

# 青海湟水国家湿地公园生态系统服务价值及其效率格局研究

魏晓燕<sup>1,2\*#</sup>, 薛华菊<sup>1,2</sup>, 范钟庆<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>青海师范大学经济管理学院, 青海 西宁

<sup>2</sup>高原科学与可持续发展研究院, 青海 西宁

收稿日期: 2022年10月24日; 录用日期: 2022年11月22日; 发布日期: 2022年11月29日

## 摘要

湿地生态系统服务价值评估是科学制定湿地建设和管理政策的重要依据。本研究基于2020~2021现场监测和问卷数据, 构建包含四大类12个指标的价值评价体系, 估算湟水国家湿地提供的生态系统服务价值。研究结果显示: 1) 研究期内湟水湿地每年提供的12种生态系统服务价值为1.17亿元。其中, 供给服务价值245.82万元, 支持服务价值为1506.35万元、调节服务约为4144.52万元, 文化服务价值为5818.44万元; 2) 湟水湿地公园中湟水和北川河的生态系统服务价值最高, 达到了7425.35万元/年, 占总体价值的64%。其它湿地价值由大到小依次是北川湿地、海湖湿地、火烧沟湿地和宁湖湿地, 分别为2193.86万元/年、1266.16万元/年、440.24万元/年和252.17万元/年; 3) 湟水国家湿地公园每年的生态系统服务效率为8.56万元/hm<sup>2</sup>。其中, 文化服务最高, 达到17.01万元/hm<sup>2</sup>。其次为调节和支持服务, 分别为12.12万元/hm<sup>2</sup>和4.40万元/hm<sup>2</sup>, 供给服务的效率最低, 仅为0.72万元/hm<sup>2</sup>; 4) 从区域尺度看, 海湖湿地单位面积的生态系统效率最高, 达到3.71万元/hm<sup>2</sup>; 效率最低的为北川湿地, 为2.73万元/hm<sup>2</sup>。河流湿地的平均服务效率略低于人工湿地的服务效率(2.69万元/hm<sup>2</sup>)。

## 关键词

湟水国家湿地公园, 生态系统服务, 价值评估, 服务效率

## The Research on Ecosystem Service Value and Its Efficient Pattern of the Huangshui National Wetland Park in Qinghai Province

Xiaoyan Wei<sup>1,2\*#</sup>, Huaju Xue<sup>1,2</sup>, Zhongqing Fan<sup>1,2</sup>

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 魏晓燕, 薛华菊, 范钟庆. 青海湟水国家湿地公园生态系统服务价值及其效率格局研究[J]. 世界生态学, 2022, 11(4): 489-500. DOI: 10.12677/ije.2022.114061

<sup>1</sup>School of Economics and Management, Qinghai Normal University, Xining Qinghai

<sup>2</sup>Academy of Plateau Science and Sustainability, Xining Qinghai

Received: Oct. 24<sup>th</sup>, 2022; accepted: Nov. 22<sup>nd</sup>, 2022; published: Nov. 29<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Wetland ecosystem service value assessment provides an important basis for scientifically formulating wetland park construction and management policies. Based on on-site monitoring and questionnaire data in 2020 and 2021, to construct a value evaluation system with four categories and 12 indicators, this study evaluated the ecosystem service value of Huangshui National Wetland Park. Results show: 1) During the study period, the 12 kinds of ecosystem services value of ecosystem services provide by Huangshui National Wetland Park is 117.0 million yuan per year, among which supply services, support services, adjustment services and cultural services values are 2.45 million, 15.06 million, 41.44 million yuan, and 58.18 million yuan, respectively; 2) Huangshui and Beichuan rivers have the highest ecosystem service value (74.25 million yuan/year) of Huangshui National Wetland Park, accounting for 64% of the total value. The spatial distribution of other wetland values is ranged as Beichuan Wetland (21.93 million), Haihu Wetland (12.66 million), Huoshaogou Wetland (4.4 million) and Ninghu Wetland (2.52 million) in sequence; 3) The service efficiency of Huangshui National Wetland Park is 85,600 yuan/hm<sup>2</sup>. Among them, cultural services are the highest (170,100 yuan/hm<sup>2</sup>), followed by regulation (121,200 yuan/hm<sup>2</sup>) and support services (44,000 yuan/hm<sup>2</sup>), and the last is supply services (7200 yuan/hm<sup>2</sup>). 4) At the regional scale, ecosystem service efficiency of Haihu wetland is the highest, reaching 37,100 yuan/hm<sup>2</sup>; the lowest efficiency is Beichuan Wetland, which is 27,300 yuan/hm<sup>2</sup>. The average service efficiency of river wetlands is slightly lower than that of constructed wetlands (26,900 yuan/hm<sup>2</sup>).

## Keywords

Huangshui National Wetland Park, Ecosystem Services, Value Assessment, Service Efficiency

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

湿地生态系统为人类提供多种类型的服务，已成为社会和经济发展的的重要支撑之一[1]。国家湿地公园是以湿地保护为基础，以湿地功能效应合理利用为目标，供公众游览、休闲或进行科学、文化和教育活动的特定湿地区域[2]。截止 2021 年，我国陆续建立 901 处国家湿地公园(含试点)，保护湿地面积达 240 万 hm<sup>2</sup>，其已成为我国生态系统保护系统中的重要一环。2021 年底我国出台了《湿地保护法》，28 个省区市先后出台了湿地保护法规。《湿地保护法》也于今年 6 月 1 日起施行，湿地保护管理体系初步建立。为科学制定湿地公园建设和管理政策，湿地生态系统服务价值评估是重要的依据之一，越来越受到科研和管理部门的重视，相关的研究方兴未艾[3] [4] [5] [6]。

