

关于环境蠕变问题的研究

孙国武, 李耀辉

(中国气象局兰州干旱气象研究所, 兰州国际环境蠕变中心, 甘肃 兰州 730020)

摘 要:综述了近年来兰州国际环境蠕变中心在环境蠕变方面的一些研究工作, 包括: 环境蠕变的定义、意义、事例、对策和环境蠕变与人类活动, 环境蠕变与气候变暖以及气候、人类、环境的相互关系。

关键词:环境蠕变; 人类活动; 气候变暖

中图分类号:X24

文献标识码:A

引 言

环境蠕变问题的研究, 是全面建设小康社会, 坚持人口、资源、环境协调发展, 实现人与自然和谐相处的具体体现。我国目前正处于经济高速发展时期, 尽管各级政府对保护自然生态环境有了初步的认识, 对气候变化对社会和经济发展可能造成的影响也有一定的了解, 但是在政府的社会和经济发展决策过程中, 对环境蠕变问题考虑不多。气象局作为一个对国家气候进行长期监测的业务部门, 有责任有能力对环境蠕变问题进行监测和分析, 为政府决策提供科学依据, 使我国高速发展的经济与生态环境的保护、自然资源的合理利用形成良性循环。该项工作虽是美国 Glantz 博士首次提出, 但国际上还没有一套完整的监测、分析和预警系统, 有可能我国在该领域走在世界前列, 成为气象部门服务工作的一个新项目。

1 环境蠕变的定义

“蠕变”一词的引用, 恰到好处地反映出气候、环境这一过程的演变特征, 气象界常在科学问题中予以利用。如南、北半球副热带地区 2 个反气旋的“连锁”现象, 亚欧大陆和北美大陆上空 500 hPa 等压面上位势高度中心的“撬撬板”现象, 暴雨发生时等熵位温垂直剖面图上(地面至 100 hPa 等压面)的“锁相”结构, 以及二维 Rossby 波和大气低频遥相关

波列传播的“大圆”路径。

环境蠕变是由美国国家大气研究中心资深研究员 Glantz 博士在国际上率先提出的^[1]。环境蠕变问题(Creeping Environmental Problems)是指在地球系统众多环境变化中, 那些完全由人类活动对自然生态环境的改变为原动力所造成的自然环境的退化现象。其主要特征是变化幅度和变化速率小、初期影响的空间范围不大、在开始时也仅仅局限于一个或少数几个行业, 因此, 其可能产生的后果往往被政府政策制定者和决策者有意无意的忽略。而当由环境蠕变问题所造成的影响发展到必须采取措施时, 又往往或是由于成本过高、或是由于自然环境的变化使得整个系统进入了不可逆状态而为时已晚。正是由于这些特征使得环境蠕变问题一经提出便成为国际上开展气候影响研究的一个热点, 并得到世界上许多国家政府决策者的普遍关注。

张强研究员根据科学发展观的要求, 从深层次上给出环境蠕变的科学定义^[2], 即“环境蠕变”是指速度缓慢的、人们短时间不会察觉的、且有明确发展方向、系统、持续、范围大、后果比较严重的地球环境变化过程。变化过程不明显, 但效果显著是“环境蠕变”的最大特点。而且进一步指出 CEP 的特点:

(1) 环境蠕变具有变化速度缓慢、变化过程不容易察觉或短期后果不明显的特点;

(2) 环境蠕变具有发展方向和演化趋势比较明确的特点;

收稿日期:2007-01-11; 改回日期:2007-03-06

基金项目:甘肃省科学技术研究项目(2004 2x)资助

作者简介:孙国武(1937-), 男, 湖北人, 研究员, 主要从事青藏高原气象、干旱气候和环境蠕变的研究。E-mail: guowusun@163.com

(3) 环境蠕变具有持续性的特点;

(4) 环境蠕变具有空间广泛性和区域差异性的特点;

(5) 环境蠕变的后果具有突变和不可逆的特点;

(6) 环境蠕变具有以关键要素变化为先导的特征。

我们(李耀辉、孙国武等)提出的环境蠕变定义比较简单^[3]:环境蠕变是人类、环境及气候相互不适应而引起的一种环境渐变过程,这种变化一天一天以不显眼的方式改变着环境,假以时日,其负面影响和累积效应将使环境恶化,以至于需要采取措施时,困难更多,代价更大。同时指出,环境蠕变有如下重要特征:是一种变化速度缓慢的渐变过程;是一种累积负面后果相当严重的过程;是一种时间尺度较长、空间范围较广的演变过程;具有很强的地域特征,各地环境蠕变的方式、速度、后果差异很大;属于地球环境变化过程,与全球变化有联系;是一种正负反馈兼有的过程,与人类活动有密切关系。

