

中国的矿山环境

ZHONGGUO DE KUANGSHAN HUANJING

沈渭寿 邹长新 燕守广 刘发民 李海东 等。编著

中国环境出版社

中国的矿山环境

沈渭寿 邹长新 燕守广 刘发民 李海东 等编著

中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

中国的矿山环境 / 沈渭寿编著. —北京: 中国环境出版社, 2013.12

ISBN 978-7-5111-1640-6

I. ①中… II. ①沈… III. ①矿山环境—中国
IV. ①X322.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 270293 号

出版人 王新程
策划编辑 王素娟
责任编辑 俞光旭 赵亚娟
责任校对 唐丽虹
封面设计 彭 杉

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2013 年 12 月第 1 版
印 次 2013 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 21.25
字 数 450 千字
定 价 66.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

编著委员会

顾 问：吴晓青

组 长：赵英民

副组长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

总 序

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，“十一五”环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006 年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于 2006 年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略，建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项启动实施，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；发布了 502 项新标准，现行国家标准达 1 263 项，环境标准体系建设实现了跨越式发展；完成了 100 余项环保技术文件的制（修）订工作，初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术

指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构,支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动,“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署,环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题,立足环境管理中的科技需求,积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间,环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目 234 项,涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域,共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与,逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前,专项取得了重要研究成果,提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案,形成一批环境监测预警和监督管理技术体系,研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术,提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议,为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果,及时总结项目组织管理经验,环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果,具有较强的学术性和实用性,可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版,在科技管理上也是一次很好的尝试,我们希望通过这一尝试,能够进一步活跃环保科技的学术氛围,促进科技成果的转化与应用,为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011 年 10 月

序 言

人口、资源、环境是社会可持续发展需要面对的三大问题，协调这三者关系是人类文明程度的体现，也是当前中国经济社会可持续发展与生态文明建设的当务之急。我国是资源大国，资源开发与利用对经济社会发展起到了巨大的推动作用，同时也对环境产生了重大影响，如何在资源开发过程中保护自然生态环境是世界各国共同面对的难题。

我国矿产资源储量丰富、矿种类型多样，矿山开采活动导致的生态环境问题主要包括，地表开挖、压占、毁损，造成土地资源破坏与地表景观改变；破坏地表植被，加剧水土流失；破坏和改变野生动植物栖息环境，使生物多样性面临威胁；井下开采造成矿井水外排，破坏地下水系；采矿地表发生沉降、塌陷、崩塌甚至滑坡、泥石流等次生地质灾害；大气、水环境、土壤环境、噪声、固体废弃物污染等。矿产开发已成为环境问题产生的一大源头，在促进经济增长的同时也在一定程度制约了经济社会的可持续发展，严重影响了当地群众的生产和生活。因此，矿山生态恢复治理的任务十分艰巨。

同时，我们也应该看到，矿产资源属于非可更新自然资源，任何矿业生产都要经历从勘测探查、开发建设、生产运营、衰退枯竭直至关闭停产的生命过程，这也是矿山存在与消亡的不可逆转的自然规律。即使矿山适时关闭，采矿活动造成的生态环境危害却不能随着采矿活动的停止而立即消失。长期以来矿业科学工作者对我国不同类型、不同地域、不同开采方式产生的生态破坏和环境污染问题进行了大量理论研究和实地调查。在此基础上，由沈渭寿、邹长新等同志编写的《中国的矿山环境》一书从矿山开采全过程出发，诠释了勘探、开采、闭矿等不同阶段各个环节存在的环境问题及其成因，辅以国内外矿山环境治理经验，提出了采空区、排土场、沉陷区、矸石场、尾矿库、工业广场等

各类场地生态保护与恢复治理措施,研究成果直接为我国矿山生态环境保护与恢复治理技术标准的制订提供了理论依据,也为矿山生态环境保护与管理工作奠定了坚实基础。该书是当前矿山环境科研与管理领域最为系统全面、内容非常丰富、既有科学性又有一定可操作性和实用性的著作。该书的出版必将对我国资源开发过程中生态保护和环境管理起到积极的促进和支撑作用,在即将出版之际,欣然作序祝贺。

中国工程院院士

李文华

2013年5月

前 言

中国矿产资源十分丰富，是世界上矿产资源总量丰富、矿种比较齐全、配套程度较高的少数国家之一。新中国成立后，尤其是改革开放 30 多年来，中国矿产资源勘查开发取得了巨大的成就，已探明的矿产资源储量和大宗矿产品产量位居世界前列。中国已经建成一大批重要矿山，形成比较完善的矿产品和供应体系，为中国现代工业体系的建立作出了重要贡献，为经济社会的持续发展提供了资源保障。

