

TIANSHANBEIPOSHANDISENLINSHUITUBAOCHICONGNENGXIAOYIYANJIU

天山北坡山地森林水土保持 功能效益研究

◎ 高新和 张金池 潘存德 / 著

新疆人民出版社

天山北坡山地森林水土保持 功能效益研究

● 高新和 张金池 潘存德 / 著

图书在版编目(CIP)数据

天山北坡山地森林水土保持功能效益研究/高新和、张金池、潘存德著. —乌鲁木齐:新疆人民出版社, 2002. 10

ISBN 7 - 228 - 07624 - 9

I . 天… II . ①高…②张…③潘… III . 天山—山地—森林土—水土保持—研究 IV . S714.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 081422 号

责任编辑 罗 沛

封面设计 王 洋

天山北坡山地森林水土保持功能效益研究

高新和、张金池、潘存德 著

出 版 新疆人民出版社

地 址 乌鲁木齐市解放南路 348 号

邮 编 830001

电 话 0991 - 2816212 2825887

印 刷 新疆金版印务有限公司

发 行 新疆人民出版社

开 本 787 × 1092 1/16

印 张 12.5

字 数 150 千字

版 次 2002 年 11 月第 1 版

印 次 2002 年 11 月第 1 次印刷

印 数 1 - 1 000 册

ISBN 7 - 228 - 07624 - 9/S·198

定价: 26.00 元

序

新疆地处欧亚大陆腹地,周围高山环抱,是一个相对封闭的自然地理单元。由于远离海洋,山系的阻挡,气候干燥少雨,干旱区、半干旱区占新疆总面积的88.7%,是一个典型的内陆干旱区,该区的山地生态系统、平原绿洲生态系统和荒漠生态系统构成了新疆独特的自然景观。这三个系统相互影响,相互联系,构成了新疆以绿色植物为主的生命支持系统,尤其是通过水这个主要纽带把三个系统联成一个整体。

山地生态系统包括高山冰川、高山冻原、高山草原、山地森林和草地,他们是水的贮存者、涵养者、提供者,也是水的消费者。新疆的地表水资源全部形成于山地。水是生命之源,因而作为内陆干旱区的新疆山地生态系统为平原绿洲生态系统和荒漠生态系统提供了生命之水,是平原绿洲生态系统和荒漠生态系统维护生命生态过程的物质基础。

平原绿洲生态系统是在荒漠生态系统的物质基础和生态基础上建立的人工生态系统。人工绿洲虽只占新疆总面积的4.5%,但集中着新疆95%以上的人口和98%的财富。绿洲是人类在干旱区生存的主要场所,是新疆社会经济生活的核心区。而这一切都是在山地生态系统提供水资源的前提下才能形成的。

荒漠生态系统是建立平原人工绿洲生态系统的基础。荒漠生态系统和荒漠植被的保护为平原人工绿洲生态系统提供了生态安全屏障,是防止荒漠风沙侵袭绿洲的一条重要防线,因而也可以说保护好荒漠植被,也就是破坏了人工绿洲的防御体系。

这三个系统通过水的联系组成了一个整体,这三个系统均需要水资源,但新疆水资源有限,非常珍贵,新疆地表水资源只有 $884 \times 108 \text{m}^3$,水资源的保护和合理利用也就成为发展新疆社会经济的非常重要的问题。山地生态系统的森林、

灌丛和草地能涵养水源,也要消耗水资源。绿洲大量的农业生产、工业生产和生活用水是水资源主要消耗者。荒漠植被虽耗水少,但为维持其正常生长发育亦需要一定量的水资源。如何统一规划这三个系统的用水量并及时加以调节,以保障新疆生态环境和社会、经济的持续发展,其意义十分重大。

森林在水文过程中有什么功能?前人已在其他地区进行过大量研究,丰富了森林水文学这一学科。但对新疆山地森林的水文功能,尚缺乏有针对性的系统研究。本书作者对天山北坡山地森林水土保持、涵养水源的功能及其水文过程进行了较系统的研究,对天山北坡森林保持水土、涵养水源生态功能的量化,生态功能效益的价值,山地对绿洲经济的贡献作出了有价值的论述,这本著作对天山北坡山地森林的保护,山地森林的可持续经营和新疆山地森林生态系统的重建将有重要的参考价值。

