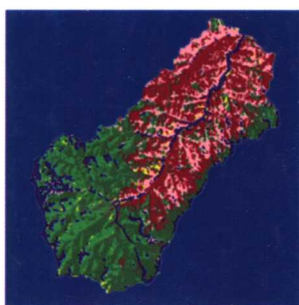


Analysis and evaluation of Natural Forests
Temporal-spatial Dynamics

张会儒 主 编

天然林资源 动态时空分析评价技术

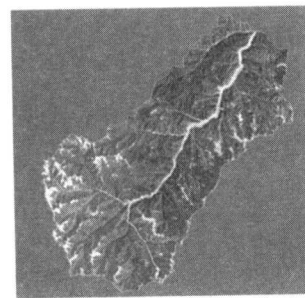
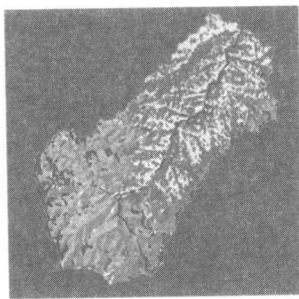
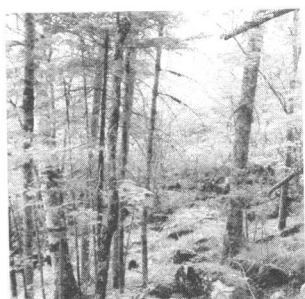


中国林业出版社
China Forestry Publishing House

Analysis and evaluation of Natural Forests
Temporal-spatial Dynamics

张会儒 主 编

天然林资源 动态时空分析评价技术



中国林业出版社
China Forestry Publishing House

主 编：张会儒

副主编：赵鹏祥 杨为民 廖声熙 雷相东 蔡小虎

参 编：雷渊才 王启和 李 昆 胥 辉 李为忠

郝红科 李春明 刘 琳 姜 磊 强建华

付小勇 陈国领 谭 靖

图书在版编目 (CIP) 数据

天然林资源动态时空分析评价技术/张会儒主编. —北京: 中国林业出版社, 2006. 11
ISBN 7-5038-4657-7

I. 天… II. 张… III. 天然林—森林资源—评价 IV. S718.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 125441 号

出版 中国林业出版社 (100009 北京西城区德内大街刘海胡同 7 号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话: 66184477

网址 www.cfph.com.cn

发行 新华书店北京发行所

印刷 北京地质印刷厂

版次 2006 年 12 月第 1 版

印次 2006 年 12 月第 1 次

开本 787mm × 1092mm 1/16

印张 15

彩插 24 面

字数 402 千字

定价 60.00 元

前 言

作为六大林业重点工程之一，也是我国生态环境建设的一项重要措施的天然林资源保护工程，已经全面启动。面对受到人类严重干扰的森林生态系统，实行天然林资源保护工程以后，在结构、类型、分布、面积、质量、数量、频度、森林健康、森林生长等方面都发生了很大变化，及时地掌握这些动态变化信息，进行时间上和空间上的综合分析和评价，并对其发展趋势进行预测，对于有效地保护并逐步扩大和恢复现有天然林资源，推动天然林资源保护工程建设的顺利实施、增加工程建设的科技含量等都具有重要的意义。因此，天然林资源动态变化的时空分析及评价预测是亟待研究的课题。

应用现代高新技术进行森林资源的动态分析和评价已是当今世界发展的重要趋势。航天技术和微电子技术的日新月异，极大地促进了森林资源动态监测的自动化进程。遥感（RS）是通过航空或航天传感器来获取信息的技术手段。利用遥感影像可以快速、廉价地得到地面物体的空间位置和属性数据。近年来，随着各种新型传感器的研制和应用，使得遥感特别是航天遥感有了飞速发展。遥感影像的分辨率大幅度提高，波谱范围不断扩大，特别是星载和机载成像雷达的出现，使遥感具有了多功能、多时相、全天候能力。地理信息系统（GIS）是以地理坐标为控制点，对空间数据和属性数据进行的管理和分析的技术工具。它的特点是，可以将空间特征和属性特征紧密地联系起来，进行交互方式的处理，结合各种地理分析模型，进行区域分析和评价。因此，以 RS 为信息源，GIS 为信息处理和分析平台，将二者紧密地结合起来，进行森林资源的动态分析和评价预测，是提高我国天然林资源管理水平的最有效的手段。

我国虽然从“六五”就开始利用遥感和 GIS 进行动态变化监测研究，但其研究对象主要集中在土地利用、植被和防护林等资源上，专门针对天然林的研究工作很少开展。另外，就其技术水平而言，以往的研究由于受当时相关技术（航天和计算机）水平的影响，在技术的成熟度和实用性方面受到很大限制，已经不能适应目前飞速发展的技术市场的需要。因此，根据目前的技术条件和天然林资源保护工程的需求，将 RS 和 GIS 紧密结合起来，进行天然林资源的动态分析和评价预测是非常必要和亟需的，是保证天然林资源保护工程达到最终目标的最有力的科技保障。为此，2004 年国家林业局设立了“天然林资源保护工程重大技术研究及试验示范”项目，“天然林资源动态时空分析评价技术研究”为其中的第 5 课题，由中国林业科学研究院资源信息研究所主持，西北农林科技大学林学

