

荒山生态林 营造及植被恢复技术

房用 慕宗昭 杨吉华 葛秀丽 等编著



中国环境科学出版社

荒山生态林营造及植被恢复技术

房 用 慕宗昭 杨吉华 葛秀丽 等编著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

荒山生态林营造及植被恢复技术/房用等编著. —北京: 中国环境科学出版社, 2010.1

ISBN 978-7-5111-0177-8

I. 荒… II. 房… III. ①荒山造林—山东省②森林植被—恢复—山东省 IV. S278.1 S718.54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 019857 号

责任编辑 周煜 万峰
责任校对 尹芳
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.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67138929

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2010 年 3 月第 1 版
印 次 2010 年 3 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 21.5
字 数 400 千字
定 价 52.00 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

编写人员

房 用 慕宗昭 杨吉华 葛秀丽

王月海 王卫东 梁 玉 孙 蕾

邹玉芹

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 国内外研究现状	2
1.2 荒山的概念及其植被恢复理论	10
1.3 我国荒山植被恢复的历史	13
1.4 荒山植被恢复的作用	17
第二章 山东省荒山植被恢复概况	20
2.1 山东省自然概况及其荒山分布	20
2.2 山东省荒山植被恢复历史与研究现状	23
2.3 荒山植被恢复理论	25
第三章 荒山立地条件评价	32
3.1 限制造林效果的环境因子	32
3.2 山东省荒山立地条件类型	34
第四章 石灰岩山地封山育林植被变化研究	41
4.1 情况与方法	41
4.2 结果与分析	44
4.3 结论	57
第五章 荒山恢复植物材料选择研究	59
5.1 荒山造林物种选择的原则	59
5.2 山东省石灰岩荒山适宜的恢复物种	61
5.3 山东省花岗岩荒山适宜的恢复物种	62
5.4 荒山恢复物种选择的研究进展	74
5.5 山东省荒山造林灌藤植物资源研究	75

5.6 山区几种藤本植物的特性与评价研究	79
第六章 荒山植被恢复物种配置模式研究	86
6.1 石灰岩山地植被恢复物种配置模式研究	86
6.2 花岗岩山地植被恢复物种配置模式的研究	115
第七章 荒山造林关键技术研究	125
7.1 概述	125
7.2 荒山造林适宜的整地技术	128
7.3 荒山造林适宜的抗旱技术	133
7.4 几种藤本植物材料造林效果评价	151
7.5 侧柏林分不同郁闭度对其林下侧柏种子成苗的影响	156
7.6 荒山混交林营造技术	159
7.7 荒山造林技术综合比较研究	172
第八章 山东省荒山水土保持植被蓄水保土功能研究	183
8.1 试验材料与研究方法	183
8.2 水土保持森林植被类型蓄水保土功能研究	187
8.3 水土保持灌藤植被类型蓄水保土功能研究	227
8.4 水土保持草本植物类型蓄水保土功能研究	235
第九章 荒山森林植被恢复与林业生态安全评价	246
9.1 荒山森林植被恢复指标体系的构建原则与思路	246
9.2 山东省荒山林业生态安全评价技术	249
第十章 荒山造林综合配套技术推广	256
10.1 荒山造林综合配套技术推广的内容和方法	257
10.2 荒山造林综合配套技术推广	260
10.3 荒山造林综合配套技术推广达到的效果	278
10.4 荒山造林综合配套技术推广取得主要成果	285
附录 山东省荒山造林树种名录	288
参考文献	318

第一章 绪 论

工业革命以来,世界经济快速发展,但高能耗的经济发展模式也导致了诸多环境危机。环境问题已经成为制约社会发展的“瓶颈”。进入 21 世纪,建设生态型社会、实行可持续发展战略已逐步成为人类的共识。鉴于森林资源破坏严重,随之带来了土壤沙化加剧、生物多样性减少、水土流失严重、洪涝灾害频繁等恶果,因此植被恢复的研究越来越受到各国政府和科学家的重视。

荒山水土流失严重、气候恶劣、难以开发利用,不但抑制了当地经济发展,也影响了周围居民的生活环境质量;而荒山的自然环境条件恶劣或人为干扰严重导致植物难以生存繁衍。因此,荒山植被恢复历来是生态恢复的重点和难点。我国“十五”计划纲要中指出:“绿化荒山荒地,全面恢复林草植被”是今后生态环保工作的重点之一。国家林业局 2007 年也表示,今后我国退耕还林工作重点将转向以荒山造林和封山育林为主。

