

“人口、资源与环境经济学”河北省重点学科资助
河北省社会科学基金项目（项目编号：HB13JJ028）

矿山企业循环经济 发展问题研究

KUANGSHAN QIYE XUNHUAN JINGJI
FAZHAN WENTI YANJIU

◎ 吕宝林 著

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

“人口、资源与环境经济”

河北省社会科学基金项目(20110900023)

矿山企业循环经济 发展问题研究

KUANGSHAN QIYE XUNHUAN JINGJI
FAZHAN WENTI YANJIU

◎ 吕宝林 著

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

矿山企业循环经济发展问题研究 / 吕宝林著. —北京:
经济科学出版社, 2015. 12

ISBN 978 - 7 - 5141 - 6394 - 0

I. ①矿… II. ①吕… III. ①矿山企业 - 自然资源 -
资源经济学 - 研究 IV. ①F407. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 298885 号

责任编辑: 王冬玲

责任校对: 杨晓莹

责任印制: 邱 天

矿山企业循环经济发展问题研究

吕宝林 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxbs. tmall. com](http://jjkxbs.tmall.com)

北京万友印刷有限公司印装

710 × 1000 16 开 9.75 印张 180000 字

2016 年 10 月第 1 版 2016 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 6394 - 0 定价: 35.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))



前 言

矿山企业的开发，一方面为我国国民经济的发展提供了生产原材料，促进了经济的迅速发展；另一方面，生产过程的物质消耗和污染物排放，对生态环境的保护带来了巨大的压力。循环经济是一种可持续发展的生态经济，目的是使经济系统和谐地纳入到自然生态系统的物质循环过程中。循环经济是以资源节约和循环利用为特征的经济形态，是目前认为能够解决矿山企业生产与环境保护矛盾的最有效手段。然而，目前对循环经济的研究大多偏向于宏观层次（国家、区域循环经济）的理论研究和应用，缺乏能够行之有效帮助矿山企业发展循环经济的理论和方法。因此，本书以微观层次的矿山企业为研究对象，侧重于从环境保护与经济效益并重的角度、理论与实践相结合的手段出发，研究这些企业发展循环经济的理论和机制，探索这些企业解决环境问题的方法和手段。本书的主要研究内容如下：

第1章首先回顾我国的矿业现状，指出依靠高消耗追求经济数量增长而忽视资源环境后果的传统发展模式已不再适应当今和未来世界发展的要求，而循环经济是解决矿山企业生产与环境保护矛盾的有效手段。通过分析循环经济的概念和内涵，指出在矿山企业中发展循环经济的必要性。

第2章首先对循环经济有关的理论基础进行阐述，介绍了可持续发展理论、生态工业理论、环境资源价值理论以及这些理论和循环经

济的内在联系。在此基础上,介绍了有关企业循环经济的一些理论和先进思想,包括清洁生产模式、循环经济价值链、生产者责任延伸模式等。

第3章主要研究矿山企业的环境质量评价方法。环境污染是矿山企业在经济发展中面临的重要问题。首先介绍了矿山企业的环境污染因子,接着回顾了现有的环境质量评价方法,存在的主要问题是量化误差比较大、质量分级不准确、有的方法难以实现(如灰色系统理论)。本书提出一种新的基于支撑向量机(SVM)的环境质量评价方法,该方法利用SVM进行质量分级,并将SVM的后验概率估计作为置信度来反映分级结果的可靠性。这种方法不但分级精度高,而且分级结果更为合理,适用于一些小样本的环境质量评价场合。本书以涞源县银山口铅锌矿为例验证提出方法的可靠性,通过对矿区及其附近的7个观测点的空气环境进行观测,分别用人工神经网络(ANN)和SVM方法进行空气环境质量评价,结果表明SVM方法是比较可靠的,而且还能提供评价结果的可靠性。这些都是ANN等方法所不具备的。

第4章主要研究矿山企业发展循环经济的指标体系。在矿山企业发展循环经济的过程中,循环经济评价是其中的重要内容。只有建立一套严谨科学的循环经济评价指标体系,才能利用一定的方法手段对循环经济的发展状况进行监测和预测,才能对循环经济发展水平进行科学评判,找出存在的问题,指出未来的发展方向。本书首先对现有的循环经济指标体系进行了系统的说明,介绍了循环经济指标体系的国内外研究现状,并在此基础上研究如何构建适合于矿山企业发展循环经济的指标体系。依据循环经济的内涵和目标,遵循矿山企业循环经济评价指标体系的建立原则,构建了矿山企业循环经济评价指标体系的框架。该循环经济评价指标体系包括四个层次(目标层、准则层、指数层、指标层):目标层明确了总体目标,即指导和评价循环

