

扎龙湿地周边区域极端气温不对称变化分析

孙砾石¹ 王 昊²

(1. 黑龙江省齐齐哈尔市气象局, 161005; 2. 大连理工大学土木水利学院水环境教研室)

提 要: 为了了解扎龙湿地对小区域气候的调节作用及其变化趋势。利用 MANN-KENDALL 检验等 4 种气候变化趋势分析方法, 分析了扎龙湿地周边区域的富裕、林甸、杜蒙、泰来气象站 1957—2002 年最高、最低气温的变化特征。结果表明, 最高、最低气温存在明显的不对称变化, 在部分时段还存在着反向变化趋势; 最低气温的变化还明显地存在着气候突变的特征; 这种极端气温的不对称变化, 使该区域气温的日较差有明显的递减趋势。R/S 分析 (改变尺度范围分析法) 表明最高、最低气温的变化存在明显的 Hurst 现象, 该区域气候变暖有趋于减缓的趋势。

关键词: 极端气温 不对称性变化 扎龙湿地 R/S 分析

Analysis of Asymmetry Variation of Maximum and Minimum Temperature in Zhalong Wetland

Sun Leshi Wang Hao

(1. Qiqihar Meteorological Office, Heilongjiang Province 161005; 2. Dalian University of Technology)

Abstract: The climate variation of the Zhalong Wetland and its accommodation effect on the small area are investigated with four ways of climate analysis (for example, Mann-Kendall method) based on the monthly maximum and minimum temperature data in 4 representative stations in Zhalong Wetland. An analysis of the variations of mean monthly, seasonal and annual maximum and minimum temperature is made. The results show that the maximum and minimum temperature exist an obvious asymmetry variation and obvious anti-variations at some stages. Additionally, the change of minimum temperature has its climate sudden

change characteristic. Based on R/S analysis of the maximum and minimum temperature, the variations of the maximum and minimum temperature had evident Hurst phenomena. In the area, the climate warming tends to be slow.

Key Words: maximum and minimum temperature asymmetry variation Zhalong wetland R/S analysis

引言

工业化程度提高及绿地面积持续减小导致了大气中二氧化碳浓度的连续增加^[1], 这种持续增长趋势必然会引起全球或区域气候要素的改变, 如气温和降雨的变化。近些年来关于全球气候变暖存在着一些新的观点, 即日最高气温和最低气温的不对称变化——日最低气温呈明显的上升趋势, 而日最高气温上升趋势显著地小于最低气温, 在部分时段有呈下降的现象。1998年汪青春等^[2], 用线性趋势分析方法对青海省最高气温、最低气温不对称性变化作了诊断分析。2001年赵晶等^[3], 利用 R/S 方法分析了兰州市城市化的气候效应。

湿地作为一个独特地生态系统, 在气候变暖过程中, 对气候的适应与调节过程是如何变化的, 一直是人们所关心的问题^[4,5]。扎龙湿地所处的松嫩平原, 是 20 世纪 80 年代以来全国气候变暖的明显区域之一。本文使用了线性趋势分析、MANN-KENDALL 检验、累积背离检验、Hurst 分析等趋势变化分析方法^[6]等, 分析了扎龙湿地周边区域极端气温的变化特征, 及其与湿地生态环境之间的相互关系, 并与距离湿地较远的农业区的变化特征进行了比较分析。

1 资料与研究区域

扎龙湿地地处松嫩洪泛平原, 嫩江支流乌裕尔河、双阳河下游湖沼苇草地带, 地理

坐标为 $46^{\circ}48' \sim 47^{\circ}31.5' \text{N}$ 、 $123^{\circ}51.5' \sim 124^{\circ}37.5' \text{E}$, 总面积近 2100km^2 。属寒温带大陆性季风气候, 年平均气温 $2 \sim 4^{\circ}\text{C}$, 在研究区域周边, 有齐齐哈尔、富裕、林甸、杜蒙和泰来 5 个气象站。选取了扎龙湿地周边区域的富裕县、杜尔伯特和林甸等气象站 1957—2002 年的月平均最高、最低气温来代表湿地周边区域 (观测站距扎龙湿地边缘 $20 \sim 40 \text{km}$, 位置分布见图 1)。

