

黄河上游退耕地植被 恢复重建与可持续经营

胡建忠 编著

中国环境科学出版社

黄河上游退耕地植被恢复 重建与可持续经营

胡建忠 编著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

黄河上游退耕地植被恢复重建与可持续经营/胡建忠
编著. —北京: 中国环境科学出版社, 2007.1

ISBN 978-7-80209-457-4

I. 黄… II. 胡… III. 黄河—上流河段—造林—
研究 IV. F326.274

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 145679 号

责任编辑 周 煜

责任校对 刘凤霞

封面设计 王筱婧

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2007 年 1 月第一版
印 次 2007 年 1 月第一次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 22
字 数 508 千字
定 价 55.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

作者简介

胡建忠，男，甘肃省天水市人，教授，农学博士，理学博士后。现为水利部水土保持植物开发管理中心科技合作处处长；曾任黄河水土保持西峰治理监督局总工、青海省大通县人民政府副县长等职。主要研究领域为生态恢复重建。曾在《水土保持学报》、《生态学报》、《土壤学报》、《草业科学》、“Scientific Research Monthly”、“Frontier of Forestry in China”、“Forestry Studies in China”等刊物发表科技论文 100 余篇。主编出版专著 4 部；参编出版专著 4 部。其代表性著作有：《黄土高原重点水土流失区生态经济型乔木树种的区位环境适宜性》，《沙棘的生态经济价值及综合开发利用技术》，《植物引种栽培试验研究方法》，《国外优良草本植物在黄土高原引种的适应性与生态经济价值》。

内 容 简 介

本书在对以青海省大通县为代表的黄河上游地区生态环境现状进行深入分析的基础上,点明了在黄河上游地区开展退耕还林还草工程的重要性。全书紧紧抓住仿拟自然植被这一主线,以恢复生态学作为主要理论依据,结合生态学、经济学和系统学等有关理论,在充分进行植被样地调查的基础上,研究了黄河上游退耕还林还草工程区林草植被建设水资源承载能力,提出了水土保持林草植被建设的最佳覆盖率。在此基础上,以水土保持功能最高为目标,研究了以流域为单元的水土保持型林草植被景观空间格局优化配置技术。同时,以植物群落演替规律和自然顶极理论为指导,研究了天然植被和稳定的人工植被的组成、结构以及水土保持功能(截留、增渗、抗蚀、抗冲等),探讨了耕地农作物—人工植被—自然植被三者之间径流、土壤侵蚀、养分元素迁移等过程的实质,揭示了退耕还林还草对生态环境的调控机理;以此为基础,仿拟、建造了稳定高效多功能的植物群落结构,总结得出了植被结构优化配置与调控技术。提出了用生物多样性、结构层次性、功能有序性作为衡量退耕还林还草工程的稳定性指标体系。并以生态经济学、森林群落学、农林复合经营理论为指导,开展了水热土条件较好、坡度较缓地段的退耕还林还草“集约型”高效农林牧复合可持续经营技术研究示范,总结了低效林分的改造技术等配套技术,以期从可持续发展角度,来实现退耕还林还草工作“退得下、还得上、稳得住、能致富、不反弹”的主要目标。

本书涵盖面广,信息丰富,注重方法,深入浅出。可供从事生态学、林学、水土保持学、植物学和环境科学等方面的科研、生产、管理人员及有关大专院校学生参考使用。

前言

人口、粮食、能源、资源、环境是世界范围内的五大热点问题。特别是 1992 年在巴西里约热内卢召开联合国环发大会之后，对于森林在全球环境变化中的作用，包括其控制水土流失、改善生态环境等方面的功能得到了国际上广泛的认同，从而对森林的可持续发展提出了更为迫切的要求。由于受生态环境恶化、粮食及水资源短缺和人口增长的压力，许多国家对自然环境的改造和利用进行了卓有成效的研究，试图通过对水资源的有效利用和适宜生物群落的恢复和重建，改善生态环境，提高土地资源的利用率，增加经济收益。

严酷的现实迫使人们越来越深刻地认识到森林植被与人类生存休戚相关的重大意义。从国际社会来看，美国近 20 多年来十分重视森林生态系统在自然环境保护中的主导作用，注重研究森林与生态环境的依赖关系，重视森林的多目标经营，主张把生产与保护融为一体，提出了所谓的“新林业”的概念，其科学研究的重点在于：森林防治水土流失及改善环境的作用机制及其与之相适应的森林结构与更新技术，研究森林生态系统各组分间的相互依存结构，人与自然的关系，保护与开发的可持续发展体系等。德国把森林效益计划作为制定林业生产计划的依据，将全国近一半的森林划分为森林公园和自然保护区，并建成了世界上独一无二的生态环境数据库，重点研究了最佳林分结构形式，建立了培育合理林分结构的模型，并且向“接近自然的林业”方向发展。俄国是最早开展防护林研究的国家之一，重点开展了防护林营造、配置，利用遥感的设计技术及结构与生态功能的分类，制定了防护林的区划标准。日本在 20 世纪 70 年代对全国的森林生态效益进行了计量评价，对森林的理水机理、防止侵蚀的机理进行了系统的研究，从侵蚀控制、景观生态、生活环境等方面对森林进行了分类和评价，把防护林划分为防灾林、水源涵养林、环境林等林种，分别采取不同的经营管理措施。上述各国深入了解森林的多种生态机能，保持、提高森林保护环境的主体作用，增强了林业综合防灾技术能力。

