

# 宁夏盐池县四儿滩湿地交错带判定及变化分析

王冠琪, 张克斌, 王志述

(北京林业大学 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 根据生态交错带变化对周围环境变化具有一定指示作用的原理, 利用游动分割窗技术对宁夏盐池四儿滩湿地交错带进行判定, 并结合样方植被调查、生物多样性指数、降雨量等因素分析了交错带变化情况。结果表明, 游动分割窗技术适用于四儿滩湿地交错带判定, 适宜窗口宽度为 8 个样方; 2006—2013 年的交错带判定结果发现, 2007 年湿地宽度最大, 距湿地中心距离最远, 健康状况最好。之后几年各项指数呈逐年下降趋势, 湿地健康状况逐年变差, 其变差的原因是 2008 年高铁建设截断了湿地上游水源补给。因此, 在注重经济发展的同时, 要尽量少破坏地表径流系统, 以利于湿地长远发展。研究表明, 在西北半干旱区湿地健康评价和退化研究中, 通过交错带的变化来反映整个湿地生态系统健康状况是一种可行的思路和方法。

**关键词:** 湿地; 交错带; 游动分割窗技术

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2014)03-0160-06

中图分类号: Q948.154

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.031

## Judgement and Analysis of Interlaced Zone in Siertan Wetland, Yanchi County, Ningxia Hui Autonomous Region

WANG Guan-qi, ZHANG Ke-bin, WANG Zhi-shu

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification

Combating of the Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** By the theory that change of interlaced zone can indicate change of its environment, the moving split-window technique was applied to the judgment of interlaced zone located in Siertan wetland, Yanchi County, Ningxia Hui Autonomous Region to confirm the causes of wetland changes. Besides, certain indexes like vegetation survey, biodiversity index and rainfall were also used for the analysis of changes of interlaced zone. The technique was suitable for judging the interlaced zone boundary of the Siertan wetland and the relative appropriate window width was found to be 8 quadrats. Meanwhile, the judgement results for the interlaced zone in the Siertan wetland showed that the wetland had the largest interlaced zone width, which was far away from the center of wetland under better conditions in 2007. However, all the indexes decreased with the increase of time from 2008 to 2013, and the conditions of wetland became worst gradually. It was the construction of railway in 2008 that truncated stream water supply, which led to the shrunk of the wetland. Therefore, it is beneficial to protect surface runoff system in developing economy so as to prompt the permanent development of wetland. It can also provide new solutions and ideas to find and solve protection and improvement problems of wetlands in semi-arid region.

**Keywords:** wetland; interlaced zone; moving split-window technique

生态交错带是生态系统中生物及其生态环境出现不连续的区间, 通常比两侧的区间范围要狭窄, 广泛存在于生态区域<sup>[1]</sup>、生物群区<sup>[2-3]</sup>、群落<sup>[4]</sup>等各级别尺度水平中。生态交错带的变化是对周围环境变化

的响应, 对其位置和宽度的判定是该领域研究的重要课题之一, 不同的尺度水平有不同的研究方法, 较为成熟的方法有基于相异系数的群落结构分析法<sup>[5]</sup>、环境梯度上的  $\beta$  多样性分析法<sup>[6]</sup>、分类排序法<sup>[7]</sup> 等, 其

收稿日期: 2013-10-31

修回日期: 2013-11-20

资助项目: 国家自然科学基金项目“半荒漠湿地植被群落时空分布特征研究”(30771764)

作者简介: 王冠琪(1990—), 男(汉族), 山西省长治市人, 硕士研究生, 研究方向为水土保持与荒漠化防治。E-mail: a334001576@126.com。

通信作者: 张克斌(1957—), 男(汉族), 陕西省兴平市人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事荒漠化防治研究。E-mail: etcccd@126.com。

中,游动分割窗技术是一种基于相异系数的群落结构分析法,从 20 世纪 80 年代开始广泛应用于群落交错带的判定中<sup>[8]</sup>。

湿地作为一种特殊的生态系统,是人类重要的生存环境和自然界最富生物多样性的生态景观之一<sup>[9]</sup>,尤其在中国西北半干旱地区,宝贵的湿地资源对于维持区域生态平衡起着极其重要的作用。近年来,随着人类大规模的经济建设,忽略了对生态环境的保护,西北地区湿地生态系统呈现逐年萎缩的态势。本文利用游动分割窗技术,对宁夏盐池四儿滩湿地交错带进行判定,探究湿地变化因素,以期为西北半干旱区湿地恢复提供理论依据。

