

# 绿色矿山 理论与实践

LVSE KUANGSHAN LILUN YU SHIJIAN

张 文 何希霖 姚 峰 辛恒奇 编著



煤炭工业出版社

# 绿色矿山理论与实践

张 文 何希霖 姚 峰 辛恒奇 编著

煤炭工业出版社

·北 京·

图书在版编目 (CIP) 数据

绿色矿山理论与实践 / 张文, 何希霖, 姚峰, 辛恒奇编  
著. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2015  
ISBN 978-7-5020-4925-6

I. ①绿… II. ①张… ②何… ③姚… ④辛… III. ①矿  
山开发—无污染技术—研究 IV. ①TD2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 173888 号

绿色矿山理论与实践

---

|      |                                                                                       |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 编 著  | 张 文 何希霖 姚 峰 辛恒奇                                                                       |
| 责任编辑 | 向云霞 赵金园 成联君 尹燕华 杨晓艳                                                                   |
| 编 辑  | 杜 秋                                                                                   |
| 责任校对 | 尤 爽                                                                                   |
| 封面设计 | 于春颖                                                                                   |
| 出版发行 | 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)                                                       |
| 电 话  | 010-84657898 (总编室)<br>010-64018321 (发行部) 010-84657880 (读者服务部)                         |
| 电子信箱 | cciph612@126.com                                                                      |
| 网 址  | www.cciph.com.cn                                                                      |
| 印 刷  | 煤炭工业出版社印刷厂                                                                            |
| 经 销  | 全国新华书店                                                                                |
| 开 本  | 787mm×1092mm <sup>1</sup> / <sub>16</sub> 印张 11 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> 字数 236 千字 |
| 版 次  | 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷                                                     |
| 社内编号 | 7771 定价 50.00 元                                                                       |

---

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换,电话:010-84657880

矿产资源作为自然资源的重要组成部分，是促进经济发展、社会进步，保证人类社会可持续发展的重要物质基础。随着全球经济一体化、低碳时代的到来，传统的资源开发利用模式不仅造成资源的严重浪费，加剧资源供需矛盾的严峻形势，而且也对生态环境造成很大程度上的破坏。

中国要实现工业化、城镇化、信息化、农业现代化，必须要走出一条新的发展道路。建设生态文明、建设美丽中国的战略任务，已成为当前企业必须直面的主题。

作为资源型企业，加强矿产资源开发管理，转变经济发展方式，促进科学发展、绿色发展、和谐发展，是促进资源开发与经济社会全面协调可持续发展的必然选择，也是充分落实企业责任，实现资源开发的经济效益、生态效益、资源效益和社会效益协调统一的现实途径。

绿色矿山建设是一项复杂的系统工程。本书以科学发展观、可持续发展思想、循环经济理论、复合生态系统原理、协调发展理论、资源禀赋论为基础，分析了矿山企业发展绿色矿山的必要性，提出了绿色矿山建设的基本条件和建设内容。紧紧围绕绿色矿山建设这一主题，以山东能源新矿集团翟镇煤矿为例，全面系统地介绍了绿色矿山建设的经验和具体内容。

本书在编写过程中，得到了许多从事矿山企业管理的同事和专家的大力支持和协助，参考了有关专家、学者的论著，吸取了一些最新的研究成果，在此，表示衷心感谢。

限于编者水平，加之时间仓促，疏漏之处在所难免，敬请有关专家、学者和广大读者批评指正。

编著者

二〇一四年十月

## 1 概述

1

- 1.1 绿色矿山建设 ..... 1
- 1.2 绿色矿山的发展历程 ..... 3
- 1.3 我国矿产资源开采现状 ..... 5

## 2 绿色矿山建设理论

7

- 2.1 系统理论 ..... 7
- 2.2 循环经济理论 ..... 7
- 2.3 复合生态系统原理 ..... 11
- 2.4 协调发展理论 ..... 12
- 2.5 资源禀赋论 ..... 14
- 2.6 增长极理论 ..... 15

## 3 绿色矿山建设的标准体系与模式

16

- 3.1 绿色矿山建设的要求 ..... 16
- 3.2 绿色矿山建设标准 ..... 16
- 3.3 绿色矿山建设模式 ..... 17
- 3.4 绿色矿山指标体系构建原则及发展近况 ..... 18
- 3.5 绿色矿山建设评价指标选取 ..... 19

