

# 甘肃气象灾害与气候变化问题的初步研究

宋连春 杨兴国 韩永翔 白虎志

(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, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 根据气象资料和社会经济资料, 分析了甘肃省气象灾害特征及其对甘肃社会经济的影响, 揭示了近50 a 甘肃气候变化的客观事实, 探讨了在气候变暖背景下甘肃自然生态系统的变化。针对甘肃社会经济可持续发展中的气象与生态问题, 提出了适应对策。

关键词: 气象灾害; 气候变化; 生态环境; 适应对策

## 引言

甘肃省地处青藏高原、黄土高原以及蒙古高原大地形的汇集区, 是我国大陆的地理中心。是西北干旱区、东部季风区、青藏高原高寒气候区3大气候带交汇地, 气候变化的敏感区和生态环境的脆弱区<sup>[1]</sup>。具有气候干燥, 气温日较差大, 光照充足, 太阳辐射强, 雨热同季, 气候类型多样, 气象灾害种类多、频率高、范围广等大陆性气候特征。河西降水稀少, 属干旱区, 是依靠源于祁连山的内陆河灌溉的绿洲经济区。河东为雨养农业区, 由于黄土层厚, 地下水资源比较贫乏, 就总体而言, 可利用的水资源主要是自然降水<sup>[2]</sup>。

研究表明, 1860年以来全球平均温度升高了 $0.6 \pm 0.2 \text{ }^\circ\text{C}$ , 最近100 a 是过去1000 a 中最暖的, 最近10 a 是过去100 a 中最暖的。近百年我国气候变化的趋势与全球气候变化的总趋势基本一致, 平均气温上升了 $0.4 \sim 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ , 略低于全球平均。从地域分布看, 我国气候变暖最明显的地区在西北、华北、东北地区, 其中西北(陕、甘、宁、新)变暖的强度高于全国平均值<sup>[3~4]</sup>。甘肃省也存在相同的变暖趋势, 气候变化已经对甘肃的自然生态系统和社会经济产生了显著影响<sup>[5~7]</sup>。

## 1 主要气象灾害及影响

甘肃省气象灾害的种类繁多, 灾情较重。主要

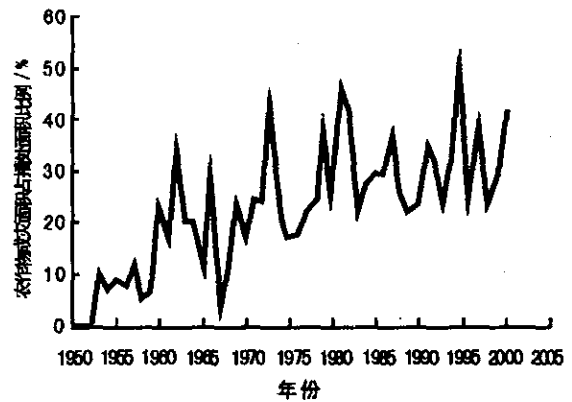


图1 甘肃省历年农作物成灾面积占播种面积的比例  
Fig. 1 The percentage of destroyed crop area in seeding land during 1951~2003

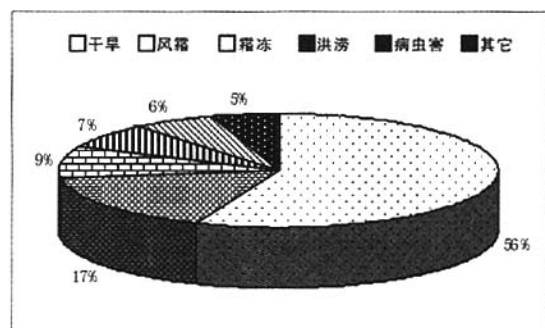


图2 甘肃省各种气象灾害受灾面积比例  
Fig. 2 The percentage of crop acreage affected by meteorological disasters

收稿日期 2006-03-28 改回日期 2006-04-26

基金项目 国家自然科学基金项目(40475031)资助

作者简介 宋连春(1965-)男, 江苏高淳人, 研究员, 主要从事气候变化研究. E-mail: songlc@cma.gov.cn

气象灾害有干旱、大风、沙尘暴、暴雨、冰雹、霜冻和干热风等,次生灾害有泥石流、滑坡等。气象灾害占自然灾害的 88.5%,高出全国平均状况的 18.5%。近 50 a 中,平均每年气象灾害造成甘肃省经济损失达 7.74 亿元,占甘肃省国民经济生产总值 4%~5%。由于气象灾害造成每年农业受灾面积 113 万  $\text{hm}^2$ ,占播种面积的 32%(图 1),每年成灾面积 82 万  $\text{hm}^2$ ,占播种面积的 23%。在气象灾害中,每年干旱造成农业受灾面积 62 万  $\text{hm}^2$ ,占气象灾害受灾面积的 56%,居首位(图 2)。每年大风和冰雹造成农业受灾面积 19 万  $\text{hm}^2$ ,占气象灾害受灾面积的 17%,位居第 2。洪涝、霜冻、病虫害和其他灾害各占 6%~9%。20 世纪 90 年代是新中国成立以来受灾最严重的 10 a。

