

引用格式:张艳芳. 矿产资源开发收益合理共享机制研究——基于Shapley值修正算法的分析[J]. 资源科学, 2018, 40(3): 645-653. [Zhang Y F. Reasonable revenue distribution mechanism of mineral resource development based on modified shapley values[J]. Resources Science, 2018, 40(3): 645-653.] DOI :10.18402/resci.2018.03.18

矿产资源开发收益合理共享机制研究

——基于Shapley值修正算法的分析

张艳芳

(中国社会科学院工业经济研究所, 北京 100836)

摘要:近年来,矿产资源的开发和利用在推动中国经济发展的同时,也对生态环境造成了巨大的破坏。构建矿产资源开发收益分配机制时应考虑生态环境补偿问题。本文选择具体案例,从分析矿产资源开发各利益相关者的博弈行为出发,运用合作博弈的经典模型——Shapley值法对矿产资源开发收益分配问题作进一步分析求解,并引入“生态补偿因子”对Shapley值进行修正与优化。研究结果显示,Shapley值法对于建立更合理的矿产资源开发收益分配方式,达到社会经济效益最优、生态环境影响最小的目标,实现资源型地区的可持续发展,具有较强的现实意义和可操作性。

关键词:矿产资源;收益分配;Shapley值;生态补偿因子

DOI :10.18402/resci.2018.03.18

1 引言

矿产资源是经济社会发展的重要物质基础,也是资源产业发展的重要支撑。随着中国经济进入新常态,经济增速放缓将对矿产资源的供求关系产生一系列影响,中国矿产资源安全形势也将发生变化。保障资源的可持续利用是资源安全的重要目标之一,而资源利用的可持续性要求在资源开发利用过程中应避免对生态环境造成不可逆转的破坏或者损害。但是,在中国矿产资源开发过程中,资源耗竭、生态破坏与环境污染等诸多问题时有发生,资源地区居民不仅未能享受到矿产资源开发的收益,往往还要承受矿产资源开发带来的负外部效应,同时也面临着区域可持续发展能力衰退的威胁。究其原因,这是由于矿产资源开发收益未能合理分配造成的。因此,构建和完善矿产资源收益合理共享机制,对于规范资源开发秩序、减少安全事故和环境破坏,将资源收益转为区域经济持续发展的动力,保障资源安全,具有重要的现实意义。

矿产资源开发收益分配问题一直是国内外学者研究的焦点。矿产资源收益分配是指在矿产资源开采利用过程中所形成的相关利益之间的经济关系。分析矿产资源收益分配问题的关键,就是要厘清其相关主体及各主体之间的利益关系。

国外学者在矿产资源可持续开发、税费制度、收益分配方式等方面的研究为资源产业的发展和资源税费制度的完善提供了丰富的理论依据。收益分配问题涉及的理论依据除了亚当斯密、李嘉图、萨伊、萨缪尔森等提出的各种分配理论外,产权理论、资源价值论、委托——代理理论也对收益分配问题具有理论指导作用。另外,博弈论也为分析收益分配问题提供了一个理论框架。21世纪初,有学者从利益相关者的角度分析矿产资源开发收益分配问题^[1],该研究认为矿产资源开发过程中涉及到大量利益相关群体的利益,包括企业与政府机构、非政府组织、非营利组织、当地社区、协会等利益相关方,应当扩大企业对利益相关群体的社会责

收稿日期 2017-08-12;修订日期: 2018-02-04

基金项目 国家社会科学重大招标项目(15ZDA051);中国社会科学院创新工程项目(SKGJCX2016-01)。

作者简介 张艳芳,女,江西吉安人,博士,助理研究员,主要从事资源经济与产业经济研究。E-mail: gjszyf@163.com

任,加强利益相关者对矿产开发项目的参与力度,积极寻求企业与利益相关者的合作途径,形成战略合作伙伴关系,以共赢为导向解决利益冲突,促进矿产资源开发的可持续发展。这样看来,矿产资源开发中利益相关者之间的合作已远远超出经济领域,应综合考虑生态、文化和社会分配之间的平衡,为此,有必要制定一系列法律条约或规章制度来约束利益主体间的行为,确保矿业开采的有序进行^[2]。在后期的研究中,许多学者发现,随着矿区不断发展壮大形成矿区经济,这种经济形式在很大程度上影响着矿区的发展,反过来也会影响到矿产资源开发企业的发展。因此,矿业开发企业应明确矿区居民在开发过程中的重要性^[3]。而资源产业要实现其可持续发展必须要实现利益相关者之间的平衡^[4]。在矿产资源的开发过程中,随着矿业领域法律制度的不断完善,与土地的所有者间的直接协商在逐步增加,土地所有者获取有关利益的要求正在不断地上升^[5]。在此基础上,有学者总结了矿产资源开发区有效处理社区关系的工作方法^[6],也有学者探讨了法律保障下的矿业开发者和居民之间达成协议的阻力^[7]。每一个公民都应共享国家的资源红利,如何实现资源收益的合理分配,就更值得深入研究^[8,9]。为了解决矿产资源开发项目中出现的不同社会团体(包括当地社区、基层组织、工会等)的利益冲突,基于企业社会责任理论(CSR)的政策框架被提出。虽然CSR可以改善企业沟通、增加利益相关方的参与和对话,但是由于CSR是企业的自愿行为,并不具有强制性,易存在执行力度不足、信息披露不到位等问题,所以CSR并不被视为解决利益冲突的灵丹妙药^[10]。

