DOI:10.13878/j.cnki.jnuist.2016.04.009

卞韬[1]　张立霞[1]　侯晓玮[1]

1961—2014年石家庄地区降水量的时空变化特征

摘要

利用石家庄地区5个代表站1961—2014年的逐日降水资料,采用多种统计分析方法,分析了石家庄地区降水量的时空变化特征,结果表明石家庄地区年降水量从20世纪70年代开始下降,80年代达到最低,90年代有所增加,但也没有明显的上升趋势,21世纪初又开始下降.20世纪70年代降水量的减少春季和秋季贡献最大,80年代降水量的减少和90年代降水量的增加主要是夏季的贡献.石家庄地区年降水量起伏较大,1963年降水量最多,为1 038.4 mm,2014年最少,仅为276.2 mm.近54年石家庄年降水量在波动中呈现下降趋势,线性趋势为-11.0 mm/(10 a),但下降趋势并不明显.石家庄北部年降水量呈上升趋势,市区及东部、南部和西部年降水量均呈下降趋势,变化趋势均不明显.近54年,石家庄春季降水量呈上升趋势,线性趋势为0.9 mm/(10 a),夏季、秋季和冬季降水量均呈下降趋势,线性趋势分别为-11.9,-1.1和-0.3 mm/(10 a),上升或下降趋势均不明显.夏季降水减少是导致石家庄年降水减少的主要原因.石家庄四季降水量变化趋势的空间分布具有明显的季节特征和区域特征.石家庄四季降水量均存在显著周期变化.

关键词

降水量;时空变化;线性趋势;周期变化

中图分类号 P468.0
文献标志码 A

收稿日期 2015-07-08
资助项目 河北省气象局预报员专项(16ky16);中国气象局业务项目(SH-2012-02-07)

作者简介

卞韬,女,高级工程师,主要从事气候变化方面的研究.biantao4680@sina.com

1 河北省石家庄市气象局,石家庄,050081

0 引言

降水量的变化和变异对社会经济影响十分显著,也是气候预测和气候变化研究中关注的重点.降水的增加或减少可能会改变土壤的蒸发、冠层的蒸腾和土壤水分含量,这些因素反过来又会对植物的功能以及水分的收支产生影响[1].了解降水量的变化特征和变化规律,对认识气候变化原因、做好气候预测工作都具有重要的意义.

研究表明,1951年以来全国平均降水量变化趋势不明显,但存在显著的区域差异,东北北部、包括长江中下游的东南部地区和西部广大地区降水增加,而华北地区以及东北东南部和西北东部地区降水明显减少[2-3].1970年以来,全国平均降水量无明显的变化趋势,但不同区域的降水量变化趋势明显[4].王英等[5]的研究表明全国平均年降水量从20世纪60年代到90年代呈明显下降趋势,但在90年代后期出现回升,其中夏季和冬季降水量已达到50年代和60年代的水平;同时,降水量变化呈现显著的区域分异特征.

相对于全球性的持续变暖趋势,降水量变化格局及其区域分异有更大的不确定性[5],因此研究不同区域降水量的变化特征是当前全球气候变化研究的重要内容之一.近年来,很多学者对我国一些区域的降水变化进行了研究[6-9],这些研究取得了大量有价值的结果.华北地区由于特殊的地理位置,针对该区域降水特征的研究较多,例如,牛存稳等[10]利用小波分析方法研究了华北地区降水分布特征和年代际变化;张天宇等[11]运用新定义的降水集中度和集中期,分析了我国华北地区雨季降水在时间上和空间上的分布特征和变化规律;张皓等[12]利用华北地区92个气象台站1951—2005年的逐日降水数据,采用趋势分析法和小网格法分析了华北地区降水量的时空变化规律,他们的研究表明华北地区降水年际变异强,年降水和夏季降水均呈明显的降低趋势,春季降水略呈升高趋势,冬季降水升高趋势更为明显,华北地区降水量季节性差异明显,夏季降水集中;王旭丹等[13]利用NCEP/NCAR再分析资料和气象中心站点资料对华北地区水汽含量与降水量的分布特征进行了分析,结果表明华北地区水汽含量和降水量均呈减少趋势,水汽含量减少是降水量减少的主要原因.

针对省级区域范围降水变化特征的研究也较多[14-17].杨东等[14]分析了辽宁省近53年的降水量变化特征与趋势;张卉等[15]系统地分

析了山西省 1960—2008 年降水量的变化特点和规律;李春强等[16]利用小波变换方法,分析了河北省 1965—2005 年不同时间尺度下降水序列的主要周期变化过程及其空间变化特征;向亮等[17]运用不同的分析方法对河北省 1961—2011 年降水量的变化特征进行了研究.

石家庄所在的华北地区最近几十年降水量呈持续减少的趋势,年际和年代尺度变异明显,同时由于工农业生产和人类生活所需要的水量不断增多,使得水资源短缺的问题变得日益严重[18].但是,已有对降水变化的研究主要集中在全国、西北、华北和东北等大区域范围或省级的区域范围,而对于石家庄这样的小区域范围降水气候变化的研究还不够深入,详细研究较少;在气候变暖的背景下,局地区域性气候由于受地形、自然条件和局地人为因素的影响,可能呈现出其特有的变化特征[2].因此,分析石家庄地区降水变化的时空特征,对于进一步理解在全球和区域尺度气候变化背景下,局地气候变化的独特性和可能影响因子具有实际意义.

