

甘肃省脆弱生态环境定量评价及分区评述

姚玉璧^{1,2}, 张秀云², 杨金虎²

(1. 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, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃兰州 730020; 2. 甘肃省定西市气象局, 甘肃定西 743000)

摘要: 根据区域脆弱生态环境现状及特征, 在分析脆弱生态环境影响因子的基础上, 以甘肃省 14 个地区 (地级市) 为评价单元, 建立了甘肃省脆弱生态环境定量评价指标体系, 并确定了各指标权重值。通过计算生态环境脆弱度进行分级, 分区评述了不同脆弱生态环境区主要问题及其成因, 为生态环境保护提供科学依据。该项研究对甘肃省社会经济的可持续发展有重要作用。

关键词: 甘肃省; 生态环境脆弱度; 指标体系

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)05-0120-07

中图分类号: X826

Quantitative Assessment and Subarea Comment of Fragile Eco-environment in Gansu Province

YAO Yu-bi^{1,2}, ZHANG Xiu-yun², YANG Jin-hu²

(1. Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province and China Meteorological Administration, Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China; 2. Meteorological Bureau of Dingxi City, Dingxi 743000, China)

Abstract: According to present conditions and characteristics of regional fragile eco-environment and analyses of the factors influencing fragile eco-environment, a quantitative assessment index system for Gansu Province is set up and the weighting value of each index is confirmed. By calculating fragile degree of eco-environment, the major problems and causes in different fragile eco-environment regions are analyzed to provide a scientific gist for protection of eco-environment. The study is helpful to the sustainable development of society and economy in Gansu Province

Keywords: Gansu Province; fragile degree of eco-environment; index system

自然环境有其自身发生发展的规律。人类在对自然资源开发和经济建设中, 往往由于不合理利用而违反自然环境的内在规律, 导致自然环境的破坏。脆弱环境的迅速退化则是这一破坏过程的结果, 它严重阻碍着区域环境持续发展。因此, 近年来, 国内外对脆弱生态环境展开了深入而广泛的研究^[1-3]。其中, 评价指标体系和生态环境脆弱度的评价方法也日益提升到定量水平。目前, 关于区域脆弱生态环境定量评价的报道并不多见。由于各地区自然环境条件不同, 人类活动方式和对自然的影响度也不尽相同, 其结果表现为社会、经济发展等方面的较大差异。甘肃省地处青藏、黄土和蒙古三大高原的交汇地带, 南北相距约 10 个纬度, 东西跨越 16 个经度。境内地势高亢, 地形复杂, 高山、高原、河谷、盆地、丘陵、平原、沙

漠和戈壁等地形兼而有之。气候类型复杂多样, 由东南部的亚热带湿润气候逐渐过渡到西北部的冷温带干旱气候。自然植被的水平分布自东南向西北呈现森林—草原—荒漠的较全的温带植被类型。由于独特的自然环境, 形成多种自然景观。植物种类丰富, 以温带科属为主, 共约 4 350 种。甘肃省总土地面积 $4.54 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 森林占 8.7%, 草地占 34.7%, 耕地占 10.7%, 难于利用的沙漠、戈壁、沼泽、石山裸地、永久性积雪和冰川等占 40% 以上。

1 甘肃省脆弱生态环境形成原因

自然环境是由物质体系和能量体系构成的综合系统, 脆弱环境由于内在物质、能量匹配上存在着某一环节上的不协调或联系上的“断层”或联系脆弱阈

收稿日期: 2006-10-11 修回日期: 2007-01-11

资助项目: 甘肃省科学技术攻关计划项目 (ZGS042-A44-017); 干旱气象科学研究基金项目 (IAM200414)

作者简介: 姚玉璧 (1962-), 男 (汉族), 甘肃省通渭县人, 高级工程师, 主要从事农业气象业务和研究。E-mail: yaoyubi_099@sina.com.

值域,抗御来自自然的或人为活动影响的干扰能力低,生态特征上反应敏感,容易演化为另一生产量低,生物多样性减少,景观形态受到改变的脆弱类型。脆弱生态环境形成的因素可以归纳为自然因素和人为因素两大类^[4]。

1.1 脆弱生态环境形成原因

1.1.1 自然因素 自然因素包括基质、动能两大因素。基质因素主要由地质构造、地貌特征、地表组成物质、生物群体类型等因子构成,是生态环境构成的物质基础;动能因素主要由气候脆弱因子构成,是生态环境形成演替的能量基础。