我国是一个多山的国家,山区和丘陵占国土总面积的 2/3 以上。山区的环境保护和经济发展对我国的影响不容小视。除“大跃进”、“文革”时期之外,我国荒山绿化、植树造林工作至今已经进行了 50 多年,每年投入大量人力、物力和财力。但是,据国家林业局第六次森林总资源普查(1999—2003 年)结果显示,我国仍有 5 333 万 hm^2 宜林荒山尚未绿化。尤其是在我国华北和西北地区,大片山地仍然呈现出荒山秃岭、岩石裸露、水土流失严重的状况。究其原因,是因为我国传统造林方法有不少缺陷导致现有人工植被存在存活率低、结构简单、生产力低下、稳定性差等弊端。具体表现在:树种选择不合理,树种配置观念欠缺,忽视先进高效造林技术的开发应用,不重视抚育工作。荒山裸岩地区机械地采用传统方式造林,造林成功率极低,出现“年年造林不见林”的现象。即使苗木存活,也生长发育不良、天然更新能力弱,形成疏残次林。甚至有些荒山地区,由于植树造林时大面积整地造成原有植被破坏、水土流失加剧,人工种植的苗木难以成林,反而加速了生态系统的退化。

荒山植被恢复是恢复生态学的一大挑战。目前,虽然关于荒山生态系统的特

征、植被恢复的策略、植被恢复的过程、恢复物种的选择、物种的配置模式以及新型造林技术的开发应用等方面的研究文献不少,但是比较零散,不成系统。在造林工作实践中,转化应用这些研究成果也不太方便。

本书将以山东省荒山植被恢复的相关研究为例系统介绍荒山植被恢复的研究进展,希望能为山东省乃至华北地区的荒山植被恢复工作和研究工作提供参考和借鉴。山东省历史上就是农业大省,农业开垦和放牧使得山区天然森林资源破坏殆尽。在山东省的济南、潍坊、淄博、枣庄、临沂、莱芜等地荒山秃岭随处可见。经过多年的植树造林和封山育林,山东省境内的宜林荒山已经全部绿化。目前,山东省荒山植被恢复的对象为难以绿化的荒山裸岩和郁闭度小于 0.2 的疏林山地。这些荒山、荒地多处于坡度陡、岩石裸露、土层瘠薄、干旱或半干旱地区,生态环境脆弱,立地条件差,植被恢复非常困难。在这些地区开展植被恢复的研究非常迫切,也具有典型性和实用性。

1.1 国内外研究现状

1.1.1 国内外瘠薄荒山造林研究进展

瘠薄荒山造林地类型划分是植被恢复的重要基础性工作之一。造林地立地条件类型划分是造林中实现“适地适树”原则和决定造林种草能否成功的基础。立地分类单位是由气候、地貌、土壤、植被等多种因素组成,是一个统一的整体。瘠薄荒山立地条件十分复杂,水分生态环境也呈现复杂的多样性。不同的海拔、坡位、坡向、坡度、土壤类型,其水分生态环境也不尽相同、相对应也给造林实践带来了一定困难。周德培、张俊云等根据成因及岩土性质对荒山边坡进行分类。孙明迪、丁国栋等根据实地调查研究,筛选出了影响废弃矿山生态治理潜力的自然条件方面的 3 类 11 个亚类因子,并划分为 6 个等级,运用层次分析法,参考专家评分,来确定废弃矿山生态治理综合潜力值的大小以及每一级别的价值域范围,可为我国废弃矿山生态治理潜力评价及矿区废弃地有效合理利用提供有益参考。谷金锋、蔡体久等通过调查、试验,将鸡西地区各种工矿区废弃地划分为 7 种立地类型,并针对不同立地类型分别进行了土壤理化性质分析、自然植被恢复规律研究,同时还对不同立地类型提出恢复方案,进行了植被恢复试验,植被恢复试验的当年效果比较理想。在空间决策支持和智能化空间决策支持模型方面,也有不少学者做过研究。利用粗糙集理论《Roughset》中的知识表达系统和约简算法,在研究区内选取与立地因子关系最密切的树高因子为决策属性,以海拔、