早期生态系统服务评估，多以 Costanza 基于全球尺度或谢高地等在中国地区研究得到的单位面积价值量为参考[7] [8]，对湿地生态系统服务价值进行评估，该方法的优点是对数据的需求量小，但缺点是精确度和针对性不足。随后，越来越多学者应用市场价值法、碳税法、造林成本法、费用支出法、旅行费用法等价值评价法，对湿地生态系统服务进行定量货币化的评价[9]-[14]。随后，InVEST、SolVES 等生

态系统服务评价模型被开发出来, 广泛应用于国内外湿地评价中, 取得丰硕的成果[15][16][17][18]。

湟水国家湿地公园位于青藏高原东部省会城市西宁, 于2019年通过国家林草局验收, 是青藏高原唯一一个位于城市中心的国家湿地公园, 对西宁乃至青海社会经济发展具有举足轻重的作用[19][20]。由于地处城市, 湟水湿地常常受到人类活动的高强度扰动, 湿地保护与经济发展之间存在短时矛盾, 而相关政策的制定需要以湿地开发的机会成本为依据, 此时湿地生态系统服务价值数据就至关重要[20]。为解决这一问题, 本研究基于实测和问卷数据, 研究采用多种评价方法评估湟水国家湿地公园的生态系统服务价值, 为当地经济的发展方向提供科学依据, 为湿地公园的科学管理提供支撑。

## 2. 研究区概况

湟水国家湿地公园所在的西宁市区, 是青藏高原地区唯一人口超百万的城市, 常住人口220.5万人。公园地理坐标为东经101°37'06"~101°54'50", 北纬36°33'41"~36°44'42"。以西宁市人民公园T字形水系的河道为中心, 北至北川河康家桥, 南至北川河与湟水河交汇处, 西至湟水河解放渠进水闸, 东至湟水河小峡口闸亭, 规划范围总面积508.70 hm<sup>2</sup>。

湿地处在湟水谷地及其支流南川河和北川河与两侧的河谷阶地, 主要以南、北两山之间湟水谷地及其支流南川河和北川河与两侧的河谷构成“十”字形开放式盆地。湟水多年径流量12.5 m<sup>3</sup>/s。属于高原半干旱气候, 年平均气温为5.7℃, 极端最高气温为33.9℃, 极端最低气温-26.6℃; 年降水量360~400 mm, 年蒸发量1729.12 mm。湟水湿地公园内有植物33科82属, 103种; 有野生动物44种, 分属19科12目; 记录观察到的鸟类有130多种。

## 3. 研究方法和数据来源

### 3.1. 评价体系构建

基于湟水国家湿地公园生态、环境和社会经济特征, 以MA的生态系统服务分类为基础, 筛选出生态系统服务构成体系, 如表1所示。

**Table 1.** Huangshui National Wetland Park ecosystem service value assessment system

**表 1.** 湟水国家湿地公园生态系统服务价值评估体系

服务分类	指标类别	评估指标	说明
A <sub>1</sub> 供给服务	A <sub>11</sub> 原料食物	植物产品	1-湿地苗木
	A <sub>12</sub> 淡水产品	淡水资源	2-林田灌溉
A <sub>2</sub> 调节服务	A <sub>21</sub> 大气调节	固碳	3-植物固碳
		释氧	4-植物释氧
		吸收 SO <sub>2</sub>	5-植物吸收
		滞尘	6-湿地滞尘
	A <sub>22</sub> 水环境调节	水质净化	7-总氮总磷
		水源涵养	8-涵养水量
A <sub>3</sub> 支持服务	A <sub>31</sub> 土壤保持	土壤养分保持	9-N、P、K
	A <sub>32</sub> 栖息地	生物多样性	10-鸟类多样性
A <sub>4</sub> 文化服务	A <sub>41</sub> 休闲娱乐	休闲娱乐	11-支付意愿
	A <sub>42</sub> 科研宣教	科研宣教	12-宣教价值

### 3.2. 价值计算方法

供给服务是人类从生态系统中获得的最直接惠益,产生直接使用价值,其货币价值受市场的直接影响,因此使用市场价值法评估生态系统的供给服务最适合。湟水生态系统服务价值即为各生态服务功能综合,即:  $V_{\text{sum}} = \sum(V_1 + \dots + V_{12})$ 。

#### 1) 材料供给

采用市场价值法评估,结合各湿地区芦苇等植物产量和市场价值估算,如公式(1)所示:

$$V_1 = \sum_{i=1}^n A_i \times Q_i \times P_i \quad (1)$$

式中:  $V_1$  总价值(元),  $A_i$  为第  $i$  种湿地植物的面积( $\text{m}^2$ ),  $Q_i$  为单位面积植物的平均产量( $\text{kg}/\text{m}^2$ ),  $P_i$  是第  $i$  种湿地苗的市场价格(元/kg)。

#### 2) 淡水供给

采用市场价值法,利用公式(2)评估水资源用于生活、工业或农业灌溉的价值。由于湿地公园水质不能满足生活用水质量标准,淡水主要用于湿地周边林草的灌溉,故计算其灌溉价值。

$$V_2 = Q_2 \times P_2 \quad (2)$$

式中:  $Q_2$  为水量( $\text{m}^3/\text{年}$ ),  $P_2$  为水价(元/ $\text{m}^3$ )。

#### 3) 植物固碳

本研究以碳税法为基础,区分木本与草本的固碳效果,将固碳价值分 2 部分计算:木本植被的固碳价值由各林龄类型固碳量决定;草本植被根据植物光合作用方程式计算,生态系统每生产 1.00 kg 植物干物质,能固定 1.63 kg  $\text{CO}_2$ ,具体见公式(3)。

$$V_3 = C_3 \times P_3 = (A_f \times C_f + A_g \times C_g) \times P_3 \quad (3)$$

式中:  $V_3$  为固碳价值(元);  $C_3$  为碳储量(t);  $P_3$  为固碳价格(元/t);  $A_f$  为林木面积( $\text{hm}^2$ );  $C_f$  为木本植物单位面积碳储量( $\text{t}/\text{hm}^2$ );  $A_g$  为湿地植物面积( $\text{hm}^2$ );  $C_g$  为湿地植物单位面积碳储量( $\text{t}/\text{hm}^2$ )。

