

我国近 40 年各类降水事件的变化趋势*

闵 岫, 钱永甫

(南京大学大气科学系灾害性天气气候研究所, 江苏 南京 210093)

摘 要: 利用全国 542 站 1960 - 2003 年逐日降水资料, 分析我国降水事件的变化趋势, 研究结果表明: 降水总量的增加主要是由极端降水量的增加引起, 降水日数的减少主要是由小雨日数的减少造成。在降水日数呈现出大范围减少趋势的同时, 有很多地区的极端降水事件仍为增加趋势, 降水总日数的减少并不减小发生极端事件的可能性。各种类型降水日数趋势变化最明显的是小雨日数, 四季的小雨趋势以减少为主。四季西部地区的极端事件基本均呈现出显著的增加趋势; 江淮华南地区的减少趋势主要出现在秋季, 其它三季以增加趋势为主; 华北、东北地区在冬季基本均为增加趋势, 其它季节增减参半。极端降水量与降水总量的比值表现为全国普遍增加的趋势, 说明我国四季降水量均有向极端化方向发展的趋势。

关键词: 降水量; 降水频数; 线性趋势; 中国

中图分类号: P426 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2008) 03-0105-07

我国幅员辽阔, 区域性气候多变, 是一个受到极端天气和气候事件严重影响的国家。极端事件频率和强度的变化对自然和社会带来的冲击远大于气候平均变化^[1]。在全世界的许多区域研究都表明降水事件频率的变化要么就很小, 要么就很大, 往往总降水量有一个增加, 强降水量就会以更大的比例增加^[2]。近十年来, 我国已有许多专家学者对极端气候的变化进行了分析研究^[3-5], 结果均表明极端气候有独特的研究价值。苏布达^[6-7]、翟盘茂^[8]等研究结果指出极端降水事件的变化有明显的区域差异。

以往各类极端降水研究中全年只采用一个极端降水阈值, 这样使得极端降水事件往往只出现在夏季, 而其他季节的极端降水不能客观地被检测出来, 这也是极端降水事件的研究时间段集中在夏季的主要原因。其它季节的极端降水强度虽然没有夏季那么大, 造成洪涝灾害的可能性比夏季低, 但春夏秋冬三季的极端降水对人们的生产生活也会产生较大的影响。因此为更好地了解极端降水的季节变化以及更全面地分析极端降水, 本文运用百分位的方法每月分别定义一个极端降水阈值, 研究各月极端降水特征时分别使用其对应的阈值来检测极端降水事件, 各季节的极端降水事件则为该季节中各月极端降水事件之和。同样也用百分位的方法定义出小雨、中雨和大雨, 对降水事件进行分类研究。另

外, 降水量是研究降水的一个重要指标, 以往多以其为主要研究对象, 而本文在研究降水量的同时也侧重于讨论另一个非常重要的降水指标——降水日数 (频数), 对各种类型降水的量值和频数的趋势变化进行详细分析。

1 资料与方法

本文所用资料为国家气象局信息中心提供的中国 743 站 1960 年 1 月 1 日至 2003 年 12 月 31 日的逐日降水资料。在资料选取时, 进行了质量控制, 剔除在研究时间段内有缺测值的台站以及迁过站的台站。基于上述条件, 本文在全国范围内共选取 542 个台站。

我国气象规范规定日降水量 $\geq 50\text{mm}$ 为暴雨, 但若以此为标准, 中国西部、北部等大部分地区没有或很少暴雨出现。另外若全年均使用一个阈值, 也会使得秋冬等大部分月份没有或很少暴雨出现。因此首先将 1960 - 2003 年每月逐日降水分别从小到大排序, 再依据世界气象组织规定, 各月均取第 90 个百分位对应日的降水值作为极端降水阈值^[9], 即 12 个月分别得到一个极端降水阈值, 研究各月极端降水时分别使用其对应的阈值来检测极端降水事件。这样做有利于增强少雨地区和多雨地区极端降水事件变化趋势的空间可比性, 以及少雨季节与多雨季节的时间可比性。

* 收稿日期: 2007 - 12 - 04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40675042); 国家重点基础研究发展计划基金资助项目 (2004CB418300)

