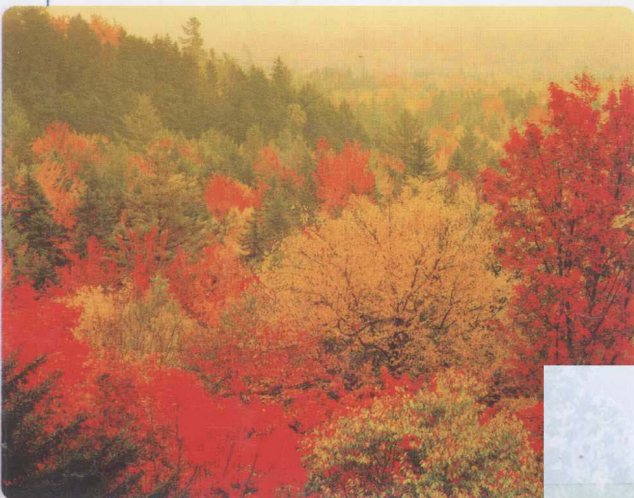


流域防护林体系 对位配置

PARA ALLOCATION OF WATERSHED
PROTECTION FOREST SYSTEM

余新晓 王春玲 牛丽丽 胡淑萍 王 棒 等 著



科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书以半城子水库库区为例,运用先进的理论、方法和技术,建立了防护林体系空间配置的植被类型结构的优化模型,提出了防护林体系空间配置调整的要素和流程,建立了基于调整分期的模型,研建了防护林体系空间配置调整的决策支持系统。

本书可供林学、生态学、环境科学、地理学、水土保持学、土地利用等专业的研究、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

流域防护林体系对位配置/余新晓等著. —北京:科学出版社, 2010
ISBN 978-7-03-027395-6

I. ①流… II. ①余… III. ①流域-防护林带-研究 IV. ①S727.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 078815 号

责任编辑:朱 丽 王国华 / 责任校对:郑金红

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

*

2010 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 6 月第一次印刷 印张:21 3/4

印数:1—1 200 字数:488 000

定价:78.00 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—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

生态环境问题是当今全球性的重大问题,生态环境安全已被提到世界各国的国家安全议程上来。目前世界上除少数发达国家外,绝大多数国家的生态环境都遭到了不同程度的破坏。其中,生态环境恶化的国家已有 40 多个且大部分是发展中国家。我国是世界上生态环境恶化最严重的国家之一,据统计,目前我国水土流失面积为 356 万 km^2 ,占国土面积的 37.1%,每年流失表层土在 50 亿 t 以上,丧失的肥力超过全国化肥的年产量。沙化土地 174 万 km^2 ,约占国土面积的 18.1%,而且沙化面积正以每年 3000 km^2 的速度扩展,相当于每年损失一个中等县的土地面积。据专家估计,每年土地沙化造成的直接经济损失达 540 亿元,相当于西部 5 省(自治区)1996 年财政收入总和的 3 倍。人们愈来愈深刻地认识到森林与人类生存相关的重大意义,拯救森林、改善环境已成为世界性话题。

华北地区是我国政治、经济和文化的中心。华北地区的森林主要分布在中山、低山丘陵,由于反复开垦,原生植被被破坏殆尽,仅在中山有片断状残存天然次生林。这一带森林覆盖率约为 8.3%,现有林地面积 597.3 万 hm^2 ,且 80%为近年来的人工造林和封山育林后恢复的林地,天然林很少。华北地区十年九旱,尤其是 1972 年、1999 年、2000 年华北大旱,出现了严峻的缺水局面。由于该区农耕地多,森林覆盖率低,森林结构不合理,从 20 世纪 90 年代起,华北地区沙尘暴频发,严重影响了该区主要城市居民的生活。以首都北京为例,密云、官厅水库是北京市主要的水源,官厅水库 1955~1984 年平均来水量为 11.3 亿 m^3 ,但到 1985~1995 年平均来水量已衰减到 2.7 亿 m^3 ,仅为前者的近 1/4。两个时期的流域平均降水量(407.5mm)却相当。密云水库来水减少的趋势也十分明显,相比 1960~1979 年段,1980~1997 年段的年平均来水量已减少了 4 亿 m^3 。山区水源地来水量的大量减少,对城市和中下游地区的生态环境与社会经济发展造成了极大的危害。此外,北京地区沙尘暴频繁爆发,仅 2000 年春,沙尘暴就 12 次袭击了北京。

