

东北地区降水日数、强度和持续时间的年代际变化*

孙凤华¹⁾ 杨素英¹⁾ 任国玉²⁾

¹⁾ (中国气象局沈阳大气环境研究所, 沈阳 110016)

²⁾ (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

利用 93 站 1951—2002 年逐日降水资料, 分析了我国东北地区不同强度降水事件的时空演变特征及其对旱涝的影响。结果表明: 52 年来, 东北地区小雨事件对年降水量的贡献率呈显著增加趋势, 中雨的贡献率略为减少, 大雨和暴雨的贡献率变化不大; 东北地区年总雨日减少趋势非常明显, 雨日的减少主要体现在小雨日数的减少; 年降水强度表现为明显的增强趋势, 主要体现在小雨和暴雨强度增强; 20 世纪 80 年代中期之前多小雨事件, 80 年代中期之后多中雨以上强度的降水, 特别是 90 年代中期之后多暴雨事件。在显著变暖的 20 世纪 90 年代, 降水日数明显减少, 但暴雨日数基本不变, 强度明显增强。对东北地区降水量、降水变幅、降水事件的变化特征分析表明: 该区域降水有向不均衡、极端化发展的趋势, 旱涝灾害也有加重趋势。

关键词: 东北地区; 降水事件; 时空变化

引 言

在全球气候变暖的背景下, 气象工作者对全球、中国乃至中国东北这一气候变暖显著区域气温和降水的总体变化趋势及特征有了较多的研究和认识^[1-9]。但目前多数研究集中于平均状况, 使用月平均气温和月降水量等资料进行分析, 不容易反映出这些要素值的时空非均匀分布。

旱涝灾害的发生与降水量存在一定的关系, 但很大程度取决于降水在时间和空间上的不均匀分配, 即与降水事件的频率和强度有更为密切的联系。认识到这点, 近年来气象工作者也逐步开展了以逐日资料为基础的降水事件的研究工作^[10-11]。翟盘茂等利用中国 296 个分布均匀测站的逐日降水资料, 研究了中国过去 45 年中降水事件频率和强度等方面的极值变化趋势, 认为降水日数极端偏多的区域范围有越来越小的趋势; 平均降水强度极端偏高的区域范围表现为扩大的趋势; 中国降水极值变化还反映出明显的区域性特点^[12]。龚道溢等通过对华北农牧交错带夏季极端气候的趋势分析认为, 严重干燥事件及异常高温事件的强烈增加, 可能是

造成近年来北方干旱频繁发生的重要原因^[13-14]。刘小宁等利用我国 25 站大雨日数、暴雨日数、1 d 最大降水量资料, 分析了我国暴雨频次及 1 d 最大降水强度时空分布特征^[15], 得到了一些新的、不同于降水量的这些降水事件变化特征和规律。严中伟等指出微量降水事件的减少对于干旱化具有重要影响^[16]。由于降水受地理位置、地理环境等因素影响, 地域差异较大, 针对某一地区仍需用更密集的气象观测资料做更为细致的分析。

东北地区包括辽宁、吉林、黑龙江及内蒙古东部地区, 降水量时空变化大, 中西部地区雨水比较缺乏, 是我国典型的气候脆弱带^[17-20]。20 世纪 90 年代初、中期以来, 东北地区中南部经历了严重的长期干旱, 北部 1998 年出现了历史罕见的洪涝灾害, 整个地区旱涝灾害似乎有加重趋势。对降水趋势特征指数的研究表明, 东北地区降水呈微弱的减少趋势^[21-23], 最近的研究则认识到近十几年的持续干旱现象^[24], 但对于不同级别的降水事件频率和强度仍缺乏充分了解。因此从降水事件变化和降水不均匀分布的角度深入探讨旱涝加剧成因是非常必要的。

* 中国气象局气候变化专项(CCSF2007-17)和科技部社会公益类专项项目(2002DIB20069)共同资助。

2006-01-20 收到, 2007-01-26 收到再改稿。

1 资料和方法

资料为国家气象信息中心提供的东北地区 93 站 1951—2002 年逐日降水记录,台站分布比较均匀。各月雨日定义为各月日降水量 ≥ 0.1 mm 日数的总和;降水强度定义为降水总量与降水日数之比;日降水量在 0.1~10 mm 的降水事件称为小雨事件,定义中雨事件为日降水量在 10~25 mm,大雨事件为日降水量在 25~50 mm,不少于 50 mm 的降水事件定义为暴雨事件。

2 各等级降水事件日数的时间变化特征

2.1 小雨、中雨、大雨、暴雨的雨日变化特征

从东北地区年降水日数时频分布特征图(图 1)可以看出,年总雨日以 5.2 d/10a 的趋势在减少(相关系数为 -0.58,通过了 99% 信度检验)。20 世纪

70 年代中期之前为降水日数偏多阶段,70 年代中期至 80 年代为略偏少阶段,80 年代中期出现短暂增加,90 年代为 52 年来雨日最少的时段,年代际变化特征非常明显。

东北地区年小雨日数总体上也呈明显减少趋势,减少速率达 4.5 d/10a,通过了 99% 的信度检验(相关系数为 -0.59)。从 11 年滑动平均曲线看,小雨日存在明显的年代际变化特征,20 世纪 70 年代中期之前处于多小雨日阶段,其后处于波动状态的少小雨日阶段,90 年代中期之后为近 52 年来小雨日最少的时期。

