

# 新疆塔里木河流域生态脆弱带的环境质量综合评价

王让会<sup>1</sup>, 宋郁东<sup>1</sup>, 樊自立<sup>1</sup>, 游先祥<sup>2</sup> (1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 2. 北京林业大学资源环境学院)

**摘要:**塔里木河流域是我国生态环境脆弱地区之一, 流域内的不同区域, 由于物质及能量匹配上不够协调, 宏观上表现出不同的脆弱性特征. 依据生态环境质量评价的有关原则, 结合塔河流域生态环境的实际情况, 筛选出 20 个指标, 建立生态环境综合评价的指标体系. 通过构建生态脆弱性指数, 综合地反映了塔河流域生态环境质量的优劣程度. 结果表明, 阿克苏河流域属于生态环境改善区, 叶尔羌河流域及塔河上游属于生态环境基本平衡区, 和田河流域及塔河中游属于生态环境失调区, 而塔河下游属于生态环境严重受损区, 评价结果符合实际情况, 对指导流域生态环境建设具有重要意义.

**关键词:**生态脆弱带; 环境质量; 指标体系; 生态脆弱性指数 (EFI); 塔里木河流域

中图分类号: X171.1 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2001)02-05-0007

## Comprehensive Assessment on Environmental Quality in Vulnerable Ecotone of Tarim River Basin

Wang Ranghui<sup>1</sup>, Song Yudong<sup>1</sup>, Fan Zili<sup>1</sup>, You Xianxiang<sup>2</sup> (1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011; 2. Resource and Environment College, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

**Abstract:** Tarim River Basin (TRB) is one of ecological environment vulnerable areas. Due to the matching of material and energy existed in some problems, the different fragility characteristics occurred obviously. According to related principles of ecological environment quality assessment, combined with ecological environment situation of Tarim River Basin, 20 indexes were selected, and the indicator system for synthetically ecological environment assessment was built. Moreover, ecological fragility index was set up, which can be used to indicate the degree of ecological environment quality in Tarim River Basin. The results were as follows: Aksu River Basin belongs to improved area. Yerkart River Basin and the upper reaches of TRB belongs to balance areas and Hetian River Basin and the middle reaches of TRB belongs to maladjustment areas. The lower reaches of TRB belongs to severe damage area. The assessment results are consonant with actual situation, which play an important function in ecological environment construction.

**Key words:** vulnerable ecotone; environmental quality; indicator system; ecological fragility index (EFI); Tarim River Basin

随着人口迅速增长和社会经济的加速发展, 人们对环境资源的过度使用和破坏, 使生态系统的退化已成为普遍现象<sup>[1,2]</sup>. 生态过渡带并非都是生态脆弱带, 只有具有敏感地退化趋势的生态过渡带, 才可称为生态脆弱带. 一般是指那些对环境因素改变的反应敏感而维持自身稳定的可塑性小的生态环境系统.

新疆塔里木河流域地处欧亚大陆腹地的典型干旱区, 流域辐射面积达  $1.05 \times 10^6 \text{ km}^2$ , 涵

盖南疆 5 个地州的 42 个县市. 新疆生产建设兵团 4 个师团局 55 个农牧团场, 是以维吾尔族为主体的多民族聚居区, 人口近  $8.0 \times 10^6$ <sup>[4]</sup>. 由于塔河流域处于绿洲与沙漠的过渡带, 特殊的地理位置, 生态环境本身就十分脆弱, 加之长期

基金项目: 中国科学院资源与生态环境研究重大项目 (KZ951-BI-213); 国家重点基础研究发展规划项目 (G1999043509)

作者简介: 王让会 (1963 ~), 男, 博士生, 副研究员, 主要研究方向为干旱区资源环境遥感应用.

