

陕北黄土高原 植被恢复及近自然造林



朱清科 张 岩 赵磊磊 秦 伟 刘中奇 等◎著



科学出版社

陕北黄土高原植被恢复 及近自然造林

朱清科 张 岩 赵磊磊 秦 伟 刘中奇等 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

全书在回顾和总结黄土高原植被恢复基础理论和主要问题的基础上,以陕北半干旱黄土高原吴起县为主要研究基地,分析研究半湿润和半干旱黄土高原植被恢复立地条件特征,造林困难立地条件类型的分布特征,以及其植被恢复重建的难易程度,通过对比试验和退耕地植被演替规律研究,提出陕北半干旱黄土高原植被恢复重建的主要途径是人工造林与封禁相结合;通过创新性的试验提出基于坡面微地形植物群落结构配置的近自然造林理论与技术。

本书可供从事林业生态工程、水土保持、森林培育、生态环境工程、森林经理、自然地理、土地管理和农业等方面的科研人员、大专院校师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

陕北黄土高原植被恢复及近自然造林 / 朱清科等著. —北京: 科学出版社, 2012

ISBN 978-7-03-033125-0

I. 陕… II. 朱… III. 黄土高原 - 森林植被 - 恢复 - 研究 - 陕西省
IV. S718.54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 270090 号

责任编辑: 张 震 / 责任校对: 李 影

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 无极书装

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 1 月第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2012 年 1 月第一次印刷 印张: 24 3/4

字数: 490 000

定价: 99.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

我国黄土高原属于欧亚大陆东部温带季风大陆气候，地跨干旱、半干旱和半湿润三个气候带，其中 70% 以上的地区为年降水量在 300 ~ 550mm 的半干旱和半湿润易旱地区，自然条件严酷，森林覆盖率低，是我国乃至世界上水土流失最严重的地区之一。新中国成立以来，为了控制水土流失，改善生态环境，我国在该地区已开展了大规模的植树造林工作，特别是近 30 年来，先后启动实施了“三北”防护林体系建设工程、退耕还林（草）工程等林业生态工程。我国科技工作者以该地区植被恢复与重建为研究对象，开展了大量的科技攻关研究，提出了造林立地条件类型划分与适地适树、防护林体系空间配置与林分结构优化、抗旱造林及径流林业、抗旱造林树种选育、防护林体系效益评价等理论与技术，有力地支撑了工程建设。然而，由于工程建设采取先易后难的建设顺序，集中分布于侵蚀沟坡和干旱陡峭阳坡，土壤水分条件差的困难立地占宜林地面积比例不断增加，已成为我国林业生态建设亟须攻克的技术瓶颈问题之一。为此，我们在“十一五”国家科技支撑计划重大项目“林业生态建设关键技术研究”中的“困难立地工程造林关键技术研究”（2006BAD03A03）课题的支持下，以位于陕北黄土高原西北部半干旱区的吴起县为试验研究与示范基地，开展了黄土干旱阳坡抗旱造林与植被恢复技术攻关研究。本书在该课题研究成果的基础上，总结汇集了“十二五”国家科技支撑计划“黄土及华北石质山地水土保持林体系构建技术研究”（2011BAD38B06）和林业公益性行业科研专项经费课题“黄土丘陵严重侵蚀区植被恢复和重建技术研究”（201104002-2）的最新研究进展，形成了陕北黄土高原植被恢复及近自然造林的理论与技术。

陕北黄土高原气候干旱，“十年九旱”是半干旱黄土高原的基本特征，水资源不足是该地区农林生产及植被恢复与重建的主要限制性因素。为此，陕北半干旱黄土高原植被恢复与重建的途径是封山育林生态恢复还是人工造林与封山禁牧相结合已引起人们的广泛关注和争议，特别是黄土干旱阳坡和侵蚀沟坡等造林困难立地的植被恢复与重建途径备受争议。因此，陕北黄土高原目前造林及植被恢复的困难立地条件究竟包括哪些类型，如果采用人工造林与封禁相结合的林草植被重建方法如何解决目前干旱阳坡及侵蚀沟造林成活率低、保存率低和生长不良等技术问题，是该地区林业生态工程及生态环境建设中必须研究解决的瓶颈问

