

doi:10.13866/j.azr.2015.05.23

1964—2012年石河子地区干湿变化特征^①

吴燕锋¹, 巴特尔·巴克¹, 李维¹, 魏小琴¹,
加依娜古丽·窝扎提汗¹, Rasulov H H²

(1. 新疆农业大学草业与环境科学学院,新疆 乌鲁木齐 830052;
2. 塔吉克农业大学水文气象系,塔吉克斯坦 杜尚别 734003)

摘要: 基于石河子地区 1964—2012 年逐日气温和降水量的观测资料,运用趋势分析法、M-K 突变检验法、小波分析法和 R/S 分析法,研究了石河子地区相对湿润指数的年际、季节变化特征,并对其未来变化趋势进行了预测。结果表明:①过去 49 a,石河子地区气温和降水都呈增加趋势,且逐渐趋于暖湿化;②石河子地区年、夏季相对湿润指数和 4 个气象站的相对湿润指数都呈增加趋势,而春季和秋季的相对湿润指数则呈减少趋势;③石河子地区全年、春季、夏季和秋季以及石河子市、莫索湾和炮台地区的相对湿润指数都发生了突变,并存在 10~12 a 的周期,而乌兰乌苏地区年相对湿润指数没有突变,仅存在 10~12 a 的周期;④石河子地区全年的相对湿润指数以及莫索湾、石河子市、乌兰乌苏、炮台和石河子地区夏季的相对湿润指数将从增加趋势转变为减少趋势,而春季和秋季的相对湿润指数将从减少趋势转化为增加趋势。

关键词: 干湿状况; 相对湿润指数; 平均气温; 年降水量; 石河子

全球变暖对水资源、农业、生态与环境等的影响已引起人们的高度重视。IPCC 第五次报告指出,1901—2012 年全球陆地和海洋平均温度增加了 0.89 °C,其中 1951—2012 年增加了 0.72 °C^[1]。全球变暖会在一定程度上引起水循环发生变化,使水资源的总量时空分布不均,并对气候的干湿状况和水资源的供需平衡产生影响。近年来,有关干湿气候变化的研究受到学术界的广泛关注。申双和等^[2-3]基于湿润指数对中国湿润特征变化研究表明,过去 30 a,中国变湿地区多于变干地区,但是干旱化进程大于湿润化进程。马柱国等^[4]通过对比分析中国华北、西北地区近 50 a 地表湿润指数变化特征,认为西北西部地表呈变湿趋势,而华北地区则相反,呈变干趋势。姚玉璧^[5]、杨芳^[6]、程国栋^[7]、吴爱敏^[8]、施雅风^[9]、陈丽丽^[10]等研究表明,西北地区呈干旱化加剧趋势,并与气温持续升高密切相关。而曹兴^[11]、李红军^[12]、谢姆斯叶·艾尼瓦尔^[13]、潘冬梅^[14]、赵勇^[15]等研究了塔里木盆地、中天山地区和阿勒泰的干湿变化特征,表明塔里木盆地和中天山地区均趋于暖湿化,新疆北部的干旱总

体呈下降趋势。这些学者利用 SPI 指数、CI 指数、地表相对湿润指数等干旱指标,获得了很多极有价值的研究结果,为西北地区气候变化的影响提供了丰富的理论依据。但是,作为气候变化极为敏感的西北地区,尤其是新疆石河子农垦区,干湿变化对农业生产以及人们的生活有很大的影响,其气候变化背景下干湿变化的相关理论研究较少。相对湿润指数作为衡量某一区域气候干湿状况和反映某一区域水热收支情况的指标,在区域自然区划、农业区划和生态景观区划等研究中都有重要的意义。因此,本文拟采用相对湿润指数分析石河子地区 1964—2012 年干湿的年际、季节变化特征以及突变特征,并对其周期性进行探究,从而为气候变化背景下新疆干湿状况的相关研究提供参考。

1 研究区概况及数据分析

1.1 研究区概况

石河子位于天山北麓、准噶尔盆地南缘、玛纳斯河畔(图 1),地势南高北低,海拔高度差异较大,平

① 收稿日期:2013-12-09; 修订日期:2014-04-02

基金项目:国家国际科技合作计划项目(2010DFA92720-13);2014 年度新疆研究生科研创新项目(XJGRI2014079);新疆维吾尔自治区土壤学重点学科项目资助

作者简介:吴燕锋(1986-),男,硕士研究生,研究方向为干旱区生态与环境. E-mail:wyf@163.com

通讯作者:巴特尔·巴克. E-mail:bateerbake@163.com



图1 石河子地区地形图
Fig. 1 Topographic map of Shihezi region

均海拔450.8 m。各地年平均气温在6.5~7.2℃,北部地区气温低,南部高。无霜期为168~171 d。 ≥ 0 ℃的活动积温为4 023~4 118℃, ≥ 10 ℃的活动积温为3 570~3 729℃。年降水量为125.0~207.7 mm;年日照时数为2 721~2 818 h,北部地区日照时数多于南部地区。石河子地区主要以农业为主,垦区总面积7 681 km²,耕地面积 1.85×10^5 hm²。

1.2 资料来源

由国家气象信息中心提供的石河子、乌兰乌苏、莫索湾和炮台1964—2012年气温和降水量观测资料。统计分析逐月、季节(3—5月为春季,6—8月为夏季,9—11月为秋季)和逐年的气温、降水量、相对湿润指数。

