

夏半年中国总降水、极端降水及台风降水的趋势分析*

房永生^{1,2}, 黄菲^{1**}, 陈月亮¹, 胡蓓蓓¹

(1. 中国海洋大学物理海洋教育部重点实验室, 山东省高校海洋-大气相互作用与气候重点实验室, 山东 青岛 266100; 2. 海军 91860 部队, 上海 200940)

摘要: 利用逐日气象台观测资料,对 1961—2010 年夏半年(5~10 月)中国总降水、极端降水、台风降水进行了趋势分析。结果发现:(1)中国平均降水量显著增加主要是由于降水强度增强引起的,降水强度增幅大于降水频数的减幅;极端降水量显著增加主要体现在极端降水频数的增多,极端降水强度 50 年来并无显著变化。(2)台风降水量减少主要是由于台风降水频数减少引起的,台风降水强度增幅弱于台风降水频数减少的幅度。(3)极端降水对总降水的贡献大致以 103°E 为界,呈东高西低的空间分布,东侧受东亚夏季风的影响,东亚夏季风对极端降水有明显的加强作用,能达到全年总降水的 10%左右;103°E 西侧,极端降水的趋势对总降水增长趋势的贡献率为 25%~50%,而东侧,总降水趋势主要受极端降水趋势的控制,极端降水趋势(包括增、减趋势)的贡献达 50%~100%。(4)长江中游至西南地区 and 黄河中下游及环渤海地区的降水趋势与全国整体呈上升趋势不同,这些地区的降水呈显著下降的趋势,台风降水趋势显著减少导致这些地区极端降水减少,进而造成总降水的减少。

关键词: 中国降水; 极端降水; 台风降水; 趋势分析; 夏半年

中图分类号: P468.0⁺24

文献标志码: A

文章编号: 1672-5174(2015)06-012-07

DOI: 10.16441/j.cnki.hdxh.20140080

联合国政府间气候变化委员会(IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change)自 1990 年发布第一次评估报告(FAR)以来,先后就气候变化对人类社会的潜在影响、人类活动造成全球平均温度升高的可能性以及如何适应气候变化与减缓气候变化的可能对策进行了 5 次评估。IPCC FAR 指出,由于人类活动排放的温室气体显著增多,大气中的温室气体浓度增加,温室效应导致了平均温度的上升。IPCC 第 3 次评估报告^[1]指出,1901—2000 年全球变暖可能(大于 66%可能性)是温室气体浓度增加的结果,平均地表温度升高约 0.6 °C(0.4~0.8 °C),比第 2 次评估报告高出 0.15 °C。第 4 次评估报告^[2]提高了对这种变暖可能性的估计,20 世纪中叶以来的全球平均温度的增加很可能(大于 90%可能性)是由温室气体浓度增加造成的。1906—2005 年全球地表温度升高了约 0.74 °C(0.56~0.92 °C)。全球变暖使得水汽蒸发加剧,同时也使得大气保持水分能力变强,水循环的加剧必然造成降水增多,进而导致极端强降水事件的增多。

翟盘茂等^[3-11]系统地研究了中国的极端气候事件,中国华北地区强降水事件趋于减少,西北大部分地区极端降水呈明显的增长趋势,极端降水事件在近期比早期增加了近一倍,东北西部也呈增长趋势,但东北东部到华北大部极端降水事件发生的日数呈显著减少的

趋势,并发现近 40 年来中国东部年平均极端降水强度偏强的趋势较为显著。进一步指出夏半年极端降水频数在长江流域增加,华北地区年平均降水量减少主要是由于降水频数减小,而长江流域降水增加主要是由于降水强度增大且极端降水事件增多。

热带气旋(TC)作为最强的暴雨天气系统,很多极端降水事件都受热带气旋活动直接或间接的影响。中国是世界上热带气旋登陆最多、灾害最重的国家之一,热带气旋引发灾害主要是引发的台风暴雨造成的,台风暴雨导致洪涝爆发、农田受淹、耕地流失、城市内涝等一系列的经济损失。为预防和减少台风带来的灾害,过去二十多年里国内外纷纷投入大量人力物力进行了系统的台风研究工作,关于台风降水(即 TC 引起的降水)的基础理论也趋于成熟,本文通过对台风降水趋势的分析,结合极端降水趋势的时空特征,来研究我国夏半年降水趋势的变化分布规律。

1 资料与方法

本文所用的降水资料是中国气象局气候中心提供的 1951 年 1 月 1 日~2010 年 12 月 31 日 756 个台站的逐日降水资料,全国台站自 1950 年代建国初期陆续建立,至 1950 年代末全国的台站才基本形成规模,本文选取了 1961—2010 年共 50 年作为研究时段,最终筛

* 基金项目: 全球变化研究国家重大科学研究计划项目(2015CB953904;2012CB955604);公益性行业(气象)科研专项(GYHY200906008)资助

收稿日期: 2014-03-06;修订日期: 2014-04-15

作者简介: 房永生(1986-),男,硕士生。

** 通讯作者: E-mail: huangf@mail.ouc.edu.cn

选出有效观测日数大于 99% 的台站 578 个。

本文所用的台风数据取自中国台风网“CMA-STI 热带气旋最佳路径数据集”。数据提供自 1949—2010 年西太平洋(含南海, 赤道以北, 180°E 以西) 海域热带气旋每 6 h 的位置和强度。

