

设区市森林资源市县联动监测体系研究

张国江, 季碧勇, 王文武, 方炎杰, 李佐晖

(浙江省森林资源监测中心, 浙江 杭州 310020)

摘要: 综合运用固定样地监测、森林资源档案更新、补充调查、复位调查、模型更新、马尔科夫转移模型估计和线性回归估计等监测方法, 以杭州市为研究地, 探讨构建设区市森林资源市县联动监测体系。研究表明: 设区市森林资源市县联动监测体系可由市级抽样控制调查监测体系和县级二类调查动态监测体系两部分组成, 市级抽样控制调查监测以宏观性监测为主, 县级二类调查动态监测主要是通过与市级抽样控制调查联动, 采用不同数据更新方法, 对各县域副总体的二类调查数据进行更新。通过监测, 不仅取得了设区市总体森林资源数据, 而且获取了同一时段所辖各县的森林资源数据。实践证明, 所构建的设区市森林资源市县联动监测体系, 能与现有监测体系进行有效对接, 并实现了市县两级森林资源同步联动监测。图 2 参 18

关键词: 森林测计学; 市县联动监测; 监测体系; 设区市; 动态监测; 数据更新; 固定样地

中图分类号: S758 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2011)01-0046-06

City-county synchronized monitoring system of forest resources in the city with districts under its jurisdiction

ZHANG Guo-jiang, JI Bi-yong, WANG Wen-wu, FANG Yan-jie, LI Zuo-hui

(Center for Forest Resource Monitoring of Zhejiang Province, Hangzhou 310020, Zhejiang, China)

Abstract: A city-county synchronized monitoring system of forest resources in the city with districts under its jurisdiction was built in Hangzhou by the integrated application of permanent sample monitoring, archive updating, supplementary investigations, re-measured investigations and model projections, Markov transition model estimation, linear regression estimation and other monitoring methods. The study indicated that the monitoring system was composed of the sample survey and monitoring system at city level and dynamic forest resources monitoring system at a county-level. The city level monitoring offered a macroscopic view by sampling monitoring, and the county level dynamic monitoring was to update the subcompartment data of counties which were under the jurisdiction of Hangzhou. Through this monitoring, the researchers gained not only the forest resource data of Hangzhou City but also the forest resource data of counties under the jurisdiction of the city at the same period. Practices had proved that the city-county synchronized monitoring system of forest resources in the city with districts under its jurisdiction could be effectively integrated into the existing monitoring system to realize a synchronized monitoring of the forest resources at the city and county levels. [Ch, 2 fig. 18 ref.]

Key words: forest mensuration; city-county synchronized monitoring; monitoring system; city with districts under its jurisdiction; dynamic monitoring; data update; permanent sample

森林资源既是林业生态建设和产业发展的基础, 也是经济社会可持续发展的基础。森林资源监测是林业的基础性工作, 也是一项法定工作^[1]。目前, 对全国而言, 设区市的森林资源监测仍是一项空白。国家级森林资源连续清查体系、省级森林资源年度监测体系无法监测至设区市一级, 而通过辖区各县规划设计调查(简称二类调查)结果的数据汇总或分析推算结果, 则往往由于数据的间隔期长且基础数据不

收稿日期: 2010-03-25; 修回日期: 2010-06-30

作者简介: 张国江, 高级工程师, 从事森林资源监测等研究。E-mail: zgj@zjfr.com

处于同一时段，信息的时效性、准确性较差，给应用带来了困难。如果各县(市、区，以下简称“县”)监测数据更新均采用系统抽样调查进行，不仅不利于监测成果的林业生产应用，而且会造成已有二类调查数据的浪费，并与各县已批准使用的二类调查结果相脱节。如何准确、及时地监测设区市及所辖各县的森林资源成为亟需解决的重要课题。2007 - 2009 年，笔者对浙江省杭州市构建森林资源市县联动监测体系进行了研究和实践，并于 2008 年开展了外业调查与监测，建立了设区市森林资源动态监测网络和监测技术体系，实现了市、县两级同步监测。现报道如下，以期为国内设区市开展同类监测提供参考。

