

中国极端降水事件的频数和强度特征

王志福^{1,2}, 钱永甫¹

(1. 南京大学大气科学系, 江苏 南京 210093; 2. 南京信息工程大学江苏省气象灾害重点实验室, 江苏 南京 210044)

摘要: 使用 1951 - 2004 年中国 738 个测站逐日降水资料, 采用百分位的方法定义极端降水事件的阈值, 分析了不同持续时间的极端降水事件的时空分布及变化趋势特征。结果表明, 极端降水事件多发于 35°N 以南, 特别是在长江中下游和江南地区以及高原东南部, 且在这些地区极端降水事件持续时间也较长。季节分布上, 主要出现在夏季, 以低持续性事件为主。在中国东部地区, 持续时间越长的极端降水其强度往往越强。趋势分析表明, 全国持续 1 d 极端事件的相对频数具有上升趋势而平均强度具有下降趋势, 其空间上均表现为全国大部分上升、华北和西南等地下降的趋势。持续 2 d 以上极端事件在长江中下游流域、江南地区和高原东部等地区有显著增多和增强的趋势, 而在华北和西南地区有减少和减弱趋势, 但全国平均的趋势不显著。

关键词: 极端降水; 频数; 强度; 中国

中图分类号: P426.614

文献标识码: A

文章编号: 1001-6791(2009)01-0001-09

近年来, 极端天气气候事件由于其对社会经济、生命财产以及生态系统的灾害性影响而受到越来越多的关注^[1-5]。作为极端事件之一的极端降水事件, 同样会对自然环境和人们生活造成严重影响, 特别是持续时间长的极端降水更容易造成大范围的严重洪涝, 引发天气灾害。中国地处东亚季风区, 水汽充足, 是暴雨(极端降水)多发的区域, 受其影响严重。因此对暴雨的形成机理和预报方法研究一直是中国气象界重要研究课题之一^[6,7]。Zhai 等^[4]研究了中国极端降水 50 年来的变化趋势, 发现极端降水在华北和四川盆地有显著减少的趋势, 而在西部地区、长江流域和东南沿海有上升趋势。刘学华等^[8]分析了中国近 40 年的极端气温和降水的特征, 发现全国强降水日数有上升趋势。鲍名和黄荣辉^[9]对中国暴雨年代际变化的研究发现, 长江流域有暴雨增多的趋势, 华北暴雨则有减少的趋势。目前对持续强降水的研究也有不少, 但主要都是针对局部地区某年强降水个例进行的观测资料分析^[10]或区域气候模拟^[11]。最近, Tang 等^[12]研究了中国持续强降水事件的气候特征, 对其频数、强度和雨带等进行归类。闵山和钱永甫^[13]分析了中国极端降水事件区域性和持续性特征。然而, 对持续性极端降水的时空分布特征及其变化趋势的研究还很少。因此, 本文使用 1951 - 2004 年中国 738 个测站的逐日降水资料, 用百分位的方法定义了年时间尺度的极端降水阈值, 较详细地分析了不同持续时间的极端降水事件的时空分布和趋势变化特征。

1 资料和方法

所用资料为 1951 - 2004 年中国 738 个测站逐日降水资料。首先对资料进行简单的质量控制^[4], 消除台站迁移的影响, 并剔除时间长度不足 40 年的测站。经过处理后, 对剩下的 633 个测站数据进行分析。从这些站点的空间分布上看, 站点密集的区域位于 100°E 以东、40°N 以南的地区, 西部地区 and 东北地区的站点密度相对较小。由于受中国测站发展的影响, 每年通过质量控制而被用于本文分析的台站数也不尽相同, 20 世纪 50 年代台站较少, 1951 年仅有 170 个站点, 但参加分析的站数逐年增加, 从 60 年代到 80 年代台站数基本保持稳定, 90 年代又略有下降。

收稿日期: 2007-11-27

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (973) 资助项目 (2004CB418300); 国家自然科学基金资助项目 (40675052)

作者简介: 王志福 (1979 -), 男, 福建泉州人, 博士研究生, 主要从事区域气候变化方面的研究。E-mail: afu.would@163.com

通讯作者: 钱永甫, E-mail: qianzh2@nju.edu.cn

在中国的业务预报中,通常把日降水量 ≥ 50 mm 的降水事件称为暴雨,把 25 mm \leq 日降水量 < 50 mm 的降水事件称为大雨。由于降水极值具有很强的地区差异,各地区的防洪能力、致洪日降水量也都不同,所以根据当地的情况确定极端事件的标准对本地更有实际意义。因此本文采用百分位的方法^[3,14],定义每个台站的极端降水事件的阈值,并对极端降水事件进行检测。

方法如下:对每个台站,把 1951 - 2004 年日降水所有样本按升序排列,取日降水量 ≥ 0.1 mm 的子样本的第 95 个百分位的日降水量,定为气候平均极端降水阈值,作为确定极端降水事件的标准。且仅当从某日开始连续 n 天降水量都大于阈值,则认为出现一次持续时间为 n 天的极端降水事件,以出现降水的第 1 天作为持续极端降水的时间。由于最长持续天数为 8 d (1981 年 8 月 14 ~ 21 日,略阳站),而且持续 4 d 以上的事件也相对较少,因此,将极端降水事件分为 4 类进行讨论,即持续 1 d、2 d、3 d 和 4 d 及以上。每个台站出现各类极端降水事件的次数、降水量总和,分别称为对应持续天数的极端降水频数和极端降水量;而极端降水量除以极端降水日数,称为极端降水平均强度。

