

# 额济纳天然绿洲景观健康评价\*

曹宇<sup>1\*\*</sup> 欧阳华<sup>1</sup> 肖笃宁<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101;<sup>2</sup>中国科学院沈阳应用生态研究所,沈阳 110016)

**【摘要】** 在景观尺度上开展健康评价研究,不但可提供一个将自然生态过程与社会经济价值进行综合研究的基础,而且景观健康概念本身蕴含着在针对资源与环境问题开展研究时更为合适的时间和空间尺度。额济纳天然绿洲位于我国西北干旱内陆河黑河流域下游。近年来,随着黑河中、上游地区下泄地表径流量的减少,绿洲景观退化严重。基于研究区近十几年来的景观演变特征,分别从景观变化指标、生物物理指标、生态环境指标以及社会经济指标4个方面发展并构建了景观健康评价指标体系,制定了评价标准,并分别赋予了各指标相应的权重值,运用综合评判方法,得到了具有动态性、定量性的绿洲景观健康评价结果。结果表明,研究区景观近10多年来总体的景观健康指数为0.3042,健康等级紧邻“濒危的”级别。该结果较为客观,真实地反映了当前额济纳天然绿洲景观的健康状况,说明近10多年来研究区的景观健康状况与较早时期相比趋于恶化,发展态势表现出严重的不可持续性。

**关键词** 生态系统健康 景观健康评价 指标体系 综合评判法 额济纳天然绿洲  
**文章编号** 1001-9332(2005)06-1117-05 **中图分类号** Q149 **文献标识码** A

**Landscape health assessment on Ejin natural oasis.** CAO Yu<sup>1</sup>, OU YANG Hua<sup>1</sup>, XIAO Duning<sup>2</sup> (<sup>1</sup>Institute of Geographical Sciences and Natural Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; <sup>2</sup>Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2005, 16(6): 1117 ~ 1121.

Landscape scale ecosystem health research could not only provide a basis for integrating natural ecological processes and social economic values, but also provide an appreciated temporal and spatial scale in dealing with the issues of resources and environment. The Ejin natural oasis landscape is at the lower reach of Heihe river basin in the arid inland regions of northwestern China. Owing to the lack of sufficient water resource from the upper reaches of Heihe River, a series of ecological and environmental problems are getting more serious in the oasis in recent years. Based on the past decade landscape change of the Ejin natural oasis, this paper developed a landscape health indicators system including landscape change indicators, bio-physical indicators, eco-environmental indicators and social-economic indicators, and established the criteria and weightiness for assessment indicators. The landscape health index (LHI) was finally figured out as 0.3042 by using fuzzy comprehensive evaluation method, which showed that the health condition of Ejin natural oasis landscape was ranked to "severely ill level" in the landscape health assessment criteria system. The landscape health of Ejin natural oasis landscape today is much worse than in the past years, with a badly unsustainable developing trend.

**Key words** Ecosystem health, Landscape health assessment, Index system, Fuzzy comprehensive evaluation method, Ejin natural oasis.

## 1 引言

人口的增长、社会经济的发展、科学技术的进步,均大大地增加了人类活动对生物圈的影响强度。在强烈的人类活动干扰下,世界各地的景观正遭受着严重威胁、退化,甚至面临慢慢消亡的危险<sup>[6,12,16]</sup>。在不适当的人为干扰下,几乎每一能够接近的景观都在一定程度上发生着退化。因此,为了实现长期的持续性,在景观评价中引入健康概念,就会重点对人类与环境之间的相互协调关系进行研究,并将提供一个将自然生态过程与社会经济价值进行综合研究的基础<sup>[1,2,13,19~22]</sup>。

生态系统健康研究是近年来资源环境管理领域中出现的一个新兴的、综合性的研究热点。它主要

研究人类活动、社会组织、自然系统以及人类健康的整体性,鼓励各学科之间、跨生态系统和健康科学之间进行综合研究,属于一门综合性的、跨学科性的科学<sup>[18,21,22]</sup>。景观健康的概念源于英国学者 Leopold 于1940年代最早提出的“土地健康”概念的进一步升华。与生态系统健康以及“土地健康”的概念不同,景观健康概念的提出蕴含着其在针对资源与环境问题开展研究时,具有比生态系统健康和“土地健康”研究更为合适的时间和空间尺度。

