

# 基于景观的区域生态环境质量评价指标体系与方法研究

## ——以塔河中下游典型区为例

刘新卫<sup>1</sup>, 周华荣<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

**摘要:** 当前对区域生态环境质量评价的研究工作尚处于探索之中。在景观生态学理论与方法得到长足发展的今天, 从景观生态角度对其进行综合评判有着一定的科学依据。在探讨基于景观的生态环境质量评价理论方法基础上, 以新疆塔里木河中下游典型区域作为研究案例, 利用选建的评价指标体系和相应评价方法综合评判了该地区2000年生态环境质量状况。研究认为, 2000年该区域生态环境质量总体上处于一般状态, 但有向良性化发展趋势, 而恶劣的自然条件, 特别是水资源贫乏是制约该区域生态环境质量良性演化的主要因素。

**关键词:** 区域生态环境质量; 景观生态; 塔里木河中下游

中图分类号: X826; X171.1      文献标识码: A      文章编号: 1005-3409(2005)02-0007-04

## Study on Assessing Index System and Method of Regional Eco-environment Quality Based on Landscape

### ——Case Study of Typical Area in the Lower and Middle Reaches of the Tarim River

LIU Xin-wei<sup>1</sup>, ZHOU Hua-rong<sup>2</sup>

(1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, C.A.S., Beijing 100101, China;  
2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China)

**Abstract:** Study on regional eco-environment quality is now in the course. As theory and method of landscape ecology has obtained quite great progress, it has scientific basis for synthetic assessing it through the angle of landscape ecology. The authors study the typical area in the lower and middle reaches of the Tarim River, based on exploring theory and method of regional eco-environment quality assessing, and synthetically assess the region's eco-environment quality. It concludes that eco-environment quality there is on general stage as a whole in 2000. However, it tends to turn better, and the major restricting factor is bad physical conditions there, especially the shortage of water resource.

**Key words:** regional eco-environment quality; landscape ecology; the lower and middle reaches of the Tarim River

作为人类社会经济系统赖以生存的物质基础和实现可持续发展的保证, 生态环境在经济工业化、社会城市化和发展多样化过程中凸现的系列问题已对人类生存与发展构成现实威胁<sup>[1]</sup>, 并且成为当今世界各国普遍关注的战略性问题<sup>[2]</sup>。生态环境质量指某一具体时空范围内生态系统总体或部分生态环境因子组合体对人类生存及社会经济持续发展的适宜程度<sup>[3]</sup>, 为充分认识和理解区域生态环境状况, 科学利用与人类休戚相关的生态环境、综合治理发展中的生态环境问题以及正确制定区域国民经济发展计划, 必须深入研究作为区域生态环境重要特征之一的质量状况<sup>[4]</sup>。但由于区域生态环境是一个由各种既相互关联、又彼此相对独立部分组成的巨大复杂系统, 当前对生态环境质量的总体综合评价尚处于探索中<sup>[5]</sup>。

景观是地理、功能和历史相关的生态系统复合体<sup>[6]</sup>, 其与生态环境的关系是, 前者既非后者所有要素的全部, 也不是它们简单相加组成的整体, 而是它们综合作用的产物<sup>[7]</sup>, 并且构成生态环境的实体部分<sup>[8]</sup>。因而, 在景观生态学理论与方法得到长足发展的今天, 可以从景观生态角度研究作为区域经济社会可持续发展核心和基础的生态环境, 并对其质量优劣进行综合评判。本文将在探讨基于景观的生态环境质量评价理论方法基础上, 以新疆塔里木河中下游典型区域作为案例, 综合评判该地区2000年生态环境质量状况, 并进行科学解释。

### 1 研究概况与数据

#### 1.1 塔河中下游典型区概况

塔里木河是我国最长的内陆河, 所属流域位于干旱区,

① 收稿日期: 2004-05-17  
基金项目: 国家自然科学基金项目(40271011); 国家重点基础研究发展规划项目(G1999043509)  
作者简介: 刘新卫(1977-), 男, 安徽东至县人, 博士, 主要研究方向为景观生态。

