

Responses of Ecosystem Service to Land Use Change in the Qinghai Lake Region from 1998 to 2008

Ze Han¹, Wei Song^{2*}, Fengyun Mu¹

¹College of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jiaotong University, Chongqing

²Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing

Email: hanze1125@163.com, *songw@igsnrr.ac.cn

Received: Oct. 25th, 2015; accepted: Nov. 16th, 2015; published: Nov. 19th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

Abstract

As one of significant ecological barriers in the northeastern Qinghai-Tibet Plateau, Qinghai Lake Region is an ecologically fragile area which is sensitive to global climate change and human activities. Assessing the effect of land use change on ecosystem service is of great importance for understanding the disturbance of human activities on local ecosystems. Based on land use data in 1988, 2000 and 2008, the table of equivalent value per unit area of ecosystem services in China, and the economic value of food production per hectare in study areas, the ecosystem services value (ESV) in the Qinghai Lake Region was estimated. It was found that: 1) the area of forestland and grassland continuously decreased while the area of construction land and cultivated land continuously increased. The area of unused land was almost unchanged. From 1988 to 2000, economy development and agriculture reclamation were the two main factors driving land use changes. The dynamic indexes of construction land and cultivated land were 0.55% and 0.46%, with an increase in areas of 522.67 hm² and 7936.65 hm², respectively. However, the area of forestland and grassland decreased 11,702.74 hm² and 1203.77 hm² respectively with the same dynamic index of -0.02%. Since 2000, a series of environmental restoration projects were launched to improve ecosystem and environment. Due to these projects, the increase in area of construction land and cultivated land slowed down, with dynamic index dropping by 0.44 and 0.17 percentage points, respectively. The degradation speed of forestland and grassland was also slower than before, with dynamic index both increased by 0.01 percentage points. 2) The total ESV exhibited an increasing trend in the Qinghai Lake Region, with an increase of 84.13×10^4 CNY and 128.44×10^4 CNY, respectively, compared with that in 1988. Grassland and water areas accounted for over 81% of total ESV in the Qinghai Lake Region. The ESV of construction land, cultivated land and unused land increased by 2341.38×10^4 CNY, 1469.3×10^4 CNY and 34.81×10^4 CNY respectively, while that of forestland

*通讯作者。

and grassland decreased by 2855.65×10^4 CNY and 777.27×10^4 CNY, respectively.

Keywords

Ecosystem Service Function, Land Use Change, Qinghai Lake Region, Economic Value

1988~2008年青海湖生态服务功能对于土地利用变化的响应

韩赟¹, 宋伟^{2*}, 牟风云¹

¹重庆交通大学建筑与城市规划学院, 重庆

²中国科学院地理科学与资源研究所, 陆地表层格局与模拟院重点实验室, 北京

Email: hanze1125@163.com, songw@igsnr.ac.cn

收稿日期: 2015年10月25日; 录用日期: 2015年11月16日; 发布日期: 2015年11月19日

摘要

作为青藏高原东北部的重要生态屏障, 青海湖地区是一个生态环境极为脆弱的区域, 也是全球气候变化与人类活动的敏感区域。评估青海湖地区土地利用变化对于生态服务功能的影响, 对于了解人类活动对于当地生态系统的扰动有重要意义。本文以青海湖环湖区为研究区, 利用该区1988年、2000年和2008年土地利用数据, 运用中国生态系统服务价值当量因子表和该区单位面积农田生态系统在1988年、2000年和2008年3期提供的食物生产服务的平均经济价值, 对该区生态系统服务价值进行了评价。结果表明: 1) 1988~2008年间, 青海湖环湖区用地结构的变化为: 林地和草地面积不断下降, 建设用地和耕地逐渐增加, 未利用土地基本保持不变; 1988~2000年间, 经济发展和农业开垦是该区用地结构变化的主要驱动因素, 建设用地和耕地的动态度分别达0.55%和0.46%, 面积较1988年增加了522.67 hm²和7936.65 hm²; 同期草地和林地面积分别减少了11,702.74 hm²和1203.77 hm², 动态度均为-0.02%; 自2000年以来, 该区在一系列生态治理工程的作用下, 建设用地和耕地的扩张减缓, 动态度较前期分别下降了0.44和0.17个百分点, 林地和草地的减少速度下降, 动态度较前期均提高了0.01个百分点, 面积分别减少了3380.54 hm²和500.04 hm²。2) 青海湖环湖区生态服务价值总体呈上升趋势, 与1988年相比, 2000年和2008年分别增加了84.13万元和128.44万元, 其中草地和水域在生态系统服务总价值的比例最大, 累计约占81%以上; 不同的用地类型中, 草地和林地的服务价值分别下降了2855.65万元和777.27万元, 耕地、建设用地和未利用土地的服务价值分别提高了2341.38万元、1469.30万元和34.81万元。

关键词

生态服务功能, 土地利用变化, 青海湖环湖区, 经济价值

1. 引言

自然生态系统作为人类社会赖以生存和发展的动态综合体, 为人类源源不断的提供着许多必不可少的产品和服务。土地作为自然生态系统的重要载体 [1], 近二十年来, 随着人口的急剧增加、社会经济的

快速发展,其利用方式和程度也正发生着巨大的变化,影响着自然生态系统服务的结构和功能,进而又反馈于人类的生活和社会经济的发展 [2]。利用土地利用变化数据来评估生态系统服务的经济价值,对衡量土地资源利用、评估生态环境现状和区域可持续发展具有重要意义 [3] [4]。

