

李天江,奚立宗,李玲萍,等. 基于 CMPAS 产品的河西走廊汛期降水日变化特征[J]. 陕西气象, 2024(4):26-31.

文章编号:1006-4354(2024)04-0026-06

基于 CMPAS 产品的河西走廊汛期降水日变化特征

李天江¹,奚立宗²,李玲萍¹,陈静¹,杨梅¹

(1. 武威国家气候观测台,甘肃武威 733000;2. 甘肃省人工影响天气办公室,兰州 730000)

摘要:利用 CMPAS 格点和河西走廊国家气象站、区域气象站逐小时降水量数据,运用常规的气候统计方法,分析了河西走廊 2018—2022 年汛期(5—9 月)降水量、降水频次、降水强度的空间分布和日变化特征。结果表明:(1)受地理位置、海拔高度、纬度以及影响系统影响,降水总量、降水频次及降水强度的空间分布总体上表现为由西北向东南增加,低纬度高海拔的走廊中东部及沿山区大于高纬度低海拔的走廊西部及平原区;(2)受青藏高原东北侧午后湿对流和凌晨到上午气温较低影响,降水量、降水频次和降水强度日变化均表现为双峰型分布,峰值时间段出现在 16—23 时和 06—10 时,谷值出现在 12—14 时;(3)持续 7~12 h 的降水量和 1~3 h 的降水频次最多,持续 13~24 h 的降水频次和降水量最少,不同持续时长降水量和降水频次大值都集中出现在傍晚和凌晨。

关键词:河西走廊;汛期;降水;日变化;CMPAS 格点资料

中图分类号:P426.6

文献标识码:A

降水日变化是地球系统中大气热力和动力过程对水循环过程综合影响的结果,降水日变化的深入研究对充分理解天气气候系统、降水形成机制,进而改进数值模式性能,提高天气预报准确率具有重要意义^[1]。我国夏季降水日变化受气候、地形等因素影响,不同地域降水日变化具有明显差别^[2-3],总体来看降水峰值主要出现在午后到夜间及凌晨到清晨,如:湖南湘东南降水峰值出现在午后到傍晚,其他地区降水峰值出现在清晨^[4]。东北地区降水峰值出现在午后到傍晚和凌晨到清晨^[5];华北、华东降水峰值夜间达到最大^[6-8];西南地区四川、贵州部分地区夜雨频繁,而云南的降水则以白天降水为主,重庆夏季凌晨到中午降水较为集中^[9]。我国东部的南北两区域夏季降水主要集中在午后和清晨^[10],青藏高原地区凌晨和傍晚降水出现较多^[11-12],西北地区夏季降

水量和降水频次日峰值出现在下午至夜间及凌晨^[13-15]。

甘肃河西走廊受季风气候、高原气候和沙漠气候影响,是典型的干旱与极干旱地区。一年中,干季长,湿季短,降水主要集中在汛期,加上河西走廊地形影响,降水日变化特征和中国其他地区具有一定差异性。关于该研究区降水的长时间尺度气候变化特征气象学者做了大量研究^[16-23],也得出了很多有价值的研究成果。河西走廊既是全球典型的生态环境脆弱区,又是全球气候变化响应敏感区,在全球气候环境系统中占据着极为重要的地位^[24-25]。河西走廊干旱区区域站点密度相对较稀疏,用单纯的区域站点资料分析该区降水特征,在一定程度上影响精确度。近年来随着全球气候变暖,极端降水呈增多增强趋势,用高分辨率格点降水资料对该地区降水日变化研究相对较

收稿日期:2023-08-11

作者简介:李天江(1990—),男,汉族,甘肃武威人,学士,工程师,从事天气预报和系统研发工作。

通信作者:奚立宗(1978—),男,汉族,甘肃定西人,硕士,高工,从事人工影响天气及相关研究。

基金项目:甘肃省科技计划项目(22YF7FA041);甘肃省气象局科研项目(Ms2022-11);武威市市级科技计划项目(WW2201RPZ025;WW23B02NY200);武威市市列科技计划项目(WW2101101)

少^[26],为了提高对河西走廊降水日变化的科学认识,进而提高河西走廊汛期降水精细化预报能力及数值预报订正水平,本文利用 2018—2022 年汛期 CMPAS 高分辨率格点降水资料,对河西走廊汛期降水日变化特征进行分析。