对极端降水事件的定义有很多, 中国强降水事件的研究多采用中国气象局规定的日降水量大于 50 mm 作为强降水事件的阈值。中国幅员辽阔, 降水空间上主要呈现自东南沿海向西北内陆地区递减的分布型, 而且各个季节间的差异也很大, 因此不能采用某个固定的降水量作为阈值来划分极端降水。目前国际上比较流行的方法是百分位法^[12], 即将每个台站 1961—2010 年 50 年逐日的降水资料按升序排列, 选取降水最多的 5% 定义为该台站的极端降水事件。

台风降水的分离采用 Ren 等^[13-14] 提出的 Objective Synoptic Analysis Technique(OSAT) 方法: 首先, 从降水场的结构分析入手, 将降水场划分成不同的雨带; 然后, 根据这些雨带与台风中心之间以及每个台站与台风中心之间的距离关系来划分台风降水。

由于全国台站分布呈东南密西北疏的不均匀分布, 直接统计区域降水信息时更多的反映的是站点密集的东南沿海地区, 因此, 本文计算区域降水量、降水频数、降水强度时, 首先将台站的降水资料转化为 $2(^{\circ}) \times 2(^{\circ})$ 经纬距的网格化资料, 计算每个格点包含台站的平均降水作为该格点的降水量, 然后再对区域格点降水进行统计得到区域平均降水。

2 中国总降水、极端降水和台风降水的季节变化

图 1 给出的是 1961—2010 年月平均总降水、极端降水和台风降水的降水量与频数随月份季节变化的统计特征, 气候平均各月中国总降水量和降水频数占全年的百分比均呈现出类似正态分布的单峰型特征, 7 月为最大值, 12~1 月最小值, 且降水频数的峰度系数更小; 极端降水的强度和频数季节变化有着类似的分布特征, 但强度和频数几乎有着同样的单峰变化, 且峰度系数更大, 反映出夏季 6~8 月是极端降水发生的最主要季节, 7 月发生极端强降水的比例最高, 达 25%; 台风降水则呈现出偏态的单峰分布特征, 且峰度系数更大, 降水更集中于夏季, 最大降水出现在 8 月, 发生频数接近 35%, 与台风发生频数的变化一致, 这可能与西北太平洋台风在 8 月份出现最多有关。

Qing 与 Lee^[15] 指出, 中国的雨季一般随着南海(SCS)夏季风的爆发而到来发展, 并随其撤退而结束。东亚夏季风季节起始的最显著特点是 5 月中旬南海夏季风的突然爆发, 中国主要雨带伴随夏季风的发展和向北推进, 阶段性地从低纬度向中高纬度移动; 11 月初

夏季风的迅速南撤导致中国主要雨季的结束。统计结果表明(见图 1), 夏季风盛行的 5~10 月期间, 中国降水量(频数)占全年的 77.5%(85.3%), 极端降水量(频数)占全年的 90.5%(90.6%), 同时也是热带气旋(台风)的高发期, 绝大部分台风都集中在这段时间, 台风降水量(频数)占全年的 97.4%(96.9%)。因此, 本文研究的时间段选取为 5~10 月夏季风、极端降水以及台风的主要发生时段。

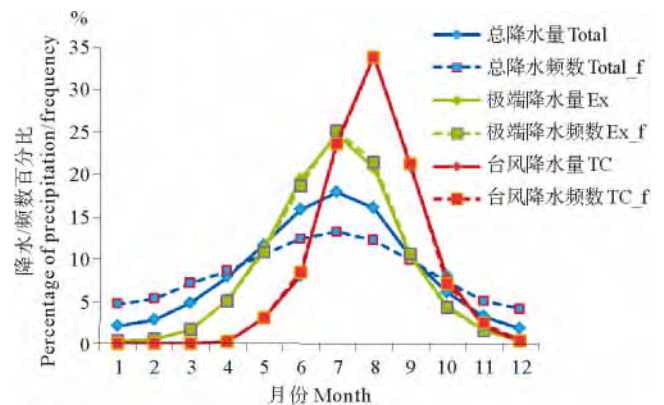


图 1 1961—2010 年气候态月平均总降水、极端降水和台风降水量/频数统计

Fig. 1 The Climatological monthly precipitation and frequency of total, extreme and TC rainfall during 1961—2010

3 中国总降水的趋势分析

3.1 中国总降水的线性趋势

图 2 为 1961—2010 年夏半年(5~10 月)总降水、极端降水及台风降水的年降水量(a)、降水频数(日数)(b)和降水强度(c)的时间序列以及趋势(见表 1)。中国平均降水量呈显著上升趋势, 增幅为 1.4%/10a(趋势显著性水平为 90%), 平均降水频数呈显著下降趋势, 减幅为 1.5%/10a(趋势显著性水平为 99%), 平均降水强度呈显著上升趋势, 增幅为 4.3%/10a(趋势显著性水平为 99%)。由此可见, 中国平均降水量显著增加主要是由于降水强度增强引起的, 降水强度增幅大于降水频数的减幅。

