

1971~2009年阜康绿洲气候变化规律分析

唐金¹,李霞¹,卢磊^{2,3}

(1.新疆农业大学草业与环境科学学院,新疆乌鲁木齐830052;2.中国科学院新疆生态与地理研究所,新疆乌鲁木齐830011;
3.中国科学院研究生院,北京100049)

摘要:根据阜康市气象站1971~2009年平均气温、降水量资料,运用线性趋势估计、小波分析、距平与累积距平、滑动 t 检验等方法,对阜康绿洲年平均气温和降水量变化趋势、周期特征、突变特征进行分析。结果表明:(1)1971~2009年,阜康年平均气温和降水量均呈波动式上升;年平均气温以 $0.44^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的线性倾向率上升,其相关系数为0.61,通过了0.01显著性检验。年降水量以 $14.04\text{ mm}/10\text{a}$ 的倾向率增加,其相关系数为0.26,通过了0.10显著性检验。(2)气温序列存在7a和18a的准周期;降水序列存在5a和18a的准周期;在不同的时间尺度上,气温和降水经历了多个偏暖(多)期和偏冷(少)期,在未来几年可能会迎来一个偏暖期;降水在未来几年将由偏少期向偏多期转变。(3)气温和降水量累积距平曲线的变化趋势显示,绿洲气温和降水量分别存在1983、1997年突变年份;突变各时间段的变化趋势都通过了 $\alpha=0.10$ 的显著性检验,趋势性明显。

关键词:气候;小波分析;突变特征;滑动 t 检验;阜康绿洲

中图分类号: S162 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)04-0257-06

新疆地处我国西北干旱区,深居内陆,远离海洋,气候干燥,降水量小,变率大。绿洲和荒漠是其特有的景观类型,绿洲寓于荒漠之中,自然环境恶劣,加之人为不合理开发利用,使之很容易向荒漠化、盐渍化演变^[1]。因此,近年来,许多学者^[1~4]对阜康绿洲的环境变化、土地利用类型、景观格局及土壤盐渍化等问题进行了研究。对阜康气候变化的研究有:刘新春、杨余辉、杜刚等^[5,6]采用一元线性回归方法对阜康三工河流域内山区和平原区1961~2000年气候资料进行相关性分析,得出山区和平原区气温总体呈上升趋势,降水整体呈增湿趋势,近山平原区是气候暖湿化最为显著的地域。以上研究揭示了一定时间尺度上三工河流域气候变化规律。但研究大多采用线性回归方法研究流域尺度变化规律,其研究方法、研究时段、研究范围均有一定局限。对整个阜康绿洲而言,其气候变化是否具有周期特征?变化的幅度有多大?在多大的时间尺度进行突变?2000年以后阜康绿洲气候又是如何变化的?为回答上述问题,本文根据阜康市气象站1971~2009年年平均气温及降水观测数据,在线性趋势分析的基础上采用小波分析、距平及累积距平等方法对阜康绿洲气温、降水序列进行周期特征、突变特征分析,并运用滑动 t 检验对突变点进行检验,以全面了解阜康绿洲近40a气候变化规律。为阜康绿洲

农业生产、植被遥感监测和荒漠化治理等工作提供依据。

1 研究区概况

阜康绿洲位于天山北麓、古尔班通古特沙漠南缘山前倾斜平原区 $43^{\circ}45'\sim 45^{\circ}29'\text{N}$, $87^{\circ}46'\sim 88^{\circ}44'\text{E}$ 之间。属典型温带大陆气候,具山地、平原和沙漠三个地貌单元,随地貌单元变化,气候差异明显。由于天山山体高峻,拦截西风带侵入的水汽造成山区年降水达 $450\sim 700\text{ mm}$ 。平原区气温变化剧烈,昼夜温差大,春温大于秋温,年较差、日较差大,年均温 6.6°C ;最高气温 42.6°C ,最低气温 -41.6°C ;热量丰富,降水稀少,年均降水量 164 mm ,年均蒸发量 $1\,780\sim 2\,453\text{ mm}$ 。年均日照 $2\,933\text{ h}$,年均无霜期 176 d 。境内有水磨河、三工河、四工河、甘河子河、白杨河、西沟河和黄山河,在各山口形成大小不一的洪积、冲积平原。阜康绿洲位于冲洪积扇的上部,是开垦历史较为悠久的老绿洲,下游222团是1949年后新开垦的绿洲^[7]。

