

灾后复合生态系统 低碳自创生恢复研究

何源 著



四川大学出版社



责任编辑:许 奕
责任校对:蒋 筠
封面设计:墨创文化
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

灾后复合生态系统低碳自创生恢复研究 / 何源著.
—成都:四川大学出版社, 2016. 10
ISBN 978-7-5614-9955-9

I. ①灾… II. ①何… III. ①地震灾害—灾区—生态环境—环境破坏—研究②地震灾害—灾区—生态恢复—研究 IV. ①X171.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 235896 号

书名 灾后复合生态系统低碳自创生恢复研究

著 者	何 源
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5614-9955-9
印 刷	四川胜翔数码印务设计有限公司
成品尺寸	148 mm×210 mm
印 张	8.375
字 数	225 千字
版 次	2016 年 11 月第 1 版
印 次	2016 年 11 月第 1 次印刷
定 价	22.00 元



版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。
电话:(028)85408408/(028)85401670/
(028)85408023 邮政编码:610065
◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。
◆网址:<http://www.scupress.net>

前 言

地震对生态环境的破坏是巨大的，加之人类对自然生态资源的长期透支利用，使得震后生态变得更加脆弱。地震发生后，人类的重建行为主要是集中在经济和社会重建，缺乏从生态视角长远考虑重建工作。生态系统是人类可持续发展的基础。重建必须尊重自然生态规律，注重长远发展，注重人与自然生态的和谐相处，这样才会减少自然灾害的发生频率。针对震后生态系统低碳重建的问题，本书在对国内外相关研究进行综述的基础上，结合生态自创生原理，对受灾生态进行系统描述，剖析了系统重建结构，阐述了系统演化路径，提出了低碳发展模式，构建了生态重建系统框架，集成了相关思想、理论基础和模型技术作为生态重建支持体系，并分别对震后生态农业、生态工业、生态服务业三次产业展开实证研究，提出灾后产业发展框架，进行系统仿真，为震后生态重建提供借鉴，具有重要的理论价值和现实意义。

一、构建生态重建系统框架

笔者运用自创生理论对生态系统自循环、自认知、自适应、自组织等特性进行分析，作为系统重建工作的生态学理基础。在对震后生态系统受损情况进行系统描述的基础上，对生态重建系统框架下的系统特征进行了分析，解构了生态系统碳循环的一般规律和系统演化路径，构建了生态系统低碳发展的综合集成模式。从生态环境、自然生态和人工生态三个方面刻画震损系统，

在构建生态系统碳均衡的基础上，对生态重建结构的系统构成、框架结构、系统特征、整体特性、时空结构进行了分析，在此基础上从生态均衡系统的演化特征、发展规律和时空结构三个层面演绎了生态系统重建路径。生态重建是实现震区“社会—经济—生态”低碳和谐发展的重要方式，在对生态系统的系统特性、碳循环规律、均衡结构和时空演化进行分析的基础上提出了生态重建低碳发展模式，并分析了低碳化发展对生态系统重建的重要意义。

二、建立生态重建支持体系

笔者在生态系统框架结构内对实现生态重建所需要的支持体系问题进行了研究。用生态系统发展所需的集成思想进行分析，系统地阐述了人类在认识世界过程中所形成的生态论理思想、系统控制思想和科学发展思想，以及这些思想对指导生态重建工作的作用。在集成思想的基础上，对资源经济学理论、环境经济学理论、生态经济学理论和可持续发展理论进行综合集成，作为生态重建的理论基础。从建模方法、模型体系和模型算法三个方面构建支撑生态重建的模型技术框架。

三、生态农业系统重建

从地震给农业生态系统造成的破坏和人类自身落后的生产方式给农业带来的潜在威胁两个角度展开研究，结合生态农业的自创生性，笔者认为，人作为农业自创生系统中最活跃的因素，在农业自恢复过程中，应当遵循生态发展原则，坚持生态生产方针，积极开展震后实践，推动生成新的农业生产模式，实现震后农业自恢复生产。最后在对汶川地震重灾区江油市的农业进行生态足迹评价的基础上，对其震后油菜产业链进行系统仿真。

