

和田河流域天然胡杨林的生态服务价值评估

杨丽雯^{1,2}, 何秉宇², 黄培祐², 努尔巴依²

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所沙坡头沙漠试验研究站, 兰州 730000; 2. 新疆大学资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046)

摘要:胡杨林是干旱或荒漠地区的一种特有植被, 它的生存对改善干旱或荒漠地区的生态环境有重要作用。以分布于塔里木河三源流之一的和田河流域的天然胡杨林为研究对象, 使用影子工程法、机会成本法、水量平衡法、市场价值法等方法, 评价了天然胡杨林在有机质生产、气候调节、土壤的形成与保护等七大类间接生态服务价值和木材产品、工业原料等 2 类直接生态服务价值, 并分析计算评估结果。结果表明: 在和田河流域, 面积为 3.184 万 hm^2 的天然胡杨林生态系统服务价值平均为 6.72 亿元/a, 为整个和田地区 2002 年 GNP 的 19.02%。这一结果充分说明和田河流域天然胡杨林在减缓自然灾害、维护生态安全和社会经济发展中的不可替代的天然屏障和保障作用, 对和田绿洲乃至塔里木河流域综合治理的全局都是极为重要的。

关键词:和田河流域; 天然胡杨林; 生态系统服务价值

文章编号:1000-0933(2006)03-0681-09 **中图分类号:**S715, X176 **文献标识码:**A

Assessment of ecological service values for native *Populus euphratica* forest in Khotan watershed

YANG Li-Wen^{1,2}, HE Bing-Yu², HUANG Pei-You², Nuerbayi² (1. Shapotou Desert Experimental Research Station, Cold and Arid regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(3): 681 ~ 689.

Abstract: Riparian *Populus euphratica* forest is endemic to the arid and desert areas of China. It plays an important role in maintaining the health and stability of arid ecosystems. The aim of this paper is to better the relationship between the *P. euphratica* forest system and people and to offer a solid basis for scientific management and sustainable utilization of the *P. euphratica* forest.

In this paper, we take *P. euphratica* forest occurring in the Khotan watershed as a case study and collected the related data through filed survey. Using these data, we assess the direct and indirect ecological service values (ESVs) of the *P. euphratica* forest system, using some mathematic and physical methods and economic methods, such as market pricing method, opportunity cost method, water quantity equation method, and shadow project method.

The indirect ESVs are the production of organic matter, climate regulation, soil formation and protection, water regulation, environment purification, biodiversity conservation, and the value of recreation and culture. The direct ESVs are timber production and industrial raw material.

Results from this study showed that the average ESV of the *P. euphratica* forest system, covering an area of $3.184 \times 10^4 \text{ hm}^2$ in the study region, was 67 million Yuan per year, which accounted for 19.0% of the Khotan region's gross national production in 2002. Of the total forest's ESV, the annual value of organic matter production was 19.2 million Yuan, which accounted for 28.7%, followed by biodiversity's conservation value being 16.4 million Yuan per year, which accounted for 24.5%, and environmental purification value being 12.3 million Yuan per year, which accounted for 18.4%. Moreover, the annual values of

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40471006)

收稿日期:2004-12-12; **修订日期:**2005-10-24

作者简介:杨丽雯(1978~), 女, 新疆人, 博士生, 主要从事生态系统服务功能研究. E-mail: flowingcadence@sina.com

Foundation item: The project was supported by National Natural Science Foundation of China (No. 40401004)

Received date: 2004-12-12; **Accepted date:** 2005-10-24

Biography: YANG Li-Wen, Master candidate, mainly engaged in ecosystem service function. E-mail: flowingcadence@sina.com

climate regulation and soil formation and protection are also significant, which are 7.9 and 7.0 million Yuan and accounted for 11.7% and 10.5% of the total ESV, respectively. For the direct value of the *P. euphratica* forest system, the value of timber product is found to be 7.6 million Yuan per year and accounted for only 3.3% of the total ESV, which was different from people's normal thinking. Our results also showed that the economic value is much higher than its investment, and the indirect value is several times higher than the direct value. Thus, we should pay much attention to the forest's ecosystem service functions in developing forest's management practices in river origins, as in the case of the *P. euphratica* forest ecosystem in the Khotan's watershed. We hope that our study could stimulate more investigation on the assessment of local *P. euphratica* forests in order to have a better understanding of ecological functions of riparian forests in the arid and desert regions of northwest China.

Key words: Khotan watershed; ESV; *Populus euphratica* forest

生态系统服务的内容广泛而丰富,自 Ehrlich^[1]首次提出以来,就已引起生态学界的重视,Westman^[2]、Cairns^[3]、Costanza^[4]等先后发表文章加以论述。生态系统服务一般是指生命支持功能(如净化、循环、再生等),而不包括生态系统功能和生态系系统提供的产品。随着市场经济的发展,更多人主张生态系统服务应包括产品。Costanza 等把生态系统提供的商品和服务统称为生态系统服务^[4]。森林生态系统服务功能是指森林生态系统及其生态过程为人类提供的自然环境条件及效用^[5]。

Constanza 等在世界上最先开展了对全球生物圈生态系统服务价值的估算。Pimentel^[6]等对国际上有关自然资本与生态系统服务价值的研究结果进行了汇总分析,对世界生物多样性与美国生物多样性的经济价值开展了比较研究。森林生态系统的价值评估研究最早引起国际研究者的关注^[7-9];国际上对湿地生态系统的管理与服务的价值评估开展得较早^[10]。除了对生态系统的现存服务价值进行评估外,国际上还开展了对受损生态系统恢复及其生态经济价值研究^[11]。

