

南水北调西线工程黑山峡宁夏生态建设区供水 生态环境效益评估

李 群¹, 彭少明^{1,2}, 黄 强¹, 杨立彬²

(1 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048; 2 黄河勘测规划设计有限公司, 河南 郑州 450003)

【摘 要】 【目的】全面估算南水北调西线工程向黑山峡宁夏受水区供水对该区生态环境建设的生态效益。【方法】运用经济学效用和消费者补偿剩余原理, 研究生态环境改善的消费者补偿剩余计算方法。根据黑山峡宁夏生态建设区的生态环境效益类型和特点, 结合国内外生态环境用水效益的研究成果, 提出黑山峡生态建设区生态环境效益的多种估算方法。在调查生态效益相关参数的基础上, 分别研究计算宁夏生态建设区生态环境改善的各种直接效益与间接效益。【结果】南水北调西线工程供水可极大地改善生态建设区的生态环境状况, 黑山峡宁夏生态建设区的年生态效益为 13.24 亿元, 其中间接提供的生态服务效益, 包括改善环境、提供生境、净化空气、土壤保持、涵养水源等价值 7.46 亿元, 直接提供生态产品, 主要指农、林、畜牧产品增收经济价值 5.74 亿元, 以及移民健康效益 0.04 亿元。【结论】在干旱区生态环境类型划分、生态环境改善的效益评价方面进行了一些探索性研究, 可为全面评价南水北调西线工程的生态环境效益提供参考。

【关键词】 黑山峡生态建设区; 消费者剩余; 补偿剩余; 生态环境效益; 南水北调

【中图分类号】 TV213.9 【文献标识码】 A 【文章编号】 1671-9387(2008)04-0206-07

Ecological effect evaluation of water supply on Heishan Gorge Ecological Improvement Area by Western Route of South-to-North Water Transfer Project

LI Qun¹, PENG Shao-ming^{1,2}, HUANG Qiang¹, YANG Li-bing²

(1 Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China;
2 Yellow River Engineering Consult Co. Ltd, Zhengzhou, Henan 450003, China)

Abstract: 【Objective】 Supplying water to Heishan Gorge Ecological Improvement Area has great significance on West Route engineering of South-to-North Water Transfer. The research assessed the effects of the water supply. 【Method】 Applying the utility theory and consumer theory in micro-economics, the method of consumer surplus evaluation by the ecological environment improvement is studied. According to the types and trait of ecological effects in Heishan Gorge Ecological Improvement Area, integrating with the research result on the ecological water consumption in domestic and overseas, some methods about ecological effect evaluation in Heishan Gorge Ecological Improvement Area are put forward. On the basis of survey on spots, the correlative parameters of effect evaluation are set up. The direct and indirect effects of all ecological environment improvement are studied, and the total value of ecological effect is calculated. 【Result】 The study indicates that the supplying water to Heishan Gorge Ecological Improvement Area can

* [收稿日期] 2007-04-16
[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAB06B06); 国家自然科学基金项目(50479024)
[作者简介] 李 群(1969—), 男, 河南郑州人, 高级工程师, 博士, 主要从事水文及水资源研究。

improve the status of the local environment greatly, the ecological effect amounts to about 1.324 billion CNY annually, among which, indirect ecological effect is about 0.746 billion CNY, including, environment improvement, survival surrounding supply, air purity, soil hold, water resources conservancy and so on. Direct ecological products mostly refer to agriculture, forest, farming products, the increasing effect of which is about 0.574 billion CNY, and immigrant effect 0.004 billion CNY. 【Conclusion】 The paper explores on the fields of ecological types and about drought area and effect evaluation of environment improvement, and tries to provide some reference to ecological and environmental effect evaluation for West Route engineering of South-to-North Water Transfer.

