

浑河流域森林生态补偿标准测算

蒋毓琪^{1,2}, 陈珂¹, 朱少英², 陈同峰¹, 封硕¹

(1. 沈阳农业大学 经济管理学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 山西大同大学 商学院, 山西 大同 037009)

摘要: [目的] 测算浑河流域森林生态补偿标准, 为建立流域森林生态补偿机制提供科学依据。[方法] 以浑河流域森林生态补偿为研究对象, 在应用 ArcGIS 9.3 计算流域上游向下游空间转移的森林生态服务价值基础上, 利用主成分分析法得到浑河流域下游各市县社会经济发展水平测算出来的补偿系数, 最终确定浑河流域森林生态补偿标准。[结果] 沈阳市森林生态补偿标准最高为 4.12 亿元/a, 大洼县森林生态补偿标准最低为 0.07 亿元/a。[结论] 森林生态服务价值转移量随着距离上游地区空间距离增加而减少。得到森林生态服务价值转移量越多, 补偿系数越大, 补偿标准越高。

关键词: 生态服务价值; 生态补偿系数; 补偿标准; 浑河流域

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2018)06-0206-06

中图分类号: X171.1

文献参数: 蒋毓琪, 陈珂, 朱少英, 等. 浑河流域森林生态补偿标准测算[J]. 水土保持通报, 2018, 38(6): 206-211. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.06.032. Jiang Yuqi, Chen Ke, Zhu Shaoying, et al. Measure of forest ecological compensation standard in Hunhe River basin[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(6): 206-211.

Measure of Forest Ecological Compensation Standard in Hunhe River Basin

JIANG Yuqi^{1,2}, CHEN Ke¹, ZHU Shaoying², CHENG Tongfeng¹, FENG Shuo¹

(1. College of Economics and Management, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866, China; 2. School of Business, Shanxi Datong University, Datong, Shanxi 037009, China)

Abstract: [Objective] The forest ecological compensation standard in Hunhe river basin was measured in order to provide a scientific basis for making forest ecological compensation mechanism of the river basin. [Methods] This paper determined forest ecological compensation standard by using principal component analysis to form compensation coefficient, defining the development standard of society and economy, and calculating the forest ecological service value from top to bottom with ArcGIS 9.3, which took forest ecological compensation in Hunhe River basin as an example. [Results] The highest forest ecological compensation standard of Shenyang City is 412 million RMB every year, and the lowest is 7 million RMB each year in Dawa County. [Conclusion] Forest ecological service value was gradually reduced with the increase of the distance from the upstream. The more forest ecological service values from the upstream were, the bigger the compensation coefficient was, and the higher standard of compensation was.

Keywords: ecological service value; ecological compensation coefficient; compensation standard; Hunhe River basin

近年来,中国经济发展与生态环境之间的矛盾已成为人口资源环境可持续发展的瓶颈,主要表现为资源约束趋紧,环境污染严重,生态系统退化。2015年9月21日,中共中央、国务院发布《生态文明体制改革总体方案》中第32条指出,鼓励各地区开展跨地区

生态补偿及流域生态补偿试点,这为流域生态补偿指明了方向。流域生态补偿将成为矫正流域内区域间利益分享机制、协调区域间损益关系,使利益相关者利用、保护和改善生态系统服务的行为外部效应内部化的有效手段。

收稿日期: 2018-06-20

修回日期: 2018-07-16

资助项目: 沈阳市科技局软科学研究专项“沈阳市城市森林生态安全的评价、预警与调控对策研究”(F16-233-5-15)

第一作者: 蒋毓琪(1983—),男(汉族),山西省大同市人,博士研究生,主要研究方向为资源与环境经济学。E-mail:jiangyuqi881@163.com。

通讯作者: 陈珂(1972—),女(汉族),山西省临汾市人,教授,博士生导师,主要从事林业经济论与政策等方面的研究。E-mail:chenkeyaya@163.com。

