

# 硅砂矿土地复垦方案的费用效益分析

王玲玲, 刘志斌

(辽宁工程技术大学 环境科学与工程学院, 辽宁 阜新 123000)

**摘要:**针对近年来土地复垦难的问题,在编制了万隆硅砂矿的土地复垦方案的基础上,运用经济学原理对彰武县万隆硅砂矿土地复垦方案的经济价值进行了详细的分析,依照土地复垦方向的不同,分别计算了各复垦单元的直接经济效益和间接经济效益,并利用复垦项目的效益费用比和静态投资回收期,评价了土地复垦规划方案的合理性。结果表明:万隆硅砂矿土地复垦方案的投资回收期为 2.13 a,即在土地复垦后第二年末即可收回全部成本并有部分结余。土地复垦方案的效益费用比为 2.5,远远大于 1,说明该矿土地复垦方案是合理的。万隆硅砂矿土地复垦方案的环境效益、生态效益和社会效益巨大,其长远经济效益是不可估量的。

**关键词:**土地复垦; 直接经济效益; 间接经济效益; 投资回收期; 费用效益比

中图分类号:X171;F323.21

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0221-05

## Analysis on Cost-Benefit of Land Reclamation Scheme in Silica Sand Mine

WANG Ling-ling, LIU Zhi-bin

(College of Resource and Environment Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 123000, China)

**Abstract:** On the base of compiling the land reclamation scheme of Wanlong Silica Sand Mine, the economic value of the land reclamation scheme of Wanlong Silica Sand Mine in Zhangwu County was specifically analyzed according to principles of economics with regard to the problems of land reclamation in recent years. Direct and indirect economic benefits were calculated separately according to the differences of land reclamation direction, and the rationality of the land reclamation scheme was assessed by ratio of costs to benefit and static investment recovery period. The results show that the static investment recovery period of the scheme is 2.13 years, which means that the complete cost would be withdrawn and there would be some surpluses at the end of the second year after land reclamation, that the ratio of cost to benefit is about 2.5, far greater than 1, which suggests that the land reclamation scheme is reasonable, and that the environmental benefits, ecological benefits and social benefits of the Wanlong Silica Sand Mine land reclamation scheme are tremendous and it has immeasurable long-term economic benefits.

**Key words:** land reclamation; direct economic benefit; indirect economic benefit; investment recovery period; ratio of cost to benefit

矿山土地复垦是促进采矿业与农业的持续协调发展的重要手段,也是改善矿区生态环境的必要条件和实现耕地总量动态平衡的有效途径。土地复垦后续的经济效益一直是制约矿山土地复垦工作广泛开展的瓶颈。国内外学者对矿山土地复垦的理论和方法进行了广泛深入的研究,并取得了大量研究成果<sup>[1-8]</sup>。目前,费用效益分析已成为评估项目可行性的重要手段,同时在环境领域中也得到了广泛的应用<sup>[9-12]</sup>。但对土地复垦经济效益分析方面的研究并

不多见。付梅臣、胡振琪等对土地整理和复垦工程费用结构及控制对策等方面进行了研究,通过对项目的敏感因素分析,提出降低土方量和其它费用进而降低总费用的外部途径<sup>[13]</sup>。张媛媛、姚飞等从经济学角度对矿区土地复垦投资制度进行了研究,分析了土地复垦投资的特点和导致土地复垦投资不足的原因,并提出了加快矿区土地复垦的政策建议<sup>[14]</sup>。

本文以彰武县万隆硅砂矿为例,对矿山土地复垦工程的费用效益进行定量分析,以便从实际的经济效

益角度出发,更直观地反映土地复垦对环境和社会的贡献。

## 1 万隆硅砂矿的土地复垦方案

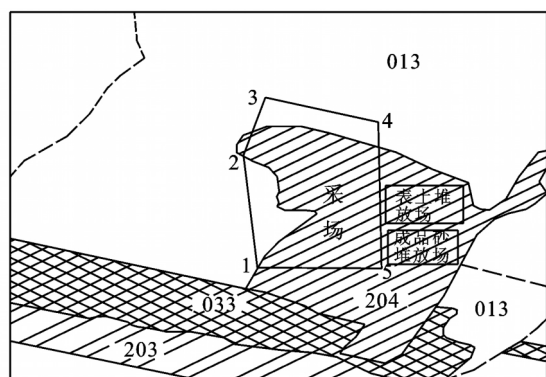
### 1.1 矿区概况

彰武县万隆硅砂矿矿区位于科尔沁沙地南端,辽宁省阜新市彰武县章古台镇清泉村,矿区地理位置在北纬  $42^{\circ}40'00''-42^{\circ}40'30''$ ,东经  $122^{\circ}30'20''-122^{\circ}30'45''$ ,属沙丘地。矿区属于温带半干旱大陆性季风气候,年降水量  $300\sim 400\text{ mm}$ ,采砂区地下水深度为  $4\sim 6\text{ m}$ 。

