

DOI: 10.5846/stxb202101220232

张籍, 郭冻, 宋昌素, 徐卫华. 青藏高原地区生态资产核算研究——以西藏自治区山南市为例. 生态学报, 2021, 41(22): 9095-9102.

Zhang J, Guo L, Song C S, Xu W H. Assessment of ecosystem assets in Qinghai-Tibet Plateau: a case study of Shannan City. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(22): 9095-9102.

# 青藏高原地区生态资产核算研究 ——以西藏自治区山南市为例

张 籍<sup>1</sup>, 郭 冻<sup>1</sup>, 宋昌素<sup>2</sup>, 徐卫华<sup>2,\*</sup>

1 中央民族大学生命与环境科学学院, 北京 100081

2 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

**摘要:**生态资产是重要的自然资源资产,也是优质生态产品提供的基础,生态资产的变化趋势可作为衡量生态保护和恢复成效的重要指标。山南市拥有青藏高原地区各种生态资产类型,以山南市为例开展生态资产核算可为青藏高原地区生态资产评估与保护提供参考。以生态资产数量、质量和生态资产指数为主要指标,揭示山南市 2000—2015 年生态资产的变化趋势及影响因素。结果表明:(1)2015 年山南市生态资产以草地和森林为主,分别占生态资产总面积的 40.6% 和 35.8%;但质量不高,优、良等级比例仅占 11.8% 和 12.0%;生态资产综合指数为 38.26,草地、森林、灌丛和湿地生态资产指数分别为 16.23、14.88、5.37 和 1.78;(2)2000—2015 年,山南市生态资产面积总体变化不大,森林和荒漠生态资产分别增加 50.2 km<sup>2</sup> 和 43.9 km<sup>2</sup>,但湿地、农田、草地、灌丛、冰川生态资产面积分别减少 97.4、29.8、2.9、2.7、0.3 km<sup>2</sup>;生态资产质量明显提升,优级和良级生态资产增幅分别为 40.5% 和 108.5%;生态资产指数增加了 16.1%;(3)退耕还林还草等生态保护和修复政策、城镇扩张以及气候变化等是山南市生态资产变化的主要因素。

**关键词:**生态资产;生态系统质量;青藏高原;山南市

## Assessment of ecosystem assets in Qinghai-Tibet Plateau: a case study of Shannan City

ZHANG Ji<sup>1</sup>, GUO Luo<sup>1</sup>, SONG Changsu<sup>2</sup>, XU Weihua<sup>2,\*</sup>

1 College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China

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

**Abstract:** Ecosystem assets are important natural resource assets and the basis of high-quality ecological products provisioning. The change trend of ecosystem assets can be used as an important indicator to measure the effectiveness of ecological protection and restoration. Shannan City has various types of ecosystem assets on the Qinghai-Tibet Plateau. Taking Shannan City as an example to carry out ecosystem assets accounting can provide reference for the evaluation and protection of ecosystem assets in the Qinghai-Tibet Plateau. Based on the area and quality of ecosystem assets and the ecosystem assets index as the main indicators, this study reveals the changing trend and influencing factors of ecosystem assets in Shannan City from 2000 to 2015. The results show that: 1) In 2015, grassland and forest were main ecological assets of Shannan City, accounting for 40.6% and 35.8% of the total ecosystem assets, respectively. The quality of ecosystem assets in Shannan City is low, and the proportions of excellent and good grades are 11.8% and 12.0%,

**基金项目:**青藏高原二次科考项目(2019QZKK0308);科技部重点研发计划课题(2017YFC0505601)

**收稿日期:**2021-01-22; **接收日期:**2021-02-23

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

respectively. The index of ecosystem assets in Shannan City is 38.26, and the indexes of grassland, forest, shrub, and wetland are 16.23, 14.88, 5.27, and 1.78, respectively. 2) During 2000 to 2015, the area of ecosystem assets in Shannan City had little change. Forests and desert ecosystem assets increased by 50.2 km<sup>2</sup> and 43.9 km<sup>2</sup>, respectively, while the area of wetlands, farmland, grassland, shrubs, and glaciers decreased by 97.4 km<sup>2</sup>, 29.8 km<sup>2</sup>, 2.9 km<sup>2</sup>, 2.7 km<sup>2</sup> and 0.3 km<sup>2</sup>, respectively. The quality of ecosystem assets was significantly improved, with the growth rates of excellent and good grade ecosystem assets being 40.5% and 108.5%, respectively. The ecosystem assets index of Shannan City increased by 16.1%. 3) The changes of ecosystem assets in Shannan City are mainly affected by such factors as sloping land conversion program and other ecological protection and restoration policies, urban expansion and climate change.

