

基于农业生态服务价值的农业绿色 GDP 核算 ——以安塞县为例

陈源泉 ,高旺盛*

(中国农业大学农学与生物技术学院区域农业发展研究中心 ,北京 100094)

摘要 将传统 GDP 绿色化 ,也就是“绿色 GDP”是国民经济核算研究和探索的热点。从微观层面对农业生产进行绿色 GDP 核算 ,认为农业绿色 GDP 不仅包含传统的产品价值 ,还应包括农业对人类社会经济系统的生态服务价值 ,并以基于生态系统服务价值的“农业绿色 GDP = 农业常规 GDP + 农业生态 GDP”的公式核算了安塞县的绿色 GDP。结果表明 : (1) 安塞县 2000 年的农业生产总值为 29187 万元 ,减去中间消耗为 18972 万元 ; (2) 若考虑农业生态环境代价 ,则农业生产产值仅为 6272.30 万元 ,是农业常规 GDP 的 33.06% ,农业常规 GDP 背后至少隐含着 66.94% 的农业生态环境代价 ; (3) 应用市场价值法、机会成本法、替代工程法、影子价格法等核算农业生态系统服务价值结果为 504218.37 万元 ,把农业生态系统服务价值作为农业系统的间接产出 ,则该县 2000 年的农业绿色 GDP 为 510490.67 万元。安塞县农业经济的获得背后至少有 66.94% 生态环境代价是依靠其农业生态系统的服务来提供和补偿的。

关键词 农业产值 ; 生态系统服务 ; 绿色 GDP ; 国民经济核算

文章编号 : 1000-0933 (2007) 01-0250-10 中图分类号 : Q148 , S181 文献标识码 : A

Green accounting for agriculture production based on the value of agroecosystem services : a case study of Ansai County

Chen Yuanquan , Gao Wangsheng*

Regional Agriculture R&D Center , College of Agronomy and Biotechnology , China Agriculture University , Beijing 100094 , China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (1) 0250 ~ 0259.

Abstract : Nowadays , more and more people have cognizance of that traditional GDP accounting easily exaggerates the economic benefit , which cannot account the cost of ecosystem degraded and environmental pollution due to economic growth. So Green accounting has been a hot topic in system of national economic accounts in recent years. At present , the green accounting had considered the ecological costs owing to traditional economic growth model in macro-scale. Whereas , from the costs accounting , we can't get what ecological functions were affected by economic growth , so there is not enough information to support decision-making. On the sake of this , this article tries to introduce the ecosystem services to address this matter in local scale.

Ecosystem services (ESs) provided a monetary method to evaluate the ecosystem benefit for human and the technique related ESs can also be used to account the value of the green GDP. ESs is an invisible benefit for agricultural production , and these services have huge values for social economic system. Nevertheless , on traditional view , agriculture system can

基金项目 国家自然科学基金资助项目 (30471010)

收稿日期 2005-11-25 ; 修订日期 2006-05-14

作者简介 陈源泉 (1977 ~) 男 , 福建诏安人 , 博士 , 主要从事农业生态系统服务评价. E-mail : rardc@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail : wshgao@cau.edu.cn

Foundation item : The project was financially supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30471010)

Received date 2005-11-25 ; **Accepted date** 2006-05-14

Biography : Chen Yuanquan , Ph. D. , mainly engaged in valuation of agroecosystem services. E-mail : rardc@163.com

only provide foods output or other materials. Agroecosystem is a kind of artificial-ecosystem , it need inputted by not only natural resources , but also manpower. In this article , we regard that agroecosystem had double inputs (natural and artificial) and output (products and indirect output , e. g. ecosystem services). The services have great value for human society directly or indirectly. Based on these ideals , a formula was putted forward to account agricultural production in this article. That is :

Green GDP = traditional GDP + ecological GDP

Through the accounting for the value of production goods , production costs , ecological costs and the *ESs* in case of Ansai County (in Loess Hilly-gully region of China) , the results showed that :

The traditional GDP of Ansai County in 2000 years is 189.72 million yuan RMB based on the traditional economic accounting. Under considered the ecological costs , the net value of agriculture outputs is 62.72 million yuan RMB merely , which is 33.06% of the traditional GDP. And , if we taken the ecosystem services as a kind of ‘outputs ’ of the agriculture production system , then the total value of agriculture production system is 5104.91 million yuan RMB. Thus , we can make clean the deficiency of traditional GDP accounting , which had not account the ecological costs and ecosystem services. When taking the ecological costs and resources ‘ullage ’ into account , the net output is merely 33.06% of the traditional GDP. In a other words , there are 66.94% of the agriculture outputs were supported by the services of the production system. So the ecosystem services conservation had a significant role in Ansai County economic , ecological and social development.

At last , Green GDP is involved with the accounting of natural resources. At present , for different kinds of ecosystem , there is not a convictive and consentaneous method to account the value of ecological degradation and ecosystem services. The index system must be conforming to scientific and operable character. In this article , we just took the first step to explore how to account the agriculture production system with ‘green ’ method , further efforts are needed to take in next step.

