

文章编号:1000-694X(2007)06-1048-07

## 黑河流域张掖市近 38 a 以来气候变化特征分析

李鸣骥<sup>1,2</sup>, 石培基<sup>1</sup>

(1. 西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 宁夏大学, 宁夏 银川 750021)

**摘要:** 目前黑河流域气候变化研究多集中于流域系统气候变化与区域水资源变化之间的关系、区域沙漠化、沙尘暴发生的气候动因等研究方面, 而对人类活动强度大、活动最为密集的流域绿洲区域张掖市气候变化所作研究较少。通过对张掖市六县(区)6 个气象观测站近 38 a 以来的逐月平均气温、降水、大风频率资料的系统分析, 认为张掖市近 38 a 来气温升高幅度较之全国其他区域更为明显。多年降水变化相对不大, 但冬春两季降水出现缓慢增加的趋势, 大风天气与沙尘暴发生频数近 38 a 来出现了明显的下降趋势, 这与区域气温升高及冬春两季易发生沙尘暴的期间降水增加有明显相关性。同时人类对干旱区内陆河流域绿洲开发的加深也一定程度上对这种生态环境敏感地区的气候产生影响。

**关键词:** 黑河流域; 张掖市; 气候变化; 人类活动

**中图分类号:** P467      **文献标识码:** A

生态脆弱区气候变化的波动, 在一定意义上反映了对全球气候变化的响应关系, 同时也反映出中尺度区域生态环境的气候变化对人类近 100 a 以来开发强度增大的一种滞后响应。西北内陆河流域绿洲区域由于自身的生态脆弱性、封闭性, 气候的波动对区域环境特征的变异更具影响力。但内陆河流域的气候变化在国内研究还相对较少, 当前黑河流域气候变化研究多集中于流域系统气候变化与区域水资源变化之间的相关关系、区域沙漠化、沙尘暴发生的气候动因等方面<sup>[1-8]</sup>, 而对人类活动强度最大、活动最为密集的黑河流域绿洲区域张掖市气候变化所作研究较少。无庸质疑, 干旱区内陆河流域的温度、降水量、流域水资源量变化对区域生态环境的影响深刻。但生态环境的气候波动是多要素综合集成作用的结果, 这其中包括全球尺度的气候变化的影响、区域生态环境中的重要因子的变化、流域生产环境特点以及人类活动的强度等。因此全面认识西北干旱区内陆河流域的气候变化的特征对于揭示区域生态环境的演变及趋势意义重大。通过对黑河流域主要的绿洲区张掖市 5 县 1 区 6 个气象站近 38 a 以来的气候要素观测资料进行分析, 探讨全球气候变化中的西北内陆河流域绿洲区域气候变化特征, 初步总结近 38 a 以来黑河流域张掖绿洲区气候变化的基本规律, 为张掖市绿洲以农业为主体的社会经济发展提供部分区域气候变化的参照依据, 从而更好

的构建区域人类社会活动与生态环境间和谐发展模式。

气候变化是指气候平均状态和离差(距平)两者中的一个或两个一起出现了统计意义上显著的变化。离差值增大, 表明气候变化的幅度越大, 气候状态不稳定性增加, 气候变化敏感性也增大<sup>[9]</sup>。通常将气象要素在最近 30 a 的平均值作为气候基本态, 平均值的改变表明了气候基本态的变化。

### 1 研究区概况

张掖市位于甘肃省西部, 河西走廊中段黑河中上游地区( $37^{\circ}28' - 39^{\circ}57' N$ ,  $97^{\circ}20' - 102^{\circ}12' E$ ), 平均海拔 1 770.10 m, 面积 4.1294 万 km<sup>2</sup>。年平均气温 6.38 ℃, 年均降水量 106.7 mm, 年蒸发量 1 620.4 mm, 年日照时数 2 809 h。张掖市除肃南县分布于祁连山北麓外, 其他县(区)均位于祁连山冲积平原上, 地形平坦开阔, 土沃水丰, 是河西走廊地区的精华部分, 素有“金张掖”的美称。黑河过境的充沛水量, 使张掖市绿洲发育在祁连山山前倾斜平原上, 绿洲区海拔多在 1 300~1 800 m, 从山麓地带到河流尾间的三角洲平原, 长度超过 400 km, 高差近 1 000 m<sup>[10]</sup>。绿洲区是甘肃重要的商品粮基地、油料、棉花、蔬菜瓜果基地, 每年向省内及省外提供商品粮 30 万 t 以上。全市辖 1 区 5 县、61 个乡镇。2005 年全市总人口 128.44 万, 城镇化水平