国内学者主要从行为主体在资源开发中的相互关系、利益相关者的成本与收益关系、资源税费制度改革中的收益分配关系、矿区居民参与收益分配等方面来定性研究矿产资源开发收益分配问题。近年来,伴随着开发主体和使用方式的转变,矿产资源开发收益分配主体及分配方式也发生了较大改变,由此引发的矛盾也更加尖锐^[11]。有研究认为,中国矿产资源管理中出现的矿山开发秩序混乱,矿山布局不合理,资源浪费严重,环境污染和安全事故多发等问题,其根本原因在于市场供求关系

变化所带来的利益驱动^[12]。伴随矿产开发,大多数资源丰富国家或区域出现资源耗损、生态环境破坏等问题,以及经济增长波动、反工业化、寻租等”资源诅咒“现象,困扰着资源开发地区的经济发展^[13]。究其原因,矿产资源开发过程中的诸多问题,如资源损耗和生态环境破坏、产业结构单一化与反工业化、短期经济增长波动与长期经济增长滞缓以及寻租、就业矛盾、安全事故、收入差距等,根源在于矿产开发的特殊性与收益分配制度的缺失^[14]。矿产资源丰富地区的资源优势并没有转化成经济优势与发展优势,甚至出现了“资源诅咒”现象,由此产生了一系列社会问题^[15]。总体来说,在中国目前的资源收益分配格局下,开发地居民处于弱势地位,不仅收益渠道不稳定,收益方式单一,收益程度较低,而且还要承受生态环境恶化、健康受损、物价上涨、失地和失业等“痛苦成本”,导致社会矛盾冲突频现,对区域经济协调发展和国家的能源安全构成威胁^[16]。后续研究在公平视角下对矿产资源开采过程中的正负两种收益在不同利益主体之间分配关系进行了梳理,发现收益分配不合理广泛存在于利益相关主体之间^[17]。利益分配不均所引发的社会矛盾日益增多,为了有效协调矿产资源开发中国家利益、地方利益、矿区群众利益之间的冲突,因此必须建立矿产资源开发利益分享机制,以改善利益相关主体间收益分配不均衡的现象^[18,19]。近来有学者采用定量方法分析中国矿产资源勘查开发收益分配问题,例如通过构建矿产资源定价模型和矿业权评估模型来探讨所有者权益、矿业权转让人与受让人之间的收益分配问题^[20]。

从已有的研究成果来看,关于矿产资源开发收益分配问题,定性研究较多,而运用数理模型进行定量分析的实证研究和案例研究较少。其中,利用博弈论分析资源收益分配问题的研究也往往局限于理论模型的构建,比如有学者运用博弈理论对矿产资源开发的生态补偿及其各利益主体之间关系进行分析并提出了协调平衡生态补偿各方利益的对策与建议^[21]。对资源收益量化后再分配的优化分析非常少,有运用Shapley值法来研究矿产资源的收益分配,在对收益值进行修正时考虑的往往是投资、贡献率、风险等因素,对矿产资源开发给当地居民

2018年3月

造成的负外部性(如生态环境影响等)考虑不足^[22,23]。

矿产资源的开发和利用在推动中国经济发展的同时,也对生态环境造成了巨大的破坏。从20世纪80年代开始,中国政府对矿产资源开发生态补偿在理论和实践上进行了一系列探索,制订了一些生态补偿政策,但现状仍不容乐观,且由矿产资源开发造成的环境污染、生态破坏问题引发的矿群矛盾时有发生。矿产资源开发带来的这种环境外部性,除了政府有弥补的责任外,矿产资源开发企业同样需要承担相应的责任。因此,本文认为需按照“谁污染,谁付费,谁受益,谁补偿”的原则,来重构和完善矿产资源开发收益合理共享机制,只有这样,才能打破资源诅咒,实现区域可持续发展。

因此,本文选择具体案例,从分析矿产资源开发各利益相关者的博弈行为出发,运用合作博弈的经典模型——Shapley值法^[24]对矿产资源开发收益分配问题作进一步分析求解,并引入“生态补偿因子”对Shapley值进行修正与优化,选择具体的实例进行验证,分析其资源开发收益分配情况。

2 研究方法 with 数据说明

2.1 研究方法

博弈论(Game Theory)是研究决策主体行为发生直接相互作用时的决策以及谋求这种决策均衡的方法论。在矿产资源的开发过程存在中央政府、国务院委托代理机构——市县一级政府、企业、矿区农民等利益相关者之间利益的分配,在不同情形下,权利导致利益的重新分配,集体行动也会导致利益的重新分配,由于各方力量的变化,各方在到达一个新的均衡下又达到另一个新的均衡。

