

在森林二类调查中用 TM 影象代替航片的研究实例*

袁凯先 包盈智 范金阜

摘要 简述了在内蒙古两个林业局的森林二类调查中用 TM 影象代替航片进行区划、调绘、定位和面积量算、测树因子估测的试验方法和结果。试验与生产同步展开,进行了对照,数据表明,用 1:5 万 TM 影象代替航片进行区划、调绘、求积,其精度均能满足规程要求,但在测树因子估测方面尚不理想。

关键词 森林二类调查、遥感估测、面积量算

回顾我国森林调查技术的发展史,新的信息源和先进技术的推广应用,对调查事业的发展都起了很大的推动作用。近 30 a 来,航天遥感资料的出现,引起了国内外科研和生产部门的重视,在科研和应用中做了大量工作,看到了航天遥感资料用于森林二类调查的希望。

为促进遥感技术实用化的进程,本研究在以往的研究基础上,针对森林二类调查中应用 TM 遥感数据的可能性而设计,与生产同步进行,重点研究了以下内容:

- (1) 进行 TM 影象在判读调查因子、区划林、小班、野外手图、调绘等方面的应用;
- (2) 面积估算方法;
- (3) 蓄积量估算方法及精度^[1];
- (4) 测树因子的估测方法探讨;
- (5) 精度与费用的分析^[2]。本文重点介绍(1)、(2)、(4)部分内容,(3)、(5)另有文章介绍。

1 基本情况

研究区为大兴安岭中段东南坡的巴林、南木两个林业局,总面积为 608 204 hm²,森林覆盖率为 76.7%。采用的信息源为 1993 年 8 月 27 日的陆地卫星 TM 数据和 1:5 万 TM 影象,1972 年拍摄的 1:2.5 万全色航空照片,1973 年出版的 1:2.5 万和 1:5 万地形图。为检验这项工作的实用性,绝大部分工作都是与生产同步进行的。而且对大量的生产人员都先进行了简单的培训。

2 TM 影象在判读调查因子,区划林,小班,野外手图调绘方面的应用

2.1 TM 影象图应用于调查因子的判读

首先对 TM 数据用计算机进行数字放大、几何校正和拉伸等处理,获得 1:5 万比例尺彩

1995-12-04 收稿。

袁凯先工程师,包盈智(中国林业科学研究院资源信息研究所 北京 100091);范金阜(内蒙古自治区林业厅)。

* 本文属 1994 年中国林业科学研究院开发基金项目“TM 资料在森林二类调查的面积量算和测树因子估测方面研究”的部分内容。参加此项工作的还有王永祥、宋福宁、周广德、李玉才、李柱晓等同志。

色 TM 影象, 色彩丰富, 色调差异显著, 山脊、沟谷、河流等地形因子反映突出, 各种地物轮廓清晰, 不同优势树种的色彩层次明显, 这为目视解译提供了可靠的依据。

地类划分是按照林业部颁布的《森林资源调查主要技术规定》中技术标准, 再根据所使用遥感资料的空间分辨率和两林业局的森林资源特点进行的, 划分的主要地类为天然林、疏林地、灌木林、未成林造林地、人工林、采伐迹地、荒山荒地、农牧地、河流、水域、沼泽地、居民点、工矿用地、道路等。有林地按优势树种(组)分为: 落叶松(*Larix gmelini* (Rupr.) Rupr.)、白桦(*Betula pletyphylla* Suk.)、柞树(*Quercus mongolica* Fisch.)、黑桦(*B. dahurica* Pall.)、山杨(*Populus davidiana* Dode) 5 种。

依据建立的分类系统及各地类在影象上的色调、形状、分布特性等, 通过野外实地对照, 建立 TM 影象的解译标志, 作为室内判读的统一准则。实践表明, 绝大多数地类均能准确判读。

判读效果的分析:

(1) 判对率: 优势树种的分布与其生物学特性有关, 分布于不同坡向、坡位、龄组、密度上的树种, 其在 TM 影象上反映出的色调也不相同, 各地类的分布也有自身的规律性, 对应的 TM 图象色调也不同。对判读人员经过简单的训练后, 结合生产经验, 在室内对两林业局进行了全面的小班区划判读。为了检验室内判读的效果, 选取 6 个小流域共 56 个林班 752 个小班, 进行了野外现地验证, 得出 6 项主要调查因子的判对率, 见表 1。

表 1 各项因子判对率

(单位: %)

