

中天山北坡近 30 年相对湿润指数变化趋势分析

曹 兴, 万 瑜, 崔玉玲, 蔡新婷, 官恒瑞, 普宗朝

(新疆乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘 要: 利用中天山北坡乌鲁木齐地区 1981—2010 年的逐月降水、气温资料, 通过 Thornthwaite 方法计算潜在蒸散量确定气候相对湿润指数, 并分析其时空变化特征; 同时应用小波分析及 Mann-Kendall 法, 对相对湿润指数进行突变和周期分析, 结果表明: 降水量呈波动的增加过程, 空间分布不均, 气温增暖趋势明显; 在气候变暖的背景下, 潜在蒸散量呈波动上升趋势, 空间上分布差异显著 ($P < 0.01$), 各区变化趋势较一致, 基本上保持同增同减的过程; 相对湿润指数在 $-0.88 \sim 1.10$ 间, 由南至北递减, 在时间序列上均呈弱的负趋势。进入 21 世纪, 气候干旱化态势显著, 秋季气候干旱化速率快于其它季节, 但未出现明显的突变时间区域; 各区振荡周期存在差异, 但 3 a 和 6 a 的周期振荡一致性较好, 同时不同时段内 7~8 a 的低频振荡周期表现得也较为显著。

关键词: 相对湿润指数; 干旱; 气候趋势; 新疆

中图分类号: S161.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)03-0244-08

Analysis on change tendency of relative moisture index in northern piedmont of middle Tianshan mountain over recent 30 years

CAO Xing, WAN Yu, CUI Yu-ling, CAI Xin-ting, GONG Heng-rui, PU Zong-chao

(Urumqi Meteorological Administration, Urumqi, Xinjiang 830002, China)

Abstract: Based on monthly temperature and precipitation data at northern piedmont of middle Tianshan mountain from 1981—2010, relative moisture index was determined through calculating potential evaporation by using Thornthwaite method. Abrupt change pattern and cycle of relative moisture index was analyzed using Mann-Kendall and Morlet wavelet method. The results showed the precipitation was increased spirally, its spatial distribution is uneven, and temperature showed significant increasing tendency. Under context of global warming, potential evapotranspiration showed spiral ascending trend with significant different spatial distribution ($P < 0.01$). The potential evapotranspiration change pattern is same in different areas, basically they alternated in same orientation, increasing or decreasing in parallel. Relative moisture index decreased with negative trend from south to north, in range of $-0.88 \sim 1.10$. After entering 21st century, it showed an obvious climatic aridification tendency and autumn has fastest aridification rate. However it did not show significant abrupt change time zone. Different areas showed discrepancy in oscillatory cycle. 3~6 years had better consistency in oscillatory cycle. At same time, 7~8 years showed obvious low-frequency oscillatory cycle.

Keywords: relative moisture index; aridification; climate trend; Xinjiang

干旱是我国最严重的气象灾害之一, 因其出现次数多、持续时间长、影响范围广, 严重制约着国民经济特别是农牧业生产的发展^[1]。近年来在气候异常的背景下, 干旱灾害频繁发生, 使得干旱问题研究成为诸多学者的研究热点^[2-3]。钱正安研究认为在所有的气候异常中, 干旱发生频率最高^[4]; 魏风英等^[5]以降水量为主, 兼顾底墒及蒸发状况, 对华北地

区春、夏季干旱指数的变化特征进行了研究。程国栋^[6]、汤奇成^[7]等研究表明西北地区呈现干旱化加剧趋势, 并与气温持续升高密切相关。近年来, 对干旱的研究较多, 但干旱成因复杂, 影响因素多, 学者选取的干旱指数存在差异。李伟光等^[8]利用标准化降水蒸散指数研究了 1951~2009 年我国的干旱化趋势。李剑锋^[9]、包云轩^[10]、马柱国^[11]等分别采用

收稿日期: 2012-12-22

基金项目: 新疆维吾尔自治区气象局青年基金项目(201132)

作者简介: 曹 兴(1984—), 男, 江西九江人, 硕士, 工程师, 主要从事农业气象及环境变化研究。E-mail: cxidm@163.com。

降水指数、CI 指数、地表湿润指数作为干旱指标研究了新疆、关中地区、北方地区的干旱的演变特征。此外,唐小萍^[12]、王升^[13]等分别研究了气候变化下雅鲁藏布江中游、黄土地区的潜在蒸散量变化特征。这些学者利用不同的干旱指数对不同区域的干旱特征进行了研究,得出了许多有意义的结论,对西北地区气候干旱化的研究提供了参考和借鉴,但研究多从宏观角度进行分析,对小区域气候干旱及其演变特征的研究相对较少。在全球气候变化背景下,由于地理位置、下垫面性质及人类活动的影响不同,区域气候千差万别,因而对于干旱强度的表征在不同地区存在差异,地处西北内陆的中天山北坡乌昌地区是我国传统的旱区,雨热同季,降水年变率大,空间分布不均匀。随着气候变化的不断加剧,若以某一个要素作为干旱指标,对于气候干旱研究存在局限性。有研究表明相对湿润指数作为一个理想的指标在中国典型干旱区研究中得到较好的应用^[11],其优点在于综合考虑降水、温度对水分收支的影响。因此本文拟采用该指标来分析中天山北坡乌昌地区近 30 a 的气候干旱的时空演变特征,以期更好地揭示在气候增暖背景下干旱的区域性差异,为西北干旱区精细化的区域气候变化研究提供参考。

