

专题报告

面向21世纪 的 中国林业遥感

赵宪文

(中国林业科学研究院, 北京 100091)

[摘要] 重点概述了近20年来林业遥感专家们为改进森林资源调查方法所作的诸多努力, 如用卫星数据估计森林蓄积量、小块林地面积、以及森林郁闭度方法的研究、森林动态图的编制等。特别是上述方法在经过森林调查实际应用并进行效益分析后, 提出的改进现行调查体系的建议。此外还提及了遥感用于评估、监测森林生态环境和森林灾害等方面取得的进展。对21世纪中国林业遥感前景进行了展望。作者认为下一个世纪中国林业遥感发展的主要方向是: 包容各种新技术, 形成新的技术体系, 并与国际接轨; 利用遥感的优势, 研究森林的宏观状况与作用; 与森林经营进一步结合。

[关键词] 林业; 遥感; 持续发展; 21世纪

遥感 (Remote Sensing) 是一门新兴科学 (这里主要指航天遥感), 自苏联宇航员加加林遨游太空以来仅有30多年的历史。它在继承航空摄影的基础上, 综合运用宇航、计算机和信息等技术科学的手段, 广泛吸收地球科学、生物科学、天文学的最新理论成就, 很快形成综合性技术系统和信息服务行业, 并推广应用于全世界。

70年代末, 遥感技术如雨后春笋在中国诸多行业应用而且收获颇丰。它以全新的视角给人以全新的感觉和冲击, 在中国科学家的努力下, 很快在相关技术领域的理论方法、队伍建设、设备研制等方面取得进展, 为国家经济建设作出了贡献。

林业遥感专家, 引进遥感科学的一般理论方法和技术手段, 努力探索解决林业所特有的问题。经过20多年来的努力, 已取得世人瞩目的成就。

在新世纪到来之际, 回顾这20年来中国林业遥感所取得的成就, 并展望下一世纪中国林业遥感的前景无疑对林业持续发展很有必要。

1 回顾

近20年来, 航天遥感技术在中国林业中的应用, 有长足的进步^[1]。除资源外, 在生态环境评价、灾害监测、林业区划等诸多方面都有所涉及^[2,3,4]。而且对许多传感器的数据都有应用, 如MSS、TM、SPOT、NOAA、联盟号 (COI03)、ERS-1及REDARSAT。尤其在资源估计方面提出了森林蓄积量的估计方法^[5], 并在温带、亚热带以及热带进行适用性试验^[6,7]。目前已在中国的南方和北方进行规模化的应用, 如用于内蒙次生林地区的调查 (1:5万的该地区部分卫星影像图示如封面)。纵观中国林业遥感发展进程有如下特点:

1.1 从定性研究到定量研究, 从图像的认识 to 模型的建立

象所有的学科进展一样, 历经了由低级到高级的过程, 开始在野外识别各种地类, 进行与卫星图像的对照判读, 然后熟悉计算机分类, 再到用航天遥感数据与地面各种因子建立模型的定量表达阶

段，如建立了反映卫星数据定量因子和定性因子与地面真值关系的多元方程，用其估计森林蓄积量^[8]。

1.2 始终坚持面向实际、面向应用，为形成一个包容新技术的调查体系而努力

1.2.1 研究了构成新调查体系的诸多重要内容 森林面积量算是森林资源调查的重要内容之一。重点研究了特殊林地的估计：如用卫星数据进行破碎林地 (fragmentary woodland) 估计方法^[9]、林网系数和林网中林地面积的扣除办法^[10]、此外还研究了热带林森林郁闭度的估计方法^[6,11]以及森林动态图的编制^[12]，为构成新的森林资源调查体系作了必要的技术准备。

1.2.2 采用尽可能简单、实用的方法 对从未使用过卫星资料的野外调查人员，只进行简单的训练，一切调查数据的取得与分析均由这些从事实际调查的人员去获取，并通过分析给出结论。只有从实际应用的环境、状态去实施所设计的一整套使用卫星遥感数据的调查方法，才能检验这种方法的实用性^[13]。