生态环境脆弱,景观特征独特,作为河流廊道,该河连接着山地和荒漠生态系统,形成沿河分布的绿洲廊道景观系统。由于近期人为活动的强烈干扰,整个河流系统遭受了严重破坏,河流缩短,湿地减少,水质下降,荒漠化加剧,特别是中下游绿色走廊的环境质量急剧下降,面临严重生态灾难<sup>[9-10]</sup>。

本研究区域位于该流域中下游,以尉犁县恰拉水库—若羌县台特马湖段的传统绿色走廊为主体,宽度以山脊线和大面积沙丘为界,长 360 km,宽 250 km,总调查面积  $3.45 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。作为处于塔里木河流域尺度上的河流复合景观系统,该区域在地貌上大部分为塔里木河冲积平原及三角洲平原,以及部分孔雀河、车尔臣河冲积平原,南部则为塔克拉玛干与库鲁克沙漠,区内地形西北高、东南低;暖温带荒漠干旱气候的特点是年平均温度 10~12℃,春季多大风,夏季高温,多年平均降水量仅 20~50 mm,蒸发潜势却高达 2 500~3 000 mm;区内塔河干流部分无论是年径流量还是年内分配均变异很大,而且每年沿河排入的大量农田排水矿化度很高,造成干流地表水严重污染;地带性土壤为棕漠土,非地带性土壤盐土面积较大,散布有草甸土和风沙土,河流廊道核心地带的绿洲农业区则以潮土为主;地带性植被为荒漠植被,另有低地草甸类型分布,农作物以棉花为主,并有果树园林分布,防护林带树种主要为杨树、沙枣和榆树;动物区系组成单一,野生动物资源贫乏,种类与数量均较少。

研究区域分属于尉犁县和若羌县两个县级行政单元,2000 年尉犁县总人口 10.4 万(包括境内兵团人口),过去为半农半牧县,目前主导产业为棉花种植,工业则主要为棉花、蛭石、甘草、罗布麻加工;若羌县 2000 年人口为 2.90 万(包括兵团),其中汉族 1.97 万,该县农业比较发达,农作物以粮食、油料、棉花为主,工业主要有电力、石棉、粮油等行业。

1.2 数据来源与处理

本项研究中用到的数据除了常规社会经济统计数据 and 野外实地调查数据外,还因为遥感资料具有覆盖范围广、更新速度快等优点而将其确定为主要信息源。研究中用到的遥感资料主要为 1990 年和 2000 年两期 TM 影像,图像处理软件为 PCI。

遥感资料在本项研究中的应用主要是对研究区景观类型进行划分,并在此基础上分析景观格局、结构功能及动态变化等特征,从景观生态角度表征和反映区域生态环境质量特征。研究过程中,遥感数据处理的首要任务是解译遥感影像并将结果按照一定标准归入不同景观类型。本研究采用了多源遥感影像数据融合技术,结合野外实地观测资料,建立实际地物与遥感影像间的相关关系,并对经过预处理的遥感影像进行人机交互解译;景观生态类型划分是以土地利用类型为基础、参照塔里木河中下游河流廊道区域现状进行的,并结合野外植被和土壤调查来阐述其生态属性与功能。依据国家“生态环境遥感调查分类规范”,并且结合塔里木河景观生态实际,本文将塔里木河流域中下游典型区域景观生态系统划分为 6 个一级类(农田、草地、林地、湿地、人居与荒漠景观)和 21 个二级类别,在此基础上分别量算各景观类别在 1990 年和 2000 年两个不同时期的实际面积,为后文相关指标值的计算提供数据。

2 基于景观的区域生态环境质量评价

区域生态环境质量评价不同于针对具体建设或开发项

目的环境影响评价,其实质是区域生态环境状况的科学诊断,因而,在利用有限的对生态环境进行定量综合评价时需要一个简单明了和切实可行的方法。

2.1 基于景观的区域生态环境质量评价指标体系

进行区域生态环境质量评价时,需要根据选定的指标体系,运用综合评价方法开展评判工作,因而,构建评价指标体系以及选择恰当的评价标准是成功进行生态环境质量评价的关键。科学、完善、可行的指标体系应当是既可以从宏观方面对区域生态环境状态进行系统分析,又可以全面深入地对该系统各个组成部分及内部结构进行细致分析。

