

杨福海 李富平 甘德清 刘仁义 著

矿山生态修复 与露天地下 联合开采



冶金工业出版社

河北省教育厅学术著作出版基金资助
河北省自然科学基金委员会资助项目

矿山生态修复 与露天地下联合开采

杨福海 李富平 甘德清 刘仁义 著

北京
冶金工业出版社

内 容 简 介

本书是国内矿业发展亟须解决的重要问题——矿山生态复垦与露天地下联合开采方面的一本专著。矿山生态复垦不单纯是土地生产能力的恢复，而是根据自然条件开展综合生态重建，使破坏了生态平衡体系得到最佳的恢复与发展，再建人工土地生态系统。在露天转地下开采中，介绍了露天-地下联合采矿新方法，把露天开采、过渡带开采及地下开采作为一个大系统，用计算机模拟技术、CAD技术及优化技术以经济效益最优化原则，选择矿山开采总体方案，建立联合采矿模拟优化系统。全书分两部分，第一部分为矿山生态复垦，第二部分为露天-地下联合开采。全书共9章。

本书内容新颖，理论联系实际，提出了研究问题的新思路、新方法。本书既可作为高等院校采矿、环境保护及水土保持学科参考用书，也可以供有关采矿、土地管理、农林和生态研究等部门参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

矿山生态复垦与露天地下联合开采/杨福海等著.
北京:冶金工业出版社, 2002.1
ISBN 7-5024-2996-4

I. 矿… II. 杨… III. 矿山开采 IV. TD8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 021710 号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)
责任编辑 杨盈园 美术编辑 王耀忠 责任校对 栾雅谦 责任印制 李玉山
利森达印务有限公司印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销
2002 年 1 月第 1 版, 2002 年 1 月第 1 次印刷
850mm×1168mm 1/32; 7.125 印张; 189 千字; 210 页; 1-1000 册
20.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010) 64044283 传真: (010) 64027893
冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号 (100711) 电话: (010) 65289081

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

研究矿业开发重大课题，
促进矿业可持续发展。

朱训
二〇〇四年九月

朱训：教授级高工，俄罗斯自然科学院院士，欧亚第三世界科学院院士，中国矿业联合会会长，原地矿部部长。

开 保 造 功
发 护 福 在
矿 环 人 中
业 境 美 秋

谷风宝

二〇〇九年十月

攀枝花

谷风宝：高级工程师，中国矿业联合会副会长，中国冶金矿山企业协会副理事长，原攀枝花矿业（集团）公司经理。

迁安包官营铁矿尾矿复垦平整土地



迁安包官营铁矿尾矿复垦种植水稻长势喜人



迁安包官营铁矿实施人工生态系统工程，
开发千亩果园，鱼塘养鱼



迁安马兰庄铁矿实施内排节省占地



迁安马兰庄铁矿尾矿复垦。葡萄、花生相间种植已结硕果



迁安马兰庄铁矿尾矿复垦种植花生



遵化王爷陵铁矿排土场栗树与板兰根相间种植已硕果累累



迁西汉儿庄铁矿尾矿复垦工程



首钢水厂铁矿尾矿库植树无覆土种植沙棘、
紫穗槐已是绿色一片

序 言

《矿山生态复垦与露天地下联合开采》一书，是杨福海教授及其露天采矿研究室同仁近十年来所开展的科研成果和科学技术生产实践的结晶和总结。它汇聚了所完成的河北省科委、自然科学基金项目如“唐钢石人沟铁矿露天转地下开采研究”、“露天矿排土场优化排放与尾矿复垦工艺研究”、“唐山地方矿山技术经济评价”、“唐钢棒磨山铁矿地质品质优化”、“露天-地下联合采矿新方法研究”、“唐山铁矿生态复垦优化”、“唐山地区铁矿土地复垦工艺推广”等科研成果以及已发表的40余篇学术论文的精华。其中，“中国东部地区矿山土地复垦工艺研究”一文曾于1994年在澳大利亚环境管理及废物处理国际会议上宣读，“矿山土地复垦”成果专题片也于1998年4月22日在中央电视台“科技博览”节目中播出。

全国地方铁矿生产的先进典型唐山地方铁矿（年产规模2400万t）地处冀东铁矿基地，河北理工学院为其发展开展了一系列技术咨询服务，被聘为技术顾问，对地方矿山规范化开采起到了一定的指导作用。河北理工学院在露天-地下联合采矿、露天转地下开采、排土场优化排放、矿山土地复垦等领域已走在国内前沿，也解决了当地矿山生产、发展中一些重大的难点和热点问题。因此，本书也是铁矿山生产可持续发展实践的科学技术总结。

