

高等级公路路域生态恢复工程效益分析

姜德义, 任海霞

(重庆大学西南资源开发及环境灾害控制工程教育部重点实验室, 重庆 400044)

摘要: 随着我国公路交通事业的不断发展, 公路建设和运营对生态环境所产生的负面效应越来越受到人们的关注。因此, 新建公路都采取了一些公路路域生态环境恢复工程和措施。从不同方面, 例如植被涵养水源价值、土壤肥力价值、水土流失价值、改善环境和景观等, 对公路路域生态恢复工程进行了成本效益分析, 并提出了具体的定量估算的方法。

关键词: 生态恢复工程; 效益分析; 效益估算

中图分类号: U421.1; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)03-0140-03

Analysis on Benefits of Ecological Recovery Project for Highway Area

JIAN G De - yi, REN Hai - xia

(Key Laboratory for the Exploitation of Southwestern Resources & Environmental Disaster Control Engineering, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: With the constant development of the highway in our country, people pay more attention to the negative ecological effects by the construction and running a highway. Therefore, principals which answer for the ecological project were taken to resume the environment. The benefits from the ecological compensate project for highway area were analyzed from different respects, for example the value to conserve the source of water, the value of soil fertility, the value of reducing soil erosion, the environment and view improving etc. The methods how to estimate the benefits quantitatively were put forward.

Key words: ecological recovery project; benefits analysis; estimate of benefits

1 前言

从 20 世纪 90 年代以来, 我国公路交通基础设施得到了显著增强, 有力的促进了国民经济的发展。在短短的十几年里, 中国高等级公路的发展, 经历了从无到跃居世界第二位的辉煌历程。按照交通部规划, 我国将在 2020 年完成总长度 8 万 km 的国道主干线和重要干线公路建设任务, 公路交通建设将迎来更大的发展。但是, 我们还必须清楚的看到, 中国公路交通运输的发展面临着严峻的环境挑战, 公路建设引起了很多的环境问题, 例如公路施工对地形、地貌、自然植被和景观的破坏, 将引起水土流失以及生物多样性的减少; 大挖和大填将会增加地质脆弱带公路边坡的不稳定性; 景观的破坏还会造成视觉和环境的污染。同时, 由于原生态环境的剧烈变化, 使新建公路路域生态环境的生态保护和生态恢复难度成倍增加, 公路生态恢复和建设的任务十分艰巨。如果不进行及时的恢复和治理, 不仅影响路域本身的生态和景观环境, 还直接影响区域的生态环境以及公路的运营安全。因此, 立项开展新建公路生态恢复技术的研究, 既是环境科学研究的紧迫课题, 也是实现公路建设与环境保护、社会经济协调发展的现实需要。

2 进行公路生态恢复工程效益分析的必要性

公路路域生态恢复工程不仅是一项环境保护事业, 同时

也是一项重要的生产事业。一方面, 人们不仅利用路域生态恢复工程, 来减少因交通建设而造成的生态环境影响, 如增加植被面积, 减少水土流失, 美化路容, 改善行车环境, 而且还要将植物作为工程材料, 起到工程作用, 产生公路生物工程替代效益, 例如, 加固边坡、防眩等功能。另一方面, 交通管理部门在公路路域建设的生产实践中, 也开始认识到这一事业的投资效果, 注意到其生态经济效益的长短、效益的实现方式、效益的实际获得者, 进而提出了投资的分担问题。因此, 开展公路路域生态恢复工程成本效益分析, 谋求更合理的生态效益、经济效益和社会效益, 对于调动国家、集体和个人进行公路路域生态恢复工程的积极性, 推动公路环境保护的发展具有极为重要的理论和实践意义。

作为公路生态恢复工程的重要理论基础, 工程成本效益分析已经越来越引起人们的关注和重视。但是, 迄今为止, 还没有见到有从理论上进行系统的阐述, 从实践上进行具有说服力的研究和论断。本文参照替代工程法, 从植被涵养水源价值、土壤肥力价值、水土流失价值、改善环境和景观等多方面, 提出了公路生态恢复工程费用效益的估算。

