

辽宁省“八五”重大科技项目

辽宁东部山区水源涵养林 建设技术纲要

王力华 张颂云 丁振芳 主编

东北大学出版社

依靠科技兴农

建设好宁夏南部

水环境。搞好

水利

11X34/25



辽宁是我国水资源紧缺的省份之一，人均占有量仅为全国的三分之一、世界的十分之一。这种严峻的水资源形势，在一定程度上制约了辽宁经济和社会的发展，特别是水资源的时空分布不均，使这个矛盾更加突出。

通过远距离调水和兴建水利工程蓄水调节，是一条行之有效的途径，如果再加上生物措施，营造水源涵养林，借以改善水资源在时间和空间上的分配状况，将在调节余缺、保持水土、减少灾害、发展经济方面收到更好的综合效果。

为了给辽宁省东部水源涵养林体系骨干工程建设提供科学依据和配套技术，在“八五”期间，由中国科学院沈阳应用生态研究所协同沈阳农业大学、辽宁省林科院和辽宁省森林经营研究所，承担了辽宁省重大科技项目——东部山区水源涵养林建设的研究任务。他们组织了四十多名科技人员，在清河、柴河、浑河及太子河流域的广阔范围内开展了水源涵养林建设技术的调查研究，取得了一批适用价值较高的科技成果，并且部分成果已在生产上推广应用。课题组以这批成果为基础，参照国内外水源涵养林建设的经验，撰写了《辽宁东部山区水

源涵养林建设技术纲要》)。这本纲要详细论述了水源涵养林的作用、分类；林种结构及布局；规划设计技术规定与工程建设技术管理；造林典型设计方案；高效水源涵养林诱导技术；防护成熟期和可持续利用；辽宁东部水源涵养林效益计量指标体系、评估模型以及流域建设与综合整治；地理信息系统在水源涵养林建设中的应用等，比较全面地总结了“八五”期间这个方面工作的科研成果和实践经验。它对辽宁省水源涵养林体系骨干工程建设，无疑是一部十分重要的参考资料，有较高的推广和应用价值。

按照邓小平同志“科学技术是第一生产力”的战略思想，“科教兴辽”已被列为我省今后 15 年内经济和社会发展的三大战略措施之一，在环境保护和生态建设方面也无例外地要依靠科技进步，只有这样才能从根本上解决可持续发展的问题。无论我省正在实施的以水环境综合整治为核心的“碧水工程”，还是正在进行的水源涵养林体系骨干工程等大规模生态建设工程，均有许多难题需要依靠先进科技予以解决。作为一名环境保护工作者，我借此机会恳切吁请社会贤达和有识之士，为功在当代、福荫千秋的环境保护事业提供更多、更好的科技支持，并积极推广适用的科技成果，同时也对落实环境保护基本国策而不懈努力的科技工作者表示衷心的感谢，并致以崇高的敬意。



2000 年 10 月

前 言

本纲要是辽宁省“八五”重大科研项目“辽宁省东部山区水源涵养林建设研究”的成果总结。

辽宁东部山区及其森林植被是辽宁省生态平衡的主要调节者。它在维系全省中部城市群和粮食基地的水资源和其他自然资源供应、减免旱涝灾害方面发挥着至关重要的作用。中华人民共和国成立至今，人们对此已逐步有所认识，但到目前为止，对该地区水源涵养林的经营管理尚缺乏技术规程，现有低质林林分的水资源调节能力低下，未能充分发挥森林应有的多功能防护效益。“辽宁东部山区水源涵养林建设”的研究成果，特别是其技术纲要，将首先应用于辽东 1.1531×10^6 万 hm^2 的水源涵养林的建设，使其得到合理布局，林分结构获得较大的改善；其生长量可提高 30%（目前用材林平均蓄积量为 $39\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ）；缓解林地土壤侵蚀量 40%（目前抚顺侵蚀模数为 $153\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ）；提高林地水量调节能力 5%（目前土壤最大含水量为 $230\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ）。其理论性成果可广泛应用于辽宁林业生态建设领域的各个方面，对全国林业生态领域的建设也有一定的参考价值。

