

经济学·管理学博士论著

JingJiXue GuanLiXue BoShi LunZhu

◎ 雷冬梅 徐晓勇 段昌群 / 著



矿区生态恢复与生态管理的 理论及实证研究

Research on Theories and Applications of Ecological
Restoration and Ecosystem Management in Mining Area



经济科学出版社
Economic Science Press

经济学·管理学博士论著·

Jingji Xue Guanli Xue Bo Shi Lun Zhu

海 徐晓勇 段昌群 / 著

矿区生态恢复与生态管理的 理论及实证研究

Research on Theoretical
Restoration and Ecosystem

Restoration of Ecological
Environment in Mining Area



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

矿区生态恢复与生态管理的理论及实证研究 / 雷冬梅, 徐晓勇, 段昌群著. —北京: 经济科学出版社, 2012. 11

(经济学·管理学博士论著)

ISBN 978 - 7 - 5141 - 2609 - 9

I. ①矿… II. ①雷…②徐…③段… III. ①矿区 - 生态恢复 - 研究②矿区 - 生态管理 - 研究 IV. ①X322

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 254982 号

责任编辑: 沙超英 杨 梅

责任校对: 杨 海

责任印制: 李 鹏

矿区生态恢复与生态管理的理论及实证研究

雷冬梅 徐晓勇 段昌群 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: 88191217 发行部电话: 88191537

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

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

北京中科印刷有限公司印装

787 × 1092 16 开 12 印张 200000 字

2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 2609 - 9 定价: 28.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 88191502)

(版权所有 翻印必究)

前言

矿产资源是支撑社会经济发展的最重要的基础性资源。由于矿业的重大作用与巨大效益,在经济生产过程中往往会围绕某一种矿产资源的开发,建立与之配套的生产服务产业以及就业者及其家属生活服务区,并辐射一定范围而形成具有行政职能和经济功能的社区——矿区。由于矿业自身的特点,矿区往往是生态破坏和环境污染较为严重的区域,并且在社会经济的可持续发展方面面临着重大风险。我国是一个矿产资源大国,随着建立资源节约型和环境友好型“两型社会”目标的确立,如何对矿区的生态环境进行恢复与有效管理,实现矿区经济社会的可持续发展,已经成为众多专家学者和政府管理部门关注和亟待解决的热点问题。矿区生态恢复是提高区域生态安全,实现再造一个秀美山川战略目标的重要保障;有效的生态管理是矿区经济摆脱“资源诅咒”,实现区域经济可持续发展的重要途径。因此,矿区生态恢复与生态管理的研究对矿区生态系统的可持续发展具有重要的理论意义和现实指导意义。但是,现有针对区域尺度上的矿区生态系统管理(简称生态管理)的研究刚刚起步,在理论和方法上还处于探索阶段。有鉴于此,本书在分析矿区生态环境特征的基础上,对矿区生态恢复和生态管理相关理论进行了梳理,并以亚洲最大的铅锌矿云南兰坪矿区等三个矿区作为主要的研究对象进行了实证研究——典型矿区废弃地生态环境特征、不同先锋植物生态恢复效益比较、矿区生态系统承载力水平、矿区生态系统健康状况评价,及区域水平上的矿区生态管理模式构建等,以期对矿区生态恢复研究提供基础数据与参考依据,并对区域尺度上的矿区生态管理研究提供借鉴作用。本书集成多方面的研究形成的主要结论有:

(1) 矿区是人类以矿产资源的开发利用为目的而形成的具有自然、经济、社会属性的巨系统,也是人类影响和破坏自然、产生环境问题最集中的体现。矿区的环境问题既包括生态破坏,也包括环境污染。矿区的生态环境可以从其中的生态及环境要素来描述:土壤特征——矿区土壤退化、荒漠化、污染、酸化及水土流失严重,形成大量矿区废弃地;水体特征——矿区地下水及地表水

极易被污染和破坏；生物多样性特征——矿区内的人为采矿活动会造成不同程度的植被破坏，并破坏和扰动动物的栖息地，景观破碎化，从而导致生物多样性在遗传、种群和生态系统三个层次上降低。此外，金属矿区与非金属矿区生态环境主要特征存在差异，前者主要是环境污染，后者更多的是生态破坏。矿区具有复合生态系统的典型特征。

