



“森林与湿地资源综合监测技术体系研究”丛书

森林与湿地资源 综合监测指标和技术体系

Criteria and Technology System for Comprehensive
Monitoring of Forest and Wetland Resources

陆元昌 曾伟生 雷相东 等 编著

中国林业出版社



“森林与湿地资源综合监测技术体系研究”丛书

森林与湿地资源综合监测 指标和技术体系

Criteria and Technology System for Comprehensive
Monitoring of Forest and Wetland Resources

陆元昌 曾伟生 雷相东 等 编著

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

森林与湿地资源综合监测指标和技术体系/陆元昌等编著. —北京: 中国林业出版社, 2011. 5

(“森林与湿地资源综合监测技术体系研究”丛书/鞠洪波主编)

ISBN 978-7-5038-6169-7

I. ①森… II. ①陆… III. ①森林资源—监测—研究 ②沼泽化地—监测—研究
IV. ①S757.2 ②P931.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 082280 号

出版发行	中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号)
	电话: (010)83225764
	网 址: http://lycb.forestry.gov.cn
经 销	新华书店北京发行所
印 刷	北京地质印刷厂
版 次	2011 年 7 月第 1 版
印 次	2011 年 7 月第 1 次
开 本	787mm × 1092mm 1/16
印 张	14
彩 插	4 面
字 数	350 千字
印 数	1 ~ 1500 册
定 价	68.00 元

凡本书出现缺页、倒页、脱页等质量问题, 请向出版社图书营销中心调换。

版权所有 侵权必究

“森林与湿地资源综合监测技术体系研究”丛书

编委会

主 编 鞠洪波

编 委 (按姓氏笔画排序)

庄大方 刘 丹 张怀清 张煜星 邸学颖

陆元昌 陈永富 武红敢 唐小平 唐小明

彭道黎 曾伟生

本书编写人员

杜纪山	冯益明	国 红	洪玲霞	姜 磊	亢新刚	孔忠东
雷相东	雷渊才	廖声熙	林 辉	陆元昌	罗仙仙	孟京辉
史京京	孙 华	汤孟平	吴 润	先 锋	肖前辉	杨燕琼
喻景深	曾伟生	甄学宁	郑小贤			

“森林与湿地资源综合监测技术体系研究”丛书 序

森林与湿地是林业的重要物质资源，是人类和多种生物赖以生存和发展的基础，在全球生态系统平衡中发挥着重要作用。森林与湿地的数量和质量是决定森林与湿地生态系统服务功能的关键指标，森林与湿地资源监测既为国家客观、快速、全面掌握森林与湿地数量和质量提供技术支撑，也是林业管理和生态建设的一项十分重要的基础性工作。多年来，我国在森林与湿地资源监测体系研究方面开展了大量卓有成效的工作。随着社会经济发展和人类文明进步对林业需求的不断增加，迫切需要建立与新时期经济、社会和生态建设需求相适应，以不断发展的高新技术为依托的森林与湿地资源综合监测技术体系。

“十一五”国家林业科技支撑计划重点项目“森林资源综合监测技术体系研究”，作为我国首个全面、系统地针对林业资源—灾害—生态工程开展的综合监测技术研究项目，正是顺应当前时代的行业需求。由来自全国 14 个省(自治区、直辖市)的 27 个科研院所、大专院校和高新技术企业的 300 余人组成研究团队，历时 5 年，完成了该项技术攻关，取得了丰硕的成果。其中《森林与湿地资源综合监测技术体系研究》丛书是该项目的重要研究成果之一，是对该项目成果的系统总结，凝聚了该项目 6 个课题的精华，体现了项目全体科技人员的智慧。

丛书内容全面、立论严谨、技术先进；全面、系统地分析了国内外相关监测技术体系建设的现状和发展趋势。结合我国的国情，提出了结构合理、具有可操作性的森林与湿地资源综合监测、分析与评价指标体系，构建了现代信息技术与传统调查技术相结合的天—空—地一体化、点—线—面多尺度、资源—工程—灾害综合监测技术体系，研发了先进的森林资源、湿地资源、林业灾害和林业生态工程综合监测技术、模型、方法和系统，并在我国主要林区得到了广泛的应用。在我国林业资源监测理念和监测技术方面具有重要突破和创新。将为我国生态建设与森林可持续经营提供强有力的科技支撑，对于全面提升我国林业资源监测、预警水平具有重大意义。相信该丛书的出版对于我国林业资源及其生态环境监测管理研究、教学和生产实践具有重要的参考价值。

