

油松、侧柏人工林抚育研究

YOUSONG CEBAI RENGONGLIN
FUYU YANJIU

马履一 甘敬 贾黎明 王希群 贾忠奎 著



中国环境科学出版社

油松、侧柏人工林抚育研究

马履一 甘 敬 贾黎明 王希群 贾忠奎 著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

油松、侧柏人工林抚育研究/马履一等著. —北京: 中国环境科学出版社, 2010

ISBN 978-7-5111-0455-7

I. ①油… II. ①马… III. ①油松—森林抚育—研究 ②侧柏—森林抚育—研究 IV. ①S791.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 264100 号

责任编辑 周 煜
责任校对 扣志红
封面设计 中通世奥

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112738 (图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2011 年 12 月第 1 版
印 次 2011 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 21.5
字 数 550 千字
定 价 55.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

本书作者

著者

马履一	教授	北京林业大学
甘 敬	教授级高工	北京市园林绿化局
贾黎明	教授	北京林业大学
王希群	教授级高工	国家林业局林产规划设计院
贾忠奎	副教授	北京林业大学

其他参与人员

蔡宝军 杜鹏志 徐程扬 王继兴 陈鑫锋 段 劼 常宝成
周荣伍 兰友林 李效文 李春义 徐 昕 贾 芳 张 华

本专著是多个项目和课题的研究成果总结，其出版受到了以下课题和项目的共同资助，在此一并表示感谢！

1. 林业公益性行业科研专项经费项目（201004021）
油松、华北落叶松高效培育与经营关键技术研究
2. 北京市教育委员会科学研究与科研基地建设项目（SYSBL2009）
基于水分承载力的北京生态公益林高效抚育技术研究
3. 中央财政林业科技推广示范资金项目[2010]4号
4. 国家林业局重点科研项目（2003-18-L18）
北京市山区生态公益林抚育技术试验示范
5. 中央高校基本科研业务费专项资金（BLJD200904）
华北山区主要公益林抚育经营关键技术及合理经营密度研究
6. 北京市教育委员会学科与研究生教育项目
北京市生态公益林质量升级关键技术研究产学研联合培养研究生基地

前 言

北京是我国首都，森林多为人工林，如何科学地经营好北京的森林，对北京的生态环境保护 and 经济发展具有十分重要的理论和实践意义。

北京森林作用更注重多功能化。北京现有森林 1 075 万亩，对改善首都的生态环境起到了不可替代的作用。随着社会经济的飞速发展和人类对森林再认识的进步，北京森林的水土保持、水源涵养及森林游憩作用显得越来越重要，同时社会对北京森林的生物多样性保护也越来越关注。北京的森林已成为以生态环境保护为主的多功能公益林。

北京森林的质量面临诸多问题。北京森林多为 20 世纪 60 年代后营造，由于受当时科学技术的限制，造林模式相对简单，多以用材林模式为主，树种单一，密度普遍较大，生物多样性不高，加之重造轻管，导致树木分化严重，生态功能低下，火险大，难以实现多功能的可持续经营的目标。

北京森林急需公益林经营技术。目前，北京已从造林为主转向营林为主，急需公益林树种选择和密度控制技术、中幼林抚育关键技术（包括抚育方法、间伐木、抚育始伐期、间隔期和间伐强度的确定技术等）、公益林抚育效果与综合效益评价技术、公益林的抚育技术规程和示范等。然而，我国人工林抚育的研究多局限于用材林，虽然德国的近自然林业、美国的森林生态系统经营、加拿大的模式林业以及新西兰的分类经营等，都较好地突破了纯用材林经营的模式，但我国森林形成的机制不同于这些国家，尚不能照搬使用。

北京政府极为重视公益林建设。北京市政府于 2002 年全面启动中幼林抚育工程。目前已完成 500 万亩中幼林的抚育，计划还要开展二期工程。北京市财政已拨付中幼林抚育资金 1.6 亿元，政府重视程度极为空前。工程本身需要抚育技术的支撑。

本书出版的背景。研究人员针对上述分析,以国家林业局重点项目“北京市山区生态公益林抚育技术试验示范”为依托,以提高生态公益林的生态服务功能为目标,以北京市山区主要人工公益林树种侧柏和油松为研究对象,从生态公益林密度调控、抚育技术、抚育效果与综合效益评价、生态补偿机制、抚育技术规程、抚育技术模式等方面,通过与其他相关课题联合攻关,试图系统地解决北京公益林经营的关键技术难题,为北京生态公益林的经营提供理论和技术支撑,本书为这一研究成果的系统集成。

