

基于层次分析法的张掖市湿地生态功能研究

王清忠¹, 牛赞²

(1. 甘肃省张掖市寺大隆林场, 甘肃 张掖 734000 2. 甘肃省祁连山水源涵养林研究院, 甘肃 张掖 734000)

摘要: 基于层次分析法(AHP)对张掖市具有代表性的8个较大湿地区域进行生态功能综合研究, 结果表明: 甘肃省张掖市湿地生态功能的好坏依次排序为: 祁连冰川湿地、高山灌丛草甸湿地、黑河干支流沿岸湿地、肃南明海湿地、临泽双泉湖草本沼泽、民乐永固沼泽湿地、甘州区城郊芦苇(*Phragmites australis*)湿地、高台盐田湿地。这一结论可为张掖市湿地资源恢复、保护和可持续发展提供科学依据。

关键词: 生态功能; 层次分析法; 张掖市

中图分类号: P931.7, X171.1

文献标识码: A

人类对生态系统服务、功能及其经济的研究始于20世纪60年代中期, 并逐渐发展成为生态学与生态经济学研究的分支^[1]。如陈仲新等^[2]较为完整地研究了中国生态系统效益的价值, 欧阳志云等^[3]研究了中国陆地生态系统服务功能的价值, 更多学者则对某一地区或某一类型生态系统的服务功能价值进行了研究^[4-5]。在此基础上, 许多学者对湿地生态系统功能价值进行了研究, 成立了全球湿地经济网络(GWEN), 并召开多次国际会议。湿地生态功能研究的目的是为了科学分析湿地的生态功能, 正确处理湿地生态环境和开发利用的相互关系, 对湿地生态现状作出客观、正确的研究, 为制订合理的湿地保护对策提供依据, 提高湿地生态环境管理水平。目前, 对湿地生态功能的研究也日渐深入^[6-8], 本文基于层次分析法(AHP)对张掖市湿地功能进行研究, 以期为该张掖市湿地保护与管理提供依据。

1 研究区概况

张掖市位于甘肃省河西走廊中部(98°~101°E, 38°~42°N), 包括甘州、临泽、高台、山丹、民乐、

肃南六县区。经张掖市湿地管理局2005年调查, 张掖市土地总面积 $41.92 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 湿地总面积为 $21.04 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占土地总面积的5.02%。其中, 天然湿地面积 $19.97 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占张掖市湿地总面积的94.9%; 人工湿地总面积为 $10.71 \times 10^3 \text{ hm}^2$, 占张掖市湿地总面积的5.1%。

2 研究方法

主要采用实地调查、文献查阅和层次分析等方法进行研究。调查的内容包括湿地类型、湿地面积、湿地区域的自然条件、动物资源、植物资源、周边社会经济状况及影响湿地的主要因子等。

2.1 层次分析法

层次分析法(The Analytical Hierarchy Process, 简称AHP)是美国著名运筹学家T. L. Saaty在20世纪70年代提出的^[9]。它把人的思维过程层次化、数量化, 并用数学方法为分析和决策提供定量的依据, 事实上是一种定性与定量相结合的方法。AHP法的基本原理是把要研究的复杂问题看作一个系统, 通过对系统的多个因素的分析, 划分出各因素相互联系的有序层次; 再请专家对每一层次的各因素进

收稿日期(Received date): 2007-05-11; 改回日期(Accepted): 2007-07-22.

作者简介(Biography): 王清忠(1964-), 男, 甘肃张掖人, 硕士, 高级工程师, 主要从事森林经理和防火方面的研究[Wang Qingzhong(1964-), male, born in Zhangye, Gansu, Master high engineer, mainly engaged in forest management and fire prevention]

行客观的判断后, 给出相对重要性的定量表示, 建立数学模型, 计算出每一层次全部因素的相对重要性的权数并加以排序; 最后根据排序结果进行规划决策和选择解决问题的措施^[10]。

2.2 生态功能评分法

结合张掖市湿地的实际情况和湿地生态研究的原则, 建立生态功能研究体系, 从这个体系中确定出分类评分的参评因子, 每个参评因子对某一湿地生态功能的重要性有一定的评分标准, 然后邀请相关专家根据这个标准进行定量赋值, 最后, 建立数学模型, 计算出每个湿地综合研究指标并加以排序。

