

区域生态系统可持续发展的生态价值评价

——以宁夏灵武市为例

宗跃光¹, 周尚意¹, 温良¹, 郭瑞华¹, 张振世¹, 徐宏彦², 陈红春³

(1. 北京师范大学资源与环境科学系, 100875; 2. 国地土地估价中心, 100785; 3. 深圳市规划与国土资源局福田分局, 518045)

摘要: 根据我国西部大开发战略, 从生态经济价值理论出发, 研究区域生态系统服务功能的价值体系及其基本估价方法。结合我国国情, 将 Costanza 等人单纯自然资本的测算推广到自然、经济、社会综合资本的测算, 重点突出人类活动干扰下的区域生态系统资本价值结构分析。研究表明: 1997 年灵武市牧草地和水域提供的资本价值约占自然资本总价值的 97%, 工矿业消耗的自然资本占自然资本总损耗的 84%。根据本文的全面测算结果, 1990~1997 年灵武市生态价值总资本年均递增 4.5%, 它将部分抵消该市国民生产总值 12.6% 年均增长率。此外, 如果用自然资本的增减作为强可持续发展的临界指标, 1990~1997 年本区域自然总资本以年均 4% 的速度递减, 处于不可持续发展状态。

关键词: 可持续发展; 区域生态系统; 生态价值; 环境影响评价

Assessment with Eco-economic Valuation of Sustainable Development of a Regional Ecosystem: A Case Study of Lingwu City, Ningxia Province

ZONG Yao-Guang¹, ZHUO Shang-Yi¹, WEN Liang¹, GUO Rui-Hua¹, ZHANG Zhen-Shi¹,

XU Hong-Yan², CHEN Hong-Chun³ (1. Beijing Normal University, Department of Resources and

Environment Science, Beijing 100875, China; 2. Land Consolidation and Rehabilitation Center, Ministry of Land and

Resources, Beijing 100785, China; 3. Futian Branch of Municipal Urban and Land Planning Bureau, Shenzhen 518045,

China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(10): 1573~1580.

Abstract: Evaluation procedure is an essential component of environmental impact assessment (EIA). The central purpose of evaluation is to help people to make effective, efficient, and environmental sound decisions on the basis of the best obtainable information (D. L. Lawrence, 1993). Environmental impact is any change to the environment, whether adverse or beneficial, wholly or partially resulting from an organization's activities, products or services. In fact, the modern social-economic systems are driven by the positive feedback of exponential growth. The annual percent increase in gross national product (GNP) is taken as every nation's primary indicator of national well-being (W. E. Rees, 1990). There are two ecological problems with these commonplace economic expectations. Firstly, almost all the products or services of organizational activities and the final consumer goods are eventually discharged back into the biosphere as wastes. Secondly, ecological difficulty with the growth-dependent economic systems is that it depends on fixed stocks of natural resources taken by human almost free charge. Therefore, the understanding of systematic value structures of a regional ecosystem with EIA evaluation methods becomes

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40171029); 国家留学基金管理委员会资助项目 (留金出 (1997) 007 号)

收稿日期: 2001-05-21; 修订日期: 2002-04-23

作者简介: 宗跃光 (1952~), 男, 北京人, 博士。主要从事城市生态、城市景观规划及房地产估价与市场分析研究。

致谢: 灵武市人民政府、规划局、环保局、公安局、统计局等单位的大力支持。英文摘要得到 Kathy Roulet 教授和 Lara Arjan 博士的精心修改, 深表谢意。

essential necessary. Evaluation is the stage of the EIA process at which all the impact information is brought together and consideration is given to whether the impacts are socially acceptable or not (Richard, 1998).

There are two concepts in environmental impact evaluation; the types of values in a regional ecosystem, such as use value, market value, present value, and the methods that could be used in evaluation process. One of the most significant changes in the field of economic valuation since the 1960s has been the move from the use of a comparatively narrow concept of value to a much wider perspective, marked by the introduction of the concept of Total Economic Value (TEV) (Pearce and Turner, 1990). TEV may be broken down into two basic categories of use values and non-use values with several sub-categories. There are two basic approaches to establish the magnitude of the predicted impact: monetary evaluation, e.g., cost-benefit analysis, and scaling weighting evaluation, e.g., ratio-scoring procedure. (Lee, 1982). The first one is mainly considered in this paper because monetary evaluation is more easily accepted by our society in which GNP as an international indicator has been widely applied.