防护林是以发挥森林的各种防护效益为目的而营造的人工林,是为了保持水土、防风固沙、涵养水源、调节气候、减少污染所经营的人工林。防护林的种类很多,包括水源涵养林、水土保持林、防风固沙林、农田防护林、牧场防护林、道路防护林等。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,已引起各国的重视。20 世纪 70 年代以来,世界上许多国家举行了以防护林为对象的专题讨论会,“世界林业大会”、“人与生物圈计划”、“空气污染与林业”、“农业和林业气象”等会议都把林带的防护效益作为重点议题。防护林体系不仅是环境保护的一部分,而且是能源控制的重要生物积聚者。据报道,美国新英格兰州森林储蓄的能量相当于 30 亿桶石油,约等于中东阿曼苏丹的全部石油储藏量,由此可见一斑。在建设防护林体系的工作中,只要合理规划与设计,便可以得到一个生物种群配合和食

物链多次循环所形成的多功能、多效益的生物技术体系，提高土地的利用率，满足人们对防护林多层次的需求。

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，是目前国际政治和国际关系探讨的热点。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最终抉择。

小流域是生态环境建设的基本单元，在小流域尺度上选择适宜的造林树种，建立优化稳定的人工植被结构，是植被恢复与重建的关键，也是防护林生态经济效益发挥的基础。如何更有效地建立稳定、持续、高效的防护林体系，改善生态环境，促进该地区的生态、经济、社会协调可持续发展，以适应人口增加、能源开发、经济发展等多方面的需求，已成为当前急需解决的重大问题。本书以北京山区典型流域为研究对象，研究防护林体系与水土资源的准确对位配置，以期防护林体系建设和区域生态环境改善提供理论支持。

作 者

2010 年 1 月

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 防护林体系对位配置研究进展与发展趋势	1
1.1.1 防护林体系对位配置的基本概念	1
1.1.2 防护林体系研究进展	2
1.1.3 防护林体系空间配置研究现状	12
1.1.4 森林植被变化及其水文响应研究进展	18
1.1.5 防护林体系空间配置研究存在的主要问题及发展趋势	23
1.2 研究区概况.....	25
1.2.1 北京山区基本概况	25
1.2.2 潮白河流域概况	27
1.2.3 试验流域概况	29
1.3 研究方法.....	33
1.3.1 数据的获取和基础数据库的构建	33
1.3.2 数据处理及分析	34
1.3.3 生态学分析方法	35
第 2 章 防护林体系分类	38
2.1 华北土石山区森林资源现状.....	38
2.1.1 林业用地结构	38
2.1.2 森林资源空间分布状况	39
2.1.3 人工林与天然林的林地结构	40
2.1.4 防护林主要林种结构	40
2.2 防护林体系类型分类.....	41
2.2.1 分类原则.....	41
2.2.2 分类方法	41
2.2.3 防护林体系类型划分	42
2.3 北京山区防护林体系林种分类.....	46
2.3.1 林种分类原则	46
2.3.2 林种定义	46
2.3.3 不同防护林体系类型的林种构成	48
第 3 章 防护林体系适宜森林覆盖率及植被分布关键环境因子	50
3.1 典型小流域防护林体系适宜森林覆盖率.....	50

