

土地利用类型变化对生态服务价值的影响

王天伟¹, 高照良^{1,2}, 李永红^{1,2}, 郭文¹, 刘爱霞²

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 高速公路修建, 通过改变沿线土地利用类型导致其生态服务功能发生变化。基于 Costanza 等人率先研究的全球陆地生态系统服务价值的分类与评估法, 结合中国学者对土地利用类型单位面积的生态价值估算结果, 评估了西汉高速户县—勉县段沿线土地利用类型生态服务价值及其变化。结果表明, 高速公路修建占用的 4 种土地类型主要是农田、园地、林地和草地, 面积分别是 1 116. 41, 6. 84, 125. 21, 125. 77 hm²。由于绿化、恢复植被等措施, 建成后的林、草地面积, 分别增加了 155. 26 和 21. 40 hm²。高速公路建成后, 农田、园地的生态服务价值消失, 同时林、草地面积的增加, 使废物处理、气候调节功能价值增加量最大; 增加幅度最大的是气候调节、栖息地和娱乐功能。耕地、园地面积消失, 使食物供应、生物控制和传粉功能减少量最大。减少幅度最大的分别是生物控制、食物供应和传粉功能, 分别为 89. 67%, 72. 51% 和 61. 84%。总体上, 公路建成后, 土地总的生态功能价值较以前呈减少趋势, 减少了 3. 72×10⁵ 元/a, 每 1 km 平均 1 400 元/a。高速公路给区域带来的巨大经济效益和社会效益, 会远大于其对生态环境破坏所造成的土地利用类型生态服务价值的损失。

关键词: 土地利用类型变化; 生态服务价值; 西汉高速

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)03-0225-04

中图分类号: F301.24, X171.4

Effects of Different Land Use Types on Ecosystem Service Value

WANG Tianwei¹, GAO Zhao-liang^{1,2}, LI Yong-hong^{1,2}, GUO Wen¹, LIU Aixia²

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The construction of expressway results in the changes of the ecosystem service value via changing the land use types. Based on the classification and evaluation method of global land ecosystem service value first used by Costanza et al. (1997) as well as ecosystem service values of unit area of each land use type estimated by Chinese scholars, the changes in ecosystem service value of different land use types were evaluated after the construction of the Huxian—Mianxian section of Xi'an—Hanzhong expressway. During the construction, 1116.4 hm² farmland, 6.8 hm² orchard, 125.2 hm² woodland and 125.8 hm² grassland were used. However, after the construction, areas of the woodland and grassland were increased by 155.3 hm² and 21.4 hm², respectively, due to vegetation restoration and landscaping. The ecological service values of climate adjustment, habitats, and recreation increased due to increases in woodland and grassland areas. The construction nullified the ecosystem service value of farmland and orchard, which reduced ecological service functions of biological control, food supply, and pollination by 90%, 73%, and 62%, respectively. In general, the overall ecosystem service value tended to decrease, about 1400 yuan per year per kilometer after the construction of the expressway. However, the loss of ecosystem service value is expected to be far less than the economic and social benefits that the expressway can bring to the area.

Keywords: land use type change; ecosystem service value; Xi'an—Hanzhong expressway

生态系统服务是指通过生态系统的结构、过程和土地利用是人与自然交叉最为密切的环节, 土地利用/功能直接或间接得到的生态支持产品和服务^[1]。土地覆被变化过程对维持生态系统服务功能起着决定性

收稿日期: 2010-09-17

修回日期: 2010-10-15

资助项目: 陕西省水土保持局“线状工程建设水土流失防治技术示范推广研究”资助

作者简介: 王天伟(1985—), 男(汉族), 山西省平定县人, 硕士, 主要从事工程开发建设与高速公路边坡防护研究。E-mail: tianweiwbs@yeah.net。

通信作者: 高照良(1969—), 男(汉族), 河南省灵宝市人, 博士, 副研究员, 主要从事土壤侵蚀与荒漠化研究。E-mail: gzl@ms.isw.c.ac.cn。

