

## 秦州区水土保持林建设生态效益价值评估

唐慧中<sup>1</sup>, 辛晓霞<sup>2</sup>, 张义华<sup>2</sup>

(1. 甘肃省天水市秦州区水利局, 甘肃 天水 741000; 2. 甘肃省天水市秦州区林业局, 甘肃 天水 741000)

**摘 要:**生态效益的评价和核算对评价生态工程的建设效果至关重要。综合运用专家咨询、理论分析和频度分析 3 种方法, 建立了秦州区水土保持林生态效益评价指标体系, 使用市场价值法、碳税法、影子工程法、机会成本法和替代法等方法, 对该区水土保持林年生态效益进行了价值核算。结果表明: 秦州区水土保持林建设具有巨大的生态效益, 核算后的总生态价值约为 224 197.48 万元, 其中, 水圈生态效益 9 806.27 万元, 土圈生态效益 65 676.65 万元, 气圈生态效益 137 889.25 万元, 生物圈生态效益 10 825.31 万元。该评价方法可为相似类型区水土保持林建设效益评价提供参考。

**关键词:**秦州区; 水土保持林建设; 生态效益

**中图分类号:** S157

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2008)02-0062-04

## Valuing Ecological Effects of Soil and Water Conservation Forest Construction Project in Qin Zhou County

TANG Hui-zhong<sup>1</sup>, XIN Xiao-xia<sup>2</sup>, ZHANG Yi-hua<sup>2</sup>

(1. Hydraulic Bureau of Qin Zhou County, Tianshui, Gansu 741000, China; 2. Forest Bureau of Qin Zhou County, Tianshui, Gansu 741000, China)

**Abstract:** Valuing the ecological effects is crucial to the assessment of output of the forestry project. This paper suggested an assessment system for the ecological effects of soil and water conservation forest construction project in Qin Zhou County, applying expert consultation, the layer analysis and the frequency analysis; and the paper also calculated the value of ecological effects using market valuation method, carbon tax law, shadow engineering method, opportunity cost method, substitute expense method and so on. The results showed that the soil and water conservation forest construction project in Qin Zhou County has produced tremendous ecological effects. The ecological value is up to about 22.42 billion Yuan (RMB) in total, among which contributed by hydrosphere ecology effects, atmosphere ecology effects, biosphere ecology effects and earth circle ecology effects increase are 0.98, 13.79, 1.08 and 6.57 billion Yuan (RMB) respectively. The results may be a reference for the assessment of ecological effects of soil and water conservation forest construction project being carried out in the similar type area.

**Key words:** Qin Zhou county; soil and water conservation forest construction project; ecological effects

对水土保持林建设生态效益的评估, 实质是对其生态系统生态环境效益的评估。对生态环境效益的评价始于 Daily 主编的《Nature's Service: Societal Dependence on Nature Ecosystem》<sup>[1]</sup>, Costanza 等人对全球生态系统服务功能进行了划分和评估<sup>[2]</sup>。谢高地、鲁春霞等<sup>[3]</sup>根据中国的实际情况, 提出了中国陆地生态系统单位面积生态服务价值, 并对中国生态系统服务价值进行了评估。采用专家咨询法、理论和频度分析法, 试图建立适于黄土丘陵沟壑区水土保持林生态效益评价的指标体系及其价值核算方法, 为黄土丘陵沟壑区水土保持林生态效益的价值评估提供参考。

### 1 研究区概况

秦州区地处黄土高原丘陵沟壑区第三副区, 位于甘肃东

南部。全区土地总面积 2 442 km<sup>2</sup>, 其中水土流失面积 1 888.68 km<sup>2</sup>, 占土地总面积的 77.34%; 耕地 92 707 hm<sup>2</sup>, 占土地总面积的 37.96%; >25°的坡耕地 16 000 hm<sup>2</sup>, 占土地总面积的 6.55%, 是水土流失的主要策源地, 也是生态环境严重恶化的区域之一。该区属大陆性半干旱半湿润气候。年均气温 10.1℃, 年均降水量 538.3 mm, 年日照时数 2 032 h, 无霜期 170 d, 年蒸发量 1 300 mm, 最大风速 21 m/s, 最大冻土层厚度 61 cm。干旱、冰雹、暴雨、霜冻等自然灾害频繁。该地区的主要土壤是黄绵土。长期以来由于该区的坡耕地生产率不高, 区域内坡耕地小麦平均产量仅 2 250 kg/hm<sup>2</sup>, 农民生活困难, 农村经济发展缓慢。同时由于区域内群众盲目追求眼前利益, 掠夺性生产、毁林开荒、陡坡开垦