#### 4) 植物释氧

木本与草本的释氧功能根据植物光合作用方程式计算,由光合作用方程式:  $\text{CO}_2$  (264 g) +  $\text{H}_2\text{O}$  (108 g)  $\rightarrow$   $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (108 g) +  $\text{O}_2$  (193 g)  $\rightarrow$  多糖(162 g),生态系统每生产 1.00 kg 植物干物质,能固定 1.63 kg  $\text{CO}_2$ ,释放 1.20 kg  $\text{O}_2$ 。详见公式(4)。

$$V_4 = Q_4 \times P_4 \quad (4)$$

式中:  $V_4$  为释氧价值(元);  $Q_4$  为释氧量;  $P_4$  为氧气的价格(元/t)。

#### 5) 净化空气

林草地和湿地对  $\text{SO}_2$  的吸收净化能力不同,采用面积 - 吸收能力法评估林草地、湿地的净化空气价值,详见公式(5)。

$$V_5 = (A_f \times Q_f + A_g \times Q_g) \times P_5 \quad (5)$$

式中:  $V_5$  为年吸收  $\text{SO}_2$  价值量(元);  $A_f$  为林地面积( $\text{hm}^2$ );  $A_g$  为湿地植物面积( $\text{hm}^2$ );  $Q_f$  为单位面积林地年吸收  $\text{SO}_2$  量( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ );  $Q_g$  为单位面积湿地植物年吸收  $\text{SO}_2$  量( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ );  $P_5$  为  $\text{SO}_2$  污染物单位治理费用(元  $\cdot \text{kg}^{-1}$ )。

#### 6) 滞尘

采用面积 - 滞留能力法评估湿地滞尘能力价值,如公式(6)所示。

$$V_6 = (A_f \times Q_f + A_g \times Q_g) \times P_6 \quad (6)$$

式中:  $V_6$  为年滞尘价值量(元);  $A_f$  为林地面积( $\text{hm}^2$ );  $A_g$  为湿地植物面积( $\text{hm}^2$ );  $Q_f$  为林地单位面积滞尘能力( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ );  $Q_g$  为湿地单位面积滞尘能力( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ );  $P_6$  为削减粉尘的成本(元/kg)。

### 7) 水质调节

水质净化最直接地体现在于水体 TN 和 TP 浓度的变化, 实地取样检测数据, 然后采用箱式模型法, 将湿地入水口的水质与湿地内部或出水口的水质进行比较, 以 TN、TP 浓度为例, 经过湿地其浓度降低的含量即为湿地净化的物质质量, 再以费用支出法计算该湿地净化水质的价值量, 如公式(7):

$$V_7 = V_N + V_P = P_N \times (C_{Nin} \times Q_{in} - C_{Nout} \times Q_{out}) + P_P \times (C_{Pin} \times Q_{in} - C_{Pout} \times Q_{out}) \quad (7)$$

式中:  $C_{Nin}$ 、 $C_{Pin}$  分别是进入湿地水体的 N、P 浓度;  $C_{Nout}$ 、 $C_{Pout}$  分别是出湿地水体的 N、P 浓度;  $Q_{in}$ 、 $Q_{out}$  分别是入、出湿地水量;  $P_N$ 、 $P_P$  分别是 N、P 的净化成本。

### 8) 水源涵养

湿地生态系统有强大的补水和蓄水功能, 湟水国家公园对西宁防洪排涝体系中起着不可替代的作用。采用成果参数法计算湿地公园的涵养水源价值量。其计算如公式(8)所示下:

$$V_8 = A_8 \times P_8 \quad (8)$$

式中,  $A_8$  为湿地面积( $\text{m}^2$ );  $P_8$  为单位湿地的涵养价值(元/ $\text{m}^2$ )。

### 9) 土壤保持

土壤养分保持指湿地植物对土壤肥力的固定作用, 采用当量因子法进行评价, 如公式(9)。

$$V_9 = A \cdot (Q_N \times P_N + Q_P \times P_P + Q_K \times P_K) \quad (9)$$

式中:  $Q_{N,P,K}$  分别为单位面积固定氮、磷、钾的量(吨/ $\text{km}^2$ );  $Q_{N,P,K}$  分别氮、磷、钾肥的价格(元/吨);  $A$  为湿地面积( $\text{km}^2$ )。

### 10) 生物栖息地

通过鸟类、鱼类和重要植物调查, 利用生物多样性指数(Biodiversity Index)来分析湿地物种重要性和多样性, 根据不同等级确定生物多样性保护价值。计算公式如(10)所示:

$$V_{10} = Q_{10} \times A_{10} \quad (10)$$

式中:  $Q_{10}$  为单位面积样地生物多样性保护价值(元· $\text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ );  $A$  为生物栖息湿地面积( $\text{hm}^2$ )。

### 11) 休闲娱乐

通过游客体验调查问卷收集游客的支付意愿信息, 然后采用 CVM 法计算公园的休闲娱乐价值量, 如公式(11)所示。

$$V_{11} = \sum_{i=1}^k AWP_i \frac{n_i}{N} \times M \quad (11)$$

式中,  $V_{11}$  为被调查地区居民和游客对湟水国家湿地公园游憩资源的总支付意愿,  $AWP_i$  为被调查地区居民第  $i$  水平的支付意愿,  $n_i$  为样本人数中支付意愿为  $AWP_i$  的人数,  $N$  为被样本总数,  $M$  为被调查地区相应总体人群数目。