**Key Words:** ecosystem assets; ecosystem quality; Qinghai-Tibet Plateau; Shannan City

党的十九大明确提出“提供更多优质生态产品以满足人民日益增长的优美生态环境需要”<sup>[1]</sup>,习近平总书记出席中央第七次西藏工作座谈会时强调“要牢固树立绿水青山就是金山银山的理念,守护好高原的生灵草木、万水千山,把青藏高原打造成为全国乃至国际生态文明高地”,这都对青藏高原地区的生态产品供给和生态资产管理提出了新的更高要求。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,是提供生态产品的生态系统存量<sup>[2]</sup>,也就是“绿水青山”、“生灵草木、万水千山”。开展生态资产核算可以为践行“绿水青山就是金山银山”理念,为生态效益纳入经济社会发展评价体系、完善发展成果考核评价体系提供重要支撑,为自然资源资产审计、自然资源资产负债表编制等制度的实施提供科学依据<sup>[3]</sup>。

生态资产是自然资源资产的重要组成部分,已有研究强调了生态资产核算在自然资源资产负债表编制中的优先性和重要性<sup>[4]</sup>。国外学者普遍将生态资产称为“自然资本”,是一个范围较为广泛的概念<sup>[5]</sup>,以 Costanza<sup>[6]</sup>和 Daily<sup>[7]</sup>等为代表,重点研究生态保护的重要性和自然对人类的贡献<sup>[8-11]</sup>。国内对于生态资产的研究主要包括概念辨析<sup>[12-14]</sup>、实物量核算<sup>[2, 15-16]</sup>和价值量核算<sup>[17]</sup>等方面。目前国内学者的研究逐渐达成一致,认为生态资产存量核算不能与生态系统服务流量核算混为一谈,并且实物量核算应该优先于价值量核算<sup>[13, 18]</sup>,欧阳志云等<sup>[19]</sup>在《面向生态补偿的生态系统生产总值(GEP)和生态资产核算》一书中,对生态系统服务流量和生态资产存量的关系做了详细的梳理和说明,建立了一套生态资产核算方法。

青藏高原被誉为“世界屋脊”、“亚洲水塔”,为我国及亚洲许多国家提供了重要生态产品,是我国乃至亚洲重要的生态安全屏障。目前青藏高原地区相关研究主要关注生态系统服务流量问题,包括权衡关系<sup>[20]</sup>、供需关系<sup>[21]</sup>以及生态产品价值实现<sup>[22]</sup>等方面。关于生态资产的研究,多集中在生态资产存量和生态系统服务流量关系不明晰的时期开展的<sup>[23-25]</sup>,近期对生态资产存量及变化的研究较少,因此开展生态资产的核算显得尤为重要。

本研究以西藏自治区南部地级市——山南市为例开展生态资产的研究。该市拥有青藏高原地区各种类型的生态资产,近年来开展了退耕还林还草等一系列生态保护修复工程,但同时受到气候变化和人类活动影响显著,生态资产现状及变化如何并不清楚。研究拟以遥感数据为基础,以生态资产面积、质量和生态资产指数为主要指标,分析山南市生态资产状况及其变化,以期对山南市生态保护和恢复政策制定提供科学依据,为青藏高原地区生态资产评估与核算提供参考。

## 1 研究区概况

山南市是西藏自治区下辖地级市,地处青藏高原中南部、喜马拉雅山脉东段,雅鲁藏布江干流中下游地区,90°14′—94°22′ E、27°08′—29°47′ N。境域东西长 418 km、南北宽约 317 km,总面积 7.93 万 km<sup>2</sup>,占西藏自治区总面积的十五分之一,辖 1 个市辖区和 11 个县。

