

林业发展趋势 与丰产林经验

国家林业总局森林经营局编

世界林业现状与发展趋势

云南林学院教授 陈陆圻

七十年代，世界一些资本主义国家，由于经济畸形发展，工业过度集中，林业劳力的严重缺乏，当前，面临着以下几个方面的突出问题。

木材供需矛盾日趋尖锐

世界森林面积约28亿公顷，森林覆被率为22%，林木蓄积量约3,000亿立方米，据统计，1967—1975年间世界木材需要量约增加31%，即由20.5亿立方米增加到26.89亿立方米。预计到2,000年木材需要量将增加到40亿立方米，但从各方面可能提供的木材只有38亿立方米。西德和日本木材供需之间的矛盾最为突出，其产材分别只能满足本国需要的60%和36.4%，主要靠国外进口。

环境破坏，公害严重

由于对森林资源进行掠夺式开发利用，使自然环境受到破坏。据报道：西德工业区每年从烟囱排放到大气中的灰尘约有2亿吨。日本大城市每年排放到大气中的主要毒物有1,000万吨左右，美国有1,300个城镇污水未经处理直接排入河道，还有24万个用水的工厂产生大量工业污水。奥地利高

山地带的山崩和洪水侵蚀相当严重，仅岐洛鲁州的山崩，其2/3是由于过伐而引起的。苏联乌克兰加盟共和国由于森林的过度集中采伐，到1980年将无木可采，致使该盟一些城市由此而刮起的“黑风暴”每年多达17次，仅1960年间的5次就毁地100万公顷。因这些污染的物质引起的各种疾病造成人身伤亡，牲畜中毒死亡，屡见不鲜。严重影响农、林、渔业的生产。

林业生产的停滞

由于山村青年大量转入城市，林业劳力的老龄化，给林业生产带来严重困难。如苏联森工部门1971—1975年五年计划规定的指标都未能完成。日本近几年，大面积的人工林需要进行抚育间伐，因劳力不足，而不能按计划进行。

目前，为了解决上述问题，都在从发展速生林；扩大人工造林面积；提高现有森林的经营强度；发展林业机械化；加强木材综合利用等几个方面找出路。因此，从世界林业总的发展趋势来看，今后将向以提高林道密度为前提，以集约栽培和经营、高度机械化为手段，以不断提高单位面积林木生长量和木材生产量，减少林木枯损量，提高木材综合利用率为目的，向充分发挥森林多种效益的利用的林业经营方向发展。

兹从环境保护、集约造林、集约经营、林业机械化、木材综合利用五个方面来介绍国外的情况。

一、环境保护

森林具有净化大气、涵养水沅、防护农田、防音、保健

及保护增殖野生动物等多方面的作用。很早以前，国外许多科学家经过大量研究，确认森林对环境保护有巨大作用，而且进一步了解森林在保持自然界的动态平衡中所占有的重要地位。西德Meldau研究，森林有过滤空气和吸收灰尘的能力，据称，每公顷云杉、松树、水青冈由空气中能收集的灰尘分别约为32吨、36.4吨、68吨。森林能在其土壤中貯蓄大量降水，有的持续地蒸腾到大气中，有的转入地下水。据研究表明，深根性的树木森林土壤中估计每平方公里可貯存5万到20万吨水。森林在保护农田、保证农业高产方面也起着重要作用。据美国报道，栽植有1—5行防护林带的农田（带距200—400米），比无林保护的农田每公顷增产44—106公斤。森林对声波具有吸收能力，下木和地被物越密，林分垂直郁闭越显著，吸音能力越强。森林对保健和旅游的作用，在国外愈益受到重视。西德、奥地利、瑞士、日本等国的森林公园，每年吸引的旅游人数都有显著增加。良好的森林环境也有利于野生动物的栖息和增殖。

为了从理论和实践上进一步阐明森林对环境保护的作用，许多国家从六十年代初特别重视森林生态系、森林公益效能的计量调查和城市绿化树木和绿化技术等方面的研究，并把发挥森林的多种目的利用视为森林经营的中心课题。

（一）森林生态系的研究

森林和环境在物质循环和能的交换过程中，所形成的生活体系叫做森林生态系。森林生态系在自然生态系中与草原等生态系比较是最大的生态系。因为，大陆表面的1/3是森林，每公顷森林面积上的生物总量可达100—400吨（干重），约为农田或草本植物群落的20—100倍。而且林木又是多年