国内对生态系统服务的价值研究才刚刚起步,但生态系统服务功能及其价值的评估已经引起了国内研究人员的重视,已经开展了对全国、区域生态系统服务价值的计算评价,以及对单个生态系统的服务价值与生态系统单项服务价值的评估^[12,13]。

胡杨是杨属中最古老的一种,因其耐高温和耐盐碱等特性而显著区别于其它种杨树。胡杨主要分布区是中亚、西亚和地中海地区^[14]。目前全世界最大的胡杨天然林集中在我国新疆和哈萨克斯坦(见表 1)。新疆胡杨的分布面积占全国的 91.1%,其中 89.1%的胡杨又分布于塔里木盆地^[15](见表 2)。本文的研究对象是塔里木盆地胡杨的一部分。

表 1 胡杨林在世界各国的分布和面积^[15] (hm²)

Table 1 The distribution and area of <i>Populus euphratica</i> forest in the world ^[15] (hm ²)										
国别 Nation	中国 China	前苏联 Former Russian	伊朗 Iran	伊拉克 Iraq	叙利亚 Syria	土耳其 Turkey	巴基斯坦 Pakistan	西班牙 Spain	其他 Other	合计 Total
面积 Acreage (hm ²)	395200	200000*	20000	20000	5818	4900	2800	< 0.1		648719
百分率 Proportion (%)	61.0	30.8	3.1	3.1	0.9	0.8	0.4			100

* 估计数字 Approximate figure

表 2 胡杨林在中国分布的地点和面积^[15] (hm²)

Table 2 The distribution site and area of <i>Populus euphratica</i> forest in China ^[15] (hm ²)						
地点 Site	新疆 Sinkiang		内蒙古西部 West Inner Mongolian	甘肃西部 West Dulcin	青海及宁夏 Qinghai and Ningxia	总计 Total
	塔里木盆地 Tarim Basin	准格尔盆地 Junggar Basin				
面积 Acreage (hm ²)	35200	8000	20000	15000	零星分布	395200
百分率 Proportion (%)	89.1	2.0	5.1	3.8		100

由于人为干扰,很多国家的胡杨林已遭到严重破坏,只剩下稀疏的残林了。新疆塔里木河流域是目前全世界最大的一片天然胡杨林,面积 35.2 万 hm²,其中,仍保存有未受人类干扰的原始胡杨林。

南疆荒漠地带,自然生态条件极端恶劣,胡杨被誉为荒漠中的“英雄树”。胡杨森林群落是南疆河谷荒漠地带独特的森林生态系统,在维护荒漠脆弱的生态平衡中起着十分重要的作用^[16]。定量评价胡杨森林生态系统的生态服务价值,有助于深入认识胡杨森林生态系统的重要性,加强对胡杨林生态系统的保护,保证其生态服务功能的正常发挥,并为森林的合理经营、永续利用提供科学依据。

1 研究区概况

1.1 自然地理概况

和田河流域位于塔克拉玛干沙漠南缘、昆仑山的北麓,地理位置介于东经 77°25′~81°43′,北纬 34°28′~40°28′。流域土地总面积 48870 km²,行政区包括和田市、和田县、墨玉县、洛浦县及新疆生产建设兵团 47 团、皮山县、阿克苏地区的阿瓦提县一部分。流域东邻克里雅河流域,南以昆仑山、喀喇昆仑山、西藏和克什米尔为界,西与叶尔羌河流域接壤,北入塔里木盆地腹地^①。

研究区地处欧亚大陆腹地,由于昆仑山和帕米尔高原的阻挡作用,使印度洋的暖湿气流难以进入,形成了本流域极度干旱的暖温带大陆性气候,最主要的气候特征是:降水稀少,蒸发强烈,空气干燥,光热资源充足。年均温度为 12.2℃,≥10℃积温 4797.6℃,全年日照时数 2661.7h,日照率 58%~65%,太阳总辐射量 6822.46 MJ/m²,无霜期 224d,最大冻土深度 0.7m。年均降水量 39.6mm,年均蒸发能力 2648.7mm。干燥度大于 60。春季多风或浮尘天气,偶有沙尘暴,平均风速 2.1m/s,多年平均沙尘天气 32.9d,平均大风天数 11.5d,并集中出现在 4 月中旬至 6 月上旬,主要风向向西或西北。大风都伴有沙尘,破坏性较大。秋季降温较快,冬季雪少不严寒,1 月份平均温度 -5.6℃,极端最低温度 -24.6℃^②。

1.2 流域森林资源现状

和田河两岸的胡杨林资源比较丰富,现有天然胡杨林 3.18 万 hm²,胡杨疏林地 3.4 万 hm²,柽柳灌木林 2.23 万 hm²,三者即为和田河流域森林的主体部分。另外,流域还有人工林(杨树)2.22 万 hm²,未成林地 1.45 万 hm²,宜林地 12.34 万 hm²,苗圃地 0.027 万 hm²,灌丛地(主要是柽柳)1.09 万 hm²^③。

近年来,由于垦伐、经济开发活动、资源的滥用,已造成流域下游以胡杨为主的森林植被的严重衰退。本文主要研究分布于墨玉县、和田市、和田县和洛浦县的天然胡杨林地,总计 3.184 万 hm²,占和田河流域现有天然林地 32.12%。

