

目 录

序言

前言

第一篇 森林资源清查体系

第一章	自然条件和森林资源	1
第一节	自然地理条件	1
第二节	森林资源及其分布	2
第三节	林业管理体制	5
第四节	资源数据存储	7
第五节	常用森林调查软件包	8
第六节	多资源清查中应用遥感技术的展望	14
第二章	森林资源清查	16
第一节	森林资源清查的立法和授权	16
第二节	国家森林资源清查	18
第三节	国有林资源清查	20
第四节	森林企业公司的资源调查	27
第五节	小林主的森林资源调查	36
第六节	调查信息开发	36

第二篇 区域性森林资源调查

第三章	调查体系和方法	49
第一节	作用和目的	49
第二节	样地划界和设置	50
第三节	样地的设置和建立	52

第四节	更新样地的设置	62
第五节	树木评价	65
第四章	样地复测程序	67
第一节	新起点	67
第二节	废除群状样地的识别	67
第三节	群状样地中心点	68
第四节	复测样地的移位	68
第五节	复测	69
第六节	生长样木调查	71
第七节	代码和定义	73

第三篇 森林多资源清查

第五章	多资源清查体系和数据收集	89
第一节	多资源清查的可行性	89
第二节	多资源的定义	91
第三节	收集其它信息的四种方式	93
第四节	收集多资源信息的手段	94
第五节	像片可判读的基本多资源参量	97
第六节	满足应用要求的基本信息	103
第七节	多资源清查的新概念和方法	105
第六章	多资源调查的抽样设计和方法	111
第一节	多资源调查设计的要求条件	111
第二节	设计和基本模型的推论	115
第三节	变量的分级	118
第四节	有子样本的三相抽样	120
第五节	杰克奈夫统计法	126
第六节	泊松抽样	137
第七节	部分替换抽样	152
第七章	多资源评价和分析	164
第一节	多资源评价课题	164

第二节	多资源调查的分析	171
第三节	木材经营和管理	173
第四节	多资源清查成果	175

第四篇 森林蓄积量、生长量和收获量测定

第八章	蓄积量测定	178
第一节	树木材积的测定	178
第二节	树木形状的研究	188
第三节	树冠量测	202
第四节	林分蓄积的间接测定: 材积表	205
第五节	去皮材积	229
第九章	生长和收获预测方法和设计	234
第一节	理论基础	234
第二节	生长和收获的预测方法	235
第三节	回归参数估测和建立模型的抽样设计	237
第四节	实验设计	244
第五节	生长和收获实验实例	249
第十章	生长和收获数据收集与分析方法	254
第一节	样地测设	254
第二节	样地量测表的分析	256
第三节	树干解析方法	263
第四节	估测树木生长量的特殊方法	264
第五节	优势木高度的间接估测	267
第六节	调查数据的存储系统	268
第七节	数据有效性	270
第八节	样地数据储存	271
第十一章	同龄纯林生长和收获数据的分析	277
第一节	立地分级	277
第二节	预报收获的静态方法	300
第三节	预测生长和收获的动态方法	305

第四节	疏伐	327
第五节	枯损	330
第六节	林分蓄积预测	334
第十二章	混交林生长和收获数据的分析	338
第一节	立地分级	338
第二节	混交林静态收获函数	342
第三节	转移矩阵模型	345
第四节	以不同方程为基础的距离相关树木模型	352
第五节	生长和收获模型的有效性检验	356

第五篇 森林生长规划系统

第十三章	设计	364
第一节	规划系统的组成	364
第二节	设计目的	366
第三节	规划系统的运算	368
第四节	输入和输出	368
第五节	输入到输出的转换	369
第六节	中间结构	373
第七节	森林生长规划系统设计的效率	375
第八节	维数	379
第九节	使用环境	380
第十节	数据资源及分布	381
第十一节	数据处理和储存	386
第十二节	从数据库检索信息	387
第十四章	规划系统使用的函数和直径生长分配规律	390
第一节	潜在直径生长函数	390
第二节	修正函数	398
第三节	枯损函数	412
第四节	直径生长分配规律	428
第十五章	商品用材林经营指南	442

