

基于连清体系的省域森林面积年度出数分析*

汪求来^{1,2} 薛春泉² 林寿明² 陈传国²
杨志刚² 温小荣¹ 叶金盛² 郑文松²

(1. 南京林业大学, 江苏 南京 210037; 2. 广东省林业调查规划院, 广东 广州 510520)

摘要 以广东省森林资源连续清查体系为基础, 采用系统成数抽样方法分别产出 2012 年、2016 年和 2017 年全省森林资源面积数据, 对比分析 2016—2017 年、2012—2016 年和 2012—2017 年 3 个间隔期森林覆盖率变化量、抽样精度、变化趋势判断等, 并通过成本比较基于遥感抽样和遥感全面更新的优化方案, 提出可行的优化措施。结果表明: 全省 2012、2016 和 2017 年森林覆盖率分别为 51.26%、53%、53.51%, 平均抽样精度达到 96.93%, 2016—2017 年、2012—2016 年和 2012—2017 年间全省森林覆盖率净增量分别为 0.51%、1.74%、2.25%, 抽样精度低于 53.03%。基于现行连清体系估计的森林覆盖率年度或周期变化均无精度保证, 利用高分辨率遥感影像判读加密样地可实现精度保证、成本可接受的森林覆盖率年度变化监测, 较遥感全面更新效率更高、成本更低。

关键词 森林资源连续清查; 森林覆盖率; 森林面积; 年度出数

中图分类号: S757.2 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2020) 06-0034-06

Experimental Analysis of Annual Output of Provincial Forest Area Based on National Forest Inventory System

WANG Qiulai^{1,2} XUE Chunquan² LIN Shouming² CHEN Chuanguo²
YANG Zhigang² WEN Xiaorong¹ YE Jinsheng² ZHENG Wensong²

(1. Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037, China;

2. Forestry Surveying and Designing Institute of Guangdong Province, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract In this paper experimental analysis of annual output of provincial forest area had been taken based on NFI of Guangdong province. Forest resource area of the province in 2012, 2016 and 2017 were output using systematic percentage sampling, and variation, sampling precision, judgment trends of change of forest cover rate during three intervals which were 2016-2017, 2012-2016, and 2012-2017 had been compared and analyzed. Sampling methods with remote sensing and fully update with remote sensing mentioned as optimization program had been compared about cost, and some reasonable optimization measures were proposed. The results showed that the province forest cover rate were 51.26% in 2012, 53.0% in 2016, and 53.51% in 2017, the average sampling accuracy was 96.93%, and net increments of the province forest cover rate during 2016-2017, 2012-2016, 2012-2017 were 0.51%, 1.74%, 2.25% respectively, while sampling precision was lower than 53.03%. In general, annual or period variation of provincial forest cover rate output by the currently NFI was unreliable and unwarranted due to low sampling precision. The systematic sampling or simple sampling which can estimate change of provincial forest cover rate with high sampling precision and accepted cost by identification of more

* 基金项目: 2017 年国家林业局本级财政项目 [林规发 (2017)32 号]。

第一作者: 汪求来 (1982—), 男, 高级工程师, 主要从事森林资源监测、森林生态状况监测、林业遥感等方面的研究, E-mail: 84338962@qq.com。

plot density with remote sensing were more efficient and cheaper rather than the method of fully update with remote sensing.