然而，长期以来中国因矿产资源开发造成的生态破坏和环境污染问题却十分严峻。虽然中国在保护矿山生态环境方面做出了巨大的努力，但生态破坏和环境污染问题仍时有发生，局部地区甚至日益严重，加上历史遗留问题，中国矿山生态环境治理仍然面临巨大的挑战。

矿产资源开发和利用对于生态环境影响或破坏具有一定的不可逆性。矿产资源及其所依托的自然生态环境是长期演化形成的，是一个相对长期稳定的物质环境。人为开发利用必然打破其长期形成的自然平衡与和谐，包括水的平衡、生态系统的平衡、地球重力的平衡，以及自然景观的和谐等，导致滑坡、泥石流、水土流失、荒漠化、生物多样性损失等生态危害，并产生大气、水、土壤和固体废弃物等污染。

本书是在对我国不同类型、不同地域、不同开采方式的矿山调研基础上完成的。根据我国矿产资源开发的总体特征，分析了不同矿种的特点、开采方式、生态破坏和环境污染的表现及主要生态环境问题，提出了矿山生态环境质量评估和矿山生态破坏与环境污染损失评估的理论框架，并针对矿山主要生态环境问题提出了生态破坏和环境污染的恢复治理措施。同时，针对我国矿山环境保护立法现状、环境保护制度和现行的矿产资源税费政策进行了研究，以矿山环境治理恢复保证金制度为重点，分析了我国的矿山环境经济政策。为对比并借鉴国外在矿产资源开发利用中的环境保护举措，本书以美国和澳大利亚为例，详细描述了美国矿山环境影响评价方法与监管措施和澳大利亚“矿产业可持续发展最优方法计划”，以期为我国在矿山生态环境保护中提供参考。

本书的研究成果是沈渭寿研究员及其所带领的研究团队多年来在矿山生态环境保护与恢复方面的研究结晶。几年来项目组对浙江、山西、江西、山东、江苏、河南、广西、广东、内蒙古、宁夏、甘肃、陕西、新疆、辽宁等省（自治区）的 100 多个矿山企业进行实地调研，涉及煤炭、黑色金属、有色金属、稀土金属四大类 20 多个矿种。调研期间，实地查看了矿产资源开发利用现状及生态恢复治理情况，并邀请地方发改委、财政、国土、水利、环保、林业以及矿山企业等部门代表和专家，就矿山生态环境问题、生态恢复治理措施、环境保护经济政策等内容组织开展了 50 多场座谈。

本书各章执笔人如下：第 1 章、第 3 章、第 5 章、第 7 章、第 8 章、第 9 章由邹长新、

沈渭寿执笔；第2章、第10章、第11章由刘发民、沈渭寿执笔；第4章、第14章、第15章由沈渭寿、燕守广、邹长新、刘发民、游广永、李忠良、李佳承、杨凯、左慧婷、杨姗姗、王涛执笔；第12章、第13章由燕守广、沈渭寿执笔；第6章由李海东、沈渭寿执笔。全书结构和内容由沈渭寿拟定。沈渭寿、燕守广、邹长新完成统稿和定稿。

本书研究工作得到了国家环保公益性行业科研专项“典型矿山生态恢复技术评估与环境管理研究”(200909061)、原国家环保总局科技发展计划项目“矿区生态环境重建建设试验研究”、科技部社会公益项目“矿山生态环境价值评估体系研究”、国土资源部项目“煤炭矿区生态环境质量评价标准研究”等项目的资助。本书的研究工作得到了环境保护部自然生态司和有关省(自治区)、市、县的环保部门的大力支持。在本书出版之际,向环境保护部自然生态司侯代军副司长、生态处房志处长和魏延昌博士、环境保护部南京环境科学研究所高吉喜所长、地方政府各级部门、矿山企业代表和专家给予的大力支持表示衷心感谢!

矿产资源开发利用中产生的生态环境问题十分复杂,具有长期性、综合性、复杂性等特点。矿山生态环境质量评估、矿山生态破坏和环境污染损失评估、矿山生态环境保护与恢复治理措施等很多问题仍处于不断研究探索阶段,许多理论与技术问题还需要不断地完善。本书虽然做了大量的实地调查和研究工作,但难免存在一些不足,有待于今后在该领域的继续深入研究和不断探索。

沈渭寿
2013年5月

目 录

第一篇 矿山生态环境问题

第 1 章 金属矿山	4
1.1 金属矿产资源概况	4
1.2 金属矿山工程组成与特点	10
1.3 金属矿山生态环境问题	12
1.4 典型金属矿山生态环境影响	14
第 2 章 非金属矿山	17
2.1 非金属矿产资源概况	17
2.2 非金属采矿对环境的影响	23
第 3 章 煤炭矿山	26
3.1 我国煤炭矿山分布情况	26
3.2 煤炭矿山生态环境问题	27
3.3 煤矸石的主要环境问题	32
第 4 章 稀土矿山	39
4.1 中国稀土分布概况	39
4.2 世界其他主要稀土国家蕴含概况	40
4.3 稀土生产与分离	41
4.4 碳酸稀土和氯化稀土的生产	42
4.5 稀土资源开发主要生态环境问题	45
参考文献	48