2.1.1 评价指标体系构建原则

(1) 科学性与可操作性结合原则:要充分认识区域生态环境系统结构功能特征,选取能较客观和真实反映系统发展状态及不同组成部分相互联系的指标,且含义要明确清楚<sup>[11]</sup>;同时,充分考虑理论研究是否现实可行,指标是否易于量化、资料是否便于获取以及计算过程是否过于繁杂等,故应尽量利用现有资料,选择有代表性的主要指标。

(2) 完备性与主导性结合原则:作为有机整体,指标体系应能从不同角度涵括区域生态环境主要特征,综合反映影响区域生态环境的各种因素;但也不排除抓住反映区域生态环境质量水平的主要因素,选取的指标要能反映生态环境质量的优劣状况及生态环境的突出特点。

(3) 动态指标与静态指标结合原则:景观的过程动态性,要求选取能反映区域生态环境质量演变序列和发展趋势的指标,以反映生态环境的动态变化;与此同时,由于现状生态环境既是过去相关因素作用的结果也影响着未来生态环境状况,我们同样要注意选取能够反映景观格局的静态指标。系统性与层序性结合原则:区域生态环境的系统性要求选取的评价指标在服从于客观真实衡量区域生态环境状况前提下成为一个体系;指标间的组织必须依据一定的逻辑规则,具有较强结构层次性和顺序性,一般有 3~4 层构成,越往上指标越综合,越往下指标越具体。

2.1.2 评价指标体系结构及计算

鉴于景观生态学不仅强调从景观尺度描述生态环境系统客观存在的诸如空间结构、现状格局等外部特征,而且关注更为本质的生态环境功能状态、变化稳定程度等特征属性,因而在构建区域生态环境质量评价指标体系时,我们应从景观生态角度综合考虑各类景观的格局优化程度、动态变化良性程度、对外功能强弱程度以及反映外部干扰大小的人为胁迫程度等,并结合研究区实际状况筛选系列评价指标。

研究认为,该评价指标体系应由目标层、准则层和指标层(如表 2 所示)构成。区域生态环境质量目标下辖四个准则,各准则又各自包括 6~9 个具体指标,其中,格局优化度准则下选取的指标反映了作为景观生态演变过程瞬间表现各类景观的现状配置情况,指数指标表征了不同景观功能单元地位(计算方法为:某类景观面积/研究区总面积),而破碎度(计算方法为:某类景观的斑块总个数/该类景观总面积)与优势度(计算方法见参考文献[12])指标选取则与研究区实际情况相符;反映区域生态环境发展变化特征的变化良性度通过综合不同景观类型的年均变化情况加以表现(计算方法为:(2000 年某类景观面积 - 1990 年该类景观面积) × 0.1);鉴于区域生态环境优劣应不仅体现在“量”的方面,更

应关注“质”的方面,设置的功能强弱度准则由区内不同景观类型植被的净第一性生产力(NPP)(计算方法参见文献[13])和单位面积GDP(研究区GDP/研究区总面积)所表征;由于人类活动往往是研究时段内区域生态环境变化的主导因素,不同景观所受人为胁迫状况因而直接影响到区内现在及未来一段时间生态环境质量优劣(指标计算所需的社会经济数据取自统计资料和调查结果,而各景观类型面积数据来自本研究的遥感解译成果)。

2.1.3 评价指标归一化

筛选确定的评价指标因为属性各异,量纲不统一,为区域生态环境质量评价带来极大不便,因而有必要对所选指标进行归一化处理。由于确定的评价指标有正、逆两种,正指标值与区域生态环境系统良性运行或变动成正比,越大越好,而逆指标值则恰好相反。因此,归一化处理时要分两种情况,对于正指标而言,可把研究区域或更大区域(如新疆)历史最大值或经专家论证认为表征了所在区域生态环境理想状态的数值看成是目标值,最小值或专家认为能导致区域生态环境系统严重破坏的数值为基准值;而对逆指标目标值和基准值的规定恰与正指标相反。因而,经归一化处理的正指标值=(实际值-基准值)/(目标值-基准值),而相应逆指标值=(基准值-实际值)/(基准值-目标值)。

