

# 商洛市生态产品价值核算 方法

中国科学院地理科学与资源研究所

2021年10月

# 一、生态产品目录清单

表 1 生态产品目录清单

一级目录	二级目录	三级目录	四级目录
生态供给服务	农业产品	谷物	玉米
			小麦
		豆类	大豆等
		油料	油菜籽、花生、松籽、乌桕、花椒籽等
		药材	天麻、丹参、山茱萸、白芨、桔梗、板蓝根、连翘、五味子、金银花、黄姜、葛根等
		蔬菜	白菜、菠菜、油菜、卷心菜、韭菜、香菜、香椿等
		水果	柑橘、梨、桃、柿子、葡萄、苹果、红枣、杏、猕猴桃等
		食用菌	香菇、木耳、羊肚菌等
		茶叶	商南泉茗、秦岭红、象园雾芽、山阳天竺翠峰等
	食用坚果	核桃、板栗等	
	林业产品	木材/林产品	木材、竹子、苗木、花椒、油茶
		园艺、花卉	牡丹花茶、牡丹籽油、花卉、盆栽类园艺等
	畜牧产品	畜禽产量	猪肉、牛肉、羊肉、禽肉等
		奶类	牛奶、羊奶
		蜂产品	蜂蜜、蜂蜡、蜂花粉
		禽蛋	鸡、鸭蛋等
	渔业产品	水产品	冷水鱼、鲟鱼、鳟鱼、大鲵、小龙虾等
	储碳量	生态系统总碳储量	土壤有机碳、植被碳
	生态能源	清洁能源发电量	风力发电、光伏发电、水力发电、生物质发电
	水资源	水资源总量	地表水资源量、地下水资源量（不包含地表地下水重复量）
生态调节服务	水土保持	减少水土流失、减少泥沙淤积、减少面源污染	
	水源涵养	涵养水源的量	
	气候调节	降温、增湿	
	水质净化	净化 COD、总氮、总磷	
	空气净化	净化 SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、粉尘	

	调蓄洪水	植被调蓄、水体调蓄	
	固碳释氧	固碳、释氧	
	空气负离子	提供负离子	
	生物多样性保护	区域生物多样性维持与保护	
生态文化服务	旅游休憩	生态旅游	

## 二、生态产品价值类型和核算方法

表 2 生态产品价值类型和核算方法

生态产品价值类型	生态产品	价值核算方法
生态供给服务	生态物质产品	农、林、牧、渔三级分类产值合计
	生态能源	风、水、光伏发电量*电价
	储碳量	(土壤有机碳储量+植被碳储量)*碳交易平均价格
	水资源量	水资源量*水资源费
生态调节服务	水源涵养	$Q_{wc} = \sum_{i=1}^n A_i \times (P_i - R_i - ET_i) \times 10^{-3}$
	水土保持	$A_c = R \times K \times L \times S \times (1 - C \times P)$
	空气净化	$V_{ep} = \sum_k \sum_i \frac{NPP_{ij}}{NPP_i} \times p_{0k} \times c_{epk}$
	水质净化	$Q_{wp} = \sum_i h_i \times A_i \times (P_v - P_i)$
	固碳释氧	$Q_{CO_2} = M_{CO_2} / M_C \times NEP$
	气候调节	$P_t = ET * \frac{62}{365} * 2453 / 3600 * P_e$ $P_w = ET * \frac{62}{365} * 46.7 / 1000 * p_e$
	生物多样性	$V_{bio} = G_{bio} \times S_c$
	提供负离子	$V = 1.314 \times 10^5 \times \sum (Q_k - 600) \times A \times \frac{H}{L} \times P \times 10^{10}$
	调蓄洪水	$V_w = \sum a \times A \times P_{25} \times c$
生态文化服务	旅游休憩	$V_{tr} = \sum I_{tri}$

### 三、生态产品价值核算方法详述

#### 1. 水源涵养

采用水量平衡方程来计算水源涵养量，主要与降水量、蒸散发、地表径流量和植被覆盖类型等因素密切相关。

$$Q_{wc} = \sum_{i=1}^n A_i \times (P_i - R_i - ET_i) \times 10^{-3}$$

式中  $Q_{wc}$  为总水源涵养量 ( $m^3/a$ );  $P_i$  为降雨量 ( $mm$ );  $R_i$  为地表径流量 ( $mm$ );  $ET_i$  为蒸散发 ( $mm$ );  $A_i$  为  $i$  类生态系统的面积;  $i$  为研究区第  $i$  类生态系统类型。

其中，地表径流 ( $R_i$ ) 由降雨量乘以地表径流系数获得，计算公式如下：

$$R_i = P \cdot \alpha$$

式中， $R$  为地表径流量 ( $mm$ );  $P$  为降雨量 ( $mm$ );  $\alpha$  为平均地表径流系数，《资源环境承载能力监测预警技术方法（试行）》报告给出了不同生态系统类型的平均径流系数。