题。中国古代“天人合一”的思想认为人与自然是一体的。老子在《道德经》中说：“道大，天大，地大，人亦大。域中有四大，而人居其一焉。人法地，地法天，天法道，道法自然。”意即人只居宇宙四大之一，宇宙中万事万物的规律是不随人们的意志而改变的。要做到人与自然和谐必须首先认识自然，知山知水，道法自然，以达到改善生态环境，控制水土流失之目的。即欲解决该地区林业生态工程及生态环境建设中存在的上述问题，必须回归到自然之中，效法自然。因此，我们在国家科技支撑计划课题和林业公益性行业专项经费课题支持下，以位于陕北黄土高原西北部半干旱地区的吴起县为试验示范基地，调查研究了该地区造林困难立地条件类型的分布特征及造林与植被重建的难易程度，得出了 25° 以上阳坡和半阳坡是该地区植被恢复重建的困难立地，占黄土高原各类型区总面积的 $8\% \sim 25\%$ ，其中，高原沟壑区较小，丘陵沟壑区较大。并且，开展了封山禁牧自然恢复和人工造林封山禁牧的两种植被恢复与重建途径的对比流域试验研究，以及黄土高原半干旱地区退耕地植被自然演替规律研究，认识到在年降水量少于 500mm 的半干旱黄土区，完全依赖自然力恢复森林植被需要漫长的过程，人工造林比自然恢复快25年以上，半干旱黄土区植被恢复与重建的主要途径是人工造林与封山禁牧相结合。

我们课题组为研究攻克陕北黄土高原困难立地造林及植被重建的关键技术，深入研究黄土坡面的基本状况，发现陕北黄土高原由于严重的水土流失，地形破碎，坡面起伏不平，存在浅沟、切沟、塌陷、缓台、陡坎等微地形。由于微地形对降水及径流的二次分配作用，坡面土壤水分存在显著的异质性，形成了坡面不同微地形中土壤水分等微生境条件的较大差异，自然界多年来形成的林草植被已告诉我们，正是陕北黄土高原坡面中的微地形生境条件异质性为该地区林草植被结构配置提供了先决条件，特别是水分条件较差的困难立地更应该根据微地形配置乔灌木树种。然而，传统的造林是沿坡面等高线设计和施工、以一定的等株距和等行距进行树种配置造林，即使人工营造混交林（包括乔灌混交林），也均以固定的株行距设计和施工，没有考虑自然坡面的微地形条件变化，导致多年来人工混交林在立地条件类型较差的造林地上难以成活。而且，即便是营造纯林，也因传统等株行距方式栽植的林木最终不能全部存活或生长差，从而造成整个坡面的造林存活率和保存率往往很低，或生长不健壮，形成生长不良的“小老树林”的问题。为此，我们课题组提出了微地形植物群落结构配置近自然植被建造技术，即根据黄土坡面浅沟、切沟、塌陷、缓台、陡坎5种微地形类型的土壤水分、养分等微生境条件，以及不同造林立地条件类型坡面上各类微地形的分布比例和空间位置，配置造林的乔木树种、灌木树种和草本植物，解决了困难立地造

