

广西夏季极端气候事件时空分布特征研究

廖紫蓝^{1,2}

¹大气科学学院成都信息工程大学, 四川 成都

²广西壮族自治区来宾市象州县气象局, 广西 来宾

Email: liaozilancuit@126.com

收稿日期: 2020年8月27日; 录用日期: 2020年9月11日; 发布日期: 2020年9月18日

摘要

本文使用国家气候中心CN05.1数据集温度和降水月平均和日平均资料, 采用百分位阈值法和线性趋势估计分析了1961~2012年夏季广西极端高温和极端降水的时空分布特征。并参照地形将广西划分为南部、中部和北部三个子区域。结果表明: 夏季极端高温气候事件在52年中在广西南部、中部和北部都有一致增加的趋势; 夏季极端高温事件合成平均空间分布在广西南部和中部子区域都是从中心向两边逐渐降低, 而北部子区域是从南向北逐渐降低; 夏季极端降水气候事件在52年中广西南部和北部子区域都有微弱增加的趋势, 但中部子区域呈现微弱下降的趋势; 夏季极端降水合成平均空间分布呈现在广西南部子区域为沿海往北逐渐减少, 中部和南部子区域从中心极大值区向周围边逐渐减少的特征。

关键词

广西, 极端高温, 极端降水, 百分位阈值法, 线性趋势估计, 时空分布

Temporal and Spatial Distribution Characteristics of Summer Extreme Climate Events in Guangxi Region

Zilan Liao^{1,2}

¹School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

²Xiangshan Meteorological Bureau, Laibin Guangxi

Email: liaozilancuit@126.com

Received: Aug. 27th, 2020; accepted: Sep. 11th, 2020; published: Sep. 18th, 2020

Abstract

In this paper, with the CN05.1 dataset temperature and precipitation monthly average and daily average data, the temporal and spatial distribution characteristics of extremely high temperature

and extreme precipitation in Guangxi during the summer of 1961-2012 were analyzed by using the percentile threshold method and linear trend estimation. With reference to the terrain, Guangxi was divided into three sub-regions, which were the south region, the middle region and the north region. The results showed: the extremely high-temperature climate events in summer had a consistent increase trend in the southwestern, central and northern parts of Guangxi in the past 52 years; the average spatial distribution of the extremely high-temperature events in summer was gradually decreasing from the center to the two sides in the southwestern and central sub-regions, but the northern sub-region gradually decreased from south to north. The summer extreme precipitation climate events had a slight increase trend in the southern and the northern sub-region part of Guangxi in the 52 years, but the central sub-region showed a slight decline trend; the average spatial distribution of summer extreme precipitation synthesis appeared in the southern sub-region part of Guangxi which gradually decreased from the coastal to the north. The feature of the central and southern sub-regions was gradually reduced from the central maximum region to the surrounding edge.

Keywords

Guangxi, Extremely High Temperature, Extreme Precipitation, Percentile Threshold Method, Linear Trend Estimation, Temporal and Spatial Distribution

Copyright © 2020 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

极端气候事件是在一定时期内发生频率很低的, 对人类社会以及经济财产产生危害与影响的气候事件。通常是在没有进行防御措施的情况下突然发生, 并对生活环境造成严重损坏, 因此极端气候事件的改变引起了人类社会的广泛关注。根据 IPCC (政府间气候变化专门委员会)第四次报告显示, 过去 50 年内, 在全球变暖的影响下, 全球范围内极端天气事件发生的频率和强度与过去相比都产生了很大的变化 [1]。极端温度和极端降水事件发生的频数在大部分地区都有所上升。广西壮族自治区位于低纬度华南地区, 北部为南岭山地, 西接云贵高原, 南部靠近热带海洋, 夏长冬短, 属于典型的亚热带季风气候。受季风进退的强烈影响, 灾害性天气时常发生, 造成气温和降水的变化, 由于气温的不断升高和降水量的持续增大, 促进了极端高温和极端降水气候事件的形成, 对人们的生产生活例如农业、出行、通讯、能源等方面产生了重大的影响。

随着对极端气候事件的研究不断深入, 全球对极端天气的研究取得了很大的进展, 中国也已经获得了相当不错的成果 [2]。根据二十世纪的全球气候模型 ECHAM5/MPI-OM 模拟和二十一世纪的 SRES A1B 和 B1 排放情景计算得到的温度和降水指数分析显示出最低温度指数 Tmin、最高温度指数 Tmax 和热带夜晚的频率, 极端降水指数在全球范围内都呈增加的趋势 [3], 印证了其他国内外学者的观点 [4]。通过分析 1956~2008 年的数据资料揭示了中国大陆的极端气温事件的变化特征, 绝对指数的变化(如霜冻, 结冰日数减少, 夏日数增多), 极值指数的变化(最高(低)气温的极大值与极小值相比, 极小值上升更广, 强度更大)以及相对指数的变化(冷昼和冷夜数下降, 暖夜和暖昼数上升) [5], 与在全球升温背景下东亚和中亚气候变化研究的结果相一致 [6]。我国极端高温和极端低温在四季上均表现出稳定的增长趋势, 华南地区的增温趋势最为明显, 尤其是冬季的升温趋势较为显著 [7]。华南大部分地区极端高温日数呈增加趋势, 其中华南沿海地区增加趋势最为明显, 极端天气的增加趋势由东南沿海向西北地区逐渐减少 [8] [9]。广西

区域的极端冷事件减少, 极端暖事件增加[10]。广西地区年高温日数显示了极端高温的分布具有明显的区域性特征, 由丘陵山区向河谷地区递增[11]。关于中国极端降水事件的频数和强度的研究显示在 95~120°E, 17~35°N 区域内为极端降水多发区, 降水强度较大的区域主要为 105~122°E, 35°N 以南地区, 且极端降水主要出现在夏季[12]。中国的极端降水事件存在明显的地域差异, 极大值区在西藏东部, 四川北部及我国东南部, 华南地区的极端降水事件表现出明显的增加趋势[13]。华南地区极端降水指数均呈上升趋势, 前汛期极端降水指数的大值区主要分布在广西东北部和广东中部, 后汛期极端降水指数的大值区则主要分布在华南沿海[14]。广西区域极端降水的阈值及频率在时间上呈现出增加的趋势, 极端降水比例的大值区主要在桂东北西北, 桂南以及沿海地区[15]。从对全球至中国, 再到华南以及广西地区的极端高温和极端降水气候事件的研究, 得出的结论都具有有一致性。极端高温、极端降水气候事件的频次和强度在全球大部分地区均呈现上升的趋势。

极端气候事件对气候变化的影响越来越敏感, 气候变化很大程度上受到极端气候事件频率和强度变化的影响[16]。极端气候事件的增加导致河流洪涝的风险也相应地增加, 还引起了干旱天气的增加, 另外还表明极端天气事件频率、强度的增加, 也会使相应的风险随之增加[17]。极端天气难以准确预测且具有突发性, 伴随着极端气候事件的增加, 全国范围内地区的经济产出都相对减少, 对我国的国民生活和经济都产生很大的负面影响[18]。全球极端气候事件的频发, 使人们往往更容易从极端天气中直接感受到气候的异常变化。因此研究极端气候事件的变化, 了解其变化特征及趋势, 能够为未来预报极端天气事件提供参考依据, 从而能提前采取防护措施以减少极端气候事件对人类社会的生活和经济的影响。虽然近年来中国在极端天气事件的研究方面已取得了不少成果, 但对于单个广西区域的极端气候事件的研究还不是很多。因此对广西夏季的极端高温和极端降水气候事件进行分析研究, 不仅能了解广西区域极端气候事件的时空分布特征, 还能获得容易发生极端高温和极端降水的区域和时次, 提前对其进行预报和防范, 减少极端天气对人们生产生活产生的恶劣影响。