表 3 各类型生态系统地表径流系数均值

生态系统类型	平均径流系数(%)	生态系统类型	平均径流系数(%)		
森林	常绿针叶林	4.52	水田	25	
	常绿阔叶林	4.65	农田	水浇地	18.45
	落叶针叶林	0.88	旱地	18.45	
	落叶阔叶林	2.7	聚落	城镇建设用地	45
	针阔混交林	3.52		农村聚落	30
	灌丛	4.17	沼泽	0	
草地	草甸草地	9.13	近海湿地	0	
	典型草地	3.94	湿地	内陆水体	0
	荒漠草地	18.27	河湖滩地	0	
	高寒草甸	8.2	冰雪	0	
	高寒草原	6.54	裸岩	70	
	灌丛草地	5.56	荒漠	裸地	19.72
		沙漠	23		

水源涵养价值运用市场价格法计算，即通过水源涵养量与水库建设成本来计算。

$$V_{wc} = Q_{wc} \times c_r$$

式中,  $V_{wc}$  为水源涵养价值 (元/a);  $Q_{wc}$  为核算区内总的水源涵养量 ( $m^3/a$ )  
 $c_r$  为水资源交易市场价格, 当交易市场未建立时, 以水库建设成本代替, 在商洛市取 70 元/ $m^3$  (商洛市发改委提供)。

## 2. 水土保持

运用修正的通用土壤流失方程 RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) 来估算土壤保持量, 即潜在土壤侵蚀量与现实土壤侵蚀量之差。

$$A_c = A_p - A_r$$

$$A_p = R \cdot K \cdot LS$$

$$A_r = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

$$\text{即 } A_c = R \times K \times L \times S \times (1 - C \times P)$$

为单位面积的土壤保持量 ( $t/(hm^2 \cdot a)$ );  $A_p$  表示单位面积潜在土壤侵蚀量 ( $t/(hm^2 \cdot a)$ ), 是没有植被覆盖和任何水土保持措施时的土壤侵蚀量, 即  $C=1$ ,  $P=1$ ;  $A_r$  表示单位面积实际土壤侵蚀量 ( $t/(hm^2 \cdot a)$ );  $R$  为降雨侵蚀力因子, 用多年平均降雨侵蚀力指数表示 ( $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot a)$ );  $K$  为土壤可蚀性因子, 通常用标准样方上单位降雨侵蚀力所引起的土壤流失量来表示 ( $t \cdot h/(MJ \cdot mm)$ );  $L$  为坡长因子 (无量纲),  $S$  为坡度因子 (无量纲),  $C$  为植被覆盖和管理因子 (无量纲),  $P$  为水土保持特殊因子 (无量纲)。

### 降雨侵蚀力 $R$ :

#### 方法一:

基于月平均降雨量和年平均降雨量的 Wischmeier 模型 (Angulo-Martínez, 2009), 计算公式如下:

$$R = \sum_{i=1}^{12} \left( 1.735 \times 10^{(1.5 \lg (P_i^2/P) - 0.8188)} \right)$$

式中  $P_i$ 、 $P$  分别为月降雨量、年降雨量 (mm)。计算出的  $R$  单位为 100ft·t·in/(acre·h·a), 换算为国际单位  $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot a)$  需乘以系数 17.02。

#### 方法二:

基于日降雨量资料的半月降雨侵蚀力模型。其公式如下:

$$M_i = \alpha \sum_{j=1}^k D_j^\beta$$

其中,  $M_i$  为某半月时段的降雨侵蚀力值 ( $\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ );  $D_j$  表示半月时段内第  $j$  天的侵蚀性日雨量 (要求日雨量大于等于 12mm, 否则以 0 计算, 阈值 12mm 与中国侵蚀性降雨标准一致);  $k$  表示半月时段内的天数, 半月时段的划分以每月第 15 日为界, 每月前 15 天作为一个半月时段, 该月剩下部分作为另一个半月时段, 将全年依次划分为 24 个时段。

$\alpha$ 、 $\beta$  是模型待定参数:

$$\beta = 0.8363 + \frac{18.144}{\bar{P}_{d12}} + \frac{24.455}{\bar{P}_{y12}}$$

$$\alpha = 21.586\beta^{-7.1891}$$

其中,  $\bar{P}_{d12}$  表示日雨量 12mm 以上 (包括等于 12mm) 的日平均雨量;  $\bar{P}_{y12}$  表示日雨量 12mm 以上 (包括 12mm) 的年平均雨量。