2 资料与方法

2.1 数据来源

研究采用阜康气象站1971~2009年逐年气温、降水观测数据。

收稿日期:2010-10-14

基金项目:新疆维吾尔自治区草地资源与生态实验室、新疆维吾尔自治区发改委生态科技工程(0742141)

作者简介:唐金(1987—),女,湖南武冈人,硕士研究生,主要从事资源环境遥感方向的研究。E-mail:balonhn@126.com。

通讯作者:李霞,教授,主要从事资源环境遥感和恢复生态方向的研究。

2.2 研究内容及方法

(1) 用线性倾向估计法分析变化趋势,线性方程的斜率 b 为正(负)表示上升(下降)趋势,零表示无变化趋势,并将 $b \times 10a$ 定义为气候倾向率。(2) 用小波分析法^[8]识别气温和降水序列周期性变化特征,小波方差出现极值的时间尺度即为序列周期的时间尺度。(3) 以距平曲线^[9]的波动来反映气温和降水的变化幅度,累积距平曲线的上升和下降反映了气温和降水随时间变化的增加和降低。(4) 用滑动 t 检验^[10]确定气温和降水序列的突变年份, t 值超过显著水平线的年份即为突变年份。

3 结果与分析

3.1 气候变化趋势

由图 1 年平均气温(a)和降水量(b)随时间变化曲线知,近 40 a 来,阜康绿洲年平均气温呈现持续升高的趋势,说明气候逐渐变暖,年平均最低气温 5.3℃,出现在 1984 年,年平均最高气温 8.8℃,出现在 2008 年。年平均气温以 0.44 mm/10a 的幅度升温,远大于全国年平均气温增幅(0.04 mm/10a),其相关系数 R 为 0.61,通过了 0.01 显著性检验。

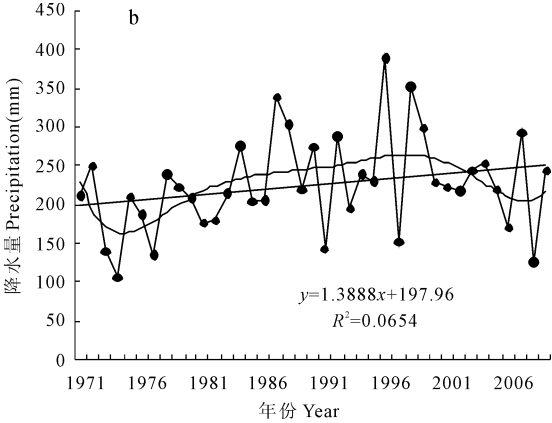
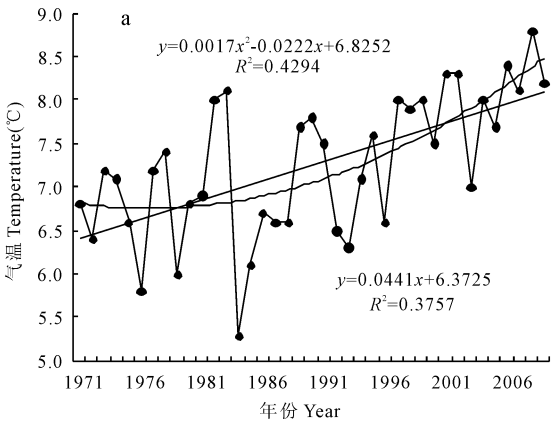


图 1 阜康绿洲气温和降水变化趋势

Fig.1 Change and trend of annual air temperature and precipitation in Fukang oasis

年降水量从 20 世纪 70 年代的 211.3 mm 到 21 世纪初的 247.2 mm,增加了 31.4 mm,年降水量增幅 14.04 mm/10a(气候倾向率),相关系数 R 为 0.26,通过了 0.10 显著性检验,说明上升趋势较显著。经线性回归分析表明,阜康绿洲过去 40 a 的气温和降水量序列整体呈上升趋势。

