

# 滇池北岸西区湿地公园的生态系统服务功能价值评估

马兰<sup>1</sup>, 卢少勇<sup>2</sup>, 陆轶峰<sup>3</sup>, 王梦芸<sup>3</sup>, 马丽娟<sup>3</sup>

1. 云南省科学技术发展研究院, 昆明 650051
2. 中国环境科学研究院, 国家环境保护洞庭湖科学观测研究站, 北京 100012
3. 云南大学生态学与环境学院, 昆明 650051

**摘要** 滇池是著名的高原淡水湖泊, 滇池湿地公园是极具特色和影响的生态资源。采用影子工程法、替代法、成果参照法等评价方法, 评估了滇池湿地公园的生物栖息地功能价值、降污净化价值、旅游休闲价值、科研教育价值、调节空气价值、生物多样性保护价值、物质生产价值、涵养水源价值、保育土壤价值。结果显示, 每年滇池北岸西区湿地公园提供的生态系统服务功能价值约为 16.44 亿元, 其中生态栖息地价值最大(为 11.97 亿元)。

**关键词** 湿地; 生态系统服务功能; 价值评估; 滇池

随着人们环境意识的不断提高, 居民对优质自然景观的需求不断增加, 如绿地和开敞水面等。湿地是地球上生产力最高、具多功能、独特的生态系统之一, 兼有水、陆生态功能, 是自然界最富生物多样性的生态景观和人类最重要的生存环境之一, 被人类誉为“自然之肾”<sup>[1-2]</sup>。虽湿地仅占地球表面面积的 6%, 却为世界上 20% 的生物提供了生境, 且还不包括许多湿地中未知的生命形式<sup>[3]</sup>。城市公园中以绿地和水面为主, 不仅为城市居民提供健康舒适和相对静谧的休闲娱乐环境, 且对净化空气、调节气候等有重要贡献<sup>[4]</sup>, 虽城市公园生态服务大多属于非市场化<sup>[5-6]</sup>, 但其具有的重要意义不能忽视。

20 世纪 60 年代末, 生态系统服务概念首次在文献中出现, Ehrlich 等<sup>[7]</sup>于 80 年代确定了生态系统服务定义, 90 年代最具影响的评价成果是 Costanza 等<sup>[8]</sup>于 1997 年在《Nature》发表的全球生态系统服务和自然资本价值估算, 促进了生态系统价值评价研究进展。国内生态系统服务评价工作起步于 20 世纪 90 年代后期, 通常先分类计算各功能的价值, 再汇总。

最近的生态系统服务功能价值计算和评估主要有中国环境科学研究院对整个青海省和湖南省郴州市资兴东江湖流域的生态系统服务功能价值计算, 及南四湖<sup>[9]</sup>、皖西大别山五大水库<sup>[10]</sup>、海南省滨海<sup>[11]</sup>等地的生态服务功能价值计算。

滇池是云南省最大的淡水湖泊, 作为其重要生态资源的滇池湿地公园具重要生态服务价值。本研究拟以《昆明滇池国家旅游度假区主要入滇河道绿色生态化建设规划(2014—

2020)》的基础调查为依据, 对滇池北岸西区湿地、湿地公园的生态系统服务功能价值进行分类评估。

## 1 研究区概况

滇池位于云南省昆明市西南侧, 是著名的高原淡水湖泊, 地处东经 102°36′~102°47′, 北纬 24°40′~25°02′, 西北临近西山区、官渡区, 东南临近呈贡区、晋宁县。滇池湖面海拔 1886 m, 面积 330 km<sup>2</sup>。平均水深 4.4 m。湖水在西南海口洩出, 称螳螂川, 为金沙江支流普渡河上源。有 20 余条河流常年入滇, 汇流面积在 100 km<sup>2</sup> 以上的有宝象河、盘龙江、洛龙河、柴河、捞鱼河、东大河、新河、运粮河等 8 条<sup>[12-14]</sup>。

