),其高、低值时段的分布时段与小时极端降水量基本一致。克州的小时极端降水强度逐小时差异较大(图 8b)。

克州地区小时极端降水频次的高值时段为 18:00—21:00,低值时段为 13:00—16:00,克州小

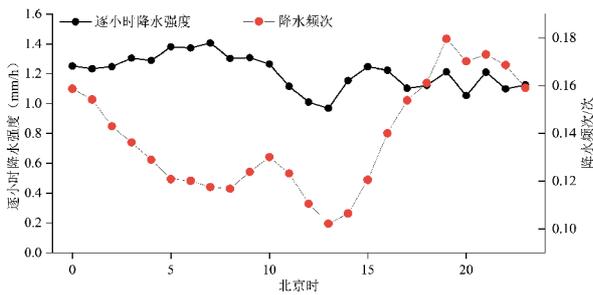


图8 2014—2021年克州暖季降水频次和降水强度逐小时变化

时极端降水强度高值时段为凌晨和 20:00—22:00, 12:00—13:00 降水强度较小。克州山区和平原小时极端降水量和降水频次的高值时段均在午后至前半夜, 低值时段主要在中午至下午。

2.3 不同海拔梯度小时极端降水特征分析

受不同海拔梯度影响而形成和发展的中小尺度系统, 一般直接产生短时强降水^[27-28]。对 2014—2021

年克州暖季(4—10月)山区(海拔 $\geq 2\ 500\text{ m}$)、浅山区($1\ 400\text{ m} \leq \text{海拔} < 2\ 500\text{ m}$)、平原(海拔 $< 1\ 400\text{ m}$) 3种不同海拔高度的小时极端降水强度进行分析, 发现山区小时极端降水频次最高(40.9次/站), 其次是浅山区(36.8次/站), 平原小时极端降水频次最低(13.3次/站)(图9a)。年平均降水强度与降水频次相反(图9c), 小时极端降水强度平原区最高, 为 9.1 mm/h; 浅山区次之, 为 8.5 mm/h; 山区最低, 为 5.1 mm/h。3种不同海拔高度小时极端降水对总极端降水贡献率也有一定差异(图9b, 9d), 小时极端降水贡献率平原区最高(14.5%), 浅山区次之(8.0%), 山区最低(7.2%)。

克州降水分布复杂, 不仅与大气条件有关, 还受地形和海拔的影响。降水强度、频次与海拔高度有一定的联系(图10)。降水频次随海拔升高而增加(图10a)。降水频率与海拔高度有明显的相关性, 在 3 000 m 以下时, 会随海拔增加而增加。当海拔超过 3 000 m,