院、西南林学院、中国林业科学研究院资源昆虫研究所、四川省林业科学研究院等单位参加。课题建立了3个试验示范区进行技术的研究和试验示范,分别为:陕西省黄龙县林业局菜家川林场、云南省禄丰县一平浪林场和四川省崇州市综合林场。课题的主要研究内容包括:①基于资源调查数据的天然林资源动态的时空分析和评价技术研究及管理信息系统研建;②基于遥感数据的天然林资源动态变化信息的快速提取、解译及评价技术研究;③天然林结构分析及景观动态演替预测技术研究。

3年来,经过20多名科技人员的团结协作、联合攻关,圆满完成了课题的研究任务,取得如下研究成果:①提出了基于遥感影像的天然林资源动态变化信息的识别、采集和分析的快速处理技术;②提出了天然林结构及景观动态演替预测的技术;③提出了分别基于森林资源数据和遥感影像的天然林资源动态的时间空间综合分析和评价技术;④研制了天然林资源管理信息系统软件。

本专著是全体参加人员集体辛勤劳动的结晶。在研究过程中,全体人员团结协作、密切配合,形成了良好的工作氛围。主要参加人员包括:

中国林业科学研究院资源信息研究所:张会儒(研究员,博士)、雷相东(副研究员,博士)、雷渊才(研究员,博士)、李春明(助理研究员,硕士)。

西北农林科技大学林学院:赵鹏祥(副教授,博士)、李为忠(副教授,博士)、郝红科(讲师)、陈国领(硕士研究生)、强建华(硕士研究生)。

西南林学院:杨为民(教授,博士)、胥辉(教授,博士)、刘琳(讲师,硕士)、姜磊(讲师,硕士)、谭靖(硕士研究生)、付小勇(硕士研究生)。

四川省林业科学研究院:王启和(研究员,硕士)、蔡小虎(副研究员,博士)。

中国林业科学研究院资源昆虫研究所:李昆(研究员,硕士)、廖声熙(副研究员,硕士)。

陕西省黄龙县林业局:曹旭平(高级工程师)。

云南省禄丰县一平浪林场:毕从阳(高级工程师)。

四川省崇州市综合林场:钟福林(工程师)、吴学友(工程师)。

由于水平所限不足之处在所难免,殷切期盼有关专家和读者批评指正。

编著者

2006年9月于北京

目 录

前言

第 1 章 我国天然林资源及经营管理现状	(1)
1.1 我国天然林资源现状及特点	(1)
1.2 我国天然林的地位与作用	(2)
1.3 天然林资源保护工程	(4)
第 2 章 “3S”技术应用及景观结构分析研究综述	(7)
2.1 “3S”技术在森林资源管理和分析评价中应用研究综述	(7)
2.2 景观格局及动态研究进展	(16)
第 3 章 黄龙山林区森林资源动态时空分析评价技术	(24)
3.1 空间数据库的建立	(25)
3.2 基于二类调查数据的森林资源动态时空分析	(25)
3.3 基于遥感数据的天然林资源信息提取	(28)
3.4 基于遥感技术的天然林资源保护工程期间森林资源时空分析	(33)
3.5 基于 <i>NDVI</i> 的油松天然林生长状况的遥感研究	(36)
3.6 研究区域天然林资源评价	(39)
第 4 章 一平浪林场天然林资源动态时空分析评价技术	(40)
4.1 建立一平浪小班森林资源地理信息系统	(40)
4.2 利用专家分类方法进行土地覆盖类型调查	(43)
4.3 一平浪林场小班地类监测结果	(47)
4.4 森林自然生长的预测方法	(50)
4.5 一平浪天然林资源的时空分析和评价	(54)

第 5 章 天然林景观结构分析及评价技术	(59)
5.1 基于森林资源调查数据的天然林景观分类评价及预测	(59)
5.2 基于遥感影像的天然林景观分类与评价	(70)
第 6 章 一平浪林场森林资源信息管理系统	(81)
6.1 需求分析	(81)
6.2 系统总体设计	(90)
6.3 功能模块的实现	(92)
6.4 存在的问题	(147)
6.5 系统使用手册	(147)
参考文献	(181)
附 录	
附录 1 基于 GIS 和森林资源调查数据的天然林资源动态时空分析评价技术 规程(草案)	(190)
附录 2 基于遥感影像的天然林资源动态时空分析评价技术规程(草案)	(200)
附录 3 基于森林资源调查数据的森林景观结构分析评价与演替预测技术 规程(草案)	(213)
附录 4 基于遥感影像的森林景观分类及评价技术规程(草案)	(217)

我国天然林资源及经营管理现状

天然林,顾名思义就是天然起源的森林,一般可将天然林按其退化程度可以大致分为原始林、过伐林、次生林、疏林和无林地。天然林是我国森林资源的主体,是森林生态系统的主要组成部分,是大自然馈赠给人类的绿色瑰宝。天然林是自然界中功能最完善的资源库、基因库、蓄水库、贮碳库和能源库,在维护生态平衡、提高环境质量及保护生物多样性等方面发挥着不可替代的作用。同时,还为人们的生产、生活提供木材和多种林副产品,是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础,在国家建设中发挥着重要作用。长期以来,由于我国实行以利用为主的天然林经营政策,造成了天然林资源的过量消耗,使我国的天然林资源无论是数量上还是质量上都大幅度下降,影响了天然林各种功能的发挥。随着天然林资源保护工程的全面实施,停止了长江上游、黄河中上游天然林资源保护工程区内天然林商品性采伐,调减了东北、内蒙古重点国有林区的木材产量,天然林资源得到了有效的保护,逐步进入了休养生息的良性发展阶段。