作者简介: 闵岫 (1984 年生), 女, 博士研究生; 通讯联系人: 钱永甫; E-mail: qianzh2@nju.edu.cn

用与定义极端降水相同的方法定义出大雨、中雨和小雨雨量,把介于 75%~90% 分位点的降水事件定义为大雨,中雨介于 55%~75% 分位点之间,小于 55% 的为小雨。图 1 为南京站各类降水阈值的逐月变化,由图可见各类降水事件的最大阈值均出现在 6 月,该月南京极端降水阈值约 45 mm,大雨介于 20~45 mm,中雨介于 7.5~20 mm,小雨小于 7.5 mm。从阈值的空间分布可见(图略),各类降水阈值的极大值均出现在江淮华南地区,阈值从该地区向东北西北方向逐渐减小,极小值出现在西北地区。由阈值的季节变化可知(图略),春夏季的阈值相对较大,秋冬季节较小,长江以南地区阈值的极大值出现在 6 月,长江以北地区阈值的极大值出现在 7 月。这与中国降水的时间空间分布特征相吻合。

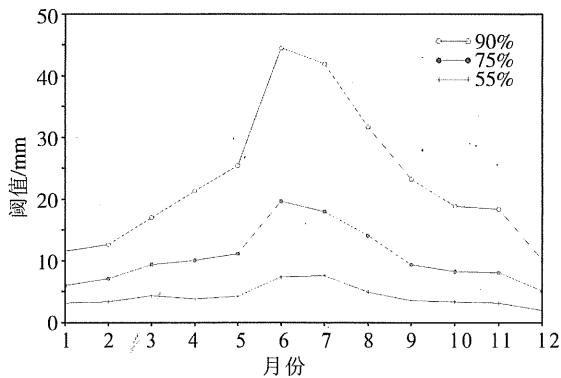


图 1 南京站各类降水阈值的逐月变化

Fig. 1 The month by month distribution of all kinds of precipitation thresholds in Nanjing

在降水的趋势分析中,我们采用线性回归的方法来计算其线性趋势,线性趋势的显著性由 F-检验(或相关系数检验)^[10-11] 来进行检测。表 1 给出了本文使用的降水指数符号及含义。为了更好地描述趋势分布形式,本文把全国分为以下几个区域,跟以往翟盘茂^[12] 的分法略有不同。105°E 以西为西部,35°N 以南为西南地区,35°N 以北为西

表 1 各类降水指数

Tab. 1 Designations for all kinds of precipitation events

项 目	含 义
f90 & h90	极端降水频数以及极端降水量
f75 & h75	大雨日数以及大雨雨量
f55 & h55	中雨日数以及中雨雨量
f5 & h5	小雨日数以及小雨雨量
d & p	降水总日数以及降水总量
hp90	极端降水量与降水总量的比值

北地区;105°E 以东,35°N 以南为江淮华南地区,35°N 以北为华北地区,120°E 以东为东北地区。

2 各类降水量与降水日数的趋势变化

由四季降水总量的趋势变化可见(图略),春季中国西部、河北、内蒙古以及东南沿海等地呈现增加趋势,而东北大部和华东内陆减少;夏季西北、江淮以及华南出现增加趋势,华北以及东北南部呈现减少趋势;秋季河北北部以及 100°E 以西基本均为增加趋势,其余地区为减少趋势;冬季除河北-辽宁以外,全国以增加趋势为主,且在西北和长江中下游地区显著增加。这与翟盘茂^[5] 的结论类似,冬季在东北北部以及江淮流域北部差异较大,这是由于降水资料长度不完全吻合所引起的。

由四季降水总日数的趋势变化可见(图略),春季西部显著增加,华北江淮地区显著减少;夏季新疆以及长江中下游地区显著增加,华北、东北以及西南等大部分地区显著减少;秋季除内蒙古以及新疆地区呈现增加趋势以外,全国大部分地区均呈现显著减少趋势;冬季西北以及西藏地区显著增加,而东北北部以及中国南部减少趋势显著。

小雨日数出现显著增加趋势的站点主要分布在西部地区,辽东半岛、华北、江淮以及东南沿海等大部分地区显著减少;夏季新疆以及长江中下游地区出现显著增加的站点,其它区域基本均为显著减少趋势;秋季全国基本均呈现出显著减少趋势;冬季在北疆以及青藏地区显著增加,云南、华北、江淮华南以及东北北部基本均呈现显著的减少趋势(图 2)。

