

文章编号: 1000-5692(2005)05-0535-05

控制二类调查蓄积的方法研究

刘 翊¹, 向新年², 刘安兴³

(1. 浙江工商大学 统计与计算科学学院, 浙江 杭州 310012; 2. 浙江省淳安县林业局,
浙江 淳安 311700; 3. 浙江省森林资源监测中心, 浙江 杭州 310020)

摘要: 对森林资源规划设计调查(二类调查)中系统抽样和回归分析技术控制总体蓄积的方法进行了比较研究。结果显示, 回归估计可充分利用抽样调查与小班调查的综合信息, 提高控制二类调查蓄积量的精度, 提高成果质量。通常情况下, 回归估计的效率高于系统抽样。回归分析可提高抽样数据的利用效率, 回归模型有利于监控小班调查质量, 修正完善小班调查的数据; 利用回归模型校正系统误差, 避免因系统误差引起不必要的调查返工所造成的人力和物力资源浪费。参 16

关键词: 森林经理学; 森林资源; 二类调查; 系统抽样; 回归估计; 蓄积控制; 蓄积调整

中图分类号: S757.2⁺⁷ **文献标识码:** A

1 二类调查简述

森林资源规划设计调查(简称“二类调查”)是森林经营单位(包括县级行政区、国有林场、自然保护区)为掌握森林资源现状及动态, 分析与评价经营活动的效果, 编制、修订森林经营方案或总体设计而进行的森林资源清查^[1]。二类调查成果是建立或更新森林资源档案, 制定森林采伐限额, 进行林业工程规划设计或森林资源管理的基础, 也是制定区域国民经济发展规划和林业发展规划, 实行森林生态效益补偿和森林资源资产化管理, 指导和规范森林科学经营的重要依据。

20世纪70年代以来, 林业调查的主管部门根据我国森林资源调查经验和实践, 提出了抽样控制总体法。抽样控制的小班调查法将小班调查法与抽样调查法相结合, 它既可以使森林资源数据落实到山头地块, 又有抽样精度作保证, 发挥了各自的长处。该法在二类调查中得到广泛的应用。1982年原国家林业部颁布的《森林资源调查主要技术规定》^[2]中指出, 二类调查要按小班提供蓄积量, 同时用抽样方法控制调查地区总体的蓄积量精度。抽样控制总体法: 在总体范围内, 结合小班调查设置样地。所有小班蓄积累计要同总体抽样调查蓄积相比: 凡调查的小班累计蓄积同总体抽样蓄积相差(累偏)小于±1倍允许误差的, 即认为符合精度要求。有关±3倍允许误差内应对差异进行分析修正, 以及修正到抽样区间的上下限与中值等问题有过一些讨论和研究^[3~8]。2003年国家林业局颁布的《森林资源规划设计调查主要技术规定》^[7]中指出以经营单位或县级行政单位为总体进行蓄积量抽样控制。以商品林为主的经营单位或县级行政单位总体抽样控制精度为90%; 以公益林为主的经营单位或县级行政单位为80%; 自然保护区和森林公园为85%。样地数量要满足抽样控制精度要求。根据样地样木测定的结果计算样地蓄积量, 并按相应的抽样理论公式计算总体蓄积量、蓄积量标准误和抽样精

收稿日期: 2005-07-12; 修回日期: 2005-09-23

作者简介: 刘翌, 从事信息与计算科学研究。通讯作者: 刘安兴, 教授级高工, 从事森林经理研究。E-mail: lax@zjfr.com
?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

度^[8]。抽样调查通常取95%的可靠性指标。浙江省目前常用的抽样控制方法有系统抽样即机械抽样。

抽样调查是一门应用性很强的学科，在实施抽样调查时应注意强调：获得正确的信息，省时省力省钱，充分利用已知信息来提高抽样精度。这些都是抽样工作的要点^[9]。

二类调查中的小班调查，是落实到山头地块的全面的地毯式调查。其调查数据以小班调查表及其林相图全面反映森林资源状况。这是二类调查必备的成果，也应作为抽样控制调查中可以充分利用的已知信息，以提高抽样精度和抽样效率，达到省时省力省钱的目标。为此，我们结合实际和现有的森林调查的理论与方法，对抽样控制总体蓄积的估计问题，采用系统抽样和回归估计2种方法进行比较研究。