2.2 基于景观的区域生态环境质量评价模型

区域生态环境质量的多因素特点,要求对各因子对质量状况的贡献大小进行综合分析,在确定了反映生态环境质量各个侧面指标基础上产生综合指标,并以其综合地评价研究区域生态环境质量,因而,综合模式法能有效反映各个因子对总体质量状况的贡献和区内起决定作用的生态环境成分,同时还能采纳和综合专家对一些本身难以量化因子的意见<sup>[14]</sup>。

研究中先用AHP法确定评价指标体系中各项指标权重,经过明确问题并建立层次结构模型、构造判断矩阵、层次单排序及其一致性检验、总排序及其一致性检验,确定了相对于目标层的各项准则权重( $W_i$ )以及相对于各准则的具体指标权重( $W_{ij}$ ),然后构造综合指数模型作为评价研究区域生态环境质量模型:

$$E=\sum_{i=1}^4\sum_{j=1}^{9.6}W_i\cdot W_{ij}\cdot I_{ij}$$

本研究将区域生态环境质量及其不同层次指标质量分为5个等级<sup>[15]</sup>,在量化过程中用连续实数区间[0,1]表示质量优劣范围,当质量处于最理想状态时,其值为1,处于最恶劣状态时,其值为0,具体质量分级如表1所示:

表1 区域生态环境质量及其评价指标分级					
分 级	理想状态	良好状态	一般状态	较差状态	恶劣状态
区间值	(1, 0.8)	(0.8, 0.6)	(0.6, 0.4)	(0.4, 0.2)	(0.2, 0)
代表值	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

3 塔河中下游典型区生态环境质量综合评价

按照前面述及的方法,我们确定了各项准则及其所辖指标权重(全部通过一致性检验),并且对2000年塔河中下游典型区各项指标的实际值进行归一化处理,具体结果如表2所示。

按照加权求和方法,我们计算出表征区域生态环境质量不同方面的四个准则值与综合质量指数,结果如表3所示。

表2 区域生态环境质量评价指标体系				
目标层	准则层	指标层	指标权重	归一化值
(P)	(S <sub>i</sub> )	(I <sub>ij</sub> )	(W <sub>ij</sub> )	(2000年)
区域生态环境质量	格局优化度	农田指数 I <sub>11</sub> (-)	0.041	0.56
		草地指数 I <sub>12</sub> (+)	0.063	0.537
		林地破碎度 I <sub>13</sub> (-)	0.069	0.476
		林地指数 I <sub>14</sub> (+)	0.100	0.413
		湿地破碎度 I <sub>15</sub> (-)	0.148	0.75
		湿地指数 I <sub>16</sub> (+)	0.173	0.340
		人居用地指数 I <sub>17</sub> (-)	0.028	0.600
		荒漠优势度 I <sub>18</sub> (-)	0.174	0.210
		荒漠指数 I <sub>19</sub> (-)	0.204	0.501
	W <sub>1</sub> = 0.269    λ <sub>max</sub> = 9.536		CI= 0.067	
	RI= 1.45		CR= 0.046< 0.10	
	变化良性度	农田年变化量 I <sub>21</sub> (-)	0.069	0.368
		草地年变化量 I <sub>22</sub> (-)	0.101	0.494
		林地年变化量 I <sub>23</sub> (+)	0.161	0.713
		湿地年变化量 I <sub>24</sub> (+)	0.429	0.541
		人居用地年变化量 I <sub>25</sub> (+)	0.05	0.636
		荒漠年变化量 I <sub>26</sub> (-)	0.19	0.53
	W <sub>2</sub> = 0.121    λ <sub>max</sub> = 6.265		CI= 0.053	
	RI= 1.32		CR= 0.027< 0.10	
	功能强弱度	粮食作物单产 I <sub>31</sub> (+)	0.055	0.428
		单位草地 NPP I <sub>32</sub> (+)	0.114	0.295
		单位森林 NPP I <sub>33</sub> (+)	0.228	0.366
		单位湿地 NPP I <sub>34</sub> (+)	0.360	0.503
		单位面积 GDP I <sub>35</sub> (+)	0.077	0.470
		单位荒漠 NPP I <sub>36</sub> (+)	0.166	0.339
	W <sub>3</sub> = 0.417    λ <sub>max</sub> = 6.177		CI= 0.035	
RI= 1.240		CR= 0.028< 0.100		
人为胁迫度	人均农田面积 I <sub>41</sub> (+)	0.036	0.420	
	化肥投入强度 I <sub>42</sub> (-)	0.102	0.512	
	农药投入强度 I <sub>43</sub> (-)	0.118	0.393	
	人均草地面积 I <sub>44</sub> (+)	0.066	0.495	
	人均林地面积 I <sub>45</sub> (+)	0.121	0.367	
	人均湿地面积 I <sub>46</sub> (+)	0.201	0.400	
	人均人居用地 I <sub>47</sub> (-)	0.030	0.500	
	人均 GDP I <sub>48</sub> (+)	0.103	0.417	
	非荒漠区人口密度 I <sub>49</sub> (-)	0.223	0.500	
	W <sub>4</sub> = 0.193    λ <sub>max</sub> = 9.598		CI= 0.075	
	RI= 1.45		CR= 0.052< 0.10	
层次总排序检验		λ <sub>max</sub> = 4.072	CI= 0.024	
RI= 0.900		CR= 0.027< 0.100		