生态系统健康概念的提出虽然只有十余年的历史,但是在我国有关生态系统健康概念的介

\*国家自然科学基金重点项目(90102004)和国际科技合作重点计划资助项目(2001DFDF0004)。

\*\*通讯联系人。

2002-10-12收稿,2003-02-28接受。

绍<sup>[11,17,24]</sup>、理论与方法的探讨<sup>[7,14,15,18]</sup>以及健康评价指标的选择与构建<sup>[23]</sup>等方面的研究文献却已较为频繁地出现,其中也不乏有具体的生态系统健康评价方面的案例研究报告<sup>[9,10]</sup>。国内有关景观健康方面的研究报道则较少<sup>[3]</sup>,且仅局限于对概念的阐释与理论和方法等方面的探讨上,并没有相关的实际案例研究报告。

本文就当前景观生态学与生态系统健康学的最新科学问题进行尝试性探讨,为诊断由自然和人为因素而引起的绿洲景观破坏或退化程度,为管理者、决策者更好地利用、保护和管理好绿洲,实现区域生态环境与社会经济的安全、稳定及持续发展提供科学依据。

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 研究地区自然概况

额济纳,古为居延地,因居延海而得名。额济纳绿洲又称居延绿洲。额济纳天然绿洲位于额济纳河(黑河由正义峡流入额济纳绿洲后称为弱水,又称额济纳河)下游三角洲地带额济纳旗境内,属于我国西北干旱区第二大内陆河流域——黑河流域下游地区,地处祖国北部边疆,位于内蒙古自治区阿拉善盟最西端。额济纳旗辖区介于 97°10'23"~103°7'15"E,39°52'20"~42°47'20"N,总面积 102 461.30 km<sup>2</sup>,全旗总人口约 1.65 万人。近年来,随着黑河中、上游地区下泄地表径流量的减少,额济纳天然绿洲面临的生态环境问题日益突出。基于研究区近十几年来的景观演变特征及其演化机制的分析<sup>[4,5]</sup>,本文进一步发展、构建了绿洲景观健康评价指标体系,并最终实施了额济纳天然绿洲景观健康评价。

### 2.2 景观健康评价指标体系

由于景观健康评价研究涉及诸多学科领域<sup>[3]</sup>,所以基于科学性、综合性、可比性、实用性及可行性等指标选取原则,结合研究区近十几年来的景观演变特征及其成因分析,本文分别从景观变化指标(landscape change indicators,LCI)、生物物理指标(bio-physical indicators,BPI)、生态环境指标(eco-environmental indicators,EEI)及社会经济指标(social-economic indicators,SEI)共 4 个方面来评价额济纳天然绿洲的景观健康状况,并建立了相应的景观健康评价指标体系(landscape health indicators system,LHIS)(图 1)。其中,景观变化指标(LCI)13 个,包括景观类型面积变化指标(L<sub>1</sub>~L<sub>5</sub>)与景观指数变化指标(L<sub>6</sub>~L<sub>13</sub>);生物物理指标(BPI)8 个,包括气候要素指标(B<sub>1</sub>~B<sub>3</sub>)、水文要素指标(B<sub>4</sub>~B<sub>6</sub>)及典型植被适生地下水位变化指标(B<sub>7</sub>,B<sub>8</sub>);生态环境指标(EEI)4 个(E<sub>1</sub>~E<sub>4</sub>);社会经济指标(SEI)10 个(S<sub>1</sub>~S<sub>10</sub>)。

### 2.3 评价指标标准

景观健康是一个相对的、比较的概念,景观健康评价过程当中并不存在绝对健康的景观,也没有绝对不健康的景观。景观健康评价只是在时间长河中景观状态变化的客观

诊断。只有在景观健康评价中运用比较的观点才会有相对的健康与不健康,即目前的景观状况相对于过去的景观状况发生了怎样的变化,未来的景观状况相对于现在的景观状况又会产生怎样的转变?如果不在基于不同历史时期景观状况的对比条件下而发展景观健康标准,也就无绝对的景观健康标准可言<sup>[1,3]</sup>。因此,景观健康评价则主要是基于时间尺度上针对景观不同的状态所进行的纵向比较。

