

全成本视角下离子型稀土国际贸易合理价格研究

罗 婷¹, 张永庆¹, 郑明贵^{2,3*}

- (1. 上海理工大学 管理学院, 上海 200093;
2. 江西理工大学 矿业发展研究中心, 江西 赣州 341000;
3. 中国科学技术大学 管理学院, 安徽 合肥 230026)

摘 要: 在国际贸易中, 离子型稀土的价值并未与其价格相匹配。本文对离子型稀土矿山建设、生产和复垦不同生命周期阶段的水和土壤环境成本进行了量化, 建立了考虑环境成本的全成本核算模型; 引入工业成本费用利润率, 建立了国际贸易合理价格模型, 并对 2014—2019 年离子型稀土国际贸易福利损失进行测算。结果表明: 离子型稀土环境成本核算中, 水环境成本均值为 9706.70 万元/年, 占环境成本 99.53%; 复垦期土壤环境成本为 286.68 万元/年。离子型稀土全成本均值为 47907.63 万元/年, 单位成本均值为 19.85 万元/吨。2014—2019 年离子型稀土国际贸易合理价格均值为 33.43 美元/千克, 高于实际价格均值 27.61 美元/千克, 福利损失较大。研究成果可以为离子型稀土环境成本量化及其合理价格形成提供参考依据与方法支持。

关键词: 离子型稀土; 全成本; 环境成本; 合理价格; 福利损失

中图分类号: F740.3

文献标识码: A

文章编号: 1004-0277(2022)03-0145-14

离子型稀土是国防工业发展中不可或缺的关键元素, 是高新技术领域中不可替代的稀有原料, 但在国际贸易中, 其真实成本和真实价格并未体现。《中国的稀土状况与政策》白皮书(2012)指出长期以来稀土价格严重背离其价值, 稀土资源的稀缺性并未得到合理体现, 矿山生态环境损害也未得到合理补偿。2009 年“原材料案”、2012 年“稀土案”等败诉, 暴露出中国在稀土出口方面政策工具

选择以及稀土价格非完全成本定价等问题。具有稀土资源优势的中国既未获得相应的贸易利益, 也未取得供给垄断所应有的定价权, 带来的却是稀土矿山生态环境破坏严重、出口价格低且长期受制于国外市场的严峻事实。《关于创新和完善促进绿色发展价格机制的意见》(发改价格规[2018]943 号)强调应尽快建立健全体现生态资源价值和环境损害成本的资源环境合理价格机制。由此, 离子型稀

收稿日期: 2021-01-24

基金项目: 国家社会科学基金重点项目(18AGL002); 国家自然科学基金项目(71631006); 江西理工大学重大项目培育计划(19ZDPY-08)

作者简介: 罗婷(1994-), 女, 江西宜春人, 博士研究生, 主要从事资源经济与环境管理研究, E-mail: zuotian182013@163.com。

* 通讯作者: 郑明贵, 教授。E-mail: mgz268@sina.com

DOI: 10.16533/J.CNKI.15-1099/TF.20220060

土开采给矿山生态环境究竟带来多少损失?在不同生命周期阶段的环境成本到底有多大?离子型稀土国际贸易合理价格应该是多少?近年来中国离子型稀土国际贸易福利损失到底有多大?这些问题亟需回答。因此,基于全成本视角,在对离子型稀土环境成本进行量化的基础上,通过建立健全成本核算和合理价格模型,对中国近年来离子型稀土国际贸易合理价格与福利损失进行测算。

关于全成本的研究主要集中在全成本核算与管理、全成本定价及构成等方面^[1]。Popoff 和 Buzzelli^[2]认为全成本核算将成为可持续发展道路上最重要的一步。在稀土全成本研究中,主要涉及生产成本、交易成本、环境成本和代际成本核算。苏文清^[3]核算出 2000—2004 年某稀土企业氧化钕的生产成本最高为 47925 元/吨、最低为 27036 元/吨。方虹和王红霞^[4]核算出在 15% 的关税税率下 2010 年某稀土企业氧化钕的交易成本最低为 20738 元/吨,最高值为 113240 元/吨。郑明贵和罗婷^[5,6]核算出赣南地区离子型稀土矿山开采所需承担的水和土壤环境成本均值分别为 3.79 万元/吨和 285 元/吨。曾先峰等^[7]核算出在 3% 的贴现率下,1998—2010 年中国轻稀土的代际成本最高为 14.76 万元/吨,最低为 4.10 万元/吨。

关于环境成本的研究主要从其定义和量化方面进行。Antonini 和 Argilés-Bosch^[8]、秦昌波等^[9]从国家或区域层面,王立彦^[10]、吴琼等^[11]从企业微观层面对环境成本进行定义。Rezek 和 Campbell^[12]对多项污染物环境成本进行核算,Pimentel 等^[13]、Welsch^[14]、Martinez 等^[15]、Ackermann^[16]、Pu 等^[17]对单项污染物环境成本进行量化。但目前关于稀土开采过程中环境污染经济损失核算的研究较少,周夏飞等^[18]核算出 2013 年赣州稀土开采导致的水土保持价值损失为 46.19 亿元;马国霞等^[19]核算出 2013 年中重稀土和轻稀土采选导致的生态环境破坏损失分别为 71.80 亿元和 9.30 亿元。鞠丽萍等^[20]核算出原地浸矿和池浸两种开采方式下,离子型稀土生态环境成本分别为 25430

元/吨和 25430 元/吨。

关于合理价格的研究主要集中在合理价格的界定、公共产品、矿产品及农产品等合理价格的形成以及合理价格与实际价格的差距等方面。但在稀土国际贸易合理价格研究方面,袁中许^[21]较多从资源税费和定价权角度进行探究,从全成本角度对稀土国际贸易合理价格进行核算的研究较少。杨青龙^[22]指出稀土全成本由生产成本、交易成本、环境成本和代际成本构成。方虹和王红霞^[4]指出稀土全成本包括生产成本、生态成本和交易成本,其中资源代际成本和环境成本一起构成生态成本。将合理价格与实际价格进行对比,对稀土国际贸易福利损失进行测算的研究尚未见到。