生态系统服务(Ecosystem Services)的概念最初是在 Ehrlich 等人提出的“全球生态系统公共服务功能”的基础上逐渐演化而来 [5]。Daily 等人 [6]认为生态系统服务是生态系统及其物种所提供的满足人类生活的条件和过程, Costanza [7]将其定义为对人类生存和生活质量有贡献的生态系统产品和服务。可以看出,生态系统服务是更强调生态系统的社会属性以及人类从中获取的收益。目前国内外关于生态系统服务的研究主要集中于生态系统服务分类 [8]、形成及其变化机制 [9]、价值化及评价 [7] [10]-[15]等方面。在生态系统服务的分类上,较有影响的是由 MEA (千年生态系统评估, Millennium Ecosystem Assessment)提出,将其分为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务。在生态系统服务价值量化的方法上,有市场价值法 [16]、替代法 [17] [18]和支付意愿调查评价法 [19]-[23]和能值法 [2] [4] [24]-[27]等。

青藏高原作为世界上最大的“水塔”,对邻近地区的水源供给和气候调节起到了重要作用。但其自身各生态系统的结构并不均衡,其中草地生态系统的面积最大,占总面积的 50.9%,约是农田、森林和湿地生态系统总和的 4.5 倍,其余均为冰川、戈壁和荒漠等生态系统 [11]。近年来,学者们针对青藏高原不同的区域尺度 [12] [28] [29]、不同生态系统 [11] [13] [17] [30]及服务功能 [31]进行了经济评估,为人们认识青藏高原的生态服务功能、维护青藏高原生态平衡提供参考。

青海湖环湖区是青藏高原东北部重要的生态屏障 [32],也是全球气候变化的敏感区域和生态环境的脆弱区域。近年来,随着人口增长和农业经济的快速发展,人类对青海湖环湖区的扰动不断增加,加之气候变化对农牧业生产、水资源、林地等影响,直接驱动着该区域土地利用方式和程度的改变,生态环境和生态服务功能随之发生变化。目前,关于青海湖环湖区生态环境的研究多偏向于草地资源、水资源利用、土地沙化等方面,而对生态服务价值对土地利用变化响应的研究仍较少,开展该项工作对掌握青海湖环湖区域土地利用特征及生态系统状况十分必要。因此,本文以青海湖环湖区土地利用变化数据为基础,评估区域生态服务功能对于土地利用变化的响应,旨在为青海湖环湖区域的生态保护和可持续发展提供支撑。

2. 研究区概况

青海湖是我国面积最大的内陆微咸水湖,位于青海省东北部。《青海省土地利用总体规划(2006~2020年)》中划分了东部土地利用区、青海湖环湖土地利用区、柴达木土地利用区和青南土地利用区四大区域,青海湖环湖土地利用区(东经 97°10'~101°33',北纬 35°19'~39°11',简称青海湖环湖区)位于青海湖周围,包括刚察县、海晏县、共和县、贵南县、天峻县和祁连县(图 1)。青海湖环湖区土地总面积 $755.9 \times 10^4 \text{ hm}^2$,位于青藏高原的东北边缘,地处西北干旱区、青藏高寒区和黄土高原的交汇地带,地形以盆地、山地为主,盆地分布于青海湖周围,四周为高山,海拔差异明显,在 1650 到 5660 m 之间。该区属典型的高原大陆气候,寒冷期长,干旱少雨,日照充足,太阳辐射大,四季分明,年平均气温 $-2^\circ\text{C} \sim -6^\circ\text{C}$,年平均降水量 250~430 mm,年平均蒸发量 1300~1700 mm。青海湖环湖区的土壤类型呈现明显的垂直分异性,随海拔升高依次为栗钙土、黑钙土、山地草甸土、高山草甸土 [33],植被以草地为主。流经该区的大小河流共 50 多条,河流主要依靠降水和冰雪融化补给,来水集中于 5~9 月。

青海湖环湖区是青海省人口较为密集,农牧业较发达的地区。2008 年底,该区总人口 34.9 万人,其中乡村人口为 24.2 万人,人口密度达 $4.61 \text{ 人} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。地区生产总值为 68.51 亿元,第一产业增加值达 13.86 万元。该区以畜牧业生产为主,兼有少量的种植业区域,农、林、牧、渔业间生产总值的比例分别约为 16:1:82:1。

