

NEIMENGGU

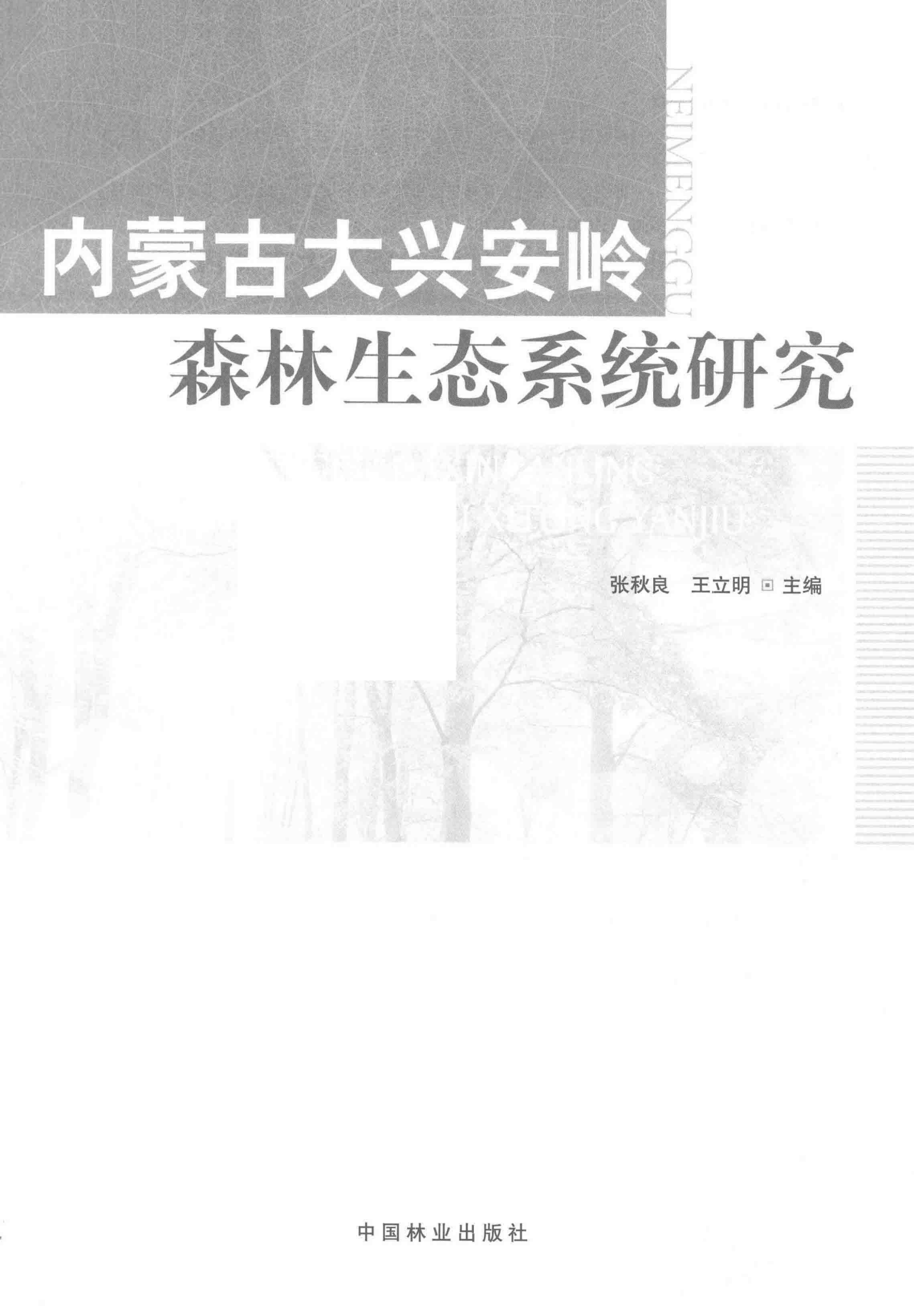
内蒙古大兴安岭

森林生态系统研究



张秋良 王立明 □ 主编

中国林业出版社



NEIMENGGU
内蒙古大兴安岭

森林生态系统研究

张秋良 王立明 主编

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

内蒙古大兴安岭森林生态系统研究 / 张秋良, 王立明主编. —北京: 中国林业出版社, 2014. 3
ISBN 978-7-5038-7398-0

I. ①内… II. ①张… III. ①大兴安岭—森林生态系统—研究报告—内蒙古 IV. ①S718.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 037792 号

中国林业出版社·自然保护图书出版中心

责任编辑: 李 菁 温 晋

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号)