## 4 绿色矿山建设内容

23

- 4.1 绿色矿山建设法律基础 ..... 23
- 4.2 绿色矿山建设的规范管理 ..... 26
- 4.3 矿产资源的开发利用 ..... 57
- 4.4 矿山环境保护 ..... 64
- 4.5 土地复垦 ..... 71
- 4.6 节能减排与生态重建 ..... 75

|                  |    |
|------------------|----|
| 4.7 和谐社区建设 ..... | 79 |
| 4.8 企业文化 .....   | 81 |

## 5 翟镇煤矿绿色矿山建设实践

85

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 5.1 翟镇煤矿基本情况 .....   | 85  |
| 5.2 翟镇煤矿依法办矿 .....   | 87  |
| 5.3 翟镇煤矿管理 .....     | 87  |
| 5.4 翟镇煤矿的资源利用 .....  | 110 |
| 5.5 翟镇煤矿的技术创新 .....  | 114 |
| 5.6 翟镇煤矿的节能减排 .....  | 124 |
| 5.7 翟镇煤矿生态重建 .....   | 134 |
| 5.8 翟镇煤矿环境保护 .....   | 138 |
| 5.9 翟镇煤矿和谐矿区创建 ..... | 147 |
| 5.10 翟镇煤矿企业文化 .....  | 154 |

## 6 绿色矿山的展望

165

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 6.1 绿色矿业发展 .....  | 165 |
| 6.2 任重道远 .....    | 167 |
| 6.3 展望“十三五” ..... | 169 |
| 6.4 机遇与挑战 .....   | 170 |

## 附录一 国土资源部关于贯彻落实全国矿产资源规划 发展绿色矿业建设绿色矿山工作的指导意见

172

## 附录二 国家级绿色矿山基本条件

177

## 附录三 国家级绿色矿山试点建设规划

180

## 参考文献

182

# 1

## 概述

### 1.1 绿色矿山建设

#### 1.1.1 目的

矿产资源作为自然资源的重要组成部分，是促进经济发展、社会进步，保证人类社会可持续发展的重要物质基础。我国是矿产资源大国，矿产资源的开发对经济发展、社会稳定、科技进步起到了巨大的推动作用。据统计，我国95%的一次能源、80%以上的工业原材料、30%的工农业用水和城乡居民用水来自矿产资源，75%的农业生产资料直接或间接来自矿产资源。尽管现在我国矿产资源能够满足自身的生产和生活需要，但传统的资源开发利用模式呈现出粗放型经济增长特点，无规划、无控制的资源开采不仅造成资源的严重浪费，加剧资源供需矛盾的严峻形势，而且对生态环境造成很大程度上的破坏，对生物多样性和生态平衡造成严重威胁，因矿山开采诱发的地面塌陷、滑坡、泥石流等自然灾害，对矿区居民的人身及财产安全构成潜在威胁。总结诸多因素，发展绿色矿业，建设绿色矿山，已成为当务之急，必须上升到全局和战略的高度加以认识。

发展绿色矿业，建设绿色矿山，对经济社会发展全局具有十分重要的现实意义和深远的战略意义。实践表明，发展绿色矿业，建设绿色矿山，是贯彻落实科学发展观，转变经济发展方式，加强矿产资源开发管理，保护环境，保障民生，促进科学发展、和谐发展，建立“资源节约型、环境友好型社会”的必然要求；是提高能源资源保障能力、促进资源开发与经济社会全面协调可持续发展的必然选择；是推行循环经济发展模式，加快转变矿业发展方式，调动矿山企业的积极性，加强行业自律，实现资源开发的经济效益、生态效益、资源效益和社会效益协调统一的现实途径；更是充分落实企业责任，促进矿山企业依法办矿，规范管理，加强科技创新，建设企业文化，保证矿业健康发展的重要手段；必须积极实施，全面推进。

#### 1.1.2 意义

绿色矿山建设不仅是将“绿色生态”理念贯穿于矿山设计、建设、生产的全

过程,对矿山进行复垦和绿化,而且还是一项复杂的系统工程。依据我国目前的国情和矿情,绿色矿山建设对于我国认真贯彻落实科学发展观、转变矿业发展方式、构建社会主义和谐社会、进行生态建设具有重要的理论意义和深远的现实意义。其主要表现在以下五个方面:

(1) 绿色矿山建设是贯彻实践科学发展观的战略选择。科学发展观对我国经济社会发展起到重要的指导作用,是构建具有中国特色社会主义和谐社会必须始终坚持的观念。我国是名副其实的矿业大国,矿业的发展曾经在相当一个时期内对社会经济发展起到基础支撑作用。目前,我国正处于工业化、城市化、现代化快速发展的关键阶段,对矿产资源的需求呈现日益上升的趋势,矿产资源的供需矛盾日益凸显,资源环境压力日益增加。要实现资源开发利用与经济社会环境全面协调可持续发展,必须将资源的开发利用与保护置于经济社会发展的战略高度,按照国家转变经济发展方式的战略要求,通过开源节流、高效利用、创新体制机制,改变矿业发展方式,推动矿业经济发展向主要依靠提高资源利用效率带动转变。建设绿色矿山正是立足于我国国情及矿业发展的实际,更好地解决我国矿产资源供需矛盾,人与资源、人与自然的矛盾,转变发展方式,贯彻实践科学发展观的战略选择。

(2) 绿色矿山建设是转变矿业发展方式的必然选择。传统的矿产资源开发利用模式是以牺牲环境为代价的粗放式经营模式,其经济增长方式呈现“三高一低”,即“高投入、高消耗、高污染、低效益”的特点。绿色矿山建设以资源合理利用、节能减排、环境保护、社区和谐为目标,以开采方式科学化、资源利用高效化、企业管理规范化、生产工艺环保化、矿产环境生态化为要求,从根本上转变发展方式和经济增长方式,实现资源效益、环境效益、经济效益、社会效益的协调统一。

(3) 绿色矿山建设是维护社会安定、促进社会和谐发展的重要举措。民生工程是我国经济社会发展过程中的一项重要工作。为人民群众谋福利是党和国家一切工作的出发点和落脚点。建设绿色矿山,通过改善矿山企业的生产环境,进而改善周边地区居民的生活环境质量,提高基础设施建设完善度,并带动周边地区经济发展,增加直接就业和间接就业人数。不仅有利于维护社会安定,而且对促进地方和矿山企业之间的关系也具有重要意义和积极作用。

(4) 绿色矿山建设是加强行业自律的重要手段。绿色矿山建设有利于企业将“绿色生产理念”贯穿于矿山规划设计、开发、经营、管理全过程,增强企业环境保护意识,对企业生产行为起到约束作用。绿色矿山建设有利于充分调动矿山企业的积极性,促进矿山企业依法办矿、规范管理、合理开发利用资源、加强科技创新、重视环境保护、建设企业文化,自觉承担起节约集约利用资源、节能减排、环境重建、土地复垦,带动地方经济社会发展的企业责任。

(5) 绿色矿山建设是生态建设的重要内容。生态建设是实现社会可持续发展

的重要途径。矿山自然生态环境是整个环境系统的重要组成部分，因而绿色矿山建设对生态建设具有重要的现实意义和深远的战略意义。绿色矿山生态环境治理重在保护和预防，将环境保护贯穿于矿产资源开发的规划布局、矿山建设、资源开采以及矿山闭坑后矿地的利用的全过程，将环境污染降至最低程度。绿色矿山建设对矿山自然生态环境保护与治理工作提出了更高的要求，是生态建设的重要内容。

### 1.1.3 内涵

目前对于“绿色矿山”的概念国内外尚未形成统一的定义。国内专家学者对绿色矿山定义虽有所不同，但本质上均将矿产资源节约集约利用、环境保护两项内容作为绿色矿山的基本点。按照科学发展观的理念，绿色矿业就是科学的可持续发展矿业，即从地质勘探、矿山设计与建设、采选冶加工，到矿山闭坑后的生态环境恢复重建的全过程，按照资源利用集约化、开采方式科学化、企业管理规范化、生产工艺环保化、矿山环境生态化的要求开发经营，实现矿产资源开发与生态环境保护协调发展和矿业经济的持续健康发展。

建设绿色矿山是在依法办矿的前提下，以矿产资源节约集约利用和环境保护为基本出发点，以规范管理、技术创新、节能减排、土地复垦等手段，以实现社会效益、经济效益、环境效益、资源效益协调统一为最终目的，将可持续发展理念贯穿于矿山建设、生产全过程。

绿色矿山建设是一项复杂的系统工程。代表着一个地区矿业开发利用总体水平和可持续发展潜力，以及维护生态环境平衡的能力。

## 1.2 绿色矿山的发展历程

第一阶段。早在19世纪，英、美等西方国家就提出了“绿色矿山”的概念。此时“绿色矿山”的概念仅仅停留在单纯的对矿区植被的保护，以及对矿区周边环境的美化上。这一时期的“绿色矿山”要素就是环境。