收稿日期: 2007-01-31; 改回日期: 2007-04-05

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(40235053); 甘肃省重大软科学招标项目“甘肃省城镇化道路的正确选择”部分研究成果  
作者简介: 李鸣骥(1972—), 男(回族), 宁夏同心县人, 博士研究生, 讲师, 主要从事区域与城市方面的研究。

24.33%。2005年完成国内生产总值110.79亿元。

## 2 区域气候变化特征

### 2.1 多年气温变化态势

根据张掖市各气象站多年气温资料分析区域多年气温变化趋势。张掖市所在的各县近38 a以来温度的总体趋势表现为波动性升高的特征(图1)。表1所示为各站38 a以来年均温最低与最高值。各站两者的差值分别为2.24℃、2.23℃、2.01℃、2.16℃、2.91℃、2.76℃,各站最低年均温主要集中在20世纪80年代初期,而最高年均温主要集中在20世纪90年代后期。这与全国气温变化以及全球性的气温变化特征研究成果基本符合,即仪器记录时期,20世纪90年代很可能是最暖的10 a,1998年很可能是最暖的1 a<sup>[11-12]</sup>,但张掖市气候变化又有一些较之全国平均温度变化特点不同的特征,如

温度波动具有与全国尺度相比的滞后性、温度波动幅度大、增温幅度高等特点。图2为各站1970—2005年各年代气温变化趋势。从年代际(表2)变化看,20世纪80年代比70年代气温普遍升高0.12℃以上;90年代比80年代平均气温急剧升高0.668℃;21世纪前5 a的平均温度比20世纪90年代又升高0.382℃;由此可见,张掖市近38 a以来气温呈现持续增温的过程,累积增温达1.24℃。较之于20世纪我国气温上升0.4~0.5℃的变化趋势,张掖市近38 a以来增温速度明显高于我国平均水平。但其间又有1984年的谷底期和1998年谷峰期,温度起伏变化相对较大。位于祁连山麓的肃南以及民乐、山丹两县的冷凉型绿洲区近38 a以来增温幅度较大,尤其是对比90年代比80年代变化,三县增温均在0.58℃以上;张掖市高温型绿洲区虽然在这一时段内增温幅度也较大,但相对肃南、山丹、民乐三县幅度略低。进入21世纪以后,各县(区)增温幅度

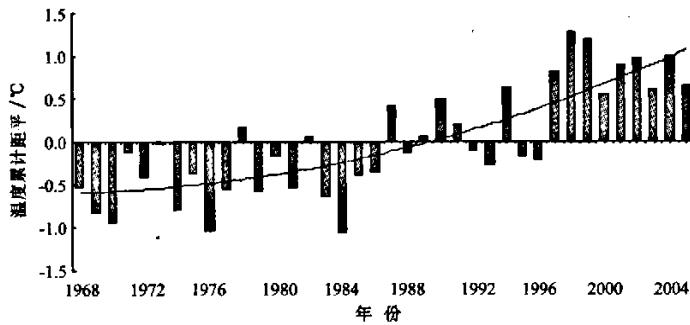


图1 张掖市1968—2005年气温累计距平变化

Fig. 1 Variation of air temperature anomaly from 1968 to 2005 in Zhangye

表1 张掖市6测站38 a以来年均温最低与最高值

Tab. 1 The maximum and the minimum annual temperature during 1968—2005 at six weather stations in Zhangye