3.1.1	以水源涵养为目标的森林覆盖率	50
3.1.2	以防止土壤侵蚀为目标的森林覆盖率	53
3.1.3	以改善水质为目标的森林覆盖率	56
3.1.4	典型流域适宜森林覆盖率	59
3.2	典型小流域防护林体系植被分布关键环境因子	59
3.2.1	物种与环境因子关系	59
3.2.2	主要建群种以及种间关联分析	61
3.2.3	主要环境因子筛选	64
第4章	防护林体系植被类型的水平对位配置	69
4.1	防护林体系植被类型的对位配置	69
4.1.1	防护林体系植被类型对位配置理论基础	69
4.1.2	防护林体系植被类型对位配置方法	69
4.1.3	防护林体系植被类型对位配置实例	73
4.2	防护林体系树种对位配置	110
4.2.1	华北土石山区优势树种概述	110
4.2.2	华北土石山区主要优势树种适地性分析	118
4.2.3	主要树种水源涵养功能分析	137
4.3	防护林体系地貌对位配置	140
4.3.1	土壤 pH	141
4.3.2	土壤有机质	143
4.3.3	土壤氮素	144
4.3.4	土壤磷素	145
4.3.5	土壤钾素	146
4.3.6	土壤有机碳	147
第5章	防护林体系植被类型的垂直对位配置	149
5.1	防护林体系各层物种的环境梯度分布特征	149
5.1.1	防护林体系乔木层物种在各环境梯度分布特征分析	149
5.1.2	防护林体系灌木层物种在各环境梯度分布特征分析	157
5.1.3	防护林体系草本层物种在各环境梯度分布特征分析	165
5.2	潮关西沟流域防护林植被对位配置	172
5.2.1	乔木层对位配置	172
5.2.2	灌木层对位配置	173
5.2.3	草本层对位配置	174
5.3	潮关西沟流域防护林植被现状分布与理论分布差异	175
5.3.1	植被现状分布	175
5.3.2	乔灌木各层建群种分布现状分析	177
5.3.3	理论植被分布	179
5.3.4	植被理论分布与分布现状的差异分析	188

5.4	潮关西沟流域防护林植被配置优化对策	194
5.4.1	乔木层树种优化对策	194
5.4.2	灌木层物种优化对策	197
5.4.3	草本层物种优化对策	199
5.4.4	潮关西沟流域典型小班植被优化配置示范	202
5.4.5	潮关西沟流域防护林体系优化后植被配置	203
第6章	防护林体系森林植被景观格局时空变化及水文生态响应	208
6.1	典型流域森林植被景观格局时空变化	208
6.1.1	景观分类	208
6.1.2	森林植被结构特征	208
6.1.3	森林植被动态变化	210
6.1.4	典型流域森林植被格局	217
6.2	防护林植被变化的水文生态响应	223
6.2.1	SWAT模型概述	223
6.2.2	SWAT模型的构建与模拟	231
6.2.3	森林植被变化的水文生态响应	251
第7章	防护林体系空间配置调整决策支持系统	259
7.1	防护林体系空间配置的理想结构	259
7.1.1	防护林体系空间配置的现状分析	259
7.1.2	防护林体系的理想结构及研究区防护林体系的理想结构	261
7.2	防护林体系空间配置调整的要 素	271
7.2.1	调整的目标和原则	271
7.2.2	调整期与调整分期	273
7.2.3	调整单元	274
7.2.4	小班调整的优先度	274
7.2.5	调整的措施	275
7.2.6	目标状态的防护效益权重	275
7.2.7	小班调整状态表	276
7.3	防护林体系空间配置调整的流程	276
7.3.1	调整的基本流程	276
7.3.2	调整流程的形象化描述	279
7.3.3	半城子水库库区防护林体系空间配置调整流程	279
7.4	基于调整分期的防护林体系空间配置的调整模型	286
7.4.1	0-1型整数规划	287
7.4.2	模型的构建	287
7.4.3	半城子水库库区防护林体系空间配置的调整	290
7.4.4	调整结果分析	302
7.5	防护林体系空间配置调整决策支持系统的研建	303

