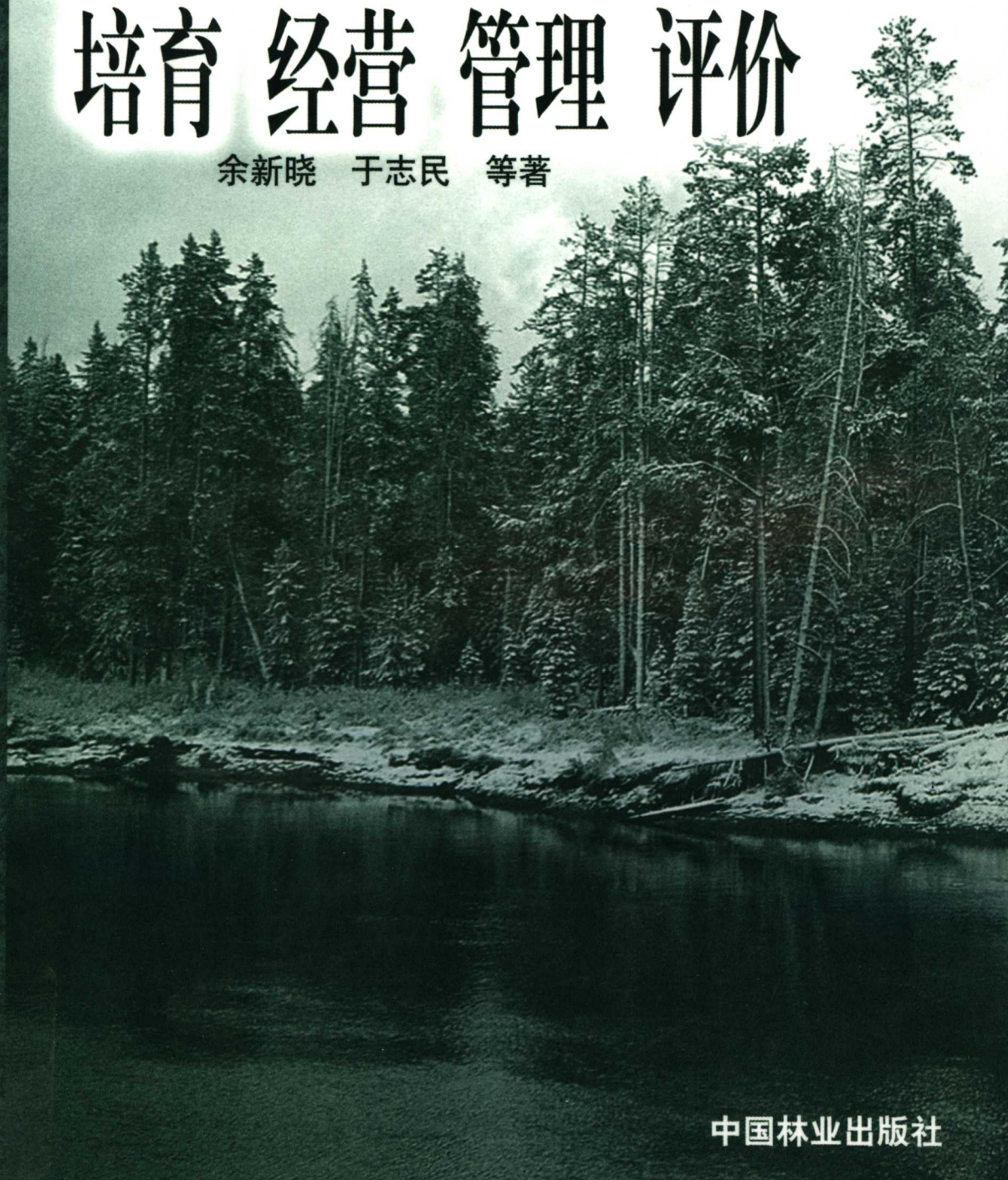


Forest for Water Resources Protection
Silviculture Management Evaluation

MWM

水源保护林 培育 经营管理 评价

余新晓 于志民 等著



中国林业出版社

Forest for Water Resources Protection
Silviculture · Management · Evaluation

水源保护林

培育 经营管理 评价

余新晓 于志民 等著

中国林业出版社

主 要 著 者

余新晓	于志民	王礼先	王玉柱
王小平	谢宝元	马履一	蔡宝军
蔡永茂	李亚光	罗 晶	陈丽华
张志强	高甲荣	李正本	闫爱玲
刘奇志			

学术秘书:范志平

序 言

水资源危机、环境污染、生态平衡失调已经成为当今世界的普遍问题。在我国由于人口增加、工农业发展所造成的水资源短缺则是制约国民经济发展的的重要因素。以北京为代表的华北土石山区人均占有水资源量不足 300m^3 , 是全国人均占有水资源量的 $1/8$, 是世界的 $1/30$ 。密云水库是北京市最主要的供水水源, 密云水库的供水量占全市饮用水量的 70% 以上, 但由于密云水库流域森林资源的不足及其生态服务功能的低下和人类活动的频繁干扰, 造成了水库淤积、水质污染和水资源不足。因此, 加强以水量调节、水质改善和土壤侵蚀防治为主要目的的水源保护林建设已成为关系首都社会经济可持续发展和生态环境的当务之急。