变化趋势的计算采用线性回归和 Mann-Kendall 非参数统计检验法^[15]。Mann-Kendall 法是一种基于 Kendall 秩相关的趋势检测法,其优点是不要求样本服从特定的概率分布型也不受少数异常值的干扰。

2 极端降水事件的空间分布

2.1 阈值与平均极端雨日分布

图 1 给出了确定的气候平均极端降水阈值和平均极端降水日数的空间分布。从极端降水阈值分布(图 1(a))可以看出,阈值的大值区主要位于中国东部,其中几个大值带位于华南沿海、长江中下游地区和江淮流域、以及云贵高原西部。大致呈由东南向西北方向逐渐减小的分布,华南沿海极端降水阈值在 50 mm 以上,而西北地区普遍低于 30 mm。这种空间分布与年降水总量的分布极为相似,这显然是合理的,也说明了极端降水与总降水的关系密切。实际上,降水多的地区一般防洪设施比较完善,防洪能力也相对较强,因此只有相对较大的日降水量才可能出现洪涝灾害,而对于西北干旱地区,30 mm/d 的降水量对当地可能已经很少发生。平均极端降水日数的分布与阈值的分布不同(图 1(b)),多发地区主要位于 35°N 以南,新疆西北部以及东北大部也是次大值中心,其中以西南地区最为频发,每年发生极端降水事件的时间平均在 8 d 以上。结合阈值分布,说明这个地区雨日比较多而降水强度不大,因而阈值较小而极端雨日较多。此外,可以看出使用百分位定义极端降水事件,避免了用统一标准(如 50 mm)的定义方法在中国西北干旱半干旱地区检测不到极端降水的不足。由于干旱半干旱地区的生态环境系统比较脆弱,暴雨以下量级的较强降水也可能给这些地区造成灾害,因此对当地来说

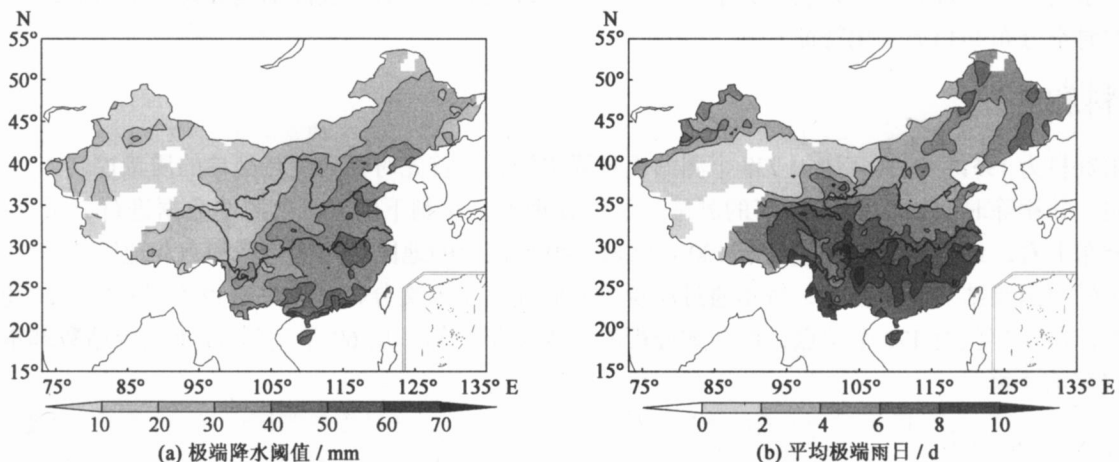


图 1 极端降水阈值和平均极端雨日的空间分布示意图

Fig. 1 Spatial distribution of the extreme precipitation threshold and the mean extreme precipitation days

也应当被确定为极端降水事件。

2.2 极端降水事件的空间分布

前面给出了极端降水的阈值, 以下对检测出的极端降水事件几个特征量的空间分布特征进行分析。

(1) 频数分布 图 2 是 1951 - 2004 年之间 4 个类型极端降水事件总频数的空间分布。可以看到, 持续 1 d 的极端降水频数的分布型与平均极端雨日(图 1(b))的分布极为相似, 说明极端降水事件以持续 1 d 为主, 中国大部地区持续 1 d 的频数占总频数在 70 % 以上, 其中西北部分站点可达 100 %, 即这些地区的极端降水仅能持续 1 d(图略)。频数大值区主要位于江南地区、长江上游地区、新疆北部以及东北大部, 都在 200 次以上(图 2(a))。持续 2 d 的极端降水频次大为减少, 主要分布在江南及西南地区, 以西南地区为最, 东南沿海与华南沿海也是频发地区(图 2(b))。持续 3 d 的极端降水事件则主要发生在云贵高原西部以及长江以南的东南地区(图 2(c))。而持续 4 d 及以上的事件的发生较为偶然, 空间分布也不规则, 主要出现在中国南方多雨地区以及云贵高原西部, 而北方地区基本没有高持续性的极端降水事件发生(图 2(d))。

