

植被数量生态学研究系列专著 1

黄土高原地区 森林植被建设的 优化模型

袁嘉祖 张汉雄 著

植被数量生态学研究系列专著 1

黄土高原地区 森林植被建设的优化模型

袁嘉祖 张汉雄 著

科学出版社

1991

内 容 简 介

本书是论述黄土高原地区森林植被建设的科学决策与优化管理模型的专著。内容包括：黄土高原地区林业发展战略目标的系统动力学模型；林种结构比例与战略布局的优化模型；适地适树决策模型；森林生产力和森林资源动态变化预测模型；森林采伐最优控制模型；黄土高原地区全面绿化后生态、经济效益的预估。

本书可供植物生态学工作者，应用数学工作者，以及从事国土整治，区域规划，资源开发、预测、决策、控制，系统工程，农林，气象等工作的科研人员和大专院校有关师生参考。

植被数量生态学研究系列专著 1

黄土高原地区 森林植被建设的优化模型

袁嘉祖 张汉雄 著

责任编辑 于 拔 曾桂芳

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100707

北京怀柔县黄坎印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1991年2月第一版 开本：787×1092 1/16

1991年2月第一次印刷 印张：11 3/4

印数：0001—1200 字数：259 000

ISBN 7-03-002304-8/Q·310

定 价：12.30 元

Quantitative Vegetation Ecology Series No. 1

Optimized Models For Establishing Forest Vegetation On The Loess Plateau

by

Yuan Jiazu and Zhang Hanxiong

Science Press, Beijing

1 9 9 1

植被数量生态学研究系列专著

编辑委员会

主 编：郑慧莹 张新时

编 委：（以姓氏笔划为序）

于 拔	王献溥	冯宗炜	刘钟龄
宋永昌	李典谟	李渤生	陈灵芝
陈昌笃	张 晋	张新时	郑 度
郑慧莹	侯学煜	姜 恕	袁嘉祖
蒋有绪			

主持单位：中国科学院植物研究所植被数量生态学开放研究实验室

Editorial Board

Editors-in-Chief, Zheng Huiying
Zhang Xinshi (Hsin-shih Chang)

Board members, Chen Changdu
Chen Lingzhi
Feng Zongwei
Hou Xueyu (Hsioh-yu Hou)
Jiang Shu
Jiang Youxu
Li Bosheng
Li Dianmo
Liu Zhongling
Song Yongchang
Wang Xianpu
Yu Ba
Yuan Jiazuo
Zhang Jin
Zhang Xinshi (Hsin-shih Chang)
Zheng Du
Zheng Huiying

Responsible Laboratory, The Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology,
Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences

前 言

黄土高原地区是指太行山以西、贺兰山 - 日月山以东、秦岭以北、阴山以南约 $63 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的地区, 包括山西、陕西、甘肃、青海、宁夏、内蒙古、河南等 7 个省区 287 个县(市、旗)。自秦汉以来, 随着社会生产力发展, 人口增加, 盲目垦殖, 战争频繁, 能源开发, 使森林覆盖率由 39.6% 降低到解放初期的 5.8%, 加上本区干旱少雨多大风, 夏季雨量集中, 山地丘陵, 土质疏松, 使水土流失和风沙危害加剧, 环境质量下降, 农业生产率低而不稳, 经济和科技文化落后, 已成为全国最贫穷落后的地区之一。但本区光能资源丰富, 雨热同季, 土壤类型和生态环境多样, 有利于农林牧业综合开发, 特别是煤炭和矿产资源丰富, 是支援全国现代化建设、振兴本区经济的物质基础。

国土整治开发规划是为人类造福的一项伟大事业, 随着国家的重点转移到以经济建设为中心的现代化建设以来, 国家就十分重视国土整治开发规划工作。早在“六五”期间, 林业部就组织了三北防护林地区自然资源与综合农业区划; “七五”期间, 水利部搞了黄土高原水土保持规划; 为了制订一个全面的黄土高原综合治理开发规划方案, 中国科学院、国家计划委员会又组织了黄土高原综合科学考察队, 并把这项研究列入了“七五”期间国家第四项攻关课题。目前各省(自治区、直辖市)都在制订国土总体规划, 许多地区正在搞规划试点, 并已取得初步成效, 这项工作越来越受到人们的重视。

林业发展战略规划是一个十分复杂的研究课题, 既要着眼于近期和森林资源永续利用的长期效益, 又要顾及与能源重化工开发及农牧业的协调发展, 涉及到自然、社会、生态、经济和技术等方面, 是一个多目标、多层次、多因素、多学科、多功能的系统工程, 要用系统观点、生态观点、经济观点和社会观点来统筹兼顾, 全面解决总体规划问题, 使规划具有科学性和适用性, 这是计划领域里的新事物。