Key Words : total value of agriculture production ; ecosystem services ; green GDP ; national economic accounting

国内生产总值 (GDP) 是指国内生产的最终产品的市场价值 ,是现行国民经济核算体系 *SNA* 的重要指标。虽然 GDP 不能完全作为衡量社会福利 (societal welfare) 的标准 ,但在实际应用中却往往被当作为社会福利的衡量方法^[1]。在可持续发展理念成为普遍认同的今天 ,人们逐渐认识到传统的 GDP 存在许多固有的缺陷 ,它无法反映一国的真实财富 ,尤其是无法对与人类社会经济持续发展休戚相关的自然资源的非市场价值进行核算 ,导致了 GDP 未能体现经济发展对生态环境的“损耗”甚至是“涸泽而渔”式的不计成本地利用。这种不计生态环境成本的传统 GDP 容易导致人为的夸大经济收益 ,因为它有一定的比例是以资源的急剧消耗和生态环境的严重退化为代价的 ,这将导致真实的社会财富大打折扣。特别是 20 世纪 70 年代以来 ,随着全球资源短缺、生态环境恶化给人类生存带来了一系列的影响与挑战 ,人们开始对当今世界的经济发展模式进行反思 ,认为有必要对现有的国民经济核算体系进行校正。于是 ,将传统 GDP 绿色化 ,也就是“绿色 GDP”成为研究和探索的热点。

综观目前国内外的研究情况 ,目前对于绿色 GDP 的探索主要体现在对国民经济核算宏观水平的思考 ,对于中观、微观的层次考虑较少^[2]。而在现实中 ,国民经济的宏观核算、中观核算、微观核算是不能截然分开的^[3]。国民经济核算要以中观、微观核算数据为基础 ,尤其对于农业部门的绿色 GDP 核算更加具有重要的意义。目前全球农业生产覆盖全球 25% ~ 30% 的土地面积 ,我国农业部门直接利用国土面积约 50% 左右^[4] ,全球约 50% 的可利用土地已经被农业占据^[5]。如果农业生态系统特别是生态脆弱区的系统服务功能得不到恢复与保护 ,那将会拖全球环境保护的“后腿”。因此 ,农业生态系统的经济生产与生态服务功能持续协调发展是农业生态系统可持续发展的关键。传统的农业 GDP 核算只是对各类农产品的产值及其中间消耗进行核

算,并没有考虑生态服务价值对 GDP 的间接贡献以及农业生产对生态环境造成的“损耗”成本。由于长期地只注意经济产值,农业生态系统的现状不容乐观。长期人为的影响,例如,过多地使用农药化肥、追求单一高产的品种、不合理的土地利用、外来物种的干扰、农业系统外源污染以及社会发展水平和民众文化素质等因子都对农业生态系统的服务功能产生一定的不利影响^[6]。解决这些问题重要的途径之一就是要针对目前 GDP 核算的不足,探索建立一套能够体现农业生产的经济产值和生态服务价值的农业 GDP 绿色核算体系。因此,本文试图以农业系统为例,从中观、微观的层面探讨农业生产的绿色 GDP 核算问题。

1 农业绿色 GDP 指标与方法

1.1 农业绿色 GDP 核算指标构建的原理

生态系统服务是近年来生态学领域研究的一大热点,在人们越来越认识到保护环境是可持续发展的唯一出路的背景下,以生态系统服务的视角重新审视人与自然的关系、重新认识生态系统(特别是与人类密切相关的农业生态系统)对于人类的生存与生活至关重要,对于人类如何更好地保护生态环境、可持续地开发利用自然资源以确保人类的利益需要、保持人与自然的协调发展等方面具有重大意义。生态系统服务突破常规经济学的不足,实现对无法赋值的资源、生态系统进行量化评价^[7~10],生态系统服务价值理论及其核算方法对于绿色 GDP 核算可以发挥有效作用,特别是绿色 GDP 核算过程中涉及自然资源对人类直接或间接服务的价值核算。

农业生态系统是一种半人工、半自然生态系统,具有自然与社会经济的“双重”特性,系统的输入输出都应该考虑自然和人工成分。因此,对其进行绿色核算,要用经济和生态的眼光综合分析系统的“投入”和“产出”。“投入”不仅包括经济上的人工投入(如化肥、种子、农药、动力等),也包括自然生态的投入(如光、温条件以及农业生产中的生态环境损耗);“产出”部分不仅包括传统的农业经济产品(各种农林牧产品),还应该包括各种间接的生态系统服务,这是一种无形的“产出”,这些服务进入社会经济系统,其经济价值巨大(图 1)。

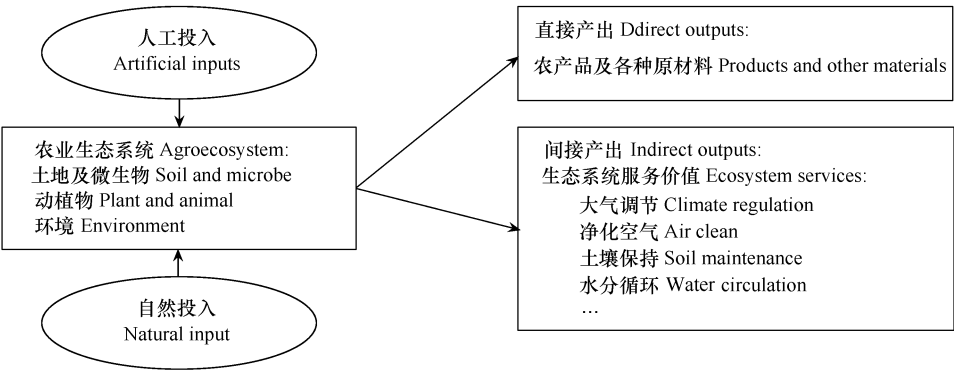


图 1 农业生态系统的“双重”投入和产出
Fig. 1 Double inputs and outputs of an agroecosystem

1.2 农业绿色 GDP 核算指标与方法

在上述理论探讨的基础上,本文基于农业生态系统服务价值,针对农业生产提出了“农业绿色 GDP = 农业常规 GDP + 农业生态 GDP”的核算公式,具体表达如下:

