

全国森林水文学术

讨论会文集

0

全国森林水文学术讨论会

# 文集

中国林学会森林水文与流域治理专业委员会

测绘

## 内 容 简 介

中国林学会森林水文与流域治理专业委员会于1987年8月主持召开了第一届全国森林水文学术讨论会。本书选收了这次会议的论文28篇，内容涉及“国内外森林水文研究现状和主要成果、问题”、“森林的水文效应”、“研究方法的探讨”等方面，反映了我国森林水文研究的现状、水平与发展趋势、面临的问题与解决问题的途径等。可供农林、地理、水文、环保等部门的有关人员参考。

读者对象：农林、地理、水文专业人员、地理爱好者、地理系学生、教师、环保研究人员等。

## 本书编委名单

主 编：潘维铸  
副主编：马雪华 刘昌明 周晓峰  
编 委：徐德应 陈传友 霍应强  
崔启武 张增哲 朱 容 李昌哲

## 全国森林水文学术讨论会文集

中国林学会森林水文与流域治理专业委员会

\*

测绘出版社出版

测绘出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

\*

160×1092 1/16·印张 14 ·字数 315千字

1989年8月第 一 版·1989年8月第一次印刷

1—1 1册·定价 10.00 元

0283-2/K·99

## 前 言

随着社会经济的发展,人口增长,人们对水的需求量迅猛增加,保持丰沛、优质的水源,日益成为世界各国关注的问题,而森林对涵养水源、调节水分及净化水质的有益作用,愈来愈引起人们的重视。在这个基础上,于本世纪30—40年代,研究森林对水影响的学科——森林水文学开始产生并发展起来。森林水文学是一门新兴的边缘学科,它是森林生态学的一个重要领域。我国从1950年开始,在一些林业科研单位和院校开始进行了有关这方面课题的研究。但目前森林水文研究是林业科学研究的薄弱学科。为了给国民经济和森林资源开发利用提供可靠的科学依据,并推动我国森林水文学研究的迅速发展,中国林学会在联合国科教文组织驻北京代表泰勒博士(H.L.Teller)的资助下,经东北林业大学、中国林业科学研究院森林生态研究室的积极组织筹备,于1987年8月18日至23日在哈尔滨东北林业大学召开了第一次森林水文学研究方法学术讨论会。这次会议着重研讨了我国森林水文学研究现状、主要研究课题、测试方法、仪器手段,交流了研究成果,并对存在问题提出相应的解决措施办法等。会议还邀请国外著名森林水文学专家6名(美国5名,西德1名)参加会议,介绍了当前国外森林水文学研究概况及测试方法等。与会代表共55名(包括来自中国科学院与水利部门的代表)。会议共收到论文41篇(包括国外专家论文4篇)。到会代表就森林水文研究进行了广泛的学术交流和讨论。这次学术会议的论文将分别用中、英文出版。本论文集为中文版,共选登论文28篇。在本论文集的审编过程中,中南林学院的潘维涛教授,付出了大量辛勤劳动,直到他病危逝世前,一直关心论文集的出版工作,在此表示深切的怀念。

“森林水文学文集”在我国首次出版,在中国森林水文学的研究史上具有重要的开创性意义,并对推动我国森林水文学研究的进一步发展起到积极有益的作用。由于编辑水平有限,错误难免,敬请读者指正。

中国林学会森林水文学与流域治理专业委员会

1988.7.29

## 目 录

中国森林水文研究现状和主要成果综述.....	张增哲、余新晓 ( 1 )
国外森林水文学研究概述.....	张建列、李庆夏 ( 10 )
中国西北地区森林水文学研究概况及有待解决的	
几个主要课题.....	苏宁虎、刘向东 ( 17 )
森林水文学研究中的生态系统观念.....	[潘维伟]、湛小勇、田大伦、韦光明 ( 25 )
森林与水质.....	马雪华 ( 31 )
中国南方的酸性降水与森林衰亡.....	马光靖等 ( 36 )
亚热带杉木人工林生态系统中的水文学过程和养分动态	
.....	[潘维伟]、田大伦、湛小勇、文仕知 ( 43 )
天然次生林林冠对降水分配及降雨化学的影响.....	魏小华、周晓峰、金永岩 ( 53 )
小兴安岭原始红松林的水文效应和水质研究	
.....	詹洪振、刘传照、李兆全、刘吉春、李景文、毕守法、徐立英 ( 63 )
从对比研究看横断山区森林的水文效应.....	陈传友、任德钦 ( 71 )
森林拦蓄洪水的作用——以黄土高原林区为例.....	刘昌明、于静洁 ( 84 )
森林对径流的影响.....	周延辉、梁蕴华 ( 91 )
呼和浩特市大青山林业总场不同植被类型地表径流的初步研究	
.....	冯 林、杨明权 ( 99 )
六盘山自然保护区森林水文生态功能评价.....	刘向东、苏宁虎、吴钦孝、郭忠升 ( 105 )
祁连山(北坡)森林水文效应的研究.....	付辉恩、车克钧 ( 111 )
试论四川西部高山原始森林的水源涵养效能.....	黄礼隆、杨玉坡 ( 119 )
落叶松人工林水文效益的研究.....	丁宝永、张世荣、蔡体久、王 录 ( 126 )
秦岭林区华山松林的水文作用.....	张仰渠、雷瑞德、谢应忠 ( 134 )
小良热带人工林水分系统研究.....	余作岳、彭少麟、张文其 ( 144 )
论森林植被—土壤类型是流域治理和开发经营的基础.....	霍应强、徐孝庆 ( 151 )
滇南热带雨林的开发利用与水土流失.....	汪汇海、李德厚 ( 158 )
京冀山地人工林的某些森林水文特性.....	刘春江、王志明 ( 169 )
森林的蒸散：方法与实践.....	徐德应
热带人工混交林蒸散测定研究.....	黄录基、李国琛、陈 珺、张绍贤
人工林流域超渗产流模型及参数寻优.....	王 彦
清江流域森林的水文效应分析.....	
森林水文效应的数学模拟.....	姚 华
陕北黄土丘陵区人工林地水分平衡场的建设及观测方法.....	