3.1.1	以水源涵养为目标的森林覆盖率	50
3.1.2	以防止土壤侵蚀为目标的森林覆盖率	53
3.1.3	以改善水质为目标的森林覆盖率	56
3.1.4	典型流域适宜森林覆盖率	59
3.2	典型小流域防护林体系植被分布关键环境因子	59
3.2.1	物种与环境因子关系	59
3.2.2	主要建群种以及种间关联分析	61
3.2.3	主要环境因子筛选	64
第4章	防护林体系植被类型的水平对位配置	69
4.1	防护林体系植被类型的对位配置	69
4.1.1	防护林体系植被类型对位配置理论基础	69
4.1.2	防护林体系植被类型对位配置方法	69
4.1.3	防护林体系植被类型对位配置实例	73
4.2	防护林体系树种对位配置	110
4.2.1	华北土石山区优势树种概述	110
4.2.2	华北土石山区主要优势树种适地性分析	118
4.2.3	主要树种水源涵养功能分析	137
4.3	防护林体系地貌对位配置	140
4.3.1	土壤 pH	141
4.3.2	土壤有机质	143
4.3.3	土壤氮素	144
4.3.4	土壤磷素	145
4.3.5	土壤钾素	146
4.3.6	土壤有机碳	147
第5章	防护林体系植被类型的垂直对位配置	149
5.1	防护林体系各层物种的环境梯度分布特征	149
5.1.1	防护林体系乔木层物种在各环境梯度分布特征分析	149
5.1.2	防护林体系灌木层物种在各环境梯度分布特征分析	157
5.1.3	防护林体系草本层物种在各环境梯度分布特征分析	165
5.2	潮关西沟流域防护林植被对位配置	172
5.2.1	乔木层对位配置	172
5.2.2	灌木层对位配置	173
5.2.3	草本层对位配置	174
5.3	潮关西沟流域防护林植被现状分布与理论分布差异	175
5.3.1	植被现状分布	175
5.3.2	乔灌草各层建群种分布现状分析	177
5.3.3	理论植被分布	179
5.3.4	植被理论分布与分布现状的差异分析	188

Contents

Foreword

Preface

Chapter 1 Exordium	1
1.1 Research progress and development trend on Para allocation of shelter forest system	1
1.1.1 Basic concepts of Para allocation of shelter forest system	1
1.1.2 Research progress of shelter forest system	2
1.1.3 Research on spatial allocation of shelter forest system	12
1.1.4 Research progress of forest vegetation change and its hydrological response	18
1.1.5 Main problems and development trend on spatial allocation of shelter forest system	23
1.2 Study area overview	25
1.2.1 Basic overview of Beijing mountain areas	25
1.2.2 Overview of Chaobaihe watershed	27
1.2.3 Overview of experiment watershed	29
1.3 Study method	33
1.3.1 Data obtaining and basic database building	33
1.3.2 Data processing and analysis	34
1.3.3 Ecological analysis method	35
Chapter 2 Categories of shelter forest system	38
2.1 Status of forest resources in north mountainous	38
2.1.1 Forest land-use structure	38
2.1.2 Spatial distribution of forest resources	39
2.1.3 Forest structure of plantations and natural forests	40
2.1.4 Major forest types structure of shelter forest system	40
2.2 Classification of shelter forest system	41
2.2.1 Principle of classification	41
2.2.2 Classification method	41
2.2.3 Types of shelter forest system	42
2.3 Types of shelter forest system in Beijing mountain areas	46
2.3.1 Principle of forest category classification	46
2.3.2 Definition of forest category	46
2.3.3 Forest species composition of different shelter forest system	48

Chapter 3 Suitable forest coverage rate of shelter forest system and key environmental factors of plant distribution	50
3.1 Typical watershed suitable forest coverage rate of shelter forest system	50
3.1.1 Coverage rate of forest for water resource conservation	50
3.1.2 Coverage rate of forest for soil erosion prevention	53
3.1.3 Coverage rate of forest for water quality improvement	56
3.1.4 Typical watershed suitable forest coverage rate	59
3.2 Key environmental factors of plant distribution of typical watershed shelter forest system	59
3.2.1 Relationship between species and environmental factors	59
3.2.2 Analysis major constructive species and inter-specific association	61
3.2.3 Selecting major environmental factors	64
Chapter 4 Level Para allocation of shelter forest system vegetation type	69
4.1 Para Allocation of shelter forest system vegetation type	69
4.1.1 Theoretical foundation of para allocation of shelter forest system vegetation type	69
4.1.2 Methods of Para Allocation of shelter forest system vegetation type	69
4.1.3 Para allocation of shelter forest system vegetation type	73
4.2 Para allocation of shelter forest system forest type	110
4.2.1 Overview of dominant tree species in north mountainous	110
4.2.2 Analysis of suitable dominant tree species in north mountainous	118
4.2.3 Analysis of water conservation function of dominant tree species	137
4.3 Landform para allocation of shelter forest system	140
4.3.1 Soil pH	141
4.3.2 Soil organic	143
4.3.3 Soil nitrogen	144
4.3.4 Soil phosphorus	145
4.3.5 Soil potassium	146
4.3.6 Soil organic carbon	147
Chapter 5 Vertical para allocation of shelter forest system vegetation type	149
5.1 Environmental gradient distribution characteristics of shelter forest system of each species	149
5.1.1 Environmental gradient distribution characteristics of shelter forest system tree layer species	149
5.1.2 Environmental gradient distribution characteristics of shelter forest system shrub species	157
5.1.3 Environmental gradient distribution characteristics of shelter forest system herb	