收稿日期: 2007-04-20

基金项目: 四川省二滩水电站金龙山谷坡变形监测

作者简介: 唐慧中(1973—), 男, 甘肃天水人, 工程师, 主要从事水土保持生态工程建设、管理及监测与评估工作。E-mail: hztang1972@126.com

通信作者: 辛晓霞(1973—), 女, 甘肃天水人, 助理工程师, 主要从事林业生态工程建设、管理与评估工作。

等,使生态环境恶化,植被覆盖度降低,水土流失加剧,导致生态环境日趋恶化,严重制约了地区社会经济的发展。1999年以来,秦州区依托藉河示范区工程、长江上游水土保持治理工程、黄河流域水土保持专项治理工程、长江流域水土保持专项治理工程和三北防护林建设工程、天然林保护工程、退耕还林还草工程等生态工程建设,累计建设水土保持林 37 527.93 hm<sup>2</sup>,其中生态林 31 523.47 hm<sup>2</sup>,经济果木林 6 004.46 hm<sup>2</sup>。全区的森林覆盖率由 1998 年的 25.62%,提高到目前的 41.00%,生态环境得到显著的改善。该区也先后被水利部、国家林业局确定为“黄河流域水土保持生态环境建设先进县”、“全国水土保持长治工程建设样板县”、“全国退耕还林(草)科技试点示范县”和“全国绿化百佳县”。

## 2 评价指标体系的建立

### 2.1 选择指标的基本依据及原则

森林对生态环境的影响是选择评价水土保持林建设定量指标的依据,凡是能反映水土保持林生态效益的所有指标可全部作为评价生态效益定量指标。在筛选水土保持林生态效益评价指标时须遵循科学、合理并具有可操作性、稳定性和可比性原则,这样评价指标参数不仅容易获取,而且能切实反映植被恢复生态系统与区域社会经济系统的和谐性。

### 2.2 评价指标体系的建立

根据上述指标体系的选择依据、筛选原则,结合水土保持林建设植被恢复生态系统的特征,通过专家咨询法、理论和频度分析法,最后确立秦州区水土保持林建设生态效益评价指标体系如表 1。

表 1 秦州区水土保持林建设生态效益评价指标体系

评价指标	
水圈生态 效益 W	涵养水源的价值 W <sub>1</sub>
	净化水质的价值 W <sub>2</sub>
	减少面源污染 W <sub>3</sub>
土圈生态 效益 S	减少土壤肥力的价值 S <sub>1</sub>
	减少土壤淤积的价值 S <sub>2</sub>
	保护农田的价值 S <sub>3</sub>
气圈生态 效益 G	改善小气候的价值 G <sub>1</sub>
	固定 CO <sub>2</sub> 的价值 G <sub>21</sub>
	产 O <sub>2</sub> 的价值 G <sub>22</sub>
	吸收 SO <sub>2</sub> 的价值 G <sub>23</sub>
生物圈生态 效益 B	阻滞降尘的价值 G <sub>24</sub>
	保护生物多样性的价值 B <sub>1</sub>

## 3 水土保持林建设生态效益价值核算

7 a 来,秦州区共建设水土保持林 37 527.93 hm<sup>2</sup>,生态林和经济果木林分别占 84%和 16%,其中针叶林 15 594.96 hm<sup>2</sup>,落叶阔叶林 21 932.97 hm<sup>2</sup>。

### 3.1 水圈生态效益

水土保持林的建设在增加地表植被、提高覆盖率的基础上,涵养水源,将降雨更多的保留在土壤中,同时减少了蒸发,使土壤水分长期保持,土壤含水量得以提高。

#### 3.1.1 涵养水源的价值

林地涵养水源功能是通过乔灌木冠层和枯枝落叶层以及土壤层的截留、渗蓄作用实现的<sup>[4]</sup>,林地贮水量可用林地土壤非毛管孔隙饱和含水量来计算。据李晶等的研究表明,针叶林土壤能蓄水 489.4 t/hm<sup>2</sup>,阔叶落叶林土壤能蓄水 496.1 t/hm<sup>2</sup><sup>[5]</sup>。根据秦州区林地的实际情况,通过计算得到研究区林地拦蓄降水总量为:林地拦蓄降水总量=水土保持林建设中针叶林面积×针叶林单位面积蓄水量+水土保持林建设阔叶落叶林面积×阔叶落叶林单位面积蓄水量=15594.96×489.4+21932.97×496.1=18513 119.85 t。水价可用秦州区目前工程供水水价替代,据调查秦州区目前工程供水水价为 1.9~3.5 元/m<sup>3</sup>,计算时取平均值 2.7 元/m<sup>3</sup>。W<sub>1</sub>=秦州区水土保持林拦蓄降水总量×秦州区工程供水水价=18513119.85×2.7×10<sup>-4</sup>=4998.54 万元