林树种结构配置问题,实现了水资源合理利用,提高了困难立地林分的保存率和群落稳定性,解决了造林地如何实现宜乔则乔、宜灌则灌、宜草则草的技术措施。

本书共分4部分18章。首先总结黄土高原植被恢复基础理论和主要问题,介绍研究区概况,以及黄土高原立地类型及其微地形。上篇以黄土高原植被恢复立地条件为研究主线,运用“3S”技术及样地调查等方法,研究黄土高原造林立地条件类型结构区域分异特征和黄土高原主要类型区阳坡分布规律,分析了黄土高原沟谷网络分维特征和黄土高原不同类型区沟谷分布周期,探索陕北黄土高原浅沟地貌特征及其对植被的影响和陕北黄土高原不同造林立地条件类型植被恢复重建的困难程度。中篇以陕北黄土高原植被恢复重建途径为研究重点,通过两种林草植被恢复重建途径流域对比试验和退耕地植被演替规律调查分析研究,提出在半干旱黄土区植被恢复重建的主要途径是人工造林与封山禁牧相结合,并通过研究人工重建植被土壤水分变化及稳定性和不同人工林草植被配置对土壤质量的影响,证明人工促进下的植被恢复没有造成林地土壤水分和养分条件的恶化,人工促进有利于陕北黄土高原林草植被快速有效恢复。下篇以陕北黄土高原微地形植物群落结构配置近自然造林为中心,分析陕北黄土高原坡面土壤水分空间分异特征,同时在坡面尺度范围内,进一步分析陕北黄土高原干旱阳坡微地形土壤水分特征、土壤养分特征和微地形植被分布特征,提出黄土干旱阳坡微生境植被乔灌草群落结构配置的近自然造林技术,开展半干旱黄土区不同立地条件类型造林模式设计和实践示范,取得了良好的效果。附录列出陕北黄土高原主要植物名录。

本书第1章由朱清科、薛智德和刘中奇执笔,第2章由朱清科和秦伟执笔,第3章由朱清科、薛智德和赵荟执笔,第4章由安彦川、薛智德和秦伟执笔,第5章由朱清科、赵荟和秦伟执笔,第6章由安彦川和秦伟执笔,第7章由安彦川和秦伟执笔,第8章由李安怡、赵维军和秦伟执笔,第9章由赵荟和秦伟执笔,第10章由秦伟和刘中奇执笔,第11章由刘中奇和张岩执笔,第12章由刘中奇、卜楠和邝高明执笔,第13章由张岩、张宏芝和聂立水执笔,第14章由朱岩和张岩执笔,第15章由赵荟、王晶和赵磊磊执笔,第16章由张宏芝、张岩和聂立水执笔,第17章由王晶、许志超和赵磊磊执笔,第18章由朱清科、赵磊磊、方斌和王蕊执笔,附录由赵磊磊和吉文丽执笔。本书前三章由朱清科、赵磊磊和张岩统稿,上篇由秦伟、朱清科和张岩统稿,中篇由张岩和朱清科统稿,下篇由赵磊磊、朱清科和张岩统稿。全书由朱清科、张岩、赵磊磊和秦伟统稿并定稿。

在研究工作中,我们课题组全体成员团结一心,密切配合,圆满完成了各项

课题任务，在此对大家的努力表示衷心感谢。衷心感谢北京林业大学原校长朱金兆教授、国际泥沙研究培训中心主任助理刘广全研究员和北京林业大学水土保持学院的帮助和支持。非常感谢中共吴起县委冯振东书记，吴起县人民政府王彦农县长和王湛鸿副县长，吴起县林业局吴宗凯局长、刘广亮副局长、雷明军主任、穆建华主任、王文田主任等同志在野外调查工作中给予的帮助和支持。

由于时间仓促，作者水平有限，书中不免会有欠妥之处，敬请读者批评指正。

作 者
2011 年 9 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 黄土高原植被恢复基础理论与关键问题	1
1.1.1 生态恢复理论	1
1.1.2 植被群落演替	3
1.1.3 植物群落物种多样性和生物量	5
1.1.4 植被演替与物种多样性的关系	8
1.1.5 生态恢复及其与土壤质量的关系	9
1.2 黄土高原植被恢复问题	19
1.2.1 地质时期黄土高原植被变迁	20
1.2.2 历史时期黄土高原植被破坏历程	22
1.2.3 气候因素对黄土高原植被演变的影响	26
1.2.4 植被区划演变	28
1.2.5 黄土高原植被演替	28
1.2.6 水分和养分对黄土高原植被的影响	31
1.2.7 黄土高原植被自然恢复和人工重建	33
第 2 章 研究区概况	35
2.1 黄土高原概况	35
2.1.1 黄土高原自然概况	35
2.1.2 黄土高原社会经济概况	44
2.2 陕北吴起县概况	44
2.2.1 自然条件	44
2.2.2 社会经济条件	48
第 3 章 黄土高原立地类型及微地形	50
3.1 黄土高原分区及立地类型研究进展	50
3.1.1 黄土高原分区	50
3.1.2 森林立地类型研究历史	50
3.2 黄土高原坡面微地形	57
3.2.1 造林立地类型及微地形研究进展	57
3.2.2 黄土高原坡面微地形定义及类型划分	59

