

湿地生态系统健康评价指标体系 II. 方法与案例

崔保山, 杨志峰

(北京师范大学环境科学研究所 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100875)

摘要: 湿地生态系统健康是一个非常复杂的问题, 不同的湿地类型, 衡量指标和标准也不尽相同。以三江平原挠力河流域湿地作为案例研究, 分析的湿地主要为闭合流域内的沼泽湿地和河缘湿地, 以此为基础, 确定三大类指标, 即湿地生态特征指标, 功能整合性指标和社会环境指标。在三大类指标内, 又分别分出各自的具有可操作性的亚指标。因为健康是一个模糊概念, 因此, 根据模糊综合评判原理和方法, 在对挠力河流域进行湿地分区的基础上, 对各区湿地进行了评价与比较排序, 然后通过红绿灯信号系统对各区健康进行了预警。

关键词: 湿地生态系统; 健康; 评价指标体系; 三江平原; 挠力河流域

Establishing an Indicator System for Ecosystem Health Evaluation on Wetlands I. An Application

CUI Bao-Shan, YANG Zhi-Feng (*Institute of Environmental Sciences, Beijing Normal University; State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Beijing 100875, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(8): 1231~1239.

Abstract: The ecosystem health evaluation remains a big problem for wetlands, because different assessment indicators or criteria are required for assessing the corresponding ecosystem health of diversified wetlands. In an attempt to develop a comprehensive approach to evaluate the wetland ecosystem health, it becomes evident that the use of a single indicator or a method would not give a picture of wetland quality as thorough or holistic as would the application of a suit of differing indicators. The ecosystem health of the wetland of Naolihe River drainage at the Sanjiang Plain is therefore evaluated in this continued section, as an application of the theoretical framework set up in the previous section of the paper, by employing a system of indicators falling in such three groups as ecological identity indicators, the indicators of functional integrity and the indicators associated with socio-political conditions. These indicators are assigned differing weights respectively to portray the states of ecosystem health of the eight wetland units classified mainly by the first-order tributaries of the Naolihe River and other aspects including the physiognomy and the topography. Moreover, an integrated assessment model based on fuzzy sets is used in evaluating and ranking the health states of the eight wetland units, and a signal system of traffic lights is simulated here to extend early warnings to the studied wetlands. In this study, the wetland health is divided into such five grades as extremely healthy, fairly healthy, healthy, morbid and ill. These health grades are denoted by a spectrum of values of an index. Where the value of a health index exceeds 0.65, the evaluated wetland is identified as healthy and denoted by the green lights; where a health index falling in values of 0.55 to 0.65, the evaluated wetland is at the critical edge of health and indicated by the yellow lights, and; the evaluated wetland is regarded as ill and marked by red lights, where the value of a

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40101026); 国家重点基础研究发展规划资助项目(G1999043605)

收稿日期: 2000-09-20 日期: 2002-01-20

作者简介: 崔保山(1967~), 男, 河北沽源人, 博士, 副教授。主要从事湿地过程和环境响应方面的研究。

health index goes below 0.55. Among the eight assessment units, when applying this evaluation system on wetland health to them, only the wetlands of Hamotognghe River and Baoqinghe River can be identified as healthy because the values of their health index exceed 0.65. While the two wetlands of Neiixinghe River and Waiqixinghe River are stepping in the critical state of health, the ecosystem health of the other wetlands has been impaired and shows a worsening trend. Therefore, much more cares should be attached to the impaired wetlands, and further studies on the impaired wetlands may be developed.

Key words: wetland; ecosystem health; evaluation; application; Naolihe River drainage

文章编号: 1000-0933(2002)08-1231-09 中图分类号: X171.4 文献标识码: A

挠力河流域位于黑龙江省东部地区的三江平原腹地, 地理座标 $E131^{\circ}31' \sim 134^{\circ}10'$, $N45^{\circ}43' \sim 47^{\circ}35'$, 流域总面积为 24863km^2 。近些年来由于城市化、工业化、路基建设、农业发展与废物处理等造成流域湿地面积的缩小; 水利、灌溉、河流及地下水的过度提取、沼泽地挖渠排水、土地开荒、筑堤造成湿地水状况的改变; 废物排放、农业营养物径流、杀虫剂及除草剂径流、表层及地下水盐化引起水质变化; 过度捕鱼、狩猎、放牧、矿物开采造成湿地产品的不可持续利用; 外来植物、鱼类及鸟类的侵入引起湿地的变化; 不合理的管理及恢复操作的失误造成湿地改变甚至丧失^[1]。如此种种, 湿地健康状况已受到极大关注。湿地健康是一个新概念, 属新领域, 本文以流域湿地为研究对象, 从多个指标综合分析其健康态势, 并提出健康预警, 为湿地管理提供可操作性模式。