2. 数据介绍及研究方法

2.1. 数据介绍

本文选用了国家气候中心 CN05.1 资料[19], 时间段为 1961~2012 年, 包括气温、降水的日平均以及月平均资料, 其水平分辨率为 $0.5 \times 0.5^\circ$, 选取的区域为广西壮族自治区(105°25'~111°75', 21°75'~26°25')。中国区域的格点化逐日观测资料, 在描述极端气候事件和气候平均态时, 在中国东部台站较密集地区的差异性较小, 而在台站稀疏的中国西部地区的差异性较大, 不确定性更高。本文采用的 CN05.1 格点资料与其他资料在气温和降水数据的对比方面也有所不同。在温度数据上, 该资料在台站密集地区差异的总体数值要更小一些, 在极端暖事件表现上更为偏强。而对于降水数据, 其降水量与其他的相比均偏大, 但差异更小, 能为我们的研究提供更为准确的资料。

2.2. 研究方法

本次研究中使用百分位阈值法来定义广西区域的极端高温和极端降水阈值, 采用线性趋势估计对广西区域的极端气候事件的时间变化趋势和空间分布特征进行研究分析[20]。由于广西地势由西北向东南倾斜, 北部多为高原和丘陵, 中部的“浔郁平原”为广西最大的平原, 南部濒临海洋, 故根据地形的因素以及纬度的分布, 在这里将广西分为北部(105°25'~111°75', 24°~26°25')、中部(105°75'~111°25', 23°~24°)和南部(106°75'~110°75', 21°75'~23°)三个子区域来对其进行分析说明。三个子区域的分布情况如图 1 所示。

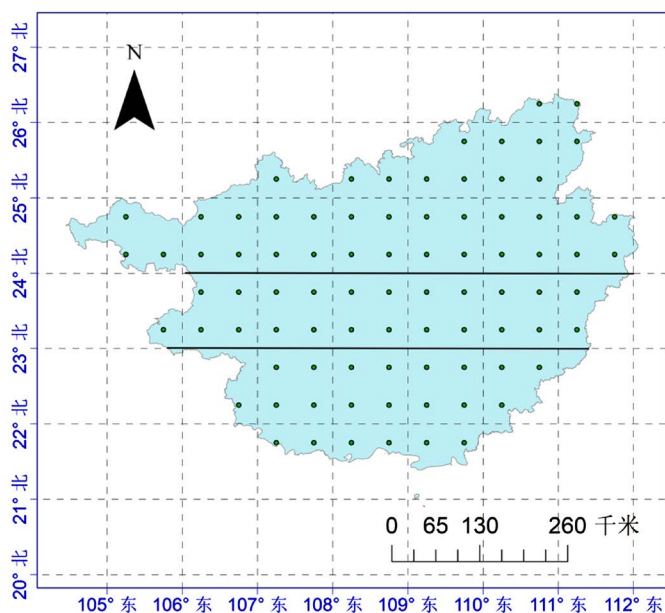


Figure 1. Distribution map of three subregions in Guangxi

图 1. 广西三个子区域分布图

本文分别计算三个子区域在 1961~2012 年期间温度、降水区域平均的时间序列, 筛选其夏季(6、7、8 月)数据。再分别将三个子区域 52 年的温度、降水区域平均的夏季数据按升序排列, 定义该序列的第 95% 百分位的数值为该区域极端高温、极端降水的阈值, 当各区域夏季某天温度或降水的区域平均值超过定义的这个区域的极端高温或极端降水阈值时, 就判定该区域发生了极端高温或极端降水气候事件。统计每年夏季各区域发生极端高温、极端降水气候事件的频次。根据统计的每年夏季极端高温、极端降水发生的频数分析近 52 年来广西的三个子区域极端高温、极端降水气候事件的时间变化趋势。并进行线性趋势估计, 即根据最小二乘法建立各区域年份与发生极端高温、极端降水频数的一元回归方程, 利用回归系数 b 表示极端高温、极端降雨的趋势倾向。根据相关系数 r 检测其趋势是否显著, 即当计算得到某区域极端高温或极端降水发生频次与年份之间的相关系数, 当这个相关系数的绝对值超过显著水平为 0.05 的相关系数时, 则表明极端高温或极端降水事件的发生频次随着年份的变化趋势是显著的, 否则认为这种变化趋势是不显著的。除此之外, 三个子区域的极端高温、极端降水气候事件发生时间在之前的分析中已知晓, 这里再分别对这三个子区域的极端高温、极端降水发生时间的 CN05.1 格点资料进行时间维平均, 以此分析在发生极端气候事件时, 三个子区域的极端高温、极端降水比例分布特征。再将其与 1961~2012 年夏季的气候平均态进行对比分析, 分析说明广西夏季极端高温、极端降水天气与气候平均态之间的差异, 从而显示出广西区域夏季极端高温、极端降水发生时的分布特征。

3. 广西地区夏季极端高温时空分布特征

3.1. 南部子区域

利用上述方法对 1961~2012 年广西南部子区域的极端高温进行研究分析, 如图 2 所示。图 2 显示 1961~2012 年近 52 年夏季的广西南部子区域的极端高温频次呈现增加的趋势, 增幅为 0.084 次/年, 极端高温频次与年份之间的相关系数 r 为 0.32, 通过相关系数的显著性检验。表明广西南部夏季极端高温的增加趋势是显著的。广西南部夏季极端高温频发的高值年在 1998 年, 达到 18 次, 超过 52 年的年平均频次(4.6 次) 13.4 次, 而在 1970、1974、1976 以及 2002 年广西南部的极端高温气候事件没有发生。

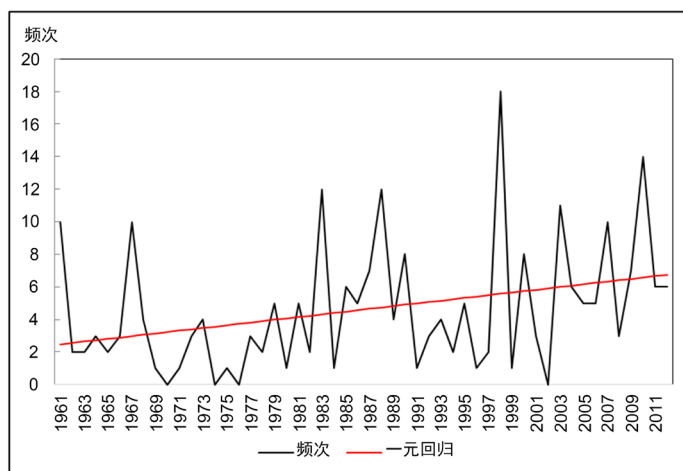


Figure 2. Interannual changes in the frequency of extreme high temperatures in southern Guangxi during the summer of 1961-2012