全国政协常委、教科文卫体委员会主任
中国科学院院士

徐宗华

2010年8月19日

前 言

森林资源是自然资源的重要组成部分，是国民经济和社会发展的重要物质基础，对保障陆地生态系统功能、维护地球生态平衡、缓解全球气候变暖发挥着不可替代的作用。我国在取得巨大经济成就的同时，也付出了生态状况恶化的代价。21 世纪以来，我国林业进入了以生态建设为主、全面推进现代林业建设的关键时期。中共中央、国务院在 2003 年颁布的《关于加快林业发展的决定》中，确立了以生态建设为主的林业可持续发展道路，提出了严格保护、积极发展、科学经营、持续利用森林资源的基本方针。2007 年，党的十七大做出了建设生态文明的重大战略决策。生态文明作为一种人、自然、社会和谐发展的文明，在物质和精神层面上对林业建设赋予了重大使命。随着经济社会的发展和人们生活水平的不断改善，公众参与生态环境保护的积极性日益增高，社会对林业的需求不断增加，林业的地位和作用空前突出。

森林资源综合监测是全面掌握森林资源与生态状况变化的有效手段，其监测成果将为全面把握林业发展趋势、制定和调整林业方针政策、编制林业发展规划与国民经济和社会发展规划等重大战略决策提供科学依据，对发展现代林业、建设生态文明、推动科学发展具有重要意义。

从世界各国森林资源监测的发展历程来看，都是从传统的以木材资源为主的单一资源监测逐渐向以可持续发展为目标的多资源综合监测和生态监测发展。我国的森林资源监测经过了 50 多年的发展，也逐渐从无到有、从小到大，从简单的森林面积、蓄积资源调查发展到森林资源、湿地资源、荒漠化土地资源等多资源监测。但是，我国的森林资源各项监测是随着林业与生态建设的需要而逐渐开展的，基本上各成一体、相对独立，从而存在着资源共享困难、信息难以综合等诸多问题。因此，借鉴世界发达国家的经验，开展森林资源和生态状况综合监测，是我国林业监测工作的优先选择。针对以上问题，“十一五”科技支撑计划“森林资源综合监测技术体系研究”项目第一课题“森林资源综合监测指标与技术体系”(2006BAD23B01)开展了相关研究，本

书是课题研究成果的总结。

全书共分 12 章，其中第一至三章由曾伟生、肖前辉、洪玲霞执笔完成，其中湿地资源和非木质林产品资源监测指标是在汤孟平、廖声熙等人所做工作的基础上成文；第四章由雷相东和孙华执笔；第五章由雷相东、孙华、汤孟平执笔，整合了林辉、陆元昌、雷渊才、曾伟生等课题组成员的大量研究成果形成；第六章由甄学宁和杨燕琼执笔；第七章针对低密度种群对象监测，由雷渊才和史京京执笔；第八章论述国家退耕还林工程的监测抽样工作，由杜纪山和孔忠东执笔；第九章论述林业领域中特殊的湿地对象的调查监测工作，由汤孟平执笔；第十章和第十一章涉及森林资源综合监测的各类数据采集和分类编码建库管理主题，由陆元昌和冯益明主笔并整理了郑小贤和亢新刚等专家工作成果；第十二章由郑小贤和陆元昌执笔。本书还涉及另一类特殊的对象：非木质林产品资源的分类和监测问题，由廖声熙和喻景深等人完成。初稿提出后，由陆元昌、曾伟生、雷相东、孙华、洪玲霞等同志执行了大量编辑修改和求证完善工作。北京林业大学、中南林业科技大学、中南林业调查规划设计院、浙江农林大学、中国林业科学研究院资源昆虫研究所、华南农业大学林学院等参加单位的多位硕士和博士研究生为课题研究和书稿形成做了大量工作。在此，对各位专家同行的辛勤工作表示衷心的感谢！