1 研究地概况

1.1 自然地理区位

杭州市位于浙江省西北部，界于 $29^{\circ}13' \sim 30^{\circ}34'N$ ， $118^{\circ}20' \sim 120^{\circ}40'E$ 。行政区划辖 8 区 3 市 2 县，分别是上城区、下城区、江干区、拱墅区、西湖区、滨江区、萧山区、余杭区、建德市、富阳市、临安市、桐庐县和淳安县。杭州市地处亚热带季风区，冬夏季风交替明显。西部、中部和南部属浙西中低山丘陵，东北部属浙北平原。土壤资源以红壤和水稻土为主，森林植被处于中亚热带常绿阔叶林植被带，其东半部属钱塘江下游、太湖平原植被片，西半部属天目山、古田山丘陵山地植被片。植物区系的温带、亚热带东亚区系成分的特征显著。

1.2 森林资源调查情况

从二类调查看，除主城区尚未开展二类调查外，均已开展过最新一轮二类调查，但各单位的调查年度不一致。淳安县最早，时间是 2003 年。此后分别是：临安 2004 年，余杭 2005 年，建德 2006 年，桐庐 2007 年，萧山 2007 年，富阳 2008 年，时间跨度达到 5 a。可以看出杭州市各县的调查年度不一，全市汇总的各县森林资源基础大不相同，不是同一时点，信息的时效性较差，全市的汇总数据既难以准确反映杭州市的森林资源现状，也难以客观反映杭州市的森林资源发展变化状况。

在进行二类调查同时，有 5 个县开展了样地抽样控制调查，分别是临安、淳安、建德、桐庐、富阳。其中建德、桐庐、富阳的县级抽样控制样地布点系统与省级连清调查样地布点系统实现了对接，可视为对省级样地的加密。

2 体系框架

以抽样技术、模型技术和地理信息系统、全球定位系统、数据库技术、遥感技术等现代高新技术为手段，通过固定样地监测、森林资源档案更新、补充调查、复位调查、模型估算、马尔科夫转移模型估计、线性回归估计和遥感判读等监测方法，根据各县域副总体森林资源调查特点，按照把握总体，逐级控制，分区施策，分类统计的原则，采取不同的数据处理方法，更新各县域副总体森林资源数据，建立覆盖全市、市县联动的森林资源监测体系。杭州市森林资源市县联动监测体系框架见图 1。

3 体系构建

3.1 监测体系总体布局

杭州市森林资源市县联动监测体系由 1 个总体和 8 个县域副总体组成。即杭州全市为总体，县域副总体原则上以县为单位进行划分，淳安、临安、建德、桐庐、富阳、余杭、萧山各作为一个县域副总体，上城、下城、江干、拱墅、西湖和滨江等 6 个城区合并成一个县域副总体。

3.2 监测体系设计

从市县联动监测体系层级上，分为市级抽样控制调查监测体系和县级二类调查动态监测体系。市级抽样控制调查监测以宏观性监测为主，主要是对全市总体和各县域副总体监测进行总体精度控制和趋势性变化分析，同时为县级二类调查动态监测体系提供模型建模样本。县级二类调查动态监测主要是通过市级抽样控制调查联动，采用不同数据更新方法，对各县域副总体的二类调查数据进行更新。

3.2.1 市级抽样控制监测体系 全市样地总数为省级样地数的 3 倍，即在现有省级样地 $4 \text{ km} \times 6 \text{ km}$ 的基础上再加密 2 倍，实际布设样地 2 092 个，间距为 $4 \text{ km} \times 2 \text{ km}$ 。其中建德、桐庐、富阳等 3 个县域副总体的样地均为县级抽样控制样地的复位样地。考虑到城区尚未开展新一轮二类调查，而且样地变动