$$GDP_g = GDP_t + GDP_e \tag{1}$$

式中, GDP_g 指的是农业绿色 GDP; GDP_t 指的是农业常规 GDP; GDP_e 指的是农业生态 GDP。

农业常规 GDP 就是传统的各类农业生态系统的产值减去中间消耗(生产成本);农业生态 GDP 是基于农业生态系统服务价值减去农业生产带来的生态环境代价。具体每个项目包含的核算项目见表 1。对于每个项目的具体核算方法限于篇幅只列出可以使用的方法名称,具体每种方法的计算过程在文献^[2]有较详细的介绍。

农业产出包括种植业、林业、牧业、渔业等产出。中间消耗包括种子、化肥、地膜、劳力、灌溉、机械等。农业生态系统服务价值主要指农业生态系统在大气调节、净化空气、土壤保持、养分循环、水分调节、生物多样性、景观、娱乐文化等价值,通过价值核算融入GDP核算体系。本文在农业绿色GDP的核算过程中,将其看作是农业生态系统的一种间接产出。农业生态环境代价包括农业生态环境污染、病虫害害加剧、土壤肥力下降、土地盐碱化、土地荒漠化等。

表1 农业绿色GDP指标和核算方法		
Table 1 Index system and price technology of green GDP for agricultural production system		
项目 Item	指标 Index system	核算方法 Price technology
农业产值 Production value of agriculture	农畜产品产值	市场价值法
	Production value of agriculture	Marker price
中间消耗 Production cost	农业生产投入	市场价格法
	Input of agriculture production	Market price
农业生态系统服务价值 The values of agroecosystem services	水土保持价值	机会成本法、替代工程法、影子价格法等
	Value of soil and water conservation	OCM、shadow price、Replacement engineering
	涵养水分	机会成本法、替代工程法、影子价格法等
	Water saving	OCM、shadow price、Replacement engineering
	固定CO ₂	机会成本法、替代工程法、影子价格法等
	CO ₂ Fixation	OCM、shadow price、Replacement engineering
	O ₂ 释放	机会成本法、替代工程法、影子价格法等
	Release of O ₂	OCM、shadow price、Replacement engineering
	营养循环价值	机会成本法、替代工程法、影子价格法等
	Nutrient circulation	OCM、shadow price、Replacement engineering
农业生态环境代价 Ecological cost	净化环境价值	机会成本法、替代工程法、影子价格法等
	Air cleaning	OCM、shadow price、Replacement engineering
	生态环境污染	替代市场法
	Pollution and degenerate of ecological environment	Hypothetic market price
	病虫害害	替代市场法
	Loss of disease , pest and weed	Hypothetic market price
	土地盐碱化	替代市场法
	Salinity of land	Hypothetic market price
	水土流失	替代市场法
	Soil and water loss	Hypothetic market price

通过对农业绿色核算项目的分析,公式(1)可分解表达如下:

$$GDP_t = V_p - C_p \tag{2}$$
$$GDP_e = V_{es} - C_e \tag{3}$$

因此,公式(1)可以具体表达如下:

$$GDP_g = GDP_t + GDP_e = V_p + V_{es} - C_p - C_e \tag{4}$$

式中, V_p 是农业产出; V_{es} 是农业生态系统服务价值; C_p 是农业生产成本; C_e 是农业生产的生态代价。

2 安塞县概况

安塞县位于北纬36°30'45"~37°19'31"、东经108°51'44"~109°26'18",隶属陕西省延安地区管辖,北靠靖边县,南接甘泉县,西跟志丹县相连,东及东南与子长县、延安市毗邻,东北与子长县相接,辖14个乡(镇),209个行政村,1018个自然村,属典型的黄土丘陵沟壑区,海拔997~1731m,总土地面积2950.44 km²;气候类型属暖温带半干旱气候,年平均降水量500mm左右,且分布不均匀,降雨集中。年平均蒸发量1000 mm,无霜期160~180 d左右,年日照时数2352~2573 h,≥10℃年积温2866℃,年均气温8.9℃;土壤以黄绵土为主,

约占总面积 95% 左右 ,地貌沟壑纵横、地形支离破碎、植被覆盖度小、雨量集中、冲刷力强、水土流失严重、土壤瘠薄、生态环境恶化 ,是黄河中游水土流失重点县之一 ,也是西北典型生态环境脆弱区。境内植被较差 ,地上植被以蒿类、白草为主 ,灌木以蔷薇、胡枝子等居多 ,林木主要以天然次生林、人工林为主 ,森林覆盖率 17.7%^[1~13]。自然资源条件除了光能充足、气温日较差大和水热组配协调之外 ,频繁的干旱、霜冻、冰雹和暴雨等自然灾害的侵袭对农业生产尤为不利 ,据研究粮食作物因受灾而减产占总播种面积比重平均达 56%^[14]。其中 ,旱灾是农业的主要灾害 ,全县受旱灾面积约为水灾面积的 10 倍 ,成灾面积则为 4~5 倍。正常降雨年份下 ,旱灾成灾面积达 4000~6000 hm² ,减产 3000t 左右^[15]。经济水平落后 ,缺粮、缺钱、缺电 ,是全国典型的贫困地区之一。2000 年总人口 15.16 万人 ,其中农业人口 13.82 万人 ,农业用地 177379 hm² ,人均 1.17 hm² ,人均产粮 520 kg ,人均纯收入 1620 元/a。粮食生产广种薄收 ,平均产量 933.0 kg/hm² ,交通欠发达 ,与延安市仅有 1 条公路相通。