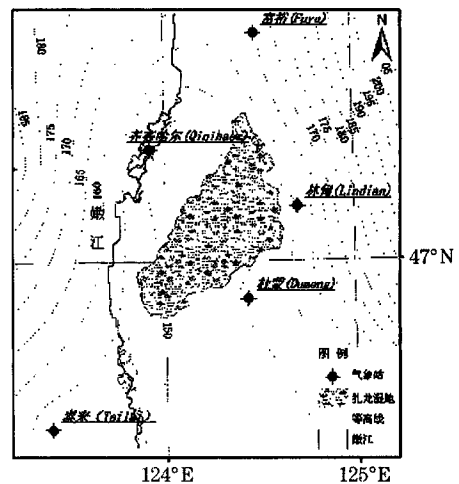


图 1 扎龙湿地与周边气象台站位置分布

考虑到齐齐哈尔市气象站受城市环境影响比较明显, 而泰来县气象站又距扎龙比较远, 其资料只作为辅助分析。在扎龙湿地上风方 (西侧) $110 \sim 120 \text{km}$, 选择属于同一气候区的龙江、甘南气象站作为对比区域。将资料按季节分成 4 个部分, 从 11 月到次年 2 月为冬季, 3—5 月为春季, 6—8 月为夏季, 9—10 月为秋季。

2 极端气温不对称变化状况

表 1 给出了 4 种反映趋势变化方法的计算结果,其中最高气温和最低气温的各季及年平均值的线性趋势分析(L-P)、MANN-KENDALL 检验(M-K)、累积背离检验(C-D)、Hurst 分析等指数均呈递增的趋势。但是,最高气温的指数明显地小于最低气温的指数,表明最高气温的递增趋势明显地小于最低气温的递增趋势;而且最低气温的累积背离检验指数达到 1.88~2.72,大于 95%置信区间 Q/\sqrt{n} 的临界值(1.27),表明递增趋势出现突变,而最高气温却没有这样明显的变化。这种最高气温与最低气温的变化特征,使日较差呈递减的趋势(线性趋势分析与 MANN-KENDALL 检验均为负值),由此反映出,极端气温是呈不对称变化的特点。

表 1 趋势变化结果

项目		春	夏	秋	冬	年平均
最高气温	M-K	2.23	0.70	0.82	0.70	1.94
	C-D	1.24	0.88	0.69	0.82	1.27
	L-P	0.0451	0.0095	0.0071	0.0119	0.0058
	Hurst	0.604	0.632	0.593	0.766	0.587
最低气温	M-K	5.59	5.46	3.72	4.42	6.10
	C-D	2.42	2.51	2.16	1.88	2.72
	L-P	0.1016	0.0619	0.0556	0.0929	0.0804
	Hurst	0.766	0.957	0.893	0.837	0.956
日较差	M-K	-4.32	-3.91	-2.35	-5.61	-4.97
	C-D	2.17	2.55	1.96	2.16	2.86
	L-P	-0.0565	-0.0524	-0.0486	-0.0809	-0.0624
	Hurst	0.931	0.942	0.862	0.8497	0.999

图 2 是位于扎龙边缘区域的林甸气象站各月平均最高气温和平均最低气温和年平均最高(最低)气温的倾向率。从图中可以看出,极端气温的不对称变化是比较明显的,年最高气温的倾向率为 0.1807 °C/10a,年

最低气温的倾向率达 0.8044 °C/10a,是最高气温的 4.45 倍,尤其是在 10、11 和 1 月两者之间呈现出相反的变化趋势。因此,这种不对称变化是存在于气温的全年度变化中的,而不仅仅是某一阶段的特殊现象。

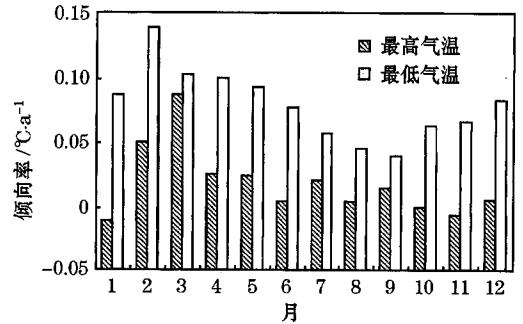


图 2 林甸月平均最高、最低气温倾向率

3 极端气温的不对称变化分析

3.1 极端气温的季节变化和区域分布

从极端最高、最低气温倾向率的年变化看,两者均呈双峰型变化,第一个峰值出现在 2 月份,第二个峰值出现在 12 月,并明显地低于第一个峰值。但最低气温倾向率的谷值出现在 9 月和 1 月,而最高气温倾向率的谷值出现 11 月和 1 月,与最低气温的谷值出现的时间有些不一致。也反映了两者变化特征具有不同的特性。