在生态工程建设与环境综合治理方面，法国、日本、美国等国家发展了控制水土流失的工程措施和快速的工程绿化技术，致力于形成以森林为主的流域治理的森林工程体系。其发展趋势是，生态环境治理与水土资源的保护、改良、合理利用相结合，以充分发挥水土资源的生态和经济效益。与此同时，森林的多目标经营已成为各国主要研究内容。日本把森林作为生产资源、环境资源、文化资源来经营。美国把森林资源细分为 24 种资源，研究不同条件下森林多目标经营的可能性，制定多目标管理的计划，其中包括综合生产力、生物多样性、产品多样化、农区发展、经济效益及环境的维持与改善等内容。防护林营造技术以生态学理论为基础，应用森林培育学的基本原理，在特定的自然环境中得到极大的发展。一方面研究了满足防护对象所要求的林分结构，如水土保持、

水源涵养、防风固沙、环境保护、防止污染等；另一方面也研究了不同立地环境条件下的造林技术，如干旱半干旱地区、退化草牧场、盐碱地、废弃矿山地、污染地、无土少土石质山地等。以色列、印度、美国及非洲和南美一些国家，近些年来把集水技术作为重点研究对象，配合节水措施在干旱地区发展农林牧果业获得了重要进展，有的已实现产业化。

我国在生态环境工程建设技术及其相关领域的研究虽然起步较晚，但已开展了数十年。特别是自 1978 年以来，随着“三北”防护林体系建设工程及相继启动的长江防护林体系建设工程等十大林业生态工程建设的实施，围绕工程建设急需的关键技术，开展了一系列防护林方面的科技攻关研究，获得了一大批科研成果，创造了较大的综合效益，积累了丰富的治理经验。“六五”、“七五”、“八五”期间，围绕我国防护林体系建设工程开展的科技攻关研究，包括有关森林生物多样性形成机制、水土流失规律及控制技术、森林生态和水文功能及作用机制、干旱区人工造林理论等方面的基础理论和应用基础研究等，直接为工程建设提供一大批关键实用技术，解决了当时防护林体系建设工程急需的关键技术和重大理论问题，形成了我国林业生态工程建设强有力的科技支撑，极大地促进了我国防护林体系建设和生态环境的治理。“九五”国家科技攻关重点计划项目“生态林业工程技术与开发”，取得了“黄土区防护林体系高效空间配置与稳定林分结构设计技术”、“黄土区农林复合可持续经营的结构配置和调控技术”、“干旱半干旱地区丘陵山地集水、保水、贮水和节水造林与密度控制技术”、“长江中上游高原、山地、丘陵区防护林体系建设综合配套技术”等多项科研成果。这些成果不仅解决了我国生产实践中急需的关键技术问题，提高了我国防护林体系工程建设科学管理及效益评价技术水平，也为我国防护林体系工程建设提供了强有力的科技支撑。

从 2000 年开始，结合国家“十五”科技攻关课题“退耕还林还草工程区水土保持型植被建设技术与示范”（2001BA510B01），及在位于黄河上游的青海省大通县业已前期开展的退耕还林还草科技支撑项目，作者将青海省大通县作为主要试验研究基地，对以其为代表的黄河上游地区退耕还林还草工程区植被恢复重建与可持续经营技术进行了系统研究。重点开展了：① 工程区水土保持林草植被景观格局配置及优化技术；② 坡面水土保持林草植被恢复及结构优化技术；③ 水土保持林草植被可持续经营技术三大方面的科学研究，为退耕还林还草工程提供了强有力的科技支撑和示范样板，提高了退耕还林还草工程建设的质量和科技含量，为在黄河流域确立以生态建设为主的可持续林业发展道路、建立以森林植被为主体的国土生态安全体系、建设山川秀美的生态文明社会提供了必要的理论支撑。