硅砂矿区出露均为第四系风积沙土,地质条件简单,主要矿物成分为石英,含量  $>90\%$ ,矿体属单一层位,连续沉积,产状近于水平。由于该矿体赋存比较稳定,矿体松散,地下水源丰富,因此硅砂矿采用采砂船开采法。矿区占地规模  $5.00\text{ hm}^2$ ,平均海拔  $226.5\text{ m}$ ,开采标高为  $210\sim 197\text{ m}$ 。

### 1.2 土地复垦方案

万隆硅砂矿土地破坏类型为采砂场的挖损破坏和成品砂堆放区与剥离表土堆放区对土地的压占,所占用土地类型为工矿用地和旱地,如图 1 所示。



013 为旱地;033 为其他林地;203 为村庄;204 为采矿用地

图 1 矿区占用土地类型

硅砂矿开始建设时,首先对采场内的旱地进行表土剥离,剥离表土用于硅砂矿土地复垦时恢复耕地的覆土、采砂场边坡和农田防护林以及运输便道植被恢复的客土。旱地表土剥离的面积为  $1.48\text{ hm}^2$ ,剥离厚度为  $0.4\text{ m}$ ;独立工矿用地表土剥离的面积为  $3.52\text{ hm}^2$ ,剥离厚度为  $0.2\text{ m}$ 。剥离的表土全部堆放到表土堆放场。

万隆硅砂矿矿区土壤类型为风沙土,植被以森林草原植物为主,其中旱生植物占优势,如杨树(*Populus euphratica*)、榆树(*Ulmus pumila* L.)、柠条(*Caragana Korshinskii* Kom.)和樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica* Litv.)等。矿区可划分为 6 个复垦单元,分别为采砂场平台、采砂场边坡、表土堆放

场、成品砂堆放场、农田道路和农村道路。矿山生产挖损破坏了部分旱地,见图 1,按照《中华人民共和国土地管理法》第三十一条规定,占用耕地的单位负责开垦与所占用耕地的数量和质量相当的耕地,因此矿区的表土堆放场、成品砂堆放场和农村道路的土地复垦方向为旱地,除露天采砂场形成的坑塘水面复垦为鱼塘外,其余土地复垦为林地。

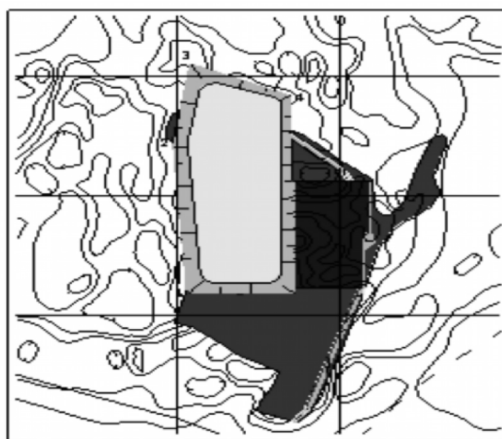
硅砂矿露天开采形成的露天矿坑内水深为  $2.5\sim 4.78\text{ m}$ ,水质满足《渔业水质标准》,矿山开采也没有工业废弃物残留以及有毒有害物质,因此将露天矿内形成的坑塘水面复垦为鱼塘。矿山破坏土地复垦方向如表 1 所示,土地复垦规划图如图 2 所示。

表 1 矿山破坏土地复垦方向

序号	复垦单元	面积/ $\text{hm}^2$	破坏类型	复垦方向
1	采场平台	3.47	挖损	坑塘水面
2	采场边坡	1.53	压占	林地
3	表土堆放场	0.75	压占	耕地
4	成品砂堆放场	0.6	压占	耕地
5	道路(农村道路)	0.13	压占	耕地
6	道路(田间道路)	0.53	压占	林地
合计	复垦面积	7.01	—	—