3.2 中国总降水线性趋势的空间分布

Zhai 等^[4] 将每年 4~9 月划分为暖(雨)季, 10~次年 3 月划分为冷(旱)季, 统计了 1951—2000 年中国平均的降水量。指出, 中国西部雨季的降水量有非常显著的增长趋势, 黄河与长江流域降水趋势呈南升北降的反位相分布。本文对 1961—2010 年夏半年(5~10 月)的总降水进行统计, 得到的全国降水量的趋势分布(见图 3(a), 空心圆/方框符号表明该台站的趋势通过了 90%/99% 的显著性检验, 下同)。结果表明, 中国降水量从东南向西北方向呈现出升-降-升的波动变化

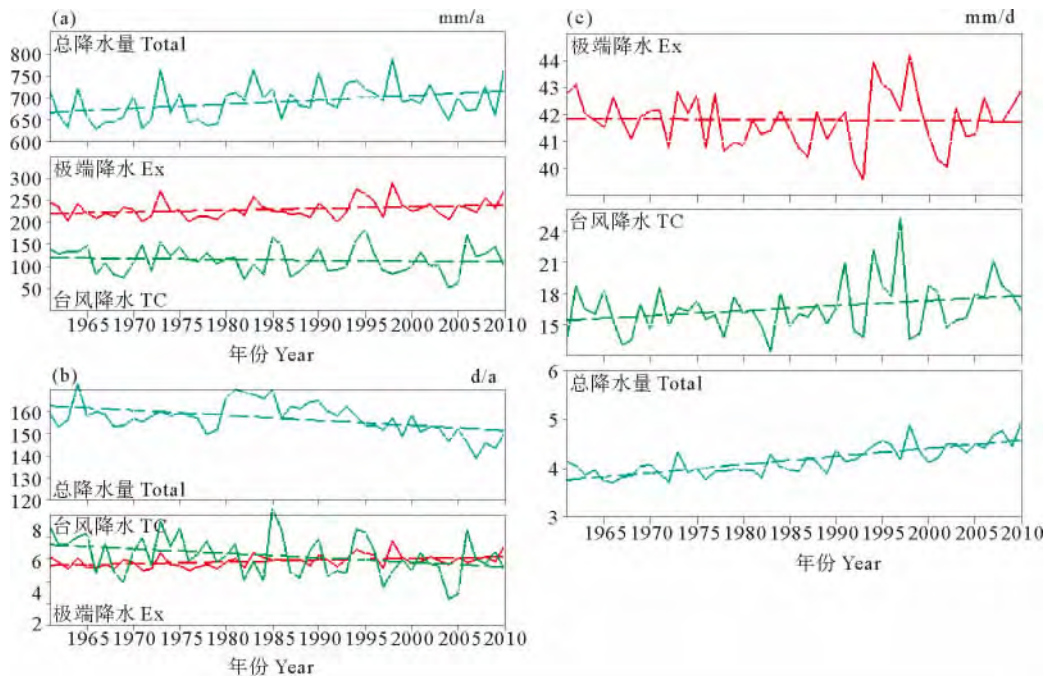


图2 总降水、极端降水及台风降水的年降水量(a)、降水频数(日数)(b)和降水强度(c)的时间序列
 Fig. 2 The time series and linear trends of (a) annual rainfall, (b) raindays and (c) intensity of total precipitation, extreme and TC precipitation

表1 总降水、极端降水及台风降水的年降水量、降水频数(日数)和降水强度趋势统计(10 a⁻¹)

Table 1 Trends of annual rainfall, raindays and intensity of total precipitation, extreme and TC precipitation (decade⁻¹) /%

| | 降水量 Rainfall | 频数 Raindays | 温度 Intensity |
|-----------|--------------|-------------|--------------|
| 总降水 Total | <i>1.4</i> | -1.5 | 4.3 |
| 极端降水 Ex | <i>1.8</i> | 2.4 | -0.1 |
| 台风降水 TC | -1.7 | -4.8 | <i>3.1</i> |

注:斜体字表示趋势通过了90%的显著性检验,加粗字体表示趋势通过了99%的显著性检验。

Note: Italic-bold indicates significance at 90% and boldface indicates significance at 99% using the Student's t-test.

规律,与上文提到的统计结果不同,黄河长江流域的降水趋势为东西的反位相分布,我国西部地区的增长趋势更强也更显著,说明21世纪前10年的降水趋势有所改变。对降水频数进行统计(见图3(b))发现,全国降水频数的减少趋势非常显著,绝大多数站点都过了99%的显著性检验,我国西部、东北北部的大部分地区降水频数存在5%~10%/10a的增长,而全国其它地区降水频数则呈现2.5%~5%/10a的减少趋势。对降水强度的统计(见图3(c))发现:全国降水强度的趋势也非常显著,三分之二以上的站点过了90%的显著性检验,这其中一半以上的站点过了99%的检验;全国降水强度总体上呈上升趋势,增长最明显的是在我国西部,呈10%/10a以上的增长趋势;部分地区的增长趋势甚至