2 研究地概况

研究地设在淳安县，位于浙江省西北部，属浙西丘陵的一部分，中部横贯着著名的新安江水库，即国家级重点风景名胜区——千岛湖。该县地貌以低山丘陵为主，植被属中亚热带常绿阔叶林北部亚地带，浙皖山丘青冈 *Cyclobalanopsis glauca*，苦槠 *Castanopsis sclerophylla* 林栽培植物区，天目山和古田山丘陵山地植被区。

全县土地总面积为442 701.4 hm²。其中林地面积358 491.1 hm²，占土地总面积的81.0%；非林地面积84 210.3 hm²，占19.0%。在林地中，有林地面积292 397.8 hm²，占林地面积的81.6%；疏林地面积1 161.3 hm²，占0.3%；灌木林地45 649.3 hm²，占12.7%；未成林造林地6 483.1 hm²，占1.8%；苗圃地116.3 hm²，占0.08%；无立木林地75 86.0 hm²，占2.1%；宜林地5 035.4 hm²，占1.4%；辅助生产林地61.9 hm²，占0.02%。在有林地面积中，乔木林面积为279 649.3 hm²，占有林地面积95.6%，其中乔木纯林273 393.2 hm²，乔木混交林6 256.13 hm²；大径竹林12 748.5 hm²，占有林地面积4.4%。在灌木林地面积中，国家特别规定的灌木林为34 717.5 hm²，占灌木林地面积76.1%；其他灌木林10 931.8 hm²，占23.9%。经济林面积为44 332.4 hm²，其中乔木型经济林14 401.0 hm²，占经济林面积的32.5%，灌木型经济林面积29 931.4 hm²，占经济林面积的67.5%。

全县森林覆盖率为73.9%，林木绿化率76.4%。活立木总蓄积量为11 152 942 m³。其中：乔木林蓄积为11 065 552 m³，占活立木总蓄积的99.2%；疏林蓄积16 301 m³，占0.2%；四旁树蓄积11 322 m³，占0.1%；散生木蓄积59 767 m³，占0.5%。全县立竹量为23 683 100株，其中毛竹 *Phyllostachys pubescens* 立竹量23 531 400株，占99.4%。全县森林单位面积蓄积量为39.6 m³·hm⁻²，比浙江省平均值高23.9%，比全国平均值低49.2%^[10]。

3 研究方法与结果

国家林业局为适应新时期林业跨越式发展和生态建设的需要，对1996年颁布实施的《森林资源规划设计调查主要技术规定》进行了修订，于2003年4月颁布了新的《技术规定》。为探索新颁《技术规定》的科学性、实用性和可操作性，更好地制定和完善符合浙江省实际的森林资源二类调查操作细则，摸索新的《技术规定》指导下的森林资源二类调查工作经验，浙江省在淳安县开展了试点研究。

当时在二类调查中，采用系统抽样的方法进行总体蓄积的抽样控制。小班调查和系统抽样调查分不同的工作组独立调查。为完成本文所作的研究，我们将系统抽样的样地点，按地形图上样地点所处的地形地物点分别转绘到林相图上，取得相互一一对应的系统抽样样地和所在小班的成对数据。

3.1 系统抽样

系统抽样具有设计简便、定位容易和样本单元分布均匀等优点。从含有N个单元的总体中，随机地确定起点之后，按照预先设计的一定的间隔的模式抽取n个样本单元，组成样本，用以估计总体的方法^[11]。其估计结果是总体平均数估计值27.241 5 m³·hm⁻²，估计精度为90.5%。

3.2 回归分析

森林调查中，许多调查因子之间常存在着一定的联系。如林木的年龄与树高，林分的平均高与蓄积量等。回归估计方法是利用与所研究的标志y有着回归关系的标志x去提高对于y标志上的总体平均