(2) 矿区的生态恢复理论包括了限制性因子原理、热力学定律、种群密度制约及分布格局原理、生态适应性原理、生态位原理、生态入侵和生物多样性原理、斑块—廊道—基底理论、复合生态系统原理、生态承载力原理及生态系统健康理论等。矿区的生态恢复技术主要有工程措施和经济领域措施，前者主要有土壤复垦技术、基质改良方法、生物修复技术等，后者则主要包括经济重建模式和生态补偿机制。其中，生物修复技术中的植物修复，由于具有成本低，不破坏土壤的生态环境，不引起二次污染等特点，而成为发展迅速、潜力巨大的矿区生态恢复的主要绿色技术。

(3) 矿区的生态管理，既包括矿产资源的管理和利用，还包括矿产资源开发利用中的环境管理。矿区生态管理致力于保持和恢复生态系统的可持续性，使之以一种与生态系统可持续能力相协调的方式使当代和后代人连续不断地受益。虽然生态管理无统一定义，但从其产生与发展的历程来看，其具有相应的原则与研究框架，及主要的应用技术。本书在论述矿区生态管理的内涵、目标及技术路线的基础上，初步构建出矿区生态管理模式构建的研究思路：“矿区基础条件分析—问题诊断—管理目标确定—适应性管理策略”。

(4) 矿区废弃地生态环境的实证研究。选取云南省三个典型的矿区废弃地——兰坪铅锌矿废弃地、个旧锡矿废弃地及开远煤矿废弃地，结合野外调查与实验室分析，研究了三个废弃地土壤重金属污染及土壤肥力特征。结果表明，三个矿区废弃地土壤肥力水平较低，土壤肥力指标等级大都为Ⅲ级和Ⅱ级，三个废弃地土壤肥力大小顺序为：煤矿废弃地 > 锡矿废弃地 > 铅锌矿废弃地；三个矿区废弃地土壤重金属污染突出，污染物的种类及其污染程度存在差异。综合污染分析结果表明：铅锌矿和锡矿废弃地重金属污染达到重度污染，煤矿废弃地重金属污染为轻度污染等级。

(5) 不同先锋植物生态恢复效益的实证研究。对云南省三个典型的矿区废弃地——兰坪铅锌矿废弃地、个旧锡矿废弃地及开远煤矿废弃地上的先锋植物的恢复效应进行了研究。结果表明：①先锋植物在矿区废弃地早期土壤的恢复过程中，在降低根际土壤重金属含量、改善土壤肥力方面作用明显。与相应废弃地非根际土壤相比，大多数先锋植物根际土壤的重金属含量有不同程度的

降低,土壤肥力有不同程度的升高;大多数先锋植物体内,重金属主要积累在根部,地上部分的含量相对较低。大多数先锋植物吸收、转移富集重金属的能力较低,属于耐性植物。②不同的先锋物种在土壤修复方面的作用存在差异,针对不同的矿区选择不同的先锋植物进行恢复十分重要。

(6) 矿区生态系统承载力的实证研究。利用生态足迹模型计算了兰坪矿区 1986~2009 年的生态系统承载力,结果表明:①1986~2009 年兰坪矿区生态承载力的供给量保持波动性的上升,但是由于人口的增加,人均生态承载能力明显下降。②在生态资源需求方面,人均生态足迹消耗量明显增大,尽管仍然低于生态系统的承载力阈值,但是生态承载剩余已经越来越少,可供未来使用的生态资源潜力在减小,矿区经济的可持续发展程度在下降。③从生态足迹强度来看,单位 GDP 生产所需的生态足迹明显减少,生态资源的利用效率有了大幅提高。生态足迹经济弹性系数保持在 0.11~0.65,说明在兰坪矿区经济增长中技术和结构优化的作用高于资源投入的作用。