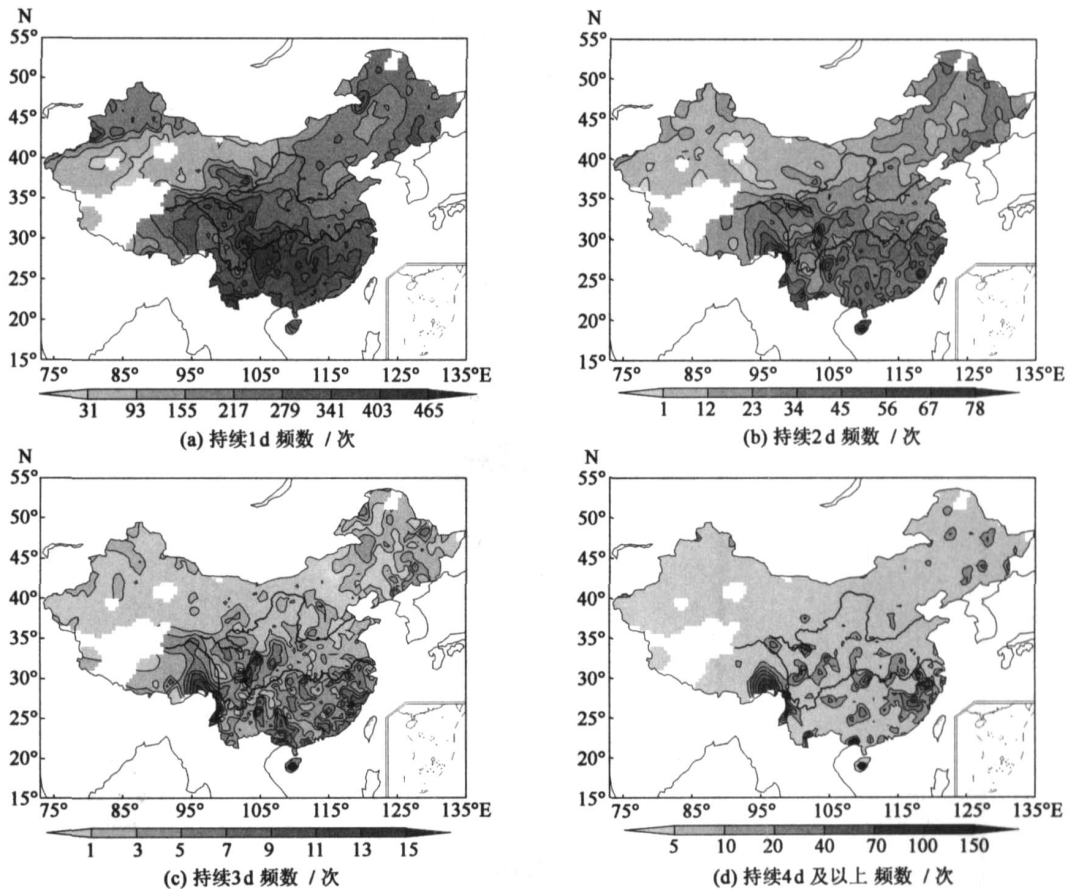


图 2 极端降水事件频数空间分布示意图

Fig. 2 Spatial distribution of the frequency of extreme precipitation events

(2) 极端降水量对年降水量的贡献 极端降水量与年降水总量的百分比, 反映极端降水事件降水量对总降水量的贡献, 也从一定意义上反映极端降水事件对洪涝的贡献率^[9]。从其空间分布可以看出(图略), 持续 1 d 极端降水事件的高贡献率地区位于新疆大部、西南和华北地区, 占年降水量的 25 % 以上, 部分地区可达 35 %。说明这些地区如果发生洪涝则主要是由持续 1 d 的极端降水事件造成的。而高原东部地区和东南沿海地区的贡献率相对较低, 在 20 % 以下。持续性高的极端降水事件由于发生频次少, 其贡献率也比较小。但是在东南沿

海、四川盆地等地持续2 d的贡献率也在10%以上，持续3 d以上的极端降水事件也有一定的贡献，说明高持续性的极端降水事件虽然发生频次少，但也是不能忽视的。

(3) 极端降水的平均强度 强度是衡量极端降水的另一要素，强度越大越可能造成灾害。图3为极端降水事件平均强度的空间分布。持续1 d的极端降水强度也是从东南向西北逐渐减弱，中国东南部地区强度都在40 mm/d以上，强度大于70 mm/d的范围不大，位于华南沿海和长江中下游部分地区，西北大部分地区强度都在20 mm/d以下。持续2 d的极端降水强度分布与持续1 d的基本相似，40 mm/d线包围的范围也基本相同，但是70 mm/d以上的大值区范围更大。持续3 d的极端降水事件在西北地区相对较少，而东部地区强降水的范围进一步扩大，且在华南沿海局部地区强度进一步增大。而持续4 d以上的极端降水事件，发生的站点数减少，范围也减少，主要分布在中国南方，但在部分站点强度也更强。

