

## 近 50 年气候变化对塔拉滩草地荒漠化的影响\*

郭连云,熊联胜,王万满

(青海省海南州气象局,青海共和 813000)

**摘要:**塔拉滩区地处共和盆地,20 世纪 80 年代以后,该地区草地严重退化,沙漠化强烈发展等生态恶化问题十分突出。通过共和盆地近 50 a 的气温、降水、大风、沙尘暴和草地蒸发力等气候因子的变化特征,分析了草地退化的主要原因,结果显示 46 a 来仅气温呈现出明显的上升趋势,降水呈现微弱的增加趋势,蒸发量和草地蒸发力随时间呈现上升趋势。通过 1987 年、1996 年两期 TM 卫星遥感影像解译和 1994 年、1999 年两期沙漠化普查与监测,进一步表明共和盆地塔拉滩草地荒漠化正在扩展。塔拉滩草地荒漠化扩展是气候变化和人类活动共同胁迫的结果,不合理的人类活动对荒漠化发生与扩展起着加速、加剧作用。

**关键词:**气候变化;草地;荒漠化;退化

**中图分类号:**X171.1;P467

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2008)06-0057-07

## Influence of Climatic Change on Talatan Lawn Desertification in Recent 50 Years

GUO Lian-yun, XIONG Lian-she, WANG Wan-man

(1. Qinghai Province Hainan State Meteorological Bureau, Gonghe, Qinghai 813000, China)

**Abstract:** Talatan area is located Gonghe basin. After 1980s, ecology worsening questions such as the local lawn serious degeneration, desertification intense development are extremely prominent. The primary degeneration causes are analyzed based on the change characteristics of temperature, precipitation, gale, sand storm and lawn evaporative power in Gonghe basin in recent 50 years. Results indicated that temperature presents the obvious trend of escalation, the precipitation presents the weak increase tendency, the evaporation rate and the lawn evaporative power presents the trend of escalation during 46 years. Through two issue of TM satellite remote sensing phantom interpretation in 1987, 1996 and two issue of desertification general surveys and monitor in 1994, 1999, it further indicated the Gonghe basin Talatan lawn desertification is expanding. The conclusion proved that the Talatan lawn desertification expansion is a result which the climatic change and the humanity force together, the unreasonable humanity activities to the desertification occurs with expanding the acceleration, the aggravating function.

**Key words:** climatic change; lawn; desertification; degeneration

荒漠化问题是我国西北地区面临的最严峻的生态环境问题之一,是长期制约西北地区生态环境保护与建设及社会经济发展的重要因素<sup>[1]</sup>。影响荒漠化发生和发展的因素有很多,包括自然因素和人为因素,其中气候就是一主要的自然影响因素。朱震达等通过航空照片及遥感手段分别对 20 世纪 50-70 年代和 70 年代中期到 80 年代中期中国北方沙漠化发展趋势作了研究,表明在沙漠化发展的过程中,年降雨量的多少对其有较大的影响<sup>[2]</sup>。陈广庭也认为北方气候干旱化的趋势是沙漠化进展的主要原因之一<sup>[3]</sup>。现代时期自然沙漠化过程是基础,且受气候的干湿变化控制,即降水的变化所起作用较大<sup>[4]</sup>。近几十年来气候因子在沙漠化进程中所起的作用,即气候变化及由其引起的一系列的生态环境恶化,逐渐加速了向沙漠化方向的演变<sup>[5]</sup>。青海共和盆地的塔拉滩地区,是青海省生态恶化最严重的地区之一,而且

生态恶化的趋势还在继续发展。塔拉滩地区的生态恶化对于黄河上游地区的生态保护、龙羊峡水库的运行、海南州经济的发展和当地藏民族的生产和生活都带来了很多不利影响。本文从气候变化角度出发,探讨近 50 年来气候变化对该地区荒漠化尤其是沙漠化进程的影响,为地方治理荒漠化提供科学支撑。

### 1 研究区概况

研究区塔拉滩(一塔拉、二塔拉、三塔拉的总称,亦称塔拉台)位于青海省共和县境内的黄河左岸、共和盆地的中西部,总面积 1 958 km<sup>2</sup>,海拔 2 900~3 100 m,塔拉滩下游为龙羊峡库区,除三塔拉地势略有起伏外,绝大部分平坦而开阔,是一个一望无边的大草原。属共和盆地沙漠化区共和亚区,是我国土地沙漠化主要发展区域之一<sup>[6,7]</sup>。

\* 收稿日期:2008-01-28

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD26B10)

作者简介:郭连云(1969-),男,青海湟源人,工程师,从事气象业务管理工作。E-mail:glycloud@126.com

## 2 塔拉滩生态环境现状

由于受大陆性气候影响,尤其是漫长的冬半年旱季盛行持续稳定的西风,寒冷、干燥、风大、光照强、降水少,致使该地区风沙和土地沙漠化都十分严重,草地生态环境日益恶化,生态环境十分脆弱。主要表现为:草场严重退化、水土流失加剧、土地沙漠化面积扩大、生物种质资源受到破坏等,生态环境面临着严重的危机。通过 1987 - 1996 年两次 TM 卫星遥感影像解译和 1994 - 1999 年沙漠化普查与监测反映塔拉滩草地荒漠化的状况。