本纲要根据生态功能和资源利用兼顾，长、中、短期效益相结合，机理探讨与应用示范并重的原则，从改善水源涵养林林分结构、增加树种组成、优化植物群落配置入手，结合森林水文的定位研究，着重探讨森林植被及其经营管理与林地涵养水分、调节水量、改善水质的关系。利用地理信息系统软件的分析模拟手段，获得水源涵养林体系的优化配置模型。通过对水源涵养林防护性能的动态研究，确定辽东山区主要森林类型的防护成熟期（落叶松人工林为25~60年；油松人工林为30~60年；天然柞树林为30~60年）。

参加本项目研究的单位有：中国科学院沈阳应用生态研究所，沈阳农业大学，辽宁省林业科学研究所，辽宁省森林经营研究所。上述单位的10余位同志分别撰写了有关章节。

本书由王力华、张颂云、丁振芳主编。各章作者为：第1章，张颂云、丁振芳；第2章，范世香、许思明；第3章，徐福余、李培芝；第四章，郭荫槐；第5章，闫中林、陈宏吉；第6章，吴振铎、丁振芳；第7章，郝占庆；第8章，王力华、刘阳；第9章，裴铁璠；第10章，王力华、张颂云、刘丹；第11章，周学安；第12章，常禹；第13章，周学安。

作 者

2000年10月

目 录

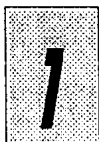
序

前 言

1 总 则	1
2 森林在水源涵养中的作用	3
2.1 森林涵养水源的机理	3
2.2 森林调节径流、消减洪峰的作用	5
2.3 森林对水资源量的影响	7
3 水源涵养林的分区和分类	11
3.1 水源涵养林的分区	11
3.2 水源涵养林的分类	14
4 水源涵养林的结构及布局	18
4.1 确定水源涵养林林种结构的原则	18
4.2 水源涵养林的基本功能	19
4.3 确定合理林型结构的方法	24
4.4 水源涵养林的合理结构及评价方法	25
4.5 不同防护区域林种(型)结构布局	28
4.6 各林型涵养水源功能	29
4.7 水源涵养林按林型布局	30
5 水源涵养林造林典型方案	32
5.1 立地条件类型	32

5.2	辽东山区水源涵养林造林典型设计	37
6	高效益水源涵养林诱导技术	50
6.1	诱导对象的确定	50
6.2	主要类型水源涵养林诱导技术措施	51
6.3	水源涵养林建设中的山地资源开发	55
7	水源涵养林防护成熟和可持续经营	63
7.1	水源涵养林防护成熟的综合指标	63
7.2	辽东山区主要森林类型的防护成熟期	67
7.3	辽东山区水源涵养林的可持续经营	68
8	水源涵养林的规划设计	72
8.1	规划设计的基本原则	72
8.2	规划设计的具体内容	73
8.3	经营区划	74
8.4	有关技术规定	75
9	流域建设与综合治理	79
9.1	技术经济政策	79
9.2	管理和保障措施	80
9.3	综合治理典型事例	80
9.4	森林对洪水的影响及其治理对策	84
10	生态经济技术推广	89
10.1	生态经济技术推广的原则	89
10.2	生态经济技术推广的内容	91
11	水源涵养林效益及其评估	94
11.1	水源涵养林效益类型	94
11.2	辽东水源涵养林建设优化方案	105
11.3	辽东水源涵养林的效益估算	114

12 地理信息系统的应用	121
12.1 地理信息系统及其应用的基本思想	121
12.2 水源涵养林建设信息系统的建立	125
12.3 水源涵养林建设信息系统的功能	128
12.4 水源涵养林建设信息系统的应用	128
12.5 结 语	131
13 水源涵养林工程技术管理	132
13.1 辽东水源涵养林工程技术管理概况	132
13.2 辽东水源涵养林建设资金管理	136
13.3 辽东水源涵养林建设技术管理	138
13.4 辽东水源涵养林工程建设管理对策	142
参考文献	148



总 则

(1) 辽宁省东部山区水源涵养林的建设是辽宁省国土整治的重要组成部分，通过建设、诱导与改造，不断扩大森林植被的覆盖率，提高森林的水源涵养功能，对促进辽河、浑、太子河三大流域生态环境的良性循环，为辽宁人民造福，具有非常重要的现实意义与战略意义。

(2) 建立辽东山区水源涵养林，这是辽宁省继碧水工程之后又一令人瞩目的伟大生态工程，不仅对改善辽河、浑河、太子河三大流域的生态环境有益，而且能保证辽河平原商品粮基地的稳产高产和工农业水、电能源的供给。因此，它是一项发展辽宁省国民经济，保障辽宁省工农业生产持续稳定增产的根本措施。