第二阶段。第二次世界大战以后，经济飞速发展，人类社会对自然资源的消耗速度前所未有的，一些有识之士指出，地球的资源，特别是能源、矿产资源等是有限的，因此，提高资源的利用率应该被列为重要的研究课题。此时的“绿色矿山”概念已经从单纯的环境保护延伸至资源的综合利用。

第三阶段。当代，资源问题已经成为制约世界各国发展的重要问题，综合利用资源的课题也取得了众多进展；工业文明对地球的污染与破坏已经引起了全人类的重视，节能减排与环境保护成为重要话题；经济的空前发展，“以人为本”已经成为全世界共同认可的基本准则；科学技术是第一生产力，全世界已经达成了“科技创新是人类发展与进步的唯一途径”这一共识。

在这样的环境下，我国提出了“科学发展观”，而我国的“绿色矿山”理念也基本成熟。

2007年中国国际矿业大会上国土资源部首次提出“坚持科学发展,推进绿色矿业”的口号。中国矿业联合会颁布的《绿色矿业公约》规定绿色矿山建设的10项要求:一是坚持科学发展观,建设绿色矿业;二是坚持依法办矿;三是坚持科学规划与管理;四是坚持科技进步与创新;五是加强综合利用,实施循环经济;六是确保矿区环境达标,建设新的矿区生态环境;七是加强土地复垦;八是加强企业文化,确保安全生产;九是承担社会责任,建设和谐矿区;十是坚持以人为本与文明建设。

《全国矿产资源规划(2008—2015年)》提出发展绿色矿业的明确要求,国土资源部制定了《国家级绿色矿山基本条件》对绿色矿山的基本条件进行了规定:依法办矿、规范管理、综合利用、技术创新、节能减排、环境保护、土地复垦、社区和谐、企业文化。

2009年,为全面落实全国矿产资源规划,做好绿色矿山建设工作,推动矿业可持续健康发展,国土资源部门将从积极推进绿色矿山建设试点和建立标准体系、研究出台相关鼓励支持政策两大方面、七项措施重点推进绿色矿山建设工作。

2010年8月国土资源部发布《关于贯彻落实全国矿产资源规划发展绿色矿业建设绿色矿山工作的指导意见》提出,到2020年,全国绿色矿山格局基本形成,大中型矿山基本达到绿色矿山标准,小型矿山企业按照绿色矿山条件严格规范管理。

2011年确定的首批国家级绿色矿山试点单位共有37家,其中煤炭行业5家、黑色金属行业5家、有色金属行业5家、黄金行业6家、化工行业7家、建材行业3家。2012年确定的第二批国家级绿色矿山试点单位共有183家。

河北省绿色矿山建设始于2002年,制订2004—2010年规划方案和标准,建立矿山环境治理保证金制度,编著《河北绿色矿山》《河北地质环境保护与治理》专著和图片集。

黑龙江绿色矿山建设始于2004年,全面实行矿山生态环境准入制、矿山地质环境保证金制、环境影响评价和危险性评估管理制三项制度,进而把矿山地质环境保护纳入矿产资源开采计划、方案之中,建立地质环境保护计划、实施方案和年度恢复目标,提高采矿企业环境保护意识,遏制以牺牲生态环境为代价进行矿产资源开发的行为。

从2005年浙江省在全国率先启动创建绿色矿山的试点以来,已经先后制定了《浙江省绿色矿山创建指南》《浙江省省级绿色矿山创建管理暂行办法》等有关绿色矿山的文件。为扎实推进全省绿色矿山创建工作,省国土资源厅出台了全省绿色矿山考核指标。2008年建成10家省级绿色矿山,2010年建成150座绿色矿山。

江苏省依据江苏省地质调查研究院和金坛市国土资源局联合进行“绿色矿山

建设考评指标研究”项目，在分析江苏省典型矿山的基础上，提出绿色矿山建设的基本条件、标准和考评指标体系。

### 1.3 我国矿产资源开采现状

#### 1.3.1 资源严重浪费

我国是矿业大国，经济发展及社会进步在很大程度上依赖于矿产资源的开发利用。目前我国对于矿产资源开采采取“先大后小、先高后低”的原则，即先开采资源储量较丰富的区域，然后开采可采量较小的区域；先开采高品位的矿产资源，再开采低品位的矿产资源。我国对于矿产资源的开发、利用、保护、管理还未形成统一模式，主要表现为：

