

# 矿产资源开发生态补偿文献综述及实践进展

李国志, 张景然

(山东理工大学经济学院, 淄博 255012)

**摘要:** 矿产资源开发会造成严重的环境污染和生态破坏, 影响矿区经济增长和居民生活, 为了消除这种负外部性, 必须给予相应的补偿。在概念界定的基础上, 对矿产资源开发生态补偿的理论文献进行系统梳理, 并对国内外实践进行总结。分析发现: 现有研究在内容上尚存在一些不足之处, 包括生态补偿契约设计问题、补偿资金分摊问题、差异化补偿标准问题、不同补偿模式交易成本测度及临界点问题等。这些问题是未来值得进一步深入研究的学术问题。我国矿产资源开发生态补偿起步较晚, 在实践中暴露出一些问题, 包括制度建设和监管体系等。相比较而言, 美国、德国、英国等国家经过长期的实践, 在法律体系建设、不同矿区分类补偿、进入和退出机制、资金保障制度、监管机制构建等方面具有丰富的经验, 取得了非常好的效果。借鉴其他国家的先进经验, 可以从几方面完善我国矿产资源开发生态补偿机制, 包括健全法律法规体系、完善保证金制度、健全生态补偿税费制度、建立健全监管体系等。

**关键词:** 矿产资源开发; 生态补偿; 文献综述; 实践进展; 政策建议

矿产资源开发是我国经济快速增长的重要驱动因素。根据自然资源部公布的数据, 到2017年底, 我国矿山开发共占地362万 $\text{hm}^2$ , 其中废弃矿山230万 $\text{hm}^2$ , 新建(或正在开发)矿山132万 $\text{hm}^2$ 。大范围的矿山开发, 一方面对矿产资源的可持续利用带来了严峻的挑战, 另一方面也造成严重的生态破坏和环境污染, 极大影响了矿区居民生活质量<sup>[1]</sup>。近年来, 随着人们对良好生态环境需求的攀升, 我国加大了对矿区环境的治理力度。自然资源部公布的数据显示, 到2017年底, 我国各级财政用于矿山环境治理的支出累计超过1000亿元, 累计修复矿区土地92万 $\text{hm}^2$ , 矿山修复率为28.75%。虽然矿山地质环境治理取得了巨大成效, 但必须正视的是, 尚有超过70%的矿山环境未得到有效修复。加上采矿引发的山体崩塌、地表塌陷、水资源枯竭, 以及因采矿、选矿产生的大量固体废弃物, 使矿区生态系统遭受严重破坏。

由于不同地区实施情况差异很大, 以及相关利益群体之间关系错综复杂等原因, 矿产资源开发生态补偿是我国生态补偿体系中比较困难和复杂的部分。党的十九大报告和十九届四中全会均明确指出要健全生态保护和修复制度。因此, 对矿产资源开发生态补偿问题进行研究, 具有重要的意义。本文在概念界定的基础上, 从补偿主体、受偿主体、补偿标准、补偿模式、补偿效应等角度对现有文献进行系统梳理, 以及对国内外矿产资源开发生态补偿实践进展进行总结, 并据此提出一些值得进一步研究的理论问题, 以为矿产资源开发生态补偿学术研究和政策制定提供理论依据和决策参考。

收稿日期: 2019-06-20; 修订日期: 2019-12-02

基金项目: 国家社会科学基金项目(15AJY004); 山东省自然科学基金项目(ZR2019MG024)

作者简介: 李国志(1979-), 男, 江西抚州人, 博士, 教授, 主要从事生态经济和区域经济研究。

E-mail: ligz@sdut.edu.cn

## 1 矿产资源开发生态补偿的内涵

关于生态补偿的内涵,目前学术界定义可概括为三类:其一是指单纯的自然生态补偿,即自然生态系统自身的修复能力<sup>[2]</sup>;其二是指人类对生态系统的补偿,目的是修复受损生态系统或再造具有相似功能的生态系统<sup>[3]</sup>;其三是泛指修复生态系统的经济手段<sup>[4]</sup>。

关于矿产资源开发生态补偿的内涵,国内部分文献进行了界定,但在补偿范围、补偿主体、受偿主体等方面的表述存在一定差异。如补偿范围的界定,张智玲等<sup>[5]</sup>认为矿产资源生态补偿费应包括资源补偿、环境污染和生态破坏等损失;康新立等<sup>[6]</sup>则认为不应包括资源补偿费;高彩玲等<sup>[7]</sup>认为补偿范围是矿区生态系统的破坏和矿区居民的损失,而环境污染损失不应包括在内;落志筠<sup>[8]</sup>则认为应包括环境修复费用(包括新产生的和历史遗留的环境问题)。关于补偿主体和受偿主体,孟立贤<sup>[9]</sup>认为是矿山企业对国家、矿区居民、后代的补偿,以及受益区域对矿区的补偿;王世进等<sup>[10]</sup>认为是政府和企业对受损者的补偿;曹明德<sup>[11]</sup>认为是国家对受损者的补偿,补偿资金来源于向矿山企业征收的相关费用;孙前路等<sup>[12]</sup>则认为是政府—企业—居民之间利益关系的协调机制。

可以发现,现有研究对矿产资源开发生态补偿的内涵界定在本质上并无明显不同,即矿产资源开发利用的受益方对受损者给予一定的补偿,只是在对补偿范围、补偿主体、受偿主体等方面的具体表述略有差异。总体而言,现有研究在界定矿产资源开发生态补偿内涵时,存在两方面问题,一是对补偿主体、受偿主体界定尚不完全准确,二是对生态补偿付费的法律强制性缺乏表述。本文认为补偿主体即为矿产资源开发利用的受益者,包括各级政府和矿业企业。受偿主体可界定为矿区居民、矿业城市(针对区际补偿)和生态系统(针对生态修复)。同时,为了避免生态补偿过程中可能出现“搭便车”等问题,需要法律的强制规定。基于上述,本文认为矿产资源开发生态补偿概念可界定为:因矿产资源开发利用造成生态破坏以及矿区居民和矿业城市利益受损,依据相关法律法规,政府和矿业企业对生态系统、矿区居民以及矿业城市给予一定的补偿和赔偿。

## 2 矿产资源开发生态补偿文献梳理

### 2.1 补偿主体与受偿主体

根据前文的概念界定,补偿主体包括政府和矿山企业。就政府而言,一方面,其是矿产资源开发的直接受益者,另一方面,有很多废弃的矿山,责任主体可能已经变更甚至不复存在,需要一个能够代表区域公共利益的特定机构来履行监管和补偿职责,因此政府是责无旁贷的补偿主体<sup>[13,14]</sup>。就矿山企业而言,其既是生态环境的直接破坏者,又从中获得丰厚利润,毫无疑问应承担补偿责任,确保受损生态环境能恢复到开发前的状态<sup>[6]</sup>。

此外,有学者认为在确定补偿主体时,应针对不同矿山区别对待。对于废弃矿山,若受益者存在,可直接由受益者来对废弃矿山进行整治和复绿,若受益者不明确则由政府负责;对新建(或正在开采)的矿山,企业承担补偿责任<sup>[15]</sup>。巩芳等<sup>[16]</sup>提出分阶段补偿思路:开发前,政府作为主体实施预防性补偿;开发中,矿山企业作为主体实施即时性补偿;开发后,政府、企业和受益区域共同作为主体实施修复性补偿。还有学者认为,矿区居民将从矿区生态治理中受益,因此也应参与到矿区的环境修复中<sup>[17]</sup>。当然,除了上述主体外,任何有补偿倾向的社会个人和团体均有可能成为矿产资源开发的补偿

主体<sup>[18]</sup>。

关于受偿主体，学者们观点比较一致，认为应包括矿区居民、环境治理者及矿业城市三部分<sup>[19]</sup>。如鄂施璇等<sup>[20]</sup>以黑龙江省东山煤矿为例，认为矿粮复合区的受偿主体主要应包括高标准基本农田建设区和丧失发展机会且生命健康受损的矿区居民。也有学者认为资源所在地政府也是生态受损者，应该得到补偿<sup>[21]</sup>。