这一研究课题紧紧抓住了仿拟自然植被这一主线，以恢复生态学作为主要理论依据，结合生态学、经济学和系统学等有关理论，在充分进行植被样地调查的基础上，调查研究了黄河上游退耕还林还草工程区林草植被建设水资源承载能力，提出了水土保持林草植被建设的最佳覆盖率。在此基础上，以水土保持功能最高为目标，研究了以流域为单元的水土保持型林草植被景观空间格局优化配置技术；同时，以植物群落演替规律和自然顶极理论为指导，研究了天然植被和稳定的人工植被的组成、结构以及水土保持功能（截留、增渗、抗蚀、抗冲等），探讨了耕地农作物—人工植被—自然植被三者之间径流、土壤侵蚀、养分元素迁移等过程的实质，揭示了退耕还林还草对生态环境的调控机

理, 以此为基础, 仿拟、建造了稳定高效多功能的植物群落结构, 提出了植被结构优化配置与调控技术, 健全完善了水土保持型退耕还林还草植被建设技术试验示范区; 并以生态经济学、森林群落学、农林复合经营理论为指导, 开展了水热土条件较好、坡度较缓地段的退耕还林还草“集约型”高效农林牧复合可持续经营技术研究与示范, 以期达到退耕还林还草工作“退得下、还得上、稳得住、能致富、不反弹”的主要目标。这一课题已于 2005 年年底顺利通过了国家组织的成果验收。

本专著是在作者博士后出站报告的基础上改写完成的。十分感谢合作教师、中国科学院院士、中国林科院研究员蒋有绪先生, 以及我的博士指导教师、北京林业大学原校长、教授朱金兆先生的亲切指导。感谢参加这一项目调查研究的其他人员, 他们是北京林业大学水土保持学院 2002 级博士研究生李文忠、张伟华, 2000 级本科生郑佳丽、张春霞、李雪萍、罗顺、沈晶玉, 他们参加了部分外业调查和内业资料整理、计算工作。同时也要感谢时任青海省大通县政府县长王平, 常务副县长孔庆斌, 县人大主任陈生华, 大通县政府副县长、大通县林业局原局长蔡文成, 县政府办公室主任巨正科、副主任王学文, 县林业局原副局长马爱云、副局长李瀚、林业站站长索生乾以及高级工程师李永良, 青海省林业局副局长王谦、处长刘天柱, 青海省林科所所长朱春云等, 他们几年来不仅在多方面大力支持、帮助这些项目的实施, 还参与了许多外业选点、造林种草及试验布设与研究工作。感谢上面未曾提及的其他各位专家、领导、同事和朋友们, 限于篇幅, 不能一一道谢。

由于时间仓促, 加之作者水平有限, 书中谬误之处在所难免, 敬请广大读者批评指正 (E-mail: bfuswc@163.com bfuswc@sina.com bfuswc@yahoo.com.cn)。

胡建忠

2004 年 1 月 5 日草稿

2005 年 2 月 8 日修订稿

2006 年 3 月 12 日再修订稿

目 录

1 黄河上游地区开展退耕还林还草工程的意义	1
1.1 黄河上游地区生态环境问题的严重性	1
1.2 黄河上游地区开展退耕还林还草工程的必要性	2
1.3 黄河上游地区退耕还林还草工程要以恢复生态学作为主要理论依据	4
1.4 黄河上游地区退耕还林还草工程必须满足可持续发展要求	11
2 自然经济概况	13
2.1 地质	14
2.2 地貌	15
2.3 气候	17
2.4 水文	21
2.5 土壤	23
2.6 植被	25
3 试验研究方法	27
3.1 技术路线	27
3.2 试验布设	27
3.3 试验研究方法	30
4 植被恢复重建的主要理论	51
4.1 植被恢复重建的生态学理论	51
4.2 植被恢复重建的经济学理论	57
4.3 植被恢复重建的系统学理论	58
5 退耕地区景观空间格局配置与优化技术	62
5.1 景观土地利用现状评价与规划	62
5.2 景观空间格局配置与优化	75
5.3 景观空间格局配置效果的初步评价	104
6 退耕地植被垂直结构仿建与优化技术	108
6.1 植物资源与特征	108

6.2 退耕地林草植物种类筛选方法 121

6.3 退耕地高效稳定植物群落的仿建与优化 131

7 退耕地植被稳定性综合评价 155

 7.1 生物多样性评价 155

 7.2 结构层次性评价 166

 7.3 功能有序性评价 204

8 退耕地植被可持续经营技术 261

 8.1 适用于不同类型区的退耕还林还草模式建设技术 261

 8.2 退耕还林还草工程稳定性调控技术 263

 8.3 低效林草植被更新改造技术 277

 8.4 围绕退耕还林还草工程的生态农业产业化经营技术 278

9 主要结论 284

参考文献 292

1 黄河上游地区开展退耕还林还草工程的意义

生态环境是人类赖以生存和发展的基础。改善和保护生态环境,实施可持续发展战略,是我国的一项基本国策^[1]。当今,全球气候变暖、生物多样性丧失、资源急剧枯竭和生态环境退化等,使人类陷入了自身导演的生态困境之中,并严重威胁到人类社会的可持续发展。如何保护现有的自然生态系统,综合整治与恢复已退化生态系统,以及重建可持续的人工生态系统,已成为摆在人类面前亟待解决的重要课题。

