

1961—2010年北京地区降水变化特征

尤焕苓^{1,2},任国玉³,刘伟东²

(1.南京信息工程大学,江苏 南京 210044 2.北京市气象局,北京 100089;

3.中国气象局气候研究开放实验室,北京 100081)

摘要 采用15个常规气象站1961—2010年逐日降水数据资料,分析了北京地区降水量、降水日数和降水强度的变化趋势,包括年和各季节的总降水量和降水日数,不同降水级别降水量、降水日数和降水强度变化趋势的时空特征。结果表明:在近50 a内,北京地区平均年降水量和年降水日数、年降水强度均呈下降趋势;各季节中,夏季的降水量呈明显下降趋势,春季降水日数略有增加,夏季略有减少;降水强度在春季增大和夏季减小趋势明显;小雨雨量变化不明显,中雨雨量呈增加趋势,大雨和暴雨雨量呈明显减少趋势;小雨降水日数略呈减小趋势,中雨降水日数呈显著增加趋势,大雨和暴雨降水日数呈较明显降低趋势;小雨降水强度略呈上升趋势,而大雨和暴雨的降水强度呈明显的降低趋势。

关键词 降水量;降水日数;降水强度;气候变化;北京

中图分类号 P426.6

文献标识码 B

文章编号 :1002-0799(2012)04-0013-08

在不同尺度气候变化和气候变异的影响下,我国降水量、降水日数和降水强度的长期趋势变化在不同区域并不同步,同一地区在不同季节内也不一致^[1-6],不仅给区域气候变化检测和预测带来困难,而且也为气候变化影响和适应性评价、旱涝灾害风险管理带来难度。北京作为迅速发展的超大城市,不同强度、不同量级的降水事件都会给北京的交通、生产和人们生活造成很大影响^[7-9]。深入研究北京地区不同季节、不同级别的降水量和降水日数的变化特征,对于理解北京地区降水变化规律以及评估区域气候特征、提高城市适应气候变化能力等,均具有重要意义。

研究表明,近50 a来,我国多数地区极端强降水量或暴雨降水量在总降水量中的比重有所增加,极端强降水或暴雨级别的降水强度增强,年降水日数趋于减少,有暴雨出现地区的年平均暴雨日数呈微弱增多趋势,但其时空差异较大^[10-11]。Qian等^[12]对降水进行分级后分析发现,全国小雨频率普遍减少,

而暴雨和大暴雨有所增多^[13-15]。近几十年,包括北京在内的华北地区年和夏季降水量呈现较明显的减少趋势^[16]。翟盘茂等^[11,13,17]发现,华北区域年平均极端降水事件频率和强度总体上呈减弱趋势,其他级别的降水事件也多呈减少趋势,小雨事件频率减少尤其显著。王萃萃等^[3]发现,华北地区大城市年平均极端降水强度和年极端降水频数变化趋势较弱,而非大城市年平均极端降水强度和年极端降水事件频数呈较明显的下降趋势。郝立生等^[18]指出,华北地区年降水量减少不是由于雨强变化造成的,而主要是来自雨日减少的影响,雨日减少主要发生在夏季。郭军等^[19]得出了环渤海地带年总雨日减少趋势非常明显的事实,指出雨日减少主要是微雨和小雨日数显著减少造成的,微雨和小雨降水强度增加,但中雨以上级别降水强度呈下降趋势。

尽管在全国、华北地区有关强降水和不同级别降水变化的研究很多,但在北京地区这方面的工作还较少,目前鲜有报道。李建等^[20]分析了北京地区夏季降水日变化特征,发现降水量与降水频次表现出明显的一致性,都存在双峰现象。徐宗学等^[21]分析了北京地区总降水量变化特征,指出年降水量趋势以17.2 mm/10 a速率减少,夏季减少最为显著,而春、秋季降水量则呈现出增加的趋势。这些研究没有对

收稿日期 2012-02-02;修回日期 2012-03-22

基金项目:中国科学院战略性先导科技专项(XDA05000000),国家自然科学基金(40975066,41005043)共同资助。

作者简介:尤焕苓(1973-),女,高级工程师,现从事专业气象服务工作。E-mail:you_hl@sohu.com

不同级别降水事件频率、降水量和强度随时间的变化进行系统分析,目前对北京地区强降水和不同级别降水事件趋势变化规律还缺乏完整的了解。

本文利用长序列连续记录的日降水资料,对北京地区不同级别降水量、降水日数和降水强度的时间变化进行分析,希望为理解北京地区的极端降水事件和气候变化规律提供线索,也为首都城市防灾减灾、适应气候变化工作提供科学决策参考。

1 资料与方法

1.1 资料

北京市地处华北平原的北部,西面和北面多山,东南面为平原。除北京观象台站具有100多年观测时间序列外,其余台站多在最近几十年建立,观测资料长度较短。在20个具有较长连续观测序列的气象站中,有15个常规观测站至少在1961年开始观测。本文研究采用经北京市气候中心质量控制后的15个常规气象站1961—2010年逐日降水数据,站点分布见图1。因降水观测数据空间变异性大,空间代表性差,其观测记录中的非均一性产生的原因较为复杂,在现有站网密度和记录长度条件下,降水记录的非均一性很难得到准确识别和订正。但总体上看,在15个站中,有迁移的台站前后观测场水平位移不大,垂直高差也较小,因迁站造成的资料不连续性应该较小。

