

中国森林生态系统定位研究网络(CFERN)系列丛书

大兴安岭森林生态系统 水文规律研究

周梅 著



中国科学技术出版社



中国森林生态系统定位研究网络(CFERN)系列丛书

大兴安岭森林生态系统 水文规律研究

周 梅 著

研究资助：国家林业局“九五”、“十五”重点项目（96-27、2001-01）
国家自然科学基金重大项目（39899370）
内蒙古自然科学基金（99054、20020802317）
内蒙古科技攻关项目（20030703）

中国科学技术出版社

• 北 京 •

图书在版编目 (CIP) 数据

大兴安岭森林生态系统水文规律研究/周梅著.
—北京:中国科学技术出版社,2003.12
(中国森林生态系统定位研究网络 (CFERN) 系列丛书)
ISBN 7-5046-1467-X

I 大… II 周… III. 森林-生态系统-研究-大兴安岭地区 IV. S718.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 119575 号

中国科学技术出版社出版
北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮政编码:100081 电话:62103202
北京长宁印刷有限公司印刷

*

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 14 字数: 349 千字
2003 年 12 月第 1 版 2003 年 12 月第 1 次印刷
定价: 45.00 元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、
脱页者, 本社发行部负责调换)

大兴安岭生态站位置图（注：来源中国可持续发展林业战略研究项目组
《中国可持续发展林业战略研究林业问答卷》）



(1)

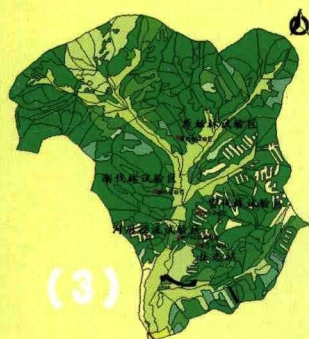


2 大兴安岭森林生态站地貌类型遥感图

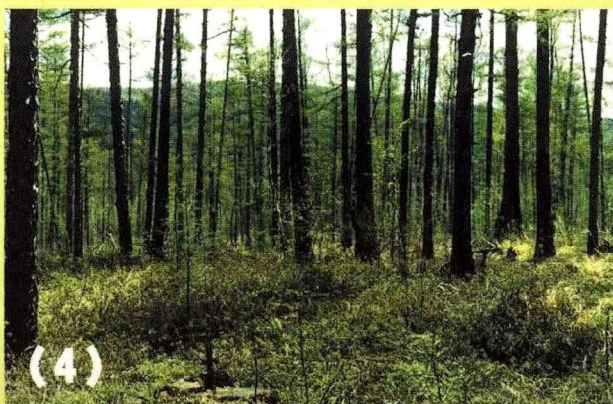
3 大兴安岭生态站试验区分布及植被分布示意图

4 杜香落叶松原始林，林龄160年，平均树高29m，平均胸径29cm

5 能量观测场



灌丛地 幼龄林 中龄林 近成过熟林
 荒山荒地 落叶松 阔叶松 杨、桦等
 沼泽地 采伐迹地



(4)



(5)