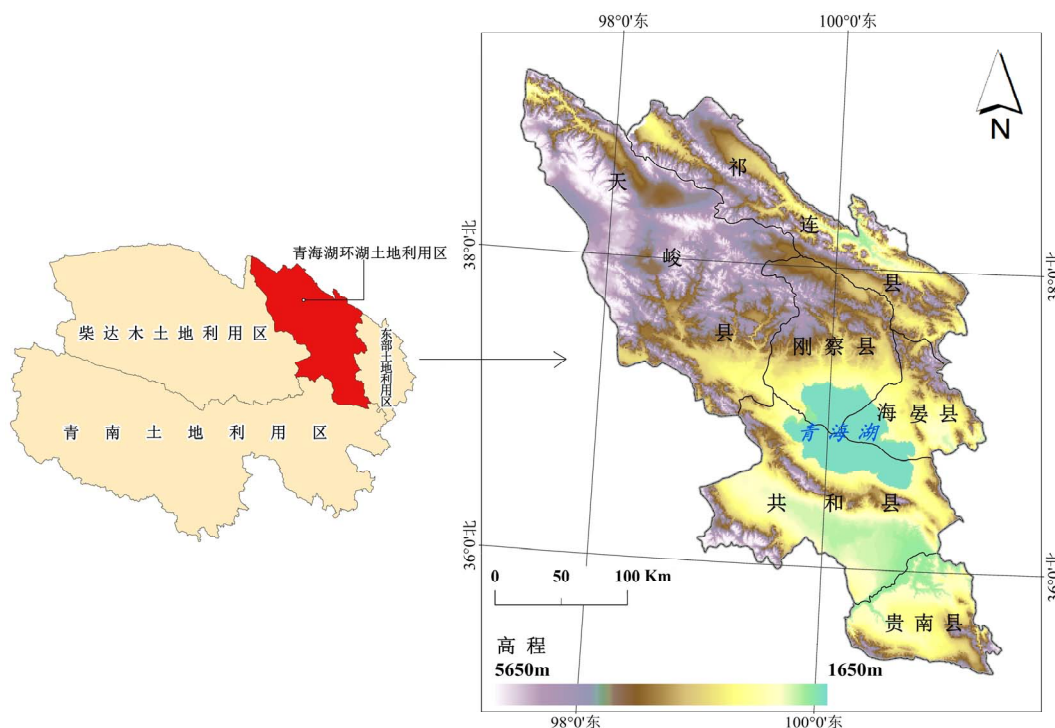


Figure 1. The location of the Qinghai Lake Region
图 1. 青海省环湖区地理位置

3. 数据来源及研究方法

3.1. 数据来源

本文所使用的土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>)提供的全国陆地区域的多时相 1:10 万比例尺土地利用现状数据库, 该数据库以各期 Landsat TM/ETM 遥感影像为主要数据源, 通过人工目视解译生成。土地利用类型包括耕地、林地、草地、水域、居民地和未利用土地 6 个一级类型。社会经济数据来源于《青海统计年鉴》(1989、2001、2009) [34]和《中国农村统计年鉴》(1989、2001、2009) [35]。

3.2. 土地利用变化分析

土地利用动态度是用于反映一定时间内研究区某种土地利用类型数量变化的情况的指标 [36], 计算公式如下:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中, U_a 和 U_b 分别为研究期初和期末的某种土地利用的面积(hm^2); T 为研究时段长(年); K 为单一土地利用类型动态度。

3.3. 生态服务价值评价

1) 生态系统服务单价, 本文参考谢高地等人建立的生态系统服务评估单价体系 [15], 其中包括了 6 类生态系统的 9 类生态服务价值的当量(表 1)。表中“1”表示 1 hm^2 全国平均产量的农田每年自然粮食产量的经济价值, 其他当量因子则是相对于农田食物生产服务的贡献大小。

Table 1. Equivalent value per unit area of land ecosystem services in China

表 1. 中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量因子

一级类型	二级类型	森林	草地	农田	河流/湖泊	荒漠
供给服务	食物生产	0.33	0.43	1.00	0.53	0.02
	原材料生产	2.98	0.36	0.39	0.35	0.04
调节服务	气体调节	4.32	1.50	0.72	0.51	0.06
	气候调节	4.07	1.56	0.97	2.06	0.13
	水文调节	4.09	1.52	0.77	18.77	0.07
	废物调节	1.72	1.32	1.39	14.85	0.26
支持服务	保持土壤	4.02	2.24	1.47	0.41	0.17
	维持生物多样性	4.51	1.87	1.02	3.43	0.40
文化服务	提供美学景观	2.08	0.87	0.17	4.44	0.24
	合计	28.12	11.67	7.90	45.35	1.39

数据来源：谢高地等 [15]。

根据谢高地等人的研究，1 个生态服务价值当量因子的经济价值量等于当年全国平均粮食单产市场价值的 1/7 [13]。因此农田食物生产服务单价的获取则是利用研究区粮食作物的播种面积、产量以及全国平均价格数据计算得到。其他生态系统服务的单价以食物生产的生态服务单价与当量表(表 1)相乘得到，计算公式如下：

$$E_{ij} = e_{ij} \times E_a \quad (i = 1, 2, \dots, 9; j = 1, 2, \dots, 5) \quad (2)$$

式中， i 为生态服务的类型； j 为土地利用类型； E_{ij} 为第 j 种土地利用类型的第 i 种生态服务的单价(元·hm⁻²·年⁻¹)； e_{ij} 为第 j 种土地利用类型的第 i 项服务单价的当量因子。

利用青海湖环湖区各县的粮食播种面积、粮食产量、全国农产品价格等统计数据，汇总得到青海湖环湖区农田食物生产服务价格的单价为 162.23 元·hm⁻² (表 2)。

2) 区域生态服务价值。以各生态服务单价和各土地利用类型面积的乘积作为不同生态系统服务的总价值。计算公式如下：

$$ESV_i = \sum_j E_{ij} \times A_j \quad (j = 1, 2, \dots, 5) \quad (3)$$

$$ESV_j = \sum_i E_{ij} \times A_j \quad (i = 1, 2, \dots, 5) \quad (4)$$

$$ESV = \sum_i \sum_j E_{ij} \times A_i \quad (i = 1, 2, \dots, 9; j = 1, 2, \dots, 5) \quad (5)$$