滇池北岸西区的湿地(含公园类型的湿地)面积共 158.53 hm<sup>2</sup>, 具体见表 1。

表 1 滇池北岸西区湿地、公园占地面积

Table 1 Areas of wetlands, parks in the north west shore of Dianchi Lake

名称	占地面积 /hm <sup>2</sup>	名称	占地面积 /hm <sup>2</sup>
云南民族村	86.67	永昌湿地	11.40
海埂公园	50.00	金太塘湿地	3.13
盘龙河西口入湖口湿地	7.33		

收稿日期: 2016-06-28; 修回日期: 2016-08-09

基金项目: 国家水体污染控制与治理重大专项(2013ZX07101-014, 2012ZX07105-002); 科技基础性工作专项(FY110900)

作者简介: 马兰, 高级工程师, 研究方向为环境管理战略, 电子信箱: 13888199883@163.com

引用格式: 马兰, 卢少勇, 陆轶峰, 等. 滇池北岸西区湿地公园的生态系统服务功能价值评估[J]. 科技导报, 2016, 34(18): 156-161; doi: 10.3981/j.

issn.1000-7857.2016.18.021

## 2 研究区生态系统服务功能价值分类

根据 Costanza 等<sup>[8]</sup>对生态系统服务的划分方法,结合滇池

北岸西区湿地、公园实际,在选择价值分析对象时用矩阵筛选,筛选及赋值标准见表2和表3。

表2 滇池北岸西区湿地、公园生态系统服务类型筛选

Table 2 Ecosystem service type selection table of wetland and park in the north west shore of Dianchi Lake

价值分析对象	服务能力				
	云南民族村	海埂公园	盘龙河西口入湖口湿地	永昌湿地	金太塘湿地
气体调节	√,8	√,8	√,8	√,7	√,6
气候调节	√,7	√,7	√,7	√,6	√,5
干扰调节	√,9	√,9	√,8	√,7	√,6
水文调节	√,8	√,7	√,5	√,6	√,4
水资源供应	√,4	√,4	√,4	√,3	√,2
水土保持	√,4	√,4	√,6	√,6	√,6
土壤形成	√,2	√,2	√,4	√,3	√,5
营养循环	√,3	√,3	√,5	√,5	√,5
废物处理	√,4	√,4	√,3	√,4	√,2
授粉	√,6	√,6	√,6	√,4	√,4
生物控制	√,3	√,3	√,4	√,3	√,4
栖息避难所	√,3	√,3	√,6	√,5	√,4
食物生产	×,0	×,0	×,0	×,0	×,0
提供原材料	×,0	×,0	×,0	×,0	×,0
遗传资源	√,0	√,0	√,0	√,0	√,0
娱乐	√,7	√,7	√,5	√,6	×,0
文化	√,9	√,9	√,7	√,9	×,0

注:√为有该项服务能力,×为没有该项服务能力。

表3 赋值标准

Table 3 Value-determined standards

状况	赋值	状况	赋值	状况	赋值
作用很大	9	作用明显	6	有一定作用	3
作用大	8	作用较为明显	5	有作用	2
作用较大	7	作用可以显现	4	有潜在的作用	0

采用 MATLAB 进行主要因素筛选,在研究区域筛选出的主要价值点有以下几种。

1) 生物栖息地价值。湿地公园是城市绿地系统的重要组成部分,与城市常见景观有较大差异,形成城市中特殊的生物生境<sup>[15]</sup>;滇池湿地是鸟类、鱼类等动物栖息、迁徙、繁殖场所<sup>[6]</sup>,适于各类生物的生存、繁衍,许多鸟类都于每年在此过冬,尤以红嘴鸥数量最多<sup>[17]</sup>。

2) 降污净化价值。湿地、公园在调节地表径流和净化水质的同时还能调节区域气候及沉淀、吸附、分解、转化和吸收污染物,滞留营养物的能力较强<sup>[18-19]</sup>。此项估算主要基于湿地公园对氮磷的净化。

