

## 福建永定工业园南部园区生态补偿估算

汪新<sup>1</sup>, 刘花台<sup>1</sup>, 王燕云<sup>2</sup>

(1. 厦门大学环境与生态学院, 福建厦门 361102; 2. 厦门华夏职业学院检验科学与技术系, 福建厦门 361024)

**摘要** 运用生态系统服务功能价值法以及生态恢复成本法对福建省永定工业园南部园区开发的生态补偿费用进行了估算, 以生态系统服务功能价值损失为上限、生态恢复成本为下限, 经发展阶段系数、林地补偿系数、贴现率调整, 得到生态补偿费用的下限为 4 987.50 万元/a, 上限为 56 760.25 万元/a, 指出通过利益相关者的协商博弈确定最终的生态补偿标准。

**关键词** 生态补偿; 永定工业园南部园区; 生态系统服务; 生态恢复成本

中图分类号 S181.3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)21-08950-03

## Ecological Compensation Evaluation of Yongding South Industrial Park in Fujian Province

WANG Xin et al (College of the Environment and Ecology, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361102)

**Abstract** Ecosystem services value assessment method and ecological restoration cost assessment method were used to estimate the ecological compensation fees of Yongding South Industrial Park's construction. Ecosystem services value as the upper limit, ecological restoration cost as the lower limit and with the adjustment of development phase coefficient, forest compensation coefficient and rate of discount. The lower limit of the compensation standard was 49.875 million RMB per year, the upper limit was 567.6025 million RMB per year, and the final compensation standard was subjected to negotiation between stakeholders.

**Abstract** Ecological compensation; Yongding South Industrial Park; Ecosystem services; Ecological restoration cost

根据《福建省永定工业园南部园区总体规划》, 永定工业园南部园区位于福建省永定县城区西部, 总规划面积 1 872.26  $\text{hm}^2$ , 实际建设用地 1 352.35  $\text{hm}^2$ 。该工业园区为新开发区, 现状用地主要为林地、田地以及少量的公共设施用地。森林大面积以马尾松林为主, 局部也有一些杉木林和绿竹林, 农田主要种植双季稻。永定工业园南部园区的开发建设将会破坏大面积的林地和农田, 较大程度地改变原有的土地利用类型, 必然会对生态系统的服务功能造成较大影响, 使得原有的生态系统服务价值受到损失, 需要对其进行补偿。

该文主要运用生态系统服务功能价值法和生态恢复成本法对生态补偿费用进行估算, 并基于发展阶段系数、林地补偿系数和贴现率对其进行调整, 最终得出永定工业园南部园区开发所需的生态补偿费用。

## 1 生态系统服务功能价值评估

生态系统服务是指自然生态系统及其组成物种得以维持和满足人类生存的条件和过程<sup>[1]</sup>, 生态系统服务功能价值评估的目的是通过生态学和经济学的基本原理来阐明人类行为对生态系统的功能和人类福利的影响程度<sup>[2]</sup>。永定工业园南部园区的开发对当地生态系统影响最大的是森林生态系统和农田生态系统, 其中森林生态系统的影响面积为 480  $\text{hm}^2$ , 农田生态系统的影响面积为 150  $\text{hm}^2$ 。森林生态系统具有物质生产、气候调节、气体调节、大气净化、涵养水源、水土保持、生物多样性、维持养分循环、景观娱乐、文化遗产等服务功能。农田生态系统具有物质生产、涵养水源、气体调节、大气净化、维持养分循环等服务功能。结合《福建省永定工业园南部园区总体规划》以及当地生态环境现状, 确定生态系统服务功能价值评估指标体系(图 1)。