网 址 www.lycb.forestry.gov.cn 电话: (010)83225764

印 刷 北京中科印刷有限公司

版 次 2014 年 3 月第 1 版

印 次 2014 年 3 月第 1 次

开 本 889mm × 1194mm 1/16

印 张 29

字 数 900 千字

定 价 80.00 元

《内蒙古大兴安岭森林生态系统研究》



主 编：张秋良 王立明

副主编：高润宏 王 飞 马秀枝

岳永杰 铁 牛 玉 宝



序

在特定区域建立的森林生态系统长期观测和研究的野外基地称为森林生态系统定位研究站。生态系统定位研究起源于欧美,最早是1843年英国的罗萨姆斯特土壤肥力与肥料效应长期实验站(简称罗萨姆斯特实验站 Rothansted Experiment Station)。目前,全世界持续观测60年以上的各种类型生态系统定位站有30多个。我国森林生态系统定位研究最早的是1958~1960年所建立的云南西双版纳森林生物地理群落定位站、四川米亚罗森林生态定位站、湖南会同森林生态实验站,在20世纪80年代开始有计划的发展。至2012年,国家林业局已在全国建立了130个森林生态系统定位站。这些定位站揭示了我国森林生态系统的结构与功能,对森林可持续经营管理发挥了重要作用。20世纪后期,我国森林生态定位研究已趋于网络化,至今已有了比较健全的研究网络平台。

内蒙古大兴安岭森林生态系统国家野外科学观测研究站于1991年建立,是我国寒温带针叶林区最具地带性、群落代表性、典型性和寒温带物种多样性的长期定位研究站。研究站有试验用地11000hm²,包括渐伐作业林、皆伐作业林和择伐作业林,还有可供对照观测研究的原始林3200hm²。试验区域闭合,冻土分布,立地多样,林型齐全,演替明显,经营与保护并存,是不可多得的定位研究综合观测场。其主要特色体现在我国寒温带针叶林的典型生态系统及其生态功能对气候变化的敏感性,以及森林、冻土、湿地三者关系的统一性。

该生态站发展可分为3个阶段:第一阶段,1990~1993年为建设阶段,主要开展森林梯度观测塔、迳流场、能量场、水量场、养分场、天然更新、抚育间伐等固定观测场地建设,以及仪器设备配置和研发;第二阶段,1994~2005年为基础观测研究阶段,主要开展了森林小气候、森林水文、经营方式、林型特征、生物生产力等方面观测和研究,以及新增固定样地设置,期间承担国家自然科学基金3项;第三阶段,2005年以后进入生态系统网络研究阶段,主要是参加了国家林业局森林生态系统网络(CFERN)和国家科技部中国生态研究网络(CNERN),在原有的定位研究基础上,开展了冻土特征研究、碳源碳汇及温室气体研究、森林可持续经营技术研究、森林功能分布式观测及生态系统服务价值评估等方面的研究。

《内蒙古大兴安岭森林生态系统研究》专著总结了该生态站自2008年以来的研究成果。围绕多年确立的研究方向和研究基础,专著对林型特征和林分结构及生物生产力、不同经营方式天然更新、生物多样性、森林小气候特征、森林水文特性、森林养分循环与土壤养分和水分特征、林隙与粗木质生态特征、森林生境变化及年轮响应、森林冻土分布特征与温室气体、森林碳氮水平衡、森林分布式功能监测与服务价值评估、森林抚育间伐与总生产力关系、森林健康与过伐林可持续

经营关键技术、森林火灾等等方面开展了系统研究,既有经典性研究内容,又有前瞻性研究内容。

研究通过大量翔实的第一手观测数据,得出了丰富的研究结论。如:兴安落叶松年轮差值年表的平均气候敏感度比较高;某些重金属在穿透雨和径流雨中均表现为负淋溶;杜鹃花科植物是兴安落叶松林的关键种;土体碳素含量高于全国的一般平均水平。结合冻土冻融规律研究,本文对土壤温室气体通量的时间变异、不同森林经营方式下土壤温室气体通量、不同生境类型下土壤温室气体通量、不同立地条件下土壤温室气体通量进行了系统分析;评价了杜香落叶松林健康状况等级;从理论方面证明了抚育间伐能够增加林分总生产力;提出了森林生态控火理论。以上成果,在理论方面填补了大兴安岭林区的研究空白,在实践方面为该林区今后的森林经营与保护提供不可或缺的技术支持。