3 安塞县农业常规 GDP 核算

农业产值包括种植业、林业、牧业、渔业等产出 ,据安塞县国民经济基本统计资料显示 (表 2) ,按 2000 年现价计算农林牧渔总产值为 29187 万元。农业中间消耗包括种子、化肥、农药、地膜、劳力、灌溉、机械等投入 ,2000 年为 10215 万元。农业 GDP 核算应该是一个增加值的概念 ,因此 ,安塞县 2000 年的农业常规 GDP 为农林牧渔总产值减去中间消耗 ,得到其值为 18972 万元。

表 2 安塞县农林牧副渔总产值与中间消耗 (2000 年) (×10⁴yuan/a)

Table 2 The total values and costs of agriculture production in Ansai county (2000) (×10⁴yuan/a)

项目 Item	农业 Planting	林业 Forestry	牧业 Stockbreeding	渔业 Fishery	合计 Total value
总产值 (按现价计算) Total value of agriculture production	16925	4767	7413	82	29187
中间消耗 Costs of agriculture production	7754	2395	59	7	10215

数据来源 :安塞县统计局 ,安塞县国民经济基本统计资料 (2000 年) Data source :Statistical burean of Ansai County ,Statistical data of national economic of Ansai County (2000)

4 农业生态系统服务价值

运用市场价值法、替代工程法、影子价格法、机会成本法等方法对不同类型农业生态系统的保持土壤、涵养水分、固定 CO₂和释放 O₂、维持营养物质循环、净化环境等间接服务功能进行了价值核算^[16,17] ,结果显示 :安塞县 2000 年各类农业生态系统各项服务功能的价值总量为 3151364.80 万元 (表 3)。

表 3 安塞县各类生态系统面积及单位服务价值 (2000)

Table 3 The value per capita of ecosystem services in different kind of ecosystem of Ansai county (2000) (hm² ,×10⁴yuan/a)

生态系统类型 Ecosystem	林地 Forstry land	灌木 Shrub land	草地 Grass land	农田 Farming land	合计 Total value
面积 Areas	47266	12066	90450	93333	243115
土壤保持价值 Soil conservation value	5271.67	1533.89	11134.45	7884.59	25824.60
涵养水源价值 Water saving value	27050.63	6905.45	51765.11	53415.07	139136.26
大气调节价值 Climate regulating value	26684.20	5695.33	60482.735	39649.06	132511.32
营养循环价值 Soil nutirent preserving value	553730.83	141355.65	1059640.20	1093415.14	2848141.82
净化能力价值 Air cleaning value	5750.80	—	—	—	5750.80
合计 Total value	618488.13	155490.31	1183022.49	1194363.86	3151364.80

* 林地包括了防护林、用材林、疏林和经济林 ,数据来源 :根据文献 [13] 整理计算 The data of forstry land including windbreaks trees ,timber trees ,sparse trees and commercial trees ;Data source :Calwlate by using the data from literature 13 ;下同 the same below

生态系统服务价值测算是基于生态经济学的理论和方法的 ,因而带有一定的人为意愿表达 ,由于人们对环境价值尤其是生态价值的认识 ,对其舒适性服务的需求和为其进行支付的意愿 ,是随着社会经济发展水平和生活水平的不断提高而逐渐提高。因此 ,生态价值是个发展的、动态的概念 ,具有从发生、发展到成熟这样

的特征。处在较低发展阶段的人们,不可能对生态价值有充分的认识。但在解决了温饱问题,特别是进入小康生活之后,人们对环境舒适性服务的需求,即对生态价值的重视程度就会急剧提高,而后继续发展,到极富阶段趋于饱和,这种特征可以近似地用 Pearl 生长模型曲线来描述^[18,19]。因此,生态价值可以看作是一个动态的指标,在具体量化的过程中,可以采用一个发展阶段指数来表示,具体公式如下:

$$Y = I \times V_{ES}$$

式中, Y 为现阶段生态系统服务价值; V_{ES} 为基于生态经济学方法测算出来的生态系统服务价值; I 为发展阶段系数。

可通过 Pearl 生长曲线模型的简化形式来确定,该生长模型的数学表达式为^[18,19]:

$$I = L / (1 + ae^{-bt}), t = \ln(a/b)$$

式中, I 为发展阶段系数; L 为 I 的最大值; a, b 为常数; e 为自然对数的底数。如果将 a, b, L 都取值为 1,则得到简化的 Pearl 生长曲线模型^①:

$$I = 1 / (1 + e^{-t})$$

式中, t 可以选用代表人们生活水平的恩格尔系数的倒数来表示。

根据计算,安塞县 2000 年农村居民恩格尔系数为 0.76,可得 I 为 0.16,通过该系数调整得出该县 2000 年农业生态系统服务的价值为 504218.37 万元。

