

西北干旱区阿勒泰地区暖季干湿 气候变化及 R/S 分析

庄晓翠^{1,2}, 赵正波², 杨 森², 张林梅^{1,2}

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室,
甘肃 兰州 730020; 2. 新疆阿勒泰地区气象局, 新疆 阿勒泰 836500)

摘 要: 采用新疆阿勒泰地区 7 个气象站 1961~2008 年 4~10 月气温、降水量资料, 通过 Thomthwaite 方法计算的潜在蒸发量确定地表湿润指数, 运用 Mann-Kendall 趋势检验法, 对阿勒泰地区地表湿润指数的变化进行分析。结果表明, 该地区暖季大部分区域增温、降水量增加, 地表湿润指数只有增暖不显著的阿勒泰站和增温次小的布尔津站呈显著增加的趋势, 而全区增温最显著的东部没有明显变化, 这说明温度变化在干湿变化中的重要影响; 该地区干湿变化春秋季不显著, 夏季有变湿的趋势; 从区域分布来看, 夏季阿勒泰、布尔津、福海站有显著变湿的趋势, 秋季福海站有显著变干的趋势, 其它站变化不显著。R/S 分析表明过去 48 a 地表湿润指数、气温和降水量的增加(或减少)趋势在未来会逐渐转为减少(或增加)趋势。

关键词: 阿勒泰; 地表湿润指数; 气候变化; R/S 分析

中图分类号: S161 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)05-0259-07

全球气候变暖已是不争的事实, IPCC 第 4 次评估中指出: 近 100 a(1906~2005 年)全球平均地表气温上升了 0.74℃, 1850 年以来最暖的 12 个年份有 11 个出现在近期的 1995~2006 年, 过去 50 a 升温率几乎是过去 100 a 的 2 倍^[1]。因此, 气温变化是首要的焦点问题; 另一方面, 越来越多的科学家正关注水分状况的变化, 即区域的干湿状况又成为另一个焦点问题。近年来, 许多学者对中国的干湿状况进行过研究探讨^[2~8], 如 1960~1970 年代中国干湿气候存在一次突变, 由较湿润变为干旱, 但各地干旱程度不同。干湿气候界限波动与气候的干湿变化具有显著的年代际特征^[9]。1961~2000 年 40 a 来, 中国北方在 100°E 以东地区, 半干旱和半湿润区的分界线不断波动向东推进, 1990 年代比 1960 年代向东和向南扩展, 半干旱区面积扩大, 半湿润区面积缩小, 气候趋向干旱化; 100°E 以西地区, 极端干旱面积在缩小, 湿润指数有增大的趋势^[10], 姜大膀等^[4]研究表明新疆干湿状况处于平均状态。由此可见, 对新疆地区干湿状况的研究较少, 特别是位于阿勒泰地区的干湿变化研究至今仍为空白。

阿勒泰地区位于新疆维吾尔自治区最北部, 准噶尔盆地北沿, 地形复杂, 有高山丘陵、河流湖泊、沙漠戈壁。特殊的自然地理条件使该地区灾害种类

多, 主要有寒潮^[11]、暴雪^[12]、暴雨山洪^[13]、大风、干旱等。多年来, 干旱一直是制约该地区农牧业发展的主要气象灾害, 不但威胁着农牧业生产, 甚至影响到人畜饮水, 特别是春夏秋季(4~10 月)是一年中农作物和牧草的主要生长期成熟期, 也是水库的蓄水期, 此时出现的干旱, 不仅影响当时的生产生活, 而且还对后期及次年的生产生活带来深远的影响。如 1974 年是该地区的大旱年, 结果河水断流, 地势高亢区人畜饮水困难, 农业生产遭受严重危害, 据统计 60% 的农作物受灾。在当前全球气候变暖, 尤其是 1980、1990 年代持续变暖的气候背景下, 又多次在不同季节发生区域型或全区型干旱, 特别是 2008 年该地区出现近 30 年少有的干旱; 据统计旱灾造成该地区直接经济损失达 13 455.8 万元, 农业经济损失达 9 501 万元。因此加强对该地区干湿状况的研究, 对应旱情具有重要的指导意义。

分析阿勒泰地区的地表湿润指数的变化, 揭示在增暖背景下该地区地表湿润指数变化特征及区域差异, 将有利于认识生态环境现状与过去的差异, 为探索该地区生态环境的变动原因、进行未来气候变化研究提供科学基础, 从而为阿勒泰地区生态环境保护和恢复提供依据, 同时也为当地经济部门特别是农业水利部门更好地掌握自然规律, 合理布局提