生态公益林的经营和科学研究是一项长期的工作,本书虽汇集8年的研究成果,但比起林木百年的生长周期而言,还需要持续开展抚育技术、抚育效果的连年监测研究,研究树种也还需要扩展。对于这些问题,本书作者正在通过北京市和教育部省部共建等其他项目的支撑开展后续研究工作。可喜的是,从2005年开始,我国在东北、东南沿海、中南、西南等森林资源相对丰富的地区实施国家重点生态公益林中幼龄林抚育项目,以优化生态公益林林分结构,提高森林质量和效益。国家林业局下发的《国家重点生态公益林中幼龄林抚育及低效林改造实施方案》提出,全国计划安排中幼龄林抚育面积1.69万 hm^2 ,重点实施地区包括北京、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、浙江、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃等23个省(区、市)、四大森工集团的37个县(局)。主要任务是对过密、过纯的国家重点生态公益林进行有效抚育。此外,国家计划到2020年前将对全国7亿亩中幼龄林进行抚育,还清历史欠账。因此,希望本书的出版能为我国森林抚育工作提供借鉴。

本书出版得到了北京林业大学、北京市园林绿化局造林处、林勘院、北京市西山试验林场、北京市十三陵林场等单位和个人的大力支持和帮助,在此一并致谢。

作者

2010年12月

目 录

引 言 1

第 1 章 国内外研究现状、水平和发展趋势 3

 1.1 生态公益林抚育技术研究 3

 1.1.1 中幼林抚育发展简史 3

 1.1.2 国外林业发达国家中幼林抚育研究进展 4

 1.1.3 我国中幼林抚育研究进展 12

 1.2 风景游憩林评价及经营抚育研究 17

 1.2.1 国外研究现状 17

 1.2.2 国内研究现状 19

 1.3 生态公益林质量调控的主要途径 20

 1.4 中国生态公益林抚育存在的主要问题 21

第 2 章 研究技术路线 22

 2.1 总体技术路线 22

 2.2 生态公益林抚育理论与技术研究技术路线 23

 2.3 生态公益林抚育效果评价研究技术路线 23

 2.4 风景游憩林抚育技术研究技术路线 24

第 3 章 研究区域概况及研究方法 26

 3.1 研究区域概况 26

 3.1.1 北京市公益林现状分析 26

 3.1.2 北京市生态公益林基本状况 28

 3.2 研究区域概况 31

 3.2.1 林分抚育研究林分树种的确定 31

 3.2.2 生态公益林抚育技术与抚育效果评价 33

 3.2.3 风景游憩林景观评价及游憩林景观抚育 45

第 4 章 油松、侧柏公益林抚育理论与技术研究 54

 4.1 研究地概况 54

4.1.1 密云县穆家峪水漳村林场	54
4.1.2 十三陵林场	55
4.1.3 北京林业大学妙峰山试验林场	55
4.2 抚育方法与林木分级的研究	56
4.2.1 林木竞争与林木个体质量的关系	56
4.2.2 油松林木竞争与林木个体质量的关系	58
4.2.3 侧柏林木竞争与林木个体质量的关系	66
4.2.4 油松、侧柏主要竞争因子的对比研究	82
4.2.5 油松、侧柏林木分级及其抚育方法的确定与应用	97
4.2.6 小结	99
4.3 生态公益林密度调控研究	100
4.3.1 油松、侧柏林分密度研究	102
4.3.2 油松、侧柏林 LAI 计算结果与分析	123
4.3.3 小结	126
4.4 抚育与理想经营模式的研究	127
4.4.1 油松林、侧柏林、栎林块状镶嵌混交林的类型构成及特性	127
4.4.2 油松林、侧柏林、栎林块状镶嵌混交林形成过程	133
4.4.3 油松林、侧柏林、栎林块状镶嵌混交林特点分析	133
4.4.4 低山油松、侧柏和栎类块状镶嵌混交林分析	137
4.4.5 提高北京低山油松、侧柏公益林质量的技术与措施	140
4.4.6 北京油松、侧柏公益林质量调控技术概述	143
4.4.7 小结	145
4.5 结论与展望	146
 第 5 章 油松、侧柏公益林抚育效果研究	 148
5.1 抚育对林分生长的影响	148
5.1.1 胸径变化分析	148
5.1.2 树高变化分析	151
5.1.3 冠幅变化分析	153
5.1.4 单株材积的变化	155
5.1.5 单位面积蓄积量变化分析	157
5.1.6 抚育对林分光响应机制的影响	160
5.2 抚育对林分小气候的影响	162
5.2.1 林分内光合有效辐射的比较研究	162
5.2.2 抚育对林分内空气温度的影响	164
5.2.3 林分内相对湿度的比较研究	166
5.3 抚育对土壤特性的影响	169
5.3.1 抚育对土壤水分—物理性质的影响	169
5.3.2 抚育对土壤水分变化的影响	176