矿产资源开发生态补偿涉及众多利益相关者，各利益主体之间既有竞争又有合作，关系错综复杂，现有文献多利用博弈论工具对各利益主体的关系进行分析。如贾舒娴等<sup>[22]</sup>对中央与地方政府、政府与企业、企业与居民之间的关系进行演化博弈分析。蔡绍洪等<sup>[23]</sup>认为，由于利益分歧存在，加上委托代理关系中的逆向选择和道德风险等原因，单独依靠企业和居民来解决生态问题会出现博弈困境，须政府部门进行协调。研究发现，政府监管对企业的生态补偿行为具有重要影响，而管制成本、处罚力度等与企业的违规概率密切相关<sup>[24]</sup>。虽然国家出台了很多相关法律法规，要求矿业企业必须承担复垦责任并缴纳保证金<sup>[25]</sup>，但在现实中，由于“经济人”特点，地方政府和企业之间可能实施共谋行为<sup>[26]</sup>。并且地方政府在执行中央生态补偿政策时，由于存在侥幸心理而“打折扣”的现象时有发生，中央政府要强化监督，以避免地方政府的道德风险<sup>[27,28]</sup>。还有学者认为除加大监管力度外，环境信息披露也是影响矿山企业生产行为的重要措施<sup>[29]</sup>。

2.2 矿产资源开发生态补偿标准

补偿标准确定是生态补偿的首要问题。本文参考文琦<sup>[30]</sup>的研究，对常见的生态补偿标准测算方法进行总结（表1）：

表1 生态补偿标准测算方法  
Table 1 Calculation method of ecological compensation standard

测算方法	测算公式	符号含义
市场价值法	$L = \sum_{i=1}^n P_i \times R_i$	$L$ 为生态系统价值(元); $R_i$ 为第 $i$ 种生态产品数量( $\text{hm}^2$ ); $P_i$ 为第 $i$ 种生态产品的价格(元/ $\text{hm}^2$ ); $i$ 为生态产品类型
机会成本法	$L = \sum S_i \times W_i$	$L$ 为生态资源破坏的机会成本(元); $S_i$ 为第 $i$ 种生态资源的市场收益(元/ $\text{hm}^2$ ); $W_i$ 为第 $i$ 种生态资源破坏量( $\text{hm}^2$ )
修复费用法	$V = x_1 + x_2$	$V$ 表示生态系统修复总费用(元); $x_1$ 为可再生系统的治理费用(元); $x_2$ 为不可再生系统的损失(元)
影子工程法	$V = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$	$V$ 为生态系统价值(元); $x_1, x_2, \dots, x_n$ 为生态系统再造中各具体工程的建设成本(元)
资产价值法	$B = \sum_{i=1}^n a_i(Q_1 - Q_2)$	$B$ 为生态建设价值(元); $a_i$ 为第 $i$ 个受益主体的单位支付意愿(元/ $\text{hm}^2$ ); $Q_1, Q_2$ 为生态建设前后的生态资产数量( $\text{hm}^2$ )
人力资本法	$V_i = \sum_{t=1}^n \frac{x_1^t \times x_2^t \times x_3^t}{(1+r)^{n-t}} Y_n$	$i$ 为年龄(岁); $n$ 为工作时间(年); $x_1^t$ 为预期收入(元); $x_2^t$ 为预期寿命(年); $x_3^t$ 为有劳动能力的概率; $r$ 为利率; $Y_n$ 为工作概率

矿产资源开发生态补偿费用主要体现在生态系统受损价值、矿区居民受损和矿区环境治理成本等方面<sup>[31]</sup>。矿产资源开发会对生态系统造成严重破坏，因此可以通过核算出生态系统受损价值来作为补偿标准<sup>[32]</sup>。矿产资源开发导致的生态环境价值损失主要包括：（1）生物丰度价值量损失，包括生物多样性和生境质量损失（主要指森林、草地、水域、耕地等在涵养水源、固碳释氧等功能的损失）；（2）植被覆盖价值量损失，主要指由于植被破坏导致的药材、果品、畜产品等产量下降的价值量损失，通常利用市场价格法估算；（3）水网密度价值量损失，主要指由于水域破坏引起的水产品生产、灌溉、航

运、发电等价值量损失；(4) 污染负荷价值量损失，主要根据矿区大气、水和固体废弃物污染治理成本进行核算；(5) 土地胁迫价值量损失，主要指矿区土壤受侵蚀而导致的氮、磷、钾等营养元素的损失；(6) 能源可持续度价值量损失，主要根据矿区生产的能源足迹进行核算。上述各项生态环境价值损失的具体计算公式见表2。

也有一些学者通过其他方法来核算生态环境价值损失。如刘文婧等<sup>[33]</sup>利用能值分析法核算直接、间接环境损失，并构建了生态补偿指数；李钢等<sup>[34]</sup>、彭秀丽等<sup>[35]</sup>分别利用模糊评价法和综合损失补偿法，对典型矿区生态补偿标准进行实证研究。

此外，成本法在矿产资源开发生态补偿标准测算中得到广泛应用。如黎元生等<sup>[15]</sup>认为可根据重置成本确定保证金金额；阮利民等<sup>[36]</sup>认为生态补偿标准应等于矿产资源开发的机会成本；考虑到资金使用价值，利用成本法测算补偿标准时，折现率和开采年限是两个重要参数<sup>[37]</sup>，另外不同的企业关闭方案也会对复垦效率和复垦成本产生影响<sup>[38]</sup>，还有学者提出对企业成本进行考核时要考虑矿产资源开发的外部性问题<sup>[39]</sup>。还有部分学者通过构建指标体系来对矿产资源生态补偿标准进行测算，如康新立等<sup>[6]</sup>从防护支出、生态损失和修复成本三个维度构建指标体系；张思锋等<sup>[40]</sup>则从生物补偿和环境补偿两个维度构建。

当然，在实践中确定补偿标准时，既要考虑到上述损失（成本），也要考虑矿产资源所在区域的经济发展水平，以及补偿主体的经济承受能力。由于矿产开发导致的生态破坏种类较多，不同种破坏损失和治理成本差异较大，因此要精确确定生态补偿标准难度较大。但从理论上讲，其补偿标准应不低于治理成本<sup>[41]</sup>。

从矿产资源开发生态补偿标准测算结果看，不同文献差异较大。如程琳琳等<sup>[42]</sup>认为生态补偿标准应为吨矿售价的1%以下，而姚文英<sup>[43]</sup>则认为补偿标准范围区间为煤炭开采企业销售收入的8%~13%。还有学者认为针对不同矿产、不同区域的补偿标准应有所差异<sup>[44]</sup>。

### 2.3 矿产资源开发生态补偿模式

#### (1) 政府补偿模式

生态环境是典型的公共物品，政府在生态补偿体系构建中具有不可推卸的责任。矿业税费是世界上大多数国家解决矿产资源开发生态环境破坏问题的重要政策<sup>[45]</sup>，通过征收矿产资源税、生态补偿费等手段，政府能有效筹集生态补偿资金。燕守广等<sup>[46]</sup>认为矿产地质环境治理恢复保证金有助于激发企业的环境创新积极性。还有研究发现通过转移支付和排污税等手段，可有效推动两个区域联手治污，解决矿产资源开发导致的跨区域环境污染问题<sup>[47]</sup>，也有人提出可强制采矿企业引进清洁技术<sup>[48]</sup>。当然，矿产资源开发生态补偿需要大量资金，完全靠政府财政预算支出压力较大，必须拓宽筹资渠道，如生态基金、生态彩票等，同时积极吸收社会资金（如NGO、捐赠等）<sup>[49]</sup>。除了以经济为手段的政策外，行业规制、重点工程生产许可证制度等非经济手段的政策也是生态补偿政策重要的构成，如Hilson等<sup>[50]</sup>认为实施环境管理体系可有效降低矿业企业经营成本和提高工作效率。

#### (2) 市场补偿模式

随着市场进程加快，市场主体及非政府组织在生态环境领域的影响日益凸显，通过市场机制解决环境负外部性问题成为必然趋势<sup>[51,52]</sup>。产生环境负外部性的根本原因在于产



表2 矿产资源开发导致生态系统服务价值损失计算公式

Table 2 Calculation formula of ecosystem service value loss caused by mineral resources development