经济发展；准则层含四个子系统；指数层包括十个层面；指标层有二十八个指标。该指标体系的建立有利于指导矿山企业更加规范地按照循环经济发展模型进行生产活动。

PCA 是一种传统的利用指标体系进行循环经济评价的方法，但是该方法对非线性指标无法达到好的分析效果。本书对其进行改进，提出了基于核主成分分析（KPCA）的循环经济综合评价方法。该方法可以同时对待线性、非线性指标进行分析，极大地拓展了综合评价的范围。

第 5 章主要对矿山企业的物质流分析进行研究。物质流分析（Materials Flow Analysis, MFA）是目前分析循环经济的一个常用手段，目的是通过循环经济的物质流分析从中找到节省天然资源，改善环境的途径，以推动工业系统向可持续方向转化。然而传统物质流无法分析生产过程的一些非物质输入，投入到经济运行系统的生产过程中的生产力要素等一些非物质输入，诸如消耗的能源、占用的土地、需要的劳动力、必需的基本建设、不断更新的生产技术、企业管理水平等，所以仅进行物质流分析并不全面。本章提出了融合物质流和价值流的系统框架，将这二者用一个统一模型资源—价值流的形式进行分析，而物质流相当于资源—价值流的一个特例。在此基础上建立了矿山企业的资源—价值流分析模型，并给出了矿山企业物质流分析的一些指标定义，如企业的废物再资源化比率、产品再利用率、循环指数，依据这些指标可以很好地分析企业的循环经济结构，从而为矿山企业的循环经济科学评价提供依据。接着，本书从环境保护和资源开发方面给出了矿山企业发展循环经济的对策，并给出了采矿企业、选矿企业和冶炼企业各自发展循环经济的经济着重点。

第 6 章主要对矿山企业发展循环经济进行实例研究。采钢厂和选矿厂是金属矿山的主要生产单位。在实例分析方面，本书结合涞源县

银山口铅锌矿山采矿厂,应用第5章提出的物质流模型对该企业的生产过程进行了分析,通过分析指出,该采矿厂基本达到了环境保护的要求,清洁生产水平在国内同类规模企业中处于一般水平,基本符合清洁生产原则要求。但从循环指数和处理率来看,该采矿厂还应加大技术费用的投入比例,提高废石回填率和废水循环利用率,以进一步降低对环境保护的压力。本书应用循环经济理论和方法对丰宁三赢工贸有限责任公司招兵沟选矿厂进行了应用研究,通过物质流方法分析了该企业生产过程中废物的排放状况,提出了通过工艺技术创新促进其循环经济发展的手段,并对该企业的废物再利用和处理给出了解决措施。该选矿厂通过发展循环经济,经过技改后的清洁生产水平达到国内先进水平。

第7章在总结以往各章的基础上给出了矿山企业发展循环经济的有益结论和进一步发展的建议,认为矿山企业内部循环体系和区域范围内的循环体系的建立是发展矿业循环经济的重点所在。而构建矿山企业的内部循环体系的时候,应当分别根据采矿和选矿以及冶炼三种工艺构建体系内部循环体系。矿业区域发展循环经济,应当遵循以下四项原则:产品的关联化、产业的聚集化和管理的集中化以及信息的共享化。

本书采用理论与实例研究相结合、定量与定性分析相结合的方法对矿山企业的循环经济发展的主要问题进行研究。在分析国内外循环经济的现状基础上,提出目前我国矿山企业在发展循环经济中存在的问题,然后从矿区循环经济评价指标体系构建的目标及原则等方面着手,针对矿山企业的生产过程特点,结合循环经济理论,构建矿区循环经济效益评价指标体系。

物质流分析是循环经济的重要研究领域,循环经济的本质是改造和调控现有的线性物质流模式,提高资源和能源的效率。因此,在制

定和发展循环经济政策和战略的时候，必须对经济活动的物质流进行分析。由于矿山企业采矿活动容易产生潜在的地质灾害，如植被破坏、水土流失等现象，这些是传统物质流分析无法衡量的，本书将物质流、价值流联系起来，对其矿山企业经济系统进行综合考虑，对矿区循环经济进行分析，并充分利用相互之间的相互关系来发现存在的问题。

