

DOI: 10.5846/stxb201810172243

宋昌素,肖焱,博文静,肖洋,邹梓颖,欧阳志云.面向生态效益评估的生态资产评价方法研究——以青海省为例.生态学报,2019,39(1): - .
Song C S, Xiao Y, Bo W J, Xiao Y, Zou Z Y, Ouyang Z Y. Developing an ecological asset accounting method for ecological protection effect assessment: A case study of Qinghai Province. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(1): - .

面向生态效益评估的生态资产评价方法研究 ——以青海省为例

宋昌素^{1,2}, 肖焱^{1,2}, 博文静^{1,2}, 肖洋^{1,2}, 邹梓颖^{2,3}, 欧阳志云^{1,2,*}

1 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室,北京 100085

2 中国科学院大学,北京 100049

3 中国科学院亚热带农业生态研究所,长沙 410125

摘要:生态资产是自然资源资产的重要组成部分,保护和恢复生态系统的目的就是增加生态资产,增强生态资产提供生态系统服务的能力。青海省生态资产丰富,生态区位重要,各级政府高度重视青海省的生态文明建设,评估青海省生态保护与恢复成效对于合理保护青海省生态资产具有重要意义。通过核算生态资产面积、质量,建立生态资产指数指标,综合评估了青海全省以及重点生态功能区和非重点生态功能区各类生态资产实物量现状和过去 15 年的变化。青海省生态资产以草地生态资产为主,同时拥有丰富的野生动植物资源。草地生态资产质量分布较为均匀,优良以上级别占草地总面积的 32.1%;森林生态资产质量呈两极分化状态,灌丛生态资产质量较差,自然湿地生态资产质量整体较好。十五年间,青海省生态资产面积变化幅度不大,但是自然生态资产质量显著提升,生态资产指数稳步增长。全省自然生态资产面积增加 3239.3 km²,其中自然湿地面积增加 15.1%。全省优良质量以上自然生态资产面积增加 61920.1 km²,增幅高达 55.5%;其中,重点生态功能区优良级别以上生态资产面积增加 48621.9 km²,非重点生态功能区优良以上生态资产面积增加 13298.3 km²。青海省生态资产综合指数从 240.37 增长到 278.22,提高了 15.7%。退耕还林还草、湿地生态补偿、三江源自然保护区生态保护和建设工程、青海湖流域生态环境保护与综合治理工程等一系列生态保护与恢复工程对青海省自然生态资产面积增加和质量提升起到积极作用。青海省生态资产变化亦受气候因素影响,气候变化导致自然湿地生态资产面积增加、草地生态资产面积减少同时热量增加在一定程度上促进了森林、灌丛、草地生态资产质量的提升。

关键词:生态资产;生态保护与恢复;生态效益;青海省

Developing an ecological asset accounting method for ecological protection effect assessment: A case study of Qinghai Province

SONG Changsu^{1,2}, XIAO Yi^{1,2}, BO Wenjing^{1,2}, XIAO Yang^{1,2}, ZOU Ziyang^{2,3}, OUYANG Zhiyun^{1,2,*}

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China

Abstract: Ecological assets are an important part of natural resource assets. The purpose of protecting and restoring an ecosystem is to increase ecological assets and to enhance ecosystem services. Qinghai Province is an ecologically important region with rich ecological assets. Governments have attached great importance to the construction of ecological civilization in Qinghai Province. It is crucial to assess the effectiveness of ecological protection and restoration projects for further

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0503402);亚洲开发银行技术援助项目(ADB TA-9040 PRC)

收稿日期:2018-10-17; 网络出版日期:2018-11-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zyouyang@rcees.ac.cn

protection of ecological assets in Qinghai Province. In this study, we created a comprehensive assessment of ecological assets and their changes in Qinghai Province (including key ecological function areas and non-key ecological function areas) over the past 15 years by accounting ecological asset areas, evaluating ecosystem quality, and creating an ecological asset index. Grassland assets are the main ecological assets in Qinghai Province, and we found 32.1% of the total grassland area to be of good quality. The quality of forest ecological assets is polarized, that of shrub ecological assets is poor, and that of natural wetland ecological assets is generally good. In the past 15 years, we found that the area of ecological assets has changed slightly, the quality of natural ecological assets increased significantly, and the ecological asset index increased steadily in Qinghai Province. The area of natural ecological assets in the province increased by 3239.3 km², and within this area, natural wetlands increased by 15.1%. The area of natural ecological assets above a good grade increased by 61920.1 km², representing an increase of 55.5%. Among them, the area of key ecological function zones increased by 48621.9 km² and non-key ecological function zones increased by 13298.3 km². The ecological assets comprehensive index of Qinghai Province increased from 240.37 to 278.22, representing an increase of 15.7%. A series of ecological protection and restoration projects such as Grain to Green Program, ecological compensation for wetlands, ecological protection and construction projects in Sanjiangyuan Nature Reserve, and ecological environmental protection and comprehensive treatment projects in Qinghai Lake Basin played a positive role in improving the quantity and quality of natural ecological assets in Qinghai Province. Changes in ecological assets in Qinghai Province are also affected by climatic factors. Climate change has led to an increase in the area of natural wetland ecological assets and a reduction in the area of grassland ecological assets. At the same time, the increase in temperature has increased the quality of forest, shrub, and grassland ecological assets.

Key Words: ecological assets; ecological protection and restoration; ecological protection effect; Qinghai Province

生态资产是自然资源资产的主要组成部分,是能够为人类提供生态产品和服务的自然资产^[1]。生态资产是指在一定时间、空间范围内和技术经济条件下可以给人们带来效益的生态系统^[2],包括森林、灌丛、草地、湿地、荒漠等自然生态系统,农田、城镇绿地等以自然生态过程为基础的人工生态系统,以及野生动植物资源。生态资产是形成生态效益的基础,国内外研究^[3-4]一致认为生态资产为人类提供了丰富的生态效益,不仅包括物质产品的提供,还包括水源涵养、土壤保持等调节服务,美学、教育等文化服务以及养分循环、土壤肥力保持等支持服务。但是全球范围内生态效益的评估,无论是评价内容、评价指标、评价方法还是评价结果,不同研究^[5-7]之间的差异都很大,因此生态效益评估的首要环节评估产生生态效益的生态资产。

国外学者较少使用生态资产这个概念,更多使用自然资本(Natural Capital)^[8-9]的概念,研究多集中在自然资本的价值化^[10-11]。在国内生态资产概念尚未统一^[12-13],对生态资产价值化的研究从范围到方法到结果都存在较大差异^[14-15],这种不确定性增加了评估和决策的应用难度,实物量核算可以有效降低这种不确定性。生态资产的实物量核算即统计不同质量等级的森林、草地、湿地、农田、城镇绿地等生态系统的面积以及野生动植物物种数,包括存量和质量两个方面。