Key words national forest inventory; forest cover rate; forest area; annual data output

我国森林资源连续清查体系始建于 20 世纪 70 年代, 2018 年完成了全国第九次清查工作, 历次成果为我国和各省制定林业方针和政策, 制定国民经济和社会发展宏观决策提供了重要依据^[1]。40 多年来, 我国森林资源清查体系不断优化完善, 于 2002 年采用遥感与地面样地相结合的系统双重抽样技术监测森林资源、沙化土地和湿地资源^[2], 2007 年在广东开展森林生态状况监测试点, 新增森林健康度、自然度、生态功能、生物多样性、生物量等生态调查因子^[3-6], 积累了丰富的样地调查数据和监测体系研究经验, 受到国际社会广泛认可^[7]。然而, 我国森林资源连续清查仍每年调查 1/5 省份, 每 5 年产出全国监测成果, 不能满足新时代对生态文明建设需要。在中央要求建立国土生态空间规划体系, 健全森林增长指标考核制度的要求下, 亟需实现每年度产出一套森林资源数据满足国家决策和各类考核需要^[8]。为了满足森林资源年度出数, 国家林业局资源司组织开展了多项试点研究, 自 2011 年提出一体化监测思路后, 先后在广东、辽宁、上海、浙江、湖南、云南、陕西等省开展大样地调查及一体化试点, 2015 年开展了覆盖全国 31 个省的基于大样地调查的森林资源宏观监测^[9-12]。本文在广东 2012 年至 2017 年大样地监测试点中, 试验基于连清固定样地体系的森林资源面积年度出数, 并对监测结果和方法进行分析, 提出可行的优化方案。

1 材料与方法

1.1 广东森林资源连续清查体系概况

广东省森林资源连续清查体系始建于 1978 年。1983、1988、1992、1997、2002、2007、2012、2017 年先后进行了 8 次复查。其间 1986 年部分复查, 1992 年另增设了 1 228 个临时样地, 2002 年增加了部分森林生态状况调查或评价的指标和内容, 并增设 25 个红树林和沿海湿地样地。体系采用系统抽样方法, 在五万分之一地形图上, 按 8 km × 6 km 网交叉点布设有 3 685 个固定样地。样地形状为正方形, 面积 0.066 7 hm²。以样地内优势地类确定样地地类, 然后按照面积成数抽样方法估计总体各地类面积。总体林木蓄积调查,

即在样地内每木编号、定方位、定距离、测记检尺木树种、胸径等, 按各树种一元材积式计算样木、样地蓄积, 用简单随机抽样方法估计总体的各类林木蓄积。同时, 为进一步优化和完善国家森林资源连续清查体系, 为建立国家森林资源综合监测体系作准备, 2002 年的复查采用了遥感与地面样地调查相结合的系统双重抽样技术进行森林资源、沙化土地和湿地资源调查。为此, 全省按 2 km × 2 km 间距布设遥感判读样地 44 562 个。2007 年、2012 年广东省在开展常规连续清查的基础上开展了国家森林资源和生态资源综合监测试点工作, 为国家进一步优化监测体系, 提高森林资源与生态状况监测水平积累经验, 为全国森林资源清查体系发展提供借鉴。

1.2 2016 年和 2017 年固定样地调查

2016 年对 2012 年 3 685 个固定样地进行外业复查, 2017 年第九次清查时继续对 2016 年所有固定样地进行复查, 两个年度均调查样地的地类、优势树种、郁闭度、龄组、地类变化原因等因子。2016 年和 2017 年地类标准分别按《广东省森林资源连续清查第七次复查操作细则》、《第九次全国森林资源清查广东省 2017 年清查暨大样地监测试点操作细则》。地类及代码详见表 1。

1.3 试验分析

1.3.1 数据处理 试验对比分析 2016—2017 年和 2012—2017 年两个间隔期主要林地地类面积成数变化情况估计精度, 进一步分析满足估计精度的样本数, 并提出优化和应用对策。因此, 对 2012、2016、2017 年全省 3 685 个固定样地地类进行统一后, 完成地类、优势树种、龄组等因子逻辑检查, 并修正特殊对待样地因子。对非森林的小地类进行合并, 最终按林地、森林、乔木林、竹林、特殊灌木林地和其他林地等地类进行统计分析。