## 1 研究区概况

盐池县位于宁夏回族自治区东部,地理坐标为北纬  $7^{\circ}04' - 38^{\circ}10'$ ,东经  $106^{\circ}30' - 107^{\circ}41'$ ,北与毛乌素沙地相连,南靠黄土高原,属于一个典型的过渡地带。盐池县主要为剥蚀的准平原地形,地势南高北低,海拔 1 295~1 951 m,南北明显分为黄土丘陵和鄂尔多斯缓坡丘陵 2 大地貌单元。属于典型中温带大陆性气候,年均气温  $8.1^{\circ}\text{C}$ ,极端最高温  $34.9^{\circ}\text{C}$ ,极端最低温  $-24.2^{\circ}\text{C}$ ,年均无霜期 165 d,年降水量仅 250~350 mm。土壤类型以灰钙土为主。

研究区位于盐池县城南 8 km 处的四儿滩湿地,湿地面积  $10\text{ hm}^2$  左右,隶属于哈巴湖国家级自然保护区,湿地类型属于沼泽湿地,地势低洼,水面面积受降雨量和外围季节性河流汇流影响较大,季节性积水特征明显,近年来对四儿滩湿地采取的措施主要是围栏禁牧。根据植物生活型、植被分布特征,将湿地由中心区向外围依次划分为湿生带、交错带、旱生带,样线从湿地中心依次向外辐射跨越湿生带、交错带和旱生带,共布设东、南、西、北 4 个样线。

## 2 材料及方法

### 2.1 试验设计

结合国家荒漠化定位监测项目,以四儿滩湿地中心为研究起点(固定水泥桩与 GPS 定位相结合),于 2006—2013 年每年的 7 月进行外业调查。调查采用样方法,由湿地中心向东、西、南、北 4 个方向辐射样线做样方调查,样方采取  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ ,样方间距 20 m,样方依次跨越湿生带、交错带直至旱生带。采样内容包括:植被名称、植被高度、植被株数、植被盖度、生物量。每个样方旁边进行土样采集,取土采用环刀法,共取 3 层土,分别为:0—10,10—20,20—30 cm 各取一次,土壤水分测定采用烘干法( $105^{\circ}\text{C}$ ,24 h)。

### 2.2 多样性指数

(1) 多样性指数。采用 Shannon—Wiener 多样性指数:

$$S_w = -\sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i) \quad (1)$$

式中: $S_w$ ——Shannon—Wiener 多样性指数; $P_i = N_i/N$ , $N$ ——一定区域内所有样方植物重要值的总和; $N_i$ ——样方中第  $i$  种植物的重要值; $P_i$ ——样方中第  $i$  种植物的重要值比例; $S$ ——研究范围内的物种数。

(2) 重要值计算公式:

$$\text{重要值} = (\text{相对多度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度} + \text{相对高度} + \text{相对生物量})/5 \quad (2)$$

### 2.3 交错带边界判定方法

本文以植被重要值(以样方为测度基本单位)和土壤含水量(以样方为测度基本单位)为测度依据,以游动分割窗技术为研究方法,以平方欧氏距离(SED)为具体计算公式,对四儿滩湿地进行交错带边界判定。

游动分割窗技术原理如下:设置具有偶数取样点的窗体平均分割为两个半窗体 A 和 B,计算 A 和 B 之间的相异系数,然后将窗体向右滑动一个取样点,再次计算半窗体间的相异系数,直到右半窗体端点达到最后一个取样点为止,最后依据相异系数和样方作出曲线图,根据曲线陡峭程度和波峰波谷位置判断交错带的宽度、位置。详细技术方法参见文献<sup>[10]</sup>。

平方欧氏距离(SED)计算公式:

$$\text{SED}_{m_w} = \sum_{i=1}^m (X_{iAw} - X_{iBw})^2 \quad (3)$$

式中: $\text{SED}_{m_w}$ ——窗体为  $n$  时的平方欧氏距离; $X_{iAw}$ , $X_{iBw}$ ——A 半窗体和 B 半窗体在参数为  $i$  时的值(本文指样方重要值或者样方含水量); $m$ ——窗体变量数。

