

# 美国森林资源监测技术对我国森林资源 一体化监测体系建设的启示\*

刘 华 陈永富 鞠洪波 雷渊才

(中国林业科学研究院资源信息研究所,北京 100091)

**摘要:**分析总结目前我国森林资源监测工作存在的问题,提出一体化监测体系的概念和建设的必要性;从抽样技术、调查内容和方法等方面介绍美国森林资源综合监测体系的特点和优势,并与我国的森林资源监测体系进行对比分析,为我国森林资源一体化监测体系建设提供参考与借鉴。

**关键词:**森林资源监测,一体化监测体系,美国

中图分类号:F316.20,S757.2

文献标识码:A

文章编号:1001-4241(2012)06-0064-05

## Inspiration of Forest Resources Monitoring in USA for Integrated Forest Resources Monitoring System in China

Liu Hua Chen Yongfu Ju Hongbo Lei Yuancai

(Research Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** The paper analyzed the problem existing in the current forest resource monitoring system in China and proposed the definition of the integrated forest resources monitoring system and its necessity to be established. The paper also introduced the features and advantages of the Forest Inventory and Analysis (FIA) program in USA in terms of the sampling techniques, survey content and methods. Then it was compared and analyzed with the forest resources monitoring system in China, for providing references to the establishment of China's integrated forest resources monitoring system.

**Key words:** forest resource monitoring, integrated forest resource monitoring system, USA

随着社会的发展和进步,林业经营理念也在发生深刻变化,多样化、多目标的森林资源监测信息变得日益重要。这就要求森林资源监测从单一的森林面积和蓄积监测向多功能和多目标监测过渡,内容向资源数量结构与生态状况的综合监测转变,逐步发展为适应林业可持续发展的森林生态系统监测。

## 1 我国森林资源调查监测体系发展过程及目前存在的问题

### 1.1 发展过程

1949年以后,我国森林资源调查监测工作经过多年的探索和发展,取得了很大的成绩。20世纪70

年代起,在应用数理统计等新方法的基础上,我国开始建立国家级的森林资源清查体系,面积覆盖全国,按系统抽样的原则在地面设置固定样地,每5年对这些样地进行一次调查。80年代以后,我国森林资源调查监测体系进一步健全,包括全国森林资源连续清查(一类调查)、森林资源规划设计调查(二类调查)和作业设计调查(三类调查)<sup>[1]</sup>。其中,一类调查以省为总体,采用地面样地和遥感样地相结合的抽样调查方法,每5年全国覆盖一次;二类调查按省进行,以林业局(场)为总体,以遥感图像划分小班结合抽样进行蓄积量调查,每10年一次,用于林业局(场)的经营规划设计;三类调查用于林业工程设计,根据具

\* 收稿日期:2012-05-26

基金项目:林业公益性行业科研专项森林资源一类与二类调查体系耦合关键技术研究(201204510)

作者简介:刘华(1971-),女,副研究员,研究方向:林业信息技术,E-mail:liuhua@caf.ac.cn

体需求进行<sup>[2]</sup>。这套体系一直沿用到现在,是目前最常用的森林资源调查监测方法和技术手段,在过去较长一段时期内为我国及各地区建立有效的森林资源调查监测体系,定期查清全国及各省(市、区)森林资源面积、蓄积等状况,了解森林资源消长变化规律,分析经营管理成效,以及预测森林资源动态变化趋势等发挥了积极作用。

## 1.2 存在的问题

我国的森林资源监测体系不仅提供资源数据,同时可以确保调查精度,保证数据的可靠性<sup>[2]</sup>。但是这条技术路线也有缺点,一是调查周期比较长,已经不能满足快速发展的国民经济的要求;二是抽样调查总体虽然有精度保证,但是不能落实到地块;三是因为一类和二类调查采用不同总体,虽然国家的森林资源总计与地方森林资源总计都在要求精度范围内,但是数据不同,造成许多麻烦<sup>[2]</sup>。

1)信息时效性差。全国森林资源一类清查采用每年调查全国1/5的省份,5年完成1次全国清查任务的方式。由于各省进行清查的时间不一致,全国的资源汇总成果无法统一时间基准点,由此形成全国和省级监测结果5年一套数据,市、县级调查结果10年一套数据的现状。

2)一类调查和二类调查成果数据不衔接。虽然一类调查和二类调查的对象相同,但因采用的调查方法、时间尺度和基点不同,导致调查数据在时空格局和精度等方面存在差异。调查成果不能融合,客观上存在着不一致的2套数据,导致国家和地方的决策与实施断层、规划与计划不符、管理与经营脱节,直接影响国家政策措施的落实。