黄土高原地区森林植被建设优化模型的研究是在中国科学院植物研究所植被数量生态学开放研究实验室支持下完成的, 是我们在“七五”期间参加黄土高原综合科学考察工作的继续。控制严重的水土流失、风沙危害和工业污染, 保证能源重化工开发和农牧业生产, 加快恢复和发展林业建设, 控制现有森林过量采伐, 保持良性的生态环境, 是黄土高原地区国土整治开发的首要任务, 也是以治理保证开发、以开发促进治理、振兴本区经济的关键。为了更加圆满地完成这一规划任务, 我们在综合考察的基础上, 根据大量调查和测试资料, 应用多种现代学科的原理和方法, 从系统分析入手, 利用计算机, 对黄土高原地区中长期林业发展战略的效益进行模拟, 从中选择出适合于本区林业发展的最优决策, 建立了林业发展战略目标的系统动力学模型; 用运筹学的原理和方法设计了林种结构比例和林种布局优化模型; 用模糊数学和灰色系统理论中的决策方法确定了适地适树决策模型; 用光学理论确定了树木栽植方式与最优光照分布模型; 用 Thornthwaite Memorial 和筑后模型估算了森林生产力分布; 用费尔哈斯和不等间隔序列 GM(1, 1) 模型建立了森林资源动态变化预测模型; 用控制论中的离散时间系统最优控制法确定了森林采伐最优控制模型; 用森林气象学和林业经济学的原理和方法预估了黄土高原

地区全面绿化后的生态、经济效益；最后，为了保证实施上述规划目标提出了几条经济技术政策的建议。这是一个理论与实践、定性与定量、软科学与硬科学相结合研究的新方法，是黄土高原地区林业发展战略方案进一步深化和量化的系统研究成果。

在研究过程中，得到了中国科学院植物研究所张新时教授和郑慧莹教授、中国林学会董智勇理事长的支持和鼓励，在此表示衷心的感谢！

本书第一章第三、四节由张汉雄执笔；其余章节均由袁嘉祖执笔，并作了全书的统稿工作。由于我们的理论水平有限，实践经验不足，特别是应用多种现代学科的原理和方法来综合研究林业发展战略问题，仅仅是初次尝试和大胆探索，缺点和错误之处，敬请读者批评指正。

袁嘉祖

1990年6月于北京

目 录

前 言

第一章 黄土高原地区林业发展战略的系统动力学模型	(1)
第一节 概况	(1)
第二节 自然条件与森林资源现状	(3)
第三节 林业发展战略目标动态仿真模型	(9)
第四节 林种结构与战略布局的优化模型	(21)
第二章 黄土高原地区适地适树造林决策模型	(36)
第一节 杨树生长量与气候因素的关联分析	(36)
第二节 林业气候动态聚类分析	(42)
第三节 果品质量气候动态聚类分析	(49)
第四节 适地适树造林决策模型	(53)
第五节 干旱阳坡造林最优决策模式	(66)
第六节 林木栽植方式与最优光照分布模型	(79)
第三章 黄土高原地区森林生产力预测模型	(91)
第一节 植物可能生产力分布	(91)
第二节 主要乔木树种材积生长量预测模型	(99)
第三节 森林资源动态变化预测模型	(104)
第四章 黄土高原地区森林采伐最优控制模型	(110)
第一节 离散时间系统最优控制问题的解法	(110)
第二节 森林采伐期调整的动态规划模型	(114)
第三节 森林采伐最优控制模型	(115)
第五章 黄土高原地区全面绿化后的生态经济效益	(119)
第一节 林带的动力效应	(119)
第二节 林带附近的水汽输送效果	(128)
第三节 动力蒸发力分布	(134)
第四节 森林的降水效应	(138)
第五节 森林的蓄水保土效应	(146)
第六节 森林的保产和增产效应	(157)
第七节 森林的经济效益	(159)
第八节 林业建设的程序和主要经济技术政策	(168)