1.3 相对湿润指数

气候的干湿状况主要是由气温和降水共同作用的结果。因此,本文采用相对湿润指数来研究石河子地区的干湿变化特征。相对湿润指数越小,表示气候越干旱,反之,气候则越湿润^[4-5,11],其表达式为:

$$M = (P - PE) / PE \quad (1)$$

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

$$PE_m = 16.0 \times (10T_i/H)^A \quad (2)$$

式中: PE_m 为可能蒸散量,是指月可能蒸散量(mm); T_i 为月平均气温(℃); H 为年热量指数,由公式 $H = (T_i/5)^{1.514}$ 计算可得出; A 为常数,根据公式 $A = 6.75 \times 10^{-7} H^3 - 7.71 \times 10^{-5} H^2 + 1.79 \times$

$10^{-2} H + 0.49$ 计算得出。当月平均气温 ≤ 0 ℃时,月热量指数 $H_i = 0$,月可能蒸散量 $PE_m = 0$ (mm)。由于石河子地区冬季平均气温小于0℃,其潜在蒸散量为0,故冬季相对湿润指数不做计算和分析。

1.4 数据分析

采用趋势分析法探究1964—2012年石河子地区干湿状况和气温、降水的变化趋势^[16],同时运用Trend软件并结合DPS软件进行M-K突变检验,研究其突变特征^[17];基于Origin软件运用小波分析法,分析其周期特征^[18];最后,基于Matlab运用R/S分析法,对其未来可能变化趋势进行了预测^[19-20]。

2 分析结果

2.1 平均气温、年降水量变化特征

1964—2012年,石河子地区的气温呈上升趋势(图2),其倾向率为 $0.41\text{ }^\circ\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ ($P < 0.05$)。过去49 a,石河子地区平均气温为7.31℃,最高气温为8.85℃,发生在2006年,最低气温为5.4℃,发生在1969年。从气温的三次拟合曲线(拟合公式为: $y = -x^3 + 0.0021x^2 - 0.0024x + 6.4963$, $R^2 = 0.4219$)和年际变化可以看出,气温整体呈持续上升趋势,在21世纪初,增幅最大。

1964—2012年,石河子地区平均降雨量为179.46 mm(图2),整体也呈增加趋势,其倾向率为 $12.15\text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ ($P < 0.01$)。从三次拟合曲线($y = -0.0027x^3 + 0.2234x^2 - 3.8101x + 174.62$, $R^2 = 0.1617$)和年际变化可以看出,降水的年际波动较大,20世纪80年代前处于相对偏少期,80年代之后处于相对偏多期。其中,过去49 a,石河子地区年最大降水量为291.62 mm,发生在1987年;最小降水量为106.95 mm,发生在1967年。

2.2 湿润指数的变化

2.2.1 湿润指数变化特征 过去49 a,石河子地区年相对湿润指数(M)平均值为-0.30(图3a),变幅为-0.57~0.06,总体呈增加趋势,倾向率每10 a为0.01($P < 0.05$)。其中,最大相对湿润指数为0.06,发生在1998年,最小相对湿润指数为-0.57,发生在1965年。年代变化上,石河子地区20世纪60、70年代相对湿润指数较低,分别为-0.357和-0.354;20世纪80年代和90年代逐渐增加,分别为-0.27和-0.25,21世纪初继续增加,达到-0.23,并在2011—2012年达到年代最高值-0.053。

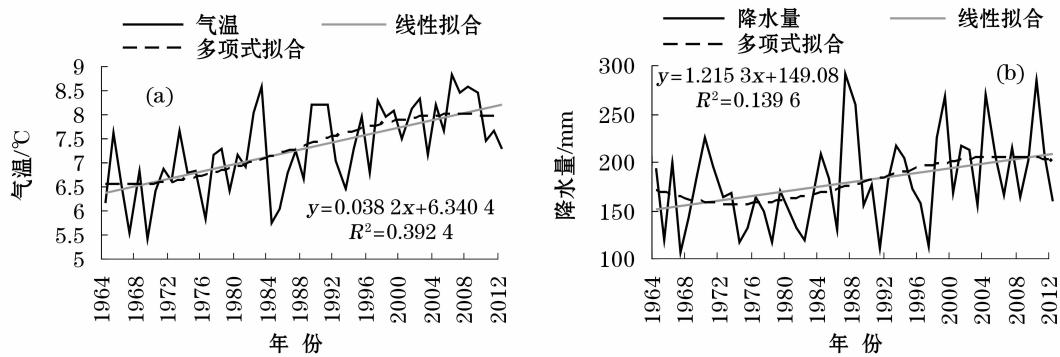


图2 石河子地区平均气温和年降水量变化

Fig. 2 Variation of average temperature and annual precipitation in Shihezi region