在25%/10a以上,中国东北大部、两河流域、东南沿海和海南岛的降水强度增长幅度也比较明显,存在5%~10%/10a的增长。

4 极端降水的趋势分析

4.1 中国极端降水的趋势分布

1961—2010年夏半年(5~10月)中国平均极端降水量呈显著上升趋势(见图2),增幅为1.8%/10a(趋势显著性水平为90%),极端降水频数呈显著上升趋势,增幅为2.4%/10a(趋势显著性水平为99%),极端降水强度50年来几乎没有变化趋势。Zhai等^[4]统计了1951—2000年暖(雨)季4~9月中国的极端降水频数,指出下降趋势主要存在于我国东北东部、我国北方、四川盆地,这些地区仅少数区域的趋势显著,上升趋势主要存在于我国西部、长江中下游流域及以南地区,这些地区上升趋势的显著性大多在95%以上。本文对1961—2010年夏半年5~10月的极端降水量、极端降水频数、极端降水强度进行统计,得到的全国极端降水频数的趋势分布(见图4(a)),与全国总降水的趋势空间分布较为一致,表明中国夏季降水量的趋势变化很大程度上受极端降水的影响。极端降水量的趋势分布与极端降水频数(见图4(b))的分布类似,并且极端降水强度的趋势不显著(见图4(c)),因此,我国极端降水的趋势变化主要受极端降水频数的影响,极端降水强度的变化,近50年并无显著的趋势。

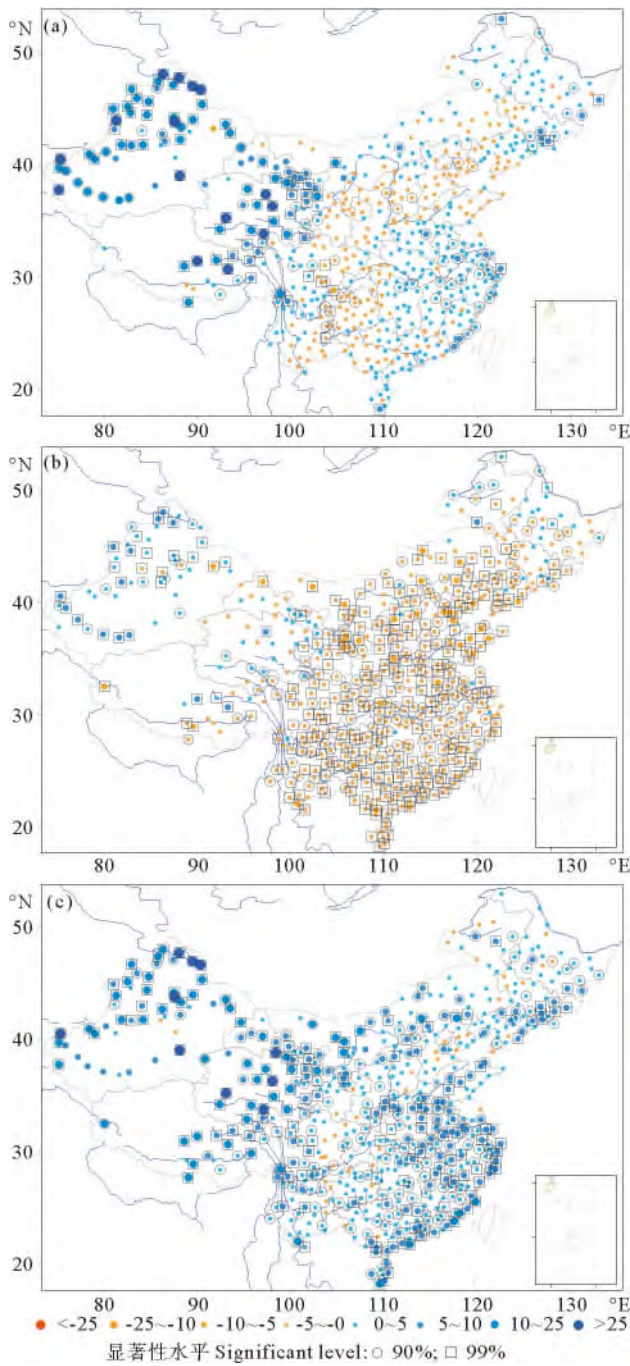


图3 1961—2010年夏半年总降水量(a)、降水频数(b)、降水强度(c)的趋势分布(%/10a)

Fig. 3 Spatial distribution of trends for annual precipitation(a), frequency(b) and intensity(c) in warm half years during 1961—2010 (% decade⁻¹)

4.2 极端降水趋势对总降水的贡献

图5(a)为1961—2010年夏半年中国极端降水对总降水量贡献的百分比,极端降水对总降水的贡献大致以103°E为界,呈东高西低的空间分布,103°E以西,极端降水对总降水的贡献率为20%~30%,103°E以东,极端降水对总降水的贡献率达30%~40%,这一区域受东亚夏季风的影响,东亚夏季风对极端降水有明显的增强作用,这种增强作用能达到全年总降水的