1 资料与分析方法

甘肃河西走廊地处西北地区中北部,位于青藏高原北坡的中纬度地带,东西长约 1 000 km,

南北宽百余公里(图 1)。格点实况降水资料采用国家信息中心研发的地面-雷达-卫星三源融合降水分析产品(CMA multi-source merged precipitation analysis system, CMPAS),空间分辨率为 $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$,时间分辨率为 1 h。该降水分析产品质量优良,能合理地反映中国地区降水空间分布^[27-28]。站点实况降水资料采用河西走廊国家气象站和区域气象站观测资料。

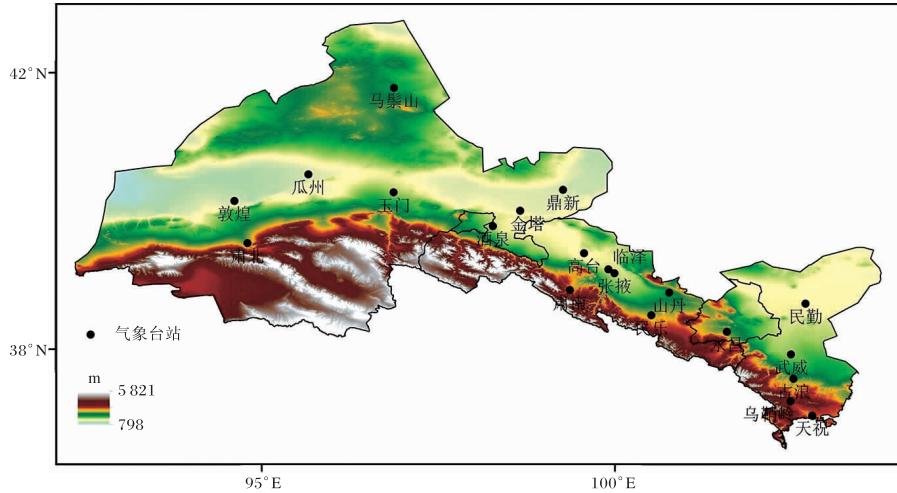


图 1 研究区地形和国家气象观测站点(审图号为 GS(2023)2767 号,下同)

运用常规的统计方法,降水数据均由 2018—2022 年 5—9 月小时数据计算,统计前一日 20:00 (北京时,下同)—当日 20:00 小时降水量 ≥ 0.1 mm 的降水,计算降水频次、降水量和降水强度,分析空间分布及日变化特征。年平均降水量(降水频次)是站点(格点)降水累积总量(降水日数)的 5 a 平均值;逐时降水量(频次)是指该整点过去 1 h 降水量 ≥ 0.1 mm 的所有格点的降水总量(格点数);降水强度定义为降水总量与降水频次的比值;日降水量 ≥ 50.0 mm 定义为暴雨;1 h 降水量 ≥ 20.0 mm 的降水称为短时强降水;降水持续时长定义为一次降水事件开始至结束期间的小时数^[10]。

2 汛期降水空间分布特征

河西走廊汛期近 5 a 平均降水量空间分布(图 2a)由西北向东南增加,高海拔低纬度区降水量明显大于低海拔高纬度区,降水量分布极其不均。河西走廊近 5 a 汛期降水量平均值为 71.1 mm。最大值出现在低纬度高海拔的河西走廊中东部沿

山区,最大降水中心出现在河西走廊东部天祝县朵什和乌鞘岭,分别为 475 mm 和 435 mm;高纬度低海拔的走廊西段降水量小于 50 mm,最小值出现在敦煌市玉门关,为 0.7 mm。

平均降水频次(图 2b)与降水量空间分布相似,低纬度高海拔的山区降水频次明显多于高纬度低海拔的平原区,近 5 a 汛期降水频次平均值为 31.3 d。降水频次大于 100 d 主要集中出现在河西走廊中东部沿山区,最大中心出现在天祝炭山岭,为 107 d;走廊西段降水频次最少,最少出现在敦煌市玉门关,为 2 d。

降水强度(图 2c)分布整体表现与降水量、降水频次分布相似,走廊中东部强于走廊西部,整个走廊降水强度在 0.2~7 mm/d,平均为 1.9 mm/d。大值范围位于走廊中东部沿山区及走廊西部的肃北和马鬃山以西地区,最强中心出现在天祝县朵什,为 7 mm/d;强度最小出现在敦煌市玉门关,为 0.3 mm/d。