收稿日期: 2009-12-07

基金项目: 兰州干旱气象科学研究基金项目(IAM200914); 新疆气象局项目“阿勒泰地区气候变化与干旱研究”

作者简介: 庄晓翠(1964—), 女, 重庆市人, 高级工程师, 从事天气预报和气候变化及相关研究工作。E-mail: zxcxjalt@sina.com。

供科学依据。

1 资料及分析方法

1.1 资料

新疆阿勒泰地区 1961~2008 年 4~10 月(暖季)完整的 7 个国家级基准、基本气象站(图 1)的月平均气温、降水量资料。以 7 站的平均值或合计值代表阿勒泰地区。根据阿勒泰地区气候及农牧业生产特点,以 4~5 月为春季,6~8 月为夏季,9~10 月为秋季来统计资料。气候值为根据世界气象组织(WMO)设定的标准气候值时段(1971~2000 年)的平均值。

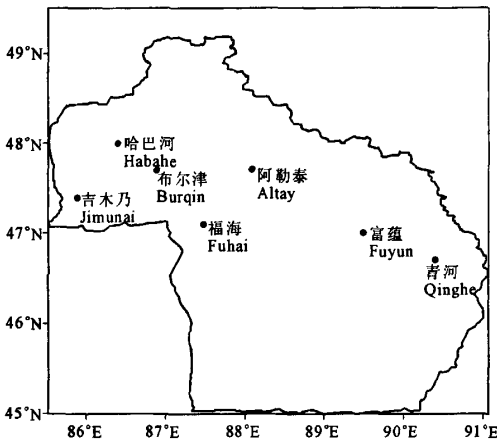


图 1 阿勒泰地区 7 个观测站的位置分布

Fig.1 The position distribution of 7 observation stations in Altay region

1.2 方法

1.2.1 地表湿润指数 在全球变暖的背景下传统的利用降水作为干湿转化的研究是不完善的,必须考虑气温变化对地表水分收支的影响,只有这样才能客观地反映地表的水分状况,进而正确认识干湿的演变规律。根据文献[14],地表湿润指数的定义为: $P_i = \frac{R}{R_e}$, 其中 P_i 为地表湿润指数, R 为月降水总量, R_e 为月最大潜在蒸发量。我国各地气象台站的实际蒸发是使用蒸发皿来测定的,由于该仪器口径较小且水体温度与自由水面有很大差异,因此测定值与实际蒸发有较大的误差[15]。本文选择 Thomthwaite[16] 方法来计算潜在蒸发量,其优点在于它仅依赖于温度变化,计算方便,所用参数少,计算的蒸发量也较符合实际情况。计算过程参见文献[16]。通过计算得到 R_e 与同期阿勒泰地区各站 20 cm 口径蒸发皿蒸发量相关性较高,青河站相关系数

通过 89% 的检验,哈巴河和福海站通过了 90% 检验,其它站通过了 99% 的检验(表略)。

1.2.2 Mann-Kendall 趋势检验法[17,18] (简称 M-K 法) Askew(1987) 指出,我们很难区分某一自然过程是自然波动还是确实存在特定的变化趋势。针对这一问题,发展了众多的趋势诊断方法,其中, Mann-Kendall(M-K) 非参数统计方法是世界气象组织推荐并已广泛使用的一种方法。这是由于这种方法更适合于水文气象等非正态分布的数据。主要是通过计算统计量 τ , 方差 σ_i^2 和标准化变量 M , 来判断序列趋势是否显著。计算公式如下:

$$M = \tau / \sigma \quad (1)$$

$$\tau = \frac{4S}{N(N-1)} - 1 \quad (2)$$

$$\sigma_i^2 = \frac{2(2N+5)}{9N(N-1)} \quad (3)$$

式中: S 为序列所有对偶观测值 ($X_i, X_j, i < j$ 中 $X_i < X_j$) 出现的次数; N 为序列长度, 当 $|M| > M_{\alpha/2} = 1.29, 1.96$ 和 2.56 时, 变化趋势分别达到 90%、95% 和 99% 的信度检验, 被认为存在显著的变化趋势; M 值为正, 表明具有上升或增加趋势, M 值为负, 则意味着下降或减少的趋势。

1.2.3 R/S 分析[19,20] R/S 分析法是由 Hurst 在总结尼罗河多年水文观测资料时提出的一种分析方法, 后来经 Mandelbrot 与 Wallis 进一步补充和完善, 将其发展成为研究时间序列的分形理论。

R/S 分析方法的基本原理为: 对于时间序列 $\{x(t)\}, t = 1, 2, \dots, n$, 对于任意正整数 $\tau \geq 1$ 定义均值序列:

$$\bar{x}_\tau = \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^{\tau} x(i) \quad \tau = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