表3 研究区域2000年生态环境质量评价值				
格局优化度	变化良性度	功能强弱度	人为胁迫度	生态环境综合质量
0.456	0.555	0.414	0.441	0.448

综合表1、2、3的研究结果,我们对研究区2000年生态环境质量做出如下判断:

(1)区域生态环境质量整体上处于一般状态。从反映区域生态环境质量不同侧面的四个准则指标的数值来看,它们均处于一般状态,其中格局优化度、功能强弱度和人为胁迫度均小于0.5,既说明当前的区域景观格局和功能状态不甚理想,也表明该区域生态环境所受人为消极干扰尚处可控范围内;变化良性度得分超过0.5,则表明在人为有意识的积极

干预下该区域生态环境有向良性发展态势,这与国家已投巨资实施塔里木河生态治理工程,并已开始前期应急输水与工程初期生态引水初见成效紧密相关<sup>[16]</sup>。

(2) 水资源贫乏是导致研究区域现状景观格局状况一般的主要原因。由于现状景观格局优化程度如何是区域生态环境质量高低的外在表象,而当前景观格局又是研究区自然、生物和社会等要素相互作用结果<sup>[17]</sup>,所以,我们应从表征景观格局各个方面的指标综合评价该区域现状景观格局的优化程度。通过综合考察其具体指标的实际得分,我们可以认为,水资源贫乏是导致景观格局优化度得分低于0.5的根本原因,并直接表现为林地和湿地景观面积过小以及荒漠在该区域占有绝对优势。

(3) 相关景观的良性变化使得区域生态环境有向良性发展的趋势。如前所述,当前积极的人为干扰(例如正在进行的生态引水工程)使得本区域水资源的贫乏状况在一定程度上得到改善,虽然同时伴随有农田面积增加和草地面积减少等不利情形,但由于湿地和林地景观面积的相应增加以及人居用地的减少,区域生态环境变化仍从整体上呈现出良性发展态势,为了保持这种良好态势,应进一步加大引水力度,并保证有限水资源的科学高效合理利用,如限制农田景观的无节制增长等。

(4) 较差的自然条件导致区域生态环境整体功能处于一般状态。恶劣的气候状况,特别是降水稀缺、蒸发潜势大的特点,使得区内不同景观植被的净第一性生产能力(NPP)有限,特别是草场、林地和荒漠生产能力较低,单位耕地生产能力和单位湿地NPP以及单位面积GDP也仅处于一般状态。区域生态环境整体功能状态与其所处自然环境息息相关,除单位面积GDP之外,其它指标的人为干预难度较大,但随着区域社会经济发展、生态环境建设投入增加,经过长期努力,这种状况才会得到相应改善。