式中， A_i 为第 j 种土地利用类型的面积； ESV_i 为第 i 种生态服务的经济价值； ESV_j 为第 j 种土地利用的生态服务价值； ESV 为区域生态服务总价值。

4. 结果

4.1. 1988~2008 年土地利用结构变化

1988~2000 年间，青海湖环湖区耕地的面积迅速增加，共转入 9260.25 hm² (表 3, 图 2)，主要来源于草地和未利用土地，二者分别占转入面积的 93.55%和 5.63%，除去耕地向水域、未利用土地和建设用地的转出面积，耕地净增加了 7936.65 hm²，动态度为 0.46%，变化较剧烈；林地主要转为草地和水域，面

Table 2. Economic value of food production services per unit area in the Qinghai Lake Region in 1988, 2000 and 2008
表 2. 1988 年、2000 年和 2008 年青海湖环湖区单位面积食物生产的经济价值

年份	粮食播种面积 (hm ²)	粮食产量 (t)	播面单产 (t/hm ²)	农产品价格 (元/t)	农产品价格指数 (1988 年为 100)	E_a (元·hm ⁻²)	平均 E_a (元·hm ⁻²)
1988	24,980.00	50,714.00	2.03	392.87	100.00	113.94	
2000	19,621.00	30,895.00	1.57	966.53	167.30	129.96	162.23
2008	23,117.00	66,248.00	2.87	1670.80	281.72	242.80	

Table 3. Transition probability of land use types around the Qinghai Lake during 1988-2000 (unit: hm²)
表 3. 1988~2000 年青海湖环湖区土地利用转移矩阵(单位: hm²)

年份	地类	2000 年					
		耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地
1988 年	耕地	143,604.55	0.00	4.58	531.65	277.42	586.26
	林地	0.00	443,322.45	1231.37	600.38	6.88	54.33
	草地	8734.49	689.17	4,094,028.41	4873.06	237.27	1952.74
	水域	76.32	0.01	1782.69	605,037.23	0.00	3386.61
	建设用地	0.00	0.00	0.00	0.00	7897.66	0.00
	未利用土地	525.76	0.03	1765.44	1668.31	1.09	2,236,128.68

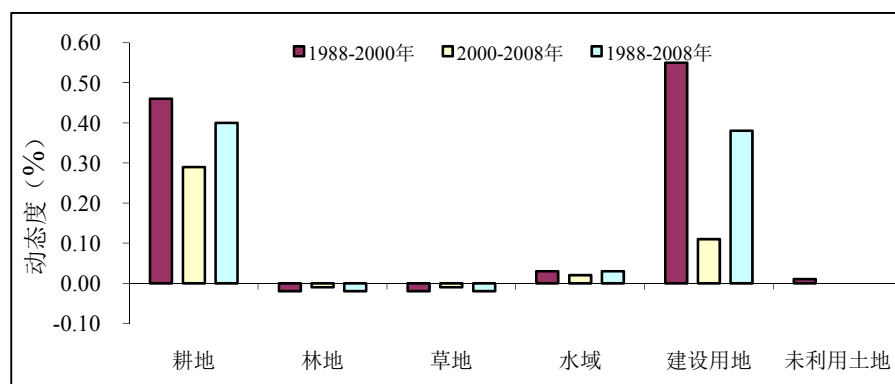


Figure 2. Land use dynamic index of different land use in Qinghai Lake Region during 1988-2008

图 2. 1988~2008 年青海湖环湖区土地利用动态度

积净减少了 -1203.77 hm^2 ，动态度为 -0.02% ；区内草地在耕地开垦、建设用地占用、草地退化等影响下，面积净减少量达 $11,702.74 \text{ hm}^2$ ，但由于草地总量巨大，动态度仅为 -0.02% ；水域总面积略有增加，主要来源于草地的转移，水域面积的转出主要为未利用土地，净增加面积 756.64 hm^2 ，动态度为 0.03% ；建设用地扩张明显，增加面积 522.67 hm^2 ，主要来源于耕地和草地的占用，分别占建设用地转入面积的 53.08% 和 45.40% ，建设用地未转出至其他地类。

2000 年以后，随着退耕还林(草)、退牧还草、“三北”防护林、自然保护区等一系列生态建设工程的实施，各项用地动态度也较 2000 年以前有所下降(表 4，图 2)。2000~2008 年间耕地的动态度为 0.29% ，较前期下降了 0.17 个百分点，主要转出至草地和水域；林地的动态度为 -0.02% ，较前期下降了 0.01 个百分点，主要转出至草地；草地动态度为 -0.01% ，较前期下降了 0.01 个百分点，草地退化为未利用土地的

Table 4. Conversion probability of land use types in the Qinghai Lake Region during 2000-2008 (unit: hm²)
表 4. 2000~2008 年青海湖环湖区土地利用转移矩阵(单位: hm²)

年份	土地利用类型	2008 年					
		耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地
2000 年	耕地	151,635.65	0.00	1097.58	157.55	50.33	0.00
	林地	0.00	443,439.13	572.54	0.00	0.00	0.00
	草地	4833.01	72.49	4,092,975.86	317.07	39.42	574.64
	水域	0.00	0.00	0.00	612,208.56	0.00	502.07
	建设用地	0.00	0.00	0.00	15.66	8404.67	0.00
	未利用土地	0.00	0.00	785.97	766.43	0.00	2,240,556.26