收稿日期: 2000-05-25

以来,人们对自然资源利用不够合理,致使生态环境不断恶化,如何处理好资源开发与生态环境保护两者之间的关系,在塔河流域是一个迫切需要解决的问题,并直接影响着流域经济的持续发展及社会的稳定<sup>[5]</sup>。全面系统地研究塔河三源流区及干流上、中、下游6个区域的生态环境质量,摸清塔河两岸的自然条件和资源分布类别、等级、数量,研究流域地质、地貌、水文、土壤、生物以及社会经济状况的变化情况,建立干旱区内陆河流域生态环境综合评价体系,确定生态环境动态容量和安全阈值,对构建退化生态环境系统恢复与重建理论,探索生态环境调控体系和可持续管理模式具有重大的现实意义。

## 1 评价原则

塔河流域的生态环境是自然因素和人为因素共同作用下的产物,对其质量进行综合评价,必须紧紧围绕流域不同区段的实际状况,以国家或地方的法律、法规为准则,如《环境保护法》、《水法》、《森林法》、《草原法》、《野生动物保护条例》、《湿地公约》、《荒漠化防治公约》、《土地资源系统、生物资源系统及环境系统,各系统都包括5个指标,共20个指标,它们反映了塔河流域生态环境质量的不同方面,并综合地反映了塔河流域生态环境质量的优劣程度(表1)。

### 1.1 主导因素原则

生态环境质量受地质、地貌、水文、土壤、植被、气候以及人为活动等多种因素的制约,在众多的因子中,各种因子的作用过程及作用方式是不同的。内陆河流域生态环境质量的优劣主要取决于水资源的时空分布以及人类利用水资源的程度,因此,正确把握水资源状况对塔河流域生态环境质量评价具有重要作用。

### 1.2 科学性与实践性原则

在选择评价因子及构建评价模式时,要力求科学,各种因子及模式都应具有本学科的内涵;并且,它们也应当具有生产实践中的确切含义,两者尽可能地作到完美结合,并且,要多学科相结合,理论与实践相结合,这样有利于

理论指导实践,并促进理论的不完善。

### 1.3 简单性及实用性原则

生态环境是一个复杂的大系统,塔河流域空间尺度大,影响因素多种多样,在选取评价因子、制定评价指标体系及构建评价模式时,不可能面面俱到,应当遵循简洁、方便、有效、实用的原则,即要通过相关学科理论的概括,抽取对生态环境质量影响较大,而又易于获取观测资料,并有利于生产及管理等部门掌握的因子及模式,使理论与实践得到良好的结合。

### 1.4 系统性及规范性原则

反映生态环境质量的因子及指标应当是一个完整的体系,各种因子虽有主次之分,但都不同程度地反映了生态环境质量的不同侧面。同时,各种因子及指标的类型、结构、含义等要符合国家的有关规范,做到彼此协调。

## 2 评价指标<sup>[3,6,7]</sup>

根据塔河流域自然资源及生态环境的地域差异,本着上述原则确定生态环境综合评价的指标体系,整个指标体系隶属于水资源系统、土地资源系统、生物资源系统及环境系统,各系统都包括5个指标,共20个指标,它们反映了塔河流域生态环境质量的不同方面,并综合地反映了塔河流域生态环境质量的优劣程度(表1)。

## 3 模型建立

### 3.1 构模思路

生态环境质量评价有多种模式可循,无论是回顾评价、现状评价,还是环境影响评价(预测评价),统计学模型是传统的有效方法之一。而针对自然资源开发利用类型<sup>[8]</sup>、土地适宜性评价、土地资源评价、社会经济可持续发展等模式,也往往应用统计学的不同分析模式予以评价。干旱区内陆河流域生态环境十分脆弱,它是水、植被环境恶化所导致的生态平衡失调形成的<sup>[9]</sup>。有限的水资源与恶化的水环境,贫瘠的土地和稀疏植被的不稳定性以及落后的经济水平<sup>[10]</sup>,严重地困扰着荒漠生态系统的稳定性。

表 1 塔里木河流域生态环境脆弱性评价指标体系

Table 1 The indicator system of ecological environment fragility assessment in Tarim River Basin