#### 3.1.2 净化水质的价值

秦州区水土保持林净化水质价值核算方法,可根据拦蓄降水总量乘单位水净化成本来计算。污水净化费用采用全国污水处理的成本价平均价,即单位体积水的净化费用 0.8 元/m<sup>3</sup>,由此可计算秦州区水土保持林建设生态工程净化水质价值 W<sub>2</sub>=18513119.85×0.8=1481.05 万元。

#### 3.1.3 减少面源污染的价值

面源污染是威胁水资源安全最严重的问题之一,根据李世锋<sup>[6]</sup>的研究,水土保持林可拦截径流中 80%的总氮、62%的硝态氮、78%的总磷和 58%的 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 态的磷。就秦州区而言,面源污染的发生地主要是农耕地,而水土保持林通过退耕实现的面积为 10 461.27 hm<sup>2</sup>,减少面源污染的价值可用治理面源污染所需费用替代。根据秦州区的现状,利用生物措施单位面积治理面源污染费用<sup>[7]</sup>为 0.318 万元/hm<sup>2</sup>,因此减少面源污染的价值 W<sub>3</sub>=退耕还林面积×单位面积治理面源污染费用=10461.27×0.318=3326.68 万元。水圈生态效益 W=W<sub>1</sub>+W<sub>2</sub>+W<sub>3</sub>=4998.54+1481.05+3326.68=9806.27 万元

## 3.2 土圈生态效益

水土保持林建设通过造林种草,减少土壤肥力流失和泥沙淤积。保护土地资源,使水土流失得到有效控制。

### 3.2.1 减少土壤肥力的价值

根据黄河水利委员会天水水土保持科学试验站的研究<sup>[8]</sup>,秦州区水土保持林单位面积年拦截泥沙为 40.5 t/hm<sup>2</sup>,则秦州区水土保持林年拦截泥沙总量为 37527.93 hm<sup>2</sup>×40.5 t/hm<sup>2</sup>=1519881.17 t/a。李生保等的研究<sup>[9]</sup>表明:通过水土保持林建设,地表层土壤有机质平均含量为 6.274 g/kg,全氮 0.428 g/kg,全磷 0.546 g/kg,全钾 18.00 g/kg。王艳艳等的研究<sup>[10]</sup>表明,针叶林生产有机物质单价 1.42 元/kg,落叶阔叶林生产有机物质单价 0.71 元/kg,土壤有机质的价值 S<sub>0</sub>。可用水土保持林生产有机物质的单价×水土保持林土壤有机质总量代替,即:

S<sub>0</sub>=针叶林面积×单位面积年拦截泥沙量×土壤有机质平均含量×针叶林生产有机物质单价+阔叶林×单位面积年拦截泥沙量×土壤有机质平均含量×阔叶林生产有机物质

单价 =  $(15594.96 \times 1.42 + 21932.97 \times 0.71) \times 40.5 \times 6.274 \times 10^{-4} = 958.38$  万元。

由于土壤侵蚀造成的 N、P、K 损失的价值可通过增施化肥的费用来代替。根据秦州区市场调查,目前尿素和磷酸二氢钾的市场价分别为 0.19 万元/t 和 0.48 万元/t,折算成 N、P、K 化肥的比例分别为:60/28,136/31,136/39。则减少土壤 N、P、K 肥力损失的价值  $S_6$  可用下式计算:

$$S_6 = Q \sum P_{1i} P_{2i} P_{3i}$$

式中:  $S_6$ ——退耕林地保肥效益经济价值(万元);  $Q$ ——水土保持林年拦截泥沙总量(t/a);  $P_{1i}$ ——森林土壤中氮、磷、钾平均含量(g/kg);  $P_{2i}$ ——纯氮、磷、钾折算成化肥的比例;  $P_{3i}$ ——各类化肥的销售价(元/t)。

