

退化山地生态系统恢复和重建问题的探讨^{*}

包维楷 陈庆恒

(中国科学院成都生物研究所 成都 610041)

提 要 结合近 15 年来在岷江上游退化山地系统开展恢复与重建研究的理论和实践, 讨论和提出了退化山地生态系统恢复和重建的恰当空间尺度、合理目标、恢复和重建的策略、途径及应采取的措施。
关键词 退化山地系统 恢复和重建 小流域系统
分类号 《中图法》 Q147

近几十年来, 随着人口急剧增长、需求倍增、经济迅速发展、自然资源的强度开发, 生态系统已发生了大规模的区域性、乃至全球性变化^[1]。人类活动已经干扰了地球上大部份地方的自然生态, 我国亚热带森林区均受到不同程度的干扰, 其中严重被干扰的生态系统占 73.7%^[2]。由于森林大规模采伐和破坏, 荒地等非耕地向耕地转变, 草场过度载牧和开垦, 大量开采矿物, 环境污染等干扰, 已导致了一些生态系统的退化, 甚至彻底崩溃。但要确切描述我国生态系统的退化速度十分困难, 各地区退化差异较大, 退化程度不一, 也没有全国性的退化调查。据保守的估计, 我国退化面积达 45% 以上, 退化趋势仍在继续发展^[3]。目前对退化生态系统的研究较少, 已有的研究大多数集中于对退化系统的调查分类和退化现象的揭示^[4~9], 缺乏对生态系统退化过程、特点、退化机制等的研究。相对而言, 退化生态系统的恢复和重建的实践开展得较早, 举世瞩目的中国十大防护林工程早在 70 年代就开始了, 如今仍在继续进行, 国家自然科学基金也在 90 年代开始资助有关恢复与重建的基础研究。已经大面积恢复重建了人工林如杨树林、杉木林、松林、柏木林、落叶松林、桉树林等, 这些人工林在前期较好, 后期多已表现出诸多方面的新的退化问题^[10], 同时, 许多造林不见林, 或形成大面积的低效劣质林, 大面积恢复重建不能令人满意。因此, 有必要重新审视过去有关退化生态系统恢复与重建的理论和实践, 有必要对恢复与重建的有关问题进行深入的探讨。

1 关于山地退化生态系统恢复与重建的空间尺度

生态系统的发展在时间尺度方面有自己的动态特征。它们可以在几个数量级范围内变化, 其组分具有自己特殊的生态空间尺度, 其规模和范围可以从局部到区域, 一直到全球。在特定的规律制约下, 生态系统中的要素或属性, 自身之间或与环境之间, 不断进行着物质能量和信息的交换。通常以流的形式(物质流, 能量流, 信息流, 人口流, 经济流, 生物流等)贯穿其中, 既维持着系统与环境的关系, 又维持着系统内部各个要素之间的关系, 形成了一个动态的、呈等级的、分层次的、可以反馈的相对独立的体系, 并集中体现了系统可测性、可比性、可控性及定量化的特点^[11]。在系统中的每一要素组成只要状态发生了变化, 它们一定可以通过“流”的相应改变(包括流的路径改变, 方向改变, 强度改变, 流速改变等)去影响其它组成要素, 最终波及整个系统, 由此体现了生态系统的整体观, 也体现了系统的个体效应对于整体效应的贡献。退化的生态系统(逆向变化)也具有整体性的特征。退化生态系统恢复与重建, 决

^{*} 中国科学院“九五”重点资助项目 KZ952—S1—104 的部分研究内容, 得到中科院茂县生态站资助。
收稿日期: 1998—06—05; 改回日期: 1998—10—06

不应是单一控制就能达到目的,须从生态系统整体出发,采取综合性措施才可能实现。通常一个生态系统可分为若干子系统,在某一特定层次上,如果把“系统”比作躯壳时,则子(亚)系统可以看作这个躯壳的“内涵”,如果向上一个层次推延,则本来作为躯壳的系统,又会变成上一个层次中的“内涵”,即生态系统具“等级性”,“包容性”的特点^[1]。因此对于退化山地生态系统,必须考虑其系统的整体性和等级包容性来决定恢复与重建的空间尺度,这决定着恢复和重建的可能性、可行性及其最终结果。