系统	敏感因子及其代码	定量或定性指标			
水资源系统	灌溉水资源保证率(11)	未减少 0 1	轻度减少 $I_1 \leq 10\%$ 2	中度减少 $10\% < I_1 \leq 20\%$ 3	强度减少 $I_1 > 20\%$ 4
	灌溉水质恶化程度(12)	未恶化 $I_2 \leq 1.0$ 1	轻度恶化 $1.0 < I_2 \leq 3.0$ 2	中度恶化 $3.0 < I_2 \leq 5.0$ 3	强度恶化 $I_2 > 5.0$ 4
	地下水亏缺指数(13)	不亏缺 0 1	轻度亏缺 $I_3 \leq 10\%$ 2	中度亏缺 $10\% < I_3 \leq 25\%$ 3	严重亏缺 $I_3 > 25\%$ 4
	主河长缩减率(14)	未缩减 0 1	稍微缩减 $I_4 \leq 20\%$ 2	中等缩减 $20\% < I_4 \leq 50\%$ 3	严重缩减 $I_4 > 50\%$ 4
	湖泊水面缩减率(15)	未缩减 0 1	稍微缩减 $I_5 \leq 30\%$ 2	中等缩减 $30\% < I_5 \leq 60\%$ 3	严重缩减 $60\% < I_5 \leq 100\%$ 4
	土地资源系统	人工绿洲面积(21)	稳定绿洲 $II_1 \geq 10$ 4	基本稳定绿洲 $2 \leq II_1 < 10$ 3	较稳定绿洲 $0.5 \leq II_1 < 2$ 2
盐渍化指数(22)		轻微盐渍化 $II_2 \leq 10\%$ 1	轻度盐渍化 $10\% < II_2 \leq 20\%$ 2	中度盐渍化 $20\% < II_2 \leq 30\%$ 3	强度盐渍化 $II_2 > 30\%$ 4
盐渍化地区地下水矿化度(23)		未恶化 $II_3 \leq 3.0$ 1	轻度恶化 $3.0 < II_3 \leq 5.0$ 2	中度恶化 $5.0 < II_3 \leq 10.0$ 3	强度恶化 $II_3 > 10.0$ 4
盐渍化地区土壤含盐量(24)		轻盐化 $II_4 \leq 5.0$ 1	中等盐化 $5.0 < II_4 \leq 10.0$ 2	强烈盐化 $10.0 < II_4 \leq 20.0$ 3	盐土化 $II_4 > 20.0$ 4
耕地指数(25)		大 $II_5 \geq 0.05$ 1	较大 $0.03 \leq II_5 < 0.05$ 2	较小 $0.01 \leq II_5 \leq 0.03$ 3	小 $II_5 < 0.01$ 4
生物资源系统	人工植被指数(31)	大 $III_1 \geq 25\%$ 4	较大 $15\% \leq III_1 < 25\%$ 3	较小 $10\% \leq III_1 < 15\%$ 2	小 $III_1 < 10\%$ 1
	天然林(胡杨)减少率(32)	未减少 0 1	轻度减少 $III_2 \leq 10\%$ 2	中度减少 $10\% < III_2 \leq 30\%$ 3	强度减少 $III_2 > 30\%$ 4
	(天然)草场生产能力减少程度(33)	未减少 1 1	轻度减少 2 2	中等减少 3 3	强度减少 4 4
	天然草场面积退缩比(34)	未退缩 $III_4 \geq 1$ 4	一般退缩 $0.8 \leq III_4 < 1$ 3	中度退缩 $0.5 \leq III_4 < 0.8$ 2	严重退缩 $III_4 < 0.5$ 1
	珍稀濒危动物种类减少程度(35)	未减少 1 1	轻度减少 2 2	中等减少 3 3	强度减少 4 4
环境系统	沙化指数(41)	小 $IV_1 \leq 0.3$ 1	较小 $0.3 < IV_1 \leq 0.5$ 2	较大 $0.5 < IV_1 \leq 0.8$ 3	大 $IV_1 > 0.8$ 4
	沙化强度(42)	轻度威胁 1 1	中度威胁 2 2	强度威胁 3 3	极度威胁 4 4
	沙化面积扩大率(43)	未扩大 $IV_3 \leq 0.05$ 1	轻微扩大 $0.05 < IV_3 \leq 0.15$ 2	扩大 $0.15 < IV_3 \leq 0.25$ 3	强烈扩大 $IV_3 > 0.25$ 4
	沙化区地下水埋深(44)	浅 $1 < IV_4 \leq 4$ 1	较浅 $4 < IV_4 \leq 6$ 2	较深 $6 < IV_4 \leq 8$ 3	深 $IV_4 > 8$ 4
	大风和沙尘暴日数(45)	较少 $IV_5 \leq 20$ 1	少 $20 < IV_5 \leq 30$ 2	较多 $30 < IV_5 \leq 40$ 3	多 $IV_5 > 40$ 4