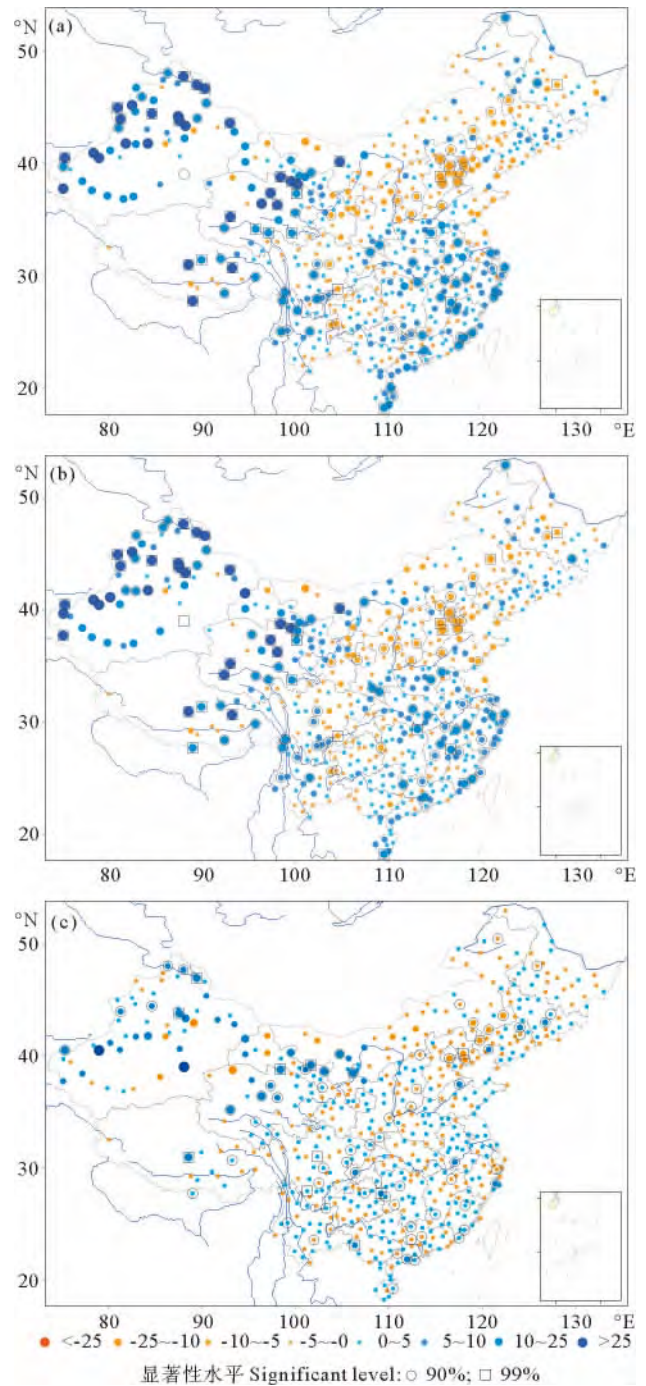
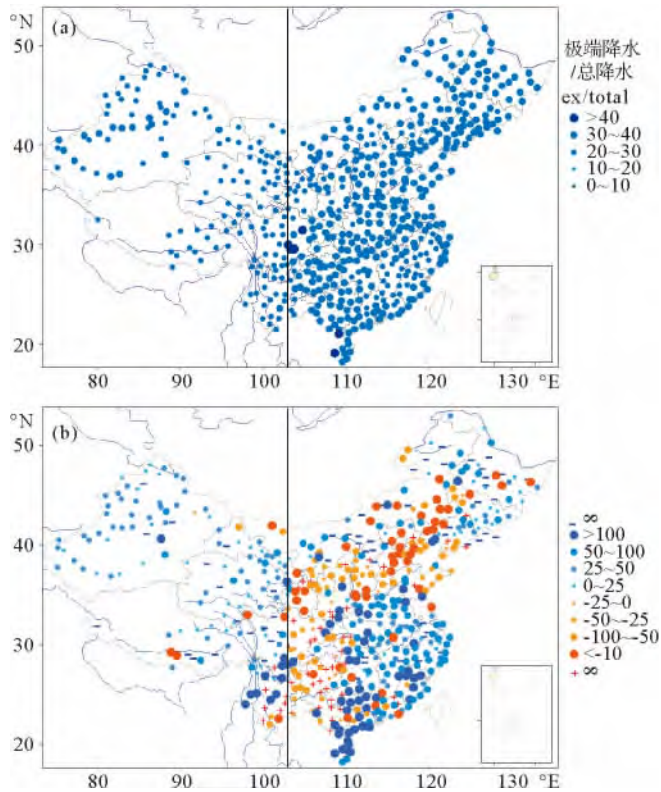


图4 1961—2010年夏半年极端降水量(a)、极端降水频数(b)、极端降水强度(c)趋势分布(%/10a)

Fig. 4 Spatial distribution of trends for annual extreme precipitation(a), frequency(b) and intensity(c) in warm half years during 1961—2010 (% decade⁻¹)

10%左右。图5(b)为极端降水趋势对总降水趋势贡献的百分比,其空间分布与全国降水量的线性趋势分布(图3(a))和极端降水强度和频数的趋势分布(见图4(a),(b))非常一致。103°E以西除少数站点外,极端降水的趋势对总降水增长趋势的贡献率为25%~50%;103°E~110°E及黄河下游环渤海地区,极端降水趋势对总降水减少趋势的贡献率达50%以上,环渤海地区

的贡献甚至达 100% 上下; 长江中下游地区、华南、海南岛以及东北大部地区极端降水对总降水增长趋势的贡献达 50%~100%, 华南地区甚至超过 100%。由此可以得出, 103°E 以东大部分地区的降水趋势受极端降水趋势的控制, 极端降水趋势对总降水趋势的贡献在 50% 以上, 华南、海南甚至能达到近 100%。



(蓝(红)色圆表示极端降水与总降水趋势同为正(负), -(+)表示总降水趋势为正(负), 但极端降水趋势与之相反。Blue (red) dots denote the extreme rainfall has positive (negative) trend as well as total rainfall, -(+) denotes the extreme rainfall shows negative (positive) trend while total rainfall appears opposite trend.)