1.1 黄河上游地区生态环境问题的严重性

黄河是中华民族的母亲河。它发源于青海省巴颜喀拉山北麓的约古宗列盆地,流经 9 省区后入渤海,流域面积达 79.6 万 km^2 ,其中在青海境内流经 31 个县(市),流域面积 16.7 万 km^2 ,占黄河整个流域面积的 21%。青海境内黄河年均径流量占整个黄河水量的 49.2%,是黄河流域最大的水源涵养区。其中,贵德以上属青藏高原,人烟稀少;贵德以下、安宁渡以上区间,黄河沿岸附近大部分地区为黄土高原。近年来,在黄河上、中游地区,干旱、水土流失、沙尘暴等在人类促发下的自然灾害,肆无忌惮地扫荡着这一地区,造成当地农业生产效益低而不稳、生态环境急剧恶化的局面。在黄河下游地区,水量日益减少,河南、山东境内每年断流起始日期越来越早、断流持续时间越来越久、断流河道长度越来越长,致使沿黄各省区广大人民的生产生活受到严重影响。这一严峻现实已成为我国经济和社会发展中一个亟待研究解决的重大问题,已引起党和国家的高度关注。黄河水量减少、断流加剧,其中一个重要原因,是多年来黄河上游生态环境未能得到有效保护、植被减少、草场退化、沙化严重、涵养水源功能大大减弱、源头地区的径流量减少所致。黄河上游生态环境形势十分严峻,加强生态建设已刻不容缓。

黄河上游地区自然条件恶劣,生态环境脆弱,保护生态环境的难度很大,加之人们的生态意识淡薄,生态建设投入严重不足,从整体上看该地区的生态环境呈不断恶化的趋势。一是水土流失日趋严重。目前,青海省黄河流域内水土流失面积达 7.5 万 km^2 ,占整个黄河流域水土流失面积的 17.5%。其中,东部黄土丘陵沟壑区坡耕地平均每年流失表土 3 000~6 000 t/km^2 。由于水土流失严重,大量泥沙被冲入黄河,致使黄河含沙量逐年提高。二是草地退化面积逐步扩大。目前,青海省黄河流域共有退化草地面积 4.13 万 km^2 ,占全省草地总面积的 1/4。其中,沙化面积 1.13 万 km^2 ,而且每年以 400 km^2 的速度在不

断扩大。二是气候恶化,自然灾害频繁。黄河上游生态失衡,致使该地区自然灾害频繁发生,受灾间隔时间逐渐缩短,灾情逐步加重,特别是地处黄河源头的青南地区灾害连年不断,给牧民的生产生活带来严重危害。青海省境内黄河流域的水土流失和草地退化造成了该区域的气候恶化,同时气候恶化又加剧了水土流失和草地退化,这三者之间互为条件,互相作用,使生态环境陷入恶性循环。

黄河上游生态环境恶化,导致部分河流湖泊萎缩或干涸。1997年青海湖水位较1908年青海湖水位下降了11.12 m,年均水位下降12.49 cm;黄河主要支流湟水河的平均流量也由1990年前的 $20.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 减少到现在的 $15.1 \text{ m}^3/\text{s}$,下降了26.3%。黄河上游地区生态环境恶化,对全省农牧业生产和社会经济的发展影响极大。由于水土流失造成土壤贫瘠,青海境内黄河流域的坡耕地每年流失氮、磷、钾肥约23万t以上。牧业因草场退化、沙化,每年损失鲜草约700万t,减少牲畜饲养量480万只羊单位,畜牧业损失每年达7亿多元,造成农牧民收入难以提高,生活还较为贫困^[2]。在青海省内,国家有关部门确定的14个贫困县中,有9个在黄河流域。

黄河上游生态环境恶化,使黄河源头地区的水源涵养功能大大下降,加剧了黄河流域干旱缺水程度。据调查,1988年以后的十年中,黄河青海段年水量比正常年份减少了23.3%,共计减少水量约250亿 m^3 。黄河径流量减少,致使龙羊峡、刘家峡水库蓄水量大幅度降低,1997年水量已降到20世纪50年代以来的最低点,比严重缺水的1996年还少14.3亿 m^3 。