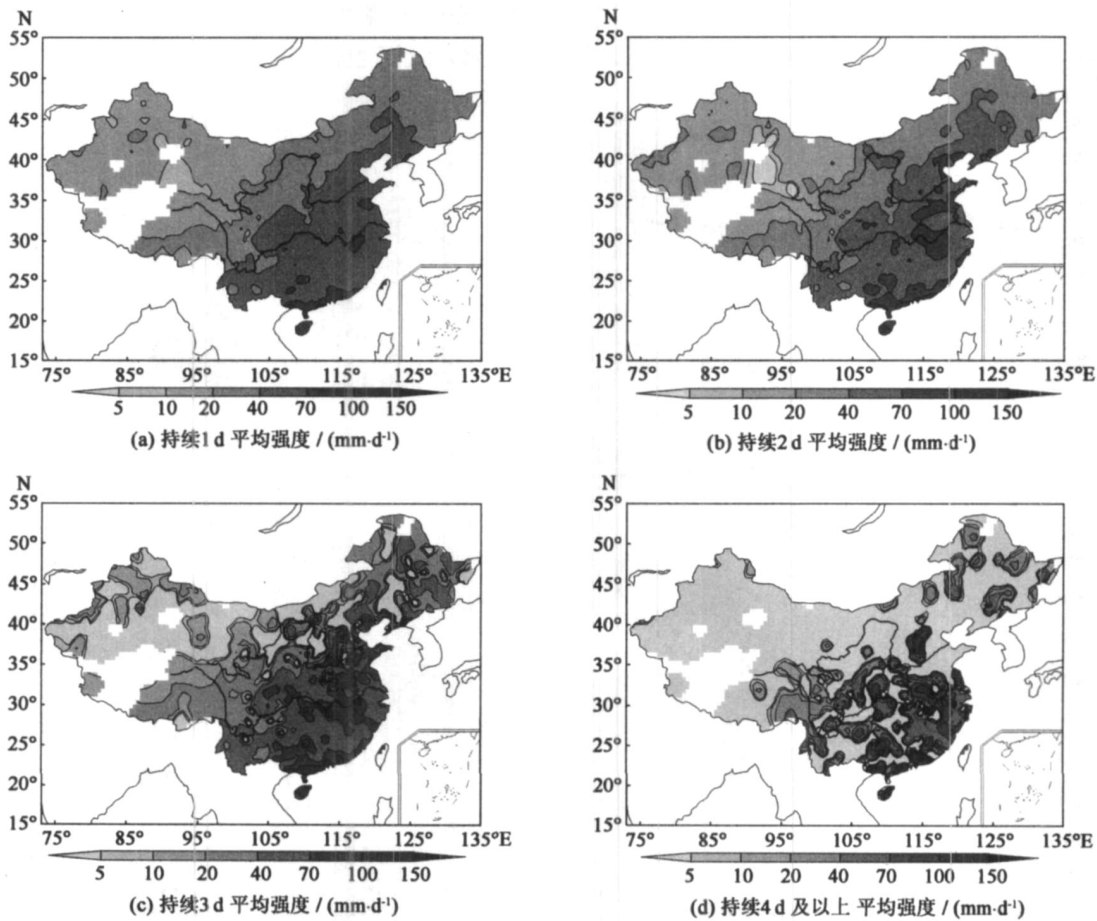


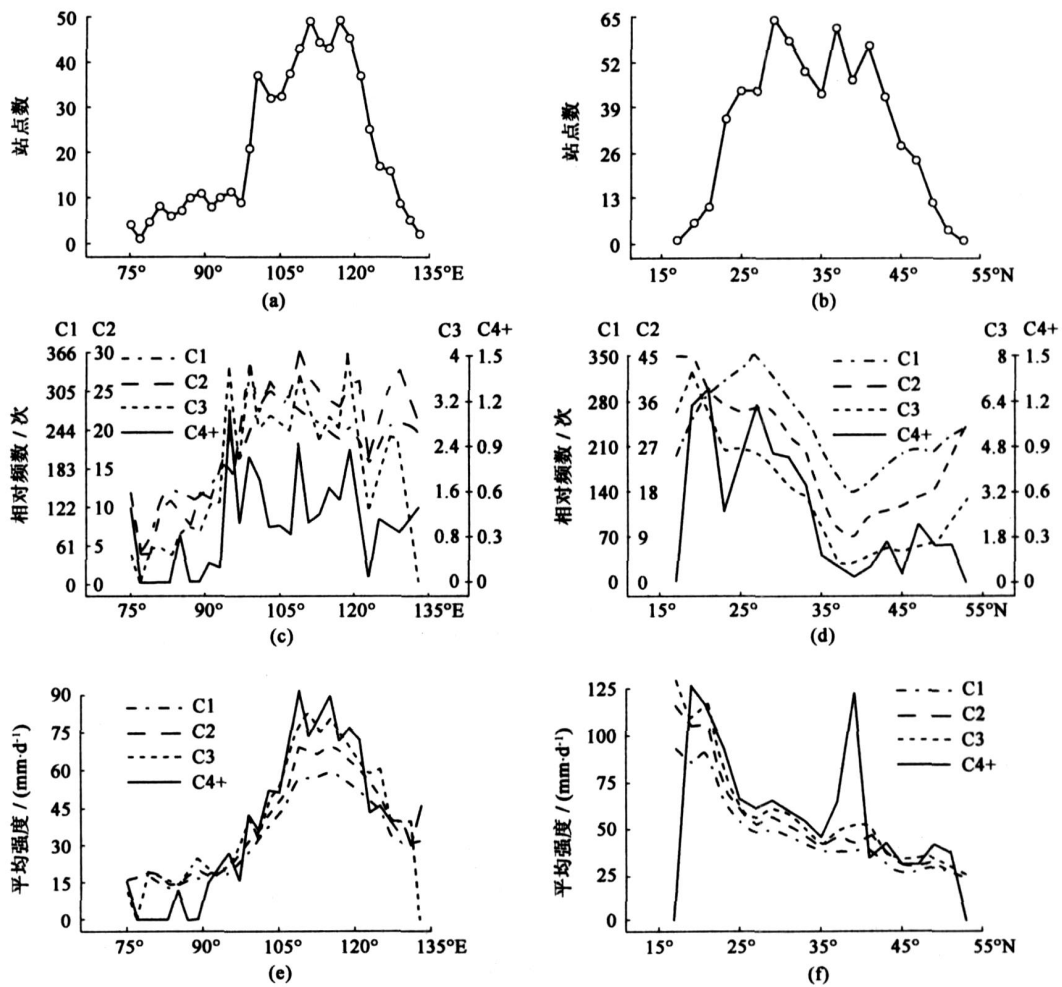
图3 极端降水事件平均强度空间分布示意图

Fig. 3 Spatial distribution of the mean intensity of extreme precipitation events

2.3 相对频数和平均强度的经纬向分布

由前面的空间分布可以看出，极端降水频数和强度分布有很大的地区差异。下面统计不同经度带和不同纬度带内，极端降水频数和强度的特征。在间隔取为2°的不同带状区域内的站点，统计发生各类极端事件的总站次及其极端降水总量。由于极端降水的频数受站点空间分布疏密程度的影响很大，站点密集的地区频数相应较大，站点稀疏频数也相应偏少。而中国站点的分布也不均匀(见图4(a)、图4(b))，经向主要集中在100~125°E之间，纬向则主要分布在22~45°N之间。因此极端降水事件发生频次在这些范围内也往往相对偏多(图略)，单独统计各个带状区域内的发生频次的绝对数不具可比性。而以各区域内的站点数为基数，将该区域内发生某

类极端降水事件的总频数进行标准化, 就能比较不同经度带及纬度带之间发生的频数。标准化后的频数称为相对频数, 等于各带状区域内所有台站发生某一持续时间极端降水事件的总频数(站次)与该区域内站点数的比值(图 4(c)、图 4(d))。可以看到, 几类极端事件相对频数分布基本相似, 其经向主要集中于 95 ~ 120 °E 之间以及 130 °E 附近, 而纬向则分布在 17 ~ 35 °N 之间, 50 °N 附近也是相对多发区。说明中国江淮以南地区以及东北部分地区更易发生极端降水事件。与台站的极端降水平均强度的定义相似, 这里把各带状区域内所有台站发生某类极端降水事件时的总降水量除以其总极端雨日, 定义为区域平均的极端降水强度, 它表示带状区域范围内发生某类持续时间的极端降水事件时的区域平均强度特征。从其经纬向分布(图 4(e)、图 4(f))可以看出, 强度较大(50 mm/d 以上)的区域主要位于 105 ~ 122 °E 之间和 35 °N 以南, 中国西部地区 and 北方地区强度都相对较弱。