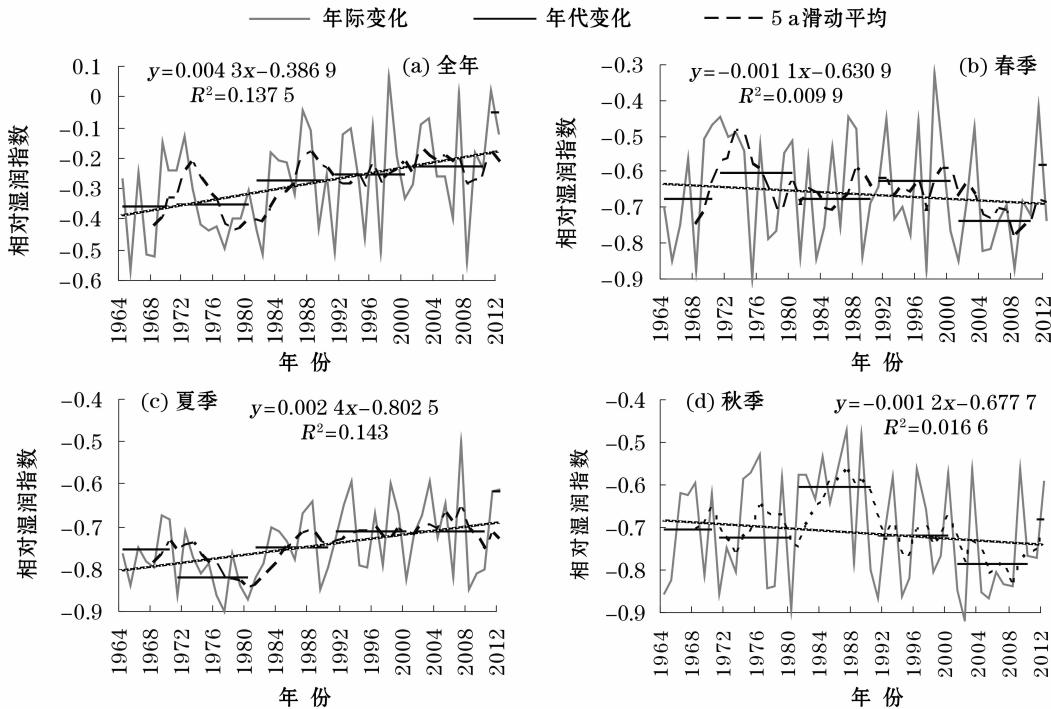


图3 石河子地区相对湿润指数变化

Fig. 3 Variation of relative humid index in Shihezi region

季节变化上,过去49 a,春季(图3b)、夏季(图3c)和秋季(图3d)的相对湿润指数在年际和年代变化上有所不同。春季的相对湿润指数呈不明显的减少趋势($P > 0.05$),倾向率每10 a仅为 -0.01 ;49 a平均值为 -0.66 ,变幅为 $-0.90 \sim -0.32$;年代变化上,春季的相对湿润指数在2011—2012年最高,20世纪70年代和90年代次之,分别为 -0.60 和 -0.63 ,60年代和80年代相当,都为 -0.67 ,21世纪初相对湿润指数最小,为 -0.74 。夏季的相对湿润指数与春季的有所不同,总体呈增加趋势,倾向率每10 a为 0.02 ($P < 0.05$),变幅为 $-0.9 \sim -0.5$ 。其中,夏季的相对湿润指数年际变化曲线大致呈先

增多—后减少—又增多的变化趋势,这与夏季相对湿润指数的年代变化特征具有一致性,20世纪60年代、70年代、80年代、90年代及21世纪初、2011—2012年的相对湿润指数分别为 -0.76 、 -0.82 、 -0.75 、 -0.71 、 -0.71 和 -0.62 。秋季的相对湿润指数也呈减少趋势,其倾向率每10 a为 -0.01 ($P < 0.01$),变幅为 $-0.92 \sim -0.47$;年代变化上,20世纪80年代相对湿润指数最大,为 -0.61 ,2011—2012年的相对湿润指数次之,为 -0.68 ,60年代、70年代和90年代相对湿润指数较低,分别为 -0.71 、 -0.71 和 -0.73 ,2000—2010年的相对湿润指数最小,为 -0.78 。