采场形成的人工水塘周边有  $1.53\text{ hm}^2$  倾角  $30^{\circ}$  的斜坡土地,用于栽植树木作为防护林,以防止水土流失。由于其立地条件为斜坡,因此需要进行鱼鳞坑整地,坑内填充客土为采矿初始时剥离的表土,鱼鳞坑成“品”字形排列。为了方便鱼塘养殖作业和防风考虑,边坡植被配置模式为杨树林,共栽植杨树 2 572 棵。

矿山服务年限结束后,表土堆放场堆放的表土作为复垦工程用土,将表土堆放场的表土保留  $0.6\text{ m}$  厚,剩余表土运至成品砂堆放场覆土,覆土厚度  $0.6\text{ m}$ 。为防止水土流失,保护农作物,在耕地周围栽植杨树作为农田防护林,选用的树种为杨树,共 90 棵。同时在农田道路和农村道路的两侧栽植杨树 170 棵,柠条 338 株。



比例尺 1:2000 ■复垦耕地 ■独立工矿用地 □坑塘水面 ■林地

图 2 万隆硅砂矿土地复垦规划图

彰武县万隆硅砂矿土地复垦费用概算的依据是《土地开发整理项目预算定额标准》。土地复垦费用主要包括工程施工费、其他费用和不可预见费 3 部分,其中工程施工费主要包括土地平整、编织袋挡墙、采场围栏、土地翻耕、苗木、栽植等,具体投资费用如表 2 所示。

表 2 土地复垦工程总投资

序号	工程名称	费用/万元
—	工程施工费	24.373
1	土地平整	12.737
2	编织袋挡墙	0.664
3	采场围栏	1.544
4	土地翻耕	0.339
5	农家肥	5.328
6	人工平土	1.971
7	穴状整地	0.047
8	鱼鳞坑整地	0.635
9	苗木费	0.594
10	栽植费	0.515
二	其他费用	2.486
1	前期工程费	1.243
2	工程监理费	0.366
3	竣工验收费	0.634
4	业主管管理费	0.244
三	不可预见费	0.726
合计		27.585

2 土地复垦费用效益分析

首先根据土地复垦方向确定经济效益的来源,然后计算各个复垦单元的直接经济效益和间接经济效益,进而根据土地复垦概算的投资费用和各个复垦单元的每年投资费用计算出总投资费用,确定复垦项目的总净收益,最后利用效益费用比和投资回收期,确定该复垦项目是否可行及其合理性。

2.1 直接效益

直接经济效益是指旱地、鱼塘和林地的直接经济收益。

(1)旱地经济效益。土地复垦旱地总面积为 1.48 hm<sup>2</sup>。根据复垦后土壤的质地和当地的气候条件,并通过实地调查旱地的适宜作物为玉米、高粱和大豆等。为计算的方便,选取玉米作为种植对象。查询农业部网站资料并进行比较分析后,确定旱地玉米种植采用全膜双垄沟播种方式,每公顷投入 6 000 元,其中地膜 675 元、化肥 1 650 元、种子 375 元、人工 3 300 元,玉米每公顷产量达 10 500 kg,按市价 2 元/kg 计算,则旱地种植玉米:

① 每公顷年收益:  $V_1 = 10500 \times 2 = 2.1$  万元

② 年总收益:  $V_2 = 2.1 \times 1.48 = 3.108$  万元

③ 年总净收益:  $V_3 = (21000 - 6000) \times 4.48 = 22.2$  万元

④ 年总投资:  $V_4 = 6000 \times 1.48 = 0.888$  万元

(2)鱼塘经济效益。矿区坑塘水面面积为 3.47 hm<sup>2</sup>,按照养鱼标准将坑塘水面划分为 10 标准鱼塘,每个按 0.34 hm<sup>2</sup> 计算。根据调查养鱼需增氧机和投饵机等设备,将其定为设备费 10 万元,计入土地复垦投资。养鱼成本包括鱼苗、粪肥、饵料、消毒、注射疫苗以及人工费用等,具体养鱼数量及收益如表 3 所示<sup>[15]</sup>。

表 3 每公顷鱼塘养殖收益情况

种 类	鱼苗投放量/尾	收获/kg	市场价格/(元·kg <sup>-1</sup> )	总收益/万元
鲢鱼	8250	20625	8.0	16.50
鳙鱼	2250	6750	8.0	5.40
草鱼	1500	3300	10.0	3.30
鲤鱼	1500	3000	9.4	2.82
鲫鱼	1500	900	10.0	0.90
总计	15000			28.92