流域生态服务功能是生态补偿的基础,生态补偿是完善生态服务功能的保证。生态系统服务(ecosystem services)指人类社会借助生态系统的结构与功能直接或间接获取自身发展所需的支持产品和服务^[1]。同时,在此过程中所产生的维持人类赖以生存的效用,就是所谓的“生态系统服务功能”^[2]。生态系统服务功能在经济社会可持续发展中发挥着重要作用,其补偿标准测算成为学术界广泛关注的焦点。现阶段,流域生态补偿标准测算大致可归结为 3 种:①从投入成本看,通过测算生态环境总成本来确定。蔡邦成等^[3]从工程投资和机会成本的角度,通过生态系统服务价值评价,计算出生态服务效益,提出了根据生态服务效益分担生态建设成本的补偿标准分析思路。②从生态系统服务价值角度确定补偿标准。白杨与欧阳志云以海河流域为例,利用市场价值法、影子工程法等,定量评价了森林生态系统服务功能的经济价值,为流域生态补偿提供了依据^[4]。③从补偿意愿看,通过问卷实地调查形式,询问居民的最大支付意愿金额或最低受偿意愿金额来确定生态补偿标准^[5-6]。Brouwer^[7]认为,传统的补偿标准测算方法以静态评估为主,不能动态地测算生态功能价值,他在环境价值转移的研究现状和潜在应用价值的基础上,提出了合理的研究路径与方法。由于流域生态系统提供的“服务功能”是动态的,其价值在空间范围通过某种媒介发生流动、传递。这就意味着某一特定区域提供的生态服务价值发生空间转移,对其他区域产生不同层次、不同大小的效用^[8-9]。Troy^[10]以美国 3 个州为例,借助 GIS 工具,对生态服务价值的空间差异性分布及空间转移进行了分析。范小杉^[11]以北京市门头沟区森林植被对城区净化大气、防风固沙生态服务功能较为典型,通过构建生态资产空间转移评价技术模型,能够对向城区流转的生态资产进行评价。有些学者^[12]选取渭干河流域为研究对象,借助 GIS 平台,测算出流域上游向下游地区空间转移的生态服务价值。陈江龙^[13]以南京市为例,根据保护型的主功能区对开发区提供的生态系统服务价值,计算出各保护区所得补偿金比例。吕志贤^[14]运用主成分分析法,通过选取相关经济指标确定湘江流域生态补偿系数,为制定生态补偿标准提供理论依据。从已有成果来看,大多数研究集中于整个流域生态系统补偿,针对流域某一具体生态系统补偿以及围绕生态服务价值的补偿标准动态测算的定量研究还很少。为此,本研究以流域森林生态补偿为研究对象,首先对森林生态系统服务功能价值由全国范围调整到某个区域范围,然后测算出浑河上游向下游流转的生态服务价值,利用

主成分分析法确定下游地区经济发展的影响因子,确定生态补偿系数,最后测算下游补偿标准。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区概况

浑河是辽河上游的重要支流,发源于辽宁省抚顺市清原县,从东北向西南分别流经沈阳市、辽阳市、鞍山市和营口市等中部城市群,最后流入辽东湾,全长 415 km,流域总面积为 11 480 km²。浑河流域上游是指大伙房水库以上山区段,主要涉及抚顺市清原县、新宾县和抚顺县,下游地区包括沈阳市、辽中县、灯塔市、辽阳县、台安县、海城市、大洼县与大石桥市等市县。近年来,流域上游地区将生态环境建设、生态公益林管护放在突出位置,在科学合理经营现有森林资源的基础上,大面积营造人工林。这些措施丰富了森林资源,使上游地区森林面积为 6.95×10^5 hm²,森林覆盖率达 66.50%,而且人均占有森林面积为 0.97 hm²,但经济发展缓慢,GDP 总量为 332.47 亿元,年人均收入仅为 7 883 元;而下游经济一体化程度高、传统工业发达、人口密集,主要以发展经济为主,GDP 总量为 6 316.83 亿元,年人均收入为 16 045 元,约为上游地区的 2 倍,但森林面积为 4.37×10^5 hm²,森林覆盖率为 20.18%。显然,上下游地区经济发展失衡。上游森林生态系统的涵养水源、保持水土与净化水质等功能增强,为下游地区经济发展提供了保障,但自身发展却受到限制,导致经济发展与生态建设之间的矛盾日益突出。