山南市是典型的高原山区,地域差异明显,生态资产类型多样,以森林和草地为主。这些生态资产提供了丰富的水源涵养、气候调节等生态产品,不仅造福当地人民,还为我国乃至亚洲国家带来重要生态效益。山南

市拥有 4 个国家级重点生态功能区,是西藏自治区乃至我国西南边陲重要的生态屏障,生态区位十分重要。

## 2 研究方法

### 2.1 生态资产实物量核算

本研究从面积、质量两方面来核算生态资产的实物量,其中生态资产质量以生物量、植被覆盖度和水质作为主要评价指标,分为优、良、中、低、差 5 个等级,具体评价指标、评价方法和分级标准如表 1 所示<sup>[2, 26]</sup>:

表 1 生态资产质量评价指标、方法和分级标准

Table 1 Assessment indicators, methods, and grading criterion of ecosystem assets quality

生态资产类型 Ecosystem assets items	评价指标 Assessment indicator	评价方法 Assessment method	质量等级 Quality grade				
			优 Excellent	良 Good	中 Medium	低 Low	差 Poor
森林 Forest	相对生物量密度	$EAQ_{ij} = \frac{B_{ij}}{CCB_i} \times 100\%$					
灌丛 Shrub		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; $CCB_i$ 为 $i$ 类生态资产顶级群落像元的生物量	$\geq 80\%$	60%—80%	40%—60%	20%—40%	$\leq 20\%$
草地 Grassland	覆盖度	$EAQ_{ij} = \frac{C_{ij}}{CCC_i} \times 100\%$					
		式中, $EAQ_{ij}$ 为 $i$ 类生态资产 $j$ 像元的生态资产质量; $C_{ij}$ 为 $i$ 类生态资产 $j$ 像元的植被覆盖度; $CCC_i$ 为 $i$ 类生态资产顶级群落像元的覆盖度	$\geq 80\%$	60%—80%	40%—60%	20%—40%	$\leq 20\%$
湿地 Wetland	水质	水质监测数据	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类及以下

### 2.2 生态资产指数核算

生态资产指数可以综合评价森林、灌丛、草地等生态资产的状况<sup>[27]</sup>,直观反映生态资产的变化趋势。作为生态资产评估的综合性指标,生态资产指数越高说明生态资产面积越大、质量越好,生态资产指数增加说明生态资产面积增加或者质量提升,具体计算方法如下:

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

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

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,即优、良、中、低、差 5 个等级;  $EA_{ik}$ :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。

### 2.3 生态资产变化

本研究通过编制生态资产变化表、生态资产平衡表等系列表格来评估不同时期生态资产数量和质量及其变化情况,分析生态资产存量变化的影响因素。

### 2.4 数据来源

本文所使用的数据包括基于遥感影像的生态系统分类数据,以及地上生物量、植被覆盖度、水质监测等数据,遥感影像数据主要来源于全国生态环境十年变化(2000—2010 年)遥感调查评估项目数据库<sup>[28]</sup>和全国生态环境五年变化(2010—2015 年)遥感调查与评估项目以及中国科学院遥感与数字地球研究所,分辨率均为

90 m×90 m;水质监测数据来源于山南市生态环境局。

3 结果与分析

3.1 生态资产现状

2015 年,山南市生态资产包括森林、灌丛、草地、湿地、农田、荒漠和冰川等类型,总计 7.88 万 km<sup>2</sup>。生态资产以草地和森林为主,面积分别为 3.20 万 km<sup>2</sup>和 2.82 万 km<sup>2</sup>,占比分别为 40.6%和 35.8%。灌丛面积为 0.88 万 km<sup>2</sup>,占生态资产总面积的 11.2%;其余湿地、农田、荒漠和冰川总面积为 0.98 万 km<sup>2</sup>,所占比例为 12.4%(表 2)。草地主要分布在北部各县区,森林主要分布在南部的错那县和隆子县,灌丛分布在东北部地区,荒漠和冰川则主要分布在中部和西部地区(图 1)。