国家“九五”科技攻关专题“华北土石山区水源保护林综合配套技术与示范”与中德技术合作项目“密云水库流域经营与保护”相结合, 以水源保护林为对象, 紧密围绕水源保护林培育、经营、管理与效益监测评价等方面的问题展开深入研究。在全面分析华北土石山区水源保护和生态环境及社会经济发展特点的基础上, 系统地研究水源保护林建设中的系列关键技术, 建立了相应的技术集成试验示范区, 提高了水源保护林的生态服务功能, 保障了水资源的生态安全。

该专著在规律与机制研究方面, 深入探讨了不同树种的耗水规律、植被分布与演替、林分生长规律与稳定性、景观分布格局、经济林根系分泌有毒有机物和以水文生态为主体的水源保护林的生态学功能与过程规律, 为水源保护林综合配套技术体系研究奠定了理论基础。在应用技术研究方面, 系统阐述了节水型水源保护林培育技术、高效空间配置与优化设计技术、低污染经济林经营与管理技术、植被定向恢复与经营技术、生态功能监测与评价技术、水源保护林调控与管理技术, 有机地构成了水源保护林培育、经营、管理与效益监测评价综合配套技术体系。为营建合理的水源保护林林种结构、经济林种植结构和栽培管理提供了坚实的理论依据。以综合配套技术体系为依托, 建立了高质量、高标准的水源保护林试验示范区, 为华北土石山区乃至全国水源保护林的建立、经营、管理及水资源保护提供了有益的借鉴。该研究的试验示范区已成为北京“青山、碧水、富民”工程的样板, 为北京市生态环境建设、太行山绿化、首都周围绿化、“三北”防护林体系建设和天然林保护及退耕还林工程提供了可借鉴的技术模式和示范典型。本书的出版, 无疑将对水源保护林建设起到积极推动作用, 同时对于提高林业生态工程学的研究水平和技术层次以及公众生态环境意识等方面, 必将作出重要的贡献。

中国工程院副院长、院士

沈国舫

2000 年 12 月于北京

目 录

序言

1. 水源保护林技术研究进展	(1)
1.1 水源保护林培育技术研究	(1)
1.2 水源保护林天然植被更新改造与人工林经营研究进展	(3)
1.3 水源保护林智能决策支持系统与管理技术研究	(4)
1.4 水源保护林效益评价研究	(9)
参考文献	(15)
2. 研究区概况与研究途径	(20)
2.1 自然环境状况	(20)
2.2 水源保护林资源状况	(24)
2.3 社会经济概况	(25)
2.4 试验区概况	(26)
2.5 研究途径	(32)
参考文献	(37)
3. 水源保护林区生态经济分区与水源保护林分类	(38)
3.1 生态经济分区的原则和方法	(38)
3.2 密云水库集水区(北京)生态经济分区成果及其评价	(41)
3.3 密云县农业生态经济分区	(51)
3.4 水源保护林分类	(56)
参考文献	(62)
4. 水源保护林区环境容量分析	(65)
4.1 概述	(65)
4.2 研究区域水土资源基本情况	(69)
4.3 土地资源评价	(71)
4.4 水资源承载力	(79)
4.5 区域环境容量	(88)
参考文献	(91)
5. 水源保护林高效空间配置和稳定林分结构设计	(92)
5.1 水源保护林体系及其格局	(92)
5.2 水源保护林景观格局分析	(95)
5.3 大尺度景观格局分析	(100)

5.4	小尺度景观格局分析	(103)
5.5	水源保护林林种结构与高效空间配置	(108)
5.6	水源保护林稳定林分结构的设计	(115)
	参考文献	(117)
6.	水源保护林培育	(119)
6.1	林木耗水测定与低耗水树种选择	(119)
6.2	林分耗水的推算与理论造林密度	(127)
6.3	水源保护林节水型造林设计	(129)
	参考文献	(185)
7.	水源保护区天然植被定向恢复与水源保护林经营	(191)
7.1	水源保护区天然植被分布、演替与定向恢复规律	(191)
7.2	水源保护林主要树种生长规律	(197)
7.3	水源保护区天然植被定向恢复技术	(204)
7.4	水源保护林的主要经营模式	(205)
	参考文献	(223)
8.	水源保护林区低污染经济林经营与管理	(224)
8.1	树种(品种)的选择和结构调整	(224)
8.2	低污染经济林丰产、优质、高效栽培配套技术	(228)
8.3	病虫害防治技术	(250)
8.4	主要经济林树种根系分泌优先有毒有机物的测定	(257)
	参考文献	(259)
9.	水源保护林水文生态功能及其评价	(260)
9.1	水源保护林林冠层的水文生态功能分析	(260)
9.2	枯枝落叶层的水文生态功能	(263)
9.3	林地土壤层水文生态功能	(265)
9.4	不同尺度水源保护林林地地表径流特性分析	(270)
9.5	水源保护林不同空间尺度产流沙特性分析	(276)
9.6	水源森林降水化学元素特征分析	(282)
9.7	水源保护林区水文生态功能模型与评价	(288)
	参考文献	(291)
10.	水源保护林智能决策支持系统研究	(293)
10.1	水源保护林智能决策支持系统的研究目标与主要研究内容	(293)
10.2	水源保护林智能决策支持系统总体设计	(294)
10.3	水源保护林智能决策支持系统信息获取	(299)
10.4	水源保护林智能决策支持系统属性库	(302)
10.5	水源保护林智能决策支持系统图形图像库	(304)