上篇 黄土高原植被恢复立地条件

第4章 黄土高原立地类型结构区域分异特征	63
4.1 黄土高原立地类型划分原则	63
4.1.1 立地类型划分原则	63
4.1.2 立地类型划分因子的选择	64
4.2 典型类型区选择与数据处理	67
4.2.1 典型类型区概况及立地类型划分	67
4.2.2 立地类型划分方法	71
4.2.3 数据来源及处理	71
4.3 不同类型区立地类型结构对比	74
4.3.1 坡度结构对比	74
4.3.2 不同立地类型面积对比	75
4.4 小结	78
第5章 黄土高原不同类型区阳坡分布规律	79
5.1 阳坡立地类型划分	79
5.2 数据处理	81
5.2.1 不同坡度、坡向坡面投影面积的提取	81
5.2.2 沟缘线和坡脚线提取	81
5.2.3 不同类型区各立地类型土地面积比例提取	82
5.3 不同类型区阳坡面积比例	82
5.4 不同类型区阳坡随坡度变化的变化	82
5.4.1 不同类型区阳坡随坡度变化的变化规律	82
5.4.2 高原沟壑区与丘陵沟壑区阳坡对比分析	84
5.4.3 丘陵沟壑区第二副区和第五副区阳坡对比分析	85
5.5 不同类型区阳坡立地类型组成对比	85
5.6 不同类型区阳坡立地类型面积对比	86
5.7 小结	88
第6章 黄土高原沟谷网络分维特征	89
6.1 黄土高原沟谷网络分维研究概述	89
6.1.1 基于DEM的分维研究概述	89
6.1.2 黄土高原沟谷网络分维特征	92
6.2 黄土高原沟谷网络计盒维数计算原理及方法	93
6.2.1 基于DEM提取沟谷网络的基本原理	93

6.2.2 沟谷网络计盒维数计算原理	94
6.2.3 沟谷网络计盒维数计算步骤	95
6.3 黄土高原不同类型区沟谷网络分维值的统计分析	95
6.3.1 各样区沟谷分维拟和	95
6.3.2 各样区沟谷网络分维值综合分析	99
6.3.3 沟谷网络分维值与沟壑密度之间的关系	101
6.4 小结	102
第7章 黄土高原不同类型区沟谷分布周期	104
7.1 黄土高原沟谷系统周期分析概述	104
7.1.1 时间序列分析	104
7.1.2 周期分析	106
7.1.3 DEM 沟谷分布的周期性	107
7.2 黄土高原沟谷分布周期分析的计算原理及方法	107
7.2.1 黄土高原沟谷分布周期分析基本原理	107
7.2.2 黄土高原沟谷分布周期分析具体步骤	111
7.3 黄土高原不同类型区沟谷分布周期结果分析	117
7.3.1 黄土高原不同类型区主沟沟谷的周期分析	117
7.3.2 黄土高原不同类型区支沟沟谷的周期分析	120
7.3.3 黄土高原不同类型区平均坡度与沟谷周期对比分析	121
7.3.4 黄土高原不同类型区年均降水量与沟谷周期对比分析	121
7.4 小结	122
第8章 陕北黄土高原浅沟地貌特征及其对植被的影响	124
8.1 国内外研究现状及发展趋势	125
8.1.1 浅沟及浅沟侵蚀的研究进展	125
8.1.2 浅沟对植被的影响	127
8.2 浅沟特征及植被覆盖信息获取	128
8.2.1 典型流域浅沟特征信息提取	128
8.2.2 流域抽样与土地利用抽样调查	130
8.2.3 植被信息获取	131
8.3 浅沟地貌特征研究	131
8.3.1 浅沟的地形特征分析	131
8.3.2 浅沟与上坡汇流面积临界关系	132
8.3.3 不同立地类型的浅沟分异特征	134
8.3.4 不同土地利用类型浅沟分布	135