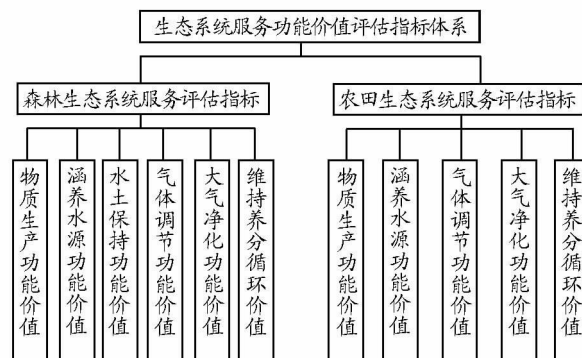


图 1 生态系统服务功能价值评估指标体系

## 1.1 森林生态系统服务功能价值评估

**1.1.1 物质生产功能价值。**森林可提供木材及其他林副产品, 按市场价格法计算物质生产功能价值。可按林价计算直接经济价值, 公式为  $V_f = F \times T \times P_f$ , 式中  $V_f$  表示林地的经济价值(元/a);  $F$  表示受破坏森林蓄积量( $\text{m}^3/\text{a}$ ), 取 12 960  $\text{m}^3/\text{a}$ ;  $T$  表示出材率(%), 取 75%;  $P_f$  表示林价(元/ $\text{m}^3$ ), 取 600 元/ $\text{m}^3$ , 则  $V_f = 583.2$  万元/a。

**1.1.2 涵养水源功能价值。**森林涵养水源功能从森林土壤蓄水和枯落物层贮水 2 方面测算<sup>[3]</sup>。土壤蓄水量  $V_{\text{蓄}} = (N_1 - N_2) \times D \times S$ , 式中  $V_{\text{蓄}}$  为土壤蓄水量( $\text{m}^3$ );  $N_1$  表示有林地土壤非毛管孔隙度(%), 取 14.64%;  $N_2$  表示无林地土壤非毛管孔隙度(%), 取 9.09%;  $D$  为土层厚度(m), 取 1.0 m;  $S$  为林地面积( $\text{hm}^2$ ), 为 480  $\text{hm}^2$ , 则  $V_{\text{蓄}} = 266 400 \text{ m}^3$ 。枯落物层贮水量  $V_{\text{枯}} = A \times S$ , 式中  $V_{\text{枯}}$  为枯落物层贮水量( $\text{m}^3$ );  $A$  表示单位面积森林枯落物层贮水量( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ )。潘军等<sup>[3]</sup>研究出针叶林枯落物层最大贮水量为 12.7  $\text{m}^3/\text{hm}^2$ , 则  $V_{\text{枯}} = 6 096 \text{ m}^3$ 。所以  $V_{\text{总}} = V_{\text{蓄}} + V_{\text{枯}} = 272 496 \text{ m}^3$ 。

涵养水源价值计算公式为  $V_w = W \times P_w$ , 式中  $V_w$  表示森林生态系统涵养水源功能价值(元/a);  $W$  表示受破坏森林涵

作者简介 汪新(1990-)男, 安徽宣城人, 硕士研究生, 研究方向: 环境影响评价, E-mail: 617650734@qq.com。

收稿日期 2013-05-25

养水源量(  $m^3/a$  );  $P_w$  为水价,采用影子工程价格代替。根据福建省水利工程投资情况,修建  $1 m^3$  水的库容需投资 3 元,则  $V_w = 81.75$  万元/a。

**1.1.3 水土保持功能价值。**森林水土保持功能可以从固土和保肥这 2 个方面进行测算。森林水土保持功能  $V_e = V_s + V_n$ , 式中  $V_e$  表示水土保持功能价值(元/a);  $V_s$  表示固土功能价值(元/a);  $V_n$  表示保肥功能价值(元/a)。

固土功能价值  $V_s = D \times S \times G \times K$ , 式中  $D$  表示有林地比同面积无林地减少的流失量(  $t/hm^2$  ),取  $75.55 t/hm^2$ ;  $S$  表示林地面积(  $hm^2$  ),为  $480 hm^2$ ;  $G$  表示进入河道或水库中的泥沙与流失总量的比值,取  $0.5$ ;  $K$  表示挖取泥沙费用,取  $1.5$  元/t,则  $V_s = 2.72$  万元/a。