本文的创新和边际贡献主要体现在:第一,基于水环境污染经济损失原理和边破坏、边开采、边复垦的土壤修复原则,建立了不同生命周期阶段的离子型稀土水环境和土壤环境成本量化模型,为离子型稀土环境成本核算提供了新的理论依据和方法支持。第二,在深入分析离子型稀土国际贸易全成本构成基础上,建立了全成本核算模型,测算了 2014—2019 年中国离子型稀土国际贸易全成本。第三,引入工业成本费用利润率,构建了离子型稀土国际贸易合理价格模型,测算了 2014—2019 年中国离子型稀土国际贸易合理价格并与实际价格进行对比,核算出福利损失。

1 离子型稀土环境成本内涵及量化

1.1 离子型稀土环境成本内涵

在稀土环境成本研究方面,苏文清^[3]指出稀土开采所造成的环境成本应包括生态环境破坏代价、人类健康受损代价以及治理费用等。吴巧生和孙奇^[23]认为环境成本是中国稀土价格构成中缺失较大的一部分,主要包括矿区生态环境修复与改良、稀土开采主要污染物治理、矿区生态补偿等方面。因此,离子型稀土环境成本是企业离子型稀土开采过程中产生的主要环境污染物的治理成本。

1.2 离子型稀土环境成本构成

郭钟群等^[24]指出离子型稀土开采过程中的主要环境污染问题为废水产生的水环境污染、植被破坏、土壤环境污染以及山体滑坡等地质灾害。由于离子型稀土开采过程中产生扬尘较少,对大气环境不会产生明显不利影响;生产过程中的固体废弃物产生量较少,且在开采完后会及时进行回填或送至指定场所进行处理。离子型稀土开采在山体破损、植被破坏等方面损坏程度较轻。因此,离子型稀土主要环境成本为水环境成本和土壤环境成本。

1.2.1 水环境成本

James 等^[25]提出了估算水环境污染损害的浓度-污染损失模型,并认为水环境污染物所引起的经济价值损失与污染物浓度之间存在“S”型关系。根据水环境污染经济损失原理,引起水环境污染经济价值损失的主要原因是水资源受到污染后,价值降低或丧失,进而表现为水资源耗竭成本和水环境损害成本。因此,在计算水环境成本时,应考虑水资源污染量、单位水资源价值量以及污染物浓度。

1.2.2 土壤环境成本

离子型稀土矿山复垦一般采用工程措施与植物措施相结合的方法。基于边开采、边复垦的土壤修复原则,原地浸矿采场等临时性占地可在生产期进行大部分复垦。复垦期除对最后开采的矿块进行原地浸矿采场土壤修复外,还需对母液处理车间

及尾水处理车间等永久性占地进行复垦。此外,为保证离子型稀土矿山土壤复垦的恢复效果,防范山体滑坡、水土流失等灾害,需对复垦的林地和草地进行一定时期的养护。因此,离子型稀土土壤环境成本为各采场、车间等临时性占地和永久性占地的修复、复垦费用以及相关养护成本费用。

1.3 离子型稀土环境成本量化

1.3.1 水环境成本量化

(1)研究对象

原地浸矿采场浸矿液渗入地下会引起地下水中氨氮等浓度增加,造成水体污染。母液渗漏到地下水,伴随着地下水的流动,在地势较低的水层中会出现氨氮超标等水质污染问题。根据地下水动力学理论,由于原地浸矿的浸出液通过注液孔向矿层注入后,最终渗浸的范围会局限在一个稳定的渗透锥体内,且地下水在流动带缓慢作侧向运动,一般在山脚以泉、渗流等形式泄出地表或汇入地表水^[26]。因此,离子型稀土水环境成本主要表现为地表水环境污染治理成本。

(2)模型建立

①建设期

建设期离子型稀土水体污染源主要为收液工程开凿、钻孔产生的泥浆水,施工过程中设备冲洗废水和生活污水等。为防止浸矿母液渗漏造成地表水污染,需在建设期建立污水处理站和生活污水处理设施。废水处理措施见表 1 所示。

表 1 建设期废水来源及处理措施

Table 1 Sources of wastewater and treatment measures during construction period

Source of wastewater	Treatment measures
Receiving liquid construction wastewater	All the wastewater enters the liquid receiving tank for simple precipitation and then recycled for construction operations.
Equipment flushing wastewater	It is absorbed by the land through flooding or gathered in low-lying places, and then recycled after being treated by the sewage treatment stations.
Domestic wastewater	The use of anti-seepage disinfection dry toilets to collect the fecal water produced by the construction workers, which is used for agricultural fertilizer and greening water, without discharging.
Ammonia nitrogen, sulfate, etc.	Establish sewage treatment stations in low-lying places for recycling or direct discharge after reaching the standard.

建设期水环境成本模型为:

$$C_j^S = P_j \times Q_j \times n_j \quad (1)$$

式中: C_j^S 为建设期水环境成本; P_j 为建设期废水单位处理价格; Q_j 为建设期废水日产生量; n_j 为建设期年运行天数。

②生产期

生产期废水主要为浸矿剂及母液渗漏, 废水经低洼处集聚后, 送污水处理站进行处理, 达标后用于循环利用或直接排放。基于废水排放标准及离子型稀土废水处理工艺特点, 建立生产期水环境成本模型为:

$$C_S^R = P \times Q \times \frac{C - C_0}{C_0} \quad (2)$$

式中: C_S^R 为生产期水环境成本; P 为污水处理站单位处理费用; Q 为生产期废水量; C 和 C_0 分别为主要污染物实际排放浓度和最高允许排放标准浓度。

③复垦期

在原地浸矿采场开采结束后, 为了将土壤中的氨氮离子洗出, 需对矿体进行清水清洗。再将注液孔进行封孔, 开始进行矿山生态恢复。复垦期废水主要是原地浸矿采场尾水(采场残留浸矿液解析), 复垦期水环境成本模型为:

$$C_F^R = P \times Q_f \times \frac{C_f - C_{f0}}{C_{f0}} \quad \text{或} \quad C_F^R = \lambda \times C_S^R \quad (3)$$

式中: C_F^R 为复垦期水环境成本; Q_f 为复垦期废水量; C_f 和 C_{f0} 分别为复垦期主要污染物实际排放浓度和最高允许排放标准浓度; λ 为年生产负荷。