8.3.5	相同土地利用坡面内浅沟密度与坡度的相关分析	137
8.4	浅沟对坡面植被分布的影响	139
8.4.1	不同坡位的浅沟对坡面植被分布的影响	139
8.4.2	不同坡向的浅沟与非浅沟区植被差异	148
8.4.3	不同坡度浅沟与非浅沟区植被差异	158
8.5	小结	167
8.5.1	黄土丘陵沟壑区坡面浅沟地貌特征	167
8.5.2	浅沟对植被的影响	167
第9章	陕北黄土高原不同立地类型植被恢复困难程度排序	169
9.1	典型研究流域概况	169
9.2	土壤水分监测与分析方法	169
9.2.1	样地选取	169
9.2.2	土壤水分数据测定	170
9.2.3	土壤水分数据处理	171
9.3	地形因子对土壤含水量的影响	171
9.3.1	坡向对土壤含水量的影响	172
9.3.2	坡度对土壤含水量的影响	172
9.3.3	地貌部位对土壤含水量的影响	172
9.4	不同立地类型组植被恢复困难程度	172
9.4.1	指标聚类分析	172
9.4.2	不同立地类型组困难程度排序	173
9.5	吴起县困难立地组成	174
9.5.1	数据来源及数据处理	174
9.5.2	阳坡面积比例	174
9.5.3	阳坡面积随坡度的变化规律	175
9.5.4	各地貌部位的土地面积比例	175
9.5.5	各立地类型土地面积比例	176
9.5.6	各植被恢复困难程度类型土地面积比例	177
9.6	小结	177

中篇 陕北黄土高原植被恢复重建途径

第10章	陕北黄土高原植被恢复演替规律	181
10.1	研究方法	182
10.1.1	调查样地布设	182

10.1.2 群落多样性测度与数据处理	183
10.2 植被自然恢复群落演替规律	184
10.2.1 物种演替规律	184
10.2.2 不同演替阶段多样性变化规律	185
10.3 不同模式植被恢复中的群落物种多样性	187
10.4 不同坡向植被恢复中的群落物种多样性	189
10.5 小结	190
第 11 章 两种植被恢复重建途径流域试验研究	192
11.1 研究方法	193
11.1.1 自然恢复流域与人工造林流域的选取	193
11.1.2 对比试验流域植物调查方法	194
11.1.3 数据处理及参数计算方法	196
11.2 植物群落结构特征对比分析	197
11.2.1 植物群落类型及其结构组成对比分析	198
11.2.2 不同立地类型植物群落组成对比分析	203
11.2.3 植物群落数量特征对比分析	204
11.2.4 不同立地类型植物群落数量特征对比分析	204
11.3 植物多样性对比分析	206
11.3.1 流域整体植物多样性对比分析	207
11.3.2 不同地貌部位多样性指数分析	208
11.3.3 不同坡向多样性指数分析	209
11.3.4 不同坡度多样性指数分析	210
11.3.5 样地间群落相似性对比分析	212
11.4 地上生物量分布对比分析	215
11.4.1 地上生物量总量对比分析	215
11.4.2 地上生物量立地分布差异对比分析	216
11.4.3 坡向、坡位与地上生物量关系对比分析	218
11.4.4 坡度与地上生物量关系对比分析	219
11.4.5 鲜活生物量与枯落物的关系对比分析	221
11.4.6 鲜活生物量与多样性指数之间的关系对比分析	223
11.5 小结	223
第 12 章 人工重建植被土壤水分变化及稳定性	226
12.1 研究方法	227
12.1.1 林地土壤水分监测点布设	227