的作用,是影响区域生态系统功能以及生态环境质量的重要因素^[2-4]。通过核算生态系统服务功能价值,可以定量表示出土地利用类型对生态环境影响的程度。

Costanza 等^[3] 1997 年在 Nature 上发表的关于生态功能的论文,对生态系统服务价值评估工作产生了深远的影响。国外如 Hanley 等^[5] 2006 年对森林景观和娱乐价值进行了评价; Loomis 等^[6] 2000 年评价了美国河流生态系统总经济价值; Lal^[7] 2003 年研究了太平洋沿岸红树林价值及其对环境决策的意义。国内有,肖寒等^[8] 2000 年探讨了森林生态系统服务功能的内涵,并使用市场价值、影子工程、机会成本和替代花费等方法对海南岛尖峰岭热带森林进行了评价;谢高地等^[9] 2001 年参考 Costanza 等的价值评价方法,在草地生态系统服务价格订正的基础上,逐项估计了草地生态系统的各项生态服务价值,并计算出全国草地生态系统每年的服务价值;孙新章等^[10] 2005 年对中国农业生态系统的土壤保持功能进行了定量研究,采用市场价格法、机会成本法和影子工程法计算得出,我国农业生态系统的土壤保持总价值,相当于 2000—2002 年我国种植业平均产值 1/3。然而在公路交通设施等的修建前后,土地利用类型引起的生态服务功能变化的研究还比较少见。

西汉高速公路户县—勉县段(以下简称户勉段)穿越秦岭山区,环境类型多样,水、光、热资源丰富,植物种类繁多,是我国最重要的生物基因库之一,拥有独特而且巨大的生态服务功能。本文通过估算西汉高速公路户勉段所经区域的生态服务价值及其损失,量化分析了修建高速公路对沿线生态环境破坏所造成的影响,从而能够更好地树立从保护生态、保护自然景观和水土保持角度审视主体工程设计的理念。

1 研究区域与方法

1.1 研究区概况

西汉高速公路户勉段,是国家高速公路网(G5)京昆高速在陕西境内的一段控制性工程,由户县涝峪口—勉县元墩子段高速公路工程及宁陕连接线公路工程组成,全线采用双向 4 车道高速公路标准建设,全长 273.53 km(包括宁陕连接线)。该公路途经关中平原、秦岭、汉中盆地的 8 个县/市。关中平原地势平坦,秦岭北坡地势陡峭,秦岭南坡坡度较缓,随着海拔的降低,依次有 3 种地貌:石质山地,土石丘陵和平原。公路起始点户县年均温 12℃,秦岭山区年均温

为 6~8℃,陕南汉江沿岸及低山区年均温 14~16℃;户县年降水量 815 mm,秦岭南坡及汉水沿线年平均降水量为 950 mm,全年降水主要集中在 7—9 月,约占全年降水量的 60%。沿线土壤类型随海拔具有明显地带性,主要土类有淤土、潮土、水稻土、淋溶褐土、棕壤等。林种以松、杉、杨等树为主,经济林有漆树、油桐、桑、竹等,乔木之间灌木草丛成片,林草覆盖率达 56%。汉江平川段和坝地农地分布较广。

西汉高速公路户县—勉县段于 2002 年 9 月开工建设,2007 年 9 月建成通车。因高速公路穿越秦岭主山脉,山大沟深,地形条件复杂,桥隧比例较高,扰动地表面积较少,所以对沿线土石山区的生态环境破坏程度较小。

1.2 研究数据

项目组 2009 年 5 月对施工现场详细调查、量测及数据整理,获取了西汉高速公路户勉段的大量资料,以及道路修建及附属设施占用地面范围内的土地利用类型及其面积。

1.3 系统类型对比

从土地利用角度考虑不同土地利用类型和方式所提供的生态服务价值,土地利用类型实质上是与生态系统类型能够产生对应关系的,主要差别在于命名系统的差异。参考李晶等^[11]地球主要生态系统类型的分类与土地利用类型的对比图,建立研究区域生态系统类型和土地利用/覆被类型对应关系(表 1)。因堆积弃渣和施工营地等而产生的临时占地改变土地原有的利用类型,其生态功能暂时发生了变化,此处全部按永久占地进行估算,临时占用河道(生态服务价值未变化)和永久占用宅基地面积及其生态服务价值较小,在此不予考虑。

表 1 研究区域生态系统类型的分类与土地利用类型的对比

生态系统分类系统	土地利用类型分类系统
森林生态系统	林地
草原生态系统	草地
淡水生态系统	水域
城镇生态系统	城镇居民交通用地
农田生态系统	耕地、园地
其它生态系统	未利用地

1.4 不同土地利用类型的生态服务价值确定

本文参考冉圣宏等^[12] 2006 年和其他研究者^[1,9,13]对我国不同省市研究讨论确定的中国主要土地利用类型单位面积的生态价值,确定了研究区土地利用类型单位面积生态服务价值(表 2)。

表2 不同土地利用类型生态服务价值 元/(hm²·a)