1.3.2 地类面积现状估计 主要地类面积现状按系统成数抽样公式^[13]计算:

$$p_i = \frac{m_i}{n} \dots\dots\dots (1)$$

$$S_{p_i} = \sqrt{\frac{p_i(1-p_i)}{n-1}} \dots\dots\dots (2)$$

表 1 2016 年和 2017 年固定样地调查林业用地划分标准
Tab.1 Criteria of forest land type by permanent plots of NFI in 2016 and 2017

2016 年		2017 年		统一后地类	统一后代码
地类	代码	地类	代码	Union land type	Union code
Land type	Code	Land type	Code		
乔木林	111	乔木林	111	乔木林	111
红树林	112			乔木林	111
竹林	113	竹林地	113	竹林地	113
人工矮化乔木林	118			乔木林	111
疏林地	120	疏林地	120	疏林地	120
国家特别规定灌木林地	131	特殊灌木林地	131	特殊灌木林地	131
其他灌木林地	132	一般灌木林地	132	一般灌木林地	132
未成林造林地	141	未成林造林地	141	未成林造林地	141
未成林封育地	142			造林失败地	171
苗圃地	150	苗圃地	150	苗圃地	150
采伐迹地	161	采伐迹地	161	采伐迹地	161
火烧迹地	162	火烧迹地	162	火烧迹地	162
其他无立木地	163	其他迹地	163	规划造林地	172
宜林荒山荒地	171	造林失败地	171	规划造林地	172
宜林沙荒地	172	规划造林地	172	规划造林地	172
其他宜林地	173	其他宜林地	173	其他宜林地	173
林业辅助生产用地	180			其他宜林地	173

式中, n 为总样地数, m_i 为土地类型 (地类) i 的样地数, p_i 为地类 i 的面积成数估计值, S_{p_i} 为地类 i 面积成数估计值的标准差。

$$\hat{A}_i = A \cdot p_i \quad (3)$$

式中, $\hat{A}_i$ 为地类 i 的面积估计值, A 为总体面积。

$$\Delta_{A_i} = A \cdot t_\alpha \cdot S_{p_i} \quad (4)$$

式中, Δ_{A_i} 为地类 i 面积估计值的误差限, t_α 为可靠性指标。地类 i 的面积估计区间为:

$$\hat{A}_i \pm \Delta_{A_i}。$$

$$P_{A_i} = \left(1 - \frac{t_\alpha \cdot S_{p_i}}{p_i} \right) \cdot 100\% \quad (5)$$

式中, P_{A_i} 为地类 i 面积估计值的抽样精度。

1.3.3 地类面积变化估计 两期系统抽样地类面积变化量计算公式^[14]如下:

样地面积净增量平均数的估计值:

$$\bar{\Delta} = \bar{A}_2 - \bar{A}_1 \quad (6)$$

式中, $\bar{A}_1$ 为样地前期地类 i 面积成数平均值,

$\bar{A}_2$ 为样地后期地类 i 面积成数平均值。若计算面积则用面积成数乘以总体面积 A 。

样地地类面积净增量估计值的方差:

$$S_{\Delta}^2 = S_{A_2}^2 + S_{A_1}^2 - 2RS_{A_2} \cdot S_{A_1} \quad (7)$$

式中, $S_{A_2}^2$ 为后期样地地类 i 面积成数方差,

$S_{A_1}^2$ 为前期样地地类 i 面积成数方差, R 为前后期样地地类面积成数相关系数。

样地地类 i 面积成数净增量估计值的标准误:

$$S_{\Delta} = \frac{S_{\Delta}}{\sqrt{n}} \quad (8)$$

相关系数:

$$R = \frac{S_{A_1 A_2}}{S_{A_2} \cdot S_{A_1}} \quad (9)$$

总体地类 i 面积成数净增量估计值的误差限:

$$\Delta_{\bar{\Delta}} = t_\alpha \cdot S_{\bar{\Delta}} \quad (10)$$

式中, t_α 为可靠性指标。总体地类 i 面积净增量的估计区间为: $\bar{\Delta} \pm \Delta_{\bar{\Delta}}$ 。

抽样精度:

$$P = \left(1 - \frac{t_\alpha \cdot S_{\bar{\Delta}}}{|\bar{\Delta}|} \right) \cdot 100\% \quad (11)$$