### 2.1 草地退化

共和县塔拉滩草原的植被主要有芨芨草 (*Achnatherum splendens*)、短花针茅 (*Stipa breviflora*)、青海固沙草 (*Orinus kokonorica*)、赖草 (*Leymus secalinus*)、冷蒿 (*Artemisia frigida*)、川青锦鸡儿 (*Caragana tibetica*) 等。多年来,由于在草地资源利用上长期处于“竭泽而渔”的掠夺式经营状态,草地超载过牧,重利用、轻建设,草地发生严重退化。根据共和县草原站调查显示(见表 1),1987 - 1996 塔拉滩草场退化很严重,已无高盖度草场 (> 70%),中盖度草场 (30% ~ 70%) 减少了 0.85 万  $\text{hm}^2$ , 平均每年减少 940  $\text{hm}^2$ ,低盖度草场 (< 30%) 增加了 0.72 万  $\text{hm}^2$ , 平均每年增加 806.7  $\text{hm}^2$ 。1987 - 1996 年塔拉滩地区盖度小于 10% 的草场增加了 4%, 现草场平均盖度为 34.72%。不同程度的退化草地使其地下活根量呈下降趋势,使土壤含水量下降,土壤碱性增加,有机质含量减少。毒杂草成为优势种群,优良草地优势种减少,产草量低,草场利用率下降,同时危害牲畜健康。

表 1 塔拉滩地区植被覆盖面积变化  $\text{hm}^2$

植被覆盖度/ %	1987 年	1996 年	面积变化
< 10	59879	67444	7565
10 ~ 30	1251	929	- 322
30 ~ 50	82483	77459	- 5024
50 ~ 70	66472	63030	- 3442
合计	210085	208862	

### 2.2 草地沙化

塔拉滩草原的土壤主要为栗钙土,土层厚度一般为 50 ~ 70 cm,土壤母质为砂层、砂砾层和黄土,土壤质地为粉沙壤和轻沙壤。根据 1987 - 1996 年两次 TM 卫星遥感影像解译结果,严重沙漠化面积达 5.55 万  $\text{hm}^2$ , 占总面积的 26.1%; 强烈发展中的沙漠土地 1.16 万  $\text{hm}^2$ , 占 5.5%; 正在发展中的沙漠化土地 7.77 万  $\text{hm}^2$ , 占 36.3%; 潜在沙漠化土地达 6.82 万  $\text{hm}^2$ , 占 31.9%。严重沙漠化面积每年以 0.12 万  $\text{hm}^2$  的速度增加,9 a 间严重沙漠化土地增加 1.09 万  $\text{hm}^2$ 。1994 - 1999 年沙漠化普查与监测表明流动沙地 5 a 增加了 0.27 万  $\text{hm}^2$ , 平均每年增加 0.053 万  $\text{hm}^2$ 。根据《青海省生态环境监测系统》规定,沙丘年移动速度 < 5 m, 5 ~ 10 m, > 10 m 的分别为慢速型、中速型、快速型沙丘。从 2003 年起海南州气象局在塔位滩开展生态环境监测以来,定位监测表明塔拉滩地区的沙丘移动速度逐年增大(表 2)。

表 2 塔拉滩 1#、2# 沙丘移动监测

测点位置		年份	沙丘类型	沙丘高度 增减/cm	移动速度/m	移动方向
经度	纬度					
108 32	36 12	2004	中速型	50	9.0	241 N
		2005	快速型	20	12.9	227 N
		2006	快速型	70	19.6	214 N
		2007	快速型	70	30.6	214 N
100 20	36 02	2004	快速型	100	27.1	257 N
		2005	中速型	10	8.9	200 N
		2006	快速型	0	23.9	268 N
		2007	快速型	40	14.0	224 N

### 2.3 水土流失严重

塔拉滩在解放初期是一片高原草场,植被较好,是成群的黄羊、野驴出没之处,以后由于沙化区东移,人类活动增加,尤其是自 20 世纪 60 年代中期以后,由于牲畜严重超载、风吹、沙压、牲畜过度啃食、践踏,加之固沙植物被大量挖掘,已经演变成荒漠至半荒漠草原,大型野生动物已经绝迹。塔拉滩植被盖度的不断下降,草原退化严重,使得塔拉滩水土流失加剧,水土流失总面积达 21.31 万  $\text{hm}^2$ , 水土流失严重地区分布在塔拉滩的黄河边缘和支流两岸。由于植被差,塔拉滩东缘水土流失逐年加剧,其沙丘每年向东推移 8 ~ 10 m, 进入龙羊峡水库沙尘每年不下 380 万  $\text{t}^{[8]}$ 。随着泥沙堆积量的增加,库容逐年缩小,在发电、防洪、灌溉等方面造成的经济损失每年约为 4 700 万元,预计 50 a 将造成损失近 23.5 亿元。

### 2.4 湖泊萎缩及湿地退化

草地退化后,涵养地表水源能力大幅度下降,地表径流受到影响,加之气候趋于干旱,导致部分河流、湖泊干涸,或季节性断流。沼泽低湿草甸植被向中旱生高原植被演变,大片沼泽地消失,泥炭地干燥并裸露,导致沼泽地水源涵养功能降低。如塔拉滩附近的更尔海出现面积缩小,根据测定,1987 年更尔海面积为 5.24  $\text{km}^2$ , 2000 年缩小至 4.18  $\text{km}^2$ , 减小幅度达 20%; 沙珠玉附近的达连海 1964 年面积近 20  $\text{hm}^2$ , 现在已干涸消失退化成为盐碱滩。

### 2.5 生物多样性种类和数量锐减

高寒生物具有强大的抗逆基因和特殊种性,其中的珍、稀、特、名、优种,是无比宝贵的生物种质资源。这些生物种生存环境严酷,由于滥捕乱杀和滥采乱樵,生物种质受到严重破坏,一些种质资源丧失而无法补救。

