

[山地资源环境与经济发展系列] 

岩溶山地生态系统退化机制及恢复与重建

——以重庆为例

谢德体 丁恩俊 等著
Xie deti Ding enjun



科学出版社

www.sciencep.com

山地资源环境与经济发展系列

岩溶山地生态系统退化机制 及恢复与重建

——以重庆为例

谢德体 丁恩俊 等著

科学出版社
北 京

内 容 简 介

本书比较系统地研究了重庆岩溶山地脆弱生态过程及其恢复重建技术。主要内容有：基于GIS的重庆岩溶山地景观格局分析；重庆岩溶山地气候变化及其对岩溶生境的影响，包括近40年的气候变化、气候变化对植被和人文水资源的影响；重庆典型岩溶山地生境退化机理，包括土壤物理退化及其机理、土壤化学演变及其机理、土壤种子库和土壤质量变化；重庆岩溶地区生态脆弱特性与恢复重建技术研究。

本书可供资源、环境、农业、生态、地理、水土保持等专业领域的高等院校师生、科研院所研究人员、政府部门管理和技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

岩溶山地生态系统退化机制及恢复与重建：以重庆为例/谢德体等著.-北京:科学出版社, 2010.1

(山地资源环境与经济发展系列)

ISBN 978-7-03-026416-9

I. ①岩… II. ①谢… III. ①岩溶-山地-生态系统
-退化-研究 IV. ①S158.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 009072 号

责任编辑：张 珏/特约编辑：陈绍兰

封面设计：陈思思

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 1 月第 一 版

2010 年 1 月第一次印刷

印数：1-800

开本：B5 720×1000

印张：13 (彩色插页:1/2)

字数：260 000

定价：48.00 元

前 言

随着人口的增加和工业化的发展,人类对可再生资源的过度利用,导致大面积植被遭受到不同程度的破坏,许多类型的生态系统出现严重退化,环境污染、森林破坏、水土流失和荒漠化等生态系统结构破坏和功能丧失问题在全球范围内日益严重,并对人类的生存和持续发展构成了严重威胁。因此,人类面临着加强对生态环境的管理、避免滥用自然资源和重新恢复和发展退化生态系统的迫切任务。20世纪60年代以来,减缓和防止自然生态系统的退化萎缩,恢复和重建受损的生态系统,越来越受到国际社会的广泛关注和重视。岩溶山地环境整治是地学研究的前沿课题,脆弱的岩溶山地生态环境问题是当前国际地学研究的热点之一。岩溶生态系统也是因不合理开发利用而普遍出现严重退化的生态系统类型之一。作为世界上生态破坏最严重的国家之一,我国也正面临恢复和重建退化岩溶生态系统这一特别紧迫的任务。岩溶山地是我国分布比较广泛的生境。中国岩溶区面积344.30万 km^2 ,占国土面积的35.93%,以西南地区岩溶面积为最大,其碳酸盐类岩石出露面积达41.05万 km^2 ,是世界上最大的岩溶连续带,且多为山地,占西南地区总面积的30.00%。重庆市面积为8.24万 km^2 ,碳酸盐岩出露面积32038.14 km^2 ,占重庆总面积的38.9%,主要集中于渝东北和渝东南各区县,其中碳酸盐岩面积占土地面积50.0%以上的区县有万盛、南川、武隆、彭水、黔江、酉阳、秀山、巫溪、城口,占30%以上的区县有丰都、奉节、巫山,涪陵和石柱分别为28.1%和28.5%,为类似于地中海型具溶洼—丘峰的侵蚀—溶蚀亚热带裸露岩溶景观。重庆市境内石灰岩山地土地资源以石山坡地为主,土壤侵蚀严重,植被逆向演替,覆盖率低,保水能力差,干旱缺水。在石灰岩区,植被破坏后,土地大量石化、砂化,造成生态环境逆向演替。部分岩溶区县农民人均纯收入仅相当于渝西方山丘陵区农民人均纯收入的一半左右,陷入“人增一耕

进—林退—土地石化”的恶性循环，同时岩溶山区是最贫困、人地矛盾最尖锐的地区。重庆岩溶山地是我国西南岩溶山区大面积集中分布的地区之一，同时也是我国岩溶生态系统严重退化的典型地区之一，进行该区域脆弱生态过程恢复技术研究，对于促进重庆乃至西南岩溶山地脆弱生态治理、摆脱贫困及西部大开发的可持续发展具有重要意义。