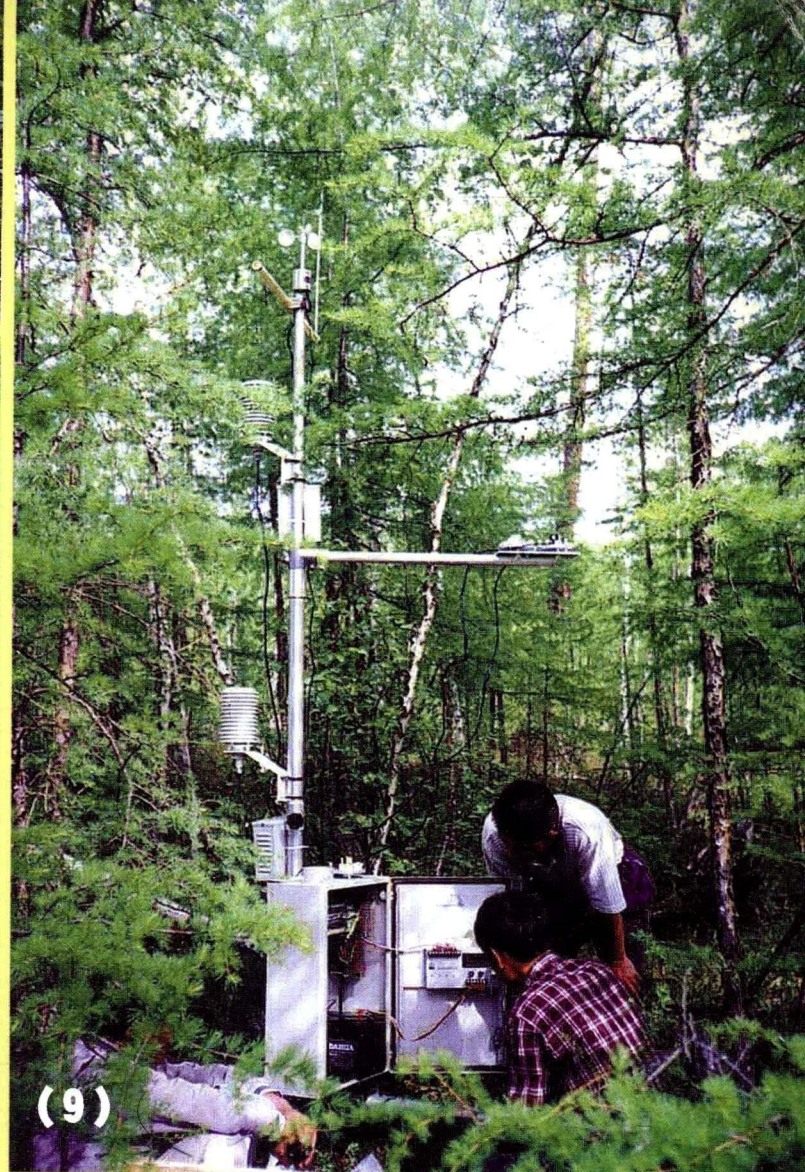
(6)



(7)



(8)



(9)

6 水量平衡标准地——林内降雨的测定

7 林外降雨的测定

8 树干茎流测定

9 全自动小气候观测站

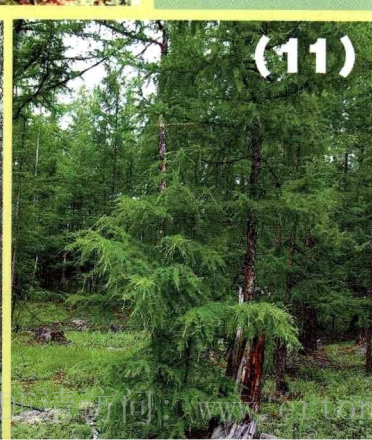
10 兴安落叶松林火烧之后

11 兴安落叶松天然更新

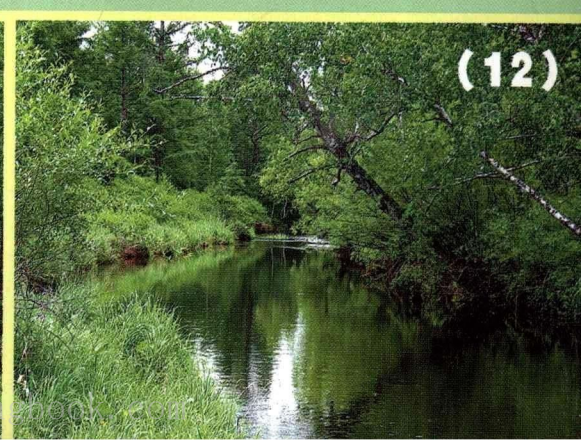
12 试验区主要河流



(10)



(11)



(12)

内容提要

本书是中国森林生态系统定位研究网络（CFERN）系列丛书之一。

本书以多年野外定位资料和区域气象、水文、森林资料为基础，在大兴安岭北部、中部选择若干典型流域，以定位研究方法为主，辅以区域统计分析和模型模拟方法，根据兴安落叶松林生态系统对水分传输和水量转化的作用过程，研究落叶松林生态系统林冠层对降水的调蓄规律；落叶松林的蒸散及能量转换规律；大兴安岭典型流域河川径流随机规律；大兴安岭森林覆盖率、森林火灾、森林采伐对河川径流影响；兴安落叶松原始林水化学特征；气候变化对大兴安岭林区冻土水文的影响及生态响应等。

本书有助于正确评价大兴安岭森林的作用，为大兴安岭林区实行天然林保护工程提供有价值的实验数据和理论依据，也为当地落叶松林经营活动提供技术支撑。

本书可供从事水土保持、林学、生态、水文、环境保护等领域的研究人员、大专院校师生以及管理人员、技术人员参考。

序 一

大兴安岭林区为黑龙江、嫩江和额尔古纳河的上游流域，负有重要的水源涵养使命。它同时又是呼伦贝尔大草原的生态屏障。因此，研究大兴安岭森林生态系统对东北地区，乃至全国及欧亚大陆生态平衡有着不可替代的作用。