图 2. 1961~2012 年夏季广西南部极端高温发生频次的年际变化

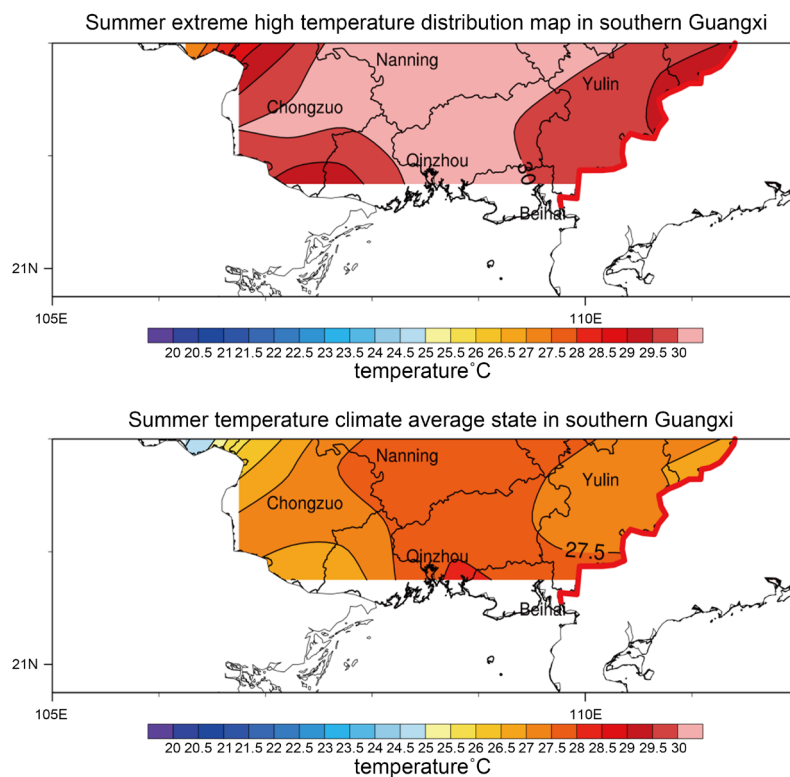


Figure 3. The upper picture is the average distribution of extreme high temperature synthesis in the southwest of Guangxi in the summer of 1961-2012; the lower picture is the average temperature and climate state of the southwest of Guangxi in the summer of 1961-2012

图 3. 上图为 1961~2012 年夏季广西南部极端高温合成平均分布图；下图为 1961~2012 年夏季广西南部气温气候平均态

1961~2012 年夏季广西南部子区域极端高温合成平均分布图以及气温气候平均态图如图 3 所示。图 3 上显示, 在该 52 年夏季期间广西南部夏季发生极端高温气候事件合成平均空间分布特征。合成平均的高温事件温度分布的极大值区位于南宁南部、崇左东部、钦州、北海北部, 合成平均气温达到 30℃ 以上。而崇左西北部、崇左南部、防城港、玉林地区的合成平均气温较极大值区偏低, 均为 29.5℃~30℃ 之间, 极小值

区位于百色西南部地区。则广西南部夏季发生极端高温气候事件合成平均的温度分布由中心向两边逐渐降低。图 3 下显示该 52 年夏季广西南部气温气候平均态, 夏季气候平均态极大值区位于钦州西南和北海西北临海区域, 平均气温约为 28°C 以上, 南宁南部、钦州的大部分区域约为 $27.5^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$ 左右, 而极小值区位于崇左的西北部, 则广西南部夏季气温气候平均态特征为从中心向两边逐渐降低。结合图 3, 广西南部夏季极端高温合成平均比夏季气候平均态高 2°C 左右, 日平均气温极大值区的分布区域不同, 而极小值区的分布区域相同。夏季广西南部子区域极端高温合成平均与气温气候平均态呈现一致的空间分布特征。

3.2. 中部子区域

对 1961~2012 年广西中部子区域极端高温气候事件频次的年际变化的分析如图 4 所示。

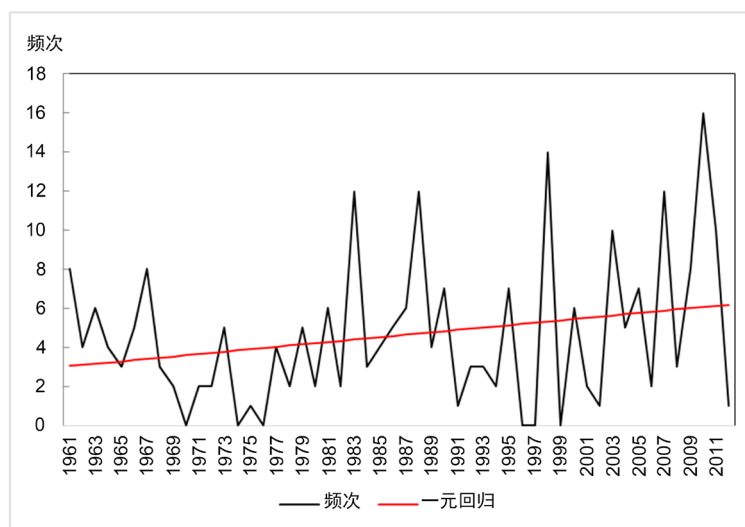


Figure 4. Interannual changes in the frequency of extreme high temperatures in central Guangxi during the summer of 1961-2012

图 4. 1961~2012 年夏季广西中部极端高温发生频次的年际变化

图 5 显示夏季广西中部子区域极端高温合成平均分布图及气温气候平均态图。广西中部夏季极端高温合成平均的分布特征如图 5 上所示。合成平均气温极大值区位于来宾南部、南宁中部以及贵港南部达到 30°C 以上, 而梧州、百色东部地区的合成平均气温约为 $29^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 左右, 极小值区位于百色西部仅有 25°C 左右, 则广西中部极端高温合成平均的空间分布从中心向两边逐步降低, 其中往西降低的幅度较大。图 5 下显示了广西中部夏季气温气候平均态特征, 平均态气温大于 27.5°C 极大值区主要分布于来宾南部、贵港南部。而南宁北部、贵港北部、梧州、来宾西部和东部平均态气温均为 $26.5^{\circ}\text{C}\sim 27^{\circ}\text{C}$ 左右, 极小值区位于百色西部, 平均态温度仅有 22.5°C 。因此广西中部夏季平均态的空间分布特征为从中心向两边逐渐降低。结合图 5, 广西中部夏季极端高温合成平均比夏季平均态气温约高 2.5°C , 极大值区的分布区域相似, 但极端高温合成平均的极大值区较夏季平均态的极大值区更大, 范围更广, 极小值区的分布区域相同。夏季广西中部子区域极端高温合成平均与气温气候平均态呈现一致的空间分布特征。

3.3. 北部子区域

对广西北部子区域 1961~2012 年夏季的极端高温日数的研究和分析如图 6 所示。图 6 表明广西北部子区域 1961~2012 年近 52 年夏季期间的极端高温发生频次呈现增加的趋势, 增幅为 0.068 次/年, 极端高温发生频次与年份之间的相关系数 0.244 , 没有通过相关系数的显著性检验, 表明广西北部夏季的极端高