(1) 矿产资源仍处于零星、小规模开发，而未形成规模化、集成化的开发。

(2) 由于受计划经济的影响，矿业企业对于资源无节制利用，造成资源消耗过多过快。

(3) 高品位的矿产资源不断减少，低品位的矿产资源不断纳入开采行列，开采矿产资源的品位逐渐降低，对资源种类、品位、数量未及时采取保护措施，直接加快了资源的消耗速度。

#### 1.3.2 生态环境严重破坏

矿区进行采矿活动时没有同时采取措施保护生态环境，而是在采矿区塌陷，大气、河流、土壤等被污染后才进行补救的开发利用模式。矿山开采对生态环境的破坏主要表现在五个方面：

(1) 土地资源的压占与破坏。采矿剥离物、废石、矿渣、粉煤灰等固体废弃物的大量堆积，不仅污染环境，而且压占土地（其中包括耕地，对农田造成一定程度的影响）。据官方机构估算，目前我国因矿产资源开发等生产建设活动，挖损、塌陷、压占等各种人为因素造成的破坏废弃的土地约达两亿亩，约占中国耕地总面积的10%以上，而全国土地复垦率仅为15%左右。

(2) 水资源污染。一是废水未经处理直接排放至河流、湖泊中导致水体污染，不仅对水中生物的生存构成威胁，而且增加了矿区居民对于饮用水的担忧；二是废水流入地表和地下后，其中的重金属污染土壤、植被，破坏整个矿区的生态平衡，农田遭到污染后农作物减产，造成巨大的经济效益损失；三是不经处理的废水无法回收进行循环利用，造成水资源浪费，降低水资源利用率，直接加剧水资源短缺的矛盾。

(3) 大气资源污染。一是废气的大量排放严重污染大气环境，环境的改变造成动植物生活习性的变化；二是粉尘、CO、NO<sub>x</sub>的过多吸入危害矿区居民和牲畜的健康；三是炸药用量过多将增加事故的发生，极大威胁矿工的生命安全。

(4) 生态植被破坏。矿产资源开采对土地、水资源、大气资源等造成一定程度的破坏，改变动植物的生长环境，对地区生物多样性和生态平衡产生威胁。

(5) 诱发地质灾害。由矿山开采引发的地面塌陷、地裂缝、泥石流、滑坡、山体崩塌等自然灾害屡屡发生, 发生频率随着开采规模的扩大、强度的加大而加大, 造成人员生命健康及财产损失, 对矿区经济、社会、环境效益产生巨大威胁。

### 1.3.3 矿产资源开采安全面临威胁

资源安全是一个国家或地区可持续、稳定、及时、足量和经济地获取所需资源及其产品的状态, 是经济、社会可持续发展的重要保障。随着全球经济一体化时代的到来, 我国目前正处于工业化、城镇化快速发展的时期, 对矿产资源的需求呈现日益上升的趋势。由此导致矿产资源开采规模不断加大, 无序开采, 资源严重浪费, 以致高品位矿产资源储量日益减少, 低品位矿产资源开采不断被纳入资源开采行列中, 呈现富矿、贫矿均快速减少的局面。大部分矿区缺乏开采规划和开采控制, 采矿点呈现“多、小、散、乱”的特点, 无序开采、乱采乱挖现象严重, 不利于资源规模化生产、集约化开发利用, 矿产资源开采安全面临威胁。

# 2

## 绿色矿山建设理论

### 2.1 系统理论

系统理论认为,应该将研究对象作为一个由许多相互关联的因素组成的有机整体。作为一个系统,分析系统的结构与功能,研究系统与组成要素之间、各组成要素之间、系统与外部环境之间的相互联系,优化系统的整体功能。整体性是系统理论的核心思想,矿产资源开发管理涉及资源、经济、政治等多个方面,涉及国土、财政、矿业等多个部门,其影响有经济、社会和生态等多个方面。

系统理论要求人们进行矿产资源开发时,要将矿产资源战略发展作为一个由多个因素组成的有机整体,在实际操作时,不仅要考虑经济效益,更要考虑其社会效益、生态效益和其可持续性等多个方面的因素。