Cost-Benefit Analysis (CBA) is now routinely used to evaluate broad questions of environmental policy, but it has limitations. Adams (1996) indicated CBA has three main weaknesses: it attempts the impossible; it is biased; and it entrenches conflict. Without doubt, not all of environmental impacts can be evaluated by CBA but the combination of approaches, such as sales comparison approach, income approach, weighting methods, matrix methods, may be helpful to value complex or hidden impacts. The sales comparison approach is based on the premise that the market value of a property is directly related to the prices of comparable and competitive values. The income approach is based on the property anticipated future income.

For the results calculated in this paper, natural capital contributed to total capital was about 1/3 in the regional ecosystem but 84% of natural capital was consumed by local industry in 1997. Natural capital declined 4% each year from 1990 to 1997. Furthermore, the growth rate of total capital per year was 4.5% and not 12.6% calculated with GNP in the city in 1997. This result indicates that Lingwu city was not in a sustainable development during 1990's because the natural capital continually decreased. In fact, the most losses of natural capital were from industry, especially local chemical and steel industries. Therefore, decreased losses of natural capital can be achieved by controlling local heavy industries and promoting agriculture and other industries, such as food processing industry, tourism industry, with sound environmental development. In the future, sustainable development of the regional ecosystem can only be achieved when natural capital is increased.

Key words: sustainable development; environmental impact assessment; ecological value

文章编号:1000-0933(2002)10-1573-08 中图分类号:Q141,X171,X22 文献标识码:A

1 研究背景

我国西部大开发战略,应该以生态建设为中心有计划、有步骤地进行,最终实现自然资本正增长和自然、社会、经济综合效益极大化的可持续发展目标。据有关资料显示^①,我国西部生态环境有不断恶化的趋势。造成上述状况的重要原因之一是:体现在环境与资源上,以土地为载体的生态(社会、经济、环境)价值,长期以来没有被人们充分认识,即使在市场经济条件下,人们也仅考虑环境与资源可实现的经济价值,很少顾及其潜在的社会与环境价值。本文以宁夏灵武市为例,采用多种生态价值评价方法对区域生态系统的

万方数据

^① 引自 1998 年 6 月 25 日《中国青年报》和《人民日报》

自然、社会、经济资本的综合价值进行测算,重点突出人类活动干扰下的区域生态系统资本价值结构分析,以便为当地制定可持续发展战略提供依据。灵武位于宁夏回族自治区中部,黄河东岸,银川平原与鄂尔多斯台地结合部。东与盐池县相连,南与吴忠市、同心县接壤,西隔黄河与银川市永宁县相望,北依长城与陶乐县和内蒙古鄂托克旗毗邻,南北长 98km,东西宽 54km。哺育过中华民族古老文化的黄河,由南向北流经灵武 48km,流域面积 33.9km²,最高流量达 5930m³/s。本市多年年均引水量 6.3 亿 m³,刚刚满足本区目前生产和生活用水。由于黄河水源逐年减少,社会经济发展用水增加,水污染不断加剧,因此水资源短缺的危害日益严重。全市土地资源 36.49 万 hm²,总面积的 85%是荒漠和牧草地。城镇、工矿和交通的发展主要靠占用耕地和林地获得。人均耕地占有量由解放初的 0.41hm² 减少到 1997 年的 0.09hm²,并且还有进一步减少的趋势。此外,本市的风沙、虫害、污染和人类活动影响对区域生态环境构成巨大威胁,水土资源匮乏和环境恶化始终是制约本区可持续发展的限制条件。

