



“森林与湿地资源综合监测技术体系研究”丛书

# 重点防护林工程监测技术

Monitoring Technology of the Key Shelter-forest Project

陈尔学 刘 健 王晓慧 赵安玖 等 编著



中国林业出版社



“土地资源综合监测技术体系研究”丛书

# 重点防护林工程监测技术

Monitoring Technology of the Key Shelter-forest Project

陈尔学 刘 健 王晓慧 赵安玖 等 编著

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

重点防护林工程监测技术 / 陈尔学等编著. —北京: 中国林业出版社, 2012. 12  
(森林与湿地资源综合监测技术体系研究丛书)

ISBN 978-7-5038-6884-9

I. ①重… II. ①陈… III. ①防护林-监测-中国 IV. ①S727.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 302875 号

中国林业出版社·自然保护图书出版中心

策划编辑: 刘家玲

责任编辑: 张 锴 刘家玲

---

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

电话: (010)83225836/83280498

网 址: <http://lycb.forestry.gov.cn>

经 销 新华书店北京发行所  
印 刷 北京中科印刷有限公司  
版 次 2012年11月第1版  
印 次 2012年11月第1次  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 15.75  
彩 插 24  
字 数 410千字  
印 数 1~1500册  
定 价 72.00元

---

“森林与湿地资源综合监测技术体系研究”丛书  
编委会

主 编 鞠洪波  
编 委 (按姓氏笔画排序)  
庄大方 刘 丹 张怀清 张煜星 邱雪颖  
陆元昌 陈永富 武红敢 唐小平 唐小明  
彭道黎 曾伟生

《重点防护林工程监测技术》编委会

主 编 陈尔学 刘 健 王晓慧 赵安玖  
编 委 陈永富 彭道黎 余坤勇 胡兴庭 李世明  
白黎娜 卢 颖 高友珍 田 昕 刘 华  
黄建文 孟献策 陈 巧

# “森林与湿地资源综合监测技术体系研究”丛书

## 序

森林与湿地是林业的重要物质资源，是人类和多种生物赖以生存和发展的基础，在全球生态系统平衡中发挥着重要作用。森林与湿地的数量和质量是决定森林与湿地生态系统服务功能的关键指标，森林与湿地资源监测既为国家客观、快速、全面掌握森林与湿地数量和质量提供技术支撑，也是林业管理和生态建设的一项十分重要的基础性工作。多年来，我国在森林与湿地资源监测体系研究方面开展了大量卓有成效的工作。随着社会经济发展和人类文明进步对林业需求的不断增加，迫切需要建立与新时期经济、社会和生态建设需求相适应，以不断发展的高新技术为依托的森林与湿地资源综合监测技术体系。

“十一五”国家林业科技支撑计划重点项目“森林资源综合监测技术体系研究”，作为我国首个全面、系统地针对林业资源—灾害—生态工程开展的综合监测技术研究项目，正是顺应当前时代的行业需求。由来自全国14个省(自治区、直辖市)的27个科研院所、大专院校和高新技术企业的300余人组成研究团队，历时5年，完成了该项技术攻关，取得了丰硕的成果。其中《森林与湿地资源综合监测技术体系研究》丛书是该项目的重要研究成果之一，是对该项目成果的系统总结，凝聚了该项目6个课题的精华，体现了项目全体科技人员的智慧。

丛书内容全面、立论严谨、技术先进；全面、系统地分析了国内外相关监测技术体系建设的现状和发展趋势。结合我国的国情，提出了结构合理、具有可操作性的森林与湿地资源综合监测、分析与评价指标体系，构建了现代信息技术与传统调查技术相结合的天—空—地—一体化、点—线—面多尺度、资源—工程—灾害综合监测技术体系，研发了先进的森林资源、湿地资源、林业灾害和林业生态工程综合监测技术、模型、方法和系统，并在我国主要林区得到了广泛的应用。在我国林业资源监测理念和监测技术方面具有重要突破和创新。将为我国生态建设与森林可持续经营提供强有力的科技支撑，对于全面提升我国林业资源监测、预警水平具有重大意义。相信该丛书的出版对于我国林业资源及其生态环境监测管理研究、教学和生产实践具有重要的参考价值。

全国政协常委、教科文卫体委员会主任  
中国科学院院士

2010年8月19日

# 前 言

林业生态工程是指根据生态学、林学及生态控制论原理,设计、建造与调控以木本植物为主体的人工复合生态系统的工程技术。其目的在于保护、改善和持续利用自然资源与环境。我国林业生态工程具有类型多、规模大、覆盖范围广、执行时间长、数据海量的特点,林业生态工程的监测和管理技术水平较低。为了提高我国林业生态工程的监测与管理水平,实现林业生态工程信息快速、准确、全面地采集、处理、分析和服 务,在“十一五”国家科技支撑重点项目“森林资源综合监测技术体系研究”中设立了“国家重点林业工程监测技术研究(2006BAD23B05)”课题,对天然林保护工程、退耕还林工程、京津风沙源治理工程和重点防护林工程的进展监测和生态效益评价方法进行了研究。其中,对重点防护林工程,主要开展了三北防护林、长江中上游防护林(简称长江防护林)和沿海防护林工程监测技术及其生态效益评价方法的研究,主要目的是为了解决防护林工程监测和生态效益评价中存在的如下关键技术问题:

1. 防护林工程进展的监测离不开基于遥感提取的土地覆盖/利用类型、植被覆盖度等专题信息。虽然遥感分类方法、植被覆盖度定量估测模型和方法近些年来得到了快速发展,但用于防护林进展监测方面的研究报道较少,亟需针对防护林工程进展监测所涉及的基本遥感监测技术方法进行深入研究和总结,形成技术规范。

2. 国内外学者发展了很多基于遥感和 GIS 的土壤侵蚀定量评价模型和方法,但和遥感技术结合较好且比较易用、实用的并不多。即便是最为常用的 USLE 模型,对不同地区、不同类型的防护林,也存在输入参数难于做到量化、高精度、标准化的问题,需要针对不同的防护林类型开展研究,摸索具体的 USLE 模型输入参数量化估测方法。

3. 在防护林综合效益评价方面,大多数评价研究属于静态评价,对防护林功能与效益的动态变化缺乏预测;评价对象具有局限性,对不同层次的评价对象缺乏系统的评价方法;评价层次间缺乏功能或效益的关系分析;把生态效益的研究与生产实践紧密联系的还比较少。这一系列的问题尚需要深入的研究。

通过对以上问题的深入研究,主要在以下两个方面取得了进展:

1. 发展了防护林工程进展综合监测技术。防护林工程的进展监测包括工程实施引起的土地覆盖/利用类型、植被覆盖度、土壤侵蚀模数等指标的动态变化。这些指标也是防护林工程效益评价模型的重要输入参数。建立了一套基于遥感数据、地面样地数据、地面台站观测数据、专题数据、地面光谱测量数据等多源对地观测数据,提取土地覆盖/利用类型、森林类型、森林覆盖度、土壤侵蚀模数的模型和方法,形成了相应的技术规范,发展了防护林工程进展监测的技术方法。

2. 研发了防护林工程效益评价模型和方法。建立了防护林综合效益估测模型,充分考虑指标的针对性和可获取性,选择森林生产力、国内生产总值(GDP)、裸沙占地面积比、植被覆盖度和土壤侵蚀模数作为评价指标因子,构建了综合效益评价指标体系。基于3S技术,辅以相关资料,实现了各指标因子栅格专题图的制作,对各因子进行标准化处理,运用层次分析法确定因子权重,采用综合指数法计算沿海防护林综合效益,并分“差、较差、中等、较好、好”5个等级实现了沿海防护林综合效益评价。防护林综合效益估测模型还成功应用于防护林防风固沙综合效益的评价。

本书首先系统介绍了我国三大重点防护林工程的背景、意义和工程实施的现状。进而,从基于遥感数据的专题信息提取、基于遥感和GIS的土壤侵蚀监测、防护林防风固沙监测和防护林综合效益评价等方面总结了国内外防护林工程监测技术的研究现状及发展趋势。然后,以专题研究实例的形式,分三个主题,即三北防护林工程监测与评价、长江中上游防护林工程监测与评价、沿海防护林工程监测与评价,详细介绍了重点防护林工程的进展监测技术及工程生态效益综合评价模型和方法。

本书是由中国林业科学研究院资源信息研究所、福建农林科技大学、四川农业大学、湖北林业勘察设计院等单位共同编著而成的。由于编著者水平有限,书中错误或不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编著者

2012年9月19日

# 目 录

## 序 前 言

第一章 重点防护林工程背景、意义和现状介绍 .....	(1)
第一节 防护林工程概况 .....	(1)
一、防护林及防护林体系 .....	(1)
二、国内外防护林研究现状 .....	(1)
第二节 三北防护林工程的背景、意义和现状 .....	(3)
一、三北防护林工程的背景 .....	(3)
二、三北防护林工程的意义 .....	(5)
三、三北防护林工程的现状 .....	(5)
第三节 长江防护林工程的背景、意义和现状 .....	(7)
一、长江防护林工程的背景 .....	(7)
二、长江防护林工程的意义 .....	(10)
三、长江防护林工程的现状 .....	(12)
第四节 沿海防护林工程的背景、意义和现状 .....	(15)
一、沿海防护林工程的背景 .....	(15)
二、沿海防护林工程的意义 .....	(15)
三、沿海防护林工程的现状 .....	(17)
第二章 国内外防护林监测技术研究现状 .....	(18)
第一节 基于遥感数据的专题信息提取技术 .....	(18)
一、土地覆盖/利用分类识别 .....	(18)
二、植被覆盖度估测 .....	(20)
三、土地覆盖/利用类型变化监测 .....	(20)
第二节 基于遥感和 GIS 的土壤侵蚀监测技术 .....	(22)
一、国外遥感与 GIS 土壤侵蚀监测技术 .....	(22)
二、国内遥感与 GIS 土壤侵蚀监测技术 .....	(23)
三、基于 GIS 的土壤侵蚀监测模型 .....	(24)
四、存在的问题和发展趋势 .....	(26)
第三节 防护林防风固沙监测技术 .....	(26)
第四节 防护林综合效益评价技术 .....	(28)
一、国外防护林综合效益评价研究现状 .....	(28)
二、国内防护林综合效益评价研究现状 .....	(29)
三、存在的问题和发展趋势 .....	(31)