合作博弈理论对于合理分配矿产资源开发中利益相关者的收益,促进合作有重要的指导意义。在矿产资源开发的博弈领域中,通常各个利益主体都以实现自身利益的最大化为目标。在矿产资源的开发合作博弈中,如果各局中人的地位不平等,且收益分配不均就会导致弱势方退出博弈,比如矿区居民在矿产资源开发的经济利益博弈中就长期处于弱势地位,其地位长期被边缘化,在资源开发收益分配中也得不到应有的分量,因此,矿产资源开发合作博弈研究,应重点探讨有效协调政府部门

与矿业企业及矿区周边居民等其他不同相关主体间收益的分配问题。

矿产资源开发过程中涉及到的局中人是合作与竞争共存的关系。政府、开发企业、矿区居民必须克服自身弱点(如技术力量或财力有限),寻求与他人进行合作,以完成政府、企业、居民所不能完成的多人合作博弈资源开发,把当地的资源优势变为经济优势。开发主体的联盟一旦形成,将会形成一个整体,采取一致的行动,最终目的是使联盟获得最大利益。当博弈完毕时,可按事先约定,分配各自的收益。

为了找到解决合作博弈收益分配的最佳方案,本研究引入合作博弈的重要概念——Shapley值,目的在于探讨政府、开发企业、矿区周边居民等利益相关者之间的收益分配问题,试图构建公正合理的收益分配模型。

2.1.1 问题描述

矿产资源开发主要发起人为了实现某一战略目标,依据优势互补原则会寻求合作伙伴, n ($n \geq 3$)个成员形成合作关系。那么,这就简化为合作成功后收益如何在这 n 个成员之间分配的问题。每个成员为整体中的一员,这 n 个合作成员组成一个合作博弈,表示为 $N = \{1, 2, \dots, n\}$ 。合作中的部分成员由于相互串通形成的小合作联盟表示为 S 。合作成功的基础在于合作时比单干收益更高,但是各成员对总体收益的贡献率不同,这个贡献率可以用Shapley值法求得的 $\varphi_i(v)$ 来衡量。这种分配方式考虑了各成员对合作活动整体所作的贡献,反映了个体在集体中的重要性程度。但是Shapley值 $\varphi_i(v)$ 只考虑了成员的贡献大小,并没有考虑合作过程中各成员的行为造成的负外部性,显然这是不合理的。因此,有必要对Shapley值进行修正,使它更符合实际情况。这里重点引入“生态补偿因子”对Shapley值做出修正,使分配更为合理。

2.1.2 Shapley值的确定

多人合作博弈的解有多个,问题在于如何找出其中那个合理的唯一解。经过研究证明,Shapley值法是一种用于找出多人合作博弈中唯一解的最有效方法。为了推导Shapley值法,需要做如下假设:

存在一个集合 U , 其中任意集合 N 都是 U 的子集。

定义1: 在一个博弈 (N, v) 中, 若 $N \subseteq U$, 则对于任意一个合作均满足:

$$v(S) = v(N \cap S) \quad (1)$$

定义2: 参与者 i 和 j 在博弈 (N, v) 中是可互换的:

$$v(S \setminus \{i\} \cup \{j\}) = v(S) \quad (2)$$

基于上述定义, 把 $\varphi[v] = (\varphi_1[v], \varphi_2[v], \dots, \varphi_n[v])$ 称为包含 n 个实数的一个值, 式中 $\varphi_1[v], \varphi_2[v], \dots, \varphi_n[v]$ 分别代表了局中人获得的收益。 $\varphi[v] = (\varphi_1[v], \varphi_2[v], \dots, \varphi_n[v])$ 还需满足如下三个性质:

性质1: 有效性。首先, 如果成员 i 在合作中无任何贡献, 则其所得为0; 其次, 所有的收益总额等于各利益主体所得的收益之和:

$$\sum_{i \in N} \varphi_i[v] = v(N) \quad (3)$$

性质2: 对称性。局中人被赋予的顺序编号与其在合作所得到的收益不相关:

$$\varphi_i(v) = \varphi_j(v) \quad (4)$$

性质3: 可加性。对任意两个特征向量, 多人同时进行的两项合作, 每一个局中人所得到的总收益分别是各项合作所得到的收益之和:

$$\varphi_i(u+v) = \varphi_i(u) + \varphi_i(v) \quad (5)$$

当有且只有一个解同时满足上述三个性质, 即为 Shapley 值。Shapley 值可由下式求得:

$$\varphi_i(v) = \sum_{S \in \mathcal{S}_i} w(|S_i|) [v(S_i) - v(S_i - \{i\})], \quad (6)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

其中:

$$w(|S_i|) = \frac{(n - |S_i|)! (|S_i| - 1)!}{n!} \quad (7)$$

式中 $\varphi_i(v)$ 表示在多人合作博弈集合中局中人 i 所分配得到的收益; $|S|$ 表示子集 S 中的元素个数; $v(s)$ 为子集 S 的效益; S_i 为博弈集合 I 中包含局中人 i 的所有子集; $w(|S_i|)$ 为权重因子; $v(S_i - \{i\})$ 为子集 S 除去局中人 i 后可获得的收益; n 表示博弈集合 I 中的元素个数。