累积离差:

$$X(t, \tau) = \sum_{k=1}^t [x(k) - \bar{x}_\tau] \quad 1 \leq t \leq \tau \quad (5)$$

$$\text{极差序列: } R(\tau) = \max X(t, \tau) - \min X(t, \tau) \quad (6)$$

$$\text{极标准差序列: } S(\tau) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^{\tau} [x(i) - \bar{x}_\tau]^2} \quad (7)$$

对于比值 $R(\tau)/S(\tau) \equiv R/S$, 如果存在如下关系:

$$R/S \propto \tau^H \quad (8)$$

则说明时间序列 $\{x(t)\}, t = 1, 2, \dots, n$, 存在 Hurst 现象, H 称为 Hurst 指数, H 值可根据计算出的 $(\tau, R/S)$ 值, 在双对数坐标系 $[\ln(\tau), \ln(R/S)]$ 中用最小二乘法拟合。

根据 H 的大小可以判断时间序列趋势成份是表现为持续性 (persistence), 还是反持续性 (anti-persistence)。Hurst 等证明, 如果 $\{x(t)\}$ 是相互独立、方差有限的随机序列, 则有 $H = 0.5$ 。对于不同的 Hurst 指数 $H(0 < H < 1)$, 存在三种情况: (1) $H = 0.5$ 时表明时间序列变化是随机的; (2) $0 < H < 0.5$ 时表明时间序列具有长期相关性, 但将来的总体趋势与过去的相反, 过程具有反持续性, H 值越接近于 0, 反持续性越强; (3) $0.5 < H < 1$ 时表明时间序列过程具有持续性, H 越接近 1, 持续性越强。

2 结果与分析

2.1 近 48 a 干湿变化特征

表 1 是利用 M-K 法计算的 1961 ~ 2008 年阿勒泰地区气温、降水量、地表湿润指数的变化趋势。由表 1 可知, 就整个暖季而言, 阿勒泰地区气温只有阿勒泰站呈不显著增暖趋势, 其它站均通过了 90% 以上显著检验, 即在全球增暖的大背景下, 阿勒泰地区大部地方增温显著 (表 1a); 降水量 (表 1b) 是吉木乃和福海站分别呈不显著减少和不显著增加趋势, 其它站及全区均呈显著的增加趋势, 通过了 90% 以上的信度检验。由此可见, 暖季阿勒泰地区大部分区域增温, 降水量增加显著。但无法从上述分析判

断该地区各区域的干湿趋势, 这是因为温度的升高导致蒸发量增大, 蒸发增大将减少地表的水分 (与降水量对地表的贡献相反), 所以, 无法用降水量的变化来判断其干湿趋势, 这正是引用干湿指标的目的。从表 1c 可知, 尽管暖季大部分区域降水量增加, 由于受增暖大背景的影响, 只有增暖不显著的阿勒泰站和增温次小的布尔津站其干湿指数呈显著增加的趋势; 相反, 全区增温最显著的东部 (富蕴、青河站) 尽管降水量显著增加, 其地表湿润指数并没有显著变化。

从地表湿润指数的季节分布来看 (表 1), 春季除阿勒泰站增温不显著外其它站均显著增温; 降水量只有阿勒泰、福海站及全区呈增加趋势, 通过了 90% 的检验, 其它站呈不显著增加趋势; 地表湿润指数均没有明显的变化 (表 1c)。夏季阿勒泰站气温呈不显著降温趋势, 其它站均呈显著增温趋势 (表 1a); 降水量吉木乃呈不显著减少趋势, 其它站及全区均呈增加趋势, 哈巴河、福海站不显著 (表 1b); 地表湿润指数只有阿勒泰、布尔津、富蕴站及全区呈显著增湿趋势, 其它站变化不显著 (表 1c)。秋季阿勒泰站增温不显著, 其它站及全区均显著增温; 降水量变化趋势不明显; 地表湿润指数福海站呈显著减少趋势, 其它地方不显著 (表 1c)。

表 1a 1961 ~ 2008 年阿勒泰地区暖季、春、夏、秋季气温变化趋势

Table 1a The variation trend of temperature at warm season, spring, summer and autumn in Altay region in 1961 ~ 2008

