

小水电代燃料生态保护工程的水土保持效益研究

孙廷容, 费良军, 刘海锋, 刘 涛

(西安理工大学水资源研究所, 陕西 西安 710048)

摘要: 小水电代燃料生态保护工程是以生态效益为主的一项公益性工程, 水土保持效益突出。本文将小水电代燃料生态保护工程的水土保持效益分为两类: 一是保护森林, 涵养水源的效益; 二是减少土壤侵蚀的效益。并分别探讨了涵养水源、减少土壤侵蚀、减少土壤养分流失及减少水库泥沙淤积的效益量化计算方法, 以山西省陵川县马圪当小水电代燃料试点工程为例进行了水土保持效益的实例计算。

关键词: 小水电代燃料; 生态保护工程; 水土保持; 效益量化评估

中图分类号: TV213 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)03-0170-03

小水电代燃料生态保护工程是党中央、国务院为巩固退耕还林成果, 从源头上解决退耕还林区、天然林保护区、封山育林区、水土流失重点治理区农民的生活燃料问题而采取的战略举措^[1,2]。小水电代燃料是以小水电代替农村生活用薪柴, 从而达到保护森林的目的, 该生态保护工程刚刚起步, 它与常规小水电能源建设问题不同, 小水电代燃料工程主要是生态环境效益, 其次是社会效益和经济效益。小水电代燃料工程的水土保持效益主要表现为森林涵养水源和减少土壤侵蚀。科学合理定量计算小水电代燃料工程的生态环境价值及水土保持效益, 对于合理确定代燃料电价、工程可行性和补贴标准具有实际意义。目前我国在该领域的研究仍处于初步探索阶段, 还没有一个系统地评估计算小水电代燃料工程水土保持价值的方法^[3,4]。为此, 我们以山西省陵川县马圪当小水电代燃料项目试点区为例, 研究小水电代燃料工程水土保持效益价值的评估方法, 希望在这方面有所贡献。

1 马圪当项目区概况

陵川县马圪当小水电代燃料生态保护试点区位于山西省陵川县东南 50 km 处, 总面积 236 km², 管辖 28 个行政村, 94 个自然村, 农村人口 10 685 人。2004 年末实有耕地面积 1 782.4 hm², 林地面积共 14 160 hm², 森林覆盖率为 60%, 荒地面积 3 629 hm²。未实施小水电代燃料工程以前, 项目区农民每户年均用薪柴 4.5 t、用煤 3 t, 年生活燃料现金支出 400 元。实施小水电代燃料工程以后, 总投资 1 588.55 万元, 新建年调节小水电站两处, 总装机 2 700 kW, 年利用小时 4 189 h, 年发电量 1 131 万 kW·h, 其中用于代燃料总用电量为 644 万 kW·h。

2 森林涵养水源和减少土壤侵蚀效益

森林的生态效益包括森林生态系统中生命系统的效益、环境系统的效益、生命系统与环境系统相统一的整体综合效益。森林的生态效益及其功能是多方面的, 可分为: ①森林涵养水源效益; ②森林水土保持效益; ③森林抑制风沙效益; ④森林改善小气候效益; ⑤森林吸收二氧化碳效益; ⑥森林净化大气效益; ⑦森林减轻水旱灾效益; ⑧森林消除噪音效益; ⑨森林游憩资源效益; ⑩森林野生动植物保护效益。但是由于森林生态系统的复杂性, 本文结合马圪当小水电代燃料项目区的实际, 着重就小水电代燃料生态保护工程的森林涵养水源和减少土壤侵蚀的水土保持效益进行量化评估研究。

2.1 涵养水源的价值

2.1.1 林区涵养水源总量 森林调节径流、消减洪峰的作用表现在 2 个方面。其一为森林的枝叶截流量, 当降雨透过林冠后, 直接进入枯枝落叶层。在枯枝落叶层产生积水后, 一部分渗入土壤, 另一部分形成地表径流, 它受到枯枝落叶的阻拦, 不仅减少了径流总量, 而且降低了汇流速度; 其二, 由于森林土壤包气带将对入渗水分进行二次调蓄, 这样就有效减少径流, 增加有效水分存储、改善水质和调节径流。实验证明, 在林区, 树冠和林木的蒸腾和蒸发量约占降水量的 45%, 因而森林涵养水源量只占林区降水量的 55%。其计算公式为:

$$T_w = P \times S \times (0.55 - N) \quad (1)$$

式中: T_w 为森林涵养水源量; P 为年平均降水量; S 为总面积; N 为森林退化后次生林存储有效雨量的比率。

收稿日期: 2005-03-09

基金项目: 山西省科学技术发展计划项目(041091)