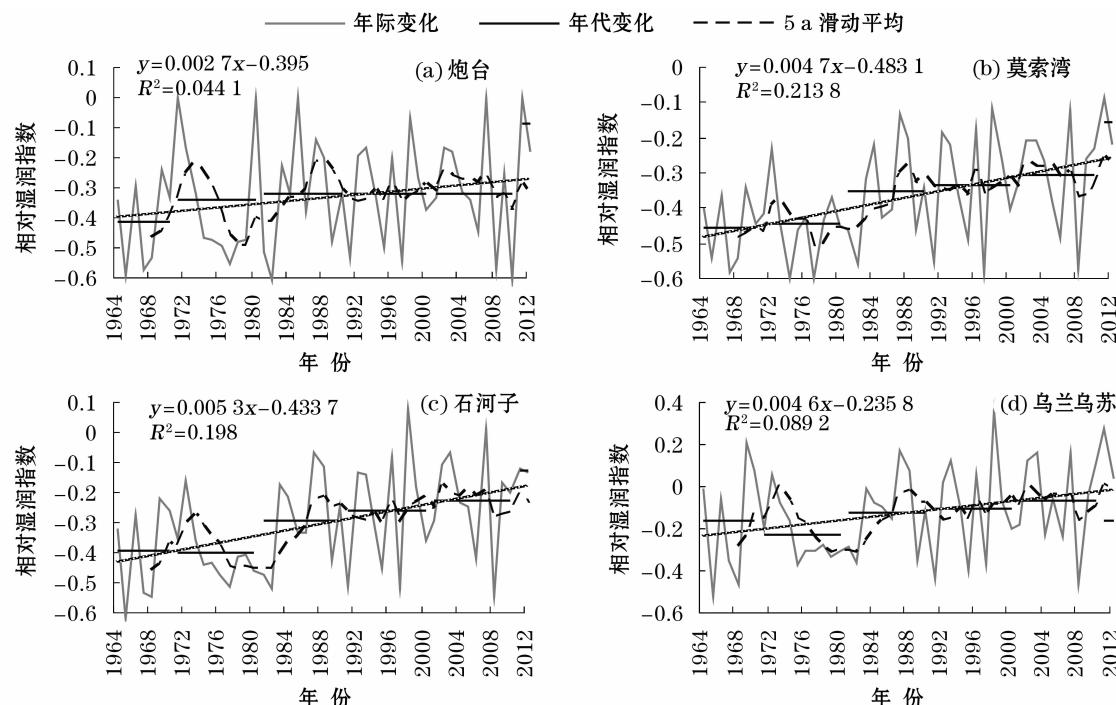


图4 石河子地区和各站点相对湿润指数变化

Fig. 4 Variation of relative humid index of four stations in Shihezi region

2.2.2 各站点湿润指数变化特征 炮台(图4a)、莫索湾(图4b)、石河子市(图4c)和乌兰乌苏地区(图4d)的年相对湿润指数都呈增加趋势,其倾向率每10 a分别为:0.027($P < 0.05$)、0.047($P < 0.01$)、0.063($P < 0.01$)和0.046($P < 0.05$)。过去49 a,炮台地区的平均相对湿润指数为-0.33,变幅为-0.61~0;最大相对湿润指数为0,出现在1971年、1980年、1985年、2007年和2011年;最小相对湿润指数为-0.61,分别出现在1982年和2010年。年代变化上,炮台地区的相对湿润指数在20世纪60年代最低,仅为-0.415;70年代相对湿润指数为:-0.34,80年代至21世纪初,相对湿润指数较高,都为-0.32;2011—2012年,相对湿润指数最高,为-0.09。莫索湾地区过去49 a的相对湿润指数平均值为-0.37,变幅为-0.60~0.09,最大相对湿润指数出现在2011年,最小的相对湿润指数出现在1974年;从炮台相对湿润指数年际变化曲线、5 a滑动平均曲线以及年代变化曲线可以看出,该地区的相对湿润指数在逐渐增加,由60年代和70年代的-0.46和-0.44增加到80年代、90年代和21世纪初的-0.35、-0.34和-0.31,增加到2011—2012年-0.089。过去49 a,石河子市的相对湿润指数变幅为-0.61~0.8,49 a的平均相对湿润指数为-0.3;年代变化上,20世纪60—70年代,相

对湿润指数逐渐降低,由-0.39变为-0.40;20世纪80年代至2012年,相对湿润指数逐渐增加,在2011—2012年达到最大值,为-0.12。与炮台和莫索湾相比,过去49 a,乌兰乌苏地区相对湿润指数变幅最大,其变幅为-0.52~0.36;最大相对湿润指数出现在1998年,最小相对湿润指数出现在1965年。年代变化上,20世纪70年代相对湿润指数最低,为-0.23,90年代相对湿润指数最高,为-0.07,60年代和2011—2012年相对湿润指数相对较低,都为-0.16,80年代的相对湿润指数相对较高,为-0.12。

2.2.3 湿润指数的突变特征 对石河子地区进行统计分析,求出时间序列的 UF_k 和 UB_k 值。取显著水平 $\alpha=0.05$ 情况下临界值为 ± 1.96 ,同时根据Z值的大小分析季节和各站点相对湿润指数的变化趋势,从而可以验证趋势分析法。从图5和表1可以看出,过去49 a,除乌兰乌苏地区年相对湿润指数没有突变,石河子地区的全年、春季、夏季和秋季以及石河子市、莫索湾和炮台地区的相对湿润指数都发生了突变,并达到了显著水平($P < 0.05$)。其中,春季和炮台的相对湿润指数突变较早,发生在1967年;秋季的相对湿润指数突变较晚,发生在1997年。且突变年份主要集中在1967—1968年和20世纪80年代末至90年代初。从Z值可以看出,春季和秋