生植物，对周围环境能持续地发生较大的影响。因此，森林生态系在整个自然界的动态平衡中具有重要作用。森林对环境保护的作用和森林生产力只有在森林生态系中的物质生产、物质循环不断地、非常旺盛地进行的过程中，才能得到充分的发挥和提高。近年来，欧洲和美、日等国家对森林生态系的研究都极为重视，在环境保护科研机构中设立了生态学研究所以或研究室。美国还在林业教育中增设了环境保护学院，专门从事森林生态系的基础理论方面的研究，即以森林生态系为主题，结合植物生理学科，深入研究森林植物群落的内在规律；研究林业杀虫和杀菌剂、灭火剂、化肥、除莠剂等对森林生态的影响；研究野生动物生息环境的保护和树木生态及分布等。日本林业试验场1974年17项重点研究课题中，有5项是属于环境保护方面的研究，其课题是：关于森林生态系的基础研究；水沅涵养林的效能；森林环境保护技术的综合研究；森林生态系中污染物质的循环与指示植物的综合研究；有关木材工业的环境问题的研究等。

（二）森林公益效能的计量调查

通过科学地判断森林对环境保护的作用，使人们对森林的认识发生了变化，不仅是木材资源，而且是环境资源。近年来，一些国家，为了对森林资源作出全面的估价，充分发挥森林在木材生产和社会公益两方面的效益，对本国森林进行了计量调查。日本已取得较大的进展，林野厅从1971年开始，用了三年的时间，对森林的公益效能进行了计量调查，并已于1972年提出中间报告。调查的计量公式是运用数量化理论，以立地因子（标高、方位、倾斜、土壤类型、表层地质等）及林分结构因素（树种、林龄、平均胸径、平均树

高、立木株数、树冠层的组成等)为主要项目,以公益效能的计量值为基准,设定其函数关系,并进行多变量解析,再以所得的计算表为依据,对每个林分的公益效能进行计量。计量调查结果,覆盖在日本国土的森林面积为64%,年间貯存水量2,300亿吨,阻止土砂流失57亿立方米,供给氧气5,200万吨,栖息鸟类8,100万只。此项调查研究为划分林种、编制多种目的利用的森林经营规划,提供了科学依据。

(三)城市绿化树木和绿化技术的研究

城市绿化,不仅是防灾治害、改造气候、美化城市、而且还能净化空气,吸滤各种毒气、毒物,对人体保健起着重要作用。近年来,欧洲、美国、日本等国家把城市绿化作为保护环境和净化大气的重要措施。六十年代初,美、日两国在选择对大气污染物质具有较强抗性和吸收能力的树种方面进行了研究,现已选出抗毒气树种,正向抗大气污染的树木育种方面发展。在植物监测方面,美、日两国已基本结束敏感植物叶片的典型受害症状、叶片中污染物含量、利用地衣、苔藓指示大气污染程度等方面的研究,绘制出植物对大气污染典型症状的采色图谱,并转向大气污染对树木生理的影响、污染物在植物体中转化基础理论等方面的研究。为了适应今后发展城郊绿化,日本1974年经营林木的栽培面积为二十年代的20倍。目前,正在开展城市绿化树木的遗传育种、树种配置、营造技术、大树移栽机械等方面的研究。

二、集约造林

五十年代以来,世界各国对人工造林十分重视。因为人工林具有生长快,轮伐期短的特点,能够较快地提供后备资

沉,改变木材供需不平衡的状况。人工林在一些地区10—30年即可采伐,每年每公顷生长量可达10—30立方米。世界上已有一些少林国家通过发展人工林解决了木材资源不足的问题。例如匈牙利1948年森林覆被率仅为10.8%,通过人工造林(主要是杨树)使森林面积增加了42万多公顷,1972年森林覆被率已上升到16.6%,而年平均木材产量由1950—1952年的220万立方米增加到1971—1973年的535万立方米,即增长了1.3倍。美国是个多林国家,过去不重视造林工作,1926—1929年平均每年造林面积仅为2.75万公顷。但自五十年代以来,每年造林面积不断扩大,1951—1960年每年平均造林41.8万公顷。1961—1970年每年平均57.9万公顷,1971—1973年每年平均68.5万公顷。澳大利亚目前人工林面积有48万公顷,到2000年预计增长到144万公顷。日本近十年来人工林增加了24.9%,1970年人工林面积有886万公顷,计划到2020年,再造林424万公顷。由此可见,大力发展速生人工林已成为世界林业的共同趋势。