(1) 地质脆弱因子。甘肃省特殊的地质环境条件,决定了甘肃省地质灾害多发的状况。近几十年来,随着人类活动的不断加剧,灾害范围有逐渐扩大趋势,危害程度也越来越高,甘肃省已成为我国地质灾害重灾区之一。地质灾害的类型几乎包括了陆地地质灾害的全部,有地震、滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝、水土流失、土地沙漠化、土壤盐渍化和区域地下水位下降等灾害。

(2) 地貌脆弱因子。甘肃省地形地貌复杂。东南部重峦叠嶂,山高谷深。东部大都为黄土覆盖,形成独特的黄土地貌。河西走廊地势平坦,绿洲、沙漠、戈壁相间分布。北部为内蒙古高原,也是巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠南缘,西南部为青藏高原东北边缘,地势高耸,有永久性积雪和现代冰川分布。总体而言,山地和高原占70%以上,滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝、水土流失、土地沙漠化、土壤盐渍化等尤为突出。

(3) 气候脆弱因子。气候脆弱因子最主要的有降水量和降水变率,当降水量和降水变率变化至其它因素不能自我调整时,无疑会造成生态环境链的断裂。甘肃省具有气候干燥(年均降水量300 mm左右,不及全国的一半),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。主要的气象灾害有干旱、大风、沙尘暴、暴雨、冰雹、霜冻和干热风等。气象灾害占自然灾害的88.5%,高出全国平均状况的18.5%。自新中国成立以来的50 a中,甘肃省平均每年因气象灾害造成的经济损失占GDP的4%~5%,高于全国平均。此外,寒冷和大风吹蚀等也是导致生态脆弱的因子^[5]。

(4) 水文脆弱因子。甘肃省人均水资源量为1 100 m³/人,为全国人均水资源量2 275 m³/人的50%。近40 a多来全省除黑河和疏勒河外大部分河流径流量呈减少的趋势。

水资源利用率过高。根据国际标准,不影响生态环境的水资源合理开发利用不超过40%。我国因为水资源紧张,一般采取的标准是60%~70%。甘肃省河西地区总用水量占水资源总量的102%,其中石羊河为154%,黑河为95.5%,疏勒河为76.4%,整个河西地区属水资源过度开发严重区。

20世纪90年代河西走廊地下水天然资源比50年代减少45%,黑河减少41%,石羊河减少56%,疏勒河减少42%。泉水资源由1955年的 2.76×10^9 m³减少到1999年的 1.96×10^9 m³,削减幅度达29.2%^[6]。

1.1.2 人为因素 即人类的不合理开发利用。人类生存发展离不开资源和环境。在“人地关系”中,人类始终处于主导地位。如果人类活动与资源环境承载能力及再生能力协调,则生态环境处于良性演替,如果人类不合理开发利用,生态环境将会逆向演替,并将导致脆弱生态环境的产生。

(1) 过度垦殖土地。因地制宜地利用土地资源和建立农林牧合理用地结构,是建立良好生态环境的中心环节。甘肃省耕地中以旱地和陡坡地为主。公元前1066年至公元前221年(西周至战国末),泾、渭河上游山上几乎都有茂密的森林。黄土高原区原始植被是属于森林与森林草原,森林覆盖率高达53%,是一片林茂草丰的好地方。河西地区祁连山曾有“有松柏五木,美水草”的美景。到了汉代,人类活动加剧,由于多次移民垦荒和军事行动等,甘肃省的森林开始减少。甘肃现在森林覆盖率仅为9.9%,远远低于世界平均26%的水平 and 国内平均17%的水平。

(2) 草原退化。全省草原面积 1.80×10^{11} hm²,占全省土地总面积的39.4%,为全国5大牧区之一。在气候变暖背景下草地不同程度地出现了严重退化、沙化和盐碱化的“三化”现象。甘肃省草地退化率为45%,大大高于全国平均水平,草地退化面积占草地总面积的88%。

(3) 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个县,荒漠化土地总面积 1.93×10^5 km²,占全省总土地面积的42.5%。

沙质荒漠化土地面积 3.51×10^6 hm²,主要分布在河西走廊的腾格里、巴丹吉林和库姆塔格三大沙漠的前缘及其与绿洲交错地带。黑河流域沙漠化发展速度达到2.6%~6.8%,已成为我国乃至世界上沙漠化最严重的地区之一。世界沙漠化会议认为干旱区人口密度极限为7人/km²,甘肃省河西地区则为15人/km²。

1.2 评价单元的确定

本文的脆弱生态环境定量评价以统计资料为准,选择行政区划为评价分析单元。鉴于条件所限,为了资料的全面和完整性,选择地级市为评价单元。对全省共辖 14 个地级市进行评估。

