第3卷 第6期
1990年12月

林业科学研究
FOREST RESEARCH

Vol. 3, No.6
Dec., 1990

大比例尺航片主要测树因子量测分析*

张德宏
（中国林业科学研究院资源信息研究所）

尹关聪
（浙江林学院）

王卫东
（吉林省临江林业局）

李学忠
（黑龙江省第二森林调查大队）

摘要 该项研究采用吉林省长白山林区1:2 600比例尺黑白航片，进行主要测树因子量测试验。为解决航片量测与实测结果的可比性，该试验在样地野外每木检尺的同时，划定树木生长级并排序。以航片量测株数为准，取等量实测立木对比(从上层顺取)，这样，不仅对比株数相等，对比用的单株也大体在同一范围。并在查明样地被压木数量与航片漏测立木的比率后，根据航片立木漏测规律，编制漏测木蓄积量补偿表，以提高森林蓄积量估测精度。本试验测高精度均方误±1.07 m，蓄积量估测精度均方误±6.0 m^3。展示了用大比例尺航片量测的实用前景。

关键词 大比例尺航片测树调查；航片立体量测

森林资源清查，至今未摆脱繁重的野外作业。为了寻求减少地面作业强度的途径，加快调查速度，进行了大比例尺航片测树因子量测试验，用室内航片量测估算森林蓄积量，以代替或部分代替森林调查地面测树工作。本文在航片立体量测试验基础上，结合量测技术、量测精度、对比方法等，从林学角度作了较为详细的讨论。

一、试验材料与条件

试验区位于吉林省东南长白山脚下临江林业局，该区地形变化大，树种复杂。

航片拍摄时间：1985年7月；摄影平台：运五；航摄仪：RC-10；焦距：304 mm；像幅：23cm×23 cm；航高：750～950m；摄影质量正常。

野外实测样地32块，每块样地面积0.1 ha；由于野外量测、样地刺点等误差，扣除了部分样地，实际参加统计的样地19块，并在样地每木检尺同时划定立木生长等级。

二、主要测树因子量测结果与分析

1. 样地立木株数统计分析　样地实测与样地航片立体量测中，影响测树因子参数平均

本文于1990年2月28日收到。
*本研究为林业部资源司下达课题(大比例尺航片量测试验)内容之一。
试验中原太原工业航空服务公司提供了航摄服务，河海大学勘测系协助作室内量测，黑龙江省第二森调大队、吉林省林业调查规划院、吉林省临江林业局协助本试验参加了外业工作及提供试验场地，本院遥感室全体人员曾协助开展航摄工作，在此一并致谢。

值和蓄积量估测精度的主要参数之一是立木株数。因此，研究立木自然稀疏过程和在航片地面中心投影中的信息分布，有助于查明航片立木漏测原因与规律。这是航片立体量测中不可忽视的问题。

上个世纪，俄国林务官克拉夫特根据森林立木在林分中的地位(指树冠在林相中的位置——生长势)，对林木进行过五级法分级(Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ甲、乙，Ⅴ甲、乙)，称树木生长分级。其中，树冠处于林冠下层，生长势衰的Ⅳ、Ⅴ级木，称被压木；构成上层林冠，生长势旺盛的Ⅰ、Ⅱ级木，称优势木；处于中间状态的Ⅲ级木，称平均木或中央木。这一描述与分级方法，客观地反映了森林中林木分化和自然稀疏过程的现状，对地面中心投影航片的立体量测，具有实践意义。

处于上层林冠的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级木，在航片立体量测中易于观测与(个体)分辨，不易漏测。而处于林冠下层的Ⅴ级木(包括Ⅴ甲、Ⅴ乙)，因上层林冠覆盖，往往全部漏测。对挤在上层林冠夹缝中生存的Ⅳ级木(包括Ⅳ甲、Ⅳ乙)，因其侧方受压严重，冠形不完整，立体镜下往往分辨困难，部分被漏测。因此，航片量测的立木株数，一般少于实测株数。漏测立木，多属被压木。

为了使航片量测立木与野外实测立木的统计对比，能大体在同一范围或水平上进行，依据林木生长分级理论与航片立木漏测规律之间的关系，把实测立木按树高大小排序，取与航片量测等量株数，进行平均树高、平均冠幅及蓄积估测精度统计分析的方法，明显地提高了两种量测方法的可比性，增加了航片量测结果的可信度。这是航片立体量测中，引进林木生长分级理论的目的[2]。

