

# 青藏高原生态系统服务功能的价值评估

鲁春霞<sup>1</sup>, 谢高地<sup>1</sup>, 肖 玉<sup>1</sup>, 于云江<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 北京师范大学资源科学研究院, 北京 100875)

**摘要:** 青藏高原具有丰富多样的生态系统类型, 这些生态系统不仅生产了大量的产品, 而且提供了巨大的生态服务功能。根据计算表明, 高原生态系统 2000 年生产的产品经济价值为  $170 \times 10^8$  元。生态服务功能中年固碳总量为  $15 \times 10^8$  t, 释放氧气量为  $11 \times 10^8$  t。根据二氧化碳固定量和氧气释放量估算的调节大气的服务价值总计为  $10015 \times 10^8$  元。以高寒草甸和高寒草原为主的草地生态系统具有重要的水源涵养功能, 每年高原生态系统的水源涵养量达  $2612 \times 10^8$  m<sup>3</sup>, 其经济价值为  $1744 \times 10^8$  元。森林的净化功能价值大约为  $255 \times 10^8$  元。高原生态系统产品的经济价值与生态服务功能价值的比值为 1: 70, 显然, 高原生态系统的生态服务价值远远高于直接使用价值。因此, 保护生态系统和生物多样性是维持生态系统稳定和保育高原生态过程的根本。

**关键词:** 生态系统多样性; 经济价值评估; 青藏高原

## Ecosystem diversity and economic valuation of Qinghai-Tibet Plateau

LU Chun-Xia<sup>1</sup>, XIE Gao-Di<sup>1</sup>, XIAO Yu<sup>1</sup>, YU Yun-Jiang<sup>2</sup> (1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing, 100101; 2. College of Resources Sciences, Beijing Normal University, Beijing, 100875, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(12): 2749~2755.

**Abstract:** There is a high biodiversity of ecosystem types in Qinghai-Tibet Plateau, which provide not only a various of ecological function but also many ecological services. This paper estimated the monetary value of ecosystem diversity and their. The results show that economic output is some  $170 \times 10^8$  yuan (RMB). Compared with this figure the carbon dioxide fixation and oxygen release for atmosphere regulation are about  $15.39 \times 10^8$  t  $\cdot$  a<sup>-1</sup> and  $11.18 \times 10^8$  t a<sup>-1</sup> respectively and their economic value exceed  $10015 \times 10^8$  yuan (RMB). The ecosystems especially alpine grassland system plays an important role for water holding. Annual water holding reached to  $2600 \times 10^8$  m<sup>3</sup> and its economic value was equal to  $1750 \times 10^8$  yuan (RMB). Air purification services of forest was about  $255 \times 10^8$  yuan (RMB). The ratio of product economic value to ecological services value is 1: 70. The data proves that the economic value of ecological services is much higher than direct use value and therefore, the protection of ecosystem diversity will be the base for maintaining life-supporting system of Tibetan Plateau.

**Key words:** ecosystem diversity; economic valuation; Qinghai-Tibet Plateau

文章编号: 1000-0933(2004)12-2749-07 中图分类号: Q948.11 文献标识码: A

青藏高原平均海拔在 4500m 以上, 由于它巨大的高原陆面和复杂的地貌形态, 形成了高原及其周遍地区独特的高原大气环流体系以及丰富多样的气候条件, 从而使高原形成了独特的生态环境多样性和生态系统多样性。对于高原生态系统多样性早期的研究主要是对生物多样性进行综合的科学考察<sup>[1~3]</sup>。也有一些学者从不同的角度对高原的生物多样性进行了研究<sup>[4~8]</sup>, 这些研究仍然以对高原生物种类及其分布特征的研究为主, 到目前为止, 对高原不同生态系统的生态服务价值评估研究尚不多见。鉴于此, 本文主要从青藏高原生态系统多样性出发, 研究不同生态系统的大气成分调节、水源涵养等功能并对其经济价值进行初步评估。

**基金项目:** 国家自然科学基金重点基金资助项目 (30230090)

**收稿日期:** 2003-12-15; **修订日期:** 2004-07-08

**作者简介:** 鲁春霞 (1965~), 女, 陕西宝鸡人, 博士, 副研究员, 主要从事资源与环境研究。E-mail: lux@igsnr.ac.cn

**Foundation item:** Key Program of National Natural Sciences Funds for Typical ecosystem service evaluation methods (No. 30230090)

**Received date:** 2003-12-15; **Accepted date:** 2004-07-08

**Biography:** LU Chun-Xia, Ph. D., Associate research professor, mainly engaged in ecosystem services and valuation and natural resources safety.