作者在本书中通过天山北坡诸多河流水文过程结合森林资源变化的综合分析,进一步肯定了山地森林具有拦蓄地表径流、涵蓄水源、保持水土,调节河川径流量,削减洪峰流量等巨大的森林水文生态功能。山地森林对山地生态系统和平原绿洲生态系统起着关键性的生态安全的保障作用。

森林对河川径流的影响是森林水文研究中一个有争议的问题。不少学者认为,森林蒸发量大,森林的存在可使径流量减少;另有一些学者认为,森林的存在可使径流量增加。作者就此问题选取天山北坡 14 条河流作了研究。在消除蒸发量、降水量、冰川融水补给量、集水区面积等因素对河川径流的影响下,对比分析了不同林率和不同单位面积蓄积的河流(也就是森林的数量和质量)对河川径流量的影响。分析结果表明:随着林率的增加,河川径流量减少;森林蓄积量增加,河川径流量也减少。这个结论可能对于旱地区的山地森林均适用。当然文中所提及的定量关系,因研究对象和自然条件而各异。就目前新疆山地生态系统而言,由于种种原因,目前天山北坡山地森林覆被率较低,仅为 4.5%,还有不少适于森林生长的荒地等有待绿化。

作者还对新疆山地森林的涵养水源,调节河川流量,森林生态系统的蓄水功能,保土功能作了定量评价,计算了生态功能价值并对这些生态功能的生态补偿作了有价值的探讨,阐述了山地森林生态功能价值实物补偿、经济补偿和精神补偿的辩证关系,提出了山地森林生态功能实物补偿和生态补偿的可行措施。这

些思路对新疆林业建设具有开创性的意义,虽不甚成熟,但这是一个今后值得进一步探讨的重要课题。

作者对天山北坡山地森林水文过程的研究,为山地森林的保护、山地森林蓄水保土功能的增强提供了大量有价值的资料。由于条件的制约,在定量研究方面深度还不够,尚需建立森林生态系统定位研究站,定量的研究森林水文过程和生态过程,研究山地生态系统的水土流失与各种自然因素之间的关系,与人为活动的关系。对天山山地森林的多种水文生态功能,进一步加强定量研究,为新疆山地森林的保护、恢复和重建提供公平、合理、可行的经济补偿的方法和政策。

为了高效利用、合理分配和不断协调有限的水资源,有必要系统研究新疆主要植物群落,如森林、草地、草原、灌丛、农作物、防护林带、荒漠植物群落等的耗水量及其变化动态。这样就为各类生态系统的面积比例的确定,提供了可靠的水资源基础,也为山地生态系统、平原绿洲生态系统和荒漠生态系统的建设提供了可靠的依据。

姜志林

2002年9月于南京

前 言

地处干旱荒漠背景下的山地森林,肩负着涵养水源、保持水土和促进经济发展的双重使命,它的恢复与衰败决定着以灌溉农业为特点的新疆绿洲经济的兴衰,左右着平原绿洲生态系统和荒漠生态系统的存亡。可以说,在新疆没有森林就没有各族人民的生存前提,更没有社会经济的发展条件。因此,开展山地森林水文功能效益研究,分析山地森林涵养水源、保持水土作用的定性、定量关系,核算山地森林水土保持生态功能价值,探讨山地森林资源的可持续经营方法以及保护、恢复和扩大山地森林资源所需的经济、政策等支撑环境,对指导新疆山地水源涵养公益林的经营以及新疆山地森林生态系统建设具有十分重要的意义。

天山北坡山地森林水土保持功能效益研究是在我国实施西部大开发、启动天然林保护工程的战略背景下,以地处干旱荒漠背景、肩负着涵养水源、保持水土和促进经济发展的双重使命的天山北坡山地森林为研究对象,通过对天山北坡山地 30 余条河流、37 个测站、30 余年的水文、气象资料和森林资源、土壤、冰川普查等资料的分析,采用山地流域分区、筛选影响河流水文要素的主要流域因素、选择对比流域、从全流域水分循环的动力机制和响应入手,在复杂的山地河流水文现象中屏蔽或排除非林因素影响的方法,研究了不同森林因素对河流水文要素的影响及其数量关系。在森林水土保持功能量化分析的基础上,评价森林水土保持生态功能状况,核算山地森林水土保持生态功能价值,探讨森林生态功能补偿的途径,提出恢复、增强森林水土保持生态功能的措施。