表1、2是19块样地实测株数记录，按树木生长级统计的结果，它显示了树木生长分级理论与航片漏测规律之间的关系。

表1 实测样地立木株数分级统计

	样地数	总株数	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
总计	19	1 443	277	205	294	627	40
%		100	19.2	14.2	20.4	43.4	2.8

表2 航片漏测株数统计

样地数	实测总株数	航片量测总株数	漏测株数	漏测率(%)
19	1 443	858	585	40.0

在森林发生、发展和演替过程中，不同树种、不同年龄阶段，林木的生长发育过程是不一样的。受环境条件制约，适者生存，弱者被淘汰。林木分化的这种自然稀疏过程，幼龄阶段激烈，此时Ⅳ、Ⅴ级木占比重大；近成熟林树木分化现象渐弱，Ⅳ、Ⅴ级木占比重小。根据这一规律，幼林的被漏测现象高于近熟、成熟林分。本试验样地为非模式林分，上表数据均取漏测百分比平均值[2,6]。

为考察林木分级与蓄积分布的关系，分析漏测对蓄积估测的影响，把样地实测蓄积按立木分级进行统计，结果Ⅳ、Ⅴ级木材积累计平均约占样地总蓄积的9.0%(表3)。而在航片立体实测过程中，并非百分之百Ⅳ级木被漏测，表1中Ⅳ、Ⅴ级木合计667株，表2中，漏测585株。因此，漏测可能造成的单位蓄积量低估值小于9.0%。

2. 树高量测分析 航片树高立体量测采用国产反光立体镜和视差测高。对高郁闭林分中根际不可见立木高的量测与计算，分四种情况处理；

表 3　　实测样地立木蓄积量分级统计　　（单位：m^3）

	样地数	蓄积量	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
总计	19	343.020 7	222.803 7	54.854 2	35.225 7	20.124 1	10.013 0
%		100	65.0	16.0	10.0	6.0	3.0

注：据全国立木材积表(1963)查算。

(1) 样地内有林窗：近林窗立木，以林窗地面高程为待测立木地面高(注意因地表灌草覆盖需加比高)。

(2) 平坦地段，样地内无林窗：以附近林中空地地面高程为依据。

(3) 坡地，样地内微地形变化不大：用等高带地表为待测立木地面高程。

(4) 个别样地及附近无林窗和林中空地：用已知树高(外业有针对性地实测部分树高)，并于航片位置刺点)的树顶高程，减去用已知树高反求出的视差较$\left(\Delta P=\frac{h\cdot Pb}{Ha}\right)$，其差值作周围待测立木地表高程，都取得了较满意的结果。

野外样地立木按实测树高排序后，以像片样地量测株数为依据，取等量实测样地株数进行树高对比，航片树高量测总平均值：16.7 m，均方误：±1.07 m，相对精度 94 %(表 4)。

表 4　　航片测高精度计算

样地号	航片样地量测株数	航片测高平均值 (m)	相同株数实测平均高 (m)	较差 (m)	平方差
1	45	20.4	18.6	1.8	3.24
3	27	13.2	13.9	0.7	0.49
8	31	20.1	19.9	0.2	0.04
9	41	19.7	18.6	1.1	1.21
10	82	17.0	15.8	1.2	1.44
11	53	16.3	15.1	1.2	1.44
12	45	17.4	15.5	1.9	3.61
13	54	14.0	13.8	0.2	0.04
17	18	18.0	18.0	0	0
18	30	15.2	16.4	1.2	1.44
20	32	17.7	16.4	1.3	1.69
21	45	19.2	18.4	0.8	0.64
22	45	18.8	17.0	1.8	3.24
23	35	20.3	20.1	0.2	0.04
24	36	11.8	11.7	0.1	0.01
26	38	14.6	13.6	1.0	1.00
30	28	14.7	15.5	0.8	0.64
31	83	13.6	13.4	0.2	0.04
32	90	14.7	13.5	1.2	1.44

3. 冠幅量测分析　根据树冠形态与立木中心投影特点，航片冠幅量测比较直观。一般在像片比例尺确定之后，尽管量测工具、方法与操作技术水平不同，其量测精度应该是接近的。而实践中，往往因立体镜下像片单株立木分辨困难，量测中常产生较大误差，这是因为：