5.3.3 抚育对土壤持水特性的影响.....	179
5.3.4 抚育对土壤供水特性的影响.....	183
5.3.5 抚育对土壤渗透特性的影响.....	185
5.3.6 抚育对土壤温度的影响	193
5.3.7 土壤细菌总量的分析	195
5.3.8 土壤碱性磷酸酶活性	196
5.3.9 土壤脲酶活性	200
5.3.10 土壤呼吸特性的分析	204
5.3.11 抚育对土壤养分的影响.....	205
5.4 抚育对林下枯落物的影响	209
5.4.1 林分枯落物蓄积量	209
5.4.2 枯落物含水量	210
5.4.3 枯落物持水过程	211
5.5 抚育剩余物处理对林分质量的影响	213
5.5.1 侧柏抚育剩余物处理对林分质量的影响.....	213
5.5.2 刺槐抚育剩余物处理对林分质量的影响.....	214
5.5.3 结论与讨论	216
5.6 抚育对林分物种多样性的影响	217
5.6.1 抚育对油松林分种的多样性的影响.....	217
5.6.2 抚育对侧柏林分种的多样性的影响.....	220
5.6.3 不同抚育强度林下植物生态习性的变化.....	225
5.6.4 不同抚育强度林下植物结构及数量变化.....	226
5.7 抚育效果综合评价	229
5.7.1 油松抚育效果综合评价	229
5.7.2 侧柏抚育效果综合评价	230
5.8 结论与建议	231
5.8.1 结论	231
5.8.2 建议	234
 第 6 章 风景游憩林抚育理论与技术研究	 237
6.1 研究地概况	237
6.1.1 地理位置与地貌特征	237
6.1.2 气候	237
6.1.3 母岩和土壤	238
6.1.4 植被	238
6.2 模型建立与经营原则、抚育技术	238
6.2.1 季相景观模型建立及经营原则.....	238
6.2.2 林内景观模型建立与抚育技术.....	252
6.3 风景游憩林经营原则与技术	273

6.3.1 风景游憩林经营的总原则	273
6.3.2 风景游憩林的经营技术原则	273
6.4 风景游憩林抚育评价	276
6.4.1 阳坡侧柏游憩林抚育效果评价	277
6.4.2 阴坡侧柏游憩林抚育效果评价	280
6.4.3 阳坡油松游憩林抚育效果评价	284
6.4.4 阴坡油松游憩林抚育效果评价	287
6.4.5 侧柏—刺槐林不同混交比例对林下植被的影响	291
6.4.6 侧柏—刺槐混交林林下植被物种数量特征的研究	293
6.4.7 侧柏—刺槐人工混交林空间分布格局	295
6.4.8 侧柏—刺槐林乔灌木各层次物种多样性	298
6.5 结论与展望	300
 第 7 章 北京市生态公益林抚育技术模式	 303
7.1 水土保持与水源涵养林抚育模式	303
7.1.1 油松幼龄林抚育模式	303
7.1.2 低山阳坡薄土油松中龄林抚育模式	305
7.1.3 低山阴坡厚土油松中龄林抚育模式	305
7.1.4 低山阴坡薄土油松中龄林抚育模式	306
7.1.5 人工侧柏幼龄生态公益林抚育模式	309
7.1.6 低山丛生侧柏幼龄林抚育模式	311
7.1.7 低山阳坡厚土侧柏中龄林抚育模式	312
7.1.8 低山阳坡薄土侧柏中龄林抚育模式	314
7.2 风景游憩林抚育模式	315
7.2.1 低山山桃（山杏）—针叶春景林经营技术模式	315
7.2.2 低山黄栌—针叶秋景林经营技术模式	317
7.2.3 低山阳坡侧柏中龄游憩林抚育技术模式	318
7.2.4 低山阴坡侧柏中龄游憩林抚育技术模式	320
7.2.5 低山阳坡油松游憩林的抚育模式	321
7.2.6 低山阴坡油松游憩林的抚育模式	322
 参考文献	 325