近 52 年来中雨日数总体上变化不大,倾向率为 0.095 d/10a,没有通过信度检验。20 世纪 50 年代中雨事件出现较少,60 年代中期中雨事件出现较多,之后进入时间较长的偏少阶段,直至 80 年代中期;80 年代中期之后到 1997 年出现第 2 个中雨偏多阶段,1997—2002 年出现第 2 个少中雨期。中雨事件出现的年际差异比较明显。

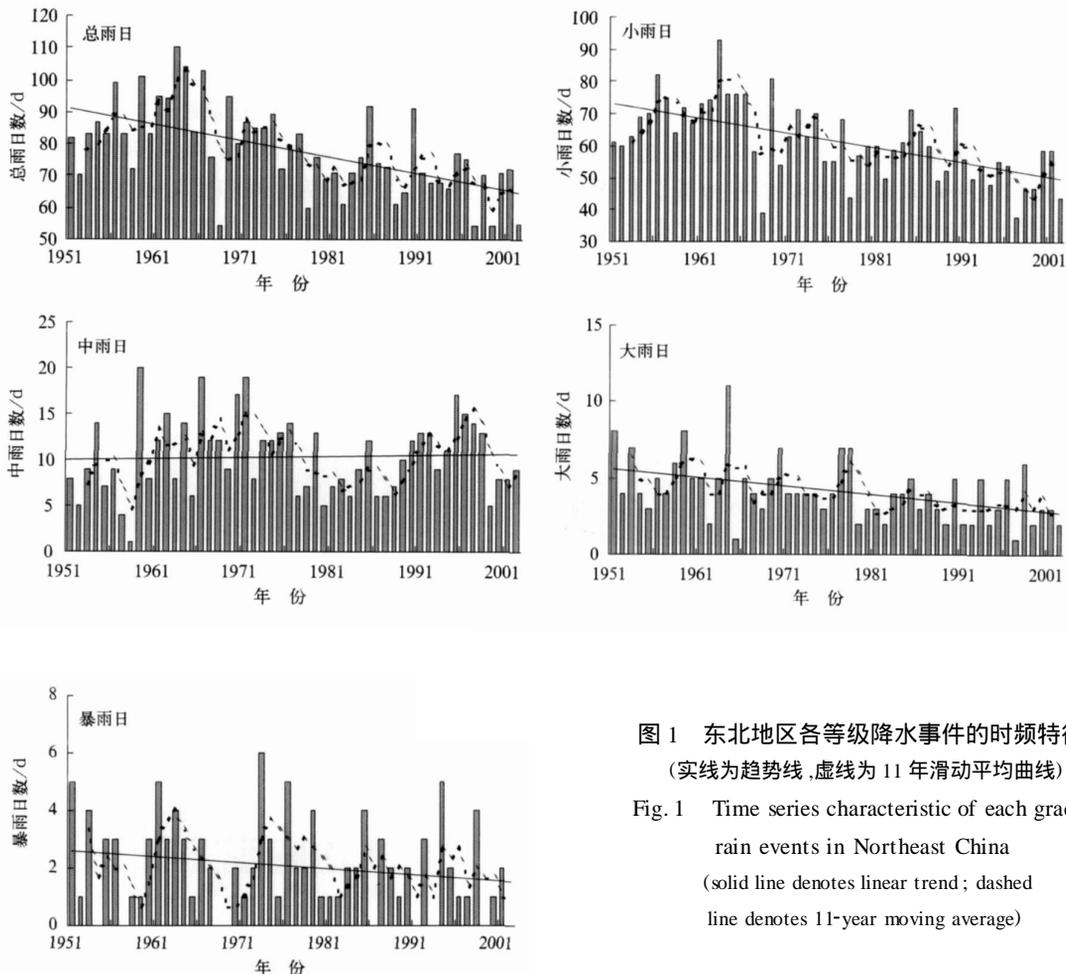


图 1 东北地区各等级降水事件的时频特征 (实线为趋势线,虚线为 11 年滑动平均曲线)

Fig. 1 Time series characteristic of each grade rain events in Northeast China (solid line denotes linear trend; dashed line denotes 11-year moving average)

大雨日数的时间演化特征类似于中雨日数,但气候倾向率为负值($0.561 \text{ d}/10\text{a}$),也未通过信度检验。

暴雨日数的时间变化特征总体上为减少趋势,但趋势非常不明显。在20世纪90年代中期后,暴雨事件和大雨事件频率变化有明显的不同。暴雨事件在90年代中期之后明显偏多,而大雨则偏少,说明90年代中期之后以出现更大强度的降水(暴雨)事件为主。

因此,近52年来东北地区雨日的减少主要体现在小雨事件频率的下降;20世纪80年代中期之前多小雨事件,80年代中期之后多中雨以上强度的降水,90年代中期之后多暴雨降水事件。

2.2 小雨、中雨、大雨、暴雨降水强度的时间演变

以逐年年总降水量除以年总降水日数,求得了近52年来降水强度序列,其变化不大,表现为略微增强趋势(图略),增长速率为 $0.067 \text{ mm}/(10\text{a}\cdot\text{d})$,未通过信度检验。从中难以看出不同级别降水强度变化的非均质性特征,因此需再对小雨、中雨、大雨、暴雨降水强度的时间演变分别进行分析(见图2)。

从小雨强度的时间变化上可知,小雨强度在 $1.4 \sim 3.2 \text{ mm}/\text{d}$ 的范围内变化,平均强度为 $2.3 \text{ mm}/\text{d}$,总体上呈较弱的增强趋势,其增强速率为 $0.06 \text{ mm}/(10\text{a}\cdot\text{d})$,未通过95%信度检验。从图2曲线可以看出,20世纪70年代中期之前小雨强度小于平均值,之后则大于多年平均值,即小雨强度在