土地利用类型	耕地	园地	林地	草地	水域
大气调节	12.39	61.24	82.60	39.87	8.26
气候调节	—	363.85	726.88	0.83	8.26
扰动调节	41.30	344.03	413.00	275.06	—
水分调节	—	19.64	24.78	14.51	44 975.70
水供应	—	115.15	—	230.30	17 486.42
侵蚀控制	—	86.62	41.30	131.94	—
土壤形成	4.13	43.52	82.60	4.44	—
营养物循环	4.13	8.67	16.52	0.83	8.26
废物处理	—	683.70	718.62	648.77	5 492.90
传粉	115.64	139.46	165.2	113.71	—
生物控制	198.24	68.79	33.04	104.55	—
栖息地	—	91.82	165.2	18.45	—
食物供应	446.04	366.61	413.00	320.22	338.66
原材料	4.13	106.48	206.50	6.47	—
基因资源	4.13	7.85	14.87	0.83	—
娱乐	—	170.61	297.36	43.87	1 899.80
文化	—	34.97	16.52	53.43	—

注:“—”表示缺乏数据或无此项生态服务功能。由于裸地(包括盐碱地和沙地)等生态价值很小,故本研究不考虑其生态服务价值。下同。

2 结果与讨论

2.1 土地利用类型及面积变化

对西汉高速公路户勉段修建前后沿线主要土地利用类型变化情况进行分析和统计,高速公路及附属

设施的修建,占用了原有的耕地、园地、林地和草地4种类型,高速公路建成后,由于绿化等措施,除了路面外,土地利用类型仅保留了林地和草地2种类型。

道路修建及附属设施占用地面范围内,占用农田1 116.41 hm²,园地6.84 hm²,林地125.21 hm²,草地125.77 hm²。

从2006年春季到2008年11月,主体工程建设区的植被绿化全部结束,弃渣场也处于稳定恢复阶段。自2006年到2009年10月,交叉折合成实际绿化面积427.60 hm²(不含藤本植物)。其中,草地为147.17 hm²,林地(主要为乔木和灌木)为280.47 hm²。

建成高速公路后,占用的农田和园地土地类型消失;林地面积有大幅增加,增加率为124.00%;草地面积也有所增加,其值为17.02%。

2.2 土地利用类型生态服务价值估算

采用上述方法,对公路修建及附属设施占地范围内的土地利用类型变化引起的生态服务价值进行了估算(表3)。

表3表明,耕地的生态服务价值在公路修建前后减少了 9.27×10^5 元/a,园地生态服务价值减少了 1.85×10^4 元/a,减少幅度均为100.00%;林地和草地的生态服务价值分别较原来增加了 5.31×10^5 、 4.31×10^4 元/a,增加幅度分别为123.95%、17.07%。建成高速公路后,不同土地利用类型生态服务价值总和,较原来减少 3.72×10^5 元/a,每1 km平均1 400元/a。

表3 高速公路修建前后不同土地利用类型生态服务价值的对比变化

10⁴元/a

土地利用类型	耕地		园地		林地		草地		总计		增减	比例%
	前	后	前	后	前	后	前	后	前	后		
大气调节	1.38	—	0.04	—	1.03	2.32	0.50	0.59	2.95	2.91	-0.04	-1.35
气候调节	—	—	0.25	—	9.10	20.39	0.01	0.01	9.36	20.40	11.04	117.95
扰动调节	4.61	—	0.24	—	5.17	11.58	3.46	4.05	13.48	15.63	2.15	15.95
水分调节	—	—	0.01	—	0.31	0.69	0.18	0.21	0.50	0.90	0.40	80.00
水供应	—	—	0.08	—	—	—	2.90	3.39	2.98	3.39	0.41	13.76
侵蚀控制	—	—	0.06	—	0.52	1.16	1.66	1.94	2.24	3.10	0.86	38.39
土壤形成	0.46	—	0.03	—	1.03	2.32	0.06	0.07	1.58	2.39	0.81	51.27
营养物循环	0.46	—	0.00	—	0.21	0.46	0.01	0.01	0.68	0.47	-0.21	-30.88
废物处理	—	—	0.47	—	9.00	20.15	8.16	9.55	17.63	29.70	12.07	68.46
传粉	12.91	—	0.10	—	2.07	4.63	1.43	1.67	16.51	6.30	-10.21	-61.84
生物控制	22.13	—	0.05	—	0.41	0.93	1.31	1.54	23.90	2.47	-21.43	-89.67
栖息地	—	—	0.06	—	2.07	4.63	0.23	0.27	2.36	4.90	2.54	107.63
食物供应	49.80	—	0.25	—	5.17	11.58	4.03	4.71	59.25	16.29	-42.96	-72.51
原材料	0.46	—	0.07	—	2.59	5.79	0.08	0.10	3.20	5.89	2.69	84.06
基因资源	0.46	—	0.00	—	0.19	0.42	0.01	0.01	0.66	0.43	-0.23	-34.85
娱乐	—	—	0.12	—	3.72	8.34	0.55	0.65	4.39	8.99	4.60	104.78
文化	—	—	0.02	—	0.21	0.46	0.67	0.79	0.90	1.25	0.35	38.89
总计	92.67	—	1.85	—	42.80	95.85	25.25	29.56				
增减	-92.67		-1.85		53.05		4.31					
比例%	-100.00		-100.00		123.95		17.07					