引 言

《全国生态公益林建设标准》一书对公益林的概念做了解释：公益林就是为维护 and 改善生态环境，保持生态平衡，保护生物多样性等满足人类社会的生态、社会需求和可持续发展为主体功能，主要提供公益性、社会性产品或服务的森林、林木、林地（国家林业局植树造林司，2001）。

森林是陆地生态系统的主体，是自然界功能最完善的资源库、基因库、蓄水库、碳储库和能源库，具有调节气候、涵养水源、保持水土、防风固沙、改良土壤、减少污染等多种功能，对改善生态环境，维护生态平衡，保护人类生存和发展的基础生产生活环境起着决定性的不可替代的作用。在人类自然经济社会复合大系统中，森林生态系统对人类的影响最直接、最重大，也最为关键。离开了森林的庇护，人类生存和发展的环境条件就丧失了存在的基础。我国是一个少林国家，对于这样的一个人口大国来说，森林资源尤为可贵，特别是首都北京，森林多为人工生态公益林，如何对其效益进行客观的评价，如何科学地经营森林，对森林质量的提高以及保护北京的生态环境具有重要的理论和实践意义。

1995 年《林业经济体制改革总体纲要》提出，在依据《中华人民共和国森林法》的规定划分用材林、防护林、经济林、薪炭林、特种用途林五大林种的基础上，将用材林、经济林、薪炭林纳入商品林类，将防护林和特种用途林纳入公益林类。因此，生态公益林划分实质上是林种的划分，即生态公益林分为防护林和特种用途林两大林种。划分生态公益林是以林业生态环境保护为主要目的，建立起地域覆盖、布局合理、功能稳定、结构齐全的生态公益林体系；主要发挥生态效益，提供生态服务，起到防治污染、防风固沙、涵养水源、调节气候、保存动植物基因、游憩保健、绿化美化等作用；由政府或社会负责建设，实行事业管理，追求森林生态效益最大化，这是在新的形势下为满足人类生存和社会可持续发展的需要，将“防护林”和“特种用途林”提升到一个战略的高度重新予以定位，并且作为一个完备的“生态公益林体系”进行建设，这是 20 世纪末我国林业建设理论上的一次升华和林业发展道路上一次重大的战略转移。由此可见，在我国，生态公益林的概念和经营理念是随着林业科学技术的发展、对森林分类经营理论和森林资源可持续经营理论认识的提高，以及国民经济发展对生态环境需求不断的提高应运而生的，北京以及全国完成生态公益林类型划分并制定和实施经营政策后，在生产上迫切要解决的就是如何科学地经营生态公益林问题。

北京市的森林以生态公益林为主，绝大多数林分属于水源涵养林、水土保持林、风景游憩林，在起源上以人工林为主。当时的造林树种以侧柏、油松和栎类为主，目前这些林分正处于幼林阶段或者进入中龄林阶段。由于一直缺乏系统的抚育间伐等生产经营措施，林分密度普遍过高，树木生长分化严重，且树干下部枯枝和濒死枝条较多，林下植被稀疏，

生态隐患严重,生物多样性锐减,林分质量普遍较差,难以发挥其生态保护作用。尤其是早期营造的侧柏林,尽管植苗穴密度并不十分高,但每植苗穴保存的苗木少则数株,多则十几株,每亩密度普遍在 1 000 株以上,甚至有的林分可达 2 000 株。因此,目前抚育间伐已成为北京市公益林经营中亟待解决的问题。