细读该专著,不由地忆起了我在1954年进入大兴安岭原始林区调查的情景,这是我从事林业工作的第一项任务。工作中,我综合调查了森林的基本特征,对森林类型进行划分,至今仍然记得大兴安岭林区的植物的拉丁学名。因此,我对该专著倍感亲切。2005年内蒙古大兴安岭森林生态系统国家野外科学观测研究站挂牌典礼,我去了那里。那时的生活和工作条件仍然很艰苦,研究与观测人员,无论是年老的(有我最亲近、最熟悉的老朋友)、中年的(我熟悉的、有实力、有成就的科研骨干),还是年轻的,无畏地投身于这项事业的博士、硕士等,都充满激情、长期坚持,只有这样令人钦佩的攻关团队才能有此丰硕的研究成果。由此,我深感欣慰,希望生态站在今后的研究征途中克服困难,出产更多更好的研究成果,贡献于我国林业事业。值此专著出版问世之际,提笔为序以贺之。



中国林业科学研究院

2014年2月

前言

人类正面临的各种重大环境问题,如全球气候变暖、赤潮、臭氧层空洞、生物多样性下降、生态入侵、土壤荒漠化等,已经严重制约着人类社会和经济的发展。森林作为陆地上最大的生态系统,其生态功能对缓解全球气候变化、改善区域环境起着重要的作用。

大兴安岭林区是我国面积最大的林区和重要的森林碳储库,也是我国唯一的寒温带针叶林区,地处高纬度多年冻土区的最南端,区域内有多年冻土连续分布和岛状分布,森林分布与冻土环境相互作用关系非常紧密。该林区对呼伦贝尔草原和松嫩平原有着重要的生态屏障作用。

生态系统长期定位观测是国际上为了揭示生态系统结构和功能变化规律而采用的一种公认的研究方法。在特定区域和固定样地内,通过对生态系统的组成、结构、生物生产力、养分循环、水分循环和能量平衡等进行长期定位观测,揭示生态系统的发生、发展、演替等内在机制,阐明人为活动干扰下生态系统的动态格局与过程,研究生态系统平衡及其生物地球化学循环规律。

本研究以内蒙古大兴安岭森林生态系统国家野外科学观测研究站为平台,采用长期野外科学观测手段,同时运用先进的观测技术设备,研究了兴安落叶松林区的气候变化、森林水文、森林土壤、森林生长与更新、森林植物多样性、森林土壤温室气体与冻土冻融、森林健康与经营、森林生态控火理论等八个方面,系统阐述了大兴安岭兴安落叶松林生态系统的结构、功能及其动态变化规律。

研究结果表明:①根河市1962~2010年气温呈波动上升趋势,其上升速率为 $0.65^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。根据年轮分析,5种主要林型的落叶松年轮差值年表的平均气候敏感度比较高,都在0.18~0.29的范围内,达到了0.10的可接受水平。②兴安落叶松林林外雨、穿透雨、树干径流中的水化学特征研究,揭示了总N、总P、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 CO_3^{2-} 、 Cl^- 、Ca、Mg、K、Na、Mn、Zn、Fe、Cu、Cr、Pb、Cd、Se、As、pH值、EC(电导率)、矿化度的变化趋势和月动态变化,其中重金属Pb在穿透雨和径流雨中均表现为负淋溶,Cd和As在穿透雨中均表现外负淋溶,在树干径流中却表现为淋洗和富集作用。③采伐干扰对冻融过程的影响研究表明,干扰强度最大的皆伐更新林不仅开始融化期明显比原始林提前,0.8m以上的地温明显比原始林高 10°C 以上。④通过对倒木腐朽等级、倒向、海拔、坡度、坡向、倒木上枯落物厚度、倒木旁枯落物厚度、倒木上腐殖质厚度、倒木旁腐殖质厚度、有机C含量、全N、全P等因子对更新影响进行分析后得出,倒木腐朽等级、倒木形成的坡度和倒木上枯落物厚度是影响倒木更新的主要因子。⑤对兴安落叶松林生物多样性及其关键种作用研究表明,杜鹃花科植物是兴安落叶松林的关键种。⑥森林采伐干扰对土壤微生物影响研究表明:原始林各样地土壤微生物总数与细菌数量变化是 $\text{BLV} > \text{HLV} > \text{LLV}$,被干扰林的变化是 $\text{LFB} > \text{CL} > \text{SL}$;原始林各样地土壤真菌数量变化是 $\text{BLV} > \text{HLV} > \text{LLV}$,被干扰林真菌的变化是 $\text{CL} > \text{SL} > \text{LFB}$;原始林各样地土壤放线菌数量变化是 $\text{HLV} > \text{BLV} > \text{LLV}$,被干扰林土壤放

