

青海省土地利用变化对生态系统 服务价值的影响研究

司慧娟^{1,2}, 袁 春¹, 周 伟¹

(1. 中国地质大学土地科学技术学院, 北京 100083; 2. 青海省国土规划研究院, 青海 西宁 810000)

摘要: 以 1999 年、2006 年、2013 年 3 年期青海省土地利用变更调查数据为基础, 采用生态系统服务价值定量评估模型、土地利用动态度及敏感性指数对青海省土地利用变化情况及其对生态系统服务价值的影响情况进行分析。结果表明: (1) 1999—2013 年间, 青海省林地、牧草地、园地及建设用地呈增长趋势; 耕地、水域及未利用土地呈减少趋势。 (2) 区域生态系统服务总价值总体呈现出增长趋势, 由 1999 年的 $4\,477.29 \times 10^8$ 元提高至 2013 年的 $4\,507.07 \times 10^8$ 元。研究期间, 牧草地、林地、水域面积变化对区域生态系统服务价值起着决定性的作用, 3 类土地利用类型生态服务价值占总价值的 96% 以上。 (3) 各项生态系统服务功能中, 水源涵养、土壤形成与保护及废物处理功能贡献率最大, 表明青海省生态系统的服务性功能远高于生产性功能。 (4) 研究区生态系统服务价值对生态服务价值系数缺乏弹性, 研究结果具有可信性。

关键词: 土地利用; 生态系统; 服务价值; 青海省

中图分类号: F301.2 文献标志码: A

Effect of land-use on ecosystem service values in Qinghai Province

SI Hui-juan^{1,2}, YUAN Chun¹, ZHOU Wei¹

1. School of Land Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Qinghai Institute of land use planning, Xining, Qinghai 810000, China)

Abstract: Based on the land use change data in 1999, 2006 and 2013 of Qinghai Province, and by the evaluation of land use dynamic index, ecosystem service values, coefficient of sensitivity, this paper analyzed the changes of ecosystem services value and explored the responses of ecosystem services value change to land use change in Qinghai Province. The result shows that during this period, the area of forest land grassland orchard and construction land increased. However, cultivated land, water area and unused land decreased. The ecosystem services value increased from 4 477.29 billion yuan in 1999 to 4 507.07 billion yuan in 2013. For the structure of ecosystem services, the grassland, forest and water area made the greatest contributions to the total ecosystem services value of the study region. The accumulative ecosystem services value of three land use types accounted for over 96% of the total value in Qinghai Province. The water supply, soil formation and protection, waste treatment made the biggest contribution, while the contribution rates of raw material and food production were under 5%, indicating that the services functions was much larger than the productive function. Sensitivity analysis indicated that the estimated total ecosystem services value in the study area was inelastic to the services value coefficients, and the results obtained in this study were scientifically sound.

Keywords: land use change; ecosystem services value; Qinghai Province

生态系统服务是指人类从生态系统直接或间接获取的产品和服务, 包括人类生活必需的生态产品和确保人类生活质量的生态功能两个方面^[1-2]。1970 年, 联合国大学发表的《人类对全球环境的影

响报告》首次提出生态系统服务的概念并列举了生态系统为人类提供的环境服务功能^[3]。进入 20 世纪 90 年代以来, 国际上有关生态系统服务价值评估的研究广泛开展, 研究尺度涵盖全球、区域到流域生

态系统服务价值评估,研究对象包括对整个生态系统或单项生态系统服务价值评估到生物多样性保护等某一类生态系统服务价值评估^[4-10]。近年,国内学者也从全国、区域、流域等各个尺度开展了生态系统服务价值评估研究,为我国环境资源及相关学科研究、政府决策等奠定了基础。

土地利用作为人类最基本的实践活动,其变化对全球环境变化和可持续发展有着非常深刻的影响。在全球环境变化研究领域的两大组织“国际地圈与生物圈计划”(IGBP)和“全球环境变化人文计划”(HDP)持续推动下,围绕土地利用/土地覆被变化(LUCC)与全球环境变化及可持续发展的关系研究成为全球环境变化研究的核心内容^[11]。因此,基于土地利用/土地覆被变化背景进行区域生态系统服务价值研究具有重要意义,国内学者在相关理论探讨和实证分析方面开展了大量研究^[12-20]。