生态系统服务损失种类		计算公式	含义
生物丰度价值量损失	生物多样性价值	$S_b \times v_b$	$S_b$ 为受损的生境土壤面积( $\text{hm}^2$ ); $v_b$ 为单位面积物种保育价值量(元/ $\text{hm}^2$ )
森林生态功能价值量损失	涵养水源功能	$Q_f \times \sum_{i=1}^3 (r_i \times P_i)$	$Q_f$ 为减少的森林涵养水量( $\text{m}^3$ ); $r_i$ 、 $P_i$ 分别为工业、农业和生活用水的比例(%)和单价(元/ $\text{m}^3$ )
	抗洪减灾功能	$Q_f \times P_{sk}$	$P_{sk}$ 为水库单位库容造价(元/ $\text{m}^3$ )
	固碳释氧功能	$1.63 \times S_f \times C_c \times \omega_c \times B_f + 1.19 \times S_f \times C_o \times B_f$	$S_f$ 为受损害森林面积( $\text{hm}^2$ ); $B_f$ 为森林净初级生产力( $\text{t}/\text{hm}^2$ ); $C_c$ 、 $C_o$ 分别为固碳和制氧价格(元/t); $\omega_c$ 为 $\text{CO}_2$ 的碳质量分数
	环境净化功能	$\sum D_i \times C_i \times S_f$	$D_i$ 、 $C_i$ 分别为对不同有害气体的净化能力( $\text{t}/\text{hm}^2$ )和净化成本(元/t)
	草地生态功能价值量损失	涵养水源功能 $Q_g \times \sum_{i=1}^3 (r_i \times P_i)$	$Q_g$ 为减少的草地涵养水量( $\text{m}^3$ )
		抗洪减灾功能 $Q_g \times P_{sk}$	$Q_g$ 为减少的草地涵养水量( $\text{m}^3$ )
		固碳供氧功能 $1.63 \times S_g \times C_c \times \omega_c \times B_g + 1.19 \times S_g \times C_o \times B_g$	$S_g$ 为受损害草地面积( $\text{hm}^2$ ); $B_g$ 为草地净初级生产力( $\text{t}/\text{hm}^2$ )
	农田生态系统价值量损失	土壤保持 $A \times S_n \times C_a$	$A$ 为农作物种植厚度(cm); $S_n$ 为受损农作物面积( $\text{hm}^2$ ); $C_a$ 为单位体积水土流失损失均值(元/ $\text{m}^3$ )
		固碳供氧 $1.63 \times S_n \times C_c \times \omega_c \times B_n + 1.19 \times S_n \times C_o \times B_n$	$B_n$ 为农作物净初级生产力( $\text{t}/\text{hm}^2$ )
	水域湿地价值量损失	水质净化 $S_w \times Q_w \times C_w$	$S_w$ 为受损水域湿地面积( $\text{hm}^2$ ); $Q_w$ 为水域湿地污水净化能力( $\text{t}/\text{hm}^2$ ); $C_w$ 为污水处理成本(元/t)
		水源涵养 $\sum Q_{wh} \times C_{wh}$	$Q_{wh}$ 为水域湿地水体资源量( $\text{m}^3$ ); $C_{wh}$ 为单位库容成本(元/ $\text{m}^3$ )
植被覆盖价值量损失		$\sum S_{zi} \times M_i \times P_i + \sum D_j \times P_j$	$S_{zi}$ 、 $M_i$ 、 $P_i$ 分别为第 $i$ 类植被受损面积( $\text{hm}^2$ )、单位产量( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ )及市场价格(元/ $\text{m}^3$ ); $D_j$ 、 $P_j$ 分别为畜产品减少量(头)和市场价格(元/头)
水网密度价值量损失	水产品生产价值	$\sum Q_{wnpi} \times P_{wnpi}$	$Q_{wnpi}$ 、 $P_{wnpi}$ 分别为第 $i$ 类水产品产量减少量(kg)和市场价格(元/kg)
	灌溉功能价值	$Q_{wng} \times P_{wng}$	$Q_{wng}$ 、 $P_{wng}$ 分别为灌溉水减少量( $\text{m}^3$ )和农业灌溉用水价格(元/ $\text{m}^3$ )
	航运功能价值	$Q_{wnh} \times P_{wnh}$	$Q_{wnh}$ 、 $P_{wnh}$ 分别为货运减少量( $\text{t} \cdot \text{km}$ )和货运的单位价格 [元/( $\text{t} \cdot \text{km}$ )]
	水力发电量价值	$Q_{wnd} \times P_{wnd}$	$Q_{wnd}$ 、 $P_{wnd}$ 分别为发电量减少量( $\text{kW} \cdot \text{h}$ )和电力单位价格 [元/( $\text{kW} \cdot \text{h}$ )]
	旅游娱乐价值	$Q_{wny} \times P_{wny}$	$Q_{wny}$ 、 $P_{wny}$ 分别为旅游人数减少量(人)和旅游者平均支付意愿(元/人)
污染负荷价值量损失	大气污染治理	$\sum Q_{pai} \times P_{pai}$	$Q_{pai}$ 、 $P_{pai}$ 分别为第 $i$ 种大气污染源的排放量(t)及单位治理成本(元/t)
	水污染治理	$\sum Q_{pwi} \times P_{pwi}$	$Q_{pwi}$ 、 $P_{pwi}$ 分别为第 $i$ 种水污染源的排放量(t)及单位治理成本(元/t)
	固体废弃物治污	$\sum Q_{pgi} \times P_{pgi}$	$Q_{pgi}$ 、 $P_{pgi}$ 分别为第 $i$ 种固体废弃物污染源的排放量(t)及单位治理成本(元/t)
土地胁迫价值量损失		$\sum_{i=1}^3 Q_i \times r_i \times P_c \times a_i$	$Q_i$ 为受侵蚀的土壤量(t); $r_i$ 为土壤中N、P、K平均含量(%); $P_c$ 为磷肥或钾肥的价格(元/t); $a_i$ 为单位N、P、K分别所需的肥料量
能源可持续度价值量损失		$EF \times P_l$	$EF$ 为矿区能源足迹变化量( $\text{hm}^2$ ); $P_l$ 为矿区土地单位面积价值(元/ $\text{hm}^2$ )

权不明晰,因此可以通过产权交易来消除负外部性<sup>[53]</sup>。具体措施方面,包括排污指标有偿分配及排污权交易制度、探(采)矿权的市场挂牌制度、土地使用与环境修复捆绑制度等<sup>[54]</sup>。此外,还有学者认为要完善矿产资源定价机制,在矿产资源价格中充分考虑生态补偿费用,使矿产资源价格体系具有较强的可持续性<sup>[55]</sup>。

实践中,由于矿产资源生态补偿范围涉及甚广,矿产资源开发对生态环境的破坏程度不同,且新老矿区的补偿主体也存在较大差异,因此往往将市场补偿与政府补偿结合起来更加有效。李斯佳等<sup>[56]</sup>根据我国矿产资源开发生态补偿实践,梳理出5种典型的补偿模式并进行优缺点比较(表3)。

表3 我国矿产资源开发生态补偿典型模式

Table 3 Typical model of ecological compensation for mineral resources exploitation in China

模式	典型区域	运作机制	优缺点
企业出资、企业补偿	山西平朔矿区、黑岱沟露天矿	企业投入生态补偿资金并实施生态补偿	减轻了政府的财政负担,但企业首先考虑自身经济利益
企业出资、地方政府组织补偿	甘肃、陕西的部分矿区	企业按规定的比例征收金额形成补偿资金,交给政府统一安排	减少了政府的财政负担,但资金利用监管不够,使用效率不高
企业与地方政府联合补偿	淮北矿区采煤塌陷区	采矿企业与地方政府共同投入生态补偿资源,联合实施生态补偿	减少了政府的财政负担,但没有强有力的法律保障
国家出资、政府组织补偿	阜新矿区	国家投入生态补偿资本,地方政府计划实行生态补偿	法制性、强制性,有计划有组织但缺乏区域针对性
招商引资补偿	淮北矿区采煤塌陷区	市场化运作招商引资投入生态补偿资源,政府组织实行生态补偿	减轻了政府的财政负担,以公共利益为出发点

在具体补偿手段方面,可选择货币、政策、实物和技术补偿等多种手段及其组合。其中,货币补偿方便灵活,是生态补偿实践中最常见的一种形式,也最受受访者青睐,但要避免补偿资金被挪用<sup>[38]</sup>。研究发现,多元化的生态补偿方式可以提高不同人群参与生态补偿的积极性<sup>[57]</sup>。如有学者提出,对于直接受损者,可选择货币补偿,而对于生态系统破坏,则可选择环境修复和生态系统再造等补偿方式<sup>[58]</sup>。还有学者提出生态补偿与精准扶贫相结合的补偿思路<sup>[59]</sup>,如将废弃矿区进行功能再造变成旅游景点。