天山北坡山地森林水土保持功能效益研究,首次对天山北坡山地森林的水土保持功能进行了科学的评价,对山地森林水文功能效益进行有针对性的系统研究,这对证明新疆山地森林所肩负的带有决定性使命的地位,证实山区林业对新疆绿洲经济的贡献,对指导新疆山地水源涵养公益林的经营以及新疆山地森

林生态系统的建设提供了科学的依据,同时也为唤起全民生态环境意识、强化全社会生态环境资源保护理念,提供了具有说服力的教材。

《天山北坡山地森林水土保持功能效益研究》一书由十一章组成,可归纳为四个部分。第一部分为天山北坡山地森林水土保持功能分析;第二部分为天山北坡山地森林水土保持功能评价;第三部分为天山北坡山地森林水土保持功能价值计量;第四部分为天山北坡山地森林水土保持功能补偿。

姜志林教授对本书给予了大力支持和帮助,提供了许多新资料、新思路,并为本书作序。谨向他深表感谢。同时,向本书引用的有关资料的作者顺表谢意。

本研究工作得到新疆维吾尔自治区林业局的大力资助,作为国家自然科学基金项目“天山山地森林生态系统可持续经营技术研究”(39660066)的研究内容得到部分资助,深为感谢。研究工作还得到新疆农业大学林学院周林生院长、新疆维吾尔自治区林业局严效寿副书记、张小平副局长、张华亭处长、郭远平副处长、新疆维吾尔自治区水文局孟斌副局长、新疆维吾尔自治区水利厅水利水电设计院李新江院长的大力支持,在此致以衷心的感谢。感谢南京林业大学张敏新教授、北京中医药科大学白根本教授、新疆农业大学姜惠芳教授、侯平教授、李霞教授、新疆林业勘察设计院李彦强高级工程师、张红高级工程师的支持帮助。

本书的出版得到浙江林学院的大力支持和资助,得到新疆人民出版社的支持,在此致以衷心的感谢。

本书导论、第二章、第七章、第八章、第九章由高新和执笔;第五章、第六章、第十章由张金池执笔;第一章、第三章由潘存德执笔;第四章由南京林业大学森林资源与环境学院胡海波博士执笔。全书由高新和编撰、定稿并承担全书的绘图和文字录入工作。另外,本书采集的基础数据中,有关“面积”的单位量多为平方公里,即 km^2 ;而在书的总结分析中,有关“面积”的单位量,则沿用学科惯例,用为平方公顷,即 hm^2 ,特此说明。

本书的出版,试图在新疆山地森林水文功能效益综合研究领域起到抛砖引玉的作用,向社会宣传新疆山地森林对新疆维吾尔自治区经济建设的巨大作用,弘扬新疆林业为维护 and 改善新疆各族人民的生存环境而辛勤耕耘、无私奉献的精神。由于笔者学术水平有限,书中存在缺点和错误,敬请各位专家和读者批评指正。

目 录

序	(1)
前言	(5)
导论	(1)
1. 概述	(1)
2. 问题的提出	(2)
3. 研究目的和意义	(4)
3.1 研究目的	(4)
3.2 研究意义	(4)
4. 本课题的研究现状	(4)
第一章 研究区自然概况	(11)
1. 研究区地理位置及自然地理背景	(11)
1.1 研究区地理位置	(11)
1.2 研究区自然地理背景	(11)
1.2.1 地质地貌成因	(12)
1.2.2 地质岩石条件	(13)
1.2.3 地形地貌特征	(13)
1.2.4 自然地理分界线	(15)
2. 研究区自然地理特征	(17)
2.1 天山北坡山地自然地理单元	(17)
2.2 天山北坡山地的自然地理特征	(17)
2.2.1 天山北坡西部	(17)