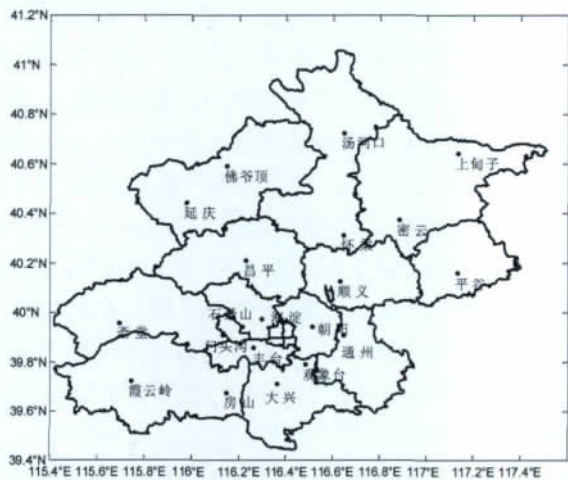


图1 北京地区气象观测站分布

1.2 方法

因研究区域面积较小,站点分布相对均匀,区域平均值的统计采用北京地区1961年以来已存在15个站点观测值的算术平均方法。但由于北部山区缺少观测点,本文计算的区域平均实际上主要代表北

京地区中南部。

降水日定义采用中国气象局业务标准,即24 h降水量 ≥ 0.1 mm记为一个降水日,各站某一时段降水日数就是日降水量 ≥ 0.1 mm的总天数。对于北京地区的平均降水日数,为各站日降水量 > 0.1 mm的全部天数的算术平均。降水事件的分级也采用中国气象局业务上使用的标准,将24 h内降水量 ≥ 0.1 mm并 < 10 mm的降水定义为小雨,10.0~24.9 mm为中雨,25.0~49.9 mm为大雨,50 mm或以上为暴雨。小雨日数为24 h降水量 ≥ 0.1 mm并 < 10 mm的全部天数,其他依次类推。由于北京地区暴雨频次比较少,考虑到统计意义,把大雨和暴雨日数合并计算,以24 h降水量 ≥ 25 mm作为大雨和暴雨日的分级标准。降水强度则为降水量与降水日数的比值,即平均每日降水量。

按照国际通用办法,采用气象学季节定义,将3—5月作为春季,6—8月作为夏季,9—11月为秋季,本年1—2月和上年12月作为本年冬季。气候趋势和趋势显著性检验的计算方法见参考文献[22]。本文用降水指标值与时间序号的相关系数来检验判断指标序列的变化趋势是否通过了统计显著性水平。

2 结果与分析

2.1 总降水量

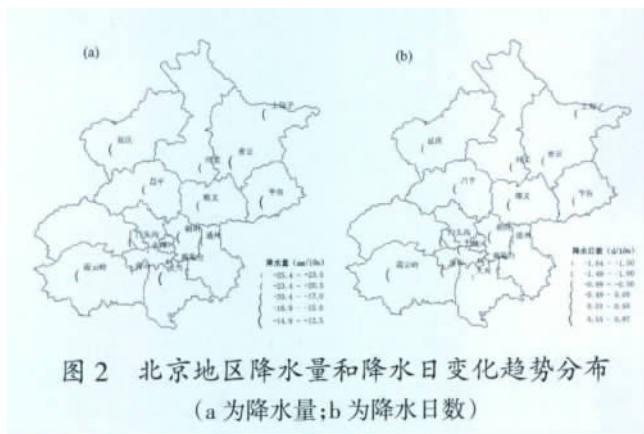
表2列出了北京地区15个气象站1961—2010年多年平均年降水量和降水日数均值及其变化趋势的统计结果。从多年平均值或气候学特征来看,北京地区北部山区的密云、怀柔、上甸子、平谷、霞云岭等站年降水量较大,均在600 mm以上,西北部山区盆地内的延庆站年降水量最少,只有453 mm,其它地方台站年降水量在500~600 mm之间;多年平均降水日数北京地区平均71.31 d,山区的上甸子、霞云岭等站的年降水日数较多,均多于75 d,平原地区的顺义、丰台、通州、朝阳和大兴站的降水日数最少,均少于70 d。

在1961—2010年,各站年降水量均呈现减少趋势,在通州、门头沟、观象台、丰台和房山等站点有明显减少趋势,平均以 > 20 mm/10 a的速率减少(表1、图2)。1961—2010年,北京地区作为一个整体年降水量以18.2 mm/10 a的速率减少,50 a平均降水量减少约为91 mm。

从年降水日数变化看,通州、观象台和大兴站呈减少趋势,减少速率绝对值达到1.00 d/10 a以上,

表1 北京地区各气象站降水(1961—2010年)