数 \bar{y} 的估计精度的一种方法。在回归估计中, 把被估计的因子叫主要因子, 用 y 表示, 把与 y 存在着回归关系的因子叫辅助因子, 用 x 表示。如果 y 对于 x 存在着的回归关系是一元一次回归关系, 叫做线性回归估计^[12, 13]。本文采用线性回归, 即 $y = a + bx$, 将系统抽样调查的单位蓄积量作为主要因子, 小班调查的单位蓄积量作为辅助因子。其结果是辅助因子小班调查的平均数 $28.9530 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 当已知小班总体平均数为 $25.1925 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 时, 线性回归的估计值为 $24.8043 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。回归方程为 $\hat{Y} = 0.5648 + 0.6483 \bar{X}$; 相关系数为 0.654, 相对误差限为 8.39%, 估计精度 91.61%。线性回归显著性检验显示^[14]: 系统抽样的样地和对应小班的单位蓄积量之间的线性相关关系显著。

4 分析与讨论

4.1 二类调查的总体蓄积控制方法, 回归估计的效率通常高于系统抽样

我们假定重复抽样大样本的情况下, 将回归估计的效率与系统抽样的估计效率进行比较。我们知道, 在设定抽样估计可靠性和精度的前提下, 同时给定的变动系数, 其系统抽样调查所需的样地数为 $n = \left(\frac{t_a \cdot c}{E} \right)^2$, 回归估计分析所需的样地数为 $n' = \left(\frac{t_a \cdot c}{E} \right)^2 \cdot (1 - r^2)$, 则:

$$\frac{n'}{n} = \frac{\left(\frac{t_a \cdot c}{E} \right)^2 \cdot (1 - r^2)}{\left(\frac{t_a \cdot c}{E} \right)^2} = 1 - r^2. \quad (1)$$

因此, 回归估计分析所需的样地与系统抽样调查所需样地数的比值为: $(1 - r^2) : 1$, 又 $(1 - r^2) \leqslant 1$, 所以, 在一般情况下, 回归估计的效率比系统抽样效率高。并且, 主要因子与辅助因子间的相关系数 r 愈大, 则回归估计的效率愈高^[15]。如果主要因子与辅助因子之间的相关系数绝对值 $|r|$ 较小, 或近似等于零, 则回归估计方法是没有采用价值的。上述研究结果可知: 若在回归分析估计中设定 90% 的精度要求, 所需的样本单元数为:

$$n = \left(\frac{t_{0.05} \cdot c}{E} \right)^2 (1 - r^2). \quad (2)$$

因此, 在 90% 的精度要求下只需要 381 个样地数据就可以达到。为了安全起见, 若增加 10% 的安全系数, 则需要增加 38 个样地, 共需样地 419 个。相当于达到了前述中系统抽样的 90.5% (90.45%) 的精度。419 与 738 相比, 节约了 43.36% 的样地, 即节约了相当一部分的人力物力和时间。式(1)(2) 中 E 为相对误差, c 为变动系数, t_a 为置信度。

在回归估计中, 必须取得总体的每一单元在辅助因子上的数值, 这一部分工作量也应当考虑。森林资源二类调查中, 作为回归分析的辅助因子, 即小班调查是整项调查所必备的因子或工作, 不存在增加工作量和回归估计总成本的问题。同时, 回归估计的效率主要取决于 r 值, 而 r 值的取得也存在成本问题。 r 值的取得方法主要是依据经验预估。文中采用系统抽样的全部样地和对应小班的单位蓄积量作为数据进行回归得到 r 值, 并加以分析。因此, 采用回归估计控制小班调查的总体蓄积量精度比通常的系统抽样方法有较大的优越性。

4.2 二类调查中采用回归估计控制总体蓄积有利于监控小班调查质量

采用回归估计法, 不仅可以提高抽样调查的工作效率, 而且通过抽样调查和小班调查值之间成对值分析, 可进一步监控小班调查的质量, 有利于提高森林资源规划设计调查的质量。采用系统抽样方法, 由于不需要形成对值的分析比较, 就很难起到监控调查的作用。