春季出现显著增加趋势的站点主要分布在西部地区,而显著减少趋势的站点主要分布在华北、东南沿海;夏季呈现显著增加趋势的站点主要分布在新疆以及长江中下游地区,在华北、东北以及华南沿海一带呈现显著减少趋势;秋季在西北东部、云南、东北、华北以及江淮华南等大部分地区显著减少;冬季新疆西藏地区显著增加,黑龙江、海南以及云贵川一带显著减少(图 3)。

由各种类型降水日数的趋势变化可以知道(图略),小雨日数的趋势变化最为明显,且四季的小雨以减少为主;由各季节的变化趋势来看,秋季的趋势变化最为显著,且秋季各种类型的降水均以减少为主。由各种类型降水日数与各自降水量趋势变化的相关性可知,各种类型雨日数的趋势变化与其各自的降水量趋势变化相关性均较好,特别是夏季。小雨日数与小雨量的趋势变化差异相对较大,尤其是春秋季节。而降水总日数的变化趋势与降

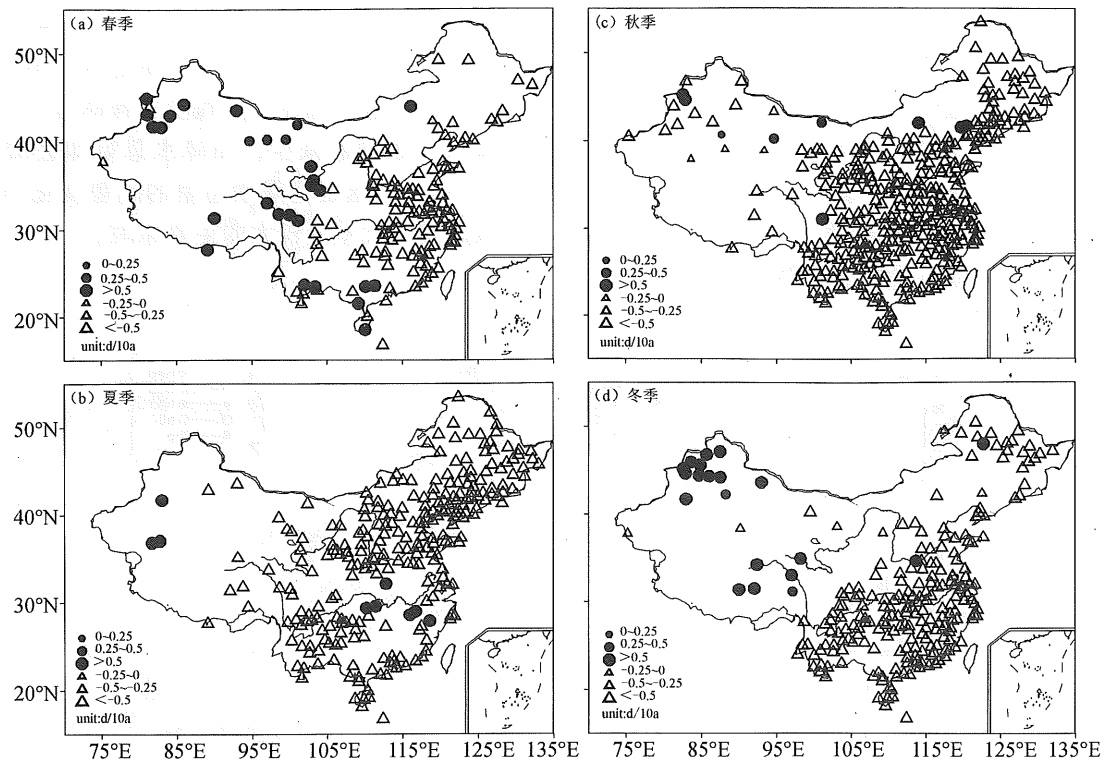


图 2 四季小雨日数出现显著趋势变化的站点分布

Fig. 2 The significant trends in the frequency of sprinkle for (a) spring, (b) summer, (c) autumn, and (d) winter.