青海省是长江、黄河、澜沧江三大河流的发源地,是亚洲重要的河源区,是中国水资源安全战略基地,是我国长江下游地区和东南亚国家生态环境安全和区域可持续发展的生态屏障,也是我国和全球重要的生物物种基因库。该区域生态环境的稳定与否对全国乃至东南亚地区均有着十分重要的意义。随着近年西部大开发政策的持续推进,区域经济得到快速发展,工业化、城镇化进程加快,致使土地利用变化显著。但由于区域生产力水平的制约,对自然资源的粗放式开发利用模式尚未扭转,导致草场退化、水土流失、土地沙漠化等生态环境问题突出^[21]。为统筹兼顾资源环境的保护利用与经济社会的快速发展,青海省提出实施“生态立省”战略,推进生态保护建设。因此,对该区域土地利用变化进行深入分析,探讨其对生态系统服务价值变化的影响情况,可为该区域土地资源持续利用政策的制订提供科学依据和理论基础,进而实现该区域“生态立省”的战略目标。

1 研究区概况

青海省位于我国西北部,黄土高原和青藏高原的接合部。地理位置位于北纬 31°39'~39°19'、东经 89°35'~103°04'之间。东西约 1 200 km,南北约 800 km,面积 71.75 万 km²,居全国第 4 位。东北部与甘肃省为邻,东南部和四川省毗连,西北部同新疆自治区接壤,西南部与西藏自治区相连。属高原大陆性气候,寒冷干燥、少雨多风,昼夜温差大,年平均气温 -5.6℃~8.6℃。全省地势西高东低,南北高中部低。平均海拔 3 000 多米,最高点 6 860 m,最低点

1 650 m。年降水量 17.6~764.4 mm,从东南向西北递减,时空分布不均。日照时间长,太阳辐射强。全年日照时数 2 300~3 600 h,全省总辐射量在 585.20~739.86 kJ·cm⁻²,在全国仅次于西藏自治区。地貌基本格局以祁连山(和阿尔金山)、昆仑山脉和唐古拉山脉为骨架,按地质构造和海拔高度划分成祁连山地、柴达木盆地和青南高原三个自然区域。植被呈现出由东南向西北方向的变化,东部和东南部为森林草原植被,向西北植被类型依次是草原、高山草甸、高山草原、荒漠。

2 研究方法

2.1 数据来源

研究采用的数据是青海省 1999—2013 年的土地利用变更调查数据。根据青海省土地资源利用实际,为统一土地利用分类标准,将研究区全部土地按照土地利用类型划分为耕地、园地、林地、牧草地、居民点及工矿用地、交通用地、水域及未利用土地等 8 类。

2.2 土地利用类型动态变化度

单一土地利用类型动态度^[22]表达的是某研究区一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况,其表达式为:

$$k = \frac{u_b - u_a}{u_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

其中, k 为研究时段内某一土地利用类型动态度; u_a 、 u_b 分别为研究期初及研究期末某一种土地利用类型的数量; T 为研究时段长,当 T 的时段设定为 1 年时, k 的值就是该研究区某种土地利用类型年变化率。

2.3 生态系统服务价值评估

Constanza 等^[2]的研究成果明确了生态系统服务价值测算的原理及评价模型,成为国内外学者开展此项研究的主要参考依据。但该研究仍存在对耕地等生态价值系数估计偏低等缺憾。国内学者谢高地等^[23]根据我国实际情况,以 Constanza^[2]的研究成果为基础,通过对我国 200 位生态学者的问卷调查,建立了中国陆地生态系统单位面积服务价值表,并考虑到地区差异,建立了农田生态系统价值系数表。本研究采用谢高地等人的陆地生态系统单位面积服务价值研究成果,采用 Costanza 等^[2]提出的生态系统服务价值评估方法对研究区生态系统服务价值进行评估。生态系统服务价值评估公式如下:

$$ESV = \sum_{k=1}^n A_k \times V_k \quad (2)$$

式中, ESV 为研究区域所有生态系统的服务总价值(元), A_k 为研究区域第 k 种土地利用类型的面积; V_k 为第 k 种土地利用类型单位面积的生态服务价值(元· hm^{-2} · a^{-1})