5 农业生态环境代价

传统的农业生产经济核算只考虑产值与中间消耗,并没有考虑自然资源的损耗以及生态环境的退化价值损失。本文认为在农业绿色 GDP 核算中应当考虑生态环境损耗、病虫害草加剧、水土流失、土壤肥力下降、土地盐碱化、土地荒漠化等生态环境损失的价值。由于以往对该地区生态环境代价的定位监测研究缺乏系统性和完整性,因此,在对以往研究资料进行检索和分析的基础上,选择一定参数初步估算安塞县的农业生态环境代价。安塞县地处黄土高原丘陵沟壑区,农业生态环境的主要问题是水土流失,此外,还存在土壤水分失衡、有害生物破坏、景观多样性破碎等生态问题^[20~28]。在核算安塞县农业生态环境代价时选择可行的计算方法重点核算水土流失的损失价值,对于该地区的土壤水分失衡、有害生物破坏也进行了估算。

5.1 水土流失价值损失

安塞县地处黄土高原丘陵沟壑区,历来水土流失严重。虽经多年治理,但水土流失极强度和强度面积仍达 4744 hm^2 ,占土地总面积的 73.2%^[20]。水土大量流失,使本来有机质少,养分含量低的土壤愈加瘠薄,植物或农作物生产力低而不稳。该区水土流失严重有其不足的先天因素(自然地形、地质等),但后天的人为影响(过垦过牧,扩大耕地面积,实行广种薄收等)是其关键的因素。据安塞县 2000 年统计年鉴可知,全县农林牧各业用地共计 24.9 万 hm^2 ,生产性土地按 73.2% 的水土流失比例计算,水土流失面积为 18.23 万 hm^2 ,侵蚀模数多年平均北部 13800 t/km^2 ,中部 9900 t/km^2 ^[20],取其平均值则为 11850 t/km^2 。由此可以得出每年流失表层土壤 21602250 t 。水土流失致使大量的养分流失,增加了废弃地以及造成下游泥沙淤积^[13]。其中,土壤养分流失导致土壤肥力下降,泥沙流失在下游淤积,导致水库库容减少,水库建造成本增加,水土流失增加了废弃地面积,从而导致了土地机会成本的损失。从这三方面考虑,采用机会成本法、替代工程法、影子价格法对安塞县的林、灌、草地及农田的水土侵蚀带来的生态代价测算^[21],从表 4 中可以看出,安塞县农业生态系统 2000 年的现实土壤侵蚀总量为 666.25 万 t ,这部分土壤流失带来了废弃地损失、增加下游泥沙淤积及养分流失的价值总计为 3552.59 万元/ a 。由于造成水土流失的问题既有自然的因素,也有人为的因素,目前学术界普遍认为黄土高原水土流失问题主要是人为因素造成的。据贾绍凤^[22]的研究表明,安塞县的自然侵蚀仅占总侵蚀量的 9.55%,人为加速侵蚀占绝对优势,平均占 90.45%。而农业生态系统的生态代价主要是由于人类的活动引起的,因此,为了区别水土流失的人为影响和自然影响,采用 90.45% 为折算系数,得出 2000 年安

① 许健民. 黄河三角洲(东营市)湿地评价与可持续利用研究. 博士学位论文,中国农业科学院农业经济研究所,2001

塞县农业活动造成水土流失的生态代价为 3213.32 万元/a。

表 4 安塞县每年土壤侵蚀带来的生态价值损失估计
Table 4 The ecological cost of soil loss in Ansai County ($\times 10^4$ yuan/a)

生态系统类型 Ecosystem	面积 (hm^2)	平均侵蚀量 ($\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$)	土壤侵蚀总量 The total amount of soil loss ($\times 10^4 \text{ t/a}$)	废弃地 损失价值 The land loss	泥沙淤积 损失价值 Increasing reservoir silt	养分流失价值 The soil nutrient loss	总损失价值 Total
林地 Forstry land	47266	36.75	173.68	6.81	23.27	896.01	926.09
灌木 Shrub land	12066	42.07	50.76	1.99	6.80	261.88	270.67
草地 Grass land	90450	31.49	284.83	11.16	38.17	1469.42	1518.75
农田 Farming land	93333	16.82	156.99	6.15	21.04	809.89	837.08
合计 Total	243115		666.25	26.11	89.28	3437.20	3552.59

5.2 土壤水分失衡的代价

黄土丘陵区土壤水分是维系区域植被的关键性基础。深厚的黄土层（一般厚度达 50 ~ 200m）蓄积大量的水分形成“土壤水库”，这对区域第一性生产力的形成具有重要的作用^[23]，这也是区域独特生态系统具有的土壤水分纳蓄服务功能的体现。但是由于人为的影响，黄土高原从南到北人工林草地普遍出现土壤干化的现象，而且越来越严重，干层厚度从最初的 2m 发展到 10m 深左右，其中安塞县属于土壤干化严重区域^[24]。大量调查资料表明，人工林草地进入生长旺盛阶段后，平均年总蒸散大于年均降水量，据测定 25 年生刺槐林平均年耗水量较同期年降水量高约 25mm，相当于每年要消耗掉 0.25m³ 土壤水，生长较好的 5 ~ 20a 的人工草地和林地，均会不同程度地形成土壤干层，“土壤水库”的调节作用对于林木生长极其有限，遇到干旱年份，林木将发生大面积死亡^[25]。根据焦峰等^[26]对安塞县的研究结果显示：“土壤水库”也有“死库容”（即土壤含水量低于凋萎系数难以被利用而成为无效水），减这一部分“死库容”，各土层单位面积“土壤水库”蓄积量均减少了约 0.02 ~ 0.03 m³/m²^[27]。这种由于人为影响造成区域农业生态系统土壤水分失衡的生态代价是不可忽视的，由于没有详细的各类生态系统土壤蓄积量减少的数据，因此本文初步应用该研究结果取其中间值 0.025 m³/m² 为系数应用于各类生态系统的计算，安塞县 2000 年各类生态系统总面积为 243115 hm²，计算得出安塞县总土壤水分蓄积量减少为 6078.18 万 m³，采用替代成本法，以全国水库蓄水成本 0.67 元/m³（1990 年不变价）^[6,17] 计算，得出安塞县 2000 年土壤水分失衡的生态代价为 4072.38 万元。