2 环境蠕变现象分析

2.1 环境蠕变事例与人类活动

人类活动与环境之间不协调所引起的环境蠕变问题,在干旱、半干旱地区突出表现在水资源这个制约因素上,因此,下面叙述的 8 个环境蠕变现象,都与水有关。

(1) 威海的环境蠕变与人类活动^[4-5]

20 世纪 50 年代后期,从水域面积上来说,威海是地球上第 4 大内陆水系,1960 年测得的平均海平面水位 53.4 m,表面积 66 900 km²,水的体积 1 090 km³。2000 年,平均海平面水位 37.5 m,比 1960 年下降 30%;表面积 25 217 km²,比 1960 年缩小 62%;水的体积 212 km³,比 1960 年减少 81%。

威海流域的环境蠕变包括海平面水位下降、阿姆河和锡尔河的水源量减少、裸露面扩大、沙尘暴增多、水质下降、鱼类锐减、对人类健康的有害影响等,由于这些问题在自然界中开始时变化量小,但累积效应大,导致了严重的环境恶化后果。

首先,引起威海流域环境蠕变的可能原因是棉花种植面积的增加。扩大棉花种植增加了对中亚各国灌溉用水的需求。棉花灌溉需水量大,中亚地区的乌兹别克斯坦、塔吉克斯坦和土库曼斯坦在近 40

a 中,棉花种植面积分别增加了 122%、196% 和 330%。

其二,流入威海的阿姆河和锡尔河的径流量减少。阿姆河每年流入威海的水占威海总流入量的 70%,超过锡尔河(威海第 2 大支流)径流量的 2 倍。20 世纪 60 年代初,人们注意到锡尔河径流量在下降,到 20 世纪 70 年代后期,锡尔河的水到达不了威海。大量的阿姆河水被分流到卡拉库姆运河,分流到卡拉库姆运河的水量估计有 15 ~ 20 km³/a,20 世纪 80 年代,阿姆河水不能到达威海。

(2) 居延海的环境蠕变与人类活动^[6-7]

黑河下游的居延海,历史上曾拥有 2 600 km² 的水域面积。但到 1961 年西居延海干涸,东居延海面积逐渐缩小,1989 年东居延海仅有 41 km²,1998 年进一步缩小为 22.9 km²,1999 年完全干涸。为了拯救黑河下游日益恶化的生态环境,2000 年和 2001 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 km²。

黑河水系是甘肃河西走廊 3 大内陆河水系中最大的水系,平均年流量 16 亿 m³。但是黑河流域下游的张掖盆地农田灌溉用水占总用水量的 82%,大部分农田沿用传统的大水漫灌方式进行灌溉。流域灌溉面积 13 200 hm²,用水量约 8 亿多 m³,大水漫灌浪费 40% ~ 50% 的水资源。

上述过程是人类活动(过度用水)引起的环境蠕变过程,如果在 1961 年西居延海干涸时采取措施,甚至在 1989 年东居延海只有 41 km² 水面时采取措施,也不至于造成生态环境如此严重恶化的局面。

(3) 石羊河和红崖山水库的环境蠕变与人类活动^[7-8]

在甘肃省河西走廊东部,腾格里沙漠与巴丹吉林沙漠之间的民勤盆地,曾经是一个水丰草美的绿洲,石羊河从境内穿过,亚洲最大的沙漠水库——红崖山水库就建在这里。这里曾是一个人类、环境、气候相互适应、生态平衡、经济发展的干旱区,但是由于绿洲农业灌溉,用水量大幅增加,红崖山水库入库水量下降了 84%。

MODIS 监测的红崖山水库面积,2002 年为 13.8 km²,2003 年为 19.5 km²,2004 年 7 月 21 日干涸,到 2004 年 8 月 21 日石羊河上游来水,水库面积恢