四、生态工业系统重建

从地震给工业系统造成的破坏和人类自身粗放型资源生产方式给工业可持续发展带来的潜在威胁两个角度展开研究，结合生态工业的自创生性，笔者认为，人作为工业自创生系统中最活跃的因素，在工业生产重建过程中，应当遵循低碳发展原则，积极进行产业升级，探索重建生产实践的路径，对震后产业进行合理空间布局，实现震后工业自恢复生产。最后在对汶川地震重灾区德阳市的工业产业效率进行评价的基础上，以德阳市 A 集团产业链震后恢复生产为例，进行系统仿真。

五、生态服务业系统重建

从地震给服务业生态系统造成的破坏和人类自身落后的服务生产行为给服务业带来的潜在威胁两个角度展开研究，结合生态服务业的自创生性，笔者认为，人作为服务业自创生系统中最活跃的因素，在服务业自恢复过程中，应当遵循生态服务标准，坚持生态发展目标，通过生态服务实践，创新生态服务低碳模式，实现震后生态服务业自组织生产。最后在对汶川地震重灾区小金县进行产业结构偏差分析的基础上，对小金县生态旅游服务产业链进行系统仿真。

本书通过对生态自创生性的研究，探索了生态系统碳循环规律和系统演化机制，构建了生态系统低碳发展的自创生模式，集成了震后生态重建支持体系，分别对农业、工业、服务业生态低碳重建进行实践研究，对不同产业提出了发展框架。本书的研究工作对震后生态系统低碳自创生重建的相关理论和应用研究起到了积极的推动作用。

目 录

第 1 章	引言	(1)
1.1	研究背景	(1)
1.2	研究现状	(7)
1.3	研究框架	(19)
第 2 章	生态重建系统框架	(25)
2.1	生态自创生性	(26)
2.2	受灾系统描述	(32)
2.3	重建系统结构	(41)
2.4	系统演化路径	(49)
2.5	低碳发展模式	(57)
2.6	本章小结	(64)
第 3 章	生态重建支撑体系	(65)
3.1	集成思想	(65)
3.2	相关理论	(73)
3.3	模型技术	(80)
3.4	本章小结	(94)
第 4 章	生态农业系统重建	(95)
4.1	震区农业生态概述	(96)
4.2	生态农业自恢复发展	(103)
4.3	生态农业自恢复案例	(118)
4.4	本章小结	(131)

第 5 章 生态工业系统重建	(132)
5.1 震区工业生态概述	(133)
5.2 生态工业发展框架	(149)
5.3 生态工业自生产案例	(170)
5.4 本章小结	(184)
第 6 章 生态服务业系统重建	(185)
6.1 震区服务业生态概述	(185)
6.2 生态服务业系统框架	(202)
6.3 生态服务业自组织案例	(216)
6.4 本章小结	(225)
第 7 章 结语	(226)
7.1 主要工作	(226)
7.2 研究创新	(229)
7.3 研究展望	(230)
参考文献	(232)

第1章 引言

随着人类社会的进步和经济的快速发展，地球生态圈的污染与破坏日趋严重，突发环境污染与生态灾难事件已经成为现代人类社会不可忽视的重大问题。地震灾害是造成危害最大的突发性自然灾害之一，它不仅能造成各种直接破坏，还能够形成灾害链，诱发各种次生灾害。地震的破坏力极强，会在瞬间释放出山崩地裂的能量，对生态环境造成极大的直接破坏。地震会给灾区造成次生灾害，比如，生物栖息地的丧失和退化，生物多样性的丧失和野生物种的迁移，突发性洪灾、持续性滑坡及土壤侵蚀，自然资源减少，森林被毁，河流易道，地表或地下水水体污染，废弃物和生物腐烂造成健康危害，以及社会生态心理风险等。毫无疑问，生态环境为人类提供了生存和发展的基础，是人类经济和社会发展的大环境。地震对生态环境的破坏必然严重影响人类经济社会的可持续发展。因此，灾区重建应该以加强生态修复和环境治理为基础，做好震后生态环境重建工作，促进灾区人口、资源、环境协调发展，转变灾区经济发展模式，提升灾区生态资源和环境承载力，改善灾区生态环境。

