

Analysis of Climate Background and Characteristics in Beijing-Tianjin-Hebei Region during 1982-2010

Shubing Wang¹, Yunlong Wu¹, Liang Xiang², Shuqian Niu¹

¹Xinji Meteorological Bureau of Hebei Province, Xinji

²Hebei Climate Center, Shijiazhuang

Email: 296408062@qq.com

Received: Aug. 2nd, 2014; revised: Sep. 1st, 2014; accepted: Sep. 8th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

According to the data of Beijing-Tianjin-Hebei region in recent 29 years (1982-2010) of 83 meteorological stations in the monthly average temperature and monthly precipitation, using trend analysis, mutation test, the empirical orthogonal function (EOF) method, the characteristics of temperature and precipitation change were studied. The results showed that: 1) The difference of spatial distribution of temperature in Beijing-Tianjin-Hebei region is big. In the recent 29 years, the average annual temperature variation has increased. In 1993, there was an abrupt change in temperature. Seasonal temperature was rising, and the upward trend in winter was the most obvious, followed by the spring and summer. The rise in autumn was the minimum. 2) Precipitation was uneven according to spatial distribution; the overall annual precipitation showed a decreasing trend; the interannual fluctuation is big. In the four seasons, precipitation in summer was decreasing, and that in other seasons was weakly increasing; 3) EOF analysis showed that in the study area, the spatial distribution of temperature was consistent with changes in temperature. In the central and western regions, the temperature increased obviously; however, from 1983 to 1987, it declined; it showed an increasing trend after 1988, especially after 1993. The difference in spatial distribution of precipitation was big, and there were large interannual variations. Before 1997, the precipitation mainly increased; from 1998 to 2002, it increased less; after 2003 it increased again.

Keywords

Beijing-Tianjin-Hebei, Climatic Background, Change Characteristics

1982~2010年京津冀地区气候背景与变化特征分析

王书冰¹, 吴云龙¹, 向亮², 牛树倩¹

¹河北省辛集市气象局, 辛集

²河北省气候中心, 石家庄

Email: 296408062@qq.com

收稿日期: 2014年8月2日; 修回日期: 2014年9月1日; 录用日期: 2014年9月8日

摘要

根据京津冀地区近29年(1982~2010年)83个气象站点的月平均气温和月降水量数据,运用趋势分析、突变检验、经验正交函数(EOF)分解等方法,研究了该地区气温和降水时空变化特征。结果表明:1) 京津冀地区气温空间分布差异较大,近29年研究区平均气温年际变化整体呈增加趋势,1993年为气温突变年;各季气温均呈上升趋势,其中冬季上升趋势最为明显,其次是春季和夏季,秋季上升趋势最小。2) 降水量空间分布不均,年降水量整体呈下降趋势,年际波动较大;四季中,夏季呈减少趋势,其他季节均为弱的增加趋势。3) EOF分析表明,整个研究区气温空间分布呈一致性变化,气温明显增加的区域位于中西部地区,1983~1987年为下降趋势,1988年以后呈增加趋势,特别是1993年以后气温增加显著;降水空间分布差异较大,且存在较大的年际变化,1997年以前以增加为主,1998~2002年为偏少期,2003年以后降水增加。

关键词

京津冀, 气候背景, 变化特征

1. 引言

气候变化已成为全球共同关注的热点问题之一,各国政府和研究人员对气候变化引起的环境和生态问题都给予了极大的关注[1][2]。气候变化有全球性的特点,但也有很强的地域性,不同地区的变化趋势差别很大[3][4]。

近年来,一些学者运用不同分析方法对我国不同地区的气候变化方面进行了研究,详细分析了这些区域气候变化的规律[5][6]。京津冀地区位于36°N~43°N, 113°E~120°E之间,地处华北平原,包括河北省全部,内环首都北京市和天津市,东临渤海,北与东北地区、内蒙古地区相接,是我国受气候变化影响较大的地区之一[7]。通过研究京津冀地区气温及降水的时空变化特征,对区域气候背景监测以及合理利用气候资源具有重要的现实意义。

2. 资料与方法

2.1. 资料

收集整理了京津冀地区83个站点1982~2010年共29年的气温和降水量数据,研究区所选站点分布

均匀,且数据经过严格的质量控制。按春季(3~5月),夏季(6~8月),秋季(9~11月),冬季(12月至次年2月)的季节划分生成逐季序列,采用月平均气温、月降水量数据统计得到逐年的平均气温和年降水量。

2.2. 方法

运用一元线性方程 $x_i = a + bt_i$ (x 分别为年、季气温和降水, b 为倾向值, i 为时间序列), 对年、季气温和降水的变化进行线性拟合, 确定可信度和气候倾向率[8] [9]; 运用 Mann-Kendall 检测(以下简称 M-K 检验)方法, 分析气候序列的突变特征, 明确突变开始时间, 并指出突变区域[10]; 采用经验正交函数分解(EOF)分析整个研究区域气候因子的空间异常分布特征[11]。