青海省位于世界“第三极”青藏高原,是中国乃至亚洲重要的河流源区,是高原生物多样性的主要分布区,也是自然生态环境较为脆弱的重点保护区^[16]。青海省的生态环境质量状况不仅对我国的生态文明建设和可持续发展具有重要意义,同时会对东南亚地区乃至全球的生态安全格局产生影响^[17]。特殊的地理位置和自然条件,使青海省生态系统呈现出特有的复杂性和脆弱性,导致青海省社会经济发展水平不高,但是拥有丰富的生态资产。一直以来,中央和地方政府高度重视青海省的生态文明建设,投入大量的资金开展生态环境保护,不断加大生态补偿力度。生态资产是形成生态效益的基础,生态资产是生态效益评估的重要指标。对青海省生态资产存量和质量进行全面的核算和评估,是评价生态补偿成效、评估生态效益的重要步骤。目前,关于青海省生态系统的研究主要集中在三江源区域^[18-19]和青海湖流域^[20-21],缺乏全省视角的分析;研究内容主要包括区域生态系统格局变化^[22]、土地利用变化^[23]、草地覆盖度和生产力^[24]等方面。

本文通过同时考虑、核算生态资产面积和质量,构建并计算生态资产综合评价指标生态资产指数,全面揭示青海省生态资产特征、存量和质量现状,分析十五年来的变化动态,并探讨评估生态保护的生态效益,以期为青海省的生态补偿、生态保护成效评估提供参考,同时为其他地区的生态保护成效评估提供借鉴。

1 青海省概况

青海省位于中国西部,地理位置介于 $89^{\circ}24'3''$ — $103^{\circ}04'10''$ E, $31^{\circ}36'2''$ — $39^{\circ}12'45''$ N 之间,全省东西长 1240.6 km,南北宽 844.5 km,总面积 72.23 万 km^2 ,占全国总面积的 1/13。现辖 2 个地级市和 6 个民族自治州,国家级重点生态功能区县共有 21 个,占青海省总面积的 60% 以上。全省 4/5 以上的地区为高原,生态系统以草原、荒漠和裸地为主。近年来,青海省各类生态补偿投入资金不断增加,2015 年各项生态补偿投入资金总额达到 71.98 亿元。

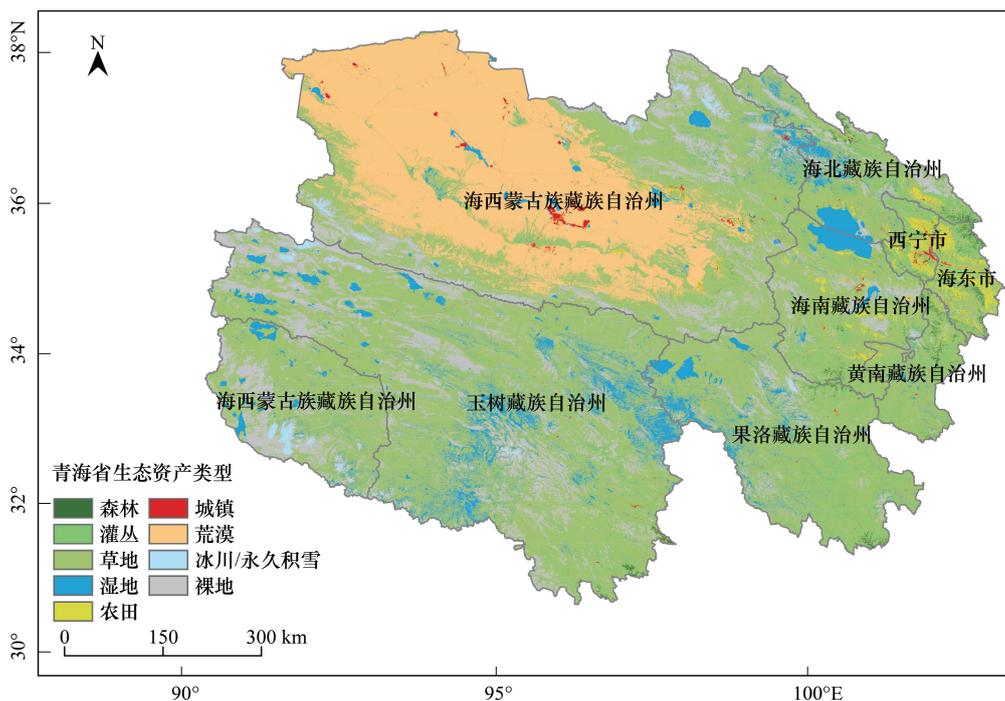


图 1 青海省生态资产类型

Fig.1 Ecosystem assets of Qinghai Province

2 研究方法

生态资产实物量核算主要包括生态资产数量(面积)和质量两个方面。本研究结合生态系统分类规则、通过遥感解译数据分析得到生态资产数量,将生态资产质量分为优、良、中、差、劣共五类,分别根据相对生物量密度、覆盖度和水质确定不同类型生态资产的质量等级。

2.1 数据来源

本文所使用的生态系统分类数据来自中国科学院和环保部支持的全国生态环境十年变化(2000—2010 年)遥感调查与评估项目^[25],以及全国生态环境五年变化(2010—2015 年)遥感调查与评估项目。地上生物量数据采用的是植被指数-生物量法,根据实地测量的植被生物量数据和遥感数据建立经验统计模型,然后在遥感数据的基础上反演得到区域范围内植被生物量,遥感数据来源于中国科学院遥感与数字地球研究所。植被覆盖度数据是基于像元二分模型认为一个像元的 NDVI 值是由绿色植被部分贡献的信息与无植被覆盖部分贡献的信息组合而成,通过 Modis 影像反演得到,NODIS-NDVI 数据来源于陆地过程分布式数据档案中

心,植被覆盖度数据来源于中国科学院遥感与数字地球研究所。湿地水质监测数据来自青海省水资源公报^[26-27]。

2.2 生态资产质量

本研究中的生态资产质量主要考虑自然生态资产中的森林生态资产、灌丛生态资产、草地生态资产和湿地生态资产,没有考虑荒漠、裸土、冰川/永久积雪等自然生态资产以及农田、水库等以自然生态过程为基础的人工生态资产。研究选取地上生物量、植被覆盖度和水体质量作为生态资产质量评价因子,森林和灌丛生态资产质量采用基于像元的相对生物量密度进行评价,草地生态资产质量采用植被覆盖度进行评价,湿地生态资产质量采用水体质量等级进行评价^[28]。具体评价指标及分级标准如表1所示:

表1 生态资产质量评价指标和分级标准

Table 1 Evaluation indicators and grading criterion of ecological assets quality

生态资产类型 Ecological assets items	评价指标 Evaluation indicators	质量等级 Quality grade				
		优 Excellent	良 Good	中 Medium	差 Poor	劣 Inferior
森林 Forest	相对生物量密度	≥80%	60%—80%	40%—60%	20%—40%	≤20%
灌丛 Shrub						
草地 Grassland	覆盖度	≥80%	60%—80%	40%—60%	20%—40%	≤20%
湿地 Wetland	水质	I类	II类	III类	IV类	V类及以下

其中,森林、灌丛和草地生态资产质量计算方法为:

$$EAQ_{ij} = \frac{B_{ij}}{CCB_i} \times 100\%$$

$$EAQ_{ij} = \frac{C_{ij}}{CCC_i} \times 100\%$$

式中, EAQ_{ij} 为 i 类生态资产 j 像元的生态资产质量; B_{ij} 为 i 类生态资产 j 像元的生物量,通过遥感反演得到; CCB_i 为 i 类生态资产顶级群落像元的生物量,通过生态系统长期定位观测数据得到; C_{ij} 为 i 类生态资产 j 像元的植被覆盖度,通过遥感反演得到; CCC_i 为 i 类生态资产顶级群落像元的覆盖度,通过生态系统长期定位观测数据得到。