3.2 气温、降水周期分析

为研究阜康绿洲气温、降水变化的周期性特征,借助小波变换时频局部化优势以准确找到时间序列(大小时间尺度与周期)和突变点所在的位置^[11,12],为气候变化分析、预测提供重要依据。

3.2.1 气温小波分析 阜康近 40 a 平均气温变化的小波分析(图 2)表明,其气温变化存在较长周期,长周期中又包含着短周期,气温变化由不同长度周期震荡的叠加形成。

图 2(a)中,由小波方差看出,1971~2009 年时间域内,年平均气温变化以 7 a、18 a 周期振动最强,说明该地区年平均气温的年际变化明显。最终确定阜康在近 40 a 的时间尺度上存在约准 7 a 和准 18 a 的周期。

线前期波动振幅较大,后期逐渐变小,在 1976~1980 年和 1981~1984 年间,曲线的波动较明显,气温序列经历了 8 个偏暖期。在 18 a 时间尺度,气温序列经历了 1971~1978 年和 1994~2009 年 2 个气温偏暖期,发生变化的年份是 1978 年、1994 年。

图 2(c)为气温变化的小波系数等值线图(实线表示温度偏暖;虚线表示温度偏冷),气温小波系数等值线在 7 a 和 18 a 时间尺度附近分布较密集,存在明显的小波系数高低值中心震荡。周期在 5~10 a 之间,气温的波动比较大,经历了 9 个偏冷期和 8 个偏暖期;在 10~15 a 的时间尺度,气温含有 4 个相对偏暖期和 4 个相对偏冷期,每一时期持续的时间大都在 5 a 左右。在 15~20 a 的时间尺度,气温经历了“偏暖—偏冷—偏暖”的交替变化,1978 年的前几年是气温偏暖期,而 1978 年的后几年是气温偏冷期,每个交替期都对应着气温的突变。在 20 a 以上的时间尺度上,气温发生了由冷到暖的转变。由此推断,不论在哪一时间尺度,阜康绿洲未来几年气温将出现一个偏暖期。

图 2(b)中,在 7 年的时间尺度上,小波系数曲

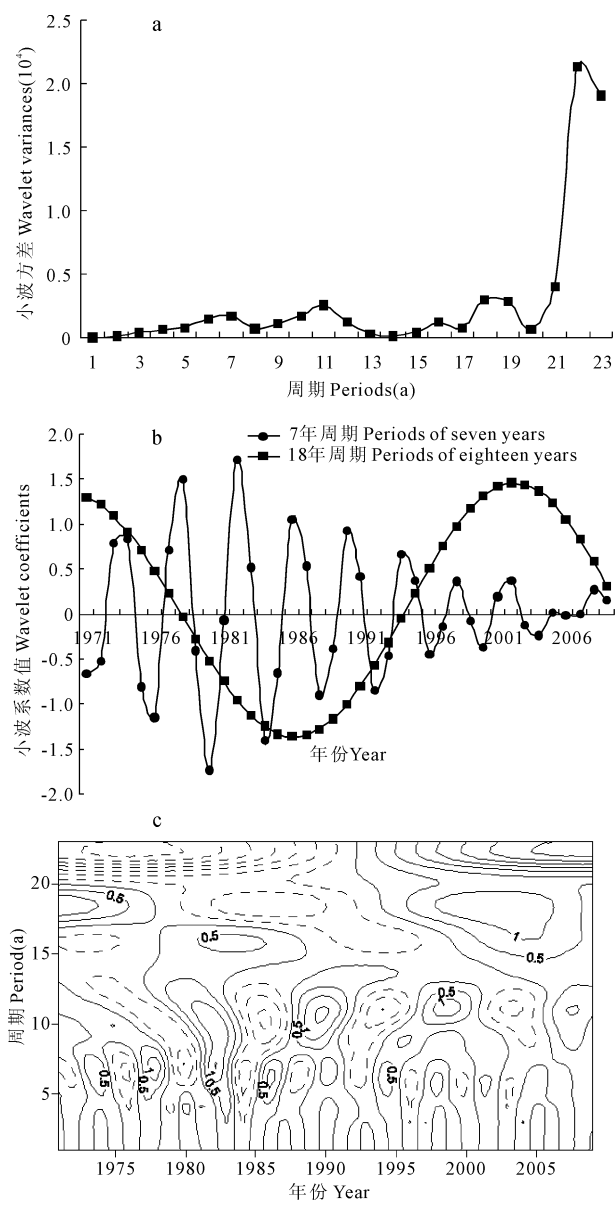


图 2 阜康绿洲气温序列小波方差(a)、主周期尺度小波曲线(b)、小波系数等值线(c)