注:表中价格数据从《中国渔业统计年鉴 2010》中取得。

投放 15~20 cm 鱼苗的损失按照 5% 计算,根据市场调查鱼塘的总净收益按照总收益的 34% 计算,则:

① 每个鱼塘年收益:  $V_5 = 28.92 \times (1 - 5\%) \times 0.34 = 9.341$  万元

② 鱼塘年总收益:  $V_6 = 9.341 \times 10 = 93.41$  万元

③ 鱼塘年总净收益:  $V_7 = 9.341 \times 34\% \times 10 = 31.76$  万元

④ 鱼塘年总投资:  $V_8 = 93.41 - 31.76 = 61.65$  万元

(3)林地经济效益。栽植两年生杨树苗的胸径 6 cm,价格为 12 元/株,杨树的栽植费用和 5 a 间的养护费有旱地种植人员负责。边坡栽植的树木防护水土流失,不砍伐。农田防护林和采场外道路共栽植杨树 260 株用于经济林,杨树成活率按 80% 计算。杨树第 2 年胸径达 8 cm,第 3 年胸径达 14 cm,第 5 年胸径达 16 cm,树高达 15~18 m。每株杨树产木材 1.207 m<sup>3</sup>。第 5 年末采伐,第 6 年初再从新栽植,当地杨树市场售价 400 元/m<sup>3</sup>,则:

①5 年生杨树所得总收益:

$V_9 = 1.207 \times 260 \times 80\% \times 400 = 10.04$  万元

②杨树总投资:  $V_{10} = 260 \times 12 \times 10^{-3} = 0.312$  万元

③5 年生杨树净收益:

$V_{11} = V_9 - V_{10} = 10.04 - 0.312 = 9.728$  万元

2.2 间接效益

森林植被既降低雨滴对地面的打击力,又缓解了

暴雨形成的地表径流流速和流量,可减轻洪水灾害,节省抗洪救灾支出。森林土壤在林木凋谢物、根系以及微生物的作用下,土壤密度、非毛管孔隙度、总孔隙度、土壤结构等物理特性得以改善,土壤蓄水能力提高<sup>[16]</sup>。营养物质循环是森林生态系统的一个重要功能,即森林植被通过根系从土壤中吸收各种营养元素来构建植物组织,同时又以凋落物的形式每年将营养元素归还给土壤。这种作用在维持土壤稳定,改良土壤结构,改善土壤理化性能及提高土壤肥力方面起着重要作用。

林地涵养水源、固土、吸收 CO<sub>2</sub> 和制造 O<sub>2</sub> 的间接经济效益采用影子工程法计算。矿区土地复垦林地面积为 2.06 hm<sup>2</sup>。

(1) 林地涵水量经济效益。根据阜新市气象局资料,阜新地区的年平均降水量为 350 mm。森林实际土壤涵水量占林区降水量的 55%。即林地总涵水量  $Q=2.06 \times 10^4 \times 350 \times 10^{-3} \times 55\% = 4000 \text{ m}^3$ ,建造一个容纳 4 000 m<sup>3</sup> 水量的储水池需要的费用约为 10 万元,则林地涵养水分的经济效益  $V_{12}=10$  万元

(2) 林地固土经济效益。森林的固土能力为 43.55 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,即林地总固土量  $S=2.06 \times 43.55 = 89.713 \text{ m}^3$ ,将这些土壤用于改造土地,则可获得农用地 448.565 m<sup>2</sup>,种植玉米可获得年净收益 670 元,则林地固土的经济效益  $V_{13}=0.067$  万元

(3) 吸收 CO<sub>2</sub> 和制造 O<sub>2</sub> 经济效益。每公顷林地可吸收 CO<sub>2</sub> 1 000 kg 左右,可放出氧气 730 kg 左右,40 L 氧气需 28 元,氧气的密度为 1.429 g/L,则林地制造氧气的总价值  $V_{14} = \frac{730 \times 1000}{1.429 \times 40} \times 28 \times 2.06 = 73.66$  万元。发达国家减排 1 t 二氧化碳的当量成本为 100 美元,1 美元等于 6.555 元人民币,则林地吸收 CO<sub>2</sub> 的总价值  $V_{15}=1 \times 100 \times 6.555 \times 2.06 = 1350$  元。