第二篇 矿山生态环境评估

第 5 章 矿山生态环境质量评估	53
5.1 矿山生态环境评价研究进展	53
5.2 评价指标体系构建的理论框架	56
5.3 评价指标体系构建的原则	57
5.4 矿山生态环境质量评价指标体系	57
5.5 矿山生态环境质量评价方法	58
5.6 典型矿山生态环境质量评价	66

5.7 晋陕蒙“黑三角”矿产开发生态状况遥感监测和评估	69
第6章 矿山生态破坏与环境污染损失评估	77
6.1 矿山生态破坏和环境污染问题	77
6.2 矿山生态破坏和环境污染损失评估指标体系	79
6.3 矿山生态破坏和环境污染损失评估方法	83
6.4 三道庄露天钼矿开采生态破坏和环境污染损失评估	95
参考文献	108

第三篇 矿山生态恢复

第7章 采空区生态恢复	115
7.1 露天采空区生态恢复	115
7.2 地下采空区生态恢复	129
7.3 非金属采矿地的恢复	133
第8章 排土场生态恢复	138
8.1 排土场选址	138
8.2 排土场稳定技术	139
8.3 排土场土壤改良技术	140
8.4 植物种的筛选与边坡复绿技术	141
8.5 三种露天矿排土场(废石场)的生态重建	143
第9章 尾矿库生态恢复	146
9.1 尾矿库概述	146
9.2 尾矿库生态恢复主要技术要求	148
9.3 尾矿库安全及其现状评价体系	153
9.4 尾矿库恢复典型案例	156
第10章 塌陷区生态恢复	161
10.1 矿山开采塌陷	161
10.2 矿山开采塌陷的灾害	163
10.3 矿山开采塌陷的预防和预测	166
10.4 矿山开采塌陷的生态恢复	173
第11章 矸石场生态恢复	181
11.1 煤矸石的综合利用	181
11.2 煤矸石山的环境治理	183
11.3 煤矸石山的生态恢复和人工造林	186
11.4 煤矸石资源综合利用的政策和措施	191
参考文献	195

第四篇 矿山环境经济政策

第12章 我国矿山环境经济政策	207
-----------------------	-----

12.1	矿山环境保护法律法规	207
12.2	我国矿山环境保护制度	208
12.3	我国现行矿产资源税费政策	210
12.4	我国矿山环境保护存在的几个问题	221
12.5	我国矿山环境保护政策建议	222
第 13 章	矿山环境治理恢复保证金制度	225
13.1	保证金制度及其内容	225
13.2	保证金制度实施现状及效果	231
13.3	保证金实施中的主要问题	235
13.4	保证金制度的实施与建议	238
参考文献		241

第五篇 国外矿山环境保护

第 14 章	美国矿山环境影响评价与监管	245
14.1	简介	245
14.2	矿山环境影响评价流程	245
14.3	环境背景值调查	246
14.4	采矿活动的潜在影响	246
14.5	评估影响	256
14.6	减缓措施和监测措施	262
第 15 章	澳大利亚“矿产业可持续发展最优方法计划”	269
15.1	大气污染物、噪声与振动	269
15.2	水管理	271
15.3	酸性和含金属废水管理	273
15.4	氰化物管理	274
15.5	有害物质管理	276
15.6	尾矿管理	278
15.7	生物多样性管理	280
15.8	风险评估和管理	284
15.9	社区参与及发展	286
15.10	监护	288
15.11	绩效评价：监测与审计	289
15.12	矿区关闭与完成	293
15.13	矿区复原	295
参考文献		298
附件一	关于加强稀土矿山生态保护与治理恢复的意见	299
附件二	关于印发《矿山生态环境保护与恢复治理方案编制导则》的通知	304
附件三	矿山生态环境保护与恢复治理技术规范（试行）	310

Contents

Part 1 Ecological and environmental problems on Mining

Chapter 1 Metal Mining	4
1.1 General Distribution of Minerals.....	4
1.2 Metal Mining Projects and Characteristics.....	10
1.3 Environmental Impact of Metal Mining.....	12
1.4 Typical Eco-environment Impact of Metal Mining.....	14
Chapter 2 Non-Metal Mining	17
2.1 General Description of Non-metal Mining.....	17
2.2 Non-metal Mining Impact.....	23
Chapter 3 Coal Mining	26
3.1 Distribution of Coal Mineral.....	26
3.2 Eco-environmental impact of Coal Mining.....	27
3.3 Environmental Problems of Coal Gangue.....	32
Chapter 4 Rare Metal Mine	39
4.1 Distribution of Rare Metal Ore.....	39
4.2 Rare Metal Ore Reserves.....	40
4.3 Rare Metal Separation.....	41
4.4 Production of Rare Earth Carbonate Rare Earth Chlorides.....	42
4.5 Eco-environmental Problems of Rare Metal Mining.....	45
Reference	48