小流域号	各流域平均判对率	土地种类	优势树种	龄组	郁闭度	坡向	坡位
1	86	99	84	74	62	99	100
2	82	92	75	82	44	100	100
3	86	100	73	53	92	100	100
4	88	92	72	80	81	100	100
5	82	85	64	91	83	100	100
6	89	85	81	92	75	100	100
平均判对率	86	92	75	79	68	100	100

从表 1 可见, 6 个小流域的总平均判对率达 86%, 在森林资源二类调查中完全可以满足质量要求, 从 6 个小流域的各平均判对率都在 82% 以上, 说明判读效果是稳定可靠的。土地种类是小班区划的首要因子, 其平均判对率高达 92.2%, 判对率最高达 100%。郁闭度的判对率较低, 可通过地面调绘加以纠正。

(2) 最小小班面积判读分析: 在森林二类调查规程中, 对区划的最小小班面积有一定的要求。规程规定的最小小班面积是根据基本图的不同比例尺、信息源的信息量以及经营活动的需要等多方面因素确定的, 因此, 对 1:5 万比例尺 TM 影象所能区划的最小小班面积进行了检验, 结果全部达到或超过了规程规定要求, 达到了 1:2.5 万比例尺航片的规程要求, 最小可区划到 1 hm² 范围, 小班界清晰可判。说明利用 TM 影象图区划小班是完全适用的。

2.2 区划林、小班并作为野外调绘手图

建立了各地类的解译标志后, 对判读人员进行了野外实地判读训练。然后, 将地形图上的局、场和林班界转到 TM 影象图上, 再在 1:5 万比例尺 TM 影象图上直接区划小班, 按林场界或公里网将影象图裁成小块, 用胶纸贴在硬纸板上, 作为野外调绘手图用。在野外, 林班区

划、样地定位、小班调绘时用它定位、定性,并修正小班线和各项调查因子。成图时在画有局、场、林班界的基本图上,将野外区划的小班透绘上去,按调查记录的内容进行林、小班注记。实践证明,1:5万比例尺的彩色 TM 影象,替代航片做野外调绘手图用是可行的。

在进行林、小班区划时,由于 TM 影象的图幅面积大、宏观性强,所以在 TM 影象上区划林、小班,免去了使用航片时要画使用面积的过程,同时消除了航片间相互拼接时所带来的误差,在用工日上与航片区划林、小班相比,减少了 116 个工作日。

由于 TM 影象现势性好,信息量大、对现地新增地物、人工林等必须要实测的地类,均使用 1:5万比例尺 TM 影象进行小班调绘,免去了现地实测工作量。经实践证明,在旧航片失真的情况下,调绘人员每天最多完成 $100 \sim 150 \text{ hm}^2$ 的调绘工作。使用 1:5万比例尺的 TM 影象图,调绘人员每天可完成 $300 \sim 400 \text{ hm}^2$ 的调绘工作,即可减少近 $3/5$ 的外业工作量。若 TM 影象配上地理座标系统(公里网),则更能提高精度和效益(经检验,1995 年调查使用的 TM 影象上座标系统的精度达 3%以上,完全可以满足二类调查应用要求)。

3 面积估算方法及精度效益分析

森林面积是定量说明森林特征的主要指标,也是森林二类调查中应获取的基础资料。它的准确与否,直接影响到调查的总精度。因此, TM 影象在二类调查中面积统计方面的应用研究是非常重要的。

目前,不少林区缺乏新航片,旧航片由于拍摄的年代久远,提供的现势资源信息有限,给各地类面积的统计工作带来很大困难。且航片是中心投影,使地物变形较大。在纠正过程中往往出现多种因素造成的综合误差。精度受到一定影响。地形图图幅面积准确,但没有森林分类的信息。按规程要求,各地类林、小班界都需从航片转绘过来,也会产生面积误差。1:5万比例尺 TM 影象,是多中心垂直投影,近似地形图的垂直投影体系。同时,经过处理后的 TM 影象,地形地物清晰,各地类界明显,位置准确,且现势性极好,可以认为 TM 影象将新航片与地形图的优势集于一身。

基于上述分析,研究了 1:5万比例尺 TM 影象在森林二类调查中面积估测方面的适用性,并与旧航片进行了对比。

3.1 方法

首先选取 6 个小流域(小流域选取时,尽量使旧航片上反映的现势地物变化不太大),面积共 $22\,397 \text{ hm}^2$,各小流域的面积作为控制面积(从地图上量得)。按规程要求采用自然区划法,在地形图上区划林班,共 56 个。然后将地形图上的小流域界及林班界转绘到旧航片与 TM 影象上,再在航片和 TM 影象上区划小班,分别作为现地调绘用手图。