我国区域差异较大,退化生态系统类型多样,引起退化的干扰体系各不相同,退化程度各异。恢复与重建工作首先是要消除或控制引起退化的干扰体^[8],在国家或大区域尺度上做到这一点显然是很困难的。山地是一个整体系统,系统内森林、草地、农田等系统相互联系、相互制约。而从个体、种群或群落尺度进行恢复和重建,却不考虑山地各子系统之间的联系,难免陷入“头痛医头,脚病医脚”的片面生态恢复观,难于从根本上达到恢复和重建目的。山地退化是人类非持续性利用自然资源的恶果^[5,6,8],致使区域农林牧等子系统不协调。从山地特点来看,一个流域就是一个系统,通常包括了森林、草地、农田、社会(村落)等子系统。森林、草地分布于山坡中上部,农田、村落分布于河谷及山体的中下部。森林、草地、农田尽管退化原因各异,恢复与重建的方法和途径各异,但相互间是互相联系和互为影响的。森林、草地是农田的生态屏障和保护神,坡上部的森林、草地退化引起水土流失、局地气候恶化会严重制约农田子系统的生产和持续性,可引起农田系统的退化和制约村落农村经济的发展。因此,我们认为,山地退化生态系统恢复和重建的恰当空间尺度应是小流域山地系统。不仅具有生态上的可行性,且面积不大(我国《水土保持技术规范》规定,小流域面积为 $5\sim 30\text{km}^2$,最大不超过 50km^2 ^[12]),可控性好,可操作性强。由于山地的“上下游效应”,推进过程中应由小流域系统逐步推进到整个流域系统,先上中游后下游。如长江流域退化生态系统是一个大的复合巨系统,具有很多支流系统,支流系统又有很多小流域系统,长江流域环境恶化最根本的原因之一是上游流域生态系统的退化,而上游流域的退化,最直接的原因之一又是上游各支流如嘉陵江、金沙江、岷江等流域的退化。显然流域也具有明显的等级性,小系统成为大系统的源,大的系统是小系统的汇。在恢复与重建时,应首先找出原因,分析评价,抓住退化问题的要害,找到突破口。

事实上,以小流域为退化生态系统恢复和重建的空间尺度,已被证明是符合我国山地特点和社会经济发展的可行之路。我国几个不同自然条件下的小流域治理初步成功的案例^[23]已经表明了我国从小流域空间尺度入手,进行综合的小流域恢复和重建是可行的。此外,从小流域空间尺度入手已成为当今世界治理水土流失的主要形式^[12,13]。中国是世界上开展小流域治理最早的国家之一。早在50年代,许多地区尤其是黄河流域就开展了小流域治理工作,积累了许多经验^[14,15]。1980年中国水利部在山西吉县召开了13个省、自治区、直辖市的小流域治理经验交流会,正式提出“水土保持小流域综合治理”,并制订了《水土保持小流域治理办法》。从此,以小流域为单元进行治理工作在中国各地得到了普遍发展。到1989年底,我国列入重点治理的小流域就有7000多个^[14]。反过来看,较大尺度的退化山地系统,空间差异大,退化问题多,关系复杂,由于行政管理的差异,难于协调,加上所需的较多资金也难于迅速一步到位,可操作性差,恢复与重建的进展和效果可能不理想。因此,对一个较大尺度的退化山地系统的恢复和重建而言,必须在合理的生态经济规划的基础上,以其内部的小流域为单位进行,逐步推广。

2 关于退化山地生态系统恢复与重建的目标

生态恢复与重建有三个基本的要素,其中最关键的是必须有恢复和重建的目标^[16]。由于人类干扰导致的退化生态系统,在自然干扰与恢复过程中可以重新获得一些性状,若这些干扰能被人们所合理控制,生态系统将发生明显的变化。归纳起来,这些变化因管理对策不同,其结果可能有以下四种:1.恢复到原来的状态;2.重新获得一个既包括原有特性,又包括对人类有益的新特性状态;3.由于管理技术的使用,形成一种改进的和原来不同的状态;4.因条件不断损失,继续保持退化状态^[17]。实际上前述可能

