

国家自然科学基金项目

矿区生态系统 健康评价理论及其 实证研究

Study on Theories and Methods of Ecosystem Health Assessment in Mining Area

◎ 王广成 闫旭骞 著



经济科学出版社
Economic Science Press

■ 国家自然科学基金项目

矿区生态系统 健康评价理论及其实证研究

*Study on Theories and Methods of
Ecosystem Health Assessment in Mining Area*

王广成 闫旭骞 著

经济科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

矿区生态系统健康评价理论及其实证研究/王广成,
闫旭骞著. —北京: 经济科学出版社, 2006. 3

ISBN 7-5058-5407-0

I. 矿... II. ①王... ②闫... III. 矿区-生态
系统-健康-评价-研究 IV. X322

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 003948 号

责任编辑: 张和群 马小芳

责任校对: 徐领弟

版式设计: 代小卫

技术编辑: 董永亭

矿区生态系统健康评价理论及其实证研究

王广成 闫旭骞 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100036

总编室电话: 88191217 发行部电话: 88191540

网址: www.esp.com.cn

电子邮件: esp@esp.com.cn

化学工业出版社印刷厂印刷

德利装订厂装订

880 × 1230 32 开 7.25 印张 200000 字

2006 年 3 月第一版 2006 年 3 月第一次印刷

ISBN 7-5058-5407-0/F·4667 定价: 16.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

(版权所有 翻印必究)

~~~~~

## 内 容 摘 要

~~~~~

生态系统健康是研究人类活动、社会组织、自然系统及人类健康的整合性科学,在生态环境管理方面有着广阔的应用前景。生态系统健康理论与矿区可持续发展研究相结合,有望为矿区可持续发展从理论走向实践提供一条有效的途径。本书以矿区这一典型经济社区为研究对象,以矿区可持续发展为目标,提出了以矿区复合生态系统理论和矿区生态承载力理论为基础,以矿区生态系统健康现状评价、趋势评价、稳定性评价的综合评价方法为依托的矿区生态系统健康评价理论与方法体系。具体研究内容和成果包括:

在对复合生态系统观、矿区内涵及其发展特点分析基础上,界定了矿区复合生态系统的概念。讨论分析了矿区复合生态系统的内涵、结构组成、功能特征、外部胁迫及反馈调节机制,指出人类干预及对矿区生态系统复杂性及运行机理的深刻认识是矿区生态环境问题的有效控制和解决的关键。

矿区生态承载力是矿区生态系统抵御外界胁迫、避免疾病的素质。在对其内涵、影响因素及量化研究的基础上,提出了评价矿区生态承载力的分级综合评价方法。

界定了矿区生态系统健康的内涵及研究内容,并探讨了矿区生态环境可持续性管理与矿区生态系统健康之间的相互关系;建立了矿区生态系统健康评价指标体系框架;根据矿区生态系统健康的特征,从现状评价、趋势评价及稳定性评价三个方面建立了矿区生态系统健康综合评价模型。

鉴于矿区生态系统的复杂性特征,在对矿区生态系统稳定性研究的过程中运用了非线性理论,使研究结果包含了矿区生态系统更多、更全面的信息,增加了研究结果的客观性。

选择了胶东某金矿区作为实证分析实例,根据建立的方法模型对研究矿区的生态承载力和生态系统健康状况进行了评价,使评价理论和方法得到应用性检验。评价结论认为研究矿区生态系统处于亚健康状态,需要对其进行干预和调控,并提出了相应的对策和建议。

根据矿区生态系统复杂性的特点,用灰色系统预测方法对矿区生态系统健康发展趋势进行了预测分析,建立了矿区生态承载力和矿区生态系统健康现状灰色预测模型,并结合矿区实际进行了实证分析。

~~~~~

## Abstract

~~~~~

Ecosystem health is an integrative field exploring the interrelations between human activity, social organization, natural systems, and human health. It will have an abroad application in the aspect of ecological and environmental management. The integrated ecosystem health theory with the study of sustainable development in mining area is hopeful to provide an effective way for mining area sustainable development from theory to practice. Taking typical mining area as study object and sustainable development in mining area as the aim, this paper put forward the theory and method system of mining area ecosystem health assessment. In this system, the theory on the integrated ecosystem of mining area (IEMA) and the ecological carrying capacity of mining area (ECCMA) is the basis, and the comprehensive assessment methods including current situation assessment, tendency assessment and stability assessment are the support. The main conclusions are as follows:

Based on the analysis of the integrated ecosystem theory and the connotation and development characteristics of the mining area, the concept of the IEMA is advanced. The connotation, structure, function and characteristics, exterior stress and feedback mechanism about the IEMA are discussed, and it is pointed out that the human intervention and deeply understand to complexity and function mechanism of the IEMA is the key to effective control and solve the ecological and environmental

problem of mining area.

