

文章编号:1003-207(2017)11-0122-12

DOI:10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2017.11.013

生态文明体制构建下的金属矿产开发生态 补偿利益均衡研究

贾舒娴¹, 黄健柏^{1,2}, 钟美瑞^{1,2}

(1. 中南大学商学院, 湖南 长沙 410083; 2. 中南大学金属资源战略研究院, 湖南 长沙 410083)

摘 要:金属矿产开发是涉及各个利益主体矛盾冲突及生态安全的复杂社会系统工程,而生态补偿是协调各方利益均衡和保障生态安全的有效制度解,基于该背景本文在矿产资源领域生态文明体制构建条件下,探究金属矿产开发生态补偿利益均衡问题。即基于金属矿产开发过程中涉及的中央政府、地方政府、当地企业和当地居民利益主体的复杂利益诉求,在考虑社会强互惠群体存在的基础下,运用演化博弈论的方法分析关联主体在博弈过程中的利益均衡及补偿策略动态演化过程,得出为达到社会所期望的均衡结果所需的条件。为了验证该均衡所需的条件,以存在复杂利益诉求的典型德兴铜矿为案例展开实证分析,即运用生态价值当量法、修正的人力资本法、医疗费用法、市场价值法、替代法、机会成本法、影子价格法和现代空间信息技术对相关参数估值和使用统计数据进行分析,并将得到的数值用 Matlab 软件进行数值模拟,比较分析德兴铜矿各利益主体的真实均衡与期望均衡的一致性结果。针对此结果与达到均衡的条件提出相应的生态补偿对策,进一步验证本文提出的模型与生态补偿利益主体的均衡条件是具有普适性和扩展意义的。

关键词:生态文明;金属矿产;生态补偿;演化博弈;实例测算

中图分类号:F253.4

文献标识码:A

1 引言

党的十八大报告^[1]中提出“加强生态文明制度建设,深化资源性产品价格和税费改革,建立反映市场供求和资源稀缺程度、体现生态价值和代际补偿的资源有偿使用制度和生态补偿制度”。2016 年 12 月 5 日发布的《全国矿产资源规划(2016—2020)》^[2]认为“当前矿业发展的活力动力不足,资源约束趋紧、生态问题突出、民生诉求多元等相互交织,矿产资源管理领域深层次矛盾及资源开发收益分配机制亟待解决”。由此可见,生态文明建设背景下资源生态补偿及各利益主体利益均衡的分配机制已经成为生态文明建设、资源安全、生态安全等国家重大战略

问题的重要内容,也是国家在很长一段时期内亟待解决的重大理论和现实问题。金属矿产开发地作为生态保护的重点区域,其治理和修复情况对我国的经济发展、社会和谐、环境保护与矿产安全有着重大影响。近年来,我国金属矿产开发区依托矿产开发虽取得了社会经济的快速发展,但其发展具有的较高不均衡性,产业结构单一,贫富差距过大等问题加速了矿产资源的贫困和社会矛盾的产生^[3-4],更造成了生态环境的恶化。而生态环境因素直接关系到自然资源的可用性,从而影响到资源安全的数量安全、质量安全。与发达国家相比,我国矿产资源开发应用对生态环境安全的负面影响尤为突出。而可持续发展要求将发展保持在资源环境可承载能力的限度以内,这需要我国在未来的发展中,在进一步调整发展目标的基础上,调整资源消耗和流动模式,建立新的资源安全体系。在大力推进生态文明建设的背景下,建立健全我国矿产资源开发的生态补偿机制和政策,明确界定相关利益主体的职责和权利^[5],从经济、社会、工程三个方面优化设计,以取得社会、生态与经济效益多赢的良好效果^[6]。在发展经济的同时,兼顾社会公平性和生态环境目标^[7],以实现将生

收稿日期:2016-05-08; 修订日期:2016-12-14

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(71633006);国家自然科学基金重大项目(13&ZD169);国家自然科学基金面上项目(71573282);中南大学创新驱动计划项目(2017CX014);中南大学升育英学者人才资助项目

通讯作者简介:钟美瑞(1978—),男(汉族),湖南贵阳人,中南大学商学院副教授,博士生导师,博士,研究方向:产业经济学、资源经济与管理、资源安全, E-mail:zmr726@163.com.

态系统外部价值转化为对参与者的财政激励,从而增加生态系统服务供给的目的^[8]。

资源开发利用及补偿机制是一项复杂的社会系统工程,涉及到整个社会利益结构的重新调整。而博弈论是分析这种自身利益受其他参与主体策略选择影响的有效方法,该方法能更好的理解资源开发的利益分配和生态补偿问题。因此很多学者利用博弈理论、模型对资源开发利用收益分配展开了研究。刘德海^[9]、郑君君等^[10]、潘峰等^[11]运用演化博弈研究政府和社会群体在环境污染等突发事件中的博弈过程及相关的利益冲突,并为促进地方政府严格执行相关政策提出建议;黄健柏等^[12]、钟美瑞等^[13]通过构建组合性均衡评价模型,分析了我国矿产资源开发利用补偿定价的机制;胡振华等^[14]、徐大伟等^[15]基于演化博弈的视角探究了跨界流域上下游政府之间的利益均衡及生态补偿机制;张伟等^[16]基于演化博弈理论与方法,建立了煤炭绿色开采监管博弈模型;杨从明等^[17]提出基于 Shapley 值的矿产资源开发中企业、政府和社区居民三者之间的利益分配方法;程倩等^[18]、张倩等^[19]、李春雪等^[20]运用博弈理论对矿产资源开发各利益主体之间关系进行分析,寻找使矿产资源开发中的利益分配合理化的均衡路径。基于以上利益收益分配博弈模型的应用成果,学者在生态补偿机制、政策等方面展开研究。戴茂华等^[21]提出建立我国稀有金属矿产资源开发生态补偿机制的政策建议;伏润民等^[22]通过构建基于能值拓展的生态外溢价值计量模型得到了相对客观和稳健的补偿标准;彭秀丽等^[23]运用综合损失补偿法,对湘西州花垣县锰矿开发生态补偿标准进行实证研究;曾先峰^[24]得出建立完善的生态补偿机制是解决矿区生态环境恶化、实现资源有效利用的重要政策工具。

在经济新常态的背景下,虽然国家积极开展了生态补偿的探索和实践,但由于涉及生态安全的要素多、生态补偿载体多样、金属矿产开发环境外部性难以量化、生态补偿范围确定难度大等实际问题,使得只能以个案分析的方式对金属矿产开发生态补偿的问题进行研究。同时,由于生态补偿的利益相关方复杂、生态补偿额度难以量化、利益相关者收益难以确定等问题,使得在流域生态补偿问题中常用的演化博弈方法在金属矿产开发中也少有用到。张倩等^[19]对其进行了部分研究,但其所构建的模型涉及的利益主体不完全,多以主观假设数据进行数值模拟,且未考虑到强互惠行为对其的影响。然而强互