1 资料和方法

本文选取辛集、平山、赞皇、新乐、石家庄市区 5 个观测站为代表站,分别代表石家庄地区的东、西、南、北、中 5 个片,站点分布如图 1 所示.这 5 个站是石家庄地区建站最早的台站,资料序列足够长,时间连续性高,具有较好的代表性,其资料多次在气候变化研究中使用[19-20].使用这 5 个站点 1961—2014 年近 54 年逐日(20—20 时)的降水资料,所用资料由石家庄市气象局业务科进行了严格的质量控制,订正了由于各种人为因素造成的错误值.

由于研究区域比较小,区域平均采用所有站点降水值的简单算术平均方法.运用线性趋势、11 a 滑动平均等统计方法分析石家庄降水量的变化特征,运用功率谱方法[21]分析降水量的周期变化.季节划分为:春季(3—5 月)、夏季(6—8 月)、秋季(9—11 月)、冬季(12 月至次年 2 月).标准气候期为 1981—2010 年.

2 结果与分析

2.1 石家庄年降水量的时空变化特征

2.1.1 年降水量的年代际、年际变化特征

图 2 给出了 1961—2014 年石家庄不同年代年降水量,可以看到,20 世纪 60 年代到 21 世纪初,石家庄年降水量每 10 年的变化分别为-50.9、-19.8、38.4 和-36.6 mm.同时,1971—2000 年 30 a 降水平均值(509 mm)比 1961—1990 年 30 a 降水平均值(519.8 mm)减少了 10.8 mm,1981—2010 年 30 a 降水平均值(503.6 mm)比 1971—2000 年 30 年降水平均值(509 mm)又减少 5.4 mm,由此可见,石家庄年降水量的年代际变化呈下降趋势,降水量从 20 世纪 70 年代开始下降,80 年代达到最低,90 年代有所增加,但也没有明显的上升趋势,21 世纪初又开始下降.

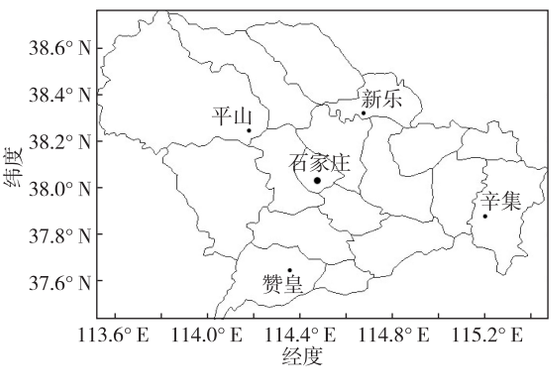


图 1 石家庄地区 5 个站分布

Fig. 1 Distribution of 5 meteorological stations in Shijiazhuang

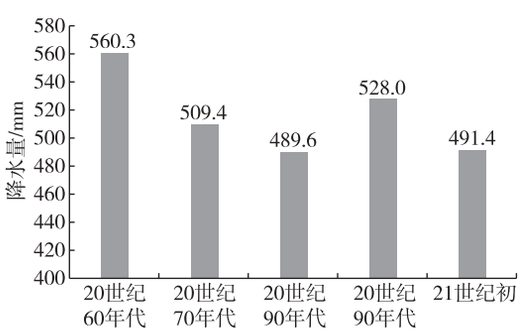


图 2 1961—2014 年石家庄地区不同年代年降水量

Fig. 2 Annual precipitation of different decades in Shijiazhuang during 1961-2014

从图 3 可以看出,石家庄地区年降水量起伏较大,1963 年降水量最多,为 1 038.4 mm,2014 年降水量最少,仅为 276.2 mm,二者相差近 4 倍.近 54 年石家庄年降水量在波动中呈现下降趋势,线性趋势为-11.0 mm/(10 a),但下降趋势并不明显.从 11 a 滑动平均曲线可以看出,年降水量的变化在 20 世纪 90 年代末之前起伏比较明显,降水偏多、偏少的年份较多;20 世纪 60 年代到 70 年代中期、90 年代中期降水明显偏多,80 年代中后期到 90 年代初降水明显偏少.

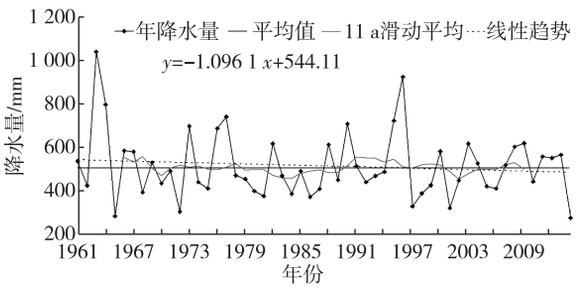


图 3　1961—2014 年石家庄年降水量变化曲线及其线性趋势

Fig. 3　Change of annual precipitation and its linear trend in Shijiazhuang during 1961-2014

2.1.2　年降水量变化趋势的空间分布特征

图 4 给出了 1961—2014 年石家庄地区代表站年降水量趋势变化的空间分布,可以看到,北部年降水量的线性趋势为正值(0.7 mm/(10 a)),即年降水量有上升的趋势,但上升趋势并不明显,未通过显著性检验;市区及东部、南部和西部年降水量的线性趋势均为负值,线性趋势分别为-7.5、-11.8、-25.9 和-10.2 mm/(10 a),即年降水量呈下降趋势,下降趋势均不明显,南部的下降趋势最大,市区的下降趋势最弱.以上分析表明,石家庄年降水量的减少南部地区的贡献最大.