20世纪70年代后增强,年代际变化特征明显。

中雨强度在 $13.0 \sim 19.5 \text{ mm}/\text{d}$ 之间变化,平均强度为 $15.9 \text{ mm}/\text{d}$,总体表现为较明显的增强趋势,年代际特征相对小雨强度变化较为平缓,各年代强度差异不大。

大雨平均强度为 $34.9 \text{ mm}/\text{d}$,最小强度发生在1999年,为 $26.2 \text{ mm}/\text{d}$,最大强度达 $45.2 \text{ mm}/\text{d}$,出现在1965年。近52年来大雨强度以 $-0.567 \text{ mm}/(10\text{a}\cdot\text{d})$ 的速率在减少(通过90%信度检验)。20世纪60年代大雨强度较大,高于多年平均值;70年代之后至90年代中期,大雨强度偏小,90年代中期至2000年,大雨强度又偏大。

暴雨强度以 $1.6 \text{ mm}/(10\text{a}\cdot\text{d})$ 的幅度在增大,该增强趋势比较显著,已通过了90%信度检验,在4种降水事件中降水强度变化幅度最大。暴雨平均强度为 $68.9 \text{ mm}/\text{d}$,变化范围在 $53.0 \sim 172.8 \text{ mm}/\text{d}$ 。20世纪60年代中期之前暴雨强度维持在平均水平,20世纪60年代中期之后至80年代初强度逐渐降低,达到近52年来暴雨强度最小的时段,进入80年代之后至目前暴雨强度进入明显偏强阶段。特别是20世纪90年代中期前后,暴雨强度增强异常明显,为近52年来增强最显著时期。

由此可见,东北地区年降水强度表现出一定增强趋势,主要体现为小雨和暴雨强度的增大;中到大雨强度近52年来有变小的趋势;20世纪90年代暴雨强度增强明显。

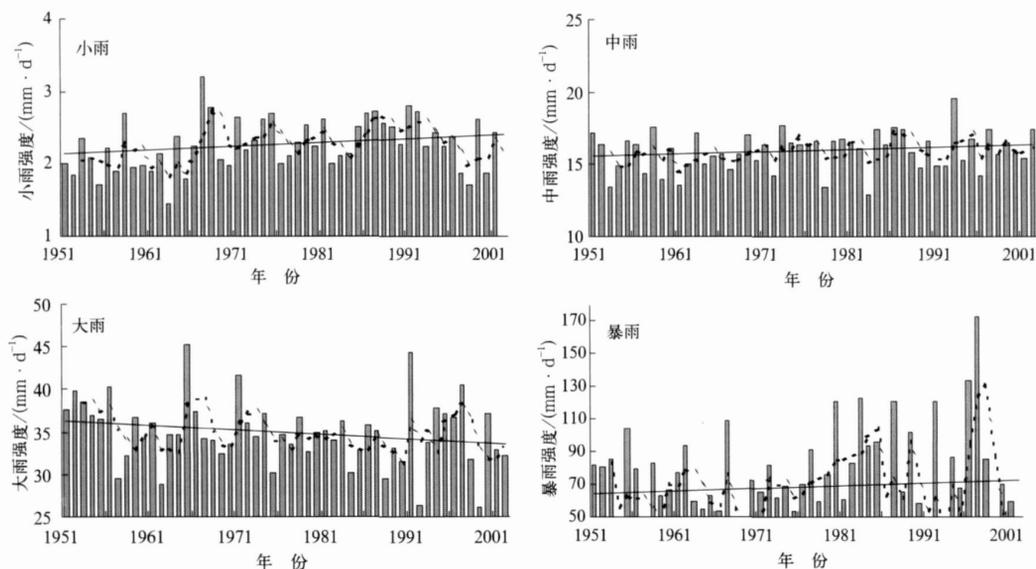


图2 东北地区各等级降水事件强度的时频分布(其他说明同图1)

Fig. 2 Time series characteristic of intensification of each grade rain events in Northeast China (others same as in Fig. 1)

2.3 小雨、中雨、大雨、暴雨贡献率的时间特征

从东北地区平均年降水量的变化可看出(图略),近 52 年来东北年降水量呈减少趋势,减少速率为 $11.8 \text{ mm}/10\text{a}$ 。年降水量在总体减少趋势上表现出阶段性的起伏变化。自研究起始年降水波动性减少,1965—1985 年为近 52 年来降水的低值期;1985 年开始回升,20 世纪 80 年代中期至 90 年代中后期为降水高值期。值得注意的是,1999 年降水量骤然减少,至 2002 年维持整个时期的最低值,且减少幅度非常显著。

小雨对年降水量的平均贡献率为 22.5% (图略),近 52 年来小雨贡献率略有增强,其中在 20 世纪 60 年代中期至 80 年代中期之前,小雨对年降水量的贡献率高于多年平均值,而进入 80 年代中期之后小雨的贡献率变小,这主要是由小雨日数偏少决定的。

中雨事件对年降水量贡献率(图略)52 年的平均值为 26.6% ,说明中雨对东北地区降水量多少的影响很大。总体上表现为略减少的趋势,但没有通过信度检验。年代际特征不是很明显,20 世纪 60 年代中期之前,中雨对年降水量的贡献率维持在正常略偏低状态,60 年代中期至 80 年代中期之前中雨对年降水量贡献较大,高于多年平均值;之后至 90 年代初在平均值附近摆动;90 年代中后期中雨事件对年降水量的贡献较小,低于多年平均值,与前面关于中雨日数和强度的分析相联系,可以发现该时段中雨出现次数少,强度减弱,导致中雨事件对年降水量的贡献率减小。