### 1.1 干旱

干旱是甘肃省最主要的气象灾害,每年平均受旱面积近 62 万  $\text{hm}^2$ ,减产粮食 5~10 亿 kg。特别是 20 世纪 90 年代以来,干旱频率加剧。按出现时间划分有春旱、春末夏初旱、伏旱和秋旱。1951 年以来无旱仅有 6 a。1999~2001 年甘肃省连续发生严重干旱,旱情之重为近 50 a 罕见。1999 年冬小麦区大部分地方自 1998 年 10 月中旬至 1999 年 4 月上旬,在长达 170 d 的时段内基本没有出现有效降水,全省夏粮受旱面积 75 万  $\text{hm}^2$ ,120 多万人、36 万头牲畜发生水荒,夏粮比上年减产 67 000 万 kg。伏秋干旱影响了小秋作物的及时播种,造成了大秋作物后期生长受阻,秋作物受旱面积约为 23 万  $\text{hm}^2$ 。

### 1.2 大风和沙尘暴

甘肃全省平均每年 8 级以上大风日数 10 d,酒泉安西县有“风库”之称。全省平均沙尘日数为 31 d。大风和沙尘暴使地面肥土被刮走,作物倒伏,流沙埋没农田,还会造成人畜伤亡,同时也造成较严重的空气污染,直接影响人类身体健康。全省每年受风沙危害的农田达 2~4 万  $\text{hm}^2$ 。1993 年 5 月 5 日,特强沙尘暴席卷了甘肃省的金昌、武威、白银、内蒙古阿拉善盟及宁夏银川、中卫等地,持续时间 5 h。共造成 85 人死亡、264 人受伤、31 人失踪,经济损失高达 7.25 亿元。值得注意的是,近年来夏季多次出现强沙尘暴天气,2003 年、2004 年和 2005 年在河西夏季均出现了强沙尘暴天气。

### 1.3 暴雨

暴雨主要发生在河东地区 3 月下旬至 11 月中

旬,局地暴雨平均每年出现约 20 站(次),区域性暴雨平均每年有 1~2 次,可造成严重的局地或区域性灾害。2005 年 6 月 30 日至 7 月 1 日,我省 30 县出现暴雨,7 县发生大暴雨,属自有气象记录以来范围最大的大暴雨天气。造成全省受灾人口 36 万人,死亡 3 人,直接经济损失达 1.3 亿元。

上世纪黄河兰州段曾发生 7 次  $5\,000\text{ m}^3/\text{s}$  以上的洪水。1904 年洪水最大( $8\,500\text{ m}^3/\text{s}$ ),1981 年洪水排序第 2( $5\,600\text{ m}^3/\text{s}$ )。

### 1.4 冰雹

我省冰雹主要发生在中东部地区及部分山区,在作物生长季节都可发生。受冰雹危害最严重的是河东各地,平均每年有 1~3 d,农作物平均每年成灾 13 万  $\text{hm}^2$ 。2005 年 5 月 30 日,甘肃 7 州市的 15 县遭到冰雹袭击,庆阳西峰区最大冰雹直径为 75 mm,地面积雹厚度 10 cm,造成直接经济损失达 1.2 亿元。

### 1.5 霜冻

霜冻是春、秋两季易发生的气象灾害,每年全省受灾面积 2~16 万  $\text{hm}^2$ 。早霜冻主要对秋作物的灌浆和成熟造成危害,导致颗粒干秕而减产,晚霜冻主要对冬小麦拔节生长和春播作物、蔬菜幼苗、果树花芽和幼果造成危害。2004 年 5 月 3~5 日出现的自 1981 年以来最强的一次强霜冻天气,受害范围是近 50 a 以来最大的一次。全省农作物受灾面积 99 万  $\text{hm}^2$ ,直接经济损失达到 13.4 亿元。

### 1.6 干热风

甘肃省干热风主要危害河西走廊,陇中和陇东北部也时有发生,一般出现在 5 月中旬至 8 月中旬。在小麦灌浆期和乳熟期出现干热风,可导致小麦产量减少 5%~20%,严重年可减产 2 成以上。近年来干热风相对较少,造成的损失相对较低。