layer species	165
5.2 Para allocation of shelter forest system vegetation in chaoguanxigou watershed	172
5.2.1 Para allocation of tree layer	172
5.2.2 Para allocation of shrub	173
5.2.3 Para allocation of herb layer	174
5.3 Difference between vegetation status distribution and theoretical distributions in chaoguanxigou watershed	175
5.3.1 Vegetation status distribution	175
5.3.2 Analysis of dominant species status distribution	177
5.3.3 Theoretical vegetation distributions	179
5.3.4 Difference between vegetation status distribution and theoretical distributions	188
5.4 Configuration optimization countermeasure of chaoguanxigou watershed shelter forest system vegetation	194
5.4.1 Optimization countermeasure of tree layer species	194
5.4.2 Optimization countermeasure of shrub species	197
5.4.3 Optimization countermeasure of herb layer species	199
5.4.4 Configuration optimization demonstration of chaoguanxigou watershed typical sample vegetation	202
5.4.5 Optimized configuration of chaoguanxigou watershed shelter forest system vegetation	203
Chapter 6 Temporal and spatial changes of landscape pattern of shelter forest system vegetation and hydro-ecological response	208
6.1 Temporal and spatial changes of landscape pattern of typical watershed vegetation	208
6.1.1 Landscape classification	208
6.1.2 Structural characteristics of forest vegetation	208
6.1.3 Dynamics of forest vegetation	210
6.1.4 Forest vegetation pattern of typical watershed	217
6.2 Hydro-ecological response of shelter forest system vegetation	223
6.2.1 Overview of swat model	223
6.2.2 Construction and simulation of swat model	231
6.2.3 Hydro-ecological response of forest vegetation change	251
Chapter 7 Spatial allocation adjustment decision support system of shelter forest system	259
7.1 Perfection structure of shelter forest system spatial allocation	259
7.1.1 Analysis of shelter forest system spatial allocation	259

7.1.2	Perfection structure of shelter forest system and its perfection structure in study area	261
7.2	Adjustment factors of shelter forest system spatial allocation	271
7.2.1	Objectives and principles of adjustment	271
7.2.2	Adjustment and adjustment stage	273
7.2.3	Adjustment unit	274
7.2.4	Priority of sample adjustment	274
7.2.5	Measures of adjustment	275
7.2.6	Target state of protective effectiveness weight	275
7.2.7	Table of sample adjustment	276
7.3	Process of shelter forest system spatial allocation adjustment	276
7.3.1	Process of adjustment	276
7.3.2	Figurative description of adjustment process	279
7.3.3	Adjustment process of shelter forest system spatial allocation in banchengzi	279
7.4	Spatial allocation adjustment model of shelter forest system based on adjustment stage	286
7.4.1	0-1type integer programming	287
7.4.2	Construction model	287
7.4.3	Spatial allocation adjustment of shelter forest system in banchengzi	290
7.4.4	Analysis of adjustment result	302
7.5	Construction of decision support system of shelter forest system spatial allocation	303
7.5.1	Concept of decision support system	303
7.5.2	Building ideas of system	304
7.5.3	Functional design of system	306
7.5.4	Structural design of system	307
7.5.5	Development of system operational environment	310
7.5.6	Application of system	310
References		318