1 研究区概况及资料方法

1.1 研究区概况

新疆乌鲁木齐和昌吉回族自治州(简称乌昌地区)地处天山北坡,准噶尔盆地南部,地形复杂,地势起伏悬殊,总体呈南高北低、东高西低的高程分布格局,山地面积约占总面积的 35% 左右,是天山北坡经济带重要的特色农产品、畜牧业生产基地。由于地处中纬度欧亚大陆腹地,乌昌地区降水少,平均年降水量 253.9 mm,且空间分布不均,总体呈现“山区多,平原少;西部多,东部少”特点;年平均气温 5.2℃,主要表现为“平原高,山区低;西部高,东部低”的分布特点^[14]。

1.2 资料来源

选用乌昌地区 14 个资料序列较长的气象站 1981—2010 年的逐月降水、气温实测资料。由于海拔的变化差异,为了能更好地分析区域气候干旱的特点,将研究区分为三个区域背景小气候进行对比分析:中山带牧区(小渠子、白杨沟、天池)、城区(乌鲁木齐、米东、昌吉)、农区(其它 8 个站点),乌昌地区地形及站点分布见图 1。

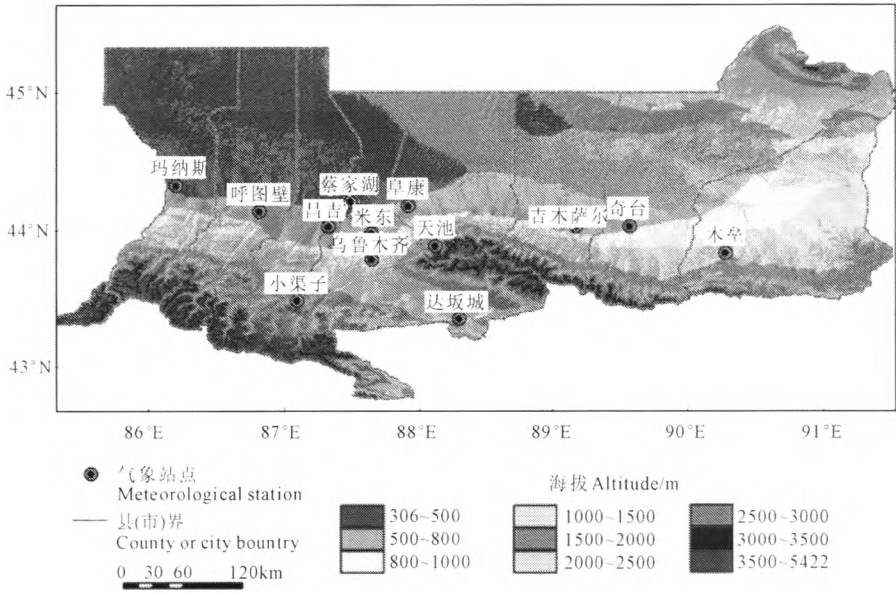


图 1 研究区内各站点的地理位置
Fig.1 The spatial distribution of sites in study area

1.3 分析方法

综合考虑了降水和温度变化对水分收支的影响,采用相对湿润指数的方法表征气候的干湿程度,根据文献可知,其相对湿润指数值越小,表示气候越干旱,反之气候则越湿润,其表达式为^[11,15]:

$$M = \frac{P - P_e}{P_e}$$

式中, M 为相对湿润指数; P 为月降水量(mm); P_e 为潜在蒸散量(mm), P_e 用 Thornthwaite 方法计算如下:

$$P_e = \begin{cases} 0 & T \leq 0^\circ\text{C} \\ 16.0 \times (10T_i/H)^a & 0^\circ\text{C} < T < 26.5^\circ\text{C} \\ \alpha_1 + \alpha_2 T + \alpha_3 T^2 & T \geq 26.5^\circ\text{C} \end{cases}$$

其中: $\alpha = 6.75 \times 10^{-7} H^3 - 7.71 \times 10^{-5} H^2 + 1.792 \times 10^{-2} H + 0.49$, $H = \sum_{i=1}^{12} (\frac{T_i}{5})^{1.514}$ 为年热量指数, T_i 为月平均气温($^\circ\text{C}$), 当 $T \leq 0^\circ\text{C}$ 时, 潜在蒸散量 P_e 为 0, 在这种情况下, 可以近似用降水量表示该地区冬季气候干湿状况^[11]。

此外还利用线性趋势法对该地区降水、气温、潜在蒸散量变化特征进行分析, 采用 Mann-Kendall 突变检验、小波分析法对相对湿润指数时间序列上的突变及周期进行分析, 统计分析基于 SPSS 13.0 及 DPS 7.05 软件完成。

2 结果分析

2.1 中天山北坡降水量变化特征

乌昌地区深居内陆, 降水量年变率大, 且空间分布不均, 降水的多寡直接反映气候干旱的程度, 是影响相对湿润指数的重要气象因子。1981—2010 年降水量年均值分别为: 城区 250.1 mm、牧区 535.9 mm、农区 202.1 mm, 在空间分布上差异明显, 且与海拔的变化密切相关, 由于受气流爬坡的影响, 南部中山带牧区降水量最高, 北部沙漠边缘为相对少雨带, 总体上表现降水量由南至北随海拔的降低而递减。由图 2 可知, 各区降水年际间变化明显, 波动较大, 总体呈现增加的态势。从降水量变化趋势来看, 中山带牧区增加趋势明显, 倾向率为 $13.4 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ($P = 0.48$), 农区次之为 $12.6 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ($P = 0.19$), 城区 $7.8 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ($P = 0.50$)。在近 30 a 内, 各区降水量呈波动的增加过程, 负距平的年份少于正距平的年份, 在 1987 年前, 降水量偏少, 基本上为负距平, 随后 1987 年各区降水量较前一年增加了 98.6 ~ 141.1 mm, 正距平幅度较大; 在 90 年代各区正距平幅度较小, 而在 1991、1997 年出现两次明显降水量突减的年份, 负距平幅度增大, 各区 1997 年的年降水量较 90 年代均值减少 40% ~ 45%; 在 2001—2010 年间, 出现三次降水大幅度增加的年份, 分别是 2003、2007、2009 年; 从时间序列分析可知, 在 1997 年后, 各区降水的突增突减的频率增大, 其中牧区降水量年变率最大, 城区次之, 农区最小。