# 中国森林水文研究现状和主要成果 (综述)

张增哲 余新晓

(北京林业大学)

森林和水是生态系统中最活跃,最有影响的两个因素。水在自然界中是万物生命之源,是人类及动植物须臾不可分离的重要物质,但水对人类既有有利的一面,也有为害的一面。森林则不仅可为人类提供木材、林产品和能源,而且更主要的是维持生态平衡的顶梁柱,是人类赖以生存和发展的良好环境的护卫者。过去,人们对于森林的作用,往往只看到提供木材、林产品和能源的一面,而对森林在调节气候、涵养水源、保持水土、减洪滞洪、抗御洪旱灾害、保护和美化环境等方面所具有的独特作用和巨大效能缺乏了解和认识。因而对森林资源进行掠夺式的经营,乱砍滥伐,破坏森林的现象在世界各地都屡见不鲜。随之而来的是气候条件变坏,地面无覆被,水土大量流失,地下水位下降,山泉枯竭,河川水文情势恶化,水旱灾害频繁出现,给人们的生产和生活造成极大困难和威胁。面对大自然对人类的报复和惩罚,奥地利、瑞士、联邦德国、美国、日本、苏联等国家对“森林和水”之间的关系给予了极大的关注,先后开展了森林水文方面的研究,由定性到定量,由单项到综合研究逐步深化。在大量研究资料的基础上,于本世纪40年代美国首次提出森林水文学,从而使森林水文成为一门边缘性的、独立的科学学科。随着科学的进步,工农业的迅速发展和人口的急骤增加,对水源提出了日益增长的要求,森林水文的研究工作已不能单纯停留在自然和技术方面,而应更多地涉足于国民经济等方面。因此,研究除继续向纵深发展外,预计今后会沿着综合方向发展。

## 一、中国森林水文研究的背景和由来

中国是一个水资源并不丰裕,森林资源又比较贫乏的国家,水资源总量虽有26200亿立方米,与世界一些国家相比并不算少,但中国是一个拥有10亿人口的大国,按人口平均占有水量仅为世界平均水平的1/4,尤其各河流域水资源差异较大,对农业生产也有着不可低估的影响。中国森林资源的人均占有量不及世界平均水平的1/800,森林资源的消耗量又大大超过生长量,加之毁林开荒、乱砍滥伐问题时有发生,虽然新中国成立后新造林面积不小,但森林资源仍有减小的趋势。新中国成立初期,全国森林覆被率只有7.8%,现在虽有所增加也仅为11.9%,分布极为不均,光山秃岭比比皆是,水土流失十分严重,江河上游森林日渐减少,森林涵养水源作用削弱,径流洪枯比日益加大,水资源的可利用系数不高,给工农业生产和人民生活带来极大困难。

中国森林水文研究的历史,根据现有资料可追溯到明朝中期阎绳芳所著《镇河楼记》,其中就生动地记述了现山西省祁县的森林破坏和洪水危害,以及当地人民从富裕到贫困的过程,并详细地说明了森林的水文作用。清朝的梅曾亮在他所写《书棚民事》的奏文中,

以前后期对比的方式对现安徽宣城开荒破坏森林的严重后果，作了细致地论述。再如《甘肅府志》，即今甘肅張掖地区的地方志中载有清朝嘉庆七年（1802年）的一篇《八宝山松林积雪说》，文章论述八宝山（即祁连山）森林涵养水源作用对当地人民生计之重要，破坏森林就会带来巨大危害，呼吁应永远保护森林资源。这些文章都是作者通过细致地观察和调查研究所写，虽是定性的论述，但具有很高的科学性。

中国近期的森林水文研究于本世纪20年代（1924—1926年）由前金陵大学美籍学者罗德民博士和李德毅先生等在山东、山西等地观测研究不同森林植被类型对雨季径流和水土保持效应为开端，直到新中国成立后一些科研、教学和有关业务部门才相继开展这方面的研究。尤其80年代初由黄秉维教授提出“森林的作用”这一争论性问题和8·17四川特大洪灾后，更激起有关方面的重视，从而推动了森林水文作用这一研究工作的进一步开展。

## 二、中国森林水文研究现状和主要成果

新中国成立以来，在森林水文研究方面既有单项研究，也有综合研究，既有小集水区的，也有流域范围的。虽然森林水文研究起步较晚，还是取得了很大成绩。这里仅就我国森林水文研究现状和主要成果，分以下几个方面综述。