1.1 我国天然林资源现状及特点

据第六次全国森林资源清查结果(雷加富,2005),我国的天然林面积 11 576.20 万 hm^2 ,占有林地面积的 68.49%。其中,林分面积 11 049.32 万 hm^2 ,占 95.45%;经济林面积 207.75 万 hm^2 ,占 1.79%;竹林面积 319.13 万 hm^2 ,占 2.76%。天然林蓄积 1 059 311.12 万 m^3 ,占森林蓄积的 87.56%。天然林分每公顷蓄积量为 95.87 m^3 。天然疏林面积 474.93 万 hm^2 ,蓄积 11 428.93 万 m^3 。

在天然林分中,用材林面积 5544.69 万 hm^2 ,蓄积 436 736.54 万 m^3 ;防护林面积 4662.96 万 hm^2 ,蓄积 517 649.36 万 m^3 ;薪炭林面积 255.11 万 hm^2 ,蓄积 5226.77 万 m^3 ;特用林面积 586.56 万 hm^2 ,蓄积 99 698.45 万 m^3 。

天然林分按龄组划分,幼龄林面积 3424.33 万 hm^2 ,蓄积 99 116.73 万 m^3 ;中龄林面积 3764.36 万 hm^2 ,蓄积 275 421.81 万 m^3 ;近熟林面积 1555.37 万 hm^2 ,蓄积 193 249.59 万 m^3 ;成熟林面积 1473.83 万 hm^2 ,蓄积 282 189.91 万 m^3 ;过熟林面积 831.43 万 hm^2 ,蓄积 209 333.08 万 m^3 。天然幼、中龄林面积和蓄积分别占天然林分面积和蓄积的 65.06% 和 35.36%,后备资源比较充足。

天然林分按树种组成划分,天然阔叶林面积 6310.36 万 hm^2 ,蓄积 517 972.66 万 m^3 ,分别占天然林分面积、蓄积的 57.11% 和 48.90%;针叶林(含针阔混交林)面积

4738.96 万 hm^2 , 蓄积 541 338.46 万 m^3 , 分别占天然林林分面积、蓄积的 42.89% 和 51.10%。天然林分面积较大的有栎类、阔叶混、马尾松、桦木、硬阔类、落叶松、软阔类、杉木、云南松、云杉、针阔混、杂木和冷杉等优势树种, 其面积合计为 9781.06 万 hm^2 , 占天然林分面积的 88.52%; 蓄积 932 635.74 万 m^3 , 占天然林蓄积的 88.04%。

我国的天然林资源主要分布在东北、西南各地, 其中黑龙江、内蒙古、云南、四川、西藏 5 省(自治区)天然林面积合计 5983.10 万 hm^2 , 占全国的 51.68%; 蓄积合计 732 219.40 万 m^3 , 占全国的 69.12%。天然林面积在 200 万 hm^2 以上的省(自治区)有黑龙江等 15 个省(自治区), 15 省(自治区)天然林面积合计 10 359.42 万 hm^2 , 占全国的 89.49%; 蓄积合计 972 457.94 万 m^3 , 占全国的 91.80%。

从以上数据可以看出, 我国天然林资源有以下 3 个特点:

(1) 分布的广阔性 我国地域辽阔, 自然条件复杂, 气候条件多样, 因此, 适于各种类型森林的生长。天然林分布于全国各地, 南到西沙群岛, 北至大兴安岭。

(2) 森林类型的多样性 我国地理位置、自然和气候条件决定了我国森林类型的多样性。我国基本上囊括了世界上存在的各种森林类型。

(3) 分布的相对集中性 我国天然林资源集中连片, 多数分布于我国的大江大河的源头和重要的山脉核心地带, 以及西藏林区、自然保护区和森林公园。这部分天然林面积达 7100 万 hm^2 , 占天然林总面积的 61%。

1.2 我国天然林的地位与作用

我国天然林主要分布在大江大河的源头和部分农业主产区周围, 对维持黑龙江、松花江、长江、珠江、钱塘江、渭河等流域的生态稳定性, 保障农业持续的稳产、高产都起着至关重要的作用。一旦森林植被遭到大规模的破坏, 将导致水土流失、土地荒漠化, 加剧了干旱洪涝灾害, 恶化水质, 从而加速土地退化进程, 制约农业的可持续发展。森林在保持水土方面的作用已经很少有争议。我国长江、黄河、珠江三大流域森林覆盖率分别为 22%、8.5% 和 26.7%, 其年平均土壤侵蚀模数分别为 $512\text{t}/\text{km}^2$ 、 $3700\text{t}/\text{km}^2$ 和 $190\text{t}/\text{km}^2$, 由此可见森林对控制水土流失的巨大作用。就小地域来讲, 森林的作用更明显。而且森林的“自然化”程度越高, 保土能力越强。以长江中上游为例, 植被覆盖度为 0.9 时土壤流失量几乎不受坡度影响, 约 $60\text{t}/\text{km}^2$ 。覆盖度 0.6 时, 在 22° 坡地上土壤流失量增加 5 倍以上, 覆盖度 0.3 时, 在 33° 坡地上土壤流失量增加 50 倍以上。由于长江中上游地形复杂, 坡陡山高, 森林的破坏会急剧增加河流的泥沙含量。有实验表明, 择伐强度 50% 是未采伐地土壤流失量的 3 倍, 皆伐地是未采伐地土壤流失量的 10 倍, 如果皆伐后清除树桩土壤流失量可能增加 80 倍。森林涵养水源的作用是巨大的。森林植被通过林冠、凋落物和根系 3 个层次对降水再分配, 并影响土壤结构, 使林地的非毛管孔隙度和水分的下渗速度显著地大于荒地。降雨部分被林冠和地被物截持, 更多的降水变成了地下水, 使雨后林地的地表径流显著小于荒地, 这就是森林蓄水的主要原因。不同森林类型的蓄水能力不同, 林地的平均最大蓄水能力比荒地的最大蓄水能力大 30 ~ 40mm, 折算为 1 万 hm^2 林地约 300 万 m^3 的蓄水量。由于森林改变了地表径流和地下径流比例, 阻碍水分的流动, 因而森林显著改善了河流的洪枯比。例如岷江上游的森林经过 1950 ~ 1978 年的采伐, 森林覆盖率下降了 15%, 导致洪枯比增加到 1.4 倍。对于小流域, 其效果更明显。有资料说