Key words: Heishan Gorge Ecological Improvement Area; consumer surplus; compensative surplus; ecological effect; South-to-North Water Transfer

生态环境效益是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。最新研究表明,生态环境效益包括生态系统产品、生态调节功能、生命支持功能与社会文化功能^[1]。随着环境科学的快速发展和环境保护的日渐深入,人们越来越认识到生态影响的重要性。近年来,国内外在生态系统价值评估方面作了大量的实证研究和理论探索, Costanza 等^[2]和 Daily^[3]的研究,在国际生态学、经济学与社会学领域得到广泛关注。我国的生态系统服务功能及其价值评价工作,源于20世纪80年代初开始的森林资源价值核算研究,随着国际上生态系统服务功能及其价值评价研究的发展,从90年代中期开始,我国的生态学者开始系统地进行生态系统服务功能及其价值评价研究。侯兆元等^[4]第一次比较全面地对中国森林涵养水源、防风固沙、净化大气的经济价值进行了评估;李文华等^[5]和欧阳志云等^[6]对中国陆地生态系统服务功能的价值进行了初步估算。岳书平等^[7]利用遥感数据资料,研究了东北森林-草原陆地样带土地利用变化对生态服务价值的影响,并进行了敏感性分析;乔西现等^[8]研究了黑河调水对下游东、西居延海植被及生态环境恢复的影响。

目前,国内外生态价值研究多集中于自然生态系统资源,如热带雨林、湿地、台地和海洋系统的价值^[9-10],对水资源生态价值的研究相对较少。本文通过评估南水北调西线工程宁夏生态建设区供水对当地生态环境改善的效益,全面系统地开展了水资源生态价值研究,以期全面估算南水北调水资源的生态效益分析提供一种思路。

1 生态效益计算的经济学原理

福利经济学的一条基本原理是,所有成本最终都以人们福利效用减少的形式表现出来,而收益最

终都体现为福利效用的增加^[11]。生态价值体现在其直接提供的产品以及间接提供的生态服务功能上,如生态因子的改善影响生产函数,环境质量改善带来服务功能的提高,这些均会以人类福利改变的形式体现出来。

西方经济学将在预定的支出 M 和价格水平 P 约束下的消费者效用最大化问题定义为马歇尔需求 $x(P, M)$, 而将既定效用水平 U 和价格水平 P 约束下的最小支出问题定义为希克斯需求 $x^h = (x^h(P, U))$ 。生态环境条件变化的价值体现在其所提供的服务和产品数量、价格变化及消费者获得的剩余 S 上,若以补偿剩余 CS (保持初始的效用水平和维持无差异曲线 u_0 , 消费者获得剩余) 的形式来表现,则生态环境条件变化的价值即为消费曲线以下和需求曲线以上的区间面积。其表达式为:

$$CS = - \int \int x(P, M) dp dr = - \int \int x^h(P, U) dp dr. \quad (1)$$

图1为在生态产品数量、价格和质量改善的条件下,消费者需求曲线由 x_0 移动到 x_1 , 消费水平从 u_0 提高到 u_1 , 因此获得了消费者剩余;图2表示,消费剩余由 $p_0 x_0 r_0 O$ 变化到 $p_1 x_1 r_1 O$, 补偿剩余即二者面积之差。

据谢泼德引理 $x^h(P, U) = \partial e(P, U) / \partial p$, 消费者补偿剩余可通过下式给出:

$$CS = \int \int \partial e(P, U) / \partial p dp dr = e(P^1, r^1, q^1, u^0) - e(P^0, r^0, q^0, u^0). \quad (2)$$

式中: CS 为消费者补偿剩余, $e(P, r^0, q^0, u^0)$ 为在原来消费数量、价格水平下获得效用 u_0 的最小支出, $e(P^1, r^1, q^1, u^0)$ 为资源环境条件改善后的消费数量、价格水平下获得效用 u_0 的最小支出。由此可通过计算消费者补偿剩余 CS , 来估算生态环境所提供生态服务和产品的价值。