The ECCMA is the constitution of IEMA to resist exterior stress and avoid illness. Based on the study and analysis of connotation, influence factors and quantification of the ECCMA, a ECCMA assessment method is introduced.

In this book, the connotation and research content of mining area ecosystem health (MAEH) are defined, the relation between sustainable environmental management in mining area and MAEH is discussed, and the index system for MAEH assessment is established. Based on the characteristics of MAEH, a comprehensive assessment methods for MAEH including current situation assessment, tendency assessment and stability assessment are put forward.

Considering the complexity of IEMA, the non-linear theory is applied to the study of the stability assessment of MAEH, and made the results of comprehensive assessment not only including more information of mining area ecosystem but also having more objectivity.

Taking a gold mining area in Jiaodong as a case, based on the theory and method established in this book, the situation of ecological carrying capacity and ecosystem health of the studied mining area are evaluated, it makes the theory and method gain practical test. The assessment results show that the situation of ecosystem health in the studied mining area is sub-healthy, therefore, it is necessary to adjust and control the situation of ecosystem, and the appropriate measures and suggestion are recommended.

Based on the characteristics of the integrated ecosystem in a typical mining area, ecosystem health tendency is forecasted by the grey system methods. The grey system forecast models for the ecological carrying capacity and ecosystem health situation in mining area are given, and tested by real data in Jiaodong.

前 言

矿业作为我国的基础产业，在国民经济与社会发展中具有重要的地位和作用。我国 95% 的能源、80% 以上的工业原料和 70% 的农业生产资料来自矿业。随着我国人口的急剧增加和区域经济的快速发展，对矿产资源的需求量还将继续增大。根据原国家计委 2010 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，必然要求矿业继续并持续保持同步发展。这些矿区是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。然而，矿产资源的开发又对矿区的生态环境产生严重的破坏，生态环境质量的急剧下降制约了区域经济的发展。以矿区生态健康评价作为管理手段，对矿区的生态环境进行监测、评价，并以生态系统健康的标准进行矿山废弃地的生态恢复与重建，实现矿产资源开发与生态环境的协调健康发展，该研究将对我国矿产资源的合理开发利用乃至全国的经济和社会发展都具有重要意义。

矿区由于受到矿业生产特殊规律（生态环境扰动、资源耗竭和效益递减规律等）的影响，其发展既有别于典型的农区、林区和牧区，也不同于现代化的大城市，它在生态环境、经济和社会发展等方面独具特色；目前对矿区的生态系统健康理论及应用问题的研究刚刚起步。因此本项研究具有开创意义。

本书是作者承担的国家自然科学基金项目“矿区生态系统健康评价理论及实证研究”（批准号：70173034）的研究成果。全书系统地研究了矿区复合生态系统基本理论、矿区生态承载力基本理

论及评价方法、矿区生态系统健康评价的基本理论及评价指标体系、矿区生态系统综合评价模型、矿区生态系统健康预测模型,并选择胶东某金矿区作为案例进行了实证研究。

本书的主要创新有:

(1) 把矿区生产的特点与复合生态系统理论相结合,提出了矿区复合生态系统的概念,并对矿区复合生态系统内涵、组成结构、功能特征,矿产资源开发对矿区生态系统的胁迫,矿区人类系统与矿区自然系统的相互作用及矿区生态系统的反馈调节机制进行了分析研究。

(2) 提出了矿区生态承载力的概念,分析了矿区生态承载力各个层次的内涵及其影响因素;用因素分析法对矿区生态系统弹性和矿区生态系统压力进行了量化研究,通过建立指标体系用矢量投影法对矿区资源环境承载力进行了量化研究,并在此基础上提出了矿区生态承载力分级综合评价方法。

(3) 研究了矿区生态系统健康的相关理论,构建了矿区生态系统健康评价指标体系,根据矿区生态系统健康的内涵和特点,运用模糊评价理论对矿区生态系统健康现状,以灰色预测和趋势函数法对矿区生态系统健康的发展趋势,以非线性理论对矿区生态系统的稳定性进行评价,在此基础上提出了矿区生态系统健康的综合评价模型。根据矿区生态系统的复杂性特征,把非线性的分形理论运用于矿区生态系统的稳定性评价研究中,使研究结果包含了矿区生态系统更多、更全面的信息,增强了研究结果的客观性。

本书在注重理论方法体系建立的同时,又研究了模型与方法,具有一定的适用性与可操作性。但是,由于作者水平有限,书中出现的错误与不妥之处,恳请读者批评指正。

在此,衷心感谢北京科技大学袁怀雨教授、陈希廉教授、李祥仪教授、李仲学教授、中国矿业大学(北京校区)陆兆华教授、中国科学院科技政策与管理科学研究所魏一鸣研究员在百忙之中审阅了本书稿并提出了宝贵的修改意见,衷心感谢山东省莱州市副市