第三章 防护林遥感监测技术方法	(33)
第一节 遥感数据定量化处理基本方法	(33)
一、辐射定标处理	(33)
二、大气校正	(36)
三、地形辐射校正	(41)
四、遥感影像的几何校正	(44)
第二节 基于多源数据的专题信息提取方法	(45)
一、土地覆盖/利用类型分类	(45)
二、植被覆盖度定量提取	(61)
三、土壤侵蚀模数提取	(64)
第四章 三北防护林工程监测	(67)
第一节 研究目标、内容与技术路线	(67)
第二节 研究区及数据	(67)
一、研究区概况	(68)
二、数据的获取和预处理	(70)
第三节 工程进展监测方法及结果	(71)
一、专题信息提取	(71)
二、土地利用现状分析	(73)
三、土地利用变化分析	(75)
四、工程进展监测	(79)
五、开鲁县监测结果与分析	(81)
第四节 土壤侵蚀定量化评估	(83)
一、各因子的计算	(84)
二、土壤侵蚀分布图的生成	(88)
三、土壤侵蚀现状分析	(89)
四、土壤侵蚀变化分析	(91)
第五节 工程生态效益定量化评估	(93)
一、生态效益评价指标体系	(94)
二、生态效益指标测算	(95)
三、生态效益评价结果	(97)
第六节 结论与讨论	(102)
一、结论	(102)
二、讨论	(104)
第五章 长江防护林工程监测	(105)
第一节 研究目标、内容及技术路线	(106)
一、研究目标	(106)
二、研究内容	(106)
三、技术路线	(106)
第二节 研究区及数据	(107)

一、研究区概况 .....	(107)
二、研究区数据 .....	(108)
第三节 工程进展监测方法与结果 .....	(108)
一、研究流域的确定 .....	(108)
二、遥感数据的几何校正处理 .....	(109)
三、分类系统的建立 .....	(110)
四、解译标志的建立 .....	(110)
五、监督与专家知识分类 .....	(111)
六、分类精度评价 .....	(112)
七、分类结果后处理 .....	(112)
八、工程进展监测结果分析 .....	(113)
第四节 工程区土壤侵蚀模型的建立 .....	(115)
一、植被因子( $C$ )的确定 .....	(115)
二、降雨侵蚀力因子( $R$ )的确定 .....	(116)
三、土壤可蚀性因子( $K$ )值确定 .....	(116)
四、坡长、坡度因子( $LS$ )确定 .....	(118)
五、水土保持措施因子( $P$ )确定 .....	(118)
六、土壤侵蚀量图的生成 .....	(120)
第五节 工程区土壤侵蚀动态变化分析 .....	(122)
第六节 工程区林地土壤侵蚀动态变化分析 .....	(123)
第七节 基于景观格局指数的长江防护林工程区土壤侵蚀演变研究 .....	(124)
一、景观水平上的土壤侵蚀动态变化 .....	(125)
二、斑块类型水平上的土壤侵蚀动态变化 .....	(125)
第八节 结论与讨论 .....	(127)
一、结论 .....	(127)
二、讨论 .....	(128)
第六章 沿海防护林工程监测 .....	(131)
第一节 研究目标、内容与技术路线 .....	(131)
一、研究目标 .....	(131)
二、研究内容 .....	(131)
三、研究技术路线 .....	(132)
第二节 研究区域概况及资料收集 .....	(133)
一、研究区概况 .....	(133)
二、资料收集 .....	(134)
第三节 沿海防护林专题信息提取 .....	(136)
一、遥感影像预处理 .....	(136)
二、土地利用分类系统的制定 .....	(136)
三、各专题信息图的提取 .....	(136)
四、精度验证 .....	(142)