### 2.2 循环经济理论

#### 2.2.1 循环经济的概念

概括地说,循环经济是一种以资源的高效利用和循环利用为核心,以减量化、再利用、资源化为原则,以低消耗、低排放、高效率为基本特征,符合可持续发展理念的经济增长模式,是对大量生产、大量消费、大量废弃的传统增长方式的根本变革。循环经济把清洁生产、资源综合利用、生态设计和可持续消费等融为一体,运用生态学规律来指导人类社会的经济活动,因此本质上是一种生态经济。

循环经济通常是指通过资源循环利用使社会生产投入自然资源最少、向环境中排放的废弃物最少、对环境的危害或破坏最小的经济发展模式。但是,学术界对于循环经济本质和内涵的界定还是有差异的。但大致可分为“狭义循环经济”和“广义循环经济”。

“狭义循环经济”认为,循环经济是通过废弃物或废旧物资的循环再生利用来发展经济,也就是利用社会生产和消费过程中产生的各种废旧物资进行循环、利用、再循环、再利用,以至循环不断的经济过程。“广义循环经济”认为,循环经济就是把经济活动组成为“资源—产品—再生资源”的反馈式流程,使所有

资源都能不断地在流程中得到合理开发和持久利用,使经济活动对自然环境的不良影响降低到尽可能小的程度。

“广义循环经济”中的用于“循环的资源”范围比“狭义循环经济”所指的要宽泛得多,进行“循环的方式”也不完全相同。波尔丁、曲格平、吴季松等国内外大多数学者都持这样的观点。

吴季松总结的循环经济的基本含义是:在人、自然资源和科学技术的大系统内,在资源投入、企业生产、产品消费及其废弃的全过程中,把传统的、依赖资源净消耗的线性增长的经济模式,转变为依靠生态型资源循环发展的经济模式。

从本质上说,循环经济是经济的生态化转向,要求用生态学的规律来指导人类的经济活动,按照自然生态系统物质循环和能量流动规律来建立经济系统,使经济系统和谐地纳入自然生态系统的物质循环中。

关于我国循环经济的内涵,国内众说纷纭。20世纪末中国学者根据德国和日本的相关做法开始将循环经济引入我国,但是由于所处社会经济发展阶段不同,面临的环境与可持续发展问题也不同。我国发展循环经济的目的是为了缓解经济增长与资源环境之间的尖锐矛盾,提高资源能源利用效率,减少污染排放强度,建设资源节约型和环境友好型社会。

虽然我国幅员辽阔,但是物资稀缺,尤其是一些地方的经济发展方式仍未很好地从粗放型向集约型转变。这使得原本已经稀缺的资源更加捉襟见肘,加之我国许多地方经济技术水平落后,能源资源再利用效率低下进一步加剧了能源资源对经济发展的局限。我国循环经济发展模式和立法不仅总结了国内外大量的实践经验,还将时代特征、中国特色、行业特点和自身特长有机结合,形成并采用了有中国特色的循环经济的发展和立法模式。

### 2.2.2 循环经济的原则

循环经济是系统性的产业变革,是从产品利润最大化的市场需求主宰向遵循生态可持续发展能力永续建设的根本转变。由循环经济的概念内涵可以归纳出三点基本的评价原则,简称“3R”原则。

(1) 资源利用的减量化(Reduce)原则。减量化原则属于输入端控制方法,是循环经济的第一原则。在输入端实施资源利用的减量化,基本目的是减少进入生产和消费过程的物质流和能量流,以节省资源。人们应当在生产的源头就充分考虑节约资源、提高单位产品的资源利用率、预防废弃物的产生。对生产而言,通过技术改造,采用先进的生产工艺,实施清洁生产来减少单位产品的原料使用量和污染物的排放量。对消费而言,人们应当改变过度消费的生活方式,向适度消费和“绿色消费”转变。例如,可以选择包装材料少的商品,购买耐用的可循环使用的商品,尽可能少用一次性商品,减少垃圾的产生。

(2) 产品生产的再使用(Reuse)原则。再使用原则属于过程控制方法,目的是延长产品和服务的时间,要求在生产或消费过程中尽可能多次或多种方式地

使用各种物品。对生产过程而言,企业可以设计和加工标准部件,这样可使设备或装置非常容易地更换零部件,无须更换整个产品。对消费而言,应以适当的方式鼓励人们增强环保意识、节约意识,多考虑使用物品的其他用途或者给他人使用。