年均温	高台县	甘州区	临泽县	肃南县	民乐县	山丹县
年均温最低/℃	7.85	6.29	7.06	2.84	2.28	5.42
年均温最高/℃	10.09	8.52	9.07	5.0	5.19	8.18

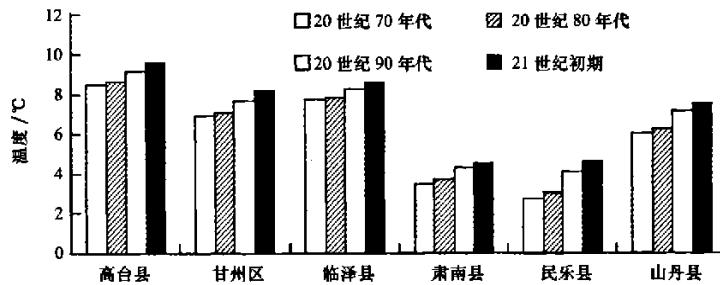


图2 张掖市6测站气温年代变化

Fig. 2 Decadal changes of air temperature for 1968—2005 in Zhangye

表 2 张掖市 6 站温度年代际变化情况  
Tab. 2 Decadal increases of air temperature for 1968—2005 in Zhangye

年代	各测站气温/℃					
	高台县	甘州区	临泽县	肃南县	民乐县	山丹县
1980—1970	0.13	0.16	0.12	0.20	0.30	0.26
1990—1980	0.49	0.59	0.40	0.58	1.05	0.90
2000—1990	0.44	0.47	0.33	0.23	0.48	0.34
2000—1980	0.93	1.06	0.74	0.81	1.53	1.23
2000—1970	1.06	1.22	0.85	1.01	1.82	1.49

略有下降,保持缓速增温的趋势。

张掖市各测站近 38 a 来气温不断升高是西北地区大尺度气候变化过程中的一个较为明显的表现。关于西北地区气温近几十年来升高的原因,赵宗慈等应用 IPCC2001 报告的 7 个全球大气耦合海洋环流和海冰与陆地生态系统模式集成模拟近百年和近 50 a 西北地区气温变化,在考虑温室气体与硫化物气溶胶的共同影响下,模拟中国西北地区近百年的变暖为  $-0.430 \sim 0.961$  ℃。他们认为近 50 a 西北地区的变暖,可能与人类活动排放温室气体和硫化物气溶胶的影响有联系<sup>[13]</sup>。陶建红等认为西北地区气温异常与欧亚大陆同期中高纬向和经向环流的异常有关,冬季和秋季气温异常主要与纬向环流的异常有关,春季气温异常与经向环流异常有关<sup>[14]</sup>。施雅风等以新疆气候变化的长期观测结果为主要依据,并结合古气候研究证据认为西北地区气候出现趋于向暖湿转型的强劲信号<sup>[15—16]</sup>。

## 2.2 降水量多年变化

张掖市各测站近 38 a 的年降水量如图 3 所示,

温和型绿洲区(图 3a)甘州、临泽、高台三县(区)降水量少,但近 38 a 降水变化幅度较之于降水量大的冷凉型绿洲区(图 3b)山丹、民乐、肃南三县更为显著。各测站自 20 世纪 70 年代以来明显经历了两次波动增加期,第一次出现在 70 年代的后期,第二次出现在 90 年代中后期。甘州、临泽、高台温和型绿洲区降水波动幅度大,增加趋势更为明显;冷凉型绿洲区变化幅度相对较小,降水量增加最多的年份与前者相比略有滞后。从 10 a 尺度的平均降水来看(图略),甘州、临泽、高台三县(区)70 年代的降水量是近 38 a 以来最高的时期,属于显著降水高峰期。80 年代时段是降水最低的时期。从近 38 a 来的降水变化趋势看,呈波动性下降的趋势。而山丹、民乐、肃南三县 90 年代是降水量最多的时期,近 38 a 降水量总体呈现波动性上升的趋势。究其原因主要是 20 世纪 80 年代中期至 90 年代,受乌拉尔山高压脊偏弱偏西、东亚大槽减弱的分布形势,中国西北地区西风偏弱,南风偏强,有利于源自印度洋及西太平洋的南方水汽向北输送,西风输送的水汽也在增强。因而造成 20 世纪 80 年代包括黑河山区流域在内的