3 公路生态恢复工程效益估算

3.1 公路生物工程替代效益估算

公路生物工程替代效益表现为公路边坡生物防护替代工程防护的数量和质量, 反映公路路域生态建设满足交通需

* 收稿日期: 2005-07-27

作者简介: 姜德义(1962-), 教授, 博导, 从事岩土工程力学、环境科学方面的教学、科研工作; 通讯作者: 任海霞。

要的程度。它包括公路边坡生物防护替代或与土木工程结合减少工程的总费用、减少坡面水土流失防治水毁的效益和中央隔离带防眩效益等。例如,国内在对云南的昆曲公路的研究中发现,浆砌片石护坡造价约 52.5 元/m²,水泥混凝土网格护坡造价一般为 14.4 元/m²。如果用植物工程(部分)代替后的造价(湿式喷播技术)为 5~15 元/m²。因而,采用植物护坡的费用比浆砌片石护坡低约 40 元左右;其次,采用水泥混凝土网格和植物护坡相结合的护坡方式,其费用也大大低于浆砌片石护坡^[1]。目前,对于公路生物工程替代效益的估算只有云南昆曲公路进行过调查估算,其它相关的报道较少。在本文中公路生物工程替代效益计算方法如下:

公路生物工程替代效益(元/年)= 上坡植被面积× 单位边坡植被节约水毁工程修复费+ 生物防眩替代防眩板费。

3.2 植被涵养水源价值估算

植被涵养水源价值主要采用替代工程法把林草涵养水源功能等效于一个蓄水工程,而且该工程的价值是可以计算的,那么就可以用该工程的修建费用或者造价来替代林草涵养水源的价值,从而间接的测知林草涵养水源的价值,其具体的计算公式参考了《中国典型生态区生态破坏经济损失分析研究》中的计算公式^[2]。

$$M = E \times D \times P \times S \times (Q - R) / T \quad (1)$$

式中: M ——林草植被涵养水源的价值; E ——修造 1 m³ 农林水库工程投资费用(元/m²); D ——林草面积(hm²); P ——林草根系平均深度(m); Q ——林草土壤含水量(%); R ——裸地土壤含水量(%); S ——土壤容重(t/m³); T ——水的密度(1 t/m³)。

3.3 植被保持土壤肥力价值的估算

采用潜在土壤侵蚀损失法计算林草植被保肥价值。林草的保土量(潜在土壤侵蚀量)等于裸地的土壤侵蚀量与林草的土壤侵蚀量之差。土壤侵蚀带走大量土壤营养物质,主要是土壤有机质、氮、磷、钾等养分含量,林草减少的土壤损失量,可以估算出林草每年减少的养分损失量。

3.3.1 减少有机质损失的价值

由于土壤有机质的损失一般应通过增加有机质肥料或畜粪加以补充,而这又等于增加了农场薪材的负担。所以,林草植被减少有机质的损失价值如下:

$$Y = D \times O \times (P - Q) \times B \times J \quad (2)$$

式中: Y ——林草植被每年减少损失有机质的价值; D ——林草面积; O ——有机质含量(取 3%); P ——荒地侵蚀模数[t/(km²·a)]; Q ——林草地侵蚀模数[t/(km²·a)]; B ——薪材转换成土壤有机质的比例,取 2:1; J ——薪材的机会成本价格 51.3 元/t。

3.3.2 林草植被每年减少氮、磷、钾损失的价值

因土壤侵蚀造成氮、磷、钾大量损失,从而使土壤肥力下降。要保持土地的生产能力,就必须增施大量的化肥。因此,可用增加化肥的费用来替代土壤中损失的氮、磷、钾的价值。同林草地对照,把裸地每年随土壤流失带走的养分,折算成相应的化肥量,根据化肥价格计算林草的保肥价值。林草减少的氮、磷、钾养分损失量的价值的计算,是将土壤中纯氮、磷、钾分别换算成磷酸二铵和氯化钾的量,用下式来进行计算:

$$V_f = S \times (P - Q) \sum_{i=1}^n F_{1i} \cdot F_{2i} \cdot F_{3i} \quad (3)$$

式中: V_f ——林草保肥效益经济评价价值(万元); S ——林草面积(hm²); P ——荒地侵蚀模数[t/(km²·a)]; Q ——林草地侵蚀模数[t/(km²·a)]; F_{1i} ——土壤中氮、磷、钾含量

