# 三江源区生态产品价值核算

**李芬,张林波,舒俭民,孟伟**

中国环境科学研究院环境基准与风险评估国家重点实验室;国家环境保护区域生态过程与功能评估重点实验室,北京 100012

**摘要** 摸清自然资源资产家底是推进生态文明建设、完善生态补偿机制和建立生态文明绩效考核机制的基础。三江源区是"中华水塔",是中国重点生态功能区、国家公园体制试点区。针对三江源区生态产品类型,从物质量和价值量两个角度构建了生态产品评价指标的测算方法,采用直接市场价格法和替代市场法核算生态产品价值。结果表明:三江源区2012年生态产品价值为$1986.43\times10^8$元人民币,是同期该区国民生产总值的8.27倍,地均生态产品价值为5093元/$hm^2$。三江源区2012年农产品价值为$327.5\times10^8$元,干净水源价值为$1098.56\times10^8$元,清新空气价值为$560.37\times10^8$元。生态产品是三江源区非常重要的自然资源资产,其价值远超过经济生产价值。将生态产品价值纳入国民经济统计核算体系,建立以生态产品为核心的新型绩效考评机制,有助于生态保护绩效考核和自然资源资产离任审计制度的建立。

**关键词** 生态产品;清新空气;干净水源;价值;三江源区

生态产品是与物质产品、文化产品相并列的支撑现代人类生存和发展的基本产品之一,用于满足人们健康和生命的需要[1-3]。生态产品一词源于生态设计的理念,即将生态环境保护纳入产品设计中[3-6]。国际上应用较多的是生态系统服务[7-12]、环境产品和服务[13-14]、生态系统生产总值[7,15]。生态产品是党的十八大报告提出的概念[16]。《全国主体功能区划》(国发〔2010〕46号)指出:"生态产品指维系生态安全、保障生态调节功能、提供良好人居环境的自然要素,包括清新的空气、清洁的水源和宜人的气候等。"目前关于生态产品的研究以定性探讨为主,侧重于生态产品的概念与特性、分类、意义、供求机制等,未形成系统规范化的概念内涵、统一的评估标准和针对性的核算方法,仍处于探索阶段。

三江源区是国内唯一的生态保护综合试验区,也是国家公园体制试点区,其特殊的生态战略地位影响全国甚至全球范围。该区隶属于青海省,辖玉树州、果洛州、黄南州及海南州4个藏族自治州21个县及格尔木市的唐古拉山乡,总面积$39\times10^4$ $km^2$,占青海省总面积的50%。2012年该区总人口$128.29\times10^4$人,国内生产总值(GDP)为$240.17\times10^8$元。该区以草地生态系统为主。本文以三江源区为案例,基于生态系统服务、生态资产[17-19]、绿色GDP、生态系统生产总值的已有成果,探讨生态产品的概念内涵,分析生态产品的类型与评价指标,探索科学合理的核算方法,为国家实施三江源区生态补偿及生态保护政策的成本效益分析提供科学依据,开展绿色GDP核算和自然资源资产管理等环境政策提供重要参考。

## 1 生态产品的概念内涵

结合已有研究[1-2,10,16],本文的生态产品(ecosystem goods)是指自然生态系统所提供的可直接利用的人类生活的必需品,属于消费品。生态产品包含了自然生态系统为人类提供的直接的有形和无形的效益,如农产品、干净水源、清新空气等。其中,干净水源来源于地表水中的人工水库、湖泊、冰川和永久积雪。干净水源和清新空气保障了人类社会经济生产过程的环境条件。生态产品具有直接使用价值,以流量形式存在,随时间变化。

## 2 核算方法

### 2.1 核算思路

生态产品价值的核算遵循先物质量、再价值量的原则。1)物质量核算。统计生态系统在一段时间内提供的不同生态产品的产量。农林牧渔业等产品的产量可直接通过青海省统计年鉴、青海省农牧厅等的统计资料获得。干净水源、清新空气的物质量可通过现有水文监测站、气象台站、环境

收稿日期:2016-11-17;修回日期:2017-02-10

基金项目:国家自然科学基金项目(41301632);中国工程院重点咨询项目(2014-XZ-31)