### 1.7 地质灾害

甘肃地质灾害种类多、分布广、危害大,汛期滑坡、泥石流、崩塌等突发性地质灾害频繁发生,造成人民生命财产的重大损失。甘肃独特的黄土地貌和地层,是我国滑坡灾害最严重的地区之一。仅近 10 余 a,甘肃省内发生规模较大滑坡 1 000 多次,死亡 2 000 余人。甘肃也是我国 4 大泥石流多发区之一,泥石流分布范围约 11 万  $\text{km}^2$ ,占全省面积的 24%,有泥石流沟 8 000 余条,涉及 53 个县。泥石流经常埋没农田,破坏交通,危害工矿城镇,威胁人民生命安全。

## 2 近 50 a 气候变化事实

1951 年以来,甘肃省气候存在着明显变暖的趋势,年平均气温的上升幅度略高于北半球和全国的平均趋势(图 3)。年平均最高和最低气温均为上升趋势,尤其年平均最低气温的上升幅度明显高于年平均最高气温(图略),导致年平均日较差呈明显下降趋势。与全国一样,20 世纪 90 年代是近 50 a 来最暖的 10 a,多数年份偏高 0.4 °C 以上,特别是 1997 年以来,年平均气温偏高均在 1.0 °C 以上,明显高于全国和全球平均值。1998 年全省气温偏高达 1.6 °C,其中兰州市偏高 2.1 °C,为 1932 年建站以来最暖的年份(图 4)。冬季增温最为明显,1998 ~ 1999 年的冬季是历史上有气象观测记录以来最暖的冬季,全省大部分地方气温偏高都在 2.0 °C 以上,其中兰州、武威、西峰等地偏高 3.0 °C 以上。

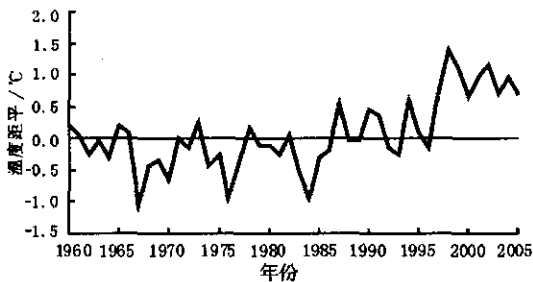


图 3 甘肃近 50 a 平均气温距平变化

Fig. 3 Change of annual mean surface temperature departure in Gansu during 1960 ~ 2005

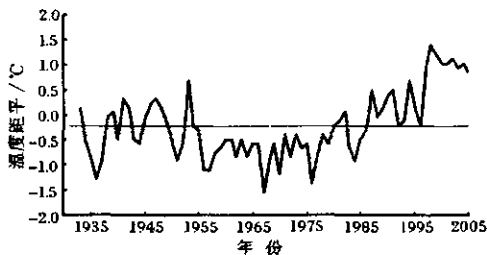


图 4 兰州 1932 ~ 2005 年年平均温度距平变化

Fig. 4 Change of annual mean surface temperature departure in Lanzhou during 1932 ~ 2005

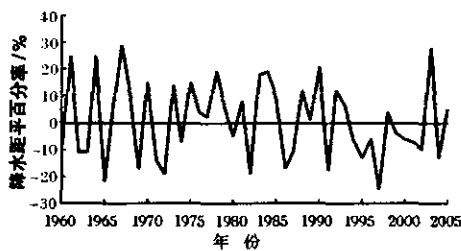


图 5 甘肃近 50 a 年降水量距平百分率变化

Fig. 5 Change of departure percentage of annual total precipitation in Gansu during 1960 ~ 2005

从 1961 ~ 2005 年,全省平均降水量总体呈下降趋势(图 5),特别是进入 20 世纪 90 年代以来,干旱频繁发生。降水量变化具有明显的地域性和不同的时间变化趋势。河西和河东大致呈反位相变化趋势,河西降水量总体呈增多趋势,河东总体呈减少趋势(图略)。河西 1961 ~ 1979 年降水显著减少,1980 ~ 1993 年在平均值附近摆动,1994 ~ 2005 年降水显著增多。河东 1961 ~ 1979 年是降水显著增多时段,1980 ~ 1991 年在平均值附近摆动,1992 ~ 2005 年降水显著减少。降水的季节特征表现为冬季降水量和雨日大范围增加,秋季相反,夏季降雨日数表现为大范围的减少趋势,春季降水量减少但雨日却在增加,表明春季降水强度在减弱。