(%); F_{2i} ——纯氮、磷、钾折算成化肥的比例(%); F_{3i} ——各类化肥的销售价(元/t)。

根据重庆市农业生产资料公司的数据,目前磷酸二铵和氯化钾的市场价分别为 1 977 元/t 和 1 126 元/t^[3]。折算成纯氮、磷、钾的比例分别为 132/14、132/31、75/39。氮、磷包含在同一种复合肥中,计算时将二者合一。

3.4 植被减少泥沙淤积和滞留的价值

3.4.1 林草减少泥沙淤积的价值

林草减少的泥沙淤积量是裸地水土流失量与林草地水土流失量的差值。若泥沙容量取 1.28 t/m³,则林草植被减少泥沙淤积的数量相当于减少的库容损失。目前单位库容的造价已达到 5.713 98 元/m³。

林草减少泥沙淤积的价值(万元)= 林草面积×(荒地如土壤侵蚀模数-林草地土壤侵蚀模数)/泥沙容量×单位库容造价。

3.4.2 林草减少泥沙滞留的价值

根据挖取泥沙费用和林草减少的泥沙淤积量计算,拟定挖取 1t 泥沙的费用为 1.5 元。

林草减少泥沙滞留的价值(万元)= 林草面积×(荒地如土壤侵蚀模数-林草地土壤侵蚀模数)/泥沙容量×挖取 1t 泥沙的费用。

3.5 林草植被吸收二氧化碳制造氧气的效益估算

植被的固碳供氧功能,对于人类社会和整个动物界,对于全球气候平衡,都具有重要的意义。有关资料表明,每得到 1g 植物干物质,需要 1.62 g 二氧化碳,同时释放 1.2 g 氧气。在此过程中,植物还将太阳能转化为化学能存在碳水化合物中。据专业人员测定,落叶林每年释放氧气 13.6 t/hm²,针叶林每年释放氧气 30 t/hm²,而草原的释放量约为森林的 20%~50%,本文取 35% 进行计算。曾有研究根据我国近年来的造林成本,推算出我国森林生产氧气的成本为 367.7 元/t。

3.6 植被净化环境价值核算

林草植被是自然界的防疫员,其主要机能是:吸收污染物、阻滞粉尘、杀除细菌、降低噪声及释放负离子等。

3.6.1 草对二氧化硫的吸收

据国家环境保护总局南京科学研究所的研究数据,森林对二氧化硫的吸收能力为:针叶林、柏林、杉类为 215.6 kg/hm²,阔叶林为 88.65 kg/hm²。另据我国环境科学研究所生态研究所的测量资料,树木吸收二氧化硫的能力平均为 120.8 kg/hm²。根据《中国生物多样性国情研究报告》,我国每削减 100 t 二氧化硫的治理费用为:投资额 5 万元,每年运行费 1 万元,合计 6 万元,即二氧化硫的治理费用为 0.6 元/kg^[4]。

3.6.2 林草对氮氧化物的吸收

国内对林草吸收氮氧化物的研究比较少。这里我们采用韩国监测的数据做类比。据韩国科学技术处的测定,当氮氧化物的发生量为 6.0 kg 时,每公顷森林的吸收量为 6.0 kg,可能的吸收率为 3.5%。林草吸收的氮氧化物的价值,采用中国大气污染物排放收费标准的筹资型标准的平均值,为 1.34 元/kg^[5]。

3.6.3 林草阻滞降尘的价值核算

据测定,阔叶林的滞尘能力为 10.11 t/hm²,针叶林为 33.2 t/hm²,阻滞降尘的价格采用燃煤炉窑容大气污染物排放收费筹资型标准的平均值,即 0.56 元/kg^[6]。

3.7 公路生态恢复工程的景观美学效益估算

景观美学效益包括绿化、美化路容促进身心健康和快

感,提供公路安全性以及增加植被生物多样性等方面获得的效应。日本植被休憩功能平均为生态效益的 20%,但由于我国的公路建设发展水平低于日本,本文取生态效益的 15% 为景观美学效益。

4 结果与建议

(1) 新建公路路域生态恢复的效益主要取决于投资成本和环境收益,其中在收益中,生物工程替代效益占主要部分,其次是林草净化环境、景观美学价值和植被吸收二氧化碳的效益。

(2) 提高公路生态恢复工程效益的途径有:¹ 利用乡土参考文献:

- [1] 江玉林. 公路路域环境生态恢复研究与实践[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [2] 金鉴明. 中国典型生态区生态破坏经济损失分析研究[R]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994.
- [3] 计办价格[2001]第 591 号, 化肥定价表[S].
- [4] 《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.
- [5] GB 16297-1996, 大气污染物综合排放标准[S].
- [6] UDC 621.511/512 GB 9078-88, 燃煤炉窑大气污染物排放标准[S].