(3) 废弃物的再循环(Recycle)原则。再循环原则是输出端控制方法,在材料选取、产品设计、工艺流程、产品使用到废弃物处理的全过程,实行清洁生产,最大限度减少废弃物的排放,力争做到排放的无害化和资源化,实现再循环。即尽可能地通过对“废物”的再加工处理,以其作为资源制成新产品再次进入市场或生产过程,减少垃圾的产生,也称废弃物的资源化。例如,对固体废弃物可通过分选、粉碎等方法使其变成其他生产过程中的原料;废水经过处理变成中水重新用于生产等。

废弃物的资源化包括“原级资源化”、“次级资源化”两种形式。原级资源化是将废弃物资源化后形成与原来相同的新产品,如用废纸生产出再生纸,废玻璃生产玻璃,废钢铁生产钢铁等。这种资源化途径由于生产过程中涉及的原料和物耗、能耗均较低,因而具有良好的环境、经济效益,一般可以减少原材料量的20%~90%。次级资源化是指废弃物被加工成与原来不同类型的新产品,在此途径中,物质是以资源而非废弃物的形式在不同领域中流动,既可以实现资源的充分共享,又可以避免环境污染,取得双赢的效果,这种资源化方式一般可减少原材料量的25%。

“3R”原则构成了循环经济的基本思路,体现了循环经济的基本理念,遵循3R原则能使生产融入到生态系统的良性循环中。同时,应尽可能地利用可循环再生资源替代不可再生资源,使生产合理地依托在自然生态循环之上,尽可能利用高科技,以知识投入代替物质投入,达到经济、社会与生态的和谐统一。

### 2.2.3 循环经济的必要性

(1) 缓解资源约束矛盾。我国资源禀赋较差,虽然总量较大,但人均占有量少。国内资源供给不足,重要资源对外依存度不断上升。一些主要矿产资源的开采难度越来越大,开采成本增加,供给形势相当严峻。近年来,煤电油运的持续紧张再次给我们敲响了警钟。改革开放以来,用能源消耗翻一番支撑了GDP翻两番。到2020年,要再实现GDP翻两番,即便是按能源消耗再翻一番考虑,保障能源供给也有很大的困难。如果继续沿袭传统的发展模式,以资源的大量消耗实现工业化和现代化,是难以为继的。研究表明,如果采取强化节能的措施,大幅度提高能源利用效率,到2020年使万元GDP能耗由2002年的2.68t标准煤降低到1.54t标准煤,那么能源消费总量就能控制在30亿t标准煤。为了减轻经济增长对资源供给的压力,必须大力发展循环经济,实现资源的高效利用和循环利用。

(2) 从根本上减轻环境污染。当前,我国生态环境总体恶化的趋势尚未得到根本扭转,环境污染状况日益严重。水环境每况愈下,大气环境不容乐观,固体

废物污染日益突出,城市生活垃圾无害化处理率低,农村环境问题严重。大量事实表明,水、大气、固体废弃物污染的大量产生,与资源利用水平密切相关,同粗放型经济增长方式存在内在联系。据测算,我国能源利用率若能达到世界先进水平,每年可减少  $\text{CO}_2$  排放约 400 万 t; 固体废弃物综合利用率若提高 1%, 每年就可减少约 1000 万 t 废弃物的排放; 粉煤灰综合利用率若能提高 20%, 就可以减少排放量近 4000 万 t, 这将使环境质量得到极大改善。大力发展循环经济, 推行清洁生产, 可将经济社会活动对自然资源的需求和生态环境的影响降到最低程度, 从根本上解决经济发展与环境保护之间的矛盾。

(3) 提高经济效益。目前我国资源利用效率与国际先进水平相比仍然较低, 突出表现在: 资源产出率低、资源利用效率低、资源综合利用水平低、再生资源回收和循环利用率低。例如, 2003 年我国 GDP 约占世界的 4%, 但重要资源消耗占世界的比例却很高, 石油为 7.4%、原煤为 31%、钢铁为 27%、氧化铝为 25%、水泥为 40%。这是按现行汇率计算的, 即使剔除一些不可比因素, 我国资源利用率与世界先进水平仍有较大差距。目前, 我国矿产资源总回收率比国外先进水平低 20%, 共伴生矿产资源综合利用率约为 35%。实践证明, 较低的资源利用水平, 已经成为企业降低生产成本、提高经济效益和竞争力的重要障碍; 大力发展循环经济, 提高资源的利用效率, 增强国际竞争力, 已经成为重要而紧迫的任务。