季节 Season	阿勒泰 Altay	吉木乃 Jimunai	哈巴河 Habahe	布尔津 Burqin	福海 Fuhai	富蕴 Fuyun	青河 Qinghe	全区 Whole region
4 ~ 10 月 Apr. ~ Oct.	1.0843	4.1952 *	3.6796 *	2.6131 *	4.2129 *	5.1906 *	4.6573 *	3.8396 *
春季 (4 ~ 5 月) Spring (From Apr. to May)	0.6222	2.0087 #	1.9198 \$	1.7065 \$	2.2576 *	2.1331 #	2.0087 #	1.7421 \$
夏季 (6 ~ 8 月) Summer (From June to Aug.)	-0.4977	3.5019 *	3.093 *	2.3642 #	2.9686 *	5.1017 *	4.3374 *	3.3597 *
秋季 (9 ~ 10 月) Autumn (From Sept. to Oct.)	0.7466	3.4486 *	2.9508 *	2.1865 #	3.6974 *	3.8396 *	2.9508 *	3.093 *

表 1b 1961 ~ 2008 年阿勒泰地区暖季、春、夏、秋季降水量变化趋势

Table 1b The variation trend of precipitation at warm season, spring, summer and autumn in Altay region in 1961 ~ 2008

季节 Season	阿勒泰 Altay	吉木乃 Jimunai	哈巴河 Habahe	布尔津 Burqin	福海 Fuhai	富蕴 Fuyun	青河 Qinghe	全区 Whole region
4 ~ 10 月 Apr. ~ Oct.	1.6176 \$	-0.0178	1.3154 \$	1.8309 \$	0.8533	1.7954 \$	1.8843 \$	1.4932 \$
春季 (4 ~ 5 月) Spring (From Apr. to May)	1.351 \$	0.6044	1.2621	0.7466	1.6176 \$	0.9421	1.2443	1.3332 \$
夏季 (6 ~ 8 月) Summer (From June to Aug.)	1.9731 #	-0.1067	0.4622	1.5465 \$	0.3377	2.4531 #	1.7065 \$	2.0265 #
秋季 (9 ~ 10 月) Autumn (From Sept. to Oct.)	-0.4977	-0.3377	1.1732	0.4088	-0.8888	-0.2844	-0.2844	0.0178

表 1c 1961~2008 年阿勒泰地区暖季、春、夏、秋季地表湿润指数变化趋势

Table 1c The variation trend of surface moisture index at warm season, spring, summer and autumn in Altay region in 1961~2008

季节 Season	阿勒泰 Altay	吉木乃 Jimunai	哈巴河 Habahe	布尔津 Burqin	福海 Fuhai	富蕴 Fuyun	青河 Qinghe	全区 Whole region
4~10月 Apr.~Oct.	1.2977 \$	-0.7466	0.7999	1.4221 \$	0.4622	1.1554	0.8533	0.9421
春季(4~5月) Spring(From Apr. to May)	0.871	-0.0178	0.6044	0.4622	1.1732	0.4800	0.9066	0.8710
夏季(6~8月) Summer(From June to Aug.)	1.9909 #	-0.5688	0.1600	1.2977 \$	0.1067	1.9731 #	1.1732	1.3332 \$
秋季(9~10月) Autumn(From Sept. to Oct.)	-0.5866	-1.1732	0.3555	0.1244	-1.4399 \$	-0.9066	-1.2799	-0.7466

注: \$ 表示通过 0.10 信度检验; # 表示通过 0.05 信度检验; * 表示通过 0.01 信度检验。
Note: \$ means 0.10 significance level; # means 0.05 significance level; and * means 0.01 significance level.

对比分析表 1b、c 可知,显著增湿的区域,明显比降水增加的区域小;最为突出的吉木乃站,整个暖季及各季增暖显著和降水量变化不显著,其地表湿润指数变化却不明显;阿勒泰站春季增温不显著,降水量显著增加,但其地表湿润指数却没有明显的变化,其机理有待研究。

2.2 区域地表湿润指数的年际及年代特征

为了比较阿勒泰地区各区域之间地表湿润指数的特征差异,对区域特征进行分析,认识不同区域干湿变化趋势的差异,分析了阿勒泰地区各区域地表湿润指数、气温的 10a 滑动趋势曲线及 M-K 法检验结果。由于篇幅所限,在此重点分析阿勒泰、吉木乃、福海、富蕴站(图 2)。