10.6	水源保护林智能决策支持系统知识库	(306)
10.7	水源保护林智能决策支持系统模型库	(311)
10.8	水源保护林智能决策支持系统应用	(327)
	参考文献	(333)
11.	水源保护林综合配套技术试验示范区建设	(334)
11.1	土门小流域综合治理规划	(334)
11.2	水源保护林营造示范区建设	(353)
11.3	水源保护林经营管理示范区建设	(366)
11.4	水源保持林低污染经济林经营管理示范区建设	(373)
11.5	土门西沟山地果园灌溉与简易自来水系统设计	(375)
	参考文献	(388)

后 记

Contents

Preface

Chapter I Review On Water Resources Protection Forest	(1)
1.1 Cultivation of Water Resources Protection Forest	(1)
1.2 Natural Vegetation Regeneration and Artificial Forest Management	(3)
1.3 Intelligence Decision System and Management Technology on Water Resources Protection Forest	(4)
1.4 Effect Evaluation of Water Resources Protection Forest	(9)
Reference	(15)
Chapter II Site Introduction and Research Methods	(20)
2.1 Natural Environmental Condition	(20)
2.2 Resource of Water Resources Protection Forest	(24)
2.3 Social Economic Condition	(25)
2.4 Introduction to Research Range	(26)
2.5 Research Methods	(32)
Reference	(37)
Chapter III Eco – economic Sections of Water Resources Protection Forest Range and Types of Water Resources Protection Forest	(38)
3.1 Principles and Methods of Eco – economic Section	(38)
3.2 Results and Evaluation of Eco – economic Section in Miyun Reservoir Catchment (Beijing)	(41)
3.3 Agricultural Eco – economic Sections in Miyun County	(51)
3.4 Types of Water Resources Protection Forest	(56)
Reference	(62)
Chapter IV Environmental Capacity of Water Resources Protection Forest Region	(65)
4.1 Introduction	(65)
4.2 Water and Soil Resources in Research Region	(69)
4.3 Land Resource Evaluation	(71)
4.4 Water Resource Capacity	(79)
4.5 Regional Environment Capacity	(88)
Reference	(91)

Chapter V Spatial Pattern and Stable Stand Structure Design of Water Resources

Protection Forest	(92)
5.1 System and Pattern of Water Resources Protection Forest	(92)
5.2 Landscape Pattern Analysis of Water Resources Protection Forest	(95)
5.3 Large Scale Landscape Pattern Analysis	(100)
5.4 Small Scale Landscape Pattern Analysis	(103)
5.5 Forestry Type Structure and Spatial Pattern of Water Resources Protection Forest	(108)
5.6 Stable Stand Structure Design	(115)
Reference	(117)

Chapter VI Cultivation of Water Resources Protection Forest

6.1 Water Consumption Measurement and Low Water Consumption Tree Species Selection	(119)
6.2 Water Consumption Calculation and Theoretical Afforestation Density	(127)
6.3 Afforestation Design of Economical Water Consumption	(129)
Reference	(185)

Chapter VII Natural Vegetation Restoration in Water Resources Protection Forest

Region and Water Resources Protection Forest Management	(191)
7.1 Principles of Natural Vegetation Distribution, Succession and Restoration in Water Resources Protection Forest Region	(191)
7.2 Growth Principle of Major Tree Species of Water Resources Protection Forest ...	(197)
7.3 Directional Restoration Technology of Natural Vegetation	(204)
7.4 Management Models of Water Resources Protection Forest	(205)
Reference	(223)

Chapter VIII Management of Low Polluted Economic Forest in Water Resources

Protection Forest Region	(224)
8.1 Tree Species Selection and Structure Adjustment	(224)
8.2 Low Pollution Economic Forest Cultivation Technologies	(228)
8.3 Technologies of Disease and Pest Control	(250)
8.4 Measurement of Toxic Organic Matter of Tree Root	(257)
Reference	(259)

Chapter IX Hydroecological Effects and Evaluation of Water Resources

Protection Forest	(260)
9.1 Forestry Canopy Hydroecological Effects of Water Resources Protection Forest ...	(260)
9.2 Debris Hydroecological Effects of Water Resources Protection Forest	(263)
9.3 Soil Hydroecological Effects of Water Resources Protection Forest	(265)