2.2 中天山北坡温度变化特征

温度是计算相对湿润指数的一项重要参数, 随着全球气候的变暖, 中天山北坡气温也呈现出增温的趋势(图 3)。气温由于受到城市热岛效应以及海

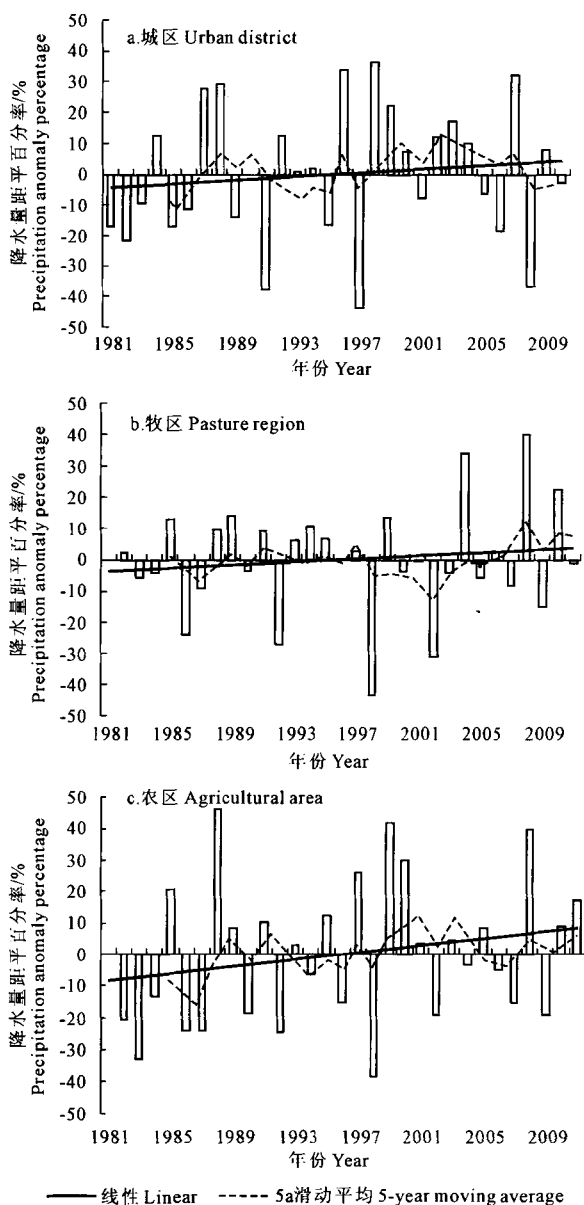


图 2 中天山北坡降水量距平百分率的年际趋势变化

Fig. 2 The inter-annual variation of precipitation anomaly percentage in study area

拔的影响, 在空间上表现为城区最高(7.9°C), 北部平原农区次之(6.7°C), 南部中山带牧区最低(2.2°C); 近 30 a 来, 各区气温增暖趋势明显, 城区、牧区、农区气温变化倾向率分别为 $0.64^\circ\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.62^\circ\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.40^\circ\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ($P < 0.01$), 远高于全国近 40 a 来增温速率 $0.04^\circ\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 。在时间序列上, 在 1997 年之前, 各区总体上趋于负距平状态, 其中城区负距平状态明显; 随后气温上升态势增强, 由负转正; 气温升高主要体现在 1997 年后, 各区气温基本上都处在正距平状态, 均值较 1997 年前升温 $0.7^\circ\text{C} \sim 1.1^\circ\text{C}$, 城区升温幅度明显, 农区最小; 对各区温度距平进行独立样本 T 检验发现, 城区组内方

差最大($P < 0.05$),说明在城市热岛的作用下,城区近30 a来气温变化差异显著,牧区次之,而农区方差最小,气温变化差异不显著。

2.3 中天山北坡潜在蒸散量变化特征

近30 a来中天山北坡气候发生明显变化(图2、3所示),潜在蒸散量也必然会随之发生变化,其变化趋势将直接体现气候干湿状况。对研究区内的14个测点的数据分析认为,各区平均潜在蒸散量变化范围为369.4~622.0 mm,在空间上分布差异极显著($P < 0.01$),总体表现为南部中山带牧区为低值区,均值为369.4~392.8 mm,北部农区次之,中部的城区最高达564.0~622.0 mm,其中米东最高为622.0 mm,北部沙漠边缘地带由于气温高,潜在蒸散量接近或甚于城区。从图4可知,年潜在蒸散量随时间变化呈波动增加趋势(通过了0.05的信度检验),城区变化倾向率最大为 $17.1\text{ mm}\cdot10\text{a}^{-1}$ 、牧区 $12.7\text{ mm}\cdot10\text{a}^{-1}$ 、农区 $11.5\text{ mm}\cdot10\text{a}^{-1}$ ($P < 0.01$)。各区在时间序列上变化趋势较一致,基本上保持同增同减的过程,但变化过程存在一定的差异;在80年代及90年代中前期,各区年潜在蒸散量均较历年值偏少,总体低于均值。1997年气温增幅明显,各区潜在蒸散量达到历年最大值,之后随升温作用,潜在蒸散量增大,高于历年均值,1997年后平均潜在蒸散量较历年值,牧区增幅3.2%,城区2.6%,农区2.0%。由以上分析可知,气温与潜在蒸散量关系密切,进一步分析认为,各区两者相关系数为0.79~0.86($P < 0.01$),存在极显著的正相关性,气温对潜在蒸散量的变化有着关键性的作用。