2.4 敏感性分析

生态系统价值敏感性指数(Coefficient of Sensitivity, CS)是为验证生态系统类型对于土地利用类型的代表性以及生态服务价值系数的准确性而引入的^[19-20]。本研究将各类土地利用类型的价值指数分别调整 50%, 来衡量总生态系统服务价值的变化。如果 $CS > 1$, 表明生态系统服务价值相对于 VC 是富有弹性的; 如果 $CS < 1$, 表明生态系统服务价值相对于 VC 是缺乏弹性的。CS 值越大, 表明生态服务价值指数的准确性越关键, 敏感性指数的计算公式如下:

$$CS = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{ik}} \right| \quad (3)$$

式中, ESV_i 和 ESV_j 分别表示初始的生态系统服务价值和生态服务价值指数调整后的生态系统价值。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化分析

研究期间, 青海省的土地利用类型以牧草地及

未利用地为主, 在青海省土地总面积中处于绝对优势, 其次是林地及水域。耕地及建设用所占比重很低, 均不到全部土地的 1%。

1999—2013 年间, 耕地、牧草地、水域和未利用土地面积总体呈现减少趋势, 其中耕地减少幅度最大, 其次是未利用地、牧草地和水域(见表 1)。耕地共减少 143 828.43 hm^2 , 年均变化率为 -0.20% , 动态度达到 -1.50% , 耕地占土地总面积比例由 0.96% (1999 年) 下降到 0.76% (2013 年); 未利用地共减少 136 745.60 hm^2 , 年均变化率为 -0.19% , 动态度为 -0.04% , 占土地总面积比重由 34.62% 下降到 34.43% ; 牧草地共减少 22 667.41 hm^2 , 年均变化率为 -0.03% , 占土地总面积比重由 56.23% 下降到 56.19% ; 水域共减少 7 121.35 hm^2 , 年均变化率为 -0.01% , 动态度达 -0.02% , 占土地总面积比重由 4.41% 下降到 4.40% ; 林地、建设用地增加幅度较大。林地共增加 224 078.39 hm^2 , 年均变化率 0.31% , 动态度为 0.66% ; 居民点及工矿用地增加 46 775.99 hm^2 , 年均变化率 0.07% , 动态度为 1.44% ; 交通用地增加 38 639.37 hm^2 , 年变化率 0.05% , 动态度 6.20% 。园地也有一定幅度的增加, 14 年间园地共增加 869.04 hm^2 。

表 1 1999—2013 年间青海省土地利用类型面积变化情况

Table 1 Changes of the land use types in Qinghai Province from 1999 to 2013

土地利用类型 Land types	1999		2006		2013	
	面积 Area / hm^2	比重 Proportion /%	面积 Area / hm^2	比重 Proportion /%	面积 Area / hm^2	比重 Proportion /%
耕地 Farm land	687172.04	0.96	542151.07	0.76	543343.61	0.76
园地 Garden-plot	6548.48	0.01	7433.73	0.01	7417.52	0.01
林地 Wood land	2438875.13	3.40	2651013.16	3.69	2662953.51	3.71
牧草地 Grass land	40340567.32	56.23	40356987.49	56.25	40317899.91	56.19
居民点及工矿用地 Resident and industry land	231630.00	0.32	249250.71	0.35	278405.99	0.30
交通用地 Traffic land	44518.81	0.06	58152.01	0.08	83158.18	0.12
水域 Water body	3162110.61	4.41	3155214.01	4.40	3154989.26	4.40
未利用土地 Unused land	24836629.90	34.62	24727850.12	34.46	24699884.30	34.43
合计 Total	71748052.29	100.00	71748052.29	100.00	71748052.29	100.00

耕地在研究期的前半段(1999—2006 年)减少幅度大, 净减少 145 020.97 hm^2 。生态退耕是耕地减少的主要原因。青海省自 2000 年以来, 积极响应国家西部地区生态退耕的政策, 特别是 2003 年省委省政府将生态环境建设作为本省三大基础建设之一, 林业系统将建设“中华水塔”生态安全绿色屏障作为重大任务, 退耕还林力度加大。至 2004 年, 累计生态