Fig.2 Wavelet variances (a), wavelet coefficients lines in principal period scales (b) and wavelet coefficients(c) of annual temperature in Fukang oasis

3.2.2 降水量小波分析 图3(a)为小波方差图,在5 a和18 a尺度小波方差存在极值,在近40 a的时间尺度上阜康绿洲存在准5 a和准18 a的周期。

图3(b)中,在5 a的时间尺度上,小波系数曲线经历了“偏多—偏少—偏多—偏少—偏多”的交替振荡,1972~1976年、1984~1987年和1995~2000年间波动振幅较大,降水序列经历了13个偏多期。在18 a时间尺度,降水序列经历了1971~1984年和2001~2009年2个降水偏少时期,发生变化的年份是1985年、2000年。

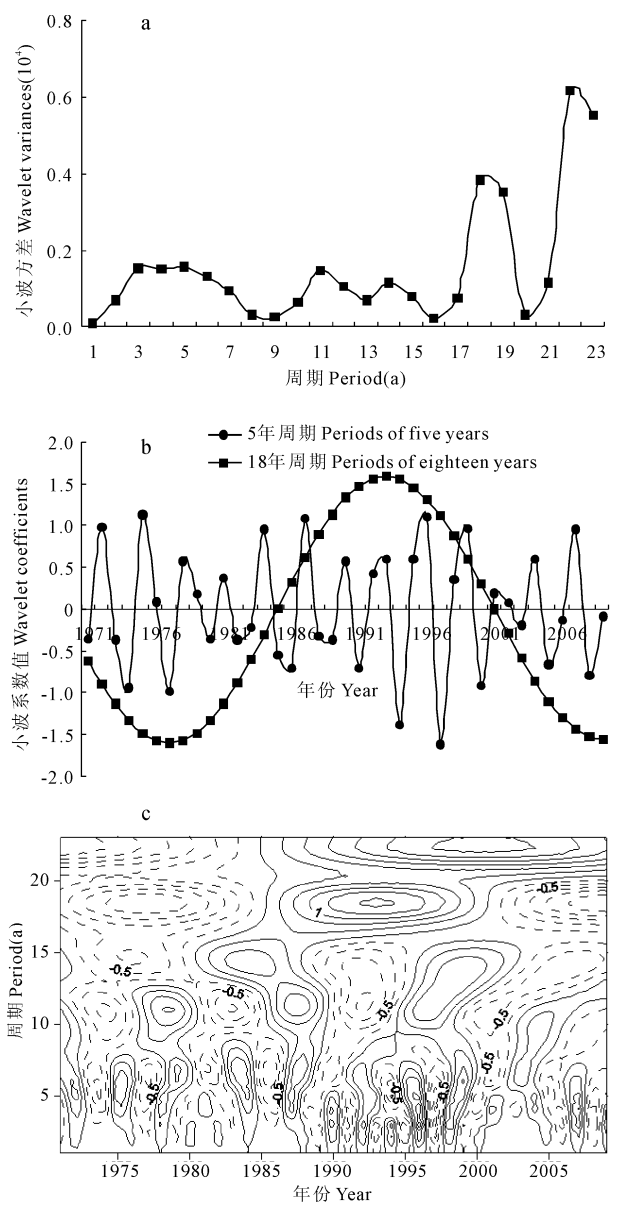


图 3 阜康绿洲降水量序列小波方差(a)、主周期尺度小波曲线(b)、小波系数等值线(c)

Fig.3 Wavelet variances (a), wavelet coefficients lines in principal period scales (b) and wavelet coefficients(c) of annual precipitation in Fukang oasis