2.2.1 生态功能研究体系

如图 1 所示, 首先从湿地生态研究的原则入手, 考虑生态系统的可持续性、科学性、针对性和协调性等因素; 然后考虑湿地的研究范围, 包括湿地地表水系、湿地生态特征、湿地的微地形特征等; 最后根据湿地生态研究指标选取的原则, 考虑指标的综合性、代表性、可行性、实用性和系统性。在综合 30 多个生态研究指标基础上, 最后确定出本研究区供水功能、过滤功能、科教旅游、物质生产、面积的适应性、生境景观供应、土壤养分资源、野生生物资源 8 个因子作为分类研究的指标体系。

2.2.2 生态功能评分标准

生态功能评分标准是根据上述参评 8 因子的特

征, 将每个因子划分为 4 个等级, 并列出了每个等级的具体得分 (表 1), 以便进行各典型湿地的分类研究。

2.3 参评因子权重计算法

为了计算研究因子的相对重要性的权重, 根据前述张掖市湿地生态功能评分标准, 请专家对参评因子的重要性进行比较, 采用专家评议赋值的办法, 建立判断矩阵。在矩阵中 C_{ij} 表示第 i 个参评因子 C_i 相对于第 j 个湿地 C_j 而言的湿地生态功能重要性判断值。一般采用 1 3 5 7 9 作为标度, 其含义依次为: 两个元素一样重要, 一个元素比另一个稍微重要, 较重要, 非常重要, 绝对重要; 2 4 6 8 则为两相似判断的中间值, 表示折衷。而每个标度的倒数则有相反的意义。这样, 任何判断矩阵都应满足 $C_{ii} = 1$, $C_{ij} = 1/C_{ji}$ 。矩阵计算后要的一致性检验, 即一致性指标 CI 与平均随机一致性指标 RI 进行比较, 其值可通过查表得到; λ_{max} 为矩阵最大特征根 (实际上可归结为判断矩阵正交化, 得到正交化向量, 然后通过判断矩阵方程求出特征根), 当一致性检验结果 $CR \leq 0.1$ 时表明计算结果对原矩阵具有满意的一致性, 否则, 就需对判断矩阵进行调查, 其中某个湿地地区单项生态功能研究指标 $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$, n 为矩阵阶数, $n = 1, 2, 3, \dots, 8$, $CR = CI / RI$ 。