2 区域生态系统的生态价值研究

与生态价值密切相关的自然资本思想可以追溯到 White 不朽的著作《沙比隆的自然史》^[1],Worster 在《自然经济学》中进行了系统总结^[2];早期的政治经济学家,象 Malthus、Marx、Mill 等已经敏感地意识到自然资本的有限性^[3~5],例如 Mill 曾经指出:有限的自然资本只能支持有限的人口,因此人类社会的经济增长会达到极限(stationary stage);20 世纪 70 年代,经济学家戴勒进一步发展“有限自然股本”的思想,提出“经济零增长的稳定阶段”^[6]。面对人口、经济快速增长和自然资源、生态环境持续恶化的尖锐矛盾,联合国有关机构于 1987 年在斯德哥尔摩召开国际环境大会,在《我们共同的未来》的报告中首次提出可持续发展的定义,自从 1992 年联合国环境与发展大会以后,可持续发展逐步成为世界上许多国家指导经济与社会发展的总体战略。因此不少学者从理论、方法到实践上继续对自然资本和生态价值进行深入的研究^[7~22],例如英国环境经济学家 Pearce 等认为,可以用货币度量一个国家或地区的总资本存量,以此为依据判断其发展是否具有可持续性。他们认为强可持续性意味着除了总资本存量不减少外,还应满足一个限制条件,即生命支持系统所依赖的自然资本也一定不能减少^[19]。1995 年,世界银行提出了资本真实储蓄的一套估算方法,即考虑了自然资源的枯竭和环境污染损害之后的一个国家的真实储蓄率,并以此作为衡量国民经济发展状况及潜力的一个新指标^[20]。1997 年 Robert Costanza 等人在《Nature》杂志上发表了“全球生态系统服务功能价值和自然资本”一文在世界范围引起巨大反响^[21,22]。

3 区域生态系统服务功能的价值理论

3.1 市场经济条件下的边际效益和边际成本

传统市场经济条件下的边际效益和边际成本曲线如图 2 所示,GNP 可以用 pcqb 围成的阴影区代表,分解为生产者成本和剩余两部分,三角形 apb 的面积是消费者剩余。

3.2 自然生态系统服务功能的边际效益和边际成本

由于生态系统提供的服务功能(土地、水资源、矿产等)缺乏供给弹性,在短期内可认为是无弹性,因此形成如图 2 所示的垂直供给线 qb。自然成本在 GNP 中得不到反映,完全变成经济或社会资本被人类无偿占有,没有进入市场。在自然生态系统建设之中,造成人类的经济资本和社会资本不断增加的同时,生态系

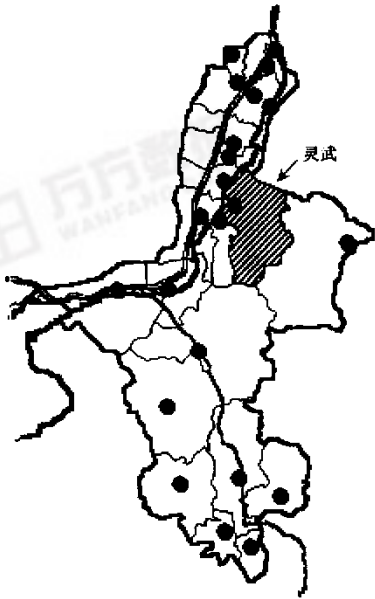


图 1 灵武在宁夏回族自治区的位置

Fig. 1 Location of Lingwu city in Ningxia Hui Autonomous Region

统中的自然资本不断减少,因此通过全球性和区域性的生态灾害表现出来,使人类经济资本和社会资本遭受巨大损失。

3.3 对生态系统服务功能价值的调控

解决上述问题的途径是改变生态系统的供给(边际成本)曲线形态,按市场经济的运行规律调整到图 3 的状态,并且将生态系统的生产成本及部分生产者剩余投入到生态环境建设之中,使自然资本由递减变为递增,这是实现人类共同追求的可持续发展目标的中心环节。自然资本的增减应成为衡量一个国家和地区是否实现可持续发展的核心指标。