### （一）森林与降水

在森林与降水关系中，林冠截留降水是森林对降水到达地面的第一次阻截，也是对降水的第一次再分配，是森林水文研究的一项重要内容。森林增雨作用是环境工作者关心的问题，也是个有争议的问题，仅就国内研究情况作一概述。

#### 1. 林冠截留降水作用

首先将我国学者对一些树种林冠截留降水的实例资料列在表1。

影响林冠截留的因子很多，如降水量、降水强度、降水历时、风速、林冠特性等。这些因子与林冠截留量的关系，不少学者（张增哲，1982）常用回归方程来描述。

许多森林水文工作者，根据林冠截留降水量观测资料推导出了林冠截留降水的理论计算公式（崔启武，1980；梁健民，1980；王彦辉，1986；刘家冈，1987）。

另外一些学者还研究了林冠对降雨动能的阻截和减弱作用（潘维涛，1982；王彦辉，1986）。

#### 2. 森林增雨作用的研究

森林增雨的机理比较复杂，在人类探索自然奥秘的长河中，这是一个活跃的领域。气象学家朱炳海认为，川西南及滇西北的广大森林区上的发蒸过程，可能也是我国东部地区降水水气的一个来源。对于降水的增加有相当重要的影响（夏春季4—8月可占总量的27—64%）。南京大学气象学教授付抱璞则认为，西北地区绿化后，下垫面的反射率可能比现在减少9%，较湿润的夏季，降水量可增加110毫米。中国科学院地理所刘昌明和北师大钟俊襄在他们关于黄土高原径流的研究中，亦曾述及黄土高原设置的四个有林地无林地对照区中，前者降水记录全部高于后者。北京林学院从1956—1963年在小兴安岭也做

表 1 不同树种林冠截留率统计表

树 种	截留率 %	资料来源	树 种	截留率 %	资料来源
栎 树 林	26.8	[1]*	山 柳 林	23.1	[10]
云 冷 杉 林	24.6	[1]	华 山 松 林	10.6	[10]
刺 槐 林	20—30	[1]	红 松 林	27.4—37.8	[6]
云 杉 林	30.7	[11]	落 叶 松 林	12.6—20.9	[6]
杉 木 林	23.06	[张增哲1982]	泡 桐 林	10.6—51.1	[12]
枫 香 林	21.22	[张增哲1982]	油 松 林	19.4—26.7	[13]
马 尾 松 林	15.12	[张增哲1982]	海 棠	15.0	[13]
山 地 雨 林	36.5	[9]	胡 枝 子	14.8	[13]
半落叶季雨林	24.1	[9]	马 氏 忍 冬	25.4	[13]
山 杨 林	18.0	[10]	沙 柳	22.2	[13]
白 桦 林	23.1	[10]	茶 条 槭	18.3	[13]
辽 东 栎 林	22.5	[10]	点 子 梢	18.5	[13]
红 桦 林	25.5	[10]	椴 木	43.16	[张增哲1982]

\* 指本文参考文献,下同。

过这方面的对比研究。他们以五营代表有林地,鹤岗代表无林地,连续7年观测降水,证明消除了地势与风力的影响后,有林地比无林地年平均增加降水81.2毫米(+11.8%)。上述几例研究都肯定森林具有增加降水的作用。反之,也有认为尽管伐尽全世界的森林,或者倍增全世界的森林,也不过增加或减少地表大气输送水分的1.3%,对大气降水没有实际意义的看法。说明仅此争端,也还没有公认的定论。嗣后,有科学家从森林下垫面的粗糙度促进气流的垂直运动,研究森林与降水的关系。近年来,一些气象学家倾向从植被与辐射率的关系解释森林增雨的机制。更有些学者认为森林产生一种微生物能增加大气降水的凝结核等。

## (二) 森林与径流

森林对径流的影响是人类利用森林措施改造自然的一个实际问题,也是森林水文学研究的一个重要课题。目前国内文献资料中,有两种完全对立的意见,有不少资料与分析,推论森林减少径流,也有不少数据与分析证明森林可以增加径流。

刘昌明等通过对我国黄土高原林区径流分析得出:在黄河中游黄土高原森林减少了年径流量,林区径流系数比非林区小34.0—68.5%。金栋梁(1962)通过对长江流域大面积森林流域的分析,认为森林覆盖率高的流域比森林覆盖率低的流域,有林地比无林地流域,河川年流量均毫无例外地增加,其增加幅度在32.8—21.8%。中国林学会森林涵养水源考察组,在华北选择了地质、地貌、气候等条件大致相似的三组对比流域,分析表明,在华北石质山区,森林覆盖率每增加1%,流域年径流深增加0.4—1.1毫米。一些学者通过试验也得到了相似的结论(马雪华,1980;张增哲,1982;李昌荣,1982;王焕榜,1985;李昌哲,1986;张天曾,1986)。

由于森林与径流的关系具有重要实际意义和理论价值，许多学者从不同角度推导出森林影响径流的理论公式，常见的是崔启武理论公式。通过公式的理论分析，作者认为森林采伐对径流的影响，主要取决于地表反射率，因森林采伐后，地表反射率可变大也可变小，所以森林采伐后径流也可变大，也可变小。