## 3 气候变化对自然生态系统的影响

气候变化和不合理的人类活动对甘肃省的自然生态系统产生了较大影响,致使生态环境恶化、水资源锐减。

### 3.1 草原退化

在全球变暖背景下,甘肃草地退化率为 45.17%,大大高于全国平均水平,其中草地退化面积占草地总面积的 87.8%。位于长江黄河上游源区的甘南州,在中国西部生态环境系统中处于十分重要的位置。被列为国家十大生态功能保护区之一的玛曲草原拥有 87.2 万  $\text{hm}^2$  的优质草场,曾被誉为“亚洲第一优良牧场”,是黄河径流的主要汇集区,这里形成了一个长 433 km U 字型的“九曲黄河”第 1 湾,为黄河上游提供了 45% 的水量,素有黄河“蓄水池”之美称。但是近 20 多 a 来,甘南 80% 的天然草原退化,其中沙化草场 5.3 万  $\text{hm}^2$ ,且沙化面积每年平均以 299  $\text{hm}^2$  的速度递增。目前有大型沙化点 36 处,形成了 220 km 的流动沙丘带,并以每年 3.9% 的速度扩展。甘南湿地面积从 20 世纪 80 年代初的 42.7 万  $\text{hm}^2$  减少为现在的 13.8 万  $\text{hm}^2$ 。玛曲 1985 年有 4 077 个湖泊,而今只剩 1 800 个,黄河的 27 条主要支流中,已有 11 条常年干涸,另有不少河流则成了季节河。原来 6.6 万  $\text{hm}^2$  沼泽湿地如今不到 2 万  $\text{hm}^2$ 。近 40 a,已出现沙尘暴 150 多次。如果按照近 20 a 的退化速度计算,不用 10 a 时间,甘南州草地乃至青藏高原东部将成为我国第 4 大沙尘源,其强度和危害程度有可能不亚于其他沙尘源。

综合分析,造成甘南草原退化的原因主要有以下几方面:

### (1) 温度显著升高

甘南各地年平均气温在持续上升,目前年平均气温较 20 世纪 70 年代增加了  $1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  左右,上升幅度最大的是卓尼,其次为夏河、合作、迭部、临潭、舟曲,上升幅度最小的是玛曲、碌曲。其中玛曲 1971 年以来,年平均气温以  $0.37\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$  的倾向率显著升高。

### (2) 降水减少

甘南各地年降水量有减少趋势,减少幅度最大的是碌曲、迭部、卓尼。其中玛曲年降水减少率为  $-13.6\text{ mm}/10\text{ a}$ ,20 世纪 90 年代较 70 年代降水量减少了  $47\text{ mm}$ ,大约 8% 左右。

### (3) 蒸发增加

玛曲年最大可能蒸发量随着气温的升高而增加,平均每  $10\text{ a}$  增加  $32.65\text{ mm}$ 。20 世纪 90 年代以后比 90 年代以前年平均最大可能蒸发量高  $89\text{ mm}$ 。

### (4) 人类活动影响

人类活动影响也是导致生态环境恶化的主要原因之一。甘南人口从 1949 年的 29.7 万人增加到 2000 年的 64 万人,增加了 34.3 万人,年平均递增 2.35%。同时由于乱砍滥伐,使森林覆盖率从秦、汉时期的 90% 减少到 1949 年的 55%,1985 年已经下降到 48%,2000 年底仅为 19.85%。过度放牧进一步加剧了草场的退化。甘南州草场理论载畜量为 453 万个羊单位,而实际载畜量却为 882 万个羊单位,超载了 94.6%。

## 3.2 荒漠化加剧

甘肃省荒漠化土地分布在河西 5 市及白银、庆阳、甘南、兰州、定西、临夏等 11 个市(州)的 38 县,荒漠化土地总面积  $19.28\text{ 万 km}^2$ ,占全省总面积的 42.5%。沙质荒漠化土地主要分布在河西走廊的腾格里、巴丹吉林和库姆塔格 3 大沙漠的前缘及其与绿洲交错地带。近年来由于气候变暖,导致荒漠化趋势加重,面积扩大。河西地区是荒漠化发展快的地区之一,也是甘肃省荒漠化土地的主要分布区,荒漠化是吞噬河西地区绿洲、威胁河西地区可持续发展的重要生态环境问题。

### 3.2.1 石羊河流域民勤绿洲

民勤县荒漠化土地已占到全县总面积的 94.5%,已有  $0.67\text{ 万 hm}^2$  耕地和  $3.9\text{ 万 hm}^2$  林地沙化,  $26.3\text{ 万 hm}^2$  草场退化,近  $0.33\text{ 万 hm}^2$  耕地因盐渍化而弃耕。在绿洲外围,有  $1\text{ 万 hm}^2$  的流沙,69 个风沙口正昼夜不停地进犯,北部流沙仍以平均每年