1 评价区的划分及其特征

以挠力河的一级支流为主要划分依据, 兼顾特殊的地形地貌条件, 将流域湿地划分为 8 个评价单元。

1.1 内七星河流域湿地

内七星河流域面积为 3985km^2 , 其中山区 1600km^2 , 占 40%, 丘陵 250km^2 , 占 6.3%, 平均区为 2135km^2 , 占 53.7%。内七星河进入平原直线长为 108km, 河道比降是: 三环泡以上为 $1/2000 \sim 1/5000$, 三环泡以下为 $1/10000$, 三环泡以上老道林处五年一遇洪峰流量 $280\text{m}^3/\text{s}$, 该区河道平槽泄量仅 $15\text{m}^3/\text{s}$, 因此洪水极易在中游出槽泛滥。

1.2 外七星河流域湿地

外七星河是挠力河最大支流, 上游五条小河进入平原后河身消失, 中游漂筏河无河床。东西横贯挠力河流域北部平原, 于菜咀子水文站以上 3.5km 处汇入挠力河。流域面积 6520km^2 , 占挠力河流域的 27.7%。其中山区 457km^2 , 丘陵 256km^2 , 共占 10.9%; 平原 5807km^2 , 占 89.1%。流域东西长 160km , 南北宽 40km , 呈长叶形。流域内地势低平, 中无河身; 下游河道弯曲窄浅; 平槽水力比降: 下降为 $1/26000 \sim 1/36000$, 流速缓慢(平槽时出口段流速小于 $0.06\text{m}/\text{s}$), 根据实测各控制点平槽泄量小于 $10\text{m}^3/\text{s}$, 而五年一遇自然来流量达 $188\text{m}^3/\text{s}$ (未计入内七星河侵入流量), 因此洪水经常浸溢。

1.3 索伦河流域湿地

流域面积 819km^2 , 其中大索伦河流域 451km^2 , 小索伦河流域 368km^2 。两条河流均发源于完达山北麓, 北入小挠力河, 地面比降在 $1/1000 \sim 1/3000$ 之间, 天然过程线和漫岗自完达山麓平行向北延伸, 是岗洼相间、波浪起伏的地形。

1.4 宝清河流域湿地

流域面积为 451km^2 , 其中山丘区面积 289km^2 , 占流域面积的 64%, 平原区面积 62km^2 , 占 36%。河流发源于完达山北麓, 经八五三四分场入挠力河。河长 30.6km。坡降为 $1/2000 \sim 1/5000$ 以下, 区内现有清河水库一座, 控制面积为 265km^2 。

1.5 七里沁河流域湿地

流域面积 1287km^2 , 七里沁河是宝清、饶河两县的界河, 东起完达山的神顶山北麓, 西至挠力河边, 全长 64km, 河旁数据为 1.45, 地面坡降在 $1/200 \sim 1/8000$ 之间, 上陡下缓, 坡水这里是成涝的重要因素, 又因挠力河道窄小弯曲泄水不畅, 七里沁河在此汇入挠力河, 因此洪泛是这里经常发生的灾害。

1.6 挠力河中上游流域湿地区

主要指菜咀子以上挠力河干流及宝清站以上流域部分,不包括其它各支流流域面积。主要组成部分为宝清以上流域的山丘区以及宝清以下大小挠力河交汇的平原区。流域总面积 7046km²,河道直线比降上段 1/2000~1/1000,下段为 1/12000~1/15000。主槽宽度上段为 20~30m,下段为 40~60m。

1.7 挠力河下游(大小佳河流域)流域湿地区

包括菜咀子以下挠力河干流流域,大小佳河流域和半截河流域。菜咀子以下挠力河干流长 130km,弯曲系数 2.4,滩地平均坡降 1/8000;大佳河全长 35km,变曲系数 1.2,小佳河全长 43.8km,变曲系数 1.07,半截河属无尾河流,坡降 1/800~1/10000,河长 30km,弯曲系数 1.4,挠力河下游流域总面积 3520km²。

1.8 蛤蟆通河流域湿地区

流域面积 1235km²,蛤蟆通河长 150.3km,河宽 10~20m,弯曲系数 1.8,发源于七虎林山的蛤蟆顶子西坡,于东升乡东部注入小挠力河,流域内有大型水库蛤蟆通水库,控制面积 473km²。各评价区主要湿地的现状面积^[1](表 1)。

表 1 评价区主要湿地面积统计(×10⁴hm²)

| Table 1 Area statistics of the major wetlands from the region evaluated | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|--------------|----------------|------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| 湿地地区 Wetland area | | 湿地类型 Wetland classification | | | | | | |
| | | 沼泽化草甸 Marshy Meadow | 草甸 meadow | 河流 Riverine | 湖泊 Lake | 沼泽 Marsh | 水库坑塘 Reservoir and pond | 稻田 Paddy |
| 挠力河下游 | The lower of Naolihe River | 0.047 | | 0.06 | 0.0065 | 4.89 | | 0.24 |
| 外七星河 | Outer Qixinghe River | 1.2 | 0.06 | 0.10 | 0.04 | 18.22 | 0.11 | 2.16 |
| 内七星河 | Inner Qixinghe Rive | 1.21 | | 0.07 | 0.02 | | 0.06 | 0.61 |
| 挠力河中上游 | The up-middle of Naolihe River | 3.25 | 0.45 | 0.20 | 0.004 | 4.43 | 0.003 | 1.03 |
| 索伦河 | Suolunhe River | 0.21 | | 0.001 | 0.004 | 0.05 | 0.04 | 0.05 |
| 蛤蟆通河 | Hamotong River | 0.94 | 0.001 | 0.008 | | 0.24 | 0.25 | 0.57 |
| 宝清河 | Baoqinghe River | 0.19 | | 0.006 | 0.002 | 0.64 | 0.047 | 0.09 |
| 七里沁河 | Qiliqinhe River | 0.24 | | 0.004 | | 0.028 | 0.001 | 0.17 |