大雨对东北地区年降水量的贡献率(图略)近 52 年来的平均值为 23.5% ,高于小雨但低于中雨事件对年降水量的贡献率。总体上无明显的上升或下降趋势,年代际特征也不明显,对年降水量的贡献维持在平均状态附近。

暴雨事件对年降水量的贡献率(图略)为 27.5% 。52 年来无明显的变化趋势。20 世纪 60 年代中期之前和 90 年代中期之后为两个偏高时段,60 年代中期至 80 年代中期之前为贡献率偏低阶段。60 年代中期至 80 年代中期暴雨日数和强度均低于多年平均水平,导致暴雨事件对年降水量的贡献偏小;而 90 年代中期之后,暴雨事件对年降水量贡献率高于平均值,主要是由该时段暴雨强度的增加造成的,同时与暴雨日数增多也有关系。20 世纪 60 年代中期之前的较高贡献率主要是由于暴雨日数增多造成的。

20 世纪 60 年代中期之前降水量偏多主要与暴雨事件有关;小雨和中雨事件主要对 60 年代中期至 80 年代中期之前年降水量贡献较大,对该时段年降水量贡献较大的小雨,主要是由雨日增多造成的,而中雨则是与其强度的增加有关;90 年代年降水量变化主要与暴雨事件的频率和强度增加有关。

3 东北地区年降水和不同等级降水事件的空间分布特征

3.1 年降水日数和不同等级降水事件日数的平均场特征和趋势分布

东北年降水日数由东南向西北呈多-少-多-少的分布形势(图 3a),长白山地南麓的长白、松江地区和大兴安岭南麓的阿尔山—博克图—小二沟最多,在 130 d 以上;其次是位于东部的三江平原地区,在 120 d 左右;东北西部和大兴安岭北麓地区降水日数最少,少于 80 d。东北全区年降水日数几乎呈一致的减少趋势(图 4a),南部减少最多,达 $3 \text{ d}/10\text{a}$,中心在辽东和长白山地区,并逐渐向北部递减,到大兴安岭北部减少最不明显,甚至有略增多的趋势。

从图 3b 可以看出,东北地区年小雨事件分布呈现中部少两边多,小雨日数最多的地区集中在大兴安岭和长白山地两个地区,这主要是受山地气候的影响,而小雨事件在东北中西部平原地区发生相对较少。全区小雨日数几乎均为减少趋势(图 4b),但减少最明显的是辽宁和三江平原地区,速率在 $3 \sim 6 \text{ d}/10\text{a}$ 。

东北地区的年中雨日数呈现东多西少的分布特征(图略)。长白山山地、辽宁东南部是中雨发生最多的地区,西部的扎鲁特附近则是中雨事件发生最少的地区。年中雨日数变化趋势也呈现东负西正的分布特征(图略),即东部中与事件出现较多的地区中雨日数正以大于 $0.4 \text{ d}/10\text{a}$ 的速率减少,特别是辽宁东部和吉林南部地区;而中雨日数出现较少的西部地区中雨事件却有了明显的增多。

大雨事件空间分布特征和中雨类似,亦呈东多西少的分布特征(图略),大雨事件发生最多地区在辽东半岛,发生最少地区为内蒙古东部。年大雨日数的趋势场分布也和中雨日数类似,西部以增多趋势为主,东部则以减少趋势为主(图略)。