北京市现有林木面积 71.67 万 hm^2 。其中,中幼林面积 34.67 万 hm^2 ,占现有森林面积的 48.4%,多是 20 世纪 60 年代至 80 年代种植的人工林,且这些人工林基本上定位为防护用材林,主要分布在大中小型水库上游集水区范围和水土流失易发区、生态脆弱地区,处于北京城的上风上水,对改善首都的生态环境起到了重要的作用。随着社会经济的飞速发展和人类对森林认识的进步,北京市森林的水土保持、水源涵养等防护作用以及森林游憩作用显得越来越重要,同时社会对北京市森林的生物多样性以及景观多样性也越来越关注。但是,由于种种原因,森林抚育严重滞后,以致于树木严重分化,树冠下部枯枝层层,尤其是原来营造的高密度人工林几乎成为“密不透风的墙”,林内灌木草本植物组成极为简单,甚至达到几乎无灌木生长的程度。极为单一的树种组成变成了有碍森林游憩、影响森林生态效益的发挥和阻滞森林向健康方向演替的因素之一,更成为北京市森林防火的隐患。这种结构不合理的林分极大地削弱了森林的生态功能,若任其发展还将造成巨大的经济损失,并与可持续发展的长期目标不相符。

新中国成立以来,尤其是 20 世纪 60 年代以来,北京乃至全国由于受当时林业科学技术的限制,造林模式相对简单,绝大多数地区营造的人工林均以用材林模式为主,为了保证成活、成林,初植密度普遍较大。相应地,人工林抚育的经济投入主要集中在未成林造林地的抚育管理上,且投资数量极其有限。因此,我国人工林抚育的研究与生产经验仅仅局限于人工用材林,即便如此,现有人工中幼林抚育的研究结果和实践经验积累量仍难以满足全国各地的生产需求,现行人工林抚育技术仍沿用用材林经营模式。但是,随着全世界对自然与环境的呼声和认知程度的迅速提高,社会对森林的需求已不仅仅局限于木材上,而是同时强调其生态作用和综合效益,对不同立地条件森林的经营更加趋于分门别类,德国的近自然林业、美国的森林生态系统经营、加拿大的模式林业以及新西兰的分类经营等,都较好地体现了这一点。

针对上述情况,北京市委、市政府对全市的中幼林抚育问题特别关注,并于 2002 年正式全面启动了北京市中幼林抚育工程。总体计划,从 2002—2008 年,将北京市 32.73 万 hm^2 中幼林基本抚育一遍,2002—2004 年完成山区主要公路、铁路、河流两侧和重点风景区、重点林区的中幼林共 20.00 万 hm^2 的抚育任务,2005—2007 年完成一般地区中幼林共 12.73 万 hm^2 的抚育任务。可以说,这种重视程度和投入力度是空前的。国家已经制定出了《生态公益林建设技术规程》(2001),提出了生态公益林建设的基本原则,为北京制定生态公益林经营措施奠定了良好的基础。

北京市生态公益林抚育项目开展的主要目的,就是通过对北京市中幼林现状调查、森林多种效益分析以及森林经营方向等方面的深入研究,建立基于森林可持续经营、结构与功能统一理论基础上的适合北京市中幼林抚育管理的优化配套技术。为保证“北京市中幼林抚育工程”的顺利实施,以及今后北京市科学合理地开展中幼林抚育管理工作提供理论指导和技术示范,为制定与完善《北京市中幼林抚育规程(或标准)》奠定基础。与此同时,北京市中幼林抚育成果还将为全国其他地区的中幼林抚育提供良好的参考与示范。

第1章 国内外研究现状、水平和发展趋势

尽管我国按照分类经营的理念开展了近 10 年的公益林经营、保护工作，并针对公益林的生态效益开展了大量基础研究和应用基础研究。但是，公益林的抚育工作一直在我国生产和研究中处于空白阶段，即使针对公益林采取了一些经营措施，经营技术仍然沿用过去用材林的模式。因此，研究主要对国内外用材林抚育研究、评价进行总结、综述。

1.1 生态公益林抚育技术研究

森林抚育是从幼林郁闭起，至主伐前一个龄级止，这一段时间内，在森林中重复且定期地伐除部分林木，为留存的经济价值较高、生长优势、符合经营目的要求的林木创造良好的生长环境，促使保留木更快、更好地生长，以达到森林培育的最终目的，实现最大的经济效益和生态效益。抚育既是培育森林的措施，又是获得木材的手段。

森林资源持续利用、保护和发展是现代林业经营的主要课题，达成了广泛的共识。在森林资源不断增长的前提下，合理利用和开发森林资源，是林业发展的主题。中幼龄林抚育体现了这一主题和目的。