可以说,塔河流域脆弱生态环境是在自然和人为因素作用下,生态环境退化超过了现有社会经济和技术水平下,能长期保持人类利用和发展的水平时的生态环境状况<sup>[11]</sup>,在这种生态环境质量状况下,系统的生产力、恢复能力以及调节能力受到不同程度的限制,因此,构建塔河流域生态环境质量综合评价模式,必须围绕生态脆弱性的状况及其表现特征进行评价。

生态环境质量评价是一项系统性研究工作,涉及自然及人文等学科的许多领域,其中生态学、环境科学及资源科学的理论与方法对指导生态环境质量评价具有重要意义。评价、预测和警报区域资源开发利用的生态环境后果,区域生态环境质量的变化,以及生态环境与社会经济协调发展,是以持续发展为目标<sup>[12]</sup>。资源承载力、区域生产力、环境缓冲力、管理的调控能力在生态环境质量评价中具有重要作用。塔里木河流域是山地、绿洲及荒漠 3 大系统的交汇融合之地,在系统科学理论指导下,以 6 个生态区为基本单元,采集生态环境数据资料并构建模型,研究环境动态容量,确定生态环境安全阈值,选择生态环境敏感因子,建立生态环境质量综合评价指标体系,最终划分生态环境改善区、平衡区、失调区及受损区,在生态环境调控理论的指导下,通过生态区划和工程技术手段,建立健康安全的生态系统调控体系;同时,通过政策、法规、经济等人类决策行为和现代科学技术,建立以塔河为代表的干旱区内河流域 PRED 调控体系。

### 3.2 构模方法

在前述指标体系的基础上(表 1),通过实际调查、经验分析以及相关的环境质量标准,同时,也考虑数据处理的方便程度,确定 20 个指标( $a_i$ )的权重( $C_i$ )及其生态阈值( $T_i$ )(表 2)。

为了定量研究生态脆弱带的环境质量,首先构建基于不同量纲数据的标准化数据模式  $I_i$

$$= \log \frac{\max T_i - a_i}{\min T_i - a_i}, \text{ 根据对数运算的特点及性质,}$$

$0 \leq I_i \leq 1$ ;同时,根据各个指标的实际意义,规定  $a_i \geq \max T_i$  时,  $I_i = 1$ ,  $a_i \leq \min T_i$  时,  $I_i = 0$ 。

经规范化处理后,可以得到塔河三源流区及干流上、中、下游 6 个区域的 120 个标准化数值;在此基础上,构建生态脆弱性指数(EFI),综合地反映不同区段的生态环境质量。

$$EFI = \frac{\sum_{i=1}^n C_i I_i}{\sum_{i=1}^n C_i}$$

( $i = 1, 2, \dots, 20$ ,  $C_i$  为各指标的权重,  $I_i$  为原始数据的标准化值)

从指标体系及其 20 个指标的阈值赋值可以看出,正指标值愈大,环境质量愈差;负指标值愈大(如 21, 31, 及 34),环境质量愈好;据此,EFI 值的大与小就和环境质量的劣与优相对应。

表 2 塔里木河流域生态脆弱性敏感因子及其阈值

Tab.2 Ecological fragility indexes and their threshold values in Tarim River Basin

敏感因子代码	$C_i$ 阈值 ( $T_i$ )		
	权重 $C_i$	最小值 $T_i$	最大值 $T_i$
11	13.7	100	40
12	7.75	0.5	2.5
13	7.15	1	4
14	9.25	1	4
15	7.15	0.1	100
小计	45		
21	3.62	25	0.5
22	3.96	20	80
23	3.64	1	4
24	3.82	5	20
25	2.96	0.1	0.01
小计	18		
31	3.6	35	5
32	4.71	10	90
33	3.91	1	4
34	4.12	1	0.5
35	2.66	1	4
小计	19		
41	3.8	0.3	0.8
42	3.46	1	4
43	3.36	0.01	0.3
44	3.62	1	4
45	3.76	20	45
小计	18		

## 4 评价结果

通过计算塔河流域 6 个不同区域的 EFI,

$EFI_1 = 0.08$ ,  $EFI_2 = 0.23$ ,  $EFI_3 = 0.32$ ,  $EFI_4 = 0.25$ ,  $EFI_5 = 0.49$ ,  $EFI_6 = 0.87$ , 其中  $EFI_1$ 、 $EFI_2$ 、 $EFI_3$ 、 $EFI_4$ 、 $EFI_5$  及  $EFI_6$  分别代表阿克苏河流域、叶尔羌河流域、和田河流域、塔河上游、塔河中游及塔河下游段的生态脆弱性指数。