图 5 1961—2010 年夏半年中国极端降水对总降水贡献的百分比(a)、极端降水趋势对总降水趋势贡献的百分比(b)

Fig. 5 Percentage of extreme rainfall in total rainfall(a) and percentage of the trends of extreme rainfall in that of total rainfall(b) in warm half years during 1961—2010

5 台风降水的趋势分析

5.1 台风降水的趋势分布

1961—2010 年夏半年(5~10 月)中国台风降水量呈下降趋势(见图 2), 减幅为 1.7%/10a, 台风降水频数呈显著下降趋势, 减幅为 4.8%/10a(趋势显著性水平为 90%), 台风降水强度呈显著上升趋势, 增幅为 3.1%/10a(趋势显著性水平为 90%)。因此, 台风降水量减少主要是由于台风降水频数减少引起的, 台风降水强度增幅小于台风降水频数的减少幅度。Ren 等^[13]和王咏梅等^[16]统计了 1957—2004 年影响中国的台风

年降水量和降水日数, 指出中国台风年降水总量呈显著的减少趋势, 台风降水频数与降水量的时间序列比较类似, 相关程度为 0.94; 全国各台站降水总体呈下降趋势, 但只有在海南岛、东南沿海部分地区和东北南部比较显著。本文对 1961—2010 年夏半年 5~10 月的台风降水进行统计, 得到的全国台风降水量的趋势分布(见图 6(a)), 与上文提到的统计结果有比较大的不同。夏半年我国东北地区、内蒙古中部和东北部以及西南地区的台风降水量的减少趋势更强并且更显著, 减少趋势达 10%~25%/10a, 个别地区(内蒙古中部和东北部)的减少趋势甚至超过了 50%/10a, 而且他们的显著性水平绝大部分都在 90% 以上, 这其中更是有一半以上的站点过了 99% 的显著性检验, 上升趋势主要存在于长江中上游流域的少数区域以及东部沿海的少数区域, 这些上升趋势并不显著。

图 6(b)为 1961—2010 年夏半年 5~10 月台风降水频数趋势分布图, 全国总体呈下降趋势, 下降趋势最大的区域在我国东北(包括内蒙古东部地区)和云贵高原, 下降趋势达 10%~25%/10a, 几乎所有的站点趋势的显著性都在 90% 以上, 更有三分之二站点趋势的显著性在 99% 以上, 长江中下游以南至海南岛的大片区域, 下降趋势为 5%~10%/10a, 显著性大多在 99% 以上; 台风降水强度(见图 6(c))的下降趋势主要存在于除我国东北(包括内蒙古东部地区)东南部以外的大部分东北地区, 下降趋势达 10%~25%/10a, 内蒙古东部部分地区降水强度的下降趋势在 25%/10a 以上, 这些地区趋势的显著性大部分在 90% 以上, 约三分之一在 99% 以上, 上升趋势仅存在于环渤海的部分区域、长江流域、以及我国南方的部分区域, 除少数站点上升趋势比较显著外, 大部分区域上升趋势并不显著。对比 Chang 等^[16]的统计结果, 虽然他们统计的是 1958—2010 年夏季 6~8 月的台风降水频数和降水强度的趋势特征, 由于 8 月是台风降水的最大贡献月份, 所以本文统计的夏半年 5~10 月的结果与 Chang 等^[17]的基本特征较为相似。

5.2 台风降水趋势对总降水的贡献

图 7(a)为 1961—2010 年夏半年中国台风降水对总降水贡献的百分比, 台风对总降水贡献大的区域主要集中在东南沿海地区, 贡献率为 20%~40%。图 7(b)为台风降水趋势对总降水趋势贡献的百分比, 中国大部分区域的台风降水趋势与总降水趋势相反, 而内蒙古东部和西南地区台风降水趋势对总降水下降趋势的贡献率达 100%, 这些地区的总降水趋势主要受台风降水趋势的控制, 黄河中下游地区台风降水趋势的贡献率在 25% 左右, 部分站点达 100%, 因此, 这一区域的总降水趋势很大程度上受远程台风降水的影响。