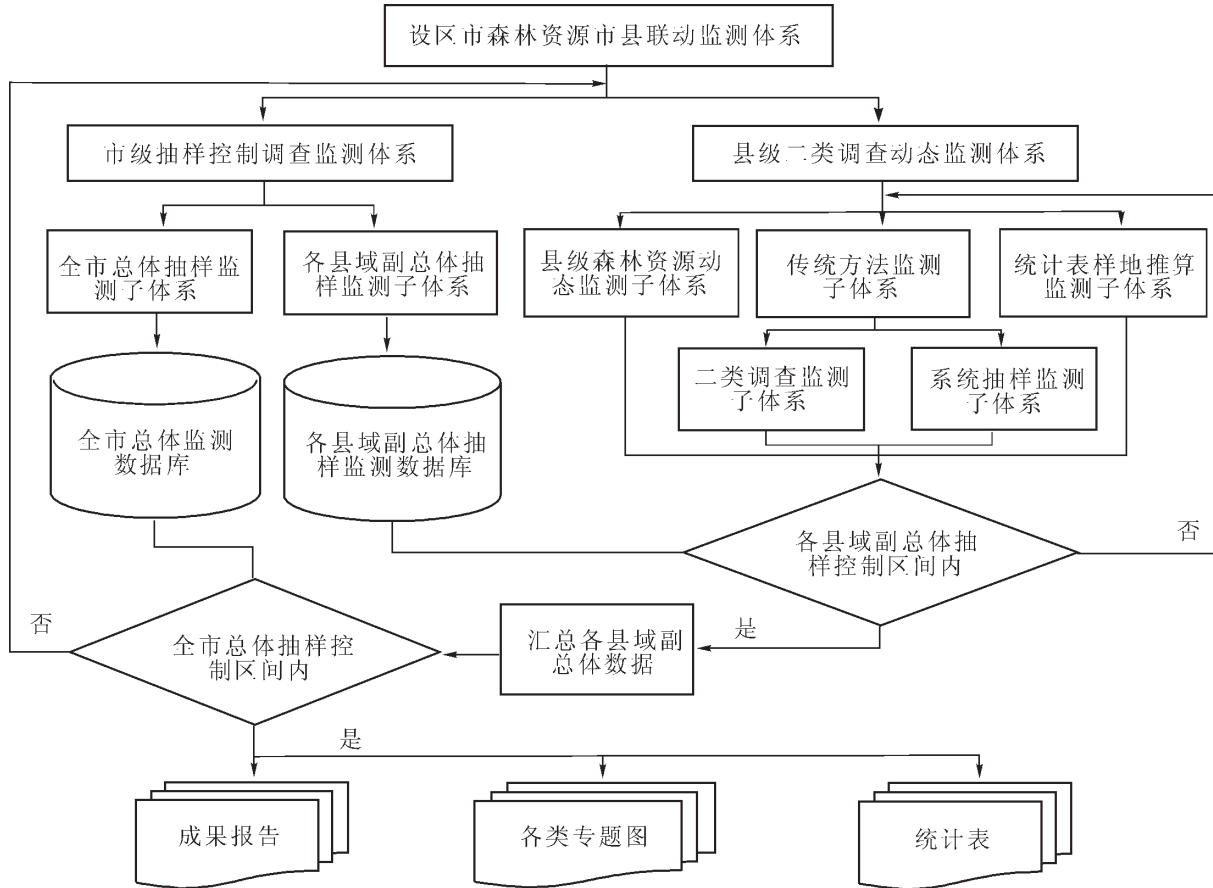


图1 杭州市森林资源市县联动监测体系框架图

Figure 1 Framework about monitoring system of forest resources based on linking city and its subordinate counties in Hangzhou City

系数较大,为取得较可靠的森林资源数据,按 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 进行加密,共计加密样地617个,合计布设样地数2709个。市级抽样控制监测体系主要为全市总体及各县域副总体监测提供总体参数和成果精度控制。市级抽样控制监测体系样地布点系统见图2。