温频次增加的趋势并不显著。广西北部夏季极端高温气候事件频发的高值年为 2010 年，达到 21 次，接近 52 年平均频次的 5 倍。而在 1968、1970、1974、1976、1993、1996、1997、1999 以及 2006 年夏季广西北部没有发生极端高温气候事件。

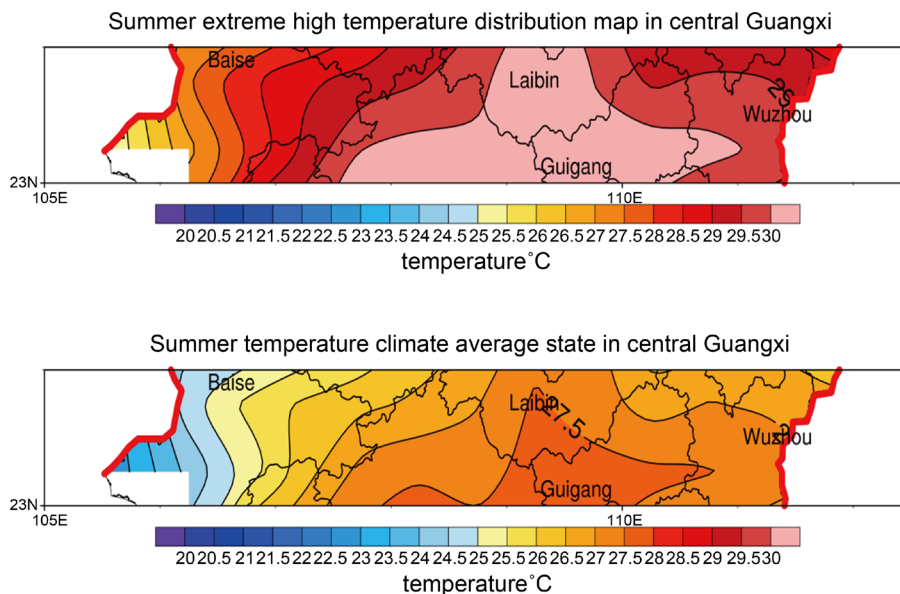


Figure 5. The upper picture is the average distribution of extreme high temperature synthesis in the southwest of Guangxi in the summer of 1961-2012; the lower picture is the average temperature and climate state of the southwest of Guangxi in the summer of 1961-2012

图 5. 上图为 1961~2012 年夏季广西南部极端高温合成平均分布图；下图为 1961~2012 年夏季广西南部气温气候平均态

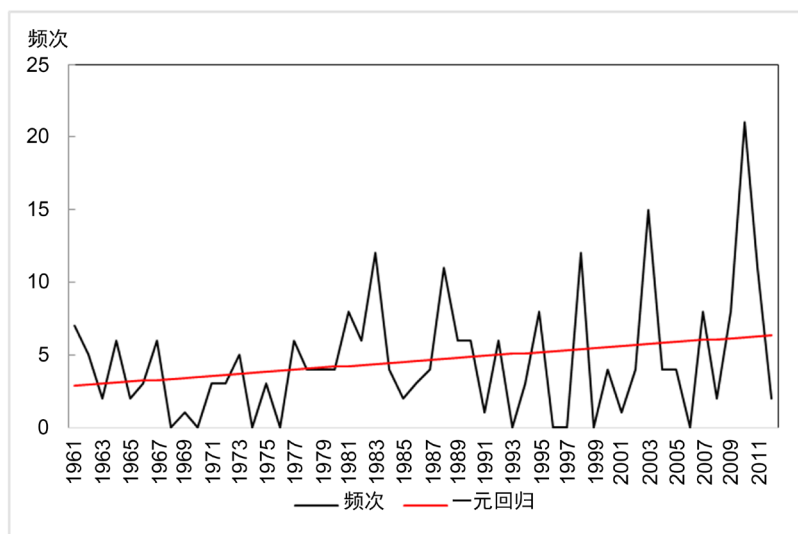


Figure 6. Interannual changes in the frequency of extreme high temperatures in northwestern Guangxi during the summer of 1961-2012

图 6. 1961~2012 年夏季广西北部极端高温发生频次的年际变化

图 7 显示的是夏季广西北部子区域极端高温合成平均分布图及气温气候平均态图。广西北部夏季极端高温合成平均的空间分布特征如图 7 上所示。合成平均的极大值区位于柳州南部，达到 30°C 以上。而河池东南部、柳州中部、桂林南部、贺州西南地区的合成平均气温约为 29°C~29.5°C 左右，极小值

区位于百色西北部, 约为 24.5°C 左右, 则广西北部夏季极端高温合成平均的空间分布特征为从南向北逐渐降低。图 7 下显示了广西北部夏季气温气候平均态特征, 其呈现从南向北逐渐降低, 夏季气候平均态极大值区为 $27^{\circ}\text{C}\sim 27.5^{\circ}\text{C}$, 极小值区为 $21.5^{\circ}\text{C}\sim 22^{\circ}\text{C}$, 分布区域与夏季极端高温合成平均的极大值区与极小值区的分布基本相同, 但温度值较极端高温合成平均偏低 3°C 。河池东南部、柳州东部、桂林南部以及贺州地区的夏季气候平均态约为 $26^{\circ}\text{C}\sim 27^{\circ}\text{C}$ 之间, 比同一区域合成平均的高温事件的温度低 3°C 。两图相较, 广西北部子区域夏季极端高温合成平均与气温气候平均态的分布特征大致相同, 无明显差异。

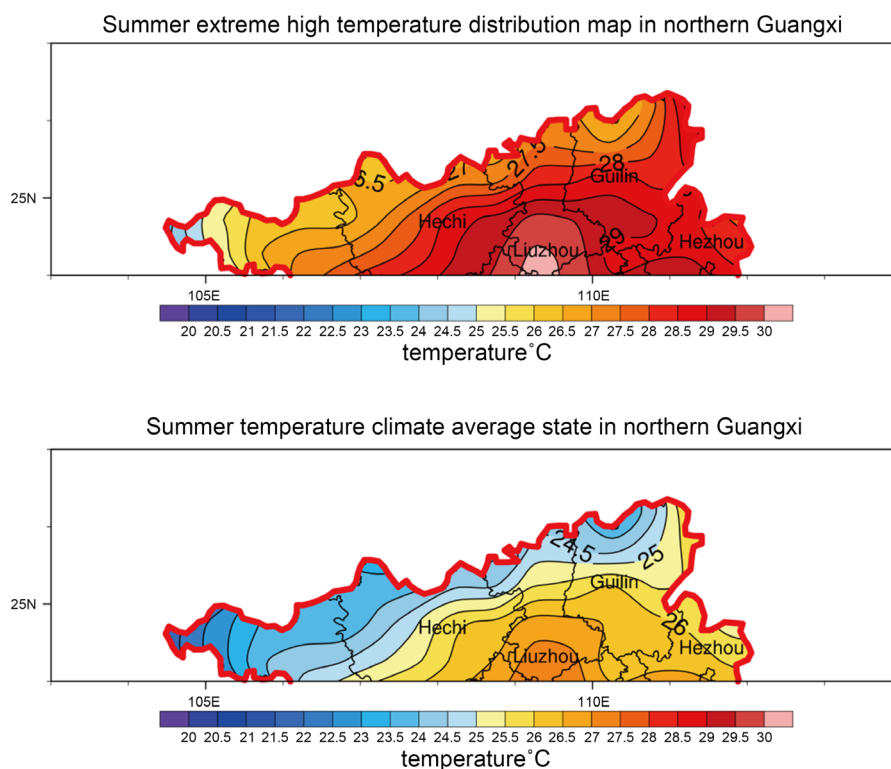


Figure 7. The upper picture is the average distribution of extreme high temperature synthesis in the northwestern of Guangxi in the summer of 1961-2012; the lower picture is the average temperature and climate state of the northwestern of Guangxi in the summer of 1961-2012