3. 结果与分析

3.1. 1982~2010 年京津冀地区气温时空变化特征

3.1.1. 气温空间分布

京津冀地区气温空间分布差异较大, 但整体上表现为南高北低, 平原高于山区。京津冀地区年平均气温空间分布如图 1 所示, 河北的坝上地区年平均气温在 1.8°C ~ 7.0°C 之间, 中南大部都在 11.2°C ~ 13.9°C 之间, 南北温差达 13.1°C 。整个京津冀地区高值位于河北省邢台市中南部和邯郸市中北部之间, 其中邯郸的年平均气温为 13.9°C , 为研究区最高; 低值区主要位于河北省张家口北部, 其中张家口的康保年平均气温为 1.8°C , 为研究区最低。综合分析气温空间分布差异, 在冀北高原受海拔高度和纬度的影响较大, 而冀中南大部主要原因是由于地形对温度的影响。

3.1.2. 气温 EOF 分析

图 2 为京津冀地区近 29 年平均气温的 EOF 分析, 由图可见, 其收敛性很快, 其中, 气温 EOF 展开的第一特征向量场(图 2a)的方差解释率已达到 78.9%, 因此, 其第一特征向量场的分布情况即可较好的表示京津冀地区气温空间分布的基本特征。如图 2a 所示, 总的空间分布表现为整个研究区一致为正, 揭示了研究区气温空间的一致性变化, 气温明显增加的区域位于中西部内陆地区; 其时间系数(图 2b)反映了京津冀地区近 29 年气温呈波动式的增加, 年际变化较大, 1983~1987 年为下降趋势, 1988 年以后呈增加

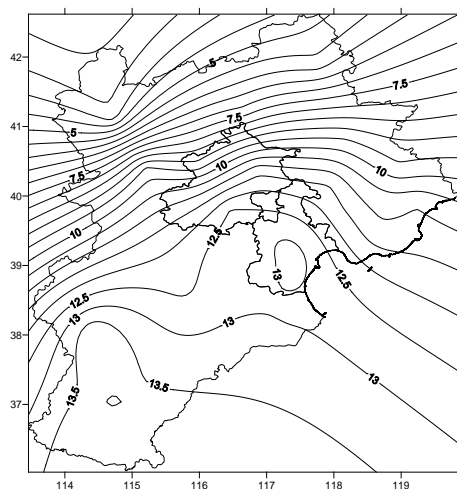


Figure 1. The average annual temperature spatial distribution map Beijing-Tianjin-Hebei region in 1982-2010

图 1. 1982~2010 年京津冀地区年平均气温($^{\circ}\text{C}$)空间分布图

趋势，特别是 1993 年以后气温增加明显。这一变化与我国增暖始于 1980 年代后期，1990 年代增暖迅速的情况较为一致[12]-[14]。

3.1.3. 气温时间变化特征

图 3 为近 29 年京津冀地区年平均气温变化曲线，如图所示，京津冀地区气温常年值为 11.3°C ，年平均气温整体呈上升趋势，气候倾向率为 $0.44^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，上升趋势异常显著，通过了 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验。

从年代际变化上看，1982~1985 年气温呈下降趋势，1986~1989 年波动上升，90 年代以后，年平均气温上升趋势明显，整体来看年际波动较大，其中 90 年代是年平均气温上升趋势最为明显的阶段，从这点讲，在全球气候变化背景下，京津冀地区气温变化与全国乃至整个北半球的变化趋势一致[15]。但进入 21 世纪以来，气温变化趋于稳定并有下降之势。

京津冀地区四季平均气温变化如图 4 所示，京津冀地区各季平均气温整体均呈上升趋势。秋季平均气温为 11.6°C ，气温在 $10.1^{\circ}\text{C}\sim 13.2^{\circ}\text{C}$ 之间，气候倾向率为 $0.31^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，在四季中是上升趋势最小的季节，但通过了 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验，说明京津冀地区秋季气温上升趋势显著；其次为夏季，平均气温为 24.5°C ，气温在 $23.3^{\circ}\text{C}\sim 25.9^{\circ}\text{C}$ 之间，夏季气温整体呈增加趋势，气候倾向率为 $0.41^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，通过了 $\alpha = 0.05$ 的显