的几种结果与经营管理和人们的愿望即目标是有差距的。如何通过人为校正自然过程而达到人类的目的关系到恢复和重建的成效。就国外生态恢复来看,目标有两种^[18],一种是恢复到最初的“自然”状态,另一种是分阶段走一步看一步,阶段目标明显,而最终目标模糊。缺乏最终目标的分阶段走一步看一步的作法,很难把握住恢复和重建的效果,同时给恢复和重建技术手段的应用带来极大的麻烦¹⁾;此外,国外这些恢复和重建目标中,很少或根本未考虑到人类自身的经济上的要求,而不符合我国的普遍现实。事实上退化生态系统的恢复是一项复杂的系统工程,确定什么样的恢复与重建目标,必须结合其所处的社会、经济和环境退化状态而定。恢复到原初状态的目标,从哲学的角度显然是不成立的^[18, 19]。迄今为止,我们对原始状态的生态系统知之甚少,难以证明最初是什么状态,就更谈不上如何恢复到最初状态^[18]。此外,生态系统的发展变化是一种振荡的变化,随着时间变化恢复的结果也会发生位移^[20]。若生态系统严重退化,恢复到最初状态就更是不可能的。因此,恢复的结果只能是接近自然的相对稳定状态,这已为目前国外已有的实践所证实^[16, 18]。

系统退化的根源是人类非持续利用生存和发展所需资源的恶果,恢复和重建过程中,只考虑生态上的恢复,而不考虑经济上的恢复和重建,很难为人们普遍接受。尤其是在发展中国家严重的人口压力下,生存和发展是根本的大问题。一项恢复和重建计划,没有群众的参与是难以实现的,若不考虑经济利益,群众是没有积极性的,恢复和重建就难以成功,解放以来,特别是近 20 年,我国植树造林事业迅速发展,但植被恢复与重建的效果并不令人满意。一方面归于对自然条件认识不足,未能很好遵循生态学原理,造林办法不当及缺乏有效的管理;另一方面就在于未能与我国社会经济持续发展联系起来。从我国植被恢复与重建历史来看,要么以生态型植被恢复如水源林建设;要么以经济型植被为目标,如各种速生丰产林、用材林、经济林、薪炭林。造成环境保护与经济发展矛盾,不能很好解决当前面临的人地矛盾、林农牧矛盾,不利于区域持续发展。而过去建立的各种人工植物群落的经营发展中普遍存在着自维持功能弱,结构不合理,生产力不高,生态经济效益差,新的环境退化等问题等。上述问题严重制约了人工植物群落的生产力提高和农村经济、环境的持续发展。对中国这样一个可利用土地资源十分有限,人口仍在迅速增长的国家而言,如何在现有土地上合理经营农林业,既防治环境退化,又提高生产力和农林业经济已成为当前农村持续发展的关键。

历史的教训和当前的人地矛盾现实也告诉我们,人工植物群落重建必须同时考虑生态学和经济学原则,必须同时考虑人类的经济发展的愿望和环境治理的现实,兼顾生态和经济效益。从国内正反两方面的事实可以得出,符合我国的恰当的恢复和重建目标应是生态与经济结合的,达到具有一定的结构、功能相互协调的良性循环状态的高效和谐的山地生态系统。既改善环境,扭转系统退化,提高系统整体功能,又能使生态经济同时持续发展,同步解决山地环境的治理与区域社会经济存在存在的问题。这显然也是已建立的各类人工植物群落优化调控的目标。