第四节	沿海防护林工程进展监测	(146)
一、	工程进展监测研究思路	(146)
二、	不同时期工程造林矢量数据的获取	(147)
三、	不同时期工程造林质量分析	(149)
第五节	沿海防护林工程水土保持、防风固沙效益定量评价	(156)
一、	水土保持效益分析	(156)
二、	防风固沙效益分析	(158)
三、	沿海防护林工程建设对区域土地利用变化影响分析	(174)
第六节	沿海防护林生态质量防护效益分析	(191)
一、	研究方法	(191)
二、	沿海防护林工程对区域景观格局的影响分析	(192)
三、	沿海防护林建设对区域生态质量的影响	(200)
第七节	沿海防护林综合效益分析	(202)
一、	综合效益评价指标选择的原则	(202)
二、	沿海防护林综合效益评价指标体系的构建	(203)
三、	沿海防护林综合效益评价指标信息的获取	(203)
四、	沿海防护林综合效益评价及结果分析	(208)
第八节	基于 <i>NDVI</i> 干扰指数的防护效益综合评价分析	(215)
一、	干扰指数信息提取	(215)
二、	分析数据的准备	(216)
三、	体现沿海防护林防护效益的干扰指数和综合效益指数的合理性分析	(216)
四、	沿海防护林防护正效应的干扰指数与综合效益指数阈值的确定	(220)
五、	沿海防护林防护正效应的综合分析	(222)
第九节	结论与讨论	(223)
一、	沿海防护林专题信息的提取	(223)
二、	造林工程变化情况	(224)
三、	沿海防护林造林工程水土保持效益监测	(224)
四、	沿海防护林造林工程防风固沙效益评价	(224)
五、	沿海防护林工程建设对区域土地利用的影响分析	(225)
六、	沿海防护林生态质量变化分析	(226)
七、	沿海防护林综合效益评价	(227)
八、	基于 <i>NDVI</i> 干扰指数的防护效益综合评价	(228)
参考文献		(230)

# 第一章 重点防护林工程背景、意义和现状介绍

从20世纪50年代开始,我国开始有计划地在东北西部、永定河下游、新疆农垦区、广东雷州半岛、海南岛等地开展防护林营造工作。海南的岛东林场和岛西林场就是在这一时期建设的。1978年国家启动了“三北”防护林体系建设工程,1988年启动沿海防护林体系建设工程,以后相继开展了太行山绿化、长江中上游、黄淮海平原等五大防护林体系建设工程。2001年2月15日,国务院批准了中国林业六大重点工程,其中之一为“三北”和长江中下游地区等重点防护林建设工程,囊括了“三北”地区、沿海、珠江、淮河、太行山、平原地区和洞庭湖、鄱阳湖、长江中下游地区的防护林建设。本书的重点防护林工程涵盖“三北”地区、沿海地区和长江中下游地区的防护林建设工程,即三北防护林工程、长江防护林工程和沿海防护林工程。

## 第一节 防护林工程概况

### 一、防护林及防护林体系

防护林是指为了达到保持水土、涵养水源、保护农田、防风固沙、调节气候、减少污染等生态服务功能所经营的天然林和人工林。防护林是森林的一个重要林种,它是为了保护、控制、稳定和改善生态环境为主要经营目的的一种再生资源的林种,除了保护环境之外,还将产生巨大的经济效益和社会效益(向开馥,1991)。

防护林体系是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,这样一种各林种有机结合的总体布局,可形成一个多种群的各具特点而又相互依存的稳定的生物地理群落。

### 二、国内外防护林研究现状

防护林营造始于18世纪中叶,1750年捷克斯洛伐克为了防止土壤风蚀,营造了世界上第一条防护林带。19世纪,英格兰东部推广荒地防护林模式取得了巨大成果。日本自1889年颁布国有林特别经营法以来,防护林面积已达800万 $\text{hm}^2$ ,并以人均 $25\text{m}^2/\text{a}$ 的指标在城市周围营造环境防护林。虽然大多数国家都营造了防护林,但具国家级水平的首推俄国和美国。1843年,俄国为了防止干旱风、保障农田生产,在俄国的欧洲部分营造防护林,并进行农田防护林的科学研究工作;1940年在部长会议上提出了“斯大林改造大自然计划”,它是世界上著名的生态工程之一。19世纪中叶,美国西部实施了农田防护林营造计划,20世纪30年代,美国的“罗斯福工程”也是当代世界著名的生态工程之一。1970年,当代世界又出现了一项生态工程,就是北非建立的跨国林业项目——“绿色坝”(又称

“绿色带”)，它涉及摩洛哥、利比亚、阿尔及利亚、突尼斯和埃及5国。近年来，世界各国特别是前苏联、日本、美国等均已从防护林生态效益的定性研究转向定量研究，从单学科的研究转入多学科、多方面和多层次的深入研究，并在防护林营造及流域综合治理方面创建了许多优化模式，制定出了效益评定标准(马国青，2002)。