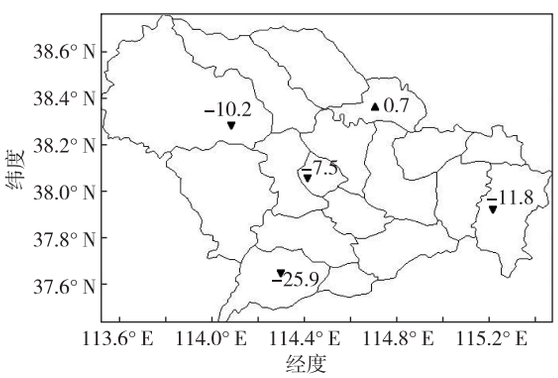


图 4　1961—2014 年石家庄地区年降水量变化趋势的空间分布(mm/(10 a))

Fig. 4　Spatial distribution of annual precipitation trends in Shijiazhuang during 1961-2014(units in mm/(10 a))

2.2　石家庄四季降水量的时空变化特征

2.2.1　四季降水量的年代际、年际变化特征

图 5 给出了石家庄地区 1961—2014 年不同年代四季的降水量.可以看到,在春季,20 世纪 70 年代降水量减少幅度最大,比 60 年代减少 25.7 mm,20 世纪 80 年代开始到 21 世纪初的 3 个年代际的降水量呈增加趋势,但增加幅度不大;夏季降水量的年代际变化整体呈下降趋势,且起伏较大,21 世纪初降水量减少幅度最大,较 20 世纪 90 年代减少 56.0 mm,20 世纪 80 年代降水量减少幅度也较大,比 70 年代减少 31.1 mm;在秋季,从 20 世纪 60 年代到 80 年代降水量一直呈下降趋势,70 年代降水量减少幅度最大,比 60 年代减少 17.5 mm,21 世纪初降水量有明显的增加;在冬季,20 世纪 70 年代降水量较 60 年代大幅增加,增加 7.3 mm,80 年代开始降水量呈下降趋势,80 年代降水量减少幅度最大,较 70 年代减少 5.3 mm.另外可以发现,除冬季外,其他三季降水量均在 20 世纪 60 年代最大.总体来看,20 世纪 70 年代降水量的减少春季和秋季贡献最大,80 年代降水量的减少和 90 年代降水量的增加主要是夏季的贡献.

从图 6 可以看到,近 54 年石家庄春季降水量呈上升趋势,线性趋势为 0.9 mm/(10 a),但上升趋势并不显著(未通过显著性检验).近 54 年,石家庄春季降水量 1964 年最多,达到 197.1 mm,比平均值(72.7 mm)偏多 1 倍以上,1962 年最少,仅为 6.1 mm,比平均值偏少近 7 成.可见石家庄春季降水年际间的振幅较大.11 a 滑动平均曲线表明,20 世纪 60 年代到 80 年代中期为降水偏少期,20 世纪 80 年代后期到 90 年代为降水偏多期.另外可以看到,近 52 年中仅有 9 年春季降水量在 100 mm 以上,降水较为充沛,其他大部分年份春季降水量偏少,印证了石家庄春季“十年九旱”的说法.

近 54 年,石家庄夏季降水量呈下降趋势,线性趋势为-11.9 mm/(10 a),下降趋势同样不明显(未通过显著性检验).石家庄夏季降水量 1963 年最多,达到 846.7 mm,其次是 1996 年,降水量为 812.8 mm,其他年份降水量一般低于 550 mm,1963 年和 1996 年石家庄均出现了多年不遇的大洪水,基本上是 30 年一遇;2014 年夏季石家庄降水量最少,仅为 127.9 mm,夏季降水年际间的振幅也很大.从 11 a 滑动平均曲线可以看到,20 世纪 60 年代到 70 年代、80 年代末到 90 年代中期为降水偏多期;20 世纪 80 年代、90 年代末到 21 世纪初为降水偏少期.夏季降水量占全年降水总量的 2/3,因此,夏季降水减少是导致石家庄年降水减少的主要原因.

近 54 年,石家庄秋季和冬季降水量均呈下降趋势,线性趋势分别为-1.1 和-0.3 mm/(10 a),下降趋势均不明显(均未通过显著性检验).秋季降水量 1968 年最多(205.6 mm),1979 年最少(20.8 mm);