复到 7.2 km^2 。

其直接后果是造成石羊河下游严重缺水,到 2000 年缺水高达 9.59 亿 m^3 。而缺水量主要通过超采地下水来补充,使得流域地下水位在中游绿洲外围带以及下游荒漠地带持续下降。目前,石羊河下游地区,地下水位较 20 世纪 70 年代下降了 $10 \sim 20 \text{ m}$,个别地方高达 40 m ,并仍以 $0.5 \sim 1.0 \text{ m/a}$ 的速度下降。形成总面积近 $1\,000 \text{ km}^2$ 、深 10 m 多的大型区域水位下降漏斗。

引起的可能原因是水的利用率过高,石羊河水资源开发利用率已达到 145% ,据有关研究结果指出,凡是水资源开发利用率高于 70% 的河流,生态和环境问题均十分突出。位于石羊河上游的金昌市,是我国最大的镍生产基地和铂族金属提炼中心,其产量分别占全国的 88% 和 90% 以上,稀有金属的生产年需水 1.2 亿 m^3 ,加上农业、生活等用水,金昌市实际年需水量 8.1 亿 m^3 ,而石羊河流量的多年平均为 3.2 亿 m^3 。

(4) 青海湖的环境蠕变与人类活动^[9]

青海湖地处青藏高原东北部,位于青海省境内,湖面海拔 $3\,195 \text{ m}$,面积 $4\,583 \text{ km}^2$ 。自 1918 年以来的 80 余 a 中,青海湖水位下降约 13 m ,湖面积缩减了 700 多 km^2 ,湖水最深处已由 20 世纪初的 37.5 m 变为现在的 25 m 。

湖面的缩小和水深的变浅,使环湖地区生态环境恶化,湖区周围草地退化面积近 70 万 km^2 ,并以每年 3% 的速度递增。草场植被退化导致草原沙漠化,青海湖流域沙丘和风沙土地面积接近 800 km^2 ,比 20 世纪 60 年代扩大了 300 多 km^2 ,并且每年以超过 10 km^2 的速度扩大,测量结果表明,每年输入青海湖的泥沙约 $1\,000 \text{ 万 t}$ 。

这种蠕变过程与人类活动有关,以环湖地区的刚察县为例,明嘉庆年间(1522 ~ 1566 年),刚察地区人口为 $1\,000$ 人;清雍正二年(1724 年),约 $2\,000$ 人;1949 年为 $8\,529$ 人,1990 年达到 $39\,601$ 人,近半个世纪来,人口增加了 4.6 倍。其次,1960 年,耕地面积达到了 3.76 万 km^2 (刚察历史上破坏原始植被最严重的一年)。20 世纪 80 年代以后,退耕还林,但仍维持 1.5 万 km^2 的耕地面积。其三,草场退化和草场牲畜量超载严重。

(5) 疏勒河的环境蠕变与人类活动

疏勒河流域水资源总量 11.34 亿 m^3 ,干流全长

670 km ,年流量 10.31 亿 m^3 ,是甘肃河西走廊 3 大内陆水系之一。

甘肃省利用世界银行贷款兴建的大型农业、水利、移民综合开发项目,总投资 26.73 亿元 ,其中世行贷款 1.5 亿美元 。该项目 1996 年启动,2006 年全部建成。该项目在疏勒河上游建昌马水库,库容 1.94 亿 m^3 ,新建和改扩建干支渠 $1\,248.89 \text{ km}$,排水干渠 500 km ,新打机井 728 口,开荒造田 4.52 万 hm^2 。全流域有效灌溉面积达到了 2.21 万 hm^2 ,移民 9.6 万人。

虽然该项目出于对环境和生态的考虑,灌溉规模由 9.82 万 km^2 减为 8.87 万 km^2 ,移民由 20 万人减为 9.6 万人,水资源利用率由 91.6% 降为 84.4% ,林地面积由 11% 调整为 15% ,以及营造防护林等。但是,规模如此大的垦荒、灌溉、移民工程,对未来环境和气候变化有何影响?水资源(内陆河径流量和地下水)的承载力以及人口的承载力如何?生态系统中各子系统的相互联系和影响是怎样的?这些都需要及时监测和评估,更何况该地区是全国环境最脆弱的地区之一,干旱少雨,风大沙多,大部分土地是戈壁和沙漠化土地。一旦若干年后,环境的蠕变到了不可逆状态的时候,后果是相当严重的。而且疏勒河还可以与世界干旱和半干旱地区的科罗拉多河(美国)、伏尔加河(俄罗斯)、阿木达亚河(阿富汗)等流域的经济发展、生态环境、水资源合理利用、可持续发展进行对比研究。