3)2套监测体系无法实现数据共享。一类调查监测体系与二类调查监测体系各自独立运行,形成两张皮,未能形成合力<sup>[3]</sup>。一类调查只能服务于国家层面,二类调查仅服务于地方层面;一类调查监测成果能反应动态变化情况,但不能落到山头地块;二类调查监测能落到山头地块,但不能反映动态变化。

由于以上问题的存在,造成了国家只关心一类调查、地方只关心二类调查,国家一类调查地方不配合、地方二类调查国家不投入的尴尬局面。资源监测工作非常被动和困难,工作效率和质量受到影响,投资不合理,资金使用效益差。同时,监测成果的时效性和精度受到众多质疑。国家公布的有关地方森林资源监测数据,地方不认可;地方公布的调查数据,国家

不认可。

除此之外,我国目前的森林资源监测体系尚未建立用于全国森林碳汇监测的森林生物量计量模型,难以及时反映森林碳汇能力,服务于林业应对气候变化的能力弱。同时,现有监测体系在森林健康状况和主要生态环境因子方面的监测指标不全面,不能满足林业部门和整个国家经济的持续发展或者参与全球评价的需要。

## 2 建立我国森林资源一体化监测体系的意义

### 2.1 森林资源一体化监测的内涵和定义

有关森林资源一体化监测的概念目前还没有确切的、较权威的定义。本文参照王治卿提出的一体化的含义<sup>[4]</sup>,结合多年的森林资源监测技术研究成果,提出一个初步的定义供商榷:森林资源一体化监测指通过制定统一的抽样体系结构、调查方法以及合理的监测指标体系,将原有的多个森林资源调查体系有机地融合为一个整体,形成协同效力,实现不同尺度森林资源监测成果的高度统一,产出国家和地方相协调的“一套数”、“一张图”,全面提高我国森林资源监测与管理水平。

### 2.2 建立我国森林资源一体化监测体系的意义

1)通过建设森林资源一体化监测体系及时掌握林地利用及其动态变化数据,准确评估我国森林的碳汇能力,为国家应对气候变化的内政外交提供信息支撑。同时,全球森林资源评估以及国家级公益林和林业生态工程建设成效评价工作越来越受到重视,而森林资源一体化监测体系的建设将为这些工作提供针对性更强、时效性更高的森林资源和生态状况信息。

2)中央提出的“双增”目标是新时期林业工作的核心。要完成这个目标,就需要基数准确、时间一致、上下衔接的森林资源监测数据<sup>[3]</sup>。同时,加强森林资源保护管理,也需要具有更高时效性的森林资源消长变化信息,实现与目标管理周期同步。建设森林资源一体化监测体系是提供这些数据信息的保障,对完成林业核心工作意义重大。

3)森林资源一体化监测体系的建设将使全国森林资源一类清查和地方二类调查等不同尺度的森林资源监测成果相互衔接成为可能,同时也为建立林地监测、评估与统计制度,实现林地档案年度更新奠定基础,对全面提高森林资源监管效率意义重大。

总之,社会的发展和公众的需求对森林资源监测

提出了新的、更高的要求。森林资源监测工作不仅要及时查清森林资源及生态状况,还要准确反映动态变化,科学预测发展趋势,充分展示林业建设成效。从整个世界林业的发展趋势来看,森林资源监测工作呈现出监测目标多元化、方法手段现代化、分析评价综合化、信息服务多样化的趋势<sup>[3,5]</sup>。为此,总结和借鉴国内外先进经验,充分利用高新技术,推进森林资源一体化监测体系的建设,显得尤为迫切、十分必要。

### 3 美国森林资源监测体系的特点与优势

美国是世界上森林资源最多的国家之一,森林面积占世界森林面积的6.2%。美国采用以各州的森林资源调查信息统计全国总量的方法进行森林资源调查。它的森林资源清查和分析项目(Forest Inventory and Analysis,简称FIA)是美国林务局执行的定期对全美的森林及林下资源进行清查统计,并对清查结果进行分析评估的一个全国性工程。该工程从1928年开始,已经执行了80多年。

#### 3.1 FIA 特点

FIA通过科学详细的调查监测对全美森林资源的现状、发展趋势、生长条件等信息进行采集,并对这些数据信息进行综合分析和评价,为国家或州政府制定相关林业政策与经营管理规划和公众了解森林生态健康状况等提供依据。