西南大学资源环境学院研究团队，近年来在“十一五”国家科技支撑计划重大课题“沿三峡库区坡耕地农业面源污染综合治理技术与示范”（2007BAD87B10）、“重庆地区喀斯特山地退化生态系统恢复与重建技术开发”（2006BAC01A16）、重庆市科委攻关项目“重庆市典型岩溶山地脆弱生态过程及恢复关键技术研究”（6759）和西南大学生态学重点学科“211工程”建设经费的资助下，对重庆岩溶山地脆弱生态过程及其恢复与重建技术进行了系统综合研究，本书即为多年研究成果的结晶。同时，该研究部分成果——“重庆市典型岩溶山地脆弱生态过程及恢复技术研究”获得了重庆市科技进步二等奖。

本书通过运用量化的景观格局评价指标，阐明重庆岩溶区景观格局的基本现状和特征，景观格局变化的主导因素与区域生态的关系；研究重庆岩溶山地气候变化对植被和水文水资源的影响，探讨气候变化对岩溶生态系统的影响机制，为岩溶生态的恢复和重建提供了科学依据；选择北碚观音峡背斜低山、南川金佛山、黔江、巫山4个地区作为重庆岩溶山地的典型代表，探讨其土地利用程度和强度分异、不同土地利用下土壤肥力演变、土壤种子库演变、生物多样性和生物量的变化、定位观测不同治理模式下岩溶受损生态系统的恢复过程，研究不同土地利用导致岩溶脆弱生境退化的关键因子、关键环节和评价指标，提出恢复的标准、原则和关键技术。

本书由谢德体教授主持编著，编写组成员有丁恩俊、魏朝富、倪九派、李阳兵、邵景安、屈双荣、王玲、侯建筠，全书由谢德体、丁恩俊统稿。

本书的编写得到了西南大学资源环境学院的大力支持，科学出版社对本书的出版付出了大量的辛苦劳动，编写组对此表示深深感谢。

本书参考了同行的专著、教材和研究成果，在此表示感谢。由于著者水平有限，难免有疏漏、错误之处，敬请同行和读者批评指正。

谢德体

2009年9月于重庆北碚

目 录

前 言

第 1 章 绪 论	1
1.1 研究综述	1
1.1.1 岩溶区土壤的形成与演化	2
1.1.2 岩溶植被生态特征与演替	3
1.1.3 岩溶生态脆弱性评价	5
1.1.4 岩溶区的生态恢复与重建	7
1.2 研究背景与意义	12
1.3 研究目标	15
1.4 主要研究内容	15
1.4.1 基于 GIS 的重庆岩溶山地的景观格局分析	15
1.4.2 重庆岩溶山地气候变化及其对岩溶生境的影响	15
1.4.3 重庆典型岩溶山地生境退化机理	16
1.4.4 重庆岩溶山地退化生态系统恢复与重建关键技术研究	16
1.5 研究区域和样地选择	16
1.5.1 研究区概况	16
1.5.2 样地选择及其基本状况	18
参考文献	19
第 2 章 重庆岩溶山地生态环境特征分析	22
2.1 重庆岩溶山地碳酸盐地层分布	22
2.1.1 重庆市碳酸盐地层	22
2.1.2 重庆市碳酸盐岩分布状况	24

2.1.3	重庆岩溶山地基本特征	24
2.1.4	重庆岩溶山地分区	25
2.2	重庆岩溶山地地形地貌特征	25
2.3	重庆岩溶山地的气候与水文特征	26
2.3.1	水文及水资源	26
2.3.2	气候	27
2.4	重庆岩溶山地的土壤与植被特征	27
2.4.1	土壤特征	27
2.4.2	植被特征	28
2.5	本章小结	29
	参考文献	29
第3章	重庆岩溶山地景观格局分析	30
3.1	材料与方法	31
3.1.1	景观嵌块体类型划分	31
3.1.2	景观指数选择	31
3.1.3	重庆岩溶山地景观图绘制	31
3.2	结果与分析	32
3.2.1	重庆岩溶山地景观格局总体状况分析	32
3.2.2	重庆岩溶山地土壤景观格局状况分析	35
3.2.3	重庆岩溶分区景观格局特征分析	40
3.3	本章小结	51
	参考文献	51
第4章	近40年重庆岩溶山地气候变化	53
4.1	材料与方法	54
4.1.1	气象资料	54
4.1.2	研究方法	55
4.2	结果与分析	57
4.2.1	气候的空间规律	57
4.2.2	气温的变化	58
4.2.3	降水的变化	60
4.2.4	年平均最低、最高气温的变化	62
4.2.5	气候趋势预测	65