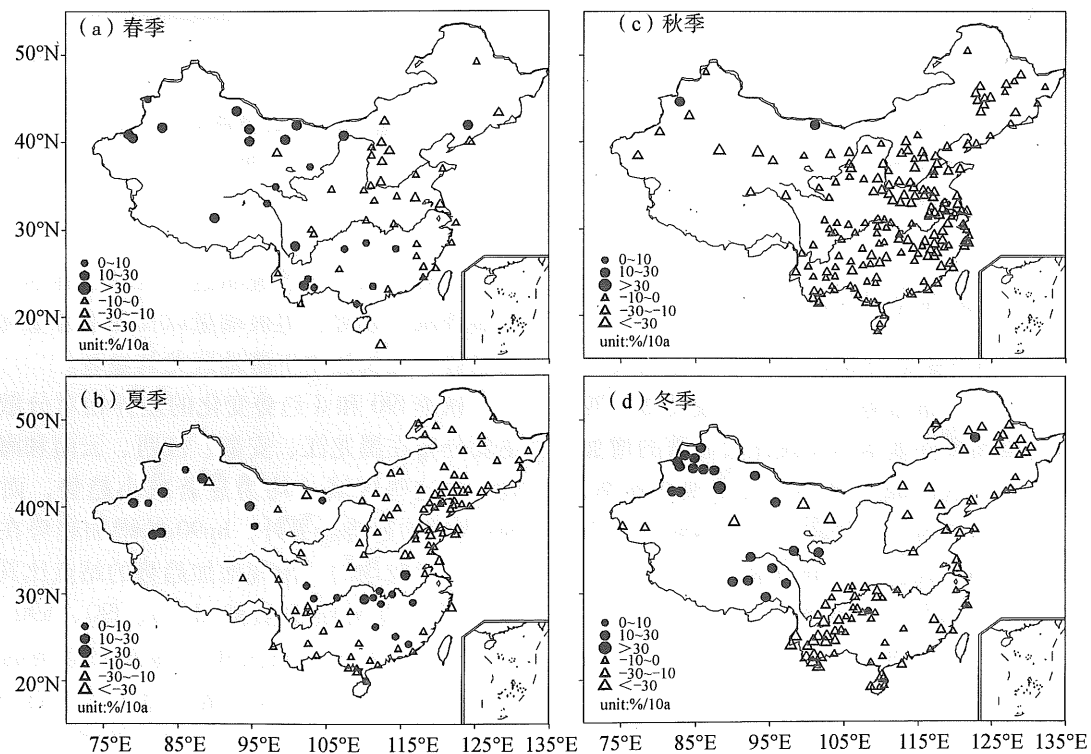


图 3 四季小雨雨量出现显著趋势变化的站点分布

Fig. 3 The significant trends in the amount of sprinkle for (a) spring, (b) summer, (c) autumn, and (d) winter

水总量的变化趋势差异比较明显,尤其是秋冬季。

由图 4 (a、b) 看出,各物理量基本均为冬季出现增加趋势的站点最多,秋季最少;四季 f90、

f75 和 f55 出现增加趋势的站点均比 d 多,而 f5 均比 d 少,四季 h75、h55 和 h5 出现增加趋势的站点基本均比 p 少,而 h90 均比 p 多。由图 4 (c、d)

可知, 极端降水和降水总量除秋季以外, 全国平均都呈现出增加趋势, 且 $h90$ 的增加幅度比 p 大, 而四季中小雨和降水总日数全国平均都呈现出减少趋势, 且除秋季外 $f5$ 的减少幅度均比 d 大。另外, p 和 $h90$ 的趋势变化相关最为紧密, 而 d 的趋势变化与 $f5$ 相关最大。由于极端降水总量占降水总量的比例最大, 小雨日数占降水总日数的比例也最大。

因此, 降水总量的增加往往是由于极端降水量的增加引起, 而降水日数的减少主要是由于小雨日数的减少造成。这也能在一定程度上解释为什么有些地区降水日数普遍减少, 而降水总量却会增加 (或变化不大); 这也是降水总量的趋势变化与降水总日数趋势变化差异较大的主要原因。

