

# 石羊河流域荒漠化评价指标体系研究

李萍,徐广

(甘肃省林业调查规划院,甘肃 兰州 730020)

[关键词] 荒漠化;评价指标;体系;石羊河流域

[摘要] 石羊河流域作为西北干旱区内陆河流域生态退化的典型,因其特殊的地理位置,成为我国北方沙尘暴的重要源地之一,影响到整个北方地区的天气状况。本研究在建立解译标志的基础上,对1999年和2004年两期卫片进行比较,并到现场进行重点核实,首次建立了石羊河流域荒漠化评价指标体系,结果表明石羊河流域荒漠化面积呈发展趋势,而且从程度上来说,向两极发展,即极重度、轻度面积增加,中度和重度面积减少,这与有关专家的预测和实际情况基本一致。

[中图分类号] S157 [文献标识码] A [文章编号] 1000-0941(2008)02-0024-04

## 1 石羊河流域概况

石羊河流域位于甘肃省河西走廊东部、祁连山北麓,东以乌鞘岭、毛毛山、老虎山与黄河流域为界,西以大黄山—马营滩与黑河流域为界,南以祁连山主脉为界,北与内蒙古交界。地理坐标为东经 $101^{\circ}22' - 104^{\circ}04'$ 、北纬 $37^{\circ}07' - 39^{\circ}27'$ ,总面积为4.16万km<sup>2</sup>。行政区划上包括武威市凉州区、民勤县、古浪县、天祝县,金昌市永昌县、金川区,张掖市的肃南县、山丹县和白银市景泰县的部分区域。北部温暖干旱气候区年降水量小于150 mm,年蒸发量2 000~2 600 mm,年太阳总辐射量 $6 \times 10^9$ J/m<sup>2</sup>,年日照时数大于3 000 h,年均气温7.8~10 ℃,≥10 ℃的积温在3 100 ℃以上,年风沙日多达130 d,是土地沙漠化危害最严重的地区,生态环境脆弱<sup>[1]</sup>。

我国政府历来十分关注干旱、半干旱和亚湿润区域的土地退化、沙化动态。国家为实现宏观管理,制定防治沙化战略,需要掌握沙化现状、沙化严重程度、沙化潜在危害、沙化过程等;需要从国情出发制定一套具有科学性和实用性的监测评价指标,而这些指标又必须适用于遥感和计算机技术进行分类评估<sup>[2]</sup>。与此同时,考虑到荒漠化关系到全世界各国的环境保护,国家之间、地区之间、组织之间的合作也相当重要。

石羊河流域是甘肃河西走廊内陆河流域生态环境问题最

严重的地区,这种状况不仅对当地经济社会的科学协调发展和群众的生存构成了巨大威胁,而且对全省乃至西北、华北地区的生态环境也产生了不可低估的影响。因此,要进行环境治理,就必须对荒漠化进行科学、有效的监测,作为荒漠化监测重要内容的评价指标体系研究就显得尤为重要<sup>[3]</sup>。纵观国内外,没有相对统一的荒漠化监测指标体系,为此我们通过对1999年和2004年石羊河流域荒漠化监测中利用的各种指标体系进行比较研究,得出了可行的结论,以期对今后的荒漠化治理和监测实践提供理论依据和参考,同时为各级政府的决策提供一套完善的标准体系。

## 2 石羊河流域荒漠化指标体系的研建

在建立解译标志的基础上,对1999年和2004年两期卫片进行比较,并到现场进行重点核实,本着科学实用的原则对各个专家的指标进行了多次认真筛选。对于遥感和地面调查,制定了不同的方案。同时依据各荒漠化土地类型评价指标的类同性,将那些可用同类指标评价的荒漠化土地类型归为同一类别。

### 2.1 方法和步骤

(1) 评价方法。采用“多因子加权数量化评价法”,某地块(线段)荒漠化程度(现状)综合判定指数为各指标的相应等级

[6] 邓培雁,屠玉麟,陈桂珠.贵州省水土流失中土壤侵蚀经济损失估值[J].农村生态环境,2003,19(2):1-5.