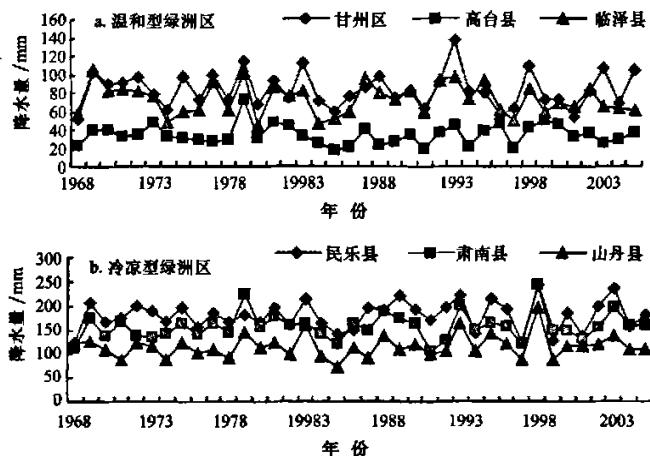


图 3 张掖市 6 测站近 38 a 的年降水量变化

Fig. 3 Curves of annual precipitation at 6 stations of Zhangye for 1968—2005

整个河西祁连山地区降水偏多, 气温偏低<sup>[17]</sup>。

在张掖市降水量季节性变化方面, 六县(区)夏季、秋季降水基本平稳, 波动幅度不大。春季、冬季各县(区)近38 a来年际降水波动幅度较为明显, 但均趋于增加(图4和图5)。陈隆勋等<sup>[19]</sup>和翟盘茂<sup>[20]</sup>对近40~50 a的中国降水研究表明, 总的来说全国年降水量呈减少趋势, 但西部降水量增长趋势