3) 旅游休闲价值。湿地生态系统水域面积广大,自然景

色优美,且是大量鸟类和水生动植物的栖息繁殖地。因此吸引了大量游客前观光旅游,产生了旅游休闲功能价值。

4) 科研教育价值。湿地是生态学、气候学、生物学、地理学及湿地和鸟类研究的自然本底和基地,为诸多基础科研提供了理想的科学实验场所,吸引了许多科研单位和国内外学者前来考察、研究;公园如云南民族村,不仅是展示云南各民族风情风情的窗口,更是云南民族文化的缩影,具极大的科研教育功能价值。

5) 调节空气价值。空气净化属湿地公园生态系统的一种服务功能,可影响并调节当地空气及降水,主要由湿地内的植物吸收 CO<sub>2</sub>、释放 O<sub>2</sub> 等生态系统服务共同实现。它们的评估指标按国内造林成本和工业制氧标准取值。

6) 生物多样性保护价值。湿地和公园拥有丰富的生物多样性和巨大的基因库,滇池湿地不仅为生物提供栖息地,还为生物进化、生物多样性提供了条件。本文用成果参照法计算生物多样性保护的价值。

7) 物质生产价值。滇池湿地公园生态系统为人类提供了多种多样的产品和原材料,如芦苇、菖蒲、水葱、牧草、鱼类等。

8) 涵养水源价值。湿地生态系统中,土壤和地表蓄水是涵养功能的主要组成部分,湿地可调节降水量不均所带来的洪涝与干旱,增加水源涵养。

9) 保育土壤价值。湿地对土壤保护可通过减少土壤侵蚀和肥力流失实现,其价值用土地废弃的机会价值代替,即认为湿地被完全破坏后,这些土地将退化乃至被废弃<sup>[20]</sup>。

### 3 研究区生态系统服务功能价值估算

#### 3.1 生物栖息地价值

用生态价值法估算,此法是将Pearce的生长曲线(S形曲线)与社会发展水平及人们生活水平相结合,根据人们对某种生态功能的实际社会支付和物种价值来估算生态服务价值<sup>[21]</sup>。其特点是,用恩格尔系数(食品支出总额占个人消费支出总额的比重)的倒数为横坐标,求出发展阶段系数。简化的皮尔生长曲线模型公式为:

$$\lambda = 1/(1 + e^{-t}) \quad (1)$$

式中, $\lambda$ 为发展阶段系数; $t$ 为社会经济发展阶段; $e$ 为自然常数, $e=2.718281828459$ 。

恩格尔系数 $En$ 与发展阶段的关系见表4,计算过程见表5。

表4 恩格尔系数与发展阶段的关系

Tbale 4 Relationship between Engel coefficient and development stage

发展阶段	贫困	温饱	小康	富裕	极富
$En/\%$	>60	60~50	50~30	30~20	<20
$1/En$	<1.7	1.7~2.0	2.0~3.3	3.3~5.0	>5.0

表5 计算过程

Table 5 Table of calculating process

$En/\%$	$T=1/En$	$t=T-3$	$e^{-t}$	$\lambda=1/(1+e^{-t})$
44	2.2727	-0.7273	2.0695	0.3258

根据《昆明市国民经济和社会发展规划第十二个五年规划纲要》,2010年昆明恩格尔系数为44%;对应插入法查表4,得 $T(T=1/En)$ 为2.2727; $t=T-3$ ,则 $t$ 为-0.7273; $e^{-t}$ 为2.0695;计算得到城市发展阶段系数为0.3258,即滇池北岸西区湿地公园的基本建设费占生物栖息地功能价值的32.58%。用替代法估算,即用建设和维护湿地公园的费用来替代作为生物栖息地功能的价值<sup>[22]</sup>。参考滇池北岸东区西亮塘湿地建设投入,按面积和摊销年度折算为3.9亿元/ $\text{km}^2$ 。由此可得出研究区湿地生物栖息地功能价值为3.9亿元(基本建设费) $\div 0.3258 = 11.97$ 亿元。