中国防护林实践具悠久的历史，据《国语》记载，早在公元前550年，为防止风沙危害，我国人民就已习惯在耕地边缘、房前屋后种植树木。以后通过世代代的生产和生活实践总结，又进一步发展到把林木成行的种植在田边，以堵风口。至今在我国风沙危害严重的地区，仍可见到早期农民自发营造的原始防护林带。但是具规模、有计划的防护林实践与研究，还是始于中华人民共和国成立以后。从新中国成立至今，我国防护林的实践与研究大致分为5个阶段(马国青，2002)。

第一阶段是农田防护林学研究阶段。该阶段始于20世纪50年代，营造的防护林以防风固沙(土)为目的。由国家统一规划，在我国东北西部和黄河古道等风沙严重的地区，营造近4000km的防风固沙林、农田防护林和水土保持林，其结构多以宽林带大网格为主。此阶段，防护林从造林学科中分化出来，基本上形成独立的分支学科。防护林的理论 and 实践主要受前苏联的影响，研究内容基本局限于农田与牧场结合的带、网之上，其理论主要是建立在流体力学、风沙物理学、土壤科学和林学理论基础之上的农田防护林学。

第二阶段是小流域综合治理与农林复合系统研究阶段。从20世纪60年代初开始，以改善农田小气候、防御自然灾害为目的，把防护林的营造作为农田基本建设和“山、水、林、田、路”综合治理的重要内容之一，开展了以土壤侵蚀科学、林学、生态学为理论基础的流域综合治理。以窄林带、小网格为主要结构方式，不仅速度快，而且规模大，几乎遍布全国所有农区。在农区形成了一个时空有序的农林复合系统。

第三阶段是对防护林体系的研究阶段。三北防护林体系第一期工程(1978~1985年)的实施，形成了“防护林体系”的思想。带、网防护林已突破原有模式，从营造单一树种与林种向多树种、乔灌草、多林种配置，形成效益互补、功能协调的防护林体系的方向发展；从粗放经营向集约化方向发展。

第四阶段是“生态经济型防护林体系”理论阶段。这一时期从三北防护林第二期工程(1986~1995年)的建设开始，将“防护林体系”的思想发展为“生态经济型防护林体系”理论。在这一时期，防护林学成为比较成熟的造林学分支学科，并出现了与防护林学交叉的学科，如治沙造林学等。

第五阶段是“生态经济景观型的防护林体系”阶段。这一阶段是学科融合与交叉的稳步发展时期。在20世纪90年代，环境问题已成为世界关注的热点，而森林问题已成为全球生态环境的核心问题。森林是环境与经济协调发展的关键，是人类赖以生存和创造文明的基础，而以各种防护林体系为主的林业生态建设是国家生态环境保护和国土整治的根本出路和首要任务。这一阶段，防护林学科成为融合景观生态学、遥感技术、地理信息系统、计算机科学、园林建筑设计等多学科的理论与方法。

学科的融合与交叉是学科发展与知识创新的动力，防护林学科必将由与林学、生态学、植物学、气象学、土壤学结合的传统综合学科，进一步发展为与可持续发展及全球气候变化理论、景观生态学、恢复生态学、流域生态学、3S技术、计算机科学、生态经济学、系统科学、社会学、经济学等多学科的交叉与融合。特别是在宏观上，将防护林建设

区域作为一个巨系统,以防护林区域的社会、经济、政策、法律法规、生态环境、林业建设本身为研究对象,运用专家智能系统、信息系统等手段是今后防护林科学研究的趋势与热点(马国青,2002)。

## 第二节 三北防护林工程的背景、意义和现状

三北防护林体系是指,在我国的东北西部、华北北部、西北大部地区(简称“三北地区”),通过统一规划、合理利用土地资源,农、林、牧合理布局,互相促进、协调发展的基础上建设的一个以防护林为主体,通过大力造林、育林,形成一个多林种、多树种、带网片、乔灌草、造封管、多效益、产加销相结合的生态经济型综合林业系统。

三北防护林体系建设工程(简称“三北防护林工程”)于1978年启动,开创了我国重点生态工程建设的先河。三北防护林工程是整合后的六大林业重点工程之一,在我国生态保护和西部大开发战略中处于基础地位,并具有重要的战略意义。三北防护林工程建设周期长、规模大,是人类征服自然最壮观的工程,已经载入世界生态建设的史册。

### 一、三北防护林工程的背景

三北防护林工程区是中华民族的发祥地之一。除地质变化时期形成的沙漠、戈壁外,历史上三北地区曾经分布着茂密的森林、丰美的草原以及肥沃的农田。但是在漫长的历史发展进程中,由于人口剧增,掠夺式垦殖,过度放牧、樵采、滥伐、战争以及气候变迁等因素的影响,致使这里的林草植被受到破坏,生态环境日趋恶化,经济逐渐衰败,人民生活走向贫困(李育材,2001)。