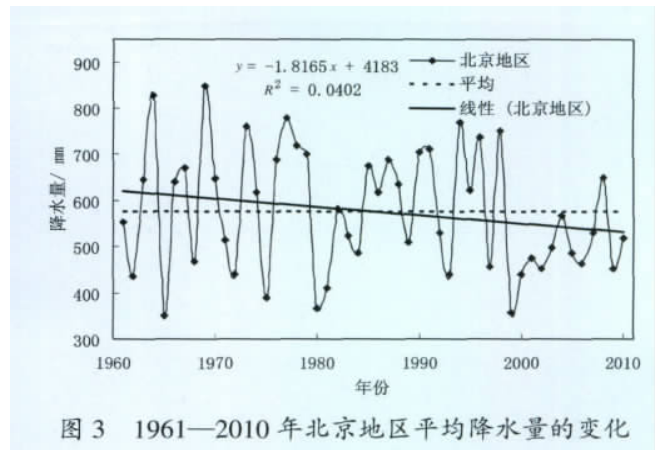
站名	统计特征					
	年降水量/mm	线性趋势/(mm/10a)	相关系数	年降水日数/d	线性趋势d/10a	相关系数
顺义	587.49	-17.5	-0.18	69.70	0.07	0.008
延庆	453.27	-17.0	-0.24	74.46	-0.89	-0.132
密云	636.03	-14.9	-0.14	73.82	-0.55	-0.074
怀柔	636.79	-17.7	-0.15	73.92	-0.83	-0.118
上甸子	604.67	-16.1	-0.15	76.14	-0.98	-0.134
平谷	628.09	-12.5	-0.11	70.86	-0.54	-0.070
通州	550.01	-21.1	-0.21	65.30	-1.64	-0.230
朝阳	578.20	-16.9	-0.15	67.98	0.38	0.054
昌平	532.05	-17.2	-0.16	71.42	-0.07	-0.010
门头沟	596.90	-20.3	-0.17	71.30	0.01	0.002
观象台	549.46	-23.5	-0.21	70.16	-1.09	-0.150
丰台	562.10	-23.6	-0.22	69.46	-0.81	-0.109
大兴	535.61	-13.5	-0.13	68.80	-1.60	-0.215
房山	567.40	-25.4	-0.23	71.10	0.01	0.001
霞云岭	627.90	-15.3	-0.14	75.16	0.97	0.143
北京地区	576.40	-18.2	-0.20	71.31	-0.50	0.076



而顺义、朝阳、门头沟、房山、霞云岭等站的年降水日数随时间变化不明显或甚至有弱的增加趋势。与年降水量变化趋势比较,北京地区降水日数尽管也减少,但总体上看减少趋势不明显。

此外,北京地区降水量与降水日数的减少趋势,在城区内部和附近一般较为显著,这在年降水量变化趋势分布上尤其明显。降水日数减小在城区和东北部山区较为显著,西南部山区减少趋势较小。降水量长期减少趋势的这个特征可能与城市化影响有一定联系。

图3是1961—2010年北京地区区域平均的年降水量变化曲线。在50a内,北京地区平均年降水量呈较明显的减少趋势,减少速率为18mm/10a,但未通过显著性检验。1969年出现最大值(849



mm),1965年出现最小值(350mm),最大年降水量与最小年降水量相差达499mm。1965、1975、1980、1999年先后出现4个降水低谷年份,其中1961—1980年在气候平均值上下大幅震荡,1980年代到20世纪末围绕气候均值波动,震荡幅度较弱,进入21世纪后,除了2008年高于气候均值外,其他年均低于气候平均值,但年际之间震荡幅度大大减小,处于一个相对稳定的干旱气候时期。从1999年到2007年连续9a低于气候均值,其中1999—2002年降水量连续4a低于475mm,比多年平均值576mm约少了100mm,引起严重的连年干旱,造成重大经济社会影响。

图4给出各个季节北京地区平均降水量的变化情况。北京地区春季平均降雨量为67mm,约占全年降水量的11.6%,1961—2010年期间呈增多趋势,增加幅度为5.4mm/10a;夏季降雨量为417mm,约占全年降水量的72.3%,1961—2010年期间呈明显的减少趋势,减小速率为28mm/10a,通过了信度为0.05的显著性检验;秋季降雨量为83.8mm,约占全年降水量的14.5%,50a内呈微弱增加趋势,增加幅度为4.3mm/10a;冬季降雨量为9.3mm,占全年降水量的1.6%,长期变化趋势不明显。虽然春季和秋季降雨量呈略增多趋势,但由于其雨量较小,在全年降水量中所占比重不大,因此对年降水量减少趋势的影响不大。夏季降水量变化趋势与年降水量非常一致,夏季降水量占全年降水量的比例又非常高,因此夏季雨量的减少是造成年降雨量减少的主要原因。本文分析结果与前人针对整个华北地区降水量四季变化及其相对贡献的分析基本一致^[18]。