本书编写按照参考国际先进对象、统一标准、技术可靠和监测信息时效性好的要求执行，监测技术力求客观地反映森林生态系统完整性，数据指标体系和分析评价技术尽可能与国际体系接轨。希望本书表达的课题研究成果可为改进我国森林资源监测体系提供技术体系和参考模式的支持，为国家生态建设和多功能可持续林业发展目标做出贡献。

由于本研究涉及面较广，限于编著人员的水平，本书难免存在一些错误和不足之处，请批评指正。

编者
2011 年 1 月

目 录

序 前 言

第一章 国外森林资源监测指标体系分析	(1)
第一节 欧洲森林资源监测指标体系	(3)
一、芬兰森林资源监测指标体系	(3)
二、瑞典森林资源监测指标体系	(4)
三、德国森林资源监测指标体系	(5)
四、欧洲森林健康监测指标体系	(6)
五、欧洲生物多样性监测指标体系	(8)
第二节 北美洲森林资源监测指标体系	(9)
一、美国森林资源监测指标体系	(9)
二、加拿大森林资源监测指标体系	(11)
第三节 南美洲森林资源监测指标体系	(14)
一、巴西森林资源监测指标体系	(14)
二、阿根廷森林资源监测指标体系	(16)
第四节 大洋洲森林资源监测指标体系	(17)
一、澳大利亚森林资源监测指标体系	(17)
二、新西兰森林资源监测指标体系	(18)
第五节 亚洲森林资源监测指标体系	(20)
一、日本森林资源监测指标体系	(20)
二、印度森林资源监测指标体系	(22)
三、马来西亚森林资源监测指标体系	(23)
四、印度尼西亚森林资源监测指标体系	(25)
五、亚洲其他国家森林资源监测指标体系	(25)
第二章 中国森林资源监测指标体系分析	(28)
第一节 森林资源监测	(28)
一、森林资源连续清查	(28)
二、森林资源规划设计调查	(31)
第二节 湿地资源监测	(33)
一、湿地资源监测实施概况	(33)
二、湿地资源监测指标体系	(33)
第三节 林业工程监测	(35)
一、林业工程监测实施概况	(35)
二、林业工程监测指标体系	(36)

第四节 森林灾害监测	(37)
一、森林灾害监测实施概况	(37)
二、森林灾害初步界定指标	(38)
三、森林灾害监测指标体系	(39)
第五节 森林资源综合监测	(40)
一、森林资源综合监测的理论研究	(40)
二、森林资源综合监测的实践探索	(42)
第三章 森林和湿地资源综合监测指标体系构建	(45)
第一节 森林和湿地资源综合监测指标体系构建原则及框架	(45)
一、森林和湿地资源综合监测对象分类	(45)
二、森林和湿地资源综合监测指标体系构建的原则	(45)
三、森林和湿地资源综合监测指标体系框架	(46)
第二节 森林资源监测指标	(48)
一、基本信息监测指标	(48)
二、林地资源监测指标	(49)
三、森林植被监测指标	(53)
四、森林碳储量监测指标	(56)
五、生物多样性监测指标	(57)
六、其他相关资源监测指标	(57)
七、经营管理属性监测指标	(58)
第三节 生态工程监测指标	(59)
一、退耕还林工程监测指标	(60)
二、湿地保护工程监测指标	(61)
第四节 非木质资源监测指标	(62)
第五节 森林灾害监测指标	(63)
第六节 其他监测指标	(64)
一、气象水文信息指标	(65)
二、社会经济信息指标	(65)
第四章 国外森林资源监测抽样设计	(67)
第一节 欧洲森林资源监测抽样设计	(67)
一、芬兰森林资源监测抽样设计	(67)
二、瑞典森林资源监测抽样设计	(69)
三、德国森林资源监测抽样设计	(69)
四、瑞士森林资源监测抽样设计	(75)
五、欧洲其他国家森林资源监测抽样设计	(75)
第二节 北美洲森林资源监测抽样设计	(77)
一、美国森林资源监测抽样设计	(77)
二、加拿大森林资源监测抽样设计	(78)
第三节 亚太地区森林资源监测抽样设计	(80)