2.4 矿产资源开发生态补偿效应

生态补偿是人类对遭受破坏的自然环境进行修复的重要手段。研究发现,生态补偿能有效改善小型哺乳动物的栖息地环境,很多受补偿区域已经成为小型哺乳动物的避难所,这直接促进了生物多样性的恢复<sup>[60,61]</sup>。Parch等<sup>[62]</sup>也得出类似结论,认为如果矿区资金得到持续性保障,矿区也将成为濒危物种新的栖息地。矿产资源开发过程不可避免会出现负外部性,而通过复垦保证金、环境税等手段征收生态补偿资金,能有效修复矿区生态环境。如Victor等<sup>[63]</sup>认为乌克兰通过生态重建,大大改善了矿区生态环境,同时促进国家经济稳定增长;Meng<sup>[64]</sup>发现将资金用于对放射性尾矿进行保护能有效修复生态环境。但是也有学者持反对意见,如Rutledge等<sup>[65]</sup>认为矿产资源开发生态补偿政策的生态效应并不显著,Eric等<sup>[66]</sup>认为矿产资源开发生态补偿只能在有限的空间内改善环境。除了环境效应外,生态补偿政策的实施还会对区域经济和农民收入产生一定的经济效应,且这种效应具有一定的异质性特征<sup>[67]</sup>。如陈军<sup>[68]</sup>认为矿产资源开发保证金制度对经济的影响呈现“U”型趋势,即保证金制度实施初期会对经济有抑制作用,随着制度的完善,保证金制度将促进经济增长。

3 矿产资源开发生态补偿实践进展

3.1 国外实践

早在1910—1920年，美国和德国就有矿山企业自发通过复垦种树来修复废弃土地。1920年，美国颁布《矿山租赁法》，明确规定了矿山生态修复的要求。1940—1950年，英国通过相关法律和经济政策（如复育基金）来修复废弃矿区的生态环境。此后，西方国家纷纷制定（完善）本国的矿区土地复垦制度，这些制度进一步明确了废弃矿区和新建矿区环境修复的主客体的职责和义务、修复措施和生态补偿金额等内容。到20世纪90年代初，美国、德国等国的废弃矿山复垦绿化已超过了50%。20世纪90年代至21世纪初，以日本为代表的发达国家纷纷对环境法规和环境政策进行系统完善<sup>[69]</sup>。

（1）美国的矿产资源开发生态补偿实践

其一，矿区开采（复垦）许可证制度。美国《复垦法》规定，企业从事矿产开发必须得到政府许可。对于复垦信誉较好的企业，发证机关将优先审批通过；而对于存在违规行为的企业，发证机关可以终止开采许可<sup>[70]</sup>。同时，企业还必须取得复垦许可证，否则仍不能从事矿业开发。此外，矿业主还必须执行相关的环境治理政策，如环境审计、环境技术管制、环境责任保险制度等。

其二，恢复治理（复垦）基金制度。美国对不同矿区进行分类管理：以《复垦法》颁布时间为界，新产生的环境问题由企业负责修复，而已经存在的废弃矿区则由政府负责修复。到2007年，美国20%以上的废弃矿区得到复垦，而1977年后出现的土地破坏，有85%以上复垦成功，复垦后土地基本恢复原有自然条件。

其三，恢复治理（复垦）保证金制度。保证金标准为5年破坏的土地修复费用，根据矿山种类、矿山地质状况等有所差异（每公顷1500~4000美元不等）。当企业未按要求完成土地复垦时，保证金将被政府用于委托第三方复垦<sup>[71]</sup>。保证金缴纳方式包括不可撤销信用证和其他企业担保等。当矿山企业破产时，由银行或债券公司来承担环境修复费用。

（2）澳大利亚的矿产资源开发生态补偿实践

其一，土地复垦计划书和环境评价书。土地复垦计划书应包括复垦工程规划、具体技术措施和实施方案等，计划书经审查通过后必须严格遵照执行，并且复垦必须与采矿活动同时进行，最终达到土地所有者满意为止。环境评价书内容宽泛，包括对空气、土地、水体等众多方面，评价报告经主管部门审查后，再有监察人员到矿区现场进行抽查，若发现环境并未治理到位，则要求采矿者必须进行整改，若问题特别严重，采矿者甚至可能被勒令停止开发并给予罚款和收回采矿权。

其二，复垦保证金。澳大利亚法律规定，矿产开发者必须缴纳足额复垦保证金。保证金的金额根据所处地区和成本因素而存在较大差异（表4）。

其三，矿产资源税费。一是许可证费，在申请开采许可证时缴纳；二是资源税，由税务部门征收。资源税税率在不同州、不同矿产种类之间存在差异，征收方式有很多种，包括从

表4 澳大利亚矿产资源开发环境恢复保证金标准  
Table 4 Standard of margin for environmental restoration of mineral resources development in Australia (澳元)

复垦面积/hm <sup>2</sup>	简单地形	复杂地形
≤1	2500	5000
1~4	10000	20000
4~10	20000	40000

价征收、从量征收以及按利润征收等,同时政府还通过税收抵扣等方式来促进矿区可持续发展。

### (3) 加拿大的矿产资源开发生态补偿实践

其一,许可及监督机制。为实现矿业可持续发展,加拿大各省均要求开采企业在申请许可证时,必须提交矿场关闭、复垦及后续监督等费用估计及具体实施计划等材料。加拿大对矿业活动实行从申请开采到复垦完成的全程监督,由政府聘请环境专家担任监督员,监督员一般同时负责几个矿山,若发现矿区违规,立即提出限期整改要求,若矿企未能达到相关法律规定的要求,即下令停产。

其二,环境评估制度。加拿大针对不同的矿产开发项目,建立了完善的评估方式:对于小型矿业项目,政府通过对企业的环保方案进行筛选的方式评估;如果矿产开发涉及主体不多,政府将通过协调方式评估;如果矿产开发涉及主体很多,甚至是跨地区、跨部门的主体,则必须由联邦政府组织综合审查。

其三,复垦基金。加拿大也要求矿产开采企业提供复垦资金。为降低矿业企业负担,复垦基金缴纳方式比较灵活,包括现金支付、资产抵押、担保等。其中现金支付一般根据产量核算并累计,复垦完成后返还;机构担保一般由信誉等级高的其他企业(法人)进行担保。

### (4) 英国的矿产资源开发生态补偿实践

英国与环境规划相关的政策法规非常健全。20世纪初以来,英国先后颁布了40余部与环境规划相关的政策法规。1947年的《规划法》规定,企业要进行矿产开发必须获得政府许可。1951年,英国开始征收复垦费,用于设立土地复垦基金,并授权地方政府用于修复因采矿遭到破坏的土地。1968年的《城乡规划法》对矿产开发程序、开采条件、经济补偿等内容进行明确规定。1990年的《环境保护法》明确规定环境污染是犯罪行为,而矿产开采则是被最先纳入污染治理的工业部门之一。除了颁布相关法律法规外,英国政府还根据“谁污染、谁治理,谁污染、谁出钱”的原则,建立了环境管理费、废物排放费、环保研究费等税费征收制度,以及废物倾倒许可、超标排污处罚等行政管制措施。

## 3.2 国内实践

国内关于矿产资源开发生态补偿的政策实践大体可分为三个阶段:

### (1) 征收生态补偿费阶段

1983年,云南对昆阳磷矿按0.3元/t征收资源使用费,这是我国生态补偿费的最早实践。1989年,我国陆续在广西、江苏、福建等地开展试点征收矿产资源使用费,虽然各地征收费用的名称略有差异,但实际上都是矿产资源生态补偿费。1993年,国家进一步扩大试点,在内蒙古、山西、陕西榆林等17个地区开展生态补偿实践,按0.45元/t煤征收生态修复基金。可以发现,这一阶段主要是政府利用收费设立专项资金,用于资助第三方进行矿区环境修复,因此这一阶段生态环境治理以政府为主。