明显, 其中西北地区最为明显, 而西南一些地区有减少趋势。同时, 冬季降水普遍增多; 秋季大部分地区降水量趋于减少<sup>[21]</sup>。

### 2.3 主要灾害性天气多年变化特征

大风沙尘暴是河西走廊常见的主要灾害天气之一, 由于其独特的地理位置和特殊的气候条件特征,

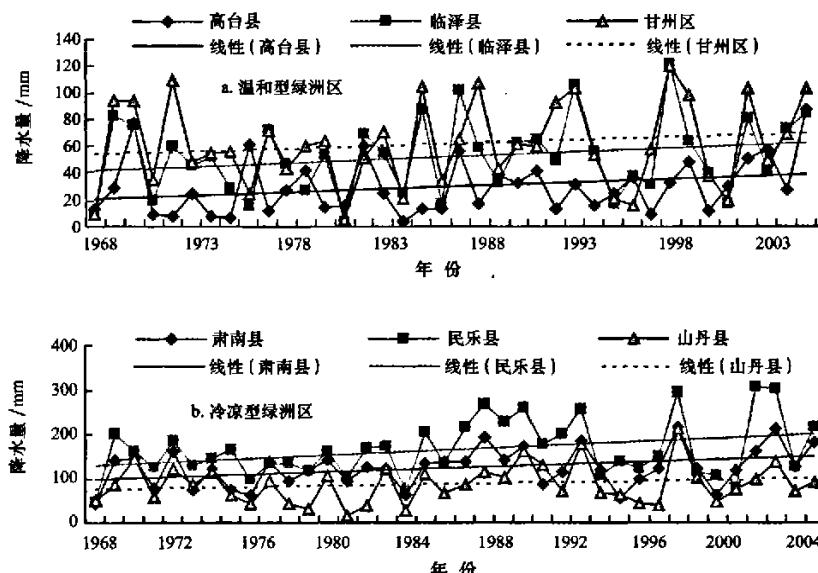


图4 张掖市6测站近38 a春季降水量变化

Fig. 4 Curves of spring precipitation at 6 stations of Zhangye for 1968–2005

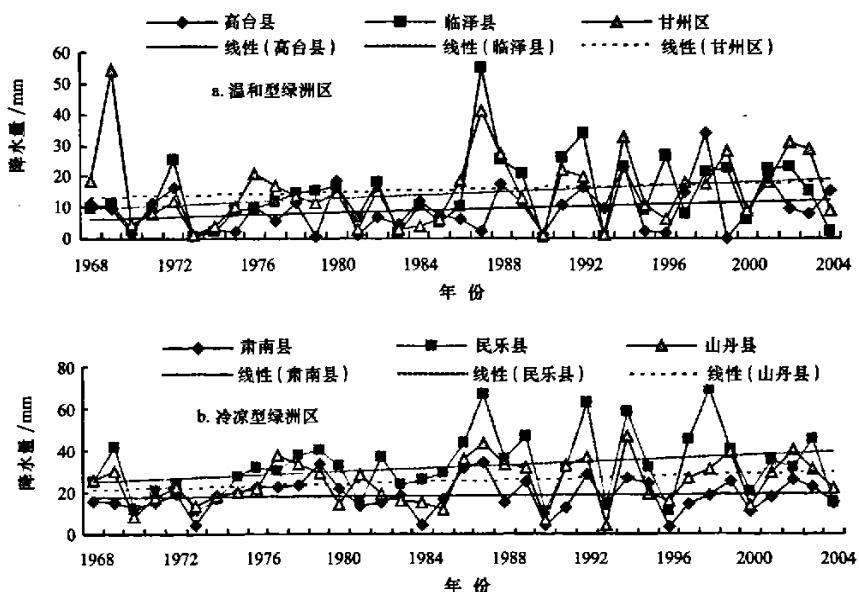


图5 张掖市6测站近38 a冬季降水量变化

Fig. 5 Curves of winter precipitation at 6 stations of Zhangye for 1968–2005

大风沙尘暴天气在河西地区一年四季中的不同月份均有发生可能,其出现的频率差异也各不相同。张掖市是以农业为主的地区,尤其是春夏两季的大风、沙尘暴天气给农业经济发展带来的危害程度更严重。

从扬沙、浮尘、沙尘暴及大风的季节性分布来看(图6),张掖市各县(区)多发生在冬春两季。各县(区)冬春两季发生沙尘暴次数占到近38 a沙尘暴发生总频数的65%~80%之间。

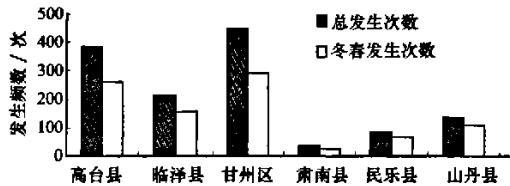


图6 张掖市各县(区)测站1968—2005年沙尘暴资料

Fig. 6 Frequency of sand-dust storms at six weather stations in Zhangye during 1968—2005

张掖市处在欧洲大槽东移和欧亚经线向环流转变等诱发的冷空气南下的通道上,冷风过境则易形成大风。加之地区地表植被稀少,存在大面积砂砾物质,热容量小,地面增温快,尤其在春季,整个青藏高原东部和青海地区暖低压的形成和发展,锋面飑线形成,近地面大气层局部增温等,导致底层大气的强烈垂直对流,形成大风和恶劣天气。强驱动力、丰富的沙源供给、走廊地带的“狭管效应”;区域自然环境背景的复杂性和严酷性导致区域干旱化,是形成沙尘暴频繁的诱因;同时地区大量的人类农业生产活动也加剧了大风和沙尘暴天气的产生和发展。