母岩、坡度、坡位、土类和土层厚度作为条件属性；决策属性动态聚类和各条件属性值域离散化后，建立立地类型分类决策表。张尚云以上层厚度、坡向和土壤速效磷为主导因子，划分出 6 个立地类型，并提出它们的恢复配置模式。张信宝、杨忠等通过不同岩土类型坡地降水入渗能力导致土壤含水量差异的研究提出，以岩土类型指示立地土壤水环境划分出 4 种立地类型，并提出各类立地的恢复配置模式。很多专家学者对我国石灰岩荒山地立地类型的划分进行了研究。李永生等人对太行山石灰岩山地水土保持林立地类型划分研究，确定了土层厚度、海拔、坡向是影响石灰岩山地林木生长的主导立地因子，可作为划分石灰岩山地立地类型的依据；3 个主导因子共构成 60 个立地类型，将 60 个立地类型中的 35 个划为适于用材林的立地类型，25 个为水保林的立地类型，并将 25 个水保林立地类型划分为 3 个立地类型组，即乔灌木水土保持林立地类型、灌木水土保持林立地类型、灌草水土保持林立地类型，并对每个立地类型组的立地特点及生产力做了评价，认为三个水土保持立地类组的立地质量存在着明显差异，在营造水土保持林时，应严格按不同立地质量，选择相适宜的乔灌木水土保持植物。刘启慎对太行山石灰岩区荒山水土保持林地类型研究认为：太行山低山石灰岩区以海拔和植被可划分为两个亚区，即丘陵区 and 浅山区；丘陵区水保林类型有乔灌木型、乔草灌木型、草坡型和荒坡型，浅山区水保林类型有乔草灌木型、灌草型、草坡型和荒坡型；乔草灌木型是该区的最佳水保模式。安徽省林业厅对安徽省东至县石灰岩荒山进行了立地划分，将东至县石灰岩山地划分为六个种类：浅岩、浅土草地坡地，薄土（夹石）坡地，中—厚土坡、洼地，梯壁、浅土草坡地，梯状条带土坡地和岩窝土坡地。强勇华对安徽宣城市石灰岩荒山立地类型进行了研究，将该区石灰岩山地划分为 3 个地形组，即丘陵地形组、低山地地形组和中山地形组，7 个立地类型，即 I 型，属丘陵地形组；II 型，属低山地地形组阳坡下坡亚组；III 型，属低山地地形组阳坡中、上坡亚组；IV 型，属低山地地形组阴坡中坡亚组；V 型，属低山地地形组阴坡中坡亚组；VI 型，属中山地形组阳坡上坡亚组；VII 型，属中山地形组阴坡下坡亚组。王世杰等对喀斯特石漠化的形成背景、演化与治理进行了探讨，将喀斯特石漠化区分为强度石漠化地区、中强度石漠化地区和轻度石漠化地区，对于封山育林是必需的，同时应大力培育一些耐旱、根系发达和生长速度快的草本植物，固定土壤免受侵蚀。在基岩裸露率大的局部地区应采取人工爆破填土造林，或喷洒草种泥浆或人工铺土植草等来恢复植被。在有土层的地方可以直接栽种灌木，既要考虑土壤的承受能力，又要避免植被单一化，逐渐重建草灌乔结合的生态系统；在中度石漠化地区，陡坡耕地非常严重，首先应退耕，要实施封山育林防止土壤流失，但树种要耐瘠、耐旱，且具有适钙性和石生性，有发达的地下根系可

以充分利用地下水并防止水土流失,要尽量避免种植经济林和用材林对土壤及植被的破坏;在石灰岩分布区内轻度石漠化地区,生态系统受损相对较轻,但由于坡度大,应减少农田种植面积,主要发展林牧业。在土层薄的地带可以种植经济林、用材林、增加经济效益,保持水土。此外,宜充分利用当地光热条件开展多层种植,如在山顶栽种水源涵养林,山腰种植经济林,林间种植经济效益较高的灌木,林下种草,且树种和灌木都要多样使生态系统向良性方向发展。