在本文的回归分析时, 某些地类或树种的成对值相去甚远, 无法对应, 这与小班调查的仔细程度有相当大的关系, 如集体林区某些山又高又远, 调查人员若不仔细, 对小班中面积小的地类可能会漏登记, 特别像地类复杂和面积大的公益林, 这种情况发生的概率就比较高。又由于出现抽样调查与小班调查地类划分的不一致, 如抽样调查是灌木林, 但小班调查目测时容易判作阔叶林, 加上在调查时强调灌木林很可能是阔叶林, 地类不符, 容易最终影响蓄积量因子。通过对比发现, 小班调查越仔细

的工组或交通越便利的地方，两者的对应性就高，诸如国有林场或集体林某些调查仔细的工组，其对应性就比较高。且还要强调质量的控制应该要经回归分析估计后才能定各调查组的质量指标。我们曾在国有林场森林经理技术研究中，抽样调查与小班调查值的档案值之间的回归系数达到0.9以上^[16]，意味着回归估计分析的效率将可大幅度提高，这种可能性应该是存在的。

为了保证回归估计分析的样地质量确实发挥控制作用，切忌为了盲目提高相关系数，提高抽样效率，在小班调查的同时进行抽样调查。

4.3 利用回归模型可以修正和调整小班调查数据

利用系统抽样技术控制二类调查的总体蓄积，其抽样调查数据及其样地资料发挥的作用相对来讲显得比较单一，仅仅作为对小班调查累计蓄积量的一次性监督与控制。二类调查成果及数据的产生基本上均依赖于小班调查的数据，因而在整个成果的形成过程中，抽样调查数据及其样地资料未能继续产生效果，使得抽样调查数据和样地资料被束之高阁或弃之不用，造成资源的极大浪费。

采用回归估计分析控制二类调查，可以使抽样调查和小班调查形成有机的结合，其作用的发挥就不仅限于系统抽样所具有的功能，而且是在保证系统抽样功能的基础上发挥更大的作用，尤其是可以利用回归模型对每个小班数据进行逐个检验排查，对有问题的小班进行必要的修正或蓄积调整。使修正后的小班蓄积的累计值将更接近于实际情况，产生一种比原来精度更高的数据或结果。同时，回归模型还将为小班数据的档案管理、森林资源数据更新及森林资源监测体系研建奠定基础。

4.4 利用回归模型可有效地避免系统误差造成的返工

利用回归模型可排查小班质量，进行小班数据修正和蓄积调整，达到提高小班调查精度的效果，其进一步的作用是利用回归模型可有效地避免系统误差造成的返工。小班调查中的误差来源多种多样，而系统误差是主要的误差之一。产生系统误差的可能性很多，如数表、测量与测树工具、地形图、调查区域地形地貌和林相状况以及调查人员的技术水平，都有可能导致小班调查数据的系统偏大或偏小。按新的《技术规定》要求，一旦这种误差超过±3倍标准误时，就必须返工。如果我们利用回归分析，分析研究样地数据与小班数据的相关性，并进行相关性检验，若相关性检验符合要求，我们就可分析系统差问题。以此，我们可进一步分析系统差的来源与大小，并对小班数据作相应的检查修正，使小班的累积量符合不超过±1倍标准误的要求，避免因返工造成的资源浪费。

值得注意的是，在采用抽样调查控制小班蓄积的二类调查中，人们更多地把数据出现误差的根源归究于小班调查的质量。事实上，周期性变动对系统抽样的影响是系统抽样产生系统误差的最主要的来源之一，这一点在实际工作中很容易被忽视。这种情况的发生，不仅造成资源的浪费，而且会产生更为糟糕的调查结果。回归估计可有效地避免此类事件的发生，这一点也显然优于系统抽样。