高速公路后期修建过程中,由于采取植被恢复和复垦等措施,林、草地面积明显增多,对大气调节、水分调节、土壤形成等生态服务功能价值的变化也有明显影响。其中,价值增加量最大的是废物处理功能,其价值比高速公路修建前多 1.21×10^5 元/a,其次是气候调节功能,价值增加了 1.10×10^5 元/a。而增加幅度最大的分别是气候调节、栖息地和娱乐功能,分别为 117.95%, 107.63% 和 104.78%。这与林地和草地面积大幅度增加密切相关。林草地作为生态系统的主体要素,对调节局地小气候、形成动物栖息地等具有显著作用,其根系有很强的土壤养分保持能力,可以转移和分解多种废弃物。

价值减少量最大的是食物供应功能,比公路建成前减少了 4.30×10^5 元/a,其次是生物控制和传粉功能,分别减少了 2.14×10^5 , 1.02×10^5 元/a。减少幅度最大的是生物控制、食物供应和传粉功能,分别是 89.67%, 72.51% 和 61.84%。耕地面积的消失,阻滞农作物传粉,作物产出量降低,同时种群营养级动态调控能力弱化。总体上,公路建成后土地拥有的各种生态服务功能价值总和,比修建公路前土地类型拥有的各种生态服务功能价值总和呈减少趋势,减少量为 3.72×10^5 元/a,每 1 km 平均 1 400 元/a。

公路建设对沿线生态环境造成了一定程度的破坏,部分土地永久性地失去了应有的生态功能。因此,公路建成后,土地总的生态功能价值较以前是减少趋势。然而,从国家经济建设的战略高度看,公路建设在区域经济发展中具有不可替代的重要意义。西汉高速公路户勉段是国家高速公路网 G5 京昆高速在陕西境内的一段控制性工程,也是陕西省“米”字型公路主骨架中的重要一段,是关中地区通往陕南和四川的便捷通道。

长期以来,陕南受秦岭和巴山的阻隔,交通落后,信息封闭,经济发展缓慢,群众生活贫困,但是生物、矿产和水资源又十分丰富,具有经济发展的巨大潜在优势。西汉高速户勉段的建设,成为陕西省实施“重点发展关中,加快发展陕南、陕北”一体两翼经济发展战略的重要举措。高速公路通车后所带来的巨大经济效益和社会效益,可以预期,将远大于修路过程中对生态环境破坏所造成的土地利用类型生态服务价值的损失。

3 结论

本研究以西汉高速户勉段为研究区域,采用区域土地利用类型单位面积生态服务价值表的概念和方法,分析了公路建设前后的土地利用类型及面积的变

化,估算了生态服务功能价值,分析了公路沿线区域土地利用类型生态服务功能价值的变化趋势。

(1) 高速公路的修建,主要占用了沿线农田、园地、林地和草地 4 种土地类型;公路建成后沿线区域的土地利用类型剩林地和草地 2 种。林地面积大幅增加,增加率为 124.00%;草地面积增加率为 17.02%。

(2) 高速公路的修建使得占用地范围内耕地、园地消失,其生态服务价值的减少量分别为 9.27×10^5 , 1.85×10^4 元/a;林、草地生态服务价值分别增加了 5.31×10^5 , 4.31×10^4 元/a,增加幅度分别为 123.95%, 17.07%。土地类型变化导致生态服务价值总和较原来减少了 3.72×10^5 元/a,平均每 1 km 减少 1 400 元/a。

(3) 生态服务功能中,由于公路的修建、土地利用的变化,废物处理、气候调节功能价值增加量最大,分别为 1.21×10^5 , 1.10×10^5 元/a。增加幅度最大的分别是气候调节、栖息地和娱乐功能,为 117.95%, 107.63% 和 104.78%,与林草地面积的增加密切相关。价值减少量最大的是食物供应、生物控制和传粉功能,分别是 4.30×10^5 , 2.14×10^5 和 1.02×10^5 元/a。减少幅度最大的是生物控制、食物供应和传粉功能,分别是 89.67%, 72.51% 和 61.84%,与耕地、园地面积的消失相关。