另外，刘昌明等还对森林影响径流的机制进行过探讨。

森林对洪水和径流分布的影响目前已基本定论。森林水文工作者一般都认为，森林能够减小洪峰流量，改变地表水和地下水的比例，增加地下径流，改变径流分布过程，使河流水量的变化缓和、稳定。但森林对洪水的消弱作用也不是无限的。如对1981年7—9月四川特大暴雨洪水分析，森林消减洪峰的作用只不过10—20%，最大也不过25%。森林对孤立洪峰效应明显，而对连续洪峰调蓄作用则不明显，因此，对森林的作用不可忽视，也不可过分夸大。朱劲伟等（1982）定量分析了森林对洪水的影响，提出了森林对洪水影响的数学模式。

### （三）森林与蒸发散

森林蒸发散是森林水量平衡中重要因子之一，它包括森林植物群落中的全部物理蒸发和生理蒸腾，是由林地的蒸发、林冠截留水分蒸发和森林植物蒸腾三部分组成。森林蒸发散是森林植物水分散失的重要指标。目前测定森林蒸发散的方法很多，朱劲伟等（1982）认为热量平衡法和水量平衡法概念清楚，测得的量包括物理蒸发和生理蒸腾的总水量，比较符合实际情况。他们于1962—1965年用水量平衡公式余项法对东北小兴安岭红松林进行了研究，三年平均红松林总蒸散量占降水量的83.9%，采伐迹地的比值为69.6%。在森林总蒸发散中，林冠蒸发散所占比例较大，而林冠生理蒸腾和林地草本植物的蒸发散所占比例并不大。有学者在川西米亚罗对高山冷杉林三年的测定资料表明（马雪华，1981），冷杉林的蒸散量为降水量的30—40%。此外，部分学者用氚水作为示踪剂（满荣洲等，1986），用统计回归关系（张增哲，1982；穆天民等，1982）测定和估算了林木的蒸发和蒸腾，并提出了一些观测森林蒸发散的方法和理论（王正非等，1964；覃世等，1964；朱劲伟，1980）。

### （四）森林与土壤水分

在森林中地表的枯枝落叶层不仅具有吸持雨水的功能，而且可减少雨滴对土壤的溅击作用，枯枝落叶层的存在和分解还可增加土壤的有机质，改善土壤结构。植物根系又可增加土壤的孔隙，从而有利于下渗和渗透性能的提高，增加了土壤蓄水机会，改善了土壤水分状况。但另一方面，在森林植被覆盖的地方，由于根深，蒸散速度高，又减少了林地土壤水分，因此森林对土壤水分的影响取决于以上两方面的综合结果。

国内有关森林与土壤水分关系研究较多。刘昌明（1980）对林地土壤水分动态及与产流关系的研究，确定了林地产流影响深度达50厘米，相应的降雨最大初损量为250毫米。同时用数学模型对林地土壤水分的动态、林地土壤水分入渗量与降雨、植被截留量、雨前土壤水分含量的关系进行了模拟，取得了重要资料。付辉恩（1983）对祁连山（北坡）

寺大隆林区的观测表明,以苔藓-云杉林为主的森林类型下发育的灰褐土有机质含量高达5.9—11.0%,草本植物下发育的栗钙土有机质含量仅2.9%。苔藓-云杉林型林地非毛管孔隙大于10%,其表层土壤含水量大于60%,并随土层的加深而递减。苔藓-云杉林渗水性能比牧坡草地高十倍以上。广西大明山区不同森林类型水源涵养机能的计量化研究中有类似的结论(阎树文等,1982)。

另外,王百田(1985)、张增哲等(1987)采用谐波理论分别分析了黄土高原沟壑区刺槐林地和赣西北山地杉木、马尾松林地土壤水分动态变化规律,总的结论是:土壤含水量呈周期性变化,林地土壤含水量周期性变化大于草地、荒坡地;深层土壤含水量变化不大;郁密度高的林分土壤含水量高。

### (五) 森林与水源

森林不仅调节水的分配和流动过程,而且还影响水的理化特性,因此欧美各国把森林与水质的关系作为森林水文研究中的一个重要内容。我国在这方面,研究森林与侵蚀和泥沙的内容较多,而研究森林对于水化学性质影响的还很少。

在森林与侵蚀和泥沙方面,许静仪(1981)通过对湖北黄冈地区水土保持试验站实测资料的分析得出:森林可消减年侵蚀深度的94.7%,而且降水量分别为32.2毫米和121.6毫米时,森林拦沙作用只下降了3.2%,说明森林的减沙作用是稳定的。侯喜禄(1985)通过径流小区试验得到:与农地相比,柠条林减少泥沙99%,刺槐林减少98—99%,沙打旺减少95—97%。魏秉玉(1980)通过小流域实验证明森林小流域基本上没有泥沙流失。一些学者经过试验得到了类似的结论(汪江海等,1979;李寅生,1983;陈礼耕等,1985)。还有一些学者经过统计分析黄土高原不同森林覆被率的小流域实验资料(刘昌明等,1982),认为森林减沙效应随森林覆被率增加而增加的情况非常明显,即使在森林覆被率不太大的情况下,减沙效果也是显著的;森林减沙作用基本上与流域大小无关;森林在洪水退水期有大幅度减沙的效应。