#### 土壤可蚀性因子 $K$ :

本文采用 Williams 等 (1984) 的侵蚀生产力评价模型 (EPIC), 其土壤可蚀性因子仅与土壤砂粒、粉粒、粘粒含量和土壤有机质有关, 计算公式为:

$$K = \left\{ 0.2 + 0.3 \exp \left[ 0.0256 SAN \left( 1 - \frac{SIL}{100} \right) \right] \right\} \left( \frac{SIL}{CLA + SIL} \right)^{0.3}$$

$$\times \left[ 1.0 - \frac{0.25C}{C + \exp(3.72 - 2.59C)} \right] \times$$

$$\left[ 1.0 - \frac{0.7SNI}{SNI + \exp(-5.51 + 22.9SNI)} \right] \times 0.1317$$

其中:  $SAN$ 、 $SIL$  和  $CLA$  分别为砂粒、粉粒、粘粒含量(%);  $C$  为土壤有机碳含量(%);  $SNI = 1 - SAN/100$ ; 0.1317 为美制向公制的转化系数。

#### 坡长坡度因子 $LS$ :

根据 Mc Cool 等 (1989) 和刘宝元等 (1999) 的研究, 计算公式为:

坡长因子( $L$ ):

$$L = \left( \frac{\lambda}{22.13} \right)^m$$

式中 $\lambda$ 为坡长，常数项  $m$  的计算方法如下：

$$m = \begin{cases} 0.2, & \theta \leq 1^\circ \\ 0.3, & 1^\circ < \theta \leq 3^\circ \\ 0.4, & 3^\circ < \theta \leq 5^\circ \\ 0.5, & \theta \geq 5^\circ \end{cases}, \text{ 式中 } \theta \text{ 为坡度 } (^\circ)。$$

坡度因子 ( $S$ ):

$$S = \begin{cases} 10.8 \sin \theta + 0.03, & \theta < 5^\circ \\ 16.8 \sin \theta - 0.50, & 5^\circ < \theta \leq 10^\circ \\ 21.91 \sin \theta - 0.96, & \theta \geq 10^\circ \end{cases}, \text{ 式中 } \theta \text{ 为坡度 } (^\circ)$$

公式中所用坡度可通过 DEM 数据和反三角函数计算而得，其公式如下：

$$\tan \theta (\text{坡度}) = \text{高程差} / \text{水平距离}$$

$$\text{所以 } \theta (\text{坡度}) = \arctan(\text{高程差} / \text{水平距离})$$

植被覆盖因子  $C$ :

采用蔡崇法等 (2000) 的  $C$  值计算公式：

$$C = \begin{cases} 1, & FVC = 0 \\ 0.6508 - 0.3436 \lg FVC, & 0 < FVC \leq 78.3\% \\ 0, & FVC > 78.3\% \end{cases}$$

式中， $FVC$  为植被覆盖度 (%)。

目前已经发展了很多利用遥感测量植被覆盖度的方法，较为实用的方法是利用植被指数近似估算植被覆盖度，常用的植被指数为 NDVI。下面是李苗苗等在像元二分模型的基础上研究的模型：

$$FVC = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})$$

其中， $NDVI_{soil}$  为完全是裸土或无植被覆盖区域的 NDVI 值， $NDVI_{veg}$  则代表完全被植被所覆盖的像元的 NDVI 值，即纯植被像元的 NDVI 值。

1) 当区域内可以近似取  $FVC_{max}=100\%$ ， $FVC_{min}=0\%$

公式可变为：

$$FVC = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})$$

$NDVI_{max}$  和  $NDVI_{min}$  分别为区域内最大和最小的 NDVI 值。由于不可避免存在噪声， $NDVI_{max}$  和  $NDVI_{min}$  一般取一定置信度范围内的最大值与最小值，置信度的取值主要根据图像实际情况来定。

2) 当区域内不能近似取  $FVC_{max}=100\%$ ， $FVC_{min}=0\%$

取实测数据中的植被覆盖度的最大值和最小值作为  $FVC_{max}$  和  $FVC_{min}$ ，这两个实测数据对应图像的 NDVI 作为  $NDVI_{max}$  和  $NDVI_{min}$ 。没有实测数据的情况下，取一定置信度范围内的  $NDVI_{max}$  和  $NDVI_{min}$ 。

### 水土保持措施因子 $P$

表 4 水土保持措施因子  $P$  值

	森林	疏林地	其它林地	高覆盖度草地	中覆盖度草地	低覆盖度草地	旱地	水浇地	水田	建设用地	裸岩	水体
$P$	1	1	0.6	1	0.9	0.8	0.352	0.25	0.15	0.35	0	0