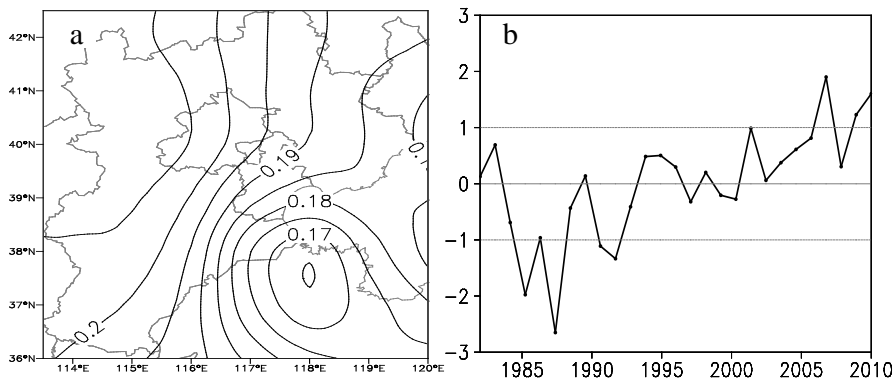


Figure 2. 1982-2010, the Beijing-Tianjin-Hebei region and the annual average temperature of EOF analysis of the first eigenvector field (a) and the time coefficient (b)

图 2. 1982~2010 年京津冀地区年平均气温 EOF 分析的第一特征向量场(a)及其时间系数(b)

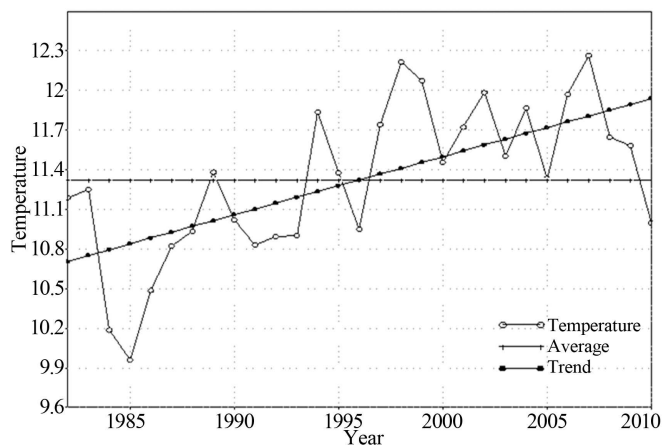


Figure 3. In 29 years (1982-2010) the curves of annual average temperature ($^{\circ}\text{C}$) of the Beijing-Tianjin-Hebei region

图 3. 近 29 年(1982~2010 年)京津冀地区年平均气温($^{\circ}\text{C}$)变化曲线

显著性检验, 增加趋势显著; 春季气温与秋季气温大体相当, 平均气温为 12.6°C , 气温在 $10.9^{\circ}\text{C}\sim 14.1^{\circ}\text{C}$ 之间, 整体呈增加趋势, 气候倾向率为 $0.47^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 通过了 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验, 增加趋势显著; 冬季为气温上升趋势最为明显的季节, 平均气温为 -3.5°C , 气温在 $-5.6^{\circ}\text{C}\sim -1.3^{\circ}\text{C}$ 之间, 冬季气温气候倾向率为 $0.6^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 通过了 $\alpha = 0.05$ 显著性检验, 上升趋势显著。

3.1.4. 气温突变分析

采用 Mann-Kendall 法对京津冀地区 1982~2010 年的年平均气温序列进行突变性检验, 如图 5 所示, 近 29 年京津冀地区年平均气温正序列线(UF)和逆序列线(UB)在 1993 年前后出现交点, 并在 $\alpha = 0.05$ 显著性水平置信曲线之间, 由此可确定 1993 年为年平均气温的突变点。由图中的 UF 曲线分析可以看出,