保肥功能价值  $V_n = \sum D \times S \times C_i \times P_i$ , 式中  $C_i$  表示土壤中 N、P、K 的含量(%) ;  $P_i$  表示 N、P、K 的市场价格(元/t)。土壤中 N、P、K 含量参考吴彩莲<sup>[4]</sup> 的研究成果,分别为  $0.373、0.026、1.305 g/kg$ ; N、P、K 的市场价格参考林媚珍等<sup>[5]</sup> 的研究成果,分别为  $387、365、365$  元/t,则  $V_n = 2.29$  万元/a。

森林水土保持功能价值  $V_e = 5.01$  万元/a。

**1.1.4 气体调节功能价值。**绿色植物通过光合作用吸收  $CO_2$ , 放出  $O_2$ , 是地球大气平衡的重要机制。采用造林成本法估算固定  $CO_2$  的价值,采用工业制氧法估算释放氧气的价值。 $V_a = V_c + V_o = B \times M_c \times P_c + B \times M_o \times P_o$ , 式中  $V_a$  表示气体调节功能价值(元/a);  $V_c$  表示固碳价值(元/a);  $V_o$  表示释氧价值(元/a);  $B$  表示林地年净生物量,为  $40356 t/a$ ;  $M_c$  表示固碳系数(  $0.44$  );  $M_o$  表示释氧系数(  $1.02$  );  $P_c$  表示固碳成本(  $269$  元/t );  $P_o$  表示制氧成本(  $400$  元/t ),则  $V_a = 2124.18$  万元/a。

**1.1.5 大气净化功能价值。**森林生态系统具有滞尘、吸收有毒气体等净化气体的功能。利用影子工程法对森林生态系统滞尘和吸收  $SO_2$  功能价值进行估算。大气净化功能价值  $V_p = A_d \times S \times P_d + A_s \times S \times P_s$ , 式中  $V_p$  表示森林净化气体价值(元/a);  $A_d$  表示单位面积滞尘能力[  $t/(hm^2 \cdot a)$  ],取

$33.2 t/(hm^2 \cdot a)$ ;  $A_s$  表示单位面积  $SO_2$  净化能力[  $t/(hm^2 \cdot a)$  ],取  $0.2156 t/(hm^2 \cdot a)$ ;  $S$  表示林地面积(  $480 hm^2$  );  $P_d$  表示单位粉尘削减成本(元/t),取  $170$  元/t;  $P_s$  表示单位  $SO_2$  削减成本(元/t),取  $600$  元/t,则  $V_p = 277.12$  万元/a。

**1.1.6 维持养分循环价值。**养分在生态系统中循环流动,其中的一部分养分合成各种有机质后参与生物体的构建,植物体所固定的这部分养分主要成分是 N、P、K 这 3 种元素,所固定的养分的价值也以该 3 种元素的价值来计算<sup>[6]</sup>。 $V_{nc} = \sum B \times U_i \times P_i$ ,  $V_{nc}$  表示维持养分循环价值(元/a);  $B$  表示林地年净生物量,为  $40356 t/a$ ;  $U_i$  表示 N、P、K 在有机物中的含量(%),分别为  $0.150\%、0.089\%、0.181\%$ ;  $P_i$  表示 N、P、K 的市场价格,分别为  $387、365、365$  元/t,则  $V_{nc} = 6.32$  万元/a。

**1.2 农田生态系统服务功能价值评估**

**1.2.1 物质生产功能价值。**农田生态系统为人们提供粮食、瓜果、蔬菜等农产品,该规划区内平原较大面积的水田主要种植双季稻,而山垅田主要种植单季中稻或单双季稻;旱地主种甘薯、花生、豆类或杂粮等,另外也种植少量水果。这部分直接经济价值损失按市场价格法进行计算。 $V_f = \sum P_i \times S_i$ , 式中  $V_f$  表示农田生态系统直接经济价值(元/a);  $P_i$  表示第  $i$  种作物单位面积产值(元/ $hm^2$ );  $S_i$  表示第  $i$  种作物受影响面积(  $hm^2$  )。具体参数见表 1。