长梁艳霞、北京科技大学李克庆博士、山东工商学院张顺堂博士的大力支持和帮助；衷心感谢书中的各位引文作者。

本书得到了国家自然科学基金（项目名称：矿区生态系统健康评价理论及实证研究，批准号：70173034）、山东工商学院管理科学与工程学院专著出版基金的资助，在此，表示感谢！

作者

2006年1月

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 课题研究的目的是意义	1
1.1.1 选题背景	1
1.1.2 课题研究的意义	3
1.1.3 课题研究的总体框架和研究方法	4
1.2 生态系统健康及其相关领域的最新研究进展	7
1.2.1 生态系统研究及进展	7
1.2.2 承载力及其研究现状	12
1.2.3 生态系统健康学的产生及发展	16
1.2.4 生态系统健康评价理论与方法概述	22
1.3 小结	32
第 2 章 矿区复合生态系统基本理论探讨	34
2.1 矿区的内涵及其生产发展特点	34
2.1.1 矿区的内涵	34
2.1.2 矿区生产发展特点	36
2.2 矿区复合生态系统的概念及组成结构	38
2.2.1 矿区生态系统是复合生态系统	38
2.2.2 矿区生态系统的产生和发展	39
2.2.3 矿区生态系统的组成结构	41
2.3 矿区生态系统功能分析	42
2.3.1 矿区生态系统的功能表现	42

2.3.2	矿区生态系统的生态服务功能	43
2.3.3	矿区生态系统的功能机制	44
2.4	矿区生态系统特征分析	45
2.5	矿区生态系统的胁迫分析和调控	48
2.5.1	矿产资源开发对矿区环境生态系统的胁迫分析	48
2.5.2	矿区人类系统和自然系统相互作用分析	51
2.5.3	矿区生态系统的反馈调节机制	53
2.6	小结	55
第3章	矿区生态承载力基本理论及评价方法	57
3.1	矿区生态承载力的特点及内涵分析	58
3.1.1	矿区生态承载力的特点	58
3.1.2	矿区资源承载力	60
3.1.3	矿区环境承载力	61
3.1.4	矿区生态系统弹性力	64
3.2	矿区生态承载力的定量研究	67
3.2.1	矿区生态系统弹性力的量化	67
3.2.2	矿区资源环境承载力量化研究	69
3.2.3	矿区生态系统压力量化研究	74
3.3	矿区生态承载力评价方法	75
3.3.1	评价指导思想与基本程序	75
3.3.2	分级综合评价方法	76
3.3.3	分级综合评价的意义	77
3.4	小结	78
第4章	矿区生态系统健康评价的基本理论及评价 指标体系的构建	80
4.1	矿区生态系统健康评价理论研究	80
4.1.1	矿区生态系统健康的内涵及研究内容	80
4.1.2	矿区生态环境可持续性管理与矿区生态系统	

健康研究	83
4.1.3 矿区生态系统健康评价	85
4.2 矿区生态系统健康评价指标体系的构建	88
4.2.1 评价指标体系设置的依据	89
4.2.2 评价指标体系构建的原则	90
4.2.3 评价指标体系的构建	92
4.3 确定评价指标标准的方法	95
4.3.1 问卷调查法	95
4.3.2 标准法	96
4.3.3 参照系法	96
4.4 评价指标权重的确定	97
4.4.1 层次分析法 (AHP) 赋权	97
4.4.2 熵技术修正权重系数方法	100
4.5 评价指标体系构建中应注意的问题	101
4.5.1 因地、因时地构建评价指标体系	101
4.5.2 评价指标体系中具体度量指标的效用有限性	103
4.5.3 指标间的多重共线性问题	103
4.5.4 定量指标和定性指标	105
4.6 小结	105
第5章 矿区生态系统健康综合评价模型研究	108
5.1 矿区生态系统健康现状模糊综合评价	109
5.1.1 矿区生态系统健康现状模糊评价的依据	109
5.1.2 评价指标隶属度的计算	110
5.1.3 模糊综合评价方法	112
5.2 矿区生态系统健康趋势评价	114
5.3 矿区生态系统的稳定性评价	116
5.3.1 生态系统稳定性的研究方法概述	117
5.3.2 分形理论在矿区生态系统稳定性研究中的应用	120
5.4 矿区生态系统健康综合评价方法	125