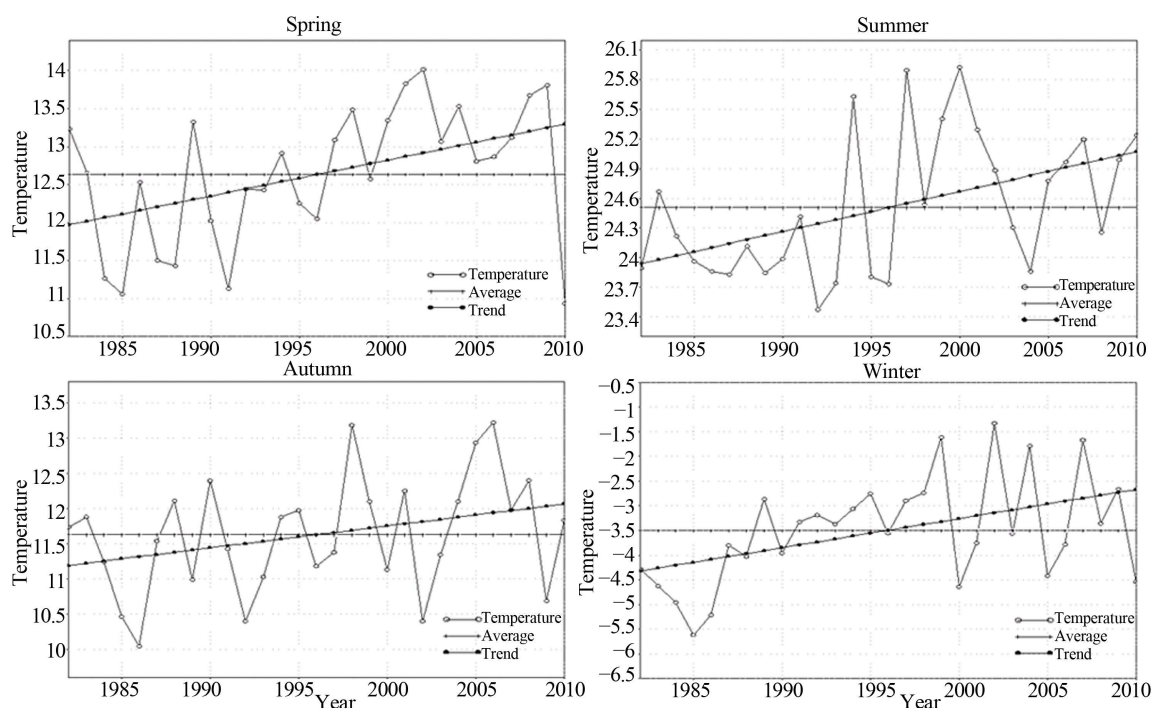


Figure 4. In 29 years (1982-2010) the curves of average temperature of the Beijing-Tianjin-Hebei region of each season
图 4. 近 29 年(1982~2010 年)京津冀地区各季平均气温($^{\circ}\text{C}$)变化曲线

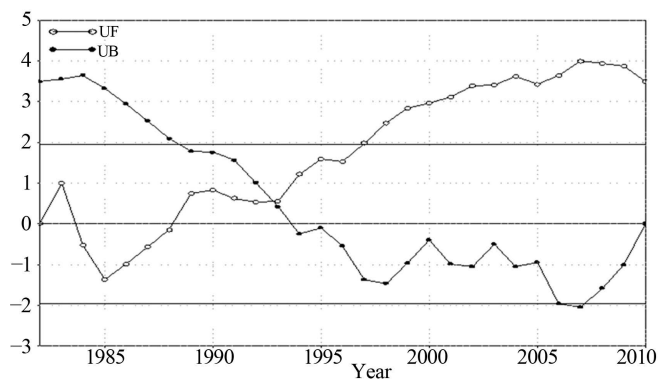


Figure 5. In 29 years (1982-2010) the curve of annual average temperature ($^{\circ}\text{C}$) of the Beijing-Tianjin-Hebei region of M-K
图 5. 近 29 年(1982~2010 年)京津冀地区年平均气温($^{\circ}\text{C}$)的 M-K 曲线

1990 年代初期以前, $UF < 0$, 表明该阶段是一个降温阶段。从 1990 年代开始, 具体是在 1989 年以后, UF 由负转正, 平均气温有一个升温趋势, 从 1997 年开始这种升温趋势异常显著, 超过了 $\alpha = 0.05$ 的信度检验。同时使用滑动 t 检验的方法得到相似的结论(图略)。

3.2. 降水时空变化特征

3.2.1. 降水空间分布特征

京津冀地区年降水量空间分布如图 6 所示, 由图可见, 受大气环流形式、地理区域等因素的影响, 京津冀地区年降水量空间分布不均, 主要表现为在燕山和太行山迎风坡一侧降水量较大, 平原地区的降水量普遍高于坝上地区, 东部降水量明显大于西部。其高值区位于河北省唐山西部和承德南部之间; 低值区主要位于张家口北部, 其中张家口的康保年降水量为整个研究区最低。分析年降水量的空间分布差异, 主要原因是由于山脉屏蔽作用, 使得太行山和燕山山脉的东南迎风坡存在两个多雨中心, 成为京津冀地区降水量较多的地区; 在冀西北高原和冀中南平原存在两个少雨中心, 成为京津冀地区降水量相对较少的地区。

3.2.2. 降水 EOF 分析

图 7 为 1982~2010 年京津冀地区年降水量的 EOF 分析, 其中, 前两个载荷向量累计方差达到 55.9%, 因此, 前两个模态的分布情况可代表京津冀地区降水量空间分布的基本特征。降水 EOF 展开的第一特征向量场(图 7a)的方差解释率为 44.7%, 且其空间分布表现为全区一致为正, 揭示了研究区降水空间的一致性变化; 其时间系数(图 7b)表明研究区降水存在较大的年际变化, 1997 年以前以增加为主, 1998~2002 年为偏少期, 2003 年以后降水增加, 这与前人研究的该地区降水变化特征基本一致[16] [17]。第二特征向量场占总方差的 11.2%, 其空间分布表现为整个研究区呈反向变化的特点, 北部偏少, 南部相对偏多(图 8a), 该模态特征向量正值高值区在河北的邢台和邯郸东部, 负值高值区位于承德中北部。第二特征向量的时间系数变化曲线(图 8b), 表明研究区降水这种南北反向分布的特征存在明显的年际变化, 但无明显的年代际变化。