(3) 辽东山区水源涵养林是以其骨干工程为主体，兼顾用材林、经济林、薪炭林和特用林等多林种多树种乔灌木有机结合的森林资源群体，应实行“科学规划，合理配置，示范引导，稳健推进”的原则。

(4) 在水源涵养林建设的总体目标下，根据林分不同的特点，应分别采取封育、抚育、诱导、改造及新造等措施，以逐步建成具有高效水源涵养功能的复合森林群体。

(5) 辽东山区属长白山系的龙岗山脉，它由东北向西南贯穿山区全境，境内山峦起伏，河谷深切，地形复杂，山高坡陡，植物种类丰富，森林类型多样。因此，水源涵养林的建设应坚持分类指导的原则，遵循地域分异规律，实行分区建设与分类经营。

(6) 辽宁东部山区山多、土质肥沃、雨量充沛、气候温和、动植物资源较丰富，同时又有一定数量的农林交错分布区，因此应充分利用本区域的优越自然条件，因地因林制宜地建设成生态—经济型水源涵养林体系。

(7) 为了尽快地将科研成果转化为生产力，面向辽宁省经济建设，服务于工农业生产，本技术纲要以辽东山区水源涵养林建设的骨干工程为重点，以“八五”期间省重大科技项目“辽宁省东部山区水源涵养林建设研究”课题获得的成果为基础，并参考国内外在水源涵养林建设方面的先进经验和实用技术，通过综合分析归纳，提出本技术纲要，可为政府部门的决策和辽东水源涵养林的工程实施提供科学参考。

2

森林在水源涵养中的作用

水源涵养林建设是根据水资源的供需矛盾而提出来的。我国属于缺水国家，在多数地区，尤其是北方地区存在不同程度的水资源缺乏问题，制约着工农业生产的发展。通常缺水分为2种类型：一种类型是水资源总量根本无法满足当地工农业生产及人民生活用水的要求，即水资源总量小于总需水量，称为完全缺水型；第二种类型是水资源总量大于或等于总需水量，但两者互不协调，汛期弃水较多，枯水季节的水量又不够用，这种类型称为不完全缺水型或季节性缺水型。

解决第一种缺水类型的根本途径是远距离调水。远距离调水可以是跨流域的，也可以是跨地区的。解决第二种缺水类型有3种重要途径：一是利用水利工程进行调蓄，以丰补歉；二是适当开采地下水；三是利用生物措施，即营造水源涵养林，借以改善水资源在时间和空间上的分配状况。在同一地区，实际上是三种方法并举，更能奏效。可见，建设水源涵养林是解决第二种缺水类型的重要途径之一。

2.1 森林涵养水源的机理

森林涵养水源的机理是一个十分复杂的物理过程。森林就其本身来说涵养水源功能并不大，但是由于它的存在和间接的作用，使孕育它生长的土壤增加了调蓄水分的作用。

在森林流域，降水首先被林冠所截持，截留量与降水量成正比增加。除降水量外，截留量还与林冠的特征有关，例如郁闭状况、树种、林冠结构、生长期、枝叶干燥度等。通过林冠截留，第一次改变了到达地面的自然降水过程。林冠截留量是对降水量的一种损失，因为它最终将耗于物理蒸发。从某种意义上说，这种物理蒸发也是水资源量的减损。

降水通过林冠后，到达枯枝落叶层。枯枝落叶层包括未分解、半分解和全分解的凋落物。枯枝落叶层不仅具有较强的持水性，而且具有很强的透水性。枯枝落叶对降水的截留作用与其厚度、湿度、结构及分解状况等有关。林龄越长，枯枝落叶堆积得越厚，对降水的截留作用越强。枯枝落叶越干燥，截留作用也越强。通过枯枝落叶层的截留，第二次改变了到达土壤表面的自然降水过程。由于枯枝落叶层截持了大量的水分，并减缓了水在土壤坡面上的流动速度，因此增加了水向土壤中入渗的机会。

森林在生长过程中，根系不断地更新，疏松了原来较为板结的土壤，增加了土壤的孔隙度和透水性。由于森林的存在，土壤动物和微生物也十分活跃，形成了大量纵横交错的土壤水分通道，从而使土壤的持水性和透水性进一步获得改善。所以在径流形成过程中，在土壤表面未来得及流走的水很快被土壤吸贮并向深层渗透，甚至很快到达地下水位。