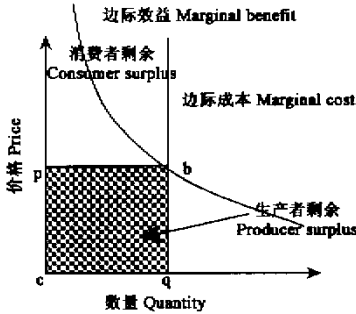
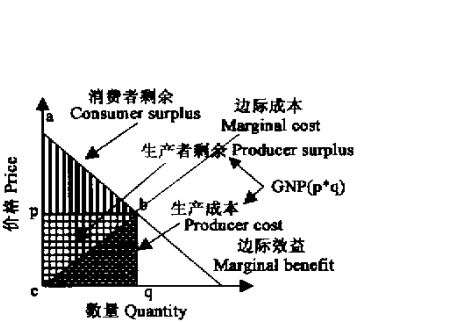


图 2 理想市场条件下的边际效益与边际成本^[21]

Fig. 2 Marginal benefit and cost under a typical market condition^[21]

图 3 生态系统服务功能的边际效益与边际成本^[21]

Fig. 3 Marginal benefit and cost of ecosystem services^[21]

4 灵武市区域生态系统生态价值的测算

4.1 区域生态系统服务功能分类体系

为测算宁夏灵武市区域生态系统服务功能体现的总资本价值结构,根据当地特点,将区域生态系统类型划分为:耕地、园地、林地、牧草地、水域、城镇、工矿、未利用土地等 9 类。区域生态系统服务功能资本结构共 24 项^[23,24],划分如下:自然资本分为水土保持、水循环、土壤形成、污染净化、小气候、生物调控等 6 项;经济资本分为农、林、果、牧、渔、矿产、工业、建筑、运输、电信、商饮服、旅游资本等 12 项;社会资本分为居住、就业、文教、医疗、娱乐和行政等 6 项。

4.2 价值估算

具体技术路线是根据不同生态价值估价模型^[25],首先计算各类生态价值的单位面积资本,然后计算总资本,汇总后得到资本结构表 1。

(1) 成本分析法是进行区域生态系统资本核算的主要方法,基本模型为:

$$V = \sum_{i=1}^n P_i \times S_i$$

(1)

式中, V 是资本总价值; P_i 是第 i 种用地类型单位面积年均成本; S_i 是第 i 种用地类型面积; n 是用地类型总数($i=1,2,3,\dots,n$)。对于不仅具有经济成本,还具有社会成本和环境成本的价值分析,可以采用综合成本计算公式:

万方数据

$$V = \sum_{i=1}^n a_{ni} \times Ni + \sum_{i=1}^n a_{ei} \times Ei + \sum_{i=1}^n a_{si} \times Si$$

(2)

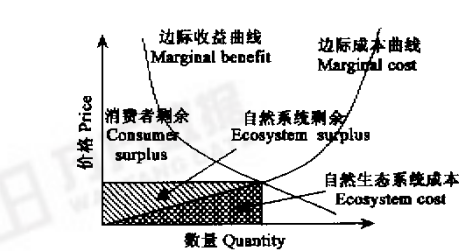


图 4 调控后的生态系统服务功能的边际效益与边际成本

Fig. 4 Marginal benefit and marginal cost after regulating the contribution of ecosystem services

式中, $a_{ni}、a_{ei}、a_{si}$ 为价值调整系数,可以用调查法或专家法确定; N_i 为年均自然成本(可以分为环境保护、水循环、控制水土流失、污染净化、生物控制等各项成本); E_i 为年均经济成本; S_i 为年均社会成本(可以分解为居住、就业、教育、保健、娱乐、行政管理等各项社会成本)。

(2) 市场比较法适用于具有明显经济效益和市场交易资料的生态系统用地评估,基本模型为:

$$V = f(A_i \times T_i \times S_i \times A_i \times L_i \times E_i)$$

(3)

式中, V 代表市场价值; i 是不小于3个市场案例; A_i 是比较案例年均市场收益; T_i 是时间因素修正; S_i 是市场交易情况修正; A_i 是用地类型的物理属性集合修正; L_i 是用地类型的区位属性集合修正; E_i 是用地类型的环境属性集合修正。