生态系统保护土壤主要通过减少表土损失量，减轻泥沙淤积灾害等生态过程来实现其经济价值。在有些研究中也计算了土壤保持带来的保护土壤肥力的价值，由于侵蚀土壤是下游冲积平原形成的土壤及其养分来源，土壤侵蚀在保持土壤肥力方面是对不同人群产生的效益或损害不尽相同，因此本研究暂不计算土壤保持带来的持留土壤肥力的价值。本研究根据土壤保持量来评价生态系统在表土损失和减轻泥沙淤积灾害两方面的价值：

$$V_{sc} = V_{la} + V_{as}$$

式中， $V_{sc}$  为土壤保持价值（元/a）； $V_{la}$  为减少土地废弃的经济价值（元/a）； $V_{as}$  为减少泥沙淤积的经济价值（元/a）。

减少土地废弃的经济价值：土壤侵蚀导致表土的损失，最终使其成为废弃土地。根据种植业、林业和牧业的机会成本，对农田、林地和草地生态系统保护土壤的经济价值  $E_d$  进行估算。

$$V_{la} = \frac{Q_{sc}/(d \times h)}{10000} \times c_{lp}$$

式中， $Q_{sc}$  为土壤保持总量（t/a）； $d$  为土壤容重（t/m<sup>3</sup>），全国平均土壤密度为 1.185 t/m<sup>3</sup>（余新晓, 2008）； $h$  为土壤厚度（m），全国平均土壤耕作层按 0.5 m 计算； $c_{lp}$  为单位面积的机会成本或年均效益（元/(hm<sup>2</sup>·a)），此处取 3406.5 元/hm<sup>2</sup>（谢高地等, 2015）。

减少泥沙淤积的经济价值：采用蓄水成本法计算，依据中国主要流域泥沙运动规律，土壤流失的泥沙有 24% 淤积在江河、湖泊。减少泥沙淤积的经济价值

$E_a$  计算公式如下:

$$V_{as} = Q_{sc}/d \times 0.24 \times c_{dr}$$

式中,  $d$  为土壤容重 ( $t/m^3$ );  $c_{dr}$  为河道清淤成本 ( $元/m^3$ ), 取值 12.6 元/ $m^3$ 。

### 3. 空气净化

环境净化是指植被对大气污染物净化作用。植被净化空气主要通过以下两种途径: 首先通过叶片吸收空气中的污染物, 降低空气污染物浓度; 其次为污染物在植物体内分解, 转化为无毒物质, 自行降解污染物。本研究主要评价植被对大气中吸收  $SO_2$ 、吸收  $NO_x$ , 吸收 HF 和滞留灰尘作用。

方法一:

如果污染物排放量未超过环境空气功能区质量标准, 则采用污染物排放量核算实物量。

$$V_{ep} = \sum_{i=1}^n Q_i \times C_i$$

式中,  $V_{ep}$  为环境净化价值 ( $元/a$ );  $Q_i$  为第  $i$  类大气污染物排放量 ( $kg/a$ );  $C_i$  为净化第  $i$  类污染物的单价;  $i$  为污染物类别,  $i=1, 2, \dots, n$ , 无量纲;  $n$  为大气污染物类别的数量, 无量纲。

如果污染物排放量超过环境空气功能区质量标准, 则采用生态系统自净能力进行核算:

$$V_{ep} = \sum_k \sum_i \frac{NPP_{ij}}{NPP_i} \times p_{0k} \times c_{epk}$$

式中,  $V_{ep}$  为环境净化价值 ( $元/a$ );  $NPP_{ij}$  为第  $i$  类植被第  $j$  个栅格的净初级生产力 ( $gC/(m^2 \cdot a)$ );  $NPP_i$  为第  $i$  类植被平均净初级生产力 ( $gC/(m^2 \cdot a)$ );  $p_{0k}$  为单位面积植被吸收第  $k$  类大气污染物的能力 ( $kg/(hm^2 \cdot a)$ ), 取值见表 2-11;  $c_{epk}$  为第  $k$  类去除大气污染物成本 ( $元/t$ ), 取值分为别去除  $SO_2$  为 1263 元/ $t$ , 去除氟化物为 690 元/ $t$ , 去除氮氧化物为 1263 元/ $t$ , 去除灰尘为 150 元/ $t$  (《排污费征收使用管理条例》(国务院令字第 369 号) 2003.2.28 和《关于调整我省排污费征收标准等有关问题的通知》辽价发[2015]30 号)。

表5 植被吸收大气污染物能力

土地利用类型	SO <sub>2</sub> 吸收能力 kg/(hm <sup>2</sup> ·a)	氟化物吸收能 力 kg/(hm <sup>2</sup> ·a)	氮氧化物 吸收能力 kg/(hm <sup>2</sup> ·a)	滞尘能力 t/(hm <sup>2</sup> ·a)
常绿针叶林、落叶针叶林	215.6	0.5	6	33.2
落叶阔叶林、乔木园地	88.65	4.65	6	10.11
针阔混交林、乔木绿地	152.13	2.58	6	21.66
落叶阔叶灌木林	15.213	0.258	0.6	31.44
草地/耕地	15.213	0.258	0.6	2.166

来源：《中国生物多样性国情研究报告》编写组, 1998.