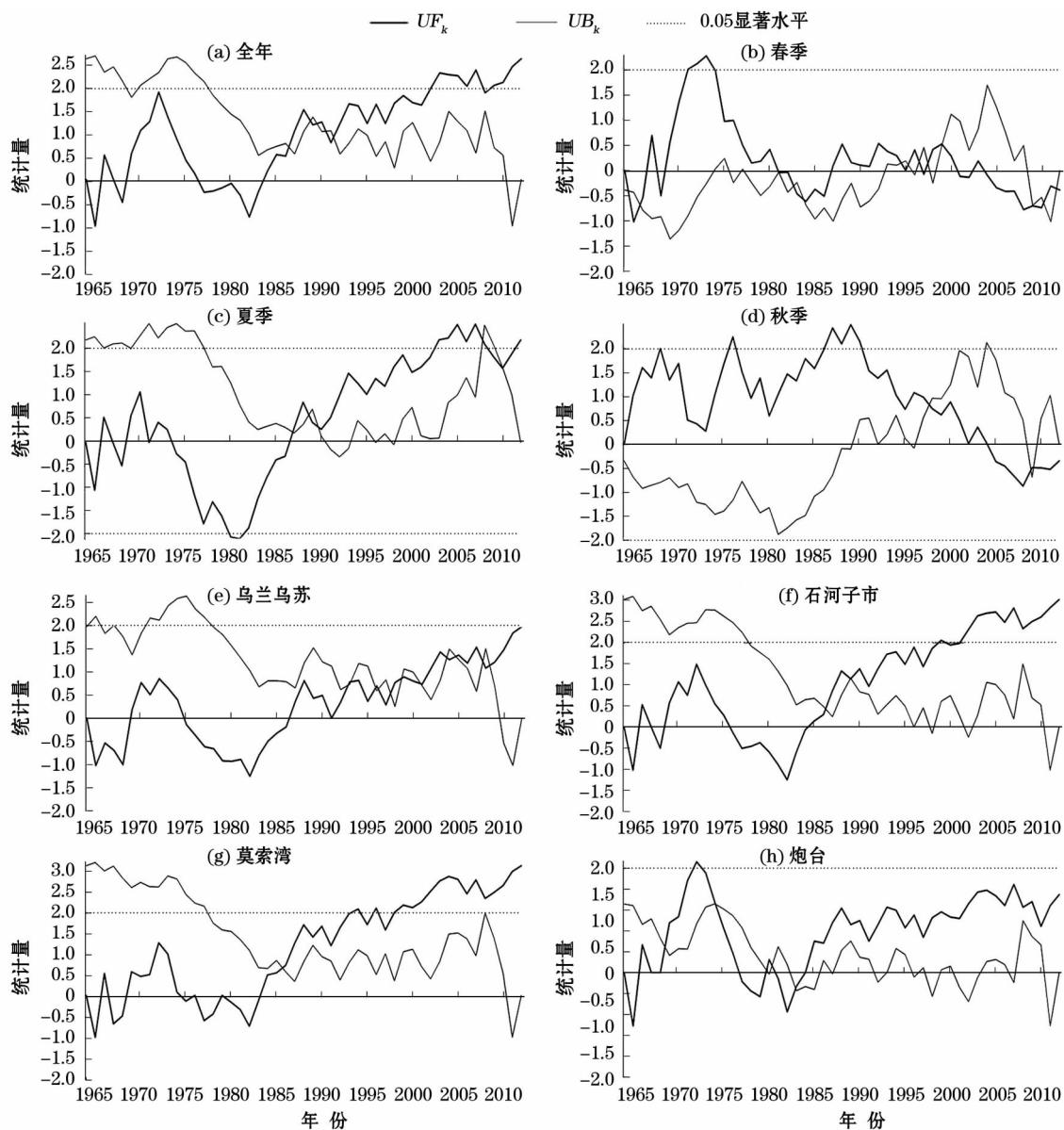


图5 石河子地区和各站点相对湿润指数M-K突变检验

Fig. 5 M-K test for abrupt change analysis of relative humid index in Shihezi region

表1 石河子地区相对湿润指数的Z值变化

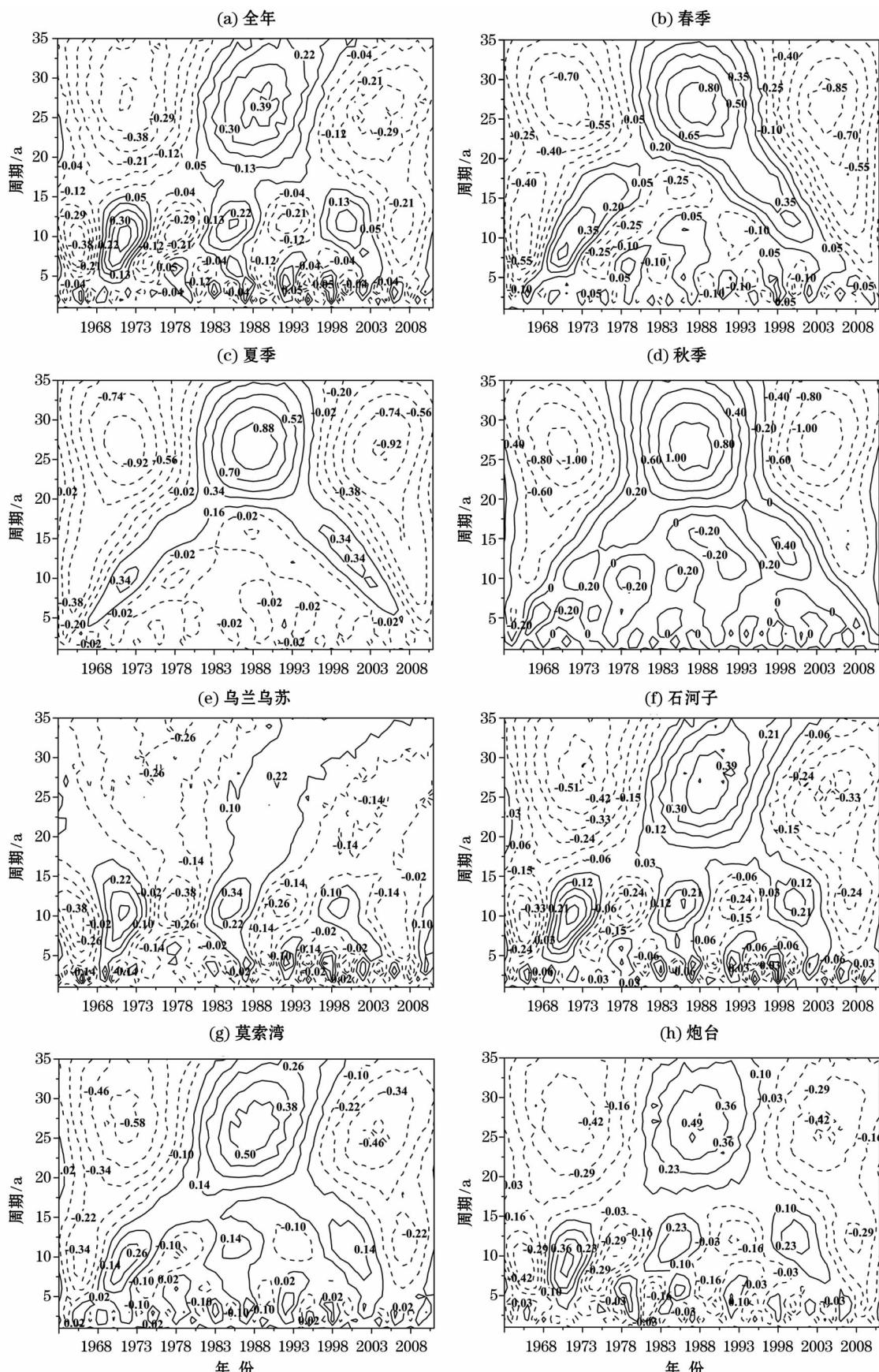
Tab. 1 Variation of Z value of relative humid index
in Shihezi regionn

	突变开始年份	Z值
全年	1992	2.577
春季	1967	-0.371
夏季	1990	2.129
秋季	1997	-0.336
石河子	1986	2.975
乌兰乌苏	-	1.922
莫索湾	1986	3.077
炮台	1968	1.371