由图 3c 可见,东北地区年暴雨日数除辽宁地区发生较多外,其他广大地区均较少发生,说明辽宁是暴雨极端事件经常发生的地区,这主要与海洋的影响和地

形的作用及相互配合有关。暴雨日数除黑龙江中部及内蒙古东部的北部地区有增多的趋势外,其他大部分

地区为减少趋势,特别是暴雨出现较多的辽宁,近52年来却以大于0.1 d/10a的速率在减少(图4c)。

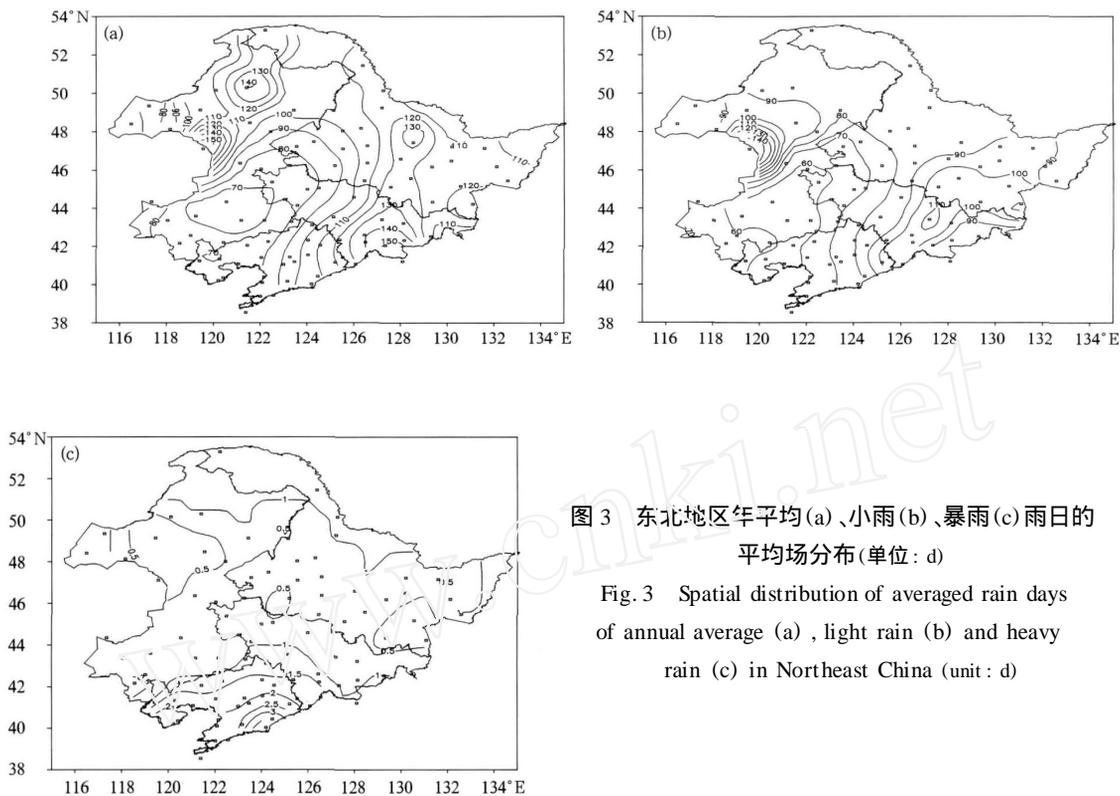


图3 东北地区年平均(a)、小雨(b)、暴雨(c)雨日的平均场分布(单位:d)

Fig.3 Spatial distribution of averaged rain days of annual average (a), light rain (b) and heavy rain (c) in Northeast China (unit: d)

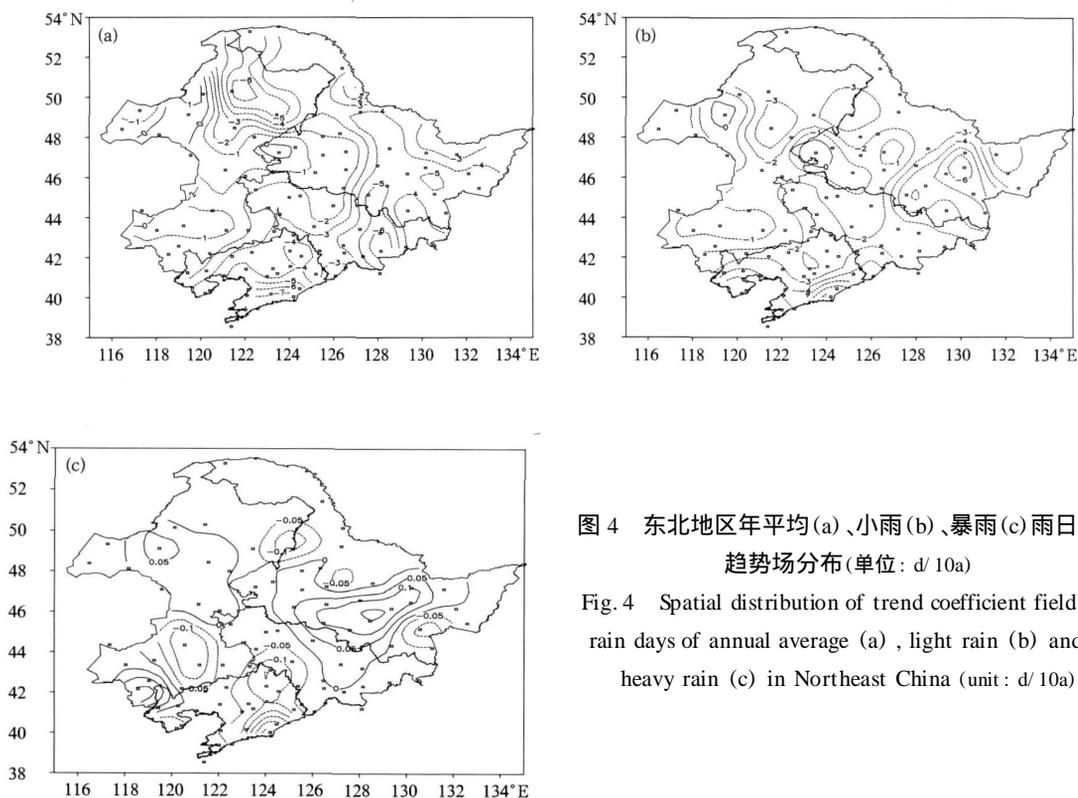


图4 东北地区年平均(a)、小雨(b)、暴雨(c)雨日的趋势场分布(单位:d/10a)

Fig.4 Spatial distribution of trend coefficient field of rain days of annual average (a), light rain (b) and heavy rain (c) in Northeast China (unit: d/10a)

东北地区年总降水日数和小雨日数全区一致有减少的趋势;中雨和大雨日数呈东多西少的平均分布特征和东减西增的变化态势;暴雨日数南多北少,但南部暴雨日数减少明显。

3.2 年平均降水强度的空间分布

东北各地年平均降水强度为 2.5 ~ 6.5 mm/d (图 5a),南部的辽宁最大,在 5.0 mm/d 以上,大兴安岭北部地区最小,在 3.0 mm/d 以下,说明前者强度大的降水出现多,后者则反之。东北地区降水强度全区一致为增加趋势(图 6a)。

小雨(图 5b)和暴雨强度(图 5c)分布类似,由南向北逐步减小,小雨强度一般为 1.5 ~ 2.3 mm/d,最强中心出现在辽宁,最弱中心在大兴安岭北部。在小雨降水很重要的大兴安岭北部,小雨对降水量的影响主要体现在小雨事件增多上,而强度变化的影响不大。小雨强度的趋势分布和年平均降水强度相类似,全区均为增加的趋势(图 6b)。暴雨强度一般为 58 ~ 80 mm/d,大值中心位于辽东半岛。暴雨强度变化呈西北—东南向的负-正-负-正的分布特征,除黑龙江、吉林、辽宁东南部部分地区及中西部