1.1.1 中幼林抚育发展简史

我国劳动人民在培育森林的过程中，历来采取森林抚育的措施。11 世纪末，《东坡杂记》里载有，松从“七年之后，乃可去其细密者使大”，就已经有了实施松树抚育的开始期和方法（下层抚育法）的文字记载。到了公元 1621 年，《群芳谱》（明·王象晋撰）里所载，白杨“及长至四、五寸，便可取做屋材用。留端正者长为大用”。该书更加全面地阐述了关于杨树抚育的目的、开始期、采伐对象和方法（上层抚育法）。《农政全书》、《群芳谱》、《三农纪》、《花镜》、《齐民要术》、《养鱼月令》、《致富全书》、《笋谱》等古农书中也均有对竹林抚育的记载（肖佩兰，1994）。

在欧洲，法国被认为是关于抚育文字记载最早的国家。1560 年，在林务官特利斯坦·罗师汀（Tristan de Rostaing）的指令中，首次出现关于上层抚育的文字记载。之后不久，雷敖缪尔主张对橡树林施行抚育。1755 年知名学者久格迈尔·蒙索全面地叙述了橡树的抚育方法，即产生了所谓法国古典的上层抚育法。1791 年，德国学者加尔捷格（Gartig G. L.），在他所著的《林业指南》一书中，主张松树的抚育，宜伐采小径木，而保留大径木，对于阔叶林也只采伐被压木和枯立木，即产生了所谓德国古典的下层抚育法。1884 年，克拉夫特（Kraft G.）制定了适合松林抚育的林木分级法。俄国林学家拉尔托夫（Лартов. А. А）院士，1765 年在其著作《论森林的播种》中，谈到“为培育高质量的松树船用材，初期宜

密植，以后应伐除细小低劣者”。丹麦林学家拉芬特洛甫（Reventlow，1748—1827）为山毛榉林的抚育提出了综合抚育法的主张。他认为应使林分中的优良木，在尽可能短的生产周期内成材，应该伐除影响优良木生长的其他立木。为此，他将树木分为：优良木、辅助木和有害木。伐除有害木，对辅助木的处理则视情况而定。他的这些观点奠定了综合抚育的基础。

从以上史料发表年代可见，我国是世界上抚育应用、文字记载最早的国家，只是由于长期的封建统治，这一营林措施未得到进一步的挖掘和发展。20 世纪 30 年代初期，杰出的林学家陈嵘教授借鉴日本的营林经验，在其专著《造林学概要》中，记述了抚育的种类（除伐与疏伐）、方法、开始期、采伐强度、采伐木选择以及采伐季节等。稍后，在 40 年代初，郝景盛教授在学习德国营林经验的基础上，编著了《实用造林学》。40 年代中后期，黄绍绪先生编译了美国林学家霍莱（Hawley R. C）的《造林实施法》。他们更为详尽而系统地将欧洲及美国的现代抚育采伐理论和应用技术介绍到我国，但在当时，林业实践中的这一措施还运用较少。新中国成立后，大量翻译出版了前苏联及东欧的林业科技书刊，才正式由俄国引入了“森林抚育采伐”这一技术术语。1956 年，林业部首次颁布《森林抚育采伐规程》，并一直沿用至今。20 世纪 30 年代末期，日本林学家坂口胜美将抚育分为定性与定量，这在世界抚育采伐技术史上，具有重要的意义。1978 年，吉林省林业科学研究所尹泰龙、韩福庆等人，在我国首次研制成人工落叶松林密度控制图，标志着我国森林抚育采伐技术已进入数量化阶段。

纵观世界森林抚育的发展简史，可概括为 3 个阶段。初级阶段，大约起于 11 世纪，截至 19 世纪末期，本阶段的主要特点是，针对个别树种提出某一种具体的抚育采伐方法，但是缺乏理论性与系统性。接着是定性阶段，19 世纪末期至 20 世纪 50 年代，本阶段的主要标志是形成系统的抚育采伐理论，提出抚育采伐种类和方法，各种林木分级法作为采伐时选木的依据应运而生。在施行抚育采伐时，着眼点主要放在采伐木的选择上。根据树种特性、龄级和利用目的，选定某种抚育采伐的种类和方法，再按林木分级确定何种等级林木应该伐除，由选木的结果计算采伐量。现时进入定量阶段。20 世纪 50 年代末、60 年代初开始，随着电子计算机和数理统计方法在林业上的应用，在施行抚育采伐时，把注意力放在林分的生长效应上。根据林分的生长与立木密度之间的数量关系，在林分不同的生长阶段，按经营目的研制出合理密度，以确定砍伐木或保留木的数量（叶镜中，1993）。