一、澳大利亚森林资源监测抽样设计	(80)
二、印度森林资源监测抽样设计	(81)
三、日本森林资源监测抽样设计	(82)
四、其他国家森林资源监测抽样设计	(83)
第五章 国家级森林资源综合监测抽样设计	(85)
第一节 国家级森林资源监测抽样设计现状	(85)
一、现行抽样设计概况	(85)
二、现行抽样设计存在的主要问题	(85)
第二节 森林资源综合监测抽样设计	(86)
一、抽样设计原则	(86)
二、综合监测抽样设计方案	(87)
第三节 综合监测遥感样地设计	(89)
一、样地设计	(89)
二、调查因子	(89)
三、统计分析	(89)
第四节 综合监测地面样地设计	(90)
一、样地设计	(90)
二、调查因子	(91)
三、统计分析	(94)
第六章 经营单位级森林资源监测抽样设计	(97)
第一节 森林经营单位的界定	(97)
第二节 森林经营单位级资源监测抽样设计原则	(98)
一、满足需求, 准确可靠	(98)
二、简明实用, 经济合理	(98)
三、合纵连横与管理接轨	(98)
第三节 监测样地面积及其布设	(99)
一、监测样地面积	(99)
二、样地布设	(100)
第四节 监测周期与调查因子	(100)
一、监测周期	(100)
二、调查因子	(100)
第五节 经营单位森林资源监测“三阶段”监测体系	(101)
一、初查阶段——双重抽样回归估计	(101)
二、期间监测模式——分层抽样结合典型中心抽样	(104)
三、期末(或期间)稽核——抽样核实模式	(106)
第七章 低密度种群抽样设计	(108)
第一节 引言	(108)
一、低密度种群概念及调查内容	(109)
二、低密度种群抽样设计方法的特点	(109)

第二节 样线抽样	(110)
一、样线抽样的概念及特点	(110)
二、样线抽样的估计方法及实例	(111)
第三节 带抽样	(116)
一、带抽样的概念及特点	(116)
二、带抽样的估计方法与实例	(117)
第四节 线截抽样	(118)
一、线截抽样的概念及特点	(118)
二、线截抽样的估计方法与实例	(118)
第五节 适应性群团抽样	(121)
一、适应性群团抽样的概念及特点	(121)
二、适应性群团抽样的估计方法	(122)
三、实例	(123)
第八章 退耕还林工程监测抽样调查技术	(131)
第一节 国家级退耕还林工程监测抽样调查技术	(131)
一、监测抽样内容和要求	(131)
二、监测抽样具体方案	(132)
三、监测数据采集与要求	(135)
四、监测数据统计分析方法	(137)
第二节 经营单位级退耕还林工程监测抽样调查技术	(137)
一、核查县的抽取	(138)
二、核查乡的抽取	(138)
三、具体地块的抽样调查	(139)
第九章 湿地保护工程监测抽样调查技术	(140)
第一节 国家级湿地保护工程监测抽样调查技术	(140)
一、抽样设计	(140)
二、抽样调查	(147)
三、统计分析	(148)
第二节 经营单位级湿地保护工程监测抽样调查技术	(152)
一、抽样设计	(152)
二、专题调查方法	(153)
三、统计分析	(155)
第十章 森林资源综合监测数据采集技术	(159)
第一节 森林资源综合监测地面数据采集技术	(159)
一、国家级监测地面数据采集技术	(159)
二、经营单位级地面数据采集技术	(161)
第二节 森林资源综合监测空间数据采集技术	(162)
一、国家级监测空间数据采集技术	(163)
二、经营单位级监测空间数据采集处理技术	(166)

第十一章 森林资源综合监测数据处理技术 (173)

第一节 森林资源综合监测数据分类编码 (173)

一、分类和编码原则 (173)

二、分类和编码方法 (174)

三、分类和编码体系 (174)

第二节 森林资源综合监测数据建库与管理 (176)

一、分布式数据库与数据仓库 (176)

二、各类数据库的建立 (177)

三、数据库管理规范 (178)

第三节 森林资源综合监测数据统计分析技术 (179)

一、国家级监测数据的统计分析 (179)

二、经营单位级监测数据的统计分析 (181)