Part 2 Ecological and Environmental Assessment

Chapter 5 Assessment of Mining impact	53
5.1 Progress of Mining impact Assessment.....	53
5.2 Index System of Environmental Assessment.....	56
5.3 Principles of Index System Construction	57
5.4 Index System of Eco-environmental Quality Assessment.....	57
5.5 Methods of Eco-environmental Quality Assessment.....	58
5.6 Typical Eco-environment impact of Mining.....	66
5.7 Remote Sensing of ferrous metal Mining in Triangle interception of Three Provinces.....	69

Chapter 6 Ecological Damage Assessment of Mining	77
6.1 Ecological Damage and Environmental Pollution of Mining.....	77
6.2 Index System in Assessing Ecological Damage and Environmental Pollution.....	79
6.3 Method of Ecological Damage and Environmental Pollution Assessment in Mining	83
6.4 Environmental Assessment of Molybdenum Mining in Sandaozhuang	95
Reference	108

Part 3 Ecological Rehabilitation

Chapter 7 Ecological Rehabilitation of Mine Goaf	115
7.1 Ecological Rehabilitation of Open Pit.....	115
7.2 Ecological Rehabilitation of Underground Gob.....	129
7.3 Ecological Rehabilitation of Non-metal Mining	133
Chapter 8 Ecological Rehabilitation of Dumping	138
8.1 Location Selection of Dumping Site	138
8.2 Dumping Stabilization.....	139
8.3 Dumping Soil Amelioration	140
8.4 Plant Selection and Slope Reclamation.....	141
8.5 Rehabilitations of Open Pit Dumping	143
Chapter 9 Ecological Rehabilitation on Tailings	146
9.1 General Description of Tailing	146
9.2 Tailing Rehabilitation Requirement	148
9.3 Assessment of Tailing Security.....	153
9.4 Typical Case of Tailing Rehabilitation	156
Chapter 10 Ecological Rehabilitation of Mining Subsidence	161
10.1 Mining Subsidence	161
10.2 Environmental Impact of Mining Subsidence	163
10.3 Mining Subsidence Prevention and Prediction.....	166
10.4 Ecological Rehabilitation of Subsidence Area	173
Chapter 11 Ecological Rehabilitation of Gangue Yard	181
11.1 Usage of Coal Gangue.....	181
11.2 Coal Gangue Treatment.....	183
11.3 Rehabilitation and Reforestation of Coal Gangue	186
11.4 Policies and Measures for Gangue Comprehensive Utilization	191
Reference	195

Part 4 Environmental and Economic Policies

Chapter 12 National Environmental Economic Policies	207
12.1 Mining Regulation on Environment Protection	207

12.2 Mining Regulation on Environment Protection.....	208
12.3 The Mineral Resources Tax Policy	210
12.4 Environmental Protection Problems in Mining Site.....	221
12.5 Suggestions for Environment Protection in Mining	222
Chapter 13 Deposit System of Mining Environment Restoration	225
13.1 Content of Deposit System.....	225
13.2 Application of Deposit System.....	231
13.3 Problems in Application of Deposit System.....	235
13.4 Application of Deposit System and Suggestions	238
Reference	241

Part 5 Mine Environmental Protection in Developed Contries

Chapter 14 Environmental Impact Assessment of Mining in American	245
14.1 Introduction	245
14.2 Processes of the Environmental Impact Assessment	245
14.3 Investigation on Environmental Setting	246
14.4 Potential Impacts on Mining	246
14.5 Assessing the Environmental Impacts	256
14.6 Mitigation and Monitoring Measures	262
Chapter 15 Optimized Mining Project and Sustainable Development in Australian	269
15.1 Air Pollutant, Noise and Vibration	269
15.2 Water Management.....	271
15.3 Acid and Metal-containing Wastewater.....	273
15.4 Cyanide Management.....	274
15.5 Harmful Substance Management	276
15.6 Tailing Management.....	278
15.7 Biodiversity Protection.....	280
15.8 Risk Management.....	284
15.9 Community Participation.....	286
15.10 Monitoring.....	288
15.11 Performance: Monitoring and Audit.....	289
15.12 Mine Area Enclosure	293
15.13 Mine Area Reclamation.....	295

第一篇

矿山生态环境问题