1.2 流域森林生态服务功能流转类型的界定

在国内外学者对生态服务功能流转类型界定的基础上^[15-16],可知生态系统不同服务功能的流转范围、影响因素与流转特征。流域森林资源作为生态服务功能间转移的载体,其涵养水源(净化水质、调节水量)与保持水土功能不仅发生转移,而且随着区域间空间距离增大而递减。本文将流域森林生态服务功能界定为涵养水源(净化水质、调节水量)与保持水土。

1.3 数据来源

所用社会经济数据来源于《辽宁统计年鉴(2013 年)》与《辽宁省 2013 年国民经济和社会发展统计公报》,流域森林面积主要从 2013 年辽宁省土地利用现状矢量图中地类图斑(DLTB)提取,而不同森林类型面积数据来源于相关文献。

1.4 研究方法

1.4.1 流域上游森林生态服务空间转移价值 浑河流域上游与下游森林植被类型为柞树、落叶松、红松、油松、椴树、杨树、杉木和针叶混交林(表 1),其不同森林类型单位面积生态服务价值(表 2)。

表 1 浑河流域森林资源现状

10⁴ hm²

	流经区域	栎树	落叶松	红松	油松	椴树	杨树	杉木	阔叶混交林	总计
上游地区	清原县	12.88	10.87	0.58	0.43	0.16	—	—	2.95	27.87
	新宾县	15.59	7.84	0.62	0.58	0.21	—	—	5.36	30.20
	抚顺县	5.30	3.32	0.27	0.70	0.07	—	—	1.78	11.44
	小计	33.77	22.03	1.47	1.71	0.44	—	—	10.09	69.51
下游地区	沈阳市	—	1.38	1.34	1.22	—	2.96	—	0.50	7.40
	辽中县	—	0.46	0.35	0.25	—	0.86	—	0.22	2.14
	灯塔市	—	0.19	0.54	0.36	—	0.15	0.31	0.27	1.82
	辽阳县	—	1.78	4.46	2.91	—	0.80	1.58	1.20	12.73
	台安县	—	0.56	1.50	1.10	—	0.38	0.10	0.13	3.77
	海城市	—	1.30	3.78	1.42	—	0.61	1.13	1.20	9.44
	大石桥市	—	1.08	1.98	1.42	—	0.33	0.56	0.30	5.67
	大洼县	—	0.09	0.26	0.18	—	0.10	—	0.10	0.73
小计	—	6.84	12.41	8.86	—	6.19	3.68	3.92	43.70	

注:数据来源于清原县、新宾县与抚顺县的森林资源数据采用步长千与林枫的研究成果^[17-19];沈阳市、辽中县、灯塔市、辽阳县、台安县、海城市、大石桥市与大洼县的森林资源数据来自王文权^[20]的研究成果。

表 2 中国不同森林类型单位面积生态服务价值

万元/hm²

森林类型	涵养水源价值		保持水土价值	单位面积总价值
	水量调节价值	净化水质价值		
栎类林	0.76	0.57	0.26	1.59
落叶松	0.87	0.58	0.26	1.71
红松	0.87	0.58	0.26	1.71
油松	0.87	0.55	0.26	1.68
椴树	0.76	0.51	0.28	1.55
杨树	0.75	0.43	0.28	1.46
云杉	0.73	0.63	0.26	1.62
阔叶混交林	0.76	0.63	0.27	1.66
合计	7.13	5.26	2.41	14.8
平均	0.79	0.58	0.27	1.64

注:栎类林、杨树、杉木、阔叶混交林的数据来自白杨、欧阳志云等的研究成果^[21],落叶松、红松、油松、椴树的数据均来自张志旭^[22]的研究成果。

由于清原县、新宾县和抚顺县的森林资源的气温、日照、降雨等自然因素以及立地条件差异较小,借鉴林枫对新宾县不同森林类型生物量的测算结果^[19],参考方精云等^[23]确定生物量与净初级生产力之间的函数关系,计算出浑河流域上游地区与沈阳城市段森林资源的净初级生产力,再进一步确定调整系数^[24],得到生态系统服务总价值,可表示为:

$$V = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_j E_{ij} K_i \quad (1)$$