$$S_6 = 1519881.17 \times [(0.546 \times 136/31 + 18 \times 136/39) \times 0.48 + 0.428 \times 60/28 \times 0.17] \times 10^{-3} = 64078.19 \text{ 万元}$$

$$\text{减少土壤肥力的价值 } S_1 = S_4 + S_6 = 958.38 + 64078.19 = 65036.57 \text{ 万元}$$

### 3.2.2 减少土壤淤积的价值

根据钱宁、龚时、徐建华等<sup>[11-13]</sup>对黄河支流泥沙颗粒组成的分析研究,可认为秦州区水土保持林建设前的坡地上产生的泥沙至少 1/5 将沉积于水库或下游河床。因此,减少土壤淤积的价值可根据被淤积水库的蓄水成本计算实施水土保持林建设减少泥沙淤积的价值。秦州区水土保持林年减少土壤侵蚀总量为 1 519 881.17 t,则淤积泥沙量为 1 519 881.17 × 20% = 303976.23 t。若泥沙容重取 1.28 t/m<sup>3</sup>,则减少泥沙淤积的数量相当于减少库容损失: 303976.23 ÷ 1.28 = 237481.43 m<sup>3</sup>。

根据 1 m<sup>3</sup> 库容需投入成本费为 5.714 元<sup>[14]</sup> 计算,秦州区水土保持林建设减少泥沙淤积价值为:  $S_2 = 237481.43 \times 5.714 \times 10^{-4} = 135.70$  万元。

### 3.2.3 保护农田的价值

水土保持林建设引起的植被盖度增加可以减轻自然灾害,如降低风速、减少沙尘暴次数、减轻了风沙、霜冻、干热风、干旱等对农业的危害。促进农业稳产高产和农村经济增长。其价值大小可通过农田作物增产的价值来评价。据实地观测,平均每公顷水土保持林能保护农田 10.80 hm<sup>2</sup>,增产粮食 9 360 kg;粮食总增产量达 360.27 万 kg。按国家标准粮食价格 1.4 元/kg,则秦州区水土保持林建设植被恢复所带来保护农田的价值为:

$$S_3 = 360.27 \times 1.4 = 504.38 \text{ 万元}$$

$$\text{土壤生态效益 } S = S_1 + S_2 + S_3 = 65036.57 + 135.70 + 504.38 = 65676.65 \text{ 万元。}$$

## 3.3 气圈生态效益

秦州区实施水土保持林建设,植被盖度增加可以吸收空气中的 CO<sub>2</sub>,产出 O<sub>2</sub>,降解污染物,从而净化空气。根据造林面积及森林对有害物质去除能力及影子价格可以计算净化空气价值。

### 3.3.1 改善小气候的价值

水土保持林建设,通过植被覆盖度的增加对局地气候变化产生的影响是比较清楚的,因为在小范围内,水土保持林

建设(草)引起植被度增加,改变了太阳能的分配方式,增加了地表反射率,使温度降低、湿度增加,而这些又反过来影响植被的再生潜力<sup>[15]</sup>。谢高地、鲁春霞等人<sup>[3]</sup>研究认为中国陆地生态系统中森林单位面积气候调节值为 2 389.1 元/hm<sup>2</sup> 计算,则

$$\text{改善小气候的价值 } G_1 = 37527.93 \times 2389.1 \times 10^{-4} = 8965.80 \text{ 万元}$$

### 3.3.2 净化环境的价值

净化环境的价值减少温室气体的价值、吸收有害气体的价值和生产 O<sub>2</sub> 的价值等 3 个方面。

(1)固定 CO<sub>2</sub> 的价值  $G_{21}$ 。根据秦州区水土保持林建设实际情况,采用碳税法、造林成本法两者平均值来计算固定 CO<sub>2</sub> 的价值。据研究<sup>[16]</sup>,阔叶林植物单位面积年固定 CO<sub>2</sub> 的量为 64.18 t/hm<sup>2</sup>;针叶林单位面积年固定 CO<sub>2</sub> 的量为 59.54 t/hm<sup>2</sup>,则

$$\text{CO}_2 \text{ 固定量} = [\text{针叶林单位面积年固定 CO}_2 \text{ 的量} \times \text{针叶林面积} + \text{阔叶林植物单位面积年固定 CO}_2 \text{ 的量} \times \text{阔叶林面积}] \times 10^{-4} = 233.62 \text{ 万 t。}$$