明在黄土高原森林的综合防洪量为 70 ~ 270mm。这就是说,有大面积森林保护的地区,一场暴雨一般不会成灾。森林对减轻水旱灾害的综合作用可以由毁林地区和造林地区的对比而明显地表现出来。三江平原周围的森林覆盖率由 20 世纪 60 年代的 30% 降到 80 年代的 23%,导致该地区表土沙化、底土僵化并且使受涝面积增加到 1.85 倍。四川凉山州自新中国成立以来造林 30 万 hm^2 ,使汛期最大洪水位降低 60%。

天然林结构复杂,蕴藏着极为丰富的生物多样性,是多种动植物生存和繁衍的栖息地,因此成为世界上最丰富的生物资源库和基因资源库。我国的陆地生态系统有 27 大类和 460 类,其中,天然的森林生态系统就有 16 大类,185 类。我国有乔灌木种约 8000 种,其中乔木约 2000 种,包括 1000 多种优良用材和特种经济树种,还有不少孑遗种,如水杉、银杏、银杉、金钱松、水松、普陀鹅耳枥、金花茶、连香树、珙桐、马尾树和水青树等和许多珍稀特有物种及其基因资源,它们绝大多数生长在天然林之中。我国天然林中还孕育着许多具有较高经济价值或未来潜在开发价值的物种资源,如从植物中发现了三尖杉酯碱、美登木素、紫杉醇、喜树碱等抗癌药树,以及一些珍贵稀有物种,如林麝、梅花鹿、麝鹿、龙脑香等本身即具有非常重大的经济价值或文化价值。在天然林区已经可利用的食用植物和菌类 120 多种,经济植物 110 种,蜜源植物 80 多种。我国药用植物约有 5000 多种,主要分布在天然林区,因此森林被誉为中草药的宝库。例如,名贵木本药材树种有杜仲、厚朴、黄柏等和灌木草本药材植物有东北林区人参、黄芪、细辛、五味子、刺五加等,西南林区的川贝、当归、黄连、三七、天麻等,这些药用植物的花、果、皮、根、茎和叶等均可制成药材。此外,众多的粮食经济作物、水果和禽畜的原种,如原生稻、野大豆、野山茶、荔枝、柑橘、原鸡等,也都来自天然林,它们是我国农、林、禽等各业品种的近缘种或祖先以及它们遗传改良和开发、培育新品种的重要基因库。在天然林中,热带林的生物多样性更为丰富。我国海南岛地区的热带森林有维管束植物 4000 余种,占全国维管植物种类 27 150 的 18.4%,海南岛鸟兽类共 421 种,各占中国鸟类和兽类种数的 26% 和 21%;我国西双版纳热带森林中维管植物约 3500 种,占全国总数的 16.1%,西双版纳的鸟兽、爬行类、两栖类共有 575 种,其中鸟类和兽类各占中国种数的 30% 和 25%。由于天然林的严重破坏,其中的许多物种已濒临灭绝的境地,野生珍稀物种是森林生态系统的重要组成部分,在森林生态系统的能流流动和生物地化循环具有重要的调节控制作用。保护珍稀濒危物种的根本方法是保护它们的生态环境,而生态环境的保护和改善不仅对珍稀濒危物种有利,而且对森林生态系统功能的发挥具有重要的意义。珍稀濒危物种中有不少是生态系统的关键种、敏感指示种或代表种,因而保护意义并不仅仅在于保护濒危物种本身,还在于对整个生态系统生态功能的保护和稳定性的维持。

森林是陆地生态系统中最大的碳储库,它储存了全球陆地生态系统 90% 以上的碳,在调节全球碳循环过程中起着重要的作用。森林植物通过光合作用吸收、固定二氧化碳,森林每生产 1g 干物质需要吸收 1.84g 二氧化碳。Whittaker 估计,热带森林固碳速率为 $450 \sim 1600\text{g}/(\text{a} \cdot \text{m}^2)$,温带森林为 $270 \sim 1125\text{g}/(\text{a} \cdot \text{m}^2)$,寒带森林为 $180 \sim 900\text{g}/(\text{a} \cdot \text{m}^2)$,远远高于农田 $45 \sim 200\text{g}/(\text{a} \cdot \text{m}^2)$ 和草原 $130\text{g}/(\text{a} \cdot \text{m}^2)$ 。单位面积的森林储存的碳是农田的 20 ~ 100 倍。我国森林生态系统的木材碳储量为 $2.1 \times 10^9\text{t}$,为中国陆地植被生态系统总碳量的 73.0%,这表明森林在我国陆地植被的碳库中起着主导作用。另一方面,也表明森林的破坏将会向大气排放大量的二氧化碳,增加大气中温室气体浓度。目前,全球森