#### 3.2 水质净化价值

根据经验,自然河道、湿地去除氮磷的效率约为10%以内,人工湿地去除氮磷的效率在50%以内,在保证污水处理厂运行稳定的情况下,按照最大净化效率计算。价值计算公式为:

$$V = V_N + V_P = \lambda_N(C_{N,in}Q_{in} - C_{N,out}Q_{out}) + \lambda_P(C_{P,in}Q_{in} - C_{P,out}Q_{out}) \quad (2)$$

式中: $V$ 为净化价值; $C_{N,in}$ 、 $C_{P,in}$ 分别为入湖的N、P浓度; $C_{N,out}$ 、 $C_{P,out}$ 分别为出湖的N、P浓度; $Q_{in}$ 、 $Q_{out}$ 分别为入湖、出湖水量; $\lambda_N$ 、 $\lambda_P$ 分别为净化成本系数。

中国生活污水中氮、磷的平均处理成本分别为1.5和2.5元/ $\text{kg}$ <sup>[23]</sup>。水质净化价值计算结果见表6。

表6 水质净化价值计算

Table 6 Calculation results of water quality purification value

项目	湿地公园水源	河道水源	处理规模/ (万 $\text{t}\cdot\text{d}^{-1}$ )	湿地公园 水源比例	出口排放要求 (GB 18918—2002)	总氮最高排放 浓度/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	总磷最高排放 浓度/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$
云南民族村	采莲河	第一污水处理厂	12	100	一级A标	15	1
海埂公园	采莲河	第一污水处理厂	12	100	一级A标	15	1
永昌湿地	船房河	第一污水处理厂	12	100	一级A标	15	1
金太塘湿地	金家河、太家河	第二污水处理厂等	30	0	一级A标	15	0.5
盘龙河西口入湖口湿地	盘龙江	第五污水处理厂等	30	0	一级A标	15	0.5

按照滇池流域多家污水处理厂尾水进入湿地的N、P去除率平均考虑,氮去除率取55%,磷去除率取65%。对应船房河水系湿地公园的处理折算为常规污水处理厂,合0.144万元/d,52.6万元/年。

#### 3.3 旅游休闲价值

云南民族村、海埂公园为发生门票景点,票价分别为90

元、10元,据滇池度假区提供的相关统计数据,2013年云南民族村、海埂公园分别接待游客237.3万人次、122.8万人次,产生的旅游价值为22585万元。

结合实地调查,得到平均每天去3个免费湿地、公园的约有200人,用费用支出法,按每人消费约50元<sup>[24]</sup>,计算湿地公园的休闲娱乐功能价值: $200 \times 50 \times 365 \times 3 = 1095$ 万元;根据云南

民族村、海埂公园年接待游客量,得到休闲娱乐功能价值为18005万元。

调查了昆明市以湿地、公园为外景的7家婚纱摄影机构产生的费用平均为2400元/对,按照非雨季每年150 d、平均每天10对计算得到研究区8个湿地、公园的休闲功能价值,为2880万元。

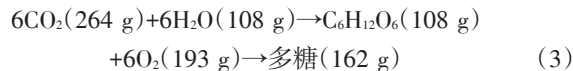
以上价值的总和为研究区年旅游休闲功能价值,为43470万元/a。

### 3.4 科研教育价值

中国单位面积生态系统的平均科研价值382元/hm<sup>2[25]</sup>, Costanza等<sup>[8]</sup>对全球湿地生态系统科研文化功能评估的平均值为861美元/hm<sup>2</sup>(折合人民币5361.447元/hm<sup>2</sup>),取两者的平均值2871.7235元/hm<sup>2</sup>,结合滇池北岸西区湿地公园总面积(158.53 hm<sup>2</sup>),其科研价值为45.53万元。

### 3.5 调节空气价值

由于植物具有吸收CO<sub>2</sub>和释放O<sub>2</sub>的能力,利用光合作用方程式:



可知:植物生产162 g干物质可吸收264 g CO<sub>2</sub>,释放O<sub>2</sub> 193 g,即1 g干物质需1.63 g CO<sub>2</sub>,释放1.19 g O<sub>2</sub>,根据吕磊等<sup>[26]</sup>对滇池湿地的研究可得到滇池单位湿地芦苇的平均产量为17.4 t/hm<sup>2</sup>,本文研究区的5个湿地水域总面积为42.53 hm<sup>2</sup>,计算得到生物量为17.4×42.53=740.022 t。因此,湿地年吸收CO<sub>2</sub>为740.022×1.63=1206.24 t,释放O<sub>2</sub>为740.022×1.19=880.63 t。用中国造林成本250元/t的标准和工业制氧400元/t的标准,将生态指标换算成经济指标。湿地调节空气质量的值为250×1206.24+400×880.63=65.3812万元/年。

### 3.6 生物多样性保护价值

此项指标公式为:

$$U=I \cdot S \quad (4)$$

其中,U为生物多样性保护价值(元),I为湿地生态系统生物多样性保护价值当量(元/hm<sup>2</sup>),S为湿地公园面积(hm<sup>2</sup>)。

谢高地等<sup>[27]</sup>的调查报告:湿地生态系统生物多样性保护价值当量为2212.2元/hm<sup>2</sup>,依此计算,得到研究区湿地公园生物多样性保护价值为2212.2×158.53=35.07万元。

### 3.7 物质生产价值

滇池北岸西区湿地公园中,植物种类很多,有芦苇、菖蒲、茭草、慈姑等多种植物,生物量大,因此计算时参照芦苇为主。根据有关滇池的研究<sup>[26]</sup>,推算出单位面积芦苇价值为0.6954万元/hm<sup>2</sup>,乘以湿地公园总面积,可得到所研究湿地的植被生产价值为137.355万元/年。

### 3.8 涵养水源价值

用影子工程法估算研究区涵养水源的服务价值,湿地公园年蓄水量概况见表7,类比昆明市东川区坝塘建设投入11元/m<sup>3[26]</sup>,可计算得到度假区湿地、公园的涵养水源价值为523万元。

表7 涵养水源价值计算

Table 7 Calculation results of water conservation value

湿地公园	坝塘库容需投入/(元·m <sup>-3</sup> )	年蓄水量/10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	价值/万元
云南民族村	11	26.0	286
海埂公园	11	15.0	165
永昌湿地	11	3.4	38
金太塘湿地	11	0.9	10
盘龙江西口入湖口湿地	11	2.2	24
合计		47.6	523

### 3.9 保育土壤价值

湿地公园保护土壤、减少土壤侵蚀的价值用替代法计算。通过比较湿地肥力与因土壤侵蚀而废弃的土地肥力差,折算成化肥价格<sup>[28]</sup>。本研究中,湿地减少土壤养分流失中的养分指易溶解在水中或易在外力作用下与土壤分离的N、P、K等。计算式<sup>[29]</sup>为:

$$V=S \cdot h \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot D \quad (5)$$

式中,h为无植被土壤中等程度的侵蚀深度;R<sub>1</sub>为土壤容重;R<sub>2</sub>为单位土壤养分的平均含量;D为中国化肥的平均价格。

根据中国土壤侵蚀的研究结果表明,无植被的土壤中等程度的侵蚀深度为15~35 mm。估算湿地减少土壤侵蚀的总量,用草地中等程度侵蚀深度的平均值代替,即为25 mm/年<sup>[30]</sup>。土壤容重取自文献<sup>[31]</sup>为1.46 g/cm<sup>3</sup>,单位土壤N、P、K的平均含量为1.96%,化肥平均价格(磷酸二铵化肥和氯化钾化肥)按2300元/t计算,可得到研究区湿地保护土壤的价值为325万元/年。