主要参考文献

CONTENTS

Preface

Chapter 1. The Strategic Dynamic Models for Forestry Development on the Loess Plateau.....	(1)
1.1 General Physiography of the Region.....	(1)
1.2 The Current State of Natural Conditions and Forest Resources.....	(3)
1.3 The Simulation Models of Forestry Development	(9)
1.4 Optimized Models for Categories of Forest and Patterns	(24)
Chapter 2. The Decision-Making Model for Afforestation with Optimal Species-Region Matching on the Loess Plateau	(36)
2.1 The Correlation Analysis Between the Growths of Poplars and the Climatic Conditions.....	(36)
2.2 Dynamic Clustering Analyses on Climatic Factors.....	(42)
2.3 Dynamic Clustering Analyses on Fruit Quality.....	(49)
2.4 Decision-Making Models for Species-Region Matching.....	(53)
2.5 Decision-Making Models of Afforestation on Arid Sunny Slopes.....	(66)
2.6 Planting Patterns in Light of Optimal Sunshine Distribution.....	(79)
Chapter 3. Prediction Models of Forest Productivity on the Loess Plateau.....	(91)
3.1 The Distribution of Potential Productivity of Vegetation.....	(91)
3.2 The Prediction of the Timber Production for Major Tree Species.....	(99)
3.3 The Dynamic Prediction of Forest Resource Variation.....	(104)
Chapter 4. The Optimal Control of the Timber Lumbering on the Loess Plateau.....	(110)
4.1 Solution Techniques on the Systems of Discrete Time Series.....	(110)
4.2 The Dynamic Programing for Timber Lumbering.....	(114)
4.3 The Optimal Control of Timber Lumbering.....	(115)
Chapter 5. The Predicted Ecological and Economic Benefits after Afforestation.....	(119)
5.1 The Dynamic Impact of Shelterbelts.....	(119)
5.2 The Vapor Movement in Vicinity of Shelterbelts.....	(128)
5.3 Distribution of the Dynamic of the Potential Evapotranspiration.....	(134)
5.4 Forest Effects on Precipitation.....	(138)
5.5 Forest Effects on Soil and Water Conservation.....	(146)
5.6 The Role of Forest Protection on Production Gain.....	(157)
5.7 Forest Effects on Economic Efficiency.....	(159)
5.8 Proposed Establishing Procedures of Forestry and Major Technological and Economic Policies.....	(168)

References

第一章 黄土高原地区林业发展战略的 系统动力学模型

第一节 概 况

黄土高原是个自然单元,是指太行山以西、贺兰山-日月山以东、秦岭以北、古长城以南约 $48 \times 10^4 \text{ km}^2$ 内堆积不同厚度黄土的地区,海拔 500—2 000m。在这个范围内,黄土高原面积约 $35.85 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。其中:山西省 $11.80 \times 10^4 \text{ km}^2$,占 32.9%;陕西省 $10.36 \times 10^4 \text{ km}^2$,占 28.90%;甘肃省 $9.47 \times 10^4 \text{ km}^2$,占 26.40%;宁夏回族自治区 $2.56 \times 10^4 \text{ km}^2$,占 7.1%;内蒙古自治区 $0.79 \times 10^4 \text{ km}^2$,占 2.2%;河南省 $0.75 \times 10^4 \text{ km}^2$,占 2.1%;青海省 $0.12 \times 10^4 \text{ km}^2$,占 0.3%。晋、陕、甘 3 省的黄土高原面积占总面积的 88.2%,是黄土高原的主体。1986 年,中国科学院黄土高原综合科学考察队考虑到国土整治开发的需要和保持研究黄河的完整性,把黄土高原范围的北界向北推移到阴山山脉,并把这块四面环山完整的土地称为黄土高原地区,总面积 $631\,369.14 \text{ km}^2$,占黄河流域总面积 ($79.4 \times 10^4 \text{ km}^2$) 的 79.52%,占全国总土地面积的 6.57%。其中,90% (约 $57 \times 10^4 \text{ km}^2$) 分布在龙羊峡至桃花峪的全部黄河中游和部分上游地区,只有 10% (约 $6 \times 10^4 \text{ km}^2$) 分布在海河流域。包括山西和宁夏全部、甘肃和青海东部、陕西北部、内蒙古南部和豫西地区,共计 7 个省区 287 个县(市、旗)。1985 年总人口 8 123.8 万人,其中农业人口 6 389.8 万人,农村劳力 2 586.7 万人。

一、黄土地和黄河的起源

据地学家的分析,黄土高原黄土的堆积与第三纪上新世末期约 240 万年以来的气候、地质过程有关,黄土物质是被干旱的西风把我国西北部、蒙古高原以及中亚干旱区等地搬运到东部,与湿度较高的气流交锋,凝聚呈土雾、雨霾和雨泥而下沉,以平均 1 万年沉积 1 m 厚的速率,大致堆积在黄河中游 300 mm 等雨量线以东的地区。向东南粉尘降落逐渐减少,黄土堆积厚度也逐渐变薄,黄土颗粒也越细。这样就在黄河中、上游形成了厚达几十米,甚至 100—300m 的黄土层。其他部分的粉尘则降落在大海。