## 3 气象资料和分析处理

### 3.1 气象站点和资料

共和气象站位于共和盆地,距塔拉滩 4 km,东经 100° 37 E,北纬 36° 16 N,海拔 2 835.0 m,其长期观测的气象资料能较好地代表塔拉滩地区的气候状况。选用共和气象站 1961 - 2006 年共 46 a 逐月、季、年的气温、降水和蒸发资料及 1961 - 2006 年逐年水汽压、大风日数、平均风速、沙尘暴等基础观测数据进行气候趋势分析。同时还选取了 1987 年、1996 年两期 TM 卫星遥感影像解译和 1994 年、1999 年两期沙漠化普查与监测数据。

3.2 气候变化分析的数学方法

3.2.1 趋势方程

利用气象要素的时间序列<sup>[9]</sup>,以时间为自变量,要素为因变量,建立一元回归方程。设 y 为某一气象变量,以 t 为时间(年份或序号),建立 y 与 t 之间的一元线性回归方程如式(1)。

y(t) = b\_0 + b\_1 t (1)

其趋势变化率为

sum\_{i=1}^n y\_{di} = b\_1 (2)

把 b\_1 \* 10 称为变化倾向率,(单位为 0.1 mm/a, 0.1 /a等)。趋势方程中系数 b\_1 的计算式如式(3)。

b\_1 = sum\_{i=1}^n (y\_i - y\_bar)(t\_i - t\_bar) / sum\_{i=1}^n (t\_i - t\_bar)^2 (3)

b\_1 值的符号反映上升或下降的变化趋势, b\_1 < 0 表示在计算时段内呈下降趋势, b\_1 > 0 表示呈上升趋势。 b\_1 绝对值的大小可以度量其演变趋势上升、下降的程度。

3.2.2 蒸发量计算

利用高桥浩一郎蒸发公式<sup>[10]</sup>求取蒸发量:

E = 3100R / (3100 + 1.8R^2 exp(-34.4T / (235.0 + T))) (4)

式中: E——月蒸发量; R——月降水量; T——月平均气温。

该公式虽然是经验公式,但由于现行 20 cm 口径蒸发皿观测值受风速影响较大,加之其自身受热在一定程度上加大了晴天状态下的蒸发量,因此误差大,而该公式在物理上考虑了 2 个影响实际蒸发的最主要的物理因子,并有实际观测资料做依据,反映出的蒸发特征是与干旱半干旱地区实际状况相吻合的<sup>[11]</sup>。因此,适宜于在塔拉滩地区计算蒸发量时应用。

3.2.3 气候突变研究

采用滑动 t 检验法和 Mann - Kendall 法<sup>[12]</sup>等方法进行统计,滑动 t 检验法能够简单且直观地确定突变,而 Mann - Kendall 法则不仅可以明确指出突变点,又可避免使用滑动 t 检验法较难处理的突变点出现在序列开头和结尾几年的情况。

3.2.4 气温变化特征分析

从图 1 可以看出,近 46 a 来年平均气温总体呈明显上

升趋势,增长率为 0.53 / 10 a。自 20 世纪 80 年代中后期,气温急剧升高,这种变化与全国或北半球气候的变化相一致<sup>[13-15]</sup>。在 1998 年年平均气温上升到 5.7 ,为 1961 - 2006 年以来年平均气温最高的一年,2006 年为次高值,年平均气温为 5.6 。各年平均气温相对于 46 a 的平均值来说变化较大,年平均距平绝对值 > 0.5 的年份共有 23 a,其中年平均距平绝对值 > 1 的年份共有 13 a,1998 年以后的年份有 7 a。

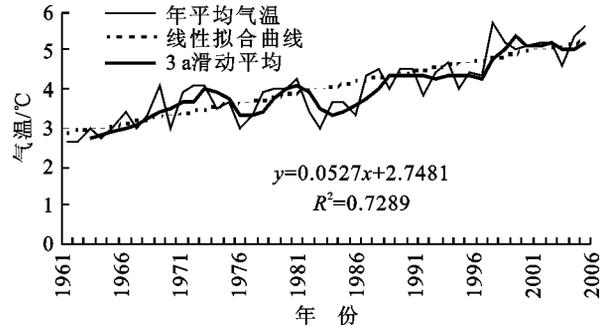


图 1 1961 - 2006 年塔拉滩地区气温变化

将共和塔拉滩 46 a 平均气温按年代分段制得表 3。从表 3 可知:60 年代年平均气温最低,70 年代比 60 年代升幅 0.6 ,70,80 年代年平均气温基本稳定,80 年代又比 70 年代升幅 0.2 ;80 年代以后年平均气温明显升高,90 年代比 80 年代升幅 0.7 ,与 60 年代相比升幅达 1.5 ,进入 21 世纪后气温上升更加明显,2001 - 2006 年的 6 a 平均气温达 5.2 ,与 60 a 代相比升幅达 2.1 之高,气温的明显变化必然引起一系列的生态环境问题。在季节平均气温变化中,变幅最大的是冬季,21 世纪前 6 年平均气温值比 60 年代升高达 3.3 ,其次是秋季,升幅达 2.1 ,夏季和春季也升幅很明显。春、夏、秋、冬四季气温变化的倾向率和相关系数均为正值,倾向率分别为 0.30 / 10 a, 0.41 / 10 a, 0.55 / 10 a, 0.85 / 10 a,相关系数分别为 0.53, 0.479, 0.64, 0.80, 0.80。可见共和县塔拉滩地区四季气温都呈上升趋势,但上升幅度以冬季最大,秋季次之、春季最小。说明冬、秋季增温对该地区年平均气温的增加起着非常重要的作用。年平均气温和各季节的增暖趋势与东北、华北和西北基本一致<sup>[16-20]</sup>。

表 3 1961 - 2006 年共和塔拉滩气温年、季的 10 a 平均

Table with 6 columns: Year, Annual Average, Spring, Summer, Autumn, Winter. It includes data for decades 60, 70, 80, 90 and the period 2001-2006, as well as trend equations and correlation coefficients for each season.