9.4 Runoff Characteristics on Different Scale of Water Resources Protection Forest	··· (270)
9.5 Soil and Water Runoff Characteristics on Different Spatial Scale of Water Resources Protection Forest	····· (276)
9.6 Analysis of Chemical Elements Characteristics of Precipitation through Water Resources Protection Forest	····· (282)
9.7 Hydroecological Effect Model and Evaluation of Water Resources Protection Forest	····· (288)
Reference	····· (291)
Chapter X Intelligent Decision System	····· (293)
10.1 Object and Content of Intelligent Decision System of Water Resources Protection Forest	····· (293)
10.2 Design of Intelligent Decision System of Water Resources Protection Forest	····· (294)
10.3 Information Taking of Intelligent Decision System of Water Resources Protection Forest	····· (299)
10.4 Property Database of Intelligent Decision System	····· (302)
10.5 Picture Database of Intelligent Decision System	····· (304)
10.6 Knowledge Base of Intelligent Decision System	····· (306)
10.7 Model Base of Decision System	····· (311)
10.8 Application of Intelligent Decision System of Water Resources Protection Forest	····· (327)
References	····· (333)
Chapter XI Demonstration Region Establishment of Water Resources Protection Forest	····· (334)
11.1 Programming of Small Watershed Management	····· (334)
11.2 Establishment of Demonstration Region of Water Resources Protection Forest	··· (353)
11.3 Demonstration Region of Water Resources Protection Forest Management	····· (366)
11.4 Demonstration Region of Low Pollution Economic Forest	····· (373)
11.5 Mountain Orchard Irrigation and Design of Simple Tapping Water System	····· (375)
Reference	····· (388)

Postscript

1

水源保护林技术研究进展

在陆地植被中,森林具有最大的水源保护功能,是一个面积广阔的绿色水库。据统计,截至1999年底,北京地区的林木覆盖率已达到了40%,城市的绿化覆盖率达到34.7%,郊区有林地面积达到68.7万公顷(《21世纪的首都绿化》,1999),这固然是可喜的成绩,但是作为一个拥有1000多万人口的大城市,北京在工业化过程中出现的土地承载力及环境容量的下降、水资源短缺等问题日趋严重,使人们越来越重视森林在调节气候、涵养水源、保持水土、减洪、滞洪等保护和美化环境方面所具有的独特的巨大效能。因此,林业的环境地位逐渐得以确立,林业的发展水平直接关系到首都经济的发展。水源保护林以其特殊的地位而日趋重要,与此相关的研究工作也开始兴起。华北土石山区水源保护区的天然植被与现有水源保护林,一方面,对减少水源地域的水土流失,调节水量及改善水质与水源环境具有十分重要的作用;另一方面,它又是华北北部防护林体系的重要组成部分,发挥着巨大的生态屏障作用。

1.1 水源保护林培育技术研究

世界范围内在城市水源保护林建设与研究上做得比较好的是德国巴伐利亚州首府慕尼黑市。自1880年始,慕尼黑市制定了长远考虑的地产政策,划定城市以南40km处为取水区。从此,分布在阿尔卑斯山前部山地的曼格法尔山谷集水区能够长期确保城市供水。慕尼黑市林业工作者根据“适应自然林业协会(ANW)”的原则,经营水源保护林长达数十年。其水源保护林的发展道路有计划地分为三步:

(1) 在集水区的农用林地进行混交造林,尽量选用适地的阔叶树种,并保持其较高的比例;

(2) 在19~20世纪之交营造的云杉纯林,改造为自然的森林群落,包括云杉、冷杉、山毛榉和其他珍贵树种;

(3) 在保持现有天然混交林的前提下,通过单株个体利用,达到树冠垂直分布不均匀结构(Hatzfeldt.H., 1997)。

自20世纪70年代以来,发达国家早已开始了水源保护林可持续发展经营的系统研究。日本森林综合研究所森林环境部分别在宝川、岗山、筑波、太田等地建立了示范流域和试验地,探讨不同配置的防护林水源涵养和水土保持功能。1990年,日本国土厅水资源部发表《水资源白皮书》,就日本水资源的供需现状、开发现状和今后的亟待解决的有关水资源的各项课题进行了综合整理。日本1990年各类防护林占国土面积的20%,其中水源保护林即占防护林的68.77%。可见,水源保护日渐受到人们的重视。

1992年召开的世界环境与发展大会及其通过的《21世纪议程》、《关于森林的原则说

明》、《保护生物多样性公约》等文件,均强调资源、环境、社会经济的可持续发展。在学术上美国的 Franklin 提出的“新林业”理论引人注目,其特点是将森林的生态、生产功能相结合,将森林作为一个复杂的生态系统来科学经营,将维护森林生态系统的平衡和发展及保护其生物多样性作为基本原则。目前对水土保持和水源涵养林经营技术研究尚处于试验探索阶段,其发展趋势主要表现为由单一功能的研究趋向于多功能的综合研究,由定性描述趋向于定性与定量相结合的定量化、模型化方向发展,由低效能的粗放型经营趋向高效能的集约化经营,由单层林、同龄林经营趋向于复层异龄林经营。