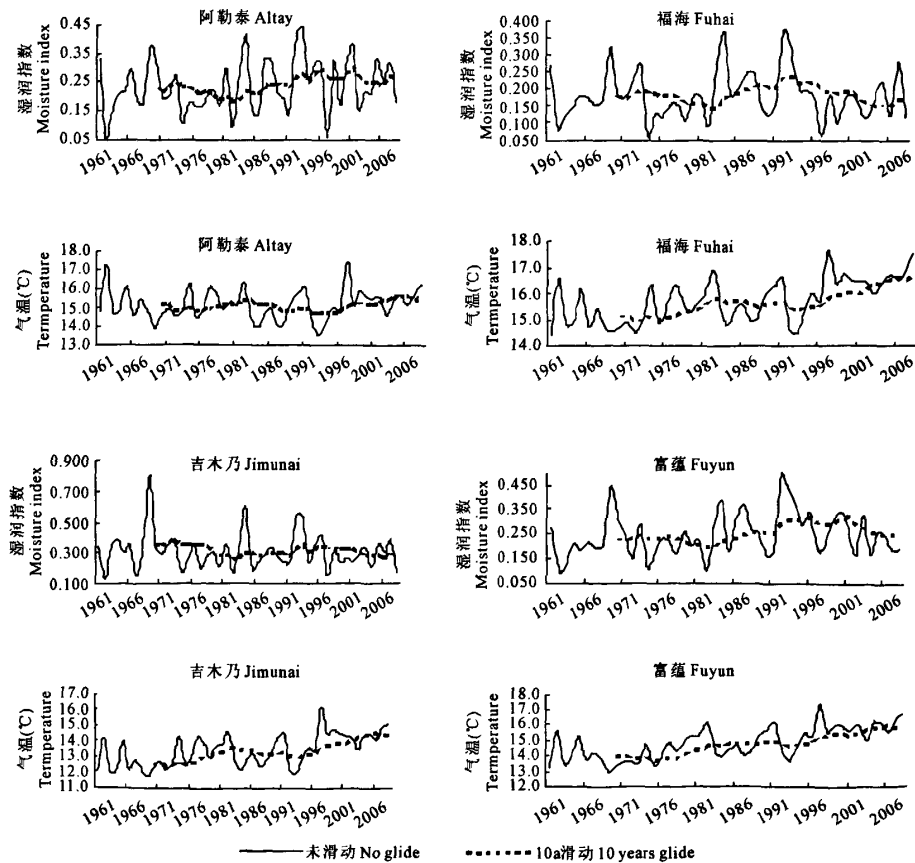


图 2 1961~2008 年暖季各区域地表湿润指数、气温变化及 10 a 滑动变化

Fig.2 Surface moisture index and temperature variation and glide variation per 10-year at warm season in Altay region in 1961~2008

由图 2 可知阿勒泰站地表湿润指数 1960 年代增湿、降温,1970 年代到 1980 年代初减湿、增湿;1980 年代中期至今增湿,达到 99% 的显著性检验,对应的气温是 1980 年代中期到 1990 年代中期降温,此后增湿,但不显著,该站降水量近 48a 来呈增加趋势,因此该站气候呈暖湿型。吉木乃站地表湿润指数 1960 年代增湿、降温,1970 年代至 1980 年代中期逐渐减湿(地表干旱化)、增暖,1980 年代后期到 1990 年代中期略有增湿,气温略有下降,1990 年代后期至今逐渐减湿,气温明显上升,10a 滑动均通过 99% 的检验,该站降水量是减少的,气候呈暖干型。福海站地表湿润指数及气温变化曲线与吉木乃站相似,但波动相对较大(图 2),增暖通过了 99% 的检验,该站降水量变化不显著,在显著增暖的背景下福海站气候为不显著暖干型。富蕴站与福海站不同是 1980 年代到 1990 年代增湿,2000 年代减湿,气温

也在该年代上升趋势显著,降水量增加,该站气候总体呈暖湿型。同样分析可得,哈巴河、布尔津、青河站气候在过去 48a 呈暖湿型(图略)。

分析研究时段内各区域不同年代干湿状况可知(表 2)阿勒泰、布尔津站 1960、1970 年代为负距平,为干旱期;1980、1990、2000 年代正距平为湿润期,说明从 1980 年代起此两站地表逐渐变湿,原因是降水量增多。吉木乃站 1960、1990 年代为正距平,1960 年代为最湿润的年代,其它年代为负距平,表明自 1970 年代起该站的气候就逐渐变干,原因是温度升高,降水减少。福海、青河站 1960、1970、2000 年代为负距平是近 48a 的干旱期,1980 和 1990 年代为正距平为湿润期。哈巴河站 1980、2000 年代为正距平,其它年为负距平。富蕴站 1990 年代为正距平,其它年代为负距平。