表 2 山南市生态资产核算表  
Table 2 Ecosystem assets accounts of Shannan City

生态资产类型 Ecosystem assets items	合计/km <sup>2</sup> Total	质量等级 Quality grade									
		优 Excellent		良 Good		中 Middle		低 Low		差 Poor	
		数量/km <sup>2</sup>	比例/%	数量/km <sup>2</sup>	比例/%	数量/km <sup>2</sup>	比例/%	数量/km <sup>2</sup>	比例/%	数量/km <sup>2</sup>	比例/%
森林 Forest	28235.3	2319.3	8.2	3718.4	13.2	7690.5	27.2	7372.8	26.1	7134.2	25.3
灌丛 Shrub	8844.7	3172.7	35.9	651.0	7.4	701.6	7.9	873.5	9.9	3446.0	39
草地 Grassland	32019.2	1423.5	4.4	3751.3	11.7	8460.3	26.4	12037.5	37.6	6346.5	19.8
湿地 Wetland	1781.8	1418.0	79.6	363.9	20.4	—	—	—	—	—	—
农田 Farmland	1120.3						—				
荒漠 Desert	4592.6						—				
冰川 Glacier	2256.0						—				

总体来看,山南市生态资产质量较差,中级、低级和差级的比例分别为 23.8%、28.6%和 23.9%,优级和良级占比分别为 11.8%和 12%(表 2,图 1)。其中,森林质量整体较差,中级及以下面积为 2.22 万 km<sup>2</sup>,占森林总面积的 78.6%;灌丛质量两极分化较为严重,优级和差级面积分别为 0.32 万 km<sup>2</sup>和 0.34 万 km<sup>2</sup>,所占比例分别为 35.9%和 39%;草地质量较差,中级及以下面积为 2.68 万 km<sup>2</sup>,占草地总面积的 83.8%。湿地质量较好,均为优级和良级,占比分别为 79.6%和 20.4%。

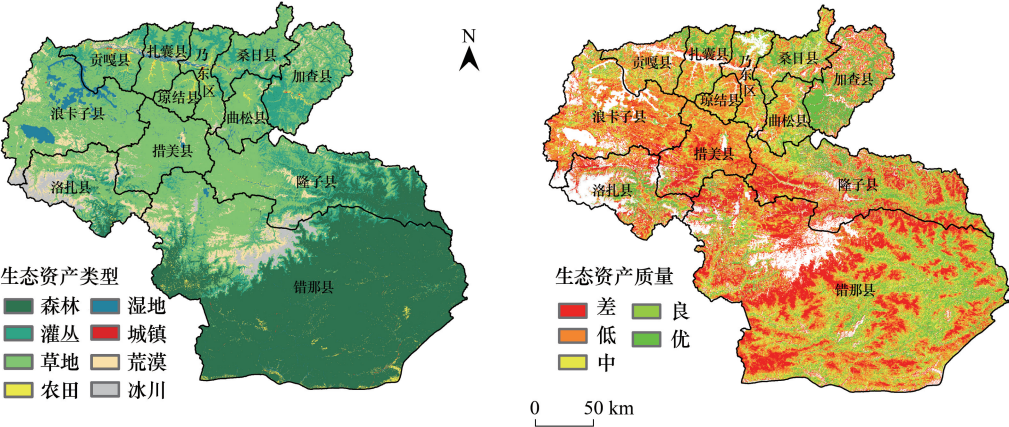


图 1 2015 年山南市生态资产类型和质量空间分布  
Fig.1 Ecosystem assets items and quality spatial pattern of Shannan City in 2015

山南市生态资产综合指数为 38.26,其中草地生态资产指数最高,为 16.23;森林、灌丛和湿地生态资产指数分别为 14.88、5.37 和 1.78(图 2)。



3.2 生态资产变化

从 2000—2015 年,山南市生态资产数量变化很小,总体减少了 39 km<sup>2</sup>,其中湿地、农田、草地、灌丛、冰川面积分别减少 97.4、29.8、2.9、2.7、0.3 km<sup>2</sup>;森林和荒漠面积有小幅增加,分别增加50.2 km<sup>2</sup>和 43.9 km<sup>2</sup>(表 3)。