湿地生态资产的水体质量等级来源于当地监测数据。

2.3 生态资产指数

为了能够准确反映生态资产实物量的变化,实现不同区域之间的相互比较,本研究建立同时反映存量和质量的生态资产指数指标,综合评价和核算森林、灌丛、草地、湿地等自然生态资产实物量。

即不同质量等级(优、良、中、差和劣)的生态资产面积与相应质量权重因子(k)的乘积与该类生态资产总面积与最高质量权重因子($k=5$)乘积的比值,得到生态资产质量等级指数(无量纲),生态资产的面积(km^2)与全国总面积(9600000 km^2)的面积比值得到归一化的生态资产面积指数(无量纲),质量等级指数与面积指数的乘积,即为生态资产综合指数。

$$EQ = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^5 (EA_{ik} \times k)}{\left(\sum_{i=1}^n EA_i \times 5 \right)} \times \frac{\sum_{i=1}^n EA_i}{9600000} \times 10^4$$

$$EQ_i = \frac{\sum_{k=1}^5 (EA_{ik} \times k)}{(EA_i \times 5)} \times \frac{EA_i}{9600000} \times 10^4$$

式中, EQ :生态资产综合指数; EQ_i :第 i 类生态资产指数; i :生态资产类型, $i=1,2,3,\dots,n$; n :生态资产

类型数量; k :生态资产质量等级指数,即 1—5 级; EA_{ik} :第 i 类生态资产第 k 等级的面积; EA_i :第 i 类生态资产的面积。

3 结果与分析

3.1 生态资产特征

青海省地理位置特殊,气候条件独特,孕育了类型多样种类丰富的生态资产,主要包括草地生态资产、湿地生态资产、灌丛生态资产、森林生态资产和裸地生态资产、荒漠生态资产、冰川/永久积雪生态资产等自然生态系统,水库生态资产、农田生态资产、城镇绿地生态资产等以自然生态过程为基础的人工生态系统,以及重要保护动植物等野生动植物资源。

3.1.1 生态资产面积特征

从面积分布特征来看(图 1,表 2),草地生态资产面积最大,广泛分布于青海省的东部和南部,总面积达到 38.2 万 km^2 ,占青海省自然生态资产总面积的 55.8%,其中重点生态功能区草生态资产占比为 72.2%;其次是主要分布在西北部非重点生态功能区的荒漠和裸地生态资产,面积为 22.4 万 km^2 ,占全省自然生态资产的 32.8%;以沼泽、湖泊为主的自然湿地生态资产占地 4.6 万 km^2 ,主要分布在重点生态功能区,占比为 6.7%;青海省的灌丛生态资产面积不大,主要分布在果洛州、海北州和海南州,面积为 2.6 万 km^2 ,占全省自然生态资产面积的 3.8%,重点生态功能区灌丛面积占 72.2%;青海省森林生态资产面积较小,为 0.3 万 km^2 ,以常绿针叶林为主,平均分布在重点生态功能区和非重点生态功能区;冰川/永久积雪主要分布在重点生态功能区,面积为 0.4 万 km^2 ,占比 0.6%;农田、水库、城市绿地等以自然生态过程为基础的人工生态系统主要分布在非重点生态功能区,以上生态系统在非重点生态功能区的面积占比均在 65%以上。

3.1.2 生态资产质量特征

从生态资产质量特征来看(表 2),青海省森林生态资产质量呈两极分化状态,优级和劣级占比分别为 32%和 39.4%,重点生态功能区生态资产质量明显好于非重点生态功能区;灌丛生态资产质量较差,劣级占比达到 42.8%,非重点生态功能区劣级灌丛生态资产占比为 54.1%,质量明显低于重点生态功能区;草地生态资产质量分布较为均匀,优良以上级别占草地总面积的 32.1%,重点生态功能区良级以上和差级以下草地占比分别为 37.8%和 43.2%,优于非重点生态功能区的 17.5%和 70.1%;自然湿地生态资产质量整体较好,非重点生态功能区优于重点生态功能区,非重点生态功能区自然湿地质量均在中级以上,重点生态功能区中级以上自然湿地面积占 95.3%。

3.1.3 生态资产指数特征

2015 年青海省生态资产综合指数为 278.22(图 2)。其中,作为青海省的主要生态资产,草地生态资产指数最高,为 220.87;森林生态资产指数为 1.46,灌丛生态资产指数为 13.5,湿地生态资产指数为 42.4。重点生态功能区生态资产综合指数为 218.57,占青海省生态资产综合指数的 78.6%;非重点生态功能区生态资产综合指数为 59.65,是全省生态资产综合指数的 21.4%。

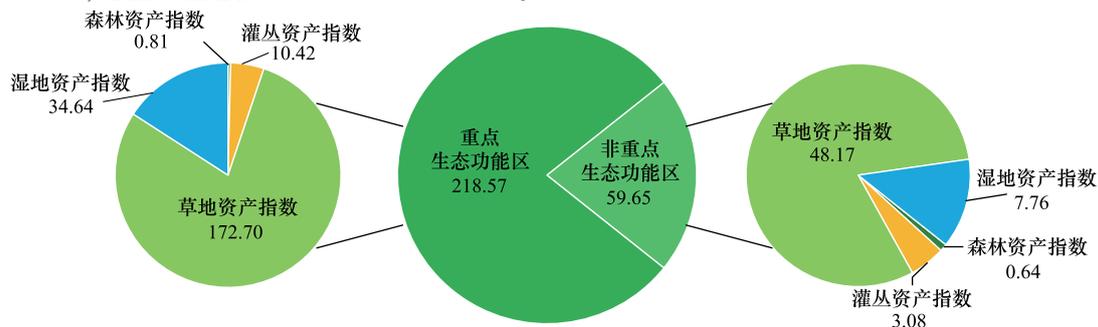


图 2 青海省生态资产指数

Fig.2 Ecological assets index of Qinghai Province

表 2 2015 年青海省生态资产实物量
Table 2 Ecological assets physical quantity of Qinghai Province in 2015