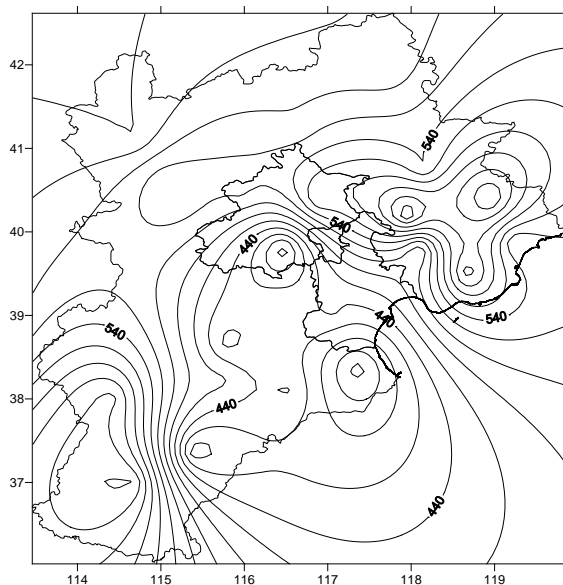


Figure 6. The annual precipitation (mm) spatial distribution map of Beijing-Tianjin-Hebei region in recent 29 years (1982-2010)
图 6. 京津冀地区近 29 年(1982~2010 年)年降水量(mm)空间分布图

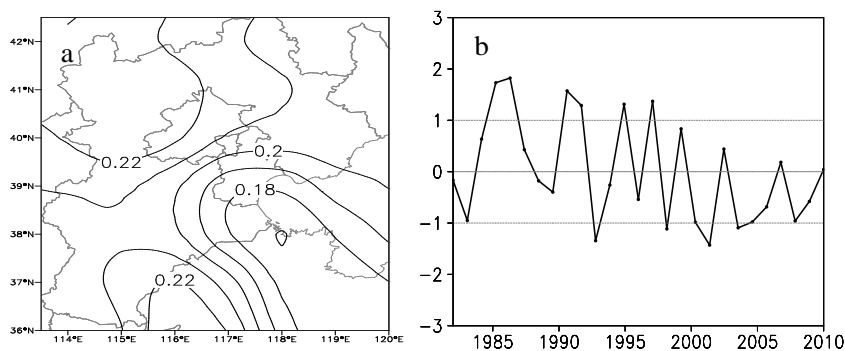


Figure 7. In 1982-2010, the Beijing-Tianjin-Hebei region and annual precipitation EOF analysis of the first eigenvector field (a) and the time coefficient series (b)

图 7. 1982~2010 年京津冀地区年降水量 EOF 分析的第一特征向量场(a)及其时间系数序列(b)

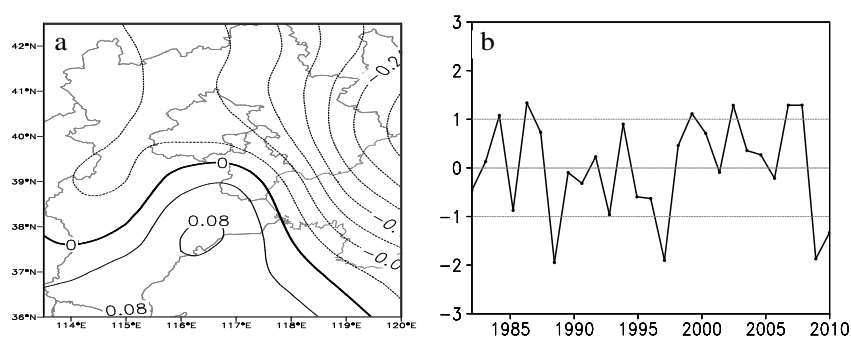


Figure 8. In 1982-2010, the Beijing-Tianjin-Hebei region analysis of annual precipitation EOF second characteristic vector field (a) and the time coefficient series (b)

图 8. 1982~2010 年京津冀地区年降水量 EOF 分析的第二特征向量场(a)及其时间系数序列(b)