1.3.2 土壤环境成本量化

(1) 研究对象

离子型稀土矿山原地浸矿工程主要有原地浸矿采场、临时弃土场、表土堆存场、母液处理车间和尾水处理车间等。基建期各项设施的建设会对地表植被造成一定程度的破坏。在土壤和植被修复过程中, 临时性和永久性占地分别在生产期和复垦期得到大部分复垦和修复。在矿山服务期满后, 还需对复垦的林地和草地进行养护。因此, 离子型稀

土土壤环境成本主要表现为原地浸矿采场、临时弃土场和表土堆存场、母液处理车间和尾水处理车间的土壤修复成本及其养护费用等。

(2) 模型建立

①建设期

建设期内, 原地浸矿采场施工会产生临时弃土。母液处理工程的施工建设, 会移栽表面植物并对部分表土进行剥离, 进而形成临时弃土场和表土堆存场。根据离子型稀土矿山土壤修复原则, 首采矿块开采完后, 应及时进行复垦。因建设期主要是各项工程设施的建设, 对土壤环境造成的破坏需要在生产期和复垦期进行修复, 相应的土壤环境成本也纳入生产期和复垦期。

②生产期

在生产期, 原地浸矿采场、临时弃土场和表土堆存场等临时性占地可以进行大部分的复垦和修复。生产期土壤环境成本模型为:

$$C_S^T = C_Y^S + C_{L+B}^S + C_K^S \quad (4)$$

式中: $C_Y^S = P_Y^Z \times \sum_{i=n+t}^{N+t} S_{i(Y)}^Z$, $C_{L+B}^S = P_{L+B}^Z \times \sum_{i=n+t}^{N+t} S_{i(L+B)}^Z$, $C_K^S = P_K \times S_K \times T$ 。 C_S^T 为生产期土壤环境成本; C_Y^S 和 C_{L+B}^S 分别为生产期原地浸矿采场、临时弃土场和表土堆存场土壤环境成本; C_K^S 为生产期养护费用。 P_Y^Z 和 S_Y^Z 分别为原地浸矿采场土壤复垦单价和修复面积; N 为矿山服务年限; n 为建设期年数; t 为原地浸矿采场各矿块开采年数; P_{L+B}^Z 和 S_{L+B}^Z 分别为临时弃土场和表土堆存场土壤复垦单价和修复面积; P_K 和 S_K 分别为养护费用单价和养护面积; T 为养护期。

③复垦期

在复垦期, 除对最后开采的矿块进行原地浸矿采场土壤修复外, 还需对母液和尾水处理车间等永久性占地进行复垦。复垦期土壤环境成本模型为:

$$C_F^T = C_Y^F + C_{L+B}^F + C_{M+W}^F + C_K^F \quad (5)$$

式中: C_F^T 为复垦期土壤环境成本; C_Y^F 、 C_{L+B}^F 、 C_{M+W}^F 分别为复垦期原地浸矿采场、临时弃土场和表土堆存场、母液和尾水处理车间土壤环境成本; C_K^F 为复垦

期养护费用。其中, $C_{M+W}^F = P_{M+W}^Z \times S_{M+W}^Z$; P_{M+W}^Z 和 S_{M+W}^Z 分别为母液和尾水处理车间土壤修复单价和总面积。

2 离子型稀土国际贸易全成本构成及合理价格核算模型

2.1 全成本构成

2.1.1 生产成本

离子型稀土生产成本是指企业在生产过程中发生的各种直接和间接的经营支出和费用。直接

成本费用主要包括原/辅材料成本以及燃料动力费用等;间接成本费用主要包括固定资产折旧、摊销和维修费用等。从经济内容来看,离子型稀土生产成本应包含生产过程中所耗费的材料、直接人工以及制造费用。具体构成见表 2 所示。

2.1.2 期间费用

期间费用由管理费用、财务费用和销售费用三部分构成,是企业生产经营过程中的一项重要支出,反映企业生产运营过程中管理、财务、销售的各项资金流出。

表 2 离子型稀土生产成本构成

Table 2 Composition of production cost of ion-adsorption rare earth

Project	Specific composition	Description
Direct material	Raw materials	Ion-adsorption rare earth ore
	Auxiliary materials	Industrial hydrochloric acid, ammonium chloride, ammonium carbonate, ammonium sulfate, lime powder, naphthenic acid, etc.
	Fuel and power cost	Water, electricity, etc.
	Other direct materials	Packaging, low-value consumables, spare parts, etc.
Direct labor	Staff wages and welfare expenses	Wages of production personnel in each stope and corresponding bonuses, allowances, subsidies and other welfare expenses.
Manufacturing cost	Indirect material cost	Mechanical material consumption (e.g. lubricating oil of machines).
	Indirect labor costs	Salary and welfare of manager.
	Depreciation charge	The value of fixed assets transferred to costs due to loss during use
	Amortization charge	Amortization expenses of intangible assets (patent fee, design fee, consulting fee, etc.)
	Other manufacturing cost	Maintenance costs, security costs, office costs, travel expenses, labor protection costs, etc.

2.1.3 税费成本

《中华人民共和国矿产资源法》(2009 修订版)规定,矿产资源归国家所有,开采必须缴纳资源税等税费。因此,开采稀土资源应缴纳相应的税费,并作为企业的现金流出纳入总成本费用。离子型稀土税费成本是指企业需缴纳的各种税收、费用的总和,包括矿产资源税、矿产资源补偿费、增值税、企业所得税、城市维护建设税、教育费附加等。

2.1.4 交易成本

离子型稀土交易成本是指在交易过程中产生的成本费用,主要包括交易磋商与合同履行成本、

稀土出口限制成本以及“绿色贸易壁垒”成本等。交易成本的核算并未形成统一的测度方法,企业会计报表中也未将其单独列出,仅将部分交易成本以销售费用、管理费用的形式体现在期间费用中。因此,为不重复计算,并参考方虹和王红霞的做法^[4],本文离子型稀土交易成本的核算主要考虑出口关税成本。

2.1.5 环境成本

离子型稀土环境成本内涵、构成及量化模型前已述及。环境成本是中国离子型稀土价格构成中缺失较大的一部分;由于过去监管力度不足、无序

开采等问题,部分企业以牺牲环境为代价来换取高额利润,企业财务收益中极少披露环境治理费用,造成了环境成本缺失。因此,离子型稀土环境成本应纳入全成本中,进而体现其真实成本。