人们赖以生存的水资源，就是经过这样几个环节，一部分通过土壤表面直接汇入河道，一部分渗到地下再汇入河道供人们利用。当河道径流量不足时，又可以直接抽出地下水来利用。在径流形成的整个过程中，由于森林的作用，削弱了地表径流，加强了地下径流和地下水的贮量，避免了在汛期降水过于集中而导致地表径流也过于集中的现象，从而将夏季丰富的水量向枯水季节转化，以满足人们的用水需要，提高了水的利用效率，缓解了供需矛盾。这就是森林涵养水源的实质。

从森林涵养水源的实质看出,森林涵养水源的机理在于:减少地表径流,加长地表径流汇流时间和径流历时,增加地下径流和地下水的贮量,达到以丰补歉之目的。所以水源涵养林的建设,目的是在时间和空间上调节水量分配,提高水资源利用效率,促进经济发展。

2.2 森林调节径流、消减洪峰的作用

森林调节径流、消减洪峰的作用表现在两个方面。其一,当降雨透过林冠后,直接进入枯枝落叶层。枯枝落叶层吸收水分并达到饱和后产生的积水,一部分渗入土壤,另一部分在重力作用下沿土壤表面产生流动,形成地表径流。但是这种地表径流不同于裸露地面上的水流,它受到枯枝落叶的阻拦,是森林的调蓄功能之一。其二,由于森林土壤具有很强的透水性和持水性,所以土壤层包气带将对入渗水分进行第二次调蓄。设入渗量为 I , 出流量为 O , 土壤蓄水量为 W , 土壤包气带对水分的调蓄功能可表示为:

$$I - O = \frac{dW}{dt}$$

土壤中的水分流动形成径流的过程是很复杂的。在较浅土层中,由于上下两土层的渗透系数不同,一般上层大于下层,例如根系层与下面的非根系层,往往在两层交界处产生积水而形成浅层壤中流。浅层壤中流常常与地表径流交替出现,互为补充,两者很难加以区分,所以将它们称为直接径流或快速径流。水分渗透到地下水位后再慢慢汇入河道的水流称为地下径流。地下径流占的比重越大,表明森林调蓄径流、削减洪峰的能力越强。实际上,在森林流域,森林调节径流、削减洪峰是枯枝落叶调蓄地表径流和土壤包气带调蓄壤中流和地下径流共同作用的结果。在流

域出口断面, 森林调节径流、削减洪峰的作用表现为径流历时长、峰现时间滞后、峰值流量低等特点。反映在水资源的时程分配方面, 就是减少汛期洪水流量、增加枯水流量, 有利于提高水资源的利用效率。在降雨量较小的情况下, 森林对径流、洪水的调蓄作用大, 但对长时间的大雨, 其影响作用相对减弱。日本森林水文学家中野秀章研究指出, 连续性的强降雨, 当雨量超过 400mm 时, 森林对洪水径流的作用基本消失。根据我们的最新观测资料, 当降水量达到 400mm 以上时, 森林仍能削减洪峰流量 35% 左右。

现举出几个有关森林调节径流、削减洪峰的研究实例。

日本为了探讨濑户内海沿岸红松林的水源涵养功能, 在大阪营林局的龙山森林试验区, 设置了南谷 (22.6hm^2) 和北谷 (17.27hm^2) 两个小集水区。1937—1975 年, 进行了采伐、火烧森林及造林等措施对径流影响的试验研究。结果表明, 皆伐后流域的年径流量和最大径流量都有显著增加。造林后, 暴雨径流时间滞后 (当最大雨量为 50mm, 雨强 $10 \sim 30\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$) 约 $10 \sim 20\text{min}$, 减少最大径流量 10%~15%。

在新西兰南岛西北部里夫顿西附近, 设有常绿混交林的 8 个小集水区, 对其中 2 个小集水区进行采伐, 火烧清理迹地剩余物。采伐及清理流域面积达 100% 时, 年产水量增加 650mm, 采伐及清理流域面积达 75% 时, 增加年径流量 540mm。在总径流量中, 快速径流量占 60%, 增加洪峰流量达 55%~65%。