惠者是真实存在的,这部分群体会通过自身的“强互惠”行为影响到动态博弈,进而影响到生态补偿的实施。目前部分学者已对强互惠行为对跨界水资源冲突的协调影响进行了研究^[25],但在金属资源开发方面还未有突破性成果。因此,本文以金属矿产开发生态补偿为主要研究对象,根据涉及到的相关利益主体在矿产开采过程中获得的环境利益和经济利益建立收益矩阵。并将利益主体中真实存在的强互惠行为引入到演化博弈模型中,构建出利于分析金属矿产开发利益均衡及生态安全的动态演化博弈模型;并以对江西德兴铜矿的详细调研的案例实证分析展开利益均衡的验证分析,得出了为达到社会期望的各利益主体均衡的最优策略所需的条件,并提出为实现生态安全而进行生态补偿的合理政策建议。

2 基于演化博弈的金属矿产开发生态补偿关联主体的利益均衡

2.1 中央政府和地方政府的博弈分析

在金属矿产开发中,中央政府和地方政府在金属矿产税费分成、金属矿产收益分配、矿产开发目标等方面存在利益冲突和分歧。中央政府试图通过对矿产所有权的控制来保证国家的矿产资源安全并实现合理配置,坚持以资源及环境的可持续发展和构建和谐社会为长远目标;地方政府以达到自身利益为短期目标,更关心矿产资源开发对当地社会经济增长的贡献。在分税制下,矿产资源所在地政府因不是产权主体,只能以部分比例共享税费的形式获取收益,加之现行地方政府共享比例较高的税费征收标准过低,使地方政府从金属矿产开采中获得的收益较少,这与地方政府承担的当地经济发展和环境保护的主要责任不符。这种与矿产资源相关的权、责、利分配不一致是造成中央政府和地方政府之间博弈的根源之一。在受到政治与经济双重约束的情况下,地方政府更加倾向于从社会环境中提取资源来克服约束,为自己争取更大的生存与发展空间。因此,在现实生活中,地方政府往往利用金属矿产资源产权制度的缺陷和资源开发有关法律的漏洞与中央政府进行博弈,以实现自身的利益诉求^[18,24]。

(1) 中央政府和地方政府的博弈模型

在中央政府和地方政府的博弈中,中央政府的策略选择空间是监督、不监督地方政府的行为,地方政府的策略选择空间是执行、不执行国家生态补偿有关的政策法规。假设中央政府进行监督的监督成本是 C_C , 中央政府监督下地方政府执行生态补偿

政策会产生长远的经济和生态效益增加值 G ；地方政府进行生态补偿前后的收益分别为 R_1 、 R_2 ，进行生态补偿付出成本 C_L 并获得中央政府划拨的生态补偿资金和财政转移支付 T_C ，不执行生态补偿政策将被处以罚金 F 。由于双方都有各自的利益诉求，出于利己主义考虑，双方都会朝着各自利益最大化的方向发展，但实际上群体中有强互惠者存在。在整个博弈过程中，中央政府由于在信息、财力、政策等方面占据有利地位，因此在四方利益相关者中

为强互惠者，这一特殊地位使中央政府和地方政府的博弈在三种博弈关系中存在特殊性。这种强互惠作用主要表现在如果中央政府选择监督，地方政府选择不执行，中央政府会不惜付出高昂代价积极惩罚地方政府，使自身获得 U_1 单位负效用的同时使地方政府获得 U_2 单位的负效用；如果中央政府选择不监督，地方政府选择执行，中央政府获得 U_3 单位的正效用，地方政府获得 U_4 单位的正效用。双方的收益矩阵如表 1 所示。

表 1 中央政府和地方政府的博弈矩阵

地方政府	中央政府	
	监督 (x)	不监督
执行 (y)	$R_1 - C_L + T_C, G - C_C - T_C - U_1$	$R_1 - C_L + T_C + U_4, G - T_C + U_3$
不执行	$R_2 - F - U_2, F - C_C - U_1$	$R_2 + T_C - U_2, -T_C$

假设中央政府监督的比例为 x ，不监督的比例为 $1-x$ ；地方政府执行的比例为 y ，不执行的比例为 $1-y$ 。这样中央政府选择监督和不监督两类策略的期望收益、和整个中央政府的平均收益分别为：

$$\mu_{11} = y(G - C_C - T_C - U_1) + (1-y)(F - C_C - U_1) \quad (1)$$

$$\mu_{12} = y(G - T_C + U_3) + (1-y) - T_C \quad (2)$$

$$\bar{\mu}_1 = x\mu_{11} + (1-x)\mu_{12} \quad (3)$$

地方政府执行和不执行两类策略的期望收益、和整个地方政府的平均收益分别为：

$$\mu_{21} = x(R_1 - C_L) + (1-x)(R_1 - C_L + U_4) \quad (4)$$

$$\mu_{22} = x(R_2 - F - U_2) + (1-x)(R_2 - U_2) \quad (5)$$

$$\bar{\mu}_2 = y\mu_{21} + (1-y)\mu_{22} \quad (6)$$

(2) 中央政府和地方政府策略的演化稳定分析
中央政府采用监督策略的复制动态方程为：

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(\mu_{11} - \bar{\mu}_1) = x(1-x)(F - C_C - U_1 + T_C - yF - yT_C - yU_3) \quad (7)$$

求解该方程关于 x 的一阶导数可得：

$$F'(x) = (1-2x)(F - C_C - U_1 + T_C - yF - yT_C - yU_3) \quad (8)$$

复制动态的稳定状态是指采用两种策略的博弈

$$J = \begin{vmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} \end{vmatrix} =$$

$$\begin{vmatrix} (1-2x)(F - C_C - U_1 + T_C - yF - yT_C - yU_3) & x(1-x)(-F - T_C - U_3) \\ y(1-y)(F + T_C - U_4) & (1-2y)(xF + xT_C - xU_4 + R_1 - R_2 + U_4 + U_2 - C_L) \end{vmatrix} \quad (11)$$

方的比例保持不变的水平，所以令 $F(x) = 0$ ，根据复制动态方程，求得中央政府的全部稳定状态点，分别为： $x^* = 0$ ， $x^* = 1$ 和 $y = y^* = \frac{F - C_C - U_1 + T_C}{F + T_C + U_3}$ 。

地方政府采用执行策略的复制动态方程为：

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y(\mu_{21} - \bar{\mu}_2) = y(1-y)(xF + xT_C - xU_4 + R_1 - R_2 + U_4 + U_2 - C_L) \quad (9)$$

求解该方程关于 y 的一阶导数可得：

$$F'(y) = (1-2y)(xF + xT_C - xU_4 + R_1 - R_2 + U_4 + U_2 - C_L) \quad (10)$$

令 $F(y) = 0$ ，求得地方政府的全部稳定状态点，分别为： $y^* = 0$ ， $y^* = 1$ 和 $x = x^* = \frac{R_2 - R_1 - U_2 - U_4 + C_L}{F + T_C - U_4}$ ，但这些点不一定是演化