2 指标选取及说明

2.1 生态特征指标

- (1)河岸及河床边缘植被 主要研究植被受扰状态及盖度变化,定性与定量相结合。
- (2)河道冲刷/淤积 反映了河道的稳定状况及泥沙的淤积程度,定性与定量相结合。
- (3)水质 河道及沼泽地水质,以《地面水环境质量标准》(GB3838-88)中Ⅲ类水域水质标准评定。
- (4)水源保证或补给 以水源保证或补给率来计量,主要指沼泽湿地。
- (5)物种多样性 指评价沼泽湿地地区植物种数占所在生物地理区(三江平原)湿地植物种数的百分比表示。
- (6)动物个体尺度或规格 以鱼类在同一湿地区个体的平均尺度或大小来衡量,同原始资料记录相比较的变化率(同时期的平均相比较)。
- (7)植物个体尺度 以优势植物的平均高度来衡量,同历史资料记录的数据相比较,求其变化率。
- (8)生物量 以植物年均地上生物量来计算,求其历史时段内的变化程度。
- (9)湿地面积退化 以现有湿地面积内退化湿地面积的百分比来表示,可以湿地的盐碱化,沙化,植被退化面积来衡量。
- (10)湿地受胁状况 以湿地区内人类的各种扰动为基础,包括过渡渔猎、割草、捡鸟蛋、垦殖等胁迫因子,定性与定量相结合。

2.2 功能整合性指标

(1)洪水调控 由于天然湿地面积的缩小,其洪水调控能力下降,须以人工附加工程来弥补,如筑堤、水库、滞洪区建设等,因而以防洪附加费的增加率来表示。

(2)水文调节 为农业灌溉、工业等提供用水,以供水变化率来表示。

(3)侵蚀控制 防止土壤被风、水侵蚀,以风蚀、水蚀变化率来表示。

(4)废物处理或净化 包括废物处理、污染控制、解除毒性等方面,以废物处理率或净化率的变化来表示。

(5)栖息地 野生动物栖息地和育雏地,以破坏或退化率来表示。

(6)食品生产 包括鱼、果品等,以年收获量变化率来表示。

(7)原材料 木材、燃料、饲料等,以质量的变化来衡量,定性与定量相结合。

(8)休闲娱乐 湿地旅游、钓鱼活动,其它户外游乐活动等,以娱乐日的增加数或减少数来表示。

2.3 社会政治环境

(1)周边人口素质 以初中以上文化程度占周边人口的百分比来表示。

(2)人类活动强度 以人口密度统计。

(3)人口健康状况 以发病率包括死亡率来统计。

(4)物质生活指数 以人均收入水平统计,单位为元/a。

(5)农药施用强度或农药利用率 以每年每 hm^2 施用农药量统计,单位为 kg/hm^2 ,这里可以农药利用率来衡量。

(6)化肥施用强度或化肥利用率 以每年每 hm^2 施用化肥量统计,单位为 kg/hm^2 ,也可以化肥利用率来衡量。

(7)工业、生活污水 以污水、废水处理率来表示。

(8)湿地保护意识 以具有湿地保护意识的人员占总人口的比例来计算。

(9)相关政策法规的贯彻力度 以接受到相关政策法规的人员占总人口的比例统计。

(10)湿地管理水平 定性与定量相结合,以湿地管理队伍的整体水平衡量。

3 评价方法

采用模糊综合评价方法进行评价。其基本思想是应用模糊关系合成的原理,根据多个因素被评价对象本身存在的性态或隶属上的亦此亦彼性,从数量上对其所属成分都给以刻划和描述^[2,3]。

4 评价指标标准

本次评价中,评价指标标准的制定参考了国内外相关研究的有关标准以及本地区(三江平原)的特殊地理和生态条件,提出一个实事求是的指标标准和努力目标^[4]。评价指标分为很健康、健康、较健康、一般病态、疾病 5 级,由于各项指标的计算方法及考核目标不同,分级标准也有所不同(表 2~表 4)。