2.2 降水日数

1961—2010年北京地区平均年降水日数变化

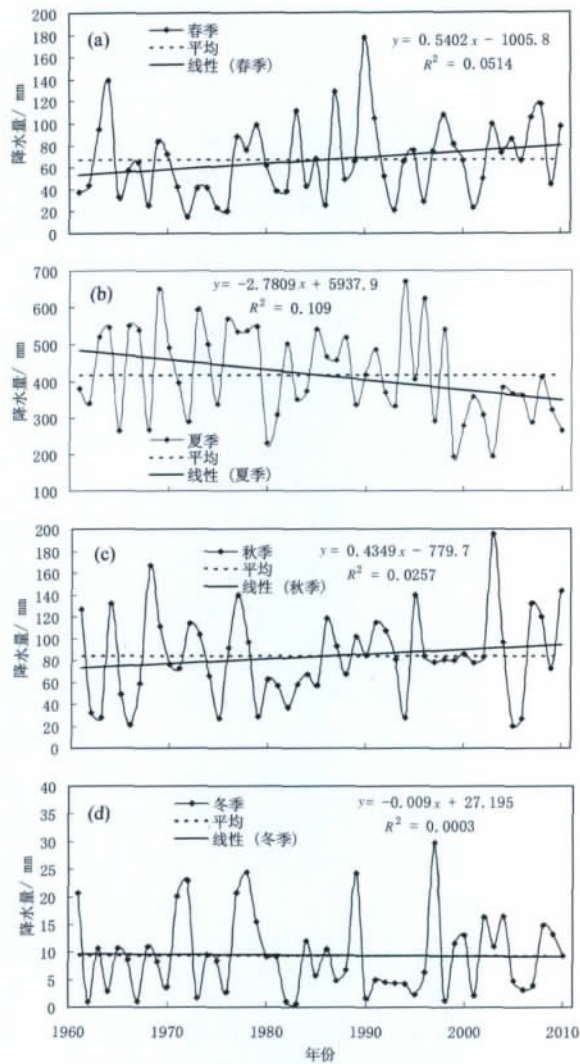


图4 1961—2010年北京地区各季降水量的变化
(a为春季,b为夏季,c为秋季,d为冬季)

曲线(图5)显示,全区多年平均年降水日数为71.3 d,在1962、1965、1968、1975和1997年降水日数出现低谷,不到60 d,而1973、1985、1985、1990年降水日数较多,达到了85 d以上。与降水量类似,1961—1980年全区平均降水日数年际变化很大,在气候均值上下大幅震荡;1980—2010年年际间降水日数变化幅度减小,以偏少为主,尤其1993—2007年,除个别年份外,年降水日数连续偏少,这与降水量的变化基本一致。图5还表明,1961—2010年北京地区平均年降水日数呈略减少变化趋势,这一特征与华北地区和我国东部大部分地区的分析结果类似^[17-19 23]。

1961—2010年北京地区春、夏、秋、冬季平均降水日数分别为15 d、36 d、15 d和6 d,分别占全年降水日数的21.0%、50.5%、21.0%和8.4%(图6)。夏

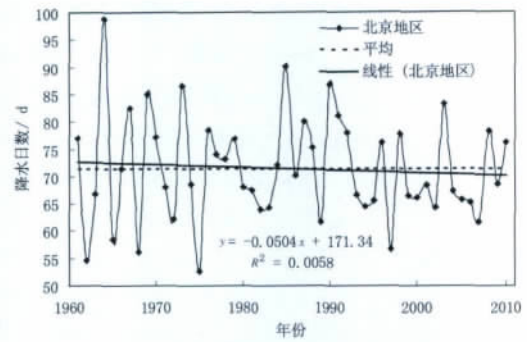


图5 1961—2010年北京地区年降水日数变化

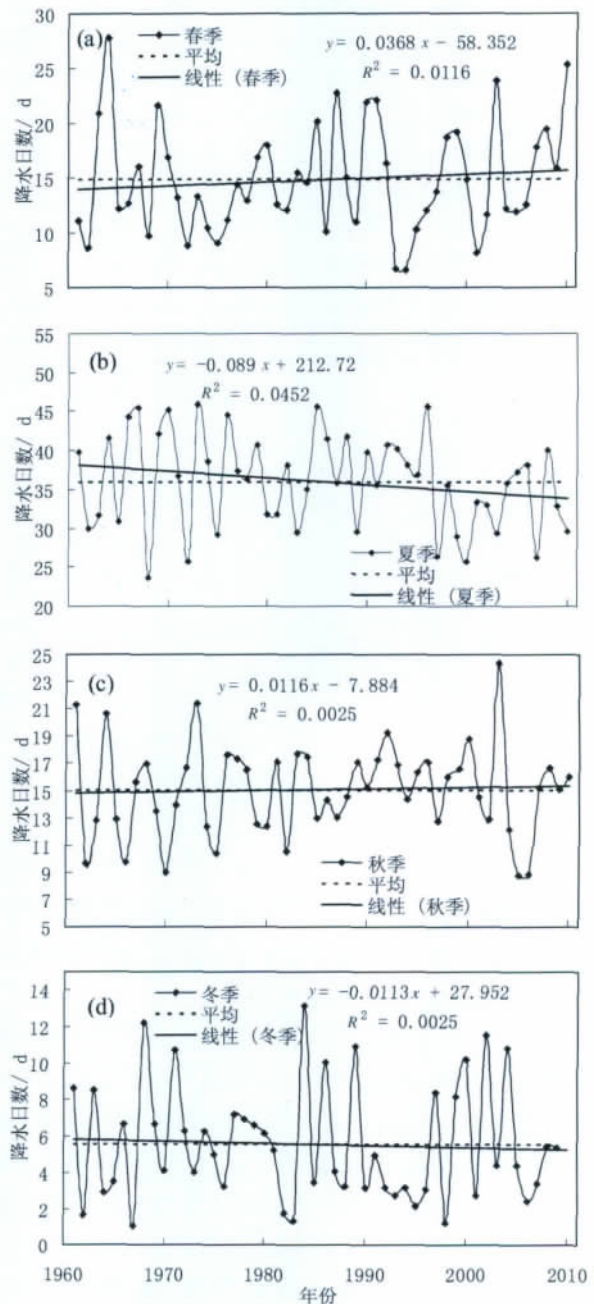


图6 1961—2010年北京地区平均各季降水日数的变化
(a为春季,b为夏季,c为秋季,d为冬季)