3.2.3. 降水时间变化特征

图 9 为近 29 年京津冀地区年降水量变化曲线, 如图所示, 京津冀地区多年平均降水量为 504.9 mm, 从变化趋势上看, 年降水量整体呈下降趋势, 其气候倾向率为 $-13.5 \text{ mm}/10\text{a}$, 但下降趋势不显著, 未通过 $\alpha = 0.05$ 的信度检验。从年代际变化上看, 在 1980 年代年平均降水量略有减少, 1990 年代后年平均降水量呈增加趋势, 并在 1995 年达到最大值, 之后年平均降水量在波动中减少, 最低值出现在 2002 年, 进入 21 世纪后整体略有增加趋势, 这与前人研究华北地区的降水特征较为相似[18]。

图 10 为京津冀地区近 29 年(1982~2010 年)四季降水量变化曲线, 从图中可以看出, 夏季是降水量最为集中的季节, 平均降水量为 336.5 mm, 降水量在 203.1~491.8 mm 之间, 占全年降水量的 66.6%, 从变化趋势上看, 夏季降水量整体呈减少趋势, 气候倾向率为 $-24.4 \text{ mm}/10\text{a}$, 通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验, 说明京津冀地区夏季降水量减少趋势异常显著; 其次为秋季, 平均降水量为 86.9 mm, 降水量在 39.6~189.1 mm 之间, 占全年降水量的 17.2%, 秋季降水量整体呈增加趋势, 气候倾向率为 $8.4 \text{ mm}/10\text{a}$, 但未通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验, 增加趋势不显著; 春季和秋季降水量大体相当, 平均降水量为 72.2 mm, 降水量在 28.8~141.8 mm 之间, 占全年降水量近 14.3%, 春季降水量整体呈增加趋势, 气候倾向率为 $1.7 \text{ mm}/10\text{a}$, 未通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验, 增加趋势不显著; 冬季为平均降水量最少的季节, 仅有 9.4 mm, 降水量在 1.1~28.2 mm 之间, 占全年降水量的 1.9%, 冬季降水量整体呈增加趋势, 气候倾向率为 $0.9 \text{ mm}/10\text{a}$, 未通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验, 增加趋势不显著。

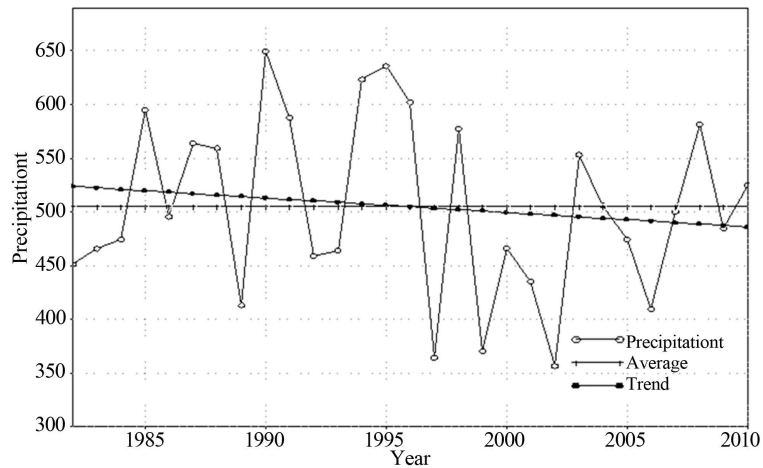


Figure 9. In 29 years (1982-2010) curves of precipitation (mm) in Beijing-Tianjin-Hebei region