## 3 结果与分析

### 3.1 交错带边界和宽度的判定

3.1.1 分割窗大小对交错带边界判定的影响 图 1 是 2010 年四儿滩湿地南样线采用不同窗口宽度绘制的样方—平方欧氏距离分布图,从图 1a 可以看出,当窗口宽度为 4 时,曲线波动较大,出现了 6 个波峰,干扰了交错带边界值的判定;图 1b 中,当窗口宽度为 6 时,曲线相对于 1a 较平缓,但仍出现了 4 个波峰,窗口宽度的选定仍未达到理想值;图 1c 中,曲线平滑,可以很直观地看出交错带边界位置;从图 1d, 1e, 1f 中可以看出,曲线更加平滑,但是最大波峰的幅度逐

渐增大,放大了边界带宽度,灵敏度下降,影响交错带边界判定。图 2 是窗口宽度为 8 时,东、西样线的样方—平方欧氏距离分布图。由图 2 中可见,SEO 曲

线平滑,交错带边界清晰,这说明,游动分割窗技术可以应用在半干旱区湿地生态交错带的判定,且窗口宽度定为 8 最合适。

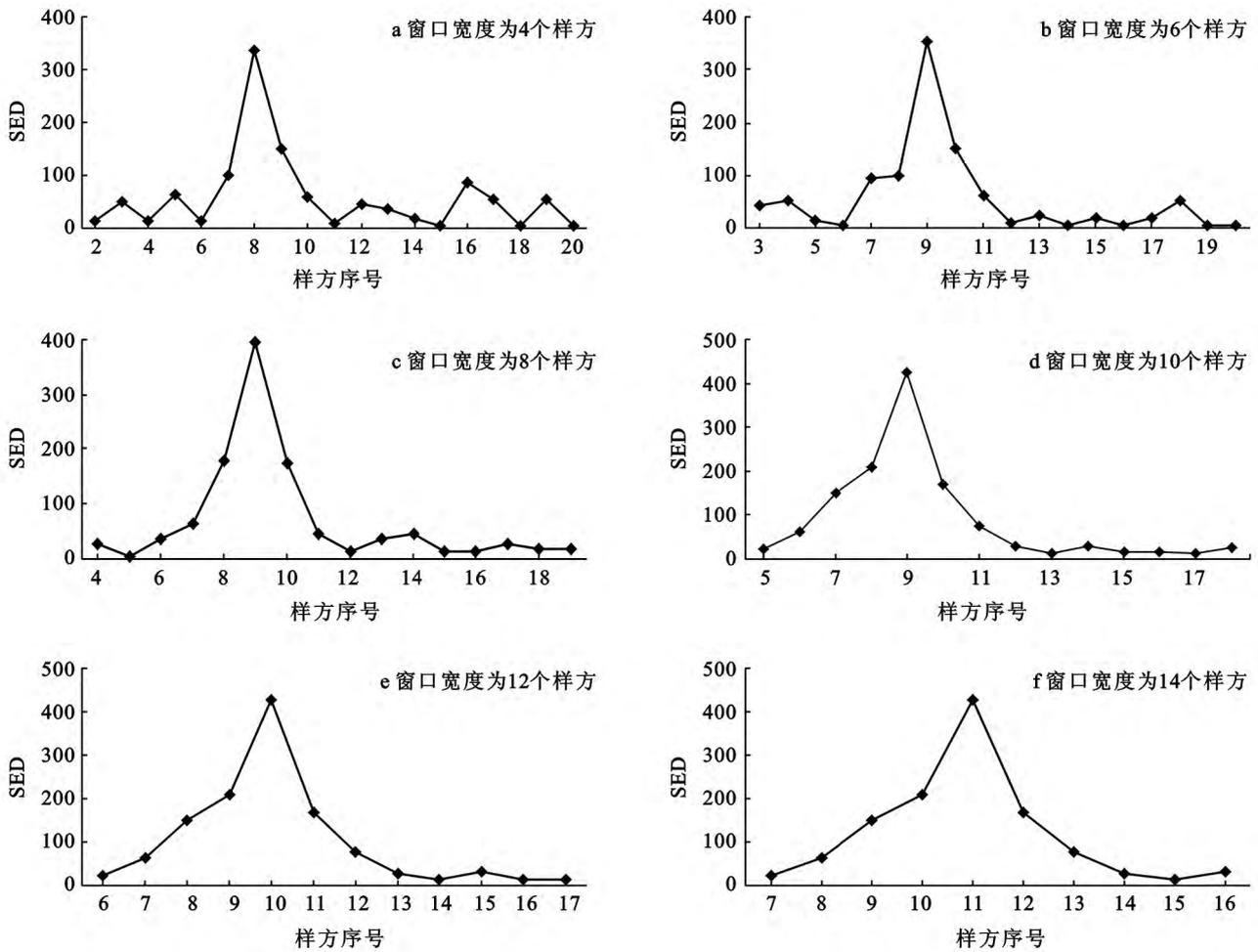


图 1 南样线不同窗口宽度的平方欧氏距离 (SED)

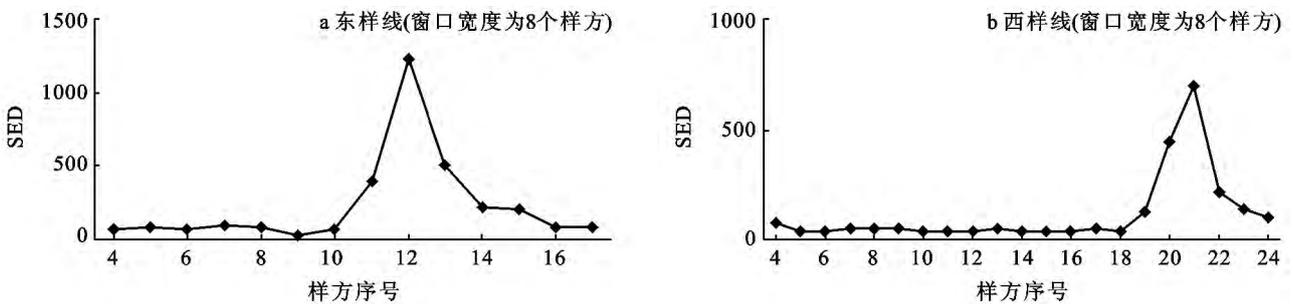


图 2 东、西样线不同窗口宽度的平方欧氏距离 (SED)

