

孔锋, 孙劭. 基于 SSPs 的未来全球陆地极端降水强度的空间分异特征预估[J]. 灾害学, 2021, 36(4): 107–112, 118. [KONG Feng and SUN Shao. Spatial Differentiation Prediction of Global Land Extreme Precipitation Intensity Based on SSPs[J]. Journal of Catastrophology, 2021, 36(4): 107–112, 118. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2021.04.018.]

基于 SSPs 的未来全球陆地极端降水强度的 空间分异特征预估^{*}

孔 锋^{1,2}, 孙 劭³

(1. 中国农业大学 人文与发展学院, 北京 100083; 2. 清华大学 应急管理研究基地, 北京 100084;
3. 国家气候中心 中国气象局气候研究开放实验室, 北京 100081)

摘 要: 采用 SSPs 情景下 BCC-CSM2-MR 模式输出的 2015—2100 年的全球日值降水数据, 基于采用超阈值取样方法和韦伯分布理论, 计算了全球陆地极端降水的阈值和强度的空间差异特征。结果表明: ①不同 SSPs 情景下全球陆地的极端降水阈值空间分布具有相似性, 且差异较大的地区主要分布在中纬度地区。其中 SSP1-2.6 情景下的阈值与 SSP2-4.5、SSP3-7.0 和 SSP5-8.5 情景的空间相关系数分别达到了 0.73、0.71、0.70 和 0.69 ($n=16\,941$), 均通过了 0.01 显著性水平的检验。②不同 SSPs 情景下的全球陆地极端降水强度空间分布具有相似性, 仅在强度和面积上有所差异, 呈现出区域和次区域特征。同一 SSP 情景下的全球陆地极端降水强度之间的空间相关系数, 随着重现期的增加而减小。③SSP5-8.5 与 SSP1-2.6 情景下的全球陆地极端降水强度差异在热带和季风区主要以正差异为主, 其分布面积和强度随着年遇型增加而增加。

关键词: 共享社会经济路径; 极端降水; 空间差异; BCC-CSM2-MR 模式; 全球陆地; 气候变化

中图分类号: X43; X915.5; P642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2021)04-0107-07

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2021.04.018

全球变暖背景下地表蒸发加剧, 水循环加快, 全球和区域极端降水普遍呈现增多增强趋势^[1-3], 给区域社会经济发展、粮食安全、生态环境和生命安全等造成了重大影响^[4-6]。近 10 余年来中国地区达到或超过历史极值记录的极端降水事件高达 79 次, 平均每次造成的直接经济损失高达 275 亿元人民币, 死亡人数接近 200 人/次^[7], 且达到或超过历史极值记录的次数随时间发展呈现增多态势^[8]。极端降水已成为全球和区域可持续发展面临的重大挑战之一, 其时空格局变化及相关因素诊断已成为全球气候变化系统研究中的热点和难点之一^[9-15]。在全球尺度上, 以 IPCC 为代表的研究认为 1950 年以来全球极端降水在趋于增多增强, 但具有区域性和次区域性特征, 甚至在平均降水减少的地区, 极端降水也在增多, 而在平均降水增多的地区, 极端降水在以更大的比例增加^[1-3]。在大洲尺度上, 除非洲和南极洲外, 1981—2010 年亚洲、欧洲、北美洲、南美洲和大洋洲的暴雨雨量和暴雨雨日均呈增加趋势, 在年

代增幅变化上, 南美洲暴雨雨量和暴雨雨日增幅最大^[16]。在区域尺度上, 1981—2010 年 IPCC 的 26 个陆地分区中暴雨雨量和暴雨雨日分别有 16 和 15 个区呈现增加趋势, 占据多数^[2]。对 1981—2000 年 IPCC 的 26 个陆地分区中仅有一次超过日均最大降水的重现期进行预估发现, 相邻两次超过日均最大降水的重现期越来越短, 表明相同一段时间内极端降水事件的发生频次增多^[2]。全球气候模式结果表明人为强迫是全球极端降水增强的主要强迫因素之一, 且温带地区一致性较大, 而热带地区变异性强, 但由于观测证据有限, 且地球系统模式的一致性较低, 加之缺乏相关物理过程的认识, 因此, 在人类贡献认识方面具有低信度^[1,4,7]。已有的研究中对全球尺度极端降水的研究开展较少, 更是缺乏对未来极端降水的研究^[4]。当前 IPCC 对全球气候的模拟中多采用基于共享社会发展路径(shared socioeconomic pathways, SSPs)来对比不同发展路径下的气候演变特征^[15,18]。IPCC 在 2010 年调整情景开发模式, 基于

* 收稿日期: 2021-02-22 修回日期: 2021-04-30

基金项目: 国家重点研发计划政府间/港澳台重点专项项目(2018YFE0109600); 国家自然科学基金项目(41701103; 41775078; 41801064); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(2021TC062); 国家重点研发计划项目(2019YFC1510202; 2018YFC1509003; 2018YFC1509001); 中亚大气科学研究基金项目(CAAS201804)

第一作者简介: 孔锋(1986-), 男, 汉族, 山西临汾人, 博士, 副教授, 主要从事气候变化风险与自然灾害研究。

E-mail: kongfeng0824@foxmail.com

通讯作者: 孙劭(1989-), 男, 汉族, 北京人, 博士, 副研究员, 主要从事气候变化诊断及区划研究。E-mail: sunshao@cma.gov.cn