2 计算方法

对生态系统服务评价的方法主要有两种,一是物质质量评价法(PAM),另一类是价值量评价法(VAM)。赵景柱等曾对这两种方法进行过客观的比较分析^[17]。物质质量评价法主要是从物质质量的角度对生态系统提供的服务进行整体评价,而价值量评价法主要是价值量的角度对生态系统提供的服务进行整体评价^[18]。本文将两种方法相结合对流域森林生态系统服务价值进行评估。

(1) 固定 CO₂ 的量

$$Q(t) = A(t) - R_d(t) - R_s(t)^{[18]}$$

式中, Q 为 CO₂ 的固定量(t/(hm²·a)); A 为净第一生产力所同化的 CO₂ 量(t/(hm²·a)); R_d 为凋落物层呼吸释放的 CO₂ 量(t/(hm²·a)); R_s 为土壤呼吸释放 CO₂ 量(t/(hm²·a))。

(2) 水分调节(涵养水源) 采用水量平衡法计算出森林涵养水源的量,再运用影子工程法^[12],评价森林对水源涵养的经济价值^[19]:

$$W = (R - E) \cdot A = \theta R \cdot A$$

式中, W 为涵养水源量(m³/a), R 为平均降雨量(mm/a); E 为平均蒸发量(mm/a); A 为研究区面积(hm²), θ 为

① 和田河流域管理局,和田河流域节水改造工程五年实施方案,2002 年 11 月

② 和田地区农业局农业科技开发中心,和田河流域中低产田土壤综合治理报告,2003 年 8 月

③ 和田地区人民政府,新疆林业勘察设计院,和田地区森林分类区划定界报告,和田地区各县市国家重点公益林面积一览表,2002 年 11 月

径流系数。

(3)净化水质价值 森林的净化水体的价值为森林去除营养盐和重金属的价值之和^[20]。由于资料和数据有限,本文运用工业成本法,计算了胡杨林去除营养盐的价值^[20]。根据如下公式计算:

$$E_i = E_j \times P_j = \text{Max} \{ T_j / N_j \% \} \times P_j$$

式中, E_i 为森林净化 N、P 的价值(元/a); E_j 为森林净化河流污水的量(t/a); P_j 为污水处理厂去除污水的单位费用价格(元/t); T_j 为森林去除 N、P 的量; $N_j \%$ 为河流污水中的 N、P 的含量; $T_j / N_j \%$ 的最大值为森林净化河流污水的总量即 E_j 。

(4)森林生态旅游的服务价值 和田河流域天然胡杨林现已全面封育,只能估计它的潜在生态旅游服务价值^[18]。采用如下公式:

$$P_a(t) = TV(t) + P_b(t) + \int_0^{P_m} Y(x) dx(t)^{[18]}$$

式中, P_a 为森林生态系统生态旅游服务价值; TV 为旅行费用支出; P_b 为旅游时间价值; P_m 为增加费用最大值; $Y(x)$ 为费用与旅游人次的函数关系; Y 为增加费用; x 为旅游人次; t 为年度。

3 结果(见表3)分析与讨论

3.1 直接价值

3.1.1 生产有机质 以和田河流域天然胡杨林的年生物生长总量 $7.58 \times 10^4 \text{ t}^{[21]}$ 与有机质参数 2.339 相乘^[22],得到和田河流域天然林有机质生产的价值为 1.77×10^8 元,占全部服务价值的 28.65%。

表3 和田河流域天然胡杨林生态服务价值计算评估结果(10^8 元)

Table 3 Methods and results of ESV of *Populus euphratica* forest in Khotan watershed(10^8 yuan)

	生态服务类型 Ecosystem service	生态服务效益 Ecosystem function	生态服务价值 ESV	生态服务终值 ESV compound interest	小计 Sum
间接价值 Indirect value	1 有机质的生产 Biomass production		1.77	1.92	1.92
		维持大气中 CO_2 与 O_2 的平衡 Balance CO_2/O_2	0.09 ~ 0.42 0.32 ~ 0.36	0.11 ~ 0.55 0.42 ~ 0.47	
	2 气候调节 Climate regulation	增加降水 Increasing precipitation	0.009	0.013	0.543 ~ 1.03
		营养物质的循环与贮存 Nutrient cycling and storage	0.0134	0.0153	
	3 土壤的形成与保护 Soil formation and protection	水土保持 Water and soil retention	0.47	0.55	0.70
	4 水分调节 Water regulation	防风固沙 Windbreak and sand fixation	0.1433	0.1511	
	5 对环境污染的净化 Environmental purification	涵养水源 Water conservation	0.0372	0.0526	
		净化空气 air purification	0.959	1.1627	1.23
		净化水质 Water purification	0.0136	0.01513	
	6 生物多样性的维持 Biodiversity conservation	动物栖息地 Animal habitat	0.05	0.0585	
		增加生物多样性 Increasing biodiversity	1.35	1.58	1.64
		生物控制 Bio-control	0.0016	0.0020	
直接价值 Direct value	7 娱乐文化价值 Recreation and culture	科研文化价值 Scientific	0.063	0.066	
		森林生态旅游服务 Tour	0.1214	0.1214	0.1874
合计 Total	8 木材产品 Timber		0.758	0.758	
	9 工业原料 Industrial raw material	胡杨碱 Alkali	0.00232134	0.00232134	0.76
			5.70 ~ 5.88	6.63 ~ 6.81	6.63 ~ 6.81

生态系统的生态服务功能大小与生态系统的生物量有密切关系,一般来说,生物量越大,生态服务功能越强^[23]。胡杨林是我国西北最干旱地区的一个极盛的荒漠森林生态系统,也是荒漠地带唯一能构成乔木状的森林类型,它的生物生产力比荒漠地区任何植被类型都要高^[24],所以此项服务的价值很高。