3.1.2 判定结果分析 从图 1c 可知,当窗口宽度为 8 时,SED 距离函数出现了一个明显的大峰值,根据游动分割窗技术原理可知,明显大峰值的出现说明了研究区出现一个生态交错带,峰值出现点即为交错带所在位置,根据半峰宽度法判定<sup>[11]</sup>,交错带的位置在样方 8—10,由于样方间距为 20 m,交错带宽度约为 40 m。交错带以左为湿生带,范围为样方 1—7,宽度

约为 150 m;交错带以右为旱生带。根据 SED 函数曲线越陡,峰宽越窄,交错带过渡越明显的原理<sup>[6]</sup>,本研究区大峰值明显、陡峭,峰宽相对于湿生带和旱生带来看,仅有 40 m 宽,因此可以判定本研究区生态交错带过渡明显。

从实地样方植被调查表(表 1)中可以看出,湿生带(样方 1—7)植被比较单一,以盐爪爪和碱蓬为主,

这两种植物均是湿生耐盐碱植被;交错带(样方 8—10)不仅出现了交错带独有的芦苇、芨芨草等湿生植被,而且出现了苦豆子、刺沙蓬等干草原植被;而到了旱生带(样方 11 以后),出现的植被类型均为旱生植

物,包括苦豆子、刺沙蓬、达乌里胡枝子等。植被类型沿样线的变化与运用游动分割窗技术确定的“三带”相吻合,这从侧面印证了游动分割窗技术在干旱区湿地研究中对交错带判定的准确性。

