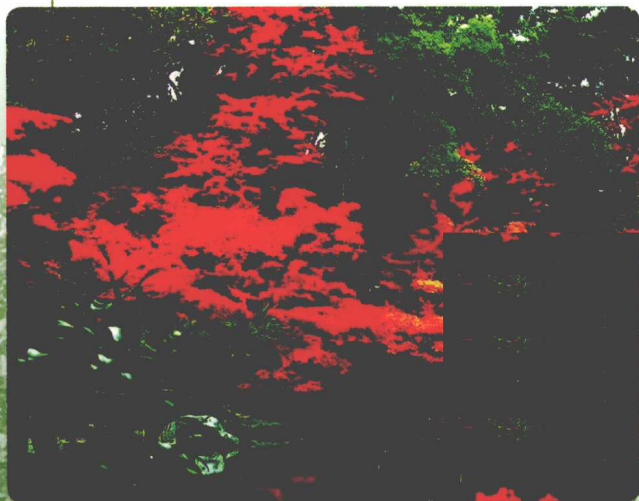


防护林体系空间配置 与结构优化技术

SPATIAL ALLOCATION AND STRUCTURE
OPTIMIZATION TECHNOLOGY FOR
PROTECTION FOREST SYSTEM

余新晓 张志强 范志平 慕长龙
刘建军 葛剑平 杨永辉 张振明 等 著



科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书运用生态学、地统计学、土地利用/覆被变化等理论,以华北土石山区、西北黄土高原、东北农牧交错区、长江上游等典型防护林建设区为重点研究对象,着重研究防护林空间配置与结构优化技术,提出以水土资源高效合理利用为基础的防护林体系高效空间布局技术、小流域防护林对位配置技术和林分结构定向及其生态功能高效维护技术,为我国防护林体系建设工程提供科技支撑,为改善流域和区域生态环境及建立国土生态安全体系提供必需的技术保障。

本书可供水土保持学、林学、生态学、水文学、环境科学、地理学等专业的研究、管理人员及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

防护林体系空间配置与结构优化技术/余新晓等著. —北京:科学出版社, 2011

(防护林体系理论与技术丛书)

ISBN 978-7-03-030405-6

I. ①防… II. ①余… III. ①防护林-研究 IV. ①S727.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 032232 号

责任编辑:朱 丽 王国华 / 责任校对:包志虹

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011年3月第一次印刷 印张:19 1/4

印数:1—1 200 字数:425 000

定价:72.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

20 世纪后半期以来,在世界人口剧增和经济高速发展的过程中,人类赖以生存的生态环境发生了巨大的变化。全球性和区域性的生态环境问题不断加剧,如全球变暖、水资源短缺、水环境污染、土地退化与沙漠化、森林资源退化、生物多样性丧失等全球规模的环境问题越来越严重,所有这些变化均对当前生态系统的健康与安全构成了极大的威胁。在人类面对保护环境与发展经济中越来越多的两难境地的情况下,人们逐渐意识到自身赖以生存和发展的生态系统的重要性。因此,针对生态系统的各种研究也不断展开,如何正确地对生态、环境和资源危机做出必要的响应,已经成为当代生态学、环境学和资源科学研究的主题。

生态系统研究系列著作是余新晓教授及其科研团队多年研究成果的总结,是在国家科技支撑计划项目、北京市重大科技计划项目、国家林业局科技项目和国际科技合作等项目的支撑下完成的。该系列著作研究结果依托国家林业局首都圈森林生态系统定位观测研究站(CFERN)为主要研究平台,内容充实、观点新颖鲜明,解决了当前生态系统研究中一些重要科学问题,填补了目前该领域研究中的一些空白。余新晓教授始终坚持生态系统领域研究,以一丝不苟的工作态度和坚持不懈的科研精神,在这一领域不断前进,取得了显著的成果,此系列著作可略见一斑。

该系列著作从不同的尺度深入探讨了森林生态系统的结构和功能、流域森林景观格局的优化、森林生态系统评价、监测、预警等问题,并以北京山区典型流域为研究对象,分别对防护林体系植被类型进行了水平和垂直对位配置。该系列著作的内容均为生态系统领域热点问题,引领了该学科的发展方向,其不仅在理论框架、知识集成方面做了很多开创性的工作,而且吸收了国内外先进的研究方法,在推动生态系统关键技术研究方面进行了有益的探索,对我国进行生态系统管理研究起到了积极的推动作用,必将为我国生态环境建设提供一定的理论指导和技术支持。