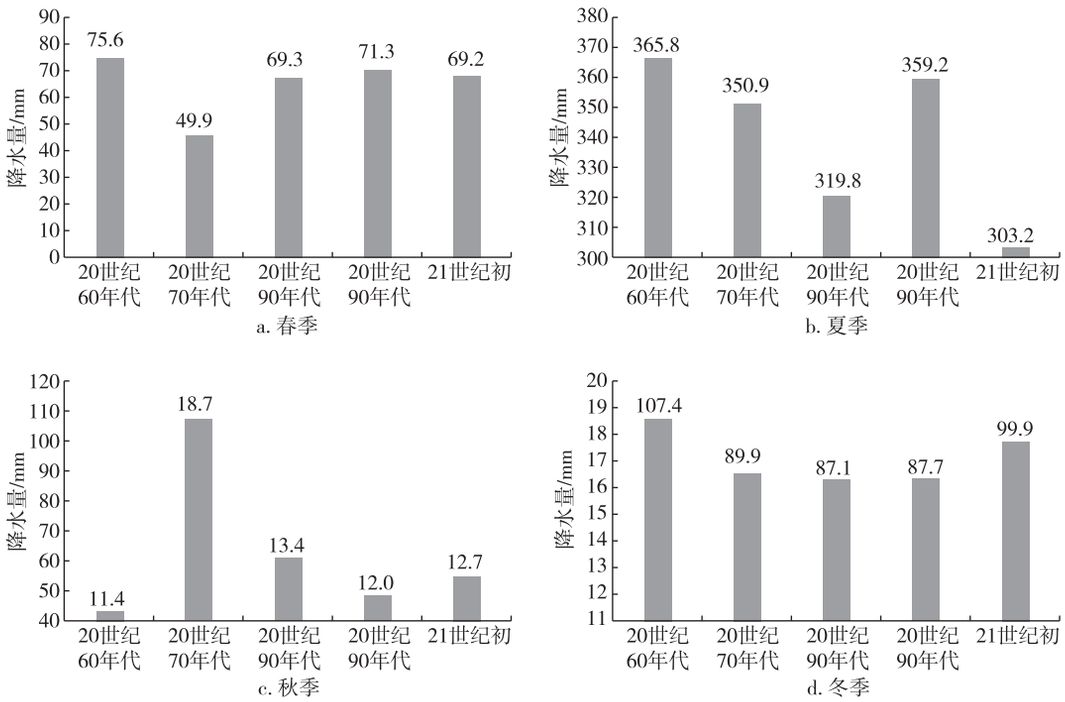


图 5　1961—2014 年石家庄地区不同年代四季降水量

Fig. 5　Seasonal precipitation of different decades in Shijiazhuang during 1961-2014

冬季降水量 1989 年最多(61.8 mm),1982 年最少(0.1 mm).11 a 滑动平均曲线显示,在秋季,20 世纪 60 年代到 70 年代、21 世纪初为降水偏多期,其他年代降水以偏少为主;在冬季,20 世纪 70 年代为降水偏多期,其他年代降水基本接近正常,这也符合石家庄秋冬季干燥少雨的气候特点.

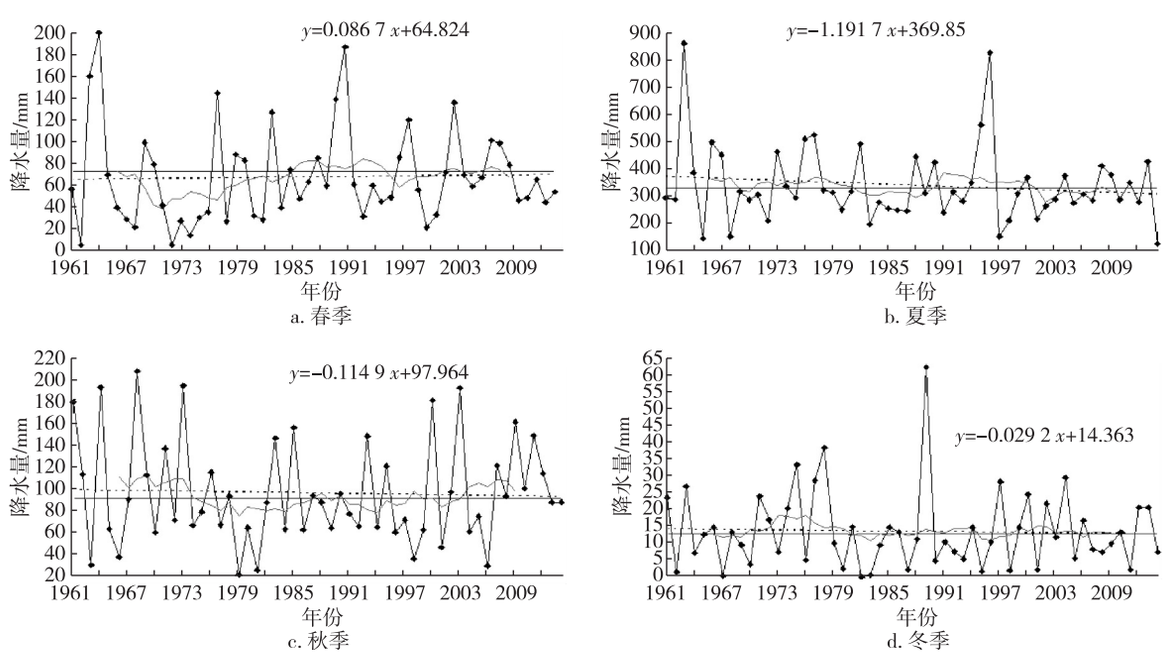


图 6　1961—2014 年石家庄四季降水量变化曲线及其线性趋势

Fig. 6　Change of seasonal precipitation and their linear trends in Shijiazhuang during 1961-2014

2.2.2　四季降水量变化趋势的空间分布特征

图 7 给出了 1961—2014 年石家庄地区代表站四季降水量趋势变化的空间分布,可以看到,石家庄春季降水量呈一致的上升趋势,但上升趋势均不明显;北部、南部和东部的上升趋势比市区和西部略大.夏季降水量除北部表现为上升趋势外,其他地区均表现为下降趋势,上升或下降趋势均不明显;南部和东部的下降趋势比市区和西部大很多,说明石家庄地区夏季降水量的减少主要是以南部和东部降水量减少为特征.秋季降水量除东部为上升趋势外,其他地区均为下降趋势,变化趋势均不明显,北部的下降趋势最大,市区的下降趋势最弱.冬季降水量除市区为上升趋势外,其他地区均为下降趋势,变化趋势同样不明显,南部的下降趋势最大;冬季市区降水量与其他地区不一致的变化趋势可能与城市热岛效应有关.由以上分析可见,石家庄四季降水量变化趋势的空间分布具有明显的季节特征和区域特征.