3.2.2 县级二类调查动态监测体系 根据各县域副总体森林资源二类调查特点,按数据更新方法分,县级二类调查动态监测体系由以下3类子体系组成:县级森林资源动态监测子体系、统计表样地推算监测子体系和传统方法监测子体系。县级森林资源动态监测适合于已完成二类调查,并且监测年实施了补充调查、复位调查、档案更新、模型更新的单位。建德、临安、淳安、萧山、余杭属该监测体系。统计表样地推算监测适用于县域内复位样地较多,样地调查与二类调查同步开展,能利用复位样地前后期监测变化信息,对二类调查统计表进行更新的单位,桐庐属该监测体系。传统方法监测又分为2类:一类是2008年正在开展二类调查,主要监测结果应受市级抽样控制置信区间控制的单位,本次监测中,富阳属该类;二是尚未开展二类调查或开展二类调查有困难的单位,以系统抽样理论为基础进行监测。城区副总体属于该类。

3.3 市县联动监测关键技术

森林资源市县联动监测体系,要求获取同一时段的市县两级森林资源与生态状况监测信息,实现市县两级同时监测,同步统计监测结果。该监测体系的关键技术主要包括县级森林资源动态监测技术、二类统计表固定样地推算技术和数据库及信息处理技术。由于篇幅限制,笔者仅作如下介绍,详细内容作者已有文献论述,可参考本文有关参考文献。

3.3.1 县级森林资源动态监测技术 县级森林资源动态监测技术是县级二类调查动态监测体系的主要技术,是开展县级森林资源动态监测的基本方法。它是在完成县级二类调查,建立较完整的森林资源档案的前提下,以县级森林资源地理管理信息系统和动态数据库作为数据更新平台^[2],以固定小班数据更新为基础,按照“小班对应、面积平衡”的原则,综合运用小班档案台帐更新、补充调查、复位调查和模