在我国, 中科院地理所刘昌明等研究了黄土高原森林对洪水的影响。结果表明, 黄土高原森林流域的洪水历时比一般裸露的黄土丘陵沟壑区流域延长 2~6 倍, 且随流域面积的增加, 延长的倍数也随之增加, 峰前历时明显滞后约 3~15 倍, 洪峰削减平均在 90% 以上。据四川省 1981 年对 7 月 31 日的洪水调查, 涪江与沱江流域的降水量相似, 涪江流域的森林覆被率为 12.3%,

沱江流域的森林覆被率为 5.4%，而涪江较沱江减少洪峰流量 30%。在海南省，由于该省从 20 世纪 60 年代开始进行频繁而严重的森林采伐，到了 70 年代森林覆被率下降了 20%~50%，使南渡河、万泉河及昌化江三大河流的水文情势日趋恶化。在 60~70 年代，尽管各河流的历年平均降水量略有增加，而河流的历年平均枯水流量却普遍减少。如望楼河流域森林覆被率下降约 50%，而枯水径流量下降了约 38%。采伐的结果，扩大了洪、枯水径流量的比值，70 年代为 60 年代的 1.5~2.0 倍。根据我们在抚顺县五龙林场两个对比小流域的最新研究成果，森林减少洪峰流量 22.2%~50.3%，产流时间明显滞后，森林流域比无林流域最大滞后 13.5h，森林流域的径流历时比无林流域也显著增加，这为森林调蓄径流、消减洪峰的影响作用提供了有力的佐证(详见第 9 章)。

森林除了具有调节径流、消减洪峰的作用外，还具有保护土壤免受侵蚀的功能，能减少径流中固体成分的比例。

据我们在五龙林场的观测资料，有林沟的径流含沙量比无林沟少得多。仅以 1995 年 7 月 29 日的一场特大暴雨观测结果为例：本次降雨量 356.1mm，平均雨强 $7.4\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ，有林沟最大含沙量为 $1.96\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ，无林沟最大含沙量为 $6.92\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ，后者为前者的 3.5 倍。有林沟冲刷泥沙量 5.13t，无林沟冲刷泥沙量 16.1t，无林沟比有林沟高 3.1 倍。

2.3 森林对水资源量的影响

水资源是指能被人类利用的自然界淡水的总称，它是能够进行自我循环的自然资源。水资源包括水量和水能，通常我们仅讨论水量。一个地区水量的多少，主要取决于降水量的多少。根据水量平衡原理，如果没有客水流入，同时也无水量输出，水资源

量(R)可表示为降水量(P)与蒸发散量(E)之差,即:

$$R = P - E$$

也可以说,水资源量就是径流量。但实际上,植物的蒸散量也是被有效利用的部分,只是它不能为人们再次加以利用。在季节性缺水地区,人们常抽取地下水补充需求,地下水被开采后,必须在丰水季节得到回归,就是说利用地下水是以损失径流为代价的。所以我们以径流量作为水资源进行讨论是合适的。

从宏观上讲,径流量主要与降水量有关,但根据水量平衡原理,它还与下垫面的蒸发量有关。以下着重讨论这两个问题。

关于一个地区降水量的多少,它与水文循环的路径有关,即取决于气象条件。一般说来,水汽充沛的沿海地区,其降水量大于内陆地区。关于森林对垂直降水的影响,还没有取得一致的结论。一种观点认为,造林后能改变当地的下垫面状况,从而改变了近地层的小气候特征,因此可以增加该地区的降水量。另一种观点认为这种影响作用甚微,或者森林不可能增加降水。前苏联学者尤金·布迪科研究表明,在前苏联欧洲部分,森林增加降水量5%~10%;在干旱、半干旱地区,造林后可增加12%的降水。我国的研究表明,森林能使降雨量增加2%~5%,如果把森林增加大气凝结水估算在内,则森林平均提高降水量10%左右。据前苏联的研究报道,有了森林一般可增加年降水量1%~25%。但有些学者认为有了水才有林,观测结果的差别是由于观测方法不当造成的。著名学者黄秉维先生认为,森林不能使林区及其邻近地区降水量增加。综合国内外的研究成果,我们认为森林有增雨的效果,但不会超过10%,这种增雨效果多为当地水汽所致,对水资源量的影响作用不是很大。森林对水平降水的影响,取得了比较一致的意见,认为森林在相当程度上能增加水平降水。然而,由于它耗于蒸发,对水资源量没有影响。

森林对蒸发散量的影响是很重要的,在数量上也十分可观。