生态资产类型 Ecological assets items	区域 Region	合计/km ² Total	质量等级 Quality grade														
			优 Excellent			良 Good			中 Middle			差 Poor			劣 Inferior		
			面积/km ² Area	比例/% Proportion													
森林 Forest	全省	2516.7	806.4	32.0	212.8	8.5	101.8	4.0	404.1	16.1	991.5	39.4					
	重点生态功能区	1358.9	474.4	34.9	116.1	8.5	51.0	3.8	197.6	14.5	519.7	38.2					
灌丛 Shrub	非重点生态功能区	1157.8	332.0	28.7	96.7	8.4	50.8	4.4	206.5	17.8	471.8	40.8					
	全省	26209.6	4965.6	19.0	2520.5	9.6	3655.3	13.9	3844.6	14.7	11223.6	42.8					
草地 Grassland	重点生态功能区	18917.0	4148.6	21.9	2162.7	11.4	2666.9	14.1	2659.3	14.1	7279.5	38.5					
	非重点生态功能区	7292.6	817.0	11.2	357.8	4.9	988.4	13.6	1185.3	16.3	3944.1	54.1					
自然湿地 Natural wetland	全省	381740.5	67955.0	17.8	54834.6	14.3	65570.2	17.2	110993.3	29.1	82387.4	21.6					
	重点生态功能区	275560.1	57379.5	20.8	46865.6	17.0	52387.8	19.0	78520.8	28.5	40406.4	14.7					
冰川/永久积雪 Glacier	非重点生态功能区	106180.4	10575.5	10.0	7969.0	7.5	13182.4	12.4	32472.5	30.6	41981.0	39.5					
	全省	45549.8	28193.6	61.9	13902.8	30.5	1656.3	3.6	156.4	0.3	1640.7	3.6					
荒漠/裸地 Desert/Bare land	重点生态功能区	37840.6	21624.7	57.1	12921.6	34.2	1497.2	4.0	156.4	0.4	1640.7	4.3					
	非重点生态功能区	7709.2	6568.9	85.2	981.2	12.7	159.1	2.1	0	—	0	—					
农田 Cropland	全省	4331.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
	重点生态功能区	3205.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
水库 Reservoir	非重点生态功能区	1126.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
	全省	224177.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
城镇绿地 Urban green land	重点生态功能区	68891	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
	非重点生态功能区	155286.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
非重点生态功能区	全省	8308.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
	重点生态功能区	1195.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
非重点生态功能区	全省	7112.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
	重点生态功能区	646.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
非重点生态功能区	全省	47.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
	重点生态功能区	599	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
非重点生态功能区	全省	20.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
	重点生态功能区	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
非重点生态功能区	全省	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					

3.2 生态资产变化

2000 以来青海省生态资产格局基本稳定,面积变化幅度不大,但是森林、灌丛、草地和自然湿地等自然生态资产质量有较大提升,生态资产指数稳步增长。

3.2.1 生态资产面积变化

2000 年以来,青海省自然生态资产面积变动不大,增加 3239.3 km²。森林、灌丛、自然湿地、荒漠/裸地、水库和城市绿地生态资产面积呈增加趋势(表 3),其中自然湿地面积增长显著,增加 5969.4 km²,增幅为 15.1%,重点生态功能区增幅明显高于非重点生态功能区;水库生态资产增加 214.8 km²,增幅 49.8%,主要增加在非重点生态功能区;森林、灌丛、荒漠/裸地和城镇绿地生态资产面积均为小幅增加。草地、冰川/永久积雪和农田生态资产面积呈下降趋势,农田生态资产面积减少 5417.3 km²,减幅达 39.5%,重点生态功能区农田面积减幅大于非重点生态功能区;冰川/永久积雪生态资产面积减少 1292.9 km²,降幅 23%,重点生态功能区和非重点生态功能区降幅相当;草地生态资产面积有小幅下降,减少 2443.3 km²,降幅 0.6%,主要发生在重点生态功能区。

3.2.2 生态资产质量变化

十五年间,青海省生态资产质量整体呈现提升趋势(图 3),优良质量以上生态资产面积增加 61920.1 km²,增幅高达 55.5%;其中,重点生态功能区优良级别以上生态资产面积增加 48621.9 km²,非重点生态功能区优良以上生态资产面积增加 13298.3 km²;质量增加区域主要分布在东部和南部,质量下降区域主要集中分

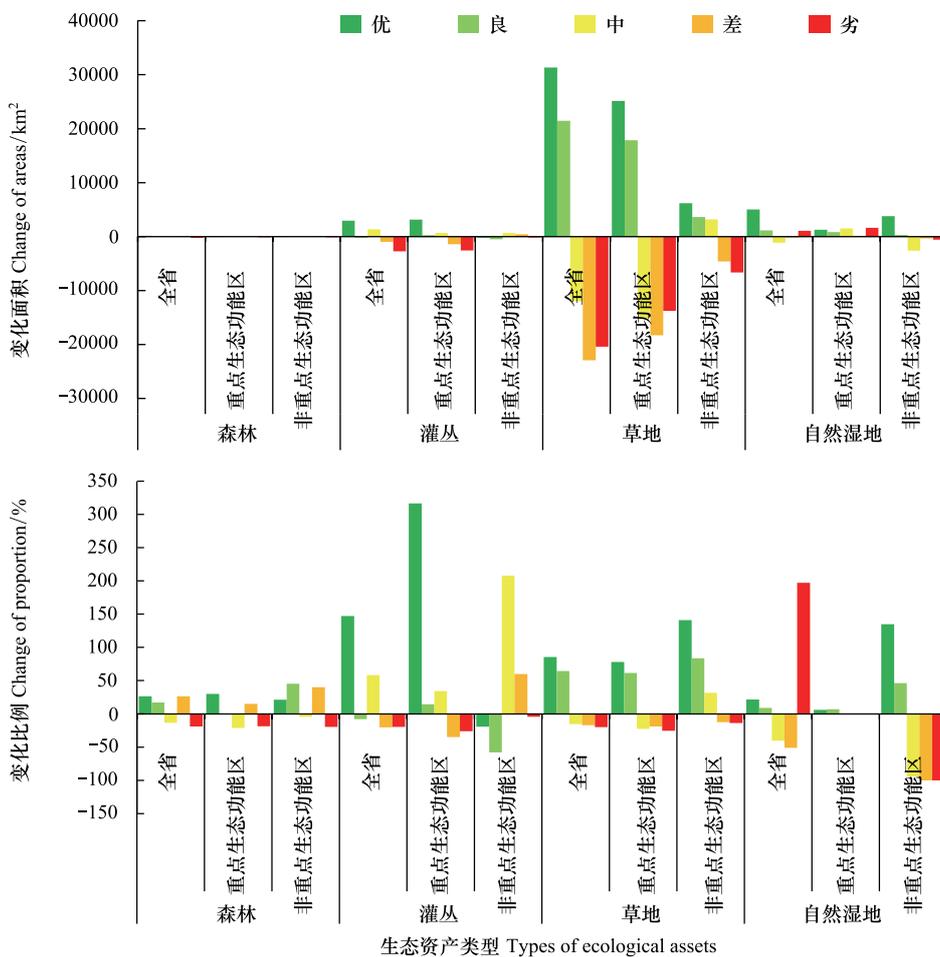


图3 青海省生态资产面积变化 (A) 生态资产变化面积 (B) 生态资产变化比例

Fig.3 Changes of ecological assets areas in Qinghai Province (A) change of areas (B) change of proportion

表 3 2000—2015 年青海省生态资产实物量变化表
Table 3 Changes table of ecological assets physical quantity in Qinghai Province during 2000—2015