### (2) 缴存保证金阶段

1999年,宁夏和黑龙江率先出台文件,对矿山征收保证金(或抵押金),督促开采企业自行修复矿区生态环境。此后,浙江在2001年、江苏在2002年、安徽在2003年分别制定了矿山保证金(或备用金)征收的相关文件。在国家层面,2005—2009年间连续颁布了多部关于矿产资源开发的文件,均涉及保证金的内容。随后,各省(市、自治区)



纷纷制定了关于矿山保证金的实施办法和细则,以及矿山环境修复的验收标准等。到2013年底,我国80%以上的矿山完成了保证金缴存。可以发现,这一阶段主要是通过收缴保证金,来督促矿山企业对矿区遭受破坏的环境进行修复,因此环境修复以企业为主。

### (3) 综合生态补偿阶段

该阶段又可以进一步划分为两个小阶段:其一,生态补偿基金与保证金并行阶段。2006年,国家在山西进行试点,设立了三类煤炭使用基金,各项基金使用侧重点有所不同。其中,可持续发展基金主要解决跨区域污染问题、资源型城市转型问题以及与采煤相关的社会问题,基金使用比例分别为50%、30%和20%;保证金主要用于环境修复和灾害防治等;转产发展资金主要用于煤矿企业下岗职工再就业等。2007年,国家正式出台生态补偿试点文件,提出要完善矿山生态补偿基金和保证金制度。其中,生态补偿基金主要解决废弃矿山环境修复等历史遗留问题,而保证金主要解决现有和新建矿山的环境治理和生态恢复责任问题,前者是“多还旧账”,后者是“不欠新账”。其二,资源税、环保税与保证金并行阶段。2014年12月起,我国全面施行煤炭资源税改革。此后,2015—2018年,国家连续4年发布与资源税相关的政策规章,对资源税税率及减征条件等进行详细规定。这一阶段的生态补偿呈现出综合化趋势,通过一揽子的治理政策和措施对矿区环境进行治理和恢复,并且补偿范围扩大到矿区乃至整个城市的转型发展。同时,对不同矿山施行分类管理:对废弃矿山等遗留问题,通过生态补偿基金方式,以政府主导完成矿区环境修复;对新建和正在开发的矿山,通过资源税(环保税)、保证金等方式,以企业主导完成矿区环境修复。

## 4 结论与讨论

### 4.1 现有文献评述及未来研究趋势

现有文献从补偿主体、受偿主体、补偿标准、补偿模式和补偿效应等角度对矿产资源开发生态补偿问题进行了研究,得出了许多富有价值的信息。但总体而言,现有文献在研究内容方面尚存在一些盲点。主要表现在:

其一,矿产资源开发生态补偿契约设计问题。在矿产资源开发生态补偿过程中,由于存在信息不对称,转移支付资金的利用效率、地方政府和矿业企业治理生态环境的投入及努力程度等很难实行有效监督,由此会导致谎报绩效、挪用资金、消极怠工等“敲竹杠”问题,使得生态补偿效率低下。因此,科学设计矿产资源开发生态补偿契约就显得非常重要。

其二,矿产资源开发生态补偿资金分摊问题。矿产资源开发生态补偿需要巨额的资金,政府难以独立承担。同时,矿区环境修复会带来正外部性,受益主体众多,根据“受益者付费”原则,他们理应分摊一部分补偿资金。但由于不同主体受益程度和负担能力均存在差异,因此资金分摊比重也应该有所不同,这需要进行科学测算。

其三,差异化补偿标准问题。由于矿产资源地理位置和禀赋条件不同,矿产开采成本和生产效率有很大差距,且不同矿种、不同区域以及不同开采年限的矿产资源开发对生态环境的破坏程度也有所不同,因此生态补偿标准也应有所差异。此外,矿区居民是重要的受偿主体之一,其受偿意愿也存在较大差异,制定补偿标准应有所考虑。

其四,不同补偿模式交易成本测度及临界点问题。矿产资源开发生态补偿过程中,

不同的补偿模式运行时产生的交易成本存在较大差异,因此如何对交易成本进行测度,以及在此基础上科学界定政府管理和市场参与的边界,寻求政府补偿与市场补偿两种模式耦合临界点是值得研究的问题。

其五,矿产资源开发生态补偿政策满意度问题。生态补偿政策对矿区生态环境、产业结构、居民收入等会产生一定正向影响,但能否抵消矿产资源开发带来的负向影响,以及矿区居民对补偿政策的满意度等问题并未引起足够关注。

其六,矿产资源开发生态补偿绩效评价问题。我国矿产资源开发生态补偿实施这么多年,也出现了一些典型的补偿模式,但补偿效果究竟如何,从哪些方面构建指标进行评价,现有文献对此缺乏定量分析。

上述问题是矿产资源开发生态补偿制度设计和运行过程中的关键环节,对这些问题进行系统深入研究具有重要意义。这些问题既是现有文献的研究盲点,也是未来值得进一步研究的学术问题。

#### 4.2 国内外实践总结及借鉴

##### (1) 我国矿产资源开发生态补偿存在的问题

其一,法律法规体系尚不完善。在我国现行与矿产资源开发相关的法律法规中,对生态补偿核心要素缺乏清晰界定,各级政府依旧是矿区环境修复的主要责任人。再加上有些国有大型矿产资源开发企业的行政级别较高,导致地方政府的行政约束力不够,因此迫切需要从法律层面明确矿业企业对生态环境的治理责任。

其二,保证金制度不完善。一方面是缴存标准较低,既无法体现矿产资源的生态价值,也难以满足恢复治理的资金需求,导致激励约束功能不够,甚至会诱发企业投机行为;另一方面是缴存方式单一,以现金缴存为主,信用证、债券、担保等缴存方式较少。现金缴存大大降低了资金的周转效率,同时这笔钱要等企业另行筹资完成矿区环境治理后才能返还企业,势必加重企业的资金负担。

其三,税费制度功能定位存在不足。现行的资源税(费)本质上是资源所有者收益,筹集生态补偿资金并不是其核心功能。事实上,在矿业权使用费和资源税中,由于资金使用方向定位以及层级分配等原因,仅有一成左右比例被用于矿区资源及环境保护,对生态补偿的贡献率较低<sup>[72]</sup>。

其四,监管体系不健全。矿产资源开发生态补偿涉及多个部门(甚至不同区域),监管体系往往具有跨部门、跨地域特征。但在现实中,我国目前尚缺乏这种跨部门、跨地域的综合性协调机构,增加了矿产资源开发生态补偿机制运行成本。在具体监管过程中,由于缺乏刚性的制度保障,很多矿区所在地政府为了自身GDP业绩,往往选择降低环境保护门槛,导致矿区环境问题频发。同时,由于生态补偿标准、范围以及各种税费征收均面临法律依据不明确等问题,这也带来了监管难度。

##### (2) 矿产资源开发生态补偿的国际经验

其一,完备的法律体系。美国、德国、澳大利亚等国都制定了专门的法律法规来确保矿产资源开发生态补偿制度的落实。如美国的《矿区租赁法》和《复垦法》、德国的《矿产资源法》和《联邦矿山法》等,这些法律对补偿主体、补偿内容、复垦标准以及不同利益主体之间的权责关系进行清楚的界定。

其二,不同矿区分类补偿。美国、德国等国家通常根据某一重要法律的颁布时间,将矿区划分为废弃矿区和新建(或正在开发)矿区两类,并进行分类补偿。对废弃矿区

由政府负责环境修复,而新建(或正在开发)的矿区则由矿山企业完全承担环境修复责任,政府进行监督。

其三,严格的进入和退出机制。针对矿产资源开采,美国 and 德国都实行双许可证制度(开采许可和复垦许可),并缴存复垦资金;澳大利亚规定企业要获得采矿许可证,必须先完成环境影响评价和土地复垦规划,并缴纳复垦抵押金。关于采矿完成后的复垦,很多国家都要求恢复到原有水平,加拿大甚至要求超过原有水平,德国还要求矿山企业对矿区环境修复长期负责。

其四,健全的资金保障制度。美国、德国等国家各级政府均设立矿山环境专项治理基金,用于废弃矿山的环境修复,基金来源主要有企业违规开采的罚款、复垦后的土地使用费、社会捐赠等。针对新建矿山,美国、英国、澳大利亚等国建立了完备的保证金制度,保证金金额不低于复垦成本。保证金缴存方式比较灵活,可现金分期缴存,也可通过担保、信用证、联合储备金、存款证明等方式进行缴纳,同时实行保证金分阶段返还制度。