张掖市所在绿洲地区大风、沙尘暴近40 a发生次数总体上表现为显著的下降,这与中国北方大风、沙尘暴天气变化趋势基本一致<sup>[22]</sup>。究其原因:一方面为大风天气的减少。大风主要由冬、春季节北方强冷空气入侵所致,全球气候变暖背景下,北方冷空气入侵大风的降低是和全球变暖大背景下高纬度升温幅度大于中低纬度,降低了径向气压梯度有关。另一方面大风与沙尘暴日数减少的原因可能与地区降水量增加所导致的植被改善有关。马明国等利用NOAA/AVHAR卫星监测数据,以归一化植被指数(normalize difference vegetative index,简称NDVI)统计西北地区植被变化,指出1981—2001年间西北全区植被有56%地域处于退化状态,31%比较稳定,13%显著改善,主要改善地区为新疆西部、北部及南部和田附近、甘肃河西走廊及兰州附近<sup>[23]</sup>。我们利用TM影像与土地详查资料,得出张掖市

1986—2005年间林地面积增加了24.54%,牧草地面积增加了73.08%,植被覆盖度水平的提高一定程度降低了区域大风与沙尘暴发生频数。据土壤风蚀率与植被覆盖度的实验关系,植被覆盖度大于60%时只有轻微风蚀或无风蚀,小于20%时才出现强风蚀<sup>[24]</sup>。

另一方面又与区域气候其他要素的变化密切相关。如区域多年温度显著上升,降水变化缓慢趋于增加。一定意义上印证了施雅风先生提出的西北地区气候正趋向于暖湿变化的观点。河西走廊气候趋于暖湿的特征表现为降水变率不大的情况下,冬季的气温升高,冬季风相对减弱。因而使得大风天气的主要驱动力强冷锋强度降低、规模减小。因此出现了近40 a来大风、沙尘暴天气明显的下降(图7)。

### 3 气候变化与人类活动关系

人类活动对于气候变化的影响越来越受到各国政府、科学家和公众的注意。研究表明,现在已经有新的和比较强的证据表明,人类活动对全球气候变化有明显影响,特别是在最近50 a<sup>[25]</sup>。在历史时期内,人类的社会经济活动就往往对区域气候具有一定影响,反之气候也对历史时期的人类社会经济活动产生巨大的影响。但小区域范围内的人类活动对气候的影响往往有时间尺度上的滞后性和空间上的不可预测性,就此而言,张掖市近50 a来的人类活动从区域气候变化的幅度上影响不大。但气候的变化因其系统极其复杂而具有部分不可预测性,小尺度的气候变化往往会产生叠加放效应。尤其对于张掖市这种干旱区内陆河流域的绿洲环境敏感地区,强脆弱性生态环境易在外界作用下由一种形态滑向另一种形态,敏感性和易变性强。

张掖市绿洲农田面积自20世纪60年代区域农业产业结构侧重于种植业,在“以粮为纲”的片面政策指导下,大规模进行开荒垦殖,发展粮食生产。20世纪90年代,甘肃省进一步提出“兴西济中”战略,开发张掖绿洲。绿洲区农田面积从20世纪60年代的12万hm<sup>2</sup>扩展到2005年的19.15万hm<sup>2</sup>。人类大规模的农业开发,导致区域生态景观体系近38 a以来发生了剧烈变化。绿洲土地利用主要表现在通过开荒造田、栽培作物、种植林草,以人工植被代替天然荒漠植被,以人工生态替代自然生态的过程;水资源利用方面则以人工渠道代替天然河床,人工水库代替天然湖泊,在自然变化的基础上加速和促进了地表水资源的时空再分配,从而引起了地下水补