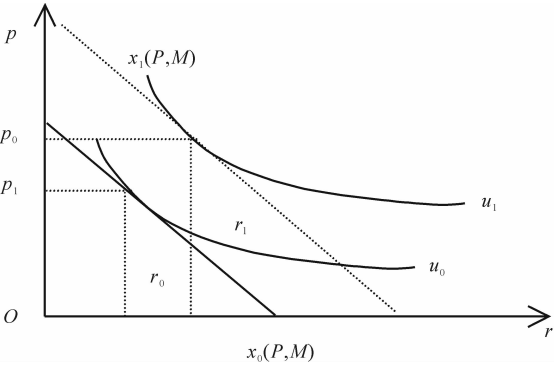


图 1 生态环境变化消费曲线的移动

Fig. 1 Consumptive curve move on the condition of environment variety

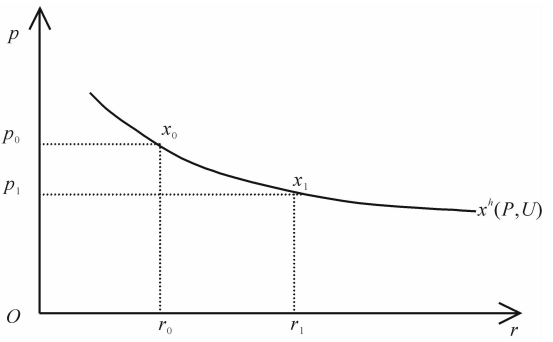


图 2 消费者获得的补偿剩余变化

Fig. 2 Consumer compensate surplus variety

2 黑山峡宁夏生态建设区补水生态效益评估

黑山峡宁夏生态建设区总土地面积为 11 819 km²,主要自然灾害是干旱、风沙、氟中毒和水土流失。南水北调西线工程将向黑山峡宁夏生态建设区补水 3 亿 m³,改造治理沙化土地 3 084 km²,可使 13.33 万 hm² 农田得到有效防护,生态效益和经济收益显著。

根据景观生态学方法,将黑山峡宁夏生态建设区受水区生态环境主要分为林地生态环境、草地生态环境、农业生态环境和移民生态环境 4 种类型,分别进行生态环境效益评估。

2.1 林地生态环境供水效益分析

2.1.1 林地涵养水源效益 森林具有截留降水、蒸腾、增强土壤下渗、抑制蒸发、缓和地表径流等功能。森林涵养水源效益采用替代工程法^[12]估算,假设一个蓄水功能与森林涵养水源量相同的工程,可用蓄水工程的价值替代森林涵养水源的效益。森林降水贮存量计算如下:

$$Q_1 = PR_1R. \tag{3}$$

式中: Q_1 为森林降水贮存量, P 为林区总降水量, R 为森林涵养水源量占林地降水量的百分比, R_1 为森林覆盖率。

森林涵养水源效益 V_w 计算可表示为:

$$V_w = l \frac{Q_1}{Q_g} V_g. \tag{4}$$

式中: V_w 为森林涵养水源效益(元/年); l 为发展阶段系数,在一定程度上代表人们支付意愿的相对水平,当前发展阶段系数 l 约为 0.21^[12]; Q_1 为森林降

水贮存量(m³/a); Q_g 为替代工程的水容量(m³/a); V_g 为替代工程的效益或成本(元/年); V_g/Q_g 即为水库蓄水成本(元/m³)。

根据规划,西线工程供水后黑山峡生态区森林覆盖率达到 38%,黑山峡所在地林区年降水量平均为 300 mm,生态区林地建设土壤总贮水量为 0.61 亿 m³,水库蓄水成本 3.87 元/m³^[13],林地涵养水源效益为 0.42 亿元。

2.1.2 土壤保持效益 森林的土壤保持效益包括 3 个方面,一是减少表土损失的效益;二是减少养分损失的效益,三是减少淤积损失的效益。前两种效益通过农田防护林的增产效益和林、副产品的产出效益直接计算,而后一种采用影子工程法计算^[12]。

①农田防护林的增产效益。农田防护林的增产效益,需按防护林一个生长周期内通过被保护的农作物得到增产效益来表示。该部分效益在农业生态效益中计算。

②林、副产品的产出效益。林、副产品的产出效益包括 3 个方面:一是木材效益,各种木材的产出效益;二是其他林副产品,如枝桠、树叶等可作为燃料、饲料、肥料,通常称为“三料”的产出效益;三是林中的经济林果及其他特产品,如药材等的产出效益以及经济林的收成效益等。具体如表 1 和表 2 所示。