全书共分九章，各自保持其独立性，每章既注意到完整性和系统性、又强调了重点深入实践应用性，是一部实用的科学技术

著作，可供地质、矿业、环保、土地等多方面工程技术人员、设计咨询人员、管理干部及大专院校师生参考。

国土资源部咨询研究中心研究员
中国土地学会土地复垦分会主任委员

彭德福

2001年7月17日

前 言

矿山生态复垦与露天-地下联合开采是我国矿业发展中亟须研究解决的两大重要课题。作者针对上述两大课题,10余年来在河北省科委、河北省自然科学基金委员会立项开展了“露天矿排土场优化排放与尾矿复垦工艺研究”、“唐山铁矿生态复垦优化研究”、“唐钢石人沟铁矿露天转地下开采研究”、“露天-地下联合采矿新方法研究”等课题的研究工作。

本书是以上述研究课题为基础以及作者多年的科研、工程实践及教学经验的积累,根据国内外研究现状及形势需要,本着创新原则进行编著。本书整体贯穿的创新特色体现在如下几个方面:

(1) 针对中小露天铁矿提出了矿山生态重建、生态综合发展,即不单纯追求被破坏土地的恢复,而是根据生态适宜性和可持续发展原则,将其视为新的资源类型进行开发复垦,挖掘资源潜力,提高土地生产力。在理论指导及研究方法上针对中小铁矿做了以下探索:

1) 以生态学原理为指导,在生态适宜性分析的基础上,制定生态复垦的总体规划,确定典型生态复垦模式,突破了原有的定性分析的做法,引入定量及半定量分析手段,使规划工作有了定量依据。

2) 以土壤、土地学理论为指导,根据土壤的属性以及影响农业生产的其他因素,采用了定量分析方法,结合矿山实例对土地破坏程度以及生态适宜性进行分析,将模糊综合评价方法应用到复垦规划中。

3) 为使所设计、实施的生态复垦系统结构合理、功能健全,分析了生态复垦系统的能流、物流,并根据分析、计算结果,进

一步反馈修改模式，力图使生态复垦系统的生产力更高，物质呈良性循环；同时对复垦模式的经济效益进行分析，使生态复垦模式不仅具备生态系统可行性，而且在经济上也具有合理性。结合典型矿山实例进行了计算，对矿山生态重建起到了指导作用。

4) 采用 Visual Basic5.0 语言、Access 数据库，编制了“铁矿生态复垦模式优化”软件，取代了传统的手工估算方法。这不仅省时省力、误差小、计算准确，而且通用性和适应性强，为铁矿生态复垦模式开展优化研究提供了一套计算机计算系统。

上述基本思路和成果在第一篇的第 2、3、4 章中都有体现和系统阐述。

(2) 在原有土地复垦试验成果的基础上，根据矿山自然条件因地制宜，开展多种模式复垦，全面推广已有复垦工艺，培植了新的典型矿山，进一步完善了复垦工艺。其中包括排土场复垦，尾矿场复垦及后期的生物复垦。

迁安包官营铁矿以矿养农，因地制宜，农、林、副、渔并举，再造良好的生态系统。在搞好采矿生产发展的同时，把复垦纳入采选工艺，边采矿边复垦。矿业发展也促进农业生态系统的完善，重新规划了村民住宅，节省了平原占地 19.4hm^2 (291 亩)，补充了农业用地，提高了人们的生活水平和生活质量。

马兰庄铁矿在扩建过程中，用境界内沙河改道取土分别堆放 40 万 t 表土，在滦河滩排土场复垦土地 10.3hm^2 (154 亩)，开创了复垦纳入扩建工程之中的先例；在扩建设计中优化了排土复垦方案，使复垦与排土同步进行，做到了复垦提前进行，取得了经济效益，也为复垦创造了较好的运输、复垦条件；在排土场选址中充分应用废弃系统作为内排土场，减少废石场占地 66.7hm^2 (1000 亩)。迁安首钢矿业公司在废弃的尾矿库上，开创了未覆表土直接栽植沙棘、紫穗槐 80.3hm^2 (1200 亩) 的先例，现已成活，过去风沙弥漫的尾矿库，现今已是绿色一片。既改善了生态环境，也熟化了土壤。

在原工程复垦推广过程中，系统总结了生态复垦的一系列技

术要点,如根据当地自然条件,分析气候、土壤条件,选种适宜农作物、林果、蔬菜,注意及时、适量施肥;复垦后及时种植豆类或林、草,以加速熟化土壤;生态复垦模式优化;测定土壤、农作物中有害元素含量,制定减轻污染措施。在复垦推广中,因地制宜,农、林、副、渔并举,提高生产力,再造人工生态系统,维护生态平衡。

3年来,在唐山地区铁矿及在邯郸、承德地区铁矿,在市、县土地部门和矿山支持下,全面推广已有复垦工艺,复垦土地 688.3hm^2 (10331亩),其中耕地 362.1hm^2 (5431亩),林、果园地 326.7hm^2 (4900亩)。改善了生态环境,提高了林木覆盖率,提高了土地开发复垦率。8个典型矿山土地复垦率超过80%,耕地复田率87.05%,达到国际先进水平,取得了较好的经济效益、生态环境效益和社会效益。