2.1.3 Shapley 值的修正

运用 Shapley 值法对资源开发收益进行分配有一定的合理性, 在很大程度上可以减少由于分配不

公所引起的成员间的相互不满, 从而打击成员参与开发的积极性, 避免出现影响矿产资源开发进程的事件。假设在合作过程中, 总体的收益为 $v(s)$, 考虑生态补偿因子后所得的收益为 $\varphi_i(v)'$ 。在矿产资源开发过程中, 各成员对生态环境的影响为 $E'_i, i = 1, 2, \dots, n$ 。

ΔE_i 为成员 i 应承担的生态补偿责任与 $\frac{1}{n}$ 的差值, 即:

$$\Delta E_i = E'_i - \frac{1}{n} \quad (8)$$

$$\text{其中 } \sum_{i=1}^n E'_i = 1, \sum_{i=1}^n \Delta E_i = 0$$

则成员 i 收益的修正量为:

$$\Delta v(i) = v(s) \times \Delta E_i \quad (9)$$

当 $\Delta v(i) \geq 0$ 时, 表示成员受到生态环境的负面影响, 应增加其分配比重; 当 $\Delta v(i) < 0$ 时, 表示成员造成了生态环境的影响, 应相应地减少其分配比重。

修正后的分配公式为:

$$\varphi_i(v)' = \varphi_i(v) + \Delta v(i) \quad (10)$$

2.2 数据来源与说明

矿产资源开发利益相关者主要包括中央、省、市和县政府、矿山企业和当地村民, 中央和省市政府存在中央与地方的政府间博弈的问题, 这里不作主要讨论, 考虑到各利益主体性质不同, 将中央、省、市、县四级政府统一归为政府这一主体, 重点讨论政府、矿企和村民三者的博弈问题, 实际上是一个政府、企业、村民各方合作博弈的过程。本文采用的投资、土地费用、各种资源税收等数据来源于中部某省一露天开采铝土矿(以下简称为“中部某铝土矿”)的实际经营数据。

3 结果

3.1 相关利益主体及博弈分析

中部某铝土矿开发实际上是一个政府、企业、村民等各方合作的过程, 而合作博弈理论对于处理有关合作的问题提供了现实的指导意义。为了避免铝土矿开发中因收益分配不均而引发的不必要冲突, 因此, 有必要理清各方的博弈关系, 了解各方的利益诉求, 解决好收益分配问题。中部某铝土矿开发利益相关者的博弈关系^[25]包括:

2018年3月

(1)政府与村民的博弈关系。在铝土矿开发过程中,政府代表着国家和社会的公共利益,是矿产资源开发的管理者,也是土地所有者;而当地村民(或村集体)是个人利益的代表,也是土地的使用者。两者关系的焦点集中在土地的征收问题上,也就是土地的实际产权和名义产权之间的矛盾。此外,村民的就业、环境破坏等问题也是铝土矿开发所必须考虑的。

(2)政府与矿山企业的博弈关系。对矿山企业而言,参与铝土矿开发目的在于获得经济利益;作为土地所有者的政府却更关注于铝土矿开发的社会效益和带来的财政收入,两者关系的焦点体现在地价和税费上,因此,如何妥善解决好铝土矿开发的社会效益(比如财政收入、当地居民生活水平)和经济效益(主要是矿产开发利润)成为政府和开发企业博弈的重点。

(3)矿山企业与村民的关系。对于追求利润最大化的矿企而言,参与铝土矿开发就是要追求高额的经济利润,但是参与铝土矿开发又必须给当地村民支付相应的征地拆迁安置补偿费用,甚至需为其提供就业岗位,这些都是村民的主要经济来源。另外,矿企还应以生态修复支出等形式为开采过程中破坏生态环境付出一定代价,为村民维护基本的生存环境。因此,矿企和村民之间的这种博弈矛盾能否合理解决,直接关系到铝土矿开发能否顺利进行。

从以上分析可知,铝土矿开发实质就是通过解决矿权出让金、土地出让金、税费、征地拆迁补偿、村民就业等问题来平衡政府、矿区居民、矿山企业三者的利益关系,铝土矿开发过程就是政府、矿区居民、矿山企业三方博弈过程。

3.2 基于Shapley值法的收益分配结果

中部某铝土矿经过政府、矿山企业、当地村民多种组合开发经营已10年(静态年限还有10年),各种组合经济收益已知,实践证明,该铝土矿在开发和运营时任何一方不配合都难以持续经营。本文将政府、企业、村民这三个利益相关者分别用1、2、3表示,而且这里说的政府指各级人民政府、矿山企业指铝土矿资源开发企业,当地村民指周边村庄涉矿的3000多人。

以目前收益分配情况来看,整个开采周期内中

部某铝土矿政府、企业、村民三个利益相关者收益分别为:

(1)各级政府税收为13.075亿元,同时代表政府入股的某公司30%股权分得税后采矿总利润22.5亿元的30%为6.75亿元,扣除政府支持当地村庄发展4亿元,政府实际收入15.825亿元。

(2)矿企上缴税收后,获得的实际收益为采矿总利润22.5亿元的70%即15.75亿元。

(3)村民通过征地总收入1.6亿元,同时有800人在矿企就业,可获得工资收入约3.84亿元,总计5.44亿元。

铝土矿开发中,政府、企业、村民既属于利益链上的三个相关者,同时处于合作博弈的动态过程。假设任何一方不协作、不配合均会有不同的收益结果,可能的收益情况为:

(1)假设政府不与外界更多合作,则政府没有股权收益,即政府不合作,铝土矿开发中政府收入为 $v(1)$ =税收收入(13.075亿元)-支持村庄发展(4亿元)=9.075亿元。

(2)假设矿企不与政府合作,公司单独开采收益为 $v(2)$ =税后开采总利润(22.5亿元)全部所得。

(3)当地村民不与政府、矿企合作,则村民收益为 $v(3)$ =村民征地补偿1.6亿元,不能得到企业就业岗位,获得相应就业收入,也没有政府其他经费支持。

如果政府、矿企、村民三者中,其中两者合作开发,则:

政府与矿企合作收益 $v(1 \cup 2)$ =税后开采总利润(22.5亿元)+政府税收(13.075亿元)-支持村庄发展(4亿元)=31.575亿元。

政府与居民合作收益 $v(1 \cup 3)$ =政府税收(13.075亿元)+村民征地补偿(1.6亿元)=14.675亿元。

企业与村民合作 $v(2 \cup 3)$ =税后开采总利润(22.5亿元)+村民征地补偿(1.6亿元)+工资收入(3.84亿元)=27.94亿元。

若三者愿意合作开发,则所获收益为:

$v(1 \cup 2 \cup 3)$ =税后开采总利润22.5亿元)+政府税收(13.075亿元)+村民征地补偿(1.6亿元)+工资收入(3.84亿元)=41.015亿元。

详见表1。

由表1可知,多人合作博弈中局中人1(政府)能分配到的Shapley收益值 $\varphi_1(v) = w(|S_1|)[v(S_1) - v(S_1 - \{1\})] = 3.03 + 1.51 + 2.18 + 4.36 = 11.08$ 亿元。

同理可算出局中人2(矿企)能分配到的Shapley收益值 $\varphi_2(v) = 24.42$ 亿元,局中人3(村民)能分配到的Shapley收益值 $\varphi_3(v) = 5.52$ 亿元,计算过程详见表2和表3。

可得 $\varphi_1(v) + \varphi_2(v) + \varphi_3(v) = 41.015$ 亿元,其中:

$$\varphi_1(v) \geq v(1), \varphi_2(v) \geq v(2), \varphi_3(v) \geq v(3)$$

$$\varphi_1(v) + \varphi_2(v) \geq v(1 \cup 2)$$

$$\varphi_1(v) + \varphi_3(v) \geq v(1 \cup 3)$$

$$\varphi_2(v) + \varphi_3(v) \geq v(2 \cup 3)$$

由上述表达式可知,铝土矿开发的各方采取合作,用Shapley值来分配所获得的收益要大于不合作所获得的收益。三方利益相关者在选择合作时,得到的收益最多,其Shapley收益值比各家单独干或任意两方两两合作都要高。这种分配方式的合理性和优越性在于各利益相关者所获得的收益是依据各方在合作过程中的贡献率决定的。但是,这种分配法也存在一些缺陷,它在分配时仅以利益相关者的贡献率作为分配依据,而没有考虑各合作方在合作过程中各利益相关者的责任(即各参与者与生态环境的关系)。

3.3 引入生态补偿因子的修正算法

引入生态补偿因子后,由公式(8)可算出:

表1 中部某铝土矿开发中利益相关者1(政府)的Shapley收益值

Table 1 Shapley revenue of stakeholder 1 (government) from the bauxite development in central China (亿元)

S_1	包含利益相关者1即政府的所有子集	1	1∪2	1∪3	1∪2∪3
$v(S_1)$	各子集收益	9.075	31.575	14.675	41.015
$v(S_1 - \{1\})$	各子集中除去局中人1后的收益	0	22.500	1.600	27.940
$v(S_1) - v(S_1 - \{1\})$	各子集中局中人1的收益	9.075	9.075	13.075	13.075
$ S_1 $	各子集中的元素个数	1	2	2	3
$w(S_1)$	权重	0.330	0.170	0.170	0.330
$w(S_1)[v(S_1) - v(S_1 - \{1\})]$	考虑权重后各子集中局中人1的收益	3.030	1.510	2.180	4.360

表2 中部某铝土矿开发中利益相关者2(矿企)的Shapley收益值

Table 2 Shapley revenue of stakeholder 2 (company) from the bauxite development in central China (亿元)