#### 参考文献:

- [1] 梅宝玲,陈舜华. 内蒙古生态环境预警指标体系研究[J]. 南京气象学院学报, 2003, 26(3): 384- 394.
- [2] 颜卫忠. 环境预警指标体系研究[J]. 长沙电力学院学报, 2002, 17(3): 87- 90.
- [3] 叶亚平, 刘鲁军. 中国省域生态环境质量评价指标体系研究[J]. 环境科学研究, 2000, 13(3): 33- 36.
- [4] Morris P, Rivel R. Methods of environmental impact assessment[M]. London: UCL Press, 1995.
- [5] 国家环境保护总局监督管理司. 中国环境影响评价[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [6] 傅伯杰, 邱扬, 陈利顶. 景观生态学原理及应用[A]. 见: 中国地理学会自然地理专业委员会. 全球变化- 区域响应[M]. 北京: 人民教育出版社, 2000. 366- 385.
- [7] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明. 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [8] Bourassa S C. Toward a theory of landscape aesthetics[J]. Landscape and Urban Planning, 1988, 15: 241- 252.
- [9] 李新, 周宏飞. 人类活动干预后的塔里木河水资源持续利用问题[J]. 地理研究, 1998, 17(2): 171- 177.
- [10] 汤梦玲, 游先祥. 西部干旱区内陆河流域脆弱生态环境研究进展一以新疆塔里木河为例[J]. 地理科学进展, 2000, 16(1): 39- 44.
- [11] 马林, 左峰, 苏根成. 等. 内蒙古可持续发展论[M]. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1999.
- [12] 孙华, 李云梅, 王秀珍. 等. 典型小流域土地利用景观生态评价方法及其应用研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2003, 28(2): 177- 181.
- [13] 李金昌. 生态价值论[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1999.
- [14] 蔡贻谟, 郭震远. 环境影响评价手册[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1987.
- [15] 陈治谏, 陈国阶. 环境影响评价的预警系统研究[J]. 环境科学, 1992, 13(4): 20- 25.
- [16] 吴秀芹, 蔡运龙, 蒙古军. 塔里木河下游典型区景观生态质量评价[J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(2): 12- 17.
- [17] 任志远, 张艳芳. 土地利用变化与生态安全评价[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

(5) 区域生态环境所受的人为胁迫尚处于可控的一般状态。由于人均景观占有情况可在一定程度上表征人为活动对其胁迫状态,并进而影响其所在区域生态环境质量,所以,在评价研究区域生态环境所受的人为胁迫程度时应当考察各类景观的人均占有情况。通过计算,我们发现,除人均林地面积较少外,人均农田、人均草地、人均湿地和人均人居用地面积均处于一般状态;而在化肥、农药投入上,化肥投入强度一般,农药则较高;区内人均GDP和非荒漠区人口密度则均为一般。因而,从总体上看,区内生态环境受到的人为干扰程度一般,这也是为改善该区域生态环境整体状况而进行人为干扰合理调整的有利条件。

#### 4 结 语

塔里木河流域中下游地区社会经济发展建设中所面临的最关键、最迫切问题是在准确识别区域环境状况基础上,制定与生态环境相协调的区域经济发展模式,区域生态环境质量评价因而意义重大。当前对生态环境质量评价的研究工作尚处在不断探索之中,本文提出的基于景观的区域生态环境质量评价方法就是从景观生态角度进行的一种尝试。

基于景观的塔河中下游典型区生态环境质量评价结果表明,该区域2000年生态环境质量总体上处于一般状态,但有向良性化发展趋势;制约该区域生态环境质量良性演化的主要因素是恶劣的自然条件,特别是水资源的贫乏。改变该区域生态环境质量的实践应在协调当前人类活动对生态环境影响(如控制人口增长)的同时,从改善水资源供应状况入手,引导区域景观变化的良性发展,改善当前一般的景观格局状况,从而相应增强不同景观功能,并从整体上提升区域生态环境质量。