其五,严格的监管机制。包括两部分:一是设置跨部门的综合管理机构,各部门分别肩负不同的职责;二是建立严格的督查制度,提升管理效率。如美国、德国均设立专门检查员,由政府聘任专业人士担任,对矿区环境修复效果进行验收。此外,很多国家均非常重视公众的参与和监督作用,如澳大利亚、加拿大、墨西哥等国均赋予公众参与环境评价和提起诉讼的权利。

### (3) 完善我国矿产资源开发生态补偿的建议

其一,健全相关法律法规体系。我国很多法律都涉及矿产资源开发生态补偿的内容,但总体较散,应进一步优化。在对《矿产资源法》进行修订的同时,尽快出台《生态补偿条例》,两者要有效衔接。未来还需进一步制定《矿产资源开发生态补偿条例》,对矿产开发相关利益主体的权责关系、补偿标准与范围、资金使用及监管等进行明确界定。

其二,进一步完善保证金制度。首先,提高保证金标准。根据矿山企业提交的复垦方案,政府委托专业机构进行成本核算,保证金应不低于复垦成本。考虑到部分企业的现实困难,可以允许分阶段缴存,但要确保每次缴存的保证金能起到制约和激励作用。其次,丰富保证方式。除现金缴存外,允许企业选择其他方式提供保证,如信用证、担保、抵押等。最后,完善保证金返还机制。要从严界定保证金返还条件,同时为了避免潜在的环境影响,有些复垦方案甚至可以要求企业承担起较长时间的责任。

其三,健全矿产资源开发生态补偿税费制度。首先,拓展资源税的生态调节功能。具体包括:在不增加矿山企业负担的前提下适度提高资源税税率(如同时降低增值税等其他税收负担),由此体现生态补偿重要性;提高生态环境的支出比例,强化生态补偿功能。其次,整合并清理那些缺乏法律依据的收费,具有环境税特征可纳入环境税体系,对于那些不具备环境税特征但又不宜清理的费种,可以统一设置为生态损失费。最后,建立税费返还机制。通过法律明确资源税和矿业权使用费的支出方向,增加矿产资源所在地的分配比例,同时确保资源所在地政府将所得的环保资金用于矿区生态环境修复治理。

其四,建立健全监管体系。一方面,打破条块管理框架,实行垂直化管理体系,在中央和各级地方政府设立专门的生态补偿管理部门,与政府行政部门间不发生横向联

系,这样可以解决职能交叉的问题。同时实行生态目标责任制,各级生态补偿管理部门均须完成一定的生态补偿任务,并建立相应奖惩机制。另一方面,监督与管理要分离,避免出现自我监督、自我评价等现象。同时,健全社会监督制度,发挥媒体网络的舆论作用,使社会公众切实参与到生态补偿过程中来。

### 参考文献(References):

- [1] 张复明. 矿产开发负效应与资源生态环境补偿机制研究. 中国工业经济, 2009, (12): 5-15. [ZHANG F M. Study on ecological environment compensation mechanism based on negative effect in mining. China Industrial Economics, 2009, (12): 5-15.]
- [2] 叶文虎, 魏斌, 全川. 城市生态补偿能力衡量和应用. 中国环境科学, 1998, 18(4): 298-301. [YE W H, WEI B, TONG C. Measurement and application of urban ecological compensation. China Environmental Science, 1998, 18(4): 298-301.]
- [3] CUPERUS R, CANTERS K J, PIEPERS A A G. Ecological compensation of the impacts of a road: Preliminary method for the A50 road link (Eindhoven-Oss, the Netherlands). Ecological Engineering, 1996, (7): 327-349.
- [4] COX G. Selling forest environmental services: Market-based mechanisms for conservation and development. Ecological Economics, 2003, (6): 311-312.
- [5] 张智玲, 王华东. 矿产资源生态环境补偿收费的理论依据研究. 重庆环境科学, 1997, (1): 34-39. [ZHANG Z L, WANG H D. Theoretical basis on ecological-environmental compensation of the mineral resources. Chongqing Environmental Science, 1997, (1): 34-39.]
- [6] 康新立, 潘健, 白中科. 矿产资源开发中的生态补偿问题研究. 资源与产业, 2011, 13(6): 141-147. [KANG X L, PAN J, BAI Z K. Ecological compensation during ore resources development. Resources & Industries, 2011, 13(6): 141-147.]
- [7] 高采玲, 赵英明, 尹华强, 等. 煤炭资源开采的生态补偿概念剖析. 中国矿业, 2008, 17(5): 49-51. [GAO C L, ZHAO Y M, YIN H Q, et al. Discussion on ecological compensation concept of coal resource exploitation. China Mining Magazine, 2008, 17(5): 49-51.]
- [8] 落志筠. 矿产资源生态补偿制度探析. 内蒙古师范大学学报: 哲学社会科学版, 2015, 44(2): 83-87. [LUO Z Y. Investigation into the ecological compensation system of mineral resources. Journal of Inner Mongolia Normal University: Philosophy & Social Science, 2015, 44(2): 83-87.]
- [9] 孟立贤. 矿产资源开发生态补偿机制研究. 石家庄: 石家庄经济学院, 2010. [MENG L X. Study on the ecological compensation mechanism of mineral resources development. Shijiazhuang: Shijiazhuang University of Economics, 2010.]
- [10] 王世进, 卢俊辉. 论矿产资源开发生态补偿制度的完善. 江西理工大学学报, 2012, 33(2): 49-52. [WANG S J, LU J H. Improvement of ecological compensation system for mineral resources exploitation. Journal of Jiangxi University of Science and Technology, 2012, 33(2): 49-52.]
- [11] 曹明德. 矿产资源生态补偿法律制度之探究. 法商研究, 2007, (2): 17-24. [CAO M D. Exploration on the legal system of ecological compensation for mineral resources. Studies in Law and Business, 2007, (2): 17-24.]
- [12] 孙前路, 孙自保, 唐佳. 矿产资源开发中的生态补偿与中国化. 沈阳大学学报: 社会科学版, 2012, 14(4): 12-15. [SUN Q L, SUN Z B, TANG J. Ecological compensation and its sinification in development of mineral resources. Journal of Shenyang University: Social Science, 2012, 14(4): 12-15.]
- [13] 王昱, 丁四保, 王荣成. 区域生态补偿的理论与实践需求及其制度障碍. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(7): 74-80. [WANG Y, DING S B, WANG R C. The regional ecological compensation study: Necessity in theory and practice and its barrier in regional institutions. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(7): 74-80.]
- [14] 赵亮, 任虹. 山西省矿山生态环境补偿机制建设研究. 环境科学与管理, 2017, 42(5): 158-161. [ZHAO L, REN H. Study on compensation mechanism for mine ecological environment in Shanxi province. Environmental Science and Management, 2017, 42(5): 158-161.]
- [15] 黎元生, 王文烂, 胡熠. 论构建矿产资源开发的生态补偿机制. 林业经济问题, 2008, 28(3): 202-206. [LI Y S, WANG W L, HU Y. Ecological compensation mechanism for mineral resources development. Issues of Forestry Economics,