1 青藏高原的主要生态系统及其分布规律

以中国科学院植物研究所编制的 1:100 万植被图、原中国科学院自然资源综合考察委员会编制的 1:100 万中国草地资源图以及中国科学院编制的 1:100 万遥感土地利用图,通过 GIS 的综合制图,编制了 1:400 万的青藏高原生态资产图(彩版 1),本文中所应用的不同生态系统类型面积数据均以此为依据进行统计分析。

青藏高原水热分布格局差异显著,干旱、寒冷、多风、低氧、辐射强以及昼夜温差大是高原气候的特点,使的高原形成了多种生态系统类型。从高原东南向西北,依次分布着森林、灌丛、高寒草原、高寒草甸和高寒荒漠生态系统,湖泊和沼泽湿地生态系统相间其中,构成了高原丰富的生态系统多样性。青藏高原的主要生态系统类型及其亚类如表 1 所示。其中以各种类型的草地生态系统为主,占总面积的 50.16%,其次是荒漠生态系统,约占 37%左右。按照中国草地大类划分来看,青藏高原几乎拥有所有的草地类型,因此高原草地生态系统多样性也是极其丰富的。生态系统的多样性为物种多样性提供了良好的生境条件。

表 1 青藏高原主要生态系统类型及其面积

Table 1 Ecosystem types and areas of Qinghai-Tibet Plateau

类型 Ecosystems types	面积 Area(km <sup>2</sup> )	面积比例(%) Percentage
森林 Forest	217824	8.61
温带山地常绿针叶林 Temperate zone mountain evergreen coniferous forest	4102	0.16
亚热带、热带常绿针叶林 Subtropical, tropical evergreen coniferous forest	26980	1.07
亚热带、热带山地常绿针叶林 Subtropical, tropical mountain evergreen coniferous forest	136600	5.40
温带、亚热带落叶阔叶林 Temperate, subtropical broadleaf forest	50	0.00
温带、亚热带山地落叶小叶林 Temperate, subtropical mountain deciduous micro-leaf forest	925	0.04
石灰岩落叶阔叶树-常绿阔叶树混交林 Tropical lime deciduous and evergreen broad-leaf forest	24698	0.98
亚热带常绿阔叶林 Subtropical evergreen broadleaf forest	4004	0.16
热带雨林性常绿阔叶林 Tropical evergreen broadleaf forest like rain forest	6089	0.24
亚热带硬叶常绿阔叶林 Subtropical sclerophyllous evergreen broadleaf forest	14058	0.56
热带常绿阔叶雨林及次生植被 Tropical evergreen broad-leaf rain forest and secondary vegetation	319	0.01
草地 Grassland	1287230	50.16
温性草甸草原类 Temperate meadow steppe	1839	0.07
温性草原类 Temperate steppe	46716	1.85
温性荒漠草原类 Temperate desert steppe	10010	0.40
高寒草甸草原类 Alpine meadow steppe	59892	2.37
高寒草原类 Alpine steppe	382123	14.87
高寒荒漠草原类 Alpine desert steppe	66433	2.62
温性草原化荒漠类 Temperate steppe desert	3016	0.12
温性荒漠类 Temperate desert	34006	1.34
高寒荒漠类 Alpine desert	38010	1.50
热性灌草丛类 Tropical shrubby tussock	799	0.03
暖性草丛类 Warm tussock	561	0.02
暖性灌草丛类 Warm shrubby tussock	2916	0.12
低地草甸类 Low-land meadow	14424	0.57
温性山地草甸类 Temperate montane meadow	56967	2.25
高寒草甸类 Alpine meadow	569518	22.51
农田 Farmland	42796	1.69
沼泽湿地 Marsh	3328	0.13
湖泊 Lakes	29182	1.15
荒漠 Desert	949232	37.53
总计 Sum	2529592	100.0

2 高原物种的多样性

由于高原生态系统的多样性,为多种多样的物种的生存提供了适宜的条件,因而形成了具有高原特征的物种多样性。根据对高原生物的考察统计<sup>[1~3]</sup>,青藏高原的物种极其丰富,物种分化活跃,特有种和珍稀物种众多。其中维管植物有 1500 属,占中国维管植物的 37%,维管植物就有 60 个特有属;另外陆栖脊椎动物共有 343 属,占全国该类动物总数的 43.7%,因此青藏高原

是全球生物多样性的重要庇护地(表 2)<sup>[7,6]</sup>。

### 3 生物多样性的服务功能及其经济价值评估

生物多样性具有重要的生产和生态功能,它不仅为人类提供所需的产品,而且还具有多种多样的生态服务功能,如森林和草地生态系统具有涵养水源、保持土壤、调节大气成分的功能等。生物多样性的价值由产品的直接使用价值和服务价值构成。

#### 3.1 生物多样性的直接使用价值

青藏高原的生物多样性的直接使用价值根据实物产品的价值估算。在计算位于青藏高原的各省区的农林牧渔行业产值时,以这些省区在高原区域的不同生态系统类型面积为依据,采用权重的方法,对统计数据进行处理。计算结果见表 3。

从统计结果来看,青藏高原生产功能所提供的产品中以畜牧产品为主,且年产值最高,这与高原以草地生态系统为主是一致的。

#### 3.2 生物多样性的间接服务价值

**3.2.1 调节大气成分的功能** 青藏高原森林和沼泽生态系统单位面积的生物量及年净生物生产量主要依据罗天祥等<sup>[7~9]</sup>通过实测数据统计以及气候生产力模型方法计算的结果,并参考了方精云等<sup>[10]</sup>对我国陆地生态系统不同生态系统类型生物量及生产力的估算结果(见表 4)。

草本植物一般无积累,净生产量或生物量与净第一性生产力相当<sup>[10]</sup>。因此,本文以我国草地地上产草量的单产(干草)

调查结果为基础,根据不同草地类型的地下与地上生物量之比<sup>[7,11~11]</sup>计算出不同草地类型单位面积的生物量,然后折算为 CO<sub>2</sub> 固定量。荒漠(沙漠和戈壁)的生物量按世界平均值(0.2 t/hm<sup>2</sup>)<sup>[15]</sup>(见表 5)。