### 2.3 经济性评价

土地复垦的经济性评价主要包括费用效益比和投资回收期两个方面。效益费用比是通过对比土地复垦后的直接经济效益和间接经济效益的总效益与土地复垦的总投资的比值大小来衡量土地复垦的合理性。由于土地复垦的经济效益在复垦后第 5 年末才能完全体现,因此效益费用比采用复垦后第 5 年末的总收益和总投资,并且按照等额分付终值公式和一次支付终值公式进行计算。投资回收期按照静态投资回收期进行计算。

等额分付终值公式:  $F=A(F/A, i, n)$  (1)

一次支付终值公式:  $F=P(F/P, i, n)$  (2)

式中:  $F$ ——终值;  $P$ ——现值;  $A$ ——年金;  $i$ ——年利率;  $n$ ——存储年限。

2.3.1 土地复垦总收益 按照 5 a, 年利率 3% 查表可知等额支付系列复利系数为 5.309 1<sup>[17]</sup>。土地复垦总收益是指旱地年总收益  $V_2$ , 鱼塘年总收益  $V_6$ , 林地年总收益  $V_9$ , 林地涵养水分经济效益  $V_{12}$ , 固土经济效益  $V_{13}$ , 制造 O<sub>2</sub> 经济效益  $V_{14}$ , 吸收 CO<sub>2</sub> 经济效益  $V_{15}$ , 其中除林地外其余均采用公式(1)进行计算。

$$F_1 = (V_2 + V_6 + V_{12} + V_{13} + V_{14} + V_{15}) \times 5.3094 \\ = (3.108 + 93.41 + 10 + 0.067 + 73.66 + 0.135) \\ \times 5.3091 = 957.655 \text{ 万元}$$

即复垦后第 5 年末的总收益:  $B = F_1 + V_9 = 957.655 + 10.04 = 967.695$  万元

2.3.2 土地复垦总费用 由于土地复垦的费用是在获得效益的前一年支付的,因此按照 6 年,年利率 5% 进行查表可知一次支付终值系数为 1.340 1<sup>[18]</sup>。土地复垦总费用包括旱地年总投资  $V_4$ , 鱼塘年总投资  $V_8$ , 林地一次性投资费用  $V_{10}$ , 土地复垦投资费用  $V_{16}=27.585$  万元, 鱼塘一次性设备费用  $V_{17}=10$  万元, 其中  $V_4$  和  $V_8$  按照公式(1)进行计算,取等额支付系列复利系数为 5.309 1,  $V_{10}$ 、 $V_{16}$  和  $V_{17}$  按照公式(2)进行计算。

$$F_2 = (V_4 + V_8) \times 5.3091 = (0.887 + 61.65) \times 5.3091 \\ = 332.02 \text{ 万元}$$

$$F_3 = (V_{16} + V_{17} + V_{10}) \times 1.3401 = (27.585 + 0.312 + 10) \times 1.3401 = 50.785 \text{ 万元}$$

即复垦结束后第 5 年末投资总费用:

$$C = F_2 + F_3 = 332.02 + 50.785 = 382.805 \text{ 万元。}$$

2.3.3 效益费用比 效益费用比是指土地复垦第 5 年末的总效益与总费用的比值,即  $\alpha = \frac{B}{C} = \frac{967.695}{382.805} \approx 2.5 > 1$ ,说明该方案是可行的<sup>[19]</sup>。

2.3.4 投资回收期 静态投资回收期计算公式<sup>[20]</sup>为:

$$P_t = \frac{I}{A} + P_k \quad (3)$$

式中:  $P_t$ ——静态投资回收期;  $I$ ——项目投入的全部资金;  $A$ ——每年的净收益;  $P_k$ ——项目建设期。

静态投资回收期中的项目投入资金是指将土地复垦投资费用  $V_{16}=27.585$  万元和鱼塘一次性设备投资费用  $V_{17}=10$  万元,每年的净收益是指旱地年净收益  $V_3$  和鱼塘年净收益  $V_7$ ,项目建设期为 1 a,则  $P_t = \frac{V_{16} + V_{17}}{V_3 + V_7} + 1 = \frac{27.585 + 10}{2.22 + 31.76} + 1 = 2.13 \text{ a}$ ,即从投资之日起到第 3 年末即可收回全部成本。

### 3 结论

土地复垦对环境、生态及社会的贡献巨大,同时也具有一定的经济效益。本文在编制彰武县万隆硅砂矿土地复垦规划及其经济概算的基础上,采用费用效益分析法对项目的环境和经济效益进行了分析,探讨了土地复垦项目环境经济效益的计算方法,有利于提高公众和开发商对土地复垦工程项目环境和经济效益的认识及其进行矿山废弃地土地复垦的积极性,从而促进我国土地资源的利用。