市、县土地部门依据《土地法》制定了一系列土地复垦政策,多渠道筹措复垦资金的办法,以提取土地整治费、申请贷款、村集体自筹、企业投入和国家支持等途径,调动了矿山土地复垦的积极性,使复垦得以大面积推广。上述这些基本经验和复垦技术在第5、6章中都有系统阐述。

(3)在露天-地下联合开采专篇中,第8章结合研究课题特色阐述了唐钢石人沟铁矿露天转地下开采中开采顺序,强采南区,尽快实现内排,节约占地200余亩;露天转地下衔接上,当时应用了网络系统模拟分析,提出了缩短基建周期的可行措施。

在第9章中系统介绍了露天-地下联合采矿新方法、工艺系统和评价。把露天开采、过渡带开采及地下开采作为一个大系统,用计算机技术、CAD技术及优化技术,以经济效益最优原则,选择矿山开采总体方案,建立了联合采矿模拟优化系统。

在矿床开采多目标决策优化中选择了考虑评价指标均衡度的综合评价方法,使模型算法适合于计算机实现,并具有通用性。结合首钢杏山铁矿针对急倾斜贫铁矿较厚矿体的开采技术条件,应用本系统,确定矿床开发的总体规划开采方案,为其决策提供了

技术依据。

本书撰写人员有，第1章：杨福海、阎敬；第2、3章：李富平、阎敬；第4章：杨福海、阎敬；第5、6章：杨福海、李富平；第7章：杨福海、刘仁义；第8章：甘德清、杨福海、刘仁义；第9章：甘德清、刘仁义等编写。杨福海作了全书策划和最后的审定。由杨福海、李富平作了全书的统编定稿工作，李富平、刘仁义作了全书的文字校对和部分绘图工作。

本书编写中得到了北京科技大学童光照教授生前的指导。国土资源部咨询研究中心研究员、中国土地学会土地复垦分会主任委员彭德福为本书写了序言。地矿部原部长朱训及原冶金部攀枝花冶金矿山公司经理谷凤宝高工为本书写了题词。河北理工学院原院长吕方润教授，北京煤炭科学研究总院唐山分院矿山测量所主任工程师、中国土地学会地下开采专业委员会副主任委员孙绍先高工对全书进行了审阅，并提出了不少宝贵意见，在此一并表示衷心感谢！

矿山生态复垦和露天-地下联合开采是矿山可持续发展的重要课题，本书只是反映了本课题组十几年来来的研究成果，未能反映两大课题的全貌，在理论和实践上还有待继续研究。本书能起到抛砖引玉，推动学科发展的作用，即已满足作者初衷。由于水平所限，不足之处在所难免，敬请同行和读者批评指正。

杨福海

2001.11



作者简介

杨福海，1934年生于天津宁河，1957年毕业于北京钢铁学院采矿工程专业，毕业后在鞍钢弓长岭铁矿从事采矿技术工作5年。1962年调入河北矿冶学院(现名河北理工大学)任资源工程系教授，硕士生导师，中国金属学会露天采矿委员会委员，中国土地学会露天复垦委员会委员，从事露天采矿工程、矿山土地复垦的教学和科研工作，享受国务院政府特殊津贴。

近年来在露天转地下开采、矿山土地复垦方面取得多项成果，获省部级科技进步奖2项，厅局级科技进步奖3项；发表学术论文32篇，获省级教学成果一等奖1项；主编的《中小露天矿开采技术》曾获国家科委颁发的《全国星火计划丛书》优秀图书奖。

1998年在河北省科委和河北省自然科学基金委员会立项的“唐山铁矿土地复垦工艺推广”和“唐山铁矿生态复垦优化研究”课题，于2001年3月已通过专家鉴定，技术研究达到国际先进水平。

目 录

矿山生态复垦

1 绪论	1
1.1 国内外金属矿山土地复垦现状与展望	1
1.1.1 金属矿山发展对生态环境的影响	1
1.1.2 我国金属矿山土地复垦现状	2
1.1.3 国外金属矿山土地复垦现状	4
1.1.4 国内金属矿山土地复垦存在问题	6
1.2 矿区生态系统有关理论	8
1.2.1 问题的提出	8
1.2.2 矿区生态复垦理论	9
2 矿山生态复垦优化系统	13
2.1 矿山生态复垦优化系统	13
2.1.1 生态复垦优化系统问题的提出	13
2.1.2 生态复垦优化系统研究内容	13
2.1.3 生态复垦优化系统研究方法	14
2.1.4 生态复垦优化系统研究特色	15
2.1.5 生态复垦模式优化系统	16
2.2 土地破坏程度综合评价	19
2.2.1 土地评价单元划分	19
2.2.2 评价因素、因子的选择	20
2.2.3 土地破坏评价方法选择	22