12.1.2 土壤水分监测方法	227
12.2 林地土壤年平均含水量及月变化分析	228
12.3 林地不同土层深度含水量对比分析	230
12.4 林地不同深度土壤水分月变化对比分析	232
12.5 林种、季节、土层深度对土壤水分影响差异分析	236
12.6 小结	239
第13章 不同人工植被配置对土壤质量的影响	240
13.1 研究方法	241
13.1.1 研究区的选择及概况	241
13.1.2 土壤物理性质测定	242
13.1.3 土壤化学性质测定	242
13.1.4 土壤酶活性测定	242
13.2 不同林型土壤物理性质	242
13.2.1 不同林型对土壤容重的影响	242
13.2.2 不同林型对土壤含水量的影响	243
13.2.3 不同林型对土壤孔隙状况的影响	244
13.3 不同林型土壤化学性质	245
13.3.1 不同林型对土壤氮素的影响	245
13.3.2 不同林型对土壤磷元素的影响	247
13.3.3 不同林型对土壤钾元素的影响	249
13.3.4 不同林型对土壤有机质的影响	249
13.3.5 不同林型对土壤酸碱度、碳酸钙和阳离子交换量的影响	251
13.4 不同林型土壤酶	253
13.4.1 不同林型对土壤蔗糖酶活性的影响	253
13.4.2 不同林型对土壤磷酸酶活性的影响	254
13.4.3 不同林型对土壤过氧化氢酶活性的影响	255
13.4.4 不同林型对土壤脲酶活性的影响	256
13.5 小结	256

下篇 陕北黄土高原微地形植物群落结构 配置近自然造林

第14章 陕北黄土高原坡面土壤水分空间分异特征	261
14.1 研究方法	261
14.1.1 土壤水分及草本植被采样设计	261

14.1.2	土壤水分数据野外测定方法	262
14.1.3	草本植物数据测定方法	263
14.1.4	地形因子数据获取方法	264
14.2	干湿季土壤水分空间分异特征	264
14.2.1	干湿季土壤水分变异特征	265
14.2.2	地形因子对干湿季土壤水分的影响	265
14.2.3	土壤水分的空间变异分析	266
14.3	土壤水分对草本植物空间变异特征的影响	271
14.3.1	草本植物物种空间分布特征	271
14.3.2	地形因子对草本植物的影响	272
14.3.3	草本植物空间分异的地统计分析	274
14.3.4	土壤水分与草本植物相关性研究	276
14.4	小结	278
14.4.1	半干旱黄土区坡面土壤水分空间分异特征	278
14.4.2	半干旱黄土坡面天然草本空间分异特征	279
第 15 章	陕北黄土高原干旱阳坡微地形土壤水分特征	280
15.1	研究方法	281
15.1.1	阳坡微地形根层土壤水分异质性研究方法	281
15.1.2	阳坡微地形土壤水分特征研究方法	282
15.2	阳坡微地形根层土壤水分异质性	283
15.2.1	不同微地形根层土壤水分特征值	283
15.2.2	不同微地形土壤水分的空间差异性分析	283
15.2.3	微地形土壤水分差异显著性分析	284
15.2.4	微地形根层土壤水分差异程度分析	285
15.3	阳坡微地形土壤水分特征	286
15.3.1	微地形土壤水分的季节变化	286
15.3.2	微地形土壤水分的垂直变化	287
15.3.3	微地形土壤水分分层对比	290
15.4	小结	292
第 16 章	陕北黄土高原坡面微地形土壤养分特征	294
16.1	研究方法	294
16.2	不同微地形土壤物理性质	294
16.2.1	微地形土壤容重特征	294
16.2.2	微地形土壤持水性能特征	295

16.2.3	微地形土壤孔隙结构特征	297
16.3	不同微地形土壤化学性质	299
16.3.1	微地形土壤氮素特征	299
16.3.2	微地形土壤磷元素特征	300
16.3.3	微地形土壤钾元素特征	301
16.3.4	微地形土壤有机质特征	303
16.3.5	微地形土壤酸碱度特征	304
16.3.6	微地形土壤碳酸钙含量特征	304
16.3.7	微地形土壤阳离子交换量特征	305
16.4	不同微地形土壤酶活性	306
16.4.1	微地形土壤蔗糖酶活性特征	306
16.4.2	微地形土壤磷酸酶活性特征	307
16.4.3	微地形土壤过氧化氢酶活性特征	308
16.4.4	微地形土壤脲酶活性特征	308
16.5	不同微地形土壤质量的灰色关联分析	309
16.5.1	物理性质的灰色关联分析	309
16.5.2	化学性质的灰色关联分析	310
16.5.3	酶活性的灰色关联分析	311
16.5.4	土壤质量的综合分析	312
16.6	小结	312
第17章	陕北黄土高原微地形植被分布特征	314
17.1	研究方法	314
17.1.1	植被恢复变化定量分析方法	315
17.1.2	植被调查方法	315
17.1.3	数据处理方法	316
17.2	立地类型对植被恢复的影响	317
17.2.1	吴起县近10年植被覆盖度变化	317
17.2.2	主要植被类型覆盖面积变化	319
17.2.3	不同立地条件下植被类型恢复变化的差异	320
17.3	坡面微地形植被特征分异特征	321
17.3.1	植物群落特征与地形因子的关系	321
17.3.2	微地形植物群落物种组成	323
17.3.3	微地形植物群落数量特征分异	325
17.3.4	微地形植物群落多样性特征分异	326