瘠薄荒山立地条件差、小环境恶化、土壤干燥瘠薄,营养成分含量低,选择适宜的造林树种成为一项主要的技术措施。围绕植物种选择存在以下几种观点。其一,不提倡使用外来植物。实质上,提倡者基于外来植物缺乏与当地植物以及其他异养生物形成协同进化史,因而无法形成和谐生态关系,同时外来植物尚存在生物入侵可能,会导致当地生物多样性锐减,形成绿色沙漠。其二,提倡在原生裸地种植豆科等改良土壤的先锋植物,包括外域植物种,如在广东鹤山生态站裸地采取生态工程措施并种植马占相思、大叶相思和马尾松人工群落,然后再引植 40 余种本土树种,加速植被恢复演替进程。研究者基于豆科先锋植物对裸地的改良和迅速积累土壤功能,改善下垫面微环境,为后续定居本土植物种创造适宜生存条件。其三,在植被恢复过程中,植物种选择从乔木拓宽到灌木和草本植物的范畴,并考虑部分归化种,这种植被恢复思路是基于植物群落是乔木、灌木和草本植物的复合体。植物组分的完整与和谐,意味资源充分利用,因而改善退化环境、促进演替进程的生态效果更为理想。山东农业大学李健对山东石灰岩山地的适生树种进行了调查,研究资料表明,仅有 44 种(包括 3 变种、1 栽培变种)分属于 19 科、30 属,其中乔木 18 种、灌木 20 种、藤本 6 种;虽然种类不多,但都表现出强大的生命力,在同样立地条件下,较之其他种类根系发达,生长旺盛,乔木树种树体高大,甚至在土层极瘠薄(土层厚度 $<10\text{ cm}$)的条件下亦可生长,所以被称为石灰岩山地的适生树种。黄连木被认为是石灰岩荒山干旱阳坡造林的先锋树种,黄连木是温带树种,适应大陆性气候,抗旱能力强、抗寒性较差,能耐 -20°C 低温,在年降水量 300 mm 以上的地方能正常生长。如湖南省曾家坳 450 年生黄连木,树高 15 m ,胸径 136 cm ,冠幅 15 cm ,屹立在石灰岩裸露的山坡上。苏金侠、冯春波通过对黑龙江望奎县荒山进行造林的实践中提出树种的选择以当地适生的乔木树种为主,本着“适地适树”的原则,选择抗逆性强、适应性广、具有较大经济价值的乔、灌木树种;研究表明在黑龙江省可选用红松、兴安落叶松、长白落叶松、水曲柳、黄菠萝、胡桃楸、紫椴、樟子松、赤松、云杉、圆头柳、白榆、黄榆、大青杨、小青杨、胡枝子等树种)。高立平、王惠芳通过对阿拉善干旱荒漠区石质荒山立地条件的分析,提出了在干旱荒漠区

石质荒山造林中采用以侧柏、白榆、油松、云杉等为主的基本树种，柠条、蒙古扁桃、国槐、刺槐、丁香等为辅助树种的多树种，针、阔、灌、草、藤本混交造林是成功的，是一项值得研究推广的荒山造林模式。在荒山造林树种配置上，应以本土树种为主，坚持乔、灌、草、藤本树种相结合，根据具体的立地条件，宜乔则乔，宜灌则灌，宜草则草。常绿乔木树种应以侧柏、油松为主。包永平等通过对朝阳县半干旱瘠薄荒山造林的调查结果看出，侧柏造林既可获得理想的造林成活率，又可获得百分之百的保存率，说明侧柏抗旱性能极强，在朝阳地区可列为耐旱、耐土质瘠薄性最佳树种。侧柏在全国各地均有分布，在半干旱海拔在 600 m 以下的石质山区可称为最佳造林树种。

在荒山造林过程中存在造林成活率低，造林适宜期短等缺点。许多研究者提出的直播造林、秸秆营养钵造林、大苗造林、容器育苗等方法能显著改善造林成活率低、造林保存率低等瘠薄荒山造林中存在的一系列问题。杨刚、刘兆泉、赵秀美等在多年实践的基础上证明直播造林是加快山东省干旱瘠薄山地造林的有效途径和主要措施。直播造林适用于交通条件差的远山、深山，灌溉非常困难或者无法进行灌溉，难以实施植苗造林的干旱瘠薄山地。直播造林可以省去从育苗到栽植的多种工序，可以降低造林成本，操作简便易行。孟令选认为采用直播造林方式，可缓解当前退耕还林工程中荒山造林不利因素的限制和造林经费不足的矛盾，简化造林工序，对提高荒山造林成效，确保退耕还林工程质量具有现实意义。但在进行荒山直播造林时必须抓住 4 个关键点：①播种前一定要进行块状清理和整地，改善播种地块的立地条件；②采用本地优良乡土母树的良种，做到适地适树；③播种覆土后一定要用杂草枝叶覆盖播种穴，以防鸟类啄食；④加强播种出苗后的抚育管理。杨庆伟等通过山东泗水县荒山直播造林试验得出：选择山桃、山杏、麻栎等大粒种子进行直播造林，幼苗出苗率高，成功率较高；播前进行浸种，采取鱼鳞坑整地，播后进行封育管护能显著提高造林成功率和幼苗生长量；冬季封冻前点播幼苗出苗率高，直播造林以冬季点播为主；依据种子大小，合理进行覆土，促进种子发芽和幼苗出土。王天圣通过对阳城县造林多年的实践总结、现状调查和技术探索，建立了适应干石山区实际情况的容器苗造林技术模式，表明容器苗可大大提高干石山区造林成活率；可提高干石山区造林的保存率和改善苗木翌年的生长状况；容器苗造林后幼林的生长状况优于裸根苗。杨翠兰、李明臣对博山区荒山造林技术进行了总结：①搞好规划设计；②推行容器育苗；③提前整地；④选准造林季节；⑤精心栽植。马志军通过对陕西商洛市低山荒山造林途径的分析研究，总结出在立地条件差的荒山上造林时：一是用本土树种杜仲、连翘进行造林；二是在立地条件特别差、土壤瘠薄又必须绿化的荒山地段上造林