3 山地退化生态系统恢复与重建的策略

如何进行恢复重建工作才能事半功倍,才符合具体现实,这是恢复与重建的策略问题。恢复与重建的策略通常有四种^[19](图 1)。1. 消除人为干扰因素,通过自然过程缓慢恢复。这需较长的时间,恢复过程可能进一步退化(图 2 的 N1 和 N2),这实际上类似于通常所说的封山育林;2. 在人的帮助下,恢复到初始状态。如果成功称真正的恢复(Restoration),如果不完全成功,但可恢复到一定程度,退化状态有所改善,称重建(Rehabilitation);3. 按照人们的愿望通过建立人工植被,替代原来的植被(Replacement)。这种选择可能导致植被结构简单化,物种单一,但有更高的生产力,如常绿阔叶林退化后为人工杉木林或其它人工经济林(如桉树林)取代,森林、草地、荒地农田取代等。这种取代后的系统若人工投入辅

1) 包维楷,陈庆恒. 植被恢复与重建的基本原理、途径与方法, 1993—04(内部资料)。

助能, 也能成为一种和谐良性循环的相对稳定的控制系统; 4. 任其自然发展(仍然有干扰), 可能自然发展慢慢恢复到偏途顶极, 也可能进一步退化成“人工沙漠”或裸地, 这决定于干扰体系和退化的程度, 这实际上就是我国大部分荒山正在进行着的自然恢复过程。对复杂的区域而言, 不同的地段确定的恢复与重建目标可能应有差异, 因而, 良好的生态系统恢复和重建策略应综合上述广泛的观点, 根据受害(退化)程度、系统类型、干扰的种类、社会经济条件和需求等的不同而有所侧重^[17]。小流域退化山地系统中, 一般存在森林、草甸、农田、社会经济等子系统, 因而在恢复和重建策略选择时, 决不应是单一的, 而应区别对待, 取长补短, 形成复合策略。我们在岷江上游大沟流域退化山地生态系统恢复和重建过程中, 综合运用了以上前三策略。草甸通过消除放牧干扰而促进自然恢复, 即侧重于第一种策略, 因为草甸分布于海拔>2 700m 的山体的中上部, 退化程度轻, 自然恢复事半功倍, 而由于交通不便, 人工重建是不可能做到; 森林侧重于第二种策略, 即人工种植目的树种、抚育已存在的目的树种、配合人工抚育促进自然恢复(当然是在消除消极的人为干扰的前提下); 山地农田耕地是人工建立农林复合经营的控制系统, 形成第二、第三种策略有机结合的复合策略。

4 山地生态系统恢复与重建的途径和措施

生态系统退化的实质是系统结构和功能的退化, 其表现形式是生物多样性的破坏和丢失, 导致了环境退化。生物多样性的丧失是生态系统退化的关键和核心^[3], 因而退化生态系统恢复和重建途径应从保护和恢复生物多样性入手, 引入植物和动物尤其是一些关键种, 重建植被系统及其食物链^[3, 5, 16, 19, 21, 22]。重建其植被系统及其食物链, 即人工植物群落及其植被建设, 这里人工植物群落包括农业群落、混农林业群落、森林、草地、灌丛等, 形成复合的人工植被体系。因此生物措施是恢复和重建的主要措施。此外, 工程措施、耕作措施和管理措施等也是必要的, 在退化小流域的治理中必需有机结合, 才能有较好的持续效果。生物措施又分为三类, 一类靠自然恢复, 一类是人工生物恢复, 第三类是二者的结合。对严重退化的系统必须先辅以工程措施, 改善环境。生物措施与工程相结合是目前国内采用的主要措施。在岷江上游山地恢复与重建中, 我们以植被恢复与重建为核心, 生物措施为主, 结合工程措施, 管理措施和耕作措施进行。经过近十五年的恢复与重建, 取得了明显效果, 证明该方法是行之有效的, 也极为迅速。

5 结论

山地生态系统的退化是一个全球性的问题, 尤其在人口迅速增长的发展中国家特别严重, 中国就是一个典型的例子。中国山地多, 环境脆弱, 因而环境退化速度快, 退化面积大, 退化程度严重, 退化类型多。迅速恢复和重建退化生态系统, 已成为我国环境治理和大农业持续发展的紧迫任务。