面积约为 1988~2000 年间草地总面积的 1/4。水域的动态度为 0.02%，较前期下降了 0.01 个百分点，水域面积的增加主要来源于耕地和草地；建设用地的动态度为 0.11%，较前期下降了 0.44 个百分点，建设用地的扩张仍以耕地和草地的占用为主；未利用土地的总量变化较小，基本保持不变。

4.2. 1988~2008 年土地利用格局变化

青海湖环湖区中草地是分布最广、面积最多的地类，约占总面积的 54.2% (图 3)，且整体处于缓慢递减的趋势；其次是未利用土地，所占面积比例为 29.65% 左右，主要分布在北部的天峻和祁连县、南部的共和县等高海拔地区，其面积呈现增加的趋势，新增未利用土地主要出现在青海湖湖滨及龙羊峡水库周边；区域内水域面积比例约为 8.10%，主要包括青海湖、哈拉湖、尕斯库勒湖、洱海等湖泊，龙羊峡水库，以及布哈河、沙柳河、浚河和吉儿门河等诸多入湖河流，受到气候干暖化及人类经济活动的影响，青海湖湖面面积略有减少，沿湖地区草地和未利用土地在增加，但区内水域总面积呈现增加的趋势，新增水域主要在日哈河、龙羊峡水库等地区；林地面积占总面积的比例约为 5.88%，集中分布于日月山、青海南山、牛心山等山地阴坡及沟谷地带，总面积处于不断下降状态；环湖区内耕地面积较少，约占总面积的 2%，且多分布于海拔较低、地势平坦的平原地带，如青海湖湖滨、贵南县西部等，随着人口和经济的快速增长，耕地面积不断增加，特别是 1988~2000 年间，青海湖北部耕地面积迅速增加，2000 年以后，增速放缓；建设用地分布集中于海拔较低、地势平坦的平原和河谷地带，整体分布与耕地相似。

4.3. 1988~2008 年生态服务价值变化

利用式(3)计算得到青海湖环湖区各生态系统单位面积生态服务的经济价值(表 5)。林地、草地、耕地、水域和未利用土地分别对应于森林、草地、农田、河流/湖泊和荒漠生态系统。利用其面积与生态服务单价计算得到 1988 年、2000 年和 2008 年不同地类生态服务价值总量(表 6)。

1988~2008 年间青海湖环湖区不同地类之间生态服务价值基本保持不变。耕地、水域、未利用土地的生态服务价值表现为逐渐增加的趋势，分别增长了 1469.30 万元、2341.38 万元和 34.81 万元，草地和林地的生态服务价值呈现下降的趋势，分别减少了 777.27 万元和 2855.65 万元。草地和水域对生态服务总价值的贡献率最大，累计达到 81% 以上，其次是林地，贡献率在 13.5% 左右，未利用土地和耕地服务价值相对较小，分别约占总价值的 3.37% 和 1.3%。

1988 年、2000 年和 2008 年青海湖环湖区生态服务价值分别为 149.94 亿元、149.95 亿元和 149.96 亿元，呈逐年递增的趋势，且各单项生态服务价值间的比例基本保持不变(表 7)。在一级服务类型中，调节服务的生态服务价值所占比例最大，在 58.84% 以上，且呈现逐渐增加的趋势，其二级服务中水文调节的

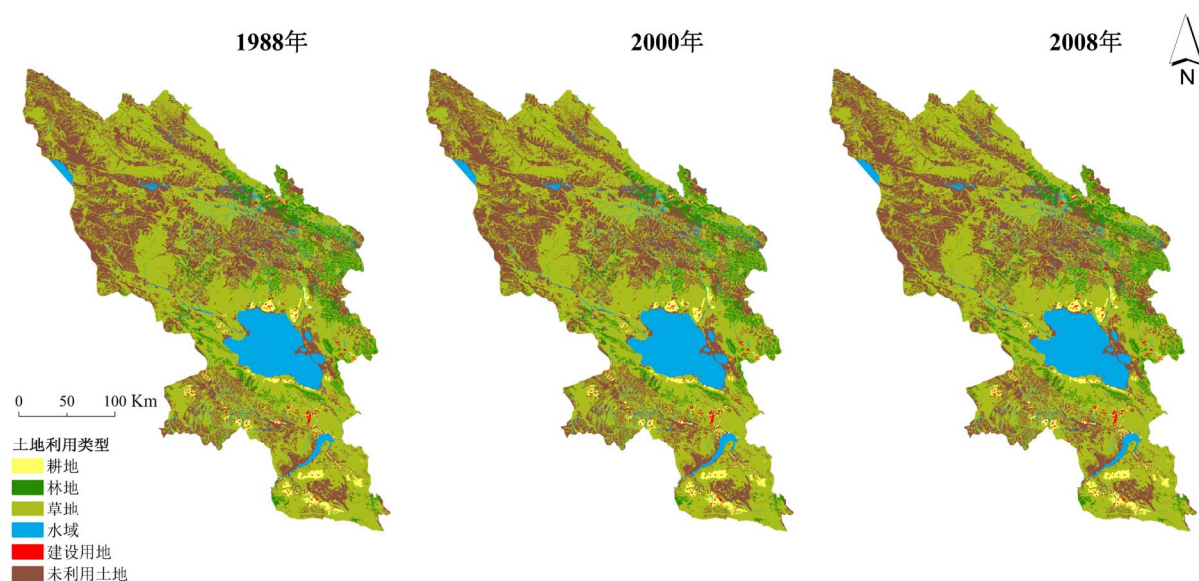


Figure 3. Land use in the Qinghai Lake Region in 1988, 2000 and 2008

图 3. 1988 年, 2000 年和 2008 年青海湖环湖区土地利用

Table 5. Economic value of ecosystem services per hectare in the Qinghai Lake Region (unit: CNY·hm⁻²·a⁻¹)