线菌的变化是 $LFB > CL > SL$ 。⑦对森林碳素研究表明,该林区净固定积累在林分中的二氧化碳为 96441 万 t,年净固定速率为 1979 万 t。土壤碳素含量各地类均超过 $150\text{t}/\text{hm}^2$,甚至超过 $300\text{t}/\text{hm}^2$,高于全国 $100 \sim 200\text{t}/\text{hm}^2$ 的一般水平。⑧通过大兴安岭林区森林温室气体研究,对土壤温室气体通量的时间变异,不同森林经营方式下土壤温室气体通量,不同生境类型下土壤温室气体通量,不同立地条件下土壤温室气体通量进行了系统分析,得到了多方面结论,如 CH_4 平均吸收量,原始林 ($-62.00\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) $>$ 渐伐更新林 ($-44.06\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) $>$ 皆伐更新林 ($-28.06\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) $>$ 人工林 ($-27.88\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)。⑨根据林分生产力、土壤养分、林分结构、抵抗力与恢复力 4 个方面 22 个指标建立的寒温带杜香-兴安落叶松林健康评价指标体系,通过聚类分析得出大兴安岭杜香-兴安落叶松林健康状况等级:6 块原始林标准地均处于 I 级健康;6 块渐伐林标准地均处于 II 级亚健康;6 块皆伐林标准地中,有 2 块处于 III 级一般健康,有 4 块处于 IV 级不健康。⑩抚育间伐对植物多样性的影响效果研究表明,抚育间伐样地林下的灌木和草本物种多样性指数均明显高于对照样地。⑪根据兴安落叶松原始林倒木特征研究,兴安落叶松 3 个林型(草类-兴安落叶松林、杜香-兴安落叶松林、杜鹃-兴安落叶松林)的兴安落叶松、白桦倒木随着分解其有机 C、全 K、Na、Ca、Mg 含量没有明显变化趋势,全 N 有明显的增加趋势,全 P 则保持相对稳定。⑫通过模型研究,建立了抚育间伐保留密度与伐后郁闭度关系式、抚育间伐强度与林分总生产量关系式,从理论方面证明了抚育间伐能够增加林分总生产力。⑬研究还提出了森林生态控火理论,建立了 12 种条件下的森林可燃物垂直连续性分布指数模型,研究了兴安落叶松林可燃物特征及其防火灭火对策。

研究成果将为大兴安岭林区的天然林保护、可持续经营以及生态补偿提供理论依据,同时也为全球森林生态系统管理提供基础的地带性数据。

参与本书撰写的人员分工如下。其中:第一章兴安落叶松生长对气候变化的响应研究由张秋良、王立明、马秀枝编写;第二章森林水文由岳永杰、李建强编写;第三章森林土壤理化特征由王飞、张秋良、马秀枝编写;第四章兴安落叶松种群生长与更新由张秋良、王立明、王飞、铁牛、玉宝编写;第五章兴安落叶松林植物多样性研究由张秋良、王立明、高润宏编写;第六章森林固碳与温室气体由王飞、马秀枝、张秋良、王立明编写;第七章兴安落叶松林健康与经营由张秋良、王立明、铁牛、玉宝、刘尧编写;第八章森林生态控火理论研究由王立明、张秋良、马秀枝编写;研究地区与生态站概况由高润宏、张秋良编写。参加研究和编写的人员还有鲍春生、青梅、白艳、陈高娃、管仲英、高孝威、王晓宏、冯保平、常艳、辛巍巍、席青虎、张最最、闫淑英、苏日娜、郭艳荣、邢婷婷等人。

在项目研究和成果编著过程中,得到了国家自然科学基金和国家林业局行业项目的资助,得到了内蒙古农业大学以及林学院有关领导的大力支持,还有根河气象局、呼伦贝尔市气象局的支持,特别是根河林业局有关领导郝玉山、高希明、于海俊、王庆海等对于大兴安岭生态站的建设发展以及本专著的编写给予的特别关照,以及多名研究生参与的资料收集和校对工作,在此一并致以诚挚的感谢!