第 1 章 绪 论

1.1 防护林体系对位配置研究进展与发展趋势

1.1.1 防护林体系对位配置的基本概念

1.1.1.1 防护林与防护林体系

《中华人民共和国森林法》中防护林的定义为以防护为主要目的的森林、林木和灌木丛,包括水源涵养林,水土保持林,防风固沙林,农田、牧场防护林,护岸护路林。防护林种类较多,防护目的、目标各不相同(朱教君等,2004)。王礼先等(2000)从森林多种防护功能的角度,提出以防护为主要目的的森林称为防护林,它是指为了利用森林的防风固沙、保持水土、涵养水源、保护农田、改造自然、维护生态平衡等各种有益性能而栽培的人工林。根据防护对象不同,防护林又可分为水土保持林、水源涵养林、农田防护林、防风固沙林、护路护岸林等。姜凤岐等(2003)从防护林防与护的角度充实了防护的具体内涵,指出防护林是利用森林能够影响环境的生态功能,保护生态脆弱地区的土地资源、农牧业生产、建筑设施和人居环境等免遭或减轻自然灾害及不利环境因素的威胁和危害,而专门培育的森林类型。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。就其外表形态来分,防护林可分为两种形式:一是带状林分,如农田防护林带、护路护岸林带等;二是片状林分,如水土保持林、防风固沙林、海岸防护林、水源涵养林、保健林、风景林等(姜凤岐等,2003)。

根据防护地区的自然条件和发展生产的特点,以及对防护作用的要求,将有关林种有机地结合起来以求最有成效地发挥其最大的防护作用,促进被防护的农林牧作物高产稳产,并进一步改善防护地区的自然面貌,这样一种各防护林林种有机结合的总体布局称为防护林体系(向开馥,1991)。关君蔚(1998)在20世纪70年代总结提出的中国防护林体系的三级分类体系,标志我国的防护林研究进入体系研究阶段。防护林体系建设可以理解为林业生态工程的同义词或主体,即在一个自然景观地带内,依据不同的防护目的和地貌类型而营造的各种人工防护林与原有的天然林(姜凤岐等,2003)。我国的防护林体系建设始于1978年,先后启动了多项林业生态工程,其中流域林业生态工程包括黄河中上游防护林工程、长江中上游防护林体系建设工程、淮河太湖流域综合治理防护林体系建设工程、辽河流域综合治理防护林体系建设工程、珠江流域综合治理防护林体系建设工程,区域林业生态工程包括沿海防护林体系建设工程、太行山绿化工程,跨区域的林业生态工程包括三北防护林体系建设工程、平原绿化工程、防沙治沙工程(王礼先等,2000)。

1.1.1.2 防护林体系配置

1) 防护林体系空间配置

防护林体系的空间配置是防护林体系最基本的组成部分,是土地利用结构、林种结构和林分系统的空间布局(郭立群等,1994)。防护林体系空间配置,要根据防护林的结构、功能和经营目标,确定经营区和经营类型,实现分区、分类经营,因地制宜地安排好防护林体系的林种,并在林种中配置树种类型(蒋丽娟,2000)。

2) 防护林体系水平配置

防护林体系的水平配置就是要解决林种组成及其占地比例和配置部位问题,这是能否形成合理水平结构的关键。防护林体系能否最大限度地发挥其生态、经济和社会效益,主要取决于它的林种树种结构与配置的合理性(王迪海和唐德瑞,2000)。

3) 防护林体系垂直配置

防护林体系垂直配置是防护林体系营造的关键,它不仅关系到防护林的形成、生产力、经济效益,更影响防护林体系的结构、稳定性和防护效益(钟哲科和柴锡周,1994)。水土保持工作者认为,要想充分发挥防护林涵养水源、保持水土的效应,必须营造乔、灌、草相结合的多树种、多层次的异龄混交林结构。

4) 防护林体系对位配置

对位配置就是通过研究发展主体所处的环境资源位与发展主体或植物对环境资源的需求位之间的发展变化规律,按照生态位的能级分布层次,逐维分析环境资源分布特征对发展主体或生物发展条件的胁迫程度、限制性因子或适宜性,协调资源位和需求位之间的关系,选择与环境资源位特征相适宜的发展主体或生物种,或者改变环境资源位使环境资源位满足发展主体或生物所需的生态位条件,达到生物需求位与环境资源位相互适宜、相互吻合(张富和余新晓,2007)。防护林体系对位配置就是要实现防护林体系与微地形地貌、水土资源空间特征的准确对应。