式中, t_α 为可靠性指标。如果抽样精度 $P < 0$,

则取 $P=0$ 。

1.3.4 地类面积差异性分析 各年度固定样地为不同总体中抽取一个样本，且各样本间有较强的相关性，因此，可采用配对样本 T 检验分析各年度代表的总体是否差异显著，从而对不同年度面积差异及其变化趋势作判断。一般 sig. 值（或 P 值）小于 0.05 为差异显著或变化趋势明显，小于 0.01 为差异极显著或变化趋势极明显。

2 结果与分析

2.1 各年度主要林地面积现状分析

2012、2016 和 2017 年度的林地、森林、乔木林地的面积抽样精度均在 96% 以上且变化不大，平均抽样精度分别达到 97.42%、96.93%、96.27%，结果可靠。竹林、特殊灌木林地和其他林地的面积抽样精度较低，3 年度平均抽样精度分别为 80.07%、88.37%、89.34%。对比 3 个年度，同一地类面积估计精度变化幅度与地类面积成数变化幅度呈正相关。结果符合成数抽样理论，即抽样精度随地类成数的增加而增加。根据抽样精度与成数估计值的关系式，抽样精度分别达到 95%、90%、85% 和 80% 的成数临界值为 29.43%、9.44%、4.43% 和 2.54%，总体成数低于 2.54% 的地类抽样精度一般达不到森林资源监测的技术要求。因此，基于成数抽样的森林主要面积指标监测，适用于面积成数 30% 以上的地类，在广东省主要监测林地、森林和乔木林等林业地类。

根据 2017 年监测结果，全省林地面积 1 080.29 万 hm^2 ，占国土面积比例为 61.11%，森林面积 945.98 万 hm^2 ，森林覆盖率为 53.52%；乔木林面积 780.98 万 hm^2 ，占国土面积比例为 44.18%。

2.2 各年度主要林地面积变化分析

2016—2017 年林地、森林、乔木林、竹林、

特殊灌木林地和其他林地的面积成数净增量分别为 -0.06%、0.52%、0.76%、-0.10%、-0.14%、-0.57%，森林和乔木林面积均增加，其他地类面积减少。与 2012—2016 年和 2012—2017 年净增量比较，森林、乔木林、特殊灌木林地和其他林地面积成数净增量逐渐增加，森林覆盖率在 2016—2017 年、2012—2016 年和 2012—2017 年 3 个间隔期分别增加 0.52%、1.74% 和 2.26%。3 个间隔期各地类面积成数净增量的抽样精度均较低，2016—2017 年明显低于 2012—2016 年和 2012—2017 年，2012—2017 年乔木林面积成数变化量估计精度最高，为 68.37%，其次为 2012—2016 年乔木林、2012—2017 年森林、2012—2017 年其他林地，分别为 59.36%、53.03% 和 51.27%。总的来说，净增量较大的地类和间隔期的估计精度高于净增量小的，与成数抽样精度与地类成数大小成正相关的性质一致。说明间隔期内变化较大的地类更易被选中为样本，使得抽样比提高，从而提高抽样精度。

2016—2017 年、2012—2016 年和 2012—2017 年间主要林地面积变化趋势判断结果显示，林地面积 3 个间隔期变化趋势均不显著，森林面积年度变化趋势不显著但 4 年或 5 年周期变化极显著，乔木林面积 3 个间隔期变化趋势均显著且 4 年或 5 年周期变化趋势极显著。