早在第三纪时,黄河流域有很多大小湖泊,后来不断萎缩,到第四纪早、中更新世(距今 15—200 万年),尚保存共和、银川、河套、汾渭、华北等湖盆及几个独立的水文网系统。随着河流的溯源侵蚀袭夺,各河段逐渐连通,湖水排泄干涸,终于形成一条黄河。黄河经过内营力的作用产生多次反复抬升和沉降,形成三个阶梯:西段为青藏高原东部,海拔超过 3 000m,是龙羊峡以上的黄河上游地区;中段为黄土高原区,海拔 500—2 000m,是黄河中游和部分上游地区;东段为华北平原,海拔低于 1 000m,是黄河下游地区。黄河的发育受地质构造等因素所控制,在各河段所处的升降阶段也不同:青铜

峡以上,黄河流经崇山峻岭之中,为上升的侵蚀型峡谷河谷;青铜峡至桃花峪,为宽谷盆地与峡谷相间,峡谷段上升侵蚀,宽谷段下降沉积;桃花峪至河口,为急剧下降的淤积型河段。

冰后期以来,也即全新世初期(约1万年)以来,随着全球性气温的上升,黄土高原气候湿润,林草葱郁,河水充沛,湖沼广布,鸟兽成群。到全新世中期(距今约3000—8000年),呈现亚热带景观,西安生长了柑桔、梅树和竹林,为原始居民提供了良好的生息环境,当时已进入新石器时代。自夏代至北宋,长达三千多年的时间里,黄河流域一直是我国的主体,是政治、经济、文化的中心,农业繁盛,人口繁衍,文化发达,是中华民族摇篮,中华文明的发祥地。

二、黄土高原的病患及其治理前景

随着社会生产力的发展,本区人口不断增加,农业陷入盲目的、掠夺式的垦殖,加上战争频繁,使大量森林、草原被毁。从秦汉、南北朝到唐末,森林面积由 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ 减少到 $20 \times 10^4 \text{ km}^2$,到明清减至 $8 \times 10^4 \text{ km}^2$,到解放初期只有 $3.7 \times 10^4 \text{ km}^2$,使原来以牧业生产为主逐渐演变成以种植业为主的农业经济结构。平均每增加1个人,就要垦殖10亩地,因此,人为侵蚀加速率超过自然侵蚀加速率,使河水含沙量和输沙量逐渐增加,到了唐代,“黄河”便成为这条大河的固定名称。

解放以来,虽然各级政府十分重视林草建设,增加农业投入,但由于人口增加过快,1985年全区人口比1949年(3693.5万人)增加了1.2倍,同时期粮食增长了1.73倍,人均粮食由229.1kg增加到285.0kg,还是不能解决温饱,因而对社会环境产生了压力,影响了社会经济发展,人口密度由1949年的58.5人/ km^2 增加到1985年的128.7人/ km^2 ,人均耕地面积下降,资源占有量减少。特别是宁夏回族自治区,1985年人口为1949年的3.5倍,全区终身生育率平均为6胎,山区为8胎,固原县最高有的达19胎。除了沙漠、草原外,人口分布密度相对密集,已由1949年的18.8人/ km^2 增加到1985年的62.4人/ km^2 ,大大超过了联合国教科文组织规定的干旱地区每平方公里7人、半干旱地区20人的指标,1974年宁夏人均工农业产值居全国第10位,1982年已下降到第21位,宁南山区从1949年的余粮区变成了缺粮区,人均粮食不足60kg。迫于人口压力,不得不在牺牲环境条件下艰难地维持经营。由于人口增加,城市扩大,能源重化工开发,广大平原和山地丘陵原始植被遭受破坏,忽视了农林牧业之间相互依存、相互促进、协调发展的辩证关系,使环境质量下降,自然灾害加剧,所以人口增长必须与社会经济增长和环境承载力相适应。另一方面,由于管理体制不统一,治理措施没有按照因地制宜原则,偏重于工程措施,治理效果较差。加上本区远离海洋,深居内陆,山地丘陵,沟壑纵横,地形复杂,土层疏松,降水稀少,气候干旱,夏季雨量集中,冬春季多大风,因而使全区水土流失面积已达 $45.6 \times 10^4 \text{ km}^2$,沙漠化面积 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$,风沙危害面积 $20 \times 10^4 \text{ km}^2$,而且正以每年0.73%的速度增长着,每年进入黄河的总输沙量由解放初期的 $13.8 \times 10^8 \text{ t}$ 增至目前的 $16.2 \times 10^8 \text{ t}$ 。土壤资源破坏严重,农业落后,生产率低而不稳,1950年粮食单产19—20kg/亩,1985年也只有38—54kg/亩,普遍出现木料、燃料、饲料、肥料等四料俱缺现象,经济状况衰退,是全国最贫穷落后的地区之一,已成为国家重点治理开