表 2 暖季各年代地表湿润指数、降水(mm)和气温距平(℃)分布
Table 2 Surface moisture index, precipitation (mm) and temperature temporal(℃) distribution at warm season in each decade

年代 Decade	项目 Item	阿勒泰 Altay	吉木乃 Jimunai	哈巴河 Habahe	布尔津 Burqin	福海 Fuhai	富蕴 Fuyun	青河 Qinghe	全区 Whole region
1960	地表湿润指数 Ground surface moisture index	-0.005	0.049	-0.016	-0.021	-0.006	-0.035	-0.016	-0.007
	降水量 Precipitation	-2.5	15.3	-11.8	-12.7	-5.3	-22.5	-10.9	-6.6
	气温 Temperature	0.0	-0.9	-0.7	-0.4	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6
1970	地表湿润指数 Ground surface moisture index	-0.047	-0.022	-0.022	-0.027	-0.029	-0.053	-0.042	-0.035
	降水量 Precipitation	-22.3	-11.1	-11.4	-13.8	-15.7	-29.0	-19.8	-17.6
	气温 Temperature	0.1	-0.2	-0.2	-0.1	-0.3	-0.6	-0.3	-0.2
1980	地表湿润指数 Ground surface moisture index	0.009	-0.002	0.031	0.016	0.021	-0.002	0.015	0.013
	降水量 Precipitation	3.3	-1.9	14.3	7.6	10.9	-1.6	5.0	5.4
	气温 Temperature	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.0	0.0	-0.2	-0.1
1990	地表湿润指数 Ground surface moisture index	0.038	0.024	-0.009	0.011	0.008	0.055	0.027	0.022
	降水量 Precipitation	19.0	13.0	-2.9	6.1	4.8	30.6	14.8	12.2
	气温 Temperature	0.1	0.4	0.3	0.3	0.3	0.6	0.5	0.4
2001~2008	地表湿润指数 Ground surface moisture index	0.022	-0.018	0.016	0.016	-0.015	-0.030	-0.002	-0.002
	降水量 Precipitation	14.9	-1.3	13.9	12.9	-2.5	-9.0	5.7	5.0
	气温 Temperature	0.4	0.9	0.7	0.7	0.9	1.1	1.1	0.8

进一步分析表明,近 48a 来暖季,1970 年代是最干旱的年代,1960 年代为次旱年代,1990 年代为最湿润的年代;在区域上相对来说,阿勒泰站为逐渐变湿区,布尔津站次之;吉木乃站为逐渐变干区,福海站次之;富蕴站为干旱区,青河站次之。

2.3 年代际变化趋势的季节特征

由图 3 可知,地表湿润指数年际特征的季节变化,春夏季气温阿勒泰地区 1970 年代到 1980 年代初为升温,但在负距平波动,1980 年代中期到 1990 年代中期处于波动状态,1990 年代后期至今呈现明显的上升趋势。秋季 1970 年代中期到 1980 中期气

温上升明显,1980 年代后期到 2000 年代初在距平线附近波动,此后又开始明显回升。春夏秋季地表湿润指数与气温呈明显的反位相变化(图 3),即地表湿润指数的下降与气温的升高对应。夏季受降水增多和该地区降水主要集中在该季的影响,1980 年代后期至今地表湿润指数在正距平波动,虽然 2000 年代以来增暖明显,地表湿润指数急剧下降,但仍为正距平,地表处于相对湿润状态;春秋季节地表湿润指数呈下降状态,表现为干旱趋势。

2.4 地表湿润指数变化的持续性分析

根据 R/S 分析基本原理对阿勒泰地区暖季及各季地表湿润指数、气温和降水量变化的持续性进行了分析,计算相应的 H 指数,结果见表 3。从表 3 可知,阿勒泰地区暖季及各季 Hurst 指数均在 $0 < H < 0.5$,说明过去 48a 地表湿润指数、气温和降水量的增加(或减少)趋势在未来会逐渐转为减少(或增加)趋势。对比分析表 1 和表 3 可知,全区及春夏季吉木乃站地表在未来会逐渐变湿,其它站则将会逐渐变干;秋季哈巴河、布尔津站会逐渐变干,其它站会逐渐变湿。进一步分析表明,地表湿润指数暖季哈巴河站最小,春夏季布尔津站最小,秋季阿勒泰站最小,表明在未来这些站地表湿润指数在相应的季节反持续性相对较强。