循环经济是系统性的产业变革，是从产品利润最大化向遵循生态可持续发展的根本转变。本书通过多个角度研究探讨了矿山企业发展循环经济的方法和理论，从而为矿山企业改变传统的高能耗、高污染的粗放型生产模式，进而发展循环经济提供了有力的科学依据。

作者

2016年9月

目 录

第1章 引言	1
1.1 我国矿山资源开发现状	2
1.2 经济发展模式的改变——循环经济的提出	4
1.3 循环经济的概念和内涵	6
1.4 矿山企业发展循环经济的必要性	10
1.5 主要研究内容和创新点	12
1.6 研究方法和指导思想	14
第2章 循环经济理论基础	15
2.1 可持续发展理论	15
2.2 工业生态学理论	17
2.3 环境资源价值理论	20
2.3.1 直接市场法	21
2.3.2 替代市场法	21
2.3.3 意愿调查评价法	21
2.4 企业循环经济理论	23
2.4.1 清洁生产模式	25
2.4.2 循环经济价值链	26

2.4.3 生产者责任延伸模式	27
2.4.4 产品生命周期理论	30
2.5 本章小结	31
第3章 基于SVM的矿山项目环境影响评价方法	32
3.1 矿山建设项目中的环境污染因子	33
3.1.1 水污染	33
3.1.2 大气污染	34
3.1.3 固体废物污染	35
3.1.4 重金属污染	36
3.1.5 噪音污染	36
3.2 环境质量评价方法	38
3.2.1 指数评价法	39
3.2.2 基于模糊理论的环境评价法	40
3.2.3 基于灰色系统理论的环境系统评价方法	42
3.2.4 基于层次分析法的环境系统评价	42
3.2.5 基于人工神经网络的环境系统评价法	43
3.2.6 基于主成分分析法原理的环境系统评价	44
3.3 基于SVM的环境质量评价方法	45
3.4 支撑向量机理论	46
3.5 实例分析	51
3.6 本章小结	54
第4章 矿山循环经济评价指标体系构建与评价	55
4.1 循环经济评价指标建立的原则和方法	56
指标建立的原则	56

4.2	循环经济评价指标体系研究进展	58
4.3	构建矿山循环经济评价指标体系	64
4.4	基于核主成分分析的循环经济评价方法研究	69
4.4.1	PCA 评价方法的原理	70
4.4.2	基于 PCA 的循环经济指标体系评价方法	74
4.4.3	基于 KPCA 的循环经济指标体系评价方法	76
4.5	利用 KPCA 进行循环经济综合评价	80
4.6	本章小结	81
 第 5 章 矿山循环经济发展的物质流分析		83
5.1	物质流分析的一些概念及发展概况	84
5.2	物质流分析的国内外应用发展情况	85
5.3	物质流分析的步骤	88
5.4	物质流分析框架	91
5.5	矿山项目资源—价值流分析模型	94
5.6	矿山企业发展循环经济对策	101
5.7	本章小结	106
 第 6 章 矿山企业发展循环经济实例研究		107
6.1	涞源县银山口铅锌矿采矿厂发展循环经济示例	107
6.1.1	银山口铅锌矿采矿的主要技术流程	108
6.1.2	主要污染物产生、治理及排放情况	109
6.1.3	采矿厂的资源—价值流模型分析	113
6.1.4	采矿厂的清洁生产水平分析	116
6.2	丰宁三赢工贸有限责任公司招兵沟选矿厂发展循环经济示例	118

6.2.1 招兵沟选矿厂简介	118
6.2.2 招兵沟选矿厂物质流分析	119
6.2.3 选矿厂的清洁生产水平分析	125
 第7章 主要结论和展望	 127
 参考文献	 130
后 记	143

第1章 引言

矿产资源属于不可再生资源，是人类赖以生存和发展的物质基础。进入21世纪以来，矿产资源的综合开发利用对国民经济的影响越发地凸显出来。据统计，我国80%以上的工业原料和50%的农业生产资料来自矿山，各个产业部门利用有色金属冶炼产品和加工产品的比例正在逐渐扩大^[1]。然而，矿产资源的开发过程中容易诱发严重的环境问题，破坏原有的生态环境结构，威胁人类社会的和谐稳定发展。矿山企业要想生存和进一步发展，只有大力发展循环经济，加强资源的综合利用，坚持开发与节约并重，按照减量化、再利用、资源化的原则，改变原有的粗放型经济增长模式，形成低消耗、低排放、低投入和高效率的节约型生产模式，才能更好地与人类社会和谐发展相适应。