- 2008, 28(3): 202-206.]
- [16] 巩芳, 胡艺. 基于“四元主体模型”的矿产资源开发生态补偿主体研究. 资源开发与市场, 2014, 30(10): 1213-1216. [GONG F, HU Y. Mineral resources development ecological compensation subject research based on "Four Main Body Model". Resource Development & Market, 2014, 30(10): 1213-1216.]
- [17] HILSON G, MURCK B. Sustainable development in the mining industry: Clarifying the corporate perspective. Resources Policy, 2000, (26): 227-238.
- [18] 曹海霞, 苏珺. 矿产资源开发的环境补偿机制研究. 经济问题, 2009, (12): 25-27. [CAO H X, SU J. Study on environment compensate mechanism in mineral resources development. On Economic Problems, 2009, (12): 25-27.]
- [19] 潘佳, 王社坤. 论矿产开发生态补偿主体及其权利义务关系: 基于山西省煤矿生态环境恢复补偿试点的分析. 南京工业大学学报: 社会科学版, 2015, 14(2): 33-39. [PAN J, WANG S K. On subjects of eco-compensation for mineral resources development and relationship between their rights and obligations: Based on practice of eco-compensation for coal mines in Shanxi province. Journal of Nanjing University of Technology: Social Science, 2015, 14(2): 33-39.]
- [20] 鄂施璇, 雷国平, 张莹, 等. 粮食主产区煤炭资源开发与农用地生态补偿机制. 水土保持通报, 2016, 36(5): 306-311. [E S X, LEI G P, ZHANG Y, et al. Agricultural ecological compensation mechanism and coal resources development in major grain producing area. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2016, 36(5): 306-311.]
- [21] 高新才. 甘肃矿产资源开发生态补偿研究. 城市发展研究, 2011, 18(5): 6-9. [GAO X C. Study on the ecological compensation of mineral resources exploitation in Gansu. Urban Studies, 2011, 18(5): 6-9.]
- [22] 贾舒娟, 黄健柏, 钟美瑞. 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. 中国管理科学, 2017, 25(11): 122-133. [JIA S X, HUANG J B, ZHONG M R. Interest balancing analysis on metal mineral resources ecological compensation under the construction of ecological civilization system. Chinese Journal of Management Science, 2017, 25(11): 122-133.]
- [23] 蔡绍洪, 李仁发, 向秋兰. 矿产资源开发中的生态补偿博弈分析. 矿业研究与开发, 2011, 31(3): 103-107. [CAI S H, LI R F, XIANG Q L. Game analysis on ecological compensation of mineral resources exploitation. Mining Research and Development, 2011, 31(3): 103-107.]
- [24] 吕雁琴, 慕君辉, 李旭东. 新疆煤炭资源开发生态补偿博弈分析及建议. 干旱区资源与环境, 2013, 27(8): 33-38. [LYU Y Q, MU J H, LI X D. Game analysis and suggestions on ecological compensation of coal resources exploitation in Xinjiang. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2013, 27(8): 33-38.]
- [25] WORRELL E. Eco-service development: Reinventing supply and demand in the European Union. Resources, Conservation & Recycling, 2004, 18(6): 277-279.
- [26] 张倩, 曲世友. 矿产资源开发生态补偿博弈分析. 中国矿业, 2013, 22(8): 40-43. [ZHANG Q, QU S Y. Game theory analysis on ecological compensation of mineral resources exploitation. China Mining Magazine, 2013, 22(8): 40-43.]
- [27] 孙红霞, 张志超. 西部矿产资源生态补偿的利益之争. 当代财经, 2012, (4): 101-111. [SUN H X, ZHANG Z C. On the interest conflict of ecological compensation for mineral resources in Western China. Contemporary Finance & Economics, 2012, (4): 101-111.]
- [28] 巩芳, 胡艺. 矿产资源开发生态补偿主体之间的博弈分析. 矿业研究与开发, 2015, 35(3): 93-97. [GONG F, HU Y. Game analysis on the ecological compensation subjects in mineral resource development. Mining Research and Development, 2015, 35(3): 93-97.]
- [29] JENKINS H, YAKOVLEVA N. Corporate social responsibility in the mining industry: Exploring trends in social and environmental disclosure. Journal of Cleaner Production, 2004, 14(3): 271-284.
- [30] 文琦. 中国矿产资源开发区生态补偿研究进展. 生态学报, 2014, 34(21): 6058-6066. [WEN Q. Review of ecological compensation in China's mining exploitation regions. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(21): 6058-6066.]
- [31] 王承武. 新疆能源矿产资源开发利用补偿问题研究. 北京: 中国大地出版社, 2012. [WANG C W. Study on Compensation for Development and Utilization of Energy Mineral Resources in Xinjiang. Beijing: China Land Press, 2012.]
- [32] 吴文洁, 常志风. 油气资源开发生态补偿标准模型研究. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(5): 26-30. [WU W J, CHANG Z F. Research on eco-compensation standard model for oil-gas exploitation. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(5): 26-30.]
- [33] 刘文婧, 耿涌, 孙露, 等. 基于能值理论的有色金属矿产资源开采生态补偿机制. 生态学报, 2016, 36(24): 8154-

8163. [LIU W J, GENG Y, SUN L, et al. An emergy-based analysis and ecological compensation mechanism in China's non-ferrous metal mining sector. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(24): 8154-8163.]
- [34] 李钢, 王萌, 吴烨, 等. 矿区生态环境评价体系建立与评价: 以河南省部分矿区为例. *环境工程*, 2014, (10): 125-128. [LI G, WANG M, WU Y, et al. The establishment and assessment of mine eco-environment evaluation system: Case histories from some mining areas in Henan province. *Environmental Engineering*, 2014, (10): 125-128.]
- [35] 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. *中央财经大学学报*, 2012, (12): 59-64. [PENG X L, LIU L X, TIAN M. Empirical study on eco-compensation standard of the mineral resources by the method of loss and compensation: A case study of manganese in Huayuan county, Xiangxi. *Journal of Central University of Finance & Economics*, 2012, (12): 59-64.]
- [36] 阮利民, 曹国华, 谢忠. 矿产资源限制性开发补偿测算的实物期权分析. *管理世界*, 2011, (10): 184-185. [RUAN L M, CAO G H, XIE Z. Real option analysis of compensation calculation of mineral resources limited development. *Management World*, 2011, (10): 184-185.]
- [37] 殷爱贞, 薛晓彤, 满影, 等. 油气资源开发中的资源耗竭补偿标准. *中国石油大学学报: 社会科学版*, 2016, 32(6): 6-9. [YIN A Z, XIE X T, MAN Y, et al. Compensation standard of resource exhaustion in oil-gas developme. *Journal of China University of Petroleum: Edition of Social Sciences*, 2016, 32(6): 6-9.]
- [38] PERALTA A. Development of a Cost Estimation Model for Mine Closure. United States: Colorado School of Mines, 2007.
- [39] ERICKSON D L. Policies for planning and reclamation coal-mined landscapes: An international comparison. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1995, 23(12): 453-468.
- [40] 张思锋, 杨潇. 煤炭开采区生态补偿标准体系的构建与应用. *中国软科学*, 2010, (8): 106-116. [ZHANG S F, YANG X. The construction and application of eco-compensation system in coal-mining districts. *China Soft Science*, 2010, (8): 106-116.]
- [41] 张复明, 景普秋. 矿产开发的资源生态环境补偿机制研究. 北京: 经济科学出版社, 2010. [ZHANG F M, JING P Q. Research on Compensation Mechanism of Resources and Ecological Environment for Mineral Development. Beijing: Economic Science Press, 2010.]
- [42] 程琳琳, 胡振琪, 宋蕾. 我国矿产资源开发的生态补偿机制与政策. *中国矿业*, 2007, 26(4): 11-14. [CHENG L L, HU Z Q, SONG L. The policy design on the eco-compensation mechanism of mineral resources in China. *China Mining Magazine*, 2007, 26(4): 11-14.]
- [43] 姚文英. 新疆煤炭资源开发成本补偿标准范围研究. *新疆大学学报: 哲学·人文社会科学版*, 2014, 42(3): 20-23. [YAO W Y. The reimbursement standard of coal resources exploitation cost in Xinjiang. *Journal of Xinjiang University: Philosophy, Humanities & Social Science*, 2014, 42(3): 20-23.]
- [44] MORRIS J, GOWING D J G, MILLS J, et al. Reconciling agricultural economic and environmental objectives: The case of recreating wetlands in the Fenland Area of Eastern England. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2000, 79 (2): 245-257.
- [45] 郭辉军, 施本植. 自然保护区生态补偿机制研究. *经济问题探索*, 2013, (8): 135-142. [GUO H J, SHI B Z. Study on the ecological compensation mechanism of natural reserve. *Inquiry into Economic Issues*, 2013, (8): 135-142.]
- [46] 燕守广, 沈渭寿, 邹长新, 等. 矿山环境治理恢复保证金制度理论与实践. *环境科学与技术*, 2012, (61): 423-427. [YAN S G, SHEN W S, ZOU C X, et al. Theory and practice of deposit system for restoration and control of mining environment. *Environmental Science & Technology*, 2012, (61): 423-427.]
- [47] LIST J A, MASAN C F. Optimal institutional arrangements for transboundary pollution in a Second-Best World: Evidence from a differential game with asymmetric players. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2001, 10(4): 277-296.
- [48] CREMER H, GAHVARI F. Environmental taxation, tax competition and harmonization. *Journal of Urban Economics*, 2003, 13(5): 21-45.
- [49] 杨晓萌. 论资源税、资源补偿费与权利金的关系. *煤炭经济研究*, 2007, (12): 44-45. [YANG X M. Relationship between resource tax, resource compensation and royalty. *Coal Economic Research*, 2007, (12): 44-45.]
- [50] HILSON G, NAYEE V. Environmental management system implementation in the mining industry: A key to achieving