S_2	包含利益相关者2即矿企的所有子集	2	1∪2	2∪3	1∪2∪3
$v(S_2)$	各子集收益	22.500	31.575	27.940	41.015
$v(S_2 - \{2\})$	各子集中除去局中人2后的收益	0	9.075	1.600	14.675
$v(S_2) - v(S_2 - \{2\})$	各子集中局中人2的收益	22.500	22.500	26.340	26.340
$ S_2 $	各子集中的元素个数	1	2	2	3
$w(S_2)$	权重	0.330	0.170	0.170	0.330
$w(S_2)[v(S_2) - v(S_2 - \{2\})]$	考虑权重后各子集中局中人2的收益	7.500	3.750	4.390	8.780

表3 中部某铝土矿开发中利益相关者3(村民)的Shapley收益值

Table 3 Shapley Revenue of Stakeholder 3 (Residents) from the Bauxite Development in Central China (亿元)

S_3	包含利益相关者3即村民的所有子集	3	1∪3	2∪3	1∪2∪3
$v(S_3)$	各子集收益	1.600	14.675	27.940	41.015
$v(S_3 - \{3\})$	各子集中除去局中人3后的收益	0	9.075	22.500	31.575
$v(S_3) - v(S_3 - \{3\})$	各子集中局中人3的收益	1.600	5.600	5.440	9.440
$ S_3 $	各子集中的元素个数	1	2	2	3
$w(S_3)$	权重	0.330	0.170	0.170	0.330
$w(S_3)[v(S_3) - v(S_3 - \{3\})]$	考虑权重后各子集中局中人3的收益	0.530	0.930	0.910	3.150

2018年3月

$\Delta E_1 = -\frac{1}{24}$, $\Delta E_2 = -\frac{1}{12}$, $\Delta E_3 = \frac{1}{8}$, 于是根据修正方案公式(10)可得:

$$\varphi_1(v)' = \varphi_1(v) + \Delta v(1) = 11.08 - 41.015/24 = 9.37 \text{ 亿元}$$

$$\varphi_2(v)' = 24.42 - 41.015/12 = 21 \text{ 亿元}$$

$$\varphi_3(v)' = 5.52 + 41.015/8 = 10.65 \text{ 亿元}$$

通过引入生态补偿因子,对政府、矿山企业、矿区居民三方利益分配的 Shapley 值进行修正,考虑到铝土矿露天开采露天开采形成的采坑及堆渣场破坏了大量的土地资源,对地形地貌景观及生态环境的破坏也较大,周边居民的生产生活条件受到较大影响,理应得到更合理公正的补偿,即政府在之前 Shapley 收益值 11.08 亿元的基础上,考虑生态补偿因子后应该减为 9.37 亿元,减少 1.71 亿元;矿山企业在 Shapley 收益值 24.42 亿元的基础上,考虑生态补偿因子后应该减少为 21 亿元,减少 3.42 亿元;村民在 Shapley 收益值 5.52 亿元的基础上,考虑生态补偿因子后应该增为 10.65 亿元,增加 5.13 亿元(详见表4)。由于在分配中综合考虑了各参与者在开发中的贡献和面临生态环境破坏的威胁,因此,引入生态补偿因子对 Shapley 收益值进行修正后,政府、矿企和村民所得的收益分配是相对更加公正、合理。

表4 中部某铝土矿收益分配 Shapley 值的修正

Table 4 Modification of shapley value in distribution of bauxite in central china (亿元)

	政府	矿企	村民
不合作收益	9.075	22.500	1.600
Shapley 值	11.080	24.420	5.520
生态修正值	9.370	21.000	10.650
修正幅度	-1.710	-3.420	5.130

4 讨论

铝土矿开发的过程是各方利益博弈的过程,难题是实现各方利益均衡,找到一个各方都能接受的收益值。本文构建了铝土矿开发利益相关者博弈模型,运用 Shapley 值法优化和量化了中部某铝土矿开发中政府、矿企和村民的收益,并引入生态补偿因子进一步对 Shapley 值作了修正,得出了更加公正合理的优化量化值。

通过比较 Shapley 收益值和引入生态补偿因子

修正后的 Shapley 收益值的比较与分析,可以得知:

(1)各方收益均实现了增加。引入 Shapley 值后,政府、矿山企业、当地村民三方的收入均在原基础上有所提高,实现了利益最大化。这对于合作博弈的三方来说,是各方愿意接受的结果。可见 Shapley 值分配法对于实现各方收益最大化具有正效应,说明运用 Shapley 值法可以找到一个各利益相关者都可以接受的收益平衡点。

(2)引入了生态补偿因子,Shapley 收益值经过修正后具有明显的优越性:一方面,参与者的贡献与获得的收益成正比,这种分配策略可以对参与者的积极性、合作团体的稳定性起到了一定的激励作用;另一方面,通过分析铝土矿产资源开发中收益分配存在的生态补偿问题,用此模型可以提供合理的解决方案。

(3)各方利益与贡献匹配更合理。引入生态补偿因子对 Shapley 值进行修正,政府和矿山企业的收入略有下降,而当地村民的收益有了明显提升,正好反映了在铝土矿开发中处于弱勢的村民面临地质灾害、环境污染、收入减少等威胁,理应得到更多的补偿,这也说明引入生态补偿因子对 Shapley 值进行修正更合乎矿产开发收益分配的现实,其修正结果也是各方愿意接受的。