### 12) 科研宣教

湟水国家湿地公园不仅在保护恢复湿地方面发挥重要作用, 还为公众提供一个了解湿地、感受湿地的湿地科普教育平台, 成为西宁市科普宣教、野外教学实习、环保教育的重要基地, 本研究采用成果参数法计算湿地公园的科研宣教价值量。计算公式如下:

$$V_{12} = P_{12} \times A_{12} \quad (12)$$

式中： $V_{12}$  科研宣教价值量(元)； $P_{12}$  为单位面积科研宣教价值(元·hm<sup>-2</sup>)， $A_{12}$  为湿地公园面积。

### 3.3. 数据来源和分析

#### 1) 样点布设

现场监测主要集中在 6~10 月湿地植物生长旺季进行。在湟水国家湿地公园主要功能区设置样点(图 1)。木本植物样方 15 m × 15 m，草本植物同时设置 3 个 1 m × 1 m 植被样方。水文和水质监测点分别设置于入水口和出水口。

#### 2) 实验方法

水量、水深、泥沙厚度等基础数据基于现场监测，并结合 2 年监测数据确认平均值。其它数据现场采集后带回实验室进行分析，植物收割后带回实验室烘干称重，获取生物量数据；TN 和 TP 分别采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法和钼酸铵分光光度法；TK 用 NaOH 熔融 + 火焰光度法测定。

#### 3) 历史资料法

鸟类、植物种类主要基于历史监测数据。同时，参考历史水质、水量和底泥等数据对本年度监测结果进行验证。

#### 4) 问卷调查法

居民和游客问卷主要集中在 5~8 月。为消除偏差，问卷在正式调查之前，进行了一次预调查，发问卷逻辑性、问题合理性等存在的问题进行了修改，并初步确定支付意愿的合理额度。正式问卷调查时，为了让居民和游客充分认识湟水国家湿地公园的重要性，向调查对象提供了湟水国家湿地公园的介绍，所有问卷采用匿名方式，并向调查对象承诺，保护其隐私；采用支付方式，调查对象可以从问卷中给定的价格中选取一个值或根据自己的支付意愿填写支付值。

#### 5) 遥感数据

湿地面积来遥感监测数据。地理空间数据云下载 2020 年 7 月份的 Landsat8 OLI 影像，进行辐射定标和大气校正。在校正后的影像上对照 Google Earth 相近年份的影像绘制 ROI，提取湿地公园的水体。使用 NDWI 和 NDVI 进行水体的提取，将 NDVI 和监督分类结果结合起来使用以提高精度。对分类后的结果通过 Google Earth 的影像和现场考察进行修正。计算结果得到海湖湿地面积 28.4 × 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>，火烧沟湿地 10.8 × 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>，北川湿地面积 66.8 × 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>；宁湖湿地面积 5.9 × 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>；公园范围内湟水河道总长 39.1 km，北川河道长 10.8 km，河流湿地总面积约 231.6 × 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>；湿地总面积 343.5 × 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>，湿地面积率 67.5%。

#### 6) 价格参数

评估采用价格参数主要参考《湿地生态系统服务评估规范》(LY T2899-2017)、《滨海湿地生态系统服务功能评价技术规程》(DB21/T 2686-2016)、中华人民共和国国家林业局《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T1271-2008)等标准，结合区域社会经济特征和通胀系数后确定。

## 4. 研究结果

### 4.1. 湟水国家湿地公园生态系统服务价值构成

湟水国家湿地公园生态系统服务的价值构成如图 1 所示。核算结果显示，湟水国家湿地公园 2020~2021 平均每年至少为西宁市乃至青海提供生态系统服务总价值达到 1.17 亿元。其中，供给服务价值约为 245.8 万元，支持服务价值为 1506.3 万元、调节服务约为 4144.5 万元，文化服务价值为 5818.4 万元。按照价值高低排序依次为文化服务、调节服务、支持服务和供给服务。进一步分析四大生态系统服

务的构成,可以发现,湿地植物、生物多样性、水源涵养和休闲娱乐价值分别是四大服务中贡献最大了,平均贡献率为达到 90%以上[21]。

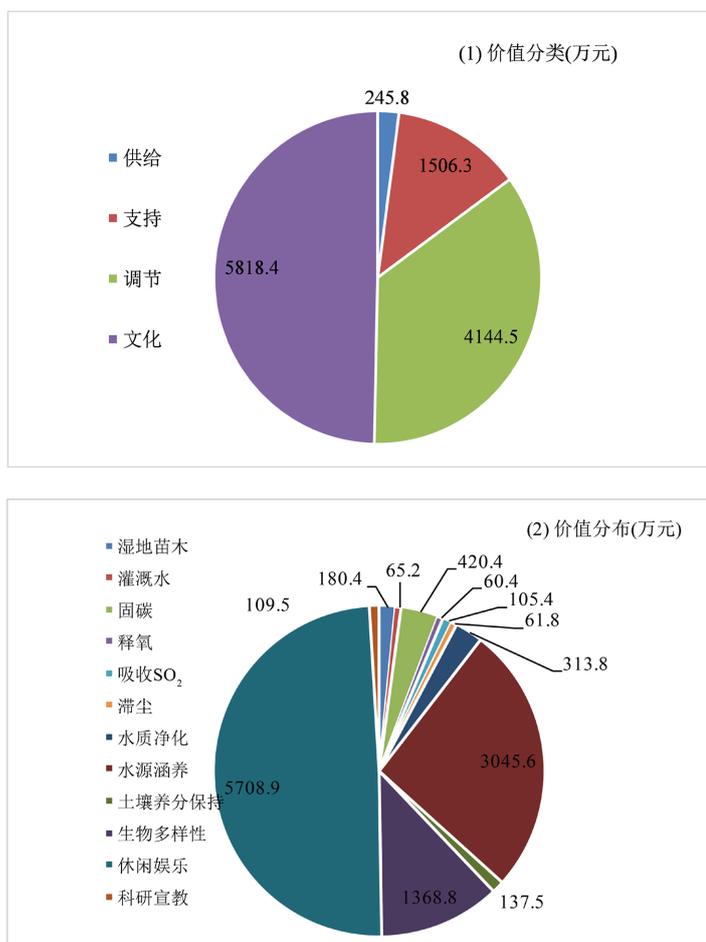


Figure 1. The composition of Huangshui National Wetland Park ecosystem service value