生态资产类型 Ecological assets items	区域 Region	质量等级 Quality grade/km ²																	
		合计 Total			优 Excellent			良 Good			中 Middle			差 Poor			劣 Inferior		
		2000年	2015年	变化量 Change	2000年	2015年	变化量 Change	2000年	2015年	变化量 Change	2000年	2015年	变化量 Change	2000年	2015年	变化量 Change	2000年	2015年	变化量 Change
森林 Forest	全省	2482.7	2516.7	34.0	638.5	806.4	167.9	182.0	212.8	30.8	117.7	101.8	319.2	404.1	84.9	1225.3	991.5	-233.8	
	重点生态功能区	1355.0	1358.9	3.9	364.4	474.4	110.0	115.5	116.1	0.6	64.6	51.0	171.7	197.6	25.9	638.8	519.7	-119.1	
	非重点生态功能区	1127.7	1157.8	30.1	274.1	332.0	57.9	66.5	96.7	30.2	53.0	50.8	147.5	206.5	59.0	586.5	471.8	-114.7	
灌丛 Shrub	全省	25855.0	26209.6	354.6	2009.6	4965.6	2956.0	2739.0	2520.5	-218.5	2307.9	3655.3	4829.3	3844.6	-984.7	13969.2	11223.6	-2745.6	
	重点生态功能区	18808.6	18917.0	108.4	995.6	4148.6	3153.0	1891.4	2162.7	271.3	1987.0	2666.9	4087.5	2659.3	-1428.2	9847.1	7279.5	-2567.6	
	非重点生态功能区	7046.4	7292.6	246.2	1014.0	817.0	-197.0	847.6	357.8	-489.8	320.9	988.4	741.8	1185.3	443.5	4122.1	3944.1	-178.0	
草地 Grassland	全省	384183.8	381740.5	-2443.3	36620.8	67955.0	31334.2	33354.2	54834.6	21480.4	77322.0	65570.2	133911.4	110993.3	-22918.1	102775.4	82387.4	-20388.0	
	重点生态功能区	279737.8	275560.1	-4177.7	32233.1	57379.5	25146.4	29013.4	46865.6	17852.2	67512.7	52387.8	96817.8	78520.8	-18297.0	54160.8	40406.4	-13754.4	
	非重点生态功能区	104446.1	106180.4	1734.3	4387.6	10575.5	6187.9	4340.9	7969.0	3628.1	10009.3	13182.4	37093.6	32472.5	-4621.1	48614.7	41981.0	-6633.7	
自然湿地 Natural wetland	全省	39580.4	45549.8	5969.4	23170.7	28193.6	5022.9	12756.5	13902.8	1146.3	2781.8	1656.3	319.3	156.4	-162.9	552.0	1640.7	1088.7	
	重点生态功能区	32458.0	37840.6	5382.6	20372.6	21624.7	1252.1	12085.4	12921.6	836.2	0.0	1497.2	0.0	156.4	156.4	0.0	1640.7	1640.7	
	非重点生态功能区	7122.4	7709.2	586.8	2798.1	6568.9	3770.8	671.1	981.2	310.1	2781.8	159.1	319.3	0	-319.3	552.0	0	-552.0	
冰川/永久积雪 Glacier	全省	5624.5	4331.6	-1292.9															
	重点生态功能区	4159.8	3205.5	-954.3															
	非重点生态功能区	1464.6	1126.1	-338.5258															
荒漠/裸地 Desert/Bare land	全省	223500.5	224177.9	617.4															
	重点生态功能区	67658.9	68891	1232.1															
	非重点生态功能区	155901.6	155286.9	-614.7															
农田 Cropland	全省	13725.5	8308.2	-5417.3															
	重点生态功能区	3298.4	1195.5	-2102.9															
	非重点生态功能区	10427.1	7112.7	-3314.4															
水库 Reservoir	全省	431.6	646.4	214.8															
	重点生态功能区	7.6	47.4	39.8															
	非重点生态功能区	424.0	599	175.0															
城镇绿地 Urban green land	全省	13.2	20.4	7.2															
	重点生态功能区	0.3	0.4	0.1															
	非重点生态功能区	12.8	20	7.2															

布在西北部地区(图4)。从各类生态资产来看,草地生态资产质量提升较为显著,优级和良级草地分别增加85.6%和64.4%,同时中级、差级和劣级草地面积均呈减少趋势;森林生态资产质量有所提升,良级以上面积增加24.2%,重点生态功能区内提升显著于非重点生态功能区;灌丛生态资产质量变化不大,重点生态功能区内变现为质量提升,非重点生态功能区内质量下降;自然湿地生态资产质量整体表现为增加,重点生态功能区内中级以下自然湿地变化为从无到有,非重点生态功能区内差级以下自然湿地从有变无。

3.2.3 生态资产指数变化

2000—2015年,青海省生态资产综合指数从240.37增长到278.22,提高了15.7%(表4)。其中,面积和质量的增加使森林、灌丛和自然湿地生态资产指数分别增加14.1%、25.7%和15.4%;草地生态资产质量的大

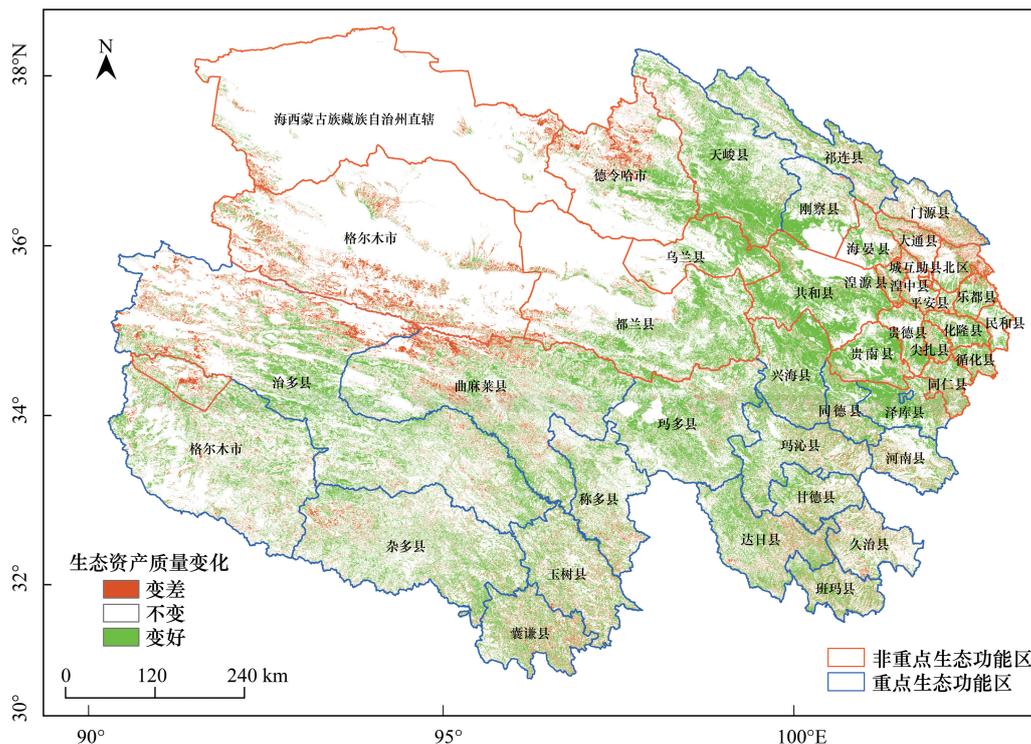


图4 青海省生态资产质量变化空间分布

Fig.4 Spatial pattern of ecological assets quality changes in Qinghai Province

幅提升是草地生态资产指数增长的主要原因,增幅为15.3%。导致青海省生态资产发生变化的主要原因包括生态保护与恢复、气候变化、城镇扩张等(表5)。

实施退耕还林还草、湿地生态补偿、三江源自然保护区生态保护和建设工程、青海湖流域生态环境保护与综合治理工程等一系列生态保护与恢复工程使青海省自然湿地、草地、灌丛和森林生态资产面积分别增加2867.2、2151.9、360.6 km²和34 km²,农田面积减少4449.7 km²,非重点生态功能区内生态资产面积增加较为明显;同时生态保护与恢复工程使青海省生态资产质量显著提升,尤其是草地生态资产、自然湿地生态资产质量的提升和重点生态功能区内生态资产质量的提升较为明显。