1.1.2 防护林体系研究进展

1.1.2.1 防护林体系配置研究进展

1) 防护林体系分类研究

防护林体系分类是林种配置的依据,但国内的相关研究很少。宋朝枢和张清华(1992)以科学性、可靠性和实用性为原则,综合太行山的自然立地条件,采用综合分析方法,提出以生物、气候、地貌、岩性和地形部位为主要依据的多级序列分类系统,共划分为1个防护林类型区、3个防护林类型亚区、11个防护林类型组和45个防护林类型。陈林武等(1999)以四川盆地生态经济型防护林体系为研究对象,在线路考察基础上,选择能反映该区地貌地形、岩石土壤、水土流失、土地利用等典型特征的丘陵山体坡面以及道路、塘库、河岸断面等,进行立地、林分、水土流失调查,分析各地段的防护功能需求以及产生经济效益的有利条件,确定各地段的林种类型。根据各林种所处环境及功能的差异性和相似性,提出了四川盆地生态经济型防护林体系分类系统,

即体系—防护林类型—林种3级分类系统,其中防护林类型分为生态型防护林、生态经济型防护林、特用型防护林3类,防护林林种分为干支流源头集水区水源涵养林、分水岭脊防蚀固源林、干支流河岸护岸林、水库库区防蚀涵水林、极险坡滞流防冲林等22个林种。这一分类系统融入了生态经济学原理,把防护林体系的防护功能和经济功能有机结合在一起,有利于生态经济型防护林体系的营建和经营。

防护林体系林种划分的根本目的是确定林分的经营方向和防护主功能,而防护林的经营方向和防护主功能与林分所处的地理环境特征、区域生态环境问题、林分特征密切相关。李晓明等(1996)依据湖南、湖北地区的自然地理和生态环境与森林资源特征,采用数量化理论的方法,将显著因子作为防护林类型划分的主导因子,并以防护林主效益防护技术为参数将防护林林种划分为一级林种—二级林种—三级林种,其中一级林种按森林经营性原则划分,二级林种按林分主功能目标划分,三级林种按林分的防护效能作用划分,与区域内的地理环境和生态环境问题相协调。海东霞(2000)采用定量研究的方法对辽宁阜新阿其吗嘎小流域的水土保持林进行了水土保持林林种分类,选取坡向、坡度、坡位、土壤侵蚀状况、林分蓄积量等8个指标,采用系统聚类的方法,将水土保持林分为护坡用材林、护坡林、护坡薪炭林、经济林、沟道速生丰产林、分水岭防护林6个林种。

2) 防护林体系森林覆盖率研究

A. 森林覆盖率的定义

森林覆盖率是指一个地区的森林面积占该地区总土地面积的百分比。它既是森林资源的计量指标,又是制定林业发展,经营方针的基本依据。目前森林覆盖率的研究有两个比较通用的概念:一个是最佳森林覆盖率,即一个国家或地区所拥有的森林,既能满足人们对木材和林副产品的需要,又能达到人们对生态效益和社会效益的要求,使之形成一个较稳定的生态环境,这样的森林覆盖率称为最佳森林覆盖率;另一个是合理森林覆盖率,即在一定的历史时期内,一个国家或地区,从人们对森林所需求的直接效益(经济效益)和间接效益(生态和社会效益)出发,能够在自然、经济与技术条件允许的范围内所达到的森林覆盖率称为合理森林覆盖率(郭忠升和张宏民,1996)。此外,还有一些学者从森林的功能和效益出发,定义了有效森林覆盖率、工程覆盖率、综合覆盖指数(熊野威等,1998)等概念,丰富了森林覆盖率的内涵。

B. 森林覆盖率的研究进展

一个国家和地区究竟需要多大的森林面积才能充分发挥森林的生态屏障作用,是一个十分复杂的问题。长期以来,各国政府都没有做出过明确的规定。近年来,不少国家,特别是美国、日本、俄罗斯等,根据各自的地理背景和生产实际,对所能达到的合理森林覆盖率进行了一些研究,认为森林覆盖率达到30%以上,且分布均匀、结构合理,发挥着巨大的经济、社会和生态效益,是当代林业先进发达的标志之一(张健等,1996b)。据哈塞尔计算认为,一个国家的森林覆盖率在20%以下为低,在20%~33%为中,50%以上为高。前苏联国家技术委员会组织协调全国广泛开展研究和确定当地最佳森林覆盖率问题时,根据国家水文气象局多年观测的径流资料,A. A. 莫尔恰诺夫等学者为其欧洲部分87个州的森林确定了最佳森林覆盖率,使这些州的森林能充分地发