表 1 农田生态系统物质生产功能价值评估参数

土地类型	作物类型	平均单产 //元/ $hm^2$	受影响面积 // $hm^2$
水田	水稻	8 637.0	105
旱地	花生、甘薯、豆类、杂粮	137 136.0	30
果园	水果(甘蔗、香蕉)	16 294.5	15

则  $V_f = 504.59$  万元/a。

**1.2.2 涵养水源功能价值。**考虑土壤对水分的涵养,利用土壤非毛管静态蓄水量法<sup>[7]</sup>计算农田生态系统土壤水分涵养量,即  $V_{蓄} = N \times D \times S$ , 其中  $V_{蓄}$  表示农田涵养水分量(  $t$  );  $N$  表示非毛管孔隙度(%) ;  $D$  表示土层厚度(  $m$  );  $S$  表示农田面积(  $hm^2$  )。采用替代工程法,以水库的蓄水成本(  $0.67$  元/t )来定量评价农田生态系统涵养水分的价值,见表 2。

表 2 农田生态系统涵养水源功能价值

土层深度 //cm	总孔隙度 //%	毛管孔隙度 //%	非毛管孔隙度 //%	受影响农田面积 // $hm^2$	土层厚度 //m	涵养水分量 //t	价值 //万元/a
0~10	46.54	44.00	2.54	150	0.10	3 810	0.26
10~20	45.66	40.10	5.56	150	0.10	8 340	0.56
20~40	40.00	33.80	6.20	150	0.20	18 600	1.25
合计	-	-	-	-	0.40	30 750	2.07

**1.2.3 气体调节功能价值。**与森林生态系统不同,水稻田是大气  $CH_4$  的重要来源,因此农田固碳制氧价值与排放甲烷价值之差是农田生态系统气体调节功能价值,即  $V_a = V_c + V_o - V_H = A \times M_c \times P_c + A \times M_o \times P_o - D \times M_H \times P_c$ , 式中  $V_a$  表示农田生态系统气体调节功能价值(元/a);  $V_c$  表示固碳价值(元/a);  $V_o$  表示释氧价值(元/a);  $V_H$  表示排放甲烷价值(元/a);  $A$  表示农田植被年净生物量(  $1379.93 t/a$  );  $M_c$  表示固碳系数(  $0.44$  );  $M_o$  表示释氧系数(  $1.20$  );  $M_H$  表示排碳系

数(  $6.69$  );  $D$  表示水稻田甲烷排放量;  $P_c$  表示固碳成本(  $269$  元/t );  $P_o$  表示制氧成本(  $400$  元/t )。水稻田甲烷排放量计算方法采用 IPCC( 联合国政府间气候变化专门委员会 ) 在 1992 年的《IPCC 影响评价补充报告》中提出的甲烷排放量估算方法<sup>[8]</sup>。 $D = S_p \times t \times f$ , 式中  $S_p$  表示水稻田面积(  $150 hm^2$  );  $t$  表示水稻生长期,即水淹天数(  $125 d$  );  $f$  表示水稻田甲烷排放通量(  $0.5598 g/m^2/d$  ),则  $V_a = 63.68$  万元/a。

**1.2.4 大气净化功能价值。**与森林生态系统一样,农田生

态系统同样具有滞尘和净化有毒气体的功能,采用恢复和防护费用法对农田生态系统大气净化功能价值进行估算。 $V_p = \sum A_i \times S \times P_i$  式中  $V_p$  表示农田净化气体功能价值(元/a);  $A_i$  表示农田对第  $i$  种污染物的吸收能力 [ $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ];  $S$  表示农田面积 ( $150 \text{ hm}^2$ );  $P_i$  表示第  $i$  种污染物的削减成本 (元/kg)。

因目前永定县农田单位面积净化各种污染物的具体数据难以获取,所以采用马新辉等<sup>[9]</sup>人的研究成果,取其水浇地和秋杂粮旱作物对污染物净化的均值作为该研究的计算依据,具体参数见表3。