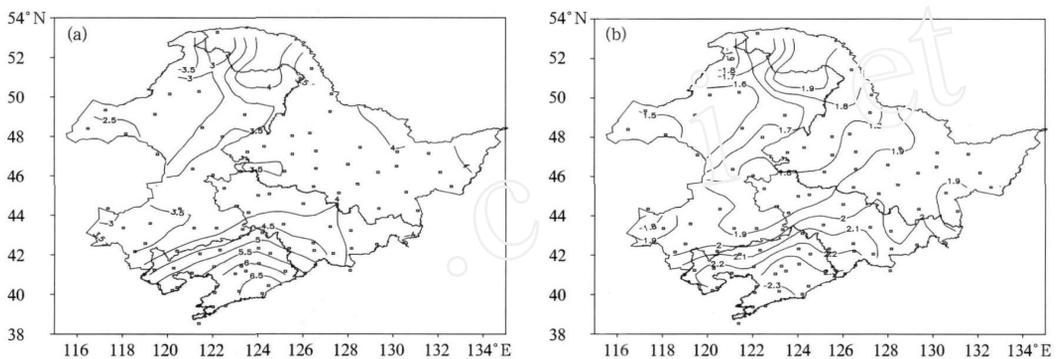


图 5 东北地区年平均(a)、小雨(b)、暴雨(c)降水强度平均场分布(单位:mm/d)

Fig. 5 Spatial distribution of averaged rain intension of annual average (a), light rain (b) and heavy rain (c) in Northeast China (unit:mm/d)

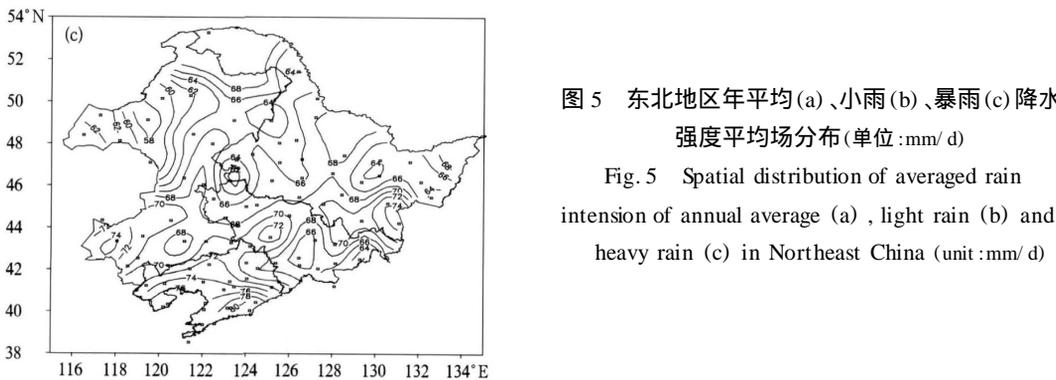
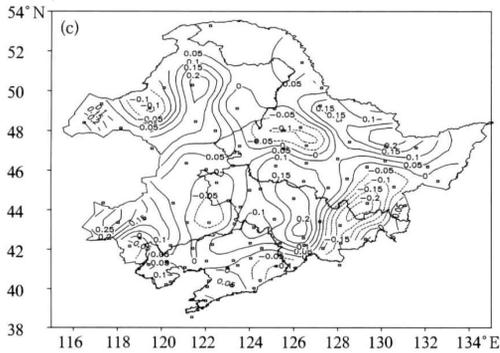


图 6 东北地区年平均(a)、小雨(b)、暴雨(c)降水强度的趋势场分布(单位:mm/10a)

Fig. 6 Spatial distribution of trend coefficient field of rain intension of annual average (a), light rain (b) and heavy rain (c) in Northeast China (unit:mm/10a)



续图 6

小部分地区外,大部分地区为增强趋势(图 6c)。

中雨强度全区在 15 mm 左右变化,辽宁和白城附近为中雨强度高值中心(图略)。中雨强度趋势变化特征为南部减弱,中部增强,北部减弱的带状分布

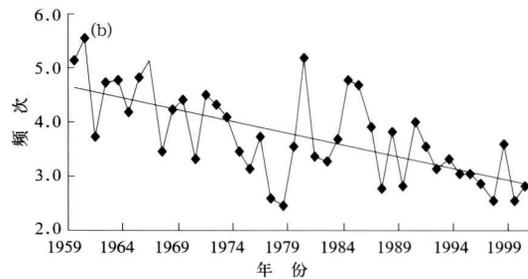
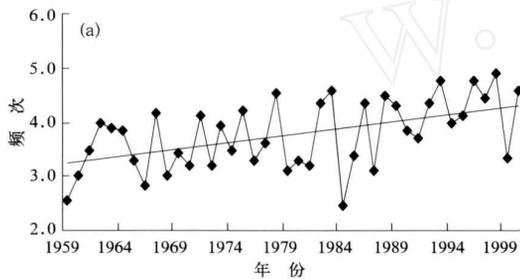


图 7 东北地区严重干燥事件(a)和严重湿润事件(b)时间序列

Fig. 7 Time series of frequency for long dry spells (a) and long wetness spells (b)