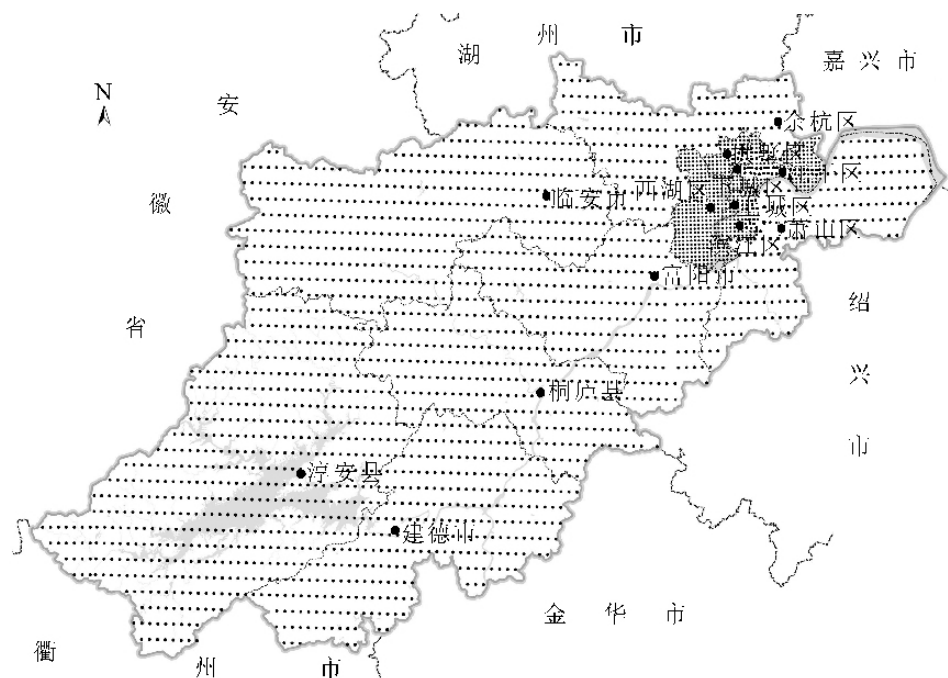


图 2 市级抽样控制监测体系样地布点系统

Figure 2 Points of monitoring system of sampling control in the city level

型更新等监测方法，对县级森林资源数据进行动态更新^[3]，使森林资源数据更新落实到山头地块，实现各县域副总体内小班数据的及时更新。模型更新技术是县级森林资源小班动态监测中难度最高的技术环节^[4]，小班主要测树更新因子包括平均年龄、平均胸径、平均树高、单位株数、单位蓄积量等，其中单位蓄积量是关键测树因子^[3]。建模以该县域范围内系统布设的抽样控制样地中的样木为建模样本，主要技术环节包括建模单元划分、样本资料整理、数据预处理、模型研建、异方差处理、模型适合性检验和模型行为分析等^[5]。小班模型更新结果受市级固定样地监测的林木生长率控制，以保证模型更新结果可靠性。对于单位蓄积量模型，也可把复位调查小班中的自然渐变小班调查结果，用作推算更新检验。方法是把复位细班的单位面积蓄积量的实际调查结果与推算更新结果进行统计分析，如果检验不能通过，应当重新设计推算更新公式，或重新建立小班蓄积动态模型，重新进行推算，直到检验通过。县级森林资源动态监测结果必须受县域范围内市级固定样地抽样置信区间控制，以确保县级动态监测结果的数据精度。对于蓄积量因子，也可把复位小班的实际调查结果视作小班抽样进行回归统计分析，用统计抽样方法作出全县蓄积量精度推断^[6]。

3.3.2 统计表固定样地推算监测技术 统计表固定样地推算以样地监测信息为基础，包括两部分内容：一是各地类面积更新，二是各类蓄积更新，分别采用马尔科夫链转移模型和抽样回归估计方法更新监测。对面积类数据，以前期二类调查的各类面积统计表数据为各类面积初始状况，利用同一时段前后两期复位样地的地类变化状况，作为间隔期内的面积转移矩阵概率，构建马尔科夫链转移概率模型，由此获得本期的各类土地面积状况^[7-8]。因此，面积更新数据，既保持了前期二类调查成果的比例结构，又体现了间隔期的结构变化，实现了抽样控制调查数据与二类调查数据的衔接更新。对蓄积类数据，采用线性回归抽样方法建立线性回归模型，以前期二类调查成果各立木类型蓄积为自变量，通过线性回归模型预测得到本期相应蓄积量估计值及估计精度。因统计表类型多，内容丰富，对各类统计表推算更新时，统计表固定样地推算监测应遵循从总项到分项，从简单到复杂的原则，逐级更新，逐级平差，并注意表间数据逻辑关系。统计表固定样地推算监测结果同样受县域抽样置信区间控制，如果监测结果精度不高，未处于抽样置信区间内，则放弃使用本技术方法更新。

3.3.3 数据库及信息处理技术 市县联动监测体系较为复杂，数据表较多。市级抽样控制监测体系包含本期样地因子表、跨角样地因子表、样木因子表等，如果是复位样地，还包含前期样地有关数据表；县级二类调查动态监测体系包括各县域副总体前期二类调查小班数据表、林带树带数据表，本期动态监测

补充调查、复位调查、档案更新、模型更新、动态监测小班数据表,以及模型参数表等。除此之外,还包括各类派生表和统计表。由于监测体系基础数据丰富,应综合运用数据库技术,科学设计建立数据库、设置表内字段和表间关系,科学维护和使用数据库,有效管理大量的数据资源,保证数据库的安全性和完整性。数据信息处理是内业统计分析的关键环节。数据信息处理与统计,包含三类数据库系统的开发,分别是抽样控制调查数据处理系统、二类调查数据数据处理系统和县级森林资源动态监测数据处理系统。每个系统至少包含数据输入与修改、逻辑检查、数据查询、数据统计、报表输出模块,以及系统辅助类模块。其中辅助类模块包括标准疏密度表、各优势树种龄组表、模型参数表、一元材积表、二元材积表、乡村代码库等存放与提取和龄级龄组、蓄积量等计算模块,主要为各派生因子的自动生成和在系统运行过程中为操作人员提供服务^[9-12]。此外,对于特别复杂的数据处理,尤其是需要分析数据处理中间结果,或数据统计结果受多方面因素影响、不确定性较大的,应综合运用 Microsoft Excel 等软件的数据分析函数和扩展功能开发技术(如 Excel VBA 程序开发、宏等),采用手工数据信息处理与统计分析。