(7) 矿区生态系统健康评价的实证研究。以兰坪矿区为研究对象,针对矿区的实际情况,结合现有的统计资料,构建评价指标体系,评价了兰坪矿区 2005~2009 年的生态系统健康状况,并进行了量化分析,结果表明:①矿区生态系统健康评价指标体系可分解为活力、组织结构、恢复力和生态系统服务功能 4 个要素,最终形成的兰坪矿区生态系统健康指标体系由 1 个目标层,4 个准则层,8 个指标层构成。②单项指标评价结果表明,2005~2009 年,四个单项指标,即活力、组织结构、恢复力和生态系统服务功能,其变化趋势不同,例如组织结构呈现逐年下降趋势,恢复力和生态系统服务功能呈现逐年上升趋势。③综合评价结果表明,兰坪矿区 2005 年生态系统健康度(HI)是 0.5583,处于不健康状态,活力较弱,结构不协调,恢复力和服务功能较差;到 2009 年 HI 达到 0.8819,处于亚健康状态,其活力、结构、恢复力和服务功能一般。④讨论认为,矿产资源的开发对兰坪矿区生态系统健康产生了一定的影响,导致矿区生态系统处于不健康或亚健康状态,在 2005~2009 年,兰坪矿区 HI 有上升趋势,这是管理措施与生态修复措施实施的结果。

(8) 矿区生态管理模式构建的实证研究。基于“矿区基础条件分析—问题诊断—管理目标确定—适应性管理策略”的矿区生态管理模式的构建思路,采用定量与定性分析方法,对兰坪矿区生态管理模式的构建进行了研究,结果表明:①目前兰坪矿区管理是按生态要素实行分部门的管理方式,没有统一的监管部门,缺乏从生态系统整体出发的综合式管理;在这种以单个资源为主的管理模式下,兰坪矿区暴露出许多环境问题,主要有——生态破坏,土地资源

的冲击破坏和土壤污染严重, 泚江水质及底质重金属污染严重等; ②基于社会抉择的兰坪矿区生态管理的目标是——保护生态环境, 合理利用矿产资源, 维护生态系统的主要服务功能; ③针对直接与间接驱动力及管理目标, 提出了共17个适应性管理策略。结论认为, 传统的管理方式割裂了矿区作为区域生态系统原有的完整性特征, 为了实现矿区资源开发与生态保护相协调, 采用区域管理的新理念——生态系统管理, 是一种较好的选择与有益的尝试; 构建的四个生态管理步骤具有可行性, 但是矿区基础条件分析应特别关注生态系统服务功能, 问题诊断应包括直接和间接驱动力, 管理目标的确定应基于社会的抉择, 制定出适应性管理策略则是矿区生态系统管理研究的核心。

本书在对矿区生态恢复和生态管理理论梳理的基础上, 又以云南某矿区为研究对象进行了实证研究, 努力使本书具有实用性和可借鉴性。

本书是在云南省自然科学基金项目“云南典型矿区复合生态系统健康分析与管理研究”(项目编号: 2008ZC065M)、国家自然科学基金课题“植物对环境污染的适应代价与进化潜力(项目编号: 3106256)、教育部高等学校博士学科点专项科研基金“不同金属耐性植物的资源配置与适应代价(项目编号: 20095301110004)”的部分工作成果, 以及在雷冬梅博士毕业论文基础上整理而成的。衷心感谢段昌群教授准许他指导的博士生论文和相关项目的阶段成果以本专著的形式予以发表。他的慷慨和奉献无疑为我们刚出道的青年学子提供了难以期许的机会。

本书成稿过程中, 云南大学段昌群教授在全书的框架和内容整合提炼中进行了统筹。云南大学发展研究院徐晓勇博士参与第1章、第4章、第5章第3节部分内容的撰写; 云南大学生命科学学院胡斌副教授参与第3章第2节部分内容的撰写; 中国科学院昆明动物研究所刘立娜助理研究员参与第3章第1节部分内容的撰写; 云南省环境科学研究院张星梓高级工程师参与第5章第6节部分内容的撰写; 云南财经大学国土资源与持续发展研究所研究生杨伟伟、刘孙丹分别参与第5章第5节部分内容撰写及数据收集分析工作, 及第4章第2节部分内容的撰写。

矿区生态修复和生态管理是一个涉及多学科的综合领域, 正处在研究和蓬勃发展阶段, 它的学术思想很多方面还不成熟, 也还没有形成它自己的理论框架。有鉴于此, 本书的许多观点和理论论述, 难免有不当之处, 希望有关专家和学者不吝赐教并恳请读者批评指正。