在国内,关于水源涵养与水土保持林的营造技术的研究早已开始。在“七五”、“八五”期间,太行山生态林业工程项目已建成多处实验示范基地,营造示范试验林数万亩。由北京市林业局和北京林业大学共同承担的北京市科委科研项目“密云水库上游水源保护林工程综合效益及荒漠治理研究”建立了密云水库水源保护林土门西沟实验示范区,对多种树水源保护林建设模式进行了探讨。国内进行水源保护系统研究比较典型的城市还有山西省太原市,在太原市科学技术委员会、太原市环境保护局、太原市水资源管理委员会的共同主持下,由太原市水利科学研究所牵头,组织太原地区高等院校、科研单位,进行了太原西山水源保护研究。该项研究主要针对城市大型水源地的开发利用和保护问题,从“三水”的转化规律入手进行了系统性、综合性多学科的研究;1992年袁家庚在《乌江流域水源林、水保林营造技术成果简介》中介绍了乌江流域水源林、水保林营造技术研究的9个专题研究成果的主要内容、研究成果的整体水平及配套性,以及推广应用的可行性及前景。1991年路建国在《浅谈三江流域水源林、水保林体系及营造特点》一书中讨论了建立三江流域水源林水保林体系的原则和依据,提出以护坡林、脊顶防护林、侵蚀沟防护林等共9个林种组及所属31个林种构成的水源林、水保林体系,以及树种选择、合理密度、整地方式、乔灌草结合、多林种多层次的复层混交等经营特点;1994年高鹏、王礼先等对密云水库上游水源涵养林效益进行了研究;1991年李昌哲在《太行山水土保持林营造技术及效益研究》一书中全面论述了太行山石质山区水土保持林的营造技术,提出采用“疏林结构”和采用“大苗”重建“人工—天然复合植被类型”等学术观点。

作为我国首都的北京市,水源短缺值的问题已经相当严重。水资源人均占有量仅为 400m^3 ,是全国平均值的15%,世界平均值的4%。据预测2000年北京市平均年缺水2亿 m^3 ,逢枯水年将缺水12亿 m^3 。密云水库是北京市重要的饮用水源,为了保护首都这盆清水,1987年11月北京市人大通过《关于营造密云水库水源涵养林》的决议;市政府将密云水库水源保护林的营造列入绿化治理重点工程;林业部也将潮白河流域的水源保护林工程列入“三北”防护林建设重点工程之一;北京市政府于1985年颁布了《密云水库、怀柔水库和京密引水渠的水源保护管理暂行办法》,于同年8月1日起执行。1998年,由北京市林业局引进的德援项目正式启动,并和北京林业大学共同承担北京地区水源保护林工程开发与建设;1999年,北京市林业局提出了21世纪北京林业发展的具体目标和行动方案,重点是以密云、怀柔水库为中心建立与经营大规模的水源保护林,本着适地适树的原则,将抗旱低耗水树种的选择、林分结构的优化及树种搭配作为水源保护林建设的首要问题。在水库的一、二级保护区内形成一个重点水库保护区,建立一系列生物措施和工程措施相结合的精品工程,力争成为我国水源保护林的建立、经营及水资源保护的样板。

当前,水源保护林经营归结起来应遵循以下原则:①近自然经营森林;②加强天然更新;③依照土壤与气候条件选择树种;④水源涵养林区只准对过熟木、病腐木和枯死木等进行卫生择伐,严禁皆伐,允许小面积抚育伐;水源涵养林区附近的用材林区,亦不宜大面积皆伐;⑤促进稀有、高生态价值的树种繁衍生长;⑥建立天然林保留地;⑦保留一些枯立木和倒木;⑧根据水源涵养林整体功能的要求,对生态价值高的林分,要采取相应的保护措施,控制人为干扰;⑨严禁使用化学药剂,如化肥、除草剂、杀虫剂等;⑩水源涵养林区在不妨碍水源涵养功能原则下,可小规模进行林副产品和林特产品生产,如栽种经济林、果木和林下种药材等。

虽然目前尚无水源保护林的确切定义,但是,水源保护林的主要功能应当包括水源涵养、水土保持、水质改善3部分内容,水源保护林体系应当是一种以水源涵养、水土保持为核心的,兼顾经济林、薪炭林、用材林的综合防护林体系。因此,如何配置这一体系中的林种和树种以及开发相应的培育技术,使其发挥出最大的生态、经济和社会效益,是建立完善的水源保护林体系的关键。

1.2 水源保护林天然植被更新改造与人工林经营研究进展

随着世界范围内原始林资源的锐减,各国在重视人工林发展的同时,非常注意研究天然次生林的经营技术,总的趋势是集约化分类经营,在类型划分技术上,以前苏联林型学说中的生态学派和生物地理学派对我国的影响较大。在次生林的经营改造技术方面,日本、前苏联、法国研究较为深入,如日本编制了大齿蒙古栎等阔叶次生林的产量—密度图,实施定量抚育管理,对日本铁杉、冷杉天然次生林逐月天然更新幼苗的出苗情况、幼苗成活率与立地条件的关系,林下天然种的群落结构等方面进行研究;前苏联在乌拉尔地区研究以软阔叶次生林基地培育针叶用材林的技术,主要通过渐伐、强度抚育伐、周期性疏伐以及施用氮肥等技术促进云杉等针叶树的更新与生长;法国对阿尔卑斯山天然更新不良的松树林及板栗次生林进行了水平沟人工造林试验。我国对天然林经营技术研究起始于东北林区,特别是80年代以后,以次生林动态经营体系为目标的营林技术得到发展,主要包括抚育改造相结合形成针阔混交技术,栽针留阔、引阔及保阔技术,抚育间伐技术等;内蒙古次生林区开展了短轮伐期经营技术研究;对于天然次生林经营类型的划分,许多地区曾开展研究,但基本以经营措施来组织经营类型,这种分类不能反映森林经营全部以及营林措施的连续和统一,使培育目标与经营措施脱节,不利于组织森林作业,达不到定向培育的目的。太行山天然次生林也曾作过一些零散的、不系统的研究,早在1958年太岳、中条林区就曾进行过次生低产林改造技术试验,“七五”期间在五台山地区曾开展了“次生林多级序营模式研究”基本仍以经营措施类别组织营林技术。