(4) 公路建成后,总的生态服务功能价值呈减少趋势,减少量为 3.72×10^5 元/a,每 1 km 平均 1 400 元/a。高速公路通车给区域带来的巨大经济效益和社会效益,会远远大于修路过程中对生态环境破坏所造成的土地利用类型生态服务价值的损失。

[参 考 文 献]

- [1] 陈仲新,张新时.中国生态系统效益的价值[J].科学通报,2000,45(1):17-19.
- [2] Turner I B L, Skole D, Sanderson S, et al. Land use and land cover change science/research plan [C] // IGBP of the ICSU and HDP of the ISSC. Stockholm and Geneva: IGBP, IGBP Report and HDP Report, 1995: 7-35.
- [3] Costanza R, d'Arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [4] Kreuter U, Harris H, Matlock W, et al. Change in ecosystem service values in San Antonio area, Texas [J]. Ecological Economics, 2001, 39: 333-346.
- [5] Christie M, Hanley N, Warren J, et al. Valuing the diversity of biodiversity [J]. Ecological Economics, 2006, 58(15): 304-317.

3 结论

柏叶口水库建设以土地利用格局改变和一定数量的植被损耗为代价,对当地的原生态造成一定程度的破坏,并在短期内增加了水土流失量,造成局部土壤资源在工程建设期处于不平衡状态,区域自然体系的生态完整性受到影响。文章在分析预测了水库不同功能区水土流失特征、流失量的基础上,提出了以发挥生态自我修复能力加快植被恢复为主,建设水保工程为辅的分功能区治理方案。

(1) 柏叶口水库工程建设扰动原地貌、破坏植被、工程弃土、弃渣、损坏水土保持设施是各功能区地貌土壤侵蚀模数增大,新增水土流失的主要原因。

(2) 在水库枢纽区栽植油松、落叶松,乔木之间撒播苜蓿草种;在料场区撒播苜蓿草种;在弃渣区种植刺槐,株行间撒播苜蓿草种,并辅以修建拦渣工程。并在后期管理中精心培育和加快植被的恢复是有效控制水土流失,改善当地生态环境的经济上节约、技术上可行的方案。

[参 考 文 献]

- [1] 孙阁. 林地地表径流的研究[J]. 水土保持学报, 1989, 3(2): 52-55.
- [2] 张友静, 方有清. 森林对径流特征值影响初探[J]. 南京林业大学学报, 1996, 20(2): 34-38.
- [3] 张志强, 王礼先, 王盛萍. 中国森林水文学研究进展[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2(2): 68-73.
- [4] 康玲玲, 王云璋, 刘雪, 等. 水土保持措施对土壤化学特性的影响[J]. 水土保持通报, 2003, 23(1): 46-48.
- [5] 王云琦, 王玉杰, 朱金兆. 森林与坡面产流研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 59-63.
- [6] 康玲玲, 王云璋, 魏义长, 等. 黄土高原水土保持世行贷款项目实施后的林草覆盖度变化[J]. 水土保持学报, 2002, 16(5): 76-78.
- [7] 康玲玲, 吴卿, 王昌高, 等. 黄土丘陵沟壑区水土保持综合治理关键措施及其组合的研究[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(2): 71-75.
- [8] 金岚, 振堂, 朱秀丽. 环境生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 232-233.
- [9] 任海, 彭少麟, 陆宏芳. 退化生态系统恢复与恢复生态学[J]. 生态学报, 2004, 24(8): 1756-1764.
- [10] 孙新章, 谢高地, 成升魁, 等. 中国农田生产系统土壤保持功能及其经济价值[J]. 水土保持学报, 2005, 19(4): 156-157.
- [11] 李晶, 任志远. 陕北黄土高原土地利用变化对第一性生产生态服务功能价值的影响[J]. 生态学杂志, 2005, 24(9): 1029-1032.
- [12] 冉圣宏, 吕昌河, 贾克敬, 等. 基于生态服务价值的全国土地利用变化环境影响评价[J]. 环境科学, 2006, 27(10): 2139-2144.
- [13] 欧阳志云, 王效科. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613.
- (上接第228页)
- [6] Loomis J, Kent P, Strange L, et al. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey[J]. *Ecological Economics*, 2000, 33(1): 103-117.
- [7] Lal P. Economic valuation of mangroves and decision making in the Pacific[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2003, 46(9): 823-844.
- [8] 肖寒, 欧阳志云. 森林生态系统服务功能及其生态经济价值评估初探[J]. *应用生态学报*, 2000, 11(4): 481-482.
- [9] 谢高地, 张镱铨, 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.