2.2.2 天山北坡中部	(20)
2.2.3 天山北坡东部	(23)
第二章 水沙特征与流域因素特点分析	(26)
1. 河川径流	(26)
1.1 基本资料的采集	(26)
1.2 河川径流的形成与补给	(29)
1.3 河川径流的时空变化	(30)
1.3.1 径流的地区分布	(30)
1.3.2 径流的年内变化	(31)
1.3.3 径流的年际变化	(33)
2. 河流泥沙	(36)
3. 降水资料	(38)
3.1 降水资料的收集与整理	(39)
3.2 降水量的空间分布特征	(39)
3.2.1 降水量的区域分布特点	(39)
3.2.2 降水量的垂直分布特征	(40)
4. 蒸发量	(42)
4.1 基本资料的收集与整理	(42)
4.2 水面蒸发量的折算系数	(43)
4.3 水面蒸发量的地域分布	(44)
4.4 山地蒸发量分析	(44)
5. 气温	(44)
6. 山地冰川	(46)
6.1 冰川分布规模	(46)
6.2 冰川在天山北坡各流域中的分布	(46)
6.3 天山北坡冰川融水对河川径流的补给	(49)
6.3.1 冰川消融与融水径流的时间变化	(49)
6.3.2 冰川融水对河川径流的补给量	(50)

7. 天山北坡山地森林资源	(52)
7.1 森林资源资料	(52)
7.2 天山北坡山地森林资源特点	(54)
7.2.1 林业用地结构	(54)
7.2.2 林龄结构	(55)
7.3 天山北坡森林资源消长分析	(55)
7.4 天山北坡森林在河流集水区内的分布	(57)
8. 天山北坡山地土壤	(59)
8.1 山地土壤概述	(59)
8.2 天山北坡山地森林土壤形成过程的基本特点	(59)
8.3 天山北坡山地主要森林土壤类型	(60)
8.3.1 山地淋溶灰褐色森林土	(60)
8.3.2 山地(普通)灰褐色森林土	(60)
8.3.3 山地碳酸盐灰褐色森林土	(61)
8.3.4 山地生草灰褐色森林土	(61)
8.4 天山北坡山地土壤分布规律	(61)
8.4.1 东西经向分布规律	(61)
8.4.2 山地垂直带分布规律	(62)
8.4.3 山地土壤演化趋势	(64)
8.5 天山北坡山地土壤物理性质	(64)
第三章 天山北坡山地流域系统分区	(67)
1. 分区依据	(67)
2. 天山北坡山地流域系统分区的指标体系	(67)
2.1 河流集水区地理特征指标	(67)
2.1.1 河流集水区地理位置	(67)
2.1.2 集水区面积	(67)
2.1.3 流域海拔高程	(68)
2.1.4 自然落差	(68)

2.2 河流集水区气象因素指标	(68)
2.2.1 降水量	(68)
2.2.2 蒸发量	(68)
2.2.3 温度	(68)
2.3 河流集水区土地利用状况指标	(69)
2.3.1 森林	(69)
2.3.2 冰川	(69)
2.4 河流集水区水文特征指标	(70)
2.4.1 径流特征	(70)
2.4.2 河流输沙特征	(70)
2.5 分区指标的分析与整理	(70)
3. 研究面分区	(73)
3.1 分区方法	(73)
3.2 分区结果	(73)
3.3 分区结果合理性分析	(74)
第四章 天山北坡山地森林水源涵养功能研究	(76)
1. 天山北坡山地森林对河川径流的影响	(76)
1.1 研究方法	(76)
1.2 对比流域确定	(76)
1.2.1 区内分组	(76)
1.2.2 对比流域的确定	(77)
1.3 对比流域河川径流量变化规律分析	(81)
1.4 森林减少河川径流作用的定量分析	(83)
1.4.1 蒸发减少河川径流作用的分析	(83)
1.4.2 森林减少河川径流的定量分析	(84)
1.5 小结	(85)
2. 森林对河川径流的调节作用	(86)
2.1 森林对河川径流年内分配的调节作用	(86)