作者简介:李芬,博士,研究方向为环境经济,电子信箱:lifen@craes.org.cn;张林波(通信作者),研究员,研究方向为区域生态,电子信箱:zhanglb@craes.org.cn

引用格式:李芬, 张林波, 舒俭民, 等. 三江源区生态产品价值核算[J]. 科技导报, 2017, 35(6): 120-124; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2017.06.016

监测等提供的数据,利用生态系统模型和环境健康风险评估模型进行估算。2）价格确定。定价原则是优先采用市场价格,暂无市场定价的产品采用替代市场技术和模拟市场技术。农林牧渔业等产品有确定的市场价格,而干净水源与清新空气暂无市场价格。3）价值量核算。一个地区或国家的生态产品价值为

$$EGV = AAV + CWV + FAV \quad (1)$$

$$AAV = \sum_{i=1}^{m} AA_i \times P_i \quad (2)$$

$$CWV = \sum_{j=1}^{n} CW_j \times P_j \quad (3)$$

$$FAV = \sum_{k=1}^{q} FA_k \times P_k \quad (4)$$

其中,$EGV$为生态产品总价值;$AAV$为农产品价值;$CWV$为干净水源价值;$FAV$为清新空气价值。$AA_i$为第$i$类农产品产量;$P_i$为第$i$类农产品的价格;$CW_j$为第$j$类水体的水资源量;$P_j$为第$j$类水价(元/m$^3$);$FA_k$为空气污染物浓度改变导致第$k$种健康终端的变化量;$P_k$为第$k$种健康终端的经济损失。

### 2.2　核算指标与方法

三江源区生态产品核算指标体系由农产品、干净水源、清新空气3大类14项指标构成。以2012年为核算年。

#### 2.2.1　农产品

农产品包括种植业、林业、养殖业、渔业的产品(表1)。种植业包括青稞、小麦、玉米、大豆等粮食作物、油料、糖料、蔬菜、药材、水果以及其他农作物产品;林业包括林木栽培、林木采伐的产品与产量;畜牧业包括动物饲养和放牧的产品与产量;渔业包括水生动物的养殖和捕捞的产品与产量。除

表1　2012年三江源区农产品的产量与价值

Table 1　Output and evaluation of agricultural products in ecosystems in the Three-River Headwaters Area in 2012

| 类别 | 产品 | 产量 | 产值/$10^8$ 元 |
|---|---|---|---|
| 农业产品 | 粮食作物 | 169038.00 t | 5.31 |
| | 油料 | 47117.00 t | 2.26 |
| | 糖料 | 35.00 t | 0.0002 |
| | 水果 | 4604.00 t | 0.30 |
| | 蔬菜 | 45787.00 t | 12.69 |
| | 冬虫夏草 | 80.00 t | 192.00 |
| | 合计 | 335016.00 t | 212.5602 |
| 畜牧业产品 | 肉类 | 158134.00 t | 67.89 |
| | 奶类 | 197205.00 t | 44.30 |
| | 禽蛋 | 269.00 t | 0.05 |
| | 合计 | 355608.00 t | 112.24 |
| 林业产品 | 林木的培育和种植 | $11.13\times10^3$ hm$^2$ | 0.84 |
| | 木材的采伐 | $3.70\times10^3$ hm$^2$ | 1.21 |
| | 合计 | $11.50\times10^3$ hm$^2$ | 2.05 |
| 渔业产品 | 水产品 | 1978.00 t | 0.65 |
| 总计 | | — | 327.5 |

此外,作为名贵中藏药材的冬虫夏草资源是三江源区独特的稀缺的生物资源之一,它可作为商品在市场上进行交易,有市场价格,能够带来巨大收益,具有直接使用价值,在本文中也作为一种生态产品进行核算。农产品的价格根据当年市场价格确定。

#### 2.2.2　干净水源

地表水中的主要污染物有化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)、悬浮物含量(SS)、氨氮($NH_3$-N)、总氮(TN)、总磷(TP)等,本文选取COD、$NH_3$-N、总磷TP分别作为水体污染物的表征指标。2012年三江源区主要河流中I类和II类水质的河长分别占14.6%和75.7%,仅9.7%的河长为III类水质,三江源区总体的水质良好,可作为干净水源。