2.1.6 代际成本

代际成本也称使用者成本,是可持续发展理念中重要组成部分,是当代人与后代人资源合理分配原则的重要体现。对于企业而言,为了追求利益最大化,其生产经营过程中,往往不会考虑资源的代际公平问题,而在企业全成本核算中,也不会计算代际成本。此外,由于后代人并未出现,“看不见的手”并不会考虑现实中无权参与决策人的需求。这时政府就会通过征收各种资源环境税费或对相关产品的进出口进行相应限制,将代际成本间接转移到企业的成本费用中。因此,从微观角度而言,离子型稀土代际成本以资源税、环保税的形式已纳入企业全成本中。

2.2 全成本核算模型

根据全成本构成,建立考虑环境成本的离子型稀土国际贸易全成本核算模型为:

$$C_{全} = C_{生} + C_{期} + C_{税} + C_{交} + C_{环} \tag{6}$$

式中: $C_{全}$ 为离子型稀土国际贸易全成本; $C_{生}$ 为生产成本; $C_{期}$ 为期间费用; $C_{税}$ 为税费成本; $C_{交}$ 为交易成本; $C_{环}$ 为环境成本。

2.3 离子型稀土国际贸易合理价格模型

关于离子型稀土合理价格核算研究中,所采用的利润率指标来源稍有差异。曾国华等^[27]指出离子型稀土合理价格由完全成本和正常利润构成,其中正常利润核算采用“有色金属采选业企业平均成本费用利润率”。方虹和王红霞^[4]在核算稀土出口收益时,利润率选取《中国统计年鉴》中“工业行业平均主营业务利润率”进行计算。参考已有成果,在分析各利润率差别的基础上,选取“工业成本费用利润率”指标,从全成本角度核算合理价格。由于离子型稀土成本效益分析中涉及多年费用与效益的累加以及通货膨胀等因素的影响,因此,引入“工业生产者出厂价格指数”进行调整,建立中国离

子型稀土国际贸易合理价格模型为:

$$P_{合} = C_{全} \times (1 + \phi) \times \gamma \tag{7}$$

式中: $P_{合}$ 为离子型稀土国际贸易合理价格; ϕ 为工业成本费用利润率(%); γ 为工业生产者出厂价格指数。

3 中国离子型稀土国际贸易合理价格与福利损失测算

中国离子型稀土资源占世界同类资源的 90%,素有“稀土王国”之称的江西赣南地区占有全国同类资源的 2/3。目前赣南离子型稀土产销量均居全国首位,占全国同类矿产品的 70%以上,在全国乃至世界都具有举足轻重的地位^[28]。赣南地区丰富的离子型稀土资源,以品位高、配分全、放射性低、易提取等优势参与国际贸易。因此,以赣南地区离子型稀土矿山为典型代表,对其全成本进行核算,并测算其合理价格及福利损失。

3.1 离子型稀土国际贸易合理价格测算

3.1.1 全成本核算

赣南地区某离子型稀土矿山位于某县城。矿区内母液处理车间均有简易公路与村通公路相通,交通较为便利。根据矿区矿产资源储量及开采技术条件,生产规模为 2500 t/a(折成 92%的氧化稀土),矿山服务年限 10 年(含建设期 1 年)。矿区建设用地 24.86 hm²;其中永久性占地中,母液处理车间占地 6.67 hm²,尾水处理车间占地 6.40 hm²;临时性占地中,原地浸矿采场占地 11.19 hm²,表土堆存场占地 0.60 hm²。根据矿山生产能力,估算矿山工程、设备、征山征地等总投资约为 8205 万元,其中流动资金 1500 万元,固定资产投资 6705 万元。项目全部资金自筹,不计利息。项目评估基准日为 2013 年 5 月 23 日。全成本核算中,各成本费用均按各年物价水平进行估算调整。

(1) 生产成本核算

原材料采用市场预测价格,其他投入物参照当地稀土矿(折成 92%的氧化稀土)生产现行价格计算。原辅材料费用为 4500 万元/年,动力费 900 万

元/年,企业工资及福利费用 1800 万元/年。制造费

修费 68.20 万元/年,安全费 1.20 万元/年。生产成

用中,折旧和摊销费在服务年限内全部摊销完,维

本核算见表 3 所示。

表 3 生产成本核算/(万元/年)

Table 3 Production cost accounting/(10⁴ yuan/year)

No.	Project	Production period								Reclamation period
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	Production load	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	67%
2	Raw and auxiliary materials	4590.00	4563.00	4590.00	4572.00	4594.50	4630.50	4509.00	4500.00	3015.00
3	Power cost	918.00	912.60	918.00	914.40	918.90	926.10	901.80	900.00	603.00
4	Wages and benefits	1836.00	1825.20	1836.00	1828.80	1837.80	1852.20	1803.60	1800.00	1206.00
5	Manufacturing cost	962.45	956.79	962.45	958.68	963.40	970.94	945.47	943.58	632.20
5.1	For example, depreciation, amortization charge	891.66	886.42	891.66	888.17	892.54	899.53	875.93	874.18	585.70
5.2	Maintenance cost	69.56	69.15	69.56	69.29	69.63	70.18	68.34	68.20	45.70
5.3	Safety fee	1.22	1.22	1.22	1.22	1.23	1.23	1.20	1.20	0.80
6	Production cost	8306.45	8257.59	8306.45	8273.88	8314.60	8379.74	8159.87	8143.58	5456.20

Note:The project is in the infrastructure construction period in 2013, so the cost accounting starts from 2014 (the same below).