第十二章 森林与湿地资源综合监测评价技术 (184)

第一节 森林资源综合监测评价的基本方法 (184)

一、森林资源监测评价体系的基本构架 (184)

二、评价指标体系的构建 (185)

三、评价方法的选择 (186)

四、指标权重的确定 (186)

第二节 森林资源评价 (187)

一、森林资源监测评价发展概况 (187)

二、评价指标体系 (189)

三、综合评价方法 (191)

第三节 退耕还林工程评价 (192)

一、评价指标体系 (193)

二、综合评价方法 (193)

第四节 湿地保护工程评价 (197)

一、评价指标体系 (197)

二、综合评价方法 (199)

第五节 非木质资源评价 (199)

一、评价指标体系 (199)

二、评价方法 (200)

第六节 森林灾害评价 (200)

一、评价指标体系 (201)

二、评价方法 (201)

第七节 森林资源与生态状况综合评价 (202)

一、评价指标体系 (202)

二、综合评价方法 (203)

参考文献 (207)

第一章 国外森林资源监测指标体系分析

国际森林资源监测的发展与世界林业的发展历程、人们对林业需求的变化以及相关学科理论与现代技术的发展息息相关。随着人们对森林资源的开发利用与环境保护日益重视和关心,森林资源经营从过去片面追求经济效益发展到社会、经济和生态多种效益并举,向可持续发展的方向迈进。为适应这种形势,更好地为政府和社会公众服务,世界各国对森林资源的监测已由传统的以木材资源为主向以可持续发展为目标的多资源监测和生态监测转变。

1992年8月,国际林联(IUFRO)在其百年(1892~1992年)大庆之际,在德国柏林举行了“森林资源调查监测的过去、现在与未来”专题讨论会,会上重点讨论了21世纪森林调查监测技术的发展。会后出版了《国际林联百年大庆论文集》(森林调查监测技术)。在此之前,联合国粮农组织(FAO)、国际林联、联合国环境规划署(UNEP)等组织,于1992年1月在泰国召开了森林调查监测工作会议;两年之后,于1994年在奥地利出版了《国际森林监测指南》,把森林生物量、生物多样性和森林健康状况列为全球、区域和国家级森林资源清查的重要内容(IUFRO, 1994)。除此之外,上述国际组织还联合其他有关组织召开了一系列面向新世纪的有关森林调查监测的研讨会,如1992年5月在巴西召开的全球森林观测研讨会、1995年11月在美国华盛顿召开的21世纪世界自然资源研讨会、1996年10月在波兰召开的世界森林监测研讨会、1998年8月在美国爱达荷召开的21世纪森林生态系统调查监测国际讨论会等(李芝喜, 1998)。国际林联于1998年还出版了《多资源清查设计指南》,为综合开展土地、植被、土壤、水、空气、鱼和野生动物、风景、游憩、能源、矿产等各种资源清查提供了参考依据(IUFRO, 1998)。

为了搞好2000年的全球森林资源评估(FRA, 2000),联合国粮农组织(FAO)于1996年6月在芬兰科特卡(Kotka)召开了专家咨询会议,研究确定了FRA2000的总体框架,其主要内容包括:土地分类(土地覆盖、保护面积、土地权属、生态区、供应木材的森林面积)、森林参数(材积、生物量、采伐量、非木质林产品和森林服务)、动态变化(森林覆盖、森林退化、森林火灾)3个方面(FAO, 1999)。根据FRA2000的主要报告,全球范围的评估主题涉及以下10个方面:森林面积及其变化、木材蓄积和木质生物量、人工林资源、森林以外的其他树木资源、生物多样性、森林经营、保护区的森林、火灾、木材供应和非木质林产品(FAO, 2001a)。

2003年11月,联合国粮农组织(FAO)在意大利首都罗马召开了由120个国家参加的关于2005年全球森林资源评估(FRA, 2005)的专题会议,确定了FRA2005的实施计划。该计划要求世界各国提交森林范围等16个方面的评估报表,具体包括:森林和林地范围、按权属的森林面积、按森林功能统计的森林面积、按森林特征统计的面积、森林活立木蓄积、森林生物量储量、森林碳储量(碳汇)、生态系统健康与活力、森林树种、森林组成、