书犹药也。该系列著作的出版是一剂良药问世,不仅为生态学、环境学、地理学、资源科学等学科的科研和教学工作者提供有益的参考,也是我国水土保持、林业等生态环境建设工作者的一部好的参考书。希望此书可以解答相关科研人员和工作者的疑惑,重现祖国的青山绿水。是为序。

中国工程院院士

李文华

2010 年 3 月

前言

环境与发展是当今人类社会面临的两大主题，良好的生态环境是人类生存和社会经济发展的基础。如何解决全球生态环境问题和实现可持续发展，是目前国际社会探讨的热点。森林植被的恢复和重建是生态林业的主题，也是维护和调节生态平衡的核心，森林的可持续经营是 21 世纪社会经济可持续发展的基石，森林的环境功能是人类现代文明的重要抉择。

防护林是以发挥防护功能为主要目的，在一定地域上营造的或现有的具有一定规格和结构的人工林或天然林，主要包括水源涵养林，水土保持林，防风固沙林，农田、牧场防护林，护岸林，护路林等。目前，我国的防护林主要为人工林，随着天然林保护工程的实施，将有大面积的天然林逐渐划定为防护林。防护林作为一种改善小气候、防御灾害性天气、防风固沙、保水固土、净化大气、减少污染的有力措施，已引起各国对多功能多效益的防护林营造的重视。防护林体系是根据防护地区的自然和生产特点及对防护作用的要求，将有关林种有机地结合起来，以达到最佳防护效益，进一步改善防护地区环境的防护林整体布局。防护林体系是我国广大地区林业建设的核心，是生态环境建设的重要组成部分。防护林体系建设越来越受到全社会的关注和重视。生态、经济、社会三大系统的协调发展是防护林体系建设的基础，为了控制生态环境的恶化，合理开发利用自然资源，解决社会经济发展与环境保护之间日益加剧的矛盾，使防护林体系充分发挥其综合效益，迫切需要探求一种能使生态环境与社会经济协调发展的防护林体系建设模式和途径。

关君蔚院士在 20 世纪 70 年代总结提出了中国防护林体系的三级分类体系，标志着我国的防护林研究进入体系研究阶段。1978 年以来我国陆续开展了三北防护林体系、长江上中游防护林体系、沿海防护林体系等林业生态工程建设，对我国生态环境的根本好转有着十分重要的意义。当前，我国林业生态建设的战略目标已从形成区域防护林体系为目的，转为形成全国的生态防护与国土保安体系。

防护林体系空间配置是关乎防护林工程建设区生态环境改善、水资源合理配置、粮食安全等方面的重大技术问题，防护林体系结构是直接影响防护林防护效益发挥的关键因素，防护林营建的最主要目标就是调控其结构使之尽可能保持最优。本书针对华北土石山区、西北黄土高原、东北典型农牧交错区及长江上游的区域特点，构建的防护林体系技术模式，其可直接用于指导区域林业生态环境建设，充分发挥区域防护林的水源涵养、水土保持、防洪减灾等作用，对于我国三北及长江上游地区区域生态系统的稳定性提高、生态环境改善、水资源合理配置、增加森林植被、减少水土流失、减轻自然灾害、保障农业可持续发展、提高生态安全有着巨大的作用。

本书是在“十一五”国家科技支撑计划课题“防护林体系空间配置与结构化优化技术研究”的成果基础上整理而成的，依托已经启动的我国重点林业生态工程，根据我国

林业生态工程建设对防护林营造的技术需求及自然地理、经济、社会状况，以华北土石山区、西北黄土高原、东北农牧交错区、长江上游等典型防护林建设区为重点研究对象，着重研究防护林空间配置与结构优化技术，提出以水土资源高效合理利用为基础的防护林体系高效空间布局技术、小流域防护林对位配置技术和林分结构定向及其生态功能高效维护技术，为我国防护林体系建设工程提供全面、先进、可行的科技支撑体系，为改善流域和区域生态环境及建立国土生态安全体系提供必需的技术保障。集成国内外先进技术，进行集中试验示范，完善形成防护林培育与经营的成套技术，对于提高我国防护林经营管理水平、保障都市水资源安全、有效增加森林植被资源、提高防护林体系生态环境服务功能具有重要意义。

本书得以出版，是课题组全体成员 5 年来辛勤劳动的结果。在研究过程中，课题组全体研究人员密切配合，相互支持，圆满地完成了研究任务，从野外调查，到研究成果的整理，倾注了大量的心血。借此机会，对这些无私奉献的有名和无名英雄表示诚挚的谢意，并对在本书出版过程中给予支持的单位和专家们表示衷心的感谢！