退耕约 139 300 hm^2 , 占耕地净减少量约 96%。后半段(2006—2013 年)由于政府严格控制建设占用耕地, 建设用地增长速度放缓, 同时耕地开垦工作推进, 耕地呈现增长趋势。林地增长幅度较高, 这与国家自 1999 年以来实施退耕还林和荒山荒坡造林政策有关。牧草地呈现出先增长(16 420.17 hm^2)后减少($-22 667.41 \text{hm}^2$)的趋势, 一方面是由于前期生

态退耕还草的实施规模大于后期,后期基础设施建设对牧草地的占用及开垦,另一方面是草地退化现象严重,牧草地逐渐退化为裸土地、沙地、盐碱地等未利用地。水域呈现出前期减小幅度大(-6 896.60 hm^2)后期减小幅度大为降低(-224.75 hm^2)的趋势。主要原因是由于气候暖干化的影响,青海境内冰川萎缩、雪线上升,沼泽面积退缩,径流量减少,水域面积下降。在近年加大力度推进实施三江源自然保护区生态保护和建设、青海湖流域生态环境保护与综合治理、湟水河流域百万亩人工造林、天然林保护等生态保护和建设工程以来,黄河、长江、澜沧江三大流域年均径流量明显增加,遏制了水域面积快速减少的趋势。

表2 1999—2013年青海省生态系统服务总价值变化情况

Table 2 Changes of the total ESV in Qinghai Province from 1999 to 2013

土地利用类型 Land types	1999		2006		2013	
	价值 Value / 10^8 yuan	比重 Proportion /%	价值 Value / 10^8 yuan	比重 Proportion /%	价值 Value / 10^8 yuan	比重 Proportion /%
耕地 Farmland	42.02	0.94	33.15	0.74	33.22	0.74
园地 Garden-plot	0.84	0.02	0.96	0.02	0.95	0.02
林地 Woodland	471.53	10.53	512.55	11.38	514.86	11.42
牧草地 Grassland	2584.42	57.72	2583.28	57.34	2582.97	57.31
居民点及工矿用地 Resident and industry land	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
交通用地 Traffic land	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
水域 Water body	1286.23	28.73	1283.43	28.49	1283.34	28.47
未利用土地 Unused land	92.24	2.06	91.84	2.04	91.74	2.04
合计 Total	4477.29	100.00	4504.89	100.00	4507.07	100.00

3.3 生态系统服务功能价值变化

1999—2013年间,青海省生态系统服务价值呈现总体增加、前期增加幅度较大、后期增加幅度减缓的趋势。生态系统服务价值从1999年的4 477.29 $\times 10^8$ 元增加至2013年的4 507.07 $\times 10^8$ 元,总体呈上升趋势。从各土地利用类型的生态系统服务价值构成来看,牧草地、水域、林地是生态系统服务价值构成中贡献最大的三种土地利用类型,在1999年、2006年及2013年整个系统价值中所占比例均高达95%以上,是生态系统服务的主体部分。

1999—2013年间,耕地生态服务价值减少了8.79 $\times 10^8$ 元,变化率为-0.20%;生态退耕还林成效明显,林地生态服务价值增加了43.32 $\times 10^8$ 元,变化率为0.89%;由于气候环境影响导致冰川萎缩、雪线上升,湿地面积缩小,致使水域生态服务价值减少了2.89 $\times 10^8$ 元,变化率为-0.27%;未利用

3.2 生态服务价值测算

青海省生态系统服务类型根据当地实际,并参考相关研究成果,划分为气体调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、废物处理、生物多样性维护、食物生产、原材料及休闲娱乐共9类。本研究中各土地利用类型在计算相应的生态服务价值时按以下原则归类测算:耕地对应农田,园地取森林和草地的平均值^[12],未利用地对应难利用土地;对居民点及工矿用地、交通用地等建设用地按照Constanza等其他学者的方法,不估算其生态系统服务功能经济价值。研究区生态系统服务价值系数参考谢高地等人的研究结果^[19],据此测算出各土地利用类型单位面积年度生态系统服务功能价值量。