2.3　周期变化分析

降水量的演变周期对降水量及趋势的预测有着重要意义,采用功率谱方法对石家庄地区年和四季降水量的周期变化进行分析.计算 1961—2014 年石家庄地区年和四季降水量的功率谱,$n=54$,最大滞后长度取为 18($\frac{n}{3}$),如果序列的滞后自相关系数 $r(1)$ 接近 0 或者为负值时,表明序列无持续性,用白噪声标准谱检验;如果 $r(1)$ 为较大正值时,表明序列具有持续性,用红噪声标准谱检验.

年和春夏秋冬四季降水量序列的滞后自相关系数 $r(1)$ 分别为 0.02、0.21、-0.01、-0.20 和-0.17,春季的 $r(1)$ 为较大正值,用红噪声标准谱进行显著性检验($a=0.05$),其他均用白噪声标准谱进行显著性检验($a=0.05$).计算结果表明:石家庄年降水量无显著周期变化,但四季降水量均存在显著周期变化(图 8).从图 8 可以清楚地看到,春季降水量存在 7.2 a 的显著周期;夏季降水量存在 3.6 a 的显著周期;秋季降水量存在 2.4 a 的显著周期;冬季降水量存在 3.6 a 和 2.8 a 的显著周期.

3　结论与讨论

通过对 1961—2014 年石家庄地区年和四季降

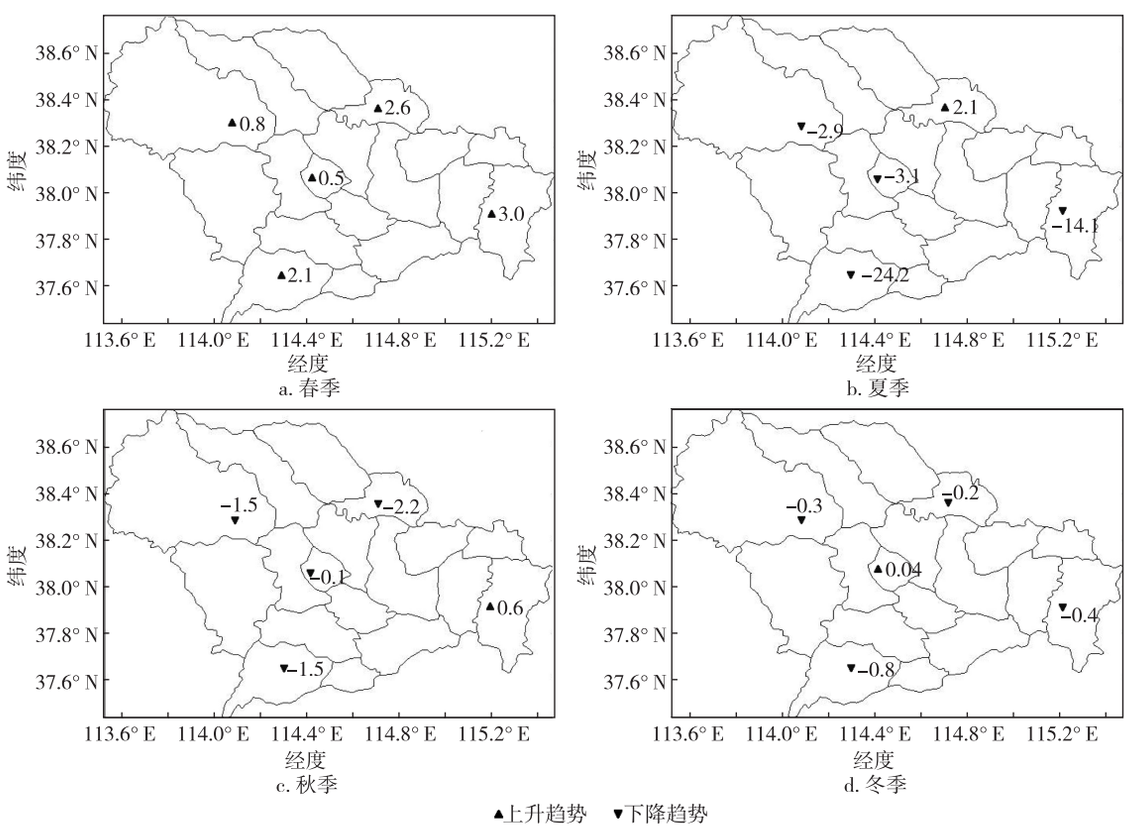


图 7　1961—2014 年石家庄地区四季降水量变化趋势的空间分布(mm/(10 a))

Fig. 7　Spatial distribution of seasonal precipitation trends in Shijiazhuang during 1961-2014(units in mm/(10 a))