木材产量、木材产值、非木质林产品产量、非木质林产品产值、森林的社会功能、林业就业(FAO, 2003)。根据 FRA2005 的主要报告, 本次森林资源评估重点围绕森林可持续经营这一主题而开展, 包括以下 6 个方面: 森林资源的范围、生物多样性、森林健康与活力、森林的生产功能、森林的防护功能和森林的社会经济功能, 共计 21 项指标, 见表 1-1 (FAO, 2005)。

表 1-1 2005 年全球森林资源评估主要内容和指标

主要内容	主要指标
森林资源的范围	森林面积, 其他林地面积, 森林蓄积, 森林生物量中每公顷碳储量
生物多样性	原生林面积, 指定用于生物多样性保护的森林面积, 不包括生产性人工林的森林面积
森林健康与活力	受火灾影响的森林面积, 受病虫害和其他干扰因素影响的森林面积
森林的生产功能	指定主要用于生产的森林面积, 生产性人工林面积, 商用立木蓄积, 木材采伐总量, 非木材林产品采集总量
森林的防护功能	指定用于防护的森林面积, 防护性人工林面积
森林的社会经济功能	木材采伐总价值, 非木材林产品采集总价值, 就业总数, 私人所有的森林面积, 指定用于社会服务的森林面积

2006 年 6 月, 联合国粮农组织(FAO)在芬兰科特卡(Kotka)召开了专家咨询会议, 在 FRA2005 的基础上研究确定了 2010 年全球森林资源评估的有关议题。会议确定的评估内容基本仍维持 FRA2005 的 6 个方面, 还增加了与森林有关的法律、政策和体制框架, 并强调了在全球森林资源评估中遥感技术的重要支撑作用(FAO, 2006)。截至目前, 2010 年全球森林资源评估工作基本完成, 主要结果报告已经出版。FRA2010 是迄今为止最为全面的一次评估, 对 90 多项参数和 233 个国家和地区所有类型森林的现状 & 最新趋势进行了研究, 为各国的决策者及与森林和公众相关的国际谈判、协议和机构提供了宝贵的信息(FAO, 2010)。

森林可持续经营已成为全球广泛认同的林业发展方向, 到目前为止, 全世界已有 8 个关于森林可持续经营的标准与指标。如蒙特利尔进程和赫尔辛基进程提出的森林保护和可持续经营的标准和指标, 涉及生物多样性、森林生态系统、水土保持、碳循环、社会和经济效益等方面的内容(肖兴威, 2007)。世界各国的森林资源监测, 既要考虑自身的特点和需求, 又要兼顾国际森林资源监测的发展趋势, 并满足参与全球森林资源评估和实现森林可持续发展的需要。美国及欧盟的一些林业发达国家在森林资源监测上不断增加其信息量与科技含量, 形成了新的森林资源监测体系: 除了有定期的连续性的全国森林资源清查(NFI)外, 还有一些地方性或区域性的监测调查和跨国合作监测项目, 如欧洲的“空气污染对森林影响的评价和监测国际合作项目”(ICP - Forests)(唐守正、张会儒, 2002; 肖兴威, 2007)。

总的来说, 当前林业发达国家的森林资源监测指标, 除传统的森林资源指标外, 还新增加了森林健康状况、生物多样性及森林碳储量等重要的生态因子, 为应对全球气候变化、促进林业可持续发展提供基础支撑。

第一节 欧洲森林资源监测指标体系

欧洲既是世界工业革命的发源地，也是近代世界林业发展理论的发源地，有着特定的历史必然。尽管欧洲的森林资源占了全世界的 1/4 以上，居七大洲之首(FAO, 2009)，但在进入工业社会后，随着人口的快速增长，经济的快速发展，欧洲森林资源急剧减少；同时，自然灾害加剧，环境污染加重，以森林培育利用与生态保护为核心的林业问题凸显出来，使得欧洲森林经营理论和林业发展理论在近 200 年的时间里，进入了快速发展时期，并对世界林业的发展产生了重大影响(中国可持续发展林业战略研究项目组，2002)。而森林资源监测的发展，与林业的发展历程紧密相连。欧洲的森林经营和林业发展走在世界前列，森林资源监测的发展同样也走在世界的前列。