2.3 森林覆盖率年度监测优化分析

前述结果表明，基于连清固定样地体系监测森林覆盖率年度变化量精度较低，除可监测森林面积和乔木林面积 4 年或 5 年以上周期变化趋势外，森林面积年度变化趋势不显著。因此，从降低估计精度和监测成本上提出优化方案。一是降低估计精度。客观上森林覆盖率短期变化较小，将估计精度适当降低至 90%，甚至到仅做变化趋势判断。二是采用遥感判读代替外业调查，充分

表 2 各年度主要林地面积监测结果

Tab.2 Monitoring results of domain forest land area in each year

地类 Land type	面积成数估计中值 / % Median estimation of area proportion			面积估计中值 / 万 hm^2 Median estimation of area			抽样精度 / % Sampling precision		
	2017	2016	2012	2017	2016	2012	2017	2016	2012
林地	61.11	61.17	60.90	1 080.29	1 081.30	1 076.44	97.42	97.43	97.41
森林	53.52	53.00	51.26	945.98	936.88	906.13	96.99	96.96	96.85
乔木林	44.18	43.42	40.98	780.98	767.53	724.35	96.37	96.31	96.12
竹林	2.53	2.63	2.53	44.62	46.49	44.62	79.93	80.36	79.93
特殊灌木林地	6.81	6.95	7.75	120.38	122.86	137.16	88.06	88.18	88.87
其他林地	7.60	8.17	9.64	134.31	144.42	170.31	88.74	89.17	90.11

降低调查成本的基础上, 适合满足精度大样本的遥感判读。三是基于实时遥感影像的全面更新, 区划判读出全省所有森林变化区域, 汇总变化量。按不同抽样精度, 以样地地类外业调查成本 600 元/个(每天费用包括住宿费 400 元、租车费 600 元、补助 200 元, 平均每天调查 2 个样地), 遥感判读样地成本 2 元/个(内业费 300 元, 每天判读 150 个样地), 遥感面上更新成本分别为 0.3 (2016—2017)、0.6 (2012—2016)、0.75 (2012—2017) 元/hm² 计算不同方案总成本。

以年度和 5 年期森林覆盖率变化为例, 抽样精度由 95% 降为 90%, 再降为仅作趋势判断, 所需样本数分别减少 82.4% 和 99.75%, 调查成本相应比例减少。由于遥感判读成本仅为外业调查成本的 1/300, 因此, 尽可能使用遥感判读替代外业调查。样地遥感判读方式监测 2016—2017 年森林覆盖率变化达到 95%、90% 和趋势判断水平的成本分别为 443.6 万元、78.1 万元和 1.1 万元, 均可接受。考虑到因遥感影像问题有部分样地需要外业核实, 按补充调查样地数为总样地数 5% 比例计算, 达到 3 个精度水平的成本分别为 7 097.5 万元、1 249.8 万元和 17.7 万元, 较全部遥感判读成本大幅提升。遥感面上更新方式监测 2016—2017 年森林覆盖率变化总成本为 530.3 万元, 为监测

2012—2017 年成本的 40%, 主要是间隔期越长变化区域越多造成判读区划时间增加。若按 5% 面积外业补充核实, 外业核实成本按 15 元/hm² 计算, 遥感面上更新监测年度和 5 年间森林覆盖率变化总成本增加 1 325.8 万元, 分别增加 2.5 倍和 1 倍。

对比样地遥感判读和遥感面上更新, 仅用遥感判读, 前者监测森林覆盖率年度变化达到 95% 精度但成本仍低后者 16.3%, 监测 5 年期则差距更大。若增加 5% 外业核实, 样地遥感判读监测森林覆盖率年度变化精度为 95% 时, 则总成本比后者高 2.82 倍; 精度达到 90% 时, 则总成本比后者减少 32.66%; 但监测 4 年或 5 年间变化时, 精度为 95% 时, 总成本较后者低 11.96% 和 43.94%。