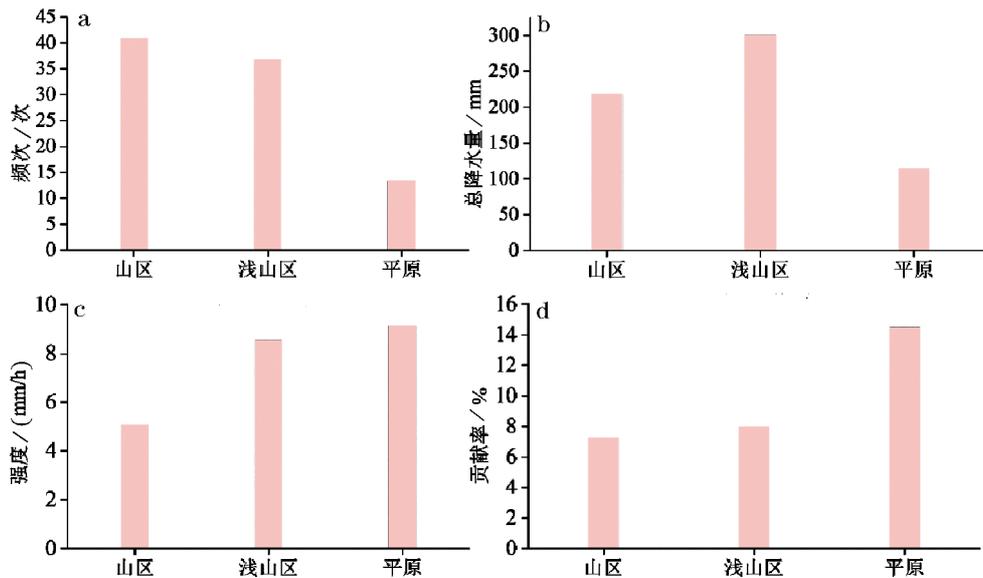


图9 克州 2014—2021年4—10月3种不同海拔高度区域的小时极端降水强度(a为频次, 单位: 次; b为总降水量, 单位: mm; c为强度, 单位: mm/h; d为贡献率, 单位: %)

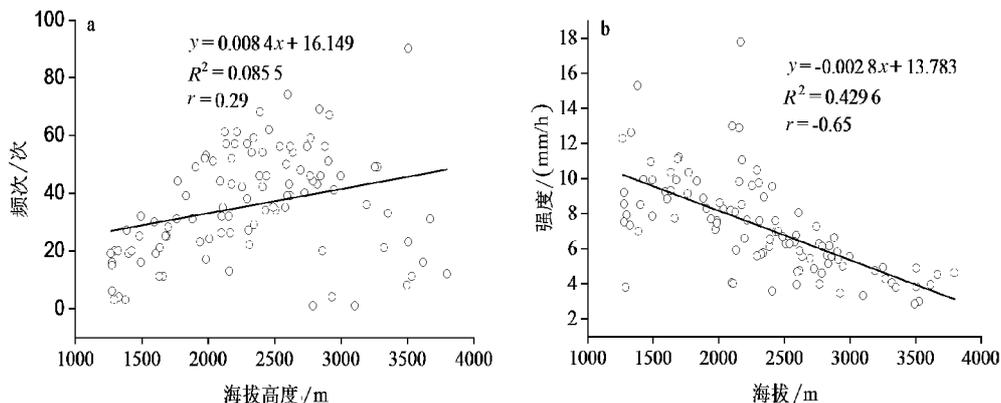


图10 2014—2021年克州暖季极端降水频次(a)、降水强度(b)与海拔高度的关系

频次与海拔呈负相关,且随着海拔增加,频次也随之减少。降水强度随海拔增加而减小(图 10b),海拔在 2 500 m 以下时,降水强度随海拔增加,相关性不断增强。

3 结论

通过对 2014—2021 年克州暖季(4—10月)103 个气象站逐小时降水资料分析,得到以下结论:

(1)克州暖季(4—10月)平均降水量和降水频次总体呈西部多、东部少,山区多、平原少的特征。西南部山区最多(降水量为 349.9 mm,频次为 90 次),其它区域在 50~250 mm;小时极端降水量的分布则是山区少于平原,西部少于东部,南部少于北部的特点。降水强度的空间分布特征与降水量、降水频次的差异较大,平均降水量和频次都呈山区大于平原的特征,但强度却相反,极值均出现在平原和浅山区。

(2)克州各个不同区域小时极端降水频次的高发时段为 18:00—21:00,低值时段主要出现在 13:00—16:00,小时极端降水强度在凌晨以及 20:00—22:00 较大,12:00—13:00 降水强度相对较小。山区和平原小时极端降水量和降水频次的高发时段均在午后至前半夜,低值时段主要分在中午至下午。

(3)小时极端降水对总极端降水的贡献率在 3 个不同海拔区域之间存在差异。小时极端降水的贡献率以平原最高(14.5%),其次是浅山区(8.0%),山区最低(仅为 7.2%)。