表1 灵武区域生态系统各类资本及其价值结构变化(1990和1997年,亿元)

Table 1 Evaluated capital with different types within Lingwu regional ecosystem (1990 and 1997,100 million Yuan)

类型	耕地 Farmland	园地 Garden land	林地 Woodland	牧草地 Grassland	城镇 Cities and towns	工矿 Manufacturing and mining	交通 Transporta- tion	水域 Water area	总计 Total
自然资本(1990)	-0.0548	0.0512	0.1305	3.651	-0.1344	-0.2644	-0.0148	1.7166	5.0809
自然资本(1997)	-0.1151	0.0518	0.1275	3.6284	-0.1737	-1.5603	-0.0182	1.7166	3.657
自然资本增减量	-0.0603	0.0006	-0.003	-0.0226	-0.0393	-1.2959	-0.0034	0	-1.4239
经济资本(1990)	0.7536	0.0177	0.1624	0.1553	0.6511	1.0375	0.0919	0.1932	3.0627
经济资本(1997)	0.8916	0.0889	0.0291	0.4632	1.5783	3.2643	0.1607	0.1959	6.672
经济资本增减量	0.138	0.0712	-0.1333	0.3079	0.9272	2.2268	0.0688	0.0027	3.6093
社会资本(1990)	0.9362	0.0131	0.0302	0.2719	0.7432	0.2479	0.0054	0	2.2479
社会资本(1997)	0.7863	0.0407	0.0291	0.193	1.3899	0.6931	0.0154	0.0027	3.1502
社会资本增减量	-0.1499	0.0276	-0.0011	-0.0789	0.6467	0.4452	0.01	0.0027	0.9023
总资本(1990)	1.635	0.082	0.3231	4.0782	1.2599	1.021	0.0825	1.9098	10.3915
总资本(1997)	1.5628	0.1814	0.1857	4.2846	2.7945	2.3971	0.1579	1.9152	13.4792
总资本增减量	-0.0722	0.0994	-0.1374	0.2064	1.5346	1.3761	0.0754	0.0054	3.0877

* ① 水土保持功能主要由林地、园地、牧草地提供。测算依据来自文献[21]表2中侵蚀控制一项。其中换算单位是1美元=8.3元人民币。由于表中没有园地一项,本文采用林地和草地的均值。Woodland,garden-land and grassland play improtant roles in preserving natural environment. The evaluation based on the Table 2 in reference [21]. The currency exchange rate is 1 \$=8.3 ¥. We took the mean of woodland and grassland

② 水循环功能测算依据来自文献[21]表2中自然资源的水调控和水补给,根据文献[21]和研究地区的特点,此功能主要由本区水域提供;本文对水域的服务功能价值按表2的平均值计算;农业、城市、工矿的负影响来自用水量及其相应水价格,没有考虑其对土地盐碱化、地面沉降、生物多样性等更深层次的环境影响。因此本研究计算的是最低水循环成本,采用替代成本分析法。The evaluations of water recycle function also based on the Table 2 in reference [21], which is about adjustment of natural water resource and water supply. According to reference [21], all these functions have to be realized by the water areas in this region. The value of water area’s serving function came out from the mean of Table 2 in [21]. The negative influence was evaluated by accounting the water consumption and its value. We ignored the further environmental influences of basification, land subside, bio-diversity and etc. Since we took the method of substitute cost, the result is the lowest cost of water function

③ 由于许多自然资本的损耗是根据人工成本计算的,所以本表计算的工矿、城镇、耕地和交通成本等是本区自然资本的最低损耗价值。Because of most of the natural resources exhaustion were evaluated by mankind making cost, all the values of manufacturing, mining, cities, towns, farmland, transportation are the lowest

(3) 收益还原法适用于具有明显经济或综合效益的生态系统用地评估,对于无限期用地综合效益的计算如下:

万方数据

$$a = \sum_{i=1}^n V_{ei} \times r_{ei} + \sum_{i=1}^n V_{hi} \times r_{hi} + \sum_{i=1}^n V_{si} \times r_{si}$$

(4)

式中, a 是单位面积用地年均综合纯收益; V_{ei} 和 r_{ei} 分别是单位面积平均经济效益的总价值和还原利率; V_{hi}

和 r_{hi} 分别是单位面积平均环境效益的总价值和还原利率; V_{si} 和 r_{si} 分别是单位面积平均社会效益的总价值和还原利率。

(4) 污染净化的测算依据来自文献^[26,27], 对于城镇、工矿、交通用地产生的环境污染主要采取防治成本法测算。本研究根据废物的排放量进行修正。

(5) 流通效应法适用于交通流量较大并有充足数据的道路地段, 一般化为元/(万人·km·a)或元/(t·km·a)计算, 即:

$$V = Vf - Vc = Vt \times (R + r) \tag{5}$$

式中, V 是流通效益; V_t 是区段内单位面积价值; V_f 是道路单位面积年均总收益, 可以用式 $Vf = a \times Pi \times Vi$ 求取, a 是调整系数; Pi (t·km·单价); Vi 是万 t·km·a; V_c 是道路单位面积平均成本, 可以用式 $Vc = a(Vb + Vy + Vx)$ 求取, Vb 是道路单位面积建造成本(计息到估价时点); Vy 是运营成本; Vx 是道路维修成本; R 是安全利率; r 是风险利率。

(6) 区域生态系统价值评价结果列入表 1 和图 5~6。

4.3 结果分析

(1) 在灵武市的自然资本结构中, 牧草地比重最高, 其次是水域, 二者占自然资本总贡献的 97%, 为当地社会经济发展提供巨大的自然资本投入。园地、林地由于面积过小因此自然资本比重仅占 3%。工矿、城镇等人类活动剧烈的土地利用方式产生巨大的自然资本损耗, 其中工矿占 84%, 城镇占 9%, 显然工矿业对当地自然资本的损耗最大(图 5), 其主要形式是通过当地水资源巨大消耗和废水、废气、废渣的无处理排放引起的。

(2) 在灵武市的经济资本结构中, 工矿占 50%, 城镇占 24%, 耕地占 13%, 三者约占 87%, 而提供巨大自然资本的牧草地和水域仅占 10%。这说明如果单从经济结构分析, 会忽视牧草地和水域的重要服务功能。在灵武市的社会资本结构中, 城镇占 43%, 耕地占 25%, 工矿占 22%, 三者约占 90%, 这反映出城镇在社会资本构成中的重要地位(图 6)。

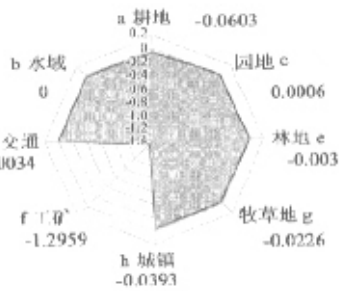


图 5 各种类型自然资本变化量(1990 和 1997, 亿元)

Fig. 5 The net changes of natural capital with different types in the regional ecosystem between 1990 and 1997, in 100 million Yuan

a, Farm land; b, Water area; c, Garden land; d, Transportation; e, Wood land; f, Manufacturing and mining; g, Grass land; h, Cities and towns

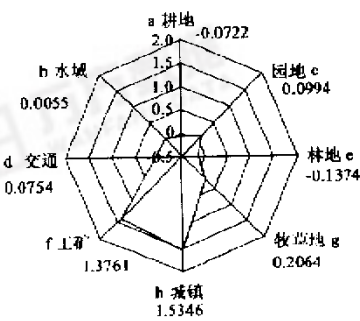


图 6 各种类型总资本变化量(1990 和 1997, 亿元)

Fig. 6 The net changes of total capital with different types in the regional ecosystem between 1990 and 1997, in 100 million Yuan