季降水日数最多,但占全年降水日数的比例远无夏季降水量所占比例高,说明夏季降水强度一般更大。冬季的降水日数最少,春季和秋季降水日数相当。从各个季节降水日数的变化来看,北京地区春季降水日数略呈增加趋势,夏季略有减少,但均没有通过信度检验,秋季和冬季降水日数变化不明显。

2.3 降水强度

1961—2010年北京地区平均年降水强度变化显示(图7),全区多年平均年降水强度为8.06 mm/d,降水强度以0.0178 mm·d⁻¹/a的速率下降,未通过显著性检验。降水强度在1965、1980、1999年出现低谷,不到6 mm/d,而1977、1994年降水强度较大,达到了10 mm/d以上。降水强度与降水量、降水日数的分布不完全一致。

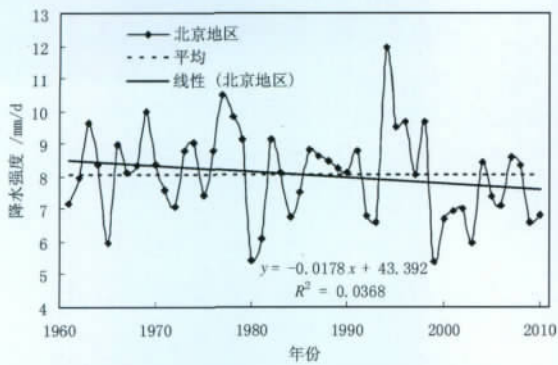


图7 1961—2010年北京地区年平均降水强度变化

1961—2010年北京地区春、夏、秋、冬季平均降水强度分别为4.44 mm/d、11.47 mm/d、5.42 mm/d和1.56 mm/d,并分别以0.328、-0.51、0.245、0.025 mm/10 d的速率变化(图8),其中春季、夏季的气候趋势系数通过了信度0.05的显著性检验。

2.4 不同级别降水

北京地区年平均小雨(0.1~10 mm)、中雨(10~25 mm)和大、暴雨(>25 mm)降水量分别为181.1 mm、177.7 mm和216.6 mm,分别占总降水量的31.4%、30.8%和37.6%。大雨和暴雨占总降水量的比例最大,其次是小雨和中雨。全区不同级别降水量随时间变化存在较大差异(图9),其中小雨和中雨降水量表现出上升趋势,小雨增加速率为1.8 mm/10a,没有通过信度检验;中雨增加速率为9.4 mm/10a,通过了信度0.1的显著性检验;大雨和暴雨降水量呈降低趋势,降低速率为29.4 mm/10a,通过了信度0.01的显著性检验。因此,北京地区总降水量的减少突出表现在大雨和暴雨降水量的明显减少上。尤其值得指出的是,1999年全区平均大雨以上

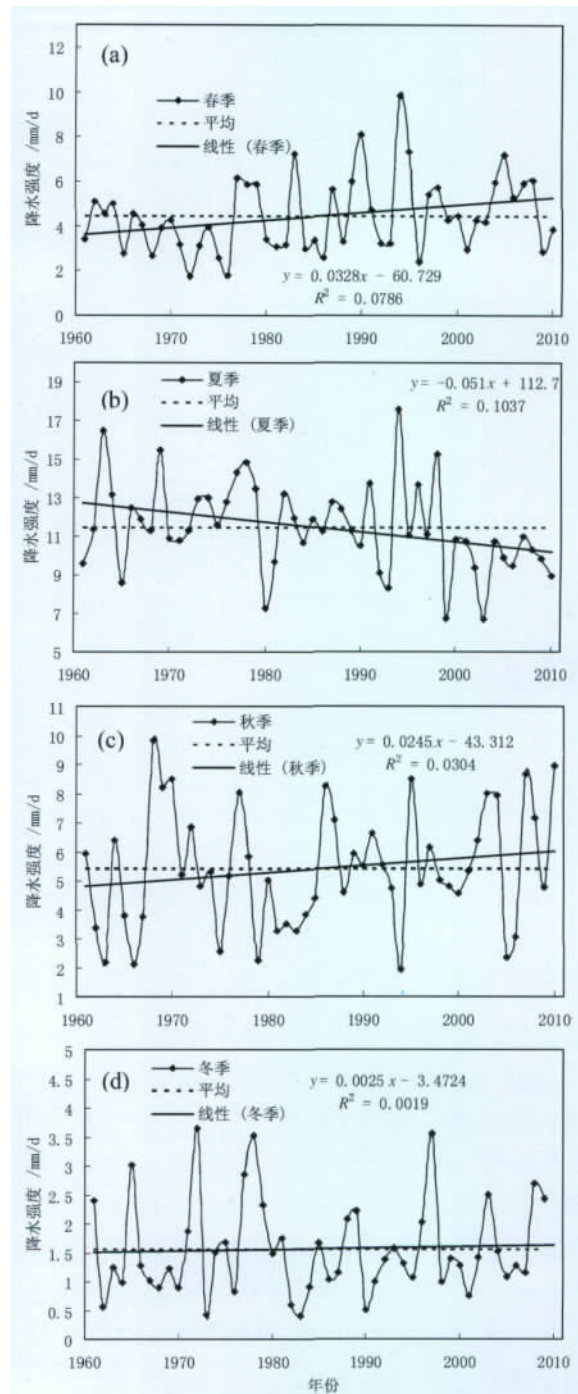


图8 1961—2010年北京地区平均各季降水强度的变化

(a为春季,b为夏季,c为秋季,d为冬季)