图3(c)为降水变化的小波系数等值线图(实线表示降水量偏多;虚线表示降水量偏少),5 a和18 a左右小波系数附近分布比较密集且存在明显的小波系数高低值中心震荡。在15~22 a的时间尺度上,研究区降水经历了“偏少—偏多—偏少”的交替变化,1985年的前几年是降水偏少期,1985年的后几年是降水偏多期。在10~15 a时间尺度上,降水含有4个相对偏少期和3个相对偏多期,每一时期持续时间在6 a左右。在10 a以下时间尺度,降水波动比较大,变化频繁,经历了14个偏少期和13个偏

多期。

综合图 3 中的(b)和(c)看出,降水序列在 5 a 和 18 a 的尺度,小波系数曲线和等值线都没有闭合,且处于低值区的末年,表明降水偏少期在未来的几年有可能向降水偏多期转变。由此推断,无论从哪一时间尺度上,未来几年降水将由偏少期向偏多期过渡,对处于干旱区的阜康绿洲而言,降水量的增加将有利于植被的生长恢复。

3.3 阜康绿洲气温、降水的突变诊断

气候突变是指在较短时期内由一种相对稳定的气候状态,过渡到另一种气候状态的变化,它是气候系统非线性性质的一种表现^[13]。自 20 世纪 80 年代以来,各种尺度气候突变的事实不断被揭示。阜康的气候是否存在突变? 目前检测突变的方法有多种,本文采用滑动 t 检验方法,对阜康的气温、降水进行突变检验。

图 4 是 1971~2009 年气温距平和累积距平变化序列,从中可以看出,39 a 间,偏暖年份和偏冷年份大致相等,距平值为正值的年份有 19 a,占到总年数的 48.7%,且大部分集中在 20 世纪 90 年代和 21 世纪初。其中,2008 年的距平值为历年最大,为 1.55。累积距平线的变化趋势表明,阜康气温序列经历了“冷—暖”的波动,1997 年达到极值,是“冷—暖”交替的突变点。

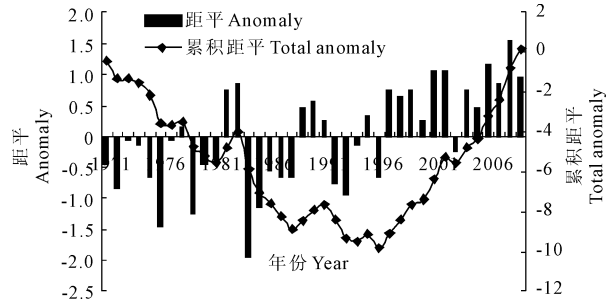


图 4 气温距平和累积距平变化趋势

Fig.4 Yearly change and trend of annual temperature in Fukang oasis

图 5 给出了滑动 t 检验的检验结果,1981~1985 年和 1990~1993 年,气温处于正趋势,1976~1981 年、1985~1990 年、1993~2001 年则处于负趋势,1997 年达到 $\alpha=0.01$ 的显著水平,是气温发生变化的突变年份。其中 1997 年的 t 分布统计值达到最小,为-4.17。滑动 t 检验得出的突变年份与累积距平线得到的突变年份基本一致,表明研究区内气温的变化确实存在 1997 年的突变。

图 6 为 1971~2009 年降水距平和累积距平变化序列,由图看出,近 40 a,少水年份占主导地位,距

平值为负值的年份有 22 a,且大部分集中于 20 世纪 90 年代和 20 世纪初,1996 年的距平值为历年最大,为 162.87。累积距平线的变化趋势表明,阜康降水序列经历了波动,并在 1983 年发生突变,是“减少—增加”交替的突变点。