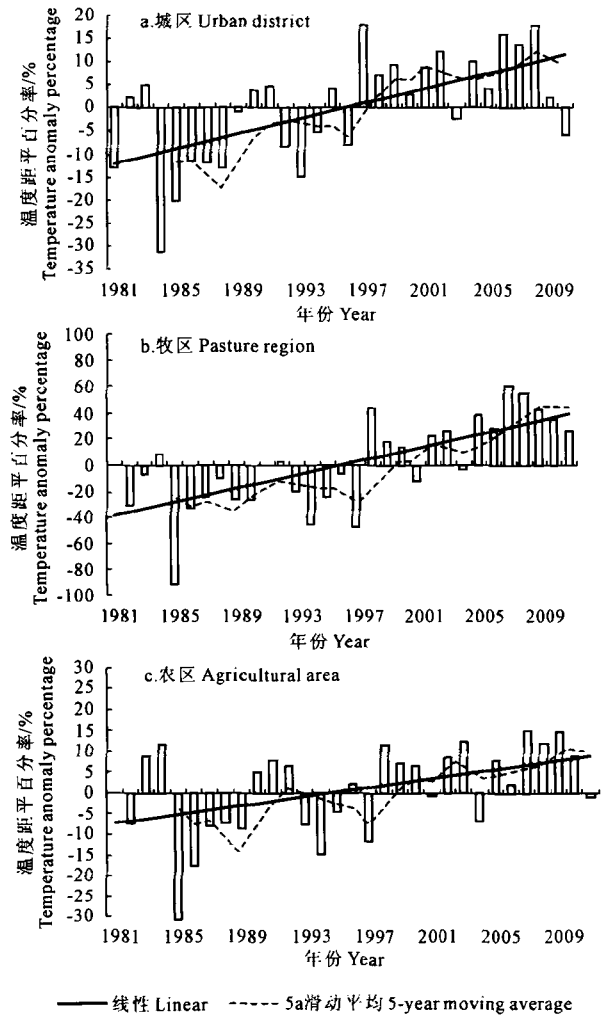


图3 中天山北坡温度距平百分率的年际趋势变化

Fig.3 The inter-annual variation of temperature anomaly percentage in study area

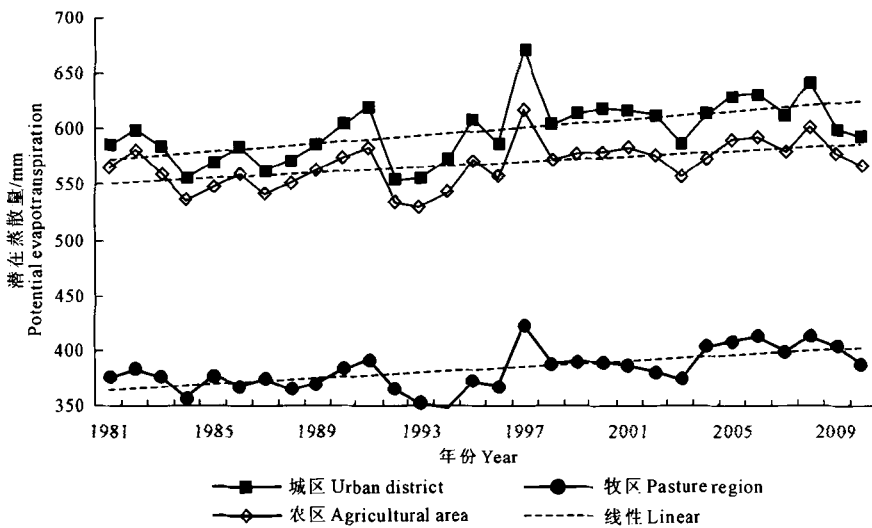


图4 中天山北坡潜在蒸散量的年际变化

Fig.4 The inter-annual variation of potential evapotranspiration in study area

2.4 相对湿润指数的空间差异

利用14个测站1981—2010年相对湿润指数平

均值来反映中天山北坡气候干旱的平均状况,从数据的空间插值分布(图5)可知,中天山北坡平均相

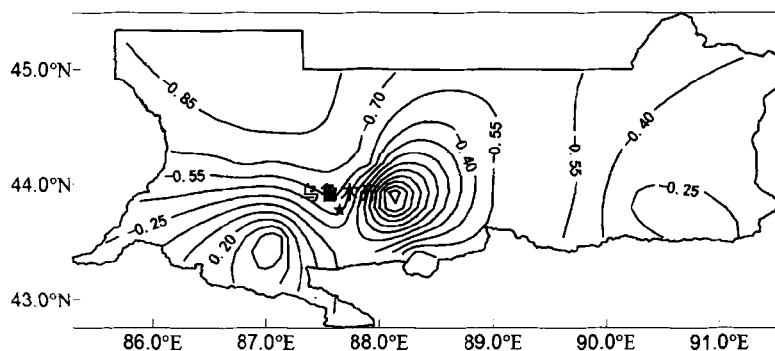


图 5 中天山北坡相对湿润指数的空间分布

Fig. 5 The spatial distribution of relative moisture index in study area

对湿润指数在 $-0.88 \sim 1.10$ 之间,总的趋势是由南向北递减,南部山区相对湿润,北部平原及沙漠边缘地带气候相对干旱。南部的牧区平均指数为 0.72 ,城区 -0.59 ,北部农区 -0.64 ;其中达坂城指数最小,为 -0.88 ,形成一个相对干旱区,这与该区域年降水量均值仅为 76.7 mm ,地表相对较干,蒸发量旺盛有关;北部沙漠边缘地带裸露的下垫面对太阳加热响应迅速,地面蒸发强烈^[16],使得气候干旱化状况强于其它区域。而南部的牧区,平均相对湿润指数最高,主要是由于山区降水量丰富,且蒸发量较其它区域小,因而气候相对湿润状况较好。

2.5 相对湿润指数的时间变化