在对天然植被中灌木的研究,近几年也有一定的进展,如1989年以来对沙棘的研究;1994刘创民、李昌哲等对北京九龙山地区植被的研究中涉及到灌木林的水土保持功能,并在全面调查的基础上进行植被类型分类和排序,并对不同的植被类型和不同的演替采取不同的经营措施;马克明、刘灿然等在北京东灵山地区进行的植物群落多样性的研究,阐述了植物群落多样性的研究方法及其影响群落多样性的因素。他们认为植物群落多样性是一个群落结构和功能复杂性的度量,对植物群落多样性的研究可以更好地认识群落的组成、变化和发

展, 当讨论生物多样性时, 计算多样性指数值是一个有效的方法。目前已提供了许多的计算公式来计算物种多样性指数 (谢晋阳, 1933)。这些指数可分为 4 种主要类型加以讨论。第一类是丰富度指数 (Richness index); 第二类是变化度指数 (Variety index); 第三类是均匀度指数 (Evenness index or Equitability index); 第四类是优势度指数 (Dominance index)。

选择更新方式, 应以加快恢复森林, 形成稳定的森林植物群落, 以较小的投入获得最大的林地生产力保持森林的永续利用和多种效益为根本原则。防护林由于培育目的多样, 培育期较长, 可充分利用天然更新方式进行更新。特别是对于水源涵养林, 人工诱导促进天然更新是其经营和定向恢复的发展方向。长期以来, 我们习惯于把森林更新片面理解为造林, 曾一度出现重视人工更新, 轻视天然更新; 重视皆伐迹地更新, 轻视择伐迹地更新; 重视人工成林抚育, 轻视天然幼林抚育等问题。

开展人工林天然更新技术和天然次生林改造迹地人工诱导混交林技术的研究早有报道。近年来经过试验, 探索出人工促进天然更新的方法。1988 年开始在大兴安岭林区, 对兴安落叶松、樟子松采伐迹地进行人工促进天然更新研究, 初步摸索出一套有效的人工促进天然更新措施。次生林皆伐迹地隔行栽植红松, 通过人工诱导等技术措施, 现已形成红松阔叶复层混交林。从 16 年生的混交林和纯林调查因子来看, 无论从林分总生长量、树干形质、抗病虫性能及土壤理化性质等方面, 都显示出混交林的优越性。更新幼苗生长健壮, 比天然苗快 0.6~1.0 倍, 特别是促进天然更新作业成本低廉, 仅为人工更新的 1/5。天然更新不论是在择伐迹地的更新还是在皆伐迹地的更新中都占有相当大的比重。辽宁东中林区天然次生林占森林总面积的 70% 以上, 该地区气候温和, 雨量充沛, 土壤肥沃, 原生森林植被类型多以红松为主的针阔叶混交林。为了发挥水源涵养林区自然条件的优势, 在改造天然次生林时, 在天然次生林皆伐改造迹地上, 进行了人工诱导红松阔叶混交林技术的研究。有关祁连山水源涵养林更新的报道表明: 青海云杉在林冠下的天然更新是极差的, 更新不良和无更新的面积达 47.2% 以上。而林缘和顺山坡的带状地带, 因受人为干预、放牧等原因, 天然更新良好。由此可知试验区纯意义上的更新是较差的, 而人为一定程度干预后的天然更新效果较好, 虽然这类人为作用的目的并非是为了更新, 但仍可看作是人为因素作用后的天然更新。

人工诱导天然混合更新是一种切实可行的更新方式, 渐伐改造迹地采取人工诱导培育混交林技术是可行的。通过多种方法改良林分, 提高林分质量和生产力, 最终实现永续利用的目的。因此, 掌握人工促进天然更新过程的客观规律, 依靠人工促进天然更新为主的方法恢复森林是水源涵养林区恢复混交林的良好途径。

1.3 水源保护林智能决策支持系统与管理技术研究

1.3.1 防护林智能决策支持系统国外研究状况

防护林智能决策支持系统属于地学与林学交叉科学, 因此首先涉及的是地理信息系统 (GIS)。地理信息系统首先是在地学科发展起来的。地理信息系统技术的创立和发展是与地学多维空间信息的表示、处理、分析和应用手段的不断进步分不开的, 生产实践的需求推动了其发展进程。主要经历了以下的几个阶段: ①形成阶段: 20 世纪 50 年代, 由于电子计算