三北地区是我国土地沙化最严重的地区,分布着我国的八大沙漠、四大沙地和广袤的戈壁,总面积达148万 $\text{km}^2$ ,约占全国风沙化土地面积的85%,形成了东起黑龙江西至新疆的万里风沙线。20世纪中期以来,三北地区的土地沙化呈现加速扩展态势。20世纪50~60年代,三北地区沙化土地每年扩展1560 $\text{km}^2$ ;20世纪70~80年代,沙化土地每年扩展达2100 $\text{km}^2$ 。仅20世纪60~70年代,三北地区就有667万 $\text{km}^2$ 土地沙化,有数以千计的水库变成了“沙库”。三北地区土地沙化严重制约了当地农牧业的发展。20世纪60~70年代,三北地区有1300多万 $\text{hm}^2$ 农田遭受风沙危害,每年造成粮食损失300多万t,有1000多万 $\text{hm}^2$ 草场由于沙化、盐渍化而严重退化。土地沙化导致这一地区风蚀、沙埋严重,沙尘暴频繁发生,流沙掩埋农田、牧场、村镇,威胁公路、铁路、水利设施的安全,严重制约着经济和社会的可持续发展。土地沙化造成农业生产水平低下,农村经济发展缓慢,人民生活贫困。20世纪60~70年代,三北地区集中了全国60%以上的贫困县(李育材,2001;潘迎珍等,2006)。

三北地区也是我国水土流失最严重的地区,水土流失总面积达56万 $\text{km}^2$ ,其中黄土高原水土流失面积占这一区域水土流失总面积的90%,是目前世界上水土流失最严重、最集中的区域之一。据测定,每年流经黄河三门峡的泥沙由20世纪50年代的12亿t增加到70年代的16亿t,其中80%以上的泥沙来自黄土高原。黄土高原每年每平方千米流失土壤1000~10000t,相当于刮去1cm厚的表土,随之流失的氮、磷、钾约3000万t,相当于100座年产量30万t化肥厂产量的总和。黄河下游河床平均每年淤沙4亿 $\text{m}^3$ ,注

入黄河的泥沙每年使黄河河床增高 5 ~ 10cm, 下游一些地段河床高出地面 10 多米, 成为“地上悬河”, 黄河流域的水土流失成为中华民族的心腹之患。

三北地区从 20 世纪 50 年代起, 就在河北西部、河北中部、山西北部、陕西北部和东北地区西部、内蒙古东部大规模营造防护林。1952 年后, 随着农业互助合作的发展, 林业互助合作也逐步开展起来, 出现了合作造林小组、联村造林合作社、公私合营造林等多种形式的合作造林形式, 推动了三北地区林业的发展。随着广大农村农业生产的开展, 1958 年以后, 除国营造林外, 群众造林多以集体造林为主, 社、队、集体林场普遍出现。到 1977 年, 三北地区人工林保存面积 488.3 万  $\text{hm}^2$ , 另有人工灌木林 66.5 万  $\text{hm}^2$ , 未成林造林地 61.1 万  $\text{hm}^2$ , 四旁树 108 554 万株, 林网折合面积 31.9 万  $\text{hm}^2$ , 森林覆盖率达 5.05%。1949 ~ 1977 年, 三北地区共造林 535.9 万  $\text{hm}^2$ , 每年平均增加人工林 19.4 万  $\text{hm}^2$ 。三北地区防护林带营造初具规模, 但是也存在着一些问题。虽然广泛地开展了造林绿化工作, 但是由于林业方针政策多变, 法制不健全, 挫伤了群众的造林积极性; 虽然加强了营林组织活动, 但是由于忽视科学技术的应用, 人工造林保存率低, 现有林管理粗放; 虽然树立了一批很有说服力的林业先进典型, 但是缺少宏观战略研究(林业部三北防护林建设局, 1992)。

为了从根本上治理风沙危害和水土流失, 1978 年 11 月 25 日, 国务院批准《关于在西北、华北、东北风沙危害和水土流失重点地区建设大型防护林的规划》。规划指出: 我国西北、华北及东北西部, 风沙危害和水土流失十分严重, 木料、燃料、肥料、饲料俱缺, 农业生产力低而不稳。大力造林种草, 特别是有计划地营造带、片、网相结合的防护林体系, 是改变这一地区农牧业生产条件的一项重大战略措施。国务院的指示正式启动实施了三北防护林工程, 说明了启动三北工程的自然和经济背景, 并且明确了三北防护林工程的建设任务。国务院将这项工程列为国民经济和社会发展的重点建设项目, 体现了党和政府重视生态环境建设、实施可持续发展的坚定决心, 由此开创了我国生态工程建设的先河, 成为我国林业建设的一大壮举(李育材, 2001; 李俊, 2009)。