由表 1,表 2 可以看出,黑山峡生态建设区木材产出效益为 0.66 亿元;林副特产品产出效益为 0.15 亿元;“三料”产出效益为 0.03 亿元;由于黑山峡生态建设区属于待开发的土地,经济林果的产出效益计算应为其全部林果的产出效益,即为 1.35 亿元;林、副产品的产出效益合计为 2.19 亿元。

表 1 黑山峡宁夏生态建设区林副产品的产出效益

Table 1 Benefit of timber, byproduct and material in Heishan Gorge Ningxia Ecological Improvement Area					
林、副产品种类 Category of wood and byproduct	种植面积/万 hm ² Planting area	销售价格/ (元·hm ⁻²) Price	营林成本/ (元·hm ⁻²) Construction cost	采运成本/ (元·hm ⁻²) Chopping & transport cost	产出效益/亿元 Benefit
木材 Timber	2.05	78 000	74 500	260	0.66
林副特产品 Wood & byproduct	0.31	27 600	22 300	300	0.15
三料 Other material	2.26	495	315	55	0.03

表 2 黑山峡宁夏生态建设区经济林果的产出效益

Table 2 Benefit of fruit in Heishan Gorge Ningxia Ecological Improvement Area				
作物种类 Crop type	种植面积/万 hm ² Planting area	产量/(kg·hm ⁻²) Production	单价/(元·kg ⁻¹) Unit price	增产效益/亿元 Increasing production effect
枸杞 Medlar	0.15	3 000	10.00	0.45
葡萄 Grape	0.11	22 500	1.75	0.43
药材 Herb	0.25	1 800	8.00	0.36
红枣 Chinese date	0.09	10 500	1.20	0.11

③ 减少泥沙淤积的效益。据统计,全国土壤侵蚀流失的泥沙有 24%淤积于水库、河湖,根据黄河流域的泥沙运动规律,黄河流域土壤侵蚀流失的泥沙则有 32%淤积于水库、河槽^[13]。根据蓄水成本来计算生态系统减少泥沙淤积经济效益,减少泥沙淤积效益 V_s 采用清淤的成本估算:

$$V_s = 32\% \times A_c \times C。 \tag{5}$$

式中: V_s 为减少泥沙淤积效益, A_c 为土壤保持量, C 为单位淤积量清理工程费用。

据监测,黑山峡宁夏生态建设区治理前的土壤流失量为 2 000~5 000 t/(km²·年),平均按 3 500 t/(km²·年)计算,治理水土流失面积为 20.6 万 hm²,按减少土壤流失量 50%计,则水土保持量为 360.05 万 t,按照黄河宁蒙河段泥沙清淤费用 6.13 元/t,则减少泥沙淤积效益为 0.22 亿元。

2.1.3 净化空气环境效益 森林净化空气的功能包括:① 森林吸收 CO₂,制造 O₂ 的功能;② 森林吸收 SO₂、NH₃ 和一定量的 Cu、Zn 等有害气体和重金

属物质的功能;③吸滞烟尘和粉尘、滞尘作用。据研究^[2],林带对降尘的阻滞率为 23%~52%,对飘尘的阻滞率为 37%~60%。

① 固定 CO₂ 效益。固定 CO₂ 效益计算可采用下面公式^[14]:

$$V_c = \sum_{i=1}^n Q_i \times A_i \times S_i \times P_c。 \tag{6}$$

式中: V_c 为固定 CO₂ 效益, Q_i 为 i 种林分单位面积植物年净生长量, A_i 为 i 种林分种植面积, S_i 为单位体积 i 种林分所固定的 CO₂ 量, P_c 为固定单位 CO₂ 的价格(国际上通常按照瑞典碳税法计算)。按世界气象组织政府间气候变化专门委员会得到的温带森林碳率 14.25 美元/t 作为 CO₂ 的碳税标准^[15],黑山峡宁夏生态建设区的树木主要是防护林和经济林,防护林固定 CO₂ 的效益为 0.76 亿元,经济林固定 CO₂ 的效益为 0.04 亿元,总效益为 0.80 亿元,如表 3 所示。