5 指标权重

根据以上分析并咨询有关专家,确定各项指标的权重如表 5 所示。

6 各功能湿地评价结果

根据计算,可得到各分区健康度排序。如表 6 所示。从表中可以看出,除索伦河流域湿地和七里沁河流域湿地健康度在 0.6 以下外,其余 6 个区均在 0.6 以上,其中蛤蟆通河流域湿地和宝清河流域湿地健康度接近 0.7。值得注意的是,本文在此计算的各地区健康度值相差并不大,这一方面说明了流域整体的相互一致性,另一方面也说明人类活动影响的普遍性。实际上,本文中计算的值更具有相对性,即通过流域中各区域的差异和比较来采取相应的管理措施,更具有实际意义。

7 健康预警

湿地生态系统是一个复杂的非线性系统,其健康状况存在着明显的不确定性和变异性,因而所做出的健康预警也就只具有相对意义。这里主要通过红绿灯法来显示各湿地区的健康程度,其指示意义并不完全等同于经济开发数据研究的内容。以下表格(表 7)是各湿地区健康预警信号图表,从图表中可明显看到各区域湿地在生态特征、功能整合性、社会政治环境和综合值方面的健康程度。

表 2 生态特征指标标准分级

Table 2 The standard classification of indicators from the ecological characters

| 指标 Indicators | 级别 Levels | | | | |
|---|---|--|---|--|-----------------------------------|
| | 很健康 Excellent health | 健康 Health | 较健康 Middle health | 一般病态 Mobidity | 疾病 Illness |
| 河岸、河床边缘植被 Fringe vegetation of river bank and bed | 未受扰动的原始 或当地植被,盖度 >80% ^① | 轻微扰动,有个别 外来物种,盖度 60%~80% ^② | 中等覆盖混合有 原始的/引入的物 种,盖度为 40%~ 60% ^③ | 扰动较强烈,且多 为外来种,盖度为 20%~40% ^④ | 光秃地或零星植被, 盖度<20% ^⑤ |
| 河道冲刷/淤积 Brushing/Filling of river bed | 稳定、无冲刷/淤 积 ^⑥ | 仅有零星冲刷 ^⑦ | 中等,影响部分河 段 ^⑧ | 冲刷较显著 ^⑨ | 冲刷/淤积广泛且强 烈 ^⑩ |
| 水质 Water quality | I | Ⅱ | Ⅲ | Ⅳ | V |
| 水源保证率 Supplying rater of waterhead | >70% | 60%~70% | 50%~60% | 40%~50% | <40% |
| 物种多样性 Species diversity | >40% | 30%~40% | 20%~30% | 10%~20% | <10% |
| 动物个体尺度 Individual scale of animal | 个体明显增大,无 畸形,变化率为> 20% ^⑪ | 个体相对增大或 没有明显变化,变 化率为 0~20% ^⑫ | 个体大小没有明 显变化,稍稍变 小,减小率 0~ 20% ^⑬ | 个体明显变小,减 小率>20% ^⑭ | 个体变小程度大,有 畸形 ^⑮ |
| 植物个体尺度 Individual scale of plant | 个体高度增加,茎 粗增加,变化率为 >10% ^⑯ | 个体高度或茎粗 相对增加或没有 明显变化,变化率 为 0~10% ^⑰ | 个体大小没有明 显变化或稍稍变 小,变化率为 0~ 10% ^⑱ | 个体变小,茎粗变 细,变化率> 10% ^⑲ | 个体已明显发生改 变或突变 ^⑳ |
| 生物量 Biomass | 生物量增加,变化 率为>10% ^㉑ | 生物量增加或没 有明显改变,变化 率为 0~10% ^㉒ | 生物量没有明显 改变或稍稍减小, 变化率为 0~ 10% ^㉓ | 生物量减小,变化 率为>10% ^㉔ | 生物量已明显减小, 变化率>50% ^㉕ |
| 湿地退化率 Degradation rate of wetlands | <5% | 5%~15% | 10% ^㉖ 15%~25% | 25%~35% | >35% |
| 湿地受胁状况 The state of wetlands stressed | 无过渡渔猎、割 草、捡鸟蛋、垦殖 等现象 ^㉗ | 有渔猎、割草现 象,但很适宜,无 捡鸟蛋、垦殖等现 象 ^㉘ | 过渡渔猎、割草, 无垦殖等现象 ^㉙ | 渔猎、割草强度 大,垦殖、捡鸟蛋 等现象严重 ^㉚ | 过度渔猎、割草、捡 鸟蛋、垦殖 ^㉛ |