关系,严重干燥事件和严重湿润事件均偏少。

5 降水和降水事件时间演变对区域旱涝的影响

年总降水量与极端天气气候事件频率和强度的变化可以对人类环境和社会经济造成重要的影响。Manton 等^[25]、Easterling 等^[26]分析表明,世界一些地区的年降水量与极端降水事件增减趋势存在很大差异,有的甚至呈相反的变化趋势。这说明,在分析旱涝发生的气候背景时,仅注重年降水量变化是不够的,还必须同时关注极端降水事件的变化。根据降水量和降水事件变化特征的分析,可以认为近 52 年来东北地区的降水量和降水事件的变化存在极端化倾向。

年总降水量减少趋势会加剧干旱化。20 世纪

(图略)。大雨强度的平均场特征和中雨相似,但其趋势表现为南部增强,北部减弱(图略)。

近 52 年东北地区降水强度增强一般体现为小雨和暴雨强度的增强。

4 严重干燥事件和严重湿润事件的变化特征

定义连续无雨日数不低于 10 d 的干燥事件为严重干燥事件,连续降雨日数不低于 6 d 的降水事件为严重湿润事件。可以看出严重干燥事件的频次呈很强的增加趋势(图 7a),严重湿润事件呈现较明显的减少趋势(图 7b)。两图对比后发现,两者的年代际变化基本上具有反位相的变化特征,但也存在差异,20 世纪 60 年代和 80 年代中期至 2000 年两者反位相特征明显,但 70 年代两者不存在反位相的

50 年代以来,东北地区年总降水量呈现减少趋势^[24,27],90 年代中期以后尤其明显。1999 年降水量骤然减少,此后直至 2002 年维持着 50 年代以来的最低年降水量值。显然,年降水量的减少趋势致使东北地区的干旱灾情有加重倾向。

降水变率增大可能促进旱涝灾害的发生。将年降水量的标准差做为气候变率,计算结果表明:20 世纪 80 年代以来降水变化幅度加大,90 年代降水变率达到最大。60 年代、70 年代、80 年代、90 年代的年平均降水变率值分别为 52,41,57,77 mm。可以看到 90 年代的降水波动幅度远远大于其他各年代,是变率最小年代的 1.88 倍,是次高年代的 1.35 倍。孙力等^[4]采用服从 Person 型分布的降水 Z 指数评估东北夏季旱涝等级,结果表明,20 世纪 90 年代与其他各年代的平均降水量差异不大,而旱涝频发的原因是:虽然在 90 年代旱涝等级的年平均值

为正常,但其均方差却是最大的,降水量的不均匀时间分布导致 90 年代旱涝频率明显增加。因此,降水变率的增大不仅加大旱灾的发生,也同样会引发更多的洪涝事件。

降水事件的变化也助长旱涝灾害的发生。东北地区年总雨日以非常明显的趋势在减少,且主要体现在小雨日数的减少。小雨日数是衡量降水是否均衡分配的一项重要指标。在总降水量不变的前提下,小雨日数的减少意味着连续无雨日的增多,偏大雨雨量的增多,即降水时间分配更不均匀,更易发生旱涝灾害。本文的分析表明,20 世纪 90 年代为 52 年来雨日最少的时段,90 年代中期之后以出现更大强度的降水(暴雨)为主,能导致干旱的严重干燥事件明显增加,这些都是促使东北地区旱涝灾害特别是干旱灾害趋于频繁的直接原因。

6 小 结

1) 近 52 年来,东北地区总降水日数和小雨日数均有减少的趋势;中雨和大雨日数呈东多西少的平均分布特征和东减西增的趋势分布态势;暴雨日数南多北少,但南部暴雨日数减少明显。

2) 20 世纪 60 年代中期之前降水量偏多主要与暴雨事件有关;小雨和中雨事件主要对 60 年代中期至 80 年代中期的年降水量贡献较大,对这个时期年降水量贡献较大的小雨,主要是由雨日增多造成的,而中雨则是与其强度的增加有关;90 年代年降水量主要是与暴雨事件有关。

3) 东北地区降水强度的增强主要是小雨和暴雨强度增加造成的。中到大雨强度近 52 年来有减弱的趋势;20 世纪 90 年代暴雨强度增加明显。

4) 小雨事件和中雨事件对东北地区东北部年降水量的贡献最重要,但贡献率全区域呈减少趋势。大雨和暴雨事件对辽宁地区降水起着重要作用,特别是大雨,而且其贡献率有增加的趋势。

近几十年来降水量、降水变化幅度、降水事件的变化特征表明,东北地区降水有向不均衡、极端化发展的趋势,这对东北地区旱涝灾害的发生具有重要的影响,应引起足够重视。

参 考 文 献

[1] 丁一汇,戴晓苏. 中国近百年来温度变化. 气象,1994,20(12):19-26.

[2] 陈隆勋,邵永宁,张清芬,等. 近四十年我国气候变化的初步分析. 应用气象学报,1991,2(2):164-173.

[3] 王绍武,叶瑾琳,龚道溢,等. 近百年中国年气温序列的建立. 应用气象学报,1998,9(4):392-401.

[4] 孙力,安刚,丁立,等. 中国东北地区夏季降水异常的气候分析. 气象学报,2000,58(1):70-82.

[5] 孙凤华,任国玉,赵春雨,等. 中国东北地区及不同典型下垫面的气温异常变化分析. 地理科学,2005,25(2):167-171.

[6] 姚秀萍,董敏. 东北三江流域夏季旱涝基本特征分析. 应用气象学报,2000,11(3):297-303.

[7] Houghton J T, Ding Y, Griggs D J, et al. Climate Change: Scientific Basis, IPCC TAR Working Group I. Cambridge: The Press Syndicate of Cambridge University, 2001.