作者简介: 孙廷容(1964—), 男, 高级工程师, 博士生。主要从事生态环境与小水电方面的研究工作。E-mail: sxstr@vip.163.com

马圪当项目区森林的薪柴最大生产量为 24.44 t/(hm²·a), 超过此限森林就有退化的危险。那么, 马圪当项目区小水电代燃料减少薪柴用量 5.08 万 t, 相当于封山育林 20.8 km²。当地多年平均降雨量为 800 mm, 计算得所保护的森林涵养水源总量为 748.80 万 m³。该项目区森林退化后次生林存储有效雨量的比率 N 为 0.10。

2.1.2 涵养水源的效益 在流域范围内, 森林涵养水源的效益主要体现在调节河川径流方面, 目前, 一般只能通过修建水库来调节径流。因此, 本文采用水库价值替换法, 以水库造价替换森林涵养的水源效益, 类似西方的“反事实度量法”。即

$$V_w = (V_c/75 + V_0) \times T_w \quad (2)$$

式中: V_w 为涵养水源效益(元/年); V_c 为单位库容建设费用(元/m³); V_0 为单位库容年运行费用 [元/(m³·a)]; T_w 为森林涵养水源量(m³/a)。根据水利部门估算, 本地修建拦蓄 1 m³ 水的水库的建设费为 0.67 元, 年运行费用 0.08 元。本地区水库寿命一般为 50~100 a(平均以 75 a 计), 则涵养水源的效益为 66.5 万元/a。

2.2 减少土壤侵蚀的价值估算

森林具有涵养水源的巨大功能, 特别是森林土壤蓄水功能是防止水土流失的有效途径。

2.2.1 减少土壤侵蚀的总量估算 有森林覆盖的坡地, 降雨水受到乔木层、灌草层和枯落物层的截流, 落地水量和势能大为减少^[5]。枯落物层不仅覆盖和保护地表土壤, 并能提供有机质改良土壤, 其枯落物本身具有较强的吸水容水能力, 起涵养水源作用。加之大量根系在土层中交织成网, 对改善土壤物理性质有特殊作用。

土壤侵蚀量的计算可采用同类土壤的有林地与无林地土壤侵蚀量差异来计量, 即

$$T_s = S \times (P - Q) \quad (3)$$

式中: T_s 为土壤侵蚀减少总量(t/a); S 为林地面积(hm²); P 为无林地侵蚀模数[t/(hm²·a)]; Q 为有林地侵蚀模数[t/(hm²·a)]。

马圪当项目区的土质为山地褐土, 形态为侵蚀中低山。在马圪当项目区的天然林保护区, 目前的土壤侵蚀仅为 212 t/(km²·a)。森林退化后, 该地的土壤年侵蚀模数可以达到 600~1000 t/km², 本文取平均值 800 t/km² 计算得马圪当项目区每年保林可减少土壤侵蚀量为 12 236 t。

2.2.2 森林减少土壤侵蚀和防止土地废弃的功能及价值核算 因土壤侵蚀而每年损失大量的表土,

从而丧失土地的使用价值。此数值的估算先根据土壤的侵蚀量和一般农田的耕作层土壤厚度计算出相应的土地面积减少量, 然后采用机会成本法, 即根据我国林业生产的平均收益 282.17 元/a 计量减少土壤侵蚀的价值, 即

$$E_1 = (T_s/D) \div L \times B \quad (4)$$

式中: D 为土壤平均干容重(t/m³); L 为土壤耕作层的平均厚度(m); B 为林业年均收益(元/a); T_s 为土壤侵蚀年减少总量(t/a); E_1 为森林保地价值(元/a)。

在马圪当项目区, 林地土壤的平均容重为 1.53 t/m³, 土壤的耕作层深度为 32 cm, 林业年均收入参照经济林计算为 220.29 万元/km², 由此得出小水电代燃料工程实施以后, 每年可减少丧失土地的价值为 5.57 万元。

2.2.3 减少土壤养分流失的价值 森林植被的枯落物分解后形成的腐殖质和有机质是森林土壤养分的最主要来源。土壤侵蚀带走了大量的土壤, 而土壤中所含的大量营养物质也随之流失, 主要是大量的有机质和氮、磷、钾等。由于土壤养分的流失, 不仅造成森林生态系统的退化, 而且还造成下游水体的污染, 当地农田生产力的下降, 贫困的加剧。不同林分类型土壤的养分可采用市场价值法来计算, 即

$$E_2 = \sum_{i=1}^n (R_j/A_j) \times C_j \times V \quad (5)$$

式中: R_j 为单位侵蚀量中第 j 种养分元素的含量(%); A_j 为第 j 种养分元素在标准化肥中的含量(%); C_j 为第 j 种标准化肥的价格(元/t); V 为侵蚀量; E_2 为森林减少肥力流失的价值(元/a); n 为养分元素总类。