对农田生态系统作物生产量的计算依据下面的公式(1)进行<sup>[10]</sup>:其中,  $B_{io}$  为农作物生物量,  $W_c$  为农作物的经济产量含水率,  $P$  为作物经济产量,  $E_i$  为经济系数。在计算中以 3 种作物包括小麦、水稻和玉米作为高原的主要作物种类来计算生物量:

$$B_{io} = \frac{(1 - W_c) \times P}{E_i} \quad (1)$$

计算生态系统吸纳 CO<sub>2</sub> 的经济价值时,本文采用两种不同的计算方法。一种是根据瑞典碳税率(150 \$/tC),另一种是根据李金昌应用造林成本法计算的森林吸收碳的价值,即每吸收 1t 碳价值为 255 元计算。计算结果见表 6。

青藏高原空气稀薄,氧含量只有平原地区 50%~70%,因此,高原生态系统释放氧气的功能较之低海拔地区对人类的生存和健康更具有重要意义。以前对生态系统释放氧气的价值估算是以工业制氧成本为影子价格<sup>[16,17]</sup>,它是工业氧气和医用氧气的平均生产成本,而实际上一般医用氧气价格是工业氧气的一倍。对青藏高原这样一个高海拔的缺氧区,氧气对于生物的生存尤为重要,因此用医用氧气的制造成本作为影子价格似更为合理。如果取工业制氧成本为 400 元/t<sup>[16]</sup>,则医用制氧的成本为 800 元/t。因此,这里根据医用制氧的成本作为影子价格进行价值估算(表 7)。

**3.2.2 涵养水源的功能** 涵养水源是森林和草地的重要生态功能之一。森林和草地具有截流降水、增强土壤下渗、抑制蒸发等功能。不同生态系统涵养水源的功能,对森林生态系统涵养水源功能的估算由不同的方法。这里用水量平衡法计算青藏高原森林生态系统涵养水源的功能:

$$W = \theta \times R \times A \quad (2)$$

式中,  $W$  为森林涵养水源总量(m<sup>3</sup>),  $R$  为降水量,  $A$  为森林面积,  $\theta$  为径流系数。根据对我国温带、暖温带、亚热带、热带各主要森林类型的测算,其蒸发散/降水比值多在 40%~80%之间<sup>[18]</sup>。对青藏高原川西亚高山冷杉林的测定其蒸发散量/降水量的比值在 30%~40%<sup>[19]</sup>。青藏高原的针叶林主要分布在高原的东南部,树种主要以云杉、冷杉和松树为主。已知秦岭南坡的华山松林的蒸发散量占降水的 54%~74%,因此,取青藏高原针叶林平均蒸发蒸散量占降水量的 55%,则针叶林的径流系数为 0.45,针叶林区的平均降雨量为 600mm。森林的蒸发散量与叶面积密切相关,一般叶面积愈大,蒸发散量愈高,因此,取阔叶林的径流系数为 0.4,平均降雨量为 800mm。研究表明,草地的蒸发散量占降水量的比值低于林地和灌丛<sup>[18]</sup>,因此,假定青藏高原

表 2 青藏高原物种多样性及其占全国的百分比

Table 2 Biodiversities of Qinghai-Tibet Plateau and their percent to the total of China

物种类型 Biological types	高原属 Tibetan Genus	高原种 Tibetan Species	全国种 Chinese Species	高原占全国种数的%, Percentage of Tibetan species
维管束植物 Vascular plants	1500	12000	32840	36.5
哺乳类动物 Mammalia	103	210	581	36.14
鸟类 Avifauna	263	532	1244	42.76
爬行类 Reptile	43	83	376	22.07
两栖类 Amphibiotica	21	80	284	28.17
鱼类 Fish	—	115	3862	2.98

表 3 青藏高原生态系统产品的直接经济价值(×10<sup>8</sup> ¥RMB)

Table 3 Economic value of biodiversity for direct use

类别 Product types	1999 年的产值 Gross production value in 1999	2000 年的产值 Gross production value in 2000	2000 年增加值 Increment in 2000
农产品 Agricultural products	45.2	44.5	-0.7
林产品 Forestry products	12.5	12.8	0.3
畜牧产品 Animal products	105.7	112.3	6.6
水产品 Aquicultural products	0.55	0.58	0.03
总计 Total	163.95	170.18	6.23

\* 均按 1990 年的不变价格计算 According as the price of 1990

表 4 青藏高原森林生态系统生物量和固碳量  
Table 4 Biomass and carbon sequestration of forest ecosystem