一、芬兰森林资源监测指标体系

1. 监测发展概况

芬兰是欧洲森林覆盖率最高的国家，森林面积也仅次于俄罗斯和瑞典；森林工业是芬兰的第二大产业，对国民生产总值的贡献达到近 1/5(贾洪亮等，2006；FAO, 2009)。芬兰第一次全国森林资源清查是在 1921 ~ 1924 年，当时采用 50m × 10m 的带状样地调查，样地间隔为 2km。从第五次全国森林资源清查(1964 ~ 1970 年)开始，结合地面调查使用航片，地面调查采用 Γ 形方阵(tract)样地。第八次全国森林资源清查(1985 ~ 1995 年)期间，试行新的调查方法，即地面调查时使用生长模型系统和利用卫片数据及数字化地图。从 1992 年开始，新的“Γ”形方阵间隔为 7km，1 个“Γ”形方阵由 15 个样地组成，其中 3 个是固定样地，其余 12 个为临时样地，角规断面面积系数因地制宜。截至 2009 年，芬兰已经开展了 10 次国家森林资源清查，其中第九次于 1996 ~ 2003 年完成，全国共调查了 81 249 个样地；第十次于 2004 ~ 2008 年完成，本次清查最大的改进是从原来每年完成 1/5 的地区调整为每年完成全国的 1/5，从而为产出全国年度森林资源数据提供了可能。芬兰的国家森林资源清查从最初的临时样地调查发展到固定样地与临时样地相结合的多目标森林资源监测体系(郑小贤，1997；Tomppo et al, 2010)。

2. 监测指标体系

芬兰国家森林资源清查不仅为大范围森林经营规划提供依据，也为 FAO 的全球森林资源评估和欧洲森林保护部长会议提供基础信息，并为《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》履约协定提供有关森林健康、生物多样性和森林碳汇方面的信息。因此，除了涉及传统的面积、蓄积和生长量等方面的调查内容以外，森林健康和生物多样性等内容也已经作为辅助变量加入到了芬兰的国家森林资源清查中(Tomppo et al, 2010)。芬兰森林资源监测的主要监测指标见表 1-2(郑小贤，1997；Tomppo et al, 2006；Tomppo et al, 2010)。

表 1-2 芬兰森林清查与监测指标体系

监测内容	监测指标类	监测指标
传统内容	土地利用	土地利用等级，土地权属等
	立地因子	地貌，地形，立地质量等
	土壤因子	土壤类型，土壤厚度，土壤肥力等级等
	森林资源	森林类型，林分年龄，优势树种，树种组成，平均直径，林木株数，林分蓄积量，生长量，采伐量，森林病虫害，经营措施等
增加内容	枯死木	材积，腐烂等级，粗糙度，外观等级
	关键生态位 (也叫关键生境)	生态位等级，自然度，生态位经营及其与周边林分的对比，生态位的价值，在样地内所占面积
	对生态系统的干扰	自然度，人为干扰，蓄积结构，枯死木结构，经营计划，采伐方案
	重点林木	丰富度，出现频率，立木材积
	生物多样性	树种，林木大小，保护等级
	森林生物量	地上生物量，地下生物量

二、瑞典森林资源监测指标体系

1. 监测发展概况

瑞典是除俄罗斯以外森林资源最丰富的欧洲国家，林业在国民经济中占有重要地位（范俊岗、姜以斌，2003；FAO，2009）。瑞典的国家森林资源清查始于1923年，经过80多年的建设历程，在调查技术手段和监测内容上进行了不断改进和完善，成为世界上较为先进的森林资源与生态状况综合监测体系之一。1923~1929年建立了覆盖全国的森林资源清查体系(NFI)；1983年开展第六次清查时，对NFI抽样设计进行了改进，同时使用临时样地和固定样地，开始对样地进行定期复查，产出动态成果。为了尽可能地利用国家森林资源清查的抽样体系框架，1983~1987年进行了将全国森林土壤和植被调查纳入这一框架的试验。1993年修改的《森林法》，增加了环境和生物多样性保护的内容，从而使瑞典的林业发展从侧重追求经济效益转变为经济、生态、社会效益并举。瑞典林业调查部门也将注意力转向森林生态环境和生物多样性方面，有关这方面的内容已逐步加入到清查系统中。目前，瑞典已将建于1962年的森林土壤调查系统(MI)与原国家森林资源清查系统(NFI)合并组成新的国家森林资源清查系统(RIS)(肖兴威，2007)。