2 评价指标体系的建立

2.1 指标体系的具体设置

脆弱生态环境是与自然、社会、经济紧密联系的,是自然环境条件与人类生产活动以及历史发展过程相互联系和作用的结果。“脆弱生态区压力—状态—响应模型”能够反映人口发展状况^[7]、资源数量与利用状况、环境状况、经济与社会发展状况各子系统间相互作用、相互制约的因果与逻辑关系。作为脆弱生态环境指标体系,实际上是估价人口、社会发展、环境整体生产能力及潜力的程度,以及环境能否被持续稳定利用的综合性衡量指标。无论脆弱生态环境的成因和表现特征在各区有何不同,它最终在经济、社会方面的结果表现大体一致,主要体现在生产能力低、

工业落后、人口素质差、经济贫困等方面。因此,社会发展指标作为结果表现指标应该是该指标体系的重要组成部分。

根据以上对甘肃省脆弱生态环境成因和特征的分析以及指标客观性、简洁性、可比性的原则,通过专家咨询形式,建立了如下评价指标体系。该体系包括主要成因指标和结果表现指标两部分(见表 1)。

表 1 所列指标体系中,除干燥度、降水变率、土壤侵蚀面积、恩格尔系数和人口自然增长率的大小与生态环境脆弱程度大小成正相关外,其它指标均与其成反相关。

2.2 评价指标权值确定

由于各指标因子在指标体系中的作用不同,对生态环境影响程度有差异,为了区分其对系统影响的差异性,常采用加权评价法。本文采用层次分析法(简称 ATP)来确定甘肃省脆弱生态环境评价指标参数的权值。按照评价指标体系确定的层次结构,根据 ATP 要求,咨询有关专家意见,构成判断矩阵,获得各层次指标权数及随机一致性率值(C_R)等^[8](表 1)。

表 1 脆弱生态环境指标体系及权重

评价指标	指标值	指标来源	指标权重
主要成因指标	水	降水量	气象统计资料 0.070 6
		降水变率	气象统计资料 0.035 3
	热	气温 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温	气象统计资料 0.019 6
	水热结合——干燥度	$K = [0.16 \sum (T \geq 10^\circ\text{C})] / R$	气象统计资料 0.054 3
	农业人口人均耕地面积		甘肃统计年鉴 0.054 3
	森林覆盖率		甘肃统计年鉴 0.105 8
	土壤侵蚀面积与总面积的比		甘肃统计年鉴 0.054 3
结果表现指标	耕地面积公顷		甘肃统计年鉴 0.105 8
	人均 GDP		甘肃统计年鉴 0.025 2
	农民人均纯收入		甘肃统计年鉴 0.164 5
	恩格尔系数		甘肃统计年鉴 0.036 6
	人口素质	非文盲率	甘肃统计年鉴 0.109 7
		人口自然增长率	甘肃统计年鉴 0.054 7
		有效灌溉面积占耕地面积	甘肃统计年鉴 0.021 8
		每 1hm ² 耕地拥有机械动力	甘肃统计年鉴 0.004 2
	农业投入水平	施用化肥量	甘肃统计年鉴 0.019 0
		每 1 hm ² 耕地施用化肥量	甘肃统计年鉴 0.008 0
		农村用电量	甘肃统计年鉴 0.004 8
	每 1 hm ² 耕地用电量	甘肃统计年鉴 0.042 0	
单位面积产粮		甘肃统计年鉴 0.009 5	

注:主要成因指标和结果表现指标的总权重均为 0.50。

3 甘肃省脆弱生态环境定量评价

以上指标体系经赋权值后,利用适合的方法进行脆弱生态环境定量评价。评价结果由生态环境脆弱度来量度。用各地区每项指标值分别除以该项指标最大值,可以消除指标间量纲的不同,称为初值化。

$$\text{即 } \bar{X}_{ij} = x_{ij} / X_{j\max} \quad (1)$$

$$(i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, k)$$

式中: \bar{X}_{ij} ——消除量纲后标准化数据; x_{ij} ——原数

据指标值; $x_{j\max}$ ——每项指标值最大值。

生态环境脆弱度 G 采用如下计算公式^[9]:

$$G = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times W_i}{\max \sum_{i=1}^n P_i \times W_i + \min \sum_{i=1}^n P_i \times W_i} \quad (2)$$