由于编写人员水平和时间有限，书中难免存在错误和不足之处，敬请读者批评指正！

余新晓

2010 年 10 月于北京

目 录

序

前言

第 1 章 研究背景	1
1.1 研究的目的与意义	1
1.2 研究内容	2
1.2.1 华北土石山区防护林体系空间配置与结构优化技术研究	2
1.2.2 西北黄土高原防护林体系空间配置与结构优化技术研究	3
1.2.3 东北农牧交错区防护林体系空间配置与结构优化技术研究	4
1.2.4 长江上游防护林体系空间配置与结构优化技术研究	5
1.2.5 生态经济型防护林体系空间配置与结构优化技术研究	6
1.2.6 典型流域防护林空间配置与结构优化辅助设计决策支持系统研制	6
1.3 研究技术方案	7
第 2 章 华北土石山区防护林体系空间配置与结构优化技术	9
2.1 华北土石山区概况	9
2.1.1 华北土石山区基本情况	9
2.1.2 华北土石山区生态功能分区	10
2.1.3 华北土石山区生态与环境问题	12
2.1.4 华北土石山区防护林体系	13
2.2 中尺度流域防护林体系空间布局与水资源高效利用技术	16
2.2.1 潮白河流域土地利用/防护林格局变化分析	16
2.2.2 潮白河流域水文特征动态分析——以潮河流域为例	22
2.2.3 潮白河流域防护林体系建设土地利用格局优化	23
2.2.4 防护林体系建设对流域水资源效应情景分析——以潮河流域为例	26
2.2.5 中尺度流域防护林体系格局调控技术——以红门川流域为例	28
2.3 小流域防护林体系对位配置技术	32
2.3.1 小流域防护林体系格局变化的水文生态响应分析	32
2.3.2 防护林体系不同防护功能最佳森林覆盖率分析	34
2.3.3 防护林体系不同防护功能对位配置模式——以潮关西沟流域为例	38
2.3.4 小流域防护林体系对位配置技术——以潮关西沟流域为例	39
2.4 林分尺度防护林结构定向调控及其生态功能高效维护技术	41
2.4.1 防护林生态系统结构与功能关系	41
2.4.2 防护林体系适宜植被结构类型	47
2.4.3 最优林分结构调控模式与设计技术	51

第3章 西北黄土高原防护林体系空间配置与结构优化技术研究	68
3.1 区域划分及防护林研究概况	68
3.1.1 黄土区的界定与植被分区	68
3.1.2 黄土区植被建设面临的关键生态问题	69
3.1.3 西北黄土高原防护林体系建设要解决的主要科技问题	69
3.2 中尺度流域防护林体系空间配置及水资源高效利用技术	70
3.2.1 清水河流域土地利用的时空变化	70
3.2.2 清水河流域气候变化的水文响应	73
3.2.3 基于分布式水文模型 SWAT 的清水河流域与输沙模拟	77
3.2.4 中尺度流域防护林体系空间配置优化与水资源高效利用技术及效益分析	82
3.3 小流域尺度防护林体系对位配置模式	85
3.3.1 次生植被物种地形响应	85
3.3.2 土地利用、植被变化对流域水文的影响	87
3.3.3 基于 MIKESHE 与 MUSLE 的流域侵蚀产沙模拟	90
3.3.4 小流域尺度防护林对位配置技术及其效益	94
3.4 坡面林分结构调控与生态功能高效维护技术	96
3.4.1 林分生长状况	96
3.4.2 主要造林树种的耗水规律	98
3.4.3 不同结构林分的生态效应	103
3.4.4 适宜植被结构类型	108
3.4.5 林分结构调控与生态功能高效维护技术	108
第4章 东北农牧交错区防护林体系空间配置与结构优化技术	110
4.1 东北农牧交错区防护林体系研究现状与主要问题	110
4.1.1 东北农牧交错区主要生态环境问题	110
4.1.2 东北农牧交错区防护林研究现状	111
4.1.3 东北农牧交错区防护林工程技术需求与关键科学问题	112
4.2 防护林生态系统结构特征与防护功能的关系	112
4.2.1 草牧场防护林群落稳定性维持机制	112
4.2.2 防护林带结构与防护效能的关系	119
4.3 农牧交错区小流域防护林对位配置技术	126
4.3.1 小流域立地类型与防护林配置模式	126
4.3.2 农林牧耦合系统防风抗蚀型防护林植被对位配置技术	129
4.4 降水资源空间分异特征与防护林体系空间布局技术	130
4.4.1 农牧交错区生态脆弱性指标确定与分析	130
4.4.2 东北农牧交错区防护林体系适宜植被覆盖率	131
4.4.3 防护林体系植被构建与降水资源高效利用技术	132
4.4.4 农林牧复合生态系统防护林体系空间分布格局	135
4.4.5 东北农牧交错区防护林体系空间布局与合理配置技术	141