作者

2011年10月

经济学·管理学博士论著

目 录

第1章 绪论.....	1
第1节 研究背景.....	1
第2节 研究意义.....	6
第3节 本书的研究思路与框架.....	7
第2章 矿区及其生态环境.....	9
第1节 矿区的形成与内涵.....	9
第2节 矿区的生态环境特征	11
第3节 矿区复合生态系统特征	19
第3章 矿区的生态恢复	24
第1节 矿区生态恢复的理论	24
第2节 矿区生态恢复的技术	36
第3节 矿区的植物修复	47
第4章 矿区的生态管理	59
第1节 生态系统管理	59
第2节 生态系统管理的主要技术与方法	75
第3节 矿区生态系统管理	86

第5章 矿区生态恢复和生态管理的实证研究

——以云南矿区为例	91
第1节 云南矿区概况	91
第2节 矿区的生态环境——废弃地的土壤特征研究	98
第3节 矿区的植物修复——先锋植物的恢复效应研究	107
第4节 矿区的生态系统承载力研究——以兰坪矿区为例	131
第5节 矿区的生态系统健康评价——以兰坪矿区为例	143
第6节 矿区生态管理模式的构建——以兰坪矿区为例	156
参考文献	168

第 1 章

绪 论

矿产资源是人类生存和社会发展的基础性资源，据相关统计资料表明，现代工业社会中 95% 的一次能源、80% 的工业原料、70% 的农业生产资料都取自于矿产资源（朱训，1999）。尽管随着知识经济等新经济浪潮的来临，新能源、新材料等快速涌现，在一定程度上替代了传统矿产资源在社会经济中的功能，但是在可以预期的未来之内，矿产资源仍然是支撑社会经济发展的最重要的基础性资源。由于矿产资源产业的重大作用与巨大效益，在经济生产过程中往往会围绕某一种矿产资源的开发，建立与之配套的生产服务产业以及就业者及其家属生活服务区，并辐射一定范围而形成具有行政职能和经济功能的社区——矿区。由于矿产资源开发产业自身的特点，矿区往往是生态破坏和环境污染较为严重的区域，并且在社会经济的可持续发展方面面临着重大风险。我国是一个矿产资源大国，长期以来资源性产业是我国国民经济的重要支柱产业，但是对矿产资源粗放式开发已经导致了严重的生态退化及资源枯竭问题。随着建立资源节约型和环境友好型“两型社会”目标的确立，如何对矿区的生态环境进行恢复与有效管理，实现矿区经济社会发展的可持续，成为众多专家学者和政府管理部门关注和亟待解决的重大问题。

第 1 节

研究背景

1.1 改革开放以来我国矿业经济的高速发展

改革开放以来，中国经济长期保持高速增长的势头，1978 ~ 2009 年年均

增长率高达 15.8%，2009 年中国 GDP 总量达到 34.3 万亿元人民币，超越日本成为世界第二经济大国。尽管中国经济发展取得了举世瞩目的成就，成为世界经济发展最重要的推动因素，但是我国经济增长仍然是一种典型的外延式的粗放型增长模式，技术进步和人力资本并未成为经济发展的动力，经济增长是靠物质资本的高强度投入来维系的。这其中，以矿产资源开发为代表的资源型产业为中国经济增长做出了最为重要的贡献。

中国矿产资源总量丰富，品种齐全，是世界重要的矿产资源分布区域。截至 2000 年年底，我国已发现 171 种矿产，查明有资源储量的矿产 157 种，已发现矿床、矿点 2 万多处。我国已查明的矿产资源总量约占世界的 12%，居世界第二位。煤、钨、锡、钼、锑、稀土等矿产在储量和质量上都居世界前列。尽管资源储量丰富，但中国矿产资源开发产业起步较晚，新中国建立后，随着我国工业体系的建立与完善，具有现代意义的大规模的矿业开发才逐渐展开。经过几十年的发展，矿业经济已经成为了国民经济的基础产业，在我国社会经济发展中具有十分重要的地位和作用。2009 年我国矿业产值（采选业 + 矿产品加工业）达 158477.99 亿元，占国内工业总产值的 28.9%。经过几十年的发展，我国已成为世界第三大矿业国（夏农，2003；郭培章，2002）。图 1-1 是 1984~2009 年矿业产值占工业产值的比重，可以看出矿业产值比重总体呈上升的态势，1993 年其比重超过了 20%，随后出现了两个连续下降的过程，1998 年达到了 11.32% 的最低点，进入 2000 年以后矿业产值比重出现了波动式的快速增长，到 2008 年达到 31.3% 的高点。矿业经济在国民经济尤其是在工业中的地位 and 作用是不容忽视的。