在本专著出版之际,郑重地向冯林先生及在生态站工作过的王林和教授、张明如教授、周梅教授、魏江生教授等科技工作者表示衷心地感谢,是他们辛勤的工作,为大兴安岭生态站的建设发展及本专著的出版奠定了坚实的基础。

由于研究对象的时空复杂性和研究人员的研究水平所限,书中难免有欠妥之处,恳请读者批评指正。

著者
2013 年 8 月



Preface

Human are facing many kinds of serious environmental problems, such as global warming, ozone layer hole, biodiversity decrease, ecological evasion and soil desertification, all of these environmental has severely constrained the process of human society and economic. As the largest terrestrial ecosystem, forest has very important functions to relieve global change, ameliorate regional environment.

As the largest forest zone and most important forest carbon sink, Xing'an Mountains forest zone is the only needle forest in cold temperate. It lies in the upper southern of permafrost in high latitude. It has been composed by the large areas of continuous permafrost and island area. Forest distribution and permafrost environment connected closely, which has very important ecological barrier to Hulunbeir grassland and Songneng River plain.

Long-term location observation is one kind of accepted research method which disclose the change rule of ecosystem structure and function. In the limited regional areas and fixed sample plot, by location observation of ecosystem composed, structure, biomass productivity, nutrient cycling, water cycling and energy balance, we can disclose the inner mechanic of ecosystem occurs, process and community success, elucidate the rules of ecosystem dynamic pattern and process, ecosystem balance and biogeochemical cycle.

Based on the research plot of Inner Mongolia National Ecosystem Observation and Research, take the long-term observation method and advanced observation equipment, we focus on eight aspects such as global change, forest hydrology, forest soil, forest growth and generation, forest vegetation diversity, soil greenhouse and permafrost, forest health and management, ecological control of forest fire. We also expound systematically the structure, function and dynamic of forest ecosystem in the Greater Xing'an Mountains, Inner Mongolia.

The results shows that:

The air temperature increases from 1962 to 2010 in Genhe city ($0.65^{\circ}\text{C}/10\text{a}$). The average climate sensitivity is all higher in 5 main *Larix gmelinii* forest types based on the tree ring width chronology, all of this value is between $0.18 \sim 0.29$, and reached 0.10 acceptable level.

Concentrations of major nutrients in rainfall, stemflow and throughfall is tested, the seasonal dynamic of total N, total P, $\text{NO}_3^- - \text{N}$, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , Ca, Mg, K, Na, Mn, Zn, Fe, Cu, Cr, Pb, Cd, Se, As, pH, EC in the hydro-chemical were determined. Pb showed negative chemical leaching effect in the stemflow and throughfall, while Cd and As showed negative chemical leaching effect in the throughfall, but positive chemical leaching and nutrients enriched effects in the stemflow.

The studies of shows that clear cutting is the largest cutting disturbance to forest, the melt time not only advances obviously than control, the increased soil temperature is also found in the clear cutting (10°C above over 0.8 m soil layer)

Through deliberate analysis of factors which affect fallen trees generation, such as fallen tree decay level, fallen direction, altitude, slope, aspect, cover depths of dead leave on and beside fallen tree, depth of humus horizon on and beside fallen tree, organic C, total N, Total P. Now we know the decay level, slope and cover depths of dead leave on fallen tree are major factors which determine fallen tree generation.

(5) After research on the biodiversity of *Larix gmelini* forest and key species, we find that Ericaceae plant is the key species in *Larix gmelini* forest.

(6) The effect of forest cutting on soil microbial: ① The order of soil microbial and bacteria total number was

BLV > HLV > LLV in the virgin forest, while it was BLV > HLV > LLV in the disturbed forest. ② The order of soil fungi number was BLV > HLV > LLV in the virgin forest, while it was CL > SL > LFB in the disturbed forest. ③ The order of soil Actinomycin number was HLV > BLV > LLV in the virgin forest, while it was LFB > CL > SL in the disturbed forest.

(7) The results show that the net CO₂ fixed of ecosystem is 964.41 million ton, the annual net carbon fixed rate is 19.79 million ton. The soil carbon content is all above 150 t/hm², it has been above 300 t/hm² in some areas, these data is higher than the average level of the whole nation.

The temporal and spatial variation soil greenhouse gas fluxes under different forest habitat, different soil type, different forest management are researched here. The results showed that CH₄ absorb in virgin forest (-62.00 ug/m² · h) is higher than in the successive cutting forest (-44.06 ug/m² · h), while the successive cutting forest was higher in the clear cutting (-28.06 ug/m² · h). CH₄ absorb was lowest in 4 kinds of forest habitat (-27.88 ug/m² · h).