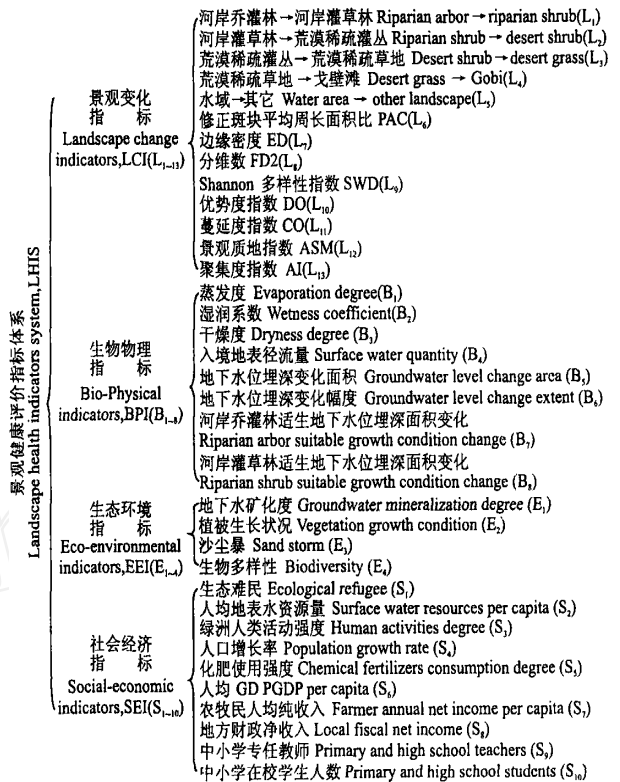


图 1 额济纳天然绿洲景观健康评价指标体系  
Fig. 1 Index system of landscape health assessment on Ejina natural oasis.

基于以上景观健康评价指标标准的界定原则,综合研究区景观近十几年来动态演化特征,将所采用的各项指标统一划分为 5 级:稳定的、良好的、退化的、濒危的、极危的,并分别赋予各级别量化值为 0.90、0.70、0.50、0.30、0.10 (表 1~表 4)。

表 1 额济纳天然绿洲景观健康评价的景观变化指标(LCI)标准  
Table 1 Criteria for landscape change indicators of landscape health assessment on Ejina natural oasis(%)

指标 Code	指标标准分级 Criteria types				
	稳定的 Sustainable	良好的 Stable	退化的 Degraded	濒危的 Severely ill	极危的 Most risky
L <sub>1</sub>	< -20.0	-20.0~0	0~10.0	10.0~20.0	>20.0
L <sub>2</sub>	< -20.0	-20.0~0	0~10.0	10.0~20.0	>20.0
L <sub>3</sub>	< -20.0	-20.0~0	0~10.0	10.0~20.0	>20.0
L <sub>4</sub>	< -20.0	-20.0~0	0~10.0	10.0~20.0	>20.0
L <sub>5</sub>	< -20.0	-20.0~0	0~10.0	10.0~20.0	>20.0
L <sub>6</sub>	>10.0	10.0~0	0~-5.0	-10.0~-5.0	<-10.0
L <sub>7</sub>	>10.0	10.0~0	0~-5.0	-10.0~-5.0	<-10.0
L <sub>8</sub>	>10.0	10.0~0	0~-5.0	-10.0~-5.0	<-10.0
L <sub>9</sub>	>10.0	10.0~0	0~-5.0	-10.0~-5.0	<-10.0
L <sub>10</sub>	<-10.0	-10.0~0	0~5.0	5.0~10.0	>10.0
L <sub>11</sub>	>10.0	10.0~0	0~-5.0	-10.0~-5.0	<-10.0
L <sub>12</sub>	<-10.0	-10.0~0	0~5.0	5.0~10.0	>10.0
L <sub>13</sub>	>10.0	10.0~0	0~-5.0	-10.0~-5.0	<-10.0

表2 额济纳天然绿洲景观健康评价的生物物理指标(BPI)标准  
 Table 2 Criteria for bio-physical indicators of landscape health assessment on Ejin natural oasis (%)