2.5.1 年代际变化趋势分析 从近 30 a 相对湿润指数的时间变化来看(图 6)来看,中天山北坡各区均呈较弱的负趋势,相对湿润指数均有不同程度的减小,年际间变化幅度大,振幅明显,方差分析表现为牧区 > 城区 > 农区,表明牧区近 30 a 气候干湿年际变化较大,农区最小,但气候总体均趋于干旱化。牧区线性趋势系数最大为 $-0.013 \cdot \text{a}^{-1}$ ($P = 0.22$),气候干旱化显著,城区为 $-0.004 \cdot \text{a}^{-1}$ ($P = 0.30$),农区气候干旱化趋势相对较弱,系数仅为 $-0.003 \cdot \text{a}^{-1}$ ($P = 0.55$)。城区、农区相对湿润指数最大值出现在 1987 年,分别为 -0.17 、 -0.22 ,牧区最大值出现在 1994 年,为 2.57 ;各区最小值均出现在 1997 年,这与气温较历年值不同程度偏高,蒸发量增大有关,降水的偏少,进一步促使相对湿润指数减小,加剧了气候干旱化态势。从年代上分析,城区在上世纪 80 年代为气候相对湿润阶段,但随后相对湿润指数逐步减小,从 -0.54 减少到本世纪的 -0.64 ,减小幅度为 18.5% ;牧区年代际变化趋势与城区较一致,从 0.76 减少至 0.49 ,减幅为 35.5% ,减小趋势最为明显,进入本世纪干旱化速度加快;农区相对湿润指数在年代际间则表现为先升后降的趋势,在 90 年代气候相对 80 年代略湿润,近 10 a 来干旱化趋势加剧;根据相对湿润指数的计算方法进一步分析可知,

农区 90 年代较 80 年代气温偏高、降水偏多,气候相对偏湿润,而最近 10 a 气温大幅度升高,一定程度上抵消了降水略偏多对相对湿润指数的贡献。

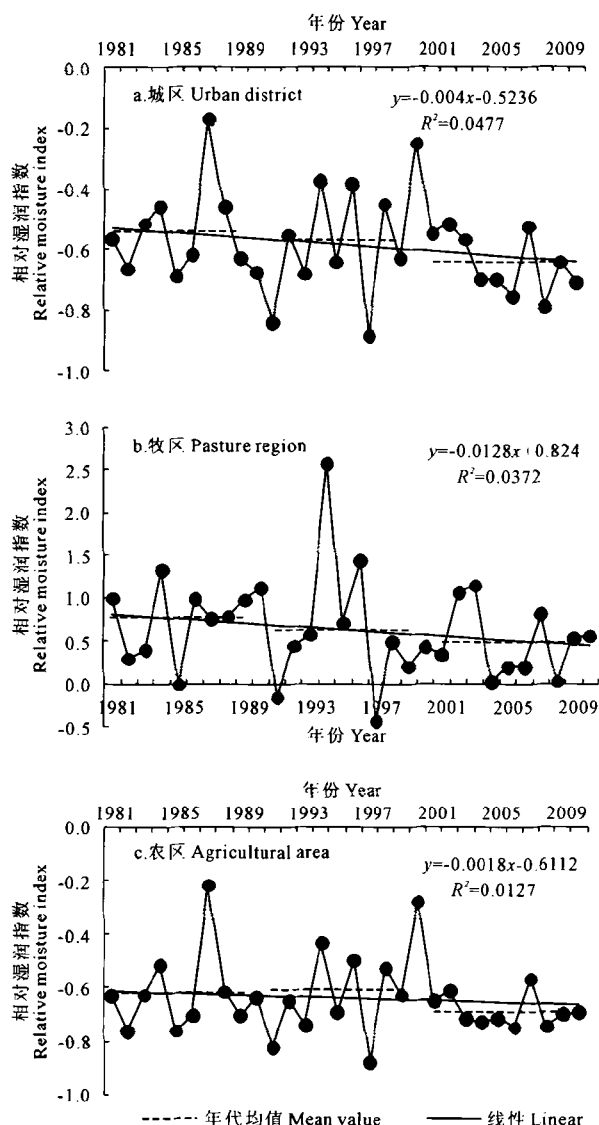


图 6 中天山北坡相对湿润指数时间变化特征

Fig. 6 The time dynamic change pattern characteristics of relative moisture index in study area