图 7. 上图为 1961~2012 年夏季广西北部极端高温合成平均分布图; 下图为 1961~2012 年夏季广西北部气温气候平均态

3.4. 三个子区域极端高温时空特征对比分析

1961~2012 年夏季广西南部, 中部, 北部子区域的极端高温气候事件频数都呈现一致增加的趋势, 但只有南部子区域的极端高温气候事件与年份的相关系数通过显著性检验, 则南部的极端高温的增加趋势是显著的, 北部的增加趋势次之, 中部最弱。且南部夏季极端高温的阈值在三个子区域中最大, 中部次之, 北部最小。南部极端高温气候事件频发的高值年在 1998 年, 而中部、北部在 2010 年发生极端高温频次最多, 南部于 2010 年的频次也达到 14 次, 表明 2010 年夏季是广西三个子区域极端高温频发的高值年, 气候较为温暖。在 1974 年南部、中部、北部都没有发生极端高温气候事件, 则 1974 年夏季是三个子区域极端高温少发的低值年。根据空间分布的特征, 夏季极端高温合成平均和气温气候平均态是大致相同的, 广西南部和中部子区域都是从中心向两边逐渐降低, 而北部子区域是从南向北逐渐降低。从平均气温的数值上看, 夏季极端高温合成平均比气温气候平均态偏高, 广西南部偏高 2°C 。中部偏高 2.5°C ,

北部偏高 3℃。三个子区域夏季极端高温合成平均的极大值区都为 30℃ 以上，但南部的分布区域范围最广，而南宁，钦州，北海市区大部分区域都处在极大值区中的，表明这三个市区的气候较为温暖，极端高温的强度更大；极小值区都发生在广西三个子区域的西北部，且都位于百色市内。南部极小值区为 27.5℃~28℃，中部 25℃~25.5℃，北部最低为 24℃~24.5℃。

4. 广西地区夏季极端降水时空分布特征

4.1. 南部子区域

如图 8 显示的是 1961~2012 年夏季广西南部子区域极端降水频次的年际变化，表明广西南部在近 52 年夏季期间的极端降水频次有非常微弱增加的趋势，增幅仅有 0.002 次/年，而极端降水发生频次与年份之间的相关系数为 0.006，没有通过相关系数的显著性检验，说明广西南部夏季的极端降水增加的趋势并不显著。这 52 年广西南部夏季极端降水频发的高值年在 1994 和 2001 年达到 12 次，超过了 52 年平均频次(4.6 次) 7.4 次。而极端降水少发的低值年在 1968、1982、1983、1989、1996、1999 年，仅有 1 次，低于平均频次。

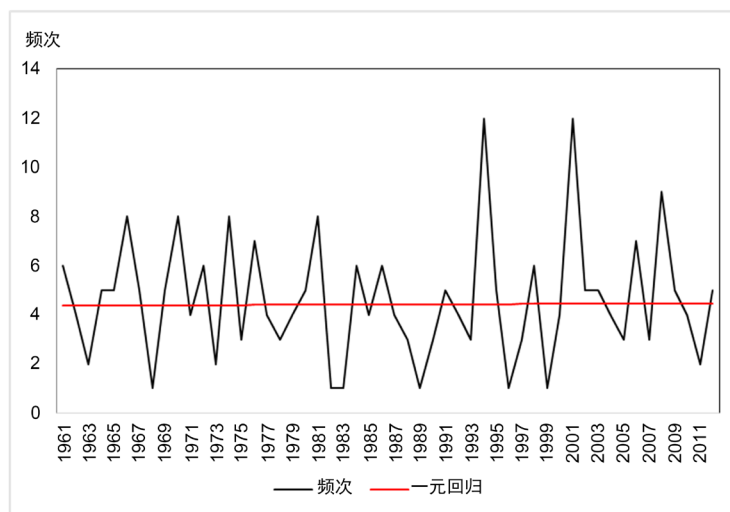


Figure 8. Interannual changes in the frequency of extreme precipitation in southern Guangxi during the summer of 1961-2012
图 8. 1961~2012 年夏季广西南部极端降水发生频次的年际变化

图 9 显示的是夏季广西南部子区域极端降水合成平均分布图及降水气候平均态图。广西南部夏季极端降水气候事件合成平均空间分布特征如图 9 上所示，合成平均降水量从沿海往北部逐渐减少，极大值区位于北部湾区域，达到 60 mm 以上，极小值区位于崇左西北部和梧州南部。图 9 下显示广西南部夏季降水气候平均态特征，平均态降水量从沿海向北逐渐减少，极大值区为临海的北部湾区域，达到 11.5 mm，极小值区位于梧州南部以及崇左东北与南宁西北地区形成的闭合区域，仅有 7~7.5 mm。结合两图的分布特征，广西南部夏季极端降水合成平均与降水气候平均态的空间分布特征大致相同，但平均降水值有很大的差异，表明极端降水合成平均很大程度上偏离了平均态。夏季广西南部极端高温合成平均与气候平均态极大值区的差值将近 50 mm，极小值区差值约为 19.5 mm 左右，并且两者极大值区与极小值的差值也有很大的差异，夏季极端降水合成平均的极大值区与极小值区的差值为 36 mm，夏季平均态降水量的极大值区与极小值区的差值仅为 4.5 mm。两者极大值区的分布区域基本相同，但极小值区分布的区域有较大的差异，夏季极端降水合成平均的空间分布在崇左东北部与南宁西北部并不存在极小值区。