由于特殊的地理位置和生态区位特征,青海省生态资产变化受气候因素影响亦较为明显。气候变化导致冰川/永久积雪融化,使全省范围内冰川/永久积雪面积减少1335.6 km²、自然湿地生态资产面积增加7468.6 km²、草地生态资产面积减少7466 km²,重点生态功能区内冰川/永久积雪面积减少980 km²、自然湿地生态资产面积增加7255 km²、草地生态资产面积减少7252.4 km²;同时气候变化表现出来的蒸发量增加,使全省范围内自然湿地生态资产面积减少3401.4 km²、草地生态资产面积增加3410.3 km²,重点生态功能区内自然湿地生态资产面积减少3036.7 km²、草地生态资产面积增加3047.4 km²。气候变化也在一定程度上促进了森林、

灌丛、草地生态资产质量的提升。

表 4 2000—2015 年青海省生态资产指数变化

Table 4 Changes of ecological assets index in Qinghai Province during 2000—2015

生态资产指数 Ecological assets index	区域 Region	2000	2015	变化量 Quantity of change	变化率/% Rate of change
生态资产综合指数 Ecological assets index	全省	240.37	278.22	37.85	15.7
	重点生态功能区	191.20	218.57	27.37	14.3
	非重点生态功能区	49.18	59.65	10.47	21.3
森林生态资产指数 Forest asset index	全省	1.28	1.46	0.18	14.1
	重点生态功能区	0.72	0.81	0.09	12.5
	非重点生态功能区	0.56	0.64	0.08	14.3
灌丛生态资产指数 Shrub asset index	全省	10.74	13.50	2.76	25.7
	重点生态功能区	7.61	10.42	2.81	36.9
	非重点生态功能区	3.13	3.08	-0.05	-1.6
草地生态资产指数 Grassland asset index	全省	191.60	220.87	29.27	15.3
	重点生态功能区	151.57	172.70	21.13	13.9
	非重点生态功能区	40.03	48.17	8.14	20.3
湿地生态资产指数 Wetland asset index	全省	36.75	42.40	5.65	15.4
	重点生态功能区	31.29	34.64	3.35	10.7
	非重点生态功能区	5.46	7.76	2.3	42.1

同时,近年来城镇扩张使农田生态资产、荒漠/裸土生态资产、草地生态资产面积分别减少 1022.1、970.7 km²和 392.4 km²,城镇扩张造成的农田生态资产和荒漠/裸土生态资产面积减少主要发生在非重点生态功能区,城镇扩张造成的草地生态资产面积减少主要发生在重点生态功能区。局部生态系统退化主要发生在重点生态功能区内,使自然湿地生态资产面积减少 1018.8 km²,荒漠/裸土生态资产面积增加 1092.5 km²。

表 5 青海省生态资产实物量平衡表

Table 5 Balance sheet of ecological assets in Qinghai Province

核算项目 Item	全省 Qinghai Province							
	森林 Forest	灌丛 Shrub	草地 Grassland	自然湿地 Wetland	冰川/永 久积雪 Glacier	荒漠/ 裸土 Desert	农田 Cropland	水库 Reservoir
2000 年 生态资产存量 Ecological assets stock in 2000	2482.7	25855.0	384183.8	39580.4	5624.5	223560.5	13725.5	431.6
存量增加 Stock increase								
生态保护与恢复 Ecological protection and restoration	34	360.6	2151.9	2867.2	—	—	—	—
生态系统退化 Ecosystem degradation	—	—	0.6	272.5	—	1092.5	—	—
气候变化 Climate change	—	—	3410.3	7468.6	66.3	1333.1	—	—
水利工程建设 Water conservancy construction	—	—	—	—	—	—	—	293
农田开垦 Cropland reclamation	—	—	—	—	—	—	293.6	—
水利工程废弃 Water conservancy abandonment	—	0.5	—	—	—	38	—	—
农田弃耕 Cropland abandonment	—	—	—	—	—	109.8	—	—

续表

矿山弃置 Mine abandonment	—	—	—	—	—	129.5	—	—
存量总增加 Total increased	34.1	361.1	5562.8	10608.3	66.3	2702.9	293.6	293
存量减少 Stock reduction								
城镇扩张 Urban expansion	—	0.3	392.4	84.8	—	970.7	1022.1	15.9
生态系统退化 Ecosystem degradation	—	1.2	75.3	1018.8	—	—	—	—
农田开垦 Cropland reclamation	—	—	40.4	4.1	—	70.9	—	1.5
水利工程建设 Water conservancy construction	—	5	31	13.2	—	112.2	129.4	—
生态保护与恢复 Ecological protection and restoration	—	—	1.1	116.6	23.6	868	4449.7	22.8
气候变化 Climate change	—	—	7466	3401.4	1335.6	63.7	—	—
水利工程废弃 Water conservancy abandonment	—	—	—	—	—	—	—	38
农田弃耕 Cropland abandonment	—	—	—	—	—	—	110	—
存量总减少 Stock decreased	—	6.5	8006.2	4638.9	1359.2	2085.4	5711.1	78.2
2015 年 生态资产存量 Ecological assets stock in 2015	2516.7	26209.6	381740.5	45549.8	4331.6	224177.9	8308.2	646.4
重点生态功能区 Ecological function conservation areas								
核算项目 Item	森林 Forest	灌丛 Shrub	草地 Grassland	自然湿地 Wetland	冰川/永 久积雪 Glacier	荒漠/ 裸土 Desert	农田 Cropland	水库 Reservoir
2000 年 生态资产存量 Ecological assets stock in 2000	1355.0	18808.6	279737.8	32458.0	4159.8	67658.9	3298.4	7.6
存量增加 Stock increase								
生态保护与恢复 Ecological protection and restoration	3.9	113.9	428	1534.6	—	—	—	—
生态系统退化 Ecosystem degradation	—	—	0.2	272.5	—	541	—	—
气候变化 Climate change	—	—	3047.4	7255	36.8	977.5	—	—
水利工程建设 Water conservancy construction	—	—	—	—	—	—	—	44.8
农田开垦 Cropland reclamation	—	—	—	—	—	—	21.8	—
水利工程废弃 Water conservancy abandonment	—	—	—	—	—	0.5	—	—
农田弃耕 Cropland abandonment	—	—	—	—	—	15	—	—
矿山弃置 Mine abandonment	—	—	—	—	—	14.4	—	—
存量总增加 Total increased	3.9	113.9	3475.6	9062.1	36.8	1548.4	21.8	44.8
存量减少 Stock reduction								
城镇扩张 Urban expansion	—	—	301.4	57.2	—	0.5	247.6	—