并行方式设计的集气候情景和社会经济情景为一体的框架,其中社会经济情景即是基于 SSPs,气候情景则是基于典型浓度路径(Representative Concentration Pathways, RCPs)^[18-19]。SSPs 和 RCPs 以共享气候政策假设为依据,表示在某一社会经济发展路径下实施一定的气候减缓和应对政策,实现相应辐射强迫的目标^[15]。当前从不同 SSPs 情景下探究全球陆地极端降水的研究较少。因此,开展全球陆地极端降水强度在不同 SSPs 情景下的时空差异特征研究,不仅对 IPCC 具有重要的补充作用,而且对区域防灾减灾具有重要意义。

1 数据和方法

1.1 数据来源

本文的降水数据来自于北京气候中心参与 CMIP6 的 BCC - CSM2 - MR 模式输出的 2015—2100 年的全球日值降水数据,该数据的空间分辨率为 100 km × 100 km,全球共计 360 × 160 个格点^[15]。BCC - CSM2 - MR 模式基于 SSP1 - 2.6、SSP2 - 4.5、SSP3 - 7.0 和 SSP5 - 8.5 情景,该四种情景下的辐射强迫在 2100 年分别稳定在 2.6 W/m²、4.5 W/m²、7.0 W/m² 和 8.5 W/m²。SSPs 的内部逻辑及其与 SRES、RCP 情景、气候变化减缓和适应的关系主要为:SSP1 - 2.6 为低挑战的低辐射强迫情景,是与 SRES - B1/A1T 相似的可持续发展路径情景;SSP2 - 4.5 为中间挑战的中等辐射强迫情景,是与 SRES - B2 相似的中间发展路径情景;SSP3 - 7.0 是高挑战的中等至高辐射强迫情景,是与 SRES - A2 相似的区域竞争发展路径;SSP5 - 8.5 是以减缓挑战为主的高辐射强迫情景,是与 SRES - A1/F1 类似的常规发展路径,详细的情景介绍见文献^[15]。BCC - CSM2 - MR 模式完成了评估和描述试验、历史气候模拟试验和 21 个模拟比较计划试验等 CMIP6 规定的核心试验,其模拟结果与历史观测的降水资料格点化 CN05.1 数据的空间相关系数高达 0.73,相比早期版本的 BCC - CSM1.1m 模式明显提高,表明本文采用的降水数据具有较高的可靠性^[15,18]。

1.2 计算方法

本文将极端强降水定义为超过每个格点降水序列 99% 分位数的降水事件^[20],并采用韦伯分布(Weibull)理论对每个格点的极端降水样本进行重现期的计算。根据韦伯分布理论,极端事件或样本尾部数据的概率分布符合特定的规律,按照超阈值取样的数据可用韦伯分布进行拟合^[10,21]。韦伯分布的概率密度函数及在此分布下某一极端降水强度对应的重现期计算具体如下:

$$f(x; \lambda; k) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-(x/\lambda)^k}; \quad (1)$$

$$p = \frac{1}{1 - F(x < x_m)} = \frac{1}{\int_{x_m}^{\infty} f(x) dx} \quad (2)$$

式中: $\lambda > 0$, 是尺度(比例)参数; $k > 0$, 是形状参数; $f(x)$ 为概率密度函数; $F(x)$ 为累积密度函数; p 为极端降水对应的重现期, x 为每个格网

99% 分位数的降水量,在本文中 x_m 为超过 x 的 10 a、20 a、50 a、100 a、500 a 和 1 000 a 一遇对应的极端降水量,也即极端降水强度。本文采用图谱对比的方法分析不同 SSPs 情景下的全球陆地极端降水阈值、强度的差异特征。

2 结果与分析

2.1 不同 SSPs 情景下全球陆地极端降水阈值空间分异格局

从极端降水阈值分布来看,不同 SSPs 情景下基于 99% 降水量分位数的 2015—2100 年全球陆地极端降水阈值空间高低分布具有相似性(图 1),其中 SSP1 - 2.6(图 1a)与 SSP2 - 4.5(图 1b)、SSP3 - 7.0(图 1c)和 SSP5 - 8.5(图 1d)的极端降水阈值的空间相关系数分别为 0.73、0.71、0.70 和 0.69 ($n = 16\,941$),均通过了 0.01 显著性水平的检验。不同 SSPs 情景下极端降水阈值较高的地区主要分布在低纬度 20°S ~ 20°N 的热带和亚热带地区,其中非洲中西部、南亚、东南亚和南美洲亚马逊中部等多数地区的极端降水阈值超过了 110 mm/d,达到了大暴雨强度;极端降水阈值最低的地区主要分布在非洲撒哈拉、中亚、南极洲等地区,大多低于 10 mm/d。中国东南和美国东南地区的极端降水阈值大多介于 30 ~ 50 mm/d。南北半球在不同 SSPs 情景下随着纬度增加,极端降水阈值呈现减少态势,亚洲大陆随着距海距离的增加,极端降水阈值也呈现减少态势。