类型 Ecosystem types	面积(km <sup>2</sup> ) Areas	净初级生产力 NPP (t/(hm <sup>2</sup> ·a))	年生物量 Annual biomass (×10 <sup>8</sup> t/a)	固定 CO <sub>2</sub> 量 Carbon fixation (×10 <sup>8</sup> t/a)	折合纯碳量 Pure C (×10 <sup>8</sup> t/a)
温带山地常绿针叶林 Temperate zone mountain evergreen coniferous forest	4101.51	3.875	0.016	0.026	0.00
亚热带、热带常绿针叶林 Subtropical, tropical evergreen coniferous forest	26980.47	18.986	0.512	0.835	0.007
亚热带、热带山地常绿针叶林 Subtropical, tropical mountain evergreen coniferous forest	136599.92	7.735	1.057	1.722	0.228
温带、亚热带落叶阔叶林 Temperate, subtropical broadleaf forest	49.59	7.243	0	0.001	0.47
温带、亚热带山地落叶小叶林 Temperate, subtropical mountain deciduous micro-leaf forest	924.78	4.263	0.004	0.006	0
亚热带石灰岩落叶阔叶树-常绿阔叶树混交林 Tropical lime deciduous and evergreen broad-leaf forest	24697.74	18.819	0.465	0.758	0.002
亚热带常绿阔叶林 Subtropical evergreen broadleaf forest	4003.94	19.624	0.079	0.128	0.207
热带雨林性常绿阔叶林 Tropical evergreen broadleaf forest like rain forest	6088.66	19.343	0.118	0.192	0.035
亚热带硬叶常绿阔叶林 Subtropical sclerophyllous evergreen broadleaf forest	14058.44	9.546	0.134	0.219	0.052
热带常绿阔叶雨林及次生植被 Tropical evergreen broad-leaf rain forest and secondary vegetation	318.5	17.169	0.005	0.009	0.06
	217823.55		2.39	3.895	1.061

表 5 青藏高原草地生态系统的生物量和固碳量  
Table 5 Biomass and carbon sequestration of grassland ecosystem

草地类型 Grassland types	面积(km <sup>2</sup> ) Areas	干草产量 Dry grass yield(kg/hm <sup>2</sup> )	单位面积生物量 Biomass unit area(t/(hm <sup>2</sup> ·a))	总生物量 Total biomass (×10 <sup>8</sup> t/a)	固定 CO <sub>2</sub> 量 CO <sub>2</sub> fixation amount(×10 <sup>6</sup> t/a)	折合纯碳量 Pure C (×10 <sup>8</sup> t/a)
温性草甸草原类 Temperate meadow steppe	1839	1465	7.669	0.014	0.023	0.006
温性草原类 Temperate steppe	46716	889	4.654	0.217	0.354	0.097
温性荒漠草原类 Temperate desert steppe	10010	455	2.382	0.024	0.0389	0.011
高寒草甸草原类 Alpine meadow steppe	59892	307	1.607	0.096	15.690	0.043
高寒草原类 Alpine steppe	382123	284	1.487	0.568	0.926	0.253
高寒荒漠草原类 Alpine desert steppe	66433	195	1.734	0.115	0.188	0.051
温性草原化荒漠类 Temperate steppe desert	3016	465	4.135	0.125	0.020	0.006
温性荒漠类 Temperate desert	34006	329	2.926	0.0995	0.162	0.044
高寒荒漠类 Alpine desert	38010	117	1.040	0.0396	0.0645	0.018
热性灌草丛类 Tropical shrubby tussock	799	2527	13.712	0.0109	0.0179	0.005
暖性草丛类 Warm tussock	561	1643	8.915	0.005	0.008	0.002
暖性灌草丛类 Warm shrubby tussock	2916	1769	9.599	0.0280	0.046	0.013
低地草甸类 Low-land meadow	14424	1730	15.426	0.223	0.363	0.100
温性山地草甸类 Temperate montane meadow	56967	1648	14.695	0.837	1.365	0.373
高寒草甸类 Alpine meadow	569518	882	7.865	4.479	7.301	1.992
总计 Sum	1287230			6.881	11.034	3.014

草地和农田的径流系数均为 0.5。高原上荒漠景观分布较广,由于荒漠地区降雨量少而蒸发强烈,因此,假定径流系数为 0.001。

表 6 青藏高原不同生态系统年 CO<sub>2</sub> 固定量及其经济价值

Table 6 Carbon sequestration and economic value of different ecosystems

生态系统类型 Ecosystem types	CO <sub>2</sub> 固定量 (×10 <sup>8</sup> t/a) CO <sub>2</sub> fixation amount	固定 CO <sub>2</sub> 的经济价值 Value of carbon fixation	
		碳税法 (×10 <sup>8</sup> US\$) Carbon taxation method	造林成本法 (×10 <sup>8</sup> ¥RMB) Forestation cost method
森林 Forest	3.895	159.48	271.086
草地 Grassland	11.034	451.72	767.837
沼泽 Marsh	0.106	4.31	7.342
荒漠 Desert	0.301	12.67	21.538
农田 Farmland	0.047	1.92	325.68
总计 Total	15.391	630.11	1071.059

表 7 青藏高原不同生态系统年释放 O<sub>2</sub> 量及其经济价值

Table 7 Oxygen release and economic value of different ecosystems

生态系统类型 Ecosystem types	O <sub>2</sub> 释放量 Amount of oxygen release (×10 <sup>8</sup> t/a)	释放 O <sub>2</sub> 的经济价值 Economic value for oxygen release	
		医用氧气价格法 (×10 <sup>8</sup> ¥RMB) Medicinal oxygen price method	造林成本法 (×10 <sup>8</sup> ¥RMB) Forestation cost method
森林 Forest	2.829	2263.20	721.40
草地 Grassland	8.015	6412.00	2043.82
沼泽 Marsh	0.077	61.60	19.64
荒漠 Desert	0.225	180.00	57.38
农田 Farmland	0.034	27.20	8.67
总计 Total	11.180	8944	2850.95