退化山地生态系统恢复和重建的恰当空间尺度应是小流域系统, 不仅可操作性强, 且符合生态系统

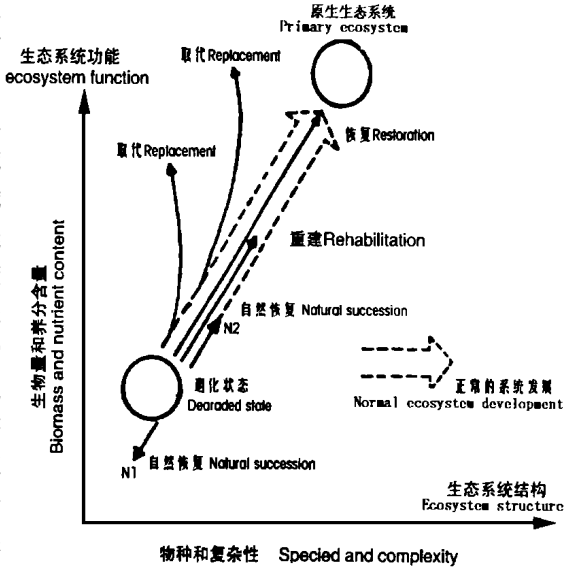


图 1 生态系统发展的方向和途径

Fig. 1 The pathways and directions of ecosystem development

内在的整体性和等级包容性;恢复和重建的合理目标应是建立一个具合理结构、功能相互协调的良性循环状态的生态经济系统,既改善环境,扭转系统退化,提高系统整体功能,又能使社会经济同时持续发展;通常恢复和重建的策略有四种,在选择时,决不应是单一的,而应视具体情况区别对待,取长补短,形成复合策略;生物多样性的丧失是生态系统退化的关键和核心,恢复和重建途径应从保护和恢复生物多样性入手,引入植物和动物尤其是一些关键种,人工重建合理结构的植物群落及其植被系统;恢复和重建的主要措施应是生物措施,生物措施又分为三类,一类靠自然恢复,一类是人工生物恢复,第三类是二者的结合。此外,工程措施、栽培措施、耕作措施和管理措施等也是有必要结合应用。

退化生态系统的恢复和重建是一项复杂的生态工程,其目的在于建立具有人类和生态价值的新型持久生态系统^[23]。而面临的难题是如何运用生态学方法去建立新的生态系统以解决环境问题,乃至从现有系统中生态合理地索取。生态系统的恢复和重建是基础与应用的统一,不仅需要对生态系统的退化有充分的认识和诊断,其成败更取决于对自然生态系统理论的把握和认识,生态系统的恢复和重建是对“生态系统知识的严格检验”,是生态研究的合成途径^[19]。退化生态系统恢复和重建实际上是生态系统的再发展过程^[1]。由于人类对生态系统有不同的生产利用如不同资源的生产、环境保护等,这就要求有不同类型的生态系统的再发展,但都必须是与环境和经济发展相适应的,即持续发展的。