发区。

本区光能资源丰富，雨热同季，土壤类型和生态环境多样，有利于农林牧业的综合开发，特别是从青铜峡至桃花峪的黄河中游大河套地区，1987年保存煤炭储量 $4\,676 \times 10^8 \text{ t}$ ，占全国煤炭总储量 $8\,894 \times 10^8 \text{ t}$ 的52.5%，还有77种金属和非金属矿产资源。另外，黄河全长5464km，天然径流量 $560 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，从上游的河源至青铜峡，河长约2604km，落差约3315m，水量丰沛，可建22个梯级水电站，装机 $2\,000 \times 10^4 \text{ kW}$ ；从青铜峡至桃花峪的中游地段，河长约2092km，落差约1044m，可修建11个梯级水电站，装机 $780 \times 10^4 \text{ kW}$ ，加上毗邻的关中、银川及河套等平原商品粮基地，是很有开发前途的经济区，也是支援和促进全国现代化建设、振兴黄土高原经济雄厚的物质基础。因此，国家有关部门曾先后组织有关专家对本地区进行专项或综合科学考察。如林业部组织的“三北防护林地区自然资源与综合农业区划”；水利部组织的“黄土高原地区水土保持治理规划”；中国科学院、国家计划委员会组织的“黄土高原地区综合科学考察”等。这些研究成果，为黄土高原地区综合治理开发，特别是林业发展战略提供了重要的科学依据。当然完全恢复原始植被是既不可能，也无必要，但把森林作为生态系统一个因素来考虑是必需的，也是可能的，三北防护林正是适应这种需要发展起来的。因此，除了大力加强本区森林植被建设外，在宏观上严格控制对现有森林的过量采伐，是国土整治的首要任务。只要以开发促进治理，以治理保证开发，坚持一个世纪，黄土高原将不再是中国的包袱和忧患。

第二节 自然条件与森林资源现状

气候、土地、土壤是森林植被赖以生长的主要自然条件，人口和社会经济基础是促进林业发展的动力。根据黄土高原地区林业自然资源条件确定林种结构与布局，以及根据社会经济发展的需要与可能才能制定出合理的发展目标与规模，所以了解本区自然条件对于制定本区最优林业发展战略是十分必要的。

一、气候资源

光、热、水、气等气候要素是森林植物进行光合作用、制造有机物质的能量源泉，它直接影响林木的生长发育和木材蓄积量的积累。黄土高原地区位于我国大陆偏西北部，地跨暖温带和中温带，在气候上具有从东南季风半湿润向西北大陆半干旱、干旱过渡的高原性气候特征。因此，它具有光能资源丰富，气候温和的优势，对森林植物制造光合物及其品质的提高较为有利；但也存在少雨、大风、降水变率和强度大的劣势，限制了对光、热资源的利用率。

（一）光能资源丰富

全区太阳辐射年总量在 50×10^8 — $63 \times 10^8 \text{ J/m}^2$ 之间，呈从东南向西北递增趋势。4—9月林木生长旺盛季节的太阳辐射总量为 27×10^8 — $34 \times 10^8 \text{ J/m}^2$ ，约占年总量的54%，比同纬度东部地区高 $8 \times 10^8 \text{ J/m}^2$ 。年日照时数一般在1900—3200h，日照百分

率为50—70%。丰富的光能和充足的日照为植物生产力和品质的提高,提供了先决条件,但由于水分条件的限制,目前的光能利用率只有0.1—0.2%。

(二) 气候温和、气温日较差大

由于黄土高原的地势由东南向西北抬升以及季风气候由东南向西北减弱的双重影响,使区内气候温和,气温日较差大,作物生长期长,有利于植物净同化率增长和品质的提高。

年平均气温的垂直分布具有明显的地带性,如青海东部从大通县海拔2280m的川水地带到4622m的高寒地带,年平均气温从5°C降至-6°C; $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 生长期为124—166d;宁夏2942m的六盘山,年平均气温为1—3.4°C, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为500—1500°C, $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 生长期为124—181d。