表 3 黑山峡宁夏生态建设区林地固定 CO₂ 的效益

Table 3 Benefit of carbon dioxide hold by forest in Heishan Gorge Ningxia Ecological Improvement Area				
树木种类 Tree type	年净增长量/(m ³ ·hm ⁻²) Annual net increase	种植面积/万 hm ² Planting area	固定 CO ₂ 量/(t·m ⁻³) CO ₂ hold	固定 CO ₂ 效益/亿元 CO ₂ hold effect
防护林 Sand break forest	100	1.83	0.365	0.76
经济林 Production forest	45	0.25	0.298	0.04

② 吸收 SO₂ 效益。林带吸收 SO₂ 的效益可用下式计算:

$$V_{so_2} = q \times A \times P。 \tag{7}$$

式中: V_{so_2} 为吸收 SO₂ 的效益, q 为研究区域森林吸收 SO₂ 的平均值, A 为研究区域面积, P 为消减单位重量 SO₂ 的投资成本。

③ 滞尘效益。滞尘效益计算采用下式:

$$V_d = Q_d \times S \times C_d。 \tag{8}$$

式中: V_d 为滞尘效益, Q_d 为森林滞尘能力, S 为研究区面积; C_d 为消减粉尘成本。

研究表明^[15-16],吸收 SO₂ 能力:阔叶林为 88.65 kg/(hm²·年),杉类 117.6 kg/(hm²·年),松类

117.6 kg/(hm²·年),平均为 215.6 kg/(hm²·年);
滞尘能力:云杉为 32 t/(hm²·年),松树为 34.45
t/(hm²·年),阔叶林为 10.11 t/(hm²·年)。黑山
峡宁夏生态建设区林地面积 2.06 万 hm²,经济林以
枣树为代表,防护林以速生杨树为代表。吸收 SO₂
的量为 1 828.23 t,人为削减 SO₂ 的投资成本为 600
元/t,则吸收 SO₂ 的效益为 0.01 亿元;吸收粉尘的
量为 20.85 万 t,人为削减粉尘成本为 170 元/t,滞
尘效益为 0.35 亿元。黑山峡宁夏生态环境建设区
林地净化空气环境效益为 1.16 亿元。

综上所述,黑山峡宁夏生态建设区林地供水的
总效益为 3.99 亿元。

2.2 草地生态环境供水效益分析

2.2.1 草地经济效益 草地供水的经济效益主要
是牧业效益,指种草养羊、养畜增加的效益。在此以
养羊为代表,将人工种草及饲料等作为养羊的成本
之一。以养羊的产值作为建设区的牧业效益。按照
小尾寒羊饲养效益估算:

$$V_{st}=\frac{q_{gr}\times A_{gr}}{q_a}(B_a-C_a)。(9)$$

式中: V_{st} 为牧业效益, q_{gr} 为单位面积草地年产量
量, A_{gr} 为牧草面积, B_a 为平均每只羊的年产值, C_a
为平均每只羊的年均生产成本, q_a 为平均每只羊的
年均食草量。

根据有关小尾寒羊的饲养资料^[17],饲草标准为
每只羊年食鲜草 1 150 kg,饲料标准为大羊每日 0.2

kg,群羊按 100 只计,生产成本为 4.45 万元,产值为
7.94 万元,年净增效益为 3.49 万元,平均每只羊的
净增效益为 349 元。如果人工产牧草量以 45 t/hm²
计,则每公顷草地养羊的净增效益为 1.37 万元/年,
黑山峡宁夏生态建设区规划人工种牧草 2.67
万 hm²,经济效益 3.65 亿元。

2.2.2 草地生态效益 生态效益主要反映在调节
气候、提供生物栖息地、改善区域生态环境质量等方
面,区域草地生态总效益可以通过下式估算:

$$V_l=\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^m A_jP_{ij}。(10)$$

式中: V_l 为区域草地生态总效益, A_j 为不同类型的
草地面积, P_{ij} 为草地单位面积生态效益, i 为不同温
度带, j 为草地类型。据谢高地等^[18]对蒙、宁、甘温
带半干旱区草地生态系统的综合研究,平均单位面
积生态效益值 113.1 元/(hm²·年),如人民币与美
元的比值以 7.8:1.0 计,黑山峡生态建设区草地的
生态效益为 0.24 亿元。