$8\sim 10\text{ m}$  的速度吞噬着绿洲,严重地段沙漠侵入速度达  $15\sim 20\text{ m}$ 。20 世纪 70 年代以前的自生林和人工林几乎全部枯死,沙地面积净增加  $3.39\text{ 万 hm}^2$ 。而遥感监测表明,在 1987~2003 年,绿洲 3 个灌区耕地面积净增加约  $4.73\text{ 万 hm}^2$ ,高达 55%。由于过度开采地下水,使绿洲地下水位急剧下降,形成了 2 个大面积的地下漏斗。

造成民勤绿洲生态恶化的原因主要有以下几方面:

(1) 近 50 多 a 来年均气温上升了  $1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,导致区域蒸发潜力增加。

(2) 石羊河上游山区降水量 20 世纪 80 年代后减少,造成积雪面积减少,雪线正以年均  $2\sim 6.5\text{ m}$  的速度上升,有些地区的雪线年均上升竟达  $12.5\sim 22.5\text{ m}$ 。

(3) 祁连山冰川不断缩减,目前比 20 世纪的 70 年代减少了大约  $10\text{ 亿 m}^3$ 。

(4) 石羊河流域出山径流量下降,夏季径流量减少趋势最为明显。再加之石羊河流域中游凉州绿洲人口数量与经济规模的不断扩大,流入民勤的地表径流占石羊河流域总径流的比例由 20 世纪 50 年代的 30% 减少到近几年的不足 7%。

(5) 过度抽取地下水,使地下水位下降严重。水位比 20 世纪 70 年代下降了  $10\sim 20\text{ m}$ ,个别地方达  $40\text{ m}$ ,并仍以  $0.5\sim 1.0\text{ m/a}$  的速度下降。目前地下已形成总面积近  $1000\text{ km}^2$ ,深 10 多 m 的大型区域水位下降漏斗。此外,由于过度超采地下水,而地表水补给不足,导致地下水水质急剧恶化。

围绕民勤生态恶化的核心问题——水,统筹人口、资源、环境、经济社会发展等方面的因素和相关数据进行系统分析,认为目前维持凉州与民勤绿洲生存的需水量为  $19.68\text{ 亿 m}^3$ <sup>[8]</sup>,而石羊河能够流入 2 个绿洲的来水量 50 a 平均仅  $8.63\text{ 亿 m}^3$ ,仅能勉强维持凉州绿洲的生存。从天然植被生长与其临界地下水位关系(图 6a),结合 2001 年地下水位埋深空间分布(图 6b)<sup>[9]</sup>。我们可以看出,在地下水位  $< 3.75\text{ m}$  的地方主要集中在 3 渠柴湾及收成乡南部,调查发现,此区有天然荒漠植被生长,土壤盐碱化十分严重,地下水位埋深在  $3.75\sim 9.6\text{ m}$  的地方,主要集中在腾格里沙漠的边缘地区,有零星的沙生植被如骆驼刺、苦豆子等生长;湖区、坝区除人工植被和 1 a 生的荒漠植被及灌溉区的防护林外,其余天然植被完全消失。

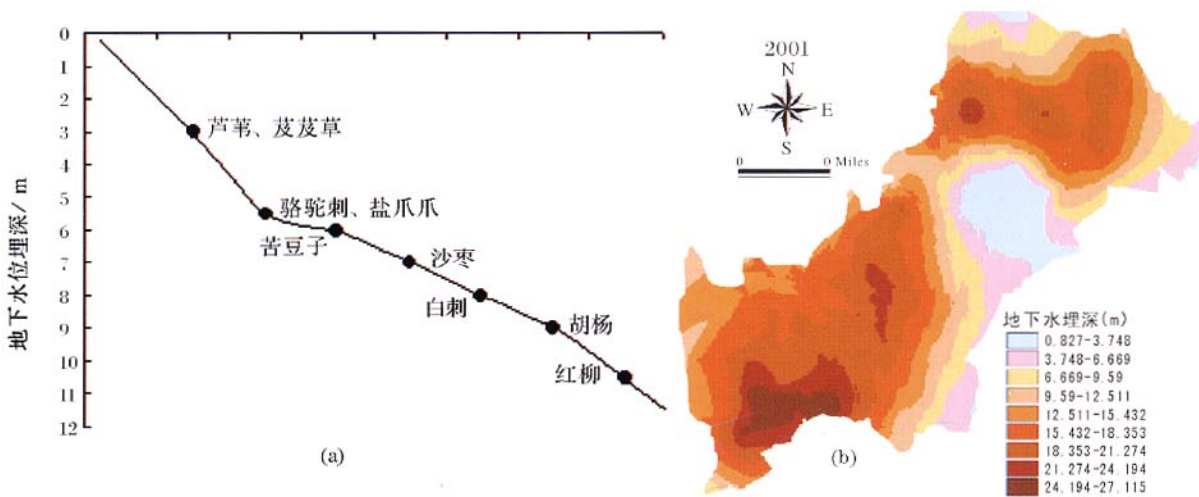


图6 民勤绿洲天然植被临界地下水埋深示意图与2001年现状地下水位分布

Fig. 6 Critical ground water level for nature vegetation (a) and the ground water level in 2001 in Minqin oasis (b)