2000—2015 年山南市生态资产质量有明显提升(表 3,图 3)。优、良等级生态资产面积分别增加 2401.8 km<sup>2</sup>和 4415.9 km<sup>2</sup>,增幅分别为 40.5%和 108.5%;低、差等级面积分别减少 4409.3 km<sup>2</sup>和 6015.5 km<sup>2</sup>,降幅分别为 17.9%和 26.2%。森林和草地质量得到大幅提高,优良级别面积分别增加 104.5%和 160.2%。湿地质量有所下降,优级面积下降 24.5%。

山南市生态资产指数增加了 5.31,增幅为 16.1%(图 4)。其中,森林、灌丛和草地生态资产指数分别增加 2.78、0.38 和 2.33,增幅分别为 23%、7.6%和 16.7%,而湿地生态资产指数下降 9.1%。

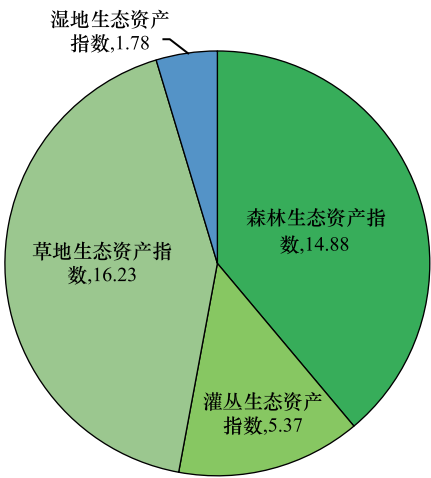


图 2 山南市生态资产指数  
Fig.2 Ecosystem assets index of Shannan City

表 3 山南市生态资产变化表  
Table 3 Ecosystem assets change table of Shannan City

生态资产类型 Ecosystem assets items			森林 Forest	灌丛 Shrub	草地 Grassland	湿地 Wetland	农田 Farmland	荒漠 Desert	冰川 Glacier
质量等级 Quality grade/km <sup>2</sup>	合计	2000	28185.1	8847.3	32022	1879.3	1150.1	4548.8	2256.3
		2015	28235.3	8844.7	32019.1	1781.8	1120.3	4592.6	2256
		变化量	50.2	-2.7	-2.9	-97.4	-29.8	43.9	-0.3
	优	2000	1126.6	2584.7	341.3	1879.3	—	—	—
		2015	2319.3	3172.7	1423.5	1418.0			
		变化量	1192.7	588	1082.2	-461.3			
	良	2000	1825.5	595.7	1647.5	0			
		2015	3718.4	651.0	3751.3	363.9			
		变化量	1892.9	55.3	2103.8	363.9			
	中	2000	5100.3	847.7	7350.0	0			
		2015	7690.5	701.6	8460.3	0			
		变化量	2590.2	-146.1	1110.3	0			
	低	2000	9710.5	1265.8	13716.8	0			
		2015	7372.8	873.5	12037.5	0			
		变化量	-2337.7	-392.3	-1679.3	0			
	差	2000	10422.3	3553.5	8966.5	0			
		2015	7134.2	3446.0	6346.5	0			
		变化量	-3288.1	-107.5	-2620	0			

3.3 生态资产变化原因

山南市生态资产面积变化主要受到退耕还林还草等生态保护和修复政策、城镇扩张和气候变化等因素的影响(表 4)。

森林总面积增加了 50.2 km<sup>2</sup>,其中退耕还林还草等生态保护和恢复政策与措施使森林面积增加 134.5 km<sup>2</sup>;同时,生态退化导致 8.4 km<sup>2</sup>森林转化成灌丛和草地,农田开垦、城镇扩张和气候变化分别使森林面积减少 60.9、14.6、0.4 km<sup>2</sup>。