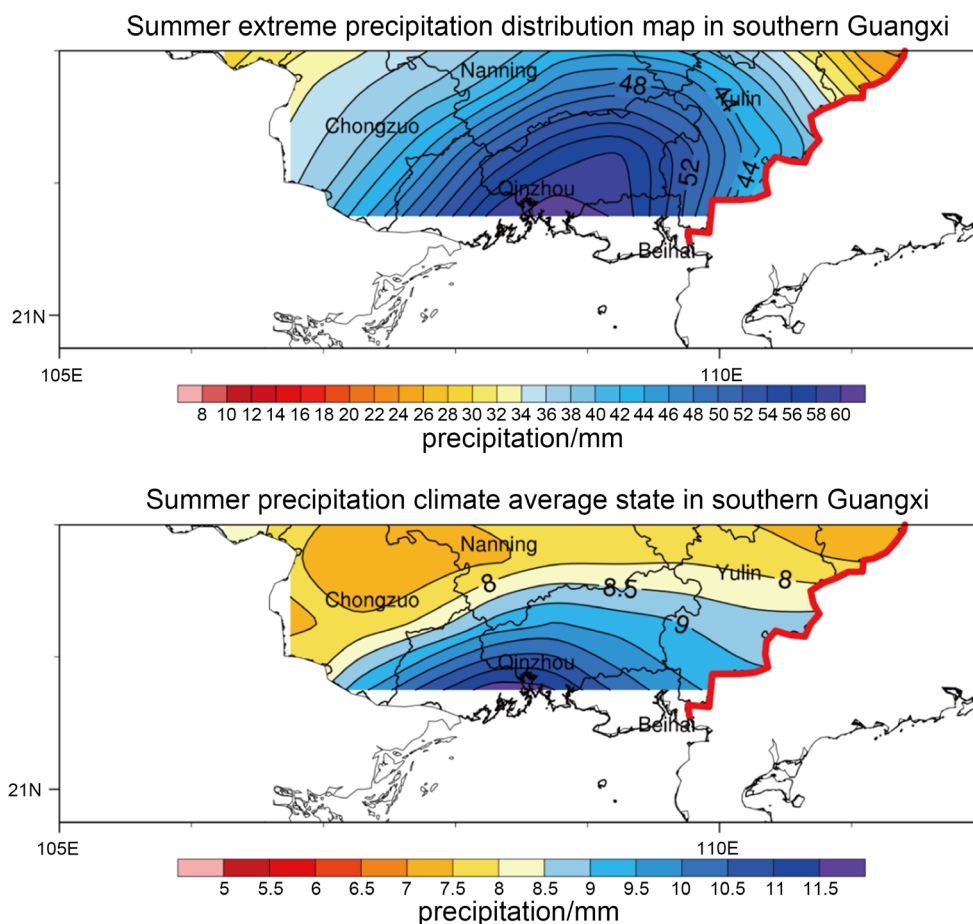


Figure 9. The upper picture shows the average distribution of extreme precipitation synthesis in the southwest of Guangxi in the summer of 1961-2012; the lower picture shows the average climate state of precipitation in the southwest of Guangxi in the summer of 1961-2012

图 9. 上图为 1961~2012 年夏季广西南部极端降水合成平均分布图；下图为 1961~2012 年夏季广西南部降水气候平均态

4.2. 中部子区域

1961~2012 年广西中部子区域夏季极端降水频次与年份之间的关系如图 10 所示。该图表明近 52 年广西中部夏季的发生极端降水的频次呈现微弱下降的趋势，降幅为 -0.012 次/年，而极端降水频次与年份之间的相关系数为 -0.079 ，没有通过相关系数的显著性检验，表明广西中部夏季发生极端降水的频次减少的趋势并不显著。其中广西中部夏季极端降水事件频发的高值年在 1994 年，达到 11 次，超过 52 年平均频次(4.6 次)的 6.4 次，而发生极端降水的低值年在 1963、1975、1983 及 1989 仅发生了 1 次，低于平均频次。

图 11 显示的是夏季广西中部子区域极端降水合成平均分布图及降水气候平均态图。夏季广西中部极端降水气候事件合成平均空间分布呈现从中心极大值区向周围边逐渐减少的特征如图 11 上所示，合成平均降水量极大值区位于南宁北部与百色、河池、来宾四个市区的交界处，达到 42.5 mm 以上，极小值区位于梧州东部与广东省的交界处，降水值为 21~23 mm。图 11 下显示夏季广西中部降水气候平均态呈现从西北向东南逐渐减少的特征，平均态降水量为 8.5~9 mm 的极大值区在河池南部，极小值区在梧州东部以及梧州东北部，仅有 6.5~7 mm。结合图 11，夏季广西中部的极端降水合成平均与降水气候平均态的分布特征并不相同，平均降水值有很大的差异，两者极大值区的差值为 34 mm，极小值区的差值为 14 mm

左右，并且两者的极大值区与极小值的差值也有很大的差异，夏季广西中部极端降水合成平均的极大值区与极小值区的差值为 21.5 mm，夏季气候平均态的极大值区与极小值区的差值仅为 2 mm。两者极大值区的分布区域不同，极小值区的分布都在梧州市区，但夏季气候平均态降水量的极小值区分布范围更广，包含了梧州的大部分区域。

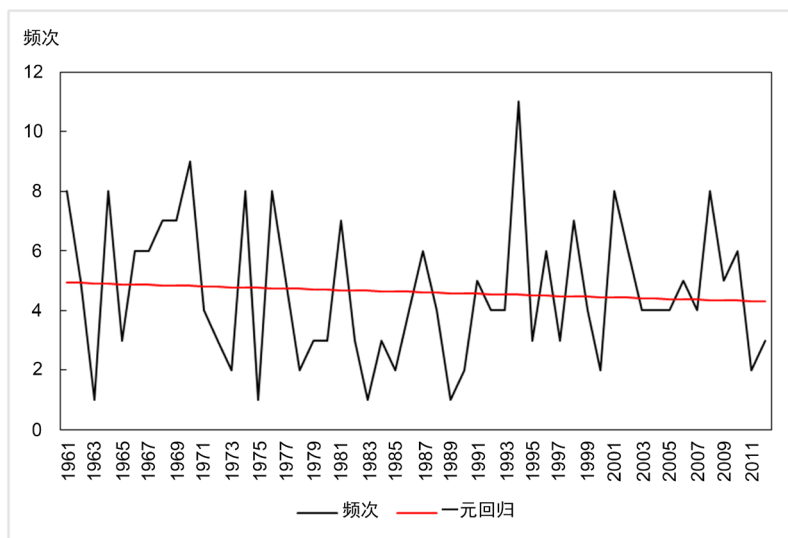


Figure 10. Interannual changes in the frequency of extreme precipitation in central Guangxi during the summer of 1961-2012
图 10. 1961~2012 年夏季广西中部极端降水发生频次的年际变化

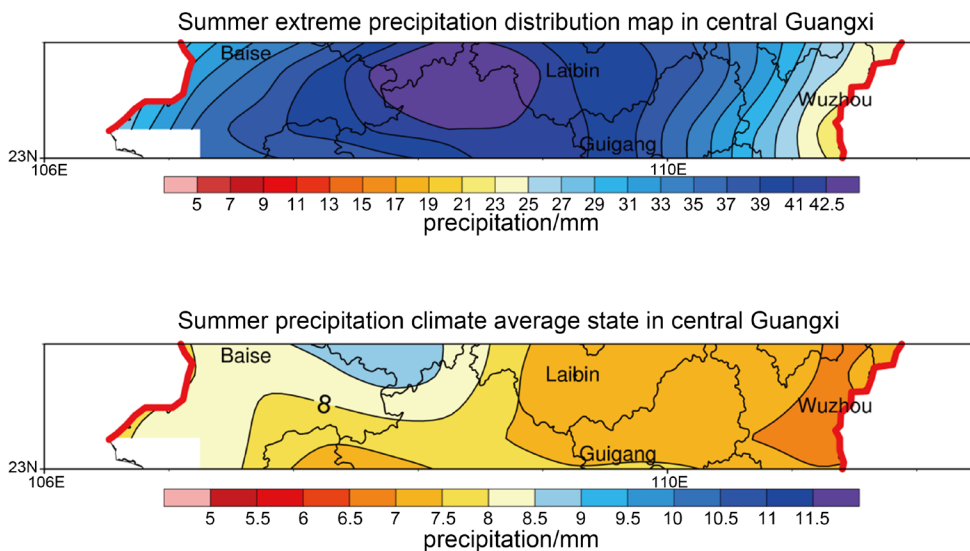


Figure 11. The upper picture shows the average distribution of extreme precipitation synthesis in the central of Guangxi in the summer of 1961-2012; the lower picture shows the average climate state of precipitation in the central of Guangxi in the summer of 1961-2012