第一节	育林规则系统	442
第二节	选择与林型的划分	443
第三节	标号和应用	444
第十六章	树冠比率估测和执行程序	448
第一节	从林分变量估测树冠比率	448
第二节	执行程序	453
附录A	收获研究所用的统计和数学方法	474
附录B	英制计量单位的换算	502
主要参考文献		503

第一篇 森林资源清查体系

第一章 自然条件和森林资源

第一节 自然地理条件

美国共有 50 个州，在大陆以外有两个州（阿拉斯加和夏威夷），国土面积为 936.3 万平方公里。地势东西两侧高，中间低，无东西走向的山脉。全境大致分为四个地形区。

1. 东南部沿海平原 分为大西洋沿岸平原和墨西哥湾沿岸平原两部分。大西洋沿岸平原一般宽几十公里到 350 公里，海拔在 200 米以下。墨西哥湾沿岸平原海拔一般在 150 米以下，中部为密西西比河下游的带状冲积平原。

2. 东部阿巴拉契亚山地 从东北向西南伸展，大致与大西洋海岸平行，长约 2300 公里，一般海拔 1000—1500 米，由几条平行山脉组成。西南部密契尔山，海拔 2037 米，是美国东部的最高点。

3. 西部山地 自西向东主要包括海岸山脉、内华达-喀斯喀特山脉、大盆地和高原区、落基山脉等部分。海岸山脉北延至加拿大及阿拉斯加，向南延伸至加利福尼亚半岛。在海岸山脉与东面的内华达山脉之间有重要的谷地，内华达山脉海拔

4418 米。落基山脉为科迪勒拉山系的最东部,海拔一般 2000—3000 米,许多山峰在海拔 4000 米以上,是北美的主要分水岭。

4. 中部平原 位于阿巴拉契亚山脉以西和落基山以东,北起五大湖沿岸,南至墨西哥湾沿岸平原。平原自东向西逐渐增高。平原又称大草原。

美国本土基本上介于北纬 30—49°之间,属于温带和亚热带气候。仅佛罗里达半岛南端属于热带。太平洋沿岸的南段属亚热带地中海式气候,北段属海洋性温带气候。降水量的分布差异很大,年平均降水量在 500 毫米以下,西部的大盆地不到 250 毫米,科罗拉多河下游地区不足 90 毫米。落基山以东地区(大平原西部除外)一般都在 500 毫米以上,西北部沿海和东部沿海地区平均降水量在 1000 毫米以上。

第二节 森林资源及其分布

美国是一个森林资源丰富的国家,殖民时期以前的森林覆盖率曾达 60%。据林务局的资料,全国森林面积为 29800 万公顷(1982),次于苏联、巴西和加拿大,居世界第四位,森林覆盖率为 33%。

美国森林按其生产力和用途分为商品(用材)林,生产保留林,暂缓采伐林和其他林地。全国拥有用材林(每公顷生长量在 1.4 立方米以上的林分)面积 19530 万公顷;生产保留林(达到商品林标准但禁止采伐的森林)840 万公顷;暂缓采伐林(属于商品林但可能划入国家公园或自然保护区等目前禁止采伐的森林)为 190 万公顷,其他林地为 9260 万公顷。

商品林活立木蓄积为 201 亿立方米,其中针叶林 129 亿立方

米，阔叶林 71.3 亿立方米。锯材材积 61 亿立方米，其中针叶林 47 亿立方米，阔叶林 14 亿立方米。商品林地按所有制划分为：

所有权	面积 (万公顷)	占总面积%
国有林	3590	18.4
土地管理局	230	1.2
其他联邦机构	200	1.0
小计	4020	20.6
州有	950	4.9
市、县有	280	1.4
印第安事务局	250	1.3
森林工业	2780	14.2
农场	4690	24.0
其他私有	6560	33.6
小 计	15510	79.4
合 计	19530	100