#### 4. 水质净化

考虑到该研究的实际需要与数据可得性，以水体中 COD 含量为主要测算污染物（孟庆义等，2012），采用不同湿地水域的平均水深和面积估算其蓄水量。由于 V 类水质以上水体基本丧失水的使用功能，以地表水水质标准（GB3838-2002）中 V 类水体中 COD 含量（40 mg/L）为上限，湿地资源各类水体所属水质等级与其相比，来估算其水质净化潜力，计算公式为：

$$Q_{wp} = \sum_i h_i \times A_i \times (P_V - P_i)$$

式中： $Q_{wp}$  为湿地年净化水质总量（t/年）； $h_i$  为湿地平均水深（m）； $A_i$  为第  $i$  类湿地面积（hm<sup>2</sup>）； $P_V$  和  $P_i$  分别为 V 类水体 COD 含量与待评估水体水质等级中 COD 含量（mg/L）。

采用替代成本法计算湿地的水质净化价值，即采用工业方法去除污水中的污染物（选取 COD 作为净化指标）的费用来测算湿地的水质净化服务价值，计算公式为：

$$V_{wp} = Q_{wp} \times c_{wp}$$

式中： $V_{wp}$  为湿地水质净化服务的价值（元/年）； $c_{wp}$  为污水处理厂处理单位 COD 的成本（元/t）。

对于 COD 处理成本，可以用以下方法进行计算

方法一：

根据王佳伟等（2009）文献，计算不同进出水浓度下削减 COD 所需电耗的

模型如下:

$$P_{COD}=58.503COD_{in}^{-0.8431}+0.01(50-COD_{eff})/10$$

其中  $P_{COD}$  为削减单位 COD 总量所需电耗, kW·h/kg,  $COD_{in}$  为 COD 进水浓度 mg/L,  $COD_{eff}$  为 COD 出水浓度 mg/L。

由于电费约占污水处理厂运行成本的 50%, 因此

$$c_{wp}=2*P_{COD}*Pe$$

式中  $Pe$  为当地电价, 商洛地区取 0.49 元/ kW·h

方法二:

根据国务院《排污费征收使用管理条例》(国务院令字第 369 号), 特制定《排污费征收标准管理办法》。可计算出 COD 排污收费。

污染物的排放量 (kg) = 污水排放量 (t) × 污染物排放浓度 (mg/L) / 1000

污染物的污染当量 = 污染物的排放量 (kg) / 污染物的污染当量值

其中化学需氧量 (COD) 的污染当量值取值为 1。

污水排污费收费额 = 0.7 元 × 前 3 项污染物的污染当量数之和, 为简单求解, 污水排污费可收取 3 倍的 COD 标准, 则

$$c_{wp}=0.7 \times 3 \text{ (元/kg)}$$

表 6 不同水质的化学需氧量 (COD)

分类	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类	一级 A 标准
化学需氧量 (COD)	15	15	20	30	40	50

表数据来自《中华人民共和国地表水环境质量标准》(国家环境保护总局、国家质量监督检验检疫总局发布)

## 5. 固碳释氧

净生态系统生产力 (NEP) 是定量化分析生态系统碳源汇的重要科学指标, 生态系统固碳量可以用 NEP 衡量。NEP 广泛应用于碳循环研究中, NEP 可由净初级生产力 (NPP) 减去异氧呼吸消耗得到, 或根据 NPP 与 NEP 的相关转换系数换算得到, 然后测算出陆地生态系统固定二氧化碳的质量。

$$Q_{CO_2} = M_{CO_2} / M_C \times NEP$$

式中  $Q_{CO_2}$  为陆地生态系统固碳量,  $M_{CO_2} / M_C$  为固定二氧化碳的转换系数, 为 44/12,  $NEP$  为净生态系统生产力 (t C/a)。

根据光合作用化学方程式可知, 植物每生产吸收 1molCO<sub>2</sub>, 就会释放 1mol

氧气。NEP 可由净初级生产力 (NPP) 减去异氧呼吸消耗得到, 或根据 NPP 与 NEP 的相关转换系数获得, 然后测算出生态系统释放氧气的质量:

$$Q_{O_2} = M_{O_2} / M_C \times NEP$$

式中  $Q_{O_2}$  为生态系统释氧量,  $M_{O_2} / M_C$  为氧气转换系数, 为 32/12。

因此价值量核算模型为

$$V = Q_{CO_2} \times C_c + Q_{O_2} \times C_o$$

式中  $V$  为固碳释氧总价值量,  $C_c$  为固碳造林成本法 (元/t), 取值为 260.90 元/t(刘宪锋, et al., 2013),  $C_o$  为释放  $O_2$  造林成本 (元/t), 取值为 352.93 元/t(刘宪锋, et al., 2013)。