参考文献：

- [1] 陈雪峰，唐小平，翁国庆.新时期森林资源规划调查的新思路——浅议森林资源规划设计调查主要技术规定的修订[J].林业资源管理, 2004, (1): 9—11.
- [2] 林业部. 森林资源调查主要技术规定[S]. 北京: 中国林业出版社, 1983. 13—18.
- [3] 刘安兴. 略论小班调查的修正标准[J]. 林业资源管理, 1986, (6): 32—34.
- [4] 江一平. 也谈小班调查的修正标准[J]. 林业资源管理, 1987, (3): 1—3.
- [5] 韦希勒. 森林资源二类调查中蓄积量的调查与修正[J]. 云南林业调查规划, 1991, (3): 29—32.
- [6] 周生祥. 小班调查蓄积量修正标准的探讨[J]. 中南林业调查规划, 1991, (4): 28—33.
- [7] 国家林业局. 森林资源规划设计调查主要技术规定[S]. 2003. 22—24.
- [8] 李炳凯. 谈谈抽样控制总体法的差值衡量标准问题[J]. 林业调查规划, 2003, (2): 1—3.
- [9] 孙山泽. 抽样调查[M]. 北京: 北京大学出版社, 2004. 1—12.
- [10] 浙江省淳安县林业局. 淳安县森林资源规划设计调查成果与技术研究[R]. 淳安: 浙江省淳安县林业局, 2004. 54—70.
- [11] 林业部调查规划院. 森林调查手册[M]. 北京: 农业出版社, 1980. 482—520.
- [12] 北京林业大学. 测树学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986. 260—294.
- [13] 刘安兴. 树高曲线聚类分析研究[J]. 浙江林学院学报, 2001, 18(3): 228—232.
- [14] 北京林学院. 数理统计[M]. 北京: 中国林业出版社, 1980. 204—223.

- [15] 毕庆雨. 森林回归估计抽样调查[J]. 河北林学院学报, 1991, 6(2): 94—104.
[16] 唐正良 刘安兴, 林章豪, 等. 国有林森林经理系列技术研究[J]. 浙江林业科技, 1995, 15(4): 65—69.

Research on methods for controlling the volume of forest management inventory

LIU Yi¹, XIANG Xin-nian², LIU An-xing³

(1. College of Statistics and Computing Science, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310012, Zhejiang, China; Forest Enterprise of Chun'an County, Chun'an 311700, Zhejiang, China; 3. Zhejiang Provincial Monitoring Center for Forest Resources, Hangzhou 310020, Zhejiang, China)

Abstract: A comparative study of systematic sampling and regression estimate for controlling total volume was conducted. The result implied that when doing regression estimate, the integrated information from sampling investigation and subcompartment investigation could be fully made use of to improve the precision for controlling the volume of forest management inventory. The efficiency of regression estimate was usually higher than systematic sampling. The utilization efficiency of the sampling statistics could be improved by regression analysis. The regression model could be used to monitor the quality of forest management inventory and correct the statistics of the forest management inventory. In addition, the systematic error could be adjusted by the regression mode so that the rejection and waste caused by systematic error could be avoided. [Ch, 16 ref.]

Key words: forest management; forest resources; forest management inventory; systematic sampling; regression estimate; forest volume controlling; forest volume adjusting

欢迎订阅《林业机械与木工设备》

《林业机械与木工设备》是 1966 年创刊于北京, 国家林业局主管, 哈尔滨林业机械研究所主办的国家级学术期刊, 公开发行。《林业机械与木工设备》月刊杂志熔学术、技术、知识、信息于一炉, 主要报道国内外林业与木工机械、人造板设备诸方面的研究、设计、制造、试验、使用维修和经营管理等方面的最新成果及先进经验, 介绍其发展动向, 提供有关信息和资料。

欢迎行业内外作者为该刊撰稿, 希望广大读者多提宝贵意见, 期盼厂家利用这块园地, 刊登广告, 宣传产品, 以扩大影响, 增加效益。

《林业机械与木工设备》为 A4 开本, 国内外公开发行, 每期定价 5.00 元, 全年 60.00 元, 由各地邮局征订(邮发代号 14-74)。如在当地邮局错过订期, 也可将款直接汇到编辑部, 由编辑部邮发。

汇款方法: 邮局汇款, 请寄哈尔滨市学府路 374 号(150086)《林业机械与木工设备》编辑部收(电话: 0451-86663021; E-mail: linji1966@163.com; 传真: 86680140); 银行汇款, 请汇户名: 国家林业局哈尔滨林业机械研究所。开户行: 中国建设银行黑龙江省分行营业室(105261080002); 账号: 2301868851050007366。