降水量接近于0,为有记录以来所未见,造成当年及其后续年份严重干旱。

北京地区小雨、中雨和大、暴雨年平均降水日数分别为55.3 d、9.7 d和6.3 d,分别占总降水日数的77.56%、13.60%和8.84%。不同降水等级的降水日数随时间变化也有较大不同(图10)。小雨降水日数呈弱减少趋势;中雨降水日数呈明显增多趋势,增加

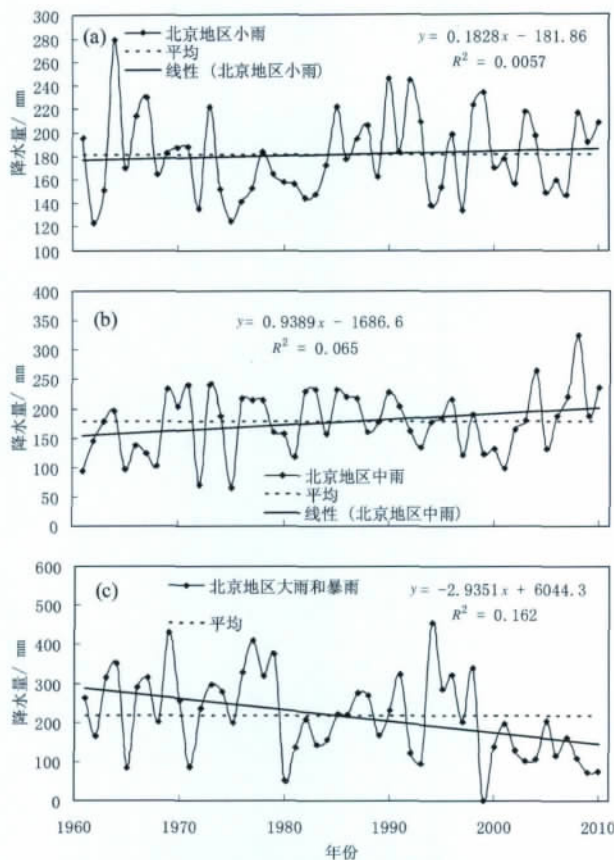


图9 1961—2010年北京地区不同级别降水量变化

(a 为 0.1~10 mm, b 为 10~25 mm, c 为 ≥ 25 mm)

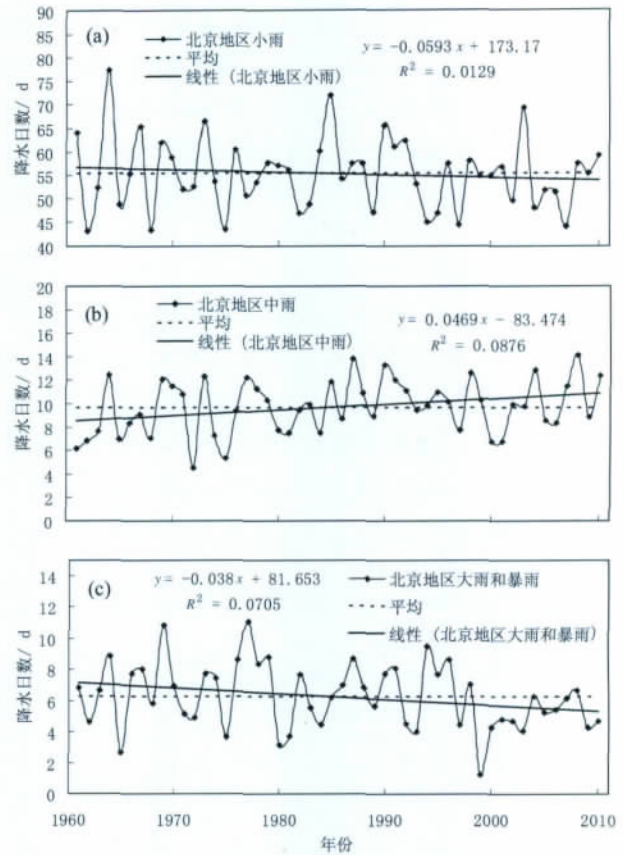


图10 1961—2010年北京地区不同级别降水日数变化

(a 为 0.1~10 mm, b 为 10~25 mm, c 为 ≥ 25 mm)

速率达到 0.47 d/10 a, 通过了信度 0.05 的显著性检验, 大雨和暴雨降水日数呈明显下降趋势, 下降速率达到 0.38 d/10 a, 通过了信度 0.1 的显著性检验。中雨日数的增加和大雨、暴雨日数的减少成为北京地区降水日数变化的鲜明特色。1998 年以来, 北京中雨日数的增加和大、暴雨日数的减少现象尤其突出, 值得进一步关注。