为了提高人工林单位面积的生长量,达到速生丰产的目的,集约造林是当代许多国家造林工作的共同特点,主要表现在以下几个方面:

(一) 树种和地理种沉的选择

树种选择是提高林木生长量,增加林分稳定性的重要因素。同时,还必须考虑地理种沉问题。同一树种,分布于不同气候下的地理性群体,具有不同的遗传生态特性。许多试验证明,分布范围广的树种,将由不同的地理区域采来的种子,栽培在相同的条件下,生长和抗性表现出显著的差别。如澳大利亚栽培火炬松,最好种沉的材积生长,可为最坏种

沅的2倍。所以，选择造林树种时，仅确定树种是不够的，还必须决定用那种地理条件的种子。

目前，很多国家引种外来速生树种大大超过乡土树种，如针叶树中的辐射松、火炬松、湿地松、加勒比松等，阔叶树中的桉树、柚木、南洋楹、石梓等进行造林，取得了良好的效果。智利自1886年开始引种辐射松，经过90多年的时间，人工林面积已达45万公顷，虽只占可利用森林面积的5%，但近几年人工林提供的工业用材却占全国工业用材产量一半以上。

正确地选择树种（尤其是外来树种）必须先进行种沅试验，在种沅试验的基础上再对少量较有希望的树种进行细致的地理种沅对比。种沅试验开展较早的国家，根据种沅试验结果，对种子调拨区域已作出规定，如瑞典全国划分为16个松树调拨区，10个云杉区，美国对南方松的调拨范围也作出了区划。

（二）树木改良

当前树木改良工作的主要内容是选择优树，建立种子园和子代鉴定。

国外选优办法，一般仍沿袭北欧的大树法或后来发展成小标准地法。由于现行的选种方法都是表现型选择，可靠性较差，所以，各国已致力于性状相关遗传力等方面的研究，以进一步提供有效的选种方法。选择目标初期多考虑速生、兼顾干形通直、自然整枝良好等。并已普遍重视抗病虫害、材质及特殊经济用途等方面的育种。如荷兰从三十年代开始选育抗病的榆树，经过1938—1944年，1954年和1965年三个世代的杂交，于1975年将抗病性较强的杂种第三代约60万株用

于造林。南非在黑荆树中作单宁含量高的选择，也取得了较显著的成绩。

为了实现林木良种化，已有三十几个国家进行优树选择和种子园工作。瑞典、日本等国家已宣布全国完成选优和初级种子园的任务。瑞典、芬兰、加拿大、美国、日本已开始使用良种造林。日本由种子园、采穗圃提供的种条数量逐年增加，1973年提供种子1,769公斤，穗条521万根。瑞典1971—1974年赤松种子园共生产种子3,350公斤。其中北部为1,800公斤，可满足用种量的55%；中部为1,100公斤，可供全部造林；南部为450公斤，为用种量的50%。经过初步试验，用种子园生产的种子造林，可使林木生长量提高10—30%。

从表现型进行选择，效果不稳定，盲目性较大。因此，美国、日本、瑞典、新西兰、澳大利亚和苏联等国，在选优、建立种子园后立即着手子代鉴定工作。美国、新西兰和瑞典等国已经提出了改良代育种及改良代种子园的一些方案。在自然条件较好的地区和国家，速生树种的改良代育种工作已付诸实践，建立了各种类型的改良代种子园。在子代鉴定中，许多国家还有目的地从事林木遗传规律的研究，探索各种杂交的规律，研究性状的遗传力和相关性等等。

为了防止基因的损失，国外对优良树种、类型单株的搜集、保存也十分重视。因为基因贮备一旦损失，不仅会给育种工作造成“无米之炊”的严重后果，也对营林工作造成不可弥补的损失。基因的搜集往往与种沅试验、优树选择等工作结合起来进行。种沅保存的方法包括划出自然保护区，或用搜集的种子营造人工林，或贮藏种子、花粉。近年来，日本、北欧、美国都研究用后一种办法来保存基因。

此外，国外在树木选育、鉴定和育种繁殖方面，还作了许多探索试验。如树木生化遗传变异的研究；非常规鉴定的技术和理论研究；细胞遗传学的研究；组织培养问题的研究等，已取得了初步成果。