2.1.1 天山北坡山地河流按径流补给类型分类	(87)
2.1.2 山地森林对河流年内流量的调节作用的分析指标	(88)
2.1.3 对比流域的确定	(89)
2.1.4 结果分析	(90)
2.2 森林对河川洪、枯水径流量的调节作用	(91)
2.2.1 森林与河流汛期洪水径流量	(91)
2.2.2 森林与河流枯水径流	(98)
第五章 天山北坡山地森林蓄水功能研究	(106)
1. 天山北坡山地森林凋落物及林地枯枝落叶层蓄水功能分析	(106)
1.1 森林凋落物及其枯枝落叶层的储藏量	(107)
1.2 森林凋落物及其枯枝落叶层的蓄水特性	(108)
1.3 森林土壤枯枝落叶层总蓄水量	(109)
2. 天山北坡山地森林土壤层蓄水能力分析	(110)
2.1 天山北坡山地森林土壤水分—物理性质	(110)
2.2 天山北坡山地森林土壤层的蓄水量	(112)
2.2.1 森林土壤静态蓄水量分析	(112)
2.2.2 天山北坡山地森林土壤透水性分析	(113)
2.2.3 森林土壤动态蓄水量分析	(114)
3. 天山北坡山地森林土壤静态总蓄水量分析	(116)
3.1 森林土壤枯枝落叶层静态总蓄水量	(116)
3.2 天山北坡山地森林土壤层静态总蓄水量	(117)
3.3 天山北坡山地森林土壤静态总蓄水量	(118)
4. 天山北坡山地森林土壤动态总蓄水量	(118)
5. 天山北坡山地森林土壤实际总蓄水量	(119)
第六章 天山北坡山地森林保土功能研究	(122)
1. 天山北坡山地河流输沙特征分析	(123)
1.1 天山北坡河流水沙匹配特征分析	(123)

1.1.1 河流径流量与输沙量年际变化特征	(123)
1.1.2 河流径流量与输沙量年内变化特征	(126)
1.2 河流径流量与输沙量的空间分布特征	(128)
1.2.1 河流径流量与输沙量水平空间分布特征分析	(128)
1.2.2 河流径流量与输沙量垂直空间分布特征分析	(129)
2. 天山北坡山地流域产沙区分析	(131)
3. 天山北坡森林保土功能分析	(134)
3.1 森林对河流悬移质输沙量的影响	(135)
3.2 采伐森林对河流泥沙含量的影响	(137)
4. 小结	(138)
第七章 天山北坡山地森林水土保持功能评价	(140)
1. 天山北坡山地土地利用结构评价	(141)
2. 天山北坡山地森林水土保持生态功能评价	(142)
2.1 森林水土保持生态功能评价方法	(142)
2.2 森林水土保持生态功能评价指标体系	(143)
2.2.1 森林水源涵养生态功能评价指标	(143)
2.2.2 森林蓄水生态功能评价指标	(144)
2.2.3 森林保土生态功能评价指标	(144)
2.3 森林水土保持生态功能等级的构建	(145)
2.3.1 生态功能等级的构建方法	(145)
2.3.2 天山北坡山地森林水土保持生态功能等级的构建	(146)
2.4 天山北坡山地森林水土保持功能评价	(149)
3. 小结	(151)
第八章 天山北坡山地森林水土保持生态功能价值分析	(152)
1. 国内外森林水文生态功能经济评价研究概况	(152)
2. 森林生态功能价值与森林生态效益价值的探讨	(153)
2.1 森林生态功能价值	(153)

2.2 森林生态效益价值	(154)
3. 森林水土保持生态功能价值计量	(155)
3.1 计量原则	(155)
3.1.1 劳动价值论原则	(155)
3.1.2 时空统一原则	(155)
3.1.3 社会认可原则	(155)
3.2 森林水土保持生态功能效益的货币计量方法	(156)
3.2.1 等效益物替代法	(156)
3.2.2 促进因素的余量分析法	(157)
3.2.3 补偿变异法	(157)
4. 天山北坡山地森林水土保持生态功能价值计量	(157)
4.1 森林水土保持生态功能价值计量项目界定	(157)
4.2 天山北坡山地森林水土保持生态功能价值计量	(158)
4.2.1 森林蓄水生态功能价值计量	(158)
4.2.2 森林保土生态功能价值计量	(160)
4.2.3 天山北坡山地森林水土保持生态功能价值	(162)
第九章 天山北坡山地森林水土保持生态功能补偿	(164)
1. 天山北坡山地森林生态功能的实物补偿	(164)
1.1 天山北坡山地林区扩大森林面积的潜力	(165)
1.1.1 林区内林业用地结构分析	(165)
1.1.2 林区内非林业用地结构分析	(165)
1.1.3 天山北坡林区森林面积发展潜力	(166)
1.2 天山北坡林区提高森林质量的潜力	(166)
1.3 天山北坡山地非林区森林生态建设问题探讨	(168)
1.3.1 亚高山、高山草甸带	(168)
1.3.2 中低山地草原、灌草带	(169)
1.3.3 低山山地草原、荒漠灌草带	(169)
1.3.4 前山荒漠草原带	(169)