表 1 四儿滩湿地南样线样方植被分布

样方编号	植物名称	生物生态特征
1—7	盐爪爪( <i>Kalidium foliatum</i> ) 碱蓬( <i>Suaeda glauca</i> )	湿生植被,耐盐碱
8—10	芨芨草( <i>Achnatherum splendens</i> ) 芦苇( <i>Phragmites australis</i> ) 刺沙蓬( <i>Salsola ruthenica</i> ) 苦豆子( <i>Sophora alopecuroides</i> ) 苦豆子( <i>Sophora alopecuroides</i> ) 刺沙蓬( <i>Salsola. ruthenica</i> ) 达乌里胡枝子( <i>Lespedeza davurica</i> ) 赖草( <i>Leymus secalinus</i> )	芨芨草和芦苇为湿生植物,在交错带较为常见;刺沙蓬、苦豆子为旱生植物,在干旱—半干旱区较为常见
11—20	刺沙蓬( <i>Salsola ruthenica</i> ) 达乌里胡枝子( <i>Lespedeza davurica</i> ) 西伯利亚蓼( <i>Polygonum sibiricum</i> ) 丝叶山苦荬( <i>Ixeris chinensis</i> ) 乳浆大戟( <i>Euphorbia esula</i> )	均为干旱—半干旱区常见的旱生植物

### 3.2 交错带位置变化及植被多样性分析

本文以四儿滩湿地南样线为研究对象,以重要值、土壤含水量为测度依据,运用游动分割窗技术,判定 2006—2013 年四儿滩湿地交错带宽度、位置,并通过  $\alpha$  多样性指标(Shannon—Wiener 多样性指数)以

及降雨量情况,对湿地生态系统健康状况进行评价。

由表 2 可知,以重要值为测度依据计算的交错带宽度和以土壤含水量为测度依据计算的交错带宽度变化趋势一致,均是先上升后下降,2007 年达到最大,之后几年持续下降。

表 2 2006—2013 年四儿滩湿地交错带变化情况

项目	测度依据	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
交错带宽度	重要值	40	90	80	60	40	30	20	20
交错带距湿地中心距离	重要值	20	260	180	160	140	100	80	70
交错带宽度	土壤含水量	40	80	70	60	40	40	30	20
交错带距湿地中心距离	土壤含水量	30	240	200	160	140	120	100	100
Shannon—Wiener 多样性指数	—	2.969	3.151	2.852	2.929	2.742	2.563	2.425	2.387
年降水量	—	216.5	287.7	266.7	280.7	248.4	352.6	308.4	285.3
5—8 月降水量	—	158.4	150.4	137.1	221.4	150.1	175.4	218.7	173.8

交错带距湿地中心的距离变化趋势为先上升后下降,2007 年达到最大,之后的年份呈持续下降趋势。

Shannon—Wiener 多样性指数的变化趋势与交错带宽度、交错带距湿地中心距离的变化趋势几乎一致,均是先上升后下降。

根据交错带的变化对生态环境变化具有一定指示作用的原理。通过对四儿滩湿地交错带近几年的变化进行分析可知:2007 年交错带宽度达到最大值,这得益于 2006 年哈巴湖自然保护区的级别从自治区

保护区提高至国家级保护区,人为保护力度加大,当地政府对四儿滩湿地采取了围栏禁牧等多方面的保护措施,再加上 2007 年降水量相对较大。反映到植被多样性变化上,以一年生草本植物居多的四儿滩湿地生物多样性指数也有了显著增加。多方面因素共同促进了四儿滩湿地交错带宽度在 2006—2007 年的大幅度增长,湿地水域面积扩大,交错带向旱生区推移,生态系统健康状况也达到最高水平。然而,到了 2008 年,湿地上游由于新建高铁项目,截断了水源供

给,当年降水量也较往年低,由于水源补给是恢复湿地的最主要因素,因此从 2008 年以后,在缺少水源供给的情况下,交错带宽度逐年减少,即使 2011,2012 年降水量达到 300 mm 以上(尤其是 2012 年,生长季降水量达到了 218.7 mm),仍然无法扭转四儿滩湿地退化的局面。反映到生物多样性变化上,Shannon—Wiener 多样性指数已不随着降雨量的变化而变化,而是从 2008 年之后持续变小。