中华人民共和国建国以来，林学家、生态学家曾对大兴安岭进行过许多卓有成效的研究。但作为长期定位研究，还是在 20 世纪 90 年代初期，原国家林业部就在内蒙古大兴安岭林区设立了大兴安岭落叶松林生态系统定位研究站，开始对落叶松林生态系统进行系统结构、功能、生产力、碳素及水文研究。

关于森林水文研究，诸如林区降水及林冠截留特征；森林蒸散及能量转换；河川径流及水化学特征；湿地、冻土、林火对落叶松林的复合干扰等，都是周梅博士十余年来在大兴安岭森林生态站及周边地区研究的内容。现将研究成果整理成书，是非常可喜可贺的事。

总体来看，该书有如下特点：(1)全书篇幅不大，但涉及面广，内容丰富翔实；(2)首次提出对大兴安岭林区可用随机水文模型作为模拟和预测水文系列的方法；(3)采用降水化学含量主成分分析，求得降水再分配形式对森林养分循环的贡献率，这在水化学特性分析方法上是一项突破；(4)开创冻土与森林乃至全球气候变化关系的研究，这将成为人们的关注点。

周梅博士是我的学生、助手和同事。我深知她的这部专著来之不易。回忆起建设大兴安岭森林生态站的岁月，周梅的敬业精神、吃苦耐劳、好学上进、细心泼辣，都给大家留下深刻印象。近年来，她深入林区搜集第一手资料，撰写发表了许多有见地的论文。十年磨一剑，如今，周梅同志又将自己多年辛勤劳动和研究的成果奉献于社会，深切希望她“百尺竿头，更进一步”。

内蒙古生态学会副理事长

内蒙古农业大学林学院教授

冯 林

2003 年 11 月 12 日

序 二

大兴安岭是我国惟一的寒温带地区，以兴安落叶松分布为主体，黑龙江、嫩江的几十条支流都发源于大兴安岭林区，大兴安岭林区是松嫩平原和呼伦贝尔草原的天然屏障。它为维护我国东北地区生态平衡起着重要作用。

周梅博士和她的同事近十多年来潜心于大兴安岭兴安落叶松林森林生态系统的研究，取得了较大进展，本书是她近年来大兴安岭森林生态系统水文规律部分研究成果的总结。

周梅博士从树冠截留、森林蒸散、随机水文、径流调节、森林水质、气候变化等方面，探讨了落叶松林生态系统林冠层对降水的调蓄规律；落叶松林的蒸散及能量转换规律；大兴安岭典型流域河川径流随机规律；大兴安岭森林覆盖率、森林火灾、森林采伐对河川径流的影响；落叶松原始林水化学特征及气候变化对大兴安岭林区冻土水文的影响及生态响应规律等问题。提出了一些有学术价值和应用价值的论点，如首次引入通径系数概念分析气象条件对各种雨量的影响、利用水量平衡原理，研制了大兴安岭落叶松原始林区和中部阔叶落叶林区森林蒸散及各要素分配格局模型等。

本书涉及水土保持、生态、林学、水文等方面的一些重要问题，周梅博士在长期的第一线工作中，取得了大量基础数据。资料丰富、内容翔实，能够综合运用各方面知识，研究内容具有一定深度和难度，所得结论在我国寒温带兴安落叶松原始林森林水文研究中尚属首创，对进一步研究有关问题和促进大兴安岭林区发展具有重要的指导意义。

中国林学会森林水文与流域治理专业委员会常务副理事长

北京林业大学水土保持学院教授

余新晓

2003年11月10日

前 言

森林是陆地生态系统的主体，不仅占有近 30% 的陆地面积，占有地球 60% 以上的生物量，而且存在巨大的生态、经济和社会效益。水是生态系统中最基本的要素之一，是地球上一切生命的源泉和重要组成物质。森林具有一系列水文作用，如森林的林冠截留作用、森林影响蒸发作用、森林的涵养水源、调节和缓洪作用、森林的改善水质作用等等。