（三）培育壮苗

目前，所用的苗木，裸根苗仍占主要地位。从世界范围来看，裸根苗近乎一半是移植苗，苗令1—5年生。为了便于机械化，苗圃地面积有越来越大的趋势。容器苗是在六十年代才发展起来的一种新的育苗技术。由于容器苗比裸根苗成活率高，延长造林季节，便于实行机械造林。目前已有50多个国家采用容器育苗。在造林苗木中容器育苗所占比重已越来越多，瑞典40%（1974年）、芬兰30%（1974年）、加拿大10%（1973年）、美国5%（1975年）、日本3%（1974年）、巴西92%（1973年）。

育苗容器可分为三种基本类型：育苗管、育苗块和育苗模子。育苗管有外壁，需要填充生长介质，栽植时苗仍在管内。育苗块无外壁，本身即是容器，也是生长介质。育苗模子也需填入生长介质，但栽植前必须将苗从容器中取出，然后将生根苗连同生长介质一起定植。容器中的生长介质，应具有一定的肥力和团粒结构。在美国西北部地区，常用泥炭土和蛭石的混合物，有人也喜欢用磨碎的树皮，有的混入少量的砂。日本用腐植质含量高的土壤50%，泥炭30%，腐熟的堆肥20%。

培养容器苗的设备多种多样。由裸露的田间条件到简单的遮阴结构；由有热设备的简易温室到能控制温度、湿度、光热、CO₂浓度并具有供应养料、水分、杀菌剂、杀虫剂的

喷洒系统的现代化温室。目前有些类型的容器，它的填装过程已实现全盘机械化。如瑞典采用日本纸杯，一个系统每人能装20—30万个杯孔。

（四）细致整地

国外普遍采用机械整地，也有用火清除植被的（新西兰），也有用除草剂杀死植被，然后再火烧或任其就地腐烂。应用最广的除草剂有2,4-D或2,4,5-T及其衍生物。对于禾本科占优势的植被，可用西马津等。

根据不同条件采用不同的整地方法。在水分条件良好、土壤深厚的条件下，采取全面整地或带状整地。水分过多的沼泽地，用单臂或双臂的开沟犁作成通气较好的高垄，以利于根系的初期发育。在降水少的地区，摩洛哥和阿尔及利亚等国采用深松心土的办法（达60—80厘米），造林很成功。在山地，日本采用水平条整地，幼林的生长优于普通整地方法。苏联山地小于4°时用全面整地，5—12°用带状整地，13°以上用梯田机或推土机修筑梯田。从世界范围来看，采取工程量大的整地方法是普遍的趋势。

（五）林地施肥

1950年以后，日本、北欧和中欧等地开始施肥，六十年代有更大的发展。截止1972年，世界林地施肥面积已达400万公顷，估计到1980年，林地施肥总面积将有1,300—1,600万公顷。芬兰1972年林地施肥面积比1961年增长了12倍，使生长量增加30—50%。瑞典在采伐前5年、10年对林木施用两次氮肥，每次每公顷60公斤，可增产木材15立方米。

1973年联合国粮农组织和国际林业研究组织联合会召开了林地施肥座谈会，讨论了下述问题：（1）营养紊乱的诊

断。(2)肥料种类和施肥方法,(3)基因型对肥料的反应,(4)肥料与立地因素的相互作用,(5)肥料对不良因素的抵抗力,(6)不同年龄林分的施肥,(7)肥料对木材材质的影响,(8)肥料经济学,(9)肥料对环境的影响。

总之,集约造林在世界范围内已有了很大进展,今后仍将是营造人工林在技术发展上的主要趋势。从种子生产方面来看,由随便采种发展到种子林,由种子林又发展到种子园。由选择树种到选择地理种沅、栽培种、无性系,说明对树种选择工作的要求越来越高。这两方面可以概括为良种化。育苗工作由裸根苗向容器苗方向发展,而容器苗又由在裸露环境下培育向在能控制各种环境因素的温室中培育的方向发展。为了达到速生丰产,采用大工程量的整地、施肥、灌水,已在很多国家的部分人工林中成为常规造林实践。种子良种化、育苗容器化、温室化、造林集约化,是造林技术发展的共同趋势。

三、集约经营

六十年代末,一些国家,开始注意发挥森林防护效益,以全国森林资源为整体进行调查规划,实现森林多种用途的永续利用,已成为集约经营的中心课题。日本将建立“发挥多种效益的森林施业体系”作为森林经营的指导原则。美国国会通过了“多种用途的永续利用”法案。当前,北美、北欧和日本等国家注意以下几个方面的问题。