(6) 民勤绿洲的环境蠕变与人类活动^[10]

甘肃省民勤县位于石羊河下游,其东、西、北 3 面连接腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠,曾是水草丰美的滨湖绿洲。由于人类活动(过度的垦荒、放牧、灌溉等),民勤绿洲迅速萎缩,生态环境恶化,成为中国干旱和荒漠化最为严重的地区之一,也是我国北方沙尘暴的 4 大发源地之一。

民勤县面积 $15\,990 \text{ km}^2$,但荒漠化面积目前已占 94% 。近年来,荒漠化仍在蔓延,已有耕地、林地沙化和草场退化以及耕地因盐渍化弃耕的土地共计 1.5 万 km^2 。在绿洲外围,有大面积的流沙、69 个风沙口正昼夜不停地进犯,流沙以平均每年 $3 \sim 4 \text{ m}$ 的速度吞噬绿洲,严重地段达每年 $8 \sim 10 \text{ m}$ 。20 世纪 50 年代,民勤丘间低地、湖畔及沟渠两旁植被茂密,覆盖率在 80% 以上。但近年来植物已经残败,就是耐旱的沙生植物也大量枯萎,全县有大量的沙枣林、

白茨、红柳等天然植被处于死亡半死亡状态。“沙压墙、羊上房”，这是民勤 8 万多群众的真实生活写照。这里年均风沙日达到 139 d, 8 级以上大风日 29 d, 沙暴日 27.1 d, 最大风力可达 11 级。民勤绿洲是阻止腾格里沙漠、巴丹吉林沙漠和乌兰布和沙漠连片的绿色屏障。如果这 3 大沙漠连成一片, 加上长驱直入的河西走廊“狭管风”, 不仅民勤绿洲不保, 荒漠化还会危及武威、金昌, 拦腰折断河西走廊, 甚至对整个华北地区的环境产生严重影响。

(7) 敦煌月牙泉的环境蠕变与人类活动^[11]

月牙泉形成距今 1.2 万 a, 它是世界一绝。年降水量平均 40 mm 左右, 在这种极端干旱和强烈蒸发的气候条件下, 月牙泉却能保持“山水共生, 山泉共处”万年不干涸。

20 世纪 50 年代前, 月牙泉水深达 12 m, 1960 年月牙泉水域面积 1.49 hm², 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 hm², 最大水深仅 4.2 m; 1987 年至 1997 年 10 a 间, 泉水的面积又由 0.89 hm² 减少到 0.57 hm², 最大水深下降到 2 m; 1999 年水位最深处 1.49 m; 2001 年 3 月, 泉水急骤下降, 泉中间出现了几十 m² 的沙底。2005 年水域面积只有 0.6 hm², 最大水深仅 1.3 m 左右。泉水水位每年还在以 15 cm 左右的速度下降。

月牙泉面临干涸危机, 是其周边环境——敦煌地区整体生态环境恶化造成的。50 a 前, 祁连山冰雪融化而成的疏勒河、党河汇入敦煌, 滋养了众多的湿地和野生林地, 境内曾有东湖、西湖、南湖、北湖 4 大湖泊, 都有可观的水量; 东、西、北湖以及南山一带有天然林 14.6 万 hm², 其中胡杨林 0.27 万 hm²。是名副其实的“绿色屏障”。敦煌境内的湿地面积曾经达 25 万 hm²。

如今, 湿地以每年 0.13 hm² 的速度递减, 到 2005 年, 敦煌境内湿地面积减少近 1/3, 仅存 18 万 hm²。敦煌绿洲区内 0.07 万 hm² 咸水湖和 66.7 万 hm² 淡水湖, 80% 已消失。植被锐减, 到 2005 年, 敦煌境内的天然林消失了近一半, 仅存 18.7 万 hm², 1965 年时, 敦煌有 38.4 万 hm² 草场, 总载畜量 12 万羊单位, 现在只有 9 万 hm², 减少了 77%, 载畜量 5 万羊单位, 减少了 57%。沙进人退, 全市有 3.3 万 hm² 土地沙化。自 1994 年来, 敦煌绿洲区外围沙化面积增加了 1.3 万 hm², 平均每年以 0.13 万 hm² 的速度增加, 沙漠向