图 11. 上图为 1961~2012 年夏季广西中部极端降水合成平均分布图；下图为 1961~2012 年夏季广西中部降水气候平均态

4.3. 北部子区域

1961~2012 年夏季广西北部子区域发生极端降水的频次的年际变化如图 12 所示。根据该图可以看出近 52 年广西北部夏季发生极端降水频次呈现微弱上升的趋势，增幅仅为 0.008 次/年，而极端降水频次与

年份之间的相关系数为 0.041，显然没有通过相关系数的显著性检验，说明广西北部夏季发生极端降水的频次增加的趋势并不显著。其中广西北部子区域极端降水气候事件的高值年在 1968 年，达到 11 次，超过了 52 年平均频次(4.6 次) 6.4 次，而极端降水事件少发的低值年在 1984 年，没有发生极端降水。

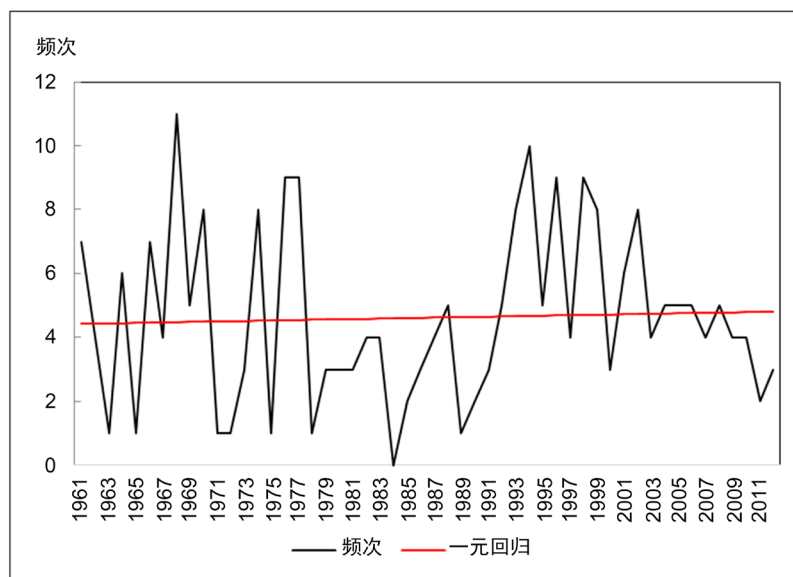


Figure 12. Interannual changes in the frequency of extreme precipitation in northwestern Guangxi during the summer of 1961-2012

图 12. 1961~2012 年夏季广西北部极端降水发生频次的年际变化

4.4. 三个子区域极端降水时空特征对比分析

1961~2012 年夏季广西南部及中部子区域极端降水气候事件都有薄弱上升的趋势，与之相反，广西中部子区域呈现微弱下降的趋势。南部夏季极端降水的阈值在三个子区域中最大，北部次之，中部最小。三个子区域的极端降水频次与年份之间的相关系数没有通过显著性检验，南部和北部发生极端降水增加的趋势并不显著，而中部下降的趋势也不显著。北部和中部极端降水气候事件频发的高值年在 1994 年，南部发生在 1968 年，但南部于 1994 年极端降水的频次达到了 10 次，仅比南部最高值少 1 次，则 1994 年夏季是广西三个子区域极端降水频发的高值年。1989 年夏季广西三个子区域极端降水的频次都仅为 1 次，低于 52 年夏季平均频次，表明 1989 年夏季是广西三个子区域极端降水少发的低值年。广西三个子区域夏季极端降水合成平均空间分布特征有所差异，南部呈现从沿海向北逐渐减少，中部和南部从中心极大值区向周围边逐渐减少。广西南部的夏季极端降水的合成平均极大值区位于北部湾沿岸，而中部和北部的极大值区都是闭合高值中心。与夏季降水气候平均态相比较，三个子区域极端降水合成平均都很大程度上偏离了平均态，广西南部偏离平均态的程度最大，北部次之，中部最小。而三个子区域极端降水合成平均的极大值区与极小值区的差值较大，北部差值为 38 mm，南部次之为 36 mm，中部最小 21.5 mm。夏季极端降水合成平均在北部湾沿岸以及南宁北部与百色、河池、来宾四个市区的交界处区域，柳州与桂林交界的中部的合成平均降水量较大，而百色西北部的合成平均降水量较小。

图 13 显示的是夏季广西北部极端降水合成平均分布图及降水气候平均态图。夏季广西北部极端降水气候事件合成平均空间分布特征如图 13 上所示，合成平均降水量从中心极大值区向周围边逐渐减少，极大值区位于柳州与桂林交界处的中部，达到 54~56 mm 之间，极小值区位于百色西北部，约为 16~18 mm 左右。图 13 下显示了夏季广西北部降水气候平均态特征，平均态降水量等值线分布并不规律，平均态降

水量为 8.5~9 mm 的极大值区在河池西南，极小值区在桂林东北部，仅有 5~5.5 mm，在柳州与桂林交界处的中部存在平均降水量比周围降水量多 0.5 mm 的闭合区域，此区域与夏季极端降水合成平均的极大值区相对应。结合两图特征分析，夏季广西北部的极端降水合成平均与降水气候平均态的空间分布特征并不相同，极大值区和极小值区的分布区域并不一致。平均降水值有很大的差异，夏季广西北部极端降水合成平均与降水气候平均态极大值区的差值为 45.5 mm，极小值区的差值为 11 mm 左右，并且两者的极大值区与极小值的差值也有很大的差异，夏季极端降水合成平均的极大值区与极小值区的差值为 38 mm，夏季气候平均态的极大值区与极小值区的差值仅为 3.5 mm。