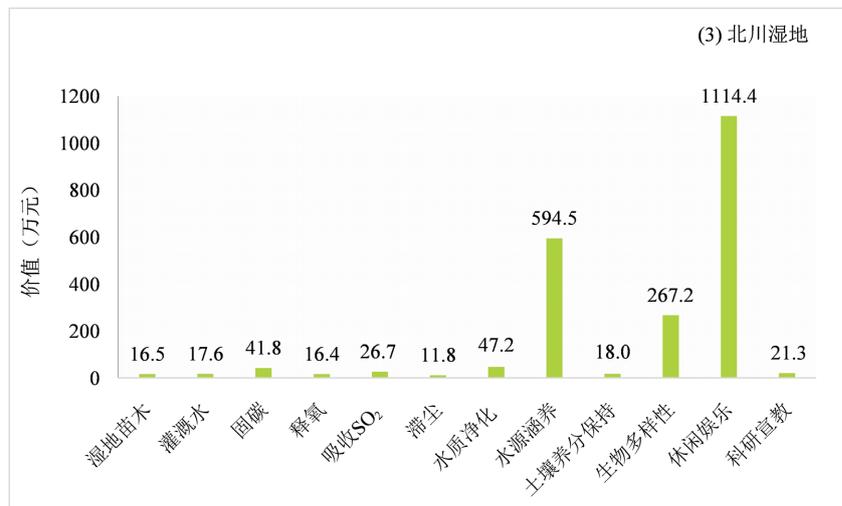
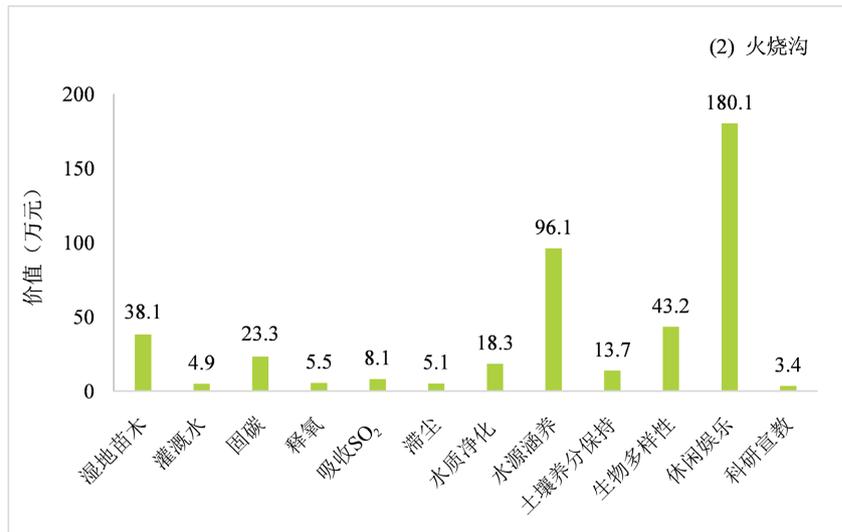
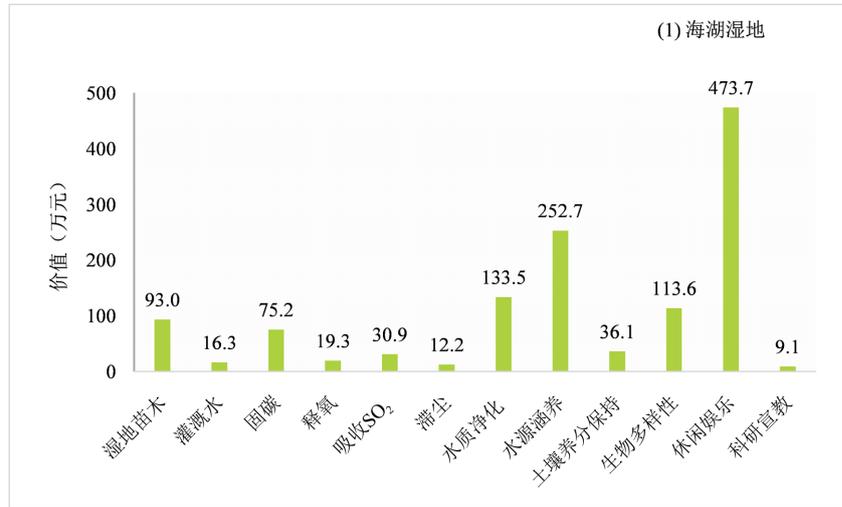
图 1. 湟水国家湿地公园生态系统服务价值构成

## 4.2. 湟水国家湿地公园生态系统服务的空间格局

湟水国家湿地公园生态系统服务的空间分布如图 2 所示。总体来看,湟水和北川河的价值最高,约占总体价值的 64%,达到了 7425 万元/年。其它湿地价值空间分布依次是北川湿地、海湖湿地、火烧沟湿地和宁湖湿地,分别为 2193 万元/年、1266 万元/年、440 万元/年和 252 万元/年。北川湿地面积大、游客多,虽然是新修复完成的湿地,但价值增加的潜力巨大;海湖湿地是湟水国家湿地公园发展较早的湿地,生态修复、休闲娱乐和科普宣教等做得较好,体现了很高的文化价值;火烧沟湿地和宁湖湿地的规模较小,相对价值高,对当地社会经济发挥重要的作用[22]。

生态系统服务价值排名前 2 位分别为休闲娱乐服务和水源涵养。后续排名依据各个湿地不同而存在差异。例如,海湖湿地排名第 3 的为水质净化价值,而火烧沟中排名第 3 的为栖息地生物多样性价值。虽然各类生态系统服务的价值大小不同,但均为当地提供了重要的生态系统服务。由于湟水国家湿地公园位于西宁城区,其为居民和游客提供的休闲娱乐价值最为重要。但是,其休闲娱乐价值是具有其它的