式中: V ——森林生态服务价值; i ——森林生态服务功能类型; j ——森林类型; S_j ——第 j 类森林面积; E_{ij} ——第 j 类森林提供的第 i 类生态服务价值; K_i ——功能性调整系数。

康弗斯^[25]于 1949 年提出断裂点概念及计算方法,本研究借助断裂点模型计算出上游地区生态服务价值的流转半径,通过借助 ArcGIS 9.3 的 Intersect 功能,确定上游地区分别对沈阳城市段的流转面积,测算 2010—2014 年上游地区向沈阳城市段空间流转的森林生态服务价值,可表示为:

$$V_{ij} = P_{ij} \frac{V_j}{D_{ij}^2} S \quad (2)$$

式中: V_{ij} ——从上游地区到下游转移的生态服务价值总量; D_{ij} ——上游地区核心点与下游地区核心点间的距离; S ——转移的生态服务辐射面积; P_{ij} ——上游地区向下游地区生态服务流转的影响因子,由于受森林等介质的影响,一般取值为 0.6^[26]。

1.4.2 流域森林生态服务价值补偿标准

(1) 流域森林生态补偿系数的影响因子。浑河流域上游地区保护森林生态环境促进了下游地区经济发展,主要表现为经济发展速度加快、经济效益提高、经济运行质量提升与人均经济成果占有量增加^[27]。本文从总量和均量角度来选取代表下游各县森林生态补偿的经济因素:人口数 X_1 (万人)、人均收入 X_2 (元)、人均第二产业增加值 X_3 (万元)、社会消费品零售总额 X_4 (亿元)、社会固定资产投资额 X_5 (亿元)。随着人们对森林生态服务价值认知程度的提升,补偿意愿也成为流域森林生态补偿的重要影响因素。依据恩格尔系数与罗吉斯生长曲线,本文测算出下游各市县的森林生态补偿意愿值 X ^[28] (公式 3)。

$$W_i = 1 / [1 + e^{-(1/E_m - 3)}] \quad (3)$$

式中: W_i ——流域下游各县对森林生态服务价值的

支付意愿值; E_n ——下游各市县的恩格尔系数;
 e ——自然对数的底数。
 在下游生态补偿范围内的各市县社会经济发展

指标进行对比分析基础上(表 3),本文利用数理统计
 中主成分分析法,筛选出主要指标,确定森林生态补
 偿系数的影响因素。

表 3 下游地区经济发展状况

城市(县)	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
沈阳市	298.40	26 431.00	7.33	2 244.69	3 002.81	0.47
辽中县	47.30	16 510.00	4.67	85.23	388.74	0.38
灯塔市	44.50	12 310.00	3.41	115.79	130.78	0.39
辽阳县	56.60	13 500.00	3.13	38.79	126.81	0.38
台安县	37.70	14 625.00	3.47	59.81	279.00	0.38
海城市	109.10	13 794.00	3.60	171.90	409.62	0.39
大洼县	40.20	16 000.00	4.65	35.81	225.00	0.39
大石桥市	71.70	15 190.00	4.21	91.71	161.08	0.40

运用 SPSS 17.0 统计软件对浑河流域下游各
 市县森林生态服务价值补偿系数的影响因子进行
 主成分分析,得到一个贡献率为 92.388%的主成分
 (表 4)。

域下游各市县森林生态服务价值的补偿能力与补偿
 意愿。本文选择人口数、人均收入、人均第二产业增
 加值、社会消费品零售总额、社会固定资产投资额与
 森林生态补偿意愿值 6 个指标作为测算下游森林生
 态补偿系数的影响因子(表 5)。

表 4 结果说明这一主成分基本可以衡量浑河流

表 4 研究区森林生态补偿系数影响因子的主成分贡献率

成分	初始特征值			提取平方和载入		
	特征值	方差贡献率%	累积贡献率%	提取特征值	方差贡献率%	累积贡献率%
1	5.543	92.388	92.388	5.543	92.388	92.388
2	0.342	5.703	98.091			
3	0.093	1.550	99.641			
4	0.014	0.229	99.870			
5	0.006	0.104	99.974			
6	0.002	0.026	100.000			