4.5	防护林林分结构定向调控与生态功能高效维护技术	145
4.5.1	仿拟自然的草牧场防护林适宜植被结构类型	145
4.5.2	低效防护林结构定向调控及其生态功能高效维护技术	147
4.5.3	以水分与养分调控为核心的防护林生态系统综合管理技术	153
第5章	长江上游防护林体系空间配置与结构优化技术	156
5.1	长江上游地区基本情况	156
5.1.1	区域概况	156
5.1.2	区域生态环境问题	156
5.1.3	区域防护林建设现状及存在的科技问题	157
5.2	中尺度流域(平通河)防护林体系空间配置与水资源高效利用技术	158
5.2.1	土地利用景观格局特征	158
5.2.2	不同生态类型区森林水文效应分析	159
5.2.3	防护林体系空间布局技术	161
5.2.4	基于防护林空间配置的水资源高效利用技术	166
5.3	小流域尺度(官司河)防护林体系对位配置技术	170
5.3.1	土地利用景观格局	170
5.3.2	防护林健康评价	172
5.3.3	防护林空间对位配置技术	176
5.4	防护林结构定向调控及其生态功能高效维护技术	181
5.4.1	防护林适宜植被类型和林分结构	181
5.4.2	防护林林分结构定向调控及其生态功能高效维护技术	189
5.4.3	川中丘陵区柏木防护林成熟研究	192
第6章	生态经济型防护林体系空间配置与结构设计技术研究	199
6.1	生态经济防护林体系概况	199
6.1.1	生态经济防护林体系的概念与内涵	199
6.1.2	生态经济防护林研究的历史与现状	200
6.1.3	生态经济型防护林研究面临的科学与技术问题	203
6.1.4	生态经济型防护林空间配置与结构设计技术研究示范区环境概况	204
6.2	特种生态经济功能型植物材料的选择及其建群潜能	205
6.2.1	优良生态经济功能型植物材料的筛选、引进	205
6.2.2	不同生态经济功能型植物材料的生物学特征及其生产性能	206
6.2.3	不同生态经济功能型植物材料的评价	212
6.2.4	优良生态经济型植物新品种选育	216
6.2.5	生态经济型树种建群潜能研究	217
6.3	生态经济型防护林空间配置与结构设计技术	219
6.3.1	主要生态经济型防护林林分结构设计技术	219
6.3.2	陕北黄土高原生态经济型防护林空间配置技术	225
6.3.3	陕西渭北黄土高原小流域生态经济型防护林空间配置技术	228

6.4 低效、残次防护林经济功能导向性调控技术	234
6.4.1 生态经济型防护林诊断技术	234
6.4.2 生态经济型防护林功能导向性结构调控技术	239
6.4.3 生态经济型防护林健康持续经营技术	241
第7章 典型流域防护林体系空间配置与结构优化设计决策支持系统研究	248
7.1 研究区域概况及本研究的必要性	248
7.1.1 研究区域概况	248
7.1.2 防护林配置与结构优化决策支持系统研究的必要性	248
7.2 区域防护林空间配置信息数据提取和分析技术	249
7.2.1 防护林空间配置信息数据的收集	249
7.2.2 防护林的空间格局、时空演变分析技术	249
7.2.3 防护林生长与立地信息提取与分析技术	256
7.2.4 基于地理加权回归的防护林生长状况与气候立地因子关系分析技术	258
7.3 防护林空间配置决策支持系统研制	262
7.3.1 系统结构设计及应用平台	262
7.3.2 系统开发的理论基础	263
7.3.3 系统的可视化开发	268
7.3.4 系统的应用	272
参考文献	280