在FIA执行初期,只是关注森林资源的数量,如面积、蓄积量等,重点在树木的生长和出材量上。从上世纪70年代中期开始,由于公众对生态和野生动物的关注以及法律方面的要求,FIA涉及的因素逐渐增多,开始关注土壤、水质、野生动物、气候等因素,并逐步把这些因子纳入到清查对象。

利用FIA的成果可以产生多种空间数据产品,如森林资源分布图、林地所有权分布图、木材产量全国分布图等。这些产品能够为政策制定、科学研究提供很好的数据支撑。FIA还运用最先进的技术对全国森林资源现状、条件和趋势做出评估,对于保持美国林业的可持续发展和推行相关政策措施起着至关重要的作用。

#### 3.2 FIA 抽样技术

自2003年起<sup>[3,6]</sup>,美国对森林资源清查与监测工作进行了调整,将原来的各州依次定期清查改为全美50个州每年清查一次,每次调查1/5的固定样地,每年和每5年产出一次资源清查报告;还将FIA与森

林健康监测系统(Forest Health Monitoring, FHM)的样地进行合并,形成一个全国统一的3阶抽样的年度清查系统。

第1阶是遥感抽样。利用航空照片或卫星影像进行分层,将地面信息划分为有林地和无林地,并对景观碎片、城镇化和距离等变量进行空间测量。美国全国有450多万个遥感样地<sup>[7]</sup>,选择其中一部分作为地面调查样地。

第2阶样地是传统的FIA地面样地。这些样地为六边形,总面积约2428 hm<sup>2</sup>(6000英亩)。全美共有约38万个这种样地,其中12.5万个为永久性的有林地样地。每个六边形样地中,最少有一个基础样点<sup>[8]</sup>。固定样地只设置在确定为森林的样地中,主要开展与木材相关的林地和林木信息的调查。对每个样地进行超过100项变量的测量,并对300万株以上的单株木进行测量以确定其材积、生长状况和活力。同时,利用覆盖全美的遥感数据宏观监测森林资源的情况<sup>[2]</sup>。

第3阶样地是原先FHM系统中用于调查的地面样地,是第2阶样地的一部分。每16个2阶样地中选取1个作为第3阶样地,全国约2.4万个<sup>[7]</sup>。有关森林健康的数据,如生态功能、生长条件、林木健康状况等指标在第3阶样地中调查收集。

#### 3.3 FIA 地面样地设计

FIA的每一个地面样地由4个圆形子样地组成,为固定模式分布,如图1<sup>[9]</sup>。该样地设计为所有2,3阶样地的调查提供抽样框。

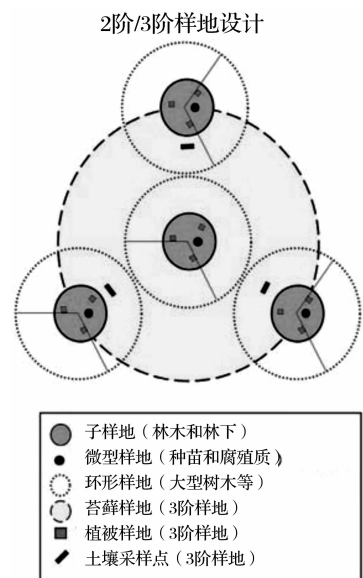


图1 美国森林资源清查地面样地设计

大多数的树木调查在子样地(subplot)中进行;在微型样地(microplot)中做种苗和其他植被的调查;环形样地(macroplot)用来对需要采集实物样本的树木进行调查,这样可以保证在收集样本时子样地保持不变<sup>[8]</sup>。

子样地是永久性的,不会重新设置或移动;而一个样地则有可能包括不止一种森林区划类型,如不同的森林类型或者既有森林也有草地。每一个样地都至少包括一种区划类型或者更多,这时就要对每一种类型分别调查记录。

### 3.4 FIA 调查因子

针对 FIA 第 2 和第 3 阶样地的调查因子非常多,仅核心调查因子就有 150 个左右<sup>[10]</sup>,除了与树木相关的调查因子外还有森林环境健康方面的因子,且调查要求非常细。

在第 2 阶样地中,所有的有林地样地都要做有关林木数量和质量方面的调查,具体包括:树木的胸径和高度、腐朽木数量、林木质量和损毁情况,林木的再生情况,立地因子及土地综合利用情况,立木特征(树种、林龄以及干扰因子等),立地条件及土地利用变化情况,死亡率估算,放牧情况,现地环境质量状况<sup>[11-12]</sup>。