马雪华(1980)研究了森林采伐与河流泥沙悬移质的关系,认为在泯江上游采伐森林,可使河流年平均含沙量增加1—3倍。

在森林对水化学性质的影响方面,卢俊培(1984)在海南岛尖峰岭半落叶季雨林区,通过对径流水的化学特性研究得到表2、表3。

表2 地表径流水化学成分 (kg/ha·yr) \*

项目	N	P	K	Ca	Mg	腐殖质	烘干残渣	Si	Fe	Al
林内水	0.32	0.05	1.22	1.17	0.31	3.60	49.89	0.55	0.01	0.03
林外水	25.28	7.01	19.56	45.24	12.71	949.80	16991.06	7.71	0.49	0.01
比值	78.8	169.1	16.2	33.7	41.1	253.60	340.60	13.90	69.30	25.16
林内沙	0.023	0.0002	0.004	0.002		0.0005	/	/	/	/
林外沙	43.13	0.335	6.427	3.327		0.771	/	/	/	/
比值	1875	1675	1606	1664		1542	/	/	/	/

\* 砂>0.25mm,其P为速效P, Ca、Mg为代换盐基总量

表 3 径流水分析资料 (mg/l, 1979—1981年) \*\*

项 目	N	P	K	Ca	Mg	腐殖质	烘干残渣	Si*	Fe*	Al*
林 内	2.93	0.42	11.46	10.83	2.64	33.40	471.70	3.48	0.04	0.21
林外外	9.71	3.33	7.19	15.69	4.08	353.30	6419.40	2.08	0.14	0.23
比 值	3.31	7.93	0.63	1.45	1.55	10.58	13.61	0.59	3.43	1.16

\* 1981年资料。

\*\* 根据历次分析样相等的径流量加权计算。

表中数据表明,林外径流的化学流失量比林内的大260—340倍。森林对径流具有一定物理过滤作用和化学调节作用,所以一般化学物质的浓度都是林内低于林外,也就是说森林可以减少地表径流的化学侵蚀。

马雪华 1985—1987年在江西省分宜县,对亚热带杉木人工林、马尾松林也开展了这方面的研究,取得了初步成果。

#### (六) 森林与水量平衡

水分循环与水量平衡是森林水文学的基本问题,也是森林水文学研究的重要基础。目前,我国森林区域的水分循环与水量平衡研究大多属于小尺度的分析,包括小森林流域或小森林区域的水量平衡、水文要素的制图与分析。朱劲伟等(1982)研究了东北红松林和采伐迹地的水量平衡,根据实测,得到了水量平衡各分量的分配关系:红松的蒸发散(84.3%)比采伐迹地蒸发散(71.7%)大,而红松林坡地径流(1.7%)远比采伐迹地(12.2%)要小,林冠层的总蒸发散占大气降水的57.2%,林地总蒸发量为林内降水的77.3%。总之,水量平衡各分量之间的关系,主要取决于下垫面结构特征,只要改变它的结构性质,水量平衡和水分循环有可能朝着人们所期望的方向变化。

马雪华(1981)通过四川米亚罗地区高山冷杉林水文作用的研究,认为在森林水分循环中,主要通过蒸腾这一主要环节影响径流量。

不少学者也从不同角度研究了森林植被的水分循环和水量平衡情况(霍应强,1980;王战等,1980;朱劲伟,1982;贺庆棠,1984;王维华等,1985)。

#### (七) 新技术的应用

随着森林水文研究的不断深入,新的学科和新的知识不断渗透到森林水文学领域中来,其中遥感技术是推动当前科学发展的重要手段之一。利用陆地卫星遥感资料,定量分析森林与年侵蚀模数,森林与最小和最大相对流量,森林与年平均含沙量的关系(欧润贵,1982),就是这项新技术在森林水文学研究中的应用。此外,环境同位素也已引入森林水文学的研究中(田砚亭等,1984)。

多元统计方法具有数学计算严密,宜于进行多变量综合分析的优点,因而在森林水文学研究中得到了越来越广泛的应用。夏自谦(1984)运用多元分析法探讨了多种环境因素

与森林水文的关系,分析影响森林水文状况的主导环境因子,并按其生态特性进行数量分类,在此基础上进行了森林水文分区。

在森林水文研究中,土壤物理学、土壤水动力学、模糊数学、系统分析等学科的不断渗透,极大地推动了在森林水文学研究的发展。而且模拟实验研究技术也在森林水文学研究中得到应用。

### 三、中国森林水文研究展望

通过以上几方面的综述可以看出,我国森林水文学的研究在纵向深入和横向联合两个方面都取得了明显进展。森林水文要素的单项研究,是森林水文研究的基础,通过对各单项因素的测定分析,就能逐步掌握林区水分运动规律,森林环境的变化对水分循环的影响,以及各区域类型森林与水文作用的机理。通过流域研究,不但能了解森林水文要素随着森林演替系列所引起的水文过程的变化,而且能确定流域的森林类型、覆盖率及对水文过程的影响。单项研究与流域试验相结合,便于探明森林流域对径流的影响机制,建立流域模型,用于评价森林经营实践活动、预测预报不同森林类型的流域在影响水文循环过程的特点和差异程度,为恢复和扩大我国森林资源、保护生态环境,以及水资源的合理开发利用提供科学依据。但也应该指出,中国在森林水文学研究方面由于起步较晚,尚处探索阶段。森林水文要素的单项研究较多,系统综合性的定位研究相对较少。到目前为止,各单项研究仍处分散进行,试验区的森林常常受人为了干扰破坏,难于保证专题研究计划的执行。为使森林水文研究能够达到长期、稳定、综合的目标,谨向国家科委、林业部提出如下建议,望能予以认真考虑。