指标 Code	指标标准分级 Criteria types				
	稳定的 Sustainable	良好的 Stable	退化的 Degraded	濒危的 Severely ill	极危的 Most risky
B <sub>1</sub>	< - 10.0	- 10.0~0	0~5.0	5.0~10.0	>10.0
B <sub>2</sub>	>10.0	10.0~0	0~- 5.0	- 10.0~- 5.0	< - 10.0
B <sub>3</sub>	< - 10.0	- 10.0~0	0~5.0	5.0~10.0	>10.0
B <sub>4</sub>	>10.0	10.0~0	0~- 5.0	- 10.0~- 5.0	< - 10.0
B <sub>5</sub>	< - 10.0	- 10.0~0	0~5.0	5.0~10.0	>10.0
B <sub>6</sub>	< - 10.0	- 10.0~0	0~5.0	5.0~10.0	>10.0
B <sub>7</sub>	>10.0	10.0~0	0~- 5.0	- 10.0~- 5.0	< - 10.0
B <sub>8</sub>	>10.0	10.0~0	0~- 5.0	- 10.0~- 5.0	< - 10.0

2.4 评价方法

目前,景观健康评价或生态系统健康评价还没有成熟的方法。鉴于景观健康评价所涉及的学科领域范围较广,且其评价指标也较为综合、全面,因此本文采用生态环境领域中较为常用的综合评判方法来评价绿洲景观健康。该方法应用模糊关系合成的原理,根据多个被评价对象本身存在的形态或隶属上的亦此亦彼性,从数量上对其所属成分予以描述。利用景观变化指标、生物物理指标、生态环境指标以及社会经济指标,建立起综合评价模型,表达式为:

$$LHI = \prod_{i=1}^4 W_{LHI_i} C_{LHI_i} \quad (1)$$

式中,LHI为景观健康指数(landscape health index),  $W_{LHI_i}$ 为第*i*指标的一级权重值,  $C_{LHI_i}$ 为第*i*指标的等级量化值。

表3 额济纳天然绿洲景观健康评价的生态环境指标(EED)标准

Table 3 Criteria for eco-environmental indicators of landscape health assessment on Ejin natural oasis

指标 Code	指标标准分级 Criteria types				
	稳定的 Sustainable	良好的 Stable	退化的 Degraded	濒危的 Severely ill	极危的 Most risky
E <sub>1</sub>	普遍 Widely	局部 Partially	局部 Partially	大部 Mostly	普遍 Widely
E <sub>2</sub>	改善现象非常明显 Clearly improved	改善现象明显 Improved	略有退化 Partially degraded	退化现象明显 Degraded	退化现象非常明显 Clearly degraded
E <sub>3</sub>	次数、强度 Times Intensity	次数—或、强度—或 —;次数 或、强度— 或、但危害程度 <sup>1)</sup>	次数—强度—;次数 —、强度—,但危 害程度— <sup>2)</sup>	次数—或、强度—或 ;次数 或、强度— 或、但危害程度 <sup>3)</sup>	次数、强度 Times intensity
E <sub>4</sub>	显著 Clearly		略有下降		显著 Clearly

—不变、稳定 Changeless; 增加、升高、加重 Increasing; 减少、降低、减轻 Decreasing; 1) Times —or ,and intensity or —;times or ,and intensity or ,but damage ;2) Times and intensity —,times or ,and intensity or ,but damage; 3) Times or —,and intensity —or ,times or ,and intensity or ,but damage .

表4 额济纳天然绿洲景观健康评价的社会经济指标(SED)标准

Table 4 Criteria for social-economic indicators of landscape health assessment on Ejin natural oasis

指标 Code	指标标准分级 Criteria types				
	稳定的 Sustainable	良好的 Stable	退化的 Degraded	濒危的 Severely ill	极危的 Most risky
S <sub>1</sub>	没有生态难民,也不存在潜在生态难民问题 <sup>1)</sup>	没有生态难民,但存在潜在的生态难民问题 <sup>2)</sup>	出现生态难民,但数量较少 <sup>3)</sup>	生态难民出现,数量较多,且有增加趋势 <sup>4)</sup>	生态难民问题突出,难民数量急剧增加 <sup>5)</sup>
S <sub>2</sub>	显著 Clearly		略有 Little		显著 Clearly
S <sub>3</sub>	< - 20.0 %	- 20.0 % ~ 0	0 ~ 10.0 %	10.0 % ~ 20 %	> 20.0 %
S <sub>4</sub>	显著 Clearly		略有 Little		显著 Clearly
S <sub>5</sub>	< - 20.0 %	- 20.0 % ~ 0	0 ~ 10.0 %	10.0 % ~ 20 %	> 20.0 %
S <sub>6</sub>	显著 Clearly	缓慢 Slowly	略有 Little	缓慢 Slowly	显著 Clearly
S <sub>7</sub>	同上 As above	同上 As above	同上 As above	同上 As above	同上 As above
S <sub>8</sub>	同上 As above	同上 As above	同上 As above	同上 As above	同上 As above
S <sub>9</sub>	同上 As above	同上 As above	同上 As above	同上 As above	同上 As above
S <sub>10</sub>	同上 As above	同上 As above	同上 As above	同上 As above	同上 As above