图 9. 近 29 年(1982~2010 年)京津冀地区年降水量(mm)变化曲线

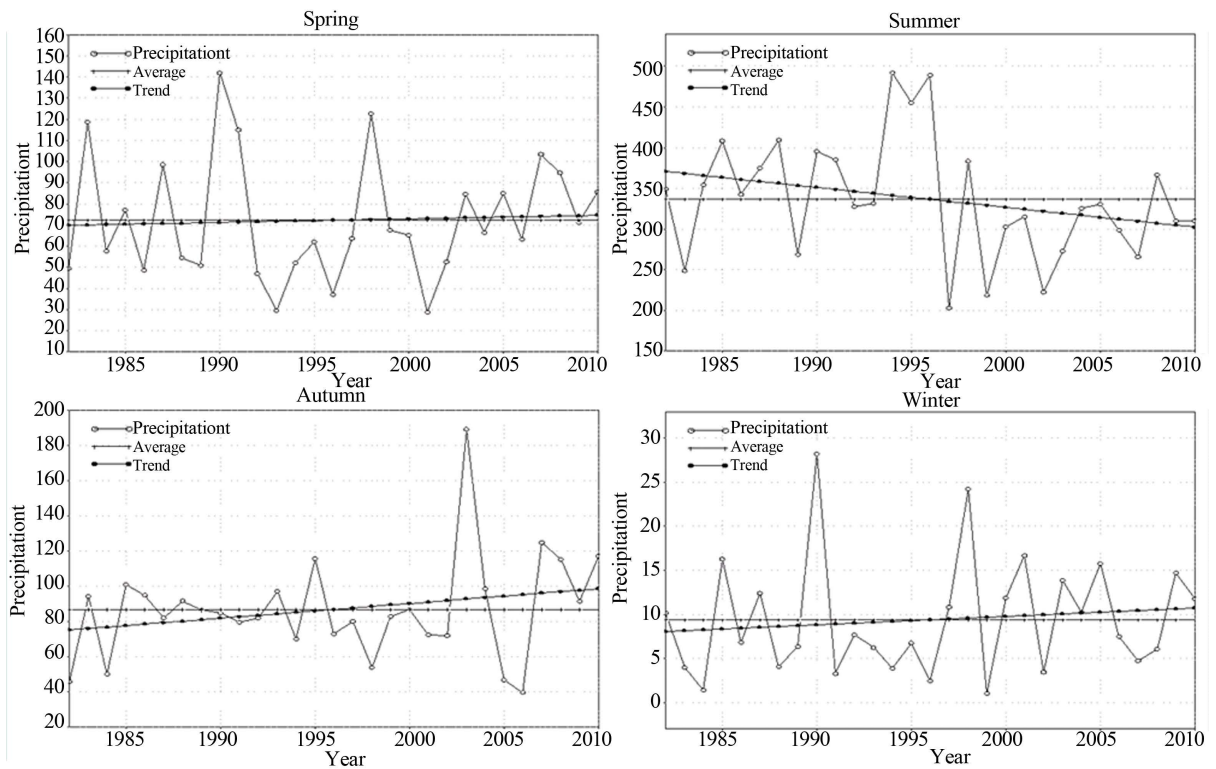


Figure 10. In 29 years (1982-2010) the curves of Beijing-Tianjin-Hebei region of seasonal precipitation (mm)

图 10. 近 29 年(1982-2010 年)京津冀地区各季降水量(mm)变化曲线

3.2.4. 降水突变分析

图 11 给出了 1982~2010 年京津冀地区年降水量的 M-K 突变检验曲线, 如图所示, 近 29 年京津冀地区年降水量的 UF 和 UB 曲线变化都未超过 $\alpha = 0.05$ 显著性水平线, 说明整体降水量的变化不明显; UF 曲线在 2001 年之前大于 0, 说明在这段时间年降水量呈上升趋势, 但在其他时间段年降水量都呈下降趋势, 两线分别在 1996 年前后、1999 年前后、2008 年前后多处出现交点, 表明在这段时期年平均降水量

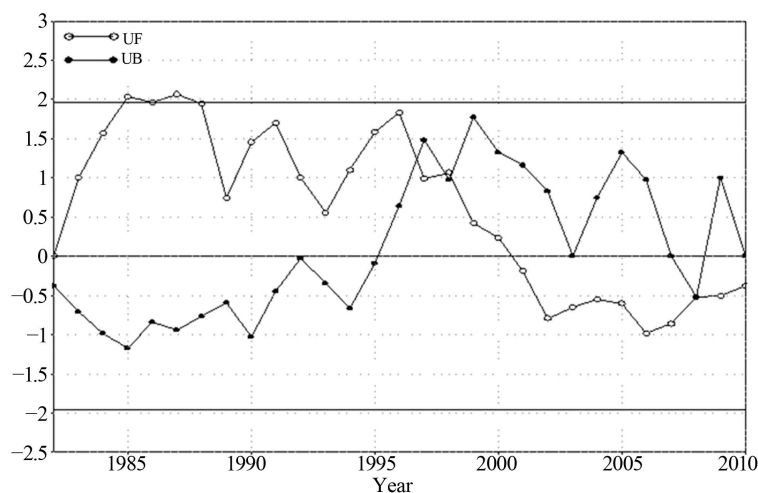


Figure 11. In 29 years (1982-2010) M-K curve of annual precipitation in Beijing-Tianjin-Hebei region

图 11. 近 29 年(1982~2010 年)京津冀地区年降水量的 M-K 曲线

发生了突变。对降水的突变分析同样采用了滑动 t 检验方法, 结果与 M-K 方法分析结果基本一致(图略)。

4. 结论与讨论

利用京津冀地区 83 个站点 1982~2010 年近 29 年的气温和降水数据, 分析了京津冀地区气候背景的时空分布及变化特征, 得出以下结论:

1) 京津冀地区气温空间分布差异较大, 整体上表现为南高北低, 平原高于山区的特点, 其高值区位于河北的中南部, 其中邯郸的年平均气温为全最高, 低值区位于河北张家口北部, 张家口的康保年平均气温为全区最低; 降水量空间分布不均, 主要表现为在燕山和太行山迎风坡一侧降水量较大, 平原地区的降水量普遍高于坝上地区, 东部降水量明显大于西部, 全区年降水量的空间分布既存在全区一致偏少的“一致型”, 也存在北部偏少, 南部相对偏多的“南北型”。