2.2 不同 SSPs 情景下全球陆地极端降水阈值空间差异对比

为了对比 2015—2100 年不同 SSPs 情景之间全球陆地极端降水阈值的空间差异特征,本文采用全球陆地高辐射强迫发展路径下的极端降水阈值减去低辐射强迫发展路径下的极端降水阈值,结果如图 2 所示。从高辐射强迫情景与低辐射强迫 SSP1 - 2.6 情景的差异来看,极端降水阈值差异较大的地区主要集中在 40°S ~ 40°N 之间,且辐射强迫差异越大,两种情景下的极端降水正负阈值差异越大,其中正差异主要集中在非洲中部、东南亚、中国东部、澳大利亚北部和南美洲中部地区;负差异主要集中在非洲中西部沿海地区、中美洲中部、南美洲北部等地区;全球其它地区的极端降水阈值差异较小(图 2a,图 2b,图 2c)。高辐射强迫情景与中等辐射强迫 SSP2 - 4.5 情景的极端降水阈值差异与高辐射强迫情景与低辐射强迫 SSP1 - 2.6 情景的极端降水阈值差异空间分布具有相似性,仅在极端降水阈值正负差异幅度上略有差异,尤其是在中国东部地区差异较大,其中 SSP3 - 7.0 情景与 SSP2 - 4.5 情景下的极端降水阈值差异减小(图 2d,图 2e)。SSP5 - 8.5 情景与 SSP3 - 7.0 情景下的极端降水阈值差异在非洲中部、东南亚中南半岛等地以正差异为主,而非洲中部沿海地区、澳大利亚北部、南美洲东部和北部等地以负差异为主;全球其它地区极端降水阈值正负差异均较小(图 2f)。

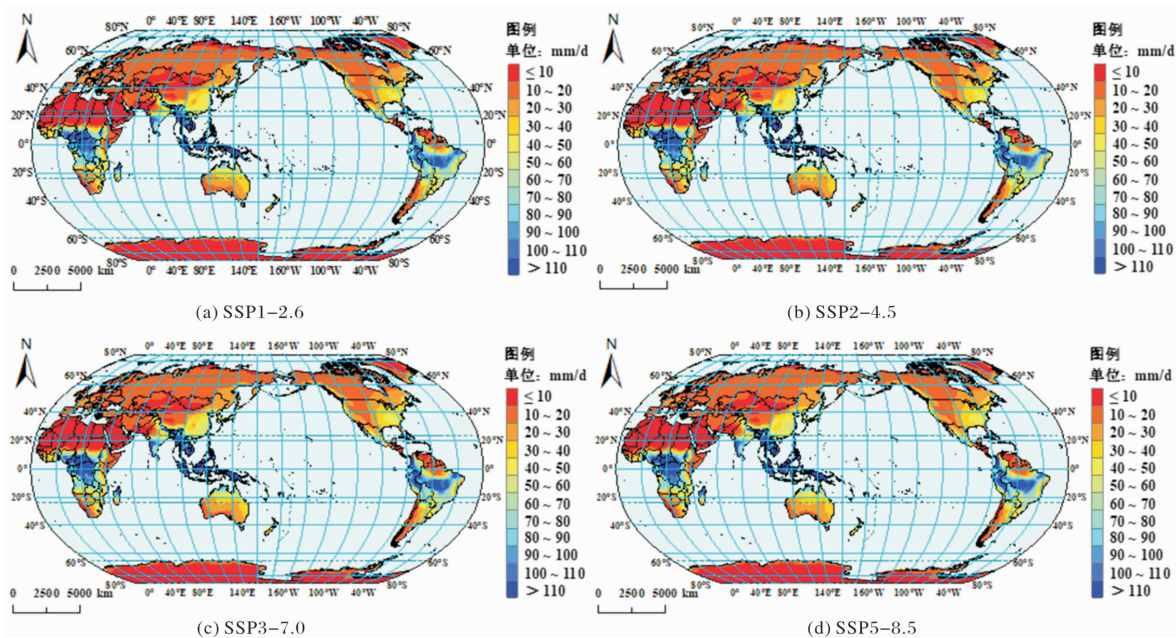


图1 基于99%分位数的全球陆地极端降水阈值在不同 SSPs 情景下的空间分异特征(审图号: GS(2020)4403 号, 下同)