Contents

Preface

Foreword

Chapter 1 Background	1
1.1 Purpose and significance	1
1.2 Contents	2
1.2.1 Space allocation and structure optimization technique of north rocky mountain shelterbelt system	2
1.2.2 Space allocation and structure optimization technique of northwest loess plateau forest system	3
1.2.3 Space allocation and structure optimization technique of northeast forest ecotone system	4
1.2.4 Space allocation and structure optimization technique of Yangtze river shelterbelt system	5
1.2.5 Space allocation and structure optimization technique of ecological and economic shelterbelt system	6
1.2.6 Space allocation and structure optimization aided design system of typical forest watershed	6
1.3 Technique programs	7
Chapter 2 Space allocation and structure optimization technique of north rocky mountain shelterbelt system	9
2.1 Overview of north rocky mountain	9
2.1.1 Basic situation of north rocky mountain	9
2.1.2 Ecological function zoning of north rocky mountain	10
2.1.3 Ecological and environmental problems of north rocky mountain	12
2.1.4 Shelterbelt system of north rocky mountain	13
2.2 Spatial pattern and efficient use of water resources technology of protection forest system in mesoscale watershed	16
2.2.1 Land use of Chaobai river basin/analysis on changes of protection forest pattern	16
2.2.2 Analysis on dynamic hydrology characteristics of hydrological Chaobai river basin—A case study of the Chao river basin	22
2.2.3 Chaobai river basin protection forest system land-use pattern optimization	23
2.2.4 Scenario analysis on effect of protection forest system construction on water resources—A case study of the Chao river basin	26

2.2.5	Technique of spacial pattern control on protection forest system in mesoscale watershed—A case study of the Red Gate river basin	28
2.3	Contrapuntal allocation technique for watershed protection forest system	32
2.3.1	Analysis on the hydrological response of changes in the pattern of watershed protection of forest system	32
2.3.2	Analysis on the best forest coverage in different type of shelterbelts	34
2.3.3	Different contrapuntal allocation pattern for different protection forest system function—A case study of Chaoguan Xigou basin	38
2.3.4	Contrapuntal allocation technique for watershed protection forest system—A case study of Chaoguan Xigou basin	39
2.4	Stand-scale protection forest structure directional control and efficient ecological function maintenance technique	41
2.4.1	Relationship between ecosystem structure and function	41
2.4.2	The structure type of vegetation suitable for the protection forest system	47
2.4.3	Optimal stand structure control model and design technique	51
Chapter 3	Space allocation and structure optimization technique of northwest loess plateau forest system	68
3.1	Zoning and overview of protection forest	68
3.1.1	Definition of loess plateau and vegetation district	68
3.1.2	The key ecological problems in the construction of loess vegetation	69
3.1.3	The key scientific and technological issues in construction of the northwest loess plateau forest system	69
3.2	Spatial pattern and efficient use of water resources technology of protection forest system in mesoscale watershed	70
3.2.1	Spatial and temporal changes of land use of Qingshui river	70
3.2.2	Hydrologic response to climate change of Qingshui river	73
3.2.3	Sediment transport simulation of Qingshui river based on distributed hydrological model SWAT	77
3.2.4	Space allocation optimization and efficient use of water resources technology and benefit analysis of protection forest system in mesoscale watershed	82
3.3	Contrapuntal allocation technique for watershed protection forest system	85
3.3.1	Terrain response of secondary vegetation species	85
3.3.2	The effect of land use, vegetation change on watershed hydrology	87
3.3.3	The basin erosion simulation based on MIKESHE and MUSLE	90
3.3.4	Configuration and economic benefits of watershed shelterbelt system	94
3.4	Technology of structure control and efficient maintenance of ecological functions of slope forest	96

3. 4. 1	Growth of forest composition	96
3. 4. 2	Rule of water consumption of the main tree species	98
3. 4. 3	Ecological effects of different forest structure	103
3. 4. 4	Appropriate types of vegetation structure	108
3. 4. 5	The technology of control of forest structure and efficient maintenance of ecological function	108
Chapter 4	Space allocation and structure optimization technique of northeast forest ecotone system	110
4. 1	Current situation and main issues of northeast forest ecotone system ...	110
4. 1. 1	Key ecological and environmental problems of northeast forest ecotone system	110
4. 1. 2	Current situation of northeast forest ecotone system	111
4. 1. 3	Engineering and technical needs and key scientific issues of northeast forest ecotone system	112
4. 2	Relationship between ecosystem structure characteristics and function	112
4. 2. 1	Maintain mechanism of pastureland community stability	112
4. 2. 2	Relationship between structure and effectiveness of shelterbelt forest	119
4. 3	Contrapuntal allocation technique for ecotone watershed protection forest system	126
4. 3. 1	Site type and configuration mode	126
4. 3. 2	Configuration technique of protection forest vegetation resisting wind and corrosion in forestry, animal husbandry coupled system	129
4. 4	Spatial differentiation of precipitation and shelterbelt spatial layout technique	130
4. 4. 1	Determine and analysis of ecological vulnerability indicators in ecotone	130
4. 4. 2	Shelterbelt appropriate vegetation cover in northeast ecotone	131
4. 4. 3	Construction of shelter vegetation and precipitation resources in the efficient use ...	132
4. 4. 4	Agriculture, forestry, animal husbandry ecosystem shelterbelt spatial layout pattern	135
4. 4. 5	Spatial layout and reasonable allocation technique of northeast forest ecotone system	141
4. 5	Protection forest stand structure directional control and efficient ecological function maintenance technique	145
4. 5. 1	Types of vegetation suitable for imitation of natural pastureland	145
4. 5. 2	Inefficient forest structure directional control and efficient ecological function maintenance technique	147
4. 5. 3	The integrated management technology of soil moisture and nutrients as the core	