1.1.2 国外林业发达国家中幼林抚育研究进展

森林抚育是森林培育的一个分支，几乎与林学同时产生，是森林培育中不可或缺的内容，国外开展了长期的生产活动和科学研究。

1.1.2.1 各国对抚育的观点

（1）芬兰

森林是芬兰的经济命脉，20 世纪 50~60 年代，木材产品出口就已经占国家出口总值的 70%~80%。国土面积相当于中国黑龙江省 3/4 的芬兰，20 世纪后半叶的木材总产量累计超过 20 亿 m^3 ，可能还大于新中国林业 50 年累计提供给国家的木材总量（沈照仁，2002），同时蓄积还增加 5 亿 m^3 ，总蓄积量增加近 25%。

1998年7月,芬兰驻德国大使馆 Jari Parviainen 教授谈欧洲的近自然育林时认为:如果不抚育,不开展抚育,森林会衰老、过密,充满活力的林木也会减少,林相趋于恶化(柴禾,1998)。芬兰赫尔辛基行动提出的森林可持续经营标准(胡馨芝,1998)中要求:采取有利于环境保护的林业经营方法,开发有助于环境保护的林木抚育、采伐方式,确保森林抚育及林木改良作业的实施。2000年11月10日芬兰农业部森林司司长 Aarne Reunala 称,芬兰《国家2010年森林计划》已于1999年编制完成,现已进入实施阶段。计划要求强化森林抚育,弥补抚育不足的林分,对全部森林均应重视多功能发挥利用(沈照仁,2001)。根据调查资料的分析,芬兰认为本国森林资源的持续增长确实是由于改善抚育的缘故。芬兰林业政策把确保森林不受损害,即不因利用而消失,视为最高目标。政策要求,采取适宜方式保证对森林实施持续的有利于经济、生态和社会的抚育经营利用,达到经济效益增长目标的同时,保持森林生物多样性。

(2) 奥地利

奥地利1995年的人均国际旅游收入达1505美元,相当于欧洲平均的4倍多。这样的成就,确实得益于森林业的兴旺发达。到1997年,林业与木材业跃居创汇首位(吴国蓁,1999)。

奥地利是世界森林经营水平最高的国家之一。1992—1996年奥地利森林资源调查结果显示(1998年3月),奥地利经营性森林(也译作用材林、可利用林)的11%,即33.9万 hm^2 要求进行生长空间扩充抚育。根据标准样地的长期观测资料,对天然更新幼林是否进行抚育,结果大不一样。天然更新幼林很稠密,每公顷达30000株。12年生时,抚育疏伐至4300株和1700株及保持原状不进行抚育三者比较,10年后,胸高直径分别为16.2 cm、20.2 cm和12.6 cm。过于稠密的幼林,树木的径高比、高度也明显不如经过密度调整的林分。

1998年9月在奥地利召开了欧共体农业部长会议,第一次讨论山地林业议题。会议认为要想促进林业发展,必须确保中幼林抚育,以培育形成稳定的近自然林分,对费用超过奥地利的抚育措施进行补贴,同时开展咨询与促进活动。奥地利维也纳在水源保护林的经营中认为不应进行皆伐,只采用抚育伐(柴禾,1998)。

奥地利布根兰德州 Urbarial 沟的森林主要仍还是松、云杉按龄级分配的纯林。1982年之前,皆伐为主要的采伐方式。1983年开始实施天然更新作业,广泛进行上层疏伐与透光伐,停止了皆伐,促进山毛榉、栎的增多,缩小云杉、松的比重。实践经验表明,改变作业方式以后,森林状况更好了。蒂罗尔州韦恩斯农业合作社对森林开展集约经营,如进行预备伐促进天然更新和不同树种混交;高度重视森林抚育利用,很早以来就普遍实施生长空间调节与幼林抚育,因经营森林有方,于1998年5月被授予国家林业奖。