表 5 研究区森林生态补偿系数影响因子的主因子矩阵

项目	成分
	1
人口数	0.979
人均收入	0.964
人均第二产业增加值	0.936
社会消费品零售总额	0.987
固定资产投资额	0.991
森林生态补偿意愿值	0.906

影响因子分别与下游总体水平相比,得出流域森林生
 态补偿系数,计算公式为:

$$\epsilon_i = \frac{\sum_{j=1}^n Q_{ij} / Q_{\text{总}j}}{n} \quad (4)$$

式中: ϵ_i ——森林生态补偿系数; i ——下游地区各市
 县; j ——补偿系数的影响因子; Q_{ij} —— i 市/县的第
 j 补偿系数的影响因子值; $Q_{\text{总}j}$ ——下游各市县第
 补偿系数的影响因子值;

(2) 流域森林生态补偿系数。生态补偿系数是
 衡量在当前社会经济发展水平下,居民对生态服务功
 能的付费标准系数^[29],流域森林生态补偿系数在文
 中被解释为下游各市县承担上游森林生态服务空间
 转移价值的补偿金额比例。本文以人口数、人均收
 入、人均第二产业增加值、社会消费品零售总额、社
 会固定资产投资额与森林生态补偿意愿值 6 个影响
 因子为参考指标,下游各市县流域森林生态补偿系数

(3) 流域森林生态补偿金额。流域森林生态环
 境作为一种跨界流动的公共资源,上游地区自身社
 会经济发展由于承担着森林生态环境保护重任而受到
 严格限制,通过空间流转形式为下游地区提供了生
 态服务价值,对下游地区社会经济发展产生正外部性。
 按照“谁受益谁补偿”的原则,下游各市县有责任、有
 义务对上游森林生态环境保护与建设进行“付费”。
 流域森林生态补偿成为解决森林生态服务功能“部
 效益内部化,协调流域内区域间利益分享机制的有效手

段,其中,流域森林生态补偿标准的合理测算是确定生态补偿量的关键。

浑河流域森林生态补偿是下游地区对上游地区森林生态服务功能空间转移外溢效益进行经济补偿。下游各市县得到的生态服务功能空间转移价值不同,所在总体社会经济发展水平中承担支付补偿金额系数存在差异。按照李芬与李文华的研究结果,流域森林生态补偿标准为森林生态系统服务价值与补偿系数的乘积^[30],计算公式为:

$$Y_i = V_i \cdot \epsilon_i \quad (5)$$

式中: Y_i ——森林生态补偿标准; V_i ——森林生态服务空间转移价值; ϵ_i ——森林生态补偿系数。

2 结果与分析

2.1 浑河流域上游森林生态服务空间流转价值测算

通过公式(1)得到生态系统服务总价值,结果详见表 6。利用公式(2)得出上游地区向沈阳城市段空间流转的森林生态服务价值量(表 7)。从表 7 可以看出,与下游其他市县相比,距离上游地区最近的沈阳市得到上游森林生态服务空间流转价值最高,总量为

11.94 亿元,而距离上游地区较远的大洼县得到森林生态服务功能流转价值量最少为 0.93 亿元。总体来看,下游各市县从上游地区得到的森林生态服务价值量随着空间距离的增大呈递减规律。

表 6 浑河流域生态服务总价值 亿元/hm²

流经区域	涵养水源价值		保持水土价值	总价值	
	净化水质价值	水量调节价值			
上游地区	清原县	15.97	22.54	7.29	45.80
	新宾县	16.79	23.10	7.62	47.51
	抚顺县	6.42	8.95	2.93	18.30
	小计	39.18	54.59	17.84	111.61
下游地区	沈阳市	4.07	6.41	2.10	12.58
	辽中县	1.20	1.85	0.61	3.66
	灯塔市	1.13	1.60	0.52	3.25
	辽阳县	7.93	11.53	3.60	23.06
	台安县	2.29	3.50	5.31	11.10
	海城市	7.98	8.65	2.71	19.34
	大石桥市	3.54	5.21	1.61	10.36
	小计	28.57	39.40	16.67	84.64