森林涵养水源的价值为年涵养水源量乘以水价,水价可用影子工程价格替代,根据 1988~1991 年全国水库建设投资测算,每建设 1m<sup>3</sup> 库容需投入成本费为 0.67 元<sup>[20]</sup>,以此作为水价,则青藏高原不同生态系统年涵养水源量及其经济价值如表 8 所示。

表 8 青藏高原不同生态系统年涵养水源量及其经济价值

Table 8 Water maintain and economic value of ecosystems

生态系统类型 Ecosystem types	面积(km <sup>2</sup> ) Areas	降水量 Rainfall	径流系数 Runoff coefficient	水源涵养量(×10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> ) Amount of water conservation	经济价值(×10 <sup>8</sup> RMB) Value
森林 Forest					
针叶林 Conifer forest	167681.96	600	0.45	452.741	303.337
阔叶林 Broad-leaved forest	50141.69	800	0.40	160.453	107.504
草地 Grassland	1287230	300	0.50	1930.845	1293.666
沼泽 Marsh	3328	375	0.45	5.616	3.763
农田 Farmland	42796	250	0.50	42.796	35.842
荒漠 Desert	949232	150	0.001	9.249	6.197
总计 Total				2621.399	1750.308

3.2.3 森林净化功能 植物可以吸收 SO<sub>2</sub>、HF、Cl<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 等有害气体,其中 SO<sub>2</sub> 是危害人类的主要有毒气体。因此,这里主要估算植被净化 SO<sub>2</sub> 的功能。植物对 SO<sub>2</sub> 的吸收净化的机理主要包括两部分,第一,植物表面因附着粉尘固体污染物而吸收一部分 SO<sub>2</sub>,第二,通过植物体表面吸收的 SO<sub>2</sub> 被转化或排除植物体内。根据对我国不同森林类型吸收 SO<sub>2</sub> 的能力估算<sup>[15]</sup>,计算的青藏高原针叶林和阔叶林吸收 SO<sub>2</sub> 总量为 0.0406×10<sup>8</sup>t,削减 SO<sub>2</sub> 的成本为 600¥/t<sup>[21]</sup>,则高原森林能够吸纳 SO<sub>2</sub> 所产生的经济总价值达 24.36×10<sup>8</sup> 元。

粉尘是大气污染的主要物质,它不仅会损害人体健康,对农作物也会产生不利影响,森林生态系统具有阻滞、过滤、吸附粉尘、净化空气的功能。我国针叶林和阔叶林的滞尘能力分别为 33.2 和 10.11 t/(hm<sup>2</sup>·a),而削减粉尘的成本为 170¥/t<sup>[15]</sup>,由此计算的青藏高原森林生态系统滞尘能力及其经济价值如表 9 所示。

### 3.3 青藏高原生物多样性经济价值的综合评估

青藏高原独特的地理地貌和气候特点孕育了丰富的生物种类。这些多种多样的生物不仅为人类提供了生态产品,同时也为人类提供了巨大的生态服务公益,根据上述对青藏高原生物多样性生态服务及其经济价值的评估表明,高原生态服务功能的价值远大于生态产品的价值(表 10)。

## 4 结论

生态系统多样性对于维持生态环境的稳定性和生态系统的多种生态功能如净化水和空气、维持大气平衡、授粉和抵抗病虫害等具有至关重要的作用,因此保护生态系统多样性是保护生态环境的关键。由于生态系统的多种生态服务功能难以量化,无法进行准确的描述和估计。目前对生态系统多样性及其经济价值的评价也只是基于对生态系统多样性服务的现有认识水平而进行的粗略估计,还有一些生态服务和功能可能仍然没有揭示出来。基于前人的研究方法,对青藏高原生态系统多样性及其部

分生态功能的经济价值进行了初步评价。

表 9 青藏高原森林生态系统净化功能及其经济价值  
Table 9 Purification services and economic value of forest

净化 SO <sub>2</sub> 的功能 Sulfur dioxide absorption				
生态系统类型 Ecosystem types	面积(km <sup>2</sup> ) Areas	吸收 SO <sub>2</sub> 的能力 Ability for SO <sub>2</sub> (kg/(hm <sup>2</sup> ·a))	吸收 SO <sub>2</sub> 总量 Total of absorption SO <sub>2</sub> (×10 <sup>8</sup> t/a)	经济价值 Monetary value(×10 <sup>8</sup> ¥RMB)
针叶林 Conifer forest	167681.96	215.6	0.031	21.691
阔叶林 Broad-leaved forest	50141.69	88.65	0.005	2.667
滞尘功能 Dust purification				
生态系统类型 Ecosystem types	面积(km <sup>2</sup> ) Areas	滞尘能力 Annual dust purification unit area (t/(hm <sup>2</sup> ·a))	滞尘总量 Amount of dust purification (×10 <sup>8</sup> t/a)	经济价值 Monetary value(×10 <sup>8</sup> ¥RMB)
针叶林 Conifer forest	167681.96	33.2	0.724	123.122
阔叶林 Broad-leaved forest	50141.69	10.11	0.635	108.008

表 10 2000 年青藏高原生物多样性的部分生态服务价值  
Table 10 Total economic value of biodiversity of Qinghai-Tibet Plateau