(2)期间费用核算

此财务费用忽略不计。销售费用按销售额的

项目管理费用按每吨氧化稀土 (REO) 3.6

万元计,全年 9000 万元。项目全部资金自筹,因

0.5%计,全年 233.75 万元。期间费用核算见表

4 所示。

表 4 期间费用核算/(万元/年)

Table 4 Period cost accounting/(10⁴ yuan/year)

No.	Project	Production period								Reclamation period
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	Production load	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	67%
2	Management expenses	9180	9126	9180	9144	9189	9261	9018	9000	6030
3	Financial expenses	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Selling costs	238.43	237.02	238.43	237.49	238.66	240.53	234.22	233.75	156.61
5	Total	9418.43	9363.02	9418.43	9381.49	9427.66	9501.53	9252.22	9233.75	6186.61
6	Management expenses/Period cost	97.47%	97.47%	97.47%	97.47%	97.47%	97.47%	97.47%	97.47%	97.47%
7	Selling costs/Period cost	2.53%	2.53%	2.53%	2.53%	2.53%	2.53%	2.53%	2.53%	2.53%

(3)税费成本核算

税率由 17%调整为 16%,2019 年再次下调为 13%。

资源税方面:2015 年离子型稀土资源税由从量

城市建设维护税和教育费附加税率分别按 1%和

计征改为以 27%的税率从价计征,2020 年下调至

3%计算。所得税税率按 25%计征。税费成本核算

20%。增值税税率方面:2018 年离子型稀土增值税

见表 5 所示。

表 5 税费成本核算/(万元/年)

Table 5 Tax cost accounting/(10⁴ yuan/year)

No.	Project	Production period								Reclamation period
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	Resource tax	150.00	12799.22	12874.95	12824.46	12887.57	12988.55	9368.70	9350.00	6264.50
2	Value added tax	8106.45	8058.77	8106.45	8074.66	7637.08	6253.75	6089.66	6077.50	4071.93
3	Urban maintenance and construction tax	81.06	80.59	81.06	80.75	76.37	62.54	60.90	60.78	40.72
4	Education surcharges	243.19	241.76	243.19	242.24	229.11	187.61	182.69	182.33	122.16
5	Income tax	5344.85	2150.89	2163.62	2155.13	2289.84	2683.01	3432.37	3425.52	2295.10
6	Total	13925.56	23331.22	23469.27	23377.24	23119.98	22175.46	19134.31	19096.12	12794.40

(4)交易成本核算

2014 年中国离子型稀土出口关税税率为 25%，2015 年稀土出口关税取消(《国务院关税税则委员会关于调整部分产品出口关税的通知》中规定)，因此,2015 年之后，稀土国际贸易的交易成本为零。交易成本核算见表 6 所示。

表 6 交易成本核算/(万元/年)

Project	Production period		
	2014	2015	After 2016
Transaction cost	Tax rate 25%	Begin to eliminate export duties	Tax rate 0%
	10189.11	0.00	0.00

(5)环境成本核算

①水环境成本

建设期内,由于原地浸矿采场施工较为简单且施工人员较少,矿区不设生活区,仅办公区产生少量生活污水。因此,建设期产生的施工废水、设备冲洗废水和生活污水量很小,不会对水环境造成明显不利影响,故建设期水环境成本及其环境收益暂不计算在内。

生产期废水中 NH₄⁺ 超标,原因在于防渗漏、人造地板等工艺技术并不能 100% 防止浸矿母液渗漏。赣州市环保局 2012 年核算治理 1 吨废水约需 4~6 元;南京亿之源环保科技有限公司核算处理 1

吨废水的运行费用(药剂费、电费等)约需 5~7 元。根据生产期废水中氨氮浓度,确定污水处理站单位处理费用 P 为 5.80 元/m³;生产期废水量 Q 和主要污染物实际排放浓度 C 来源于项目环境影响报告书,最高允许排放标准浓度 C_0 为 15 mg/L(《稀土工业污染物排放标准》的直接排放标准限值)。根据式(2)可得生产期水环境成本为 9936.34 万元/年。

复垦期内对开采完的矿体进行清水清洗,以降低废水中主要污染物氨氮浓度,后将注液孔封孔,进行生态修复。复垦期生产负荷为 0.67,根据式(3)核算出复垦期水环境成本为 6657.35 万元/年。

②土壤环境成本

生产期和复垦期原地浸矿采场等临时性占地、母液处理车间等永久性占地的土壤复垦和修复成本及其养护费用核算详见罗婷和郑明贵^[6],土壤环境成本核算见表 7 所示。

表 7 土壤环境成本核算/(万元/年)

Table 7 Soil environmental cost accounting/(10 ⁴ yuan/year)					
Year	Soil environmental cost	Year	Soil environmental cost	Year	Soil environmental cost
2014	17.64	2017	17.06	2020	16.48
2015	14.05	2018	15.30	2021	13.07
2016	16.78	2019	17.16	2022	286.68

Note: Including construction period (one year).

离子型稀土环境成本核算见表 8 所示。

由表 8 可知,水环境成本均值为 9706.70 万元/年,占总环境成本的 99.53%;土壤环境成本集中在

复垦期,为 286.68 万元/年。离子型稀土矿山环境成本核算结果表明,水环境成本远大于土壤环境成本。

表 8 环境成本核算/(万元/年)
Table 8 Environmental cost accounting/(10⁴ yuan/year)

Project	Production period								Reclamation period
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Water environmental cost	10135.07	10075.45	10135.07	10095.32	10145.00	10224.49	9956.21	9936.34	6657.35
Soil environmental cost	17.64	14.05	16.78	17.06	15.30	17.16	16.48	13.07	286.68
Total	10152.70	10089.50	10151.85	10112.38	10160.31	10241.66	9972.70	9949.41	6944.03

(6)全成本核算

根据各成本核算结果汇总形成全成本,见表 9 所示。

由表 9 可知,离子型稀土全成本均值为

47907.63 万元/年,单位成本均值为 19.85 万元/吨;2014 年环境成本占全成本的 19.53%;2015—2022 年无交易成本核算时,环境成本均值占全成本均值的 20.47%。

表 9 全成本核算
Table 9 Full cost accounting

Year	Production cost (10 ⁴ yuan)	Period cost (10 ⁴ yuan)	Tax cost (10 ⁴ yuan)	Transaction cost (10 ⁴ yuan)	Environmental cost (10 ⁴ yuan)	Full cost (10 ⁴ yuan)	Unit cost (10 ⁴ yuan/t)
2014	8306.45	9418.43	13925.56	10189.11	10152.70	51992.25	20.80
2015	8257.59	9363.02	23331.22	0.00	10089.50	51041.34	20.42
2016	8306.45	9418.43	23469.27	0.00	10151.85	51346.00	20.54
2017	8273.88	9381.49	23377.24	0.00	10112.38	51144.99	20.46
2018	8314.60	9427.66	23119.98	0.00	10160.31	51022.54	20.41
2019	8379.74	9501.53	22175.46	0.00	10241.66	50298.39	20.12
2020	8159.87	9252.22	19134.31	0.00	9972.70	46519.09	18.61
2021	8143.58	9233.75	19096.12	0.00	9949.41	46422.86	18.57
2022	5456.20	6186.61	12794.40	0.00	6944.03	31381.24	18.74