5.3 有害生物破坏加剧的价值损失

由于人类的活动的影 响，破坏了自然生态系统的生物自我调控平衡功能，导致了农业生态系统的有害生物破坏加剧的情况时有发生，主要表现在病虫草、鼠、兔等的危害。对于黄土高原地区来说，近年来，由于自然因素和人为因素的影响，鼠、草兔活动更加猖獗，导致一些造林树种及草地遭到严重破坏，给林业、农业和牧业发展造成一定威胁，并有进一步恶化的趋势，同时，随着我国对林业的不断重视，特别是退耕还林工程的实施，造林面积迅速扩大，林木数量大幅度增加，但随之出现的鼠、兔害对此造成了巨大的经济损失。随着退耕还林等林业重点工程的实施，陕西省新造人工林面积快速增加，生态条件得到逐步改善，草兔和鼠害种群密度急剧上升^[28]。由于病虫草害防治费用以农药成本支出在农业生产代价里已有表现，在这里不做重复计算。初步仅以草兔危害为例进行计算人类活动带来导致有害生物加剧所造成的损失。采用替代价格法和市场价格法相结合，以安塞县农林牧产业的总产值乘以相应的损失程度（草兔造成的植物死亡率）来计算（表 5），结果得到安塞县由于草兔危害造成的生态代价为 5414 万元/a。

6 安塞县农业绿色 GDP 核算结果与分析

通过上文对安塞县农业生产产值、中间、农业生态系统服务价值以及农业生态环境代价的测算，可以进行该县农业绿色 GDP 的核算（表 6）：

$$\begin{aligned}\text{常规 GDP} &= \text{农业产值} - \text{生产成本} \\ &= 29187 - 10215 \\ &= 18972 \text{ (万元)}\end{aligned}$$

表 5 安塞县由于草兔危害造成的损失价值估算

Table 5 The economic loss of the harm of hare in Ansai County (×10⁴yuan/a)

	农业 Planting	林业 Forestry	牧业 Stockbreeding	合计 Total value
总产值 (按现价计算) Total value of agriculture production	16925	4767	7413	29187
损失率 Loss rate %	16	21	23	
损失价值 The economic loss	2708	1001	1705	5414

* 损失率数据来源于文献 [28] ,由于没有详细的调查数据 ,本文初步把农业损失率以上表仁用杏的死亡率代替 ,林业为刺槐、侧柏、仁用杏的平均值 ,牧业以沙棘替代 the data of loss rate come from literature 28 ;the value of planting substituted by the data of death rate of *Prunus armeniaca* , and the value of forestry substituted by the one of *Robinia pseudoacacia* , *Platycladus orientalis* and *Prunus armeniaca* , the data of stockbreeding is by *Hippophae rhamnoides*

$$\begin{aligned}\text{农业生态 GDP} &= \text{农业生态服务价值} - \text{农业生态环境代价} \\ &= 504218.37 - 3213.32 - 4072.38 - 5414 \\ &= 491518.67 \text{ (万元)} \\ \text{农业绿色 GDP} &= \text{农业常规 GDP} + \text{农业生态 GDP} \\ &= 18972 + 491518.67 \\ &= 510490.67 \text{ (万元)}\end{aligned}$$

按照传统的经济核算体系 ,该县农业常规 GDP 为 18972 万元。考虑农业生态环境代价后 ,以农业产值减去中间消耗和农业生态环境代价 ,则农业生产净值为 6272.30 万元 ,仅为常规 GDP 的 33.06%。由此可以看出 ,常规的 GDP 核算并没有把农业生产带来的生态环境代价考虑进去 ,每 1 元常规 GDP 的产生同时至少“牺牲”了 0.67 元的生态环境代价 ,也就是说农业常规 GDP 背后至少隐含着 66.94% 的农业生态环境代价 ,这是一种“隐形代价”。

也要看到农业生态系统依然存在着维系农业生产持续产出的服务功能 ,这部分服务功能的价值也是应该在农业生产的绿色核算中考虑的。本文把这部分农业生态系统服务价值作为农业系统的间接产出。由上文知道该县农业生态系统每年提供的服务价值为 31993.76 万元 ,则该县 2000 年的农业绿色 GDP 为 510490.67 万元。从中可以看出 ,农业生态系统服务弥补了人为“干扰”带来的农业生产的负面影响 (农业生态环境代价) ,使得农业系统得以维系。换句话说 ,安塞县农业经济的获得至少有 66.94% 是依靠其农业生态系统的服务来提供和补偿的。因此 ,保护生态系统的服务价值对于当地的社会经济发展具有重要的意义。

表 6 安塞县农业绿色 GDP 的核算构成

Table 6 The composing of the value of green GDP of Ansai county (×10⁴yuan/a)