of ecosystem forest	153
Chapter 5 Space allocation and structure optimization technique of Yangtze river shelterbelt system	156
5.1 Basic upper Yangtze river	156
5.1.1 Basic	156
5.1.2 Regional ecological environment	156
5.1.3 The situation and technology issues of regional shelter building	157
5.2 Space allocation and efficient use of water resources technology of protection forest system in mesoscale basin (Pingtong basin)	158
5.2.1 Landscape pattern of land use	158
5.2.2 Hydrological effects of forest in different ecological zones	159
5.2.3 Shelterbelt spatial layout technique	161
5.2.4 The technology of efficient use of water resources based on shelter space allocation	166
5.3 The configuration allocation technology of shelterbelt system on small scale basin (Guansi basin)	170
5.3.1 Landscape pattern of land use	170
5.3.2 Shelter health assessment	172
5.3.3 Configuration allocation technology of shelter space	176
5.4 Directional control of shelter structure and efficient maintenance technology of ecosystem function	181
5.4.1 The appropriate vegetation type and forest structure to shelter	181
5.4.2 Directional control of shelter structure and efficient maintenance technology of ecosystem function	189
5.4.3 The mature research of Kashiwagi shelter in hilly area	192
Chapter 6 Space allocation and structural optimization technique ecological and economic shelter belt system	199
6.1 Concept and content of ecological economic shelter system	199
6.1.1 Overview of ecological economic shelter system	199
6.1.2 Past and present of ecological economic shelter research	200
6.1.3 Scientific and technological issues of ecological shelter system	203
6.1.4 Environment of demonstration area for ecological economic shelter space allocation and structure design	204
6.2 Selection and potential construction of special ecological economic function plant materials	205
6.2.1 Selection and introduction of excellent ecological economic functional plant materials	205
6.2.2 Biological characteristics and production performance of different ecological	

economic functional plant materials	206
6.2.3 Evaluation of different ecological economic functional plant materials	212
6.2.4 Excellent new species plants' selection of ecological economic shelter	216
6.2.5 Research of ecological economic trees' potential of establish community	217
6.3 Technology of eco-economic structure of shelter space allocation and design	219
6.3.1 Design technology of main eco-economic shelter-forest's stand structure	219
6.3.2 Technology of eco-economic structure of shelter space allocation in Shanbei loess plateau	225
6.3.3 Space allocation technology of eco-economic shelter-forest in Shanxi Weibei loess plateau watershed	228
6.4 Economic functional oriental of inefficient, defective shelter	234
6.4.1 Diagnostic technique of ecological economic shelter	234
6.4.2 Function-oriented adjust control technology on ecological and economic protection forest	239
6.4.3 Ecological and economic protection forest sustainable management technique	241
Chapter 7 Study on decision support system for spatial arrangement and structural optimization of shelter forest system project in typical watershed	248
7.1 Area and the necessary of this study	248
7.1.1 A survey of the research district	248
7.1.2 The necessity of decision support system for spatial arrangement and structural optimization	248
7.2 The data extraction and analysis technique on spatial arrangement information in region shelterbelt	249
7.2.1 The collection of the shelterbelt spatial arrangement information	249
7.2.2 Analysis technique on the spatial pattern and spatial evolution of the shelterbelt	249
7.2.3 The data extraction and analysis technique on the develop and soil sites of the shelterbelt	256
7.2.4 Analysis technique based on the growth status and correlative climate sites factors of the shelterbelt	258
7.3 A study on decision support system for the shelterbelt spatial arrangement information	262
7.3.1 The structure of the systems design and application flat	262
7.3.2 The theoretical basis of the system development	263
7.3.3 A visual development of the system	268
7.3.4 Application of the system	272
References	280