年平均气温的水平分差异亦较大,如东南部洛阳的年平均气温为15°C, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为4500°C, $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 生长期为212—264d;西部青海高原化隆的年平均气温为2.2°C, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为955°C, $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 生长期为150d;北部山西右玉为3.6°C, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为2224°C, $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 生长期为176d。

由于本区海拔较高,白天太阳辐射强,气温较高,夜间有效辐射强,气温较低,气温日较差比东部同纬度低海拔地区高0.5—2.5°C,东南部气温日较差不足12°C,北部14°C以上,西部16°C以上;7月平均气温比东部低0.7—2.0°C; $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的日数比东部长13—16d。除东南部属暖温带气候外,广大地区均为中温带气候,所以气候温和,气温日较差大,生长期长,有利于提高植物的产量和品质。

(三) 降水少,变率大,分布不均

本区深居内陆,降水较少,时空分布不均。东南部约600—700mm,到呼和浩特—榆林—兰州一线就降到400mm,到宁夏就不足200mm。雨量年际变率大,年内分布不均,约60%的降水集中于夏季,降水强度大,加上冬春季多大风,大气干旱,蒸发量约比降水量大3倍以上,所以东南部为半湿润区,干燥度为1.0—1.8,中部为半干旱区,干燥度为1.8—4.0,西北部为干旱区,干燥度为4.0以上。除高海拔土石山区和少数湿润区外,绝大部分地区呈现不同程度的干旱。

由于降水水平分布不均,使森林结构和生产力发生很大差异。据中国科学院沈阳应用生态研究所在甘肃省子午岭的测定,每公顷14年生山杨林总蒸发散量为2524.4t,17年生辽东栎林为2868.5t,50年生油松为4125—5475t,50年生落叶松林为2400—3225t,3年生毛白杨林为1038.6t。在降水量400mm地区,除了约30%径流水外,每公顷地表水资源约2797.2t,表明在降水量大于或等于400mm没有水土流失的平川地区才能发展乔木林,而在无灌溉条件,降水量小于400mm的丘陵陡坡,水土流失严重,只能营造需水量较少的旱生灌木林,乔木树易成小老树。

(四) 大风和沙暴多

从大气环流来说,黄土高原位于高空西风带的南部,属高空副热带的北缘。冬季在蒙古高气压控制下,多西北大风;在春季,当蒙古高气压逐渐减弱北撤,副热带高压向北延伸,区内低压槽频繁出现,当低压槽由西向东经过时,槽前多偏南风,槽后多偏西

北风，风力大，降水少，沙暴多；加上黄河流域干、支流起伏地形的热力差异和狭管作用，形成局地热力环流，使区内多大风，一般南部不足 10d，中部约 10—20d，北部达 20—40d 之多；沙尘暴日数南部约 1d，中部约 5d，北部多达 10—25d，致使本区风沙危害严重。

必须看到，黄土高原的严重水土流失区并未出现在降水强度最大的东南部或大风日数最多的西北部，而是出现在两者之间的黄河干、支流的黄土丘陵沟壑区。这是由于受风、水、重力侵蚀以及土壤颗粒可塑性、位于坡地重心不稳定和缺乏植被覆盖束缚性等因素综合作用的结果。因此，治理措施必须因地制宜，全面规划，坚持农业措施、生物措施与工程措施相结合的综合治理原则；也要采取防治结合，以防为主，沟坡兼治和治管结合的原则；还要突出重点，将治理与开发结合起来。

二、土地 资源

黄土高原地区地域辽阔，土地资源丰富，地形复杂，类型多样。四周山系环绕，西北部沿黄河为河套平原，南部为汾渭河谷平原，东部和西部是土石山地，古长城以北为风沙地貌，其余大部分是丘陵沟壑地貌，其地貌结构如表 1-1。

表 1-1 黄土高原地区的地貌类型

地貌类型	总土地	黄土丘陵	平 原	土石山地	沙 漠	水 域
面积 (万亩)	94 011.6	31 491.5	34 073.6	20 535.5	7 286.8	624.2
占总土地 (%)	100	33.5	36.2	21.8	7.8	0.7

全区总土地面积 94 011.6 万亩，人均占有土地 11.6 亩，高于全国水平，土地利用结构现状如表 1-2。农业人均占有耕地 4.4 亩，林地 2.2 亩，牧地 4.8 亩，农林牧业土地资源都比较丰富。耕地中大于 25° 的陡坡耕地占 17.5%，需退耕还林还牧，还有 1.5 亿多亩的未利用地，为林业发展提供了丰富的土地资源条件。