生态服务功能 Ecosystem services types	价值类型 Value types	价值(×10 <sup>8</sup> ¥RMB) Monetary value
生态系统的产品 Ecosystem products	直接使用价值 Direct use value	170.18
生态功能服务 Ecosystem services		
调节大气 Atmosphere regulation	间接使用价值 Indirect use value	1071.059(固碳价值,造林成本法) Carbon fixation value, 8944.00(释氧价值,影子价格法)Oxygen release value,
涵养水源 Water conservation	间接使用价值 Indirect use value	1744.00
森林净化 Purification	间接使用价值 Indirect use value	255.488

青藏高原是一个独特的地理区域,它特有的物种无论对于中国还是全球都具有重要的意义。对青藏高原生物多样性的初步评估表明,青藏高原的生态系统类型丰富多样,为物种的多样性提供了有利的条件。而且不同的生态系统类型提供了不同的生态服务功能。所有生态系统的年固碳总量为  $15\times10^8$  t,其中高原草地的年固碳量最高,可以达到  $11\times10^8$  t,农田固碳量最低。这是由于高原以高寒草甸草地为主要生态系统类型,农田面积所占比例很低。同样的原因使高原草地的水源涵养量也最高,达  $2612\times10^8$  m<sup>3</sup>。对高原森林生态系统的净化功能分析表明,高原森林的滞尘功能可以发挥更大的作用。利用不同的经济价值评估方法计算表明,青藏高原不同生态系统每年生产的产品的经济价值大约为  $170\times10^8$  元;在其生态服务价值中,调节大气的价值大约为  $10015\times10^8$  元;涵养水源的价值为  $1750\times10^8$  元;森林的净化功能价值大约为  $255\times10^8$  元。高原生态系统产品的经济价值与生态服务功能价值的比值为 1:70,显然,高原生态系统的生态服务价值远远高于其产生的直接使用价值。

上述计算表明,高原生物系统多样性更多地是为人类提供了巨大的生态公益,其价值远远大于直接使用价值。而实际上,由于受数据资料的限制,没有对高原生物多样性的经济价值进行全面的评价如野生动物的生态价值和直接利用价值等。仅从本服务功能的经济价值就可以看到,保护高原生物多样性是维护高原生态系统生命支持功能、保护环境的根本。

References:

[1] Integrated Investigation Team in Tibetan Plateau, CAS. *Plant Species of Tibet*. Beijing: Science Press, 1983~1986.  
[2] Integrated Investigation Team in Tibetan Plateau, CAS. *Tibetan Vegetation*. Beijing: Science Press, 1988.  
[3] Integrated Investigation Team in Tibetan Plateau, CAS. *Aquicolous Animals of Tibet*. Beijing: Science Press, 1988.  
[4] Feng Z J, Cai G J. *Mammalia of Tibet*. Beijing: Science Press, 1986.  
[5] Li B S. Characteristics of biodiversity and protection in Tibetan Plateau. In: *Green East Asia*. Beijing: Chinese Environment Science Press, 1994. 635~622.  
[6] Editing Group of Chinese Situation of Biodiversity. *Report about Chinese situation of biodiversity*. Beijing: Chinese Environment Science Press, 1998.  
[7] Luo T X, Li W H, Li Y F. Estimation of total biomass and potential distribution of net primary productivity in the Tibetan Plateau. *Geographical Research*, 1998, 17(6): 338~344.  
[8] LUO T X, LI W H, LUO J. A comparative study on biological production of major vegetation types on the Tibetan Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 19(6): 324~331.

- [9] Luo T X, Li W H and Zhu H Z, Estimated biomass and productivity of natural vegetation on the Tibetan Plateau. *Ecological Applications*, 2002, **12**(4): 269~286.
- [10] Fang J Y, Liu G H, Xu S L. Carbon storage of Chinese terrestrial ecosystem. In: Wang R S, Fang J Y, *et al* eds. *Study on the Focus Problem of Ecology*. Beijing: Chinese Sciences and Technology Press, 1996, 251~277.
- [11] Fang C L. Biomass and productivity of natural secondary spruce forest in Qinghai. *Qinghai University*, 1991, **9**(1): 71~78.
- [12] Huang D H, *A comparative study on root biomass of different types in the mid reaches of Xilin River, Inner Mongolia*. No. 2, Beijing: Sciences Press, 1987.
- [13] Yang F T. Seasonal and annual biomass dynamic of dwarf meadow. In: *Collect for International Workshop on Altocrylic Meadow*. Beijing: Science Press, 1988.
- [14] Zhu Z H. Preliminary studies on the biomass of *Bothriochloa isohaemum* community of Loess Plateau in North Shaanxi Province. *Acta Botanic Sinica*, 1992, **34**(10): 806~808.
- [15] Whittaker R H and Likens G. E. Carbon in the biota. In: *carbon and the biosphere*. Woodwell GM eds., Virginia: Springfield, 1973. 281~302.
- [16] Ouyang Z Y, Wang R S, Yang J X, *et al*. Preliminary study on indirection valuation of Chinese biodiversity. In: Wang Rusong, Fang Jingyun, *et al* eds. *Study on the Focus Problem of Ecology*. Beijing: Chinese Sciences and Technology Press, 1996. 409~421.
- [17] Li J H, Jiang W L, Jin L S, *et al*. *Ecological Value*. Chongqing: Chongqing University Press, 1999.
- [18] Zhou X F, Zhao H X, Sun H Z. Proper assessment for forest hydrological effect. *Journal of Natural Resources*, 2001, **16**5: 420~426.
- [19] Liu S P, Sun P S, Wang J X, *et al*. Hydrological functions of forest vegetation in upper reaches of the Yangze River. *Journal of Natural Resources*, 2001, **16**(5): 451~456.
- [20] Xue D Y, Bao H S, Li W H. A valuation study on the indirect values of forest ecosystem in Changbaishan Mountain, Biosphere Reserve of China. *Chinese Environmental Science*, **19**(3): 247~252
- [21] Wu S G, Feng Z J. Characteristics of biological resources and their exploitation and protection. *Paper Collection of First Workshop Meeting, Associate of Tibetan Plateau Research*. Beijing: Science Press, 1993.