3.1.2 合理价格核算

根据表 9,利用公式(7)核算出 2014—2019 年中国离子型稀土国际贸易合理价格。见表 10 所示。

由表 10 可知,2014—2019 年离子型稀土国际贸易合理价格最高为 35.39 美元/千克,最低为 30.98 美元/千克,均值为 33.43 美元/千克。

3.2 离子型稀土国际贸易福利损失测算

3.2.1 国际贸易实际价格

离子型稀土国际贸易实际价格一般采用主要出口国或地区的代表性出口价格表示,有以下三种获取途径:第一,通过《中国海关统计年鉴》“出口主要商品量值表”中“稀土及其制成品”分级指标,即稀土产品出口数量及出口金额数据核算各年稀土出口均价,

但该价格比离子型稀土出口价格低,原因在于其包含了轻稀土数据;第二,选取 UN comtrade database(联合国商品贸易统计数据库)税则号为 284690 的稀土产品出口金额及出口量数据核算各年稀土出口均价,该价格略高于中国海关出口均价但仍低于离子型稀

土出口均价,原因在于编码查询仅能精确到六位;第三,选取具有代表性的江西赣南地区稀土出口均价作为离子型稀土国际贸易实际价格。综上,本文采用第三个途径核算出 2014—2019 年离子型稀土国际贸易实际价格,见表 11 所示。

表 10 离子型稀土国际贸易合理价格核算

Table 10 Accounting of reasonable prices for international trade of ion-adsorption rare earth

Year	Unit cost (10 ⁴ yuan/t)	Ratio of profits to total industrial costs/%	Producer Price Index (PPI) (previous year = 100)	Reasonable price (10 ⁴ yuan/t)	Exchange rate (RMB to U. S. dollar)	Reasonable price (\$ /kg)
2014	20. 80	6. 52%	98. 10	21. 73	6. 14	35. 39
2015	20. 42	6. 42%	94. 80	20. 60	6. 23	33. 06
2016	20. 54	6. 70%	98. 60	21. 61	6. 64	32. 54
2017	20. 46	7. 16%	106. 30	23. 30	6. 75	34. 52
2018	20. 41	6. 84%	103. 50	22. 57	6. 62	34. 09
2019	20. 12	6. 57%	99. 70	21. 38	6. 90	30. 98

Note: “Ratio of profits to total industrial costs” data are from “China Statistical Yearbook”; “Producer Price Index (PPI)” and “Exchange rate (RMB to U. S. dollar)” come from “National Bureau of Statistics of China”.

表 11 离子型稀土国际贸易实际价格

Table 11 Actual prices of ion-adsorption rare earth in international trade

Classification	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Export value/ \$ 10 ⁴	6735	7237	8369	9408	10972	10875
Export volume/t	2089	2624	3187	3706	3918	4149
Actual price(\$ /kg)	32. 24	27. 58	26. 26	25. 39	28. 00	26. 21

Note: The data comes from “Import and Export Trade Statistics of Jiangxi Province”.

由表 11 可知,2014—2019 年中国离子型稀土国际贸易实际价格均值为 27. 61 美元/千克,呈现先降后升再降的变化趋势。将离子型稀土国际贸易合理价格与实际价格进行对比,发现变化趋势基本相同,见图 1 所示。

由图 1 可知,2014—2019 年中国离子型稀土国际贸易合理价格均高于实际价格。2015—2016 年,由于中国稀土出口配额和出口关税取消、稀土市场供过于求等因素影响,离子型稀土国际贸易合理价格和实际价格均呈下降趋势。2017 年,由于中国稀

土长期存在资源过度开发、产能过剩以及非法走私等问题,造成了离子型稀土实际价格下降。2018 年,稀土行业供给侧结构性改革在稀土收储、打击违规生产、环保核查以及科技创新等方面均取得一定成效,离子型稀土实际价格上涨。2019 年,受稀土市场竞争加剧及缅甸矿进口暂缓等因素影响,中国离子型稀土实际价格与合理价格均呈现一定幅度下降,两者差距有所减小。

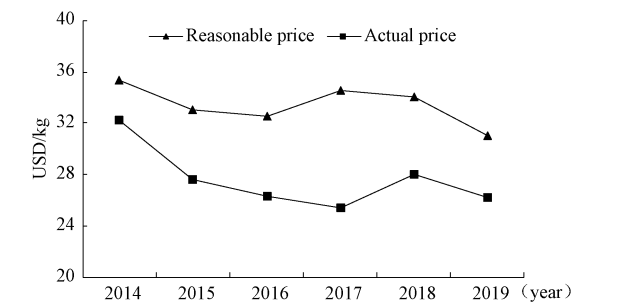


图 1 2014—2019 年离子型稀土国际贸易合理价格与实际价格趋势

Fig. 1 Reasonable price and actual price trend of ion-adsorption rare earth in international trade from 2014 to 2019

3.2.2 国际贸易福利损失测算

根据离子型稀土国际贸易合理价格与实际价格的差值,核算出离子型稀土国际贸易福利损失,见表 12 所示。

表 12 离子型稀土国际贸易福利损失(万美元/年)

Table 12 Welfare loss in international trade of ion-adsorption rare earth (\$ 10⁴/year)

Welfare	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Mean
loss	788. 51	1370. 43	1570. 42	2283. 58	1522. 72	1192. 74	1416. 70

由表 12 可知,2014—2019 年离子型稀土国际贸易福利损失呈现先升后降的变化趋势。2015—2017 年,中国稀土行业面临着严峻的产能过剩问题,加之非法开采及走私行为仍大量存在,导致稀土行业供需失衡,离子型稀土国际贸易福利损失逐年增加。随着供给侧结构性改革的深入推进,中国稀土产业结构不断优化,2018—2019 年离子型稀土国际贸易福利损失逐年降低。