3.1.2 调节气候

(1)固定 CO_2 和制造氧气 森林生态系统通过光合作用和呼吸作用使大气中的 CO_2 和 O_2 达到动态平衡,

减少温室效应,减缓全球变暖的趋势^[25]。本文以有机物生产为基础,根据光合作用和呼吸作用的反应方程式得到天然胡杨林每年固定 CO_2 的量 $1.21 \times 10^8 \text{ kg}$,根据造林成本法^[26]和碳税法^[26]分别计算其价值为 0.11×10^8 元和 0.55×10^8 元。用同样的方法计算得到胡杨林每年释放的 O_2 的总量 $0.91 \times 10^8 \text{ kg}$,运用造林成本法^[26]与工业制氧影子价格法^[26]估算其价值分别为 0.32×10^8 元和 0.36×10^8 元。

(2)增加降水产生的价值 森林改变了地表下垫面的状态,使空气的运动方式发生改变,能明显降低风速和减缓大气温度的波动,减少下垫面的反射率,提高空气湿度,增加降水 $10\% \sim 30\%$ ^[27],明显改善局部气候。以研究区多年平均降水量 39.6 mm 和森林增加降水的下限值 10% 为基础,利用影子工程法^[12]计算水价,得出其价值为 0.009×10^8 元。

上述两项计算结果之和为气候调节价值,平均为 0.79 亿元,占流域森林生态系统全部服务价值的 11.74% 。

3.1.3 土壤的形成与保护

(1)养分循环与积累价值 根据中国森林 N、P、K 含量平均参数^[22]推算,和田河流域天然胡杨林每年吸收的营养物质的量为 525 t ,再以中国市场化肥的平均销售价格 2549 元/t ^[26]计算,得到天然胡杨林每年新吸收养分价值为 0.0134×10^8 元。

(2)保护土壤价值 天然胡杨林保护土壤的价值可用无林地条件下土壤侵蚀和土壤肥力丧失的经济损失量替代。根据我国土壤侵蚀的研究的有关成果^[28-31],推算出和田河流域每年潜在的土壤侵蚀量为 $10.18 \times 10^6 \text{ t}$ 。实际的侵蚀量是 $0.25 \times 10^6 \text{ t}$,这样流域森林每年减少的土壤侵蚀量是 $9.93 \times 10^6 \text{ t}$ 。若以流域森林每年减少土壤侵蚀量 $9.93 \times 10^6 \text{ t}$ 计算,则每年减少土地损失面积 1528 hm^2 。采用土地的机会成本来估计森林减少土地废弃面积损失的经济价值为 0.00403×10^8 元;每年减少的土壤中的全 N、全 P 的损失的经济价值是 0.4277×10^8 元;再用影子工程法计算^[12]得到减少土壤侵蚀流失的泥沙淤积的经济价值为 0.034×10^8 元。

(3)防风固沙价值 以人工固沙造田成本 450 元/hm^2 ^[32]为基础,计算得到此项服务价值是 0.1433×10^8 元。

以上三者之和为流域天然林生态系统每年的土壤形成和保护的价值,即 0.47×10^8 元,占流域森林全部生态服务价值的 10.45% 。

森林具有巨大的水土保持功能,一方面可以减少地表径流而减轻对土壤的冲刷力,同时还可改良土壤的抗蚀性,而林木根系又能固结土壤,增强土壤的抗冲性,因此森林在防止水土流失中具有重要作用^[33]。森林还具有防风固沙的功能,在防风范围内,风速减低 $20\% \sim 50\%$,可将灾害性的风变成小风、微风。乔木、灌木、草的根系可以固着土壤颗粒,防止其沙化,或者把被固定的沙土经过生物作用改变成具有一定肥力的土壤^[34]。研究区的自然生态条件极端恶劣,胡杨林的水土保持的功能在维护和田绿洲的繁荣与稳定方面的作用更为突出。

3.1.4 水分调节(涵养水源) 森林素有“绿色水库”之称,涵养水源是森林生态系统的—个主要功能。森林涵养水源的功能是由林冠的降雨截留、枯枝落叶层及森林土壤的持水功能构成的,这些功能在削减洪峰流量、滞后洪涝时间及枯水季节的水源补给方面有显著的作用^[33]。森林涵养水源价值主要表现在增加有效水量、改善水质和调节径流等方面。由于资料的原因,本文水分调节的价值主要是指森林涵养水源的价值,计算了胡杨林对降水涵养的价值。

以我国森林年蒸散量的平均值 56% ^[35]为评估依据,那么流域天然胡杨林径流系数为 0.44 ,整个流域年降水量多年平均值 39.6 mm ,则流域天然胡杨林生态系统每年涵养水源量为 $55.48 \times 10^3 \text{ m}^3$,涵养水源的价值是 0.0372×10^8 元,占流域森林全部生态服务价值的 0.78% 。

4.1.5 对环境污染的净化

(1) SO_2 的降解价值 森林平均吸收 SO_2 的能力为 215.6 kg/hm^2 ,每削减 100 tSO_2 投资为 5 万元^[26],运行费用 1 万元/ $(\text{t} \cdot \text{a})$ ^[26],三者相乘可得流域森林的吸收作用所节约的费用是 0.412×10^8 元。