大兴安岭是我国惟一的寒温带地区，以兴安落叶松分布为主体，黑龙江、嫩江的几十条支流都发源于大兴安岭林区，茫茫林海成为松嫩平原和呼伦贝尔草原的天然屏障。它为维护我国东北地区生态平衡起着重要作用。大兴安岭森林从 19 世纪末开始采伐，百余年来，落叶松林遭到严重的人为破坏，可采资源日趋减少，落叶松林质量不断下降。受全球气候影响，气温转暖，冻土界线北移，生态环境日趋恶化。1998 年，嫩江发生了几百年不遇的特大洪水。究其原因，除其自然因素外，嫩江上游大兴安岭林区森林植被遭到破坏是重要的影响因素。

大兴安岭林区在气候、土壤、植被等方面与我国其他林区相比有许多独特之处，其落叶松林生态系统是我国森林生态系统的重要组成部分并具有较强的代表性。国家林业局根据我国的气候带和主要森林类型，相继在全国建立了 15 个森林生态系统定位研究站。内蒙古大兴安岭落叶松林生态系统定位研究站于 1991 年开始筹建，1995 年正式观测。

本书涉及森林水文诸方面问题，论述了落叶松林生态系统林冠层对降水的调蓄规律以及落叶松林的蒸散及能量转换规律，并构建落叶松林蒸散分配格局模型；阐释了大兴安岭典型流域河川径流随机规律，尝试进行了人工水文系列的生成；分析了大兴安岭森林覆盖率、森林火灾、森林采伐对河川径流影响并进行模型模拟；分析了落叶松原始林水化学特征；探讨了气候变化对大兴安岭林区冻土水文的影响及生态响应问题。

本书研究目的在于揭示大兴安岭落叶松林与水文作用的关系，揭示大兴安岭落叶松林水文生态功能，以及大兴安岭特有森林环境下冻土、森林、水的相互共存、相互制约的机理，正确评价大兴安岭落叶松林的作用，从而掌握该生态系统功能及控制过程，为大兴安岭林区实行天然林保护工程提供理论依据，也为当地落叶松林经营提供技术支撑。

由于笔者学识有限，书中难免有不妥之处，敬请各位专家和读者批评指正。



序一
序二
前言

1 森林生态系统水文研究进展综述	(1)
1.1 国内外森林水文研究发展状况	(1)
1.1.1 森林水文认识时期	(1)
1.1.2 森林水文研究的开始与发展时期	(1)
1.1.3 森林水文研究的全面发展时期	(2)
1.1.4 我国森林水文研究发展状况	(3)
1.2 林木截留降水过程的研究	(4)
1.2.1 林冠截留的研究	(5)
1.2.2 树干茎流分析	(7)
1.3 森林生态系统蒸散的研究	(8)
1.4 森林对河川径流影响研究	(9)
1.4.1 森林对年径流的影响	(10)
1.4.2 森林对洪水径流的影响	(12)
1.4.3 森林对融雪径流和枯水径流的影响	(13)
1.5 森林与水质的研究	(13)
1.5.1 森林生态系统降水养分循环	(13)
1.5.2 国外森林环境水化学研究进展	(16)
1.5.3 干扰对森林水质的影响	(19)
1.6 存在的主要问题与发展趋势	(20)
1.6.1 存在的主要问题	(20)
1.6.2 发展趋势	(21)
2 研究区域概况及试验区基本情况	(23)
2.1 大兴安岭林区概况	(23)
2.1.1 地理位置	(23)
2.1.2 地质、地貌	(23)
2.1.3 土壤	(24)
2.1.4 冻土	(25)
2.1.5 气候	(26)
2.1.6 水文、水系	(26)
2.1.7 植被	(27)

2.2	试验区概况	(28)
2.2.1	行政区位置	(28)
2.2.2	自然地理环境	(28)
2.2.3	河流水文条件	(29)
2.2.4	植被类型及群落特征	(29)
3	研究目标、内容与技术途径	(30)
3.1	研究目标	(30)
3.2	研究内容	(31)
3.3	技术路线	(32)
3.4	试验设计与研究方法	(33)
3.4.1	试验设施设计	(33)
3.4.2	试验测定方法	(36)
3.4.3	研究方法	(38)
4	林区降水特征与落叶松林冠截留降雨过程分析	(45)
4.1	林区降水特征分析	(46)
4.1.1	降水时空分布特点	(46)
4.1.2	降水季节分配	(46)
4.1.3	降水量的年内分配	(48)
4.1.4	降水的年际变化	(49)
4.2	落叶松原始林林冠截留过程分析	(49)
4.2.1	落叶松原始林林外降雨的特征	(50)
4.2.2	落叶松原始林林内降雨的规律	(53)
4.2.3	落叶松原始林树干茎流的特征	(63)
4.2.4	落叶松原始林林冠截留规律分析	(69)
4.3	小结	(75)
5	林区蒸发特征与水分蒸散及能量转换规律	(77)
5.1	大兴安岭林区水面蒸发特征分析	(77)
5.1.1	水面蒸发量的区域分布状况	(77)
5.1.2	水面蒸发的年际变化	(78)
5.1.3	水面蒸发年内分配特征	(79)
5.2	森林蒸散分析方法确定	(80)
5.3	落叶松林蒸散及能量转换规律	(82)
5.3.1	落叶松原始林热量平衡日进程	(82)
5.3.2	落叶松原始林热量平衡月进程	(87)
5.4	森林流域蒸散模拟	(89)
5.4.1	落叶阔叶林蒸散及各要素分配格局模型建立	(90)
5.4.2	流域基本概况	(92)
5.4.3	参数的确定	(93)