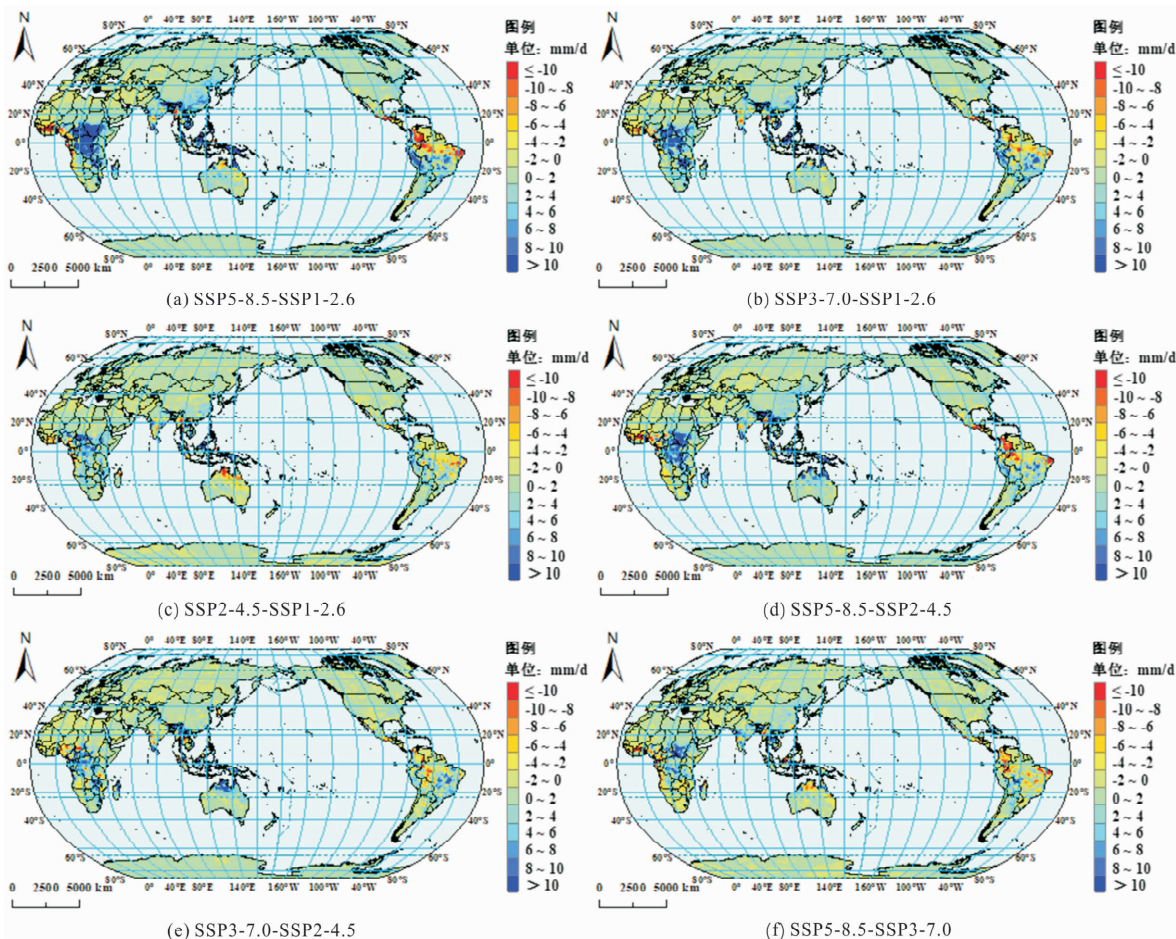


图2 基于99%分位数的全球陆地极端降水阈值在不同 SSPs 情景下的空间差异特征

2.3 不同 SSPs 情景和重现期下全球陆地极端降水强度的空间分异格局

2015—2100 年不同 SSPs 情景下全球陆地极端降水强度在不同重现期下的极端降水强度具有相似的空间高低分异格局, 仅是相同的极端降水强

度在区域分布上略有差异。其中低辐射强迫 SSP1-2.6 情景下的 10 a 一遇的极端降水强度(图 3a)与 20 a 一遇(图 3b)、50 a 一遇(图 3c)、100 a 一遇(图 3d)、500 a 一遇(图 3e)和 1 000 a 一遇(图 3f)的空间相关系数分别为 0.71、0.70、0.68、

0.64 和 0.61 ($n = 16\,941$), 均通过了 0.01 显著性水平的检验; 随着重现期的增加, 空间相关系数逐渐减小。其中 10 a 一遇的全球陆地极端降水强度在非洲中西部、东南亚和南美洲中部较大, 大多超过了 210 mm/d, 局地地区甚至超过了 300 mm/d, 达到了特大暴雨的强度; 中国东部的 10 a 一遇极端降水强度大都超过了 90 mm/d, 且南部地区超过了 120 mm/d, 达到了大暴雨强度; 40°N 以北地区的全球陆地极端降水阈值大多在低于 30 mm/d。1 000 a 一遇的极端降水强度在非洲中西部和马达加斯加岛、南亚、东南亚、澳大利亚北部、南美洲亚马逊流域地区等地较大, 多数超过了 330 mm/d; 中国东部的 1 000 a 一遇极端降水强度超过了 120 mm/d, 且南部地区甚至超过了 270 mm/d, 达到了特大暴雨的强度; 40°N 以北地区的全球陆地极端降水阈值大多在 60 ~ 90 mm/d 之间。2015—2100 年中等辐射强迫 SSP2 - 4.5 情景、中等至高辐射强迫 SSP3 - 7.0 情景、高辐射强迫 SSP5 - 8.5 情景下不同重现期的全球陆地极端降水强度空间高低分异特征与低辐射强迫 SSP1 - 2.6 情景具有相似性, 只是在强度数值和面积分布上有所差异, 呈现出区域和次区域分异特征(图略)。随着辐射强度的增加, 全球陆地极端降水强度和面积分布呈现增加态势。

2.4 不同 SSPs 情景和重现期下全球陆地极端降水强度的空间差异对比

为了对比不同 SSPs 情景和重现期下全球陆地

极端降水强度的空间差异特征, 本文采用高辐射强迫 SSP5 - 8.5 情景下的全球陆地极端降水强度减去低辐射强迫 SSP1 - 2.6 情景和中等辐射强迫 SSP2 - 4.5 情景下的全球陆地极端降水强度, 结果如图 4 和图 5 所示。从图 4 可知, SSP5 - 8.5 与 SSP1 - 2.6 情景下的全球陆地极端降水强度差异在热带和季风区主要以正差异为主, 其中非洲中部、南亚、东亚、东南亚、澳大利亚、北美洲东南、南美洲中部和南部等地区的正差异多数超过了 25 mm/d。上述地区的极端降水强度差异随着年遇型的增加, 正差异的分布面积和强度有增加态势, 尤其是在 40°N ~ 40°S 之间的地区。极端降水强度负差异的地区仅分布在非洲撒哈拉毗邻的西南、中美洲、南美洲北部等地区, 且随年遇型变化不大。全球陆地的其它地区极端降水强度均以微弱正负差异为主, 多数集中在 0 ~ 5 mm/d, 且正差异的地区明显多于负差异地区。同时值得注意的是, 随着年遇型的增加, 极端降水强度的正负差异的次区域性增加, 主要体现未正差异的地区之间镶嵌分布较小面积的负差异地区。从图 5 可知, SSP5 - 8.5 与 SSP2 - 4.5 情景下的全球陆地极端降水强度差异空间分异特征与 SSP5 - 8.5 与 SSP1 - 2.6 情景下的差异具有相似性。所不同的是前两者差异幅度相比后两者差异幅度偏小, 且后两者差异空间分布更加复杂化, 其差异的空间一致性分布相比前两者较差。