表 2 是林甸站各个季节最高、最低气温及日较差的倾向率和线性拟合值与观测值的相关系数,可以看出最高、最低气温的非对称性变化,也存在着明显的季节性。最低气温倾向率与最高气温倾向率的比值以秋季最大,达到了 7.89 倍。表明了气候逐渐变暖的过程中,是以最低气温变暖为主要特征的,并且促使气温的日较差呈逐渐递减的趋势。

表2 林甸最高、最低气温线性拟合值与观测值的相关系数及显著性检验

项目		春	夏	秋	冬	年平均
相关系数	最高气温	0.39	0.12	0.08	0.08	0.27
	最低气温	0.76	0.76	0.53	0.52	0.81
	日较差	0.56	0.59	0.41	0.64	0.75
倾向率 (℃·a ⁻¹)	最高气温	0.045	0.0095	0.007	0.0119	0.018
	最低气温	0.1016	0.0619	0.0556	0.0929	0.0804
	日较差	-0.0565	-0.0524	-0.0486	-0.0809	-0.0623
显著性水平	最高气温	0.01	不显著	不显著	不显著	0.1
	最低气温	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	日较差	0.001	0.001	0.01	0.001	0.001

从空间分布看(图略)东、北部的最低气温倾向率在 $0.07376\sim 0.08045^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$,大于西、南部地区,前者处于湿地的下风方,后者处于湿地的上风方。这种分布反映了近20年来扎龙湿地区域气候变化存在着突变过程,这显然也与湿地的影响尺度及过程有关,将另文研究。

3.2 极端气温和气温日较差的年际变化

3.2.1 月平均最高气温

图3是湿地周边区域(林甸)年平均最高气温时间序列。年平均最高气温的年际变化呈波动式上升,其倾向率为 $0.207^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,变化幅度为23.6%。为了了解气温增暖的过程,计算了1981年以来,年平均最高气温倾向率的逐年变化值。在1985—

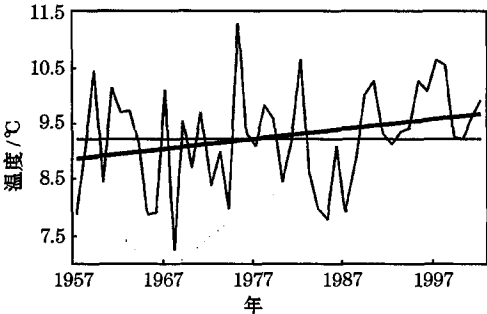


图3 林甸年平均最高气温的年际变化
细直线为平均值,粗直线为线性趋势

1989年间,倾向率为负值,最小值为 $-0.0121^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ (出现在1987年);1990年以后倾向率为正值,最大值出现在1998年,为 $0.01984^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ 。这一变化表明,1989年以后年平均最高气温出现了持续增暖的过程,在1998年以后气温的变暖趋势趋于稳定。

3.2.2 月平均最低气温

在年平均最低气温的变化曲线上(图4),其趋势性变化最为明显,倾向率为 $0.84^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,变化幅度达67.2%;在1981年以前只有两年的年平均最低气温在平均值以上,而1982年以后只有一年在平均值以下。这种趋势变化反映了气候变暖是以最低气温变暖为主要特征的。为了追述20世纪80年代以来气温变暖的过程,计算了1981年以来,年平均最低气温倾向率的逐年变化值(图略)。其倾向率是逐年递增的,在1998年达到了最大值,为 $0.08568^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ 。表明在1981年以来,年平均最低气温变暖的趋势是十分明显的,在1998年达到了峰值,以后又逐渐趋于平稳起来的趋势。

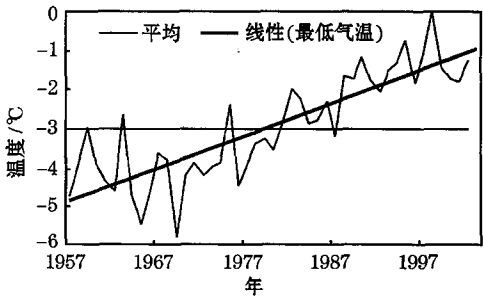


图4 林甸年平均最低气温的年际变化

3.2.3 气温日较差变化

气温年平均日较差的年际变化呈明显的阶段性(图5),也具有波动性。在1982年以前为波动式递减,平均值为 12.9°C ;1983—2002年则以波动变化为主,平均值