式中: P_i ——各指标初值化之值; W_i ——各指标的权重。采用式(2)计算出全省 14 地级市的生态脆弱度 G 见表 2。

表 2 全省 14 个地级市生态环境脆弱度

$G \leq 0.74$	$0.74 < G \leq 0.77$	$0.77 < G \leq 0.80$	$G > 0.80$
$G_{\text{天水}} = 0.7175$	$G_{\text{定西}} = 0.7440$	$G_{\text{酒泉}} = 0.7750$	$G_{\text{甘南}} = 0.8237$
$G_{\text{庆阳}} = 0.7228$	$G_{\text{金昌}} = 0.7473$	$G_{\text{白银}} = 0.7918$	$G_{\text{临夏}} = 0.8425$
$G_{\text{张掖}} = 0.7275$	$G_{\text{平凉}} = 0.7480$	$G_{\text{嘉峪关}} = 0.7948$	—
$G_{\text{兰州}} = 0.7306$	$G_{\text{武威}} = 0.7484$	—	—
$G_{\text{陇南}} = 0.7367$	—	—	—

4 甘肃省脆弱生态环境分区评述

根据赵跃龙的研究,甘肃省在全国属强脆弱区^[9]。采用生态环境脆弱度排序结果和地区自然环境以及地貌格局的实际,进行分级。甘肃省大致可以分为以下几类脆弱区。

4.1 极强脆弱区

该区包括甘南临夏地区长江黄河的上游源区,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 $8.67 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 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”第一湾,为黄河提供了 45% 的水量,素有黄河“蓄水池”之美称。

4.1.1 区域主要问题 (1) 草场“三化”现象严重,草原生产能力大幅下降。甘南 80% 的天然草原退化。其中沙化草场 $5.33 \times 10^4 \text{ hm}^2$,且沙化面积以每年平均 300 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。鲜草产量从 80 年代后期的 $1.35 \times 10^4 \text{ kg/hm}^2$,下降到目前的 3300 kg/hm^2 ,下降了约 75%。(2) 湿地面积锐减,甘南湿地面积从 80 年代初的 $4.27 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 减少为现在的 $1.4 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。(3) 水源涵养能力降低,河流补给量减少。黄河玛曲段的年产量呈显著的下降趋势,下降速率为 $1.2 \text{ m}^3/\text{a}$,补给量减少了 15%。洮河径流量减少 14.7%,大夏河径流量减少 31.6%。(4) 水土流失加剧,山地灾害频发。水土流失面积由 20 世纪 80 年代的 8.0

$\times 10^5 \text{ hm}^2$ 增加为 $9.4 \times 10^5 \text{ hm}^2$;山体滑坡地段 2984 km^2 。(5) 生物多样性减少。部分地区生物多样性由 $29.1 \text{ 种}/\text{m}^2$ 下降到 $22 \text{ 种}/\text{m}^2$,呈现出中度退化;有些地区由 $29.1 \text{ 种}/\text{m}^2$ 下降到 $8.7 \text{ 种}/\text{m}^2$,呈重度退化。

4.1.2 造成生态退化的主要原因 (1) 温度显著升高。甘南各地年平均气温在持续上升,目前气温较 20 世纪 70 年代增加了 1.2°C 左右。(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 $-1.36 \text{ mm}/10 \text{ a}$,90 年代较 70 年代降水量减少了 47 mm,大约 8% 左右。(3) 蒸发增加。玛曲年蒸发量随着气温的升高而增加,平均每 10 a 增加 32.7 mm。90 年代以后比 90 年代以前年平均蒸发量高 89 mm。加上年降水同期减少 47 mm,二者合计,90 年代以后比 90 年代以前水分年亏缺达 136 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 2.97×10^5 人增加到 2000 年的 6.4×10^5 人,增加了 3.4×10^5 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 20%。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 95% 左右^[10]。

4.2 强脆弱区

4.2.1 疏勒河流域强弱区 疏勒河流域位于甘肃省河西走廊西部,全长 670 km,流域总面积 $4.13 \times 10^4 \text{ km}^2$,行政区划属于甘肃省酒泉地区的玉门、安西、敦