## 4 结果与分析

由表8可知,滇池北岸西区湿地公园生态系统服务功能总价值约为16.4亿元,其中生物栖息地价值最高占72.8%,其次是旅游价值占26.4%。

表8 滇池北岸西区湿地公园生态服务功能价值统计

Table 8 Ecological service function value statistics of wetland and park in the north west shore of Dianchi Lake

生态系统服务	价值量/万元	比例
生物栖息地价值	119705	0.7283
水质净化价值	53	0.0003
旅游休闲价值	43470	0.2645
科研教育价值	46	0.0003
调节空气价值	65	0.0004
生物多样性保护价值	35	0.0002
物质生产价值	137	0.0008
涵养水源价值	523	0.0032
保育土壤价值	325	0.0020
合计	164359	1

参考 Costanza 等对全球湿地单位面积服务价值研究结果为 19580 美元/hm<sup>2</sup> (折合为人民币 13.04 万元), 经计算研究区单位面积服务价值为 1037 万元, 滇池北岸西区湿地公园服务价值高于世界平均水平。

## 5 结论

1) 利用影子工程法、替代法、成果参照法等评价方法, 在 Matlab 等工具平台下从生物栖息地功能、水质净化、旅游休闲、科研教育值、调节空气、生物多样性保护、物质生产、涵养水源、保育土壤等 9 个主要生态功能价值方面对滇池北岸西区湿地公园生态系统服务功能进行评估, 每年滇池北岸西区湿地公园提供的价值约为 16.44 亿元, 其中以生态栖息地价值最大, 为 11.97 亿元, 其次是旅游价值功能。

2) 滇池北岸西区湿地公园单位面积的服务价值为 1037 万元, 滇池北岸西区湿地公园服务价值高于世界平均水平 (19580 美元/hm<sup>2</sup>, 即 13.04 万元/hm<sup>2</sup>)。