续表

生态系统退化 Ecosystem degradation	—	0.8	64	478.6	—	—	—	—
农田开垦 Cropland reclamation	—	—	6.4	0.9	—	0.5	—	0.1
水利工程建设 Water conservancy construction	—	4.7	29	2.5	—	—	8.5	—
生态保护与恢复 Ecological protection and restoration	—	—	—	103.6	11.1	279.1	1853.6	4.4
气候变化 Climate change	—	—	7252.4	3036.7	980	36.2	—	—
水利工程废弃 Water conservancy abandonment	—	—	—	—	—	—	—	0.5
农田弃耕 Cropland abandonment	—	—	—	—	—	—	15	—
存量总减少 Stock decreased	0	5.5	7653.3	3679.5	991.1	316.2	2124.7	5
2015 年 生态资产存量 Ecological assets stock in 2015	1358.9	18917	275560.1	37840.6	3205.5	68891	1195.5	47.4
非重点生态功能区 No ecological function conservation areas								
核算项目 Item	森林 Forest	灌丛 Shrub	草地 Grassland	自然湿地 Wetland	冰川/永 久积雪 Glacier	荒漠/ 裸土 Desert	农田 Cropland	水库 Reservoir
2000 年 生态资产存量 Ecological assets stock in 2000	1127.7	7046.4	104446.1	7122.4	1464.6	155901.6	10427.1	424
存量增加 Stock increase								
生态保护与恢复 Ecological protection and restoration	30.1	246.7	1723.9	1332.6	—	—	—	—
生态系统退化 Ecosystem degradation	—	—	0.4	—	—	551.5	—	—
气候变化 Climate change	—	—	362.9	213.6	29.5	355.6	—	—
水利工程建设 Water conservancy construction	—	—	—	—	—	—	—	248.2
农田开垦 Cropland reclamation	—	—	—	—	—	—	271.8	—
水利工程废弃 Water conservancy abandonment	—	0.5	—	—	—	37.5	—	—
农田弃耕 Cropland abandonment	—	—	—	—	—	94.8	—	—
矿山弃置 Mine abandonment	—	—	—	—	—	115.1	—	—
存量总增加 Total increased	30.1	247.2	2087.2	1546.2	29.5	1154.5	271.8	248.2
存量减少 Stock reduction								
城镇扩张 Urban expansion	—	0.3	91	27.6	—	970.2	774.5	15.9
生态系统退化 Ecosystem degradation	—	0.4	11.3	540.2	—	—	—	—
农田开垦 Cropland reclamation	—	—	34	3.2	—	70.4	—	1.4
水利工程建设 Water conservancy construction	—	0.3	2	10.7	—	112.2	120.9	—

续表

生态保护与恢复 Ecological protection and restoration	—	—	1.1	13	12.5	588.9	2596.1	18.4
气候变化 Climate change	—	—	213.6	364.7	355.6	27.5	—	—
水利工程废弃 Water conservancy abandonment	—	—	—	—	—	—	—	37.5
农田弃耕 Cropland abandonment	—	—	—	—	—	—	95	—
存量总减少 Stock decreased	0	1	352.9	959.4	368.1	1769.2	3586.4	73.2
2015 年 生态资产存量 Ecological assets stock in 2015	1157.8	7292.6	106180.4	7709.2	1126.1	155286.9	7112.7	599

4 结论与讨论

本文通过分析青海省生态资产特征、核算存量和质量、计算生态资产指数,揭示了青海省生态资产的现状及其变化情况,评估了青海省生态补偿和生态保护成效与生态效益。得到以下结论:

(1) 青海省生态资产以草地生态资产为主,占青海省自然生态资产总面积的 55.8%;其次是荒漠和裸地生态资产,占全省自然生态资产的 32.8%。森林生态资产,灌丛生态资产,草地生态资产,以沼泽、湖泊为主的自然湿地生态资产和冰川/永久积雪主要分布在重点生态功能区;荒漠/裸地生态资产和农田、水库、城市绿地等以自然生态过程为基础的人工生态系统主要分布在非重点生态功能区。青海省森林生态资产质量呈两极分化状态;灌丛生态资产质量较差;草地生态资产质量分布较为均匀,优良以上级别占草地总面积的 32.1%;自然湿地生态资产质量整体较好。2015 年青海省生态资产综合指数为 278.22,草地生态资产指数最高,为 220.87;重点生态功能区生态资产综合指数为 218.57,非重点生态功能区生态资产综合指数为 59.65。

(2) 2000—2015 年间,青海省生态资产格局基本稳定,面积变化幅度不大,但是森林、灌丛、草地和自然湿地等自然生态资产质量有较大提升,生态资产指数稳步增长。全省自然生态资产面积增加 3239.3 km²,其中自然湿地面积增长显著,增幅为 15.1%;草地生态资产面积有小幅下降,降幅 0.6%,均主要发生在重点生态功能区。水库生态资产增加 49.8%,农田生态资产减少 39.5%,均主要发生在非重点生态功能区。青海省生态资产质量整体呈现提升趋势,优良质量以上生态资产面积增加 61920.1 km²,增幅高达 55.5%;其中,重点生态功能区优良级别以上生态资产面积增加 48621.9 km²,非重点生态功能区优良以上生态资产面积增加 13298.3 km²。十五年间,青海省生态资产综合指数从 240.37 增长到 278.22,提高了 15.7%。其中,面积和质量的增加使森林、灌丛和自然湿地生态资产指数分别增加 14.1%、25.7%和 15.4%;草地生态资产质量的大幅提升是草地生态资产指数增长的主要原因,增幅为 15.3%。

(3) 实施退耕还林还草、湿地生态补偿、三江源自然保护区生态保护和建设工程、青海湖流域生态环境保护与综合治理工程等一系列生态保护与恢复工程使青海省自然湿地、草地、灌丛和森林生态资产面积分别增加 2867.2、2151.9、360.6 km²和 34 km²,农田面积减少 4449.7 km²,同时生态保护与恢复工程使青海省生态资产质量显著提升,尤其是草地生态资产、自然湿地生态资产质量的提升。这说明青海省生态保护已经初见成效,退耕效果尤为显著,生态效益得以显现,与已有研究结果基本一致^[29-30]。研究发现,重点生态功能区内生态资产质量的提升较为明显,而非重点生态功能区内生态资产面积增加较为明显,尤其是在农田退耕方面,重点生态功能区内农田比例很小,基本没有退耕地,非重点生态功能区农田退耕比例很大。研究还发现位于重点生态功能区以外的共和县、贵南县等区域生态资产质量提升同样较为显著,这是因为这些县域虽然不属于重点生态功能区,但是被列为重点生态功能区转移支付考核县。这说明青海省对生态保护的重视不仅局限于重点生态功能区内,而是面向全省;对生态资产的保护不仅局限在存量层面,同时注重生态资产质量的

提升;对生态环境的保护不仅重视投入,同时注重以考核为抓手加强管理导向。青海省生态资产变化受气候因素影响亦较为明显,结合已有研究^[31-32]可以发现气候变化使冰川/永久积雪面积减少,自然湿地生态资产面积增加,草地生态资产面积减少,同时在一定程度上促进了森林、灌丛、草地生态资产质量的提升。于此同时,近年来城镇扩张使农田生态资产、荒漠/裸土生态资产、草地生态资产面积减少,这些变化主要发生在非重点生态功能区。由此可见,青海省的生态保护活动发生在全省范围内,而人类的社会经济活动主要发生在非重点生态功能区。