综上所述,黑山峡宁夏生态建设区草地供水的
总效益为 3.89 亿元。

2.3 农业生态环境供水效益分析

2.3.1 农业经济效益 农业经济效益指农业产品
直接产出效益。黑山峡宁夏生态建设区基本上都是
未开发利用的土地,其效益是种植农作物的产值,如
表 4 所示。

表 4 黑山峡宁夏生态建设区农产品的直接产出效益

Table 4 Direct benefit of farm product in Heishan Gorge Ecological Improvement Area

农产品 Farm product	种植面积/万 hm ² Planting area	产量/(kg·hm ⁻²) Output	单价/(元·kg ⁻¹) Price	增产效益/亿元 Benefit of increasing production
玉米 Corn	0.56	4 750	1.2	0.32
小麦 Wheat	0.83	4 500	1.6	0.6
胡麻 Benne til	0.44	1 875	4.2	0.35
瓜菜 Vegetables	0.11	39 000	0.9	0.39
小计 Subtotal	1.94			1.66

2.3.2 农业生态效益 农业生态效益主要包括农
业土壤保持、涵养水分、固定 CO₂、释放 O₂、维持营
养物质循环、净化环境等间接效益,即:

$$V_s=E_s+E_w+E_a。(11)$$

式中: V_s 为农业生态效益, E_s 为土壤保持效益, E_w
为涵养水分效益, E_a 为净化空气环境效益。

土壤保持效益 E_s 的估算:

$$E_s=E_{s_1}+E_{s_2}。(12)$$

式中: E_{s_1} 为土壤肥力保持效益; E_{s_2} 为减少泥沙淤积
效益。

E_{s_1} 采用下式估算:

$$E_{s_1}=\sum_{i=1}^n A_c\times C_i\times P_i。(13)$$

式中: A_c 为土壤保持量, C_i 为土壤中氮、磷、钾纯含
量, P_i 为氮、磷、钾的价格。

根据我国目前化肥平均价格为 2 950 元/t,黑
山峡宁夏生态建设区农田土壤肥力保持效益为
63.95 万元(表 5)。

减少泥沙淤积的效益 E_{s_2} 采用式(5)估算,则减
少泥沙淤积的效益为 31.49 万元。

农田涵养水分效益 E_w 采用式(4)估算,黑山峡
宁夏生态建设区农田种植面积为 1.94 万 hm²,农田

平均持水量为 $3\,630.0\text{ m}^3/(\text{hm}^2\cdot\text{年})$,则农田涵养水分效益为 0.39 亿元;按农田净生长量为 $6.5\text{ t}/(\text{hm}^2\cdot\text{年})$,我国造林成本 $260.90\text{ 元}/\text{t}^{[17]}$,则农

田净化空气折算为林木环境效益 E_a 为 0.09 亿元。
综上所述,黑山峡宁夏生态建设区农业生态供水的总效益为 2.14 亿元。

表 5 黑山峡宁夏生态建设区农田土壤肥力保持效益

Table 5 Benefit of soil fertility maintain of Farmland in Heishan Gorge Ecological Improvement Area

土壤保持量/ $(\text{t}\cdot\text{hm}^{-2})$	氮纯含量/%	磷纯含量/%	钾纯含量/%	农田面积/ 万 hm^2	土壤保持效益/万元
Soil conservation	Nitrogen net content	Phosphor net content	Kalium net content	Farmland area	Soil-Conservation effect
0.545	0.07	0.12	0.197	1.94	63.95

2.4 移民生态环境供水效益分析

宁夏建设区土地集中连片,地势平坦,是接纳外来移民理想的场所。南水北调西线工程实施供水后,发展人工绿洲建设用地 4.43 万 hm^2 ,灌区可容纳生态移民 20 万人,增加南部山区退耕还林种植牧草 16.4 万 hm^2 和荒山造林面积 8 万 hm^2 ,使水土流失与沙漠化土地得到全面治理,从根本上可改变宁夏风沙危害严重的局面。