煌、肃北、阿克塞 5 县(自治县)市以及张掖地区肃南自治县的一部分。流域内总人口 4.5×10^5 人。

(1) 区域主要问题 ① 天然植被萎缩严重。西湖原有的 $3.33 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 灌木林,到 20 世纪 80 年代初只剩下不足 $6.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$,且长势秃萎,濒临死亡;原来生长于双塔堡一望杆子疏勒河两岸的约 $1.33 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 天然胡杨林已所剩无几;雁脖子湖一带的胡杨林已全部死亡而沦为风蚀地。花海盆地 20 世纪 60 年代中期原有红柳林 $4 \times 10^4 \text{ hm}^2$,现仅存 $2.93 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。② 土地荒漠化呈加重的趋势。由于大范围的沙生植被遭到破坏,致使流域生态环境日趋恶化,进而引起沙漠化进程的迅速发展。20 世纪 90 年代,敦煌市荒漠化土地面积为 $2.53 \times 10^6 \text{ hm}^2$,而到 2001 年,荒漠化土地面积增加到了 $2.70 \times 10^6 \text{ hm}^2$,净增 7%。③ 草场退化严重。仅牧区退化草场面积约 $4.0 \times 10^5 \text{ hm}^2$,农区草场退化现象十分普遍,程度较牧区严重,每年鼠类破坏面积较大。④ 土壤盐渍化严重。流域中、下游地区,盐渍化土地面积达到了 $3.0 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 多。⑤ 水土流失严重。流域内水土流失面积 $1.65 \times 10^5 \text{ km}^2$,占总面积的 96%。⑥ 冰川退缩。疏勒河现有冰川 417 条,面积 849 km^2 ,近几十年来冰川面积减少了 36 km^2 ,即减少了 4.2%。⑦ 敦煌生态系统恶化。敦煌绿洲天然林比新中国成立初期减少 40%;胡杨林仅存 $9.33 \times 10^3 \text{ hm}^2$,减少 67%;可利用草场减少 77%,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 $1.33 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 的速度在消失。绿洲内咸水湖和淡水湖的 80% 已不复存在。与此同时,土地沙化面积每年以 $1.33 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 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。月牙泉形成距今约 12 000 a。年均降水量在 40 mm 左右,但蒸发量高达 2 480 mm 多。在这种极端干旱和强烈蒸发的气候条件下,月牙泉却能保持上万年不干涸,但目前月牙泉面临枯竭的危险。1960 年月牙泉水域面积为 1.49 hm^2 ,最大水深 7.5 m;1986 年水域面积 0.89 hm^2 ,最大水深 4.2 m;目前水域面积只有 0.6 hm^2 ,最大水深仅 1 m 左右。泉水水位每年还在以 15 cm 左右的速度下降。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。

(2) 造成生态退化的主要原因 ① 气候变暖,蒸发增加,使整个流域地表水分损失加大。② 水库截流,造成地下水补给量急剧减少。③ 人口和农田灌溉面积增加,导致用水量增加。1949 年农田灌溉面积 $1.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$,1995 年 $4.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$,2002 年 $5.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$;人口 1949 年 1.0×10^5 人,1988 年 3.6

$\times 10^5$ 人,目前 4.0×10^5 多人。(4) 人工超量开采地下水,打破了地下水动态平衡。流域地下水普遍下降 3~5 m,有的下降 $10 \text{ m}^{[11-12]}$ 。

4.2.2 腾格里沙漠南缘强脆弱区 腾格里沙漠南缘的白银市北部干旱、土地沙漠化、水土流失、植被退化等问题突出。

4.3 较强脆弱区

4.3.1 包括石羊河流域较强脆弱区 石羊河流域地处黄土、青藏和蒙古 3 大高原的交汇过渡地带,位于祁连山东段与巴丹吉林沙漠与腾格里沙漠南缘之间,发源于祁连山冷龙岭冰川,尾水消失于腾格里沙漠。

石羊河流域的冲积扇形成南、北 2 个盆地。石羊河有 8 条主要支流。流域面积 $4.16 \times 10^4 \text{ km}^2$,行政区划包括武威市的凉州区、古浪县、民勤县全部及天祝县部分、金昌市的永昌县及金川区全部以及张掖市肃南裕固族自治县部分,共 3 市 7 县,总人口 2.23×10^6 人。