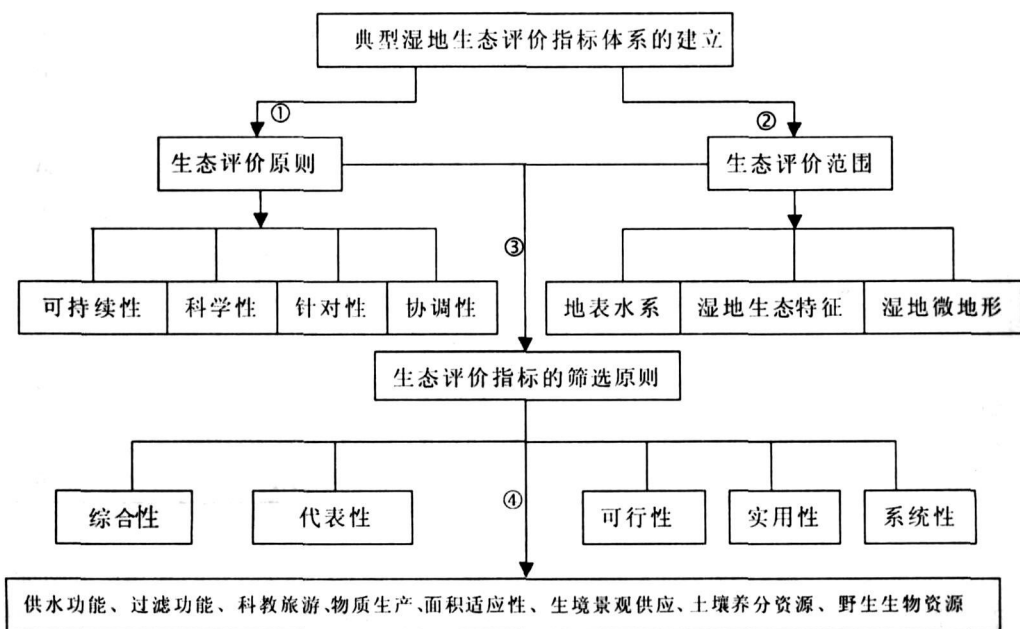


图 1 典型湿地生态研究指标体系建立流程图

Fig 1 The diagram on designing evaluation index system of typical wetlands

表 1 湿地生态功能指标评分标准

Table 1 The mark standard of ecosystem function index of wetlands

功能类型	研究指标	量 级	等级	赋分值
供水功能 C ₁	水利使用现状及潜力	工业、农业、生活水均大量利用	A	4
		农业、生活水大量利用, 工业利用少	B	3
		工业、农业或生活利用, 量少	C	2
		工业、农业或生活均不利用	D	1
过滤功能 C ₂	对 BOD、氨氮和挥发酚的综合水质恢复能力		A	4
			B	3
			C	2
			D	1
科教旅游 C ₃	科学、旅游价值	具有极高的观赏价值、科学价值	A	4
		具有较高的观赏价值、科学价值	B	3
		具有一般的观赏价值、科学价值	C	2
		基本没有观赏价值、科学价值	D	1
物质生产 C ₄	动物、植物生产力	动植物结构布局很合理, 生产力很高	A	4
		动植物结构布局较合理, 生产力较高	B	3
		动植物结构布局一般, 生产力不高	C	2
		动植物结构布局不合理, 生产力较低	D	1
面积适应性 C ₅	有效面积	大小适宜, 足以维持生态系统的结构和功能	A	4
		较适宜, 基本能维持生态系统的结构和功能	B	3
		不太适宜, 不易维持生态系统结构和功能	C	2
		很不适宜, 不能维持生态系统的结构和功能	D	1
生境景观供应 C ₆	核心区自然生境	未受侵扰, 自然生境完好	A	4
		已受轻微侵扰和破坏	B	3
		已遭受较严重破坏	C	2
		自然生境全面破坏	D	1
土壤养分资源 C ₇	土壤盐碱化与土质	几乎无盐碱化, 土壤养分高	A	4
		局部地区有少量盐碱化, 土质养分较高	B	3
		土壤盐碱化局部较重, 土质养分低	C	2
		大面积盐碱化且严重, 土质养分很低	D	1
野生生物资源 C ₈	物种濒危程度	全球性珍稀濒危物种	A	4
		国家重点保护一类动物或一、二类植物	B	3
		国家重点保护二类动物或三类植物	C	2
		区域性珍稀濒危物种	D	1

3 结果与分析

3.1 张掖市典型的湿地类型

张掖市具有代表性的湿地有 8 大区域 (表 2),

这 8 个大区是生态研究的重点研究对象。

3.2 参评因子权重的计算结果

根据前文所述的张掖市湿地 8 个典型湿地区和 8 个参评因子, 构建判断矩阵, 对各参评因子权重计算, 得到 8 个参评因子权重值 (表 3)。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2 张掖市典型湿地区划情况

Table 2 The different region of typical wetlands in Zhangye

序号	名称	区域特点
1	祁连山冰川湿地	张掖市最典型、面积最大的“固体水库”，主要的水源区。
2	高山灌丛、草甸湿地区	重要涵养区，植物主要有苔草、蒿草、香薷、香青、唐松草、细叶马蔺、麻黄、珠芽蓼、大黄、芹叶铁线莲、金露梅、银露梅、高山柳、高山锈线菊、锦鸡儿、忍冬、天山花楸、栒子、藓黄小檗、青海云杉。
3	黑河干支流沿岸湿地区	主要指莺落峡—正义峡之间的人工湿地区域。处于河西走廊中部，地势平缓，主要植被有杨树、柳树、榆树、沙枣、白刺、红柳、麻黄、沙拐枣、骆驼刺等，药用植物主要有甘草、麻黄、车前、蒲公英等。
	肃南县明海湿地区	祁连山浅山区洪积扇与荒漠戈壁过渡带湿地，以芦苇沼泽和草本沼泽为主，植物主要有芦苇、蒿草、碱蓬、冰草、红柳、白刺、盐爪爪等。
5	高台县盐田湿地区	高台县西北部的盐田人工湿地区，植物主要有碱蓬、芦草、盐爪爪、猪毛菜、柽柳等。
6	临泽双泉湖草本沼泽湿地区	位于临泽县境内，南起环城北路、花音村、大寨村，西至西磨沟，北至黄土岗、白寨村和蓉泰公司，东至蓼沙公路，土壤以沼泽土为主，分布植物主要有冰草、蒿草、鸡爪芦苇、红柳等。
7	甘州区城郊芦苇湿地区	甘州区城郊周围的芦苇沼泽和草本沼泽，土壤以沼泽土为主，分布植物主要有冰草、线叶眼子菜、黑三棱、芦苇等。
8	民乐永固沼泽湿地区	民乐县永固镇境内，土壤以沼泽土为主，植物主要有苔草、蒿草、冰草等。