4 结论与政策建议

4.1 主要结论

基于全成本理念,探究了离子型稀土环境成本内涵及构成,分别建立了不同生命周期阶段的离子型稀土水环境和土壤环境成本量化模型。根据考虑环境成本的全成本核算模型,引入工业成本费用利润率,构建了离子型稀土国际贸易合理价格模型。实证检验并测算了 2014—2019 年中国离子型稀土国际贸易合理价格与福利损失。主要研究结论为:

- (1)从环境成本来看,离子型稀土矿山主要环境成本为水环境和土壤环境成本,其中水环境成本主要发生在生产期,土壤环境成本主要发生在复垦期。在赣南地区离子型稀土环境成本核算中,水环境成本均值为 9706. 70 万元/年,占总环境成本的 99. 53%,复垦期土壤环境成本为 286. 68 万元/年。
- (2)从全成本来看,离子型稀土国际贸易全成本由生产成本、期间费用、税费成本、交易成本和环境成本构成。经测算,离子型稀土国际贸易全成本均值为 47907. 63 万元/年,单位成本均值为 19. 85

万元/吨;2014—2022 年环境成本均值占全成本的 20. 36%,仅次于税费成本。

(3)从合理价格来看,剔除通货膨胀等因素影响后,2014—2019 年离子型稀土国际贸易合理价格均值为 33. 43 美元/千克。与实际价格相比,两者差值最小为 3. 15 美元/千克。受中国稀土出口配额和出口关税取消、非法走私以及稀土市场产能过剩等因素影响,2014—2019 年离子型稀土国际贸易合理价格呈现先降后升再降的变化趋势。

(4)从福利损失来看,2014—2017 年离子型稀土国际贸易福利损失逐年增加,增速分别为 73. 80%、14. 59%和 45. 41%;2018—2019 年离子型稀土国际贸易福利损失逐年降低,环比减少 760. 86 万美元和 329. 98 万美元。

4.2 政策建议

- 基于上述研究结论,提出以下政策建议:
- (1)加强稀土矿山环境成本核算。会计环境成本核算目前在中国企业中应用程度较低,应加快环境会计核算体系的建立,健全包含环境成本的稀土定价机制。稀土企业应自主核算环境成本,并纳入成本效益分析,以实现稀土资源价值和国际贸易价格的统一。
- (2)提高稀土原地浸矿防渗技术水平。水环境成本在总环境成本中占比较高,因此,企业应加大人造底板、防渗膜等技术的研发投入,完善原地浸矿采收液系统,提高收液率,减少环境污染量,降低稀土企业环境成本。
- (3)健全稀土环境法规。稀土相关环境法规的健全,有利于稀土企业加强环境成本核算,更为真

实地反映稀土开采成本。

参考文献:

- [1] 陈昱,马子涵,古洁灵,田伟腾. 环境成本研究:合作、演进、热点及展望—基于 CitespaceV 的可视化分析[J]. 干旱区资源与环境,2019,33(6):11-22.
Chen Y, Ma Z H, Gu J L, Tian W T. Environmental cost research: cooperation, evolution, hotspot and prospect [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2019, 33(6): 11-22.
- [2] Popoff F, Buzzelli D. Full-cost accounting [J]. Chemical and Engineering News, 1993, 71(2): 8-10.
- [3] 苏文清. 中国稀土产业经济分析与政策研究 [M]. 北京:中国财政经济出版社, 2009.
Su W Q. Economic analysis and policy research on rare earth industry in China [M]. Beijing: China Finance and Economy Press, 2009.
- [4] 方虹,王红霞. 基于全成本视角的中国稀土贸易代价及战略调整研究 [J]. 财贸经济, 2014, 35(3): 80-90.
Fang H, Wang H X. Research on costs of rare earths trade and adjustment of strategies from full cost perspective [J]. Finance and Trade Economics, 2014, 35(3): 80-90.
- [5] 郑明贵,罗婷. 赣南地区离子型稀土矿山水环境成本量化研究 [J]. 稀土, 2019, 40(5): 147-158.
Zheng M G, Luo T. Quantitative study on water environmental cost of ion-adsorption rare earth mine [J]. Chinese Rare Earths, 2019, 40(5): 147-158.
- [6] 罗婷,郑明贵. 基于恢复费用法的离子型稀土矿山土壤环境成本量化研究 [J]. 稀土, 2019, 40(6): 133-143.
Luo T, Zheng M G. Quantitative study on soil environmental cost of ion-adsorption rare earth mines based on recovery cost method [J]. Chinese Rare Earths, 2019, 40(6): 133-143.
- [7] 曾先峰,李国平,汪海洲. 基于完全成本的碳酸稀土理论价格研究——兼论中国稀土资源定价机制改革 [J]. 财经研究, 2012, 38(9): 134-144.
Zeng X F, Li G P, Wang H Z. Theoretical price of rare earth carbonate based on full cost: analysis on the reform of pricing mechanism of rare earth resources in China [J]. Journal of Finance and Economics, 2012, 38(9): 134-144.
- [8] Antonini C, Argiles-Bosch J M. Productivity and environmental costs from intensification of farming. A panel data analysis across EU regions [J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 140(Pt. 2): 796-803.
- [9] 秦昌波,葛察忠,刘倩倩,苏洁琼,王金南. 中国煤炭环境成本内部化的经济影响分析 [J]. 中国环境科学, 2018, 38(2): 745-754.
Qin C B, Ge C Z, Liu Q Q, Su J Q, Wang J N. Economic impacts of environmental cost internalization of coal in China [J]. China Environmental Science, 2018, 38(2): 745-754.
- [10] 王立彦. 环境成本与 GDP 有效性 [J]. 会计研究, 2015, 36(3): 3-11.
Wang L Y. Environmental cost and GDP effectiveness [J]. Accounting Research, 2015, 36(3): 3-11.
- [11] 吴琼,马国霞,高阳,潘韬. 自然资源资产负债表编制中的环境成本核算及实证研究——以湖州市为例 [J]. 资源科学, 2018, 40(5): 936-945.
Wu Q, Ma G X, Gao Y, Pan T. The environmental cost accounting framework for natural resources asset compilation in Huzhou city [J]. Resources Science, 2018, 40(5): 936-945.
- [12] Rezek J P, Campbell R C. Cost estimates for multiple pollutants: a maximum entropy approach [J]. Energy Economics, 2007, 29(3): 503-519.
- [13] Pimentel D, Harvey C, Resosudarmo P, Sinclair K, Kurz D, McNair M, Crist S, Shpritz L, Fitton L, Saffouri R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits [J]. Science, 1995, 267(5201): 1117-1123.
- [14] Welsch H. Environment and happiness: valuation of air pollution using life satisfaction data [J]. Ecological Economics, 2006, 58(4): 801-813.
- [15] Martinez A, Uche J, Valero A, Valero-Delgado A. Environmental costs of a river watershed within the European water framework directive: results from physical hydro-nomics [J]. Energy, 2010, 35(2): 1008-1016.