河西走廊暴雨频次出现较少(图 2d),表现出

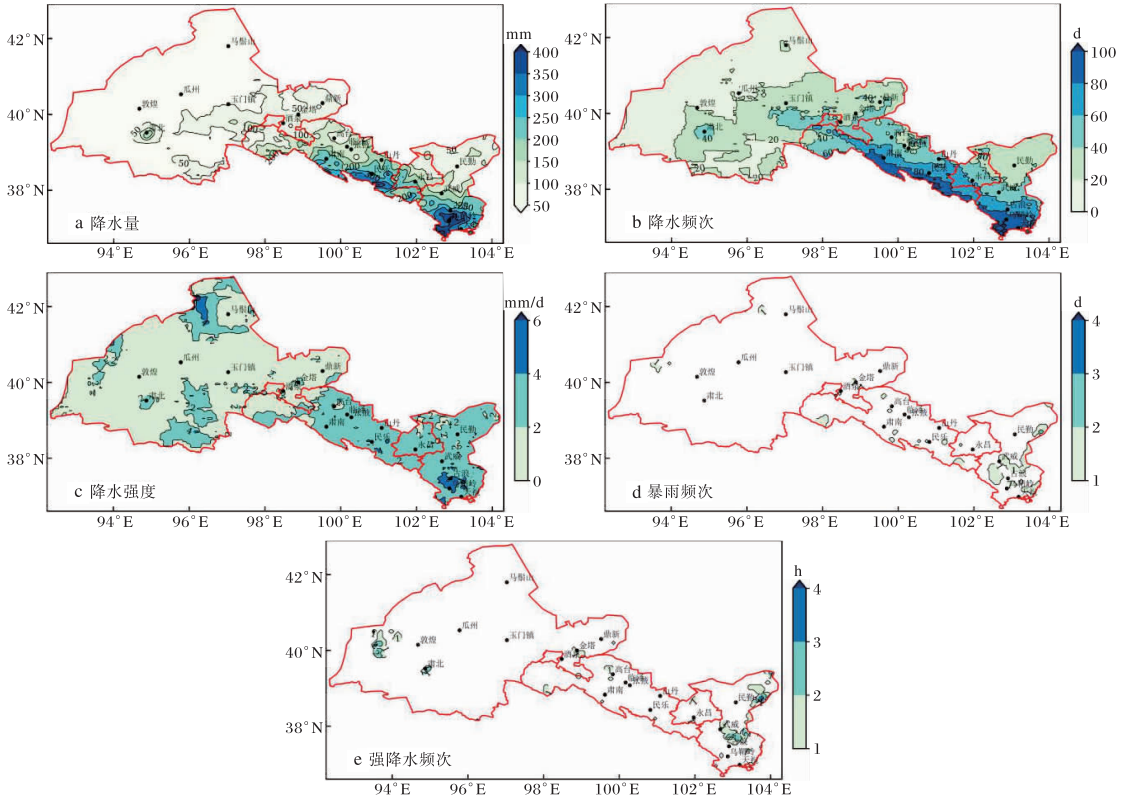


图2 2018—2022年河西走廊汛期平均降水量(a)、降水频次(b)、降水强度(c)、暴雨频次(d)、强降水频次(e)空间分布

分散性、局地性分布特点。暴雨相对集中出现在走廊中东部,最大中心位于走廊东部古浪县的大靖和走廊中部张掖的焉支山林场,为3 d;走廊西部暴雨频次很少,除了肃北有2 d,其余站点未出现暴雨。

图2e为河西走廊汛期近5 a短时强降水频次的空间分布,与暴雨分布特点相似,表现为分散性、局地性特点。走廊东部强降水频次较多,最大中心位于走廊东部古浪黄花滩,中心值为3 h,其次走廊西部肃北有3 h的中心。

通过分析2018—2022年5 a河西走廊10 411个格点降水资料与海拔高度及纬度相关性发现,河西走廊汛期降水总量、降水频次及降水强度的空间分布总体上也与其地理位置、海拔高度以及纬度密切相关,与海拔高度成正相关,与纬度成负相关,均通过0.01的显著性检验(表1),低纬度高海拔的走廊中东部及沿山区降水总量、降水频次及降水强度大于高纬度低海拔的走廊西部及平原区。除此之外,还与影响本地的天气系统有关,河西走廊西部主要受西风带环流系统影响,而走