(4) 应对新贸易保护主义。在经济全球化发展过程中, 关税壁垒作用日趋削弱, 包括“绿色壁垒”在内的非关税壁垒日益凸显。近几年, 一些发达国家在资源环境方面, 不仅要求末端产品符合环保要求, 而且规定从产品的研制、开发、生产到包装、运输、使用、循环利用等各环节都要符合环保要求, 对我国发展对外贸易特别是扩大出口产生了日益严重的影响。要高度重视, 积极应对, 尤其是要全面推行清洁生产, 大力发展循环经济, 逐步使我国产品符合资源、环保等方面的国际标准。

(5) 以人为本、实现可持续发展。当前我国煤炭资源开采中的浪费现象十分严重, 存在采厚弃薄、采易弃难等问题, 工艺粗放、加工层次浅, 一些原本可以再深加工利用的煤产品废弃严重, 主要耗能设备设计效率平均低于国外先进水平约 80%, 系统运行效率低于国外先进水平约 25%, 单位建筑工程采暖能耗比气候条件相近的发达国家高 1.5 倍, 远远不符合建设节约型社会的要求。要加快发展、实现全面建设小康社会的目标, 根本出发点和落脚点就是要坚持以人为本, 不断提高人民群众的生活水平和生活质量。要真正做到这一点, 必须大力发展循环经济, 走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化道路。

(6) 维护能源安全。从维护能源安全的角度思考, 发展煤炭循环经济有其特殊意义。当前, 能源安全问题已成为世界范围内竞争和斗争的焦点, 也成为我国

经济能否持续健康发展的最大症结和隐患。解决瓶颈制约、确保能源安全已成为政府极为关注和投入巨大精力破解的难题。在这一背景下,作为一次性能源主体的煤炭,怎样对其实现科学利用、合理利用、高效利用,是我们必须解决的难题。而发展煤炭循环经济,恰恰是科学、合理、高效利用煤炭的一把“金钥匙”,对于缓解我国的能源压力意义深远。

综上所述,要想实现煤炭企业的可持续发展,避免煤尽城衰的悲剧发生,必须发展循环经济。煤炭是不可再生资源,所有煤炭资源型城市都面临煤竭城衰的潜在威胁。因此,从长远发展的角度看,煤炭资源型城市必须高度重视两个问题:一是不失时机地发展非煤替代产业,解决经济发展单纯依赖煤炭的问题;二是延伸产业链条,使单位产量煤炭资源发挥出最大的经济效益,变扩大开采的外延式扩张为多方挖潜的内涵式扩张。

### 2.3 复合生态系统原理

复合生态系统亦称社会—经济—自然复合生态系统,是由人类社会、经济活动和自然条件共同组合而成的生态功能统一体。在社会—经济—自然复合生态系统中,人类是主体,环境部分包括人的栖息劳作环境(包括地理环境、生态环境、构筑设施环境)、区域生态环境及社会文化环境(包括体制、组织、文化、技术等),它们与人类的生存和发展休戚相关,具有生产、生活、供给、接纳、控制和缓冲功能,构成错综复杂的生态关系。

(1) 基本功能。我国著名生态学家马世骏和王如松先生把复合生态系统的功能用八面体来表示,其六个顶点分别表示系统的生产加工、生活消费、资源供给、环境接纳、人工控制和自然缓冲功能,它们相生相克,构成了错综复杂的人类生态关系,包括人与自然之间的促进、抑制、适应、改造关系,人对资源的开发利用、储存、扬弃关系,以及人类生产、生活活动中的竞争、共生、隶属、互补关系。其中,复合生态系统的生产功能不仅包括物质和精神产品的生产,还包括人的生产,不仅包括成品的生产,还包括废物的生产;复合生态系统的消费功能不仅包括商品的消费、基础设施的占用,还包括了资源与环境的消费、时间与空间的耗费、信息以及人的心灵和感情的耗费。在人类生产和生活活动后面,还有一只看不见的手(即生态服务功能)在起作用,包括资源的持续供给能力,环境的持续容纳能力,自然的持续缓冲能力及人类的自组织、自调节活力。正是由于这种服务功能,经济得以持续、社会得以安定、自然得以平衡。

(2) 发展模式。复合生态系统的可持续发展不仅包括经济子系统的可持续发展,还包括自然和社会两子系统的可持续发展,因为社会(尤其是城市)是一个社会—经济—自然复合生态系统,三个子系统之间相互作用、相互影响,三者之间的序位应该是自然→经济→社会递高关系。金字塔结构反映了可持续发展过程中,三个子系统之间的尺度依赖关系,生态足迹证明了这种结构的存在,即一定