(一)科学地经营管理森林资源。

为了适应森林资源调查规划的需要,各国相继建立了全国森林资源连续清查制度,东德自1961年开始,每年清查一

次；日本自1953年开始，每5年清查一次；美国自30年代开始，每10年清查一次。清查方法多采用航空照片和地面样地相结合抽样调查。使用卫星照片进行大面积森林资源调查尚处于试验阶段。美国1975年用资源卫星照片对8.6万公顷天然林绘制了植生区划图，以大比例尺航空照片和少量群体样地的三阶抽样法求出蓄积量、生长量和枯损量。此外，试用电子技术自动判读地类成图的精度与眼判度相近。随着全林利用方式的出现，森林生物量调查已开始研究并局部应用。通过资源的连续清查，及时准确地掌握全国森林资源的消长动态，是实现集约经营的关键性一环。

为了科学地经营管理森林资源还采取以下主要措施：

1、制定森林经营限制法规，使森林经营纳入多种用途的永续利用的轨道。美国奥莱根州1971年制定的法规中，对造林、林道修筑与养护、森林采伐、化学物质的撒布、林内废材处理等均有详细规定。

2、废除大面积皆伐作业，采用有利于更新的择伐或渐伐作业。西德、奥地利、瑞士等国的伐区都保持在1—2公顷。日本规定皆伐面积不超过20公顷，而且要分散。

3、严格控制全国总采伐量，使其低于全国总生长量，而且向全林利用发展。美国在近十年内，把采伐量控制在3.1亿—3.5亿立方米之间，而其年总生长量则为6.5亿立方米。日本1973年国有林采伐量从1966年的2,200万立方米减少到1,600万立方米。瑞典1970—1974年林务局所属森林采伐量降低5%，平均年采伐量减少45万立方米，并确定今后五年内，每年减少1%。

4、控制林木枯损量，增加林木净生长量。芬兰从1970—

2000年将林木枯损量控制在120—140万立方米，而林木净生长量则从1970年的5,560万立方米到2000年增加到6,860万立方米。

5、提高林道网密度。据报道，林道密度每公顷若能达到30—50米，就可以改变集材作业方法，实行小面积皆伐，集约经营或抚育，使林木生长量有所提高。西德在营林工作中，把扩充林道网作为确定造林计划和经营方式的基础。有的国家已做出扩充林道网的长期计划，如瑞典现有林道密度为7.5米/公顷，计划到1985年，每年修筑的林道占森林面积2%以上；日本现有林道密度为5米/公顷，计划增加到13米/公顷。

（二）重视森林病虫害防治

森林病虫害防治包括森林病理学和森林昆虫学。它的任务是研究森林植物病沅和森林昆虫的种类、生物学、生理学和生态学，病虫害发生、发展的规律和防治方法。防治方法有植物检疫、营林技术、抗病虫树种选育和物理学的、化学的、生物学的防治方法等。这两门学科在国外都有100多年的历史。近30多年来，随着微生物学、植物生理学、有机化学和生物化学的进展、电子显微镜等新技术的出现，森林病虫害防治科学发生了巨大的变化，特别是在化学防治和生物防治方面得到飞速发展，已成为当前森林病虫害防治的重要手段。

六十年代后期，环境保护问题引起各国的关注，如何保持森林生态系的稳定以发挥森林的多种效益受到普遍重视。大面积森林害虫的化学防治既增加环境的污染又造成森林生态系的破坏。因此，现在提出综合防治或病虫害管理的概念，

认为是今后森林病虫害防治的发展方向。

目前，一些国家每年因森林病虫害所造成的林木枯损量，仍占很大比例。据1970年报道，约占总林木枯损量的40%。因此，美国和日本等国已在立法上对森林病虫害防治作出规定，设立了专门的研究机构，基本上摸清了本国重要害虫的种类和生活史，重要病害的病沉和侵染循环，以及它的分布地区和发生发展的规律，并在这一基础上，建立了对外和对内检疫制度，有效地控制了国外危险性病虫害的传入和国内危险性病虫害的扩散。