表 1-2 1985 年黄土高原地区土地利用结构

土地类型	总土地	耕 地	林 地	牧 地	非生产地	未利用地
面积 (万亩)	94 011.6	28 314.4	14 085.6	30 951.1	5 425.2	15 235.2
占总土地 (%)	100	30.1	15.0	32.9	5.8	16.2

黄土丘陵区有深厚的黄土覆盖，厚度一般在 50—200mm。由于黄土质地疏松，含粘量少，蓄水保土力差，肥力低，易受暴雨和风力侵蚀引起水土流失，形成全国主要的水土流失区，水土流失面积约占总面积的三分之二，主要分布在黄土丘陵区，土壤侵蚀模数一般在 8 000—12 000t/km²，最高达 30 000t/km²。严重的水土流失和风沙危害致使土地退化，土壤瘠薄，生产力低，加剧了生态环境的恶化，干旱、洪水、风暴等自然灾害频繁。由于黄土丘陵区地形复杂，地面破碎，加之水流冲刷，形成了千沟万壑的丘陵沟壑地貌，海拔高度在 1 000—2 000m，相对高差约 200 m。全区大于 15° 的坡地面积占 38.9%，不宜农耕。应发展水保用材林和经济林，改善生态环境。

本区黄土质地较好，多为沙壤至粘壤质，适种性强，是土壤发生发育的良好母质基

础。黄土高原的土壤大体上有棕壤、褐色土、黑褐土、黑垆土、灰钙土、栗钙土、棕钙土以及沼泽土、草甸土、盐碱土等。各类土壤由南向北，自东向西有着明显的地带性分布。

(1) 棕壤及褐土带 位于黄土区的南端，以秦岭为主体的全部石质山地。

(2) 褐土黑褐土带 大致分布在 600—400mm 年雨量之间，包括汾渭盆地、黄土丘陵及黄土塬的大部分地区。

(3) 黑垆土带 主要分布在年雨量 400mm 以下的黄土丘陵沟壑区的北部。

(4) 棕钙土带 主要分布在年雨量 350—200mm 黄土区的西北部。

(5) 灰钙土带 主要分布在年雨量 350—200mm 陇西地区。

(6) 山地草甸土区 主要分布在青海东部的石质山地。

另外，在宽谷洼地和内陆盆地中，常见有盐渍土和沼泽盐土等。

上述土壤的有机质含量虽有较大差别，但因土层较厚，均适宜栽植不同的树种。林业发展应适地适树，因地制宜。

三、森林资源现状

截至 1985 年，黄土高原地区林业用地 14 085.6 万亩，有林地 6 755.4 万亩。各类林业用地和林种结构比例如表 1-3。按林分计算，天然林约占三分之二，人工林占三分之一（表 1-4）。

表 1-3 1985 年黄土高原地区各类林业用地和林种组成

地 类	林业用地	有林地	苗圃地	疏林地	灌木林地	四旁树	未成林地	封山育林地
面积 (万亩)	14 085.6	6 755.4	93.5	1 006.8	3 747.6	1 056.2	1 359.5	66.6
百分比 (%)	100	47.9	0.6	7.2	26.6	7.5	9.7	0.5
有林地林种		用材林	防护林	经济林	薪炭林	特有种		
面积 (万亩)		3 556.0	2 658.0	414.8	63.2	62.7		
百分比 (%)		52.7	39.3	6.2	0.9	0.9		

注：林业用地中未包括四旁树面积。

表 1-4 1985 年黄土高原地区林分组成

项 目	林 分					散生木	经济林	灌木林	总 计
	小 计	天然林	人工林	疏 林	四旁树				
面积 (万亩)	8 396.3	4 092.0	2 241.3	1 006.8	1 056.2	—	434.3	3 747.6	12 578.2
蓄积量 (10 ⁴ m ³)	21 608.4	14 697.0	2 873.5	1 225.3	2 812.6	354.4	—	—	21 962.8
亩均蓄积 (m ³)	2.57	3.59	1.28	1.22	2.66	—	—	—	—

全区有林地森林覆盖率为 7.2%，低于全国森林覆盖 12.0% 的水平，加上灌木林和四旁林，森林覆盖率也只有 12.2%，是我国少林地区之一。不过，全区尚有宜林荒山荒坡 14 086.8 万亩，加上疏林地和未成林地，需要造林面积约 16 463.1 万亩，说明林业发展潜力较大。