表3 农田生态系统大气净化功能价值评估参数

污染物类型	净化能力// $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$	削减成本//元/kg
SO <sub>2</sub>	45.00	0.60
HF	0.57	0.60
NO <sub>x</sub>	33.00	0.90
滞尘	0.92	0.17

则  $V_p = 0.86$  万元/a。

1.2.5 维持养分循环价值。生态系统营养物质循环的最主

要过程是生物与土壤之间的养分交换过程,是植物进行初级生产的基础,参与农田生态维持养分循环的物质种类很多,其中的大量营养元素有 N、P、K 等。通过估算农田中农作物所含 N、P、K 的数量,再运用影子价值法将其货币化,就可以估算出农田生态系统维持养分循环的价值。 $V_{mc} = \sum A \times C_i \times P_i$  式中  $V_{mc}$  表示农田养分循环价值(元/a);  $A$  表示农田植被年净生物量 ( $1\,379.93 \text{ t/a}$ );  $C_i$  表示 N、P、K 在有机物中的含量,分别为 0.150%、0.089%、0.181%;  $P_i$  表示 N、P、K 的市场价格,分别为 387、365、365 元/t,则  $V_{mc} = 0.22$  万元/a。

将永定工业园南部园区森林生态系统和农田生态系统服务功能价值评估结果汇总于表4。

1.3 基于发展阶段系数和林地补偿系数的生态系统服务功能价值调整 生态系统服务功能价值评估结果只是生态价值的最大值,没有考虑经济发展水平和人们的支付意愿。生态价值是一个发展的、动态的概念,它是随着社会发展和人们生活水平的不断提高而逐渐显现并增加的,采用恩格尔系数与皮尔曲线相结合的发展阶段系数可以对其进行调

表4 森林和农田生态系统服务功能价值评估结果

万元/a

类型	物质生产	涵养水源	水土保持	气体调节	大气净化	维持养分循环	合计
森林	583.20	81.75	5.01	2 124.18	277.12	6.32	3 077.58
农田	504.59	2.07	-	63.68	0.86	0.22	571.42
合计	1 087.79	83.82	5.01	2 187.86	277.98	6.54	3 649.00

整,但是发展阶段系数只能用于替代市场法算出来的生态价值的调整,不能用于直接市场法算出来的价值。模型如下: $L = \frac{1}{1 + e^{-\frac{E}{L}}}$  式中  $L$  表示发展阶段系数,  $E$  表示现阶段区域的

恩格尔系数。根据《2012年福建省统计年鉴》,福建省2011年农村居民恩格尔系数为46.4%,则发展阶段系数  $L = 0.90$ 。

由于森林生态系统较为复杂,不同森林类型的生态价值存在较大差异,可使用专家判断法对森林生态系统服务功能价值损失评估结果做进一步调整。用专家判断法所确定的林地补偿系数不能用于直接市场法计算出来的价值的调整,只能用于森林其他生态价值的调整。专家判断法结果见表5。

表5 林地补偿系数

森林分类		林地补偿系数
森林	天然林	原始林 1
		次生林(天然次生林) 0.8
		次生林(人工次生林) 0.6
人工林	人工用材林	0.4
	人工经济林	0.2

注:永定工业园南部园区规划范围内基本为人工次生林和人工用材林,因此林地补偿系数取0.5。

利用发展阶段系数和林地补偿系数对生态系统服务功能价值进行调整,结果见表6。

表6 生态系统服务功能价值调整

万元/a

类型	价值计算结果	发展阶段系数	林地补偿系数	调整结果
森林	3 077.58	0.90	0.5	1 705.67
农田	571.42	0.90	-	564.74
合计				2 270.41

2 生态恢复成本评估法

永定工业园南部园区的建设将会使  $480 \text{ hm}^2$  的林地和  $150 \text{ hm}^2$  的农田转变为建设用地,所以应进行适当的生态恢复,保证一定的植被覆盖率。生态恢复的成本可作为生态补偿的标准,包括森林植被恢复成本和农田植被恢复成本。森林植被恢复成本采用《森林植被恢复征收使用管理暂行办法》中确定的植被恢复费进行计算,农田植被恢复成本采用《永定工业园南部园区建设用地征收补偿实施办法》中的青苗补偿费进行计算,结果见表7。