(3) 俄罗斯

俄罗斯2002年1月拥有森林资源总面积12亿 hm^2 ,占国土的69%。森林的木材总蓄积量820亿 m^3 ,占世界的1/4以上,且每年生产木材潜力在5亿 m^3 以上。

1995年,全俄罗斯由联邦预算下拨的资金只相当于全部营林费用的48%。林场通过出售抚育采伐的木材等自筹部分资金(朱石麟,1998)。俄《林业报》1998年6月2日报道:目前国家林场一半以上的收入来源于抚育利用和抚育材的加工。

2002年发布的《2002—2010年俄罗斯自然资源与生态全国目标纲要》中包含一个“森

林”分纲要，要求在 2010 年时，为提高森林资源质量应完成以下任务：更新森林 690 万 hm^2 ；造林 16 万 hm^2 ；把 950 万 hm^2 幼林提升为优质林分；完成 1040 万 hm^2 的森林抚育、清理及改善卫生状况；实施各种防火作业，降低火灾，降低火灾年损失 20 亿卢布；建设经营需要的道路 5 400 km。计划期内，完成 7.57 亿 hm^2 森林资源的调查设计、资源调查，并实施监控。主伐、抚育的年采伐量应达到 2 亿 m^3 。

（4）德国

德国《森林抚育》中指出：采用近自然的森林建设方法，林业就掌握了在全部森林面积上实现自然发展和无风险利用的钥匙，因为森林建设只有在服从生态的前提下才能有长期的经济收益。在森林生态系统自然兴衰的长期过程中，可以允许林业对采伐、保护和休憩目标进行导向，但切不可代之以短期的、过分的技术生产系统，近自然林业只允许掺入少的外力（邵青还，1998）。

近自然林业所依赖的理论是创立于 1898 年的老理论，其创始人就是德国林学家嘎耶（Gayer）。嘎耶最著名的著作是于 1898 年发表的《混交林及其建立和抚育，特别是小树林和团状林作业》。

欧洲近自然思想林业工作者联谊会 PRO SILVA 1997 年 5 月末召开了第二届国际大会。大会认为应该将森林抚育置于比森林更新更为优先的地位（沈照仁，1998）。

德国推行近自然林业的政策主要通过森林法和自然保护法，这两个联邦法律规定了原则相同的目标。在管理上则通过林业计划和自然保护项目来协调森林的抚育和发展措施。

2002 年 12 月 6 日德国在慕尼黑召开了关于“林业一体化任务”的学术讨论会，专家们在会上讨论了森林生态前景、社会经济和森林建设技术的前景问题，探讨了森林抚育和森林生态系统的塑造等题目（邵青还，2003）。与会人员提出，在抚育过程中，保留枯死木；采用真正的生态的森林保护措施（避免使用化学药剂）；改造纯林为近自然林分。

根据新的林业方针，黑森州的林业致力于培育高质量的大径材。现黑森州的国有林内生长着高质量的林木，这是国有林得到良好抚育的结果，使得针叶林的价值上升。而阔叶林通过打枝，其林分的价值同样提高。黑森州在其森林面积上进行广泛的抚育措施，努力发展健康的森林，以使林木不仅在数量上、同时也在质量上得到提高，以此保证后人能够享受到森林带来的种种利益（邵青还，2002）。

在萨安州，专家建议每年一次对 5 年生林木的林地进行评价，评价内容包括抚育和森林保护在内的全部措施。因为农业的决策错误在年初就能纠正，而林业则需要 100 年（邵青还，2003）。

萨克森州 1992 年森林法明确要求实践目标经营，遵循林业的公认原则：永续性，坚持抚育，在认识的基础上，考虑生态原则，促使森林成为健康的、稳定的、高效益的森林（沈照仁，1998）。

巴伐利亚州林业部部长勃克莱特认为对保护林必须进行必要的抚育和卫生伐（邵青还，1999）。抚育的收入可再次投资森林抚育和造林，这对生态也是有益的。在巴伐利亚州《国有林建设基础》中规定，要在抚育过程中促进现有的混交树种；通过选择适地树种、适当的更新和抚育措施提高抗非生物灾害的稳定性；要保证森林内开放地的自然性，而且要进行抚育（邵青还，2003）。

Wagenknecht 曾对此提出了相当具有革命性的林业政策思想。他对云杉的经营发表了