用三种方法对照进行面积估算精度和效益分析:

(1) 在小流域内的 1:2.5 万旧航片上区划小班,经野外调绘,确认无误后,转绘到地形图上求积。

(2) 在小流域内的 1:5 万 TM 影象上区划林、小班。经野外对照检查,确认无误后,根据局部控制配准法转绘到地形图上求积。

然后对在航片上求得的小班面积的误差分布与 TM 影象上求得的小班面积的误差分布进行比较。

(3)在1 5万TM影象上区划林、小班。经野外对照检查,确认无误后,直接在TM影象上求算面积。

以上求积过程是按二类调查规程要求进行的,按林业局 林场 林班 小班逐级进行区划成图,然后按这一区划系统逐级进行求积平差。本次使用KP-80N型求积仪求积,各林、小班各求积两次,然后取均值。

3.2 结果与分析

(1)旧航片小班面积误差与TM影象小班面积误差分布分析。在同一地区,不同的调绘人员即便使用相同的调绘手图,区划的小班大小、位置和数量也不尽相同。由此造成了旧航片与TM影象比较上的难度。为此,在旧航片上区划小班时参考了林业局的资料,与TM影象上区划小班的数量达到一致。

以6个小流域的面积为控制面积(地形图上求得,两次误差不得超过1%),然后所有林班按比例系统平差。各小班控制面积是综合了林业局的造林、采伐、抚育更新面积等记录,及旧航片、TM影象上的信息得到的。之后对旧航片所求小班面积和TM影象所求小班面积的误差分布进行了对比。将小班面积误差分为1.0%以下、1.1%~3.0%、3.1%~5.0%、5.1%以上四个级距统计。

结果表明,TM影象所求林班面积误差分布全部在1.0%以下,通过航片所求林班面积误差分布仅75%在1.0%以下。由于旧航片失真,增加了对新增地物(或减少地物)的调绘难度,造成了小班界的不准确,这就必然影响了各地类的面积精度。

TM影象小班面积误差有65.6%在1.0%以下,而航片为56.7%在1.0%以下。其中在第1小流域的160个小班中,TM影象小班面积的误差在1.0%以下的占96.9%。由此可知TM影象量算的各地类面积精度高于航片。另外,旧航片现地调绘工作量又大大高于TM影象的调绘工作量。

(2)TM影象上区划结果转绘到地形图后的面积统计。在此将小流域代表林场,各小流域之和代表林业局。将求积结果与1992年内蒙自治区地方标准《森林资源规划设计调查技术规程》¹⁾要求进行对照。结果表明,合计面积的误差仅为0.08%,大大低于规程的要求,每个小流域的面积误差均大大低于1%,最低误差为0。也完全符合规程的要求。各主要地类面积求算结果的精度,均高于规程要求95%的精度,有林地、疏林地面积精度达到了99.93%,这与实际面积相差无几。

为了比较各林、小班的求积结果及精度,对第2小流域的10个林班共151个小班,按规程的精度要求与控制面积进行了比较,结果均列于表2、3中。

表2 小流域(代林场)面积及林班和面积精度比较

区划 单位	面 积(hm ²)					规程要 求精度	实际达到精度	
	理论值	卫片实求	差值	卫转地实求	差值		卫片	卫片转地形图
小流域	3 312	3 304	8	3 320	8	1/300	0.7/300	0.7/300
林班和	3 312	3 301	11	3 306	6	1/100	0.35/100	0.2/100

从表2可见,各林班面积和与小流域(代表林场)控制面积的误差为0.2%,比规程要求低

1) 内蒙古自治区林业局. 森林资源规划设计调查技术规程. 1992, 38.