1.2.3 进行效率 (精度/费用) 和费用的分析。按实际调查过程的每一步，进行了效率 (精度/费用) 和费用的分析，结果表明：用航天遥感数据进行森林资源调查是常规方法效率的 3 倍，经费节约 1/3 ~ 1/2^[14,15]。

1.2.4 注意研究不同信息源的互补作用 一种信息源不可能满足调查的一切需要，充分发挥其在调查体系中应有的作用，同时要研究它与其它信息源配合使用的“接口”问题，这也是构成实用的调查体系时不可忽视的一个重要方面，目前正着手研究这方面的问题。

1.3 从资源估计扩展到诸多领域应用

在估计森林资源以后，又对森林、植被与水库淤积^[16]、林网密度与防沙效果^[17]、森林经营活动效果分析^[18]、森林区划^[19]、林火损失估计^[20]、生态变化^[21]以及病虫害监测^[22]都进行了定量研究，特别是用航天遥感数据与少量地面数据建立的估计森林可燃物的模型^[23]，为宏观评估林火潜在危险、减轻巨大工作量提供了思路。

回顾 20 世纪最后 20 年中国林业遥感的进展，我们认为它的发展是扎实的，尽管还面临许多难题，但其发展前景是充满希望的。在即将迈入 21 世纪时，我们应当知道目前的林业遥感尚不十分完

善，今后有更多的工作在等待着我们。

2 21 世纪中国林业遥感

面临的主要任务

2.1 包容各种新技术，形成新的技术体系，并与国际接轨

2.1.1 GIS (地理信息系统)、GPS (全球定位系统) 和 RS (遥感) 要紧密结合形成一体化的森林调查体系 卫星遥感作为新的信息获取手段已显示出很大优越性；GIS 作为一种数据存储管理平台已与卫星数据有很好的接口；而 GPS 在中国林业界应用刚刚起步。从而显示出在构成所谓“3S”体系的不均衡状态。GPS 作为一种定位系统在林业中的应用受到的局限主要来自两方面的原因：(1) 在林区由于有高大乔木或地形的遮蔽，接受卫星信号受到干扰，导致定位精度降低。况且，野外调查人员都有较强的野外目标点识别能力。(2) 目前 GPS 在减轻野外工作人员劳动强度方面没有明显的优势。如林业调查中，对野外调查人员最大的劳动强度是走路，而不是“测定”本身。鉴于上述情况，在形成新的调查体系中要加强对 GPS 应用的研究。

遥感、全球定位系统和地理信息系统 (3S) 要进行深层次的结合。

(1) 遥感需改善分类精度。目前世界公认计算机分类精度难以满足林业生产需要。一方面是空间分辨率所至；另一方面是大量存在的混杂像元。因为 Landsat 不是专为林业设计的，所以随着高分辨率卫星升空，会有所改善。开展高光谱技术应用和智能化分类软件研制无疑也是一个必要的途径。

(2) GIS 不应满足现有的存储、检索功能。要研制符合林业生产实际的预测模型，实现真正意义上的空间预测，更符合实际地进行数据更新，延长森林经理调查的间隔期。此外，自动提取边界、着色、注记等技术的优化，也是 3S 技术深层次结合必须解决的技术问题。

(3) GPS 技术。遥感工作者要集中力量克服上述列举的局限性，为数据的准确获取作出自己的贡献。当前中国林业工作者已通过优化 OEM 板减轻自重，选用高增益天线和差分定位方法，解决上述问题。

(4) 要充分研究使上述几种技术紧密衔接的软件，形成真正的一体化。进而向“数字地球”的构

想靠近。“数字地球”是需要高分辨率卫星, 高速宽带网, 海量存储, 高性能计算机技术(仿真、虚拟等)以及功能互操作来实现的^[24]。

遥感技术从进入中国市场那天起, 就意味着将掀起一场产业化革命。对于任何一个科学工作者除了追踪世界研究水平外, 另一个任务就是将其研究成果转化为生产力, 推动产业化革命。但是目前这个革命还未到来。下面就产业化所涵盖的几个基本方面加以简述: 产业化, 首先要求其技术的专业化。遥感技术本身有很高的技术含量, 但由于应用研究滞后以及遥感信息源对森林的针对性较差, 影响了它的进一步推广。标准化, 目前还没有哪个机构对遥感的标准化工作进行统一规范, 这与市场不成熟是密切相关的。至于距产业化所要求的规模化和商品化, 差距则更大, 因为至今为止中国的遥感项目均属政府行为, 广大企业或个人还不认为这种技术给其投资能带来足够的回报, 这就要求我们加强应用研究, 加强宣传。应当看到卫星数据已经比传统方法节约了许多经费(如 1.2.3 所述), 但还未达到众多潜在用户满意的程度。看来提供新的、更为经济的星种是一条有效的途径。