服务而产生的，如良好的空气环境、清洁的水环境和丰富的生物多样性。



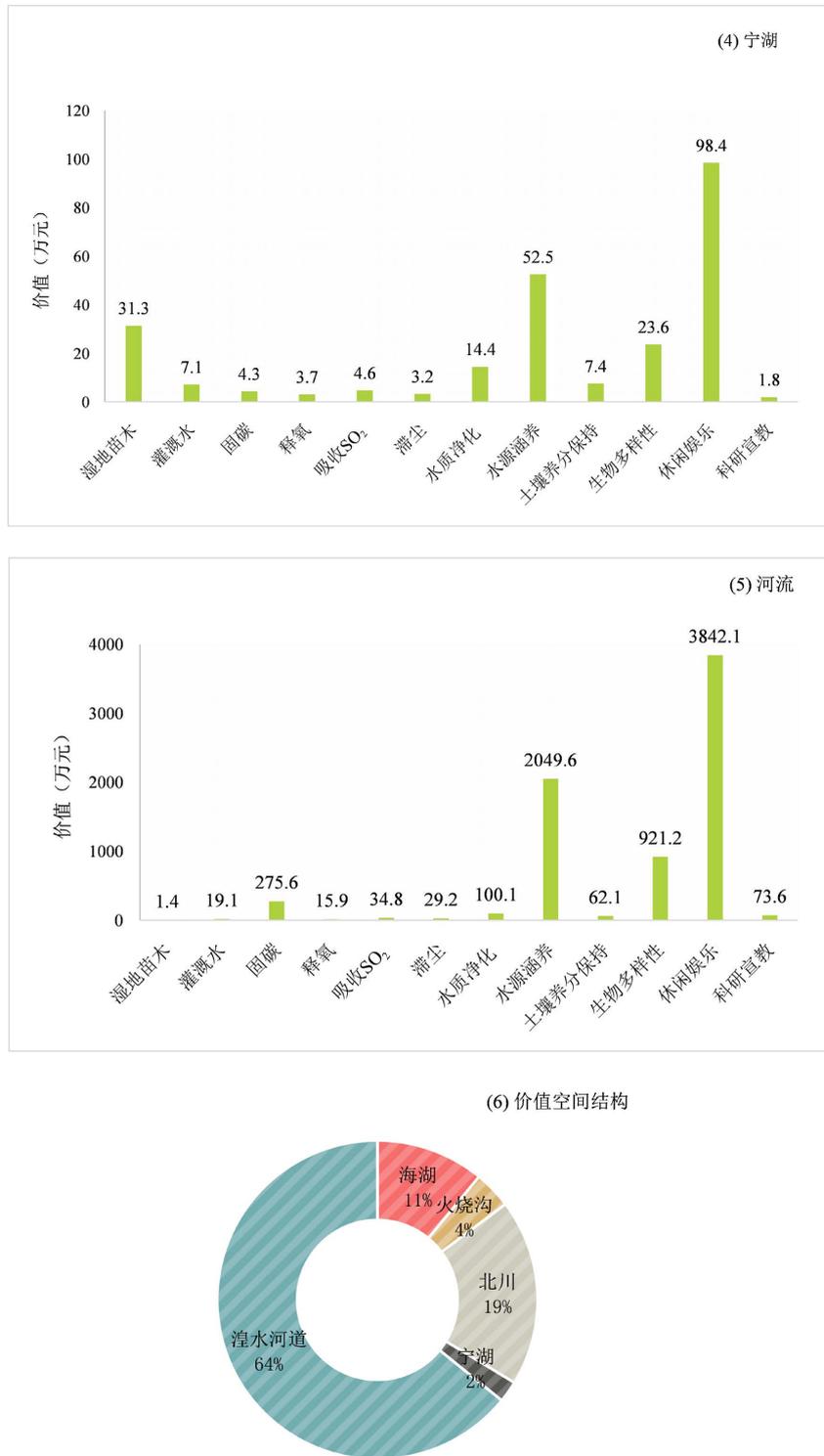


Figure 2. The different distribution of wetland park ecosystem service value in 2020~2021  
 图 2. 2020~2021 年不同湿地公园的生态系统服务价值分布

### 4.3. 湟水国家湿地公园生态系统服务的效率

湟水国家湿地公园效率分区和分类结果如图 3 所示。从图 3(a)可以看到，湟水国家湿地公园的生态

系统服务的平均效率为 8.56 万元/公顷。其中，文化服务最高，达到 17.01 万元/hm<sup>2</sup>。其次为调节和支持服务，分别为 12.12 万元/hm<sup>2</sup> 和 4.40 万元/hm<sup>2</sup>。供给并非湟水国家湿地公园的主要服务，其单位面积的效率最低，仅为 0.72 万元/hm<sup>2</sup>。效率分区更能反映不同区域提供服务的质量。从图 3(b)可以发现，人工湿地中，海湖湿地单位面积的生态系统效率最高，达到 3.71 万元/hm<sup>2</sup>；效率最低的为北川湿地，为 2.73 万元/hm<sup>2</sup>。河流湿地的总效率略低于人工湿地的服务效率，约为 2.69 万元/hm<sup>2</sup>，生态系统服务价值在各指标上的变化系数要高于区域变化系数。此外，《全国湿地十三五发展规划》数据显示，国内的国际重要湿地其生态价值达 11.42 万元/年\*hm<sup>2</sup>，与其它地区的湿地公园相比，湟水国家湿地公园的效率偏低。