注: \* \*表示通过 a = 0.01 置信度的显著检验

3.2.5 降水变化特征分析

近 46 a 塔拉滩地区年降水量总体上呈现微弱增加趋势

(图 2),用线性拟合看出其增长率为 0.38 mm / 10 a。20 世纪 60 年代末以前年降水量呈现下降 - 上升 - 下降 - 上升 -

下降的大幅度波动趋势,近 46 a 年降水量最高值为 1967 年的 522.5 mm;从 60 年代末年降水量逐年上升到 70 年代中期,从 70 年代中后期到 1989 年又呈现出下降 - 上升 - 下降 - 上升的波动趋势,但该时段总的趋势是上升的,1977 年的年降水量为 221.2 mm,为近 46 a 来年降水量最少的一年;80 年代末到 90 年代中期呈现波动幅度较大的下降上升下降趋势;从 90 年代中期至 2006 年年降水量缓慢波动变化中逐年上升,尤其进入 21 世纪以来,年降水量呈现出明显增多的趋势,年降水量大于多年平均值的年份达 90%。

将共和塔拉滩 46 a 降水资料按年代分段制得表 4。从表中可以看出:从 60 - 90 年代,年降水量呈现“多 - 少 - 多 - 少”的变化趋势,进入 21 世纪又呈增多趋势;最大降水量出现在年平均气温相对较高 80 年代,最小值则出现在年平均气温最高的 90 年代,它们的差值达 41.3 mm。年平均降水量从 60 年代至今基本经历了一个“多 - 少 - 多 - 少 - 多”的“冷湿 - 暖干 - 暖湿”变化过程。各季降水量变化幅度最大的是春季,其次是冬季,秋季降水量呈下降趋势。春季平均降水量 70 年代偏少,80 年代偏多;冬季平均降水量 60 年

代至今呈缓慢增多趋势;秋季平均降水最大值出现在 60 年代,70 - 90 各年代趋于均衡,但进入 21 世纪又增多;夏季平均降水量 60 - 90 年代经历了一个“少 - 多 - 多 - 少”的演变过程,且降水较多的 80 年代比较少的 90 年代偏多 18.0 mm。塔拉滩春、夏、冬三季降水变化的倾向率分别为 1.288 mm/10 a、0.852 mm/10 a 和 0.387 mm/10 a,春季降水显著增加,而秋季降水呈减少的趋势,倾向率为 2.148 mm/10 a。

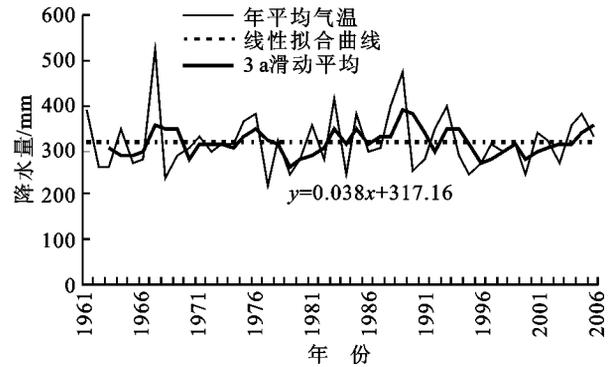


图 2 1961 - 2006 年塔拉滩地区年降水量变化

表 4 1961 - 2006 年共和塔拉滩降水年、季的 10 a 平均 mm

年代	年平均	季节平均			
		春	夏	秋	冬
60	317.2	58.2	187.5	69.2	2.4
70	306.4	44.1	198.1	58.7	5.4
80	340.5	71.7	205.2	59.8	3.9
90	299.2	53.9	187.2	53.9	4.3
2001 - 2006	332.9	64.1	198.4	65.6	4.9
21 世纪初与 20 世纪 60 年代差	15.7	5.9	0.9	- 3.6	2.5
趋势方程及相关系数		$y = 0.129x + 54.9$	$y = 0.085x + 193.0$	$y = - 0.2148x + 66.1$	$y = 0.0387x + 3.1$
		0.07	0.02	0.12	0.16

由于降水的变率大,气候变暖又使地表面的水文过程、热量平衡过程发生改变,干旱等极端气候异常事件出现的频次呈现出增加的趋势。到 20 世纪 80 年代至 21 世纪初发生了 12 次比较严重的跨季节干旱时段。其中 1983 年冬季 - 1984 年秋季,1978 年、1990 年秋季,1991 年、1992 年、2003 年春季出现的干旱时段均超过 3 个季节。

3.2.6 蒸发量变化特征

图 3 是塔拉滩 46 a 来的年蒸发量变化曲线图,可以看出,蒸发量在近 46 a 中呈现出微弱上升的趋势,其倾向率为 2.6 mm/10 a。60 年代中期前蒸发量呈逐渐下降趋势,60 年代中后期至 60 年代末期又呈现出急剧上升 - 下降趋势,1968 年的蒸发量为 46 a 来最高值,60 年代末至 70 年代后期蒸发量上升,70 年代末至 80 年代末又在波动中缓慢上升,80 年代末 - 90 年代后期蒸发量呈降 - 升 - 降 - 升变化,90 年代末开始下降,至 2001 年蒸发量降为 46 a 来的最低点,2001 年后蒸发量又呈急剧上升趋势。