2.1.2 在加强研究的同时, 应当把卫星数据应用纳入法规(起码应包容其应用较为成熟的部分)法规是不同科技发展阶段的一面镜子。它应当有时烙印, 应当包容当时的新技术。对遥感技术应用应当分三个层次:

(1) 对其能发挥优势的方面, 如面积、地类判定、成图、调绘等应当充分应用;

(2) 对尚需试验的部分, 如蓄积量估计, 要分地区进行各种试验;

(3) 对目前尚不能满足生产需要的部分, 如林分调查因子的估计, 要寻求遥感技术与常规方法的互补方式来解决实际问题。

2.1.3 为信息共享作技术准备 据第 11 届世界林业大会(1997 年在土耳其安塔利亚召开)反映的情况, 世界绝大多数国家已把遥感技术当作林业资源调查信息的主要获取手段^[25]。但各国调查方法差异很大, 标准(如分类系统)也不相同, 这就使资料失去可比性, 影响信息共享。国际社会已注意到这点, 如已启动的蒙特利尔进程*, 赫尔辛基进程**都在朝这方面努力。我们要注意国际动向, 将自己置身于国际大环境中, 多与象 FAO 这样的国际组织沟通。1992~1997 年 UNDP 在中国施行

的“建立国家森林资源监测体系”项目, 就是这方面很好的尝试, 在分类方法与系统上与国际上进行了协调。只有这方面工作有了进展, 才能谈得上数据资源共享, 数据才有可比性, 便于统计和应用。

2.1.4 研究信息融合(fusion)技术 随着新世纪到来将会有更多的新信息源问世。对新信息源的评价和应用是我们面临的课题, 但更重要的工作是研究信息融合技术。随着信息源的多样化, 人们总希望将各种信息源的优点集中在一起, 而不是简单的叠加, 这无疑是一项十分有意义的工作。国内学者已试着用小波变换系数与马尔柯夫随机场理论相结合进行了这方面的研究, 有效地避免噪声干扰, 取得了较好效果。

2.2 利用遥感的优势, 研究森林的宏观状况与作用

2.2.1 研究内容 森林是陆地生态系统的主体, 这是人们的共识。森林对太阳光的吸收、阻止, 水分的分配, 局部气候的调节是其它下垫面(如草地、灌丛和裸地)所不能比拟的。然而森林在多大尺度上影响着我们周围的环境, 对区域或全球的气候有多大影响, 缺乏定量的估测, 一直没有一个明晰的回答。如今有了卫星遥感手段, 其优势恰恰是表达宏观对象, 使得我们有可能对上述问题予以回答。研究应集中在如下一些方面。

(1) 对于环境的影响, 森林比草地以及同样条件下的裸地效果好多少?

(2) 一定面积的森林, 对环境的影响有多少? 多少森林总量, 才能改变大区域的环境。

(3) 森林分布(或排列)的不同对环境影响的差异。

(4) 森林面积的大小与气温、降水分配、水土保持之间的定量关系。

(5) 森林的影响与大气环境影响的互助与区别。

(6) 大面积森林对灾害性天气的抵御能力。

* 蒙特利尔进程: 1994 年 6 月, 以加拿大为首, 包括澳大利亚、中国、智利和美国在内的 12 个国家成立了“温带和北方森林保护和可持续经营标准与指标工作组”, 即现在所谓的“蒙特利尔进程”

** 赫尔辛基进程: 1993 年 7 月, 芬兰主办了第二次欧洲森林保护部长级会议, 会议签署了“赫尔辛基宣言”, 在其框架下开始制定森林可持续经营标准与指标。泛欧国家包括俄罗斯和欧洲的 37 个国家开始了制定“标准与指标”的努力, 即所谓“赫尔辛基进程”