①Original or native vegetation not disturbed,coverage >80%; ②Slight disturbance,few exotic species, coverage 60%~80%; ③Middle cover and mixing original/exotic species,coverage 40%~60%; ④Intensive disturbance,exotic species dominance,coverage 20%~40%; ⑤Baldness and few vegetation,coverage<20%; ⑥Stabilization,no brushing/filling; ⑦Only little brushing; ⑧Middle,affecting a part of river sect; ⑨Evident brushing; ⑩Intersive brushing/filling; ⑪Individual growing bigger,no abnormality,the variety rate>20%; ⑫Bigger individual or no variety,the variety rate 0~20%; ⑬Slight variety,the diminishing rate 0~20%; ⑭Individual becoming smaller,the diminishing rate >20%; ⑮Abnormality individual; ⑯The height and stem width increasing,the variety rate>10%; ⑰Slight increase or no change,the variety rate 0~10%; ⑱Slight decrease or no change,the variety rate 0~10%; ⑲The height and stem width decrease,the variety rate >10%; ⑳Evident change on individual; ㉑Increased biomass,the variety rate>10%; ㉒Increased biomass or no change,the variety rate 0~10%; ㉓Decreased biomass or no change,the variety rate 0~10%; ㉔Decreased biomass,the variety rate >10%; ㉕Evident change,the variety rate >50%; ㉖No over-fishing,hunting,mowing,reclaiming,and no gathering waterfowl eggs; ㉗Few or suitable fishing,nowing; ㉘Over-fishing,hunting,mowing,but no reclamation; ㉙Intensive fishing,hunting,mowing,reclaiming; ㉚Over-fishing,hunting,mowing,reclaiming and gathering waterfowl eggs

表 7 中最明显的表现就是大部分区域湿地的综合指标健康度均处于黄灯区附近,从各分指标来看,基本可通行(健康度>0.65)的只有蛤蟆河流域湿地和宝清河流域湿地,处于临界状态(健康度为 0.55~0.65)的有内务河流域和外七星河流域湿地,其它几个区域湿地的健康度都不同程度(一个或几个指标)地进入了红灯区域(健康度<0.55),并有继续恶化趋势,健康受警告,需要受到更多的关注。

8 结 论

研究表明,挠力河流域的大部分湿地健康程度属于中等,即健康度在 0.6 左右,不同的管理模式,将使各湿地区向不同的方向发展。因此,目前首先要控制红灯区附近湿地继续恶化的趋势并采取相应的调整和恢复措施使其向良性方向发展;对于处于临界状态的湿地需要进行跟踪以便采取合理的管理模式;对于在绿灯区内的湿地需要保持目前这种态势并给以定期监测。

表 3 功能整合性指标标准分级

Table 3 The standard classification of indicators from the functional integrity

| 指标 Indicators | 级别 Levels | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|---|--|---|--|
| | 很健康 Excellent health | 健康 Health | 较健康 Middle health | 一般病态 Mobidity | 疾病 Illness |
| 洪水调控 Flood control | 调控能力强,基本无附加工程费用 ^① | 在筑堤后,有较强的调控能力 ^② | 须有筑堤,水库和滞洪区配合,才具有较强的调控能力 ^③ | 没有明显的调控能力,工程附加费大 ^④ | 不能调控洪水 ^⑤ |
| 水文调节 Hydrologic regulation | 供水、补水能力在提高 ^⑥ | 筑堤后,补水能力增强 ^⑦ | 附加人工设施后供水能力增加 ^⑧ | 补水、供水能力弱,且在不断减小 ^⑨ | 不能供水、补水 ^⑩ |
| 侵蚀控制 Erosion control | 没有水土流失现象,侵蚀变化率为 ≤ 0 ^⑪ | 水土流失不明显,或个别地段有微弱侵蚀,侵蚀变化率 $< 2\%$ ^⑫ | 有部分水土流失现象,侵蚀变化率为 $2\% \sim 5\%$ ^⑬ | 水土流失现象较重,侵蚀变化率 $\sim 10\%$ ^⑭ | 侵蚀控制能力很差,下降趋势明显,变化率为 $> 10\%$ ^⑮ |
| 净化能力 Purifying | 净化能力在增强,变化率 ≥ 0 ^⑯ | 净化能力没有明显变化,减小率 $< 5\%$ ^⑰ | 净化能力在减弱,减小率 $5\% \sim 10\%$ ^⑱ | 净化能力明显减弱,减小率为 $10\% \sim 20\%$ ^⑲ | 净化能力明显减弱,减小率为 $> 20\%$ ^⑳ |
| 栖息地 Habitat | 破坏或退化率 $< 2\%$ ^㉑ | 破坏或退化率 $2\% \sim 5\%$ ^㉒ | 破坏或退化率为 $5\% \sim 8\%$ ^㉓ | 破坏或退化率为 $8\% \sim 12\%$ ^㉔ | 破坏或退化率为 $> 12\%$ ^㉕ |
| 食品生产 food production | 年收获量增加,增加率为 $> 5\%$ ^㉖ | 年收获量增加,变化率为 $2\% \sim 5\%$ ^㉗ | 年收获量保持平稳,变化率为 0 ^㉘ | 年收获量在下降,变化率为 $0 \sim 5\%$ ^㉙ | 年收获量下降,变化率 $> 5\%$ ^㉚ |
| 原材料 Raw materials | 质量保持稳定,植物高度、茎粗没有明显变化 ^㉛ | 部分区间的质量下降,但不构成威胁 ^㉜ | 部分地段质量下降,但可控制 ^㉝ | 质量明显下降,对产量影响很大 ^㉞ | 质量明显下降,高度、茎粗等变化明显,影响范围大 ^㉟ |
| 休闲娱乐 Entertainment | 景观、美学价值极高,休闲娱乐日在增加 ^㊱ | 有较长的休闲娱乐日数 ^㊲ | 在特定时段内有休闲娱乐日 ^㊳ | 休闲娱乐日较少,景观美学价值不高 ^㊴ | 没有休闲娱乐日,没有景观、美学价值 ^㊵ |