[7] 侯秀瑞,许云龙,毕绪岱.河北省山地森林保土生态效益计量研究[J].水土保持通报,1998,18(1):17-21.

[8] 杨志新,郑大玮,李永贵.北京市土壤侵蚀经济损失分析及价值估算[J].水土保持学报,2004,18(3):175-178.

[作者简介] 杨青华(1981-),女,山西翼城县人,硕士研究生,研究方向为“3S”技术的地学应用。

[收稿日期] 2007-09-06

(责任编辑 赵文礼)

标准指数之和<sup>[4]</sup>。

依据荒漠化程度(现状)指数和强度(发展)指数的分级评价标准确定其荒漠化程度等级(非荒漠化、轻度、中度、重度和极重度)和荒漠化强度等级(极强度、强度、中度、轻度、稳定、逆转等)。

(2) 评价步骤。①确定评价指标;②划定指标等级值;③确定指标权重;④计算指标分级标准指数;⑤计算荒漠化程度综合判定指数;⑥评价定级。

## 2.2 荒漠化程度评价指标选择

首次建立了适合石羊河流域荒漠化土地程度评价的指标,现将各指标特征分述如下:

(1) 气候类型。是荒漠化界定指标,按照 W. Thornthwaite 计算公式分湿润、亚湿润干旱、半干旱、干旱和极干旱 5 种。

(2) 调查方法。是荒漠化调查方式指标,荒漠化调查分地面调查和遥感解译两种方式,不同的方式采用不同的评价指标。

(3) 荒漠化类型。按造成荒漠化的主导自然因素划分为风蚀、水蚀、盐渍化、冻融 4 种类型<sup>[5]</sup>。石羊河流域不存在冻融。

(4) 地貌类型。是荒漠化程度评价的辅助指标,分级标准如下。①平原:平坦开阔,起伏很小,相对高差 50 m 以下,一般海拔在 500 m 以下。②丘陵:海拔 500 m 以下,起伏不大,无明显脉络,地形破碎,坡地占地面积较大,相对高差一般在 50~100 m。③低山:具有明显的顶峰和陡坡,海拔 500~1 000 m 的山地。④中山:海拔 1 000~3 500 m 的山地。⑤高山:海拔 3 500~5 000 m 的山地。⑥极高山:海拔 5 000 m 以上的山地。⑦高原:海拔高度较大的广阔平原,海拔在 500~1 000 m 之间。⑧盆地:四周为山岭环绕,中间地势低平的盆状地貌。⑨台地:四周为陡坡的广阔平台。⑩阶地:通常不被洪水淹没的河、湖沿岸的阶梯状平坦地面。⑪河漫滩:洪水期可能被淹没的河床以外的谷地部分。

(5) 坡向。分为东、南、西、北、东南、西南、西北、东北、无坡向 9 种类型。

(6) 坡位。是荒漠化程度评价辅助指标,分脊、顶、上、中、下、谷、平地 7 种类型。

(7) 坡形。是荒漠化程度评价辅助指标,分直线形、凹形、凸形、复合形 4 种类型。

(8) 坡度。是水蚀荒漠化程度评价的主要指标,有 3 种分级方法。①森林资源调查分级法:0~5° 为平坡,5°~15° 为缓坡,15°~25° 为斜坡,25°~35° 为陡坡,35°~45° 为急坡,45° 以上为险坡。② I 级 0~3°, II 级 3°~6°, III 级 6°~9°, IV 级 9°~15°, V 级 >15°。③ I 级 0~6°, II 级 6°~11°, III 级 11°~16°, IV 级 16°~25°, V 级 >25°。

3 种分级方法各有利弊,本研究采用第三种方法,因为在石羊河流域荒漠化区年降水量平均小于 400 mm,分级太细不符合实际,可操作性不强。

(9) 植被起源。是辅助评价指标,分人工、天然和飞播 3 种类型。

(10) 植被分布状况。是辅助评价指标,分均匀、团状、片状和不均匀 4 种类型。

(11) 植被高度。是辅助评价指标,以米为单位量算。

(12) 植被生长状况。地面调查时,是耕地荒漠化程度评价的主要指标。分为较好、一般、较差和很差 4 种类型。较好指植被生长旺盛、发育良好,枝干发达,叶子大小和色泽正常;一般指植被生长中等,长势不旺,但不呈衰老状;较差指植被达不到正常的生长状态,发育不良;很差指植被发育极不良,生长不正常或不生长。