2.2.2 研究方法 为实现上述目的,必须采用相应的方法和手段。当前通常采用 NOAA 数据进行宏观监测,因为它是商业运行的卫星,信息来源有保证,分辨率低,待处理的信息量少。但随之而来的问题是在使用这种信息源时如何保持其精度?当前世界上普遍采用的方法是用高分辨率的卫星数据对低分辨率卫星数据进行校正(calibration),从事这方面研究的有欧共体联合研究中心(ECJRC)、德国、意大利、法国、比利时等国的科学家^[26,27]。研究工作集中在以下几个方面:

(1) 在低分辨率卫星数据中再抽取高分辨率卫星数据“样地”的数量与大小;

(2) 样本组织方法;

(3) 什么样的校正方法更合理。当前校正方法通常采用线性的,并分地区进行,如:东南亚、非洲、北美洲采用不同的修正式^[28];

(4) 在同样面积条件下,考虑森林不同排列状况的校正。中国学者用混沌理论和分形几何的方法在这方面进行了探索^[29]。

上述工作的结果对全球性监测是一个强有力的支持,会使全球性、大区域的监测变成一个可操作、有一定精度、有使用价值的方法。

当前全球资源和环境遭到严重破坏,人们比任何时候都更关心人类仅有的地球,对地球及时、有效的监测无疑是维系人类生存的一件大事,十分有意义。

2.2.3 开展空间预测研究 用遥感数据定量表达森林数量上的变化已经过 20 年的历程。随着航天遥感技术的进步以及生产上的需要,人们已不太满足这种表达或预测,而是更需要从空间上了解群落的变化,资源消长,森林灾害蔓延等,更关心这种变化发生在什么地方,以及森林与大环境的变化对人类的影响,以便更有效地利用资源、预防灾害;将使用较多的数学工具,建立符合群落动态规律的模型,同时可在时间轴(t)上实现未来预测和过去状态的回溯。这一研究意义如下:

实现空间预测后可对森林群落的变动、灾害的发生、蔓延进行预报,使人们防患于未然,同时结合 2.2.1 的研究成果,可对森林多寡对环境的影响给出估计,由此可对森林的分布给予调整,指导造林工作和采伐作业,防止盲目性和片面的感性认识。另一方面,则会对 GIS 在林业中的应用给予强有力的支持。GIS 在林业数据的管理中发挥了很

好的作用,但目前仍处在一个相对低的水平上,需要人们把变动的数据即时录入,缺乏强有力的预测模型,导致 GIS 使用受到局限。如能加入上述研究成果,将会使 GIS 应用得以扩大。

2.3 与森林经营 (Forest management) 进一步结合

2.3.1 必须建立一个森林经营效果的评价体系 森林持续发展是中国林业发展的基本方针^[30]。为了对森林经营的效果进行随时评估与调整,因此就必须建立一个评价体系。这个体系要能客观、及时地给出评价,卫星遥感数据和 GIS 相结合建立的监测体系应当是首选之列。但是,至今这一体系并未形成,原因是多方面的。

(1) 中国是发展中国家,经济相对落后,林业生产水平还没有达到足够先进程度,计算机普及程度还不够广,还不具备形成一个从地方到中央的监测体系的条件和认识(这恐怕比设备更重要);

(2) 遥感(分类)、GIS(预测模型)、GPS(应用的局限性)以及它们的连接技术还有待于完善;

(3) 没有从行政或法规的角度给予足够的支持或明确的规定,使它的发展受到限制;

(4) 宣传、示范不够,这是科技人员面临的任务。

2.3.2 寻找新的技术手段为森林经营提供良好的技术支持 林业应用航天遥感数据的一个重大障碍是,当前运行的卫星传感器的空间分辨率低,导致现有信息源不能满足林业上的一些特殊要求,如树种的区分。当前信息源即使能区分树种组(species group),由于大量的混杂像元存在,致使分类精度一直很低。