(1) 区域主要问题 ① 植被衰退,土地沙化。目前全流域土地沙化面积已达 $2.22 \times 10^4 \text{ km}^2$,占流域总面积的 53.3%,沙漠正以每年 3~4 m 的速度向绿洲推进。流域土地沙化问题已严重地威胁到了流域的生态环境安全。② 地下水位下降,水质恶化。近 20 a 来,由于流域地下水补给量的减少及开采量的增加,地下水位呈下降趋势,水位埋深普遍下降 5~16 m。其中武威市漏斗区面积为 10 km^2 ,漏斗中心水位埋深达 75 m;永昌县漏斗面积为 150 km^2 ,中心水位埋深达 57 m;下游民勤盆地,地下水的超采更为严重,地下水位持续下降,其地下水位较 20 世纪 70 年代下降了 10~20 m,个别地方达 40 m,并仍以 $0.5 \sim 1.0 \text{ m/a}$ 的速度下降,地下已形成总面积近 $1 000 \text{ km}^2$ 大型区域水位下降漏斗。与此同时,由于下游地区大量反复开采日益枯竭的地下水,强烈的蒸发浓缩作用使地下水水质呈明显的下降趋势。民勤湖区北部地下水矿化度由 20 世纪 50—60 年代的 2 g/L 上升至 90 年代的 $4 \sim 6 \text{ g/L}$ 。县城附近地下水矿化度以每年 0.03 g/L 的速度上升,部分地区地下水因水质恶化而无法饮用和灌溉,当地农民只能弃耕离乡,给群众生活生产造成极大危害。目前,民勤地区近 $2.5 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 地表都不同程度地存在盐渍化。温总理近几年曾经 11 次对民勤绿洲退化问题做出重要批示。

(2) 造成生态退化的主要原因 ① 温度升高,蒸发增加。50 a 多来年平均气温上升了 $1.4 \text{ }^\circ\text{C}$,导致区域蒸发潜力增加。② 上游降水减少,雪线上升,冰川缩减。石羊河上游山区降水量从 80 年代后减少,造成积雪面积减少,雪线正以年均 $2 \sim 6 \text{ m}$ 的速度上

升,有些地区的雪线年均上升竟达12~22 m。祁连山冰川不断缩减,与20个世纪的70年代相比,减少了大约 $1.0 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。③ 径流减少。石羊河流域出山径流下降,夏季径流量减少趋势最为明显。流域上游八河支流的出山口径流量由20世纪50年代中期的 $1.7 \times 10^9 \text{ m}^3$ 减少到目前的 $1.25 \times 10^9 \text{ m}^3$,减少27%。④ 上游水源涵养能力下降。祁连山森林覆盖率由解放初的22.4%下降到目前的14.4%。上游祁连山区水源涵养能力下降,祁连山灌木林比50年代上移40 m,30%的灌木林出现草原化和荒漠化。目前水源涵养林不足 550 km^2 ,灌草面积 3100 km^2 ,植被覆盖率只有40%。⑤ 人口和耕地增加。民勤人口由1949年 1.0×10^5 增加到 3.0×10^5 。20世纪50年代,石羊河流域灌溉面积 $1.3 \times 10^5 \text{ hm}^2$,60年代初期 $1.6 \times 10^5 \text{ hm}^2$,70年代初 $2.0 \times 10^5 \text{ hm}^2$,80年代初 $2.4 \times 10^5 \text{ hm}^2$, $2.9 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。六是过度抽取地下水。地下水位较20世纪70年代下降了10~20 m,个别地方达40 m,并仍以0.5~1.0 m/a的速度下降,地下已形成总面积近 1000 km^2 的大型区域水位下降漏斗^[13-14]。

4.3.2 陇中黄土高原区较强脆弱区 陇中黄土高原区水土流失严重,在定西区域内水土流失面积 $1.735 \times 10^4 \text{ km}^2$,占区域总面积的85.25%,平均土壤侵蚀模数 4470 t/km^2 ,其中有 $1.20 \times 10^4 \text{ km}^2$ 土壤侵蚀模数在 6536 t/km^2 以上,占总水土流失面积的69.24%,局部地方土壤侵蚀模数高达 12000 t/km^2 ,平均每年约有 $8.45 \times 10^8 \text{ t}$ 泥沙输入河道。区域内每年因水土流失损失有机质,N,P,K分别为 8.45×10^6 , 6.76×10^5 , 1.27×10^6 , $1.77 \times 10^7 \text{ t}$,相当于每年流失化肥 $1.91 \times 10^6 \text{ t}$,是1999年全市化肥施用量的9.7倍。由于土壤养分大量流失,导致土壤肥力下降,土地生产力低下^[15-16]。

4.4 偏强脆弱区

4.4.1 该区包括黑河流域及陇东南偏强脆弱区 黑河源出祁连山北坡,流经河西走廊,消失于内蒙古阿拉善高原西部居延盆地的戈壁、沙漠之中,干流全长956 km,流域面积 $1.3 \times 10^5 \text{ km}^2$,流经青、甘、蒙3省区的11县(旗),人口 1.73×10^6 人。流域内有祁连山区、河西走廊平原和阿拉善高原。