表 3 张掖市典型湿地区分类研究参评因子权重

Tab. 3 The proportion on evaluating factors of typical wetlands in Zhangye

评 价 因 子	祁连 冰川 湿地	肃南 明海 湿地	高山灌 丛草甸 湿地	民乐永 固 沼泽 湿地	黑河干 支流沿 岸湿地	高台 盐田 湿地	临泽双 泉湖草 本沼泽	甘州区 城郊芦 苇湿地	参评因 子权重
供水功能 C ₁	1	3	9	5	3	6	7	4	0.312
过滤功能 C ₂	1/3	1	8	4	2	5	6	3	0.246
科教旅游 C ₃	1/9	1/8	1	1/4	1/6	1/3	1/2	1/5	0.038
物质生产 C ₄	1/5	1/4	1/4	1	1/3	2	3	1/2	0.069
面积适应性 C ₅	1/3	1/2	1/6	1/3	1	4	3	2	0.118
生境景观供应 C ₆	1/6	1/5	3	1/2	1/4	1	2	1/3	0.079
土质养分资源 C ₇	1/7	1/6	2	1/3	1/5	1/2	1	1/4	0.051
野生生物资源 C ₈	1/4	1/3	5	2	1/2	3	4	1	0.087

3.3 研究结果

张掖市典型湿地生态研究结果包括单项指标研究结果和综合研究结果(表 4)。综合研究结果由综合研究指数 (CEI)反映出来

$$CEI = \sum_{i=1}^n lWi \quad (n=1, 2, 3, \dots)$$

式中 li为单项指标研究分值, Wi为研究指标权

重, n为研究指标数。由综合研究指数可以看到, 祁连冰川湿地 CEI> 0.8 表明生态环境质量很好。这与其所处的特殊地理位置有关, 祁连山的冰场湿地一般位于海拔 4 100 m 以上, 受外界和人为因素的干扰很小, 因此其生态环境质量较好, 保留了完善的生态功能。高山灌丛草甸湿地 CEI> 0.7 说明其生态环境质量较好, 祁连山高山草甸湿地处于黑河上

表 4 张掖市典型湿地地区分类研究结果

Table 4 The results of evaluation of typical wetlands in Zhangye

评 价 因 子	祁连冰 川湿地	肃南明 海湿地	高山灌 丛草甸 湿地	民乐永固 沼泽湿地	黑河干 支流沿 岸湿地	高台 盐田 湿地	临泽双 泉湖草 本沼泽	甘州区 城郊芦 苇湿地
生态功能评分								
供水功能 C ₁	4	2	3	2	3	1	2	2
过滤功能 C ₂	2	3	2	3	3	2	3	4
科教旅游 C ₃	4	3	4	3	3	2	2	2
物质生产 C ₄	3	3	3	3	2	2	3	4
面积适应性 C ₅	4	2	4	1	2	1	2	1
生境景观供应 C ₆	3	2	3	1	2	3	1	1
土质养分资源 C ₇	4	2	4	2	2	1	2	1
野生生物资源 C ₈	3	3	3	1	3	2	2	1
综合研究 CEI	0.818	0.610	0.740	0.517	0.671	0.340	0.559	0.43
排序	1	4	2	6	3	8	5	7

游,相对于中下游地区其降水量大,地广人稀遭受外界干扰的强度很低,自然环境破坏的程度小,因此与祁连山冰场湿地一样,生态系统较为健康。肃南明海湿地、民乐永固沼泽湿地、黑河干支流沿岸湿地、临泽双泉湖草本沼泽 CEI处于 0.5~0.7间,表明其生态环境质量一般。这些湿地大都位于黑河流域的中游,是荒漠绿洲的集中分布区,人为活动的影响较大,生态环境脆弱。高台盐田湿地由于其土壤盐碱化程度高,其生态系统物种单一,物质生产力低,受地下水位的波动影响较大,其综合生态功能评分最低。甘州区芦苇湿地综合评分也很低,是由于地处城区受工业和生活污水的污染严重,其生态系统的功能严重退化,需要加强对其的保护。

4 结论

面对人口与资源、环境的巨大压力,我国长期以来存在湿地的不合理利用问题,不仅使湿地丧失、退化和污染严重,而且还导致了严重的自然灾害和生态环境恶化等负面效应,湿地生态系统恢复重建是国家生态环境建设的重要需求。湿地恢复重建必须有理论指导,必须了解湿地的形成发展过程。湿地恢复重建并不简单。比如大面积植被恢复要有群落的概念,要有生态系统的概念,具体到什么环境条件种什么树什么草等湿地恢复重建的技术研究比较薄

弱。湿地的基本环境条件:水文、土壤、植被发生变化,相应地用什么技术来恢复,应形成一整套技术支撑。最后,湿地的优化管理非常重要。在一定的经济条件下,有控制地进行湿地利用,保证湿地的健康发展,从而更好地为人类服务。