(2)对降尘和飘尘的滞留过滤 本文采用阔叶林的滞尘能力值^[26]推算出天然胡杨林每年对降尘和飘尘

的滞留过滤量为 $3.22 \times 10^5 \text{ t}$, 削减粉尘的成本为 170 元/ $\text{t}^{[26]}$, 因此流域天然林此项服务的价值即为 0.547×10^8 元。

天然胡杨林净化空气的价值为上述两项价值之和 0.959×10^8 元。

(3) 净化水质 目前国家二级污水处理厂处理污水的成本为 1600 ~ 3300 元/ 10^4 t (包括吨水运行费、吨水污泥处理运行费等), P_j 取平均价值为 2450 元/ $10^4 \text{ t}^{[20]}$, 可得此项服务的价值 0.0136×10^8 元。

上述 3 项计算结果相加为胡杨林对环境污染的净化价值, 为 1.23 亿元, 占流域森林全部生态系统服务价值的 18.35%, 在整个流域森林生态系统服务价值中是比较突出的一项。这是因为和田地区地处亚欧大陆腹地, 塔克拉玛干沙漠南缘, 全区被沙漠戈壁分割成大小不等的 203 块绿洲。沙漠戈壁占 56%, 荒山秃岭占 40%, 绿洲仅占 3.96%^[36], 在地理位置上形成了全国沙尘暴多发地带。另外和田地区地表土质疏松, 植被稀少, 气候干燥, 相对湿度小, 易于扬尘的地表面积大, 这为沙尘天气的发生提供了客观的物质条件^[36], 是我国浮尘、降尘最严重的地区^[37]。而胡杨树叶表面绒毛能分泌粘液、油脂, 可吸附大量的降尘和飘尘^[38]。蒙尘的叶片经过雨水冲洗后, 又能继续拦阻尘埃。胡杨还可以吸收 SO_2 , 使树体内含硫量不断增加, 明显减少空气中 SO_2 的含量。同时胡杨林还可净化水质, 减少当地传染性肠道疾病的发病率。这些功能作用对研究区的居民健康非常有益, 也有利于祖国边疆的稳定与繁荣。

3.1.6 生物多样性的维持

(1) 动物栖息地价值 使用影子工程法将和田河流域天然胡杨林视作一个大型动物园^[39], 根据价值工程的廉价原则, 以 10000 万元为投资额, 按 5%^[39] 的年利率计算, 得此项服务的价值 0.05×10^8 元。

(2) 增加生物多样性的价值 研究资料表明, 森林采伐造成的游憩及生物多样性的价值损失为 400 美元/ hm^2 , 全球社会对保护我国森林资源的支付意愿为 112 美元/ hm^2 ^[40], 以此为基础, 算得和田河流域天然林生态系统动物栖息地的价值为 1.35×10^8 元。

(3) 生物控制(林地病虫害防治价值) 用替代花费法来计算。采用 1995 年平均全国林地防治费用(3.57 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$) 的略高值 5 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ^{[39][40]} 计算得到和田河流域天然林生态系统防治病虫害的价值是 0.001592×10^8 元。

从上述评价可以看出, 胡杨林的生物多样性的维持价值比较高, 为 1.64 亿元, 占流域森林生态系统全部服务价值的 24.47%。这是因为和田河中下游地区植物组成成分是比较简单的, 种类也较少。据新疆和田河考察队实地考察(不完全统计), 采集和记载的种类共有 23 科 52 属 65 种^[41]。注意到它是一条横穿大沙漠的河流, 处在极端干旱、少雨的荒漠地区, 且中下游是一条间歇性河流, 每年只有 3 个月的洪水期有水, 其余时间干涸, 这样看来, 有 60 种以上的植物种类不算少, 这对于生物物种贫乏的整个南疆平原来说是非常重要的。目前动物以中游和河口一带水草丰茂区较多。据调查统计, 在河口一带有鸟类 51 种, 禽类 15 种, 两栖爬虫类 6 种, 鱼类 9 种; 而穿过沙漠 300 多千米的下游地区仅有鸟类 25 种, 兽类 14 种, 两栖爬虫类 5 种, 鱼类 7 种。除此之外, 脊椎动物资源相对丰富, 许多已被列为国家级保护动物^[41]。

3.1.7 娱乐文化价值

(1) 文化科研价值 采用我国单位面积生态系统的平均科研价值^[20] 和 Costanza^[4] 等人对全球温带森林生态系统科研文化功能价值的平均值 199 元/ hm^2 , 作为计算依据, 得到此项服务的价值为 0.063×10^8 元。

(2) 森林生态旅游服务价值 根据作者 2003 年在和田市旅游局取得的相关资料, 算得和田河流域天然胡杨林的生态旅游服务价值是 0.121378×10^8 元/a。

森林是理想的天然基因库和试验地, 具有很高的文化科研价值。森林的生态旅游集生态、经济和社会效益于一身, 有其它产业不可比拟的效益优势。发展森林旅游业可以直接加强对森林的保护和管理, 培养全社会爱林护林的良好风尚; 另外兴建森林公园, 为丰富人们的精神生活提供了理想的活动场所, 提高了森林资源的综合利用效益, 是发展创汇林业的一条重要途径。但是森林的生态效益只能以活立木的形式发挥, 一旦被采伐, 生态效益就不复存在了。

3.2 直接价值

3.2.1 木材价值 和田河流域天然胡杨林每年的木材净蓄积量为 75800t,目前和田市场上胡杨木材的平均价格是 600 元/m³,则流域天然胡杨林森林生态系统木材产品的潜在价值为 0.758×10^8 元。