增加、升高 Increasing; 减少、降低 Decreasing; 1) None ecological refugee without such potential problems; 2) None ecological refugee but with such potential problems; 3) Few ecological refugee; 4) Many increasing ecological refugee; 5) Much many increasing ecological refugee.

LHI<sub>i</sub>为第*i*个评价指标的景观健康指数值,LHI<sub>1</sub>至LHI<sub>4</sub>分别对应为景观变化指标、生物物理指标、生态环境指标和社会经济指标的景观健康指数值各相应指数的计算公式分别为:

$$LHI_1 = \prod_{i=1}^{13} W_{Li} \cdot C_{Li} \quad (2)$$

$$LHI_2 = \prod_{k=1}^8 W_{Bk} C_{Bk} \quad (3)$$

$$LHI_3 = \prod_{m=1}^{10} W_{Em} C_{Em} \quad (4)$$

$$LHI_4 = \prod_{n=1}^{10} W_{Sn} C_{Sn} \quad (5)$$

式中, $L_i$ 、 $B_k$ 、 $E_m$ 、 $S_n$ 分别代表景观变化指标  $L_1 \sim L_{13}$ 、生物物理指标  $B_1 \sim B_8$ 、生态环境指标  $E_1 \sim E_4$ 以及社会经济指标  $S_1 \sim S_{10}$ ,  $LHI_1$ 、 $LHI_2$ 、 $LHI_3$ 、 $LHI_4$ 分别为各相应指标的景观健康指数值,  $W_{L_j}$ 、 $W_{B_k}$ 、 $W_{E_m}$ 、 $W_{S_n}$ 分别为各自第*j*、*k*、*m*、*n*指标的二级权重值,  $C_{L_j}$ 、 $C_{B_k}$ 、 $C_{E_m}$ 、 $C_{S_n}$ 分别表示第*j*、*k*、*m*、*n*指标的等级量化值。

2.5 评价指标权重

各项评价指标权重主要采用专家打分法确定。基于从事绿洲科学研究的各位科研人员以及当地相关各专业部门专家的综合咨询,并结合研究区近十多年来景观动态演化特征分析,集思广义,最终确定各项评价指标的权重(表5)。指标权重赋予了其在景观健康评价中的意义。由于景观健康评价

强调在时间尺度上纵向的比较,绿洲景观健康与否主要体现在各历史时期的动态演化上,因此景观变化指标直接反映了绿洲近期的变化,最具重要性。生态环境指标反映了绿洲演化导致的直接后果;社会经济指标既反映了能够驱动景观

演化的人文驱动因素,揭示了景观演变后对社会经济的影响,故在评价景观健康时把这两项指标视为具有相同的较次重要性。由于生物物理指标作为景观发生演化的一种外在驱动因素,故赋予其较低的重要性值。