绿洲逼近了 3~4 m。究其因, 人类活动影响是主要的。月牙泉 1960 年代、1980 年代、1990 年代和 2005 年的水深分别为 7.5 m、4.2 m、2.0 m 和 1.3 m。显然 1970 年代是一个转折期, 因为从这个转折期以后, 月牙泉的水位快速下降。恰好 1970 年代中期, 疏勒河上游修建了大型水库——双塔水库和昌马水库, 导致以下 400 km 的河段(其中 300 km 河段在敦煌)断流; 几乎同时, 疏勒河的支流党河, 也在上游被截留 500 万 m³ 的水。在敦煌境内, 水利部门筑起大坝, 党河也断流了。

在敦煌, 需要灌溉的农田已由 0.87 万 hm² 增加到 2.67 万 hm², 农田灌溉面积增加, 是由于人口增加而引起, 从而又引起生活用水量的增加。敦煌人口由 1950 年代不到 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。仅农田灌溉每年需水 2.5 亿 m³, 而党河的年径流量只有 2.6~2.99 亿 m³。

更有甚者, 1975 年月牙泉遭受重创, 4 台 8 泵抽水机日夜不停地抽了 1 个星期。在河水断流, 泉水下降的背景下, 人的目光又盯上了地下水。1976 年至 1986 年, 新开掘的机井数量为 1 800 余个, 相当于敦煌绿洲每平方公里至少一个。目前, 年采地下水 6 000 万 m³(容许开采的地下水量为 5 500 万 m³), 其中 2/3 用于灌溉。只有消耗而没有补充, 1992 年到 2001 年, 敦煌地下水位平均每年以 0.43 m 的速度下降。到 2001 年, 累计下降了近 11 m。这是严重的收支不平衡, 而这也直接导致了月牙泉水位的下降。

(8) 玛曲草原的环境蠕变与人类活动^[12]

玛曲县位于黄河上游的甘肃、青海和四川省交界处, 地理位置属青藏高原东端, 海拔 3 300~4 800 m 之间, 气候高寒阴湿, 属半湿润过渡地带的草原区。全县总土地面积 96.05 × 10⁴ hm², 拥有亚洲最优质的天然草场 85.9 × 10⁴ hm², 占土地总面积的 89.4%。牧草种类达 413 种, 素有亚洲第一牧场之称。

境内地势平坦, 水草丰盛, 星罗棋布的大小湖泊和沼泽草原, 构成黄河上游自然的水源体系。黄河自东、南、北 3 面环绕玛曲县, 形成“九曲黄河”第一湾。境内干流流程约 433 km, 流域面积 8 850 km², 是黄河径流主要汇集区和黄河上游重要水源涵养区, 也是联合国所关注的世界上最大最好的湿地。

每年为黄河提供 $27 \times 10^7 \text{ m}^3$ 的水量,号称黄河“蓄水池”,具有特殊的生态保护功能,堪称黄河的摇篮。黄河流经玛曲时,水量可增加 45%。

如今的玛曲,已今非昔比。

草地沙化。2001 年,玛曲县草地沙化面积达 $6\,080 \text{ hm}^2$,其中流动沙丘 $2\,020 \text{ hm}^2$,占 33.2%;固定沙地 $4\,060 \text{ hm}^2$,占 66.8%。与 1990 年代沙化面积 $4\,789 \text{ hm}^2$ 相比,到 2001 年,每年增加 128 hm^2 ,年增速 6.7%。

沙漠化面积扩展。在 1980 年代中期前,高寒草甸的退化速度最高为 24.5%,到 1990 年代,其速度递增至 34%。伴随草原的退化,沙漠化面积迅速扩展,如半固定和流动沙丘等在进入 1990 年代后发展迅速,年递增速由 1970~1980 年代的 4% 上升到 1990 年代的 35%,增加近 10 倍。目前,沙漠化土地面积已达 $6\,132.72 \text{ hm}^2$,共有 36 处大型沙化点。黄河沿岸已出现长达 220 km 的沙丘带,且沙漠化面积每年平均以 299 hm^2 的速度递增。在黄河流域两岸,沙丘高达 5~14 m,个别严重地区高达 56 m。

湿地锐减。近 10 a 水体与湿地分别减少了 28.6% 和 2.1%。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 hm^2 沼泽湿地如今不到 2 万 hm^2 。近 40 a,已出现沙尘暴 150 多次。严重威胁黄河玛曲的“蓄水池”功能,造成的直接后果就是导致补给到黄河的水大大减少。