1.1 研究背景

生态环境是自然界生物周围存在的影响人类与生物生存和发展的一切外界条件的总和。地震事件对生态环境的影响是多方面

的：对地质、水环境、生物链造成严重破坏；导致大面积地表破坏、海啸、大气污染（有毒气体溢出等），往往会造成山体滑坡、泥石流等次生地质环境灾害；造成大量粉尘，释放有害、有毒物质，大量死亡的人畜尸体、废水、废渣、垃圾等使空气、水源、食物遭到污染破坏，防疫过程中使用大量消毒剂等对环境造成二次污染，灾区生态环境恶化，生态系统平衡遭到破坏，生态功能下降。

总的来说，地震造成了土壤和地下水污染隐患，生态环境资源承载力降低，威胁到人类长期的正常生活。

1.1.1 问题来源

地壳运动造成板块间形成压力或张力，从而在地质较薄弱区形成断裂带。龙门山断裂带是四川强烈地震带之一。自 1169 年以来，共发生破坏性地震 25 次。从 1657 年到 2013 年，356 年内发生 6 级以上地震 18 次，平均每 20 年发生 1 次 6 级以上地震。18 次地震的具体情况见表 1.1。龙门山断裂自东北向西南沿着四川盆地的边缘分布，沿断裂带青藏高原推覆在四川盆地之上，绵延长约 500 公里，宽达 70 公里，规模巨大，沿着四川盆地西北缘底部切过，位置十分特殊。地壳厚度在此陡然变化，在其以西为 60~70 公里，以东则在 50 公里以下。

表 1.1 1657 年至 2013 年龙门山断裂带发生 6 级以上地震

序号	时间	地点	震级
1	1657 年 4 月 21 日	汶川	6.50
2	1713 年 9 月 4 日	叠溪	7.00
3	1748 年 5 月 2 日	松潘漳腊	6.50
4	1879 年 7 月 1 日	松潘南坪	8.00
5	1933 年 3 月 14 日	松潘南坪	6.00

续表 1.1

序号	时间	地点	震级
6	1933 年 8 月 25 日	叠溪	7.50
7	1941 年 6 月 12 日	宝兴与康定间	6.00
8	1941 年 10 月 8 日	南坪维古	6.00
9	1958 年 2 月 8 日	北川	6.20
10	1960 年 11 月 9 日	松潘漳腊	6.75
11	1970 年 2 月 24 日	大邑	6.25
12	1973 年 8 月 11 日	松潘黄龙	6.50
13	1976 年 8 月 16 日	松潘平武	7.20
14	1976 年 8 月 22 日	松潘平武	6.70
15	1976 年 8 月 23 日	松潘平武	7.20
16	2001 年 11 月 14 日	雅江	6.00
17	2008 年 5 月 12 日	汶川映秀	8.00
18	2013 年 4 月 20 日	雅安芦山	7.00

龙门山断裂带影响区域处于我国生态环境非常敏感的地区，是长江、黄河等河流发源地，也是重要的生态保护区，生态环境脆弱，极易遭到地震破坏。地震造成水土流失，增加了二次灾害对地表生态的侵蚀度。2008 年的汶川地震发生在龙门山断裂带中北段，是我国地质灾害多发区域和生态保护区。该区域分布有卧龙、九寨沟、小金四姑娘山、唐家河等国家级自然保护区，是大熊猫、羚牛、金丝猴等珍稀动物的繁衍栖息地，是银杉、铁杉、桫欏等珍贵植物的生长区，是重要的水源涵养保护区。此次大地震造成 139 个区（县）受灾，水土流失面积达 149160 平方公里，占灾区（县）辖区面积的 50.77%，较地震前新增水土流失面积 14812 平方公里，增加 11.03%。其中，轻度流失面积减少 3029 平方公里；中度流失面积增加 5158 平方公里，占新增流

失总面积的 34.82%；强度水土流失面积增加 4660 平方公里，占新增流失总面积的 31.46%；极强度水土流失面积增加 3520 平方公里，占新增流失总面积的 23.77%；剧烈侵蚀面积增加 4503 平方公里，占新增流失总面积的 30.40%。生态的重建有利于形成环境友好型经济增长，对灾区可持续发展有积极的促进作用。