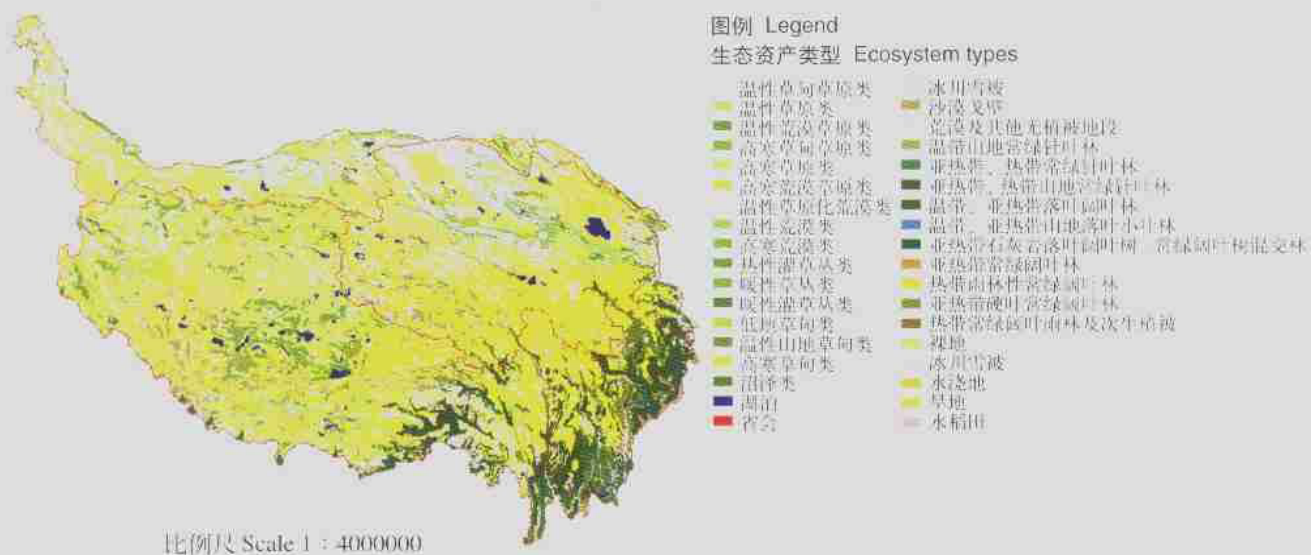
#### 参考文献:

- [1] 中国科学院青藏高原科学考察队. 西藏植物志. 北京: 科学出版社, 1983~1986.
- [2] 中国科学院青藏高原科学考察队. 西藏植被. 北京: 科学出版社, 1988.
- [3] 中国科学院青藏高原科学考察队. 西藏水生无脊椎动物. 北京: 科学出版社, 1988.
- [4] 冯祚建, 蔡桂全. 西藏哺乳类. 北京: 科学出版社, 1986.
- [5] 李渤生. 青藏高原生物多样性的特点及其保护. 绿满东亚. 北京: 中国环境科学出版社, 1994. 635~662.
- [6] 《中国生物多样性国情研究报告》编写组. 中国生物多样性国情研究报告 北京: 中国环境出版社, 1998.
- [7] 罗天祥, 李文华, 冷允法, 等. 青藏高原自然植被总生物量的估算与净初级生产量的潜在分布. 地理研究, 1998, **17**(6): 338~344.
- [8] 罗天祥, 李文华, 罗辑, 等. 青藏高原主要植被类型生物生产量的比较研究. 生态学报, 1999, **19**(6): 324~331.
- [10] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 中国陆地生态系碳库. 见王如松, 方精云等编: 现代生态学的热点问题研究(上册). 北京: 中国科学技术出版社, 1996. 251~277.
- [11] 房昌琳. 青海云杉天然次生林生物量和生产量的初步研究. 青海大学学报, 1991, **9**(1): 71~78
- [12] 黄德华. 内蒙古锡林河中游不同类型草原根系生物量的比较研究. 植物学集刊(第2集). 北京: 科学出版社, 1987. 67~82.
- [13] 杨福囿, 等. 矮嵩草草甸生物量季节动态与年间动态. 中国科学院西北高原生物研究所编. 高寒草甸生态系统国际学术讨论会论文集. 北京: 科学出版社, 1988. 61~71.
- [14] 朱志诚, 等. 陕北黄土高原白羊草群落生物量初步研究. 植物学报, 1992, **34**(10): 806~808.
- [16] 欧阳志云, 王如松, 杨建新, 等. 中国生物多样性间接价值评估初步研究. 见王如松, 方精云等编: 现代生态学的热点问题研究(上册). 北京: 中国科学技术出版社, 1996. 409~421.
- [17] 李金昌, 姜文来, 靳乐山, 等编著. 生态价值论. 重庆: 重庆大学出版社, 1999. 206~218.
- [18] 周晓峰, 赵惠勋, 孙慧珍. 正确评价森林水文效应. 自然资源学报, 2001, **16**(5): 420~426.
- [19] 刘世荣, 孙鹏森, 王金锡, 等. 长江上游森林植被水文功能研究. 自然资源学报, 2001, **16**(5): 451~456.
- [20] 薛达元, 包浩生, 李文华. 长白山自然保护区森林生态系统间接经济价值评估. 中国环境科学, 1997, **19**(3): 247~252.
- [21] 武素功, 冯祚建. 青藏高原生物资源的特点及其开发利用与保护. 中国青藏高原研究会第一届学术讨论会论文集. 北京: 科学出版社, 1993.