黄河水量减少和断流加剧的严酷现实促使人们深思这样的问题,在社会主义现代化建设中如何正确处理人与自然、眼前利益与长远利益、经济效益与生态效益的关系,是能不能坚持可持续发展的当务之急。在这个事关子孙后代的重大问题上,必须要有高度的清醒和自觉,否则,就会受到自然规律的惩罚。恩格斯指出:“我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利。对于每一次这样的胜利,自然界都报复了我们。每一次胜利,在第一步都确实取得了我们预期的结果,但是在第二步和第三步却有了完全不同的、出乎预料的影响,常常把第一个结果又取消了。”他还举例说,希腊等一些地方的居民为了得到耕地,把森林都砍光了,结果这些地方成为荒芜不毛之地,因为失去了森林,也就失去了积聚和储存水分的中心;阿尔卑斯山的意大利人,因为砍光了山坡的松林,把高山畜牧业的基础给摧毁了,结果使山泉枯竭,洪水倾泻。恩格斯一百多年前的这些忠告今天读来仍发聋振聩,有很强的现实意义。

1.2 黄河上游地区开展退耕还林还草工程的必要性

党中央、国务院提出西部大开发战略,并以天然林保护工程、退耕还林还草工程(Conversion from cropland into forestland and grassland,缩写为CCFG)、“三北”防护林建设工程以及防沙治沙工程为主的生态环境建设,作为实施西部大开发战略的重要组成部分和核心建设内容^[3]。国家不仅全面禁止长江上游、黄河中上游地区天然林的采伐,而且从1999年开始,率先在四川、陕西、甘肃3省开展了退耕还林还草工程试点,由此揭开了我国退耕还林还草工程的序幕。2002年工程全面启动,范围以西部12省区为主,涉及

全国 25 个省、自治区、直辖市和新疆生产建设兵团。截至 2003 年底, 全国退耕还林还草已经累计完成 1 513 万 hm^2 (2.27 亿亩), 其中退耕地造林 720 万 hm^2 (1.08 亿亩), 宜林荒山荒地造林 793 万 hm^2 (1.19 亿亩), 达到原规划数的一半^[4]。

实施退耕还林还草工程, 尽快恢复林草植被, 是黄河上游地区生态环境保护和建设的迫切需要, 直接关系到该地区几百万人民的生存发展, 也关系到我国西部大开发战略能否顺利实现, 事关重大, 具有牵一发而动全身的作用。

1.2.1 退耕还林还草是治理水土流失、改善生态环境的关键措施

同全国其它地区一样, 黄河上游地区多年来也大面积毁林开荒种粮, 这样表面上虽然增加了一些农田面积和粮食产量, 但在生态环境方面却付出了巨大代价, 造成了黄河上游地区严重的水土流失和土地荒漠化。

有关资料表明, 全国仅 25° 以上的坡耕地就达 60 667 万 hm^2 (9 100 万亩), 其中 70% 以上集中于西部地区。每年流入黄河的泥沙量高达 16 亿 t, 其中有 60% 来自坡耕地, 直接导致江河湖库严重淤积, 河床抬高, 加剧了对沿河两岸地区的洪水威胁, 国家每年在河南、山东等黄河下游地区投入大量专项经费用于防汛抗洪。

实践证明, 只要耕种陡坡地的问题不解决, 水土流失的问题就不可能根本解决。实施退耕还林还草工程是加快西部地区生态环境建设的明智之举。

1.2.2 退耕还林还草是林业生态环境建设的重要组成部分

黄河上游地区幅员辽阔, 森林覆被率低, 水土流失严重, 生态环境十分脆弱, 是林业分区突破和治理的重点区域。一是要对区内面积不大, 但生态位置十分重要的天然林实施有效的保护; 二是加快宜林荒山荒地造林绿化, 有效开展“三北”防护林建设工程; 三是对陡坡耕地实施有计划、分步骤的退耕还林还草工程。

林业生态环境建设在黄河上游地区要打一场攻坚战, 任务艰巨, 责任重大, 其中退耕还林还草更是政策性最强、涉及面最广、参与人员最多的生态工程, 这一工程能否稳步推进, 关系到该地区生态环境的根本改善, 关系到林业发展的总体推进, 也关系到林业生态环境建设分区突破战略能否实现, 是 21 世纪初期我国林业建设能否实现跨越式发展的关键一步。

1.2.3 退耕还林还草是推动农村产业结构调整 and 奔小康目标的有效途径

黄河上游地区的生态环境状况和水土流失程度, 不仅直接影响本地区人民的生产、生活和环境与发展, 也影响着东部地区乃至全国的生产、生活和经济发展。西部和东部地区之间巨大的反差是我国的国情, 也是困扰我国经济社会可持续发展的重大问题。退耕还林还草工程是我国西部大开发生态建设的关键突破口之一, 也是改善我国西部地区生态环境、调整西部产业结构、振兴西部经济的重要途径。