表7 生态恢复成本估算结果

类型	恢复面积// $\text{hm}^2$	单位面积成本//万元/ $\text{hm}^2$	恢复成本//万元
森林	480	6.00	2 880.0
农田	150	0.75	112.5
合计			2 992.5

永定区域植被的恢复周期大约为15年,即可在15年内完成生态恢复,生态恢复成本为199.5万元/a。

(下转第8956页)

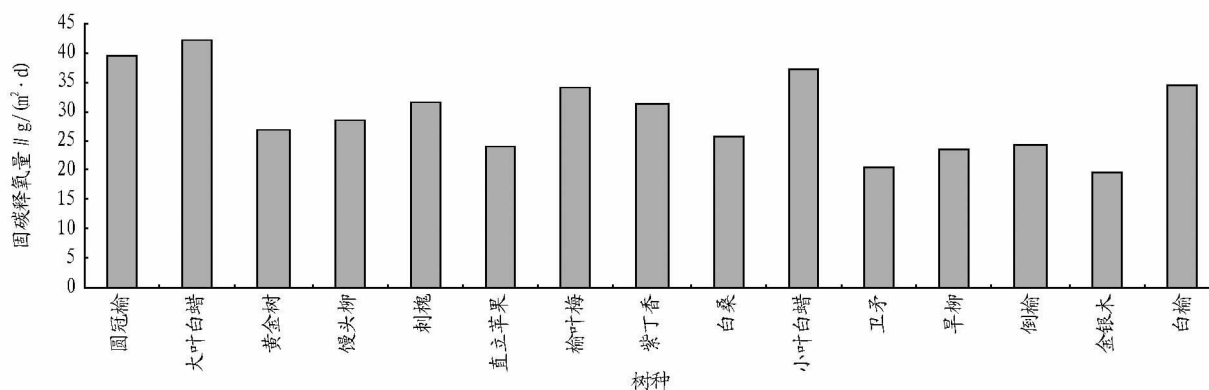


图2 单位绿地面积不同树种固碳释氧能力比较

此外,增湿量与降温量并不总呈正相关。

#### 4 结论与讨论

(1) 通过对克拉玛依市 15 种常见园林绿化树木单位叶面积和单株单位面积上的日固碳释氧量与增湿降温量变化进行研究,表明不同树种之间在日固碳释氧量与增湿降温量方面存在一定的差异,但不同树种之间单位面积叶的日固碳释氧量与增湿降温量变化较小,单株单位面积上的日固碳释氧量与增湿降温量变化较大。因此在对不同的园林树木固碳释氧与增湿降温的生态功能进行评价时,以单位叶面积或单株单位面积为评价标准其结果亦不相同。

(2) 试验结果说明单位土地面积上的单株绿量大小是决定园林树木固碳释氧量与增湿降温量的重要因素。即绿量是反映及衡量绿色环境生态功效和环境质量的主要指标。该研究中发现有的园林树木,如乔木树种中的大叶白蜡、小叶白蜡、馒头柳,以及灌木树种榆叶梅、紫丁香不仅单株绿量