林大面积破坏所产生的二氧化碳排放已成为仅次于矿物燃料的二氧化碳排放源。因此恢复、扩大和可持续利用天然林资源对减少大气中温室气体浓度和缓解气候变化具有重要的意义。

天然林所提供的木材资源和非木质林产品（食物、药物及工业原料等）在国民经济中起着重要作用。从新中国成立到1994年，国有天然林区累计生产木材近9亿 m^3 ，约占全国木材生产量的占75%以上，其中包括大量的优质木材。

综上所述，天然林在我国森林资源中占有主导地位，在满足人民生活需求、保障国土生态安全、实现社会、经济、环境的可持续发展中发挥着不可替代的作用。

1.3 天然林资源保护工程

我国自1992年的联合国世界环境与发展大会以来，开始致力于实施森林资源的可持续经营战略，以确保森林资源的增长必须满足国民经济建设和人民生活水平的不断提高对林产品和林副产品以及生态服务概念功能的需要。正如《中国21世纪议程林业行动计划》所指出的：“到下世纪初，重点区域生态环境有明显的改善，生态环境建设进入良性发展轨道；林业产业结构明显改善，林业综合经济实力和自我发展能力显著增强；初步建立适应社会主义市场经济发展的林业管理体系和社会化服务体系。到21世纪中叶，建立比较完备的林业生态体系和比较发达的林业产业体系，建成现代林业管理体系和社会化服务体系。”目前，党和国家领导人十分关注森林资源保护，1997年12月时任国务院总理的朱镕基在《中央经济会议及当前经济形势》报告中特别强调了天然林保护与生态环境建设问题，并代表国务院宣布了1998年开始启动天然林资源保护工程。

1.3.1 指导思想

天然林资源保护工程以从根本上遏制生态环境恶化，保护生物多样性，促进社会、经济的可持续发展为宗旨；以对天然林的重新分类和区划，调整森林资源经营方向，促进天然林资源的保护、培育和发展为措施，以维护和改善生态环境，满足社会和国民经济发展对林产品的需求为根本目的。对划入生态公益林的森林实行严格管护，坚决停止采伐，对划入一般生态公益林的森林，大幅度调减森林采伐量；加大森林资源保护力度，大力开展营造林建设；加强多资源综合利用，调整和优化林区经济结构；以改革为动力，用新思路、新办法，广辟就业门路，妥善分流安置富余人员，解决职工生活问题；进一步发挥森林的生态屏障作用，保障国民经济和社会的可持续发展（张佩昌等，1999）。

1.3.2 目标和任务

1.3.2.1 近期目标任务（到2000年）

以调减天然林木材产量、加强生态公益林建设与保护、妥善安置和分流富余人员等为主要实施内容。全面停止长江、黄河中上游地区划定的生态公益林的森林采伐；调减东北、内蒙古国有林区天然林资源的采伐量，严格控制木材消耗，杜绝超限额采伐。通过森林管护、造林和转产项目建设，安置因木材减产形成的富余人员，将离退休人员全部纳入省级养老保险社会统筹，使现有天然林资源初步得到保护和恢复，缓解生态环境恶化趋势。

1.3.2.2 中期目标任务（到2010年）

以生态公益林建设与保护、建设转产项目、培育后备资源、提高木材供给能力、恢复

和发展经济为主要实施内容。基本实现木材生产以采伐利用天然林为主向经营利用人工林方向的转变,人口、环境、资源之间的矛盾基本得到缓解。

1.3.2.3 远期目标任务(到2050年)

天然林资源得到根本恢复,基本实现木材生产以利用人工林为主,林区建立起比较完备的林业生态体系和合理的林业产业体系,充分发挥林业在国民经济和社会可持续发展中的重要作用(张佩昌等,1999)。

1.3.3 实施范围和重点

1.3.3.1 工程范围

国务院批准的天然林资源保护工程分为两大块:一是长江上游、黄河上中游地区的天然林保护。长江上游地区,以三峡库区为界,包括云南、四川、贵州、重庆、湖北、西藏6省(自治区、直辖市)。黄河上中游地区,以小浪底库区为界,包括陕西、甘肃、青海、宁夏、内蒙古、山西、河南7省(自治区);二是东北、内蒙古等重点国有林区的天然林保护,包括内蒙古、吉林、黑龙江(含大兴安岭)、海南、新疆5个省(自治区)。整个工程共涉及17个省(自治区、直辖市)。

1.3.3.2 工程重点

根据工程实施坚持突出重点的原则,在工程范围内也应确定重点实施地区。目前确定的工程重点是国有林区,即指分布于东北、西北和西南的黑龙江、吉林、内蒙古、陕西、甘肃、新疆、青海、四川、重庆和云南等10个省(自治区、直辖市)归国家所有的成片天然林林区(张佩昌等,1999)。

1.3.4 工程进展情况及存在的技术问题

1.3.4.1 工程进展情况

截至2004年底,中央累计投入491亿元。长江上游、黄河中上游地区的13个省(自治区、直辖市)已全面停止了天然林的商品性采伐,东北、内蒙古等重点国有林区木材产量调减基本到位,年木材产量由1997年的1853万 m^3 减少到906万 m^3 ,工程区886.7万 hm^2 森林资源得到了有效管护,累计完成人工造林188万 hm^2 ,飞播造林246万 hm^2 ,新封山育林881.8万 hm^2 ,并妥善分流安置富余职工60余万人。工程建设取得了明显成效:一是许多地方的生态环境大为改观,山林开始郁闭,林相开始变好,生物多样性明显增加,林区经济活力显著增强;二是工程区林业经营格局初步实现了由以木材生产为主向以资源保育为主的转变,植被建设初步实现了由单纯造林向造管并举的转变;三是林区经济结构开始走向多元化,职工就业也由主要依靠大木头生产转向多渠道就业。