①Great capatilty of controlling flood,no works attached ②The evident capability of controlling flood with dike ③The evident capability of controlling flood cooperating dike,reservoir and floodplain ④Slight capability of controlling flood,much cost of works ⑤No capability of controlling flood ⑥Increased water supply and recharge capacity ⑦Increased recharge capacity with dike ⑧Increased capacity attached artificial installation ⑨Decreased capacity of water supply and recharge ⑩No water supply and recharge capacity ⑪No soil-water loss,the variety rate of erosion ≤ 0 ⑫Slight erosion,the variety rate $< 2\%$ ⑬Part of soil-water loss,the variety range $2\% \sim 5\%$ ⑭Heavy soil-water loss,the variety range $5\% \sim 10\%$ ⑮Weak capacity of erosion control,the variety rate $> 10\%$ ⑯Good purifying,the variety rate 0 ⑰Stable purifying,the diminishing rate $< 5\%$ ⑱Declined purifying,the diminishing range $5\% \sim 10\%$ ⑲Evident decrease,the diminishing range $10\% \sim 20\%$ ⑳Evident decease,the diminishing rate $> 20\%$ ㉑Degradation degree (DD) $< 2\%$ ㉒DD $2\% \sim 5\%$ ㉓DD $5\% \sim 8\%$ ㉔DD $8\% \sim 12\%$ ㉕DD $> 12\%$ ㉖Annually sustainable product,the increasing rate $> 5\%$ ㉗Sustainable product,the variety range $2\% \sim 5\%$ ㉘Stable product,the variety rate 0 ㉙Decreased product,the variety range $0 \sim 5\%$ ㉚Declined product,the variety rate $> 5\%$ ㉛Stable quality,no change on vegetation height and stem width ㉜Few areas declining but no threat ㉝Few areas declining but controllable ㉞Evident declining on quality,and affecting production ㉟Internsively declining on quality,and evident change ㊱High aesthetics value,very long entertainment days ㊲long entertainment days ㊳Being entertainment days duping special periods ㊴Short entertainment days,low aesthetics value ㊵No aesthetics value,no entertainment days

湿地生态系统健康评价指标体系的确定是一个非常复杂的问题,湿地类型的不同会导致选取关键指标和标准的差异。本文所确定的三大类指标中的亚指标只对三江平原挠力河流域湿地管理起到指导作用,而对于三江平原其它区域的湿地仅具有参照价值。因此,继续在三江平原典型流域及其它典型流域或地区(如黄河流域、长江流域、海河流域、黄淮海地区)对湿地生态系统健康诊断指标进一步观测、采样化和分

析,是该领域今后深入研究的重要课题。

表 4 社会政治环境指标标准

| Table 4 The standard classification of indicators from the social environment | | | | | |
|---|----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 指标 Indicators | 级别 Levels | | | | |
| | 很健康 Excellent health | 健康 Health | 较健康 Middle health | 一般病态 Mobidity | 疾病 Illness |
| 周边人口素质 Population stuff | >15% | 15%~10% | 10%~5% | 5%~2% | <2% |
| 人类活动强度 The intention of human activity | <10% | 10%~20% | 20%~30% | 30%~40% | >40% |
| 人口健康状况 Population health | <2‰ | 2‰~5‰ | 5‰~8‰ | 8‰~10‰ | 10‰ |
| 物质生活指数 Index of life | >4000 | 4000~3000 | 3000~2000 | 2000~1000 | <1000 |
| 农药利用率 The using rate of pesticide | >50% | 50%~40% | 40%~30% | 30%~20% | <10% |
| 化肥利用率 The using rate of chemical fertilizer | >50% | 50%~40% | 40%~30% | 30%~20% | <10% |
| 污水处理率 Treating rate of sewage | >80% | 80%~70% | 70%~60% | 60%~50% | <50% |
| 湿地保护意识 Idea of wetland protection | >1‰ | 1‰~5‰ | 0.5‰~0.2‰ | 0.2‰~0.1‰ | <0.1‰ |
| 政策法规贯彻力度 The condition of carrying out policy and law | 全面贯彻,积极落实 ^① | 比较认真的贯彻了应有的政策法规 ^② | 部分政策法规得到了落实、贯彻 ^③ | 简单对付,不认真对待 ^④ | 完全搁置 ^⑤ |
| 管理水平 Management level | 管理机构合理,人员素质高,人员配置科学 ^⑥ | 管理机构较合理,人员素质较高 ^⑦ | 有相应的管理机构,但管理人员缺乏必要的培训 ^⑧ | 人员素质不高,管理不善 ^⑨ | 管理落后,水平低下或没有完整的管理机构 ^⑩ |