全国按森林的天然分布划分为 10 个林区，此外，阿拉斯加和夏威夷两个州各有两个林区。

1. 北部林区 位于美国东北部。在这一大林区内又分为两个地带。一个是滨溯各州，另一个是从美国东北部的缅因州开始向西南穿行，直到佐治亚州的北部，普遍分布的树种有金钟柏 (*Thuja occidentalis*)、美洲五针松 (*Pinus strobus*)、加拿大铁杉 (*Tsuga canadensis*)、香脂冷杉 (*Abies balsamea*) 和纸皮桦 (*Betula papyrifera*)。糖槭是南部地区广为分布的树种。其他针叶树种有短叶松 (*Pinus banksiana*)、美国赤松 (*P. resinosa*)、黑云杉 (*Picea mariana*)、美加落叶松 (*Larix grandifolia*) 与红桦和糖槭的混交林。其他阔叶树

种有大齿杨和颤杨等。

2. 中部阔叶林 位于美国东部地区的中部。区内生长着 40 多个树种。但由于气候和土壤条件复杂，只有少数树种在整个林区都有分布。北美白栎 (*Quercus alba*) 是分布最广的树种，其他阔叶树种有北部红栎 (*Q. rubra*)、大果栎 (*Q. macrocarpa*)、美国黑栎 (*Q. velutina*)、美加山毛榉、糖槭、美洲榆 (*Ulmus americana*)、黑柳 (*Salix nigra*)、暗叶杨 (*Populus deltoides*) 针叶树种只有短叶松，北美油松 (*Pinus rigita*)、弗吉尼亚松 (*P. virginiana*)、铅笔柏 (*Juniperus virginiana*) 和美加铁杉。这个区用材林面积 5000 多万公顷，是美国森林面积最大的林区。

3. 南部林区 位于美国东部地区的南部，是美国针叶林树种比重最大的一个自然分布区，森林覆盖率达 75%。主要树种有美国长叶松 (*Pinus palustris*)、湿地松 (*P. elliotii*)、短叶松 (*P. echinata*) 和火炬松 (*P. taeda*) 等南方松树，阔叶树种有杨、柳、白蜡和山核桃等。

4. 落基山林区 位于美国西部的大部分地区。北起华盛顿州、蒙大拿州，南至美国边境。东至大草原，西接太平洋沿岸林区。在落基山中部海拔 1500 米的干旱地区分布有栎属树种，1800 米处分布有山地松 (*P. contorta*)，再往上有颤杨 (*Populus tremuloides*)、北美黄杉和白冷杉 (*Abies concolor*)，再高处有北美云杉 (*Picea pungens*) 和恩格曼氏云杉 (*P. engelmannii*)。

5. 太平洋沿岸林区 北与加拿大不列颠哥伦比亚林区相连，向南穿过华盛顿和俄勒冈州的西部进入加利福尼亚，然后到旧金山海湾。美国最重要的用材树种（美洲黄杉）主要分布在这个大林区。其他的树种有铁杉、桧柏、西部黄松、糖松

(*Pinus laurobertiana*) 和云杉等。

6. 热带林区 在佛罗里达和得克萨斯州的南部分别分布着面积较小的热带林 (不足 16 万公顷)。主要树种有桃花心木、红树、月桂和棕榈等。

7. 阿拉斯加海岸林区 面积为 200 万顷左右。主要树种有西部铁杉和锡特加云杉, 有些地方分布有大侧柏(*Thuja plicata*)、高山铁杉等。

8. 阿拉斯加内地林区 森林面积估计为 4280 公顷, 森林覆盖率为 32%。森林火灾和病虫害严重。主要树种有白云杉、颤杨、香脂杨、毛果杨(*Populus trichocarpa*) 和北美白桦等。

9. 夏威夷湿润林区和干旱林区 这两个林区的森林面积约 80 万公顷, 覆盖率为 50%, 树种单纯, 主要乡土树种有铁心木(*Metrosideros polymorpha*), 也是这里的优势树种。其他树种有科欧金合欢, 外来树种有桉, 墨西哥白蜡和红杉等。