(1) 在室内冠幅立体判测过程中，有时由于林木簇生，往往被判成单株木，其直接后果

是，冠幅量测值偏大，株数减少。

(2) 野外冠幅实测时，由于构成树冠的枝条，总有少数生长超长侧枝，实地以此作冠幅来量测，而航片影像上却不可见，造成实测与航片量测起止点不同，故航片冠幅量测值一般偏小。

在上述实践与分析的基础上，结合树木分级理论，进一步从树种和树木生态学角度分析，一般来说，野外实测冠幅量大的可能性，阔叶树大于针叶树。因为阔叶树(包括少数针叶树种如红松等)趋光性强，超常侧枝发育比较突出。本试验区内，当阔叶树占相当比例时，则冠幅实测结果较航片量测结果稍偏大(表5)。

在航空像片量测试验以往的报道中，阔叶树冠幅室内量测结果常发生系统偏大现象，这通常是由于被挤压的Ⅳ级木(如丛生、并生、倚生等)被当成同一上层立木冠来量测而造成的。

表5 冠幅实测与航片立体量测结果统计

样地号	冠幅实测平均值(m)	冠幅航片量测平均值(m)	差值	样地号	冠幅实测平均值(m)	冠幅航片量测平均值(m)	差值
1	6.0	5.1	-0.9	20	5.2	5.6	0.4
3	4.0	4.4	0.4	21	6.0	5.7	-0.3
8	5.5	5.7	0.2	22	5.8	5.0	-0.8
9	4.3	4.0	-0.3	23	5.3	6.4	1.1
10	4.0	4.6	0.6	24	3.9	4.5	0.6
11	4.2	4.4	0.2	26	5.8	5.1	-0.7
12	5.6	5.0	-0.6	30	4.2	5.0	0.8
13	4.5	4.6	0.1	31	4.3	4.0	-0.3
17	6.1	6.4	0.3	32	4.2	3.5	-0.7
18	4.4	4.7	0.3	冠幅量测均方误：±0.57m			

4. 蓄积量估测结果与方法探讨　树高、冠幅是航片上两项最便于直接量测的测树因子。为此，本试验用实测32块样地材料，分针叶、阔叶树种及成、中、幼龄林，按材积(V)、树高(H)、冠幅(W)建立关系式：$V=a+b(H\times W^2)$；然后用19块航片样地量测结果代入，估测样地蓄积(见表6)，方程：

针叶幼林：$V=9.587\,07E-03+3.939\,35E-04(H\times W^2)$　　$r=0.86$；

阔叶幼林：$V=3.093\,06E-03+4.177\,08E-04(H\times W^2)$　　$r=0.90$；

针叶中林：$V=2.123\,26E-02+8.557\,76E-04(H\times W^2)$　　$r=0.83$；

阔叶中林：$V=5.415\,57E-02+4.485\,87E-04(H\times W^2)$　　$r=0.78$；

针叶成林：$V=0.105\,99+9.574\,19E-04(H\times W^2)$　　$r=0.88$；

阔叶成林：$V=0.128\,63+7.143\,79E-04(H\times W^2)$　　$r=0.88$。

表6 样地蓄积量估测统计

	样地数	实测蓄积(m^3)	航片估测蓄积(m^3)	差平方和	均方误($\pm m^3$)	估测精度(%)
幼林	3	25.659 9	24.757 5	0.972 6	0.569 4	93.1
中林	7	89.322 1	63.569 1	81.463 9	3.401 7	62.5
成林	9	204.219 0	205.822 8	81.971 3	3.201 0	86.8
合计	19	319.200 9	294.149 4	164.407 8	6.991 6	80.0

表 6 中实测蓄积用吉林省林业局1975年 2 月编制的《吉林省立木材积表》二元立木材积式求算。

表中航片蓄积量估测值与实测结果相较，均方误±6.991 6m³，估测精度80%。航片蓄积估测值一般偏低。分析认为，除像片量测精度外，还包括立木实测与航片量测标准不一致等原因，当阔叶树占较大比重时，影响则更明显。

三、结　　论

1. 本试验用航片比例尺：1:2 600，其测树因子量测精度达到了森林调查技术规程要求的目视测定标准。根据量测经验，若拍摄1:8 000比例尺黑白航片，不但能满足测树因子量测精度要求，还可扩大像幅面积，降低成本，加快速度。若选用彩红外片，则更有利于树种判测与单株分辨，尤其对异龄林、混交林分的立体量测十分必要。