总体来看,Shapley 值及其修正模型的计算结果较为合理。可见,Shapley 值法是解决矿产资源开发中收益分配问题的一个有效方法。引入生态补偿因子对 Shapley 值进行修正虽然会对各利益相关者的收益造成不同影响,但受益者的收益减少幅度较小,受损者的收益增加较多,结果是各方都可以接受的。

5 结论与启示

随着绿色发展理念的深入人心和资源性产品价格改革的不断推进,如何协调平衡矿产资源开发中的各方利益,建立政府、企业和矿区居民共同参与收益分配的机制,是新常态下中国经济社会发展面临的巨大挑战,也是实现矿区可持续发展的关键。建立在严格公理框架下的 Shapley 值模型,在解决收益分配问题时具有公平、合理的优点。本文以绿色发展理念为指导,运用 Shapley 值法研究矿产资源开发收益分配问题,并引入了生态补偿因子

对 Shapley 值进行修正,既体现了参与者的贡献与收益成正比的原则,也考虑了各方利益受损情况下的补偿问题。

从中国生态补偿政策的变化来看,政策的重点一直是生态环境的修复,补偿客体是遭到破坏的矿山生态环境,而不是补偿给特定的群体。无论是一开始征收生态补偿费,还是之后的矿山生态环境恢复与治理保证金制度,抑或是后来一些地区如山西省征收的可持续发展基金等措施,都是针对解决矿产资源开发利用造成的环境污染或生态破坏而提出的。对于环境污染和生态破坏引发的对矿山周边居民生产生活造成的负面影响和损失,并没有专门的针对性政策或措施。引入“生态补偿因子”对矿产资源收益分配再优化的解,既符合“谁投资、谁受益”的原则,又坚持了“谁污染、谁付费,谁受益、谁补偿”的原则,对矿产资源开发的各利益相关方来说,也是都可以接受的结果。因此,可以说,“引入生态补偿因子”的 Shapley 值修正算法能够为矿产资源开发收益分配问题提供一个各方都能接受、较为合理的解决方案。

参考文献(References):

- [1] Hilson G, Murck B. Sustainable development in the mining industry: clarifying the corporate perspective[J]. *Resources Policy*, 2000, 26(4): 227-238.
- [2] Howitt R. Rethinking Resource Management: Justice, Sustainability and Indigenous People[M]. London: Routledge, 2001.
- [3] Cheney R L H, Solomon F. People, Power and Participation: A Study of Mining-Community Relationships[R]. MMSD Research Paper, 2002.
- [4] Slavko Š V, Shields D J, Langer H W. Important features of sustainable aggregate resource management[J]. *Geologija*, 2004, 47(1): 99-108.
- [5] Neate G. Agreement Making and the Native Title Act[A]. Langton M, Mazel O, Palmer L, et al. Honour Among Nations? Treaties and Agreements with Indigenous Peoples[M]. Melbourne: Melbourne University Press, 2004.
- [6] Kemp D L. Between a Rock and a Hard Place: Community Relations Work in the Minerals Industry[D]. Brisbane: University of Queensland, 2005
- [7] Crooke P, Harvey B, Langton M. Implementing and Monitoring Indigenous Land Use Agreements in the Minerals Industry: An Australian Case Study: The Western Cape Communities Co-Existence Agreement[A]. Langton M, Mazel O, Palmer L, Shain K, et al. Settling with Indigenous People: Case Studies in Land Use Agreement Making in Australia, Canada and New Zealand[M]. Annandale: Federation Press, 2006.
- [8] Segal P. Resource rents, redistribution, and halving global poverty: resource dividend[J]. *Oxford Institute Planning*, 1998, 21(2):201-210.
- [9] Segal P. How to spend it: resource wealth and the distribution of resource rents[J]. *Energy Policy*, 2012, (51):340-348.
- [10] Mutti D, Yakovleva N, Vazquez-Brust D, et al. Corporate social responsibility in the mining industry: perspectives from stakeholder groups in Argentina [J]. *Resources Policy*, 2016, 37(2):212-222.
- [11] 姚华军, 丁锋, 李新玉. 浅议我国国土资源利益分配问题[J]. 中国地质矿产经济, 2000, 13(4):21-25.[Yao H J, Ding F, Li X Y. Discussion on the distribution of benefits of land and resources in China[J]. *China Geology & Mining Economics*, 2000, 13(4):21-25.]
- [12] 江福秀. 关于建立和完善矿产资源收益分配制度的研究[J]. 南方国土资源, 2007, (1):19-22.[Jiang F X. Research on establishing and perfecting the income distribution system of mineral resources [J]. *South Land Resource*, 2007, (1):19-22.]
- [13] 景普秋. 基于矿产开发特殊性的收益分配机制研究[J]. 中国工业经济, 2010, (9):15-25.[Jing P Q. A study on revenue distribution mechanism of mine exploitation based on particularities[J]. *China Industrial Economics*, 2010, (9):15-25.]
- [14] 张复明. 资源型区域面临的发展难题及其破解思路[J]. 中国软科学, 2011, (6): 1-9.[Zhang F M. Development dilemma and its solution in resource-based regions[J]. *China Soft Science*, 2011, (6):1-9.]
- [15] 刘春学, 李连举, 李春雪. 浅析矿产资源开发中的利益分配博弈[J]. 技术经济与管理研究, 2013, (5):20-24.[Liu C X, Li L J, Li C X. Analysis on the benefit distribution of mineral resources exploitation based on the game theory[J]. *Techno-economics & Management Research*, 2013, (5):20-24.]
- [16] 孙永平, 徐恒宇, 汪博. 资源开发对要素收入分配的影响研究[J]. 经济评论, 2016, (4):63-74.[Sun Y P, Xu H Y, Wang B. Resources exploitation, factor income distribution and sustainable development[J]. *Economic Review*, 2016, (4): 63-74.]
- [17] 宋丽颖, 王琰. 公平视角下矿产资源开采收益分享制度研究[J]. 中国人口·资源环境, 2016, 26(2):70-76.[Song L Y, Wang Y. Study on profit-share of mineral resources mining from the perspective of fairness[J]. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 2016, 26(2): 70-76.]
- [18] 王承武, 王志强, 马瑛, 等. 矿产资源开发中的利益分配冲突与协调研究[J]. 资源开发与市场, 2017, 33(2):184-187. [Wang C W, Wang Z Q, Ma Y, et al. Research on interests sharing conflict in the process of mineral resource development[J]. *Resource Development & Market*, 2017, 33(2):184-187.]
- [19] 朱晓. 我国矿产资源开发中的利益相关者研究[J]. 商业经济, 2017, (9):99-101.[Zhu X. Research on stakeholders in exploitation of mineral resources in China[J]. *Business Economy*, 2017, (9): 99-101.]
- [20] 尹国平, 陈甲斌, 任忠宝. 我国矿产资源勘查开发收益分配机制探析[J]. 中国国土资源经济, 2017, 30(9):25-29. [Yin G P, Chen J B, Ren Z B. Analysis on the income distribution mechanism of mineral resources exploration in China[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2017, 30(9):25-29.]