产流量下降。在 1980~2004 年的 25 a 间,黄河玛曲段的年产流量以 $1.2 \text{ 亿 m}^3/\text{a}$ 的速率下降。1980 年代,黄河玛曲段的年平均流量为 38.5 亿 m^3 ,1990 年代减少为 25.4 亿 m^3 ,减少了 34%,而 21 世纪初的 5 a,年平均产流量为 13.8 亿 m^3 ,较 1980 年代少了 64.2%,黄河蓄水池的作用明显下降。在 1959~2004 年之间,年平均下降速率为 0.7 亿 m^3 ,其中 1980 年代平均年径流为 168 亿 m^3 ,1990 年代仅为 127 亿 m^3 ,而 2002 年更是达到历史最低点 72 亿 m^3 。

草原超载过度放牧。玛曲自 1980 年代实行牧畜承包经营责任制以来,群众为了提高经济收入,牲畜规模增大,使草地超过了草地生态系统维持正常运行的“阈值”,草地不堪重负。过度频繁采食,使牧草的有效光合面积减少,物质积累降低,草地得不

到休养生息的机会,草地生产能力逐年下降,产草量平均下降 23%,优质牧草比例由 75% 下降 45% 左右,草层高度由 60 cm 降低到 25 cm,该地区天然草地理论载畜量为 35 万个单位,至 2001 年全县牲畜饲养量达 85 万个单位。1949 年,全县各类牲畜存栏 24 万头,1960 年代为 33 万只(头),1970 年代 45 万只(头),1980 年代 60 万只(头),1990 年代后家畜数量直线增长,已超载 40 多万个单位。牛羊肉产量从 1981 年的 1 200 t 上升到 1995 年的 2 000 t,上升幅度达 67%。

草地利用不合理。玛曲以原始粗放的传统放牧形式,靠天养畜。由于家畜数量的增长,没有建立起完善的人工、半人工草地,实行掠夺式放牧经营,对草地的利用只分冬春草场和夏秋草场,没有实行科学合理的划区轮牧,草畜矛盾突出,甚至对同一草场一年多次重复利用,使草地被利用和土壤肥力演替发生恶性变化,超越了草地能够自我修复的“阈值”,从而加速草地板结,沙化。

乱挖滥采活动。由于独特的自然环境条件,草原中蕴藏着丰富的野生中药材,如驰名中外的冬虫夏草、红蒿天等,其品质好,无污染,药用价值高。人们在经济利益的驱动下,外地人员来该地区大量采挖药材,采挖一个冬虫夏草,破坏草地 $6 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$,采挖 1 万 kg,破坏草地 15 万 m^2 ,使草地千疮百孔。此外随着社会经济的发展,境内大量采石、挖沙、取土、地质普查、开采矿藏、修筑公路等作业量的急剧增加,由于缺乏必要的管理及不规范的利用和开发,破坏了草地植被。

人口增长。包括玛曲县在内的甘南州人口从 1949 年的 29.7 万人增加到 2000 年的 34.3 万人,增加了 4.6 万人,年平均增长 2.35%。

2.2 环境蠕变与气候变暖

水资源锐减、沙漠化加剧等环境恶化可能是全球变暖的结果。从 1860 年以来的气象观测记录分析表明,最近 100 a 是过去 1 000 a 中最暖的;最近 10 a 是近百年来最暖的 10 a,对生态环境和社会经济产生了重大影响^[13]。

刚察(代表青海湖沿湖地区)、张掖(代表黑河下游居延海邻近地区)的气象观测资料和威海地区气象资料(使用东英格大学气候研究中心创建的一套全球陆地表面的月平均气候资料)表明,这些地区气温的年代际变化非常明显,尤其是 20 世纪 90

年代。20 世纪 90 年代的平均气温比 20 世纪 60、70 年代分别上升了 $1.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (民勤)、 $1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (威海)、 $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (刚察)、 $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (张掖)、 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (玛曲) 和 $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (敦煌), 这些值大多高于全球和我国的平均升温值。降水的年代际变化比较平稳, 增多或减少的趋势都不明显, 除刚察、玛曲外, 敦煌、民勤、张掖和威海都属于年降水量 $<200\text{ mm}$ 的干旱区。年雨量绝对值小, 对环境的影响程度不如气温大。