将共和塔拉滩 46 a 蒸发资料按年代分段制得表 5。从表中可以看出:各年代中年蒸发量以 20 世纪 80 年代最大,年蒸发量经历了“少 - 多 - 多 - 少 - 多”的变化,四季蒸发量

中,春、冬二季蒸发量最大值与年蒸发量一样,夏季最大值出现在 70 年代,秋季蒸发量最大值出现在 21 世纪初。四季蒸发量除秋季呈现微弱下降趋势外,其余三季均表现出上升趋势,且变化幅度为春季 > 夏季 > 冬季。

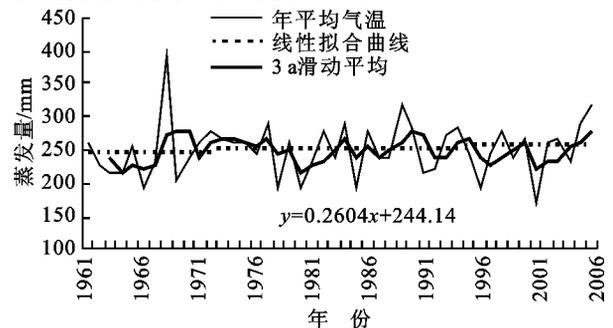


图 3 1961 - 2006 年塔拉滩年蒸发量的变化

3.2.7 草地蒸发力分析

蒸发力又称最大可能蒸发量,是指下垫面保持充分水分供应条件下的蒸发量。使用 M. N 布德科公式计算塔拉滩地区草地蒸发力,即

$$E = E_0 = d(q_s - q_a) = 150.3(e_s - e_a)$$

式中:  $E_0$  ——蒸发力 mm/a;  $e_s$  ——蒸发表面温度下的饱和水汽压 (hPa);  $e_a$  ——空气中的水汽压 (hPa)。根据公式计算了

塔拉滩地区逐年蒸发力(见图 4)。从图中看出,蒸发力总的趋势是呈现上升的。

表 5 1961 - 2006 年共和塔拉滩蒸发年、季的 10 a 平均

mm

年代	年平均	季节平均			
		春	夏	秋	冬
60	244.0	42.3	149.5	49.7	2.6
70	250.4	40.0	160.4	45.7	4.3
80	258.7	51.6	155.5	47.2	4.5
90	245.4	47.4	152.0	41.8	4.1
2001 - 2006	256.7	47.7	154.7	50.6	3.7
21 世纪初与 20 世纪 60 年代差	12.7	5.4	5.2	0.9	1.1
趋势方程及相关系数		$y = 0.2014x + 40.9$ 0.19	$y = 0.075x + 152.6$ 0.03	$y = -0.042x + 47.7$ 0.04	$y = 0.026x + 3.2$ 0.13

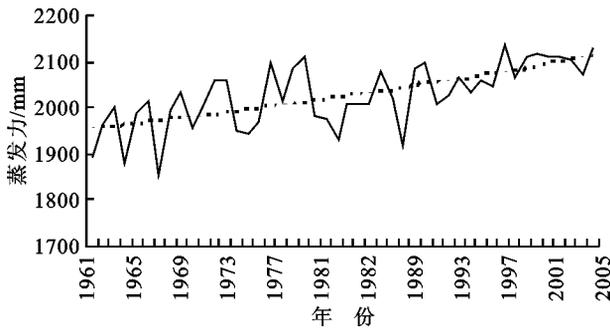


图 4 塔拉滩草地蒸发力年际变化

3.2.8 大风和沙尘暴

塔拉滩草原及周边各乡多年平均大风日数 51 d, 最多达 97 d; 沙尘暴日数平均为 16 d, 最多达 55 d。大风主要发生在冬春两季, 尤以 2 - 4 月(期间的大风日数占全年大风日数的 45% ~ 56%) 为最多, 特别是 3 月每 3 d 就有 1 d 大风。例如 1970 年 3 月大风日数多达 20 d, 瞬间风速超过 40 m/s。

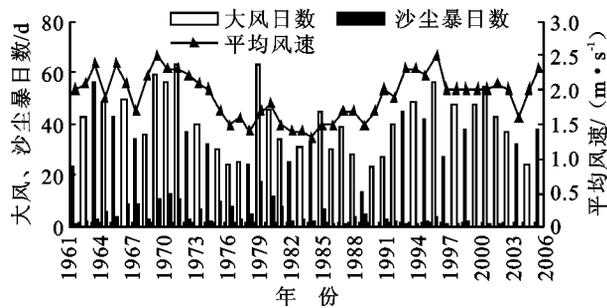


图 5 塔拉滩年大风、沙尘暴日数和年平均风速变化

从图 5 看出, 共和塔拉滩 60 年代和 90 年代后期大风日数呈增多的趋势。沙尘暴日数 60 - 70 年代为峰值, 80 年代中后期到目前明显减少, 主要与冬春季沙尘暴减少有关。其原因一方面与这一地区春季降水增加有关, 另一方面也与西伯利亚高压环流减弱<sup>[21]</sup> 等因素有关。春季降水增加, 使得降水(雪)日数增多, 地表湿度加大, 干裂和裸露地表面积减少, 大风天气不能将大量的地表微小土壤颗粒输送到近地面层, 导致沙尘暴的日数减少。此外, 冬春季西伯利亚高压环流减弱, 从北方南下的冷空气势力也相应减少, 沙尘暴形成的动力条件(强风)减弱, 沙尘暴出现的次数也随即减少。沙