土地生态服务价值减少了0.51 $\times 10^8$ 元,变化率为-0.02%。总体来看,林地生态服务价值的增加抵消了耕地、水域、未利用土地生态服务价值的减少。其中,1999—2006年生态系统服务价值增加了30.10 $\times 10^8$ 元,年均增加4.30 $\times 10^8$ 元;2006—2013年生态系统服务价值增加了2.18 $\times 10^8$ 元,年均增加0.31 $\times 10^8$ 元,后期的生态服务价值变化明显小于前期。

3.4 生态系统单项服务功能价值变化

1999—2013年间,青海省生态系统各单项服务功能价值中,水源涵养、土壤形成与保护、废物处理及生物多样性保护功能是青海省生态系统的主要生态服务功能,4项生态服务价值占到总生态服务价值的70%以上,远高于其它5项服务功能价值,食物生产、原材料生态服务功能价值的比重不足5%,表明青海省生态系统的服务性功能远高于生产性功能。

表 3 1999—2013 年生态系统单项服务功能价值变化

Table 3 Changes in values of different ecosystem services in Qinghai Province from 1999 to 2013

单项服务功能 Single ecosystem service function	1999		2006		2013	
	价值 Value /10 ⁸ yuan	比重 Proportion /%	价值 Value /10 ⁸ yuan	比重 Proportion /%	价值 Value /10 ⁸ yuan	比重 Proportion /%
气体调节 Gas regulation	364.27	8.14	370.05	8.20	370.43	8.22
气候调节 Climate regulation	397.93	8.89	401.66	8.91	401.95	8.92
水源涵养 Water conservation	935.20	20.89	939.02	20.85	939.32	20.84
土壤形成与保护 Soil formation and protection	793.96	17.73	799.02	17.74	799.44	17.74
废物处理 Waste treatment	1016.81	22.71	1015.79	22.58	1015.91	22.54
生物多样性保护 Biodiversity conservation	608.26	13.59	612.79	13.60	613.05	13.60
食物生产 Food production	120.34	2.69	119.17	2.65	119.19	2.64
原材料 Raw materials	74.90	1.67	79.65	1.75	79.93	1.77
娱乐文化 Entertainment culture	165.62	3.70	167.73	3.72	167.86	3.72

各类生态系统单项服务价值变化的总体趋势是,气体调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、生物多样性保护、原材料及娱乐文化等生态服务功能价值均在增加,其中气体调节、土壤形成与保护、生物多样性保护的增加幅度最大,分别增加 6.16×10^8 元、 5.48×10^8 元、 4.79×10^8 元,这主要是由于对气体调节、土壤形成与保护等价值系数较大的林地面积增加引起的。

总体而言,研究期前半段(1999—2006年)生态系统服务总价值增加幅度明显大于后半段(2006—2013年),主要是由于生态价值系数较高的林地、牧草地面积的变化所致。林地在后半段的增长速度远低于前半段,牧草地在前半段增加,后半段呈现减少趋势。

3.5 敏感性分析

本研究将各土地利用类型的生态服务价值系数分别进行调整,根据公式(3)给出的敏感性计算方法,将耕地、园地、林地、牧草地、水域及未利用土地的单位面积生态价值系数分别上下调整50%,应用调整后的生态价值系数对研究区1999、2013年的生态系统服务总价值进行估算,最终得到研究区不同地类生态服务价值的比例情况和敏感性指数,估算结果及敏感性指数如表4所示。结果表明,价值系数调整 $\pm 50\%$ 后,敏感性指数CS均小于1,最高值为0.57~0.58,即当牧草地的生态价值系数增加1%时,生态服务总价值增加0.57~0.58个百分点。最低值为0.0002,表明园地生态价值系数的变化对生态系统服务总价值变化几乎不产生影响,这与研究区各类土地利用类型中园地规模较小、在土地总