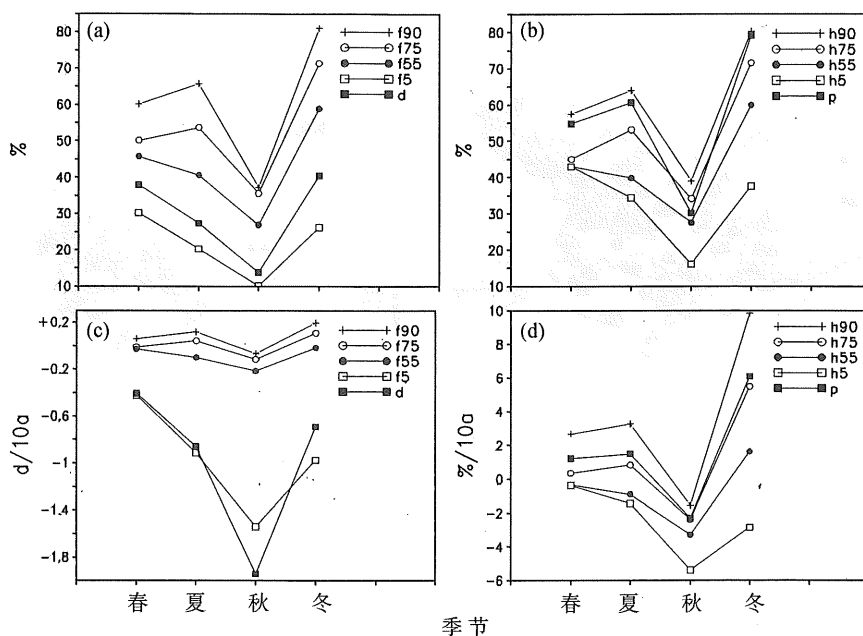


图 4 各类降水出现增加趋势站点的比例 (a, b) 以及各变量全国平均的趋势变化 (c, d)

Fig. 4 The ratio of stations with increasing trend to all of the 542 stations (a, b) and the average trends over the whole country (c, d) for each precipitation indices.

3 极端降水事件的趋势变化

四季 $f90$ 的趋势变化与 $h90$ 的趋势变化相关性都非常好, 二者的分布形势在四季均比较类似。四季西部地区的极端事件基本均呈现比较显著的增加趋势; 江淮华南地区的减少趋势主要出现在秋季, 其它三季以增加趋势为主; 华北、东北地区在冬季基本均为增加趋势, 其它季节增减参半 (图 5)。

冬季 $f90$ 趋势变化与 d 趋势变化的差异最大, 主要体现在 105°E 以东区域。 $f90$ 在东北北部、华南江淮地区呈现显著增加趋势, p 和 $hp90$ (图 6) 的趋势变化与 $f90$ 一致, 而 d 的趋势变化正好和 $f90$ 相反。说明这些区域, 虽然 d 显著减小, 但极端量和降水总量均显著增加。

春季 $f90$ 和 d 趋势变化的差异也较大, 主要体现在山东、福建以及长江中下游地区。在这些区域 d 均呈现出显著减少趋势, 而 $f90$ 以及 p 、 $h90$ 、 $hp90$ 均呈现出增加趋势, 且 $hp90$ 在长江中下游的

增加趋势比较显著。说明这些区域, 春季 d 虽然出现显著减少趋势, 但极端量以及降水总量均呈现增加趋势, 在长江中下游地区尤其显著。

秋季 $f90$ 和 d 趋势变化的差异相对分散, 差异主要分布在黑龙江、安徽、江西、云南和海南等地区。在这些区域 d 均为显著减小趋势, 而 $h90$ 和 $f90$ 为增加趋势。另外, $hp90$ 的增加趋势在全国范围分布比较均匀, 出现增加趋势的站点比其他物理量都多。说明秋季虽然 d 、 p 、 $f90$ 、 $h90$ 在全国 (除新疆及其周边地区外) 均有大范围的减少趋势, 但是 $hp90$ 在大部分地区仍为增加趋势, 即秋季极端降水量在降水总量中的比例增加。

夏季 $f90$ 和 d 趋势变化的差异主要分布在东北、云南和两广地区。在这些 d 为减小趋势的地区, p 、 $h90$ 、 $f90$ 、 $hp90$ 基本均为增加趋势。说明在这些区域, 夏季虽然 d 为减少趋势, 但其他量呈现增加趋势。另外, 在华北地区 d 呈现出显著的减少趋势, 而 $h90$ 、 $f90$ 、 $hp90$ 在该地区的减少趋势并