宁夏地处西北,相对干旱,灌水对林木生长影响很大。据调查,宁夏灌区林木年净生长量是非灌溉区的 10~20 倍,灌区草地产草量是非灌区的 20~30 倍。按前述林、草地生态效益方法,生态移民退耕林地 8 万 hm^2 ,每公顷林地综合效益为 0.37 万元,以灌区单位面积林地生态效益的 5%来估算供水效益,则生态移民的林地效益为 0.15 亿元;生态移民退耕种植牧草地 16.4 万 hm^2 ,每公顷牧草地综合效益为 1.37 万元,以灌区单位面积牧业效益的 6%来估算供水效益,则牧业效益为 1.34 亿元;草地所提供生物栖息环境的生态效益为 1.69 亿元(单位面积生态效益按 $113.1\text{ 元}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ 计算)。南部山区生态移民区草地生态效益为 3.03 亿元^[18]。

南水北调工程西线供水,可解决宁夏黑山峡生态移民 20 万人的饮水问题,改善水量和水质,既可以减少当地居民因污染致发病的健康损失价值,也可以减少因污染致过早死亡或丧失劳动能力而造成的价值损失。对于移民所减少的劳动力损失价值,以农村适龄劳动力年龄 20~50 岁来计算,由于饮用当地水源或长期饮水困难而造成各种疾病不能劳动,或提前死亡而带来的人数平均每年以 2%来计算,在此年龄段的移民人数以占总移民人口的 50%来估算,则有 10 万人,造成劳动力丧失的人数有 2 000 人,每人每年所创造的劳动价值以 1 500 元计,则减少劳动力损失的价值约为 0.03 亿元。如果仅对患氟骨病的患者做健康效益评估,则约有 1 500 人的潜在氟骨病患者得到治疗,以每人每年平均医疗费用 800 元计,则生态移民供水的居民减少疾病诊治损失价值为 0.012 亿元。

综上所述,黑山峡宁夏生态移民区生态效益为 3.22 亿元,其中草地生态效益 3.18 亿元,生态移民健康效益为 0.04 亿元。

3 结 论

本研究在消费者补偿剩余理论的基础上,探讨了生态效益计算方法,对不同类型的生态环境改善效益分别采用了不同的评价方法。采用直接市场评价方法:如产品价值法、机会成本法、人力资本法等对环境影响的物理效果明显,且可以观察到直接增加或者减少商品、服务的产出,如农林产品以及畜牧业增产效益等进行评价;对于市场运行不良好,效果不十分明显,周期较长无法直接进行估算的效益则采用防护支出法、条件价值法、影子工程法等方法进行间接推算。

南水北调西线工程向黑山峡宁夏生态建设区补水 3.0 亿 m^3 ,可在林地、草地、农田、生态移民区等方面产生巨大综合生态效益,综合本研究估算结果,生态建设区的年生态效益为 13.24 亿元,其中间接提供的生态服务效益,包括改善环境、提供生境、净化空气、土壤保持、涵养水源等价值 7.46 亿元;直接提供生态产品,主要指农、林、畜牧产品增收经济价值为 5.74 亿元,以及移民健康效益 0.04 亿元。

[参考文献]

[1] Caissie D, El-Jabi N, Bourgeois G. Instream flow evaluation by hydrological-based and habitat preference (Hydrobiological) techniques [J]. Rev Sci Eau, 1998, 11(3): 347-363.
[2] Costanza R, Arge R D, Groot R D. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
[3] Daily G C. Nature's services; societal dependence on natural ecosystems [M]. Washington D C: Island Press, 1997: 63-69.
[4] 侯兆元, 张佩昌, 王 琦, 等. 中国森林资源核算研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995: 113-127.
Hou Z Y, Zhang P C, Wang Q, et al. Study on Chinese forest resources account [M]. Beijing: Forestry Press, 1995: 113-127. (in Chinese)
[5] 李文华, 欧阳志云, 赵景柱. 生态系统服务功能研究 [M]. 北

京:气象出版社,2002:72-74.

Li W H,Ouyang Z Y,Zhao J Z. Study on ecosystem services function[M]. Beijing:China Meteorological Press,2002:72-74. (in Chinese)

[6] 欧阳志云,王如松,赵景柱. 生态系统的价值评估 [J]. 应用生态学报,1999,10(5):635-640.