第三节 林业管理体制

一、中央林业管理机构

美国森林所有权的分散导致林业的多头管理。农业部林务局是联邦政府中林业的主管部门, 它管辖占全国森林面积约 18% 的国有林。林务局管理国有林, 共设三层机构: 大林区、林区和营林区。

全国有 9 个大林区 (forest region), 1. 北部林区 2. 落基山林区 3. 南部林区 4. 内山林区 5. 加利福尼亚林区 6. 西部太平洋沿岸林区 7. 东南部林区 8. 东部林区 9. 阿拉斯加林区。每个大林区下辖 15—18 个林区。

林区 (national forest) 全国划分 122 个, 是国有林管理中的关键单位, 它是独立的经济核算部门, 其管辖范围一般在 20—60 万公顷。每个林区负责 4 个或更多的营林区, 拥有职工 75—100 人, 其中约一半为专业人员。

营林区 (district) 全国划分 699 个, 每个营林区约 2—12 万公顷, 它的主要任务是负责林区内的森林保护、造林更新及森林游憩、牧场资源管理等项工作。

二、地方林业管理机构

美国各州的林业管理体制因林业资源情况而不同, 全国可大致分为四类:

1. 州首府设立独立的林业机构, 负责本州的林业生产、管理及林业政策等项工作。属于这类的州有: 阿肯色、佛罗里达、佐治亚、爱达荷、路易斯安那、密西西比、俄勒冈、缅因和新墨西哥;

2. 没有专门的林业管理机构, 只在首府以外的地方设顾问组, 主要负责技术性工作。林务官员一般由林学院院长或农学院负责人兼任, 内布拉斯加州则由林肯农学院工作的“推广”林务官员负责, 属于这种类型的还有堪萨斯、犹他和科罗拉多州;

3. 在保护部门或类似的机构中设立林业处。全国共有 33 个这种类型的州。保护部中一般包括 2—6 个处。如密执安州的保护部中有林业、公园、水、矿产和环境处等;

4. 在保护部门或类似的机构中设立林业处, 但林业只作为保护部的一个办事部门, 下面的林业管理部门直接向保护部负责。这类的州只有明尼苏达和肯塔基。

第四节 资源数据存贮

美国多资源清查数据计算机统计和汇总分析系统的布局是按国会批准的有关资源调查和管理法令要求的清查项目、精度、时间及为适应变化着的情况而设计的。目前,全国从事资源调查的机构均按调查法令要求的基本资源项目直接填入计算机处理的统一标准格式。全国建立了资源数据统计和汇总计算中心。各州,大公司都有可与国家计算中心主数据库相兼容的数据库和地理信息数据库。各州和林业公司为满足经营和短期计划要求可增加调查强度和信总条目。美国在计算机应用方面,除了用于资源统计、汇总和分析外,已扩展到制定经营计划、企业管理、苗圃经营、林木生长预测、病虫害、火灾发生和预报等领域。林务局计划在今后的5年为国有林场及资源管理部门配备微型计算机,实现全国计算机网络。

多资源调查将产生大量的记录,而且在没有完全分析和评价前必须适当地管理大量数据。这些记录在调查表内的批量数据将转换到数据卡片或磁带上以便处理和储存。采用一系列的特殊处理系统,把原始外业数据转变成最终存储记录。每个专业化系统由几个单独计算机程序组成,在数据通过计算时,每个程序执行一套数学和逻辑变换,对最终数据进行分类和储存,以后输入再生资源评价(Renewable Resources Evaluation, RRE)主数据库,RRE使用的FTR系统是由于大量数据存储和检索而为用户设计的高度先进系统,可对调查信息实现快速检索。对于分类、储存、更新和检索的方法都是最通用的方法。

一个信息系统应包括四部分:(1)数据收集;(2)数据库结构;(3)数据或信息检索、处理和更新;(4)回答问题的各

种分析系统。其中第一部分直接参与国家调查系统。后三部分直接和间接地参与落基山林业试验站的资源评价技术计划中确定的另外四个课题。由于信息系统的每一部分需依赖于其它部分，因此，设计和处理问题领域与研究成果的分析之间存在着密切的协调关系。