表5 额济纳天然绿洲景观健康评价指标权重

Table 5 Weight for landscape health assessment indicators on Ejin natural oasis

一级指标 Index	权重 Weight	归一化权重 Unifying weight	二级指标 Index	权重 Weight	归一化权重 Unifying weight	一级指标 Index	权重 Weight	归一化权重 Unifying weight	二级指标 Index	权重 Weight	归一化权重 Unifying weight			
景观变化指标 (LCI)	3.0	0.3750	L <sub>1</sub>	4.0	0.1429	生物物理指标 (BPI)	1.0	0.1250	B <sub>1</sub>	1.0	0.1000			
			L <sub>2</sub>	3.0	0.1071				B <sub>2</sub>	1.0	0.1000			
			L <sub>3</sub>	2.0	0.0714				B <sub>3</sub>	1.0	0.1000			
			L <sub>4</sub>	3.0	0.1071				B <sub>4</sub>	2.0	0.2000			
			L <sub>5</sub>	4.0	0.1429				B <sub>5</sub>	1.0	0.1000			
			L <sub>6</sub>	1.0	0.0357				B <sub>6</sub>	2.0	0.2000			
			L <sub>7</sub>	2.0	0.0714				B <sub>7</sub>	1.0	0.1000			
			L <sub>8</sub>	2.0	0.0714				B <sub>8</sub>	1.0	0.1000			
			L <sub>9</sub>	2.0	0.0714				社会经济指标 (SEI)	2.0	0.2500	S <sub>1</sub>	4.0	0.2353
			L <sub>10</sub>	1.0	0.0357							S <sub>2</sub>	1.0	0.0588
			L <sub>11</sub>	1.0	0.0357							S <sub>3</sub>	1.0	0.0588
			L <sub>12</sub>	1.0	0.0357							S <sub>4</sub>	2.0	0.1176
			L <sub>13</sub>	2.0	0.0714							S <sub>5</sub>	1.0	0.0588
E <sub>1</sub>	1.0	0.1667	S <sub>6</sub>	2.0	0.1176									
生态环境指标 (EEI)	2.0	0.2500	E <sub>2</sub>	2.0	0.3333	S <sub>7</sub>	2.0	0.1176						
			E <sub>3</sub>	2.0	0.3333	S <sub>8</sub>	1.0	0.0588						
			E <sub>4</sub>	1.0	0.1667	S <sub>9</sub>	1.0	0.0588						
						S <sub>10</sub>	2.0	0.1176						

在各项指标中,依据各因素的重要性分别赋值。如景观变化指标,强调河岸乔灌木和水域面积的重要性,是绿洲景观健康的主要表现,故赋予较高分值。由于绿洲景观的独特性,景观格局指数在近期变化不大,故赋予较低分值。以此类推,生物物理指标中地表径流量和地下水埋深对绿洲的演化机制具有重要作用,而其它因素(如气候)居次要地位;生态环境指标则强调沙尘暴和景观质量的重要性;社会经济指标涉及范围较广、指标数量较多,将人类社会经济活动会对绿洲演变造成潜在危害的指标以及景观的演变会导致社会经济严重后果的指标作为重要的因素来对待,其它则相对次之。

### 3 结果与分析

基于额济纳天然绿洲景观健康评价指标标准以及各项评价指标所属的等级级别及其相应的等级量化值,利用综合评判法求得额济纳天然绿洲景观健康评价各项评价结果见表6和表7,从中可知,绿洲的景观健康指数LHI为0.3042,健康等级紧邻“濒危的”级别。其中,景观变化指标、生物物理指标、生态环境指标以及社会经济指标的健康指数分别为0.3142、0.2400、0.2667和0.3587,均于健康等级序列中“濒危的”与“极危的”级别之间上下徘徊。

表6 额济纳天然绿洲景观健康各项指标评价结果

Table 6 Results for landscape health assessment indicators on Ejin natural oasis

一级指标 Index	二级指标 Index	$W_{Lj}$	$C_{Lj}$	$LHI_{Lj}$	一级指标 Index	二级指标 Index	$W_{Lj}$	$C_{Lj}$	$LHI_{Lj}$				
景观变化指标 (LCI)	L <sub>1</sub>	0.1429	0.1	0.0143	生物物理指标 (BPI)	B <sub>1</sub>	0.1000	0.5	0.0500				
	L <sub>2</sub>	0.1071	0.5	0.0536		B <sub>2</sub>	0.1000	0.5	0.0500				
	L <sub>3</sub>	0.0714	0.5	0.0357		B <sub>3</sub>	0.1000	0.7	0.0700				
	L <sub>4</sub>	0.1071	0.1	0.0107		B <sub>4</sub>	0.2000	0.1	0.0200				
	L <sub>5</sub>	0.1429	0.1	0.0143		B <sub>5</sub>	0.1000	0.1	0.0100				
	L <sub>6</sub>	0.0357	0.5	0.0179		B <sub>6</sub>	0.2000	0.1	0.0200				
	L <sub>7</sub>	0.0714	0.1	0.0071		B <sub>7</sub>	0.1000	0.1	0.0100				
	L <sub>8</sub>	0.0714	0.5	0.0357		B <sub>8</sub>	0.1000	0.1	0.0100				
	L <sub>9</sub>	0.0714	0.5	0.0357		社会经济指标 (SEI)	LHI <sub>2</sub>			0.2400			
	L <sub>10</sub>	0.0357	0.5	0.0179						S <sub>1</sub>	0.2353	0.3	0.0706
	L <sub>11</sub>	0.0357	0.5	0.0179						S <sub>2</sub>	0.0588	0.1	0.0059
	L <sub>12</sub>	0.0357	0.5	0.0179						S <sub>3</sub>	0.0588	0.3	0.0176
	L <sub>13</sub>	0.0714	0.5	0.0357						S <sub>4</sub>	0.1176	0.7	0.0823
E <sub>1</sub>	0.1667	0.3	0.0500	S <sub>5</sub>	0.0588					0.1	0.0059		
生态环境指标 (EEI)	E <sub>2</sub>	0.3333	0.3	0.1000	S <sub>6</sub>	0.1176	0.5	0.0588					
	E <sub>3</sub>	0.3333	0.3	0.1000	S <sub>7</sub>	0.1176	0.3	0.0353					
	E <sub>4</sub>	0.1667	0.1	0.0167	S <sub>8</sub>	0.0588	0.1	0.0059					
					S <sub>9</sub>	0.0588	0.3	0.0176					
	LHI <sub>3</sub>			0.2667	S <sub>10</sub>	0.1176	0.5	0.0588					
					LHI <sub>4</sub>			0.3587					