- [16] Ackermann W C. Soil and water conservation [J]. *Eos Transactions American Geophysical Union*, 2013, 57(10):708-711.
- [17] Pu Y, Song J, Dong L, Yang W, Wang S, Wang X. Estimating mitigation potential and cost for air pollutants of China's thermal power generation: a gains-China model-based spatial analysis [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 211:749-764.
- [18] 周夏飞, 朱文泉, 马国霞, 张东海, 郑周涛. 江西省赣州市稀土矿开采导致的水土保持价值损失评估[J]. *自然资源学报*, 2016, 31(6):982-993.
- Zhou X F, Zhu W Q, Ma G X, Zhang D H, Zheng Z T. Assessing the loss value of soil and water conservation resulted from the mining of rare earth ore in Ganzhou, Jiangxi province [J]. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(6):982-993.
- [19] 马国霞, 朱文泉, 王晓君, 周夏飞, 於方. 2001—2013年我国稀土资源开发生态环境成本评估[J]. *自然资源学报*, 2017, 32(7):1087-1099.
- Ma G X, Zhu W Q, Wang X J, Zhou X F, Yu F. Evaluation of ecological and environmental cost of rare earth resource exploitation in China from 2001 to 2013 [J]. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(7):1087-1099.
- [20] 鞠丽萍, 祝怡斌, 翟广鹏. 两种采矿方法下离子型稀土矿山生态环境成本量化对比研究[J]. *稀土*, 2020, 41(5):143-149.
- Ju L P, Zhu Y B, Zhai G P. Comparative study on ecology environmental cost of two mining methods in ion-adsorption rare earth mine [J]. *Chinese Rare Earths*, 2020, 41(5):143-149.
- [21] 袁中许. 资源异质性视角下中国稀土定价权缺失本真研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(4):157-167.
- Yuan Z X. Authenticity study on the lack of pricing power in China's rare earth from the perspective of resource heterogeneity [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(4):157-167.
- [22] 杨青龙. 再论“国际贸易的全成本”[J]. *财贸经济*, 2012, 33(5):82-90.
- Yang Q L. A further discussion on “full cost of international trade” [J]. *Finance and Trade Economics*, 2012, 33(5):82-90.
- [23] 吴巧生, 孙奇. 我国稀土价格形成机制及策略[J]. *中国矿业*, 2015, 24(1):29-34.
- Wu Q S, Sun Q. The rare earth price formation mechanism and the strategies [J]. *China Mining Magazine*, 2015, 24(1):29-34.
- [24] 郭钟群, 赵奎, 金解放, 王观石, 朱易春. 离子型稀土矿环境风险评估及污染治理研究进展[J]. *稀土*, 2019, 40(3):115-126.
- Guo Z Q, Zhao K, Jin J F, Wang G S, Zhu Y C. Reviews on environmental assessment and pollution prevention of ion adsorption type rare earth ores [J]. *Chinese Rare Earths*, 2019, 40(3):115-126.
- [25] [美]L. D. 詹姆斯, [美]R. R. 李. 水资源规划经济学[M]. 北京:水利电力出版社, 1984.
- L D James, R R Lee. Water resources planning economics [M]. Beijing: Water Resources and Electric Power Press, 1984.
- [26] 汤润忠, 李茂楠. 离子吸附型稀土矿原地浸析采矿法[J]. *矿业研究与开发*, 1997, 17(2):1-4.
- Tang X Z, Li M N. In-Situ leach mining of ion-absorbed rare-earth mineral [J]. *Mining Research and Development*, 1997, 17(2):1-4.
- [27] 曾国华, 吴雯雯, 余来文. 完全成本视角下离子型稀土合理价格的重构[J]. *现代管理科学*, 2014, 33(3):103-105.
- Zeng G H, Wu W W, Yu L W. Reconstruction of reasonable prices of ion-adsorption rare earths from the perspective of complete cost [J]. *Modern Management Science*, 2014, 33(3):103-105.
- [28] 曾敏, 彭红霞, 刘凤梅. 安远新龙稀土矿山地环境综合治理研究[J]. *金属矿山*, 2011, 46(3):136-139.
- Zeng M, Peng H X, Liu F M. Study on comprehensive treatment of geological environment of Xinlong rare-earth mine in Anyuan county [J]. *Metal Mine*, 2011, 46(3):136-139.

Reasonable Price of Ion-Adsorption Rare Earth International Trade Based on the
Perspective of Full Cost

LUO Ting¹, ZHANG Yong-qing¹, ZHENG Ming-gui^{2,3*}

- (1. Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;
- 2. Research Center of Mining Development, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China;
- 3. School of Management, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: The value of ion-adsorption rare earth does not match its price in international trade. This paper quantified the environmental costs of water and soil in different life cycle stages of construction, production and reclamation of ion-adsorption rare earth mines, and established a full cost accounting model considering environmental costs. This paper introduced the ratio of profits to total industrial costs, established the reasonable price model of international trade, and calculated the welfare loss of ion-adsorption rare earth international trade from 2014 to 2019. The results show that: In the environmental cost accounting of ion-adsorption rare earth, the average of water environment cost is 97.0670 million yuan per year, accounting for 99.53% of the total environmental cost, and the soil environmental cost is 2.8668 million yuan per year during the reclamation period. The full cost is 479.0763 million yuan per year and the average unit cost is 0.1985 million yuan per ton. The average reasonable price is \$33.43/kg of ion-adsorption rare earth international trade from 2014 to 2019, which is higher than the actual average prices of \$27.61/kg, and the welfare loss is relatively large. These findings can provide reference and method support for the quantification environmental cost and the formation of reasonable prices of ion-adsorption rare earth.

Key words: ion-adsorption rare earth; full cost; environmental cost; reasonable price; welfare loss