假设以III类水体中污染物浓度为基准,将III类水体中污染物浓度处理为三江源区水体中污染物实际浓度时所需要的处理费用为三江源区干净水源的价值,根据式(3)可计算出三江源区干净水源的价值,其中

$$P_j = P_{ws} + P_{wej} \quad (5)$$

$$P_{wej} = \frac{CW_0 - CW_j}{CW_g} \times (IC + OC) \quad (6)$$

式中,$P_j$为第$j$类水价;$P_{ws}$为单位水资源的价格;$P_{wej}$为单位水环境的价格;$CW_0$为水体中某种污染物的基准浓度;$CW_j$为第$j$类水体中某种污染物的实际浓度;$CW_g$为污水处理厂某种污染物的去除量;$IC$为污水处理厂吨水投资费用;$OC$为污水处理厂吨水运行成本;$j$为水质类别。

#### 2.2.3　清新空气

大气中影响人体健康的主要污染因子包括可吸入颗粒物(PM)、$SO_2$、$NO_x$、$O_3$、CO等。PM是对人体健康危害最大的大气污染物,其中可吸入细颗粒物($PM_{2.5}$)最为显著[20-21]。考虑到三江源区未监测$PM_{2.5}$,利用青藏高原具有代表性的同处于自然保护区的青海省门源回族自治县2012年$PM_{2.5}$的年均浓度19.3 μg/m$^3$作为研究区的实际浓度值。该值远低于《环境空气质量标准》(GB 3095—2012)中$PM_{2.5}$年均II级浓度限值35 μg/m$^3$。三江源区的空气质量良好,可作为清新空气。

采用环境健康风险评估技术和环境价值评估方法,假设将中国第一批实施环境空气质量新标准的74个城市$PM_{2.5}$年均浓度72 μg/m$^3$实行控制并下降到三江源区清新空气中的$PM_{2.5}$浓度时所能够实现的潜在健康效益,见式(4),其中健康终端变化量及其经济损失核算如下。

1）健康终端变化量的核算。

$PM_{2.5}$浓度改善导致患病率或死亡率等健康终端的变化量为

$$\Delta FA_k = PO \times M_k \times \left(1 - \frac{1}{\exp\left[\beta \times (CA_0 - CA)\right]}\right) \quad (7)$$

式中,$\Delta FA_k$为第$k$种健康终端[20-24]的变化量,$k$=1为全因死亡率,$k$=2为呼吸系统疾病,$k$=3为循环系统疾病,$k$=4为慢性气管炎、支气管炎、肿瘤疾病;$PO$为暴露人口数;$M_k$为健康效应

终端实际死亡率或患病率;$\beta$为暴露-反应关系系数[20-21,23-26];$CA$为$PM_{2.5}$的实际浓度;$CA_0$为$PM_{2.5}$的基准浓度。

2）健康经济效益的核算。

采用环境价值评估方法中的修正人力资本法和疾病成本法[22,25,27]估算$PM_{2.5}$污染的4种健康终端的潜在健康效益,由以下3部分组成。

（1）全死因过早死亡经济损失($HB_1$)为

$$HB_1 = \Delta FA_{k1} \times HCL \quad (8)$$

式中,$\Delta FA_{k1}$为全死因过早死亡人数;$HCL$为修正的人均人力资本损失

$$HCL = \sum_{y=1}^{t} GDP_y = GDP_0 \times \sum_{y=1}^{t} \frac{(1+a)^y}{(1+r)^y} \quad (9)$$

式中,$t$为早死平均损失寿命年数[22,27];$GDP_y$为未来第$y$年人均GDP贴现值;$GDP_0$为基准年人均GDP;$a$为人均GDP增长率;$r$为社会贴现率。

（2）呼吸系统和循环系统疾病住院经济损失($HB_2$)为

$$HB_2 = \Delta FA_{k2} \times (CH_{k2} + WD \times CH_{wd}) + \Delta FA_{k3} \times (CH_{k3} + WD \times CH_{wd}) \quad (10)$$