5.4.4	模拟结果分析	(94)
5.5	小结	(95)
6	林区河川径流随机规律模拟及预测	(97)
6.1	林区河川径流特征分析	(97)
6.1.1	径流年际变化分析	(97)
6.1.2	径流年内变化分析	(98)
6.1.3	年径流丰枯交替变化趋势	(101)
6.2	典型河流径流随机规律模拟及预测	(102)
6.2.1	趋势和跳跃成分分析	(103)
6.2.2	周期成分分析	(111)
6.2.3	随机成分分析	(113)
6.2.4	年径流序列模型的建立	(117)
6.2.5	根河水文序列的季节性模型建立	(119)
6.3	小结	(126)
7	大兴安岭森林对河川径流的调节规律	(128)
7.1	森林覆盖率对河川径流的影响	(128)
7.2	森林火灾对流域河川径流影响分析	(131)
7.2.1	流域概况及火烧程度	(132)
7.2.2	建立径流对比模型	(133)
7.2.3	森林火灾对流域河川径流影响分析	(135)
7.3	多年冻土流域森林采伐对河川径流影响	(136)
7.3.1	双重筛选逐步回归分析法	(136)
7.3.2	森林采伐对径流的影响分析	(138)
7.4	应用水量平衡模型预测森林采伐对流域年径流影响	(142)
7.4.1	早期采伐条件下流域径流变化模拟	(142)
7.4.2	未来采伐对径流影响预测	(144)
7.5	小结	(145)
8	落叶松林生态系统水化学特征及森林流域水质状况分析	(147)
8.1	降水输入养分特征分析	(147)
8.1.1	林外降水的养分输入	(148)
8.1.2	林外降水输入养分含量月际变化	(150)
8.1.3	林外降水输入养分含量年内分配	(150)
8.2	系统内部养分循环	(153)
8.2.1	林内降雨和树干茎流雨的淋溶效应	(153)
8.2.2	林内降雨和树干茎流雨在生长季中养分含量变化	(155)
8.3	径流输出养分特征分析	(157)
8.3.1	径流养分输出	(157)
8.3.2	径流输出在生长季养分含量变化	(158)

8.4	森林水文过程中降水化学含量的主成分分析	(161)
8.4.1	主成分分析基本原理与方法	(161)
8.4.2	各种水体主成分分析	(163)
8.5	次降雨过程的养分含量对比分析	(167)
8.5.1	次降水输入和林内降雨养分特征对比分析	(167)
8.5.2	第一次降雨前后养分元素径流输出分析	(168)
8.6	森林流域河流水质特征及饮用水水质状况	(169)
8.6.1	森林流域的河流水质特征	(169)
8.6.2	森林流域溪流饮用水水质状况	(170)
8.7	小结	(172)
9	气候变化对大兴安岭冻土水文的影响及生态响应	(174)
9.1	气候变化对林区冻土水文的影响	(174)
9.1.1	大兴安岭多年冻土退化问题	(174)
9.1.2	冻土条件下的气温变化分析	(175)
9.1.3	积雪深度变化分析	(177)
9.1.4	径流量变化分析	(179)
9.2	气候变化条件下的冻土对森林的影响分析	(181)
9.2.1	冻融侵蚀对森林生长环境的影响	(181)
9.2.2	冻土与落叶松的生长发育	(182)
9.3	冻土的扰动对林区湿地的影响	(184)
9.3.1	冻土变化下的湿地特性	(185)
9.3.2	冻土退化与湿地的环境功能	(185)
9.4	小结	(186)
10	结论与讨论	(187)
10.1	结论	(187)
10.1.1	大兴安岭水文特征	(187)
10.1.2	截留降雨过程及模拟	(187)
10.1.3	水分蒸散及能量转换规律	(188)
10.1.4	径流随机规律模拟与预测	(188)
10.1.5	森林对河川径流的调节规律	(189)
10.1.6	落叶松林水化学特征	(189)
10.1.7	气候变化对冻土水文的影响及生态响应	(190)
10.2	讨论	(190)
	主要参考文献	(194)
	后 记	(210)