针对第 3 阶样地的调查内容主要是有关森林生态功能、生长条件和森林健康方面的因子。由于这些调查因子与季节的相关性较强,一般在 6—8 月份开展外业调查工作。具体内容可以归为以下 6 个方面<sup>[9]</sup>:1) 树冠形态。一般来说,良好的树冠形态是树木生长旺盛的标志,树冠形态不好意味着树木生长过程中受到限制。2) 土壤条件。调查土壤侵蚀和板结情况,收集土壤样本进行土壤养分和理化测试分析。3) 苔藓群落。调查苔藓种群的丰富度,某些苔藓种类的存在或缺失标志着空气质量的优劣、气温是否变化以及生物多样性。4) 植被多样性与结构。调查林地中植被的组成(种类与生长方式)、丰富度以及空间布局等,分析得到植物多样性、是否存在外来植物种、野生动物栖息适宜性以及碳循环等数据。5) 林下堆积物。调查林中地面粗、细木质物的数量,进行碳储量、潜在的土壤侵蚀、可燃物数量等估算,并结合植被结构判断野生动物栖息地情况。6) 臭氧生物指标。某些植物种对臭氧非常敏感,在个别小样地中对这些敏感种类进行调查以评价臭氧对植物的伤害程度。

### 3.5 3S 技术应用

美国是最早将 3S 技术应用于森林资源清查的国家之一。3S 技术在 FIA 中的应用主要体现在以下几个方面:1) 抽样调查时,首先采用航空照片或卫星影像进行第 1 阶分层抽样,通过影像判读区分有林地和无林地,并初步设置地面样地。2) 结合 GPS 设备、地图和遥感影像对地面样地进行精准定位,根据影像上的信息设置样地初始点,利用 GPS 导航定位样地中心点并记录路线。这些信息都将用于以后的样地复查工作。3) GIS 主要应用在森林资源清查结果的处理中,如建设数据库、数据分析、资源清查结果制图等。

美国林业部门非常重视 3S 技术的研究、开发与应用。在盐湖城设立的遥感应用中心(RSAC)和地理空间服务与技术中心(GSTC)专门从事 3S 技术在林业中的应用研究,如基于遥感技术的森林资源和病虫害监测、森林防火与火灾制图、灾后植被状况快速评估、气候变化对森林的影响、3S 技术与软件培训等,为政府部门提供国家级的技术支持和应用服务。

总体来看,美国的森林资源清查体系在监测内容、抽样技术、调查成果产出以及 3S 技术应用方面有许多先进之处,值得在我国森林资源一体化监测体系建设中加以参考借鉴。

## 4 对我国森林资源一体化监测体系建设的启示

### 4.1 完善森林资源监测指标体系,开展多目标的资源调查和环境监测

美国 FIA 的地面样地调查内容非常丰富,其中核心调查因子在第 2 阶样地中有 107 项,在第 3 阶样地中有 143 项<sup>[13]</sup>。根据这些调查数据,不仅能获得木材资源的现状与变化信息,同时可掌握森林中其他资源与生态环境的状况,如野生动物的栖息地信息、潜在的土壤退化区域、森林中碳储量与碳循环的信息、因物种分布改变引发的全球变化轨迹。这些信息对于良好的森林生态环境建设具有重要意义。

我国现行的森林资源连续清查体系所采集的变量只有 70 个左右<sup>[13]</sup>,监测内容主要侧重于林木资源。对森林环境、生物多样性和生物量等方面虽然也进行一些调查,但因生态因子调查不全面,无法进行深入分析,难以获得更全面、更实用的森林生态方面的信息与分析结果,对林业生态建设的评估与指导作

用有限。因此,完善监测指标体系,增加森林健康与生态方面的调查因子,是我国森林资源一体化监测体系建设的首要工作。

#### 4.2 建立全国统一的抽样体系框架

统一的抽样体系框架是林业发达国家森林资源监测体系的一个重要特点。美国的森林资源综合监测采用的是全国统一的3阶抽样设计体系,无论是林木资源调查还是生态环境监测都是在同一个系统抽样体系框架下进行。这样的体系结构有利于获得全面综合的监测成果和数据,从根本上消除调查成果不能共享、数据不能协调一致的问题。

我国目前的森林资源一类清查和二类调查是独立运行的2套体系,相互之间不衔接,并且工作效率低下,耗费大量人力物力却难以获得满意的监测结果。因此,有必要借鉴美国及其他国家的经验和做法,创新技术方法,充分利用遥感等高新技术,建立全国统一的抽样体系框架,统一规范调查方法和时间,从体系结构上保障监测结果的一致。