再将 CO<sub>2</sub> 固定量折合为纯碳。根据 CO<sub>2</sub> 的分子式和原子量, C/CO<sub>2</sub> = 0.2727,则

$$\text{折合为纯碳量} = 233.62 \times 0.2727 = 63.71 \text{ 万 t。}$$

①碳税法。采用瑞典碳税率[ \$ 150/(t(C)) ],则

$$\text{秦州区水土保持林年固碳价值} = \text{固定纯碳量} \times 150 \times 8 = 76452 \text{ 万元;}$$

②造林成本法。按照中国几种树的平均造林成本折合为 260.9 [元/(t(C))],秦州区水土保持林年固碳价值 = 折合纯碳量 × 260.9 = 16621.94 万元。

秦州区水土保持林最终年固碳价值可取如上两者的平均值,即

$$G_{21} = 46523.47 \text{ 万元}$$

(2)生产 O<sub>2</sub> 的价值  $G_{22}$ 。对水土保持林释放 O<sub>2</sub> 的价值采用生产成本法计算,研究表明<sup>[16]</sup>:阔叶林植物单位面积年释放 O<sub>2</sub> 的量为 43.78 t/hm<sup>2</sup>;针叶林单位面积年释放 O<sub>2</sub> 的量为 43.30 t/hm<sup>2</sup>,则

$$\text{秦州区水土保持林生产 O}_2 \text{ 的价值 } G_{22} = [\text{针叶林单位面积年释放 O}_2 \text{ 的量} \times \text{针叶林面积} + \text{阔叶林植物单位面积年释放 O}_2 \text{ 的量} \times \text{阔叶林面积}] \times 10^{-4} \times \text{生产 O}_2 \text{ 成本 } 500 \text{ 元/t} = 81774.36 \text{ 万元。}$$

(3)吸收 SO<sub>2</sub> 的价值  $G_{23}$ 。实施水土保持林后,植被恢复对 SO<sub>2</sub> 具有一定吸收、积累、转化、降解过程就是对大气的净化作用。这种作用可采用面积—吸收能力法进行价值计算,即

$$G_{23} = k \sum F_i S_i$$

式中:  $G_{23}$ ——林木吸收 SO<sub>2</sub> 价值;  $k$ ——单位治理 SO<sub>2</sub> 费用;  $F_i$ ——不同树种吸收 SO<sub>2</sub> 能力;  $S_i$ ——不同树种面积。

根据《中国生物多样性国情研究报告》<sup>[17]</sup>,阔叶树对 SO<sub>2</sub> 的吸收能力为 88.65 kg/hm<sup>2</sup>,针叶林的吸收能力为 215.60 kg/hm<sup>2</sup>。每削减 1 t SO<sub>2</sub> 的投资成本为 600 元。因此,秦州区水土保持林建设吸收 SO<sub>2</sub> 其价值可以用水土保

持林针叶林面积 $\times$ 针叶林的吸收 $\text{SO}_2$ 的能力 $\times$ 单位治理 $\text{SO}_2$ 费用+水土保持阔叶林面积 $\times$ 阔叶林的吸收 $\text{SO}_2$ 的能力 $\times$ 单位治理 $\text{SO}_2$ 费用来计算,即

$$G_{23} = (15594.96 \times 215.60 + 21932.97 \times 88.65) \times 600 \times 10^{-7} \\ = 318.40 \text{ 万元}$$

(4)阻滞降尘的价值 $G_{24}$ 。随水土保持林建设的完善,植被覆盖度大幅度增加,使风速得到有效降低,大颗粒尘埃随风速的减弱在重力作用下沉降于地面。同时,叶皮表面绒毛等凸出物也可以吸收一部分粉尘而使大气含尘量降低。阻滞降尘的价值采用等效替代法来计算,即以单位面积滞尘能力乘以秦州区水土保持林面积,再乘以阻滞降尘的成本计算。据研究<sup>[18]</sup>针叶林的年滞尘能力(参照松柏)为 $0.5362 \text{ t/hm}^2$ ,阔叶林的年滞尘能力(参照国槐)为 $0.4427 \text{ t/hm}^2$ ,阻滞降尘的成本为 $170 \text{ 元/t}$ 。则秦州区水土保持林阻滞降尘价值为

$$G_{24} = (15594.96 \times 0.5362 + 21932.97 \times 0.4427) \times 170 \\ \times 10^{-4} = 307.22 \text{ 万元}。$$