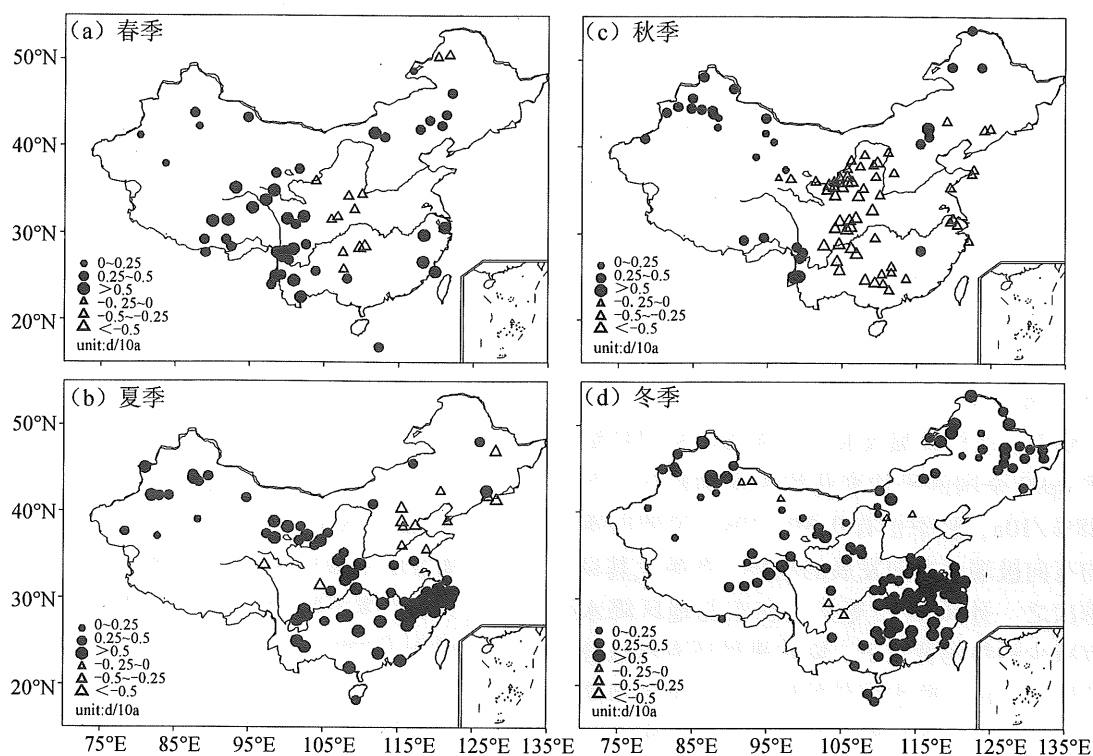


图5 四季极端降水频数出现显著趋势变化的站点分布

Fig. 5 The significant trends in the EP frequency of sprinkle for (a) spring, (b) summer, (c) autumn, and (d) winter