稳定策略，需构建雅克比矩阵进行进一步的判断。

根据 Friedman 的思想，其群体动态系统均衡点的稳定性由该系统的 Jacobi 矩阵的局部稳定性分析得到。式(7)和(9)的 Jacobi 矩阵对应的行列式和其迹为：

$$\det. J = \frac{\partial F(x)}{\partial x} \cdot \frac{\partial F(y)}{\partial y} - \frac{\partial F(x)}{\partial y} \cdot \frac{\partial F(y)}{\partial x} \quad (12)$$

$$\text{tr. } J = \frac{\partial F(x)}{\partial x} + \frac{\partial F(y)}{\partial y} \quad (13)$$

现在需要根据矩阵的局部分析法,对五个均衡点进行稳定性分析,如表 2 所示:

表 2 各局部均衡点的雅克比矩阵行列式值和迹

均衡点	$\det. J$	$\text{tr. } J$
A(0,0)	$M_1 \times N_1$	$M_1 + N_1$
B(1,0)	$-M_1 \times W_1$	$W_1 - M_1$
C(0,1)	$S_1 \times N_1$	$-S_1 - N_1$
D(1,1)	$-S_1 \times W_1$	$S_1 - W_1$
E (x^*, y^*)	$\frac{-N_1 \times W_1 \times M_1 \times S_1}{(F+T_C-U_4)(F+T_C+U_3)}$	0

$M_1 = F - C_C - U_1 + T_C, N_1 = R_1 - R_2 + U_4 + U_2 - C_L, S_1 = C_C + U_1 + U_3,$

$W_1 = F + R_1 - R_2 + T_C + U_2 - C_L$

本文根据中央政府和地方政府收益参数值的大小来判断该演化博弈的稳定性。社会最期望达到的最优策略是(不监督,执行)组合,即中央政府不监督,地方政府执行国家生态补偿有关的法律法规。在现行的政治经济体制和矛盾运动中,资源优势与经济社会发展水平反差的“资源贫困”问题需要中央

政府适当下放部分权利给地方政府,这样中央政府还可节约监督成本和委托代理成本。而地方政府长期的违规操作会降低在当地居民中的威信,随着社会矛盾的增加而难以开展正常工作,所以地方政府会逐渐具有强烈的可持续发展意识和环境保护的责任感,将地方利益上升到国家利益,执行生态补偿政策,改善当地的生态环境。

下列此种情况可达到此演化稳定策略,具体分析如表 3 所示。

表 3 局部均衡点的稳定性分析结果

平衡点	情况 1: $\begin{cases} M_1 > 0 \\ N_1 > 0 \\ W_1 > 0 \end{cases}$			情况 2: $\begin{cases} M_1 < 0 \\ N_1 > 0 \\ W_1 > 0 \end{cases}$		
	$\det. J$	$\text{tr. } J$	局部稳定性	$\det. J$	$\text{tr. } J$	局部稳定性
A(0,0)	>0	>0	不稳定点	<0	—	鞍点
B(1,0)	<0	—	鞍点	>0	>0	不稳定点
C(0,1)	>0	<0	ESS	>0	<0	ESS
D(1,1)	<0	—	鞍点	<0	—	鞍点

由表 3 可知,以上两种情况可达到中央政府选择不监督、地方政府选择执行的最优策略,其中 M_1 的值可正可负,而 N_1, W_1 的值必须大于 0,即要求 $R_1 - R_2 + U_4 + U_2 - C_L > 0, F + R_1 - R_2 + T_C + U_2 - C_L$ 。增大 $R_1 - R_2, U_2$ 和 U_4, F, T_C 的值,减小 C_L 的值,有利于达到这一最优策略条件。

2.2 地方政府和当地企业的博弈分析

在金属矿产开发中,地方政府和当地矿山企业既有合作又有矛盾:一方面,地方政府希望矿山企业的发展可以改善本地的投资环境,带动金属矿产相关产业的发展,提供更多的就业岗位,促进本地服务性产业的发展,进而推动本地经济发展和社会进步;矿山企业也希望得到地方政府的税收优惠和产业支

持等,从这个角度上来说两者具有合作的意愿。另一方面,双方在生态环境的保护、产业规划目标、信息的不对称等问题上存在巨大的矛盾和斗争。矿山企业为了追求经济利益不惜牺牲矿产开发地的生态环境,而作为本地利益的代表,地方政府追求本地产业结构的多元化,实现经济社会和资源环境的和谐发展。政企双方都在追求自身利益的最大获取,这成为双方博弈的基础。

(1) 地方政府和当地企业的博弈模型

在地方政府和当地企业的博弈中,地方政府的策略选择空间是监督、不监督,当地企业的策略选择空间是治理、不治理。假设 C_G 是地方政府的监督成本, P_1 和 P_2 分别为地方政府对企业进行监管和不

监管的情况下取得的收益,长期来看 $P_1 > P_2$ 。当企业治理时投入成本 C_E ,并获得政府奖励、专项资金、良好的企业形象等正外部效益为 X_1 ;企业不治理被地方政府发现时处以罚金 H 。 E_1 和 E_2 分别为

企业进行补偿和不补偿获得的收益,长期来看 $E_1 > E_2$, T_E 为企业向地方政府上交的资源税等税费,并假设在企业不治理情况下,地方政府承担企业的治理成本 C_E 。双方的收益矩阵如表 4。

表 4 地方政府和当地企业的博弈矩阵

当地企业	地方政府	
	监管(α)	不监管
补偿(β)	$E_1 + X_1 - C_E - T_E, P_1 - X_1 - C_G + T_E$	$E_1 + X_1 - C_E, P_2 - X_1$
不补偿	$E_2 - H - T_E, P_1 + H - C_G - C_E + T_E$	$E_2, P_2 - C_E$

假设地方政府监管的比例为 α ,不监管的比例为 $1 - \alpha$;当地企业补偿的比例为 β ,不补偿的比例为 $1 - \beta$ 。

(2)地方政府和当地企业策略的演化稳定分析

地方政府采用监管策略的复制动态方程为:

$$F(\alpha) = \frac{d\alpha}{dt} = \alpha(\omega 11 - \bar{\omega} 1) = \alpha(1 - \alpha)(P_1 - P_2$$

$$+ H - C_G + T_E - \beta H) \quad (14)$$

当地企业采用补偿策略的复制动态方程为:

$$F(\beta) = \frac{d\beta}{dt} = \beta(\omega 21 - \bar{\omega} 2) = \beta(1 - \beta)(E_1 - E_2$$

$$+ X_1 - C_E + \alpha H) \quad (15)$$

根据矩阵的局部分析法,对五个均衡点进行稳定性分析,如表 5 所示:

表 5 各局部均衡点的雅克比矩阵行列式值和迹

均衡点	$\det, J$	tr, J
F(0,0)	$M_2 \times W_2$	$M_2 + W_2$
G(1,0)	$-M_2 \times S_2$	$S_2 - M_2$
H(0,1)	$-N_2 \times W_2$	$N_2 - W_2$
I(1,1)	$N_2 \times S_2$	$-N_2 - S_2$
$J(\alpha^*, \beta^*)$	$\frac{W_2 \times S_2 \times M_2 \times N_2}{H^2}$	0

社会最期望达到的最优策略是(监管,补偿),即地方政府监管,当地企业治理环境和补偿当地居民。地方政府与中央政府不同,它担负了地方发展的重任,在监管的过程中可以树立良好的政府形象并获得更多的信任。而当地企业进行治理后可实现绿色

和高效能生产,对当地居民进行补偿后可获得居民的支持和矿区安定的生产环境。这种监管下更好的治理和生产的方式是符合社会发展理念的。下列两种情况可达到此演化稳定策略,具体分析如表 6 所示。

表 6 局部均衡点的稳定性分析结果

平衡点	情况 1: $\begin{cases} M_2 > 0 \\ N_2 > 0 \\ W_2 > 0 \\ S_2 > 0 \end{cases}$			情况 2: $\begin{cases} M_2 > 0 \\ N_2 > 0 \\ W_2 < 0 \\ S_2 > 0 \end{cases}$		
	$\det, J$	tr, J	局部稳定性	$\det, J$	tr, J	局部稳定性
F(0,0)	>0	>0	不稳定点	<0	—	鞍点
G(1,0)	<0	—	鞍点	<0	—	鞍点
H(0,1)	<0	—	鞍点	>0	>0	不稳定点
I(1,1)	>0	<0	ESS	>0	<0	ESS

由表 6 可知,以上两种情况可达到地方政府选

择监管、当地企业选择补偿的最优策略,其中 W_2 可

正可负,而 $M_2、N_2、S_2$ 必须大于 0,即要求 $P_1 - P_2 - C_G + H + T_E > 0、P_1 - P_2 - C_G + T_E > 0、E_1 - E_2 + X_1 - C_E + H > 0$ 。增大 $P_1 - P_2、H、T_E、E_1 - E_2、X_1$ 的值,减小 $C_G、C_E$ 的值,有利于达到这一最优策略条件。

2.3 当地企业和当地居民的博弈分析

作为金属矿产开发最直接的利益相关者和生态补偿主要受偿主体,矿区居民基本没有参与金属矿产的利益分配。由于自身诉求能力有限,在与金属矿山开发企业的博弈中处于绝对的劣势地位,也很少有专门的组织和机构来保障金属矿产开发地周边居民的合法权益。金属矿产开发企业利用自身优势,获得了大量的经济利益,而对矿区居民的生态和征地补偿等又没有完全兑现,导致矿区居民通过各种非法途径,如偷盗矿产、阻挠企业正常的生产作业

等来维护自身利益,他们之间的利益分配和补偿问题也成为了金属矿产开发中矛盾最多的地方。

(1) 当地企业和当地居民的博弈模型

在当地企业和当地居民的博弈中,当地企业的策略选择空间是实施、不实施,当地居民的策略选择空间是抗争、接受。假设当地金属矿产开发企业对当地居民实施生态补偿策略前后的收益分别为 $B_1、B_2$,对当地居民进行的补偿支出 C_T ,获得的政府奖励、专项资金、良好的企业形象等正外部效益为 X_2 ,被政府发现未补偿居民的惩罚额为 N ,被发现的概率为 λ ($0 \leq \lambda \leq 1$)。当地居民因矿产资源开发造成的损失为 S ,与企业抗争的成本为 C_R ,在企业补偿下居民抗争可获得足以弥补自身损失的补偿额 C_T (企业足额补偿时 $C_T = C_R = S$),同时可获得一定的政府奖励 A 。双方的收益矩阵如表 7。

表 7 当地企业和当地居民的博弈矩阵

当地居民	当地企业	
	实施(γ)	不实施
抗争(δ)	$C_T - C_R - S + C_T', B_1 + X_2 - C_T'$	$A - C_R - S, B_2 - \lambda N$
接受	$C_T - S, B_1 + X_2 - C_T$	$-S, B_2$

假设当地企业实施生态补偿的比例为 γ ,不实施的比例为 $1 - \gamma$;当地居民抗争的比例为 δ ,接受的比例为 $1 - \delta$ 。

(2) 当地企业和当地居民策略的演化稳定分析

当地企业采用实施策略的复制动态方程为:

$$F(\gamma) = \frac{d\gamma}{dt} = \gamma(\varphi_{11} - \bar{\varphi}_1) = \gamma(1 - \gamma)(B_1 -$$

$$B_2 - C_T + X_2 + \lambda N - \delta C_T' + \delta C_T)$$
 (16)

当地居民采用抗争策略的复制动态方程为:

$$F(\delta) = \frac{d\delta}{dt} = \delta(\varphi_{21} - \bar{\varphi}_2) = \delta(1 - \delta)(A - C_R -$$

$$\gamma A + \gamma C_T')$$
 (17)

根据矩阵的局部分析法,对五个均衡点进行稳定性分析,如表 8 所示:

表 8 各局部均衡点的雅克比矩阵行列式值和迹

均衡点	det. J	tr. J
K(0,0)	$S_3 \times W_3$	$M_3 + S_3$
L(1,0)	$-M_3 \times W_3$	$-M_3 + W_3$
M(0,1)	$-N_3 \times S_3$	$N_3 - S_3$
N(1,1)	$N_3 \times W_3$	$-N_3 - W_3$
O(γ^*, δ^*)	$\frac{C_R \times S_3 \times M_3 \times N_3}{\lambda A N}$	0

$$M_3 = B_1 - B_2 + X_2 - C_T, N_3 = B_1 - B_2 + X_2 + \lambda N - C_T', S_3 = A - C_R, W_3 = C_T' - C_R$$

社会最期望达到的最优策略是(实施,抗争),即当地企业实施生态补偿,当地居民进行抗争。企业对当地居民进行生态补偿会获得当地居民的支持,

当地居民进行抗争会获得自身需要的补偿金额,弥补在矿产资源开发中的损失,并对当地企业起到监督鞭策作用。下列三种情况可达到此演化稳定策略,具体分析如表 7 所示。

表 9 局部均衡点的稳定性分析结果

平衡点	情况 1: $\begin{cases} M_3 > 0 \\ S_3 > 0 \\ N_3 > 0 \\ W_3 > 0 \end{cases}$			情况 2: $\begin{cases} M_3 < 0 \\ S_3 > 0 \\ N_3 > 0 \\ W_3 > 0 \end{cases}$			情况 3: $\begin{cases} M_3 > 0 \\ S_3 < 0 \\ N_3 > 0 \\ W_3 > 0 \end{cases}$		
	det. J	tr. J	局部稳定性	det. J	tr. J	局部稳定性	det. J	tr. J	局部稳定性
K(0,0)	>0	>0	不稳定点	<0	—	鞍点	<0	—	鞍点
L(1,0)	<0	—	鞍点	>0	>0	不稳定点	<0	—	鞍点
M(0,1)	<0	—	鞍点	<0	—	鞍点	>0	>0	不稳定点
N(1,1)	>0	<0	ESS	>0	<0	ESS	>0	<0	ESS