式中,$\Delta FA_{k2}$为呼吸系统疾病的住院人数;$\Delta FA_{k3}$为循环系统疾病的住院人数;$CH_{k2}$为呼吸系统疾病的住院成本;$CH_{k3}$为循环系统疾病的住院成本;$WD$为疾病休工天数;$CH_{wd}$为疾病休工成本。

（3）慢性气管炎、支气管炎、恶性肿瘤的失能经济损失($HB_3$)为:

$$HB_3 = \lambda \times \Delta FA_{k4} \times HCL_2 \quad (11)$$

式中,$\Delta FA_{k4}$为慢性气管炎、支气管炎、恶性肿瘤疾病的患病人数;$\lambda$为慢性气管炎、支气管炎失能损失系数[27];$HCL_2$为平均损失寿命年数为23年[27]的人均人力资本。

## 3 结果与分析

### 3.1 农产品价值

三江源区2012年农产品总价值为$327.5\times10^8$元(表1),其中,农业产品经济价值为$212.56\times10^8$元,占64.90%;畜牧业产品经济价值为$112.24\times10^8$元,占34.27%;林业产品经济价值为$2.05\times10^8$元,占0.63%;渔业产品经济价值为$0.65\times10^8$元,占0.20%。

### 3.2 干净水源价值

假设以III类水体为基准,将III类水体中污染物处理为实际水体中污染物浓度时所需要的单位水环境的价格,结合单位水资源价格,得出各类水体的水价(表2)。

三江源区污水总排放量以水资源总量计量,根据式(3)计算可得出三江源区干净水源的价值(表3)。由于TP是三江源区水体的主要污染物,2012年三江源区所能提供的干净水源的总价值为$1098.56\times10^8$元。

### 3.3 清新空气价值

2012年由于控制$PM_{2.5}$污染而避免的过早死亡、呼吸和循环系统疾病患者住院以及慢性气管炎、支气管炎、肿瘤病例带来的潜在健康经济效益为$560.37\times10^8$元(表4)。由于不同健康终端单位经济损失的差异,控制$PM_{2.5}$污染所减少的慢性气管炎、支气管炎、肿瘤疾病的经济效益远高于全因死亡人数的经济效益,减少呼吸系统疾病、循环系统疾病所带来的经济效益最低。三江源区潜在的健康经济效益主要是为避

表2 单位水资源和水环境的价格表(单位:元/$m^3$)

Table 2 The prices of resource water and environment water

| 水质类别 | 资源水价 | 以COD计量 | | 以NH3-N计量 | | 以TP计量 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 环境水价 | 总水价 | 环境水价 | 总水价 | 环境水价 | 总水价 |
| I类 | 1.57 | 0.73 | 2.30 | 1.73 | 3.30 | 0.96 | 2.53 |
| II类 | 1.57 | 0.73 | 2.30 | 1.02 | 2.59 | 0.53 | 2.10 |
| III类 | 1.57 | 0 | 1.57 | 0 | 1.57 | 0 | 1.57 |
| IV类 | 1.57 | -1.45 | 0.12 | -1.02 | 0.55 | -0.53 | 1.04 |
| V类 | 1.57 | -2.9 | -1.33 | -2.03 | -0.46 | -1.07 | 0.50 |
| 劣V类 | 1.57 | -4.35 | -2.78 | -3.05 | -1.48 | -1.60 | -0.03 |

表3 干净水源的物质量和价值量

Table 3 Material production and economic value of clean water resource

| 水质类别 | 污染物浓度标准限值/(mg·$L^{-1}$) | | | 以不同污染物计的实际水量/$10^8$ $m^3$ | | | 以不同污染物计的水产品价值/$10^8$ 元 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | COD | $NH_3$-N | TP | COD | $NH_3$-N | TP | COD | $NH_3$-N | TP |
| I类 | 15 | 0.15 | 0.02 | 525.43 | 525.43 | 182.76 | 1208.49 | 1732.45 | 462.84 |
| II类 | 15 | 0.5 | 0.1 | — | — | 205.60 | — | — | 432.74 |
| III类 | 20 | 1 | 0.2 | — | — | 114.22 | — | — | 179.33 |
| IV类 | 30 | 1.5 | 0.3 | — | — | 22.84 | — | — | 23.65 |
| V类 | 40 | 2 | 0.4 | — | — | — | — | — | — |
| 劣V类 | 50 | 2.5 | 0.5 | — | — | — | — | — | — |
| 总计 | — | — | — | 525.43 | 525.43 | 525.43 | 1208.49 | 1732.45 | 1098.56 |