## 6. 气候调节:

生态系统气候调节价值量可以分为生态系统降温价值量和生态系统增湿价值量, 其中生态系统降温价值量计算公式为:

$$P_t = \sum ET \times D \times \delta / (3600 \times r) \times P_e$$

式中 ET 为日蒸散量, D 为夏季日数, 仅计算 7、8 月价值, 取值为 62, 若 ET 为年蒸散量, 则 D 为 62/365。  $\delta$  为水汽化热 (kJ/kg) (1 标准气压下 20°C 时水的汽化热 2453 kJ/kg), r 为空调制冷效率, 取 300%,  $P_e$  为电价, 商洛地区为 0.49 元/kW·h。

生态系统增湿价值量计算公式为

$$P_w = \sum ET \times D \times \frac{w_h}{v_{eh}} / 1000 \times P_e$$

式中 ET 为日蒸散量, D 为夏季日数, 仅计算 7、8 月价值, 取值为 62, 若 ET 为年蒸散量, 则 D 为 62/365。  $v_{eh}$  为加湿器工作效率 (kg/h), 取值为 6 kg/h,  $w_h$  为加湿器输入功率 (W), 取值为 280 W, 则加湿器的工作效率为 280/6=46.7W h/kg,  $P_e$  为电价, 商洛地区为 0.49 元/kW·h。

因此生态系统气候调节价值量为

$$P = P_t + P_w$$

## 7. 生物多样性

**Shannon-Weiner 价值法**

实物量与物种保育价值相乘得到价值量：

$$V_{bio} = G_{bio} \times S_c$$

式中， $V_{bio}$ 生物多样性价值（元/a）； $S_c$ 为单位面积物种保育价值（元/ha·a<sup>-1</sup>），按照多样性指数 3~4 之间，保育价值为 27600 元/ha·a<sup>-1</sup>（森林生态系统服务功能评估规范（LY/T 1721-2008））。

## 8. 空气负离子

以对人体健康有益的空气负离子最低浓度为服务基准（600 个/cm<sup>3</sup>），进行计算，公式为：

$$V = 1.314 \times 10^5 \times \sum (Q_k - 600) \times A \times \frac{H}{L} \times P \times 10^{10}$$

式中  $Q_k$ 为生态系统在第  $k$  季节的空气负离子浓度（个/cm<sup>3</sup>），由当地观测站进行测量； $A$ 为生态系统面积（hm<sup>2</sup>）； $H$ 为生态系统平均高度； $L$ 为负离子寿命，取 1 min； $1.314 \times 10^5$ 为每个季节的分钟数； $P$ 为每个负离子的价格，取  $5.815 \times 10^{-18}$  元/个。

## 9. 调蓄洪水

以日降雨量大于 25 mm 为核算起始条件，计算生态系统对洪峰的削减量，计算公式为

$$V_w = \sum a \times A \times P_{25} \times c$$

式中， $V_w$ 为生态系统洪水调蓄的价值； $a$ 为生态系统调节系数，具体如下表所示； $A$ 为当前生态系统面积； $P_{25}$ 为日降水大于 25mm 的总年降水量； $c$ 为水库建设平均成本，商洛市取 70 元/m<sup>3</sup>。

表 7 调节系数

生态系统类型	调节系数 a 值
林地	0.377
灌木林	0.32
草地	0.334
农田	0.245
园地	0.353

## 10. 旅游休憩

根据各区县生态旅游收入计算其价值。

$$V_{tr} = \sum I_{tri}$$

式中， $V_{tr}$ 为生态旅游价值（元/a）； $I_{tri}$ 为第*i*类旅游资源生态旅游收入（元/a）（旅游资源包括森林、草原、湿地和农业）。亦可通过统计手段对当地旅游收入进行调查。