(13) 植被类型。是辅助评价指标,分植被型组、植被型、植被亚型和群系组 4 个类型。

(14) 植被种类。是辅助评价指标,分乔木、灌木和草本 3 个类型。

(15) 植物种类。是辅助评价指标,按具体植物名称填写。

(16) 植被盖度。是林地、草地和未利用地荒漠化评价的主要指标。植被盖度分类指标体系比较复杂,由于气候类型、调查方法、荒漠化类型不同,所以分类级距也不同。

在风蚀情况下,对于亚湿润干旱区,地面调查时 I 级 ≤ 10%、II 级 10%~30%、III 级 30%~50%、IV 级 50%~70%、V 级 >70%,遥感调查时 I 级 ≤ 10%、II 级 10%~30%、III 级 30%~50%、IV 级 50%~65%、V 级 >65%;对于干旱、半干旱区,地面调查时 I 级 ≤ 10%、II 级 10%~25%、III 级 25%~40%、IV 级 40%~60%、V 级 >60%,遥感调查时 I 级 ≤ 10%、II 级 10%~25%、III 级 25%~40%、IV 级 40%~55%、V 级 >55%。

水蚀情况下只有 1 种分级方法,即 I 级 ≤ 10%、II 级 10%~30%、III 级 30%~50%、IV 级 50%~70%、V 级 >70%。

(17) 土壤类型。是辅助评价指标,分类系统为土纲、土类、亚类、土型 4 级。

(18) 土壤质地。地面调查时,是耕地荒漠化程度评价的主要指标。按粒径大小和沙粒含量分为黏土、壤土、沙壤土、壤沙土、粉沙土和沙土 6 种。

(19) 土壤结构。是辅助评价指标,分为无结构、片状、柱状、块状和团状 5 种。

(20) 土地权属。是辅助评价指标,分国有、集体、个人和其他 4 级。

(21) 荒漠化治理措施。地面调查水蚀荒漠化类型时,是耕地荒漠化程度评价的主要指标。①生物措施。包括封育、造林、种草、飞播、植被改良及其他生物措施。②农(牧)业措施。包括横坡等高耕作、深耕、垄耕、平翻耕、间作(套种、混种)、带状间作、草田轮作、水旱轮作、作物配置、节水、种植绿肥、施肥及其他农(牧)业措施。③工程措施。包括排水沟、洗盐、反坡梯田、坡式梯田、隔坡梯田、简易梯田、鱼鳞坑、拦沙坝、谷坊、坡面工程、沟道工程、沙障、沥青覆盖、沙层衬膜、引水拉沙、风力拉沙、客土改良、引洪灌溉及其他工程措施。④化学措施。包括化学固沙、土壤化学改良及其他化学措施。⑤综合措施。

(22) 荒漠化人为因素。属辅助评价指标,分水资源利用不当、开垦、翻耕、弃耕、过牧(植被减少与牲畜践踏)、樵采(森林

砍伐、打草及挖药材等植被和表土破坏)、火烧、工业活动(工矿城镇及交通建设)、工业污染、不适当的农(林、牧)业生产方式等。

(23) 土壤砾石含量。在风蚀荒漠化类型情况下,是地面调查时耕地荒漠化程度评价的主要指标。分级标准为: I 级  $\leq 1\%$  , II 级  $1\% \sim 10\%$  , III 级  $10\% \sim 20\%$  , IV 级  $20\% \sim 30\%$  , V 级  $> 30\%$  。