1 森林生态系统水文研究进展综述

森林生态系统是陆地生态系统的主体，也是维持和调节陆地生态系统平衡和改善生态环境的基础（王淑元、林升寿，1994）。森林水文系统是森林生态系统的重要组成部分。现代森林水文的研究是以生态系统为中心，结合森林生态系统结构、功能及其生产力的探讨，参与森林生态系统能量流动和物质循环的研究来揭示各种水文现象的发生、发展规律及其内在的联系，并以包括森林水文循环、水质变化以及森林水文效益在内的森林生态系统的综合知识来调节森林生态系统的平衡，维持森林生态系统的稳定性和持续性（潘维传等，1989a）。

1.1 国内外森林水文研究发展状况

1.1.1 森林水文认识时期

关于森林对水的影响，古人有许多直观的了解。远在公元 7 世纪，日本法律条文中就有“为防止河川泛滥，涵养水源，禁止乱伐森林”和“设置水源林”的规定。公元 1215 年，法国颁布了“森林与水之法规”。16 世纪，法国、奥地利、意大利等国都先后颁布了禁止采伐水源林的法令。1862 年，德国在克鲁奇开始观测林冠截留。1879 年，奥地利人开展过森林截留降水和蒸发蒸腾的探讨。

1.1.2 森林水文研究的开始与发展时期

真正将森林水文学作为一门科学来进行实际观测和分析的研究开始于 19 世纪末。

1898 年，美国开始在其东南部的森林中研究森林对气候、公众健康、土壤及暴雨的影响。1909 年，美国政府在一份关于 Mississippi 河防洪计划的报告中提及森林对洪水的控制没有影响，但到了 1911 年，当 Mississippi 河爆发了罕见的洪水时，森林对暴雨径流的影响作用开始被人们关注。同年，美国在科罗拉多州的 Wagon Wheel Gap 流域进行了森林采伐与溪流流量关系的试验。1921 年，美国农业部门在 Asheville 建立了 Appalachian 山森林实验站（现叫 Southern 实验站），从 1926 年开始广泛的包括径流和侵蚀控制的研究。

1933 年，美国政府在北卡罗来纳州建立了 Coweeta 实验站。1939 年以后，在 Coweeta 进行了各种实验性研究，如：证明陡坡耕作、林地放牧、无限制采伐对土壤和水资源的有害影响；观测森林皆伐和渐伐对流域水文状况的影响以及森林采伐过程中的水文状况变化等，直至发展到多学科协同来研究森林生态系统中的水文问题等。到了 1984 年，Coweeta

进行了第一个 50 年研究总结, 出版了一本名为《Coweeta 森林水文与生态》专著。1948 年, 美国学者 Kittredge 首次提出森林水文学的概念, 并定义为“森林水文学是一门专门研究森林植被对有关水文状况影响的科学”。

日本从 1911 年大水灾后, 开始了第一期治水工程, 但真正全面的森林水文研究始于 1920 年。从 1911 年到 1920 年, 日本设立了 39 个森林测候所(即森林气象站)。1920 年以后取代林内气象观测, 开展了森林的治水和水源涵养功能的研究, 进行了林内外地表蒸发、林地雨水下渗和地表径流量、林冠降雨截留、林木蒸腾、林内外积雪、融雪等项目的研究, 同时开始对小溪流流量进行测定。到了 1923 年, 日本成为最早提出通过流域实验进行森林水文研究的国家之一(中野秀章, 1983)。1947 年, 日本林政统一, 森林水文观测得以发展, 进行了森林采伐实验, 其目的是查明采伐对径流的影响, 进而逐步查明采伐后的径流变化和变化的倾向。

Engler 从 1902 年开始在瑞典从事典型对比小流域的水文观测。1915 年, Engler 在 Emmental 对比流域设立了水文过程自记装置。当时实验的结果倾向于肯定森林的影响。从此以后, 一些国家如捷克和斯洛伐克、意大利、波兰、芬兰等国家都在不同的条件下开展了同类实验。