表 3 小班和林班面积与林班控制面积比较

(单位: hm^2)

项 目	林 班 号											计
	14	15	20	21	22	38	39	40	41	42		
卫 面积 (hm^2)	林班理论	349	324	366	289	278	351	344	303	432	275	3 311
	林班实求	348	324	365	287	278	351	342	303	430	276	3 304
	小班求积和	349	321	372	290	276	352	351	302	435	275	3 323
片 误差	小班求积和	0	- 3	6	1	- 2	1	7	- 1	3	0	12
	%	0	0.9	1.6	0.3	0.7	0.3	2.0	0.3	0.7	0	0.4
卫 面积 片转地形图 (hm^2)	林班理论	354	320	374	288	272	352	344	393	442	273	3 312
	林班实求	353	319	373	288	271	351	344	393	441	273	3 306
	小班求积和	359	317	373	285	270	352	340	395	442	270	3 303
片 误差	小班求积和	5	- 3	- 1	- 3	- 2	0	- 4	2	0	- 3	- 9
	%	1.4	0.9	0.3	1.0	0.7	0	1.2	0.5	0	1.1	0.3

5 倍。表 3 最后一行为各小班面积之和与林班面积的误差, 从这一行可见, 最大误差为 0.7/50, 完全达到了二类调查规程要求。

(3) 卫片区划林、小班直接量算面积。结果表明: 有两个小流域面积误差未达到精度要求, 其它小流域误差比前一种方法也普遍较高, 分析其原因为: TM 影象的表面非常光滑, 易使求积仪打滑, 这就必然造成了面积误差。为此, 在第 2 小流域 TM 影象直接求积时, 又采用了在 TM 影象上覆盖硫酸纸求积的方法, 其求积结果见表 2、3。在表 2 倒数第二列可见, 其林班面积和与小流域面积误差完全达到了规程的要求。

从表 3 卫片一栏最后一行可见, 其最大误差为 1/50, 最小误差为 0, 均满足了规程的要求。从分析可见, 用 TM 影象直接求积时, 在 TM 影象上覆盖一层光滑度适中的透明膜或透明纸, 其各级求积精度是完全可以保证的。

从(2)、(3)的求积方法, 可得出结论, 使用航天遥感影象进行森林二类调查面积的统计是完全可行的, 并且此方法已经相当成熟, 完全可替代航空照片。

4 测树因子的遥感估测

在森林二类调查中, 小班因子的调查是一个必要的内容。用航天遥感方法估测小班因子, 还无人尝试过, 为了充分将航天遥感资料应用于二类调查中, 此次在这方面进行了探讨。

研究的主要内容是以 TM 资料为基础, 用多元估测方法对树高、胸径和郁闭度三个主要小班因子进行估测, 并与地面测定结果比较。

方法为: 用卫片上相应点的 4、7 波段密度值和筛选出的 6 个波段比值, 并选用坡向、树种组、坡位三个定性因子, 和地面样地实测值分别建立树高和直径多元估测模型, 随机估测了若干小班, 与实测进行对照。结果: 测树因子落实到小班, 还不够理想, 仅有 40% 以上达到要求, 随着将来新一代卫星资料分辨率的提高, 将会有较大应用潜力, 还需进一步研究。

5 小 结

以上实践表明, TM 影象比旧航片定量、定位、定性性能优越, 比地形图信息量丰富, 其成本比新摄航片低 14 倍^[2], 虽然在小班测树因子估测方面还不理想, 但实际上用航片估测小班

测树因子也很困难。可以说航片在森林调查中所起的作用, TM 影象也基本都能达到, 而且成图、求积比航片更方便、快捷, 并可用于估测蓄积^[1], 因此它可作为主要信息源用于森林二类调查, 在生产中推广、应用是切实可行的。

参 考 文 献

- 1 包盈智, 袁凯先, 赵宪文, 等. 森林二类调查中蓄积量估测遥感方法应用实例. 林业科学研究, 1996, 9(3): 234 ~ 238.
- 2 包盈智, 李全基, 赵宪文, 等. 卫星数据用于森林资源二类调查的效益评估分析. 林业资源管理, 1996, (4):

Research on the Use of TM Image Instead of Aerial Photo in Forest Management Inventory

Yuan Kaixian Bao Yingzhi Fan Jinfu

Abstract This paper introduced the experimental method and results of using TM data instead of aerial photo to do the forest division. Sketching on-the-spot, calculation of area and estimation of stand factors in subcompartment. The results shows that using 1: 50 000 TM image instead of aerial photo to do these items mentioned above can fully meet the need of the operation rules in forest management inventory, except the estimation of stand factors in subcompartment. Both the laboratory work and traditional inventory were carried out at the same time, in two Forestry Bureaus in Inner Mongolia.

Key words forest management, remote sensing estimation, calculation of area

Yuan Kaixian, Engineer, Bao Yingzhi(The Research Institute of Forest Resource Information Techniques Beijing 100091); Fan Jinfu(The Forestry Bureau of Inner Mongolia).