3 结论与讨论

连清固定样地体系监测森林覆盖率年度变化无精度保证。2016—2017 年、2012—2016 年和 2012—2017 年 3 个间隔期, 连清固定样地体系监测的森林覆盖率变化精度仅达到 -22.67%、41.14% 和 53.03%, 不能满足抽样估计精度的保证。森林、乔木林、特殊灌木林地和其他林地等变化较大的间隔期能判断变化趋势, 2016—2017 年森林覆盖率变化为 0.52%, 变化趋势判断仍不显著, 但森林、乔木林面积成数在 2012—2017 年间分别变

表 3 各年度主要林地面积成数变化
Tab.3 Changes in area proportion of domain forest land among each year %

地类 Land type	面积成数净增量估计值 Net area proportion increment estimator			面积成数净增量估计精度 Estimation precision of net area proportion increment			年均净增值 Annual average net increment	年均净增率 Annual average net increase rate
	2016—2017	2012—2016	2012—2017	2016—2017	2012—2016	2012—2017	2012—2016	2012—2016
林地	-0.06	0.27	0.21	-343.43	-64.51	-127.81	0.07	0.11
森林	0.52	1.74	2.26	-22.67	41.14	53.03	0.44	0.85
乔木林	0.76	2.44	3.20	21.34	59.36	68.37	0.61	1.49
竹林	-0.10	0.10	0.00	1.44	-140.28	/	0.03	1.09
特殊灌木林地	-0.14	-0.80	-0.96	-88.49	41.60	44.90	-0.20	-2.61
其他林地	-0.57	-1.47	-2.04	-13.82	33.73	51.27	-0.37	-3.79

表 4 主要林地地类面积变化趋势显著性判断
Tab.4 Significance judgment on the area change trends of domain forest land type

间隔期 Interval	林地 Forest land	森林 Forest	乔木林 Arbor	竹林 Bamboo	特殊灌木林地 Special shrub	其他林地 Other forest land
2016—2017	0.655	0.110	0.013*	0.045*	0.297	0.067
2012—2016	0.232	0.001**	0.000**	0.414	0.001**	0.003**
2012—2017	0.388	0.000**	0.000**	1.000	0.000**	0.000**

注: 表中数据为双侧 *T* 检验 (α = 0.05) 结果, * 表示差异显著, ** 表示差异极显著。
Note: the data in the table are the results of two sided *t*-test,* indidates significant differences,** indidates extremely significant dif-
ferences.

表 5 森林覆盖率变化监测成本对比
Tab.5 Costs of forest cover rate changes monitoring

间隔期 Interval	最小样本数 / 个 Minimum sample size			单位调查成本 / 元 Unit inventory cost			样地遥感判读总成本 / 万元 Total cost of remote sensing interpretation on sampling plots			面上更新 总成本 / 万元 Total cost of map updating
	抽样精度 $P=95\%$ Sampling precision	抽样精度 $P=90\%$ Sampling precision	趋势判断 $\alpha=0.05$ Judgement on trends	地面调查 / 样地 Field inventory	遥感判读 / 样地 Remote sensing interpretation	面上更新 / hm^2 Map updating	抽样精度 $P=95\%$ Sampling precision	抽样精度 $P=90\%$ Sampling precision	趋势判断 $\alpha=0.05$ Judgement on trends	
2016-2017	2 217 951	390 582	5 545			0.30	443.6	78.1	1.1	530.3
2012-2016	510 661	89 928	1 277	600	2	0.60	102.1	18.0	0.3	1 060.6
2012-2017	325 194	57 267	813			0.75	65.0	11.5	0.2	1 325.8

化 2.26% 和 3.20%，变化趋势判断均为极显著。表明，森林覆盖率年度变化量较小，现有连清体系的抽样强度不能满足其估计精度要求，仍需增加样地数量才能确保年度森林覆盖率变化趋势判断显著。