表 7 浑河流域上游向下游流转的森林生态服务价值 亿元

沈阳市	辽中县	灯塔市	辽阳县	台安县	海城市	大石桥市	大洼县	总价值
11.94	2.71	3.13	3.38	1.95	1.36	1.64	0.93	27.04

2.2 流域下游地区森林生态补偿系数

利用公式(4)得出流域下游地区森林生态补偿系数(表 8)。流域森林生态补偿以森林生态服务空间转移价值为基础,森林生态补偿系数应与森林生态服务空间流转价值呈正相关关系。沈阳市作为下游地区森林生态补偿系数最大的城市,说明沈阳市得到上游森林生态服务空间流转价值最多。灯塔市、辽阳县

与台安县获得上游森林生态服务空间流转价值高于海城市、大石桥市与大洼县,但森林生态补偿系数低于后者,其原因在于受补偿系数所选因子影响。例如,辽阳县、台安县的社会消费品零售总额低于海城市、大石桥市,灯塔市、辽阳县的社会固定资产投资额低于海城市、大洼县与大石桥市。影响因子选取是确定流域森林补偿系数发挥着重要作用。

表 8 下游地区森林生态补偿系数 %

沈阳市	辽中县	灯塔市	辽阳县	台安县	海城市	大石桥市	大洼县
34.47	8.05	6.44	6.23	6.69	9.10	7.62	7.14

2.3 流域下游地区森林生态补偿标准测算

利用公式(5)得出流域下游地区森林生态补偿标准(表 9)。根据表 9,与下游其他市县相比,沈阳市森林生态补偿标准最高,为 4.12 亿元;大洼县最低,为

0.07 亿元。总体来看,下游各市县森林生态补偿标准由于得到上游空间转移生态服务价值不同存在差异,大致呈现出“得到空间流转价值越多,补偿标准越高”的特点。

表 9 下游地区生态补偿标准 亿元

沈阳市	辽中县	灯塔市	辽阳县	台安县	海城市	大石桥市	大洼县
4.12	0.22	0.20	0.21	0.13	0.12	0.12	0.07

3 讨论与结论

3.1 讨论

(1) 森林资源受降水、气温、热量与地形地貌等自然条件影响,不同树种的林龄、混合度、冠层、高度等存在差异性对其森林生态服务价值产生重要影响,由于所获数据有限,很难做到全面研究,今后仍需进一步探讨。

(2) 下游各行政区之间生态服务功能存在交互作用效应,其价值也可能发生转移,本文从流域上游森林生态服务价值对下游空间转移进行了分析,下游各行政区的生态服务价值转移模型建立还有待深入研究,以便提高空间流转价值测算的适用性。

(3) 在流域森林生态补偿系数测算过程中,主要选择了反映下游地区补偿能力的社会经济发展指标,而补偿意愿因素在生态补偿系数测算中发挥着重要作用。哪些具体指标能够反映生态补偿支付意愿仍需分析,以使补偿系数测算更加合理。

(4) 目前,中国流域生态补偿资金来源于依靠政府纵向财政转移支付,存在补偿标准较低、补偿方式单一、补偿主体范围较小等生态补偿问题。大多数研究成果静态地从直接成本法、机会成本法与支付意愿法测算补偿标准,很难反映流域上游森林生态服务的外溢价值,即空间流转价值。本文以浑河上游森林生态服务空间转移价值为依据,动态地测算出下游各市县向上游地区横向森林生态补偿标准,拓宽了生态补偿渠道,提高了补偿标准。

3.2 结论

(1) 浑河流域森林生态服务价值转移量随着距离上游地区空间距离增加而减少,与“距离衰减原理”相一致,其中,沈阳市得到空间流转价值最高为11.94亿元,大洼县得到空间流转价值最低为0.93亿元。

(2) 浑河流域森林生态补偿系数作为下游各市县向上游地区的“付费标准”系数,受补偿能力与补偿意愿两方面影响,沈阳市生态补偿系数最高为34.47%,辽阳县生态补偿系数最低为6.23%。