面积中比重很低有关。敏感性指数结果表明,研究区生态系统服务总价值相对于生态系统服务价值系数VC是缺乏弹性的。

4 结 论

(1) 根据谢高地等^[23]的生态系统服务价值系数研究成果,采用Constanza等提出的生态系统服务价值定量评价模型,以1999年、2006年、2013年3期土地利用变更数据,分析了青海省土地利用变化情况,对土地利用变化引起的生态系统服务价值变化进行估算分析。生态价值系数的取值决定着生态系统服务价值研究结果的准确性,引入敏感性指数对二者关系进行测算,结果表明,研究所选用的生态价值系数合理,研究结果可信。

(2) 1999—2013年间,青海省土地利用变化较大。在西部大开发政策的持续推进下,国家对青海省基础设施建设的投资力度加大,建设用地增长迅速;国家生态退耕还林还草、荒山荒坡造林工程的实施,使耕地和未利用地大幅度减少,而林地规模持续增长。从土地利用变化情况来看,国家宏观政策的实施与调整是青海省土地利用变化的最主要驱动因素。

(3) 根据1999年、2006年、2013年3期土地利用变更数据,结合生态系统服务价值系数,对1999—2013年间青海省生态系统服务总价值及各单项生态服务价值变化进行测算分析。1999年、2006年、2013年青海省生态系统服务总价值分别为 4477.29×10^8 、 4504.89×10^8 、 4507.07×10^8 元。牧草地、林地、水域的生态服务价值是生态系统服务的主体部分,占整个生态系统服务价值比重分别达到

表4 生态价值系数调整后总服务价值的变化情况和敏感指数

Table 4 Estimation of CS and ESV after the adjustment of the total ecosystem service values coefficient Qinghai Province from 1999 to 2013

土地利用类型 Land types	生态价值系数 Ecological value coefficient	ESV /10 ⁸ yuan		1999—2013年变化情况 Changes from 1999 to 2013		生态价值系数变化的影响 Effect on changes of ecological value coefficient			
		1999	2013	变化量/10 ⁸ yuan Value change	变化率/% Change rate	1999		2013	
						变化率/% Change rate	CS	变化率/% Change rate	CS
耕地 Farmland	(1 + 50%)Vc	4498.29	4523.68	25.39	0.56	0.47	0.01	0.37	0.01
	(1 - 50%)Vc	4456.28	4490.46	34.18	0.77	-0.47		-0.37	
园地 Garden-plot	(1 + 50%)Vc	4477.71	4507.55	29.84	0.67	0.01	0.0002	0.01	0.0002
	(1 - 50%)Vc	4476.86	4506.59	29.73	0.66	-0.01		-0.01	
林地 Woodland	(1 + 50%)Vc	4713.05	4764.50	51.45	1.09	5.27	0.11	5.71	0.11
	(1 - 50%)Vc	4241.52	4249.64	8.12	0.19	-5.27		-5.71	
牧草地 Grassland	(1 + 50%)Vc	5769.49	5798.55	29.06	0.50	28.86	0.58	28.66	0.57
	(1 - 50%)Vc	3185.08	3215.59	30.51	0.96	-28.86		-28.66	
水域 Water body	(1 + 50%)Vc	5120.40	5148.74	28.34	0.55	14.36	0.29	14.24	0.28
	(1 - 50%)Vc	3834.17	3865.40	31.23	0.81	-14.36		-14.24	
未利用土地 Unused land	(1 + 50%)Vc	4523.41	4552.94	29.53	0.65	1.03	0.02	1.02	0.02
	(1 - 50%)Vc	4431.16	4461.20	30.04	0.68	-1.03		-1.02	

96.98%、97.20%、97.21%，表明牧草地、林地、水域面积变化对区域生态系统服务价值起着决定性的作用。水源涵养、土壤形成与保护、废物处理及生物多样性保护则是生态系统服务价值中最主要的功能类型，表明青海省生态系统的服务性功能远高于生产性功能。

(4) 土地利用结构变化对生态系统服务价值的影响较大。1999—2013年间，青海省牧草地面积极居各类土地类型首位，随着牧草地在研究期前半段(1999—2006年)大幅度增加，后半段(2006—2013年)大幅度减少，生态服务总价值也随之呈现出增长幅度变小、增长变缓的趋势。而林地的大幅度增加抵消了耕地、水域及未利用土地减少造成的生态服务总价值的损失，使得区域生态服务总价值总体处于增长趋势。