(1)经济效益方面,采用静态回收期的计算方法得出万隆硅砂矿复垦方案的投资回收期为2.13 a,也就是说从投资之日起到第3年末即可收回全部复垦投资并有部分收益。说明万隆硅砂矿土地复垦方案的经济效益是非常显著的,并且鱼塘的经营具有长期效益。

(2)生态环境效益方面,万隆硅砂矿土地复垦方案实施后,由计算可知第5年末的效益费用比为2.5,大于1,说明万隆硅砂矿土地复垦方案的生态环境和经济3方面的综合效益也是显著的。土地方案实施后,矿区植被覆盖率会得到提高,有利于改善局部生态环境和小气候,减少风力,提高土壤蓄水保土能力,增加土壤有机质含量,改善土壤团粒结构,提高土地生产力,促进当地的生态环境建设和工农业生产的发展。

(3)社会效益方面,待复垦土地位于农村,以土地复垦为契机,盘活待复垦土地的潜在价值,对推动农村城镇建设具有重要意义。

#### 参考文献:

- [1] He D X, Li D L, Bao J, et al. A CDMA-based soil-quality monitoring system for mineland reclamation [J]. Computer and Computing Technologies in Agriculture IV, 2011, 237: 610-615.
- [2] He X H, Duan Y H, Chen Y L, et al. A 60-year journey of mycorrhizal research in China: Past, present and future directions [J]. Science China Life Sciences, 2010, 53(12): 1374-1398.
- [3] Kelln C J, Barbour S L, Purdy B, et al. A multi-disciplinary approach to reclamation research in the oil sands region of Canada [J]. Appropriate Technologies for Environmental Protection in the Developing World, 2009, 4: 205-215.
- [4] 潘元庆, 刘晓丽, 谷志云, 等. 矿山土地适宜性评价及复垦模式研究 [J]. 国土资源科技管理, 2007(24): 112-116.
- [5] 刘国兴, 张振文, 冯文丽, 等. 矿区土地复垦潜力多级模糊综合评判分析 [J]. 矿产保护与利用, 2007(2): 9-12.
- [6] 史同广, 张明亮, 郑国强, 等. 采煤沉陷区土地利用格局动态及复垦对策 [J]. 水土保持研究, 2007, 14(3): 283-286.
- [7] 夏素华. 神府东胜矿区马家塔露天矿土地复垦模式及效应 [J]. 能源环境保护, 2005, 19(2): 50-52.
- [8] 牛威. 山区采煤塌陷区土地复垦方案及工艺流程 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2007, 18(2): 157-159.
- [9] 邵颖红, 刘颖. 考虑可持续发展的环境费用效益分析评价准则 [J]. 同济大学学报: 社会科学版, 2010, 21(5): 101-107.
- [10] 蒋洪强, 徐玖平. 环境成本核算研究的进展 [J]. 生态环境, 2004, 13(3): 429-433.
- [11] 张妍. 费用效益分析在项目评估中的应用 [J]. 环境科学导刊, 2009, 28(增刊): 21-22.
- [12] 陈建, 刘颖. 费用效益分析法在环境审计中的应用研究 [J]. 当代经济, 2008(1): 122-123.
- [13] 付梅臣, 胡振琪, 米静. 土地整理和复垦工程费用结构分析及控制对策研究 [J]. 农业工程学报, 2003, 19(4): 291-294.
- [14] 张媛媛, 姚飞, 俞珠峰. 矿区土地复垦投资的制度经济学分析 [J]. 环境与可持续发展, 2006(5): 2-3.
- [15] 毛叔良. 池塘养鱼冬季放养新措施 [J]. 致富之友, 2000(1): 16-17.
- [16] 康文星, 郭清和, 何介南, 等. 广州城市森林涵养水源、固土保肥的功能及价值分析 [J]. 林业科学, 2008, 44(1): 19-24.
- [17] 李克国, 魏国印, 张宝安. 环境经济学 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003: 91-94.
- [18] 姚建. 环境经济学 [M]. 四川: 西南财经大学出版社, 2001: 390-396.
- [19] 侯玲. 基于费用效益分析的绿色建筑的评价研究 [D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2006: 54-62.
- [20] 石振武, 张斌. 工程经济学 [M]. 北京: 科学出版社, 2009: 49-52.