2. 监测指标体系

清查的主要内容包括土地利用现状、立木材积生长量、林龄及其结构、立地条件、植被情况、森林采伐、生物多样性及其环境条件等，大约200项调查因子(variables)。这些调查因子按数据结构分为以下7个模块：立地因子模块，经营作业面积因子模块，蓄积、生长和枯损模块，更新调查模块，年采伐量模块，植被与土壤调查模块及其他适合搭载的调查项目(聂祥永，2004)。瑞典森林资源监测的主要监测指标见表1-3。

表 1-3 瑞典森林清查与监测指标体系

监测指标类	监测指标
立地因子	估计立地指数的调查因子, 以及经纬度、地被物的类型、土壤水文条件、土壤厚度和结构以及气候类型等
经营作业面积因子	描述林分及经营作业情况的因子, 如龄级、成熟期级、每公顷断面积, 远离道路的距离、地形等级, 林分未来 10 年内的抚育措施等
蓄积、生长和枯损	胸径、地径、树高、第一枝下高、材质等级, 枯死原因、枯死时间, 蓄积量、生长量和枯损量等
更新调查	幼树总株数, 主要幼树的株数、大小及树种类型等
年采伐量	伐桩直径, 树种, 采伐时间等
植被与土壤调查	描述土壤深度、水分、湿度、矿物质类型和土壤剖面的调查因子, 不同土层的土壤样本的化学分析数据、土壤表层和底层的物质组成因子等
其他因子	浆果、蘑菇和森林鸟类调查因子, 用作重金属分析的地衣调查因子, 样木上针叶脱落情况等

三、德国森林资源监测指标体系

1. 监测发展概况

德国是森林经营理论的鼻祖, 也是开展森林调查最早的国家。从 19 世纪开始, 在农业统计调查中就包含了森林资源统计数据。1878 年, 通过汇总官方统计数据的形式开展了第一次覆盖整个德国的森林调查。1892 年 7 月 7 日, 联邦委员会决定每 10 年开展一次森林调查。随着时间的发展, 森林调查的内容变得越来越详细, 其中 1937 年的森林调查提供了最为详细的森林资源信息。

第二次世界大战后由于民主德国的森林所有权发生了很大变化, 德国经济委员会决定在苏维埃地区开展第一次详细的森林调查, 对 0.5hm^2 以上的所有森林面积进行了登记, 为新的森林经营奠定良好基础。20 世纪 70 年代, 民主德国建立了全国范围的森林经理数据库, 现状数据平均每 10 年收集一次, 期间的数据通过掌握的变化情况并辅以生长模型进行更新。

联邦德国在 1961~1962 年收集了基准日期为 1960 年 10 月 1 日的第一次森林调查数据, 并由联邦统计局公布了调查结果。1986~1988 年, 联邦德国开展了第一次基于数理统计方法的国家森林资源清查(基准日期为 1987 年 10 月 1 日), 用覆盖全国的基于抽样调查的数据代替了原来的访问调查和估计数据, 并为以后的动态监测打下了基础。就在第一次清查的评估结果出来之前, 联邦德国与民主德国于 1990 年实现了统一。

2000 年 10 月至 2002 年年底, 德国开展了第二次国家森林资源清查, 也是德国统一后首次覆盖全国的清查。对于前德意志联邦共和国而言, 这是第一次复查; 对于前德意志民主共和国来说, 则是初次基于抽样的森林清查。考虑到林业发展和生态建设不断增长的信息需求, 第二次国家森林资源清查增加了林缘、枯死木、灌木层、地被物、森林植物群落等方面的新内容。

除了国家森林资源清查以外, 在德国与林业有关的国家级清查还有森林健康调查和森林土壤调查。它们的抽样网格从国家森林资源清查网格上移开了数百米。从 1984 年以来,