(9) Based on the large survey on Stand productivity, stand structure, resistant and restoration, we established Forest Health Evaluation Index System of *Ledum palustre-Larix gmelinii* forest in cold temperate. In these surveyed sample plots, 6 standard plots of virgin forest are in health level (level I), 6 standard plots of successive cutting forest are in sub-health level (level II). There are 2 standard plots of clear cutting forest are in general health level (level III), 4 standard plots of clear cutting forest are in not health level (level IV),

(10) The results showed that the diversity index of shrubbery and grass after forest intermediate cutting are higher than control obviously.

(11) In the three forest type, *herbage-Larix gmelinii* forest, *Ledum palustre-Larix gmelinii* forest and *Rhododendra-Larix gmelinii* forest, the content of organic carbon, total K, Na, Ca, Mg, total N, total P has not changed much with the decay of fallen tree in *Larix gmelinii* and *Betula platyphylla* Suk forest.

(12) Based on the model research, the relationship between the remaining density after forest intermediate cutting, the forest gross productivity and the intensity of intermediate cutting. It is testified that intermediate cutting can increase forest gross productivity.

(13) The research provides the Ecological fire-control theory, based on this theory, the distribution index model of forest fuel vertically continuously were established under 12 kinds of forest habitats, and researched the characteristic of forest fuel and the countermeasure of fire prevention and extinguishing was provided.

These research achievements can provide theoretical according for natural forest protection, forest, successive management and ecological compensation. At the same time, it can provide basic and zonality data for global forest ecosystem management.

This book has been compiled by 8 persons. Of which, Chinese and English preface was compiled by Xiuzhi Ma, chapter 1 was compiled by Qiuliang Zhang, Liming Wang and Xiuzhi Ma, chapter 2 was compiled by Jianqiang Li, Yongjie Yue, chapter 3 was compiled by Qiuliang Zhang, Fei Wang and Xiuzhi Ma, chapter 4 was compiled by Qiuliang Zhang, Liming Wang, Fei Wang, Tieniu and Yubao, chapter 5 was compiled by Qiuliang Zhang, Liming Wang and Runhong Gao, chapter 6 was compiled by Qiuliang Zhang, Liming Wang, Fei Wang and Xiuzhi Ma, chapter 7 was compiled by Qiuliang Zhang, Liming Wang, Tieniu, Bao Yu and Yao Liu, chapter 8 was compiled by Qiuliang Zhang, Liming Wang and Xiuzhi Ma. Additional, there are many other participator, such as Chunsheng Bao, Qingmei, Yan Bai, Gaowa Chen, Zhongying Guan, Xiaowei Gao and Xiaohong Wang.

During the process of research and book compiled, we has got many helps from several aspects. The research achievement was funded by national natural science foundation and Special Fund for Forest Scientific Research in the Public Welfare. We thank Genhe forestry bureau, The Hulun Buir Meteorological Bureau Bureau, Inner Mongolia Agricultural University. We also thank some anonymous participants in this book compiling and publishing.

At last, before this book will be published, we express our faithfull thanks to those forestry researchers who dedicate their life and energy to this station. Their industrious efforts and achievements benefit station's foundation and progress, at the same time, for this book publishing.

There must be some errors and deficiency due to our limited time and labor, limited research ability, the temporal and spatial complex within ecosystems, so some good suggestions are welcome.