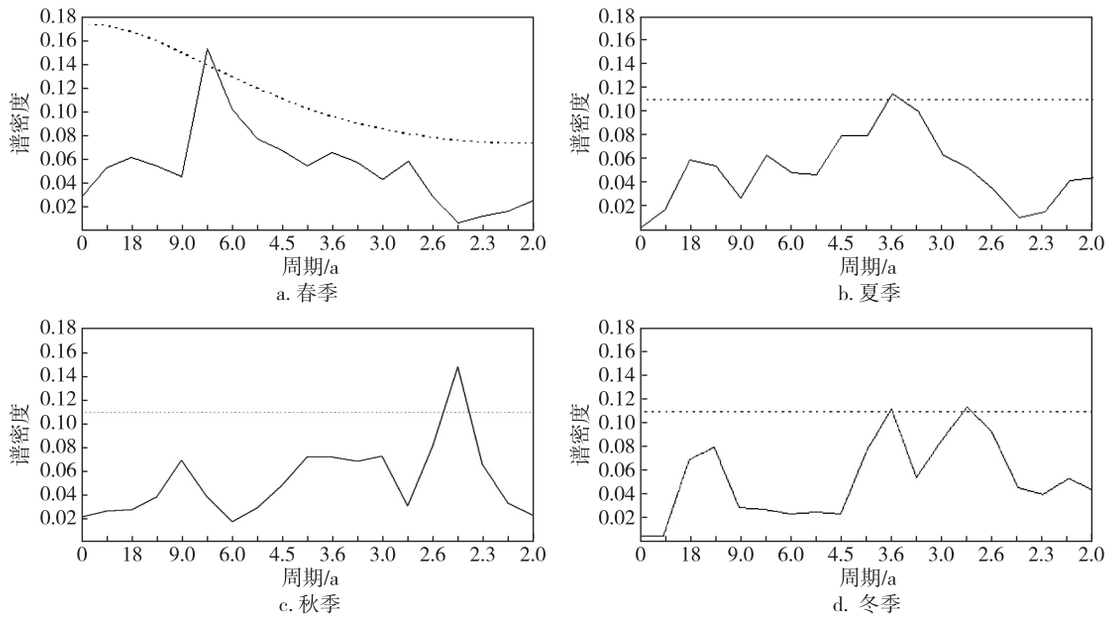


图 8 石家庄四季降水量功率谱(点线为 $a=0.05$ 的标准谱,春季为红噪声标准谱,其他三季为白噪声标准谱)

Fig. 8 Power spectrum of seasonal precipitations in Shijiazhuang

(dotted lines are noise standard spectrum at significance level of $a=0.05$, red noise in spring, and white noise in other seasons)

水量的时空变化特征进行分析,得出以下结论:

1)石家庄地区年降水量从 20 世纪 70 年代开始下降,80 年代达到最低,90 年代有所增加,但也没有明显的上升趋势,21 世纪初又开始下降.20 世纪 70 年代降水量的减少春季和秋季贡献最大,80 年代降水量的减少和 90 年代降水量的增加主要是夏季的贡献.

2)石家庄年降水量起伏较大,1963 年降水量最多,为 1 038.4 mm,2014 年降水量最少,仅为 276.2 mm.近 54 年石家庄年降水量在波动中呈现下降趋势,线性趋势为-11.0 mm/(10 a),但下降趋势并不明显.石家庄北部年降水量呈上升趋势,市区及东部、南部和西部年降水量均呈下降趋势,变化趋势均不明显.石家庄年降水量的减少南部地区的贡献最大.

3)近 54 年,石家庄春季降水量呈上升趋势,线性趋势为 0.9 mm/(10 a),夏季、秋季和冬季降水量均呈下降趋势,线性趋势分别为-11.9,-1.1 和-0.3 mm/(10 a),上升或下降趋势均不明显.夏季降水减少是导致石家庄年降水减少的主要原因.石家庄四季降水量变化趋势的空间分布具有明显的季节特征和区域特征.

4)石家庄年降水量无显著周期变化,但四季降水量存在显著周期变化:春季降水量存在 7.2 a 的显著周期,夏季降水量存在 3.6 a 的显著周期,秋季降水量存在 2.4 a 的显著周期,冬季降水量存在 3.6 和 2.8 a 的显著周期.

在气候变暖背景下,近 54 年石家庄地区年降水量和夏、秋、冬三季降水量呈下降趋势,春季降水量呈上升趋势,但变化趋势均不明显,这与全国的研究结果大致相同[3],也与京[22]、津[23]、冀[17]的结论基本一致:石家庄年降水量的下降趋势为-11.0 mm/(10 a),北京为-4.96 mm/(10 a),天津为-8.9 mm/(10 a),河北为-14.7 mm/(10 a),下降趋势均不明显,下降趋势强弱的不同可能与所选的研究时段不同有关,也可能与城市化影响有关.石家庄春季降水量上升趋势为 0.9 mm/(10 a),北京为 1.9 mm/(10 a),天津为 2.0 mm/(10 a),河北为 2.8 mm/(10 a),上升趋势的强度基本接近.

本文研究发现夏季降水减少是导致石家庄年降水减少的主要原因,这也与以往的结论[4,12,17]一致.周连童[24]的研究表明,华北地区夏季降水自 1977 年之后的明显减少与环流变化有很好的对应关系,1976 年以前,华北地区上空 700 hPa 出现气旋型环流异常,并出现偏南风异常,且上升气流加强,水汽输送辐合,1977 年以来,华北地区上空 700 hPa 出现反气旋型环流异常,并出现明显偏北风异常,且下沉气流异常,水汽出现辐散.石家庄年和夏季降水量均

在 80 年代较低,与周连童[24]的研究结论相符.进入 21 世纪后,石家庄地区降水又开始减少,干旱情况可能会继续加重,这也与杨绚等[25]和张健等[26]的研究结果相似.

分析发现市区站冬季降水量的变化趋势为上升趋势,而其他四站均为下降趋势,这种截然相反的变化趋势可能与城市热岛效应有关.研究表明,石家庄城市热岛效应明显[27],冬季的热岛效应强度最强.北部的新乐站年和夏季降水量的变化趋势为上升趋势,也与其他站相反,可能和城市化对降水的影响有一定关系,北部的新乐在夏季盛行西南气流的下风向,位于城市热岛的下游,边界层内的上升运动有利于局地弱降水过程的产生.同时热岛效应造成的边界层内上升气流正好位于地形的迎风坡一侧,两者的共同作用有可能进一步造成局地降水过程的增加.这与孙继松等[28]的研究结论较为一致.