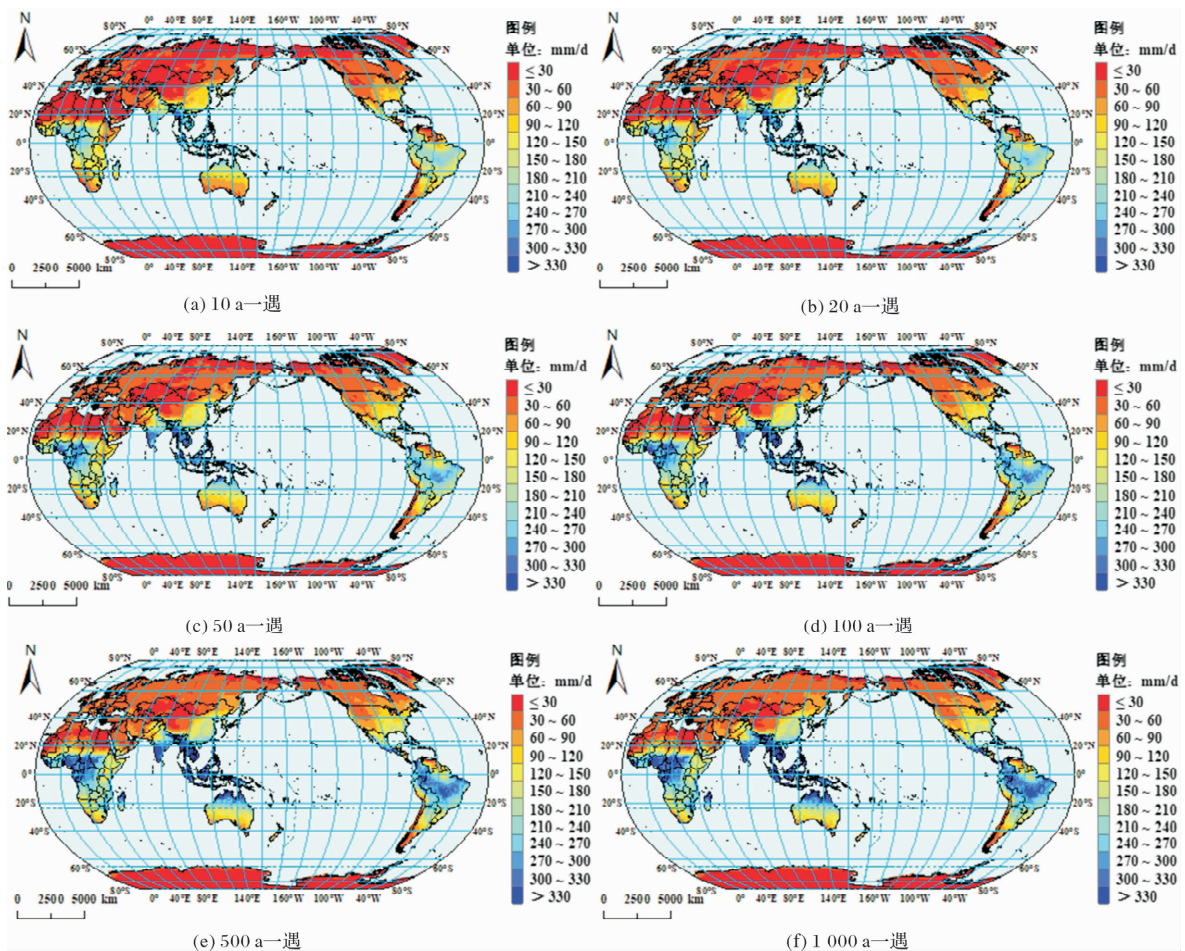


图3 SSP1 - 2.6 情景下全球陆地不同重现期极端降水强度的空间分异特征

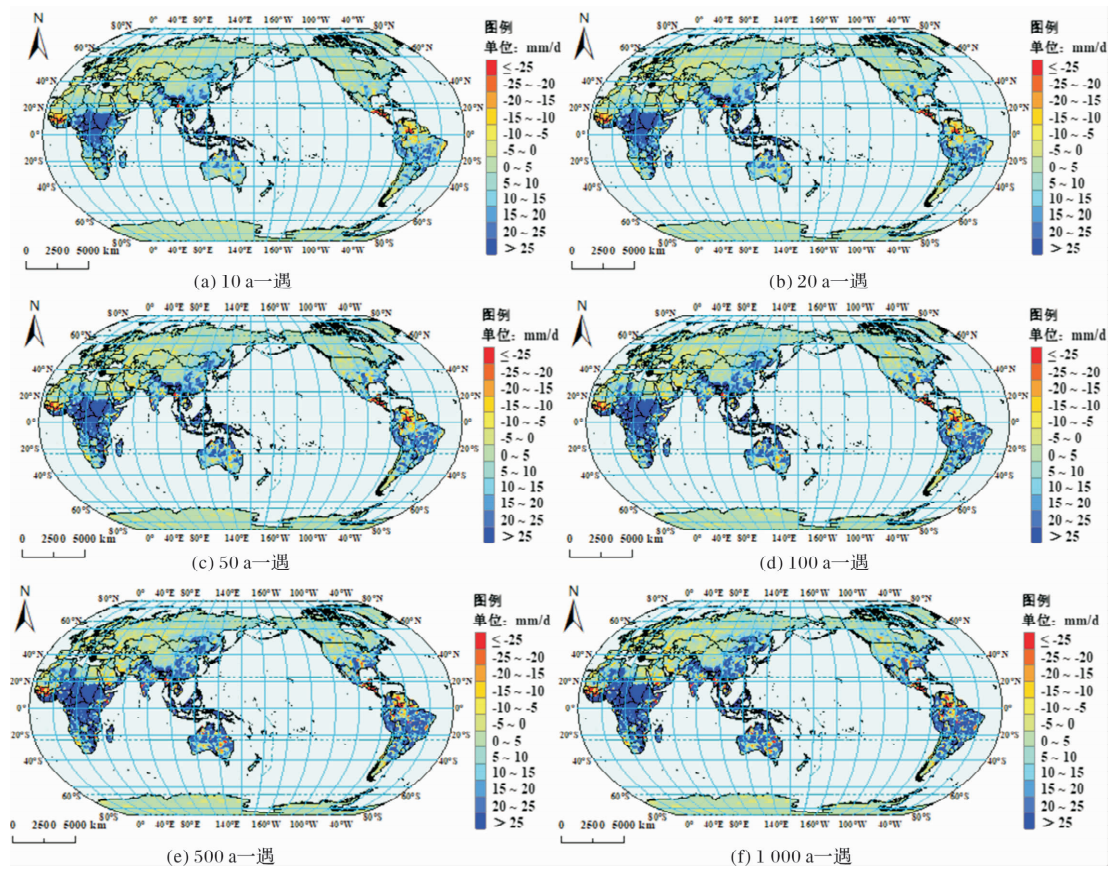


图4 全球陆地不同重现期极端降水强度在 SSP5 - 8.5 与 SSP1 - 2.6 情景下的空间差异特征

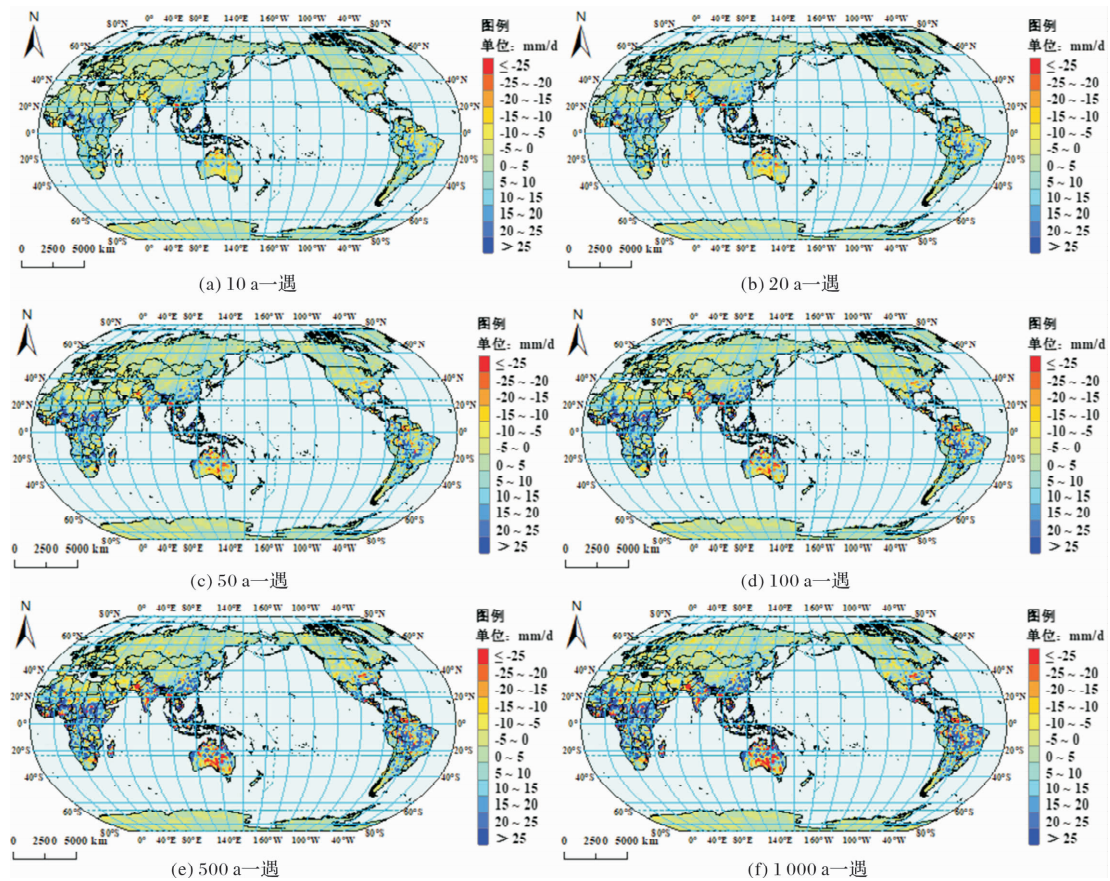


图5 全球陆地不同重现期极端降水强度在 SSP5 - 8.5 与 SSP2 - 4.5 情景下的空间差异特征

3 讨论

全球极端降水阈值和强度随辐射强迫增加而增大,但空间分布格局随辐射强迫变化较小,这与已有研究的结论具有一致性^[1-3],本文通过对比不同 SSPs 情景下的极端降水强度差异特征,发现随着辐射强迫大的两种情景下的极端降水强度差异空间分布较好,而辐射强迫大的两种情景下的极端降水强度差异空间次区域性更强,这在一定程度上暗示人类活动的强度和方式对极端降水影响次区域性更强,这补充了 IPCC 的相关研究结论^[2]。