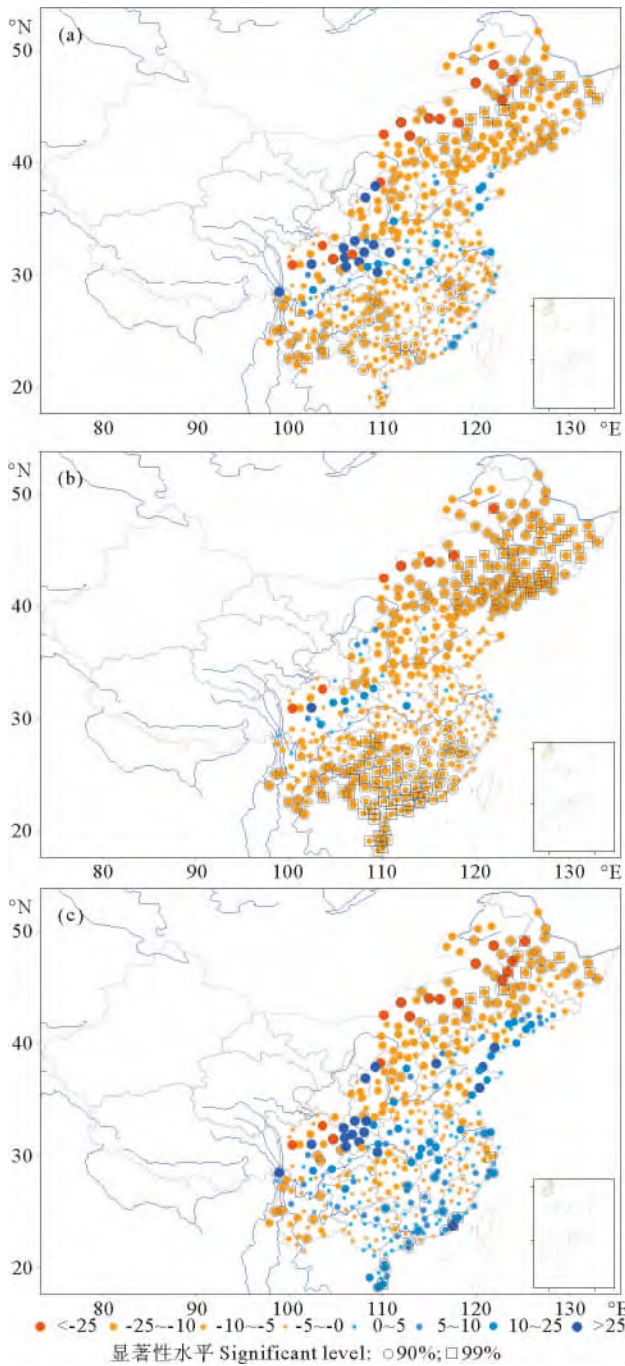
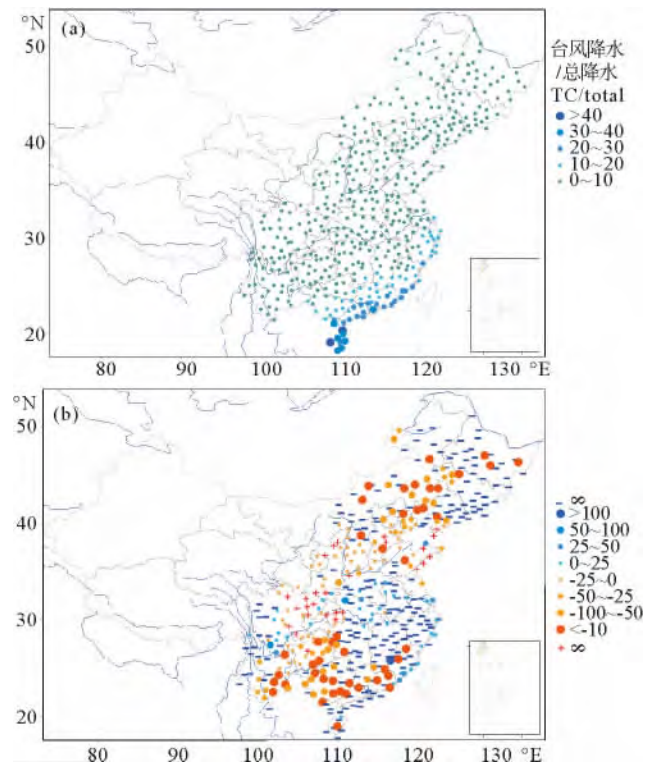


图 6 1961—2010 年夏半年台风降水量(a)、降水频数(b)、降水强度(c)的趋势分布

Fig. 6 Spatial distribution of trends for annual TC precipitation(a), frequency(b) and intensity(c) in warm half years during 1961—2010 (% decade⁻¹)

6 结论

(1)1961—2010 年夏半年(5~10 月)中国平均降水量呈显著上升趋势,增幅为 1.4%/10a,平均降水频数呈显著下降趋势,减幅为 1.5%/10a,平均降水强度呈显著上升趋势,增幅为 4.3%/10a。因此,中国平均降水量显著增加主要是由于降水强度增强引起的,降水强度增幅大于降水频数的减幅;中国平均极端降水量



(符号说明见图 5,但极端降水改为台风降水。Same as in Fig. 5, but for TC rain fall.)

图 7 1961—2010 年夏半年中国台风降水对总降水贡献的百分比(a)、台风降水趋势对总降水趋势贡献的百分比(b)

Fig. 7 Percentage of TC rainfall in total rainfall(a) and percentage of the trends of TC rainfall in that of total rainfall(b) in warm half years during 1961—2010

也呈显著上升趋势,增幅为 1.8%/10a,极端降水频数呈显著上升趋势,增幅为 2.4%/10a,但极端降水强度 50 年来几乎没有变化趋势,因此极端降水量显著增加主要体现在极端降水频数的增多;中国台风降水量呈下降趋势,减幅为 1.7%/10a,台风降水频数呈显著下降趋势,减幅为 4.8%/10a,台风降水强度呈显著上升趋势,增幅为 3.1%/10a,因而台风降水量减少主要是由于台风降水频数的减少幅度大于台风降水强度的增幅而引起的。

(2)极端降水对总降水的贡献大致以 103°E 为界,呈东高西低的位相分布,东侧受东亚夏季风的影响,东亚夏季风对极端降水有明显的提升作用,这种提升作用能达到全年总降水的 10%左右。103°E 西侧,极端降水的趋势对总降水增长趋势的贡献率为 25%~50%,而东侧,总降水趋势主要受极端降水趋势的控制,极端降水趋势(包括增、减趋势)的贡献达 50%~100%。