循环经济（Circular Economy）是指以资源节约和循环利用为特征的经济形态。循环经济理念首先在发达工业国家出现，是为了应对日益严重的环境污染问题，解决经济发展对资源的巨量需求与有限的自然资源之间的矛盾，处理好社会经济发展与生态环境保护之间的相悖难题而提出来的。它倡导在物质不断循环利用的基础上发展经济，其目的是实现人类社会的可持续发展^[2]。现在，循环经济已经从理念上升到行动，一方面成为国家和区域发展战略的必然选择，另一方面也成为诊断矿山企业开发合理程度及其是否健康发展的标准。但是，循

环经济在具体付诸实践的过程中仍然面临许多需要深入研究的科学问题。为此,笔者对矿山企业循环经济发展若干问题展开研究。与以往许多从政策、宏观层面的研究角度不同,本书的出发点是针对微观层次的矿山企业。因为企业是国民经济有机体的细胞,企业的生产与流通构成了社会经济活动的基本环节,只有使微观层次的矿山企业明确企业自身的循环状况、采取正确的企业发展策略和循环生产模式,进行有利于循环发展的技术改造,才能真正有效地贯彻循环经济发展模式。

1.1 我国矿山资源开发现状

随着我国经济的快速增长,对矿产资源的需求也不断增大。国家发改委和国土资源部联合有关部门对45种主要矿产的需求预测分析表明,我国现阶段对矿产品的需求压力已经很大。铜、铁、锌矿石和稀有金属的需求存在很大缺口,到2020年,各类矿产品的需求量将增加1倍以上,对大多数矿产品的需求量将超过美国名,列世界第一^[2]。一方面是国家快速发展对矿产资源大量需求,另一方面是我国矿产资源储量增长缓慢,有效勘查投入不足,可用资源明显不足。据统计,我国矿产资源人均占有量仅相当于世界人均的58%。尽管这些矿产资源人均占有量低,但在开发过程中却存在大量的浪费现象。根据对我国的845个矿山的调查情况来看^[3],仅有7%的矿山矿产资源的综合利用率能够达到70%,而少于15%的矿山的综合利用率能够达到50%;资源综合利用率为仅为2%~5%的综合型矿山企业占到75%,与世界先进水平相比,要低20%~30%。根据对我国34个矿种的515个国有大中型矿山企业的调查资料统计,只有160个矿山综

合利用较好, 比例为 31.1%; 132 个矿山为部分综合利用, 占比为 25.6%; 占 43.3% 的 233 个矿山完全不进行综合利用; 而基本没有进行综合利用的集体和私营矿山有 20 多万个。与之形成鲜明对比的是, 发达国家对伴生资源综合利用却是非常重视, 有平均达到 80% 以上的伴生金属能得到综合回收, 能产生占到总产值 30% 以上综合利用产值, 要比我国的比率高出 20%。相比之下, 在美国和日本的矿山企业, 铜、铅、锌、镍等金属矿山资源综合利用率能够高达 76% ~ 90%。据有关专家预测, 到 2010 年中国多数矿产资源供需形势严峻, 短缺矿产对外依存度逐步上升, 其中铝和钾的对外依存度高达 64% 和 83%; 到 2020 年, 形势更为严峻, 对外依存度进一步上升, 达到 71% 和 87.6%。

与此同时, 由矿业开发所导致的环境污染和生态破坏问题与日俱增, 特别是矿山的地质环境和地质灾害问题日益显现, 不仅影响到矿业经济可持续发展, 还危害社会稳定和人民生命及财产安全。根据相关统计, 因采矿而产生的废水、废液的排放量, 在我国就已经超过工业废水排放总量的 10%, 全国固体废物总量的 50% 为矿山生产出来的废渣, 几乎接近一半的各项建设用地、废弃地或因灾害损失的耕地为矿山占地。矿产资源的开发利用过程中所产生的废石、选矿生产中产生的尾矿排放侵占和破坏了大量土地资源: 2004 年仅金属矿山堆存的尾矿就达到了 50 亿吨。铁矿生产的矸石量约占产量 10%, 每年新产生矸石约 1 亿吨。绝大多数小矿山没有排石场和尾矿库, 废石和尾矿随意排放, 不仅占用土地, 还造成水土流失, 堵塞河道和形成泥石流。国土资源部自 1999 年开始以山东、山西、河北、甘肃等省作为试点, 开展了矿山尾矿及环境调查。调查结果表明, 矿山尾矿、废石等固体废料积存的数量及其对矿区土地、环境的影响比预计的要严重得多^[4]。