免过早死亡和减少慢性气管炎、支气管炎、肿瘤所带来的效益,两者占总效益的95%以上。

表4　三江源区清新空气所带来的潜在健康效益

Table 4　Potential health benefits of fresh air in the Three-River Headwaters Area

| 健康终端 | 健康效应/人 | 健康效益/$10^8$ 元 |
|---|---|---|
| 全因死亡率 | 8313 | 52.41 |
| 呼吸系统疾病 | 30928 | 1.37 |
| 循环系统疾病 | 10419 | 0.83 |
| 慢性气管、支气管、肿瘤 | 155160 | 505.76 |
| 合计 | 204820 | 560.37 |

### 3.4　三江源区生态产品价值

三江源区2012年生态产品价值为1986.43×$10^8$元,其中,农产品总价值为327.5×$10^8$元,占16.49%;干净水源价值为1098.56×$10^8$元,占55.30%;清新空气价值为560.37×$10^8$元,占28.21%。三江源区生态产品价值远高于同期GDP总量,三江源区人均生态产品价值为15.48×$10^4$元,是同期人均GDP的8.27倍。三江源区地均生态产品价值为5093元/$hm^2$。

## 4　讨论

本文探讨了生态产品的概念内涵与核算方法,估算了2012年三江源区生态产品价值,总价值为1986.43×$10^8$元,是同期该区GDP的8.27倍。这表明生态产品是三江源区非常重要的自然资源资产,其价值远超过经济生产价值。三江源区为国家生态环境保护做出了巨大贡献。建议将原有补贴式、被动式和义务式的生态补偿方式转变为政府主动购买生态产品的机制,通过调整生态生产关系,建立与草地质量挂钩的生态产品价格标准,将三江源区生态产品的生产经营变成牧民收入提高的另外一个来源,使牧民的身份定位由原来单纯的牧业生产转变为牧业和生态产品双生产,将会极大地调动牧民主动开展生态保护的积极性。

不同研究中的研究区域、核算内容、核算方法和评估年份等不同,生态产品价值与构成存在差异。本文中2012年三江源区地均生态产品价值低于全球1994年海洋和陆地生态系统中的水资源供给和食物生产的价值[12-13],但高于用地理信息系统(GIS)技术和生态问卷法估算的青藏高原陆地生态系统中的食物生产的价值[19],而人均生态产品价值远高于贵州省2010年农林牧渔业产品、水电、薪柴使用量和水资源量的价值[8]。建议以生态产品价值核算为基础,建立以生态产品为核心的新型绩效考评机制,构建综合考虑区域经济发展和自然资源资产状况的区域发展衡量指数,作为表征区域生态文明发展水平的指标,替代原有单纯的GDP考核指标;将生态产品生产纳入国民经济统计核算体系,建立生态产品统计核算技术体系,形成县级行政区域生态产品生产的核算统计业务化能力,并将其纳入干部离任审计、区域发展绩效考核等生态文明制度改革的具体工作之中。

## 5　结论

1)三江源区2012年生态产品价值为1986.43×$10^8$元,人均生态产品价值15.48×$10^4$元,是同期该区GDP的8.27倍,地均生态产品价值为5093元/$hm^2$。生态产品是三江源区非常重要的自然资源资产,其价值远超过经济生产价值。

2)三江源区2012年农产品价值为327.5×$10^8$元,干净水源价值为1098.56×$10^8$元,清新空气价值为560.37×$10^8$元。三江源区作为"中华水塔"所提供的干净水源的价值远高于农产品和清新空气的价值,该区的生态保护不仅影响到三江源区自身和青海省,而且也事关国家以及长江、黄河中下游经济社会发展和生态安全。

3)建立生态产品核算理论框架与指标体系、以及标准化的核算方法,实现生态产品的总量可比、类型可比、时间可比和空间可比,将生态产品价值纳入国民经济统计核算体系,建立以生态产品为核心的新型绩效考评机制。

### 参考文献(References)


[1] 陈辞. 生态产品的供给机制与制度创新研究[J]. 生态经济, 2014, 30(8): 76-79.
Chen Ci. Research on the supply of ecological products mechanism and system innovation[J]. Ecological Economy, 2014, 30(8): 76-79.