美国农业部林业局对用户用于不同等级的侦察与量测要求，推荐的胶片类型、所需地面分辨率及比例尺建议中，对林分立木量测，包括：树高、断面积、直径、冠幅、原木长、年龄、树冠级、干长、年生长、树冠比、树木龄级等，要求中、低空摄影；地面分辨率0.3 m；最小比例尺1:9 600；片种：彩色红外或彩色片与黑白片；要求放大倍率1.5；量测可采用反光立体镜（2 ×）；扫描立体镜（2 ×，4 ×，9 ×）等（引自 R.C Aldrich RM-71）。

2. 通过森林立木分化这一自然稀疏现象，提出用树木生长分级和排序统计方法，查明了航片量测精度的可靠性和漏测原因。并根据漏测规律，可建立漏测补偿数表，以提高用航片进行森林测树调查的蓄积估测精度。

参 考 文 献

[1] 黑龙江省森林调查大队，1978，森林调查手册，农业出版社。

[2] B.Г. 聂斯切洛夫，1957，森林学，中国林业出版社。

[3] 蒋庆榆，1986，航空像片森林调查测量中的误差分析，林业资源管理，(1):69～72，(2):33～35。

[4] Titu S.J., 1985, Tree height: can large scale photo measurements be more accurate than field measurements?, *The Forestry Chronicle*, 61(3): 214～217.

[5] Myers, B.J., 1982, Guide to the identification of some tropical rainforest species from large-scale colour aerial photographs, *Australian Forestry*, 45(1): 28～41.

[6] 杨永祥，1981，云南松林分自然稀疏规律的研究，林业科学，(4):419～425。

THE ANALYSIS OF MAIN TREE MEASURATION FACTORS BY USING LARGE SCALE AERIAL PHOTOS

Zhang Dehong
(The Research Institute of Forest Resources Information Technique CAF)

Yin Guanchong
(Zhejiang Forest University)

Wang Weidong
(The Forest Bureau of Linjiang County, Jilin Province)

Li Xuezhong
(The Second Brigade of Forest Survey, Heilongjiang Province)

Abstract B/W aerial photos of the scale 1:2 600 were adopted in a test area of Changbeishan Mountain, Jilin Province. Its purpose was to investigate the feasibility of using stereoscopic measurement on air photos to replace some of field work of tree measuration, for the comparision of practical measuration result with that on air photos. The growth classes were divided for the calipered living stocks. And the proportion of suppressed trees that couldn't be identified on the air photos was worked out.

The compensation table for the unmeasured trees was established according to the measuration regularity on air photos. The average square error of the experiment on tree height measurement was ±1.07m. The large scale air photos showed a bright practical prospect.

Key words forest investigation; the measurement of tree factors on large scale aerial photos

欢迎订阅《林业经济》

《林业经济》是全国林业经济界最早出版、唯一国内外公开发行的综合性学术刊物，由中国林科院林业经济研究所和中国林业经济学会主办。本刊以把握和体现我国林业经济学科研究方向和水平，用现代科学理论指导和服务于林业实践，为林业改革和发展提供依据和思路为己任。坚持学术自由，注重多维思考，提倡超前性探索，鼓励不同观点的讨论与争鸣，及时捕捉和反映林业改革的新动向、新问题和新成果，注意介绍国外林业经济情况、最新理论和方法及先进的管理经验。刊登的文章力求言之有理，立之有据，论有新意。

本刊为一切林业有识之士探讨林业经济各类问题提供畅所欲言的园地，为各级领导制定政策、计划提供科学的理论依据，是林业各级干部、有关院校师生和林业理论、实际工作者的必读刊物和良师益友。本刊也可为您刊登各类广告提供满意的服务。

本刊为双月刊，定价为1元，全年6元，在校学生订阅给予七折优惠。

本刊由北京报刊发行局总发行，全国各地邮局订阅，国内代号82—134。国外由中国国际图书贸易总公司发行，代号BM 843。国内统一刊号CN 11—1324。

如果当地邮局订阅有困难，可将款直接汇至本编辑部订阅。本部地址：北京安外胜古南里17楼林业经济研究所。邮政编码100029。

《林业经济》编辑部