#### 4.3 完善抽样调查方法

抽样调查和遥感技术是2种获取信息的重要方式,在森林资源调查中应将2种技术相结合。遥感技术的应用可以为地面抽样调查提供详细的抽样框和分层信息,提高抽样调查效率;抽样技术则可为遥感提供充分的地面数据和验证依据<sup>[14]</sup>。

美国的森林资源综合调查很好地应用了遥感技术,利用航空相片或卫星影像首先对地面信息进行分层抽样,划分为有林地和无林地;在此基础上设置地面样地,只在有林地范围内建立固定样地进行调查,以降低调查成本,节省时间和人力,提高调查效率。

目前,我国在森林资源调查方面主要利用遥感数据进行地面信息补充,用于样地加密,利用遥感数据进行分层抽样的工作还没有大范围开展。

#### 4.4 更新调查手段与设备,提高信息化水平

野外调查数据的采集是森林资源监测工作中非常重要的一环<sup>[15]</sup>。目前我国在地面调查设备和手段上要远远落后于先进国家,许多调查因子仍采用目测方法,在很大程度上影响了数据的准确性、全面性和可靠性。一些较先进的野外调查设备,如激光测树仪、超声波测树仪、叶面积指数测定仪等目前在发达国家的样地调查中得到普遍应用,大大提高了样本数

据采集的精度和效率。在美国,国家森林资源清查很早就实现了计算机化,野外数据采集的信息化水平较高,数据处理速度快,已形成了一个覆盖全国的网络管理信息系统,数据采集、检验、处理、传输和存储等作业高效集成,大大提高了工作效率。我国森林资源一体化监测体系建设应考虑利用这些先进设备,全面提升监测水平。

#### 参 考 文 献

- [1] 李海,王野,刘学义. 对优化森林资源调查监测体系推进一体化监测的建议[J]. 林业勘查设计,2011(2):19-21.
- [2] 唐守正. 林地“一张图”建设将带来林地监管方式重大变革[N]. 中国绿色时报,2011-06-09.
- [3] 闫宏伟,黄国胜,曾伟生,等. 全国森林资源一体化监测体系建设的思考[J]. 林业资源管理,2011(6):6-11.
- [4] 王治卿,主编. 集约型一体化管理体系创建与实践[M]. 北京:中国石化出版社,2010.
- [5] 肖兴威. 中国森林资源和生态状况综合监测研究[M]. 北京:中国林业出版社,2007.
- [6] USDA Forest Service. Forest inventory and analysis program history [EB/OL]. [2012-05-10]. [http://fia.fs.fed.us/library/factsheets/overview/FIA\\_History\\_FS.pdf](http://fia.fs.fed.us/library/factsheets/overview/FIA_History_FS.pdf).
- [7] Bechtold W A, Patterson P L. Forest inventory and analysis: national sample design and estimation procedures: draft version 4.0 [R]. Washington DC:USDA Forest Service,2002.
- [8] USDA Forest Service. Forest inventory and analysis: sampling and plot design [EB/OL]. [2012-04-10]. <http://fia.fs.fed.us/library/factsheets/data-collections/Sampling%20and%20Plot%20Design.pdf>.
- [9] USDA Forest Service. Forest inventory and analysis phase 2 and phase 3: ground measurements [EB/OL]. [2012-04-10]. [http://fia.fs.fed.us/library/factsheets/data-collections/Phase2\\_3.pdf](http://fia.fs.fed.us/library/factsheets/data-collections/Phase2_3.pdf).
- [10] Van Hooser D D, Cost N D, Lund G H. The history of the forest survey program in The United States [EB/OL]. [2012-04-10]. <http://fia.fs.fed.us/history/history.htm>.
- [11] USDA Forest Service. Forest inventory and analysis: data collection and analysis [EB/OL]. [2012-04-10]. [http://fia.fs.fed.us/library/factsheets/data-collections/FIA\\_Data\\_Collection.pdf](http://fia.fs.fed.us/library/factsheets/data-collections/FIA_Data_Collection.pdf).
- [12] USDA Forest Service. Forest inventory and analysis national program: forest health indicators [EB/OL]. [2012-04-10]. <http://fia.fs.fed.us/program-features/indicators>.
- [13] 国家林业局. 国家森林资源连续清查技术规定[S]. 2004
- [14] 胡潭高,张锦水,潘耀忠,等. 基于不同抽样方法的遥感面积测量方法研究[J]. 国土资源遥感,2008(3):37-41.
- [15] 张会儒,唐守正,王彦辉,等. 德国森林资源和环境监测技术体系及其借鉴[J]. 世界林业研究,2002,15(2):63-70.