事实上, 气候变暖在中亚和中国西北地区都很突出。统计结果表明, 上述地区 1980、1990 年代气温比 1960、1970 年代平均上升幅度 $>0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。恰在此段时期内, 环境蠕变过程是加速的, 即 1970 年代以前, 蠕变过程相对缓慢; 1980 年代以后, 蠕变过程相对加快, 例如玛曲草原沙化面积 1970 年代为 16 hm^2 , 而 1980 年代增到 1440 hm^2 , 1990 年代增加到 4789 hm^2 , 21 世纪初增加到 $6\ 080\text{ hm}^2$ 。

在亚洲大陆中纬度地区, 是一个从黑海以东到黄海以西连成一片的干旱、半干旱地带。在这一地带中, 相邻相连在一起的中亚和我国西北地区是其主要组成部分。该地区位于欧亚大陆腹地, 地形地貌复杂, 自然环境恶劣, 是生态脆弱区, 也是气候敏感区, 在人类活动超过自然承载力的前提下, 气候上的微小波动都可以引起环境的急剧变化。所以, 在气候变暖特别是 20 世纪 90 年代以来气温急剧上升的背景下, 加速了该地区生态环境恶化, 呈现出前文所列举的围绕水 (河流、湖泊、水库) 的环境蠕变现象。

3 人类活动、气候变异和环境变化

环境变化和气候变化都与人类活动有关, 人类活动在一定程度上影响环境变化和气候变化, 了解人类—环境—气候的相互关系, 对提高人们认识环境恶化带来的后果, 以便合理开发和保护环境资源是十分重要的。

以河流为例, 粗略地分析人类—环境—气候或者人类—气候—环境三者之间相互联系和相互影响的物理流程。

人类对河水的过度利用 (上游) → 河水断流 (下游) → 打井、抽取地下水 → 地下水位下降 → 河湖干涸 → 植被萎缩 → 土地裸露 → 吸收太阳短波辐射增强 → 地表温度和近地层气温升高 → 大气中水汽含量减少 → 降水减少、径流减小 → 干旱加重 → 加速荒漠化

→ 沙进人退 → 生态移民。这就是三者恶性循环的不可逆的环境蠕变过程。

近半个世纪来, 由于人口迅速增加, 经济高速发展, 导致自然资源破坏 (掠夺式的开发利用), 生态环境恶化, 对自然、生态、环境的破坏, 范围更大, 速度更快, 影响更深, 危害更重。造成的恶果是阻碍社会经济的可持续发展, 并且威胁人类的生存。这一问题已成为政府、公众关注的焦点。

研究环境蠕变问题, 其目的是使三者由恶性循环变为良性循环, 从而实现人类的可持续发展。

西北地区“有水则绿洲, 无水则荒漠”, 尤其在内陆干旱区, 如河西走廊的石羊河、黑河、疏勒河 3 大内陆河水系。上中游大量引水灌溉, 造成下游河湖干涸, 荒漠扩大。在河流水量不足的情况下, 又大量超采地下水, 使地下水位大幅度下降, 造成植被衰亡, 大片土地沙化等环境蠕变现象。因此, 这些地区的环境蠕变, 人类活动是主要原因, 气候变化使蠕变进程加快、程度加重。该地区属于干旱、半干旱地区, 是气候敏感区和生态脆弱区, 在人类活动超过自然承载力的背景下, 气候上的微小波动可能引起环境的较大变化。这种变化至少在一段时间内以不显眼的方式改变着环境, 并有负面效应与累积效应。此外, 近 100 a 来, 我国西部地区 20 世纪 20 ~ 40 年代及 80 年代至今, 先后出现了 2 个增暖期, 为什么在前一个增暖期的环境蠕变现象并没有象后一个增暖期出现的环境严重恶化的状态? 威海 20 世纪 50 年代、80 年代和 90 年代中后期都出现了增暖期, 年平均气温值也差不多, 为什么 20 世纪 50 年代威海的环境并没有象 70 年代以后严重恶化? 这从一个侧面证实, 当前环境恶化不能完全归因于气候变暖。但是, 气候变暖特别是 20 世纪 90 年代气温急剧上升, 使这种蠕变过程较前明显。所以, 中亚和我国西北地区的环境蠕变, 主要是人类活动引起, 气候变暖加速了蠕变进程, 加强了蠕变程度^[3]。

4 环境蠕变未来科学问题

(1) 科学问题之一: 环境蠕变的监测。建立一套针对人类活动对气候和环境影响的监测网, 监测典型地区的土地利用类型、植被类型和植被覆盖度以及河湖变化、海洋变异、沙漠进退、冰川积雪等。再加上设点观测和对本地环境蠕变的调研普查, 以掌握环境蠕变的第一手实测资料, 组成环境蠕变监