因此,民勤绿洲的自然生态体系濒临崩溃的边缘,民勤绿洲的生存已十分危险。

### 3.2.2 黑河流域

黑河流域上、中、下游也都不同程度地存在生态系统恶化问题。20世纪90年代初上游森林保存面积仅约7万 $\text{hm}^2$ ,与建国初期相比森林面积减少约16.5%。森林带下限高程由1900 m退缩至2300 m。山丹境内森林带下限平均后移约2.9 km。下游地区河道断流加剧,湖泊干涸,地下水位下降,水生态系统严重恶化。阿拉善横贯东西800 km的土地上,20世纪50年代有梭梭林113万 $\text{hm}^2$ ,现在覆盖度在30%以上的仅剩38.6万 $\text{hm}^2$ 。

黑河下游的居延海,历史上曾拥有2600 $\text{km}^2$ 的水域面积。1961年西居延海干涸,东居延海面积逐渐缩小,1989年仅有41 $\text{km}^2$ ,1998年进一步缩小为22.9 $\text{km}^2$ ,1999年完全干涸。为了拯救黑河下游日益恶化的生态环境,2000年向黑河下游调水,但在到达居延海之前,就消失在河床之中。2002年7月,黑河水到达东居延海,11月水域面积达32.2 $\text{km}^2$ 。

### 3.2.3 疏勒河流域敦煌盆地

月牙泉生态系统的变化是整个疏勒河流域生态问题的典型例证。20世纪60年代以前月牙泉水深泉大,水位动态变化小;1960年月牙泉水域面积1.49 $\text{hm}^2$ ,最大水深7.5 m;60年代后期,月牙泉的水位开始下降,平均年降幅20 cm左右;至1986年水域面积已经下降到0.89 $\text{hm}^2$ ,下降了0.6 $\text{hm}^2$ ,最大

水深仅4.2 m,下降了3.3 m;1987年至1997年10 a间,泉水的面积又由0.89 $\text{hm}^2$ 减少到0.57 $\text{hm}^2$ ,最大水深下降到2 m。2001年3月,泉水急骤下降,泉中间出现了几十 $\text{m}^2$ 的沙底,月牙泉一度变成了哑铃形。

月牙泉的水和整个敦煌盆地的地下水是一个系统,主要是来自党河和疏勒河的地表水渗入。导致月牙泉生态系统恶化的主要原因为:

(1)由于近年来气候变暖,蒸发增加,使整个流域地表水分损失加大。

(2)自20世纪60年代以来,疏勒河上游2座大型水库安西县双塔水库和玉门昌马水库的建成,使得疏勒河在敦煌境内长达300 km的河道断流。再加之党河水库与塔里木河建坝截流,使党河、塔里木河断流。3河流相继断流造成流向敦煌的地下水量急剧减少。

(3)由于人口和农田灌溉面积增加,用水量随之增加,导致地下水的过量开采。敦煌人口由解放初不到4万人增加到现在的18.7万人,加上每年旅游的人数达到60万人次;农田灌溉面积由0.89万 $\text{hm}^2$ 增加到2.41万 $\text{hm}^2$ ,使敦煌市每年缺水近8000万 $\text{m}^3$ ,其中农业用水缺口3000万 $\text{m}^3$ ,生态用水缺口5000万 $\text{m}^3$ 。为了弥补用水量的不足,只好过量开采地下水,每年开采地下水超过4000万 $\text{m}^3$ ,其结果是地下水位的持续下降。据观测,1992年至2001年,敦煌地下水位平均每年以0.43 m的速度下降,累计水位下降超过10 m。

月牙泉的遭遇是整个大环境内生态恶化的缩影,是敦煌盆地生态恶化的预警器。疏勒河流域敦煌盆地天然林比新中国成立初期减少 40%,其中胡杨林仅存 0.93 万  $\text{hm}^2$ ,减少 67%;可利用草场减少 77%,且现存草场不同程度地存在沙化和盐碱化的现象。宝贵的湿地,平均每年以 0.13 万  $\text{hm}^2$  的速度在消失。绿洲内的 0.07 万  $\text{hm}^2$  咸水湖和 66.7  $\text{hm}^2$  淡水湖 80% 已不复存在。与此同时,土地沙化面积每年以 0.13 万  $\text{hm}^2$  的速度增加,沙漠向绿洲逼进了 3~4 m,大风和沙尘暴等自然灾害加剧。生态的恶化使野生动物种群明显减少,濒临绝境。