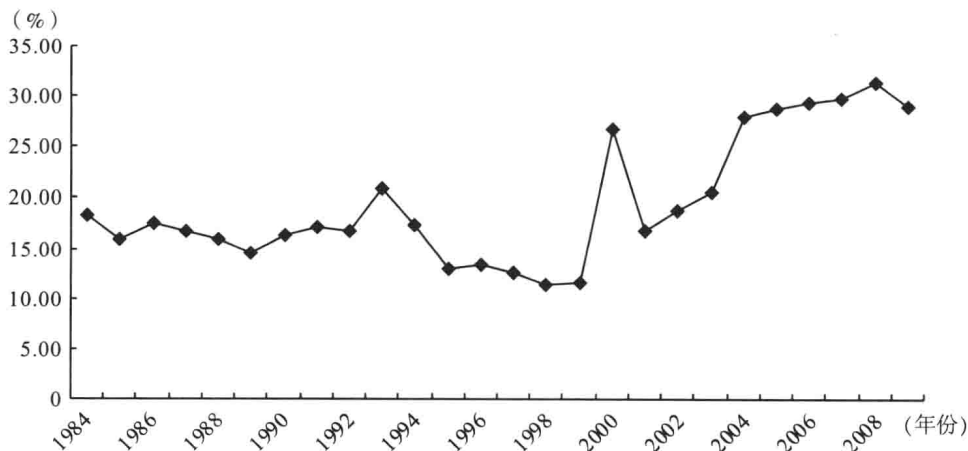


图 1-1 矿业产值占工业总产值的比重

矿产资源是社会的基础性资源，具有重要的价值，矿产资源禀赋高的区域往往会围绕其具有优势的矿产资源构建产业，形成以矿业为主导产业，以矿产资源开发利用为主，带动和支持本地区经济和社会发展的独特的典型经济社区。这种“因矿建厂”、“因矿建市”、“因矿建城”的现象在各地经济发展中比比皆是，尤其是在其他经济资源比较匮乏的西部地区，矿业开发已经成为推动城市化、带动区域经济发展的重要因素。如克拉玛依、包头、白银、攀枝花、六盘水等矿业城市都是依赖自身丰富的石油、铁矿、煤矿等资源优势，推动以矿业为核心的工业经济的发展，目前已经成为了区域性经济中心。据统计，到2003年年末，我国拥有建制矿业城市100多座，工矿城镇390多个，涉及3.1亿人口，并且提供了2000万个矿业从业岗位（孙庆先，2003）。

尽管随着知识经济时代的来临，信息经济、生物经济等高新技术产业将逐渐成为未来的主要经济产业，但是矿产资源产业仍然是这些产业发展的重要基础，而且随着我国经济的发展和人民生活水平的日益提高，对矿产资源的需求量还将进一步增大。根据国家2050年远景目标纲要和实现国民经济第三步发展战略目标的要求，必然需要矿业继续保持同步发展。以煤炭为例，据预测，为保证我国国民经济正常发展，2020年和2050年的原煤产量将分别为21亿吨和28亿吨（赵国浩，2000）。所以从总体来说，矿业无论在今天还是在可预见的未来，不仅不会成为夕阳工业，而且应该有更大的发展。

1.2 矿业开发导致了严重的资源环境问题

毫无疑问，改革开放三十多年来我国矿产资源产业取得令人瞩目的发展与成就，但是不可否认的是我国矿业走的仍然是一条粗放型发展道路，由于发展思路的滞后，以及缺乏高新技术、高素质从业者、制度激励等客观条件的支撑，中国矿业开发成本较高，经济效益的取得是依靠总量的扩张与物质的大量投入而获得的。如2001年我国各类煤矿3万多个，大约是世界上其他9个主要采煤大国矿山总数的8倍；同样产煤10亿吨，我国从业人员达700万人，而美国仅20万人。粗放式开发导致的更为严重的后果是生态环境破坏以及由此导致的资源开发的不可持续问题。