总而言之,我国矿产资源开发和生产还处于粗放型阶段,综合表现为:产业集中度低,矿业秩序较混乱;采、选、冶技术整体水平不高;矿山“三率(包括开采回采率、采矿贫化率和选矿回收率)”指标总体不高;共(伴)生资源利用水平低;引发的生态破坏和环境污染问题已相当严重。

1.2 经济发展模式的改变——循环经济的提出

在严峻的资源环境形势下,人们逐渐认识到,单纯依靠高消耗追求经济数量增长而忽视资源环境后果的粗放型发展模式已不再适应当今和未来世界发展的要求。世界各国都在呼吁改变传统发展模式,协调环境与发展之间的关系。

1966年,美国经济学家鲍尔丁发表了题目为“未来宇宙飞船地球经济学”的论文,其中首次提出了“宇宙飞船理论”,认为地球有如在太空中飞行的一艘飞船,如果不对现有的资源以循环利用,在不久的将来,像宇宙飞船那样最终走向毁灭将是地球的下场。他提出,循环利用资源问题,必须从经济过程来思考环境问题产生的根源。这可以看做是循环经济思想的萌芽。1990年,英国环境经济学家皮尔斯和图纳在其著作《自然资源和环境经济学》一书中首次正式使用了“循环经济”(Circular Economy)一词,并从资源管理的角度讨论了物质的循环利用问题。随后,循环经济概念开始在欧洲流行开来,而首次在国家法律文本中使用循环经济概念的,还是1996年德国颁布的《循环经济与废弃物管理法》。在循环经济发展模式方面,日本是世界上最早开始探索的国家之一,也是循环经济的立法最完备、资源循环利用率最高的国家,在发展循环经济方面取得了明显效果。从20

世纪90年代开始,日本政府围绕建设循环型社会的目标逐步加强了相关的制度建设,建立了《促进循环型社会建设基本法》,并制定了多层次、多方面的法律法规体系,对不同行业的废弃物处理和资源再利用等作了具体规定,并大力加以推行,现已取得良好效果^[5]。

近年来,中国在发展循环经济方面,已经进行了很多有益的探索和实践,“发展循环经济,建设资源节约型、环境友好型社会”已成为我国政府落实科学发展观和全面建设和谐社会的战略目标。“十一五”规划中,循环经济已经作为重要理念得以体现,发展循环经济在规划纲要、各类专项规划和区域规划以及城市总体规划中,均被摆到了突出位置。循环经济试点建设方法、发展区域循环经济的技术攻关以及相关法律法规、政策方面的研究已经在全国各地先后得以开展。2008年8月29日中华人民共和国第十一届全国人民代表大会常务委员会第四次会议通过《中华人民共和国循环经济促进法》,该法规已经于2009年1月1日起正式实施。

近年来,国家非常重视我国矿产资源开发过程中的突出特点和存在的问题,循环经济在矿产资源开发过程中已得到充分贯彻。在《国务院关于加快发展循环经济的若干意见》中指出,要将矿产资源开发作为发展循环经济的重点工作和重要环节,也就是矿产资源开发早在资源开发环节就要统筹规划,大力推广先进适用的工艺、设备和开采技术,努力提高采矿回采率、选矿和冶炼回收率,极力推进尾矿、废石综合利用,资源综合回收利用率得到全面的提高。

国内学术界近年对矿山循环经济发展研究也比较重视,尤其在环保界和经济学界反响强烈,但技术领域研究者较少。研究人员以科研院所和政府部门相关人员为主,研究课题主要集中在国家、地域等宏观层面上,也有不少针对沿海经济发达城市的研究。在行业上以钢铁建材、煤炭、海洋、化工、交通、矿业为多,如蒋佐斌对中国铁矿资