全区活立木蓄积量为 21 962.3 × 10⁴m³，人均 2.7m³，低于全国人均蓄积 8m³ 和世

界人均蓄积 63m^3 的水平。目前每年采伐木材量约 $260 \times 10^4\text{m}^3$, 人均年耗木材 0.04m^3 , 低于世界人均年耗木材 $0.4-1\text{m}^3$ 。各林分龄级结构与蓄积量如表 1-5。森林年生长量为 $2.48-4.86\%$, 平均为 3.25% , 依次推算, 全区森林年生长量约有 $710 \times 10^4\text{m}^3$ 。

表 1-5 黄土高原地区各林分龄级结构与蓄积量 (单位: 万亩, 10^4m^3)

林 种	合 计		幼 龄 林		中 龄 林		近 熟 林		熟 林	
	面积	蓄积	面积	蓄积	面积	蓄积	面积	蓄积	面积	蓄积
用材林	3 556.0	10 087.1	1 481.8	1 912.7	1 605.9	5 763.5	111.1	333.6	357.2	2 077.3
防护林	2 658.7	7 123.3	878.6	936.1	1 280.5	3 850.2	141.3	377.8	358.3	1 959.2
特用林	62.7	251.2	21.6	5.5	17.2	59.3	0.2	1.1	23.7	185.3
薪炭林	63.2	108.8	29.6	29.0	31.2	60.8			2.4	19.0
合计	6 340.6	17 570.4	2 411.6	2 883.3	2 934.8	9 733.8	252.6	712.5	741.6	4 240.8

这些森林对改善本区生态环境及解决民用四料正起着重要作用, 但还有下列不足之处:

(1) 少而分布不均 全区人均有林地 0.83 亩, 人均蓄积 2.7m^3 , 分别为全国平均数的 42.3% 和 33.8% 。而且东南部多, 西北部少。例如, 陕西省为 25.1% , 河南省洛阳地区为 16.1% , 山西省为 9.27% , 甘肃省为 7.9% , 宁夏回族自治区为 4.2% , 内蒙古自治区为 9.2% , 青海省为 10.7% 。这些森林主要分布在四周及区内岛状山地上, 如秦岭北麓、崤山、中条山、太行山、恒山、大青山、乌拉山、狼山、贺兰山、祁连山、鸡山、太岳山、五台山、吕梁山、黄龙山、子午岭、陇山、六盘山等山系的石质山地或土石山地。全区各县森林覆盖率如图 1-1。

(2) 林种结构不合理 结构简单, 树种单纯; 原始林少, 次生林多; 成熟林少, 中幼林多; 近、成、过熟林占 15.7% , 而中、幼林占 84.3% ; 薪炭林少, 用材林多, 薪炭林不足 1% , 用材林占 52.7% 。

(3) 经营粗放、经济效益低 平均每亩活立木蓄积量 2.77m^3 , 相当于全国平均值的 53.3% , 其中, 天然林亩均蓄积 3.59m^3 , 人工林为 1.28m^3 , 说明抚育管理较差, 木材蓄积量仍以天然林为主, 人工林生长缓慢, 不能满足区内木材消耗的需求。

(4) 造林成活率和保存率低 例如, 陕西省 1949—1975 年造林 $4 139$ 万亩, 实际保存面积 $1 051$ 万亩, 保存率 25.4% ; 山西省 1949—1978 年造林 $3 278.7$ 万亩, 保存面积 826 万亩, 保存率 25.2% 。在山西省右玉县的人工林中, 有 76.3% 的小叶杨是小老树, 24 年生的小叶杨平均树高只有 5.3m , 说明适地适树还重视不够。

(5) 采伐量大于生长量 虽然森林资源不足, 但过伐现象仍很严重。例如, 子午岭林区森林线已后退了 10km ; 贺兰山林区后退了 15km ; 六盘山林区缩小了五分之二; 陇东林区被毁 450 万亩, 占森林面积的 17.4% 。据武威地区水利局资料, 由于森林面积减少, 1950—1978 年间石羊河水系年径流量由 $13.36 \times 10^8\text{m}^3$ 减少到 11.83m^3 , 29 年减少了 35.4% , 致使泉水枯竭, 地下水位下降 $0.3-0.4\text{m}$, 矿化度提高到 5.565g/L , 水土流失加剧, 生态环境日益恶化, 农牧业生产受到严重威胁。

尽管局部地区林地面积虽然有所增加, 但蓄积量仍在减少, 因此, 应严格控制人口和中林采伐, 加强森林植被建设, 保持森林资源的发展, 使本区生态环境走向良性循环, 农业生产走向高产稳产的途径。