由表 9 可知,以上两种情况可达到当地企业选择实施、当地居民选择抗争的最优策略,其中 M_3 、 S_3 可正可负,而 M_2 、 N_2 、 S_2 必须大于 0,即要求 $B_1 - B_2 + X_2 + \lambda N - C_r > 0$ 、 $C_r - C_R > 0$ 。增大 $B_1 - B_2$ 、 X_2 、 λ 、 N 的值,减小 C_R 的值,有利于达到这一最优策略条件。

3 金属资源开发生态补偿关联主体利益均衡的实证

3.1 关联主体的利益冲突分析

本文以江西德兴铜矿为例进行实证分析。德兴铜矿是目前国内最大的露天有色金属矿山,也是世界上储量在 800 万吨以上的 8 个斑岩铜矿之一。丰富的矿藏不仅促进了当地及周边区域的发展,也成为国家可靠的铜矿保障来源之一。然而在此过程中也出现了严重的环境污染问题:露天开采直接摧毁了地表植被和土层;尾矿砂等废渣的排放使土壤重金属浓度过高,植物难以生长;尾矿随意堆积造成大片裸地和尾矿堆积区;含铜、铁等多种重金属的酸性废水排入大坞河流域造成河流污染;渗漏废水恶化了沿岸土壤环境。

德兴铜矿引起的污染问题严重影响了周边村民的生活和健康,紧邻的戴村已被誉为“癌症村”。截至 2010 年,德兴市数十名儿童血铅超标。这些事件引起了社会的不满舆论与强烈关注,江西省环保厅委托了环境科学院进行调查。在巨大的压力下,德兴铜矿于 2011 年委托北京矿冶研究总院编制了《德兴铜矿国家级绿色矿山建设规划》,并开始按照此规划进行环境治理和生态恢复。但是由于各利益主体复杂的行为轨迹难以判断,使得部分单纯依靠新闻和文献得到的数据是缺乏可靠性的,数据的不可靠因素会影响模型的最终结果,导致结果也缺乏可比性。只有在调研的基础上通过对部分收益数据值进行合理测算和估值,才能保证模型合理性和普适性

的验证结果更具有说服力。因此,本文对江西铜业旗下德兴铜矿进行生态补偿的实例进行实证分析,判断根据各利益主体的收益值得出最终的演化稳定策略,并与此案例中各利益主体的实际策略选择进行比较,以此来验证模型的合理性和普适性。(其生态补偿前收益按 2010 年的年度数据测算,开始生态补偿的年度为 2011 年,而生态补偿后的收益按 2011 年的年度数据测算,长远收益用 2014 年的数据表示。)

3.2 数据测算及相关参数估值

(1)中央政府和地方政府博弈的数据测算及相关参数估值

1)以生态价值当量为基础测算中央政府划拨给江西省的生态补偿资金和财政转移支付 TC [26]:

$$Q = \sum Q(f, g, c, w, d, r) = \sum s_j \times e_j \quad (18)$$

$$Q = s_f \times f_e + s_g \times g_e + s_c \times c_e + s_w \times w_e + s_d \times d_e + s_r \times r_e \quad (19)$$

$$J = Q \times U \times l \quad (20)$$

$$T_c = Y = J - D + I \quad (21)$$

式中 Q 为省域生态价值总当量; f 、 g 、 c 、 w 、 d 、 r 分别为森林、草地、农田、湿地、荒漠、河流和湖泊的生态价值当量。 s_j 表示某一生态系统的面积; e_j 表示某一生态系统对应的生态价值当量。 J 为省域生态经济价值; U 为一个生态服务价值当量因子的经济价值量,本文取值为 603.3 元/hm²; l 为调整系数,本文取为 1。 Y 为生态经济剩余价值, D 为治理污染物的投入, I 为治理污染物的实际投入。

根据以上公式测算得出中央政府划拨给江西省的生态补偿资金和财政转移支付 TC 为 98.70 亿元。

2)地方政府不执行生态补偿政策的罚金 F :

此例中为地方政府执行了生态保护政策,不执行的罚金 F 需引用他例中数据,但国家和地方立法中对各级政府和环保部门不执行生态补偿政策的责

任处罚规定较少且不明确,一般都是处分或通报批评,因此不执行的罚金 F 为 0。

3) 中央政府获得的负效用 U_1 为主观性较大的数据,对各主体的心理感受测算无法得到准确的数值,因此将 U_1 估计为 10 亿元,地方政府获得的负效用 U_2 为 1 亿元,中央政府获得的正效用 U_3 为 20 亿元,地方政府获得的正效用 U_4 为 5 亿元。

4) 江西省执行生态补偿政策后的收益:

2011 年全国财政收入增长率为 25%,2011 年江西省地方财政收入增长率为 34.2%,则江西省 2011 年相对于全国财政收入增长率的增加值反映了地方政府执行生态补偿后的收益增加值。则 $R_1 = R_2 \times (1 + 34.2\% - 25\%) = 585.11 \times 109.2\% = 638.94$ 亿元。

此博弈过程中的其他数据如表 10 所示:

表 10 模型中部分参数的定义及描述性统计说明

参数	单位	代表参数	数据来源	参数值
R_2	亿元	2010 年江西省财政收入	《江西省统计年鉴 2011》	585.11
C_c	亿元	2011 年江西省一般公共支出	《江西省统计年鉴 2012》	21.83
G	亿元	2014 年江西省地区生产总值	《江西省统计年鉴 2015》	11702.82
C_L	亿元	2011 年江西省环境保护支出	《江西省统计年鉴 2012》	43.76

(2) 地方政府和当地企业博弈的数据测算及相关参数估值

企业的生态补偿成本 C_E 为两部分,一部分为因铜矿开采对当地居民的补偿支出,另一部分为对土地恢复和河流治理的费用,通过以下方法测算补偿额的合理值:

1) 以修正的人力资本法和医疗费用法测算对当地居民身体健康的补偿支出 C_{da} :

$$\theta = \frac{IR_{GDP} - IR_{\theta}}{1 + IR_{\theta}} = \frac{14\% - 0.76\%}{1 + 0.76\%} = 13.14\%$$

$$C_{ad} = P_{ad} \cdot HC_m = P_{ad} \cdot GDP_{bm} \sum_i \frac{(1 + \theta)^i}{(1 + r)^i} = 4 \times 13677.5 \times 34.855 = 190.69 \text{ 万元}$$

$$C_{il} = 112 \times 3972.37 = 45.61 \text{ 万元}$$

$$C_{da} = C_{ad} + C_{il} = 190.69 + 45.61 = 236.3 \text{ 万元}$$

θ 为德兴所属上饶市 2010 年人均 GDP 年增长率, IR_{GDP} 为 GDP 平均增长率, IR_{θ} 为人口增长率。 C_{ad} 为德兴铜矿矿区居民过早死亡的经济损失; P_{ad} 为因污染造成的早死人数,此值根据相关文献及数据^[27] 计算得出约 4 人; HC_m 为修正的人力资本; GDP_{bm} 为基准年人均 GDP,即 2010 年上饶市人均 GDP; r 为社会贴现率,本文以 2010 年五年以上银行年贷款利率代替,为 6.14%; t 为损失寿命年,根据统计资料和於方等^[27] 得知我国呼吸系统等疾病的平均损失寿命年约为 18 年,则 t 为 18 年。 C_{il} 为健康成本,本文借助相关於方等^[27] 运用的健康成本量化模型计算的类似结果,得出 2010 年矿区约 112

人患病,同时根据卫生统计和卫生服务调查获取 2010 年人均医疗费用。

2) 以实地调研法和现代空间信息技术测算土地恢复和水生系统补偿费用;运用市场价值法、替代法、机会成本法和影子价格法测算耕地的社会价值、经济价值和生态系统服务价值:

德兴铜矿开采产生了裸地 5.76 km² 和尾矿堆积区 207 km²,则需进行土地恢复的面积为 3258.9 公顷。由廖合群和余姝兰^[28] 知复绿工程每亩为 2 万元左右,则土地恢复费用为 9.78 亿;大坞河的污染使周边居民的饮水成为问题,每人每天至少需 1 元水钱,则一年需 1.5 亿元;在计算耕地的恢复费用时结合自然及人文因素,得出上饶市的补偿标准为 120.454 万元/hm²^[29],而矿区面积 43 km²,则耕地的补偿额为 52.80 亿元;共计 64.08 亿元。

根据以上公式及数据测算得出企业的生态补偿成本 CE 为 64.10 亿元。

3) 企业进行生态补偿前后的收益 E_1 、 E_2 。

2011 年有色金属矿采选业规模以上工业企业营业收入增长率为 28.48%,江西铜业 2011 年营业收入增长率为 53.90%,则 2011 年江西铜业相对于有色金属矿采选业规模以上工业企业营业收入增长率的增加值反映了江西铜业进行生态补偿后收益的增加值。则 $E_1 = E_2 \times (1 + 53.90\% - 28.48\%) = 764.4 \times 125.06\% = 955.96$ 亿元。

此博弈过程中的其他数据如表 11 所示:

表 11 模型中部分参数的定义及描述性统计说明

参数	单位	代表参数	数据来源	参数值
C_G	亿元	2011 年上饶市一般公共支出	上饶市统计局	27.02
H	亿元	假定按最大值计算	《江西省矿产资源管理条例》	0.003
X_1	亿元	政府奖励	江西省人民政府网	1.18
E_2	亿元	2010 年江西铜业营业收入	2010 年度江西铜业财务报表	764.4
P_1	亿元	2011 年上饶市财政收入	上饶市统计局	151.54
P_2	亿元	2010 年上饶市财政收入	上饶市统计局	113.9

(3) 当地企业和当地居民博弈的数据测算及相关参数估值

此博弈过程中的数据如表 12 所示:

表 12 模型中部分参数的定义及描述性统计说明

参数	单位	代表参数	数据来源	参数值
B_1	亿元	$E1 \times$ 居民补偿值占比	2011 年度江西铜业财务报表	0.35
B_2	亿元	$E2 \times$ 居民补偿值占比	2011 年度江西铜业财务报表	0.28
C_T	亿元	实际补偿给当地居民的补偿额	德兴市人民政府网	0.002
C_T'	亿元	Cda	本文测算得出	0.024
X_2	亿元	江西铜业获得的奖励收入居民补偿值占比	江西省人民政府网	0.0004
T_E	亿元	资源类税费	2011 年度江西铜业财务报表	5.01
N	亿元	H	《江西省矿产资源管理条例》	0.003
λ	1	发现概率	文献及案例分析 ^[30]	0.55
S	亿元	Cda	本文测算得出	0.024
C_R	亿元	抗争成本	文献及案例分析 ^[18,29]	0.0001
A	亿元	假定按最大值计算	《江西省举报环境违法行为有功人员奖励办法》	0.001

3.3 关联主体利益均衡的实证模拟结果

结合初始值、表 10、表 11、表 12 所示的案例数据及部分参数的测算值,运用 Matlab 软件对利益主体博弈均衡的动态演化模型进行模拟分析,得到利益主体间博弈的动态演化模拟结果,分别如图 1、图 2、图 3 所示。由图 1 可知,在中央政府和地方政府的博弈中,中央政府实现不监督、地方政府实现执行策略,达到社会最期望达到的最优策略(不监督,执行)。案例的实际数据因满足表 3 中的情况 1,即 $F - C_C - U_1 + T_C > 0$ 、 $R_1 - R_2 + U_4 + U_2 - C_L > 0$ 、 $F + R_1 - R_2 + T_C + U_2 - C_L > 0$,而实现中央政府和地方政府博弈的最优策略。这是因为在罚金极低的情况下有相对较高的生态补偿资金和财政转移支付,且地方政府执行生态补偿政策后取得了良好的效果,并获得了足够弥补其补偿成本的经济收益和心理收益。同时,地方政府选择执行路径的收敛速度略快于中央政府选择不监督的收敛速度,说明地方政府在此博弈过程中,能更快达到其选择执行策略的条

件。

由图 2 可知,在地方政府和当地企业的博弈中,地方政府实现监管、当地企业实现补偿策略,达到社会最期望的最优策略(监管,补偿)。案例的实际数据因满足表 6 中的情况 1,即 $P_1 - P_2 - C_G + H + T_E > 0$ 、 $P_1 - P_2 - C_G + T_E > 0$ 、 $E_1 - E_2 + X_1 - C_E + H > 0$ 、 $E_1 - E_2 + X_1 - C_E > 0$ 、 $T_E > 0$ 而实现地方政府和当地企业博弈的最优策略。这是因为地方政府实现了高效率、低成本的监管方式,虽然收到的资源税等税费较低,但取得了较高的监管收益,而当地企业也获得了足以弥补其治理成本的经济收益和正外部效益。同时,当地企业选择补偿路径的收敛速度快于地方政府选择监管的收敛速度,说明当地企业在此博弈过程中,能更快达到其选择补偿策略的条件。

由图 3 可知,在当地企业和当地居民的博弈中,当地企业实现实施、当地居民实现抗争策略,达到社会最期望达到的最优策略(实施,抗争)。案例的实际数据因满足表 9 中的情况 1,即 $B_1 - B_2 + X_2 - C_T$