廊中东部祁连山东北侧高海拔山区,除了受西风带环流系统和西南季风共同影响外,还受青藏高原地形产生的中小尺度系统的影响,致使走廊中东部较西部大气携带的水汽相对较多,低涡、切变活动频繁,降水量、降水频次及降水强度较大。

表1 2018—2022年河西走廊汛期降水与海拔高度及纬度的相关系数

降水	海拔高度	纬度
降水总量	0.213	-0.341
降水频次	0.225	-0.318
降水强度	0.153	-0.144

注:均通过0.01的显著性检验。

3 降水日变化特征

2018—2022年河西走廊汛期降水量、降水频次和降水强度日变化如图3a所示,降水量呈双峰型分布(图3a)。主峰值出现在16—23时,占24 h总降水量的38.30%,其中19时最多,占5.0%,次峰值出现在06—10时,占21.47%,两个峰值

时间段占总降水量 59.77%;最大谷值时段为 12—14 时,占总降水量的 9.87%,最大谷值时间为 13 时,仅占 3.20%。降水频次分布和降水量分布相似,也表现为双峰型。降水频次主峰值出现在 16—22 时,占 24 h 总降水频次的 37.20%,18 时降水频次最多,占 5.03%,次峰值出现在 06—11 时,占 25.68%,两个峰值时段占总降水频

次的 62.88%;谷值为 00—05 时和 12—14 时,最大为 12—14 时,占总降水频次的 10.86%,最大谷值为 01 和 13 时,均占 3.58%。降水强度较小,强度最大为 0.82 mm/h,最小为 0.67 mm/h,所以各时次降水强度变化波动较小,强度最大时段和最小时段分别为 21—23 时和 12—14 时,占总降水强度的 13.68%和 11.38%。

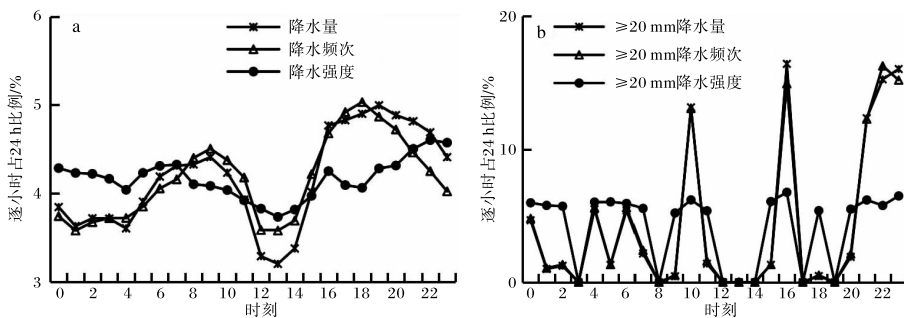


图3 2018—2022年河西走廊汛期降水量、降水频次、降水强度(a)及短时强降水总量、降水频次、降水强度(b)占比的日变化

短时强降水总量、降水频次和降水强度日变化如图 3b 所示。强降水总量各时次分布总体上也表现为 16 时、21—23 时最多,占 24 h 强降水总量的 60.0%,与汛期总降水量的主峰值时间段较一致,最大值出现在 16 时,占 16.42%,03、08、12、13、14、17、19 时未出现短时强降水。强降水频次各时次分布波动也较大,与强降水总量分布一致,也与汛期总降水频次的主峰值时间段较一致,22—23 时最多,占总频次的 31.47%,最大值出现在 22 时,占 16.27%。强降水强度各时次波动变化更小,最大出现在 16 时,为 26.7 mm/h。

分析发现,河西走廊降水量和降水频次日变化呈双峰型分布,峰值时段出现在 16—23 时和 06—10 时,降水强度峰值出现在 21—23 时。降

水峰值出现于午后到傍晚与午后湿对流活动频繁有关^[29-30]。凌晨到清晨降水量较多,因为这段时间是全天气温最低时段,在有利于降水的环流形势背景下,气温越低,空气中的相对湿度越高,也与河西走廊地形有关,有待进一步研究。

4 不同持续时长降水变化特征

4.1 降水频次的日变化

根据降水持续时长,对 1~24 h 不同持续时长的降水事件进行分类,发现降水主要以短时降水最多。持续 1~3 h 的降水占总降水频次的 73.7%,4~6 h 的降水占 13.3%;持续 13~24 h 的降水最少,占 4.6%。不同持续时长降水频次日变化表现有所不同(图 4a),持续 1~3 h、4~6 h、7~12 h 和 13~24 h 降水频次高值时段分别