挥水源涵养和防护功能。前苏联欧洲部分平原流域最佳森林覆盖率被确定为 10%~30%；乌克兰波列西耶各个河川流域最佳森林覆盖率被确定为 35%~65%；森林草原地带为 20%~35%；草原区为 15%~20%。各区在上述森林覆盖率情况下，地下水径流增加 1~1.5 倍，尤其重要的是，夏秋季节将保持较高的地下水位。而波列西耶河总径流量平均增长 20%，草原区则增长 32%。地形切割严重的流域的最佳森林覆盖率应高于地形切割弱的流域（郭忠升和张宏民，1996）。

20 世纪 80 年代以后，国内对此问题开始关注，1985 年颁布的《中华人民共和国森林法》中，对全国各种大地貌区森林覆盖率作了概略性的规定，各省（自治区、直辖市）则以此为依据，制定了森林覆盖率目标值，继后《中国林业区划》中对全国各气候-地貌大区域的森林覆盖率发展目标进行估算，许多学者对森林覆盖率都开展了深入的研究（表 1-1）。韩珍喜和乌志颜（1986）在考虑了农林牧发展的主要限制因素（水土流失、群众吃粮和烧柴困难）后，认为赤峰市黄土丘陵区最佳森林覆盖率为 45%。王大毫（1986）根据土地利用现状、海拔、坡度等指标，结合森林资源消耗及防护效益的综合指标（包括薪柴、木材消耗，经济林及防护林综合需求），得出了丽江地区最佳森林覆盖率为 63%。林斯超（1987）从森林覆盖率与降水、蒸发量、气温和风的关系，确定三江平原合理的森林覆盖率为 36%~40%。胡慧璋（1988）根据林业用地状况、山地坡度、森林对水库的防护作用，保证森林资源消耗以及对经济林和防护林面积等综合指标的需要，确定淳安新安江水库集水区最佳森林覆盖率为 70.2%。杨俊平（1988）按照合理森林覆盖率的概念，根据注重生态系统总体建设、追求总体效益等原则，计算出内蒙古自治区合理的森林覆盖率为 27.65%。周为荣（1989）根据如东县的现状、国民经济发展需求和如东县经济发展的要求确定该区的森林覆盖率以 20% 最佳。董承德（1989）计算出黄土高原 15 个类型区的综合森林覆盖率（10%~68%）。郭养儒和葛安新（1992）利用运筹学中的线性规划理论，计算出陕西省合理森林覆盖率为 50% 左右。张健等（1996a）以森林生态系统防护能力为依据，认为四川盆地低山丘陵区的中低山区、低山区、深丘区、浅丘区和平原区最佳防护效益森林覆盖率分别为 57%、46%、44%、31% 和 13%。郭忠升（1996，1997）运用森林覆盖率与土壤流失量之间的关系，确定黄土高原水土流失区 106 个县（市）27.3 万 km² 内水土保持林有效覆盖率为 43%。王凤臻等（1999）的研究指出山东省森林覆盖率可持续发展目标最低为 23%、最高为 37%，公益林应为 16% 左右。张纪林等（2000）以净产值最大为规划目标，确定沿海平原农区东台市的森林覆盖率以 25% 为优。吴钦孝（2000）在黄土高原的研究认为丘陵地区主要从保持水土的需要考虑，森林覆盖率应保持在 44%；山区主要从涵养水源的要求出发，覆盖率应不低于 60%；川、台、塬区和风沙区则主要从农田防护和防风固沙角度考虑，覆盖率应分别保持在 10% 和 40%。与此同时，还计算了为保证木材、薪炭和经济林产品供给所必需的森林面积，考虑了林木再生产过程本身所包含的森林生态和社会功能，即它们之间具有的某种相容性，包括基本相容和部分相容，计算得到的森林覆盖率为 40%。这是一个用最少的林地面积，实现区域生态平衡，保持水土和林产品持续稳定发展的指标。吴秉礼等（2003）对黄土高原西部地区水土流失区最佳防护效益森林覆盖率进行了研究，认为在土壤平均空隙度下，研究区需要 34.11%