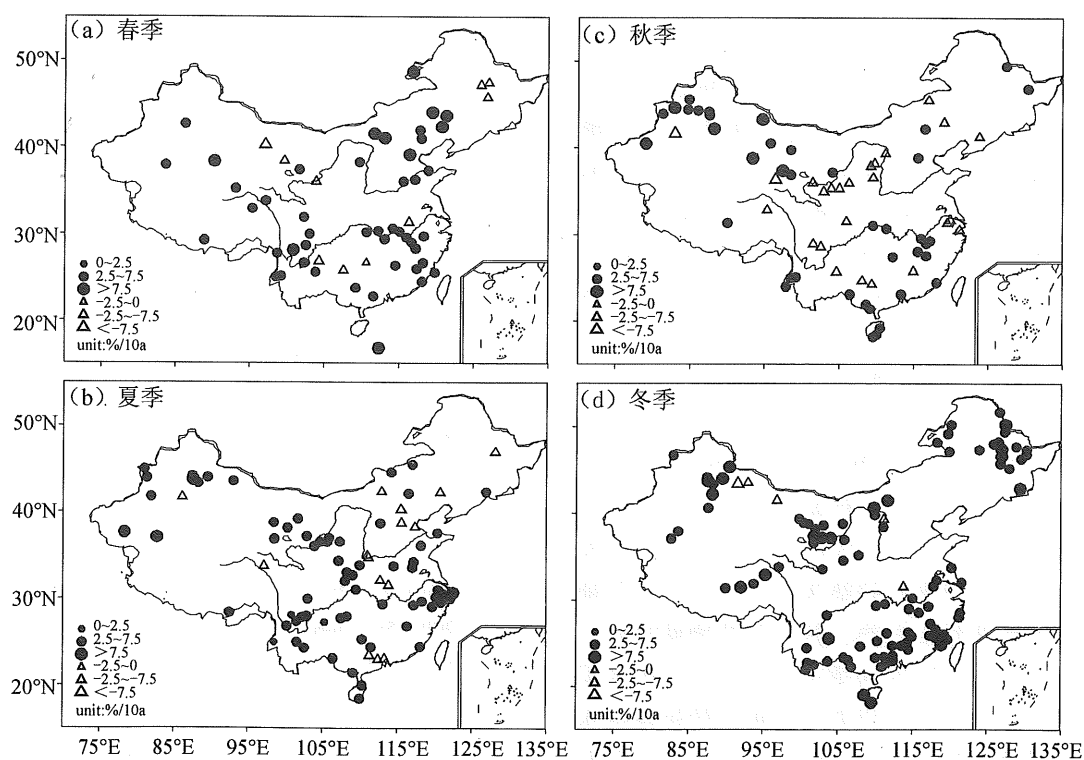


图6 四季极端降水量占降水总量比值出现显著趋势变化的站点分布

Fig. 6 The significant trends in the ratio of EP amount to total precipitation amount for

(a) spring, (b) summer, (c) autumn, and (d) winter

并不显著,且在部分站点呈现出增加趋势。

由以上分析可以看出,各季节都出现 d 和 f90

趋势变化不一致的区域,基本均为 d 减少 f90 增加,很少出现 d 增加而 f90 减少的情况。说明虽然

d 在四季均有大范围地区为减少趋势,但在这些 d 减少的区域,仍有很多地区 f90、h90 为增加趋势,尤其是在冬季和夏季,说明降水总日数的减少并不减小发生极端事件的可能性。赵庆云^[13]等研究也表明,在干旱气候背景下,西北地区东部 20 世纪 90 年代极端降水事件并没有减少。另外,在夏季和冬季, hp90 表现为全国普遍增加的趋势,冬季呈现出增加趋势的站点达站点总数的 74%,夏季为 66.8%;另外,春秋两季各有 59.2%、54.8% 的站点 hp90 为增加趋势,且这些站点分布比较均匀,在西部、华北、长江流域及长江以南地区相对较集中。四季 hp90 全国的平均变化均为增加趋势,冬季达 1.88%/10a,秋季也有 0.3%/10a,说明四季降水量均有向极端化方向发展的趋势,冬季尤其显著,夏季次之。孙凤华^[14]等指出在东北地区降水总量具有减少趋势的背景下,降水事件还有向极端化发展的倾向。由于降水事件的极端化,会使得降水分布更不均匀,从而导致更多更强的旱涝灾害。

4 结 论

通过分析各类降水量以及降水频数的趋势变化,发现它们均存在着明显季节差异和区域差异,各类降水的趋势变化与降水总量(总日数)的变化均有或多或少的差异。主要的结论归纳如下:

(1) 降水总量的增加主要是由极端降水量的增加引起,而降水总日数的减少主要是由小雨日数的减少造成。这可在一定程度上解释为什么有些地区降水日数普遍减少,而降水总量却增加或变化不大;这也是降水总量的趋势变化与降水总日数趋势变化差异较大的主要原因。

(2) 各种类型降水日数趋势变化最明显的是小雨日数,四季的小雨趋势以减少为主,除西北地区以外,小雨频数的减少趋势在全国范围内均较显著。四季西部地区的极端事件基本均呈现出比较显著的增加趋势;江淮华南地区的减少趋势主要出现在秋季,其它三季以增加趋势为主;华北、东北地区在冬季基本均为增加趋势,其它季节增减参半。

(3) 虽然降水日数在四季均呈现出大范围的减少趋势,但在这些区域,仍有很多地区的极端降水频数以及极端降水量为增加趋势,尤其是在冬季和夏季,说明降水总日数的减少并不减小极端事件发生的可能性。

(4) 极端降水量与降水总量的比值在夏季和冬季表现为全国普遍增加的趋势,在春季和秋季,全国也至少有过半数站点呈现出增加趋势,说明我国四季降水量均有向极端化方向发展的趋势,冬季尤