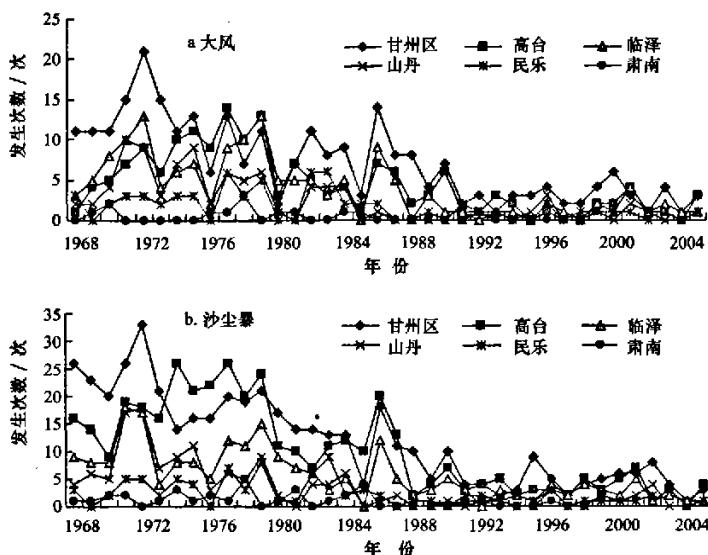


图7 张掖市各县(区)测站1968—2005年大风及沙尘暴天气频数变化

Fig. 7 Changes of gale frequency and sand-dust storm frequency at six weather stations in Zhangye during 1968—2005

给条件变化,使地下水的动态在地域上产生新的不平衡。

植被条件的改变,区域水系或水资源量的变化,在较大范围改变了空气和土壤湿度状况,湿度的降低,除增强干旱作用外,也造成土壤表层的松散,增强了反射率,加剧了土表的风蚀活动。而且水因子的变化,直接影响到植被状况的变化,造成区域下垫面状况的改变<sup>[26]</sup>。黑河中下游部分地区,山谷风较弱,水分内循环机制不存在,水资源有限,大力扩大耕地面积而蒸发的水分对形成当地降水的作用很小。且由于接近沙漠边缘,空气干燥,蒸发大,地表植被裸露,人类不断的扩大耕地使地下水位下降,进而导致植被退化、湖泊干涸的荒漠化发展。区域生态环境恶化成为诱发极端、灾害气候加剧的主要因素,而气候的不良变化进一步加速了区域的生态环境恶化,从而形成区域生态环境与气候变化的恶性循环。

#### 4 结论与讨论

1) 近38 a来,张掖市各测站气温升高幅度明显大于我国气温升高的平均幅度,这与全球气候变暖、人类活动加剧以及西北地区气候向暖湿型转变有关。同时降水量总体变化不大,表现为春冬两季降水略有增加。具体地域上表现为黑河中游冲积平原地区降水趋于下降,而上游源流区和山前洪积平原地区降水则有增多的趋势。

2) 张掖市近38 a大风与沙尘暴天气发生的频次出现明显的下降,但部分沙尘暴的强度却有所增加。大风、沙尘暴天气的明显下降一定程度上是冬季气温升高,春冬两季降水增多的结果,也与区域植被覆盖程度提高有一定关系。

3) 人类活动对区域生态环境以及气候的变化也有一定程度的影响,对下游的影响要远远大于对中上游地区气候的影响。这种人类对区域环境气候影响主要表现在土地覆被变化、水资源利用程度等方面。

#### 参考文献(References):

- [1] 李栋梁,刘洪兰.黑河流量对祁连山气候年代际变化的响应[J].中国沙漠,2004,24(4):385—391.
- [2] 李栋梁.黑河流量和祁连山气候的年代际变化[J].高原气象,2003,22(2):105—110.
- [3] 龚家栋,李小雁.黑河流域不同下垫面区域的气候变化特征[J].冰川冻土,2001,23(4):423—431.
- [4] 黄朝迎.黑河流域气候变化对生态环境与自然植被影响的诊断分析[J].气候与环境研究,2003,8(1):84—90.
- [5] 曹玲.气候变化对黑河流域生态环境的影响[J].干旱气象,2003,21(4):45—49.
- [6] 张存杰,郭妮.祁连山区近40年气候变化特征[J].气象,2002,28(12):33—46.
- [7] 丁永建.祁连山中部地区38 a来气候变化及其对径流的影响[J].冰川冻土,2000,22(3):193—198.
- [8] 蓝永超.全球气候变暖情景下黑河山区流域水资源的变化[J].中国沙漠,2005,25(6):863—868.