本研究运用多种方法对滇池北岸西区湿地公园的生态系统服务功能进行了评估, 但没有形成一个完整的评估体系, 未来研究中将建立和完善生态系统价值评估体系。

### 参考文献 (References)

- [1] 张举亮, 刘加珍, 刘亚琦, 等. 东平湖湿地氮磷分布特征及影响因素分析[J]. 人民黄河, 2015, 37(4): 90-93.  
Zhang Juliang, Liu Jiazhen, Liu Yaqi, et al. Analysis on the influential factors and the space distribution of N and P in the Dongping lake wetlands[J]. Yellow River, 2015, 37(4): 90-93.
- [2] Coban O, Kuschik P, Kappelmeyer U, et al. Nitrogen transforming community in a horizontal subsurface-flow constructed wetland[J]. Water Research, 2015, 74: 203-212.
- [3] 严承高, 张明祥, 王建春. 湿地生物多样性价值评价指标及方法研究[J]. 林业资源管理, 2000(1): 41-46.  
Yan Chenggao, Zhang Mingxiang, Wang Jianchun. Study on valuation indexes and methods of wetland biodiversity in China[J]. Forest Resources Management, 2000(1): 41-46.
- [4] Kong F H, Yin H W. Using GIS and landscape metrics in the hedonic price modeling of the amenity value of urban green space: A case study in Jinan City, China[J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 79(3): 240-252.
- [5] Morancho A B. A hedonic valuation of urban green areas[J]. Landscape and Urban Planning, 2003, 66(1): 35-41.
- [6] 吕中诚, 康文星. 城市绿地系统社会服务功能及其评价研究综述[J]. 中国农学通报, 2014, 30(28): 233-237.  
Lü Zhongcheng, Kang Wenxing. Research reviews on social service function and evaluation of city green space system[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(28): 233-237.
- [7] Ehrlich P R, Ehrlich A H. Extinction: the causes and consequences of the disappearance of species[M]. New York: Random House, 1981: 127-154.
- [8] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [9] 马占东, 高航, 杨俊, 等. 基于多源数据融合的南四湖湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 资源科学, 2014, 36(4): 840-847.  
Ma Zhandong, Gao Hang, Yang Jun, et al. Valuation of Nansihu Lake wetland ecosystem services based on multi-sources data fusion[J]. Resources Science, 2014, 36(4): 840-847.
- [10] 黄润, 王升堂, 倪建华, 等. 皖西大别山五大水库生态系统服务功能价值评估[J]. 地理科学, 2014, 34(10): 1270-1274.  
Huang Run, Wang Shengtang, Ni Jianhua, et al. Ecosystem service functions of the five reservoirs in Dabie Mountain, West Anhui Province[J]. Scientia Geographica Sinica, 2014, 34(10): 1270-1274.
- [11] 丁冬静, 李玫, 廖宝文, 等. 海南省滨海自然湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 生态环境学报, 2015, 24(9): 1472-1477.  
Ding Dongjing, Li Mei, Liao Baowen, et al. Evaluation of economic value of coastal natural wetland ecosystem services of Hainan Province [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2015, 24(9): 1472-1477.
- [12] Yuan Z, Taoran S, Yan Z, et al. Spatial distribution and risk assessment of heavy metals in sediments from a hypertrophic plateau lake Dianchi, China[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2014, 186(2): 1219-1234.
- [13] Tian C, Liu Z, Zhang Y, et al. Hydrothermal liquefaction of harvested high-ash low-lipid algal biomass from Dianchi Lake: Effects of operational parameters and relations of products[J]. Bioresource Technology, 2015, 184: 336-343.
- [14] Wu Y, Li L, Gan N, et al. Seasonal dynamics of water bloom-forming Microcystis morphospecies and the associated extracellular microcystin concentrations in large, shallow, eutrophic Dianchi Lake[J]. Journal of Environmental Sciences, 2014, 26(9): 1921-1929.
- [15] 曹新向, 翟秋敏, 郭志永. 城市湿地生态系统服务功能及其保护[J]. 水土保持研究, 2005, 12(1): 145-148.  
Cao Xinxiang, Zhai Qiumin, Guo Zhiyong. Ecosystem services of urban wetland and its conservation[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2005, 12(1): 145-148.
- [16] 翟俊. 景观基础设施公园初探——以城市雨洪公园为例[J]. 国际城市规划, 2015, 30(5): 110-115.  
Zhai Jun. A preliminary study on landscape infrastructural park with the urban stormwater park as an example[J]. Urban Planning International, 2015, 30(5): 110-115.
- [17] Miao Q, Han J, Xiang X, et al. Prevalence of antibody to toxoplasma gondii in black-headed gulls (Chroicocephalus ridibundus), Dianchi Lake, China[J]. Journal of Wildlife Diseases, 2014, 50(3): 717-719.
- [18] Zhang H, Zhang J, Lei D, et al. GIS based evaluation system for ecological constraints of Dianchi Lake Basin[J]. Asian Agricultural Research, 2014, 6(4): 94-98.
- [19] 方俊华, 廖建荣. 海绵城市建设对河流水质水量影响的研究[J]. 江汉大学学报(自然科学版), 2016, 44(1): 40-47.  
Fang Junhua, Liao Jianrong. Effects of sponge urban construction on river water quality and quantity[J]. Journal of Jiangnan University(Natural Science Edition), 2016, 44(1): 40-47.
- [20] 崔丽娟. 扎龙湿地价值货币化评价[J]. 自然资源学报, 2002, 17(4): 451-456.  
Cui Lijuan. Assessment on Zhalong Wetland value[J]. Journal of Natural Resources, 2002, 17(4): 451-456.
- [21] A 迈里克·弗里曼. 环境与资源价值评估——理论与方法[M]. 曾贤刚, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2002: 109-190.  
A Myrick Freeman. The measurement of environmental and resource values: Theory and Methods[M]. Zeng Xiangang, trans. Beijing: China Renmin University Press, 2002: 109-190.
- [22] 邢爽, 张思冲, 许瀛元. 大庆龙凤湿地重要物种栖息地功能价值估