## 四、数据来源

表 8 生态产品价值评估的数据清单、来源及数据处理要求

类别	产品类型	所需数据	数据生产方式	说明
生态供给服务	生态实物产品	产量 产值	统计数据	由统计部门提供，若统计部门不能提供详细数据，则由农、林、牧等行业部门提供。
	储碳量	土壤有机碳储量 植被碳储量	样方调查数据	根据评估区域大小，确定样方数量，按照《陆地生态系统生物长期监测规范》和《陆地生态系统土壤长期监测规范》进行取样分析，样方数据根据植被类型插值到空间上
			生态模型输出	选择能够输出土壤有机碳储量和植被碳储量的生态模型，生态模型要进行参数的本地化，并经评估区域内调查数据的验证和校准。
	生态能源	清洁能源发电量	统计数据	建议由电力部门提供
	水资源	水资源总量	统计数据	建议由水利部门提供
生态调节服务	水土保持	大于 12mm 的日降水量	气象监测	建议由水利部门提供，推荐采用水利部水土保持监测中心计算结果
		土壤颗粒组成	样地调查	开展不同植被类型的样方调查，或者权威部门已公布的空间数据。
		数字高程	测绘数据	建议由测绘部门提供
		植被覆盖因子	遥感监测	建议由自然资源部门或权威机构提供，并采用权威的遥感分类数据。
		土地覆盖类型		
	水源涵养	降水量	气象监测	采样当年监测数据
			气象监测	采样当年监测数据
		蒸散量	生态模型输出	选择能够输出蒸散量的生态模型，生态模型要进行参数的本地化，并经评估区域内调查数据的验证和校准。
			土地覆盖类型	遥感监测
	气候调节	蒸散量	气象监测	采样当年监测数据
			生态模型输出	选择能够输出蒸散量的生态模型，生态模型要进行参数的本地化，并经评估区域内调查数据的验证和校准。
		土地覆盖类型	遥感监测	建议由自然资源部门或权威机构提供，并采用权威的遥感分类数据。
	水质净化	平均径流深	统计数据	建议由水利部门提供
		湿地和水体面积	遥感监测	建议由自然资源部门或权威机构提供，并采用权威的遥感分类数据。

	空气净化	S02、N02、PM10、PM2.5 等污染物排放总量	监测数据	建议由环境监测部门提供
	调蓄洪水	大于 25mm 日降水量	气象监测	采样当年监测数据
		土地覆盖类型	遥感监测	建议由自然资源部门或权威机构提供，并采用权威的遥感分类数据。
	固碳释氧	净生态系统生产力 (NEP)	生态模型输出	选择能够输出 NEP 的生态模型，生态模型要进行参数的本地化，并经评估区域内调查数据的验证和校准。
	空气负离子	负离子浓度	环境监测	建议由林业或气象部门提供
		植被高度		
		负离子寿命		
		土地覆盖类型	遥感监测	建议由自然资源部门或权威机构提供，并采用权威的遥感分类数据。
	生物多样性	保护区面积	规划数据	建议由生态环境或林业部门提供
生态文化服务	旅游休憩	旅游收入	统计数据	建议由文化旅游或林业部门提供

## 五、生态产品价格与定价依据

表 9 生态产品价格与定价依据

类别	产品类型	条目	单位	价格	说明
生态供给服务	储碳量	固碳造林成本	元/吨 CO <sub>2</sub>	260.90	文献：刘宪锋, et al., 2013
	生态能源	电价	元/kWh	0.49	国家电网：商洛市电费收费标准， <a href="http://www.sn.sgcc.com.cn/sl/">http://www.sn.sgcc.com.cn/sl/</a>
	水资源	水价	元/m <sup>3</sup>	1.6	《关于水资源费征收标准有关问题的通知》（2013. 国家发展改革委、财政部、水利部联合）
生态调节服务	水土保持	河道水库单位库容清淤工程费用	元/m <sup>3</sup>	12.6	文献：谢高地等，2015
		土壤保持收益	元/ha	3406.5	
	水源涵养	水库单位库容的工程造价	元/(m <sup>3</sup> ·a)	70	商洛市水利局提供
	气候调节	电价	元/kWh	0.49	国家电网：商洛市电费收费标准， <a href="http://www.sn.sgcc.com.cn/sl/">http://www.sn.sgcc.com.cn/sl/</a>
	水质净化	净化 COD 成本	元/kg	0.7	《排污费征收使用管理条例》（国务院令字第 369 号）
		电价	元/kWh	0.49	国家电网：商洛市电费收费标准， <a href="http://www.sn.sgcc.com.cn/sl/">http://www.sn.sgcc.com.cn/sl/</a>
	空气净化	S02	元/吨	1263	《排污费征收使用管理条例》（国务院令字第 369 号） 《关于调整我省排污费征收标准等有关问题的通知》（辽价发[2015]30 号）
		氟化物	元/吨	690	
		NOx	元/吨	1263	
		浮沉	元/吨	150	
	调蓄洪水	水库单位库容的工程造价	元/(m <sup>3</sup> ·a)	70	商洛市水利局提供
	固碳	固碳造林成本	元/吨 CO <sub>2</sub>	260.90	文献：刘宪锋, et al., 2013
	释氧	释放 O <sub>2</sub> 造林成本	元/吨 O <sub>2</sub>	352.93	
空气负离子	负离子价格	元/个	5.815×10 <sup>-18</sup>	北京市园林绿化局《林业生态工程生态效益评价技术规程》（DB11T 1099-2014）	
生物多样性保护	自然保护区保护成本	元/ha·a	26700	森林生态系统服务功能评估规范（LY/T 1721-2008）	