时,采用前一年栽植适应性强的辅助树种刺槐进行栽植造林,第二年套栽主要树种油松、侧柏,通过改变局部环境条件的造林技术措施,收到了意想不到的绿化效果。苏金侠、冯春波通过对黑龙江望奎县荒山进行造林的实践中认为造林时期应选在春季树木萌芽前 1~2 周,或当土壤化冻深度达 20~25 cm 时早春顶浆造林成活率高。具体造林方法有:用壮苗植苗造林,成活率高,苗根要始终保持湿润状态,苗根接种菌根菌泥浆能提高成活率,并耐瘠薄,增强抗逆性。在干旱瘠薄的荒山还可用容器苗造林。植生组栽植:在筑高台上栽植,每块为一植生组,每组栽植 3~5 株,三角、四角或四角加中心配置;造混交林:将主要、次要和灌木树种配合好,进行窄带(3~5 行)混交比纯林优越。如落叶松与水曲柳混交,其根量比纯林多 1 倍,叶面积比纯林增大 2.5 倍,混交林水曲柳高生长量为纯林的 133.7%~142.3%;径生长量为纯林的 117.6%~142%;立木蓄积为纯林的 1 倍以上。混交林中落叶松的生长也显著好于纯林。高立平、王惠芳通过对阿拉善干旱荒漠区石质荒山立地条件的分析,提出了荒山造林除应用常规造林技术外,还需重视工程技术与生物技术相结合和造林新技术的应用,提高造林成活率和保存率,提高林分的稳定性。选用大苗造林是快速治理恶劣环境的有效途径,采用科学的造林技术,加强管理,能够确保造林成活率和保存率,在短时间内收到良好的治理成效。季玉有通过古浪山区荒山造林的实践提出采用保水剂、干水和集雨节灌造林技术进行荒山造林,选择应用适生的乡土树种和其他优良植物材料,探索不同立地类型最佳造林模式。

1.1.2 国内外瘠薄荒山植被恢复研究进展

生态修复研究的时间和历史可以追溯到 19 世纪 30 年代,但将生态修复作为生态学的一个分支进行系统研究,是 1980 年 Cairns 主编的《受损生态系统的恢复过程》一书出版以后才开始的。20 世纪 20 年代开始,德、美、英、澳等国家对于矿山开采扰动受损土地进行恢复和利用,逐渐形成土地复垦技术,包括农业、林业、建筑、自然复垦等,实际仍是土壤环境修复的范畴。20 世纪 50 年代的生态恢复侧重于采矿业和地下水开采所造成的各种地面塌陷环境及其生态恢复方面的研究。70 年代后,受生态工程学术思想的影响,从土壤环境修复和生产力恢复层面上升到了生态系统恢复层面,基本内涵就是在人为辅助控制下,利用生态系统演替和自我恢复能力,使被扰动和损害的生态系统(土壤、植物和野生动物等)恢复到接近它受干扰前的自然状态,即重建该系统干扰前的结构与功能有关的物理、化学和生物学特征。1975 年 3 月,在美国弗吉尼亚工学院召开全球第一次“受损生态系统的恢复”国际会议,第一次专门讨论了受害生态系统的修复