资源调查必须确保收集到全部基本数据，这些数据可扩展到县、地区、州、生态群落、所有权和其他等，并计算和估计精确度，以便达到多资源评价要求。而且需将基本资源数据与几类资源的辅助信息联系起来，因此，有必要应用象“万能横向系统”的常用协调系统来收集全部资源数据。

第五节 常用森林调查软件包

1. OSIRIS IV

OSIRIS IV (统计分析和数据管理软件系统) 是一个通用分析软件包，密执安州大学社会科学研究所已使用多年。这个系统包括两个用于抽样误差分析的命令：PSALMS 和 REPERR 是由抽样误差软件包 (SEPP) 发展来的。

这两个程序都假设：分析的数据是由分层群状抽样收集的。作为 OSIRIS 的部分，两个程序能使用固有系统特征。这些能力包括处理加权数据，一个形成数据子类的例行程序 (数据筛选程序)，自动编页和打印标题、遗漏数据检测、记录设施和等级档案结构。

PSALMS 将计算平均值、总量和比率差的估计值，使用泰勒级数近似法计算第二级估计值，包括抽样误差、方差和设计效应。设计效应定义为：使用的设计方案估计量的方差被简

单随机抽样相同估计量的方差除。并可用比估计方法产生另外的有用统计量。

REPERR 使用重复应用程序计算均值总计和回归估计值。用相同的程序计算抽样误差和设计效应的第二级估计值。现有 3 种重复应用程序：不完全平衡样本 (balanced-half sample) 杰克奈夫或用户规定的应用。

REPERR 也计算简相关、偏相关、复相关系数和回归系数。打印控制系统允许用户对每个回归式编号和命名。这个程序的典型特点是它具有把重复总计和回归估计值输入和输出在计算机可读格式内，与用户自己的子程序联接，提供广义的重复变化估计程序。

2. STDERR

STDERR (样本分析数据的标准误差程序) (1976 用 Fortran 语言编写)，使用 SAS (统计分析系统) 子程序。SAS 以具有弹性的输入和容易使用而赢得了荣誉。STDERR 处理两阶抽样方案得出的数据。抽样单元可设计成等概或不等概，此外，可运用分层设计。第一级估计值以比估计方法为基础，计算出的估计值是比率、总计、比例、平均值和比值间的差。第二级估计值是以泰勒级数展开式为基础的第一级估计值的标准误。

由于 STDERR 依赖 SAS，所以它具有处理大量数据的特点。这个程序的限制条件是要求必须连续地对可求出的层总体的目的变量编号；数据必须按阶识别分类。如需有限校正，需要的另外信息包括目的变量的水平，总体单元数和每一阶段的样本单元数。

输出选择包括子集均值差的估计值，有关数据分析的另外

输出，打印出 SAS 文件及使用他的 TABLE 命令打印的表。

STDERR 主要用 SAS，他只能在 IBM 计算机上运行，因为 SAS 仅在 IBM 硬件上完成，所以他的可移植性有限。

CLUSTERS

CLUSTERS (用统计量计算和编目) 是荷兰的世界施肥调查局用 Fortran 语言 (Verma 和 Pearce, 1977) 编写的。它处理来自群状样本 (如两阶抽样) 的数据。输入特征包括一个数据筛选程序和具有用于数据处理的并行记录设施能力。此外，它可执行对规定的数据子集进行计算。

CLUSTERS 要求有一个处理数据的分类子程序。对于可能的用户来说，这不应该是一个严重的局限性，因为已存在一些广泛应用的分类方法。另外，把要以定长记录的整数格式用 Fortran 语言把数据输入。