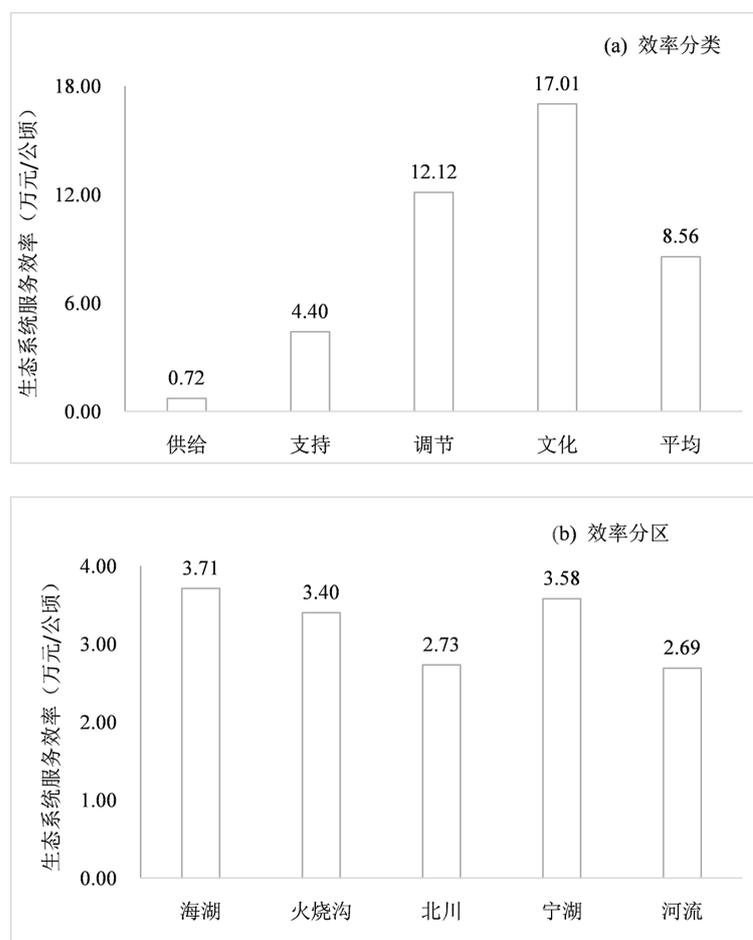


Figure 3. Huangshui National Wetland Park ecosystem service efficiency  
图 3. 湟水国家湿地公园生态系统服务效率

## 5. 讨论

采用回归分析对不同指标和不同区域进行相关性分析，结果显示不同区域之间呈现正相关性(平均  $r = 0.89$ ,  $P < 0.01$ )。说明，不能孤立地看待不同生态系统服务的大小及其区域分布，各个湿地之间也存在协同互利的关系。湟水是湟水国家湿地公园的核心，对各个区域湿地进行水源补给，各区域湿地通过水文和水质调节，实现不同功能进行补充，形成良好的协同发展关系。

湿地间各种效益间以协同关系为主(表 2)，某一种生态系统服务的发挥，不会影响其它生态系统服务效应。例如，生物多样性与固碳( $r = 0.96$ )、SO<sub>2</sub> 吸收( $r = 0.69$ )、滞尘( $r = 0.96$ )、科普宣教( $r = 1.0$ )和休闲娱

乐( $r = 1.0$ )等均呈现显著正相关性。这也进一步说明, 湟水国家湿地公园为区域社会经济发展提供重要的支持, 湿地保护很大程度上能促进经济、教育、旅游业的发展, 只要处理好人-湿地关系, 经济发展和保护之间并不存在矛盾。

**Table 2.** The Pearson correlation coefficient of wetland ecosystem services index

**表 2.** 湿地生态系统服务指标皮尔森相关系数

	景观苗木	灌溉水	固碳	释氧	吸收 SO <sub>2</sub>	滞尘	水质净化	水源涵养	土壤养分	多样性	休闲娱乐	科研宣教
景观苗木	1.00	-0.11	-0.39	0.22	0.01	-0.39	0.44	-0.59	-0.23	-0.58	-0.589	-0.59
灌溉水	--	1.00	0.66	0.92*	0.96**	0.79*	0.76*	0.69*	0.73*	0.68*	0.68*	0.69*
固碳	--	--	1.00	0.50	0.73	0.97**	0.60	0.96**	0.96**	0.96**	0.96**	0.97**
释氧	--	--	--	1.00	0.95**	0.64	0.86*	0.47	0.74	0.46	0.466	0.466
吸收 SO <sub>2</sub>	--	--	--	--	1.00	0.83*	0.87*	0.70*	0.85*	0.69*	0.69*	0.69*
滞尘	--	--	--	--	--	1.00	0.65	0.97**	0.96**	0.97**	0.97**	0.97**
水质净化	--	--	--	--	--	--	1.00	0.45	0.86*	0.65*	0.65*	0.65*
水源涵养	--	--	--	--	--	--	--	1.00	0.88*	1.00**	1.00**	1.00**
土壤养分	--	--	--	--	--	--	--	--	1.00	0.88**	0.88**	0.88**
多样性	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.00	1.00**	1.00**
休闲娱乐	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.00	1.00**
科研宣教	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.00

\*在 0.05 水平上相关性显著; \*\*0.01 水平上相关性显著。

## 6. 结论

本研究立足高原城市湿地, 综合运用生态系统服务价值评估方法, 现场监测数据、实验室分析数据、问卷调查数据和历史数据的基础上, 对湟水国家湿地公园生态系统服务价值评估, 主要结论如下:

1) 湟水国家湿地公园每年至少提供价值 1.17 亿元的生态系统服务。供给服务价值 245.82 万元, 支持服务价值为 1506.35 万元、调节服务约为 4144.52 万元, 文化服务价值为 5818.44 万元。

2) 湟水国家湿地公园中河流的生态系统服务价值最高, 达到了 7425 万元/年, 占总体价值的 64%。其它湿地价值空间分布依次是北川湿地、海湖湿地、火烧沟湿地和宁湖湿地, 分别为 2193 万元/年、1266 万元/年、440 万元/年和 252 万元/年。