项目 Composing	农业产值 Value of agriculture production	中间消耗 Cost of agriculture production	生态服务价值 Value of agroecosystem services	农业生态环境代价 Ecological cost
价值 Value	29187	10215	504218.37	12699.70

7 讨论

本文初步建立农业绿色 GDP 核算体系和方法 ,案例研究分析结果可以看到传统经济核算的弊端 :一方面没有考虑农业生产的生态资源的“消耗” ,同时也不能看出为什么存在这么大的“隐形代价” ,农业生产还能够维系。通过绿色核算不仅可以清楚农业生产到底带来那些生态环境的代价 ,同时也可以清楚农业生态系统补偿这些代价的服务功能 ,可为农业生产决策和农业生态环境的保护提供更为详细的科学支撑。

然而,绿色 GDP 核算涉及的是自然资源与生态环境的价值核算,针对不同的生态系统类型要合理辨认确定人类经济行为与自然资源、生态环境综合互动下的生态价值产出和生态成本有一定的难度,特别是在核算指标的选择需要合乎科学性与可行性,本文只是针对常规 GDP 核算体系的不足,以农业系统为研究尺度,对绿色核算的指标做了探索。提出的农业绿色 GDP 核算体系并不是要强调必须彻底改变目前的国民经济核算体系,因为大部分生态服务价值目前并没有真实的市场环境让之体现出经济价值,但是这种绿色核算体系可以作为政府决策的科学参考。

此外,目前对生态系统服务价值测算的方法繁多杂乱,不同系统使用的方法和指标也极不统一,未能形成针对具体生态系统类型、特定尺度的生态系统服务价值测算标准。一方面是由于生态系统本身功能与结构复杂多样,另一方面是生态系统类型多样,很难用统一的方法和指标。

References :

- [1] Turner P, Tschirhart J. Green accounting and the welfare gap. *Ecological Economics* ,1999 ,30 ,161 — 175.
- [2] Gao W S, Chen Y Q, Chen D D. A new index system of agricultural green accounting based on value of agroecosystem services. *Research of Agricultural Modernization* ,2005 ,26 (1) :1 — 5.
- [3] Yuan S Z, Zhao Y Y, Gao M X, *et al.* The basic for national economic account. Beijing :Press of China Population University ,1996. 391 — 416.
- [4] Luo S M. Agroecology. Beijing :China Agriculture Press. 2000. 141 — 142 .
- [5] Timan D, Fargione J, Wolff B, *et al.* Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* ,2001 ,292 :281 — 284.
- [6] Chen Y Q, Gao W S. Functions and conservation approach of agroecosystem services for fragile ecotone of agriculture and husbandry. *China Population ,Resources and Environment* ,2005 ,15 (4) :110 — 115.
- [7] Costanza R, D'Arge R, Groot R, *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* ,1997 ,386 :253 — 260.
- [8] Daily G C, *et al.* Nature's service :societal dependence on natural ecosystems. Washington D C :Island Press ,1997.
- [9] Daily G C, Walker B H. Seeking the great transition. *Nature* ,2000 ,403 ,243 — 245.
- [10] Daily G C, *et al.* The Value of Nature and the Nature of Value. *Science* ,2000 ,289 :395 — 396.
- [11] Shan L, Chen G L. Theories and practices on Loess Plateau Agriculture. Beijing :Science Press ,1991.
- [12] Government of Ansai County. Spreading the experience of scientific tests and speed up the step of economic development. in *Study on eco-agriculture on Loess Hilly-gully Region*. Shaanxi ,Yanling :Tianze Press ,1990.
- [13] Gao W S, Dong X B. Valuation of Fragile Agriculture Ecosystem Services in Loess Hilly-gully Region :A case study of Ansai County. *Journal of Natural Resources* ,2003 ,18 (2) :142 — 150 .
- [14] Liu X W, Chen B M, Yang H. Food production in Ansai County of Shannxi Province since 1990's. *Resources Science* ,2004 ,26 (6) :158 — 165.
- [15] Niu Y S. Analysis of Factors of Soil and Water Losses on the Loess Plateau and Controlling Prospects. *Research of Soil and Water Conservation* ,2001 ,8 (1) :85 — 88 .
- [16] Ouyang Z Y, Wang R S, Zhao J Z. Ecosystem services and their economic evaluation. *J. Appl. Ecol.* ,1999 ,10 (5) :635 — 640.
- [17] Xiao H, Ouyang Z Y, Zhao J Z. The spatial distribution characteristeis and eco-economic value of soil conservation service of ecosystem in Hainan Island by GIS. *Acta Ecologica Sinica* ,2000 ,20 (4) :552 — 558.
- [18] Li J C. Value assessment is the key of environmental assessment. *China Population ,Resources and Environment* ,2002 ,12 (3) :11 — 17.
- [19] Lei M. Trial Estimate of 1995' CSEEA and Chinese Green GDP. *Systematic Engineering Theories and Practices* ,2000 , (11) :1 — 9 ,66.
- [20] Xu Y, Xu J X, Fang J F. Developmental Strategies ,Restricted Factors and Economic Characters of Rural Areas in Central Hilly-gully Region on Loess Plateau. *Research of Soil and Water Conservation* ,2000 ,7 (2) :14 — 20 ,29 .
- [21] Gao W S, Chen Y Q. Signification and Measurements for Ecological Restoration of Ecosystem Services in Loess Plateau. *Journal of Soil and Water Conservation* ,2003 ,17 (2) :59 — 61.
- [22] Jia S F. Estimation of natural erosion and accelerated erosion of human action on Loess Plateau. *Bulletion of Soil and Water Conservation* ,1995 ,15 (4) :25 — 32.
- [23] Zhang L M, Shangguan Z P. Relationship between the Soil Moisture and the Vegetation Productivity in the Loess Plateau. *Arid Zone Research* ,2002 ,19 (4) :59 — 63.
- [24] Wang L, Shao M A, Zhang Q F. Distribution and characters of soil dry layer in north Shaaanxi Loess Plateau. *Chinese Journal of Applied Ecology* ,2004 ,15 (3) :436 — 442.
- [25] Wang G L, Liu G B, Chang X, *et al.* the effect of soil moisture of vegetations construction in small watershed of loess gully region. *Journal of*