运用 SPSS 软件对交错带宽度、交错带距湿地中心距离、SW 多样性指数、年降水量、生长季降水量进行相关性分析,结果表明,以重要值为计测依据计算出的交错带宽度( $SED_1$ )与以土壤含水量为计测依据计算出的交错带宽度( $SED_2$ )之间相关性显著(表 3),在 0.01 水平上相关系数为 0.962,以重要值为计测依据计算出的交错带距中心区距离( $L_1$ )与以土壤含水量为计测依据计算出的交错带距中心区距离( $L_2$ )之间相关性显著,在 0.01 水平上相关系数为 0.984。从图 3 中可以更直观地看出两者变化的一致性,这表明

以游动分割窗技术为工具,运用不同的计测指标得出的交错带宽度、交错带距中心区距离变化趋势具有一致性,侧面验证了游动分割窗技术在半干旱地区湿地生态交错带判定中的适用性。交错带宽度与 SW 生物多样性指数之间相关系数显著,其中, $SED_1$  与 SW 之间相关性较高,相关系数为 0.881。这是由于二者计算依据都是植被重要值,由于植被重要值是衡量植被生长状况的综合指标,因此,植物多样性指数的高低一定程度上决定了生态交错带宽度的大小。生态交错带宽度与年降水量、生长季降水量之间的相关性较差,这说明在蒸发量大的半干旱地区,湿地的恢复很大程度上取决于湿地周围环境水资源的变化,即外部水源补给的变化。2008 年修建高铁截断上游水源补给是造成四儿滩湿地退化的主要原因,而降水量大小虽然与湿地健康状况有直接关系,但并不是影响湿地恢复的决定性因素。由表 1 也可以看出,2011,2012 年年降水量均达到了 300 mm 以上,但湿地面积仍然继续萎缩。

表 3 交错带各指标间相关关系

指标	$SED_1$	$L_1$	$SED_2$	$L_2$	SW	年降水量	生长季降水量
SED1	1						
$L_1$	0.859**	1					
SED2	0.962**	0.833*	1				
$L_2$	0.806*	0.984**	0.813*	1			
SW	0.881**	0.572	0.797*	0.458	1		
年降水量	0.204	0.148	0.104	0.229	0.474	1	
生长季降水量	0.329	0.535	0.358	0.533	0.360	0.341	1

注:双尾  $t$  检验概率; \*\* 表示在 0.01 水平上显著相关; \* 表示在 0.05 水平上显著相关。

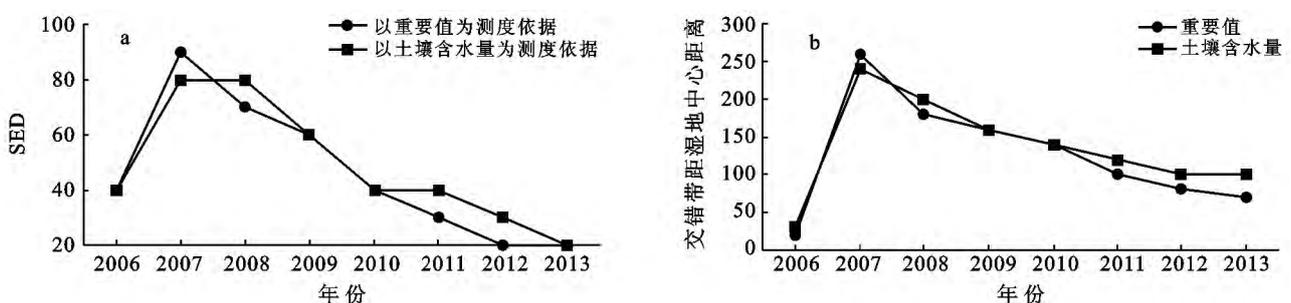


图 3 不同测度依据时的交错带宽度、位置对比

## 4 结论

(1) 在运用游动分割窗技术进行交错带判定时,窗口宽度的大小是决定判定准确性的关键因素,窗口宽度太大,难以体现相对同质的群落区间,灵敏度下降,会放大交错带宽度范围,影响判定的准确性;窗口宽度太小,灵敏度太强,容易出现多个波峰噪音干扰,