尘暴的发生一般需要有二个条件: 足够强劲持久的风力和地表丰富松散干燥的沙尘, 亦即风和沙尘是形成沙尘暴的主要因素。研究成果表明: 共和盆地荒漠化每年扩展, 这意味着共和盆地地表植被整体在恶化, 沙尘暴的物质源越来越丰富, 其发生沙尘暴次数理应呈增多趋势。这显然与上述的沙尘暴明显减少趋势不吻合, 甚至是矛盾。在这种情况下, 沙尘暴的减少将意味着风的因素可能起了主要作用。为此统计了春季(3 - 5 月)共和站 1961 - 2000 年逐年下午平均风速大于 6 m/s (即沙尘为界风速) 的日数, 呈减少趋势, 特别是 20 世纪 80 - 90 年代减少明显。与 40 年代春冬季沙尘暴日数的逐年变化与之相对应比较的话, 发现两者的年际振荡和多年变化趋势相一致。这说明风力条件对沙尘暴增减趋势的影响较为显著。80 - 90 年代以来, 冬、春季大风日数和平均风速呈增多趋势, 这一季节正是植被覆盖低, 降水较少的季节, 大风与干旱迭加, 再加上冬季气温偏高, 春季气温回升快, 易产生风蚀, 并造成荒漠化扩张。

在共和盆地塔拉滩风蚀荒漠化为主的地区, 风是荒漠化的主要自然营力, 对地表形态塑造起主要作用。在共和盆地, 冬、春季主要受来自蒙古 - 西伯利亚高压及偏北气流的控制, 风速达 5 ~ 6 级, 年大风日数一般在 20 ~ 60 d。据大气干尘降监测, 共和气象站 2004 - 2006 年年干沉降总量分别为 186.2 t/(km<sup>2</sup> · 月), 219.4 t/(km<sup>2</sup> · 月), 207.1 t/(km<sup>2</sup> · 月); 2004 年至 2006 年月平均值分别为 15.5 t/(km<sup>2</sup> · 月), 18.3 t/(km<sup>2</sup> · 月), 17.3 t/(km<sup>2</sup> · 月)。大气降尘的总趋势是逐年上升的, 以上数据表明, 风扬起陆地下垫面疏松细粒, 地表侵蚀严重, 增加了大气中的颗粒物含量。每年开春以后, 气温回升, 但暖湿气流未至, 空气湿度低, 降水少, 地表干燥。加之区内荒漠面积广, 在大风期间, 当风速达到一定程度时, 就卷土扬尘, 瞬间飞沙走石, 天昏地暗, 形成沙尘暴天气。这种风沙天气形成后, 飞扬的沙土能掩埋低洼草场, 吹散采食畜群。尤其在草原鼠害严重的地方, 大风刮起被鼠类翻松的草场表土, 使牧草根系裸露, 草场连片剥蚀, 加剧了草场退化进程。塔拉滩地区的大风沙(风速 17 m/s) 不仅风蚀土壤降低肥力, 致使草场不断沙化, 植被日益稀疏, 优良牧草不断减少, 牧草产量、质量降低, 载畜量下降。

### 3.3 气候突变分析

选用对气候突变的检验比较客观和准确的滑动  $t$  检验法和 Mann - Kendall 法分别对 1961 - 2006 年共和塔拉滩地区的平均四季及年平均气温、降水量进行突变检验。从表 6 可见,在季、年平均气温突变的检验当中两者不尽一致。春季气温在 1990 - 1991 年前后出现由冷到暖的突变,且增暖趋势十分明显;夏季气温在 1993 年发生暖突变,此后气温上升趋势十分明显;秋季气温在 1983 - 1985 年出现了较短暂的降温后又开始增暖,1986 年后增暖较明显;冬季气温在 1981 - 1985 年经历短暂的降温后,1986 年起发生暖突变;年平均气温在 1986 年发生暖突变,这与施雅凤对西北地区气温的突变分析结果是一致的<sup>[22]</sup>,同时较北半球气温在 1988 年有一次突变发生的检测结果早<sup>[23]</sup>。另外,综合两种检测方法结果,冬、秋季平均气温序列在 1986 年出现了暖突变,这与年平均气温序列的突变年份一致,因此,进一步证实了前文有关年平均气温的变化主要表现在冬、秋两季的论述。对降水量来讲,除春季降水量在 20 世纪 60 年代和 80 年代出现了由少到多的突变外,年降水量和夏、秋、冬三季降水量没有发生突变。冬季降水量在 1970 年和 2002 年显著上升,1998 年下降明显。

表 6 1961 - 2006 年共和塔拉滩四季及年平均气温/降水量突变年份

四季及年平均 气温/降水序列	10 a 步长的滑 动 $t$ 检验法	Mann - Kendall 法
春季	1990,1995/1980	1991/1962,1980
夏季	1993/	1991,1993/
秋季	1986,1993/	1983,1985/
冬季	1984,1986/	1981,1985/
全年	1970,1986,1996/	1987/