矿业开发产生的生态环境问题主要有三个方面：一是对地表景观的破坏；二是对土地资源的破坏；三是对环境介质产生的各种污染。

采矿活动，不论是露天开采还是地下开采都会造成地表景观的改变，导致景观破碎化。露天开采砍伐树木，剥离表土，挖损土地，破坏地表植被，以及

堆放尾矿、煤矸石、粉煤灰和冶炼渣；地下开采造成采空区，导致地表沉陷，会引发地貌和景观生态的改变，变得千疮百孔、支离破碎，直接影响景观的环境服务功能。据统计，中国因采矿直接破坏的森林面积累计达 106×10^4 公顷，破坏草地面积达 26.3×10^4 公顷。

对土地资源的破坏主要体现在尾矿、煤矸石等固体废弃物堆放对土地资源的占用，地下采空区引发的地表沉陷导致土地资源使用功能丧失。根据原煤炭部对全国重点煤矿及地方国有煤矿投产至 1997 年开采沉陷、土地复垦利用基本状况专项调查，我国煤矿每采万吨煤，地面下沉面积为 $0.07 \sim 0.33$ 公顷，平均 0.2 公顷，到 1997 年年底我国因煤炭开采造成地表塌陷累计达到了 40 万公顷，其中造成土地减产或绝产的土地约 14.13 万公顷（韩宝平，2008）。矿产开采和加工会产生大量的固体废弃物，固废的储存、处理会直接占用大量土地。我国每年矿山固体废物产生量占全国工业固废排放量 80% 以上，全国矿山累计破坏土地面积约为 300 多万公顷，全国历年积存的废石、尾矿累计占地 6.7 万公顷。在矿区固废中煤矸石的排放量最大，也是我国固体废物中产生量、累计堆积量和占地面积最大的固体废弃物。据初步统计，我国现有煤矸石山 1500 余座，煤矸石历年堆存量达 30 亿吨，占用土地约 5800 公顷。而且仍以每年约 1.5 亿 ~ 2.0 亿吨，占用土地约 300 ~ 400 公顷的速度递增（刘克功，2009）。

矿业属于资源消耗性和生态环境破坏性极强的行业，其在资源开采、加工、运输和使用过程中不仅要消耗大量的水、电和钢材等资源，而且对矿区自然生态影响严重。中国矿产资源开发产业，由于起步晚、技术层次低且环境友好、资源节约的思想进入产业设计和技术开发中的时间较晚，生态环境破坏问题十分严重。突出问题是破坏土地、水资源和地表植被以及工业“三废”大量排放产生的污染（表 1-1）。

矿业是我国工业污染物的主要来源。2009 年矿产资源采掘与加工行业的废水、废气与固废的排放量分别为 43.74 亿吨、22.58 万亿立方米、543.71 万吨，分别占我国工业三废排放总量的 20.93%、51.78% 与 50.55%。2004 $\sim$ 2009 年废水和废气排放比重基本稳定，而固废排放比重则有大幅下降。从主要污染物排放来看，矿业是汞、镉、铅等重金属元素的主要排放源，除了 2004 $\sim$ 2006 年汞的排放比重较低外，其余年份和其他重金属的排放比例高达 76.21% $\sim$ 97.49%；而国家另外两个主控污染物化学需氧量（COD）、二氧化硫（ SO_2 ）的排放份额也分别达到了 10.48% $\sim$ 11.92% 和 25.53% $\sim$ 29.69%。