4 结论与讨论

杭州市森林覆盖率高,森林资源丰富,各县域森林资源调查特点多样,以杭州市为研究地,研究构建设区市森林资源监测体系,具有较好的代表性。研究构建的设区市森林资源市县联动监测体系,在杭州市森林资源监测中进行了成功运用。监测不仅取得市级森林资源数据,而且获取了同一时段所辖各县域副总体的森林资源数据。监测成果于 2009 年 7 月在《杭州日报》向社会进行了公告。研究建立的设区市森林资源市县联动监测体系,对国内同类设区市开展同类监测具有较好的借鉴作用。

在监测体系设计上,由于至外业调查实施年止(2008 年),杭州市 8 个县域副总体中,除富阳、城区外,其他 6 个单位森林资源二类调查成果均已通过了专家论证,并经浙江省林业主管部门批准允许公开使用,具有法定权威性。因此,设区市森林资源监测应当与已公布使用的县级二类调查结果进行良好衔接,森林资源监测体系设计应当考虑以县级二类调查成果为基础,综合运用多种监测方法进行监测。

市、县两级森林资源监测体系以固定样地为纽带,共同构成设区市森林资源市县联动监测体系。固定样地一方面为市级监测体系全市总体监测提供精度控制,另一方面,也对县级监测体系进行抽样控制,并为建立林分、林木生长模型提供基础建模数据,为符合一般生长规律的渐变小班主要测树因子更新提供依据^[3]。

抽样统计方法能获取一定精度的总体数据,但不同指标的数据,精度高低不同。对于小面积地类变化,如未成林造林地、采伐迹地、火烧迹地和林地征占用等地类变化,精度较低,难以提供较准确的控制数据。因此,对可能存在地类突变的小班进行补充调查或档案更新,对于实现市县联动监测目标,提高设区市及县级森林资源监测成果的完整性和准确性是非常必要的。

县级森林资源小班动态监测采用补充调查、复位调查、档案更新、模型更新等技术方法,相对于以往全面调查,减少了野外作业量,降低了劳动强度,同时更新结果受市级抽样县域内样地抽样置信区间控制,更新精度得到更好保证。

由于抽样调查和二类调查是两套体系,在技术标准、统计口径上存在一定差异,其成果数据不完全一致^[13]。因此,需要对两者进行衔接和数据预处理。今后,参考浙江省级森林资源年度监测模式,在本期市级抽样控制监测体系基础上,每年抽取三分之一样地,总体参数及误差的估计采用二相估计的方法,建立市级抽样控制年度监测体系^[14-16]。在此基础上,结合上述方法构建的县级二类调查动态监测体系,可建立杭州市森林资源市县联动年度监测体系,实现监测周期年度化^[17-18]。

参考文献:

- [1] 肖兴威,唐守正,董乃钧,等.中国森林资源与生态状况综合监测研究[M].北京:中国林业出版社,2006.
- [2] 刘安兴.浙江省森林资源动态监测体系方案[J].浙江林学院学报,2005,22(4):449-453.
LIU Anxing. Design of dynamic forest resources monitoring system of Zhejiang Province [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2005, 22(4): 449-453.