### 3.4 鼠害对草地生态环境的影响

鼠类挖掘洞穴,致死植被根系,是造成草场沙化、退化,形成“黑土滩”的主要原因之一。据共和县草原站调查,塔拉滩鼠类以高原鼠兔、高原鼢鼠和田鼠为主,危害严重的草原面积为 14.44 万  $\text{hm}^2$ ,鼠洞达 90 ~ 240 只/ $\text{hm}^2$  以上。其中高原鼠兔、田鼠危害为主的面积约 12.0 万  $\text{hm}^2$ 。以高原鼢鼠危害为主的面积约 2.44 万  $\text{hm}^2$ 。鼠兔不仅大量采食优良牧草,与牲畜争食,更为严重的是洞道密集、纵横交错,草地植被受到不同程度的破坏,使草地涵养水源、保持水土的能力减弱,加速了水土流失和肥力减弱。

### 3.5 气候变化对荒漠化的影响

综上所述,共和塔拉滩地区近 46 a 来的气候变化呈现出气温升高、降水量微弱增加、蒸发量上升、草地蒸发力逐年上升、大风和沙尘暴日数减少的变化趋势,总的气候呈现出暖干化。气温的增高,使该草地牧草生长期延长,应该说是有利于塔拉滩地区生态环境的恢复与沙漠化的治理,但气候的变暖,尤其是冬、春季气温的大幅度增高,使地表蒸发量加大,干旱化趋势加剧,加快了荒漠化的进程。塔拉滩又处于干旱、半干旱的荒漠化地区,多年平均降水量不足 350 mm,且降水量的年际变化较大,季节分布极不均匀,6 - 8 月降水

量占全年降水量的 60% 左右,易造成干旱天气,因此,对于塔拉滩这样一个生态环境脆弱的敏感带,每年降水的多少,直接影响该地区生态环境的恢复和沙漠化的扩展<sup>[24]</sup>。尽管进入 21 世纪以来,塔拉滩地区年降水量呈现出增多的趋势,但在气温明显上升的条件下,降水量增加若干量级,不可能改变半干旱、干旱地区的面貌,增加的降水不足以抵消气温上升所导致的蒸发增加等负面影响,无助于缓解干旱缺水的程度<sup>[25]</sup>。原因在于沙漠区的扩大增大了地表反射率,使太阳辐射大量损失,使得沙漠化地区有效辐射降低,从而导致下沉气流产生,对流不显著,同时还减小地气之间热通量,减小近地层的摩擦速度,增大近地层风速,减小大气中的水汽含量,使地表温度上升,难于成云致雨,降水量减少,从而使气候更加干旱。另外,塔拉滩地区由于地面生物植物退化减少,植物蒸腾作用相应减弱,难以向大气补充足够的水汽,不利于大气对流产生,难以降水,从而也使气候更加干旱。塔拉滩地处共和盆地,距海遥远,海拔高,该地雨季短促,雨量不足,近些年来极端气候事件发生频繁,例如发生春旱的年份往往伴随着大风天气增多,由于草场植被差,易起沙尘,常造成沙尘暴危害,而大风和沙尘暴对干旱地表的风蚀严重,大风造成流沙的自然堆积和前移,扩大了沙漠化的影响范围和程度,因而干旱和大风也是塔拉滩草地退化和沙化的原因之一。

## 4 人类活动对塔拉滩草地荒漠化的影响

### 4.1 超载过牧

20 世纪 60 年代前期,畜群主要在距黄河、恰卜恰河、沙珠玉河等水源较近的滩缘部位放牧,滩地纵深处的草原植被一直保护得很好,当时的草高一般都在 60 ~ 70 cm 以上。近几十年来,随着草地建设尤其是自 1965 年修建饮水管道开通至塔拉滩中部之后,塔拉滩地区天然草地利用率加大。在饮水管道未开通以前,由于塔拉滩干旱缺水,草地放牧强度较小,但自人畜饮水管道开通之后,放牧强度明显增大。据文献<sup>[26]</sup>记载,15 a 前的塔拉滩放牧家畜仅 4 ~ 5 万头只,而 2000 年,塔拉滩 6 个乡的放牧牲畜约达 20 万头只,草地放牧量增加 4 倍以上,尤其在人畜饮水点周围,由于牲畜践踏过重,几乎成为寸草不生的裸地。随着草地载畜量的增加,牧草被啃食的强度增大,牧草失去了繁衍生息的机会,影响了植物种群的繁衍和更新,相应降低了草地盖度、牧草高度和草地生产力,优良牧草逐年减少,毒杂草大量繁衍,草地植被向退化方面演替。

### 4.2 乱采乱挖和能源问题

塔拉滩原有大面积优良的固沙植物麻黄草,从 20 世纪 80 年代初开始,由于经济利益的驱动,该物种被大面积采挖遭到严重破坏,造成塔拉滩植被的大面积破坏,沙化面积扩大,水土流失加剧。另一方面,由于当地燃料资源紧缺,群众习惯于砍挖沙生植物作为燃料做饭和取暖,据记载<sup>[8]</sup>,仅 1981 年塔拉滩上游沙珠玉群众挖固沙植物“砍巴”和芨芨草根 125.9 万 kg,堵水工程耗用固沙植物 144 万 kg,两项合计 269.9 万 kg,破坏草原植被约 100  $\text{hm}^2$ 。再者,近些年来随着草原上野生中草药价格猛涨,在经济利益的诱惑下,当地群众在草地上挖甘草、冬虫夏草等药材,致使草地植被受到

严重破坏。由于人为和自然的双重作用,草原沙化进程加快。塔拉滩地区的沙珠玉-铁盖沙漠,1960年为55 000 hm<sup>2</sup>,1981年扩至87 400 hm<sup>2</sup>,11 a东移40 km,增加沙区面积32 400 hm<sup>2</sup><sup>[8]</sup>。