图例同图 5 The legend are same as fig. 5

(3) 在灵武市的总资本结构中, 自然资本、经济资本和社会资本分别占 27%、49% 和 24%, 如果剔除自然资本负价值的影响, 则自然资本、经济资本和社会资本分别占 35%、43% 和 22%, 这表明按最低价值量计算, 自然资本约占总资本的 1/3 左右。

(4) 本区自然资本是 5.08 亿元, 1997 年是 3.66 亿元(按 1990 年不变价, 计算方法同上), 7a 内净减 1.42 亿元, 以年均 4% 的速度递减, 表明本区自然资本的损耗不断加大, 处于可持续发展状态。

其中工矿负价值增加 1.30 亿元,占总净减量的 91%。说明本区不可可持续发展的主要原因是工矿业造成的,特别是小化工、小冶金、小印染、小造纸和小煤矿等 5 小企业。

(5) 根据上述测算结果,本区真实总资本年均增长率为 4.5%而不是国内生产总值所体现的 12.6%。本区生态系统总资本 1990 为 9.89 亿元,1997 年则达到了 13.48 亿元,年均增长率 4.5%。如果用国内生产总值来衡量,年均递增 12.6%。由于国内生产总值指标只关注经济和社会发展,而没有考虑自然资本和环境损耗,因此,认为 4.5%的年增长率更为真实的反映了本区的财富积累速率。

上述研究向人们揭示,由于本区位于银川平原黄河灌区,属于农牧交错带,在区域生态系统 9 种类型中,牧草地和水域起到生命支持系统的关键作用。此外果园和林地的综合效益也很可观,有关决策部门应当根据当地的特点,进一步扩大上述生态系统类型的面积和综合效益。近年来本区的工业在经济资本中的比重增长很快,但是其自然资本损耗却占农业损耗的 13.6 倍,城镇损耗的 9 倍,或者是其他类型总损耗的 5 倍以上。此外,工业在社会资本中的比重也低于城镇和农业,说明发展工业并不是解决当地就业的主要途径。因此,面对这种严重现实,当地政府不应该从单纯经济效益出发,盲目扩大工业发展规模。高污染和高耗水的产业,会给当地和黄河下游地区带来灾难性的后果,政府应根据当地资源优势,引导开发有特色的农、林、牧、副、渔等产品加工业和旅游业。

5 结果讨论

(1) 本文从不同土地利用方式产生不同价值量的角度出发,研究区域生态系统价值体系及其基本估价方法,根据我国国情,将 Costanza 等人单纯自然资本的测算推广到自然资本、经济资本和社会资本的综合测算;在测算方法上,尽可能把区域生态系统服务功能细化,通过各种途径测算其可比价值。

(2) 由于资料的限制仅对区域生态系统的部分功能进行测算;价值的测算仅是一种初步科学的估算,特别在自然资本的测算中,许多情况下是根据人工成本的下限计算,因此本研究反映的仅是自然资本的最低价值。

(3) 上述研究没有考虑自然、经济、社会过程中的突发事件引起灾害性损失,以及各种瓶颈、门槛效应、突变事件对价值的影响,可以在今后研究中进一步深入。

(4) 本研究的意义在于通过综合资本的测算,认识和了解自然生态系统为人类社会经济提供服务的价值量,以及人类通过污染治理和生态建设等各种形式,为维护自然生态系统平衡所需的资本投入量。

(5) 通过分析本案例,得知资本价值测算的必要性和复杂性,同时也明确揭示出传统经济统计指标体系的不完备性,如果仅以经济指标作为决策依据,很容易导致宏观决策的失误和对生态环境的破坏。因此,为了尽快将自然资本价值的测算纳入我国国民经济价值核算体系,我们建议有关部门组织专家建立一套分地区、分类型的区域生态系统的自然资本“单位基准价值”参考体系,以便各地区核算时参考使用。

参考文献

[1] White G. *The Natural History of Selborne*. Menston: Scolar Press, 1789. Reprint edition Publisher: Penguin USA Press, 1997.

[2] Worster D. *Nature's economy: a history of ecological ideas*. Cambridge University Press, 1977.