地震具有突发性，它直接造成房屋倒塌、桥梁断落、水坝开裂、铁轨变形等建筑物与构筑物的破坏，地面裂缝、塌陷，导致山崩、滑坡等，还引起火灾、水灾、毒气泄漏、瘟疫等次生灾害，破坏社会秩序，给公众心理造成阴影。强烈地震破坏生态环境和生态平衡，使环境因素发生改变，环境质量恶化，生物种类发生改变，影响动植物在自然界的生长和生存，使生态平衡失调，破坏生物信息系统，威胁人类的生产和生活。

生态环境的修复对灾区重建和可持续发展有着重要的支撑作用。生态友好是各种力量互相制约的结果，也是各种力量协调共生的结果。只有实现人与生态环境系统的和谐发展，才能协调社会中各种要素的共同发展。社会生态与自然生态形成的复合生态系统互相影响、互相制约、互为因果。灾区“经济—社会—生态”系统的统筹重建必须尊重自然规律，保障生态环境的修复和社会经济的重建均衡进行。

1.1.2 研究目的

生态环境保护和可持续发展是灾区重建的前提条件，但是在地震灾区生态环境建设中必须从灾区实际出发，研究灾区生态环境重建的模式，并拟达到以下研究目的。

第一，探索灾区经济与生态环境之间和谐发展的模式，促进灾区“经济—社会—生态”复合系统和谐发展。

改革开放以来，我国的经济发展取得了举世瞩目的成就，人

民生活水平和国家实力得到大幅提高,但经济高速发展对自然资源和生态环境的破坏日益显现。由于长期以来掠夺式的开发和不合理的经营管理,导致自然资源枯竭、环境退化和生物多样性丧失等一系列问题,生态环境状况不断恶化,成为制约社会经济可持续发展的重要障碍。地震对脆弱的生态环境造成二次伤害。在震区全面恢复和建设小康社会的过程中,加强环境保护,提高资源利用,正确处理经济发展与环境保护之间的关系,是灾后重建研究的重要课题。因此,本书的研究目的之一是探索地震灾区经济与生态环境之间和谐发展的模式,追求灾区生态系统的可持续发展。

第二,为灾区的经济发展建立良好的生态环境基础。社会经济发展与生态环境之间存在互动的关系。

一方面,良好的生态环境是灾区经济发展的基础,通过对生态资源的开采和利用,满足生产和消费过程中对生产资料和生活资料的需求,经济活动要从环境中获取资源。另一方面,在现有技术条件下,资源利用是不充分的,导致废弃物的产生和排放,污染环境,制约社会经济发展。地震后灾区生态环境整体呈不断恶化趋势。地震造成大量森林、农田和植被被毁坏,震后人类的过度生产自救行为对生态环境造成二次伤害。因此,本书的研究目的之二在于促进经济和环境协调发展,实现生态系统良性循环,为经济发展提供良好的生态环境基础。

第三,为全国生态环境建设提供思路和借鉴。

地震灾区水土流失严重、生态环境脆弱,制约了该区域社会经济的健康发展。建设生态环境,加快西部开发,是我国当前及将来发展的头等大事。因此,研究汶川地震灾区生态环境重建的模式,在总结区域治理工作经验的基础上,结合前人成果和灾区的实际情况,提出了灾区生态环境建设的指导思想、原则以及指标,并提出了相应的治理项目和实现对策。这不仅对灾区生态环

境重建具有重要意义，而且可以为全国生态环境建设提供思路和借鉴。

1.1.3 研究意义

将生态环境重建作为灾区恢复的重要内容之一，不仅突出了生态环境重建的战略地位，而且突出了“经济—社会—生态”重建的不可分割性和整体性，从系统角度体现了灾后重建工作的可持续性和战略思维的多维性。地震灾区生态环境灾后重建应确保地震灾区可持续发展，有利于震后生态安全和生态恢复，有利于实现地震灾区社会、经济、生态间的良性循环。因此，灾区生态环境重建模式的研究具有重要的意义。