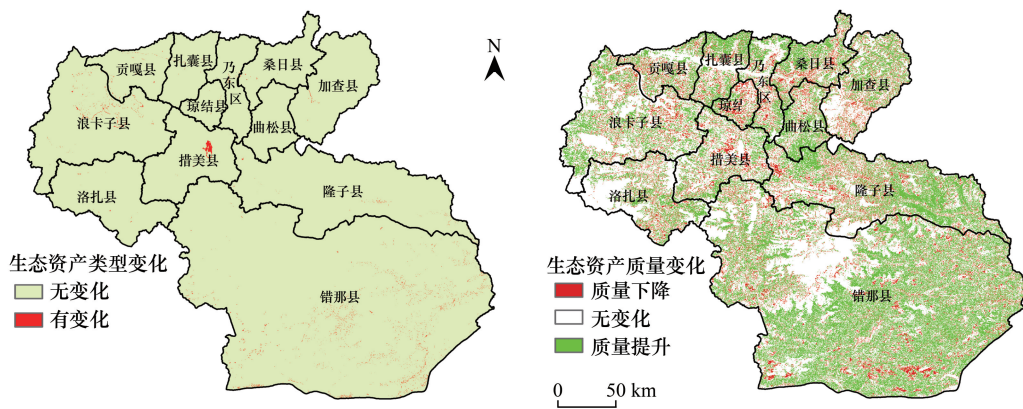


图 3 2000—2015 年山南市生态资产类型和质量变化

Fig.3 Changes of ecosystem assets items and quality in Shannan City during 2000 to 2015

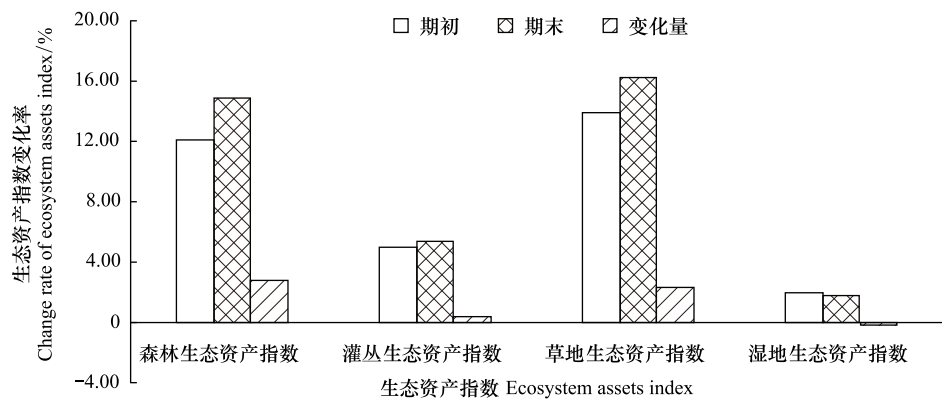


图 4 2000—2015 年山南市生态资产指数变化

Fig.4 Ecosystem assets index changes of Shannan City during 2000 to 2015

表 4 山南市生态资产平衡表

Table 4 Ecosystem assets balance sheet of Shannan City

生态资产类型 Ecosystem assets items	森林 Forest	灌丛 Shrub	草地 Grassland	湿地 Wetland	农田 Farmland	城镇 Urban	荒漠 Desert	冰川 Glacier
2000 年期初存量 Stock of ecosystem assets in 2000	28185.1	8847.3	32022.0	1879.3	1150.1	28.6	4548.8	2256.3
退耕还林(草) Sloping land conversion program	88.4	1.4	0.6	—	—	—	—	—
生态保护和恢复 Ecological protection and restoration	46.0	6.2	58.5	2.3	—	—	—	—
植被退化 Vegetation degradation	—	1.8	5.3	—	—	—	3.6	—
农田开垦 Farmland reclamation	—	—	—	—	70.6	—	—	—
气候变化 Climate change	—	—	—	5.9	—	—	45.4	—
城镇扩张 Urban expansion	—	—	—	—	—	39.0	—	—
生态退化 Ecological degradation	—	—	—	—	—	—	—	—
生态资产增加量 Increase	134.5	9.4	64.4	8.2	70.6	39.0	49.0	0.0
生态退化 Ecological degradation	8.4	0.4	1.7	45.4	—	—	—	—
农田开垦 Farmland reclamation	60.9	3.7	5.4	0.6	—	—	—	—
城镇扩张 Urban expansion	14.6	2.8	8.6	1.3	9.1	—	2.7	—
气候变化 Climate change	0.4	1.3	4.0	58.5	0.7	—	1.6	0.3
植被恢复 Vegetation restoration	—	4.0	47.6	—	—	—	0.8	—
退耕还林(草) Sloping land conversion program	—	—	—	—	90.5	—	—	—
农田弃耕 Farmland abandonment	—	—	—	—	0.1	—	0.1	—
生态资产减少量 Decrease	84.3	12.1	67.3	105.7	100.4	0.0	5.1	0.3
2015 年期末存量 Stock of ecosystem assets in 2015	28235.3	8844.7	32019.1	1781.8	1120.3	67.6	4592.6	2256.0