第1章 研究背景

1.1 研究的目的与意义

我国在防护林体系方面开展过大量的研究，包括立地条件划分和适地适树、防护林体系效益评价、水土保持林稳定林分结构设计技术与示范等诸多方面。在防护林树种选择和多树种的混交方式，乔、灌、草相结合的林分配置技术和模式等方面取得了大量的研究成果，形成了一些具有我国特色和自主知识产权的防护林建设技术规程与技术标准，这些研究成果和技术标准规程为我国在不同自然地理区域开展防护林体系建设提供了强有力的支撑。然而，由于防护林体系建设范围广阔、技术复杂、影响因素多样，尽管在相关领域进行了有益的探索，但目前仍缺乏防护林体系空间配置和结构优化技术支撑，未能建立因害设防的体系格局，导致防护林体系空间布局与结构配置不尽合理，生态功能发挥不够充分，区域生态林业工程整体生态作用不强；另外，防护林建设规模与生态耗水、生态用水定量不协调，水土资源利用效率不合理，结构设计方面的决策支持系统缺乏以生态与水文过程为基础的科学支撑。这些防护林体系建设普遍存在的共性技术问题，已经成为制约我国生态林业工程建设的技术瓶颈。

在防护林体系空间配置与结构优化技术研究中，如何构建中尺度流域（或区域）防护林体系空间布局、空间数量配置关系和防护林林种搭配关系，以构建稳定高效的防护林体系空间结构，是该研究急需解决的关键问题。为此，在水土资源空间分异特征分析，生态用水定量诊断、确定的基础上，研究防护林体系布局与水土资源承载力之间的关系，以及防护林体系空间结构与生态功能之间的关系，建立以水土资源承载力和生态用水量相协调的防护林体系空间布局，提出以防护林体系功能整体优化为目标的空间配置与结构优化技术，才能根本解决这一问题。目前，防护林体系稳定性差、效益低下，是由防护林体系空间结构与土地承载力、生态用水量不协调、宏观布局不合理所致。因此，本研究解决防护林体系在空间上合理有序配置，分析水土资源承载力，使防护林体系空间布局与水土资源承载力、生态用水量相协调，真正解决防护林体系数量结构和功能高效发挥的问题。

在小流域（或小区域）尺度上，防护林体系结构优化的关键和难点在于防护林林种与微地形地貌、土壤环境、水分环境等立地条件与水土环境空间特征的准确对位配置，以及适宜防护林体系覆盖率的确定。具体来说，要分析小流域（或小区域）水土环境和立地条件的空间异质性、土壤侵蚀和水文生态过程的空间分布特征，识别提取侵蚀易发单元与侵蚀控制单元，建立防护林体系空间特征与生态过程关联分析模式、防护林体系空间结构与蒸发散空间分布相关评价模式，以及防护林空间结构动态对径流和蒸发散影响评价技术，确定防护林体系适宜覆盖率，在此基础上研究提出结构有序和稳定高效的

防护林体系空间对位配置技术。

从林分尺度来分析,防护林结构方面存在的主要问题是:树种单一、结构层次简单、林分密度与土壤水分承载力和土壤养分承载力不协调等,从而导致防护林稳定性低下,防护林功能不高。因此,以防护稳定性维系和功能维护为目标,如何改造林分结构,进行仿拟自然的防护林林分结构优化调整技术、不同阶段的防护林最优结构动态调控技术研究,成为结构优化技术研究中的一个主要难点。为了攻克这项关键技术,要从水分承载力和土壤养分承载力入手,依据林分的水分利用效率、养分利用效率与林分生产力之间的关系,通过结构分析(如树种组成、密度、盖度、生物量、叶面积指数等)、功能评价(如侵蚀能量耗散、水分利用效率、碳固定、径流调节等)、生态用水定量(如水量平衡、耗水特征等)和植被演替方向,进行合理密度、复层林分结构设计,并对现有低效、衰退防护林林分进行更新改造,提出防护林向健康、高效、多功能发展的定向调控技术与功能维护技术。