### 3.2.4 陇中黄土高原

由于气候变化和过度开垦以及农林牧用地结构不合理,导致陇中黄土高原成为我国黄土高原水土流失最严重的地区,水土流失面积占甘肃省内黄河流域水土流失面积的 96% 以上。省内黄河流域流入黄河的泥沙量为 5.18 亿  $\text{t/a}$  (占黄河年均输沙量的 1/3),基本上均来自陇中黄土高原区。

### 3.3 水资源锐减

气候变化同时也导致水资源的变化,湖泊水位下降、面积萎缩,冰川退缩、雪线上升,水资源供需矛盾突出,水质恶化。由于 20 世纪 90 年代以来干旱趋于严重,更加剧了甘肃省水资源的紧缺。甘肃人均水资源量为 1 100  $\text{m}^3/\text{人}$ ,不足全国人均水资源量 2 275  $\text{m}^3/\text{人}$  的 50%。

近 40 多 a 来,除黑河和疏勒河外,全省大部分河流径流量呈减少的趋势。石羊河水系、黄河流域各水系、嘉陵江水系径流量均呈减少趋势,其中尤以嘉陵江水系和泾河、渭河水系减少最为明显。

黄河流域诸水系 20 世纪 60 年代径流量最大,此后径流量一直减小。黄河玛曲段 1959~2004 年平均下降速率为 0.7 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ,其中 80 年代年平均径流为 168 亿  $\text{m}^3$ ,90 年代仅为 127 亿  $\text{m}^3$ ,而 2002 年更是达到历史最低点 72 亿  $\text{m}^3$ 。泾河 60 年代年平均径流量为 11.58 亿  $\text{m}^3$ ,90 年代为 5.86 亿  $\text{m}^3$ ,比 60 年代减少了 49.4%。

发源于祁连山西段的疏勒河,近 50 a 来其年径流量呈显著的增加趋势,尤其是进入 21 世纪以来,增加趋势更为显著。从各季变化看,冬季径流量增加趋势最为明显,春、秋次之,而夏季略有增加。发源于祁连山中段的黑河,近 50 a 来其年径流量有略微增加的趋势,但增加的趋势不显著。从各季变化看,只有冬季径流量增加趋势显著。发源于祁连山

东段的石羊河,近 50 a 来其年径流量显著减少,尤其是 20 世纪 90 年代,减少趋势更为显著。从各季变化来看,夏季径流量减少趋势最为明显。由于石羊河流量不断减少,加上人类用水量增加,使得红崖山水库水域面积在波动中呈减少之势,2004 年 7 月完全干涸,2005 年 8 月恢复到 2.91  $\text{km}^2$ ,较 2002 年减少 79%。

## 4 适应对策

面对气候变化及无序人类活动造成气象灾害的频繁发生和生态环境的恶化,提出如下适应对策:

### (1) 建立甘肃气象灾害预警与应急响应体系

气候变化引起极端天气、气候事件的增加,对气象防灾减灾及相应的应急体系提出了挑战和新的需求。需要建立甘肃气象灾害预警与应急响应体系,一方面加强对气象灾害的监测,不断提高灾害性天气的预报水平;另一方面建立气象灾害警报分发系统和气象灾害应急系统,提高气象灾害响应处理能力。

### (2) 退耕还林、退牧还草,进行农业结构调整

据调查,石羊河流域及其下游民勤绿洲现在用水结构表明农业用水占 88% 以上,因此要恢复生态首先要减少农业用水。实践证明,民勤从 1980 年以后开垦的土地都在绿洲与沙漠交错带,生产力十分低下,应该退耕。民勤保证退耕 1.33 万  $\text{hm}^2$ ,凉州区保证退耕 0.67 万  $\text{hm}^2$ ,则民勤和凉州 2 个绿洲可节约水 2.26 亿  $\text{m}^3$ 。在退耕的基础上,若按高耗水的粮食作物与低耗水的经济作物各占一半的调整原则,则民勤绿洲比现状可节约出 2.82 亿  $\text{m}^3$  的水资源,凉州绿洲比现状可节约出 3.34 亿  $\text{m}^3$  的水资源。此外推广膜下滴灌技术,节约使用水资源。甘南草原应按照气候生产潜力确定实际载畜量,坚决实施退牧还草工程,严禁超载。