对北京地区不同级别平均降水强度变化情况分析结果表明, 全区多年平均小雨强度为 3.3 mm/d, 中雨为 18.3 mm/d, 大雨和暴雨为 34.6 mm/d。50 a 间北京地区小雨雨强呈增大趋势, 增加速率为 0.07 mm/d/10 a, 通过了信度 0.1 显著性检验; 中雨强度变化趋势不明显; 大雨和暴雨雨强减小趋势明显, 减少速率为 3.1 mm·d⁻¹/10 a, 通过了信度 0.01 的显著性检验(图 11)。

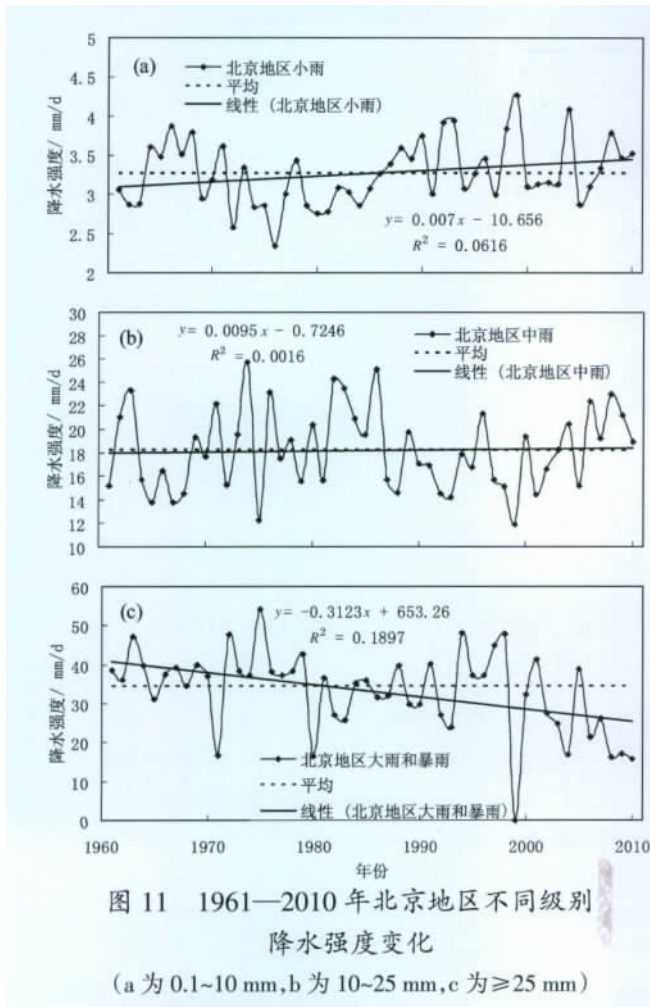
将雨强变化速率乘以全年对应的降水日数, 可得到 50 a 来雨强增加或减少导致该级别降水量增加或减少量。大雨和暴雨降水量减少占总降水量减少的 67%, 可见大雨和暴雨降水量的减少主要由雨强减少造成, 而不是雨日的减少所致。同时可以推

断, 小雨和中雨雨量增加分别是由于小雨雨强的增大和中雨降水日数的增加所致。进而可以推论, 大雨及以上降雨雨强的减少是北京地区全年降水量减少的最主要原因。

不同级别降水量比例即贡献率年代变化, 自 20 世纪 60 年代到 21 世纪, 小雨雨量贡献率逐渐增加, 21 世纪最大, 20 世纪 70 年代最小; 中雨总体也呈增加趋势, 但在 20 世纪 90 年代波动回落, 21 世纪最大, 20 世纪 60、90 年代都较小。大雨和暴雨雨量贡献率在年代变化中呈明显减少趋势, 20 世纪 60 年代最大, 21 世纪最小。从各级别雨日比例的年代变化来看, 小雨雨日比例变化不大, 中雨雨日比例略增加, 大雨和暴雨呈减小趋势。可以看出, 无论是各级别降水量还是雨日的比例变化, 与 50 a 来降水量与雨日变化趋势基本一致。

3 结论与讨论

(1) 1961—2010 年北京地区平均年降水量总体呈现减少趋势, 年降水日数变化趋势不明显, 平均年降水强度下降趋势显著。夏季降雨量的减少是导致



年降雨量减少的主要因素。夏季降雨强度的减小是导致夏季降雨量减少的重要因素。

(2)北京地区 50 a 来不同级别降水量随时间变化是不一致的。小雨和中雨降水量为上升趋势,大雨和暴雨的明显减少是北京地区降水量的减少的主要因素。50 a 来小雨降水日数略减少,中雨日数的增加和大雨、暴雨日数的减少成为北京地区降水日数变化的鲜明特色。50 a 来小雨雨强呈明显增大趋势,中雨强度变化趋势不明显,大雨和暴雨雨强减小趋势显著。

北京地区大雨和暴雨降水总量的减少主要是由雨强减少造成,而不是因雨日的减少所致。小雨和中雨雨量增加分别是由于小雨雨强的增大和中雨降水日数的增加所致。大雨及以上降雨雨强的减少是北京地区全年降水量减少的主要原因。