测网。

(2)科学问题之二:环境蠕变的特征指标。在地球系统所发生的众多环境变化中,由人类活动对水、土、气、生等地球自然生态和环境的改变所造成的自然环境的缓慢退化现象(或称之为环境蠕变)是目前全球变化研究中需要给予高度关注的问题。由于其变化幅度和变化速率小、初期影响的空间范围不大、最终产生影响的时间上也相对较长,因此找出并确定识别变化的特征指标和方法是核心问题。

(3)科学问题之三:环境蠕变的模拟。任何环境变化都离不开气候变化的背景,要利用区域气候模式和生态环境模式的模拟结果,选择典型地区如甘肃河西走廊作为试验区,进行区域气候变化条件下生态环境系统变化的模拟,探索典型地区 CEP 的自然响应和反馈过程,并对典型地区生态环境系统变化的机理进行分析。

(4)科学问题之四:环境蠕变的预警。建立预警系统,其最终目的是为政府决策者了解和处理环境问题提供科学分析和预测。因此,发展和建立可供政府决策者使用的预警系统是最终的目的。而且,要进一步开展生态和环境预报业务系统的研制,该系统的建立首先应该从对过去生态和环境状况发展恶化的物理、化学、生物演变过程进行认真和详细的科学分析入手,对造成这一状况的社会、政治和经济因素开展充分的研究,特别是要对所发生的环境蠕变进行研究分析。其次,利用以卫星遥感为代表的各种先进观测手段,配合逐步建立和完善的地面生态系统监测网,对目前生态和环境的总体状况进行监测,追踪其发展过程。第三,通过学习、引进国

外已有的先进技术,在不断探索和发展生态环境中的物理化学生物过程理论的基础上,开发研制生态和环境预测与预警服务系统,为政府决策部门,为公众认识生态和环境的状况提供必要的科学分析和业各服务。

参考文献:

- [1] Glantz M H. Creeping Environmental Problem and Sustainable Development in the Aral Sea Basin[M]. Cambridge University Press, 1999. 291 - 296.
- [2] 张 强, 张 凯. 环境蠕变概念之我见[J]. 地球科学进展, 2005, 20(9): 1037 - 1040.
- [3] 李耀辉, 孙国武, 张强, 等. 中亚与我国西北地区环境蠕变问题的分析[J]. 中国环境科学, 2006, 26(5): 609 - 613.
- [4] Smith D. Change and variability in climate and ecosystem decline in Aral sea basin deltas[J]. Post - Soviet Geography, 1994, 35(3): 142 - 165.
- [5] UNDP(United Nations Development Program). Uzbekistan: Human Development Report[R]. Tashkent Uzbekistan: UNDP. 1995.
- [6] 孙国武. 我国西北地区水的问题综述[J]. 干旱气象, 2004, 22(4): 76 - 81.
- [7] 郭锐, 杨兰芳, 王涓力. 黑河流域生态环境气象卫星遥感监测研究[J]. 高原气象, 2002, 21(3): 267 - 273.
- [8] 新华网. 亚洲最大沙漠水库干涸[N]. 兰州晚报, 2004 - 07 - 08.
- [9] 罗生洲. 环青海湖地区生态环境问题及对策[J]. 青海气象, 2004(3): 33 - 37.
- [10] 张 强. 民勤绿洲, 生态退化实堪忧[N]. 中国气象报, 2005 - 04 - 14.
- [11] 网易新闻中心. 面积缩小了 2/3 月牙泉水深只有 3 米了[EB/OL]. <http://news.163.com>. 2006 - 06 - 10.
- [12] 王素萍, 宋连春, 韩永翔, 等. 玛曲气候变化对生态环境的影响[J]. 冰川冻土, 2006, 28(4): 556 - 561.
- [13] 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.

Study on Creeping Environmental Problems

SUN Guowu, LI Yaohui

(Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration; International Center for Creeping Environmental Problems of Lanzhou, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Some researches on the creeping environmental problems in recent years in International Center for Creeping Environmental Problems of Lanzhou were reviewed, including definition, significance, cases and countermeasures on creeping environment, and relationships among human activities, global warming and creeping environment.

Key words: creeping environment; human activities; climate warming