2) 从气温的时间变化上看, 1982~2010 年全区平均气温年际变化整体呈增加趋势, 上升速率为 $0.44^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 通过了 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验, 特别是 1993 年以后气温变化幅度较大, 存在突变现象, 各季气温均呈上升趋势, 其中冬季上升趋势最为明显, 其次是春季和夏季, 秋季上升趋势最小。从降水量的时间变化上看, 年降水量整体呈下降趋势, 年际波动较大, 气候倾向率为 $-13.5 \text{ mm}/10\text{a}$, 但下降趋势不显著, 未通过 $\alpha = 0.05$ 的信度检验。夏季降水量呈减少趋势, 且减少趋势显著, 其他季节均为弱的增加趋势, 但不显著。

3) 通过对京津冀地区 1982~2010 年的年平均气温序列和年降水量序列进行突变检验分析, 发现 1993 年为年平均气温的突变点, 1990 年代初期以前是一个降温阶段, 1989 年以后平均气温有一个升温趋势, 从 1997 年开始升温趋势异常显著, 超过了 $\alpha = 0.05$ 的信度检验线; 近 29 年京津冀地区年降水量的 UF 和 UB 曲线变化都未超过 $\alpha = 0.05$ 显著性水平线, 说明降水量变化不明显, 2001 年之前年降水量呈上升趋势, 在其他时间段年降水量都呈下降趋势, 1996 年前后、1999 年前后、2008 年前后年降水量发生突变。

4) EOF 分析表明, 整个研究区气温呈一致性变化, 气温明显增加的区域位于中西部内陆地区, 时间系数表明年平均气温呈波动式增加, 年际变化较大; 降水自南向西北呈减少趋势, 1997 年以前以增加为主, 1998~2002 年为偏少期, 2003 年以后降水增加。

基金项目

公益性行业(气象)科研专项 GYHY200806001。

参考文献 (References)

- [1] IPCC (2007) Summary for policymakers of climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge.
- [2] Karl, T.R. and Knight, R.W. (1996) Indices of climate change for United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **77**, 279-292.
- [3] 周伟东, 朱洁华, 史军 (2009) 华东地区最高最低气温时空变化特征. *气象与环境科学*, **1**, 16-21.
- [4] 刘学锋, 李元华, 秦莉 (2007) 河北省近 50 年最高气温及高温日数变化特征. *气象科技*, **1**, 31-35.
- [5] 廖春花, 刘甜甜, 林海, 等 (2005) 长沙近 57 年气温变化特征分析. *气象与环境科学*, **4**, 21-24.
- [6] 卞韬, 连志鸾 (2008) 石家庄地区近 46a 温度变化特征. *干旱气象*, **2**, 57-62.
- [7] 郝立生, 闵锦忠, 姚学祥 (2007) 华北地区夏季降水减少的原因分析. *干旱区研究*, **4**, 522-529.
- [8] 徐建华 (1996) 现代地理学中的数学方法. 高等教育出版社, 北京.
- [9] 黄嘉佑 (2004) 气象统计与预报方法. 气象出版社, 北京.
- [10] 符淙斌, 王强 (1992) 气候突变的定义和检测方法. *大气科学*, **4**, 482-493.
- [11] 魏凤英 (1999) 现代气候统计诊断与预测技术. 气象出版社, 北京.
- [12] 任国玉, 初子莹, 周雅清, 等 (2005) 中国气温变化研究最新进展. *气候与环境研究*, **4**, 701-716.
- [13] Zhao, P., Yang, S. and Yu, R. (2010) Long-term changes in rainfall over Eastern China and large-scale atmospheric circulation associated with recent global warming. *Journal of Climate*, **23**, 1544-1562.
- [14] 宋巧云, 魏凤英 (2006) 年代际气候变化研究进展. *气象科技*, **1**, 1-6.
- [15] Torrence, C. and Compo, G.P. (1998) A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **79**, 61-78.
- [16] 荣艳淑, 余锦华, 段丽瑶 (2007) 20 世纪 80 和 90 年代华北干旱特征及成因分析. *高原气象*, **2**, 319-325.
- [17] Xiao, J., Zhuang, Q., Liang, E., Shao, X., McGuire, A.D., Moody, A., et al. (2009) Twentieth-century droughts and their impacts on terrestrial carbon cycling in China. *Earth Interaction*, **13**, 1-31.
- [18] 匡正, 季仲贞, 林一骅 (2000) 华北降水时间序列资料的小波分析. *气候与环境研究*, **3**, 312-317.