由于用生态脆弱性程度来反映生态环境的质量研究尚不多见,也没有统一的评价标准,为此,笔者根据国内外研究现状,结合塔河流域自然地理状况及生态脆弱性表现特征及变化规律,把生态脆弱性分为 4 级,即严重脆弱( $EFI \geq 0.5$ )、中等脆弱( $0.3 \leq EFI < 0.5$ )、一般脆弱( $0.1 \leq EFI < 0.3$ )及不脆弱( $EFI < 0.1$ ),并分别与生态环境受损区、失调区、平衡区及改善区相对应。

评价结果表明,阿克苏河流域属于生态环境改善区,叶尔羌河流域及塔河上游属于生态环境基本平衡区,和田河流域及塔河中游属于生态环境失调区,而塔河下游属于生态环境严重受损区,这种评价结果基本符合实际状况,并对指导流域生态环境治理及经济发展规划具有重要意义。

## 5 结语

(1) 生态环境质量综合评价是一项系统性工作,必须用系统科学的理论作指导,只有以此为基础,才能全面、系统、综合地对生态环境质量进行评价。

(2) 主导性原则在生态环境质量综合评价中具有重要作用,在塔河流域必须以水资源为核心,通过分析水资源的时空变化及水质的演变过程,结合流域水资源的利用特点,同时考虑相关因素进行综合评价。

(3) 生态因子及其阈值确定直接影响评价的可靠性程度,影响生态环境质量的因素是多种多样的,应当在研究各种因素相关关系的基础上,合理地选取易于获取实际数据,并对于生态环境质量影响程度较大的因子。另外,阈值的确定必须建立在科学研究的基础上,并与客观实践相结合,这样就可以保持评价的可信度。

(4) 用生态脆弱性指数反映生态环境质量是一种创新,生态脆弱性指数的构建,在一定程度上反映了对塔河生态环境本质特征的认识有了一定的深化,把其与生态环境质量紧密联系在一起,是干旱区生态环境质量评价的特色之处,两者结合具有重大的创新意义。

(5) 评价结果不是绝对的概念,而是一种相对的概念,塔河三源流区及干流的上、中、下游 6 个区域之间生态环境质量是彼此相对的一种比较,同时,每一个区内的生态环境质量也是相对的一种概念,不是完全相同的,各个具体区域仍有一定的差异性,在实际应用中,应当根据具体区域的特点,再进行详细分析与研究,确定具体区域的生态环境质量等级,使人为调控措施更具有实用性和可靠性。

## 参考文献:

- 1 常学礼,赵爱芬,李胜功.生态脆弱带的尺度与等级特征.中国沙漠,1999,19(2):115~119.
- 2 包维楷,陈庆恒.生态系统退化过程及其特点.生态学杂志,1999,18(2):36~42.
- 3 赵桂久,刘燕华,赵名茶.生态环境综合整治与恢复技术研究——退化生态综合整治、恢复与重建示范工程技术研究(第2集).北京:北京科学技术出版社,1995.
- 4 毛德华.塔里木河流域水资源、环境与管理.北京:中国环境科学出版社,1998.3~5.
- 5 王让会,樊自立.塔里木河流域生态环境定量研究.遥感信息,1997,(3):31~34.
- 6 王让会,樊自立.塔里木河流域生态脆弱性评价研究.干旱环境监测,1998,12(4):218~223.
- 7 中国科学院黄土高原综合考察队.国土资源信息分类体系与评价指标.北京:中国科学技术出版社,1992.
- 8 楼惠新,王勤学.黄土高原西部地区农业自然开发利用类型与区域治理.见:西部地区开发与发展战略研究,北京:中国科学技术出版社,1992.182~186.
- 9 王让会,樊自立.塔里木内陆河流域生态环境脆弱性分析.农村生态环境,2000,(1):17~20.
- 10 马俊杰.论西北地区可持续发展研究的基本问题.干旱区地理,1996,19(1):64~67.
- 11 赵跃龙,刘燕华.脆弱生态环境与工业化的关系.经济地理,1996,16(2):86~89.
- 12 郭绍礼,杨根生,史培军.晋陕蒙接壤地区环境整治与农业发展研究(环境整治对策研究).北京:中国科学技术出版社,1995.171~172.