3. SUPER CARP

SUPER CARP (集群分析和回归程序) 由衣阿华州大学用 Fortran 写成 (1980)。它为随机不等概率两阶分层样本产生估计值。第一级估计值包括总计、均值、比率以及均值和比例之间的差及回归系数。使用 Horitz-Thomogon 估计量估测出总计，而均值、比率及其差的估计值是由比率估测法得出的。回归系数是通过加权最小二乘法估测出的。第二级估计值包括使用泰勒级数展开法计算出的第一级估计值方差和标准误差。虽然没有实现自动化，但是对于多阶 (≥ 3 阶) 抽样的方差估计值能按程序使用手册对副总体都可产生各种估计值，也能对拟合优度进行检验。

输入数据应该有层和群的编号和一个必须与样本单元的抽取概率基本成反比的权。输入的数据可允许高达 2500 个层，而

且必须按每个层内的群对输入数据排序，能阅读 75 个变量，但在一次分析中仅能使用 50 个。手册中提供了改变这些限制范围的说明。必须按用户规定的固定格式输入数据。产生的输出按分析类型而异，标准输入的选择余地很小。

SUPER CARP 的有用特点包括是它具有“数据筛选程序”，可从计算中消除某些观测值。在一次运行中完成任何数量分析的能力，根据组成样本总体加权单元的三种不同方法可适用三种抽样设计的变动。权重可由用户规定或从样本数据中估测，或通过假设简单随机抽样过程估测出。另外，用户也可为有限总体改正项规定各层抽样比率。

4. Causey

Causey 程序由美国人口普查局用 Fortran 语言编写的。他可为使用分层随机抽样进行的清查提供估测值。第一级估计值是由用户规定的一个函数的值，并由使用泰勒级数展开式的一种通用化方法计算。除了简单随机抽样外，用户必须为主程序提供一个可计算层内任何抽样设计方差估计值的子程序。计算出的其他估计值是标准差和第一级估计值的变动系数。

由于每个抽样单元的数据存储在卡片上并可从一个二进制文件或通过一个由用户提供的子程序读出。从每层的卡片上也能读层数。如果数据已被编辑，也能求出层总体参量的估计值。但所有编辑过程必须由用户完成。不包括在程序内。

5. PASS

PASS (统计调查的分析处理程序)由社会安全部用 Fortran 语言编写的。它具有使用 UNIVAC 计算机的独特特点。这个程序将来会有更大的发展潜力，它可处理简单随机、群状和分层多阶抽样设计方案取得的数据。计算出的第一级估计值

包括个数、总计、均值和百分数。使用凯希兹方法，第二级估计值各不相同。此外，也允许用户定义方差估计方法。

数据输入要求标准 Fortran 格式，或 PASS 自己的格式编排语句。有一个用于清除具有用户规定太大变量值的检验，也必须按层进行数据分类。

输出特点是：对输出表格能给出标号和命名的能力。另外，还可把输出写在卡片或磁带上。在 PASS 的每个部分都能存取表或表的一部分。

6. FINSYS-2

FINSYS-2 最初由美国农业部林务局东北林业试验站发展，由科罗拉多州立大学修改。最近修改的程序命名为 OUTPUT-2。这个系统可处理简单随机抽样，已知层或已估计出样本容量的分层抽样和不等概率抽样得出的数据。第一级估计值包括总计、均值、比率，由简单展开式或比估计方式估测出。第二级估计值包括方差，标准误差和第一级估计量的协方差。

FINSYS-2 由 3 个子系统组成：EDIT-2、TABLE-2 和 OUTPUT-2。EDIT-2 是一个独立编辑和文件更新系统。TABLE-2 列表打出由 OUTPUT-2 输入的均值和方差的样本汇总输出。

当输入数据时，限定用户用固定字长记录，但允许自由格式编排。在使用 EDIT-2 子系统时，用户必须首先决定需完成的编辑任务。要以 3 个水平记录抽样单元的特征值。

FINSYS-2 可在 IBM360/370，CDC Cyber 系统，UNIVAC1100 系列和许多其他大型计算机上运行。程序是用标准 Fortran IV 写的，移植性很强。

美国第五次全国森林清查就是用 FINSYS-2 程序在美国