(上接第 139 页)

4 Conclusions

In the present study, we describe a technique to quantify spatial pattern from remote sensing data in order to describe the structures and changes in the land use and land cover. Moreover, the present study shows that landscape metrics can measure the effects of typhoon and earthquake disturbance regimes, and evaluation of the landscape transition can contribute more detailed information for managing ecosystems. On the other hand, it is essential to use appropriate mapping techniques and quantitative methods to assess

References:

- [1] Bresee, M K, J Le Moine, S Mather, et al. Disturbance and landscape dynamics in the Chequamegon National Forest Wisconsin, USA, from 1972 to 2001[J]. *Landscape Ecology*, 2004, 19: 291-309.
- [2] Chang Chun-Pin, Deng-Po Deng. Evaluating the Forest Landscape Pattern Change by Natural Disturbance: A Case Study of Chen-Yu-Lan Watershed in Taiwan[C]. *Map Asia 2005 Conference*, 2005. 213-223.
- [3] Cheng, J D, Y C Huang, H L Wu, et al. Hydrometeorological and landuse attributes of debris flows and debris floods during typhoon Toraji, July 29-30, 2001 in central Taiwan[J]. *Journal of Hydrology*, 2005, 306: 161-173.
- [4] Cohen, W B, T A Spies, R J Alig, et al. Characterizing 23 years (1972-95) of stand replacement disturbance in Western Oregon forests with Landsat imagery[J]. *Ecosystems*, 2002, 5: 122-137.
- [5] Frohn, R C, McGwire K C, Dale V H, et al. Using satellite remote sensing analysis to evaluate a socio-economic and ecological model of deforestation in Rondonia, Brazil[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1996, 17: 3233-3255.
- [6] Herold, M, J Sceph, K Clarke. The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses[J]. *Environment and Planning A*, 2002, 34(8): 1443-1458.
- [7] Lin, M L, F S Jeng. Characteristics of hazards induced by extremely heavy rainfall in Central Taiwan-Typhoon Herb[J]. *Engineering Geology*, 2000, 58: 191-207.
- [8] O'Neil, R V, J R Krummel, R H Gardner, et al. Graham, Indices of landscape pattern[J]. *Landscape Ecology*, 1988, 1: 153-162.
- [9] O'Neill, R V, Hunsaker C T, Timmins S P, et al. Scale problems in reporting landscape pattern at regional scale[J]. *Landscape Ecology*, 1996, 11: 169-180.
- [10] Walsh S J, Butler D R, G P Malanson. An overview of spatial scale, pattern, and process relationship in geomorphology: a remote sensing and GIS perspective[J]. *Geomorphology*, 1998, 21: 183-205.
- [11] Zheng, D, D O Wallin, H Hao. Detecting rates and patterns of landscape change in the Changhai Mountain area between 1972-1988 using satellite data. [J]. *Landscape Ecology*, 1997, 12: 241-254.

植物,减少建设和养护成本;④加强投资控制和资金管理,避免公路恢复园林化的趋势;⑤充分利用公路建设的土地资源,尤其是表土资源,节约资源和资金;⑥大力提倡发展生态经济型公路生态工程,例如在公路立交区建植苗圃或适当种植经济植物,增加收益。

(3) 将环境效益量化的分析研究不多,有些参数的确定还有待做更进一步的调查研究和完善。在进行效益计算时,其相当大的部分如林草杀菌、减低噪声等现在无法用货币形式进行计算,因此,本文所述的核算研究具有一定的历史局限性,还不够完整。

the landscape condition within the different disturbance regimes. The present study successfully detected the transition of the landscape as a result of natural disturbances. The results represent the ecological resilience of the Chenyulan Watershed. In order to unambiguously realize the ecological process and landscape health, we need to investigate more biotic and abiotic information and integrate these information into the landscape pattern. In this way, we can propose more efficient solutions for watershed management and ecological conservation.