机科学的兴起,人们开始用电子计算机收集、存贮和处理各种地学图形数据和属性数据方面的信息,并希望借助计算机的强大功能为地学信息的管理和决策服务。1965年,奥地利测绘部门首先利用电子计算机建立了地籍数据库,随后各国的土地管理部门都逐步发展土地信息系统(Land Information System)。60年代初,加拿大政府在土地资源清查中,科学家提出利用计算机绘制土地资源图的设想,并由加拿大测量学家 R.F.Tomlin 首先提出了地理信息系统这一术语,于1963年,建立了世界上第一个 GIS——加拿大地理信息系统(CGIS),用于自然资源的管理和规划。稍后,美国哈佛大学研究出 SY—MAP 系统软件。当时的系统能实现手扶跟踪数字化地图,进行地图数据的拓扑编辑、分幅数据的拼接,并发展了基于栅格的操作方法。60年代中后期,许多有关的组织和机构纷纷建立并开展工作。如美国1966年成立了城市和区域信息系统协会(URISA),1968年城市信息系统跨机构委员会(USAC)成立,1968年国际地理联合会(IGU)的地理数据遥感和处理小组委员会(CGDSP)成立。1969年美国的州信息系统全国协会(NASIS)成立,这些机构相继组织了一系列地理信息系统的国际研讨会,奠定了 GIS 的科学地位。②迅速发展阶段:进入70年代以后,由于计算机硬件和软件技术的飞速发展,尤其是大容量存取设备——磁盘的投入使用,为图形数据和属性数据的录入、存贮、检索和输出提供了强有力的手段,用户屏幕和图形、图像卡的发展增强了人机对话和高质量图形显示功能,促使 GIS 朝着实用方向迅速发展。美国、加拿大、英国、西德、瑞典和日本等国均投入了大量人力、物力和财力。1970~1976年,美国地质调查局建成了50多个信息系统,作为地理、地质和水资源等领域处理信息的工具。与此同时,一些商业公司开始活跃,软件在市场上受到欢迎。据统计,在70年代大约有300多个系统投入使用,到了1976年,美国喷气推动实验室(JPC)研制成功,兼影像数据处理和图形数据处理功能的影像信息系统 IBIS (Image Based Information System)。NASA 地球资源实验室在1979~1980年开发了一个名为 ECS 的地理信息系统,该系统可接受 LandsatMSS 影像数据、数字化地图数据、机载热红外多波段扫描仪以及海洋卫星合成孔径雷达数据等进行处理。③推广应用阶段:80年代,由于计算机的发展,推出了图形工作站和微型 PC 机等性能价格比大为提高的新一代计算机,这给了 GIS 等信息系统提供了强有力的物质手段。GIS 的软件研制和开发取得了突破性进展。仅1989年,市场上有报价的研制和开发的 GIS 软件就多达70多个,并涌现出一些代表性的 GIS 软件,如 ARC/INFO、GEN-MAP、SYSTEM9、IGDS/MRS、TIGRIS、MICROSTATIN、SICAD 等,既可在工作站上也可在微机上运行。国际著名的 GIS 专家 Tomlinson 认为:“如果70年代是 GIS 发展的巩固时期,那么80年代则是国际上 GIS 发展具有突破性的年代。”到了90年代,GIS 已经成为确定性的产业,投入使用的 GIS 系统每二三年就翻一番,GIS 市场的年增长率为35%以上,从事 GIS 的机构已超过300家。主要 GIS 产品年销售增长率均在100%以上。GIS 逐渐渗入到各个地学领域,地理学、工程学、林学、城乡规划,区域治理、测绘遥感等各部门争相采用 GIS。

在 GIS 迅猛发展的同时,地学各个学科的名种专业模型也随着计算机的兴起而迅猛发展,60年代末产生了专家系统,70年代初产生了面向决策问题,以数据分析和建模定量分析计算为基础的决策支持系统(Decision Support System,简称 DSS)逐渐成为各个领域各管理部门和专业机构开展工作、进行决策的得力工具。地理信息系统迅速发展的潮流与地学各

个领域计算机专业模型迅速发展的潮流正在迅速地靠拢汇合,形成各具特色的地学信息系统。

关于决策支持系统不能不涉及专家系统(Expert System,简称ES)。专家系统是决策支持系统的重要组成部分,是人工智能(Artificial Intelligence,简称AI)的主要分支。1965年斯坦福大学的E.A.Peigenbaum与他人合作研制出用于帮助化学家推断分子结构的计算机程序DENDRAL,从而开创了人工智能的新领域——专家系统。随后,专家系统很快在各行各业得到迅速发展。仅农林业方面,1996年西班牙学者奥塞林在报告中列举了国际上的近百个农林专家系统,应用于森林火灾控制、森林资源管理、水土保持、病虫害控制、品种管理以及生产方面的灌溉、施肥、品种选择等。

1.3.2 防护林智能决策支持系统国内研究状况

我国地学信息系统起步稍晚,但发展势头相当快,大体可分为3个阶段:

(1) 起步阶段。70年代初期,我国开始推广电子计算机在测量、制图和遥感领域中的应用。1974年开始引进美国地球资源卫星图像,开展了遥感图像处理和解释工作。1976年召开了第一次遥感技术规划会议。同时解析和数字测图、机助制图、数字高程模型的研究和使用也同步进行。1977年产生了第一张由计算机输出的全要素地图,1978年国家计委在黄山召开了全国第一届数据库学术讨论会。这些都为GIS等地学信息系统的研制和应用作了技术上的准备。第二阶段是试验阶段,80年代后,我国对“信息革命”作出热情响应。GIS地理信息系统进入全面试验阶段。出现了少数DOS环境下的GIS软件,建立了数据规范与标准,通过二次开发国外的GIS软件或应用自己的GIS软件,先后建成了1:100万国土基础信息系统和全国土地信息系统、1:400万全国资源环境信息系统、1:250万全国水土流失信息系统、黄土高原国土资源信息系统,以及洪水灾情预报与分析系统,与此同时,各类小型的地学信息系统如雨后春笋在各个部门出现,并得到所在部门的认可。在国内多次召开GIS国际学术讨论会,1985年,中科院建立了“资源与环境信息系统”国家级重点开放实验室。1990年武汉测绘科技大学建立了“测绘遥感信息工程”国家级重点开发实验室。国内许多大学都先后开设GIS课程,举办GIS讲习班培养了一批从事GIS环境与应用的博士和硕士。