按照国务院的要求, 1986 年编制了《三北防护林总体规划》。根据规划, 三北防护林工程的建设范围东起黑龙江宾县, 西至新疆的乌孜别里山口, 东西长 4 480km, 南北宽 560 ~ 1 460km, 包括陕西、甘肃、宁夏、新疆、山西、河北、北京、天津、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、青海 13 个省(自治区、直辖市)的 551 个县(市、旗、区), 总面积 406.9 万  $\text{km}^2$ , 占国土总面积的 42.4%。三北防护林工程规划从 1978 年开始到 2050 年结束, 历时 73 年, 分三个阶段、八期工程进行建设。1978 ~ 2000 年为第一阶段, 分三期工程。1978 ~ 1985 年为一期工程, 1986 ~ 1995 年为二期工程, 1996 ~ 2000 年为三期工程。2001 ~ 2020 年为第二阶段, 分两期工程。2001 ~ 2010 年为四期工程, 2011 ~ 2020 年为五期工程。2021 ~ 2050 年为第三阶段, 分三期工程。2021 ~ 2030 年为六期工程, 2031 ~ 2040 年为七期工程, 2041 ~ 2050 年为八期工程。在保护现有森林植被的基础上, 采取人工造林、封山封沙育林和飞机播种造林等措施, 实行乔、灌、草结合, 带、片网结合, 多树种、多林种结合, 建设一个功能完备、结构合理、系统稳定的大型防护林体系, 使三北地区森林覆盖率由 5% 提高到 15%; 平原、绿洲农田全部实现林网化; 大部分地区的水土流失侵蚀模数降低到轻度以下; 沙地和沙化土地得到有效治理, 沙漠面积不再扩大; 风沙危害和水土流失得到有效控制, 生态环境和人民群众的生产生活条件从根本上得到改善。

## 二、三北防护林工程的意义

三北防护林工程建设是改善生态环境,减少自然灾害,稳定并拓展中华民族生存和发展空间的战略需要。干旱、风沙危害和水土流失导致的生态灾难,严重制约着三北地区经济和社会的发展,使各族人民长期处于贫穷落后的境地,同时也对中华民族的生存和发展构成严峻挑战。三北防护林工程建设不仅对改善三北地区生态环境起着决定性的作用,而且对改善全国生态环境也有着举足轻重的作用。

三北防护林工程建设不仅对增强民族团结,实现各民族共同繁荣有着重要意义,而且对维护国家安全,巩固国防建设起着积极的作用。三北地区是我国多民族聚居区,聚居着汉、回、蒙、满、维吾尔、哈萨克、鄂伦春、塔吉克等22个民族,总人口1.67亿。千百年来,各族人民在这里生息繁衍,创造了灿烂的华夏文明。但是由于生态环境的变迁和恶化以及复杂的历史原因,经济发展缓慢,同中东部地区的差距不断扩大。三北地区战略地位突出,有我国重要的国防基地。工程区横跨我国北方半壁河山,同俄罗斯、蒙古等10多个国家接壤,国境线长达7 000km。三北地区有许多革命老区,由于生态条件恶劣,经济发展缓慢,群众生活困难。

三北防护林工程建设是促进区域经济发展,加快农民脱贫致富,实现经济社会可持续发展的战略需要。三北地区地域辽阔,光热资源充足,物种资源多样,矿产资源丰富。人均农地、草地面积均高于全国平均水平,是我国重要的畜牧业基地和极具开发潜力的农业区;已经发现的矿产有170多种,约占全国的70%,其中有多种矿产在全国乃至全世界都占有明显的优势,是我国重要的能源、冶金、化工基地。三北地区植被稀少,农村木料、燃料、肥料、饲料俱缺,农业生产低而不稳,农村经济发展缓慢,人民生活水平低下。三北地区恶劣的生态环境严重地制约了区域社会经济发展,影响了农民脱贫致富。三北防护林工程建设不仅对促进当地的经济社会发展,以及早日实现农民脱贫致富具有非常重要的现实意义,而且对促进我国国民经济、社会的可持续发展具有战略意义(国家林业局,2009a)。

在新的历史时期,三北防护林工程建设是增强应对全球气候变化能力,增强森林碳汇功能的重要载体。随着世界各国对气候变化的日益关注,我国作为一个碳排放大国,承担温室气体减排的压力越来越大。三北地区还有宜林地面积3 936万 $\text{hm}^2$ ,占全国的68.6%,是我国森林资源增长空间最大的地区。在这样的情况下,加快三北工程建设,不仅有利于扩大森林资源面积,提高森林覆盖率,而且有利于增加森林碳汇,提高我国应对气候变化的能力。

## 三、三北防护林工程的现状

截至2008年,三北防护林工程已经走过30年的历程,取得了巨大的成就。累计完成造林保存面积2 446.9万 $\text{hm}^2$ ,森林覆盖率由1977年的5.05%提高到10.51%,工程区生态状况明显改善,为维护国家生态安全、促进经济社会发展发挥了重要作用,在国内外产生了广泛而深远的影响。三北防护林工程的成就主要体现在以下6个方面:

一是重点治理地区的风沙侵害得到有效遏制,沙化土地面积开始缩减。在东起黑龙江、西至新疆的万里风沙线上,共营造防风固沙林561万 $\text{hm}^2$ ,治理沙化土地27.8万 $\text{km}^2$ ,

保护和恢复沙化、盐碱化严重的草原、牧场 1 000 多万  $\text{hm}^2$ 。第三次全国荒漠化和沙化监测表明,自 1999~2004 年,陕西、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、河北 6 省(自治区)实现了由“沙逼人退”向“人逼沙退”的历史性转变,沙化土地面积净减少 7 921  $\text{km}^2$ ,重点治理的毛乌素、科尔沁两大沙地实现了土地沙化的逆转。

二是局部地区的水土流失得到有效治理,水土流失危害程度明显减轻。在以黄土高原为主的水土流失区,坚持山、水、田、林、路统一规划,生物措施与工程措施相结合的原则,按山系、流域进行综合治理,共营造水土保持林和水源涵养林 723 万  $\text{hm}^2$ ,治理水土流失面积 30 多万  $\text{km}^2$ 。重点治理的黄土高原造林 779 万  $\text{hm}^2$ ,新增水土流失治理面积 15 万  $\text{km}^2$ ,使黄土高原水土流失治理面积达 23 万  $\text{km}^2$ ,近 50% 的水土流失面积得到不同程度的治理,水土流失面积减少逾 2 万  $\text{km}^2$ ,土壤侵蚀模数大幅度下降,每年流入黄河的泥沙减少 3 亿 t 以上。

三是平原农区防护林体系基本建成,粮食生产能力显著增强。在东北平原、华北平原、黄河河套等重点农区,坚持以保障粮食生产为目标,营造农田防护林 253 万  $\text{hm}^2$ ,有效保护农田 2 248.6 万  $\text{hm}^2$ ,平原农区实现了农田林网化,一些低产低质农田变成了稳产高产田。三北地区的粮食单产由 1977 年的 1 770  $\text{kg}/\text{hm}^2$  提高到 2007 年的 4 665  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,总产量由 0.6 亿 t 提高到 1.53 亿 t。2005 年全国产粮“十强县”全部是农田防护林体系建设达标县。

四是特色产业基地初具规模,促进了区域经济发展和农民增收致富。三北防护林工程把生态治理同地方经济发展和人民群众脱贫致富结合起来,建设了一批特色林产品基地,培育了优势资源,增加了农民收入,促进了地方经济发展,实现了生态建设和经济发展的良性互动。工程区森林蓄积量由 1977 年的 7.2 亿  $\text{m}^3$  增加到 13.9 亿  $\text{m}^3$ ,直接增加经济价值 3 000 多亿元。营造的农田防护林和用材林,活立木蓄积量高达 4 亿  $\text{m}^3$ ,已具备年产 2 000 万  $\text{m}^3$  木材的生产能力。营造薪炭林 92.7 万  $\text{hm}^2$ ,年产薪材 800 多万 t,解决了 700 多万户农民的烧柴问题。营造灌木饲料林 500 多万  $\text{hm}^2$ ,为畜牧业发展提供了丰富的饲料来源。营造各类经济林 400 万  $\text{hm}^2$ ,年产干鲜果品 3 600 多万 t,占全国产量的 1/3,产值达到 537 亿元。同时,工程区以森林观光和绿色产品为主题的各类旅游、休闲产业正在蓬勃兴起,2007 年接待游客近 9 000 万人次,产值达 192 亿元。

五是开启了我国大规模生态治理的先河,形成了防护林体系建设的基本理论。三北防护林工程是我国实施的第一个林业重点工程,开启了大规模生态治理的先河。30 年来,工程建设在建设思路、组织形式、工程管理、治理模式等方面进行了有益探索,形成了我国防护林体系建设的基本理论。第一次提出了建立以木本植物为主体,多树种、多树种、多效益、带片网、乔灌草、造封管、人工治理与自然修复相结合的防护林体系建设的指导思想;从工程建设区经济基础薄弱、群众生活贫困的实际出发,把森林的生态功能和经济功能有机结合起来,第一次提出了建设生态经济型防护林体系的发展模式;突破了生态建设小规模、小范围的格局,第一次以国家重点工程的形式开展生态建设,把我国林业推向了“以大工程带动大发展”的新阶段。

六是增强了全社会的绿化意识,提升了我国在生态建设领域的国际地位。三北防护林工程的实施,充分体现了党和政府改善国土生态面貌的意志,符合三北地区广大干部群众的愿望,激发了建设区广大干部群众投身绿色家园建设的积极性。三北防护林工程建设凝