(3) 浑河流域森林生态补偿标准是下游各市县得到上游空间转移的生态服务价值并向其应支付的补偿金额,其中,沈阳市生态补偿标准最高为4.12亿元/a,大洼县生态补偿系数最低为0.07亿元/a。流域下游各市县的森林生态补偿标准与得到上游空间流转的森林生态服务价值量随着空间距离增加呈“递减”规律相一致。

[参 考 文 献]

- [1] Costanza R, Arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1998,25(1):3-15.
- [2] Daily G C. Natures services: Societal dependence on natural ecosystems[M]. Washington D C: Island Press, 1997.
- [3] 蔡邦成,陆根法,宋莉娟,等.生态建设补偿的定量标准:以南水北调东线水源地保护区一期生态建设工程为例[J].生态学报,2008,28(5):2413-2416.
- [4] 李芬,李文华,甄霖,等.森林生态系统补偿标准的方法探讨:以海南省为例[J].自然资源学报,2010,25(5):735-745.
- [5] 徐大伟,常亮,侯铁珊,等.基于WTP和WTA的流域生态补偿标准测算:以辽河为例[J].资源科学,2012,34(7):1354-1361.
- [6] 赵军,杨凯.上海城市内河生态系统服务的条件价值评估[J].环境科学研究,2004(2):49-52,70.
- [7] Brouwer R. Environmental value transfer: State of the art and future prospects [J]. Ecological Economics, 2000,32(1):137-152.
- [8] 王振波,于杰,刘晓雯.生态系统服务功能与生态补偿关系的研究[J].中国人口·资源与环境,2009,19(6):17-22.
- [9] 徐梦月,陈江龙,高金龙,等.主体功能区生态补偿模型初探[J].中国生态农业学报,2012,20(10):1404-1408.
- [10] Troy A, Wilson M A. Mapping ecosystem services: Practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer[J]. Ecological Economics, 2006,60(5):435-449.
- [11] 范小彬,高吉喜,温文.生态资产空间流转及价值评估模型初探[J].环境科学研究,2007,20(5):160-164.
- [12] 乔旭宁,杨永菊,杨德刚.生态系统服务功能价值空间转移评价:以渭干河流域为例[J].中国沙漠,2011,31(4):1008-1014.
- [13] 陈江龙,徐梦月,苏曦,等.南京市生态系统服务的空间流转[J].生态学报,2014,34(17):5087-5095.
- [14] 吕志贤,李元钊,李佳喜.湘江流域生态补偿系数定量分析[J].中国人口·资源与境,2011,21(3):451-454.
- [15] Groot R. A typology for the classification description and valuation of ecosystem functions, goods, and service[J]. Ecological Economics, 2002,41(3):393-408.
- [16] 俞厚未.生态服务的价值实现:兼以水系为例[D].上海:复旦大学,2004.
- [17] 步长千,胡志斌,于立忠,等.辽宁省清原县森林资源结构及其空间优化配置[J].应用生态学报,2013,24(4):1070-1076.
- [18] 林枫.辽宁新宾县森林碳储量研究[J].防护林科技,2012(3):17-18.

提出了合理的划分思路和技术路线,同时明确了水土流失易发区划分应采用定性分析与定量技术结合、自然及人为因素兼顾以及与区域生态格局和功能定位相适应等原则。

(2) 对影响水土流失易发构成的各要素进行了分析评估。通过对平原河网区水土流失易发区的深入分析,可对动态变化的容易发生水土流失的各要素进行评估分析,研究其动态变化特点,为水土流失易发区指标选取提供理论支撑。

(3) 确立了完善的水土流失易发区划分指标体系。以 GIS 和 RS 技术为基础,根据划分原则,在分析平原河网区社会经济、自然条件等特点基础上,提出了相对完善的水土流失易发区划分指标体系。

(4) 明确了划分成果的应用价值。划分成果是构建以及完善中山市水土保持规划体系的需要,可为编制地市级水土保规划和制定规章制度提供科学依据,同时能够很有效地规范各类生产建设项目的行为,为中山市人民政府依法行政、实施生产建设项目水土保持管理提供依据。

[参 考 文 献]

- [1] 江影,李世锋,王安明,等. 浙江省容易发生水土流失的其他区域探讨[J]. 中国水土保持,2013(5):19-21.
- [2] 李飞,郜风涛,周英,等. 中华人民共和国水土保持法释义[M]. 北京:法律出版社,2011:19-20.
- [3] 张超,王治国,纪强,等. 其他水土流失易发区划分条件研究[C]. 中国水土保持学会预防监督专业委员会第九

次会议暨学术研讨会论文集,2015:55-56.