为 11.0°C ，递减的趋势减弱了。在这两个阶段中，平均差值达 1.9°C ，反映了气温年平均日较差的年际变化存在着比较明显的阶段性。

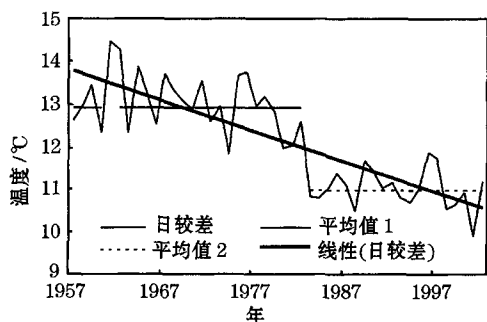


图 5 湿地周边区域年平均日较差的年际变化

对比区气温年平均日较差的年际变化(图 6)也具有相同的特点,但其变化幅度比湿地周边区域小,其两个阶段间的差值只有 1.2°C ,明显低于湿地周边区域,表明在 1983 年以后湿地对周边区域的影响能力有了明显的弱化。

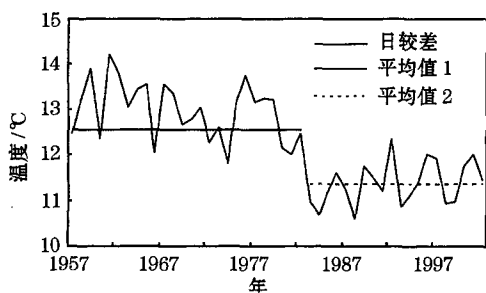


图 6 比较区日较差的年际变化

从计算的 1981 年以来逐年的年平均日较差的倾向率来看(图 7),在 1958—1981 年间,湿地周边区域的年平均日较差倾向率为 $-0.11^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,对比区为 $-0.49^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,对比区递减的趋势比湿地周边区域明显;但是,在 1981—1988 年间,湿地周边区域的递减趋势对比比区域迅速增大,1988—1994

年间年平均日较差倾向率的变化趋于平缓,在 1994 年达到最大值后,开始出现下降的趋势。这种现象反映了,在 20 世纪 80 年代以来,由于湿地范围的迅速收缩,其周边区域变暖过程要比对比区域更快,湿地对气候的调节能力明显减弱了。

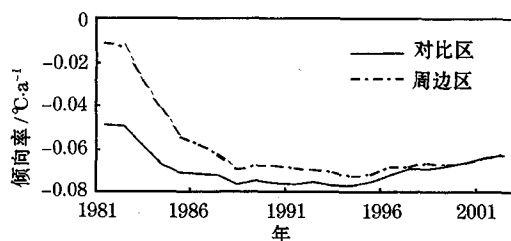


图 7 湿地周边地区与对比区年平均日较差的年际变化

4 结果分析

利用 R/S 分析法对极端气温未来的趋势变化作预测分析。

4.1 极端气温变化趋势持续性分析

从表 3 可以看出:年平均最高、最低气温及日较差的 H 值都大于 0.5,但年平均最高气温的 H 值 ($0.5869 \sim 0.6901$) 远小于最低气温 H 值 ($0.9564 \sim 0.9917$),说明最低气温的升温趋势的持续性比最高气温强,这也就说明未来温度的不对称性变化还会持续,而且仍是以最低气温的持续升高为主要特点。

另外还要注意到日较差的年平均值的 H 值已经趋近于 1,这是否表明目前日较差的趋势性变化已经达到最高值了,其未来将是趋于平缓的变化趋势呢?图 8 是 1981 年以来极端气温及日较差的 H 指数的变化情况,在 20 世纪 80 年代初,最高气温和日较差的 H 值为 0.5875 和 0.5699,而最低气温的 H 值为 0.7697。表明当时已经具有最高

气温的上升趋势和日较差的下降趋势，但变化并不明显，而最低气温的上升趋势是很明显的。但其后的最高气温 H 值没有明显的变化；而最低气温上升的趋势越来越明显，在 1999 年后出现了极值。这也表明从 20 世纪 80 年代以来，存在着以最低气温呈明显上升为特点的气候突变。

表 3 扎龙湿地周边地区季、年平均极端气温及日较差变化的 Hurst 指数

项目	春	夏	秋	冬	年平均	
林甸(东部)	最高气温	0.6041	0.6322	0.5934	0.766	0.5869
	最低气温	0.9569	0.9357	0.8932	0.8368	0.9564
	日较差	0.9305	0.9419	0.8616	0.8487	0.999
富裕(北部)	最高气温	0.409	0.7014	0.8567	0.5919	0.664
	最低气温	0.9044	0.9565	0.8543	0.8417	0.9681
	日较差	0.9357	0.8681	0.8196	0.9422	0.999
杜蒙(南部)	最高气温	0.5927	0.7623	0.575	0.7174	0.6901
	最低气温	0.9013	0.9529	0.9606	0.9364	0.9917
	日较差	0.9487	0.999	0.9737	0.999	0.999
泰来 (西南部)	最高气温	0.475	0.7983	0.5044	0.7176	0.6061
	最低气温	0.9178	0.9096	0.8361	0.794	0.9631
	日较差	0.9731	0.9296	0.8412	0.9391	0.999