这一地区是我国的经济最不发达地区,通过退耕还林还草,不仅能保持水土、涵养水源,改善生态环境,而且也能增强这一地区的抗旱、抗涝能力,提高现有土地生产力,有利于促进当地经济发展和社会进步,并成为区域脱贫致富的重要内容。同时,国家投入大量资金、粮食,将对这一地区农业生产要素优化配置、农村产业结构调整、农民增收和脱贫致富起到很大的促进作用。从近期看,“以粮食换林草,以粮食换生态”可以大大减轻东部地区粮食存储的压力,节省大量的仓储和保管费用,减少库存粮食的陈化、损耗;从长远看,黄河上游地区生态环境改善后,还会促进当地和中下游地区粮食进一步增产,有利于实现全国粮食生产的良性循环。

黄河上游地区经济发展了,对于缩小东西部地区的差距、促进共同繁荣致富、增进民族团结、推动社会进步等,都具有十分重要的意义。

1.2.4 退耕还林还草是黄河上游地区广大人民的迫切要求

黄河上游与下游地区之间,或者说东部和西部之间巨大的反差是我国的国情,也是困扰我国经济社会可持续发展的重大问题。特别值得关注的是,西部地区是中国少数民族聚集地区,许多地区也是老解放区。“老、少、边、贫”地区的特殊地位,注定实施西部地区大开发是全国发展的“一个大战略、大思路”^[5]。

黄河上游地区广大人民通过自己的亲身实践业已清醒地认识到,生态环境的恶化是导致贫困的主要根源,广大群众强烈要求,再也不能走“越穷越垦,越垦越荒,越荒越穷”的恶性循环的老路子,热切盼望党和政府能够帮助他们早日改善生态环境和调整农村产业结构,走出一条“早治理、早受益、早脱贫、早致富”的路子。可以说,实施以退耕还林还草为主的生态环境建设工程,已成为这一地区广大群众的迫切要求^[6]。

1.3 黄河上游地区退耕还林还草工程要以恢复生态学作为主要理论依据

自然干扰和人类干扰所形成的退化生态系统类型繁多,如裸地、弃耕地(撂荒地)、采矿废弃地、森林采伐基地、火烧基地、沙漠等。

退耕地是一个残缺的退化生态系统,最明显的标志是植被稀少、土壤退化、侵蚀严重。要恢复植被,必须确保更新资源的持续存在和确保自然生态系统的动态平衡。因此,在植被恢复过程中必须遵循恢复生态学的基本原理,以仿拟自然植被作为植物恢复的主要手段。

1.3.1 退耕地属于一种退化生态系统

生态系统的动态发展,在于其结构的演替变化,如物种的组成、各种速率过程、复杂程度和随时间推移而发生的组分变化。正常的生态系统是生物群落与自然环境取得平衡位置作一定范围的波动,从而达到一种动态平衡状态。

与健康生态系统 (Healthy ecosystem) 相比, 退化生态系统 (Degraded ecosystem) 是一类病态的生态系统, 它是指在一定的时空背景下, 在自然因素、人为因素或二者的共同干扰下, 导致生态要素和生态系统整体发生的不利于生物和人类生存的量变和质变, 生态系统的结构和功能发生与其原有的平衡状态或进化方向相反的位移 (Displacement), 具体表现为生态系统的基本结构、固有功能的破坏或丧失, 生物多样性下降, 稳定性和抗逆能力减弱, 系统生产力下降。这类系统也被称之为“受害或受损生态系统” (Damaged Ecosystem)。

生态系统退化的原因是多方面的。自然干扰和人为干扰是生态系统退化的两大触发因子。自然干扰主要包括一些天文因素变异而引起的全球环境变化 (如冰期、间冰期的气候冷暖波动), 以及地球自身的地质、地貌过程 (如火山爆发、地震、滑坡、泥石流等自然灾害) 和区域气候变异 (如大气环流、洋流及水分模式的改变等); 人为因素主要包括人类社会中所发生的一系列的社会、经济、文化活动或过程 (如工农业活动、城市化、商业、旅游、战争等)。人为干扰往往叠加在自然干扰之上, 共同加速生态系统的退化。干扰对生态系统的影响, 表现在生态系统动态的各个方面。一方面, 某些干扰 (如人口过度增长、人口流动等) 对生态系统或环境不仅会形成静态压力, 而且会产生动态压力。同时, 干扰通过对个体的综合影响, 进而引起种群的年龄结构、大小和遗传结构, 以及群落的丰富度、优势度与结构的改变; 另一方面, 干扰可直接破坏或毁灭环境和生态系统中的某些组分, 造成系统资源短缺和某些生态学过程或生态链的断裂, 最终导致整个生态系统的崩溃。