3.2.2 工业原料价值 胡杨的树干、枝、叶可提取胡杨碱——碳酸氢钠(苏打)^[38],是当地人民的主要食用碱,也可用来洗衣物。唐代的《新修本草》还将它列为一种药物。其实,这种碱是从地下转移到地上来的,完成这种转移的就是胡杨,它是胡杨适应生理干旱的一种手段^[38]。利用市场价值法,算得此项服务的价值为 0.0023×10^8 亿元。

胡杨林的直接经济价值,远远低于其总的间接服务价值,甚至低于其单项间接服务价值,如有机质生产、气候调节、生物多样性的调节等,只占流域胡杨林生态系统全部生态服务价值的 3.3%,这与人们固有的观念显著不同。可见,在江河的源头进行林业经营时,应重点关注其森林生态系统的生态服务功能(森林的质量经营和森林的生态效益经营)的保护,直接价值只是其中很小的一部分。

综上所述,森林的生态服务价值是巨大的。面积仅为 3.184 万 hm²(占整个和田地区总面积的 0.13%)的天然胡杨林的生态服务价值平均值为 6.72 亿元/a,是 2002 年全和田地区国民生产总值的 19.02%。除此之外,森林还具有低投入、高产出、高效益的特征。根据作者的实地调查,每亩胡杨林每年的总维护成本是 10 元,那么流域胡杨林每年总投入是 0.048 亿元的资金,可产生直接经济价值为 0.76 亿元,间接经济价值 5.96 亿元,它们的比是 1:16:124。

森林生态系统服务是地球贡献于人类福利的一个重要部分,人类必须在自己的决策过程中对提供这些服务的森林的存量给予足够的权重^[18]。但是现有的国民经济核算体系,是以国内生产总值(GDP)为中心的,森林资源砍伐越多,对 GDP 的贡献越大,造成了社会经济活动中,只注重森林的直接经济价值忽视其巨大的生态效益的一些短期行为。这些短期行为不仅导致林地逆转、生产力低下、木材质量下降和病虫害蔓延等森林退化的结果,而且对整个生态系统也产生了长远的不利影响^[42]。应尽快改革现有国民经济核算体系,将环境资源纳入国民经济核算范围,全面表述自然环境和经济活动之间的交互关系,测定资源的总量与结构,计量经济成果的环境成本^[43],建立起绿色国民经济核算体系。

和田河是塔克拉玛干沙漠中现代唯一一条穿越沙漠与塔里木河交汇的河流,河两岸以胡杨为主的森林植被,生长在生态环境极端严酷的塔克拉玛干沙漠之中,南北长达 380km,形成一条连绵不断的绿色长廊,是经历长期严酷环境中生存适应而造就的类群,适应性极为独特。尽管植被组成种类少,盖度较低,但能在如此恶劣的环境中顽强生存,形成多种类型群落,构建了荒漠生态系统的骨骼,对抵御风沙等自然灾害、稳地干旱区生境,起着不容忽视的作用。在当地气候不出现历史性的强烈变化的前提下,流域森林将能在现状的生境中持续存在,因而对于干旱区生境的稳定将继续起作用^[16],它的重要性不亚于塔里木河下游的绿色走廊^[40]。目前由于上游人口激增,农业、工业和城市用水不断上升,和田河穿越塔克拉玛干沙漠汇入塔里木河的水量大量减少,导致和田河下游大量的胡杨林死亡和沙柳衰亡,不仅威胁到和田河中游绿洲的稳定,还对塔里木河下游的河流流程缩短、大量的胡杨林死亡和土地沙化等生态环境问题也产生了一定的影响,这应引起各级政府和相关部门的充分重视。

受科学技术研究水平、计量方法和研究手段的限制,本文对和田河流域天然胡杨林生态系统服务功能的评价是部分的,但文中计算的几种生态功能的价值,应该说构成了中国当前社会经济条件下,胡杨林生态系统的主要服务价值。这一数值清楚地说明了流域森林生态系统在维系和促进流域社会经济可持续发展中的巨大作用,而且由于和田河流域的特殊地理位置以及今后经济的发展需要,其生态系统服务功能将会发挥更大的作用。所以必须加强对流域森林生态系统功能的保护,特别重视对其受损生态系统服务功能的恢复。

References:

- [1] Ehrlich P R. Human Population and the global environment. Science, 1974, 62: 282 ~ 292.
- [2] Westman W. How much are nature's services worth? Science, 1977, 197: 960 ~ 961.