- [9] 丁一汇, 等. 气候系统的演变及其预测 [M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [10] 张勃, 张凯. 干旱区绿洲空间分异演化研究——以黑河流域绿洲为例 [J]. 冰川冻土, 2002, 24(4): 414—420.
- [11] 陈隆勋. 中国近 45 年来气候变化的研究 [J]. 气象学报, 1998, 56(3): 258—271.
- [12] Houghton J T, Ding Y, Griggs D J, et al. *Climate Change 2001: the Scientific Basis* [M]. Cambridge, U K: Cambridge University Press, 2001: 881.
- [13] 赵宗慈. 人类活动对 20 世纪中国西北地区气候变化影响检测和 21 世纪预测 [J]. 气候与环境研究, 2003, 8(1): 26—34.
- [14] 陶建红. 中国西北地区气候变化与同期气象场异常的关系 [J]. 干旱区研究, 2005, 22(4): 465—470.
- [15] 施雅风. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨 [J]. 冰川冻土, 2002, 24(3): 219—226.
- [16] 施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨 [J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 152—164.
- [17] 蓝永超. 全球气候变暖情景下黑河山区流域水资源的变化 [J]. 中国沙漠, 2005, 25(6): 864—868.
- [18] Gao Xuejie, Zhao Zongci, Ding Yihui, et al. Climate change due to greenhouse effects in China as simulated by regional climate model [J]. *Advance in Atmosphere Science*, 2001, 18: 1224—1230.
- [19] 陈隆勋. 近四十年来中国气候变化的初步分析 [J]. 应用气象学报, 1991, 2(2): 164—173.
- [20] 褚益茂. 中国降水极值变化趋势检测 [J]. 气象学报, 1999, 57(2): 208—216.
- [21] 王绍武, 董光荣. 中国西部环境特征及其演变 [M]// 秦大河主编. 中国西部环境演变评估 (第一卷). 北京: 科学出版社, 2002: 29—70.
- [22] 姚正毅, 王涛, 陈广庭, 等. 近 38 a 甘肃河西地区大风日数时空分布特征 [J]. 中国沙漠, 2006, 26(1): 65—70.
- [23] 马明国, 董立新, 王雪梅. 过去 21 a 中国西北植被覆盖动态监测与模拟 [J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 232—236.
- [24] 王涛, 陈广庭, 钱正安, 等. 中国北方沙尘暴现状及对策 [J]. 中国沙漠, 2001, 21(4): 322—327.
- [25] Houghton J T, Ding Y. *Climate Change 2001: The Scientific Basis* [M]. Cambridge, U K: Cambridge University Press, 2001: 770.
- [26] 马金珠. 气候变化与人类活动干扰下塔里木盆地南缘地下水的变化及其生态环境效应 [J]. 干旱区地理, 2002, 25(1): 16—23.

## Climate Changing Characteristics of Zhangye City in Heihe River Basin During 1968—2005

LI Ming-ji<sup>1,2</sup>, SHI Pei-ji<sup>1</sup>

(1. College of Geographic and Environmental Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China;  
2. Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

**Abstract:** At present, researches on climate changes of Heihe river basin mainly focus on the relationship between basin climate changes and regional water resources, regional desertification and dynamic climatic reasons of sand-dust storms, but less on climate change of oasis region, where human activities are the most dense and great intense. Based on data of precipitation, temperature, gale and sand-dust frequencies obtained from the six meteorological stations of Zhangye region in Heihe river basin, the features of climate changes were studied for 1969—2005. Results showed that the regional temperature increasing extension exceeded the average level of China; the annual precipitation changed a little, but the precipitation had slowly increase trend in spring and winter; the frequencies of gale and sand-dust storm days showed obviously descending trends, which had close correlation to the regional temperature increase and the precipitation increase in spring and winter. Meanwhile, the further human economic activities and exploitations to the oasis in inland valley of arid region also effected the climate change in this sensitively fragile eco-environment region.

**Keywords:** Heihe river basin; Zhangye city; climate change; human activities