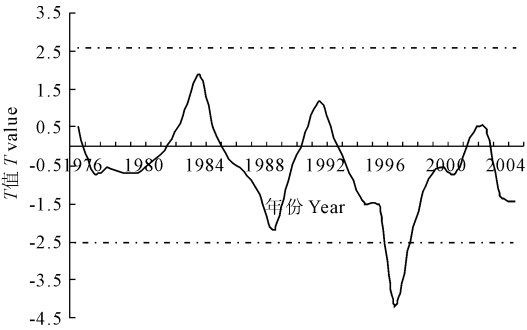


图 5 阜康绿洲气温突变检验

Fig.5 The abrupt changes of annual temperature in Fukang oasis

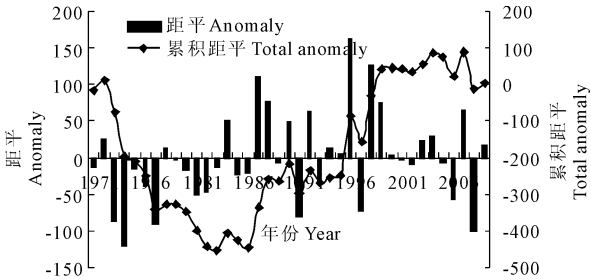


图 6 降水量距平和累积距平变化趋势

Fig.6 Yearly change and trend of annual precipitation in Fukang oasis

图 7 给出了滑动 t 检验法的检验结果,1979~1989 年、1992~1999 年始终处于负趋势,2000 年以后降水才处于正趋势,1983 年达到 $\alpha=0.01$ 的显著水平,是降水发生变化的突变年份,其中 1983 年的 t 分布统计值达到最小,为-2.97,滑动 t 检验得出的突变年份与累积距平线得到的突变年份基本一致,表明研究区内降水的变化确实存在 1983 年由少—多的突变年。

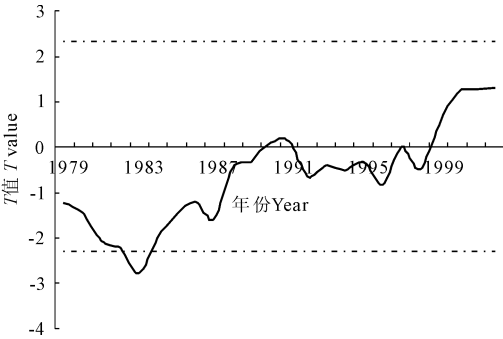


图 7 阜康绿洲降水突变检验

Fig.7 The abrupt changes of annual precipitation in Fukang oasis

4 结 论

本文运用小波分析法、距平与累积距平法及滑动 t 检验法对阜康绿洲 1971~2009 年气温和降水变化趋势、周期、突变特征进行综合分析,结论如下:

1) 趋势分析表明,近 40 a,阜康绿洲气温和降水量呈现波动式上升趋势。气温从 20 世纪 70 年代到 21 世纪初升高了 1.4℃,年气温平均增幅 0.44 mm/10a,其相关系数为 0.61,通过了 0.01 显著性检验,年降水量从 20 世纪 70 年代 190.98 mm,增加到 21 世纪初的 221.29 mm,增加了 30.31 mm,年降水量平均增幅 14.04 mm/10a,相关系数为 0.26,通过了 0.10 显著性检验,说明上升趋势较显著。

2) 周期分析表明,气温序列小波方差在 7 a、18 a 尺度上存在极值,即气温序列存在 7 a、18 a 的周期;在不同的时间尺度,小波系数等值线包含了多个高值区和低值区,即气温经历了多个偏暖期和偏冷期;从 7 a 和 18 a 的尺度上来看,小波系数曲线刚刚转到高值区,可以推断,在未来几年可能会迎来一个高温期。降水序列小波方差在 5 a、18 a 尺度上存在极值,即降水序列存在 5 a、18 a 的周期;在不同的时间尺度上,小波系数等值线包含了多个高值区和低值区,即降水经历了多个偏多期和偏少期;从 5 a 和 18 a 的尺度看,小波系数曲线处于低值区的末年,表明降水偏少期在未来的几年有可能向降水偏多期转变。由此推断,无论从哪一时间尺度上看,未来几年降水将由偏少期向偏多期过渡。

3) 对气温和降水突变分析表明,滑动 t 检验得出的突变年份与累积距平法得到的突变年份基本一

致,研究区内气温和降水变化确实存在 1983 年、1997 年的突变年。

参 考 文 献:

[1] 刘新春,杨金龙,郑 奕,等.阜康绿洲环境变化的气候特征[J].干旱区研究,2006,23(1):167—170.

[2] 卢 磊,乔 木,周生斌,等.阜康绿洲土地利用类型斑块标度—频度分形特征[J].干旱区研究,2010,27(4):495—500.

[3] 刘新春,张远东,任光耀,等.新疆阜康荒漠绿洲景观格局动态及其影响因子分析[J].应用生态学报,2004,15(7):1197—1202.