降水的长期变化对农业生产和社会经济发展具有重要影响:春季降水量的增多可以在一定程度上缓解春旱现象,提高春播作物和冬小麦播种时的土壤墒情,对农业生产较为有利,而夏冬季降水量的减少却对作物的产量和冬小麦越冬及返青等产生一定不利影响.

参考文献

References

[1] 陈鹏狮,米娜,张玉书,等.气候变化对作物产量影响的研究进展[J].作物杂志,2009,15(2):5-9
CHEN Shipeng,MI Na,ZHANG Yushu,et al.Progress in research of impact of climate change on yield of field crops[J].Crops,2009,15(2):5-9

[2] 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
ZHAI Panmao,ZOU Xukai.Changes in temperature and precipitation and their impacts on drought in China during 1951-2003[J].Advance in Climate Change Research,2005,33(1):16-18

[3] 陆龙骅,张德二.中国年降水量的时空变化特征及其与东亚夏季风的关系[J].第四纪研究,2013,33(1):97-107
LU Longhua,ZHANG Deer.Spatio-temporal variation of annual precipitation in China and its relationship with the East Asian summer monsoon[J].Quaternary Science,2013,33(1):97-107

[4] 左洪超,吕世华,胡隐樵.中国近 50 年气温及降水量的变化趋势分析[J].高原气象,2004,23(2):238-244
ZUO Hongchao,LÜ Shihua,HU Yinqiao.Variations trend of yearly mean air temperature and precipitation in China in the last 50 years[J].Plateau Meteorology,2004,23(2):238-244

[5] 王英,曹明奎,陶波,等.全球气候变化背景下中国降水量空间格局的变化特征[J].地理研究,2006,25(6):1031-1040
WANG Ying,CAO Mingkui,TAO Bo,et al.The characteristics of spatio-temporal patterns in precipitation in China under the background of global climate change[J].Geographical Research,2006,25(6):1031-1040

[6] 任朝霞,杨达源.近 50 年西北干旱区降水量变化差异分析[J].干旱区资源与环境,2007,21(6):114-118
REN Zhaoxia,YANG Dayuan.Diversity analysis on precipitation variation in the arid region of Northwest China in resent 50 years[J].Journal of Arid Land Resources and Environment,2007,21(6):114-118

[7] 姜晓艳,刘树华,马明敏,等.东北地区近百年降水时间序列变化规律的小波分析[J].地理研究,2009,28(2):354-362
JIANG Xiaoyan,LIU Shuhua,MA Mingmin ea al.A wavelet analysis of the precipitation time series in Northeast China during the last 100 years[J].Geographical Research,2009,28(2):354-362

[8] 肖伟军,陈炳洪,刘云香.近 45 年华南夏季降水时空演变特征[J].气象研究与应用,2009,30(1):12-22
XIAO Weijun,CHEN Binghong,LIU Yunxiang.Temporal and spatial characteristic of summer precipitation over southern China during the last 45 years[J].Journal of Meteorological Research and Application,2009,30(1):12-22

[9] 任永建,高媛,肖莺,等.1961—2010 年华中区域降水变化特征分析[J].长江流域资源与环境,2013,22(增刊 1):90-95
REN Yongjian,GAO Yuan,XIAO Ying,et al.Analysis of the precipitation change character over central China from 1961 to 2010[J].Resources and Environment in the Yangtze Basin,2013,22(sup1):90-95

[10] 牛存稳,张利平,夏军.华北地区降水量的小波分析[J].干旱区地理,2004,27(1):66-70
NIU Cunwen,ZHANG Liping,XIA Jun.Wavelet analysis on the precipitation in North China[J].Arid Land Geography,2004,27(1):66-70

[11] 张天宇,程炳岩,王记芳,等.华北雨季降水集中度和集中期的时空变化特征[J].高原气象,2007,26(4):843-853
ZHAN Tianyu,CHENG Bingyan,WANG Jifang,et al.Temporal and spatial change characteristics of Precipitation Concentration Degree(PCD) and Precipitation Concentration Period(PCP) over North China in rainy season[J].Plateau Meteorology,2007,26(4):843-853

[12] 张皓,冯利平.近 50 年华北地区降水量时空变化特征研究[J].自然资源学报,2010,25(2):270-279
ZHANG Hao,FENG Liping.Characteristics of spatio-temporal variation of precipitation in North China in recent 50 years[J].Journal of Natural Resources,2010,25(2):270-279

[13] 王旭丹,王立亚.华北地区水汽含量及降水量分布特征分析[J].水电能源科学,2010,28(9):5-7
WANG Xudan,WANG Liya.Research on distribution

characteristics of water vapor content and precipitation in North China[J]. Water Resources and Power, 2010, 28(9):5-7

[14] 杨东,刘洪敏,郭盼盼,等.1956—2008 辽宁省近 53 年的降水量变化[J].干旱区资源与环境,2011,25(1):96-101
YANG Dong, LIU Hongmin, GUO Panpan et al. The precipitation changes in Liaoning during 1956-2008[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2011, 25(1):96-101

[15] 张卉,程永明,江渊.山西省近 49 年降水量变化特征及趋势分析[J].中国农学通报,2014,30(8):197-204
ZHANG Hui, CHENG Yongming, JIANG Yuan. The characteristics and tendency of precipitation change in Shanxi nearly 49 years[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(8):197-204

[16] 李春强,杜毅光,李保国.1965—2005 年河北省降水量变化的小波分析[J].地理科学进展,2010,29(11):1340-1344
LI Chunqiang, DU Yiguang, LI Baoguo. A wavelet analysis on annual rainfall variation in Hebei province during 1965-2005[J]. Progress in Geography, 2010, 29(11):1340-1344