2.5.2 季节变化趋势分析 从表 1 可以看出,中天山北坡相对湿润指数季节性变化差异明显。总体而言,各区春季呈略升的正趋势,秋季呈较大的负趋势,表明春季干旱化趋势不明显,而秋季干旱化速率快于其它季节。在各个季节内中山带牧区均为相对湿润区,而北部农区为相对干旱区。城区在秋季均值最大为-0.46,说明在近 30 a 内秋季相对其它季节气候干旱化趋势较弱,但秋季相对湿润指数变幅大,方差高达 0.19,秋季旱情年代间变化差异显著;牧区春季气候为相对湿润阶段,湿润指数远远高于其全年均值 0.63,且年代间变化较大,但在秋季为偏干旱阶段;农区各个季节相对湿润指数均偏低,其

中夏季湿润指数最小,气候为偏干阶段,年代间变化较稳定,这与农区夏季气温高,水分蒸发蒸散量大,支出较多密切相关。从季节变化趋势系数可知,在近 30 a 来,各区春季相对湿润指数均呈弱增态势,趋势系数为 $0.02 \sim 0.09 \cdot 10a^{-1}$,其中牧区春季气候朝湿润方向发展最显著;各区夏季和秋季总体表现为负趋势,牧区秋季负趋势最显著,为 $-0.25 \cdot 10a^{-1}$,高于全年趋势系数近 1 倍,气候干旱化明显;由于冬季研究区月平均气温低于 $0^{\circ}C$,可以用降水量来表示气候干湿状况,各区冬季降水近 30 a 呈略增加趋势,城区冬季多年平均降水量为 33.0 mm,牧区 25.60 mm,而农区只有城区的 76.7%。

表 1 中天山北坡相对湿润指数季节变化特征
Table 1 The seasonal variation of relative moisture index in study area

季节 Season	城区 Urban district				牧区 Pasture region				农区 Agricultural area			
	均值 Average	变幅 Amplitude	方差 Variance	趋势系数 Trend coefficient	均值 Average	变幅 Amplitude	方差 Variance	趋势系数 Trend coefficient	均值 Average	变幅 Amplitude	方差 Variance	趋势系数 Trend coefficient
春季 Spring	-0.47	1.19	0.07	$0.03 \cdot 10a^{-1}$	1.24	3.2	0.74	$0.09 \cdot 10a^{-1}$	-0.57	0.84	0.04	$0.02 \cdot 10a^{-1}$
夏季 Summer	-0.76	0.41	0.01	$-0.01 \cdot 10a^{-1}$	0.20	0.38	0.07	$-0.06 \cdot 10a^{-1}$	-0.77	0.27	0.01	$0.01 \cdot 10a^{-1}$
秋季 Autumn	-0.46	1.97	0.19	$-0.17 \cdot 10a^{-1}$	0.17	2.46	0.31	$-0.25 \cdot 10a^{-1}$	-0.52	1.88	0.15	$-0.09 \cdot 10a^{-1}$
全年 Year	-0.59	0.71	0.03	$-0.04 \cdot 10a^{-1}$	0.63	3.01	0.34	$-0.13 \cdot 10a^{-1}$	-0.64	0.66	0.02	$-0.02 \cdot 10a^{-1}$

对相对湿润指数与气温、降水的相关性季节差异分析(表 2)可知,各区相对湿润指数与气温呈负相关性,而与降水呈显著的正相关关系,不同区域不同季节相关程度存在差异。各区夏季指数与降水量均达到极显著的正相关,相关系数高达 0.99 ($P < 0.01$),这主要是由于降水主要集中在夏季,占全年降水量的 32.4%~52.0%;城区全年气候湿润状况

与降水密切相关,相关系数为 0.70,其次为农区,牧区为 0.53,均达到了极显著相关水平;各区与气温的相关性差异较大,其中农区仅有秋季达到显著水平,春季与气温相关水平较低;从全年来看,牧区与气温的相关性强于其它区域,达到极显著的负相关,可以认为在同等降水量条件下,气温升高,蒸散作用增强,牧区气候干旱化趋势强于其它区域。

表 2 相对湿润指数与各季节气温、降水量相关性分析
Table 2 The correlation analysis between air temperature-precipitation and relative moisture index

季节 Season	城区 Urban district		牧区 Pasture region		农区 Agricultural area	
	气温 Air temperature	降水量 Precipitation	气温 Air temperature	降水量 Precipitation	气温 Air temperature	降水量 Precipitation
春季 Spring	-0.41*	0.89**	-0.51**	0.40*	-0.06	0.86**
夏季 Summer	-0.37*	0.99**	-0.53**	0.99**	-0.27	0.99**
秋季 Autumn	-0.58**	0.72**	-0.46*	0.73**	-0.49**	0.64**
全年 Year	-0.37*	0.70*	-0.50**	0.53**	-0.29	0.68**

注: ** 通过 0.01 水平显著性检验, * 通过 0.05 显著性水平。
Note: ** through the 0.01 level significant test; * through 0.05 level significant test.