第一，灾后生态环境重建对地震灾区整体可持续发展具有重要意义。

将生态环境建设纳入可持续发展的总体战略，统一规划、统一实施。站在生态角度考虑社会经济发展，协调生态环境与经济发展，避免高污染、高能耗项目的开发建设，选择生态效益高、生态利用大的可持续发展项目，对灾区整体可持续发展具有重要意义。

第二，灾后生态环境重建对推动社会经济发展具有重要意义。

在地震灾区加大生态能源开发和生物资源开发，推广生态农业技术，开发生态农业产品，建设生态工业园区，积聚生态工业产业，打造绿色服务产业，推行生态旅游、绿色物流、生态餐饮，逐步在三次产业中形成以生态效益优先的新的经济增长点。坚持林木恢复工程，建立碳汇机制，将生态环境重建作为一项综合的新兴产业、创汇产业、财政产业，落实生态经济效益，发挥生态重建带动社会经济发展的作用，挖掘生态经济潜力，推动灾区经济发展。

第三,灾后生态环境重建有利于探索地震灾区生态环境效益与经济效益相结合的重建模式。

目前在地震灾区经济发展中,过分强调经济效益,而且通过单一的资源开发来实现经济效益,造成了严重的环境问题。本研究有利于探索地震灾区生态经济均衡模式,厘清经济与生态重建的动态演化关系,探讨生态系统自创生重建理论,构建灾后重建低碳自创生模式,能够把地震灾区的经济效益、生态效益和社会效益相结合,实现地震灾区经济发展中生态效益与经济效益的结合。

1.2 研究现状

为明确相关研究现状,在此采用系统化文献研究方法(SRM),采用工具 NoteExpress2 对国内外关于灾后生态重建模式的相关研究进行梳理。系统化文献研究方法主要有以下几个步骤:定义相关领域、选择基础研究、研究现状评述、文献研究结论。根据上述研究目的,主要从背景——地震灾害、理论——生态经济、方法——多目标规划和系统动力三个方面进行文献综述。

1.2.1 理论研究

1.2.1.1 生态经济内涵研究

生态经济作为一门独立的学科,是 20 世纪 60 年代后期正式创建的。美国海洋学家 Rachel Carlsen 在 1962 年出版的 *Silent Spring* 一书中,对美国由于滥用杀虫剂所造成的环境危害进行了生动的描述,提出了近代工业对自然生态的影响^[142]。此后,一大批论述生态经济的著作问世。通过与社会问题的密切结合和交叉发展,产生了公害经济学、污染经济学、环境经济学、资源经

济学，最终出现了一门新的边缘学科——生态经济学。生态经济学的概念是美国经济学家 Boulding 在 *The economics of the coming spaceship earth* 一文中正式提出的^[137]。美国另一位经济学家 Leontief 则第一个对环境保护与经济发展的关系进行定量分析研究。1980 年，联合国环境规划署召开了以“人口、资源、环境和发展”为主题的会议，并确定将“环境经济”（即生态经济）作为 1981 年《环境状况报告》的第一项主题^[213]。由此，生态经济学作为一门既有理论性又有应用性的新兴科学，开始为世人所瞩目，并围绕着人类经济活动与自然生态之间相互作用的关系，研究生态经济结构、功能、规律、平衡、生产力及生态经济效益。

生态经济学是一门从最广泛的领域阐述经济系统和生态系统之间关系的学科^[148]，围绕着人类经济活动与自然生态之间相互作用的关系，研究生态经济结构、功能、规律、平衡、生产力及生态经济效益。研究内容包括社会经济发展同自然资源和生态环境的关系，人类的生存、发展条件与生态需求，生态价值理论，生态经济效益，生态经济可持续性，酸雨，全球变暖等一系列当今最紧迫的问题^[220]。Stephen 认为生态经济学研究人类文明进程中经济发展对环境的影响，探索造成环境问题的经济学根源，并寻求解决问题的经济学对策^[284]；另一些学者认为生态经济从经济学角度探讨自然资源开发利用与保护问题^[47, 213, 284, 286]；还有一些学者认为生态经济研究生态经济系统发展演替的规律与生态经济系统可持续发展的理论、模式与途径^[62, 93, 101, 123, 227]。可以说，广义的生态经济不仅包括生态与经济的关系，还包括环境与经济、自然资源与经济的关系。厘清生态经济的内部关系，确定其学科内涵，有利于生态环境建设，有利于社会经济的可持续发展^[207]。