1. 按气候带和主要森林类型区,有计划地布设以森林流域为单元的长期定位观测站网,便于把自然状态下的观测与人工模拟研究相结合,把基础研究同生产实践相结合,以取得应用的生态—经济—社会效益。

2. 组织力量制定森林水文研究观测规范,有利于统一研究方法,便于研究成果的整编。

3. 组织有关科技力量开展协作攻关,以提高研究质量和水平。

4. 建议林业院校,积极增设森林水文课程或专业,培养森林水文的后继科技人材,以保证研究工作长期进行。

5. 积极开展有关森林水文的国际科技交流,促进森林水文学科的发展和提高。

只要我们不断努力,相信我国森林水文学研究将会提高到一个新的水平,为我国的四化建设做出积极地贡献。

### 参 考 文 献

- [1] 姜志林:森林生态系统蓄水保土的功能,《生态学杂志》,6期,1984年
- [2] 朱劲伟:红松林和采伐迹地的水量平衡分析,《生态学报》,4期,1982年
- [3] 马雪华:四川米亚罗地区高山冷杉林水文作用的初步研究,《研究报告》(中国林业科学研究院林业研究所),1期,1981年

- [4] 霍应强: 森林水文生态综合鉴定法研究,《人民黄河》,5期,1980年
- [5] 王战等, 森林植被与水量平衡,《陆地生态》,1980年
- [6] 王维华等: 小兴安岭林区森林水文效应分析,《东北林学院学报》,2期,1985年
- [7] 朱劲伟: 小兴安岭红松阔叶林的水文效应,《东北林学院学报》,2期,1984年
- [8] 贺庆棠: 森林对环境能量和水文收支的影响,《北京林学院学报》,2期,1984年
- [9] 卢俊培: 海南岛森林水文效应的初步探讨,《热带林业科技》,1期,1982年
- [10] 刘向东等: 对六盘山森林截留降水作用的研究,《林业科技通讯》,3期,1982年
- [11] 傅辉恩: 东祁连山西段(北坡)森林涵养水源作用的初步研究,《北京林学院学报》,1期,1983年
- [12] 李树人等: 泡桐林物质流研究(I)[泡桐林冠对降雨的再分配],《河南农学院学报》,3期,1984年
- [13] 梁建民: 林冠截留降雨的观测试验研究,《地理集刊》,12期,科学出版社,1980年
- [14] 崔启武等: 林冠对降水的截留作用,《林业科学》,2期,1980年
- [15] 王正非等: 森林气象学,中国林业出版社,1985年
- [16] 王彦辉: 陇东黄土地区刺槐林水土保持效益的定量研究,《北京林业大学学报》,1期,1986年
- [17] 阎树父等: 广西大明山区不同森林类型水源涵养机能的计量化研究,《林业科技通讯》,9期,1982年
- [18] 王正非等: 森林总体蒸发散的测定设计,《中国科学院林业土壤研究所集刊》,(第1集),科学出版社,1964年
- [19] 王正非等: 林冠蒸发散的计算[来源同上]
- [20] 覃世等: 利用 Potometer 法对甘肃子午岭林区山杨林与辽东栎林的总体蒸发散进行测定的初步报告[来源同上]
- [21] 朱劲伟: 波文比在森林蒸发散中的作用及其处理,《林业科学》,1期,1980年
- [22] 穆天民等: 兴安落叶松森林蒸腾的初步研究,《东北林学院学报》,2期,1982年
- [23] 刘昌明等: 黄土高原森林对年径流影响的初步分析,《地理学报》,2期,1978年
- [24] 中国林学会考察组: 华北地区森林涵养水源考察报告,《山西林业科技动态》,1982年
- [25] 李昌荣: 关于森林对河川流量的影响及意义,《南京林学院学报》,3期,1982年
- [26] 马雪华: 岷江上游森林的采伐对河流流量和泥沙悬移质的影响,《自然资源》,3期,1980年
- [27] 李昌哲等: 森林植被水源涵养效益的研究,《林业科学》,1期,1986年
- [28] 张天曾: 从永定河东沟西沟河川特征看森林植被的水文作用,《自然资源》,4期,1986年
- [29] 三焕榜等: 以清水河为例看森林在半干旱地区的水文效应,《地理学与国土研究》,1期,1985年
- [30] 崔启武: 论水热平衡方程在研究人类活动对径流影响的计算中的进一步应用,《中国科学院林业土壤研究所集刊》(第1集),科学出版社,1964年
- [31] 中国地理学会水文专业委员会: 地理水文研究综合评述,中国地理学会第三次全国水文学学术会议论文集,科学出版社,1986年
- [32] 许静仪: 人类活动对径流的影响,(工程水文及水利计算第13期),水利出版社,1981年
- [33] 侯喜禄等: 不同植被类型小区径流泥沙观测试验,《泥沙研究》,4期,1985年
- [34] 魏秉玉: 子午岭林区径流泥沙的影响,科技参考资料汇编(第六册),1980年
- [35] 李寅生: 林草措施拦沙效益的研究,《水土保持通报》,3期,1983年
- [36] 汪江海等: 滇南热带雨林的垦殖利用与水土流失关系的研究,《热带植物研究》,总13期,1979年