(24) 地表形态。荒漠化类型为风蚀时,是林地、草地、未利用地荒漠化程度的主要评价指标。按调查方式不同可分为①地面调查: I 级, 平沙地或沙丘高度  $\leq 2\text{ m}$ ; II 级, 沙丘高度  $2 \sim 5\text{ m}$ ; III 级, 沙丘高度  $5 \sim 10\text{ m}$ ; IV 级, 沙丘高度  $> 10\text{ m}$  或地类为戈壁、风蚀劣地、裸土地。②遥感调查: I 级, 影像上分辨不出沙丘; II 级, 影像上可分辨出沙丘, 基本无阴影和纹理; III 级, 沙丘在影像上清晰可见, 纹理明显, 沙丘阴影面积  $\leq 50\%$ ; IV 级, 沙丘阴影面积  $> 50\%$ , 纹理明显或地类为戈壁、风蚀劣地、裸土地。

(25) 覆沙厚度。覆沙厚度是指流沙覆盖地表的厚度。地面调查时,是风蚀林地、草地、未利用地荒漠化程度评价的辅助指标。分级标准为: I 级  $\geq 100\text{ cm}$ , II 级  $100 \sim 50\text{ cm}$ , III 级  $50 \sim 20\text{ cm}$ , IV 级  $20 \sim 5\text{ cm}$ , V 级  $< 5\text{ cm}$  。

(26) 有效土层厚度(表土层+心土层)。是地面调查、风蚀荒漠化类型、耕地荒漠化程度评价的辅助指标。分级标准为: I 级  $> 70\text{ cm}$ , II 级  $70 \sim 40\text{ cm}$ , III 级  $40 \sim 25\text{ cm}$ , IV 级  $25 \sim 10\text{ cm}$ , V 级  $\leq 10\text{ cm}$  。

(27) 作物产量下降率。指作物现实产量与同年度该地区非荒漠化耕地在正常水平下产量相比下降的百分数,是地面调查时风蚀和水蚀荒漠化耕地评价的主要指标。分级标准为: I 级  $< 5\%$  , II 级  $5\% \sim 15\%$  , III 级  $15\% \sim 35\%$  , IV 级  $35\% \sim 75\%$  , V 级  $\geq 75\%$  。

作为风蚀和水蚀耕地荒漠化程度评价的主要指标,作物产量下降率的确定在现场调查时有较大的难度。应该取作物的实际产量与该县(市、区)或区域(如河西走廊)连续 5 年的平均产量(以主要作物如小麦、玉米等)作为基数进行比较。对于这个指标,专家争议较大。按照平均产量分级标准为: I 级  $< 10\%$  , II 级  $10\% \sim 30\%$  , III 级  $30\% \sim 50\%$  , IV 级  $50\% \sim 70\%$  , V 级  $\geq 70\%$  。

(28) 作物缺苗率。属辅助评价指标,按实际情况填写。

(29) 侵蚀沟面积比例。是水蚀荒漠化程度评价的主要指标。侵蚀沟包括浅沟(下切深度一般不超过 1 m, 沟宽大于沟深)、切沟(宽、深达 1 ~ 2 m, 横断面呈 V 形)和冲沟(深度一般超过 3 m, 横断面呈 U 形)。分级指标为: I 级  $\leq 5\%$  , II 级  $5\% \sim 10\%$  , III 级  $10\% \sim 15\%$  , IV 级  $15\% \sim 20\%$  , V 级  $> 20\%$  。

作为水蚀荒漠化评价的主要指标,侵蚀沟面积在现场调查时较难确定,关键是冲沟的宽度难确定。由于是 U 形沟,存在沟口宽度、沟底宽度、流水痕迹宽度(有 100 年一遇、10 年一遇等)、中间宽度多种选择,不同的选择方式结果差异较大。

以沟壑密度进行分级,标准为: I 级  $< 0.2\text{ km/km}^2$  , II 级  $0.2 \sim 1.0\text{ km/km}^2$  , III 级  $1.0 \sim 2.0\text{ km/km}^2$  , IV 级  $2.0 \sim 3.0\text{ km/km}^2$  , V 级  $\geq 3.0\text{ km/km}^2$  。