[2] 曾贤刚, 虞慧怡, 谢芳. 生态产品的概念、分类及其市场化供给机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(7): 12-17.
Zeng Xiangang, Yu Huiyi, Xie Fang. Concept, classification and market supply mechanism of ecological products[J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(7): 12-17.

[3] 黄如良. 生态产品价值评估问题探讨[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(3): 26-33.
Huang Ruliang. Study on the ecological product value assessment[J]. China Population, Resources and Environment, 2015, 25(3): 26-33.

[4] Brezet H, Van Hemel C. Eco-design: A promising approach to sustainable production and consumption[M]. United Nations Environment Programme, 1997.

[5] Maxwell D, Vorst R V D. Developing sustainable products and services [J]. Journal of Cleaner Production, 2003, 11(8): 883-895.

[6] Tambouratzis T, Karalekas D, Moustakas N. A Methodological Study for Optimizing Material Selection in Sustainable Product Design[J]. Journal of Industrial Ecology, 2015, 18(4): 508-516.

[7] 欧阳志云, 朱春全, 杨广斌, 等. 生态系统生产总值核算: 概念、核算方法与案例研究[J]. 生态学报, 2013, 33(21): 6747-6761.
Ouyang Zhiyun, Zhu Chunquan, Yang Guangbin, et al. Gross ecosystem product: Concept, accounting framework and case study[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(21): 6747-6761.

[8] Daily G C. Nature´s services: Societal dependence on natural ecosystems [M]. Washington DC: Island Press, 1997.

[9] Westman W E. How much are nature´s services worth?[J]. Science, 1977, 197(4307): 960-964.

[10] Reitsma S, Slaaf D W, Vink H, et al. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem function, goods and services[J]. Ecological Economics, 2002, 41(3): 393-408.

[11] Costanza R, D´Arge R, Groot R D, et al. The value of the world´s ecosystem services and natural capital 1[J]. Nature, 1999, 25(1): 3-15.

[12] Costanza R, Groot R D, Sutton P, et al. Changes in the global value of ecosystem services[J]. Global Environmental Change, 2014, 26(1): 152-158.