表 5. 青海湖环湖区单位面积生态服务价值(单位: 元·hm⁻²·a⁻¹)

一级类型	二级类型	森林	草地	农田	河流/湖泊	荒漠
供给服务	食物生产	53.54	69.76	162.23	85.98	3.24
	原材料生产	483.45	58.41	63.27	56.78	6.49
调节服务	气体调节	700.84	243.35	116.81	82.74	9.74
	气候调节	660.29	253.08	157.37	334.20	21.09
	水文调节	663.53	246.59	124.92	3045.10	11.36
	废物调节	279.04	214.15	225.50	2409.15	42.18
支持服务	保持土壤	652.17	363.40	238.48	66.51	27.58
	维持生物多样性	731.67	303.38	165.48	556.46	64.89
文化服务	提供美学景观	337.44	141.14	27.58	720.31	38.93
	合计	4561.97	1893.25	1281.64	7357.24	225.50

Table 6. Economic value and percentage of ecosystem in the Qinghai Lake Region in 1990, 2000 and 2008 (unit: 10⁴ CNY, %)

表 6. 1988 年、2000 年和 2008 年环湖区生态系统服务价值及比例(单位: 万元, %)

土地利用类型	1988 年		2000 年		2008 年	
	ESV	比例	ESV	比例	ESV	比例
耕地	18,584.34	1.24	19,601.53	1.31	20,053.64	1.34
林地	203,106.07	13.55	202,556.91	13.51	202,328.80	13.49
草地	778,224.35	51.90	776,008.72	51.75	775,368.70	51.70
水域	448,999.66	29.94	450,785.84	30.06	451,341.04	30.10
未利用土地	50,514.76	3.37	50,560.29	3.37	50,549.57	3.37

Table 7. Economic values of each ecosystem service in the Qinghai Lake Region in 1990, 2000 and 2008 (unit: 10^4 CNY)
表 7. 1988 年、2000 年和 2008 年青海湖环湖区各单项生态服务价值及比例(单位: 万元)

一级类型	二级类型	1988 年		2000 年		2008 年	
		ESV	比例	ESV	比例	ESV	比例
供给服务	食物生产	39,384.41	2.63	39,446.61	2.63	39,483.91	2.63
	原材料生产	51,367.75	3.43	51,306.52	3.42	51,288.89	3.42
	小计	92,740.16	6.05	90,753.13	6.05	90,772.81	6.05
调节服务	气体调节	140,155.32	9.35	139,900.93	9.33	139,830.60	9.32
	气候调节	160,829.20	10.73	160,663.83	10.71	160,624.99	10.71
	水文调节	321,096.52	21.41	321,568.78	21.44	321,725.56	21.45
	废物调节	260,193.71	17.35	260,681.89	17.38	260,854.89	17.39
	小计	882,274.74	58.84	882,815.43	58.87	883,036.04	58.88
支持服务	保持土壤	192,107.17	12.81	191,814.38	12.79	191,746.75	12.79
	维持生物多样性	208,173.58	13.88	208,010.00	13.87	207,968.14	13.87
	小计	400,280.75	26.70	399,824.38	26.66	399,714.89	26.65
文化服务	提供美学景观	126,121.52	8.41	126,120.36	8.41	126,118.00	8.41
总价值	合计	1,499,429.17	100.00	1,499,513.30	100.00	1,499,641.74	100.00

最大, 废物调节和气候调节次之, 气体调节的价值最小, 相互之间的比例约为 8:9:18:15; 其次是支持服务, 约占总价值的 26.70%, 呈现不断减少的趋势, 其中保持土壤和维持生物多样性之间的比例约为 47:52; 再之是文化服务, 经济价值基本保持不变, 占总价值的比例为 8.41%; 供给服务的价值最小, 对总价值的贡献率维持在 6.05%左右, 其中食物生产的价值略小于原材料生产, 二者比例约为 43:57。

4.4. 1988~2008 年生态服务价值的空间变化

1988 年青海湖环湖区地均生态服务价值在 $5926.85\sim 23,086.80$ 元· hm^{-2} 之间(图 4), 空间上具有一定的差异性, 其中贵南县和海晏县的地均生态服务价值远高于其他县, 天峻县和共和县最低。1988~2000 年, 虽然该区生态服务总价值在提高, 但除海晏县和天峻县外, 贵南、祁连、刚察和共和 4 个县均有不同程度的下降, 其中贵南县下降幅度最大, 达 -7423.63 元· hm^{-2} , 祁连县次之, 下降了 1913.22 元· hm^{-2} 。2000 年以后, 各县的地均生态服务价值均得到了一定的改善, 其中贵南县提高幅度最大, 达 1068.03 元· hm^{-2} , 海晏县次之, 为 280.75 元· hm^{-2} , 其余 4 个县的地均生态服务价值提高幅度在 $0\sim 250$ 元· hm^{-2} 之间。

5. 结论

青海湖环湖区作为青海省东北部重要的生态屏障, 近年来随着人口、经济的不断增长, 其土地利用结构和格局都在不断变化, 相应生态服务价值也随之改变, 通过本研究发现:

1) 1988~2008 年间, 青海湖环湖区内建设用地的面积在不断增加, 林地和草地的面积不断减少, 未利用土地基本保持不变。1988~2000 年间, 建设用地扩张、耕地开垦、草地退化等现象显著, 未利用地不断增加。2000 年以来, 随着一系列生态工程的实施, 生态建设的成果显著, 各项用地的变化表现为: 建设用地和耕地的扩张减缓, 林地和草地的退化速度下降, 水域面积持续增加, 未利用土地的面积基本保持不变。

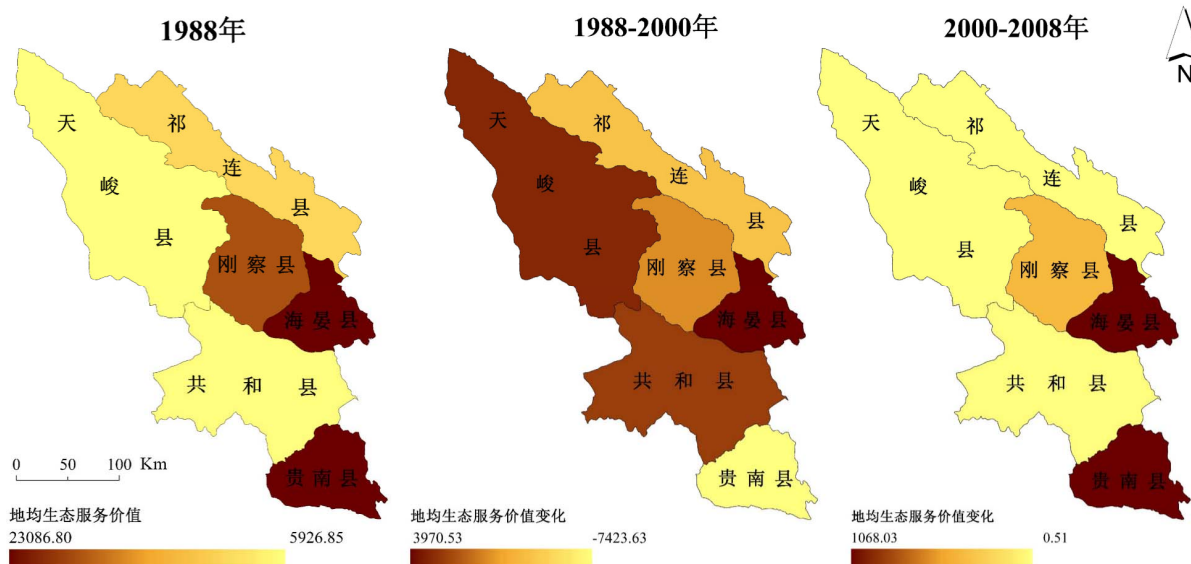


Figure 4. Ecosystem service values per area in the Qinghai Lake Region during 1988-2008 (unit: CNY·hm⁻²)
图 4. 1988~2008 年青海湖环湖区地均生态服务价值变化(单位: 元·hm⁻²)

2) 1988 年、2000 年和 2008 年青海湖环湖区生态服务价值分别为 149.94 亿元、149.95 亿元和 149.96 亿元, 呈逐渐递增的趋势。不同地类中生态服务价值的大小依次为: 草地 > 水域 > 林地 > 未利用土地 > 耕地, 其中耕地、水域、未利用土地的生态服务价值在逐渐增加, 草地和林地的生态服务价值呈现下降的趋势。

3) 各单项生态服务价值的大小依次为: 调节服务 > 支持服务 > 文化服务 > 供给服务。二级类型服务项的生态服务价值占总价值的比例依次为: 水文调节 > 废物调节 > 维持生物多样性 > 保持土壤 > 气候调节 > 气体调节 > 提供美学景观 > 原材料生产 > 食物生产。其中除食物生产、水文调节、废物调节等所占比例逐渐递增, 其他 6 个二级类型的生态服务价值逐期递减。

4) 1988-2008 年间青海湖环湖区各县地均生态服务价值的变化具有空间差异性, 其中海晏县和天峻县的生态服务价值在不断提高, 祁连县、刚察县、共和县和贵南县的变化呈现先下降后上升的趋势, 其中贵南县和祁连县的波动最大。

致 谢

国家自然科学基金重大研究计划(项目编号: 91325302)与国家自然科学基金青年基金(项目编号: 41501192)联合资助。

参考文献 (References)

- [1] 王成, 魏朝富, 邵景安, 等. 区域生态服务价值对土地利用变化的响应——以重庆市沙坪坝区为例[J]. 应用生态学报, 2006, 17(8): 1485-1489.
- [2] Song, W., Deng, X., Yuan, Y., et al. (2015) Impacts of Land-Use Change on Valued Ecosystem Service in Rapidly Urbanized North China Plain. *Ecological Modelling*, In Press. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.01.029>
- [3] Song, W. and Pijanowski, B.C. (2014) The Effects of China's Cultivated Land Balance Program on Potential Land Productivity at a National Scale. *Applied Geography*, **46**, 158-170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.11.009>
- [4] Song, W., Deng, X., Liu, B., et al. (2015) Impacts of Grain-for-Green and Grain-for-Blue Policies on Valued Ecosystem Services in Shandong Province, China. *Advances in Meteorology*, **2015**, Article ID: 213534. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/213534>