Ouyang Z Y,Wang R S,Zhao J Z. The economic valuation of e-cosystem services [J]. Journal of Apply Ecology,1999,10(5):635-640. (in Chinese)

[7] 岳书平,张树文,闫业超. 东北样带土地利用变化对生态服务价值的影响 [J]. 地理学报,2007(8):879-886.

Yue S P,Zhang S W,Yan Y C. Impacts of land use change on ecosystem services value in the Northeast China transect[J]. Acta Geographica Sinica,2007(8):879-886. (in Chinese)

[8] 乔西现,蒋晓辉,陈江南,等. 黑河调水对下游东、西居延海生态环境的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(6):190-194.

Qiao X X,Jiang X H,Chen J N,et al. Effect of transferring water on ecological environment in east and west Juyanhai lakes at the lower reaches of Heihe River[J]. Journal of Northwest A & F University: Nat Sci Ed,2007,35(6):190-194. (in Chinese)

[9] 谢高地,鲁春霞,成升魁. 全球生态系统服务价值评估研究进展[J]. 资源科学,2001,11(3):5-9.

Xie G D,Lu C X,Cheng S K. Progress in evaluating the global ecosystem services [J]. Resources Science,2001,11(3):5-9. (in Chinese)

[10] [美]迪克逊 J A,斯库拉 L F,卡朋特 R A,等. 环境影响的经济分析 [M]. 何学汤,译. 北京:中国环境科学出版社,2001:41-59.

Dickson J A,Skura L F,Carpenter R A,et al. Economic analysis of environmental impacts [M]. He X T,translate. Beijing: China Environment Science Press,2001:41-59. (in Chinese)

[11] 李金昌. 生态价值论[M]. 重庆:重庆大学出版社,1999:87-121.

Li J C. Ecological value theory [M]. Chongqing:Chongqing University Press,1999:87-121. (in Chinese)

[12] 李金昌. 自然资源价值理论和定价方法的研究[M]. 中国环境科学出版社,1994:244-250.

Li J C. Theory of value and pricing method of natural resources [M]. Beijing:China Environment Science Press,1994:244-250. (in Chinese)

[13] 肖 寒. 区域生态系统服务功能形成机制与评价方法研究 [D]. 北京:中国科学院生态环境研究中心,2001.

Xiao H. Study on formative mechanism and assessment method of service function of regional ecosystem [D]. Beijing:Research Center for Eco-Environmental Sciences,Chinese Academy of Sciences,2001. (in Chinese)

[14] 段晓男,王效科,欧阳志云. 乌梁素海湿地生态系统服务功能及价值评估[J]. 环境科学,2005,3:110-115.

Duan X N,Wang X K,Ouyang Z Y. Evaluation of wetland ecosystem services in Wuliangsuhai [J]. Environmental Science,2005,3:110-115. (in Chinese)

[15] 周广胜,王玉辉,蒋延玲,等. 陆地生态系统类型转变与碳循环 [J]. 植物生态学报,1999,23(5):426-432.

Zhou G S,Wang Y H,Jiang Y L,et al. Conversion of terrestrial ecosystem and Carbon Cycling[J]. Acta Phytoecologica Sinica,1999,23(5):426-432. (in Chinese)

[16] 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(3):189-196.

Xie G D,Lu C X,Leng Y F,et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau [J]. Journal of Natural Resources,2003,18(3):189-196. (in Chinese)

[17] 谢高地,张钊铨,鲁春霞,等. 中国自然草地生态系统服务价值 [J]. 自然资源学报,2001,16(1):47-53.

Xie G D,Zhang Y L,Lu C X,et al. Study on valuation of range land ecosystem services of China [J]. Journal of Natural Resources,2001,16(1):47-53. (in Chinese)

[18] 黄河水利委员会. 南水北调西线工程受水区规划研究[M]. 郑州:黄河水利出版社,2006:201-214.

Yellow River Conservancy Commission. Research on water supply area of Western Route of South-to-North Water Transfer Project[M]. Zhengzhou: Yellow River Press,2006:201-214. (in Chinese)