- [21] 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, (3):1-5.[Cheng Q, Zhang X. Research of eco-compensation for mineral resources exploitation and the benefit game between parties[J]. *Mineral R&D*, 2014, (3): 1-5.]
- [22] 杨从明, 朱海彬, 任晓东. 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.[Yang C M, Zhu H B, Ren X D. A profit distribution for the stakeholders involved in mineral resource development based on Shapley value[J]. *Earth and Environment*, 2014, 42(3): 424-429.]
- [23] 吕波. 矿产资源开发利用策略及保障体系研究[D]. 北京:中国矿业大学, 2017.[Lv B. The Study on Mineral Resources Development and Utilization Strategy and Guarantee System [D]. Beijing: China University of Mining & Technology, 2017.]
- [24] Shapley L S. A Value for N-Person Games[A]. Kuhn H W, Tucker A W. Contributions to the Theory of Games[M]. Princeton: Princeton University Press, 1953.
- [25] 黄群慧, 杨丹辉. 破除资源诅咒-山西省资源型与非资源型产业均衡发展机制研究[M]. 北京:经济管理出版社, 2015.[Huang Q H, Yang D H. Eliminate the Curse of Resources—a Study on the Balanced Development Mechanism of Resource-based and Non-resource-based Industries in Shanxi Province[M]. Beijing: Economy & Management Publishing House, 2015.]

Reasonable revenue distribution mechanism of mineral resource development based on modified shapley values

ZHANG Yanfang

(Institute of Industrial Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100836, China)

Abstract: The development and utilization of mineral resources have promoted economic development in China and caused tremendous damage to the ecological environment. The issue of ecological compensation should be considered in the construction of revenue distribution mechanisms during mineral resource development. It analyzed stakeholders' game behavior during mineral resource development through case studies and applied the classic model of cooperative game - Shapley value on revenues distribution of mineral resources development. By introducing an ecological compensation factor, the Shapley values are modified and optimized. According to the Shapley value, the revenues of the three stakeholders (government, company and local residents) have increased. The ecological compensation factor was introduced to modify the Shapley value, after that the revenues of the government and the company declined slightly while the income of local residents improved significantly, reflecting the fact that residents in the bauxite development who are facing geological disasters, environmental pollution, revenue reduction and other threats deserve greater compensation. The introduction of an ecological compensation factor to optimize revenue distribution during mineral resource development is not only in line with the principle of 'he who makes investment gets benefit', but also 'the polluter pays and the beneficiary compensates'. The equilibrium solution is also an acceptable outcome for all stakeholders involved in bauxite development. The Shapley value method has strong practical significance for the establishment of a more reasonable mechanism of allocating revenue from mineral resources development, achieving the best social and economic benefits and minimizing impacts on the ecological environment.

Key words: mineral resource; revenue distribution; shapley value; ecological compensation factor