[3] Malthus. *An essay on the principle of population* (first published in 1798). London: Macmillan (Reprint publisher). 1909.

[4] Marx K. *Capital*. Vlos I, II. London: Lawrence and Wishart, 1970.

[5] Mill J S. *Principles of political economy*. London: Parker, 1875.

[6] Daly L. Rent under the assumption of exhaustibility. *Quarterly Journal of Economics*, 1914, **28**:466~489.

[7] Dixon J A *et al.* *Economic Analysis of Environmental Impacts*. London: Earthscan Publications Ltd, 1995.

[8] Kolstan C. *Environmental Economics*. Oxford (England):Oxford University Press, 2000.

[9] Lawrence D P. Quantitative Versus Qualitative Evaluation; A False Dichotomy? *Environmental Impact Assessment Review* 1993, **13**:3~11.

[10] Prior M. Economic Valuation and Environmental Values. *Environmental Values*, 1998, **7**(4): 423~441.

[11] Rees W E. Economics, Ecology, and the Role of Environmental Assessment in Achieving Sustainable Development. In Jacobs P and Sadler B eds. *Sustainable Development and Environmental Assessment: Perspectives on Planning for a Common Future*. Canadian Environmental Assessment Research Council, 1990. 123~134.

[12] Barkley J and Rosser Jr. Complex ecologic-economic dynamics and environmental policy. *Ecological Economics*, 2001,**37** (1):23~37.

[13] Jenkins T N. Chinese traditional thought and practice; lessons from an ecological economics worldview. *Ecological Economics*, 2002,**40**(1): 39~52.

[14] Niu W Y (牛文元). *Guideline for sustainable development* (in Chinese). Beijing: Scientific Press, 1997. 33~87.

[15] Hu T (胡涛), Chen T B (陈同斌). *The research of sustainable development in China——from conception to action* (in Chinese). Beijing: China Environmental Sciences Press, 1995. 25~58.

[16] Miao H (苗鸿), Wang X K (王效科), Ouyang Z Y (欧阳志云). Study on ecological division of China ecological environment under intimidated process. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese) (生态学报), 2001,**21**(7):7~12.

[17] Liu P (刘平), Wang R S (王如松), Tang H S (唐鸿寿). Primary study on method of ecological design in urban community environment (in Chinese). *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese) (生态学报), 2001,**21**(6):997~1002.

[18] Zhang H Q (张慧勤), Guo X M (过孝民). *Planning methods and models for environmental-economic system analysis* (in Chinese). Beijing: Tsinghua University Press, 1993. 231~256.

[19] Pearce D W, and Warfold J J. *World Without End: Economics, Environment, and Sustainable Development*. Oxford: Oxford University Press, 1993.

[20] World Bank. *Monitoring Environmental Progress: A Report on Work in Progress*. Washington, D.C, 1995.

[21] Costanza R, et al. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, 1997,**38**(7): 253~260.

[22] Costanza R. Introduction Special Section: Forum on Valuation of Ecosystem Services the Value of Ecosystem Services. *Ecological Economics*, 1998,**25**(2): 1~2.

[23] Statistics Bureau of Lingwu City (灵武市统计局). *Statistics data collection of national economy in Lingwu* (1997) (in Chinese). Lingwu; Lingwu Press, 1998. 65~187.

[24] Ningxia Statistics Bureau. *Yearbook of Ningxia (data volume)* (in Chinese). Beijing: Chinese Statistic Press, 1998.

[25] Fu B J (傅伯杰), Chen L X (陈利顶), Ma C (马诚). Index system and methods for assessment of land use sustainability (in Chinese). *Acta Natural Resources Sinica* (自然资源学报), 1997,**12**(2):112~118.

[26] Xia G (夏光). *Economic Quantitative Analysis and Research of Chinese Environmental Pollution Cost* (in Chinese). Beijing: Chinese Environment Science Press, 1998. 81~198.

[27] Account Department of National Statistics Bureau. *Accounting Methods of Chinese Annual GNP* (in Chinese). Beijing: Chinese Statistics Press, 1997.