湿地面积减少了 97.4 km<sup>2</sup>,降幅为 5.2%。导致湿地面积下降的主要原因为气候变化,蒸发量增加使 3.1% 的湿地转化为灌丛和草地等,2.4% 的湿地变成荒漠。

荒漠面积增加了 43.9 km<sup>2</sup>,增幅为 1%。气候变化导致湿地和冰川退化为荒漠,是荒漠面积增加的主要原因。

同时,一系列生态保护和恢复措施与政策使山南市森林、灌丛和草地生态资产质量稳步提升。

#### 4 结论与讨论

本研究以山南市为例,运用遥感数据,通过核算山南市生态资产面积、质量和生态资产指数及其变化,分析了山南市生态资产现状和变化情况及其变化原因。得到以下结论:

(1) 西藏自治区山南市生态资产包括森林、灌丛、草地、湿地、农田、荒漠和冰川等类型,以草地和森林为主,山南市生态资产质量以中级及以下为主,优良级别比例较低。山南市生态资产综合指数为 38.26,草地和森林生态资产指数较大,分别为 16.23 和 14.88。结果表明以遥感为主要手段的监测体系基本可以满足青藏高原地区生态资产核算的要求,同时也显示山南市生态资产类型多样,但质量状况较差。

(2) 自 2000 年以来,山南市生态资产总面积变化不大,但生态资产质量提升明显,优、良等级生态资产分别增加了 40.5% 和 108.5%,低和差等级的生态资产分别下降了 17.9% 和 26.2%。山南市生态资产指数增加了 16.1%,其中森林生态资产指数增加,受面积增加与质量提升两方面的综合影响;而灌丛和草地生态资产指数的增加主要原因是生态资产质量提升。湿地生态资产指数呈下降状态,说明湿地生态保护修复是未来山南市生态管理的重点。山南市生态资产变化主要受到退耕还林还草等生态保护和修复政策、城镇扩张和气候变化等因素的影响,这表明山南市的生态保护和恢复取得一定成效,但是未来一段时间内气候变化、人类活动依旧是影响山南市生态资产变化的主要原因,生态保护依旧任重而道远。同时,受高寒气候因素和海拔、坡度等地理因素的影响,山南市森林、灌丛和草地等生态资产面积再增加的空间有限,在以后的生态保护和修复中,应该注意因地制宜开展生态系统管理,继续坚持以提升生态资产质量为主的路线,保证优质生态产品供给<sup>[29]</sup>。

(3) 本研究也存在一些不足,由于数据缺失,缺少对农田生态资产质量的研究与分析。此外,本研究虽然分析了生态资产变化的原因,但是主要集中在面积变化的原因分析,对生态资产质量变化原因分析不够深入。未来还应该收集更多的数据,深入分析生态资产质量变化的原因,并将生态资产面积和质量的变化与生态产品供给能力相结合进行分析。

(4) 从政策创新应用角度来看,生态资产是落实生态管理、保护和恢复的直接抓手,生态资产的核算结果可以反映生态保护成效和政府生态文明建设绩效,展示干部任期内的生态账,分析变化原因可以为下一步精准实施生态保护和恢复政策措施提供科学依据和导向。落实“绿水青山就是金山银山”理念,为生态文明建设目标考核提供科学依据。