评价结果表明,近十多年来绿洲景观的健康状况日趋下降,生态环境遭到巨大的胁迫,绿洲正处于严重的“病态”。绿洲景观的这种灾难性演化特征,如果不采取有效的措施,恢复其原有的绿洲景观格局和功能,则民间目前广为流传的“额济纳将有可能成为第二个罗布泊”、“额济纳绿洲是巴丹吉林沙漠的后备源地”等说法将会在短时间内成为现实。

表7 额济纳天然绿洲景观健康评价结果

Table 7 Results for landscape health assessment on Ejin natural oasis

景观健康指数 Landscape health index	指数 Index	$W_{LHI_1}$	$C_{LHI_1}$	LHI <sub>1</sub>
LHI = 0.3042	LHI <sub>1</sub>	0.3750	0.3142	0.1178
	LHI <sub>2</sub>	0.1250	0.2400	0.0300
	LHI <sub>3</sub>	0.2500	0.2667	0.0667
	LHI <sub>4</sub>	0.2500	0.3587	0.0897

## 5 结 语

景观健康状况与否主要体现在其历史时期的动态演化上,所以强调景观变化指标在景观健康评价中相对于其他指标的重要性;生态环境指标反映了绿洲演化导致的直接后果,社会经济指标既反映了能够驱动景观演化的人文驱动因素且揭示了景观演变后对社会经济的影响,故在评价景观健康时把这两项指标视为具有相同的较次要重要性;由于生物物理指标作为景观发生演化的一种外在的驱动因素,故赋予其较低的重要性值。

运用综合评判法,得出额济纳天然绿洲景观近十多年来总体的景观健康指数LHI为0.3042,健康等级紧邻“濒危的”级别。评价结果表明,近十多年来研究区的景观健康状况与较早时期相比,趋于恶化,发展态势表现出严重的不可持续性。

虽然绿洲景观已退化为“濒危的”绿洲,但其目前并未演化到无法救治的“极危”程度。绿洲出现如此严重的生态危机,黑河中、上游入境水量的逐年锐减是根本原因。随着“黑河流域水管理局”的成立,每年能够有计划地从黑河中、上游地区向绿洲输送一定的水资源,使得绿洲的退化趋势受到一定的扼制。若想根本改变绿洲的退化,走出濒危的困境,实现可持续发展,必须合理地、科学地调配黑河上、下游的水资源,充分发挥有限水资源的潜力,对绿洲景观重新进行景观生态规划、布局和建设。这才是绿洲摆脱退化、走向可持续发展的唯一出路。

## 参考文献

- Bertollo P. 1998. Assessing ecosystem health in governed landscapes: A framework for developing core indicators. *Ecosyst Health*, 4(1): 33 ~ 51