2.5.3 相对湿润指数突变分析 为了深入分析相对湿润指数变化趋势,利用 Mann-Kendall 突变检验

法来分析其突变点^[17-18](图 7),子序列长度为 5。图中 UF 为按时间顺序计算出的统计量序列,UB 为

逆时间的统计量序列。若 $UF > 0$, 则表明序列呈上升趋势, $UF < 0$ 则表明呈下降趋势; 当超过临界值时, 表明上升或下降趋势显著; 超过临界线的范围为出现突变的时间区域; 若 UF 和 UB 相交在临界线内, 交点为突变开始时间。由图 7 可知, 中天山北坡各区相对湿润指数在进入 21 世纪以来均呈减小趋势, 气候干旱化态势趋势显现。城区 UF 在 20 世纪 80 年代前期明显上升, 80 年代后期明显下降, 至 90 年代呈波动过程, 在 2005 年出现交点, 突变开始, 但未超出临界区域, 突变不明显; 牧区在 1997 年后 UF 下降趋势显著, 并在 1997 年与 UF 出现交点, 气候干旱化显著性增强, 突变开始时间早于其他区域; 农区 UF 曲线变化过程与城区相似, 相对湿润指数开始下降趋势的年份相同, 但交点提前 2 a 出现, 即突变提前至 2003 年。由此可知, 中天山北坡各区上世纪末至本世纪初气候干旱化趋势明显, 突变开始时间表现为牧区早于农区, 城区晚于农区, 但均未出现显著的突变时间区域。

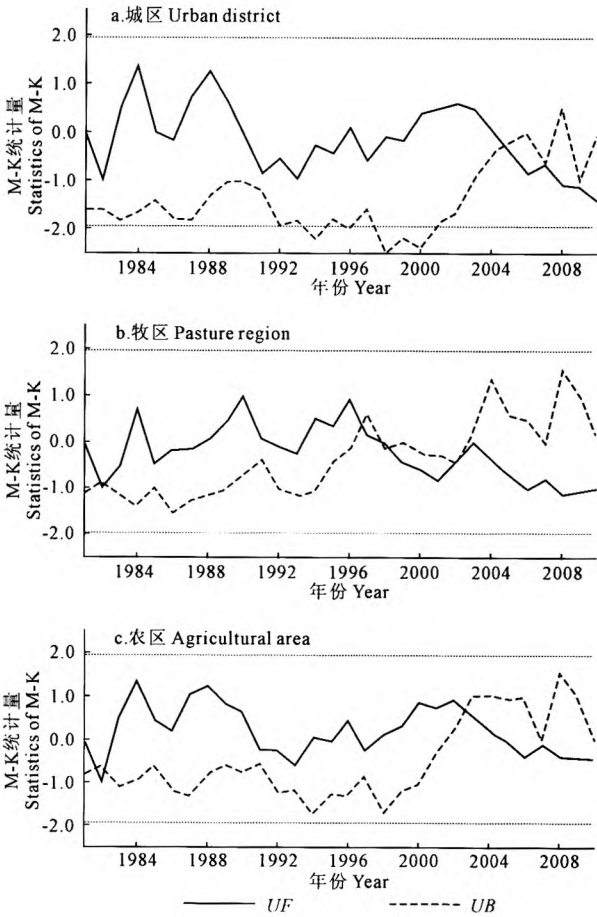


图 7 中天山北坡相对湿润指数 Mann-Kendall 突变检验

Fig.7 The Mann-Kendall mutation analysis of relative moisture index in study area

2.5.4 相对湿润指数周期分析 近年来小波周期分析法在气候变化研究中得到越来越广泛的应用, 为了探讨中天山北坡相对湿润指数的年际周期振荡特征, 对各区的相对湿润指数序列进行小波分析, 频率取样起始值设定为 0, 取样间隔 3, 等值线条数 10 (图 8)。研究表明, 近 30 a 来城区相对湿润指数一直存在较明显的 3 a 短周期变化, 并且该周期在 1986 年之前振幅明显强于 90 年代, 另外 1986 至 1992 年间还表现出了 7~8 a 大振幅振荡周期, 在 1992—1998 年间, 有一个 6 a 左右的准周期; 牧区在 1990—2004 年始终表现为较明显的 7~8 a 振荡周期, 其它时间序列则存在 3 a 的短周期振荡, 只是振幅较弱, 尤其是 2004 年之后, 3 a 高频振荡周期趋于显著; 农区在 2004 年之前一直存在较明显的 3 a 周期, 其中还表现出 6 a、7~8 a 的大幅度振荡的准周期。通过比较分析可以认为, 各区所对应的周期有所差异, 但 3 a、6 a 的周期振荡一致性较好, 同时各区不同时段内 7~8 a 的低频振荡周期表现得也较为显著, 这与相关研究结论相似, 具有对比性^[11]。

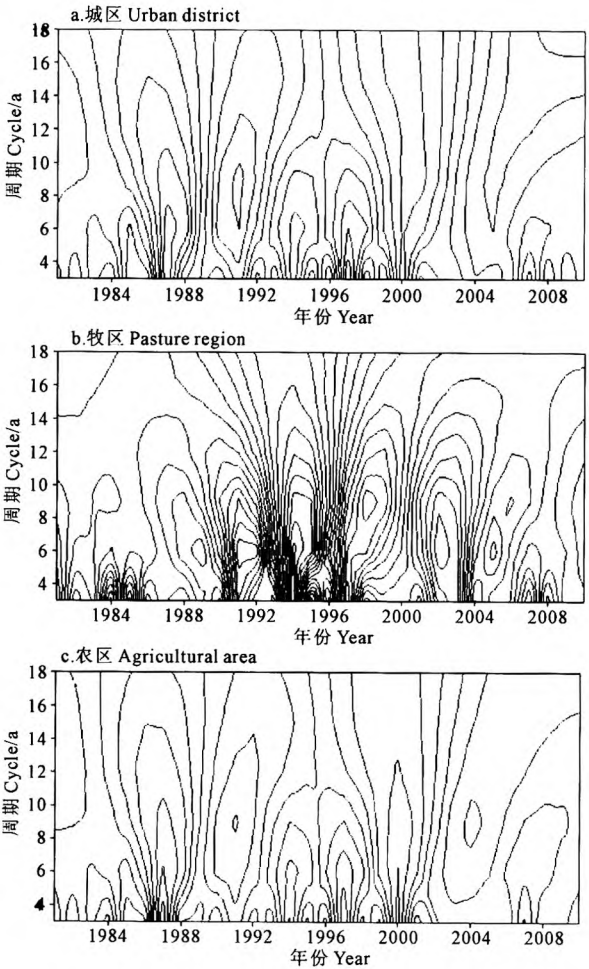


图 8 中天山北坡相对湿润指数小波周期分析

Fig.8 The wavelet analysis of relative moisture index in study area

3 结果与讨论

通过相对湿润指数变化来分析中天山北坡乌昌地区1981—2010年气候干旱趋势,得出如下结论:

1) 降水量和温度是相对湿润指数变化的主要因子,各区降水空间分布不均匀,在时间序列上呈现波动增加过程,中山带牧区降水倾向率最大为 $13.4 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$,农区次之,城区最小;各区气温增暖趋势明显,其中城区在热岛作用下,增温速率为 $0.64 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$,且在1997年后升幅显著,基本上处在正距平状态。

2) 各区平均潜在蒸散量变化范围为 $369.4 \sim 622.0 \text{ mm}$,空间上分布差异显著($P < 0.01$),城区为高值区,农区次之,牧区为低值区;在气候变暖的背景下,潜在蒸散量呈波动上升趋势,各区变化趋势较一致,基本上保持同增同减的过程。

3) 各区相对湿润指数在 $-0.88 \sim 1.10$ 间,由南至北递减;在时间序列上各区均呈弱的负趋势,牧区气候干旱化最显著,趋势系数为 $-0.013/\text{a}$;进入21世纪,各区气候干旱化态势显著;相对湿润指数季节性差异明显,春季无明显干旱化,秋季气候干旱化速率快于其它季节;各区相对湿润指数与气温呈负相关性,与降水表现为显著的正相关关系。

4) 突变检验和周期分析表明,各区上世纪末至本世纪初气候干旱化趋势明显,突变开始时间表现为牧区早于农区,城区晚于农区,但均未出现显著的突变时间区域。各区振荡周期存在差异,但3 a和6 a的周期振荡一致性较好,同时不同时段内7~8 a的低频振荡周期表现得也较为显著。

气候干旱化是一个复杂的问题,其中涉及许多气候因子及其之间的复杂的相互作用。对于全球气候变暖背景下其它重要过程对气候干湿状况的可能影响,如冰川消融加速导致径流量的增加、潜在植被改变导致土壤水分平衡过程的变化等,本文尚未深入分析。此外研究区域地形复杂,时间序列较短,对气候干旱的突变和周期分析有所制约;乌昌地区地

域辽阔,降水量等差异较大,造成该地区区域性变化特性差异显著,对其特征、机理和预测等方面的分析研究需继续深入。

参考文献:

- [1] 姚玉璧,张存杰,邓振镛,等.气象、农业干旱指标综述[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):185-189.
- [2] Byun Hi-Ryong, Donald A Wilhith. Objective quantification of drought severity and duration[J]. Climate, 1999,12:2747-2755.
- [3] 邹旭恺,张 强,王有民,等.干旱指标研究进展及中美两国国家级监测[J].气象,2005,31(7):6-9.
- [4] 钱正安,吴统文,宋敏红.干旱灾害和我国西北气候干旱的研究进展及问题[J].地球科学进展,2001,16(1):28-38.
- [5] 魏凤英,曹鸿兴.华北干旱异常的地域特征[J].应用气象学报,1998,9(2):205-211.
- [6] 程国栋,王根绪.中国西北地区的干旱与旱灾变化趋势与对策[J].地学前缘,2006,(1):3-14.
- [7] 汤成奇,张捷斌.西北干旱地区水资源与生态环境保护[J].地理科学进展,2001,20(3):227-233.
- [8] 李伟光,易 雪,侯美亭.基于标准降水蒸散指数的中国干旱趋势研究[J].中国生态农业学报,2012,20(5):643-649.
- [9] 李剑锋,张 强,陈晓宏.基于标准降水指标的新疆干旱特征演变[J].应用气象学报,2012,23(3):322-330.
- [10] 包云轩,孟翠丽,申双和.基于CI指数的江苏省近50年干旱的时空分布规律[J].地理学报,2011,66(5):599-608.
- [11] 马柱国,符淙斌.中国北方干旱区地表湿润状况的趋势分析[J].气象学报,2001,59(6):737-746.
- [12] 唐小萍,罗礼洪,卓 玛,等.气候变化对西藏雅鲁藏布江中游地区潜在蒸散量的影响分析[J].高原山地气象研究,2011,31(3):49-53.
- [13] 王 升,王全九.近50年黄土地区气候与潜在蒸散量变化及影响因素分析[J].干旱地区农业研究,2012,30(1):270-278.
- [14] 普宗朝,张山清,宾建华,等.新疆乌-昌地区干旱气候要素时空变化分析[J].资源科学,2011,33(12):2314-2322.
- [15] 中国国家标准化管理委员会.气象干旱等级国家标准[S]. GB/T 20481-2006.北京:中国标准出版社,2006.
- [16] 张 强,胡隐樵,曹晓彦,等.论西北干旱气候的若干问题[J].中国沙漠,2000,20(4):357-361.
- [17] 符宗斌,王 强.气候突变的定义和检验方法[J].大气科学,1992,16(4):483-493.
- [18] 谷松林.突变理论及其应用[M].兰州:甘肃教育出版社,1993.