张掖市地区的湿地是维护干旱内陆河流域生态安全、保护该地区生物多样性的绿色屏障,近年来随着周边经济的发展,湿地生态系统越来越受制于人类活动,湿地生态系统及其功能退化明显。因此,研究和保护这一湿地,对张掖市生态环境的建设有重大意义。特别是对于黑河干支流沿岸湿地区、肃南明海湿地、临泽双泉湖草本沼泽、民乐永固沼泽湿地这些已经明显受到人类活动干扰,湿地功能有所退化的地区,应加强对其保护与开发之间关系的研究,合理的开发利用湿地;而对于甘州区城郊芦苇湿地、高台盐田湿地这样湿地功能严重退化的地区,应加强湿地保护力度。

参考文献 (References)

[1] Hellivell DR. Valuation of wildlife resources[J]. *Region studies* 1969, 3: 41~49

[2] Chen Zhongxing, Zhang Xingshi. The values of ecosystem benefit in Chinese [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2000(1): 17~22[陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值 [J]. 科学通报, 2000(1): 17~22]

[3] Ouyang Zhiyun, Wang Xiaoke, Miao Hong. A primary study On

- Chinese terrestrial ecosystem services and their ecological-economic values [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1999(5): 607~ 613 [欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究 [J]. 生态学报, 1999(5): 607~ 613]
- [4] Cui Lijuan, Song Yuxiang. The research on wetland society economic evaluation index system [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 1997(17): 446~ 450 [崔丽娟, 宋玉祥. 湿地社会经济评价指标体系研究 [J]. 地理科学, 1997(17): 446~ 450]
- [5] Peng Yougui, Chen Guizhu, Xia Beicheng. Service and conservation functions of wetland ecosystem in Nansha District Guangzhou City [J]. *Wetland Science*, 2004(2): 81~ 87 [彭友贵, 陈桂珠, 夏北成等. 广州南沙地区湿地生态系统的服务功能与保护. 湿地科学, 2004(2): 81~ 87]
- [6] Ma Xuehui, Liu Xingtu. The analysis and evaluation on present quality of the ecosystem environment in Chinese wetlands [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 1997, 17(Suppl): 401~ 408 [马学慧, 刘兴土. 中国湿地生态环境质量现状分析与评价 [J]. 地理科学, 1997, 17(增刊): 401~ 408]
- [7] Zhang Feng, Zhou Wei, Zhi Zhang Kun. Service Benefits of Wetland Ecosystem and Its Sustainable Utilization [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2003(6): 674~ 679 [张峰, 周维芝, 张坤. 湿地生态系统的服务功益及可持续利用 [J]. 地理科学, 2003(6): 674~ 679]
- [8] Cui Baoshan, Liu Xingtu. Ecological character changes and sustainability management of wetlands in the Yellow River Delta [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2001, 21(3): 250~ 256 [崔保山, 刘兴土. 黄河三角洲湿地生态特征变化及可持续性管理对策 [J]. 地理科学, 2001, 21(3): 250~ 256]
- [9] Xu Shubo. Practical Decision Method-the Principle of the Analytical Hierarchy Process [M]. Tianjin University of Tianjin Publisher, 1986. [许树柏. 实用决策方法——层次分析法原理 [M]. 天津: 天津大学出版社, 1986]
- [10] Ma Liping. The analytical hierarchy process [J]. *Beijing Statistics*, 2000(7): 38~ 39 [马立平. 层次分析法 [J]. 北京统计, 2000(7): 38~ 39]

Based on AHP to Study the Ecological Function of Wetland in Zhangye, Gansu

WANG Qingzhong¹, NIU Yun²

(1. Silaleng Forestry Farm of Zhangye, Zhangye 734000, China;

2. Academy of Water Resource Conservation Forest of Qilian Mountains in Gansu, Zhangye 734000, China)

Abstract The ecological function of eight big typical wetlands in Zhangye of Gansu Province had been synthetically calculated by the Analytical Hierarchy Process (AHP). The results showed that the quality of proper orders of the ecological function in upper and middle reaches of Heihe basin and the orders separately are Qilian mountain glacier wetlands, the high mountain irrigated thicket meadow wetlands, the wetland along the main bank of Heihe, Sunan Minghai wetlands, herbaceous wetlands in Linze Shuangquan lake, Minle yonggu swamp wetlands, reed wetlands in Ganzhou urban and Gaotai salt wetlands. This conclusion is provided the scientific basis for wetland resource conservation, protection and sustainable development in Zhangye.

Key words ecological function evaluation; Analytical Hierarchy Process; Zhangye