同样可以看到, 持续时间越长的极端降水事件, 其平均强度就越强, 这种特征在中国 100 ~ 122 °E 之间、40 °N 以南的东部地区最为明显。由此可见, 尽管高持续性极端降水事件发生次数很少, 但是其强度却更大, 加上持续时间长, 带来的降水量也越多, 因此更容易造成城市积水以及泥石流等灾害, 对社会经济和人民生命财产的危害不容忽视。



(相对频数的 4 个纵坐标分别对应于 C1、C2、C3 和 C4+, 表示 4 种类型极端降水事件)

图 4 站点数、极端降水相对频数和平均强度的经(左列)纬(右列)向分布

Fig. 4 Meridional (left panel) and zonal (right panel) distribution of station number, relative frequency and mean intensity of extreme precipitation events

3 极端降水事件的时间分布

3.1 季节分布

1951 - 2004 年全国不同持续时间的极端降水事件总共发生过 168802 站次, 持续 1 d 的极端降水事件占绝大部分, 4 类极端降水事件分别占发生总频次的 90.18%、8.65%、0.99% 和 0.18%。从季节分布上看, 冬春季几个月少发, 主要都集中在 5~9 月的雨季, 这个时期极端降水事件频数占发生总频次的比例高达 85.47%, 且以夏季 3 个月最为集中, 占 63% 以上, 这主要是受中国降水季节变化特征以及阈值定义方法的影响。极端降水事件的平均强度在雨季相对略强, 但季节差异并不明显(图 5(a))。从极端降水事件的持续天数与频数的关系可以看出(图 5(b)), 持续时间越长的极端降水事件, 其发生频数也越少, 以持续 1 d 的极端降水事件为主; 平均强度随持续时间增长而加强, 持续 3 d 以上的平均强度大都在 60 mm/d 左右, 而持续 7 d 的平均强度最强。从季节变化看, 不同持续时间的极端降水事件特征基本相似, 也是冬春季少发, 雨季多发, 特别是持续时间较长的极端降水事件。各个持续时间的极端降水事件的平均强度, 都是冬春季偏弱而夏秋季明显较强。