[17] 向亮,郝立生,安月改,等.51 a 河北省降水时空分布及变化特征[J].干旱区地理,2014,37(1):56-65.
XIANG Liang, HAO Lisheng, AN Yuegai, et al. Time-spatial distribution and variational characteristics of rainfall in Hebei province in 51 years[J]. Arid Land Geography, 2014, 37(1):56-65

[18] 宫德吉.华北干旱和半干旱地区的水环境现状和水资源应用问题[J].气候与环境研究,1997,2(2):193-198
GONG Deji. The present condition of water environment and some application problems of water resource in arid and semiarid area of North China[J]. Climatic and Environmental Research, 1997, 2(2):193-198

[19] 卞韬,连志鸾.石家庄地区近 46 a 温度变化特征[J].干旱气象,2008,26(2):57-62
BIAN Tao, LIAN Zhiluan. Characteristics of temperature variation in Shijiazhuang in recent 46 years[J]. Journal of Arid Meteorology, 2008, 26(2):57-62

[20] 张翠华,张文煜,郭立平.河北石家庄浅层地温变化特征[J].干旱气象,2013,31(1):78-81
ZHANG Cuihua, ZHANG Wenyu, GUO Liping. Characteristics of shallow layer ground temperature change in Shijiazhuang of Hebei province[J]. Journal of Arid Meteorology, 2013, 31(1):78-81

[21] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].2 版.北京:气象出版社,2007
WEI Fengying. Diagnosis and forecasting methods of modern climatic statistics[M]. 2nd Ed. Beijing: China Meteorological Press, 2007

[22] 杨浩.1951—2006 年北京气候变化特征分析[J].北京水务,2013(3):36-41
YANG Hao. Analysis on climate change feature of Beijing during 1951 to 2006[J]. Beijing Water, 2013(3):36-41

[23] 李春,刘德义,黄鹤.1958—2007 年天津降水量和降水日数变化特征[J].气象与环境学报,2010,26(4):8-11
LI Chun, LIU Deyi, HUANG He. Characteristics of precipitation and precipitation days from 1958 to 2007 in Tianjin[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2010, 26(4):8-11

[24] 周连童.引起华北地区夏季出现持续干旱的环流异常型[J].气候与环境研究,2009,14(2):120-130
ZHOU Liantong. Circulation anomalies pattern causing the persistent drought in North China[J]. Climatic and Environmental Research, 2009, 14(2):120-130

[25] 杨绚,李栋梁.中国干旱气候分区及其降水量变化特征[J].干旱气象,2008,26(2):17-24
YANG Xuan, LI Dongliang. Precipitation variation characteristics and arid climate division in China[J]. Journal of Arid Meteorology, 2008, 26(2):17-24

[26] 张健,章新平,王晓云,等.京津冀地区近 47 a 降水量的变化特征[J].干旱气象,2009,27(1):23-28
ZHANG Jian, ZHANG Xinping, WANG Xiaoyun, et al. Climatic variation of precipitation in Beijing, Tianjin and Hebei in recent 47 years[J]. Journal of Arid Meteorology, 2009, 27(1):23-28

[27] 卞韬,任国玉,张翠华,等.石家庄气象站记录的城市热岛效应及其趋势变化[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2012,4(5):402-408
BIAN Tao, REN Guoyu, ZHANG Cuihua, et al. Characteristics and change of urban heat island intensity in Shijiazhuang[J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology (Natural Science Edition), 2012, 4(5):402-408

[28] 孙继松,舒文军.北京城市热岛效应对冬夏季降水的影响研究[J].大气科学,2007,31(2):311-320
SUN Jisong, SHU Wenjun. The effect of urban heat island on winter and summer precipitation in Beijing region[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2007, 31(2):311-320

Spatial and temporal characteristics of precipitation in Shijiazhuang during 1961-2014

BIAN Tao[1] ZHANG Lixia[1] HOU Xiaowei[1]

1 Shijiazhuang Meteorological Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang 050081

Abstract Based on daily precipitation data of five representative meteorological stations in Shijiazhuang area

during 1961-2014,the spatial and temporal change characteristics of precipitation were analyzed by using a variety of statistical methods.Results show that annual precipitation in Shijiazhuang area begins to fall from the 1970s and reaches the lowest in the 1980s,then increases slightly in the 1990s,and begins to decline in the 21st century.The precipitation reduction in the 1970s is mainly due to the rainfall decrease in spring and autumn,while the decrease in the 1980s and slight increase in the 1990s are mainly attributed to the precipitation variation in summer.The annual precipitation in Shijiazhuang area fluctuates obviously with the most precipitation of 1 038.4 mm in 1963 and the least one of 276.2 mm in 1965.In recent 54 years,the annual precipitation in Shijiazhuang decreases slightly with a linear trend of -11.0 mm/(10 a).As for its spatial distribution,the annual precipitation increases in the north,and decreases in other parts of the city,yet without obvious trend.And for its temporal variation,the precipitation increases in spring with a linear trend of 0.9 mm/(10 a),while decreases in other seasons with the linear trends of -11.9 mm/(10 a),-1.1 mm/(10 a),-0.3 mm/(10 a) for summer,autumn,and winter,respectively,all of which are not obvious.Generally,the reduction of annual precipitation in Shijiazhuang can be due to the precipitation decrease in summer;there were seasonal and regional characteristics in the spatial distribution of the precipitation change trends in four seasons in Shijiazhuang;and significant cycles exist in seasonal precipitation variation in Shijiazhuang.

Key words precipitation;spatial and temporal change;linear trend;periodic variation