当前全球气候进入了快速发展阶段,尤其是极端天气气候的强度变化已经成为了防灾减灾领域关注的焦点问题,影响着城市安全和行业发展^[22-25]。值得注意的是,本文采用单个模式诊断 SSPs 情景下的全球陆地极端降水强度,这在一定程度上具有某种不确定性,未来仍有待于采用多模式来验证,但这并非意味着采用多模式集合平均,因为平均后的结果会导致极端值的平滑。多模式集合平均更适合平均气温或平均降水,但并不一定适合极端降水。因此,更进一步的讲,本文所指的是未来仍有待于采用其它模式验证本文诊断结果。同时,大尺度的极端天气气候变化的归因分析,尤其是自然原因和人类活动对极端天气气候的影响机制及贡献度,在当前及未来气候变化系统科学应大力关注。

4 结论

(1)2015—2100 年不同 SSPs 情景下全球陆地的极端降水阈值空间高低分布具有一致性特征,其中极端降水阈值在 SSP1-2.6 情景下与 SSP2-4.5、SSP3-7.0 和 SSP5-8.5 情景的空间相关系数分别为 0.73、0.71、0.70 和 0.69 ($n=16\ 941$),均通过了 0.01 显著性水平的检验。不同 SSPs 情景下全球陆地极端降水阈值在 20°S~20°N 地区较高。不同 SSPs 情景下全球陆地极端降水阈值差异以纬度不同而差异较大,特别是中低纬度的季风区和热带雨林地区极端降水阈值正负差异较大,且呈现出区域和次区域分异特征。

(2)2015—2100 年不同 SSPs 情景下全球陆地极端降水强度空间分布具有相似性特征,但在极端降水强度数值和面积分布上有所差异。同一 SSP 情景下的极端降水强度,随着重现期的增加,空间相关系数逐渐减小,表明其空间格局差异增大。整体上不同 SSPs 情景下全球陆地的极端降水强度在东南亚、南亚、非洲中西部、澳大利亚北部和亚马逊流域等地区较大且集中分布。

(3)SSP5-8.5 与 SSP1-2.6 情景下的全球陆地极端降水强度差异在热带和季风区主要以正差异为主,这些地区主要集中在 40°N~40°S 之间,是全球气候变化的敏感区。上述地区的极端降水强度正差异随着年遇型的增加,其分布面积和强度均呈增加态势。SSP5-8.5 与 SSP2-4.5 情景下的全球陆地极端降水强度差异与前者类似,但差异幅度偏小。

参考文献:

- [1] IPCC AR5. Intergovernmental panel on climate change 2013 fifth assessment report (AR5) [R]. London: Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2013.
- [2] IPCC SREX. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation[R]. London: Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2012.
- [3] IPCC SR1.5. Global warming of 1.5°C: an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [R]. London: Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2018.
- [4] 孔锋,史培军,方建,等. 全球变化背景下极端降水时空格局变化及其影响因素研究进展和展望[J]. 灾害学, 2017, 32(2): 165-174.
- [5] KENNETH E. Kunkel. North American trends in extreme precipitation[J]. Natural Hazards, 2003, 29(2): 291-305.
- [6] LI L, RAYMOND W S, CAROLINE C U. The role of the subtropical North Atlantic water cycle in recent US extreme precipitation events[J]. Climate Dynamics, 2018, 50(3): 1291-1305.
- [7] 吴燕娟. 气候变化背景下我国极端降水的时空分布特征和未来预估[D]. 上海: 上海师范大学, 2016.
- [8] WANG S, JIANG F, DING Y. Spatial coherence of variations in seasonal extreme precipitation events over Northwest Arid Region, China[J]. International Journal of Climatology, 2015, 35(15): 4642-4654.
- [9] SILJE L S, ASGEIR S. Low-pressure systems and extreme precipitation in central India: sensitivity to temperature changes[J]. Climate Dynamics, 2015, 47(1): 1-16.
- [10] 孔锋. 透视地球工程对全球陆地不同重现期极端降雨强度的潜在影响[J]. 水利水电技术, 2020, 51(4): 27-37.
- [11] 孔锋. 地球工程对全球陆地极端降雨影响的空间分异研究[J]. 水利水电技术, 2020, 51(1): 57-69.
- [12] 孔锋,史培军,吕丽莉,等. 全球陆地暴雨时空格局变化的自然和人文影响因素研究(1981—2010年)[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2018, 54(2): 208-216.
- [13] 朱连华. 中国地区极端降水的统计建模及其未来概率预估[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2017.
- [14] 吴波,辛晓歌. CMIP6 年代际气候预测计划(DCPP)概况与评述[J]. 气候变化研究进展, 2019, 15(5): 476-480.
- [15] 辛晓歌,吴统文,张洁,等. BCC 模式及其开展的 CMIP6 试验介绍[J]. 气候变化研究进展, 2019, 15(5): 533-539.
- [16] 孔锋,王铸,刘凡,等. 全球、大洲、区域尺度暴雨时空格局变化(1981—2010年)[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2016, 52(2): 228-234.
- [17] 张丽霞,陈晓龙,辛晓歌. CMIP6 情景模式比较计划(ScenarioMIP)概况与评述[J]. 气候变化研究进展, 2019, 15(5): 519-525.
- [18] 吴统文,宋连春,李伟平,等. 北京气候中心气候系统模式研发进展——在气候变化研究中的应用[J]. 气象学报, 2014, 72(1): 12-29.
- [19] 吴润琦. 全球增暖 1.5°C/2.0°C 下中国极端气候事件响应的精细结构及高敏感区的甄别[D]. 南京: 南京大学, 2019.
- [20] 孔锋,方建,乔枫雪,等. 透视中国小时极端降水强度和频次的时空变化特征(1961—2013年)[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(12): 3051-3067.
- [21] 齐庆华. 中国东部降水的极端特性及其气候特征分析[J]. 热带气象学报, 2019, 35(6): 742-755.
- [22] 尹红,孙颖. 基于 ETCCDI 指数 2017 年中国极端温度和降水特征分析[J]. 气候变化研究进展, 2019, 15(4): 363-373.
- [23] 房永生. 中国极端强降水的时空特征及未来预估[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- [24] 孔锋. 基于海陆分异视角的全球暴雨多属性时序变化及其与 ENSO 的关联性分析[J]. 水利水电技术, 2020, 51(5): 26-37.
- [25] 孔锋,王一飞,方建,等. 中等排放情景下中国未来不同强度降雨变化及其对总降雨贡献的预估(2006—2100年)[J]. 水利水电技术, 2017, 48(12): 14-21, 40.

(下转第 118 页)

Spatial Origin Analysis and Empirical Study of Flood in Villages and Towns ——Taking Kou Qian Town, Yongji County, Jilin Province as an Example

CHEN Peng¹, CHEN Qipei¹ and ZHANG Jiquan²

- (1. *College of Tourism and Geography Science, Jilin Normal University, Siping 136000, China;*
2. *School of Environment, Northeast Normal University, Changchun 130017, China*)

Abstract: Floods occur frequently in China every year, causing serious losses. Accurate mastery of time-space information of floods is of great importance for effective disaster prevention and mitigation. The flood source, residence time, flow path and composition were clarified from the perspective of time and space by using the flood numerical model and the flood spatial origin model, and the empirical study was carried out by taking the “7.28” flood in Kouqian Town, Yongji County, Jilin Province in 2010 as an example. The results show that the time origin of the flood in Shangkouqian town is the accumulation process of rainfall, runoff and the storage capacity of Chaoyang reservoir from May to July. The flood accumulation in May accounts for about 15% of the total flood discharge, about 30% in June, and about 55% in July. The spatial origin of the flood in Shangkouqian Town far away from the river is composed of internal water, while the coastal area of the river is composed of external water. The internal water flood is mainly composed of rainfall and runoff flow, while the external water flood is composed of rainfall, runoff flow and reservoir capacity. This study attempts to analyze the origin of flood in time and space from a new perspective, and the research results can not only provide new research ideas for flood-related research, but also provide a reference for accurate disaster prevention and mitigation.

Key words: flood; T-SAS model; flood model; time-space origin; Kouqian Town, Yongji County

(上接第 112 页)

Spatial Differentiation Prediction of Global Land Extreme Precipitation Intensity Based on SSPs

KONG Feng^{1,2} and SUN Shao³

- (1. *College of Humanities and Development Studies, China Agricultural University, Beijing 100083, China;*
2. *Center for Crisis Management Research, Tsinghua University, Beijing 100084, China;* 3. *Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China*)

Abstract: Based on the global daily precipitation data of 2015—2100 from BCC-CSm²-MR model under SSPs scenario, we calculate the spatial difference characteristics of global land extreme precipitation threshold and intensity by using super threshold sampling method and Weibull distribution theory. The results show that: (1) The spatial distribution of global land extreme precipitation thresholds is similar under different SSPs scenarios, and the regions with large differences are mainly distributed in the middle latitudes. The spatial correlation coefficients of SSP1-2.6 and SSP2-4.5, SSP3-7.0 and SSP5-8.5 are 0.73, 0.71, 0.70 and 0.69 ($n = 16941$), respectively, which all pass the test of significance level of 0.01. (2) The spatial distribution of global land extreme precipitation intensity under different SSPs scenarios is similar, but only different in intensity and area, showing regional and sub-regional characteristics. Under the same SSP scenario, the spatial correlation coefficient between global land extreme precipitation intensity decreases with the increase of return period. (3) The difference of global land extreme precipitation intensity between SSP5-8.5 and SSP1-2.6 scenarios is mainly positive in tropical and monsoon regions, and its distribution area and intensity increase with the increase of annual pattern.

Key words: SSPs; extreme precipitation; spatial difference; BCC-CSm²-MR model; global land; climate change