和重建等许多重要的生态学问题,并呼吁加强对受害生态系统的基础数据的收集与生态恢复技术措施等方面的研究,此后英美等国创刊恢复生态学的杂志,生态恢复被列为当时最受重视的生态学概念之一。80年代以来,有关恢复生态学的研究得到了迅速的发展,国际社会和各国相继开展了有关恢复生态学的研究。如美国的生物圈持续发展计划(The Sustainable Biosphere Initiative)将恢复生态学列为主要的研究内容。国际地圈生物圈计划(IGBP)、全球变化的人类因素研究计划(IHDP)、全球环境监测系统(GEMS)等国际大型计划都包含了恢复生态学的内容。1980年Bradshaw和Chdwick出版了《Restoration of land, The Ecology and reclamation of derelict and degraded land》;1983年,美国又召开了题为“干扰与生态系统”的国际学术会议,系统探讨了人类的干扰对生物圈、自然景观、生态系统、种群和生物种的生理学特性的影响。1984年美国的植物园学术会议出版了《恢复生态学》的论文集,从退化及恢复等方面探讨了退化生态系统形成及其恢复重建过程机理;1985年,Aber和Jordan首次提出了“恢复生态学”这个科学概念。1987年,Jordan发表《恢复生态学》专著,1993年,Bradsh做更详尽的研究,生态恢复学成为生态学一个分支学科。1991年,澳大利亚举行了“热带退化林地的恢复国际研讨会”;1993年在中国香港举行了华南退化坡地恢复与利用国际研讨会,系统地探讨了中国华南地区退化坡地的形成及其恢复重建问题;同年美国创办了《Restoration Ecology》等刊物专门刊登有关生态恢复与重建方面的研究成果。1996年在北京召开的生态修复国际会议主题之一即为“退化生态系统的生态修复”。2006年东亚地区生态恢复国际会议在日本举行,大会将重点放在环境保护与恢复的理论信息的交换上。目前英国、德国、荷兰、美国、澳大利亚、中国等国都开展了有关恢复生态学的研究。

我国是世界上生态系统退化类型最多、山地生态系统退化最严重的国家之一,也是较早开始生态重建研究和实践的国家之一。从20世纪50年代开始,我国就开始了退化环境的长期定位观测试验和综合整治工作。研究不合理的人类活动及资源的不合理利用所带来的生态环境恶化、生态系统退化的问题,并在黄土高原地区退化坡地上开展恢复生态学中的植被恢复技术、机理研究和长期定位观测试验。50年代末,在黄土高原地区退化坡地上开展了荒山绿化、植被恢复工作。70年代,在“三北”地区开展了防护林工程建设,以及80年代在长江中上游地区(包括岷江上游)开展了防护林工程建设、水土流失治理工程等一系列的生态恢复工程建设。到80年代末以后,我国还在农牧交错区、风蚀水蚀交错带、干旱荒漠地区、干热河谷、湿地、城市水土流失区、工业废弃地等退化或脆弱的生态环境中进行了恢复重建方面的大量工作,将这方面的研究推向了一个新阶

段。90 年代开始的沿海防护林建设研究,提出了许多切实可行的生态恢复与重建的技术与模式,先后发表了大量的有关生态系统退化和人工恢复重建的论文、报告和论著,如《中国退化生态系统研究》(1995)、《生态环境综合和恢复技术研究》(1993, 1995)和《热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究》(1996)。1990 年我国召开了“全国土地退化防治学术讨论会”,会议系统地总结了我国在土地退化方面的研究动态与进展,提出了许多切实可行的生态恢复与重建的技术和模式。1996 年在北京召开的生态恢复国际会议上,“退化生态系统的生态恢复”被列为大会的主题之一。在实践上,已有了一些成功的小流域生态恢复案例。目前,我国在退化生态系统的恢复与重建理论、应用技术和研究手段方面已取得了较大成果。我国的生态恢复研究近年来获得了许多理论成果和实践经验,如在热带、亚热带退化生态系统研究中,提出了被极度破坏的森林是可以恢复的,生物多样性和群落丰富度在恢复过程中呈现规律性的变化,其最大值出现在演替的中后期,然后逐步降低;在对黄土高原砒砂岩荒漠化的研究中,在以植物“柔性坝”拦截粗沙的基础上,进行小流域综合治理,形成生态环境治理与经济建设相结合的大系统;韦家恩、徐琪在三峡库区退化土壤恢复与重建的研究中,定量地探讨了其恢复与重建的标准,采取的工程技术措施包括建立坡地复合农业生态系统、优化肥料施用结构、实施移土重建工程等;史德明、韦启潘等根据我国南方侵蚀土壤的发展过程和属性变化特点,提出了侵蚀土壤退化指标体系,并系统全面地论述了侵蚀土壤物理退化、化学退化和生物退化的具体内容和定量指标;在内蒙古典型草原地带退化草原的生态恢复项目研究中,通过应用多种数据源、多种决策分析方法,建立生态环境基础空间数据库,确定生态环境适宜度评价模型,在地理信息系统平台上分析了生态环境适宜度,决策生成植被恢复的布局方案和优化栽培技术组合;废弃地植被恢复的关键技术(优良先锋植被品种筛选、土壤培肥、生物与微生物改良土壤)。我国的生态恢复研究虽然已取得了许多成果,部分集中治理使得地区的生态环境有极大改善,人民生活水平有所提高,但是从大范围上看,环境压力依旧不断加剧,生态恢复的速度并不能赶上被破坏的速度。实施生态修复是水土保持生态建设的深化和发展,是水土保持生态建设思路的重大战略调整。近年来,我国水土保持生态建设工作认真贯彻落实新的治水思路,在不断加强人工治理的同时,积极探索并大力推进生态自我修复工作,充分依靠大自然的力量,加快水土流失防治步伐,取得了实质性进展。由于水土流失是我国生态环境恶化的重要根源,水土保持与荒漠化防治也有深入的研究和实践经验,而过去我国的水土保持生态建设主要针对人口相对集中、水土流失严重的区域,在大范围的封育保护和恢复系统自我调节能力方面还有不足。生态自我修复