(3)50 a 来北京地区无论是各级别降水量还是雨日的比例变化,都与 50 年来降水量与雨日变化趋势基本一致。

(4)从近 50 a 变化趋势上看,北京地区特别是北京城区中雨雨量和雨强增大,但大雨及以上雨量

和雨强减小。应该说,这一变化发生在北京城市迅速扩张的过程中,致使北京城区现有基础设施没有经受太多强降水事件的考验。过去几年一些强度不大的降雨和降雪事件就已经对交通运行和市民生活造成很大影响,尽管由于日平均中雨雨强增加,实际的中雨小时雨强很可能也有较大幅度增加,对这种严重负面影响具有一定贡献,但大雨以上量级降水强度和频率减少,无疑在很大程度上减轻了强降水事件对城市运行带来的不利影响,同时也掩盖了由于排水等城市基础设施建设标准不适宜可能造成的严重后果。今后,大到暴雨频率和强度比近 10 a 平均状态增加将不可避免。北京城市防灾工作要对此给予足够注意。

参考文献:

- [1] 王大钧,陈列,丁裕国.近 40 年来中国降水量、雨日变化趋势及与全球温度变化的关系[J].热带气象学报,2006,22(3):283-290.
- [2] 林云萍,赵春生.中国地区不同强度降水的变化趋势[J].北京大学学报(自然科学版),2009,45(6):995-1002.
- [3] 王萃萃,翟盘茂.中国大城市极端降水事件变化的初步分析[J].气候与环境研究,2009,14(5):553-560.
- [4] 陈晓燕,尚可政,王式功,等.近 50 年中国不同强度降水日数时空变化特征[J].干旱区研究,2010,27(5):766-772.
- [5] 杨金虎,江志红,王鹏祥,等.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.
- [6] 邹用昌,杨修群,孙旭光,等.我国极端降水过程频数时空变化的季节差异[J].南京大学学报:自然科学版,2009,45(1):98-109.
- [7] 郑水红,王守荣,王有民.气候灾害对北京可持续发展的影响及对策[J].地理学报,2000,55(S1):119-127.
- [8] 孙继松,梁丰,陈敏,等.北京地区一次小雪天气过程造成路面交通严重受阻的成因分析[J].大气科学,2003,27(6):1057-1066.
- [9] 吴富宁.北京城市水灾管理战略研究[J].防汛与抗旱,2009(11):31-32.
- [10] 王小玲,翟盘茂.1957—2004 年中国不同强度级别降水的变化趋势特征[J].热带气象学报,2008,24(5):459-466.
- [11] 翟盘茂,王萃萃,李威.极端降水事件变化的观测研究[J].气候变化研究进展,2007,3(3):144-148.
- [12] Qian W H, Lin X. Regional trends in recent precipitation indices in China [J]. Meteorology and Atmospheric Physics, 2005, DOI: 10.1007/s00703-004-0101-z.
- [13] 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(7):

- 1096-1108.
- [14] 孙凤华, 杨素英, 任国玉. 东北地区降水日数、强度和持续时间的年代际变化 [J]. 应用气象学报, 2007, 18(5): 610-618.
- [15] 陈晓光, D. Conway, 陈晓娟, 等. 1961—2005年宁夏极端降水事件变化趋势分析[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(3): 156-160.
- [16] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 近五十年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报, 2005, 63(6): 942-956.
- [17] 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(S1): 1-10.
- [18] 郝立生, 闵锦忠, 史印山. 1961—2008年华北地区降水变化内在特征分析 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(24): 13269-13274, 13324.
- [19] 郭军, 任国玉, 李明财. 近47年环渤海地区不同级别降水事件变化[J]. 地理研究, 2010, 29(12): 2271-2280.
- [20] 李建, 宇如聪, 王建捷. 北京市夏季降水的日变化特征[J]. 中国科学, 2008, 53(7): 829-832.
- [21] 徐宗学, 张玲, 阮本清. 北京地区降水量时空分布规律分析[J]. 干旱区地理, 2006, 29(2): 186-192.
- [22] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术(第2版)[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 36-41.
- [23] 钱维宏, 符娇兰, 张玮玮, 等. 近40年中国平均气候与极值气候变化的概述[J]. 地球科学进展, 2007, 23(7): 674-683.

Precipitation Changes over the Beijing Area during 1961–2010

YOU Huan-Ling^{1, 2}, REN Guo-yu³, LIU Wei-dong²

(1. Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 2. Beijing Meteorological Bureau, Beijing 100089; 3. Laboratory of Climate Research of China Meteorological Administration, National Climate Center, Beijing 100081, China)

Abstract The changes in precipitation were studied on the basis of daily precipitation observations from 20 meteorological stations between 1961 and 2000 over the Beijing area. During the past 50 years, there was an obvious decreasing trend in the regionally averaged annual precipitation, especially in summer. The regionally averaged amount of annual precipitation days showed slightly negative trends. There were large differences in linear trends of the precipitation among different grades. The amount of light rain (0.1–10 mm) and moderate rain (10–25 mm) slowly increased, while the amount of heavy rain (≥ 25 mm) showed an obvious decrease. For the amount of days of different grade precipitation, the light rain experienced a non-significant decrease, moderate rain a significant increase, and heavy rain experienced a non-significant declining trend. For the intensity of different grade precipitation, the light rain and moderate rain had little change, but the heavy rain experienced highly significant decreasing trend.

Key words precipitation; precipitation day; precipitation intensity; climate change; Beijing