到了 20 世纪中叶, 由于人口的增长、工业化、都市化、土地干扰以及用于旅游和其他目的的森林面积增加, 引起了人们对环境质量的普遍关心。这种关心使人们对森林与水的密切关系认识越来越深刻, 也就推动了森林水文学的发展。

1.1.3 森林水文研究的全面发展时期

经过半个多世纪的探索, 森林水文逐渐发展为具有完善理论体系和方法的科学, 并由此诞生了和森林水文学有关的流域管理学, 使人们在认识森林与水的关系的同时, 逐步有计划地发挥和利用森林的水文生态功能。同时, 随着生态系统思想的渗入, 森林水文研究拓宽了领域, 不仅进行了森林水文特征的单项研究, 还开始了森林水文的系统研究。1965 年 9 月 10 日, 第一次国际森林水文学研讨会在美国宾夕法尼亚州立大学召开。

20 世纪 80 年代, 日本的森林水文研究与世界其他国家一样, 一方面通过流域实验, 就采伐或造林对河流流况的变化进行综合研究; 另一方面对降雨截留、蒸散、下渗容量、地层中的重力水动态、地表径流等个别水文现象进行单项研究。

为了促进和推动森林水文科学发展, 鼓励森林水文学家在更大范围内交换信息和思想, 国际林业研究联合会成立了专门的组织(IUFRO Uint Forest Hydrology), 先后在捷克和斯洛伐克的 Prague、澳大利亚的 Canberra、日本的 Tokyo (两次)、意大利的 Merano、波兰的 cracow 等地举行国际会议。议题涉及“区域环境更新”、“今日森林的水问题”、“流域水文、水资源和生态系统”、“水和森林”等内容。

1.1.4 我国森林水文研究发展状况

根据现有资料记载,我国森林水文的认识期可追溯到明朝中期。到了 19 世纪 20 年代,随着国际森林水文研究的逐步发展,我国也开始了森林水文的研究,1924~1926 年,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、研究了不同森林植被类型对雨季径流和水土保持的影响(张增哲、余新晓,1989)。

中华人民共和国成立以后,我国一些科研、教学和有关业务部门相继开展了这方面的研究。20 世纪 50 年代末及 60 年代初,开始森林水文生态作用的集水区研究,其中在几个重点林区建立的森林生态系统定位研究站进行了大量森林水文的定位观测和研究工作,如东北林业大学在小兴安岭阔叶红松林区、中国科学院在长白山自然保护区、中南林学院在湖南会同杉木人工林区、中国林业科学院在四川米亚罗亚高山针叶林区、中国科学院和中国林业科学院在云南西双版纳以及海南岛尖峰岭的热带雨林区等等。与一些发达国家相比,我们在这方面的研究虽然起步较晚,但由于广泛汲取国外经验,为森林水文研究奠定了基础。

20 世纪 60 年代后,长江水利电力研究院金栋梁研究了长江流域大面积森林对河川径流的影响。1981 年,马雪华开始在川西高山暗针叶林区总结采伐与水土保持的关系。同期(20 世纪 80 年代初),我国学术界开展了有关“森林的水文学作用”的讨论,1981 年 7 月四川出现特大洪灾后,更引起有关方面对森林水文研究的重视,从而推动了森林水文研究工作的开展。

1987 年 8 月,中国林学会在联合国教科文组织的资助下,在东北林业大学召开第一届全国森林水文学研究方法学术讨论会,会议所收集的论文可以反映我国 20 世纪 80 年代森林水文的研究状况(中国林学会森林水文与流域治理专业委员会,1989)。1988 年 12 月,中国林学会正式成立了森林水文及流域治理专业委员会。

中国的森林水文专业队伍主要由两部分组成。一部分来自林学专业,他们过去主要是从事森林生态研究,侧重森林生态系统中的森林水文研究,如中南林学院的潘维伟(1984、1986、1988、1989a、1989b)、田大伦(1987、1989、1994a、1994b),东北林业大学的周晓峰(1991、1994、1999a、1999b),西北农林科技大学(原西北林学院)的雷瑞德(1984a、1984b、1985、1994a、1994b),中国林业科学院的马雪华(1980、1987a、1987b、1988、1989a、1989b、1990、1992、1993a、1993b、1994),中国林业科学院热带林业研究所的李意德、陈步峰、周光益(1993~2000)等等,其研究区域多集中在中国几大重点林区,而且多与森林生态系统定位研究相结合。另一部分研究者来自水土保持专业,他们多数从事流域森林水文方面的研究,其研究区域多集中在中国西北地区,如王礼先(1990b、1995、1998a、1998b)、余新晓(1988a、1988b、1992、1993、1994、1995b、1996、2001)、王彦辉(1986、1989、1994、1996、1998)、刘向东、吴钦孝、赵鸿雁(1987、1989、1991a、1991b、1991c、1993、1994)、刘昌明(1978、1980、1994、1997)等。