#### 参考文献 (References):

- [1] 习近平. 决胜全面建成小康社会 夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利——在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告. 北京: 人民出版社, 2017.
- [2] 宋昌素, 肖燚, 博文静, 肖洋, 邹梓颖, 欧阳志云. 生态资产评价方法研究——以青海省为例. 生态学报, 2019, 39(1): 9-23.
- [3] 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.
- [4] 操建华, 孙若梅. 自然资源资产负债表的编制框架研究. 生态经济, 2015, 31(10): 25-28, 40-40.
- [5] Guerry A D, Polasky S, Lubchenco J, Chaplin-Kramer R, Daily G C, Griffin R, Ruckelshaus M, Bateman I J, Duraiappah A, Elmqvist T, Feldman M W, Folke C, Hoekstra J, Kareiva P M, Keeler B L, Li S Z, McKenzie E, Ouyang Z Y, Reyers B, Rickerts T H, Rockström J, Tallis H, Vira B. Natural capital and ecosystem services informing decisions: from promise to practice. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2015, 112(24): 7348-7355.
- [6] 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.
- [ 7 ] Daily G C. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington DC: Island Press, 1997.
- [ 8 ] United Nations. *The Millennium Development Goals Report 2015*. New York: United Nations, 2015.
- [ 9 ] 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.
- [ 10 ] Ehrlich P R, Kareiva P M, Daily G C. Securing natural capital and expanding equity to rescale civilization. *Nature*, 2012, 486(7401): 68-73.
- [ 11 ] Ambrey C L, Fleming C M, Manning M. The role of natural capital in supporting national income and social welfare. *Applied Economics Letters*, 2016, 23(10): 723-727.
- [ 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): 8267-8276.
- [ 14 ] 侯鹏, 付卓, 祝汉收, 翟俊, 陈妍高, 海峰, 金点点, 杨旻. 生态资产评估及管理研究进展. *生态学报*, 2020, 40(24): 8851-8860.
- [ 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 ] 游旭, 何东进, 肖赓, 博文静, 宋昌素, 欧阳志云. 县域生态资产核算研究——以云南省屏边县为例. *生态学报*, 2020, 40(15): 5220-5229.
- [ 17 ] 博文静, 王莉雁, 操建华, 王效科, 肖赓, 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.
- [ 18 ] 张丽云, 郭克疾, 李炳章, 吕永磊, 张路, 欧阳志云. 唐古拉山以北地区生态资产核算. *生态学报*, 2020, 40(10): 3229-3235.
- [ 19 ] 欧阳志云, 靳乐山. 面向生态补偿的生态系统生产总值(GEP)和生态资产核算. 北京: 科学出版社, 2017.
- [ 20 ] 陈心盟, 王晓峰, 冯晓明, 张欣蓉, 罗广祥. 青藏高原生态系统服务权衡与协同关系. *地理研究*, 2021, 40(1): 18-34.
- [ 21 ] 徐凌星, 杨德伟, 刘丹丹, 林浩曦. 青藏高原生态系统服务的时空分布特征与供需关系. *山地学报*, 2020, 38(4): 483-494.
- [ 22 ] 李芬, 张林波, 舒俭民, 孟伟. 三江源区生态产品价值核算. *科技导报*, 2017, 35(6): 120-124.
- [ 23 ] 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. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 189-196.
- [ 24 ] 王凯慧. 雅鲁藏布江流域生态资产评估[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2019.
- [ 25 ] 朱文泉, 高清竹, 段敏捷, 郭亚齐, 李玉娥, 万运帆, 边多, 韦兰亭. 藏西北高寒草原生态资产价值评估. *自然资源学报*, 2011, 26(3): 419-428.
- [ 26 ] 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.
- [ 27 ] Huang B B, Li R N, Ding Z W, O'Connor P, Kong L Q, Xiao Y, Xu W H, Guo Y N, Yang Y Y, Li R D, Ouyang Z Y, Wang X K. A new remote-sensing-based indicator for integrating quantity and quality attributes to assess the dynamics of ecosystem assets. *Global Ecology and Conservation*, 2020, 22: e00999.
- [ 28 ] 张路, 肖赓, 郑华, 徐卫华, 逯非, 江凌, 饶恩明, 肖洋, 吴炳方, 曾源, 欧阳志云. 2010 年中国生态系统服务空间数据集. *中国科学数据(中英文网络版)*, 2018, 3(4): 11-23.
- [ 29 ] Zou Z Y, Wu T, Xiao Y, Song C S, Wang K L, Ouyang Z Y. Valuing natural capital amidst rapid urbanization: assessing the gross ecosystem product (GEP) of China's 'Chang-Zhu-Tan' megacity. *Environmental Research Letters*, 2020, 15(12): 124019.