4.3 结论与讨论	67
参考文献	68
第5章 重庆岩溶山地气候变化对植被的影响	69
5.1 研究方法	70
5.1.1 数据来源	70
5.1.2 数据分析	71
5.2 结果与分析	72
5.2.1 植被与气候在多年平均水平上的关系	72
5.2.2 植被和气候年际变化的关系	73
5.2.3 植被指数 <i>NDVI</i> 的动态变化	75
5.3 结论与讨论	77
参考文献	78
第6章 重庆岩溶山地气候变化对水文水资源的影响	80
6.1 研究方法	81
6.1.1 资料收集	81
6.1.2 数据分析	82
6.2 结果与分析	82
6.2.1 降水变化对径流量的影响	82
6.2.2 降水变化对水文极值干旱和洪涝的影响	83
6.2.3 气温变化对蒸发的影响	87
6.2.4 气候变化对水文水资源的影响	89
6.3 本章小结	90
参考文献	91
第7章 重庆市岩溶山地土壤物理退化及其机理	92
7.1 材料与方法	92
7.1.1 野外调查	92
7.1.2 室内分析	92
7.2 结果与分析	93
7.2.1 土壤结构退化	93
7.2.2 土壤水分性能变化	105
7.3 本章小结	110
参考文献	111

第 8 章 重庆岩溶山地土壤化学演变及其机理	113
8.1 材料与方法	113
8.1.1 野外调查	113
8.2.2 室内分析观测	114
8.2 结果与分析	114
8.2.1 重庆岩溶山地土壤肥力变化	114
8.2.2 土壤交换性盐基总量、pH 和 CaCO_3	116
8.2.3 土壤生化活性的变化	117
8.2.4 重庆山地土壤性质的演变关系	120
8.2.5 土地利用及地形因子对土壤容重和土壤养分的影响	121
8.2.6 土壤性状指标的相关性分析	122
8.2.7 土壤性状指标的主因子分析	122
8.2.8 分维值与土壤养分的关系	125
8.3 本章小结	125
参考文献	126
第 9 章 重庆岩溶山地土壤种子库	128
9.1 研究方法	128
9.1.1 取样及处理	128
9.1.2 计算公式	129
9.2 结果与分析	129
9.2.1 重庆岩溶山地土壤种子库	129
9.2.2 重庆山地土壤种子库演替	137
9.3 本章小结	140
参考文献	140
第 10 章 重庆岩溶山地土壤质量变化	142
10.1 土壤退化指数的建立	142
10.2 重庆岩溶山地土壤退化评价	143
10.3 岩溶低山丘陵区生态系统退化程度的定量确定	145
10.4 本章小结	148
参考文献	149
第 11 章 重庆退化岩溶生态系统生态恢复与重建措施	150
11.1 退化岩溶生态系统生态恢复与重建的基本原理	150

11.1.1	退化岩溶生态系统生态恢复与重建的概念	150
11.1.2	退化岩溶生态系统生态恢复与重建的理论基础	151
11.1.3	退化岩溶生态系统生态恢复与重建的原则、方法和目标	152
11.2	岩溶山地生态系统脆弱特性	157
11.2.1	基底性脆弱	157
11.2.2	界面性脆弱	158
11.2.3	波动性脆弱	159
11.2.4	生态退化恢复的关键环节多	160
11.3	岩溶山地生态恢复重建的土地利用模式	161
11.3.1	岩溶山地生态重建理念	161
11.3.2	岩溶山地生态重建思路	163
11.3.3	岩溶山地土地利用空间层次模式	164
11.4	岩溶山地生态恢复重建技术和模式案例分析	166
11.5	本章小结	167
	参考文献	167
第 12 章	结论与展望	170
12.1	主要结论	170
12.1.1	基于 GIS 的重庆岩溶山地景观格局分析	170
12.1.2	重庆岩溶山地近 40 年的气候变化	171
12.1.3	重庆岩溶山地气候变化对生态环境的影响	171
12.1.4	重庆岩溶山地土壤物理退化及其机理	172
12.1.5	重庆岩溶山地土壤化学演变及其机理	174
12.1.6	重庆岩溶山地土壤种子库	175
12.1.7	重庆岩溶山地土壤质量变化	176
12.1.8	重庆岩溶山地土壤生态退化机理与重建	176
12.2	本书的特色	176
12.3	展望	177
彩色图版		