(1) 区域主要问题 ① 天然林减少。黑河流域天然森林生态系统分布面积在近10 a间减少了6.4%,年均减少面积 25 km^2 。② 草地退缩。黑河流域草地总体退化面积47%。③ 土地沙漠化。近10 a来,全流域范围内新增沙漠化土地面积 405 km^2 。④ 土地盐碱化。2000年全流域盐碱化土地分布面积为 $1.0 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。⑤ 水域面积变小和地下水

位下降。流域河湖水域面积进一步萎缩,近10 a流域上、中、下游地区河渠滩地分布面积分别减少了27.3%,29.8%和60.7%。⑥ 黑河流域下游生态环境恶化。额济纳天然绿洲面积从80年代中期的 4400 km^2 减少到目前的 3328 km^2 ,减少了24%,而土地沙漠化面积增加了32%。鼎新绿洲的面积已由70—80年代的 450 km^2 ,减少到目前的 348 km^2 ,减少了23%。从20世纪50年代至今,黑河下游的额济纳旗三角洲有 $3.33 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 天然草地严重退化。自20世纪60年代至今,居延海地区 $2.47 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 面积沦为荒漠戈壁,沙漠面积增加了数百平方公里,草场植物被由100多种锐减为30多种。阿拉善横贯东西800 km的土地上,50年代有梭梭林 $1.13 \times 10^6 \text{ hm}^2$,现覆盖度30%以上的仅剩 $3.87 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。

(2) 造成生态退化的主要原因 ① 气温升高,蒸发增大。近几十年来张掖温度升高 0.9°C ,鼎新升高 1.1°C ,额济纳升高 1.6°C 。② 降水有所增加,但总量小。近几十年来张掖降水增加14%,鼎新增加2%,额济纳增加23%。但降水总量小。③ 冰川消融、固体“水库”减小。黑河流域冰川水储量占河西祁连山区总数的17%,冰川融水的补给比重占出山年径流量的8.2%,估计现有冰川已比60年代减少10%~20%。④ 土地资源不合理利用。上游地区大肆开荒,毁林,毁草,使水源涵养基地遭破坏。中游盲目扩大耕地,河流下泄量日趋减少。近年来张掖绿洲的耕地面积比80年代中期增加了 9300 hm^2 ;临泽绿洲耕地面积比80年代中期增加了 6600 hm^2 。黑河中游新中国成立初期灌溉面积 $6.9 \times 10^4 \text{ hm}^2$,目前为 $2.23 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。下游地区不断扩大耕地,致使植被荒漠化,地下水位下降。⑤ 水资源分配不合理。黑河流域新中国成立初期经济社会用水 $1.5 \times 10^9 \text{ m}^3$,目前为 $2.62 \times 10^9 \text{ m}^3$,进入下游水量由 $1.16 \times 10^9 \text{ m}^3$ 减少到 $7.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。⑥ 超载过牧。流域中、上游的牧区普遍存在着草地严重超载过牧现象,平均超载率达21.7%,肃南局部草场超载率已达70%,全区冬春草场可利用面积仅为总草场面积的39%,理论载畜量98.8万羊单位,实际260万只,超载量高达164%^[17-19]。

4.4.2 陇东南偏强脆弱区 素有陇东粮仓之称的甘肃董志塬,沟头年均前进1 m,目前,塬区较完整的塬面仅有30%~40%,残塬占10%~20%^[20-21]。陇南山区滑坡、泥石流威胁不断,陇南山区地质构造活跃,断裂构造发育,地势起伏大。由于地质条件的因素,以及人为的滥伐森林、陡坡开荒,造成地表岩石裸露。同时由于降雨集中,暴雨多发,使该地区水土流失强度大,滑坡、泥石流十分发育,是全国4大滑坡、泥石

流集中暴发区之一。滑坡、泥石流主要分布于白龙江、白水江、羊汤河和西汉水的河流谷地两岸及支沟内,以白龙江、白水江流域分布最广,危害最大^[22-23]。

另外,沟大沟深,石多土薄的岭谷地貌,使这里农耕地分布零散,低产田多,农田水利建设难度大。交通条件也极为不便,其经济发展水平相对低下。

5 结论

(1) 从自然环境来看,以上按级分区带有地貌格局特点和规律的痕迹,但在具体组合上又有不同。利用该套指标体系对省内各市、地区脆弱生态环境进行定量评价,相对划分为极强、较强、强、偏强 4 个级区。其结果基本符合甘肃省脆弱生态环境的实际情况和人们对其的长期认识。由此可见,该脆弱生态环境定量评价指标体系是合理和可操作的。