季的相对湿润指数的Z指数都小于0,表明两者呈减少趋势,全年和夏季,石河子市、乌兰乌苏、莫索湾

和炮台地区相对湿润指数的Z指数都大于0,表明其呈增加趋势。这与本文的趋势分析法的研究结果具有一致性。

2.2.4 湿润指数的周期特征 根据年和季节的相对湿润指数,计算Morlet小波的实部值,做出相应的时频分布图(图6)。图6中小波系数实部的波动表征了相对湿润指数随时间偏多和偏少交替变化的特征。石河子地区春季、夏季、秋季、全年的相对湿润指数和莫索湾、炮台、石河子市的相对湿润指数均存在10~12 a的变化周期。从10~12 a变化周期看,都处于偏小—偏大—偏小循环过程,并且在1965年、1978年、1993年和2005年前后处于异常偏小期,在1970年、1985年和2000年前后处于异常偏



实线表示正位相, 即实部值大于0, 虚线则反之。

图6 Morlet 小波变换实频分布

Fig. 6 Real part time-frequently distribution of Morlet wavelet transform coefficients

大期。乌兰乌苏则存在 $10\sim12$ a的周期,且其变化特征与其他站点一致。基于 $10\sim12$ a变化周期来看,石河子地区春季、夏季、秋季、全年的相对湿润指数和莫索湾、炮台、石河子市的相对湿润指数目前处于相对偏小期,但在未来几年有逐渐增大的趋势。

3 未来变化趋势 R/S 分析

通过R/S分析法,计算了石河子地区和4个气象站点季节和全年的相对湿润指数,从表3可以看出,Hurst指数(H)均小于0.5且大于0,相关系数 C 都小于0,表明石河子地区和4个气象站点季节和全年的相对湿润指数具有反持续性,即过去呈增加趋势的将呈减少趋势,过去呈减少趋势的将会呈增加趋势。因此,在未来一段时间内,石河子地区全年的相对湿润指数以及莫索湾、石河子市、乌兰乌苏、炮台和石河子地区夏季的相对湿润指数将会从增加趋势转变为减少趋势,而春季和秋季的相对湿润指数将会从减少趋势转化为增加趋势。

表3 石河子地区相对湿润指数的Hurst指数

Tab. 3 Hurst index of relative humid index
in Shihezi region

	H 指数	R^2	C
石河子地区	0.29	0.64	-0.25
石河子市	0.30	0.65	-0.23
莫索湾	0.27	0.67	-0.28
炮台	0.25	0.48	-0.29
乌兰乌苏	0.31	0.73	-0.23
春季	0.22	0.73	-0.32
夏季	0.34	0.83	-0.20
秋季	0.20	0.56	-0.34
全年	0.29	0.64	-0.25

4 讨论

石河子地区湿润指数呈增加趋势,且莫索湾、石河子市、乌兰乌苏和炮台都呈增加趋势。而四季中,仅有夏季呈增加趋势,秋季和冬季都呈减少趋势。这与马柱国^[21~22]等的研究结果是一致的。通过对四季气温、降水和相对湿润指数的相关分析计算,夏季的降水量和相对湿润指数的相关性达到了0.99(通过了0.01显著水平检验)。因此,夏季相对湿润指数的增加对全年湿润指数的增加起关键作用。研究表明,石河子地区年总降水量呈增加,倾向率达到 $12.15\text{ mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$ ($P < 0.01$);刘世薇等^[23~24]

研究认为,石河子地区夏季降水量的增加趋势最为明显。因此,夏季降水量的增加对湿润指数的增大有很大的正相关作用。未来石河子地区的相对湿润指数可能会伴随着降雨量的增加而增大。但是,通过R/S分析法则表明,石河子地区全年的相对湿润指数以及莫索湾、石河子市、乌兰乌苏、炮台和石河子地区夏季的相对湿润指数将会从增加趋势转变为减少趋势。气温与相对湿润指数呈负相关,气温的升高会增加植被、土壤等的潜在蒸散量,从而会减小相对湿润指数。气温对相对湿润指数的负效应和降水对相对湿润指数的正效应在共同发挥作用的过程中,两者的耦合对相对湿润指数是否存在深层次的变化,有待进一步研究。另外,相对湿润指数还与日照时数、风速、相对湿度和水汽压等因素有关^[17],在各种气象因子的作用下,石河子地区相对湿润指数变化的原因有待进一步研究。

石河子地区的显著湿润化在一定程度上对农业会产生有利的影响。石河子垦区是典型的灌溉农业区,年、夏季和4个气象站的相对湿润指数都呈增加趋势,能在一定程度上缓解垦区干旱状况。其中,夏季是农作物的主要生长季节,植物需水量大,夏季的暖湿化有利于作物的生长。但是,湿润化趋势表明,其发生涝灾的几率在增大,对农业会产生负面影响^[25]。伴随着湿润化,石河子地区气温也呈上升趋势,区域水热收支状态的改变以及植物对环境无法适应,可能会影响植物的生长发育和产量,加重病虫害,可能对农业生产产生不利影响^[26]。

5 结论

趋势分析法和M-K突变检验都表明,1964—2012年,石河子地区的气温和降水都呈增加趋势,其倾向率分别为: $0.41\text{ }^\circ\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ ($P < 0.05$)和 $12.15\text{ mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$,表明石河子地区逐渐趋于暖湿化。气候变化下,石河子地区的年相对湿润指数和夏季相对湿润指数都呈增加趋势,且石河子地区和4个气象站点的湿润指数也呈增加趋势,而春季和秋季的相对湿润指数则呈减少趋势。

突变特征上,石河子地区的全年、春季、夏季和秋季以及石河子市、莫索湾和炮台地区的相对湿润指数都发生了突变,并达到了显著水平($P < 0.05$),而乌兰乌苏地区年相对湿润指数没有突变。周期变化上,石河子地区春季、夏季、秋季、全年的相对湿润指数和莫索湾、炮台、石河子市、乌兰乌苏的相对