(4)总的来看,青海省的生态保护已经取得一些成效,生态资产状况稳步提升,生态效益有所提高。但是受气候变化、人为活动等影响,青海省的生态保护形势依然严峻,生态文明建设压力依然不减。青海省依然要坚决把保护生态环境放在第一位,扩大生态补偿、生态保护范围,加强生态保护力度、监督力度和考核力度,提升生态资产存量和质量,守护好“绿水青山”的存量,保护好“绿水青山”的质量,为提供更多优质生态产品和服务打下坚实的基础,为全国的生态文明建设贡献力量。本研究为了能够准确反映生态资产实物量的变化,在结合遥感数据核算生态资产面积、结合区域内顶级群落质量归一化评估生态资产质量的基础上,创建了同时反映存量和质量的生态资产指数指标,综合评价各类自然生态资产实物量,并以全国总面积(9600000 km²)对各类生态资产面积进行归一化得到生态资产面积指数,可以实现不同区域之间的相互比较。研究结果较好地反映了青海省的生态资产的客观现状、变化情况和生态保护成效,表明本研究的指标体系和技术方法在现有的数据基础上可以作为生态资产存量和质量评估的方法,可以为生态资产监管提供支撑,可以为生态补偿成效、生态效益评估提供借鉴。

参考文献 (References):

- [1] 谢高地. 生态资产评价: 存量、质量与价值. 环境保护, 2017, 45(11): 18-22.
- [2] 欧阳志云, 郑华, 谢高地, 杨武, 刘桂环, 石英华, 杨多贵. 生态资产、生态补偿及生态文明科技贡献核算理论与技术. 生态学报, 2016, 36(22): 7136-7139.
- [3] 朱济凡. 论我国林业发展的新战略. 南京林产工业学院学报, 1982, (3): 1-4.
- [4] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment. Washing, DC: Island Press, 2003.
- [5] 刘胜涛, 牛香, 王兵, 宋庆丰, 陶玉柱. 陕西省退耕还林工程生态效益评估. 生态学报, 2018, 38(16): 5759-5770.
- [6] Potschin M B, Haines-Young R H. Ecosystem services: exploring a geographical perspective. Progress in Physical Geography: Earth and Environment, 2011, 35(5): 575-594.
- [7] de Groot R S, Alkemade R, Braat L, Hein L, Willemen L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological Complexity, 2010, 7(3): 260-272.
- [8] Vogt W. Road to Survival. New York; William Sloan, 1948.
- [9] Ehrlich P R, Kareiva P M, Daily G C. Securing natural capital and expanding equity to rescale civilization. Nature, 2012, 486(7401): 68-73.
- [10] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [11] Liu S, Costanza R, Troy A, D'Aagostino J, Mates W. Valuing New Jersey's ecosystem services and natural capital: a spatially explicit benefit transfer approach. Environmental Management, 2010, 45(6): 1271-1285.
- [12] 高吉喜, 范小杉. 生态资产概念、特点与研究趋向. 环境科学研究, 2007, 20(5): 137-143.
- [13] 刘焱序, 傅伯杰, 赵文武, 王帅. 生态资产核算与生态系统服务评估: 概念交汇与重点方向. 生态学报, 2018, 38(23): 1-11.
- [14] 博文静, 王莉雁, 操建华, 王效科, 肖懿, 欧阳志云. 中国森林生态资产价值评估. 生态学报, 2017, 37(12): 4182-4190.
- [15] 白杨, 李晖, 王晓媛, Alatalo J M, 江波, 王敏, 刘文俊. 云南省生态资产与生态系统生产总值核算体系研究. 自然资源学报, 2017, 32(7): 1100-1112.
- [16] 张娟娟. 基于生态足迹模型的青海省主体功能区划研究[D]. 西宁: 青海师范大学, 2009.
- [17] 徐新良, 刘纪远, 邵全琴, 樊江文. 30年来青海三江源生态系统格局和空间结构动态变化. 地理研究, 2008, 27(4): 829-838.
- [18] 许茜, 李奇, 陈懂懂, 罗彩云, 赵新全, 赵亮. 近40 a三江源地区土地利用变化动态分析及预测. 干旱区研究, 2018, 35(3): 695-704.
- [19] 胡光印, 金会军, 董治宝, 颜长珍, 逯军峰. 黄河源区土地利用/覆盖变化(LUCC)研究. 冰川冻土, 2014, 36(3): 573-581.
- [20] 李小雁, 许何也, 马育军, 王建华, 孙永亮. 青海湖流域土地利用/覆被变化研究. 自然资源学报, 2008, 23(2): 285-296.

- [21] 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. 中国沙漠, 2013, 33(4): 1256-1266.
- [22] 郭冻, 杜世宏, 薛达元, 蔡亮. 三江源区土地覆盖变化与草地退化格局的时空分异. 应用生态学报, 2012, 23(5): 1219-1225.
- [23] 邴龙飞, 邵全琴, 刘纪远. 近 30 年黄河源头土地覆被变化特征分析. 地球信息科学学报, 2011, 13(3): 289-296.
- [24] 张妹婷, 翟永洪, 张志军, 唐文家, 马燕, 聂学敏, 丁玲玲. 三江源区草地生态系统质量及其动态变化. 环境科学研究, 2017, 30(1): 75-81.
- [25] Ouyang Z Y, Zheng H, Xiao Y, Polasky S, Liu J G, Xu W H, Wang Q, Zhang L, Xiao Y, Rao E M, Jiang L, Lu F, Wang X K, Yang G B, Gong S H, Wu B F, Zeng Y, Yang W, Daily G C. Improvements in ecosystem services from investments in natural capital. *Science*, 2016, 352(6292): 1455-1459.
- [26] 青海省水利厅. 2000 年青海省水资源公报. 西宁: 青海省水利厅, 2001.
- [27] 青海省水利厅. 2015 年青海省水资源公报. 西宁: 青海省水利厅, 2016.
- [28] 肖洋, 欧阳志云, 王莉雁, 饶恩明, 江凌, 张路. 内蒙古生态系统质量空间特征及其驱动力. 生态学报, 2016, 36(19): 6019-6030.
- [29] Shao Q Q, Cao W, Fan J W, Huang L, Xu X L. Effects of an ecological conservation and restoration project in the Three-River Source Region, China. *Journal of Geographical Sciences*, 2017, 27(2): 183-204.
- [30] 刘纪远, 邵全琴, 樊江文. 三江源生态工程的生态成效评估与启示. 自然杂志, 2013, 35(1): 40-46.
- [31] 姜永见, 李世杰, 沈德福, 陈炜, 金传芳. 青藏高原近 40 年来气候变化特征及湖泊环境响应. 地理科学, 2012, 32(12): 1503-1512.
- [32] 韩辉邦, 马明国, 马守存, 周万福, 康晓燕, 张博越, 赵慧芳. 近 30a 青海省植被变化及其气候驱动因子分析. 干旱区研究, 2017, 34(5): 1164-1174.