[8] Hulme M. Estimating global changes in precipitation. *Weather*, 1995, 50:34-42.

[9] 赵平,周秀骥. 近 40 年我国东部降水持续时间的年代际变化. 应用气象学报,2006,17(5):548-556.

[10] 章文波,刘宝元. 北方农牧交错带降水极值变化空间特征. 自然资源学报,2003,18(3):274-280.

[11] 何立富,陈涛,谌芸,等. 大气探测资料在中尺度暴雨中的分析和应用. 应用气象学报,2006,17(增刊):88-97.

[12] 翟盘茂,任福民,张强. 中国降水极值变化趋势检测. 气象学报,1999,57(2):208-216.

[13] 龚道溢,韩晖. 华北农牧交错带夏季极端气候的趋势分析. 地理学报,2004,59(2):230-238.

[14] 龚道溢,史培军. 华北农牧交错带夏季降水变率及其与下垫面热力状况的关系. 自然资源学报,2001,16(3):211-215.

[15] 刘小宁. 我国暴雨极端事件的气候变化特征. 灾害学,1999,14(1):54-59.

[16] 严中伟,杨赤. 近几十年中国极端气候变化格局. 气候与环境研究,2000,5(3):267-272.

[17] 张家团,贾汀. 关于东北地区抗旱减灾的思考. 中国水利,2004,3:39-41.

[18] 李宝林,周成虎. 东北平原西部沙地的气候变异与土地荒漠化. 自然资源学报,2001,16(3):234-239.

[19] 何文清,陈源泉,高旺盛,等. 农牧交错带风蚀沙化区农业生态系统服务功能的经济价值评估. 生态学杂志,2004,23(3):49-53.

[20] 廉毅,高枳亭,任红玲,等. 20 世纪 90 年代中国东北地区荒漠化的发展与区域气候变化. 气象学报,2001,59(6):730-736.

[21] 林学椿,于淑秋. 近 40 年我国气候趋势. 气象,1990,16(10):16-21.

[22] 任国玉,吴虹. 我国降水变化趋势的空间特征. 应用气象学报,2000,11(3):322-330.

[23] 贾晓龙,王谦谦,周宁芳. 近 50a 东北地区降水异常的气候特征分析. 南京气象学院学报,2003,26(2):164-171.

[24] 任国玉,郭军,徐铭志,等. 五十年来中国大陆近地面气候变化的基本特征. 气象学报,2005,63(6):942-956.

[25] Manton M J, Della-Marta P M, Haylock M R, et al. Trend in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific:1961—1998. *Int J Climatol*, 2001, 21:269-284.

- [26] Easterling D R, Evans J L, Groisman P Y, et al. Observed variability and trends in extreme climate events: A brief review. *Bull Amer Meteorol Soc*, 2000, 81: 417-425.
- [27] 孙凤华, 杨素英, 陈鹏狮. 东北地区近 44 年的气候暖干化趋势分析及可能影响. *生态学杂志*, 2005, 24(7): 751-755.

Decade Variations of Precipitation Event Frequency, Intensity and Duration in the Northeast China

Sun Fenghua¹⁾ Yang Suying¹⁾ Ren Guoyu²⁾

¹⁾ (Institute of Atmospheric Environment, CMA, Shenyang 110016)

²⁾ (Lab for Climate Studies, National Climate Center, CMA, Beijing 100081)

Abstract

Against the background of global warming, study on climate extremes has become more important, especially the extreme precipitation events in Northeast China which is one of the most remarkable warming areas in China. Daily rainfall data of 93 weather stations in Northeast China from 1951 to 2002 are used to analyze the temporal and spatial variation of precipitation events, including rainstorm, heavy rain, light rain, extreme dry spell, extreme wetness spell etc. The spatial and temporal characteristics of precipitation events change are studied. The main conclusions are summarized as follows. The number of days both of the total rain events and the light rain decreases. The contribution of light rain to annual precipitation is obviously increasing, the contribution of medium-magnitude rain is slightly decreasing, and the contributions of heavy rain remains unchanged. The annual rain day has a significant decreasing trend, which is mostly due to the decreasing of light rain day. The intensity of annual precipitation shows a significant increasing trend due to the increasing of the intensity of light rain and rainstorm. The events of light rain are more frequent before the middle of 1980s, the events of medium-magnitude rain are more frequent after the middle of 1980s, and the rainstorm events have an obviously positive trend after the middle of 1990s. In the significant warming period of 1991—2000, the total days with rain events have an obvious decreasing trend, but the rainstorm day hasn't an insignificant change, though the intensity of rainstorm is building up in the analyzed period. Since 1980s, the climatic variation range of precipitation (57 mm) has also an obvious increasing trend with the global warming. The value of precipitation variation range (77 mm) in the significant warming period of 1991—2000 reaches the biggest since 1960s, which is about one and a half times of other period of 1960s of 52 mm and 1970s of 41 mm. The long dry spells (there is no rain for 10 days or longer) are with a significant increasing trend. The long wetness spells (there is rain for 6 days or longer) are with a significant decreasing trend. The long dry spells are highly related to drought. Against the background of a little change in the total precipitation amount, the distribution of precipitation has become more asymmetric. The rain events have an obvious trend of extremeness. In a word, the extreme trend of precipitation is a reality during the last half of the 20th century in Northeast China with the remarkable warming. The extremity brings drought and waterlog which is likely to become more severe due to the change trend. Adverse influence on environment, especially agriculture production, will be brought.

Key words: Northeast China; precipitation event; temporal and spatial variation