干扰的类型、强度和频度在很大程度上决定着生态系统退化的方向与程度。自然干扰总是使生态系统返回到生态演替的早期状态。某些周期性的自然干扰在生态系统演替过程中起着正负反馈作用, 使生态系统处于一种稳态平衡状态。但一些剧变或突变性的自然干扰 (火山爆发、洪水等) 往往会导致生态系统的彻底毁坏。人为干扰可直接或间接地加速、减缓和改变生态系统退化的方向与过程。在某些地区, 人为干扰对生态退化起着决定作用, 且常造成生态系统的逆向演替, 以及不可逆变化和不可预料的生态后果, 如土地荒漠化、生物多样性丧失和全球气候变化等。

根据退化过程及景观生态学特征, 退化生态系统可分为不同的类型。余作岳等 (1996 年) 将退化生态系统分为裸地 (包括原生裸地和次生裸地)、森林采伐迹地、弃耕地、沙漠化地、采矿废弃地和垃圾堆放场几种类型^[7]。显然上述分类主要适用于陆地生态系统。实际上生态退化还应包括水生生态系统的退化 (如水体富营养化、干涸等) 和大气系统的退化 (如大气污染、全球气候变化等)。根据生态系统的层次与尺度, 又可分为局地退化生态系统、中尺度的区域退化生态系统和全球退化生态系统。章家恩等 (1999 年) 认为, 在研究生态退化时, 应把人自身纳入生态系统加以考虑, 研究人类—自然复合生态系统的结构、功能、演替及其发展^[8]。环境恶化、经济贫困、社会动荡、文化落后等都是人类—自然复合生态系统退化的重要诊断特征。

退耕地这一退化生态系统还应该从自然景观、系统结构和功能的协调、能流和物流的循环、水分平衡等景观生态学以及生物的、生理的以及生态学特性上加以综合分析。

1.3.2 退耕还林还草工程的主体是植被恢复与重建

所谓生态恢复与重建是指根据生态学原理，通过一定的生物、生态以及工程的技术与方法，人为地改变和切断生态系统退化的主导因子或过程，调整、配置和优化系统内部及其与外界的物质、能量和信息的流动过程及其时空秩序，使生态系统的结构、功能和生态学潜力尽快地、成功地恢复到一定的或原有的乃至更高的水平。生态恢复过程一般是由人工设计和进行的，并是在生态系统层次上进行的^[9]。这里需要说明的是，生态系统或群落在遭受火灾、砍伐、弃耕等后而发生的次生演替实质上也是一种生态恢复过程，只不过它是一种自然恢复形式罢了。

1.3.2.1 植被系统的受干扰效应

实验力学发现，使物体发生形变的力若超过一定的限度，物体受力后就不能恢复原状。这个限度叫做弹性极限。在弹性限度内，物体弹性力与形变成正比；一旦力撤销了，物体能立即恢复到原来的状态。弹性极限之后，形变随作用力大小成正比发生变化，物体已不具备恢复到起初状态的能力（弹性力），此时的变化属于塑性变化，并在到达塑性极限时物体发生断裂。植被系统也有类似的特点，如图 1-1 所示。

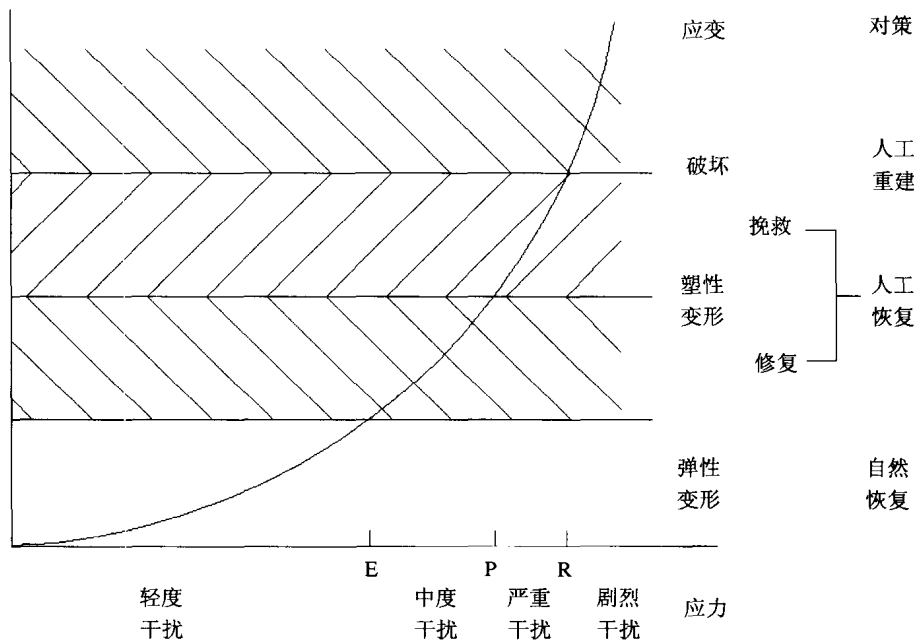


图 1-1 植被系统受干扰效应

Fig.1-1 Effect of vegetation system to disturbance

在 E 值之前，小的系统内外环境变化（轻度干扰）会造成植被系统的波动，但波动幅度不大，只是发生在平衡状态中围绕中心位置的轻微摆动，应力消除后系统能恢复原状，应变为零。此阶段应变与应力成正比线性关系，属于弹性变形，可以通过植物自组