是一项崭新的工作,但从全国总的情况看,各方面对生态自我修复的认识还不尽一致,推进力度还不平衡。目前人们在认识上、观念上仍有很大差距,组织实施生态自我修复的技术路线和相关的政策措施还需要进一步完善,各方面用于生态自我修复的资金投入和必要的协调管理还远没有跟上。在政策法规上,国家已经制定了许多保护生态、防治水土流失的法律,如《水土保持法》、《森林法》、《草原法》、《环境法》等,这些法规比较宏观、强调原则,对生态自我修复有一定的指导作用。近几年,全国各地已经开展了许多试点地区、试点县的工作,生态修复取得了初步成果,应认真总结经验,积极引导,不断探索新路子,使试点示范能起到更好的辐射作用。

生态修复是治理水土流失的必要途径。生态修复的提出,就是要调整生态重建的思路,摆正人与自然的位置,以自然演化为主,进行人为引导加速自然演替过程,而遏制生态系统的进一步退化,快速恢复地表植被覆盖,防止水土流失和洪涝灾害的频繁发生。国内外在生态修复方面的工作还不够系统和完善,加之生态系统的恢复与重建研究需要长期的定位实验和观测,同时生态系统的修复是一项系统的工程,需要国家、社会、科学工作者和广大人民的共同参与合作。虽然许多国家对森林、草地、湿地、废矿地等退化生态系统的恢复与重建做了大量研究工作,形成了许多研究成果。但目前的研究尚未形成生态修复的理论体系和技术体系。今后的研究工作应着重以下几个方面:①生态自然修复机理及修复潜力的研究。包括对水土流失及生态系统退化的人为扰动或自然成因、生态系统逆序演替和可逆性及修复潜力、解除干扰下修复生态系统的演替进程及预期结果的研究等,这些研究是其他研究的基础。②生态自然修复实施区域划分及指标体系研究。主要是限制性指标及区域划分研究,即回答什么地区可以实施生态自然修复工程,什么地区不可以实施,什么条件可以实施,什么条件不可以实施的问题。③生态自然修复工程验收分区标准及规范研究。包括两方面:一是不同区域生态修复需要的时间及应达到的指标。回答达到什么水准就认为生态系统已经修复。二是在技术上确定抽检内容和方法。④生态自然修复规划设计技术规范研究。包括规划涵盖的内容、调查的方法和规划设计技术要求等。⑤生态自然修复过程及其效果的监测与评估研究。包括监测内容、指标、监测点布设、监测方法等的研究。

1.2 荒山的概念及其植被恢复理论

1.2.1 荒山的定义

所谓“荒山”是指经过人为活动反复破坏自然植被后形成的，一般没有足够的树木或者自然植被覆盖（包括郁闭度在 0.2 以下的林地），土壤侵蚀严重，生产力低下，很难直接用于农牧业生产。

本书中所提到的荒山包括荒山和荒丘，其分类依据是：荒山指海拔高度 500 m 以上。相对高度大于 200 m，具有明显的坡麓和延伸规律，坡度较陡，无人为主动效益产出，地表植被以自然灌木和草本植物为主；荒丘指海拔高度 500 m 以下，地貌起伏不大，相对高度小于 200 m，具有浑圆顶部和平缓坡面，无明显延伸规律，无人为主动效益产出，地表植被以自然灌木和草本植物为主。