(2) 制定一套客观准确的脆弱生态环境分级标准,并且选取适合的定量评价方法,对于评价区域脆弱生态环境状况非常重要。通过计算分析大量评价单元的生态环境脆弱度,可以利用数理方法等推算出比较合理的分级标准。但是由于资料所限,本文只做到地区(地级市)一级的分区,细化到县域的分区有待进一步研究。

(3) 脆弱生态环境定量评价指标体系不是一成不变的。指标的调整与环境认识、管理水平和社会经济发展密切相关。指标的调整和完善是一个长期、动态的过程。在选取评价指标时,应充分考虑引起生态环境退化的因素。但存在环境退化因子,生态环境并不一定脆弱。只有当人类的开发利用活动超出生态环境承载极限时,生态环境才表现为脆弱。准确评估环境退化因子在脆弱生态环境中的权重,对评价指标体系合理性和社会经济可持续发展决策管理具有重要的指导意义。

[参 考 文 献]

- [1] 刘燕华. 中国脆弱环境划分与指标[C];生态环境综合整治与恢复技术研究[A]. 北京:北京科学技术出版社, 1995. 8—17.
- [2] 申元村. 中国脆弱环境区划的初步研究[C];生态环境综合整治与恢复技术研究[A]. 北京:北京科学技术出版社, 1995. 69—76.
- [3] 薛纪渝. 脆弱环境敏感性评价方法探讨[C];生态环境综合整治与恢复技术研究[A]. 北京:北京科学技术出版社, 1995. 19—24.
- [4] 赵跃龙,刘燕华,等. 中国脆弱生态环境分布及其与贫困的关系[J]. 人文地理, 1996, 11(2): 1—7.
- [5] 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.
- [6] 宋连春,邓振镛、董安祥,等. 干旱[M]. 北京:气象出版社, 2003. 99—145.
- [7] 冷疏影,刘燕华. 中国脆弱生态区可持续发展指标体系框架设计[J]. 中国人口·资源与环境, 1999, 9(2): 40—45.
- [8] 武永峰 任志远. 陕西省脆弱生态环境定量评价研究[J]. 干旱区资源与环境, 2002, 16(2): 10—14.
- [9] 赵跃龙,张玲娟. 脆弱生态环境定量评价方法的研究[J]. 地理科学进展, 1998, 17(1): 69—72.
- [10] 姚玉璧,尹东,王润元,等. 黄河首曲气候变化及其对黄河断流的影响[J]. 水土保持通报, 2006, 26(4): 28—32.
- [11] 李栋梁,吕世华,邓振镛,等. 疏勒河绿洲系统气候变化的特征分析[J]. 高原气象, 2004, 23(2): 233—237.
- [12] 杨根生,曲耀光,董光荣,等. 疏勒河下游生态保护研究[J]. 中国沙漠, 2005, 25(4): 472—482.
- [13] 李小玉,肖笃宁,何兴元,等. 内陆河流域中、下游绿洲耕地变化及其驱动因素——以石羊河流域中游凉州区和下游民勤绿洲为例[J]. 生态学报, 2006, 26(3): 671—680.
- [14] 康尔泗,李新,张济世,等. 甘肃河西地区内陆河流域荒漠化的水资源问题[J]. 冰川冻土, 2004, 26(6): 657—666.
- [15] 贾文雄,田玉军. 定西地区农业生态环境建设与可持续发展研究[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(1): 111—115.
- [16] 尤飞,董锁成,王传胜. 黄土高原贫困地区生态经济系统良性演化的条件和对策——以甘肃定西地区为例[J]. 资源科学, 2003, 25(6): 52—59.
- [17] 龚家栋,程国栋,张小由,等. 黑河下游额济纳地区的环境演变[J]. 地球科学进展, 2002, 17(4): 491—495.
- [18] 安芷生,符淙斌. 全球变化科学的进展[J]. 地球科学进展, 2001, 16(5): 671—680.
- [19] 刘文泉,王馥堂. 黄土高原地区农业生产对气候变化的脆弱性分析[J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(5): 620—624.
- [20] 姚玉璧,张存杰,王毅荣,等. 全球气候变化下黄土高原气候系统变化特征及其生态环境效应[J]. 地球科学进展 2005, 20: 57—64.
- [21] 杨新,延军平. 陕甘宁接壤区气候暖干化及其生态环境意义[J]. 地球科学进展, 2003, 18(1): 127—132.
- [22] 秦大河. 中国西部环境演变评估综合报告[M]. 北京:科学出版社, 2002. 52—63.
- [23] 代亚丽,温铁明. 黄土高原水土保持与生态环境建设[J]. 水土保持科技情报, 2000(2): 32—35.