从 1989 年以后,中国森林水文的研究有了较大的发展,取得较多成果,主要研究方向有森林的综合水文效应(陈祖铭、任守贤,1992a、1992b、1994a、1994b、1994c;黄礼隆,1994;刘世荣,1996 等),森林区域的水分循环和水量平衡(余新晓、陈利华,1996;

康文星, 1992a、1992b, 黄承标, 1994a; 周国逸等, 1995b、1997a; 周光益等, 1996), 森林对降水的影响(李昌哲等, 1990; 裴铁璠等, 1990、1993、1996; 崔启武等, 1990; 程根伟, 1991; 车克钧, 1994、1998)等, 森林蒸散(徐德应, 1985、1989; 周国逸、潘维伟, 1988), 森林对径流的作用(李昌荣, 1983; 孙阁, 1987; 周梅, 1990、1991)等; 森林的防蚀减沙作用(杨雨行, 1995; 毕华兴等, 1998), 森林对水质的影响(陈步峰等, 1993、1994、1997、1998a、1998b、1999; 周光益, 1996; 樊后保等, 1996、2000a、2000b、2000c 等); 土壤—植被—大气连续体系统研究(刘昌明, 1997), 森林水文模型和模拟研究(姚华夏、袁作新, 1988a、1988b、1989; 陈祖铭、任守贤, 1994a、1994b、1994c; 周国逸等, 1995a; 王兵等, 1995、1996a、1997b; 裴铁璠等, 1990、1996; 刘家冈等, 1987、2000), 气候变化对森林水文的影响(刘昌明、傅国斌, 1993; 温光远, 1995b; 刘世荣等, 1996)等等。在应用水文学研究方面, 如黄土高原区流域综合治理和水土保持体系建设方面正在赶超世界先进水平。特别是三北防护林体系工程建设, 在解决森林与水的问题上取得了举世瞩目的成绩(刘世荣等, 1996)。

从我国走过的研究道路来看, 我们与国外发达国家的研究相比, 还有一些差距。一是我国的长期定位监测时间较短, 数据不能很好说明问题, 另外是观测方法和手段存在缺陷。1998年, 陈珂等撰文就各种森林水文研究方法的优势和不足做出了评价, 认为森林水文是一个比较复杂的系统, 尽管传统的森林水文研究方法仍然是人们赖以认识森林水文规律的重要手段, 但由于有些实验忽略了各系统之间的交互作用, 难以从本质上揭示森林水文效应机理。关于这一问题, 程根伟等(1996)的认识更为深入, 他认为, 森林水文学在研究方法上有宏观与微观脱节, 因果逻辑循环, 区域与整体不整合的问题, 比如在流域蒸发上众说纷纭, 森林与年径流及枯水径流的关系甚至在定性上也相互矛盾, 导致了林业生态效益评价上的困难。

1.2 林木截留降水过程的研究

森林水文过程是指在森林生态系统中水分受森林的影响而表现出来的水分分配和运动过程(高甲荣, 2001), 包括降雨、降雨截留、蒸散、地表径流等。这类研究是国内外百年来一直进行的研究, 由于研究区域、研究方法、环境条件的差异, 研究结果各异。

在国内的研究中, 有相当一部分学者把森林水文过程的研究总结为森林水文功能研究(谌小勇, 1995; 周光益, 1997; 洪长福, 1997)和森林水文效应(森林水文生态效应)的研究(陈祥伟, 1994; 马祥庆, 1994; 冯光扬, 1995; 李凌浩等, 1997; 杨澄、刘建军, 1997; 高甲荣, 1998; 陈礼光等, 1999; 邓育江, 1999; 李树人等, 1999; 向成华等, 1999; 宋日升等, 2000), 也有个别学者把这一类的研究统称森林水源涵养功能(杨玉盛等, 1999; 高成德, 2000)。实际上研究内容基本相同, 其差异主要表现在研究内容有交叉和包容, 这也反映研究者对所研究地区的关注, 一般而言, 以研究森林涵养水源功能为主的学者, 他们的研究地域多在北方少林区或水库地区。当然, 这也反映森林水文的某些概念上的不统一。如张春宏(1986)认为, 森林的水文效应应该包括森林对水量平衡要素的改造和森林