矿区的生态失衡，频发的自然灾害在给自然环境带来严重破坏的同时，也给经济社会带来了巨大的损失。如 2003 年 12 月 23 日，重庆市开县高桥镇川

表 1-1

矿业三废及主要污染物排放状况

项 目		2009 年	2008 年	2007 年	2006 年	2005 年	2004 年
工业废水	排放总量 (亿吨)	43.74	46.21	48.78	45.89	45.78	45.98
	占总排放量比例 (%)	20.93	21.26	22.10	22.06	21.20	23.24
工业废气	排放总量 (万亿立方米)	22.58	22.27	19.44	17.36	13.49	15.68
	占总排放量比例 (%)	51.78	55.15	50.07	52.46	50.34	66.11
工业固废	排放总量 (万吨)	543.71	552.00	929.11	1032.24	1247.00	1270.86
	占总排放量比例 (%)	50.55	79.20	86.38	86.03	83.52	80.84
化学需氧量	排放总量 (万吨)	45.20	44.30	50.27	50.54	53.70	47.36
	占总排放量比例 (%)	11.92	10.94	11.10	11.09	10.89	10.48
汞	排放总量 (吨)	1.06	1.12	1.12	1.12	0.86	1.10
	占总排放量比例 (%)	76.21	82.74	92.73	42.53	32.03	36.47
镉	排放总量 (吨)	30.18	37.28	38.33	48.04	55.98	51.24
	占总排放量比例 (%)	93.38	94.39	97.49	97.34	91.69	91.43
铅	排放总量 (吨)	166.61	221.84	307.62	303.42	334.71	325.09
	占总排放量比例 (%)	91.43	92.08	96.21	89.47	88.48	89.56
二氧化硫 (SO ₂)	排放总量 (万吨)	502.99	508.05	535.12	514.20	505.68	463.13
	占总排放量比例 (%)	29.69	27.62	27.13	25.18	25.53	26.52

东北气矿发生天然气井喷事故,造成 223 人死亡的重大事故。云南省从 1989 ~ 2000 年,矿山地质灾害已造成 526 人死亡或失踪,156 人受伤,直接经济损失 9.2 亿元;历年累计破坏土地 20.2 公顷,土壤侵蚀总量 2160 万吨,侵蚀面积 11265.1 公顷;全省 55 家中型以上国有矿山用于治理矿山地质灾害的费用已近 2 亿元(袁忠玉,2000;武军,1999)。1995 年 6 月 24 日,贵州开阳磷矿发生特大山洪和泥石流,死亡 18 人,失踪 3 人,矿区设施被严重破坏,该厂生产陷于瘫痪,直接经济损失 2.05 亿元(张祥华,2001)。1990 年,四川干洛铅锌矿矿山,由于大量堆放矿渣,在暴雨季节山洪暴发,使堆放的矿渣形成泥石流,造成 36 人死亡的重大事故(毛英,2003)。1994 年发生在陕西潼关金矿区的泥石流,造成民房被毁,伤亡、失踪数百人,直接经济损失上亿元。1996 年新疆由于矿山开采而诱发的崩塌、滑坡泥石流地质灾害 87 起,造成 81 人死亡,直接经济损失 9844.6 万元(徐友宁等,2001)。而由于矿区污染出现的食品安全和人身健康损失导致的隐形损失更是无法估量。根据胡耀祺(2007)的研究,最近几年,我国矿区频发的污染事件已经导致很严重的食品安全和健康风险问题。如广西南丹由于采矿过程中选煤、洗煤的污水造成刁江上百公里的河段严重污染,鱼虾绝迹,每年造成粮食减产 2000 吨以上,并且

导致水稻、蔬菜、水果重金属严重超标，村民皮肤病、肝病、癌症高发；采煤大省山西省由于生态环境污染，矿区新生婴儿缺陷率高达400人/万人，远高于非矿区181人/万人的水平。

因此，如何有效地解决好矿业开发过程中的环境问题和生态恢复，协调好生态、经济、社会之间的关系，实现矿区经济社会的可持续发展，已经成为了生态学、经济学、可持续发展等学科和领域研究的热点问题。

第2节

研究意义

对于矿区来说，矿产资源的可持续利用是构建矿区“两型社会”的基础。然而，随着我国经济的快速发展，矿产资源的供需矛盾日益突出，伴随着矿产资源开发强度的不断加大，矿区生态环境污染、矿区环境质量退化，已经严重地制约了区域经济发展。矿产资源的开发对矿区的生态环境造成了严重的破坏，生态环境的恶化又反过来制约了矿区经济的发展；生态管理作为一种自然资源管理方法，致力于保持和恢复生态系统的可持续性，使之以一种与生态系统可持续能力相协调的方式使当代和后代人连续不断地受益。矿区生态恢复是提高区域生态安全，实现再造一个秀美山川战略目标的重要保障；有效的生态管理和调控是矿区经济摆脱“资源诅咒”，实现区域经济社会可持续发展的重要途径。因此，矿区生态恢复与生态管理的研究对矿区生态系统的可持续发展具有重要的理论意义和现实指导意义，主要表现在以下两个方面：