- [3] Carins J. Protecting the delivery of ecosystem services. *Ecosystem Health*, 1997, 3(3):185 ~ 194.
- [4] Constanza R, Rudolf de Groot, *et al.* The value of the world's ecosystem service and natural capital. *Nature*, 1997, 387:253 ~ 260.
- [5] Yu X X, Qin Y S, Chen L H, *et al.* The forest ecosystem services and their valuation of Beijing mountain areas. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(05): 783 ~ 786.
- [6] Xiao Y, Xie G D, An K. The function and economic value of soil conservation of ecosystems in Qinghai-Tibet Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23 (11):2367 ~ 2378.
- [7] Pimentel D, Harvey C, Resosudarmo P. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 1995, 267:1117 ~ 1123.
- [8] Peters C A, Gentry A H, Mendelsohn R O. Valuation of an Amazonian rainforest. *Nature*, 1989, 339:655 ~ 656.
- [9] Tobias D, Mendelsohn R. Valuing ecotourism in tropical rain forest reserve. *Ambio*, 1991, 20:91 ~ 93.
- [10] Barbier E B, Burgess J C, Markandya A. The economics of tropical forestation. *Ambio*, 1991, 20(2): 55 ~ 58.
- [11] Loomis J B, Kent P, Strange L, *et al.* Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey. *Ecological Economics*, 33(2000): 103 ~ 117.
- [12] 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.
- [13] Chen Z X, Zhang X S. The value of ecosystem services in China. *Chinese Science Bulletin*, 2000, 45(1):17 ~ 22.
- [14] Wang S J, Chen B H, Li H Q. *Populus euphratica* forest. Beijing: China Environmental Science Press, 1995. 141 ~ 144.
- [15] Wang S J. The present conditions and protection and restoration countermeasure of World *Populus euphratica* forest. *World Forestry Research*, 1996, 9(6): 37 ~ 44.
- [16] Huang P Y. Excused irrigation vegetation in arid area and its restoration. Beijing: Science Press, 2002. 65 ~ 74.
- [17] Zhao J Z, Xiao H, *et al.* Comparison analysis on physical and assessment methods for ecosystem's services. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11 (2): 290 ~ 292.
- [18] Wu G, Xiao H, Zhao J Z, *et al.* Forest ecosystem services in Changbai Mountain. *Science in China (Series C)*, 2001, 31(5): 471 ~ 480.
- [19] Xiao H, Ouyang Z Y, Zhao J Z, *et al.* Forest ecosystem services and their ecological valuation——A case study of Tropical Forest in JiangFengLing of Hainan Island. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(4):481 ~ 484.
- [20] Wu L L, Lu J J, Tong C F, *et al.* Valuation of wetland ecosystem services in the Yangtze River estuary. *Resources and Environment in the Yantze Basin*, 2003, 12(5):411 ~ 415.
- [21] Feng Z W, Wang X K, Wu G, *et al.* Biomass and Productivity of China forest ecosystem. Beijing: Science Press, 1999.
- [22] Yu Y W, Wu J S, Ke H H, *et al.* The study on ecological system economical value of Commonweal Forest in CangNan County. *East China Forest Management*, 2001, 3(15):42 ~ 45.
- [23] Li B, Yang C, Lin P. *Ecology*. Beijing: Higher Education Press, 2000. 263.
- [24] Chen B H, Li H Q, Liu J G. Bio-quantity study of natural *Populus euphratica* forest in the Middle reaches of Tarim river. *Journal of Xinjiang Forestry Science and Technology*, 1984(3):8 ~ 16.
- [25] Zhang S H, Zhu Z, Li J H. Ecological benefits of Changbai Mountain forest reserves: the Case of WangQing forest. *Resources Science*, 2002, 24(6): 74 ~ 79.
- [26] State Bureau of Environmental Protection of China. Report of Bio-diversity in China. Beijing: China Environmental Science Press, 1998
- [27] Wang S S. Forest environmental benefit evaluation in Liaoning Province. *Forests Economy*, 1999, 9(1):47 ~ 51.
- [28] Jiang H Y, Wang Q B, Guan S N. Assessment of forests soil protection in the region of east Liaoning Province. *Journal of Liaoning Forestry Science and Technology*, 2003(6):16 ~ 18.
- [29] Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H. A primary study on Chinese terrestrial ecosystem services and their economic values. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 9 (5): 607 ~ 613.
- [30] Wang Q X, Sun G N, Ren Z Y. Calculation on vegetation's soil and fertilization conservation benefits in Weiwei plateau. *Resources Science*, 2002, 24 (5):58 ~ 63.
- [31] Qin S, Xiong H G, Xu C C, *et al.* Xinjiang terreatrial ecosystem services and rough estimate on their ecological-economic values. *Journal of Xinjiang University (Natural Science Edition)*, 2004, 21(1): 38 ~ 44.
- [32] Lang P M. Analysis of general forest ecological benefits monetary spatial model. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(7): 1356 ~ 1362.
- [33] Chen G Q, Kang X G. The assessment of ecological value and its adjustment of Wudaohe forestry. *Journal of Beijing Forestry University*, 2003, 03(23): 56 ~ 59.
- [34] Yang J P. Discuss of the forest ecosystem's effects on economy. *Forests Economy*, 1999(04):1 ~ 5.
- [35] Mao Y W, *et al.* Data Manual of Resource and Environment. Beijing: Chinese Scientific & Technological Press, 1992
- [36] Song J K. Impact and countermeasure of sanddust weather on air pollution in Hetian city. *Arid Environment Monitoring*, 2003, 4(17): 227 ~ 229.
- [37] Guan X, Li Q Y, Wen Q, *et al.* Study of the relationship among airborne dirt, raising sand, sandstorm and dustfall in Hotan. *Research of Environmental Science*, 2000, 6(13):1 ~ 4.
- [38] Qin R C. Some questions about *Populus euphratica* and *Balsamiflua euphratica* forest. *Sinkiang Uigar Autonomous Region Natural Conditions Papers*

Collection. Beijing: Science Press, 1959. 172 ~ 190.

- [39] Han W D, Gao X M, Lu CY, *et al.* The assessment on ecological value of mangrove eco-system in China. *Ecologic Science*, 2000, 19(1): 41 ~ 46.
- [40] The International Cooperation Committee of Chinese Environment and Development. *The Pricing Research on Chinese Natural Resource*. Beijing: China Environmental Science Press, 1997.
- [41] Xinjiang Khotan Investigation Group. *Complex Research Report of Agriculture Resources in the middle and lower reaches of Khotan River*. Sinkiang Uigar Autonomous Region Agriculture Programming Bureau, 1985. 134 ~ 150.
- [42] Li J M, Fei Y, Wang H B, *et al.* Analysis on economical loss of the damage of forests in Yunnan Province. *Yunnan Environment Science*, 1999, 4(18): 25 ~ 31.
- [43] Gao S P, Xue J H. The present researching condition of monetary asscessment of ecological commonweal of forests and problems. *World Forests Research*, 2002, 04(15): 24 ~ 29.