- [37] 陈礼耕等: 林草保持水土效益的初步研究, 水土保持科技资料汇编, 总 11 期, 1985 年
- [38] 卢俊培等: 海南岛尖峰岭半落叶季雨林生态效的研究 I——径流水的化学特征, 《热带林业科技》, 3 期, 1984 年
- [39] 欧润贵: 应用遥感资料进行森林对水文环境效益计量分析, 《中南林学院学报》, 2 期, 1982 年
- [40] 欧润贵: 森林与水文作用的计量分析, 《林业科技通讯》, 8 期, 1982 年
- [41] 田砚亭等: 利用氘水测定树木蒸腾量和生物量方法的介绍, 《北京林学院学报》, 3 期, 1984 年
- [42] 夏自谦: 多元分析在森林水文区划中的应用, 《林业科技通讯》, 4 期, 1984 年
- [43] 刘家冈: 林冠对降雨的截流过程, 《北京林业大学学报》, 2 期, 1987 年
- [44] 汪振儒等: 确切地认识森林的作用——与黄秉维先生商榷, 《地理知识》, 8 期, 1981 年

# 国外森林水文研究概述

张建列 李庆夏

(东北林业大学)

当前,由于世界人口激增,人类对自然资源的压力越来越大,人与自然的矛盾也日益尖锐。由于不合理的采伐利用,森林面积正在逐年减少,土壤沙化面积不断扩大,洪涝旱灾频繁,人们赖以生存的美好环境受到严重威胁,人类的正常生活秩序受到干扰,每年都有成千上万的生命死于灾荒和饥饿。

面对大自然的挑战,各国的森林水文工作者正在积极探索,围绕着森林的影响、森林流域的水量平衡,森林中降水的分配、采伐和火烧等人类生产活动对水文规律的影响,以及森林对水质的影响积极展开研究,并且已取得了多方面的成果。森林水文的研究对于了解森林的作用、合理地管理森林、保护自然环境、维持生态平衡,有着极其重大的意义。

森林水文的研究重点因各国情况不同而异,普遍来看,欧美各国在森林对水量和水质的影响方面都有比较系统的研究,他们不仅仅着眼于定性的研究,而且很注重定量的研究。并且普遍采用了先进的研究分析手段,如计算机等。此外,许多国家还注意了研究的长期性和连续性,提供了几十年乃至上百年的观测数据,这些都是值得我国研究工作者借鉴的。

我国森林水文研究的历史较短,从事研究的人员也较少。此外,由于受到研究经费不足等局限,我国在这一领域的研究还不够深入和普遍,从已经取得的研究成果来看,也是定性的多,定量的少;典型区域研究多,按流域进行综合研究分析少;水分循环方面的研究多,养分循环和水质方面的研究少。

## 一、一些国家的研究概况

在森林水文研究中,存在着两大学派。一种学派认为,森林可以增加降水,可以增加河水流量;另一学派则认为,森林不具备增加降水的作用,森林采伐后,河水的流量不是减少而是增加。古代的学者一般都持第一种观点。在现代学者中赞同第一种观点的多数在苏联和中国,如苏联的 B.N. Moiseev 根据对苏联西北部和上伏尔加流域 100—1900 平方公里以及 2000—20000 平方公里集水区的观察,提出森林覆盖率每增加 10%,小流域内的河川流量约增加 19 毫米/年。西方学者普遍持第二种观点,如美国的学者认为,森林的用水量很大,林区的河水流量一般都小于其它植被类型和空旷地。森林地区所以具有较高的降水,一方面是因为林区地理位置处在高海拔地区,故降水较多;另一方面是因为林内雨量器的捕捉量不受风的影响所致。尽管森林不具备增加降水的功能,但它的水文意义却是不可低估的,森林可以提供蔽阴,调节极端温度,减少风沙与噪音,截留部分积雪和降雨,减少地表径流,调节河水流量,增加相对湿度,减少土壤侵蚀。正因为如此,人们才

觉得森林环境舒适、静谧、优雅、宜人。

## 二、研究方法及成果

### (一) 树冠截留

树冠截留在降水中占有相当比重，截留量的多少与树冠特点和季节性变化关系密切，观测结果也因此差异很大。

澳大利亚的 N.J.Schofield(1984)对桉树的测定表明，截留损失占总降水的 9—16%；R.E.Prebble 等 (1980) 测得银叶铁皮树 (*E.melanophlora*) 的截留损失为 11%；印度的 R.P.Singh 等 (1983) 发现，35 年生雪松 (*Cedrus deodara*) 为降水的 25.2%，在降雨量最大的 7 月份为 18.7%，在雨量最小的 2 月份为 69.1%。这些研究揭示出，旱季的截留损失大于雨季。

温带及寒温带树木的截留量与热带又有所不同，前者一般大于后者。如匈牙利有两片种源地，一片林龄为 105 年，另一片为 78 年。经测定，截留量分别占降水的 25% 和 23%，其中生长季节占 29% 和 19%，其它季节占 21% 和 30% (E.Fuhrer, 1981)。加拿大的 A.P.Plamondon 等人 (1984) 发现，冷杉林 (*Abies balsamea*) 的截留量为 15.1—38.6%。他们还发现，截留损失随着落叶的增加而减少，随着覆被率的增加而增加。这说明截留损失与叶面积大小息息相关。为了确定截留与叶面积之间的定量关系，美国的 J.M.Tromble (1983) 采用人工降雨方式对拉瑞阿灌木 (*Larrea tridentata*) 进行测定，据 44 棵灌木的平均值，每平方厘米可截水 1.2 克，每平方厘米叶面积可截水 0.54 克；树冠密度达到 30% 时，截留损失为 22%；降雨小于 5 毫米时，雨水可全被截留。与截留关系最密切的是叶面积，其次是枝干数。树干截留量一般只占 0.3—3.8%，因此在水量平衡中可以忽略不计。