(1) 理论意义：由于矿区是典型的生态脆弱区，其形成发展独具特色，在这类地区开展生态恢复和生态管理的实证研究，可以进一步丰富和完善生态恢复和生态管理的相关理论，使其更具有普遍意义。

(2) 现实指导意义：矿区是典型的以矿产资源的开发利用为主，带动和支持本区经济和社会发展的独特的典型经济社区。但是，随着矿产资源开发力度和强度的不断增大，矿区自然生态环境被严重破坏和污染，对矿区进行生态恢复，实行有效的生态管理，是促进和实现矿区可持续发展的迫切需要。通过梳理矿区生态恢复和生态管理的相关理论，对典型矿区进行实证研究获得的实地调查数据和实验室分析统计结果、研究结论，对实证研究对象——兰坪矿区、个旧矿区及开远矿区的相关管理部门提供具有可操作性的决策依据，具有现实指导意义。

第3节

本书的研究思路与框架

3.1 研究思路

本书研究的总体思路是：以“矿区矿产资源开发——生态环境保护——生态管理的协调可持续发展”为目标，在分析和梳理矿区生态环境特征、生态恢复和生态管理的理论与方法的基础上，以云南省某矿区为实证研究对象，研究典型矿区生态环境特征、不同先锋植物生态恢复效益、矿区生态承载力水平、矿区生态系统健康状况，并构建确保矿区复合生态系统协调发展的生态管理策略。

3.2 研究框架

全书从分析矿区的形成及生态环境特征出发，对矿区生态恢复和生态管理相关理论和方法进行梳理后，选择云南某矿区作为实证研究对象，从矿区废弃地生态环境特征、先锋植物的恢复效益、区域生态承载力分析、矿区生态系统健康评价及构建有效生态管理体系等方面来验证相关理论方法的可行性。本书研究的具体结构框架如图1-2所示。

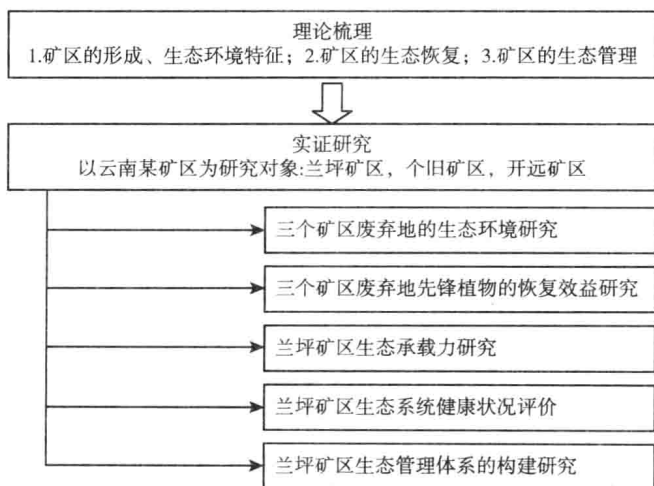


图1-2 研究的总体思路框架

3.3 研究方法

本研究以矿区这一典型的“生态—经济—社会”复合生态系统为对象，以矿区环境、经济、社会可持续发展为目标，采用理论剖析与实地调查相结合，实验室内测试分析与模型方法相结合，定性分析与定量分析相结合，面上分析与点上具体研究相结合的方法对矿区的生态恢复与生态管理进行理论梳理和实证研究。具体来说，采用的研究方法有：

(1) 在矿区的形成及其生态环境特征分析、生态恢复及生态管理的相关理论与研究方法的梳理中，主要采用面上分析、逻辑推理、文献综述及理论剖析的定性分析方法。

(2) 在矿区废弃地生态环境特征研究中，主要采用野外实地调查、实验室内测试分析，并结合统计分析软件 SPSS11 等定量分析方法。

(3) 在先锋植物对矿区废弃地的恢复效益研究中，主要采用野外实地调查、实验室内测试分析，并结合统计分析软件 SPSS11、系统摄动分析法等模型方法来进行定量分析。

(4) 在矿区生态承载力和矿区生态系统健康综合评价的研究中，主要采用文献资料统计分析与模型计算相结合的方法。其中，在矿区生态系统健康评价中，对指标的权重值采用 AHP 法来进行赋值。

(5) 在矿区生态管理模式的构建研究中，主要采用野外现场调研与文献资料分析相结合的定性分析方法。