- [3] 季碧勇, 张国江, 赵国平, 等. 基于固定样地的县级森林资源动态监测技术方法[J]. 林业资源管理, 2009 (5): 50 - 53.
JI Biyong, ZHANG Guojiang, ZHAO Guoping, *et al.* A technical method of dynamic forest resources monitoring at the county level based on the permanent sample plots [J]. *For Resour Manage*, 2009 (5): 50 - 53.
- [4] 刘安兴. 浙江省森林资源动态监测体系建设[J]. 浙江林业科技, 2008, 28 (S): 56 - 59.
LIU Anxing. Construction of dynamic forest resources monitoring system of Zhejiang Province [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2008, 28 (S): 56 - 59.
- [5] 骆期邦, 曾伟生, 贺东北. 林业数表模型理论、方法与实践[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2001.
- [6] 刘羿, 向新年, 刘安兴. 控制二类调查蓄积的方法研究[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22 (5): 535 - 539.
LIU Yi, XIANG Xinnian, LIU Anxing. Research on methods for controlling the volume of forest management inventory [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2005, 22 (5): 535 - 539.
- [7] 付春雷, 宋国利, 鄂勇. 马尔科夫模型下的乐清湾湿地景观变化分析[J]. 东北林业大学学报, 2009 (9): 117 - 119.
FU Chunlei, SONG Guoli, E Yong. Landscape changes of the wetland in yueqing bay based on Markov model [J]. *J Northeast For Univ*, 2009 (9): 117 - 119.
- [8] 韦启忠, 曾伟生. 广西森林资源结构的动态预测及分析评价[J]. 中南林业调查规划, 1999, 18 (2): 8 - 10.
WEI Qizhong, ZENG Weisheng. Dynamic prediction and analytic assessment on forest resource structure of Guangxi [J]. *Cent South For Invent Plan*, 1999, 18 (2): 8 - 10.
- [9] 陈德铭, 唐威. 森林资源二类调查建档, 统计系统软件的研究[J]. 林业资源管理, 1996 (6): 28 - 30.
CHEN Deming, TANG Wei. Study on file establishing & statistics software about forest management inventory [J]. *For Resour Manage*, 1996 (6): 28 - 30.
- [10] 王君涛. 丹凤森林资源二类调查信息系统[J]. 内蒙古林业调查设计, 2008, 31 (1): 42 - 45.
WANG Juntao. Forest management inventory information system of Danfeng [J]. *Inner Mongolia For Invest Design*, 2008, 31 (1): 42 - 45.
- [11] 白降丽, 彭道黎, 杨馥宁. 森林资源信息分类及编码体系研究[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24 (3): 326 - 330.
BAI Jiangli, PENG Daoli, YANG Funing. Information classification and code of forest resources [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2007, 24 (3): 326 - 330.
- [12] 方陆明, 唐丽华, 徐爱俊. 县级林业资源管理信息系统的结构研究与应用[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22 (3): 249 - 254.
FANG Luming, TANG Lihua, XU Aijun. Structure study and application of forestry resources management information system at county level [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2005, 22 (3): 249 - 254.
- [13] 曾伟生. 森林资源一类清查和二类调查数据的协调性问题探讨[J]. 中南林业调查规划, 2008, 27 (1): 50 - 52.
ZENG Weisheng. Discussion on Harmonization of data from continuous forest inventory and forest management inventory [J]. *Cent South For Invent Plan*, 2008, 27 (1): 50 - 52.
- [14] 张国江, 刘安兴. 森林资源年度监测中若干问题研讨[J]. 华东森林经理, 2002, 16 (2): 37 - 39.
ZHANG Guojiang, LIU Anxing. Some studies on annual forest inventory [J]. *East China For Manage*, 2002, 16 (2): 37 - 39.
- [15] 葛宏立, 周国模, 张国江, 等. 遥感地面三相抽样及其在森林资源年度监测面积估计中的应用[J]. 林业科学, 2007, 43 (6): 77 - 82.
GE Hongli, ZHOU Guomo, ZHANG Guojiang, *et al.* RS-Land three-phase sampling technique and its application to area estimation in annual forest inventory [J]. *Sci Silv Sin*, 2007, 43 (6): 77 - 82.
- [16] 刘羿, 刘安兴, 张国江. 森林资源数据更新研究[J]. 林业资源管理, 2006 (2): 66 - 70.
LIU Yi, LIU Anxing, ZHANG Guojiang. Research on forest data update [J]. *For Resour Manage*, 2006 (2): 66 - 70.
- [17] 刘安兴. 森林资源监测技术发展趋势[J]. 浙江林业科技, 2005, 25 (4): 70 - 76.
LIU Anxing. Trends and progress of forest resources monitoring technique [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2005, 25 (4): 70 - 76.
- [18] 罗仙仙, 亢新刚. 森林资源综合监测研究综述[J]. 浙江林学院学报, 2008, 25 (6): 803 - 809.
LUO Xianxian, KANG Xingang. Progress in research on the comprehensive monitoring of forest resources [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2008, 25 (6): 803 - 809.