化学防治仍然是目前控制毁灭性森林食叶害虫的重要手段。大面积长期使用杀虫剂和杀菌剂，有污染环境，破坏森林生态系和使病虫产生抗药性的危险。为了消除这些副作用，各国都在研制选择性强、持效期短的新农药。目前已普遍用有机磷杀虫剂和氨基甲酸酯类杀虫剂，代替有机氯杀虫剂，用有机磷、苯和杂环化合物代替有机汞杀菌剂，还在寻求更理想的药剂。目前的内吸剂主要是从植物根部吸收，通过维管束组织进入枝干和叶部。现在正大力研制能从植物叶部吸收，通过养分输送系统转移的内吸剂。森林病虫害的化学防治，现在普遍采用飞机或直升飞机。超低量喷雾技术已经广泛使用，这种技术节省农药，大大提高了飞机的使用效率和防治效果。例如1975年美国防治云杉芽卷叶蛾17万公顷，8天完成，平均每公顷用兹克威杀虫剂0.14公斤，越冬幼虫死亡率达95%。

害虫的生物防治是一种传统的方法。过去主要是利用称为天敌的捕食性昆虫和寄生性昆虫。从外地引入天敌防治农林害虫曾有过不少成功的例子。如加拿大为了防治落叶松

叶蜂，从欧洲引入一种寄生蜂，1968年第一次在曼尼托巴试放，到1971年寄生率达60%，并自试放地点向东扩散300公里，近几年寄生率已达90%。利用致病微生物防治森林害虫是目前生物防治的新途径。昆虫病原微生物包括细菌、病毒、真菌和原生动物。现在广泛开展研究的是苏云金杆菌、核多角体病毒和白僵菌。在美国已有这些微生物制剂的商品生产，并制定了微生物制剂安全性检验规程。近几年来，欧洲利用一种木腐菌，在林分疏伐后接种在新鲜伐根上，防治松根白腐病菌的侵染获得成功。

目前，国外正在广泛开展昆虫绝育和性引诱的研究。用x射线或r射线处理害虫的雄虫，使其丧失生育能力，但仍能同雌虫交配，达到控制害虫增殖的目的，用化学不育剂处理害虫也能得到类似的结果。性引诱剂是从昆虫性外激素中分离出来的有效成分，对异性昆虫有强烈的引诱作用。据试验，在害虫交配期间，于林间散布性引诱剂，使午毒蛾雄蛾迷失方向，找不到雌蛾交配，已得到较好的防治效果。

病虫害综合防治的一般含义，是指有机地运用两种以上的方法和技术来达到防治病虫害、保护森林的目的。目前，病虫害综合防治一般设想社会的和经济的效益、森林经营的目的和可能发生病虫害种类等因素，以适当的营林技术（包括选用抗性树种、立地条件选择、适当的林木组成、森林抚育和森林卫生等措施）为基础，有机地运用生物的、化学的和其他的防治方法与技术来防治森林病虫害。

在森林病虫害调查中，使用航空彩色照片和红外线扫描装置的试验正在进行，将来也可能利用人造卫星摄影等新技术。

（三）加强护林防火

一些国家因开发森林资源，伐区剩余物没有及时清理和旅游业的发展，森林火灾并未显著减少，因此，对护林防火仍十分重视。在火险预报、发现林火、灭火技术和航空护林方面均取得了较大的进展。据报道，美国用飞机或地对空火箭向雷雨云中撒播碘化银催化药剂，可起到消雷的作用，减少雷击火的发生。美国用红外探火仪监视森林火灾，加拿大、法国用一种新的AGA70型热视仪等探测火情，取得了良好的效果。最近，美国已开始试用安装在人造地球卫星上的遥感装置来发现和监视林火。化学灭火剂除常用的短效灭火剂和磷酸铵类、硫酸铵类和卤化烃等长效灭火剂外，还有泡沫灭火剂、摩乃克斯粉末灭火剂（钾盐和尿素热合成物）、P25、O51（法国新产品）等用于消灭林火。美国用造纸废液中硫酸木素等的溴化合物生产阻燃剂已获成功。目前，国外已普遍使用索状炸药开设控制线，据苏联报道，用索状炸药开设100米长的控制线比用挖坑式操作快5倍。地面灭火机具也有很大发展，除背负式喷雾器、背负式手持喷土枪、消防水泵外，加拿大、苏联均研制出带有各种灭火工具的消防越野车。航空护林在美、加、苏等国家已形成独立的工作系统。1975年苏联航空护林的面积约占林地总面积的80%。国外现已专门设计了空中直接喷撒灭火用的飞机和水上飞机，不断地提高灭火技术。

四、林业机械化

近二十多年来，一些国家为了解决林业劳力严重不足，提高劳动生产率，越来越重视发展林业机械化。目前，营林