湿润指数均存在 10~12 a 的变化周期。

未来变化趋势上, R/S 分析表明, 石河子地区全年的相对湿润指数以及莫索湾、石河子市、乌兰乌苏、炮台和石河子地区夏季的相对湿润指数将会从增加趋势转变为减少趋势, 而春季和秋季的相对湿润指数将会从减少趋势转化为增加趋势。

参考文献(References) :

- [1] Working Group I Contributions to IPCC Fifth Assessment Report Climate Change 2013. The Physical Science Basis [M]. Cambridge:Cambridge University Press,2013;9.
- [2] 申双和, 张方敏, 盛琼. 1975—2004 年中国湿润指数时空变化特征[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1):11~15. [Shen Shuanghe, Zhang Fangmin, Sheng Qiong. Spatio-temporal changes of wetness index in China from 1975 to 2004 [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(1):11~15.]
- [3] 姚玉壁, 董安详, 王毅荣, 等. 基于帕默尔干旱指数的中国春季区域干旱特征比较研究[J]. 干旱区地理, 2007, 30(1):22~29. [Yao Yubi, Dong Anxiang, Wang Yirong, et al. Compare research of the regional arid characteristic base on Palmer drought severity index in spring over China [J]. Arid Land Geography, 2007, 30(1):22~29.]
- [4] 赵一飞, 张勃, 张多勇, 等. 甘肃河东地区地表湿润特征及其气候影响因子[J]. 地理科学进展, 2013, 32(1):95~104. [Zhao Yifei, Zhang Bo, Zhang Duoyong, et al. Surface humidity index and the impacting climatic factors in Hedong region of Gansu province [J]. Progress in Geography, 2013, 32(1):95~104.]
- [5] 姚玉壁, 李耀辉, 李俭峰, 等. 近 50 年石羊河流域陆地表层干湿状况变化特征及其影响因素[J]. 生态环境学报, 2013, 22(1):31~39. [Yao Yubi, Li Yaohui, Li Jianfeng, et al. Climatic change of terrestrial surface humid index and its impact factors in the Shiyang River basin during the recent 50 years [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2013, 22(1):31~39.]
- [6] 杨芳, 刘露. 青海东部干旱发生规律及其变化趋势[J]. 干旱区研究, 2012, 29(2):284~288. [Yang Fang, Liu Lu. Study on occurrence pattern and trend of drought in east Qinghai Province [J]. Arid Zone Research, 2012, 29(2):284~288.]
- [7] 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, 13(1):3~14. [Cheng Guodong, Wang Genxu. Changing trend of drought and drought disaster in northwest China and countermeasures [J]. Earth Science Frontiers, 2006, 13(1):3~14.]
- [8] 吴爱敏, 郭江勇, 王劲松. 中国西北地区伏期干旱指数及干旱分析[J]. 干旱区研究, 2007, 24(2):227~233. [Wu Aimin, Guo Jiangyong, Wang Jinsong. Analysis on the drought index and drought events in northwest China in the hottest season [J]. Arid Zone Research, 2007, 24(2):227~233.]
- [9] 施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前进初步探讨[J]. 冰川冻土, 2002, 24(3):199~225. [Shi Yafeng, Shen Yongping, Hu Ruji. Preliminary study on signal, impact and foreground of climatic shift from warm-dry to warm-humid in northwest China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2002, 24(3):199~225.]
- [10] 陈丽丽, 刘普幸, 姚玉龙, 等. 1960—2010 年甘肃省不同气候区 SPI 与 M 指数的年及春季变化特征[J]. 生态学杂志, 2013, 32(3):704~711. [Chen Lili, Liu Puxing, Yao Yulong, et al. Variation characteristics of annual and spring standardized precipitation index and Z index in different climate regions of Gansu Province, Northwest China in 1960~2010 [J]. Chinese Journal of Ecology, 2013, 32(3):704~711.]
- [11] 曹兴, 万瑜, 崔玉玲, 等. 中天山北坡近 30 年相对湿润指数变化趋势分析[J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(3):244~251. [Cao Xing, Wan Yu, Cui Yuling, et al. Analysis on change tendency of relative moisture index in northern piedmont of middle Tianshan mountain over recent 30 years [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2013, 31(3):244~251.]
- [12] 李红军. 近 50 年塔里木河流域干湿变化特征及其成因分析[D]. 江苏:南京信息工程大学, 2012. [Li Hongjun. The Analysis of Variation Characteristics and Cause of Grought-Wetness over Tarim River Basin in Recent 50 a [D]. Jiangsu: Nanjing University of Information Science & Science, 2012.]
- [13] 谢姆斯叶·艾尼瓦尔, 塔西甫拉提·特依拜, 买买提·沙吾提, 等. 近 50 年来塔里木盆地南、北缘干湿状况变化趋势分析[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(3):40~46. [Shanshiya Anwar, Tashpolat Tiyip, Mamatsawut, et al. The variation trend of surface dry-wet conditions in recently 50 tears in the southern and northern edge of Tarim Basin [J]. Journal of Arid Land Resource and Envieonment, 2013, 27(3):40~46.]
- [14] 潘冬梅, 潘雪梅. 基于 K 指数的阿勒泰地区夏季气象干旱特征[J]. 干旱区研究, 2013, 30(2):336~340. [Pan Dongmei, Pan Xuemei. Summer drought in Altay based on drought K index [J]. Arid Zone Research, 2013, 30(2):336~340.]
- [15] 赵勇, 杨青, 马玉芬. 新疆北部地区春夏季干旱的区域性和持续性特征[J]. 干旱区研究, 2013, 30(3):472~478. [Zhao Yong, Yang Qing, Ma Yufeng. Analysis on features of regional and continuous drought in north Xinjiang in spring and summer [J]. Arid Zone Research, 2013, 30(3):472~478.]
- [16] 韩翠华, 郝志新, 郑景云, 等. 1951—2010 年中国气温变化分区及其区域特征[J]. 地理科学进展, 2013, 32(6):887~896. [Han Cuihua, Hao Zhixin, Zheng Jingyun, et al. Regionalization of temperature changes in China and characteristics of temperature in different regions during 1951~2010 [J]. Progress in Geography, 32(6):887~896.]
- [17] 吴燕锋, 巴特尔·巴克, 李维, 等. 基于综合气象干旱指数的 1961—2012 年阿勒泰地区干旱时空演变特征[J]. 应用生态学报, 2015, 26(2):512~520. [Wu Yanfeng, Bake Bature, Li Wei, et al. Spatio-temporal variation of drought condition during 1961 to 2012 based on composite index of meteorological drought in Altay region, China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26(2):512~520.]
- [18] Wu Y, Bake B, Zhang J, et al. Spatio-temporal patterns of drought in North Xinjiang, China, 1961~2012 based on meteorological drought index [J]. Journal of Arid Land, 2015, 7(4):527~543.
- [19] 郝慧梅, 任志远. 近 40 a 固阳县气候的 Hurst 分析[J]. 干旱区研究, 2006, 23(1):119~126. [Hao Huimei, Ren Zhiyuan. Analysis on Hurst indexes of climatic factors in Guyang county, Inner Mongolia since recent 50 years [J]. Arid Zone Research, 2006, 23(1):119~126.]
- [20] 王孝礼, 胡宝清, 夏军. 水文时序趋势与变异点的 R/S 分析法[J]. 武汉大学学报:工学版, 2002, 35(2):10~12. [Wang Xiaoli, Hu Baoqing, Xia Jun. R/S analysis method for hydrological time series trend and change point [J]. Journal of Wuhan University: Engineering Edition, 2002, 35(2):10~12.]