较大,而且固碳释氧量与增湿降温量也相对较高,这类园林树木应是生态绿化建设中的首选树种。

#### 参考文献

- [1] 柴桐,邱文成,尹林克,等. 克拉玛依中心城区城市园林绿地系统土壤养分综合评价[J]. 新疆农业大学学报, 2008, 31(2): 51-55.
- [2] 米虹,张文璋. 实用现代统计分析方法与 SPSS 应用[M]. 北京: 当代中国出版社, 2000: 221-236.
- [3] 申晓瑜,李湛东. 园林植物叶面积指数研究进展[J]. 吉林林业科技, 2007, 36(1): 18-22, 42.
- [4] 谭一波,赵仲辉. 叶面积指数的主要测定方法[J]. 林业调查规划, 2008, 33(3): 45-48.
- [5] 赵世杰,彭涛,高辉远,等. 几种光合速率测定方法的比较以及在实验教学中的应用效果[C]//2005 海峡两岸植物生理与分子生物学教学研讨会论文集. 武汉: 2007: 237.
- [6] 陈自新,苏雪痕. 北京城市园林绿化生态效益研究(2)——定量研究城市园林生态效益基础手段的建立及园林植物生态功能的系列研究[J]. 中国园林, 1998, 14(56): 51-54.
- [7] 杨士弘. 城市绿化树木的降温增湿效应研究[J]. 地理研究, 1994(4): 74-80.
- [8] 郭立春,陈霞. 紫金山森林固氮释氧量的研究[J]. 中国城市林业, 2010, 8(3): 47-49.

(上接第 8952 页)

#### 3 基于贴现率的生态补偿费用估算

确定合适的贴现率对自然资源的代际公平分配至关重要,对于有长期环境影响的项目,国外学者倾向于取较小的贴现率 2%~4%<sup>[10]</sup>。永定工业园南部园区的建设将会永久改变原有的土地利用类型,因此需要考虑贴现率的问题。

考虑贴现率的生态补偿标准公式为  $EC = \sum \frac{AC}{(1+i)^t}$  =

$\frac{AC}{i}$  式中  $EC$  表示生态补偿标准(万元/a);  $AC$  表示园区开发造成的总损失(万元/a);  $i$  为贴现率,取 4%;  $t$  ( $=1, 2, 3, \dots, \infty$ ) 表示时间(a)。考虑贴现率后生态系统服务功能价值损失为 56 760.25 万元/a,生态恢复成本为 4 987.50 万元/a。

#### 4 小结

通过计算,经发展阶段系数和林地补偿系数调整,并在考虑贴现率后生态系统服务功能价值损失值为 56 760.25 万元/a,经贴现率调整后的生态恢复成本费用为 4 987.50 万元/a。可将生态恢复成本费用作为补偿的下限,生态系统服务功能价值损失值作为补偿的上限,并通过利益相关者的协商博弈确定最终的生态补偿标准。补偿主体为永定工业园南部园区建设发展有限公司和园区运营后对环境有较大污

染的入驻企业;补偿客体主要为林地和农田的产权所有者;补偿方式采取经济补偿与非经济补偿相结合的方式,经济补偿方式包括缴纳森林植被恢复费、对直接受影响的居民进行货币补偿以及缴纳生态补偿费进行区域生态建设,非经济补偿方式包括优化景观生态环境、增加就业保障机会等。

#### 参考文献

- [1] 徐中民,李兴文,赵雪雁,等. 甘肃省典型地区生态补偿机制研究[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2011.
- [2] COSTANZA R, DARGE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(66/30): 253-260.
- [3] 潘军. 黔东南州森林效益计量及经济评价[J]. 林业调查规划, 2006, 31(2): 62-66.
- [4] 吴彩莲. 林地针叶化对土壤侵蚀特征及生态环境影响研究[D]. 福州: 福建师范大学, 2005.
- [5] 林媚珍,马秀芳,杨木壮,等. 广东省 1987 年至 2004 年森林生态系统服务功能价值动态评估[J]. 资源科学, 2009, 31(6): 980-984.
- [6] 王献涛,崔国发. 自然保护区建设与管理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [7] 周泽福,李昌哲. 北京九龙山不同立地土壤蓄水量及水分有效性的研究[J]. 林业科学研究, 1995, 8(2): 182-187.
- [8] 中国 21 世纪议程管理中心可持续发展战略研究组. 生态补偿: 国际经验与中国实践[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2007.
- [9] 马新辉,任志远,孙根年. 城市植被净化大气价值计量与评价[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 180-182.
- [10] 陈伟琪. 社会贴现率的环境内涵解析[J]. 中国经济问题, 2003(4): 66-69.