▲ 生态站站址房屋1



▲ 生态站站址房屋2



▲ 人工气象观测场



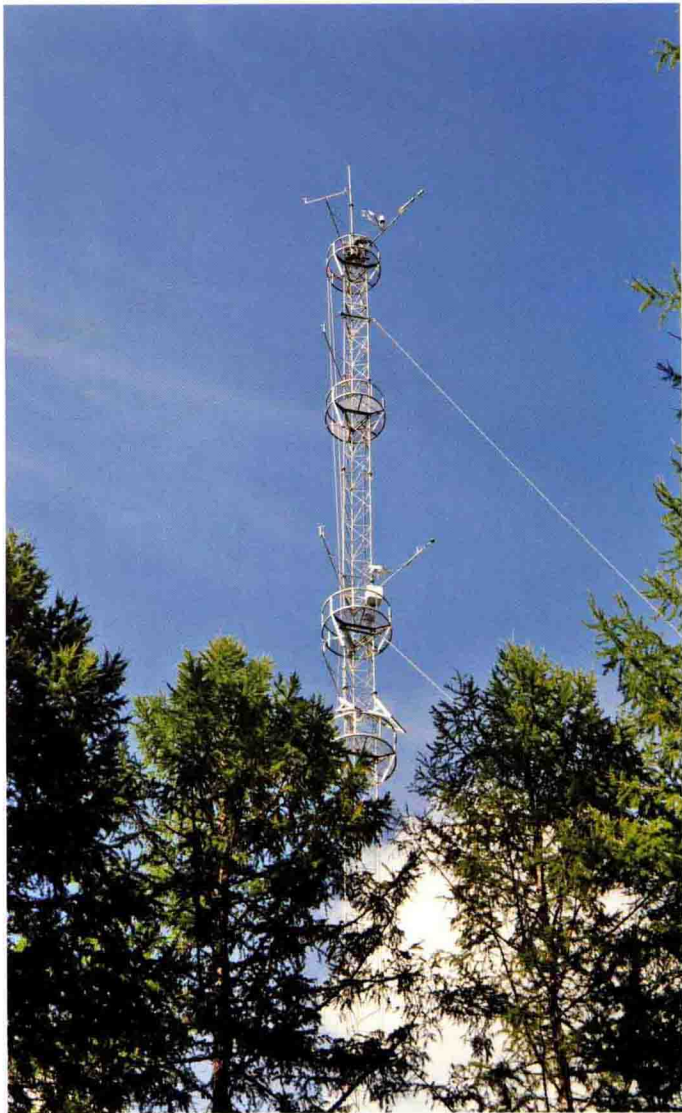
▲ 冰雪站



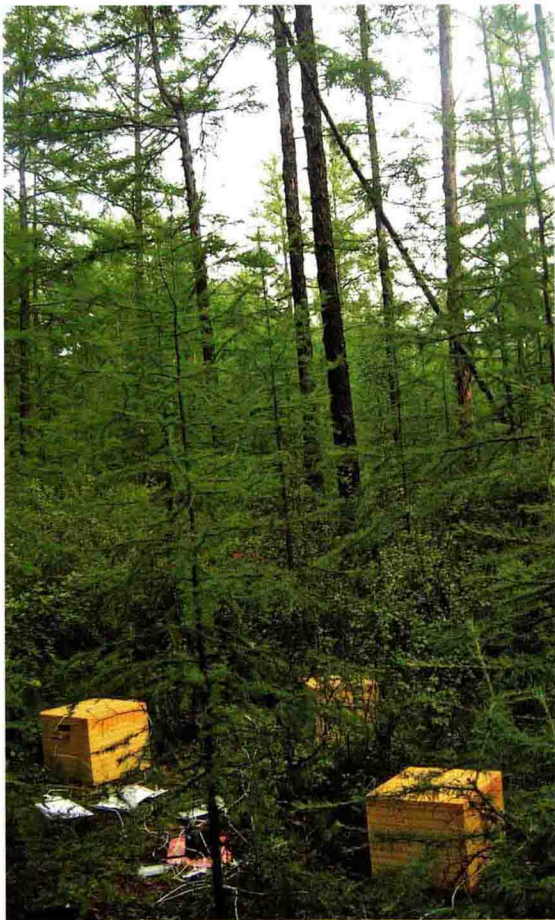
▲ 氮沉降实验设施



▲ 冬季冻土观测



▲ 65米通量观测塔



▲ 温室气体观测场



▲ 样地介绍牌



▲ 渐伐林更新固定样地



▲ 皆伐林更新固定样地



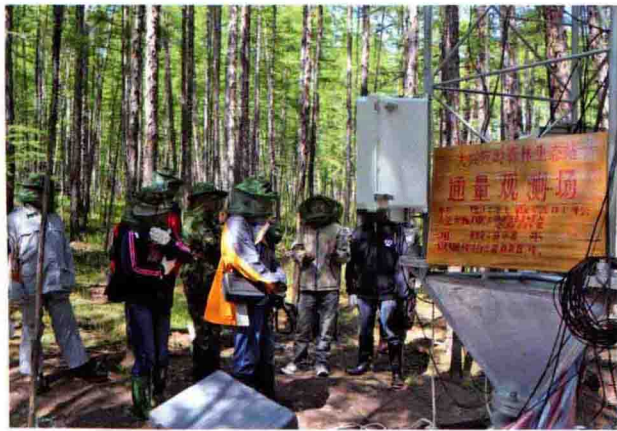
▲ 抚育间伐样地



▲ 专家考察



▲ 揭牌仪式



▲ 实习观摩



▲ 科研归来

目 录

绪论	研究地区概况与生态站简介	1
1	站址	1
2	自然条件	2
3	社会经济条件	3
4	站内建设	3
第一章	兴安落叶松生长对气候变化的响应研究	6
第一节	引言	6
1	国外研究现状	6
2	国内研究现状	7
3	大兴安岭地区树轮气候学研究进展	7
4	研究目的意义	8
第二节	研究区概况	8
1	地理位置	8
2	气候条件	8
3	地质地貌	9
4	土壤状况	9
5	植被状况	9
6	研究对象	9
第三节	研究内容与方法	10
1	项目来源与研究内容	10
2	研究方法	10
第四节	结果与分析	11
1	研究区气温与降水变化特征分析	11
2	兴安落叶松生长动态	16
3	兴安落叶松径向生长与气候因子的关系	18
4	兴安落叶松高生长与气候因子的关系	29
5	结论与讨论	31
第二章	森林水文	34
第一节	水资源总量及分布	34

1 世界水资源	34
2 中国水资源	34
第二节 森林水源涵养功能	38
1 森林水源涵养功能的概念	38
2 森林水源涵养研究概况	38
3 森林水源涵养的作用机理	42
4 森林调节水量的表现形式	43
5 森林净化水质的表现形式	48
6 森林生态系统水源涵养价值	50
第三节 兴安落叶松林对降水化学性质的影响	52
1 林外雨常规元素月变化	53
2 穿透雨常规元素月变化	54
3 径流雨常规元素月变化	54
4 穿透雨、径流雨与林外雨的对比	55
5 兴安落叶松林降水养分含量及淋溶量月变化	55
6 兴安落叶松林水质微量元素养分含量月变化	56
7 兴安落叶松林水质重金属养分含量月变化	57
8 pH 值、电导率与矿化度的变化	57