参 考 文 献

- [1] Brinck P. et al., 宋玉芳, 张艳彦译. 生态系统的恢复与发展. 生态学进展, 1989, 6(4), 265~271.
- [2] Hnanah L. et al., 安 逸译. 人类对全球生态系统初步清查. *Ambio*, 1994, 123(4): 246~250.
- [3] 包维楷, 陈庆恒, 刘照光. 山地退化生态系统中生物多样性恢复与重建研究. 见: 钱迎清, 甄仁德主编. 生物多样性研究进展. 北京: 中国科学技术出版社, 1994, 417~422.
- [4] 朱震达. 土地荒漠化研究现状与展望. 地理研究, 1994, 13(1): 104~111.
- [5] 刘慧. 我国土地退化的类型与特点及防治对策. 自然资源, 1995 (4): 26~32.
- [6] 吴精华. 中国草原退化及其防治对策. 生态经济, 1995, 50: 1~6.
- [7] 彭珂珊. 困扰我国 21 世纪的环境退化问题研究. 热带地理, 1995, 15(1): 1~9.
- [8] 包维楷, 陈庆恒, 刘照光. 岷江上游山地生态系统的退化及其恢复与重建对策. 长江流域资源与环境, 1995, 4(3): 277~282.
- [9] 文子祥. 晋陕蒙接壤区土地退化及其防治对策. 自然资源, 1995 (5): 52~57.
- [10] 盛炜彤. 人工林地力衰退研究. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [11] 牛文元. 生态系统基础. 见马世骏主编. 现代生态学透视. 北京: 科学出版社, 1990, 11~27.
- [12] 王礼先. 长江流域生态系统及山区防护林体系结构的系统分析. 见: 中国林学会编. 长江中上游防护林建设论文集. 北京: 中国林业出版社, 1991, 49~57.
- [13] 联合国粮农组织. 水土保持文集. 北京: 中国科学技术出版社, 1994, 12.
- [14] 孙立达, 孙保平, 齐实. 小流域综合治理的理论与实践. 北京: 中国科学技术出版社, 1992.
- [15] 中国水土保持学会. 水土保持科学理论与实践. 北京: 中国林业出版社, 1992, 267~269, 269~274, 419~420, 426~427, 433~434, 418.
- [16] Towns, D., Atkinsons I. Ecological restoration in New Zealand. *New Scientists*, 1991, April, 20.
- [17] 康乐. 受害生态系统的恢复和重建. 见马世骏主编. 现代生态学透视. 北京: 科学出版社, 1990, 300~308.
- [18] Holloway M., 郑小石译. 生态恢复发展的趋势——保护大自然. 科学, 1994, 8: 46~56.
- [19] John Cains. Rehabilitation Damaged Ecosystem (second Edition) CRC Press Ltd 1995, 165~185, 373~411.
- [20] Liddle M. J., A theoretical relationship between the primary productivity of vegetation and its ability to tolerate trampling. *Biological Conservation*, 1975, 8: 251~256.
- [21] 赵学农. 受害系统恢复与重建中心植物行为可持续利用. 见: 陈昌笃主编. 持续发展与生态学. 北京: 北京科学出版社, 1993, 157~161.
- [22] 黄培佑. 从植物群落的演替规律剖析生态环境复原与建设途径. 新疆环境保护, 1992, 14(2): 12~15.

[23] Mitsch, W. J., 李玉安译. 生态工程: 地球生命支持系统的共济者. 世界科学, 1994, 2: 26~27.

第一作者简介 包维楷, 男, 1968 年 1 月生, 博士, 助理研究员。主要从事山地植被退化及其恢复与重建、农林复合经营等研究。发表论文 12 篇。

DISCUSSION ON SEVERAL PROBLEMS OF RESTORING AND REHABILITATING DEGRADED MOUNTAIN ECOSYSTEM

BAO Wei-kai CHEN Qing-heng

(Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041)

Abstract

The suitable spatial scale, rational aim, feasible tactics, pathways and measures of restoring and rehabilitating degraded mountain ecosystem were analyzed and expounded in this paper. In the view of practices from home and abroad, the suitable spatial scale is the watershed system of the area of less than $40 \sim 50 \text{ km}^2$, because it has nice feasible and controllable and obeys intrinsic integrity and hierarchy of mountain ecosystem; The aim of restoration and rehabilitation is to build up an ecosystem at the state of nice circulation with a rational structure and mutual coordinate function, not only preventing degradation and restoring environment and vegetation, also improving local economy and shed poverty and getting rich; As though tactics usually have four kinds, it is necessary to implement synthetic tactics, not single one; The lose of biodiversity is the core and key of ecosystem degradation, causing the structure simplification and function weakening. The pathway of restoration and rehabilitation should set out from preserving and recovery biological diversity and rehabilitating plant communities. Special attention should be paid to biological measure, especially plants, and engineering, cultivation, and management measures also should be combined in the rehabilitation process. All the above had been proved by the practice of restoration and rehabilitation in the upper reaches of the Minjiang River.

Key words Degraded mountain ecosystem restoration and rehabilitation
watershed system