净化环境的价值 $G_2 = G_{21} + G_{22} + G_{23} + G_{24} = 128923.45 \text{ 万元}$

气圈生态效益 $G = G_1 + G_2 = 137889.25 \text{ 万元}$ 。

### 3.4 生物圈生态效益

生物圈生态效益主要是增加生物多样性的价值,生物多样性的增多,主要表现在动物栖息地的扩大和生物种群的扩大两个方面。随着秦州区大面积营造生态林,保护了多种森林生态体系,水土保持林建设形成的林分给生物种群的栖息、生存和沿廊道迁徙的安全性等方面都创造了良好环境条件,随着退耕时间增长,水土保持林建设对生物多样性的影响超过了其它影响因子,植物多样性指数不断增加,森林内的生物种群组成发生了深刻的变化,野生动植物物种和种群数量将显著增加。

按照谢高地、鲁春霞等<sup>[3]</sup>研究中国陆地生态系统中森林单位面积生物多样性保护价值为 $2884.6 \text{ 元/hm}^2$ 计算,则秦州区水土保持林建设后由生物多样性增加所产生的生态经济价值暨生物圈生态效益为

$$B = 37527.93 \times 2884.6 \times 10^{-4} = 10825.31 \text{ 万元}$$

## 4 结 论

综上所述,秦州区水土保持林年的生态效益总价值为 $224197.48 \text{ 万元}$ 。其中,水圈生态效益 $9806.27 \text{ 万元}$ ,土圈生态效益 $65676.65 \text{ 万元}$ ,气圈生态效益 $137889.25 \text{ 万元}$ ,生物圈生态效益 $10825.31 \text{ 万元}$ 。由此看出水土保持林生态环境效益十分显著。随着时间增长,水土保持林形成的林草植被将发挥更大的生态效益,其生态效益的价值将会更大。

### 参考文献:

[1] Daily G C, et al. Nature's Services: Societal Dependence on Nature Ecosystems[M]. Washington D C: Island

Press, 1997.

- [2] Costanza R. The economic benefit of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [3] 谢高地, 鲁春霞, 成升魁, 等. 全球生态系统服务价值评估研究进展[J]. 资源科学, 2001, 23(6): 5-9.
- [4] 郑郁善, 等. 沿海丘陵巨尾桉人工林水源涵养功能研究[J]. 江西农业大学学报, 2000, 22(2): 220-224.
- [5] 李晶, 等. 秦巴山区植被涵养水源价值测评研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 132-134.
- [6] 李世锋. 关于河岸缓冲带拦截泥沙和养分效果的研究[J]. 水土保持科技情报, 2003(6): 41-43.
- [7] 甘小泽, 谭勇, 等. 面源污染生物埂防治技术[EB/OL]. <http://www.gxny.gov.cn/2006/0129/093749-1.html>.
- [8] 张满良, 张海强, 黄桂香, 等. 吕二沟流域水土流失特征及水土保持措施效益分析[M]//黄河水利委员会天水水土保持科学试验站. 黄土丘陵沟壑区第三副区水土流失原型观测及规律研究. 郑州: 黄河水利出版社, 2004: 120-124.
- [9] 李生保, 等. 宁南山区不同生态恢复措施对土壤环境效应影响的研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(4): 20-22.
- [10] 王艳艳, 等. 中国陆地植被生态系统生产有机物质价值遥感估算[J]. 生态环境, 2005, 14(4): 455-459.
- [11] 钱宁, 王可钦, 闫林德, 等. 黄河中游粗泥沙来源区及其对黄河下游冲淤的影响[M]//中国水利学会. 河流泥沙国际学术讨论会论文集. 北京: 光华出版社, 1980: 53-62.
- [12] 龚时, 熊贵枢, 等. 黄河泥沙来源及地区分布[J]. 人民黄河, 1979(1): 7-9.
- [13] 徐建华, 等. 黄河中游粗泥沙集中来源区界定研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 6-9.
- [14] 杨志峰, 等. 生态环境需水量理论、方法与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [15] 焦峰, 温仲明, 李锐. 黄土高原水土保持林建设(草)环境效应分析[J]. 水土保持研究, 2005, 12(1): 26-29.
- [16] 陈自新, 苏雪痕, 等. 北京城市园林绿化生态效益的研究[J]. 中国园林, 1998, 14(3): 53-56.
- [17] 《中国生物多样性国情研究报告》编写组. 中国生物多样性国情研究报告[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [18] 陈自新, 苏雪痕, 等. 北京城市园林绿化生态效益的研究[J]. 中国园林, 1998, 14(2): 51-54.