①Full carrying through and fulfilling ②Relatively conscientiously carrying out ③Carrying out a part of policy and law
④Simply copying with them ⑤Full waiving ⑥Rational machinery, high quality manager ⑦Acceptable machinery and manager ⑧Absence of essential training for manager ⑨Low quality manager ⑩Essential machinery to manage

表 5 各种类型指标权重

| Table 5 The indicator weight of all kinds of classifications | | | | | |
|--|----------------|--------------------------|------------------------|--------------|--------------------------|
| 指标层 I Indicator I | 权重 * Weight | 归一化权重 Unifying weight | 指标层 2 Indicator II | 权重 Weight | 归一化权重 Unifying weight |
| 生态特征 Ecological character | 1 | 0.4 | 河岸、河床边缘植被 ^① | 1/4(0.25) | 0.0385 |
| | | | 河道冲刷/淤积 ^② | 1/2(0.5) | 0.0769 |
| | | | 水质 ^③ | 1 | 0.1538 |
| | | | 水源保证率 ^④ | 1 | 0.1538 |
| | | | 物种多样性 ^⑤ | 1 | 0.1538 |
| | | | 动物个体尺度 ^⑥ | 1/2(0.5) | 0.0769 |
| | | | 植物个体尺度 ^⑦ | 1/2(0.5) | 0.0769 |
| | | | 生物量 ^⑧ | 1/4(0.25) | 0.0768 |
| | | | 湿地退化率 ^⑨ | 1/2(0.5) | 0.0769 |
| | | | 湿地受胁状况 ^⑩ | 1 | 0.1538 |

续表 2

| 指标层 I Indicator I | 权重 * Weight | 归一化权重 Unifying weight | 指标层 2 Indicator II | 权重 Weight | 归一化权重 Unifying weight |
|-------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|
| 功能整合性 Functional integrity | 1/2 | 0.2 | 洪水调控 ^① | 1 | 0.2105 |
| | | | 水文流调节 ^② | 1 | 0.2105 |
| | | | 侵蚀控制 ^③ | 1/2 | 0.1053 |
| | | | 净化能力 ^④ | 1/2 | 0.1053 |
| | | | 栖息地 ^⑤ | 1 | 0.2105 |
| | | | 食品生产 ^⑥ | 1/4 | 0.0526 |
| | | | 原材料 ^⑦ | 1/4 | 0.0526 |
| | | | 休闲娱乐 ^⑧ | 1/4 | 0.0526 |
| 社会政治环境 Social environment | 1 | 0.4 | 周边人口素质 ^⑨ | 1 | 0.1379 |
| | | | 人类活动强度 ^⑩ | 2 | 0.2758 |
| | | | 人口健康状况 ^⑪ | 1 | 0.1379 |
| | | | 物质生活指数 ^⑫ | 1/4 | 0.0345 |
| | | | 农药利用率 ^⑬ | 1/4 | 0.0345 |
| | | | 化肥利用率 ^⑭ | 1/4 | 0.0345 |
| | | | 污水处理率 ^⑮ | 1 | 0.1379 |
| | | | 湿地保护意识 ^⑯ | 1/2 | 0.0689 |
| | | | 政策法规贯彻力度 ^⑰ | 1/2 | 0.0689 |
| | | | 管理水平 ^⑱ | 1/2 | 0.0689 |

生态特征、功能整合性和社会政治环境三大类指标相比较而言,生态特征是系统健康存在的基本体现,而社会政治环境中政策法规对湿地的重视程度及公众对湿地的理解程度同样制约着湿地的健康,因而二者同等重要,功能整合性是上述二者协调发展的整体功能体现,因而在三者比较中是次重要的. Comparing three indicators including ecological character, functional integrity and soical environment, the ecological character is basis for ecosystem health, the policy and law for emphasizing wetlands and the public understanding the wetlands are the same important elements as the ecological character. The functional integrity would be considered as the secondary important indicator because it embodies the integration of the above indicators. ①Fringe vegetation of reiver bank and bed ②Brushing/Filling of river bed ③Water quality ④Supplying rate of waterhead ⑤Species diversity ⑥Individual scale of animal ⑦Individual scale of plant ⑧Biomass ⑨Degradation rate of wetlands ⑩The state of wetlands stressed ⑪Flood control ⑫Hydrologic regulation ⑬Erosion control ⑭Purifying capacity ⑮Habitat ⑯Food production ⑰Raw materials ⑱Entertainment ⑲Population stuff ⑳The Intention of Human activity ㉑Population health ㉒Index of life ㉓The using rate of pesticide ㉔The using rate of chemical fertilizer ㉕Treating rate of sewage ㉖Idea of wetland protection ㉗the condition of carrying out policy and law ㉘Management level