马圪当项目区的主要土壤类型为山地棕壤、山地淋溶性褐土和山地石灰性褐土, 其林区土壤典型剖面速效养分含量见表 1。

经土壤化学分析土壤有机质平均含量为 18.37~106.34 g/kg、全氮量为 1.11~3.43 g/kg、全钾量为 20.69~25.46 g/kg、碱解氮含量为 38.5~244.3 mg/kg、速效钾含量为 133.2~214.4 mg/kg、有机质及氮、钾全量较高, 有效供应较好; 全磷量多低于 0.8~10 mg/kg, 土壤养分总体水平随海拔升高而增加。本文取碱解氮、速效磷、速效钾含量的平均值分别为: 141 mg/kg、5 mg/kg、173 mg/kg。由公式(5)可得, 马圪当小水电代燃料工程每年可减少流失氮 1.72 t、磷 0.061 t、钾 2.116 t, 折合尿素 3.75 t、过磷酸钙 0.43 t、氯化钾 7.05 t。按尿素 1 700 元/t, 过磷酸钙 350 元/t, 氯化钾价格 750 元/t 计算, 马圪当项目区小水电代燃料工程每年减少流失的养分价值为 1.18 万元。

表 1 马圪当项目区土壤典型剖面速效养分含量
Table 1 Soil nutrient in Magedang experimental region

土壤类型 Soil type	土层(cm) Soil layer	碱解氮(mg/kg) Alk·N	速效磷(mg/kg) Avail·P	速效钾(mg/kg) Avail·K
林地淋溶性褐土 Forestland leached drab soil	2~19	121.9	5.6	178.9
	19~38	68.8	5.1	203.7
	38~70	29.2	3.8	220.4
林地石灰性褐土 Forestland calcareous drab soil	0~13	56.3	3.9	135.1
	13~27	30.7	3.7	138.5
	27~46	28.4	4.1	146.6
棕壤荒坡 Brown earth wild slope	0~10	12.4	1.6	65.7
	10~20	7.9	1.4	59.8

2.2.4 森林减少水库泥沙淤积的价值 森林通过其丰厚的枯枝落叶层及林下植被对地表土壤的保护,防止大量泥沙流入江河,减少了泥沙淤积和滞留,有效地增加了江河、湖泊和水库的有效蓄积。

土壤侵蚀流失的泥沙淤积于水库、江河和湖泊,减少地表水的有效蓄积。采用影子工程法计算损失价值,即

$$E_3 = (V/D) \times 24\% \times C_1 \quad (6)$$

式中: C_1 为单位体积库容造价(元/ m^3); E_3 为森林减少泥沙淤积的价值(元/a); V 为土壤侵蚀泥沙量(t); D 为土壤干容重(t/m^3)。

根据有关部门测算,我国每 $1 m^3$ 库容的水库工程建设费用 0.67 元/ m^3 ,计算得马圪当项目区森林每年减少泥沙淤积和滞留的价值为 0.13 万元。

3 小 结

1) 小水电代燃料生态保护工程的确是一项以生态环境效益为主、经济效益为辅的公益性工程,其水土保持效益主要体现为森林涵养水源的价值和减少土壤侵蚀、减少养分流失的价值等。

2) 本文在研究小水电代燃料生态保护工程水土保持效益量化计算模型的基础上,利用相应的数学模型分别计算了山西省陵川县马圪当小水电代燃料生态保护试点区的林区涵养水源量和涵养水源效益、减少土壤侵蚀量和防止土壤废弃的功能价值、森林减少土壤养分流失的价值及森林减少水库泥沙淤积的价值。

3) 本文仅对小水电代燃料生态保护工程的水土保持效益进行了量化计算研究,而对该工程的其它生态环境效益尚很少涉及。

参 考 文 献:

- [1] 郑四渭. 论林业可持续发展的经济性[J]. 林业经济问题, 1999(1): 41-45.
- [2] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益研究[J]. 科学通报, 2000, 45(1): 17-22.
- [3] 蒋延玲, 周广盛. 中国主要森林生态系统公益的评估[J]. 植物生态学报, 1999, 23(5): 426-432.
- [4] 张三焕, 朱 哲. 长白山森林生态效益资产评估研究——以清林区为例[J]. 资源科学, 2002, 11(3): 18-21.
- [5] 张向辉, 王清春. 青海东峡林区森林生态系统服务功能及经济价值评估[J]. 北京林业大学学报, 2002, (7): 38-41.

Study on soil and water conservation benefits of small hydropower for fuel in rural areas

SUN Ting-rong¹, FEI Liang-jun¹, LIU Hai-feng¹, LIU Tao¹

(Institute of Water Resource, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: The small hydropower station for fuel project is a commonweal project, give prominence to the ecology benefit. This paper classifies the soil and water conservation benefit of the project into water conservation benefit by forest and soil erosion reducing benefit. And study the quantified methodology of self-restraint the source, the soil erosion reducing, the soil nutrient prediction and reservoir mud alluvial prediction, and applies the model count the water conservation benefit in Lingchuan county Magedang experimental unit in Shanxi province.

Keywords: small hydropower for fuel; project of nature conservation; soil and water conservation; benefit quantified evaluation