## 六、区域生态产品价值核算报表系统

表 10 生态物质产品价值核算报表

行政区	一级目录	二级目录	三级目录	四级目录	产量（吨）	产值（万元）		
	生态物质产品	农业产品	谷物	稻谷				
				玉米				
				小麦				
			豆类	大豆等				
			油料	油菜籽、花生、松籽、乌柏、花椒籽等				
			药材	丹参、山茱萸、白芨、桔梗、板蓝根、连翘、五味子、金银花、黄姜、葛根等				
			蔬菜	白菜、菠菜、油菜、卷心菜、韭菜、香菜等				
			水果	柑橘、梨、桃、柿子、葡萄、苹果、红枣、杏、猕猴桃等				
			食用菌	香菇、木耳等				
			茶叶	商南泉茗、秦岭红、象园雾芽、山阳天竺翠峰等				
			食用坚果	核桃、板栗等				
		林业产品	木材	木材、竹子、苗木				
			园艺、花卉	花卉、盆栽类园艺等				
		畜牧业产品	畜禽产量	猪肉、牛肉、羊肉、禽肉等				
			奶类	牛奶、羊奶				
			蜂产品	蜂蜜、蜂蜡、蜂花粉				
			禽蛋	鸡、鸭蛋等				
		渔业产品	水产品	冷水鱼、鲟鱼、鳟鱼、大鲵、小龙虾等				
		农林牧渔总产值						

说明：1. 大宗作物（谷物）单独统计产量和产值，其他若无详细统计数据，可以使用三级目录统计全部产量和产值。2. 农林牧渔总产值必填。3. 时间精度为年

表 11 旅游景区生态旅游综合收入报表

行政区	一级目录	景区名称	景区经纬度范围		景区面积(km <sup>2</sup> )	景区旅游收入(万元)
××区县/镇办/村社	景区	××区县/镇办/村社总计				
			经度			
			纬度			
			经度			
			纬度			
			经度			
			纬度			
			经度			
			纬度			
			经度			
			纬度			

说明：1. 经纬度以“ ××° ××′ ××″ ”的格式进行填写。2. 景区面积精确到小数点后两位。3. 行政单元景区旅游输入必填，若有所有景区位置、面积和旅游收入信息，请逐个填写。4. 旅游总收入必填。5. 时间精度为“年”。

表 12 站点负离子监测数据报表

行政区	监测站点	站点经纬度		站点植被类型代码	春秋季负离子浓度(个/cm <sup>3</sup> )	夏季负离子浓度(个/cm <sup>3</sup> )
商洛市		经度				
		纬度				
		经度				
		纬度				
		经度				
		纬度				
		经度				
		纬度				
		经度				
		纬度				

说明：1. 需填写监测站点的植被类型代码，每种植被类型的代码在下表中查询。2. 分别填写春秋季和夏季负离子浓度的季节均值。

101	常绿阔叶林	109	乔木园地	31	森林湿地	41	水田	61	稀疏林
102	落叶阔叶林	110	灌木园地	32	灌丛湿地	42	旱地	62	稀疏灌木林
103	常绿针叶林	111	乔木绿地	33	草本湿地	51	居住地	63	稀疏草地
104	落叶针叶林	112	灌木绿地	34	湖泊	52	工业用地	64	苔藓/地衣
105	针阔混交林	21	草甸	35	水库/坑塘	53	交通用地	65	裸岩
106	常绿阔叶灌木林	22	草原	36	河流	54	采矿场	66	裸土
107	落叶阔叶灌木林	23	草丛	37	运河/水渠			67	沙漠/沙地
108	常绿针叶灌木林	24	草本绿地					68	盐碱地
								69	冰川/永久积雪

表 13 水资源量统计报表

行政分区	地表水资源(亿立方米)	地下水资源(亿立方米)	地表水水质(1-5类)
总计			
说明：不包含地表水和地下水的重复量			

## 七、生态产品价值核算统计表

表 14 生态产品价值核算统计表

生态系统服务	价值类型	价值（万元）	
生态供给服务	生态实物产品		
	生态能源		
	储碳量。		
	水资源量		
生态调节服务	土壤保持		
	水源涵养		
	气候调节		
	水质净化		
	空气净化		
	调蓄洪水		
	固碳释氧		
	空气负离子		
	生物保育		
生态文化服务	旅游休憩		
生态产品总价值			