[4] 顾峰雪,张远东,刘永强,等.阜康绿洲土壤盐渍化特征及其与肥力的相关性分析[J].干旱区资源与环境,2003,17(2):78—82.

[5] 刘新春,杨金龙,杨 青.三工河流域 40 年来气温、降水变化特征分析[J].水土保持研究,2005,12(6):54—57.

[6] 刘新春,梁 云,赵 玲,等.三工河流域气候、水文变化及其影响[J].水土保持研究,2006,13(3):21—23.

[7] 常顺利,潘晓玲,师庆东,等.阜康绿洲局地气候差异对农作物生理生态影响的对比研究[J].干旱区研究,2002,19(1):53—57.

[8] 刘 德,李永华,何卷雄.重庆市夏季气温及降水变化的小波分析[J].高原气象,2003,22(2):173—179.

[9] 张桂梅,魏 娜,刘 韬.陕北地区近 47 年降水小波变换分析[J].陕西气象,2008(5):9—12.

[10] 李 珍,姜逢清.1961—2004 年新疆气候突变分析[J].中国沙漠,2007,29(3):351—359.

[11] 李红军,李 军,何 清.新疆沙尘暴的趋势和突变研究[J].中国沙漠,2008,28(5):915—919.

[12] 杨志峰,李春晖.黄河流域天然径流量突变性与周期性特征[J].山地学报,2004,22(2):140—146.

[13] 张家宝,史玉光.新疆气候变化短期气候预测研究[M].北京:气象出版社,2002:1—29.

Trend and sustainability analysis of air temperature and precipitation in Fukang oasis from 1971 to 2009

TANG Jin¹, LI Xia¹, LU Lei^{2,3}

(1. College of Pratacultural and Environmental Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjaing 830052, China;

2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Science, Urumqi, Xinjiang 830011, China;

3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract : The trend , period and abrupt change of annual temperature and precipitation in Fukang oasis were analyzed with methods of linear analysis , annual anomalies , moving *t* test and wavelet analysis . The results indicate that : (1) The annual temperature and precipitation trend is in decrease in nearly 40 years . The average temperature trend is 0.44℃/10a and the correlation coefficient is 0.61 . The average precipitation trend is 14.04 mm/10a and the correlation coefficient is 0.26 . (2) There is an obvious periodic of 7 and 18 years for the annual temperature series during nearly 40 years . At the scale of 7 years , there are 8 high frequency periods and 9 latent periods for the annual temperature series ; At the scale of 18 years , there are 4 high frequency periods and 4 latent periods for annual temperature series . There is an obvious periodic of 5 and 18 years for the annual precipitation series during nearly 40 year . At the scale of 5 years , there are 13 high frequency periods and 14 latent periods for the annual precipitation series ; At the scale of 18 years , there are 1 high frequency periods and 2 latent periods for the annual precipitation series . The wavelet analysis indicates that the annual temperature will keep an increasing trend in the coming years , while the annual precipitation may show a decreasing change in the coming years . (3) The trend of annual anomalies shows that the annual temperature and precipitation changes in 1983 and 1997 , which passed the significance test at 0.10 level . The study on climate change may provide a basis for ecological monitoring , climate projections and agricultural development in Fukang oasis .

Keywords : air temperature and precipitation ; wavelet analysis ; abrupt change ; moving *t* test ; Fukang oasis

(上接第 256 页)

Analysis of pan evaporation of Inner Mongolia in the Yellow River Basin

CUI Ying¹, LIU Ting-xi¹, DU Yan-xia²

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010018, China;

2. Hydrological Survey Bureau of Bayannaer City, Linhe, Inner Mongolia 010050, China)

Abstract : The variation of 20 cm pan evaporation in Inner Mongolia in the Yellow River Basin was analyzed based on 20 cm pan evaporation data of 26 weather stations from 1959~2008 by using the method of climate tendency coefficient and climatic trend rate . The results showed that the average annual and average seasonal pan evaporation declined . But the variation of annual evaporation sequences of 26 weather stations was not completely consistent with average pan evaporation of the whole region , it was in fluctuation , and in which spring and summer were the majors . The meteorological elements had different performance in pan evaporation of different regions , “pan evaporation paradox” was not absolutely correct .

Keywords : pan evaporation ; meteorological elements ; Yellow River Basin