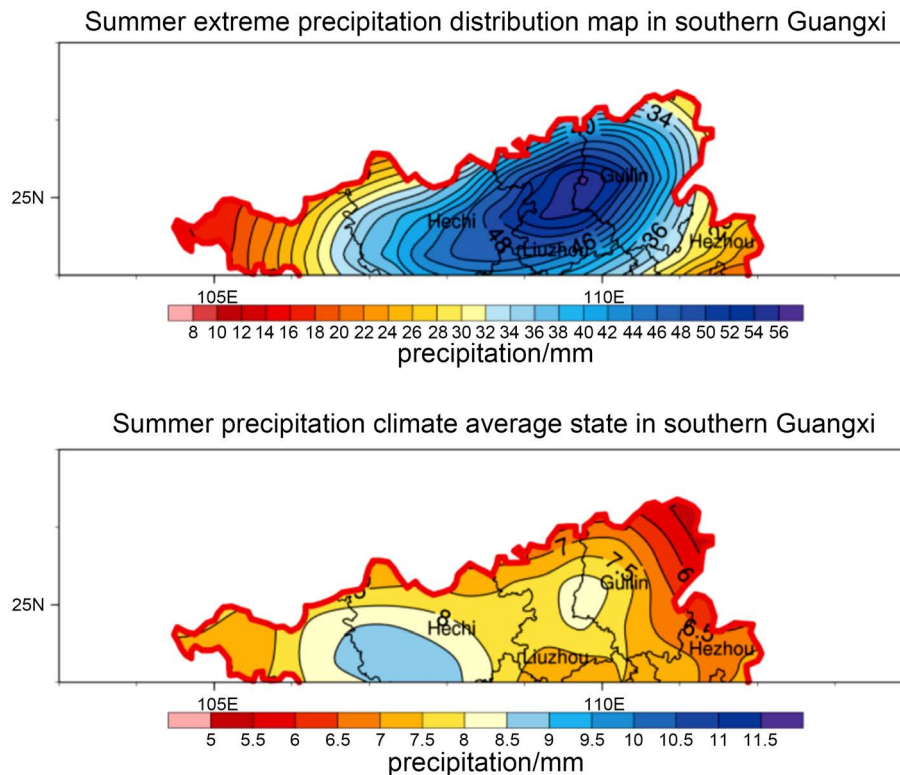


Figure 13. The upper picture shows the average distribution of extreme precipitation synthesis in the northwestern of Guangxi in the summer of 1961-2012; the lower picture shows the average climate state of precipitation in the northwestern of Guangxi in the summer of 1961-2012

图 13. 上图为 1961~2012 年夏季广西北部极端降水合成平均分布图；下图为 1961~2012 年夏季广西北部降水气候平均态

5. 结论

本文利用国家气候中心 CN05.1 格点资料，分析了 1961~2012 年近 52 年夏季广西极端高温和极端降水气候事件的时空分布特征，主要结论如下：

1961~2012 年夏季广西三个子区域，南部、中部和北部极端高温气候事件频次都有一致增加的趋势，且南部增加的趋势最为显著。在 52 年中，2010 年是三个子区域极端高温频发的高值年，而在 1974 年三个子区域都没有极端高温气候事件发生。从多年夏季极端高温事件气候态区域平均情况对比可以得知，合成平均的高温事件温度分布在广西南部和中南部子区域都存在一个高值中心，并且从中心向两边界逐渐降低，而北部子区域则是从南向北逐渐降低。其中南宁，钦州，北海市区大部分区域合成平均的高温事件温度值较大，百色的西部区域的温度值较小。

与极端高温气候事件不同, 极端降水气候事件在广西南部 and 北部子区域都有微弱增加的趋势, 但中部子区域呈现微弱下降的趋势。1994 年同时为三个子区域夏季极端降水事件发生的高值年, 而 1989 年则同时是低值年份, 极端降水都仅发生 1 次。从多年夏季极端降水气候态区域平均情况对比可以得知, 合成平均的极端降水事件降水量分布在广西南部子区域为从沿海向北逐渐减少, 中部和北部子区域都是存在一个高值中心, 并从中心极大值区向周围边逐渐减少。北部湾沿岸以及南宁北部与百色、河池、来宾的交界区域, 桂林与柳州交界处中部合成平均的极端降水事件的降水值较大, 而在百色西北部的降水值较小。

参考文献

- [1] IPCC (2007) IPCC Fourth Assessment Report (AR4). Cambridge University Press, Cambridge, 46-81.
- [2] 胡宜昌, 董文杰, 何勇. 21 世纪初极端天气气候事件研究进展[J]. 地球科学进展, 2007, 22(10): 1066-1075.
- [3] Sillmann, J. and Roeckner, E. (2008) Indices for Extreme Events in Projections of Anthropogenic Climate Change. *Climatic Change*, **86**, 83-104. <https://doi.org/10.1007/s10584-007-9308-6>
- [4] Buizer, J.L., Foster, J. and Lund, D. (2000) Observed Variability and Trends in Extreme Climate Events: A Brief Review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **81**, 417-426. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2000\)081<0417:OVATIE>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2000)081<0417:OVATIE>2.3.CO;2)
- [5] 周雅清, 任国玉. 中国大陆 1956-2008 年极端气温事件变化特征分析[J]. 气候与环境研究, 2010, 15(4): 405-417.
- [6] 张萌, 于海鹏, 魏韵, 黄建平. 1.5°和 2°升温目标下东亚和中亚极端气候的变化[C]//第 35 届中国气象学会年会. 北京: 气象出版社, 2018: 11-12.
- [7] 张宁, 孙照渤, 曾刚. 1955-2005 年中国极端气温的变化[J]. 大气科学学报, 2008, 31(1): 123-128.
- [8] 陈颖, 张灵, 千怀遂. 华南地区近 53a 极端高温日数的变化特征及其区域差异[J]. 热带地理, 2016, 36(4): 692-699.
- [9] 闫俊霞, 张建峰, 张春玲. 1961-2008 年华南地区极端温度变化趋势研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(25): 13879-13880.
- [10] 莫丽霞, 马玉霞. 1960-2015 年广西极端气温事件研究[C]//第 34 届中国气象学会年会 S15 气候环境变化与人体健康. 北京: 气象出版社, 2017: 234-235.
- [11] 何慧, 陆虹, 徐圣璇. 广西高温日数的时空特征及其变化[J]. 气象研究与应用, 2010, 31(1): 46-49.
- [12] 王志福, 钱永甫. 中国极端降水事件的频数和强度特征[J]. 水科学进展, 2009, 20(1): 1-9.
- [13] 杨金虎, 江志红, 王鹏祥, 陈彦山. 中国年极端降水事件的时空分布特征[J]. 气候与环境研究, 2008, 13(1): 75-83.
- [14] 蔡悦幸, 陆希, 杨崧. 华南地区前后汛期极端降水事件对比分析[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2018, 57(1): 83-92
- [15] 陈明璐, 智海, 陆秋霖. 广西近 50 年极端降水事件及其环流特征分析[C]//第 33 届中国气象学会年会 S6 东亚气候变异与极端事件及其预测. 北京: 气象出版社, 2016: 60-63.
- [16] Katz, R.W. and Brown, B.G. (1992) Extreme Events in a Changing Climate: Variability Is More Important than Averages. *Climatic Change*, **21**, 289-302. <https://doi.org/10.1007/BF00139728>
- [17] Zbigniew, W. and Kundzewic, Z. (2016) Extreme Weather Events and Their Consequences. *Papers on Global Change*, **23**, 59-69. <https://doi.org/10.1515/jgbp-2016-0005>
- [18] 王庆杰, 沈颀, 李纯净. 极端天气气候对我国国民经济影响的统计分析[J]. 长春工业大学学报, 2018, 39(6): 89-93.
- [19] 吴佳, 高学杰. 一套格点化的中国区域逐日观测资料及与其它资料的对比[J]. 地球物理学报, 2013, 56(4): 1102-1111.
- [20] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 43-47.