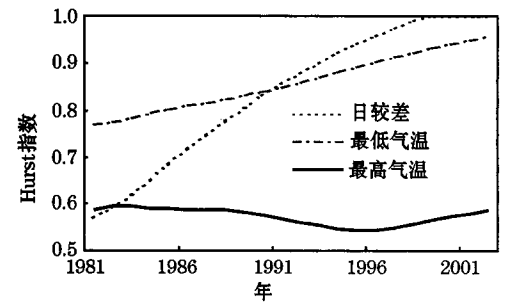


图 8 1981 年以来极端气温及日较差的 H 指数变化情况

4.2 季节趋势变化的持续性

以林甸为例，各季节最高气温的 H 值都大于 0.5，未来它们应继续维持原来的变化趋势，其中冬季 H 值最大，夏季的 H 值最小；最低气温的 H 值则以春季最大，冬

季最小；这种不对称分布使日较差的 H 值以夏季最大，冬季最小。

在扎龙湿地周边区域 H 值的分布上，以东南部的 H 值大于西北部 H 值为主要特点。但注意到富裕和泰来气象站的春季最高气温的 H 值已经小于 0.5，即有向相反的方向变化的趋势。这是否是气候变化的一个信号，还需进一步的分析。

5 讨论

生态环境变化与气候变化之间的相互关系，一直以来就为人们所关注。20 世纪 80 年代以来，随着人类在扎龙湿地周边区域生产规模的不断扩大，扎龙湿地区域的人口剧增，湿地周边区域的人口比 20 世纪 70 年代增加了近一倍；同时对进入湿地的水资源也被人为的控制起来，在扎龙湿地的两个主要水源——乌裕尔河和双阳河上就有各类水利工程 59 处，截流了大量的应进入湿地的水源^[5]，使湿地的孤岛化现象日益突出^[4]，而人类对湿地的开发，也使湿地范围不断萎缩，功能减弱；在这样的过程中，气候变化对湿地生态环境的影响过程将会更为明显。通过以上分析表明：

(1) 扎龙湿地周边区域的气候变暖是以最低气温的变暖为主要特征，而最高气温的变暖趋势明显的小于最低气温，所以最高、最低气温存在着明显的不对称变化。由于气温的不对称变化，使气温的日较差呈逐渐减小的趋势，这种变化趋势又以冬季和春季最为明显。

(2) 20 世纪 80 年代以来，扎龙湿地周边区域气温日较差减小的速度明显高于对比区，表明湿地对气候的调节能力有明显的减弱。根据湿地调查的情况表明，湿地对气候的调节能力减弱主要原因是由于人类活动使湿地的实际面积逐渐减小的结果。

(3) 最高气温、最低气温倾向率的变化, 在 1998 年达到最大值; 而气温日较差的倾向率变化, 在 1994 年达到最大值; 表明气候变暖的趋势将逐渐减缓, 并有趋于稳定的趋势。

(4) 利用 R/S 分析, 表明最高、最低气温的不对称性变化还会持续下去, 但其变化的趋势是趋于减缓的。

参考文献

- 1 Pao-Shan YU, Tao-Chang YANG, Chine-Chih XHOU. Effects of Climate Change on Evapotranspiration from Paddy Fields in Southern TAIWAN [J]. Climatic Change, 2002, 54: 165-179.
- 2 汪青春、王志俊、邵玉红. 青海省最高、最低气温不对称性变化的诊断分析 [J]. 气象, 1998, 24 (4): 41-45.
- 3 赵晶, 王乃昂, 杨素华. 利用 R/S 方法分析兰州城市化气候效应 [J]. 兰州大学学报. 2000, (6): 7-11.
- 4 孙砾石. 气候变化对扎龙湿地生态环境的影响 [J]. 湿地通讯, 2001, (5): 13-14.
- 5 崔保山, 杨志峰. 湿地生态环境需水量研究 [J]. 环境科学学报, 2002, 22 (2): 213-217.
- 6 吴兑, 邓雪娇. 环境气象学与特种气象预报 [M]. 北京: 气象出版社, 2001.
- 7 李长友. 扎龙湿地生态系统保护对策研究 [R]. G98D23-23-1.