### (3) 生态环境分区治理

甘肃出现的生态问题,需要进行分区治理。本文以民勤为例加以说明。民勤可大致划分为水源区、绿洲区、荒漠—绿洲交错区和荒漠区。民勤生态重建应综合分析自然、社会、经济等现状基础上,提出不同的、适合于该区块的生态重建模式。水源区建立以保护水源为主要目的自然保护区,严禁挖土采矿,科学化管理牧场,使草场牲畜承载力趋于合理;在绿洲区建立“混农林业”模式或“种、养、加、能源一体化”模式,将种植业、养殖业、加工业及沼气

能源结合起来,获得较佳的生态经济效益。在绿洲—荒漠交错带,进行锁边治理,因为这种交错带是沙漠入侵绿洲的通道,生态重建的主要目标是固定沙丘、控制流沙,建立沙障、防止沙漠入侵。采用以工程措施和生物措施相结合的“工程—生物”模式。在荒漠区,由于不具备灌溉条件,大规模人工育林育草不仅成本高,而且见效慢。因此在该区域采取“封育”模式是最佳选择。

#### (4) 大力开发空中水资源

世界气象组织 2001 年 6 月声明指出:对山区地形云增雨是最具前景的(增雨效果可达 10% 以上),而且是经济可行的。从水资源管理看大有潜力,因为可以将降水储存在水库或高海拔地区的冰雪积累区。祁连山区的空中水汽资源相对丰富,但祁连山区空中水汽仅有 15% 左右形成降水。祁连山区全年云量丰富,具备全年人工增雨(雪)的良好条件,独特的地理条件使其成为人工增雨(雪)的极佳地区。根据在祁连山区人工增雨实验所得出的初步结论,通过作业大体可增加 10% ~ 15% 的降水,每年约 7 亿 m<sup>3</sup>。近几年气象部门的各类试验表明,高寒阴湿的玛曲空中水资源非常丰富,应抓住有利时机,在玛曲及甘南草原区科学地开展规模化的人工增雨作业,这是目前增加地表降水投资少、见效快的最佳途径。

#### (5) 实施外流域调水

目前,石羊河流域上下游之间、区域之间、行业

之间用水矛盾突出,通过流域内协调解决民勤用水十分困难,在采取政府指令性措施的同时,应充分论证外流域调水解决石羊河流域的缺水问题。我国南水北调工程已经全面启动,随着南水北调工程的逐步实施,黄河流域的水量分配方案也应随之调整,在增加的黄河流域用水指标中,应充分考虑从黄河流域调水接济石羊河。

#### 参考文献:

- [1] 秦大河. 中国西部环境演变评估[A]. 综合卷, 中国西部环境演变评估综合报告[R]. 北京: 科学出版社, 2002. 1 - 80.
- [2] 李栋梁, 刘德祥. 甘肃气候[M]. 北京: 气象出版社, 2000. 68 - 111.
- [3] IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis, Summary of Working Group I Report[R]. In: Houghton J T, Ding Yihui, D. Griggs. eds, London: Cambridge University Press, 98.
- [4] 叶笃正, 符淙斌, 董文杰, 等. 全球变化对科学领域的若干研究进展[J]. 大气科学, 2003, 27(4): 435 - 450.
- [5] 杨兴国, 张存杰, 叶谦, 等. 甘肃省环境蠕变的若干事实[J]. 干旱气象, 2004, 22(1): 65 - 68.
- [6] 宋连春, 张强, 孙国武, 等. 全球变暖对甘肃省经济、社会和生态环境的影响及其对策[J]. 干旱气象, 2004, 22(2): 69 - 75.
- [7] 王宝鉴, 张强. 甘肃气候和生态环境对全球变暖的响应特征[J]. 地球科学进展, 2005, 20(特刊): 113 - 118.
- [8] 孙雪涛. 民勤绿洲水资源利用的历史、现状和未来[J]. 中国工程科学, 2004, 6(1): 1 - 9.
- [9] 宋冬梅, 肖笃宁, 张志城, 等. 石羊河下游民勤绿洲生态安全时空变化分析[J]. 中国沙漠, 2004, 24(3): 335 - 342.

## The Primary Study of Meteorological Disasters and Climate Change in Gansu Province

SONG Lian - chun, YANG Xin - guo, HAN Yong - xiang, BAI Hu - zhi

( Institute of Arid Meteorology, CMA; Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730020, China )

**Abstract:** Based on meteorological data and social - economy data, the paper analyzed the characteristic of meteorological disasters occurred in Gansu province, the fact of climate change during recent 50 years was also observed. The results show that the ecological environment has been significantly affected by global warming and unreasonable human activities in Gansu province. The adaptive policies of climate change and sustainable development were also discussed in the paper.

**Key words:** meteorological disaster; climate change; ecological environment; adaptive policy