- [5] 谢高地, 肖玉, 鲁春霞. 生态系统服务研究: 进展、局限和基本范式[J]. 植物生态学报, 2006, 30(2): 191-199.
- [6] Daily, G., Myers, J.P. and Reichert, J. (1997) Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystem. Island Press, Washington DC.
- [7] 方精云, 唐志尧, 张媛, 等. 全球生态系统功能和自然资本的价值[J]. 世界环境, 1999(2): 5-8.
- [8] de Groot, R.S., Wilson, M.A. and Boumans, R.M.J. (2002) A Typology for the Classification, Description and Valuation of Ecosystem Functions, Goods and Services. *Ecological Economics*, **41**, 393-408. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- [9] Norberg, J. (1999) Linking Nature's Services to Ecosystems: Some General Ecological Concepts. *Ecological Economics*, **29**, 183-202. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00011-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00011-7)
- [10] 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.
- [11] 谢高地, 鲁春霞, 肖玉, 郑度. 青藏高原高寒草地生态系统服务价值评估[J]. 山地学报, 2003, 21(1): 50-55.
- [12] 鲁春霞, 谢高地, 肖玉, 于云江. 青藏高原生态系统服务功能的价值评估[J]. 生态学报, 2004, 24(12): 2749-2755.
- [13] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 郑度, 李双成. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.
- [14] 谢高地. 生态系统服务价值的实现机制[J]. 环境保护, 2012(17): 16-18.
- [15] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 肖玉, 陈操. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 911-919.
- [16] 何德炬, 方金武. 市场价值法在环境经济效益分析中的应用[J]. 安徽工程科技学院学报(自然科学版), 2008, 23(1): 68-70.
- [17] 刘兴元. 藏北高寒草地生态系统服务功能及其价值评估与生态补偿机制研究[D]: [博士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2011.
- [18] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 肖玉, 李文华. 价值转换方法在中国生态服务评估中的应用和发展(英文)[J]. 资源与生态学报: 英文版, 2010, 1(1): 51-59.
- [19] 黄蕾, 段百灵, 袁增伟, 田丰, 毕军. 湖泊生态系统服务功能支付意愿的影响因素——以洪泽湖为例[J]. 生态学报, 2010, 20(2): 487-497.
- [20] 李英. 基于居民支付意愿的城市森林生态服务非政府供给方式研究[D]: [博士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2008.
- [21] 史恒通, 赵敏娟. 基于选择试验模型的生态系统服务支付意愿差异及全价值评估——以渭河流域为例[J]. 资源科学, 2015, 37(2): 351-359.
- [22] 郑海霞, 张陆彪, 涂勤. 金华江流域生态服务补偿支付意愿及其影响因素分析[J]. 资源科学, 2010, 32(4): 761-767.
- [23] 乔旭宁, 杨永菊, 杨德刚. 渭干河流域生态系统服务的支付意愿及影响因素分析[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(9): 1254-1261.
- [24] 李睿倩, 孟范平. 填海造地导致海湾生态系统服务损失的能值评估——以套子湾为例[J]. 生态学报, 2012, 32(18): 5825-5835.
- [25] 汤萃文, 杨莎莎, 刘丽娟, 张忠明, 肖笃宁, 田赐冬. 基于能值理论的东祁连山森林生态系统服务功能价值评价[J]. 生态学杂志, 2012, 31(2): 433-439.
- [26] 陈花丹, 何东进, 游巍斌, 蔡昌棠, 刘进山, 赵敬东, 肖石红, 纪志荣, 黄彬彬. 基于能值分析的天宝岩国家级自然保护区森林生态系统服务功能评价[J]. 西南林业大学学报, 2014, 34(4): 75-81.
- [27] 孟范平, 李睿倩. 基于能值分析的滨海湿地生态系统服务价值量化研究进展[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(S1): 74-80.
- [28] 王原, 陆林, 赵丽侠. 1976-2007 年纳木错流域生态系统服务价值动态变化[J]. 中国人口资源与环境, 2014, 24(S3): 154-159.
- [29] 张天华, 陈利顶, 普布丹巴, 黄琼中, 徐建英. 西藏拉萨拉鲁湿地生态系统服务功能价值估算[J]. 生态学报, 2005, 25(12): 3176-3180.
- [30] 刘兴元, 龙瑞军, 尚占环. 青藏高原高寒草地生态系统服务功能的互作机制[J]. 生态学报, 2012, 32(24): 7688-7697.
- [31] 肖玉, 谢高地, 安凯. 青藏高原生态系统土壤保持功能及其价值[J]. 生态学报, 2003, 23(11): 2367-2378.

-
- [32] 张金龙, 陈英, 葛劲松, 聂学敏. 1977-2010 年青海湖环湖区土地利用/覆盖变化与土地资源管理[J]. 中国沙漠, 2013, 33(4): 1256-1266.
- [33] 马延东, 赵景波, 邵天杰, 邢闪. 青海环湖地区草原土壤含水量及富集规律[J]. 中国农业科学, 2015, 48(10): 1982-1995.
- [34] 青海省统计局. 青海统计年鉴(1989、2001、2009) [M]. 北京: 中国统计出版社, 1989, 2001, 2009.
- [35] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴(1989、2001、2009) [M]. 北京: 中国统计出版社, 1989, 2001, 2009.
- [36] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 83-89.