(5) 本研究通过参考 Constanza 及谢高地等人的生态服务价值评估模型及参数，对青海省不同年期的土地利用类型变化及对生态系统服务价值的影响进行分析，对于揭示研究期内区域土地利用变化对生态系统服务价值的影响动态趋势有一定作用，定量测算所采用的参数及方法便于区域横向对比，对未来该区域深入开展相关研究可提供借鉴。但研究中对相同尺度生态系统之间服务价值的线性可加性及生态系统服务价值的空间差异未作充分考虑，未来研究工作中需进一步完善。

青海是我国重要的生态安全屏障，其生态文明建设不仅关系到当地的可持续发展，还关系到全国的生态安全和可持续发展。以上研究表明，研究期间青海省土地利用变化显著，生态系统服务价值呈现增长态势，但近年增加幅度明显降低。为确保生态环境稳定和生态屏障功能的发挥，青海省开展实施了三江源自然保护区生态保护和建设、青海湖流域生态环境保护与综合治理、湟水河流域百万亩人工造林、天然林保护等一系列环境保护和治理工程，有效遏制了青海水域面积快速减少的态势，生态环境状况好转。未来青海省在土地利用、生态建设等相关规划及政策制订中要更加注重对水域、草原及森林生态系统的保护，加大青海湖、湟水河流域生态环境保护与治理工程的实施力度，推进祁连山水源涵养区生态保护与建设综合治理工程和三江源自然保护区生态保护建设二期工程开展，同时积极开展国家新一轮退耕还林还草工程，确保青海“生态立省”战略稳定实施，推动区域可持续发展和国家生态安全。

参考文献:

- [1] SCEP(Study of Critical Environmental Problems). Man's impact on the global environment Assessment and recommendations for action [M]. Cambridge, MA: MIT Press, 1970.
- [2] Robert Costanza, Ralph d'Arge, Rudolf de Groot, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997,

- 387:253-260.
- [3] Carins J. Protecting the delivery of ecosystem services[J]. *Ecosystem Health*, 1997, 3(3): 185-194.
- [4] Pimental D, Wilson C, Mc Culum A. Economic and environmental benefits of biodiversity[J]. *Bioscience*, 1997, 47: 747-757.
- [5] Turner R, Bergh, Jereon C, et al. Ecological economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy[J]. *Ecological Economics*, 2000, 35: 7-23.
- [6] Loom J, Kent P, Strange L, et al. Measuring the economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey[J]. *Ecological Economics*, 2000, 33: 103-117.
- [7] Lal P. Economic valuation of mangroves and decision-making in the Pacific[J]. *Ocean&Coastal Management*, 2003, 46: 823-846.
- [8] Mendona M, Sachsida A, Loureiro P. A study on the valuing of biodiversity: the case of three endangered species in Brazil[J]. *Ecological Economics*, 2003, 46: 9-18.
- [9] Pauutanayak S K. Valuing watershed services: concepts and empirics from Southeast Asia[J]. *Agriculture Ecosystems&Environment*, 2004, 104: 171-184.
- [10] Bandara R, Tisdell C. The net benefit of saving the Asian elephant: a policy and contingent valuation study[J]. *Ecological Economics*, 2004, 48: 93-107.
- [11] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. *地理学报*, 1996, 51(6): 553-558.
- [12] 白晓飞, 陈焕伟. 土地利用的生态服务价值——以北京市平谷区为例[J]. *北京农学院学报*, 2003, 18(2): 109-111.
- [13] 王宗明, 张 柏, 张树清. 吉林省生态系统服务价值变化研究[J]. *自然资源学报*, 2004, 19(1): 55-60.
- [14] 吴大千, 刘 建, 贺同利, 等. 基于土地利用变化的黄河三角洲生态服务价值损益分析[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(2): 256-261.
- [15] 叶长盛, 董玉祥. 珠江三角洲土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. *热带地理*, 2010, 30(6): 603-608.
- [16] 王友生, 余新晓, 贺康宁, 等. 基于土地利用变化的怀柔水库流域生态服务价值研究[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(5): 246-251.
- [17] 谢余初, 巩 杰, 赵彩霞, 等. 干旱区绿洲土地利用变化的生态系统服务价值响应——以甘肃省金塔县为例[J]. *水土保持研究*, 2012, 19(2): 165-170.
- [18] 张蓉珍, 魏志超, 陈西蕊, 等. 西安市土地利用变化及其生态系统服务价值研究[J]. *水土保持研究*, 2013, 20(3): 254-262.
- [19] 李 正, 王 军, 白中科, 等. 贵州省土地利用及其生态系统服务价值与灰色预测[J]. *地理科学进展*, 2012, 31(5): 577-582.
- [20] 胡金龙, 王金叶, 周志翔, 等. 桂林市土地利用变化对生态服务价值的影响[J]. *中南林业科技大学学报*, 2012, 32(10): 89-93.
- [21] 李 忠. 对西部大开发中青海面临生态危机的思考[J]. *青海大学学报(自然科学版)*, 2002, 20(1): 74-76.
- [22] 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): 81-87.
- [23] 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): 189-196.