- 算[J]. 森林工程, 2013, 29(1): 32-35.  
Xing Shuang, Zhang Sichong, Xu Yingyuan, et al. Assessment of the habitat value of the important species in Daqing Longfeng Wetlands [J]. Forest Engineering, 2013, 29(1): 32-35.
- [23] 赵延茂, 宋朝枢. 黄河三角洲自然保护区科学考察集[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.  
Zhao Tingmao, Song Chaoshu. Scientific survey of the Yellow River Delta nature reserve in Guizhou[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1995.
- [24] 赵美玲, 成克武, 张铁民, 等. 唐山南湖湿地公园生态系统服务功能价值评估[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(14): 6020-6022.  
Zhao Meiling, Cheng Kewu, Zhang Tiemin, et al. Evaluation on the ecosystem services of Nanhu Wetland Park in Tangshan City[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(14): 6020-6022.
- [25] 崔保山, 杨志峰. 吉林省典型湿地资源效益评价研究[J]. 资源科学, 2001, 23(3): 55-61.  
Cui Baoshan, Yang Zhifeng. Benefit valuation of typical wetlands in Jilin Province[J]. Resources Science, 2001, 23(3): 55-61.
- [26] 吕磊, 刘春学. 滇池湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 环境科学导刊, 2010, 29(1): 76-80.  
Lü Lei, Liu Chunxue. Evaluation on functions of ecosystem service of Dianchi Lake[J]. Environmental Science Survey, 2010, 29(1): 76-80.
- [27] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-195.  
Xie Gaodi, Lu Chunxia, Leng Yunfa, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau[J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(2): 189-196.
- [28] 薛达元. 生物多样性经济价值评估[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998: 1-5.  
Xue Dayuan. Economic valuation of biodiversity[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1998: 1-5.
- [29] 邓立斌. 南四湖湿地生态系统服务功能价值初步研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(3): 214-219.  
Deng Libin. Valuation of ecosystem services in Nansi Lake wetland[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(3): 214-219.
- [30] 鄢帮有. 鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 资源科学, 2004, 26(3): 61-68.  
Yan Bangyou. Evaluation of wetland ecosystem's services of Poyang Lake[J]. Resources Science, 2004, 26(3): 61-68.
- [31] 毛云玲, 王鹏云, 曾艳, 等. 昆明市土壤水分常数特征分析[J]. 西部林业科学, 2011, 40(2): 64-68.  
Mao Yunling, Wang Pengyun, Zeng Yan, et al. Analysis of index of soil water from Kunming City[J]. Journal of West China Forestry Science, 2011, 40(2): 64-68.

## Evaluation of ecosystem services function of the north shore of West Dianchi Lake Wetland Park

MA Lan<sup>1</sup>, LU Shaoyong<sup>2</sup>, LU Yifeng<sup>3</sup>, WANG Mengyun<sup>3</sup>, MA Lijuan<sup>3</sup>

1. Yunnan Academy of Science and Technology Development, Kunming 650051, China
2. State Environmental Protection Scientific Observation and Research Station for Lake Dongtinghu, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China
3. School of Ecology and Environment, Yunnan University, Kunming 650051, China

**Abstract** Dianchi Lake is a famous plateau freshwater lake. Dianchi Lake Wetland Park is also the ecological resource with unique features and profound effects. Its function of ecosystem services contains nine kinds of values, which cover habitats, water quality purification, tourism and leisure, scientific research and education, air conditioning, biodiversity conservation, material production and water and soil conservation. Shadow engineering method, replacement method, and the results of reference method are adopted to evaluate the function values. It has been showed that the north shore of West Dianchi Lake Wetland Park provides 16.44 billion yuan annually, of which the maximum value belongs to the ecological habitat, accounting for 11.97 billion yuan annually. It may to great extent demonstrate a reference to assessing the value of ecosystem services for a similar case, so as to promot scientific and rational protection and sustainable development.

**Keywords** wetland; cosystem service function; value evaluation; Dianchi Lake

(责任编辑 王媛媛)