- Bertollo P. 2001. Assessing landscape health: A case study from Northeastern Italy. *Environ Man*, 27(3): 349 ~ 365
- Cao Y(曹宇), Hasbagan(哈斯巴根), Song D-M(宋冬梅). 2002. A review on the concept, characteristic and assessment of landscape health. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 13(11): 1511 ~ 1515(in Chinese)
- Cao Y(曹宇), Xiao D-N(肖笃宁), Ouyang H(欧阳华), et al. 2004. Analysis of landscape change drivers in the Ejin natural oasis. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, 24(9): 1895 ~ 1902(in Chinese)
- Cao Y(曹宇), Ouyang H(欧阳华), Xiao D-N(肖笃宁), et al. 2005. Landscape change and its eco-environmental effects in Ejin natural oasis. *Geogr Res(地理研究)*, 24(1): 130 ~ 139(in Chinese)
- Chen C-D(陈昌笃). 1994. Landscape conservation and red book for threatened landscapes. *Chin Biodiv(生物多样性)*, 2(3): 177 ~ 180(in Chinese)
- Chen G(陈高), Dai L-M(代力民), Fan Z-H(范竹华). 2002. On forest ecosystem health and its evaluation. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 13(5): 605 ~ 610(in Chinese)
- Costanza R, Norton B, Haskell B. 1992. *Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management*. Washington, DC: Island Press.
- Cui B-S(崔保山), Yang Z-F(杨志峰). 2002. Establishing an indicator system for ecosystem health evaluation on wetlands I. A theoretical framework. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, 22(7): 1005 ~ 1011(in Chinese)
- Cui B-S(崔保山), Yang Z-F(杨志峰). 2002. Establishing an indicator system for ecosystem health evaluation on wetlands II. An application. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, 22(8): 1231 ~ 1239(in Chinese)
- Cui B-S(崔保山), Yang Z-F(杨志峰). 2001. Research review on wetland ecosystem health. *Chin J Ecol(生态学杂志)*, 20(3): 31 ~ 36(in Chinese)
- Cui H-T(崔海亭). 2001. Landscape pollution: A problem need to be solved urgently. *Chin J Ecol(生态学杂志)*, 20(3): 60 ~ 62(in Chinese)
- Ferguson BK. 1994. The concept of landscape health. *J Environ Man*, 40: 129 ~ 137
- Fu B-J(傅伯杰), Liu S-L(刘世梁), Ma K-M(马克明). 2001. The contents and methods of integrated ecosystem assessment. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, 21(11): 1885 ~ 1892(in Chinese)
- Kong H-M(孔红梅), Zhao J-Z(赵景柱), Ma K-M(马克明). 2002. Assessment method of ecosystem health. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 13(4): 486 ~ 490(in Chinese)
- Kristjanson LJ, Hobbs RJ. 2001. Degrading landscapes: Lessons from Palliative care. *Ecosyst Health*, 7(4): 203 ~ 213
- Li J(李瑾), An S-Q(安树青), Cheng X-L(程小莉). 2001. Advances of assessment of ecosystem health. *Acta Phytoecol Sin(植物生态学报)*, 25(6): 641 ~ 647(in Chinese)
- Ma K-M(马克明), Kong H-M(孔红梅), Guan W-B(关文彬). 2001. Ecosystem health assessment: Methods and directions. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, 21(12): 2106 ~ 2116(in Chinese)
- O'Neill RV, Riitters KH, Wickham JD, et al. 1999. Landscape pattern metrics and regional assessment. *Ecosyst Health*, 5(4): 225 ~ 233
- Patil GP, Brooks RP, Myers WL, et al. 2001. Ecosystem health and its measurement at landscape scale: Toward the next generation of quantitative assessments. *Ecosyst Health*, 7(4): 307 ~ 316
- Rapport DJ, Gaudett C, Calow P. 1995. *Evaluating and Monitoring the Health of Large Scale Ecosystems*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Rapport DJ, Gaudett C, Karr JR, et al. 1998. Evaluating landscape health: Integrating societal goals and biophysical process. *J Environ Man*, 53: 1 ~ 15
- Yuan X-Z(袁兴中), Liu H(刘红), Lu J-J(陆健健). 2001. Assessment of ecosystem health: Concept framework and indicators selection. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 12(4): 627 ~ 629(in Chinese)
- Zeng D-H(曾德慧), Jiang F-Q(姜凤岐), Fan Z-P(范志平). 1999. Ecosystem health and sustainable development for human. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 10(6): 751 ~ 756(in Chinese)

作者简介 曹宇,男,1976年生,博士后,主要从事景观生态学、生态系统综合评价等方面的研究。E-mail: caoyu@igsrr.ac.cn