表 6 各湿地地区健康度排序
Table 6 Range with the health degree from 8 wetland areas

| 湿地地区 Wetland area | 健康度 Health degree | 排名 Rank |
|--|-------------------|---------|
| 内七星河流域湿地 Inner Qixinghe River Basin | 0.6229 | 4 |
| 外七星河流域湿地 Outer Qixinghe River Basin | 0.6083 | 5 |
| 挠力河中上游湿地 The Up-middle Naolihe River Basin | 0.6058 | 6 |
| 索伦河流域湿地 Suolunhe River Basin | 0.5415 | 8 |
| 宝清河流域湿地 Baoqinghe River Basin | 0.6963 | 2 |
| 七里沁河流域湿地 Qiliqihe River Basin | 0.5740 | 7 |
| 挠力河下游湿地区 The lower Naolihe River Bain | 0.6326 | 3 |
| 哈蟆通河流域湿地 Hamotonghe River Basin | 0.6972 | 1 |

表 7 各湿地地区健康预警信号图表

Table 7 The signal expression of health precaution from 8 wetland areas

| 区域 Area | 特 征 Character | 健康度 Health degree | 信 号 指 示 Signal showing | | |
|--|----------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|-----------------|
| | | | 绿灯 Green light | 黄灯 Yellow light | 红灯 Red light |
| 内七星河 流域湿地 Inner Qixinghe River Basin | 生态特征 ¹⁾ | 0.6000 | | ●→ | |
| | 功能整合性 ²⁾ | 0.6343 | | ●← | |
| | 社会政治环境 ³⁾ | 0.6400 | | ●← | |
| | 综合值 ⁴⁾ | 0.6229 | | ★ | |
| 外七星河 流域湿地 Outer Qixinghe River Basin | 生态特征 | 0.6000 | | ●→ | |
| | 功能整合性 | 0.6000 | | ●← | |
| | 社会政治环境 | 0.6208 | | ●← | |
| | 综合值 | 0.6083 | | ★ | |
| 挠力河中 上游湿地 The up-middle Naolihe Basin | 生态特征 | 0.5288 | | | ●→ |
| | 功能整合性 | 0.6343 | | ●← | |
| | 社会政治环境 | 0.6686 | | ●← | |
| | 综合值 | 0.6058 | | ★ | |
| 索伦河流 域湿地 Suolunhe River Basin | 生态特征 | 0.5413 | | | ●→ |
| | 功能整合性 | 0.4667 | | | ●→ |
| | 社会政治环境 | 0.5792 | | ●→ | |
| | 综合值 | 0.5415 | | ★ | |
| 宝清河流 域湿地 Beoqinghe River Basin | 生态特征 | 0.7600 | ●→ | | |
| | 功能整合性 | 0.7020 | ●→ | | |
| | 社会政治环境 | 0.6297 | | ●← | |
| | 综合值 | 0.6963 | | ★ | |
| 七星沁河 流域湿地 Qiliqinhe River Basin | 生态特征 | 0.6000 | | ●→ | |
| | 功能整合性 | 0.4700 | | | ●→ |
| | 社会政治环境 | 0.6000 | | ●← | |
| | 综合值 | 0.5740 | | ★ | |
| 挠力河下 游湿地 The lower Naolihe River Basin | 生态特征 | 0.7000 | ●→ | | |
| | 功能整合性 | 0.6890 | ●→ | | |
| | 社会政治环境 | 0.5369 | | ●← | |
| | 综合值 | 0.6326 | | ★ | |
| 蛤蟆通河 流域湿地 Hamotonghe River Basin | 生态特征 | 0.7820 | ●→ | | |
| | 功能整合性 | 0.6980 | ●→ | | |
| | 社会政治环境 | 0.6120 | | ●← | |
| | 综合值 | 0.6972 | | ★ | |

“●”表示该指标的健康信号指示,“→”或“←”表示该指标所反应的特征在近 5a 的变化趋势,“★”代表各区健康信号的综合表现。①Ecological character ②Functional integrity ③Social environment ④Synthesis value.

“●”expresses the health degree,“→”or“←”reflects the change trend in the last 5 years,“★”stands for the comprehensive behave

参考文献

[1] Cui B S(崔保山),Liu X T(刘兴土). An analysis on ecological character changes of wetlands of Naolihe Drainage Basin in the Sanjiang Plain. *Journal of Natural Resources*(in Chinese)(自然资源学报),2001,16(2):105~114.

[2] Zhang X P(张晓萍),Yang Q K(杨勤科),Li R(李锐). The diagnosis indicators of catchment health——A new measurement for eco-environmental assessment. *Bull Soil and Water Conser*(in Chinese)(水土保持通报),1998,18(4):57~62.

[3] Huang S M(黄思铭),Ou X K(欧晓昆),Yang S H(杨树华),et al. Rigidity Ristriction——A study on the indicator system of ecological assessment(in Chinese). Beijing:Science press,1998. 41~62.

[4] Ma X H(马学慧),Liu X T(刘兴土). An analysis on present situation and assessment method for eco-environmental quality of wetlands in China. *Scientia Geographica Sinica*(in Chinese)(地理科学),1997,17(supp): 401~408.