1.2.1.2 生态经济模型方法研究

社会经济系统是整个生态系统的一个子系统，社会经济子系统的发展程度由生态系统决定。人类需要一种将“社会—经济—生态”复杂系统的各种结构和功能紧密结合的综合集成发展模式^[11]，发挥社会经济子系统的最大功能。自然生态子系统为社会经济子系统提供生态服务，这种服务是社会经济子系统生产所需的要素，是一种有限的生产资源，需要社会经济子系统珍惜，有效管理。

生态经济学的研究内容除了经济发展与环境保护之间的关系外，还有环境污染、生态退化、资源浪费的产生原因和控制方法，环境治理的经济评价，经济活动的环境效应等。生态经济研究的主要目的是处理自然社会经济系统的可持续发展问题，因此其研究方法主要建立在生态经济系统理论之上，主要有可持续发展的定量衡量和生态经济的整合模型两种方法。可持续发展的定量衡量是构建可持续发展的评估指标体系，可以大致划分为三种类型：基于系统理论的可持续发展衡量指标体系、基于货币估值理论的评价指标和具体的生物物理衡量指标。可持续发展衡量指标体系有联合国建立的“驱动力—状态—响应”(DSR)可持续发展指标体系^[82]和中国科学院用系统理论和方法构建的中国可持续发展指标体系^[85, 94]。一些学者基于货币估值理论对国内产品和财富进行绿色衡量，提出应该对原有国民经济账户进行调整和汇总，建立环境国民经济账户，对国内生产总值进行绿色核算^[80, 83]。自1996年Wackernagel首次提出“生态足迹”概念和生物物理计算模型^[264]，大量文献应用该方法测量地球生态系统承载力，研究范围涵盖一个国家的生态发展^[135, 189, 202]、地区社会—经济—人口资源发展^[51, 203]、河流水资源评估^[177]、土地资源测量^[181]等。由于生态系统时空跨度大、结构复杂，目前建立完整的生态经济系统模型难度非常大^[11]。研究结果表明，建

立整合生态经济模型在技术上有难度，但人们的研究热情很高^[138]。一些学者对马里兰帕特克胜特流域建立景观模型，对流域周围土地的利用情况建立系统动力学仿真模型^[149, 276]。中国学者以地方省市区域为实例，建立了区域生态经济发展生态模型^[51]。也有学者对湿地展开研究，通过对生态环境指标与社会经济指标两方面的分析，建立湿地生态经济的综合评价模型^[6]。

1.2.1.3 生态经济实践途径研究

基于生态环境与资源系统是经济发展和人类生存的支持系统的认识，生态建设受到越来越多的关注。中国政府明确提出生态文明建设，并把“美丽中国”作为未来生态文明建设的宏伟目标。党的十八大报告向全国发出了“珍爱自然”“保护生态”“努力走向社会主义生态文明新时代”的号召。生态经济建设系统复杂，涉及非常多的子系统，只能通过综合集成方法对整个系统进行研究。一些学者以汶川地震后生态经济重建为考察对象，对生态经济恢复重建综合集成后探讨了生态系统实践途径^[63]。生态城市和生态产业是目前生态经济实践途径的两个主要研究领域。

(1) 生态城市。

19 世纪末，英国城市规划师霍华德（E. Howard）针对工业革命后，西方城市出现的拥挤、污染、疫病流行等问题，提出“田园城市”的设想，目的是建设一个兼具城市和乡村优点的理想城市。21 世纪初，成都提出建设“世界现代田园城市”，实现人与自然和谐相融。除了城市建设者的生态实践外，大量学者从学理角度提出了生态建设可能的实践途径。一些学者通过对国外影响较大的生态城市建设成功案例的深入分析和总结，指出生态城市建设主要在于有明确而具体现实的目标体系、具体的项目、详细的分工实施体系和突出的重点领域，有广泛的公众参与，以及一体化推进生态建设与城市建设的法律条例、市场化的管理体制