- oli, Hu Baoqing, Xia Jun. R/S analysis method of trend and aberrance point on hydrological time series[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2002, 35(2): 10–12.]
- [21] 马柱国, 吴绍洪, 郑度, 等. 近30年我国干湿状况变化的区域差异[J]. 科学通报, 2005, 50(15): 1635–1642. [Ma Zhuguo, Wu Shaohong, Zheng Du, et al. Regional distribution of wet-dry condention in China during past 30 years[J]. Chinese Billiton of Science, 2005, 50(15): 1635–1642.]
- [22] 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. [Ma Zhuguo, Fu Congbin. Trend of surface humid index in the arid area of northern China[J]. Acta Meteorological Sinica, 2001, 59(6): 737–746.]
- [23] 刘世薇, 周华荣, 梁雪琼, 等. 新疆石河子地区气候变化特征分析[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(1): 230–237. [Liu Shiwei, Zhou Huarong, Liang Xueqiong, et al. Study on the trend of climate change in Shihezi[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2012, 30(1): 230–237.]
- [24] 赵勇, 黄丹青, 杨青. 新疆北部汛期降水的变化特征[J]. 干旱区研究, 2012, 29(1): 35–40. [Zhao Yong, Huang Danqing, Yang Qing. Analysis on variation of precipitation in flond season in north Xinjiang[J]. Arid Zone Research, 2012, 29(1): 35–40.]
- [25] 张强, 张存杰, 白虎志, 等. 西北地区气候变化新动态及对干旱环境的影响: 总体暖干化, 局部出现暖湿迹象[J]. 干旱气象, 2010, 28(1): 1–7. [Zhang Qiang, Zhang Cunjie, Bai Huzhi, et al. New developm ent of climate change in Northwest China and its impact on arid environment[J]. Journal of Arid Meteorology, 2010, 28(1): 1–7.]
- [26] 周文魁. 气候变化对中国粮食生产的影响及应对策略[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2012. [Zhou Wenkui. Impact of Climate Change on Chinese Food Production and Its Countmeasures[D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science & Technology, 2012.]

Variation of Humidity Index in Shihezi Region, Xinjiang from 1964 to 2012

WU Yan-feng¹, Bater Bake¹, LI Wei¹, WEI Xiao-qin¹, Jiayinaguli Wozatihan¹, Rasulov H H²

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

2. Faculty of Hydrometeorology, Tajik Agrarian University, Dushanbe 734003, Tajikistan)

Abstract: Shihezi is located in Xinjiang, an arid area of Northwestern China. In the context of global warming, the dry-wet conditions of Shihezi have significantly influence on many aspects of production and life. Therefore, it is necessary to conduct the research to investigate the variation of past decades and predict change trend of dry-wet conditions in the future, so as to provide reference to relative research and farming operation management. Based on the daily temperature and precipitation data in Shihezi region from 1964 to 2012, the method of trend analysis, M-K analysis, wavelet analysis, relative humid index, and R/S analysis was applied to analyze the temporal characteristics in this area. The results showed that the annual temperature and precipitation had a significantly increasing trend. The relative humid of Shihezi region, summer and four stations increased while the relative humid of spring and autumn decreased in the past 49 years. Abrupt change occurred in the changing process of the relative humid index of annual change, spring, summer, autumn, Shihezi city, Mosuowan County and Paotai county while not occurred in Wulanwusu County. The relative humid index, annual and summer change in Shihezi region and in four stations, would transform form increasing trend to decreasing trend while transform form decreasing trend to increasing trend in spring and autumn. This paper can provide reference for the research of dry-wet conditions variation and response to meteorological drought efficiently.

Key words: dry-wet conditions; relative humid index; mean temperature; annual precipitation; Shihezi