1.2.2 荒山的分类

荒山可分为宜林荒山和裸岩荒山。由于山东省内的宜林荒山已经完成绿化，因此山东省目前的荒山植被恢复主要是指难以造林的裸岩荒山和郁闭度小于 0.2 的疏林山地。在实际造林工作中，一般按照土壤基质的母质把荒山划分为石灰岩荒山和花岗岩荒山。石灰岩是地壳中分布最广的一种在海潮盆地生成的灰色或灰白色沉积岩（约占岩石圈的 15%），是碳酸盐岩中最重要的组成岩石，容易形成山圪地貌、喀斯特地貌、地下溶洞等。其风化物呈弱碱性。石灰岩山地主要特点有：①地面漏水，降水入渗系数较大，地表缺水，干旱严重；②土壤侵蚀速度比成土速度快，造成土层浅薄，岩石裸露，植被稀疏，种植困难。山东省的石灰岩山地面积约为 150 万 hm^2 ，约占全省面积的 26%。山东的石灰岩山地由于反复开垦，原始植被遭到严重破坏，加上石灰岩构造容易漏水、成土困难，造成土壤干旱瘠薄，生态环境恶劣，造林的难度大，即使造林成活，其林分生长状况也较差。石灰岩山区一直是荒山造林绿化的难点和重点。

花岗岩属火成岩，由地下岩浆喷出和侵入冷却结晶，以及花岗质的变质岩等形成。具有可见的晶体结构和纹理。花岗岩不容易水溶，但受纵向冲刷后往往形成石柱或孤峰、石蛋、一线天、岩洞等地貌。其风化物呈弱酸性。花岗岩山地地形特点：地表多为砂土，土壤多为棕壤，土层厚度随地形从山顶到山脚由薄到厚，从几厘米到几十厘米不等，通常 5~13 cm；一般存在缺水缺肥状况。花岗岩山地经常岩石裸露，绿化困难，难成其林。

1.2.3 荒山植被恢复的可能性

在气候条件合适、土壤尚厚但肥力严重不足和即将退耕还林的山地，或受到多次人为干扰导致植被退化而形成的荒山，可通过人为促进的方法尽快建成森林群落，避免土壤条件的进一步恶化，修复生态系统的结构和功能。

在气候条件和土壤条件不适宜乔木生长的地区，根据因地制宜的原则，可适当恢复灌草丛植被，减少水土流失，促进岩石的风化和土壤的形成，以改善环境条件促进顺行演替过程。

1.2.4 植被恢复理论简介

1. 相关概念

1994年生态恢复协会将生态恢复(ecological restoration)定义为：修复由于人类活动而遭损害的原生生态系统的多样性和动态功能。这种损害已经导致生态系统不可能在近期内(50年左右)回到其先前的状态并且可能会继续退化。1995年国际生态恢复学会提出了最终定义：生态恢复是研究生态整合性的恢复和管理过程的科学，生态整合性包括生物多样性、生态过程和结构、区域及历史情况、可持续的社会实践等广泛的内容。Cairns等将生态恢复的概念定义为：恢复被损害生态系统到接近它受干扰前的自然状况的管理与操作过程，即重建该系统干扰前的结构与功能及有关的物理、化学和生物学特征。这些概念都强调了恢复生态系统必要的结构和功能，并使之能够自我维持。这些都是狭义的恢复概念，指系统恢复到或接近原来的面貌。广义上的恢复则认为终止退化生态系统进一步退化，即可称为恢复。生态恢复主要通过生态系统的自我恢复能力，尽量少用人为干预，而且干预要遵循生态规律，使“干预”和“自我恢复”达到“共鸣”。

与生态恢复有关的概念还有：重建(rehabilitation)、改良(reclamation)、改进(enhancement)、修补(remedy)、更新(renewal)、再植(revegetation)等。这些与恢复相关的概念可以看做广义的恢复概念。对于荒山植被恢复而言，恢复的涵义应理解为广义的恢复，更接近于植被重建。

2. 植被恢复必要性

近几十年来，由于人口急剧增长，经济高速发展，自然资源和环境强度开发，生态系统已发生了大规模的区域性乃至全球性的变化，使全球生命支持系统的持续性受到严重的威胁。生态系统的大面积破坏和退化，不仅表现在总面积的减少，更为严重的是其结构和功能的降低或丧失使生存其中的许多物种已变成濒危种或受威胁种。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