按土壤侵蚀模数指标分级: I 级  $< 200\text{ t/(km}^2 \cdot \text{a)}$  , II 级  $200 \sim 2500\text{ t/(km}^2 \cdot \text{a)}$  , III 级  $2500 \sim 5000\text{ t/(km}^2 \cdot \text{a)}$  , IV 级  $5000 \sim 8000\text{ t/(km}^2 \cdot \text{a)}$  , V 级  $\geq 8000\text{ t/(km}^2 \cdot \text{a)}$  。

(30) 盐碱斑占地率。是遥感调查时盐渍化耕地、草地、林地、未利用地荒漠化程度评价的主要指标。分级标准为: I 级  $\leq 20\%$  , II 级  $20\% \sim 40\%$  , III 级  $40\% \sim 60\%$  , IV 级  $> 60\%$  。

(31) 土壤含盐量。是地面调查时盐渍化耕地、草地、林地、未利用地荒漠化程度评价的主要指标。由于地域不同,分级标准不同。本次选择西部评价指标标准: I 级  $0.5\% \sim 1.0\%$  , II 级  $1.0\% \sim 1.5\%$  , III 级  $1.5\% \sim 2.0\%$  , IV 级  $\geq 2\%$  。

(32) 可治理度。是辅助评价指标,可分为可治理和不可治理 2 种类型。

### 2.3 荒漠化指标计算方法

沙质荒漠化现状( $SH$ ),由植被覆盖度( $G$ )、裸沙地占地百分比( $S$ )和土壤质地( $T$ )反映。将植被覆盖度和裸沙地占地百分比指标划分为 7 个等级,以便于采用全国沙漠化普查数据,实现遥感判读;土壤质地分为 4 种类型(表 1)。对各因子等级范围有规律地赋以 1.0 ~ 4.5 的不同等级值,依据以往调查及专家评判和实验结果,经过多种因子权重组合方案的计算,划分出沙质荒漠化程度总得分值范围,按国际惯例将沙质荒漠化程度分为轻度、中度、强度、极强度 4 级<sup>[6]</sup>。计算出各样地沙质荒漠化总得分值后,以实地判定的沙质荒漠化程度为对照,筛选出最佳权重组合:裸沙地占地百分比权重为 3.8,植被盖度权重为 3.6,土壤质地权重为 2.6。由此,初步建立起一个科学实用的沙质荒漠化现状监测评价指标体系,见表 1。

表 1 沙质荒漠化现状监测评价指标体系

项目	等级值						
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.5
裸沙地比例(%)	< 10	10 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 50	50 ~ 70	$\geq 70$
得分	3.6	5.7	7.5	9.5	11.4	13.3	15.2
植被覆盖度(%)	> 60	60 ~ 50	50 ~ 40	40 ~ 30	30 ~ 20	20 ~ 10	$\leq 10$
得分	3.6	5.4	7.2	9.0	10.8	12.6	14.4
土壤质地	沙壤土		粉沙土		沙砾		沙质土
得分	2.6		5.2		7.8		10.4
沙质荒漠化程度	轻度	中度	强度	极强度			
总得分值范围	10 ~ 20	20 ~ 27	27 ~ 34	34 ~ 40			

#### 2.4 荒漠化程度的量化判别

本研究采用“多因子指标分级数量化法”将各指标因子进行综合,以此判断沙质荒漠化程度。量化步骤是:①给指标因子权重,以表达其重要性。②划分因子等级值,并将因子指标等级数量化。③建立沙质荒漠化程度得分公式。④根据得分值,在不同区域的数量化表中得出对土地沙质荒漠化程度的评价。

#### 2.5 区域荒漠化程度(现状)评价

区域荒漠化程度评价的依据包括荒漠化土地占区域总面积的比率,轻度、中度、重度及极重度荒漠化土地占区域总面积的比率,非荒漠化土地及其他荒漠化土地占区域总面积的比率,区域平均荒漠化程度指数及其他自然和社会经济因素等。其中,区域平均荒漠化程度指数是一个综合反映该区域荒漠化程度的数量化的可比性强的监测评价指标。