本书依托已经启动的我国重点林业生态工程,根据我国林业生态工程建设对防护林营造的技术需求及自然地理、经济、社会状况,以华北土石山区、黄土高原、东北农牧交错区、长江上游等典型防护林建设区为重点研究对象,着重研究防护林空间配置与结构优化技术,提出以水土资源高效合理利用为基础的防护林体系高效空间布局技术、小流域防护林对位配置技术和林分结构定向及其生态功能高效维护技术,为我国防护林体系建设工程提供全面、先进、可行的科技支撑体系,为改善流域和区域生态环境及建立国土生态安全体系提供必需的技术保障。

1.2 研究内容

1.2.1 华北土石山区防护林体系空间配置与结构优化技术研究

针对华北土石山区水资源短缺、土壤瘠薄等关键区域环境问题,根据该区防护林营造的技术需要及自然地理、经济、社会状况,以华北土石山区的潮白河流域典型防护林为研究对象,研究防护林与水资源承载力相适应的防护林体系布局、空间配置模式以及林分结构定向调控技术,提出华北土石山区水资源高效利用调控技术,解决华北土石山区土壤和气候双重干旱、水资源短缺和水资源利用率低等问题,为华北土石山区防护林体系建设工程提供全面、先进、可行的科技支撑体系,为改善区域生态环境提供必需的技术保障。

1. 中尺度流域防护林体系空间布局与水资源高效利用技术

对北京山区流域土地利用(森林植被)变化、流域的景观格局演变及驱动力以及土地植被变化对径流泥沙的影响进行分析,依据流域景观格局和水资源分析,优化布局流域防护林的林种和亚林种。通过典型流域(潮白河流域)分析森林植被结构的变化和土地利用变化对径流泥沙的影响,在此基础上提出流域土地利用格局优化和防护林建设对流域水资源效应的分析,并提出中尺度流域防护林体系格局调控技术。

2. 小流域尺度上防护林体系对位配置技术

在以水源涵养、防止土壤侵蚀和改善水质 3 个方面为目标的基础上,以不同功能为主导相应森林覆盖率的平均值作为适宜覆盖率。经人工网络模拟,提出典型流域防护林体系对位配置模式。根据防护林体系空间配置调整的目标和原则以及对其调整要素的研究,提出防护林体系水平空间配置调整的基本流程。通过趋势典型对应分析(detrended canonical correspondence analysis, DCCA)和保护生物多样性的地理学方法(a geographic approach to protect biologic diversity, GAP)分析等,提出潮关西沟防护林体系植被对位配置方案。

3. 防护林林分结构定向及其生态功能高效维护技术

分析防护林优势树种群落结构,使用多水平贝叶斯模型建立防护林体系结构模型和防护林体系功能模型,主要为树高-胸径模型、枝条基径模型、枝条长度模型、树冠轮廓模型、森林水文生态模型、土壤保育模型、生物多样性保护模型。建立防护林体系结构三维指数和综合功能指数,最终实现防护林体系结构与功能的耦合模型。建立多元地位指数模型及地位指数分布图和主要优势树种密度动态变化模型,根据结构与功能耦合模型提出该区适宜的植被结构类型。提出防护林体系最优结构设计技术、防护林体系结构调控技术、低功能防护林的高效维护技术等技术。

1.2.2 西北黄土高原防护林体系空间配置与结构优化技术研究

针对我国黄土高原地区水土流失严重和水资源短缺等关键生态问题,通过研究不同树种水分生产力、不同植被生态系统生态用水与生态水分生产力、不同森林生态系统对坡面水分循环与土壤侵蚀的影响、小流域土地利用与植被变化对流域水分泥沙过程的影响、中尺度流域防护林景观动态变化与流域水文过程、流域产水量、流域洪峰过程、流域土壤侵蚀和流域泥沙输移的影响,建立中尺度流域防护林体系空间结构变化与流域生态用水生态环境功能效率评价技术,提出防护林体系空间布局与水资源高效利用技术,提出与水资源承载力相适宜的流域防护林生态系统结构优化构建技术,小流域防护林体系空间对位配置技术、林分结构定向优化以及功能提高技术,为黄土高原林业生态工程提供技术支撑。

1. 防护林体系空间布局与水资源高效利用技术研究

通过对流域防护林体系景观格局分析,提出防护林体系动态模拟技术;通过研究流域水分循环与水量转化关系,采用基于物理过程水文生态模拟技术手段,提出不同防护林种生态需水和生态用水规律及评价技术;确定与流域水资源承载力相适应的防护林体系建设模式;与水文生态模拟手段相结合,提出防护林体系水资源高效利用的景观配置模式与技术;在此基础上,提出防护林建设模式及水资源高效利用协同调控技术和配置方案。