Contents

Preface

Chapter 1 Exordium	1
1.1 Literature review	1
1.1.1 Formation and evolution of soil in the karst area	2
1.1.2 Ecological characteristics and succession of vegetations in the karst area	3
1.1.3 Eco-environment vulnerability assessment in the karst area	5
1.1.4 Ecological restoration and reconstruction in the karst area	7
1.2 Research background and significance	12
1.3 Research objectives	15
1.4 Main research contents	15
1.4.1 The characteristics of landscape patterns in karst area of Chongqing based on GIS	15
1.4.2 The climate changes and its impacts on karst ecosystem in karst area of Chongqing	15
1.4.3 Ecological degradation mechanism of karst area in Chongqing	16
1.4.4 Key technology for ecological restoration and reconstruction degraded ecosystem of representative karst mountains in Chongqing	16
1.5 Research area and sample plots selection	16
1.5.1 General situation of the research area	16

1. 5. 2	Selection of sample plots and its basic situation	18
References		19
Chapter 2	The characteristics of ecological environment in karst mountains area of Chongqing	22
2. 1	The distribution of carbonate terrane in karst mountains area of Chongqing	22
2. 1. 1	Carbonate terrane in the Chongqing	22
2. 1. 2	The distribution of carbonate terrane in Chongqing	24
2. 1. 3	The basic features in karst area of Chongqing	24
2. 1. 4	Zoning in karst area of Chongqing	25
2. 2	The topography and geomorphology features in karst area of Chongqing	25
2. 3	The climatic and hydrological features in karst area of Chongqing	26
2. 3. 1	Hydrologic and water resources	26
2. 3. 2	Climate	27
2. 4	The soil and vegetation features in karst area of Chongqing	27
2. 4. 1	Soil characteristics	27
2. 4. 2	Vegetation characteristics	28
2. 5	Summary	29
References		29
Chapter 3	Landscape patterns analysis in karst area of Chongqing	30
3. 1	Materials and methods	31
3. 1. 1	Landscape mosaics type classification	31
3. 1. 2	Landscape indices selection	31
3. 1. 3	Landscape map drawing in karst area of Chongqing	31
3. 2	Results and analysis	32
3. 2. 1	General condition of landscape pattern in karst area of Chongqing	32
3. 2. 2	Soil landscape pattern in karst area of Chongqing	35
3. 2. 3	Landscape pattern characteristics of landscape subarea in karst area of Chongqing	40

3.3 Summary	51
References	51
Chapter 4 Climate change characteristics in karst area of Chongqing during last 40 years	53
4.1 Materials and methods	54
4.1.1 Meteorological data	54
4.1.2 Research methods	55
4.2 Results and analysis	57
4.2.1 Spatial characteristics of climate change	57
4.2.2 Temperature change	58
4.2.3 Precipitation change	60
4.2.4 Annual average minimum and maximum air temperature change	62
4.2.5 Climate change trend prediction	65
4.3 Summary	67
References	68
Chapter 5 Impacts of climate change on vegetation in karst area of Chongqing	69
5.1 Research methods	70
5.1.1 Data sources	70
5.1.2 Data analysis	71
5.2 Results and analysis	72
5.2.1 Correlation between vegetation and temperature in multi-year average	72
5.2.2 Correlation between vegetation and temperature in multi-year season average	73
5.2.3 The dynamic change of normalized difference vegetation index	75
5.3 Summary	77
References	78
Chapter 6 Influence of climate changes on hydrologic regimes and water resources in karst area of Chongqing	80