区域土地荒漠化程度(现状)总体水平的评价,应包括该地

区的非荒漠化土地面积在内。区域荒漠化程度指数由各类型荒漠化土地的荒漠化程度指数与相应面积乘积之和,再除以区域总土地面积求得。

#### 3 两次荒漠化监测结果分析

根据荒漠化程度评价量化指标,在基础地理信息和图斑图型数据的基础上用 GIS 软件,按照建立的荒漠化评价指标计算出土地利用类型面积、荒漠化类型面积、荒漠化程度面积<sup>[7]</sup>。2004 年与 1999 年相比较,轻度的面积在增加,中度、重度的在减少,极重度的在迅速增加。也就是石羊河流域荒漠化的面积向两极发展,即极重度、轻度面积增加,中度和重度面积减少,这与有关专家的预测和实际情况基本一致。2004 年和 1999 年两期面积比较见表 2。

表 2 1999 年、2004 年石羊河流域荒漠化面积统计

荒漠化 程度	合计		风蚀		水蚀		盐渍化		$\text{hm}^2$
	1999 年	2004 年	1999 年	2004 年	1999 年	2004 年	1999 年	2004 年	
轻 度	253 712.2	544 882.2	195 755.8	358 622.3	17 956.0	125 002.3	40 000.4	61 257.6	
中 度	779 985.9	716 579.8	626 359.9	577 728.8	129 778.3	95 094.7	23 847.6	43 756.4	
重 度	836 751.9	428 258.3	625 350.5	322 320.9	192 456.4	76 776.1	18 945.0	29 161.3	
极重度	668 111.7	1 013 112.7	592 382.9	918 650.3	60 392.3	58 258.9	15 336.5	36 203.5	
合 计	2 538 561.6	2 702 833.1	2 039 849.1	2 177 322.3	400 583.0	355 132.0	98 129.5	170 378.8	

#### 4 讨论

根据野外分区实地调查数据和以往调查资料及专家评判综合,经多种因子权重组方案计算,划分出石羊河流域荒漠化程度得分范围,并以实地判定的荒漠化程度为对照,初步建立起荒漠化现状监测评价指标体系。研究表明,利用 TM 卫星影像资料可目视解译出裸沙地占地百分比、植被盖度以及间接判定土壤质地,结合评价指标和判读经验,勾绘制作荒漠化现状图;应用 SPOT 多谱段卫星磁带图像数据在微机屏幕上用图像软件解译遥感图像,信息量大、分辨率高<sup>[8]</sup>。卫星影像解译提出的影像特征,可作为解译标志。研究克服了以往荒漠化评价指标体系所存在的指标选取各异、可比性小、指标繁杂、获取数据难度大以及数量化指标不规范等弊端。文中提出的评价指标体系,量化指标规范,简单易行,可操作性强,适用于基层和全国大规模监测评价与宏观管理荒漠化土地,并将对我国防治荒漠化产生积极作用。

#### 参考文献

- [1] 王继和, 汪杰, 郑庆钟, 等. CPR/91/111 项目“甘肃沙漠综合治理与持续农业”成果报告[A]//中国西北荒漠区持续农业与沙漠综合治理[C]. 兰州: 兰州大学出版社, 1998.

- [2] 朱震达, 刘恕. 关于沙漠化的概念及其发展程度的判断[J]. 中国沙漠, 1984, 4(3).
- [3] 卢琦, 郭剑亮. 荒漠化监测评价的标准和指标体系[J]. 世界林业研究, 1999, 12(2).
- [4] 刘玉平. 荒漠化评价的理论框架[J]. 干旱区资源与环境, 1998, 12(3).
- [5] 王君厚, 孙司衡. 荒漠化类型划分及其数量化评价体系[J]. 干旱环境监测, 1996(3).
- [6] 赵鹏祥, 李秀信, 李卫忠, 等. MapGIS 在造林工程设计中的应用[J]. 干旱区研究, 2002, 19(3).
- [7] Barrow C J. Land Degradation [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- [8] 王涛, 赵哈林, 肖洪浪. 中国沙漠化研究进展[J]. 中国沙漠, 1999, 19(3).

[作者简介] 李萍(1977-),女,甘肃庆阳市人,硕士,主要从事荒漠化过程及防治研究。

[收稿日期] 2007-08-10

(责任编辑 张培虎)