随着高光谱技术的出现和发展,上述问题的解决有了可能,如树种区分,森林结构的表达,郁闭度及其它林分因子的测定等。

高光谱是一个新的思路,它将原来仅有 6~7 个波段的区间,细分为更多的波段(如从 400 μm ~2450 μm 分为 192 个波段),目的在于建立窄光谱段与地物的直接对应关系,实现空中对地物的直接鉴别^[31],尽管仍会有混杂与干扰,但通过多维光谱空间信息的分析,总可以找到对地物(如树种)定量识别的契机,希望在不远的将来,在这方面有所突破,但随之而来的是更多的信息要处理,更新的信息处理技术要跟上来。

参考文献

- [1] Zhao Xianwen. Progress of remote sensing in Chinese forestry [C]. 1998, Space '98/Proceeding, International Conference Beijing, 158~165
- [2] 侯彦林, 贺红仕, 徐吉炎, 等. 农田防护林生态效益遥感研究方法 [M]. 生态与环境遥感研究. 北京: 科学出版社, 1990. 44~50
- [3] 崔望城, 刘培君. 利用遥感影像对沙漠化空间与过程的定量研究 [M]. 生态与环境遥感研究. 北京: 科学出版社, 1990. 140~144
- [4] 包盈智, 赵宪文. 承德地区的林业灰色区划 [M]. 再生资源遥感研究—华北区. 北京: 中国林业出版社, 1990. 73~80
- [5] 赵宪文, 包盈智. 用航天遥感数据估计森林蓄积量的一个新方法 [J]. 林业科学研究, 1988, 1 (2): 148~152
- [6] 赵宪文. 中国热带林遥感探索: 分类方法与调查方案 [J]. 林业科学研究, 1995, 8 (4): 373~379
- [7] 赵宪文. 林业遥感定量估测 [M]. 北京: 中国林业出版社. 1997. 40~41
- [8] Zhao Xianwen. Three kinds of remote sensing methods for stock assessment in temperate forest [C]. 27th international symposium on remote sensing of environment Proceedings, Tromso, Norway, 1998. 684~687
- [9] 孙司衡, 蒋代书. 双重抽样估计在新疆平原绿洲防护林遥感综合调查中的应用和研究 [M]. 再生资源遥感研究—新疆区. 北京: 中国林业出版社, 1991. 74~79
- [10] 李继泉. 华北北部防护林生态效益遥感研究 [M]. 生态与环境遥感研究. 北京: 科学出版社, 1990. 291~299
- [11] 赵宪文. 林业遥感定量估测 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1997. 42~44
- [12] 刘培君, 赵宪文, 谭征祥, 等. 森林资源动态遥感研究 [M]. 再生资源遥感研究—公共区. 北京: 科学出版社, 1988. 121~125
- [13] 赵宪文. 林业遥感定量估测 [M]. 北京: 中国林业出版社. 1997. 120~121
- [14] 赵宪文. 卫星数据用于二类森林资源调查的精度与费用 [C]. 中国地方遥感应用进展文集. 1997. 244~249
- [15] 赵宪文. 卫星数据应用将给林业资源调查带来一场产业化革命 [M]. 遥感新进展与发展战略. 北京: 中国科技出版社, 1996. 41~46
- [16] 游先祥, 谭征祥, 康跃虎. 防护林水土保持作用的遥感研究 [M]. 再生资源遥感研究—公共区. 北京: 科学出版社. 1988. 167~174
- [17] 赵宪文. 坝上林业建设与生态环境改善 [M]. 生态与环境遥感研究. 北京: 科学出版社, 1990. 117~122
- [18] 赵宪文. 遥感资料和双重筛选法在林业经营活动分析中的应用 [J]. 华东森林经理, 1990, 1 (4)
- [19] Zhao Xianwen. Forestry divisions in county level by quantitative method [M]. Proceeding of IUFRO centennial Berlin-Eberswalde. Germany, 1992. 491~498
- [20] 孙小兵, 彭世揆, 方有清, 等. 用 TM 数据进行林火灾害信息提取及损失评估方法的研究 [M]. 森林火灾遥感监测评价. 北京: 中国林业出版社, 1995
- [21] Zhao Xianwen. The study on the protecting function of forests with the help of remote sensing data in the south margin of inner Mongolian plateau [C]. Contribution to globe change-Biosphere-Atomosphere Interactions/Proceedings, international conference, Beijing. 1992, 135~141
- [22] 武红敢, 崔恒建, 陈林红, 等. 密郁闭林分针叶林失叶量遥感监测模型初探 [C]. 国土资源遥感, 1995, (2): 29~35
- [23] Zhao Xianwen. 1998. El Nino and forest fire in Yunnan province south west of China—a new essential factors of forest fire [C]. International conference on tropical forest and climate change, Philippines
- [24] 徐冠华, 孙枢, 陈运泰, 等. 迎接“数字地球”的挑战 [J]. 遥感学报, 1999, 3 (2): 85~88
- [25] 赵宪文. 森林和树木资源中的新概念新技术. 11th 世界林业大会文献选编 [C]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998. 19~24
- [26] Traub B. Calibration of AVHRR satellite data with Landsat TM-A global tropical forest assessment approach [J]. JRC 1995
- [27] Nelson R. AVHRR-LAC estimates of forest area in Madagascar [J]. Int. J. Remote Sens. 1993, 14 (8): 1463~1475
- [28] Mayaux P, Lambin E F. Estimation of tropical forest area from coarse spatial resolution data: A two-step correction function for proportional errors. Manuscript submitted to Remote Sensing of Environment. 1994. 36~38
- [29] 袁超. TM 对 NOAA 数据的校正模型研究 [D]. 北京: 中国林科院林业遥感与信息技术重点实验室, 1999
- [30] 赵宪文. 提高森林资源监测水平, 为实现森林可持续经营服务 [C]. 林业资源管理, (森林可持续经营 98 北京学术讨论会文集) (特) 86~90. 同年选