参考文献:

- [5] 于新晓, 秦永胜, 陈丽华, 等. 北京山地森林生态系统服务功能及其价值初步研究. *生态学报*, 2002, 22(5): 783 ~ 786.
- [6] 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. *生态学报*, 2003, 22(11): 2368 ~ 2378.
- [12] 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.
- [13] 陈仲新, 张新时. 中国生态效益的价值. *科学通报*, 2000, (45): 17 ~ 22.
- [14] 王世绩, 陈炳号, 李护群. 胡杨林. 北京: 中国环境科学出版社, 1995. 141 ~ 144.
- [15] 王世绩. 全球胡杨林的现状及保护和恢复对策. *世界林业研究*, 1996, 9(6): 37 ~ 44.
- [16] 黄培祐. 干旱区荒漠植被及其恢复. 北京: 科学出版社, 2002. 64 ~ 74.
- [17] 赵景柱, 肖寒, 吴钢. 生态系统的物质质量与价值量评价方法的比较分析. *应用生态学报*, 2000, 11(2): 290 ~ 292.
- [18] 吴钢, 肖寒, 赵景柱, 等. 长白山森林生态系统服务功能. *中国科学(C 辑)*, 2001, 31(5): 471 ~ 480.
- [19] 肖寒, 欧阳志云, 赵景柱, 等. 森林生态系统服务功能及其生态价值评估初探——以海南尖峰岭热带森林为例. *应用生态学报*, 2000, 11(4): 481 ~ 484.
- [20] 吴玲玲, 陆健健, 董春富, 等. 长江口湿地生态系统服务功能价值的评估. *长江流域资源与环境* 2003(12): 411 ~ 415.
- [21] 冯宗炜, 王效科, 吴钢, 等. 中国森林生态系统的生物量和生产力. 北京: 科学出版社, 1999.
- [22] 俞益武, 吴家森, 柯和佳, 等. 苍南县公益林生态系统经济价值研究. *华东森林经理*, 2001(15): 42 ~ 45.
- [23] 李博, 杨持, 林鹏. *生态学*. 北京: 高等教育出版社, 1999. 263.
- [24] 陈炳浩, 李护群, 刘建国. 新疆塔里木河中游胡杨天然林生物量研究. *新疆林业科技*, 1984(3): 8 ~ 16.
- [25] 张三焕, 朱哲, 李京花. 长白山森林生态效益资产评估研究——以汪清林区为例. *资源科学*, 2002, 06(24): 74 ~ 79.
- [26] 国家环境保护局. *中国生物多样性国别报告*. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [27] 王树森. 辽宁省森林生态效益的测评初探. *林业经济*, 1999, (1): 47 ~ 51.
- [28] 姜海燕, 王秋宾, 关胜南. 辽东地区森林保护土壤的生态效益价值估算. *辽宁林业科技*, 2003(06): 16 ~ 18.
- [29] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. *生态学报*, 1999, 09(5): 607 ~ 613.
- [30] 王秋贤, 孙根年, 任志远. 渭北高原植被保土保肥生态效益的计量研究. *资源科学*, 2002(24): 58 ~ 63.
- [31] 秦珊, 熊黑钢, 徐长春, 等. 新疆陆地生态系统服务功能及生态效益的估算. *新疆大学学报(自然科学版)*, 2004(01): 38 ~ 44.
- [32] 郎璞梅. 广义森林生态效益货币量的空间模型分析. *生态学报*, 2003, 23(7): 1356 ~ 1362.
- [33] 陈光清, 亢新刚. 五道河林场森林生态效益价值评估及调整. *北京林业大学学报*, 2003, 03(23): 56 ~ 59.
- [34] 杨继平. 试论森林生态系统在经济发展中的作用. *林业经济*, 1999(4): 1 ~ 5.
- [35] 毛永文, 等. *资源环境常用数据手册*. 北京: 中国科学技术出版社, 1992.
- [36] 宋健侃. 浅析沙尘天气对和田市大气污染的影响及对策. *干旱环境监测*, 2003, 4(17): 227 ~ 229.
- [37] 关欣, 李巧云, 文倩, 等. 和田降尘浮尘、扬沙、沙尘暴关系的研究. *环境科学研究*, 2000, 6(13): 1 ~ 4.
- [38] 秦仁昌. 关于胡杨与灰杨林的一些问题. *新疆维吾尔自治区自然条件论文集*. 北京: 科学出版社, 1959. 172 ~ 190.
- [39] 韩维栋, 高秀梅, 卢昌义, 等. 中国红树林生态系统生态价值评估. *生态科学*, 2000, 19(1): 41 ~ 46.
- [40] 中国环境与发展国际合作委员会. *中国自然资源定价研究*. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [41] 新疆和田河考察队. 和田河中下游农业资源综合考察报告. *新疆维吾尔自治区国土整治农业区划局*, 1985. 134 ~ 150.
- [42] 李俊梅, 费宇, 王宏兵, 等. 云南森林生态破坏的经济损失分析. *云南环境科学*, 1999, 4(18): 25 ~ 31.
- [43] 高素萍, 薛建辉. 森林生态效益货币评估研究现状及其存在问题. *世界林业研究*, 2002, 4(15): 24 ~ 29.