Natural Resources ,2002 ,17 (3) :339 —344.

[26] Jiao F ,Wen Z M ,Wang F ,*et al.* Analysis of landscape structure at county scale in Loess Hilly Region. Journal of Soil and Water Conservation , 2005 ,19 (2) :167 —70.

[27] Jiao F ,Wen Z M ,Chen Y M. Mapping and quantitative analysis of soil moisture using GIS techniques. Research of Soil and Water Conservation , 2005 ,12 (3) :129 —131.

[28] Yang X J ,Han C X ,Zhang H L ,*et al.* Analysis of the law and harm of hare to forest in the North of Shaanxi and Guanzhong. Jour. of Northwest Sci-Tech Univ of Agri and For (Nat Sci Ed) ,2005 ,33 (3) 85 —89.

参考文献：

[2] 高旺盛 陈源泉 陈冬冬. 基于农业生态服务价值的农业绿色 GDP 核算指标体系初探. 农业现代化研究 2005 ,26 (1) :1 ~5.

[3] 袁寿庄 赵彦云 高敏雪 ,等. 国民经济核算原理. 北京 :中国人民大学出版社 ,1996 ,391 ~416.

[4] 骆世明. 农业生态学. 北京 :中国农业出版社 2000. 141 ~142.

[6] 陈源泉 高旺盛. 农牧交错带农业生态服务功能的作用及其保护途径. 中国人口 · 资源与环境 2005 ,15 (4) :110 ~115.

[11] 山仑 陈国良. 黄土高原农业的理论与实践. 北京 :科学出版社 ,1991.

[12] 安塞县人民政府. 推广试区科学治理经验 ,加快安塞县脱贫致富步伐. 黄土丘陵沟壑区水土保持型生态农业研究 (上册) . 陕西杨陵 :天则出版社 ,1990.

[13] 高旺盛 董孝斌. 黄土高原丘陵沟壑区脆弱农业生态系统服务评价研究. 自然资源学报 2003 ,8 (2) :182 ~188.

[14] 刘新卫 陈百明 杨红. 近十年来安塞县粮食生产的特点及其原因探析. 资源科学 2004 ,26 (6) :158 ~165.

[15] 牛银柱. 黄土高原水土流失诸因素分析及治理展望. 水土保持研究 2001 ,8 (1) 85 ~88.

[16] 欧阳志云 王如松 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评估. 应用生态学报 ,1999 ,10 (5) 635 ~640.

[17] 肖寒 欧阳志云 赵景柱. 海南岛生态系统土壤保持空间分布特征及生态经济价值评估. 生态学报 2000 ,20 (4) 552 ~558.

[18] 李金昌. 价值核算是环境核算的关键. 中国人口 · 资源与环境 2002 ,12 (3) :11 ~17.

[19] 雷明. 1995 '中国环境经济综合核算矩阵及绿色 GDP 估计. 系统工程理论与实践 2000 ,(11) 1 ~9 ,66.

[20] 徐勇 许炯心 房金福. 黄土高原中部丘陵区 (中尺度)农村经济特征制约因素与发展对策. 水土保持研究 2000 ,7 (2) :14 ~20 ,29.

[21] 高旺盛 陈源泉. 黄土高原生态系统服务功能重要性及恢复对策. 水土保持学报 2003 ,17 (2) 59 ~61.

[22] 贾绍凤. 根据植被估算黄土高原的自然侵蚀和加速侵蚀. 水土保持通报 ,1995 ,15 (4) 25 ~32.

[23] 张雷明 ,上官周平. 黄土高原土壤水分与植被生产力的关系. 干旱区研究 2002 ,19 (4) :59 ~63.

[24] 王力 邵明安 张青峰. 陕北黄土高原土壤干层的分布和分异特征. 应用生态学报 2004 ,15 (3) :436 ~442.

[25] 王国梁 刘国彬 常欣 ,等. 黄土丘陵区小流域植被建设的土壤水文效应. 自然资源学报 2002 ,17 (3) 339 ~344.

[26] 焦峰 温仲明 王飞 ,等. 黄土丘陵县域整体景观格局分析. 水土保持学报 2005 ,19 (2) :167 ~170.

[27] 焦峰 温仲明 陈云明. 基于 GIS 的黄丘区土壤水分制图及其定量化分析. 水土保持研究 2005 ,12 (3) :129 ~131.

[28] 杨学军 韩崇选 张宏利 ,等. 陕北与关中林区草兔危害及发生规律分析. 西北农林科技大学学报 (自然科学版) 2005 ,33 (3) 85 ~89.