其显著,夏季次之。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate Change 1995: The Science of Climate Change [M]. New York: Cambridge University Press, 1996: 141-193.
- [2] IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001: 156-159.
- [3] 严中伟,杨赤. 近几十年我国极端气候变化格局[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(3): 267-272.
YAN Zhongwei, YANG Chi. Change structure in climatic extremes in China in recent decades [J]. Climate and Environment, 2000, 5(3): 267-272.
- [4] 翟盘茂,任福民,张强. 中国降水极值变化趋势检验[J]. 气象学报, 1999, 57(2): 208-216.
ZHAI Panmao, REN Fumin, ZHANG Qiang. Detection of trends in China's precipitation extremes [J]. Acta Meteorological Sinica, 1999, 57(2): 208-216.
- [5] 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.
- [6] SU B D, JIANG T, SHI Y F, et al. Observed precipitation trends in the Yangtze river catchment from 1951 to 2002 [J]. Journal of Geographical Sciences, 2004(2): 204-218.
- [7] 苏布达,姜彤,任国玉,等. 长江流域 1960-2004 年极端强降水时空变化趋势[J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(1): 9-14.
SU Buda, JIANG Tong, REN Guoyu, et al. Observed trends of precipitation extremes in the Yangtze river basin during 1960-2004 [J]. Advance in Climate Change Research, 2006, 2(1): 9-14.
- [8] 翟盘茂,潘晓华. 中国北方近 50 年温度和降水极端事件的变化[J]. 地理学报, 2003, 58(增刊): 1-10.
ZHAI Panmao, PAN Xiaohua. Change in extreme temperature and precipitation over northern China during the second half of the 20th century [J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(suppl): 1-10.
- [9] BELL J L, SLOAN L C, SNYDER M A. Regional changes in extreme climatic events: a future climate scenario [J]. Journal of Climate, 2004, 17: 81-87.
- [10] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京:气象出版社, 1990: 45.
- [11] NIU T, CHEN L, ZHOU Z. The characteristics of climate change over the Tibetan Plateau in the last 40 years and the detection of climatic jumps [J]. Adv Atmos Sci, 2004, 21: 193-203.
- [12] ZHAI P M, SUN A J, REN F M, et al. Changes of cli-

- mate extremes in China [J]. Climatic Change, 1999, 42: 203 – 218.
- [13] 赵庆云, 张武, 王式功, 等. 西北地区东部干旱半干旱区极端降水事件的变化[J]. 中国沙漠, 2005, 25(6): 904 – 906.
- ZHAO Qingyun, ZHANG Wu, WANG Shigong, et al. Change of extreme precipitation events in arid and semi-arid regions in the east northwest China [J]. Journal of Desert Research, 2005, 25(6): 904 – 906.
- [14] 孙凤华, 吴志坚, 杨素英. 东北地区近 50 年来极端降水和干燥事件时空演变特征[J]. 生态学杂志, 2006, 25(7): 779 – 784.
- SUN Fenhua, WU Zhijian, YANG Suying. Temporal and spatial variations of extreme precipitation and dryness events in northeast China in last 50 years [J]. Chinese Journal of Ecology, 2006, 25(7): 779 – 784.

Trends in All Kinds of Precipitation Events in China over the Past 40 Years

MIN Shen, QIAN Yong-fu

(Institute of Severe Weather and Climate, Department of Atmospheric Sciences,
Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: Based on daily rainfall dataset of 542 stations in China during the period of 1960 – 2003, the trends in all kinds of precipitation events in China are briefly studied in this paper. The results show that. the increasing total precipitation amount is mainly caused by the rising extreme precipitation (EP), and the reducing sprinkle frequency is the major reasons of the decreasing rain days. A decrease in rain days is observed in most regions of China, and EP events still have increased trends in many areas at the same time, so the lessening rain days could not reduce the possibility of EP. The trend of the sprinkle frequency is the most obvious change in all kinds of precipitation events, and declining is the main trend throughout most parts of China. A significant increase in EP events is observed in western China in all seasons. The EP events have decreased in the Yangtze River and southern China in autumn, but increased in the other three seasons. In northern and northeastern China, EP events show an increase in winter and a half increase in the other seasons. The ratio of EP amount to total precipitation amount is generally increasing in most areas of China, suggesting that the precipitation event has an obvious trend of extremeness.

Key words: precipitation; frequency; linear trend; China