本文通过对新疆克州暖季极端小时降水的分析,揭示了克州暖季小时极端降水的时空分布特征,进一步探讨了克州不同海拔高度的小时极端降水特征,新疆小时极端降水的区域性差异较大,南北疆小时极端降水量和强度的变化趋势相反,特别是南疆,尤其是克州三面环山,植被稀少,生态环境脆弱,极端降水频次和强度呈增加趋势,给当地次生气象灾害的防御工作带来巨大挑战^[6]。本文分析了极端强降水的日变化趋势,但没有研究日变化机制,如天气背景、气候特征、局地热力环流等因素的作用,其变化原因还有待于进一步研究。

参考文献:

[1] STEVENSON S N, SCHUMACHER R S. A 10-year survey of extreme rainfall events in the central and eastern United States using gridded multisensor precipitation analyses[J]. *Mon Wea Rev*, 2014, 142(9): 3147-3162.
[2] ZHANG X B, ZWIERS F W, LI G L, et al. Complexity in

estimating past and future extreme short-duration rainfall[J]. *Nature Geoscience*, 2017, 10(4): 255-259.

- [3] 郑小华, 娄盼星, 刘环, 等. 陕西极端降水时空变化特征研究[J]. *沙漠与绿洲气象*, 2019, 13(4): 9-16.
[4] 翟盘茂, 王萃萃, 李威. 极端降水事件变化的观测研究[J]. *气候变化研究进展*, 2007, 3(3): 144-148.
[5] 杨霞, 赵逸舟, 王莹, 等. 近 30 年新疆降水量及雨日的变化特征分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2011, 25(8): 82-87.
[6] 柳葳, 许有鹏, 黄云. 气候变暖对新疆降水和径流影响分析[J]. *干旱区地理*, 2005, 28(5): 599-602.
[7] 辛渝, 陈洪武, 张广兴, 等. 新疆年降水量的时空变化特征[J]. *高原气象*, 2008, 27(5): 993-1003.
[8] 姜逢清, 张廷伟, 胡汝骥. 新疆年降水不规则性空间差异与长期演变[J]. *干旱区地理*, 2010, 33(6): 853-860.
[9] 艾克代·沙拉木, 何清, 阿力木·阿巴斯, 等. 帕米尔高原东部地区 4—9 月降水日变化特征研究[J]. *沙漠与绿洲气象*, 2022, 16(6): 42-50.
[10] 陈春艳, 赵克明, 阿不力米提江·阿布力克木. 暖湿背景下新疆逐时降水变化特征研究[J]. *干旱区地理*, 2015(4): 692-702.
[11] 周璇. 中国南方短时强降水及暴雨日的分布特征研究[D]. 北京: 中国气象科学研究院, 2014.
[12] 杨涛, 杨莲梅. 新疆强对流暴雨的气候特征和概率分布模式研究[J]. *灾害学*, 2003, 18(1): 47-52.
[13] 陈春艳, 王建捷, 唐冶, 等. 新疆夏季降水日变化特征[J]. *应用气象学报*, 2017, 28(1): 72-85.
[14] 赵丽, 杨青, 韩雪云, 等. 1961—2009 年新疆极端降水事件时空差异特征[J]. *中国沙漠*, 2014, 34(2): 550-557.
[15] 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.
[16] 杨霞, 周鸿奎, 赵克明, 等. 1991—2018 年新疆夏季小时极端强降水特征[J]. *高原气象*, 2020, 39(4): 762-773.
[17] 杨军勇, 苏爱芳. 河南省暖季小时极端降水时空分布特征[J]. *暴雨灾害*, 2021, 40(2): 153-159.
[18] 张家宝, 邓子风. 新疆降水概论[M]. 北京: 气象出版社, 1987: 276-280.
[19] 杜雅茜, 周顺武, 亨巴提, 等. 1965—2015 年新疆夏季不同等级降水的空间分布特征[J]. *冰川冻土*, 2018, 40(6): 1231-1241.
[20] 胡文峰, 姚俊强, 张文娜. 1961—2018 年新疆降水量时空变化特征[J]. *武夷学院学报*, 2021, 40(3): 46-51.
[21] 杨莲梅, 李霞, 张广兴. 新疆夏季强降水研究若干进展及问题[J]. *气候与环境研究*, 2011, 16(2): 188-198.
[22] 赵丽, 韩雪云, 杨青. 近 50a 西北干旱区极端降水的时空变化特征[J]. *沙漠与绿洲气象*, 2016, 10(1): 19-26.
[23] 申莉莉, 张迎新, 隆麟雪, 等. 1981—2016 年京津冀地区极端降水特征研究[J]. *暴雨灾害*, 2018, 37(5): 428-434.
[24] 熊明明, 徐姝, 李明财, 等. 天津地区小时降水特征分析