# 鲁春霞 等：青藏高原生态系统服务功能的价值评估

LU Chun-Xia, et al.: Ecosystem diversity and economic valuation of Qinghai - Tibet Plateau

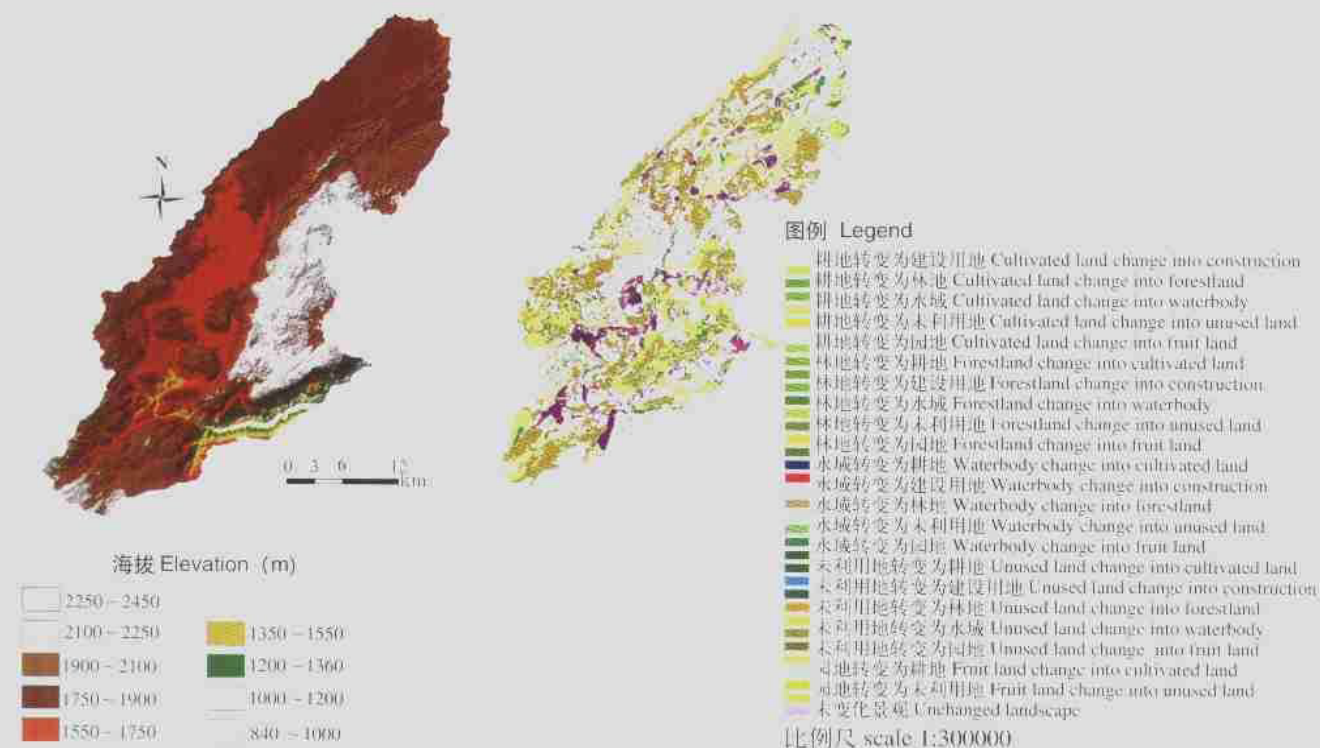


图版 I 青藏高原主要生态系统类型分布图(图例英译见文内表 1)

Plate I Ecosystem types of Qinghai - Tibet Plateau(See table 1)

# 蒋勇军 等：典型岩溶流域景观格局动态变化——以云南小江流域为例

JIANG Yong-Jun, et al.: Dynamic change analysis of landscape pattern in a typical Karst watershed :A case study of Xiaojiang watershed of Yunnan Province ,China



图版 I 小江流域位置图

Plate I Location of Xiaojiang watershed

图版 II 小江流域 1982~2003 年景观格局变化图

Plate II The landscape pattern change from 1982 to 2003 in Xiaojiang watershed of Yunnan Province