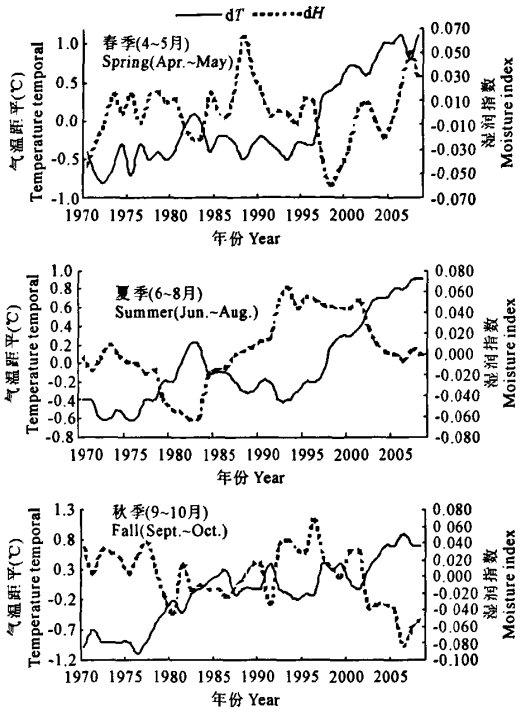


图 3 1961 ~ 2008 年阿勒泰地区各季地表湿润指数、气温 10 a 滑动距平变化

Fig.3 Surface moisture index and per decade glide temporal variation of temperature in each season in Altay region in 1961 ~ 2008

表 3 阿勒泰地区及各站地表湿润指数暖季及各季节的 Hurst 指数 (H)

Table 3 Hurst Index (H) of surface moisture index at warm season and each season in Alaty region

季节 Season	阿勒泰 Altay	吉木乃 Jimunai	哈巴河 Habahe	布尔津 Burqin	福海 Fuhai	富蕴 Fuyun	青河 Qinghe	全区 Whole region
4 ~ 10 月 Apr. ~ Oct.	0.179	0.317	0.157	0.220	0.200	0.179	0.249	0.172
春季(4 ~ 5 月) Spring (From Apr. to May)	0.259	0.209	0.242	0.148	0.205	0.235	0.220	0.181
夏季(6 ~ 8 月) Summer (From June to Aug.)	0.272	0.336	0.237	0.204	0.297	0.238	0.224	0.188
秋季(9 ~ 10 月) Autumn (From Sept. to Oct.)	0.210	0.252	0.273	0.372	0.240	0.314	0.296	0.284

3 结 语

通过分析 1961 ~ 2008 年阿勒泰地区暖季及各季的干湿指标变化得以下结论:

1) 阿勒泰地区暖季大部分区域降水量增加,由于受增暖大背景的影响,只有增暖不显著的阿勒泰站和增暖次小的布尔津站其干湿指数呈显著增加的趋势;相反,全区增温最显著的东部(富蕴、青河站)尽管降水量显著增加,其地表并没有显著增湿,这说明温度变化在干湿变化中所起的重要作用。

2) 地表湿润指数的季节变化趋势的空间分析

表明,阿勒泰地区干湿化趋势存在季节和区域差异。该地区干湿变化春秋季不显著,夏季有变湿的趋势;区域分布来看,春季各区域变化均不显著;夏季阿勒泰、布尔津、福海站有显著变湿的趋势,秋季福海站有显著变干的趋势,其它站变化不显著。

3) R/S 分析表明过去 48 a 地表湿润指数、气温和降水量的增加(或减少)趋势在未来会逐渐转为减少(或增加)趋势,暖季哈巴河站、春夏季布尔津站、秋季阿勒泰站在未来相应的季节反持续性相对较强。

地表湿润状况由很多生物地球化学过程共同决

定,其中牵扯到许多气候因子及其之间复杂的相互作用。受限于现有的认识程度,本文仅从地表气温和降水量的变化上开展了初步的研究,尚未触及到全球变暖情景下其它重要相关过程对阿勒泰地区气候干湿状况的可能影响,如冰川加速消融导致的径流增加、潜在植被变化导致的土壤水分平衡过程变化^[4]等。此外,由于阿勒泰地区地形地貌复杂多样,气象观测站点密度稀疏,计算所有地域的 P_i 指数有困难;气候干旱变化是个复杂的问题,其影响因子不仅仅是气象要素,故在分析某一时段特定区域旱涝指标时,地表湿润指数是可行的,但在分析宏观干旱状态时应用多种指标综合分析更符合实际,这是我们今后工作的重点。

参考文献:

- [1] 沈永平. IPCC WGI 第四次评估报告关于全球气候变化的科学要点[J]. 冰川冻土, 2007, 29(1): 212.
- [2] 马柱国, 符凉斌. 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.
- [3] 张方敏, 申双和. 中国干湿状况和干湿气候界限变化研究[J]. 南京气象学院学报, 2008, 31(4): 574—579.
- [4] 姜大膀, 苏明峰, 魏荣庆, 等. 新疆气候的干湿变化及其趋势预估[J]. 大气科学, 2009, 33(1): 90—98.
- [5] 马柱国, 黄刚, 甘文强, 等. 近代中国北方干湿变化趋势的多事段特征[J]. 大气科学, 2005, 29(5): 671—681.
- [6] 马柱国. 我国北方干湿演变规律及其与区域增暖的可能关系[J]. 地球物理学报, 2005, 48(5): 1011—1018.
- [7] 郭维栋, 马柱国, 姚永红. 近 50 年中国北方土壤湿度的区域演变特征[J]. 地理学报, 2003, 58(增刊): 83—90.
- [8] 郑广芬, 陈晓光, 赵广平, 等. 宁夏地表湿润状况及极端干湿事件演变规律[J]. 中国沙漠, 2007, 27(2): 326—330.
- [9] 杨建平, 丁永建, 陈仁升, 等. 近 50 年中国干湿气候界线波动及其成因初探[J]. 气象学报, 2003, 61(3): 364—373.
- [10] 王菱, 谢贤群, 李运生, 等. 中国北方地区 40 年来湿润指数和气候干湿带界线变化[J]. 地理研究, 2004, 23(1): 45—54.
- [11] 李春芳. 阿勒泰地区春季寒潮天气的热力和动力条件分析[J]. 新疆气象, 2001, (1): 11—13.
- [12] 晋绿生, 赵俊荣. 2000 年冬季阿勒泰区域性大—暴雪成因分析[J]. 新疆气象, 2002, 231(4): 9—11.
- [13] 庄晓翠, 屈信军. 北疆北部一次强对流天气爆发机制的综合诊断分析[J]. 新疆气象, 2005, (增): 14—18.
- [14] 康俊. 江苏省气候变化与干旱研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2008: 13—14.
- [15] 傅志伟. E601 型蒸发量大于小型蒸发量原因之浅析[J]. 气象, 2001, 27(11): 55—56.
- [16] 中国气象局政策法规司. GB/QX 气象标准汇编(2005 ~ 2006)[M]. 北京: 气象出版社, 2008: 45.
- [17] 刘敏, 沈彦俊, 曾燕, 等. 近 50 年中国蒸发皿蒸发量变化趋势及原因[J]. 地理学报, 2009, 64(3): 259—269.
- [18] 丁裕国, 江志红. 气象数据时间序列信号处理[M]. 北京: 气象出版社, 1998: 194—201.
- [19] 张晓伟, 沈冰, 孟彩侠. 和田绿洲水文气象要素分形特征与 R/S 分析[J]. 中国农业气象, 2008, 29(1): 12—15.
- [20] 张利平, 王德智, 夏军, 等. R/S 分析在洪水变化趋势预测应用研究[J]. 中国农村水利水电, 2005, (2): 38—40.

The dry-wet climate variation in warm season and R/S analysis of sensible heat in Altay Area of Northwest China

ZHUANG Xiao-cui^{1,2}, ZHAO Zheng-bo², YANG Sen², ZHANG Lin-mei^{1,2}

(1. Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration; Gansu Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster, Lanzhou, Gansu 730020; 2. Altay Meteorological Bureau, Altay, Xinjiang 836500, China)

Abstract: Surface moisture index was determined by the potential evaporation calculated by Thomthwaite method, which is based on the 1961 ~ 2008 temperature, precipitation data from seven weather stations in Altay region of Xinjiang from April to October. The surface humid index changes of Altay region were studied by using Mann-Kendall trend test method. The results showed that the majority of the region warmed up in warm seasons and precipitation increased. As for surface moisture index, only Altay, where warming was not significant, and Burqin, where warming was still less significant, were on a significantly increasing trend, while the eastern part where warming was the most significant showed no significant change. The result indicates that the temperature changes have important influences on the wet and dry changing. Changes of wet and dry in the area are not significant in spring and autumn, but on a wetting trend in summer. From the point of view of regional distribution, the summer of Altay, Burqin and Fuhai stations sees a significant trend of wetting, Fuhai station is on a significant drying trend in autumn, and the other stations do not change significantly. R/S analysis showed that increasing (or decreasing) trend of surface humid index, temperature and precipitation in last 48 years will turn into a decreasing (or increasing) trend in the future.

Keywords: Altay; ground surface moisture index; climatic change; R/S analysis