(上接第 220 页)

- [4] 白爱娟, 施 能, 方建刚. 陕西省降水量变化的区域特征分析[J]. *高原气象*, 2005, 24(4): 635-641.
- [5] 包 刚, 吴 琼, 阿拉腾图雅, 等. 近 30 年内蒙古气温和降水量变化分析[J]. *内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版)*, 2012, 41(6): 668-674.
- [6] 龚道溢, 韩 晖. 华北农牧交错带夏季极端气候的趋势分析[J]. *地理学报*, 2004, 59(2): 230-238.
- [7] 任培贵, 张 勃, 张调风, 等. 基于 SPEI 的中国西北地区气象干旱变化趋势分析[J]. *水土保持通报*, 2014, 2(1): 182-192.
- [8] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北方近 50 年温度和降水极端事件变化[J]. *地理学报*, 2003, 58(增刊): 1-10.
- [9] 李 志, 赵西宁. 1961—2009 年黄土高原气象要素的时空变化分析[J]. *自然资源学报*, 2013, 28(2): 287-299.
- [10] 段建军, 王小利. 黄土高原地区 50 年降水时空动态与趋势分析[J]. *水土保持学报*, 2009, 23(5): 143-146.
- [11] 朱利凯, 蒙吉军. 内蒙古中部地区近 40 年来降水时空变化[J]. *干旱区研究*, 2010, 27(4): 536-544.
- [12] 陈 海, 梁小英, 李立新. 近 40 年中国北方农牧交错带气候时空分异特征[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2007, 37(8): 653-656.
- [13] Malcolm H, Neville. Trends in extreme rainfall indices for an updated high quality data set for Australia, 1910—1998[J]. *International Journal of Climatology*, 2000, 20(13): 1533-1541.
- [14] Manton M J, Della - Marta P M, Haylock M R, et al. Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific 1961—1998[J]. *International Journal of Climatology*, 2001, 21: 269-284.
- [15] Buffoni L, Maugeri M, Nanni T. Precipitation in Italy from 1833 to 1996[J]. *Theoretical Applied Climatology*, 1999, 63: 33-40.
- [16] 李 志, 郑粉莉, 刘文兆. 1961—2007 年黄土高原极端降水事件的时空变化分析[J]. *自然资源学报*, 2010, 25(2): 291-299.
- [17] 包 云, 李晓兵, 黄玲梅, 等. 1961—2007 年内蒙古降水时空分布[J]. *干旱区地理*, 2011, 34(1): 52-61.
- [18] 聂树人. 陕西自然地理[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1981: 1-433.
- [19] 宋进喜, 宋令勇, 惠洪河, 等. 陕西省降水时空变化特征及资源化研究[J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2009, 45(5/6): 575-581.
- [20] 王 楠, 李栋梁, 张 杰. 黄河中上游流域夏季异常降水的变化特征及环流分析[J]. *干旱区地理*, 2012, 35(5): 754-763.
- [21] 张国宏, 李智才, 宋 燕, 等. 中国降水量变化的空间分布特征与东亚夏季风[J]. *干旱区地理*, 2011, 34(1): 34-42.