17.4 小结	328
第 18 章 陕北黄土高原典型造林模式设计	329
18.1 分区与造林小班规划	330
18.1.1 现有植被调查	330
18.1.2 分区与造林小班规划	330
18.2 立地条件类型划分、造林树种选择和整地工程设计	332
18.2.1 立地条件类型划分	332
18.2.2 树种选择	334
18.2.3 整地方式	334
18.3 小班造林技术设计	334
18.3.1 营造方式	334
18.3.2 混交方式	335
18.3.3 株行距设计	335
18.3.4 苗木	335
18.3.5 栽植	336
18.3.6 补植	336
18.3.7 保水剂等促进成活措施	336
18.3.8 抚育管理	337
18.4 典型造林模式规划设计	337
18.4.1 典型造林设计模式 1-1	337
18.4.2 典型造林设计模式 2-1	339
18.4.3 典型造林设计模式 2-2	341
18.4.4 典型造林设计模式 2-3	343
18.4.5 典型造林设计模式 3-1	345
18.4.6 典型造林设计模式 3-2	347
18.4.7 典型造林设计模式 4-1	348
18.4.8 典型造林设计模式 5-1	350
18.4.9 典型造林设计模式 6-1	352
18.4.10 典型造林设计模式 7-1	355
18.4.11 典型造林设计模式 8-1	357
参考文献	359
附录 主要植物名录	377

第 1 章 绪 论

1.1 黄土高原植被恢复基础理论与关键问题

1.1.1 生态恢复理论

国际生态恢复（重建）学会（Society for Ecological Restoration）于 1995 年提出：生态恢复（重建）（ecological restoration）是帮助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范围。同期，美国自然资源保护委员会（The US Natural Resource Defense Council）指出，使一个生态系统恢复到较接近其受干扰前的状态即为生态恢复。除此以外，一些学者还将生态恢复定义为“再造一个自然群落，或再造一个自我维持并保持具有持续性的群落”，“使受损生态系统的结构和功能恢复到受干扰前状态的过程”，“重建某区域历史上有的植物和动物群落，且保持生态系统和人类的传统文化功能持续性的过程”等（Diamond, 1987; Cairns, 1995）。

我国学者也曾全面地解释生态恢复与生态修复的内涵与区别。生态恢复是停止人为干扰，解除生态系统所承受的超负荷压力，依靠生态系统本身的自适应、自组织和自调控能力，按生态系统自身规律演替，通过其休养生息的漫长过程，使生态系统向自然状态演化。恢复原有生态的功能和演变规律，完全可以依靠大自然本身的推进过程。为加速已被破坏生态系统的恢复，辅助人工措施为生态系统健康运转服务，而加快恢复则被称为生态修复（ecological remediation）。修复与恢复是有区别的，更不同于生态重建。生态修复的提出，就是要调整生态重建思路，摆正人与自然的关系，以自然演化为主，进行人为引导，加速自然演替过程，遏制生态系统的进一步退化，加速恢复地表植被覆盖，防治水土流失。生态重建（ecological reconstruction）是对被破坏的生态系统进行规划、设计，建设生态工程，加强生态系统管理，维护和恢复其健康，创建和谐、高效的可持续发展环境（焦居仁，2003；梁宗锁等，2003）。