5.5 小结	125
--------------	-----

第6章 实证分析——基于生态承载力的某金矿区

生态系统健康综合评价研究

6.1 矿区概况及原始数据指标	129
6.1.1 矿区概况	129
6.1.2 原始指标数据	132
6.2 矿区生态承载力实证研究	135
6.2.1 矿区生态系统弹性力分析	136
6.2.2 矿区资源与环境承载力分析	138
6.2.3 矿区生态系统压力分析	146
6.2.4 矿区生态承载力研究结论	149
6.3 矿区生态系统健康综合评价实证研究	150
6.3.1 评价指标体系的确立与内容	151
6.3.2 评价指标体系权重的确定	155
6.3.3 矿区生态系统健康现状模糊评价	161
6.3.4 矿区生态系统健康发展趋势评价	164
6.3.5 矿区生态系统稳定性评价	167
6.3.6 矿区生态系统健康综合评价	171
6.4 矿区生态系统健康诊断	172
6.5 矿区生态系统健康管理建议与调控措施	174
6.6 小结	179

第7章 矿区生态系统健康预测模型及实证分析

7.1 矿区生态系统健康预测模型	181
7.1.1 GM (1,1) 建模	183
7.1.2 后验差检验与预测	186
7.2 矿区生态系统健康预测实证分析	187
7.2.1 矿区生态承载力灰色预测	187
7.2.2 矿区生态系统健康灰色预测分析	195

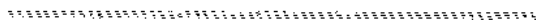
7.3 矿区生态系统健康预测分析结论	199
结论	201
参考文献	204

第 1 章



导 论

1.1 课题研究的的意义



➔ 1.1.1 选题背景

矿业作为我国的基础产业，在国民经济和社会发展中具有重要的地位和作用。我国 95% 的能源、80% 以上的工业原料和 70% 的农业生产资料来自矿业^[1]。随着我国经济的发展和人民生活水平的提高，对矿产资源的需求量还将继续增大。根据 2010 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，必然要求矿业保持同步发展。矿产资源是人类生存、经济建设和社会发展不可或缺的重要物质基础，是矿业赖以生存和发展的根本，也是实现可持续发展的物质基础。中国是世界上人口最多的国家，如果没有充足的矿产资源可持续供给能力，是难以长期持续协调稳定发展的。

我国矿区在其形成和发展过程中，由于受计划经济模式的影响，还存在着大量尖锐复杂的生态环境、经济和社会问题，特别是生态环境问题尤为突出。据统计^[2]，我国历年煤炭开采形成的塌陷土地为 1.5 万 ~ 2 万 hm^2 ，露天煤矿挖损和排土场每年破坏占地

0.8 万 hm^2 , 而冶金矿山每年破坏土地近 1000 hm^2 , 全国每年积存的废石、尾矿累积占地 6.7 万 hm^2 , 这些问题已成为我国乃至世界各国政府和科技界共同关注的热点问题。我国矿区生态环境恢复和重建, 在 20 世纪 50 年代已引起一些矿山企业的重视, 但真正蓬勃开展却是在 80 年代末, 围绕着矿区生态环境破坏规律及其预测、控制技术^[3-4]、矿区土地复垦规划^[5-7], 特别是在矿区土地复垦工程技术方面^[8-11]进行了广泛的研究和实践。这些工作无疑对促进我国矿区生态的恢复与重建工作的开展起到积极的作用, 奠定了坚实的理论基础, 积累了大量的实践经验。但是我国在该领域的发展却很不均衡, 表现在: 矿区资源开发与生态环境恢复重建的严重脱节, 未能从矿区整体上加以系统研究; 矿区生态环境资源配置不尽合理, 难以调动生产者的积极性, 致使开发中重生产、轻保护, 生态环境恢复重建的投入不足; 对现有的实践缺乏系统深入的总结, 尚未形成完整的理论体系, 使实践缺乏必要的理论指导, 实践中带有很大的局限性和盲目性, 在矿区生态环境恢复和重建的过程中甚至会引起新的生态环境问题。

矿区资源开发中如何协调生态环境和经济、社会的关系, 寻求矿区经济社会持续发展, 已经成为当今我国科技界所关注的一个重要课题。以生态学及生态经济学、资源经济学原理为基础, 研究人类活动与自然协调的生态系统健康评价理论及实现途径是 20 世纪 90 年代国际上最新形成的生态系统管理的有效方法和手段^[12-14], 为生态系统的管理提供了一个新的视角, 有望成为保证矿区稳定、协调与可持续发展目标实现的新工具, 为矿区可持续发展从理论走向实践提供一条有效的途径。

生态系统健康是作为生态系统管理的工具而提出的新概念, 而对矿区生态系统健康理论及应用研究则为空白。国内外对生态系统健康问题的研究主要集中在: (1) 生态系统健康的概念、内涵、目标^[15-17]; (2) 生态系统健康评价指标体系、评价参数监测、一般评价方法及实现途径^[18-23]; (3) 生态系统演替趋势的模拟模型