3) 湟水国家湿地公园的生态系统服务的平均效率为 8.56 万元/hm<sup>2</sup>。其中, 文化服务最高, 达到 17.01 万元/公顷。其次为调节和支持服务, 分别为 12.12 万元/hm<sup>2</sup> 和 4.40 万元/hm<sup>2</sup>。人工湿地中, 海湖湿地单位面积的生态系统效率最高, 达到 3.71 万元/hm<sup>2</sup>; 效率最低的为北川湿地, 为 2.73 万元/公顷。河流湿地的总效率略低于人工湿地的服务效率(2.69 万元/hm<sup>2</sup>)。

4) 湿地间以及湿地生态系统服务之间总体呈现协同效应, 某一种生态系统服务的发挥, 不会影响其它生态系统服务效应( $r = 0.90, P < 0.01$ )。湿地保护很大程度上能促进经济、教育和旅游业的发展, 只要处理好人与湿地关系, 经济发展和湿地保护之间可协调发展。

本研究还存在一定的不足, 研究区地域范围太窄, 局限在高原城市湿地, 未涉及高原其他类型湿地。研究周期短, 缺乏对研究区域进行长期、动态的监测和研究。未来, 可以研究不同类型高原湿地和更长

周期下高原湿地的生态系统服务价值和效率, 为高原生态价值核算提供服务好支持。

## 资助项目

西宁市科技厅项目和青海省高端千人计划(2018)项目支持。

## 参考文献

- [1] Mitsch, W.J. and Gosselink, J.G. (2000) The Value of Wetlands: Importance of Scale and Landscape Setting. *Ecological Economics*, **35**, 25-33. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00165-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00165-8)
- [2] 崔丽娟, 王义飞, 张曼胤, 李伟, 商晓静. 国家湿地公园建设规范探讨[J]. 林业资源管理, 2009(2): 17-20+27.
- [3] Zhou, L.L., Guan, D.J., Huang, X.Y., et al. (2020) Evaluation of the Cultural Ecosystem Services of Wetland Park. *Ecological Indicators*, **114**, Article ID: 106286. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106286>
- [4] 朱颖, 周逸帆, 冯育青, 周婷婷. 2018年太湖国家湿地公园的价值溢出[J]. 湿地科学, 2020, 18(1): 1-9.
- [5] 吴后建, 但新球, 舒勇, 刘世好, 黄琰. 中国国家湿地公园: 现状、挑战和对策[J]. 湿地科学, 2015, 13(3): 306-314.
- [6] 周根苗, 覃红利, 任勃, 邹业爱, 邓正苗, 黄柳安, 刘元平, 彭秀才, 陈琛葆. 湖南绥宁花园阁国家湿地公园生态系统服务价值评价[J]. 湖南林业科技, 2019, 46(6): 49-58.
- [7] Costanza, R., de Groot, R., et al. (1997) The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, **386**, 253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- [8] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [9] 张翼然, 周德民, 刘苗. 中国内陆湿地生态系统服务价值评估——以 71 个湿地案例点为数据源[J]. 生态学报, 2015, 35(13): 4279-4286.
- [10] 吴后建, 但新球, 刘世好, 黄琰, 舒勇, 曹虹, 吴照柏. 湖南省国家湿地公园保护价值评价[J]. 应用生态学报, 2017, 28(1): 239-249.
- [11] 张善峰, 章锦伦, 程玲玲, 陈前虎. 保护或保护性开发: 杭州西溪国家湿地公园生态系统服务净价值评估[J]. 现代城市研究, 2019(10): 75-83.
- [12] 赵磊, 吴文智, 李健, 吴媛. 基于游客感知价值的生态旅游景区游客忠诚形成机制研究——以西溪国家湿地公园为例[J]. 生态学报, 2018, 38(19): 7135-7147.
- [13] 陈翠, 刘贤安, 闫丽丽, 等. 四川南河国家湿地公园生态系统服务价值评估[J]. 湿地科学, 2018, 16(2): 238-244.
- [14] 陈炜, 张雨珂, 炊雯, 李红兵. 黄土高原湿地生态系统服务功能价值评估——以陕西省千湖国家湿地公园为例[J]. 水土保持通报, 2019, 39(4): 270-274+280.
- [15] 马桥, 刘康, 高艳, 李影, 范亚宁, 古超. 基于 SoIVES 模型的西安浐灞国家湿地公园生态系统服务社会价值评估[J]. 湿地科学, 2018, 16(1): 51-58.
- [16] 许妍, 高俊峰, 黄佳聪. 太湖湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(6): 646-652.
- [17] 袁周炎妍, 万荣荣. 生态系统服务评估方法研究进展[J]. 生态科学, 2019, 38(5): 210-219.
- [18] 陶赞. 基于 VEP 与 SoIVES 模型的游客景观生态服务偏好及环境满意度研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2016.
- [19] 张志法, 刘小君, 毛旭锋, 魏晓燕. 基于 5 年截面健康数据的青海湟水国家湿地公园湿地恢复评价[J]. 林业资源管理, 2019(2): 30-38+53.
- [20] 毛旭锋, 魏晓燕, 陈琼, 刘峰贵, 陶雅琴, 张志法. 基于  $E_{CPS}$  模型的青海湟水国家湿地公园湿地恢复评估[J]. 地理研究, 2019, 38(4): 760-771.
- [21] 佟玲玲, 魏晓燕, 宋秀华, 毛旭锋. 基于享乐价格-结构方程双模型的西宁城市湿地生态系统服务价值及影响因素研究[J]. 生态学报, 2022, 42(11): 4630-4639.
- [22] 张艳春, 毛旭锋, 魏晓燕, 等. 湟水国家湿地公园生态系统服务及其辐射格局研究[J]. 生态学报, 2022, 2(1): 1-12.