- [4] 毛兴华. 新《水土保持法》特点的分析[J]. 中国水土保持科学,2011,9(2):38-40.
- [5] 姜德文. 城市水土保持立法的必要性与重点[J]. 中国水土保持科学,2014,12(5):110-113.
- [6] 姜德文. 解读新《中华人民共和国水土保持法》的法条体系[J]. 中国水土保持科学 2011,9(5):26-30.
- [7] 张小林. 对水土保持规划中划分水土流失易发区的初步思考[J]. 中国水土保持,2013(1):9-11.
- [8] 赵志强. 广东省中山市生产建设项目水土保持方案审查及其市场化探讨[J]. 亚热带水土保持,2017(6):53-56.
- [9] 陈国轩,梁海涛,黄兆玮,等. 中山市水资源配置研究[J]. 广东水利水电,2014(7):87-90.
- [10] 陆欢欢,汤建熙,樊峻江,等. 江苏省水土流失成因及易发区划分方法研究[J]. 中国水土保持,2013(1):57-59.
- [11] 刘四中,方增强. 安徽省容易发生水土流失的其他区域分析[J]. 安徽科技,2017(6):34-35.
- [12] 张永健. 太湖流域平原河网区水土流失“易发区”划分研究[J]. 中国水土保持,2015,12(2):35-37.
- [13] 张利超,喻荣岗,陈浩,等. 江西省水土流失易发区划分研究[J]. 水土保持应用技术,2017(6):39-42.
- [14] 郑国权,张晓远,刘协亭,等. 广东省水土流失潜在危险度研究[J]. 水土保持通报,2014,34(2):139-140.
- [15] 周红艺,李辉霞,陈学华,等. 西藏日喀则地区水土流失危险度评价[J]. 佛山科学技术学院学报:自然科学版,2009,27(1):73-77.
- [16] 水利部,中国科学院,中国工程院. 中国水土流失防治与生态安全(南方红壤卷)[M]. 北京:科学出版社,2010.

(上接第 211 页)

- [19] 林枫. 抚顺市森林碳储量评估[J]. 辽宁林业科技,2012(4):23-24.
- [20] 王文权. 辽宁森林资源[M]. 北京:中国林业出版社,2008.
- [21] 白杨,欧阳志云,郑华,等. 海河流域森林生态系统服务功能评估[J]. 生态学报,2011,31(7):2029-2039.
- [22] 张志旭. 河北雾灵山自然保护区森林生态系统服务功能价值评估[D]. 北京:北京林业大学,2013.
- [23] 方精云,刘国华,徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量[J]. 生态学报,1996,16(5):497-508.
- [24] 李晓赛,朱永明,赵丽,等. 基于价值系数动态调整的青龙县生态系统服务价值变化研究[D]. 中国生态农业学报,2015,23(3):373-381.
- [25] 许学强,周一星,宁越敏. 城市地理学[M]. 北京:高等

教育出版社,1998:128-129.

- [26] 谷景伟,周廷刚,郭丽敏. 基于断裂点理论与加权 Voronoi 图的京津冀地区城市影响范围研究[J]. 地理与地理信息科学,2014,30(1):65-69.
- [27] 栾金昶. 城市经济社会发展评价体系研究[D]. 辽宁大连:大连理工大学,2009.
- [28] 欧名豪,宗臻铃,董元华,等. 区域生态重建的经济补偿办法探讨:以长江上游地区为例[J]. 南京农业大学学报,2000,23(4):109-112.
- [29] 李芬,李文华,甄霖,等. 森林生态系统补偿标准的方法探讨:以海南省为例[J]. 自然资源学报,2010,25(5):735-745.
- [30] 高彤,杨姝影. 国际生态补偿政策对中国的借鉴意义[J]. 环境保护,2006(10):71-76.