1.3.4.2 存在的技术问题

从技术上看,长江上游、黄河上中游天然林资源保护工程区现存植被大多为天然次生林,宜林荒山荒地分布广、且相对集中,气候湿润,适宜林木生长。发展的亟需关键技术包括薪炭林营造和管理技术、天然次生林的封育造技术、退化天然林的恢复与重建技术等方面。这些技术的研究成果还可以辐射推广到生态环境较为脆弱的黄河源头已经实行全面禁伐、完全封育的天然林保护核心区。而对于仍是国家木材生产基地的天然林资源保护工程综合经营区,由于既不能采取完全保护禁伐的方式,也不能在以木材生产为核心的体系下继续经营,所以寻找新的森林经营模式是目前迫切的技术需求。另一方面,在天然林实施禁伐或逐步调减木材生产量的情况下,合理的保护和利用天然林内的多种特有资源,就

成了发展林区替代产业,促进可持续发展,保证天保工程达到预期目标的一个重要方面。森林灾害对天然林资源保护工程区的生产和生态功能具有重要影响,要从根本上提高森林抵抗病虫害和预防火灾的能力,就需要提高森林健康水平。而面对受到人类严重干扰的森林生态系统,在实行天然林资源保护工程以后,在结构、类型、分布、面积、质量、数量、频度、森林健康、森林生长等方面都发生了很大变化,及时地掌握这些动态变化信息,并对其发展趋势进行预测,对推动天然林资源保护工程建设的顺利实施具有重要意义。

综上所述,可归纳出目前天保工程面临的5个重大而亟需解决的技术问题:①天然林区退化森林生态系统恢复机理和恢复技术研究的不足;②工程区内、特别是在热带和亚热带天然林中非木质林产品资源及生态旅游及森林景观资源丰富但开发利用技术落后;③目前仍然作为木材生产基地的重点国有林区天然林采育更新、林分结构调整和改造方面的技术滞后、体系不完整;④工程区内防灾减灾、保持森林健康状况技术体系缺乏;⑤天然林资源动态变化信息提取、分析评价及趋势预测的信息获取和决策支持技术滞后(陆元昌,2003)。

“3S” 技术应用及景观结构分析研究综述

“3S” 是遥感 (Remote Sensing, 简称 RS)、地理信息系统 (Geographic Information System, 简称 GIS)、全球定位系统 (Global Positioning System, 简称 GPS) 的总称。它们是随着电子、通信和计算机等尖端学科的发展而迅速崛起的一批高新技术, 三者有着紧密的联系, 在林业以及森林采伐规划设计上有着广泛的应用 (张会儒, 1998)。

遥感是一种远离目标, 在不与目标对象直接接触的情况下, 通过某种平台上装载的传感器获取其特征信息, 然后对所获取的信息进行提取、判定、加工处理及应用分析的综合性技术。地理信息系统技术是以地理空间数据库为基础, 在计算机软硬件技术的支持下, 对空间相关的数据进行采集、管理、操作、分析、显示并采用地理模型分析方法, 适时提供各种空间的动态的地理信息, 为地理研究和决策服务建立起计算机技术系统。全球定位系统技术是利用卫星技术, 实时提供全球地理坐标的技术系统。

2.1 “3S” 技术在森林资源管理和分析评价中应用研究综述

2.1.1 遥感技术 (RS)

目前, 遥感技术在森林资源管理中主要应用于资源清查与监测、病虫害监测、火灾监测预报和评估等方面。

2.1.1.1 在森林资源清查中的应用

森林资源清查具有面积广、周期长、工作量大、成分复杂、技术标准不统一等特点, 导致森林资源数据的获取和更新能力大大落后于生产发展的需要。遥感技术的应用缩短了森林资源清查的周期, 提供了详细、准确的数据, 节省了人力、物力。从 1999 年起至 2005 年全国已经在 31 个省 (直辖市、自治区) 的一类清查中, 按照规定的有关要求, 推广应用了遥感技术, 为改进一类森林资源调查提供了宝贵的经验。

传统的森林资源二类调查一直都使用航片和地形图进行外业区划、调绘手图、寻找地物、成图和求面积。卫星遥感时效新, 更新快, 如 TM 卫星数据 16d 为一个更新周期, 是进行动态监测的理想资料。1986 年北京卫星地面接收站正式投入运行, 直接接收陆地卫星的光谱扫描仪 (MSS) 和专题绘图 (TM) 数据, 大大推动了遥感技术在森林资源监测中的应用。寇文正等利用 RS 在吉林省西部进行了森林资源动态监测, 李芝喜等用点、面结合相互配套的方案进行了西双版纳热带植被的动态变化监测, 刘培均等在河北平泉县采用不同年代的卫片判读成图、编制成图、编制森林动态图的方法进行森林资源动态遥感研

究等。中国林业科学研究院、北京林业大学、华南农业大学、福建省林业信息中心、云南省林业勘察设计院、海南林业局等研究了以林场为单位的高精度的森林资源监测,利用高分辨率的卫星影像(IKONOS, QuickBird 航空影像等),立体像对提取林班、树高、树冠等变量,为林场的生产、估测服务。黑龙江省汤旺林业调查中,用卫星 TM 假彩色合成影像完全代替航片,进行森林判读分类、区划设计、辅以原有影像和图面资源,加上野外勘察验证,能够准确、快速区划森林小班,完成抽样调查和转绘制图,为 RS 的应用做了有益的尝试。