基于遥感抽样方法能实现森林覆盖率年度变化监测精度保证。影响连清体系的森林覆盖率年度监测精度的主要因素是固定样地数量为现状监测设计，距离变化量监测抽样强度远远不够，导致抽中的变化区域比例较小。在连清体系下要提高变化监测精度，只有通过机械加密或简单随机抽样加密样地，大大提高样地数量从而提高估计精度。但大幅提高样地数量必然导致调查成本的大幅增加，在生产中难以实施，而及时获取的高分辨率遥感影像则能提供丰富的森林信息，使通过遥感判读样地代替外业调查，极大地降低调查成本。尽管部分区域仍存在遥感数据时效性、阴影、质量等问题，但通过少量外业核实可提高遥感判读的准确率。同时，大量的外业调查受人力、天气、财力、复位等的影响，也存在调查时效性、调查准确率、调查质量等问题。对比遥感面上全面更新的方法，基于遥感抽样有精度保证，全面更新则由于遥感影像时效性、质量和更新及时等因素影响，随着时间推移，结果与真实值偏差逐渐增大。且从成本角度来说，全面更新费用也较高，且遥感抽样占全面判读的比例仅为 0.84%（样地数为 2 217 951），有利于保证判读准确率。

提高遥感影像空间分辨率和质量是降低监测成本的主要措施。样地遥感判读有效降低了大数量样地的调查成本，使森林覆盖率年度变化监测精度大幅提高。但相对于外业调查，遥感判读通常存在判读错误导致的调查误差，由于变化量较小，实际误差对结果影响较大。最主要的措施是提高遥感影像空间分辨率、时效性和质量，提升

遥感影像森林信息辨识度，同时，不断提升遥感判读技术人员的技术水平和经验，才能提高遥感判读准确率，降低调查误差在总误差中的比例。

参考文献

- [1] 唐守正.我国森林资源连清体系位居世界先进行列[N].中国绿色时报, 2019-11-8(2).
- [2] 国家林业局中南森林资源监测中心.广东省森林资源连续清查第六次复查成果(2002-2007)[内部资料].2018.
- [3] 叶金盛, 林寿明, 李茂深, 等.国家森林资源与生态状况综合监测理念及其技术体系: 以2007年广东省试点为例[J].林业资源管理, 2009(5): 39-43.
- [4] 薛春泉, 林俊钦, 叶金盛, 等.广东省森林生态状况与建设对策[J].广东林业科技, 2005, 21(2): 55-59.
- [5] 薛春泉, 叶金盛, 林俊钦, 等.广东省森林生态效益价值评估[J].广东林业科技, 2005, 21(3): 67-70.
- [6] 叶金盛, 余光辉.广东省森林植被碳储量动态研究[J].南京林业大学学报(自然科学版), 2010, 34(4): 7-12.
- [7] 罗富和, 赵树丛.中国森林资源连清体系的发展机遇与完善策略[C]//森林资源连续清查体系理论与实践座谈会论文集.北京: 中国林业出版社, 2015.
- [8] 曾伟生, 黄国胜, 党永峰, 等.全国森林资源宏观监测的抽样设计与估计方法探索[J].林业资源管理, 2016(3): 1-6.
- [9] 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.
- [10] 黄平.全国森林资源一体化监测的实践与思考: 以广东省森林资源监测工作为例[J].林业资源管理, 2013(2): 6-9.
- [11] 程志楚, 夏朝宗, 王海滨, 等.大样地调查方案在森林资源调查中的可行性分析[J].河北农业大学学报, 2015, 38(3): 64-68.
- [12] 薛春泉, 肖智慧, 汪求来, 等.森林资源年度出数方法研究: 基于大样地区划调查[M].北京: 中国林业出版社, 2013.
- [13] 宋新民.抽样技术[M].北京: 中国林业出版社, 1995.
- [14] F,洛茨, K,E,哈勒, F,佐勒.森林资源清查[M].林昌庚, 沙琢等译校.北京: 中国林业出版社, 1985.