- [J].暴雨灾害,2016,35(1):84-90.
- [25] 李建,宇如聪,王建捷.北京市夏季降水的日变化特征[J].科学通报,2008,53(7):829-832.
- [26] Sun J Q.The contribution of extreme precipitation to the total precipitation in China [J].Atmospheric and Oceanic Science Letters,2012,5(6):499-503.
- [27] 吴正华,储锁龙,李海盛.北京相当暴雨日数的气候特征[J].大气科学,2000,24(1):58-66.
- [28] 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.
- [29] 吴梦雯,罗亚丽.中国极端小时降水 2010—2019 年研究进展[J].暴雨灾害,2019,38(5):502-514.
- [30] 侯春梅,陈忠民,康雯璞,等.河南汛期暴雨时空分布特征及成因分析[J].气象与环境科学,2008,31(2):39-42.
- [31] 李建,宇如聪,孙激,等.中国大陆地区小时极端降水阈值的计算与分析[J].暴雨灾害,2013,32(1):11-16.

Spatial and Temporal Distribution Characteristics of Hourly Extreme Rainfall in Warm Season in Kizilsu Kirgiz Autonomous Prefecture of Xinjiang

Akida Salam¹, HE Qing², Alim Abbas³, Gulipali Silamu¹, Nurxat Tayir¹

(1.Meteorological Bureau of Kizilsu Kirgiz Autonomous Prefecture, Artux 845350, China;

2.Xinjiang Meteorological Bureau, Urumqi 830002, China;

3.Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China)

Abstract Using the hourly precipitation data of 103 stations in Kizilsu Kirgiz Autonomous Prefecture in warm season (April–October) from 2014 to 2021, the spatio – temporal distribution characteristics of hourly extreme precipitation were analyzed. The results show that: (1) The warm season precipitation in Kezhou is less in the south and more in the north, less in plains and more in mountainous areas, and smaller in high –altitude mountainous areas of the southwest; the high –value areas of hourly precipitation frequency are concentrated in the northeast, west and southern high –altitude areas (all above 50 times/a); the stations with hourly mean precipitation intensity ≥ 10 mm/h are mainly located in the north, and the hourly precipitation intensity in the plains is higher than that in the western and southwestern mountainous areas. (2) There are obvious local differences in hourly extreme precipitation threshold, intensity, frequency and contribution rate in Kezhou warm season (April – October). (3) The high value period of hourly extreme precipitation frequency is from 18:00 to 21:00, and the low value period is from 13:00 to 16:00; the precipitation intensity is greater in the early morning and 20:00 to 22:00, smaller in 12:00–13:00. (4) There are differences in the hourly extreme precipitation indicators in three types of regions with different altitude gradients: mountainous areas, shallow mountainous areas, and plains. Among them, the plains (areas below 2 000 m) have the highest precipitation intensity and the lowest frequency; high–altitude mountainous areas (areas above 3 000 m) have the lowest precipitation intensity and the highest frequency.

Key words Kizilsu Kirgiz Autonomous Prefecture; hourly extreme precipitation; spatial and temporal distribution; daily variation characteristics; warm season