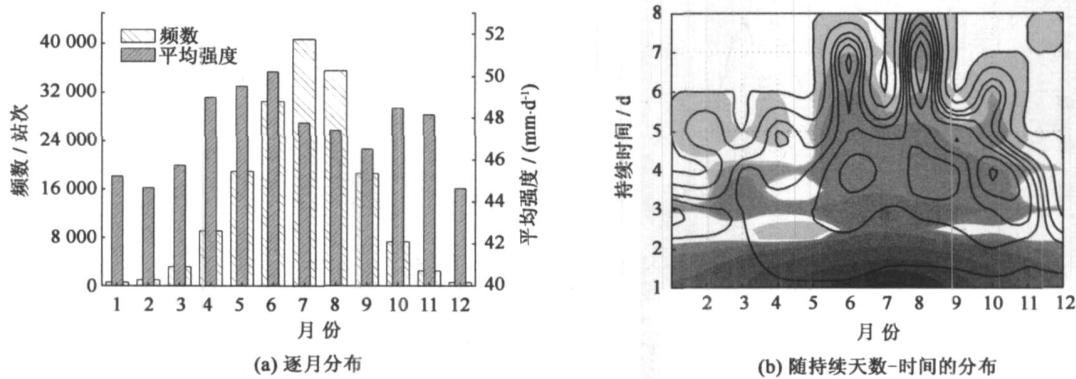


图 5 极端降水事件频数和平均强度季节分布特征((b)中阴影区表示频数, 等值线表示平均强度)

Fig. 5 Seasonal distribution of the frequency and mean intensity of the extreme precipitation events

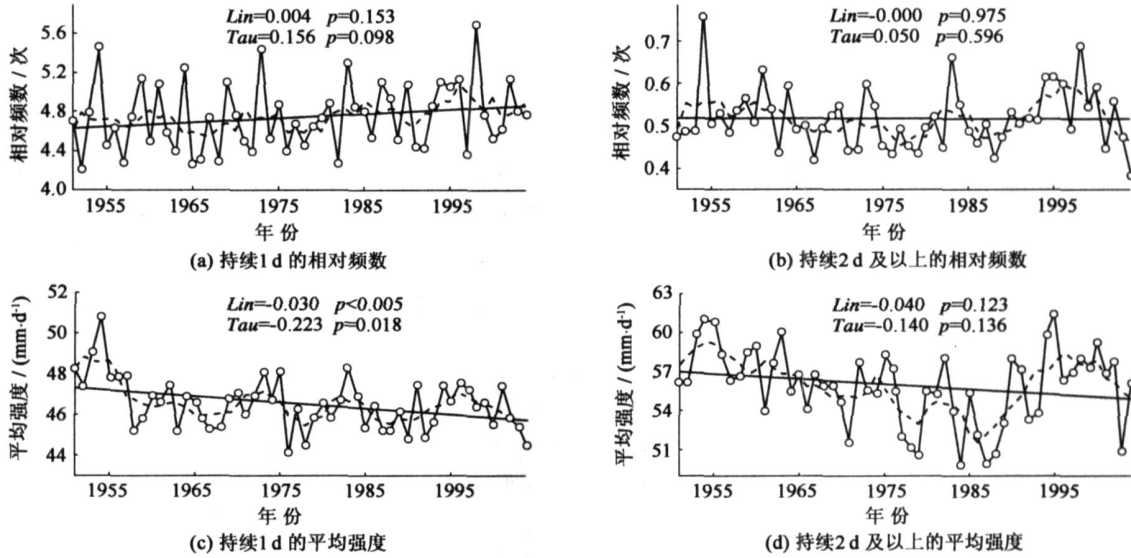
3.2 趋势分析

对于各个站点, 由于持续时间较长(3 d 以上)的极端降水事件只在少数年份出现, 从而样本数较少, 计算其时间变化趋势无太大意义, 因此, 这里仅分为持续 1 d 和持续 2 d 及以上的两类极端降水事件进行趋势计算。

图 6 给出了全国平均的相对频数和平均强度的年际变化及其线性趋势和 5 年滑动平均曲线。由图可见, 持续 1 d 的相对频数的年际变化比较明显, 且在 $p < 0.1$ 水平上 Kendall 有显著上升趋势(图 6(a))。持续 2 d 及以上的相对频数没有明显的变化趋势, 但具有较明显的年代际差异, 20 世纪 60 年代中期以前和 90 年代处于相对偏多的阶段, 60 年代中期到 80 年代末和 21 世纪以后相对偏少(图 6(b))。平均强度方面, 持续 1 d 的平均强度有显著的下降趋势($p < 0.02$) (图 6(c))。这种下降趋势的原因是, 全国范围内持续 1 d 极端雨日有上升趋势而其总雨量没有明显的变化趋势(图略), 因此强度减弱。持续 2 d 及以上的平均强度总体上也略有下降趋势, 这是由于全国持续 2 d 及以上的极端总雨日没有明显趋势, 但总雨量略有下降趋势(图略)。同时可以看出, 其年代际差异也比较明显, 在不同年代具有不同的变化趋势, 20 世纪 80 年代中期之前和 90 年代中期之后均是明显的下降趋势, 而 80 年代中期到 90 年代中期是上升趋势(图 6(d))。