2003 年,国家林业局做出了在全国范围内采用 SPOT5 等高分辨率卫星数据开展森林资源调查的决定,从而掀起了新一轮的森林资源航天遥感调查热潮,SPOT5 遥感数据的高空间分辨率和多光谱分辨率,为森林资源调查提供了丰富的、可靠的、高精度的基础数据源。从性价比分析,在其他高分辨率遥感数据目前比较昂贵的状况下,SPOT5 遥感数据比较适宜应用于大面积的森林资源调查,可大幅度地减少森林调查的外业工作量、提高工作效率。华朝朗对应用 SPOT5 卫星数据进行县级森林资源调查方法、精度、效益等作了系统的分析和总结,并与传统调查方法和 TM 卫星影像遥感调查方法作了比较。结果表明:SPOT5 影像较 TM 影像不仅费用投入少,而且其影像清晰、纹理突出、信息量丰富,有较高的可视性和易读性。在区划精度上较 TM 方法和传统方法有大幅度的提高,区划定位准确,提高了面积精度;在判读上正判率提高;蓄积量估测精度提高。

2.1.1.2 在森林资源动态监测中的应用

依据对森林资源进行动态监测的不同应用范围和目的,以及森林资源的区域特征,可以选择不同的卫星遥感影像数据源作为基础数据源,根据各自不同的光谱观测波段和分辨率,用合适的遥感数据源结合地面抽样技术,并利用 GPS 对样地进行空间定位,最后用地理信息系统对各种调查数据进行汇总和分析,建立起森林动态监测体系,从而可以监测森林的数量和分布,以便了解森林资源的现状和消长状况。

由于卫星遥感具有视野宏观、动态监测等特点,在森林资源调查中就可减少调查人员的人为误差。由于不同植物在卫片上反映出的色调、形态、纹理结构、相关分布和地域分布的不同,在判读区划时就可提高调查成果中各种地类划分及各地类面积的准确程度,从而增强了调查成果的科学性、客观性。

现在,RS 分辨率大幅度提高,波谱范围不断扩大,特别是星载和机载成像雷达的出现,使 RS 具备多功能、多时相、全天候能力。其中 NOAA 卫星广泛用于监测全球森林宏观变化,MSS、TM、SPOT 用于区域中森林资源动态监测。通过利用 RS 和 GIS 动态监测森林资源,利用卫星图像解译处理的技术,结合野外调查和 GPS 技术,使精度达到森林资源的调查要求。同时,随时提供各种专题图件,直观地反映森林资源的现状及其动态发展变化状况,并能够对这些森林资源信息数据库进行空间检索和空间分析。

2.1.1.3 在森林病虫害监测和防治中的应用

应用遥感技术探测森林病虫害的原理是依据森林植物绿色叶子内部组织结构和功能的变异,而对光谱反射率有明显的影响,可以根据光谱反射率的差异在红外彩色片上的反映,对森林病虫害进行探测。森林病虫害在红外彩色图像上的色彩反映是由于色三角的感色规律,森林病虫害使红外反射降低,引起红色减少。假如红外彩色片上的红色完全消失,由蓝绿二原色组合成青色,此时病虫害比较严重。如果彩色红外片红色成分越多,表

明森林植物的生命力越旺盛。从遥感资料中提取这些变化的信息,分析病虫害的源地、灾情分布、发展状况,可为防治病虫害提供信息。如安徽省全椒县国有孤山林场1988年、1989年发生的马尾松松毛虫害,用TM卫星遥感资料进行了波谱亮度值分析和提取灾情信息的图像处理,掌握了虫情分布、危害状况,并统计出了重害、轻害和无害区所占的面积,有效地指导了松毛虫害的防治和灾后评估。“八五”国家科技攻关项目“松毛虫早期灾害点遥感监测研究”,是我国利用遥感技术对森林病虫害进行预测、预报、监测管理的比较深入的应用研究。刘志明等以1989年和1990年夏季大兴安岭地区落叶松毛虫大发生为背景,探索了利用气象卫星AVHRR资料进行大范围森林虫害监测的原理、方法。

2.1.1.4 在林火信息预测和林火扑救中的应用

探测火情方面所使用的遥感技术,主要利用飞机或卫星上安装的红外探火装置探测火灾。航空遥感探火不仅探测的范围广,速度快,而且能随时反馈火灾蔓延的情况,确定火源的准确位置。利用AVHRR图像和TM图像能准确定位森林火灾,包括火头位置、火势发展方向、各种救火措施的实际效果等重要信息,可为森林救火提供可靠依据。例如,1988年发生在我国大兴安岭林区特大森林火灾,借助于航空遥感技术及时发现了新的火源及火势蔓延情况,同时借助卫星云图气象情况研究人工降雨实施的可能性,最后防火指挥部通过人工消防灭火和人工降雨的方法,扑灭了大火,保住了大片森林。