(2) 全面发展阶段。PC版的GIS的开发平台逐渐由DOS向WINDOWS过渡,国内自主开发的GIS软件由90年代初的十几种增加到目前的几十种,功能大大增强,整体功能几乎涵盖国外GIS软件的所有功能。在国家决定建设信息高速公路和“十金工程”的新形势下,名种地学信息系统纷纷出现,如农业物估产、灾害监测、交通管制、城市规划、地籍管理、水土保持、资源管理、防汛指挥、城市管网管理、环境监测系统等应运而生。目前国家测绘局正在全国范围内建立数字化测绘信息产业。

1994年9月中国GIS协会在京成立,分别于1995年10月,1996年9月举办了首届年会和第二届年会。1996年3月国家遥感中心“九五”规划专家组、中国GIS协会、中国海外GIS协会共同组织测评专家委员会,统一对国内商品化的GIS系统从各个方面进行测评,这一重大举措,将对我国地学信息系统的发展与应用起极大地推动作用。

用于保持水土改善环境的防护林信息系统的开发与研制最早起步于80年代初期,其中

以北京林业大学王礼先等的土地资源信息库在水土保持规划中的应用为代表。这一系统结合遥感航片判读技术,建立了以数据文件管理系统为基础的土地资源信息库,并成功地将土地资源信息与水土保持规划方法联机处理运行,完成了以小流域为单元的包括防护林建设在内的水土保持规划,80年代中后期,北京市水利局和北京大学地理系共同推出了建立在DOS基础上的DOS版GIS,并应用于北京市水土保持的工作中,这一版本以后发展为商品化产品——“城市之星”,1997年开始北京林业大学水土保持学院与北京大学、地拓公司联手,推出了REGION MANAGER水土保持与环境工程信息系统,集3S(GIS、RS、GPS)于一体,资源管理、土地评价、规划决策、系统工程建设、办公自动化同步实现,能与MS Office集成,提供Xbase、Access、ASII、Arc/info、AutoCAD等直接调用格式文件。现已在北京等9个省市、水利部推广应用,1999年通过中国科技部委托中国GIS协会组织的技术测评。90年代水土保持防护林建设部门在大力引进国内外各种地理信息系统的基础上进行二次开发的工作,各类规模的水土保持信息系统不断出现。其中有以流域管理为对象的国家自然科学基金资助项目——流域管理信息系统,这一系统实现了集图形数据处理、属性数据处理和流域管理应用模型群于一身的功能,但仍然是以DOS为平台的版本。水土保持界在继续开发研制一些地学信息系统的基础性软件的同时,更多的注意力转向二次开发,使用更为先进功能更为齐全的GIS系统,并把更多的精力投入到水土保持专业模型库的实现上。

防护林信息系统的研究,起步虽晚,进展较快。主要有甘肃吕二沟流域的小流域水土保持生态效能评价与预测系统,系统主要有3个功能模块:①小流域水土保持对系统外部水文生态效益评价模块;②小流域水土保持对系统外部水文生态效益的预测模块;③小流域系统内部水土保持生态经济效益的综合计量模块。这一系统的主要缺欠是没有GIS的支持。“山西省清水河流域信息管理系统”是以GIS为基础开发的,包括属性数据库管理子系统、图形数据管理子系统、接口技术、数字地形模型、小流域分类系统等5个部分,主要对清水河流域防护林体系以小流域为单元进行防护林体系水文生态效益进行评价,适于大中流域。不足之处是GIS是以DOS为平台建立的。综合效益评价与预测系统(BEPS)是“黄土高原水土保持林体系综合效益研究”课题组组织开发的,采用GIS和dBASEⅢ PLUS经二次开发而建立的。该系统逻辑结构有3部分:图形数据管理、属性数据管理和模型计算分析,由接口模块连接,运行该系统可获得水土保持林体系综合效益的评价和预测的数据与图形。这一系统的不足也是采用了DOS平台,从而限制了功能扩展,用户界面较差。此外,北京市林业局和北京林业大学开发的“密云水库水源保护林水文生态效益评价预测系统”成功地采用了以WINDOWS为平台的GIS,建立了水源保护林图形库、水文生态效益试验数据库,并对现有水源保护林水文生态效益开展评估,提供了可为决策者参考的评价图形和数据。这个系统的不足之处在于二次开发的深度和力度不够。此外还有长江中上游典型流域防护林体系水土保持水文动态效益信息管理系统、荒漠化土地综合治理决策系统、地理信息系统支持下的土地评价专家系统、区域生态经济型防护林体系建设模式智能决策支持系统、林业生态工程信息管理系统等。

综上所述,应用于防护林建设各个方面的信息系统已有一定的数量,其应用层次和水平各有千秋。大致可以分成4种类型:

(1) 以属性数据库为基础的信息系统,是信息系统的初级阶段。