第三章 兴安落叶松林土壤理化性质

62

第一节 土壤结构

62

第二节 土壤理化性质

63

1 土壤理化性质研究概况

63

2 土壤物理特性

67

3 土壤大量元素含量与分布

75

4 土壤微量元素含量与分布

83

第三节 兴安落叶松林枯落物养分动态

88

1 凋落物养分归还量的组成特征

88

2 凋落物分解过程中养分含量变化

89

第四节 兴安落叶林土壤微生物动态

91

1 兴安落叶松林土壤微生物的季节动态

91

2 兴安落叶松林不同经营方式土壤微生物动态

93

3 本节结论

97

第五节 森林冻土

98

1 大兴安岭冻土环境及其变化

98

2 研究背景

99

3 研究方法

99

4 结果与分析

101

5 结论与讨论

108

第四章 兴安落叶松种群生长与更新

114

第一节 兴安落叶松林木生长规律

114

1 引言

114

2 研究方法	114
3 研究结果	116
4 讨论与展望	117
第二节 兴安落叶松林的分级木生长过程比较研究	117
1 引 言	117
2 研究地概况	119
3 数据的收集与整理	120
4 结果与分析	121
5 结 论	125
第三节 兴安落叶松不同林型中龄林生长过程比较研究	126
1 引 言	126
2 研究内容与方法	129
3 不同林型条件下兴安落叶松的生长过程	131
4 主要结论	135
第四节 兴安落叶松天然林树冠生长特性分析	135
1 研究区概况	135
2 调查研究方法	136
3 结果与分析	137
4 结论与讨论	141
第五节 兴安落叶松天然林两种林型林分更新特征	142
1 研究区概况	142
2 研究方法	143
3 结果与分析	143
4 结论与讨论	146
第六节 兴安落叶松林林隙、倒木与更新	146
1 引 言	146
2 研究方法	147
3 结果与分析	149
4 小 结	168
第七节 兴安落叶松林主伐天然更新与生长	169
1 引 言	169
2 样地自然条件与研究方法	169
3 研究结果	169
4 结论与讨论	172
第八节 兴安落叶松天然林林木水平分布格局研究	173
1 研究区概况	173
2 研究方法	174
3 结果与分析	175
4 结论与讨论	178
 第五章 兴安落叶松林植物多样性研究	 185
第一节 大兴安岭植物生活型与生态型多样性分析	185
1 引 言	185