6.1	Research methods	81
6.1.1	Data collection	81
6.1.2	Data analysis	82
6.2	Results and analysis	82
6.2.1	Influence of precipitation change on runoff	82
6.2.2	Influence of precipitation change on hydrological extreme draught and flood	83
6.2.3	Influence of air temperature change on evaporation	87
6.2.4	Influence of air temperature change on hydrologic regimes and water resources	89
6.3	Summary	90
	References	91
Chapter 7 Soil physical properties degradation and its mechanism in karst mountains area of Chongqing		
		92
7.1	Materials and methods	92
7.1.1	Field investigation	92
7.1.2	Laboratory analysis	92
7.2	Results and analysis	93
7.2.1	Soil structure change	93
7.2.2	Soil water properties change	105
7.3	Summary	110
	References	111
Chapter 8 Soil chemical properties evolution and its mechanism in karst mountains area of Chongqing		
		113
8.1	Materials and methods	113
8.1.1	Field investigation	113
8.1.2	Laboratory analysis	114
8.2	Results and analysis	114
8.2.1	Soil fertility change in karst area of Chongqing	114
8.2.2	Exchangeable base, pH and CaCO_3	116
8.2.3	Soil bio-chemical activeness change	117

8.2.4	Co-variation of soil properties in karst area of Chongqing	120
8.2.5	Effect of land use and terrain factors on soil bulk density and nutrients	121
8.2.6	The relevant analysis of soil properties indexes	122
8.2.7	Principal factor analysis of soil properties indexes	122
8.2.8	Correlation between fractal dimension value and soil fertility	125
8.3	Summary	125
	References	126
Chapter 9	Soil seed bank research in karst mountains area of Chongqing	128
9.1	The research methods	128
9.1.1	Sampling and treatment	128
9.1.2	Formulas	129
9.2	Results and analysis	129
9.2.1	Basic situation of soil seed bank research in karst area of Chongqing	129
9.2.2	Succession of soil seed bank research in karst area of Chongqing	137
9.3	Summary	140
	References	140
Chapter 10	Changes of soil quality in karst mountains area of Chongqing	142
10.1	Soil degradation index established	142
10.2	Evaluation on soil degradation in karst area of Chongqing	143
10.3	Quantitative determine the ecosystem degradation degree in low mountains and hills of karst mountain area	145
10.4	Summary	148
	References	149
Chapter 11	Measures for ecological restoration and reconstruction of degraded ecosystem in karst mountains area of Chongqing	150
11.1	The basic principle of ecological restoration and reconstruction of degraded ecosystem in karst mountains area	150

11.1.1	The concept of ecological restoration and reconstruction of degraded ecosystem in karst mountains area	150
11.1.2	The theoretical basis of ecological restoration and reconstruction of degraded ecosystem in karst mountains area	151
11.1.3	The principle, methods and objective of ecological restoration and reconstruction of degraded ecosystem in karst mountains area	152
11.2	The fragility of eco-environment in karst mountains area	157
11.2.1	Matrix fragility	157
11.2.2	Interface fragility	158
11.2.3	Fluctuation fragility	159
11.2.4	Ecological degradation and restoration has much more key aspects	160
11.3	Land use pattern of ecological restoration and reconstruction of degraded ecosystem in karst mountains area of Chongqing	161
11.3.1	Idea of ecological restoration and reconstruction in karst mountains area	161
11.3.2	Thought for ecological restoration and reconstruction in karst mountains area	163
11.3.3	Land use pattern under different spatial scale in karst mountains area	164
11.4	Case analysis of technologies and models of ecological restoration and reconstruction in karst mountains area	166
11.5	Summary	167
	References	167
Chapter 12	Conclusion and prospect	170
12.1	The main conclusions	170
12.1.1	GIS-based analysis on the landscape patterns in karst area of Chongqing	170
12.1.2	Climate change characteristics in karst area of Chongqing during last 40 years	171

12. 1. 3	Impacts of climate change on ecological environment in karst area of Chongqing	171
12. 1. 4	Soil physical properties degradation and its mechanism in karst area of Chongqing	172
12. 1. 5	Soil chemical properties evolution and its mechanism in karst area of Chongqing	174
12. 1. 6	Soil seed bank research in karst area of Chongqing	175
12. 1. 7	Changes of soil quality in karst area of Chongqing	176
12. 1. 8	Ecological degradation and reconstruction of soil in karst area of Chongqing	176
12. 2	Research characteristics	176
12. 3	Prospects	177

Colour Plates