影响判定。关于窗口大小的判定,不同的研究区域不尽相同,黄欣颖等<sup>[12]</sup>在对河北沽源草地的研究中认为窗口宽度定为 10~14 较为合适;周洪华等<sup>[13]</sup>在对伊犁乌孙山北坡植被垂直分布格局的研究中认为窗口宽度定为 8~10 较为合适;石培礼<sup>[11]</sup>在对岷江冷杉林线附近交错带判定的研究中认为窗口宽度定为 8~12 较为合适;于大炮等<sup>[14]</sup>在对长白山北坡各植被

带群落交错带判定的研究中认为窗口宽度定为6~10较为合适;一般而言,窗口宽度的大小取决于研究尺度的大小以及交错带过度是否明显,如若以生态区域、生物群区为研究尺度,窗口宽度宜大一些;如果以生物群落为研究尺度,窗口宽度宜小一些;另外,如果交错带过度明显,窗口宽度宜小一些;如果交错带过度不明显,窗口宽度宜大一些。本研究为保证窗口取值的准确性,在不同窗口宽度下对交错带宽度进行研究,最终确定窗口宽度为8,这与Ludwig等<sup>[15]</sup>认为窗口宽度在6~10通常不影响解释交错带位置相吻合。

(2) 交错带的变化对于生态环境变化具有指示作用,近几年四儿滩湿地交错带宽度逐渐减小,反映到湿地生态系统上,表现为湿地面积萎缩,生态系统健康状况转差。因此,通过研究交错带的变化来考量湿地系统健康状况是一种可行的研究方法。

(3) 干旱区湿地作为西北半干旱地区一种特殊的生态景观,巨大的水分蒸发量决定了其生态系统的恢复更多的依赖于周围环境的水系变化,而降雨只是影响湿地变化的部分因素,并非决定因素。当地政府在追求经济建设的同时,应更多地考虑生态景观的保护,尽量少破坏地表径流系统,以利于湿地的长远发展。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] Hansen A J, Castri F. Landscape Boundaries Consequence for Biotic Diversity and Ecological Flows[M]. New York: Springer Verlag, 1992:55-75.
- [2] Odum E P. Fundamentals of Ecology[M]. 3rd. Philadelphia: W B Saunders Co., 1971:154-186.
- [3] Walter H. Vegetation of the Earth Ecological Systems of the Geobiospher[M]. New York: Springer Verlag, 1979:189-200.
- [4] Greig-Smith P. Quantitative Plant Ecology[M]. London: Butterworth Scientific Publications, 1957: 210-242.
- [5] Fortin M J. Edge detection algorithms for two dimensional ecological data[J]. Ecology, 1994, 75(4): 956-965.
- [6] Stohlgren T J, Bachand R R. Lodgepole pine(*Pinus contorta*) ecotones in Rocky Mountain National Park[J]. Colorado, USA. Ecology, 1997, 78(2): 632-640.
- [7] Choesin D, Boeraer R E. Vegetation boundary detection: A comparison of two approaches applied to field data [J]. Plant Ecol., 2002, 158(1): 85-96.
- [8] Hill M O, Gauch H G. Detrended correspondence analysis: An improved ordination technique [J]. Vegetation, 1980, 42(1/3): 47-58.
- [9] Chen Yiyu. Chinese Wetland Research[M]. Changchun: Jilin Science Publication, 1995: 1-7.
- [10] 石培礼, 李文华. 生态交错带的定量判定[J]. 生态学报, 2002, 22(4): 586-592.
- [11] 徐文铎. 吉良的热量指数及其在中国植被中的应用[J]. 生态学杂志, 1985, 1(3): 35-39.
- [12] 黄欣颖, 邵新庆, 吕进英, 等. 基于物种重要值和土壤水分的草原群落边界判定[J]. 草地学报, 2012, 20(3): 450-455.
- [13] 周洪华, 李卫红, 陈亚宁, 等. 伊犁河流域乌孙山北坡植被垂直分布格局的定量判断[J]. 中国沙漠, 2011, 30(4): 906-912.
- [14] 于大炮, 唐立娜, 王绍先, 等. 长白山北坡植被垂直带群落交错区的定量判定[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1760-1764.
- [15] Ludwig J A, Cornelius J M. Locating discontinuities along ecological gradients[J]. Ecology, 1987, 68(2): 448-450.