利用NOAA气象卫星,建立地面站,随时接收卫星图像,通过图像处理,观测森林火灾的动态,为减少和防止森林火灾的发生起到了重要的积极作用。NOAA气象卫星在林火监测方面具有许多优越性,越来越受到各方面的重视,而在实际火灾损失调查中,用MSS5图像与MSS7图像配合,效果极好,不仅能正确识别火烧迹地位置、轮廓,还能估测火烧危害程度及火烧迹地的年限,为制定营林措施提供科学依据。例如:以NOAA/AVHRR资料为主要信息源的国家“八五”科技攻关项目“西南林区等火灾监测评价”,对西南林区等火灾的宏观监测和早期预报、林火蔓延及发展趋势的监测和评价、火灾发生后的损失评价和减灾辅助决策建立了快速、准确、实用的“林火监测应用技术系统”。这些项目提高了遥感技术在我国森林火灾监测预报方面的能力。

2.1.1.5 存在的问题

遥感技术在天然林资源管理中应用越来越广泛,科研人员在扩大应用的同时,对其应用中存在问题也进行了深入分析和探讨,概况起来有几点:

(1) 在资源清查中的应用仍不理想 林业遥感应用得最多的是森林资源清查。数据源主要是MSS和TM,它们的空间分辨率分别为80m和30m。TM数据具有极高的空间分辨率和光谱分辨率,且数据量大,信息丰富,成本较低,一直是林业遥感的主要信息源,但因其分辨率的原因,其应用精度并不令人满意。如在一幅TM精加工的图像上,平面点位绝对误差为33m,约1.1个像元。面积量测平均精度为90%,树种的平均判对率为86%。易判地类判对率在90%~95%之间,而不易判读地类,如南方地形较为破碎,插花严重地类的平均判对率一般为85%左右。有些地类,如未成林的造林地不能解译。在蓄积量估测中,一些立木测树因子,如树高、直径等不能或很难解译出来。因此,如何提高分类和面积的估测精度,改善蓄积量估测的稳定性、可靠性,提高估测精度,满足生产需要,将是林业遥感面临的艰巨任务。要实现这一点,最根本的出路是遥感数据本身分辨率的提高。

(2) 影像解译仍以目视为主 遥感影像解译是遥感应用的重要环节,也是决定其应用效果的关键步骤。林业生产中应用较为普遍的信息源 TM 影像,因受其空间分辨率和光谱分辨率的限制,计算机自动识别(有监分类和无监分类)精度一直徘徊在 75%~80% 之间,这样的分类结果仍显太低。因此,常规 TM 影像解译仍以目视判读为主。有时为提高判读精度,需要以大量的地面调查,以及多时相、多片种的遥感资料作为辅助信息源,这样就大大提高了调查的成本和周期。这说明采用遥感技术进行森林资源调查,并没有完全摆脱外业调查。

随着空间分辨率和光谱分辨率、电子计算机图像处理技术的不断提高,航空像片新片种研究的不断进展,这些问题将会得到逐步解决。因此,在今后的森林资源管理和分析评价中,遥感技术的有着十分广阔的应用前景。

2.1.2 地理信息系统(GIS)

GIS 是 20 世纪 60 年代发展起来的一门介于地球科学、信息科学、空间科学之间的交叉科学。它以地理空间数据库为基础,在计算机软硬件技术的支持下,对空间相关的数据进行采集、管理、操作、分析、显示并采用地理模型分析方法,适时提供各种空间的动态的地理信息,为地理研究和决策服务建立起计算机技术系统。1963 年,加拿大测量学家 Tomlison R F 博士提出把常规地图变为数字形式存入计算机的想法,并于 1965 建立了世界上第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统(CGIS)用于自然资源的管理和规划。随后美国城市 and 区域信息系统协会(URISA)相继成立。此外,国际地理联合会(IGU)于 1968 年设立了地理数据收集和处理委员会(CGDSP),这些组织为传播 GIS 知识和发展 GIS 技术起了关键的作用(Goodchild M F, 1992)。

经过 30 多年的发展,GIS 技术不断成熟,特别是 20 世纪 70 年代众多商业机构纷纷介入地理信息系统领域,开发和研制了众多地理信息系统软件,推动了地理信息系统的发展。据统计,在 20 世纪 70 年代大约有 300 多个 GIS 系统投入使用。目前,计算机和全球信息网络技术飞速发展,对 GIS 产生了巨大的冲击。GIS 经历了从传统 GIS、智能化 GIS(C/S)、万维网 GIS(WEBGIS)的变化过程。可以看出,GIS 始终是向更高性能、更低成本、更具开放性和灵活性的方向发展的。随着面向对象理论和方法的成熟,虚拟现实技术的逐步完善,网络化和智能化体系的普及,基于 INTERNET 和 INTRANET 的 WEBGIS 系统集成策略将是 21 世纪 GIS 系统的主流技术。

2.1.2.1 林业 GIS 的开发

基于 GIS 强大的空间分析能力和在林业上的良好应用前景,各种应用型林业地理信息系统如雨后春笋纷纷涌现出来。美国爱德华州建立基于地理信息系统的森林经营系统,可随时提供林地上的林木信息,采伐状况及显示林业专题图。加拿大建立的森林资源数据库系统是一个集成化的森林资源信息库,存储着森林蓄积、运输途径、木材需求等信息,可提供林区现有的铁路、公路和水路运输途径、森林蓄积图表和需材企业图表等,成为森林经营规划的有力助手。在德国,建立了森林资源动态监测系统,利用计算机五级网络,在林场基层对未来采伐林分借助生长模型进行生长预测、数据更新、收集进入成林的林分,以获得年度森林资源动态数据。在俄罗斯,森林资源研究中心把数据通讯与计算机技术结合起来,形成了数据库和大地信息系统及 PC 系统为核心的信息处理系统,包括森林资源数据库及专题显示,利用通信技术,实现森林火灾的预防。