入：周光召主编：科学进步与科学发展．北京：中国科学技术出版社，1998．687～691

[31] 陈述彭，童庆禧，郭华东，等．遥感信息机理研究 [M]．北京：科学出版社，1998．139～212

Orienting the Forest Remote Sensing of the 21st Century in China

Zhao Xianwen

(Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091 China)

[Abstract] The paper mainly outlined the various efforts by which the forest resource inventory methods were improved in recent 20 years. These include, the estimation of forest stock, the area of the fragmentary woodland, and the research method of forest canopy density and the compilation of forest dynamic maps. Especially, after the methods mentioned above being applied in the practical forest resource inventory and analyzed on the basis of benefit, the suggestions on improving present inventory system were proposed. Furthermore, the development on the assessment and monitoring of the forest ecological environment and the forest disaster by means of remote sensing was mentioned.

In the light of the mentioned above, the forest remote sensing perspective of the 21 st century in China was predicted. The author putted forward to the main developing directions on forest remote sensing of the next century in China.

1 To include all kinds of new technology and form new technology system and join up with international

. The industrialization of remote sensing technology and guiding it into laws and regulations.

. The integration inventory system of GIS, GPS and RS.

. The assessment and application of new information resource, and the fusion of information.

. To unify the criterions (such as the forest classification system, inventory method) and join up with international, and share information.

2 To study the macroscopic conditions and functions through utilizing the superiority of the remote sensing

. The influences of the large scale forest distribution to the environment such as the temperature field, the soil condition and soil conservation, the local climate and hydrology condition, the relationship between the forest distribution on global scale and environment and the study of the function of forest from a new angle.

. The monitoring method of forest community of large scale such as low-resolution satellite data being calibrated by high resolution satellite data, the quantitative expression on the difference of the forest spatial arrangement.

. The expression and prediction of macroscopic forest phenomenon (such as community changing, the growth and decline of the forest resources, the forest disaster). The supporting model was provided for GIS and the foundation was offered for the disaster precaution as well as the reasonable distribution of the forest.

3 To integrate with the forest management

. The management precautions were monitored by utilizing the characteristic of the good temporal resolution about the space remote sensing data, and real-time renewing GIS data.

. With the emergence of the high-resolution satellite data and the development of high spectrum technology, the remote sensing expression of the forest details was probed. For example the discrimination of the varieties of species, the structure of the forest, canopy density and the possibility of estimating other stand description factors, so the advanced management to the forest and developing of sustainable forestry could be possible.

[Key words] forestry; remote sensing; developing of sustainable forestry; forestry towards the 21 st century