$>0, B_1 - B_2 + X_2 + \lambda N - C_r, A - C_R > 0, C_r - C_R > 0$, 而实现地方政府和当地企业博弈的最优策略。这是因为当地企业未对当地居民足额进行生态补偿, 其收益足够弥补较低的补偿成本, 当地居民为了获得合理的补偿资金选择抗争策略。同时, 当地企业选择实施路径的收敛速度快于当地居民选择抗争的收敛速度, 说明当地企业在此博弈过程中, 能更快达到其选择实施策略的条件。

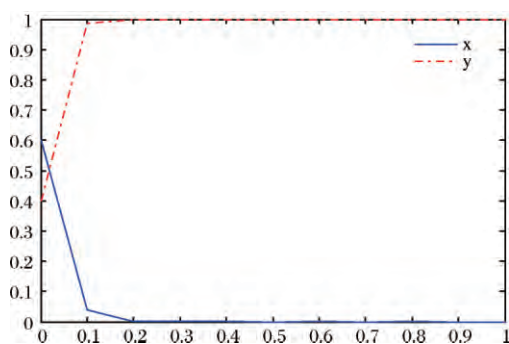


图 1 中央政府和地方政府博弈的演化仿真图

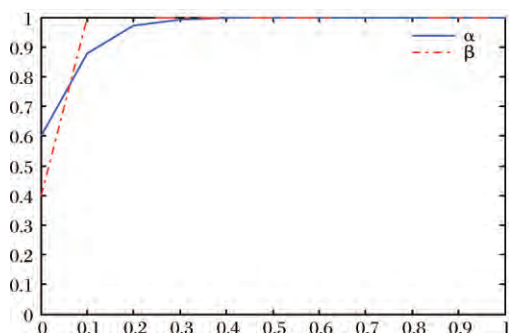


图 2 地方政府和当地企业博弈的演化仿真图

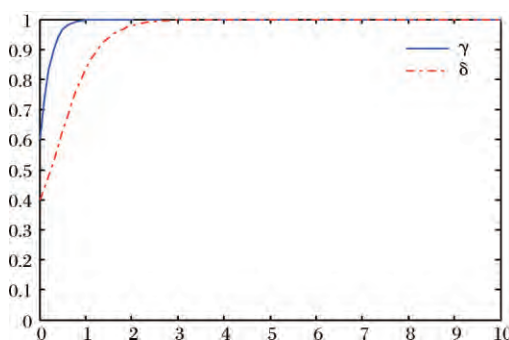


图 3 当地企业和当地居民博弈的演化仿真图

4 结语

本文以金属矿产开发生态补偿为主要研究对象, 根据涉及到的相关利益主体在矿产开采过程中获得的环境利益和经济利益建立收益矩阵。并将利

益主体中真实存在的强互惠行为引入到演化博弈模型中, 构建出利于分析金属矿产开发利益均衡及生态安全的动态演化博弈模型; 并以对江西德兴铜矿的详细调研的案例实证分析展开利益均衡的验证分析, 得出了为达到社会期望的各利益主体均衡的最优策略所需的条件。此条件影响到四部分利益主体之间的关系, 通过分析, 得出以下结论: 中央政府和地方政府博弈关系的利益均衡及最优策略选择受到收益、补偿成本、财政转移支付、处罚力度、强互惠行为的影响。地方政府和当地企业博弈关系的利益均衡及最优策略选择受到收益、监督成本、税费、罚金、治理成本、政府奖励等正外部效益的影响。当地企业和当地居民博弈关系的利益均衡及最优策略选择受到收益、补偿成本、抗争成本、政府奖励的影响。为了验证这些影响因素下四部分主体之间的最优策略博弈均衡, 以江西德兴铜矿为例展开实证模拟分析, 中央政府与地方政府、地方政府与当地企业、当地企业与当地居民之间实证模拟的博弈均衡结果分别是: (不监督, 执行), (监管, 补偿), (实施, 抗争)。该模拟结果与案例实地调研中各利益主体的真实策略选择一致, 证明了本文所构建生态补偿各利益主体利益均衡博弈分析框架的合理性与普适性, 以及最优策略条件的有效性。

本文虽对金属矿产开发生态补偿问题进行了大量研究, 但随着经济的发展与国家政策的改变, 矿产资源开发各利益主体关系将呈现复杂化, 有时单独考虑两两主体之间的博弈关系难以解决某些特定问题。因此, 在今后的研究中作者将考虑各部分博弈主体之间的联动关系, 在博弈模型的建立中加入可以联动的变量, 分析整个博弈链条的演化, 以得到深化的研究成果。

根据本文博弈均衡结果的影响因素及需要实现的条件, 提出如下政策建议: 中央政府应完善矿产资源开发收益分配制度, 使矿产资源开发收益分配比例进一步向地方政府所在的原产地倾斜。在充分考虑地方政府风险敏感度的前提下对其违法行为进行惩处, 并适当降低地方政府业绩评价中经济指标的比重, 构建能够反映环境保护要求的绿色 GDP 政绩考核制度, 并根据不同区域实际情况, 实现差异化绩效考核。在资源税改革全面推进的基础上, 地方政府应根据各地区资源禀赋、经济发展水平、企业承受能力等实际情况, 确定应税矿产品的具体适用税率。建立绿色金融体系, 确立绿色股票指数和发展相关投资产品, 鼓励企业发行绿色证券, 设立各项绿色发

展基金,对生态补偿相关项目实行担保并加大风险补偿力度。开展矿产资源开发企业生态补偿领跑者行动,强制披露上市公司的环保信息,将生态治理贡献和绿色节能环保加入到企业投资价值的评价体系中。建立自然资源开发使用成本评估机制,将资源所有者权益和生态环境损害纳入自然资源及产品价格形成机制。加强当地居民的环保和维权意识,鼓励居民通过检举和诉讼等形式维护自身权益。扶植绿色民间组织,设立由生态价值测算、生态补偿额测算专家等组成的生态补偿委员会,负责调解生态补偿过程中利益相关者的矛盾纠纷。同时构建当地矿产资源开发企业与当地居民的利益共享机制,对贫困地区开发矿产资源占用集体土地的,试行给原住民集体股权方式进行补偿。强化矿业企业社会责任意识,改善矿区所在地基础设施和矿区周边群众生产生活条件,优先吸纳本地劳动力,形成开一方资源、惠一方百姓、促一方发展的良好局面。促进生态环境质量不断改善,加快建设生态文明的现代化中国。

参考文献:

- [1] 胡锦涛. 坚定不移沿着中国特色社会主义道路前进为全面建成小康社会而奋斗——在中国共产党第十八次全国代表大会上的报告[R/OL]. [2012-11-18]. http://www.gmw.cn/sixiang/2012-11/18/content_5725672_3.htm.
- [2] 中华人民共和国国土资源部. 全国矿产资源规划(2016—2020年)[EB/OL]. [2016-12-5]. http://www.mlr.gov.cn/xwdt/kxw/201612/t20161201_1423090.htm.
- [3] Pegg S. Mining and poverty reduction: Transforming rhetoric into reality[J]. Journal of Cleaner Production, 2006, 14(3-4): 376-387.
- [4] Dong Shidi, Roger B, Qian Wei. Salient stakeholders in corporate social responsibility reporting by Chinese mining and minerals companies[J]. Journal of Cleaner Production, 2014, 84: 59-69.
- [5] 李惠梅, 张安录. 基于福祉视角的生态补偿研究[J]. 生态学报, 2013, 33(4): 1065-1070.
- [6] 鲁迪, 于长立. 煤矿塌陷区土地复垦与生态补偿优化设计[J]. 生态经济, 2008, (8): 99-102.
- [7] 王立安, 钟方雷, 苏芳. 西部生态补偿与缓解贫困关系的研究框架[J]. 经济地理, 2009, 29(9): 1552-1557.
- [8] 赵雪雁. 生态补偿效率研究综述. 生态学报, 2012, 32(6): 1960-1969.
- [9] 刘德海. 群体性突发事件中政府机会主义行为的演化博弈分析[J]. 中国管理科学, 2010, 18(1): 175-183.
- [10] 郑君君, 闫龙, 张好雨, 等. 基于演化博弈和优化理论的环境污染群体性事件处置机制[J]. 中国管理科学, 2015, 23(8): 168-176.
- [11] 潘峰, 西宝, 王琳. 基于演化博弈的地方政府环境规制策略分析[J]. 系统工程理论与实践, 2015, (6): 1393-1404.
- [12] 黄健柏, 王叶, 钟美瑞, 等. 代际视角下矿产资源开发补偿的组理性均衡评价模型[J]. 预测, 2014, 33(5): 71-80.
- [13] 钟美瑞, 胡小雪, 黄健柏, 等. 基于组理性均衡评价模型的矿产资源开发补偿定价公平性分析[J]. 经济地理, 2015, 35(4): 162-168.
- [14] 胡振华, 刘景月, 钟美瑞, 等. 基于演化博弈的跨界流域生态补偿利益均衡分析——以漓江流域为例[J]. 经济地理, 2016, 36(6): 42-49.
- [15] 徐大伟, 涂少云, 常亮, 等. 基于演化博弈的流域生态补偿利益冲突分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(2): 8-14.
- [16] 张伟, 张金锁, 刘杰. 基于演化博弈的煤炭资源绿色开采监管策略研究[J]. 西安科技大学学报, 2016, 36(3): 349-355.
- [17] 杨从明, 朱海彬, 任晓冬. 基于 Shapley 值法的矿产资源开发利益相关者利益分配博弈分析[J]. 地球与环境, 2014, 42(3): 424-429.
- [18] 程倩, 张霞. 矿产资源开发的生态补偿及各方利益博弈研究[J]. 矿业研究与开发, 2014, 34(3): 127-131.
- [19] 张倩. 基于演化博弈视角的矿产资源开发生态补偿问题研究[J]. 资源开发与市场, 2016, 32(2): 165-169.
- [20] 李春雪, 刘春学. 新常态下的矿产资源开发利益博弈[J]. 中国矿业, 2015, 24(2): 36-39.
- [21] 戴茂华. 中国稀有金属矿产资源开发的生态补偿机制和政策研究[J]. 生态经济, 2013, (10): 134-137.
- [22] 伏润民, 缪小林. 中国生态功能区财政转移支付制度体系重构——基于拓展的能值模型衡量的生态外溢价值[J]. 经济研究, 2015, 50(3): 47-61.
- [23] 彭秀丽, 刘凌霄, 田铭. 基于综合损失补偿法的矿产开发生态补偿标准研究——以湘西州花垣县锰矿为例[J]. 中央财经大学学报, 2012, (12): 59-64.
- [24] 曾先峰. 资源环境产权缺陷与矿区生态补偿机制缺失: 影响机理分析[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(5): 47-52.
- [25] 王慧敏, 于荣, 牛文娟. 基于强互惠理论的漳河流域跨界水资源冲突水量协调方案设计[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(8): 2170-2178.
- [26] 刘春腊, 刘卫东, 徐美. 基于生态价值当量的中国省域生态补偿额度研究[J]. 资源科学, 2014, 36(1): 148-155.

- [27] 於方,过孝民,张衍桢,等. 2004 年中国大气污染造成的健康经济损失评估[J]. 环境与健康杂志, 2007, 24(12):999-1003.
- [28] 廖合群,金姝兰. 德兴铜矿开采环境代价分析[J]. 价格月刊, 2013, (12):92-94.
- [29] 金姝兰,金威,徐磊,等. 基于耕地价值的江西省征地补偿标准测算[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(15):3054-3057.
- [30] 刘蓓. 促进生态文明建设的西部地方政府绩效评价指标体系研究—以广西为例[J]. 学术论坛, 2014, (1):31-35.

Interest-balancing Analysis on Metal Mineral Resources Ecological Compensation Under the Construction of Ecological Civilization System

JIA Shu-xian¹, HUANG Jian-bai^{1,2}, ZHONG Mei-rui^{1,2}

(1. School of Business, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Institute of Metal Resources Strategy, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: The exploitation of metal mineral resources is a complex and socially systematic project involving conflicts of the interests of all parties and ecological security. Ecological compensation is an effective system to coordinate the interests of all parties and to ensure the ecological security. Based on this background, the balance of interests of ecological compensation under the condition of the construction of ecological civilization system in the field of mineral resources is analyzed. The interest equilibrium and dynamic evolutionary process of the central government, local government, local enterprises and local residents is analyzed by using the game theory in the exploitation of metal mineral resources. In addition to taking into account the complex interest demands of the interests and the existence of the strong reciprocity group, the conditions which are needed to achieve the desired equilibrium results are reached. The following conclusions are drawn through the analysis of the conditions. The strategy choice of the game between central government and local government is affected by the revenues, the cost of compensation, the financial transfer payment, the punishment dynamics, and the strong reciprocity behavior. The strategy choice of the game between local government and local enterprises is affected by the revenues, supervision costs, taxes and fees, fines, governance costs and government incentives. The strategy choice of the game between local enterprises and local residents is affected by revenues, compensation costs, cost of resistance and government incentives. And on this basis, in order to verify the conditions needed for the equilibrium, the Dexing copper mine which is a typical case of the complex interest demands is analyzed. In this process, not only the value of relevant parameters is estimated by using the ecological value equivalent method, corrected human capital method, cost of illness method, market value method, substitution method, opportunity cost method, shadow price method and modern space information technology, but also the data is calculated by using statistical data. After numerical simulation is carried out with MATLAB software, the consistency between the real equilibrium and the expected equilibrium is analyzed. Further more it is verified that the model and the equalization result is universal and extensible. Moreover, the corresponding counter measures of ecological compensation are out forward. It also provides a new thoughts and analysis theoretical framework to solve the problem of the balance of interests of ecological compensation in the field of mineral resources.

Key words: eco-civilization; metal minerals; ecological compensation; evolutionary game; example measurement