织力得以恢复。干扰停止后, 植被系统可以恢复到初始状态。

但当环境系统受到中度干扰后 (E 值至 P 值), 系统有了较大变化, 超过平衡波动而不再处于平衡之中, 处于初始预警状态。应力消除后一般只能恢复到 E 值状态 (但再经过相当长的时间后, 经过自组织也可以或可能向 E 值前面阶段演替)。系统应变可以通过植物自组织力来逐渐恢复, 但一般耗时较长, 如能结合人为辅助手段来加以恢复, 效果明显。此阶段属于塑性变化范围, 恢复力以植物自组织力为主, 人力为辅。

植被系统在遭受严重干扰后 (P 值至 R 值), 应力作用于系统后的应变更大, 仅凭植物自组织力恢复的难度很大, 耗时很长。系统处于终极预警状态。应力撤除后, 需要通过更大力度的人为措施来加以恢复, 系统一般会建立新的波动平衡状态, 而难以在短期内纯粹复原到初始状态。此阶段仍属于塑性变化范围, 恢复力在初期恢复阶段以人力为主, 植物自组织力为辅; 后期阶段仍要重点利用植物自组织力的自我恢复功能。

剧烈的干扰 (R 值之后) 会导致断裂点的出现, 系统彻底毁坏, 面目全非, 应力撤除后为极度干扰立地, 应进行植被重建。植被重建也包括自然和人工两方面, 不过自然重建的速度极慢, 如在裸地上的自然恢复实际上类同于菌藻、地衣、苔藓、蕨类以及草、灌、乔等植物逐渐侵入基础上的自然成土过程。人工植被重建应以仿拟自然林或近自然林为主要手段^[10], 在重建前期阶段恢复力主要为人力; 不过在重建的后期阶段, 仍要充分发挥植物的自组织力, 科学高效地重建植被。

一般来说, 物体断裂分为两种, 一种为脆性材料的脆性断裂, 一种为塑性材料的剪切断裂^[11]。脆性材料在断裂前毫无预兆, 突然断掉, 令人措手不及; 而塑料材料在断裂前变形显著, 又有弹性、屈服、强化、颈缩等阶段的报警特征, 可以及时采取措施防止断裂。温暖湿润气候地带以及类似生态条件较好的植被类型, 具有塑性材料的特征, 一般会经历前述四个阶段的演变过程, 每一阶段植被种类较多, 系统阻抗较大, 恢复相对较为容易; 干旱寒冷气候带以及类似严酷生态条件下的植被类型, 具有脆性材料的特征, 一般缺少第三甚至第二、第三两个阶段, 植被变化的缓冲阶段少, 植物种类简单, 不仅对应力的阻抗较小, 还经常发生从植被到裸地的直接变化, 因此, 恢复任务十分艰巨。

当然, 以森林为主要组成部分的植被系统与物理系统仍有着质的区别。物理系统受损后的恢复是不可逆的, 而植被系统受损后的恢复可以或可能发生可逆过程, 因为如前所述, 植被系统本身具有调整和恢复的自组织能力。在持续干扰条件撤除后, 植被系统将进入自然演替序列。比如草原被开垦为农田利用数年后, 由于土壤肥力不足、结构恶化而被弃耕, 但在没有人为干扰的情况下, 一般当地自然草种会很快侵入弃耕田块, 而逐渐发生植被自然演替。辅之以人工重建措施, 也是可以较快地促使退化植被系统的逆向发展转为进展演替。如通过灌溉手段可以使荒漠变为绿洲 (林带、作物) 等在荒漠地区十分常见的景观, 就是人工重建植被的典型。

1.3.2.2 不同干扰力度下的植被建设方略

目前, 有关植被建设的术语很多, 比如修复 (Rehabilitation)、修补 (Remedy)、改进 (Enhancement)、改造 (Reclamation)、挽救 (Redemption)、更新 (Renewal)、恢复 (Restoration)、再植 (Revegetation)、重建 (Reconstruction) 等^[4,5,6,12]。这些术语虽然从不同角度或阶段反映了植被建设任务, 但细加琢磨, 就会发现有些术语涵义较近, 有些术