前面给出了全国平均的变化趋势, 以下详细考察变化趋势的空间分布。计算时剔除了时间序列中非零值少于 20 个的站点。图 7 为频数的 Kendall 的空间分布, 深色阴影区表示增加趋势, 浅色阴影区表示减少趋势, “+”和“×”分别表示在 $p < 0.05$ 水平上显著增加和减少的站点。可以看出持续 1 d 的极端降水事件以上升趋势为主, 仅有少数区域有下降趋势, 因此全国平均呈上升趋势。显著上升的地区为长江中下游地区、华南大部、新疆西北部、内蒙西部以及高原东部等地, 而华北平原、四川盆地以及东北部分地区等有显著下降的趋势

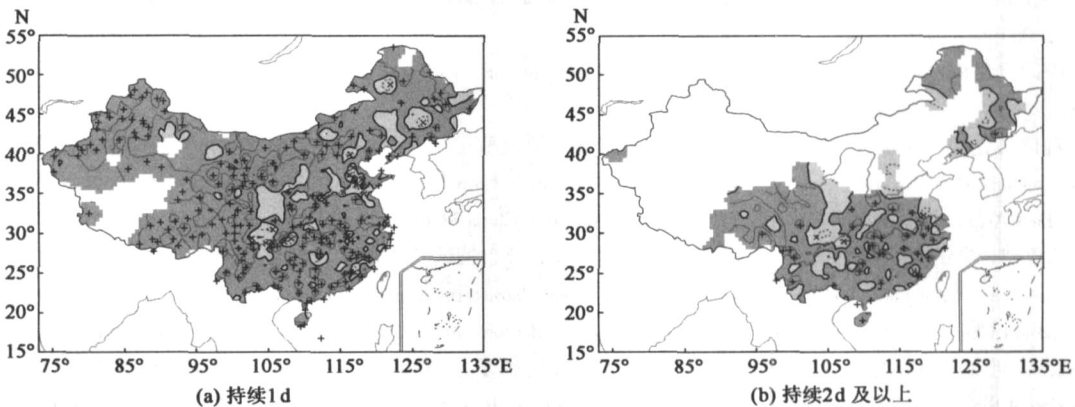
(图 7(a))。持续 2 d 及以上的频数变化与持续 1 d 的空间分布特征相似, 但较为不规则。尽管从全国平均来看没有明显趋势, 但在江南、江淮地区以及高原东侧地区有显著上升趋势, 而四川盆地和华南、华北、东北的部分地区则有显著下降趋势(图 7(b))。这些特征与已有的研究结果^[4,8]是一致的。平均强度虽然全国平均有下降趋势, 但其变化趋势与频数趋势的空间分布基本一致(图略), 说明对单个台站而言, 其降水强度变化主要是由于其频数变化引起的。



(直线为线性趋势, 点线为 5 年滑动平均)

图 6 全国平均极端降水事件相对频数和平均强度的时间曲线

Fig. 6 Regionally averaged time series for the relative frequency and mean intensity of extreme precipitation events



(深色阴影区表示上升趋势, 浅色阴影区表示下降趋势, “+”和“x”表示通过 $p < 0.05$ 显著性水平的站点)

图 7 极端降水事件频数变化趋势的空间分布示意图

Fig. 7 Spatial pattern of trends (Kendall's Tau) for the frequency of extreme precipitation events

4 结 论

(1) 极端降水事件以低持续性事件为主, 且主要出现在夏季, 特别是持续时间长的极端降水, 这种特征与中国降水的季节变化关系密切。持续时间在 2 d 及以下的极端降水多发生在长江中下游和江南地区, 而持续 3 d 以上的极端降水事件则主要位于东南沿海和青藏高原东南部到云贵高原西部地区。

(2) 极端降水强度在中国东南部强于西北部, 与年降水总量关系密切。强度大的极端降水主要位于江淮以南地区, 且持续时间越长的极端降水其强度往往越强, 特别是在中国东部地区, 因此更可能造成洪涝灾害。在新疆大部、西南地区和华北地区, 对洪涝的作用较大的是持续 1d 的极端降水, 而在东南沿海和四川盆地等地区持续 2 d 以上的极端降水对洪涝灾害也有贡献。高持续性极端降水事件的影响不可忽视。

(3) 持续 1 d 极端降水事件的频数在中国大部地区表现为上升趋势, 仅华北地区和西南地区有下降的趋势, 因此全国平均的相对频数有上升的趋势。持续 2 d 及以上事件的频数在江南、江淮地区以及高原东侧地区有显著上升趋势, 而四川盆地和华南、华北、东北的部分地区则有显著下降趋势, 因此全国平均没有明显变化趋势。平均强度与频数变化趋势的空间分布相似, 但全国平均表现为下降趋势, 这主要是极端雨日增加和极端降水总量减少引起的。

本文只是针对全国范围内全年的不同持续时间的极端降水事件的特征进行分析, 从分析可以看出极端降水存在明显的季节和地区差异。因此, 对于不同季节、不同范围极端降水事件的变化特征, 造成不同持续时间极端降水的原因和气候背景, 以及人类活动对极端降水的影响等, 尚有待于在今后的工作中进一步研究和讨论。

参考文献:

- [1] KARL T R, EASTERLING D R. Climate extremes: Selected review and future research directions[J]. *Climatic Change*, 1999, 42: 309 - 325.
- [2] MEEHL G A, KARL T, EASTERLING D R, et al. An introduction to trends in extreme weather and climate events: Observations, socioeconomic impacts, terrestrial ecological impacts, and model projections[J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2000, 81(3): 413 - 416.
- [3] FRICH P, ALEXANDER L V, DELLA-MARTA P, et al. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century[J]. *Climate Research*, 2002, 19: 193 - 212.
- [4] ZHAI P M, ZHANG X B, WAN H, et al. Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China[J]. *Journal of Climate*, 2005, 18: 1096 - 1108.
- [5] FUJIBE F, YAMAZAKI N, KOBAYASHI K. Long-term changes of heavy precipitation and dry weather in Japan (1901 - 2004)[J]. *J Meteor Soc Japan*, 2006, 84: 1033 - 1046.
- [6] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京: 科学出版社, 1980. (TAO Shi-yan. *Torrential rain in China*[M]. Beijing: Science Press, 1980. (in Chinese))
- [7] 丁一汇. 陶诗言先生与中国暴雨[C]. 中国科学院大气物理研究所编. 东亚季风和中国暴雨. 北京: 气象出版社, 1998: 137 - 141. (DING Yi-hui. Professor Tao Shiyuan and the study of heavy rain in China[C]. Institute of Atmospheric Physics Chinese Academy of Sciences Eds. *East Asian monsoon and torrential rain in China*. Beijing: China Meteorological Press, 1998: 137 - 141. (in Chinese))
- [8] 刘学华, 季致建, 吴洪宝, 等. 中国近 40 年极端气温和降水的分布特征及年代际差异[J]. *热带气象学报*, 2006, 22(6): 618 - 624. (LIU Xue-hua, JI Zhi-jian, WU Hong-bao, et al. Distribution characteristics and interdecadal difference of daily temperature and precipitation extremes in China for latest 40 years[J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 2006, 22(6): 618 - 624. (in Chinese))
- [9] 鲍名, 黄荣辉. 近 40 年我国暴雨的年代际变化特征[J]. *大气科学*, 2006, 30(6): 1057 - 1067. (BAO Ming, HUANG Rong-Hui. Characteristics of the interdecadal variations of heavy rain over China in the last 40 years[J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2006, 30(6): 1057 - 1067. (in Chinese))
- [10] 张顺利, 陶诗言, 张庆云, 等. 长江中下游致洪暴雨的多尺度条件[J]. *科学通报*, 2002, 47(6): 467 - 473. (ZHANG Shu-li, TAO Shi-yan, ZHANG Qing-yun, et al. Large and meso-scale characteristics of intense rain in the mid and lower reaches of the Yangtze River[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(9): 779 - 786. (in Chinese))
- [11] XIONG Z, WANG S Y, ZENG Z M, et al. Analysis of simulated heavy rain over the Yangtze River valley during 11 - 30 June 1998 using RIEMS[J]. *Adv Atmos Sci*, 2003, 20(5): 815 - 824.
- [12] TANG Y B, GAN J J, ZHAO L, et al. On the climatology of persistent heavy rainfall events in China[J]. *Adv Atmos Sci*, 2006, 23(5): 678 - 692.
- [13] 闵山, 钱永甫. 中国极端降水事件的区域性和持续性研究[J]. *水科学进展*, 2008, 19(6): 763 - 771. (MIN Shen, QIAN Yong-fu.

- Regionality and persistence of extreme precipitation events in China[J]. *Advances in Water Science*, 2008, 19(6): 763 - 771. (in Chinese)
- [14] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北方近 50 年温度和降水极端事件变化[J]. *地理学报*, 2003, 58(增刊): 1 - 10. (ZHAI Pan-mao, PAN Xiao-hua. Change in extreme temperature and precipitation over Northern China during the second half of the 20th century[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(Supp.): 1 - 10. (in Chinese))
- [15] HIPL K W, MCLEOD A I. Time series modelling of water resources and environmental systems[M]. New York: Elsevier, 1994: 864.

Frequency and intensity of extreme precipitation events in China^{*}

WANG Zhi-Fu^{1,2}, QIAN Yong-Fu¹

(1. Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

2. Jiangsu Key Laboratory of Meteorological Disaster, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract : Using daily rainfall data at 738 stations in China from 1951 to 2004, and defining the 95th percentile as the threshold of extreme precipitation for each station, the characteristics of the spatio-temporal distribution and the linear trend of extreme precipitation events with different durations are analyzed. Results show that the frequency of extreme precipitation events is higher in the regions south of 35°N than in other parts of China, especially in the mid-lower reaches and the southern parts of the Yangtze River and in the southeastern part of the Tibetan Plateau with longer duration. And it happens more in summer than in other seasons. It is found that the frequency decreases rapidly whereas the mean intensity increases with the increase of duration of extreme precipitation events, especially in eastern part of China. The trend analysis shows that there is an increasing trend for regionally averaged relative frequency but a decreasing trend for the mean intensity of 1-day extreme precipitation events. They both increase significantly in the mid-lower reaches of the Yangtze River, in South China and in eastern Plateau and decrease significantly in some parts of North and Southwest China. The frequency and intensity of the extreme events lasting more than 2 days show a similar spatial distribution with that of 1-day events, but show no significant trends for their regionally averaged values.

Key words : extreme precipitation; frequency; intensity; China

* The study is financially supported by the National Basic Research Program of China (No. 2004CB418300) and the National Natural Science Foundation of China (No. 40675042).