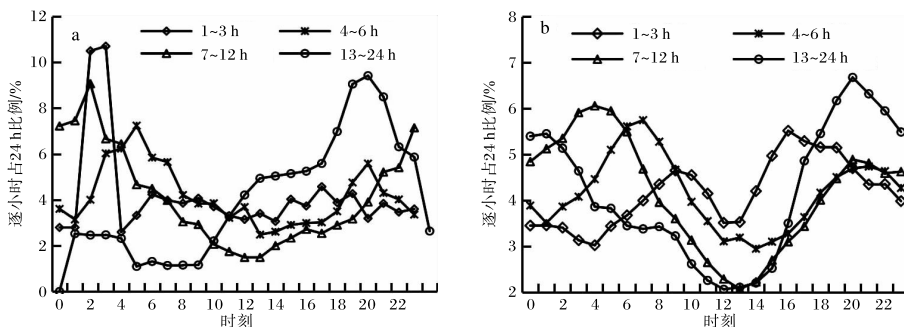


图4 2018—2022年河西走廊汛期不同持续时长降水频次(a)和降水量(b)占比的日变化

出现在 02—03 时、03—07 时、23—04 时和 17—21 时,最高频次分别出现在 03、05、02、19 时,除了 13~24 h 降水的最高频次出现在傍晚到夜间外,其他持续时长的高降水频次主要出现在凌晨。

4.2 降水量的日变化

降水量表现为持续 7~12 h 的降水最多,占总降水量的 41.6%,再依次是持续 1~3 h、4~6 h、13~24 h 的降水,分别占 37.8%、37.5% 和 15.4%。不同持续时长的降水量和降水频次的日变化有所不同(图 4b),持续 1~3 h、4~6 h、7~12 h 和 13~24 h 降水量高值时段分别出现在 15—20 时、05—08 时、01—06 时和 18—02 时,总体不同持续时长降水量大值都出现在傍晚和凌晨。

5 结论与讨论

(1)河西走廊汛期降水量、降水频次及降水强度的空间分布总体上与其地理位置、海拔高度、纬度以及影响系统相关,表现为由西北向东南增加,即高海拔低纬度山区明显大于低海拔高纬度的平原区;但在走廊西段马鬃山以西部分格点出现降水强中心,由于目前当地没有气象监测站,其原因有待进一步研究。

(2)河西走廊降水量和降水频次日变化呈双峰型分布,峰值时段为 16—23 时和 06—10 时,最大时段在 16—23 时,最大谷值在 12—14 时;降水强度各时次变化波动较小,峰值为 21—23 时,谷值为 12—14 时。

(3)河西走廊降水频次主要以持续 1~3 h 的短时降水最多,持续 13~24 h 的降水最少,持续 1~12 h 的降水主要出现在凌晨,持续 13~24 h 的降水出现在傍晚到夜间;降水量表现为持续 7~12 h 的降水最多,持续 13~24 h 的降水最少,不同持续时长降水量大值均出现在傍晚和凌晨。

(4)本文揭示了河西走廊汛期降水的日变化特征,但对造成日变化特征的机制未做详细分析;因此还需要更长时间的降水资料和再分析数据,进一步深入研究造成其日变化特征的机理,以期预报员提供更加缜密的预报思路,提高本地降水预报准确率。

参考文献:

- [1] DAI A G, TRENBERTH K E. The diurnal cycle and its depiction in the community climate system model [J]. *J Climate*, 2004, 17(5): 930-951.
- [2] YU R C, ZHOU T J, XIONG A Y, et al. Diurnal variations of summer precipitation over contiguous China[J/OL]. *Geophysical Research Letters*, 2007, 34(1)[2023-07-12]. [https://www.doc88.com/p-7703105257450.html? r = 1](https://www.doc88.com/p-7703105257450.html?r=1). DOI: 10.1029/2006gl028129.
- [3] 孔锋, 吕丽莉, 方建. 1991~2010 年中国小时暴雨时空变化格局及其与城镇化因子的空间相关分析[J]. *气候与环境研究*, 2017, 22(3): 355-364.
- [4] 戴泽军, 宇如聪, 陈昊明. 湖南夏季降水日变化特征[J]. *高原气象*, 2009, 28(6): 1463-1470.
- [5] 张运福, 严晓瑜, 赵春雨, 等. 辽宁省 5—9 月降水日变化特征[J]. *生态学杂志*, 2011, 30(7): 1529-1534.
- [6] 肖安, 尹小飞, 刘献耀. 江西省降水日变化时空分布特征[J]. *干旱气象*, 2022, 40(5): 840-848.
- [7] 赵玮, 郝翠, 曹洁, 等. 近 40 年北京地区夏季降水日变化及不同持续时间降水事件的特征 [J]. *大气科学*, 2022, 46(5): 1167-1176.
- [8] 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.
- [9] 唐红玉, 顾建峰, 俞胜宾, 等. 西南地区降水日变化特征分析[J]. *高原气象*, 2011, 30(2): 376-384.
- [10] 原韦华, 宇如聪, 傅云飞. 中国东部夏季持续性降水日变化在淮南北的差异分析[J]. *地球物理学报*, 2014, 57(3): 752-759.
- [11] 胡亮, 杨松, 李耀东. 青藏高原及其下游地区降水厚度季、日变化的气候特征分析 [J]. *大气科学*, 2010, 34(2): 387-398.
- [12] 计晓龙, 吴昊旻, 黄安宁, 等. 青藏高原夏季降水日变化特征分析[J]. *高原气象*, 2017, 36(5): 1188-1200.
- [13] 唐敏丽, 肖潺, 原韦华. 秦岭南北降水小时尺度特征对比分析[J]. *暴雨灾害*, 2022, 41(1): 24-32.
- [14] 郭玉琳, 赵勇, 周雅蔓, 等. 新疆天山山区夏季降水日变化特征及其与海拔高度关系[J]. *干旱区地理*, 2022, 45(1): 57-65.
- [15] 白松竹, 潘存良, 王磊等. 2016—2020 年哈密市暖

- 季降水特征及其与海拔高度的关系[J]. 陕西气象,2023(4):32-37.
- [16] 李玲萍,李岩瑛,钱莉,等. 1961—2005年河西走廊东部极端降水事件变化研究[J]. 冰川冻土,2010,32(3):497-504.
- [17] 李玲萍,李岩瑛,盖晓萍. 河西走廊东部降水日数及强度的时空特征[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(4):254-260.
- [18] 刘洪兰,张强,王胜,等. 河西走廊春季降水的空间异常分布及年代际变化[J]. 中国沙漠,2014,34(5):1386-1392.
- [19] 李玲萍,杨永龙,钱莉. 石羊河流域近45年气温和降水特征分析[J]. 干旱区研究,2008,25(5):705-710.
- [20] 李健,陈丽娜,陶生才,等. 河西走廊西部近41年5—9月降水特征分析[J]. 湖北农业科学,2020,59(9):60-64.
- [21] 林婧婧,王大为,方锋. 1961—2015年河西走廊强降水的时空演变及其对植被的影响[J]. 干旱区研究,2017,34(5):1010-1017.
- [22] 胡丽莉,李玲萍,郭小芹. 河西走廊东部汛期降水集中度和集中期特征分析[J]. 干旱区研究,2016,33(4):758-765.
- [23] 孟秀敬,张士锋,张永勇. 河西走廊57年来气温和降水时空变化特征[J]. 地理学报,2012,67(11):1482-1492.
- [24] 张强,胡隐樵,曹晓彦,等. 论西北干旱气候的若干问题[J]. 中国沙漠,2000,20(4):357-361.
- [25] 丁一汇,王守荣. 中国西北地区气候与生态环境概论[M]. 北京:气象出版社,2001:77-154.
- [26] 李玲萍,刘维成,张宇林,等. 石羊河流域主汛期降水日变化特征[J]. 中国沙漠,2015,35(5):1291-1300.
- [27] 孙帅,师春香,潘昉,等. 中国区域三源融合降水产品的改进效果评估[J]. 水文,2020,40(6):10-15.
- [28] 陈小婷,刘瑞芳,梁绵,等. 三源融合降水产品在陕西省的适用性评估[J]. 陕西气象,2023(1):1-7.
- [29] OKI T, MUSIAKE K. Seasonal change of the diurnal cycle of precipitation over Japan and Malaysia [J]. Journal of Applied Meteorology, 1994, 33: 1445-1463.
- [30] WU P M, HAMADA J I, MORI S, et al. Diurnal variation of precipitable water over a mountainous area of Sumatra Island [J]. Journal of Applied Meteorology, 2003, 42: 1107-1115.