- cleaner production. *International Journal of Mineral Processing*, 2002, 64(1): 19-41.
- [51] CLAUSEN S, MCALLISTER M L. A comparative analysis of voluntary environmental initiatives in the Canadian mineral industry. *Minerals & Energy-Raw Materials Report*, 2001, 31(16): 27-41.
- [52] TUDOR T L, BANNISTER S, BUTLER S, et al. Can corporate social responsibility and environmental citizenship be employed in the effective management of waste?. *Resources, Conservation & Recycling*, 2007, 14(3): 764-774.
- [53] 马永喜, 王娟丽, 王晋. 基于生态环境产权界定的流域生态补偿标准研究. *自然资源学报*, 2017, 32(8): 1325-1336. [MA Y X, WANG J L, WANG J. Study on ecological compensation standard in river basin based on the property rights of eco-environment. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(8): 1325-1336.]
- [54] 孔凡斌. 建立我国矿产资源生态补偿机制研究. *当代财经*, 2010, (2): 22-28. [KONG F B. A study of the establishment of China's mineral resources ecological compensation mechanism. *Contemporary Finance & Economics*, 2010, (2): 22-28.]
- [55] 王军生, 李佳. 我国西部矿产资源开发的生态补偿机制研究. *西安财经学院学报*, 2012, 25(3): 101-104. [WANG J S, LI J. Study on the ecological compensation system of China's western mineral resources development. *Journal of Xi'an University of Finance and Economics*, 2012, 25(3): 101-104.]
- [56] 李斯佳, 王金满, 张兆彤. 矿产资源开发生态补偿研究进展. *生态学杂志*, 2019, 38(5): 1551-1559. [LI S J, WANG J M, ZHANG Z T. Ecological compensation for mineral resources exploitation: A review. *Chinese Journal of Ecology*, 2019, 38(5): 1551-1559.]
- [57] SMITH T, KUNKLE J, CASTELAZ J, et al. The effects of a hydrogen environment on the lifetime of small-diameter drift chamber anode wires. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section*, 2005, 550(12): 90-95.
- [58] 戴茂华, 谢青霞. 论我国矿产资源开发生态补偿机制的法律构建: 以稀有金属矿开发为例. *东华理工大学学报: 社会科学版*, 2014, 33(1): 69-73. [DAI M H, XIE Q X. Legal establishment on China's ecological compensation mechanism of mineral resources development. *Journal of East China Institute of Technology: Social Science*, 2014, 33(1): 69-73.]
- [59] 彭秀丽. 基于多维嵌套期权的矿产开发生态补偿核算模型研究: 以“锰三角”为例. *吉首大学学报: 社会科学版*, 2016, 37(5): 89-94. [PENG X L. On the accounting model of mineral exploitation eco-compensation based on multidimensional nested options: A case study of "Manganese Triangle". *Journal of Jishou University: Social Science Edition*, 2016, 37(5): 89-94.]
- [59] 刘春腊, 徐美, 周克杨, 等. 精准扶贫与生态补偿的对接机制及典型途径: 基于林业的案例. *自然资源学报*, 2019, 34(5): 989-1002. [LIU C L, XU M, ZHOU K Y, et al. Coupling development mechanism and typical ways of targeted poverty alleviation and eco-compensation in China: Case analysis based on forestry. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(5): 989-1002.]
- [60] BROWN M A, CLARKSON B D, BARTON B J, et al. Ecological compensation: An evaluation of regulatory compliance in New Zealand. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 2013, 31(1): 34-44.
- [61] BIRRER S, SPIESS M, HERZOG F, et al. The Swiss agri-environment scheme promotes farmland birds: But only moderately. *Journal of Ornithology*, 2007, 148(2): 295-303.
- [62] PARCH K, REHOUNKOVA K, REHOUNEK J, et al. Ecological restoration of central European mining sites: A summary of a multi-site analysis. *Landscape Research*, 2011, 36(2): 263-268.
- [63] VICTOR K, MARYNA S. Perfection of economic activities of the mining enterprises on the basis of the balanced technological, ecological and economic development. *Procedia Earth and Planetary Science*, 2009, 1(1): 303-308.
- [64] MENG C. On the ecological reconstruction of the coal mining area based on the sustainable development. *Journal of Sustainable Development*, 2010, 3(1): 187-190.
- [65] RUTLEDGE I, WRIGHT P. Profitability and taxation in the UKCS oil and gas industry: Analysing the distribution of rewards between company and country. *Energy Policy*, 1998, 26(10): 795-812.
- [66] ERIC M, DEVILLE A S, DAVID G, et al. Combining correlative and mechanistic habitat suitability models to improve ecological compensation. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 2015, 90(1): 314-329.
- [67] 朱兰兰, 蔡银莺. 农田保护经济补偿政策实施异质效应: 基于 DID 模型的动态估计. *自然资源学报*, 2017, 32(5): 727-741. [ZHU L L, CAI Y Y. Heterogeneous implementation effects of the economic compensation policy for farmland conservation: Based on difference-in-difference dynamic estimates. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(5): 727-741.]

- [68] 陈军. 矿产资源开发生态补偿制度的效应研究. 杭州: 浙江理工大学, 2016. [CHEN J. Effecton research on ecological compensation institution of mineral resources. Hangzhou: Zhejiang Sci-Tech University, 2016.]
- [69] 汪劲. 21 世纪日本环境立法与环境政策的新动向: 以构建与地球共生的“环之国”为目标. 环境保护, 2006, (24): 68-71. [WANG J. New trend of Japan's environmental legislation and policy in the 21st century: Aiming at constructing a "Country of Rings" co-existing with the earth. Environmental Protection, 2006, (24): 68-71.]
- [70] AUSTIN R L, EDER J. Policy review: Environmentalism, development, and participation on island, Philippines. Society and Natural Resources, 2007, 20(4): 121-130.
- [71] 赵景逵, 朱荫涓. 美国露天矿区的土地管理及复垦. 中国土地科学, 1991, (1): 31-33. [ZHAO J K, ZHU Y M. Land management and reclamation in the open mining area of the United States. China Land Science, 1991, (1): 31-33.]
- [72] 朱燕. 中国矿产资源开发生态补偿制度研究. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017. [ZHU Y. Research on ecological compensation system for mineral resources exploitation in China. Yangling: Northwest A&F University, 2017.]

## Literature review and practical progress of ecological compensation for mineral resources exploitation

LI Guo-zhi, ZHANG Jing-ran

(School of Economics, Shandong University of Technology, Zibo 255012, Shandong, China)

**Abstract:** The exploitation of mineral resources polluted the environment and destroyed the ecosystem seriously, and it affected the economic growth and residents' life in mining areas. In order to eliminate this negative externality, we must make compensation accordingly. Based on the definition of the concept, this paper systematically combed the theoretical literature of ecological compensation for mineral resources exploitation, and summarized the practice at home and abroad. The research found that there were still some shortcomings in the existing literature, including the design of ecological compensation contract, the allocation of compensation funds, the differential standard of compensation, the transaction cost measurement and critical point of different compensation modes, and so on. These academic issues are worthy of further study in the future. China's ecological compensation for mineral resources exploitation started late, and some problems have emerged in practice, including insufficient system construction and regulatory system, and so on. By contrast, the United States, Germany, the United Kingdom and other countries had rich experience in many aspects, including construction of legal system, classification compensation for different mining areas, entry and exit mechanism, fund guarantee system, construction of regulatory mechanism and so on. Learning from the advanced experience of other countries, we can improve China's ecological compensation mechanism of mineral resources exploitation in some aspects, including improving the legal system, the deposit system and the ecological compensation tax system, as well as establishing and perfecting the regulatory system, and so on.

**Keywords:** mineral resources exploitation; ecological compensation; literature review; practical progress; policy suggestions