1.4 天山北坡山地森林生态功能的实物补偿的实现	(170)
2. 天山北坡山地森林生态功能的经济补偿	(171)
2.1 森林生态功能经济补偿的特殊性	(172)
2.1.1 外部经济性	(172)
2.1.2 公共物品	(173)
2.2 森林生态功能经济补偿的政府行为	(174)
3. 天山北坡山地生态林业建设的思路	(175)
3.1 生态建设优先于经济建设	(175)
3.2 打破部门分割、重建利益组合	(175)
第十章 全文总结和讨论	(177)
1. 全文总结	(177)
1.1 森林水源涵养功能	(178)
1.1.1 森林对河川径流的影响	(178)
1.1.2 森林对河川径流年内分配的调节作用	(178)
1.1.3 森林与河流汛期洪水径流量	(178)
1.1.4 森林与河流枯水径流量	(178)
1.2 森林的蓄水功能	(179)
1.3 森林的保土功能	(180)
1.4 森林水土保持生态功能价值	(180)
1.5 森林水土保持功能评价	(181)
1.6 森林水土保持生态功能补偿	(181)
1.6.1 天山北坡山地生态公益林发展潜力及其发展目标	(181)
1.6.2 实现山地生态公益林发展目标的阻力	(182)
1.6.3 实现山地生态公益林发展目标的途径	(182)
1.6.4 生态公益林建设的政策	(183)
2. 存在问题及进一步研究方向	(184)
2.1 定位研究与宏观森林水文研究相结合	(184)
2.2 应用现代技术,研究森林水文生态功能	(185)

导 论

1. 概述

新疆地处欧亚大陆中心,远离海洋,干燥少雨,是一个典型的内陆干旱地区,山地处于内陆荒漠背景条件下,分布的森林以属中生植被类型的针叶林为主,集中分布于年降水量大于 400mm、气候湿润的中山和亚高山带、并与草地镶嵌。在这种特定的自然背景下,山地森林生态系统有其独特的结构和功能。天山林区是新疆最大的山地森林分布区,林地面积约 $63 \times 10^4 \text{hm}^2$,活立木总蓄积量约 $1.3 \times 10^8 \text{m}^3$,占新疆山地森林资源数量的近三分之二,是改善新疆陆地生态环境、维护绿洲经济稳定发展的主体。

天山山脉横垣新疆中部,西起中哈边界,东至星星峡以西,东西绵延 1700 余 km,是我国西部最宏伟的山系之一。由于自然地理以及气候的原因,天山北坡比南坡湿润,北坡森林多于南坡,有林地面积 $53 \times 10^4 \text{hm}^2$,活立木总蓄积量 $1.19 \times 10^8 \text{m}^3$ 。天山北坡森林成林树种较为单纯,主要树种是天山云杉(*picea sckrenkiana* var. *tianshanica*)、且纯林占优势。

天山北坡山地主要受盛西风大气环流的影响,降水较多,成为北疆(新疆北部)极其重要的河川地表径流的形成区。发源于天山北坡的河流 70 余条,年径流量约 $270 \times 10^8 \text{m}^3$,占新疆河流年径流总量的三分之一。分布于河流上游山地的森林,具有宽厚的林冠层、地被物、地表枯枝落叶层和土壤根系层,对大气降水有着强大的截留、涵蓄作用,从而发挥着拦蓄地表径流、保持水土、净化水质、调节河川径流量、延缓洪水、削减洪峰流量的森林水文生态功能,对保障工农业生产、人民生活用水和维护绿洲生态系统平衡,具有极其重要的意义。因此,在极