### (二) 穿透水

穿透水与林分密度成反比，随着树冠截留的增加而减少，随着离树干距离的增大而增加，数量上等于降水减去树冠截留与树干流之和。

穿透水的测定方法有以下几种：

保加利亚的 L.Tsonkov(1984)发明了一种穿透水取样装置，用一根由惰性化学材料编织而成的长 15—20 米、粗 6 毫米的绳子，将两端系在同一高度上，中间接上一根管子，管子引向固定在地面上的收集器，使绳子与地面成 15—30° 的角。

加拿大的 M.K.Mahendrappa 等 (1982) 采用标准雨量器和经过改进的漏斗形收集器测定穿透水，结果表明，两种方法基本一致。在测定的基础上，他们确定了计算穿透水 (Y) 的回归模型： $Y = bX - a$  (其中 X 为降雨量，b 为斜率，a 为截距)。

美国的 J.W.Raich(1983)曾对哥斯达黎加的湿地成林和一片一年生演替林作过六个月观测，结果发现，成林穿透水占总降雨的 52%，演替林占 68%。

西德有一份报告 (J.Weihe, 1984) 提出，取样布点方式不同，结果会有差异。他测

定了两片密度不同的云杉林分，用系统布点方式测得稀疏林分的穿透水为 77.6 毫米，郁闭林为 38.7 毫米；采用随机布点方式测得稀疏林为 130.3 毫米，郁闭林未测。作者认为，这种差异与风向的变化有关。

### (三) 蒸发与蒸腾

森林流域的蒸发与蒸腾包括树冠截留、枯落层截留、地面蒸发、上层乔木和下层灌木的蒸腾等要素。测量的方法也是多种多样的。美国佛罗里达大学林学院的 N. Riekerk (1985) 采用窝式双箱渗透计测定树木的蒸腾，将树木移植到箱内，箱内装上渗透计、传感计和数据记录仪，测量精度可达 1 毫米(即渗透计总重 14000 公斤的 0.05%)。结果表明，最大蒸腾量可达 11 毫米/天。

东德的 K.H. Simon 等人 (1985) 采用氡示踪法对 67 年生挪威云杉作了测定，结果是：蒸腾占降水的 88%，地下渗水占 6%，地表径流占 6%。在此基础上，他们估计云杉林每年的耗水量为：每吨干树生物量需水 823 立方米。

澳大利亚的 F.X. Dunin 等人 (1985) 在 1980—1983 年期间，采用两种不同的方法测量桉树的蒸发，一种是根据气象资料用能量平衡法进行计算，一种是用可整体称重的大型渗透计 (10.35 平方米) 进行测定，两种方法所得结果完全一致。

林分蒸腾量的多少与降水量有密切关系。据美国的 N. Riekerk (1985) 对湿地松幼林的测定，蒸腾量 1981 年为 923 毫米，第二年降雨量增大，蒸腾量也随之增加到 1089 毫米。实验证明，树冠湿润时的蒸发速度要比干燥时树冠的蒸腾速度高三倍以上 (J. W. Holmes; B. Olszyczka, 1982)。

树种不同，蒸发速度也不同，即使是同一树种，不同的季节里差异也很大。美国亚历桑那大学林学院的 L.W. Gay 和 R.K. Hartman (1982) 采用鲍恩比能量平衡法测定盐雪松 (*Saltcedar*) 林分的蒸腾，四月初为 2.9 毫米/日，六月末为 11 毫米/日；十月末为 1.8 毫米/日，六月末最高时曾达到 12.7 毫米/日。他们估计，盐雪松林分的年用水量为 1717 毫米。中国北京林业大学满荣洲等人用氡水示踪法测定油松 (*Pinus tabulaeformis*) 人工林的蒸腾占同期降水的 60%。东德的一份报告 (K.N. Simon, 1985) 指出，挪威云杉林分的蒸腾占降水 (698 毫米) 的 88%。澳大利亚的 E.A.N. Greenwood 等人 (1985) 经过两年观测发现，上、中、下层林木的总蒸腾量占年降水的 51%。Greenwood 同年还发现，草场的蒸发量占降水的 60%，而桉树人工林的蒸发量是降水量的 2.4—4.0 倍。

蒸发与叶面积的关系也是相当密切的。澳大利亚的 F.X. Dunin 等 (1982) 发现，针叶林的截留损失大于桉树林，这是由于针叶树叶面积大、生长期长、不受季节变化所致。其他人的研究也证明，在土壤湿度和能量输入都相同的条件下，特定树种生长季节的蒸发散量与叶重成正比 (P.P. Zalitis, 1981)。

由于蒸腾与叶面积直接相关，所以一般情况下上木的蒸腾量大于下木。英国的 J. Roberts 等人 (1980) 发现，欧洲蕨 (*Pteridium aquilinum*) 占欧洲赤松林分总蒸发量的 20—25%，但在极端干旱条件下，也可占到 50% 以上。

植被类型不同，蒸发速度也不同，一般规律是：森林大于草场，草场大于裸地。