[13] Bank W. System of national accounts 2008[M]. New York: United Na-

tions, 2009.
[14] United Nations, European Union, Food and Agriculture Organization of the United Nations, et al. System of environmental-economic accounting 2012: Experimental ecosystem accounting[M]. New York: United Nations, 2013.
[15] Eigenraam M, Chua J, Hasker J. Land and ecosystem services: measurement and accounting in practice[R]. 18th Meeting of the London Group on Environmental Accounting, Ottawa Canada, 2012.
[16] 为百姓提供更多优质生态产品——"生态产品"概念亮相党代会报告[EB/OL]. (2012-11-08)[2016-10-15]. http://news.xinhuanet.com/politics/2012-11/08/c_113642876.htm.
To provide more high-quality ecological products - "the report of the Party Congress of ecological products" concept unveiled for the people [EB/OL]. (2012-11-08)[2016-10-15]. http://news.xinhuanet.com/politics/2012-11/08/c_113642876.htm.
[17] 高吉喜, 范小杉. 生态资产概念、特点与研究趋向[J]. 环境科学研究, 2007, 20(5): 137-143.
Gao Jixi, Fan Xiaoshan. Connotation, traits and research trends of eco-assets[J]. Research of Environmental Sciences, 2007, 20(5): 137-143.
[18] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.
Xie Gaodi, Lu Chunxia, Leng Yunfa, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau[J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(2): 189-196.
[19] 封志明, 杨艳昭, 李鹏. 从自然资源核算到自然资源资产负债表编制[J]. 中国科学院院刊, 2014, 29(4): 449-456.
Feng Zhiming, Yang Yanzhao, Li Peng. From Natural resources accounting to balance-sheet of natural resources asset compilation[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2014, 29(4): 449-456.
[20] Pope C A. Epidemiology of fine particulate air pollution and human health: Biologic mechanisms and who's at risk?[J]. Environmental Health Perspectives, 2000, 108(Suppl 4): 713-723.
[21] 阚海东, 陈秉衡. 我国大气颗粒物暴露与人群健康效应的关系[J]. 环境与健康杂志, 2002, 19(6): 422-424.
Kan Haidong, Chen Bingheng. Analysis of exposure response relationships of air particulate matter and adverse health outcomes in China [J]. Journal of Environment and Health, 2002, 19(6): 422-424.
[22] 於方, 王金南, 曹东. 中国环境经济核算技术指南[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
Yu Fang, Wang Jinnan, Cao Dong. Technical guidelines for environmental accounting in China[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2009.
[23] 谢鹏, 刘晓云, 刘兆荣, 等. 我国人群大气颗粒物污染暴露-反应关系的研究[J]. 中国环境科学, 2009, 29(10): 1034-1040.
Xie Peng, Liu Xiaoyun, Liu Zhaorong, et al. Exposure-response functions for health effects of ambient particulate matter pollution applicable for China[J]. China Environmental Science, 2009, 29(10): 1034-1040.
[24] 谢元博, 陈娟, 李巍. 雾霾重污染期间北京居民对高浓度$PM_{2.5}$持续暴露的健康风险及其损害价值评估[J]. 环境科学, 2014 , 35(1): 1-8.
Xie Yuanbo, Chen Juan, Li Wei. An assessment of $PM_{2.5}$ related health risks and impaired values of Beijing residents in a consecutive high-level exposure during heavy haze days[J]. Environmental Science, 2014 , 35(1): 1-8.
[25] 黄德生, 张世秋. 京津冀地区控制$PM_{2.5}$污染的健康效益评估[J]. 中国环境科学, 2013, 33(1): 166-174.
Huang Desheng, Zhang Shiqiu. Health benefit evaluation for $PM_{2.5}$ pollution control in Beijing-Tianjin-Hebei region of China[J]. China Environmental Science, 2013, 33(1): 166-174.
[26] Schwartz J. Harvesting and long term exposure effects in the relation between air pollution and mortality[J]. American Journal of Epidemiology, 2000, 151(5): 440-448.
[27] 韩明霞, 过孝民, 张衍桑. 城市大气污染的人力资本损失研究[J]. 中国环境科学, 2006, 26(4): 509-512.
Han Mingxia, Guo Xiaoming, Zhang Yansang. The human capital loss of air pollution in cities, China[J]. China Environmental Science, 2006, 26(4): 509-512.

# Accounting system for products in the ecosystem of the Three-River Headwater Area

LI Fen, ZHANG Linbo, SHU Jianmin, MENG Wei

State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, State Environment Protection Key Laboratory of Regional Eco-process and Function Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

**Abstract** The natural resource assessment is the basis of the assessment of the ecological civilization construction and the ecological compensation and performance. The Three-River Headwater Area of China is chosen as an example to define clearly the concepts and to quantify the methods for measuring the economic value of the products in the ecosystem. The classification and its connotation of the products in the ecosystem are analyzed. The accounting methods for the assessment indicators of the ecosystem products are established based on the point of view of the material production and the economic value. The products of the ecosystem are evaluated by using the methods of the market price and the alternative cost. It is shown that the total value of ecosystem products for the Three-River Headwaters Area is 198.643 billion RMB in 2012, which is 8.27 times of the GDP, and the per ha value of the ecosystem products provided by the natural ecosystems is 5093 RMB. The economic value of the agricultural products in the Three-River Headwaters Area is 32.75 billion RMB in 2012. The value of the clean water is 109.856 billion RMB. The value of the fresh air is 56.037 billion RMB. The ecosystem products play an important role in the natural resource assets for the Three-River Headwaters Area and its economic value far exceeds the value of the economic production. It is important to the establishment of the evaluation mechanism for the ecological protection and the outgoing audit system of the natural resource assets to include the value of the ecosystem products in the system of the national economic accounting and to build up a new performance evaluation mechanism based on ecosystem product accounting.

**Keywords** ecosystem goods; fresh air; clean water; value; the Three-River Headwaters Area （责任编辑 刘志远）