#### 4.3 滥垦草地

从20世纪50年代开始,人们违背自然规律,对天然草地滥垦,在塔拉滩上游的塘格木、哇玉香卡等地建设国营农场,开垦天然草场50 000 hm<sup>2</sup>。草场被大面积开垦为农田后,地表原生植物和土层结构遭破坏,加之该地土层较薄且含沙量高,造成土地的水源涵养功能下降和丧失,由于本地区气候冷凉、干旱、多风、缺乏水源,大面积的开荒地因无收成而撂荒,加剧了草原、土地荒漠化的进程。

#### 4.4 人口问题

共和县现有人口是解放初的7.2倍。人口增加,牲畜头数增加,加大了对环境系统的压力,草场超载过牧得不到休闲,经常处于牲畜啃食、践踏中,人类不合理的经济活动,使本来就脆弱的沙质土壤草场沙漠化程度加强,面积扩大。

### 5 结论

(1)近46 a来,塔拉滩地区气温普遍升高、年降水量呈现微弱增多趋势,蒸发量与草地蒸发力随时间上升,大风和沙尘暴日数减少,总体上是暖干化气候。

(2)气候暖干化与不合理的人类活动共同促进了塔拉滩草地荒漠化的扩展进程,草地退化有全球气候变暖的影响,但更主要的是强大人口压力下的盲目垦殖、超载过牧、樵采、滥挖滥挖及不合理的管理方式造成的<sup>[27]</sup>。

(3)塔拉滩地区的气温变化趋势同全球气候变暖的趋势一致,降水量在2000年以前呈下降趋势,进入21世纪才略有增加,地表蒸发量增大,这种暖干化气候趋势可能是导致共和塔拉滩生态环境恶化,草地荒漠化的主要因素,加之人口数量激增,牲畜总量的直线增长,草地鼠害严重,导致了牧草产量急剧下降。所以,气候变化和人类不合理的活动是塔拉滩草原生态恶化的主要原因。

#### 参考文献:

[1] 丁一汇,王守荣,任国玉,等.中国西北地区气候与生态环境概论[M].北京:气象出版社,2001:4.  
 [2] 朱震达.中国北方沙漠化现状及发展趋势[J].中国沙漠,1985,5(3):3-11.  
 [3] 陈广庭.中国北方沙漠化发展趋势及对策[J].自然灾害学报,1992,1(1):110-115.  
 [4] 董光荣.我国北方地区现代自然沙漠化过程的可能发展趋势:中国的气候变化与气候影响研究[M].北京:气象出版社,1997.  
 [5] 延军平.跨世纪全球环境问题及行为对策[M].北京:科学出版社,1999.  
 [6] 李森,董玉祥,董光荣,等.青藏高原土地沙漠化区划[J].中国沙漠,2001,(21)4:418-425.

[7] 董光荣,高尚玉,金炯,等.青海共和盆地土地沙漠化与防治途径[M].北京:科学出版社,1993:40-58.  
 [8] 青海省海南州地方志编纂委员会.海南州志[M].兰州:民族出版社,1996.  
 [9] 黄嘉佑.气候状态变化趋势与突变分析[J].气象,1995,21(7):5-9.  
 [10] 高桥浩一郎.月平均气温月降水量以及蒸发散量的推定方式[J].天气(日本),1979,26(12):759-763.  
 [11] 李林,李凤霞,郭安红,等.近43年来“三江源”地区气候变化趋势及其突变研究[J].自然资源学报,2006,21(1):79-85.  
 [12] 马晓波,李栋梁.青藏高原近代气温变化趋势及突变分析[J].高原气象,2003,22(5):507-512.  
 [13] 蔡英,李栋梁,汤懋苍.青藏高原近50年来气温的年代际变化[J].高原气象,2003,22(5):464-470.  
 [14] 李栋梁,钟海玲,吴青柏,等.青藏高原地表温度的变化分析[J].高原气象,2005,24(3):291-298.  
 [15] 周宁芳,秦宁生,屠其璞,等.近50年青藏高原地面气温变化的区域特征分析[J].高原气象,2005,24(3):344-350.  
 [16] 秦大河.中国西部环境演变评估:中国西部环境特征及其演变[M].北京:科学出版社,2002:54-67.  
 [17] 唐红玉,李锡福.青海高原近40年来最高和最低温度变化趋势的初步分析[J].高原气象,1999,18(4):230-236.  
 [18] 姚檀栋,刘晓东,王宁练.青藏高原地区的气候变化幅度问题[J].科学通报,2000,45(1):98-106.  
 [19] 汤懋苍,程国栋,林振耀.青藏高原近代气候变化及其对环境的影响[M].广州:广东科技出版社,1998:1-339.  
 [20] 杜军.西藏高原近40年来最高和最低温度变化趋势的初步分析[J].高原气象,1999,18(4):230-236.  
 [21] 李栋梁,王涛,钟海玲.中国北方沙尘暴气候成因及未来趋势预测[J].中国沙漠,2004,24(3):376-379.  
 [22] 施雅凤,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.  
 [23] Jones P D, Raper S C B, Bradley R S, et al. Northern hemisphere surface air temperature variations: 1851 - 1984[J].J. Clim. Appl. Meteor., 1986,25(2):161-179.  
 [24] 王涛.中国沙漠化研究的若干问题[J].中国沙漠,2003,23(5):1-6.  
 [25] 秦大河.中国西部环境变化评估(综合卷)[M].北京:科学出版社,2002:55-56.  
 [26] 青海省农业资源区划办公室.青海省农业资源动态分析[M].西宁:青海人民出版社,1998:205-221.  
 [27] 李博.中国的草原[M].北京:科学出版社,1990:234-235.