(3)长江中游至西南地区和黄河中下游及环渤海地区的降水趋势与全国整体呈上升趋势不同,这些地区的降水呈显著下降的趋势,台风降水趋势显著减少导致这些地区极端降水减少,进而造成总降水的减少。

致谢:感谢中国气象局气候中心提供的台站降水资料,中国台风网提供的“CMA-STI 热带气旋最佳路

径数据集”,以及 NCEP 网站提供的再分析数据。此外,还要特别感谢中国气象科学研究所的任福民博士对客观分离台风降水方法的指导。

参考文献:

- [1] Houghton J T, Ding Y, Griggs D J, et al. Observed Climate Variability and Change. IPCC, Climate Change 2001: The scientific basis [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [2] Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [3] Zhai P M, Pan X H. Trends in temperature extremes during 1951—1999 in China [J]. Geophysical Research Letters, 2003, 30 (17): 1913-1916.
- [4] Zhai P M, Zhang X B, Wan H, et al. Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China [J]. J Climate, 2005, 18: 1096-1108.
- [5] 翟盘茂, 任福民. 中国近四十年最高最低温度变化 [J]. 气象学报, 1997, 55(4): 418-429.
- [6] 任福民, 翟盘茂. 1951—1990 年中国极端温度变化分析 [J]. 大气科学, 1998, 22(2): 217-226.
- [7] Zhai P M, Ren F M, Zhang Q. Detection of trends in China's precipitation extremes [J]. Acta Meteorologica Sinica, 1999, 57(2): 208-216.
- [8] 翟盘茂, 邹旭恺. 1951—2003 年中国气温和降水变化及其对干旱的影响 [J]. 气候变化研究进展, 2005, 1(1): 16-18.
- [9] 潘晓华, 翟盘茂. 气候极端值的选取与分析 [J]. 气象, 2005, 28 (10): 28-31.
- [10] 唐红玉, 翟盘茂, 王振宇. 1951—2002 年中国平均最高、最低气温及日较差变化 [J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 728-735.
- [11] 王亚伟, 翟盘茂, 田华. 近 40 年南方高温变化特征与 2003 年的高温事件 [J]. 气象, 2006, 32(10): 27-33.
- [12] 王苗, 郭品文, 邹昀, 等. 我国极端降水事件研究进展 [J]. 气象科技, 2012, 40(1): 79-86.
- [13] Ren F M, Wu G, Dong W, et al. Changes in tropical cyclone precipitation over China [J]. Geophys Res Lett, 2006, 33, L20702. doi: 10.1029/2006GL027951.
- [14] Ren F M, Wang Y, Wang X, et al. Estimating tropical cyclone precipitation from station observations [J]. Adv Atmos Sci, 2007, 24, 700-711. doi:10.1007/s00376-007-0700-y.
- [15] Qing W H, Lee D K. Seasonal march of Asian summer monsoon [J]. Int J Climatol, 2000, 20: 1371-1386.
- [16] 王咏梅, 任福民, 李维京, 等. 中国台风降水的气候特征 [J]. 热带气象学报, 2008, 3: 233-238.
- [17] Chang C P, Lei Y H, Sui C H, et al. Tropical cyclone and extreme rainfall trends in East Asian summer monsoon since mid-20th century [J]. Geophys Res Lett, 2012, 39, L18702. doi: 10.1029/2012GL052945.

Trends in Total Precipitation, Extreme and Typhoon Precipitation over China in Warm Half Year

FANG Yong-Sheng^{1,2}, HUANG Fei¹, CHEN Yue-Liang¹, HU Bei-Bei¹

(1. The Key Laboratory of Physical Oceanography, Ministry of Education, The Key Laboratory of Ocean-Atmosphere Interaction and Climate in Universities of Shandong, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2. Navy 91860 Troop, Shanghai 200940, China)

Abstract: The inter-annual component of warm half year mean (May to October) precipitation, extreme precipitation, tropical cyclone (TC) or typhoon precipitation, is studied by trend analysis for the period 1961—2010. The results show that (1) The precipitation in China increased significantly mainly due to the enhancement of the intensity of precipitation. The increasing of the intensity is larger than the frequency of precipitation. The precipitation extremes in China increased significantly mainly due to the enhancement of the frequency of precipitation extremes, although the intensity has no change in the past 50 years. (2) The TC precipitation in China decreased mainly due to the reduction of the times of TC precipitation. (3) To the east of 103°E, the percentage of extreme precipitation in total precipitation is 10% larger than that to the west. East Asian summer monsoon causes such difference. The precipitation of the trend of extreme rainfall in the trend of total rainfall is 25~50% to the west of 103°E. It (both increasing and decreasing trends) is much larger to the east of 103°E, up to 50~100%. (4) Different from the most part of china, the trend of rainfall in the middle reach of the Yangtze River to the South-west of China, the middle and lower reaches of the Yellow River and the Bohai rim region is decreasing. The trend of TC rainfall contributes significantly to the trend of total rainfall in these regions.

Key words: Chinese precipitation; extreme precipitation; TC precipitation; trend analysis; warm half year

责任编辑 庞 旻